

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนวิจัย

กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานการวิจัย

วิวัฒนาการธรณีวิทยาแปรสัณฐานประเทศไทย

: ภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันออก (ปีที่ 1 ภาคเหนือ)

โดย

ปัญญา จารุศิริ

วิโรจน์ ดาวฤกษ์

จักรพันธ์ สุทธิรัตน์

มนตรี ชูวงษ์

ฐาติณีย์ เจริญฐิติรัตน์

วิชัย จุฑะโกสิทธิกานนท์

ธนา บุพพารัมณีย์

มิถุนายน 2552

# กิตติกรรมประกาศ

## (Acknowledgement)

การศึกษาวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่าน ท่านแรกที่สมควรได้รับคำขอบคุณคือ รองศาสตราจารย์ ดร. Ken-ichiro Hisada ซึ่งเป็นผู้ร่วมงานที่ทรงเกียรติ ช่วยเหลือให้งานวิจัยนี้สมบูรณ์โดยเฉพาะงานด้านวิทยาแร่โครเมียมสปีเนลในการอนุเคราะห์ข้อมูลธรณีเคมีของแร่ดังกล่าวเพื่อให้เผยแพร่ได้ และโดยเฉพาะการอนุญาตให้นักศึกษาจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยไปใช้ห้องปฏิบัติการวิจัย EPMA ของมหาวิทยาลัย Tsukuba โดยไม่คิดมูลค่า อีกทั้งยังให้ทุนนักวิจัยระดับปริญญาโทกับทางจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีผลงานเกี่ยวเนื่องกับงานวิจัยนี้

คณะผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ คุณ สุวิทย์ โศสุวรรณ คุณ สุภาภรณ์ อิ่มสมุทร และคุณ สันต์ อัสวพัชระ ที่ได้ให้ข้อมูลด้านแผนที่ธรณีวิทยา จังหวัดเชียงราย และแนะนำหินโผล่ที่สำคัญสำหรับการศึกษาวิจัยนี้ อีกทั้งคณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงาน GISTDA (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ) ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ในด้านภาพดาวเทียม คณะผู้เขียนขอขอบคุณนิสิตทั้งปริญญาตรี – โท และเอก ที่ได้ช่วยให้งานการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีโดยเฉพาะคุณ ชีระ คำวงษ์, คุณ กิตติ ขาววิเศษ, คุณ ณัฐพล ศรีนาถ, คุณ สันติ ภัยหลบลี้, คุณ โรชนา ลดาชาติ และคุณปรีชา สายทอง

คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ คุณ พรทิพา จักรรงค์ชาธิณี, คุณ พันธุ์ทิพา ให้อย, คุณ จิระภา โหมฮ็อก, คุณ วิชดา ละมุล, คุณ เสาวรส ชินวร สำหรับการพิมพ์ การจัดเตรียมรายงาน และการทำบัญชีรายจ่าย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณ จิระประภา เนียมปาน, คุณ เสาวรส ชินวร, คุณ สุริยะ โชคเหมาะ และคุณ บรรจง พวงทองสำหรับข้อมูลด้าน XRD และขอขอบคุณ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขอขอบพระคุณกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

อนึ่ง การวิจัยครั้งนี้ตลอดจนการจัดพิมพ์ต้นฉบับได้เกิดความล่าช้าหลายประการต่อเนื่องกัน ซึ่งหัวหน้าคณะวิจัย (รองศาสตราจารย์ ดร. ปัญญา จารุศิริ) ต้องขอประทานอภัยคณะผู้ร่วมวิจัย และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

**ชื่อโครงการวิจัย** วิวัฒนาการธรณีวิทยาแปรสัณฐานประเทศไทย: ภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือและ  
ตะวันออกเฉียง (ปีที่ 1 ภาคเหนือ)

**ชื่อผู้วิจัย** รศ.ดร. ปัญญา จารุศิริ, ผศ.วิโรจน์ ดาวฤกษ์, ผศ.ดร.จักรพันธ์ สุทธิรัตน์,  
ผศ.ดร.มนตรี ชวงษ์, ผศ.ดร.ฐาสินี เจริญสุทธิรัตน์, ดร.วิชัย จุฑะโกสสิทธิ์กานนท์  
นายธนา บุญพารมณีย์

**เดือนและปีที่วิจัยเสร็จ** มิถุนายน 2552

## บทคัดย่อ

พื้นที่ที่ศึกษาในปีที่หนึ่งครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ในภาคเหนือของประเทศไทย โดยเน้นการศึกษาตามเส้นทางที่คาดว่าเป็นแนวรอยต่อที่เกิดจากการชนกันของจุลทวีปและบรรพสมุทรรต่างๆ ของประเทศไทยในอดีต ซึ่งประกอบด้วยเส้นทางลำปาง–เชียงใหม่–เชียงรายทางตอนเหนือ, เส้นทางอุตรดิตถ์–น่าน–ตากทางตอนใต้และตะวันออกเฉียง และทางตะวันตกสุดของภาคเหนือบริเวณแม่สะเรียง–แม่ฮ่องสอน

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้เน้นถึงการสำรวจทางด้านธรณีวิทยา, รายละเอียดด้านการลำดับชั้นหิน (โดยเฉพาะการแผ่กระจายของหินยุคไทรแอสซิก), ธรณีโครงสร้างหลัก, ศิลาพรรณนาและธรณีเคมี (โดยเฉพาะโครเมียมสปีเนล) เพื่อกำหนดแนวและขอบเขตที่แน่ชัดของรอยต่อที่เกิดจากการชนกันของแผ่นเปลือกโลก

หินตะกอนยุคไทรแอสซิกมีความสำคัญทางธรณีวิทยาของประเทศไทย นับตั้งแต่ Bunopas (1981) ได้เคยวิเคราะห์ว่าแผ่นจุลทวีปที่สำคัญของประเทศไทยมี 2 แผ่น คือ จุลทวีปฉานไทย และ จุลทวีปอินโดจีน เกิดการชนกันในช่วงยุคไทรแอสซิกบริเวณที่เรียก ตะเข็บธรณีน่าน แต่ต่อมามีความเชื่อว่าแผ่นจุลทวีปทั้งสองถูกคั่นด้วยแผ่นมหาสมุทรที่ชื่อ โบราณที่ชื่อว่าแผ่นลำปาง–เชียงราย และ แผ่นนครไทย ซึ่งมีอายุประมาณกลางถึงปลายมหายุคพาลีโอโซอิก มีการเคลื่อนที่ชนกันและเชื่อมต่อกันในยุคไทรแอสซิกตอนปลาย (Charusiri และคณะ, 1997) ก่อนที่จะเป็นรูปร่างประเทศไทยในปัจจุบัน ดังนั้นลักษณะตะกอนวิทยาชนิดหินตะกอน และสภาพการตกตะกอนของหินยุคดังกล่าวจึงมีความหมายแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ การศึกษา หินตะกอนยุคไทรแอสซิกและการแผ่กระจายของหินยุคนี้จึงมีความสำคัญในการศึกษาธรณีแปรสัณฐานในประเทศไทยเป็นอย่างมาก

ผลการศึกษาตะกอนที่สะสมตัวในทะเลยุคไทรแอสซิก โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่แม่ฮ่องสอน-แม่สะเรียง ทางตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยซึ่งรู้จักในชื่อของกลุ่มหินแม่สะเรียง จากการลำดับชั้นหินและซากดึกดำบรรพ์ กลุ่มหินแม่สะเรียงมีอายุไทรแอสซิกตอนกลางถึงตอนปลาย

จากการศึกษาโครเมียมสปีเนลของหินตะกอนอายุไทรแอสซิกในพื้นที่แม่ฮ่องสอน ด้วยเครื่องอิเล็กตรอนไมโครโพรบ พบว่าในหินทรายอายุไทรแอสซิกนี้บ่งถึงที่มาของหินเดิมว่ามาจากหินอัคนีเป็นประเภทแอลไพน์และมีความสัมพันธ์กับหินบะซอลต์ที่ประทุจากสันกลางสมุทรและที่ประทุขึ้นมาบนพื้น

ห้องทะเล แต่อยู่ได้เพียงไม่นานจึงเกิดการปิดของมหาสมุทรที่ทีสโบรินกลายเป็นตะเข็บธรณีอีกแนวที่เรียก  
ตะเข็บแม่ฮ่องสอน

สำหรับผลการศึกษาศีลาเคมีของหินแกรนิตในแถบจังหวัดตากและบริเวณแถบใกล้เคียงซึ่งต่อเข้าไปทางทิศตะวันตกจนถึงรอยตะเข็บเชียงใหม่ ทำให้ทราบว่าเป็นหินแกรนิตประเภทแกรนิตอัคริน โดยการปิดตัวของแผ่นฉานไทยลงไปใต้แผ่นลำปาง-เชียงราย ซึ่งผลดังกล่าวแตกต่างจากแนวหินแกรนิตที่อยู่ทางฝั่งตะวันตกของจังหวัดเชียงใหม่ คือตั้งแต่ตะวันตกของจังหวัดเชียงรายจนถึงแม่ฮ่องสอน และต่อแนวลงมาทางใต้จนถึงตากและกาญจนบุรีเป็นหินแกรนิตตะกอน ซึ่งถือว่าการกำเนิดจากการหลอมละลายบางส่วนของหินตะกอนได้เปลือกโลกส่วนทวีป ดังนั้นลักษณะธรณีแปรสัณฐานของแนวแกรนิตทั้งสองแนวนี้น่าจะแตกต่างกันด้วย ทำให้เราได้ตะเข็บเชียงใหม่ขึ้นได้

สำหรับบริเวณพื้นที่แนวตะเข็บธรณีนี้ ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอิเล็กตรอนไมโครโพลโครเมียสปีเนลจากหินอัครินสีเข้มถึงสีเข้มจัดเกิดอยู่ในชุดหิน โอฟิโอไลต์ซึ่งประกอบด้วยหินอัครินสีเข้มและหินอัครินสีเข้มจัดล้อมรอบด้วยหินตะกอนที่แปรสภาพอายุประมาณ ไทรแอสซิก หินอัลตราเมฟิกและเมฟิกเหล่านี้ถูกจัดเรียกรวมกันว่าหินอัครินชุดผาสัมซึ่งมีอายุช่วงปลายมหายุคพาลีโอโซอิกและต้นยุคไทรแอสซิก และบางส่วนอาจจะอ่อนจนถึงยุคครีเตเชียส ชุดหิน โอฟิโอไลต์พวกอัลตราเมฟิก-เมฟิกเหล่านี้ปรากฏแทรกสลับกับหินตะกอนเป็นลักษณะของชั้นส่วนของแผ่นธรณีที่ถูกบีบอัดด้วยแรงดันสูงทำให้แตกหักหินตะกอนเหล่านี้ประกอบด้วย หินทราย หินชนวน หินดินดาน และหินกรวดมนในอายุช่วงเพอร์โมไทรแอสซิกและคาร์บอนิเฟอรัส จากผลวิเคราะห์ธรณีเคมีของโครเมียสปีเนลจากชุดหิน โอฟิโอไลต์มีลักษณะปรากฏในสภาพธรณีวิทยาแบบการขนานชั้นซับซ้อน และบ่งชี้ถึงสภาพธรณีแปรสัณฐานแบบเกาะ โค้งภูเขาไฟ ขณะที่หินอัลตราเมฟิกซึ่งเป็นต้นกำเนิดของโครเมียสปีเนลจากพื้นที่เชียงรายเป็นประเภท อัลไพน์-เพอร์ริโดไทต์ซึ่งกำเนิดในลักษณะธรณีแปรสัณฐานแบบด้านหน้าแนวโค้งภูเขาไฟ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**Project Title** Tectonic Evolution of Thailand: Northern Northeast and Eastern.

**Name of Investigators** Assoc.Prof.Dr.Punya Charusiri, Assis.Prof.Virote Daorerk,  
Assis.Prof.Dr.Chakkaphan Sutthirat, Assis.Prof.Dr.Montri Choowong,  
Assis.Prof.Dr.Thasinee Charoentitirat, Dr.Vichai Chutakositkanon,  
Mr.Thana Bupparamnee

**Year** June 2009

### Abstract

The area under study of the first-year project mainly covers in the northern part of Thailand. Special attention was made mostly on the routes that the sutures representing the collision of microcontinents and paleo-oceans can be easily traced. The major routes are Lampang-Chiang Mai Routes in the north, Uttaradit-Nan-Tak Routes in the south and east, and Mae Sariang-Mae Hong Son Routes in the west.

In this research, emphasis is placed on the geological investigation and detailed studies on lithostratigraphy (especially distribution of Triassic rocks), major geological structures, petrography and geochemistry (particularly chromian spinels) in order to delineate boundaries of sutures caused by the crustal-plate collision.

Triassic rocks are geologically significant to the country since Bunopas(1981) discovered two microcontinents, namely Shan-Thai and Indochina plates which abut against one another during Triassic Period in the area called Nan-suture. Subsequently both microcontinents were intervened by paleotethys oceanic plates called by Charusiri et al. (1997) as Langpang-Chiang Rai and Nakorn Thai plates. Both plates were as old as Middle to Late Triassic before the commence of the recent Thailand configuration. These may have caused the changes in sedimentological features, sedimentary rock types and their depositional setting from places to places. Triassic sedimentary rocks and their distribution play essential roles in investigating geotectonics of Thailand.

Results from Triassic marine sediments of the Mae Sariang Group on the bases of stratigraphy and fossils reveal that the age of this group is between Middle to Late Triassic. Results of chromian spinel analysis from Triassic sandstone in Mae Hong Son-Mae Sariang show that the Triassic sandstone points to the provenance from alpine-type igneous rocks which are related to mid-oceanic ridges and ocean-floor. However, the tectonic event did not last long due to the closure of Paleotethys Ocean in Late Triassic.

Petrochemical result deduced from investigation of granites in Tak and nearby areas to the west of Chiang Mai Suture reveal that most granites are of I-type affinity due to subduction of Shan-Thai beneath Lampang-Chiang Rai. Such result is quite different from that of the granites to the west of Chiang Mai (from Chiang Rai and Mae Hong Son to Tak and Kanchanaburi). The latter point to the S-type affinity which were formed by crustal anatexis. This remarkable contrast leads to the development of Chiang Mai Suture.

For the area along the Nan-Suture, EPMA analysis reveals that chromian spinels in mafic and ultramafic igneous rocks belong to ophiolite suites. Geologically, the suites are enclosed by Triassic sediments, and igneous rocks of this suites are collectively called Pha Som Igneous Suite which occurred in Permo-Triassic times, and some may be as young as Cretaceous. These igneous clans are present in association with alternating sedimentary sequences as tectonic slices due to high pressure and brecciation. Such sedimentary rocks including sandstone, slate, shale and conglomerate were deposited in Permo-Triassic and Carboniferous times. Result on geochemical analysis of chromian spinels from mafic/ultramafic rocks indicate that the igneous rocks were originated from stratiform complex and pointed to volcanic-arc tectonism. However, a result of EPMA analysis on chromian spinels from Chiang Rai ultramafic rocks revealed that these igneous rocks were derived from the tectonic setting closely related to fore-arc volcanism.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อภาษาไทย	ii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	iv
สารบัญ	vi
สารบัญรูป	xii
สารบัญตาราง	xxviii
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	5
1.3 วิธีดำเนินการวิจัยแนวทางในการศึกษา	7
1.4 ขอบเขตการวิจัย	9
1.5 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการและผลที่จะได้	11
บทที่ 2 หินตะกอนยุคไทรแอสซิกในประเทศไทย	14
2.1 ความสำคัญ	14
2.2 ความเป็นมา	14
2.3 การแพร่กระจาย	17
2.3.1 ชั้นหินที่เกิดจากการสะสมตัวบนบก (Non-marine Sequences)	17
2.3.1.1 หมวดหินห้วยหินลาด	17
2.3.1.2 หมวดหินน้ำพอง (Nam Phong Formation)	22
2.3.2 ชั้นหินที่เกิดจากการสะสมตัวในทะเล (Marine Sequences)	22
2.3.2.1 กลุ่มหินน้ำป่าด (Nam Pat Group)	22
2.3.2.2 กลุ่มหินลำปาง (Lampang Group)	23
2.3.2.3 กลุ่มหินแม่สะเรียง (Mae Sariang Group)	26
2.3.2.4 กลุ่มหินแม่เมย (Mae Moei Group)	28
2.3.2.5 กลุ่มหินตาก (The Tak Group; Bunopas, 1976)	29
2.3.2.6 หมวดหินแม่ทาง (Mae Thang Formation)	29
2.3.2.7 หินปูนศรีสวัสดิ์ (Sri Sawat Limestone)	34

2.3.2.8 หินตะกอนทะเลยุคไทรแอสซิกบริเวณภาคตะวันตก	34
2.3.2.9 หินตะกอนทะเลยุคไทรแอสซิกบริเวณภาคใต้	34
2.3.2.10 หินตะกอนทะเลยุคไทรแอสซิกบริเวณภาคตะวันออก	43
<b>บทที่ 3</b> ธรณีวิทยาตอนเหนือของประเทศไทย	51
3.1 ลักษณะภูมิศาสตร์ (Physiography)	51
3.2 การลำดับชั้นหิน (Stratigraphy)	52
3.2.1 หินมหายุคพรีแคมเบรียน (Precambrian rocks)	52
3.2.2 หินยุคแคมเบรียน (Cambrian rocks)	54
3.2.3 หินยุคออร์โดวิเซียน (Ordovician rocks)	54
3.2.4 หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian rocks)	55
3.2.5 หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous rocks)	56
3.2.6 หินยุคเพอร์เมียน (Permian rocks)	56
3.2.7 หินยุคไทรแอสซิก (Triassic rocks)	58
3.2.8 หินยุคจูแรสสิก (Jurassic rocks)	59
3.2.9 หินยุคครีเตเชียส (Cretaceous rocks)	59
3.2.10 หินยุคเทอร์เชียรี (Tertiary rocks)	60
3.2.11 ตะกอนยุคควอเทอร์นารี (Quaternary sediments)	60
3.3 หินอัคนี (Igneous rocks)	60
3.4 ธรณีแปรสัณฐานและโครงสร้างขนาดใหญ่ (Major Geological Structure)	61
3.4.1 ธรณีแปรสัณฐาน (Geotectonics)	61
3.4.2 ลักษณะโครงสร้างที่สำคัญ (Structural Features)	64
3.4.2.1 รอยไม่ต่อเนื่อง (Unconformities)	64
3.4.2.2 ชั้นหินโค้ง (Fold)	65
3.4.2.3 กลุ่มรอยเลื่อน (Fault Zones)	67
<b>บทที่ 4</b> ธรณีวิทยารายละเอียดในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน	74
4.1 การจำแนกและการเรียกชื่อชุดหิน (Rock Nomenclature and classification)	74
4.2 การลำดับชั้นกลุ่มหิน (Measured section)	75
4.2.1 แนวสำรวจ A	75
4.2.2 แนวสำรวจ B	78
4.2.3 แนวสำรวจ C	78



	หน้า
4.2.4 แนวสำรวจ D	79
4.2.5 แนวสำรวจ E	79
4.2.6 แนวสำรวจ F	109
4.2.7 แนวสำรวจ G	109
4.3 การลำดับชั้นหิน (Stratigraphy)	110
4.3.1 หน่วยหินกองสุ่ม (Kong Sum formation หรือ Tr <sub>1</sub> unit)	120
4.3.1.1 หินกรวดมนด้านล่าง (Lower conglomerate lithofacies)	120
4.3.1.2 หินทราย (Lithic sandstone lithofacies)	120
4.3.2 หน่วยหินประตูเมือง (Pra Trumuang formation หรือ the Tr <sub>2</sub> unit)	120
4.3.2.1 ลักษณะปรากฏของหินโคลนสีเทาดำและหินทราย (Dark gray mudstone and sandstone lithofacies)	121
4.3.2.2 ลักษณะปรากฏของหินเชิร์ตสลับกับหินโคลน (Chert interbedded mudstone lithofacies)	121
4.3.2.3 ลักษณะปรากฏของหินกรวดมนสลับกับหินทราย (Conglomerate interbedded sandstone lithofacies)	121
4.3.2.4 ลักษณะปรากฏของหินทรายและหินดินดาน (Sandstone and shale lithofacies)	124
4.3.3 หน่วยหินแม่แลบ (Mae Leab formation หรือ Tr <sub>3</sub> unit)	124
4.3.3.1 หินโคลนที่มีตัวเชื่อมประสานเป็นพวกคาร์บอเนต (Calcareous mudstone and sandstone lithofacies)	124
4.3.3.2 หินดินดานแข็งสลับกับหินโคลน (Siliceous shale interbedded mudstone lithofacies)	128
4.3.3.3 หินทรายขนาดตะกอนปานกลาง (Medium-grained sandstone lithofacies)	128
4.4 ธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่แม่ฮ่องสอน	128
4.4.1 ชั้นหิน (Bed)	128
4.4.2 รอยเลื่อน (Faults)	128
4.4.3 รอยแตกอย่างไม่เป็นระบบ (Fractures)	134
4.5 การศึกษาสีลาพรรณนา (Petrography)	134
4.5.1 กลุ่มหินแม่สะเรียง (Mae Sariang Group)	134
4.5.1.1 หน่วยหินกองสุ่ม	134

	หน้า
4.5.1.2 หน่วยหินประตูเมือง	138
4.5.1.3 หน่วยหินแม่แลบ	138
บทที่ 5 ธรณีวิทยาบริเวณแนวตะเข็บน่าน-อุตรดิตถ์	147
5.1 ธรณีวิทยาทั่วไป	147
5.1.1 คำนำ	147
5.1.2 ธรณีวิทยาโครงสร้างหลัก (Major structures)	147
5.1.3 ธรณีวิทยาทั่วไป หรือธรณีวิทยาภูมิภาค (Regional Geology)	150
5.2 ธรณีวิทยาโดยละเอียด	153
5.2.1 ผลงานที่มีผู้นำมาก่อน (Previous works)	153
5.2.2 ลำดับชั้นหิน (Stratigraphy)	156
5.2.2.1 กลุ่มหินผาส้ม (Pha Som Group)	156
5.2.2.2 กลุ่มหินแพร์ (Phrae Group)	162
5.2.2.3 กลุ่มหินลำปาง (Lampang Group)	165
5.2.2.4 กลุ่มหินนครไทย (Nakhon Thai Group)	167
5.2.2.5 ตะกอนและหินซีโนโซอิก (Cenozoic Sediments and Rocks)	172
5.2.3 หินอัคนี (Igneous Rocks)	175
5.2.3.1 หินอัคนีชุดผาส้ม	175
5.2.3.2 หินภูเขาไฟชุดแม่มา	182
5.2.3.3 หินแกรนิตชุดน่าน-อุตรดิตถ์ (Nan-Uttaradit Plutonics)	183
5.2.3.4 หินภูเขาไฟชุดน่าน (Nam Nan Volcanics)	189
5.2.3.5 หินภูเขาไฟชุดห้วยไคร้	190
5.2.4 ธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structural Geology)	193
5.2.4.1 การโค้งงอ (Folding)	193
5.2.4.2 รอยเลื่อน (Faulting) และรอยแตก (Jointing)	195
5.2.4.3 รอยความไม่ต่อเนื่อง (Uncoormity)	197
5.3 ธรณีวิทยาแหล่งแร่	198
5.4 สรุป	201
บทที่ 6 ธรณีวิทยาบริเวณตาก-สุโขทัย	233
6.1 ธรณีวิทยาทั่วไป	233
6.1.1 สภาพธรณีวิทยาทั่วไป (Geologic Setting)	233

6.1.2	ประวัติธรณีวิทยา (Historical Geology)	233
6.1.3	การลำดับชั้นหินตะกอน	234
6.1.4	หินอัคนี (Igneous Rocks)	241
6.1.5	ธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structural Geology)	245
6.2	การสำรวจธรณีวิทยาแกรนิต	246
6.3	แหล่งแร่เฟลด์สปาร์	264
6.3.1	แนวแร่เฟลด์สปาร์ (Feldspar Zone)	264
6.3.2	การกระจายตัวของแร่เฟลด์สปาร์ (Feldspar Distribution)	268
6.4	ศิลาวิทยาและวิทยาแร่ (Petrology and Mineralogy)	272
6.4.1	ลักษณะศิลาวิทยา	272
6.4.2	วิทยาแร่	279
6.5	ธรณีเคมี (Geochemistry)	281
6.6	สรุป	288
บทที่ 7	ธรณีเคมีของโครเมียมสปิเนล	290
7.1	การวิเคราะห์ด้าน EPMA	290
7.2	ผลการวิเคราะห์	291
7.2.1	พื้นที่จังหวัดเชียงราย	291
7.2.2	พื้นที่แถบน่าน-อุตรดิตถ์	291
7.2.3	พื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน	292
7.3	การอภิปรายผล	292
7.3.1	แผนภูมิเทียบสัมพันธ์ทางธรณีวิทยา (Geological correlation diagram)	292
7.3.2	การบ่งบอกหินต้นกำเนิด (Host rock identification) (Petrographic Interpretation)	304
7.3.3	การประยุกต์กับงานธรณีแปรสัณฐาน (Implication to tectonic setting)	313
7.4	สรุป	324
บทที่ 8	อภิปรายและสรุปผล	325
8.1	สภาพธรณีวิทยาแปรสัณฐานของแต่ละแนวตะเข็บธรณี	325
8.1.1	พื้นที่ เชียงราย	325
8.1.2	พื้นที่ น่าน – อุตรดิตถ์	325
8.1.3	พื้นที่ แม่ฮ่องสอน	326

8.2 สรุปสภาพธรณีวิทยาของหน่วยแปรสัณฐานหลัก (major tectonic units) ของภาคเหนือ ประเทศไทย	327
เอกสารอ้างอิง	332
ภาคผนวก	



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญรูป

	หน้า	
รูป 1.1	แผนที่ธรณีแปรสัณฐานของไทยและพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้แสดงตะเข็บธรณีเดิม (โดย Bunopas, 1981)	3
รูป 1.2	แผนที่ธรณีแปรสัณฐานของไทยแสดงตะเข็บธรณี (geosuture) ใหม่ (โดย Charusiri และคณะ, 1997)	6
รูป 2.1	การกระจายตัวของหินตะกอนยุคไทรแอสซิกในประเทศไทย (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2542)	18
รูป 2.2	(a) แผนที่ธรณีวิทยาแสดงการกระจายตัวของหินตะกอนหมวดหินห้วยหินลาด (RHh) และหมวดหินน้ำพอง (RNp) พื้นที่เพชรบูรณ์-ภูกระดึง (Chonglakmani, 1972) (b) แผนที่แสดงที่ตั้งของพื้นที่ในบริเวณขอบที่ราบสูงโคราช	19
รูป 2.3	(a) แผนที่แสดงธรณีวิทยาอย่างง่าย การแผ่กระจาย และการวางตัวของชั้นหินในบริเวณพื้นที่แบบฉบับ (type section) ห้วยหินลาด (Iwai และคณะ, 1966) (b) การลำดับชั้นหินของหมวดหินด้วยหินลาด ในแถบเขื่อนน้ำพอง ที่รองรับข้างใต้ด้วยหินปูนอายุเพอร์เมียน (Chonglakmani & Satayarak, 1978)	20
รูป 2.4	การเทียบเคียงการลำดับชั้นหินของหมวดหินห้วยหินลาดในบริเวณบ้านคาค่าฟ้า ที่รองรับข้างใต้ด้วยหินปูน อายุเพอร์เมียน โดยมีหินกรวดมนของหมู่หินสามแดนวางตัวได้สุดเป็นฐานของหมวดหินห้วยหินลาด (Chonglakmani & Sattayarak, 1978)	21
รูป 2.5	(a) การลำดับชั้นหินของกลุ่มหินลำปาง ในบริเวณแอ่งตะกอนลำปางแพร่ (b) การเทียบเคียงลำดับชั้นหินของแอ่งลำปาง (ซ้าย) และแอ่งแพร่ (ขวา) (c) แผนที่ส่วนของประเทศไทย แสดงพื้นที่ศึกษา (Chaodumrong & Burrell, 1992)	24
รูป 2.6	แผนที่แสดงการกระจายตัวของกลุ่มหินแม่สะเรียง (Bunopas, 1976)	27
รูป 2.7	การเทียบเคียงลำดับชั้นหินในบริเวณกะมอกกะลาและแม่สอด	30
รูป 2.8	รูปตัดขวางธรณีวิทยาตามเส้นทางแม่สอด-ตาก ทางด้านตะวันออกของอำเภอแม่สอด (Bruan & Jordan, 1976)	31
รูป 2.9	รูปตัดขวางธรณีวิทยาในแถบกะมอกกะลาและแม่น้ำเมย (Bruan & Jordan, 1976)	32

รูป 2.10	รูปตัดขวางธรณีวิทยาในแถบหินปูนกะมอกกะลาและแม่น้ำเมย, จังหวัดแม่ฮ่องสอน (โดยละเอียด) (Bruan & Jordan, 1976)	33
รูป 2.11	แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณอำเภอศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรีแสดงการกระจายตัวและการวางตัวของหินตะกอนอายุต่างๆ (Hagen & Kemper, 1976)	37
รูป 2.12	แผนที่ธรณีวิทยาแสดงการกระจายตัวของหินแถบอำเภอศรีสวัสดิ์ (จังหวัดกาญจนบุรี) โดย Bunopas (1976)	38
รูป 2.13	แผนที่แสดงที่ตั้งของพื้นที่ศึกษาในเขตอำเภอทองผาภูมิ (กาญจนบุรี)	39
รูป 2.14	แผนที่ธรณีวิทยาของหมวดหินไซบุรีบริเวณพื้นที่พัทลุง (B) ภาคใต้ ประเทศไทย โดย Amphommaha (1995) (รูปเล็ก A) แสดงตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา, 1=หมู่หินภูเขาทอง (Phu Khao Limestone Dolomite), 2=หมู่หินเชือก (Chiak Limestone), และ 3=หมู่หินพนมวัง (Phanom Wang Limestone)	40
รูป 2.15	microfacies ของหมวดหินไซบุรีโดย Amphommaha (1995)	41
รูป 2.16	การลำดับชั้นหินของหมวดหินโป่งน้ำร้อนโดย Chaodumlong (1982) 1. บ้านท่าเรือ 2. เนินผู้ใหญ่เยื่อ 3. เขาเกลือ 4. คลองโป่งน้ำร้อน	45
รูป 2.17	เนินตะกอนรูปพัดใต้ทะเลและการจำแนกชั้นตะกอนที่เกิดในขอบทวีปแบบสถิติและแบบจลน์ (Shanmugam & Moiola, 1988)	46
รูป 2.18	การลำดับชั้นหินของตะกอนขุนชันในแถบขอบทวีปแบบสถิติแบบจลน์ (Shanmugam & Moiola, 1988)	47
รูป 3.1	แผนที่แสดงสภาพภูมิประเทศที่สำคัญของภาคเหนือของประเทศไทย	53
รูป 3.2	แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวของหินในหน่วยแปรสัณฐานขนาดใหญ่ (Charusiri และคณะ, 1997)	63
รูป 3.3	กลุ่มรอยเลื่อนที่สำคัญในประเทศไทยและข้างเคียง 13 กลุ่ม (ดัดแปลงจากปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2540)	69
รูป 3.4	แผนที่ประเทศไทยแสดงกลุ่มรอยเลื่อนทั้ง 17 กลุ่ม ตัวเลขแสดงถึงอายุรอยเลื่อนจากการหาอายุโดยวิธี TL dating	73
รูป 4.1	รายละเอียดการวัดภาพตัดขวาง อ้างอิงสัญลักษณ์ที่เสนอโดย Selly (1996)	76
รูป 4.2	แผนที่แสดงพื้นที่ที่ศึกษา (พื้นที่สี่เหลี่ยมในรูป A) และตำแหน่งต่างๆ ในรูป B	77
รูป 4.3a	แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณบ้านห้วยโป่ง ห่างจากอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนไปทางใต้ประมาณ 60 กิโลเมตร	80

รูป 4.3b	แสดงภาพตัดขวางแนวสำรวจ A บริเวณบ้านห้วยโป่งและการลำดับชั้นหินในบริเวณนี้	81
รูป 4.3c	แผนภูมิแท่งแสดงการลำดับชั้นหินพร้อมตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างมาศึกษาสิลาวรรณอย่างละเอียดบริเวณบ้านห้วยโป่ง	82
รูป 4.4	ชั้นหินดินดานแทรกสลับกับหินตะกอนอื่นๆ บริเวณบ้านห้วยโป่ง (ที่พิกัดภูมิศาสตร์ 885065 ถึง 910042 ระวางแผนที่หมายเลข 4547II)	84
รูป 4.5	แสดงซากบรรพชีวินของหอยในสกุล <i>Halobia</i> sp. (วงกลมสีแดง) ที่พบอยู่ทั่วไปในหินโคลนที่มีตัวเชื่อมประสานเป็นพวกคาร์บอนเนตบ่งบอกอายุไทรแอสซิก	85
รูป 4.6a	แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณบ้านสะเป่ ห่างจากแนวสำรวจ A ไปทางใต้ประมาณ 50 กิโลเมตร (ดัดแปลงจาก Boriphatkhosoi และคณะ ปี ค.ศ. 1990)	86
รูป 4.6b	ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยา บริเวณบ้านสะเป่ อำเภอขุนยวม	87
รูป 4.6c	แผนภูมิแท่งแสดงการลำดับชั้นหินที่พบบริเวณบ้านสะเป่ พร้อมตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างหินเพื่อมาศึกษาวรรณ	88
รูป 4.7a	แผนที่ธรณีวิทยารายละเอียดบริเวณบ้านประตูเมือง อำเภอขุนยวม (ดัดแปลงจาก Boriphatkhosol และคณะ ปี ค.ศ. 1990)	91
รูป 4.7b	ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาของพื้นที่แนวสำรวจ C บ้านประตูเมือง อำเภอขุนยวม แสดงการวางตัวของกลุ่มหินอายุไทรแอสสิก	92
รูป 4.7c	แผนภูมิแท่งแสดงการลำดับชั้นหินบริเวณบ้านประตูเมือง อำเภอขุนยวม	93
รูป 4.8a	แผนที่ธรณีวิทยารายละเอียดบริเวณบ้านห้วยนา อำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน (ดัดแปลงจาก Boriphatkhosol และคณะปี ค.ศ. 1990)	97
รูป 4.8b	ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาบริเวณแนวสำรวจ D บ้านห้วยนา อำเภอแม่ลาน้อย แสดงการลำดับชั้นหินยุคไทรแอสสิก	98
รูป 4.8c	แผนภูมิแท่งแสดงการลำดับชั้นหิน บริเวณบ้านห้วยนา อำเภอแม่ลาน้อย	99
รูป 4.9a	แผนที่ธรณีวิทยารายละเอียดบริเวณห้วยหินเหล็กไฟ อำเภอแม่ลาน้อย (ดัดแปลงจาก Jindasuth และคณะ ปี ค.ศ. 1990)	101
รูป 4.9b	ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาบริเวณแนวสำรวจ E ห้วยหินเหล็กไฟ อำเภอแม่ลาน้อย แสดงการวางตัวของชั้นหินตะกอนยุคไทรแอสสิก	102
รูป 4.9c	แผนภูมิแท่งแสดงการลำดับชั้นหินบริเวณห้วยหินเหล็กไฟ	103

รูป 4.10a	แผนที่ธรณีวิทยารายละเอียด จากบริเวณบ้านท่าสองแควถึงบ้านแม่แลบ อำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน (ดัดแปลงจาก Jindascth และคณะ ปี ค.ศ. 1990)	105
รูป 4.10b	ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาบริเวณแนวสำรวจ F บ้านท่าสองแควถึงบ้านแม่แลบ อำเภอแม่ลาน้อย แสดงการวางตัวของหินตะกอนยุคไทรแอสสิก	106
รูป 4.10c	แผนภูมิแท่งแสดงการลำดับชั้นหินจากแนวสำรวจ F บ้านแม่แลบ อำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดฮ่องสอน	107
รูป 4.11a	แผนที่ธรณีวิทยารายละเอียดบริเวณบ้านห้วยโผและบ้านห้วยสิงโต หลักกิโลเมตรที่ 20 ถึง 25 ถนนหมายเลข 1194 (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี ปี ค.ศ. 1990)	111
รูป 4.11b	ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาแนวสำรวจ G บ้านห้วยโผถึงบ้านห้วยสิงโต อำเภอแม่สะเรียง แสดงการวางตัวของชุดหินตะกอนยุคไทรแอสสิก	112
รูป 4.11c	แผนภูมิแท่งแสดงการลำดับชั้นหินแนวสำรวจ G พร้อมตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างศึกษาสีลาพรรณนา บ้านห้วยโผ อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	113
รูป 4.12	ไดอะแกรมเทียบสัมพันธ์ของหินยุคไทรแอสสิกจากพื้นที่ทางตอนใต้ของอำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	116
รูป 4.13	แผนภูมิแท่งแสดงหมวดหินต่างๆ ในกลุ่มหินแม่สะเรียงที่ได้จากการเทียบเคียงจากแนวสำรวจต่างๆ	117
รูป 4.14	แผนภูมิที่ใช้จำแนกชนิดของหินทราย (Folk, 1974)	118
รูป 4.15	ขอบเขตหินตะกอนยุคไทรแอสสิกที่ได้จากการแปลรูปถ่ายดาวเทียม (ดูรายละเอียดแต่ละหน่วยหินในรายงาน)	119
รูป 4.16	ลักษณะหิน โผล่ของหิน โคลนสีเทาดำและหินทราย บริเวณบ้านห้วยโผ อำเภอแม่สะเรียง	122
รูป 4.17	ลักษณะหิน โผล่ของหินเชิร์ตสลับกับหินโคลน (รูป A) บริเวณบ้านประดู่เมือง บ้านห้วยนา (รูป B) และบ้านห้วยโผ (รูป c)	123
รูป 4.18	ลักษณะหิน โผล่ของหินกรวดมนสลับหินทราย บริเวณบ้านสะเป่ (รูป A) บ้านประดู่เมือง (รูป B) และการคัดขนาดตะกอนในหินกรวดมน บ้านประดู่เมือง (รูป C)	125



รูป 4.19	ลักษณะหินทรายและหินดินดานแสดงชั้นชัดเจน จากบ้านสะเป่ (รูป A) และบ้านประตูเมือง (รูป B และ C)	126
รูป 4.20	ลักษณะหินทรายและหินดินดานที่แสดง cross-bedding จากบ้านสะเป่ (รูป A) จากบ้านประตูเมือง (รูป B และ C) และร่องรอยริ้วคลื่น บ้านประตูเมือง (รูป A)	127
รูป 4.21	หน่วยหินแม่แลบที่แสดงหินโคลนสีเทาดำบริเวณบ้านห้วยโป่ง (รูป A) และหินดินดานเนื้อแข็งสลับกับหินดินดาน บริเวณบ้านแม่แลบ	131
รูป 4.22	ลักษณะหินโพลีธรรมชาติของหินดินดานเนื้อคาร์บอนेटและหินทรายแสดงชั้น บริเวณห้วยหินเหล็กไฟ 133	132
รูป 4.23	ลักษณะหินดินดานเนื้อแข็งสลับกับหินโคลน แสดงชั้นสลับกันอย่างชัดเจนมีความหนาของแต่ละชั้นโดยเฉลี่ย 10-15 เซนติเมตร บริเวณบ้านห้วยโป่ง	133
รูป 4.24	แผนภูมิวงกลมแสดงค่าการวางตัวของชั้นหิน (โดย Schmidt) จากพื้นที่ศึกษาทั้งหมด	135
รูป 4.25	แผนภูมิวงกลมแสดงแนวรอยเลื่อนหลักที่พบในพื้นที่ศึกษา	136
รูป 4.26	แผนภูมิวงกลมแสดงแนวรอยแตกไม่เป็นระบบในพื้นที่ศึกษา	137
รูป 4.27	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงเนื้อหินทรายยุคเพอร์เมียน จากตัวอย่างที่นำมาศึกษาสิลาวรรณหมายเลข 001209 – 5 โดยมีแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ และเศษหินเป็นองค์ประกอบหลัก (ภาพขยาย 40 เท่า)	141
รูป 4.28	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการคัดขนาดปานกลางของหินทรายอาร์โคส จากตัวอย่างหมายเลข 001209 – 1 โดยมีองค์ประกอบในเนื้อหินเป็นพวกแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์และเศษหิน (ภาพขยาย 40 เท่า)	142
รูป 4.29	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินเชิร์ตที่ได้จากชุดหินที่สลับกับหินโคลน ตัวอย่างหมายเลข 00829 – 4 แสดงซากบรรพชีวินพวก radiolarian (ภาพขยาย 40 เท่า)	143
รูป 4.30	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินทรายที่แทรกสลับอยู่กับหินดินดาน ตัวอย่างหมายเลข 00830 – 15 แสดงองค์ประกอบของเนื้อหินเป็นพวกแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์และเศษหิน (ภาพขยาย 40 เท่า)	144
รูป 4.31	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินทรายอาร์โคส (ตัวอย่างหมายเลข 00828 – 3) แสดงองค์ประกอบเนื้อหินในพวกแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์และแร่มีสโคไวต์ (ภาพขยาย 40 เท่า)	145

รูป 4.32	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงหินทรายอาร์โคส (ตัวอย่างหมายเลข 001211 – 9 แสดงองค์ประกอบเนื้อหินเป็นพวกแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์และเศษหิน (ภาพขยาย 40 เท่า)	146
รูป 5.1-1	แผนที่แสดงที่ตั้งและการแบ่งการปกครองจังหวัดอุตรดิตถ์ และแหล่งที่ใช้ในการศึกษาสภาพธรณีวิทยา	148
รูป 5.1-2	ภาพดาวเทียม (LANDSAT) TM5 แสดงลักษณะโดยทั่วไปของพื้นที่ศึกษา จังหวัดอุตรดิตถ์ และใกล้เคียง	149
รูป 5.1-3	แผนที่ธรณีวิทยาแสดงลักษณะการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนขนาดใหญ่ จังหวัดอุตรดิตถ์	151
รูป 5.1-4	แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณกว้างๆ อย่างง่ายแสดงถึงการกระจายตัวของหินตะกอน และหินอัคนีชนิดต่างๆ บริเวณจังหวัดลำปาง แพร่ อุตรดิตถ์ น่าน (ดัดแปลงจาก Salyapongse และ Putthapiban, 1997)	154
รูป 5.1-5	แผนที่ธรณีวิทยา น่าน-อุตรดิตถ์และบริเวณข้างเคียง	157
รูป 5.2-1	กลุ่มหินผาสัมจำพวก เซอร์เพนไทน์ไนต์ชีสต์ (Serpentinite schist) ที่สัมผัสกับหินแอนดีไซต์ (andesite) ในตอนล่าง (ถ่ายไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ ตำแหน่งโรงโม่ศิลาชัย พิกัด 34500-46600)	158
รูป 5.2-2	ภาพไกลแสดงลักษณะการไหลของหินเซอร์เพนไทน์ไนต์ชีสต์ กลุ่มหินผาสัมซึ่งกำหนดอายุเป็นคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน (ถ่ายไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ ตำแหน่งโรงโม่ศิลาชัย พิกัด 34500-46600)	158
รูป 5.2-3	เหมือนหินทัลก์ที่เป็นหินทัลก์ชีสต์ (talc schist) เป็นส่วนหน้าของกลุ่มหินผาสัม ซึ่งแปรสภาพมาจากหินภูเขาไฟ (ตำแหน่งพิกัด 51643-56206)	161
รูป 5.2-4	ภาพใกล้แสดงการเรียงตัวของหินทัลก์ชีสต์และหินภูเขาไฟแปรที่หลงเหลืออยู่ บางครั้งพบแร่แอลไซต์แทรกเป็นริ้วทาง (ตำแหน่งพิกัด 51643-56206)	161
รูป 5.2-5	เหมือนหินอ่อนที่ตำแหน่งพิกัด 42296/34738 ซึ่งเป็นเขาหินอ่อน ยุคเพอร์เมียน ชูคร้องกวาง ในกลุ่มหินแปร หินปูนบริเวณนี้เกือบทั้งหมดมีการตกผลึกใหม่ เกิดเป็นหินอุตสาหกรรมหินอ่อน (ถ่ายที่ อินทิตาหินอ่อน ตำแหน่งพิกัด 41311/34918)	164
รูป 5.2-6	เศษหินตัดจำพวกหินคาร์บอนเนต ยุคเพอร์เมียน ชูคร้องกวาง ในกลุ่มหินแปร	164

รูป 5.2-7	เหมืองหินอ่อนที่ตำแหน่งพิกัด 42296/34738 ซึ่งเป็นเขาหินอ่อน ยุคเพอร์เมียน ชุดร่องกวาง ในกลุ่มหินแปร หินปูนบริเวณที่เกือบทั้งหมดมีการตกผลึกใหม่ เกิดเป็นหินอุตสาหกรรมหินอ่อน (ถ่ายที่ อินทิกาหินอ่อน ตำแหน่งพิกัด 41311/34918)	177
รูป 5.2-8	เศษหินตัดจำพวกหินคาร์บอนเตยุคเพอร์เมียน ชุดร่องกวางกลุ่มหินแปร	177
รูป 5.2-9	ภาพกว้างแสดงส่วนยอดของเขายี่นง ซึ่งเป็นแหล่งผลิตหินอุตสาหกรรมชนิด หินแกรนิต (ถ่ายที่เขายี่นง ตำแหน่งพิกัด 38700/34800)	188
รูป 5.2-10	หินไดโอรไทต์สีเขียวประจุดขาว มีลักษณะของเนื้อดอกของเฟลด์สปาร์และ สอร์นเบลนด์ ผลึกค่อนข้างหยาบ เป็นส่วนของอูตรดิคต์พลูตอน (ถ่ายที่เขายี่นง ตำแหน่งพิกัด 38700/34800)	188
รูป 5.2-11	ขุมเหมืองชุดโดยรถ Back hole เหมืองดินขาว เชื่อว่ามีการผุพังมาจากหิน ภูเขาไฟ ไรโอไลต์ อายุหลังไทรแอสซิก (ถ่ายไปทางเหนือ ตำแหน่งพิกัด 29500/57700)	191
รูป 5.2-12	หินไรโอไลต์อายุหลังไทรแอสซิก ซึ่งผุพังเป็นเหมืองดินขาว เหมืองนี้อยู่ใกล้ โรงเรียนบ้านเหล่าป่าสา	191
รูป 5.2-13	ภาพใกล้แสดงหินโผล่จำพวกไรโอไลต์แปรสภาพ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มหินภูเขาไฟเมโซโซอิก (หรืออาจเข้าได้กับ MS2) บริเวณเหมืองปลัดปล้อม ว่าเป็น แหล่งดินขาวและแร่ทัลก์ (ถ่ายตำแหน่งพิกัด 30250/592322)	192
รูป T5-1	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงถึงหินไรโอไลต์เปลี่ยนสภาพ (altered rhyolite) ที่เนื้อพื้นของหินถูกแทนที่ด้วยแร่ควอตซ์ (สีขาว) และทัลก์ (สี เหลือง) ตรงกลางรูปคือ เม็ดแร่ควอตซ์ซึ่งแสดงลักษณะการแตกหัก (fractured) ที่เดิมคงเป็นเศษแร่ (crystal fragment) เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรซ์ม ปีดนิโคลส์กรองแสง, ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	202
รูป T5-2	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการเปลี่ยนสภาพ (alteration) ของหินอัคนีสี เข้ม (mafic rock) สีขาวอ่อนๆ คือ แร่ควอตซ์ สีขาวขุ่น คือ แร่เฟลด์สปาร์ สีฟ้า คราม คือ แร่คลอไรต์ และสีเหลืองอมชมพู คือ อีพิโดตต์ เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 44611-55725 (ใช้แสงโพลาไรซ์, ปีดนิโคลส์กรองแสง, ความยาว ภาพประมาณ 4 มม)	203

รูป T5-3	<p>ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพ (alteration) ของหินอัคนีสีเข้ม ตรงกลางรูป สีขาวๆ ห่อมล้อมแร่สีเหลือง คือ แร่ควอตซ์ สีฟ้าคราม คือ คลอไรต์ แร่สีเหลืองที่ถูกล้อมรอบ คือ แร่อีพิโดตที่เดิมเป็นแร่ไพรอกซีน ทางขวาล่างมีสีชมพู-เหลือง-ส้ม เม็ดใหญ่ๆ คือ แร่ดอกไพรอกซีน ที่ต่อมาเปลี่ยนเป็นแร่ทัลก์ หินแสดงการร้าวลายขนาน (foliation) อยู่ข้าง เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 44611-55725</p> <p>(ใช้แสงโพลาไรส์ ปิดนิโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)</p>	204
รูป T5-4	<p>ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ แสดงผลึกแร่ฮอนเบลนด์ (สีเหลืองอมน้ำตาล) แสดงเนื้อตาข่าย (sieve texture) ที่มีการแทรกเข้ามาของแร่ไบโอไทต์ (สีน้ำตาลแก่) และแร่พลาจิโอเคลส แสดง ผลึกแฝด (สีออกเทาขาว) ในเนื้อหิน แบบผลึกขนาดเท่า (equigranular texture) ของหินแกรนิต เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ QPV 29054-65427</p> <p>(ใช้แสงโพลาไรส์, ปิดนิโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)</p>	205
รูป T5-5	<p>ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงถึงแร่ไพรอกซีน (สีฟ้า) ซึ่งถูกแทนที่ด้วยแร่ฮอนเบลนด์ (สีส้มๆ) เกิดอยู่ร่วมกับแร่ไบโอไทต์ (สีส้มน้ำตาล) และแร่ควอตซ์ (สีขาว) ทางขวามือสุดภาพ คือ แร่เฟลด์สปาร์ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพให้หินแกรนิต เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 29054-65427</p> <p>(ใช้แสงโพลาไรส์, ปิดนิโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 2 มม)</p>	206
รูป T5-6	<p>ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงหินภูเขาไฟที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปซึ่งยังแสดงลักษณะของการเรียงตัวของแร่ในเนื้อหิน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นแร่ทัลก์ และแคลไซต์ ตรงกลางภาพสีขาว คือ แร่ควอตซ์ แสดงผลึกกึ่งสมบูรณ์และเป็นแร่ดอกด้วย เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 30214-59498</p> <p>(ใช้แสงโพลาไรส์, ปิดนิโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)</p>	207
รูป T5-7	<p>ขยายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงเศษหินที่เปลี่ยนแปลงสภาพ (ก้อนแร่ใหญ่หลากสี) และแร่ดอก (สีส้ม) คือ แร่ฮอนเบลนด์ ในเนื้อหินของหินภูเขาไฟที่เปลี่ยนแปลงสภาพ เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 30214-59498</p> <p>(ใช้แสงโพลาไรส์, ปิดนิโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 2 มม)</p>	208

รูป T5-8	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงให้เห็นลักษณะของแร่ทัลก์ (สีขาวออกเหลือง และแร่คลอไรต์ (ฟ้าอมเขียวอ่อน) กลางภาพเห็นเป็นสายสั้นๆ ในหินชีสต์มีทอส์ก เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 34545-46642 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิดนิโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 2 มม)	209
รูป T5-9	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงหินอัคนีสีเข้มจัดเปลี่ยนแปลงสภาพ (altered ultramafic) สีจางเป็นแห่งๆ เดิมเป็นแร่แพลจิโอเคลส (ขณะที่เห็นนี้เป็นแร่ทรีโมไลต์) และสีส้มๆ คือ แร่อีพิโดต ลายที่เห็นตรงกลางภาพ คือ สายแร่เซอร์เพนทีน เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิดนิโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	210
รูป T5-10	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะการเรียงตัวอย่างอ่อน (weak foliation) ของหินอัคนีสีเข้มที่เปลี่ยนแปลงสภาพไป และหินประกอบด้วยแร่แคลไซต์ (สีจางๆ) ควอตซ์ (สีขาว) อีโดต (สีเข้ม) คลอไรต์ (สีฟ้าคราม และแร่ดำๆ คือ แร่ทึบแสง) เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 51643-56206 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิดนิโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	211
รูป T5-11	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะเนื้อพื้นหินภูเขาไฟนี้เดิมเป็นธารหินละลาย (flow) ต่อมาสลายไปเป็นคลอไรต์สีเขียว และโคโลไมด์ ผลึกสมบูรณ์ รูปขนมเปียกปูน แร่สีส้มๆ คือ แร่โอลิวิน ที่สลายเป็นแร่อิดดิงไซต์ (Iddingsite) เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 51643-56206 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิดนิโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	212
รูป T5-12	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงถึงกระจุกแร่ควอตซ์ (สีขาว) เป็นเศษแร่ และแร่ดำๆ ทึบแสงจับเป็นเม็ดแร่ (spotted) ในหินถ้ำรูปเปลี่ยนแปลงสภาพ (altered tuff) เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิดนิโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	213
รูป T5-13	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงถึงกระจุกแร่ควอตซ์ ซึ่งเดิมน่าจะเป็นแร่จากหินทราย(?) มีการเกาะเกี่ยวกันของควอตซ์ที่ตกผลึกใหม่ และหินแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงสภาพด้วยการเติมซิลิกา (Silicification) เข้ามา เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิดนิโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	214

รูป T5-14	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะเนื้อหินที่เกิดการเปลี่ยนสภาพจนรอยแตกถึ (cleavage) เกิดการโค้งงอ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแร่คลอไรต์และทัลก์ในหินชีส เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 43140-45566 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโกลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	215
รูป T5-15	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการโค้งงอของแร่เหล็กออกไซด์ และคลอไรต์/ทัลก์ ส่วนแร่ควอตซ์เป็นสีขาว เกิดการรวมตัวกันและตกผลึกใหม่จากหินชีส เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 43140-45566 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโกลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 2 มม)	216
รูป T5-16	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการจัดเรียงตัวแร่จนเป็นริ้วขนาน (foliation) ชัดเจนและเกิดการโค้งงอ (folding) อีกครั้งภายในริ้วขนานในหินชีสมีไมกา-คลอไรต์ เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 44611-55725 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโกลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	217
รูป T5-17	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงแร่ควอตซ์ (สีขาว) แสดงลักษณะเนื้อเป็นริ้วลายคล้ายมาลาย (Zebra texture) แสดงภาวะการฟอกขึ้น (crustation) แทรกเข้ามาในกระจุกรแอื่อพิโดต (สีเข้ม) และเหล็กออกไซด์ ซึ่งบางส่วนแสดงลักษณะเนื้อเหลือค้าง (remnant) ของธารหินละลาย (flow) ในหินไรโอไรท์เปลี่ยนสภาพ เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโกลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	218
รูป T5-18, รูป T5-19	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการแทรกเข้ามาของสายแร่เล็กๆ ของแร่รูไทต์ ที่มีขอบเข้ามา ปนปะอยู่กับแร่ทอลก์ (สีอ่อน) ซึ่งแทรกเข้ามาในแร่คลอไรต์ และอิดดิงไซด์ที่สลายมาจากแร่โอลิวีนในหินอัคนีสีเข้มเปลี่ยนสภาพ เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 51643-56206 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโกลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	219
รูป T5-20, รูป T5-21	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงหินบะซอลต์ลายดอก(basalt porphyry) ซึ่งมีแร่ริเบคไคส์ เข้ามาแทนที่แร่ไพรอกซีน (ออไรต์) ซึ่งเป็นแร่ดอก(phenocryst) ในเนื้อพื้นที่มีการเปลี่ยนสภาพไป สังเกตหินมีการแทรกด้วยสายแร่เล็กๆ ของควอตซ์และไมกา เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 34545-46642 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโกลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	220

รูป T5-22	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะของเนื้อหินภูเขาไฟที่ถูกเปลี่ยนสภาพ (altered) และเปลี่ยนลักษณะ (deformed) อย่างรุนแรง ในรูปแสดงการหักงอของธารหินละลายด้วย เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 51643-56206 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคัลสกรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	221
รูป T5-23	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงผลึกเป็นชั้น (lath) ของแร่พลาจิโอเคลส ที่แสดงภาวะมีดเป็นแนว (zoned) และการเปลี่ยนลักษณะบริเวณแกนกลางชัดเจนจากหินแกรนิต (เปลี่ยนสภาพ) เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 29054-65427 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคัลสกรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	222
รูป T5-24	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงหินภูเขาไฟที่มีการเปลี่ยนสภาพอย่างรุนแรงจนเนื้อพื้นที่แสดงลักษณะเนื้อธารไหล (flow band) กลายเป็นแร่ทัลก์และไมก้าไปหมด นอกจากนั้นเศษหินและผลึกเศษแร่ ก็แสดงการเปลี่ยนสภาพด้วย เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคัลสกรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	223
รูป T5-25	รูปภาพจากกล้องจุลทรรศน์จากตัวอย่างหินภูเขาไฟคล้ายรูปบน ซึ่งแสดงเนื้อพื้นที่เป็นธารไหลเดิม และถูกแทนที่ด้วยแร่ทัลก์และไมก้า เศษผลึกแร่ของควอตซ์ แสดงว่าหินเดิมค่อนข้างจะสีจาง (felsic) หินภูเขาไฟไรโอไลต์เปลี่ยนสภาพ เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคัลสกรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	224
รูป T5-26, รูป T5-27	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์จากตัวอย่างหินอัคนีสีเข้มจัดที่มีการเปลี่ยนสภาพเป็นแร่ทัลก์ (สีชมพูส้ม) แร่อิดดิงไซด์ (สีเข้ม) และแร่คลอไรต์ (สีฟ้าคราม) ดูเหมือนว่าแร่ทัลก์จะเข้ามาแทนที่แร่โอลิวีนและไพรอกซีน และเข้ามาบรรทุกในช่วงเปิดจากรอยแตกเปิดอ้า (open fracture) เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคัลสกรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	225
รูป T5-28, รูป T5-29	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการโค้งงอชันบันได (Kink fold) ของรอยแตกถึ (cleavage) ในหินฟิลไลต์ ซึ่งควรเรียกหินฟิลไลต์ หรือ Phyllonite) ที่หินเปลี่ยนสภาพเป็นแร่ เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคัลสกรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	226

รูป T5-30,	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการพัฒนาของแร่ควอตซ์ และทัลก์ ซึ่งแสดง	227
รูป T5-31	ริ้วลายขนาน (foliation) ตัดผ่านเข้าไปในแร่เดิมที่คิดว่าเป็นแร่ฮอนเบลนด์ สีดำ ขมเปียกปูนเป็นแร่เหล็กซิลไฟด์ ที่เกิดหลังจากเกิดริ้วลายขนานแล้ว สายแร่ ขนาดเล็กที่ตัดขวางริ้วลายขนานประกอบด้วยแร่อีพิโดต แคลไซต์ และควอตซ์ เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 44611-55725 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโกลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 2 มม)	
รูป T5-32,	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงสายแร่คาร์บอนेट (แมกนีไซต์) ตัดเข้ามาในหิน	228
รูป T5-33	อัคนี สีเข้มจัด ซึ่งมีแร่เดิมสลายไปเป็นแร่ทัลก์ และไมกา (ควอตซ์) หหมดแล้ว เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 51643-56206 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโกลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)	
รูป XR1	ผลการวิเคราะห์แร่โดย XRD ของตัวอย่างหินที่เก็บมา ณ พิกัด ที่ 47 QPV 30214/59488	229
รูป XR2	ผลการวิเคราะห์แร่โดย XRD ของตัวอย่างหินที่เก็บมา ณ พิกัด ที่ 47 QPV 30214/59498	230
รูป XR3	ผลการวิเคราะห์แร่โดย XRD ของตัวอย่างหินที่เก็บมา ณ พิกัด ที่ 47 QPV 43140/45566	231
รูป XR4	ผลการวิเคราะห์แร่โดย XRD ของตัวอย่างหินที่เก็บมา ณ พิกัด ที่ 47 QPV 30214/59408	232
รูป 6.1	สภาพธรณีวิทยาทั่วไปในบริเวณพื้นที่ศึกษาแถบตาก-สุโขทัย ทางใต้ของ ภาคเหนือ ประเทศไทย	235
รูป 6.1-2	สภาพธรณีวิทยาและการลำดับชั้นหินของพื้นที่ศึกษาตอนบนของจังหวัดตาก- สุโขทัย	236
รูป 6.1-3	สภาพธรณีวิทยาและการลำดับชั้นหินของพื้นที่ศึกษาตอนล่างของจังหวัดตาก- สุโขทัย	237
รูป 6.2-1	การแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็นแนวตามลักษณะทางธรณีวิทยา	251
รูป 6.2-2	แผนที่ภูมิประเทศแนวตะวันออกของระวางแผนที่ 4842 I บ้านน้ำดิบ แสดง พื้นที่สำรวจและเก็บตัวอย่าง	254
รูป 6.2-3	แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณบ้านวังประจบ-น้ำดิบ (E1) แสดงการกระจายตัวของ หินและอายุของหิน (ปรับปรุงจาก Chaiyantre, 1993)	255
รูป 6.2-4	แผนที่แสดงตำแหน่งหินโพล์และภาพตัดธรณีวิทยาในพื้นที่สำรวจ	256



รูป 6.2-5	แผนที่ภูมิประเทศแนวกลางตอนเหนือของระวางแผนที่ 4843 III อำเภอบ้านตาก	259
รูป 6.2-6	แผนที่ธรณีวิทยาแสดงชนิดหินและการกระจายตัวของหินบริเวณแนวกลาง	260
รูป 6.2-7	แผนที่ภูมิประเทศแนวกลางตอนใต้ของระวางแผนที่ 4842 IV จังหวัดตาก	261
รูป 6.2-8	แผนที่ธรณีวิทยาแสดงชนิดหินและการกระจายตัวของหิน บริเวณแนวกลาง	262
รูป 6.2-9	แผนที่ภูมิประเทศแนวตะวันตกของระวางแผนที่ 4743 II แสดงพื้นที่สำรวจและเก็บตัวอย่าง	265
รูป 6.2-10	แผนที่ธรณีวิทยาแสดงชนิดหินและการกระจายตัวของหินบริเวณแนวตะวันตก และบริเวณเก็บตัวอย่าง	266
รูป 6.2-11	แผนที่แสดงขอบเขตการแบ่งแนวแร่เฟลด์สปาร์ของพื้นที่ศึกษา	267
รูป 6.5-1	แผนที่ธรณีวิทยาแสดงหินแกรนิตชนิดต่างๆ ของบริเวณจังหวัดตาก จากการศึกษาของ Mahawat, 1996	283
รูป 6.5-2	ตารางสามเหลี่ยม RB-Sr-Ba แสดงการกระจายของแกรนิตขาวและการเกาะกลุ่มของแกรนิตสีชมพู	289
รูป 7.1	กราฟแสดงค่า Cr# และ Mg# ของสปิเนลจากพื้นที่เชียงราย ซึ่งส่วนใหญ่ตั้งอยู่ใน field ของ Alpine type peridotite และบางส่วนเป็น stratiform complex (Irvine, 1974)	294
รูป 7.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cr# กับ $TiO_2$ ของโครเมียนสปิเนลจากพื้นที่เชียงราย บ่งชี้ถึงสภาพธรณีแปรสัณฐานแบบ fore-arc (Arai, 1992 and Charusiri, 2000)	294
รูป 7.3	กราฟแสดง ค่า Cr# และ Mg# ของโครเมียนสปิเนลจากพื้นที่น่าน-อุดรดิตถ์ ซึ่งส่วนใหญ่ตั้งอยู่นอกพื้นที่แต่ใกล้เคียงกับพื้นที่ของ Alpine type peridotite และบางส่วนเป็น stratiform complex (Irvine, 1974)	295
รูป 7.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cr# กับ $TiO_2$ ของโครเมียนสปิเนลจากพื้นที่น่าน-อุดรดิตถ์ ส่วนใหญ่บ่งชี้ถึงสภาพธรณีแปรสัณฐานแบบ island-arc (Arai, 1992 and Charusiri, 2000)	295
รูป 7.5	กราฟแท่งแสดงช่วงค่าอัตราส่วน $Cr/(Cr+Al)$ ของโครเมียนสปิเนลจากแหล่งกำเนิดต่างๆ (Arai, 1994) เปรียบเทียบกับโครเมียนสปิเนลจากกลุ่มหินแม่สะเรียง	296

รูป 7.6	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cr# และ TiO <sub>2</sub> ของโครเมียนสปิเนลจากหินทรายแม่สะเรียง เปรียบเทียบกับลักษณะธรณีวิทยาแปรสัณฐานของ intraplate basalts, MORB (Mid-oceanic ridge) และ arc magmas เสนอโดย Arai, 1992	298
รูป 7.7	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Fe <sup>3+</sup> /(Cr+Al+Fe <sup>3+</sup> ) และ TiO <sub>2</sub> ของโครเมียนสปิเนลจากหินทรายแม่สะเรียงเปรียบเทียบกับลักษณะธรณีวิทยาแปรสัณฐานของ intraplate basalts, MORB (Mid-oceanic ridge) และ arc magmas เสนอโดย Arai (1992)	299
รูป 7.8	แผนภูมิสามเหลี่ยมของความสัมพันธ์ระหว่างค่า Al <sup>3+</sup> , Fe <sup>3+</sup> และ Cr <sup>3+</sup> ของโครเมียนสปิเนลในพื้นที่แม่ฮ่องสอน ค่าส่วนใหญ่ตกอยู่ใน field ของ alpine-type peridotites (Cookenboo และคณะ 1997)	300
รูป 7.9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cr# กับ Mg# ของโครเมียนสปิเนลจากหินทรายแม่สะเรียงเปรียบเทียบกับ field ของ Alpine-type peridotite และ stratiform complexes เสนอโดย Dick และ Bullen, 1984	301
รูป 7.10	ลักษณะธรณีวิทยาแปรสัณฐานอย่างง่ายโดยใช้ค่า Cr# และ Mg# จากหินเมฟิกและอัลตราเมฟิกจาก mid-ocean ridge (MOR) และ fracture zone (FZ) ถึง arc, ocean islands (OI), ophiolite (OPH) complexes, continental rifts และ stable cratons (Haggerty, 1976)	302
รูป 7.11	ค่ามาตรฐานของ Cr# และ Mg# จากสปิเนลเพื่อกำหนดสภาพธรณีวิทยาแปรสัณฐานแบบต่างๆ (Cookenboo และคณะ, 1997)	303
รูป 7.12	การ plot ค่า Cr# และ Mg# ของสปิเนลจากพื้นที่เชิงรายใน field ของ Iherzolite, harzburgite และ cumulate ของสปิเนลจากชนิดของหินอัลตราเมฟิก (Pober and Faupl, 1988)	305
รูป 7.13	แผนภูมิสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของอะตอมจากผลวิเคราะห์โครเมียนสปิเนลในพื้นที่เชิงราย ซึ่งค่าส่วนใหญ่ตกอยู่ใน field ของ arcs (Cookenboo และคณะ, 1997)	305
รูป 7.14	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของสปิเนลในหินอัลตราเมฟิกจากเชิงรายแสดง A,B) ผลึกเดี่ยวกึ่งสมบูรณ์ C,D) กลุ่มของผลึกไร้หน้า	306
รูป 7.15	การ plot ค่า Cr# และ Mg# ของสปิเนลจากพื้นที่น่าน-อุตรดิตถ์ใน fields ของ cumulates ของสปิเนลจากชนิดหินอัลตราเมฟิก (Pober and Faupl, 1988)	309

รูป 7.16	แผนภูมิสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของอะตอมจากผลวิเคราะห์โครเมียมสปิเนลในพื้นที่ น่าน-อุตรดิตถ์ ค่าส่วนใหญ่ตกอยู่ใน field ของ stratiform complex (Cookenboo และคณะ, 1997)	309
รูป 7.17	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของสปิเนลในหินอัลตราเมฟิกจาก น่าน-อุตรดิตถ์ A) ผลึกเดี่ยวกึ่งสมบูรณ์ B) ผลึกสมบูรณ์ C) ผลึกกึ่งสมบูรณ์ และ D) ผลึกกึ่งสมบูรณ์ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน	310
รูป 7.18	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของโครเมียมสปิเนลในหินทราย กลุ่มหินแม่ฮ่องสอน แสดงผลึกกึ่งสมบูรณ์ถึงสมบูรณ์ สีน้ำตาลเข้ม	311
รูป 7.19	ค่าต่างๆของ Cr# และ Mg# ในสปิเนลระหว่างการหลอมละลายบางส่วนของวัสดุจากชั้นเนื้อโลก ระหว่างการแยกลำดับส่วนของสารละลายที่แยกตัว ลูกศรแสดงทิศทางของค่าเคมีที่หลากหลาย (Arai, 1994)	314
รูป 7.20	แผนภูมิสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของอะตอมในสปิเนลระหว่างการหลอมละลายบางส่วนของวัสดุชั้นเนื้อโลก (mantle) และระหว่างการแยกลำดับส่วนของสารละลายที่แยกตัว ลูกศรแสดงทิศทางของค่าเคมีที่หลากหลาย	314
รูป 7.21	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cr# กับ $TiO_2$ ของหินต้นกำเนิดเมฟิก และอัลตราเมฟิกสำหรับการจำแนกธรณีแปรสัณฐานแบบต่างๆ (Arai, 1992)	316
รูป 7.22	ค่าความสัมพันธ์ทางเคมีของสปิเนลจากโอมาน A) แผนภูมิสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของอะตอมหลัก B) ค่า Cr# กับ Mg# ใน field ของสปิเนลจากชนิดของหินอัลตราเมฟิก C) ความสัมพันธ์ของค่า Cr# และ Mg# ซึ่งตกอยู่ใน field ของ Alpine type peridotite และ stratiform complex D) เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ Cr# และ $TiO_2$ กับธรณีแปรสัณฐานแบบต่างๆ	319
รูป 7.23	ค่าความสัมพันธ์ทางเคมีของสปิเนลจากสวีเดนแลนด์ A) แผนภูมิสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของอะตอมหลัก B) ค่า Cr# กับ Mg# ใน field ของสปิเนลจากชนิดของหินอัลตราเมฟิก C) ความสัมพันธ์ของค่า Cr# และ Mg# ซึ่งตกอยู่ใน field ของ Alpine type peridotite และ D) เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่า Cr# และ $TiO_2$ กับธรณีแปรสัณฐานแบบต่างๆ	321

รูป 7.24	ค่าความสัมพันธ์ทางเคมีของสปีเนลจากเวียคนาม A) แผนภูมิสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของอะตอมหลัก B) ค่า Cr# กับ Mg# ใน field ของสปีเนลจากชนิดหินอัลตราเมฟิก C) ความสัมพันธ์ของค่า Cr# และ Mg# ซึ่งตกอยู่ใน field ของ Alpine type peridotite และ stratiform complex และ D) เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่า Cr# และ TiO <sub>2</sub> กับธรณีแปรสัณฐานแบบต่างๆ	322
รูป 7.25	ค่าความสัมพันธ์ทางเคมีของสปีเนลจากทิเบต A) แผนภูมิสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของอะตอมหลัก B) ค่า Cr# กับ Mg# ใน field ของสปีเนลจากชนิดหินอัลตราเมฟิก C) ความสัมพันธ์ของค่า Cr# และ Mg# ซึ่งตกอยู่ใน field Alpine type peridotite และ D) เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่า Cr# และ TiO <sub>2</sub> กับธรณีแปรสัณฐาน	323
รูป 8.1	แบบจำลอง (Schematic model) แสดงต้นกำเนิดหินอัลตราเมฟิกจากการแปลความหมายแต่ละแนวตะเข็บธรณี (A) พื้นที่เชิงขรุขระ หินอัลตราเมฟิกที่มีต้นกำเนิดบริเวณสภาพธรณีแปรสัณฐานแบบ Fore arc และ (B) พื้นที่น่าน-อูตรดิคต์ที่มีต้นกำเนิดจากแนวมุดตัวของเปลือกโลก (Subduction Zones)	329
รูป 8.2	วิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานของแผ่นฉานไทย ระหว่างช่วงอายุเพอร์เมียน-ครีเตเชียส พื้นที่แม่ฮ่องสอน-แม่สะเรียง	330
รูป 8.3	แผนภูมิสามเหลี่ยม QFM ของหินทรายอายุไทรแอสซิกในพื้นที่แม่ฮ่องสอน (field ต้นกำเนิดได้จาก Dickinson และคณะ, 1983)	331

## สารบัญตาราง

	หน้า	
ตาราง 1.1	แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	11
ตาราง 2.1	การเทียบเคียงลำดับชั้นหินแถบอำเภอทองผาภูมิและศรีสวัสดิ์ (จังหวัดกาญจนบุรี) (Kemper, Maronde และ Stoppel, 1976)	36
ตาราง 4.1	รายละเอียดการวัดชั้นหินของแนวสำรวจ A (บ้านห้วยโป่ง) พิกัด 885065-910042 (4547 II)	83
ตาราง 4.2	รายละเอียดการวัดชั้นหินของแนวสำรวจ B (บ้านสะเป่) พิกัด 811933-857895 (4546 I)	89
ตาราง 4.3	รายละเอียดการวัดชั้นหินของแนวสำรวจ C (บ้านประตู่เมือง) พิกัด 798801 – 830803 (4546 I)	94
ตาราง 4.4	รายละเอียดการวัดชั้นหินของแนวสำรวจ D (บ้านห้วยนา) พิกัด 835481 (4546 II)	100
ตาราง 4.5	รายละเอียดการวัดชั้นหินของแนวสำรวจ E (ห้วยหินเหล็กไฟ) พิกัด 886379 (4545 I)	104
ตาราง 4.6	รายละเอียดการวัดชั้นหินของแนวสำรวจ F, (บ้านแม่แลบ) พิกัด 812322 – 834303 (4545 I)	108
ตาราง 4.7	รายละเอียดการวัดชั้นหินของแนวสำรวจ G (บ้านห้วยโศ) พิกัด 799926-826938 (4545 II)	114
ตาราง 4.8	ทิศทางและการเอียงเทของชั้นหิน รอยแตก และรอยเลื่อน (ทิศทางการเอียงเท/มุมเอียงเท)	129
ตาราง 4.9	แสดงทิศทางเอียงเทของชั้นหินในแต่ละช่วง	130
ตาราง 4.10	สรุปลักษณะปรากฏของกลุ่มหินแม่สะเรียง (Mae Sariang Group)	140
ตาราง 5.1	ชนิดทรัพยากรธรณี บริเวณที่พบ และลักษณะการเกิดของทรัพยากรธรณีในจังหวัดอุตรดิตถ์ และจังหวัดใกล้เคียง	199
ตาราง 6.1	ผลการวิเคราะห์ major oxides และ trace elements ของหินแกรนิตจาก Tak Pluton (Teggin, 1975 และ Mahawat, 1982)	284
ตาราง 6.2	ผลการวิเคราะห์ major oxides และ trace elements ของหินแกรนิตจาก Mae Salit Pluton (Teggin, 1975 และ Mahawat, 1982)	285
ตาราง 6.3	ผลการวิเคราะห์ major oxides และ trace elements ของหินแกรนิตจาก Western Pluton (Teggin, 1975 และ Mahawat, 1982)	286
ตาราง 6.4	ผลการวิเคราะห์ major oxides และ trace elements ของหินแกรนิตจาก Eastern Pluton (Teggin, 1975 และ Mahawat, 1982)	287

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ธรณีวิทยาประเทศไทยโดยเฉพาะแนวคิดเกี่ยวกับกำเนิดของประเทศไทยในเชิงการแปรสัณฐาน (geotectonic approach) ได้อาศัยการศึกษาและหลักฐานทางธรณีวิทยาประเทศไทยของสังค พันธ์-โอภาส (ดู Bunopas, 1981) จากกรมทรัพยากรธรณีเป็นหลักมาโดยตลอด และอ้างอิงมาจากวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอกของท่านผู้นี้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 (ดู Bunopas, 1981) และอาจเรียกได้ว่าเป็นแม่บททางธรณีวิทยาไทย เป็นเวลากว่า 20 ปี ที่ธรณีวิทยาไทยไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะท่านผู้นี้ได้ใช้ทฤษฎีว่าด้วยการแปรสัณฐาน (Tectonic Theory) มาอธิบายประวัติธรณีวิทยาของประเทศไทย (ดูรูป 1.1) เป็นครั้งแรก และได้ผลดีมาจนเป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบัน แม้ว่าต่อมาได้มีผู้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับกำเนิดประเทศไทยไว้ในเชิงการแปรสัณฐานอีกหลายท่าน (ดู Hutchison 1989, Mitchel 1981, 1992, Charusiri, 1989, Barr & Macdonald, 1987, 1991, Wu และ คณะ, 1995, Metcalfe, 1997) แต่ก็ดูเหมือนส่วนใหญ่จะกลับไปหาแนวคิดของ สังค พันธ์-โอภาส (ดู Bunopas & Vella, 1992, Bunopas, 1997) แทบทั้งสิ้น มีขเว้นก็ได้แก่การศึกษาของศาสตราจารย์ Helmcke (ดู Helmcke และคณะ, 1983, 1985) โดยอาศัยข้อมูลการลำดับชั้นหินและธรณีวิทยาโครงสร้าง และปัญหา จารุศิริ (ดู Charusiri, 1989) ซึ่งอาศัยหลักฐานด้านการหาอายุหินและธรณีวิทยาตลอดจนธรณีเคมีของหินแกรนิตทั่วทั้งประเทศ จนทำให้คิดว่าธรณีวิทยาของประเทศไทยเชิงอายุและการแปรสัณฐานที่ได้ให้ไว้เดิมโดย สังค พันธ์-โอภาส นั้นอาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงและปรับรูปแบบเสียใหม่ให้ทันสมัยโดยอาศัยหลักฐานธรณีศาสตร์หลายสาขาเข้ามาอธิบาย เนื่องจากมีหลักฐานประกอบมากขึ้นทั้งเรื่องศิลาวิทยา (petrology) และบรรพชีวินวิทยา (paleontology) ตลอดจนหลักฐานทางธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ (airborne geophysical data) เข้าช่วย

การศึกษาธรณีวิทยานับได้ว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศชาติเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม โดยเห็นได้จากบทบาทของธรณีวิทยาต่อการวางผังเมืองและสิ่งแวดล้อม การขยายชุมชนทั้งในเมืองใหญ่และชนบท การหาแหล่งกำจัดขยะและสิ่งปฏิกูลของเมืองใหญ่ ๆ การหาแหล่งน้ำ น้ำมันและเชื้อเพลิงธรรมชาติอื่น ๆ การจัดตั้งนิคมอุตสาหกรรมและท่าเรือน้ำลึก การกำหนดแผนและมาตรการเกี่ยวกับแผ่นดินไหวและภัยพิบัติทางธรรมชาติ และการจัดหาวัสดุคืบสำหรับโครงสร้างพื้นฐาน ถ้ามีความเข้าใจในเชิงธรณีวิทยา ระดับประเทศที่ถูกต้องนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการจัดการ จะทำให้การจัดระบบและขั้นตอนตลอดจนการกำหนดนโยบายของการพัฒนาประเทศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลด้านธรณีวิทยาหลายสาขาในหลายพื้นที่ของประเทศ (ดู Charusiri และคณะ, 1992, 1993, 1995, 1996, 1997) หรือเพียงยุคใดยุคหนึ่ง (ดู Asawapatchara และคณะ, 1997)

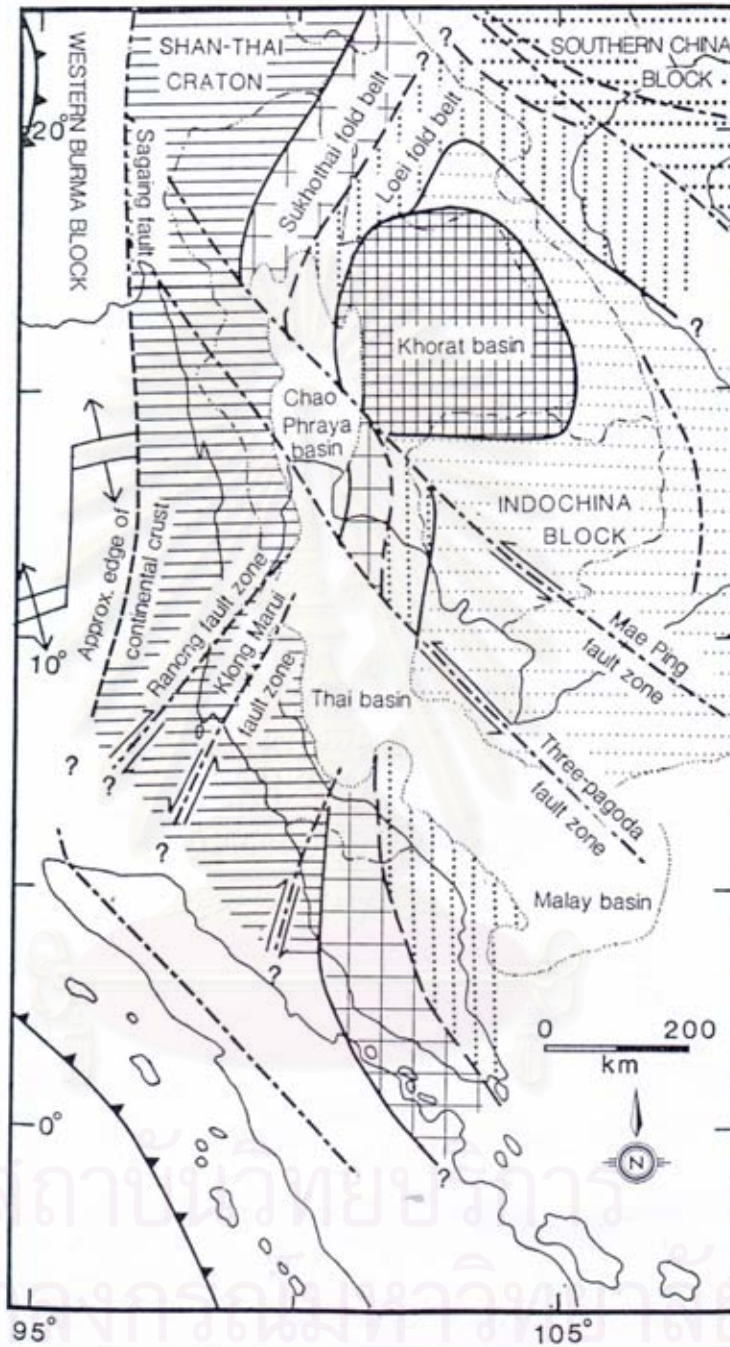
สืบต่อจากการศึกษาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอกของผู้วิจัยคนแรก และธรณีแปรสัณฐานของหินแกรนิต และแหล่งแร่ของประเทศ (Charusiri, 1989) แม้เป็นหลักฐานเพียงไม่กี่ด้าน แต่ทำให้ได้ทราบว่า ธรณีวิทยาของประเทศไทยควรมีการเปลี่ยนแปลงปรับปรุง และแก้ไขเนื่องจากมีหลักฐานหลายอย่างที่ ระบุว่าข้อมูลเดิมที่เราได้ใช้เป็นแม่บทหรือรูปแบบของธรณีวิทยาประเทศไทยไม่ถูกต้องเท่าที่ควร อย่างไรก็ตามการวิจัยครอบคลุมตลอดทั้งภูมิภาคหรือระดับประเทศต้องมีการศึกษาอย่างจริงจังและ สืบเนื่องต่อไป

คณะผู้วิจัยได้ทำงานวิจัยร่วมกับอาจารย์มหาวิทยาลัยต่างประเทศ 2 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยควีนส์ (Queen's University) ประเทศแคนาดา เมื่อเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน 2540 และจากมหาวิทยาลัยชูกุบะ (The University of Tsukuba) ประเทศญี่ปุ่น เมื่อเดือนมีนาคม 2540 โดยได้รับการสนับสนุน ค่าใช้จ่ายจากมหาวิทยาลัยทั้ง 2 แห่ง ที่มหาวิทยาลัยควีนส์ประเทศแคนาดาได้ทำการศึกษาหาอายุหินที่ นอกเหนือไปจากหินแกรนิตที่ได้เคยทำไว้เมื่อ 1984 (Charusiri, 1989) และบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยและทางตอนกลางของประเทศเวียดนาม โดยอาศัยวิธีการหาอายุแบบ  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  ด้วยรังสี เลเซอร์ ซึ่งเป็นวิธีใหม่ซึ่ง Prof. E. Farrar จาก Queen's University ประเทศแคนาดาเป็นผู้พัฒนาวิธีการ ใหม่นี้ด้วยตนเอง การศึกษาครั้งนี้ทำให้ได้ข้อมูลใหม่มากมายและสามารถยืนยันถึงการเปลี่ยนแปลง ธรณีวิทยาของประเทศไทยได้ (ดู Charusiri และคณะ, 1997) การวิจัยด้านการหาอายุหินและธรณีแปร สัณฐานนี้เป็นที่ยอมรับเป็นอย่างดี

ที่ญี่ปุ่นคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาธรณีเคมีของแร่สปิเนล (spinel) ชนิดแตกหลุด (detritus) จากหิน ตะกอน (หินทราย) ในบริเวณเส้นทางหล่มสัก-ชุมแพ ซึ่งเป็นพื้นที่วิจัยร่วมกับนิสิตปริญญาโทของผู้วิจัย คนแรก และนำการวิจัยนี้ไปทำการศึกษาขยายผลร่วมกับอาจารย์ญี่ปุ่นผู้ร่วมงาน เสนอเป็นผลงานทาง วิชาการ (ดู Chutakosikanon และคณะ, 1997) การทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของคณะผู้วิจัยและ มหาวิทยาลัยชูกุบะ ทำให้ผู้วิจัยได้มีโอกาสบรรยายให้นักวิชาการต่างประเทศได้รับรู้แนวคิดใหม่ๆ เกี่ยวกับธรณีวิทยาของประเทศไทย และได้รับเกียรติให้เป็นบรรณาธิการร่วมในวารสาร Island Arcs (เกาะแนวโค้ง; ผู้วิจัย) ซึ่งเป็นวารสารนานาชาติที่รับบทความเฉพาะด้านธรณีแปรสัณฐาน นอกจากนั้น ผู้วิจัยคนแรกได้นำข้อมูลและการศึกษาวิจัยที่มหาวิทยาลัยชูกุบะ มาศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นที่สำคัญอีก 2 ประการคือ

1) สภาพแม่เหล็กบรรพกาลในอดีต (paleomagnetism) โดยร่วมกับอาจารย์จากประเทศจีน (ดู Charusiri และคณะ, 1996 และ Imsamut และคณะ, 1995) เพื่อใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ ของประเทศไทยในอดีตว่ามีจริงหรือไม่ ประเทศไทยประกอบด้วยแผ่นหลายแผ่นหรือบางแผ่นเคยอยู่ ใกล้ขั้วโลก และ ณ เวลาใดจึงเข้ามาอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร เช่น ในปัจจุบันและเคลื่อนมาพร้อมกันหรือไม่

2) ศึกษาไอโซโทปของธาตุเบา เช่น O และ C (Assavapatchara และคณะ, 1999) เพื่อบอกถึง สภาพภูมิอากาศว่าประเทศไทยเคยเย็นจัดจริงหรือไม่ และเริ่มร้อนขึ้นในช่วงใด ซึ่งทำให้การวิจัยนี้มีความชัดเจนและถูกต้องมากขึ้น



รูป 1.1 แผนที่ธรณีแปรสัณฐานของไทยและพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แสดงตะเข็บธรณีเดิม (จาก Bunopas, 1981)



เพื่อสร้างจุดแข็งทางด้านบรรพชีวินวิทยา ซึ่งมีความสำคัญต่อการศึกษาธรณีแปรสัณฐานอย่างมาก คณะวิจัยซึ่งมีความชำนาญทางด้านบรรพชีวินวิทยา จากกรมทรัพยากรธรณี (ผู้ร่วมวิจัยคนสุดท้าย) เข้าร่วมด้วย

จากการค้นพบของคณะผู้วิจัย ประกอบกับการแลกเปลี่ยนแนวความรู้กับอาจารย์จากญี่ปุ่น ทำให้ได้รูปแบบแนวทาง วิธีการศึกษาธรณีวิทยาและธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทยในแนวใหม่ ซึ่งอาจเรียกว่ารูปแบบเชิงพัฒนา (development approach) เป็นการศึกษาเรื่องธรณีวิทยาและธรณีแปรสัณฐานอย่างครบถ้วนเพียงเรื่องเดียวและใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาในหลายๆ ด้านได้อย่างสอดคล้องต่อเนื่อง) เช่น การศึกษาเรื่องธรณีวิทยาของแร่สปิเนล (Spinel) ทำให้คณะผู้วิจัยสามารถอธิบายถึงลักษณะสภาวะแวดล้อมการตกตะกอน (depositional environments) และแหล่งกำเนิดของแร่ (provenance) อีกทั้งยังสามารถอธิบายถึงสภาพธรณีแปรสัณฐาน (tectonic setting) ของบริเวณที่ศึกษาได้จากข้อมูลธรณีวิทยาภาคสนาม (field information) ข้อมูลจากโทรสัมผัส (Remote-sensing information) ของคณะผู้วิจัย ซึ่งรวมถึงข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม (ดู Charusiri และคณะ, 1992) การแปลงข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ (Charusiri & Galong, 1995) ข้อมูลจากธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ (ดู Tulyatid & Charusiri, 1999) และธรณีวิทยาจากประเทศข้างเคียง เช่น ประเทศลาว (Bunyongkul และคณะ, 1997) และประเทศเวียดนาม (Won-in & Charusiri, 1998) บ่งบอกถึงความเป็นไปได้อย่างมากในการเปลี่ยนแปลงเรื่องราวธรณีวิทยาไทยโดยใช้ธรณีฐานเป็นเกณฑ์กำหนด คณะทำงานจึงขยายพื้นที่การวิจัยโดยขอทุนสนับสนุนและร่วมวิจัยกับคณาจารย์ญี่ปุ่น (ดูภาคผนวกหมายเลข 7) โดยพยายามเน้นหนักในพื้นที่ธรณีวิทยาที่คณะผู้วิจัยมีหลักฐาน (ดูรูป 1.2) ว่าแตกต่างจากของเดิมที่ได้มีการเสนอไว้โดย สงัด พันธุ์ โอภาส พื้นที่เหล่านั้นแบ่งออกเป็น 4 บริเวณใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ 1) บริเวณทางเหนือและทางใต้ของจังหวัดเชียงใหม่-เชียงราย 2) บริเวณจังหวัดเลย (โดยเฉพาะทางฝั่งด้านตะวันออกของแม่น้ำเลย) 3) บริเวณปักธงชัย จ. นครราชสีมา และ 4) บริเวณยะลา-นราธิวาส การศึกษาจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่างได้แก่

- 1) ระยะเวลาเพื่อประมวลข้อมูลให้ต่อเนื่องและเป็นระบบ
- 2) เครื่องมือในการวิเคราะห์ เช่น EPMA (electron-probe micro-analysis หรือ electron microprobe) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุทางเคมีในรูปออกไซด์ (ยังไม่มีใช้ในประเทศไทย)
- 3) การปรึกษาหารือกับอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ ในการศึกษาเรื่อง sedimentology, stratigraphy และ chromian spinel อย่างต่อเนื่อง (ดู Hisada และคณะ, 1994, Hisada และคณะ, 1996)
- 4) การเสนอบทความทางวิชาการในช่วงที่ทำการศึกษาวิจัย
- 5) การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (software) ซึ่งเขียน โดยอาจารย์ญี่ปุ่น (Dr. Ken-Ichiro Hisada) ที่คณะผู้วิจัยร่วมทำงานด้วย

ในรูปแบบธรณีวิทยาซึ่งเสนอโดย Bunopas (1981) ได้กำหนดให้ประเทศไทยประกอบด้วยแผ่นเปลือกโลก 2 แผ่น ชื่อแผ่นฉาน-ไทย (Shan-Thai plate) หรืออนุทวีปฉาน-ไทย ทางตะวันตกและ

แผ่นอินโดจีน (Indochina Plate) หรืออนุทวีปอินโดจีน ทางตะวันออก (ดูรูป 1.1) เลื่อนตัวมาจากทางซีกโลกใต้ (Southern hemisphere) และมาชนกันเมื่อประมาณ 220 ล้านปีมาแล้วในบริเวณ จ. น่าน หรือที่เรียก “รอยต่อน่าน” (Nan suture) หรือ “ตะเข็บธรณีน่าน” (Nan geosuture) แต่จากการศึกษาของคณะผู้วิจัย (ดู Charusiri และคณะ, 1997) มีหลักฐานยืนยันโดยเฉพาะในบริเวณที่จะศึกษาต่อว่าประกอบด้วยแผ่นเปลือกโลกอย่างน้อย 4 แผ่น (ดูรูป 1.2) ได้แก่ แผ่นฉานไทยทางตะวันตกสุด และแผ่นอินโดจีนทางตะวันออกสุดที่สอดคล้องกับแนวรอยต่อ (เหมือนกับแซนวิช) ด้วยแผ่นลำปาง-เชียงราย (ติดกับด้านตะวันออกฉาน-ไทย) และแผ่นนครไทย (ติดด้านตะวันตกแผ่นอินโดจีน) ซึ่งถือกำเนิดจากซีกโลกใต้เหมือนกัน แต่เป็นแผ่นอิสระไม่ขึ้นต่อกัน และเคลื่อนตัวพร้อมๆ กับแผ่นบรรพสมุทร (paleo-oceanic plate) มาทางเหนือผ่านเส้นศูนย์สูตรมาคนละช่วงอายุและชนกันในช่วงประมาณ 240 ล้านปี จนถึง 200 ล้านปีหรืออ่อนกว่า และได้รับอิทธิพลการชนกันกับแผ่นทวีปหรือแผ่นข้างเคียงหลายครั้งจนในที่สุดเกิดเป็นประเทศไทยถาวรอย่างที่เห็นในปัจจุบันด้วยแนวความคิดใหม่นี้ทำให้ทางคณาจารย์ญี่ปุ่นให้ความสนใจและเชิญไปทำวิจัยร่วมกันที่ญี่ปุ่น

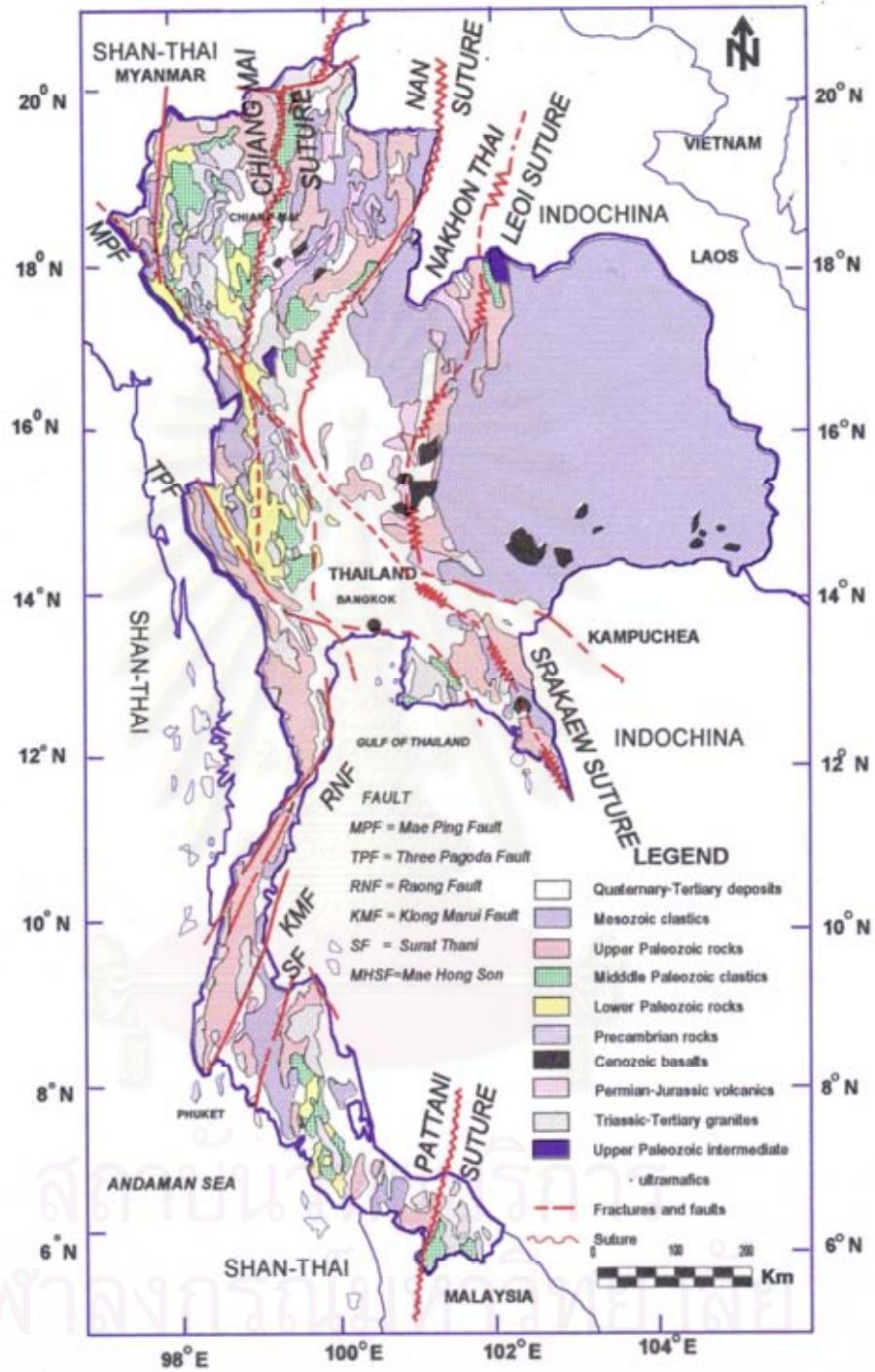
ด้วยลักษณะทางธรณีวิทยาที่ซับซ้อนและการคมนาคมที่เข้าถึงพื้นที่ในสมัยก่อนปี พ.ศ. 2535 ทำให้ลำบาก ประจวบกับแนวคิดทางธรณีวิทยาที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ทำให้แนวรอยต่อหรือตะเข็บธรณีต้องอาศัยหลักฐานการศึกษาเพื่อสนับสนุน แต่มีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดลงบนแผนที่ให้ชัดเจน เพราะบริเวณรอยต่อเป็นบริเวณโครงสร้างอ่อนตัว (weak structure) ที่เอื้อต่อการเกิดแผ่นดินไหวในปัจจุบัน และรอยต่อหรือรอยตะเข็บธรณิดังกล่าวยังเป็นแหล่งที่อุดมด้วยแร่ธาตุโลหะซัลไฟด์ และออกไซด์หลายชนิด รวมทั้งแร่ทองคำด้วย (ดู Sitthithaworn, 1992)

จากข้อมูลทางธรณีเคมี ประกอบกับข้อมูลจากภาคสนาม จากภาพดาวเทียม และโทรสัมผัสด้านอื่น (เช่น ธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ) ที่คณะผู้วิจัยศึกษาร่วมกับญี่ปุ่นจะช่วยให้ความกระจ่างและเป็นหลักฐานอย่างดีในการศึกษาธรณีแปรสัณฐานของประเทศ ซึ่งทำให้เราเข้าใจพื้นฐานการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาและความเป็นมาของประเทศไทยในอดีต สมัยตั้งแต่ 500 ล้านปีจนถึงปัจจุบัน และเข้าใจถึงบริเวณก่อเกิดแผ่นดินไหว และแหล่งแร่มีค่าทางเศรษฐกิจงานานชนิดได้

## 1.2 วัตถุประสงค์

ในการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่องในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. กำหนดแนวและขอบเขตที่แน่ชัดของรอยต่อที่เกิดจากการชนกันของจุลทวีป (microcontinents) และบรรพสมุทร (paleo-ocean) ต่าง ๆ ของประเทศไทยในอดีต
2. รวบรวมหลักฐานทางธรณีวิทยาจากหลายสาขาวิชา เพื่ออธิบายถึงการแปรสัณฐานประเทศไทยในอดีต
3. ทราบสภาพภูมิอากาศตลอดจนสภาวะแวดล้อม และสภาพภูมิศาสตร์ของประเทศไทยในอดีตและ
4. เข้าใจถึงบริเวณก่อเกิดแผ่นดินไหว และบริเวณแหล่งแร่มีค่าทางเศรษฐกิจของประเทศ



รูป 1.2 แผนที่ธรณีแปรสัณฐานของไทยแสดงตะเข็บธรณี (geosuture) ใหม่ (Charusiri และคณะ, 1997)

### 1.3 วิธีดำเนินการวิจัยแนวทางการศึกษา

1. **การรวบรวมข้อมูลและรายงานเดิมที่มีผู้ศึกษาไว้ (Literature survey)** ตั้งแต่อดีต (หลัง ค.ศ. 1981 จนถึงปัจจุบัน) นอกจากข้อมูลของคณะผู้วิจัยเองแล้ว ข้อมูลธรณีวิทยาและธรณีศาสตร์เดิม อาทิ เช่น Metcalfe (1997) และ Ueno (1996) ได้แสดงหลักฐานและให้ข้อคิดเห็นคล้ายกับคณะผู้วิจัย และอีกหลายข้อมูลที่แสดงแนวคิดขัดแย้งกับผู้วิจัย (ดู Helmcke และคณะ, 1993) ข้อมูลเหล่านี้มีประโยชน์ในการตีความหมายและอภิปรายผลการศึกษาของคณะผู้วิจัย ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นทั้งจากที่มีการตีพิมพ์ลงในวารสารนานาชาติและประจำชาติตลอดจนรายงานทั้งที่พิมพ์เผยแพร่และไม่เผยแพร่ เช่น ข้อมูลด้านรอยเลื่อนและการลำดับชั้นหินจากคลื่นแผ่นดินไหว (seismic stratigraphy) จากบริษัทน้ำมันต่าง ๆ เป็นต้น ในการจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลด้านระบบคอมพิวเตอร์ คณะผู้วิจัยคาดว่าน่าจะมีข้อมูลมากกว่า 500 เรื่องที่ต้องทำการเก็บรวบรวมและประมวล ในการรวบรวมข้อมูลเชิงเอกสารนี้จะทำทุกต้นปีของการศึกษาวิจัย เพราะข้อมูลในแต่ละปีมีการเปลี่ยนแปลงไปมากโดยเฉพาะแนวคิดทางด้านบรรพชีวินวิทยา ข้อมูลที่จัดเก็บจะเน้นเฉพาะส่วนที่เป็นข้อมูลธรณีวิทยาที่ประยุกต์กับธรณีแปรสัณฐานได้ และข้อมูลเชิงอายุของหินซึ่งนำมาประกอบในการศึกษาด้านวิวัฒนาการซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 3-4 เดือน ในการรวบรวม

2. **การเตรียมข้อมูลสนามเบื้องต้นเพื่อออกสนาม (Pre-field preparation)** ได้แก่ จัดหา แปลความหมายและวิเคราะห์ข้อมูลโทรมัมผัส ในที่นี้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม จากภาพถ่ายทางอากาศและจากธรณีฟิสิกส์เป็นหลัก ผนวกกับแผนที่ธรณีวิทยา 1 : 250,000 และ 1 : 50,000 (1987) เพื่อตีความเชิงธรณีแปรสัณฐาน ดูความเป็นไปได้ในการกำหนดขอบเขตของตะเข็บธรณีหรือรอยต่อระหว่างผืนแผ่นดินเล็ก ๆ (microplate) ตามแนวคิดใหม่ของ Charusiri และคณะ (1998) คาดว่าทำพร้อม ๆ กับการรวบรวมข้อมูลในหัวข้อ 1 ขึ้นตอนนี้จะแยกกันทำการศึกษา โดยที่คณาจารย์ธรณีวิทยาญี่ปุ่นจะทำการศึกษาภาพดาวเทียมโดยใช้ภาพ JERS ของประเทศญี่ปุ่น ส่วนคณะนักวิจัยธรณีวิทยาของไทยจะทำการศึกษาภาพดาวเทียมโดยใช้ภาพ Landsat ของประเทศอเมริกา เมื่อแปลภาพได้แล้วจะทำการแลกเปลี่ยนผลการแปลความหมายและการตีความผ่านทางระบบเครือข่าย (internet) จนทั้งสองฝ่ายได้ข้อมูลที่มีแนวทางเดียวกันเพื่อประโยชน์ในการยื่นระยะทางการออกสนามและเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก คาดว่าขึ้นตอนนี้จะใช้เวลาประมาณ 3-4 เดือน

3. **การออกภาคสนาม (Field Excursion)** เพื่อตรวจสอบลักษณะธรณีแปรสัณฐาน และการลำดับชั้นหินในแต่ละผืนแผ่นดิน ตลอดจนเก็บตัวอย่างหินเพื่อตรวจสอบซากดึกดำบรรพ์ และการปรากฏของแร่สปิเนล เพื่อตรวจหาสมบัติทางกายภาพและทางเคมี การออกสนามและเก็บตัวอย่างจะทำทุกปี: ซึ่งคาดว่าจะเก็บตัวอย่างได้ประมาณ 100 ตัวอย่างต่อพื้นที่เป้าหมาย (ดูหัวข้อย่อยในแต่ละปีในหัวข้อถัดไป) ช่วงเดือนพฤษภาคมทั้ง 3 ปี บริเวณที่กำหนดไว้ คือ

### 3.1 ปีที่หนึ่ง บริเวณตอนเหนือประเทศไทย

3.1.1 ตามเส้นทางสายลำปาง-เชียงใหม่-เชียงราย และเส้นทางสายย่อยโดยเฉพาะบริเวณแถบอำเภอแม่จัน ซึ่งเป็นแนวที่คาดว่าเป็นตะเข็บธรณีทางตะวันตกสุดของประเทศซึ่งบริเวณดังกล่าวนี้เป็นบริเวณที่ค้นพบใหม่โดยคณะผู้วิจัยเอง (ใช้เวลา 10 วัน)

3.1.2 ในบริเวณเส้นทางสาย อูตรดิตถ์-แพร่-น่าน ซึ่งจากการออกสนามของคณะผู้วิจัยทำให้ทราบว่าบริเวณนี้เคยเป็นแนวรอยต่อหรือตะเข็บธรณีเก่า และมีการค้นพบเพิ่มเติมว่ามีการต่อเนื่องลงมาทางใต้จาก อ. ทองแสนขัน มาจนถึง จ. สุโขทัย (ใช้เวลา 10 วัน) โดยมุ่งเน้น

3.1.3 ในบริเวณทางตะวันตกสุดของภาคเหนือ บริเวณแม่สะเรียง-แม่ฮ่องสอน บริเวณดังกล่าวแม้จะไม่ได้รับการยืนยันอย่างหนักแน่นจากข้อมูลโทรมสัมผัสโดยคณะผู้วิจัย แต่เนื่องจากหลักฐานทางบรรพชีวิน (paleontological evidences) สามารถแบ่งได้ชัดเจนในแง่ของผืนแผ่นดินขนาดเล็กที่แตกต่างกันระหว่างทางตะวันตกติดชายแดนพม่า และตะวันออกของจังหวัดแม่ฮ่องสอน (คาดว่าจะใช้เวลาประมาณ 10 วัน) และการศึกษามุ่งเน้นการเก็บหินตะกอนที่ให้แร่สปีเนลเป็นส่วนใหญ่และไม่เน้นหินแกรนิตที่มีการศึกษาละเอียดแล้ว โดย Charusiri (1989)

### 3.2 ปีที่สอง บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3.2.1 บริเวณจังหวัดเลย ซึ่งเมื่อปลายปี 2537 คณะผู้วิจัยได้ค้นพบตะเข็บธรณี ทางด้านแถบตะวันออกของ อำเภอปากชม (จ. เลย) โดยวางตัวขนานกับรอยเลื่อนผิควิสัยแนวเหนือ-ใต้ และอีกบริเวณหนึ่งคือ ทางตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอวังสะพุง (จ. เลย) ซึ่งวางตัวในแนวรอยเลื่อนโดยคาดว่าอาจเป็นแนวที่ต่อเนื่องจากบริเวณปากช่อง และนับได้ว่าเป็นข้อมูลใหม่อย่างมากอีกบริเวณหนึ่งโดยใช้เวลาประมาณ 14-18 วันในการออกสนาม การศึกษาจะมุ่งเน้นหินอัคนีและหินตะกอนที่มีแร่สปีเนล

3.2.2 บริเวณเพชรบูรณ์-ชัยภูมิ-นครราชสีมา คณะผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานว่าอาจเป็นแนวตะเข็บที่ต่อเลยมาจากจังหวัดเลย การออกสนามมุ่งเน้นที่การเก็บตัวอย่างเป็นหลัก เนื่องจากการศึกษาของ Chutakosikanon และคณะ (1996, 1997) อย่างต่อเนื่องทำให้พบแร่สปีเนลในหินทราย และมีข้อมูลบางส่วนบ่งชี้ว่าสปีเนลที่พบในหินอัคนีสีเข้มจัด มีส่วนประกอบทางเคมีแตกต่างไปจากที่พบในแถบเพชรบูรณ์ (บริเวณแถบ บ. น้ำคูก) การออกสนามเพื่อเก็บตัวอย่างใช้เวลาประมาณ 15 วัน

### 3.3 ปีที่สาม บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3.3.1 บริเวณจันทบุรี-สระแก้ว-ตราด Hisada และคณะ (1997) รายงานว่าบริเวณนี้เป็นแนวตะเข็บ แต่ถูกเปลี่ยนลักษณะไป เนื่องจากรอยเลื่อน นักธรณีวิทยาหลายท่านได้เปรียบเทียบว่าตะเข็บธรณีแถบนี้เทียบได้กับตะเข็บธรณีแถบน่าน-อุตรดิตถ์ (ดูหัวข้อ 3.1.2) แต่ไม่มีหลักฐานธรณีเคมีของหินอัคนีหรือหลักฐานทางแร่สปีเนลแต่อย่างใด การออกสนามจึงทำขึ้นเพื่อเก็บตัวอย่างของหินที่น่าจะให้แร่สปีเนล และตรวจสอบทางเคมี คาดว่าคงจะใช้เวลาประมาณ 30 วัน โดยมุ่งเน้นหินอัคนีและหินตะกอนที่มีแร่สปีเนล

3.3.2 บริเวณยะลา – ปัตตานี – นราธิวาส – สงขลา การศึกษามุ่งเน้นธรณีเคมีของหินอัคนี และ แร่สปิเนลในหินตะกอนและหินอัคนี (ใช้เวลา 30 วัน)

4. **การวิเคราะห์ตัวอย่าง (Sample Analysis)** ขั้นตอนนี้นับว่าไม่ยุ่งยาก แต่ต้องอาศัยเวลานานาน (tedious work) โดยต้องแบ่งตัวอย่างที่เก็บได้ในแต่ละปี (ในหัวข้อ 3) ออกเป็น 3 ส่วนย่อย ส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหินทั้งก้อน (Whole-rock analysis) ทั้งที่เป็นธาตุหลักและธาตุพบน้อย (trace elements) โดยวิธี ICP ส่วนที่สองเก็บรักษาไว้ ส่วนที่สามนำไปทำแผ่นหินบาง (thin-section) โดยวิธี Cold-process ถ้าพบแร่สปิเนลในหิน จึงนำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุหลักของสปิเนล ขั้นตอนนับตั้งแต่การเตรียมตัวอย่าง เพื่อทำแผ่นหินบางและเพื่อวิเคราะห์เคมีจะทำในไทย ส่วนการวิเคราะห์ตัวอย่างทางเคมีของหินและแร่สปิเนล จะทำที่ประเทศญี่ปุ่น โดยส่งตัวอย่างจากประเทศไทย ประมาณ 400 ก้อน เนื่องจากเครื่องมือที่เรียก EPMA (electron-probe micro-analyser) หรือ electron microprobe ยังไม่สามารถจัดหาได้ในประเทศไทย อนึ่งสำหรับตัวอย่างที่มีซากดึกดำบรรพ์ต้องวิเคราะห์เพื่อหาอายุ โดยจะทำที่ประเทศญี่ปุ่น (เนื่องจากมีความเชี่ยวชาญกว่ามาก) คาดว่าขั้นการวิเคราะห์ตัวอย่างนี้จะใช้เวลาประมาณ 3-4 เดือนของแต่ละปี

5. **การแปลผลและทำแผนที่ธรณีแปรสัณฐาน (Interpretation of Results and Tectonic Map Production)** ข้อมูลที่ได้โดยเฉพาะจากข้อ 2, 3 และ 4 จะถูกนำมาประมวลผล และตีความหมายแล้วนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลในข้อ 1 เพื่ออภิปรายผล ต่อจากนั้นจะจัดทำเป็นแผนที่จากข้อมูลธรณีแปรสัณฐานในสนาม โดยเฉพาะจากการลำดับชั้นหินและการกำหนดอายุจากซากดึกดำบรรพ์และข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม ทำให้คณะผู้วิจัยสามารถกำหนดตำแหน่งผืนแผ่นดินต่าง ๆ ที่ประกอบกันเป็นประเทศไทย โดยมีแนวรอยต่อที่แน่ชัดกว่าที่เคยได้ทำมา ขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 2-3 เดือน

6. **การเขียนรายงาน (Report Writing)** ในแต่ละปีของการศึกษาวิจัย คณะผู้วิจัยไทยจะจัดทำรายงานเป็นภาษาไทย ซึ่งคาดว่าจะใช้เวลาประมาณ 3 เดือนต่อปี แต่เนื่องจากการวิจัยที่ทำร่วมกับอาจารย์จากประเทศญี่ปุ่น จึงต้องมีการจัดทำรายงานเป็นภาษาอังกฤษด้วย (คู่มือผลลัพธ์ที่ได้ในหัวข้อถัดไป) เวลาที่ใช้สำหรับเขียนรายงาน/บทความประมาณ 3 เดือน

## 1.4 ขอบเขตการวิจัย

แม้ในปัจจุบันจะมีการเน้นหลักฐานทางธรณีวิทยาฟิสิกส์ เพื่อการวิเคราะห์ (ดู Tulyatid & Charusiri, 1999) แต่การวิจัยนี้เป็นกรผนวกข้อมูลด้านธรณีวิทยาหลายด้านหลายสาขา และในหลายพื้นที่ภาคใต้ และภาคตะวันตกของประเทศ ซึ่งอาจทำได้ในอนาคตหากโครงการวิจัยครั้งนี้ (3 ปี) ประสบผลสำเร็จ การศึกษาทางด้านบรรพชีวิน ซึ่งสำคัญมากต่อการศึกษารแปรสัณฐานประเทศไทย แต่ขาดแคลนบุคคลากรจึงต้องขอความร่วมมือกับทางกรมทรัพยากรธรณี (ดร.อัปสร สอาดสุด และนาย

สุวภาคย์ อิ่มสมุทร) ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญเฉพาะซาคคิกดำบรรพ์ช่วงอายุเพอร์เมียนถึงไทรแอสซิก และการลำดับชั้นกินยุคก่อนเมโซโซอิก ตามลำดับ ทำให้การลำดับชั้นหินต้องอาศัยข้อมูลของนักวิจัยท่านอื่นที่ทำงานอยู่ทั้งจากในประเทศและต่างประเทศผนวกกับการหาอายุของบรรพชีวินและทางไอโซโทปที่มีอยู่ การศึกษานี้ไม่นับรวมการหาอายุหินด้วยวิธีดังกล่าว การวิจัยส่วนใหญ่ขึ้นขึ้นกับการปรากฏของแร่บางตัวในหินตะกอนและหินอัคนี ซึ่งต้องอาศัยเครื่องมือ EPMA หรือ electron microprobe เป็นหลัก ซึ่งเครื่องมือและตัวอย่างมาตรฐานมีเฉพาะที่ประเทศญี่ปุ่นเท่านั้น

อนึ่งในการแปลความหมายทางธรณีสัญฐานจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลภาพจากดาวเทียม และการศึกษาหาอายุหิน และธรณีเคมีหินอัคนีในยุคต่างๆอย่างถูกต้อง เพื่อผนวกกับข้อมูลจากสนาม โดยเน้นหนักเรื่องโครงสร้างและการลำดับชั้น ซึ่งความถูกต้องมากน้อยขึ้นอยู่กับผลการศึกษาทั้ง 3 อย่างประกอบกัน



## สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 1.5 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ขั้นตอนการศึกษาแบ่งตามระยะเวลาในการศึกษา เป็น 3 ปี ได้แก่

(1) ปีที่ 1 (ม.ค. 2544 - 2548) งานที่ทำไปแล้วโดยเน้นพื้นที่ในภาคเหนือ*1				
ชนิดงานวิจัย	2544		2545 - 2547	2548
	ม.ค. – มิ.ย.	ก.ค. – ธ.ค.		
1. รวบรวมวิเคราะห์งานที่เกี่ยวข้อง	←→			
2. จัดหาและแปลความหมายข้อมูลโทรสัมผัส	←→			
3. ออกสนามทำแผนที่และเก็บตัวอย่างทางธรณีวิทยา		←→		
4. วิเคราะห์เคมีตัวอย่างหินและแร่ที่เก็บโดยเฉพาะสปีเนล & ซากดึกดำบรรพ์			←→	
5. แปลผลและประมวลข้อมูลในรูปแผนที่			←→	
6. เขียนรายงานภาษาไทยและบทความภาษาอังกฤษ				←→

\*1 ได้เคยเสนอไว้ตามนี้ แต่ทำไม่สำเร็จ เนื่องจากเหตุผลหลายประการ



(2) ปีที่ 2 แผนงานที่จะทำต่อไปเน้นพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ <sup>*2</sup>												
ชนิดงานวิจัย	2553											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2. รวบรวมวิเคราะห์งานที่เกี่ยวข้อง	← →											
2. จัดหาและแปลความหมายข้อมูลโทรสัมผัส	← →											
3. ออกสนามทำแผนที่และเก็บตัวอย่างทางธรณีวิทยา					← →							
4. วิเคราะห์เคมีตัวอย่างหินและแร่ที่เก็บ โดยเฉพาะสปีเนล & ซากดึกดำบรรพ์						← →						
5. แปลผลและประมวลข้อมูลในรูปแผนที่							← →					
6. เขียนรายงานภาษาไทยและบทความภาษาอังกฤษ									← →			

\*2 ที่เคยเสนอไว้คือ ม.ค. 2549 – ธ.ค. 2549 แต่ต้องเลื่อนไปเพราะเหตุผลข้อแรก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(3) ปีที่ 3 เน้นพื้นที่ภาคตะวันออก* <sup>3</sup>												
ชนิดงานวิจัย	2554											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1. รวบรวมวิเคราะห์งานที่เกี่ยวข้อง	← →											
2. จัดหาและแปลความหมายข้อมูลโรรสัมพัศ	← →											
3. ออกสนามทำแผนที่และเก็บตัวอย่างทางธรณีวิทยา					← →							
4. วิเคราะห์เคมีตัวอย่างหินและแร่ที่เก็บโดยเฉพาะสปิเนล & ซากดึกดำบรรพ์						← →						
5. แปลผลและประมวลข้อมูลในรูปแผนที่							← →					
6. เขียนรายงานภาษาไทยและบทความภาษาอังกฤษ									← →			

\*3 ที่เคยเสนอไว้คือ ม.ค. 2550 – ธ.ค. 2550 แต่ทำได้ไม่สำเร็จเนื่องจากเหตุผลต่อเนื่องในข้อ 1 และ 2

## บทที่ 2

### หินตะกอนยุคไทรแอสซิกในประเทศไทย

#### 2.1 ความสำคัญ

ยุคไทรแอสซิก (Triassic) มีอายุตั้งแต่ 200-250 ล้านปี มีความสำคัญทางธรณีวิทยาของประเทศ เนื่องจากได้เคยวิเคราะห์ว่าแผ่นทวีปหรือจุลทวีปที่สำคัญของประเทศไทย 2 แผ่นคือ จุลทวีปฉานไทยและ จุลทวีปอินโดจีนที่มีกำเนิดมาตั้งแต่มหายุคพรีแคมเบรียน (>500 ล้านปี) เกิดการชนกัน (Bunopas, 1981) ในบริเวณที่เรียกตะเข็บธรณีน่าน (Nan suture) แต่ต่อมามีความเชื่อว่าแผ่นจุลทวีปทั้งสองถูกคั่นด้วยแผ่น มหาสมุทรทีทิสโบราณ (paleotethys oceanic plate) ที่ชื่อว่าแผ่นลำปาง-เชียงรายและแผ่นนครไทย ซึ่งมีอายุ ประมาณกลางถึงปลายมหายุคพาเลโอโซอิก มีการเคลื่อนที่ชนกันและเชื่อมต่อกันในยุคไทรแอสซิกตอน ปลาย (Charusiri และคณะ, 1997) ก่อนที่จะเป็นประเทศไทยในปัจจุบัน ดังนั้นลักษณะหิน ชนิดหินและ สภาพการตกตะกอนของหินยุคดังกล่าว จึงมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่การศึกษาหินตะกอนยุคไทรแอสซิกและการแพร่กระจายของหิน ในยุคนี้จึงมีความสำคัญในการศึกษาวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานใน ประเทศไทยเป็นอย่างมาก

#### 2.2 ความเป็นมา

การจัดแบ่งชั้นหิน หินตะกอนทะเลยุคไทรแอสซิกที่พบแพร่กระจายกว้างขวางในประเทศไทย โดยใช้ลักษณะของหินเป็นหลัก สามารถแบ่งออกเป็น 2 หมู่ใหญ่ ๆ ได้แก่ ชั้นหินที่เกิดบนพื้นทวีปซึ่งส่วนใหญ่ พบบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น กลุ่มหินโคราช (Khorat Group) และหมวดหินอื่น ๆ และชั้นหินที่เกิดในทะเล ซึ่งส่วนใหญ่พบในภาคเหนือ ภาคตะวันตกและภาคใต้ เช่น กลุ่มหินลำปาง (Lampang Group) และกลุ่มหินอุ้มผาง (Um Phang Group) เป็นต้น

ช่วงแรกของการสำรวจและจำแนกชั้นหินตะกอนยุคไทรแอสซิกได้อาศัยหลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์ที่พบเพียงเล็กน้อยระหว่างการสำรวจธรณีวิทยาเบื้องต้นในภาคเหนือของประเทศไทย (Hogbom, 1914, Lee, 1923 และ Heim และ Hirschi, 1939) เป็นหลัก โดยเริ่มจาก Gregory (1930) Weir (1930) Trauth (1930) และ Pia (1930) เป็นนักธรณีวิทยากลุ่มแรกที่อธิบายถึงซากดึกดำบรรพ์อายุไทรแอสซิกซึ่งพบในหินปูนกะมอกกะลา (Kamawkala Limestone) ที่โผล่ตามแนวชายแดนไทย-พม่า โดยกำหนดให้ซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีอายุไทรแอสซิกตอนบน (อาจจะเป็น Norian) ประกอบด้วย algae, corals, brachiopods, bivalves และ ammonoids เป็นส่วนใหญ่

ผลการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่เบื้องต้นของประเทศไทยซึ่งเป็นการร่วมมือระหว่างกรมสำรวจธรณีวิทยาของสหรัฐอเมริกา (United States Geological Survey) และกรมทรัพยากรธรณีของไทย (Department of Mineral Resources หรือแต่ก่อนเรียกว่า Royal Department of Mines หรือกรมโลหกิจใน

สมัยนั้น) ทำให้ได้แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:2,500,000 ที่ถูกตีพิมพ์ฉบับแรกของประเทศไทย โดย Brown และคณะ (1951)

ซึ่งชั้นหินตะกอนทะเลยุคไทรแอสซิกซึ่งประกอบด้วยหินปูนกะมอกกะลา ในเวลานั้นจัดอยู่ในชุดหินที่เรียก Khorat Series (Jalichan & Bunnag, 1954) หรือว่ากลุ่มหินโคราช (Khorate Group) ในปัจจุบัน ที่ประกอบด้วยตะกอนเนื้อประสมภาคพื้นทวีปสีแดง (continental red beds) ที่มีมหายุคมีโซโซอิก (Mesozoic) หลังจากนั้น LaMoreaux และคณะ (1959) ได้แบ่ง Khorat Series ออกเป็น 4 หมู่หิน คือ Unname, Phu Phan, Phra Wihan และ Phu Kradung โดยอ้างอิงการศึกษาของ Jalichan และ Bunnag (1954)

Ward และ Bunnag (1964) ได้เปลี่ยนชื่อชุดหินโคราชหรือ Khorat Series เป็นกลุ่มหินโคราชหรือ Khorat Group เป็นครั้งแรกและได้จำกัดว่ากลุ่มหินโคราชมีการสะสมตัวในสภาพแวดล้อมการสะสมตัวบนบก ที่มีอายุมีโซโซอิก และจำกัดเฉพาะที่อยู่ใน Khorat Plateau Region เท่านั้น

คณะสำรวจธรณีวิทยาของ United States Geological Survey สำรวจพบ Triassic ammonoids ในพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง และ Pitakpaivan (1955) สำรวจในชั้นรายละเอียดของชั้นหินที่มีซากดึกดำบรรพ์และเสนอ informal units ในพื้นที่ดังกล่าว ammonoids ที่พบได้ถูกนำไปศึกษาเพิ่มเติมโดย Kummel (1960) และถูกกำหนดอายุอยู่ในช่วง อนิเซียนถึงคาร์เนียน

นอกจากนี้แล้ว Kobayashi และ Tokuyama (1959) ได้บันทึกว่าพบซากดึกดำบรรพ์ในภาคเหนือและภาคใต้ของประเทศไทย แต่ไม่ได้มีการศึกษาการลำดับชั้นหินในรายละเอียด ซึ่งซากดึกดำบรรพ์ที่พบในชั้นหินทางภาคเหนือนั้นคือหอย *Halobia* sp. บริเวณทางรถไฟที่ตัดผ่านระหว่างจังหวัดลำปางและจังหวัดแพร่ กิโลเมตรที่ 60 ทางตะวันออกของตำแหน่งที่ Pitakpaivan (1955) พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกหอยประเภทเดียวกัน สำหรับในภาคใต้นั้นพบหอย *Daonella* sp. ที่อำเภอ นาทวี จังหวัดสงขลา

Buravas (1961) ได้รายงานว่าจะพบซากดึกดำบรรพ์ของปะการังในเลนส์หินปูน (limestone lens) บริเวณบ้านผาก้าน จังหวัดลำปาง ซากดึกดำบรรพ์ที่พบคือ *Thecosmilia* sp., *Margarosmilia* sp., *Conophyllia* sp. และอื่น ๆ มีอายุช่วงปลายไทรแอสซิกตอนกลางถึงไทรแอสซิกตอนบน ต่อมาในปี 1964 ได้มีโครงการสำรวจธรณีวิทยาทั่วไป เพื่อจัดทำแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000 โดยเริ่มที่ภาคเหนือของประเทศไทยก่อน แผนที่ธรณีวิทยาแสดงการกระจายตัวของชั้นหินไทรแอสซิกได้จัดทำขึ้นโดยอาศัยข้อมูลจากซากดึกดำบรรพ์ขนาดใหญ่ (Piyasin, 1972; 1975 และ Bunopas, 1976) ต่อมา Piyasin (1971) ได้เสนอหน่วยหินของชั้นหินตะกอนยุคไทรแอสซิกชั้นใหม่ ในขณะที่เดียวกันได้มีความร่วมมือกับรัฐบาลเยอรมัน (German Geological Mission) เพื่อทำการสำรวจธรณีวิทยาในภาคเหนือของประเทศไทย ทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับชั้นหินยุคไทรแอสซิกและพบซากดึกดำบรรพ์ประเภทสัตว์เป็นจำนวนมาก ซึ่งประกอบด้วย ซากดึกดำบรรพ์จุลภาค (microfossils) ประเภทโคโนดอนต์ (conodonts) และ foraminifers

บริเวณแอ่งลำปางเป็นจุดที่นักธรณีวิทยาชาวเยอรมันได้ให้ความสำคัญเนื่องจากมีหินโพลต์ต่อเนื่อง ตัวอย่างเช่น Baum และคณะ (1970); Koch (1973); Von Braun และ Jordan (1976); Hagen และ Kemper (1976); Kemper, Maronde และ Stoppel (1976) ได้ศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดของการลำดับชั้นหินตะกอน

ไทรแอสซิกในแอ่งลำปาง ขณะเดียวกันนักธรณีวิทยาไทย เช่น Kiriwat และ Suensilpong (1964) ได้จัดทำแผนที่ชั้นหินตะกอนทะเลยุคไทรแอสซิกบริเวณบ้านท่าสี่ (Ban Tha Si) จังหวัดลำปาง และ Pitakpaivan และคณะ (1969) ได้ทำการรวบรวมงานที่เกี่ยวกับซากดึกดำบรรพ์บริเวณด้านตะวันตกเฉียงเหนือและภาคเหนือของประเทศไทยพร้อมกับทำการศึกษาซากดึกดำบรรพ์ปะการังยุคไทรแอสซิก และ *Posidonia* sp. ในช่วงปีเดียวกัน Javanaphet (1969) ได้ใช้ชื่อ กลุ่มหินลำปาง สำหรับหินตะกอนทะเลอายุไทรแอสซิกในหลาย ๆ พื้นที่ของประเทศไทยในแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:1,000,000 แต่ไม่มีคำอธิบายสำหรับกลุ่มหินนี้

Piyasin (1972) ได้ใช้ชื่อ กลุ่มหินลำปางเป็นครั้งแรกแบบเป็นทางการสำหรับเรียกชั้นหินตะกอนทะเลอายุไทรแอสซิกบริเวณบ้านท่าสี่ ประกอบด้วย หินกรวดมนพื้นฐาน หินทรายสีแดง หินดินดานสีแดง หินปูน และชั้นหินฟลิชสีเทา ขณะเดียวกัน Chonglakmani (1972) ทำการศึกษารณีวิทยาบริเวณบ้านท่าสี่เพิ่มเติมอีกครั้ง แต่ไม่ใช่เส้นทางสำรวจเดียวกับ Piyasin (1972) ที่ได้ศึกษาแล้ว ผลการลำดับชั้นหินออกมามีความเหมือนกันแต่พบซากดึกดำบรรพ์ที่มีความหลากหลายกว่า หลังจากนั้นนักธรณีวิทยาหลายท่านก็ได้ศึกษาเพิ่มเติมอีกเช่น กลุ่มหินลำปาง Chonglakmani (1983) Chaodumrong (1992) Charusiri และคณะ (1993) และ Chaodumrong และ Burret (1997)

หินตะกอนยุคไทรแอสซิกที่กระจายตัวอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทยนั้นไม่ค่อยมีข้อมูลมาก Ridd และ Wainwright (1969) ได้ตั้งกลุ่มหินพัทลุง (Phattalung Group) โผล่อยู่ทางด้านตะวันออกของจังหวัดพัทลุง ประกอบด้วย หินทรายและหินกรวดมน ที่มีอายุมหายุคมีโซโซอิก Igo และคณะ (1988) และ Sashida และ Igo (1992) พบโคโนคอนต์และเรดิโอลาเรียที่มีอายุไทรแอสซิก อยู่ในหินปูนบริเวณเขาเจ็ยก (Khae Chiak) จังหวัดพัทลุง ซึ่งในงานที่ทำไว้เดิมนั้นให้กลุ่มหินนี้เป็นส่วนหนึ่งของ Permian Rat Buri Limestone

Buffertaut และ Suteetorn (1993); Fontaine และคณะ (1993); และ Buffertaut และคณะ (1994) ได้พบสัตว์จำพวกไดโนเสาร์คือ *Ichthyosaur* ซึ่งมีอายุไทรแอสซิกตอนต้น ใกล้อำเภอควนขนุน ห่างจากจังหวัดพัทลุงไปทางทิศเหนือเป็นระยะทาง 14 กิโลเมตร ช่วงเวลาใกล้ๆ กับ Fontaine และ Tantiwanit (1992) ได้พบ *Daonella* sp. ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของเขาเต่าในจังหวัดพังงาในแถบจังหวัดสงขลา Grant-Mackie และคณะ (1980) ได้พบหินตะกอนทะเลยุคไทรแอสซิกในบริเวณอำเภอสะบ้าย้อย (Saba Yoi) และอำเภอนาทวี (Na Thawi)

ผลการศึกษาทำให้ Ampornmaha (1995) ได้ศึกษาการลำดับชั้นหินของหินปูนและหินโคลไมต์ที่เดิมเคยกำหนดอายุให้เป็นยุคเพอร์เมียน ซึ่งผลการศึกษาโดยใช้คอนโนคอนต์พบว่าหินปูนบริเวณอำเภอไชยบุรี จังหวัดพัทลุงมีอายุไทรแอสซิก

สำหรับทางภาคตะวันออกของประเทศ วิชัย ศิวะบวร และคณะ (1976) ได้ตั้งชื่อหมวดหินโป่งน้ำร้อนซึ่งส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยหิน graywacke sandstone และหินโคลนที่แทรกสลับกันและประกอบด้วยหินทรายชั้นหนาและมีหินกรวดมนชั้นบาง ๆ บริเวณตามขอบชายแดนไทย-กัมพูชา ตั้งแต่จังหวัดระยอง จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดตราด

Hada (1990) ได้รายงานพบว่าพบเรดิโอลาเรียบริเวณอำเภอแหลมงอบ จังหวัดจันทบุรี และกำหนดให้ ซากดึกดำบรรพ์ดังกล่าวมีอายุไทรแอสซิกตอนกลาง

## 2.3 การแผ่กระจาย

จากการประมวลผลในงานที่มีผู้ศึกษาไว้และจากการศึกษาภาคสนามในครั้งนี้ เราได้รวบรวมหิน ตะกอนยุคไทรแอสซิกของประเทศและพบว่ามีกระจายใน 8 บริเวณหลัก (รูป 2.1) ได้แก่

- (1) ด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (ขอนแก่น-เลย-เพชรบูรณ์)
- (2) น่าน-อุตรดิตถ์และลำปาง-พะเยา-แพร่
- (3) แม่ฮ่องสอน
- (4) อำเภอแม่สอด (ตาก)-อำเภอทองผาภูมิ และอำเภอศรีสวัสดิ์ (กาญจนบุรี)
- (5) บริเวณตรัง-กระบี่
- (6) อำเภอไชยบุรี จังหวัดพัทลุง
- (7) อำเภอสะบ้าย้อยและอำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา และ
- (8) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (บริเวณจันทบุรี-ระยอง)

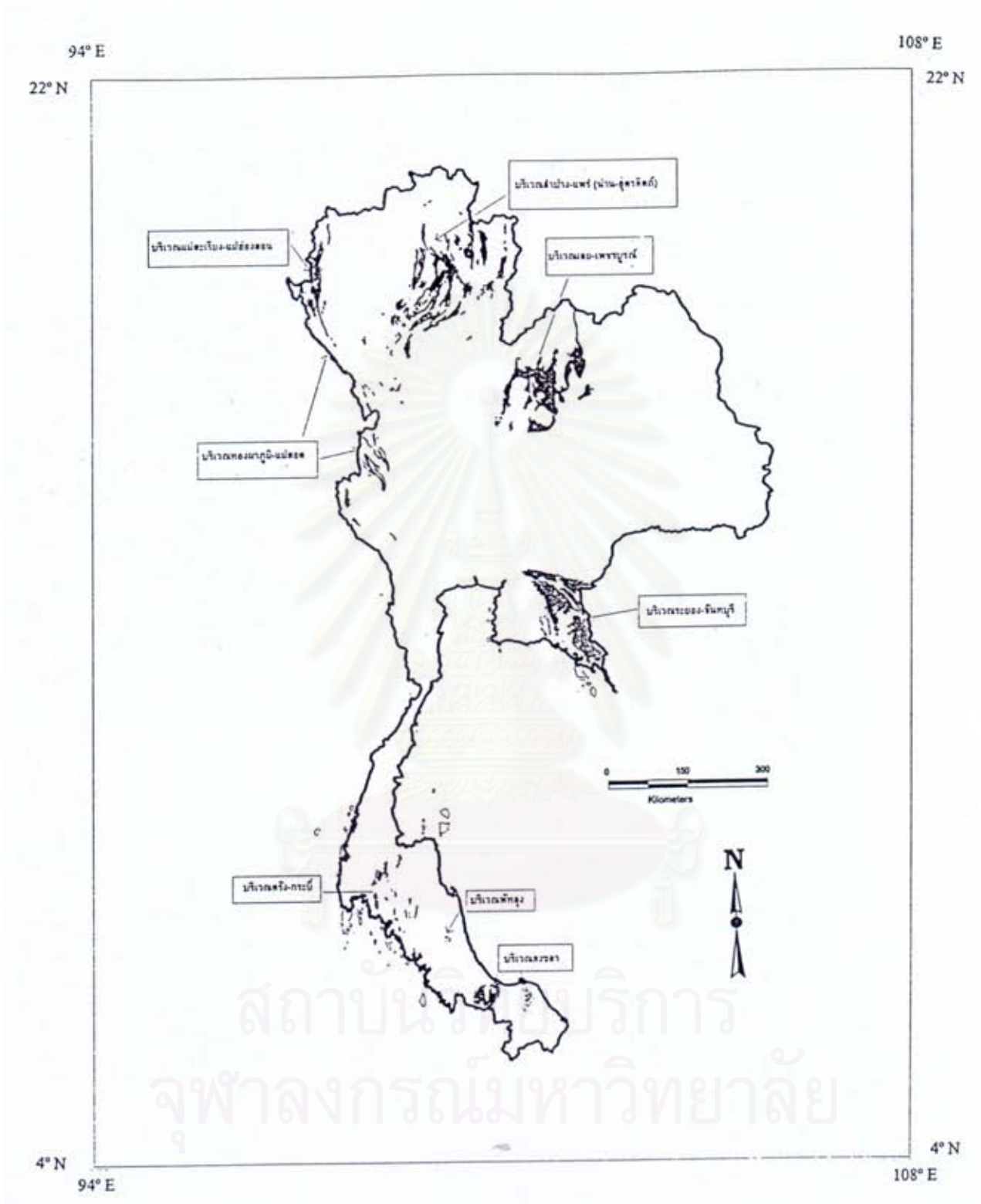
หินตะกอนยุคไทรแอสซิกนี้มีสภาพการสะสมตัวทั้งบนบกและทะเล (Chonglakmani, 1983 และ Charusiri และคณะ, 1993) ซึ่งโดยส่วนใหญ่หินตะกอนที่มีสภาพแวดล้อมการสะสมตัวแบบบนบกนั้นมักพบได้ในบริเวณด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย นอกจากบริเวณดังกล่าวแล้ว หินตะกอนยุคไทรแอสซิกมีสภาพแวดล้อมการสะสมตัวในทะเล การอธิบายหินตะกอนยุคนี้ได้มีการจำแนกตามสภาพแวดล้อมของการสะสมตัวดังนี้

### 2.3.1 ชั้นหินที่เกิดจากการสะสมตัวบนบก (Non-marine Sequences)

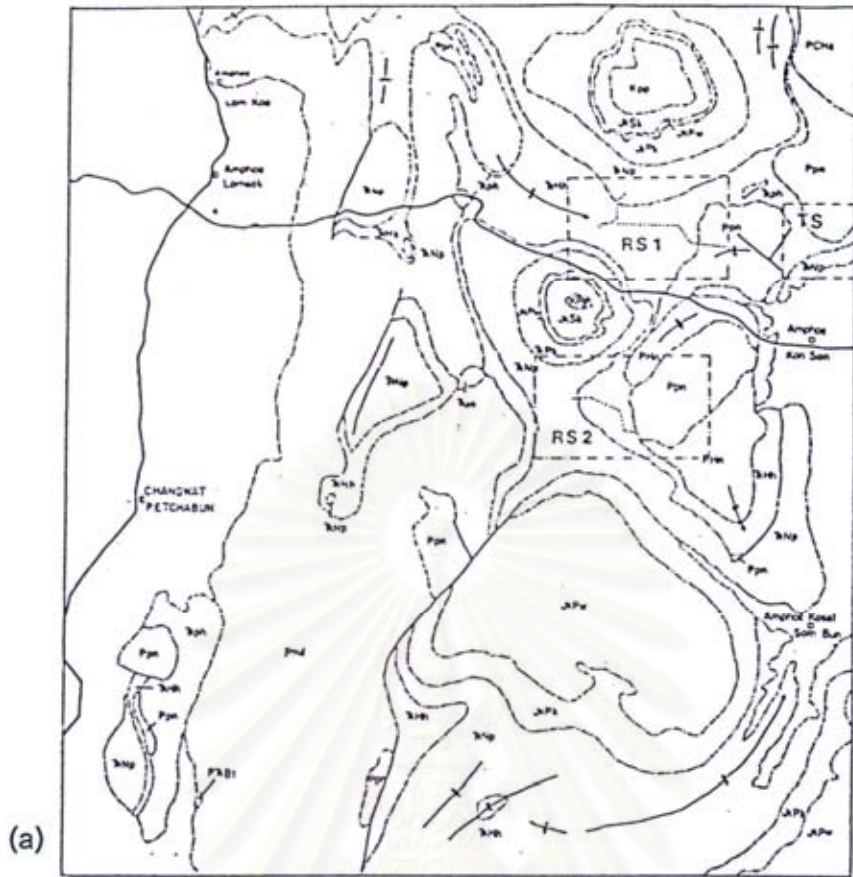
ชั้นหินยุคไทรแอสซิกที่เกิดสะสมตัวในภาคพื้นทวีปบริเวณที่ราบสูงโคราชประกอบด้วยหมวดหิน ห้วยหินลาดและหมวดหินน้ำพองของกลุ่มหินโคราช

#### 2.3.1.1 หมวดหินห้วยหินลาด

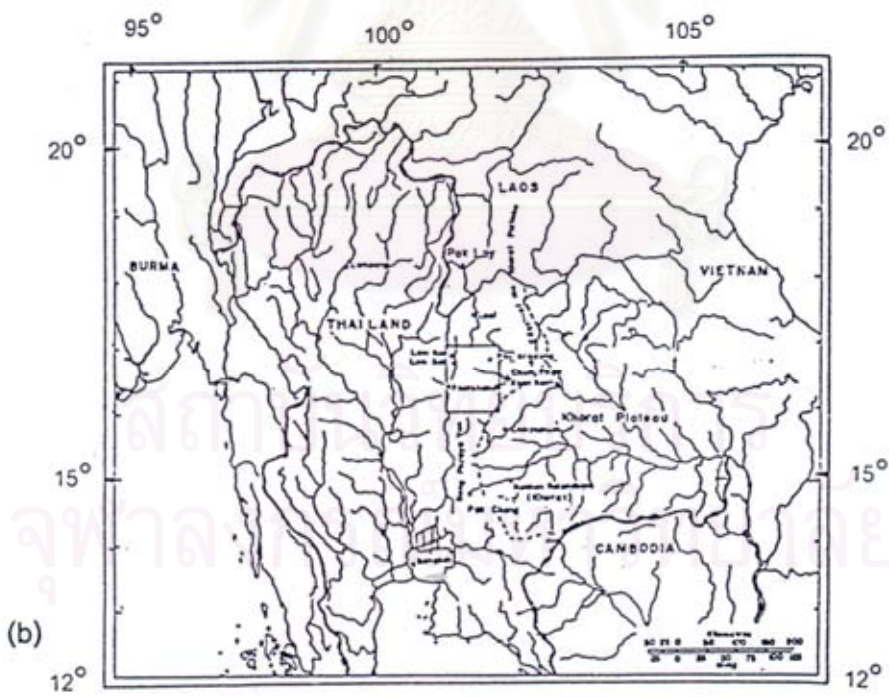
ตั้งชื่อ โดย Iwai และคณะ (1964) มีชั้นหินแบบฉบับ (type section) อยู่ที่ห้วยหินลาด (Huai Hin Lat) (รูป 2.2) ห่างจากบ้านพระนงเขา (Pha Nok Khao) อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้เป็นระยะทางประมาณ 18 กิโลเมตร หมวดหินห้วยหินลาดเป็นหมวดหินล่างสุดของกลุ่มหินโคราช มีความหนา 250 เมตร และอาจพบว่ามีความหนาอยู่ในช่วง 100-400 เมตร วางตัวไม่ต่อเนื่องกับหมวดหินน้ำคุดและชั้นหินปูนอายุเพอร์เมียนตอนบน และกับหมวดหินน้ำพองที่วางตัวอยู่บนนั้น มีรอยสัมผัสแบบค่อย ๆ เปลี่ยนแปลง ประกอบด้วยหินกรวดมนพื้นฐาน โดยมีหินปูนสลับบ่อยด้วยเล็กน้อย ส่วนบนหนา 50 เมตร ประกอบด้วยหินทรายและหินโคลนสีเทาสลับกัน มีหินปูนปนโคลนสีเทาค้ำแทรกซึ่งเมื่อผู้มีสีเขียว (รูป 2.3



รูป 2.1 การกระจายตัวของหินตะกอนยุคไทรแอสซิกในประเทศไทย (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2542)



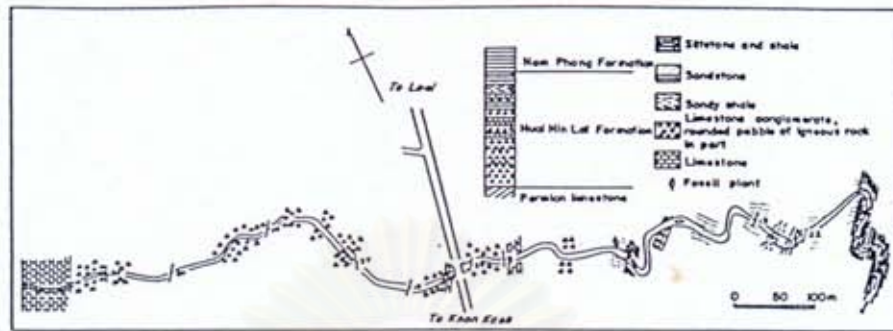
(a)



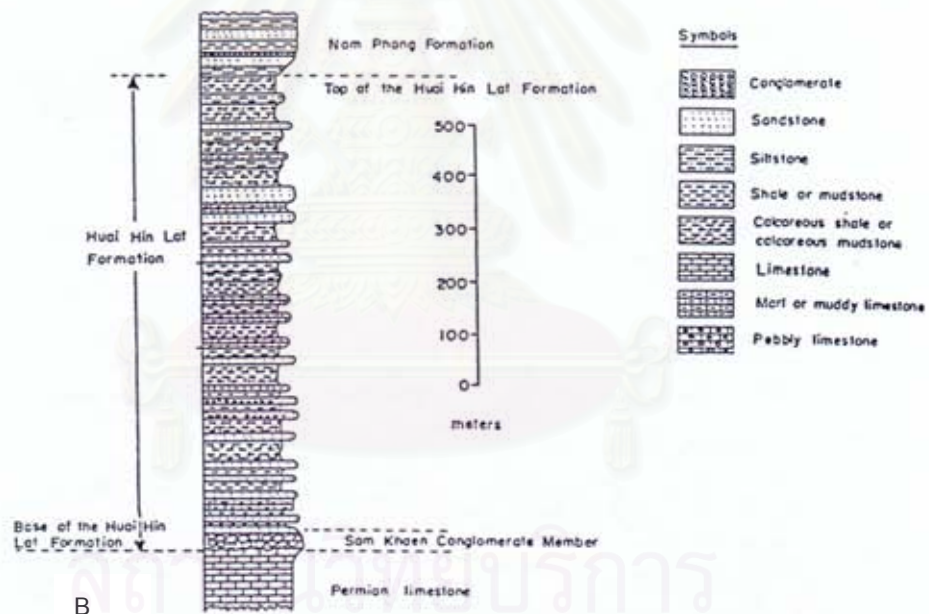
(b)

รูป 2.2 (a) แผนที่ธรณีวิทยาแสดงการกระจายตัวของหินตะกอนหมวดหินห้วยหินลาด (RHh) และหมวดหินน้ำพอง (RNp) พื้นที่เพชรบูรณ์-ภูกระดึง (Chonglakmani, 1972)  
 (b) แผนที่แสดงที่ตั้งของพื้นที่ในบริเวณขอบที่ราบสูงโคราช





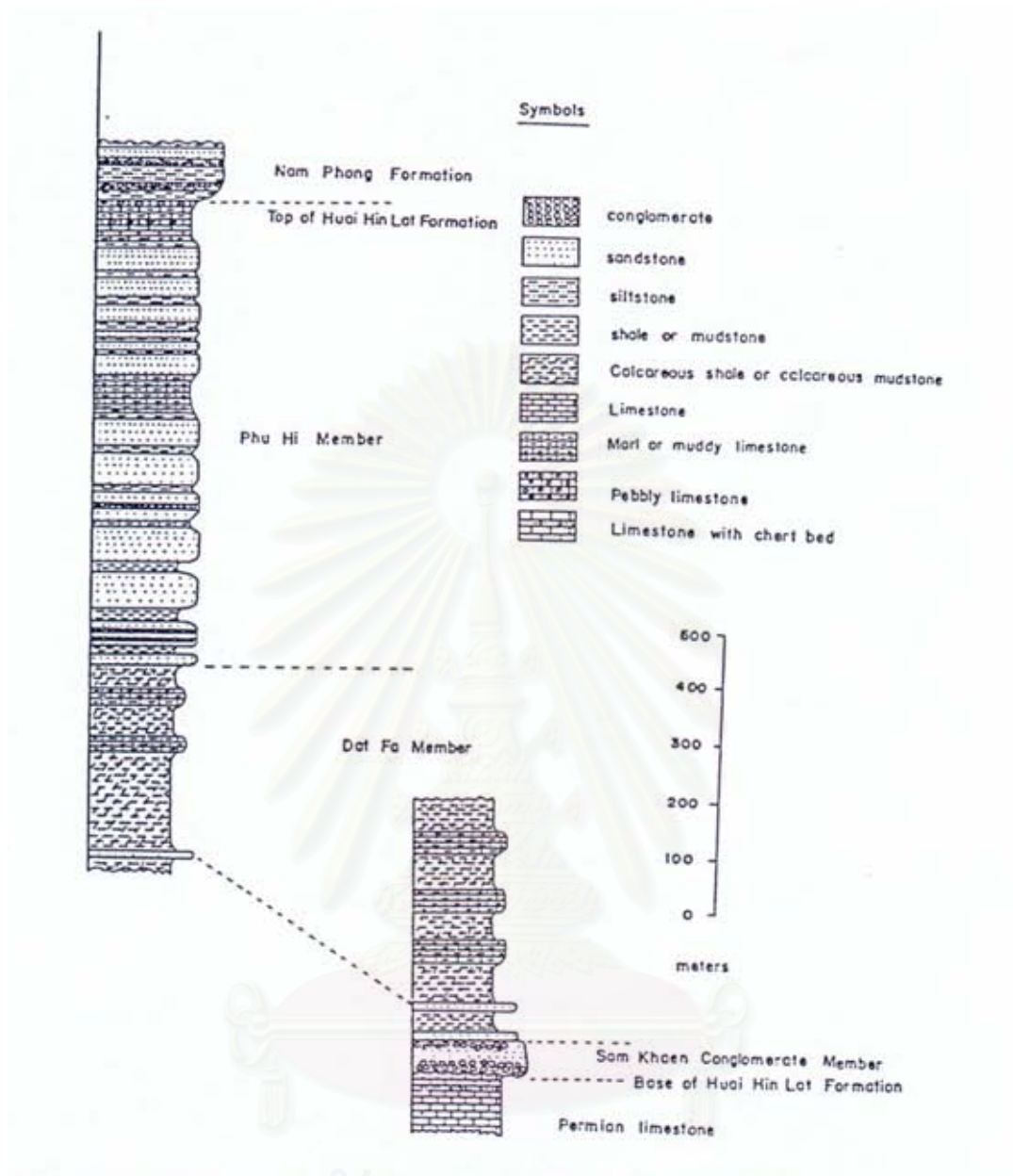
A



B

รูป 2.3 (a) แผนที่แสดงธรณิวิทยาอย่างง่าย การแผ่กระจาย และการวางตัวของชั้นหินในบริเวณพื้นที่แบบฉบับ (type section) ห้วยหินลาด (Iwai และคณะ, 1966)

(b) การลำดับชั้นหินของหมวดหินห้วยหินลาด ในแถบเขื่อนน้ำพรม ที่รองรับข้างใต้ด้วยหินปูนอายุเพอร์เมียน (Chonglakmani & Satayarak, 1978)



รูป 2.4 การเทียบเคียงการลำดับชั้นหินของหมวดหินห้วยหินลาดในบริเวณบ้านดาตฟ้า ที่รองรับข้างใต้ด้วยหินปูนอายุเพอร์เมียน โดยมีหินกรวดมนของหมู่หินสามแดนวางตัวได้สุดเป็นฐานของหมวดหินห้วยหินลาด (Chonglakmani & Sattayarak, 1978)

และ 2.4) จากหลักฐานซากดึกดำบรรพ์หว่านหินลาดอยู่ในช่วงไทรแอสซิกตอนปลาย หรือคาร์เมียน-นอเรียนอาจถึงเรเนียนได้ และหว่านหินนี้เกิดจากการสะสมตัวในที่ราบลุ่มเชิงเขา ภายใต้ภูมิประเทศที่ไม่ราบเรียบ บางบริเวณมีหนองน้ำเล็ก ๆ ซึ่งในน้ำมีสารละลายของปูนอยู่สูงในสภาวะภูมิอากาศที่ค่อนข้างร้อนชื้นและค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นกึ่งแห้งแล้ง Maneechai (1994) ได้ทำการศึกษาบริเวณ ปากช่อง-สีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา พบซากดึกดำบรรพ์ *Euestheria* sp. (Chonglakmani และ Sattayarak, 1978) อายุโนเรียนบ่งบอกสภาพแวดล้อมแบบน้ำจืดถึงน้ำกร่อย

### 2.3.1.2 หว่านหินน้ำพอง (Nam Phong Formation)

ตั้งโดย Ward และ Bunnag (1964) มีชั้นหินแบบฉบับ type section อยู่ที่น้ำพอง อำเภอกุกระดิง จังหวัดเลย หว่านหินน้ำพอง นั้นมีความหนา 1,465 เมตร และอาจพบที่มีความหนาอยู่ในช่วง 100-1,500 เมตร โดยมีความสัมพันธ์กับหว่านหินหว่านหินลาดที่วางตัวอยู่ล่างเป็นแบบค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงประกอบด้วยกลุ่มหินทรายแป้ง หินทราย และหินโคลน สีน้ำตาลแกมแดงมีความคงทนต่อการผุพังทำลายน้อยกว่าหลักฐานการวางตัวของหว่านหินน้ำพองที่วางตัวอยู่บนหว่านหินหว่านหินลาด มีอายุโนเรียนและจากหลักฐานของซากดึกดำบรรพ์ที่พบจนถึงปัจจุบันหว่านหินน้ำพองควรมีอายุเรเนียน และเกิดจากการสะสมตัวของตะกอนในที่ราบลุ่มเชิงเขาในระยะแรกแล้วเปลี่ยนไปเป็นการตกตะกอนในแม่น้ำแบบโค้งวัดที่มีกระแสน้ำรุนแรงตามร่องน้ำและหลังจากนั้นเป็นการตกตะกอนบริเวณสองฝั่งของที่ราบลุ่มแม่น้ำ ในสภาวะภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้ง

### 2.3.2. ชั้นหินที่เกิดจากการสะสมตัวในทะเล (Marine Sequences)

หินตะกอนที่เกิดสะสมตัวในทะเลยุคไทรแอสซิกพบแพร่กระจายบริเวณภาคเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ของประเทศ

#### 2.3.2.1 กลุ่มหินน้ำปาด (Nam Pat Group)

กลุ่มหินน้ำปาดตั้งโดย Bunopas (1981) และมีชั้นหินแบบฉบับ (type section) อยู่ที่บริเวณด้านตะวันออกของเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ตะกอนยุคไทรแอสซิกบริเวณจังหวัดน่าน และอุตรดิตถ์ แบ่งออกเป็น 3 หว่านหิน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงด้านข้าง (lateral facies change) ต่อมา อิศนี และคณะ (2543) ได้แบ่งกลุ่มหินน้ำปาดออกเป็น 2 หว่านหินคือ หว่านหินหว่านลาด(ล่าง) และหว่านหินหว่านบ่อโจง(บน) แต่ไม่ได้รวมหินปูนซึ่งแบ่งให้เป็น Tr1 กลุ่มหินน้ำปาดมีความหนารวมกันประมาณ 1,400 เมตร ประกอบด้วย หินกรวดมน สีเทาเขียว สีแดง มีก้อนกรวดส่วนใหญ่เป็นภูเขาไฟ ส่วนน้อยเป็นหินทราย หินแกรนิต หินปูน หินเชิร์ตและควอตซ์สีขาว และชั้นหินทราย แทรกสลับกับหินโคลน สีเทาดำ เทาเขียว บางแห่งแทรกสลับเป็นชั้นคล้ายขนมชั้น มักแสดงลักษณะชั้นตะกอนคัดขนาด (graded-bedding) และ Bouma sequence จากหลักฐานของซากดึกดำบรรพ์โคโนดอนต์ *Pachycladina* sp. Indet กลุ่มหินนี้มีอายุไทรแอสซิกตอนต้น

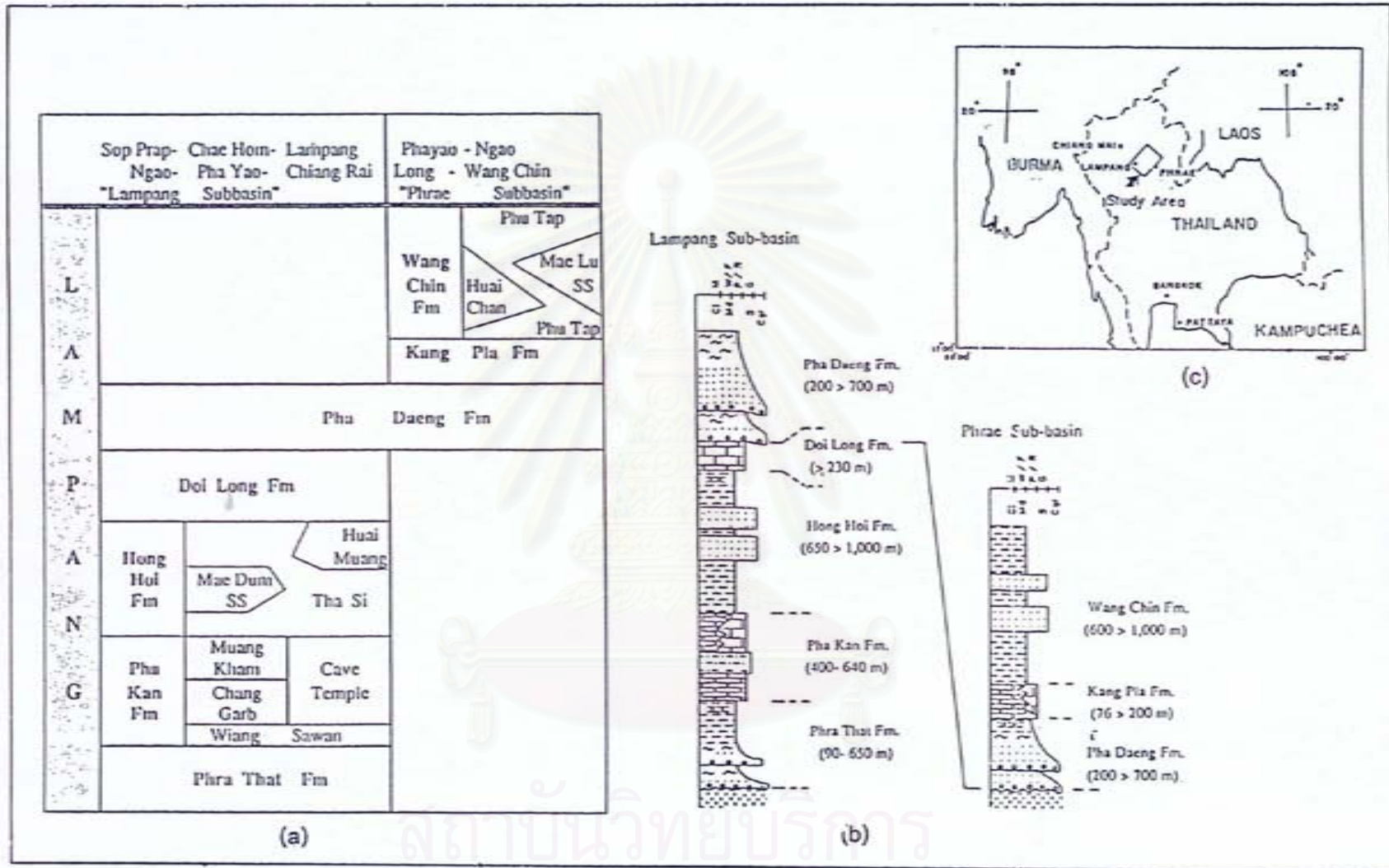
(Scythian) ส่วนหมวดหินที่ไม่จัดรวมกับกลุ่มหินน้ำปาดแต่อยู่ในยุคไทรแอสซิก ได้แก่ หมวดหิน Tr1 ซึ่งประกอบด้วย หินปูน สีเทาเข้ม ชั้นบางถึงชั้นหนา มีหินโคลนและหินทรายแทรกสลับในส่วนล่างหมวดหิน Tr1 เข้าใจว่าวางตัวเป็นเลนซ์ แทรกเป็นการเปลี่ยนแปลงด้านข้าง กับหมวดหินห้วยบ่อโจง พบซากดึกดำบรรพ์ *Unionites* sp. และ *Costatoria goldfussimansuyi* อายุไทรแอสซิกตอนกลาง หินปูนโผล่กระจายตัวเป็นหย่อม ๆ ด้านเหนือของอำเภอพาน้อย และด้านตะวันตกของอำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน ซึ่งให้ภูมิประเทศแบบ Karst

### 2.3.2.2 กลุ่มหินลำปาง (Lampang Group)

สังค ปิยะศิลป์ (Piyasin, 1972) ได้ตั้งชื่อกลุ่มหินลำปางเพื่อใช้เรียกชั้นหินตะกอนทะเล ประกอบด้วย หินกรวดมนพื้นฐาน หินทรายสีแดง หินดินดานสีแดง หินปูน และ gray flysch stata ที่เกิดในยุคไทรแอสซิกที่มีความหนาประมาณถึง 5,000 เมตร (อัสนี และคณะ, 2543) ต่อมาได้มีผู้ศึกษาเพิ่มเติมอีกคือ Liengsakul (1979), Chonglamani (1981), Chaodumrong และ Burnet (1992) และ Charusiri และคณะ (1993) กลุ่มหินอยู่ที่จังหวัดลำปาง พะเยา และแพร่ มีชั้นหินต้นฉบับที่ ตำบลท่าสี่ จังหวัดลำปาง และแผ่กระจายตัวอยู่ในบริเวณแอ่งตะกอนลำปาง และแอ่งตะกอนแพร่

กลุ่มหินลำปางแบ่งออกเป็น 5 หมวดหิน เรียงลำดับจากแก่ขึ้นไปหาอ่อน ได้แก่ หมวดหินพระธาตุ (Pha That Formation), หมวดหินผาก้าน (Pha Kan Formation), หมวดหินฮ่องฮอย (Hong Hoi Formation), หมวดหินคอยลอง (Doi Long Formation) และหมวดหินผาแดง (Pha Daeng Formation) ต่อมา Chaodumrong and Burret (1992) ได้เสนอให้มีการจัดแบ่ง กลุ่มหินลำปางออกเป็น 7 หมวดหิน โดยเพิ่มหมวดหินก้างปลา (Kang Pla Formation) ที่วางตัวอยู่บนหมวดหินผาแดงและหมวดหินที่อยู่บนสุด คือ หมวดหินวังจีน (Wang Chin formation (รูป 2.5)

หินกลุ่มนี้วางตัวอยู่ทั้งแบบไม่ต่อเนื่อง อยู่บนหมวดหินภูเขาไฟเพอร์โม-ไทรแอสซิก และวางตัวทั้งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องอยู่บนชั้นหินยุคเพอร์เมียน โดยส่วนใหญ่ที่พบวางตัวแบบไม่ต่อเนื่อง อยู่บริเวณของแอ่งสะสมตะกอน กลุ่มหินลำปางวางตัวอยู่ใต้หินตะกอนสีแดงของยุคจูแรสซิก ทั้งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง โดยแบบต่อเนื่องมักพบตามบริเวณกลางแอ่งสะสมตะกอน (อัสนี มีสุข และคณะ, 2543) กลุ่มหินลำปางพบสะสมตัวในแอ่งสะสมตะกอน 2 แอ่งย่อย ที่มีการกำเนิดและสะสมตะกอนต่อเนื่องกันคือ แอ่งย่อยลำปาง (LAMPANG SUB-BASIN) ซึ่งเกิดก่อนและอยู่ทางด้านตะวันตก ครอบคลุมพื้นที่ด้านตะวันตกของจังหวัดลำปาง และจังหวัดพะเยา มี 5 หมวดหิน สะสมตัวอยู่ คือ จากหมวดหินพระธาตุขึ้นมาจนถึงหมวดหินผาแดง มีซากดึกดำบรรพ์ที่สำคัญคือ *Daonalla* sp., *Posidonia* sp., *Paratrachyceras* sp., *Costatoria* sp. และ *Claraia* sp. มีอายุช่วง 240-227 ล้านปี หรือสมัยไทรแอสซิกตอนกลาง ในช่วงการสะสมตัวของหมวดหินผาแดง แอ่งสะสมตะกอนจะเคลื่อนย้ายไปทางด้านตะวันออก (ทิศปัจจุบัน) เกิดแอ่งที่แอ่งย่อยแพร่ (Phrae Sub basin) ขึ้น มีพื้นที่ครอบคลุมบริเวณจังหวัดแพร่ และด้านตะวันออกของจังหวัดลำปาง จังหวัดพะเยา และจังหวัดเชียงราย ซึ่งมีหินสะสมตัวอยู่ 3



รูป 2.5 (a) การลำดับชั้นหินของกลุ่มหินลำปาง ในบริเวณแอ่งตะกอนลำปางแพร่ (b) การเทียบเคียงลำดับชั้นหินของแอ่งลำปาง (ซ้าย) และแอ่งแพร่ (ขวา) (c) แผนที่ส่วนของประเทศไทย แสดงพื้นที่ศึกษา (Chaodumrong และ Burrett, 1992)

หมวดคือ หมวดหินผาแดง หมวดหินกำปลา และหมวดหินวังซัน พบซากดึกดำบรรพ์ เช่น *Halobia* sp., *Posidonia* sp. และ *Palaeocardita* sp. บ่งอายุจากสมัยคาร์เนียนตอนกลางถึงสมัยออเรียนหรือช่วงอายุ 227-208 ล้านปี ในกลุ่มหินลำปางนี้มีหมวดหินปูน 3 หมวด คือ หมวดหินผาก้าน หมวดหินคอยลอง และหมวดหินกำปลา

ก) หมวดหินพระธาตุ (*Pha That Formation*) หมวดหินนี้ตั้งชื่อโดย Piyasin (1972) โดยได้ชื่อมาจากพระธาตุม่วงคำ ประมาณ 11 กิโลเมตร ทางตะวันตกเฉียงใต้ของเมืองลำปาง ชั้นหินแบบฉบับพบอยู่ตามเส้นทางงาว-สอง หมวดหินนี้ประกอบด้วย ตะกอนที่มาจากหินภูเขาไฟ (volcanogenic) และพวกที่ไม่ใช่ภูเขาไฟ (non-volcanic) ส่วนใหญ่เป็นหินกรวดมน (conglomerate) แทรกสลับด้วย หินทรายและหินดินดานสีเทา สีน้ำตาลอ่อน และสีแดง พบซากดึกดำบรรพ์ของหอยประเภท *Claraia intermedia* และแอมโมไนต์ *Ophiceras* sp. ความหนาประมาณ 90-650 เมตร (Chaodumrong และ Burrett, 1992)

จากการศึกษาทางสิลาพรณนาของหมวดหินนี้ (Charusiri และคณะ, 1993) พบว่าเศษหินส่วนใหญ่เป็นหินปูนและหินตะกอนภูเขาไฟ นอกจากนี้ในตัวหมวดหินนี้บางส่วนยังเป็นหินตะกอนภูเขาไฟอีกด้วย ชั้นหินมักมีสีแดงและมีตะกอนเม็ดใหญ่ ในช่วงล่างของหมวดหินนี้และค่อย ๆ มีขนาดเล็กขึ้นและมีสีเขียวจนถึงเทา ชั้นหินหมวดนี้มีความหนาตั้งแต่ 100 จนถึง 800 เมตร (Charusiri และคณะ, 1993) อายุประมาณต้นไทรแอสซิก

ข) หมวดหินผาก้าน (*Pha Kan Formation*) (Piyasin, 1972) เดิมชื่อหมวดหินคอยซ้าง (Doi Chang Formation; Pitakpaiwan, 1955) มีชั้นหินแบบฉบับอยู่ที่เขาคอยซ้าง อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง Pha Kan Formation ประกอบด้วย หินปูนที่เป็นชั้นหินไม่ชัดเจนถึงชัดเจน สีเทาปานกลางถึงสีเทาเข้ม มีซากดึกดำบรรพ์ ได้แก่ bivalves และ gastropods เป็นส่วนใหญ่ และ algae และ crinoid บ้างเล็กน้อย มีความหนาประมาณ 250-600 เมตร จากการศึกษาของ Chonglakmani (1981) และ Charusiri และคณะ (1983) พบว่าหินหมวดนี้ประกอบด้วยหินปูนสีเทาช้นหนาถึงหนามาก และมีหินดินดานและหินทรายสีเขียวถึงสีเทา แทรกอยู่ตอนบน มีความหนาตั้งแต่ 80 ถึง 500 เมตร กำหนดอายุได้เป็นตอนกลาง (ถึงตอนปลาย) ยุคไทรแอสซิก

ค) หมวดหินฮองหอย (*Hong Hoi Formation*) ให้ชื่อโดย Pitakpaiwan (1955) ชื่อที่ใช้เรียกหมวดหินนี้เป็นชื่อของลำห้วยฮองหอย บริเวณบ้านดง อำเภอเมืองลำปาง ใกล้ถนนลำปาง-งาว เป็น gray flysch-like deposits ประกอบด้วยหินดินดาน หินทราย หินกรวดมน และหินปูนที่เป็นชั้นบาง ๆ บางเล็กน้อยพบ *Halobia* sp. และ *Daonella* sp. นอกจากนี้ยังพบ bivalves, brachiopods และ ammonites ความหนาอยู่ในช่วง 1,200 ถึง 1,900 เมตร อายุช่วงตอนกลางถึงปลายยุคไทรแอสซิก

ง) หมวดหินคอยลอง (*Doi Long Formation*) มีชั้นหินแบบฉบับอยู่ที่ห้วยคอยลอง ทางตะวันออกของบ้านท่าสี่ ประกอบด้วย หินปูนสีเทาอ่อนถึงสีน้ำตาลแกมเทา พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกหอย เช่น *Ostrea*-like bivalve, brachiopods, *Cuneirhynchia* sp. และรูหนอนไช (worm burrow) หินหมวดนี้มีความหนาตั้งแต่ 230 ถึง 400 เมตร

Charusiri และคณะ (1993) เชื่อว่าชั้นหินหมวดนี้เป็นลักษณะเปลี่ยนแปลงด้านข้าง จากหินหมวดฮอยชั้นบน ๆ และส่วนบนของหมวดหินคอยลองนี้ค่อย ๆ เปลี่ยนเป็น limestone conglomerate สีเทาจนถึงแดง เชื่อว่าอายุประมาณช่วงต้นของปลายไทรแอสซิก

จ) *หมวดหินผาแดง (Pha Daeng Formation)* ประกอบด้วยหินทรายเนื้อแป้ง สีแดง พบชั้นหินชัดเจน หินทราย หินดินดาน และหินปูนซากหอยอัดแน่นชั้นบาง (thin coquina limestone) ใน ส่วนล่างเป็นหินกรวดมนมีตัวเชื่อมประสาน มี clasts เป็นหินปูนสีเทา พบไรโอไลต์บ้างเล็กน้อยและพบ ควอตซ์ไชต์และหินชนวนน้อยมาก Chonglakmani (1972) จัดจำแนกซากดึกดำบรรพ์ของ *Hettangia* sp. ที่ อยู่ในหินทรายแป้งซึ่งอยู่เหนือหินกรวดมนพื้นฐาน มีความหนาประมาณ 500 ถึง 600 เมตร

หลายคนเชื่อว่าหินตะกอนหมวดนี้มีการสะสมตัวบนบก (Piyasin, 1971 และ 1972) แต่บางท่านเช่น Chaodumrong (1993) และ Chaodumrong และ Burret (1997) เชื่อว่าน่าจะเกิดจากการ สะสมตัวในทะเลในลักษณะเนินตะกอนรูปพัด (submarine fan delta) มากกว่า

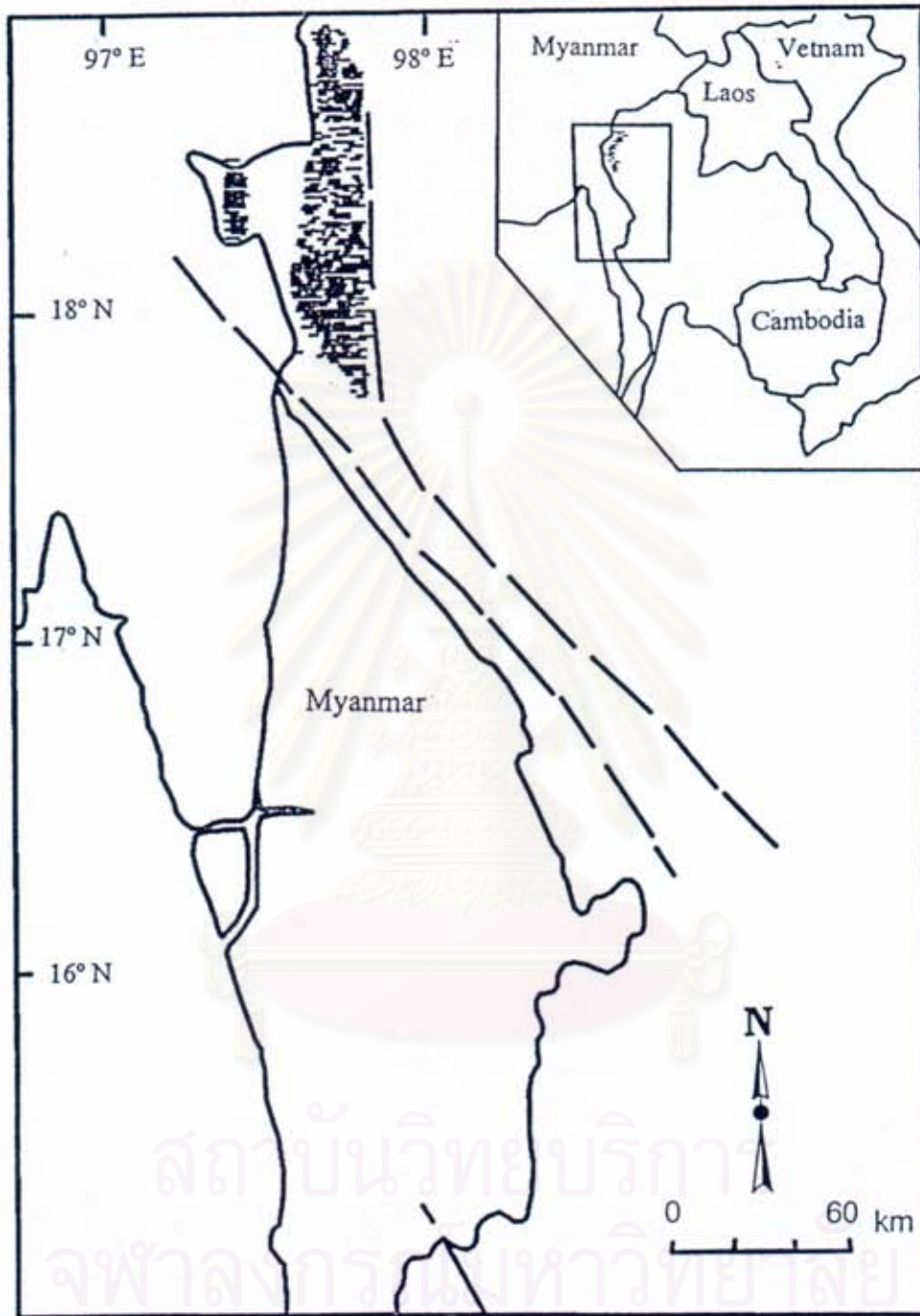
ฉ) *หมวดหินก้างปลา (Kang Pla Formation)* ตั้งชื่อโดย Chaodumrong และ Rao (1992) ประกอบด้วยหินปูน มีความหนาตั้งแต่ 76 เมตร จนมากกว่า 200 เมตร และ

ช) *หมวดหินวังซิ่น (Wang Chin Formation)* ตั้งชื่อโดย Chaodumrong และ Rao (1992) หมวดหินนี้ประกอบด้วยตะกอนเนื้อประสมซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินดินดานและพบหินทรายได้บ้างใน บริเวณตอนกลางของหมวดหิน ความหนาตั้งแต่ 600 เมตร จนถึงมากกว่า 1,000 เมตร

### 2.3.2.3 กลุ่มหินแม่สะเรียง (Mae Sariang Group)

หินตะกอนยุคไทรแอสซิก บริเวณอำเภอแม่สะเรียงถึงอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน จังหวัด แม่ฮ่องสอน ได้มีผู้ทำการศึกษาช่วงแรก ๆ คือ Baum และคณะ (1970) พบว่าหินประกอบไปด้วยหินทราย หินดินดาน และหินปูน Bunopas (1976) มีชั้นหินแบบฉบับ (รูป 2.6) อยู่ที่กิโลเมตรที่ 5 และ 10 ด้าน ตะวันตกของอำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ได้ตั้งชื่อหินบริเวณดังกล่าวว่า กลุ่มหินแม่สะเรียง (Mae Sariang Group) ประกอบด้วย หินกรวดมนพื้นฐานสีแดง หนา 50 เมตร ถัดขึ้นมาเป็นหินดินดานสีเทา และหินทรายแป้งแทรกสลับกับหินทรายหนาทั้งหมด 700 เมตร ส่วนบนสุดเป็นหินดินดานปนทราย (sandy shale) หนา 100 เมตร

Tofke และคณะ (1993) ได้ทำการศึกษาธรณีวิทยาของหินตะกอนยุคไทรแอสซิก บริเวณ อำเภอแม่สะเรียงและพบว่าประกอบด้วย ด้านล่างเป็น true ribbon-chert สีแดง สีเขียว และสีเทาเข้มและมี หินเคลย์แทรกสลับอยู่ หินเจิร์ตมีความหนาของแต่ละชั้นมากกว่า 10 เซนติเมตร พบซากดึกดำบรรพ์ประเภท เรดิโอลาเรียน เนื่องจากมีความคดโค้ง โกง่งอของชั้นหินมากจึงไม่สามารถหาความหนาที่แท้จริงได้ แต่ พอประมาณความหนาทั้งหมดได้หลายสิบเมตร ถัดขึ้นมาเป็น true pelagic limestone สีเทาอ่อน สีเทาแกม แดง หรือสีเทาแกมเขียว พบหินปูนสีเทาเข้มบางเล็กน้อย แต่ละชั้นหินปูนมีความหนาไม่เกิน 10 เซนติเมตร ความหนาทั้งหมดประมาณ 20 เมตร พบเรดิโอลาเรียนและเปลือกหอยในหินปูนสีเทาอ่อนเป็นส่วนใหญ่



รูป 2.6 แผนที่แสดงการกระจายตัวของกลุ่มหินแม่สะเรียง (Bunopas, 1976)



บริเวณที่พบหินปูนนี้อยู่บริเวณหลักกิโลเมตร 119.625 ของเส้นทางแม่สะเรียง-แม่ลาน้อย สำหรับส่วนบนสุดเป็น turbidite sequence ของตะกอนเนื้อประสมพวกซิลิกา ความหนาของชั้นหินอยู่ระหว่าง 5 ถึง 20 เซนติเมตร บางครั้งพบว่ามีความหนา 100 เซนติเมตร หรืออาจจะมากกว่า 300 เซนติเมตร แต่พบน้อยมาก ความหนาทั้งหมดมากกว่า 100 เมตร พบซากดึกดำบรรพ์ *Posidonia* sp. และ *Halobia* sp. ในหินดินดานที่แทรกสลับอยู่ โดยซากดึกดำบรรพ์นี้บ่งอายุไทรแอสซิกตอนกลาง(Ladinian) ถึงไทรแอสซิกตอนปลาย (Carnian) พบโครงสร้างหินตะกอนมากมาย เช่น graded bedding, cross lamination, convolute lamination, ripple marks และ sole marking (flute casts, groove casts และ load casts)

อัสนี มีสุข และคณะ (2543) ได้บรรยายสรุปหินตะกอนยุคไทรแอสซิก บริเวณอำเภอ แม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ว่าวางตัวอยู่บนพาลีโอ โซอิกและอยู่ล่างและหมวดหินนี้มีความหนารวมกันประมาณ 220 เมตร ประกอบด้วย (จากชั้นล่างขึ้นมาชั้นบน) หินเชิร์ต มีสีแดง เทาอมเขียว เป็นชั้นบาง ๆ แต่ละชั้นหนาน้อยกว่า 10 เซนติเมตร มีหินเคลย์ ชั้นบางกว่าแทรกสลับ ในบางบริเวณแทรกสลับด้วยหินปูนชั้นบาง ๆ นอกจากนี้ยังพบหินกรวดมน หินทรายและหินโคลน สีแดง สีเทา มักแสดงลักษณะ Bouma sequence, graded bedding และ fining upward sequence ในหินกรวดมนและหินทรายมีส่วนประกอบเป็น หินเชิร์ต หินแปรและหินแกรนิต จากหลักฐานการพบซากดึกดำบรรพ์หอยกาบคู่ เช่น *Halobia comata*, *Posidonia* sp., *Halobia styriaca* Mojs, *Daonella* cf. *sumatrensis* Volz ชั้นหินบริเวณนี้จึงมีอายุไทรแอสซิกตอนกลาง

Caridroit และคณะ (1993) พบว่าอายุของหินตะกอนบริเวณอำเภอแม่สะเรียง ไม่ได้มีอายุไทรแอสซิกตอนกลางอย่างที่ปรากฏอยู่ในแผนที่ธรณีวิทยากระทรวงพลังงานใหม่ มาตรฐาน 1:250,000 แต่มีอายุอ่อนกว่า (คือประมาณไทรแอสซิกตอนปลายหรืออ่อนกว่า) โดยมีหลักฐานจากซากเรดิโอลาเรียนที่สามารถกำหนดอายุได้เป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรกเป็นอายุเพอร์เมียนตอนกลางถึงตอนปลาย ส่วนอีกช่วงเป็นไทรแอสซิก อย่างไรก็ตาม Kamata และคณะ (2002) ได้ทำการศึกษาซากเรดิโอลาเรียในหินตะกอนบริเวณแถบ แม่สะเรียง-แม่ฮ่องสอนและได้อายุใกล้เคียงกัน

#### 2.3.2.4 กลุ่มหินแม่เมย (Mae Moei Group)

กลุ่มหินแม่เมย (รูป 2.7) ซึ่งศึกษาโดย (Von Braun และ Jordan, (1976)) มีรายละเอียดจาก 2 แนวตัด คือ แนวตัดแรกอยู่บริเวณ Kamawkala Gorge ริมแม่น้ำแม่เมย เรียกแนวตัด นี้ว่า “Mae Moei Section” อีกแนวตัดหนึ่งอยู่ที่บริเวณห้วยหินฝน (Huai Hin Fon) ติดกับเส้นทางตาก-แม่สอด เรียก แนวตัด นี้ว่า “Huai Hin Fon Section”

##### ก. เส้นห้วยหินฝน (Huai Hin Fon Section)

การลำดับชั้นหินบริเวณห้วยหินฝน(Huai Hin Fon Section) (รูป 2.8) มีการเรียงลำดับหินที่มีอายุอ่อน ไปถึงอายุแก่คือ (1) Huai Hin Fon shale (770 เมตร) ตอนบนประกอบด้วยหินทรายแป้งสีเทาเขียว หินดินดานและหินทราย พบ *Posidonia* sp. ตอนล่างจะเป็นหินดินดานสีเทาเข้มพบแอมโมไนต์

(ammonites), (2) Huai Hin Fon limestone (680 เมตร) ประกอบด้วยหินปูนปนโคลนและหินทรายแข็งที่มีตัวเชื่อมประสานเป็นแคลไซต์, (3) Mae Pa Luang shale (470 เมตร) ประกอบด้วยหินปูนเนื้อไม้บริสุทธิ์ หินดินดานสีเทาแกมน้ำเงินตอนบน และตอนล่างเป็นหินดินดานสีแดงและสีเทา หินทรายและหินปูนชั้นบางที่มี *Myophoria* sp. และ *Gonodon* aff. *Mellingii* และ (4) Pang Manora sandstone (390 เมตร) ส่วนบนเป็นหินดินดานและหินทรายสีเหลืองและสีแดง ตอนกลางเป็นหินทรายสีเทาและสีแดง ส่วนล่างสุดเป็น หินกรวดมนเหลี่ยมไม่มีการคัดขนาดประกอบไปด้วยหินปูนเหลี่ยม

กลุ่มหินแม่เมย ที่เส้น Huai Hin Fon Section นี้วางตัวอยู่บนแบบไม่ต่อเนื่องกับหินตะกอนยุคเพอร์เมียนตอนล่างที่ปางมโนราห์ (Pang Manora) กิโลเมตรที่ 67.5 บนเส้นทางตาก-แม่สอด

ข. เส้นแม่เมย (Mae Moei Section) (รูป 2.9 และ 2.10)

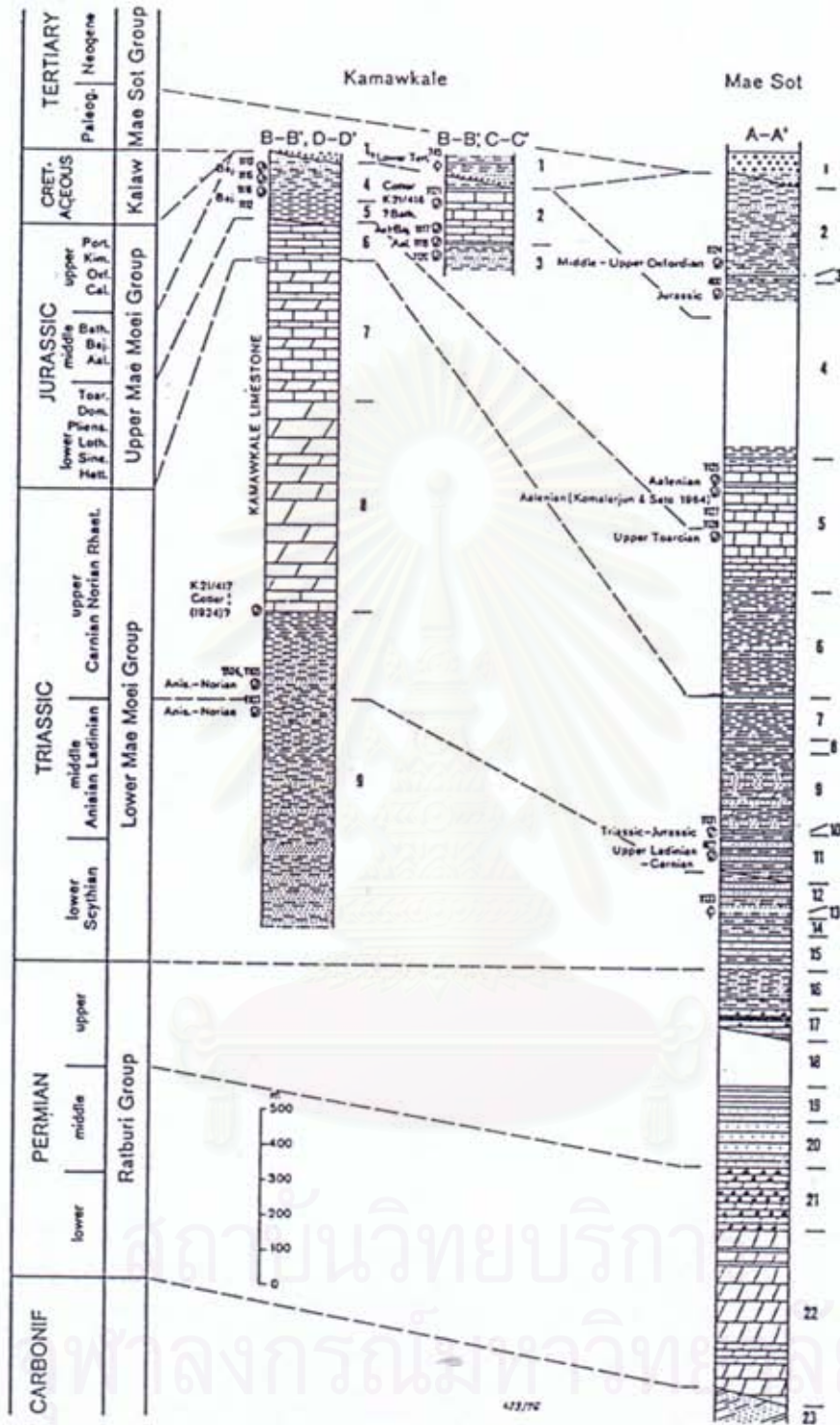
ในบริเวณกะมอกกะลา อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ปรากฏว่าเป็นพวกหินดินดานและหินทรายสีเทาแกเขียว มีความหนามากกว่า 900 เมตร หินดินดานมีปริมาณมากขึ้นในตอนบน มีหอยกาบคู่ *Halobia* sp., *Posidonia* sp., และแอมโมนอยด์ ให้อายุไทรแอสซิกตอนปลาย สำหรับปูนกะมอกกะลานั้น ปัจจุบันพบว่ามีอายุจูแรสซิกและวางตัวสัมพันธ์อยู่บนหินไทรแอสซิกโดยรอยเลื่อน โดยที่หมวดหินตอนช่วงล่างหนา 235 เมตร ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินกรวดมน สีแดง มีการคัดขนาดไม่ดี ก้อนกรวดเป็นพวกหินภูเขาไฟ หินเชิร์ต หินปูน หินทรายและควอตซ์ และมีชั้นหินทรายและหินปูนแทรกสลับบ้าง ส่วนกลางของหมวดหินหนาประมาณ 140 เมตร ประกอบด้วยหินโคลนและหินทราย สีเทาแทรกสลับกัน พบซากดึกดำบรรพ์พวกหอยกาบคู่ *Daonella sumatrensis* Volz ซึ่งให้อายุสมัยคาร์เนียนตอนกลาง

#### 2.3.2.5 กลุ่มหินตาก (*The Tak Group; Bunopas, 1976*)

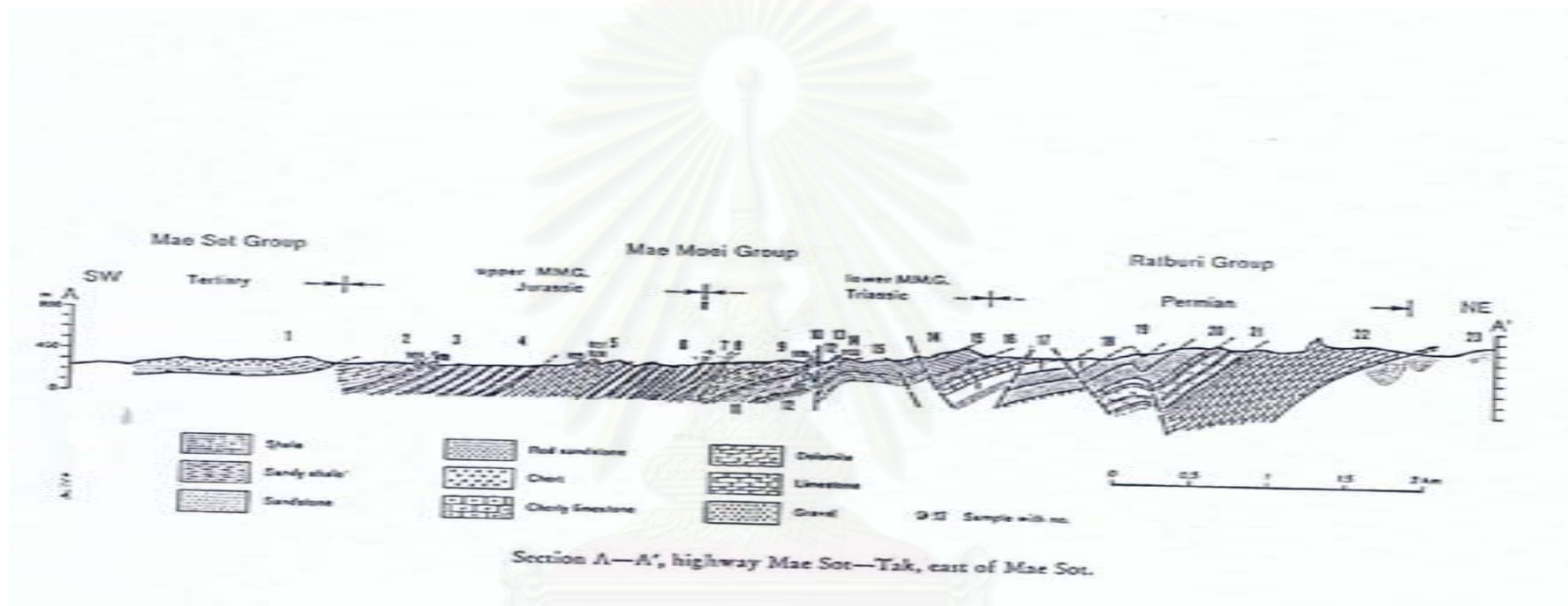
กลุ่มหินตาก พบหินโผล่เล็ก ๆ ใกล้กับ Lansang Fault Zone ห่างจากจังหวัดตากไปทางทิศตะวันตกเป็นระยะทาง 12 กิโลเมตร ประกอบด้วยหินกรวดมน หินทรายสีแดง หินทรายสีเทา หินดินดานที่มี *Daonella sumatriensis* (เรดิเนียน) และหินปูน ที่มีความหนาอยู่ในช่วง 350 ถึง 475 เมตร กลุ่มหินตากอยู่ทางด้านตะวันตกของรอยเลื่อนที่เอียงเทไปในทิศตะวันออก (eastward dipping thrust faults)

#### 2.3.2.6 หมวดหินแม่ทาง (*Mae Thang Formation*)

หมวดหินแม่ทางอยู่ทางด้านตะวันออกของจังหวัดแพร่ ประกอบด้วย ชั้นตะกอนสลับกันระหว่างหิน greywacke และ หิน argillite เป็นส่วนใหญ่ และพบหินปูนที่เป็นชั้นบาง ๆ แต่พบน้อยมาก มีหินกรวดมนประเภทหินภูเขาไฟอยู่ส่วนล่างของหมวดหิน ความหนามีตั้งแต่ 0 ถึง 230 เมตร พบ *Daonella* sp. หรือ *Halobia* sp. (Piyasin, 1972) ที่ห้วยแม่ตึก (Huai Mae Tik) ปัจจุบันหมวดหินนี้เลิกใช้แล้ว

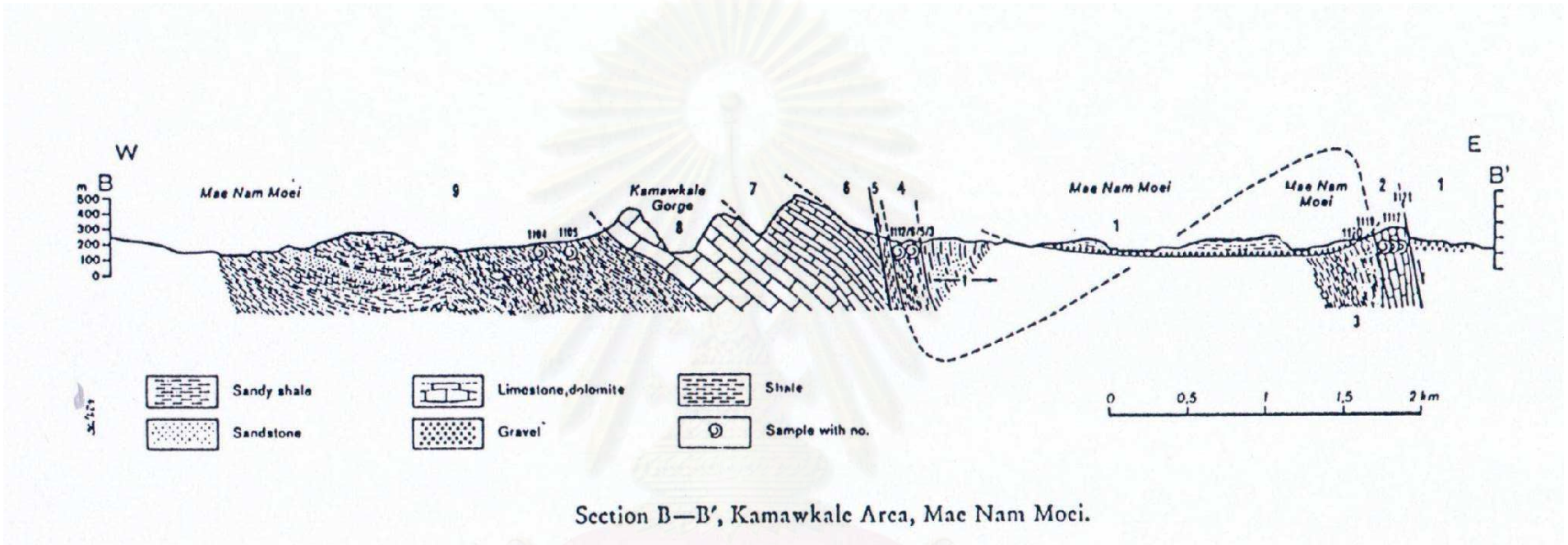


รูป 2.7 การเทียบเคียงลำดับชั้นหินในบริเวณกะบอเกาะและแม่สอด



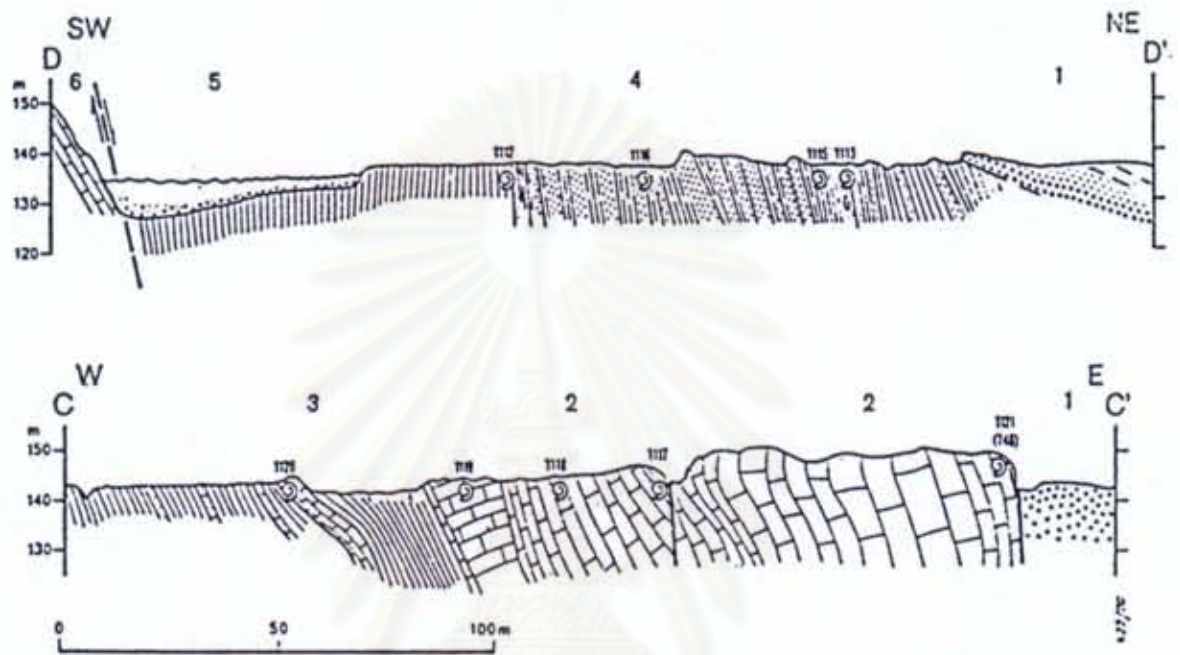
รูป 2.8 รูปตัดขวางธรณีวิทยาตามเส้นทางแม่สอด-ตาก ทางด้านตะวันออกของอำเภอแม่สอด (Bruan & Jordan, 1976)

สถาบันวิจัยสิรินธร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 2.9 รูปตัดขวางธรณีวิทยาในแถบกะมอกกะลาและแม่น้ำเมย (Bruan & Jordan, 1976)

ศูนย์บริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Section C—C', D—D', Kamawkale Area, Mae Nam Moei (Details).

รูป 2.10 รูปตัดขวางธรณีวิทยาในแถบหินปูนกะมอกกะลาและแม่น้ำเมย, จังหวัดแม่ฮ่องสอน (โดยละเอียด)  
(Bruan & Jordan, 1976)

### 2.3.2.7 หินปูนศรีสวัสดิ์ (*Sri Sawat Limestone*)

Koch (1973) ได้ทำแผนที่ธรณีวิทยาหินปูนศรีสวัสดิ์ ซึ่งอยู่ในส่วนของหินปูน ยุคเพอร์เมียน ต่อมา Kemper และคณะ (1976) ได้ใช้ชื่อหินปูนศรีสวัสดิ์เป็นชื่อที่เรียก ชั้นหินปูนอายุไทรแอสซิกและจูแรสซิก (รูป 2.11) บริเวณอำเภอศรีสวัสดิ์ ด้านตะวันตกเฉียงเหนือจังหวัดกาญจนบุรี (ตาราง 2.1)

ชั้นหินต้นฉบับอยู่บริเวณ Huai Chongkhong ขนานกับ ถนนศรีสวัสดิ์-เนินสวรรค์ ห่างจากตัวเมืองศรีสวัสดิ์ไปทางด้านตะวันตก 6 กิโลเมตร

อัสนีและคณะ (2543) พบหินชั้นยุคไทรแอสซิกที่อำเภอศรีสวัสดิ์ (รูป 2.12) และอำเภอทองผาภูมิ (รูป 2.13) จังหวัดกาญจนบุรี มีความหนามากกว่า 200 เมตร ประกอบด้วยหินปูน หินทรายแป้ง หินโคลนและหินทราย (ตาราง 2.1) หินโคลนมีลักษณะแตกคล้ายแท่งดินสอ หินปูนบางส่วนถูกแทนที่ด้วยโคโลไมต์ที่อำเภอศรีสวัสดิ์ พบซากดึกดำบรรพ์ของหอยกาบคู่ *Halobia* sp., *Posidonia* sp. และในหินปูนพบโคโนคอนต์อายุสมัยอนิเชียนตอนต้น เช่น *Neogondolella mombergensis* (Tatge), *Neospathodus aegaeus* (Bender.), *Gondolella* cf. *constricta* (Mosher & Clark) และยังพบโคโนคอนต์อายุอ่อนขึ้นมากคือ *Epigondolella abneptis* (Huckriede) อายุอนุเรียนสำหรับหินกรวดมนและหินทรายที่แก่ระเบิดซึ่งเดิมจัดอยู่ในยุคไทรแอสซิกนั้น ได้จัดให้อยู่ในยุคจูแรสซิกเพราะในก้อนกรวดปูนมีซากดึกดำบรรพ์ของ ยุคจูแรสซิกอยู่ด้วย

### 2.3.2.8 หินตะกอนทะเลยุคไทรแอสซิกบริเวณภาคตะวันตก

พื้นที่บริเวณภาคตะวันตกตอนล่าง หินตะกอนยุคไทรแอสซิกประกอบด้วยหินปูนเป็นส่วนใหญ่ และมีลักษณะเนื้อหินที่คล้ายคลึงกับหินปูนราชบุรี อายุเพอร์เมียน จึงทำให้แยกออกจากกันได้ยาก โดยบางส่วนมีหินทราย หินดินดาน และหินมาร์ล แทรกอยู่บ้าง และพบ *Halobia* sp. และ *Daonella* sp. ที่บริเวณแควใหญ่ หินตะกอนชุดนี้มีความหนาประมาณ 200-300 เมตร พบซากดึกดำบรรพ์จุลภาคต่าง ๆ ที่สามารถแสดงถึงอายุของชั้นหินนี้ว่าอยู่ในสมัยอนิเชียนและนอร์เรียนซึ่งอยู่ในยุคไทรแอสซิกตอนกลางและตอนปลาย

### 2.3.2.9 หินตะกอนทะเลยุคไทรแอสซิกบริเวณภาคใต้

หินปูนที่กระจายตัวทั่วไปในภาคใต้ของประเทศไทย ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มหิน 2 กลุ่มคือ หินปูนยุคออร์โดวิเชียน (กลุ่มหินทุ่งสง) และหินยุคเพอร์เมียน (กลุ่มหินราชบุรี) โดยหินปูนยุคออร์โดวิเชียนมักกระจายตัวอยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของคาบสมุทรไทย ส่วนหินปูนยุคเพอร์เมียนนั้นจะกระจายตัวทั่วไปทางด้านตอนกลาง ตะวันออกจรดด้านเหนือของคาบสมุทร แต่ในปัจจุบันได้มีผู้ทำการศึกษาพบว่า มีบางบริเวณไม่ได้เป็นดังที่กล่าว

หินตะกอนที่ยุคไทรแอสซิกในภาคใต้พบอยู่ 2 บริเวณ ใหญ่ ๆ คือ จังหวัดสงขลาและจังหวัดพัทลุง โดยที่บริเวณอำเภอสะบ้าย้อย จังหวัดสงขลานั้น จำแนกหินออกตามลักษณะหินได้ 4 หน่วย

เรียงลำดับตามการเรียงตัวของชั้นหินจากตอนล่างไปยังตอนบนดังนี้ คือ หมวดหินสวนขาม (Suan Cham Formation) หมวดหินนี้ประกอบด้วยหินทรายแป้ง และหินทราย เม็ดเรียงตัวมีความหนาประมาณ 1700 เมตร หมวดหินกรวดมนเจดีย์ (Chedi Conglomerate) หมวดหินนี้ประกอบด้วยหินกรวดมนควอตซ์ไซส์ ชั้นหนามาก มีหินทรายรูปเลนส์ เม็ดปานกลางเล็กน้อย หมวดหินปูนคลองโกน (Khlong Kon Formation) หมวดหินนี้ประกอบด้วยหินปูนชั้นหนามาก สีเทา เนื้อละเอียด มีความหนาประมาณ 600 เมตร โดยที่หินปูนคลองโกน อาจเทียบได้กับหมวดหินผาก้าน อายุสมัยอานีเซียน และหมวดหินคอยช้าง อายุสมัยคาร์เนียนของแอ่งลำปางอย่างใดอย่างหนึ่ง ทั้งนี้ให้อยู่กับการศึกษาชั้นรายละเอียดต่อไป ปัจจุบันพบว่าหมวดหินปูนคลองโกนน่าจะมีลักษณะการสะสมตัวในบริเวณที่เป็น low energy back-reef หรือเป็นทะเลสาบ (lagoon) ประกอบด้วยซากดึกดำบรรพ์ foraminifers ที่จะอยู่ในช่วงของยุคไทรแอสซิกตอนกลางและตอนปลายและหมวดหินสะนี (Sani Formation) หมวดหินนี้ประกอบด้วยหินทรายแป้ง หินทรายเม็ดละเอียด หินเชิร์ต สีดำ และหินกรวดมนเม็ดเล็กจนถึงปานกลาง มีความหนาประมาณ 4,300 เมตร สำหรับพื้นที่บริเวณอำเภอนาทวี จังหวัดสงขลานั้น ชั้นหินที่พบบริเวณนี้เคยมีรายงานการพบหอยกาบคู่ *Daonella sumatrensis* Volz จากคลองมาก ตามทางหลวงหมายเลข 42 ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้อายุไทรแอสซิกตอนปลาย ต่อมาได้มีการจัดตั้งหน่วยหินขึ้นใหม่ เรียงลำดับจากอายุมากขึ้นมาอายุน้อยได้ดังนี้ หมวดหินกรวดมนมีเกียรติ (Mi Kiat Conglomerate) หมวดหินนี้ประกอบด้วยหินกรวดมน ควอตซ์ไซส์ มีความหนาประมาณ 500 เมตร หมวดหินนาทวี (Na Thawi Formation) หมวดหินนี้ประกอบด้วยหินทรายแป้งและทรายเนื้อซิลิกา ความหนาประมาณ 3000 เมตร นอกจากนี้ยังมีการเทียบสัมพันธ์หมวดหินนาทวีว่าเท่ากับ หมวดหินซีมางโกล (Semanggol Formation) ในภาคตะวันตกเฉียงเหนือของมาเลเซีย ส่วนซากดึกดำบรรพ์ *Daonella multilineata* (Jones) ที่พบในหินทรายแป้งตอนล่างของหมวดหินนาทวี บ่งชี้ว่ามีอายุไทรแอสซิกตอนปลายช่วงต้น นอกจากนี้ยังมีการพบซากดึกดำบรรพ์จุลภาคของเรดิโอลาเรียยุคคาร์บอนิเฟอรัส ในหินเชิร์ตเลนส์ที่อยู่หมวดหินทรายและหินดินดาน ใกล้กับบ้านวังใหญ่ ตามเส้นทางหลวงหมายเลข 42 ด้วย หมวดหินทรายแป้งวังใหญ่ (Wang Yai Siltstone) หมวดหินนี้ประกอบด้วยหินทรายแป้ง เนื้อปูนสีเทาแกมฟ้า ลักษณะชั้นบางมากมีความหนาประมาณ 225 เมตร และหมวดหินทรายลำลอง (Lam Long Sandstone) ประกอบด้วยหินทราย เม็ดละเอียดชั้นบาง ๆ มีความหนาประมาณ 3,700 เมตร

Ampornmaha (1995) ได้ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างหินจากภูเขาหินปูนที่กระจายตัวอยู่ในจังหวัดพัทลุง (รูป 2.14 และ 2.15) โดยศึกษาทั้งทางศิลาพรณนา (Petrography) และบรรพชีวินวิทยา (paleontology) ของโคโนคอนต์ (conodonts) ทำให้ทราบว่าหินปูนส่วนใหญ่ที่พบในจังหวัดพัทลุงไม่ได้เป็นหินปูนยุคเพอร์เมียน แต่เป็นหินปูนที่สะสมตัวอยู่ในยุคไทรแอสซิก หลักฐานที่ชี้ชัดว่าเป็นหินปูนยุคไทรแอสซิก ได้แก่หลักฐานจากไทรแอสซิกโคโนคอนต์ที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ทั่วโลก ทำให้พบว่าหินปูนชุดนี้น่าจะเกิดในยุคไทรแอสซิกตอนต้นจนถึงไทรแอสซิกตอนปลาย ซึ่งยังไม่เคยมีประวัติการค้นพบในภาคใต้ของประเทศไทยมาก่อน จึงมีการตั้งชื่อหินปูนชุดนี้ขึ้นใหม่ว่า หมวดหินไชบุรี (Chaiburi Formation) ประกอบด้วยหินปูน 3 หมู่ตามลำดับ คือ หมู่หินโดโลไมต์ภูเขาทอง (Phukhaothong Dolomite member), หมู่



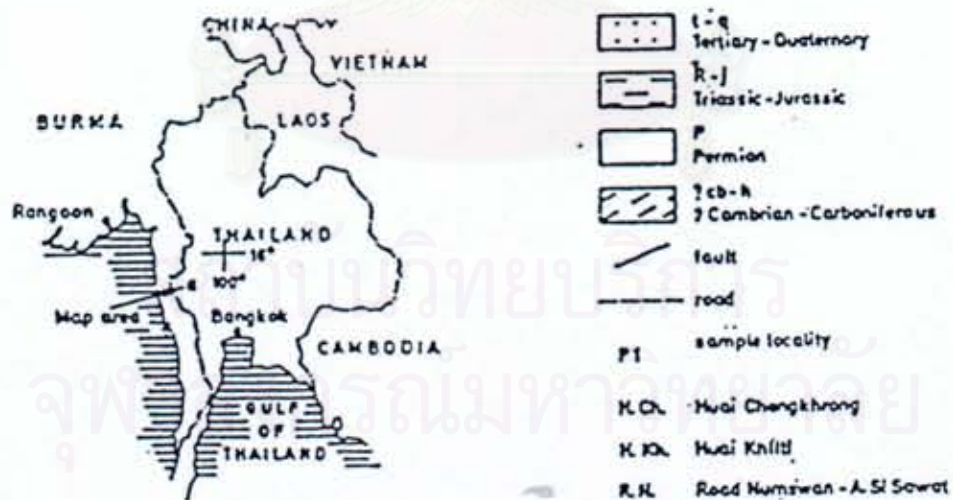
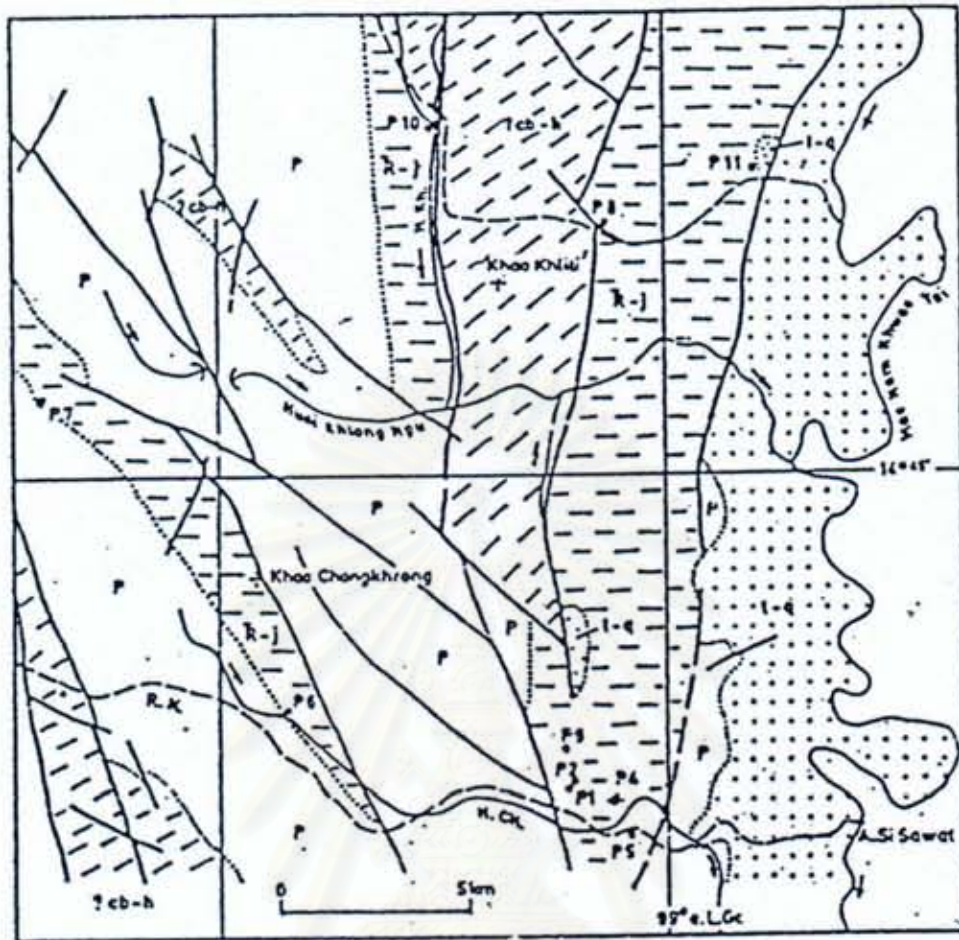
ตาราง 2.1 การเทียบเคียงลำดับชั้นหินแถบอำเภอทองผาภูมิและศรีสวัสดิ์ (จังหวัดกาญจนบุรี) (Kemper, Maronde และ Stoppel, 1976)

		Thong Pha Phum Area	Si Sawat Area		Fossils	Localities	
<b>CRETACEOUS</b>							
<b>JURASSIC</b>	Malm	U	no proof	no proof			
		M		?	light brown grey and light grey limestone; red conglomerate	foraminifera ( <i>Kurnubia</i> ), algae, gastropods, brachiopods	P 10, 11
		L	? ?	?			
	Dogger	U					
		M			light brown grey limestone	foraminifera ( <i>Lucasella</i> , <i>Haurania</i> etc.) algae	P 9
	Lias	U	~ 300 m				
M				middle to dark grey limestone	foraminifera ( <i>Orbitopsella</i> )	P 8	
<b>TRIASSIC</b>	Rhaetian			partly red sandstone, shale, marl and limestone	no fossils	P 4-8	
				light to dark grey limestone	conodonts, foraminifera ( <i>Involutina</i> ), calc. algae ( <i>Boucina</i> ), brachiopods, corals	P 4-7	
	Norian						
	Carnian	± 200 m					
	Ladinian						
	Anisian				light to dark grey limestone	conodonts	P 1,3
Scythian							
<b>PERMIAN</b>				grey limestone	partly rich in fossils	numerous	

945/75



รูป 2.11 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณอำเภอศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี แสดงการกระจายตัว และการวางตัวของหินตะกอนอายุต่างๆ (Hagen และ Kemper, 1976)

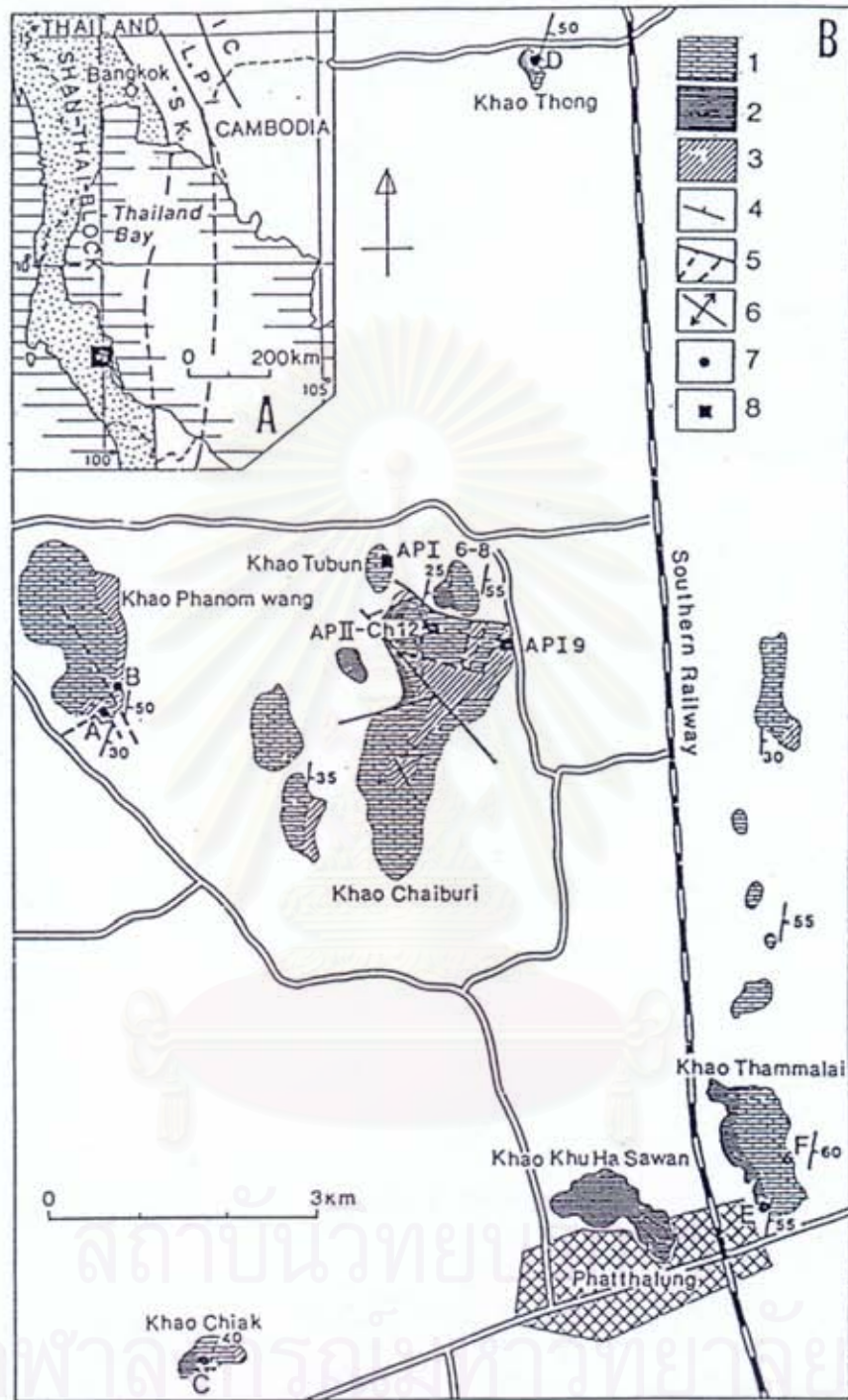


รูป 2.12 แผนที่ธรณีวิทยาแสดงการกระจายตัวของหินแถบอำเภอศรีสวัสดิ์ (จังหวัดกาญจนบุรี) โดย Bunopas (1976)

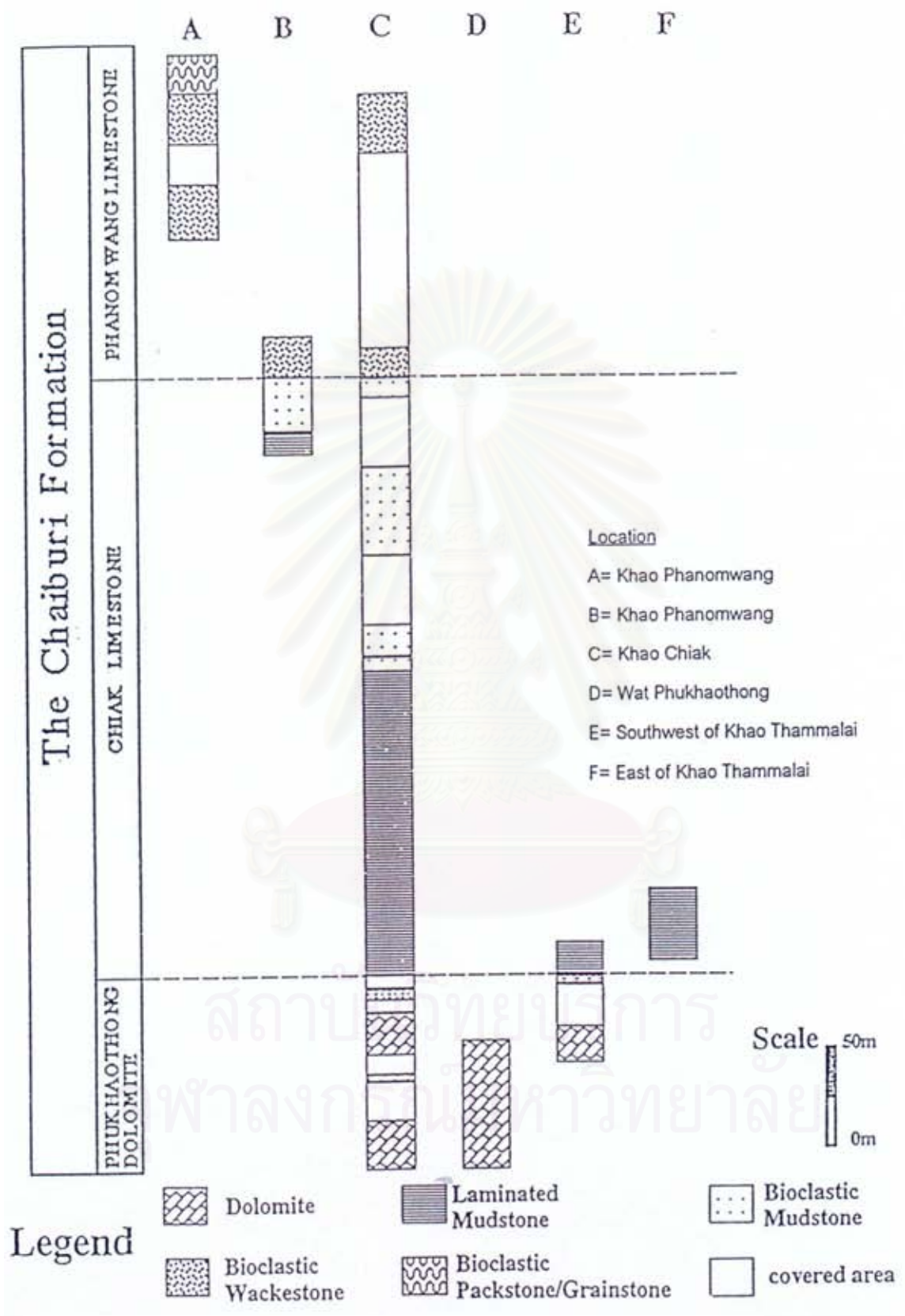


สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 2.13 แผนที่แสดงที่ตั้งของพื้นที่ศึกษาในเขตอำเภอทองผาภูมิ (กาญจนบุรี)



รูป 2.14 แผนที่ธรณีวิทยาของหมวดหินไชบุรีบริเวณพื้นที่พัทลุง (B) ภาคใต้ ประเทศไทย โดย Amphornmaha (1995) (รูปเล็ก A) แสดงตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา, 1=หมู่หินภูเขาทอง (Phu Khao Limestone Dolomite), 2=หมู่หินchiek (Chiak Limestone), และ 3=หมู่หินพนมวัง (Phanom Wang Limestone) 4=การวางตัวของชั้นหิน 5=แนวรอยแตก/เลื่อน 6=โครงสร้างประทุน 7=จุดเก็บตัวอย่าง 8=จุดเก็บซากดึกดำบรรพ์



รูป 2.15 microfacies ของหมวดหินไชบุรีโดย Amphornhama (1995)

หินปูนเจียก (Chiak Limestone member) และหมู่หินปูนพนมวังค์ (Phanomwang Limestone member) ซึ่งแต่ละหมู่หินแบ่งโดยลักษณะของ microfacies หมาวดหินไชยบุรีประกอบด้วย 5 microfacies ซึ่ง microfacies ของหินคาร์บอนีตมีการเปลี่ยนหินจาก dolomite, laminated mudstone, bioclastic mudstone, bioclastic wackestone และ bioclastic packstone-grainstone ตามลำดับ ความหนาของหมาวดหินอย่างน้อย 400-500 เมตร คือ

หมู่หินโดโลไมต์ภูเขาทองซึ่งอยู่ชั้นล่างสุดของหินชุดนี้ซึ่งพบ *Neospathodus kummeli* Sweet และ *N. waageni* Sweet อยู่ในชั้นหินโดโลไมต์ มีขนาดของชั้นหินบางและหนาสลับกันจนถึงมวลหินโดโลไมต์ขนาดใหญ่ ซึ่งโคโนดอนต์ที่พบเหล่านี้เป็นตัวบ่งบอกอายุของหินในสมัย Dienerian จนถึง Smithian (ยุคไทรแอสซิกตอนต้นช่วงกลาง)

หมู่หินที่วางตัวอยู่บนหมู่หินโดโลไมต์ภูเขาทอง ได้แก่ หมู่หินปูนเจียก(Chaik Limestone Member) ซึ่งประกอบด้วยชั้นหินปูนหนาบางสลับกันและบางช่วงมีการแทรกสลับด้วยชั้นของหินเชิร์ตขนาดบางหรือ chert nodule ชั้นหินปูนที่พบโคโนดอนต์ที่บอกอายุไทรแอสซิกตอนต้นช่วงปลายจนถึงยุคไทรแอสซิกตอนกลาง ได้แก่ *Neospathodus timorensis* (Nogami) และ *N. kockeli* (Tatge) และพบ *Neogondolella bulgarica* (Budurov & Stefanov) ซึ่งบ่งถึงอายุสมัยอานีเซียน (ยุคไทรแอสซิกตอนกลาง)

หมู่หินที่วางตัวอยู่บนสุดของหินชุดนี้ ได้แก่ หมู่หินปูนพนมวังค์(Phanomwang Limestone Member) ประกอบด้วยมวลหินปูนขนาดใหญ่ ซึ่งมีหินปูนปะการังอยู่ด้วย (reef limestone, coral buildups) และหินปูนในหมู่หินนี้พบซากดึกดำบรรพ์จำนวนมากที่บ่งชี้อายุยุคไทรแอสซิกตอนปลาย

หมาวดหินไชยบุรี สามารถบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมของการเกิดหรือการสะสมตัวของหินปูน จากบริเวณที่มีความลึกมากกว่าเปลี่ยนไปเป็นบริเวณที่ตื้นกว่า ที่คาดได้ว่าอาจเกิดจากกระบวนการ progradation ของชั้นหินปูนและการที่มีการสะสมตัวของตะกอนหินปูนอย่างต่อเนื่อง เช่นนี้เป็นหลักฐานอย่างหนึ่งที่อาจทำให้สันนิษฐานได้ว่า การชนกันของ จุลทวีปฉาน-ไทย และอินโดจีน่า ในบริเวณภาคใต้นั้นอาจเกิดขึ้นได้ก่อนการเกิดหินปูนชุดนี้ คือ ก่อนสมัย Dienerian (ยุคไทรแอสซิกตอนต้น)

นอกจากนี้หินตะกอนทะเลยุคไทรแอสซิกบริเวณภาคใต้ พบกระจายตัวในจังหวัดพังงาและจังหวัดนครศรีธรรมราช อีกด้วย

#### 1. จังหวัดพังงา

ชั้นหินตะกอนยุคไทรแอสซิกในบริเวณนี้พบที่เขาเต่า จังหวัดพังงา หินส่วนมากเป็นหินปูนที่มีชั้นสีดำ ถูกปิดทับด้วยหินปูนหนา พบ *Daonella* sp. และ *Posidonia* sp. ในชั้นหินปูนอายุไทรแอสซิกตอนปลาย (Fontaine และ Tantiwanit, 1992)

#### 2. จังหวัดนครศรีธรรมราช

ชั้นหินตะกอนยุคไทรแอสซิกในจังหวัดนครศรีธรรมราช พบบริเวณอำเภอทุ่งใหญ่

ประกอบด้วย Sai Bon Formation Raksaskulwong (1989) ซึ่งเป็นชื่อหมู่บ้านในอำเภอทุ่งใหญ่ (Thung Yai) จังหวัดนครศรีธรรมราช

Sai Bon formation พบในบริเวณภูเขาเล็ก ๆ ใกล้กับบ้าน Sai Bon และที่เขาแก้ว (Khao Kaew) ซึ่งอยู่ด้านตะวันออกของอำเภอทุ่งใหญ่บริเวณเขาขอม (Khao Khom) และเขาหินลูกช้าง (Khao Hin Luk Chang) ซึ่งอยู่ด้านตะวันออกของอำเภอกลองท่อม (Khao Thom)

Sai Bon Formation วางตัวอยู่บนหินปูนราชบุรีอย่างไม่ต่อเนื่องแบบทำมุม (angular unconformity) หินกรวดมนพื้นฐานของ Sai Bon Formation พบที่ Ban Lang Kaho และ Khao Khiao ในพนอม (Phanom) จังหวัดสุราษฎร์ธานี (Surat Thani) หินทรายนี้ประกอบด้วยหินทรายแป้งสีแดงแกมน้ำตาล หินโคลน และหินทรายเนื้อละเอียด (fine-grained) เป็นส่วนใหญ่ มีความหนา 110 เมตร (Raksaskulwong, 1994) พบหินทรายที่มีชั้น หินทรายแป้งและหินทรายขนาดละเอียดถึงปานกลาง ในส่วนบน สำหรับเลนซ์ของ dolomitic limestone พบในส่วนล่าง Pelecypods (*Plaeocardita* sp.), gastropods และซากดึกดำบรรพ์ของพืชพบในหินโคลนสีแดงแกมน้ำตาล และในเลนซ์หินปูนปนโดโลไมต์ (dolomitic limestone lenses) พบซากดึกดำบรรพ์ที่บ่งบอกสภาพแวดล้อมแบบ shallow marine ที่อยู่ในช่วงไทรแอสซิกตอนบน (Raksaskulwong และคณะ 1989)

### 2.3.2.10 หินตะกอนทะเลยุคไทรแอสซิกบริเวณภาคตะวันออก

แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทยมาตราส่วน 1: 1,000,000 ปี 2542 ได้แบ่งหินตะกอนยุคไทรแอสซิก ออกเป็น 2 หมวดหินจากอายุมากไปหาอายุน้อย คือ หมวดหินเนินผู้ใหญ่เขือและหมวดหินโป่งน้ำร้อน อัสนี มีสุข และคณะ (2543) ได้แบ่งหินตะกอนยุคไทรแอสซิกของภาคตะวันออก แบ่งออกได้เป็น 4 หมวดหิน เรียงลำดับจากอายุมากไปหาน้อย คือ หมวดหินสุขไพรวัง (Sookpriwun Formation) หมวดหินเนินโพธิ์ (Noen Po Formation) หมวดหินโป่งน้ำร้อน (Pong Nam Ron Formation) และหมวดหินเนินผู้ใหญ่เขือ (Noen Phuyai Yua Formation)

#### หมวดหินสุขไพรวัง (Sookpriwun Formation)

หมวดหินสุขไพรวังมีความหนามากกว่า 100 เมตร ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินปูน สีเทาเทาดำ น้ำตาลอมม่วง ไม่แสดงลักษณะของการถูกแปรสภาพที่รุนแรง วางตัวแบบมีรอยชั้นไม่ต่อเนื่องบนหินยุคเพอร์เมียนตอนปลาย ในหินปูนพบซากดึกดำบรรพ์ foraminifera เช่น *Meandrosira pusilla* Ho, *Glomospira tenuifistula* Ho และสาหร่ายพวก *Aeolissacus tintinniformis* Misik ให้อายุไทรแอสซิกตอนต้นถึงตอนกลาง

#### หมวดหินเนินโพธิ์ (Noen Po Formation)

หมวดหินเนินโพธิ์ ลักษณะการลำดับชั้นหินที่บริเวณเขาเนินโพธิ์ จากด้านล่างมีหินโคลนและหินทรายเนื้อภูเขาไฟสลับชั้น หินทรายจะมีชั้นหนากว่าเล็กน้อยและมีสีต่าง ๆ เช่น สีน้ำตาลแดง สีน้ำตาลเหลือง สีเทาเขียวและสีดำ หินผุมีสีเทาอ่อน สาเหตุที่มีสีต่าง ๆ อาจเนื่องจาก ส่วนประกอบของถ้ำ



ภูเขาไฟที่ต่างกันออกไป ช่วงนี้จะหนาประมาณ 5-8 เมตร ถัดขึ้นไปเป็นหินดินดานสีน้ำตาลแดงและสีดำ เป็นชั้นชัดเจน ชั้นก่อนข้างบาง ๆ สีเทา หิน โคลนมีเนื้อค่อนข้างแข็ง เป็นชั้นดี ความหนาของชั้นหินตั้งแต่ 2-20 ซม. ช่วงนี้หนาประมาณ 40 เมตร ตอนบนสุดเป็นหินเชิร์ตสีเทาอ่อน ชั้นหนามาก ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นเป็นไปแบบต่อเนื่องไม่พบซากดึกดำบรรพ์ในบริเวณนี้ อายุของหินหมวดนี้ได้จากการเทียบเคียงและการลำดับชั้นหิน ซึ่งยังไม่ชัดเจนแน่นอน โดย เลิศลิน (2533) ให้อายุ Permo-Carbonifereous (PC), วิชัย ศิวะบวร และคณะ (2519) ให้เป็นหน่วยหินแหลมงอบ มีอายุ PC, วัฒนา ต้นเสถียร (1975) ให้อายุ PC, สิโรจน์ ศัลยพงศ์ (2535) ให้อายุเพอร์เมียน และพล เชาว์ดำรงค์ ให้อายุ เพอร์โมไทรแอสซิก (PmTr)

### **หมวดหินโป่งน้ำร้อน(Pong Nam Ron Formation) (รูป 2.16)**

หมวดหินโป่งน้ำร้อน ตั้งโดย วิชัย ศิวะบวร และคณะ (2519) ตั้งจากชื่อของอำเภอโป่งน้ำร้อน ซึ่งพบชั้นหินได้ดี ชั้นหินโผล่กระจายในแนว NNW-SSE ตามขอบชายแดนไทย-กัมพูชา ตั้งแต่อำเภอรังน้ำเย็นลงมาทางใต้ถึงจังหวัดตราดและจันทบุรี บางส่วนพบที่จังหวัดระยอง ลำดับชั้นหินของหมวดหินโป่งน้ำร้อน (พล เชาว์ดำรงค์, 2535) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินทรายประเภทแกร์แวก (graywacke) และหินโคลนซึ่งแทรกสลับกันเป็นชั้นบางคล้ายขนมชั้น และประกอบด้วยหินทรายชั้นหนาและมีหินกรวดมนเล็กน้อยโดยทั่ว ๆ ไปหินที่มีตะกอนขนาดโตจะพบทางด้านตะวันออกและหินจะมีตะกอนขนาดเล็กกระจายไปในทางทิศตะวันตกและตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งสอดคล้องกับทิศทางการไหลของทางน้ำโบราณ ซึ่งได้หลักฐานมาจากการวางตัวของก้อนกรวด และการวางตัวของชั้นหินเฉียงระดับ ซึ่งพบบริเวณคลองโป่งน้ำร้อน

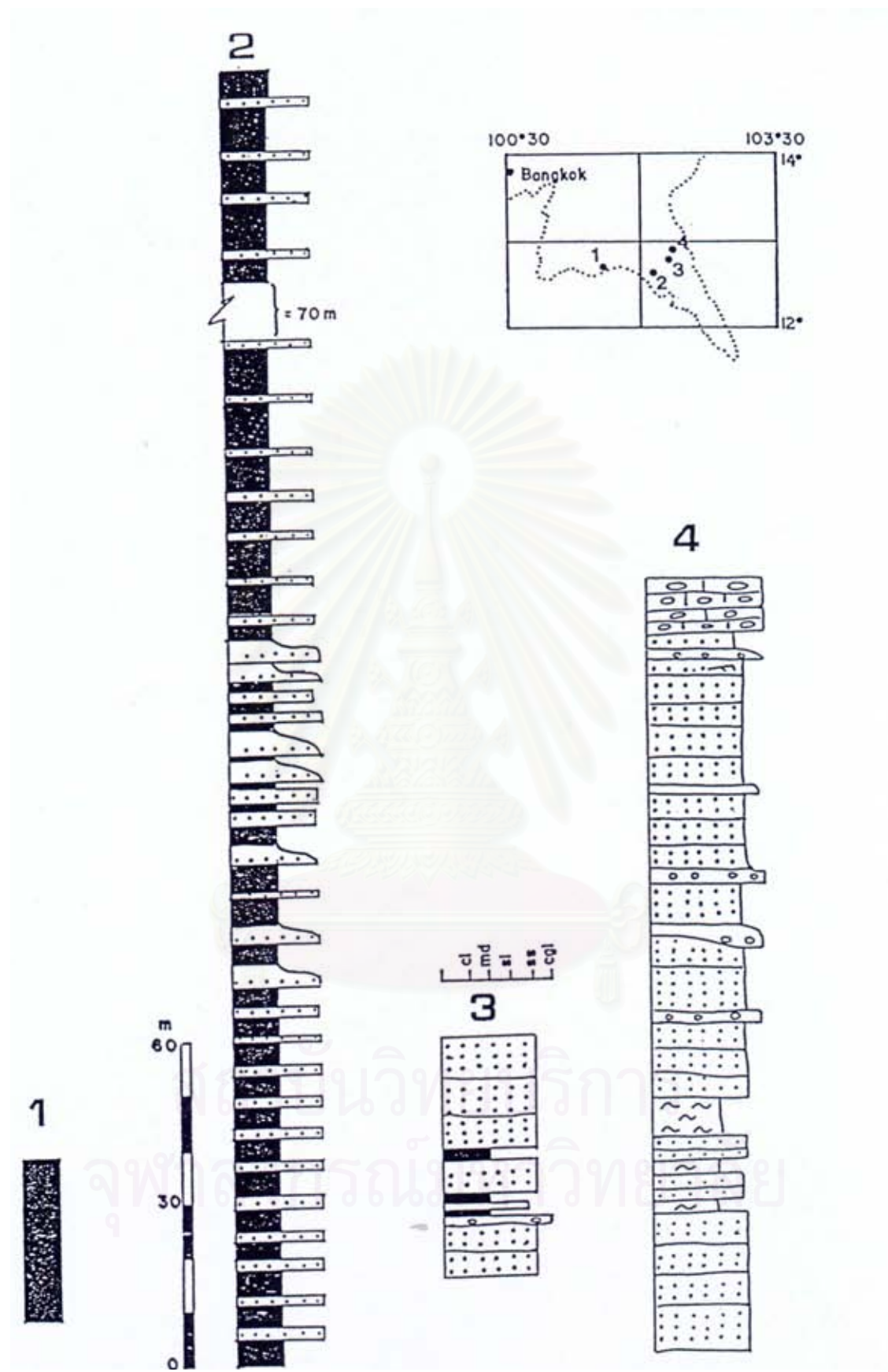
หมวดหินโป่งน้ำร้อน แสดงแนวแตกเรียบ (cleavage) เพียงทิศทางเดียว ในปัจจุบันมีหลายบริเวณที่พบชั้นหิน มีการวางตัวแบบพลิกกลับ(overtured bed)และมีมุมปลิ้นจ้งของชั้นหินคดโค้งเฉียงเทค่อนข้างสูง(steeplly plunging fold) ชั้นหินวางตัวแบบมีรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง(unconformity)อยู่บนหินปูนน้ำตื้น อายุตอนกลางถึงปลายเพอร์เมียน ซึ่งพบซากดึกดำบรรพ์มากมายและแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะ(deformation)มากกว่า และวางตัวแบบมีรอยสัมผัสไม่ต่อเนื่องอยู่ใต้กลุ่มหิน โคราชอายุจูแรสซิก ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะน้อยกว่า

### **ลักษณะปรากฏ (lithofacies)**

หมวดหิน โป่งน้ำร้อนประกอบด้วยลักษณะปรากฏของหินที่เด่น 4 ชนิด ซึ่งมีความสัมพันธ์กันคือ กลุ่มหินกรวดมน (conglomerate associations) หินทรายชั้นหนาถึงหนามาก (thick to massive bedded sandstone) หินทรายและหิน โคลนชั้นบาง (thin parallel bedded sandstone and mudstone) และ หินโคลนชั้นขนานบาง (thin parallel bedded mudstone)

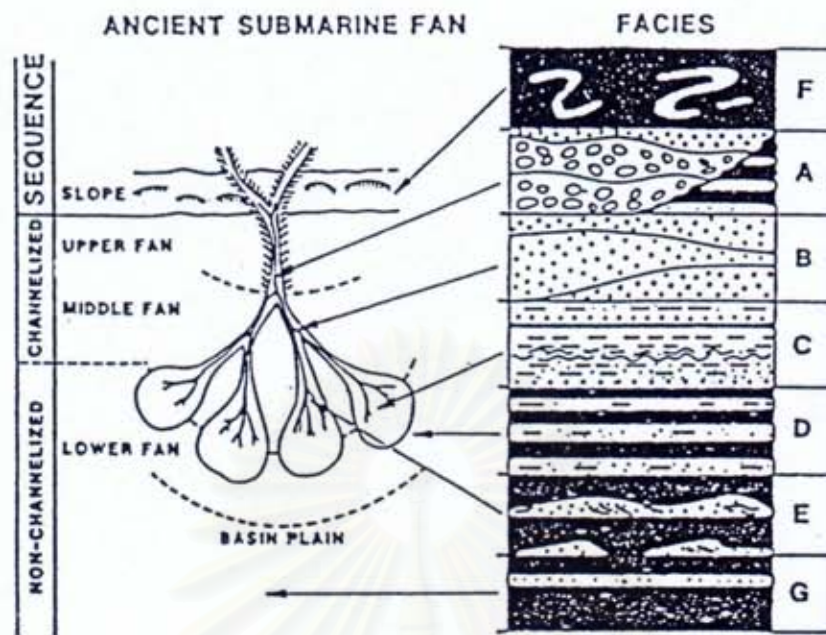
### **Lithofacies E1: กลุ่มหินกรวด (Conglomerate associations) (รูป 2.17 และ 2.18)**

Lithofacies E1 ประกอบด้วยกลุ่มของหินกรวดมน ซึ่งแสดงลักษณะโครงสร้างหินชั้นหลายรูปแบบ คือ structureless, grading, imbrication และ stratification หินกรวดมนมีการคัดขนาดไม่ดีเป็นพวก matrix และ clast supported มี matrix เป็นพวกทราย clasts ส่วนใหญ่มีความมนดี แต่กลมไม่ดี มีขนาด



รูป 2.16 การลำดับชั้นหินของหมวดหินโป่งน้ำร้อนโดย Chaodumlong (1982)

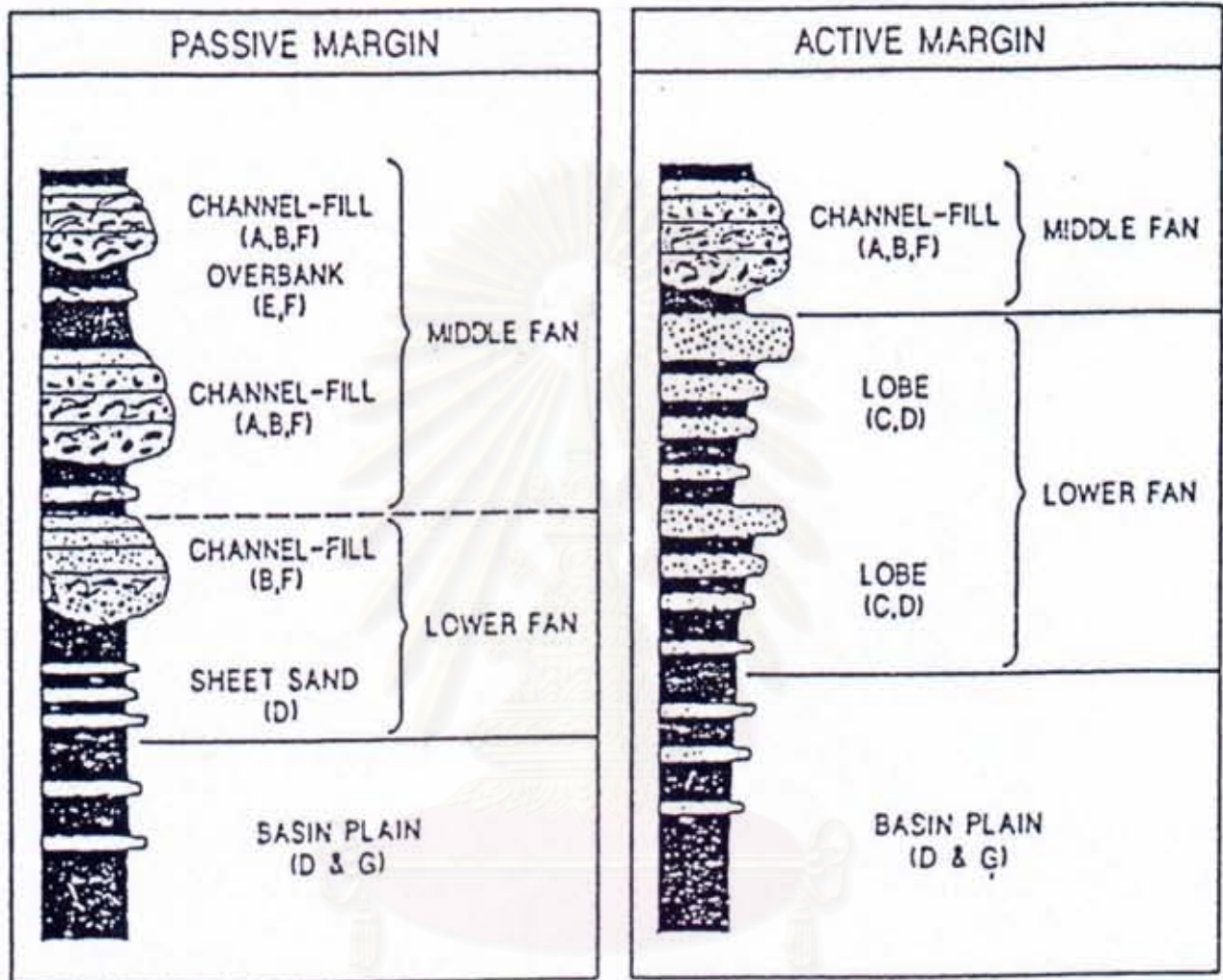
1. บ้านท่าเรือ
2. เนินผู้ใหญ่เข่า
3. เขาเกลือ
4. คลองโป่งน้ำร้อน



FACIES	ENVIRONMENT					DEPOSITIONAL PROCESSES
	SLOPE	FAN			PLAIN	
		UPPER	MIDDLE	LOWER		
A	■	■	■	■	■	DEBRIS FLOWS, LIQUIFIED FLOWS
B		■	■	■	■	DEBRIS FLOWS, LIQUIFIED FLOWS, TURBIDITY CURRENTS (HIGH ENERGY)
C			■	■	■	TURBIDITY CURRENTS
D			■	■	■	TURBIDITY CURRENTS (LOW ENERGY)
E		■	■	■	■	LIQUIFIED FLOWS, TURBIDITY CURRENTS, TRACTION CURRENTS (?)
F	■	■	■	■	■	SLUMPS, DEBRIS FLOWS
G	■	■	■	■	■	PELAGIC & HEMIPELAGIC SEDIMENTATION

รูป 2.17 เนินตะกอนรูปพัดใต้ทะเลและการจำแนกชั้นตะกอนที่เกิดในขอบทวีปแบบสถิตและแบบจลน์ (Shanmugam & Moiola, 1988)

## TURBIDITE FACIES



รูป 2.18 การลำดับชั้นหินของตะกอนขุ่นชั้นในแถบขอบทวีปแบบสติดและแบบจลน์  
(Shanmugam & Moiola, 1988)

เส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยเล็กกว่า 10 เซนติเมตร แต่บางก้อนอาจโตถึง 30 เซนติเมตร มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นพวกหินภูเขาไฟ skeletal limestone หินเชิร์ต และบางส่วนเป็นพวกหินแกรนิต สายแร่ควอตซ์ หินชั้นและหินแปร

การแผ่กระจาย: พบโผล่เป็นหย่อมคลุมพื้นที่ไม่กว้างทางตะวันออก บริเวณคลองโป่งน้ำร้อน บ้านวังมน บ้านท่าใหม่ เขาสะเตง และตะวันตกของบ้านซำตาเมา

การแปลความหมาย: หลักฐานจากการพบโครงสร้างชั้นหินแบบ structureless, imbrication, grading และ stratification นั้น เหมือนกับการเกิดของตะกอนจากขบวนการ gravity flows ที่ไหลไปตามพื้นลาดเอียงและมีความเข้มข้นของตะกอนลดลง หลักฐานจากส่วนประกอบของก้อนกรวดที่ส่วนใหญ่เป็นพวกหินภูเขาไฟและมีความมนดีแสดงว่า หินถูกพัดพามาไม่ไกล แต่เกิดในบริเวณที่มีกระแสน้ำซัดตลอดเวลา สภาพแวดล้อมดังกล่าวเหมือนกับการเกิดของกรวดของชายหาดในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามการที่ไม่พบลักษณะของชั้นหินแบบชายหาดในหินทราย รวมทั้งพบ matrix supported ในหินกรวดมน บ่งว่า Lithofacies E1 เป็นพวก resediments ที่เกิดจากการพังทะลายของตะกอนที่สะสมตัวบริเวณขอบทะเลน้ำตื้น แล้วไหลลงไปสะสมตัวอีกครั้งในทะเลน้ำลึก Lithofacies E1 เทียบเคียงได้กับ Facies A ของ Mutti and Ricci Lucchi (1972)

**Lithofacies E2:** หินทรายชั้นหนาถึงหนามาก (Thick to very thick bedded sandstone) (รูป 2.17 และ 2.18)

Lithofacies E2 เป็นหินทรายเนื้อหยาบ มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นพวกแฟลจิโอเคลส และส่วนรองเป็นพวกควอตซ์ ชั้นหินมีความหนาตั้งแต่ 30 เซนติเมตร ขึ้นไปจนมากกว่า 100 เซนติเมตร ชั้นหินมีความหนาทางด้านข้างไม่สม่ำเสมอ บางช่วงอาจมีชั้นของหินโคลนแทรกสลับ มีอัตราส่วนของหินทรายต่อหินโคลน เท่ากับหรือมากกว่า 4:1 ชั้นหินมีความหนามาก ๆ จะพบที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับหินกรวดมน ในขณะที่ชั้นหินที่มีความหนาน้อยอาจเปลี่ยนไปเป็นหินของ lithofacies E3

การแผ่กระจาย: พบโผล่กว้างขวางอยู่ใกล้กับหินกรวดมนของ lithofacies E1 พบที่เขาเกลือ คลองโป่งน้ำร้อน เขื่อนคีรีธารและที่น้ำตกเขาสลัดได

การแปลความหมาย: lithofacies E2 แปลให้เป็นพวกที่เกิดในร่องน้ำ หินทรายชั้นหนาเป็นพวกที่เกิดจากขบวนการ grain flow และพบสะสมตัวแบบ channel deposits อยู่ทั่วไป พวกชั้นหนาคงเกิดสะสมตัวจากขบวนการ turbidites หลักฐานจากชั้นหินที่มีความหนาทางด้านข้างไม่สม่ำเสมอก็สนับสนุนการแปลความหมายแบบ channel deposits

**Lithofacies E3:** หินทรายและหินโคลนชั้นบาง (Thin parallel bedded sandstone and mudstone)

Lithofacies E3 ประกอบด้วยการแทรกสลับกันเป็นชั้นบางของหินทรายและหินโคลน ชั้นหินแต่ละชั้นหนาน้อยกว่า 10 เซนติเมตร และมีความหนาทางด้านข้างสม่ำเสมอเหมือนขนมชั้น บางแห่งอาจแทรกสลับด้วยหินทรายชั้นหนา 30 เซนติเมตร Bouma sequence พบบ่อย หินทรายมีสีเทา มี

ส่วนประกอบเป็นพวกแพลจิโอเคลสสูง เมื่อผุจะให้เห็น แสดงลักษณะ basal planer bed ไม่พบ flute cast แต่พบ normal grading บ่อยโดยเปลี่ยนจากหินทรายชั้นไปหาหินโคลน หินโคลนบางช่วงแสดง lamination อัตราส่วนของหินทรายต่อหินโคลนเท่ากับ 1 ต่อ 2 ถึง 2 ต่อ 1

การแพร่กระจาย: lithofacies E3 พบแพร่กระจายกว้างขวาง และพบมากที่สุดส่วนใหญ่พบทางด้านตะวันตกของ lithofacies E1 และ E2 เช่นที่บริเวณคลองโป่งน้ำร้อน ที่ กม. 38-44 ถนนจันทบุรี-สระแก้ว ที่สำนักสงฆ์เนินผู้ใหญ่เหนือ ที่คลองพระสะทึง และที่บ้านหนองเจ๊กสร้อย

การแปลความหมาย: lithofacies E3 แปลให้เป็นพวกที่สะสมตัวในทะเลน้ำลึกแบบ submarine fan บริเวณส่วนปลายของ middle fan และ outer fan หิน turbidites สังเกตได้จากลักษณะของ grading และ Bouma sequence เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนขุ่นขึ้น (ซึ่งเกิดได้ทั้งในน้ำตื้นและน้ำลึก) แต่จากหลักฐานของ thin parallel beds ที่เหมือนขมชั้น และการไม่พบหลักฐานของ shallow water facies บ่งว่า lithofacies E3 เกิดสะสมตัวในน้ำทะเลลึก การไม่พบลักษณะของพวก cross bedding สนับสนุนแนวความคิดนี้ กระแสน้ำขุ่นขึ้นคงจะมีความรุนแรงไม่มาก จึงทำให้ไม่พบ flute structure ในส่วนล่างของชั้นหินทราย ลักษณะของหินทรายที่แสดงที่มี basal planer beds เป็นลักษณะของการเกิดใน outer fan (Shanmugam and Moiola, 1988) ชั้นของหินทรายชั้นหนาซึ่งพบแทรกสลับ ห่าง ๆ ในบางบริเวณแสดงถึงการเกิดที่อยู่ใกล้กับหินต้นกำเนิด และเป็นพวก channel deposits ซึ่งเป็นลักษณะของ middle fan sediments Lithofacies E3 เทียบได้กับ Bouma sequence และเทียบได้กับ facies D ของ Mutti and Ricci Lucchi (1972)

**Lithofacies E4:** หินโคลนชั้นขนานบาง (Thin parallel bedded mudstone) (รูป 2.17 และ 2.18)

หินที่พบใน Lithofacies E4 เป็นพวกหินเนื้อละเอียด พวก mudstone และ claystone สีเทา ผุออกสีขาว ชั้นหินวางตัวเหมือนขมชั้นแต่ละชั้นหนา 2-5 เซนติเมตร และสามารถติดตามไปทางด้านข้างได้ไกล โดยที่ชั้นหินเปลี่ยนแปลงความหนาน้อยมาก

การแพร่กระจาย: พบเพียงบริเวณเดียว คือ ที่บ่อหินข้างถนนใกล้บ้านเขาอุ้มทอง จังหวัดระยอง

การแปลความหมาย: การเกิดของ thin parallel beds ต้องการสภาพภูมิประเทศที่เป็นที่ราบกว้างและสภาวะแวดล้อมแบบน้ำนิ่ง ปราศจากการรบกวนจากอิทธิพลของกระแสน้ำและคลื่น การไม่พบ rootlet structure ใน Lithofacies E4 แสดงว่า thin parallel bedded mudstone เกิดการสะสมตัวในน้ำ

#### อายุของหมวดหินโป่งน้ำร้อน

การสำรวจครั้งนี้ไม่พบซากดึกดำบรรพ์ในหมวดหิน โป่งน้ำร้อน อายุไทรแอสซิกของหินได้มาจากการเทียบเคียงจากหลักฐานทางส่วนประกอบของหิน และจากการเปลี่ยนลักษณะของชั้นหิน กล่าวคือ

1. ก้อนกรวดของหินปูน ที่พบในหินกรวดมนส่วนใหญ่จะพบฟิวซูลินิด (fusulinids) อยู่ด้วยถึงแม้จะยังไม่เคยมีการหาอายุของฟิวซูลินิดที่พบในก้อนกรวด แต่ฟิวซูลินิด ที่พบในหินปูนเพอร์เมียนของ

บริเวณนี้ ส่วนใหญ่ให้อายุตอนกลางถึงตอนปลายเพอร์เมียน ดังนั้น หมวดหินโป่งน้ำร้อนจึงไม่ควรมียุ่แก่กว่าอายุซากดึกดำบรรพ์ดังกล่าว

2. ตะกอนของหินกรวดมนและหินทรายของหมวดหินโป่งน้ำร้อน ประกอบด้วย ตะกอนของหินภูเขาไฟและแพลจิโอเคลส โดยมีตะกอนควอตซ์ปนบ้าง และมีตะกอนของหินชั้นและหินแปรเล็กน้อย ลักษณะดังกล่าวแสดงถึงการเกิดสะสมตัวอยู่ใกล้กับบริเวณที่มีการประทุของภูเขาไฟ Jungyusuk and Khositant (1992) กล่าวว่า rhyolite porphyry ที่เกาะช้าง ถูกแทรกขึ้นมาด้วย quartz monzonite และ granodiorite อายุไทรแอสซิกตอนบน ดังนั้นอายุของหินภูเขาไฟของภาคตะวันออก (ซึ่งยังมีเคยมีการหาอายุโดยตรง) จึงแก่กว่าหินอัคนีแทรกซอนดังกล่าว

3. หลักฐานจากการเปลี่ยนลักษณะของชั้นหินบ่งว่าหมวดหินโป่งน้ำร้อน ควรมียุ่ระหว่างเพอร์เมียน (จากหินปูน) และจูแรสซิก (จากหมวดหินภูกระดึง) จากหลักฐานข้างต้น ในรายงานฉบับนี้จึงให้หมวดหินโป่งน้ำร้อนมียุ่ไทรแอสซิก

#### **หมวดหินเนินผู้ใหญ่เยื่อ (Noen Phuyai Yua Formation)**

หมวดหินเนินผู้ใหญ่เยื่อ ลักษณะการลำดับชั้นหินของหมวดหินเนินผู้ใหญ่เยื่อ ตอนล่างจะเป็นหินดินดานสีดำถึงสีเทาดำสลับอยู่กับหินทรายสีเทา หินผุออกสีน้ำตาลเหลือง เป็นชั้นดี ความหนาของแต่ละชั้นตั้งแต่ 1 ถึง 20 เซนติเมตร สัดส่วนของหินดินดานต่อหินทราย เท่า ๆ กัน พบ graded bedding ในชั้นหินทราย ความสัมพันธ์ของชั้นหินทรายและหินดินดานเป็นแบบ sharp contact และ planar contact มีสายควอร์ตซ์ขนาดเล็ก ๆ ตัดแทรกขึ้นมาตามรอยเลื่อนเล็ก ๆ ถัดขึ้นมาช่วงบนเป็นหินดินดานสีดำสลับกับหินทรายแป้งและหินทรายเนื้อภูเขาไฟ โดยหินดินดานมีชั้นหนาและแข็งมากขึ้น อาจหนาถึง 30 เซนติเมตร หินทรายเนื้อภูเขาไฟมีขนาดเม็ดละเอียดนุ่มง่าย มีสีน้ำตาลอ่อนเห็นเด่นชัด อัตราส่วนของหินดินดานต่อหินทราย จะเป็น 2 ต่อ 1 ความหนาทั้งหมดของหินหมวดนี้ประมาณ 250 เมตร จากลักษณะของเนื้อหินและโครงสร้างภายในชั้นหิน พอจะอนุมานได้ว่า หินหมวดนี้สะสมตัวใน turbidite fan โดยอยู่ในช่วง outer fan (เลิศสิน รักษาสกุลวงษ์, 2533) และมีอายุในช่วงไทรแอสซิก จากการเทียบเคียงและการเรียงลำดับชั้นหินเนื่องจากไม่พบซากดึกดำบรรพ์เลย

## บทที่ 3

### ธรณีวิทยาตอนเหนือของประเทศไทย

พื้นที่ศึกษากำหนดอยู่ระหว่างภาคเหนือทั้งหมดไปจนถึงตะวันตกสุด คือ แถบจังหวัดตาก และทางตะวันออกเฉียงเหนือของภาคเหนือ โดยทั่วไปจะไม่ขอกล่าวรายละเอียดในที่นี้เนื่องจากมีการกล่าวถึงและเป็นที่รู้จักกันดีแล้ว

#### 3.1 ลักษณะภูมิศาสตร์

ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปของพื้นที่ศึกษาในภาคเหนือมีทิวเขาและที่ราบสลับหุบเขา เรียกที่ราบสลับหุบเขา (Basin & Ranges) เหมือนหรือคล้ายกับของประเทศอเมริกาและวางตัวในแนวเหนือใต้ ทิวเขาที่สำคัญ (รูป 3.1) ได้แก่ ทิวเขาแดนลาว ทิวเขาถนนธงชัย ทิวเขาผีปันน้ำ และทิวเขาในภาคเหนือที่เราศึกษามีความสูงมากกว่าภาคอื่นทั้งหมด โดยเฉพาะทิวเขาแดนลาว (กั้นพรมแดนไทย-พม่า) และทิวเขาถนนธงชัยมียอดสูงจำนวน 5 ยอดที่สูงกว่า 2,000 เมตร เช่น คอยอินทนนท์ (สูงที่สุดของประเทศ 2,565 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง) ของทิวเขาถนนธงชัยตะวันออก, คอยผ้าห่มปก (ในทิวเขาแดนลาว อ. แม่สาย จ. เชียงใหม่ สูง 2,146 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง) นอกจากนี้ยังมีคอยหลวงเชียงดาว (ในเทือกเขาถนนธงชัยตะวันตก สูง 2,185 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง) ภูเขาหลวงพระบาง (จ.อุตรดิตถ์ สูง 2,300 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง) ภูเขาหลวงพระบาง (จ. น่าน สูง 2,065 เมตร) และคอยโล (สูง 2,077 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง)

ทางตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษาคือจังหวัดเลย ประกอบด้วย เทือกเขาที่สำคัญ คือ เทือกเขาเพชรบูรณ์ (จ. เลย และขอนแก่น) ประกอบด้วยเทือกเขายอดตัดที่มีด้านบนราบและมีขอบชันที่ราบอาจเป็นที่ราบใหญ่ เช่น ที่ราบบนคอยภูกระดึงหรือภูเรือ เป็นต้น ยอดเขาที่สูงที่สุด คือเขาค้อ (1,000 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง)

กลุ่มแม่น้ำที่สำคัญในภาคเหนือในที่นี้เขาจัดแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะแม่น้ำ คือ

1) **กลุ่มที่ไหลลงแม่น้ำเจ้าพระยา** ได้แก่ แม่น้ำ ปิง วัง ยม และน่าน โดยที่ (1) แม่น้ำปิงยาว 715 กม ไหลมาบรรจบกับ (2) แม่น้ำวังซึ่งยาว 400 กม ที่บ้านปากวัง อ.บ้านตาก จ.ตาก ส่วน (3) แม่น้ำยม ยาว 700 กม ไหลมาบรรจบกับ (4) แม่น้ำน่านซึ่งยาว 740 กม ที่หน้าวัดพระธาตุ ต.บ้านเกษชัย อ.ชุมแสง จ. นครสวรรค์ ส่วนแม่น้ำน่าน ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำปิงในตอนท้ายที่บริเวณ ต.ปากน้ำโพ และ ต.แควใหญ่ อ.เมือง จ.นครสวรรค์

2) **กลุ่มที่ไหลลงแม่น้ำโขง** ได้แก่ แม่น้ำรวก แม่น้ำสาข แม่น้ำก และแม่น้ำอิง ซึ่งเป็นแม่น้ำสายสั้น ๆ แม่น้ำรวก (ยาว 40 กม.) กั้นพรมแดน ไทย-พม่า ไหลมารวมกับแม่น้ำสาข (ยาว 15 กม.) กั้นพรมแดนไทย - พม่า เหมือนกัน บริเวณที่เรียกสบรวก ซึ่งเป็นจุดที่ดินแดนสามประเทศบรรจบกัน (คือ ไทย-พม่า-ลาว) อันเป็น



ส่วนหนึ่งของพื้นที่ “สามเหลี่ยมทองคำ” ที่มีการค้าฝิ่นอยู่มาก นอกจากนั้นยังมีแม่กซึ่งมีสาขาสำคัญคือ แม่ฝาง (ผ่านเมืองฝาง) และแม่ลาว (ผ่าน อ. ดอกคำใต้ จ.พะเยา) และแม่อิงที่ผ่านกว๊านพะเยา ผ่าน อ. พาน และลงแม่โขงที่ อ. เชียงของ

3) **กลุ่มที่ไหลลงแม่น้ำสาละวิน** ได้แก่ แม่ปาย แม่ขอม และแม่เมย ซึ่งเป็นแม่น้ำสายสั้น ๆ แม่ปาย ผ่าน อ. ปาย จ. แม่ฮ่องสอน ไหลลงใต้ (ลงไปยังแม่น้ำสาละวิน) ที่ตำบลผาบอง อ. ปาย แม่ขอมผ่าน อ. ขุนยวม จ. แม่ฮ่องสอน ไหลผ่าน อ. แม่ลาน้อย ลงสาละวิน ที่ ต. แม่คะตวน อ. แม่สะเรียง แม่เมย ไหลจาก อ.แม่สวด จ.ตาก ขึ้นเหนือมาบรรจบสาละวินที่ อ. แม่สะเรียง จ. แม่ฮ่องสอน

## 3.2 การลำดับชั้นหิน (Stratigraphy)

การจัดแบ่งชั้นหินในที่นี้พยายามจัดให้เทียบได้กับจีน พม่า และลาว เพื่อประโยชน์ต่อการศึกษาได้ ดังนี้

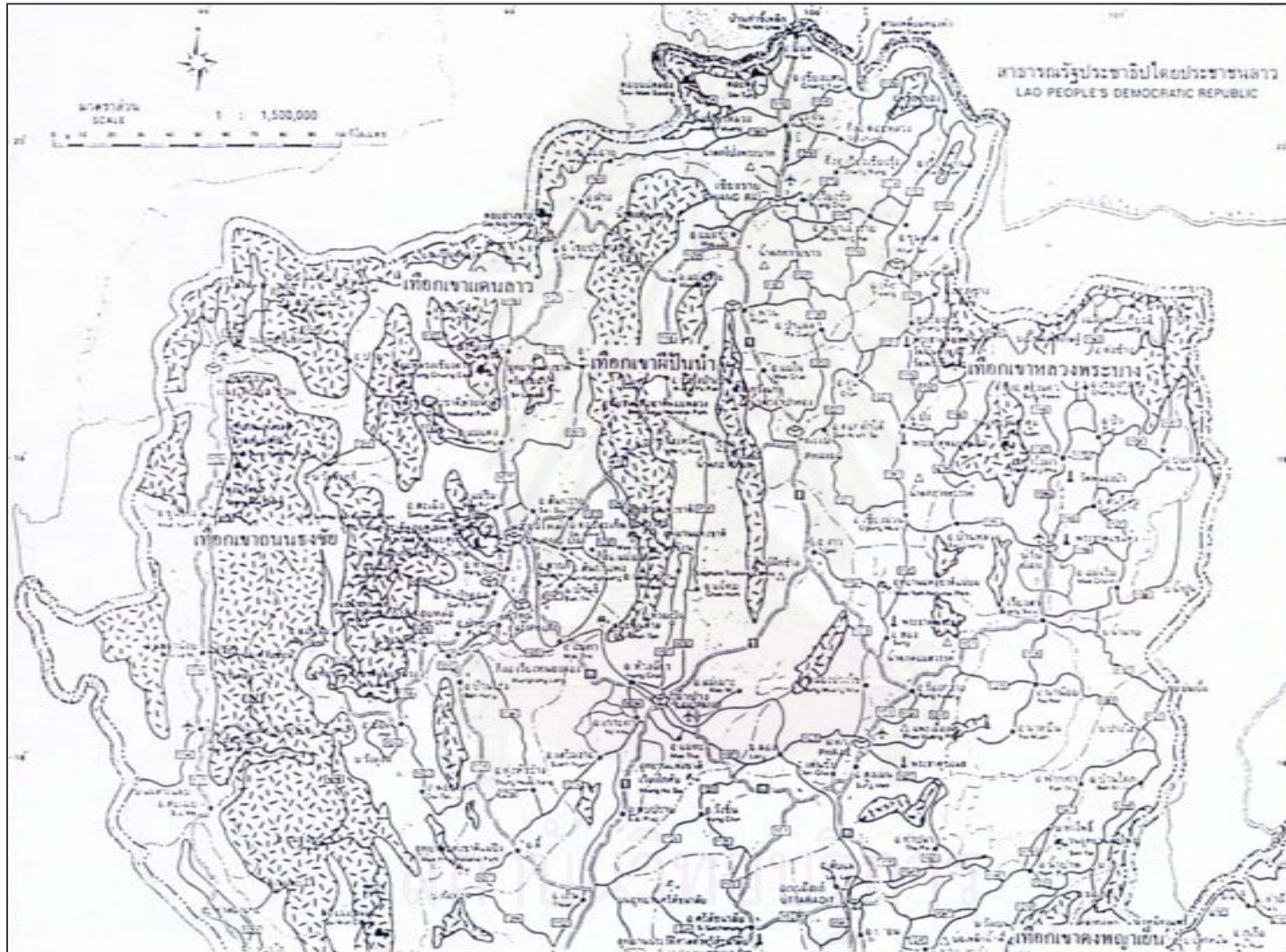
### 3.2.1 หินมหายุคพรีแคมเบรียน (Precambrian rocks)

หินส่วนใหญ่เป็นพวกหินแปรชั้นสูงจัดอยู่ในกลุ่มชุดหินแปรชนิดหินแอมฟีโบไลต์ (amphibolite facies) ซึ่งรู้จักแพร่หลายในชื่อของกลุ่มหินซับซ้อนลานสาง (จ. ตาก) ประกอบด้วยหินไนส์ชนิดไมกาเซียส - ควอตซ์เฟลด์สปาร์ หินไนส์ชนิดไบโอไทต์ไมโครไคลน์ และหินไนส์ชนิดแคลซิลิเกต นอกจากนั้นยังมี หินชีสต์ชนิดไมกาและหินอ่อนบางบริเวณพบหินแกรนิตไนส์รวมอยู่ด้วย

บริเวณตะวันตกของ จ. เชียงใหม่ พบหินไนส์แผ่เป็นบริเวณกว้างขวางวางตัวอยู่ในแนวเหนือใต้ เกิดร่วมกับหินไบโอไทต์ชีสต์สลับกับหินอ่อนและแคลซิลิเกตหนาประมาณ 500 เมตร (Baum และคณะ, 1970) หินชุดนี้ถูกหินแกรนิตดันตัวขึ้นมาเป็นผลให้เกิดโครงสร้างเป็นหินคดโค้งรูปประทุนคว่ำขนาดใหญ่ทางด้านตะวันตกของ อ. สามเงา จ. ตาก และบริเวณใกล้เคียงหินลานสางไนส์ วางตัวอย่างไม่ต่อเนื่องกับหินยุคแคมเบรียนและหินยุคออร์โดวิเซียน

นอกจากนั้นจากการศึกษายังพบว่าบริเวณ อ. บ้านไร่ จ. อุทัยธานี และทางทิศตะวันตกของ จ. นครสวรรค์ (นอกพื้นที่ศึกษา) พบหินแปรพวกหินไนส์ชนิดไบโอไทต์รวมทั้งหินไนส์จริงหรือออร์โทไนส์ หินชีสต์ชนิดไบโอไทต์ หินแคลซิลิเกต และหินอ่อนมีไบโอไทต์แผ่กระจายอยู่ในแนวเหนือใต้ ทางบริเวณภาคใต้ส่วนบน พบกลุ่มหินของหินไนส์แผ่เป็นบริเวณยาวตามแนวฝั่งทะเลด้านอ่าวไทย ประมาณ 35 กม. และพบเห็นพวกแคลซิลิเกต หินไนส์ชนิดเฟลสปาร์และหินชีสต์ชนิดไบโอไทต์แทรกสลับอยู่ด้วย ทางภาคตะวันออกมีหินแปรพวกที่เรียกหินไนส์ชนิดควอตซ์โซเฟลสปาร์ติกไนส์ หลายบริเวณเช่นที่ตะวันออกของ จ. ระยอง และเกาะเสม็ด

กล่าวโดยทั่วไป หินแปรอายุพรีแคมเบรียนส่วนใหญ่ที่พบมาก คือ หินไนส์ชนิดไบโอไทต์ ควอตซ์เฟลด์สปาร์ ซึ่งเชื่อว่าเสมือนหินพาราไนส์ที่แปรสภาพมาจากหินทรายชนิดอาโคสิคปน (arkosic sandstone)



รูป 3.1 แผนที่แสดงสภาพภูมิประเทศที่สำคัญของภาคเหนือของประเทศไทย

หินที่พบมากอีกชนิดหนึ่ง คือหินชีสต์ชนิดไบโอไทต์ หินแคลซิลิเกตและหินอ่อน ซึ่งน่าจะมาจากหินที่มีแร่ชนิดคาร์บอเนตอยู่มาก ความหนาโดยประมาณของหินชุดนี้อาจมากกว่า 3,000 เมตร

### 3.2.2 หินยุคแคมเบรียน (Cambrian rocks)

หินยุคแคมเบรียนหรือกลุ่มหินตระกูล (Tarutao Group) แผ่กระจายตั้งแต่ภาคใต้บริเวณเกาะตะรุเตา ขึ้นไปทางเหนือผ่านบริเวณ จ. นครศรีธรรมราช และบริเวณตะวันตก จ. กาญจนบุรี ในพื้นที่ศึกษาได้แก่ บริเวณ จ. ตากจนถึง จ. แม่ฮ่องสอน ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินทรายสีน้ำตาล-น้ำตาลแดง ซึ่งมีลักษณะการวางชั้นแบบเรียงขนาด (graded bedding) นอกจากนั้นยังมีหินทรายเนื้อควอตซ์ซึ่งโดยมากมีหินดินดานสีแดง และหินดินดานเนื้อทรายแทรกสลับอยู่ โดยที่เราเชื่อว่าหินชุดนี้สะสมตัวอยู่ในน้ำทะเลที่ค่อนข้างตื้นบริเวณของแผ่นทวีปฉานไทยด้านตะวันตกของไทยในบริเวณไหล่ทวีป (continental shelf) ในทางภาคตะวันตก เช่น ที่ จ. ตาก หินชุดนี้วางตัวอย่างไม่ต่อเนื่องกับหินยุคพรีแคมเบรียน

หินยุคแคมเบรียนบริเวณฝั่งตะวันตกวางตัวต่อเนื่องได้หินยุคออร์โดวิเชียน โดยเริ่มมีชั้นหินปูนบาง ๆ แทรกสลับในปลายยุคแคมเบรียนถึงต้นยุคออร์โดวิเชียนและค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นหินปูนรูปกระเปาะและชั้นหนาขึ้นในช่วงบน หินชุดนี้หนาประมาณ 500-600 เมตร ยังไม่พบซากดึกดำบรรพ์ในบริเวณตะวันตก นอกจากบริเวณเกาะตะรุเตา จ. สตูล นอกพื้นที่ศึกษาซึ่งพบพวกซากดึกดำบรรพ์จำพวกไทรโลไบต์และหอยฝาเดียวชนิดแบรคิโอพอดที่บ่งบอกอายุประมาณปลายยุคพรีแคมเบรียน ส่วนบริเวณทางใต้ อ. ศรีสวัสดิ์ จ. กาญจนบุรี (ทางใต้ของพื้นที่ศึกษา) หินยุคแคมเบรียนหนาประมาณ 400 เมตร ส่วนบนของหินชุดนี้เป็นชั้นของหินทรายปนปูนมากกว่าชั้นล่าง และมีหินปูนสลับเป็นชั้นบาง ๆ ในพื้นที่ศึกษา เช่น บริเวณตะวันตกของ อ. ฝาง จ. เชียงใหม่ หินยุคแคมเบรียนประกอบด้วยหินควอตซ์ไซส์ หินชีสต์ชนิดควอตซ์ไซเฟลสปาร์ ดิกและหินควอตซ์ ไมก้าชีสต์ พบว่าวางตัวแบบไม่ต่อเนื่องกับหินยุคแคมเบรียน โดยมีรอยสัมผัสเป็นรอยเลื่อน

### 3.2.3 หินยุคออร์โดวิเชียน (Ordovician rocks)

หินยุคออร์โดวิเชียนหรือกลุ่มหินปูนทุ่งสง (Thung Song Group) นี้แผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างขวาง ตั้งแต่แหลมไทยบริเวณเกาะตะรุเตา จ. สตูล บริเวณ อ. ทุ่งสง จ. นครศรีธรรมราช บริเวณภาคตะวันออก อาจเป็นที่ จ. ชลบุรี บริเวณภาคตะวันตก เช่นที่ จ. กาญจนบุรี ขึ้นไปทางภาคเหนือ ตั้งแต่ จ. กำแพงเพชร บริเวณ อ. เถิน จ. ลำปาง บริเวณ อ. ลี้ จ. ลำพูน บริเวณ อ. ฝาง จ. เชียงใหม่และในเขตพื้นที่ศึกษาบริเวณ จ. แม่ฮ่องสอน

หินในชุดนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินปูนตั้งแต่เนื้อแน่นชั้นหนาจนถึงชั้นบาง มักมีสีเทาและพบหินปูนเนื้อโดโลไมต์สลับกับหินดินดานเนื้อปูนสีเทาอมเขียวและหินดินดานเนื้อทรายแทรกเล็กน้อย

ในบริเวณตะวันตกของภาคเหนือในพื้นที่ศึกษาเช่นที่ อ. แม่สะเรียง จ. แม่ฮ่องสอน และ อ. สอด จ. เชียงใหม่ หินชุดนี้ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดานเนื้อโดโลไมต์สีเทาอ่อน วางตัวอยู่ใต้หินปูนชั้นหนาที่มีซากดึกดำบรรพ์ พวกโคโนดอนต์และหอยจำพวกเซฟาโลพอด อายุประมาณยุคออร์โดวิ

เขียนตอนกลาง-ตอนบน ทั้งหมดวางตัวอย่างต่อเนื่องกับหินควอตซ์ไชต์ (หินทรายแปร) ของยุคแคมเบรียน ความหนาตลอดทั้งกลุ่มหินประมาณ 600 เมตร

สำหรับบริเวณ อ. พังสง จ. นครศรีธรรมราช นอกพื้นที่ศึกษาพบว่าหินปูนยุคออร์โดวิเซียนหนาถึง 2,740 เมตร ประกอบด้วยชั้นของหินปูนและชั้นหินดินดานสีดำนั่นล่าง ต่อมาในชั้นบนเป็นหินปูนชั้นหนาที่มีซากดึกดำบรรพ์ของอาร์มีโนเซอรัสและแอคคิโนเซอรัส และปิดทับด้วยหินดินดานสีดำ

การศึกษาเชื่อว่าหินยุคออร์โดวิเซียนในภาคเหนือและภาคตะวันตก(โดยเฉพาะในพื้นที่ศึกษา) สะสมตัวอยู่ในทะเลตื้น ในขณะที่หินยุคเดียวกันบริเวณทางแหลมไทย (ทางภาคใต้) มีการสะสมตัวของตะกอนในทะเลที่ลึกกว่า โดยมีดินสลับอยู่ในตอนบน

### 3.2.4 หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian rocks)

หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียนนี้ประกอบด้วยหินดินดานชั้นบางสีเทาดำ มีซากดึกดำบรรพ์พวกแกรฟโตไลต์ (graptolite) ในช่วงต้น ๆ วางตัวอย่างต่อเนื่องกับหินยุคออร์โดวิเซียน และเรียกโดยทั่วไปว่ากลุ่มหินดอนชัย (Donchai Group) บริเวณทางเหนือของ จ. เชียงใหม่พบหินดินดานสีดำ หินเชิร์ต หินทรายและหินพวกซิลิเซียสในยุคไซลูเรียนตอนต้น ส่วนในช่วงยุคไซลูเรียนตอนปลายมักพบหินดินดานและหินปูนวางตัวอยู่ใต้หินดินดานเนื้อปูนยุคดีโวเนียนตอนต้น บริเวณในภาคเหนือมักไม่พบหินยุคไซลูเรียนตอนกลาง-ปลาย

บริเวณทางใต้ของภาคเหนือ (ในพื้นที่ศึกษาเป็นส่วนใหญ่) เช่น จ. ตาก จ. นครสวรรค์ จ. อุทัยธานี พบหินชุดนี้ประกอบด้วยหินทรายเนื้อควอตซ์ หินฟิลไลต์ หินทัฟฟ์และหินเชิร์ต ในบางบริเวณพบหินอ่อนร่วมอยู่ด้วย

ภาคตะวันตก จ. กาญจนบุรี (ทางใต้ นอกพื้นที่ศึกษา) พบหินยุคไซลูเรียนตอนล่าง ประกอบด้วยหินดินดานเนื้อทราย สีเทาดำ พร้อมซากแกรฟโตไลต์ มีความหนาอย่างน้อย 60 เมตร วางตัวอยู่ใต้หินดินดานสลับหินปูนยุคออร์โดวิเซียน

หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน พบในบริเวณตะวันออกของพื้นที่ศึกษาที่ อ. ปากชม จ. เลย ประกอบด้วยหินชีสต์ชนิดคลอไรต์ หินแปรฟิลไลต์ หินตะกอนภูเขาไฟแปร และหินควอตซ์ไชต์ หินเชิร์ต รวมเรียกว่ากลุ่มหินปากชม (Pak Chom Group) วางตัวอยู่ในแนวเหนือใต้ จากการศึกษพบว่าหินปูนที่มีซากปะการังอายุประมาณ ยุคดีโวเนียนตอนกลาง ส่วนทางภาคตะวันตกพบในบริเวณบ้านโชคชัย อ. น้ำโสม จ. อุตรธานี

หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน บริเวณภาคตะวันออกของประเทศ (นอกพื้นที่ศึกษา) ประกอบด้วยหินดินดาน หินทรายแป้ง หินทรายเกรย์เวก หินภูเขาไฟและตะกอนภูเขาไฟ และหินเชิร์ตส่วนบริเวณภาคใต้ส่วนมากเป็นหินดินดานเนื้อปูน หินทราย และหินปูน ใน จ. ตรังพบหินดินดานสลับหินทรายยุคไซลูเรียนตอนปลาย-ยุคดีโวเนียนตอนต้นซึ่งมีซากบรรพชีวินจำพวกโพซิโดโนเมียและแกรบโตไลต์มากมาย

เป็นที่น่าสังเกตว่า หินชุดนี้ทางภาคเหนือและภาคตะวันตกมักมีหินปูนแทรกสลับกับหินดินดานเนื้อปูนและหินปูนชั้นหนาและค่อย ๆ เพิ่มพวกตะกอนเนื้อประสมหรือตะกอนเม็ด (clastic rocks) มากขึ้นเรื่อย ๆ ทางด้านตะวันออกแสดงลักษณะการสะสมตัวที่ไม่ถูกรบกวน ส่วนกลางของภาคเหนือลงมาทางใต้พบพวกหินภูเขาไฟปะปนอยู่ในหินชุดนี้ด้วย เช่น หินทรายสกปรกหรือหินทรายเกรย์เวก หินเชิร์ต หินถ้ำ

ภูเขาไฟ หินกรวดภูเขาไฟ และหินปูนเป็นต้น ในการแปรสภาพของหินชนิดนี้ส่วนใหญ่เกิดจากขบวนการ  
ธรณีแปรสัณฐาน และมีการแทรกตัวของหินอัคนีเกิดขึ้นภายหลัง

### 3.2.5 หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous rocks)

หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสพบแผ่กระจายทั่วไปในประเทศไทย ตั้งแต่แหลมไทยทางตอนใต้ของ  
ประเทศจีนไปบริเวณ จ. ชุมพร ที่ได้แก่หินจำพวกตะกอนเม็ดที่มากมีการคัดขนาดตะกอนไม่ดี (poorly-  
sorted) ประกอบไปด้วย หินดินดาน หินโคลน หินทรายแป้ง หินทราย และหินกรวดมน ยุคคาร์บอนิเฟอรัส  
ตอนต้น-ตอนกลาง เรียกว่ากลุ่มหินแก่งกระจาน (Kaeng Krachan Formation) โดยมีชั้นหินแบบฉบับ (type  
section) บริเวณ จ. เพชรบุรี ที่เขื่อนแก่งกระจานซึ่งโดยมากพบหินตะกอนเนื้อประสมจำพวกหินดินดาน หิน  
โคลนปนกรวด (pebbly mudstone) หินทรายรวมถึงหินแกรนิตและหินกรวดมน บางบริเวณอาจมีหินถ้ำ  
ภูเขาไฟ หินเชิร์ต และหินปูนแทรกสลับกันอยู่หนาประมาณ 995 เมตร (Piyasin, 1973) เชื่อว่าหินดังกล่าว  
สะสมตัวในน้ำลึกบริเวณไหล่ทวีป แต่นักธรณีหลายท่าน (Bunopas, 1981, Stauffer & Mantajit, 1981,  
Mitchell, 1977) เชื่อว่าอาจสัมพันธ์กับการพัดพาโดยธารน้ำแข็งหรือก้อนน้ำแข็ง

บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ศึกษาพบหินตะกอนเม็ดปนกับหินภูเขาไฟ หินปูนและหินเชิร์ต  
แทรกสลับ บางบริเวณพบหินกรวดมนแทรกอยู่ด้วย ส่วนที่ จ. เลย ในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยหินทรายและ  
หินดินดานเป็นส่วนมาก และมีหินปูนชั้นบางหินเชิร์ตและหินกรวดมนแทรกเล็กน้อย บางบริเวณพบหินถ้ำ  
ภูเขาไฟและหินบะซอลต์ด้วย พบซากบรรพชีวินจำพวก ไครนอยด์ ไบรโอซัว ไทรโลไบต์และใบไม้ รวม  
เรียกว่ากลุ่มหินวังสะพุง (Wang Saphung Group) ซึ่งในช่วงบนอาจต่อเนื่องไปเป็นหินตะกอนเม็ดปนปูน

ในบริเวณแถบเขาหลวง จ. สุโขทัย(ในบริเวณศึกษา) หินส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินภูเขาไฟแอนดี  
ไซต์ และไรโอไลต์ นอกจากนั้นยังมีหินกรวดภูเขาไฟและหินถ้ำภูเขาไฟ ปนอยู่กับหินกรวดมน หินทราย  
แป้ง และหินทรายสีแดง ประมาณความหนาไม่เกิน 1,000 เมตร ซึ่ง Bunopas (1992) จัดให้อยู่ในกลุ่มหิน  
ดอนชัย หรือกลุ่มหินแม่ทา (Donchai หรือ Mae Tha Group)

สำหรับบริเวณภาคเหนือและตะวันตกในเขตศึกษาเข้าใจว่าคงมีการเกิดธรณีวิทยาแปรสัณฐานขึ้น  
หลายครั้งในยุคคาร์บอนิเฟอรัสหรือช่วงปลายมหายุคพาลีโอโซอิก เนื่องจากได้พบหินกรวดมนที่  
ประกอบด้วยกรวดของหินแปรและหินตะกอนของหินยุคพรีแคมเบียนและหินยุคไซลูเรียน-ออร์โดวิเซียน  
เกิดอยู่ในตะกอนหินยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลาย (Shawe, 1984)

### 3.2.6 หินยุคเพอร์เมียน (Permian rocks)

หินชนิดนี้จัดอยู่ในกลุ่มหินปูนราชบุรี(Ratburi Group) กลุ่มพื้นที่ตั้งแต่บริเวณภาคเหนือตะวันตกและ  
ภาคใต้ ส่วนกลุ่มหินที่ปรากฏให้เห็นตั้งแต่ จ. เลย จ. เพชรบูรณ์ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จัดอยู่ในกลุ่มหินสระบุรี  
(Saraburi Group) ตามแนวคิดของ Bunopas (1981)

หินชุดเพอร์เมียนของประเทศ (Asavaphatchara และคณะ, 1997) ประกอบด้วยหินปูนเป็นส่วน  
ใหญ่และมีหินทรายและหินดินดานปนอยู่ด้วย เกิดสะสมตัวในช่วงระหว่างยุคเพอร์เมียนตอนต้น-ตอนกลาง  
ซึ่งเป็นระยะเวลาที่น้ำทะเลรุกเข้ามาในแผ่นดินจึงพบหินกรวดมนอยู่ในช่วงล่าง ๆ เช่น บริเวณ จ.

แม่ฮ่องสอน พบหินกรวดมนปนทรายและหินเชิร์ตอยู่ในช่วงปลายยุคคาร์บอนิเฟอรัส-ต้นยุคเพอร์เมียน และทางบริเวณตะวันตกของ อ. แม่สะเรียง พบหินทราย หินทรายเกรย์เวก หินดินดาน และหินเชิร์ตในช่วงต้นยุคเพอร์เมียน

Piyasin (1972) ได้แบ่งกลุ่มหินยุคเพอร์เมียนในจ.ลำปางเป็น 3 ชุดหิน คือ

- ชุดหินกิวลม (ยุคเพอร์เมียนตอนต้น) เป็นชุดหินชั้นล่างสุดหนาประมาณ 500-600 เมตร ประกอบด้วยหินภูเขาไฟแอนดีไซต์สลับกับหิน ไรโอไลต์ หินถ้ำภูเขาไฟ หินกรวดภูเขาไฟ นอกจากนี้ยังมี หินทราย หินดินดาน หินดินดานเนื้อปูนและหินปูนชั้นบาง

- ชุดหินผาหวด (ยุคเพอร์เมียนตอนกลาง) เป็นชุดหินที่อยู่ระหว่างกลาง หนาประมาณ 400-500 เมตร ประกอบด้วยหินปูนชั้นหนาสีเทาถึงหนามากจนไม่เห็นมีชั้น (massive) มีหินเชิร์ตเกิดรวมอยู่ด้วยซึ่งอัดตัวเป็นกลุ่มก้อนหรือเป็นชั้นสลับ บางบริเวณพบหินถ้ำภูเขาไฟแทรกเป็นชั้นบาง ๆ

- ชุดหินห้วยทาก (ยุคเพอร์เมียนตอนกลาง-ปลาย) หนาประมาณ 1,000-1,500 เมตร ประกอบด้วย หินดินดานสีเทาดำ-สีเทาอมน้ำตาล สลับกับหินทรายสีน้ำตาลแดงและหินกรวดมนที่ประกอบด้วยกรวดหิน ไรโอไลต์และหินแอนดีไซต์สลับกับหินถ้ำภูเขาไฟสีจางพวกไรโอไลต์และหินกรวดภูเขาไฟ

บริเวณ จ. ประจวบคีรีขันธ์ในตอนใต้สุดภาคกลางของแหลมไทย(ทางใต้นอกพื้นที่ศึกษา) พบ หินปูนสีเทาอมน้ำตาลสลับกับหินชนวน หินดินดานเนื้อปูน และหินปูนสีเทาสลับกับหินดินดาน อายุช่วง ต้นเพอร์เมียน ซึ่งพบต่อไปทางใต้บริเวณ จ.ชุมพร จ. ตรัง จ. กระบี่ และ จ. พังงา อย่างไรก็ตามในบาง บริเวณเช่นที่ จ. พัทลุง Ampornmaha (1995) พบว่าหินปูนยุคเพอร์เมียนอาจต่อเนื่องไปจนถึงยุคไทรแอสสิก ตอนปลายได้ โดยอาศัยข้อมูลจากซากบรรพชีวินจำพวกโคโนดอนด์ และให้ชื่อชุดหินที่พบใหม่ว่าชุดหินชัยบุรี (Chaiburi Formation)

บริเวณด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของ จ. เลย ที่ อ. เชียงคาน(ในเขตพื้นที่ศึกษา) พบหินดินดานสี เทาดำและหินทรายแป้งที่มีชั้นถ้ำภูเขาไฟแทรกอยู่ด้วย ถูกกำหนดอายุประมาณยุคเพอร์เมียนตอนปลาย และ ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของ จ. เลย (อ. วังสะพุง) พบหินปูนไม่มีชั้นถึงหินปูนชั้นหนา หินดินดานสีเทา หินทรายแป้งและหินทรายมีอายุตั้งแต่ยุคเพอร์เมียนตอนต้น-ตอนปลาย

หินยุคเพอร์เมียนตอนกลาง บริเวณ จ. เพชรบูรณ์ หนามากกว่า 1,700 เมตร โดยมีช่วงล่างหนาถึง 1,600 เมตร ประกอบด้วยหินปูนชั้นหนา-ไม่มีชั้น สีเทา มีหินเชิร์ตแทรกอยู่เป็นชั้นบาง ๆ ช่วงบนเป็นหิน ตะกอนเม็ดจำพวกหินทราย หินดินดาน หินทรายแป้ง และหินดินดานเนื้อปูนแทรกสลับกับหินปูนชั้นบาง ช่วงบนนี้หนาทั้งหมดประมาณไม่เกิน 100 เมตร

บริเวณ อ.เมือง และ อ.แก่งคอย จ. สระบุรี (นอกพื้นที่ศึกษา) พบหินปูนไม่มีชั้นจนถึงชั้นหนามาก เป็นส่วนใหญ่ ในยุคเพอร์เมียนตอนกลางซึ่งพบซากใบไม้ดีก้าบรรพ์และซากสัตว์ของฟูลินิด บริเวณ อ. ทับทิมทิศตะวันออกของ จ.สระบุรีมีความหนาถึง 3,250 เมตร ช่วงล่างมีอายุประมาณยุคเพอร์เมียนตอน ต้น หนาประมาณ 1,200 เมตร ประกอบด้วยหินโคลนสีม่วงแดง บางบริเวณมีกรวดของหินภูเขาไฟ และ หินทัฟไฟปน นอกจากนี้ยังพบหินปูนสีเทาอมน้ำตาลและหินปูนเนื้อถ่านและหินเชิร์ตแทรกสลับ หินที่อยู่

ในช่วงกลางซึ่งมีอายุประมาณยุคเพอร์เมียนตอนกลาง หนาประมาณ 750 เมตร ประกอบด้วยหินปูนที่อุดมไปด้วยซากบรรพชีวินและหินเชิร์ตชั้นบางสลับกับหินปูนชั้นบางและชั้นหนา วางตัวอยู่ใต้หินทรายแป้งสีเทาอมเขียว และหินทรายเม็ดละเอียด ช่วงบนสุดของกลุ่มหินสระบุรีหนาประมาณ 1,300 เมตร อายุประมาณยุคเพอร์เมียนตอนปลายประกอบด้วยหินทรายแป้งชั้นบางชั้นบางสีน้ำตาล หินโคลนสีเทาเข้มและหินทรายแป้งเนื้อปูน หินปูนชั้นบางสลับกับหินปูนชั้นหนา ที่มีซากบรรพชีวินมาก (Hintong และคณะ, 1981)

Shawe (1984) ได้สรุปหินยุคเพอร์เมียนแยกเป็น 2 แนว โดยอาศัยแนวคิดของ Bunopas (1981) คือ 1) แนวตะวันตกบริเวณภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคใต้ (กลุ่มหินราชบุรี) และ 2) แนวตะวันออกบริเวณ จ. เลย จ. เพชรบูรณ์ และภาคตะวันออก (กลุ่มหินสระบุรี)

แนวตะวันตกหินส่วนใหญ่เป็นหินปูน มีตะกอนเม็ดเล็กน้อย อายุประมาณยุคเพอร์เมียนตอนต้น-ตอนกลาง นอกจากทางภาคใต้ซึ่งหินปูนอาจมีอายุต่อไปถึงยุคเพอร์เมียนตอนปลาย ส่วนแนวตะวันออกหินส่วนใหญ่เป็นหินปูนมีหินตะกอนเม็ดคอกอยู่มากและมักมีหินถ้ำภูเขาไฟปนอยู่ อายุมีตั้งแต่ยุคเพอร์เมียนตอนต้น-ตอนปลาย

จากการศึกษา และรายงานของ Assavapatchara และคณะ (1997) ทำให้เชื่อว่าหินปูนส่วนใหญ่ตกตะกอนในแถบน้ำตื้นแบบฝืนราบ (platform)

### 3.2.7 หินยุคไทรแอสซิก (Triassic rocks)

หินยุคไทรแอสซิกหรือกลุ่มหินลำปาง (Lampang Group) พบแพร่กระจายทั่วไปในภาคเหนือในพื้นที่ศึกษามีชั้นหินแบบฉบับ (type section) อยู่ที่แม่เกาะและบ้านทาสี แบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงล่างประกอบด้วยหินภูเขาไฟสีขาว จำพวกไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ หินทัฟฟ์ และหินกรวดมน เม็ดกรวดส่วนใหญ่เป็นหินภูเขาไฟซึ่งถูกวางทับโดยหินทรายสีแดง หินดินดานและหินทรายเนื้อถ้ำภูเขาไฟ ช่วงกลางประกอบด้วยหินปูนไม่แสดงชั้น หินดินดานสีเทาอมเขียวและหินทรายมีซากดึกดำบรรพ์มาก และช่วงบนประกอบด้วยหินทรายสีน้ำตาลแดง หินดินดาน และหินกรวดมน

Pitakpaivan (1955) เป็นคนแรกที่ศึกษาหินกลุ่มลำปางนี้และได้อธิบายกลุ่มหินลำปางบริเวณแม่เกาะว่าอาจมีความหนา 413 เมตร และประกอบด้วยหมวดหินอ่อนหอย (ยุคไทรแอสซิกตอนปลาย) หนา 100 เมตร มีหินดินดาน และหินทราย หมวดหินปูนผาเก็บ หนาประมาณ 100 เมตร และหมวดหินคอยช้าง (ยุคไทรแอสซิกตอนกลาง) หนา 213 เมตร ประกอบด้วยหินทรายเนื้อปูน หินปูนที่มีซากบรรพชีวิน หินปูนกรวดมน หินดินดานและหินทราย และพบว่าเหนือหมวดหินคอยช้างพบกลุ่มหินลำปางหนาถึง 1,250 เมตร

Piyasin (1972) ได้อธิบายกลุ่มหินลำปางบริเวณบ้านทาสี จ. ลำปางว่า มีความหนาถึง 2,900 เมตร โดยมีชั้นล่างสุด คือ (1) ชุดหินพระธาตุ หนา 200 เมตร ประกอบด้วยหินทราย หินดินดานเนื้อปูน หินกรวดมนซึ่งมีเม็ดกรวดของหินไรโอไลต์และหินแอนดีไซต์ (2) ชุดหินผาก้าน(หรือคอยช้าง, Charusiri และคณะ, 1993) หนา 600 เมตร ประกอบด้วยหินปูนไม่มีชั้นสีเทา-เทาดำ (3) ชุดหินอ่อนหอย หนา 1,200 เมตร ประกอบด้วย หินดินดาน หินทรายแป้ง หินทรายและหินกรวดมน (4) ชุดหินคอยช้าง (หรือคอยลอง), คู

Charusiri และคณะ, (1993) หนา 400 เมตร ประกอบด้วย หินปูนเป็นส่วนใหญ่และหินปูนกรวดมนสีเทา-สีเทาอมน้ำตาล (5) ชุดหินผาแดง หนา 500 เมตร ประกอบด้วยหินดินดาน หินทรายและหินกรวดมนสีน้ำตาลแดง (อายุยุคไทรแอสสิกตอนปลาย) จากการศึกษาเราเชื่อว่ากลุ่มหินลำปางอาจสะสมตัวในบริเวณแอ่งหลังแนวภูเขาไฟ (back-arc basin)

สำหรับภาคเหนือด้านตะวันตก ในพื้นที่ศึกษาบริเวณแม่สอดและแม่สะเรียงและແหลมไทยพบกลุ่มหินลำปางนี้เหมือนกันแต่อายุคาบเกี่ยวไปถึงยุคจูแรสซิก (ที่เรียกกลุ่มหินแม่เมยหรือ Mae Moei Group)

ชั้นหินล่างสุดวางตัวอยู่ใต้กลุ่มหินโคราช ซึ่ง Iwai และคณะ (1966) ได้ให้ชื่อว่าชุดหินห้วยหินลาด มีอายุประมาณยุคไทรแอสสิกตอนปลาย มีความหนาประมาณ 140 เมตร โดยที่ชั้นล่างประกอบด้วยหินกรวดมน ซึ่งส่วนใหญ่เม็ดกรวดเป็นหินปูนและมีกรวดพวกหินภูเขาไฟไรโอไลต์และหินเชิร์ตปนแทรกสลับด้วยหินปูนสีเทาดำ ชั้นบนเป็นหินดินดานปนทรายสีเทาดำและหินทรายเนื้อปูน หินทรายแป้งแทรกสลับกัน นอกจากนั้นพบหินปูนสีเทาดำและหินปูนกรวดมนแทรกอยู่ด้วยในบริเวณแถบจังหวัดเพชรบูรณ์ จากการศึกษาของ Chutakosikanon และคณะ (1997) พบว่าหมวดหินน้ำคูก (Nam Duk Formation) อาจมีลักษณะของการเลื่อนขึ้น (obduction) ของหินตะกอนน้ำลึกจะมีอายุเพอร์เมียนจากซากบรรพชีวินที่พบในหินปูนแต่ ส่วน Sashida (1997, ติดต่อบางตัว) พบซากเรดิโอลาเรียที่ให้อายุไทรแอสซิกที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอายุหินได้มาก

### 3.2.8 หินยุคจูแรสซิก (Jurassic rocks)

ชั้นหินยุคจูแรสซิกทางด้านตะวันออกสุดในพื้นที่ศึกษาเป็นหินตะกอนบกทั้งหมด จัดอยู่ในกลุ่มหินโคราชช่วงต้น 3 ชุดหิน (แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1 : 1,000,000 ; 1982) คือ 1) ชุดหินภูกระดึง มีความหนาถึง 1,000 เมตร ทับถมต่อจากชุดหินห้วยหินลาด ประกอบด้วยหมู่หินส่วนล่าง เป็นหินทรายมีไมกามาตสีน้ำตาลแดง-สีแดงอมเทา และหินทรายเม็ดละเอียดสีแดงมีการวางชั้นเฉียงระดับและวางตัวอยู่ใต้หมู่หินทรายแป้งสีแดงปนกับหินทรายเนื้อปูน บางส่วนเป็นหินกรวดมนเนื้อปูนที่มีเม็ดกรวดของหินทรายแป้งและหินดินดาน 2) ชุดหินพระวิหาร วางตัวอยู่บนชุดหินภูกระดึง หนาประมาณ 55-135 เมตร ประกอบด้วยหินทรายสีส้มอมเทา สีน้ำตาลแดง-สีน้ำตาลอ่อน แสดงการวางชั้นเฉียงระดับ นอกจากนั้นยังพบหินทรายแป้งและหินทรายแป้งเนื้อปูนแทรกเป็นชั้นบาง ๆ และ 3) ชุดหินเสาขัว วางตัวอยู่บนชุดหินพระวิหาร หนาประมาณ 400-720 เมตร ประกอบด้วยหินทรายและหินทรายแป้งสีเทาอมเหลือง สีน้ำตาลแดงและสีเทาอมเขียว บางบริเวณมีหินกรวดมนปนถ่านหินอยู่เล็กน้อยหลายชั้นของชุดหินเสาขัวมีเนื้อปูนปน

### 3.2.9 หินยุคครีเตเชียส (Cretaceous rocks)

หินยุคครีเตเชียส ประกอบด้วยหมู่หินที่อยู่บนสุดและทับถมบนบกต่อเนื่องจากชุดหินเสาขัว มี 3 ชุดหิน คือ 1) ชุดหินภูพาน มีความหนา 80-180 เมตร ประกอบด้วยหินทรายแสดงการวางชั้นเฉียงระดับสีเทาอมเหลือง-อมชมพู และสีน้ำตาลอ่อน บางส่วนมีชั้นหินกรวดมนและถ่านปน 2) ชุดหินโลกกรวด (เทียบเท่ากับชุดหินบ้านนาขอ) ซึ่ง Ward & Bunnag (1964) เป็นกลุ่มแรกที่ได้อธิบายหินหมวดนี้บริเวณเส้นทางสระบุรี-นครราชสีมา ว่ามีความหนาประมาณ 430-710 เมตร ชั้นล่างประกอบด้วยหินทราย หินทราย



เป้แ่งและหินโคลนสีน้ำตาลแดง-น้ำตาลอมเทาและสีเทาอมเขียว ส่วนบนเป็นหินทรายเนื้อปูนและมีแร่ไมกา มาก พบหินกรวดมนอยู่ด้วยบางบริเวณ พบแร่ยิปซัมอยู่ชั้นบน ๆ 3) ชุดหินมหาสารคาม ส่วนใหญ่ชุดหินนี้ที่ โพล์ให้เห็นเฉพาะในที่ราบสูงโคราช ประกอบด้วยชั้นเกลือหินยิปซัมและแอนไฮไดรต์ หนาประมาณ 1,000 เมตร นอกจากนั้นยังมีชั้นหิน โคลน หินทรายเป้แ่งและหินทรายปะปนอยู่ในชุดหินมหาสารคามนี้ด้วย

### 3.2.10 หินยุคเทอร์เชียรี (Tertiary rocks)

กลุ่มหินที่รู้จักกันแพร่หลายในยุคเทอร์เชียรีนี้ คือ 1) กลุ่มหินกระบี่(Krabi Group) มีความหนา มากกว่า 175 เมตร ประกอบด้วย หินกรวดมน หินทราย หินดินดาน หินปูนชั้นบางและถ่านหินลิกไนต์ อายุ เทอร์เชียรีตอนบน 2) กลุ่มหินแม่สอด(Mae Sot Group) มีความหนาอย่างน้อย 430 เมตร ประกอบด้วย หินปูนแทรกสลับกับหินทรายและหินกรวดมน ส่วนบนของหินกลุ่มนี้ประกอบด้วยหินปูน หินทราย หิน น้ำมันและหินทรายเนื้อปูนมักพบแร่ยิปซัมแทรกอยู่ทั่วไป พบซากบรรพชีวินอายุจากสมัยไมโอซีน-ไพล โอซีนถึงไพลสโตซีน 3) กลุ่มหินแม่เมาะ(Mae Moh Group) หนามากกว่า 530 เมตร ประกอบด้วยชั้นของ ถ่านหินลิกไนต์สลับกับหิน โคลน 4 ชั้น มีอายุประมาณสมัยไพลโอซีน ส่วน 4) กลุ่มหินลี(Li Group) มีอายุ ก่อนข้างแก่คือประมาณสมัยโอลิโกซีน(Chaodamrong และคณะ, 1983) มีหนามากกว่า 110 เมตร และส่วน ใหญ่ประกอบด้วยหินน้ำมันสลับกับถ่านหินลิกไนต์ หินดินดานและหินทราย

### 3.2.11 ตะกอนยุคควอเทอร์นารี (Quaternary sediments)

ส่วนใหญ่เป็นตะกอนที่เกิดจากการทับถมของแม่น้ำ (Alluvial deposits) และชายหาด (beach deposits) เช่น กรวดทรายและดิน บางบริเวณเป็นดินมาร์ล ในที่ราบตะกอนน้ำพัดพา (Alluvial plain) ของ แม่น้ำเจ้าพระยามีตะกอนที่แก่ที่สุดประมาณสมัยไพลสโตซีน (Takaya, 1968) บางบริเวณอาจหนาถึง 550 เมตร ในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง (flood plain) หรือในที่ลุ่มน้ำขัง (swamp) มีตะกอนดินทรายที่น้ำในแม่น้ำ ไหลหลากนำพาไปตกจมทับถมแผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างบนที่ราบอายุประมาณยุคโฮโลซีน (Recent)

## 3.3 หินอัคนี (Igneous rocks)

หินอัคนีที่พบมีหลายชนิดและแผ่กระจายอยู่ทั่วไปของประเทศไทย (โดยเฉพาะพื้นที่ศึกษา) หิน อัคนีสีเข้มจัดและหินอัคนีสีเข้ม เช่น หินเมฟิก เป็นหินที่พบในกลุ่มหินอัคนีสีเข้มจำพวกโอไฟโอไลต์ยุคคาร์ บอนิเฟอรัสในภาคเหนือ หินอัคนีที่พบมากที่สุด คือ หินแกรนิต มีอายุตั้งแต่ยุคไทร แอสซิก-จูแรสซิก ยุคครีเทเชียส และยุคเทอร์เชียรี หินที่พบรองลงมา คือ หินภูเขาไฟแอนดีไซต์ หินไรโอ ไรต์และหินแก้วภูเขาไฟ อายุตั้งแต่ยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสสิกและยุคไทรแอสสิก-เทอร์เชียรี นอกจากนั้นยัง พบหินบะซอลต์อายุควอเทอร์นารีโพล์ให้เห็นอยู่หลายบริเวณ เช่น ที่จังหวัดลำปาง (อ.แม่เมาะ และ อ.สบ ปราบ) (รายละเอียดสามารถอ่านได้จาก Charusiri, 1989)

สำหรับหินแกรนิตในภาคเหนือนี้อาจจัดแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ หินแกรนิต I-type และ S-type ตาม การจำแนกของ Chappel&White (1992) ที่เริ่มใช้ที่พื้นที่ Lachlan ในออสเตรเลีย ซึ่งชนิดแรกเกิดจากการ

หลอมละลายบางส่วนของหินในแผ่นเปลือกสมุทร (oceanic plate) ที่มุดลงไปข้างใต้แผ่นเปลือกโลกอีกแผ่นหนึ่ง และชนิดที่สองเกิดจากการหลอมละลายบางส่วนของหินในชั้นเปลือกทวีป (continental crust) โดยที่หินแกรนิตชนิด I-type มักพบในบริเวณนี้

### 3.4 ธรณีแปรสัณฐานและโครงสร้างขนาดใหญ่ (Major Geological Structure)

#### 3.4.1 ธรณีแปรสัณฐาน

เมื่อพิจารณาในด้านธรณีวิทยาของประเทศไทยพบว่าแนวของชั้นหิน โดยรวมต่อเนื่องจากภาคเหนือผ่านรัฐฉานในประเทศพม่า ผ่านประเทศไทยและต่อไปยังแหลมมลายูด้านตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศมาเลเซีย นอกจากนี้แล้วยังมีการจัดลำดับชั้นหิน (stratigraphic) ที่คล้ายคลึง กันกับบริเวณเทือกเขาหิมาลัยฝั่งตะวันออก มณฑลยูนนาน ประเทศลาว และประเทศกัมพูชา ความต่อเนื่องประกอบด้วยธรณีวิทยา โครงสร้างที่สลับซับซ้อน ตั้งแต่หินมหายุคพรีแคมเบรียน จนถึงมหายุคมีโซโซอิกตอนต้นภูมิภาคนี้จึงถูกจัดไว้ให้อยู่ในสถานะแวดล้อมเดียวกัน คือ “ธรณีแอ่นตัว ยูนาน-พม่า-มลายู” (Yunan-Burmese-Malayan Geosyncline) ซึ่งปรากฏให้เห็นเฉพาะในฝั่งตะวันตกโดยมีลักษณะทางธรณีวิทยา โครงสร้างที่แตกต่างกับหินที่มีอายุอ่อนกว่าที่อยู่ทางฝั่งตะวันออก คือ หินตะกอนแดงในมหายุคมีโซโซอิก ที่เรียกกลุ่มหินโคราช (Khorat Group) (Kobayashi, 1964, 1973 ; Burton, 1967 ; Baum และคณะ, 1970 ; Bunopas, 1976)

Kobayashi (1973) ได้พยายามศึกษาลักษณะปรากฏ (facies) อย่างกว้าง ๆ ของธรณีแอ่นตัว (Geosyncline) ยูนาน-พม่า-มลายู ตั้งแต่มณฑลยูนนานจนถึงประเทศมาเลเซีย แต่ก็ยังไม่สามารถหาข้อสรุปของแบบฉบับระบบความสัมพันธ์และขอบเขตของชั้นหินและการลำดับชั้นหินได้ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากปัจจุบันพบหลักฐานและข้อมูลหลายอย่างที่ชี้ให้เห็นว่าหินตั้งแต่มหายุคพาลีโอโซอิก จนถึงมหายุคมีโซโซอิกตอนต้นของมณฑลยูนนานและประเทศลาวตอนเหนือ นั้น เกิดสะสมอยู่คนละแอ่งหรือคนละหน่วยแปรสัณฐานของหินที่เกิดขึ้นในประเทศไทย (รูป 3.2)

จากทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน (plate tectonics) ทำให้เราอธิบายลักษณะธรณีวิทยา โครงสร้างบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้เกือบทั้งหมด (Hutchison, 1973 ; Michell, 1976, 1977, 1992) และอธิบายธรณีวิทยา โครงสร้างของประเทศไทย (Asnachinda, 1978; Bunopas และ Vella, 1978; Beckinsale และคณะ 1979, Charusiri, 1989) ต่อมา Bunopas (1981) ได้อธิบายเพิ่มเติมจาก Gantinsky และคณะ (1978) และ Ridd (1980) เกี่ยวกับระยะเวลาของการชนกัน (collision) ระหว่างทวีปอินโดจีนกับพม่า ภาคตะวันตกของประเทศไทยและแหลมมลายู ซึ่งเป็นการอธิบายการเกิดธรณีแปรสัณฐานในส่วนภูมิภาคนี้

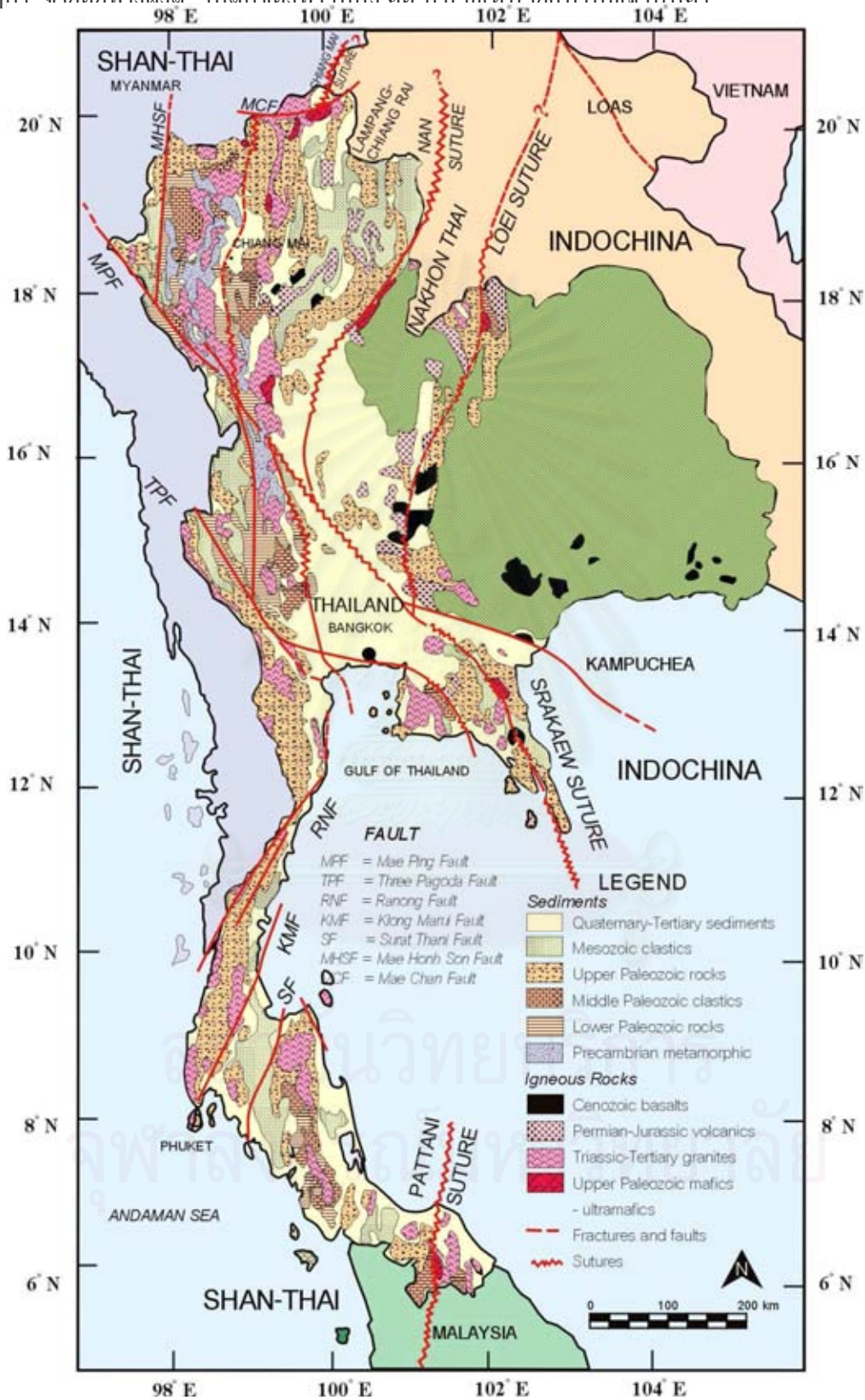
พื้นแผ่นดินประเทศไทยที่เห็นในปัจจุบันเกิดจากการปะทะกันหรือชนกันของหินฐานธรณีฐานไทย (Bunopas, 1981; แสงอาทิตย์ เชื้อวิโรจน์, 1991) แต่ในที่นี้เรียกหน่วยแปรสัณฐานในไทยว่าฉานไทย (Shan Thai tectonic Unit) (ครึ่งหนึ่งของประเทศไทยด้านตะวันตก ส่วนตะวันออกของประเทศพม่า และส่วนตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศมาเลเซีย) กับหินฐานธรณีอินโดจีน (Bunopas, 1981, แสงอาทิตย์ เชื้อ

วิโรจน์, 1991) ซึ่งในที่นี้เรียกหน่วยแปรสัณฐานอินโดจีน (ครึ่งหนึ่งของประเทศไทยด้านตะวันออกประเทศลาว ประเทศกัมพูชาและรวมถึงประเทศเวียดนามและส่วนตะวันออกของประเทศมาเลเซีย) ในเวลายุคไทรแอสสิก (Bunopas, 1981) แม้ว่าทั้งสองหินฐานธรณีจะมีประวัติที่ไม่เกี่ยวข้องกันนักก่อนที่มีการชนกัน แต่มีความคล้ายคลึงกันทางด้านลำดับชั้นหินและตำแหน่งเส้นแวงบรรพกาล (paleolatitudes) ที่บ่งชี้หลักฐานโดยอาศัยซากบรรพชีวินทำให้เข้าใจว่าทั้งสองทวีปนี้น่าจะมีจุดกำเนิดมาจากแหล่งเดียวกัน คือ บริเวณขอบอกิมหาทวีปกอนด์วานาด้านตะวันออก แต่อย่างไรก็ตามยังเป็นข้อแย้งกันอยู่ในเรื่องตำแหน่งของหน่วยแปรสัณฐานของไทยที่อาจเกี่ยวกับหินฐานทวีปออสเตรเลีย

จากข้อมูลเบื้องต้นที่เราได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสถานะแม่เหล็กบรรพกาล (paleomagnetic) ในประเทศไทย (Bunopas และคณะ 1978, Bunopas, 1981; Imsamut และคณะ, 1993, Charusiri และคณะ, 1996) ในประเทศมาเลเซีย (McElhiny และคณะ, 1974 ; Haile, 1980;) และในประเทศจีน (Yang และ Besse, 2001) ทำให้มีข้อสนับสนุนทฤษฎีธรณีแปรสัณฐานที่ว่าทวีปเอเชียประกอบขึ้นด้วยทวีปใหญ่ๆ น้อยหลายทวีปรวมกัน (Xu และคณะ, 1996)

จากการเทียบเคียงหรือเทียบสัมพันธ์ (correlation) ชั้นหินของฉานไทยและอินโดจีนจากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก การลำดับชั้นหินและซากดึกดำบรรพ์ โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ศึกษาทำให้ทราบรายละเอียดเกี่ยวกับชั้นหินก่อนอายุไทรแอสสิกตอนปลายมากขึ้น ชั้นหินตะกอนแปรสภาพมหายุคพรีแคมเบรียน ตลอดจนหินทรายและหินปูนมหายุคพาลีโอโซอิกตอนต้นปรากฏอยู่ทางด้านตะวันตกของประเทศไทย (โดยเฉพาะทางตอนเหนือ) เท่านั้นและมีแนววางตัวของชั้นหินอยู่ประมาณเหนือ-ใต้ ส่วนทางด้านตะวันออกของเทือกเขาตะวันตก (western mountain ของ Bunopas, 1981) หรือที่เรียกว่าเขตแนวโค้งสุโขทัย (Sukhothai Fold Belt) ในที่นี้จัดให้เป็นหน่วยแปรสัณฐานใหม่ที่เรียกหน่วยแปรสัณฐานลำปาง-เชียงราย (Chiang Rai Tectonic Unit) มีชั้นหินหนาของมหายุค พาลีโอโซอิกตอนกลางและหินภูเขาไฟซึ่งตรงข้ามกับฝั่งตะวันตกของเทือกเขาตะวันตก นอกจากนั้นยังมีบริเวณเขตแนวโค้งเลย (Loei Fold Belt) ซึ่งในที่นี้เราจัดเรียกชื่อใหม่ว่า หน่วยแปรสัณฐานนครไทย (Nakhon Thai Tectonic Unit) พบชั้นหินบางๆ ของมหายุคพาลีโอโซอิกตอนกลางและบางครั้งมีหินภูเขาไฟและตะกอนภูเขาไฟเกิดรวม (assemblage) อยู่ด้วย พบชั้นหินทรายอาร์ไนต์และหินดินอาร์จิลไลต์ และหินปูนคาร์บอนเนตมหายุคพาลีโอโซอิกทางตอนกลางและแผ่กระจายไปทั่วทั้งตะวันออกและตะวันตกของหน่วยแปรสัณฐานของตะกอนทะเลยุคไทรแอสสิกที่หนาและมีอายุอ่อนที่สุดปรากฏอยู่ในแอ่งขาวรีเหนือ-ใต้ ทั้งทางฝั่งตะวันตกของเทือกเขาตะวันตกซึ่งได้แก่ (แอ่ง อ.แม่สอด-จ.แม่ฮ่องสอน) ทางฝั่งตะวันออก ซึ่งได้แก่ (แอ่ง จ. ลำปาง แพร่ อุตรดิตถ์) หินไทรแอสสิกที่แอ่งลำปางมีหินภูเขาไฟเกิดรวมอยู่ด้วยในชั้นล่าง ๆ แต่ไม่พบในบริเวณแอ่งแม่สอด-แม่ฮ่องสอน พบตะกอนทะเลหินภูเขาไฟเรสซิกพอกหินดินดานและหินปูน (หรือที่เรียกหินปูนกะมอกะลา Kamarkala Limestone, ดู Bender, 1983) วางตัวอย่างต่อเนื่องกับหินตะกอนทะเลยุคไทรแอสสิกในแอ่งแม่สอด-แม่ฮ่องสอน ส่วนหินมหายุคมีโซโซอิกตอนบนส่วนใหญ่เป็นหินทรายสีแดง (red beds) ยุคจูแรสสิก ยุคครีเตเชียส หรือกลุ่ม

หินโคราชซึ่งพบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งบริเวณศึกษาของจังหวัดเลยและบริเวณแอ่งโคราช และ  
 กระจัดกระจายอยู่ทางฝั่งตะวันตกของที่ราบสูง ดั้ง บริเวณหน่วยแปรสัณฐานเบอร์



รูป 3.2 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวของหินในหน่วยแปรสัณฐานขนาดใหญ่  
 (Charusiri และคณะ, 1997)

ไทย ตลอดจนในแหลมไทย บริเวณกระบี่-สุราษฎร์ธานี-นอกพื้นที่ศึกษา กลุ่มหินโคราชช่วงบน ๆ พบหินทรายเนื้อแข็งปนเกลือหินและโพแทช ยุคหินมหายุคซีโนโซอิกทั้งหมดในประเทศไทยเกิดในแอ่งน้ำจืดหรือทะเลสาบเป็นส่วนใหญ่มิมีหินดินดาน หินทรายและบางแอ่งมีถ่านหินลิกไนต์และหินน้ำมันปนอยู่ด้วยซึ่งแอ่งต่าง ๆ เหล่านี้เกิดขึ้นจากการยุบตัวของแอ่งรอยเลื่อน (fault-block basins) ทั้งในเขตที่สูงภาคเหนือ-ตะวันตก (North-Western Highland) และอ่าวไทย (Bunopas, 1976, 1981)

ธรณีวิทยาโครงสร้างของประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียงในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้คงได้รับอิทธิพลจากการแปรสัณฐานของการปะทะกันระหว่างแผ่นทวีปอินเดีย (Indian plate) และแผ่นทวีปเอเชีย (Asian plate) ตั้งแต่ยุคครีเทเชียสตอนกลางเป็นต้นมา การวางตัวของหินต่าง ๆ อยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ยกเว้นบริเวณแอ่งที่ราบสูงโคราชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือตามแนวของกลุ่มรอยเลื่อนแม่น้ำแดง (Red River Fault) หรือวางตัวอยู่ประมาณชายแดนประเทศลาว มณฑลยูนนานและประเทศเวียดนาม ส่วนบริเวณทางใต้ที่เรียกว่าแผ่นดินซุนดา (Sundaland) แผ่กระจายไปถึงบอร์เนียวและบางส่วนมีทะเลปกคลุมอันเป็นผลจากการมุดตัว (subduction) ของพื้นสมุทรโบราณและอินเดีย (Tethyan & Indian Oceanic Floors) ในช่วงมหายุคมีโซโซอิกและซีโนโซอิก รอยเลื่อนเหลี่ยมข้าง (Strike-slip fault) ทั้งหลายที่อาจเกิดขึ้นในช่วงนี้ยังไม่ทราบขนาดและเวลาที่แน่นอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของทวีปที่ถูกปกคลุมอยู่ด้วยพื้นทะเล

แผ่นทวีปจีนตอนใต้ (South China Plate) และแผ่นดินซุนดา (Sundaland Plate) อาจแยกออกจากกันโดยกลุ่มรอยเลื่อนแม่น้ำแดง (Red River Fault Zone) ส่วนของแผ่นดินซุนดาหรือแผ่นดินทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อาจเคลื่อนตัวลงมาทางใต้พร้อมกับการหมุนตัวตามเข็มนาฬิกาจึงเป็นผลให้เกิดรอยเลื่อนแม่น้ำแดงเคลื่อนไปทางซ้าย (sinistral movement) ในช่วงเวลายุคครีเทเชียสตอนบนถึงสมัยนีโอจีน Tapponnier และคณะ, 1986) นอกจากนั้น Bunopas & Vella (1983) ยังได้อธิบายการเกิดของอ่าวไทย และธรณีแปรสัณฐานของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ทั้งหมดโดยที่อ่าวไทยในช่วงปลายยุคครีเทเชียสและ/หรือช่วงมหายุคซีโนโซอิก มีการแยกและเคลื่อนที่ของพื้นสมุทรทำให้เกิดรอยเลื่อนแบบปกติแบบยกตัว (horst) และยุบตัว (graben) เกิดอ่าวไทยขึ้น และมีการแยกตัวในแผ่นดินแบบเดียวกันบริเวณเหนือกรุงเทพฯ ทำให้เกิดแอ่งเจ้าพระยาขึ้น ไปสิ้นสุดบริเวณเหนือจังหวัดสุโขทัย

### 3.4.2 ลักษณะโครงสร้างที่สำคัญ (Structural Features)

ลักษณะโครงสร้างสำคัญที่จะกล่าวถึงเป็นข้อมูลที่รวบรวมจากการสำรวจธรณีวิทยาของคณะผู้วิจัยนักธรณีวิทยาไทยและต่างประเทศที่เข้ามาทำงานในประเทศไทยเป็นข้อมูล เกี่ยวกับรอยไม่ต่อเนื่อง (unconformities) รอยโค้ง (folds) และรอยเลื่อน (faults) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.4.2.1 รอยไม่ต่อเนื่อง (Unconformities) ที่สำคัญและพบในหินฐานธรณีฐานไทยมีอยู่หลายบริเวณเช่น (1) บริเวณ จ.เชียงใหม่-จ.แม่ฮ่องสอนพบหินอบหลวงไนส์ อายุพรีแคมเบรียน (PE) วางตัวไม่

ต่อเนื่องกับหินผาบ่องควอตซ์ไชต์ และหินปูนสอด อายุแคมเบรียนจนถึงออร์โดวิเชียน (EO) บริเวณ จ. ตาก (2) หินชั้นสีคอมเพลกซ์และหินลานสางไนส์ อายุพรีแคมเบรียน วางตัวไม่ต่อเนื่องกับกลุ่มหินคลองวังเจ้า อายุแคมเบรียนถึงออร์โดวิเชียน (3) ที่ จ. กาญจนบุรี หินทับศิลาไนส์ วางทับโดยชุดหินเจ้าเณร ควอตซ์ไชต์ และหินปูนท่ามะนาว อย่างไม่ต่อเนื่องที่บริเวณแม่น้ำน้อยแควน้อยและแควใหญ่ นอกจากนี้ยังพบรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง ในบริเวณต่าง ๆ อีกเช่น ที่ (4) จ. ชลบุรี-จ.ระยอง-อ.แกลง มีหินชลบุรีไนส์ กับหินควอตซ์ไชต์ เกาะล้านและหินปูนสีซัง (5) ที่บริเวณแหลมไทยฝั่งตะวันตกมีหินขอมไนส์ สัมผัสกับหมวดหินตะรุเตาและหินปูนทุ่งสง (6) หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสบริเวณ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ คือ ชั้นหินทรายสีแดงฝาง (Fang Red Beds) ซึ่งเทียบเคียงได้กับชั้นหินทรายสีแดงเถิน (Thoen Red Beds) วางตัวไม่ต่อเนื่องกับหินเชิร์ตฝาง อายุไซลูเรียน-ดีโวเนียน (SD) และ (7) ยังพบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องระหว่าง หินปูนบางพระอายุเพอร์เมียน (Pm) กับหินดินดานสัดหีบ (SD) ที่บริเวณ จ. ชลบุรี นอกจากนั้น (8) พบหินที่วางชั้นไม่ต่อเนื่องกันระหว่างหินปูนราชบุรี (Pm) กับหินทรายสีขาวสลับกับหินดินดานสีแดง ใกล้บริเวณ อ. ทุ่งสง จ. นครศรีธรรมราช

ในช่วงปลายยุคเพอร์เมียนมีรอยสัมผัสแบบไม่ต่อเนื่องกับหินมหายุคมีโซโซอิก เช่น (1) ในภาคเหนือที่ จ.เชียงใหม่และ จ.แม่ฮ่องสอน มีหินปูนเชียงดาวและหินปูนปาย (Pm) กับกลุ่มหินแม่สะเรียงยุคไทรแอสสิก (Tr) (2) ที่ จ.ตาก และ อ.แม่สอดมีหินปูนพระวอ (Pm) กับกลุ่มหินแม่เมย (Tr) (3) ที่ จ. กาญจนบุรีด้านตะวันตกของแม่น้ำแควน้อยระหว่างหินปูนราชบุรี(Pm) กับชุดหินแก่งระเบิดและหินปูนดิโสอายุจูแรสสิก (J) และ (4) ที่ภาคตะวันออกมีหินปูนบางพระและหินปูนแกลง (Pm) ถูกวางทับโดยชั้นหินทรายสีแดง และที่เขาคินตั้ง (Khao Hin Tang Red Beds) ยุคจูแรสสิก

รอยชั้นไม่ต่อเนื่องที่พบในกลุ่มแนวชั้นหินของหน่วยหินแปรล้านช้าง-เข็ญรายหรือแนวหิน จ.ตาก จ.สุโขทัย และจ.นครสวรรค์ ได้แก่ (1) รอยชั้นไม่ต่อเนื่องระหว่างชุดหินบ่อพลอย (SD) กับชุดหินแม่โถ (Pm) ที่ จ.ตาก ส่วน (2) กลุ่มหินทุ่งเสถียรและผาซ่อม (SD) ถูกหินภูเขาไฟวางทับก่อนที่มีกลุ่มหินดำนลานหอย (C) และกลุ่มหินแปร (CP) วางทับอยู่ข้างบนที่ จ.สุโขทัย

รอยชั้นไม่ต่อเนื่องในกลุ่มแนวชั้นหินของหน่วยแปรล้านชำนครไทยหรือแนวชั้นหินคดโค้งเลยที่ บริเวณ จ.อุตรดิตถ์ คือ (1) รอยชั้นไม่ต่อเนื่องระหว่างหินปูนที่ตรอน (Pm) กับกลุ่มหินน้ำปาก (Tr) มีหินภูเขาไฟแทรกอยู่ระหว่างกลาง (2) บริเวณขอบที่ราบสูงโคราชพบกลุ่มหินสระบุรี (Pm) และหมวดหินน้ำผา (Tr) ถูกวางทับอย่างไม่ต่อเนื่องกับหินภูเขาไฟหล่มสัก (Tr) ก่อนที่จะมีการทับถมของตะกอนกลุ่มหินโคราช (J-K) (3) บางบริเวณด้านตะวันออกของ อ.สระแก้ว จ.ปราจีนบุรี มีหินภูเขาไฟ (Pm-Tr) วางทับอยู่บนหินปูน (Pm) ในบางบริเวณหินปูนนี้วางตัวอย่างต่อเนื่องจนถึงหินทรายสกปรก (Tr) ยุคไทรแอสสิก

**3.4.2.2 รอยโค้ง (Fold)** ชั้นหินคดโค้งที่ปรากฏในบริเวณหินฐานธรณีฐานไทย หรือหน่วยแปรล้านชำนครไทยในภาคเหนือส่วนมากเป็นรอยคดโค้งแบบอสมมาตร (asymmetrical fold) มุมแหลม (tight fold) และแบบตลบทับ (overtuned) โดยมีแกนของชั้นหินคดโค้งอยู่ในแนวเหนือใต้ พบชั้นหินคดโค้งรูปประทุน (anticline) ขนาดใหญ่อยู่หลายบริเวณ โดยมีชั้นหินยุคแคมเบรียนเป็นแกนกลางของรอยคดโค้ง เช่น ที่ บริเวณ จ.แม่ฮ่องสอน ชั้นหินแนวเหนือใต้ที่วางทับทั้งสองข้างของชั้นหิน คดโค้ง (fold limb)

ได้แก่ หินปูนยุคออร์โดวิเซียน บริเวณตะวันออกของ อ.ขุนยวม ลงไปทางใต้ ถึง อ.แม่สะเรียง แขนของชั้น หินคดโค้งรูปประทุนนี้จะถูกหินแกรนิตยุคไทรแอสซิกดันแทรกขึ้นมา (Chuaviroj et al, 1984) บริเวณทาง ฝั่งตะวันตก โดยเฉพาะตั้งแต่กลุ่มรอยเลื่อนแม่ปิงลงไปทางแหลมไทยถึง จ.ประจวบคีรีขันธ์ แขนของชั้น หิน คดโค้งจะวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ บางบริเวณพบชั้นหินคดโค้งแบบตลบทับ ที่มีระนาบแกน(axial plane)เอียงไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (Baum et al, 1970) บริเวณแหลมไทยตั้งแต่ จ. ประจวบคีรีขันธ์ ลงไปถึงกลุ่มรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย แขนของชั้น หินคดโค้งจะวางตัวในแนว ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และบริเวณส่วนที่เหลือของแหลมไทยไปจนถึงประเทศมาเลเซียแกน ของชั้นหินคดโค้งนี้จะเปลี่ยนเป็นแนวเหนือ-ใต้

ในบริเวณกลุ่มแนวชั้นหินของหน่วยแปรสัณฐานลำปาง-เชียงรายหรือแนวคดโค้งสุโขทัย เป็นชั้น หินคดโค้งรูปประทุน และรูปประทุนหงาย (anticline & syncline) สลับกันเป็นทั้งแบบมุมแหลมตลบทับ และอสมมาตร ที่บริเวณตะวันออกของ อ.ทุ่งช้าง จ.น่าน ชั้นหินแผ่กระจายไปทางทิศตะวันออกสุดชายแดน ไทย-ลาว พบชั้นหินคดโค้งแบบรูปประทุนตลบทับและรูปประทุนหงายตลบทับของหินมหายุคพาลีโอโซ อิกตอนบน-มิโซโซอิก โดยมีระนาบแกนเอียงไปทางทิศตะวันตก (Baum และคณะ, 1970) นอกจากนั้นยัง พบชั้นหินคดโค้งรูปประทุนหงายแบบตลบทับของหินมหายุคมีโซโซอิกระหว่าง อ.พาน และ จ. เชียงราย โดยมีระนาบแกนเอียงไปทางทิศตะวันตกเช่นกัน (Baum และ คณะ, 1970)

กลุ่มแกนของชั้นหินคดโค้ง (fold axes) ในภาคเหนือโดยทั่วไปบิดเป็นรูปตัวเอส (s-shape) กล่าวคือ บริเวณด้านเหนือตั้งแต่ อ.เชียงดาวไปจนถึง จ.เชียงราย มีแกนของชั้น หินคดโค้งอยู่ในแนว ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และค่อย ๆ เปลี่ยนไปอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียง ใต้ ในบริเวณตอนล่างที่ จ.เชียงใหม่ จ.พะเยา และ อ.งาว ส่วนบริเวณตอนใต้ จ.ลำปางและ จ.แพร่ แกน ของชั้นหินคดโค้งนี้ค่อย ๆ เปลี่ยนไปอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้จนถึงบริเวณ จ.ตาก- จ.สุโขทัย จะกลับมีแนวอยู่เหนือ-ใต้

ที่ จ.จันทบุรี (นอกพื้นที่ศึกษา) ในกลุ่มแนวของชั้นหินของชั้นหินคดโค้งเลย (Loei Fold Belt) พบ หินยุคไทรแอสซิกตอนบนถึงยุคจูแรสซิกแผ่กระจายลงไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้จนถึงประเทศกัมพูชา หินปูนยุคเพอร์เมียนทางด้านตะวันตกของประเทศกัมพูชาถูกบีบอัดและวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียง เหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้เป็นรูปประทุนและประทุนหงายขนานไปกับแกนแนวโค้งอินโดจีน (Indochin fold axes) ที่บริเวณ จ. เลยเป็นมวลเขาสูงเฮอไรไซเนียน (Hercynian Massif) ที่ถูกบีบอัดตัวอย่างรุนแรงของกลุ่ม หินตะนาวศรี (เทียบได้กับกลุ่มหินทองผาภูมิ) พร้อมกับ หินปูนและหินดินดานยุคเพอร์เมียนที่ถูกวางทับ โดยหินมหายุคมีโซโซอิกของแอ่งสกลนคร แนวหินคดโค้งของหินมหายุคมีโซโซอิกนี้แผ่กระจายเป็นแนว ยาวจากเมืองปากเล (Pak-Lay) หลวงพระบาง จนถึงชั้นหินคดโค้งที่ จ. เพชรบูรณ์ (Workman, 1975)

แกนของชั้นหินคดโค้งยุคครีเตเชียสตอนปลายในที่ราบสูงโคราชพบว่ามีอยู่สองทิศทาง คือ ตะวันตกก่อนไปทางตะวันตกเฉียงเหนือและทิศเหนือ หรืออยู่ระหว่างทิศเหนือ-ตะวันออกเฉียงเหนือแกน ของชั้นหินที่ถูกบีบอัดตัวไม่รุนแรงมักจะแสดงเป็นรูปประทุนและประทุนหงาย ส่วนบริเวณตลอดแนวด้าน

ตะวันออกของประเทศไทยถึงประเทศลาวพบว่าแนวแกนของชั้นหินคดโค้งจะอยู่ในแนวตะวันตก-ตะวันตกเฉียงเหนือ ส่วนทางตะวันตกของที่ราบสูงโคราชแกนของชั้นหินคดโค้งยุคจูแรสซิก-ครีเตเชียสจะวางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นผลกระทบมาจากบรรพตังสรรค์หิมาลัยหรือกระบวนการก่อเทือกเขาหิมาลัย (Himalayan Orogeny) มีหลักฐานหลายประการ ที่บ่งว่าในบริเวณช่วงมหาสมุทรโอโซอิกตอนปลายถึงมีโซโซอิกตอนต้นน่าจะมีกระบวนการก่อเทือกเขา หรือบรรพตังสรรค์ (Orogeny) เกิดขึ้นอย่างน้อย 3 ครั้งใหญ่ ๆ คือ ครั้งแรกเกิดในช่วงยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนกลาง ครั้งที่สองเกิดในช่วงยุคไทรแอสซิกตอนต้น และครั้งที่สามเกิดในช่วงยุคไทรแอสซิกตอนปลายหรือช่วงสมัยไลแอสซิก (Liassic) ซึ่งบรรพตังสรรค์แต่ละครั้งเหล่านี้เรียกว่า “เฮอริไซเนียน” (Hercynian) อินโดซิเนียนครั้งที่ 1” (Indosinian I) และ “อินโดซิเนียนครั้งที่ 2 (Indosinian II) ตามลำดับ (Workman, 1975, Charusiri และคณะ, 1997)

**3.4.2.3 กลุ่มรอยเลื่อน (Fault Zones)** กลุ่มรอยเลื่อนที่สำคัญในประเทศไทย (รูป 3.3) รวบรวมมาจากหลายแหล่งซึ่งบางกลุ่มยังใช้ชื่อเดิม มีรอยเลื่อนทั้งหมด 17 กลุ่ม (รูป 3.4) แต่ที่สำคัญมี 13 กลุ่ม และอยู่ในภาคเหนือในพื้นที่ศึกษา จำนวน 6 รอยเลื่อน เริ่มจากส่วนบนสุดของประเทศลงไปทางใต้ตามลำดับคือ

**1. กลุ่มรอยเลื่อนแม่จัน (Mae Chan Fault Zone)** รวมถึงรอยเลื่อนแม่จัน จ. เชียงราย และรอยเลื่อนคอยเกี้ยว อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ มีความยาวประมาณ 150 กม. กลุ่มรอยเลื่อนนี้ อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เริ่มจากประเทศลาว ผ่าน อ.เชียงแสน แหล่งน้ำพุร้อน อ.แม่จัน จ.เชียงราย ตามสายแม่น้ำกกจนถึงแอ่ง อ. ฝาง จ. เชียงใหม่ เป็นกลุ่มรอยเลื่อนที่ตัดผ่านหินแกรนิตยุคไทรแอสซิกเป็นส่วนใหญ่ (Chuaviroj และคณะ, 1980,; Nutalaya และคณะ, 1985)

**2. กลุ่มรอยเลื่อนแม่สะเรียง (Mae Sarieng Fault Zone)** เป็นกลุ่มรอยเลื่อนที่ตัดผ่านเข้ามาในประเทศไทยในแนวเหนือ-ใต้ จากประเทศพม่า กลุ่มรอยเลื่อนกลุ่มนี้ที่สำคัญ ได้แก่ รอยเลื่อนขุน ยวม ที่ผ่าน อ.เมืองฯ อ. ขุนยวม อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน ไปสิ้นสุดที่กลุ่มรอยเลื่อนแม่ปิง มีความยาวประมาณ 200 กม. ส่วนใหญ่หินมหายุคมีโซโซอิก บริเวณ อ.ขุนยวมและ อ.แม่สะเรียง จะถูกกลุ่มรอยเลื่อนนี้แยกออกจากหินมหายุคพาเลโอโซอิกแอ่งต่าง ๆ ในบริเวณนี้เกิดจากอิทธิพลของกลุ่มรอยเลื่อนนี้เช่นกัน (Baum และคณะ, 1970; Campbell และคณะ, 1973) ซึ่ง Charusiri (1989) รอยเลื่อนแม่สะเรียงมีประวัติการเลื่อนตัวรุนแรงเมื่อ 80 ล้านปีมาแล้ว

**3. กลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา (Mae Tha Fault Zone)** กลุ่มรอยเลื่อนแม่ทาจะอยู่ในแนวเหนือใต้ รวมถึงรอยเลื่อนแม่ใจ อ. ฝาง จ. เชียงใหม่ ผ่านแอ่ง อ. พริ้ว ลงไปทางด้านตะวันออกของ อ. คอยสะเก็ด และ อ. สันกำแพง จ.เชียงใหม่ ตามแนวยาวของลำน้ำแม่ทา กลุ่มรอยเลื่อนจะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงทิศทางไปในแนวตะวันตกเฉียงใต้ มีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 200 กม. ปัจจุบันพบว่ายังมีการเลื่อนตัวอยู่ หินที่พบในบริเวณ



กลุ่มรอยเลื่อนนี้เป็นหินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนกลางถึงตอนปลาย และหินแกรนิตยุคไทรแอสซิก บริเวณแอ่งฝางจะมีการเคลื่อนตัวทางฝั่งตะวันตกของระนาบรอยเลื่อน (Baum และคณะ, 1970; Piyasin, 1972; Chuaviroj และคณะ, 1980)

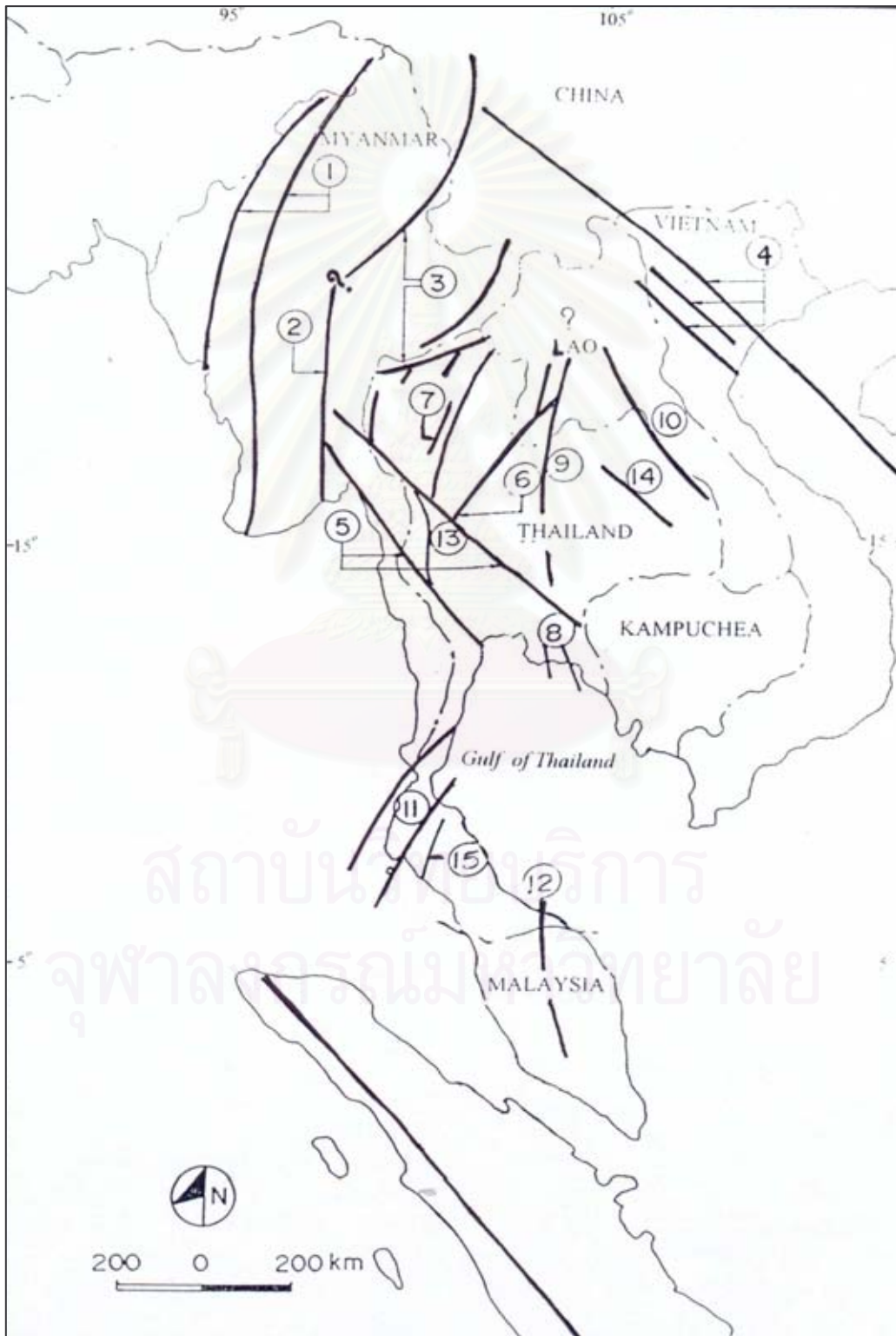
4. **กลุ่มรอยเลื่อนแพร์ (Phrae Fault Zone)** รวมถึงรอยเลื่อนเถินมีแนวกระจายกว้างจากแอ่ง จ. ลำปางถึงแอ่ง จ. แพร์ มีแนวยาวจากแอ่ง อ. เถิน ยาวประมาณ 250 กม. เลยไปต่อกับรอยเลื่อนเดียนเบียนฟู (Dien Bien Phu Fault Zone) และบริเวณเมืองไชยบุรีและเมืองหลวงพระบางในประเทศลาว กลุ่มรอยเลื่อนนี้ตัดผ่านหินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลาย จนถึงหินมหายุคมีโซโซอิก ในประเทศไทย เชื่อกันว่าเป็นรอยเลื่อนเหลี่ยมข้างแบบเคลื่อนตัวไปทางขวา (dextral fault) ตามทิศทางเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนเดียนเบียนฟู (Shawe, 1984; Campbell และคณะ, 1973; Tapponnier และคณะ, 1986)

5. **กลุ่มรอยเลื่อนแม่ปิง (Mae Ping Fault Zone)** เป็นกลุ่มรอยเลื่อนที่รวมเอารอยเลื่อนหลายแนว ได้แก่ รอยเลื่อนเมฆ-อุทัยธานี รอยเลื่อนวังเจ้าและรอยเลื่อนลานสาง มีทิศทางไปทางตะวันออกเฉียงใต้โดยเริ่มต้นจากรอยเลื่อนสะแกิง (Sagaing Fault) หรือรอยเลื่อนฉาน (Shan Boundary Fault Zone) ในประเทศพม่า ผ่านเข้ามาในประเทศไทยบริเวณแม่น้ำเมยด้านตะวันตกเฉียงใต้ของ อ. แม่สะเรียง จ. แม่ฮ่องสอน ผ่านบ้านลานสาง จ. ตาก แม่น้ำปิง จ. กำแพงเพชร และ จ. นครสวรรค์ ต่อเลยไปถึง อ. สระแก้ว จ. ปราจีนบุรี และประเทศกัมพูชา ส่วนที่ผ่านประเทศไทย มีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 750 กม (รูป 3.2) กลุ่มรอยเลื่อนนี้ตัดผ่านชั้นหินมากมายตั้งแต่มหายุคพรีแคมเบรียนถึงเมโซโซอิกและพบว่าหินมหายุคพรีแคมเบรียนของเชียงใหม่ไนส์ ตากไนส์ และบ้านไร่ไนส์คอมเพลกซ์เคลื่อนตัวไปทางซ้ายประมาณ 100 กม. (Campbell และคณะ, 1973; Bunopas, 1981; Chantaramee, 1981; Tapponnier และคณะ, 1986) จากการหาอายุรอยเลื่อนไทย Charusiri (1989) โดยใช้วิธี Ar/Ar พบว่ารอยเลื่อนแม่ปิงเคลื่อนตัวรุนแรงเมื่อประมาณ 70 ล้านปีมาแล้ว

6. **กลุ่มรอยเลื่อนอุตรดิตถ์ (Uttaradit Fault Zone)** เป็นกลุ่มรอยเลื่อนที่อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เริ่มต้นต่อจากรอยเลื่อนเดียนเบียนฟู (รูป 3.3) ประเทศเวียดนามผ่านเมืองไชยบุรี ประเทศลาว ตามแนวแม่น้ำป่าด คลองตรอน และแอ่งเจ้าพระยาตอนบน บริเวณ จ. อุตรดิตถ์ จ. สุโขทัย และ อ. ลานกระบือ จ. กำแพงเพชร กลุ่มรอยเลื่อนนี้ยาวประมาณ 250 กม. ส่วนใหญ่ตัดผ่านกลุ่มหินโคราช การเคลื่อนตัวของกลุ่มรอยเลื่อนนี้เข้าใจว่าเป็นลักษณะเดียวกันกับ รอยเลื่อนเดียนเบียนฟู กล่าวคือเป็นแบบเคลื่อนตัวไปทางขวา (dextral fault) ในช่วงยุคเทอร์เชียรีตอนกลางต่อมาจะเคลื่อนตัวไปทางซ้าย (sinistral fault) ในยุคควอเทอร์นารี (Tapponnier และ คณะ, 1986)

7. **กลุ่มรอยเลื่อนเพชรบูรณ์ (Petchabun Fault Zone)** วางตัวอยู่ในแนวเหนือใต้เป็นกลุ่มรอยเลื่อนที่อาจเชื่อมต่อกับกลุ่มรอยเลื่อนอุตรดิตถ์ที่เมืองปากเล (Paklay-Lay) ประเทศลาวผ่านเข้ามาในประเทศไทย

ทางด้านตะวันตกของ อ. ภูเรือ จ. เลย ในแนวเหนือใต้ผ่านแอ่งเพชรบูรณ์ลุ่มน้ำป่าสักเกิดจากอิทธิพลของกลุ่มรอยเลื่อนนี้ซึ่งตัดผ่านกลุ่มหินโคราช และกลุ่มหินสระบุรี



รูป 3.3 กลุ่มรอยเลื่อนที่สำคัญในประเทศไทยและข้างเคียง 13 กลุ่ม (ดัดแปลงจาก ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2540)

8. **กลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ (Srisawat Fault Zone)** กลุ่มรอยเลื่อนนี้วางตัวขนานและอยู่กลางระหว่างแนวกลุ่มรอยเลื่อนแม่ปิงและกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ เริ่มทางตะวันตกเฉียงใต้เริ่มจาก อ. ศรีสวัสดิ์และบริเวณตอนเหนือของ อ. บ่อพลอย จ. กาญจนบุรี ผ่านแม่น้ำแควใหญ่ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เข้าไปประเทศพม่าต่อกับกลุ่มรอยเลื่อนแม่ปิงและSagaing Fault โดยตัดผ่านหินตั้งแต่มหายุคพาเลโอโซอิกตอนต้น ถึงมหายุคมีโซโซอิกตอนต้นมีความยาวประมาณ 200 กม. (Nutalaya และคณะ, 1985)

9. **กลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (Three Pagoda Fault Zone)** เป็นกลุ่มรอยเลื่อนอีกกลุ่มหนึ่งที่วางตัวขนานกับกลุ่มรอยเลื่อนแม่ปิงและกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ รวมกับ Sagaing Fault ในประเทศพม่า (รูป 3.3) เป็นรอยเลื่อนเหลี่ยมข้างแบบตามแนวระดับเคลื่อนตัวไปทางซ้าย (Tapponier และคณะ, 1986) กลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์นี้ผ่านเข้ามาในประเทศไทยบริเวณด่านเจดีย์สามองค์ อ. สังขละบุรี จ. กาญจนบุรี ตามแนวแม่น้ำแควน้อย ผ่านชั้นหินมหายุคพาเลโอโซอิกและมิโซโซอิกและผ่าน จ. ราชบุรี ถึงอ่าวไทยที่ จ. สมุทรสงคราม ยาวประมาณ 350 กม. (Campbell และคณะ, 1981; Siribhakdi, 1986) หมวดหินแกร่งกระเจานที่แผ่กระจายมาจากแหลมไทยทางใต้จะสิ้นสุดลงที่กลุ่มรอยเลื่อนนี้ จากการหาอายุของผลึกควออตซ์ที่เกิดในระนาบรอยเลื่อนบริเวณเขื่อนเขาแหลมแควน้อยพบว่าการเคลื่อนตัวครั้งล่าสุดประมาณ 3 แสนปี (Mikuni, 1981) จากการศึกษาและวิเคราะห์โดย Charusiri (1989) พบว่าการเคลื่อนตัวที่รุนแรงมากของรอยเลื่อนด่านเจดีย์สามองค์มีอายุประมาณ 70 ล้านปี

10. **กลุ่มรอยเลื่อนแกลง (Klaeng Fault Zone)** เป็นกลุ่มของรอยเลื่อนบริเวณคลองกระแสด คลองโตนด และคลองพระวาใหญ่ ที่ขนานกันอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ กลุ่มรอยเลื่อนนี้วางตัวตามคลองโตนดไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทางบริเวณทิศตะวันออกเฉียงใต้ต่อไปถึงบริเวณอ่าวเกาะนอก อ.ท่าใหม่ จ. จันทบุรี ยาวประมาณ 250 กม. ทำให้หินมหายุคพรีแคมเบรียนแยกออกจากหินยุคไซลูเรียน - ดิโวเนียนที่คลองกระแสดและหินยุคไทรแอสสิกสัมผัสกับหินยุคคาร์บอนิเฟอรัสที่คลองโตนด (Nakinbodee และคณะ, 1976) จากการหาอายุหินโดยวิธี Ar/Ar (Charusiri, 1989) สรุปได้ว่าอายุของรอยเลื่อนแกลงที่รุนแรงอาจอยู่ในช่วงประมาณ 55 ล้านปีมาแล้ว

11. **กลุ่มรอยเลื่อนระนอง (Ranong Fault Zone)** เป็นกลุ่มรอยเลื่อนเหลี่ยมข้างตามแนว (strike slip) ที่อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ประกอบด้วยรอยเลื่อนต่าง ๆ แผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างขนานกันไปจากทะเลอันดามัน จ. ระนองไปยังอ่าวไทยในทิศตะวันออกเฉียงเหนือที่บริเวณ จ.

ประจวบคีรีขันธ์ และ จ. ชุมพร ยาวประมาณ 300 กม. หินที่ถูกละลายจากกลุ่มรอยเลื่อนระนอง คือ หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียนหรือหมวดหินแก่งกระจาน (Garson และคณะ, 1970) พบว่ากลุ่มรอยเลื่อนนี้เคลื่อนตัวตามแนวระนาบอย่างน้อย 20 กม. ซึ่งมีการหาอายุของรอยเลื่อนได้ประมาณ  $113 \pm 8$  ล้านปี อย่างไรก็ตามจากการหาอายุของ Charusiri (1989) โดยใช้วิธี Ar/Ar พบว่ารอยเลื่อนนี้น่าจะมีอายุประมาณ 80 ล้านปี ต่อมาในช่วงระยะเวลายุคเทอร์เชียรีตอนกลางพบว่า กลุ่มรอยเลื่อนระนองมีการเคลื่อนตัวไปทางขวา (dextral fault) (Tapponier และคณะ, 1986; Bunopas, 1981)

**12. กลุ่มรอยเลื่อนคลองมารุ่ย (Klong Marui Fault Zone)** เป็นรอยเลื่อนเหลื่อมข้างเช่นเดียวกับกลุ่มรอยเลื่อนระนองและมีทิศทางขนานกันด้วยคือ ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้แผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างจาก จ. ภูเก็ต และ จ. พังงา ฝั่งทะเลอันดามันถึงอ่าวไทยบริเวณ จ. สุราษฎร์ธานี เป็นรอยเลื่อนสำคัญที่แยกหมวดหินแก่งกระจานยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน ออกจากหินยุคเพอร์เมียน และหินมหายุคมีโซโซอิกบริเวณส่วนใหญ่ของแหลมไทย การเคลื่อนตัวของกลุ่มรอยเลื่อนคลองมารุ่ยนี้มีการเคลื่อนตัวไปทางซ้าย (Sinistral) และน่าจะมีผลมาจากการมุดตัว (subduction) ในช่วงยุคจูแรสสิกตอนปลายถึงยุค ครีเทเชียสตอนต้น ซึ่งมีการเคลื่อนตัวไปถึงประมาณ 150 กม. (Garson และคณะ, 1970) ในช่วงยุคเทอร์เชียรีตอนกลางพบว่ากลุ่มรอยเลื่อนคลองมารุ่ยนี้มีการเคลื่อนตัวไปทางขวา (dextral fault) เช่นเดียวกับกลุ่มรอยเลื่อนระนอง (Tapponier และคณะ, 1986) ต่อมา Charusiri (1989) พบว่ารอยเลื่อนคลองมารุ่ยอาจมีการเคลื่อนตัวครั้งแรกสุดเมื่อประมาณ 70 ล้านปี

**13. กลุ่มรอยเลื่อนปัตตานี (Pattani Fault Zone)** คือ รอยเลื่อนที่ต่อมาจากประเทศมาเลเซียในแนวเหนือใต้จากเมืองเบตง (Bentong) และเมืองราวบ (Raub) ที่เรียกว่า Tomo-Raub Fault (Tan, 1981) เข้ามาในประเทศไทยบริเวณแม่น้ำสายบุรี ผ่านไปทางด้านตะวันตกของ อ. รือเสาะ จ. นราธิวาส ขึ้นไปทางเหนือที่บริเวณ จ. ปัตตานี และอาจเลยเข้าไปในอ่าวไทย (รูป 3.2 และ 3.3) Tomo-Raub Fault ในประเทศมาเลเซียเป็นรอยเลื่อนแบบปกติ (Chung และคณะ, 1978) ดังนั้นการเคลื่อนตัวของกลุ่มรอยเลื่อนปัตตานีก็น่าจะเป็นแบบปกติด้วย

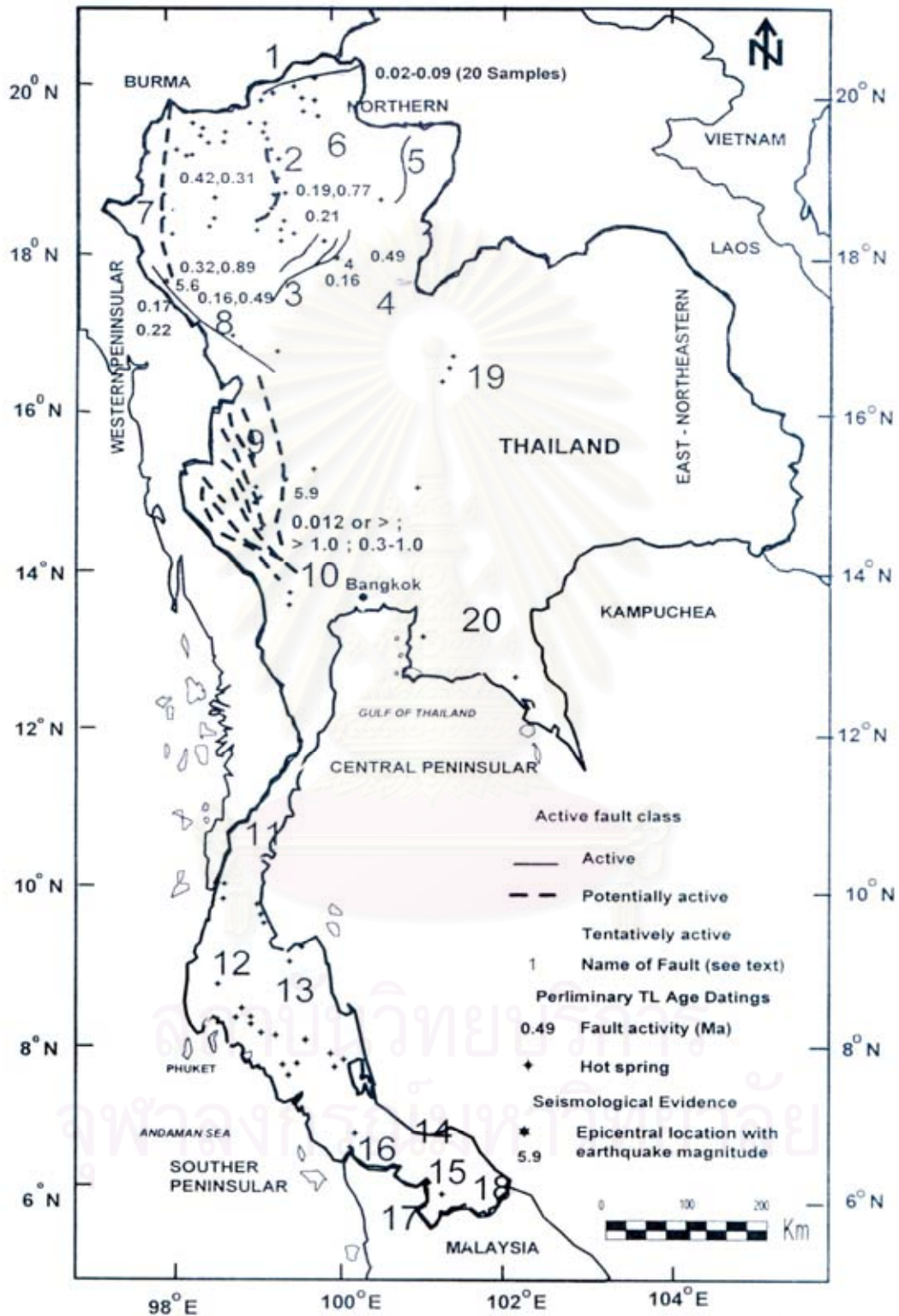
สรุปได้ว่ากลุ่มรอยเลื่อนทั้งหมด 13 กลุ่มที่กล่าวมาแล้ว มีการวางตัวอยู่ในทิศทาง 3 แนวด้วยกัน คือ ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้และแนวเหนือ-ใต้ กลุ่มรอยเลื่อนที่อยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนแม่สะเรียง กลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา กลุ่มรอยเลื่อนเพชรบูรณ์ และกลุ่มรอยเลื่อนปัตตานี กลุ่มรอยเลื่อนที่วางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนแม่ปิง กลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ กลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์และกลุ่มรอยเลื่อนแกลง ส่วนกลุ่มรอยเลื่อนที่วางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนเชียงแสน กลุ่มรอยเลื่อนแพร่ กลุ่มรอยเลื่อนอุตรดิตถ์ กลุ่มรอยเลื่อนระนอง และกลุ่มรอยเลื่อนคลองมารุ่ย กลุ่มรอยเลื่อนที่อยู่

ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และกลุ่มรอยเลื่อนที่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้เข้าใจว่ามีการเคลื่อนตัวด้านข้าง (strike-slip fault) ส่วนกลุ่มรอยเลื่อนที่อยู่ในแนวเหนือใต้เข้าใจว่าจะเคลื่อนตัวอยู่ในแนวตั้ง (normal fault)

นอกจากกลุ่มรอยเลื่อนดังกล่าวแล้วทั้งหมด ยังพบรอยเลื่อนย้อน (thrust faults) อีกหลายบริเวณ เช่น ทางตะวันออกของ อ. สอด จ. เชียงใหม่ หินยุคไทรแอสสิกถูกดันตัวขึ้นไปทางทับอยู่บนหินยุคออร์โดวิเซียน (Teggin และคณะ, 1973) บริเวณ อ. เชียงดาว และ อ. ฟาง จ. เชียงใหม่ หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน ที่ถูกบีบอัดตัวอย่างรุนแรง ถูกดันขึ้นไปสัมผัสกับหินปูนยุคเพอร์เมียน (Baum และคณะ, 1970) บริเวณตะวันตก อ. หางดง ทางใต้และตะวันตก อ. สะเมิง ตะวันตก อ. สันป่าตองและบริเวณทางเหนือ อ. สอด จ. เชียงใหม่ พบว่าหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน และหินปูน ยุคออร์โดวิเซียนจะถูกดันขึ้นไปสัมผัสกับหินมหายุคพรีแคมเบรียนไนส์ (Baum และคณะ, 1970) นอกจากนั้นยังพบลักษณะรอยเลื่อนย้อนในบริเวณอื่นอีกเช่น (1) ที่วนอุทยานลานสางบริเวณตะวันตกของ อ. เมืองตาก หินมหายุคพรีแคมเบรียนไนส์ถูกดันไปวางทับบนหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Chantaramee, 1981) ส่วนที่ (2) บริเวณเทือกเขาภูเพศ. ทับกวาง อ. แก่งคอย จ. สระบุรี หมวดหินภูเขาเพอร์เมียนตอนต้นถูกดันไปวางทับบนหมวดหินชั้นบอนยุคเพอร์เมียนตอนกลางถึงตอนปลาย (Hintong และคณะ, 1981) (3) ที่บริเวณแหลมไทยระหว่าง จ. สุราษฎร์ธานี และ จ. ตรัง หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงยุคจูแรสซิกถูกดันไปสัมผัสกับหินยุคแคมเบรียน และออร์โดวิเซียน และหินดีโวเนียน (Shawe, 1984)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ACTIVE – FAULT MAP OF THAILAND



รูป 3.4 แผนที่ประเทศไทยแสดงกลุ่มรอยเลื่อนทั้ง 17 กลุ่ม ตัวเลขแสดงถึงอายุรอยเลื่อนจากการหาอายุโดยวิธี TL dating (ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2543)

## บทที่ 4

### ธรณีวิทยารายละเอียดในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน

บทนี้กล่าวถึงธรณีวิทยารายละเอียดของพื้นที่โครงการที่ได้ทำศึกษาภาคสนามโดยเฉพาะการทำ การลำดับชั้นหินซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจสภาพธรณีวิทยาของพื้นที่โครงการ ในการลำดับ ชั้นหินสามารถแบ่งชุดหินโดยลักษณะทางศิลาวิทยา (Petrology) ลักษณะปรากฏของเนื้อหิน (lithology) ขนาดและรูปร่างของแร่ประกอบหิน (geometry of rock-forming minerals) การวิเคราะห์ลักษณะการไหล ของกระแสน้ำเก่า (paleocurrent) โครงสร้างภายในของตะกอน (sedimentary structure) และซากบรรพชีวิน (fossil) ในการศึกษารายละเอียดนี้จะทำการลำดับชั้นหินโดยยึดลักษณะของลักษณะปรากฏของตัวอย่างหิน (lithostratigraphy) ที่เก็บได้ในภาคสนามเป็นหลัก

#### 4.1 การจำแนกและการเรียกชื่อชุดหิน

##### (Stratigraphic classification and nomenclature)

พื้นที่ศึกษาครั้งนี้ คือ บริเวณตอนใต้ของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยภาพรวม ทางตะกอนวิทยาเป็นพื้นที่รอยต่อระหว่างหินหลายหน่วยหิน แต่ละหน่วยจะแสดงการเปลี่ยนแปลงทั้งทาง กายภาพและทางเคมีที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งจะช่วยบอกสภาวะแวดล้อมในขณะที่มีการสะสมตัวของ ตะกอนได้เป็นอย่างดี

สังค พันธุ์โอภาสจากกรมทรัพยากรธรณี (Bunopas, 1976) ได้ตั้งชื่อ หินตะกอนยุคไทรแอสซิกทาง ตอนใต้ของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนว่า กลุ่มหินแม่สะเรียง (Mae Sariang Group) ประกอบด้วยหินกรวดมนสี แดง (basal red conglomerate) ถัดขึ้นมาเป็นหินดินดานสีเทา แทรกสลับกับหินทรายแป้งสีเทาและหินทราย ขนาดละเอียด และบนสุดจะเป็นหินทรายสีเทาและสีแดง บางช่วงจะพบหินปูน ในการศึกษารายละเอียดนี้จะทำการ ประมวลข้อมูลเก่าของผู้ที่ได้มีการศึกษาไว้แล้ว มาเปรียบเทียบกับแผนที่แสดงขอบเขตของกลุ่มหินที่ได้จาก การแปลภาพถ่ายดาวเทียมสำรวจทรัพยากร (Landsat map) และแผนที่ธรณีวิทยาทั่วไป โดยในชั้น รายละเอียดจะทำการประมวลผลการสำรวจจัดทำเป็นแผนที่ธรณีวิทยาในแต่ละพื้นที่แล้วนำมาหา ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มหิน

ในการลำดับชั้นหินของกลุ่มหินแม่สะเรียง ได้ทำการศึกษารายละเอียดรวม 7 แนวสำรวจ โดยยึดหลักของการทำลำดับชั้นหินสากล (International Stratigraphic Guide: โดย Hedberg ปี ค.ศ. 1994) และการวัดภาพตัดขวางในแต่ละแนวจะอ้างอิงสัญลักษณ์ที่เสนอโดย Selly (1996) (รูป 4.1) การวางตัวของ ชั้นหิน (attitudes of bedding) รอยแตก และรอยเลื่อน จะแสดงด้วยทิศทางการวางตัวและมุมเอียงเท ตามลำดับ

## 4.2 การทำรังวัดกลุ่มหิน (Measured section)

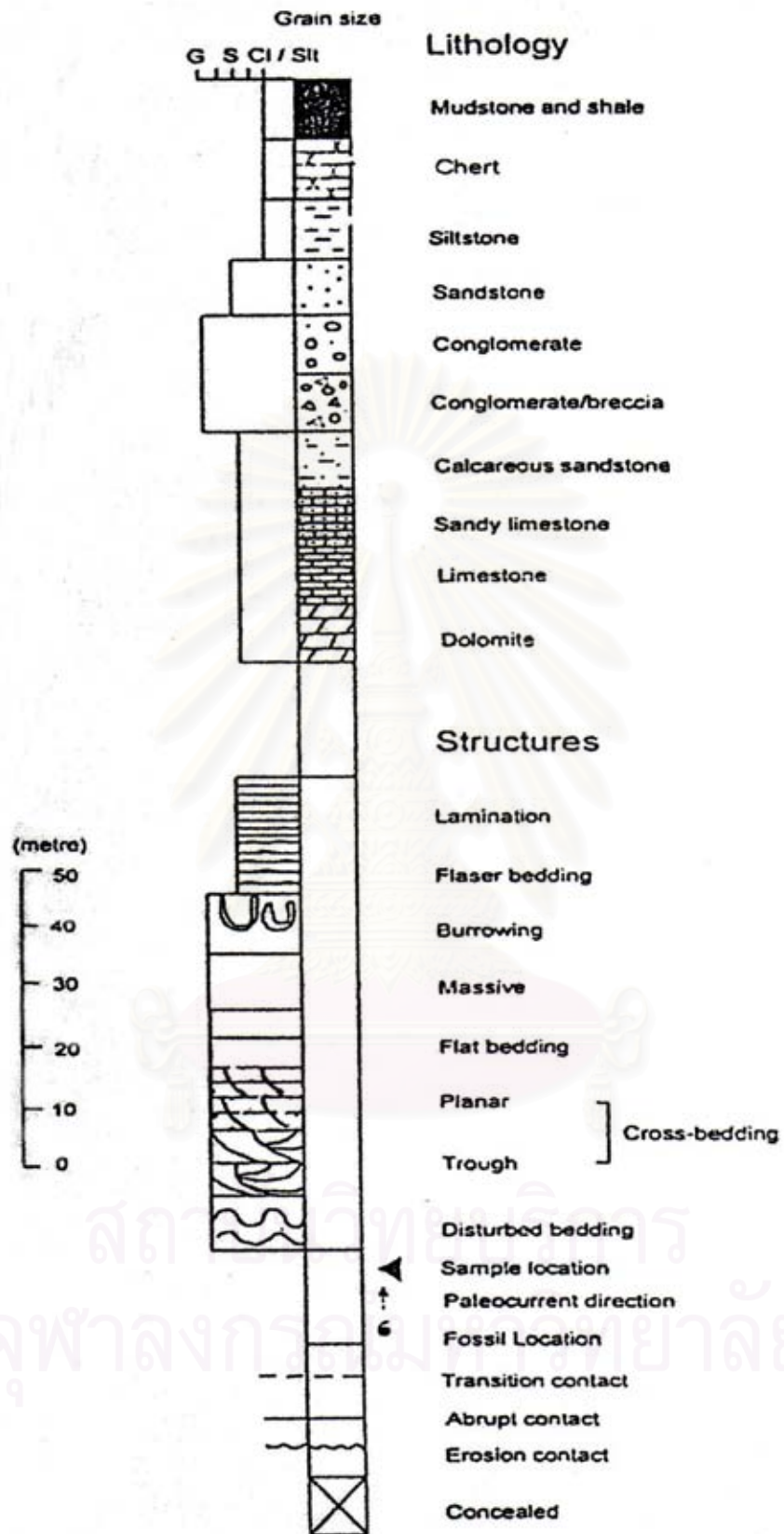
การศึกษาภาคสนามของโครงการประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การสำรวจภาคสนาม และวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ การสำรวจภาคสนามใช้แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร (RTSD) ที่มาตราส่วน 1:50,000 เป็นแผนที่พื้นฐาน (บ้านห้วยโป่ง ราว 4547 II; อำเภอขุนยวม ราว 4546 I; บ้านแม่ลาหลวง ราว 4546 II; อำเภอแม่ลาน้อย ราว 4545 I; และอำเภอแม่สะเรียง ราว 4545 II) นอกจากนี้ยังได้ใช้แผนที่ธรณีวิทยาที่สำรวจโดย Charoenprawat และคณะ (1985) Boriphatkhosol และคณะ (1990), Jindasuth และคณะ (1990) และกรมทรัพยากรธรณี (1999) การสำรวจจะเน้นการเก็บตัวอย่างตามถนนและร่องน้ำ อย่างไรก็ตามเพื่อให้การกำหนดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์มีความแม่นยำมากขึ้น เครื่องมือกำหนดตำแหน่งภูมิศาสตร์ (GPS) ได้ถูกนำมาใช้ในการสำรวจครั้งนี้ด้วย โดยในการสำรวจภาคสนามจำนวน 3 ครั้งได้เก็บตัวอย่างหิน จำนวน 110 ตัวอย่าง ใน 7 แนวตัดขวาง ซึ่งอยู่ทางตอนใต้ของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน (รูป 4.2) พื้นที่ศึกษาอยู่ทางตอนใต้ของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน ครอบคลุมละติจูด  $18^{\circ} 00' 16''$  องศาเหนือ ถึง  $19^{\circ} 09' 41''$  องศาเหนือ และลองจิจูด  $97^{\circ} 48' 33''$  ถึง  $97^{\circ} 58' 48''$  องศาตะวันออก ลักษณะธรณีสัณฐานในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยภูเขาสูงและที่ราบสูง คอยขุนแม่ไก่เป็นจุดที่สูงที่สุด (อยู่ที่ระดับความสูง 1,203 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล) แต่ละแนวสำรวจมีพิกัดและผลการสำรวจดังต่อไปนี้

- แนวสำรวจ A ที่บ้านห้วยโป่ง (พิกัด 885065 ถึง 910042, ราวแผนที่ 4547 II)
- แนวสำรวจ B ที่บ้านสะเป่ (พิกัด 811933 ถึง 857895, ราวแผนที่ 4546 I)
- แนวสำรวจ C ที่บ้านประตูเมือง (พิกัด 798801 ถึง 830803, ราวแผนที่ 4546 I)
- แนวสำรวจ D ที่บ้านห้วยนา (พิกัด 835481, ราวแผนที่ 4546 II)
- แนวสำรวจ E ที่ห้วยหิน เหล็ก ไฟ (พิกัด 886379, ราวแผนที่ 4545 I)
- แนวสำรวจ F ที่บ้านแม่แลบ (พิกัด 812322 ถึง 834303, ราวแผนที่ 4545 I) และ
- แนวสำรวจ G ที่ห้วยโผ (พิกัด 799926 ถึง 826938, ราวแผนที่ 4545 II)

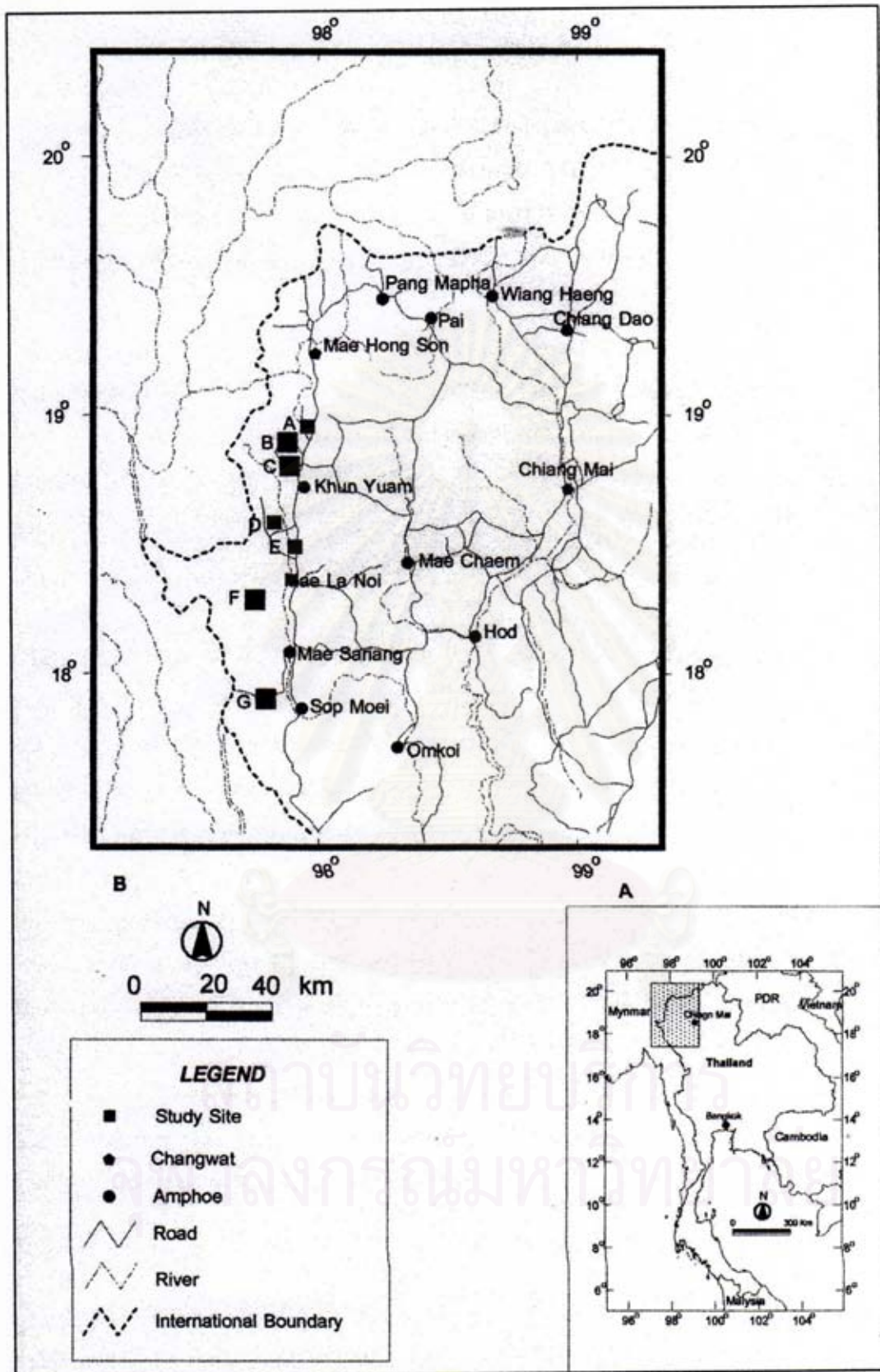
### 4.2.1 แนวสำรวจ A

แนวสำรวจ A (Section A) อยู่บริเวณบ้านห้วยโป่งห่างจากอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนทางตอนใต้เป็นระยะทาง 60 กิโลเมตร จากรูป 4.3a ที่แสดงลักษณะทางธรณีวิทยา ประกอบด้วยกลุ่มหินที่มีอายุระหว่างยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous) ถึงยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) หินในยุครคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous) ประกอบไปด้วยหินกรวดมนเป็นหลัก หินทรายและหินดินดาน หินยุคไทรแอสซิก (Triassic) และยุคจูแรสซิก (Jurassic) ประกอบด้วยหินทรายหลากสี แทรกสลับด้วยหินทรายแป้งและหินปูน ตะกอนในยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) ประกอบด้วย ตะกอนกรวดที่องน้ำ ตะกอนทราย และทรายแป้ง/ดิน เป็นลักษณะการสะสมตัวโดยการพัดพาของน้ำ (alluvium) และตะกอนเศษหินเชิงผา (colluvium) จากการลำดับชั้นหินอย่างละเอียด (ดูรูป 4.3b) พบว่าชั้นหินยุคไทรแอสซิกวางอยู่บนหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous) อย่างไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากรอยเลื่อน ชั้นหินยุคไทรแอสซิกวางตัวจากแก่ไปอ่อน ประกอบด้วยหินดินดานที่มีซิลิกาเป็นตัวเชื่อมประสาน (siliceous shale) แทรกสลับกับ หินโคลน หิน





รูป 4.1 รายละเอียดการวัดภาพตัดขวาง อ่างอิงสัญลักษณ์ที่เสนอโดย Selly (1996)



รูป 4.2 แผนที่แสดงพื้นที่ที่ศึกษา (พื้นที่สี่เหลี่ยมในรูป A) และตำแหน่งต่างๆในรูป B

ทราย และหินดินดาน ชั้นหินมีการวางตัวในทิศทาง 170 องศา และมุมเอียงเท ประมาณ 40 องศา (รูป 4.4) ในจำนวนตัวอย่างหินที่ศึกษา พบว่าตัวอย่างที่พบซากบรรพชีวินจำนวน 2 ตัวอย่างซึ่งเป็นหิน โคลนที่มีพวกคาร์บอนเนตเป็นตัวเชื่อมประสาน (calcareous mudstone) โดยพบหอยในสกุล *Halobia* sp. (รูป 4.5) กลุ่มหินชุดนี้มีความหนาประมาณ 110 เมตร นอกจากนี้ตัวอย่างหิน 5 ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของหินในกลุ่มหินนี้ได้ถูกนำมาศึกษาในห้องปฏิบัติการ ดังแสดงในภาคตัดขวางที่บริเวณบ้านห้วยโป่ง ซึ่งเป็นชั้นหินยุคไทรแอสซิก ชั้นหินมีการเอียงเทไปทางทิศตะวันตก (รูป 4.3b)

รูป 4.3c และ ตาราง 4.1 แสดงรายละเอียดจากการลำดับชั้นหิน โดยแสดงในรูปแบบแผนภูมิแท่ง (columnar section) โดยยึดภาคตัดขวางทางธรณีวิทยาเป็นหลัก (รูป 4.3b) จากการลำดับชั้นหินพบว่าหินในกลุ่มนี้ประกอบไปด้วยหินเชิร์ตสีดำ หนาประมาณ 80 เมตร เป็นชั้นหินที่แก่ที่สุด ถัดขึ้นไปเป็นหินทรายสีเหลืองขนาดละเอียดมาก (very fine-grained) หนาประมาณ 5 เมตร ชั้นหินบนสุดของบริเวณนี้เป็นหินโคลน (siliceous shale) สีดำ หนาประมาณ 20 เมตร

#### 4.2.2 แนวสำรวจ B

แนวสำรวจ B (Section B) อยู่บริเวณบ้านสะเป่ ยาวประมาณ 5 กิโลเมตร อยู่ห่างจาก แนวสำรวจ A ไปทางใต้เป็นระยะทาง 50 กิโลเมตร โดยมีลักษณะธรณีวิทยา (รูป 4.6a) ที่ประกอบด้วยหินอายุไทรแอสซิกถึงควอเทอร์นารี พื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยหินอายุไทรแอสซิกประกอบด้วย หินดินดานเป็นส่วนใหญ่มิมีหินทรายแป้ง หินทราย และหินกรวดมน ตะกอนยุคควอเทอร์นารีวางตัวอยู่ด้านบนสุดเป็นตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวสะสมตัวบริเวณทางน้ำ และเชิงเขา ทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแผนที่ จากการศึกษาพบว่าโดยทั่วไปชั้นหินไทรแอสซิกวางตัวในแนว  $330^\circ$  และเอียงเทเป็นมุม  $40^\circ$  ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ พบรอยเลื่อนปกติ (normal faults) ในบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา (รูป 4.6b) หินยุคไทรแอสซิกประกอบด้วย หินทรายสีขาว ขนาดละเอียดถึงหยาบ (fine to coarse-grained) แทรกสลับ หินดินดานสีน้ำตาลมีความหนาของชั้นหินไม่มาก (ดู ตาราง 4.2 ประกอบ) หินกรวดมน พบบริเวณตอนล่างของการลำดับชั้นหินพร้อมแนวการคดโค้งแบบประทุนคว่ำ (รูป 4.6b และ 4.6c) ขนาดก้อนกรวดของหินกรวดมนมีตั้งแต่ 2 ถึง 5 เซนติเมตร โดยเป็นเป็นแร่ควอตซ์ หินเชิร์ตและหินทราย ลักษณะกึ่งกลมมน ตัวอย่างหิน 17 ตัวอย่างจากแนวสำรวจ B ถูกนำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์

#### 4.2.3 แนวสำรวจ C

แนวสำรวจ C (Section C) อยู่บริเวณบ้านประตู่เมือง อำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะทางในการสำรวจยาว 5 กิโลเมตร หินโผล่ชัดเจนตามเส้นทางถนน รพช. จากบ้านต่อแพถึงบ้านประตู่เมือง รูป 4.7a แสดงแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:50,000 ประกอบด้วยหินตะกอนยุคไทรแอสซิกถึงตะกอนยุคควอเทอร์นารี หินยุคไทรแอสซิกประกอบด้วยหินเชิร์ตและตะกอนเนื้อประสม หินจูแรสซิกประกอบด้วยหินกรวดมนสีแดงมีความไม่ต่อเนื่องกับตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวยุคควอเทอร์นารี การลำดับชั้นหินโดยละเอียด (รูป 4.7b และ 4.7c, ตาราง 4.3) ที่บ้านประตู่เมืองประกอบด้วยชั้นหินไทรแอสซิก ในส่วนล่างเป็นหินเชิร์ตสีดำ หนา 40 เมตร แทรกสลับกับหินทรายหลากสีและหินดินดานสีน้ำตาล หินกรวด

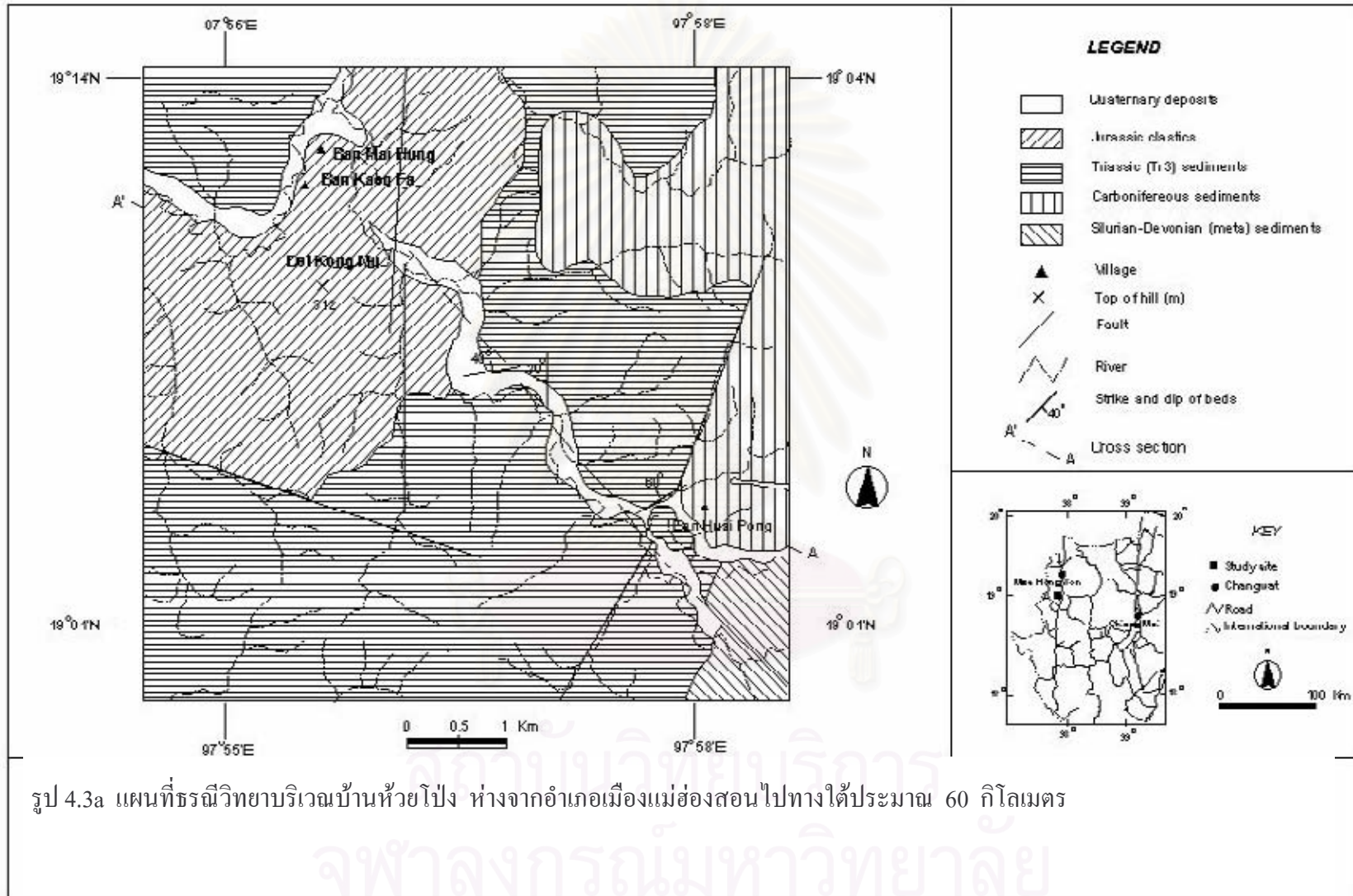
มนต์น้ำตาลแบบ clast-supported หนา 50 เมตร ส่วนบนของลำดับชั้นหินพบก้อนกรวดของหินกรวดมน ประกอบด้วยแร่ควอตซ์และหินเชิร์ต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2 ถึง 5 ซม. มีลักษณะกึ่งเหลี่ยม หินทราย สีนํ้าตาลถึงขาว ขนาดละเอียดถึงปานกลาง (fine to medium-grained) พบเป็นชั้นชัดเจนประกอบด้วยแร่ควอตซ์และแร่เฟลด์สปาร์เป็นส่วนใหญ่ หินไทรแอสซิกมีแนวการวางตัวในแนวเหนือ - ใต้ถึง ตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้เฉียงเทในมุมต่ำ (ประมาณ 35°) ตัวอย่างหิน 17 ตัวอย่างจากแนวสำรวจ C ถูกนำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์

#### 4.2.4 แนวสำรวจ D

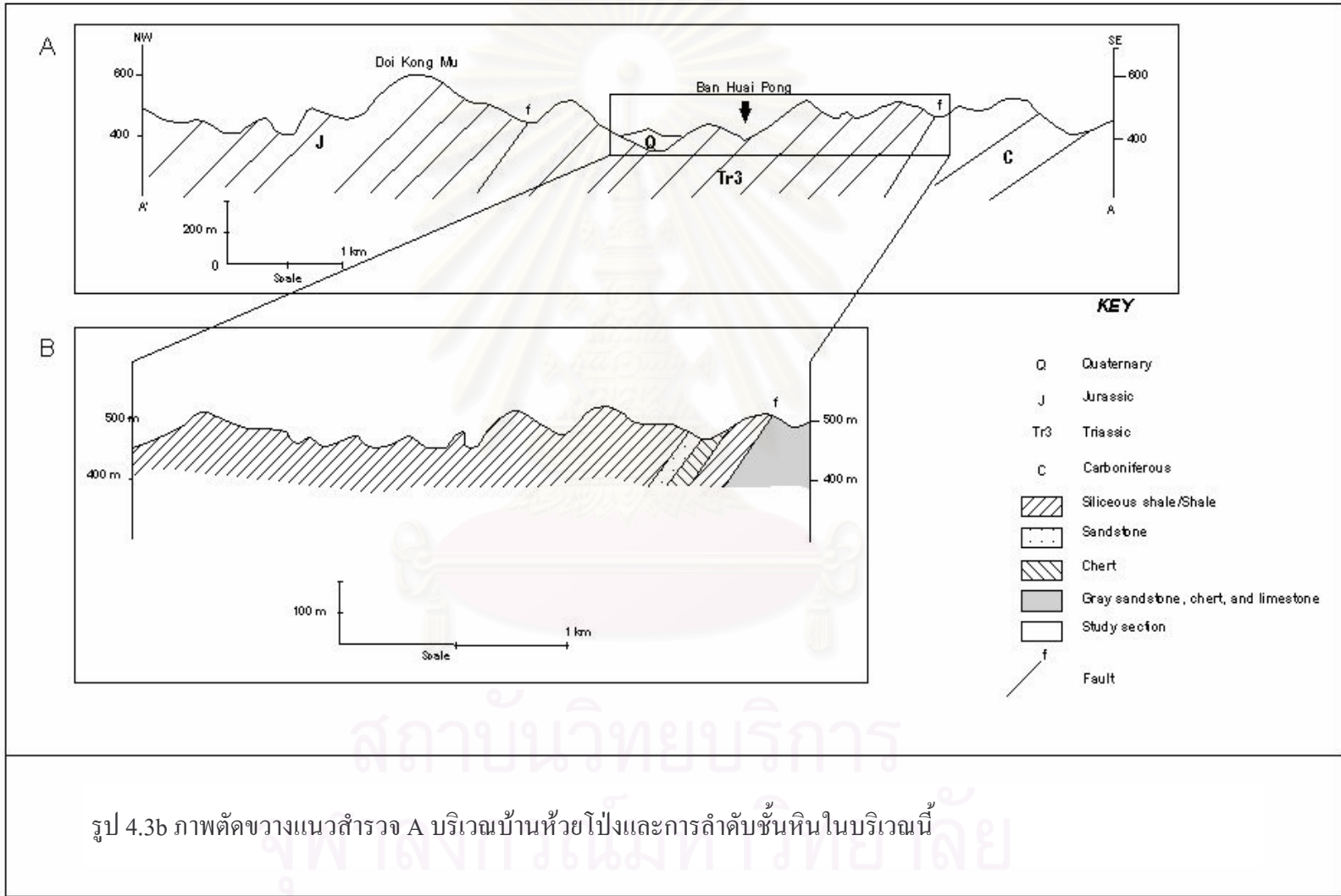
แนวสำรวจ D (Section D) ยาวประมาณ 200 เมตร อยู่บริเวณบ้านห้วยนา อำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน หินโผล่ตามถนนบ้านห้วยนา (พิกัด 35481, ระวัง 4546 II) รูป 4.8a แสดงแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:50,000 ครอบคลุมแนวสำรวจ D ซึ่งประกอบด้วยหินตะกอนยุคเพอร์เมียนถึงตะกอนยุคควอเทอร์นารี ชั้นหินยุคเพอร์เมียนพบบริเวณด้านตะวันออกของแผนที่วางตัวในแนวเหนือใต้ ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง และหินดินดานแทรกสลับหินเชิร์ต หินยุคไทรแอสซิกประกอบด้วยหินที่คล้ายกันพบบริเวณตอนกลางและด้านตะวันตกของพื้นที่ศึกษาที่เป็นตะกอนน้ำพาและเศษหินเชิงเขาที่ยังไม่แข็งตัวประกอบด้วยกรวดถึงดินเป็นการสะสมตัวของตะกอนยุคควอเทอร์นารี มีการวางตัวของชั้นหินอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ มุมการเอียงเทปานกลาง (ประมาณ 45°) ไปทางตะวันออกเฉียงใต้ ทรายละเอียดชั้นหินยุคไทรแอสซิก ความหนาประมาณ 107 เมตร (ดูรูป 4.8b และ 4.8c) ประกอบด้วยหินเชิร์ตแสดงชั้นหินชัดเจน แทรกสลับหินโคลน หนาประมาณ 10 เมตรอยู่ในตอนล่าง ตอนบนประกอบด้วยหินทรายสีน้ำตาล สีแดง และสีเทาอ่อน ขนาดละเอียดถึงปานกลางแสดงชั้นหินชัดเจน ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ และแร่ในกลุ่มไมกา ความหนาประมาณ 61 เมตร (ตาราง 4.4)

#### 4.2.5 แนวสำรวจ E

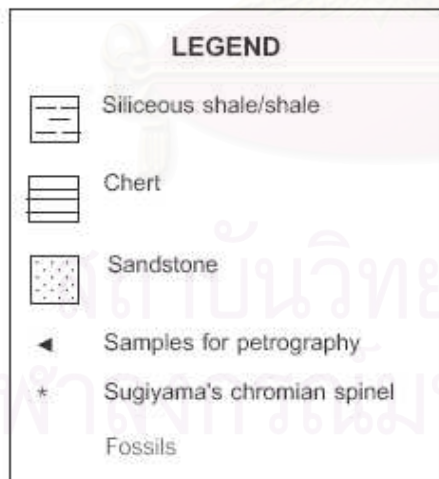
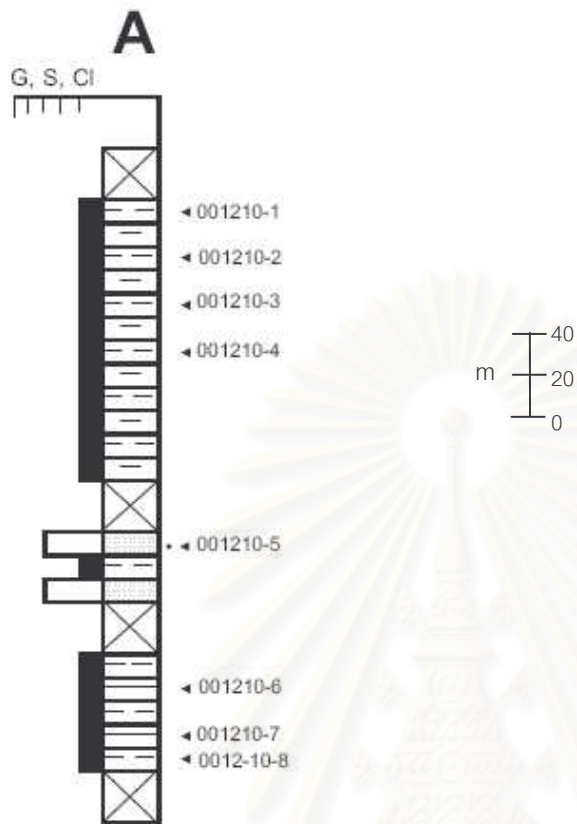
แนวสำรวจ E (Section E) ยาวประมาณ 150 เมตร อยู่บริเวณห้วยหินเหล็กไฟ อำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน รูป 4.9a แสดงแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:50,000 ครอบคลุมแนวสำรวจ E ซึ่งประกอบด้วยหินตะกอนมหายุคพาลีโอโซอิกตอนล่างถึงยุคควอเทอร์นารี มหายุคพาลีโอโซอิกตอนล่างประกอบด้วยชั้นหินทรายและหินดินดาน หินยุคไทรแอสซิกมีการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และมีการเอียงเทของชั้นหินในมุมปานกลาง (ประมาณ 55°) ไปทางทิศตะวันออก ประกอบด้วยหินทราย หินดินดาน มีชั้นหินเชิร์ตและหินปูนเป็นเลนส์ การลำดับชั้นหินชั้นรายละเอียด (รูป 4.9b) ทำจากหินโผล่ในลำห้วยหินเหล็กไฟ มีความหนาประมาณ 51 เมตร ประกอบด้วยหินทรายสีดำถึงสีเทาเข้ม ขนาดปานกลาง มีความหนาของหินแต่ละชั้นที่ค่อนข้างหนา นอกจากนี้ยังพบหินโคลนที่มีเนื้อแร่แคลไซต์ (รูปที่ 4.9c และ ตาราง 4.5) ตัวอย่างหิน 4 ตัวอย่างถูกเก็บมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์



รูป 4.3a แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณบ้านห้วยโป่ง ห่างจากอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนไปทางใต้ประมาณ 60 กิโลเมตร



รูป 4.3b ภาพตัดขวางแนวสำรวจ A บริเวณบ้านห้วยโป่งและการลำดับชั้นหินในบริเวณนี้



รูป 4.3c แผนภูมิแท่งแสดงการลำดับชั้นหินพร้อมตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างมาศึกษาสีดาวรรณอย่างละเอียดบริเวณบ้านห้วยโป่ง

ตาราง 4.1 การลำดับชั้นหินจากแนวสำรวจ A (บ้านห้วยโป่ง) ของกลุ่มหินแม่สะเรียง หมวดหินแม่แลบ (พิกัดที่ 885065 ถึง 910042 แผนที่ระวาง 4547 II)

ความหนา (เมตร) เริ่มจาก 118 เมตร  
(จากบนลงล่าง)

ความหนา (เมตร)	หน่วยหิน	คำอธิบาย
>80	4	Siliceous shale, black, thin-bedded, bedding 330/40, sample no. 001210-4, interbedded with mudstone, dark gray, thin bedded
5	3	Sandstone, yellow, medium-grained, medium-bedded, quartz, feldspar, muscovite, and detrital chromian spinels composition, bedding 15/80, sample no. 001210-5, and 001210-6
18	2	Chert, black, medium-bedded, bedding 210/65, sample no. 001210-7, interbedded with mudstone, dark gray, thin bedded
>5	1	Mudstone, brown, bedding 200/35, <i>Halobia</i> sp., sample 001210-8

หมายเหตุ ลำดับชั้นหินตะกอนของ Mae Sariang Group, the Mae Leab formation.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



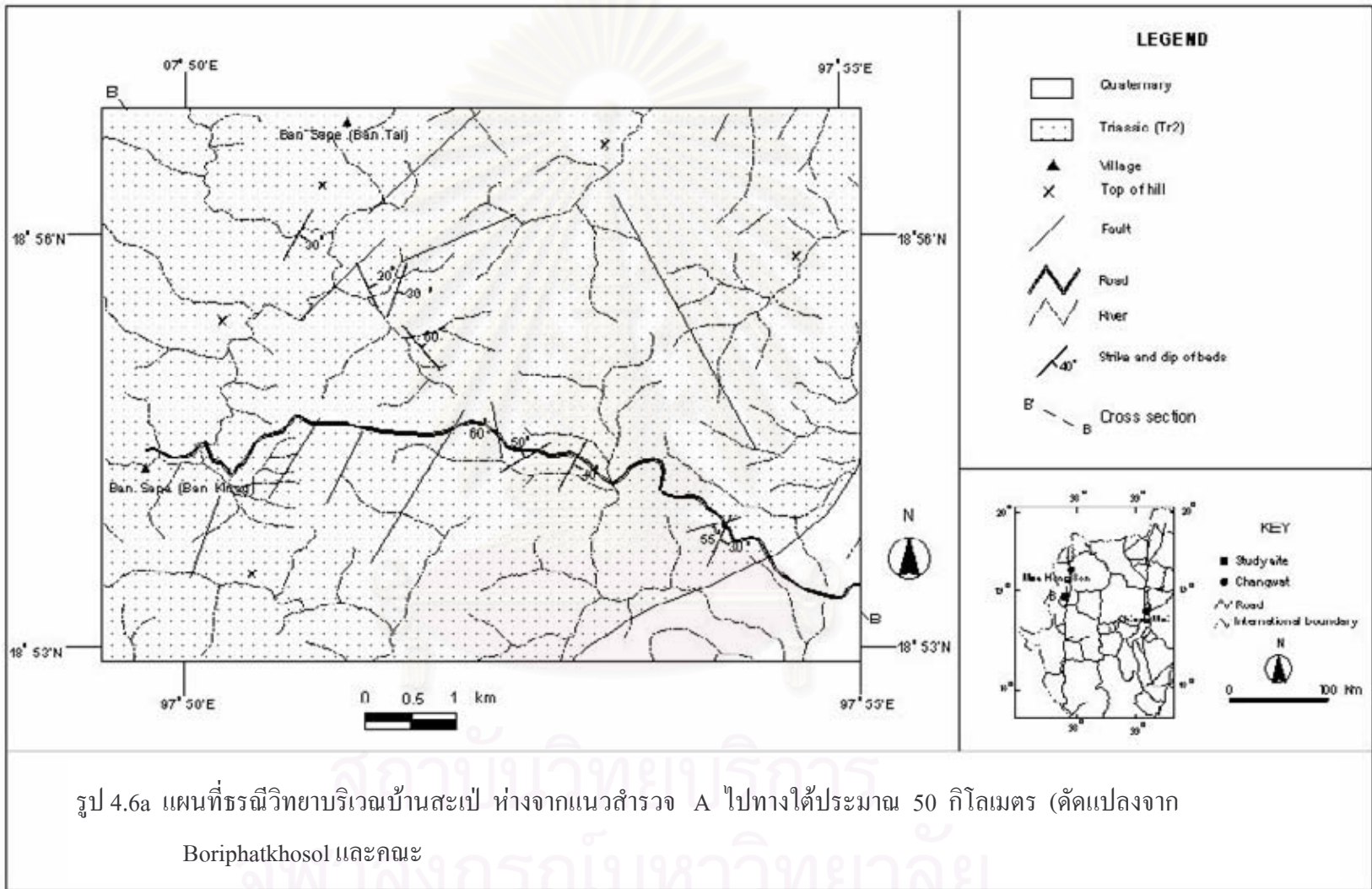


สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

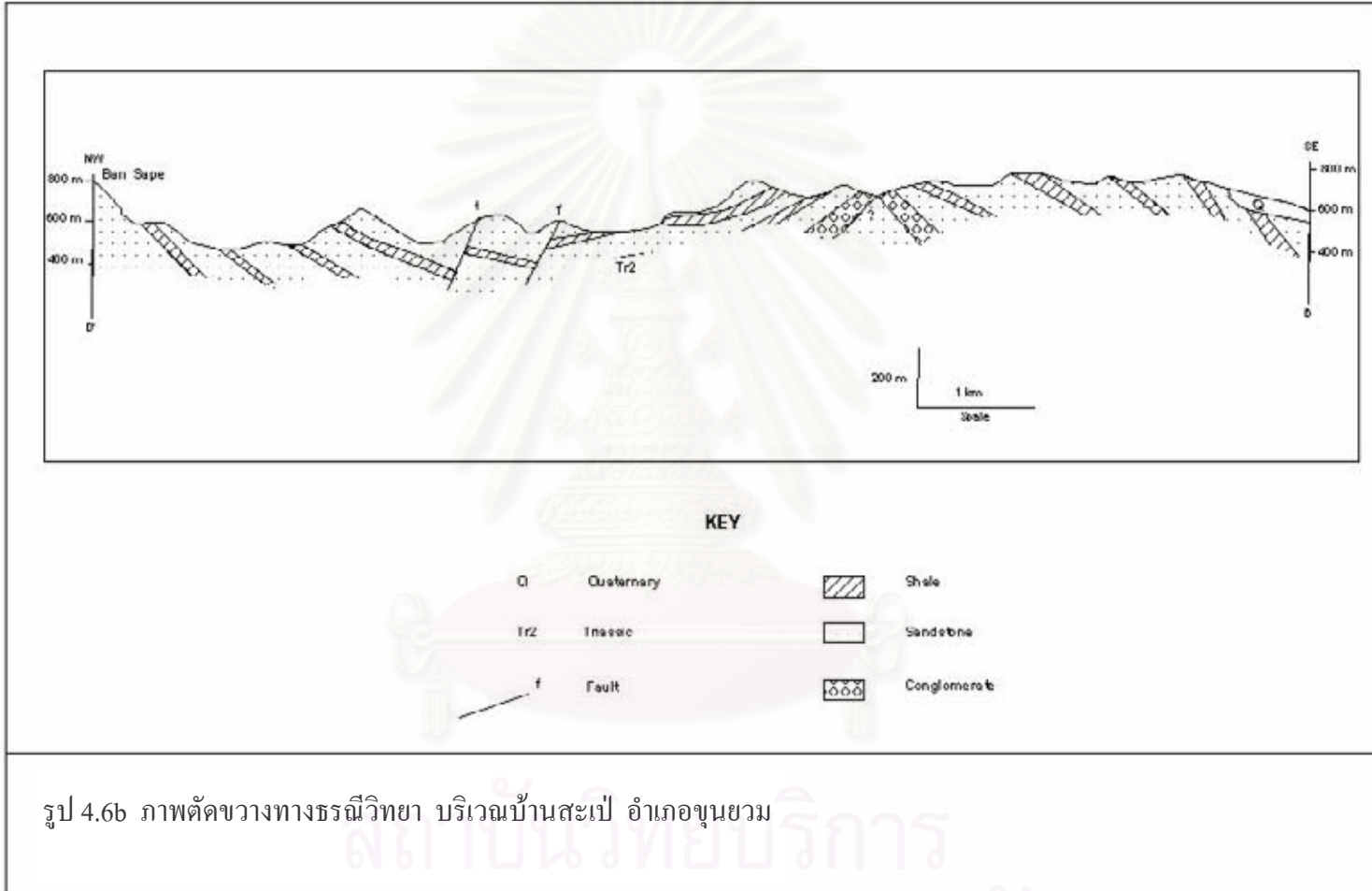
รูป 4.4 ภาพ A แสดงรูปชั้นหินที่พบในภาคสนามของชั้นหินตะกอนและภาพ B แสดงชั้นหินดินดาน  
แทรกสลับกับหินตะกอนอื่น ๆ บริเวณบ้านห้วยโป่ง (ที่พิกัดภูมิศาสตร์ 885065 ถึง 910042 ระวังแผนที่  
หมายเลข 4547II)



รูป 4.5 ซากบรรพชีวินของหอยในสกุล *Halobia* sp. (วงกลมสีแดง) ที่พบอยู่ทั่วไปในหินโคลนที่มี  
ตัวเชื่อมประสานเป็นพวกคาร์บอนเตบ่งบอกอายุไทรแอสสิก

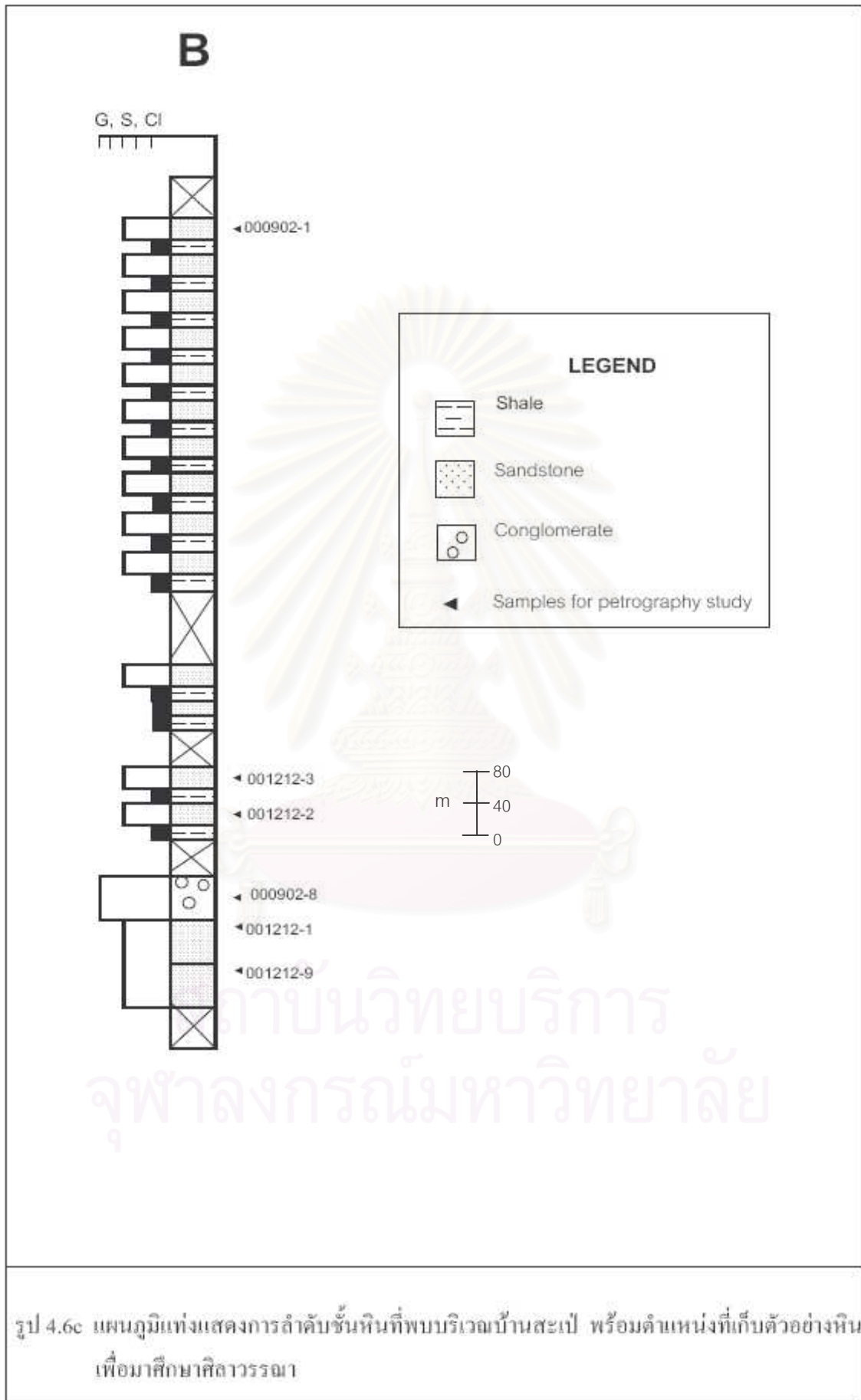


รูป 4.6a แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณบ้านสะเป่ ห่างจากแนวสำรวจ A ไปทางใต้ประมาณ 50 กิโลเมตร (ดัดแปลงจาก Boriphatkhosol และคณะ)



รูป 4.6b ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยา บริเวณบ้านสะเป อำเภอบางบาล

สภ บัษวทษบรคการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตาราง 4.2 รายละเอียดการลำดับชั้นหินในแนวสำรวจ B (บ้านสระเป้) พิกัด 811933 - 857895 (4546 I)

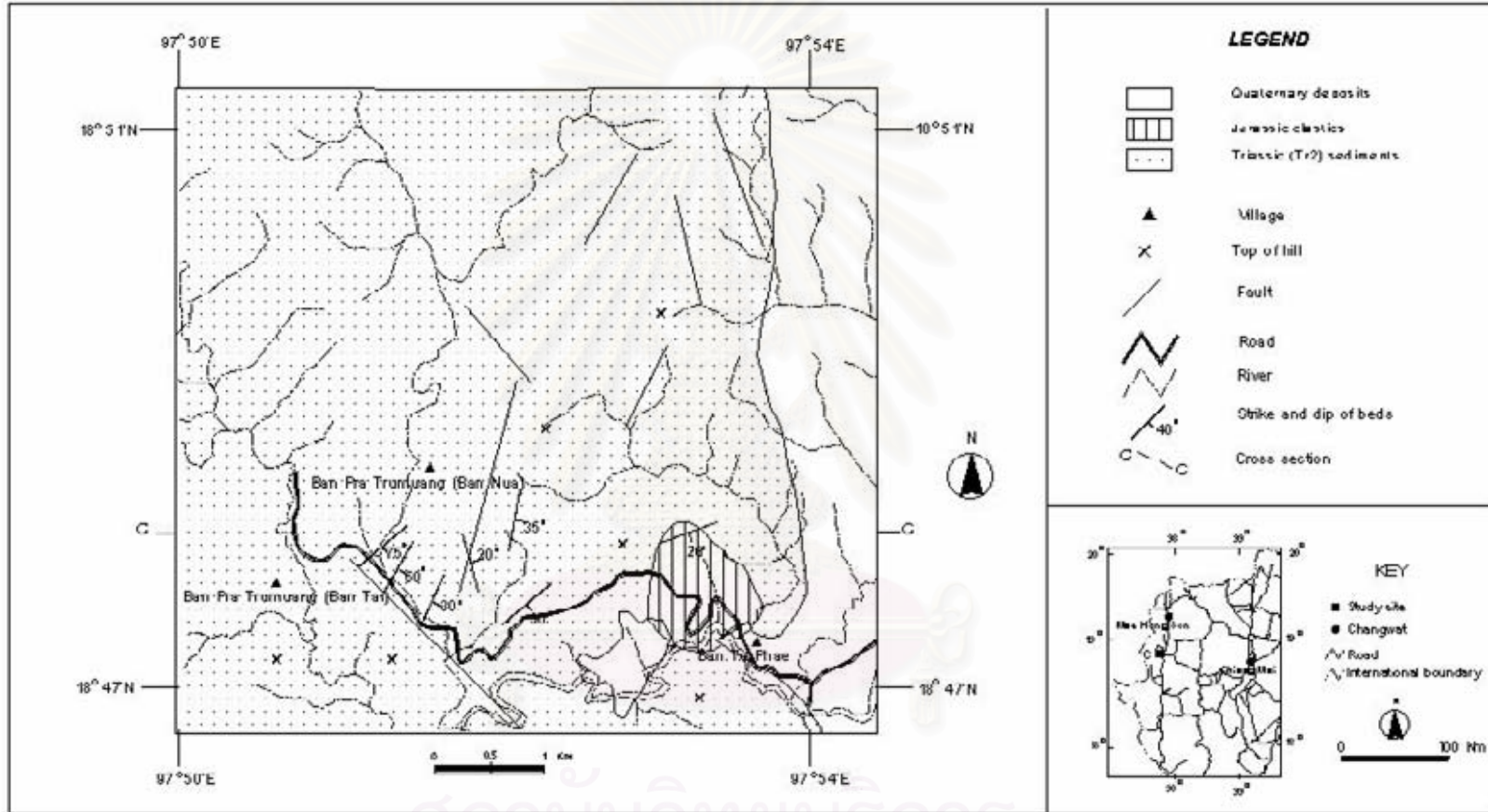
ความหนา (เมตร) เริ่มจาก 514 เมตร  
(จากบนลงล่าง)

ความหนา (m)	หน่วยหิน	คำอธิบาย
6	1	Sandstone, white, coarse-grained, medium bedded, quartz, and feldspar composition, bedding 30/35, sample no. 0000829-7, interbedded with mudstone, brown, medium bedded
34	2	Sandstone, brown, very fine-grained, medium bedded, quartz, dark minerals, and feldspar composition, bedding 330/20, sample no. 000902-1, interbedded with mudstone, brown, thin bedded
5	3	Sandstone, white, medium bedded, sample no. 000902-2, and 000902-3, interbedded with gray mudstone, thin bedded
10	4	Sandstone, white, medium-grained, medium bedded, quartz, feldspar, and dark minerals composition, bedding 90/20, sample no. 000902-4, interbedded with gray mudstone, thin-bedded
20	5	Sandstone, white, medium-grained, very thick bedded, quartz, feldspar, and dark minerals composition, bedding 80/30, joint 160/85, and 280/50, sample no. 000902-5, interbedded with brown mudstone.
15	6	Sandstone, white, medium-grained, quartz, feldspar, and dark minerals composition, bedding 310/60, joint 230/50, and 130/40, sample no. 000902-6

ตาราง 4.2 (ต่อ) รายละเอียดการวัดชั้นหินของแนวสำรวจ B

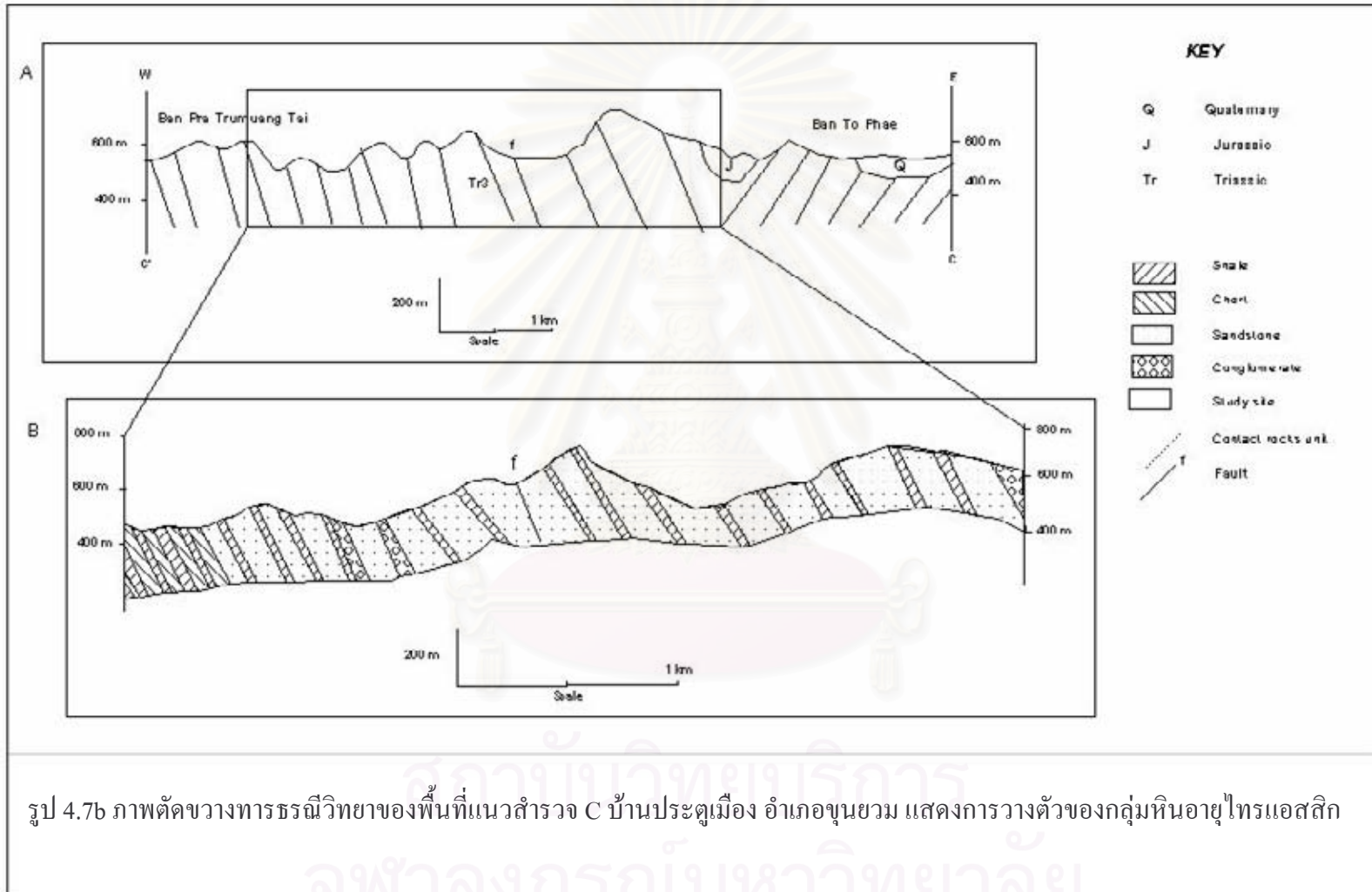
ความหนา (m)	หน่วยหิน	คำอธิบาย
350	7	Mudstone, light gray, very thick bedded, interbedded with sandstone, sample no. 000902-7
10	8	Sandstone, white, medium-grained, quartz, feldspar, rock fragment, muscovite, and dark minerals composition, sample no. 001212-7
9	9	Sandstone, white, very fine-grained, medium bedded, quartz, and dark minerals composition, bedding 170/25, sample no. 001212-6, interbedded with mudstone, brown, thin bedded
5	10	Sandstone, white, fine-grained to medium-grained, medium bedded, quartz, and feldspar composition, bedding 230/40, sample no. 001212-4, and 001212-5
10	11	Sandstone, white, coarse-grained, quartz, rock fragment, and feldspar composition, bedding 30/20, sample no. 001212-3
10	12	Sandstone, white, very fine-grained, quartz, feldspar, and dark minerals composition, joint 30/20, sample no. 001212-2
5	13	Conglomerate, red, sample no. 000902-8
10	14	Sandstone, white, coarse-grained, quartz, feldspar, rock fragment, and dark minerals, bedding 80/55, joint 215/35, and 150/70, sample no. 001212-1
40	15	Sandstone, purple, fine-grained, thin bedded, bedding 30/30, joint 140/85, and 210/50, sample no. 000902-9

หมายเหตุ ลำดับชั้นหินตะกอนของ Mae Darieng Group, Pra Trumuang formation, ขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน

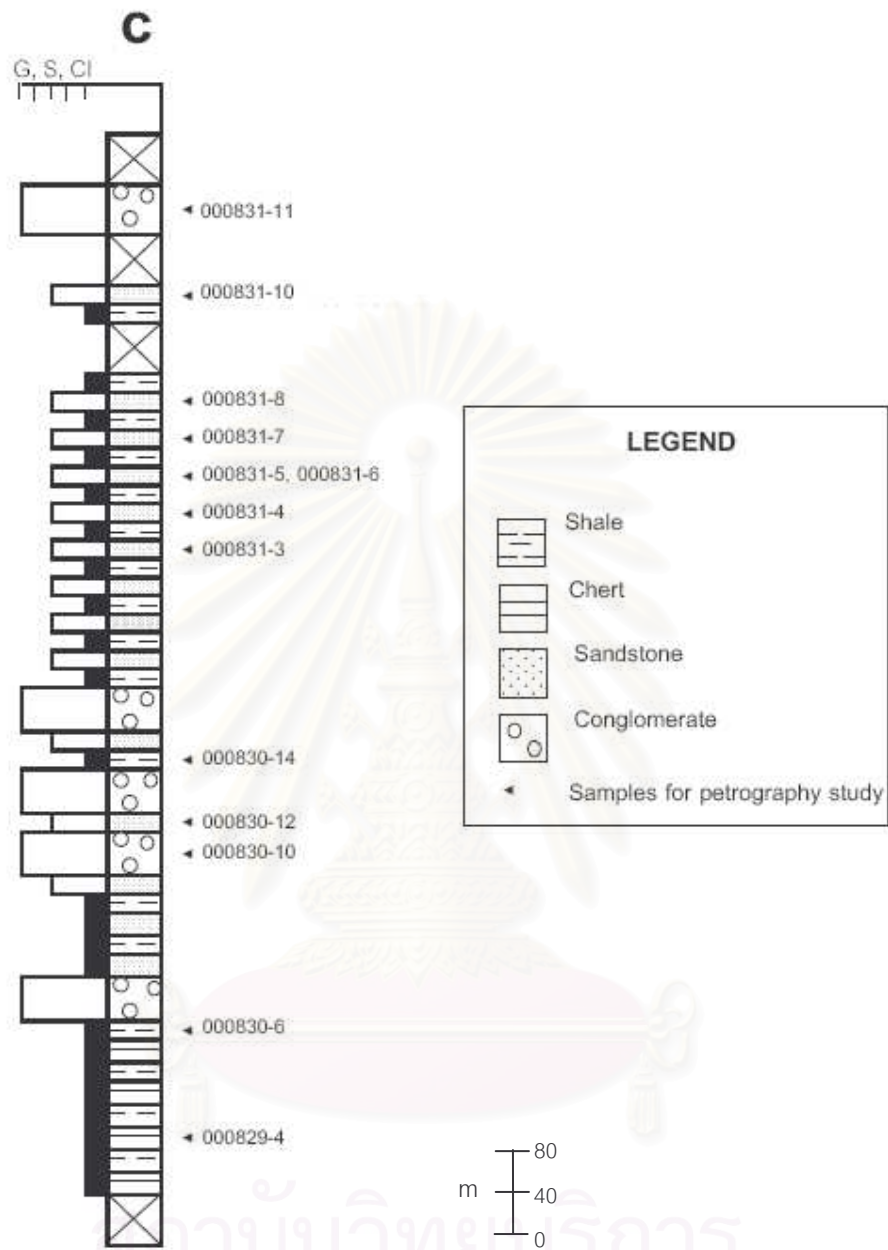


รูป 4.7a แผนที่ธรณีวิทยารายละเอียดบริเวณบ้านประตูเมือง อำเภอขุนยวม (ดัดแปลงจาก Boriphatkhosol และคณะ ปี ค.ศ.1990)





สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4.7c แผนภูมิแท่งแสดงการลำดับชั้นหินบริเวณบ้านประตูเมือง อำเภอขุนยวม

ตาราง 4.3 รายละเอียดการลำดับชั้นหินแนวสำรวจ C (บ้านประตู่เมือง) พิกัดที่ 798801 ถึง 830803 (4546 I)

ความหนา (เมตร) เริ่มจาก 766.5 เมตร  
(จากบนลงล่าง)

ความหนา (m)	หน่วยหิน	คำอธิบาย
50	1	Conglomerate, red, 2-8 mm, quartz feldspar, and chert composition, sample no. 000831-11
100	2	Concealed (soil cover)
50	3	Sandstone, white, medium-grained, thin bedded, quartz, and feldspar composition, bedding 50/20, sample no. 000831-10, interbedded with mudstone, light gray, thick lamination
200	4	Concealed (soil cover)
20	5	Sandstone, brown, fine-grained, thick bedded, quartz, feldspar, and dark minerals composition, bedding 10/35, sample no. 000831-8, interbedded with mudstone, purple, thin bedded.
15	6	Sandstone, white, fine-grained, very thick bedded, sample no. 000831-7
100	7	Sandstone, white to purple in lower part, fine-grained, very thick bedded, quartz, rock fragment, and feldspar composition, bedding 20/30, flute casts in upper part, sample no. 000831-5, 000831-6, interbedded with mudstone, white, thin bedded
500	8	Concealed (soil cover)
10	9	Sandstone, dark brown, fine-grained, thick bedded, quartz, feldspar, and dark minerals composition, bedding 10/40, sample no. 000831-4
2	10	Mudstone, black
20	11	Sandstone, light gray, medium-grained to coarse-grained, quartz, feldspar, and dark minerals composition, bedding 30/35

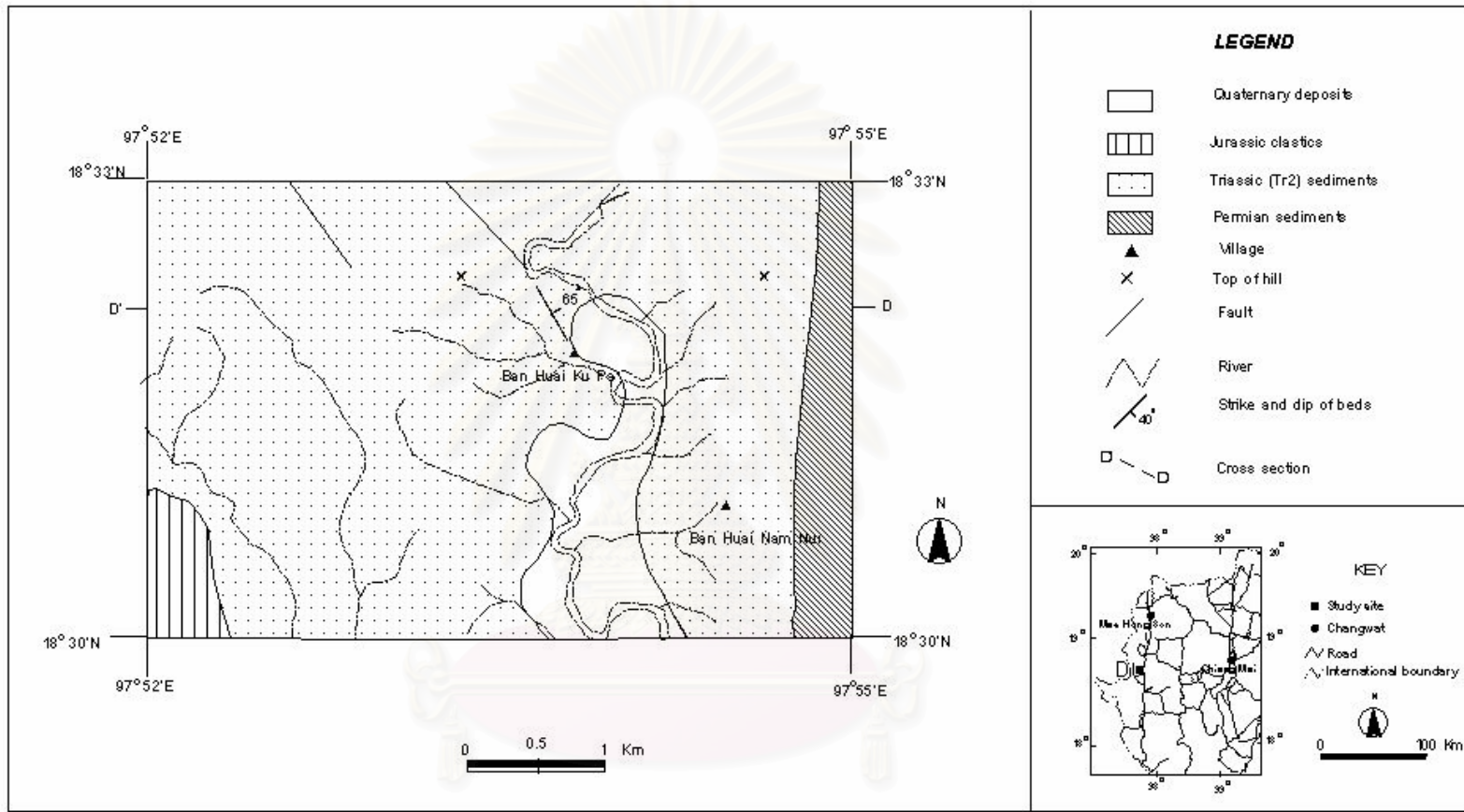
ตาราง 4.3 (ต่อ) การวัดชั้นหินของแนวसानวจ C

ความหนา (m)	หน่วยหิน	คำอธิบาย
150	12	Sandstone, light gray, medium-grained, quartz, and feldspar composition, very thick bedded, sample no. 0000831-3, interbedded with mudstone, black, very thick bedded, bedding 0/20, fracture 310/75 and 245/70
300	13	Concealed (probably sandstone and mudstone)
50	14	Sandstone, white, coarse-grained, quartz, feldspar, and dark minerals, thick bedded, bedding 340/45, fracture 85/55, sample no. 000831-2, interbedded with mudstone, gray
10	15	Sandstone, white, medium-grained, quartz, feldspar, and dark minerals composition, faulting 130/60, and 310/75, sample no. 000831-1
50	16	Sandstone, white, fine-grained, quartz, feldspar, and dark minerals composition, , very thick bedded, bedding 45/30, fracture 220/60, sample no. 000830-15, interbedded with mudstone, gray, thin bedded
15	17	Sandstone, white, fine-grained, quartz, and feldspar composition, thick bedded, lamination, fold axis 30/45 interbedded with mudstone, brown, thin bedded
5	18	Sandstone, white, fine-grained, quartz, and feldspar composition
15	19	Mudstone, greenish-gray, and purple, medium bedded, bedding 345/40, sample no. 000830-14
20	20	Conglomerate, brown, matrix-supported, chert, and quartz composition
5	21	Mudstone, brown, thin bedded, bedding 10/55, fracture 310/55
4	22	Sandstone, white, very fine-grained, medium bedded, quartz, and dark minerals composition, bedding 350/20, joint 95/75, sample no. 000830-12, interbedded with mudstone, gray, medium bedded

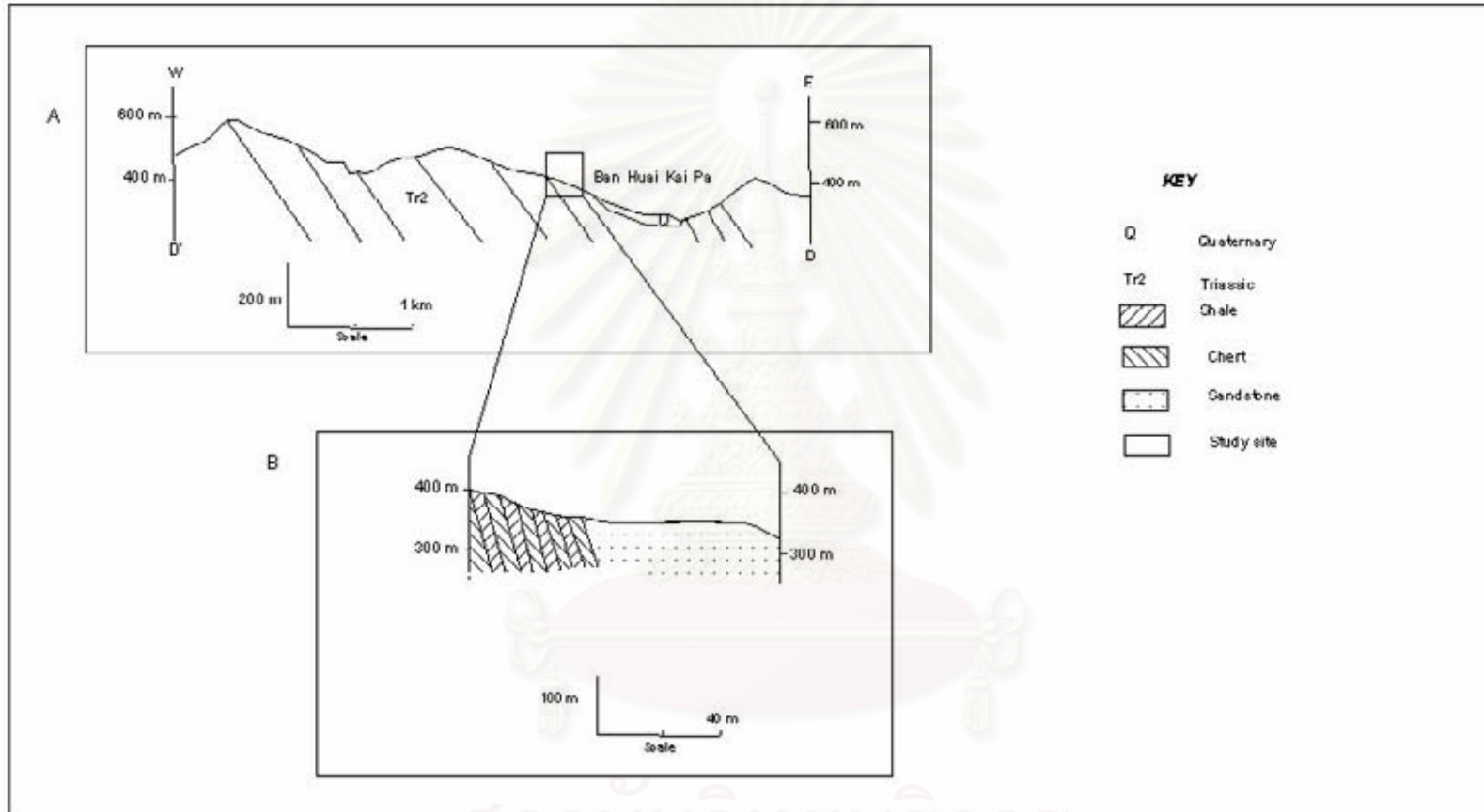
ตาราง 4.3 (ต่อ) การวัดชั้นหินของแนวसानวจ C

ความหนา (m)	หน่วยหิน	คำอธิบาย
20	23	Conglomerate, brown, matrix-supported, chert, and quartz composition, fault 0/50, 8580, 15/70, sample no. 000830-10, interbedded with sandstone, brown, coarse-grained, cross bedding, quartz, and rock fragments, sample no. 000830-11
10	24	Chert, brown, bedding 345/25, interbedded with mudstone, brown
1	25	Mudstone, purple, fault 340/65
10	26	Chert, brown, medium bedded
5	27	Mudstone, purple
0.5	28	Chert, brown
1	29	Mudstone, light gray
20	30	Conglomerate, brown, matrix-supported, chert , and quartz composition
30	31	Chert, brown, medium bedded, sample no. 000830-6, interbedded with mudstone, purple, thin bedded, bedding 175/75
10	32	Mudstone, brown
20	33	Chert, brown, thin bedded, interbedded with mudstone, gray
10	34	Sandstone, brown, medium-grained, quartz, feldspar, dark minerals, and muscovite composition
60	35	Sandstone, brown, medium-grained, thick to very thick bedded, quartz, feldspar, dark minerals, and muscovite composition, graded bedding, sample no. 000830-5, interbedded with mudstone, dark gray, thin bedded, bedding 10/35, joint 250/75, sample no. 000830-4
3	36	Sandstone, white, coarse-grained, quartz, feldspar, and dark minerals composition, bedding 50/50, joint 135/65, sample no. 000830-2
10	37	Concealed (soil cover)
15	38	Chert, black, sample no. 000829-4

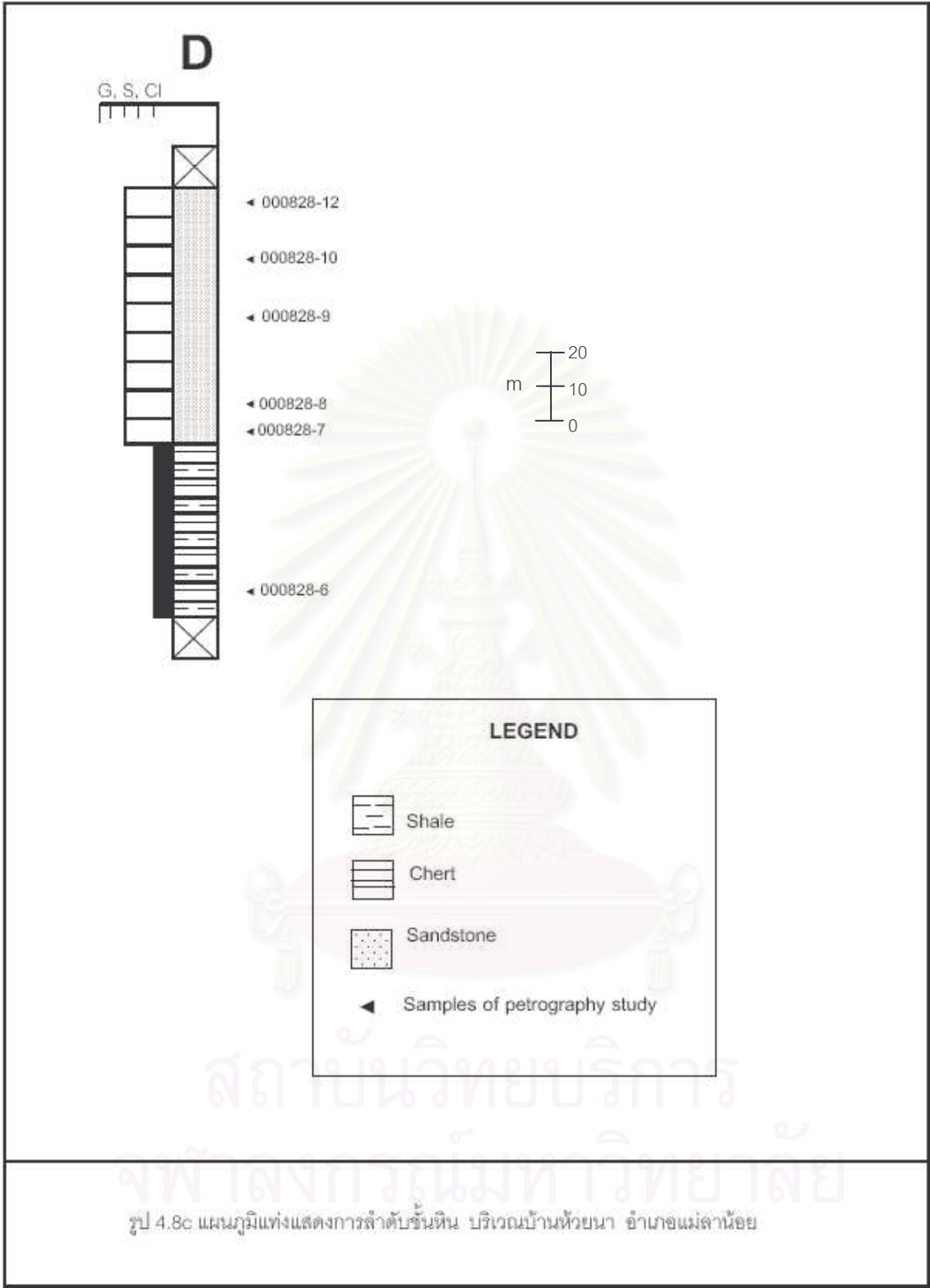
หมายเหตุ ลำดับชั้นหินตะกอนของ Mae Sarieng Group, Pra Trumuang formation, ขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน



รูป 4.8a แผนที่ธรณีวิทยารายละเอียดบริเวณบ้านห้วยนา อำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน (ดัดแปลงจาก Boriphatkhosol และคณะ ปี ค.ศ. 1990)



รูป 4.8b ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาบริเวณแนวสำรวจ D บ้านห้วยนา อำเภอแม่ลาน้อย แสดงการลำดับชั้นหินยุคไทรแอสสิก



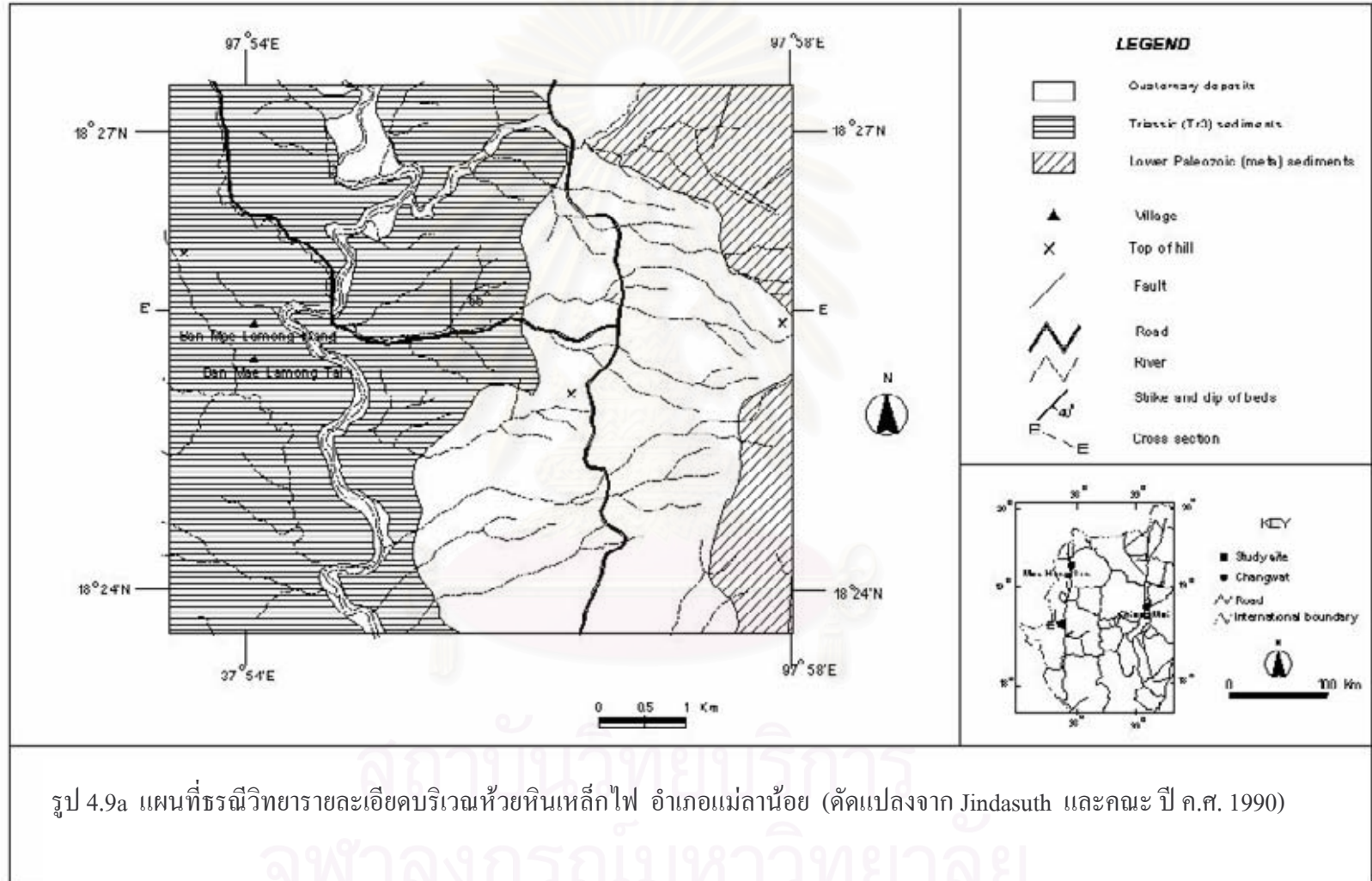


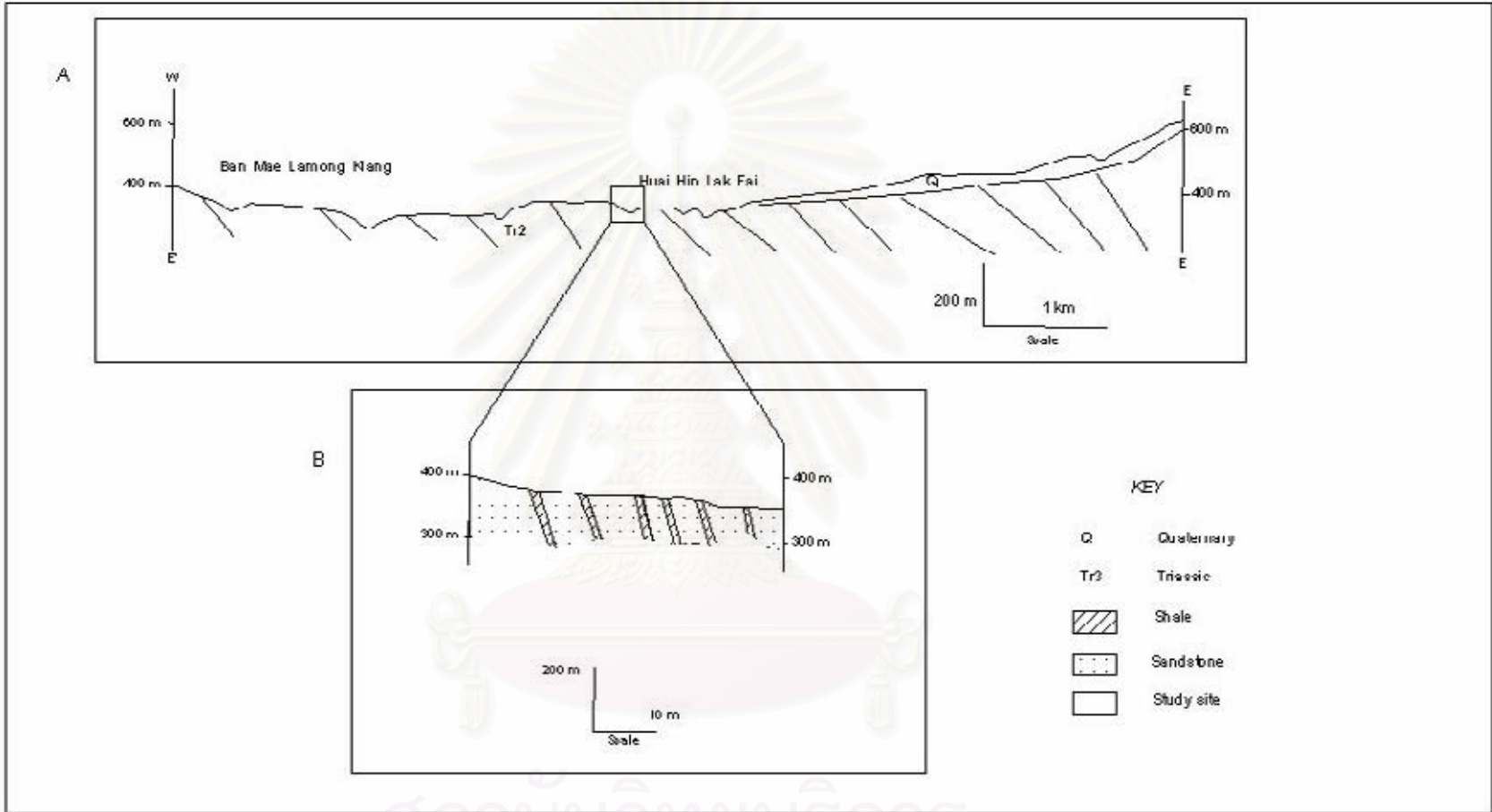
ตาราง 4.4 รายละเอียดการวัดชั้นหินของแนวสำรวจ D บริเวณ (บ้านห้วยนา) พิกัด 835481 (4546 II)

ความหนา (เมตร) เริ่มจาก 107 เมตร  
(จากบนลงล่าง)

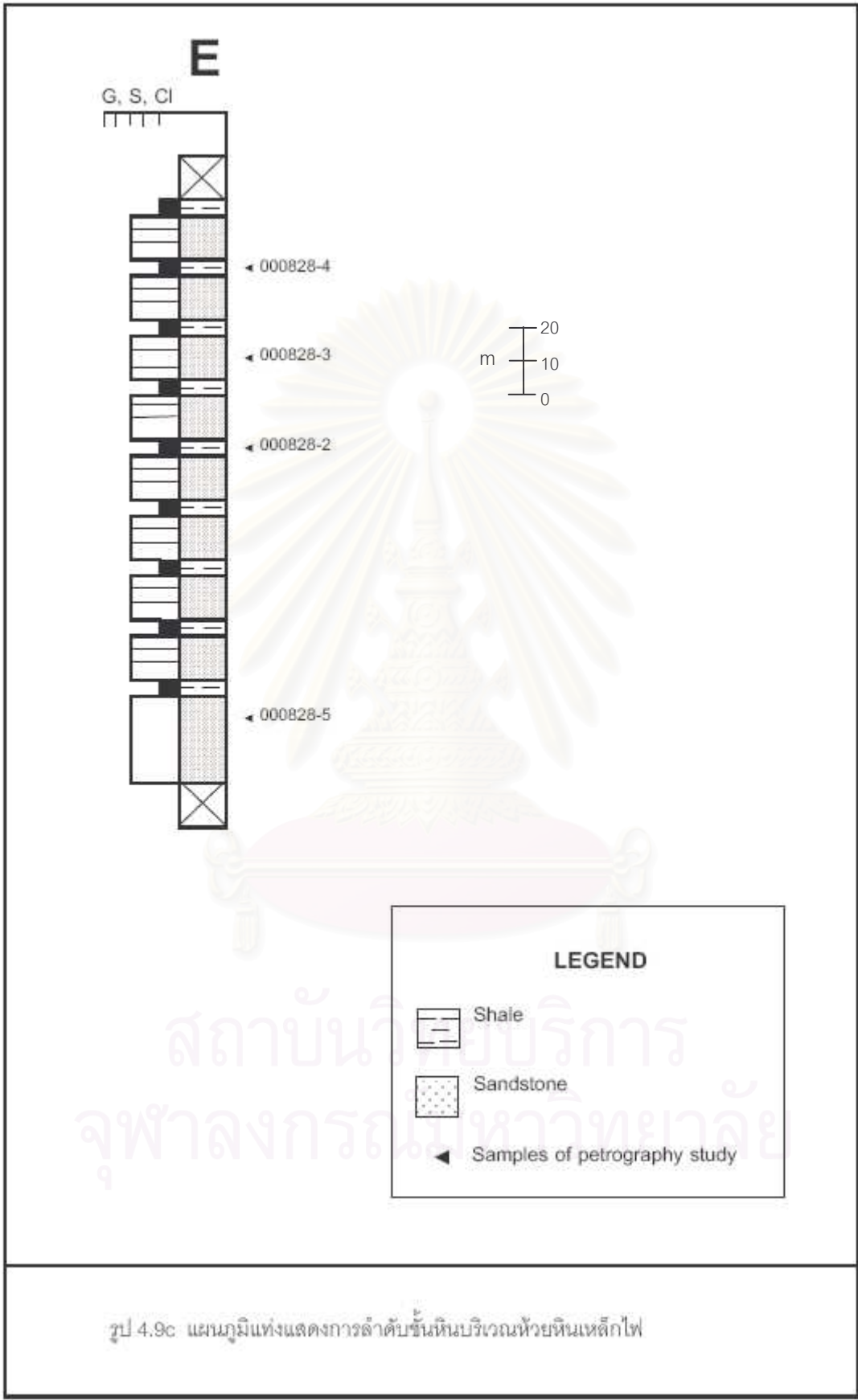
ความหนา (m)	หน่วยหิน	คำอธิบาย
>2	1	Conglomeratic sandstone, brown, quartz, dark minerals, chert, and muscovite composition, sample no. 000828-12
30	2	Sandstone, white, quartz, feldspar, dark minerals, and muscovite composition, sample no. 00082811
23	3	Sandstone, white, coarse-grained, quartz, feldspar, dark minerals, and muscovite composition, bedding 310/90 sample no. 000828-10
5	4	Conglomerate sandstone, purple, quartz, dark minerals, and muscovite composition, sample no. 000828-9
3	5	Sandstone, light gray, fine-grained
3	6	Sandstone, red, fine-grained
25	7	Sandstone, brown, medium-grained, quartz, dark minerals, and feldspar composition, sample no. 000828-8
10	8	Chert, black, thin bedded, interbedded with mudstone, black, thin bedded
4	9	Sandstone, black, coarse-grained, thin-bedded, quartz, and rock fragment composition, sample no. 000828-7
2	10	Chert, black, thin-bedded, sample no. 000828-6

หมายเหตุ ลำดับชั้นหินตะกอนของ Mae Sarieng Group, Pra Trumuang formation, แม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน





รูป 4.9b ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาบริเวณแนวสำรวจ E ห้วยหินเหล็กไฟ อำเภอแม่ลาน้อย แสดงการวางตัวของชั้นหินตะกอนยุคไทรแอสสิก



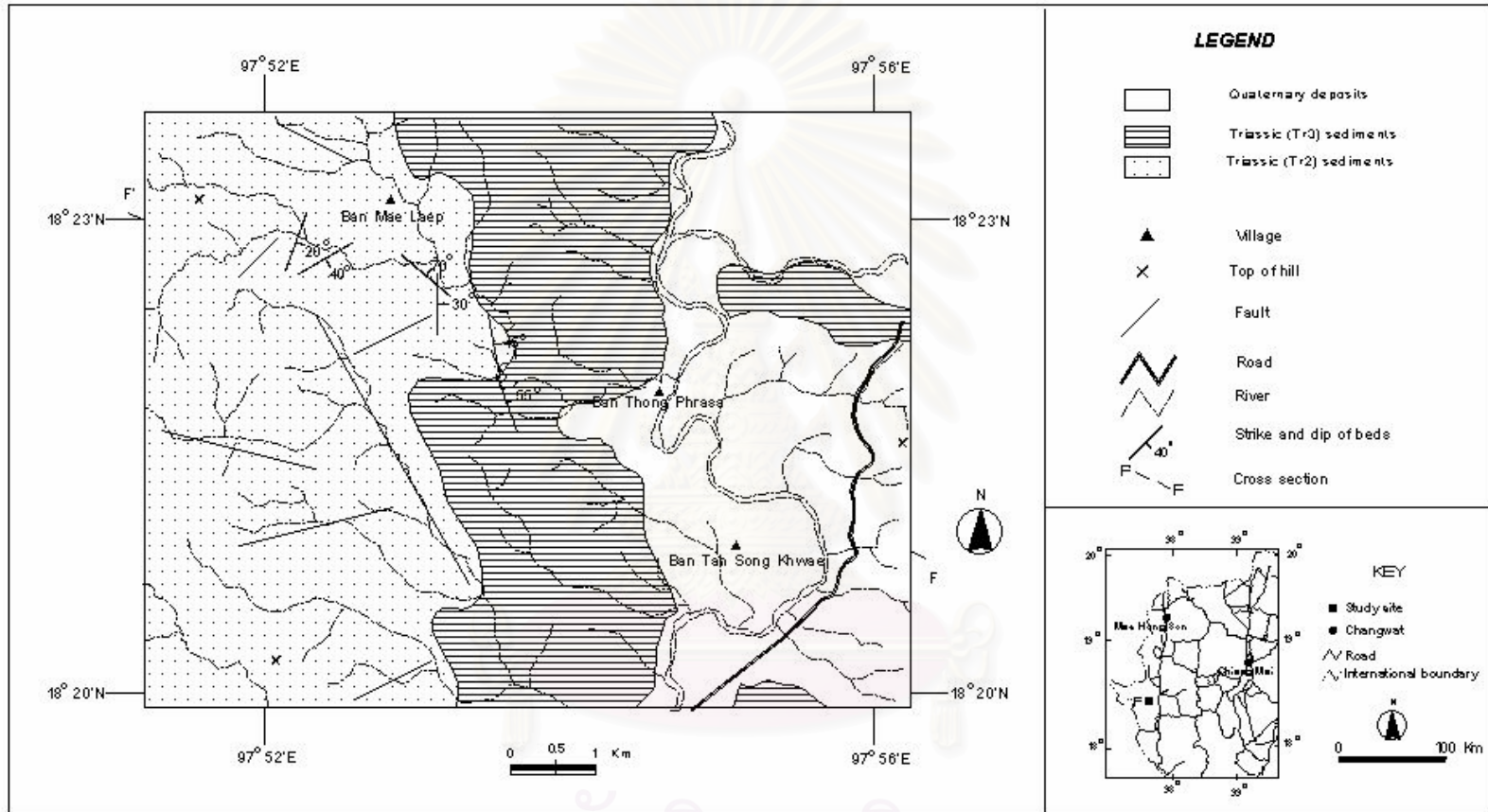
ตาราง 4.5 รายละเอียดการลำดับชั้นหินแนวสำรวจ E (หน่วยหินเหล็กไฟ) พิกัดที่ 886379 (4545 I)

ความหนา (เมตร) เริ่มจาก 51 เมตร  
(จากบนลงล่าง)

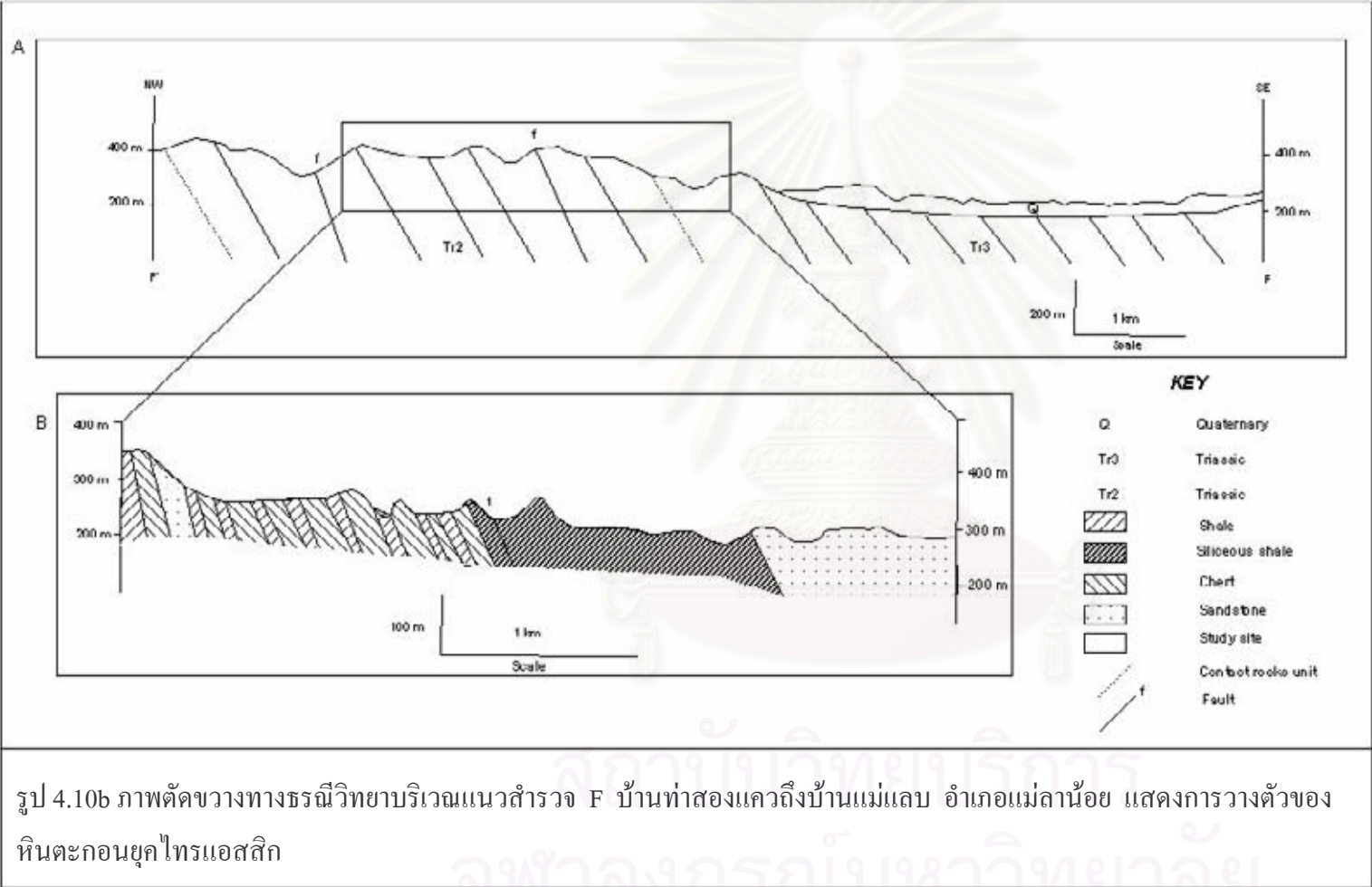
ความหนา (m)	หน่วยหิน	คำอธิบาย
		Concealed (soil cover)
>6	1	Calcareous Mudstone, dark gray, sample no. 000828-4
3	2	Sandstone, dark gray to black, medium-grained, quartz, feldspar, rock fragments composition, sample no. 000828-3
34	3	Calcareous Mudstone, black, medium bedded, interbedded with sandstone, black, thin bedded, quartz, and feldspar composition, sample no. 000828-2
>8	4	Sandstone, dark gray to black, fine-grained, very thick bedded, quartz, dark minerals, and feldspar composition, sample no. 000828-5
	5	Concealed (soil cover)

หมายเหตุ ลำดับชั้นหินตะกอนของ Mae Sarieng Group, the Mae Leab formation, แม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

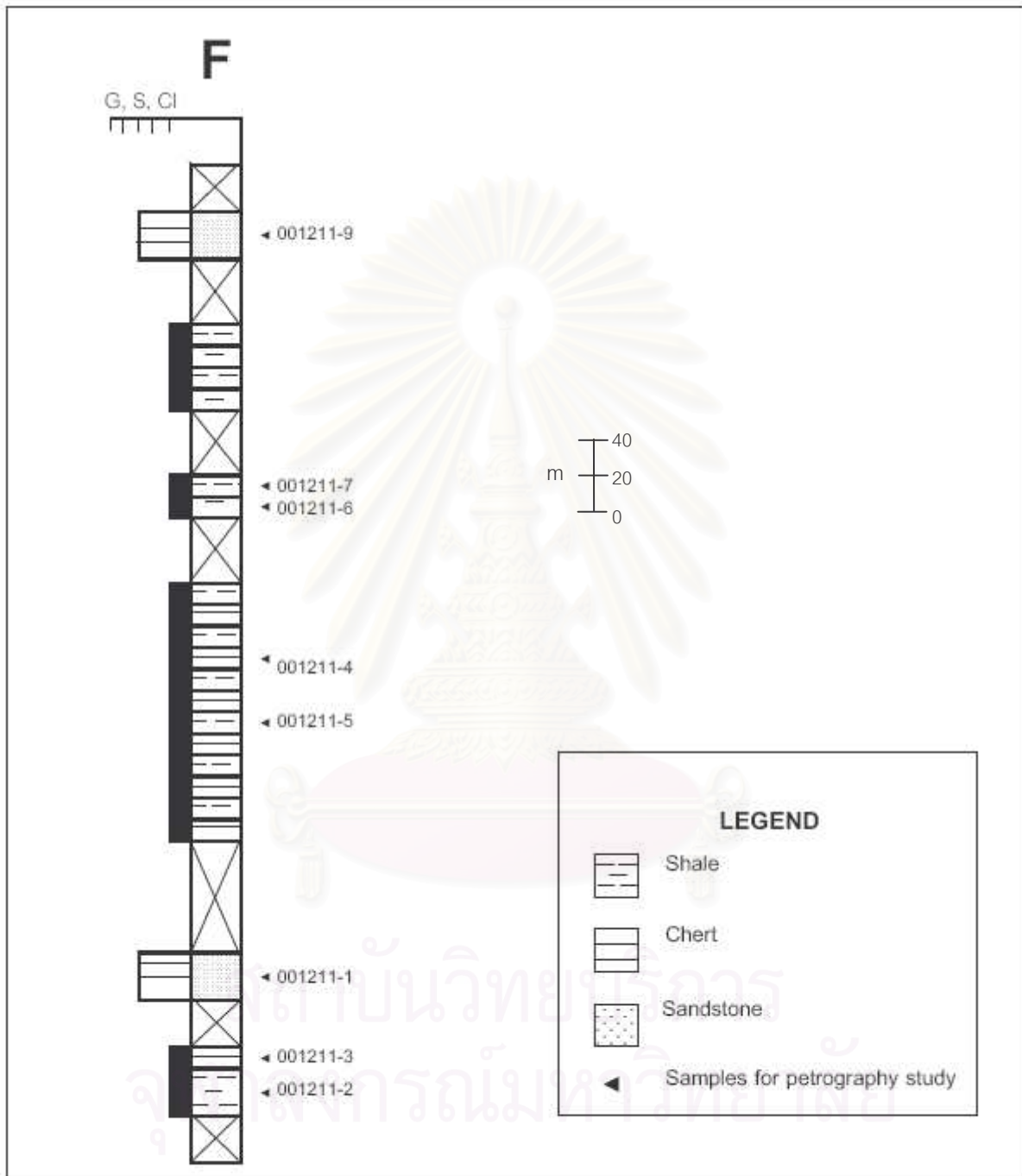


รูป 4.10a แผนที่ธรณีวิทยารายละเอียด จากบริเวณบ้านท่าสองแควถึงบ้านแม่แลบ อำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน (ดัดแปลงจาก Jindascth และคณะ ปี ค.ศ. 1990)



รูป 4.10b ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาบริเวณแนวสำรวจ F บ้านท่าสองแควถึงบ้านแม่แลบ อำเภอแม่ลาน้อย แสดงการวางตัวของ หินตะกอนยุคไทรแอสสิก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4.10c แผนภูมิแท่งแสดงการลำดับชั้นหินจากแนวสำรวจ F บ้านแม่แลบ อำเภอมะนัง จังหวัดแม่ฮ่องสอน



ตาราง 4.6 รายละเอียดการลำดับชั้นหินแนวสำรวจ F (บ้านแม่แลบ) พิกัดที่ 812322 ถึง 834303  
(4545 I)

ความหนา (เมตร) เริ่มจาก 274 เมตร  
(จากบนลงล่าง)

ความหนา (m)	หน่วยหิน	คำอธิบาย
1,000		Concealed (soil cover)
15	1	Sandstone, brown, fine-grained to coarse-grained, very thick bedded, quartz, feldspar, muscovite, and dark minerals composition, bedding 340/85, sample no. 001211-9
1,000	2	Concealed
39	3	Siliceous shale, whitish gray, medium bedded, bedding 350/45, sample no. 001211-8
530	4	Concealed (soil cover)
30	5	Siliceous shale, black, thin bedded, bedding 10/30, sample no. 001211-6, and 001211-7
250	6	Concealed (soil cover)
140	7	Chert, brown, sample no. 001211-4, interbedded with mudstone, green, thin bedded, bedding 300/70, sample no. 001211-5
1,120	8	Concealed (soil cover)
10	9	Sandstone, white, thin bedded, quartz, feldspar, and dark minerals composition, bedding 60/40, sample no. 001211-1
300	10	Concealed (probable mudstone, and chert)
10	11	Chert, light brown, thin bedded, sample no. 001211-3
30	12	Mudstone, orange, thin bedded, bedding 20/20, sample no. 001211-2

หมายเหตุ ลำดับชั้นหินตะกอนของ Mae Sariang Group, the Pra Trumuang and the Mae Leab formation, แม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน

#### 4.2.6 แนวสำรวจ F

แนวสำรวจ F (Section F) เป็นแนวตามถนน รพช. จากบ้านท่าสองแคว ถึงบ้านแม่แลบ อำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน รูป 4.10a แสดงแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:50,000 ครอบคลุมแนวสำรวจ F ประกอบด้วยหินตะกอนยุคไทรแอสซิกถึงตะกอนยุคควอเทอร์นารี หินตะกอนยุคไทรแอสซิกประกอบด้วยหินทราย หินเชิร์ต หินดินดานและหินปูนที่เป็นเลนส์ การสะสมตัวของตะกอนยุคควอเทอร์นารีประกอบด้วยกรวดถึงดิน โดยเป็นการสะสมตัวจากน้ำพาและเศษหินเชิงเขาเป็นส่วนใหญ่ การศึกษาในชั้นรายละเอียดพบหินโคลนตามริมถนน ประกอบด้วยหน่วยหินยุคไทรแอสซิก 2 หน่วยหิน คือ หน่วยหิน  $Tr_1$  ในด้านตะวันตก และ หน่วยหิน  $Tr_2$  ในด้านตะวันออก (รูป 4.10b) รูป 4.10c และ ตาราง 4.6 แสดงหน่วยยุคไทรแอสซิกที่แก่ที่สุด ( $Tr_1$ ) ประกอบด้วย หินเชิร์ต สีเทาอ่อนถึงสีน้ำตาลอ่อน เป็นชั้นบาง ๆ พบหินโคลนและหินดินดานสีส้ม หน่วยหินยุคไทรแอสซิกที่อ่อนที่สุด ( $Tr_3$ ) ประกอบด้วยหินดินดานสีเทาอ่อนถึงสีดำเป็นชั้นบาง ๆ และหินทรายสีน้ำตาลขนาดละเอียดถึงหยาบ ชั้นหินหนาประกอบด้วยแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ และแร่ในกลุ่มไมกา ชั้นหินส่วนใหญ่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีการเอียงเทด้วยมุมปานกลาง (ประมาณ  $40^\circ$ ) ไปทางทิศตะวันออก

#### 4.2.7 แนวสำรวจ G

แนวสำรวจ G (Section G) ยาวประมาณ 5 กิโลเมตรตามถนนหมายเลข 1194 บริเวณหลักกิโลเมตรที่ 20 ถึง 25 จากแม่สะเรียงถึงบ้านแม่สามแลบ จังหวัดแม่ฮ่องสอน รูป 4.11a แสดงแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:50,000 ครอบคลุมหินตะกอนยุคเพอร์เมียนถึงยุคควอเทอร์นารี หินยุคเพอร์เมียนพบทางตะวันตกของแผนที่ประกอบด้วย หินปูนหนา หินทรายและ หินดินดาน ซึ่งถูกซ้อนทับด้วยหินไทรแอสซิกประกอบด้วยหินดินดาน หินเชิร์ตและชั้นหินปูนบาง ๆ ในบริเวณตอนกลาง พบตะกอนน้ำพาบริเวณด้านตะวันออกของแผนที่ที่บ้านห้วยโศ และบ้านห้วยสิงห์ใต้ การศึกษาในรายละเอียด (ดูรูป 4.11b และ 4.11c ตาราง 4.7) พบว่าหินยุคเพอร์เมียนประกอบด้วยหินทรายสีขาวยิ่งเทาเข้ม ลักษณะของชั้นหินเป็นแบบ medium - bedded แทรกสลับกับหินโคลนสีเหลืองถึงเทาเข้ม ลักษณะของชั้นหินเป็นแบบชั้นบาง ๆ ประกอบกัน หินยุคไทรแอสซิกหนาประมาณ 185 เมตร ประกอบด้วยหินเชิร์ตสีดำ แทรกสลับหินโคลนสีเทาเข้มถึงน้ำตาล หินทรายสีน้ำตาล ขนาดปานกลาง ตัวอย่างจำนวน 15 ตัวอย่างถูกเก็บมาเพื่อศึกษาในห้องปฏิบัติการ โครงสร้างทางธรณีวิทยาเป็นแบบประทุนมีแนวการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้

จากการศึกษาแนวการสำรวจทั้ง 7 แนว โดยใช้ลักษณะเนื้อหินและการสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตามแนวสำรวจ พบว่ากลุ่มหินแม่สะเรียงประกอบด้วยหน่วยหิน 3 หน่วยคือ หน่วยหินกองสูง หน่วยหินประตูเมือง และหน่วยหินแม่แลบ (รูป 4.12 และ 4.13) ความหนาของกลุ่มหินแม่สะเรียงจากแนวการสำรวจทั้งหมด พบว่ามีความหนามากกว่า 900 เมตร สำหรับในรายละเอียดในแต่ละหน่วยหินจะได้อธิบายต่อไป

### 4.3 การลำดับชั้นหิน (Stratigraphy)

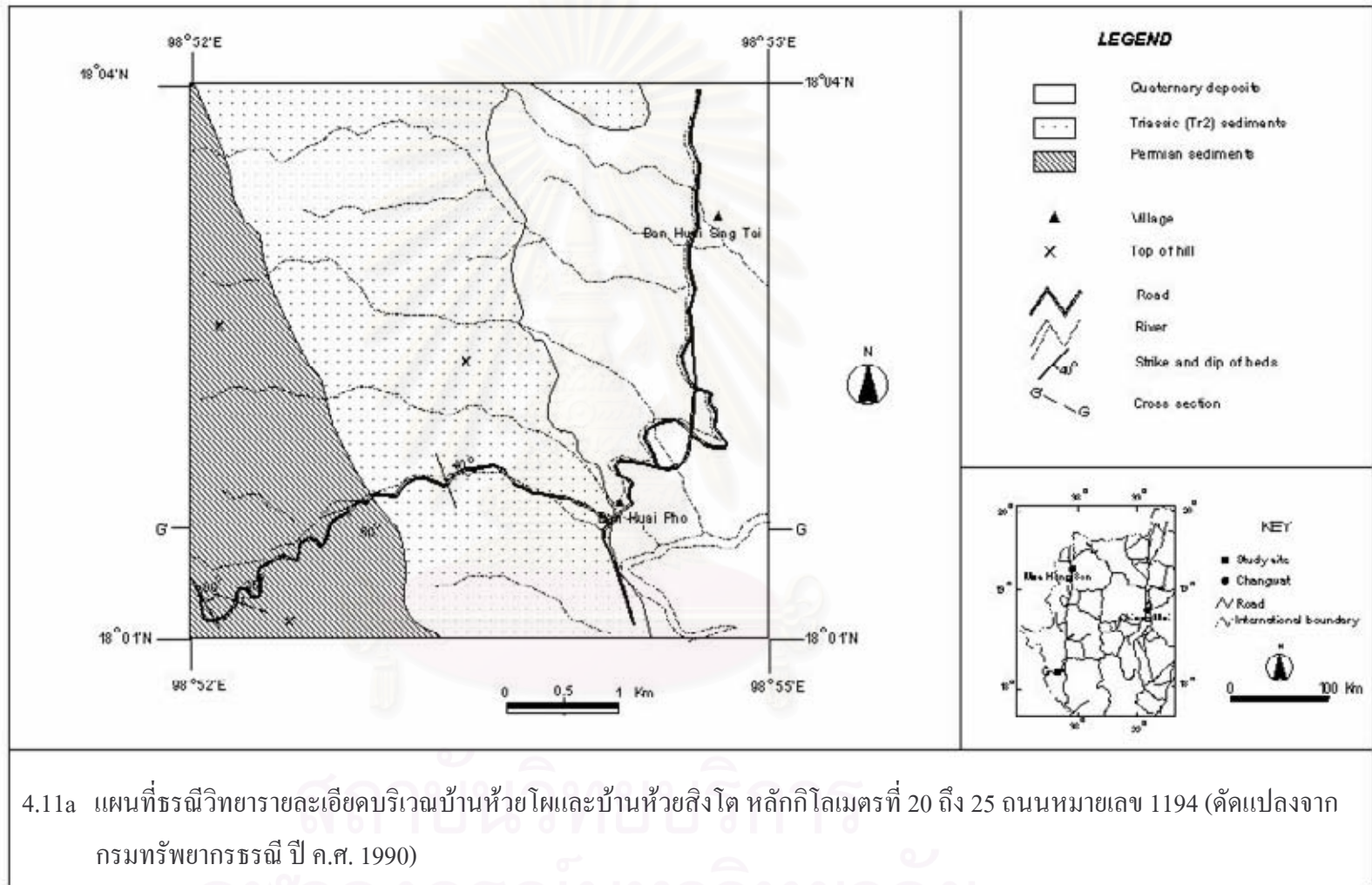
“กลุ่มหินแม่สะเรียง” ประกอบด้วยหินทราย หินดินดาน และหินปูน มีความหนาทั้งสิ้น 850 เมตร จากการศึกษาเบื้องต้นหินไทรแอสซิกบริเวณแม่สะเรียง – แม่ฮ่องสอนวางตัวไม่ต่อเนื่องอยู่บนพาลีโอโซอิกตอนบน โดยคั่นอยู่ด้วยหินกรวดมนพื้นฐานสีแดง หินไทรแอสซิกเกือบทั้งหมดอยู่ทางด้านตะวันตกของรอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน (Charusiri, 1989) มีผู้ศึกษาสภาพธรณีวิทยาทั่วไปในบริเวณจังหวัดแม่ฮ่องสอนไว้หลายท่าน ได้แก่ Baum และคณะ (1970) Bunopas (1976) Hahn และ Siebenhüner (1982) Charusiri และคณะ (1992) Tofke และคณะ (1993) Caridroit และคณะ (1993) Chonglakmani (1999) และ Meesook และคณะ (2000) ทางด้านตะวันออกและตะวันตกของจังหวัดแม่ฮ่องสอนเป็นหินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบนซึ่งเป็นหินตะกอนเนื้อประสมและเนื้อเดียวสลับกัน หินอัคนีบาดาลไหล่ด้านตะวันออกของบริเวณรอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน-แม่สะเรียง หินบะซอลต์อายุซีโนโซอิก มีขนาดเล็กพบบริเวณบ้านท่าไร่ ห่างจากอำเภอแม่สะเรียงไปทางใต้ ประมาณ 30 กิโลเมตร

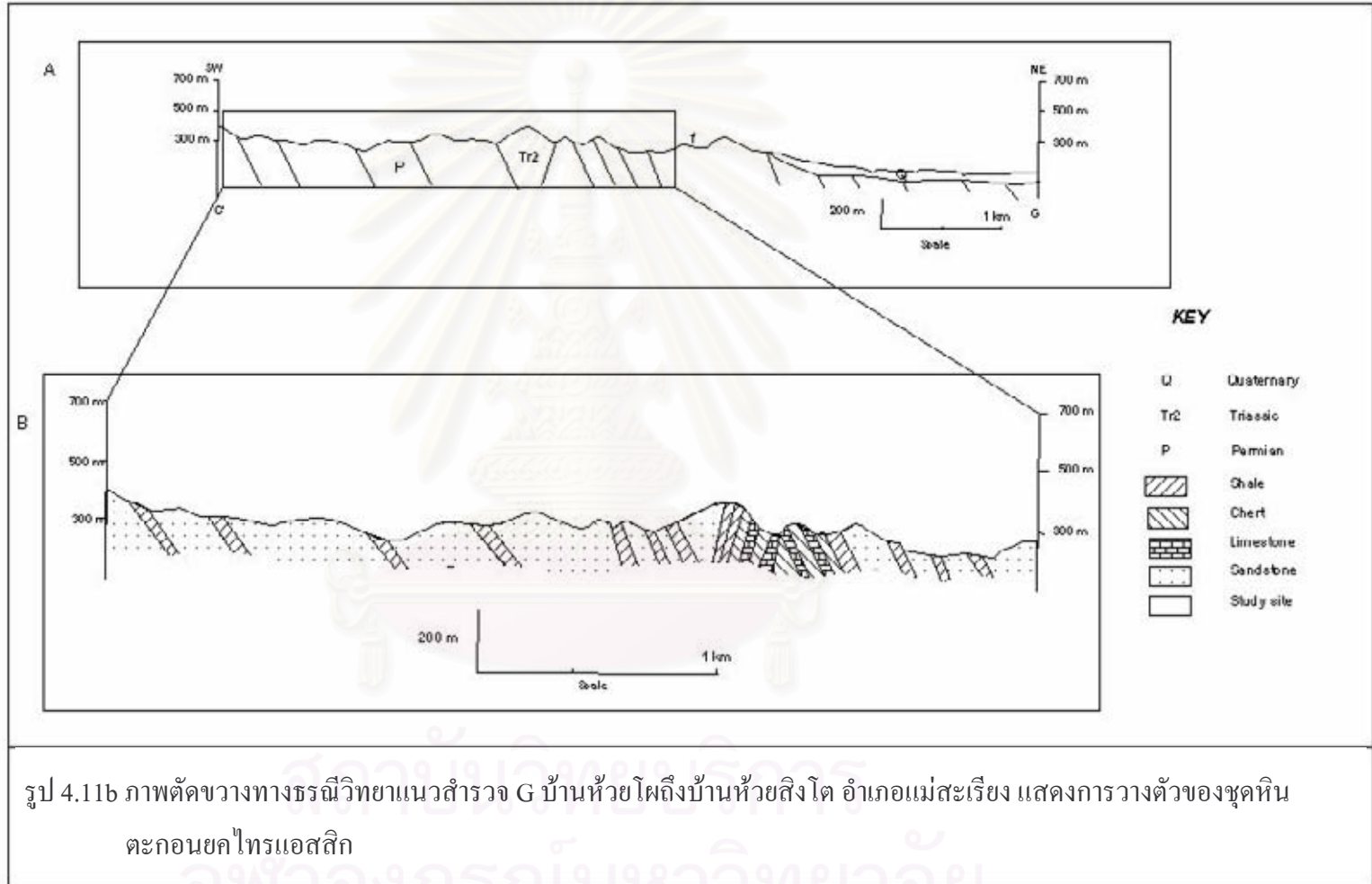
การจำแนกหินทราย (รูป 4.14) ใช้หลักการของ Folk (1974) ที่องค์ประกอบและเนื้อหินของการศึกษาตีลาพรรณนาใช้หลักและของ Pettijohn (1975) และของ Folk (1959) ที่มีการแก้ไขในส่วนของความสมบูรณ์ของเนื้อหิน

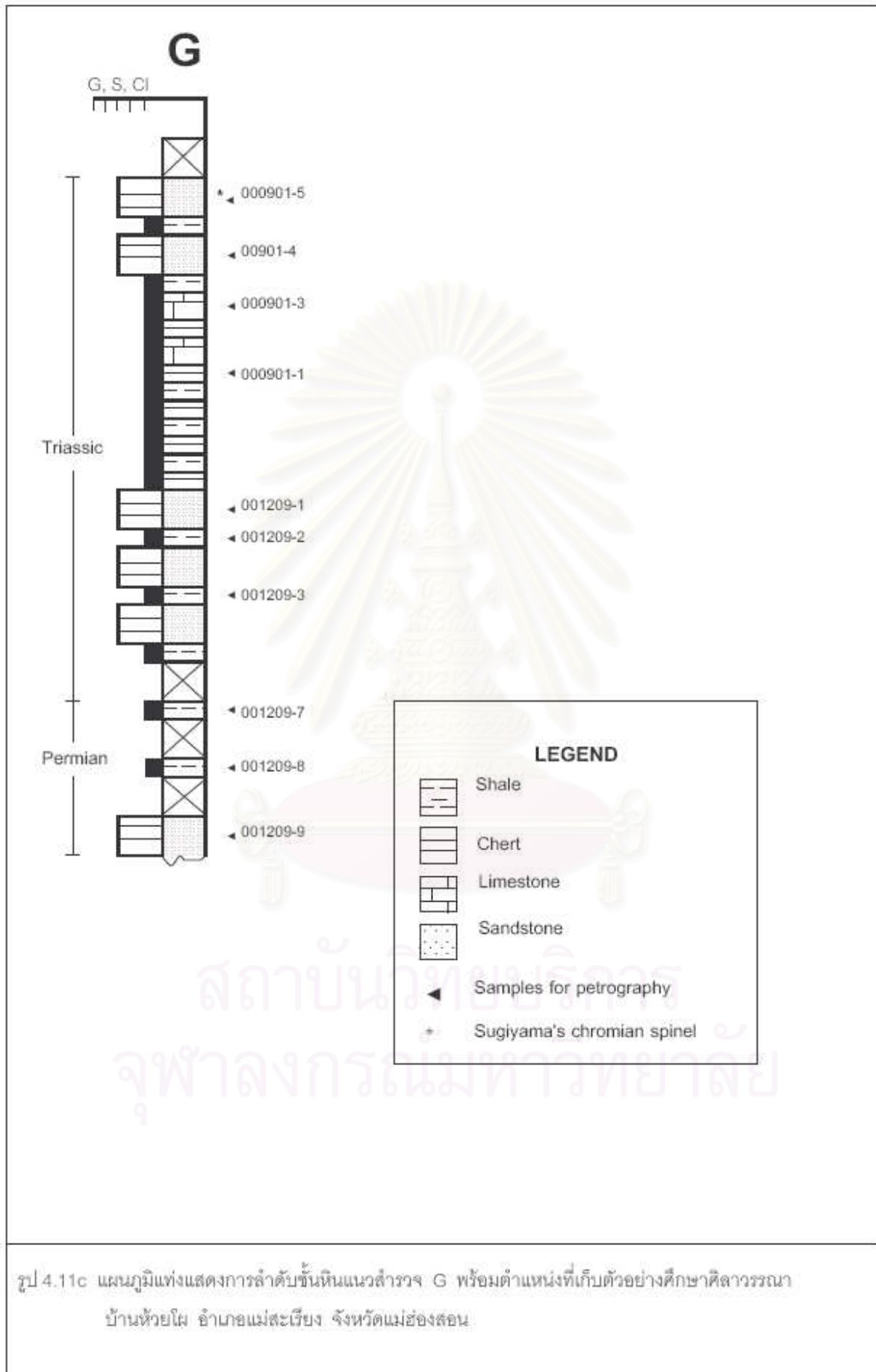
จากหลักฐานในการออกภาคสนามและการแปลภาพจากดาวเทียม (รูป 4.15) ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ รวมทั้งงานของผู้ที่ศึกษาหินตะกอนทะเลยุคไทรแอสซิกในตอนใต้ของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน จังหวัดแม่ฮ่องสอนสามารถแบ่ง กลุ่มหินแม่สะเรียงออกได้ 3 หน่วยหินคือ หน่วยหินกงสุม ( $Tr_1$ ) หน่วยหินประตูเมือง ( $Tr_2$ ) และหน่วยหินแม่แลบ ( $Tr_3$ ) หน่วยหินกงสุมสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะปรากฏของตะกอน คือ หินกรวดมนด้านล่าง และหินทราย ส่วนหน่วยหินประตูเมือง ประกอบด้วย 4 ลักษณะ ปรากฏ คือ หินทรายและหินโคลนสีเข้ม หินเชิร์ตที่สลับอยู่กับหินโคลน หินกรวดมนที่สลับกับหินทราย และหินทรายสลับกับหินดินดาน หน่วยหินบ้านแม่แลบ ประกอบด้วย 3 ลักษณะ ปรากฏ คือ หิน โคลนและหินทราย หินดินดานสลับหินโคลน และหินทรายขนาดปานกลาง ในกลุ่มหินดินดานที่สลับกับหินโคลน พบซากบรรพชีวินประเภทหอยสกุล *Halobia* sp. จากการศึกษาชั้นหินและการศึกษาบรรพชีวินของหลายท่านเช่น Hahn และ Siebenhüner (1982) และ Kamata (2002) พบว่ากลุ่มหินแม่สะเรียงน่าจะมีอายุระหว่างตอนกลางถึงตอนปลายยุคไทรแอสซิก โดยมีความหนาทั้งหมดมากกว่า 900 เมตร (รูป 4.12)

#### กลุ่มหินแม่สะเรียง (Mae Sariang Group)

กลุ่มหินแม่สะเรียงเป็นหินยุคไทรแอสซิก สามารถแบ่งได้ 3 หน่วยหิน จากเก่าไปอ่อน ดังนี้ หน่วยหินกงสุม หน่วยหินประตูเมือง และหน่วยหินแม่แลบ ทั้ง 3 หน่วยหินวางตัวในแนวเหนือ - ใต้ (ดูรูป 4.15) โดยพบหินไหล่ตามถนนและลำห้วยหลายแห่งทางด้านตะวันตกของทางหลวงหมายเลข 108 ตั้งแต่ กิโลเมตรที่ 30-150 108 (อำเภอแม่ฮ่องสอน อำเภอขุนยวม อำเภอแม่ลาน้อย และอำเภอแม่สะเรียง)







ตาราง 4.7 รายละเอียดการลำดับชั้นหินจากแนวสำรวจ G (บ้านห้วยไผ่) พิกัด 799926 - 826938

(4545 II)

ความหนา (เมตร) เริ่มจาก 217 เมตร

(จากบนลงล่าง)

ความหนา (m)	หน่วยหิน	คำอธิบาย
>20	1	Sandstone, black, fine-grained, quartz, darks minerals, muscovite, detrital chromian spinels composition, sample no. 000901-6, and 000901-5
35	2	Shale, brown
13	3	Sandstone, brown, medium-grained, quartz, feldspar, and dark minerals composition, sample no. 000901-4
2	4	Limestone, dark gray, sample no. 000901-3
30	5	Concealed (soil cover)
5	6	Mudstone, brown
20	7	Chert, black, bedding 310/30, sample no. 000901-1
20	8	Sandstone, yellow, fine-grained, quartz, feldspar, and muscovite composition, sample no. 001209-1
20	9	Mudstone, dark gray, sample no. 001209-2
20	10	Calcareous Mudstone, yellowish gray, sample no. 001209-3
12	11	Mudstone, dark gray, bedding 130/55, sample no. 001209-4 (Permian)
15	12	Sandstone, dark gray, fine-grained, sample no. 001209-5, interbedded with mudstone, black, sample no. 001209-6 (Permian)
115	13	Concealed (soil cover)
19	14	Mudstone, dark gray, thin bedded, bedding 65/50, Sample no. 001209-7 (Permian)
760	15	Concealed (probable mudstone)
5	16	Mudstone, yellow, sample no. 001209-8 (Permian)

ตาราง 3.7 (ต่อ)

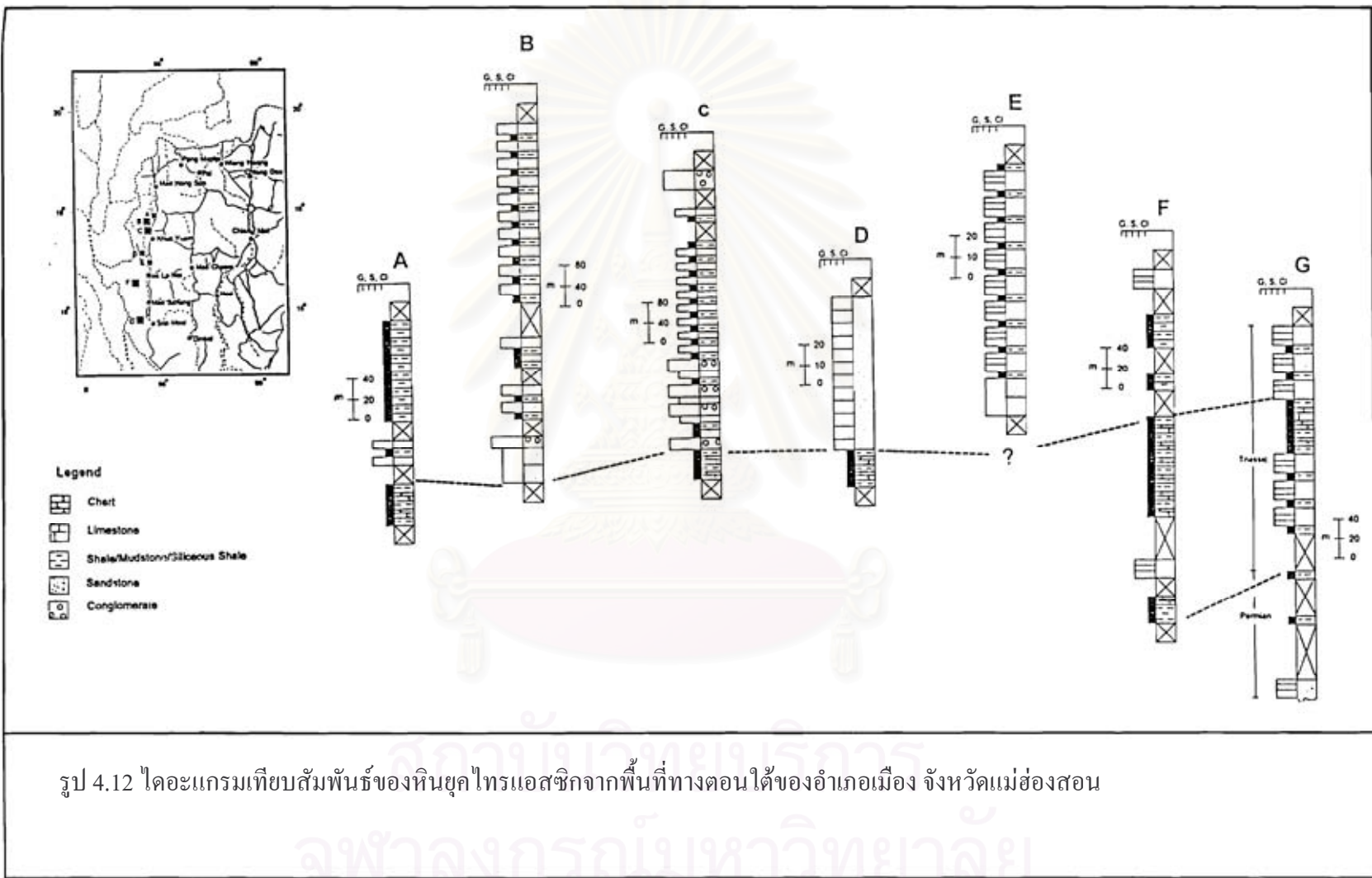
ความหนา (m)	หน่วยหิน	คำอธิบาย
400	17	Concealed (soil cover)
11	18	Sandstone, white, fine-grained, medium bedded, quartz, feldspar, muscovite, and dark minerals composition, bedding 310/50, sample no. 001209-9 (Permian)

หมายเหตุ รายละเอียดบางส่วนของหินตะกอนยุค เพอร์เมียน และยุค ไทรแอสซิก ของ Mae Sarieng Group, แม่สะเรียงจังหวัดแม่ฮ่องสอน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

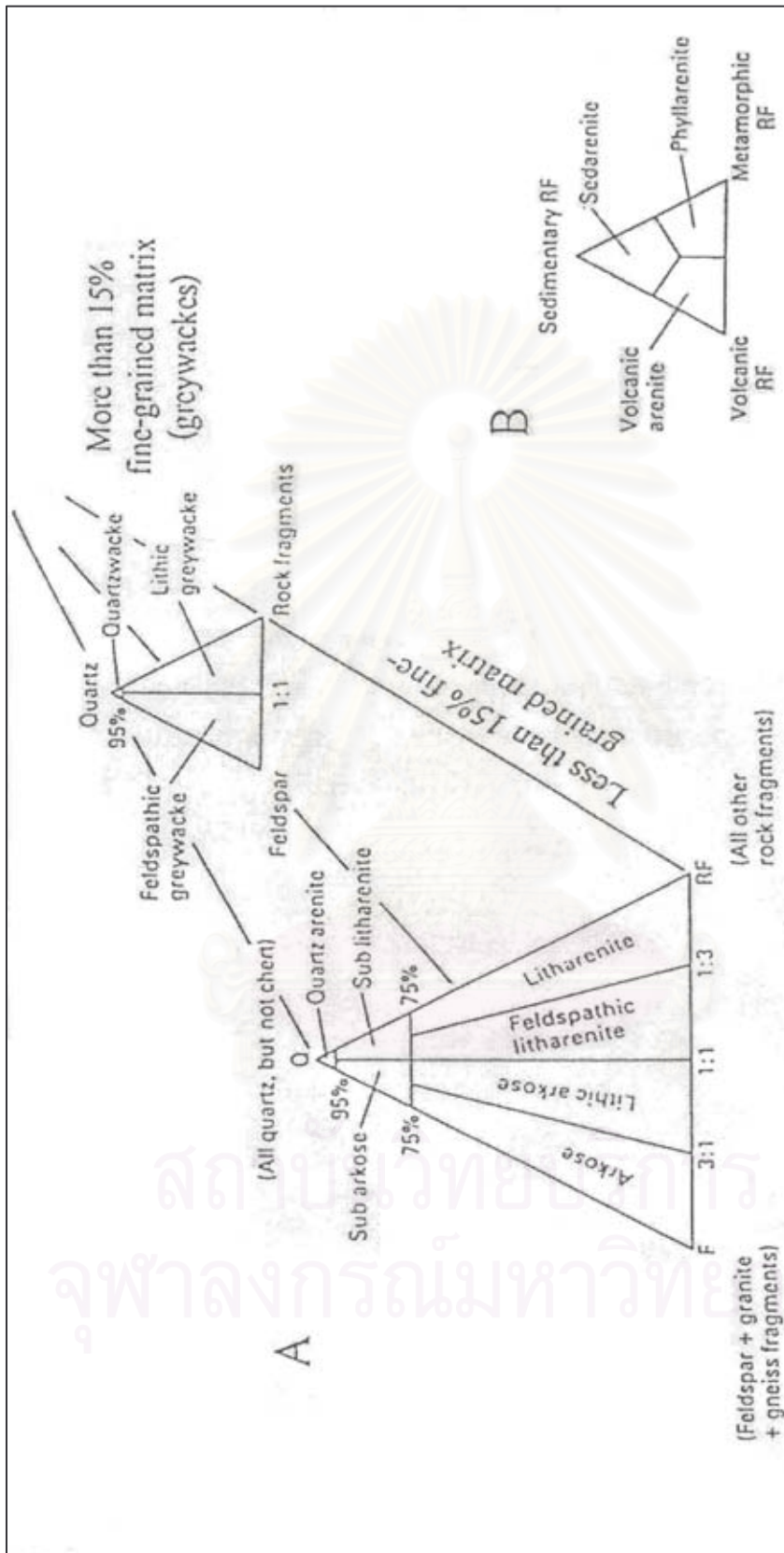




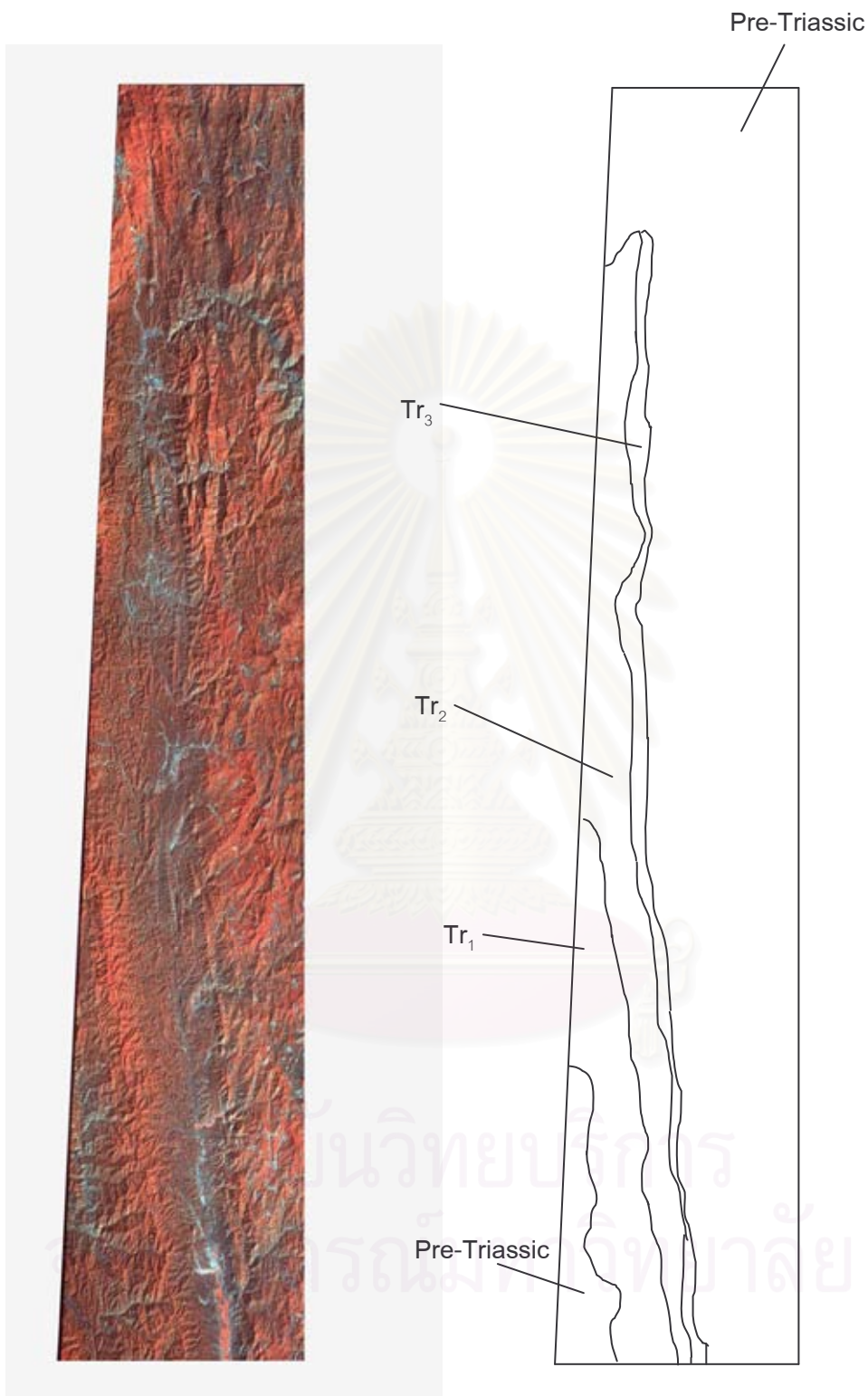
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Group	Formation	Scale (Meter)	Section	Lithology
Mae Sariang	Mae Laieb			<p>Medium-grained sandstone</p> <p>Siliceous shale interbedded mudstone</p> <p>Calcareous mudstone interbedded with sandstone, <i>Halobia</i> sp.</p>
	Pra Trumuang			<p>Sandstone interbedded shale, flute casts, cross-bedding, graded bedding.</p> <p>Conglomerate matrix-supported, and sandstone, graded bedding.</p> <p>Chert interbedded with mudstone, radiolaria.</p> <p>Dark gray mudstone interbedded sandstone.</p>
	Kong Sum			<p>Lithic sandstone, coarse-grained</p> <p>Reddish brown and brown conglomerate, clast-supported and siltstone</p>

รูป 4.13 แผนภูมิแท่งแสดงหมวดหินต่าง ๆ ในกลุ่มหินแม่สะเรียงที่ได้จากการเทียบเคียงจากแนวสำรวจต่าง ๆ



รูป 4.14 แผนภูมิที่ใช้จำแนกชนิดของหินทราย (Folk, 1974)



รูป 4.15 ขอบเขตหินตะกอนยุคไทรแอสซิกที่ได้จากการแปลรูปถ่ายดาวเทียม (ดูรายละเอียดแต่ละหน่วยหินในรายงาน)

#### 4.3.1 หน่วยหินกองสุม (Kong Sum formation หรือ Tr<sub>1</sub> unit)

Jindasuth และคณะ (1990) จัดให้หน่วยหินกองสุมเป็น Tr<sub>1</sub> unit เป็นหน่วยหินที่แก่ที่สุดใน การศึกษาครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ลักษณะปรากฏ คือ หินกรวดมนที่พบด้านล่างและหินทรายที่พบด้านบน จาก การศึกษาข้อมูลรูปถ่ายดาวเทียมสำรวจทรัพยากร (Landsat TM5) พบว่าหน่วยหินทางด้านตะวันตก หรือ Tr<sub>1</sub> unit แสดง ลักษณะสัณฐานธรณีวิทยาที่สูงและชัน และเส้นแนวโครงสร้าง (lineament) วางตัวในแนว ตะวันออก - ตะวันตก นอกจากนี้ยังพบว่า Tr<sub>1</sub> unit ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 40 % ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด (ดูรูป 4.15)

##### 4.3.1.1 หินกรวดมนด้านล่าง (Lower conglomerate lithofacies)

หินกรวดมนด้านล่างของหน่วยหิน พบบริเวณบ้านกองสุม วางตัวไม่ต่อเนื่องอยู่เหนือหินที่ แก่กว่า โดยมีลักษณะปรากฏของเนื้อหินที่ประกอบด้วยชั้นหนาของหินทรายแป้งสีแดง แทรกสลับกับหิน กรวดมนเนื้อทรายเป็นส่วนใหญ่ โดยก้อนกรวดประกอบด้วย หินเชิร์ต หินปูน และหินทรายมีขนาดตั้งแต่ 1 ถึง 10 เซนติเมตร มีการคัดขนาดปานกลาง กิ่งเหลี่ยมถึงกิ่งมน พบในห้วยแม่ละมอ เป็นหินกรวดมนที่มี ก้อนกรวดมากกว่าตัวเชื่อมประสาน (clast-supported) ทั้งหินทรายและหินทรายแป้งพบเฟลด์สปาร์ ไม่พบ ซากบรรพชีวินในบริเวณนี้ แต่จากการเทียบเคียงกับหินในบริเวณใกล้เคียงมีอายุอยู่ในยุคไทรแอสซิก

##### 4.3.1.2 หินทราย (Lithic sandstone lithofacies)

หินทรายพบว่าวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ระหว่างบ้านกองสุมและอำเภอแม่ลาน้อย ชั้นหิน ประกอบด้วยชั้นหินหนาระหว่าง 4-40 ซม มีสีเทา ขนาดตะกอนละเอียดถึงหยาบและแสดงโครงสร้างที่มีการเรียงขนาดของเม็ดตะกอน (graded bedding) หินทรายแทรกสลับกับหินดินดานบาง ๆ พบในพิกัด 728-264 และ 647-281 ใกล้บ้านกองสุม ลักษณะที่น่าสนใจคือมีหินปูนชั้นหนาแทรกสลับด้วย ในเนื้อ หินปูนจะพบว่าการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและมีการคัดขนาดดีจนเป็นหินทราย พบ โครงสร้างการเรียงขนาด เม็ดตะกอน ในหินทรายมีการแทรกสลับกับหินโคลนสีเทา พบ โครงสร้างประเทรอยชั้นขนานสลับกัน ชั้น หินมีการคดโค้ง ซากบรรพชีวินที่สำคัญเช่น *Halobia* sp. และ *Daonella* cf. *sumatrensis* มีอายุยุคปลายไทร แอสซิก จากรายงานของ Hahn และ SiebenhÜner (ปี คศ. 1982) พบซากบรรพชีวินประเภท *Crinoidea* indet (Wolfart), *Halobiidae* indet (Wolfart), *Halobia* cf. *comata* BITTERN?, *Halobia* cf. *austriaca* MOJSISOVICS, *Halobia* sp., ex gr. *sturiaca* MOJSISOVICS, and *Daonella* sp. ซึ่งมีอายุตอนกลางถึงตอน ปลายไทรแอสซิก (Anisian–Early Carnian)

#### 4.3.2 หน่วยหินประตูเมือง (Pra Trumuang formation หรือ the Tr<sub>2</sub> unit)

หินที่โผล่บริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษาเรียกว่า Tr<sub>2</sub> unit มีการแผ่กระจายกว้างและยาว หลายกิโลเมตร วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ตามแนวรอยเลื่อนแม่สะเรียง-แม่ฮ่องสอน การศึกษาในชั้น ทรายละเอียดได้นำ Landsat TM5 มาเป็นตัวชี้บ่ง Tr<sub>2</sub> unit พบว่ามีลักษณะสัณฐานวิทยา คือ มีความสูงใน ระดับปานกลาง ความชันต่ำ มีแนวเส้นแสดงโครงสร้างของชั้นหินและแนวโครงสร้างทางธรณีวิทยา (lineament) วางตัวในแนวก่อนไปทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NNW-SSE) ทั้งหมดนี้เป็น

ลักษณะที่ไ้แบ่งแยก  $Tr_1$  unit โดยทั่วไปแนวการวางตัวของชั้นหินวางตัวระหว่าง ค่อนไปทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NNW-SSE) ถึงตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ (NNE-SSW) โดยเฉลี่ยวางตัวในแนวเหนือ - ใต้ เนื่องจากชั้นหิน  $Tr_2$  unit วางตัวอยู่เหนือ  $Tr_1$  unit ดังนั้น  $Tr_2$  unit น่าจะมีอายุอ่อนกว่า  $Tr_1$  unit (รูป 4.15) การกระจายตัวของ  $Tr_2$  unit ครอบคลุมประมาณ 50 % ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด

ในบางส่วนพบซากบรรพชีวินประเภทหอยในหินดินดานเป็นจุด ๆ กระจายในพื้นที่ศึกษา ซากบรรพชีวินที่พบบ่งบอกอายุในช่วงตอนต้นของยุคไทรแอสซิก (Early Triassic) (Buam et al., 1970) จากหลักฐานทางลักษณะปรากฏของเนื้อหินและธรณีวิทยาโครงสร้าง ส่วนกลางของพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งชั้นหินออกเป็น 4 ลักษณะปรากฏทางกายภาพจากส่วนล่างขึ้นส่วนบน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 4.3.2.1 ลักษณะปรากฏของหินโคลนสีเทาดำและหินทราย (Dark gray mudstone and sandstone lithofacies)

ลักษณะปรากฏของหินโคลนสีเทาดำและหินทราย จากส่วนล่างของหน่วยหินประดูเมือง (รูป 4.16) ความหนาประมาณ 60 เมตร ลักษณะปรากฏของหินนี้คือ เป็นหินโคลนสีเทาดำที่มีความหนาของชั้นหินไม่มากสลับกับชั้นบางๆของหินทรายสีเทาดำ หินทรายประกอบด้วยแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ และเศษหิน โดยแร่ควอตซ์ มีขนาดละเอียดกลมมนและมีการคัดขนาดไม่ดี

#### 4.3.2.2 ลักษณะปรากฏของหินเชิร์ตสลับกับหินโคลน (Chert interbedded mudstone lithofacies)

ลักษณะปรากฏของหินเชิร์ตสลับกับหินโคลน โดยพบหินปูนสีเทาแทรกสลับในบางส่วน ความหนาอยู่ระหว่าง 16 ถึง 148 เมตร การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวัดขนาดของชั้นหินบริเวณ บ้านประดูเมือง (อำเภอขุนยวม, ราว 4546 I), บ้านแม่แลบ (อำเภอแม่ลาน้อย, ราว 4545 I), และบ้านห้วยโไฟ (อำเภอแม่สะเรียง, ราว 4545 II) (รูป 4.17)

การศึกษาบรรพชีวินของ Kamata และคณะ (2002) พบซากบรรพชีวินประเภท radiolarian ที่บ่งบอกอายุไทรแอสซิกตอนต้นถึงตอนปลาย

#### 4.3.2.3 ลักษณะปรากฏของหินกรวดมนสลับกับหินทราย (Conglomerate interbedded sandstone lithofacies)

ลักษณะปรากฏของหินกลุ่มนี้ ดูได้จากรูป 4.18 ประกอบด้วย หินกรวดมนแทรกสลับกับหินทรายและหินดินดาน มีความหนาประมาณ 97 เมตร มีการวางตัวไม่ต่อเนื่องอยู่บนหินเชิร์ตและหินโคลน และวางตัวไม่เนือ่งอยู่ล่างของกลุ่มหินแรก

หินกรวดมนแทรกสลับกับหินทรายและหินดินดาน หินทรายมีขนาดของชั้นหินไม่มาก หินกรวดมนเป็นประเภทที่มีตัวเชื่อมประสานมาก ก้อนกรวดประกอบด้วยแร่ควอตซ์ ขนาดตั้งแต่ 0.2 ถึง 5.0 เซนติเมตร หินทรายมีสีเทาอ่อนถึงสีน้ำตาลแกมเหลืองมีความหนาไม่มาก ประกอบด้วยแร่ ควอตซ์ เฟลด์สปาร์และหินสีเข้ม มีการคัดขนาดและในบางบริเวณมีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันเป็นหินโคลนสีน้ำตาลแกมแดงที่อยู่ด้านบน ในส่วนใต้สุดของหน่วยหินนี้แบ่งโดยใช้หินกรวดมนแทรกสลับหินทราย บริเวณบ้านประดูเมืองและบ้านสะเป่ ซึ่งจัดให้เป็นตำแหน่งตัวแทนที่สำคัญของหินหน่วยนี้



## สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 4.16 ลักษณะปรากฏของหินโคลนสีเทาดำและหินทราย บริเวณบ้านห้วยไผ่ อำเภอแม่สะเรียง

A



B



C



รูป 4.17 ลักษณะปรากฏของหินเชิร์ตสลับกับหิน โคลน(รูป A) บริเวณบ้านประตูเมือง บ้านห้วยนา (รูป B) และบ้านห้วยโศ (รูป C)



#### 4.3.2.4 ลักษณะปรากฏของหินทรายและหินดินดาน (Sandstone and shale lithofacies)

การลำดับชั้นหินชุดนี้ที่ได้จากการวัดขนาดชั้นหินแสดงในรูป 4.19 โดยมีลักษณะที่สำคัญคือ เป็นหินทรายแทรกสลับกับหินดินดาน หินชุดนี้วางตัวไม่ต่อเนื่องกับหินกรวดมนชุดบน หินทรายในชุดนี้มีลักษณะเป็นชั้นบาง ๆ ถึงหนามากแทรกสลับกับหินดินดานชั้นบาง ๆ โดยหินทรายที่พบจะมีโครงสร้างของตะกอนที่มีการคัดขนาดใหญ่มากจากล่างขึ้นบน(graded bedding) และชั้นการวางตัวตัดกัน(cross bedding) และร่องรอยการครูดุ (flute casts) (รูป 4.20) หินทรายมีสีขาถึงสีเทาอ่อน ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ และเศษหิน หินดินดานชั้นบาง ๆ สีเทาถึงสีน้ำตาล ส่วนใต้สุดของหินชุดนี้คือ หินทรายสีขาแทรกสลับหินดินดานสีน้ำตาล มีหิน โฟลที่ชัดเจนบริเวณบ้านประดู่เมือง อำเภอขุนยวม ความหนาของหินในหน่วยนี้ประมาณ 484 ถึง 512 เมตร

#### 4.3.3 หน่วยหินแม่แลบ (Mae Leab formation หรือ Tr<sub>3</sub> unit)

หน่วยหินแม่แลบอยู่ระหว่างตอนกลาง (Tr<sub>2</sub> unit) ของหินไทรแอสซิก กับหินตะกอนเนื้อประสมอายุแรสซิก หน่วยหินนี้พบประมาณ 10% ของพื้นที่ศึกษา พบหินโฟลบริเวณบ้านห้วยโป่ง (measured section A), ห้วยหินเหล็กไฟ (measured section E), และบ้านแม่แลบ (measured section F) (รูป 4.21)

ด้านตะวันออกของพื้นที่ถูกเรียกว่า Tr<sub>3</sub> unit วางตัวอยู่บน Tr<sub>2</sub> (หรือ unit ส่วนกลาง) จากภาคตัดขวางธรณีวิทยา (ดูรูป 4.10b) พบว่าชั้นหิน Tr<sub>2</sub> มีการเอียงเทไปทางตะวันออกทำให้สรุปได้ว่า Tr<sub>3</sub> unit มีอายุอ่อนกว่า Tr<sub>2</sub> unit จากการศึกษากาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรพบว่า Tr<sub>3</sub> unit มีลักษณะสัณฐานธรณีวิทยาที่ต่ำและมีความลาดชันต่ำ ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ Tr<sub>3</sub> unit มีความหนาประมาณ 118 เมตร ซากบรรพชีวินที่พบ คือ Cephalopoda, Conodonta, *Posidonia* sp., and *Halobia* sp. (ดู Hahn and SiebenhÜner, 1982) ซึ่งบ่งอายุตอนกลางถึงตอนปลายไทรแอสซิก(Middle to Late Triassic) Tr<sub>3</sub> unit สามารถแบ่งได้ 3 ลักษณะปรากฏคือ หินโคลนที่มีตัวเชื่อมประสานเป็นพวกคาร์บอเนต (the calcareous mudstone) สลับกับหินทราย หินดินดานแข็งสลับกับหินโคลน (the siliceous shale interbedded mudstone) และหินทราย ตามลำดับดังรายละเอียดต่อไปนี้

##### 4.3.3.1 หินโคลนที่มีตัวเชื่อมประสานเป็นพวกคาร์บอเนต (Calcareous mudstone and sandstone lithofacies)

หินนี้พบบริเวณส่วนล่างของหน่วยหินแม่แลบ (รูป 4.22) มีลักษณะคือ เป็นชั้นหินโคลนขนาดปานกลางแทรกสลับกับชั้นหินทรายบาง ๆ หินโคลนนี้มีตัวเชื่อมประสานเป็นแร่แคลไซต์ หินทรายขนาดละเอียดมากมีการคัดขนาดดี ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ และเศษหินเป็นส่วนใหญ่มีซิลิกาเป็นตัวเชื่อมประสาน



A



B

รูป 4.18 ลักษณะปรากฏของหินกรวดมนสลับหินทราย บริเวณบ้านสะเป่ (รูป A) บ้านประตูเมือง (รูป B) และการคัดขนาดตะกอนในหินกรวดมน บ้านประตูเมือง (รูป C)

A



B



C



รูป 4.19 ลักษณะปรากฏหินทรายและหินดินดานจากบ้านสะเป่ (รูป A) และจากบ้านประตูเมือง (รูป B และ C)

A



B



C



D



รูป 4.20 ลักษณะปรากฏหินทรายและหินดินดาน แสดง Cross-bedding จากบ้านสะเป่ (รูป A) จากบ้าน  
ประตู่เมือง(รูป B และ C) และร่องรอยริ้วคลื่น บ้านประตู่เมือง (รูป A)

#### 4.3.3.2 หินดินดานสลับกับหินโคลน (Siliceous shale interbedded mudstone)

ลักษณะโดยทั่วไปของหินคือ หินดินดานแข็งสีดําเป็นชั้นบาง ๆ (รูป 4.23) แทรกสลับกับ หินโคลนสีดําชั้นบาง ๆ ความหนาของหินชุดนี้มากกว่า 80 เมตร

#### 4.3.3.3 หินทรายขนาดตะกอนปานกลาง (Medium-grained sandstone lithofacies)

เป็นหินทรายที่มีความหนามากกว่า 20 เมตร มีลักษณะเป็นหินทรายเป็นสีขาวในส่วนล่างสุด และสีน้ำตาลในส่วนบน ขนาดตะกอนปานกลางถึงหยาบ กึ่งมน มีการคัดขนาดไม่ดี ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ และเศษหิน

### 4.4 ธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่แม่ฮ่องสอน (Geological structures of the Mae

#### Hong Son area)

โครงสร้างธรณีวิทยาทั่วไปของภาคเหนือ มีการวางตัวในแนวเหนือ - ใต้ ประกอบด้วยหินตั้งแต่ อายุพรีแคมเบรียนมาจนถึงตะกอนอายุปัจจุบัน (รูป 4.33) หินแกรนิตในด้านตะวันออกของพื้นที่ศึกษามีอายุ ไทรแอสซิก โดยด้านตะวันออกของหินแกรนิตนี้เป็นหินอายุคาร์บอนิเฟอรัส

โครงสร้างธรณีวิทยาหลักประกอบด้วย รอยคดโค้ง แนวรอยแตกอย่างไม่เป็นระบบ และรอยเลื่อน มีการวางตัวในแนวเหนือ - ใต้ ในพื้นที่ศึกษา มีการวัดโครงสร้างธรณีวิทยาหลายอย่าง เช่น ชั้นหิน รอยเลื่อน และแนวรอยแตก หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผลด้วยวิธี Schmidt method ด้วย คอมพิวเตอร์ พล็อตลงในกราฟ (equal area projection technique) โดยใช้โปรแกรม “NETPROG version 4.0”

#### 4.4.1 ชั้นหิน (Bed)

การวางตัวของชั้นหินทั้งหมดการศึกษาจากหิน ฟิลด์ในพื้นที่ศึกษาและแสดงในตาราง 4.8 ของชั้นหินหลัก ๆ วางตัวในแนวเหนือ-ใต้

จากการทำ stereographic projection plots ชั้นหินทั้งหมดในพื้นที่ศึกษามีการเอียง เทระหว่าง 20-80 องศา พบแนวการวางตัวชั้นหิน 2 แนว ได้แก่ หินยุคเพอร์เมียนมีการเอียงเทของชั้นหิน ระหว่าง 30-50 องศา และหินไทรแอสซิกมีมุมการเอียงเทระหว่าง 20-80 องศา หากพิจารณาแต่ละหน่วยหิน พบว่า หน่วยหินประตูเมือง มีมุมการเอียงเทระหว่าง 20-80 องศา หน่วยหินแม่แลบมีมุมเอียงเทระหว่าง 30-80 องศา การเอียงเทของชั้นหินทั้งหมดสรุปอยู่ในตาราง 4.9 และรูป 4.24

#### 4.4.2 รอยเลื่อน (Faults)

จากการสำรวจภาคสนามพบรอยเลื่อนมีการวางตัวในแนว NE-SW ค่าทั้งหมดแสดงใน ตาราง 4.8 จาก rose diagram plots (รูป 4.25) ของระนาบรอยเลื่อน (fault planes) ในพื้นที่ศึกษาแสดงใน แนว NE-SW ซึ่งเป็นรอยเลื่อนหลักและแนว N-S เป็นรอยเลื่อนรอง

ตาราง 4.8 ทิศทางและการเอียงเทของชั้นหิน รอยแตก และรอยเลื่อน (ทิศการเอียงเท/มุมเอียงเท)

ภาพตัดขวาง (Section)	ข้อมูลการวางตัว (Bedding)	รอยแตก (Fracture)	รอยเลื่อน (Fault)
A (Ban Huai Pong)	260/40, 180/30, 50/80, 210/65, 200/35	10/90, 95/50	-
B (Ban Sape)	30/35, 330/20, 25/30, 310/60, 170/50, 170/25, 230/40, 30/20, 80/55, 30/30	230/50, 130/40, 70/75, 30/20, 215/35, 150/70, 140/85, 210/50	-
C (Ban Pra Trumuang)	90/25, 55/50, 220/40, 10/35, 175/75, 20/60, 345/25, 350/20, 10/55, 20/30, 45/30, 340/45, 0/20, 350/20, 30/35, 10/40, 10/35, 50/30, 75/20	320/90, N-S, 135/60, 145/55, 20/40, 95/75, 310/55, 220/60, 130/60, 310/75, 85/55, 310/75, 245/70, 90/85, 220/85, 135/70, 215/70	10/50, 0/85, 340/65, 0/50, 85/80, 15/70, 60/70,
D (Ban Huai Na)	310/90	N-S	-
E (Huai Hin Lak Fai)	5/55	60/40	215/15
F (Ban Mae Leab)	20/20, 60/40, 300/70, 10/30, 350/45, 240/85	N-S, 40-220, 190/85, 250/80, 30/70, 270/60	-
G (Ban Huai Pho)	130/55, 65/50, 290/35, 310/50, 340/40, 310/30	240/65, 200/45, 60/85, 180/60, 110/45, 30/40, 230/40, 200/60, 0/65	140/60

ตาราง 4.9 ทิศทางเอียงเทของชั้นหินในแต่ละช่วง

ภาพตัดขวาง (Section)	มุมเอียงเท (Dip angle) (degree)
A (Ban Huai Pong)	30-80
B (Ban Sape)	20-60
C (Ban Pra Trumuang)	30-75
D (Ban Huai Na)	90
E (Huai Hin Lak Fai)	55
F (Ban Mae Leab)	20-85
G (Ban Huai Pho)	30-55

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



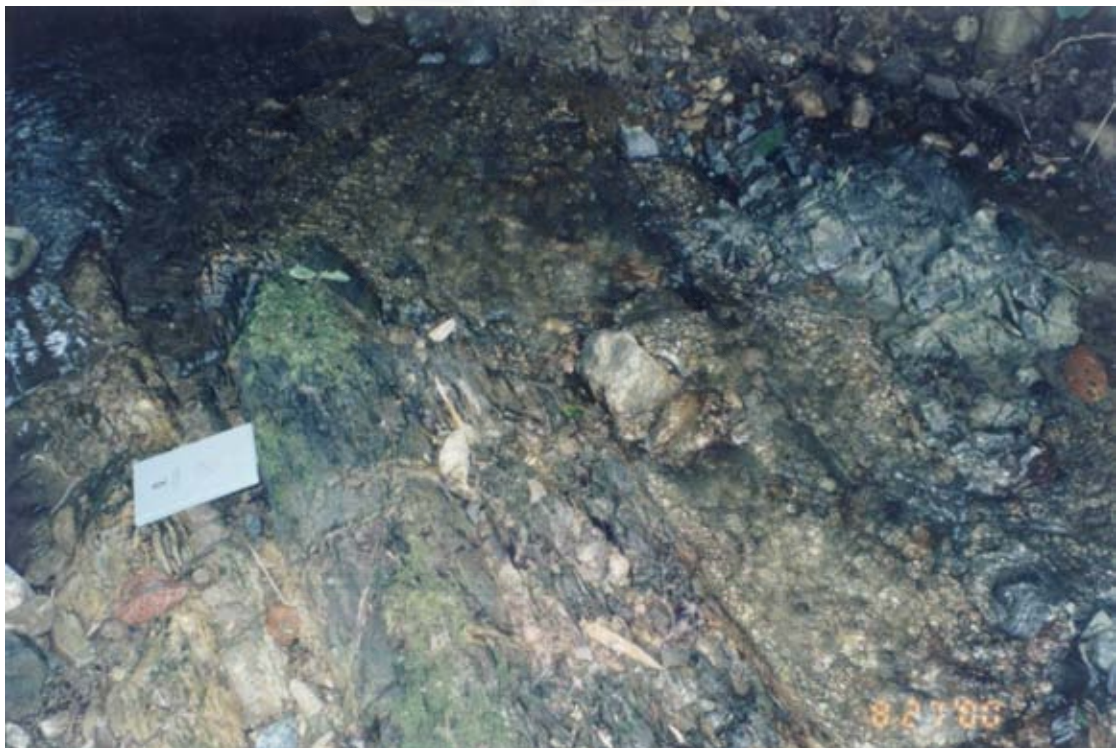
A



B

รูป 4.21 หน่วยหินแม่แลบ แสดงหิน โคลนสีเทาดำบริเวณบ้านห้วยโป่ง (รูป A) และหินดินดานเนื้อแข็งสลับกับหินดินดาน บริเวณบ้านแม่แลบ





สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 4.22 ลักษณะหินโผล่ธรรมชาติของหินดินดานเนื้อคาร์บอนेटและหินทรายแสดงชั้น บริเวณห้วย  
หินเหล็กไฟ



## สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 4.23 ลักษณะปรากฏหินดินดานเนื้อแข็งสลับกับหิน โคลน แสดงชั้นสลับกันอย่างชัดเจนโดยมีความหนาของแต่ละชั้นโดยเฉลี่ย 10-15 เซนติเมตร บริเวณบ้านห้วยโป่ง

#### 4.4.3 รอยแตกอย่างไม่เป็นระบบ (Fractures)

จากการสำรวจภาคสนาม พบรอยแตกอย่างไม่เป็นระบบ ในพื้นที่ศึกษา (รูป 4.26) วางตัวในแนว NE-SW และ N-S ทิศของ fractures ของทุกหน่วยหิน (หน่วยหินประตูเมือง และหน่วยหินแม่แลบ) แสดงในตาราง 4.8

#### 4.5 การศึกษาหินแปร (Petrography)

ตัวอย่างหินจำนวน 65 ตัวอย่างได้ถูกนำมาทำการศึกษารายละเอียดของลักษณะหินภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ตำแหน่งของตัวอย่างที่ถูกเลือกมาทำการศึกษาในแต่ละหน่วยหินแสดงในรูปที่ 4.3c, 4.6c, 4.7c, 4.8c, 4.9c, 4.10c และ 4.11c ในการศึกษาแผ่นหินบางทำการศึกษาในแง่ขององค์ประกอบแร่ เนื้อหิน และโครงสร้างขนาดเล็กมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มหินแม่สะเรียงซึ่งเป็นหินยุคเพอร์เมียน ที่นำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์เป็นหินทรายอาร์โคส (arkosic sandstone) และหินโคลนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเก็บมาจากชั้นบาง ๆ ในส่วนบนของหินตะกอนเนื้อประสมยุคเพอร์เมียนที่บ้านห้วยโศ (section G) การเก็บตัวอย่างในภาคสนามได้พิจารณาถึงโครงสร้างของตะกอนภายในหินและซากบรรพชีวินเพื่อที่เข้าใจในสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของตะกอนด้วย

ผลจากการศึกษาหินแปร ในรูป 4.27 ซึ่งเป็นตัวอย่างหมายเลข 001209-5 ของ แนวการวัด G พบว่าเนื้อหินประกอบด้วยเนื้อตะกอนเม็ด ของแร่ควอตซ์ (65%) เฟลด์สปาร์ (25%) และเศษหิน (10%) ตัวเชื่อมประสานเป็นประเภทซิลิกา ควอตซ์มีขนาดปานกลาง กึ่งมน และมีการคัดขนาดไม่ดี

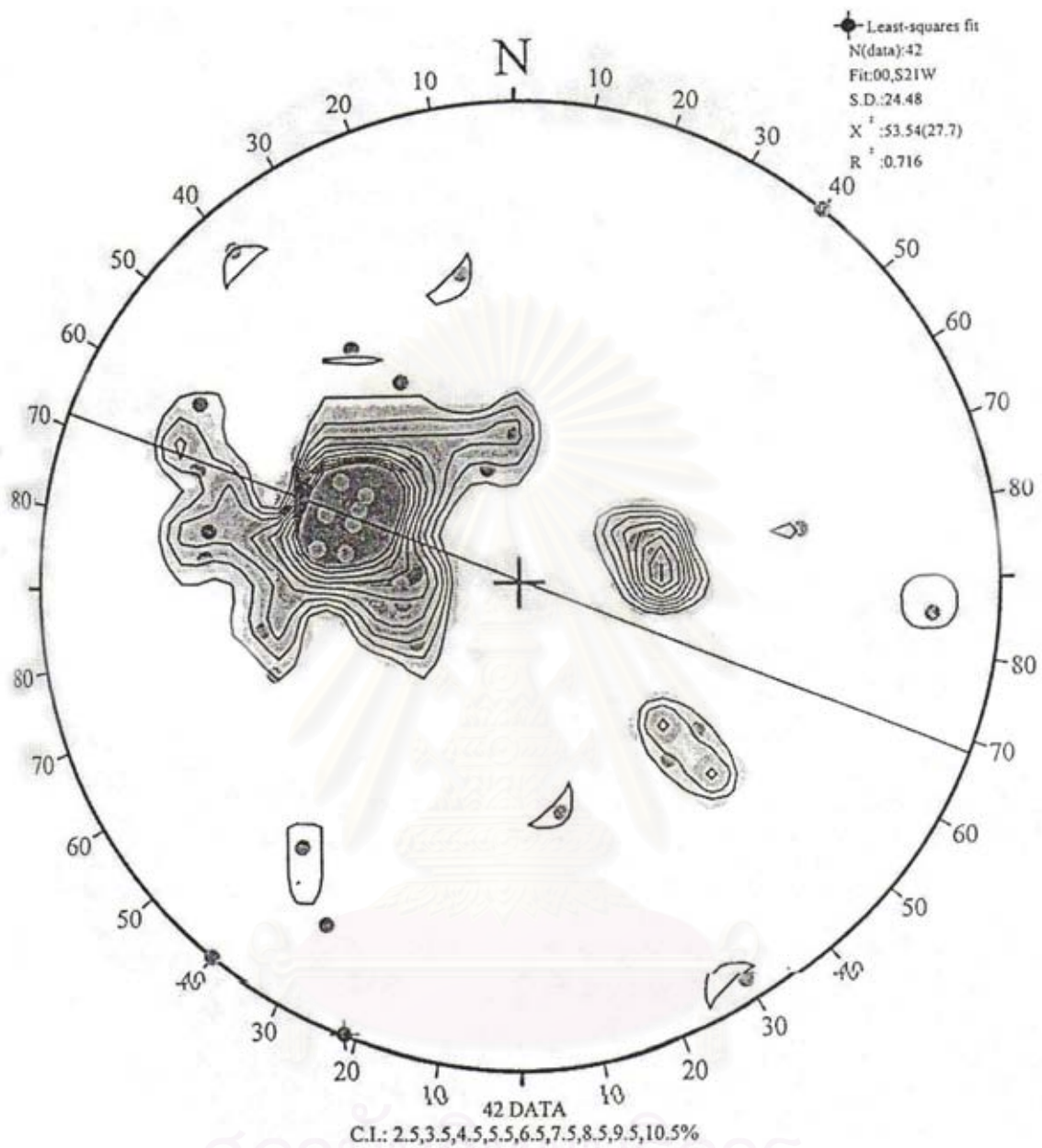
##### 4.5.1 กลุ่มหินแม่สะเรียง (Mae Sariang Group)

กลุ่มหินแม่สะเรียงประกอบด้วย 3 หน่วย ได้แก่หน่วยหินกองสูง หน่วยหินประตูเมืองและหน่วยหินแม่แลบตามลำดับ หน่วยหินกองสูงประกอบด้วยหินกรวดมนและหินทราย หน่วยหินประตูเมืองประกอบด้วย หินทรายและหินโคลนสีเทาเข้ม หินเชิร์ตสลับกับหินโคลน หินกรวดมนสลับกับหินทราย และหินทรายสลับกับหินดินดาน หน่วยหินแม่แลบประกอบด้วยหินทรายและหินโคลนที่มีตัวเชื่อมประสานเป็นพวกคาร์บอเนต หินดินดานแข็งสลับกับหินโคลน และหินทรายที่มีขนาดเม็ดปานกลาง การเรียกชื่อหินใช้หลักเกณฑ์ของ Folk (ปี คศ. 1959 และปี คศ. 1974) และ Pettijohn (ปี คศ. 1975) โดยลักษณะปรากฏของหิน สามารถสรุปในตาราง 4.10

##### 4.5.1.1 หน่วยหินกองสูง

หน่วยหินกองสูงสามารถแบ่งเป็น 2 ลักษณะปรากฏ Jindasuth และคณะ (1990) พบว่า คือ หินกรวดมน และหินทราย หินกรวดมนอยู่ส่วนล่างแทรกสลับด้วยหินทรายแป้ง สีน้ำตาลแกมแดงที่มีขนาดชั้นตะกอนหนามากแทรกสลับหินทรายที่มีเม็ดกรวด (pebbly sandstone) เม็ดกรวดเป็นหินเชิร์ต หินปูน และหินทราย มีขนาดตั้งแต่ 1 ถึง 10 เซนติเมตร มีการคัดขนาดปานกลาง กึ่งเหลี่ยมถึงกึ่งมน ทั้งหินทรายและหินทรายแป้ง มีแร่เฟลด์สปาร์ประกอบอยู่ด้วย หินทรายประกอบด้วย เม็ดตะกอนขนาดละเอียดถึงหยาบ สีเทา มีการคัดขนาดและมีความหนาตั้งแต่ 4 ถึง 40 เซนติเมตร

### Triassic rocks in Mae Hong Son

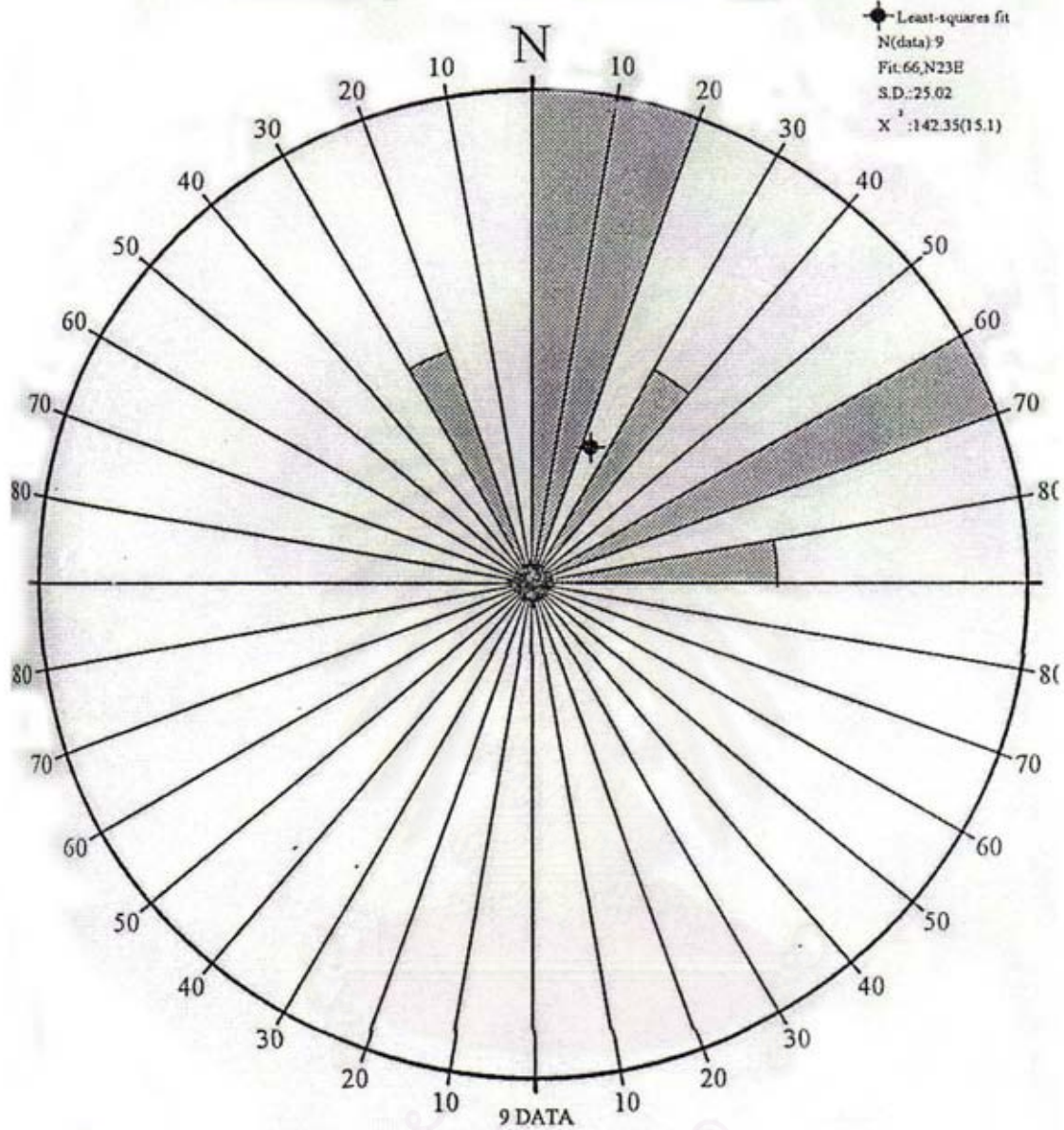


Radius: 2.70 inches

Projection:Equal Area

รูป 4.24 แผนภูมิวงกลมแสดงค่าการวางตัวของชั้นหิน (โดย Schmidt) จากพื้นที่ศึกษาทั้งหมด

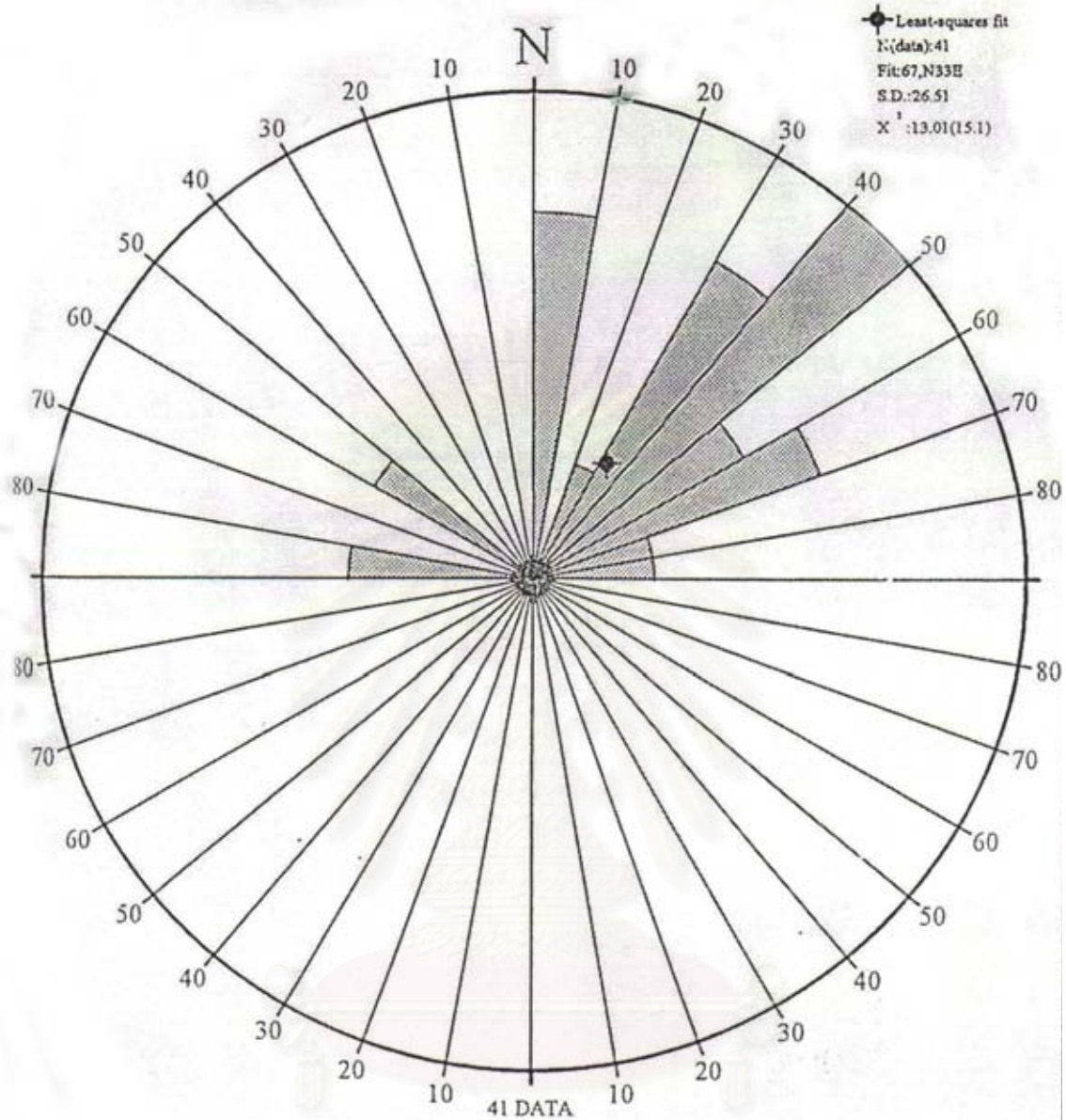
# Mae Hong Son-Mae Sariang area



Radius:2.70 inches

Projection:Equal Area

# Mae Hong Son-Mae Sariang area



Radius: 2.70 inches

Projection: Equal Area

รูป 4.26 แผนภูมิวงกลมแสดงแนวรอยแตกไม่เป็นระบบในพื้นที่ศึกษา

#### 4.5.1.2 หน่วยหินประตูเมือง

หน่วยหินประตูเมืองที่พบเป็นหินโคลนสีเทาเข้มและหินทราย (แนวการวัด C, D, F, และ G) ชนิดหินเกรวีก (lithic graywacke) แสดงแนวชั้นชัดเจน

การศึกษาสภาพธรณาดังแสดงในรูป 4.28 ของตัวอย่างหน่วยหินประตูเมืองหมายเลข 001209-1 เป็นเนื้อหินที่เป็นตะกอนเม็ดมีแร่ควอตซ์ (40%) เฟลด์สปาร์ (20%) และเศษหิน (40%) ควอตซ์มีขนาดละเอียด มน และมีการคัดขนาดไม่ดี การกระจายตัวของหินโคลนแทรกสลับหินทรายพบบริเวณบ้านห้วยโผ (แนวการวัด G)

นอกจากนี้ยังพบหินเชิร์ตสลับกับหินทรายทั่วไปในหน่วยหินประตูเมือง เช่น บ้านประตูเมือง (แนวการวัด C) บ้านห้วยนา (แนวการวัด D) บ้านแม่แลบ (แนวการวัด F) และบ้านห้วยโผ (แนวการวัด G)

ผลการศึกษาสภาพธรณานี้พบหินเชิร์ตประกอบด้วย เนื้อหินเนียน โดยมีแร่ควอตซ์เล็ก ๆ และซากบรรพชีวินของเรดิโอลาเรีย (รูป 4.29 ตัวอย่างหมายเลข 000829-4)

หน่วยหินกรวดมนสลับกับหินทราย (Conglomerate interbedded sandstone lithofacies) นี้ประกอบด้วยหินกรวดมนและหินทราย

หินกรวดมนเป็นประเภทที่มีตัวเชื่อมประสานเด่น และก้อนกรวด ประกอบด้วยหินเชิร์ตและแร่ควอตซ์ ขนาดตั้งแต่กรวดใหญ่ (boulder) ถึงกรวดเล็ก (pebble) บริเวณที่พบคือที่บ้านสะเป่ (แนวการวัด B) และบ้านประตูเมือง (แนวการวัด C)

หินทรายและหินดินดาน (Sandstone and shale lithofacies) ประกอบด้วยหินอาร์โคส (arkose to litharenite) สีขาวถึงสีเทาอ่อน หิน litharenite พบบริเวณส่วนตอนกลางของหน่วยหินนี้ที่บ้านสะเป่ (แนวการวัด B) และที่บ้านประตูเมือง (แนวการวัด B)

ผลการศึกษาสภาพธรณานี้พบหิน litharenite (รูป 4.30 ตัวอย่างหมายเลข 00830-15) ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ (30-60%) เฟลด์สปาร์ (5-40%) และเศษหิน (10-60%) โดยมีเศษหินตะกอนประกอบด้วยขนาดละเอียดถึงขนาดปานกลางถึงมนถึงมน คัดขนาดปานกลาง มีเหล็กและซิลิกาเป็นตัวเชื่อมประสาน

#### 4.5.1.3 หน่วยหินแม่แลบ

ประกอบด้วยหินที่มีลักษณะปรากฏเป็นพวกหินโคลนที่มีตัวเชื่อมประสานเป็นพวกคาร์บอเนต และหินทราย พบในตอนล่างของหน่วยหินแม่แลบ (แนวการวัด A และ E) และหินที่พบเป็นหินทรายอาร์โคส ผลการวิเคราะห์สภาพธรณานี้พบหินอาร์โคส (รูป 4.31 ตัวอย่างหมายเลข 000828-3) ประกอบด้วยตะกอนเม็ดที่เป็นแร่ควอตซ์ (65%) เฟลด์สปาร์ (10%) และเศษหิน ควอตซ์มีขนาดละเอียดมาก มน คัดขนาดไม่ดี

นอกจากนี้ยังพบหินในกลุ่มหินดินดานเนื้อแข็งสลับกับหินโคลนสีดำ ในตอนกลางของหน่วยหินแม่แลบ ทางตอนล่างของหน่วยหินแม่แลบพบหินทรายสีขาวยาวขนาดชั้นหนาปานถึงหนามาก มีการ

คัตขนาดแบบขนาดใหญ่อยู่ด้านล่าง กระจายตัวบริเวณบ้านแม่แลบ (แนวการวัด F) ผลการศึกษาสถาปัตยกรรมพบว่าหินทรายนี้ประกอบด้วยเนื้อตะกอนเม็ดของแร่ควอตซ์ (30%), เฟลด์สปาร์ (20%) และเศษหิน มีซิลิกาเป็นตัวเชื่อมประสานควอตซ์มีขนาดปานกลาง (รูป 4.32 ตัวอย่างหมายเลข 001211-9)



## สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

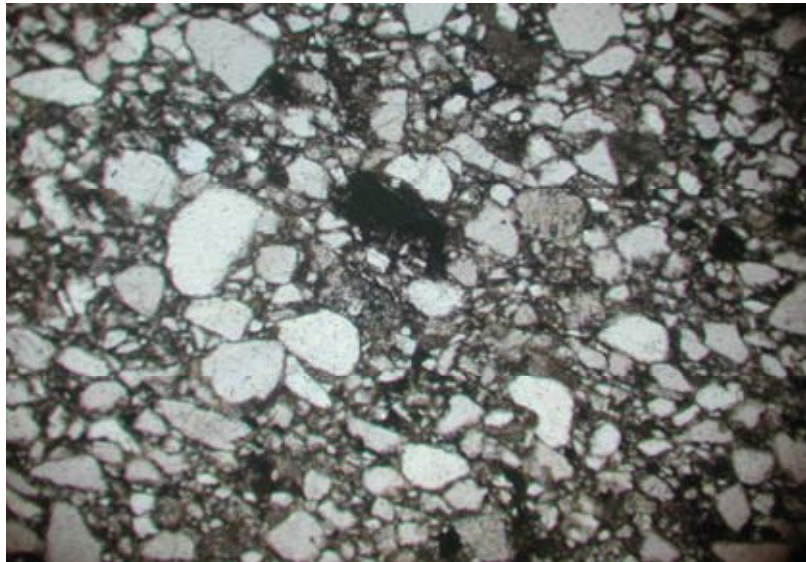


ตาราง 4.10 สรุปลักษณะปรากฏของกลุ่มหินแม่สะเวียง ( Mae Sariang Group)

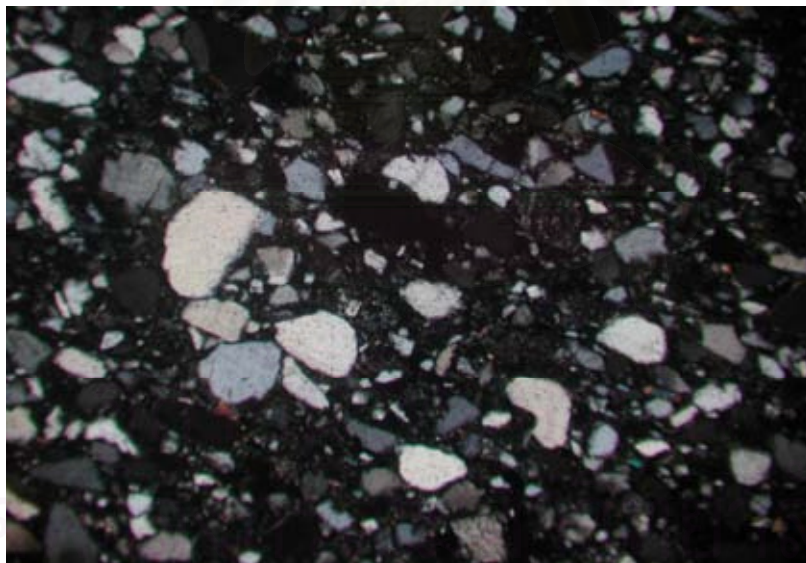
Formalton	Litho-Facies	Lithology		Geometry Thickness (meters)	Distribution	Sediment structure	Fossils	Facies (alter Mutti and Ricchi-Lucchi, 1978)
		Color	Lithological characteristics					
Mae Leab (80-120 m)	9	White	Medium-grained sandstone	20-30	Local	Fining upward sequence		
	8	Dark gray	Siliceous shale interbedded mudstone	80-90	Cover the areas	Laminar	Halobia sp.	
	7	Dark gray	Calcareous mudstone interbedded with sandstone	20-30	Local			G
Pra Trumuang (200-770 m)	6	White to light gray	Sandstone interbedded shale	480-510	Cover the areas	Flute cast, graded-bedding, cross-bedded	Halobia sp. <sup>1</sup>	D,E
	5	Brown, reddish brown	Conglomerate and sandstone	90-100	Local	Graded-bedding	Deonella sp. <sup>1</sup>	A
	4	Dark gray	Chert interbedded with mudstone	16-148	Local	Limestone lens, laminar	Radiolarian <sup>2</sup>	G
Kong Sum (150-150 m)	3	Dark gray	Mudstone interbedded sandstone	60-70	Local			D,E
	2	Gray	Lithic sandstone	50-100	Cover the area	Graded-bedding, cross-lamination, load casts	Halobia sp., Deonellasp. <sup>3</sup>	C
	1	Brown, reddish brown	Conglomerate and siltstone	20-50	Cover the area			A

\*= ชั้นที่ศึกษา; 1 = Hahn และ Siebenhuner, 1982; 2 = Kamata และคณะ, 2002; 3 = Jindasuth และคณะ, 1990

a) Without

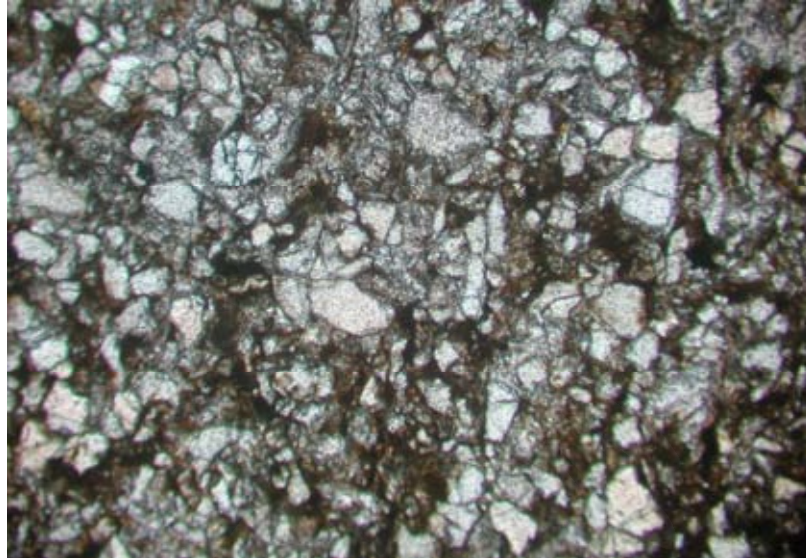


b) Under crossed

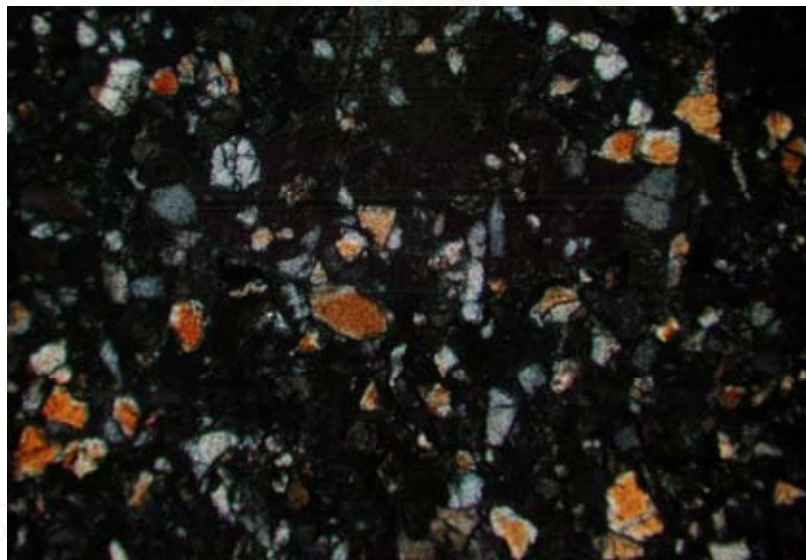


รูป 4.27 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงเนื้อหินทรายยุคเพอร์เมียน จากตัวอย่างที่นำมาศึกษา  
ศิลาบรรณหมายเลข 001209 - 5 โดยมีแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์และเศษหินเป็น  
องค์ประกอบหลัก (ภาพขยาย 40 เท่า)

a) Without

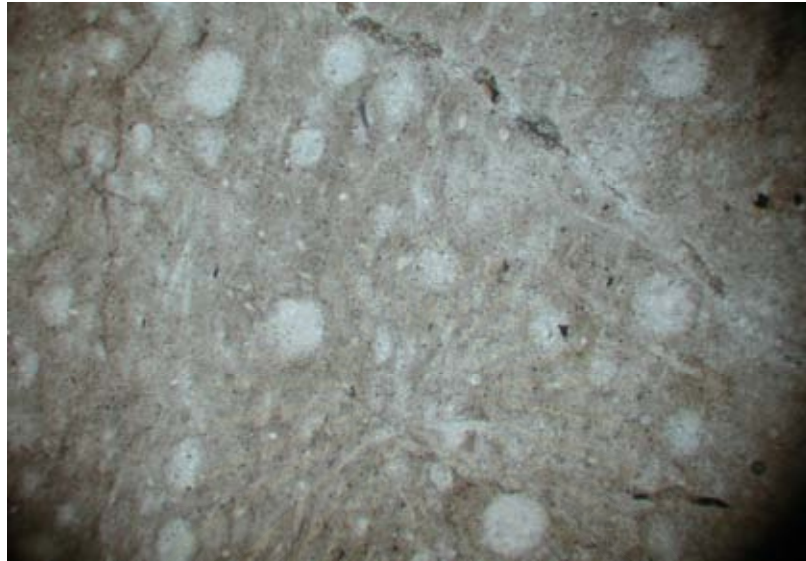


b) Under crossed

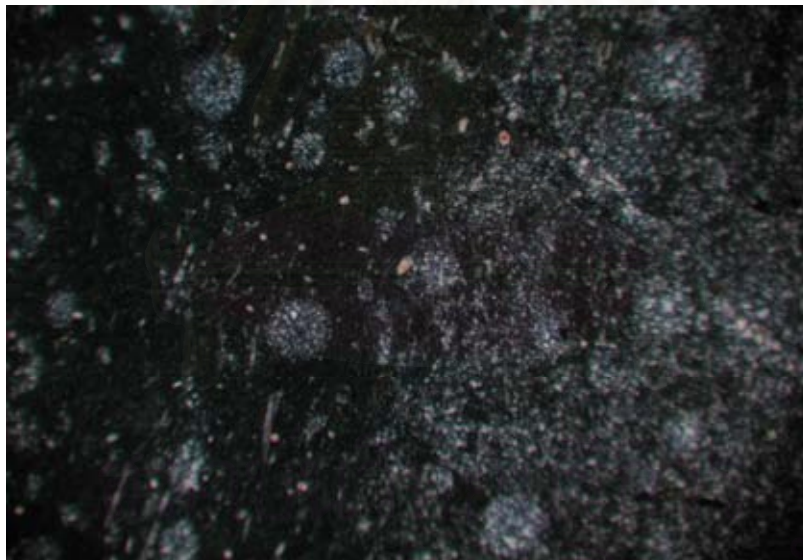


รูป 4.28 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการคั้ขนาดปานกลางของหินทรายอาร์โคส จาก ตัวอย่างหมายเลข 001209 - 1 โดยมีองค์ประกอบในเนื้อหินเป็นพวกแร่ควอตซ์ แร่ เฟลด์สปาร์และเศษหิน (ภาพขยาย 40 เท่า)

a) Without

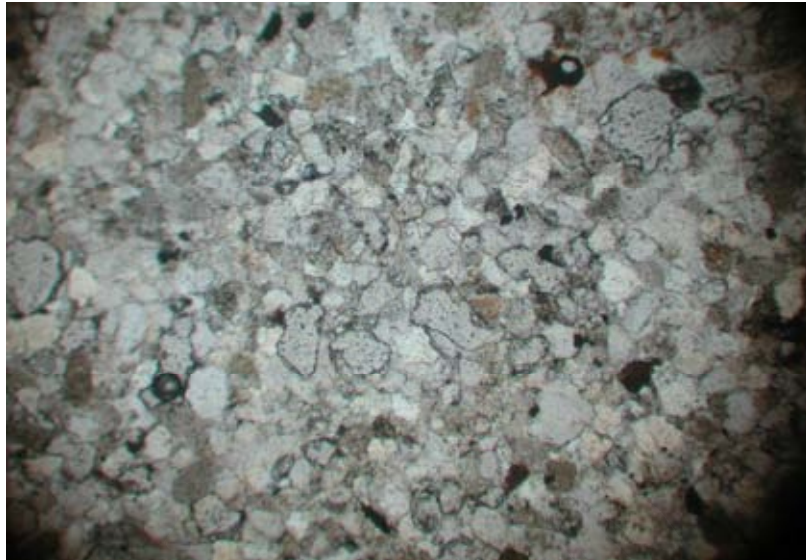


b) Under crossed

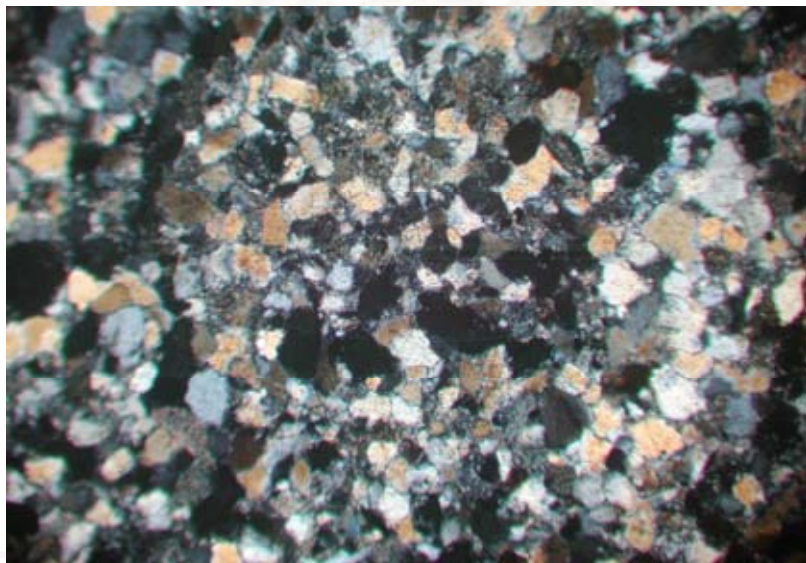


รูป 4.29 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินเชิร์ตที่ได้จากชุดหินที่สลับกับหินโคลน ตัวอย่าง  
หมายเลข 00829 - 4 แสดงซากบรรพชีวินพวก radiolarian (ภาพขยาย 40 เท่า)

a) Without



b) Under crossed

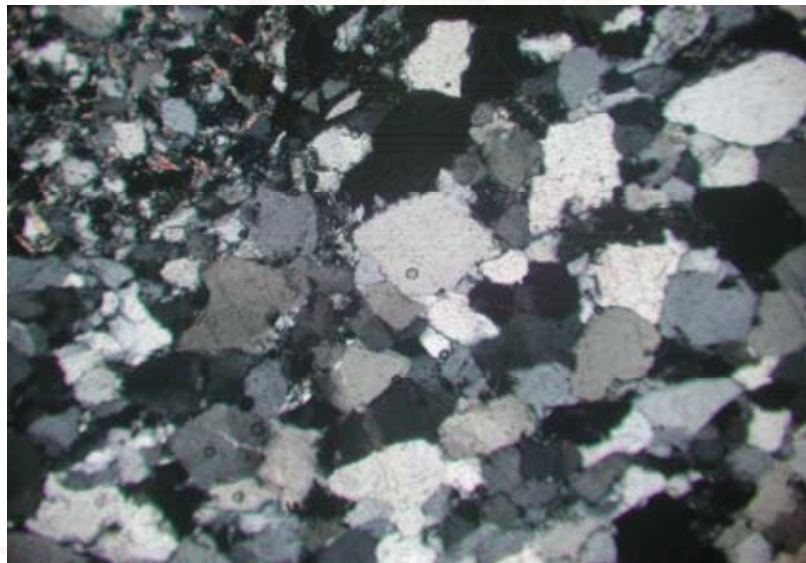


รูป 4.30 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินทรายที่แทรกสลัด้วยหินดินดาน ตัวอย่างหมายเลข 000830 - 15 แสดงองค์ประกอบของเนื้อหินเป็นพวกแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์และเศษหิน (ภาพขยาย 40 )

a) Without



b) Under crossed

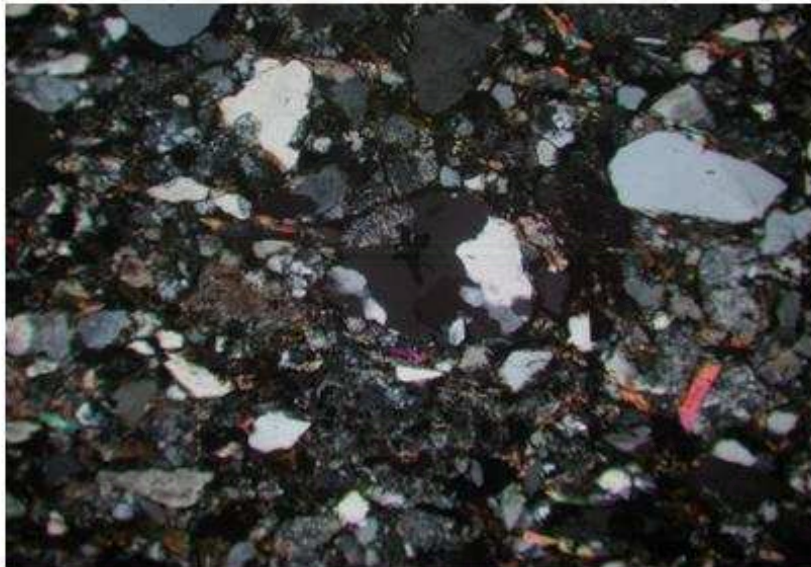


รูป 4.31 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินทรายอาร์โคส (ตัวอย่างหมายเลข 00828 - 3) แสดงองค์ประกอบเนื้อหินในพวกแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์และแร่มีสโคไวต์ (ภาพขยาย 40 เท่า)

a) Without nicols



b) Under crossed nicols



รูป 4.32 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงหินทรายอาร์โคส (ตัวอย่างหมายเลข 001211-9 แสดงองค์ประกอบเนื้อหินเป็นพวกแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์และเศษหิน (ภาพขยาย 40 เท่า)

## บทที่ 5

### ธรณีวิทยาบริเวณแนวตะเข็บน่าน-อุตรดิตถ์

#### 5.1 ธรณีวิทยาทั่วไป

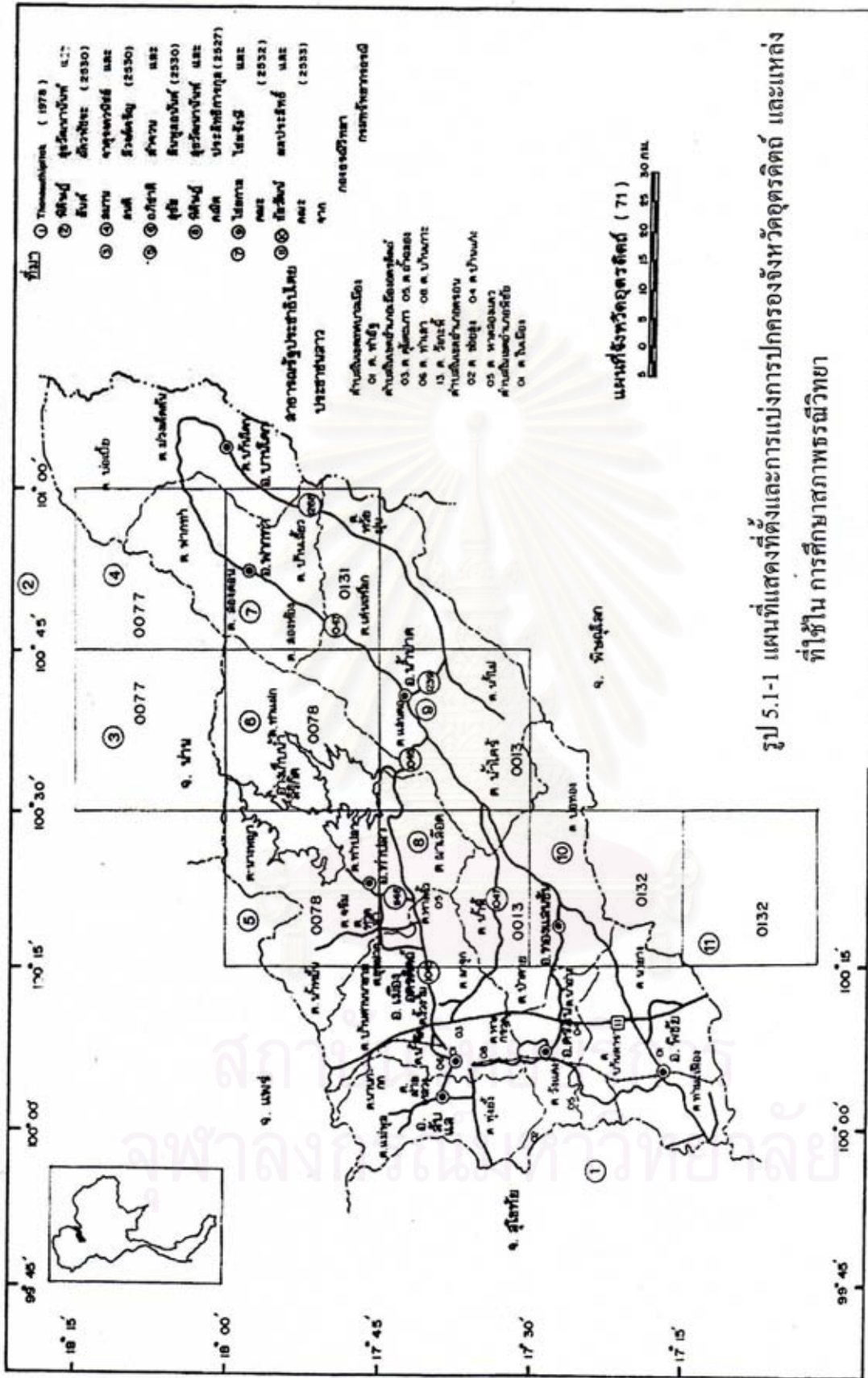
##### 5.1.1 คำนำ

สภาพธรณีวิทยาจังหวัดอุตรดิตถ์ (รูป 5.1-1) นับว่ามีความสำคัญในเชิงธรณีวิทยา และธรณีแปรสัณฐาน (geotectonics) อย่างมาก นักธรณีวิทยาหลายท่าน เช่น สจ๊วต พันธุ์โอภาส (Bunopas, 1981) ได้ประเมินความสำคัญของจังหวัดอุตรดิตถ์ว่าเป็นตะเข็บธรณี (geosuture) และเรียกตะเข็บธรณีนี้ว่าตะเข็บธรณีน่าน-อุตรดิตถ์ (Nan-Uttaradit Geosuture, ดู Barr & Macdonald, 1991, Metcalfe, 1997) ซึ่งพวกเขาเชื่อว่าเป็นรอยต่อสำคัญของการชนกันของแผ่นจุลทวีปสำคัญ 2 แผ่น ที่มีชื่อว่า จุลทวีปฉานไทย (Shan-Thai microcontinent) และจุลทวีปอินโดจีน (Indochina microcontinent) ในช่วงสมัยไทรแอสซิกตอนปลาย (Late Triassic ดู Charusiri, 1989) แม้ว่าในปัจจุบันแนวความคิดที่ว่าแนวรอยต่อหรือตะเข็บธรณีที่สำคัญจริงๆ อาจไม่ใช่ที่ตะเข็บธรณีน่าน-อุตรดิตถ์ก็ได้ และก็อาจมีตะเข็บธรณีมากกว่า 1 ตะเข็บ (ดู Charusiri และคณะ, 1997) เช่น แนวตะเข็บธรณีโลเอ (Loei Geosuture) ทางด้านตะวันออกสุด และตะเข็บธรณีเชียงใหม่ (Chiang Mai Geosuture) ทางตะวันออก หรือตะเข็บธรณีแม่ฮ่องสอน-กาญจนบุรี (Mae Hong Son-Kanchanaburi Geosuture) และตะเข็บธรณีเหล่านี้แสดงถึงแนวความคิดที่ว่าส่วนของบรรพสมุทร (paleo-ocean) ที่เรียก “ทีทิส” (Tethys) นั้นแผ่กว้างใหญ่ไพศาลกว่าที่คิดกันมาก่อนในอดีต และมีความเป็นไปได้สูงที่บางคนถึงกับเสนอว่าระหว่างจุลทวีปฉานไทยและอินโดจีนนั้น น่าจะมีทวีปเล็กทวีปน้อยหรือที่ถูกควรพูดว่าแผ่นธรณี (geological plate) และเกาะใต้น้ำ (submarine island) ใหญ่น้อยกระจายอยู่ระหว่างบรรพสมุทรทีทิส (paleotethys) ก่อนเกิดการชนกันครั้งใหญ่ในช่วงยุคไทรแอสซิกตอนปลาย ซึ่งในที่สุดบรรพสมุทรทีทิสปิดตัว (terminated) ลงในช่วงยุคไทรแอสซิกตอนปลาย แต่นักธรณีวิทยาบางท่านคิดว่าอาจปิดก่อนหน้านั้น (เช่น Racey และคณะ, 1997) ผลจากแนวคิดและแนวทางการศึกษาทางธรณีแปรสัณฐาน โดยเฉพาะจากภาพถ่ายดาวเทียม (รูป 5.1-2) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอายุของหินในพื้นที่ศึกษาด้วย และในที่สุดทำให้ได้แผนที่ธรณีวิทยาที่เปลี่ยนแปลงไป (ดูรูป 5.1-3 และ 5.1-4)

##### 5.1.2 ธรณีโครงสร้างหลัก (Major structures)

เนื่องจากความยุ่งยากซับซ้อนในทางธรณีแปรสัณฐานและธรณีกาลวิทยา (geochronology) ทำให้จังหวัดอุตรดิตถ์มีความสำคัญในเชิงธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่ เพราะตะเข็บธรณีน่านมีส่วนทำให้เกิดโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สำคัญใหญ่น้อยมากมาย โดยเฉพาะระบบรอยเลื่อนใหญ่ (major fault system) และแนวคดโค้งพลิกกลับ (overtured folding) และรอยเลื่อนชันมุมต่ำ (low-angle thrust fault) เมื่อ





รูป 5.1-1 แผนที่แสดงที่ตั้งและการแบ่งการปกครองจังหวัดอุตรดิตถ์ และแหล่งที่ใช้ในการศึกษาสหกรณ์วิทยา



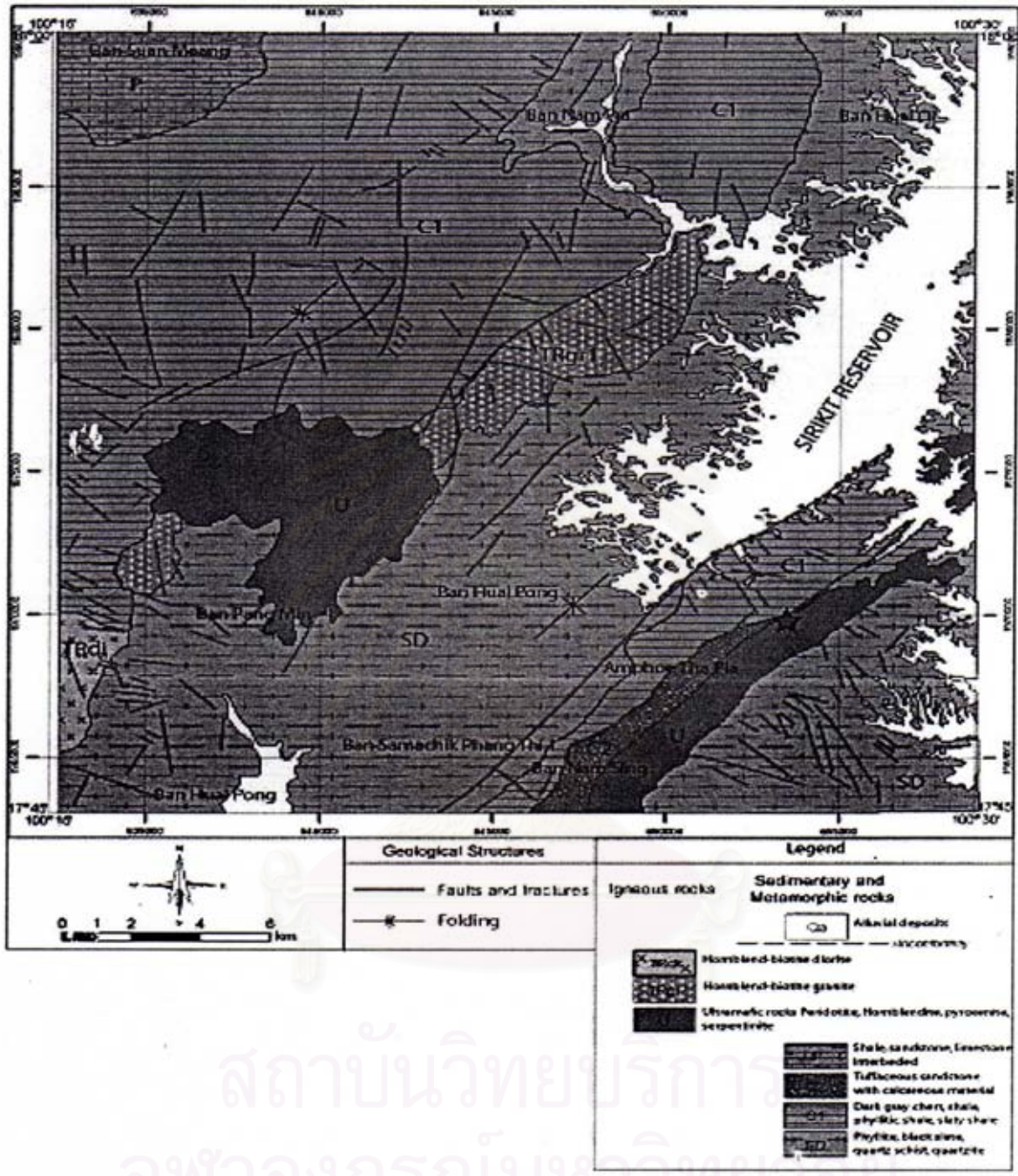
รูป 5.1-2 ภาพดาวเทียม (LANDSAT) TM 5 แสดงลักษณะโดยทั่วไปของพื้นที่ศึกษา จ.อุตรดิตถ์และบริเวณใกล้เคียง

พิจารณาจากภาพดาวเทียม (รูป 5.1-2) ชนิดแลนแซท-5 (Landsat TM 5) ในพื้นที่ศึกษา ทำให้ทราบว่า โครงสร้างใหญ่ของพื้นที่วางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเกือบขนานหรือวางตัวไปในแนวเดียวกับแนวรอยต่อหรือตะเข็บธรณี จากการวินิจฉัยลักษณะปรากฏของการเลื่อนตัว (sense of movement) ของรอยเลื่อนใหญ่จากภาพจากดาวเทียม ซึ่งในที่นี้เรียก ระบบรอยเลื่อน อุตตรดิตต์ (Uttaradit Fault System) พบว่ารอยเลื่อนอุตตรดิตต์มีการเลื่อนตัวแบบขวาเข้า (right-lateral หรือ dextral movement) ในช่วงก่อนมหายุคซีโนโซอิก อันมีอิทธิพลมาจากแรงอัดดัน (compressive stress) หรือ แรงดันเฉือน (shearing stress) ที่ยังผลให้เกิดลักษณะการเลื่อนตัวดังกล่าว (ดูรูป 5.1-3)

### 5.1.3 ธรณีวิทยาทั่วไป หรือธรณีวิทยาภูมิภาค (Regional Geology)

รูป 5.1-1 แสดงลักษณะธรณีวิทยาอย่างง่ายของพื้นที่บริเวณกว้างครอบคลุมจังหวัดอุตตรดิตต์-จังหวัดแพร่-และลำปาง ซึ่งตัดแปลงจากลิโรธม์ ศัลยพงษ์ และปริญญา พุทธาภิบาล ที่เสนอเป็นผลงานในการประชุม ธรณีวิทยานานาชาติ จัดโดยกรมทรัพยากรธรณี เมื่อช่วงปี 2540 (ดู Salyapongse & Putthapiban, 1997) โดย กำหนดให้กลุ่มหินที่แก่ที่สุด คือ กลุ่มหินผาส้ม (Pha Som Group) หรือกลุ่มหินดอนชัย (Donchai Group, Piyasin, 1972) มีอายุตอนบนของมหายุคพาลีโอโซอิก กลุ่มหมวดหินผาส้ม ประกอบด้วยกลุ่มหินตะกอนแปร (metasediments) และหินภูเขาไฟแปร (meta-volcanics) ซึ่งมีความหนาโดยรวมมากกว่า 2 กิโลเมตร และหินเดิมน่าจะประกอบด้วยกลุ่มหินตะกอนน้ำลึก (flysch sequence) หินภูเขาไฟ/หินตะกอนภูเขาไฟ และ หินปูน และ Bunopas (1981) จัดให้กลุ่มหินผาส้ม มีอายุมหายุคพาลีโอโซอิกตอนกลาง (ไซลูเรียน-ดีโวเนียน) จากข้อมูลการสำรวจธรณีวิทยาเยอรมัน (German Geology Mission, 1972; Hahn, 1976; และ Bunopas, 1981) แต่จากการหาอายุโดยวิธี K-Ar (Barr & Macdonald, 1987) จากแร่แอกทิโนไลต์ (actinolite) จากหินชีสต์สีเขียว ให้อายุ  $269 \pm 12$  ล้านปี (ต้นยุคเพอร์เมียน) ทำให้คิดว่าหน่วยหินน่าจะอ่อนกว่าที่ Bunopas ได้เสนอไว้ ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงเชื่อว่าหินตะกอน/ภูเขาไฟแปรลักษณะเดียวกัน ซึ่งสามารถเทียบเคียงได้ กับหินแบบเดียวกันที่พบที่ลำปาง-แพร่ (กลุ่มหินดอนชัย), กำแพงเพชร-สุโขทัย (กลุ่มหินสุโขทัย), ตาก (กลุ่มหินเด่นมะตูม), เชียงราย-เวียงป่าเป้า (กลุ่มหินแม่ก่อ) และต่อเรื่อยลงมาทางภาคกลางแถบจังหวัดนครสวรรค์ และอาจเป็นกลุ่มหินเดียวกัน เมื่อพิจารณาในบริเวณกว้าง กลุ่มหินผาส้มวางตัวเป็นแนวยาวในแนวตะวันออก-ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้จากสุโขทัย-อ.ตรอน-จ.อุตตรดิตต์-เขื่อนสิริกิติ์-อ.ท่าปลา-อ.ปาก-ท่า-อ.แม่-จริม

ยิ่งกว่านั้นจากการศึกษาตัวอย่างหินเชิร์ต (chert) แถบสุโขทัยที่เรียกหินเชิร์ตขามู (Kanu Chert) โดยเฉพาะในส่วนของเขาวังค์พระจันทร์ ที่แต่เดิมกำหนดอายุของหินเชิร์ตนี้ให้เป็นอายุมหายุคพาลีโอโซอิก ตอนกลางของกลุ่มหินทุ่งเสลี่ยม (Thung Saliang Group) ที่หนาถึง 290 เมตร และประกอบด้วยหมวดหินเขาเขียวซึ่งแก่ที่สุดและประกอบด้วยหินเถ้าภูเขาไฟชุดหินทุ่งเสลี่ยม ซึ่งเป็นหินปูนและหมวดหินขามูที่ประกอบด้วยหินเชิร์ต แต่จากการศึกษาซากเรดิโอลาเรียในหินเชิร์ตทำให้ Sashida & Nakomsri (1997) สามารถกำหนดอายุได้ใหม่เป็นยุคเพอร์เมียนตอนต้น และเมื่อเทียบเคียงการลำดับชั้นหินและแนวการ



รูป 5.1-3 แผนที่ธรณีวิทยาแสดงลักษณะการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนขนาดใหญ่ จ.อุตรดิตถ์

กระจายตัวซึ่งอยู่ในแนวเดียวกับหน่วยหินผาส้ม กลุ่มหินแพร์ (Phrae Group) หน่วยหินนี้ Bunopas (1981) กำหนดให้เป็นกลุ่มหินแพร์ ในที่นี้คณะผู้วิจัยจัดให้มีอายุใกล้เคียงกับกลุ่มหินผาส้มหรือกลุ่มหินคอนซัยคือ มีอายุประมาณช่วงปลายมหายุคพาลีโอโซอิก และมีความหนาประมาณ 4,000 เมตร โดยมีการวางตัวต่อเนื่องมาจากหินหน่วยแรก (ผาส้ม) ตามแนวราบ (lateral facies) แต่มีการคดโค้ง โกงงอและการแปรสภาพที่น้อยกว่า ในที่นี้ผู้วิจัยขอวินิจฉัยว่าน่าจะมีความเกี่ยวเนื่องกันหรือมีอายุใกล้เคียงกับกลุ่มหินแม่ทา (Mae Tha Group, ดู Piyasin, 1972) หรือกลุ่มหินด่านลานหอย (Dan Lan Hoi Group, ดู Bunopas, 1981) ด้วย

กลุ่มหินแพร์แบ่งออกได้เป็น 3 ชุดหินจากเก่าไปอ่อน คือ

1) หวมหินแม่สาย (Mae Sai Formation) นับว่าเป็นชุดหินที่เก่าที่สุดของกลุ่มหินแพร์ ประกอบด้วยห่มหินจำพวกตะกอนน้ำลึก (turbidite sequence) อายุประมาณยุคคาร์บอนเฟอรัส ถัดมาเป็นหวมหินร้องกวาง (Rong Kwang Formation) ซึ่งวางตัวอยู่เหนือชุดแรกแบบต่อเนื่อง ประกอบด้วยหินปูนและหินตะกอนเม็ดอายุประมาณในยุคเพอร์เมียนและหวมหินนาทนุง (Na Thanung Formation) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินตะกอนเม็ด (clastics) วางตัวต่อเนื่องบนหวมหินร้องกวางอีกต่อ เนื่องจากมีการแผ่กระจายตัวมากรายละเอียดของหวมหินจึงขอบรรยายในบทธรณีวิทยา รายละเอียด (ในหัวข้อถัดไป)

2) กลุ่มหินลำปาง (Lampang Group) เป็นกลุ่มหินที่วางตัวอยู่เหนือกลุ่มหินแพร์แบบต่อเนื่อง ซึ่งมีอายุไทรแอสซิก (Triassic) และเป็นตะกอนทะเลที่พบมากในแถบจังหวัดลำปาง-แพร์ (ทางตะวันตกของแผนที่รูป 5.1-5) และทางตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัดแพร์และทางใต้ของจังหวัดน่าน

3) กลุ่มหินนครไทย (Nakhon Thai Group) เป็นกลุ่มหินที่วางตัวไม่ต่อเนื่องกับกลุ่มหินลำปาง ซึ่งเป็นห่มหินหรือชุดหินทวีป (continental sequences) สีแดง พบมากทางตะวันออกของพื้นที่ โดยเฉพาะทางตะวันออกของจังหวัดอุตรดิตถ์ (Charusiri และคณะ, 1997) ซึ่งอาจมีอายุหรือความสัมพันธ์เทียบเคียงได้กับกลุ่มหินโคราช (Khorat Group, Ward & Bunnag, 1964)

สำหรับหินอัคนี ในที่นี้คณะผู้วิจัยได้จำแนกออกเป็น 5 หน่วยหินอัคนี (Igneous suites) ด้วยกันคล้ายๆ กับที่ Salyapongse & Putthapiban (1997) ได้ทำไว้ โดยจัดลำดับหน่วยที่เก่าที่สุดไปหน่วยที่อ่อนที่สุด ดังนี้

1) หินอัคนีชุดผาส้ม (Pha som suite) ซึ่งประกอบด้วยหินอัคนีบาดาลสีเข้มและสีเข้มจัด (mafic to ultramafic plutonics) เป็นส่วนใหญ่กำหนดอายุให้เป็นตอนปลายมหายุคพาลีโอโซอิกและต้นยุคไทรแอสซิกหรืออาจอ่อนมากจนถึงครีเตเชียส (สุจิตร์ พิตรากุล, 2529)

2) หินภูเขาไฟชุดแม่แมน (Mae Man suite หรือ Mae Man Group) ซึ่งเรียกชื่อโดย Charusiri และคณะ (1994) ให้ใช้กับหน่วยของหินภูเขาไฟและตะกอนภูเขาไฟ ช่วงอายุประมาณระหว่างยุคเพอร์เมียน กับยุคไทรแอสซิก ระหว่างจังหวัดลำปาง และแพร์ ทางภาคตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษาบริเวณกว้าง (ดูรูป 5.1-4)

3) หินอัคนีชุดอุตรดิตต์ (Uttaradit igneous suite) ซึ่งโผล่เฉพาะตะกอนกลางของพื้นที่ศึกษาบริเวณกว้าง ไม่ค่อยแผ่กระจายตัวเท่าใด ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินอัคนีบาดาลจำพวกแกรนิตและไดออไรต์ (granite & diorite) มีอายุประมาณยุคไทรแอสซิก

4) หินจำพวกหินภูเขาไฟและตะกอนภูเขาไฟ ซึ่งส่วนใหญ่มีการกระจายตัวอยู่บริเวณตอนเหนือของพื้นที่บริเวณกว้าง หินภูเขาไฟ ซึ่งในที่นี้เรียกหินภูเขาไฟชุดน่านาน (Nam Nan volcanics) ซึ่งมีอายุหลังไทรแอสซิกปะปนแทรกตัวในหินกลุ่มนครไทย

5) หินภูเขาไฟชุดห้วยไคร้ (Huai Krai Volcanics) ซึ่งน่าจะมีความคล้ายคลึงกับหินภูเขาไฟชุดสบปราบ (Sop Prab suite) ของ Sutthirat และคณะ (1995) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินบะซอลต์อัลคาไลด์ พบบริเวณแถบๆ บริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดลำปาง (แถบอำเภอสบปราบ) และแถบตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัดแพร่ (แถบบ้านบ่อแก้ว) จากการหาอายุโดยวิธี Ar-Ar (ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2539) พบว่าหินบะซอลต์ดังกล่าวอายุระหว่าง 2.0-2.5 ล้านปี

## 5.2 ธรณีวิทยาโดยละเอียด

### 5.2.1 ผลงานที่มีผู้นำมาก่อน (Previous works)

จากการประมวลผลงานเดิม (นับจากปี พ.ศ.2494 จนถึง พ.ศ.2540) ในเขตพื้นที่การศึกษาที่ครอบคลุมจังหวัดอุตรดิตต์และพื้นที่ข้างเคียงที่มีผู้ทำได้ พอจำแนกได้ 22 รายการ โดยมีบทสรุปดังนี้

1) ปี พ.ศ. 2494 ได้เคยมีการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ใยหิน (asbestos) โดย Brown และคณะ (1951) ในบริเวณแถบบ่อนไก่แจ้ ซึ่งอยู่ที่ทิศใต้ของบ้านแซกเคิลในปัจจุบันและอาจนับว่าเป็นรายงานธรณีวิทยาฉบับแรกในพื้นที่ศึกษา

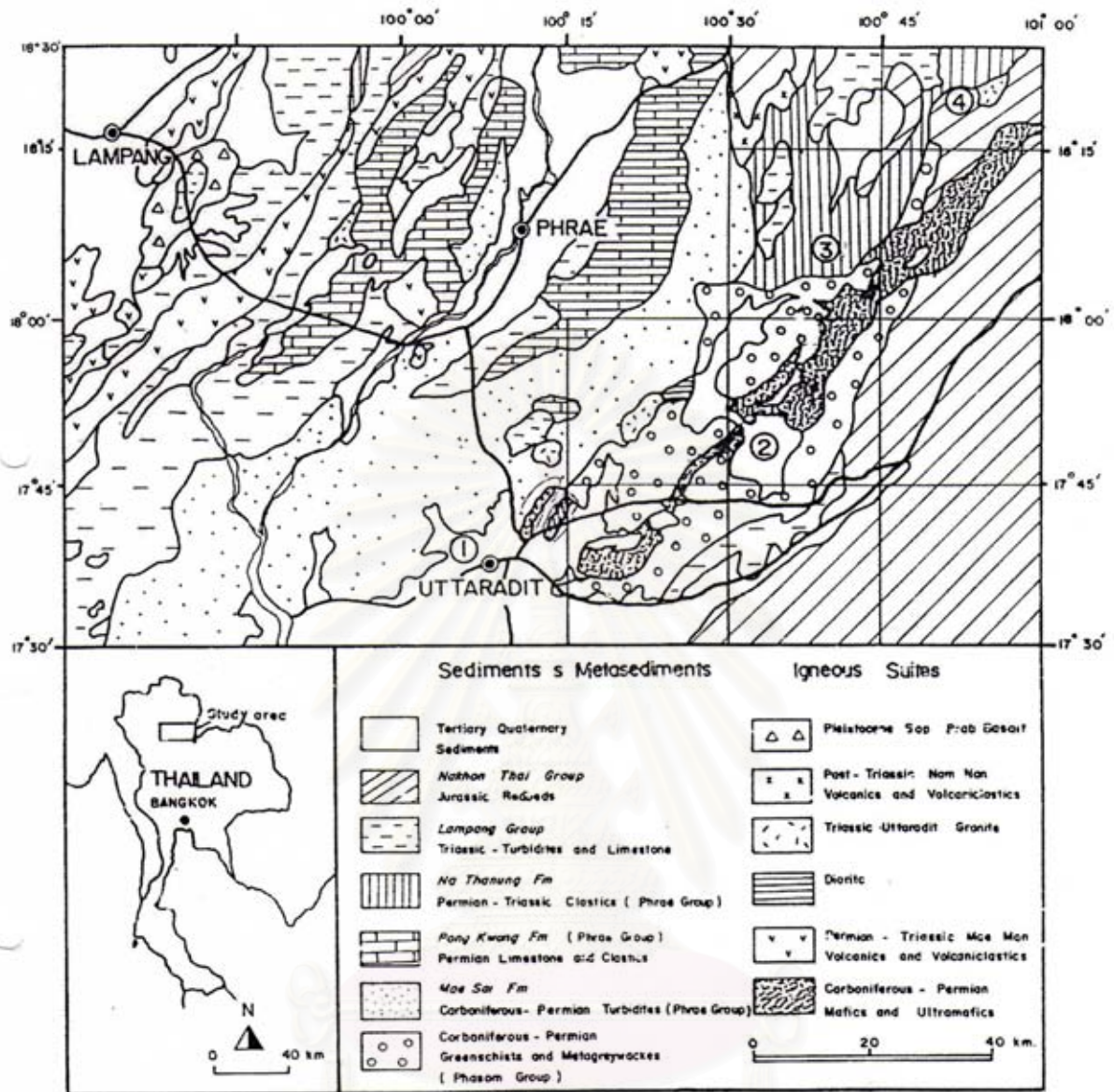
2) ปี พ.ศ. 2506 ออกนิษฐ์ สุวรรณสิงห์ (2506) ได้จัดทำรายงานการสำรวจธรณีวิทยา และได้ทำรายละเอียดเกี่ยวกับแหล่งแร่โครไมต์และนิเกิลบ้างในพื้นที่ศึกษาจังหวัดอุตรดิตต์

3) ปี พ.ศ. 2510 วิชัย สีวะบรร (2510) ได้ทำการสำรวจและทำแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1 : 50,000 ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของแผนที่ระวางบ้านหาดจิว

4) ปี พ.ศ. 2511 ได้เริ่มมีการสำรวจธรณีวิทยาอย่างละเอียดโดยอาศัยแผนมาตราส่วน 1 : 50,000 เป็นพื้นฐาน สิทธิ สุทธิพงศ์ (2511) ได้จัดทำรายงานการสำรวจแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1 : 50,000 ระวาง 47Q/EB 22

5) ปี พ.ศ. 2512 สัจด์ พันธุ์โอภาส (2512) ได้เสนอรายงานการสำรวจธรณีวิทยาในบริเวณแถบอำเภอท่าปลา อำเภอน้ำปาด และเขื่อนผาช่อม จังหวัดอุตรดิตต์

6) ปี พ.ศ. 2513 มนตรี ศิลปาลิต และคณะ (2513) ได้จัดทำรายงานการสำรวจธรณีวิทยา มาตราส่วน 1 : 50,000 ระวาง 47Q/EB 18



รูป 5.1-4 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณกว้างๆ อย่างง่ายแสดงถึงการกระจายตัวของหินตะกอน และหินอัคนีชนิดต่างๆบริเวณจังหวัดลำปาง แพร่ อุตรดิตถ์ น่าน (ปรับปรุงจาก Salyapongse และ Putthapiban, 1997)

7) ปี พ.ศ. 2515 สัจด์ ปิยะศิลป์ (2515) ได้ทำการสำรวจธรณีวิทยาในเขตพื้นที่ศึกษาได้พร้อมเสร็จ รวมทั้งมีการรวบรวมและแก้ไขลงในแผนที่ 1 : 250,000

8) ปี พ.ศ. 2518 สัจด์ ปิยะศิลป์ (2518) เป็นผู้รวบรวมผลงานธรณีวิทยามาตราส่วน 1 : 50,000 และมีการตรวจสอบแก้ไขเพื่อลงในแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1 : 250,000 อีกครั้ง

9) ปี พ.ศ. 2519 อุดุลย์ เจริญประวัติ และคณะ (2519) ได้เสนอรายงานการสำรวจธรณีวิทยา ระวังจังหวัดเลย 1 : 250,000 ที่ครอบคลุมบางส่วนของพื้นที่ศึกษา

10) ปี พ.ศ. 2521 สมบูรณ์ เสกธีระ และคณะ (2521) ได้เสนอรายงานการสำรวจธรณีเคมี ในแผนที่ระวังจังหวัดอุดรดิตต์เป็นครั้งแรก และจัดพิมพ์เป็นเอกสารเศรษฐกิจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี

11) ประมาณปี พ.ศ. 2520 และ 2521 นักศึกษาธรณีวิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้ทำการศึกษาธรณีวิทยารายละเอียดแถบบริเวณบ้านหาดจิวซึ่ง ดร. ชีระพงศ์ ธนาสุทธิพิทักษ์ ได้รวบรวมทำวิจัยเกี่ยวกับธรณีแปรสัณฐานของจังหวัดอุดรดิตต์ และเสนอผลงานในการประชุมธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ครั้งที่ 3 ที่กรุงเทพฯ เมื่อเดือนพฤศจิกายน 2521

12) ปี พ.ศ. 2527 ได้ทำการจัดพิมพ์แผนที่ธรณีวิทยาชั้นพื้นฐานระวังจังหวัดเลย มาตราส่วน 1 : 250,000 ซึ่งรวมถึงพื้นที่ระวังอำเภอป่าด (5144 III) และพื้นที่ระวังฟากท่า (5144 I) ต่อมาได้เริ่มมีการรวบรวมประมวล และจัดพิมพ์รายงานการสำรวจธรณีวิทยา อย่างเป็นระบบและมีการเผยแพร่แผนที่ธรณีวิทยา 1 : 50,000 ของกองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี โดยในเขตพื้นที่ศึกษานี้ มีดังต่อไปนี้ (ดูรูปที่ 5.1-3)

13) ปี พ.ศ. 2527 พิศิษฐ์ สุวัฒน์นันท์ และคณะ ประสิทธิ์การกุล (2527) ได้จัดทำรายงานธรณีวิทยาระวังบ้านหาดจิว (5044 II) ครอบคลุมพื้นที่ จังหวัดอุดรดิตต์ พร้อมแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:50,000 จำนวน 2 แผ่น ในรายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 0013

14) ปี พ.ศ. 2530 อภิชาติ คำจวน และสุชัย สีนพุลอนันต์ (2530) ได้จัดทำรายงานธรณีวิทยาระวางเขื่อนสิริกิติ์ (5144 IV) และระวังท่าปลา (5044 I) ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดอุดรดิตต์ พร้อมแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1 : 50,000 จำนวน 2 แผ่น ในรายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 0078

15) ปี พ.ศ. 2530 พิศิษฐ์ สุวัฒน์นันท์ และสันติ อัสวพัชระ (2530) ได้จัดทำรายงานธรณีวิทยาระวางอำเภอสา (5146 II) และระวังน้ำบวบ (5145 I) ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดน่านและจังหวัดอุดรดิตต์ พร้อมแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1 : 50,000 จำนวน 2 แผ่น ในรายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 0076

16) ปี พ.ศ. 2530 สมาน จาตุรงค์วนิชย์ และสันติ ลีวงศ์เจริญ (2530) ได้จัดทำธรณีวิทยา ระวังบ้านนาหน้า (5145 II) และระวัง บ. นาหุง (5145 III) บริเวณจังหวัดน่านและอุดรดิตต์พร้อมแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1 : 50,000 จำนวน 2 แผ่น ในรายงานการสำรวจธรณีวิทยาฉบับที่ 0077

17) ปี พ.ศ. 2532 ไชยกาล ไชยรังษี และคณะ (2532) ได้จัดทำรายงานธรณีวิทยา ระวังอำเภอฟากท่า (5144 I) และอำเภอป่าด (5144 III) ในเขตจังหวัดอุดรดิตต์ พร้อมแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1 : 50,000 จำนวน 2 แผ่น ในรายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 0131



18) ปี พ.ศ. 2533 ชัยวัฒน์ ผลประสิทธิ์ และคณะ (2533) ได้ทำรายงานธรณีวิทยา ระวังบ้านแสนขัน (5043 I) และระวังบ้านสวนปาน (5043 II) ในเขตจังหวัดพิษณุโลกและอุตรดิตถ์พร้อมผลิตแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:50,000 จำนวน 2 แผ่น ในรายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 0132

19) ปี พ.ศ. 2536 คณะธรณีวิทยาชาวเยอรมันจากมหาวิทยาลัยกอทติงเกน(Gottingen) ได้ทำการศึกษาตะกอนบคมหายุคเมโซโซอิก แลพบแพร่-น่านอย่างละเอียด โดยเฉพาะเรื่องการลำดับชั้นหินและธรณีแปรสัณฐาน (ดู Drumm และคณะ, 1993)

20) ปี พ.ศ. 2536 ดร. สัมพันธ์ สิงหาราชวัชรพันธ์(Singharatwatcharapan & Berry, 1993) ได้ทำการศึกษาหินแปรบริเวณอุตรดิตถ์อย่างละเอียด

21) ปี พ.ศ. 2534 Barr & Macdonald (1991) ได้ทำการศึกษาธรณีเคมีของหินอัคนี บริเวณแถบอุตรดิตถ์และน่าน และได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับธรณีแปรสัณฐานอย่างละเอียด และ

22) ปี พ.ศ. 2540 สิโรจน์ ศัลยพงศ์ และดร. ปริญญา พุทธาภิบาล(Salyapongse & Putthapiban, 1997) ได้ทำการศึกษาหินแปรในบริเวณนี้เสียใหม่ พร้อมทั้งเสนอแนวคิดและอายุของชั้นหินบริเวณนี้เสียใหม่ และได้ให้แนวคิดทางด้านธรณีแปรสัณฐานเสียใหม่อย่างมีระบบ

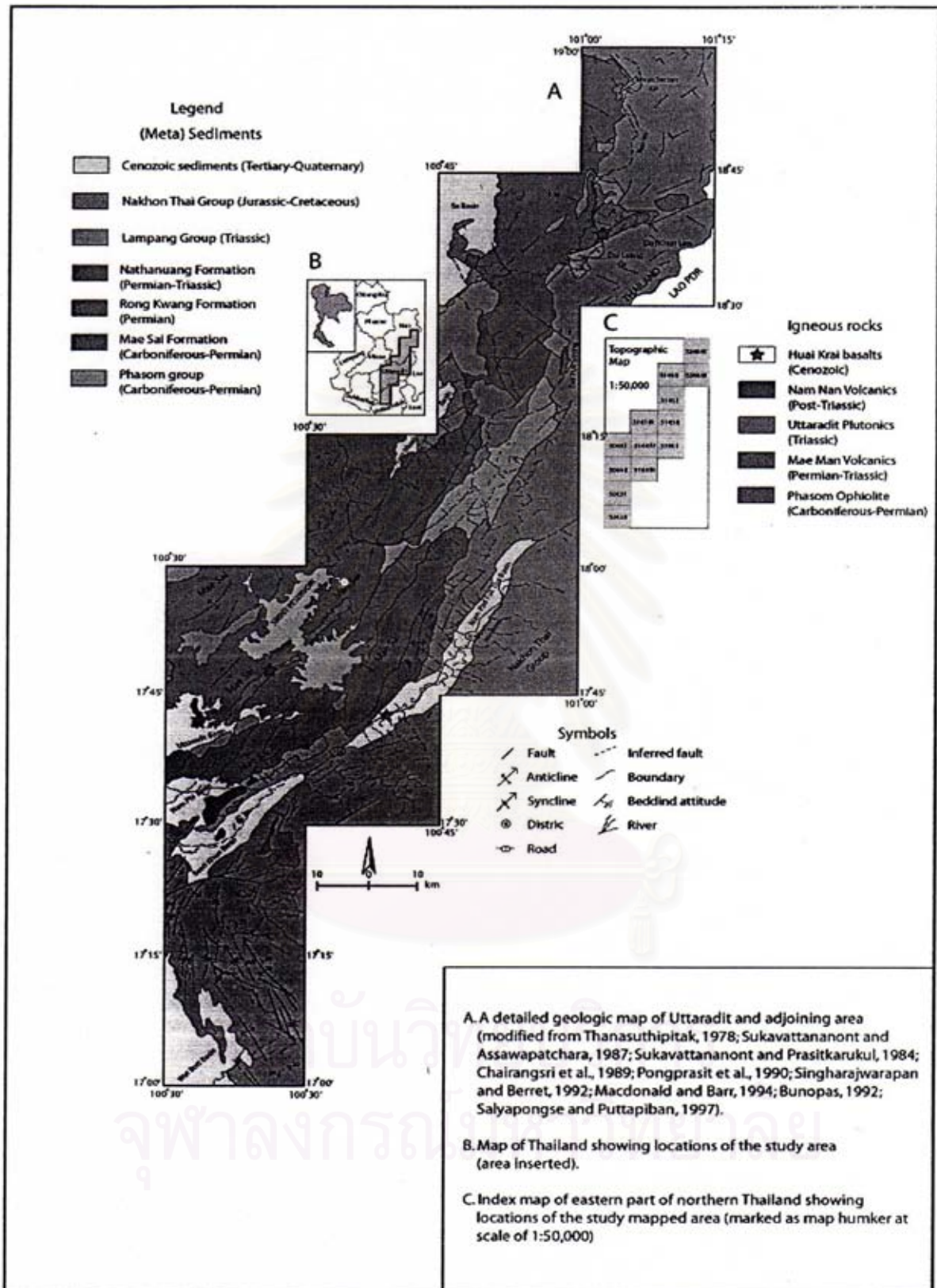
### 5.2.2 ลำดับชั้นหิน (Stratigraphy)

ชั้นหินตะกอนบริเวณอุตรดิตถ์และพื้นที่ข้างเคียงประกอบด้วยหน่วยหินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลาย โดยมีการเรียงลำดับต่อเนื่องจนถึงยุคปัจจุบัน (Holocene) นอกจากนั้นยังมีหินอัคนีแทรกดันหินตะกอนเข้ามาอีกต่อหนึ่ง อีกทั้งชั้นหินตะกอนเหล่านี้เกิดการแปรสภาพภูมิภาค (regional metamorphism) และได้รับอิทธิพลของกระบวนการแปรสัณฐาน (tectonic process) จนทำให้ชั้นหินเกิดการคดโค้งโก่งงอและเลื่อนตัวอย่างมาก จากการศึกษาในสนามและจากการ วิเคราะห์จากผลงานที่มีผู้ทำมาก่อน (หัวข้อ 5.2.1 ข้างบน) รายละเอียดดังแสดงแล้ว ในรูปที่ 5.1-5 โดยมีรายละเอียดการศึกษาตามลำดับอายุจากแก่สุดถึงอ่อนสุดดังนี้

#### 5.2.2.1 กลุ่มหินผาส้ม (Pha Som Group) (รูป 5.2-1, 5.2-2)

อาจจัดได้ว่าเป็นกลุ่มที่แก่ที่สุดในพื้นที่ศึกษา (ประมาณยุคคาร์บอนิเฟอรัส ถึงเพอร์เมียน) ครอบคลุมพื้นที่ที่มากที่สุด ประมาณเกือบร้อยละ 40 ของพื้นที่ศึกษา หินส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินแปรสำคัญ ที่พบเห็นบ่อยๆ อยู่ 6 จำพวกตามลักษณะแร่ ซึ่งนำมาจากการค้นพบครั้งแรกของ ดร. ชีรพงศ์ ธนาสุทธิพิทักษ์ จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (Thanasuthipitak, 1978) ได้แก่ 1) หิน mica-hornblende schist, 2) หิน chlorite schist, 3) หิน actinolite schist, 4) หิน epidote-quartz schist, 5) หิน muscovite-quartz schist, และ 6) หิน quartzite & quartzitic phyllite/phyllite

จากการศึกษาข้อมูลภาพจากดาวเทียมแลนด์แซต ทีเอ็ม 5(Landsat TM 5) พบว่าการแผ่กระจายครอบคลุม 2 แนวหลักๆ คือ



รูป 5.1-5 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดอุดรดิตต์และบริเวณข้างเคียง



รูป 5.2-1 กลุ่มหินผาส้มจำพวก เซอร์เพนทีไนต์ชีสต์ (Serpentine schist) ที่สัมผัสกับหินแอนดีไซต์ (andesite) ในตอนล่าง (ถ่ายไปทางตะวันออกเฉียงเหนือตำแหน่งโรงโมสิลาชัย พิกัด 34500-46600)



รูป 5.2-2 ภาพไกลแสดงลักษณะการโผล่ของหินเซอร์เพนทีไนต์ชีสต์ กลุ่มหินผาส้ม ซึ่งกำหนดอายุเป็นคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน (ถ่ายไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ ตำแหน่งโรงโมสิลาชัย พิกัด 34500-46600)

ทางตอนเหนือเขื่อนสิริกิติ์หรือแนวเหนือ (northern belt) เริ่มจากทางหลวงสาย 1045 จากตัวอำเภอเมือง อุดรดิตถ์ ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือไปยังตัวเขื่อนสิริกิติ์ ผ่านบริเวณบ้านเด่นด่าน บ้านนาน้อย บ้านหนองป่าไร่ บ้านหนองวังลำ อำเภอน้ำโสม ตอนเหนือของภูห้วยจั่น จนถึงคอยจะคำน และต่อเลยเข้าไปจังหวัดน่าน แถบบ้านปากห้วยน้ำอุ่น บ้านดองใต้ บ้านวัดกลาง บ้านปากลิ ตอนเหนือสุดของเขื่อนสิริกิติ์และเขาแถบคอยพุกสูง และอำเภอแม่จริม นอกจากนั้นยังต่อเลยจากอำเภอเมืองอุดรดิตถ์ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ แถบอำเภอตรอน และนอกจากนั้นจากการศึกษาของคณะผู้วิจัยนอกพื้นที่แถบบริเวณ จ.สุโขทัย ก็พบแนวของหินแปรที่ต่อเลยจากอำเภอตรอนมายังสุโขทัยโดยเฉพาะแถบแม่น้ำยม โดยเฉพาะทางตอนเหนือของจังหวัด

อีกส่วนหนึ่งคือแนวใต้ (southern belt) เริ่มจากบริเวณบ้านน้ำพี บ้านห้วยปลาตุ๊ก บ้านห้วยฉลอง บ้านหนองไผ่ ตอนใต้บ้านซำบอ เขาผาแดง เขาคักขวาง และต่อเลยไปทางตอนใต้ของเขื่อนสิริกิติ์ และอาจต่อเลยไปพร้อมกับแนวเหนือ และกลายเป็นแนวแคบๆ สอดแทรกเข้าไปตามแนวรอยเลื่อน ซึ่งมีแนวเข้าไปในลาว แถบหลวงพระบาง จึงเรียกว่ารอยเลื่อนหลวงพระบาง

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางสีลาวิทยา พบว่าหินส่วนใหญ่เป็นหินแปรชั้นต่ำ ประกอบด้วยหินแปรรีวไลย (foliated metamorphics) เช่น หินชีสต์มีคลอไรต์ (chlorite schist), หินชีสต์มีไมก้า (mica schist), หินชีสต์มีทัลก์ (talc schist) (รูป 5.2-3, รูป 5.2-4) และหินชีสต์มีอีพิโดตปนควอตซ์ (epidote-quartz schist) ทางหน่วยเหนือ ซึ่งส่วนใหญ่มีสีเทาเขียวถึงน้ำตาลเหลือง นอกจากนั้น อภิมหา ลำจวน และ สุชัย สีนพูนอนันต์ (2530) ยังได้รายงานว่าพบหินชีสต์เก่าภูเขาไฟ ซึ่งมาจากหินภูเขาไฟบริเวณข้างๆ เขื่อนด้วย จากการศึกษารววิทยาพบว่าหินที่เป็นพวกหินชีสต์ ประกอบด้วยแร่คลอไรต์ (chlorite), เซอริไซต์ (sericite), มัสโคไวต์ (muscovite), อีพิโดต (epidote), ฮอนเบลนด์ (hornblende), แอกทิโนไลต์ (actinolite), ทัลก์ (talc), บรูไซต์ (brucite), ควอตซ์ (quartz) และเฟลด์สปาร์ (feldspar) จำพวกแอลไบต์ (albite) ส่วนทางหน่วยใต้ ประกอบด้วยหินแปรไร้วไลย (non-foliated) สลับด้วยหินแปรรีวไลย จำพวกแอลไบต์ (albite) ส่วนทางหน่วยใต้ประกอบด้วยหินแปรไร้วไลย (non-foliated) สลับด้วยหินแปรรีวไลย จำพวกแอลไบต์ (albite) ส่วนใหญ่เป็นหินพวกควอตซ์ไซต์ (quartzite), หินฟิลไลต์ปนควอตซ์ (quartzitic phyllite) และหินชีสต์มีแอคทิโนไลต์/ควอตซ์ (actinolite-quartz schist) ซึ่งจากการวินิจฉัยในสนามพบว่ามีความแตกต่างในเรื่องปริมาณของควอตซ์มากกว่า (more siliceous) ในหน่วยใต้ ซึ่งแนวคิดนี้คล้ายกับที่ พิเศษ สุวัฒน์นันท์ และคริต ประสิทธิ์การกุล (2527) สำหรับหินฟิลไลต์แถบระวางท่าปลา & อำเภอปากทำ ในรายงานของไชยกาล ไชยรังษี และคณะ (2532) ได้แบ่งหินชนิดนี้ออกเป็น 2 พวกคือ หินฟิลไลต์ตะกอน (sedimentary phyllite) สีนน้ำตาล และหินฟิลไลต์ภูเขาไฟ (volcanic phyllite) ซึ่งมีสีเขียว

ในแง่ธรณีวิทยา โครงสร้างหินทั้งสองหน่วยมีการวางตัวอยู่ในแนวที่เกือบขนานกันคือ ตะวันออก-เฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และแนวสัมผัสกับหินชุดอื่นมักเป็นแนวรอยเลื่อนสัมผัส (fault contact) เสียส่วนใหญ่ นอกจากนั้นหินยังแสดงลักษณะการคดโค้งโค้งงอหลายรูปแบบ เช่น การคดโค้งพลิกกลับ (overturned folding) การคดโค้งเอียงเท่า (isoclinal-folding) จนเป็นการยากที่จะระบุให้แน่ชัดว่าส่วนใหญ่

แก่อ่อนไปทางใด แต่จากการศึกษาแถบบริเวณตอนใต้ของแผนที่บ้านนาท่งทำให้ทราบว่าแนวการคดโค้งครั้งสุดท้ายอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ แต่โดยทั่วไปหินมีการเรียงตัวตามแนวรีวรอย (schistosity) และเอียงเทไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ (ด้วยมุมตั้งแต่ 25° ถึง 70°) และดูเหมือนในภาคสนามพบว่าชั้นหินมีการเอียงเทไปทางทิศตะวันตกเป็นส่วนใหญ่ ส่วนหินแปรจำพวกไม่แสดงรีวรอย เช่น หินควอตซ์ไชต์ มักพบเป็นหินแสดงชั้นชัดเจน (well-bedded) และส่วนใหญ่เป็นชั้นหนา โดยพบมากแถบเขาผักขวงและห้วยฉลอง (ระหว่างบ้านหาดจิว) โดยโผล่เห็นชัดไปตามแนวสันเขาใหญ่

ในแง่สรีลาวิทยาหินแปร (metamorphic petrology) โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาจากหลักฐานจากการศึกษาดัวยกล้องจุลทรรศน์ (microscopic investigation) พบว่าบริเวณแถบจังหวัดอุดรดิตถ์ มีการแปรสภาพแบบสลับซับซ้อนมาก (intricate poly-metamorphism) ลักษณะหินโดยทั่วไปมีการแปรสภาพขั้นต่ำในกลุ่มชุดแร่กรีนชีสต์ (greenschist facies) ซึ่งมีลักษณะทางแร่วิทยา (mineralogy) เหมือนที่กล่าวมาข้างต้น แต่ในบางครั้งพบลักษณะหินที่เรียกหินทรายแปร (quartzitic sandstone) ถึงหินควอตซ์ไชต์ (quartzite) แทรกสลับอยู่ในหินชีสต์โผล่ให้เห็นเป็นชั้นบางๆ (หนาประมาณ 5-20 ซม) ที่มีขนาดของเม็ดแร่ควอตซ์เล็กละเอียด โดยที่ชั้นของหินทรายนานกับรีวรอยของหิน (foliation) ทำให้คิดว่าหินเดิมอาจเป็นหินตะกอนเม็ด (clastic) สะสมตัวในทะเลก่อนข้างลึก และหินทรายแปรอาจมีบางส่วนเป็นหินเชิร์ต (chert) ก็ได้

สมาน จาตุรงค์วนิชย์ และ สันติ ลีวงศ์เจริญ (2530) ได้ให้ข้อคิดเห็นว่าแร่แอนดาลูไซต์-ซิลิมานิต (andalusite-silimanite) ซึ่งเป็นแร่ในตระกูลอะลูมิเนียมซิลิเกต ที่พบในหินแปรจำพวกชีสต์และไนส์น่าจะแสดงถึงภาวะการแปรสภาพสัมพันธ์เนื่องจากหินอัคนีได้ซ้อนทับ (superimposed) ลงบนหินแปรที่เกิดการแปรสภาพภูมิภาค (regional metamorphism) อยู่ก่อนแล้ว และอาจเป็นได้ที่แร่มีสโคไวต์ที่ปรากฏในหินอาจแสดงถึงผลจากการแปรสภาพภูมิภาคในกลุ่มชุดแร่แอมฟีโบไลต์ (amphibolite), คอร์ดิเอไรต์ (cordierite) ด้วยก็ได้ในรูปแบบอะบุคุม่า (Abukuma-type) (ดู Winkler, 1965) ยิ่งกว่านั้นเมื่อพิจารณาการปรากฏของหินแกรนิตในแถบนี้พบว่าโผล่ให้เห็นน้อยมาก (ดู Charusiri, 1989, Puttha-piban & Schwartz, 1994) และส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตอัคนี (I-type granite)

จากหลักฐานในแง่สรีลาวิทยาหินแปร โดยเฉพาะกลุ่มแร่ที่ปรากฏดังกล่าวข้างบนอาจแสดงถึงกลุ่มชุดแร่ย่อยขั้นต่ำได้ 3 ลักษณะ คือ 1) quartz-albite-muscovite-chlorite subfacies ซึ่งประกอบด้วยควอตซ์ (quartz) คลอไรต์ (chlorite) แอลไบต์ (albitic plagioclase) เซอริไชต์ (sericite) และแคลไซต์ (calcite) และอีกกลุ่มย่อยคือ 2) albite-epidote-biotite subfacies ซึ่งมักประกอบด้วยแร่อีพิโดต (epidote), ฮอนเบลนด์ (hornblende), แอกทิโนไลต์ (actinolite), ทรีโมไลต์ (tremolite), ไบโอไทต์ (biotite) มัสโคไวต์ (muscovite) แอลไบต์ (albite) & คลอไรต์ (Chlorite) ซึ่งทั้งสองกลุ่มย่อยจัดอยู่ในจำพวกบาร์โรเวียน (Barrovian-type) ในกลุ่มชุดแร่กรีนชีสต์ ซึ่งในแร่หินเดิมอาจแปรสภาพมาจากหินเพลลิติก (pelitic) ที่แทรกสลับอยู่กับหินอัคนีสีเข้ม (mafic igneous rock) หรือหินตะกอนภูเขาไฟ (volcaniclastics) อย่างไรก็ตามในแง่อุณหพลศาสตร์ (thermodynamic) อาจถือได้ว่าการแปรสภาพหินของจังหวัดอุดรดิตถ์และข้างเคียงเป็นแบบอุณหภูมิ/ความดันปานกลาง (intermediate pressure/temperature)



รูป 5.2-3 เหมืองหินทัลก์ที่เป็นหินทัลก์ชีสต์ (talc schist) เป็นส่วนหน้าของกลุ่มหินผาสั้ม ซึ่งแปรสภาพมาจากหินภูเขาไฟ (ตำแหน่งพิกัด 51643-56206)



รูป 5.2-4 ภาพใกล้แสดงการเรียงตัวของหินทัลก์ชีสต์และหินภูเขาไฟแปรที่หลงเหลืออยู่ บางครั้งพบแร่แอลไซต์แทรกเป็นริ้วทาง (ตำแหน่งพิกัด 51643-56206)

จากการศึกษาของ Barr & Macdonald (1987) พบว่าหินแปรชั้นต่ำพวกนี้บางตัวอย่างปรากฏแร่จำพวก แอมฟิโบลสีฟ้า (blue amphibole) เกิดอยู่ร่วมกับแร่ควอตซ์ และอีพิโดต (epidote) จากการศึกษารัศมีเคมีเชิง การวิเคราะห์จุลทรรศน์ (microprobe analysis) พบว่าแร่แอมฟิโบลนี้เรียกว่าแร่ครอสไซต์ (crossite) ซึ่ง แสดงถึงภาวะการแปรสภาพหินกรีนชีสต์ชั้นต่ำ (low-grade green schist metamorphism) เนื่องจากแร่ครอส ไซต์ เกิดอยู่ร่วมกับแร่อีพิโดต ควอตซ์ คลอไรต์ ไมก้าขาว แมงกานีส (ชนิด stiplomelane) และแอคทิโนไลต์ (actinolite) และเรียกหินแปรแบบนี้ว่าหินชีสต์สีฟ้า (blue schist) จากการแปรสภาพหินลักษณะนี้ซึ่งได้แก่ การปรากฏร่วมระหว่างหินชีสต์สีฟ้าและชีสต์สีเขียว (green-schist rocks) แสดงถึงการแปรสภาพภูมิภาค หลายครั้ง อันเกิดจากการค่อยๆ เพิ่มความดันจนทำให้แร่ครอสไซต์และแร่หินแปรชั้นต่ำอื่นๆ เช่น แร่ แมงกานีสเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นแร่ความดันสูงขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการแปรสภาพหินจากกลุ่มหินชีสต์สีฟ้า ไปเป็นชีสต์เขียว (ดู Winkler, 1965) และมักเกิดขึ้นในบริเวณบรรพตรังสรรค์แอลไพน์ (alpine orogeny) ของยุโรป (ดู Miyashiro, 1961) ในลักษณะความดันสูง/อุณหภูมิต่ำ

ในการศึกษาหินชุดดังกล่าว ได้ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาลักษณะสิลาพรอนนา พบว่าส่วนใหญ่ เป็นหินชีสต์ที่ถูกแปรสภาพเป็นแร่ทัลก์ จากการถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อยู่ในภาพที่ T8, T14, T15, T28 และ T29 และมักพบสายแร่แคลไซต์ และได้ทำการเลือกตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ XRD ซึ่งแสดงในรูปแบบ XR3 – XR4

ดังนั้นเมื่อพิจารณาเทียบเคียงกับกลุ่มหินคอนซัย (ดู Piyasin, 1971) แถบสบปราบ-วังชิ้น ที่ศึกษา โดย Wolfart (1987) และประกอบด้วยหินควอตซ์ไซต์ หินชีสต์ แคลซิลิเกต ฟิลไลต์ และหินแปรภูเขาไฟ ทำให้คิดว่าหินแปรชั้นต่ำของกลุ่มหินผาสัมและกลุ่มหินคอนซัยน่าจะเป็นกลุ่มหินเดียวกัน

#### 5.2.2.2 กลุ่มหินแพร์ (Phrae Group)

ในที่นี้คณะผู้วิจัยได้จัดให้กลุ่มหินแพร์ประกอบด้วยหมวดหินแม่สาย (Mae Sai Formation) หมวดหินร่องกวาง (Rong Kwang Formation) และหมวดหินนาท่ง (Na Thanung Formation) ซึ่งกลุ่มหินนี้มี อายุระหว่างยุคคาร์บอนิเฟอรัสจนถึงต้นยุคไทรแอสซิก และสามารถเทียบเคียงได้กับกลุ่มหินแม่ทา (Mae Tha Group) ของ สจ๊วต ปิยศิลป์ และคณะ (2518)

หมวดหินแม่สาย ซึ่งนับว่าแก่ที่สุด และมักปรากฏ ณ บริเวณที่มีลักษณะภูมิประเทศลาดต่ำใกล้เชิง ภูเขา และตามบริเวณฝั่งแม่น้ำน่าน บริเวณที่พบที่สำคัญได้แก่ บริเวณด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของบ้าน สะเทิน ตะวันออกเฉียงเหนือบ้านผาเลือด บ้านปากหั้น บ้านคู้งยาง ทิศเหนือบ้านผาจุก ตะวันตกเฉียงเหนือ ของเทือกเขาสามแสน นอกจากนี้ยังพบในบริเวณเขื่อนสิริกิติ์และอำเภอท่าปลา โดยเฉพาะสันเขาบริเวณ บ้านน้ำตะและบ้านน้ำผี

หินส่วนใหญ่เป็นหินตะกอนเมดิคสีเทา ที่เด่นมากคือ หินทรายเม็ดละเอียดถึงละเอียดปานกลางมี แร่ไมก้าปนมาก และหินทรายเถ้าธุลีสลับด้วยหินเถ้าธุลีโรโอไลต์และแอนดิไซต์บ้าง นอกจากนี้มี หินดินดานสีดำปนปูนบ้าง และหินเชิร์ตสีเข้มชั้นหนาแทรกปนและหินดินดานสีเทา ในบางบริเวณอาจเป็น หินแปรชั้นต่ำ เช่น หินดินดานปนฟิลไลต์ หินชนวนและหินฟิลไลต์ ซึ่งอาจมีหินเชิร์ตเป็นเลนส์รูปลูกตา

(augen) นอกจากนั้นยังมีหินปูนสีเทาหนาประมาณครึ่งเมตรถึงสามเมตร และหินกรวดและหินกรวดภูเขาไฟแทรกสลับอยู่บ้าง หินทรายอาจมีขนาดเม็ดตะกอนหยาบขึ้น โดยเฉพาะบริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของบ้านสะเทินและเขตห้วยเจริญ ซึ่งแสดงลักษณะของการคดโค้งโค้งงอ (folding) และระนาบแกนของการโค้งงอวางอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ( $40^{\circ} - 80^{\circ}$ ) และมีมุมการเอียงเทไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือค่อนข้างต่ำ ( $10^{\circ} - 30^{\circ}$ ) นอกจากนั้นยังแสดงลักษณะโครงสร้างหินตะกอน เช่น ชั้นตะกอนเรียงเม็ด (graded bedding) และชั้นตะกอนเลื่อนไถล (slump bedding) โดยทั่วไปชั้นหินวางตัวไปในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ และมีการเอียงเทด้วยมุมปานกลาง ( $40^{\circ} - 60^{\circ}$ ) ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

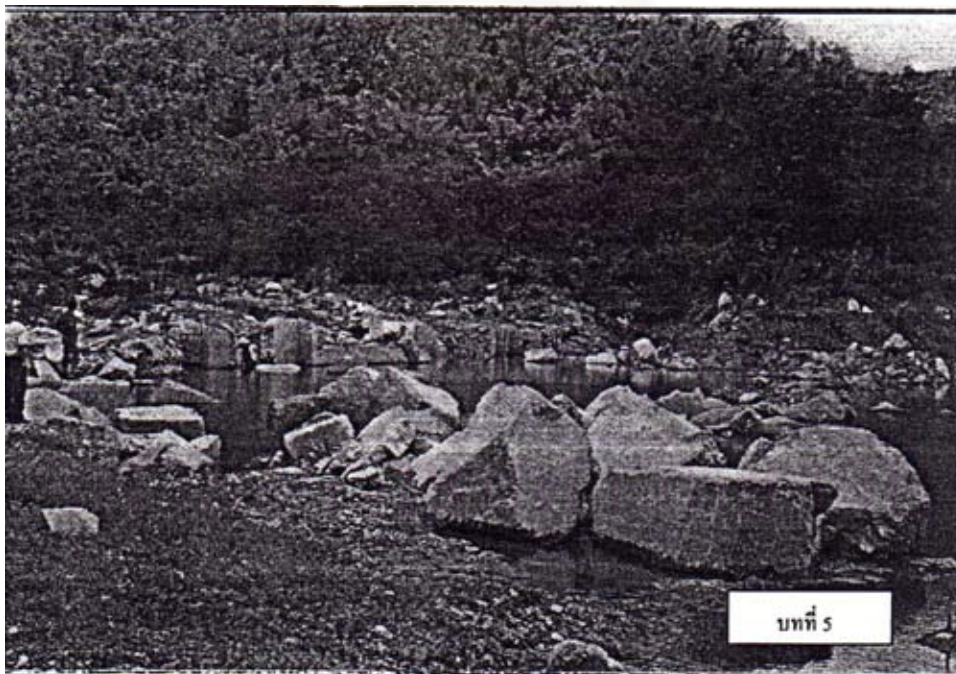
ในที่นี้คณะผู้วิจัยเทียบเคียงหมวดหินแม่สายให้เป็นหินหมวดเดียวกับหมวดที่ พิศิษฐ์ สุข-วัฒนานันท์ และคณิต ประสิทธิการกุล (2527) ได้กำหนดให้เป็นหมวดหินคาร์บอนิเฟอรัสล่าง (Lower Part (C-1)) โดยที่หมวดหินนี้มีความหนาประมาณ 1,000 เมตร และเท่ากับหินยุคคาร์บอนิเฟอรัสในแถบบริเวณที่ครอบคลุมแผนที่ระวางเขื่อนสิริกิติ์ และอำเภอท่าปลา ที่ได้ศึกษาโดย อภิชาติ ลำจวน และสุชัย สีนพุลอนันต์ (2530)

หมวดหินร่องกวาง ซึ่งในที่นี้คณะผู้วิจัยให้เป็นหมวดที่อยู่ตอนกลางของกลุ่มหินแพร่และส่วนใหญ่มีอายุในยุคเพอร์เมียน ในพื้นที่ศึกษาหินชุดนี้มีลักษณะเป็นเขาหินปูนเด่นชัดมากในทางตอนใต้แต่มีการแทรกชั้นของตะกอนเม็ด (clastics) เพิ่มมากขึ้นเมื่อขึ้นเหนือไปทางจังหวัดน่าน และดูเหมือนว่าจะมีอายุอ่อนขึ้นด้วย อาณาบริเวณที่มีการไหลของหินชุดร่องกวางนี้ชัดเจนได้แก่ บริเวณบ้านถ้ำดิน อำเภอตรอน จึงทำให้พิศิษฐ์ สุข-วัฒนานันท์ และคณิต ประสิทธิการกุล (2527) ได้ตั้งชื่อว่า ชุดหินเขาถ้ำดิน (Thamdin Formation) โดยเฉพาะบริเวณที่พบแถบเขาหน้าผาดั้งและเขาจิ้งก ซึ่งหินส่วนใหญ่เป็นหินปูนที่มีดินปน และบางครั้งก็มีหินดินดานแทรกสลับด้วยสีเทาถึงเขาดำ อย่างไรก็ตาม หินปูนในหลายบริเวณสามารถทำเป็นอุตสาหกรรมหินอ่อน (รูป 5.2-7, รูป 5.2-8) และหินก่อสร้างได้ใน เช่น บริเวณหินปูนใกล้ อ.ทองแสนขัน เนื้อละเอียด และมีตั้งแต่ชั้นบางถึงชั้นหนา แต่ทางตอนใต้ของเขาค้อ ชุดหินนี้ทางตอนใต้เป็นพวกหินทรายและหินดินดานสีน้ำตาลแดง โดยทั่วไปเป็นหินปูนที่ส่วนล่างสัมผัสอยู่กับหินภูเขาไฟแอนดิไซต์ปนบะซอลต์ ส่วนอีกอาณาบริเวณหนึ่ง ได้แก่ บริเวณเขาสามแสน โดยเฉพาะทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือและแถบบ้านผาเต่า อำเภอท่าปลา และตะวันออกเฉียงใต้บ้างค้ำย ซึ่งชั้นหินส่วนใหญ่เป็นตะกอนเม็ด เช่น หินดินดาน หินทรายภูเขาไฟ หินทรายเม็ดละเอียดสีเทา แทรกสลับด้วยหินปูนสีเทาเป็นชั้นหนา 2-5 เมตร ในหลายบริเวณที่ชั้นหินตะกอนเม็ดปนปูนถูกคั่นแทรกด้วยหินภูเขาไฟแอนดิไซต์ปนบะซอลต์และหินอัคนีสีเข้มจัดตามแนวรอยเลื่อน พิศิษฐ์ สุข-วัฒนานันท์ และ คณิต ประสิทธิการกุล (2527) ได้รายงานทางตะวันออกสุดของเขาสสามแสนพบหินเชิร์ตสีเขียวสัมผัสกับหินอัคนีสีเข้มจัด นอกจากนั้น อภิชาติ ลำจวน และ สุชัย สีนพุลอนันต์ (2530) ได้รายงานว่าบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของเขากุญญาพอ พบลักษณะของชั้นตะกอนเม็ด (ดินดานสลับทราย) ซึ่งมีหินปูนแทรกในตอนบน และกำหนดให้หินชุดนี้มีการเทียบเคียงอายุเท่ากับชุดหินกิวลม (Kiu Lom Formation) การแผ่กระจายตัวของหินชุดเพอร์เมียนนี้ไปจนถึง จ. น่าน เช่น ในบริเวณแถบระวาง อ.แม่จริม เรียกหินปูนสลับด้วยหินดินดานและหินทรายเขียวที่มีซากฟอสซิล และสาหร่ายว่า “หมวดหินผา





รูป 5.2-5 เหมืองหินอ่อนที่ตำแหน่งพิกัด 42296/34738 ซึ่งเป็นเขาหินอ่อน ยุคเพอร์เมียน ชุดร่อง  
 กวาง ในกลุ่มหินแพร์ หินปูนบริเวณนี้เกือบทั้งหมดมีการตกผลึกใหม่เกิดเป็นหินอุตสาหกรรม  
 หินอ่อน (ถ่ายที่ อินทิตาหินอ่อน ตำแหน่งพิกัด 41311/34918)



รูป 5.2-6 เศษหินตัดจำพวกหินคาร์บอนेट ยุคเพอร์เมียน ชุดร่องกวาง ในกลุ่มหินแพร์

บ่วง” (อคุลย์ วรรณพีระ และสุวิทย์ โควสุวรรณ, 2530) นอกจากนั้นแถบห้วยขาม ตอนใต้ดอกปูจําเป็ง คอย ปุกเหลี่ยม คอยปูโล้น แก่งหลวง แม่นํ่าน่านฝั่งตะวันตก และตะวันตกคอยพุทสูง คอยขอนแก่น พบหินส่วนใหญ่เป็นหินตะกอนเมืงมีหินปูนแทรกบ้าง และยังมีหินเชิร์ตหลากหลายสีแทรกสลับ หินทรายส่วนใหญ่ที่พบมีสีเทา-เทาเขียว และเขียว จากการศึกษาซากชีวิตเรดิโอลาเรีย (radiolaria) ในหินเชิร์ตสามารถกำหนดอายุได้ว่าเป็นยุคเพอร์เมียนตอนกลางจนถึงตอนปลาย (ดู อภิชาติ และสุชัย สีน-พูลอนันต์, 2530)

เมื่อพิจารณาถึงความหนาหินชุดนี้ประมาณ 200-500 เมตร และจากการพบซากดึกดำบรรพ์ จําพวกฟอสซิลินิด เช่น *Verbeekina* sp., *Pseudo-liolina* sp., *Colaniella* sp. และ *Pseudoschwagerina* sp. จึงสามารถกำหนดอายุได้ว่าเป็นยุคเพอร์เมียนตอนล่างจนถึงตอนกลาง (ดู พิศิษฐ์ สุขวัฒนานันท์ และคณิต ประสิทธิ์การกุล, 2527)

ชุดหินอ่อนที่สุดของกลุ่มหินแปรในที่นี้คือชุดหินนาท่ง ซึ่งพบอยู่ทางตะวันออกของเขื่อนสิริกิติ์ และวางตัวเป็นแนวยาวทอดตัวไปในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ไปยังอำเภอนาหมื่น ห้วย้อย มายังแม่นํ่าน่าน เนื่องจากแผ่ปกคลุมพื้นที่เกือบร้อยละ 50 ของแผนที่ระวางนาท่ง ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้กำหนดชื่อให้เป็นชุดหินนาท่ง หินชุดนี้ประกอบด้วยหินภูเขาไฟแอนดิไซต์และไรโอไลต์ และหินกรวดภูเขาไฟในตอนล่าง ถัดมาจึงเป็นหินกรวด หินทรายสกปรก (greywacke) สีเขียวและหินดินดาน โดยที่หินทรายสกปรกแสดงการตกตะกอนเรียงเม็ด และอาจมีหินถ้ำเศษหิน (lithic tuff) สีเทาเขียวแทรกอยู่ด้วย ส่วนหินปูนเทาแทรกอยู่เป็นเลนซ์และมีซากสาหร่าย (algae) อยู่ด้วย ระหว่างหินทรายสกปรกและหินดินดาน แต่บริเวณตะวันออกของคอยภูยาง (จ.น่าน) หินปูนแสดงชั้นหนาในชุดหิน ส่วนในแถบระวางอำเภอสาโดยเฉพาะบ้านน้ำเกียนเหนือจนถึงบ้านจอมจันทร์ ตะวันตกบ้านนาสา-คอยผาจัด จนถึงแม่นํ่าน่าน พบหินขุนนาท่งนี้เหมือนกัน วางตัวสัมพันธ์ชัดเจนอยู่กับกลุ่มหินมหายุคเมโซโซอิก และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนล่างของชุดหินพบหินเชิร์ตเป็นชั้นบางๆ สีเทาและหินเชิร์ตชั้นหนามากๆ (massive) สีน้ำตาลดำ ประกอบเป็นหลักแทรกในหินตะกอนเมืง (หินทราย-ทรายแป้ง-หินดินดาน) เช่น บริเวณบ้านไร่สามัคคี อำเภอสา จ.น่าน

ชั้นหินของหินหมวดนี้แสดงลักษณะการคดโค้งโค้งงอ เช่น ทางเส้นทางปางสา-แม่จิม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงลักษณะ (deformation) คงเกิดขึ้นอย่างน้อย 2 ครั้ง แต่โดยทั่วไปชั้นหินเอียงเทไปทางทิศตะวันตก ชั้นของหินเชิร์ตแสดงลักษณะของการโค้งงอกลับและมีแกนคดโค้งในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ สมาน จากตุรควนิชย์ และสันติ ลีวงศ์เจริญ (2530) ได้กำหนดให้ชุดหินนี้ มีความหนาไม่น้อยกว่า 1,500 เมตร

### 5.2.2.3 กลุ่มหินลำปาง (Lampang Group)

กลุ่มหินลำปางใช้ชื่อตาม สงัด ปิยะศิลป์ (1975) ซึ่งทางคณะผู้วิจัย คิดว่าอาจมีความคล้ายคลึงกับกลุ่มหินน้ำปาด (Nam Pat Group) ซึ่ง สงัด พันธุ์โอภาส ได้จัดตั้งไว้ (ดู Bunopas, 1981) ในพื้นที่ศึกษา กลุ่มหินลำปางแผ่กระจายออกใน 2 บริเวณใหญ่ๆ ด้วยกันคือ 1) บริเวณเหนือเขื่อนสิริกิติ์ และ 2) บริเวณตั้งแต่ทางตอนเหนือตำบลฝักของอำเภอทองแสนขัน, ต.น้ำไคร้ และ ต.หมื่นเหล็ก อำเภอน้ำปาด โดยเฉพาะทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของถนนสาย 1047

กรมทรัพยากรธรณีได้ทำการศึกษากลุ่มหินลำปางในพื้นที่ศึกษาไว้เป็นอย่างดี แม้จะมีปัญหาในเรื่องอายุหินในบางพื้นที่ โดยเฉพาะที่ Salyapongse & Putthapiban (1997) ได้กำหนดให้บางส่วนของหมวดหินที่สมาน จาตุรงค์วนิชย์ และ สันติ ลีวงศ์เจริญ (2530) ได้กำหนดให้เป็นหินหมวดนาทუნ (Permo-Triassic) โดยเฉพาะบ้านนาหมื่น บ้านนาทუნ บ้านนาหล่ม คอยปางขาม ตามเส้นทางหมายเลข 1026 ให้เป็นชุดลำปาง และต่อเลยไปจนถึงระวางอำเภอสาและบ้านน้ำมวบ จังหวัดน่าน

ลักษณะภูมิประเทศของกลุ่มหินลำปาง โดยเฉพาะในแถบตอนเหนือเขื่อนมักเป็นเนินเขา และภูเขาที่มีความต่างระดับไม่มากนัก สันเขาเป็นแนวยาวชัดเจนวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้โดยตลอด สามารถเห็นหน้าผาแนวยาวได้จากระยะไกล เนื่องจากบางบริเวณแสดงลักษณะผาชันหินปูน ในที่นี้คณะผู้วิจัยได้จัดแบ่งหินกลุ่มลำปาง ออกเป็น 2 หมวดหิน (แต่ไม่สามารถจำแนกลงในแผนที่ได้เนื่องจากข้อมูลการกระจายตัวทางตอนเหนือมีจำกัด) ได้แก่ หมวดหิน (ไทรแอสซิก) ต่ำ (Lower Triassic) ซึ่งสามารถเทียบเคียงได้กับหมวดหินพระธาตุ (Pra That Formation) ซึ่ง Piyasin (1975) ได้ศึกษาไว้บริเวณแถบระวางลำปาง และเทียบเท่ากับหมวดหินห้วยลาด (Huai Lan Formation) ซึ่ง Bunopas (1981) ได้จัดให้เป็นหมวดต่ำสุดของกลุ่มหินน้ำปาด ที่พบเป็นแนวยาวทางทิศตะวันออกของอำเภอน้ำปาด และหมวดหินบน (Upper Triassic) ซึ่งสามารถเทียบเคียงได้กับหมวดหินฮองฮอย (Hong Hoi Formation) ของ Piyasin (1975)

จากการศึกษาของคณะผู้วิจัยพบว่าหมวดหินต่ำ มีความหนาประมาณ 500 เมตร พบมากบริเวณด้านใต้ของแนวเขาจันทร์ เขาหินหล่น บ้านห้วยโป่ง เขาผาแดง ตอนเหนือและใต้ของเขาสาก และทางตอนเหนือแถบ จ.น่าน พบหมวดหินนี้วางตัวเป็นแนวยาวขนานแม่น้ำน่านทางทิศตะวันตก หินส่วนใหญ่ ได้แก่ หินตะกอนเม็ด และหินภูเขาไฟและหินตะกอนภูเขาไฟ ส่วนใหญ่มีสีแดง น้ำตาลแดง เทา เขียว และวางตัวบนหินปูนหรือหินหมวดน้ำน่าน หินตะกอนเม็ดที่สำคัญได้แก่ หินกรวดมน หินทราย หินทรายแป้ง และหินดินดาน โดยที่กรวดส่วนใหญ่ในหินกรวด และหินกรวดภูเขาไฟ แสดงการคัดขนาด (sorting) ที่ไม่ดี ขนาดตั้งแต่ 0.4 ถึง 40 ซม. ส่วนใหญ่ตะกอนเป็นพวกควอตซ์ หินควอตซ์ไซต์ หินทราย เชิร์ต หินภูเขาไฟ หินแกรนิตสีชมพู และหินปูนสีเทาดำ บางครั้งพบซากฟิวซิลินิด (fusulinid) ในหลายบริเวณ ซึ่งก้อนกรวดแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะชัดเจนเพราะบ้างก็แบนราบ บ้างก็ยึดตัวออกเป็นรูปเลนซ์ เช่นที่รายงานจากระวางอำเภอน้ำปาด (ระวาง 5144 III, คูไชยกาล ไชยรังษี และคณะ 2532) จนบางครั้งแสดงลักษณะของริ้วลาย (foliation) ที่วางตัวในแนวเดียวกับชั้นหิน ซึ่งก็คือทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ อย่างไรก็ตามจากการสำรวจในสนามของ พิศิษฐ์ สุขวัฒนานันท์ และสันต์ อัสวพัชระ (2530) พบว่าหินหมวดนี้วางตัวต่อเนื่องกับหมวดต่ำ และชั้นหินประกอบด้วยตะกอนเม็ดเป็นส่วนใหญ่ ที่สำคัญได้แก่ หินทราย หินทรายแป้ง แทรกสลับกับชั้นหินดินดาน และหินกรวดมนและมีหินเถ้าธุลีและหินปูนบ้าง

ในบางช่วงชั้นหินถูกแรงบีบอัดจนทำให้เศษหินภูเขาไฟในหินดินดานถูกบีบให้เป็นแผ่นบาง (ขนาดใหญ่ที่สุดประมาณ 4 ซม.) เช่น ที่พบบริเวณเนินเขาสาก หรือแถบตอนเหนือบ้านห้วยโป่ง พบชั้นหินทรายเถ้าธุลี (tuffaceous sandstone) ที่สลับอยู่ระหว่างชั้นหินปูนเนื้อดิน (argillaceous limestone) ถูกบีบอัด

และดึงขาดออกจากกัน จนเศษหินในชั้นหินทรายแสดงลักษณะการหมุนตัว (rotation) ลักษณะเช่นเดียวกัน พบที่ทางใต้ของเขาใหญ่ (ระหว่างบ้านหาดจิว) ที่พบว่าในชั้นของหินทรายแป้งและหินดินดาน เศษหินภูเขาไฟสีเขียวทองอ่อนถูกบีบอัดจนเป็นแผ่นบางรูปรียาวกลม โดยเฉลี่ยอย่างน้อยหมวดหินบนมีความหนาประมาณ 300 เมตร

เป็นที่น่าสังเกตว่า กลุ่มหินลำปางบริเวณแถบนี้แตกต่างจากหินกลุ่มลำปางของ จ.ลำปาง ที่ศึกษาอย่างละเอียดโดย Piyasin (1975), Chaodumrong & Rao (1992) และ Charusiri และ คณะ (1993) เนื่องจาก ระหว่างหินหมวดล่างและหมวดบนของ จ.ลำปาง/แพร่ มีหมวดหิน คอยช้าง (Chonglakmini, 1984) หรือ หมวดหินผาก้าน (Piyasin, 1975) แทรกอยู่ด้วย แต่บริเวณแถบพื้นที่ศึกษาวิจัย (อุตรดิตถ์-น่าน) ไม่พบหมวดหินดังกล่าว แต่พบว่าส่วนใหญ่เป็นหินปูนหนาถึงหนามากๆ ทำให้คาดคิดว่าหินบริเวณทั้งสองพื้นที่น่าจะมีสภาพแวดล้อมการตกตะกอนที่แตกต่างกัน ในที่นี้คณะผู้วิจัยเชื่อว่ากลุ่มหินลำปางในพื้นที่ศึกษา มีสภาพการตกตะกอนที่ลึกกว่าและสัมพันธ์กับแนวโค้งภูเขาไฟ (volcanic arc)

#### 5.2.2.4 กลุ่มหินนครไทย (Nakhon Thai Group)

ในบริเวณแถบพื้นที่ด้านตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ จากการศึกษาพบว่ากลุ่มหินที่มีลักษณะคล้ายกลุ่มหินชุดโคราช ซึ่งอาจเรียกว่า กลุ่มหินนครไทย-น่าน เพราะประกอบด้วยตะกอนน้ำจืดเป็นส่วนใหญ่อายุประมาณกลางถึงปลายมหายุคเมโซโซอิก ซึ่งนักธรณีวิทยาหลายท่าน เช่น พิเศษ สุขวัฒนานันท์ และคณะ ประสิทธิการกุล(2527) ได้กำหนดให้เป็นชุดเดียวกับกลุ่มหินโคราช แต่เพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดด้านธรณีแปรสัณฐาน ซึ่งเสนอโดย Charusiri และคณะ (1997) ว่าเนื่องจากกลุ่มหินนี้วางตัวอยู่บนแผ่นนครไทย (Nakhon Thai Plate) และแผ่นลำปางเฉียงราย (Lampang-Chiang Rai Plate) ซึ่งมีการแผ่กระจายของกลุ่มหินเป็นบริเวณกว้างโดยเฉพาะในฝั่งด้านตะวันออกของพื้นที่ศึกษาธรณีวิทยาบริเวณกว้าง(รูป 5.5) ในที่นี้จึงขอกำหนดชื่อกลุ่มหินดังกล่าวว่า **กลุ่มหินนครไทย** หรือถ้าจะเรียกให้ถูกต้องจริงๆ อาจเรียกว่า **กลุ่มหินนครไทย-น่าน** ซึ่งประกอบด้วยชุดของหินตะกอนเมื่อดสะสมตัวบนบกในช่วงกลางถึงปลายมหายุคเมโซโซอิก และมีการแผ่กระจายตัวปกคลุมพื้นที่โดยเฉพาะทางด้านตะวันออกของตะเข็บธรณีน่าน-อุตรดิตถ์ ไปจนถึงแม่น้ำเลย (Charusiri และคณะ, 1997) และบางส่วนของตะวันตกของตะเข็บธรณี โดยเฉพาะจังหวัดน่าน และวางตัวอยู่บนหรือเหนือหมู่หินลำปาง หมวดหินร่องกาง และ/หรือ หมวดหินนาท่งและหมวดหินผาส้ม แบบค่อนข้างไม่ต่อเนื่อง (unconformable) หรือ สัมผัสกับกลุ่มหินดังกล่าวด้วยรอยเลื่อน (fault contact)

ประมาณ พ.ศ. 2536 คณะธรณีวิทยาชาวเยอรมัน (Drumm และคณะ, 1993) ได้ศึกษาธรณีวิทยาบริเวณเส้นทางหลวง หมายเลข 101 ระหว่างแพร่-น่าน อย่างละเอียด และได้จำแนกกลุ่มหินนครไทยในที่นี้ออกเป็น 5 หมวด คือ MS1-MS5 โดยแบ่งหมวดหินย่อยไปจากที่ Hahn(1976) และ Bunopas (1981) โดยเฉพาะในหมวดหินที่วางตัวเหนือหมวดหินภูเขาไฟหลังยุคไทรแอสซิก (คูหัวข้อถัดไป) ซึ่ง Ward & Bunnag (1964) และ สัจด์ พันธุ์โอภาส (ดู Bunopas, 1981) จัดให้เป็นชุดที่เทียบเท่ากับหมวดหินภูกระดึงให้มีรายละเอียดและแบ่งย่อยเป็นหมู่หิน (member) ได้มากขึ้น แต่ในการวิจัยในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้พิจารณา

เทียบเคียงการศึกษาของนักธรณีวิทยาหลายท่านดังกล่าวข้างต้นและงานของนักธรณีวิทยาในพื้นที่ (เช่น พิศิษฐ์ สุขวัฒนานันท์ และคณะ ประสิทธิ์การกุล, 2527; สมาน จาตุรงค์วนิชย์ และ สันติ ลีวงศ์เจริญ, 2530 และ ชัยวัฒน์ ผลประสิทธิ์และคณะ, 2533) พบว่ากับงานศึกษาในภาคสนามและการแปลผลจากภาพถ่ายเทียมของคณะผู้วิจัย ซึ่งพอจำแนกได้เป็น 3 หมวดหินด้วยกัน และสามารถเทียบได้กับงานของ Drumm และคณะ (1993) คือ หมวดหินMS3, หมวดหินMS4 และ หมวดหินMS5

แม้ว่าทางฝั่งด้านตะวันตกของตะเข็บธรณีน่าน-อุตรดิตถ์ เป็นคนละแผ่นธรณีกับฝั่งด้านตะวันออก แต่เนื่องจากการสะสมตัวของตะกอนทวีปหรือตะกอนบกคล้ายกันหลังจากเกิดการชนกันของแผ่นธรณีใหญ่ในวัยตอนช่วงปลายยุคไทรแอสซิก (ดู Charusiri และคณะ, 1997) ในที่นี้จึงใช้หลักการเทียบเคียงชั้นหินไปพลางก่อนเพื่อให้ไม่สับสน โดยจัดจำแนกเป็น 3 หมวดหินคือ หมวดหินนครไทยล่าง นครไทยกลาง และนครไทยบน

จากการศึกษาในฝั่งตะวันตกของตะเข็บธรณีน่าน-อุตรดิตถ์ มีชั้นหินที่แก่กว่ากลุ่มหินนครไทย ที่สามารถเทียบเคียงกับกลุ่มหินตะกอนบกที่ Drumm และคณะ (1993) ได้ทำการศึกษาไว้และเรียกว่า MS1 และ MS2 แต่เนื่องจากการแผ่กระจายตัวและพบอยู่น้อยมากในบริเวณที่ศึกษาจึงไม่สามารถบรรยายรายละเอียดมากนักในที่นี้ได้ และขอเทียบเคียงชื่อตามนี้ Drumm และคณะ (1993) ได้ตั้งไว้

หมวดหินน่านล่าง (Lower Nan formation) หรือหมวดหินเมโซโซอิกล่างสุดหรือ MS1 ของ Drumm และคณะ (1993) วางตัวแบบไม่ต่อเนื่องกับกลุ่มหินลำปางซึ่งเป็นตะกอนทะเลและหมวดหินชุดนี้หนาประมาณ 50-100 เมตร มีการแผ่กระจายตัวอยู่เฉพาะด้านตะวันตกของตะเข็บธรณีน่าน-อุตรดิตถ์ โดยเฉพาะบริเวณระหว่างอำเภอสา เช่น บ้านตาลชุม ตอนเหนือบ้านท่าลี่ ตะวันออกบ้านน้ำปาย บ้านป่าสัก ตะวันออกบ้านน้ำปู เป็นแนวยาวไปจนถึงแม่น้ำว้า และในระวางน้ำมวบ พบโดยเฉพาะบริเวณตะวันออกระหว่างบ้านสาสี่เหนือ และคอยพุกสูง (ดู พิศิษฐ์ สุขวัฒนานันท์ และ สันต์ อัสวพัชระ, 2530) หมวดหินนี้แสดงลักษณะภูมิประเทศให้เห็นเป็นเนินต่ำทางด้านตะวันตก ส่วนทางด้านตะวันออกมักเป็นภูเขาสูง หินส่วนใหญ่โผล่ชัดเจนในร่องห้วย หมวดหินนี้ประกอบด้วยหินตะกอนเม็ดเป็นส่วนใหญ่ เช่น หินกรวดสีแดง หินทราย หินโคลน และหินดินดานสีม่วงแดง และอาจมีหินตะกอนเม็ดสีเขียว-เทาเขียวสลับอยู่ด้วย สำหรับกรวดในหมวดหินนี้เป็นหินตะกอนกลมมนมาก ได้แก่ หินทรายสีแดงและเขียว หินเชิร์ตสีแดงอ่อน ควอตซ์ขาวขุ่น หินปูนสีอ่อน แถบตะวันออก (แพร์-น่าน) Drumm และคณะ (1993) เชื่อว่ากรวดหินปูนสีอ่อนที่พบในหินกรวดนี้น่าจะแสดงถึงการสะสมตัวของเนินตะกอนรูปพัด (alluvial fan) ในตอนช่วงปลายยุคไทรแอสซิก ซึ่งคณะผู้วิจัยเชื่อว่าการสะสมตัวอาจเกิดในร่องแนวรอยเลื่อนอันเป็นผลจากการชนกันของแผ่นธรณีที่อยู่ระหว่างแผ่นฉานไทยและอินโดจีนได้ และผลจากการแปรสัณฐานลำดับถัดมา เช่น บรรพตเรียงสรค์ หิมालัยแรก ทำให้ชั้นหินตรงเกิดการคดโค้งโค้งงอเป็นประทุน (antiform) และประทุนหงาย (synform) ได้

หมวดหินน่านบน (Upper Nan formation) หรือหมวดหินเมโซโซอิกตอนล่าง หรือ MS2 ของ Drumm และคณะ (1993) ดูรายละเอียดเปรียบเทียบในหัวข้อ 5.3.4 หมวดหินนี้พบอยู่ใน 3 บริเวณใหญ่ๆ คือ 1) บ้านห้วยช้างและบ้านจ้งบังทางตะวันตกของอำเภอน้ำปาด 2) จังหวัดน่าน แถบบ้านศรีบุญเรือง-บ้าน

นาสา (ระหว่างอำเภอสา) และ 3) จังหวัดน่านแถบบ้านห้วยขู (ระหว่างบ้านน้ำมวบ) โดยวางบนหมวดหิน MSI ในบริเวณ 2) และ 3) ในลักษณะรอยสัมผัสชัดเจน หมวดหินนี้หนาประมาณ 500 เมตร (Drumm และคณะ, 1993) ประกอบด้วยหินภูเขาไฟสีจางจนถึงเข้มปานกลาง จำพวกแอนดิไซต์-ไรโอไลต์ และคณะผู้วิจัยเชื่อว่าการเกิดมีความสัมพันธ์เกี่ยวกับการมุดตัว (subduction) ของแนวภูเขาไฟลำปาง (Lampang volcanic arc) โดยที่แนวภูเขาไฟลำปางเกิดการปะทุในช่วงระหว่างยุคเพอร์เมียนกับไทรแอสซิก และเกิดจากการมุดตัวของแผ่นธรณี ลำปางเฉียงรายลงไปได้แผ่นธรณีฉานไทย ส่วนหิน MS2 ปะทุระหว่างอายุปลายยุคไทรแอสซิกถึงยุคจูแรสซิกและเกิดจากการมุดตัวของแผ่นธรณีนครไทยลงไปได้แผ่นธรณีสัน-เฉียงราย หมวดหินนี้ประกอบด้วยหินละลายและหินตะกอนภูเขาไฟ (volcaniclastic) อาจมีถ้ำรูพิเศษหิน (lithoclastite) ประปนได้ จากการศึกษาในภาคสนามของผู้วิจัยพบว่า หินภูเขาไฟสีเข้มปานกลาง เช่น จำพวกแอนดิไซต์ มักเป็นหินละลายและมักแสดงรูพรุน (vesicles) ซึ่งมักถูกบรรจุด้วยแร่ทุติยภูมิ เช่น แร่ควอตซ์และแคลไซต์ ส่วนหินตะกอนภูเขาไฟมักเป็นหินที่มีสีจาง ประกอบด้วยหินไรโอไลต์ และหินอิกนิมไบรต์ (ignimbrite) เป็นส่วนใหญ่ ทั้งหินภูเขาไฟและตะกอนภูเขาไฟมีสี ตั้งแต่ เทา-ขาว เทาดำ-เขียว จนถึงม่วงดำ ในที่นี้แร่ประกอบที่สำคัญคือ แร่เฟลด์สปาร์ ควอตซ์ และมีเศษหินที่สำคัญ คือ ซิสต์ ฟัมมิส และแอนดิไซต์ สำหรับส่วนประกอบในเนื้อพื้น (groundmass) ได้แก่ เฟลไซต์ เศษแก้ว (glass shard) แร่คลอไรต์ และแร่เซอร์ริไซต์ (sericite) นอกจากนั้นจากการศึกษาของ สมาน จาตุรงค์วนิชย์ และสันติ ลีวงศ์เจริญ (2530) แถบบริเวณห้วยสูงและบ้านไร่ดินนง (ระหว่างบ้านนาหน้า) ทางตะวันตกเหนือจากอำเภอปากท่า 7 กิโลเมตร พบว่าเนื้อหินตะกอนภูเขาไฟ พบหินกรวดซึ่งก้อนกรวดเป็นหินตะกอนเม็ดและหินปูน ซึ่งหินปูนทางไทโครนอลและพูซูลินิดแสดงอายุกลางยุคเพอร์เมียน ในพื้นที่ศึกษาและข้างเคียงหินหมวดนี้ นอกจากวางตัวเหนือหิน MS1 แล้วยังวางตัวอย่างไม่ต่อเนื่องกับหินหมวดนาท่งและหมวดผาสัม การวางตัวของหมวดหินมีทิศทางการเฉียงเทไปทางตะวันตกถึงตะวันตกเฉียงเหนือด้วยมุมไม่เกิน 40 องศา

**1) หมวดหินนครไทยล่าง (Lower Nakhon Thai Formation)** หินหมวดนี้จัดว่าเป็นหมวดหินแก่ที่สุดแพร่กระจายตัวทางด้านตะวันออกของตะเข็บธรณีน่าน-อุตรดิตถ์ และเทียบเท่ากับชุดหิน MS3 ของ Drumm และคณะ (1993) วางตัวแบบไม่ต่อเนื่องกับหินภูเขาไฟชุดน้ำน่านหรือหมวดหิน MS2 ทางด้านตะวันตกของตะเข็บธรณีน่าน-อุตรดิตถ์ และสามารถเทียบเคียงได้กับหมวดหินภูกระดึง (Phu Kradung Formation) ของ Ward & Bunnag (1964) สำหรับหินตะกอนช่วงอายุเดียวกันบนที่ราบสูงโคราช หรือจุดทวีปอินโดจีน “แท้จริง” (sensu stricto) (ดู Charusiri และคณะ, 1997)

สำหรับการกระจายตัวของหมวดหินนี้ ในระวางบ้านแสนขันและบ้านสวนป่าปกคลุมพื้นที่กว้างตั้งแต่อำเภอทองแสนขัน อำเภอตรอน อำเภอพรหมพิราม จนถึงอำเภอวัดโบสถ์ จนถึงทางตะวันตกของดอยกอมบ้านน้ำไคร้ บ้านน้ำหมี ตอนใต้บ้านนากล่า ชั้นหินหมวดหิน นี้มีความหนาประมาณจาก 100-500 เมตร ไกลกับตะเข็บธรณีและประมาณมากกว่า 200 เมตร ห่างจากตะเข็บธรณีมาทางตะวันออก โดยที่ชั้นหิน

หมวดนี้วางตัวอยู่นอกกลุ่มหินลำปางและหินปูนอายุเพอร์เมียนแบบไม่ต่อเนื่อง (unconformable contact) หรือ แบบรอยเลื่อน (fault contact)

ลักษณะชั้นหินที่เด่นชัดคือ มีสีน้ำตาลแดงอิฐถึงน้ำตาลเหลือง ชั้นหินทางตะวันออกของตะเข็บธรณีน่าน-อุตรดิตถ์ประกอบด้วยหินทรายเม็ดละเอียดชั้นหนาสีน้ำตาลแดง หินทรายแป้งสีแดง หินทรายอาร์โคติก (arkosic sandstone) สีน้ำตาลเหลือง หินดินดานสีน้ำตาล-เทาเขียว และมีหินกรวดมนอยู่ด้วยในบ้านแห่งบนผิวหน้าระหว่างชั้นหินทรายมักมีแผ่นไมก้าปรากฏให้เห็น ในบางบริเวณมีสารเชื่อมประสาน (cementing material) เป็นพวกคาร์บอเนตทำให้เรียกว่าเป็นหินทรายเนื้อปูน นอกจากนี้บางชั้นแทรกสลับด้วยหินกรวดภูเขาไฟ (volcanic breccia หรือ agglomerate) ซัยวัฒน์ ผลประสิทธิ์ และคณะ (2533) เชื่อว่าหินกรวดภูเขาไฟที่ก้อนกรวดได้แก่พวกถ้ำภูเขาไฟ (crystal tuff) และถ้ำภูเขาไฟหิน (lithic tuff) น่าจะถูกพัดพามาสะสมในหมวดหินนี้ โดยทั่วไปชั้นหินเอียงเทไปในทิศเหนือก่อนไปทางตะวันออกเฉียงเหนือด้วยมุมเอียงเทประมาณ 10° ไปทางตะวันออก

ส่วนชั้นหินในบริเวณแถบแพร่-น่าน หรือทางตะวันตกของตะเข็บธรณีน่าน-อุตรดิตถ์ ประกอบด้วยหินตะกอนเม็ดคล้ายกัน คือตั้งแต่เม็ดทรายถึงเม็ดละเอียด ได้แก่ หินกรวดมน หินทราย และหินดินดาน มีการแทรกสลับชั้นตะกอนเป็นซุกๆ ซึ่ง Drumm และคณะ (1993) เรียกหมวดหิน MS3 และส่วนใหญ่แสดงลักษณะของซุกชั้นตะกอนละเอียดอยู่บน (fining-upward sequence) ทำให้ Drumm และคณะ (1993) เสนอว่าสภาพแวดล้อมการตกตะกอนของหมวดหินนี้เป็นแบบลำน้ำประสานสาย (braided stream) และเนินตะกอนรูปพัดและเกิดในช่วงต้นยุคจูแรสซิก จากการศึกษาตะกอนวิทยาของหินหมวดนี้ทำให้เชื่อว่าหินต้นกำเนิดอาจมาจากหินอัคนี (หินภูเขาไฟ) และจากทิศทางการไหลของกระแสน้ำในอดีต ทำให้เชื่อว่าหินต้นกำเนิดน่าจะมาจากทั้งทางทิศตะวันออกและตะวันตก

**2) หมวดหินนครไทยกลาง (Middle Nakhon Thai Formation)** วางตัวบนหมวดหินนครไทยล่างแบบต่อเนื่อง (conformable) และบางครั้งแบบรอยเลื่อน ในแถบตะวันออกของตะเข็บธรณีน่าน-อุตรดิตถ์ พบในบริเวณเขาตอกยอม เขาน้ำข้อย บ้านช่องลึก เขาสัก เขาตาพรหม และแนวเขาตะวันตกเฉียงใต้ของบ้านนาลับ ส่วนทางตะวันตกของตะเข็บธรณีน่าน-อุตรดิตถ์ พบบริเวณบ้านปากท่าด้านตะวันออกและแถบคอยช้างแถบรอยต่อระหว่าง จ.แพร่ และ จ.อุตรดิตถ์ตอนเหนือ ส่วนใหญ่หินประกอบด้วยหินทรายได้แก่ หินทรายแก้ว (orthoquartzite) หินทรายอาร์โคติก (arkose) สีเทา-น้ำตาลเทา หินทรายแก้วมักมีลักษณะแข็ง (durable) เม็ดละเอียดถึงทรายปานกลาง ตัวเชื่อมประสานเป็นพวกซิลิกาที่มีการตัดขวางที่ดี ส่วนหินทรายอาร์โคติกไม่แกร่ง (indurable) แตกร่วนง่าย เม็ดตะกอนประกอบด้วยแร่ควอตซ์และเฟลด์สปาร์ ซึ่งแร่ทั้งสองนี้มีการผูกพันได้ง่ายทำให้หินไม่แข็ง และการกัดขนาบไม่ดีเท่าหินทรายแก้ว ชั้นหินโดยทั่วไปของหมวดหินนครไทยกลางแสดงชั้นตะกอนที่หนาและชั้นเฉียงระดับ (cross-bedding) ชัดเจน ในบางชั้นตะกอนพบว่ามีชั้นหินดินดานและทรายแป้งสีน้ำตาลเหลือง-น้ำตาลแดงแทรกสลับอยู่แนวการวางตัวของชั้นหินส่วนใหญ่ไป

ทางตะวันออกเฉียงเหนือ และมีมุมเอียงเทประมาณ 50° - 70° ไปทางตะวันออกเฉียงใต้และบางครั้งไปทาง ตะวันตกเฉียงเหนือ

พิศิษฐ์ สุขวัฒนานันท์ และคณะ ประสภิทธิการกุล (2527) ได้ประมาณความหนาของหมวดหินนี้ว่า ทางตะวันตกสุดของหมวดหินนี้หนาประมาณ 200 เมตร ส่วนทางตะวันออกหนามากกว่า 200 เมตร ทำให้ สรุปลักษณะความหนาน่าจะเกินกว่า 300 เมตร Drumm และคณะ (1993) ศึกษาหินหมวดเดียวกับแถบ แพร่-น่าน พบว่าแร่ควอตซ์พบมากในชุดหินชั้นล่าง (96%) และมากกว่าชุดหินชั้นบน (83%) และพบว่าแร่ควอตซ์ แสดงลักษณะที่บ่งบอกถึงหินต้นกำเนิดมาจากหินแปร พวกเขาได้สรุปว่า หมวดหินนี้น่าจะเกิดจากสภาพ การสะสมตัวแบบชั้นทรายโคลิ่งน้ำ (point-bar deposit) สำหรับอายุของชั้นหินชุดนี้ทั้งพิศิษฐ์ สุข-วัฒนานันท์ และคณะ ประสภิทธิการกุล (2527) และ Drumm และคณะ (1993) กำหนดให้เป็นกลางยุคจูแรสซิก และสามารถเทียบเคียงอายุได้กับหมวดหินพระวิหารของจุลทวีปอินโดจีน

**3) หมวดหินนครไทยบน (Upper Nakhon Thai Formation)** แผ่กระจายตัวเฉพาะในบริเวณรอยตะเข็บน่าน- อุตรดิตถ์ และฝั่งด้านตะวันออกของรอยตะเข็บ ได้แก่ ตะวันออกเฉียงใต้ของระวางอำเภอป่าด แถบห้วย กอกหมี่ บ้านห้วยขม เขาไม้ขาว เขายวก และทั้งทางตอนเหนือและใต้ของแผนที่ระวางอำเภอปากท่า และแถบ บ้านดินตอก ระวางบ้านแสนขัน และบ้านขุนช้าง ระวางบ้านสวนป่า โดยมัลักษณะภูมิประเทศทางตะวันตก ของตะเข็บธรณีที่พบแถบบริเวณบ้านนาไพร บ้านหนองหอย บ้านจำป็น และภูสอยดาวแถบตะวันตกของ แม่น้ำป่าด มักเป็นเนินเตี้ยๆ เป็นส่วนใหญ่ และลักษณะหินและลำดับชั้นหินคล้ายๆ กัน คือ ประกอบด้วยหิน ตะกอนเม็ดหลายชนิดปะปนกัน แต่มีความแกร่งไม่มากนัก เมื่อเทียบกับหมวดหินชุดเก่ากว่า และโดยมากมี สีน้ำตาลแดงถึงม่วงแดงในแถบบริเวณระวางบ้านแสนขันและสวนป่า มักพบเป็นหินทรายสีม่วงแดงเนื้อ ละเอียดและมีรอยแตกมากมาย บางครั้งก็พบแร่ไมก้าเป็นเกล็ดในหิน แต่ส่วนใหญ่มีตัวเชื่อมประสานพวกซิ ลิกาและเหล็กออกไซด์ แต่บางบริเวณก็มีตัวเชื่อมประสานเป็นพวกคาร์บอเนต (calcareous cement) หิน ทรายเหล่านี้แทรกสลับอยู่กับหินทรายแป้งสีแดงถึงม่วงแดง ซึ่งบางบริเวณก็มีตัวเชื่อมประสานเป็นพวก คาร์บอเนตเหมือนกันคล้ายกับหินทราย ในบางบริเวณอาจมีหินกรวดมนแทรกสลับเป็นชั้นบางๆ และปะปน กับชั้นหินดินดานสีเทาอ่อนซึ่งแทรกเป็นชั้นบางๆ เหมือนกัน โดยมากตัวเชื่อมประสานเป็นสารคาร์บอเนต Drumm และคณะ (1993) ได้พบว่าส่วนกลางของชั้นตะกอนในหมวดนี้เป็นทรายแป้งที่มักมีชั้นดินปูน (calcrete) อยู่ด้วยและชั้นตะกอนวางตัวอยู่ในตอนล่างของหมวดหิน และพวกเขาเชื่อว่าน่าจะเกิดจาก สภาพแวดล้อมของการสะสมตัวแบบทะเลสาบ (lacustrine) บนที่ราบน้ำท่วมถึง (alluvial plain) ในสภาพ ภูมิอากาศแบบแห้งแล้งถึงแห้งแล้งมาก ส่วนตอนบนที่มักเป็นชั้นหินทราย ซึ่งทั้งหมดนี้แสดงถึงการเปลี่ยน สภาพแวดล้อมของการตกตะกอนเป็นแบบการกระทำโดยแม่น้ำ (fluvial system) แต่ไชยกาล ไชยรังษี และ คณะ (2532) พบว่าในบริเวณแถบปากท่า-น้ำป่าด ชั้นหินทรายพบมากทางตอนล่าง ส่วนหินดินดานกับหิน ทรายแป้งจะพบมากทางตอนบน จากการศึกษาแร่วิทยาของควอตซ์โดย Drumm และคณะ (1993) ทำให้คิด ว่าหินต้นกำเนิดอาจมาจากหินแปรและการปรากฏของแร่ไมก้าแสดงถึงหินต้นกำเนิดเป็นพวกหินแปร



เช่นกัน นอกจากนั้น Drumm และคณะ (1993) ยังได้เสนอว่า เมื่อดูอัตราส่วนที่มีคาร์บอนที่ต่ำและความกลมมนสูง แสดงถึงมีกำเนิดจากการผุพังสลายตัวของหินแปรต้นกำเนิดในบริเวณบรรพตดั้งเดิม (orogeny) จากการศึกษาทิศทางของกระแสน้ำโบราณ (paleocurrent) พบว่าหินตะกอนหมวดนี้ถูกพัดพามาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และมาจากระยะทางไกล จากการหาอายุโดยวิธี K/Ar ในเกลือไม่ก้ำอยู่ในหินตะกอนพบว่าเมื่ออายุ 300 ถึง 350 ล้านปี ซึ่งแสดงว่าหินแปรที่เป็นวัสดุต้นกำเนิดมีอายุในช่วงปลายยุคครีตเวเนียนถึงต้นยุคคาร์บอนิเฟอรัส (ดู Heggemann และคณะ, 1991) ชัยวัฒน์ ผลประสิทธิ์ และคณะ (2532) ได้ประเมินความหนาของหินหมวดนี้แถบบริเวณบ้านดินตอกและเขาดินตอกได้ประมาณ 124 เมตร ไชยกาล ไชยรังษี และคณะ (2532) และ Drumm และคณะ (1993) ได้กำหนดให้หินหมวดนี้มีอายุประมาณปลายยุคจูแรสซิก

**4) หมวดหินนครไทยบนสุด (Uppermost Nakhon Thai Formation)** หมวดหินนี้แบ่งเป็น 2 หน่วย คือหน่วยบนและหน่วยล่าง สำหรับหน่วยล่างแผ่ปกคลุมเป็นบริเวณไม่กว้างนักทางตะวันออกเฉียงเหนือของระวางอำเภอปากท่าและอำเภอน้ำป่าดและปรากฏให้เห็นในลักษณะเขาสูงชันยาวต่อเนื่องวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ชัดเจน โดยเฉพาะในแถบบริเวณบ้านไร่ใต้-น้ำไผ่ (ระวางปากท่า) และแถบห้วยน้ำคิ่ง-ห้วยกอกหมี่-ห้วยสงเป็ย (ระวางน้ำป่าด) ส่วนหน่วยบนวางตัวต่อเนื่องกับหน่วยล่างและพบในบริเวณแถบบ้านมะยม-เขาลูกกรัด (ระวางปากท่า) และบริเวณภูเมียง-ห้วยขม (ระวางน้ำป่าด)

สำหรับลักษณะหินในหน่วยล่างประกอบด้วยหินทรายเกือบทั้งหมด ส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลแดงถึงเทา เม็ดทรายขนาดปานกลางถึงหยาบ และมีตัวเชื่อมประสานไม่ดี และมักพบชั้นตะกอนวางในหินทรายสีเทา ลักษณะของความแกร่งของหินมีมากกว่า และวางตัวต่อเนื่องบนหินหมวดล่าง ทำให้แยกจากหินหมวดล่างที่มีอายุมากกว่าได้ ส่วนลักษณะหินในหน่วยบนประกอบด้วยหินทรายเป็นส่วนใหญ่ และมีหินทรายแป้งแทรกเป็นชั้นบางๆ หินทรายส่วนใหญ่มีสีต่างจากหน่วยล่างคือ มักเป็นสีน้ำตาลแดงส้มน้ำตาล ส่วนใหญ่ไม่แกร่งเท่าที่ควรเทียบกับหน่วยล่าง และมักแสดงรอยแตกรูปหลายเหลี่ยม (polygonal crack) มีการเชื่อมประสานไม่ดี ส่วนหินทรายแป้งที่แทรกอยู่มักสีน้ำตาลแดงถึงแดง และมีตัวเชื่อมประสานเป็นพวกคาร์บอนेटและเกลือออกไซด์

อนึ่ง สำหรับอายุของหมวดหินนี้เชื่อว่าอยู่ในยุคครีตเวเนียนจากการเทียบเคียงหินหมวดนี้กับหินในกลุ่มหินโคราชพบว่าสามารถเทียบเคียงได้ว่าหินหมวดนครไทยบนสุดในหน่วยล่าง ซึ่งมีความหนาประมาณ 50-80 เมตร เทียบได้กับหมวดหินภูพาน และหินในหน่วยบนซึ่งมีความหนาประมาณ 100 เมตร เทียบได้กับหมวดหินโลกกรวดของจุลทวีปอินโดจีน

#### 5.2.2.5 ตะกอนและหินซีโนโซอิก (Cenozoic Sediments and Rocks)

ตะกอนอายุใหม่พบสะสมตัวในแอ่งสะสมตัวของตะกอนซึ่งมักถูกขนาบด้วยรอยเลื่อนหรือแอ่งขนาบรอยเลื่อน (fault-bounded basin) แอ่งที่สำคัญในแถบนี้มี 6 แอ่งคือ แอ่งวัดโบสถ์ (Wat Bot Basin) ใต้สุดแอ่งอุดรดิตต์ (Uttaradit Basin) ทางตะวันตกสุด, แอ่งน้ำพี้ (Nam Phi) ใต้แอ่งอุดรดิตต์ แอ่งแสนขัน

(Saen Khan Basin) ได้แอ่งน้ำพี และแอ่งตะกอนดังกล่าวสามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 หน่วยคือ หน่วยล่างและหน่วยบน แต่ไม่ได้แยกเด่นชัดในแผนที่ธรณีวิทยารายละเอียด

1) **ตะกอนหน่วยล่าง (Lower Unit)** ได้แก่ ตะกอนที่สะสมตัวในยุคเทอร์เชียรี (Tertiary Deposits) พบเป็นแนวยาวเฉพาะตอนกลางของพื้นที่ระวางฟากท่า (ยาวประมาณ 30 กม กว้าง 2.5 กม) วางตัวเป็นเนินสูง 200 เมตร จากระดับน้ำทะเล และโผล่ให้เห็นเด่นชัดบริเวณประมาณ 1 กม ทางตะวันตกของบ้านต้นม่วงฝั่งตะวันตกของเส้นทางหมายเลข 1047 ก่อนถึงตัวอำเภอฟากท่าประมาณ 20 กม (พิกัด 856-685, คูชยกาลไชยรังษี และคณะ, 2532)

ลักษณะหินที่สำคัญของตะกอนหน่วยล่างนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินทราย (sandstone) หินทรายแป้ง (siltstone) หินกรวดมน (conglomerate) หินดินดาน (shale) ที่ส่วนใหญ่เป็นตะกอนกึ่งแข็งตัว (semi consolidated) และมีการเชื่อมประสานไม่ดีนัก นอกจากนั้นยังพบชั้นถ่านหิน (coal seam) และชั้นแร่ดิน (clay beds) โดยมีรายละเอียดจากชั้นล่างสุดถึงบนสุด (ไชยกาล ไชยรังษี และคณะ, 2532)

อนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างหินยุคเทอร์เชียรีหินชุดใกล้เคียง พบว่าหินยุคเทอร์เชียรีวางตัวอยู่บนชุดหินที่แก่กว่าในลักษณะความไม่ต่อเนื่อง (unconformity) และวางตัวอยู่ด้านใต้ตะกอนยุคปัจจุบัน (Quaternary deposits) ในลักษณะไม่ต่อเนื่องเช่นกัน

สำหรับอายุของหินชุดนี้ ที่กำหนดให้เป็นยุคเทอร์เชียรีเนื่องจากพบซากบรรพชีวิน (fossils) ของหอยฝาเดียว (gastropod) อาจเป็นจำพวกวิวิพารัส (viviparus) เช่น ที่พบที่แอ่งแม่เมาะและมีอายุเทอร์เชียรี

นอกจากนั้นสำหรับแอ่งแม่จรม อุดลย์ วรรณะพีระ และสุวิทย์ โคนสุวรรณ (2530) ได้ศึกษาตะกอนยุคเทอร์เชียรีอย่างละเอียดโดยใช้ชื่อว่าหมวดตะกอนแม่จรม

หมวดหินหรือตะกอนแม่จรม นี้เป็นการเรียกชื่อแบบไม่เป็นทางการ (informal name) โผล่ให้เห็นเล็กน้อย ไม่สามารถวัดความหนาที่แน่นอนได้และไม่พบซากดึกดำบรรพ์ ทั้งซากพืชและซากสัตว์

หมวดหินแม่จรมพบอยู่แห่งเดียว คือบริเวณเชิงเขาทิศตะวันออกของตัวอำเภอแม่จรม ในแผนที่ระวางกิ่งอำเภอแม่จรม (5246 II) โดยวางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ กว้างที่สุดประมาณ 750 เมตร และยาวประมาณ 5 กิโลเมตร คลุมพื้นที่ประมาณ 2.22 ตารางกิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ลาดเชิงเขา ที่ระดับความสูงเฉลี่ยประมาณ 300 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลางซึ่งเป็นขอบแอ่งแม่จรม (ฝั่งตะวันออก)

หินหน่วยนี้ประกอบด้วย หินดิน (claystone) สีเทาขาว เมื่อผู้ให้สีน้ำตาลออกเหลือง มีลักษณะอ่อนและร่วน แสดงการวางชั้นดี มีค่าของมุมเทน้อยมาก แสดงลักษณะการผุออกมาเป็นรูปวงรี สีน้ำตาล คล้ายวงปีของต้นไม้ ซึ่งมีรอยแตกบั้งค้ำขอบเขตของวงรีอยู่ พบสายแร่ควอตซ์ตัดผ่านเข้ามาทั้งในแนวเดียวและตัดกับแนวการวางชั้นของหิน แบบไม่ต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังมีพวกตะกอนดินเหนียวและดินทรายแป้งเป็นชั้นวางตัวปิดทับอยู่ตอนบน

หมวดหินแม่จรมนี้วางตัวแบบไม่ต่อเนื่องกับหินยุคควอเทอร์นารี ซึ่งวางทับอยู่ตอนบนและวางตัวแบบสัมผัสแบบรอยเลื่อนกับหมวดหินแม่มาญยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสซิก (PTr) ซึ่งวางตัวอยู่ตอนล่าง

เนื่องจากไม่พบซากดึกดำบรรพ์ ทั้งซากพืชและซากสัตว์ ในหินหน่วยนี้ จึงให้อายุตาม Hess และ Koch (1975) ซึ่งให้อายุอยู่ในช่วงยุคเทอร์เชียรีตอนบน (นีโอจีน, Neogene)

2) ตะกอนหน่วยบน (Upper Unit) หรือ ตะกอนยุคปัจจุบัน (Quaternary deposits) มีการแพร่กระจายเด่นชัดมากในบริเวณแอ่งสะสมตะกอนน้ำป่าด-ฟากท่า (Nam pat-Fak Ta Basin) โดยครอบคลุมพื้นที่เกือบทั่วบริเวณของแอ่ง ในหลายบริเวณพบว่าชุดหินยุคควอเทอร์นารี วางตัวเป็นเนินสูง (220 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง, คู ไชยกาล ไชยรังษี และคณะ, 2532) หินชุดนี้วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และมีการเอียงเทไปทางตะวันออกเฉียงใต้

ตะกอนยุคใหม่ประกอบด้วยชั้นกรวด (gravel bed) ชั้นทรายแป้ง (siltstone) ชั้นดินปนทรายแป้ง (silty clay) ชั้นศิลาแลง (laterite) และโคลนตม โดยส่วนใหญ่เป็นการแทรกสลับ (intercalation) ระหว่างชั้นกรวดกับทรายแป้งและทั้งหมดเป็นตะกอนไม่แข็งตัว (unconsolidated deposit) มีการเชื่อมประสานไม่ดี ทำให้ตะกอนมีความร่วน (friability) มาก

สำหรับในส่วนของตะกอนยุคปัจจุบันนี้มีรายละเอียดจากอีกบริเวณคือ แอ่งบระวางอำเภอแม่จริม (ด้านตะวันออกเฉียงเหนือ, คู อุดลย์ วรรณพิระ และสุวิทย์ โคนสุวรรณ, 2530) ระบุว่าเป็นหินตะกอนที่มีอายุอ่อนที่สุดในพื้นที่สำรวจ พบกระจายตัวตามที่ราบลุ่มน้ำตามหุบเขา เช่น บริเวณบ้านมั่ง (ลุ่มน้ำตาวาย และสบน้ำป่า) บ้านตอง (ลุ่มน้ำมวบ) บ้านก่อ บ้านบอน และบ้านหัวทุ่ง (ลุ่มน้ำแม่จริม) ในแผนที่ระวางบ้านห้วยปู (5246 IV) และตามลุ่มน้ำแม่จริมในแอ่งแม่จริม บริเวณตัวอำเภอแม่จริม มีขนาดแอ่งกว้างโดยเฉลี่ยประมาณ 0.5 กิโลเมตร ยาวประมาณ 8 กิโลเมตร แนวการวางตัวของแอ่งอยู่ในแนวเกือบเหนือ-ใต้ และตามลุ่มน้ำปางและลุ่มน้ำว้า บริเวณบ้านน้ำปางในแผนที่ระวางกิ่งอำเภอแม่จริม (5246 III) ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 8.92 ตารางกิโลเมตร ส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ทางทิศตะวันตกของพื้นที่สำรวจ ส่วนทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่เป็นแนวเทือกเขาสูงที่เป็นต้นกำเนิดของทางน้ำต่างๆ และเป็นแหล่งของตะกอนต่างๆ ที่พัดพามาทับถมเป็นหินหน่วยนี้ ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไป จะเป็นที่ราบต่ำตามลุ่มน้ำที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยมีระดับความสูงประมาณ 260-360 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง

ตะกอนส่วนใหญ่เป็นตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว ถูกกัดกร่อนและถูกพัดพามาจากเนินเขา ภูเขาและเทือกเขาต่างๆ ในพื้นที่สำรวจ สะสมตามห้วย ทางน้ำ และร่องน้ำ ที่ส่วนใหญ่เป็นพวกก้อนหินมนใหญ่ ไปจนถึงกรวดเล็ก (ตั้งแต่หยาบจนถึงละเอียด) ได้แก่ กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว และเนื่องจากทางน้ำส่วนใหญ่ในพื้นที่สำรวจอยู่ในช่วงอายุอ่อน ที่เรียกว่า ชารน้ำร้อนเยาว์ (youth stage) จึงมักมีพลังงานมากที่จะกัดกร่อนและพัดพาตะกอนขนาดใหญ่ไปได้ตามท้องน้ำได้ เช่น พบก้อนหินมนใหญ่ตามท้องน้ำว้า เป็นต้น ส่วนบริเวณแอ่งแม่จริม ซึ่งเป็นที่ราบระหว่างหุบเขาขนาดใหญ่ที่สุดในพื้นที่สำรวจนั้น เป็นที่ราบแบนน้ำท่วมถึง และมีตะพักทั้งสองฝั่งของห้วยแม่จริม โดยมีตะกอนขนาดละเอียดขึ้นและการวางตัวของตะกอนต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นจะวางตัวอยู่ในระดับราบหรือเกือบราบ (subhorizontal) ตามลักษณะภูมิประเทศของรางน้ำ หรือร่องน้ำนั้นๆ

ตะกอนหน่วยนี้พบว่ามักวางตัวแบบรอยชั้น ไม่ต่อเนื่องกับหินอายุแก่ยุคอื่นๆ โดยวางปิดทับอยู่ตอนบนตามลุ่มน้ำที่กล่าวมาแล้ว (ซึ่งเป็นช่วงของการหยุดการตกตะกอน หรือเป็นช่วงของการกัดกร่อน) เมื่อพิจารณาถึงอายุและการเปรียบเทียบแล้ว ให้อายุตาม Hess และ Koch (1975) ว่าอายุอยู่ในช่วงยุคควอเทอร์นารี ตั้งแต่ไพลสโตซีนตอนบน ถึงโฮโลซีนตอนล่าง

### 5.2.3 หินอัคนี (Igneous Rocks)

ในการศึกษาวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้จัดแบ่งหินอัคนีในเขตพื้นที่อุตรดิตถ์และบริเวณข้างเคียงออกเป็น 5 ชุด ได้แก่ 1) หินอัคนีชุดผาสัม (Phasom Ophiolites) อายุคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน, 2) หินภูเขาไฟชุดแม่แมน (Mae Man Volcanics) อายุเพอร์โม-ไทรแอสซิก, 3) หินแกรนิตชุดน่าน-อุตรดิตถ์ (Nan-Uttaradit Plutonics) อายุไทรแอสซิก, 4) หินภูเขาไฟชุดน่าน (Nam Nam Volcanics) อายุหลังไทรแอสซิก และ 5) หินบะซอลต์ไฟชุดห้วยไคร้ (Huai Krai Basalts) อายุซีโนโซอิก

#### 5.2.3.1 หินอัคนีชุดผาสัม

หินอัคนีชุดนี้ประกอบด้วยหินอัคนีบาดาล (plutonic rocks) เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ หินอัคนีสีเข้มจัด (ultramafic rocks) และหินอัคนีสีเข้ม (mafic rocks) และหินภูเขาไฟสีเข้มจำพวกบะซอลต์และแอนดิไซต์บ้างในบางบริเวณ เข้าใจว่าเกิดประมาณช่วงยุคคาร์บอนิเฟอรัสกับเพอร์เมียน และครอบคลุมพื้นที่ไปตามโครงสร้างบริเวณกว้าง (regional structure)

หินอัคนีสีเข้มถึงเข้มจัดของชุดผาสัมนี้พบอยู่ใน 5 บริเวณด้วยกัน ตามแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ 1) บริเวณเขาสามแสน-หาดจิว 2) บริเวณเขื่อนสิริกิติ์ 3) บริเวณบ้านงอมมด-ห้วยหลวง 4) บริเวณคอยพุกสูง-ปุกจำปี้ และ 5) บริเวณคอยแก้ว-แม่จริม

**1. บริเวณเขาสามแสน-หาดจิว** หินอุลตราเมฟิกในระวางบ้านหาดจิว ซึ่งในที่นี้เรียกบริเวณเขาสามแสน-หาดจิวเป็นส่วนหนึ่งทางตอนล่างของแนวหินอุลตราเมฟิกใหญ่ ที่พาดผ่านจากทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัดน่าน ลงมาตามแนวแม่น้ำน่านที่ไหลผ่านลงไปทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอท่าปลา และทางด้านทิศเหนือ-ตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่บริเวณบ้านน้ำพี้ อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์

จากการสำรวจในภาคสนามพื้นที่ระวางแผนที่บ้านหาดจิว และจากรายงานของกรมทรัพยากรธรณี พบหินอัคนีสีเข้ม-เข้มจัด ส่วนใหญ่วางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ตั้งแต่พื้นที่ทางตอนใต้ของบ้านผาเลือด บ้านผาเต่า บ้านหาดจิว บ้านวังแดง บ้านหนองเหี้ย บริเวณพื้นที่ราบตอนเหนือบ้านน้ำพี้ และแนวเทือกเขาสามแสน ซึ่งชุดหน่วยหิน ประกอบด้วยหินเพอริโดไทต์ (ชนิด harzburgite) แปรสภาพ (serpentinized peridotite) (รูป 5.2-5, รูป 5.2-6) หินไพรอกซีนไนต์ หินแกบโบร หินเพอริโดไทต์ปนฮอนเบรนต์ และผนังหินสีเข้ม (basic dike)

หินเซอร์เพนทีไนต์ (serpentinite) มีลักษณะเป็นมวลใหญ่ ปรากฏอยู่ตามแนวบรรพตรังสรรค์ใหญ่ (major orogenic belt) ทางด้านตะวันออกของจังหวัดอุดรดิตถ์ ซึ่งในพื้นที่ระหว่างบ้านหาดจิวพบมากทางใต้ของเทือกเขาสามแสน หินเซอร์เพนทีไนต์พบปะปนอยู่กับหมวดหินแม่สาย ร่องกวาง และนาทუნ และพวกหินภูเขาไฟสีเข้ม (basaltic andesite) แผ่นครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 3 ตารางกิโลเมตร และพบโผล่เป็นแนวแคบๆ ทางด้านทิศตะวันออกของบ้านหนองเหี้ย และด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเทือกเขาสามแสน สำหรับหินบะซอลต์ได้ทำการศึกษาลักษณะทางศิลาพรรณา พบว่ามีลักษณะการถูกแทรกของแร่ควอตซ์ และไม่ทำตามรอยแตก เนื้อหินแสดงลักษณะผลึกละเอียด-หยาบปานกลาง เมื่อหินสดมีสีเขียวอมน้ำเงินและเมื่อผู้พังสลายตัวมากๆ มักออกสีเขียวอมเหลืองหรือเขียวมน้ำตาล ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่เซอร์เพนทีไนต์ ไครโนไพรอกซีน (clinopyroxene) ทรีโมไลต์-แอคทิโนไลต์ (tremolite-actinolite) แร่โอลิวีน คลอไรต์ แร่คาร์บอเนต (carbonate) ทัลก์ (talc) แมกนีไทต์ (magnetite) และโครไมต์ (chromite) ลักษณะผิวหน้าหินค่อนข้างเรียบลื่น สีของเนื้อหิน (texture) ผันแปรตามปริมาณของแร่โอลิวีนและไพรอกซีน ตลอดจนความรุนแรงของขบวนการแปลงเปลี่ยน (alteration) ที่เรียก “serpentinization” ที่เกิดขึ้น และมักพบเนื้อเหลือค้าง (relics) ของแร่โอลิวีน และไพรอกซีนเสมอๆ ในเนื้อหินทั่วไป ส่วนในบริเวณที่มีร่องรอยถูกเฉือน (sheared) อย่างรุนแรงมักพบแร่ทัลก์ (talc) และสายแร่เล็กๆ (veinlets) ของกลุ่มแร่แอมฟีโบล (tremolite-actinolite) ในปริมาณมากกว่าปกติที่พบในหินอยู่ตามขอบแนวที่ถูกเฉือนนั้น (ซึ่งสามารถแสดงได้อย่างชัดเจนจากผลการศึกษาแผ่นหินบาง ภาพที่ T9, T10, T18, T19, T26, T27, T32 และ T33)

จากการศึกษาตัวอย่างแผ่นหินบาง (thin-section) ของหินพบว่ามีลักษณะของโครงสร้างรูปตะแกรง (mesh structure) ของแร่เซอร์เพนทีไนต์ (serpentine) และแร่ทรีโมไลต์ (tremolite) แสดงลักษณะเป็นแท่งยาวหรือเสี้ยนยาวๆ (elongate form) เล็กๆ ในแนวขนานกับทิศทางริ้วขนาน (foliation) แร่ประกอบหินอื่นๆ ได้แก่ แร่คลอไรต์ แคลไซต์ (calcite) และแร่ทึบแสง (opaques) เช่น แร่แม่เหล็ก (magnetite) (ซึ่งสามารถแสดงได้อย่างชัดเจนจากผลการศึกษาแผ่นหินบาง ภาพที่ 32 และ 33) และแร่โครไมต์ (chromite) บ้าง ลักษณะของหินเซอร์เพนทีไนต์ (serpentinite) นั้นแสดงลักษณะการแทนที่ร่างเดิม (pseudomorphism) ของแร่โอลิวีน และไพรอกซีน (ภาพที่ T2, T3, T18, T19, T26, และ T27) ชีระพงษ์ ธานาสุทธิพิทักษ์ (Thanasuthipitak, 1978) กล่าวว่าลักษณะการแทนที่ร่างเดิมโดยแร่เซอร์เพนทีไนต์จากแร่โอลิวีน แสดงว่าหินเซอร์เพนทีไนต์เกิดจากการเปลี่ยนสภาพ (alteration) มาจากหินดำนไนต์ แต่จากการวิเคราะห์ในสนามของคณะผู้วิจัย และการกำหนดตำแหน่งทางธรณีเคมี โดย พิศิษฐ์ สุขวัฒน์นันท์ และคณิต ประสิทธิ์การกุล (2527) เก็บมาวิเคราะห์เคมีค่าที่ได้ตกในพื้นที่ของหินดำนไนต์น้อยกว่าในกลุ่มของพวกหินฮัสเบอร์ไกต์ มากกว่า ดังนั้นหินน่าจะเป็นพวกหินเพอริโดไทต์แปลงเปลี่ยนจำพวก serpentized peridotite (หรือ harzburgite) มากกว่า

**2. บริเวณเขื่อนสิริกิติ์** หินอัครีสีเข้มบริเวณเขื่อนสิริกิติ์นี้ประกอบด้วยหินฮอนเบลนด์ไคต์ (hornblende), หินไพรอกซีนไนต์ (pyroxenite) และหินเพอริโดไทต์ (peridotite) โดยบางส่วนถูกเฉือน (sheared) จนหิน



รูป 5.2-7 เหมือนหินอ่อนที่ตำแหน่งพิกัด 42296/34738 ซึ่งเป็นเขาหินอ่อน ยุคเพอร์เมียน ชูตร่อง  
กว้าง ในกลุ่มหินแปร หินปูนบริเวณนี้เกือบทั้งหมดมีการตกผลึกใหม่เกิดเป็นหินอุตสาหกรรม  
หินอ่อน (ถ่ายที่ อินทिकाหินอ่อน ตำแหน่งพิกัด 41311/34918)



รูป 5.2- 8 เศษหินตัดจำพวกหินคาร์บอนตยุคเพอร์เมียน ชูตร่องกว้างกลุ่มหินแปร

เปลี่ยนเป็นหินเซอร์เพนทีไนต์ (serpentinite) พบโผล่ให้เห็นเป็นแนวยาวในทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ตามแนวเทือกเขาทางตะวันตกของบ้านข่อย ทางตะวันออกของที่ตั้งอำเภอท่าปลา ในแผนที่ระวางอำเภอท่าปลา (5044 I) และทางทิศเหนือของที่ตั้งเขื่อนสิริกิติ์ บริเวณแนวเทือกเขาภูห้วยจัน บ้านจอมถ้ำ จรดขอบอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ ในแผนที่ระวางเขื่อนสิริกิติ์ (5144 IV) ซึ่งคาดว่าจะจะเป็นบล็อกรหินแทรกดัน (intrusion) ที่เลื่อนดันเข้ามาในกลุ่มหินผาส้ม และกลุ่มหินแพร์ แต่ อภิชาติ ลำจวน และสุชัย สิ้นพูลอนันต์ (2530) เชื่อว่าเป็นผนัง (dike) ตัดขึ้นมาในระหว่างหินดังกล่าวข้างต้น

จากการศึกษาตัวอย่างแผ่นหินบางโดย อภิชาติ ลำจวน และสุชัย สิ้นพูลอนันต์ (2530) พบว่าประกอบไปด้วย หินไพรอกซิไนต์ปนโอลิวีน (olivine pyroxenite) ไพรอกซิไนต์ปนฮอนเบลนด์ (hornblende pyroxenite), หินแกบโบรปนฮอนเบลนด์ (hornblende gabbro) และหินบะซอลต์ และได้กำหนดอายุไว้ว่าน่าจะมีอายุไม่แก่เกินกว่ายุคเพอร์โม-ไทรแอสซิก (Permo-Triassic)

นอกจากนี้ยังพบหินไดอะเบส (diabase) และหินแกบโบร ที่พบประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลส และไพรอกซิไนต์เป็นส่วนใหญ่ มีแร่ฮอนเบลนด์บ้างเล็กน้อย บางส่วนถูกเปลี่ยนสภาพ (Alternation) ไปเป็นแร่เซอร์เพนทีนและคลอไรต์ ขนาดผลึกแร่ค่อนข้างละเอียดถึงหยาบปานกลาง หินโผล่ให้เห็นไม่มากนัก ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นบล็อกรขนาดกว้างไม่เกิน 10 เมตร ปะปนอยู่ในหินหมวดแม่สาย และหมู่หินผาส้ม ซึ่งทำให้ อภิชาติ ลำจวน และสุชัย สิ้นพูลอนันต์ (2530) เชื่อว่าอาจจะเป็นผนังหินแทรกดันเข้ามาในชั้นหินดังกล่าวได้ เพราะบริเวณที่อยู่ไม่ไกลจากบริเวณที่พบหินอุลตราเมฟิกสีเข้มจัด หรือในตัวหินเองตรงขอบผนังหินมักพบว่าหินแปรสัมผัส (contact metamorphic rocks) เกิดอยู่เสมอ และนอกจากนี้ยังพบว่ามีส่วนแร่ควอตซ์ (quartz veins) ตัดแทรกเข้าไปในหินไดอะเบส และแกบโบรมากมายในบางบริเวณ

**3) บริเวณบ้านจอมถัด-ห้วยหลวง** หินอัคนีที่พบในพื้นที่ระวางบ้านนาท่งและบ้านนาหน้า มีการแผ่กระจายในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ตามลุ่มแม่น้ำน่าน โดยครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 20 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 20 ของพื้นที่ระวางบ้านนาหน้า จากการศึกษานภาคสนามของคณะผู้วิจัย และการรายงานของ สมาน จาตุรงค์วนิชย์ และสันติ ลีวงศ์เจริญ (2530) พบว่าหินอัคนีบริเวณนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วย หินสีเข้ม-เข้มจัด (mafic-ultramafic) ทั้งที่เป็นหินแทรกดัน (intrusives) และแทรกซอน (extrusives) นอกจากนี้ยังมีหินสีเข้มปานกลาง เช่น หินไดออไรต์ (diorite), หินแกรโนไดออไรต์ (granodiorite) และหินไซยไนต์ (syenite) บ้าง และหินที่ถูกรบกวนการแปรสภาพสัมผัส (contact metamorphism) เช่น หินปูน (limestone) หินดินดาน (shale) และหินเชิร์ต (chert) แทรกสลับอยู่กับหินอัคนีสีเข้ม-เข้มจัด ทำให้ไม่ต้องสงสัยเลยว่าแนวหินอัคนีดังกล่าวอาจเป็นส่วนหนึ่งของชุดหินโอฟีโอลไลท์ (ophiolite suite) ซึ่งลักษณะของชุดหินอัคนีดังกล่าวที่สมบูรณ์นั้นต้องประกอบด้วยกลุ่มหินอัคนีสีเข้มจัด (ultramafic complex) กลุ่มหินภูเขาไฟสีเข้ม (mafic volcanic complex) ที่แสดงลักษณะโครงสร้างรูปหมอน (pillow structure) ในช่วงกลาง และหินตะกอนจำพวกหินเชิร์ตเป็นริ้วๆ (ribbon chert), หินดินดาน (shale) และหินปูน (limestone) แทรกสลับหรือวางตัวอยู่ในช่วงบน

จากการสำรวจและตรวจสอบในพื้นที่บริเวณแม่น้ำน่าน ยังไม่พบพนักหินสีเขียว (mafic sheeted dyke) และหินภูเขาไฟรูปหมอน (pillow lava) พบแต่หินที่เป็นธารหินละลาย (lava flow) ปราศจากลักษณะรูปหมอน ฉะนั้นในขั้นนี้จึงน่าจะเรียกแนวหินอัคนีนี้ว่า ชุดหินโอฟีโอลิตที่ไม่สมบูรณ์ (dismembered ophiolite) จากการศึกษารูปภาพจากดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศ พบว่าชุดหินวางตัวอยู่ใต้หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน โดยมีหินปูน หินดินดาน และหินเชิร์ต แทรกสลับกันอยู่ เช่นที่บริเวณบ้านงอมมด หินตะกอนเหล่านี้เชื่อว่ามีอายุประมาณยุคเพอร์เมียน ซึ่งอาจเป็นตะกอนในท้องทะเลลึกที่เลื่อนดัน (obduct) ขึ้นมาในเวลาใกล้เคียงกับการกำเนิดของชุดอัคนีดังกล่าว ในบางบริเวณแนวหินอัคนีนี้พบในลักษณะรอยต่อแบบรอยเลื่อน (fault contact) ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือกับกลุ่มหินผาส้มของยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียนและกลุ่มหินนครไทยของยุคจูแรสซิก

**4. บริเวณคดอยพุกสูง-ปุกจำเป็ง** หินอัคนีสีเขียว-เข้มจัดพบกระจายตัวปกคลุมด้านตะวันออกเฉียงใต้ และด้านใต้ของพื้นที่ระหว่างบ้านน้ำมวมี 2 บริเวณใหญ่ด้วยกัน ได้แก่ 1) บริเวณคดอยพุกสูง-ปุกจำเป็ง-บ้านห้วยเลา ปกคลุมพื้นที่ประมาณ 12 ตารางกิโลเมตร และ 2) บริเวณด้านใต้ฝั่งตะวันตกแม่น้ำน่าน เป็นแนวแถบยาวต่อเนื่องลงไปทางทิศใต้ ออกนอกพื้นที่สำรวจกลุ่มพื้นที่ประมาณ 4 ตารางกิโลเมตร และต่อเลยไปเชื่อมกับบริเวณงอมมด-ห้วยหลวง

นอกนั้นหินชุดนี้ปรากฏเป็นหย่อมเล็กๆ ประมาณ 1 ตารางกิโลเมตร บริเวณด้านตะวันออกเฉียงเหนือคดอยปู่ไลน์ และบริเวณห้วยขามด้านตะวันตกเฉียงใต้ของคดอยปู่ไลน์

ลักษณะสภาพภูมิประเทศที่ปรากฏของหินอัคนีชุดนี้ โดยเฉพาะทางบริเวณฝั่งตะวันตกแม่น้ำน่าน มักเป็นภูเขาสูง หินโผล่ให้เห็นใน 2 ระดับภูมิประเทศ คือ บริเวณเขาสูง และบริเวณหุบเขาค่อนข้างกว้างลาดระดับต่ำลงมา เช่น บริเวณบ้านห้วยเลา

ในบริเวณคดอยพุกสูง หินประกอบด้วย หินแกบโบรแปร (metagabbro) หินฮอนเบลนไคต์ (hornblende) หินไพรอกซีนิต (pyroxenite) หินแอมฟีโบลิต์ปนโกเมน (garnet amphibolite) และหินเซอร์เพนทีไนต์ (serpentinite) มีรอยสัมผัสของหินต่างชนิดกันชัดเจน หินส่วนมากมีสีเขียวเข้ม-ดำ และส่วนใหญ่ค่อนข้างผุ จากการศึกษารายได้กล้องจุลทรรศน์ (ดู พิสิษฐ์ สุขวัฒนานันท์ และสันต์ อัสวพัชระ, 2530) พบว่าแร่อัลไบต์ ซอยไซต์ ไคลโนซอยไซต์ (clinzoisite) คลอไรต์ ไคลโนไพรอกซีน และหินแกบโบรแปร สภาพ ส่วนพวก ฮอนเบลนไคต์ มีสีเขียว เนื้อหยาบ ประกอบด้วยแร่แอมฟีโบล คลอไรต์ เซอร์พิไซต์ ควอตซ์ สฟีน และแร่ทึบแสง สำหรับหินไพรอกซีนิต ประกอบด้วยแร่เซอร์เพนทีน (พวก crysotile, antigorite และ lizardite) เป็นส่วนใหญ่ แร่ส่วนน้อยเป็นแร่บูไรไซต์ แร่แมกนีไซต์ (magnesite) และแร่บาสไทต์ (bastite) ในเนื้อหินมีแร่เหลือออกไซด์ โครไมต์ โอลิวินที่เหลือค้าง (relict olivine) และไพรอกซีน การเกิดของหินดูเหมือนเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของหินต้นไนต์ เพอร์โดไทต์ และไพรอกซีนิต บริเวณด้านใต้ฝั่งตะวันตกแม่น้ำน่าน และบริเวณอื่นๆ พบว่าเป็นหินแกบโบรแปร มีสีเขียวเข้ม-ดำ ผลึกหยาบ และค่อนข้างผุ



หินอัคนีสีเข้ม-เข้มจัด ในบริเวณคอยพุกสูง-ปุกจำเป็นี้ มักวางตัวสัมผัสอยู่กับหินแปรพวกหินชีสต์สีฟ้า (blueschist) และหินตะกอนอื่นๆ ที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ หินตะกอนทรายแดง และหินกรวดมนของหมวดหินนครไทยล่าง และหินเชิร์ตปนเรดิโอลาเรีย (radiolarian chert) แบบชัดเจน (sharp contact) สัจจิตร พิตรากุล และคณะ (1987) ได้ให้ข้อสังเกตว่าหินชุดนี้น่าจะเกิดในบริเวณคดโค้งเลื่อนตัว ส่วน Macdonal และ Barr (1984) กล่าวว่าบริเวณนี้เป็นส่วนหนึ่งของตะเข็บธรณีนาน-อุตรดิตถ์ ที่ต่อเนื่องขึ้นมาจากจังหวัดอุตรดิตถ์ และการเกิดของหินชุดนี้เกิดในลักษณะของสภาพแวดล้อมแบบแนวโค้งภูเขาไฟ (volcanic arc environment)

5) **บริเวณคอยแก้ว-แม่จริม** หินอัคนีชุดผาสัมทางด้านเหนือ พบเพียงแห่งเดียว คือ ที่บริเวณน้ำแม่จริม ทางทิศเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือของบ้านก้อ ในแผนที่ระวางบ้านห้วยปูลู (ระวาง 5246 IV) แต่บริเวณที่แผ่กระจายตัวมากกว่าพบในแผนที่ระวางกิ่งอำเภอแม่จริม (ระวาง 5246 III) บริเวณน้ำว่าไก่อีสบน้ำตวง ทิศตะวันออกเฉียงของอำเภอแม่จริม เทือกคอยแก้ว ตะวันออกของน้ำว่า ไปจนถึงบ้านน้ำปุ่น และคอยหัวโล้น ขุนน้ำอูน บ้านน้ำปุ่น ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 65.5 ตารางกิโลเมตร

ลักษณะภูมิประเทศของหินอัคนีชุดนี้ปรากฏให้เห็นเป็นภูเขาสูงชัน และตามร่องเขาค่อนข้างชันสังเกตได้ง่าย เพราะไม่ค่อยมีต้นไม้ใหญ่ปกคลุม มักแสดงโขดหินขรุขระสีดำคล้ำ หรือให้ดินสีแดงจนสามารถมองเห็นได้ในระยะไกล โดยทั่วไปปรากฏ ณ ระดับความสูง ตั้งแต่ 260-1,200 เมตรจากระดับน้ำทะเล ลักษณะเทือกเขาวางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (ที่คอยแก้ว และคอยหัวโล้น) และตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และแนวเหนือ-ใต้ (บริเวณหุบน้ำว่า-แม่จริม)

เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจได้แยกบรรยายลักษณะหินอัคนีชุดนี้ เป็น 3 กลุ่ม ตามรายงาน อุดลย์ วรรณพิระ และสุวิทย์ โคนสุวรรณ (2530) คือ คอยแก้วอุตรตราเมฟิก คอยหัวโล้นอุตรตราเมฟิก และบ้านก้ออุตรตราเมฟิก (ดูรายละเอียดข้างล่าง)

ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของหินอัคนีชุดนี้ มักแสดงลักษณะการถูกเฉือนในเนื้อหิน โดยเฉพาะในหินเซอร์เพนทีไนต์ แนวการวางตัวของหินอยู่ในแนวเกือบตะวันออก-ตะวันตก ( $070^{\circ}-250^{\circ}$ ) และพบรอยเลื่อนในแนวประมาณเกือบเหนือ-ใต้ ( $005^{\circ}-250^{\circ}$ ) และเกือบตะวันออก-ตะวันตก ( $075^{\circ}-255^{\circ}$ ) และพบสายแร่ควอตซ์ตัดเข้ามาในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ รอยแรกที่เด่นมี 3 แนวคือ แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันออก-ตะวันตก และตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และปรากฏมุมเอียงเทชันปานกลางถึงชันมาก

หินอุตรตราเบสิกบริเวณคอยแก้ว-แม่จริมนี้ วางตัวสัมพันธ์กับหมวดหินแม่ฆาน กลุ่มหินนครไทย และหมวดหินร่องกวาง มีทั้งแบบแปรสัมผัสและสัมผัสแบบรอยเลื่อน บางแห่งพบหินตะกอนหมวดหินนาท่นุงวางปิดทับอยู่ข้างบน นอกจากนี้ยังพบหินเซอร์เพนทีไนต์ โผล่ให้เห็นเป็นหย่อมๆ ไปตามแนวตามรอยเลื่อน (แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ที่ตัดผ่านตอนกลางระวางกิ่งอำเภอแม่จริม, 5246 III) ตั้งแต่บ้านน้ำปางไปจนถึงบ้านน้ำปุ่น โดยพบเป็นระยะๆ ไม่ต่อเนื่องกันไป เนื่องจากหินอุตรตราเมฟิกนี้แทรก

ดันหินข้างเคียง จึงมีอิทธิพลทำให้หินเดิมโดยเฉพาะบริเวณใกล้แนวสัมผัส เกิดการเรียงตัวใหม่ของแร่ที่เป็นแผ่นหรือแท่งในเนื้อหินเดิม (slightly metamorphosed) ให้ลักษณะที่เรียกว่า การเรียงตัวแบบชีสต์ (schistosity) และทำให้เกิดการตกผลึกใหม่ของแร่ในหินปูนเกิดเป็นหินอ่อน เช่น บริเวณสบน้ำตวงและคอยแปรหลวงคิดกันว่า ในหินหมวดแม่มาง โดยหินดินดานสลับกับหินทรายถูกแปรสภาพเป็นหินชีสต์ และหินปูนถูกแปรสภาพเป็นหินอ่อน

อนึ่ง สำหรับข้อมูลลักษณะหินอัคนีสีเข้ม-เข้มจัด บรรยายออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1) **ดอยแก้วอัลตราเมฟิก** ประกอบด้วยหินเซอร์เพนทีไนต์ หินแกบโบร หินไดอะเบส และหินไพรอกซิไนต์ เป็นส่วนใหญ่ หินเซอร์เพนทีไนต์ มีสีเขียวเข้มถึงสีเขียวอ่อน ลักษณะเนื้อหิน เป็นแบบชนิดเส้นใย (fibrous) และชนิดเป็นเกล็ด (flaky) และแสดงลักษณะโครงสร้างคล้ายตะแกรง (mesh structure) (เนื่องจากการสลายแร่โอลิวีน) ในเนื้อหิน ประกอบด้วยแร่เซอร์เพนทีน และเหล็กออกไซด์ บางแห่ง เช่น บริเวณตะวันตกของสบน้ำตวง (พิกัด 152700, ระหว่าง 2546 III) เนื้อหินเป็นแบบโครงสร้างเส้นใย (fibrous aggregate) เนื้อหยาบปานกลางและแน่น แสดงลักษณะโครงสร้างบาสไทต์ (bastite structure) (เนื่องจากการสลายแร่ไพรอกซีน) และโครงสร้างตะแกรงเนื้อหินประกอบด้วย แร่เซอร์เพนทีน แร่เหล็กออกไซด์ และแร่คลอไรต์ เข้าใจว่าหินต้นกำเนิดของหินเซอร์เพนทีไนต์ คือหินเพอริโดไทต์ (peridotite) หรือหินดันไนต์ (dunite) นั่นเอง

จากการศึกษาตัวอย่างแผ่นหินบางพบว่า หินแกบโบรและหินไดอะเบสมักมีสีเขียว เนื้อละเอียดถึงหยาบปานกลาง เนื้อแน่น ประกอบด้วย แร่แคลซิโอเคลส (calcic-plagioclase 40%) (มักสลายไปเป็นแร่ชอยไซต์) แร่ฮอนเบลนด์ (hornblende 50%) แร่อีพิโดต (epidote 10%) แร่รองที่สำคัญคือแร่เหล็กออกไซด์ และแร่สฟีน แร่ที่สลายมาจากแร่ตัวอื่น ได้แก่ แร่ชอยไซต์ และแร่คลอไรต์ หินไพรอกซิไนต์ มักมีสีเขียวถึงสีเขียวเข้ม เนื้อค่อนข้างหยาบและแน่น และแสดงลักษณะเส้นใยและรอยแตกถี่ๆ ชัดเจน (good cleavage) ประกอบด้วยแร่ไพรอกซีน (ชนิด clinopyroxene ; diopside 60% และ orthopyroxene ชนิด bronzite 30%) แร่ส่วนมากคู่ แร่รองที่สำคัญได้แก่ แร่โกเมน (garnet), สายแร่ (veins) ของแร่เหล็กออกไซด์ แร่ที่มาจากตัวอื่นคือ แร่อีพิโดต แร่คลอไรต์ แร่เซอร์เพนทีน (serpentine) แร่อูราลไลต์ (uralite) และแร่ทึบแสงรวมกันแล้วมีประมาณ 10%

2) **ดอยโล้นอัลตราเมฟิก** ประกอบด้วยหินไพรอกซิไนต์ และฮอร์นเบลนด์ไคต์เป็นส่วนใหญ่ จากการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่า หินไพรอกซิไนต์ มีสีเขียวเข้ม เนื้อละเอียด ประกอบด้วยใยแร่ไพรอกซีน (fibrous pyroxenes) ที่แสดงรอยแตกถี่ๆ ชัด มีแร่หลักคือ แร่ไคลโนไพรอกซีน (clinopyroxene ชนิด diopside 50%) และแร่แอมฟีโบล (ชนิด tremolite-actinolite, 35%) และแร่รอง (ได้แก่ แร่เซอร์เพนทีน แร่คลอไรต์ และแร่ทึบแสง รวม 15%) หินฮอร์นเบลนด์ไคต์ มีสีเขียวเข้ม เนื้อหยาบ ประกอบด้วยแร่แอมฟีโบล (amphibole), แร่คลอไรต์ เซอริไซต์ ควอตซ์ สฟีน (sphene) และแร่ทึบแสง

3) **บ้านก้ออัลตราเมฟิก** ส่วนใหญ่ประกอบด้วย หินเซอร์เพนทีไนต์ และหินไดออไรต์ ซึ่งจากการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่าหินเซอร์เพนทีไนต์มีสีเขียวเข้ม เนื้อหินนุ่มมาก และให้ดินสีแดงสามารถสังเกตได้ง่าย ประกอบด้วยแร่เซอร์เพนทีนและแร่เหล็กออกไซด์ ส่วนหินไดออไรต์มักมีสีเทาอ่อนถึงสีเทาปนเขียว เนื้อค่อนข้างหยาบ ค่อนข้างแน่น ประกอบด้วยแร่เฟลด์สปาร์ชนิดแคลเซียม (plagioclase labradorite) แร่ไพรอกซีน (ชนิด augite) แร่ฮอนเบลนด์ แร่โปแตสเซียมเฟลด์สปาร์ (ชนิด orthoclase) ควอตซ์ สายแร่ฮีพิโดต ส่วนแร่รอง ได้แก่ แร่เหล็กออกไซด์

นอกจากนี้ยังพบหินสีเขียวเข้มแปรหรือหินแกบโบรแปร (meta-gabbro) โผล่ให้เห็นในห้วยน้ำม่น ประมาณ 3 กิโลเมตร ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของบ้านดอง หินมีสีเทาเข้ม เนื้อหยาบปานกลาง มีลักษณะการถูกคลื่นเนื่องจากรอยเลื่อน และวางตัวอยู่ในแนวประมาณเหนือ-ใต้ และพบหินเซอร์เพนทีไนต์

สำหรับอายุของหินอัคนีผาสัมนั้นแต่เดิม Baum และคณะ (1970) กำหนดให้เป็นยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงต้นยุคเพอร์เมียน (Carboniferous-Eary Permian) ซึ่ง Barr & Macdonald (1984) ก็ยังคงอายุไว้เช่นเดิมโดยเพิ่มเครื่องหมาย? ไว้ แต่จากรายงานของสุจิตร์ พิตรากุล (2529) ได้กำหนดให้มีอายุอยู่ในช่วงยุคครีเตเชียส (Cretaceous) โดยอาศัยหน่วยหินที่เกิดการคดโค้งเลื่อนตัว (Melange)เปรียบเทียบ แต่เมื่อพิจารณาการชนกัน (collision) ระหว่างจุลทวีปฉาน-ไทย (Shan-Thai) และอินโดจีน (Indochina) ว่าได้สิ้นสุดในตอนปลายยุคไทรแอสซิก (Triassic) ตาม Metchell (1981) และ Stauffer (1983) แล้ว โอกาสที่จะเกิดแนวคดโค้งเลื่อนตัว (mélange) ยุคก่อนกว่าคงเป็นไปได้ยาก เนื่องจากพวกชั้นหินคดโค้งเลื่อนตัวมักเกิดได้เฉพาะในบริเวณที่เป็นส่วนของร่องสมุทร (trench) เท่านั้น ยิ่งกว่านั้น จากการศึกษาของคณะผู้วิจัยบริเวณแม่จรมพบว่าการรวมตัว (conglomerate) ทางตอนใต้สุดของระวางบ้านน้ำม่นพบว่ามีก้อนกรวด (pebbles) ของหินภูเขาไฟ และหินอัคนีสีเขียวเข้มจัดปรากฏอยู่ ดังนั้นถ้ากำหนดให้หินกรวดในบริเวณนี้กำหนดให้เป็นส่วนหนึ่งของหน่วยหินหมวดนครไทยบนสุด ที่มีอายุอยู่ในช่วงยุคจูเรสซิก ดังนั้นอายุของหินอัคนีชุดผาสัมนั้นขณะเกิดการคดโค้ง (obduct) น่าจะเกิดอยู่ในช่วงตอนปลายยุคไทรแอสซิกเป็นอย่างน้อย แต่เมื่อพิจารณาถึงการปรากฏร่วมกับหินอัคนีพวกเดียวกัน ประกอบกับการหาอายุหิน (Barr & Macdonald, 1984) และแนวการวางตัวเมื่อเทียบกับตะกอนทะเล (pelagic sediment) ทำให้ในที่นี้คณะผู้วิจัยกำหนดให้มีอายุประมาณต้นยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงต้นยุคเพอร์เมียนมากกว่าและเลื่อนคืบขึ้นมาจากนั้น ซึ่งอาจเป็นตอนปลายยุคไทรแอสซิก

### 5.2.3.2 หินภูเขาไฟชุดแม่ม่าน

หินภูเขาไฟชุดแม่ม่าน (Mae Man Volcanics) นี้ อาศัยชื่อตามกลุ่มหินภูเขาไฟ และตะกอนภูเขาไฟที่มีอายุในช่วงยุคเพอร์เมียนถึงไทรแอสซิก ที่พบแถบบริเวณน้ำแม่ม่าน เขตท่าสี อ.เมือง จังหวัดลำปาง และทำการศึกษาระยะโดยละเอียดโดย Charusiri และคณะ (1993) ในบริเวณพื้นที่ศึกษาหินภูเขาไฟชุดแม่ม่านนี้มีการแผ่กระจายครอบคลุมพื้นที่เฉพาะทางใต้ของพื้นที่ศึกษาใน 3 บริเวณคือ แถบระวางบ้านแสนขัน บริเวณเขาสามแสน-หาดจิว และบริเวณภูตุ่น-บ้านห้วยสีเสียด-บ้านปากฟาด

หินอัคนีหรือหินอัคนีแทรกซอนที่พบในระวางบ้านแสนขัน พบเฉพาะหินแอนดีไซต์ มีสี-เขียว เนื้อละเอียด จัดเป็นชนิดที่เรียกหินอัคนีสีเข้มปานกลาง (intermediate igneous rocks) ประกอบด้วยแร่ฮอนเบลนด์ เฟลด์สปาร์ และควอตซ์ (มีปริมาณน้อย) จากการศึกษากายได้กล้องจุลทรรศน์พบว่า แร่เฟลด์สปาร์ เกิดเป็นผลึกขนาดเล็ก หรือผลึกขุย (microlite) ในลักษณะที่เป็นเนื้อพื้น (groundmass) และมีแร่แพลจิโอเคลส เกิดเป็นผลึกดอก (phenocryst) และมีปริมาณแร่ควอตซ์น้อยกว่า 10%

หินแอนดีไซต์พบแผ่กระจายตัวในพื้นที่สำรวจเป็นบริเวณแคบๆ และปรากฏเห็นแนวสัมผัสกับหินปูนหมวดหินร่องกวาง และกลุ่มหินนครไทยในลักษณะสัมผัสชัดเจน (sharp contact) ซึ่งจากการสำรวจไม่พบลักษณะของหินกรวดฐาน (basal conglomerate) ที่สามารถบ่งบอกได้ว่าหินแอนดีไซต์นี้แทรกดันขึ้นมาก่อนการตกตะกอนทับถมของหินทรายขาวของหมวดหินนครไทยกลาง (หรือหน่วยพระวิหารในกลุ่มหินโคราช) แต่จากการรายงานและการรวบรวมแผนที่เก่าของ สจ๊วต ปิยะศิลป์ (Piyasin, 1975) ได้เสนอว่าหินแอนดีไซต์แทรกขึ้นอยู่ในชั้นหินทรายหมวดนครไทยเลย จึงเป็นไปได้ว่าหินแอนดีไซต์นี้อาจแทรกตัวมาหลังยุคไทรแอสซิก ในที่นี้จึงกำหนดให้มีอายุประมาณปลายยุคเพอร์เมียนถึงไทรแอสซิกตอนต้น

อีกบริเวณของหน่วยหินชุดนี้ปรากฏอยู่ตามแนวเทือกเขาสามแสนและบริเวณทางด้านทิศตะวันออกเฉียง-ด้านทิศใต้ของเทือกเขาใหญ่ จากผลการศึกษาทางสิลาพรรณนา (petrography) และจากการกำหนดจุดค่าทางธรณีเคมี (คูพิศิษฏ์ สุขวัดนานันท์, 2527) จึงได้จัดจำแนกหน่วยชุดนี้ออกเป็นพวกบะซอลต์ต่าง (alkaline basalt) หินแอนดีไซต์ถึงบะซอลต์ (basaltic andesite) และพวกหินแอนดีไซต์ ลักษณะของกลุ่มหินบะซอลต์-แอนดีไซต์ที่พบ มีสีเขียวเข้ม-เขียวอมเทา และมีผลึกแร่ละเอียด (fine - to medium-grained) และพวกหินแอนดีไซต์ ลักษณะของกลุ่มหินบะซอลต์-แอนดีไซต์ที่พบ มีสีเขียวเข้ม-เขียวอมเทา และมีผลึกแร่ละเอียด (fine - to medium-grained) บางแห่งแสดงเนื้อหินแบบเนื้อดอก (porphyritic texture) ประกอบด้วยแร่ออร์โทเคลส (orthoclase), แพลจิโอเคลส ฮอนเบลนด์ ควอตซ์ คลอไรต์ เซอริไซต์ ออไรต์ (augite) ไฮเปอร์สทีน (hypersthene) และอะพาไทต์ (apatite)

อีกบริเวณหนึ่งคือ บริเวณภูคูน-บ้านห้วยสีเสียด และบริเวณน้ำปากปาด ระวางอำเภอ น้ำปาด ซึ่งพบว่าภูเขาไฟแอนดีไซต์ในบริเวณนี้ส่วนใหญ่ปรากฏเป็นสีเขียว บางครั้งพบสีน้ำตาลอมม่วง แพร่กระจายอยู่ทางตอนเหนือของระวางอำเภอ น้ำปาด พบว่าหินอัคนีชุดนี้ดันแทรกหินดินดานและหินดินดานแปร (phyllitic shale) ของกลุ่มหินผาส้มยุคเพอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัส ทำให้พบว่าบริเวณส่วนบนของภูเขามักพบเป็นหินดินดานแปร แต่ส่วนล่างโดยเฉพาะตามลำห้วยต่างๆ พบหินแอนดีไซต์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งแสดงลักษณะหลากหลายมาก ไม่ว่าจะเป็นสีหินหรือเนื้อหิน โดยเฉพาะเนื้อของหินบางครั้งพบเป็นเนื้อผลึกสองขนาดหรือเนื้อดอก (porphyritic texture) โดยมีดอกผลึกเป็นพวกแร่เฟลด์สปาร์ ในบางบริเวณพบว่าหินแอนดีไซต์ เปลี่ยนลักษณะมากจนกระทั่งมีการพัฒนาริวขนาน (foliation) และแตกเป็นแผ่นเรียบ และยังพบว่า มีแร่ไมกา (mica) มากพอสมควร ในขณะที่บางบริเวณก็พบเป็นหินแอนดีไซต์ปกติธรรมดาที่ไม่ถูกเปลี่ยนลักษณะและบางส่วนพบที่มีการเรียงตัวของแร่บ้าง แต่ไม่ถึงกับแตกเป็นแผ่นเรียบ

จากลักษณะภูมิประเทศพบว่า บางครั้งปรากฏเป็นภูเขาสูงโดดเด่นกว่าภูมิประเทศข้างเคียง (เช่น บริเวณที่จุดพิกัด 645604 และที่จุดพิกัด 639564 ของระวางน้ำป่าด ซึ่งโดยทั่วไปพบหินแอนดิไซต์ โผล่อยู่ในลำห้วยเป็นบริเวณกว้างทางตะวันตกเฉียงเหนือของระวางอำเภอป่าด

**5.2.3.3 หินแกรนิตชุดน้ำน-อุตรดิตถ์ (Nan-Uttaradit Plutonics)** หินแกรนิตชุดน้ำน-อุตรดิตถ์ แบ่งครอบคลุมพื้นที่ 4 บริเวณด้วยกันจากเหนือถึงใต้ของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ 1) บริเวณน้ำปู้-น้ำสนาน 2) บริเวณคอยหลวง 3) บริเวณห้วยน้ำริด-บ้านน้ำรี และ 4) บริเวณเขาใหญ่-เขาขึ้นก

**1) บริเวณน้ำปู้-น้ำสนาน** หินแกรนิตดังกล่าวพบอยู่บริเวณแม่น้ำสนานและคอยขุนสนาน ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของระวางห้วยปู้ (ระวาง 5246 IV)

Siebenhuner (1968) เป็นคนแรกที่ศึกษาแกรนิตนี้และได้สำรวจพบหินแกรนิตที่แม่น้ำสนาน โดยรายงานว่าหินแกรนิตโผล่ให้เห็นมีขอบเขตประมาณ 3-4 ตารางกิโลเมตร เนื้อหินมีสีเขียวย่อมน ถึงสีแดงซีด เนื้อหยาบ ประกอบด้วยแร่พลจิโอเคลส (oligoclase-andesine, 35%) โปแตสเฟลด์สปาร์ (30%) ควอตซ์ และไบโอไทต์ (แร่ทึบแสงและคลอไรต์ รวม 5%)

อดุลย์ วรรณพิระ และสุวิทย์ โคสุวรรณ (2530) ได้ศึกษาหินแกรนิตบริเวณนี้อย่างละเอียดและพบว่า มี 2 บริเวณที่สำคัญ คือที่น้ำแม่สนาน ซึ่งในที่นี้เรียกว่า แกรนิตแม่สนาน และที่บริเวณบ้านน้ำปู้ ต่อขึ้นไปจนถึงบ้านน้ำปาง ซึ่งเรียกว่า แกรนิตน้ำปู้

แกรนิตแม่สนาน พบอยู่บริเวณน้ำแม่สนาน (ใกล้กับน้ำแม่สนาน) ในแผนที่ระวางบ้านห้วยปู้ (5246 IV) ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1.86 ตารางกิโลเมตร ปรากฏให้เห็นเป็นเนินเขาสูงประมาณ 600 เมตรจากระดับน้ำทะเล และเป็นผนังของน้ำแม่สนาน ลักษณะหินประกอบด้วย หินแกรนิต-แกรโนไดโอไรต์-ไดโอไรต์ มีสีขาวอมชมพู (หรือสีแดงซีด) ถึงสีเขียวย่อมน เนื้อหินค่อนข้างหยาบ และค่อนข้างนุ่ม

ผลจากการศึกษาจากสนามและแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าหินส่วนใหญ่เป็นหินไดโอไรต์ถึงแกรโนไดโอไรต์ และหินที่สำคัญคือ หินไดโอไรต์มีฮอนเบลนด์ (hornblende-diorite) พิกัด 179942, ระวาง 5246 IV) เนื้อหยาบ (0.8-3.0 มม) ประกอบด้วยแร่หลัก คือ แพลจิโอเคลส (ส่วนใหญ่ผุไปเป็น เซอริไซต์ และซอไซต์) และฮอนเบลนด์ รวมกันประมาณ 35 ถึง 40% และมีแร่ออร์โทเคลสและไพรอกซีนบ้าง ส่วนแร่รองได้แก่ สฟีน เหล็กออกไซด์ อีพิโดต และควอตซ์ แร่ที่ผุมาจากตัวอื่น ได้แก่ คลอไรต์ อีพิโดต และเหล็กออกไซด์

แกรนิตน้ำปู้ พบที่บ้านน้ำปู้ (ต่อออกไปทางตะวันตกเฉียงใต้บนพื้นที่บริเวณน้ำว่า ในแผนที่ ระวางอำเภอป่าด) ห้วยหาดคอม ห้วยแก่งโต ห้วยเหี้ย ไปจนถึงบ้านน้ำปาง อยู่ในแผนที่ระวางกิ่งอำเภอแม่จริม (ระวาง 5246 III) ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 8.40 ตารางกิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไป เป็นเนินเขาสูงประมาณ 300-500 เมตรจากระดับน้ำทะเล โผล่ให้เห็นทั้งบนเนินเขาและในช่องห้วย ลักษณะหินส่วนใหญ่ประกอบด้วย หินแกรนิต-แกรโนไดโอไรต์-ไดโอไรต์ มีสีขาวอมชมพู (แดงซีด) สีเขียวย่อมน มีเนื้อหยาบ

จนถึงเนื้อละเอียด มีลักษณะของการเนียนและรอยแตกในเนื้อหิน เม็ดควอตซ์มักใส เป็นเหลี่ยม มีหิน  
แปลกปลอมเป็นพวกหินสีดำ เนื้อละเอียด มีขนาด 6x7 เซนติเมตร

ผลการศึกษาจากแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของหิน (ณ พิกัด 102570, ระวัง 5246 III)  
พบว่าเนื้อหินประกอบด้วยแร่หลัก คือ แร่โพแทสเซิลด์สปาร์ (orthoclase ประมาณ 35%) ส่วนใหญ่จะผุ แร่  
ควอตซ์ (20%), แพลจิโอเคลส (albite-oligoclase) โดยมากมักผุ (25%) แร่รองที่พบสำคัญ ได้แก่ แร่อีพิโด  
ไบโอไทต์ (ผุเป็นแร่คลอไรต์), และแร่ทึบแสง (รวม 5%) แร่ที่ผุมาจากแร่อื่น ได้แก่ แร่คลอไรต์ และแร่ดิน  
(รวม 10-15%)

ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของหินแกรนิตพบลักษณะการเนียนในเนื้อหิน โดยมีระยะรอย  
ไกลอยู่ในทิศทางเกือบตะวันออก-ตก และแสดงการเอียงเทที่ชันมากไปทางเหนือ ระยะรอยเลื่อนอยู่ใน  
ทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และมีการเอียงเทไปในทิศตะวันตกเฉียงใต้ นอกจากนั้นพบ  
รอยแตกที่เด่นชัดประมาณ 2 แนว เช่น ในแนวตะวันออก-ตะวันตก และตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียง  
ใต้ มีค่ามุมเอียงเทค่อนข้างชัน ( $60^{\circ} - 90^{\circ}$ )

2) **บริเวณคอยหลวง** หินจำพวกแกรนิตนี้พบอยู่เพียงบริเวณเดียวในพื้นที่ระวางอำเภอสา (5146 II) โดย  
ขอบเขตของหินไหลอยู่ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของคอยหลวง ตามแนวน้ำว่า และมีการแผ่กระจาย  
ตัวไปทางด้านทิศตะวันออก หินชนิดนี้ค้นแรกที่หน่วยหินดินดาน และหินทรายของหมวดหินนาทუნ่ง ขึ้นมา  
ลักษณะเนื้อหินซับซ้อน (complex) โดยเปลี่ยนชั้นจากหินแกรนิต (granite) ไปเป็นหินแกรโนไดโอไรต์และ  
ไดโอไรต์ (granodiorite-diorite) ซึ่งเป็นลักษณะที่คล้ายคลึงกับหน่วยหินไดโอไรต์ บริเวณเขาใหญ่-เขาจิ้งก  
ในระวางบ้านหาดจิว ทางด้านทิศตะวันออกของจังหวัดอุดรดิตถ์ (ดูหัวข้อถัดไป)

จากการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (ดู พิธิษณ์ สุขวัฒนานันท์ และสันต์ อัสวะพัชระ, 2530  
ประกอบ) พบว่าเนื้อหินมีขนาดหยาบปานกลางและประกอบด้วย แร่ควอตซ์ แพลจิโอเคลส โพแทส  
เฟลด์สปาร์ ไบโอไทต์ คลอไรต์ ฮอนเบลนด์ และไพรอกซีน

3) **บริเวณห้วยน้ำริด-บ้านน้ำรี** หินแกรนิตนี้พบอยู่ทางด้านตะวันตกของเขื่อนสิริกิติ์ (ในระวางอำเภอท่าปลา  
5044 I) หินจำพวกแกรนิตที่พบในบริเวณพื้นที่สำรวจนี้แยกออกได้เป็น 2 ชนิดคือ หินแกรนิตจริงๆ (granite  
sensu stricto) และหินไดโอไรต์ (diorite) โดยเกิดเป็นมวลหินขนาดเล็ก (stock) ประมาณ 15x7 กม บริเวณ  
บ้านน้ำรี (สำหรับแกรนิต) และบริเวณห้วยน้ำริด (สำหรับไดโอไรต์) และบางส่วนเกิดเป็นลักษณะผนังหิน  
ในที่นี้คณะผู้วิจัยเรียกแกรนิตที่พบที่บ้านน้ำรีว่าแกรนิตน้ำรี และเรียกหินไดโอไรต์ ที่พบที่ห้วยน้ำริดว่าได  
โอไรต์น้ำริด ซึ่งจากภาคสนามและจากรายละเอียดของการศึกษาแผ่นหินบางในรายงานของอภิชาติ ลำจวน  
และสุชัย สิ้นพูลอนันต์ (2530)

แกรนิตน้ำรี ส่วนใหญ่เป็นแกรนิตมีฮอนเบลนด์-ไบโอไทต์ (hornblende-biotite granite) และ  
แกรนิตมีไบโอไทต์ (biotite granite) หินที่ปรากฏเป็นสีขาวถึงเทาขาวจุดดำปะ ขนาดเม็ดแร่ละเอียด (0.8  
มม) ถึงขนาดปานกลาง (3 มม) ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ (25-40%) แร่โพแทสเซิลด์สปาร์ (25-30%) แพลจิ  
โอเคลส (15-30%), ฮอนเบลนด์และไบโอไทต์ (5-15%) โดยที่ ฮอนเบลนด์และไบโอไทต์บางส่วนมีการ

เปลี่ยนแปลง (Alteration) ไปเป็นแร่คลอไรต์ หินส่วนใหญ่มีเนื้อหินเป็นแบบเม็ดเท่า (Equigranular Texture) และมีบางส่วนแสดงลักษณะเนื้อดอก (Porphyritic Texture) หินนี้พบเป็นลักษณะมวลขนาดเล็ก (stock) เพียงแห่งเดียว อยู่บริเวณตอนกลางก่อนไปทางตะวันตกของแผนที่ระวางอำเภอท่าปลา (5044 I) คือแถบบริเวณบ้านน้ำรี ครอบคลุมบริเวณเทือกเขาทางทิศใต้ของภูพญาพ่อ โดยสัมผัสกับหินไดโอไรต์ หินตะกอนแปรกรุ่มผาส้ม และหินหมวดแม่สาย สงัด ปิยะศิลป์ (2518) ได้กล่าวไว้ในธรณีวิทยาของแผนที่ระวางจังหวัดอุตรดิตถ์ มาตราส่วน 1:250,000 ว่าหินแกรนิตบริเวณนี้อาจจะมีอายุระหว่างยุคเพอร์เมียนถึงไทรแอสซิก (Permo-Triassic)

หินไดโอไรต์น้ำรี พบเป็นแนวยื่นออกไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันตกเฉียงใต้ จากมวลหินขนาดเล็กของหินแกรนิต มีสีเทาจืดขาวแสดงเนื้อดอก (Porphyritic Texture) ชัดเจน ขนาดเม็ดแร่ของเนื้อพื้น (Groundmass) ละเอียด (<1 มม) ดอกแร่หรือดอกผลึก (Phenocryst) ,ขนาดปานกลาง (2 มม) ถึงหยาบ (7 มม หรือมากกว่า) เนื้อหินส่วนใหญ่ถูกเปลี่ยนแปลง (altered) ส่วนใหญ่ประกอบด้วย แร่ควอตซ์ ไบโอไทต์ ฮอนเบลนด์ และเฟลด์สปาร์ ผลึกดอกส่วนใหญ่เป็นแร่ เฟลซิโอเคลส แต่ก็มีส่วนเป็น ไบโอไทต์, ฮอนเบลนด์ และออร์โทเคลส (orthoclase) สำหรับบริเวณที่สัมผัสกับหินแกรนิต พบว่ามีส่วนประกอบอยู่ระหว่างหินแกรนิตและหินไดโอไรต์ ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าทั้งหินแกรนิตและไดโอไรต์ เกิดอยู่ในมวลหินขนาดเล็กน่าจะเป็น Stock เดียวกัน เพียงแต่มีส่วนประกอบที่เปลี่ยนแปลงไป (variation in composition) บ้าง และน่าจะมีอายุเดียวกันด้วย

**4) บริเวณเขาใหญ่-เขายี่นก** หินแกรนิตบริเวณนี้วางตัวเป็นแนวยาวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณเทือกเขาใหญ่-เขายี่นก (ซึ่งอยู่ทางด้านทิศใต้เขาใหญ่) เขาผักขวง (ตะวันออกเฉียงของบ้านหนองไผ่) เขาซากและบริเวณตามขอบรอบนอกของเทือกเขาสามแสน ในที่นี้เรียกแกรนิตเขาใหญ่-เขายี่นก โดยเกิดเป็นมวลหินขนาดเล็ก (stocks) (รูป 5.2-9) และสายแร่/ผนังหิน (veins/dikes) คั่นแทรกผ่านหน่วยหมวดหินร่องกวาง และหมวดหินแม่สาย และแสดงรอยต่อแบบรอยเลื่อน (fault contacted) อยู่กับหน่วยหินหมวดลำปาง ชั้นหินบริเวณรอยสัมผัสกับหินอัคนีแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงด้วยซิลิกา (silicification) และด้วยแร่ไพไรต์ (pyritization) ตลอดจนเกิดการตกผลึกใหม่ ลักษณะของแกรนิตบริเวณเขาใหญ่เป็นพวกสีจางถึงปานกลาง (felsic-intermediate) ประกอบด้วยกลุ่มหินซับซ้อนของแกรนิต-แกรโนไดโอไรต์-ไดโอไรต์ (granite-granodiorite-diorite-complex)

หินไดโอไรต์ (รูป 5.2-10) เป็นหินที่คาดว่ามีความแก่สุดในของแกรนิตเขาใหญ่-เขายี่นก (ดูพิสัยภู สุขวัฒน์นันท์ และคณิต ประสิทธิ์การกุล, 2530) หินส่วนใหญ่เกิดเป็นแกนกลาง (core) ของแนวเทือกเขาใหญ่/เขาซาก และคั่นแทรกเข้าไปในหมวดหินผาส้มและหินอัคนีชุดผาส้มทางด้านใต้ของเทือกเขาสามแสน โดยส่วนใหญ่หินประกอบด้วยแร่ผลึก ตั้งแต่หยาบจนถึงหยาบปานกลางจากแกนกลางของเทือกเขา ไปถึงขอบของเขา การที่พบว่ามีหินไดโอไรต์หลากชนิดไหลกระจายในหลายพื้นที่ อาจเป็นเพราะตัวหินอัคนีเองนั้นเป็นแบบแทรกดันหลายครั้ง (multiple intrusion) ทำให้ได้เนื้อหินและแร่วิทาซ์ซับซ้อน ตลอดจนส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อหินก็มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยบางบริเวณปรากฏเป็นพวกเนื้อ-

ดอก และมีดอกแร่ฮอนเบลนด์ประกอบมลทิน (poikilitic hornblende phenocrysts) ขนาดยาวถึง 0.5 ซม พิศิษฐ์ สุขวัฒนานันท์ และคณิต ประสิทธิการกุล (2530) พบว่าเมื่อปริมาณของซิลิกา (silica) เพิ่มมากขึ้น เนื้อหินค่อยเปลี่ยนไปจากหินจำพวกไดโอไรต์ (diorite) ไปเป็นหินไดโอไรต์มีควอตซ์และมอนโซไนต์ มีควอตซ์ (quartz diorite & quartz monzonite) ภายใต้อ่งจูลทรสร์พวกเขาพบว่าหินไดโอไรต์ผลึกหยาบ มีลักษณะทางแร่และเนื้อหินคล้ายคลึงกัน โดยมีลักษณะเนื้อหินเป็นแบบที่เรียกทางศิลาพรรณว่า subophitic-hypidiomorphic granular ซึ่งเปลี่ยนสภาพ (altered) มาจากฮอนเบลนด์ และไพรอกซีน และเมื่อปริมาณควอตซ์เพิ่มมากขึ้นเนื้อหินจึงเปลี่ยนชั้น (grade) เป็นพวกไดโอไรต์มีควอตซ์ และเมื่อปริมาณของพวกแร่สีเข้ม (mafic minerals) ลดลง โดยผลึกเจริญร่วมออร์โทเคลสชนิดเพอร์ไทต์ (perthite orthoclase) เพิ่มขึ้น (ภาพที่ T4, T5 และ T23) เนื้อหินก็เปลี่ยนไปเป็นมอนโซไดโอไรต์มีควอตซ์ (quartz monzodiorite) หินไดโอไรต์นั้นประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลสเป็นส่วนใหญ่ รองลงไปเป็นแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และฮอนเบลนด์ ส่วนแร่รองที่สำคัญ ได้แก่ แร่ไบโอไทต์ ควอตซ์ และคลอไรต์

หินแกรโนไดโอไรต์ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินเนื้อหินสีเทาอ่อน ปรากฏอยู่ตามบริเวณเทือกเขาใหญ่เขาซากและทางเขาจิ้งก ในบริเวณเทือกเขาใหญ่หินอัคนีชนิดนี้พบอยู่ตามขอบรอบนอกของกลุ่มหินไดโอไรต์ ส่วนทางบริเวณเขาซากนั้น หินแกรโนไดโอไรต์ถูกหินแกรนิตและหินแอนดิไซต์กึ่งบะซอลต์ (basaltic andesite) ตัดผ่านเข้ามาภายหลัง (ดู พิศิษฐ์ สุขวัฒนานันท์ และคณิต ประสิทธิการกุล, 2530) สำหรับหินภูเขาไฟ ที่ตัดผ่านเข้ามานั้นปรากฏให้เห็นอีกทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของเขายักษ์

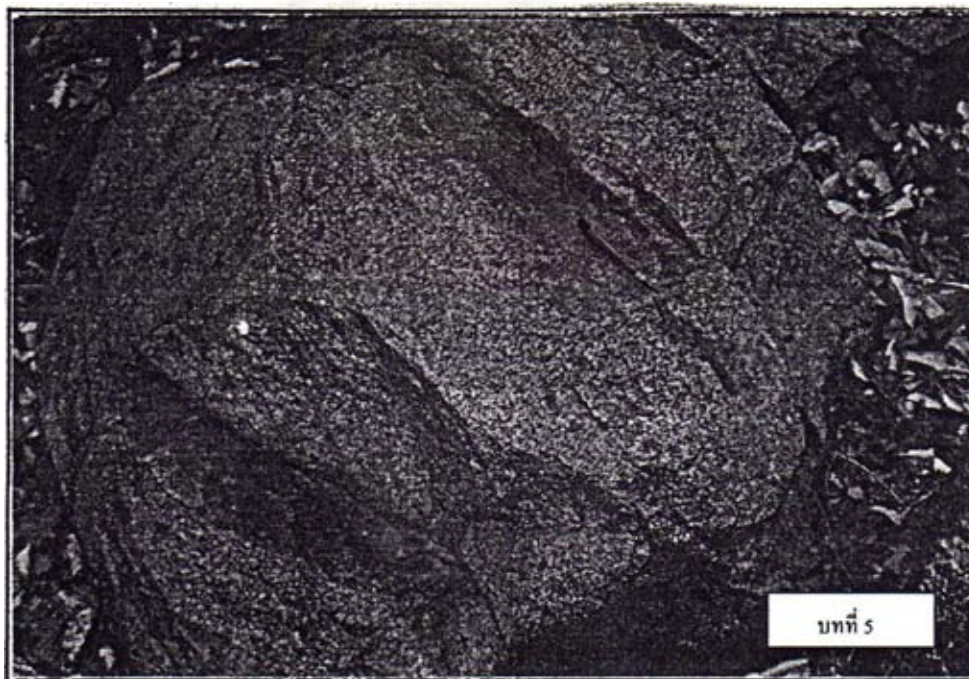
จากการศึกษาทางศิลาพรรณ พบว่าหินแกรโนไดโอไรต์ มีลักษณะเนื้อหินแบบผลึกค่อนข้างหยาบถึงหยาบปานกลาง และผลึกขนาดเท่ากัน (equi-granular texture) บางแห่งแสดงการเจริญร่วมของผลึก (intergrowth) และผลึกขนาดเท่ากัน บางแห่งแสดงการเจริญร่วม (intergrowth) ชนิดห่อหุ้มหอนควอตซ์ (vermicular quartz) ในแร่แพลจิโอเคลสแบบเนื้อห่อหุ้มหอน (myrmekitic texture) หินส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แพลจิโอเคลส ควอตซ์ และแอมฟิโบลบ้าง ซึ่งแสดงการเปลี่ยนสภาพไปเป็นแร่คลอไรต์ และแร่แม่เหล็ก (magnetite) ได้

หินแกรนิตพบอยู่ 2 บริเวณด้วยกันในพื้นที่ระหว่างบ้านหาดจิว ได้แก่ทางด้านซีกตะวันตกของเทือกเขาใหญ่ และที่บริเวณเขาซาก ที่พบมากคือ หินแกรนิตมีไบโอไทต์ ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบผลึกหยาบถึงหยาบปานกลาง (medium-to coarse-grained) เม็ดแร่เท่า (equigranular) บริเวณเทือกเขาใหญ่นั้นเนื้อหินเป็นสีชมพูเทา ประกอบด้วยแร่สีเข้ม (mafic) ประมาณ 5-10% ส่วนใหญ่เป็นแร่ไบโอไทต์ ซึ่งถูกแทนที่ (replaced) ด้วยแร่คลอไรต์ และฮอนเบลนด์ ส่วนแร่ควอตซ์มีประมาณ 25-50% และมักแสดงลักษณะภาวะมืดไม่สนิท (undulatory extinction)เด่นชัด และแร่พบน้อย (accessory minerals) ได้แก่ แร่แม่เหล็ก แร่อะพาไทต์ (apatite) และแร่เซอร์ไซต์ และเนื่องจากมีแนวรอยเลื่อนใหญ่ (fault zones) ในทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือตัดผ่านในบริเวณเขาซาก เนื้อหินแกรนิตจึงแสดงลักษณะของริ้วขนาน/การเฉือน (foliation shear) ตามแนวทิศทาง ซึ่งขนานกับแนวของรอยเลื่อนดังกล่าว





รูป 5.2-9 ภาพกว้างแสดงส่วนยอดของเขาชี้่นก ซึ่งเป็นแหล่งผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินแกรนิต (ถ่ายที่เขาชี้่นก ตำแหน่งพิกัด 38700/34800)



รูป 5.2-10 หินไดโอรต์สีเขียวประจุดขาว มีลักษณะของเนื้อดอกของเฟลด์สปาร์และฮอร์นเบลนด์ ผลึกค่อนข้างหยาบ เป็นส่วนของอูทรดิตต์พลูตอน (ถ่ายที่เขาชี้่นก ตำแหน่งพิกัด 38700/34800)

หินไซอีไนต์ (Syenite) ซึ่งพบเพียงเล็กน้อย โดยเกิดเป็นสารแร่ (veins) และ/หรือผนังหิน (dikes) ขนาด 2-3 เมตร ตัดผ่านเข้าไปในชั้นหินทราย หินดินดาน หินกรวดมน หินกรวดภูเขาไฟ หินปูน และหินทรายแข็ง ในหมู่หินลำปาง ยุคไทรแอสซิก หินส่วนใหญ่พบบริเวณห้วยจระเข้มากซึ่งอยู่ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของเขาสากและบริเวณด้านเหนือขึ้นไป ส่วนใหญ่ผนังหินนี้วางตัวอยู่ในแนวเกือบตะวันออก-ตก แต่ในบางแห่งปรากฏในแนวทิศทางเหนือ-ตะวันออกเฉียงเหนือ ลักษณะเนื้อหินมีสีเขียวเข้มอมเทา ผลึกหยาบปานกลาง (medium-grained) มีเม็ดผลึกเท่า (equigranular texture) ประกอบด้วยแร่เพลจีโอเคลส ออร์โทเคลส และไบโอไทต์ มากกว่า 10% และแร่ควอตซ์ พบอยู่ในรูปของห่อหมอนอน (myrmekitic texture) โดยการเจริญร่วม (intergrowth) อยู่กับแร่แอลไบต์ (albite) ส่วนพวกแร่ไพรอกซีนเปลี่ยนสภาพไปเป็นแร่ซอนเบลนด์ พบแร่เนเฟลิลีน (nepheline) และแร่อะพาไทต์ (apatite) บ้างในปริมาณไม่มาก

ในพื้นที่สำรวจพบหินแกรนิตแผ่กระจายตัวเป็นบริเวณแคบๆ ทางตอนเหนือสุดของระวางบ้านแสนขันเพียงจุดเดียว เรียกแกรนิตที่นี้ว่าแกรนิตเขาจิ้งก ซึ่งโดยมากเกิดเป็นหินแทรกซอนสัมผัสกับหินปูนอย่างชัดเจน (sharp contact) อายุประมาณยุคไทรแอสซิก ในเนื้อหินแกรนิต มีผนังหิน (dike) ของหินแอนดีไซต์ เชื่อว่าอายุประมาณหลังยุคไทรแอสซิก ผนังหินมีขนาดตั้งแต่ความกว้าง 1.0 เซนติเมตร จนถึงมากกว่า 1.0 เมตร ลักษณะหินแกรนิตที่พบมีสีขาว ผลึกขนาดกลางสองขนาดจนถึงเนื้อดอก (porphyritic texture) มีแร่ประกอบหินเป็นพวกควอตซ์ เพลจีโอเคลส ไบโอไทต์ และซอนเบลนด์ โดยผลึกดอกเป็นแร่เพลจีโอเคลสเป็นส่วนใหญ่ และส่วนใหญ่มีขนาด 0.5 จนถึง 1.0 ซม. โดยไม่ปรากฏการเรียงตัว (primary foliation)

#### 5.2.3.4 หินภูเขาไฟชุดน้ำน่าน (Nam Nan Volcanics)

หินภูเขาไฟชุดน้ำน่าน หรือหมวดหินน้ำน่าน เป็นหินภูเขาไฟที่คาดว่าจะเกิดหลังยุคไทรแอสซิก (Post-Triassic) โดยส่วนใหญ่มีการกระจายตัวไม่แผ่เป็นบริเวณกว้างมากนัก และจัดอยู่ในส่วนหนึ่งของชุดหินนครไทยชุดต่างๆ หินภูเขาไฟชุดนี้มีการกระจายตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากมีการกระจายตัวขนานไปกับแม่น้ำน่าน ในที่นี้จึงขอกำหนดชื่อว่า หินภูเขาไฟชุดน้ำน่าน (Nam Nan Volcanics) ซึ่งพบเฉพาะอยู่ในบริเวณตอนเหนือของพื้นที่ศึกษาโดยอยู่ทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำน่าน ซึ่งจากการศึกษาของพิศิษฐ์ สุขวัฒนานันท์ และสันต์ อัสวพัชระ (2530) กำหนดให้มีอายุหลังยุคไทรแอสซิก และเทียบเท่ากับหน่วยหิน MS2 ของ Hahns (1976) และมีอายุใกล้เคียงกับหินภูเขาไฟเถิน (Thoen Volcanics) จ.ลำปาง ของ สัจด์ พันธุ์โอภาส (Bunopas, 1981)

หินภูเขาไฟชุดนี้มีการแผ่กระจายตัวใน 2 บริเวณใหญ่ด้วยกัน คือ

- 1) ในระวางอำเภอสา ด้านตะวันตกของพื้นที่สำรวจ ระหว่างบ้านศรีบุญเรือง-บ้านนาสา กลุ่มพื้นที่ประมาณ 7 ตารางกิโลเมตร รอยสัมผัสชัดเจน (sharp contact) อยู่กับหินตะกอนหมวดน้ำน่านล่าง (หรือ ชุด MS1 ของ Drumm และคณะ, 1993) หรือ หมวดหินเมโซโซอิกตอนล่างสุด (ของรายงานฉบับนี้)

2) ในระวางบ้านน้ำมวบ เป็นแนวแคบยาวตัดผ่านอยู่ในหินตะกอนหมวดน้ำนาล่าง (หรือชุด MS1 หรือหมวดหินเมโซโซอิกตอนล่างสุด) และหมู่หินลำปาง (หมวดหินบน) มีหิน โพล์ซัดเจนบริเวณบ้านห้วยปู่ปกคลุมพื้นที่ประมาณ 3 ตารางกิโลเมตร โดยมีลักษณะภูมิประเทศที่ปรากฏเด่นชัดเป็นภูเขา มีลักษณะกลมค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับภูมิประเทศแบบภูเขาบริเวณข้างเคียง

ลักษณะหินที่สำคัญของหินภูเขาไฟชุดน้ำนาล่างคือ หินประกอบด้วยหินจำพวกแอนดิไซต์ ไรโอไลต์ แอนดิไซต์รูปประจุแร่ (amigaloidal andesite) และหินไรโอไลต์รูปประจุแคลไซต์ และโดยทั่วไปหินมีสีตั้งแต่ สีเทา-ขาว เทาดำ-เขียว-ม่วงดำ ส่วนลักษณะ โครงสร้างที่เด่นคือ แสดงลักษณะเป็นชั้นหินที่แทรกตัดเข้าไปในหินตะกอนหมวดน้ำนาล่าง (MS1) โดยเฉพาะเป็นชัดเจนในบริเวณบ้านห้วยปู่ และแสดงลักษณะของเนื้อพรุน (vesicular texture) ที่ภายในช่องว่างถูกประจุ (filled voids) ด้วยแร่ทุติยภูมิ (secondary mineral) เช่น แคลไซต์ เช่นที่บริเวณบ้านศรีบุญเรือง-นาสา อย่างไรก็ตาม ในแผนที่ธรณีวิทยา 1: 280,000 ระวังจังหวัดอุดรดิตถ์ สำรวจโดยกองธรณีวิทยากรมทรัพยากรธรณีใน ปี พ.ศ. 2527 ได้พบแนวหินอัคนีภูเขาไฟประเภทไรโอไลต์ หินทัฟฟ์ และหินกรวดภูเขาไฟ บริเวณบ้านเหล่าป่าสาก (รูป 5.2-12) ซึ่งหินไรโอไลต์มีสีขาวขุ่น ผลึกละเอียด ประกอบด้วยแร่ควอตซ์และเฟลด์สปาร์ ซึ่งผู้เป็นแร่ดินมีแนวยาวในทิศเหนือใต้ประมาณ 16 km. และสัมผัสแบบไม่ต่อเนื่องกับกลุ่มหินผาส้ม ให้อายุเป็นหลัง ไทรแอสซิก (post-Triassic) ซึ่งผู้วิจัยเชื่อว่า น่าจะมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับชุดนครไทยส่วนล่าง MS2 และหินภูเขาไฟน้ำนาล่าง เช่นเดียวกัน การสำรวจในพื้นที่ดังกล่าวพบหินอัคนีไรโอไลต์ บริเวณบ้านเหล่านาสา (จากถนน No. 1045 แยกเข้าซ้าย) เป็นหินที่พบตามเนินเขาเตี้ยๆ เนื้อหินค่อนข้างนุ่ม ร่วน แตกหักง่าย มีสีขาวขุ่น ถ้าผู้สีออกเหลือง ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ และแร่เฟลด์สปาร์ ที่ผู้เป็นแร่ดินเป็นส่วนใหญ่ แนวของหินอยู่ในแนวประมาณเหนือ-ใต้ ปัจจุบันยังคงมีการทำเหมืองดินขาว (รูป 5.2-11) ซึ่งเกิดจากหินไรโอไลต์ผู้กันอยู่ (อย่างไรก็ตาม ในบริเวณใกล้เคียงจะพบหินภูเขาไฟแปรอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเชื่อว่าจะน่าจะเป็นอิทธิพลทางเทคโทนิค ซึ่งทำให้ไรโอไลต์บางส่วนมีการแปรสภาพเป็นหินภูเขาไฟแปร เช่นที่เหมืองปลัดปลี้ม (รูป 5.2-13) (ที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ตามภาพที่ T1,T6,T7,T11,T17,T24 และ T25 (ในหินภูเขาไฟแปร) และภาพที่ T12 และ T13 (ในหินภูเขาไฟแปร) และได้ทำการวิเคราะห์ทาง XRD) ซึ่งได้แสดงไว้ในรูป XR1 และ XR2

### 5.2.3.5 หินภูเขาไฟชุดห้วยไคร้

หินอัคนีที่อายุอ่อนที่สุดในพื้นที่ศึกษา คือ หินภูเขาไฟพมหายุคซีโนโซอิก ซึ่งอาจอยู่ระหว่างยุคปัจจุบัน (Quaternary) จนถึงยุคเทอร์เชียรีตอนต้น (Late Tertiary) และพบแผ่กระจายอยู่บริเวณเดียวคือ แอ่งน้ำป่าด-ฟากท่า (Nam Pat-Phak Tha Basin) ซึ่งหินที่พบตามรายงานของ ไชยกาล ไชยรังษี และคณะ (2532) ระบุว่ามิแต่หินบะซอลต์ และพบเฉพาะในระวางน้ำป่าดและระวางฟากท่า ในที่นี้เรียกหินภูเขาไฟชุดห้วยไคร้



รูป 5.2-11 ขุมเหมืองขุดโดยรถ Back hole เหมือนดินขาว เชื่อว่ามีการผุพังมาจากหินภูเขาไฟ ไรโอไลต์ อายุ หลังไตรแอสซิก (ถ่ายไปทางเหนือ ตำแหน่งพิกัด 29500/57700)



รูป 5.2-12 หินไรโอไลต์อายุหลังไตรแอสซิก ซึ่งผุพังเป็นเหมืองดินเขา เหมือนนี้อยู่ใกล้โรงเรียนบ้านเหล่า ป่าสา



รูป 5.2-13 ภาพใกล้แสดงหินโคลงจำพวกไรโอไลต์แปรสภาพ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มหินภูเขาไฟเมโซโซอิก (หรืออาจเข้า  
 ใต้กับ MS2) บริเวณเหมืองปลัดปล้อม ว่าเป็นแหล่งดินขาวและแร่ทัลก์ (ถ่ายตำแหน่งพิกัด 30250/592322)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หินบะซอลต์ดังกล่าวที่พบบริเวณบ้านห้วยไคร้ อำเภอน้ำปาด (ที่จุดพิกัด 750 600 ระวังอำเภอน้ำปาด 5144 III) ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินเล็กๆ คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 0.25 ตารางกิโลเมตร อยู่ทางบริเวณตอนกลางของแอ่ง แต่ไม่พบความสัมพันธ์ที่แน่ชัด (obscured contact) ของหินชนิดนี้กับตะกอนยุคปัจจุบัน เนื่องจากพบเห็นแผ่กว้างบริเวณเพียงแห่งเดียว ในที่นี้จึงกำหนดให้เป็นหินภูเขาไฟชุดห้วยไคร้

ลักษณะของหินโดยทั่วไป เป็นหินภูเขาไฟซึ่งมีหินละลายเป็นส่วนใหญ่ที่แข็งตัวบนผิวโลก (extrusive igneous rocks) โดยมีเนื้อหินแบบมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น (aphanitic texture) และไม่พบหินตะกอนภูเขาไฟเนื้อหินโดยมากแสดงเนื้อพรุน (vesicular texture) ชัดเจน และมักมีแร่สีขาวขุ่นและอ่อนเข้าไปประจุ (filled) อยู่ในรูพรุน แร่บางชนิดพบว่าเป็นแร่ชนิดฟอสเฟต ซึ่งเป็นแร่ทุติยภูมิ (secondary mineral) ตรงจุดที่พบหินบริเวณนี้มีการผุพังสูงมาก (high weathering)

นอกจากนั้น ยังมีหินบะซอลต์ที่โผล่เห็นชัดอีกบริเวณหนึ่ง แต่เป็นบริเวณแคบๆ เฉพาะโดยด้านบนของระวาง บางครั้งพบว่าแทรกอยู่กับหินตะกอนแดงของหมู่หินนครไทย และบางบริเวณพบเป็นก้อนกรวด (pebbles) ในชั้นกรวด (gravel bed) ในตะกอนยุคปัจจุบันในบริเวณตอนเหนือของระวางอำเภอฟากท่า

ลักษณะของหินบะซอลต์ที่พบในบริเวณระวางอำเภอฟากท่า มักปรากฏเนื้อหินเป็นแบบมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น มีลักษณะคล้ายกับที่พบที่ห้วยไคร้มาก อีกทั้งแสดงลักษณะเนื้อพรุนเช่นเดียวกัน แต่หินบริเวณนี้สด (fresh) กว่าที่พบในระวางอำเภอน้ำปาดแต่ก็เข้าใจว่าน่าจะมีอายุเดียวกัน

#### 5.2.4 ธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structural Geology)

ธรณีวิทยาโครงสร้างของจังหวัดอุดรดิตถ์และจังหวัดข้างเคียง เป็นผลเนื่องจากการกระทำของแผ่นเปลือกโลกที่เกิดขึ้นในยุคใหม่ๆ 3 ยุค คือ 1) ปลายยุคไทรแอสซิก 2) ปลายยุคครีเทเชียส และ 3) กลางยุคเทอร์เชียรี (หรือสมัยไมโอซีน, Miocene Epoch)

ซึ่งผลทำให้เกิดการ โค้งงอ (folding) การเลื่อนตัว (faulting) และการไม่ต่อเนื่องของชั้นหิน (unconformity) ซึ่งลักษณะสำคัญของโครงสร้างทางธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาเป็นดังนี้

##### 5.2.4.1 การโค้งงอ (Folding)

ลักษณะการ โค้งงอของชั้นหินที่เด่นชัดมากคือ การเกิดประทุน (anticline) และประทุนหงาย (syncline) ขนาดใหญ่โดยมากแกนของประทุนทั้งสองแบบวางตัวไปตามแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ตามลักษณะ โครงสร้างหลัก (major structure)

กลุ่มหินผาสัม นับว่าเป็นหน่วยหินชุดที่แสดงออกถึงลักษณะการ โค้งงอในชั้นหินค่อนข้างรุนแรงโดยที่ชั้นหินส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นพวกหินตะกอนแปรอย่างอ่อน (slightly metamorphic rocks) เกิด โค้งงออย่างรุนแรงในตอนกลางของพื้นที่ศึกษาและในบริเวณตอนกลางของระวางบ้านหาดจิว กลุ่มหินผาสัมแสดง การ โค้งงอแบบประทุนพลิกตกลงกลับมุมเท่า (overturn & isoclinal anticline & syncline) โดยมีแนวแกนการ

โค้งงอ (axial plane of fold) อยู่ในทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือและมีการเอียงเทไปในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ส่วนบริเวณทางด้านตะวันตกของบ้านนาน้อย ระบายแกนการโค้งงอปกติวางตัวอยู่ในทิศทางตะวันออก-เฉียงเหนือ แต่ค่าของมุมเอียงเทกลับมีค่าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ลักษณะการโค้งงอขนาดเล็กที่พบรองลงมาเป็นพวกการโค้งงอแบบพัดและแบบนอนทับ (chevron & recumbent fold) ซึ่งพบในชั้นหินแปรจำพวกฟิลไลต์และชีสต์ ส่วนการโค้งงอ (kink folds) คล้ายชั้นบันได พบในชั้นหินชีสต์ปนควอตซ์และฟิลไลต์ ทางด้านตะวันออกของพื้นที่ระวางหาดจิว

หนึ่งในบริเวณพื้นที่ระวาง อ.ปากท่า- อ.น้ำด ได้เกิดการพลิกตลบกกลับของชั้นหินเป็นบริเวณกว้าง โดยพบว่าการเอียงของชั้นหินที่มีอายุอ่อนกว่าเข้าหาชั้นหินที่มีอายุแก่กว่า โดยเฉพาะตอนบนของแอ่งน้ำป่าด-ปากท่า ชั้นหินเกือบทั้งหมดเอียงตัวไปทางตะวันตกเฉียงเหนือและวางตัวในแนวตะวันออก-เฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ไชยกาล ไชยรังษี และคณะ (2532) ได้รายงานว่าพบหลักฐานที่แสดงว่าชั้นหินบริเวณดังกล่าวมีการพลิกตลบกกลับจริง คือชั้นหินตะกอนเรียงขนาดเม็ด (grade bedding) ปกติเกิดการพลิกกลับในหินทรายของชุดไทโรแอตซิก และลักษณะของกลุ่มรอยแตกถึ (cleavage) ที่มีความชันน้อยกว่าระนาบชั้นหิน (bedding plane) ในหินชุดเดียวกัน (เช่นที่ห้วยบัวตอง ที่จุดพิกัด 716 565) และพบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วระนาบแกนการคดโค้งงอของชั้นหินในพื้นที่อยู่ในแนวตะวันออก-เฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ นอกจากนี้ยังพบลักษณะของโครงสร้างที่เป็นประทุนและประทุนหงาย โดยสังเกตได้ชัดจากชั้นหินทรายของหมวดหินนครไทยกลาง (ซึ่งน่าจะเทียบเท่ากับหินชุดพระวิหาร) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นชั้นหินแข็งแกร่ง (resistant beds)

สมาน จาตุรงค์วนิชย์ และสันติ ลีวงศ์เจริญ (2530) ได้ศึกษาโครงสร้างของชั้นหินคดโค้งขนาดใหญ่ในพื้นที่ระวางบ้านนาหน้า-นาท่ง ซึ่งอยู่ทางเกือบตอนเหนือพื้นที่ศึกษาพบว่าแกนชั้นหินโค้งประทุนหงายตลบกกลับในหมวดหินนาท่ง ในแผนที่ระวางบ้านนาท่งมีทิศทางประมาณตะวันออก-เฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และแนวแกนปัก (plunge) ในทางทิศตะวันออก-เฉียงเหนือ โดยที่การวางชั้นของหินเอียงเทไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือเกือบทั้งหมด ส่วนการเกิดประทุนในหินอัคนีสีเข้ม-เข้มจัด ซึ่งคาดว่าเป็นแกนกลาง (core) ของประทุน (antiform) มีทิศทางประมาณตะวันออก-เฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ นอกจากนั้นยังพบว่าชั้นหินโค้งตลบกกลับในกลุ่มหินนครไทย บริเวณปากท่าในแผนที่ระวางบ้านนาหน้า มีทิศทางอยู่ในแนวประมาณตะวันออก-เฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เช่นเดียวกัน สำหรับลักษณะของโครงสร้างโค้งงอเล็กๆ นั้นมีอยู่บางบริเวณทั้งที่เป็นการโค้งงอมุมเปิด (open fold) และการโค้งงอตลบกกลับ (overturned fold) เช่น ในหมวดหินแม่สาย (ยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน) บริเวณตะวันออกของห้วยนาย โดยแสดงการคดโค้งของหินแบบประทุนหงาย (syncline) ซึ่งแกนชั้นหินโค้งงออยู่ในทิศตะวันออก-เฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และบริเวณตอนล่างของพื้นที่ระวางบ้านนาหน้า พบชั้นหินประทุนโค้งงอตลบกกลับ (overturned anticline) ในหินทรายยุคจูแรสซิก (เช่นที่พิกัด 078983 และ 068974) ซึ่งมีแกนของชั้นหินโค้งงออยู่ในทิศตะวันออก-เฉียงเหนือด้วยมุมเอียงเทปานกลางในทิศตะวันออก-เฉียงเหนือ

อนึ่ง สำหรับโครงสร้างทางตอนเหนือของพื้นที่ศึกษา พิษณุ สุขวัฒน์นันท์ และสันต์ อัสว-พัชระ (2530) ได้รายงานว่าการสำรวจในภาคสนามพบว่าชั้นหินช่วงบริเวณแก่งหลวงนั้นเป็นหินยุคเมโซโซอิก โดยมีหินยุคมหายุคพาเลโอโซอิกตอนปลาย (Late Paleozoic) อยู่ทางด้านตะวันออกมีการเอียงเทของชั้นหินยุคต่างๆ ส่วนใหญ่เอียงเทมาทางด้านตะวันตกแสดงว่าชั้นหินบริเวณนั้นเป็นประทุนแบบพลิกกลับ (overturned anticline) นอกจากนั้นบริเวณด้านใต้ของคอยพุกสูง ชั้นหินของกลุ่มหินผาส้ม (เช่นในหินชีสต์สีฟ้า) แสดงแนวแกนโค้งงอตะวันตกเฉียงเหนือด้วยมุดเอียงเทปานกลางไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

สำหรับการโค้งงอของพื้นที่เหนือสุดของบริเวณสำรวจที่สังเกตได้ในสนามนั้น ส่วนใหญ่พบแต่การคดโค้งขนาดเล็กและขนาดกลาง ส่วนขนาดใหญ่ๆ ไม่ปรากฏชัดและการโค้งงอในหินยุคเก่าแสดงลักษณะและสภาพที่รุนแรง และพบบ่อยกว่าหินยุคอ่อนขึ้นมา การคดโค้งในกลุ่มหินแปร เช่น หมวดหินรื่องควาง และหมวดหินนาท่ง (ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินดินดาน หินทราย หินโคลน และหินปูน) ปรากฏให้เห็นตามบริเวณสองข้างถนนหรือผนังห้วย การคดโค้งมีทั้งชนิดตั้งตรงปกติ (upright) เอียงเทเสมอกัน (inclined) พลิกกลับ (overturned) และนอนทับ (recumbent) มีทั้งแบบเปิด (open) ปิด (close) และมุดตึบ (tight) แสดงลักษณะทั้งรูปแบบประทุนและประทุนหงาย การคดโค้งหรือโค้งงอบริเวณแถบระหว่างบ้านห้วยปู & อ.แม่จริม แสดงมุมของการคดโค้ง (Fold nose) ในหินกลุ่มแปรนี้ ส่วนใหญ่มีความยาวช่วงคลื่นสูงสุดไม่เกิน 3-4 เมตร มักเป็นการโค้งงออัดมุดเอียงเทเท่ากัน (intensive isoclinal folding) ค่ามุมเทปานกลางถึงสูงคือ อยู่ระหว่าง 30° - 70° และมีทิศทางการโค้งงออยู่ในแนวเกือบเหนือ-ใต้มุดต่ำ

ในบริเวณตอนใต้สุดของพื้นที่ศึกษา คือ แถบระหว่างบ้านแสนขันและบ้านสวนปาน พบการโค้งงอเฉพาะจุดขนาดเล็กๆ และพบหลักฐานไม่มากพอที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลได้ชัด แต่จากข้อมูลภาพจากดาวเทียมพบว่าชั้นหินวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และบิดไปทางตะวันออกเอียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้เล็กน้อย ในระหว่างบ้านแสนขัน อีกทั้งมุมของชั้นหินเอียงเทไปทางทิศตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้ ประมาณ 10-20 องศา จึงทำให้ไม่พบลักษณะของการโค้งงอในภาคสนามได้ชัดเจน

#### 5.2.4.2 รอยเลื่อน (Faulting) และรอยแตก (Jointing)

จากการศึกษาข้อมูลภาพจากดาวเทียมและจากรายงานเก่าๆ กลุ่มรอยเลื่อนที่สำคัญๆ ของพื้นที่ศึกษาสามารถจำแนกได้เป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1) **กลุ่มรอยเลื่อนทิศตะวันออกเอียงเหนือ** นับได้ว่ากลุ่มนี้เดิมชัดมากยาวต่อเนื่องมากกว่า 150 กิโลเมตร เรียกกลุ่มรอยเลื่อนสิริกิติ์ (Sirikit Fault) เชื่อกันว่ากลุ่มนี้มีการเลื่อนตัวในครั้งแรกในยุคปลายไทรแอสซิก มีทั้งที่เป็นแบบรอยเลื่อนเหลี่ยมข้าง และรอยเลื่อนปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งรอยที่ขนานกับแม่น้ำน่านในหินหมวดแม่สายกับหินอัคนีชุดผาส้ม

ในบริเวณตอนเหนือสุดของพื้นที่ศึกษา (ระหว่างห้วยปู-อ.แม่จริม) รอยเลื่อนที่ปรากฏในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ปรากฏให้เห็นชัดเจนและยาวมากตัดผ่านตอนกลางของแผนที่ระหว่างกิ่งอำเภอแม่จริม มีแนวผ่านบ้านน้ำปู๋ บ้านน้ำพาง บ้านน้ำแณะ บ้านน้ำลาน บ้านน้ำปุ่น ขุนน้ำอูน น้ำอูน และ



ต่อเข้าไปในประเทศลาว แต่เนื่องจากไม่ได้ศึกษาอย่างละเอียด จึงไม่อาจแสดงทิศทางของการเคลื่อนตัวได้ว่าเป็นแบบไหน แต่อย่างไรก็ตาม รอยเลื่อนต่างๆ เหล่านี้ มีอิทธิพลต่อทิศทางการไหลของทางน้ำต่างๆ ในพื้นที่สำรวจ

นอกจากนั้นยังมีรอยเลื่อนปกติ (normal fault) ตัวอย่างของรอยเลื่อนปกติ เช่นที่บริเวณบ้านปากปาด (ที่จุดพิกัด 658609, ระวังอำเภอป่าปาด 5144 III, คู ไชยกาล ไชยรังษี และคณะ, 2532) เป็นหิน โส้ลตามข้างถนนของหินในกลุ่มหินผาส้ม ระบายของรอยเลื่อน (Fault Plane) อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และเอียงเทไปทางตะวันออกเฉียงใต้ และตะวันตกเฉียงเหนือ

ในระหว่างบ้านแสนขันไปตามถนนซึ่งตัดตามแนวรอยเลื่อนแนวดังกล่าวจากบริเวณเชิงเขาโคมทางใต้บ้านแสนขัน ไปยังบ้านน้ำลอกและบ้านฝิ่งหมิน โดยพบลักษณะหินทรายของกลุ่มหินนครไทยถูกแปรสภาพไปเป็นหินแข็งจำพวกควอตซ์ไซต์ และพบหินทรายเศษเหลี่ยม (brecciated sandstone) โดยตลอดของแนวรอยเลื่อน ซึ่งรอยเลื่อนนี้ยาวทั้งหมดประมาณ 20 กม ในที่นี้เราเรียก รอยเลื่อนน้ำลอก-แสนขัน (Nam Lod-Saen Khan Fault)

แนวรอยเลื่อนและรอยแตกขนาดใหญ่ทางด้านตะวันออกของอุตรดิตถ์หรือตอนกลางของพื้นที่ศึกษาโดยเฉพาะที่ปรากฏในแนวตะวันออกเฉียงเหนือนั้น ถ้าต่อแนวขึ้นไปทางเหนือจะพบว่าแนวต่อเนื่องจนจรดกับแนวของรอยเลื่อนแม่น้ำแดง (Red River Fault) ในประเทศเวียดนาม แนวรอยเลื่อนในแนวนี้มีลักษณะเป็นแบบขวาเหลือ้มเข้า (right-strike-slip fault) โดยมีมวลขนาดใหญ่ (block) ทางด้านเหนือเคลื่อนที่ขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เมื่อเปรียบเทียบกับแนวของหมู่หินผาส้ม (ultramafic) ในระหว่างบ้านหาดจิวและระวางท่าปลาและเขื่อนสิริกิติ์แล้วพบว่ามีความเหลือ้มปรากฏชัดเหมือนกัน โดยแนวหนึ่งปกคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ทางตอนเหนือของอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ตามแนวห้วยแม่จรมขึ้นไป ส่วนอีกแนวหนึ่งอยู่ใกล้ลำแม่น้ำน่านบริเวณเทือกเขาสามแสนและบริเวณด้านเหนือของบ้านน้ำพี้ ทำให้แสดงว่าบล็อกทางตอนเหนือมีการเคลื่อนตัวขึ้น ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

**2) กลุ่มรอยเลื่อนในทิศเกือบเหนือใต้** ส่วนใหญ่เป็นรอยเลื่อนเหลือ้มข้าง (lateral fault หรือ strike-slip fault) ตัวอย่างของรอยเลื่อนดังกล่าวที่พบในพื้นที่ ได้แก่ บริเวณห้วยบัวคอง ที่จุดพิกัด 716 566 (คู ไชยกาล ไชยรังษี และคณะ, 2532) เป็นรอยเลื่อนที่พบกลุ่มหินลำปาง ซึ่งพบเป็นกลุ่มรอยเลื่อน (fault set) วางตัวเกือบเหนือใต้ เบนไปทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้เล็กน้อย และเอียงเทไปทางเกือบตะวันตก เบนไปทางทิศใต้เล็กน้อย ในทางตอนเหนือของพื้นที่มีแนวรอยเลื่อนผิปกติมุมต่ำหรือรอยเลื่อนย้อน (thrust fault) วางตัวในแนวเกือบเหนือ-ใต้ ซึ่งเรียกในที่นี้ว่า รอยเลื่อนย้อนน่าน (Nan Thrust Zone) พิธิษฐ์ สุขวัฒนานันท์ และสันต์ อัสวพัชระ (2530) ถือว่าเป็นรอยเลื่อนที่น่าจะเกิดก่อน นั่นคือมักถูกตัดขาดด้วยรอยเลื่อนในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ และแนวตะวันตกเฉียงเหนือ รอยเลื่อนย้อนน่านนี้ยาวอย่างน้อย 50 กิโลเมตร แต่ทางตะวันตกของลาว รอยเลื่อนย้อนน่านปรากฏเป็นชุดแนวยาวกว่า 100 กิโลเมตร

**3) กลุ่มรอยเลื่อนตะวันตกเฉียงเหนือ** มักปรากฏให้เห็นเป็นแนวรอยเลื่อนสายสั้นๆ ยกเว้นทางตอนเหนือสุดและใต้สุดของพื้นที่

บริเวณเหนือสุด ได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนที่พบบริเวณตะวันออกของระวางบ้านน้ำมวบ ถึงตะวันตกของระวางอำเภอสา ซึ่งในที่นี้เรียก รอยเลื่อนสา-น้ำมวบ (Sa-Nam Muap Fault) ซึ่งตัดผ่านทางตอนเหนือของอำเภอสา ตัดผ่านทั้งชั้นหินของมหายุคปลายพาโลโซอิกจนถึงเมโซโซอิก ยาวอย่างน้อย 30 กิโลเมตร

บริเวณใต้สุดของพื้นที่ศึกษา เรียก รอยเลื่อนสันตะเกียน (San Ta Kien Fault) ซึ่งเป็นกลุ่มรอยเลื่อนระหว่างหินตะกอนหมู่หินนครไทย วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือชัดเจนพาดผ่านเขาสันตะเกียน-เขานามาก เป็นแนวยาวกว่า 20 กิโลเมตร ยิ่งกว่านั้นยังพบว่าแนวการคดโค้งของชั้นหินที่ทำให้เกิดประทุนก็วางตัวขนานกับรอยเลื่อนแนวนี้

#### 4) กลุ่มรอยเลื่อนตะวันออกก่อนไปทางตะวันออกเฉียงเหนือหรือ ดอยหลวง (Doi Luang Fault)

เรียกตามชื่อเขาดอยหลวงในระวางอำเภอสา โดยเฉพาะตรงบริเวณดอยหลวงทางตะวันออกสุดกลางแผ่นระวางอำเภอสายาวมากกว่า 40 กิโลเมตร และต่อเลยไปถึงแผ่นทางตะวันออกสุดของระวางอำเภอแม่จริม ตัดผ่านชั้นหินหมู่หินนครไทย หินแกรนิตดอยกลาง และหินหมวดนาท่ง

5) รอยเลื่อนยุคใหม่ (Cenozoic Fault) พบอยู่ตอนกลางก่อนไปทางเหนือของพื้นที่ระวางปากท่า อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้เกิดลักษณะเป็นแอ่ง (basin) หรือรอยเลื่อนขนาบแอ่ง (graben) เป็นแอ่งยาวรี ความยาวประมาณ 30 กิโลเมตร กว้างประมาณ 2.5 เมตร ลักษณะของการเกิดแอ่งดังกล่าวเชื่อว่าเริ่มจากบริเวณนี้เกิดการแยกห่างตามแนวของรอยแตก (fracture) ใหญ่ หลังจากนั้นก็เกิดรอยเลื่อนปกติ (normal fault) ที่วางตัวขนานแนวของรอยแตกเดิมขึ้น ซึ่งเกิดขึ้นสองเซตใหญ่ด้วยกัน คือกลุ่มที่ผนังบนรอยเลื่อน (hanging wall) เลื่อนตัวมาทางตะวันออกเฉียงเหนือ และอีกกลุ่มหนึ่งที่ผนังบนรอยเลื่อน มีการเลื่อนตัวไปทางตะวันออกเฉียงใต้ จนเกิดเป็นแอ่ง (basin) ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวเชื่อว่า เกิดขึ้นในช่วงของตอนกลางยุคเทอร์เชียรีจนถึงปัจจุบัน และเป็นเหตุทำให้เกิดแผ่นดินไหวได้ทั่วไปด้วย

5.2.4.3 รอยความไม่ต่อเนื่อง (Unconformity) รอยความไม่ต่อเนื่องของชั้นหินในพื้นที่ศึกษา ส่วนใหญ่ได้จากการศึกษาจากภาพถ่ายทางอากาศ และการแปลความหมายของข้อมูลในสนาม และจากรายงานเก่าโดยเฉพาะจากทางตอนเหนือของแผนที่ (ดู ดุศลย์ วรรณพิระ และ สุวิทย์ โสสุวรรณ, 2530) (หัวข้อ 3 ถึง 6 ข้างล่างนี้) ที่สำคัญมี 6 บริเวณ ได้แก่

1) รอยความไม่ต่อเนื่องใต้หินในกลุ่มหินนครไทยซึ่งวางตัวอยู่บนชุดหินลำปาง รอยดังกล่าวดูเหมือนเกิดควบคู่กับรอยต่อแบบรอยเลื่อนเสมอ

2) รอยความไม่ต่อเนื่องระหว่างหินในหมวดหินแม่สายยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน กับหินยุคจูแรสซิกของหมู่หินนครไทย (เช่น บริเวณแม่น้ำน่านตอนบน ที่พิกัด 47 QPV 927157 (ดู สมาน จาตุรงค์วนิชย์ และ สันติ ลีวงศ์เจริญ, 2530) พบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องระหว่างหินทราย (sandstone) สีเทาของหมวดหินแม่สายวางตัวอยู่ใต้หินกรวดมน (conglomerate) ของกลุ่มหินนครไทยยุคจูแรสซิกในลักษณะความไม่ต่อเนื่องเชิงมุม (angular unconformity) โดยที่หินทรายมีทิศทางของมุมเทไปทางทิศตะวันตก ( $260^{\circ} / 60^{\circ}$ ) และหินกรวด มมีทิศทางของมุมเทไปทางทิศตะวันออก ( $90^{\circ} / 60^{\circ}$ )

3) รอยความไม่ต่อเนื่องระหว่างหมวดหินนาทუნ่กับกลุ่มหินนครไทย ที่ กม 34 ใกล้ดอยเต๋อโย่ไ่่เส้นทางปัว-บ้านหลักลาย โดยหินนาทუნ่ วางตัวรองรับหินกรวดมนของหมู่หินนครไทย หินกรวดมนนี้ประกอบด้วยกรวดของหินทราย หินดินดาน ควอตซ์ เชิร์ต มีหินทรายแป้เป็นตั้เชื่อมประสาน เข้าใจว่ากรวดเหล่านี้มาจากหินยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสซิก หรือหมวดหินนาทუნ่ แนวทางการวางตั้ของหินกรวดมนอยู่ในแนวเกือบตะวันออก-ตะวันตกและมี ( $110^{\circ} - 290^{\circ}$ ) ค่ำมุมเทค่อนข้างชัน และปรากฏอยู่ใกล้รอยเลื่อน

4) รอยความไม่ต่อเนื่องระหว่างหมวดหินนาทუნ่กับกลุ่มหินนครไทยบริเวณน้ำแปง ได้บ้านน้ำปั้ตะวันตกบ้านร่มเกล้า โดยหมวดหินนาทუნ่วางตัวรองรับหินกรวดมนของกลุ่มหินนครไทย ซึ่งกรวดส่วนใหญ่เป็นพวกหินภูเขาไฟ (ไรโอไรท์ แอนดีไซต์ และทัฟฟ์) ควอตซ์ เชิร์ต เข้าใจว่าเป็นชั้นบางๆ ของหินภูเขาไฟของหมวดหินน่านบน

5) รอยความไม่ต่อเนื่อง ที่พิกัด 190629 (5246 III) เส้นทางบ้านน้ำเนะ บ้านน้ำลาน เป็นหินกรวดมน สีเทา มีกรวดเป็นพวกหินปูนเป็นส่วนใหญ่ (แสดงลักษณะเม็ดแบบไข่ปลา) นอกจากนั้นก็มียหินทราย หินภูเขาไฟ เชิร์ต มีเนื้อพื้น (matrix) เป็นหินทราย และหินทรายแป้ โดยมีการเอียงเทของชั้นหินภูเขาไฟในทิศตะวันออกเฉียงใต้ ( $25^{\circ} / 30^{\circ}$ ) วางตัวรองรับหินของหมวดหินนครไทยบน เข้าใจว่าอาจเป็นหินตะกอนหมวดหินน่านล่าง

6) รอยความไม่ต่อเนื่องในหินหมวดนาทუნ่บริเวณบ้านน้ำปั้ที่อยู่สัมผัสกับหินน้ำปั้แกรนิต โดยพบหินกรวดมนวางตัวรองรับหินดินดานของหมวดหินนาทუნ่ มีกรวดเป็นพวกควอตซ์ เชิร์ต หินทราย และหินปูน โดยที่ชั้นหินเอียงเทไปในทิศตะวันตกเฉียงใต้ด้วยมุมเทค่อนข้างชัน

### 5.3 ธรณีวิทยาแหล่งแร่

ในระวางพื้นที่การสำรวจมีการกระจายตั้ของทรัพยากรธรณีหลายชนิดในหลายบริเวณจากการประมวลและวิเคราะห์ของคณะผู้วิจัย พบแหล่งแร่ทั้งหมด 15 ชนิด แหล่งแร่ที่สำคัญบริเวณจังหวัดอุดรดิตต์ และจังหวัดใกล้เคียงพอจะจำแนกได้เป็น 4 กลุ่มได้แก่

- 1) กลุ่มแหล่งแร่โลหะ ได้แก่ แร่โครไมด์ แร่ทองแดง แร่เหล็ก แร่แมงกานีส และแร่ निकเกิด
- 2) กลุ่มแหล่งแร่อโลหะ ได้แก่ ทัลก์ (รูป 5.2-3 – 5.2-4) แร่ใยหิน แร่แมกนีไซต์ แร่เอกทิงโนไลต์ แร่ฟลูออไรต์
- 3) กลุ่มแหล่งแร่อุตสาหกรรม ได้แก่ แหล่งหินปูน ศิลาแลง ดินลูกรัง หินอ่อน หินแกรนิต หินทราย ทรายแม่น้ำ และ
- 4) กลุ่มแหล่งแร่เชื้อเพลิง ได้แก่ ถ่านหิน

อนึ่งตารางข้างล่างนี้แสดงชนิดของทรัพยากรธรณี ตำแหน่งที่พบ และลักษณะการเกิด ซึ่งได้ประมวลจากรายงานเก่าที่มีผู้ศึกษาไว้ก่อน

ตาราง 5.1 ชนิดทรัพยากรธรณี บริเวณที่พบ และลักษณะการเกิดของทรัพยากรธรณีในจังหวัด  
อุตรดิตถ์ และจังหวัดใกล้เคียง

ชนิด	บริเวณที่พบ	ลักษณะการเกิด	เอกสารอ้างอิง
1. แร่โครไมต์ (Chromite)	1. คอยพุกสูงและคอยปุกจำเป็ง บ.ห้วยเลา ค.ศรีษะเกษ อ.น่าน้อย จ.น่าน	การตกผลึกแยกส่วนจากหินหนืด (magmatic segregation)	2
	2. บ.ห้วยจirim อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์		4
	3. บ.หนองเหี้ย อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์		4
	4. บ.ช่องลม อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์		4
	5. บ.หาดจิว อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์		6
	6. บ.น้ำผาง อ.แม่จirim จ.อุตรดิตถ์		1
	7. บ.งอมมด (ใต้) อ.น่าน้อย จ.น่าน		3
	8. บ.ห้วยยาง อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์		4 (หน้า 28)
2. แร่ทองแดง & แร่เหล็ก	1. บ.งอมมด (ใต้) อ.น่าน้อย จ.น่าน	สายแร่ไ้ยาร้อน (hydrothermal Vein & veinlets)	3
	2. บ.ห้วยเนียม อ.น้ำปาด จ.อุตรดิตถ์		5
3. แร่แมงกานีส	1. บ.น้ำพร้าว (เหนือ) อ.เมือง จ.แพร่	สายแร่ไ้ยาร้อนอุณหภูมิต่ำ (low-temperature hydrothermal veins/replacement)	4
	2. บ.น้ำพร้าว (ใต้) ค.นาพญา อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์		4
4. แร่บิลิเกล	1. คอยพุกสูง บ.ห้วยเลา ค.ศรีษะเกษ อ.น่าน้อย จ.น่าน	แร่ทุติยภูมิ ธิ ถิ่นกำเนิด (Secondary : In Situ) จากหิน อัคนีสีเข้มจัด	2
5. แร่แมกนีไซต์ (Magnesite)	1. คอยพุกสูง บ.ห้วยเลา ค.ศรีษะเกษ อ.น่าน้อย จ.น่าน	1. การแทนที่แบบแปรสลับ (Metasomatic replacement) 2. ปฏิกิริยาน้ำร้อน มีคาร์บอน ไดออกไซด์กับหินอัคนีสีเข้มจัด	2
	2. บ.น้ำผาง อ.แม่จirim จ.น่าน		1
6. แร่ใยหิน (Asbestos)	1. บ.น้ำคอม อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์	การเปลี่ยนสภาพโดยน้ำยาร้อน (hydrothermal alteration) ในหินนาคกระสวย	4
	2. บ.แซดเคิ้ล อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์		6
	3. เขาคอยถาง บงผาเลือด อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์		6
	4. บ.หนองเหี้ย อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์		4
7. แร่ฟลูออไรต์ (Fluorite)	1. บ.น้ำพร้าว ค.นางพญา อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์	(Breccia hosted veinlets)	4

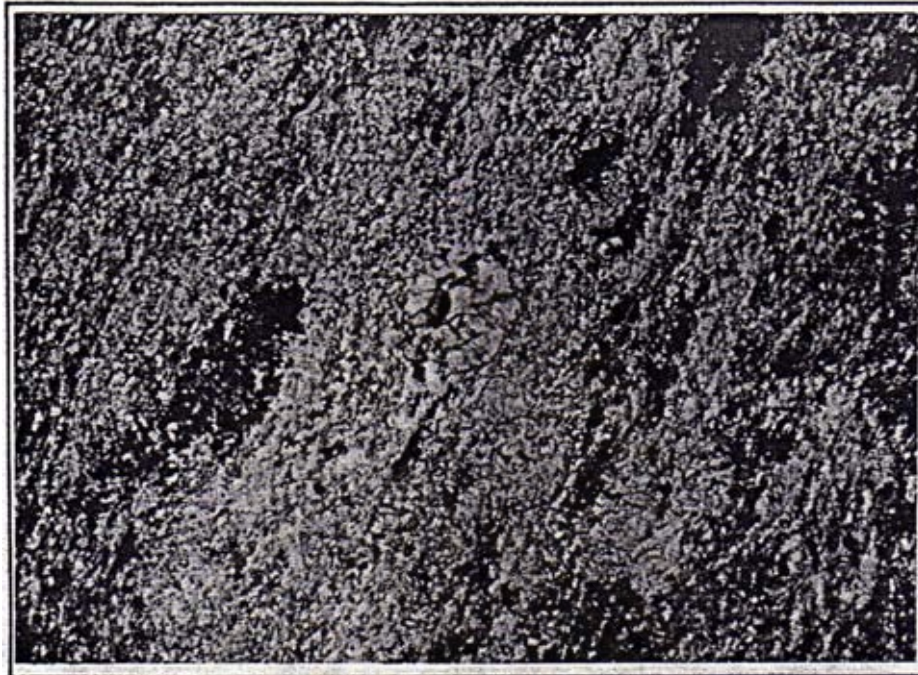
ตารางที่ 5.1 (ต่อ-2)

ชนิด	บริเวณที่พบ	ลักษณะการเกิด	เอกสารอ้างอิง
8. แร่แอคทโนไลต์ (Actionolite) และ แร่เอนสตาไต์ (Enstatite)	1. บ.น้ำปูน อ.แม่จริม จ.น่าน	การเปลี่ยนสภาพโดยน้ำยาร้อน (hydrothermal alteration)	1
9. แหล่งหินปูน			
-งานก่อสร้าง (Construction materials)	1. บ.น้ำลาน อ.แม่จริม จ.น่าน 2. เขาชันท์ – เขาผาแดง – เขาค้อ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์	การตกตะกอนเคมี (Chemical precipitation)	1 6
-งานหินประดับ (Dimension stones)	1. เขาชันท์ – เขาผาหินถ้ำ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ 2. บ.สาธิ ต.นาหม้อย จ.น่าน		6 2
10. ศิลาแลง, ลูกรัง (laterite & lateritic soil)	1. บ.น้ำแก่น บ.ก้อด ต.น้ำแก่น อ.เมือง จ.น่าน 2. บ.ป่าคาย บ.คิ่งยาง บ.ทุ่ง อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์	ตะกอน ฌ แหล่งกำเนิด (residual deposit)	2 6
11. หินอ่อน (รูป 5.12 – 5.13)	1. บ.น้ำปู้ อ.แม่จริม จ.น่าน	การแปรสภาพสัมผัส (Contact metamorphism)	1
12. หินแกรนิต (รูป 5.14 – 5.15)	1. บ.แม่สนาม อ.แม่จริม จ.น่าน 2. บ.น้ำปู้ อ.แม่จริม จ.น่าน 3. บ.ห้วยปลาตุก อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ 4. บ.ห้วยโป่ง อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์	การตกผลึกจากหินหนืด	1 1 6 6
13. หินทราย (sandstone: quartz-rich)	1. บ.แพะ-บ.หัวทุ่ง อ.แม่จริม จ.น่าน 2. บ.แสนขัน อ.ทองแสนขัน จ.อุตรดิตถ์	การตกตะกอนบนบกโดยแม่น้ำ (fluvial deposit)	1 7
14. ทรายแม่น้ำ (River sand)	1. คลองตรอน บ.ท่าช้าง บ.ท่าเตาปูน อ.ทองแสนขัน จ.อุตรดิตถ์ 2. แม่น้ำน่าน บ.รงน้อย ต.ตุ้ใต้ อ.เมือง จ.น่าน 3. แม่น้ำน่าน บ.วังม่วง ต.น้ำปั้ง อ.เวียงสา จ.น่าน	การสะสมตัวโดยแม่น้ำ	7 2 2
15. ถ่านหิน	1. ห้วยเถก บ.ต้นม่วง-บ.เด่นเหล็ก อ.น้ำปาด จ.อุตรดิตถ์	ที่ลุ่มชื้นแฉะ (Swamp)	5
16. แร่ดิน (รูป 5.16, 5.17 และ 5.18)	1. บ.สวน บ.บุง บ.ฝาย อ.น้ำปาด จ.อุตรดิตถ์	การกระทำของแม่น้ำ (Fluvial deposit)	7

## 5.4 สรุป

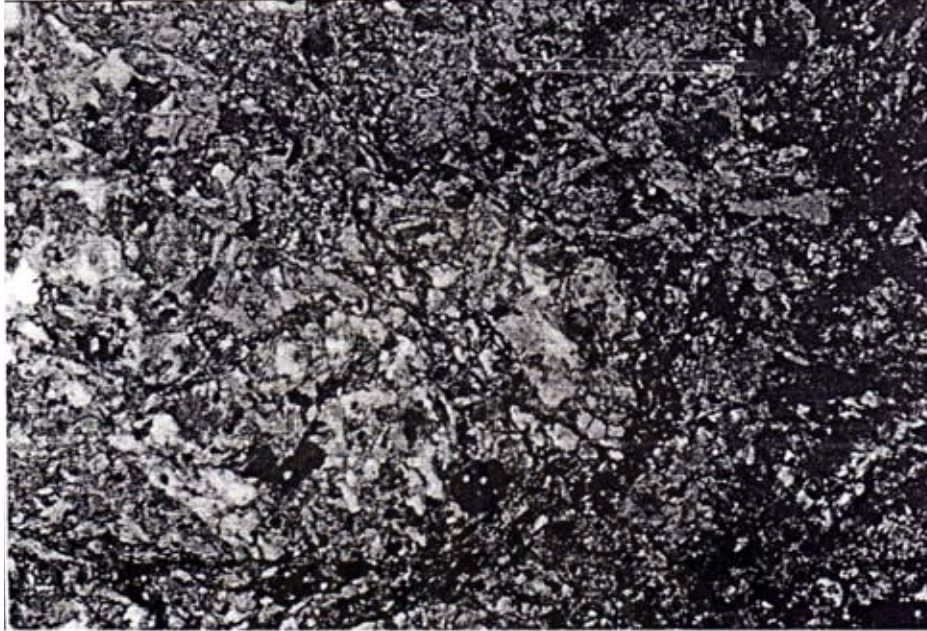
บริเวณพื้นที่แนวตะเข็บธรณีน่าน-อุตรดิตถ์เป็นอีกพื้นที่หนึ่งที่คณะผู้วิจัยทำการศึกษาในโครงการครั้งนี้โดยการนำข้อมูลผลวิเคราะห์โครเมียมสปีเนลมาจากการศึกษาของ Panjasawatwong (1991) เพื่อใช้ประกอบการศึกษาวิจัย โครเมียมสปีเนลดังกล่าวเกิดอยู่ในบริเวณชุดหิน โอฟิโอไลต์ (ophiolite suite) บริเวณน่าน-อุตรดิตถ์ ประกอบด้วยหินอัคนีสีเข้ม (Mafic) และหินอัคนีสีเข้มจัด (ultramafic) ล้อมรอบด้วยหินตะกอนที่แปรสภาพ (metasedimentary rocks) นักธรณีวิทยาหลายคน เช่น Barr & McDonald (1987) และ Charusiri และคณะ (2002) เชื่อว่าบริเวณดังกล่าวเป็นแนวตะเข็บธรณีวิทยา (geological suture) หินโอฟิโอไลต์กว้างประมาณ 10 กม ยาวประมาณ 150 กม พบในพื้นที่น่าน-อุตรดิตถ์ วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ตามทิศทางของลำน้ำน่าน Orberger และคณะ (1995) ได้บรรยายลักษณะของหินโอฟิโอไลต์ในบริเวณนี้ประกอบด้วยหินอัลตราเมฟิกเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่หินเมฟิก โดยเฉพาะชุดของหินแกบโบร (gabbroic sequence) ปรากฏให้เห็นเฉพาะตอนกลางของพื้นที่เท่านั้น ถัดจากแนวตะวันออกเฉียง-ตะวันตกวางแนวชุดหิน โอฟิโอไลต์เหล่านี้จะพบว่าประกอบด้วยชิ้นส่วนของแผ่นธรณี (tectonic slices) วางตัวเฉียงระดับไปทางตะวันออกเฉียงบนหินตะกอนที่ไม่รู้อายุแน่นอน ชุดหินโอฟิโอไลต์ประกอบด้วยหน่วยหินหลักสองหน่วย คือ หน่วยหินอัลตราเมฟิก (ultramafic unit) และหน่วยหินเมฟิก (mafic unit) หน่วยหินอัลตราเมฟิกประกอบด้วยหินเพอริโดไทต์ (peridotite) และหินไพโรกซีนิต (pyroxenite) ในขณะที่หน่วยหินเมฟิกประกอบด้วยหินแกบโบรที่ถูกแทรกดันด้วยหินแกรนิต (granitic intrusive bodies) และหินโดเลอไรต์ (dolerite) ชุดของหินเมฟิกมักจะถูกตัดด้วยหินนานาชนิด เช่น หินออร์โธไพโรกซีนิต แพลจิโอเคลไซต์ (plagioclase) อีพิโดไทต์ผลึกละเอียด (fine-grained epidote) และหินบะซอลต์ (basalts) ชุดหินโอฟิโอไลต์จะถูกปิดโดยหินบะซอลต์รูปหมอน (pillowed basalts) และหินตะกอนพวกเชิร์ต (chert) นอกจากนี้ยังพบแร่โครไมต์เกิดอยู่ร่วมกับหินอัลตราเมฟิกในบางบริเวณ หินอัลตราเมฟิกและเมฟิกเหล่านี้ถูกจัดเรียกรวมกันว่าหินอัคนีชุดผาส้ม (Pha Som Suite) ซึ่งอาจจะมีอายุช่วงปลายมหายุคพาลีโอโซอิก (Paleozoic) และต้นยุคไทรแอสซิก (Triassic) หรืออาจจะอ่อนจนถึงยุคครีเตเชียส (Cretaceous) ก็ได้

ชุดหินโอฟิโอไลต์พวกอัลตราเมฟิก-เมฟิก เหล่านี้ปรากฏแทรกสลับกับหินตะกอนเป็นลักษณะของชิ้นส่วนของแผ่นธรณี (tectonic slices) ที่ถูกเบียดอัดด้วยแรงดันสูงทำให้แตกหักหินตะกอนเหล่านั้นประกอบด้วย หินทราย หินชนวน หินดินดาน และหินกรวดมนในอายุช่วง เพอร์โม-ไทรแอสซิกและคาร์บอนิเฟอรัส (Permo-Triassic & Carboniferous) ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มหินผาส้ม (Pha Som Group)



รูป T5-1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงถึงหินไรโอไลต์เปลี่ยนสภาพ (altered rhyolite) ที่เนื้อพื้นของหินถูกแทนที่ด้วยแร่ควอตซ์ (สีขาว) และทัลก์ (สีเหลือง) ตรงกลางรูปคือ เม็ดแร่ควอตซ์ซึ่งแสดงลักษณะการแตกหัก (fractured) ที่เดิมคงเป็นเศษแร่ (crystal fragment) เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสดงโพลาไรส์ม ปิดนิโคลส์กรองแสง, ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

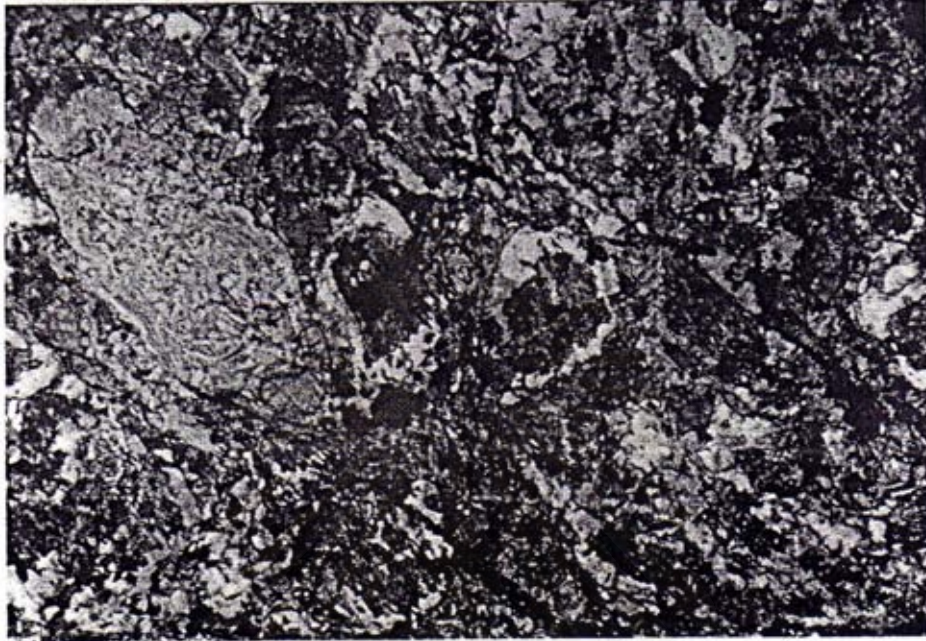
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป T5-2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพ (alteration) ของหินอัคนีสีเข้ม (mafic rock) สีขาวอ่อนๆ คือ แร่ควอตซ์ สีขาวขุ่น คือ แร่เฟลด์สปาร์ สีฟ้าคราม คือ แร่คลอไรต์ และสีเหลืองอมชมพู คือ อีพิโดตต์ เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 44611-55725 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคอลส์ กรองแสง, ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

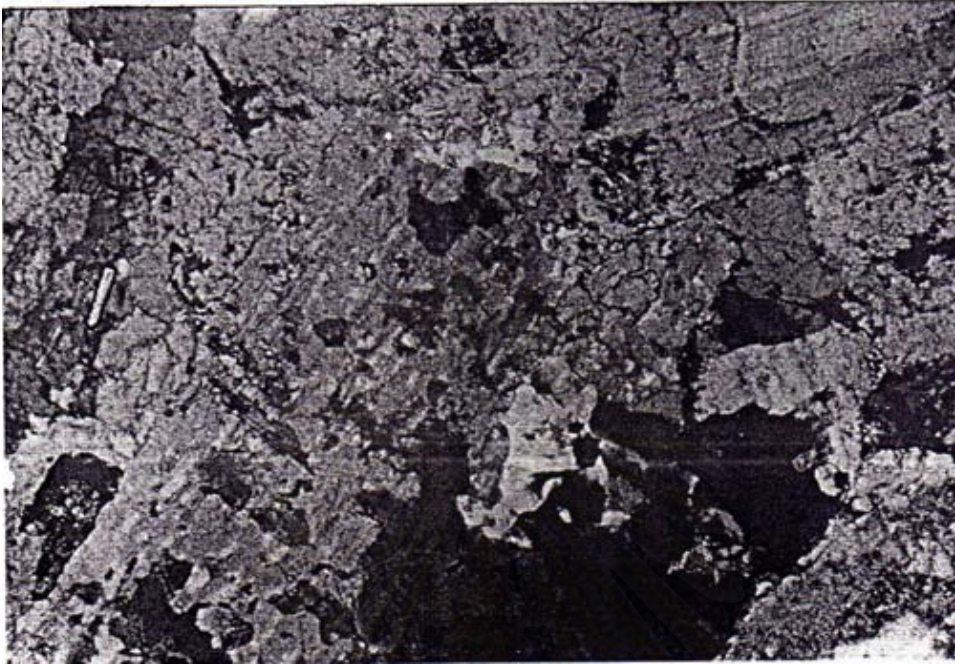
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





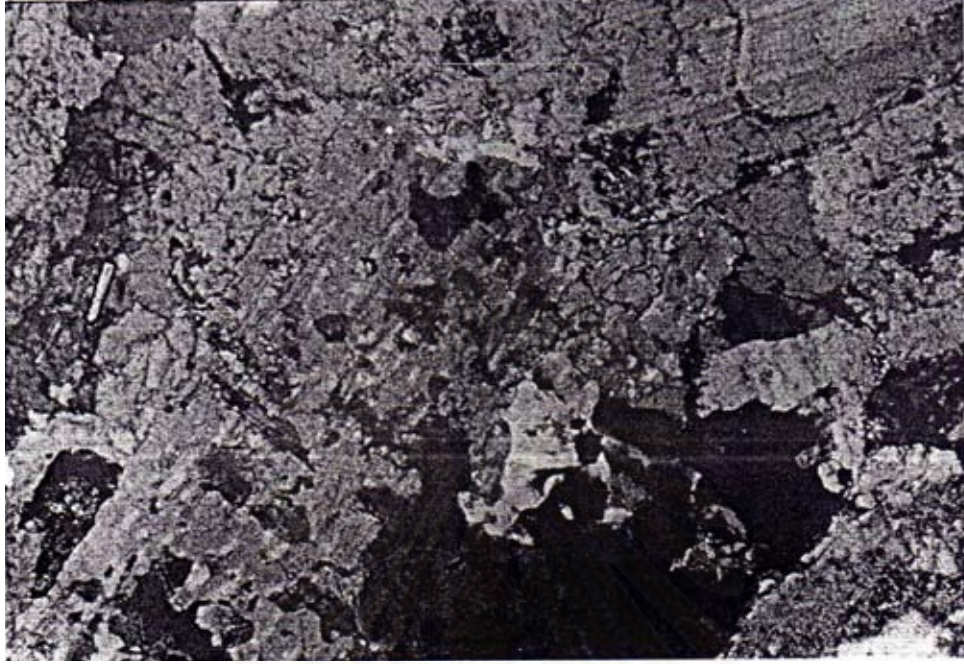
รูป T5-3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพ (alteration) ของหินอัคนีสีเข้ม ตรงกลางรูป สีขาวๆ ห่อมล้อมแร่สีเหลือง คือ แร่ควอตซ์ สีฟ้าคราม คือ คลอไรต์ แร่สีเหลืองที่ถูกล้อมรอบ คือ แร่อีพิโดตที่เดิมเป็นแร่ไพรอกซีน ทางขวาล่างมีสีชมพู-เหลือง-ส้ม เม็ดใหญ่ๆ คือ แร่ดอกไพรอกซีน ที่ต่อมาเปลี่ยนเป็นแร่ทัลก์ หินแสดงการริ้วลายขนาน (foliation) อยู่บ้าง เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 44611-55725  
(ใช้แสงโพลาไรส์ ปิคนิคัลกรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป T5-4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ แสดงผลึกแร่ฮอนเบลนด์ (สีเหลืองอมน้ำตาล) แสดงเนื้อตาข่าย (sieve texture) ที่มีการแทรกเข้ามาของแร่ไบโอไทต์ (สีน้ำตาลแก่) และแร่พลาจิโอเคลส แสดง ผลึกแฝด (สีออกเทาขาว) ในเนื้อหินแบบผลึกขนาดเท่า (equigranular texture) ของหินแกรนิต เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ QPV 29054-65427  
(ใช้แสงโพลาไรซ์, ปีนีโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป T5-5 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงถึงแร่ไพรอกซีน (สีฟ้า) ซึ่งถูกแทนที่ด้วยแร่ฮอนเบลนด์ (สีส้มๆ) เกิดอยู่ร่วมกับแร่ไบโอไทต์ (สีส้มน้ำตาล) และแร่ควอตซ์ (สีขาว) ทางขวามือสุดภาพ คือ แร่เฟลด์สปาร์ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพให้หินแกรนิต เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 29054-65427 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปีนีโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 2 มม)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



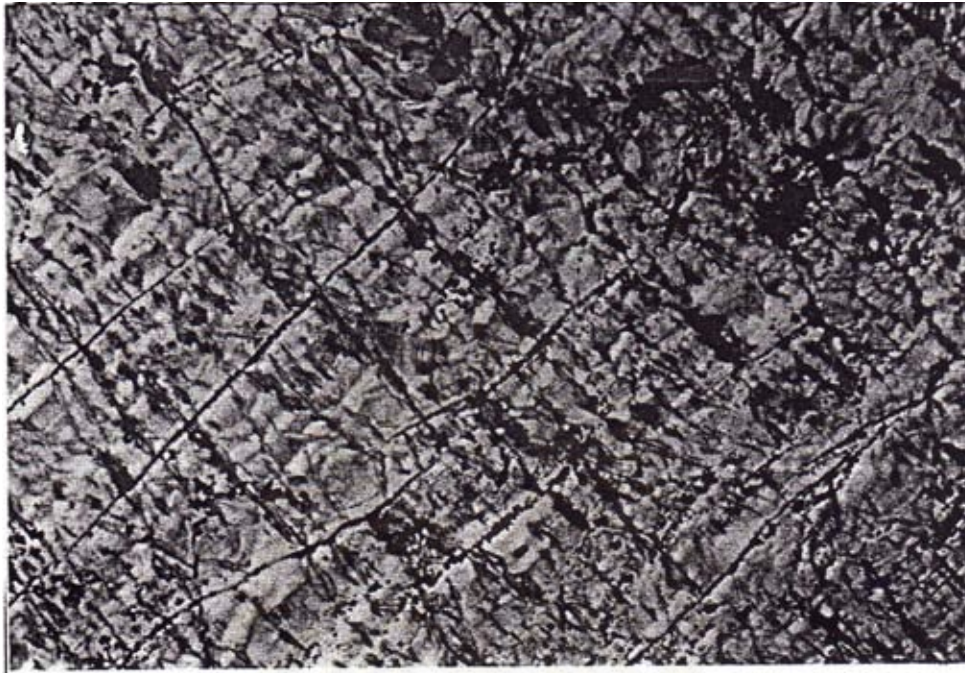
รูป T5-6 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงหินภูเขาไฟที่ถูกเปลี่ยนสภาพไปซึ่งยังแสดงลักษณะของการเรียงตัวของแร่ในเนื้อพื้น ซึ่งมีการเปลี่ยนสภาพไปเป็นแร่ทัลก์ และแคลไซต์ ตรงกลางภาพสีขาว คือ แร่ควอตซ์ แสดงผลึกกึ่งสมบูรณ์และเป็นแร่ดอกด้วย เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป T5-7 ขยายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงเศษหินที่เปลี่ยนสภาพ (ก้อนแร่ใหญ่หลายสี) และแร่ดอก (สีส้ม)  
คือ แร่ฮอนเบลนด์ ในเนื้อพื้นของหินภูเขาไฟที่เปลี่ยนสภาพ เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV  
30214-59498  
(ใช้แสงโพลาไรซ์, ปีนิกโคลด์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 2 มม)

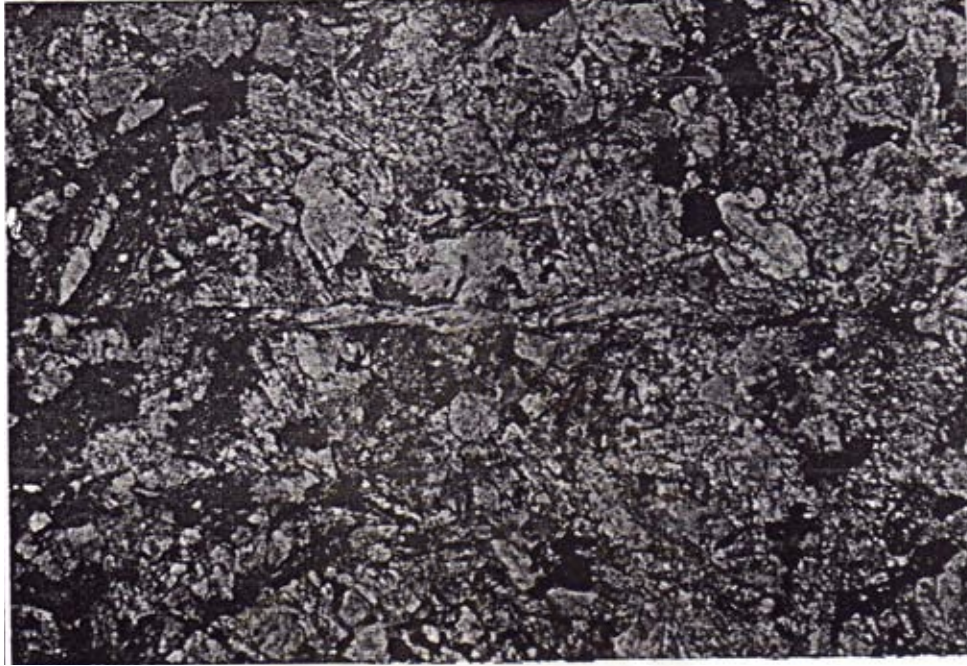
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป T 5-8 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงให้เห็นลักษณะของแร่ทัลก์ (สีขาวออกเหลือง และแร่คลอไรต์ (ฟ้าอมเขียวอ่อน) กลางภาพเห็นเป็นสายสั้นๆ ในหินชีสมิทอลค์ เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 34545-46642

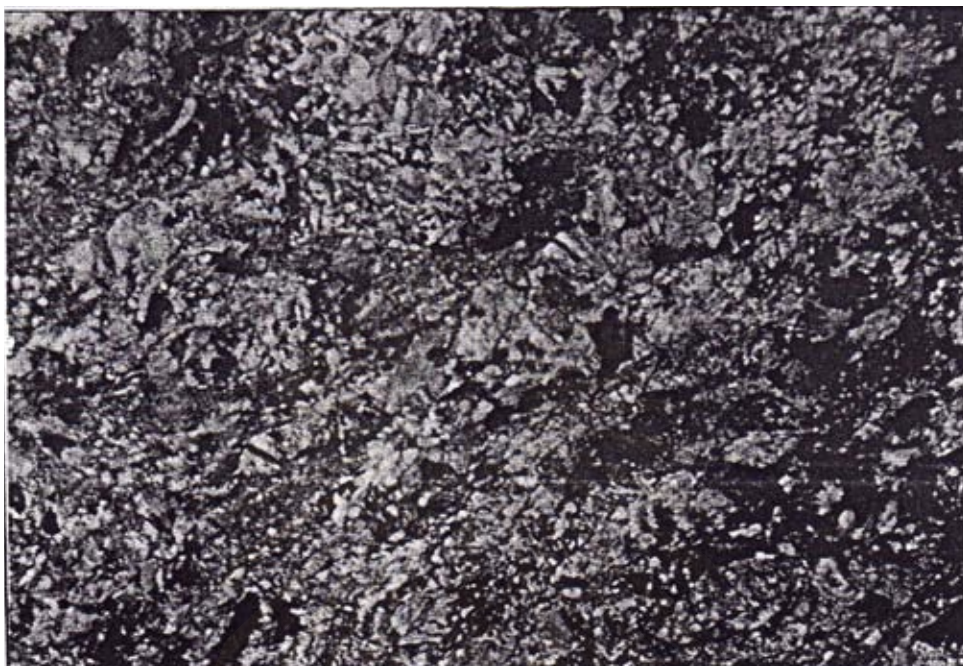
(ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 2 มม)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป T 5-9 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงหินอัคนีสีเข้มจัดเปลี่ยนสภาพ (altered ultramafic) สีจางเป็นแห่งๆ เดิมเป็นแร่แพลจิโอเคลส (ขณะที่เห็นนี้เป็นแร่ทริโมไลต์) และสีส้มๆ คือ แร่อีพิโดต ทรายที่เห็น ตรงกลางภาพ คือ สายแร่เซอร์เพนทีน เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคัลกรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

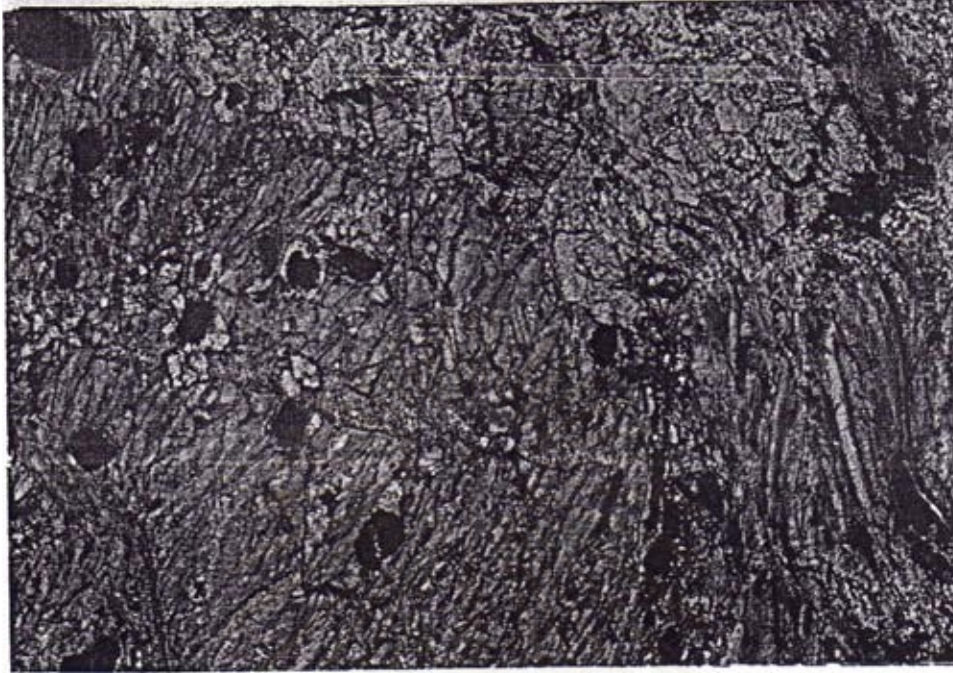
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป T 5-10 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะการเรียงตัวอย่างอ่อน (weak foliation) ของหินอัคนีสีเข้มที่เปลี่ยนสภาพไป และหินประกอบด้วยแร่แคลไซต์ (สีขาว) ควอตซ์ (สีขาว) อีโดต (สีเข้ม) คลอไรต์ (สีฟ้าคราม และแร่ดำๆ คือ แร่ทึบแสง) เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 51643-56206 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

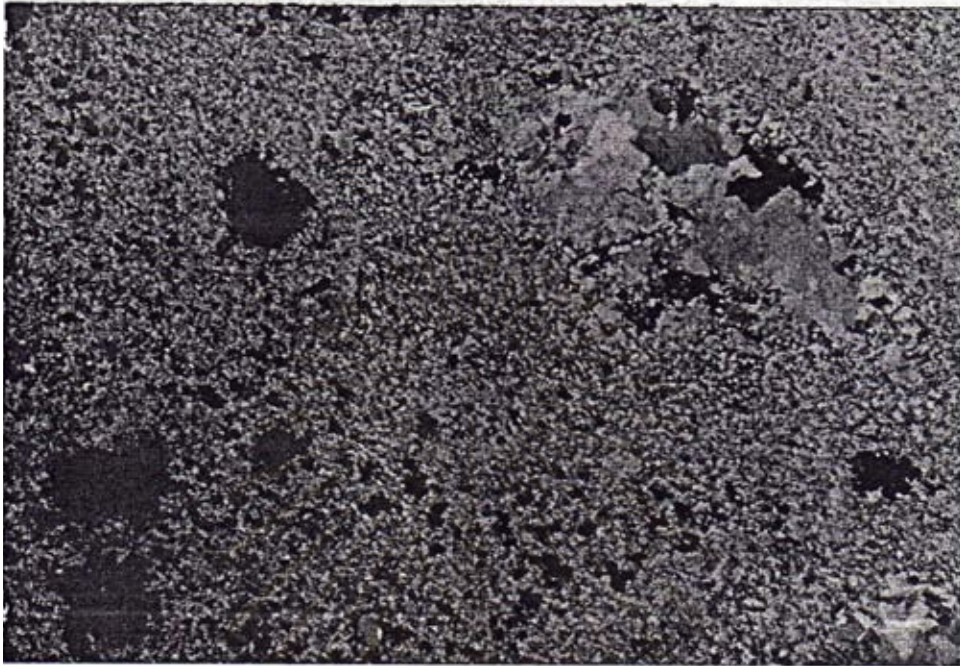
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





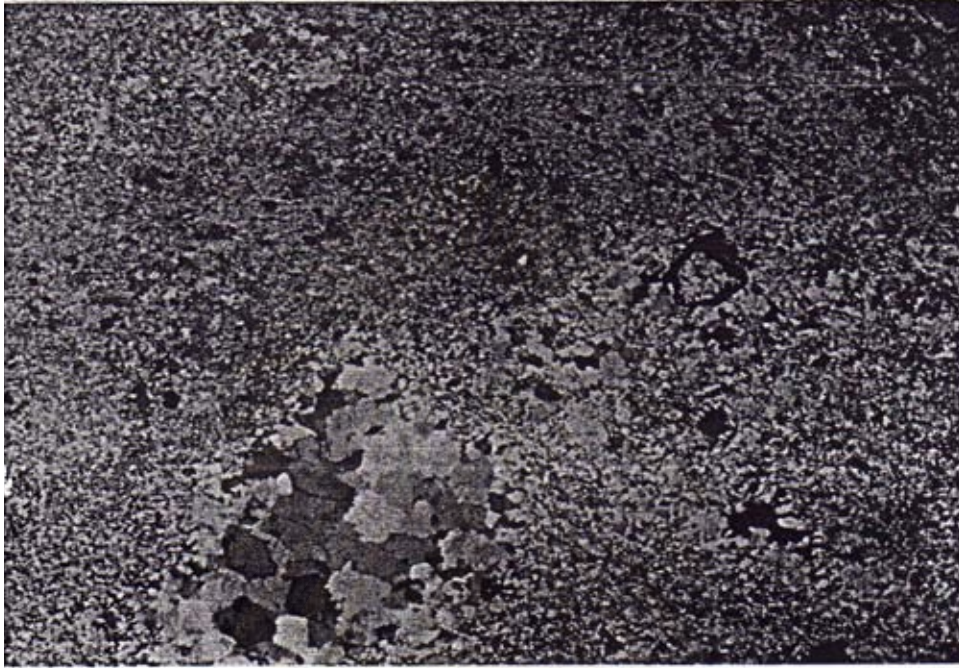
รูป T5-11 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะเนื้อพื้นหินภูเขาไฟนี้เดิมเป็นธารหินละลาย (flow) ต่อมา  
สลายไปเป็นคลอไรต์สีเขียว และ โคลโลไมด์ ผลึกสมบูรณ์รูปขนมเปียกปูน แร่สีส้มๆ คือ แร่โอลิ  
วิน ที่สลายเป็นแร่อิดดิงไซด์ (Iddingsite) เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 51643-56206  
(ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโคลสกรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



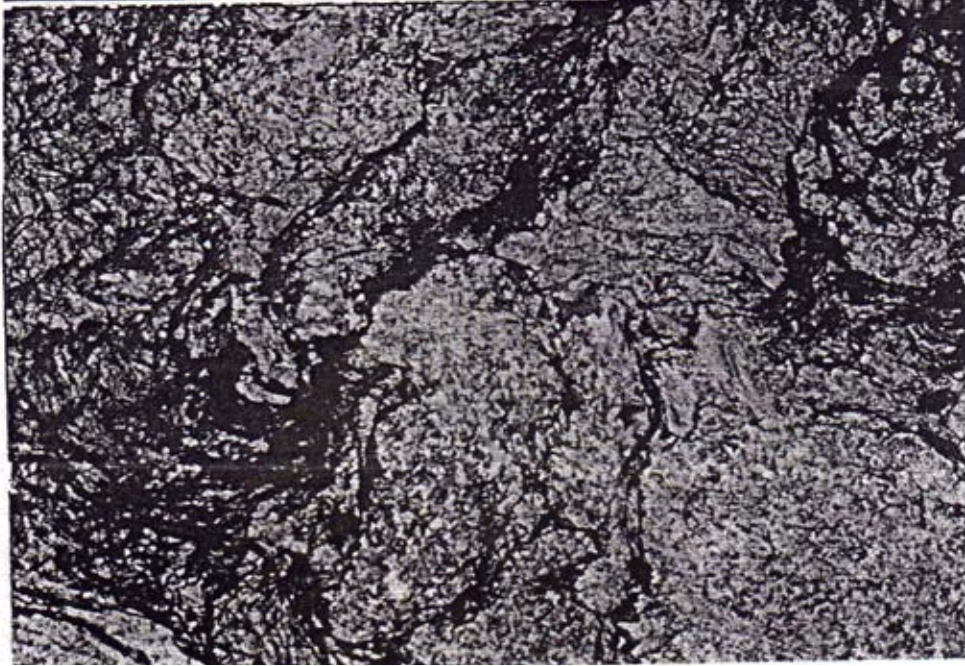
รูป T 5-12 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงถึงกระจุกแร่ควอตซ์ (สีขาว) เป็นเศษแร่ และแร่ดำๆ ที่บดแสงจับเป็นเม็ดแร่ (spotted) ในหินเถ้ารูปเปลี่ยนสภาพ (altered tuff) เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปีนีโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป T 5-13 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงถึงกระดูกแร่ควอตซ์ ซึ่งเดิมน่าจะเป็นแร่จากหินทราย (?) มีการเกาะเกี่ยวกันของควอตซ์ที่ตกผลึกใหม่ และหินแสดงลักษณะการเปลี่ยนสภาพด้วยการเติมซิลิกา (Silicification) เข้ามาเก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโอสส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

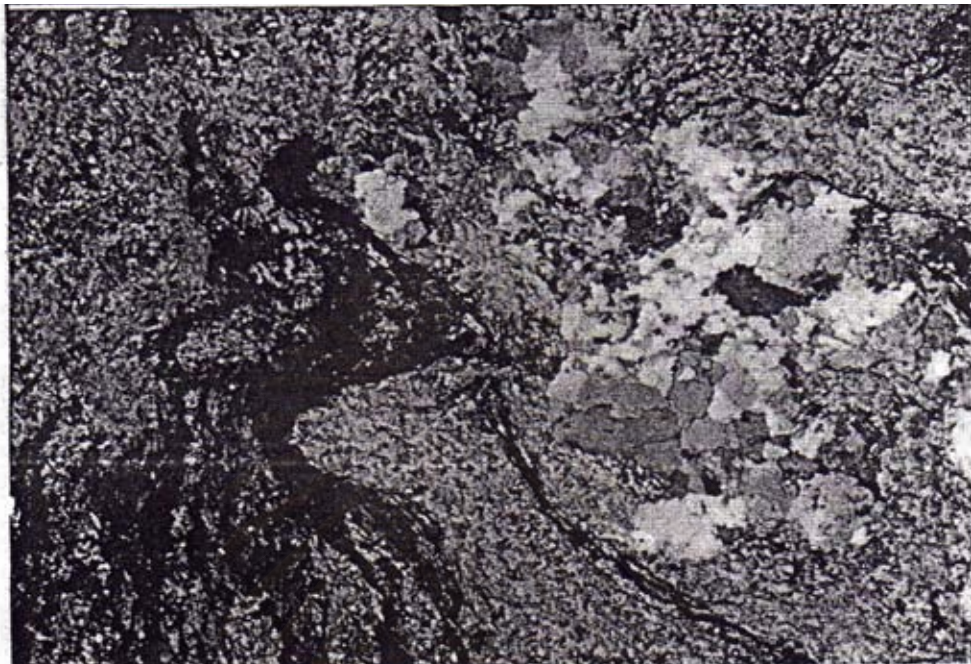
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป T 5-14 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะเนื้อหินที่เกิดการเปลี่ยนสภาพจนรอยแตกถึ (cleavage) เกิดการโค้งงอ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์และทัลก์ในหินชีส เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 43140-45566

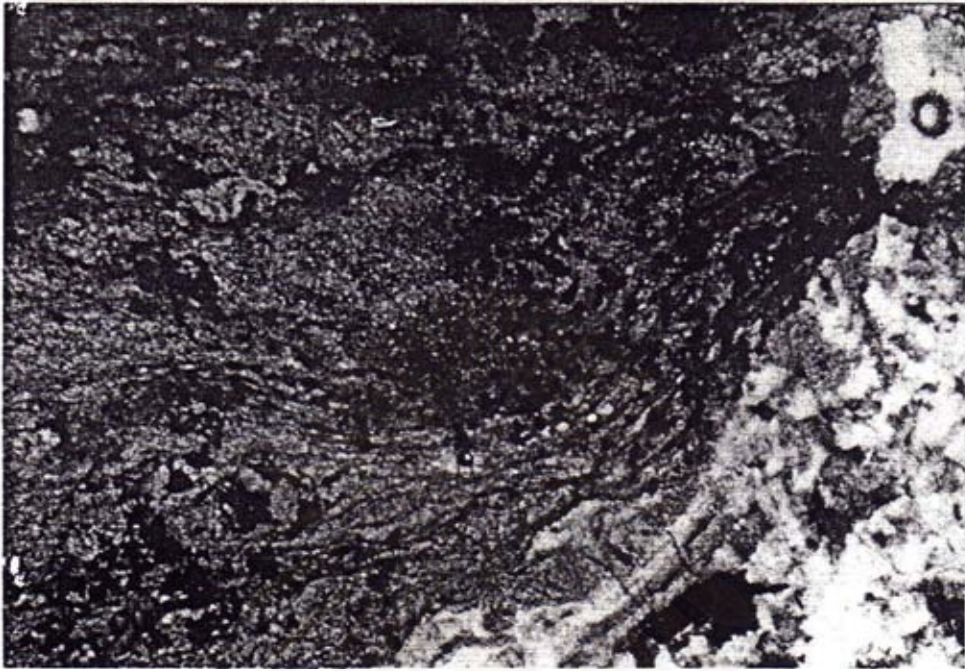
(ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคัลกรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป T 5-15 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการโค้งงอของแร่เหล็กออกไซด์ และคลอไรต์/ทัลก์ ส่วนแร่ควอตซ์เป็นสีขาว เกิดการรวมตัวกันและตกผลึกใหม่จากหินชีส เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 43140-45566 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโคลสักรองแสง ความยาวภาพประมาณ 2 มม)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



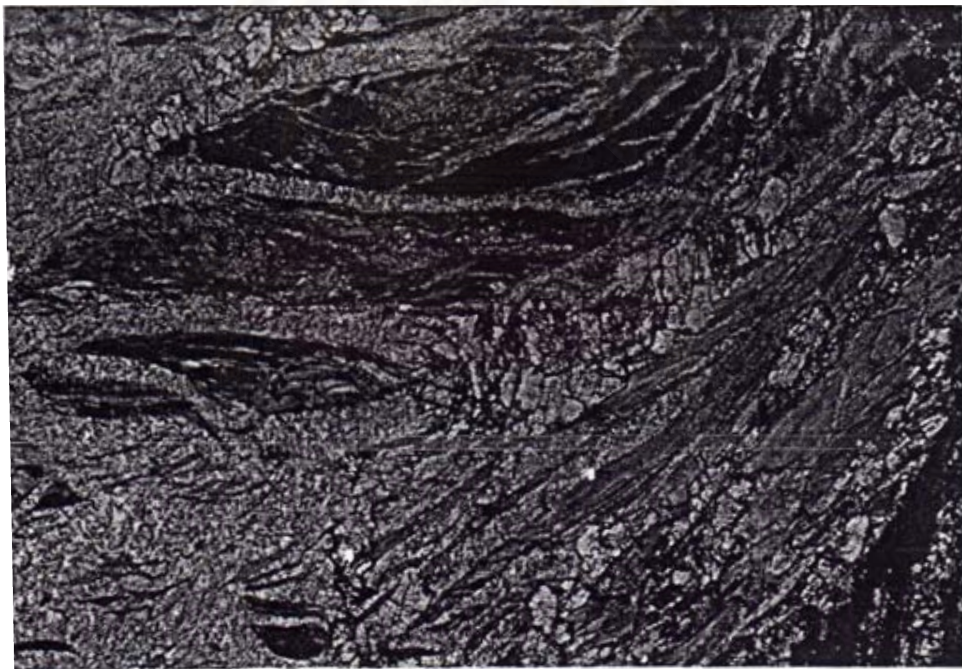
รูป T 5-16 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการจัดเรียงตัวแร่จนเป็นริ้วขนาน (foliation) ชัดเจนและเกิดการโค้งงอ (folding) อีกครั้งภายในริ้วขนานในหินชีสไมกา-คลอไรต์ เก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 44611-55725 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



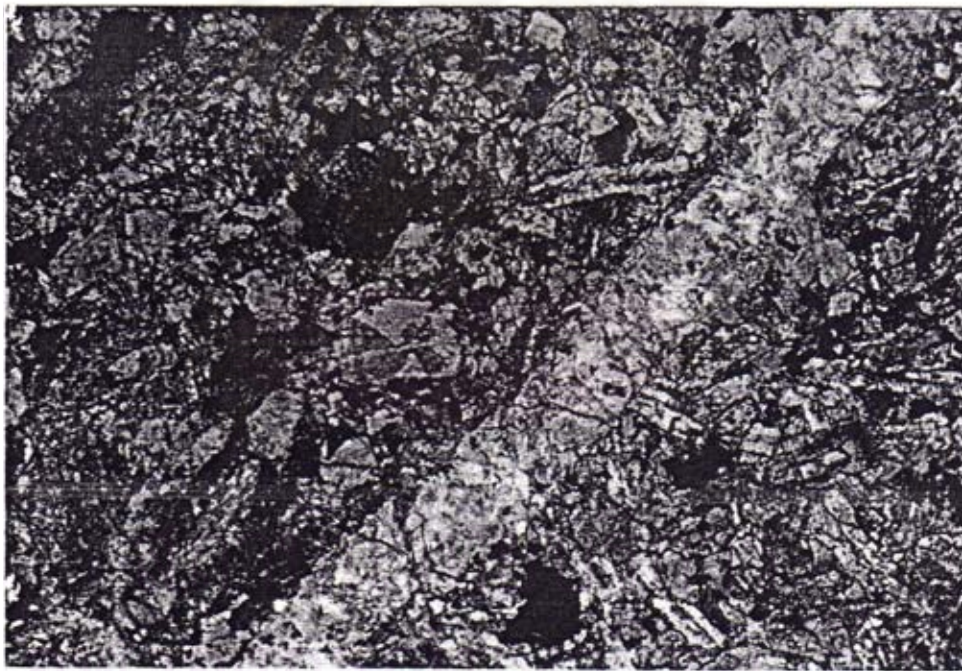
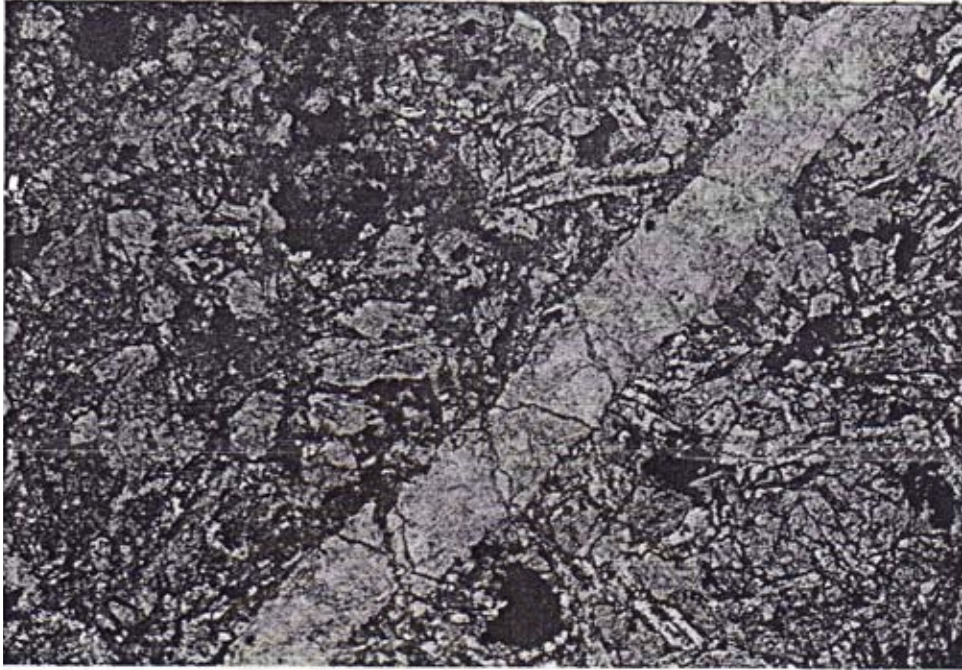
รูป T 5-17 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงแร่ควอตซ์ (สีขาว) แสดงลักษณะเนื้อเป็นริ้วลายคล้ายมาลาย (Zebra texture) แสดงภาวการณ์พอกขึ้น (crustation) แทรกเข้ามาในกระจุกแร่ฮีพิโดต (สีเข้ม) และเหล็กออกไซด์ ซึ่งบางส่วนแสดงลักษณะเนื้อเหลือค้าง (remnant) ของธารหินละลาย (flow) ในหินไรโอไรท์เปลี่ยนสภาพ เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโคลสักรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป T 5-18 และ T 5-19 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการแทรกเข้ามาของสายแร่เล็กๆ ของแร่รูไซต์ ที่มี  
ขอบเข้ามา ปนปะอยู่กับแร่ทอลค์ (สีอ่อน) ซึ่งแทรกเข้ามาในแร่คลอไรด์และอิดดิงไซต์ที่สลายมา  
จากแร่โอลิวีนในหินอัคนีสีเข้มเปลี่ยนสภาพเก็บตัวอย่างจากพิกัด ที่ 47 QPV 51643-56206  
(ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโคลสักรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)





รูป T 5-20 และ T 5-21 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงหินบะซอลต์ลายดอก (basalt porphyry) ซึ่งมีแร่รีเบคไกต์ เข้ามาแทนที่แร่ไพรอกซีน (ออไรต์) ซึ่งเป็นแร่ดอก (phenocryst) ในเนื้อพื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพไป สังเกตหินมีการแทรกด้วยสายแร่เล็กๆ ของควอตซ์และไมกา เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 34545-46642 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิดนิโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)



รูป T 5-22 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะของเนื้อหินภูเขาไฟที่ถูกเปลี่ยนสภาพ (altered) และเปลี่ยนลักษณะ (deformed) อย่างรุนแรง ในรูปแสดงการหักงอของธารหินละลายด้วย เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 51643-56206 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปกติโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)



รูป T 5-23 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงผลึกเป็นชั้น (lath) ของแร่พลาจิโอเคลส ที่แสดงภาวะมีดเป็นแนว (zoned) และการเปลี่ยนลักษณะบริเวณแกนกลางชัดเจนจากหินแกรนิต (เปลี่ยนสภาพ) เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 29054-65427 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคัลกรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



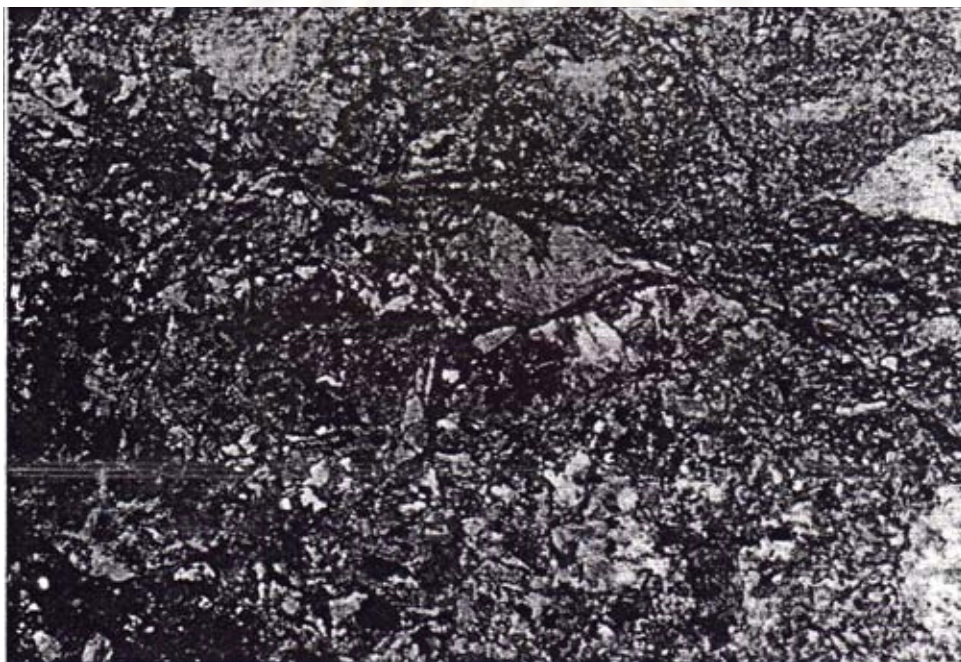
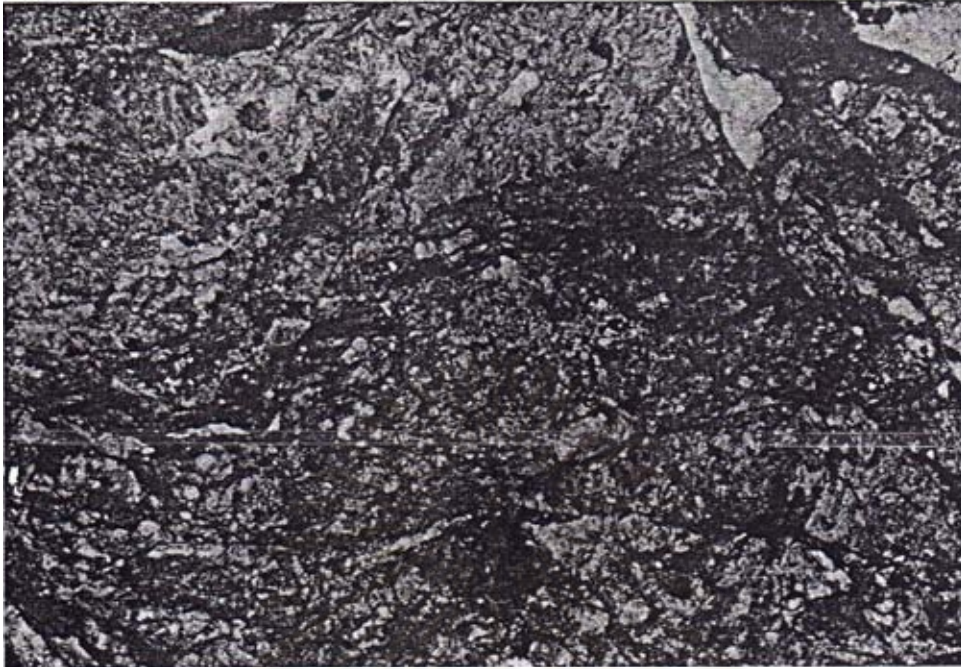
รูป T 5-24 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงหินภูเขาไฟที่มีการเปลี่ยนสภาพอย่างรุนแรง จนเนื้อหินที่แสดงลักษณะเนื้อธารไหล (flow band) กลายเป็นแร่ทัตต์ และไมก้าไปหมด นอกจากนี้เศษหินและผลึกเศษแร่ ก็แสดงการเปลี่ยนสภาพด้วย เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรซ์, ปิคนิคโคลสกรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป T 5-25 รูปภาพจากกล้องจุลทรรศน์จากตัวอย่างหินภูเขาไฟคล้ายรูปบน ซึ่งแสดงเนื้อพื้นที่เป็นธารไหล  
เดิม และถูกแทนที่ด้วยแร่ทัลก์และไมก้า เศษผลึกแร่ของควอตซ์ แสดงว่าหินเดิมค่อนข้างจะสี  
จาง (felsic) หินภูเขาไฟไรโอไลต์เปลี่ยนสภาพ เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 30214-59498  
(ใช้แสงโพลาไรซ์, ปิคนิคโคลสักรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

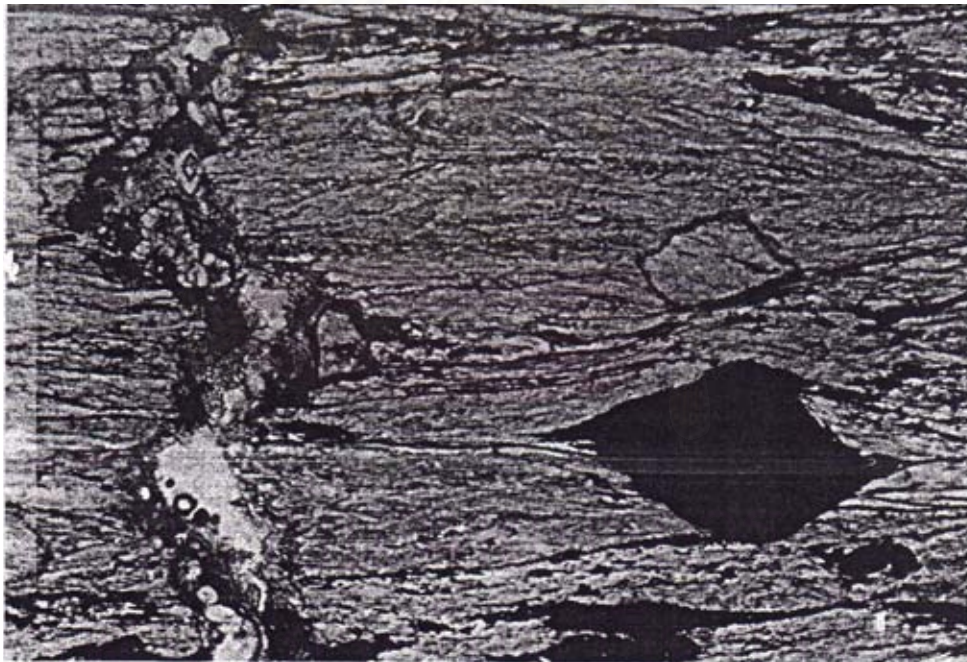
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป T 5-26 และ T 5-27 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์จากตัวอย่างหินอัคนีสีเข้มจัดที่มีการเปลี่ยนสภาพเป็นแร่ทัลก์ (สีชมพูส้ม) แร่อดคิงไซต์ (สีเข้ม) และแร่คโลไรต์ (สีฟ้าคราม) ดูเหมือนว่าแร่ทัลก์จะเข้ามาแทนที่แร่โอลิวีนและไพรอกซีน และเข้ามาบรรทุกในช่วงเปิดจากรอยแตกเปิดอ้า (open fracture) เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโคลสักรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

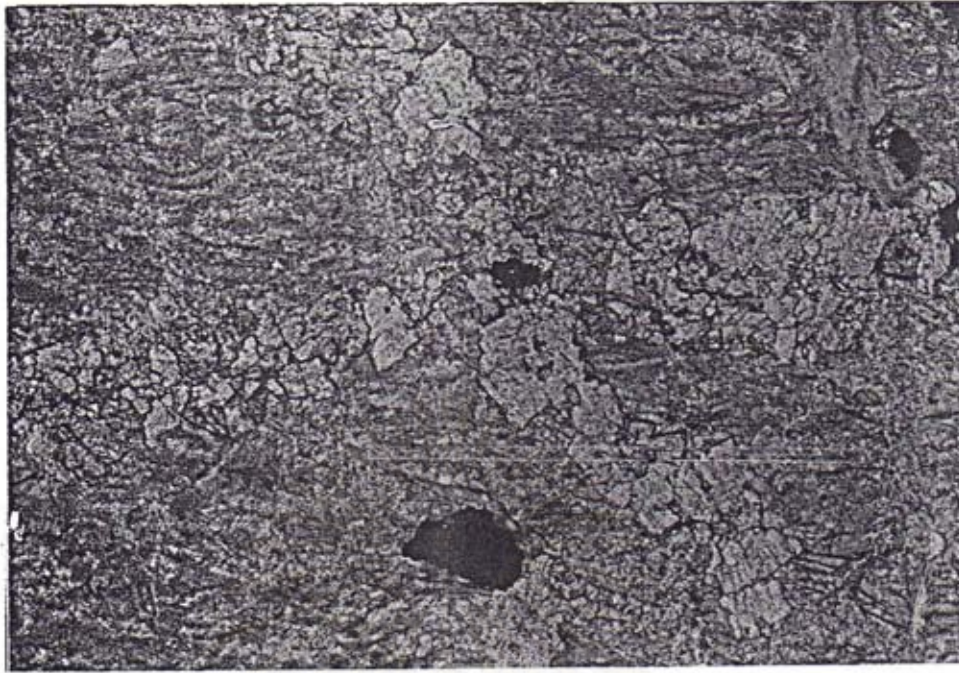


รูป T 5-28 และ T 5-29 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการโค้งงอชันบันได (Kink fold) ของรอยแตกถี่ (cleavage) ในหินฟิลไลต์ ซึ่งควรเรียกหินฟิลโลไนต์ หรือ Phyllonite) ที่หินเปลี่ยนสภาพเป็นแร่ เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ QPV 30214-59498 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิดนิโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)

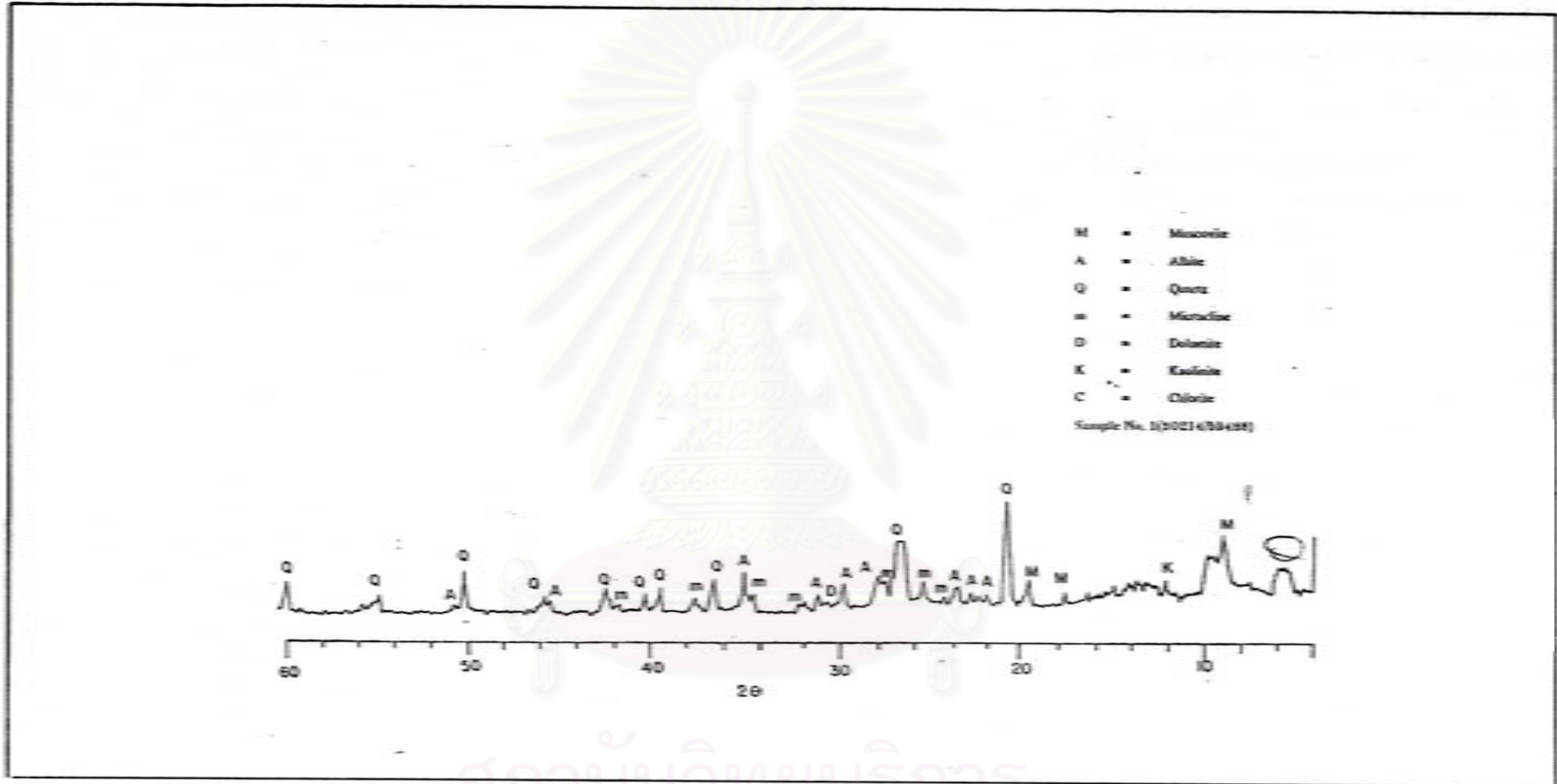


รูป T 5-30 และ T 5-31 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงการพัฒนาของแร่คลอไรต์ และทัลก์ ซึ่งแสดงริ้วลายขนาน (foliation) ตัดผ่านเข้าไปในแร่เดิมที่คิดว่าเป็นแร่ฮอนเบลนด์ สีดำ ขนมเปียกปูนเป็นแร่เหล็กซิลไฟด์ ที่เกิดหลังจากเกิดริ้วลายขนานแล้ว สายแร่ขนาดเล็กที่ตัดขวางริ้วลายขนานประกอบด้วยแร่อีพิโดต แคลไซต์ และควอตซ์ เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่ 47 QPV 44611-55725 (ใช้แสงโพลาไรส์, ปิคนิคโคลสักรองแสง ความยาวภาพประมาณ 2 มม)



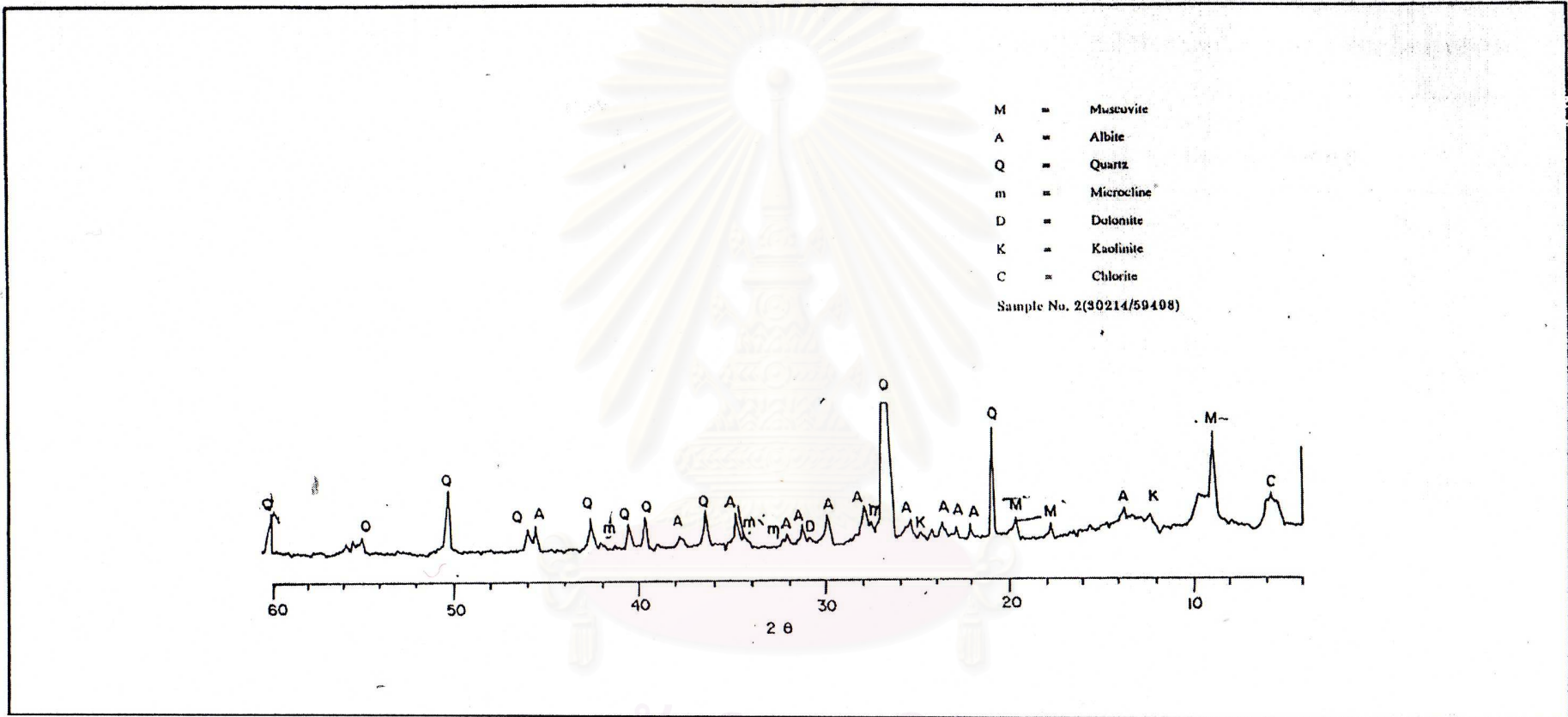


รูป T 5-32 และ T 5-33 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงสายแร่คาร์บอน (แมกนีไซด์) ตัดเข้ามาในหินอัคนี  
สีเข้มจัด ซึ่งมีแร่เดิมสลายไปเป็นแร่ทัลก์ และไมกา (คลอไรต์) หมดแล้ว เก็บตัวอย่างจากพิกัดที่  
47 QPV 51643-56206  
(ใช้แสงโพลาไรส์, ปิดนิโคลส์กรองแสง ความยาวภาพประมาณ 4 มม)



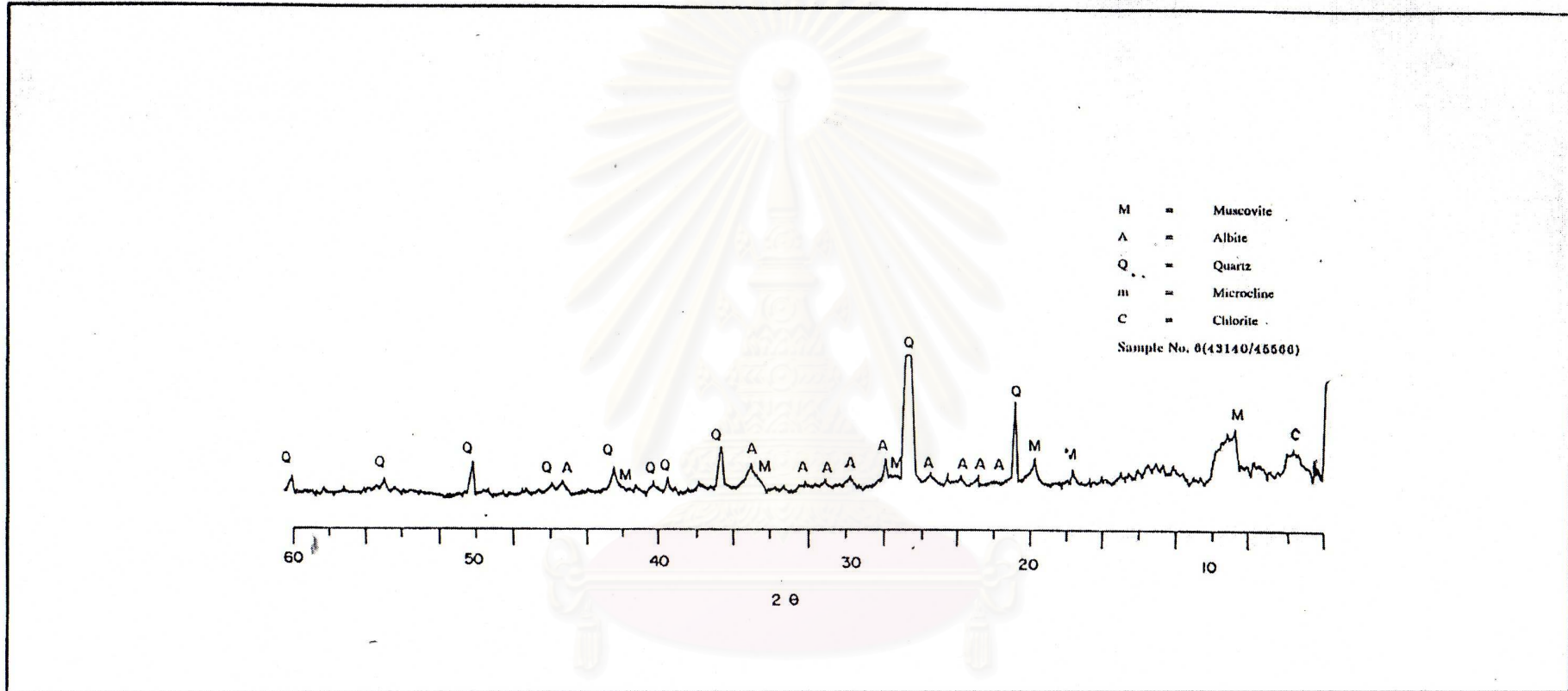
รูป XR1 ผลการวิเคราะห์แร่โดย XRD ของตัวอย่างหินที่เก็บมา ณ พิกัด ที่ 47 QPV 30214/59488

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



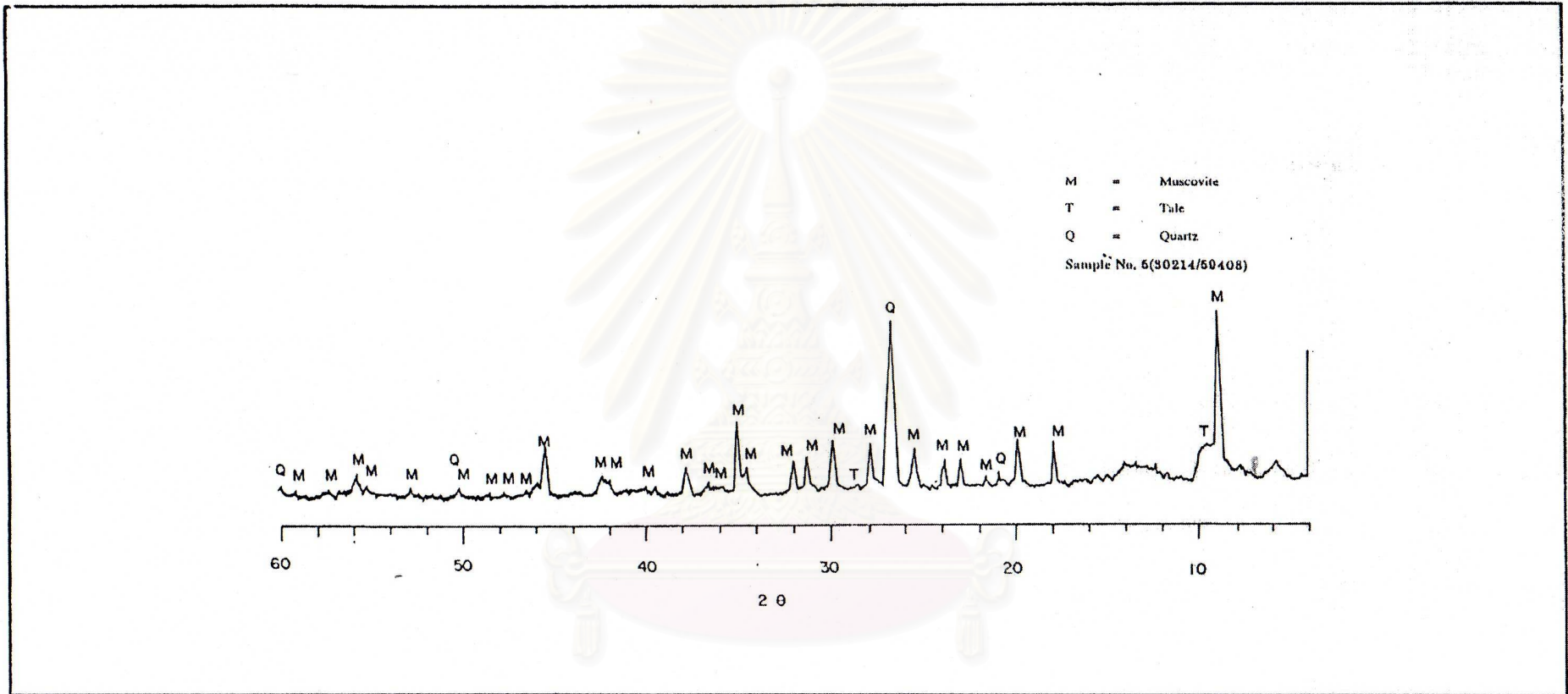
รูป XR2 ผลการวิเคราะห์แร่โดย XRD ของตัวอย่างหินที่เก็บมา ณ พิกัด ที่ 47 QPV 30214/59498

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป XR3 ผลการวิเคราะห์แร่โดย XRD ของตัวอย่างหินที่เก็บมา ณ พิกัด ที่ 47 QPV 43140/45566

ศูนย์บริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป XR4 ผลการวิเคราะห์แร่โดย XRD ของตัวอย่างหินที่เก็บมา ณ พิกัด ที่ 47 QPV 30214/59408

## บทที่ 6

### ธรณีวิทยาบริเวณตาก-สุโขทัย

#### 6.1 ธรณีวิทยาทั่วไป

##### 6.1.1 สภาพธรณีวิทยาทั่วไป (Geologic Setting)

สภาพธรณีวิทยาทั่วไป ในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยหินที่มีอายุจากเก่าไปอ่อนดังนี้: มหายุคพรีแคมเบรียน (Precambrian Era), ยุคแคมเบรียน (Cambrian Period), ยุคออร์โดวิเชียน (Ordovician Period), ยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian Period), ยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous Period), ยุคเพอร์เมียน (Permian Period), ยุคไทรแอสซิก (Triassic Period), ยุคเทอร์เชียรี (Tertiary Period) และยุคควอเทอร์นารี (Quaternary Period) นอกจากนี้ยังมีหินอัคนี (igneous rock) แทรกขึ้นมาในยุคต่าง ๆ ส่วนใหญ่อยู่ในยุคไทรแอสซิก ได้แก่ หินแกรนิต หินแอนดีไซต์ (andesite) หินไดออไรต์ (diorite) หินแกรนิตมีหลายประเภท ได้แก่ หินแกรนิตชนิดไบโอไทต์ฮอร์นเบลนด์ (biotite-hornblende granite) หินแกรนิตเนื้อดอก (porphyritic granite) หินแกรนิตสีชมพู (pinkish granite) ในยุคครีเทเชียส (Cretaceous Period) ก็มีหินแกรนิตแทรกขึ้นมา ได้แก่ ลิวโคแกรนิต (leucogranite) หรือหินแกรนิตสีขาว และมัสโคไวต์แกรนิต (muscovite granite) รูป 6.1-1 แสดงสภาพธรณีวิทยาทั่วไปบริเวณพื้นที่ศึกษา ส่วนรูป 6.1-2 และ 6.1-3 แสดงสภาพธรณีวิทยาและการลำดับชั้นหินในพื้นที่ศึกษาวิจัย

##### 6.1.2 ประวัติธรณีวิทยา (Historical Geology)

ลักษณะทางธรณีวิทยาโดยทั่วไปของบริเวณพื้นที่ศึกษาด้านตะวันตกและตอนกลาง ดริทิพย์ สุภสุนทรกุล (2537) ได้รายงานการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งหินปูน จังหวัดตาก ว่าเป็นบริเวณที่มีหินอายุเก่าแก่ที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศไทย ประกอบด้วยหินแปรอายุพรีแคมเบรียน หินแปร-หินตะกอนมหายุคพาลีโอโซอิก (Paleozoic Era) ถึงต้นยุคไทรแอสซิก โดยมีหินอัคนีมวลไพศาลตาก (Tak batholith) แทรกขึ้นมาช่วงยุคไทรแอสซิก ต่อด้วยการประทุของหินภูเขาไฟ (volcanic rock) ช่วงตอนปลายยุคไทรแอสซิก ขณะที่ตอนปลายมหายุคมีโซโซอิก (Mesozoic Era) ไม่พบหลักฐานของหินตะกอน (sedimentary rocks) ที่สะสมตัวในช่วงเวลานี้ ต่อมาในยุคเทอร์เชียรีในพื้นที่ทั้งภาคเหนือของประเทศไทยมีการปรับตัวของเปลือกโลกอย่างรุนแรง ทำให้มีการทรุดตัวของแอ่ง (basin subsidence) อันเป็นผลจากรอยเลื่อนจนเกิดการสะสมของตะกอนหุบเขาตามแอ่งน้ำจืดต่าง ๆ และต่อด้วยการสะสมตัวของตะกอนทางน้ำในยุคควอเทอร์นารี โดยมีโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่น รอยเลื่อนแม่ปิง (Mae Ping Fault Zone) ที่มีอิทธิพลต่อทิศทางการวางตัว ความต่อเนื่องของชั้นหินและลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ในบริเวณนี้

ส่วนธรณีวิทยาประวัติของพื้นที่ด้านตะวันออกของพื้นที่ศึกษาในระวางบ้านห้วยริน บ้านโป่งแดง วิทยา ธรรมดุษฎี และสมชาย ชิตมณี (2530) รายงานว่าพบหินที่มีอายุเก่าแก่ที่สุดเป็นหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส ซึ่งได้แก่ หินแปรชั้นต่ำ (low grade metamorphic rocks) ซึ่งเกิดจากพวกหินตะกอน (sedimentary rock) และหินอัคนี รวมถึงการเกิดการระเบิดของภูเขาไฟด้วย เพราะพบว่ามีพวกหินภูเขาไฟเกิดแทรกสลับอยู่ หินชุดนี้อาจมีการสะสมทับตัวในน้ำลึกของเศษหินดินทรายที่พังทลายในขณะเกิดกระบวนการก่อเทือกเขา (flysh-type sediments) ซึ่งอาจเป็นแนวยาวของธรณีแอ่นตัว (geosyncline) จนถึงยุคเพอร์เมียน ในยุคเพอร์เมียนส่วนใหญ่จะพบเป็นหินปูนที่มีการสะสมตัวมากมีความหนาแน่นมาก บางบริเวณมีหินดินดานเกิดแทรกสลับด้วย ระหว่างยุคเพอร์เมียนและยุคไทรแอสซิก ในบริเวณนี้มีภูเขาไฟระเบิดกระจายและเป็นบริเวณกว้างขวาง และพบว่ามีหินแกรนิตแทรกขึ้นมาในระยะนี้และตอนต้นยุคไทรแอสซิก ทำให้บริเวณนี้ยกตัวกลายเป็นแผ่นดิน ต่อมาก็จะขาดช่วงการสะสมตัวจนถึงสมัยไพลสโตซีน (Pleistocene Epoch) ซึ่งเป็นที่ราบจึงมีการสะสมทับถมของกรวด หิน ทรายของแม่น้ำ และเป็นการสิ้นสุดประวัติธรณีวิทยาของพื้นที่ อย่างไรก็ตามในเขตพื้นที่ศึกษาวิจัยนี้มีรอยเลื่อนหลายแนว ยังมีการเคลื่อนตัวอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งทำให้คาดคิดว่าอาจเป็นรอยเลื่อนมีพลังซึ่งมีความสัมพันธ์กับแผ่นดินไหว และควรมีการศึกษารายละเอียดต่อไป

### 6.1.3 การลำดับชั้นหินตะกอน

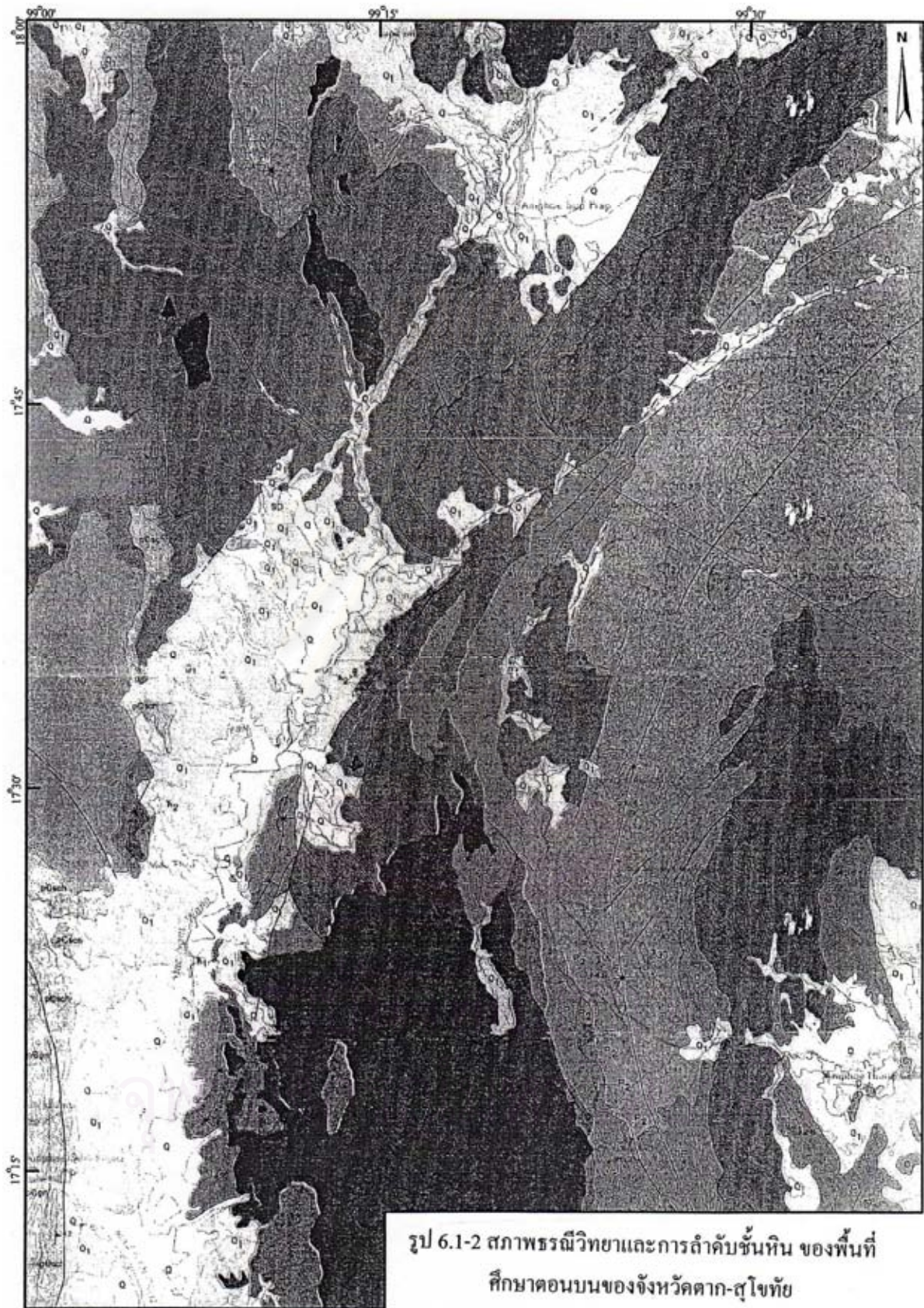
ผลการลำดับชั้นหินในการศึกษาวิจัยนี้ ส่วนหนึ่งได้จากการออกภาคสนามของคณะผู้วิจัยและอีกส่วนหนึ่งได้มาจากการสำรวจธรณีวิทยาของคณะผู้วิจัย แต่ส่วนใหญ่ได้ทำการตัดแปลงจากรายงานการสำรวจธรณีวิทยาชั้นรายละเอียดและจากแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:50,000 ของกองธรณีวิทยา (ปัจจุบันคือสำนักทรัพยากรแร่) กรมทรัพยากรธรณี (กระทรวงอุตสาหกรรม) ในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 7 ระวาง คือ

1. ระวาง 4743 II เขื่อนภูมิพล โดยอภิชาติ ลำจวน และนายสุวิทย์ ไคสุวรรณ ดำเนินการสำรวจในปี พ.ศ. 2533,
2. ระวาง 4842 I บ้านน้ำดิบ โดยสมชาติ บริพัตรโกศล และสุวิทย์ เจียมตน ดำเนินการสำรวจในปี พ.ศ. 2530,
3. ระวาง 4842 IV จังหวัดตาก โดยนายชัยยันต์ หินทอง และคณะ ดำเนินการสำรวจในปี พ.ศ. 2529,
4. ระวาง 4843 II บ้านห้วยริน โดยวิทยา ธรรมดุษฎี และสมชาย ชิตมณี ดำเนินการสำรวจในปี พ.ศ. 2530,
5. ระวาง 4843 II บ้านโป่งแดง โดยวิทยา ธรรมดุษฎี และสมชาย ชิตมณี ดำเนินการสำรวจในปี พ.ศ. 2530,
6. ระวาง 4843 III บ้านตาก โดยสมชาติ บริพัตรโกศล ดำเนินการสำรวจในปี พ.ศ. 2532, และ



รูป 6.1 สภาพธรณีวิทยาทั่วไปในบริเวณพื้นที่ศึกษาแถบตาก-สุโขทัย ทางใต้ของภาคเหนือ ประเทศไทย (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)







รูป 6.1-3 สภาพภูมิวิทยาและการกำดับชั้นพื้นดินของพื้นที่ศึกษาดอนล่างของจังหวัดตาก-สุโขทัย

7. ราวาง 4834 IV อำเภอแม่พริก โดยสมชาติ บริพัตรโกศล ดำเนินการสำรวจในปี พ.ศ. 2532 (บางส่วน)

โดยมีลักษณะทางธรณีวิทยาชั้นรายละเอียดของพื้นที่จำแนกตามกลุ่มหิน ชนิดของหินและอายุตั้งรายละเอียดข้างล่างนี้

**ก. หินมหายุคพาลีโอโซอิก-มหายุคพรีแคมเบรียน (หรือพรีพาลีโอโซอิก)**

ในพื้นที่ที่ทำการศึกษาด้านตะวันตกและตอนกลาง หินยุคพาลีโอโซอิก ประกอบด้วยหินตะกอนและหินแปร แผ่กระจายตัวปกคลุมพื้นที่ทางบริเวณราวางเขื่อนภูมิพลและอำเภอแม่พริก ในขณะที่พื้นที่บริเวณราวางจังหวัดตาก และอำเภอบ้านตากจะปรากฏว่าเป็นหินอัคนีปกคลุมเป็นส่วนใหญ่ โดยมีตะกอนตะกอนน้ำและตะกอนท้องน้ำปกคลุมพื้นที่บริเวณที่ราบสองฝั่งของแม่น้ำปิงและแม่น้ำวัง ส่วนพื้นที่ด้านตะวันออกในราวางบ้านห้วยริน บ้านโป่งแดง ส่วนใหญ่จะเป็นหินแปร และมีพวกหินภูเขาไฟแทรกด้วย

ในการจัดหมวดหมู่ของหินยุคมหายุคดังกล่าว เราได้จำแนกเรียงลำดับจากหินอายุมากไปหาหมวดหินอายุน้อย ดังต่อไปนี้

**ก.1 หินในสัณฐานสง** (Lan Sang gneissic complex) Campbell (1975) ชัยยันต์ หินทอง และคณะ (2529) อภิชาติ ลำจวน และสุวิทย์ โคสุวรรณ (2533) ได้เปรียบเทียบความสัมพันธ์กับชั้นหินตะกอนที่อยู่ในบริเวณข้างเคียง พบว่าหินในสัณฐานสงเกิดในมหายุคพรีแคมเบรียน หินแปรที่พบจัดอยู่ในกลุ่มหินแอมฟีโบลิต (amphibolite facies) ประกอบด้วย หินไนส์ (gneiss) หินชีสต์ (schist) หินแคลก์-ซิลิเกต (calc-silicate) หินอ่อน (marble) ซึ่งแต่เดิม Baum และคณะ (1970) ได้จัดหินชุดนี้เป็นกลุ่มหิน Anatexitic aureole ของหินแกรนิตอายุพาลีโอโซอิก (Paleozoic granite) ที่พาเอาเศษหินเดิมอายุพรีแคมเบรียนถึงช่วงปลายยุคพาลีโอโซอิกขึ้นมาในมวลหินอัคนี อภิชาติ ลำจวน และสุวิทย์ โคสุวรรณ (2533) รายงานว่าหินแปรที่แผ่กระจายตัวมากที่สุด คือ หินไนส์ ซึ่งมีทั้งพาราไนส์ (paragneiss) และออร์โทไนส์ (orthogneiss) หินไนส์ที่พบได้แก่ หินไนส์กลุ่ม ควอตซ์-เฟลด์สปาร์-ไบโอไทต์ (quartz-feldspar-biotite gneiss) ถึงหินไนส์กลุ่มควอตซ์-เฟลด์สปาร์-มัสโคไวต์ (quartz-feldspar-muscovite gneiss) และหินไนส์รูปตา (mylonite augen gneiss) ซึ่งแสดงลักษณะการเรียงตัวเป็นชั้น (gneissosity) โดยจะมีหินแกรนิตแทรกตัดเข้ามาในหินไนส์ และมีลักษณะเป็นหินมิกมาไทต์ (migmatite) หินอ่อน และหินแคลก์-ซิลิเกต มักเกิดแทรกกลับหรือเกิดเป็นเลนส์อยู่ในหินไนส์

หินแปรชุดนี้พบบริเวณด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของแผนที่ราวางจังหวัดตาก โดยวางตัวในแนว NNW-SSE บริเวณน้ำตกลานสงเขตอุทยานแห่งชาติลานสง (ชัยยันต์ หินทอง และคณะ, 2529) และบ้านกวยแซ่ ห้วยแม่ท้อหลวงในแผนที่ราวางเขื่อนภูมิพล (อภิชาติ ลำจวน และ สุวิทย์ โคสุวรรณ, 2533) บริเวณบ้านปางอ้า (ชัยยันต์ หินทอง และคณะ, 2529) และบริเวณห้วยแม่จะรา ห้วยแม่ระมาดหลวง ในแผนที่

ระวางเขื่อนภูมิพล (อภิชาติ ลำจวน และสุวิทย์ โควสุวรรณ, 2533) โดยหินแปรวางตัวในลักษณะสัมผัสแบบ รอยเลื่อนและสัมผัสแบบหินอัคนีกับหินตะกอนและหินแปรที่อายุน้อยกว่า

**ก. 2 หินอายุแคมเบรียน หรือหมวดหินปางอ้า** (ชัยยันต์ หินทอง และคณะ, 2529) หินหน่วยนี้ ประกอบด้วยหินตะกอน และหินแปรเป็นส่วนใหญ่ที่ปราศจากซากดึกดำบรรพ์ ได้แก่หินทรายชนิดควอตซ์ ซิติก (quartzitic sandstone) หินดินดาน (shale) หินควอร์ตซ์ไชต์ (quartzite) หินควอร์ตซ์ซิติกฟิลไลต์ (quartzitic phyllite) หินควอตซ์ไมกาชีสต์ (quartz-mica schist) พวกหินตะกอนพบวางตัวต่อเนื่องอยู่ใต้หิน ชุดออร์โดวิเซียน บริเวณห้วยแม่ตื่นตอนเหนือของแผนที่ระวางเขื่อนภูมิพล ในขณะที่ถัดมาบริเวณด้าน ตะวันออก หินชุดนี้จะวางตัวแบบสัมผัสกับหินแกรนิต โดยมีหินชุดออร์โดวิเซียนอยู่ข้างเคียง และแสดง ลักษณะการสะสมตัวอย่างต่อเนื่องกับหินชุดนี้ พวกหินแปรพบวางตัวเป็นแนวแคบ ๆ ทางด้านตะวันตกของ แผนที่ระวางจังหวัดตาก โดยวางตัวแบบรอยเลื่อนสัมผัสกับหินในสัณฐานสูง

**ก.3 หินยุคแคมโบร-ออร์โดวิเซียน หรือ หมวดหินยันฮี** (Yan He Complexes) ประกอบไปด้วยหิน แปรชั้นสูง (high grade metamorphic rocks) ได้แก่ หินไมกาชีสต์ (mica schist) หินอ่อน หินแคลก์-ซิลิเกต และหินควอตซ์ไชต์ พบแพร่กระจายอยู่บริเวณสันเขื่อนภูมิพล ซึ่งแต่เดิม Bunopas (1981) Nutalaya (1974) และสมชาติ บริพัตร โภสกล (2532) ให้อายุหินชุดนี้ว่าน่าจะมี อายุพรีแคมเบรียน เนื่องจากเป็นหินแปรชั้นสูง แต่จากผลการศึกษารณีวิทยาชั้นรายละเอียดของอภิชาติ ลำจวน และสุวิทย์ โควสุวรรณ (2533) โดยศึกษา ลำดับการวางตัวของชั้นหินที่วางตัวต่อเนื่องกับชั้นหินอายุออร์โดวิเซียน ที่อยู่ด้านตะวันออกของพื้นที่ กำหนดว่าหินน่าจะมีอายุแคมโบร-ออร์โดวิเซียน

**ก.4 หินยุคออร์โดวิเซียน** กลุ่มหินนี้เกิดลักษณะการสะสมตัวของตะกอนต่อเนื่อง จากหินอายุแคม เบรียน ประกอบด้วยหินปูน (limestone) และหินดินดาน โดยพบซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์จำพวก Cephalopod ซึ่งกำหนดให้มีความอายุออร์โดวิเซียน (Kobayashi, 1961) จากชั้นหินปูนในแม่น้ำปิงทางตะวันออก ของเขื่อนภูมิพล นอกจากนี้แล้ว หินในยุคออร์โดวิเซียนยังแสดงลักษณะการแปรสภาพจากน้อยไปมาก (progressive metamorphism) จากหินตะกอนเปลี่ยนเป็นหินแปรอีกด้วย (อภิชาติ ลำจวน และสุวิทย์ โคว สุวรรณ, 2533)

**ก.5 หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน หรือ กลุ่มหินดอนชัย (Don Chai Group)** กลุ่มหินหน่วยนี้ปรากฏอยู่ ทางเหนือของแผนที่ระวางแม่พริก บริเวณคอยขุนห้วยห้า เทือกเขาห้วยสองแควเหนือ คอยแดง และคอยปุย (สมชาติ บริพัตร โภสกล, 2532) และบริเวณคอยสองพี่น้อง ปากห้วยอีป้า ทางตะวันตกของแผนที่ระวาง จังหวัดตาก (ชัยยันต์ หินทอง และคณะ, 2529) ประกอบด้วยหินแปรชั้นต่ำ ได้แก่ หินควอร์ตซ์ไชต์ หิน ควอตซ์ชีสต์ หินไมกาชีสต์ หินฟิลไลต์ (phyllite) หินฟิลลิติกทัฟฟ์ หินดินดานเนื้อฟิลลิติก ทัฟฟาเซียส หิน

อ่อน หินแคลก์-ซิลิเกต และชั้นหินปูนบางๆ แทรกสลับในลักษณะชั้นหินแบบ flaser beds ส่วนใหญ่หินชุดนี้ไม่มีซากดึกดำบรรพ์ และจากการสำรวจของคณะผู้วิจัยก็ไม่พบซากดึกดำบรรพ์

**ก.6 หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส หรือ หินกรวดอุ่มลับ (Um Lap conglomerate)** หินชุดนี้พบแผ่กระจายตัวปกคลุมทางตะวันตกของแผนที่ระวางจังหวัดตาก วางตัวในแนว NW-SE (ชัยยันต์ หินทอง และคณะ, 2529) และปรากฏตัวเป็นแนวยาวเหนือ-ใต้ ทางตะวันออกของบ้านโป่งแดง บริเวณเขาหนองตม เขาหนองหินแลง คลองนาตาหอม เขาตูปหูช้าง เรื่อยไปจนถึงห้วยแม่กองกาย (วิทยา ธรรมคุณฤ และสมชาย ชิตมณี, 2530) วางตัวสัมพันธ์อย่างไม่ต่อเนื่องอยู่บนหินอายุออร์โดวิเซียน ประกอบด้วยหินกรวดภูเขาไฟ โดยมีเนื้อประสานเป็นหินภูเขาไฟเนื้อทัฟฟ์ สีม่วง สีชมพูม่วง และมีเศษหิน เป็นหินทราย หินปูน หินอ่อน หินเชิร์ต (chert) หินดินดานเนื้อทัฟฟ์ และหินฟิลโลไลต์ขนาด 2-7 ซม. อายุของหินหมวดนี้ได้มาจากการเปรียบเทียบกับหินชนิดเดียวกันในพื้นที่ข้างเคียง

**ก.7 หินยุคเพอร์เมียน หรือกลุ่มหินงาว (Ngao Group)** กลุ่มหินดังกล่าวที่พบในพื้นที่ทำการสำรวจสามารถจำแนกออกเป็นหินหมวด 2 หมวดคือ หมวดหินปู่จ้อย และหมวดหินผาหวด

**หมวดหินปู่จ้อย (Pu Chui Formation)** แผ่กระจายตัวบริเวณรอยเลื่อนลานสาง ในแผนที่ระวางจังหวัดตาก ประกอบด้วย หินดินดาน หินโคลนเนื้อปูน สลับกับหินทรายเนื้อควอตซ์ หินออร์โทควอตซ์ไซต์ หินปูนสีเทาเข้ม ชั้นหนาและชั้นบางๆ แทรกสลับด้วยหินทัฟฟ์ หินตะกอนเนื้อทัฟฟ์ หินกรวดมน หินกรวดเหลี่ยม พบซากดึกดำบรรพ์ของกลุ่มสัตว์ Fusulinids, Brachiopod, Pelecypod, Bryozoa และ Crinoid stem เป็นต้น บ่งบอกอายุเพอร์เมียน (ชัยยันต์ หินทอง และคณะ, 2529) ส่วนในบริเวณบ้านโป่งแดงจนถึงระวางบ้านห้วยริน หินในชุดนี้จะวางตัวแผ่ขยายในแนวเหนือ-ใต้ ประกอบด้วยหินตะกอนจำพวกหินทราย หินดินดานและหินกรวดมน สีเทาขาวถึงแดง นอกจากนี้มีพวกหินภูเขาไฟแทรกอยู่ และปรากฏอยู่ในหลายบริเวณ เช่น บ้านวังหาด ดอยม่อนเก่า เขาถ้ำวังกวาว เขากี้กลม และเขากี้กลาน เป็นต้น (วิทยา ธรรมคุณฤ และสมชาย ชิตมณี, 2530) ในบริเวณนี้ไม่พบซากดึกดำบรรพ์แต่อย่างใด อายุได้จากการลำดับชั้นหินเพียงอย่างเดียว

**หมวดหินผาหวด (Pha Huat Formation)** ประกอบด้วยหินปูนชั้นหนา สลับกับหินปูนชั้นบางๆ สีเทาเทาเข้ม สีขาว สีชมพู เนื้อแน่น และมีการตกผลึก บางส่วนถูกแปรสัมผัสโดยหินอัคนี กลายเป็นหินอ่อน พบซากดึกดำบรรพ์ของกลุ่มสัตว์ Fusulinids และ Brachiopod แผ่กระจายตัวบริเวณดอยผาหนาม ดอยน้ำบ่อแก้ว ดอยพุทธบาทวังดวง และเนินฝักซี่ ในแผนที่ระวางแม่พริก (สมชาติ บริพัตร โสกล, 2532)

#### **ข. หินมหายุคมีโซโซอิก**

หินตะกอนมหายุคมีโซโซอิก พบเฉพาะหินอายุไทรแอสซิกเท่านั้น ไม่พบหินตะกอนอายุอื่น ซึ่งอาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากการแทรกซึมมาของมวลหินอัคนีไฟศาลตาก ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง

หินกรวดมน (conglomerate) หินทัฟฟ์ หินดินดาน หินทัฟฟ์แปรสภาพ หินไรโอไลต์ (rhyolite) แอนดีไซต์ และหินกรวดภูเขาไฟ (agglomerate) หินทรายและหินทรายแป้งในหินชุดนี้มีปรากฏให้เห็นเป็นส่วนน้อย การจัดแบ่งของหินชุดนี้ในพื้นที่ได้จัดตามระวางแผนที่ เนื่องจากข้อมูลที่ได้มีการจัดแบ่งต่างกัน

ชัยยันต์ หินทอง และคณะ (2529) ได้จัดชั้นหินในแผนที่ระวางจังหวัดตาก ตามการจัดแบ่งของ Bunopas (1976) กล่าวคือ *หมวดหินอุ้มยอ (Um Yom Formation)* อายุปลายยุคไทรแอสซิก พบบริเวณห้วยอุ้มยอในแผนที่ระวางจังหวัดตาก ประกอบด้วยชั้นหินตะกอนสีแดง ได้แก่ หินกรวดมน ซึ่งมีเศษของหินปูน หินทราย หินภูเขาไฟ ชั้นหินวางตัวแบบไม่ต่อเนื่องบนชั้นหินปูนอายุเพอร์เมียน และในแผนที่ระวางบ้านโป่งแดงพบเฉพาะบริเวณเขากระโดม้านั้น (วิทยา ธรรมคุณี และ สมชาย ชิตมณี, 2530) หินหน่วยนี้ไม่พบซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิต อายุหินหน่วยนี้จะได้จากการเทียบเคียงกับชั้นหินข้างเคียง

#### ค. หินมหายุคซีโนโซอิก

หินยุคควอเทอร์นารี ประกอบด้วยหินกรวด ทราย ทรายแป้ง หิน โคลน ดินลูกรัง ศิลาแลง และชั้นกรวด และตะกอนทางน้ำปัจจุบัน โดยสภาพส่วนใหญ่ไม่มีการจับตัว (unconsolidation) แต่ก็มีบางส่วนเกือบแข็งตัว (semiconsolidated deposits) หินชุดนี้เทียบได้กับ Mae Taeng Group ของ S. Piyasin (1972) โดยพบบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำวัง แม่น้ำปิง ห้วยแม่พริก ห้วยยกกระบัตร ห้วยแม่สลิด และห้วยตาก เป็นต้น โดยแบ่งชั้นหินตามบริเวณที่สะสม คือ ชั้นตะกอนตะพักน้ำ (terrace deposits) และตะกอนที่ราบลุ่มแม่น้ำ (alluvial deposits) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยดินร่วน (loamy material) และพวกทรายเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ

จากลักษณะที่ปรากฏให้เห็นอยู่ในปัจจุบัน ทำให้ทราบได้ว่าหลังจากมีการทับถมของตะกอนขนาดต่าง ๆ ในสมัยไพลสโตซีน แล้วจะมีการยกตัวของเปลือกโลก (tectonic uplifting) ของแอ่งต่าง ๆ จากนั้นมีการตัดเข้ามาของสายน้ำในปัจจุบัน ผ่านเข้ามาในกรวดหยาบอายุไพลสโตซีน ในยุคล่าสุด (Recent) แสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกในแนวราบ (vertical tectonic movements) ครั้งล่าสุดเรื่อยมาจนทุกวันนี้

#### 6.1.4 หินอัคนี (Igneous Rocks)

หินอัคนีที่ปรากฏในพื้นที่ศึกษา กลุ่มพื้นที่ส่วนใหญ่ด้านตะวันตกและตอนกลาง ประกอบด้วยหิน 2 กลุ่ม คือ หินอัคนีแทรกซอน และหินภูเขาไฟ มีอายุตั้งแต่คาร์บอนิเฟอรัสถึงไทรแอสซิก หินอัคนีที่พบส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตมวลไพศาลตากอายุไทรแอสซิก และแผ่กระจายตัวเป็นบริเวณกว้างขวาง โดยทั่วไปพบว่าบริเวณใกล้ขอบของหินอัคนีมวลไพศาล มีลักษณะเป็นพวก felsic มากกว่า และเปลี่ยนแปลงไปหาพวกที่เป็น mafic มากกว่าในตอนกลางของหินอัคนีมวลไพศาล ในขณะที่หินแกรนิตอายุคาร์บอนิเฟอรัสพบโผล่เป็นบริเวณแคบๆทางด้านตะวันตกของแผนที่ระวางจังหวัดตาก และด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของแผนที่

ระวางเขื่อนภูมิพล ส่วนหินภูเขาไฟที่พบจะโผล่เป็นหย่อม ๆ ในแผนที่ระวางแม่พิมพ์ และบริเวณทางตอนใต้ของแผนที่ระวางจังหวัดตาก

### ก. หินอัคนีแทรกซอน (Plutonic Rocks)

แต่เดิมกรมทรัพยากรธรณี (ดูชัยยันต์ หินทอง และคณะ, 2529) ได้จัดแบ่งแกรนิตออกเป็น 2 อายุ

**ก.1 หินแกรนิตอายุคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous Granites)** ชัยยันต์ หินทอง และคณะ (2529) ได้ทำการจัดแบ่งหินแกรนิตอายุนี้ออกเป็น 2 หมวดคือ หินแกรนิตห้วยแม่ไข และหินมอนโซไนต์อึป่า ซึ่ง **หินแกรนิตห้วยแม่ไข (Mae Khai Granite)** เป็นหินแกรนิตชนิด sheared biotite granite หรือ stressed และ strain granite ซึ่งเนื้อหินถูกกระทำ ทำให้เนื้อหินละเอียด (mylonitic texture) โดยแรง บริเวณที่ถูกแรงกระทำมากจึงมีเนื้อละเอียด ในขณะที่พวกที่ถูกแรงกระทำน้อยมักมีผลึกรูปตาขนาดใหญ่ และมักพบเศษหินของหินอ่อน หินไมกา-ชีสต์อายุแคมโบรอร์โดวิเซียน ซึ่งหิน sheared granite นี้บางครั้งเกิดเป็นหินในหินแกรนิตอายุไทรแอสซิก Braun และคณะ (1981) ให้อายุหินชุดนี้ไว้เป็นยุคคาร์บอนิเฟอรัส หินหมวดนี้แผ่กระจายตัวบริเวณ ห้วยแม่ไข บ้านผาลาด บ้านพักช้าง ห้วยไข่แล้ง วางตัวในแนว NNW-SSE, NE-SW โดยหินชนิดนี้มีสายหรือเลนส์ของหินเพกมาไทต์ (pegmatite) และหินแอพลิต (aplite) บางสายมีขนาดใหญ่อาจหนา มากกว่า 1 เมตร และเป็นที่เกิดแหล่งแร่เฟลด์สปาร์ (อภิชาติ, 2533)

**หินมอนโซไนต์อึป่า (I Pam Monzonite)** เดิมกำหนดให้มีอายุคาร์บอนิเฟอรัส ซึ่งเทียบได้กับหินอัคนีห้วยแม่ไข (Bunopas, 1976) เนื่องจากพบว่าหินชุดนี้แทรกตัดเข้าไปในหินไซลูเรียน-ดีโวเนียน และถูกหินแกรนิตเขาพระเมินแทรกตัดอีกครั้ง ส่วนมากพบบริเวณห้วยตะโกน ห้วยต้นขอย ห้วยปากหมาง ยอดเขาหลวง ห้วยอึป่า คอยสองพี่น้อง และเชิงเขาหลอด ทางด้านตะวันตกของแผนที่ระวางจังหวัดตาก ตัดผ่านเข้าไปในหินฟิลไลต์ หินทัฟฟ์ หินดินดาน อายุไซลูเรียน-ดีโวเนียน วางตัวในแนว NNW-SSE มีเนื้อละเอียดถึงหยาบปานกลาง สีเขียวปนชมพู เขียวปนเทา แสดงลักษณะโครงสร้างที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและรุนแรง (cataclastic structure) เพราะถูกสั่นสะเทือนจากทุกทิศทาง มีการเรียงตัวของแร่ควอตซ์ และเฟลด์สปาร์ โดยมีอัตราส่วนของโพแทสเซียมต่อโซเดียมเฟลด์สปาร์ เท่ากับ 3 : 5 – 5 : 2 และพบว่าแร่โอลิโกเคลส (oligoclase) และควอตซ์มากกว่าร้อยละ 5 และยังพบว่าบางส่วนถูกหินแอนดิไซต์สีเขียวแทรกตัดผ่าน อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยเชื่อว่า หินแกรนิต ทั้งแกรนิตห้วยแม่ไข

**ก.2 หินแกรนิตอายุไทรแอสซิก (Triassic Granite)** เกิดเป็นมวลหินอัคนีแทรกซอนมวลไพศาลตาก บริเวณนี้จัดเป็นส่วนหนึ่งของชุดหินแกรนิตตะวันออก

Mahawat (1982) ได้แบ่งหินอัคนีมวลไพศาลตาก ออกเป็นชุดหินแกรนิตตะวันออก (Eastern Pluton) ชุดหินแกรนิตหลักด้านตะวันตก (Western Main Range Pluton) ชุดหินแกรนิตแม่สลิด (Mae Salit pluton) และชุดหินแกรนิตตาก (Tak Pluton) เรียงอายุจากเก่าไปหาอ่อน ซึ่ง Teggan (1975) ได้หาอายุของหินแกรนิตบริเวณจังหวัดตาก ทาง SW ของหินอัคนีมวลไพศาลตากจากชุดหินแกรนิตตาก โดยวิธีการหาอายุ (dating) ของหินทั้งก้อน โดย รูบิเดียม/สตรอนเทียม (Rb/Sr) ได้อายุ  $219 \pm 12$  ล้านปี Pitakpawan

(1969) ได้หาอายุชุดหินแกรนิตแม่สลิด โดยวิธี Rb/Sr ได้อายุ  $225 \pm 10$  ล้านปี และด้วยวิธี K/Ar ได้  $215 \pm 10$  ล้านปี ซึ่งชุดหินแกรนิตแม่สลิดที่พบแทรกตัดเข้าไปในชุดหินแกรนิตตะวันตกอีกที และหินแกรนิตเขาแม่ เทียบได้กับว่าชุดหินแกรนิตตะวันตกอยู่ในส่วนของ eastern belt เป็นหินแกรนิตแบบไอ-ไทป์ (I-type granite) ต้นกำเนิดจากหินอัคนี อายุที่หาได้อยู่ในช่วงตอนต้นยุค ไทรแอสซิก จากการหาอายุของหินทั้งก้อน โดยใช้ รูบิเดียม/สตรอนเทียม ในหินแกรนิตสีขาวได้  $208 \pm 4$  ล้านปี หินไบโอไทต์แกรนิตสีชมพูได้  $212 \pm 4$  ล้านปี เกษตร พิทักษ์ไพรวัล และคณะ (2512) ได้นำหินไบโอไทต์แกรนิต ที่บ้านแม่สลิด บ้านตาก ไปหาอายุ โดยวิธี Rb/Sr ได้อายุ  $225 \pm 10$  ล้านปี ซึ่งจำรัส มหาวัจน์ (2525)

สรุปว่าหินแกรนิตที่พบบริเวณจังหวัดตากมีอายุอยู่ในยุค ไทรแอสซิก และเป็นหินแกรนิตแบบไอ-ไทป์ ซึ่งสามารถจำแนกหินแกรนิตในบริเวณนี้ออกเป็น 4 ชนิด (ตามการจำแนกของสมชาติ บริพัตร โกศล, 2532) คือ (ก) หินฮอร์นเบลนด์แกรนิต (hornblende granite), (ข) หินไบโอไทต์แกรนิต (biotite granite), (ค) หินควอร์ตซ์-ไดโอไรต์ และหินแกรโนไดโอไรต์ (quartz diorite & granodiorite) และ (ง) หินลูโคเครติ กแกรนิต (leucocratic granite)

**หินฮอร์นเบลนด์แกรนิต หรือแกรนิตขุนห้วยปง** มีสีขาว ถึงสีชมพู เนื้อปานกลางถึงเนื้อหยาบ แร่ประกอบ หิน ได้แก่ ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ (ออร์โทเคลสและโซเดียม-แคลซิโอเคลส) และฮอร์นเบลนด์ มีแร่ไบโอไทต์ คลอไรต์ สฟีน แมกนีไทต์ ฮีมาไทต์ เล็กน้อย โดยมากพบหินชนิดนี้บริเวณคอยขุนห้วยปง คอยกั่วคอด คอย ลาน คอยตาดิจี เทือกเขาบริเวณหินเหล็กไฟ และเทือกเขาในบริเวณห้วยลาน ในแผนที่แม่พริกบ้านตาก (สมชาติ บริพัตร โกศล, 2532)

**หินไบโอไทต์แกรนิต หรือแกรนิตเขาพระเมิน** มีสีขาว สีเทาอ่อน สีชมพูอ่อน สีชมพู เนื้อปานกลาง ถึงเนื้อ หยาบ (phaneritic texture และ equigranular) มีโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์เป็นไมโครไคลน์ (microcline) สี ชมพู องค์ประกอบทางแร่ได้แก่ เพอร์ไทต์ (perthite) 35-40% ออร์โทเคลส (orthoclase) และแคลซิโอเคลส (plagioclase) สีขาวชนิดแอลไบต์ 10-15% แร่ประกอบหิน ได้แก่ ควอตซ์ 23%, โซเดียมเฟลด์สปาร์ 62%, แร่ไบโอไทต์ 5-8% และแร่อื่นเช่น sphene chlorite iron oxide 7% โดยหินส่วนใหญ่พบบริเวณคอยหลวง ห้วยต้นตื้น คอยป่าคา คอยปู่ทอง คอยล้าน คอยกู่ คอยช่อ บริเวณบ้านแม่สลิด เขาเขียว ระวังแม่พริก บ้าน ตาก (สมชาติ บริพัตร โกศล, 2532) หินแกรนิตห้วยแม่ท้อ คอยขุนผาลาด ตะวันตกของบ้านพักช้าง ขุนห้วย แม่ท้อบ้านยาง ตอนใต้ของระวังเขื่อนภูมิพล เนื้อหินเป็นแบบปานกลางถึงเนื้อหยาบ มีไบโอไทต์ 10% โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ (ออร์โทเคลส และไมโครไคลน์) แคลซิโอเคลส ควอตซ์ รวมกันมากกว่า 80% นอกจากนั้นมีลายเพกมาไทต์ ตัดผ่านและแผ่กระจายตัวเป็นบริเวณกว้างขวาง บริเวณเขาโทน เขาตะลุ่มใน เขาแก้ว พระเจดีย์คอยถ้ำ เขาตากมาก เขาพระเมิน บ้านชะลาด ห้วยไม้งาม ห้วยลึก บ้านหนองตาจัน บ้านวัง ม่วง บ้านลานมะคร้อ (ลานมะเคราะห์) และมักมีลูโคแกรนิตตัดแทรกเข้ามา และมีบางบริเวณที่พบไดโอไรต์ แทรกตัดหินลูโคแกรนิต อีกที



หินซอนเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิตหรือแกรนิตเขาแถม (Khao Ngaem granite) เป็นแกรนิตเนื้อหยาบปานกลาง หยาบมาก สีขาว เทาอ่อน ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ 20-30% โปแทสเซียมเฟลด์สปาร์ (ไมโครไคลน์และเพอร์ไทต์) 35-40%, แพลจิโอเคลสชนิดแอลไบต์ 15-20%, ไบโอไทต์ และซอนเบลนด์ 7-15%, โดยมีลูโคแกรนิตตัดแทรกเข้ามา จากการศึกษาบนแผ่นหินบางพบว่าหินเป็น hypidiomorphic granular texture ซึ่งส่วนใหญ่พบบริเวณคอยเขาแถม ทางตอนเหนือของแผนที่ระวางจังหวัดตาก

หินควอตซ์-ไดโอไรต์ และหินแกรโนไดโอไรต์ หรือแกรนิตห้วยทราย ประกอบด้วย ควอตซ์ ไดโอไรต์ สีเทา สีเทาดำ เนื้อหยาบปานกลาง แร่ประกอบหิน ได้แก่ เฟลด์สปาร์ สอร์นเบลนด์ และไบโอไทต์ จากการศึกษาภายใต้กล้องพบว่าแร่ส่วนใหญ่ ได้แก่ แอนดิซีน & ออร์โทเคลส 65%, สอร์นเบลนด์ 15%, ไบโอไทต์ 5%, ควอตซ์ 10% ที่เหลือเป็นสฟีน เหล็กออกไซด์ รวม 5% สำหรับแกรโนไดโอไรต์มีสีเทาอ่อน ขาว เนื้อหยาบปานกลาง มีแร่ประกอบหินที่สำคัญคือ เฟลด์สปาร์ สอร์นเบลนด์ ควอตซ์ ส่วนภายใต้กล้องพบว่า มีแอนดิซีน 47%, ออร์โทเคลส 14%, สอร์นเบลนด์ 13%, ไบโอไทต์ 3%, ควอตซ์ 20%, สฟีนและแมกนีไทต์ 3% โดยมากพบที่บริเวณห้วยทราย บริเวณเนินเขาใกล้ห้วยแม่บอนกิ่งเหนือ และบริเวณเนินเขาใกล้ห้วยกระโดน (สมชาติ บริพัตร โภศน, 2532)

หินลูโคแกรนิตแกรนิต หรือแกรนิตคอยเวียง พบที่บริเวณคอยเด่นห้า คอยเวียง เขาจ้ำป้อก คอยขวาง บ้านห้วยนึ่ง ห้วยท่าเต้ ห้วยทราย โรงเรียนเกษตรกรรมตาก ซึ่งจะเป็นลูโคแกรนิต หินแอไฟลด์ หินเพกมาไทต์ สายแร่ควอตซ์ สำหรับหินลูโคแกรนิต สีขาว สีเทาอ่อน สีเขียวอ่อน เนื้อละเอียด พบที่บริเวณห้วยป่าเป้า เทือกเขาคลองดงลาน ห้วยหินหัวช้าง ห้วยแม่ลิดแล้ง อำเภอมะปริง มีแร่ประกอบหิน คือ แร่ควอตซ์ (แสดงหน้าผลึกเป็นแบบ xenomorphic & equant grains) 45 – 50 % แร่เฟลด์สปาร์ ได้แก่ เพอร์ไทต์ ออร์โทเคลส ไมโครไคลน์ (แสดง cross-hatched twinning และ carlsbad twin) และโซเดียมแพลจิโอเคลส (แสดง normal zoning unzoned) รวม 39 % และแร่อื่นๆ เช่น เซอร์คอน ฮีมาไทต์ คลอไรต์ มัสโคไวต์ รวม 9% และพบไบโอไทต์ & อีพิโดตบ้าง โดยมากเนื้อหินเป็น hypidiomorphic granular texture

### ข. หินภูเขาไฟ (Volcanic Rocks)

หินภูเขาไฟในบริเวณจังหวัดตาก ได้ถูกกำหนดโดยกรมทรัพยากรธรณี และจัดแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ตามอายุคือ ดันยุคไทรแอสซิก และปลายจูแรสซิก

ข.1 หินภูเขาไฟอายุตอนต้นไทรแอสซิก หรือหินภูเขาไฟเขาแก้ว (Khao Kaeo tuffs) ชัยยันต์ หินทอง (2529) รายงานว่าหินชุดนี้ประกอบด้วย หินไรโอไลต์ หินไรโอไลต์เนื้อดอก (rhyolite porphyry) หินไรโอไลต์ภูเขาไฟ (rhyolitic tuff) หินแอนดิไซต์ หินแอนดิไซต์ภูเขาไฟ (andesitic tuff) เนื้อหินเนียนละเอียด (aphanitic texture) สีน้ำตาล สีเขียว สีขาวบางบริเวณมี flow structure หินไรโอไลต์มีสีเทาเนื้อละเอียด ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ ซานิดีน (sanidine) แพลจิโอเคลส คลอไรต์ อิลเมไนต์ และเอพิโดต (epidote) หินแอนดิไซต์มีสีเขียวอ่อนเนื้อละเอียด แร่ประกอบหิน ได้แก่ แอนดิซีน (andesine) แพลจิโอเคลส ไพรอกซีน (pyroxene) สอร์นเบลนด์ โดยพบไฟไรต์ และออกไซด์ของเหล็กอยู่บ้าง ส่วนใหญ่หินพบที่บริเวณห้วย

ทราย ห้วยเด่น หนองน้ำ (สมชาติ บริพัตร โภศล, 2532) คอยโล้น เขาแก้ว เขาขนาบคลอง เขาสระบัว เขา หนองผักสาป พระพุทธบาทเขาโล้น

อนึ่งอายุได้จากการเปรียบเทียบโดยหินชุดนี้แทรกตัวตัดผ่านหินแกรนิตเขาพระเมิน และถูกวางทับ อยู่ใต้หินตะกอนทวีป (continental sediments) ชุดเขาแดง ที่ให้อายุอยู่ในยุคจูแรสซิก (Bunopas, 1976)

**ข. 2 หินภูเขาไฟอายุช่วงปลายยุคจูแรสซิก** ประกอบด้วยหินไรโอลิติกทัฟฟ์ หินไรโอลิต์เนื้อดอก และหินไรโอลิต์ ส่วนมากมีสีชมพูอ่อน สีม่วงแดง จนถึงม่วงอมเทา (สมชาติ บริพัตร โภศล, 2532) เนื้อ ละเอียดมาก พบที่บริเวณคอยม้าเต่า คอยผาเหลี่ยม และคอยปากา และหินแอนดิไซต์สีเขียวอ่อน เนื้อ ละเอียด หินแอนดิไซติกทัฟฟ์ สีเทาอมเขียว หินแอนดิไซต์ เนื้อดอก สีเขียว เทาอมเขียว

อายุของหินภูเขาไฟชุดนี้ได้จากการเปรียบเทียบจากการวางตัวอยู่บนหินหมวดพระธาตุที่คอยม้าเต่า และถูกหินแกรนิตอายุในยุคปลายไทรแอสซิกแทรกตัวตัดผ่านหินชุดนี้

### 6.1.5 ธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structural Geology)

ลักษณะการวางตัวของชั้นหินในจังหวัดตากส่วนใหญ่จะวางตัวอยู่ในแนว NW-SE ถึง NNW-SSE บางบริเวณมีหินเปิดตัวในแนว NNE-SSW ซึ่งเป็นผลมาจากการแทรกตัวของหินแกรนิต และเกิดจากการ เคลื่อนไหวของเปลือกโลกหลายครั้ง

#### ก. โครงสร้างด้านตะวันตกและตอนกลาง

โครงสร้างที่สำคัญพื้นที่ด้านตะวันตกและตอนกลางของพื้นที่ศึกษา สมชาติ บริพัตร โภศล (2532) ได้รายงานไว้ ดังนี้

**ก.1 รอยชั้นไม่ต่อเนื่อง(unconformity)** พบรอยเลื่อนสัมผัส ที่สำคัญคือ รอยเลื่อนไม่ต่อเนื่อง ระหว่าง หินชุดแคมโบร-ออร์โดวิเซียน กับหินชุดไซลูเรียน-ดีโวเนียนทางด้านตะวันตกของแผนที่ระวางแม่ พริกและบ้านตาก ในแนว NS, ระหว่างหินชุดไซลูเรียน-ดีโวเนียน บริเวณคอนซัย กับหินลำปางชุดไทรแอสซิก บริเวณห้วยน้ำขาว แนว NW-SE, ระหว่างหินชุดกลางยุคเพอร์เมียน กับหมวดหินพระธาตุปลายยุค ไทรแอสซิก บริเวณห้วยน้ำขาว แนว NW-SE, ระหว่างหินชุดกลางยุคเพอร์เมียน กับหมวดหินพระธาตุปลายยุค ไทรแอสซิกตอนเหนือของระวางแม่พริก มีหินกรวดมน หินทราย หินทรายเนื้อทัฟฟ์ หินทรายแป้ง หินดินดาน วางตัวอยู่บนหินปูน

**ก.2 รอยเลื่อน (fault)** พบรอยเลื่อนในแนว NW-SE, NE-SW, NS ที่สำคัญ ได้แก่ รอยเลื่อนลานสาง ทำให้หิน ปริแคมเบรียน มาสัมผัสกับหินชุดพาลีโอโซอิก-ไทรแอสซิก, รอยเลื่อนเขื่อนภูมิพล แนว NS หิน แคมโบร-ออร์โดวิเซียน กับหินชุดไซลูเรียน-ดีโวเนียน, รอยเลื่อนห้วยห้า แนว NW-SE ระวางแม่พริก หิน ควอตซ์ไซต์ หินควอตซ์-ซิสต์ กลุ่มหินคอนซัย ชุดไซลูเรียน-ดีโวเนียน, รอยเลื่อนคอยसान-คอยตาจี แนว NE-SW เกิดในหินฮอร์นเบลนด์แกรนิต กับไบโอไทต์แกรนิต อำเภอแม่พริก และรอยเลื่อนห้วยป่าเป้า คอย กิวคอด-ขุนห้วยปง แนว NW-SE เกิดในหินฮอร์นเบลนด์แกรนิต ระวางอำเภอแม่พริก

**ก.3 รอยแยก (joint)** สำหรับรอยแยก (fracture หรือ joint) ที่พบในหินแกรนิตที่สำคัญมี 2 แนวคือ แนวเหนือใต้ และแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีมุมเอียงเทประมาณ 40-75 องศา

**ก.4 รอยคดโค้ง (fold)** ส่วนใหญ่พบรอยคดโค้งชนิดพลิกกลับ (overturned fold) โดยเฉพาะในหินชุดพรีแคมเบรียน ในแถบบริเวณลานสาาง

#### **ข. โครงสร้างด้านตะวันออก**

ส่วนธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่ศึกษาด้านตะวันออก วิทยา ธรรมคุชฎี และสมชาย ชิตมณี (2530) ได้รายงานว่าในระวางแผนที่บ้านโป่งแดง บ้านห้วยริน พบโครงสร้างที่สำคัญได้แก่

**ข.1 รอยคดโค้ง** มักพบในหินช่วงอายุคาร์บอนิเฟอรัสมักถูกทำให้เปลี่ยนรูปร่างอย่างรุนแรง (deform) โดยเฉพาะหินในจำพวกหินฟิลไลต์และหินซิสต์ ปรากฏให้เห็นในหลายบริเวณ โดยเฉพาะทางตะวันออกของบ้านโป่งแดง ส่วนใหญ่เป็นรอยเอียงเบน (inclined) และรอยคดโค้งพลิกกลับ ลักษณะเป็นแบบ close folds และ tight folds ประปนกันไปตามรอยแกน (axial trace) มักอยู่ในทิศทาง NW-SE หรือเกือบ N-S

**ข.2 รอยเลื่อน** ส่วนใหญ่อยู่ในทิศทาง NW-SW และ N-S ส่วนมากเป็นรอยเลื่อนปกติ (normal fault) ทำให้เกิดลักษณะของแอ่งแคบ ๆ ในช่วงอายุพาลีโอโซอิกมักมีการเกิดรอยเลื่อนมากมาย และทำให้เกิดการแปรสภาพเฉพาะที่ (contact metamorphism) เสมอ ๆ รอยเลื่อนใหม่ ๆ มักทำให้เกิดแหล่งแร่ในหลายบริเวณด้วย

**ข.3 รอยแยก** รอยแยกในหินในพื้นที่ทางฝั่งตะวันออกมักเกิดขึ้นในหลายทิศทาง และส่วนใหญ่สัมพันธ์กับรอยเลื่อนใหญ่ด้วย

## **6.2 การสำรวจธรณีวิทยาแกรนิต**

เนื่องจากจังหวัดตาก และสุโขทัยเป็นจังหวัดที่มีการทำเหมืองแร่เฟลสปาร์ และเหมืองหินแกรนิตมาก คณะผู้วิจัยจึงเน้นการสำรวจในสนาม และรวบรวมข้อมูลด้านนี้มากเป็นพิเศษ พื้นที่ศึกษาในบริเวณแถบ จังหวัดตาก-สุโขทัย สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ (ดังรูป 6.2-1) คือ แนวตะวันออก แนวตะวันตก และแนวกลาง เนื่องจากมีสภาพทางธรณีวิทยา และธรณีวิทยาแหล่งแร่ที่แตกต่างกัน และมีลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา ส่วนใหญ่วางตัวตามแนวเหนือ-ใต้ โดยในพื้นที่แนวกลางนี้แบ่งออกเป็น แนวกลางตอนเหนือ และแนวกลางตอนใต้ รายละเอียดที่เกี่ยวกับธรณีวิทยาของแต่ละแนว ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้นำเอาข้อมูลจากการรวบรวมเอกสาร จากการศึกษาในภาคสนามของคณะผู้วิจัย และจากการศึกษาการแปรผลการบินสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ประกอบ สำหรับพื้นที่ศึกษาแต่ละบริเวณ พอสรุปได้ดังต่อไปนี้

คำอธิบายสำหรับพื้นที่ศึกษาตอนบน

	FORMATION	GROUP	AGE	
Q	River gravel, sand, silt, clay and mud		RECENT	QUATERNARY
Q <sub>1</sub>	Terrace gravel, sand, silt and clay	MAB THANG	HOLOCENE PLEISTOCENE	
UNCONFORMITY				
T	Conglomerate, sandstone, shale, with carbonaceous shale and lignite, limestone	MAB MO	PLIOCENE MIOCENE	TERTIARY
UNCONFORMITY				
R <sub>3</sub>	Shale, sandstone, tuffaceous sandstone and conglomerate	HONG HOI	LAMPANG	TRIASSIC
R <sub>2</sub>	Limestone, with interbedded calcareous shale	PRA KAN		
R <sub>1</sub>	Conglomerate, sandstone; tuffaceous sandstone; shale; with calcareous shale and limestone lenses	PHRA THAT		
UNCONFORMITY				
PR	Rhyolite, andesite, tuff, and agglomerate	VOLCANIC	TRIASSIC PERMIAN	
UNCONFORMITY				
P2	Limestone, massive to well-bedded with interbedded calcareous shale	PHA HUAT	RAT BURI	PERMIAN CARBONIFEROUS
CP	Undifferentiated sandstone, shale, chert, pebbly shale, tuff	UNDIFFERENTIATED		PERMIAN CARBONIFEROUS
C	Rhyolite, andesite, tuff, agglomerate; conglomerate, sandstone, shale, slate, chert beds, limestone			CARBONIFEROUS
UNCONFORMITY				
SD	Phyllite, quartzite, quartz-schist, chlorite-schist, with rhyolitic tuff and andesitic tuff	DONCHAI		SILURIAN DEVONIAN
O	Limestone; laminated, recrystallized, with interbedded dark gray calcareous shale	THUNG SONG		ORDOVICIAN
EO	Quartzite: massive and banded; quartz-schist	TARUTAO		ORDOVICIAN CAMBRIAN

คำอธิบายสำหรับพื้นที่ศึกษาตอนบน (ต่อ)

FORMATION	GROUP	AGE
<b>UNCONFORMITY</b>		
PE <sub>sk</sub>	Marble, schist, mica-schist, with quartzite and calc-silicate	} PRE-CAMBRIAN
PE <sub>gr</sub>	Biotite-microcline gneiss	
<b>IGNEOUS ROCKS</b>		
I <sub>gr</sub>	Leucogranite; muscovite-granite	CRETACEOUS
I <sub>r</sub>	Biotite-hornblende granite; porphyritic granite, pinkish granite, including quartz veins	TRIASSIC (?)
		} MESOZOIC

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

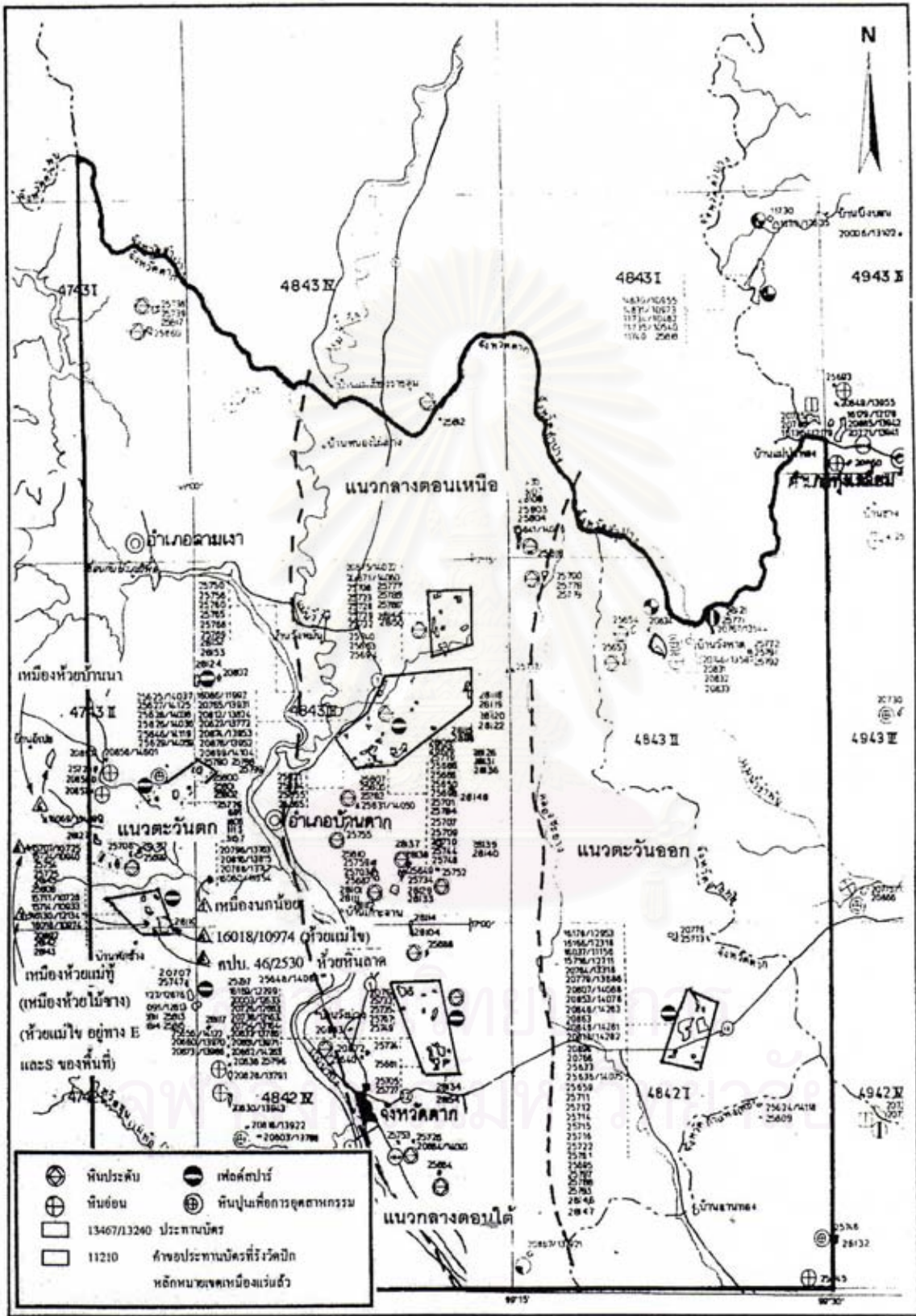
## คำอธิบายสำหรับพื้นที่ศึกษาตอนล่าง

	FORMATION GROUP	AGE	
<b>Q</b> Alluvial sand, silt, clay of Recent flood plain and lacustrine deposits		HOLOCENE	} QUARTERARY
<b>Q<sub>1</sub></b> Terrace gravel, sand , silt, laterite and lateritic soil		PLEISTOCENE	
<b>T</b> Moderately consolidated conglomerate, poorly bedded sandstone, and mudstone	LANSAND GRAVEL	TERTIARY	
<b>UNCONFORMITY</b>			
<b>M<sub>z</sub></b> Mostly brown sandstone, quartz sandstone reddish brown shale and mudstone ; also basal conglomerate	KHAO DAENO	LOWER JURASSIC (7)	} CENOZOIC
<b>TRJ</b> Volcanic complexes; rhyolite and Andesite flows, tuff, minor agglomerate and dike rocks	KHAO KHAEW VOLCANICS	LOWER JURASSIC UPPER TRIASSIC	
<b>TRU</b> Mainly red conglomerate, red sandstone, less common mudstone and thin bedded limestone in higher part	UM YOM LAMPANG	TRIASSIC	
<b>UNCONFORMITY</b>			
<b>P</b> Light grey massive and bedded limestones, tuffaceous sandstone, argillite, also red	MAE THO	MIDDLE-LOWER PERMIAN	MESOZOIC
<b>UNCONFORMITY</b>			
<b>C3</b> Mainly rhyolitic agglomerate, minor tuff, breccia and volcanic conglomerate	KHAO LUANG PYROCLASTICS		} PALEOZOIC
<b>C2</b> Greenish grey shale, sandstone and conglomerate; red sandstone, quartz conglomerate quartz sandstone, red shale, brownish grey shale	LAN HOI MAE THA	CARBONIFEROUS	
<b>C1</b> Mainly andesitic agglomerate; minor tuff, breccia and volcanic conglomerate	KHAO KHIMA PYROCLASTICS		

คำอธิบายสำหรับพื้นที่ศึกษาตอนล่าง (ต่อ)

	FORMATION GROUP	AGE
<b>UNCONFORMITY</b>		
SD	Phyllite, phyllitic tuff, quartz-feldspathic tuff, argillites and greywackes, and marbles	KHAO KHIEIO
SD <sub>m</sub>	Mainly white, grey, and massive to poorly bedded marbles	KHAO SAWANG MARBLES
SD <sub>c</sub>	Bedded to well bedded cherts with Phyllitic tuff	KHANU CHERTS
<b>UNCONFORMITY</b>		
O	Mainly argillaceous limestone, less common shale, and sandstone	THUNG SONG
C	Bedded and massive quartz sandstone arkosic sandstone	PONG NAMRON SANDSTONE
P <sub>Z</sub>	Banded quartzite, quartz mica schist with also green schist	
<b>UNCONFORMITY</b>		
PE	Methamorphic, complexes; augen gneiss, granite gneiss, biotite- microcline gneiss, quartz- feldspathic gneiss, biotite schist, banded quartzite, calc silicate rocks and marbles;	LANSANG GNEISSIC COMPLEXES
gr	Granites, granodiorite, diorite; minor undifferentiated andesite, rhyolite and quartz-feldspathic dikes, muscovite-hornblende granite (feldspar-rich)	TAK GRANITTES
i	Intrusive Complexs : ส่วนใหญ่ได้แก่ Granodiorite, diorite และ หินผสม (hybrid rocks)	HUAI MAINGAM INTRUSIVES

PALEEOZOIC



รูป 6.2-1 การแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็นแนวตามแนวเหนือ-ใต้ ตามลักษณะทางธรณีวิทยา



### ก. แนวตะวันออก (Eastern Zone)

แนวนี้อยู่ทางตะวันออกสุด ของพื้นที่จังหวัดตากติดกับสุโขทัย ได้ทำการสำรวจรายละเอียดเพิ่มเติม ใน 2 บริเวณ ดังรูป 6.2-2 ในระวางแผนที่ 1:50,000 ระวางบ้านน้ำดิบ 4842 I และบ้านโป่งแดง 4843 II บริเวณสำรวจ E1 และซึ่งอยู่ระหว่างทางหลวงหมายเลข 12 (ตาก-สุโขทัย) บริเวณบ้านน้ำดิบ และบ้านวัง ประจบ ซึ่งส่วนใหญ่มีการทำเหมืองเฟลด์สปาร์อยู่แล้วในปัจจุบัน และบริเวณสำรวจ E2 ใกล้เขากระไดม้า สภาพธรณีวิทยาโดยทั่วไปปกคลุมด้วยหินตะกอน/หินแปรมหายุคพาเลโอโซอิก

รูป 6.2-3 แสดงสภาพธรณีวิทยา และการกระจายตัวและชุดหิน ในพื้นที่สำรวจ E1 บริเวณบ้านน้ำดิบ-บ้านวังประจบ จากข้อมูลของฝ่ายสำรวจของบริษัทพัฒนา จำกัด (Chaiyanetr, 1993) ได้ทำการสำรวจรายละเอียด และปรับปรุงโดย ปัญญา จารุศิริ (2539) โดยมีรายละเอียดดังนี้

หินที่พบในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียงมี 3 ชนิดคือ หินอัคนี หินตะกอนและหินแปร พื้นที่ศึกษาโดยทั่วไปพบหินแกรนิตเป็นหลัก ซึ่งแทรกคั่นเข้ามาในหินตะกอนและหินแปร ซึ่งมีอายุระหว่างไซลูเรียน-ดีโวเนียน คาร์บอนิเฟอรัส ไทรแอสซิกตอนบนถึงจูแรสซิกตอนล่าง นอกจากนี้ยังพบตะกอนอายุควอเตอร์นารี ซึ่งพบตามทางน้ำและเนินเขา หินเหล่านั้นถูกแบ่งออกเป็น

#### ก.1 หินตะกอนและหินแปร

##### หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน

หินอายุไซลูเรียน – ดีโวเนียน เป็นหินที่เก่าที่สุดในพื้นที่ และมีการกระจายตัวมากที่สุด ปรากฏอยู่ทั่วไปในพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยเฉพาะบริเวณตอนกลาง หินดังกล่าวจัดให้อยู่ในชุดเขาเขียว ในกลุ่มหินพรานกระต่าย หินชุดนี้ประกอบด้วยหินฟิลไลต์ หินแก้วภูเขาไฟ แร่ควอตซ์ และเฟลด์สปาร์มัน (quartz-feldspathic tuff) หินอะซิลไลต์ หรือหินดินแข็ง (agrillite) หินทรายเกรย์แวก (graywack sandstone) หินเชิร์ต และหินอ่อน (Chaiyanetr, 1993) ไม่พบหลักฐานของซากดึกดำบรรพ์ และมักถูกแทรกคั่นด้วยหินอัคนี

##### หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส

หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส อยู่ในชุดด่านลานหอย ของกลุ่มหินแม่ทา หินในชุดนี้ประกอบด้วย หินดินดานสีเทาเขียวและเทาน้ำตาล (หินดินดานสีเทาแกมเขียว หินดินดานสีเทาแกมน้ำตาล) หินดินดานสีแดง หินทรายสีแดง หินทรายแก้ว (quartz sandstone) และหินกรวดมนมีแร่ควอตซ์ปน (quartz conglomerate) (Bunopas, 1974)

## หินยุคควอเทอร์นารี

ตะกอนอายุควอเทอร์นารีเกิดจากการสะสมตัวบริเวณเชิงเขา (colluviums) ที่ราบตะกอนลำน้ำรูปพัด (alluvial fans) ที่ราบลุ่มน้ำ (flood plain) และลานตะพักธารน้ำ (terrace deposits) ซึ่งมีขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ โดยตะกอนธารน้ำ (alluvial deposit) ประกอบด้วยกรวดทรายแม่น้ำและดินเหนียว ซึ่งมักพบได้ตามทางน้ำ ส่วนลำตะพักเก่าและใหม่ (terrace หรือ old terrace deposits) มักพบกรวดท้องน้ำ (gravel bed) ของหินจำพวกควอร์ตซ์ไซต์ ควอตซ์เชิร์ต หินชนวน หินทราย และหินแกรนิตเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ลูกรังก็อาจพบได้ในบริเวณนี้เช่นกัน

### ก.2 หินแกรนิต & หินภูเขาไฟ

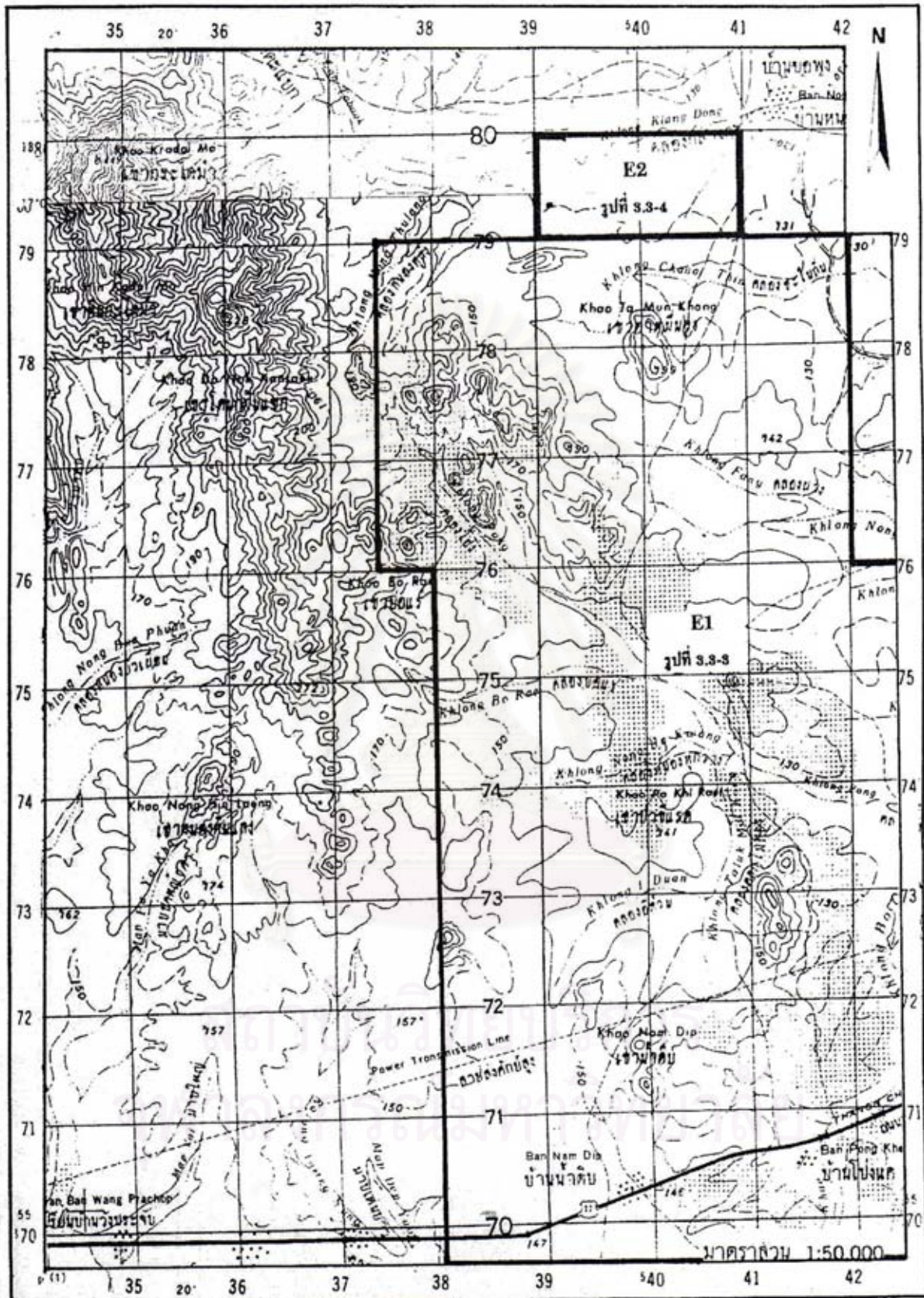
**หินแกรนิต** ส่วนมากเป็นชุดหินแกรนิตตะวันออก (Mahawat, 1982) ซึ่งพบอยู่ทั่วไปในพื้นที่ศึกษาและมีมากที่สุดในกลุ่มหินอัคนี ประกอบด้วยหินแกรนิต หินแกรโนไดโอไรต์ และหินไดโอไรต์ บริเวณส่วนขอบของหินอัคนีเหล่านี้ อาจมีการเรียงตัวของแร่เฟลด์สปาร์และไบโอไทต์หรือฮอนเบลนด์ การเรียงตัวอาจเกิดจากอิทธิพลของรอยเลื่อน ซึ่งมีหลายแนวถูกแทรกคั่นด้วยสายเพกมาไทต์และสายควอตซ์ หรืออาจเกิดจากการตกผลึกแข็งตัวไปตามรอยสัมผัสกับหินข้างเคียงได้

**หินภูเขาไฟ** ส่วนใหญ่ได้แก่ ตะกอนภูเขาไฟจำพวกเถ้าภูเขาไฟและเศษหินภูเขาไฟ พบมากทางตะวันตกของพื้นที่ ซึ่งประกอบด้วยหินแอนดีไซต์ และไรโอไลต์ กำหนดอายุเป็นยุคเป็น จูแรสซิก ไทรแอสซิก โดย Bunopas (1974) กำหนดให้เป็นกลุ่มหินภูเขาไฟเขาแก้ว (Kha Kaew Group)

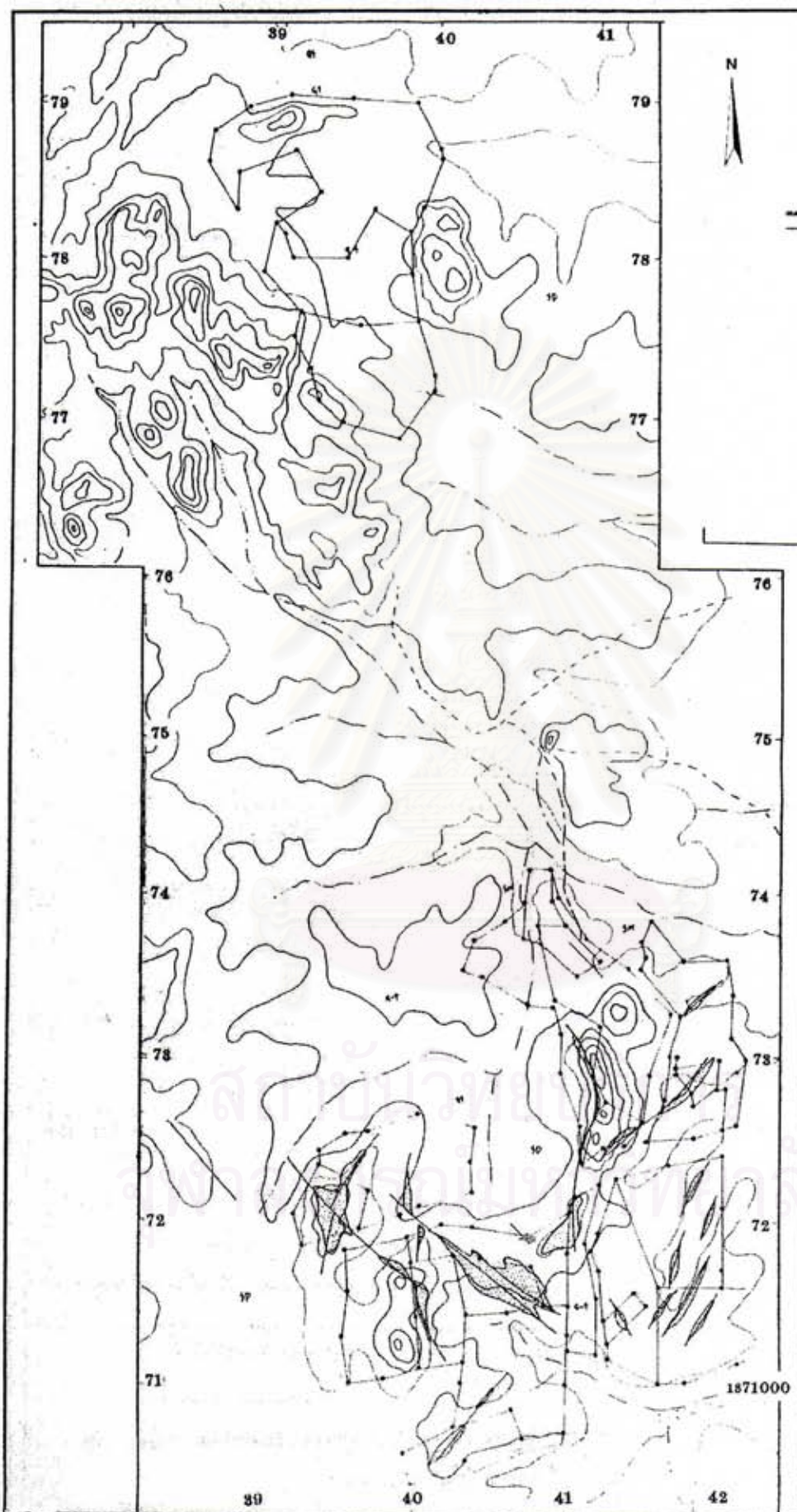
อนึ่ง สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการสำรวจธรณีวิทยาอย่างละเอียดและเก็บตัวอย่างหินเพิ่มเติมในพื้นที่ส่วนเหนือ ช่วงธันวาคม พ.ศ. 2538 บริเวณใกล้เขากระโดง (E2) และดำเนินการเก็บตัวอย่างหินเพิ่มเติม (กลุ่มตัวอย่าง NN) ดังแสดงสภาพทางธรณีวิทยาและตำแหน่งหินโผล่และจุดเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมในรูปที่ 6.2-4 พื้นที่สำรวจมีขนาด 2 ตารางกิโลเมตร อยู่ในเขตอำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก โดยพื้นที่ศึกษาอยู่ในตำแหน่งพิกัด 539000 E ถึง 541000 E และ 1879000 N ถึง 1880000 N ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

**ก.3 ลักษณะทางภูมิศาสตร์และธรณีวิทยา** ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา เป็นภูเขาเล็ก ๆ หรือที่ราบลูกคลื่นของหินแกรนิตซึ่งสามารถมองเห็นได้ชัดเจน โดยพื้นที่ศึกษาอยู่ในที่ระดับความสูงประมาณ 130-140 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง และพื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยดิน (top soil) หนาตั้งแต่ 1-5 เมตร หินแกรนิตที่โผล่ในบริเวณนี้มีน้อยมาก นอกจากบริเวณที่อยู่ในเหมือง จากการที่มีหินโผล่น้อย จึงแสดงเฉพาะตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างและภาพตัดขวางเท่านั้น (กลุ่มตัวอย่างหิน NN รูปที่ 6.2-4) เมื่อพิจารณาถึงแกรนิตและเฟลด์สปาร์ที่พบในพื้นที่ฝั่งตะวันออกที่พอจะสรุปขึ้นนตอนการเกิดเฟลด์สปาร์ที่เป็น โซเดียมได้อย่างคร่าว ๆ ดังนี้

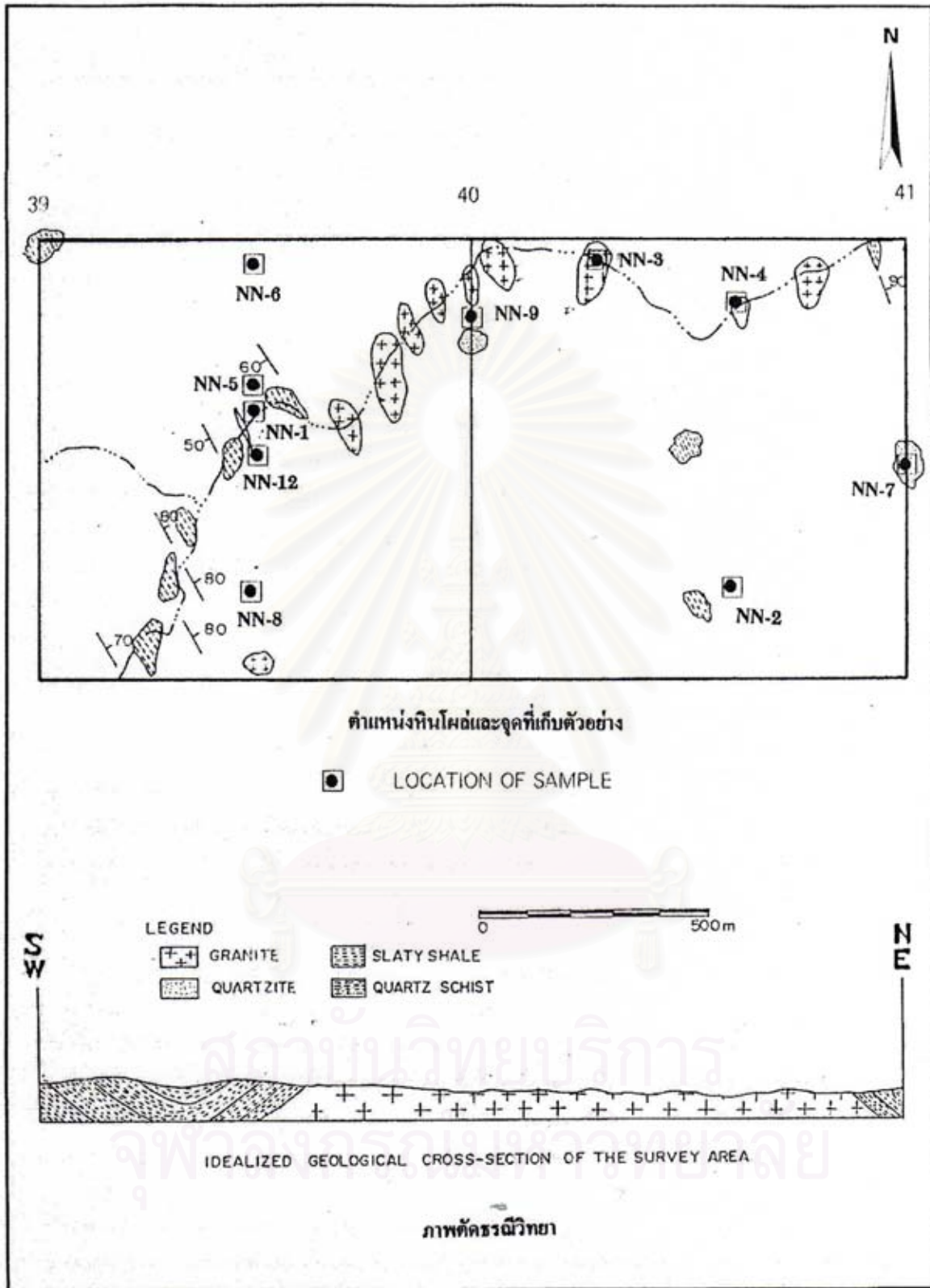
หินแกรนิตประเภทฮอนเบลนด์ไบโอไทต์ซึ่งต่อมาได้กลายสภาพไปเป็นหินไนส์ เนื่องจากอิทธิพลการเกิดรอยเลื่อน โดยได้หินที่เป็นสีขาวและสีค่อนข้างดำ ต่อจากนั้นรอยเลื่อนอาจมีการขยับตัวเป็นช่วง ๆ



รูป 6.2-2 แผนที่ภูมิประเทศแนวตะวันออก ของระวางแผนที่ 4842 I บ้านน้ำดิบ แสดงพื้นที่สำรวจและเก็บตัวอย่าง



รูป 6.2-3 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณบ้านวังประจวบ-น้ำดิบ (E1) แสดงการกระจายตัวของหินและอายุของหิน (ปรับปรุงจาก Chaiyantre, 1993)



รูป 6.2-4 แผนที่แสดงตำแหน่งหินโผล่และภาพตัดธรณีวิทยาในพื้นที่สำรวจ

ประกอบด้วยมีสายแร่จำพวกแอไพต์ (aplitic veins) แทรกเข้ามาจนได้เป็นลายถี่ ๆ (banding จำพวก finely laminated) เป็นผลทำให้แร่โซเดียมเฟลด์สปาร์เกิดขึ้นมาในชั้นนี้ และเข้าไปแปลงเปลี่ยนหินแกรนิตเดิม ขณะเดียวกันแร่สีเขียว ๆ ซึ่งเป็นแร่ฟลูโอไรท์ คงเกิดพร้อมกันในบางสายแร่แอไพต์ในชั้นนี้ หลักฐานที่ว่า พบรอยเลื่อนหลายครั้ง คือ การปรากฏของหินกรวดเหลี่ยมรอยเลื่อน (fault breccia) หลายทิศทางมากมาย และบางครั้งอาจพบสายแร่ซัลไฟด์ควอตซ์ แทรกเข้ามาในหินกรวดเหลี่ยมนี้ด้วย เข้าใจว่า สายแร่ซัลไฟด์อาจเป็นขั้นสุดท้ายของการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากเกิดเป็นสายแร่หลังสุด

#### ข. แนวกลาง (Central Zone)

แนวนี้แบ่งออกได้เป็น 2 แนวย่อย คือตอนเหนือและตอนใต้ โดยปกคลุมพื้นที่บริเวณ ตะวันออก และเหนือ ของจังหวัดตากและปรากฏอยู่ทางฝั่งด้านตะวันออกของทางหลวงหมายเลข 1 (ตาก-ลำปาง) อำเภอบ้านแม่สลิด จนถึงบริเวณห้วยน้ำขาว-ห้วยหินสองพี่น้อง (ห้วยแม่สลิด) ลักษณะทั่วไปแนวดังกล่าว ถูกปกคลุมด้วยหินแกรนิตเป็นส่วนใหญ่ เมื่อเทียบดูแล้วอยู่ในชุดหินแกรนิตแม่สลิด และชุดหินแกรนิตหลัก ด้านตะวันออก (Mahawat, 1982) รายละเอียดเกี่ยวกับสภาพพื้นที่และที่ตั้ง มีดังต่อไปนี้

**ข.1 แนวตอนกลางเหนือ** พื้นที่ศึกษา เป็นการสำรวจภาคสนามในพื้นที่ประมาณ 120 ตาราง กิโลเมตร ในเขตพื้นที่จังหวัดตาก แสดงอยู่ในแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ราว 4843 III อำเภอบ้านตาก บริเวณที่ 1 ด้านตะวันออกของคอยซ้อ ตำแหน่งพิกัดที่ 5268807 E 1898866 N (กลุ่มตัวอย่าง PD) บริเวณที่สองคือพื้นที่คอยปู่ทอง ตำแหน่งพิกัดที่ 523274 E 1904951 N (กลุ่มตัวอย่าง PT) บริเวณที่สามคือ ห้วยทราย พิกัดที่ 519943 E 1907386 N และบริเวณที่ 4 บริเวณหลังสถานีอนามัยแม่สลิด พิกัดที่ 513905 E 1895027 N (กลุ่มตัวอย่าง HS) ดังแผนที่รูป 6.2-5 และสภาพธรณีวิทยาและจุดเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมในรูปที่ 6.2-6 ผลการสรุปได้ดังนี้

ลักษณะทางภูมิศาสตร์และธรณีวิทยา สภาพทั่วไปของพื้นที่มีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบ มีลอนคลื่นไม่สูงมากนัก อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 180-220 เมตร และล้อมรอบอยู่ด้วยเขาสูง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิต เช่น คอยปู่ทอง คอยกู่ สูงประมาณ 523 และ 395 เมตร จากระดับน้ำทะเลตามลำดับ ภูเขา ด้านตะวันออกของบ้านแม่สลิดน้อยมีระดับสูงปานกลาง คือ ประมาณ 330 เมตรจากระดับน้ำทะเล การเข้าถึงพื้นที่ทำได้สะดวก เนื่องจากมีถนนลูกรังเข้าถึงได้ในบางแห่งเป็นถนนลาดยาง

จากการเข้าศึกษาในเขตพื้นที่ดังกล่าว พบว่าหินส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิต ซึ่งมีการจัดลำดับจากหินไดออไรต์และไซยไนต์ (syenite) ถึงมอนโซไนต์ (monzonite) ในบางแห่ง หินแกรนิตที่สดและไม่พบที่เหมืองของบริษัท ตานนาติกไนต์ เป็นพวก coarse-grained hornblende-biotite-equigranular granite บางครั้งพบเป็นลายดอก มีหินแปลกปลอม (xenolith) สีดำ (ขนาดเฉลี่ย 5 x 2 ซม.) อยู่บ้างไม่มาก และบางแห่งมีริ้วลายด้วย

ส่วนแกรนิตอีกแห่งที่ศึกษา คือที่คอยปู่ทอง โดยเฉพาะที่ บริษัทมุกหลวงหินอ่อนและแกรนิต โดยทั่วไปไม่ใช่หินแกรนิตจริง ๆ ที่เรียกกันตามท้องตลาด เนื่องจากมีแร่ควอตซ์น้อยมาก และมีความผุ

มากกว่า ของบริษัทลานนา ตลอดจนมีปานดำและมีหินแปรกลปอมจำพวกหินสการ์น (skarn) อยู่ด้วยมาก ขนาดใหญ่สุดประมาณ 20 x 25 ซม คิดว่าเป็นหินจำพวกไซอีไนต์หรือไซอีโนแกรนิต (syenogranite)จนถึง มอนโซไนต์มากกว่า บางแห่งพบการแปลงเปลี่ยน (alteration) เป็นแห้งๆหรือเป็นสาย โดยมีการแปลง เปลี่ยนแร่เดิมไปเป็นแร่เอพิโดต และแร่ คลอไรท์เป็นส่วนใหญ่ แต่แร่สีเข้ม (mafic mineral) เป็นจำพวก แร่ไบโอไทต์มากกว่าแร่ฮอร์นเบลนด์

อีกบริเวณคือที่ห้วยสาย หินที่นี้ก็ไม่ใช่หินแกรนิต แต่เป็นหินจำพวกไดโอไรท์ มีผลึกค่อนข้าง ละเอียดมากกว่าและแร่ควอตซ์พบอยู่น้อยมาก

**ข.2 แนวกลางตอนใต้** พื้นที่กลุ่มประทานบัตร เนื้อที่ประมาณ 50 ตารางกิโลเมตร ในเขตอำเภอเมือง ตาก จังหวัดตาก ในแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ระวังจังหวัดตาก ดังรูปที่ 6.2-7 ได้ดำเนินการ สํารวจพื้นที่และเก็บตัวอย่างหินเพิ่มเติมในแผนที่ธรณีวิทยาแสดงรูปที่ 6.2-8

2 บริเวณคือ ตอนเหนือของเขาแก้ว ที่พิกัด 5196761 E 1870072 N (กลุ่มตัวอย่าง KKD) และตอนใต้ของเขา แก้ว ในพื้นที่ประทานบัตร บริษัท เจ้าพระยาหินอ่อน ที่พิกัด 519000 E 1868974 (กลุ่มตัวอย่าง KKC) สรุป ได้ดังนี้

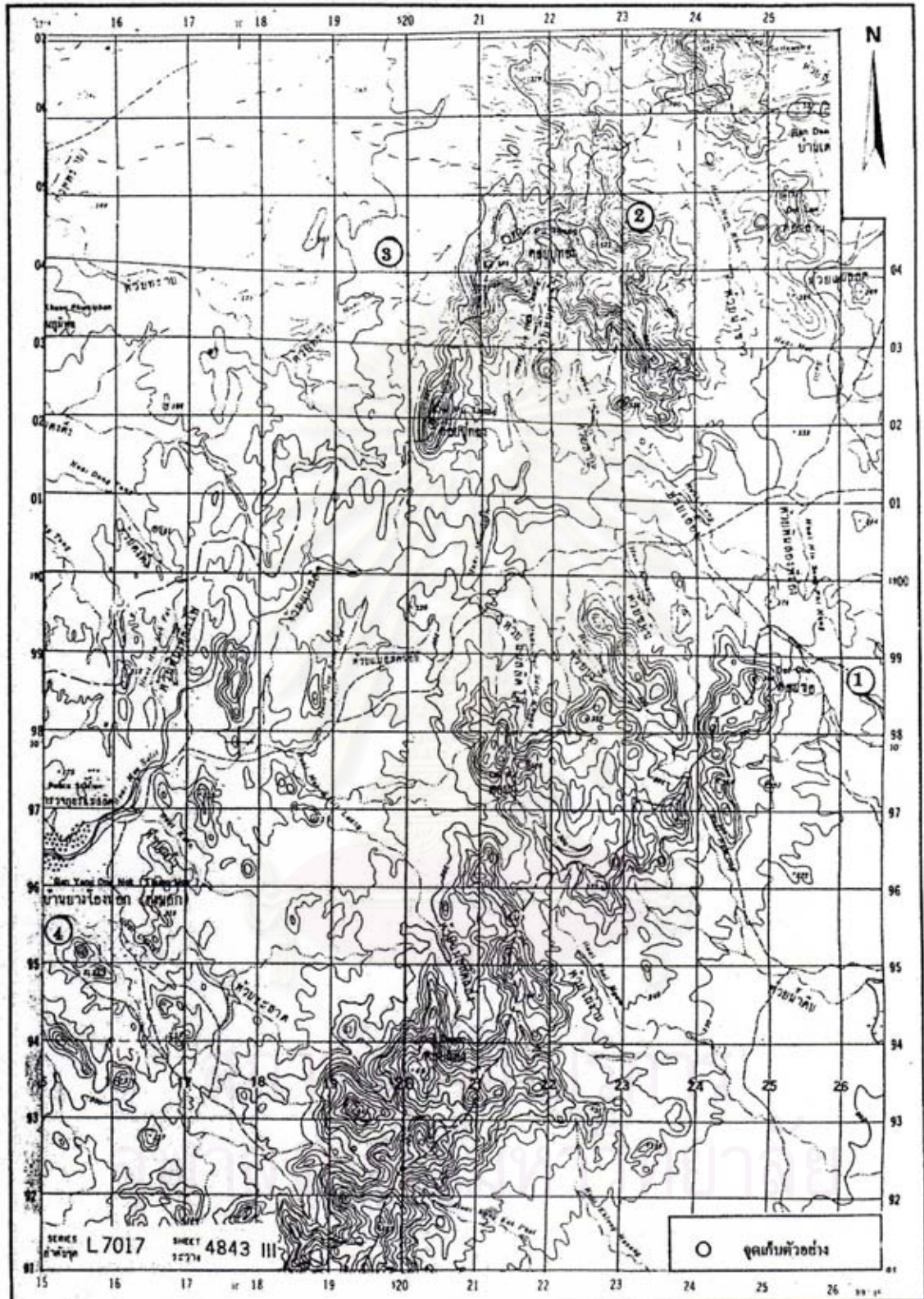
ลักษณะทางภูมิศาสตร์และธรณีวิทยา ลักษณะทางภูมิศาสตร์ เป็นภูเขาเดี่ยว ๆ สลับกับที่ราบ มีระดับ ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 150 เมตร ยอดเขาที่สูงที่สุดประมาณ 314 เมตร พื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุม ด้วยชั้นดินหนาประมาณ 1-5 เมตร

ธรณีวิทยาโดยละเอียด บริเวณแถบนี้ไม่ค่อยมีหิน โพลี และลักษณะทางธรณีวิทยาประกอบด้วย หินแกรนิตแกรโนไดโอไรต์เพียงชนิดเดียว ทางใต้ของเขาแก้วและที่บริษัท เจ้าพระยาหินอ่อน หินโดยทั่วไป สดและเป็นพวกแกรนิต ประเภทแกรนิตชมพู จำพวก coarse-grained hornblende-biotite equigranular granite ซึ่งเป็นลักษณะโดยทั่วไปของหินในบริเวณจังหวัดตาก ส่วนทางตอนเหนือของเขาแก้ว หินเป็นจำพวกแอ พลิต ซึ่งถูกสายแร่ที่ประกอบด้วย ควอร์ตซ-เฟลด์สปาร์-ทิวร์มาลิน ตัดตัวหินแอ พลิตเองขนาด 0.5 ถึง 1.0 เมตร ตัดเข้ามาในหินฮอร์น-

เบลนด์แกรนิต ถึงหินไดโอไรต์อีกที หินแอ พลิตวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ มีการเอียงเท 700

จากการศึกษาเป็นที่น่าสังเกตว่า หินไดโอไรต์ (และหินที่ไม่ใช่แกรนิตจริง) มักปรากฏให้เห็นใน บริเวณที่เป็นที่ราบมากกว่า ส่วนหินแกรนิต (จริง) มักพบในบริเวณที่เป็นเขาหรือเขาสูง ๆ ไปเลย ซึ่งเป็น กรณีเดียวกับที่พบที่เมืองเลย

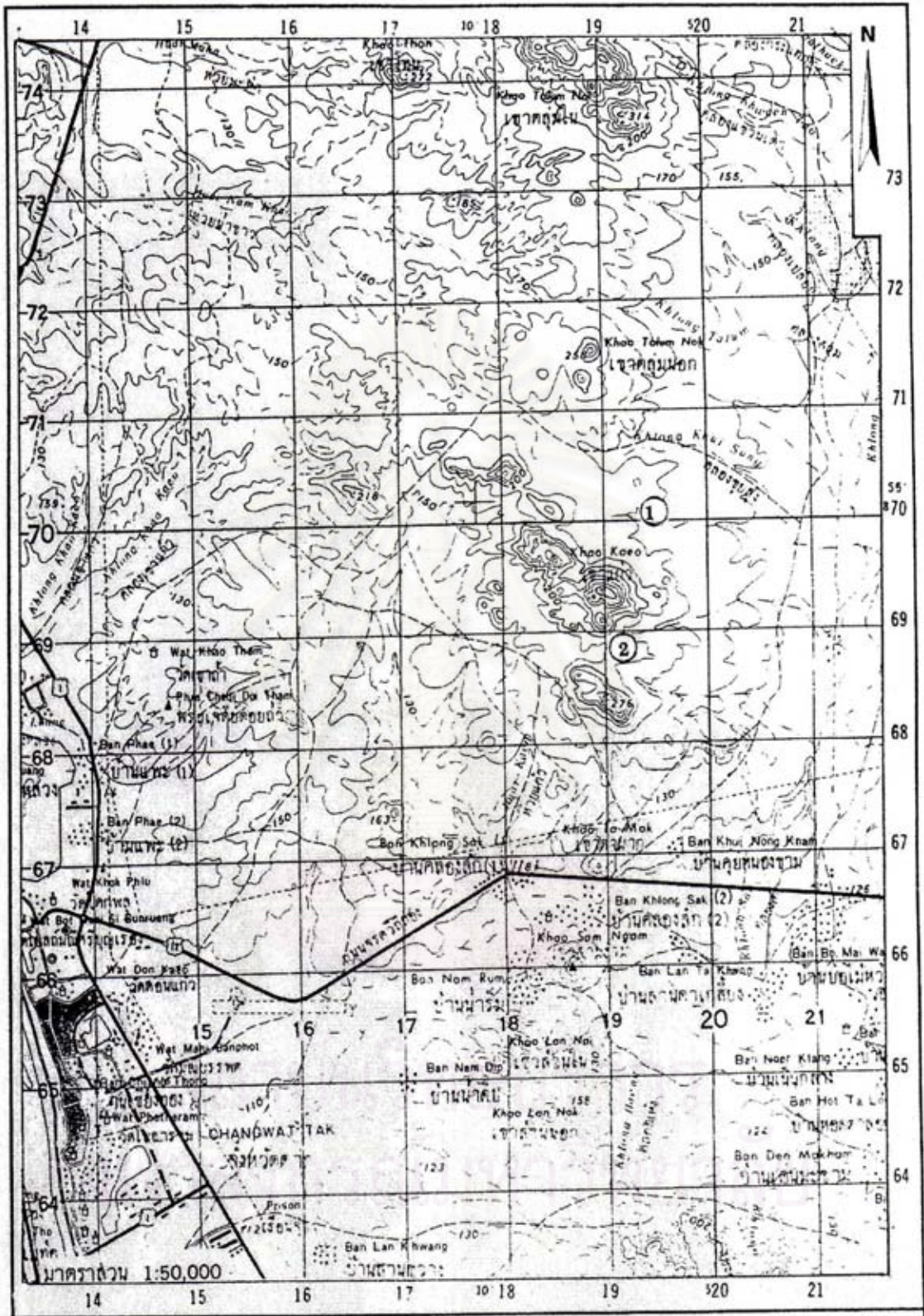
บริเวณที่สำรวจส่วนใหญ่เป็นบริเวณที่มีการเปิดเหมืองหินและแกรนิตเป็นส่วนใหญ่ การทำเหมือง เฟลด์สปาร์พบบ้างแต่ไม่เด่นชัดทำเหมืองแกรนิต



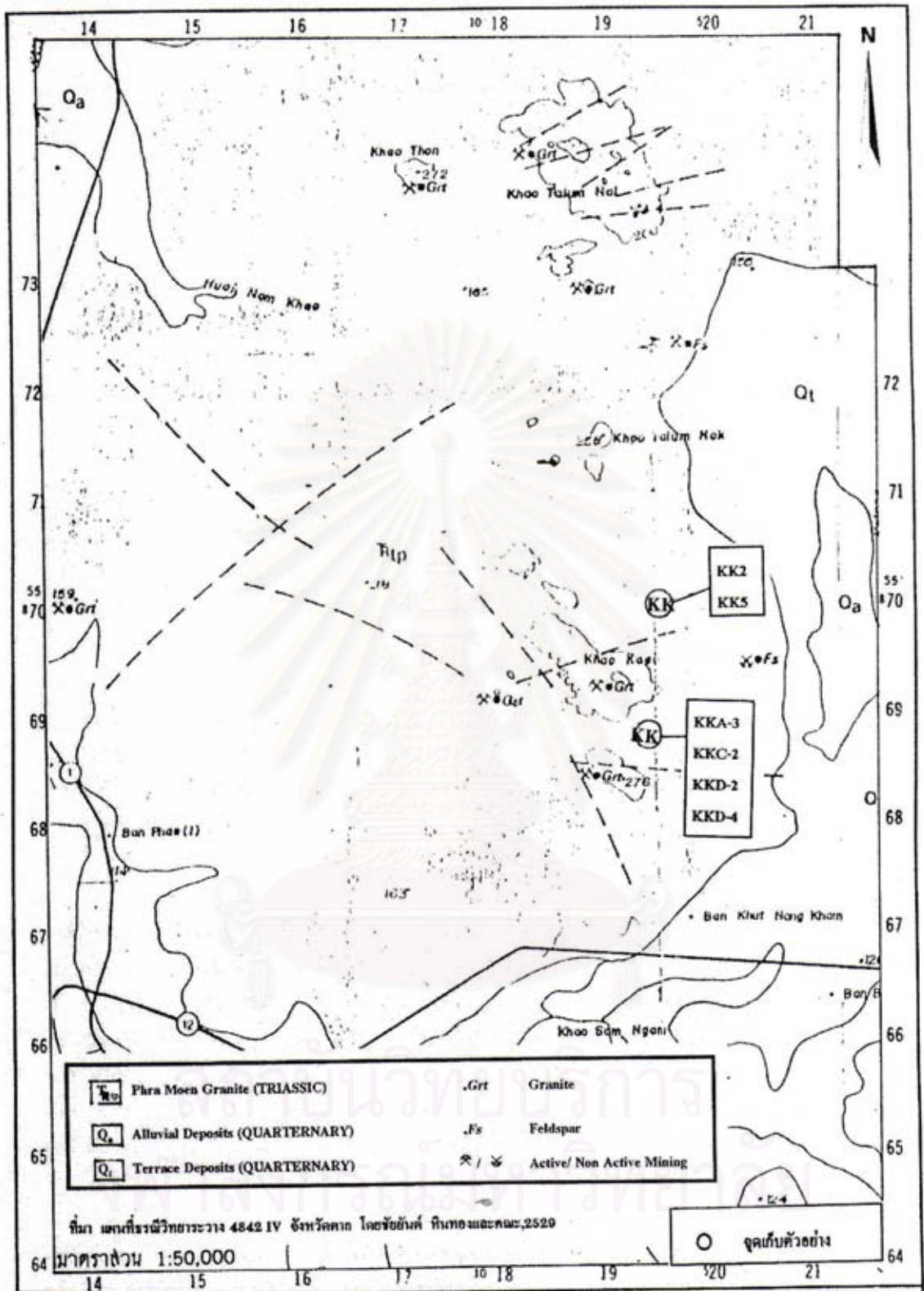
รูป 6.2-5 แผนที่ภูมิประเทศแนวกลางตอนเหนือ ของระวางแผนที่ 4843 III อำเภอตาก แสดงพื้นที่สำรวจ และเก็บตัวอย่าง (แต่ละช่องกริดจุดรัศมีเท่ากับ 1 กิโลเมตร)







รูป 6.2-7 แผนที่ภูมิประเทศแนวกลางตอนใต้ ของระวางแผนที่ 4842 IV จังหวัดตาก แสดงพื้นที่สำรวจและเก็บตัวอย่าง



รูป 6.2-8 แผนที่ธรณีวิทยาแสดงชนิดหินและการกระจายตัวของหิน บริเวณแนวกลางตอนใต้และบริเวณเก็บตัวอย่าง

## ค. แนวตะวันตก (Western Zone)

พื้นที่ศึกษา แนวนี้อยู่ทางตะวันตกของแม่น้ำปิง และตัวเมืองจังหวัดตาก บริเวณคอกยผาลาด คอยโล้น บ้านกระเหรียงห้วยพลู ตะวันตกของประเทศไทย ลักษณะภูมิประเทศ 1:50,000 ระวังเชื่อมภูมิพล แสดงในรูปที่ 6.2-9 และธรณีวิทยาและจุดเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมในรูปที่ 6.2-10 โดยทำการศึกษาสำรวจเพิ่มเติมใน 3 บริเวณคือ บริเวณคอยโล้น พิกัดที่ 496870 E 1887403 N บริเวณคอกยผาลาด พิกัดที่ 495765 E 1887388 N (กลุ่มตัวอย่าง PL) และบริเวณบ้านกระเหรียงห้วยพลู พิกัดที่ 491533 E 1887620 N (กลุ่มตัวอย่าง HP) สรุปได้ดังนี้

**ค.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์** ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูง ป่าชุ่มชื้น ทอดตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิต ระดับความสูงเฉลี่ยประมาณ 566 เมตร และสูงที่สุดในบริเวณนี้ คือคอยสัน แอ่นสูงถึง 1,498 เมตร จากระดับน้ำทะเล ความต่างระดับอยู่ในช่วงประมาณ 130 ถึง 400 เมตร ถนนสำคัญที่เข้าถึงพื้นที่คือ เส้นทางตาก-แม่ระมาด (ทางหลวงหมายเลข 1175) เหมืองที่พบส่วนใหญ่เป็นเหมืองหินประดับแกรนิต ตอนเหนือเป็นที่ราบลุ่มติดแม่น้ำปิง ซึ่งด้านทิศตะวันออกคือเชิงเขาสันแอ่น บริเวณบ้านท้องฟ้า เป็นที่ตั้งของเหมืองเฟลด์สปาร์

**ค.2 ลักษณะทางธรณีวิทยา** บริเวณที่ศึกษาประกอบด้วยหินแกรนิตเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งโดยมากเป็นหินแกรนิตลายดอก ซึ่งส่วนใหญ่แร่ดอก ได้แก่ แร่เฟลด์สปาร์จำพวกออร์โทเคลส และไมโครไคลน์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า มีสัดส่วนของแร่ออร์โทเคลสมากกว่า (อัตราส่วน 10:1) การเรียงตัวของแร่ดอก พบอยู่บ้างแต่ไม่ชัดเจนและพบไม่มากนัก แสดงว่าอาจอยู่ห่างจากแนวสัมผัสหินข้างเคียง สายแร่จำพวกควอตซ์และเพกมาไทต์ พบบ้างมีขนาดเล็กและสั้น ขนาดใหญ่ที่สุดประมาณ 8 ซม. และโดยเฉลี่ยประมาณ 2-4 ซม.

บริเวณคอกยผาลาดหินแกรนิตที่ศึกษาเป็นพวกลูโคแกรนิตหรือแกรนิตขาว มีหินแปรกล่อมของหิน แคล-ซิลิเกต (calc-silicate) และกระจุกแร่ไบโอไทต์และหินควอตซ์ ส่วนใหญ่หินแปรกล่อมมีขนาดประมาณ 4x2 ซม. ขนาดใหญ่สุดเป็นพวกหินแคล-ซิลิเกต ขนาดประมาณ 6x10 ซม. หลายบริเวณจะถูกตัดด้วยเพกมาไทต์ ขนาดความหนา 2-6 ซม. ซึ่งหินเพกมาไทต์ เหล่านี้จะถูกตัดด้วยสายแร่มีสโคไวต์ควอตซ์ อีกทีหรืออาจถูกหินไกรเซน (greisen) ตัดก็ได้ ในบางแห่งพบว่าหินแกรนิตขาวนี้มีหินแปรกล่อมจำพวก stressed granite (เป็นพวกแร่ไบโอไทต์เป็นส่วนใหญ่) ขนาดประมาณ 5x10 ซม. อยู่ด้วย นอกจากนั้นบริเวณคอกยผาลาดนี้ยังพบรอยเลื่อนขนาดเล็กวางตัวอยู่ในแนวเหนือใต้ มีระนาบเอียงเทไปทางทิศตะวันออกประมาณ 60° ส่วนอีกแนวประมาณตะวันตกเฉียงเหนือมีมุมเอียงเทประมาณ 45° ซึ่งบางแนวมีแร่การ์เนต (garnet) แร่ควอตซ์ และแร่มีสโคไวต์เข้ามาแทรก

ส่วนในบริเวณคอยโล้นและบริเวณอ่างเก็บน้ำบางใหญ่ หินแกรนิตที่สำรวจเป็นพวกเนื้อละเอียดถึงละเอียดปานกลาง หินแกรนิตกลุ่มไบโอไทต์-มีสโคไวต์ ซึ่งจะพบแร่การ์เนตเป็นแร่รองบ้างในหินจำพวกหินแกรนิตเนื้อละเอียด และมีแร่เพกมาไทต์ ซึ่งประกอบด้วย แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และแร่ควอตซ์ ตัดเข้ามา โดยที่สายแร่เพกมาไทต์เหล่านี้วางตัวในแนวตะวันตก-ตะวันออก จนถึงเกือบตะวันออกเฉียงเหนือ ขนาดหินเพกมาไทต์ ประมาณ 1.5-5 ซม.

อีกจุดสำรวจหนึ่งใกล้บ้านกะเหรี่ยงห้วยพลู ลักษณะของหินแกรนิตขาวบริเวณนี้คล้ายกับที่พบที่อ่างเก็บน้ำบางใหญ่ และเข้าใจว่าน่าจะเป็นเฟส (phase) หรือแปรคั่นคือประกอบด้วยแร่คาร์เนต-ไบโอไทต์-มัสโคไวต์ และมีเนื้อละเอียดแบบเดียวกัน

### 6.3 แหล่งแร่เฟลด์สปาร์

ด้วยเพราะแหล่งแร่เฟลด์สปาร์ มักมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับหินแกรนิต และมีการตกผลึกลำดับส่วนจากหินแกรนิต (granite differentiation) และมีหินสลดโคล่มากในแถบเหมือง จึงจำเป็นต้องศึกษาจากข้อมูลด้านแร่วิทยา จากข้อมูลประทานบัตรแหล่งแร่ของกรมทรัพยากรธรณี ข้อมูลการกระจายตัวของแหล่งแร่ซึ่งเป็นผลมาจากการวิเคราะห์ครั้งนี้ และผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ การประมาณแนวหรือแนวแร่เฟลด์สปาร์ชนิดต่างๆ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แนว แนวดังกล่าววางตัวในแนวเหนือ-ใต้ โดยประมาณ ดังรูปที่ 6.2-11

#### 6.3.1 แนวแร่เฟลด์สปาร์ (Feldspar Zone)

จากการศึกษาพบว่าแหล่งแร่เฟลด์สปาร์ของตาก-สุโขทัย แบ่งเป็น 3 แนว โดยอาศัยลักษณะทางแร่และสมบัติทางเคมี คือ

ก. **แนวโพแทสเซียม (Potassium Zone)** แนวนี้กระจายตัวอยู่ในหินแกรนิตของชุดหินแกรนิตตากและชุดหินแกรนิตหลักด้านตะวันตก โดยมากอยู่ในทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำปิง มีอาณาเขต ทิศตะวันตกจรดวนอุทยานลานสาง ซึ่งขนานด้วยรอยเลื่อนติดกับหินไนส์ชีสต์ ในยุคพรีแคมเบรียน ส่วนทางด้านตะวันออกติดกับแม่น้ำปิง (ประมาณ  $99^{\circ} 05'$ ) จากข้อมูลที่กล่าวมาแล้วทำให้ทราบว่าแร่โพแทสเซียมมักพบในสายแร่เพกมาไทต์เป็นส่วนใหญ่

ข. **แนวกระเทย (Potassium-Sodium Zone)** แนวนี้กระจายตัวอยู่ในหินแกรนิตคล้าย ๆ กับแนวโพแทสเซียมซึ่งอยู่ทางฝั่งด้านตะวันออกของแม่น้ำปิง และแพร่กระจายเป็นบริเวณกว้างไปจนถึงลุ่มน้ำชะยาง (ไหลแนวเหนือ-ใต้) ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างจังหวัดตากกับสุโขทัยและกำแพงเพชร (ประมาณ  $99^{\circ} 16'$ ) แร่ที่พบอาจเป็นจากสายแร่เพกมาไทต์สำหรับแร่โพแทสเซียม และอาจมาจากหินแกรนิตขาว ซึ่งแปลงเปลี่ยนเนื่องจากน้ำยาร้อน (hydrothermal solution) ของหินแกรนิต สำหรับแร่โซเดียม ซึ่งทั้งสองแร่อาจอยู่ที่เดียวกันหรือคั่นในมวลหินแกรนิตอันเดียวกันก็ได้ ทำให้ได้แร่เฟลด์สปาร์ชนิดกะเทยในที่สุด

ค. **แนวโซเดียม (Sodium Zone)** แหล่งแร่เฟลด์สปาร์ในแนวนี้ โดยทั่วไปมักเป็นโซเดียมเฟลด์สปาร์เป็นส่วนใหญ่ และกำเนิดมักมาจากหินลูโค แกรนิต-โพแทสเซียมหรือสายเพกมาไทต์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นชนิดกราฟฟิเคเพกมาไทต์ (graphic pematite) โดยทั่วไปในบริเวณแถบนี้ให้โซเดียมมากกว่าโพแทสเซียม หรือในปริมาณที่พอ ๆ กัน ซึ่งเข้าใจว่าคงเกิดจากการแปลงเปลี่ยนจากหินแกรนิต โดยเฉพาะที่อยู่ในชุดหินแกรนิต









ตะวันออก ซึ่งแทรกด้วยหินตะกอนยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน และยุคคาร์บอนิเฟอรัส การกระจายตัวของแนวนี้ นับจากกลุ่มน้ำชะยางมาทางทิศตะวันออกเข้าไปในบริเวณจังหวัดสุโขทัยและกำแพงเพชร

แหล่งแร่เฟลด์สปาร์ของจังหวัดตาก เคยมีความสำคัญมากเมื่อ พ.ศ. 2539 เพราะมีมากมายถึง 34 เหมือง ส่วนใหญ่เป็นเหมืองเปิดดำเนินการ จำนวน 20 เหมือง และเหมืองซึ่งหยุดกิจการ (ชั่วคราว/ถาวร) แต่ยังมี 14 เหมือง นอกจากนี้ยังมีคำขอประทานบัตรแร่เฟลด์สปาร์ จำนวน 22 แปลง, อาชญาบัตรผูกขาดสำรวจแร่เฟลด์สปาร์ จำนวน 10 แปลง และคำขออาชญาบัตรผูกขาดสำรวจแร่เฟลด์สปาร์ จำนวน 4 แปลง

### 6.3.2 การกระจายตัวของแร่เฟลด์สปาร์ (Feldspar Distribution)

การกระจายตัวของแหล่งแร่โดยทั่วไปอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ และเกิดเป็นบริเวณกว้าง โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มแหล่งแร่บ้านวังหาด, กลุ่มแหล่งแร่บ้านน้ำดิบ-วังประจบ, กลุ่มแหล่งแร่คลองน้ำขาว-น้ำรีม, กลุ่มแหล่งแร่บ้านแม่สลิดน้อย และกลุ่มแหล่งแร่บ้านท้องฟ้า

แหล่งแร่เฟลด์สปาร์ 3 กลุ่มแรก อยู่ทางฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิง ซึ่งเป็นแหล่งที่ผลิตแร่เฟลด์สปาร์ชนิดโซเดียมเป็นส่วนใหญ่ ตัวแหล่งแร่เกิดปะปนอยู่ในหินแกรนิตขาว แหล่งแร่กลุ่มที่ 4 อยู่ตอนกลางของพื้นที่ศึกษา ส่วนแหล่งแร่เฟลด์สปาร์กลุ่มที่ 5 อยู่ทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำปิงเป็นแหล่งแร่เฟลด์สปาร์ชนิดที่ให้แร่โพแทสเซียม ซึ่งพบเห็นอยู่ในสายแร่เพกมาไทต์ของจังหวัดตาก กลุ่มแร่บ้านวังหาด ไม่ค่อยมีข้อมูลมากเท่าใด เนื่องจากการเข้าถึงพื้นที่ทำได้ยาก แต่จากการศึกษาคร่าว ๆ กลุ่มแร่วังหาดไม่เคยมีการเปิดเหมืองผลิตทำแร่เฟลด์สปาร์เลย

ก. กลุ่มแร่บ้านวังหาด กลุ่มใหญ่ของแหล่งแร่ที่มีการขออาชญาบัตรและประทานบัตรบ้านวังหาด อยู่บริเวณละติจูด  $99^{\circ} 23'$  ถึง  $99^{\circ} 24'$  และลองจิจูด  $17^{\circ} 11'$  ถึง  $17^{\circ} 12'$  อยู่ในบริเวณแถบอำเภอด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย ลักษณะสภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นเขาเตี้ย ๆ ไม่สูงนัก ขนาดความสูงของเนินเขาไม่เกิน 100 เมตร จากพื้นราบ สำหรับสภาพธรณีวิทยา หินส่วนใหญ่เป็นพวกหินทรายแป้ง จนถึงหินทรายแป้งแปรสภาพ (metasiltstone) อาจมี หินฮอร์นเฟลด์ (hornfels) อยู่บ้างและแสดงลักษณะชั้นตะกอนบาง ๆ ก่อนข้างชัดเจนในบางแห่งแสดงลักษณะการคดโค้งโค้งงออยู่บ้าง สีหินมีตั้งแต่สีเทาปนน้ำตาลจนถึงเทาปนเหลือง ลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไป หินวางตัวอยู่ในแนวเกือบตะวันออกเฉียงใต้ มีรอยแตกถี่ ๆ ทั้งที่ขนานกับชั้นหินและขวางชั้นหิน (ประมาณทิศเหนือหรือ  $185^{\circ}/20^{\circ}$ ) รอยแตกบางแนว(ประมาณเกือบเหนือ-ใต้ หรือ  $160^{\circ}/35^{\circ}$ ) แสดงลักษณะของรอยแตกเปิดอ้า (extension fracture) เนื่องจากแร่ควอตซ์มีลักษณะเป็นเส้นใยขวางอยู่ เข้าใจว่าโพแทสเซียมไม่ซึมมาจากแร่เฟลด์สปาร์ แต่น่าจะมาจากแร่ดินเป็นส่วนใหญ่ เป็นที่น่าสังเกตว่าในบริเวณแหล่งวังหาดนี้มีการขุดหลุมทดลองเพื่อเอาแร่ออกเหมือนกัน และเท่าที่ทำการศึกษาคงจะไม่พบสายแร่เฟลด์สปาร์ เนื่องจากลักษณะทางธรณีวิทยาไม่เหมาะต่อการเกิดแร่เฟลด์สปาร์ที่อยู่ในสายแร่ แต่ยังไม่มีการทำเหมืองแร่ชนิดที่ได้มาตรฐานแต่อย่างใด อย่างไรก็ตาม การคาดการณ์ปริมาณสำรองแร่เฟลด์สปาร์คงจะไม่เกิน 1,000 ตัน ซึ่งนับว่าน้อยมากต่อการเปิดเหมืองถาวร

**ข. แหล่งแร่บ้านน้ำดิบ-วังประจบ** กลุ่มแหล่งแร่เฟลด์สปาร์บ้านน้ำดิบ อยู่ในท้องที่ตำบล

วังประจบ และตำบลน้ำริน อำเภอเมือง จังหวัดตาก และบางส่วนในอำเภอด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย ตั้งอยู่ประมาณละติจูด  $99^{\circ} 23'$  ถึง  $99^{\circ} 25'$  และลองจิจูด  $16^{\circ} 54'$  ถึง  $16^{\circ} 56'$  ประกอบด้วยเหมืองแร่เปิดการ 11 เหมือง เหมืองแร่หุตุการ 4 เหมือง เหมืองแร่เฟลด์สปาร์ซึ่งเปิดการที่สำคัญ ๆ มี 6 เหมือง ได้แก่ เหมืองนำแสงการเกษตร ของบริษัทสินธน์ จำกัด, เหมืองของบริษัท พงศ์เอราวัณ จำกัด, เหมืองร่มเย็น ของบริษัท สินธน์ จำกัด, เหมืองบ้านทรัพย์สมบูรณ์ และเหมืองเทพอุทิศธุรกิจ

จากการศึกษาพบว่าเหมืองแร่ที่หุตุการส่วนใหญ่เนื่องมาจากแร่มีเกรดหรือคุณภาพต่ำและแหล่งแร่มีขนาดเล็กตลอดจนทำแร่ไม่ได้มาตรฐานหรือถูกต้องตามกรรมวิธีที่ดี

หินในบริเวณกลุ่มแหล่งแร่เฟลด์สปาร์บ้านน้ำดิบ เป็นหินไบโอไทต์แกรนิต เนื้อขนาดปานกลางถึงหยาบเกิดในยุคไทรแอสซิก มีหินควอตซ์ ไรโอไลต์ และทฟไฟ ยุคดีโวเนียน-ไซลูเรียน ซึ่งเป็นหินคาห้อย (roof pendant) ซึ่งเป็นหินแปลกปลอมขนาดใหญ่มากกว่า  $30 \times 30$  ตารางเมตร ในพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นหินท้องถิ่น (country rocks) ปรากฏอยู่และถูกห้อมล้อมด้วยหินแกรนิตที่แทรกดันเข้ามา โผล่ให้เป็นในบางบริเวณ ในหลายบริเวณผนัง (dike) ของหินแกรนิตขาว ซึ่งให้แร่โซเดียมเฟลด์สปาร์แทรกดันเข้ามาในหินบริเวณเหล่านี้ตามรอยเลื่อนและรอยแตกใน 2 ทิศทาง คือประมาณทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ( $N 50^{\circ} - 70^{\circ} E$ ) และตะวันตกเฉียงเหนือ ( $N 50^{\circ} W$ ) ในบางบริเวณหินไบโอไทต์แกรนิตและแกรนิตขาวถูกแทรกดันตัดผ่านโดยผนังหินแอนดีไซต์และไรโอไลต์ ซึ่งเข้าใจว่าเป็นยุคจูแรสซิกตอนต้น

**ข.1 เหมืองบริษัทนำแสงการเกษตร** หินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อหยาบสีเทาดำ ซึ่งเป็นบริเวณที่ถูกแทรกดันด้วยหินแกรนิตขาวซึ่งประกอบด้วยแร่ควอตซ์ โอลิโกเคลส ไมโครไคลน์ มัสโคไวต์ แคลไซต์ และแมกนีไซต์ ในบริเวณรอยสัมผัสมักพบแร่เอพิโดต หินแกรนิตขาวมีลักษณะเป็นผนัง กว้างประมาณ 30-60 เมตร ยาวมากกว่า 250 เมตร วางตัวในแนวประมาณตะวันตกเฉียงเหนือ บริเวณทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของขุมเหมืองหินแกรนิตขาวถูกแทรกตัดผ่านโดยผนังหินภูเขาไฟไรโอไลต์ อายุประมาณจูแรสซิกตอนต้น ซึ่งกว้างประมาณ 15 เมตร ยาวประมาณ 90 เมตร และวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ ( $N 60^{\circ} W$ ) ลักษณะโครงสร้างที่สำคัญได้แก่รอยเลื่อนในบริเวณขุมเหมืองซึ่งมี 2 ทิศทาง คือ ประมาณตะวันตกเฉียงเหนือ และเกือบตะวันตก

**ข.2 เหมืองบริษัท พงษ์เอราวัณ** (หรือเหมืองเทพประทาน) เป็นหินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อหยาบ สีเทาดำ ซึ่งมักมีสารแปลกปลอม (inclusion) หลายขนาด (ใหญ่สุด  $5 \times 6$  ซม) หินแกรนิตประกอบด้วยแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ ไบโอไทต์ เอพิโดต และสฟีนผนังหินแกรนิตขาวประกอบด้วยแร่ควอตซ์ ออร์โทเคลส โอลิโกเคลส มัสโคไวต์ แมกนีไทต์ แทรกดันเป็นสายเข้ามาในหินไบโอไทต์แกรนิตตามรอยแตกในแนวประมาณตะวันออกเฉียงเหนือ มีขนาดกว้างประมาณ 10-15 เมตร ยาวประมาณ 500 เมตร

**ข.3 เหมืองบริษัทร่มเย็น** ผนังหินแกรนิตขาวประกอบด้วยแร่โซเดียมเฟลด์สปาร์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีขนาดกว้างประมาณ 100 เมตร และยาวมากกว่า 130 เมตร โดยแทรกเข้ามาในหินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อ

หายาบตามรอยแตกในแนวประมาณตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะถูกแรงอัดและแสดงริ้วลายขนาน และในหลายบริเวณถูกแทรกตัดผ่านโดยผนังหินแอนดีไซต์อายุประมาณต้นยุคจูแรสซิก

**ข.4 แหล่งแร่หิ้งส่วนเทพวิลาการแร่** แหล่งแร่เฟลด์สปาร์แหล่งนี้เป็นแหล่งแร่ขนาดใหญ่มากของบริษัท สิ้นชนันต์ จำกัด การผลิตแร่โซเดียมเฟลด์สปาร์จากหินแกรนิตขาว หินบริเวณในเขตประทานบัตรเป็นหินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อหายาบและหินฟิลไลต์ ซึ่งถูกหินแกรนิตขาวแทรกดันเข้ามาตามบริเวณรอยแตก ในแนวประมาณตะวันออกเฉียงเหนือ มีขนาดกว้างประมาณ 150 เมตร และยาวมากกว่า 300 เมตร ในบางบริเวณหินแกรนิตขาวถูกแทรกดันโดยผนังหินแอนดีไซต์ อายุต้นยุคจูแรสซิกอีกที

**ข.5 เหมืองบริษัท พิพัฒนกร-วังประจบ** กลุ่มเหมืองแร่บริเวณแถบนี้ประกอบด้วยเหมืองสำคัญ ๆ ที่ทำอยู่หลัก ๆ 4 เหมือง คือ เหมืองนำแสง สหสิน บุญบันดาล และร่มเย็น เหมืองทั้งสี่นี้ผลิตแร่เฟลด์สปาร์ชนิดโซเดียมเหมือนกันทั้งหมด จากกระเปาะสายแร่แกรนิตขาว ซึ่งสายแร่โดยทั่วไปวางตัวเพียง 2 แนวหลัก คือ ตะวันตกเฉียงเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือ แต่มีบางแนวไปทางเหนือได้บ้าง ซึ่งก็ไม่มากนัก ส่วนสายใหญ่สุดประมาณความกว้างได้เกือบ 100 เมตรและวัดความยาวได้ถึงเกือบ 500 เมตร ที่เหมืองร่มเย็น แต่โดยทั่วไปสายแร่กว้างไม่เกิน 20 เมตร จนถึงเล็กกว่า 2 เมตร ในบางแห่ง

**ข.6 เหมืองบริษัทเทพอุทิศธุรกิจ** แหล่งแร่เฟลด์สปาร์แหล่งนี้มีลักษณะเหมือนแหล่งแร่ของพิพัฒนกร กล่าวคือ แหล่งแร่ถูกควบคุมด้วยแนวรอยเลื่อน ซึ่งวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ สายแร่กว้างประมาณ 2-5 เมตร ยาวประมาณ 20 เมตร ตัดเข้ามาในหินแกรนิตที่มีการจัดเรียงตัวของแร่ ทำให้มองดูคล้ายหินไนส์ แต่แท้จริงแล้วเป็นหินไมโลไนต์ (mylonite) นอกจากนั้น ยังมีหินจำพวกสการ์นที่เรียกว่าเอนโดสการ์น (endoskarn) ที่มีแร่ซัลไฟด์อยู่ด้วย เข้าใจว่าสายแร่เฟลด์สปาร์คงเกิดขึ้นมาพร้อมๆหรือก่อน(แต่ไม่มาก)สายแร่ที่ให้แร่โลหะ สายแร่เฟลด์สปาร์ที่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือนี้ถูกรอยเลื่อนในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ตัดอีกที

**ค. แหล่งแร่คลองน้ำขาว-น้ำริม** กลุ่มแหล่งแร่เฟลด์สปาร์คลองน้ำขาวตั้งอยู่ประมาณละติจูดที่  $99^{\circ} 11'$  และลองจิจูดที่  $16^{\circ} 55'$  ตำบลน้ำริม อำเภอเมือง จังหวัดตาก ประกอบด้วยเหมืองแร่เปิดการ 1 เหมือง เหมืองแร่หยุดการ 5 เหมือง เหมืองที่ดำเนินการคือ เหมืองของบริษัทเซอร์มาส จำกัด สำหรับเหมืองที่หยุดการนี้ เป็นผลมาจากมีความสมบูรณ์ของแร่ต่ำและบางเหมืองแหล่งแร่มีขนาดเล็กมาก

หินในบริเวณกลุ่มแหล่งแร่เฟลด์สปาร์คลองน้ำขาวเป็นหินไบโอไทต์แกรนิต เนื้อหายาบสีน้ำตาลดำ ยุคไทรแอสซิก ในหลายบริเวณสายหินแกรนิตขาวและหินแอไพคลด์ แทรกดันเข้ามาในหินไบโอไทต์แกรนิต ตามรอยแตกในแนวประมาณตะวันออกเฉียงเหนือ หินลูโลแกรนิตหรือหินแกรนิตขาวและหินอัคนีระดับต้นชนิดแอไพคลด์ นี้ให้แร่โซเดียมเฟลด์สปาร์ และประกอบด้วยแร่ ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ มัสโคไวต์ ทัวร์มาลีน และแมกนีไทต์

ธรณีแหล่งแร่เฟลด์สปาร์เหมืองแร่บริษัท เซอร์มาส ประกอบด้วยหินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อหายาบสีน้ำตาลดำ ซึ่งเป็นหินบริเวณในเขตประทานบัตรถูกแทรกดันด้วยสายหินลูโลแกรนิตหรือแกรนิตขาว ซึ่งมี

ขนาดกว้างประมาณ 10-20 เมตร ยาวประมาณ 400 เมตร และวางตัวในแนวประมาณตะวันออกเฉียงเหนือ หินแกรนิตขาวนี้ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ ออร์โทเคลส โอลิโกเคลส มัสโคไวต์ และแมกนีไทต์ แหล่งแร่เฟลด์สปาร์ แหล่งนี้เป็นแหล่งแร่ขนาดใหญ่

ง. แหล่งแร่บ้านแม่สลิดน้อย กลุ่มแหล่งแร่เฟลด์สปาร์บ้านแม่สลิดน้อยอยู่ในท้องที่ตำบลแม่สลิด อำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก หรือประมาณละติจูดที่  $99^{\circ} 8'$  ถึง  $99^{\circ} 9'$  กับลองจิจูดนี้  $17^{\circ} 9'$  ถึง  $17^{\circ} 10'$  ประกอบด้วยเหมืองแร่ซึ่งหยุดการ 3 เหมือง เนื่องจากแร่เฟลด์สปาร์ในกลุ่มแหล่งแร่นี้ ส่วนใหญ่เป็นแร่เกรดต่ำ เหมืองที่เคยเปิดการผลิตแร่จึงหยุดการไปในที่สุด เหมืองที่เคยผลิตแร่มากที่สุด คือ เหมืองของบริษัท เซอร์มาส

หินในบริเวณกลุ่มแหล่งแร่เฟลด์สปาร์บ้านแม่สลิดน้อย เป็นหินฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์ แกรนิตสีเทาเขียว-เทาดำยุคไทรแอสซิก ในหลายบริเวณฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิตถูกแทรกคั่นด้วยผนังหินแกรนิตขาว ซึ่งให้แร่โซเดียมเฟลด์สปาร์ในบางบริเวณหินฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิต และหินแกรนิตขาวถูกแทรกคั่นด้วยผนังหินแอนดีไซต์ (อายุประมาณต้นจูแรสซิก)

แหล่งแร่เฟลด์สปาร์ที่สำคัญมีอยู่แหล่งเดียวคือ เหมืองแร่บริษัทเซอร์มาส ผนังหินแกรนิตขาวซึ่งแทรกคั่นเข้ามาในหินฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิตสีเทาเขียวมีขนาดกว้างประมาณ 10-25 เมตร วางตัวในแนวประมาณตะวันตกเฉียงเหนือ นอกจากนั้นก็ยังมีผนังหินแอนดีไซต์ที่แทรกตัดผ่าน หินฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิต และแกรนิตขาวตามรอยแตกในแนวทิศทางประมาณตะวันตกเฉียงเหนือมีหลายสาย มีขนาดกว้างตั้งแต่ประมาณ 20 เซนติเมตร จนถึง 5 เมตร

จ. แหล่งแร่ท้องฟ้า กลุ่มแหล่งแร่เฟลด์สปาร์แห่งนี้อยู่ที่ ละติจูด  $98^{\circ} 58'$  ถึง  $99^{\circ} 00'$  กับลองจิจูด  $17^{\circ} 07'$  ในกลุ่มแร่นี้เป็นแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ทั้งหมด เหมืองที่สำคัญมี 6 เหมือง แต่ไม่ได้ทำการผลิตแร่ 2 เหมือง เหมืองที่สำคัญ ๆ ที่ยังเปิดทำการอยู่ ข้อมูลในปี 2544 คือเหมืองบริษัท อรรธนีอินเตอร์เนชั่นแนล (ตำบลทุ่งกระเซาะ อำเภอบ้านตาก), เหมืองเทพประทานการแร่ (ตำบลท้องฟ้า อำเภอบ้านตาก), เหมืองบริษัท บ้านตากศิลาทอง (ตำบลเกาะตะเภา อำเภอบ้านตาก) และเหมืองเซอร์มาส (ตำบลเกาะตะเภา อำเภอบ้านตาก)

## 6.4 ศิลาวิทยาและวิทยาแร่ (Petrology and Mineralogy)

เพื่อให้การศึกษารณีวิทยามีรายละเอียดสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาศิลาวิทยา และแร่วิทยา โดยการนำตัวอย่างหินที่เก็บจากแนวต่าง ๆ ที่ได้แสดงไว้แล้วข้างต้น จำนวนประมาณ 150 ตัวอย่างมาเลือกสรรเพื่อทำการตัดเป็นแผ่นหินหนา (rock slab) และแผ่นหินบาง (thin section) เพื่อดูชนิด และปริมาณของแร่ และดูลักษณะทางแร่บางอย่างในการกำหนดคุณสมบัติแร่หลังจากการตกผลึก นอกจากนั้น ยังนำตัวอย่างแร่/หินที่เลือกสรรแล้ว มาบดเพื่อวิเคราะห์หาชนิดแร่ โดยใช้เครื่องมือ X-ray diffractogram หรือ XRD (ผลการวิเคราะห์รายละเอียดในภาคผนวก)

การศึกษาในส่วนนี้ ได้ทำการตัดแผ่นหินหนาจำนวน 50 ตัวอย่างและทำแผ่นหินบางจำนวน 34 ตัวอย่าง และทำ XRD จำนวน 17 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากแนวตะวันตกเป็นแผ่นหินบาง 8 ตัวอย่าง และ XRD 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากแนวแนวกลางตอนเหนือเป็นแผ่นหินบาง 11 ตัวอย่าง และ XRD 6 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากแนวกลางตอนใต้เป็นแผ่นหินบาง 7 ตัวอย่าง และ XRD 4 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากแนวตะวันออกเป็นแผ่นหินบาง 8 ตัวอย่าง และ XRD 4 ตัวอย่าง

### 6.4.1 ลักษณะศิลาวิทยา

รายละเอียดศิลาวิทยา ในที่นี้ทำการศึกษาโดยแบ่งเป็นแนวคล้ายกับส่วนที่กล่าวมาแล้ว โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### ก. แนวตะวันออก

ตัวอย่างหินที่เก็บตัวอย่างด้านศิลาวิทยา (รูปที่ 6.2-4) แสดงผลการวิเคราะห์แผ่นหินบางเฉพาะบาง ตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

#### 1. การบรรยายจากตัวอย่างหิน (Macroscopic หรือ Handspecimen Description)

A-1: ตัวอย่างหินมีลักษณะที่สำคัญคือ มีการตัดผ่านเข้ามาของสายแร่ควอตซ์ (quartz veins และ veinlets) ใน หินไนส์ลิกแกรนิต (gneissic granite) หรืออาจจะเป็นหินไนส์ก็ได้ น่าจะเกิดจากผลของ แรงการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก (tectonic force) ที่มีอยู่มากในบริเวณนี้ หินไนส์ลิกแกรนิต (หรือหินไนส์) เริ่มมีการจัดตัวของแร่ ริวลาซขนานของเนื้อหินเป็น แบบ foliated structure มีการยึดตัวของแร่สีขาวคือ หินควอตซ์และเฟลด์สปาร์ มีลักษณะ เป็น รูปตา (augen structure) เช่นเดียวกับแร่สีดำ คือ แร่ไบโอไทต์ที่จัดตัวในแนว ริวลาซ ขนาน และสายแร่ควอตซ์มีแนว ริวลาซขนานปรากฏอยู่ในเนื้อควอตซ์ แนวชั้น ๆ นี้เป็น แนวเดียวกับแนว ริวลาซขนานของหินไนส์ลิกแกรนิตด้วย

A-2: ตัวอย่างเป็นหินแกรนิตขาวที่มีปริมาณแร่เฟลด์สปาร์เป็นหลัก นอกจากนี้ยังพบแร่ควอตซ์ แร่มีสโคไวต์ อยู่บ้างและมีแร่ไบโอไทต์ซึ่งมีสีน้ำตาล ตัวอย่างนี้มีการแตกหลุดได้ง่ายและ มีการวาง ตัวอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังพบแร่สีเขียว ซึ่งน่าจะเป็นแร่คลอไรต์

- A-3: ตัวอย่างเป็นหินแกรนิตเม็ดละเอียด (fine-grained granite) ซึ่งมีปริมาณของแร่สีขาว คือ แร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์เป็นหลัก และมีแร่มีสโคไวต์อยู่บ้าง รวมปริมาณของแร่สีขาวค่อนข้างใกล้เคียงกับแร่สีดำ (ประมาณ 20%) ซึ่งประกอบด้วยแร่ไบโอไทต์ แร่ฮอร์นเบลนด์ นอกจากนี้ยังพบการเรียงตัวของแร่เล็กน้อย ซึ่งน่าจะเกิดจากอิทธิพลของแรงการเคลื่อนไหวของเปลือกโลกมากระทำคล้ายกับสายแร่ควอตซ์ในตัวอย่าง NN-1
- A-4: ตัวอย่างเป็นสายแร่ควอตซ์ไม่มีสี (colourless quartz veinlet) แทรกอยู่ในหินสการ์น แร่ที่ประกอบเป็นสการ์นไม่ชัดเจนนัก เนื่องจากมีเนื้อหินของสการ์นอยู่น้อย แร่ควอตซ์ แสดงแนวแผ่นบาง ๆ หลายแนว น่าจะเกิดจากแรงการเคลื่อนไหวของเปลือกโลกมากระทำคล้ายกับสายแร่ควอตซ์ในตัวอย่าง NN-1
- A-5: ตัวอย่างเป็นหินแกรนิตที่เริ่มแสดงแนวแร่สีขาวแยกตัวออกจากแร่สีดำ มีแร่ควอตซ์และแร่เฟลด์สปาร์เป็นหลัก ซึ่งเริ่มมีการก่อรูปเป็นรูปตา สัดส่วนของแร่ขาวต่อแร่ดำประมาณ 60:40 แร่สีดำประกอบด้วยแร่ไบโอไทต์และแร่ฮอร์นเบลนด์ ตามรอยแตกในหินแกรนิตมีร่องรอยของเหล็กเข้ามาแทรก
- A-6: ตัวอย่างเป็นแร่ควอตซ์สีออกนํ้านม (milky quartz) ที่เกิดขึ้นตามรอยแตก มีการแตกเป็นเม็ดเล็กๆ ชัดเจนหลังจากนั้นจึงถูกเชื่อมประสานกันเป็นเม็ดแร่ควอตซ์ขนาดใหญ่ในลักษณะของแร่ควอตซ์เหลี่ยม (breccia quartz) และแน่นอนว่าการตกผลึกของแร่ควอตซ์จะมีขนาดใหญ่ขึ้นนี้ น่าจะเกิดแรงการเคลื่อนไหวของเปลือกโลกที่มีอิทธิพลอยู่ในบริเวณนี้
- A-7: ตัวอย่างเป็นหินแกรนิตเม็ดปานกลาง (medium-grained granite) ที่ผุพัง (weathered) อย่างมาก ปริมาณของแร่สีขาว คือ แร่ควอตซ์และแร่เฟลด์สปาร์ ประมาณ 80% แร่สีดำ คือแร่ไบโอไทต์และแร่ฮอร์นเบลนด์ ประมาณ 20% มีแร่มีสโคไวต์ อยู่ไม่เกิน 20%
- A-8: ตัวอย่างเป็นแร่ควอตซ์ไม่มีสี ที่เกิดตามรอยแตกที่มีแรงการเคลื่อนไหวของเปลือกโลกมากระทำ ทำให้เกิดเป็นแนวชั้นบางๆ มากมายและมีทิศทางเดียวกัน มีรอยแตกของเหล็ก แทรกอยู่ตามแนวชั้นบาง เห็นเป็นสีสนิมชัดเจน
- A-9: ตัวอย่างเป็นสายแร่ควอตซ์แทรกเข้ามาในหินควอตซ์ที่แปรสภาพแต่สายแร่ควอตซ์นี้มีขนาดเล็กกว่าสายแร่ควอตซ์ที่พบอยู่ในตัวอย่างอื่นมาก
- A-10: ตัวอย่างเป็นหินแกรนิตเม็ดปานกลาง ที่มีแร่เฟลด์สปาร์อยู่เป็นจำนวนมาก พบแร่ควอตซ์อยู่บ้าง และมีแร่ดำ คือแร่ไบโอไทต์อยู่ด้วย มีรอยแตกอยู่มากในตัวอย่างอาจเนื่องมาจาก แรงการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก
- A-11: ตัวอย่างเป็นหินลูโครแคติกแกรนิตหรือหินแกรนิตขาวเม็ดปานกลาง โดยมีปริมาณของแร่เฟลด์สปาร์ผลึกใหญ่เด่นมาก นอกจากนี้ยังพบแร่ควอตซ์ แร่มีสโคไวต์อยู่บ้าง และพบแร่สีเขียวที่น่าจะเป็นแร่คลอไรต์ที่แปลงเปลี่ยนมาจากแร่ไบโอไทต์ที่มีอยู่ประมาณ 15-20% โดยแร่เฟลด์สปาร์นั้นน่าจะเป็นแร่แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ซึ่งมีอยู่ประมาณ 60-70%

A-12: ตัวอย่างเป็นแร่ควอตซ์สีน้ำตาล ที่เกิดร่วมกับแร่สติบไนต์ (metallic mineral stibnite) โดยแร่ควอตซ์มีการก่อรูปเป็นผลึกแบบ orthorhombic crystal ชัดเจน แร่สติบไนต์และทัวร์มาลีนเกิดอยู่ตามรอยแตกของแร่ควอตซ์

## 2. การบรรยายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Microscopic หรือ Thin-section Description)

ตัวอย่าง	ชื่อหิน	เนื้อหินอัคนี (IGNEOUS TEXTURES)		
		การตกผลึก (Crystallinity)	ลักษณะเม็ดแร่ (Granularity)	เนื้อหิน (Texture)
A-1	gneissic granite & quartz veins	holocrystalline	anhedral to subhedral crystals	Poikilitic, ophitic, Micrographic texture
A-2	leucocratic granite (leucogranite)	holocrystalline	anhedral to subhedral crystals	Poikilitic, ophitic, Micrographic texture
A-4	quartz vien	holocrystalline	subhedral to euhedrals crystals	Equigrannular crystals
A-5	foliated granite	holocrystalline	anhedral to subhedral crystals	Ophitic, poikilitic texture
A-7	weathered granite	holocrystalline	anhedral to subhedral crystals	Intergrannular texture
A-10	leucocratic granite (leucogranite)	holocrystalline	anhedral to subhedral crystals	intergrannular texture
A-11	leucocratic granite (leucogranite)	holocrystalline	subhedral crystals	Intergrannular texture

### ข. แนวกลาง

ข.1 แนวกลางตอนเหนือ ตัวอย่างหินที่นำมาศึกษาทางศิลาวิทยา (รูปที่ 6.2-5 และ 6.2-6) ได้แสดงผลการวิเคราะห์บางตัวอย่างดังนี้

#### 1. การบรรยายจากตัวอย่างหิน (Macroscopic หรือ Handspecimen Description)

B-6: ตัวอย่างเป็นหินไบโอไทต์แกรนิตเม็ดหยาบ มีผลึกดอก แร่เฟลด์สปาร์ มีความยาวเฉลี่ย 2.5- 3 ซม. แสดงแนวแร่เฟลด์สปาร์ในหินชัดเจน แร่สีดำเป็นพวกแร่ไบโอไทต์และแร่คลอไรต์ แสดง

การวางตัวของแร่เป็นริ้วลายขนาน โดยเฉพาะแร่ไบโอไทต์ ลักษณะเนื้อหินที่สำคัญคือ เป็นลายดอก

- B-8: ตัวอย่างเป็นหินไบโอไทต์แกรนิตเม็ดหยาบ ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ แร่ไบโอไทต์ แร่ควอตซ์และแร่เฟลด์สปาร์มีรวมกันมากกว่า 90% ผลึกแร่หยาบเป็นแบบ holocrystalline-coarse-grained และหินมีลักษณะเนื้อเป็นลายดอก
- C-1: ตัวอย่างเป็นหินฮอร์นเบลนด์ไบโอไทต์แกรนิตเม็ดหยาบ มีสีเทา ผลึกแร่ใหญ่ เป็นแบบ holocrystalline-coarse-grained ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ แร่ไบโอไทต์ แร่ฮอร์นเบลนด์ แร่ควอตซ์และแร่เฟลด์สปาร์มีรวมกันมากกว่า 85%
- C-3: ตัวอย่างเป็นหินควอตซ์ไซอิไนต์เม็ดหยาบ มีสีเทา เนื้อหินลายดอกบาง ๆ (slightly porphyritic) และ phaneritic ผลึกแร่ใหญ่เป็นแบบ holocrystalline-coarse-grained ประกอบด้วยแร่เฟลด์สปาร์มากกว่า แร่ควอตซ์ (สัดส่วน 7:1) แร่ดำประกอบด้วยแร่ฮอร์นเบลนด์และแร่ไบโอไทต์ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน
- C-4: ตัวอย่างหินมีสีเทา ผลึกแรมีขนาดเล็ก เม็ดละเอียด ผลึกแบบ holocrystalline-coarse-Grained เนื้อหินเป็นแบบ phaneritic ประกอบด้วยแร่เฟลด์สปาร์มากกว่าแร่ควอตซ์มาก (สัดส่วน 5:1)
- C-13: ตัวอย่างเป็นหินแกรนิตขาว มีสีเหลืองอมเทา เนื้อหิน holocrystalline-coarse-grained และ phaneritic ประกอบด้วยแร่ควอตซ์มากกว่าแร่เฟลด์สปาร์ (สัดส่วน 5:2) แร่ควอตซ์และแร่เฟลด์สปาร์มีรวมกันมากกว่า 95%
- C-1: ตัวอย่างเป็นหินควอตซ์ไดโอไรต์มีสีดำถึงเทาอมน้ำตาล เนื้อหินเป็น holocrystalline และ phaneritic ประกอบด้วยแร่เฟลด์สปาร์มากกว่าแร่ควอตซ์ แร่ดำ ประกอบด้วยแร่ฮอร์นเบลนด์ พบมากกว่าแร่ไบโอไทต์
- C-4: ตัวอย่างหินเป็นคาดว่าเป็นควอตซ์ แร่ไดโอไรต์มีสีดำหรือดำอมน้ำตาล เนื้อหินเป็นแบบ holocrystalline และ phaneritic ผลึกแรมีขนาดเล็ก ประกอบด้วยแร่เฟลด์สปาร์และแร่ดำ ประกอบด้วยแร่ฮอร์นเบลนด์และแร่ไบโอไทต์
- C-6: ตัวอย่างเป็นหินแกรนิตไดโอไรต์ มีสีดำถึงน้ำตาลเข้ม เนื้อหินหยาบ holocrystalline และ phaneritic ผลึกแรมีขนาดเล็ก ประกอบด้วยแร่เฟลด์สปาร์มากกว่าแร่ควอตซ์ และแร่ดำประกอบด้วยแร่ไบโอไทต์เป็นส่วนใหญ่
- C-7: ตัวอย่างเป็นหินแกรนิตไดโอไรต์ มีสีดำถึงน้ำตาลเข้ม เนื้อหินแบบ holocrystalline และ phaneritic ผลึกแรมีขนาดละเอียด มีเนื้อดอกบ้าง ประกอบด้วยแร่เฟลด์สปาร์มากกว่าแร่ควอตซ์ (สัดส่วน 5:3)



3. การบรรยายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Microscopic หรือ Thin-section Description)

ตัวอย่าง	ชื่อหิน	เนื้อหินอัคนี (IGNEOUS TEXTURES)		
		การตกผลึก (Crystallinity)	ลักษณะเม็ดแร่ (Granularity)	เนื้อหิน (Texture)
B-6	muscovite-biotite granite	holocrystalline	anhedral to subhedral crystals	inequigranular, myrmekitic, alteration
B-8/1	biotite granite	holocrystalline	anhedral crystals	inequigranular, myrmekitic, subophitic, alteration
B-8/2	biotite granite	holocrystalline	anhedral crystals	inequigranular, myrmekitic, zoning, rapakivi, subophitic, reaction rim
C-1	hornblende-biotite granite	holocrystalline	anhedral to subhedral crystals	inequigranular, myrmekitic, subophitic
C-3	hornblende-biotite granite	holocrystalline	anhedral to euhedral crystals	phaneritic, micrographic zoning, inequigranular, myrmekitic, perthite and anti-perthite
C-4	quartz syenite	holocrystalline	anhedral to subhedral crystals	inequigranular, myrmekitic, zoning with highly alteration at core, micrographic
C-6	monzonite	holocrystalline	anhedral to subhedral crystals	intergranular, ophitic and subophitic
C-13	monzonite	holocrystalline	anhedral to subhedral crystals	phaneritic, micrographic, granophyric, engulf, perthitic, myrmekitic, reaction rim in feldspar, pseudorapakivi
D-4	monzonite	holocrystalline	anhedral to euhedral crystals	inequigranular, subophitic, phaneritic inequigranular
D-6	granodiorite	holocrystalline	anhedral to subhedral crystals	subophitic, phaneritic

ข.2 แนวกลางตอนใต้ ตัวอย่างหินที่นำมาศึกษาทางศิลาวิทยา (รูปที่ 6.2-7 และ 6.2-8) ได้แสดงผลการวิเคราะห์แผ่นหินบางเฉพาะบางตัวอย่าง ดังนี้

**1. การบรรยายจากตัวอย่างหิน (Macroscopic หรือ Handspecimen Description)**

- E-2: ตัวอย่างเป็นหินแกรนิตสีชมพู มีผลึกขนาดปานกลาง มีเนื้อหินแบบ phaneritic และเนื้อคอกมีแร่ควอตซ์ แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แร่แพลจิโอเคลส แร่มีสโทไวต์ และแร่ฮอร์นเบลนด์เป็นส่วนประกอบ
- E-5: ตัวอย่างเป็นหินแกรนิตสีชมพู มีผลึกขนาดปานกลาง มีเนื้อหินแบบ แบบ phaneritic และเนื้อคอก มีแร่ควอตซ์ แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แร่แพลจิโอเคลส และแร่ไบโอไทต์ เป็นส่วนประกอบ ในบริเวณดังกล่าวพบเอนโดสการ์นและเอกโซสการ์น ซึ่งแสดงถึงการดันตัวของแกรนิตบริเวณดังกล่าว
- EA-3: ตัวอย่างเป็นหินฮอร์นเบลนด์แกรนิตเม็ดละเอียด มีผลึกขนาดละเอียด เนื้อหินแบบ phaneritic มีแร่ควอตซ์ โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แร่พลาจิโอเคลส และแร่ฮอร์นเบลนด์เป็นส่วนประกอบ
- EC-2: ตัวอย่างเป็นหินไบโอไทต์แกรนิตเม็ดหยาบ มีผลึกหยาบ เนื้อหินแบบ phaneritic มีแร่ควอตซ์ โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แร่แพลจิโอเคลส และแร่ไบโอไทต์ เป็นส่วนประกอบ
- ED-2: ตัวอย่างเป็นหินไดโอไรต์เม็ดปานกลาง มีผลึกขนาดปานกลาง เนื้อหินแบบ phaneritic มีแร่ฮอร์นเบลนด์และแร่แพลจิโอเคลส เป็นส่วนประกอบ
- ED-4: ตัวอย่างเป็นหินไบโอไทต์เพกมาไทต์ มีผลึกขนาดหยาบมาก เนื้อหินแบบ porphyritic มีแร่แพลจิโอเคลสเป็นผลึกแบบ phynocrysts มีแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แร่แพลจิโอเคลส และแร่ไบโอไทต์ เป็นส่วนประกอบ
- ED-6: ตัวอย่างเป็นหินไบโอไทต์แกรนิตเม็ดปานกลาง มีผลึกขนาดปานกลาง เนื้อหินแบบ phaneritic มีแร่ควอตซ์ โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แร่แพลจิโอเคลส และแร่ไบโอไรต์ เป็นส่วนประกอบ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การบรรยายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Microscopic หรือ Thin-section Description)

หมายเลข ตัวอย่าง	ชื่อหิน	เนื้อหินอัคนี (IGNEOUS TEXTURES)		
		การตกผลึก (Crystallinity)	ลักษณะเม็ดแร่ (Granularity)	เนื้อหิน (Texture)
E-2	granite	holocrystalline	subhedral to anhedral crystals	porphyritic, ophitic, phaneritic
E-5	granite	holocrystalline	anhedral crystals	phaneritic, alteration, perthitic
EA-3	granite (aplite)	holocrystalline	euhedrals crystals	phaneritic
EC-2	granite	holocrystalline	subhedral crystals	phaneritic, perthitic
ED-2	hornblende diorite	holocrystalline	subhedral crystals	phaneritic, subophitic, core alteration
ED-4	granite(pegmatite)	holocrystalline	subhedral crystals	phaneritic, alteration, perthitic
ED-6	granite	holocrystalline	subhedral crystals	phaneritic, intergrowth, corona

ข.3 แนวตะวันตก

ตัวอย่างหินที่นำมาศึกษาทางศิลาวิทยาได้แสดงผลการวิเคราะห์และภาพถ่าย ดังนี้

1. การบรรยายจากตัวอย่างหิน (Macroscopic หรือ Handspecimen Description)

- F-2/2: ตัวอย่างเป็นหินแกรนิตสีชมพู ผลึกหยาบ มีแร่ควอตซ์ แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และแร่มีสโคไวต์เป็นส่วนประกอบ แร่เฟลด์สปาร์มีสีชมพู แร่ หินควอตซ์ มีขนาด 1-5 มิลลิเมตร
- F-3: ตัวอย่างเป็นหินไบโอไทต์แกรนิตเม็ดละเอียด มีแร่ควอตซ์ แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แร่ไบโอไทต์เป็นส่วนประกอบ แร่เฟลด์สปาร์ฝังงอกมากทำให้เนื้อหินขุ่น
- F-5: ตัวอย่างเป็นหินกรากไฟกเพกมาไทต์ เนื้อหินสีขาวเนียน บางส่วนมันวาว มีแร่เฟลด์สปาร์เป็นส่วนประกอบหลักและมีแร่ควอตซ์ ผลึกเล็ก ๆ แทรกอยู่ไม่เกิน 15%
- F-6/2: ตัวอย่างเป็นแร่เฟลด์สปาร์ทั้งก้อน มีสีขาวและเนียน มีแร่ควอตซ์ แทรกอยู่ด้วยแต่น้อยกว่า PL-5 มีแร่ไมกาเล็กน้อย
- F-11: ตัวอย่างเป็นหินแกรนิตขาว มีผลึกหยาบปานกลาง มีแร่ควอตซ์ และแร่เฟลด์สปาร์ในปริมาณใกล้เคียงกัน และแร่มีสโคไวต์ ประมาณ 10% เป็นส่วนประกอบ

- G-2: ตัวอย่างเป็นหินแกรนิตเม็ดละเอียด มีแร่ควอตซ์ แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แร่มีสโคไวต์ และ แร่ไบโอไทต์ เป็นส่วนประกอบ แร่ไบโอไทต์มีประมาณ 20% แร่มีสโคไวต์มีเล็กน้อย แร่เฟลด์สปาร์ ผุ
- G-3: ตัวอย่างเป็นหินไมกาเซียสแกรนิต มีแร่ควอตซ์ ประมาณ 45% เฟลด์สปาร์ ประมาณ 40% แร่ไบโอไทต์ กระจายอยู่ทั่วไปประมาณ 5% เป็นส่วนประกอบ แร่มีสโคไวต์ขนาดเล็ก มีประมาณ 10%
- F-4: ตัวอย่างเป็นหินไบโอไทต์แกรนิตเม็ดละเอียด มีแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ และแร่ไบโอไทต์ เป็นส่วนประกอบ แร่เฟลด์สปาร์มี 2 ชนิด คือ สีขาวและสีครีม แร่ไบโอไทต์กระจายอยู่ทั่วไป พบแร่มีสโคไวต์บ้างเล็กน้อย

## 2. การบรรยายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Microscopic หรือ Thin-section Description)

หมายเลข ตัวอย่าง	ชื่อหิน	เนื้อหินอัคนี (IGNEOUS TEXTURES)		
		การตกผลึก (Crystallinity)	ลักษณะเม็ดแร่ (Granularity)	เนื้อหิน (Texture)
F-2/2	granite	holocrystalline	subhedral to anhedral crystals	phaneritic texture
F-3	leucogranit (fine-grained granite)	holocrystalline	subhedral to anhedral crystals	inequigranular texture
F-4	granite	holocrystalline	subhedral to euhedrals crystals	inequigranular texture
F-5	leucogranite (pegmatite)	holocrystalline	anhedral crystals	graphic texture
F-6/2	biotite-rich feldspar	holocrystalline	subhedral crystals	perthitic texture
F-11	granite	holocrystalline	euhedral to subhedral crystals	phaneritic texture
G-2	micaceous granite	holocrystalline	euhedral to subhedral crystals	phaneritic texture
G-3	muscovite biotite granite	holocrystalline	euhedrals crystals	phaneritic texture

### 6.4.2 แร่วิทยา (Mineralogy)

ในการศึกษานี้ใช้วิธี X-ray diffraction (XRD) เพื่อตรวจสอบชนิดแร่อีกครั้ง โดยเฉพาะ เพื่อดูว่าแร่ที่วิเคราะห์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแร่เฟลด์สปาร์นั้นว่าจะเป็นชนิดโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์หรือแคลซิโอเคลส ในที่นี้แยกการศึกษาก่อนเป็นแนว ๆ ดังนี้ (รายละเอียดผลการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวกที่ 3)

### ก. แนวตะวันออก

ตัวอย่างที่ทำการศึกษามี 4 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ เป็นดังนี้

1. A-2 แยกเฉพาะแร่ขาวมาทำการวิเคราะห์ พบว่าเป็นแร่ควอตซ์ แร่แอลไบติกแพลจิโอเคลส มีแร่โพแทสเซียม เฟลด์สปาร์บ้างแต่น้อยมาก <5% จึงไม่ปรากฏเป็นจุดสูงสุดของเส้นกราฟ(ดูรูป ผ.6-1)
2. A-6 แยกเฉพาะแร่ขาวมาทำการวิเคราะห์ พบว่าเป็นแร่ควอตซ์ (ดูรูป ผ.6-2)
3. A-10 แยกเฉพาะเอาแร่เฟลด์สปาร์ ออกจากแร่ควอตซ์ พบว่าแร่เฟลด์สปาร์ มากกว่า 90% เป็นพวกแร่แอลไบติก แพลจิโอเคลส แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แม้จะพบบ้าง แต่ไม่ปรากฏจุดสูงสุดของเส้นกราฟ เนื่องจากมีปริมาณน้อย (ดูรูป ผ.6-3)
4. A-11 แยกเฉพาะเอาแร่เฟลด์สปาร์ ออกจากแร่ควอตซ์ พบว่าแร่ส่วนใหญ่เป็นแร่ ควอตซ์ แร่แอลไบติก แพลจิโอเคลส และแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ชนิดไมโครไคลน์ (ดูรูป ผ.6-4)

### ข. แนวกลาง

**ข.1 แนวกลางตอนเหนือ** ได้ทำการวิเคราะห์ชนิดแร่ในบริเวณแนวนี้จำนวน 6 ตัวอย่าง แต่โดยทั่วไปนำเอาหินแกรนิตทั้งก้อนมาทำการวิเคราะห์ ผลวิเคราะห์ เป็นดังนี้

1. C-3 เป็นหินฮอร์นเบลนด์ไบโอไทต์แกรนิต จากข้อมูล XRD พบว่าประกอบด้วยแร่ควอตซ์ แร่แอลไบต์ แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แร่คลอไรต์ แร่ฮอร์นเบลนด์ ส่วนแร่มีสโคไวต์ น่าจะเป็นแร่เซอร์ไรต์(ดูรูป ผ.6-5)
2. C-5 เป็นหิน ฮอร์นเบลนด์ไบโอไทต์แกรนิต จากข้อมูล XRD พบว่าประกอบด้วยแร่ควอตซ์ แร่แอลไบต์ แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แร่คลอไรต์ แร่ฮอร์นเบลนด์ ส่วนแร่มีสโคไวต์ ที่พบจุดสูงสุดของเส้นกราฟที่ 80-100 น่าจะเป็นไมกาเซียส เช่น เซอร์ไรต์มากกว่า (ดูรูป ผ.6-6)
3. C-13 เป็นหินไมโครแกรนิต หรือแกรนิตขาว จากข้อมูล XRD พบว่าประกอบด้วยแร่ควอตซ์ แร่แอลไบต์ แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ส่วนไมกาเซียสน่าจะเป็นเลพิโดไลต์ (ดูรูป ผ.6-7)
4. C-8 เป็นหินมีสโคไวต์ไบโอไทต์แกรนิต จากข้อมูล XRD พบว่าประกอบด้วยแร่ที่คล้ายคลึงกับที่พบในตัวอย่าง PT-3 และแร่มีสโคไวต์น่าจะเป็นเซอร์ไรต์ (ดูรูป ผ.6-8)
5. D-6 เป็นหินแกรโนไดโอไรต์ (คัดเอาแร่ควอตซ์ และแร่เฟลด์สปาร์ ออกบ้าง) จากข้อมูล XRD พบว่าประกอบด้วยแร่ควอตซ์ แร่คลอไรต์ แร่ฮอร์นเบลนด์ แร่โอลิโกเคลส (ดูรูป ผ.6-9)
6. D-1 เป็นหินแกรโนไดโอไรต์ (คัดเอาแร่ควอตซ์ และแร่เฟลด์สปาร์ ออกบ้าง) จากข้อมูล XRD พบว่าประกอบด้วยแร่ที่คล้ายคลึงกับ HS-6 (ดูรูป ผ.6-10)

**ข.2 แนวกลางตอนใต้** ได้ทำการวิเคราะห์ชนิดแร่ในบริเวณแนวนี้ 4 ตัวอย่าง ผลวิเคราะห์ เป็นดังนี้

1. ED-2 เป็นหินไดโอไรต์ จากข้อมูล XRD พบว่าประกอบด้วยแร่ฮอร์นเบลนด์ และแร่แคลก์-แพลจิโอเคลส (calcic plagioclase) (ดูรูป ผ.6-11)

2. EC-5 เป็นหินใบโอไทต์แกรนิต จากข้อมูล XRD พบว่าประกอบด้วยแร่แอลไบต์ แร่ควอตซ์ และแร่ไมโครไคลน์ (ดูรูป ผ.6-12)
3. EC-2 เป็นหินใบโอไทต์แกรนิต จากข้อมูล XRD พบว่าประกอบด้วยแร่แอลไบต์ แร่ควอตซ์ และแร่ไมโครไคลน์ เช่นเดียวกับ KK-5 (ดูรูป ผ.6-13)
4. ED-4 เป็นหินใบโอไทต์แพกมาไทต์ (แยกเอาแร่ควอตซ์ และแร่ไบโอไทต์ ออกเพื่อวิเคราะห์เฉพาะแร่เฟลด์สปาร์) จากข้อมูล XRD พบว่าประกอบด้วยแร่แอลไบต์กว่า 99% (ดูรูป ผ.6-14)

### ข.3 แนวตะวันตก

ได้ทำการวิเคราะห์ชนิดแร่ในบริเวณนี้จำนวน 3 ตัวอย่าง ผลวิเคราะห์ เป็นดังนี้

1. F-5 เป็นหินกรากฟีกแพกมาไทต์ จากข้อมูล XRD พบว่าประกอบด้วยแร่เพลจีโอเคลส ชนิดโอลิโกเคลส (ดูรูป ผ.6-15)
2. F-6/2 เป็นหินใบโอไทต์เฟลด์สปาร์ จากข้อมูล XRD พบว่าประกอบด้วยแร่ โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ชนิดไมโครไคลน์ (ดูรูป ผ.6-16)
3. F-11 เป็นหินแกรนิตขาว จากข้อมูล XRD พบว่าประกอบด้วยแร่แอลไบต์ แร่ไมโครไคลน์ แร่มีสโกไวต์ และแร่ควอตซ์ (ดูรูป ผ.6-17)

## 6.5 ธรณีเคมี (Geochemistry)

เพื่อให้การศึกษาด้านศิลาวิทยาและแร่วิทยา สอดคล้องกับหลักฐานทางธรณีวิทยาในสนาม และข้อมูลการสำรวจในห้องปฏิบัติการ จึงจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลทางธรณีเคมีเข้าช่วยด้วยจากการสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ(ในรูปออกไซด์ คิดเป็นร้อยละ) และจากการเปรียบเทียบกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่เดิม พบว่าค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก และยังแสดงให้เห็นว่า หินแกรนิตที่วิเคราะห์บางที่ก็เป็นแกรนิตจนถึงไดโอไรต์ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากในสนาม ส่วนแร่เฟลด์สปาร์จากเหมืองนั้นได้ทำการส่งวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่าเป็นแร่เฟลด์สปาร์ ชนิด เพลจีโอเคลสหรือ โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ หรือ อัลคาไลน์เฟลด์สปาร์ เนื่องจากการศึกษารังนี้ยังไม่สามารถจำแนกเป็นแนว ๆ ได้ ดังนั้นในขั้นนี้จะพิจารณาเฉพาะชนิดหินแกรนิต-ไดโอไรต์ และชนิดแร่เฟลด์สปาร์เท่านั้น

จากการศึกษารายงานเก่าที่มีผู้ทำการศึกษาก่อน เช่น Mahawat (1982) Saengmanee (1990) Teggin (1975) และ Charusiri (1989) พอประมวลได้ว่า หินในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยหินแกรนิตเป็นส่วนใหญ่ ดังรูปที่ 6.2-12 แสดงถึงลักษณะโดยทั่วไปของการกระจายตัวของหินแกรนิตชนิดต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 พวกด้วยกัน คือ

1. หูดหินแกรนิตตาก (Tak Pluton) หูดหินนี้ นับได้ว่าเล็กที่สุดในพื้นที่ศึกษา อยู่ทางตอนใต้ของหูดหินที่ 3 และอยู่ระหว่างกลางของหินหูดแกรนิตที่ 1 และ 2 และแทรกตัวเข้ามาในหูดหิน 1 และ 2 ด้วย และดูเหมือนแทรกเข้าไปในหินหูด 3 อีกต่อหนึ่ง ทำให้คาดคิดว่าน่าจะอ่อนที่สุดในบรรดาหินทั้งหมดที่กล่าวมา

2. หูดหินแกรนิตแม่สลิด (Mae Salid Pluton) อาจจัดได้ว่าอยู่ในส่วนกลางระหว่างหูดหินแกรนิตที่ 1 และ 2 ทางตอนเหนือ แต่อยู่ที่ฝั่งด้านตะวันออกของแม่น้ำปิง แกรนิตที่พบมีสีชมพูอ่อน มีแร่ฮอร์นเบลนด์ และแร่ไบโอไรต์เป็นแร่หลักที่สำคัญ คิดว่าแทรกตัด (intruded) เข้ามาในหูดหินแกรนิตหลักตะวันตกทางด้านตะวันออก

3. หูดหินแกรนิตหลักด้านตะวันตก (Western Main Range Pluton) แผ่ปกคลุมด้านตะวันตกของพื้นที่ (ตะวันตกของแม่น้ำปิงเป็นส่วนใหญ่) โดยมากมักเป็นหินแกรนิตมากกว่า คือ มีความเป็น felsic หรือหินสีจางกว่าในหูดแรก จากรายงานพบว่าประกอบด้วยแกรนิตสีชมพู ชนิดมอนโซแกรนิต ซึ่งประกอบด้วยแร่ฮอร์นเบลนด์ และแร่ไบโอไรต์เป็นส่วนใหญ่ และอาจมีหินแอไพลิติก (appinitic) ซึ่งเป็นหินแปลกปลอม ที่เป็นหินสีเข้ม ๆ ของแรมอนไซไนต์และแร่ไดโอไรต์ และมีแร่ฮอร์นเบลนด์เป็นส่วนใหญ่

4. หูดหินแกรนิตตะวันออก (Eastern Pluton) ซึ่งหินเป็นพวกแร่โทนาไรต์ (tonalite) และแร่แกรโนไดโอไรต์ และแสดงแนวสัมผัสกับหินที่แก่กว่า คือ ถ้ำถ่านภูเขาไฟและหินชีสต์ในยุคไซลูเรียนถึง ดีโวเนียน กลุ่มที่แทรกดันรองมามากเป็นแร่แอไพลิต แต่แร่ไมโครแกรนิต ก็พบบ้าง

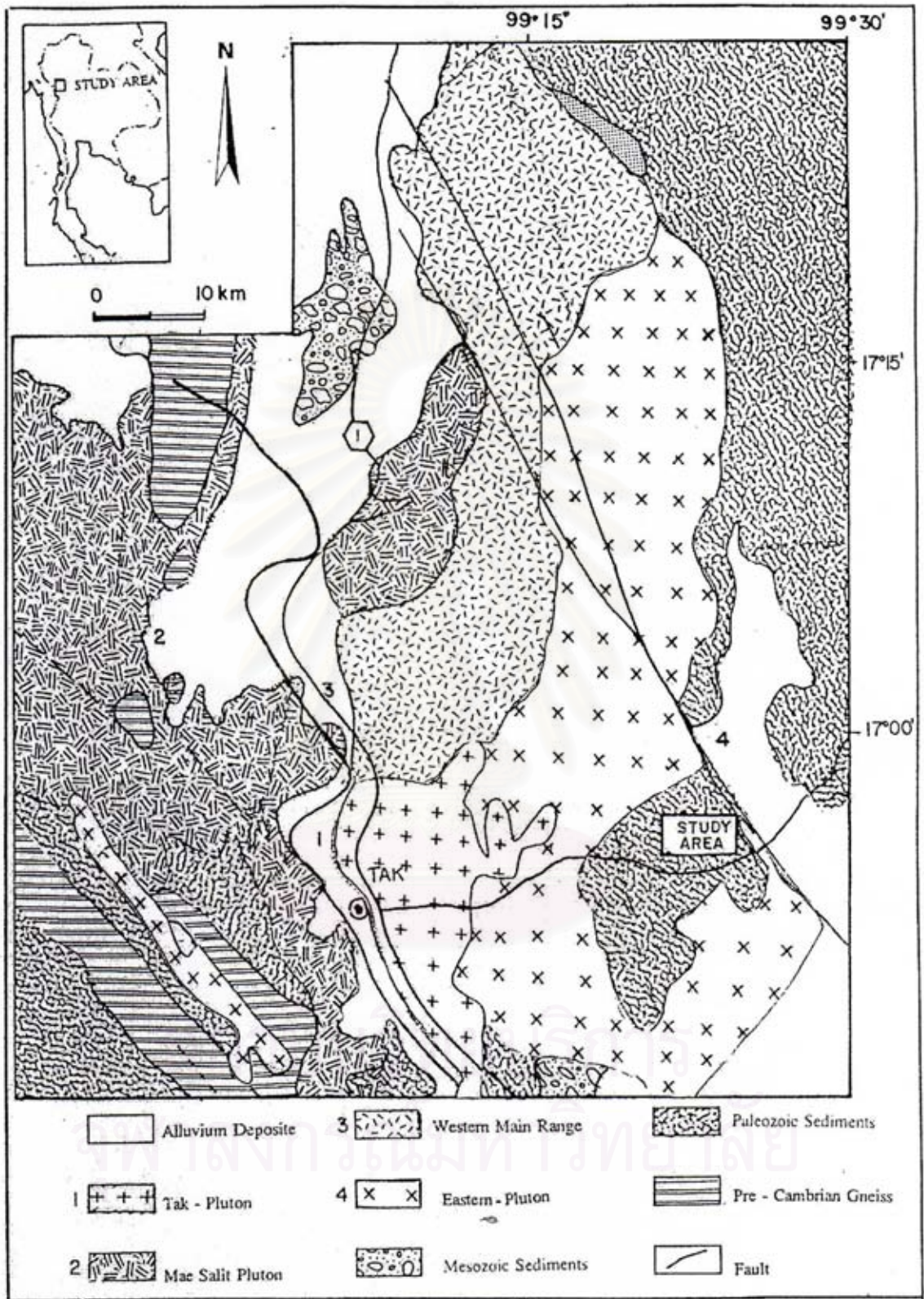
จากการศึกษาลักษณะการเกิดของหินหูดดังกล่าว (Mahawat 1988, Teggins, 1975) ได้ทำการวิเคราะห์ด้านธรณีเคมีโดยการเก็บตัวอย่างในแต่ละพื้นที่ข้างต้น ดังนี้

1) หูดหินแกรนิตตาก ตัวอย่างหินแกรนิตทั้งหมดจำนวน 8 ตัวอย่างจากหูดหินแกรนิตนี้ ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณออกไซด์ (major oxides) ของแร่ ผลการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตาราง 6.1

2) หูดหินแกรนิตแม่สลิด ตัวอย่างหินแกรนิตจำนวน 6 ตัวอย่างจากหูดหินแกรนิตนี้ ได้นำมาเสนอไว้ในตาราง 6.2

3) หูดหินแกรนิตหลักด้านตะวันตก ตัวอย่างหินแกรนิตจำนวน 9 ตัวอย่างจากหูดหินแกรนิตนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ โดย Teggins (1975) เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ส่งวิเคราะห์เอง 1 ตัวอย่าง แสดงในตาราง 6.3

4) หูดหินแกรนิตตะวันออก ตัวอย่างหินแกรนิตที่เลือกสรรและที่มีผู้ทำไว้ก่อน (Teggins, 1975) ได้นำมาแสดงไว้ในตาราง 6.4



รูป 6.5-1 แผนที่ธรณีวิทยาแสดงหินแกรนิตชนิดต่างๆ ของบริเวณจังหวัดตากจากการศึกษาของ Mahawat (1996).



ตาราง 6.1 ผลการวิเคราะห์ major oxides และ trace elements ของหินแกรนิต จาก  
Tak Pluton (Teggin, 1975 และ Mahawat, 1982)

Sample NO.	TK-7A	TK-1	TK-2	TK-7	TK-21	TK-22	TK-23	TO-2**	TO-1**	T-1*
Major SiO <sub>2</sub>	70.73	73.45	67.96	70.73	72.94	70.99	70.06	67.87	74.19	70.24
SiO <sub>2</sub>										
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.83	14.08	16.77	15.83	14.25	15.37	15.37	15.89	13.57	16.33
FeO(t)	15.1	1.27	2.01	1.51	1.29	1.43	2.38	1.59	0.79	1.47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	1.07	0.7	-
MgO	0.54	0.41	0.56	0.54	0.31	0.35	0.77	0.53	0.17	0.58
CaO	1.69	1.24	1.75	1.69	1.24	1.31	2.5	1.63	0.84	1.8
Na <sub>2</sub> O	3.80	3.86	4.16	3.80	4.00	4.02	3.87	3.77	3.77	4.02
K <sub>2</sub> O	5.28	5.16	5.91	5.28	5.21	5.72	4.36	5.9	5.04	5.25
TiO <sub>2</sub>	0.37	0.36	0.57	0.37	0.56	0.55	0.46	0.31	0.12	0.4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12	0.07	0.13	0.12	0.09	0.08	0.14	0.09	0.01	0.11
MnO	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06	0.08	0.07	0.04
Trace Rb	230	250	220	330	300	290	180	241	388	220
Rb										
Sr	55	160	190	230	120	120	270	150	44	150
Ba	60	310	-	860	-	-	-	624	108	3.0
Zr	70	180	320	210	190	200	190	305	116	21.5
Y	25	20	30	30	35	35	30	22	19	20
Cr	10	10	-	10	-	-	-	2	7	6
Cu	10	10	-	10	-	-	-	-	-	10
Ni	10	10	-	15	-	-	-	5	4	6
V	10	20	-	35	-	-	-	16	6	1.0

\* ข้อมูลที่วิเคราะห์จากการศึกษาครั้งนี้

\*\* ผลวิเคราะห์ที่หักแยกเป็น FeO และ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

ตารางที่ 6.2 ผลการวิเคราะห์ major oxides และ trace elements ของหินแกรนิต จาก  
Mae Salit Pluton (Teggin, 1975 และ Mahawat, 1982)

Sample NO.	TK-10	TK-11	TK-12	TK-13	TK-14	CTK25**	CTK25**	T-30*
Major SiO <sub>2</sub>	73.14	72.34	72.13	72.42	68.61	68.59	74.97	72.14
SiO <sub>2</sub>								
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.3	14.59	14.73	14.13	16.22	15.21	13.08	14.37
FeO(t)	1.32	1.54	1.55	1.78	2.21	1.93	0.32	2.59
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	0.93	0.81	0.25
MgO	0.43	0.54	0.18	0.58	0.78	0.47	0.28	1.44
CaO	1.3	1.45	1.47	1.59	2.5	1.86	1.07	4.21
Na <sub>2</sub> O	4.19	4.07	4.18	4.01	4.40	3.83	3.4	4.85
K <sub>2</sub> O	4.75	4.82	4.96	4.71	4.49	5.38	5.37	0.57
TiO <sub>2</sub>	0.44	0.49	0.59	0.57	0.58	0.35	0.12	0.07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.06	0.08	0.09	0.12	0.17	0.12	0.02	0.05
MnO	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.08	0.05	0.01
Trace element	300	300	280	230	200	249	412	315
Rb								
Sr	180	190	190	250	400	205	100	150
Ba	380	-	-	-	1070	1145	145	300
Zr	120	150	140	170	210	241	117	200
Y	30	30	30	30	30	25	8	16
Cr	10	-	-	-	10	4	12	8
Cu	10	-	-	-	10	-	-	10
Ni	10	-	-	-	10	0	5	3
V	40	-	-	-	95	25	8	6

\* ข้อมูลที่วิเคราะห์จากการศึกษาครั้งนี้

\*\* ผลวิเคราะห์ที่หักแยกเป็น FeO และ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

ตารางที่ 6.3 ผลการวิเคราะห์ major oxides และ trace elements ของหินแกรนิต จาก  
Western Pluton (Teggin, 1975 และ Mahawat, 1982)

Sample NO.	TK-3 <sup>*3</sup>	TK-4	<i>TK-4A</i>	<i>TK-4B</i>	TK-5	TK-6	TK-8B	TK-8C	TK-9	T18b*	CTK45*	T14**	T-22*
Major Oxides	45.4	69.2	68.57	77.81	69.15	73.88	75.67	71.18	75.7	48.81	59.72	72.3	71.2
SiO <sub>2</sub>													
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.2	16.2	17.46	11.41	13.68	14.49	13.27	14.77	13.1	19.9	18.72	13.8	14.8
FeO(t)	3.43	2.16	1.88	1.47	3.97	0.43	0.68	1.63	0.86	3.95	2.52	0.53	1.60
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.01	1.49	0.81	-
MgO	1.12	0.62	0.86	0.51	0.31	0.54	0.28	0.37	0.21	6.14	1.58	0.68	0.40
CaO	17.5	8.15	5.68	6.23	11.46	7.49	0.68	1.17	0.94	8.1	4.01	1.29	1.16
Na <sub>2</sub> O	0.10	0.06	1.66	0.07	0.05	0.19	4.31	4.37	3.89	2.3	4.86	3.72	4.38
K <sub>2</sub> O	5.02	3.11	3.43	2.16	1.03	2.54	4.59	4.99	5.04	3.54	4.21	5.26	5.11
TiO <sub>2</sub>	0.94	0.46	0.26	0.41	0.62	0.6	0.53	1.32	0.26	1.12	0.57	0.16	1.33
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.27	0.19	0.15	0.15	0.21	0.01	0.01	0.06	0.02	0.28	0.24	0.05	0.05
MnO	1.8	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.03	0.04	0.03	0.12	0.1	0.1	0.03
Trace elements	230	130	130	100	50	120	580	450	280	208	139	452	300
Rb													
Sr	1100	650	520	550	910	530	50	130	65	505	642	147	515
Ba	360	-	-	-	20	-	60	420	90	2001	2563	405	1027
Zr	530	350	300	240	840	230	70	300	80	153	449	168	300
Y	60	25	25	20	30	15	25	50	20	17	26	24	25
Cr	15	-	-	-	10	-	10	10	10	44	12	3	2
Cu	10	-	-	-	10	-	10	10	10	-	-	-	4
Ni	10	-	-	-	10	-	15	15	10	25	7	3	2
V	170	-	-	-	70	-	10	30	20	231	60	14	10

\*3 คล้ายหิน dioritic gabbro

\* ข้อมูลที่วิเคราะห์จากการศึกษาครั้งนี้

\*\* ผลวิเคราะห์ที่หักแยกเป็น FeO และ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

TK หินถูกปนเปื้อนด้วยน้ำยาร้อน

ตาราง 6.4 ผลการวิเคราะห์ major oxides และ trace elements ของหินแกรนิต จาก

Eastern Pluton (Teggin, 1975 และ Mahawat, 1982)

Sample NO.	TK-17	TK-19	TK-20	T38b**	T32**	T-39*
Major SiO <sub>2</sub>	74.39	75.34	73.19	57.16	74.45	74.35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.71	13.35	14.23	18.25	11.35	13.76
FeO(t)	0.78	0.76	0.91	4.69	1.31	0.72
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	2.34	1.09	-
MgO	0.21	0.25	0.28	2.66	0.49	0.27
CaO	0.83	0.76	0.93	6.35	2.03	0.81
Na <sub>2</sub> O	4.39	4.19	4.61	3.38	3.42	4.37
K <sub>2</sub> O	4.93	4.86	5.13	1.47	4.8	4.93
TiO <sub>2</sub>	0.64	0.46	0.6	0.85	0.21	0.69
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.03	0.03	0.23	0.08	0.02
MnO	0.03	0.03	0.03	0.14	0.06	0.03
Trace Rb	370	300	320	81	146	100
Sr	45	40	75	381	226	305
Ba	60	-	-	556	933	620
Zr	100	90	110	132	102	110
Y	40	35	35	31	26	30
Cr	10	-	-	37	7	7
Cu	10	-	-	-	-	12
Ni	10	-	-	6	5	3
V	10	-	-	150	20	15

\* ข้อมูลที่วิเคราะห์จากการศึกษาครั้งนี้

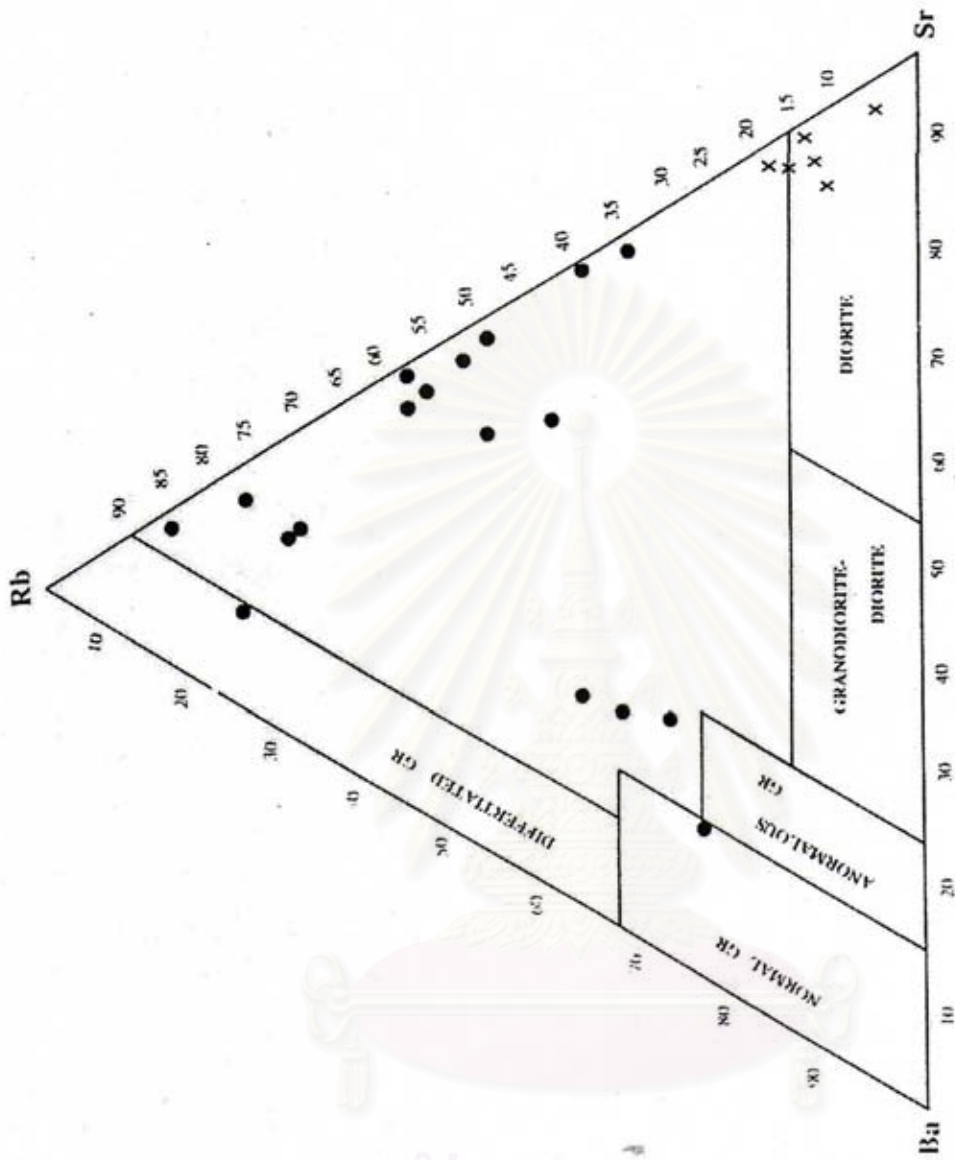
\*\* ผลวิเคราะห์ที่เหล็กแยกเป็น FeO และ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

เห็นได้ว่าในแง่เศรษฐศาสตร์และการพาณิชย์ การแบ่งหินแกรนิตในแง่ธรณีเคมี ไม่ค่อยได้ผลดีเท่าใดนัก ถ้าใช้ข้อมูลจาก Mahawat (1982) ซึ่งเป็นข้อมูลในเชิงธรณีวิทยา และแร่วิทยามาจำแนก แต่ถ้าหากจำแนกชนิดหินแกรนิตออกโดยใช้สีเป็นหลักโดยวิธีจำแนกของ Teggan (1975) เป็นสีชมพู จะสามารถแยกความแตกต่างในเชิงเคมีได้ว่าแกรนิตทั้งสองนี้มีความแตกต่างกันมากน้อยอย่างไรจากไอโซแกรมสามเหลี่ยมเบเรียม-รูบิเดียม-สตรอนเชียม (Ba-Rb-Sr) จะเห็นว่าหินแกรนิตสีชมพูและหินแกรนิตขาวมีความแตกต่างในแง่ของธาตุมีน้อย (trace element) อยู่บ้าง ดังรูปที่ 6.2-13 แสดงให้เห็นว่าหินแกรนิตสีชมพูและขาวที่มีความแตกต่างในเชิงเคมีอยู่บ้าง

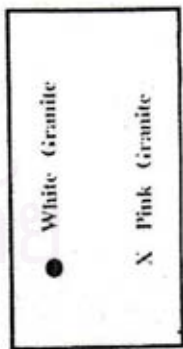
## 6.6 สรุป

จากผลวิเคราะห์เคมีของหินแกรนิต และจากการศึกษาในสนาม ตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลจากตัวอย่างหิน และจากแผ่นหินบาง พอสรุปได้ว่า หินแกรนิตในแถบจังหวัดตาก และต่อเข้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงถึงรอยตะเข็บ น่าน-อุดรดิตถ์ เป็นหินแกรนิตประเภทแกรนิตอัคนี (Igneous rock of truly magmatic origin) หรือเรียกย่อๆ ว่า “I-type granites” ซึ่งลักษณะดังกล่าวแตกต่างจากแนวหินแกรนิตที่อยู่ทางฝั่งตะวันตกของจังหวัดเชียงใหม่ คือตั้งแต่ตะวันตกของจังหวัดเชียงรายจนถึงแม่ฮ่องสอน และต่อแนวลงมาทางใต้จนถึงตากและกาญจนบุรี ซึ่งจากการศึกษาของ Charusiri และคณะ (2002) เชื่อว่าน่าจะเป็นหินแกรนิตตะกอน ซึ่งถือว่าการกำเนิดจากการหลอมละลายบางส่วนของหินตะกอนได้เปลือกโลกส่วนทวีป (partial meltings of (meta-) sediments) ซึ่งเรียกสั้นๆ ว่า “S-type granites” จากลักษณะทางการเกิดของหินแกรนิตทั้งสองเป็นคนละชนิดโดยสิ้นเชิง ทำให้เชื่อว่าลักษณะธรณีแปรสัณฐานของแนวแกรนิตทั้งสองแนวนี้น่าจะแตกต่างกันด้วย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 6.5-2 ตารางสามเหลี่ยม Rb-Sr-Ba แสดงการกระจายของแกรนิตขาวและแกรนิตสีชมพูของแกรนิตสีชมพู



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 7

### ธรณีเคมีของโครเมียนสปิเนล

#### 7.1 การวิเคราะห์ด้าน EPMA

จากตัวอย่างหินตะกอนและหินอัคนีบางชนิดที่เก็บได้จากทางภาคเหนือได้นำมาหา Chromian spinel และพบว่าแร่ดังกล่าวอยู่ 120 grains จากประเทศไทย และได้คัดเลือกแร่สปิเนลอีก 106 grains จากประเทศต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA JEOL JxA 8612 โดยทำการวิเคราะห์ major และ minor oxide ทั้งหมด 12 ชนิด ประกอบด้วย MgO, FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, CaO, TiO<sub>2</sub>, MnO และ ZnO หลังจากที่ได้ weight percent ของแต่ละ element แล้ว จึงทำการคำนวณค่า partition ต่างๆ ซึ่งใช้ในการ plot standard diagram ในรายละเอียดของการคำนวณค่า partition ต่างๆ จะได้อธิบายต่อไปจากนี้

การคำนวณค่า ferric และ ferrous oxide ในที่นี้ให้อยู่บนพื้นฐานของ spinel stoichiometry โดยที่ค่า Fe ทั้งหมดจะคำนวณในตอนแรกแบบ FeO และ Ti ทั้งหมดจะรวมกับ Fe เป็น โมเลกุลของสปิเนลแบบหนึ่งๆที่เรียก ulvospinel molecule (Fe<sup>2+</sup><sub>2</sub> TiO<sub>4</sub>) โดยที่หลังจากหักเอา ulvospinel molecule สัดส่วน cation ของ Mg, Fe<sup>2+</sup>, Cr, Al and Fe<sup>3+</sup> จึงคำนวณได้จาก assuming spinel stoichiometry และค่า Mn ทั้งหมดจะเพิ่มเข้าไปใน total Fe ก่อนการคำนวณ โดยเรากำหนดให้

$$\text{ค่า Chrome partition, Cr\#} = \text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})$$

$$\text{และ Magnesium partition, Mg\#} = \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$$

ส่วนค่า partition ของ Trivalent electron cation ประกอบไปด้วย

$$\text{ค่า Cr}^{3+} \# = \frac{\text{Cr}}{(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})}$$

$$\text{ค่า Al}^{3+} \# = \frac{\text{Al}}{(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})}$$

$$\text{ค่า Fe}^{3+} \# = \frac{\text{Fe}^{3+}}{(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})}$$

ลำดับสุดท้ายคือค่า TiO<sub>2</sub> weight percent ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกค่าหนึ่งในการกำหนดสภาพการแปรสัณฐาน (tectonic setting)

## 7.2 ผลการวิเคราะห์

### 7.2.1 พื้นที่จังหวัดเชียงราย

พื้นที่ศึกษานี้ ค่า chrome ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) จัดว่าไม่สูงมากนัก โดยอยู่ระหว่าง 35-40% ค่า Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ซึ่ง major element อีกตัวหนึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 25-30% แต่มี 2-3 เม็ดที่มีค่า Alumina ต่ำกว่าปกติ คือ 8-9 % ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพ (alteration) ทำให้มีการดึงเอา Alumina มาใช้ในการ form เป็นแร่กลุ่ม Al-hydrous เช่น chlorite ซึ่งปรากฏอยู่รอบๆ spinel grain สำหรับ total iron (FeO) มีค่าประมาณ 17-32 % และส่วนใหญ่ต่ำกว่า 20% และ Magnesium 6-13 % ส่วนของ element ที่เหลือประกอบด้วย MnO, NiO,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ , CaO,  $\text{Na}_2\text{O}$  และ  $\text{K}_2\text{O}$  ซึ่งจัดเป็น minor element ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่า 0.1 ลงไปจนกระทั่งต่ำกว่า ค่าที่เครื่อง EPMA จะตรวจจับได้ สำหรับ  $\text{TiO}_2$  ของ area นี้ถือว่า มีค่าต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ศึกษาอื่นๆ

สำหรับค่า major element partition สามารถสรุปได้ดังนี้

ค่า Cr# มีการกระจายตัวค่อนข้างกว้าง ตั้งแต่ 0.4-0.7

ค่า Mg# มีค่า 0.3-0.7 แต่ส่วนใหญ่มีความหนาแน่นอยู่ที่ 0.4-0.6

ค่า  $\text{Cr}^{3+}$ # โดยเฉลี่ยมีตั้งแต่ 0.45-0.68

ค่า  $\text{Al}^{3+}$ # โดยเฉลี่ยมีตั้งแต่ 0.2-0.55 และ

ค่า  $\text{Fe}^{3+}$ # มีค่าค่อนข้างต่ำ 0.04-1.10

### 7.2.2 พื้นที่แถบน่าน-อุตรดิตถ์

สำหรับ spinel จากพื้นที่นี้ มีอัตราส่วนของ chrome ค่อนข้างสูงกว่าของจังหวัดเชียงราย เมื่อเปรียบเทียบกับ alumina percent กล่าวคือ chrome อยู่ที่ 36-45 % ในขณะที่มี Aluminar เพียง 11-18 % เกือบทั้งหมดต่ำกว่า 15 % ค่าเหล็กทั้งหมด (total iron) ค่อนข้างสูงประมาณ 30-38 % ส่วนค่า magnesium ต่ำมากๆ เพียงแค่ 2-7 % แต่  $\text{TiO}_2$  percent มีค่าสูงกว่าของ Chiang Rai คือ 0.3-0.5 % MnO ก็มีค่าใกล้เคียงกับ  $\text{TiO}_2$  คือ 0.3-0.5 % ส่วนปริมาณธาตุอื่นๆ ที่เหลือ CaO,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , NiO และ  $\text{SiO}_2$  มีค่าต่ำมากๆ คืออยู่ที่ 0.001-0.1 %

สำหรับค่า major element partition ค่อนข้างมีการแบ่งแยกเป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจน สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ค่า Cr# แบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ 0.3-0.5, 0.5-0.7 และ

ค่า Mg# โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 0.3-0.4

แต่สำหรับค่า partition อื่นๆ มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันและมีการกระจายตัวของข้อมูลน้อยกว่าของพื้นที่เชียงรายมาก

ค่า  $\text{Cr}^{3+}$  มีค่าอยู่ในช่วง 0.55-0.6



ค่า  $Al^{3+}$  มีค่าอยู่ในช่วง 0.3-0.4 และ

ค่า  $Fe^{3+}$  สำหรับ area นี้ มีค่าสูงกว่าในทุกๆ area อย่างเห็นได้ชัดคือ 0.1-0.2 โดยส่วนใหญ่สูงกว่า 0.15

### 7.2.3 พื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ในพื้นที่แม่ฮ่องสอน โครเมียนสปิเนล (chromian spinels) ที่ค้นพบได้จากหินทรายจากกลุ่มหินแม่สะเรียง (Mae Sariang Group)

พื้นที่ศึกษานี้ ค่า Chrome ( $Cr_2O_3$ ) มีช่วงค่อนข้างกว้างกว่าของพื้นที่เชิงทราย และพื้นที่น่าน-อุตรดิตถ์ โดยอยู่ระหว่าง 27-57 % ขณะที่ Alumina ( $Al_2O_3$ ) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 22-37 % ซึ่งใกล้เคียงกับพื้นที่เชิงทราย สำหรับค่า Total iron ( $FeO$ ) มีค่าประมาณ 13-24 % ซึ่งมีค่าน้อยกว่า ทั้งพื้นที่เชิงทรายและพื้นที่น่าน-อุตรดิตถ์ ส่วนค่า Magnesium มีค่าระหว่าง 9-17 % ซึ่งมีมากกว่าทั้งพื้นที่เชิงทราย และพื้นที่น่าน-อุตรดิตถ์ แต่ค่า  $TiO_2$  ของพื้นที่นี้มีช่วงค่อนข้างกว้างคือ 0.014 – 0.723 % แต่โดยส่วนใหญ่มีค่าประมาณ 0.5-0.6 ซึ่งมากกว่าทั้งพื้นที่เชิงทราย และพื้นที่น่าน-อุตรดิตถ์ ส่วนปริมาณธาตุอื่นๆ ซึ่งจัดเป็น minor element คือ  $SiO_2$ ,  $NiO$ ,  $CaO$ ,  $Na_2O$  และ  $K_2O$  มีค่าต่ำมาก คือ 0.009 – 0.1 % สำหรับค่า major element partition สามารถสรุปได้ดังนี้

ค่า Cr# มีการกระจายตัวค่อนข้างกว้าง ตั้งแต่ 0.36-0.74

ค่า Mg# มีค่า 0.45-0.75 แต่ส่วนใหญ่มีความหนาแน่น 0.5-0.6

ค่า  $Al^{3+}$  # มีค่า 0.4-0.6 ซึ่งมีค่าค่อนข้างมากกว่าพื้นที่เชิงทรายและพื้นที่น่าน-อุตรดิตถ์

ค่า  $Fe^{3+}$  # มีค่า 0.04-0.21 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าพื้นที่น่าน-อุตรดิตถ์ อย่างเห็นได้ชัด

## 7.3 การอภิปรายผล (Discussion)

### 7.3.1 แผนภูมิเทียบสัมพันธ์ทางธรณีวิทยา (Geological correlation diagram)

สำหรับการจำแนกสภาพการแปรสัณฐาน (tectonic setting) ของการเกิดมวลหินอัลตราเมฟิกของแต่ละพื้นที่ในประเทศไทยได้อาศัยข้อมูลผลการวิเคราะห์สปิเนลจาก 4 พื้นที่ ที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า chrome Cr partition, magnesium partition, ค่า  $TiO_2$  wt %, ค่า Trivalent partition  $Cr^{3+}$  #,  $Al^{3+}$  # และ  $Fe^{3+}$  # มา plot ลงใน standard diagram ต่างๆ ประกอบกับข้อมูลทางธรณีวิทยาแปรสัณฐานอื่นๆ เพื่อให้ได้กระบวนการเกิดของมวลหินอัลตราเมฟิกที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด

#### ก. พื้นที่เชิงทราย

ข้อมูลมากกว่า 90 % มีการกระจายตัวอย่างเป็นระบบในส่วน (field) ของ Alpine-type peridotite โดยค่า Cr# และ Mg# มีความสัมพันธ์เป็นแบบผกผันใน diagram ของ Pober & Faupl มีเพียง 3-4 ข้อมูลเท่านั้นที่เลยเข้าไปใน field ของ stratiform complex จนอาจกล่าวได้ว่า spinel ใน area นี้ มีการรวมกลุ่มอย่างมี

นัยสำคัญอยู่ใน field ของ Alpine-type peridotite เมื่อพิจารณารวมไปถึงค่า  $TiO_2$  % ใน diagram Cr# และ  $TiO_2$  ของ Arai พบว่าค่า  $TiO_2$  % ของ spinel ใน area นี้ มีค่าต่ำมาก ๆ โดยทั้งหมดต่ำกว่า 0.1 % ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะอย่างหนึ่งของ spinel ที่เกิดในลักษณะแปรสัณฐานแบบด้านหน้าแนวโค้งภูเขาไฟ (fore arc-type) (รูป 7.1,7.2)

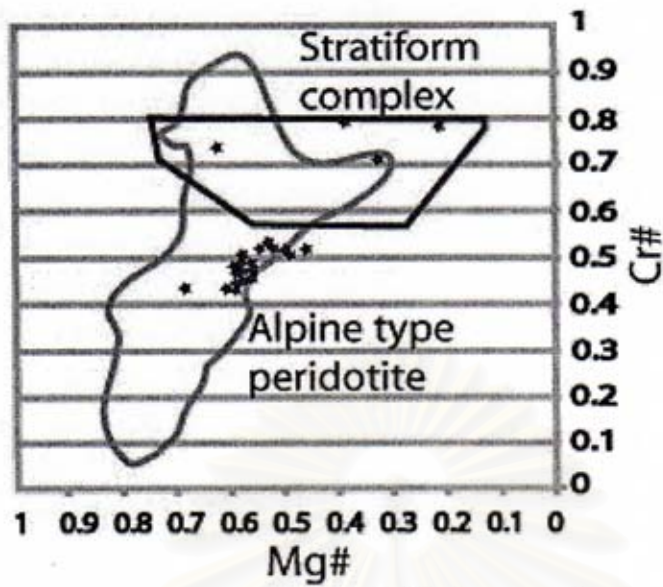
#### ข. พื้นที่น่าน-อุตรดิตถ์

จากการศึกษาโครเมียมสปิเนลพบว่ามีช่วงของค่า Cr# ที่กว้างมาก ๆ คือตั้งแต่ 0.3-0.8 แต่ค่า Mg# กลับมีการกระจายตัวในช่วงที่แคบ ๆ คือประมาณ 0.25-0.45 โดยข้อมูลบางส่วนประมาณ 50 % ตกอยู่ใน field ของ stratiform complex แต่อีก 50 % หลุดอยู่นอก field ของ diagram (รูป 7.3) อย่างไรก็ตามลักษณะการกระจายตัวแบบนี้เป็นผลมาจากกระบวนการ fractional crystallization ในสถานะที่มีการ differentiation น้อยมาก ๆ ลักษณะแบบนี้ปรากฏในสภาพธรณีวิทยาแบบ stratiform complex ส่วนในแผนภาพ (diagram) Cr# และ  $TiO_2$  wt % (Arai, 1993) พบว่าค่า  $TiO_2$  มีการกระจายตัวกว้างมากและมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เชิงรอย และตกอยู่ใน field การแปรสัณฐานแบบ Island arc (รูป 7.4) สำหรับ diagram ของ Haggerty (1976) ค่าความสัมพันธ์ของ Cr # และ Mg# ของตัวอย่างจากน่าน-อุตรดิตถ์อยู่ใน Type III ซึ่งหมายถึงสภาพการแปรสัณฐานแบบ Island arc เมื่อพิจารณาเฉพาะค่า Cr# ซึ่งมีช่วงที่กว้างมากเพียงอย่างเดียว เราสามารถสรุปได้ว่าหิน host rock ของ spinel ของ แพร่-น่าน นี้ เป็น alpine peridotite ซึ่งเกิดในสภาพการแปรสัณฐานแบบ Island arc setting โดยไม่มีข้อสงสัย เป็นที่น่าสังเกตอย่างหนึ่งว่า องค์ประกอบทางเคมีของ spinel ซึ่งเกิดในสภาพการแปรสัณฐานแบบแยกตัวจากกัน (divergent-tectonics) ต่างมีความชัดเจนในเรื่องของขอบเขตและรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็น mid-oceanic ridge, oceanic Island, หรือ continental rifting ต่างจากส่วนที่เกิดในสภาพการแปรสัณฐานแบบอัดตัวเข้าหากัน (convergent setting) โดยเฉพาะบริเวณที่ถูก disturb ด้วย subduction

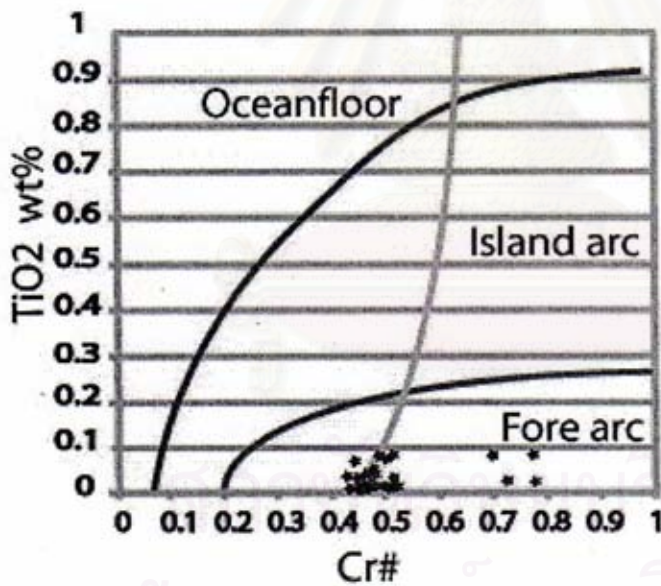
สิ่งสำคัญอีกข้อหนึ่งเป็นข้อจำกัดในการศึกษา chromian spinel ซึ่งคงไม่แตกต่างจากการศึกษานานทางด้านธรณีวิทยาอื่นนัก คือความเก่าแก่และความซับซ้อน (complex) ทางด้านธรณีประวัติในพื้นที่ ซึ่งเป็นอุปสรรคที่หลีกเลี่ยงไม่พ้นในพื้นที่ที่มีอายุเก่าแก่และมีสภาพการแปรสัณฐาน (tectonic setting) ที่ซับซ้อน ต่างจากการศึกษาธรณีวิทยาในบริเวณที่มีสภาพการแปรสัณฐานยุคใหม่

#### ค. พื้นที่แม่ฮ่องสอน

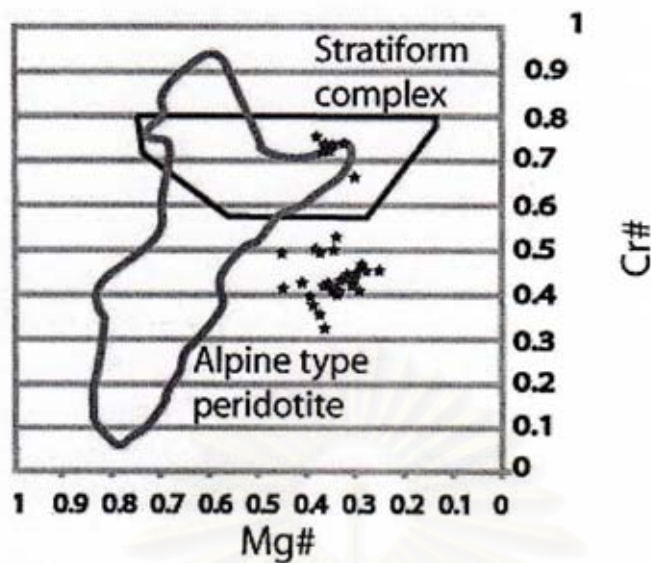
ในการศึกษานี้ ใช้ผลการวิเคราะห์โครเมียมสปิเนล จากข้อมูลของ Sugiyama มาเปรียบเทียบกับ การอภิปรายถึงการแปรสัณฐาน โดย 3 กลุ่มหลักที่ใช้ arc magmas (บะซอลต์ และแอนดิไซต์), ocean-floor basalts (MORB) และ intraplate basalts (ดู Glassley, 1974; Arai, 1992) เห็นได้ชัดว่า โครเมียมสปิเนลจากแมกมา มีช่วงของค่า Cr# ค่อนข้างกว้าง โครเมียมสปิเนลใน arc magma) แสดงถึงค่าที่หลากหลายของ Cr# จาก 0.3-0.7 (รูป 7.5) อ้างอิงผลของข้อมูลที่เสนอโดย Arai, 1992 ช่วงของ Cr# จากกลุ่มหินแม่สะเรียง บ่งบอกถึง ธรณีแปรสัณฐานตกอยู่ใน Fore-arc และ Ocean floor basalts Wilson (1989) ได้กล่าวถึงปริมาณ  $TiO_2$  สามารถบ่งบอกถึงความแตกต่างของชนิดแมกมา โดยปริมาณ  $TiO_2$  จะเพิ่มขึ้นจาก island arc ถึง



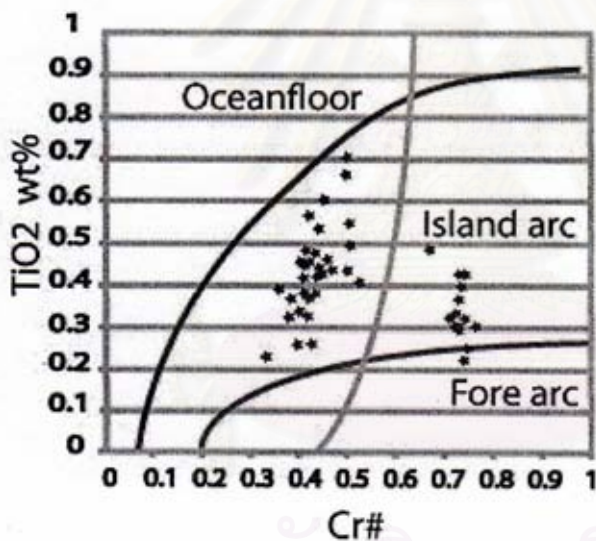
รูป 7.1 การ plot ค่า Cr# และ Mg# ของสปิเนลจากพื้นที่เชียงราย ซึ่งส่วนใหญ่ ตกอยู่ใน field ของ Alpine type peridotite และบางส่วนเป็น stratiform complex (Irvine, 1974)



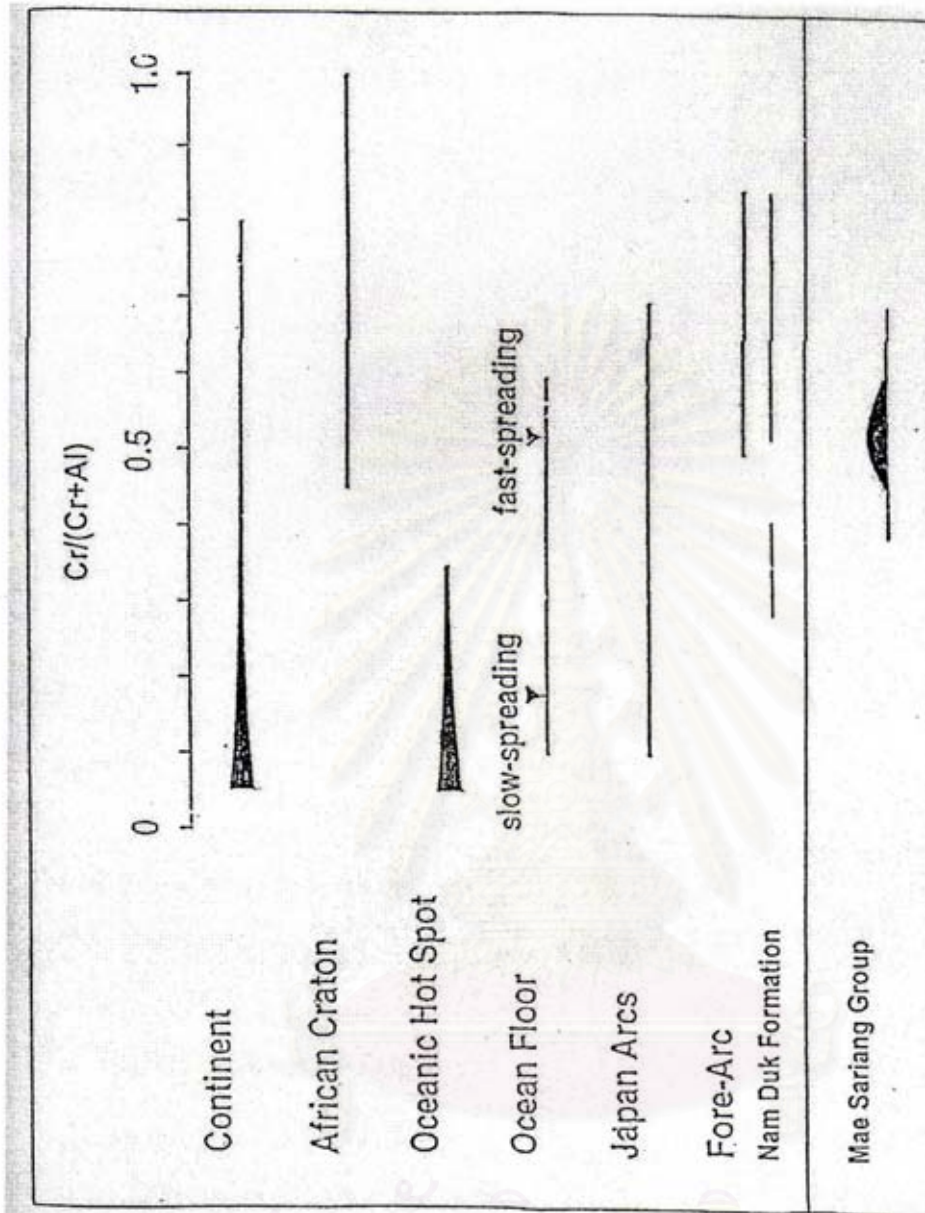
รูป 7.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cr# กับ TiO<sub>2</sub> ของโครเมียมสปิเนลจากพื้นที่เชียงราย บ่งชี้ถึงสภาพธรณีฐานแบบ fore-arc (Arai, 1992 และ Charusiri 2000)



รูป 7.3 การ plot ค่า Cr# และ Mg# ของโครเมียมสปิเนลจากพื้นที่น่าน – อูครดิคต์ ซึ่งส่วนใหญ่ตกอยู่บนพื้นที่ แต่ใกล้เคียงกับพื้นที่ของAlpine type peridotite และบางส่วนเป็น stratiform complex (Irvine, 1974)



รูป 7.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cr# กับ TiO<sub>2</sub> ของโครเมียมสปิเนลจากพื้นที่น่าน – อูครดิคต์ ส่วนใหญ่บ่งชี้ถึงสภาพธรณีแปรสัณฐานแบบ island – arc (Arai, 1992 และ Charusiri, 2000)



รูป 7.5 กราฟแท่งแสดงช่วงค่าอัตราส่วน Cr/(Cr+Al) ของโครเมียมสปีในหลากหลายแหล่งกำเนิดต่างๆ (Arai, 1994) เปรียบเทียบกับโครเมียมสปีในหลากหลายกลุ่มหินแม่สะเรียง.

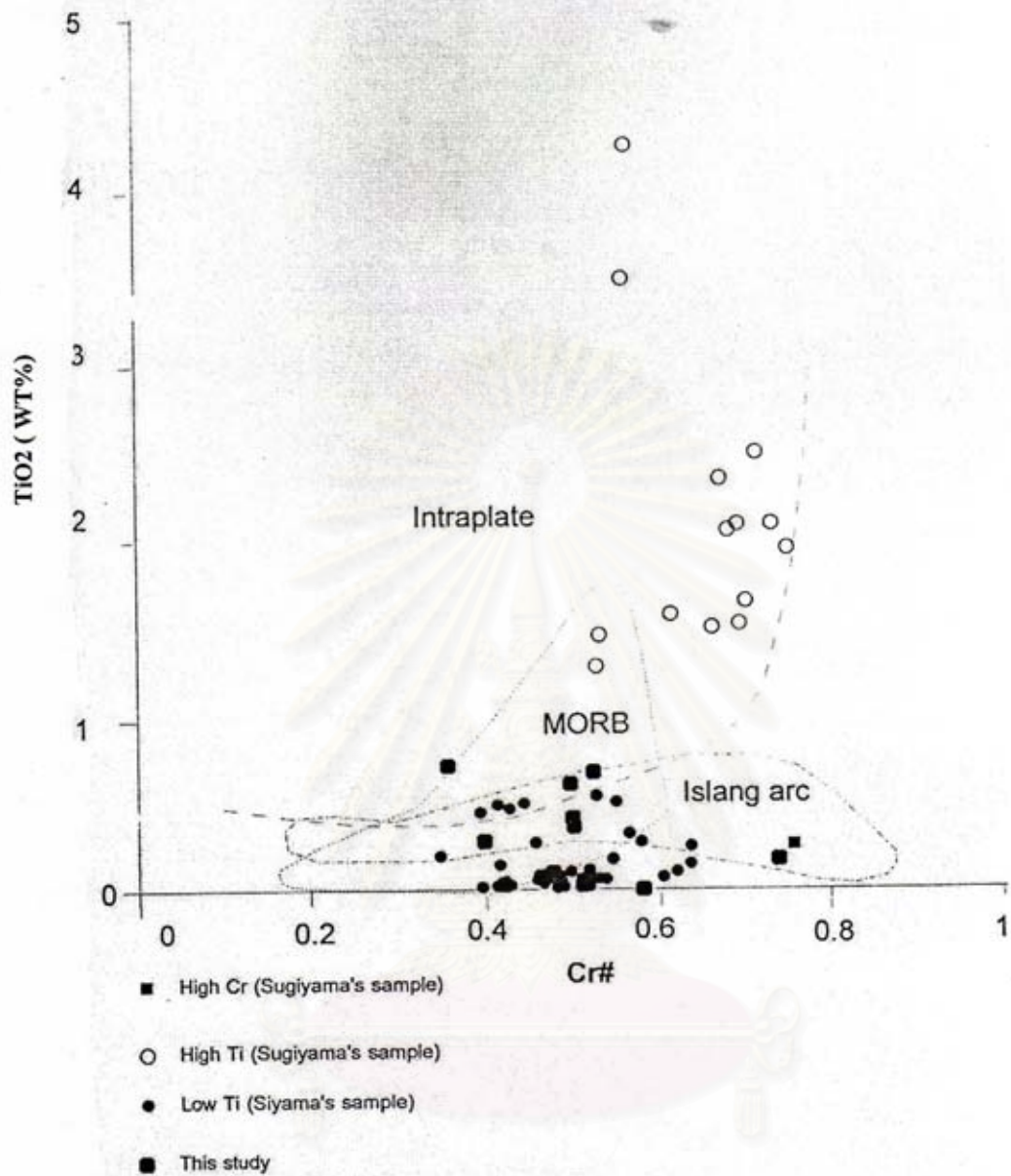
intraplate basalts ไปจนถึง MORB เปรียบเทียบกับอัตราส่วนของ FeO/MgO ซึ่งสปีเนลจาก intraplate basalts จะมีปริมาณ TiO<sub>2</sub> สูง อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับธรณีแปรสัณฐานแบบอื่นๆ ที่กล่าวมา ส่วนสปีเนลจากหิน boninites และบะซอลต์/แอนดิไซต์ ที่มีปริมาณ Mg สูง จะมีค่าของ Cr# และ TiO<sub>2</sub> ไม่สามารถแยกกันได้อย่างชัดเจนจาก arc magmas และ back-arc basin (รูป 7.6) ความสัมพันธ์ระหว่าง Cr# และ TiO<sub>2</sub> จากข้อมูลที่ได้ของโครเมียนสปีเนลจากหินทรายแม่สะเรียง และจากข้อมูลของ Sugiyama บ่งบอกถึงแนวโน้มของสปีเนลว่ากำเนิดจาก MORB จากไดอะแกรมของ Arai (1992)

Arai (1992) ใช้ค่าของ Cr# ในช่วง 0.3 และ 0.6 ของโครเมียนสปีเนล โดยนำมาเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์ของค่า Fe<sup>3+</sup> และ TiO<sub>2</sub> โดยได้กล่าวว่าค่าของ Fe<sup>3+</sup> จากสปีเนลที่มาจาก MORB มีค่าต่ำมาก เป็นผลเนื่องมาจากเกิดการแยกลำดับส่วนที่ต่ำ ซึ่งเป็นลักษณะของ MORB เปรียบเทียบกับแมกมาตัวอื่นๆ ส่วนสปีเนลจากแหล่งกำเนิด arc-related alkaline basalt มีค่า Ti สูง จากไดอะแกรม Fe<sup>3+</sup> # - TiO<sub>2</sub> (รูป 7.7)

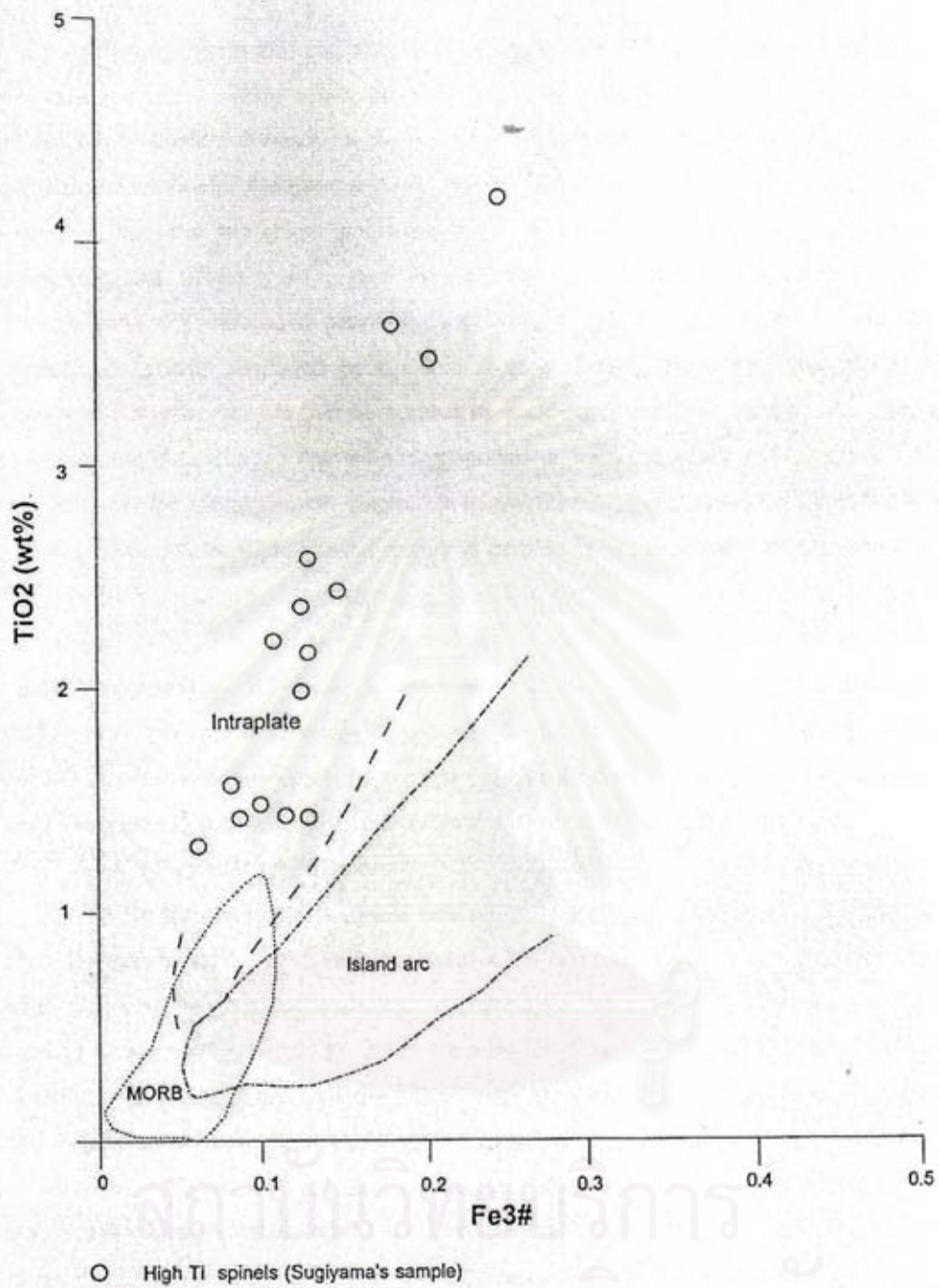
ส่วนค่าสปีเนลจาก MORB มีค่าปานกลาง แต่ก็ไม่ชัดเจนนัก เมื่อเปรียบเทียบกับ arc-magma และ intraplate basalt จากค่าของ TiO<sub>2</sub> กับ Fe<sup>3+</sup> # ค่าของ Fe<sup>3+</sup> ที่ต่ำเป็นลักษณะของสปีเนลที่มาจาก MORB ยิ่งไปกว่านั้นสปีเนลจาก back-arc basin basalt มีค่าของ TiO<sub>2</sub> ปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับสปีเนลจาก MORB แต่จะมีค่าค่อนข้างสูงของ Fe<sup>3+</sup> # ที่สูง ความสัมพันธ์ของค่า Fe<sup>3+</sup> และ TiO<sub>2</sub> ของโครเมียนสปีเนลใน 3 กลุ่มแมกมา ถูกเสนอโดย Arai 1992 ค่าของโครเมียนสปีเนลจากกลุ่มหินแม่สะเรียงดูเหมือนว่าสอดคล้องกับ field ของ MORB และ intraplate ของ Arai (1992) จากงานที่เสนอโดย Cookenboo และคณะ 1997 การใช้ตารางสามเหลี่ยมของแคทไอออนหลักในโครเมียนสปีเนลสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวินิจฉัยต่างๆ โดยข้อมูล Cr<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup> และ Fe<sup>3+</sup> จากหินทรายแม่สะเรียงที่มีสปีเนลจากงานของ Sugiyama นำมา plot ลงใน discrimination ไดอะแกรม (รูป 7.8) ซึ่งแสดงค่าที่ได้ส่วนใหญ่ตกอยู่ใน field ของ Alpine-type peridotite อย่างไรก็ตาม เราได้นำค่าของ Cr# และ Mg# ของสปีเนลจากแม่สะเรียงมา plot ในรูป 7.9 เปรียบเทียบกับ Alpine-type peridotite (field ของ Irvine, 1978) และพบว่ามีความสอดคล้องกับ Alpine-type peridotite จาก Bloomer และ Hawkins (1987) และ Cookenboo และคณะ 1997 หิน Alpine-type peridotite โดยทั่วไปจะอยู่ในชุดของ island-arc ดังนั้นจึงเป็นที่น่าเชื่อได้ว่า สปีเนลจากแม่สะเรียงน่าจะมีต้นกำเนิดมาจากธรณีแปรสัณฐานแบบ MORB และ intraplate basalt

เพื่อยืนยันถึงรูปแบบธรณีแปรสัณฐานของกลุ่มหินแม่สะเรียง โดยใช้ข้อมูลจากโครเมียนสปีเนล จากรูปแบบงานของ Haggerty (1976) โดยใช้ Cr# และ Mg# นำมาประยุกต์ตามรูปที่ 7.10 ซึ่งทำให้มองเห็นภาพได้ว่า โครเมียนสปีเนลจากกลุ่มหินแม่สะเรียงสอดคล้องกันเป็นอย่างดีกับชุด ophiolites ซึ่งกำเนิดใน mid oceanic ridge และโอฟีโอไลต์ที่สัมพันธ์กันเป็นบริเวณกว้าง เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนของ Mg# กับ Cr# ในรูป 7.11 จะได้ว่าค่าของอัตราส่วนซึ่งสอดคล้องกับสปีเนลจาก marginal basin seafloor แต่จะสังเกตได้ว่าค่าของช่วง Cr# จากแม่สะเรียงมีค่าสูงกว่าสปี

เนลจาก Island arc ของ Cookenboo และคณะ 1997 ถึงแม้ว่าค่า Mg# ไม่แตกต่างกันมาก และช่วงค่าของ Cr# จากแม่สะเรียงยังสูงกว่าสปีเนลจาก Mid oceanic ridge ของ Cookenboo และคณะ (1997) ดังนั้นจึงสามารถ

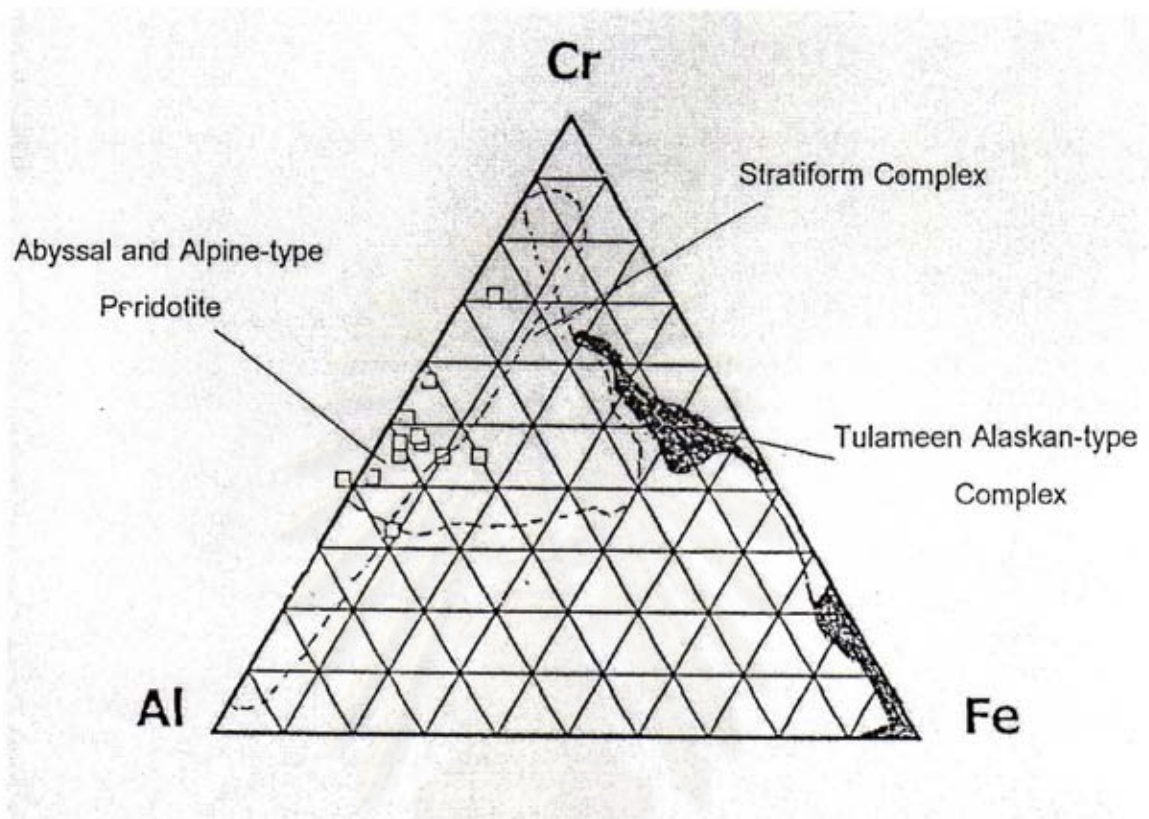


รูป 7.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cr# และ  $TiO_2$  ของโครเมียมสปิเนลจากหินทรายแม่สะเรียง เปรียบเทียบกับลักษณะธรณีแปรสัณฐานของ intraplate basalts, MORB (Mid-oceanic ridge) และ arc magmas เสนอโดย Arai, 1992

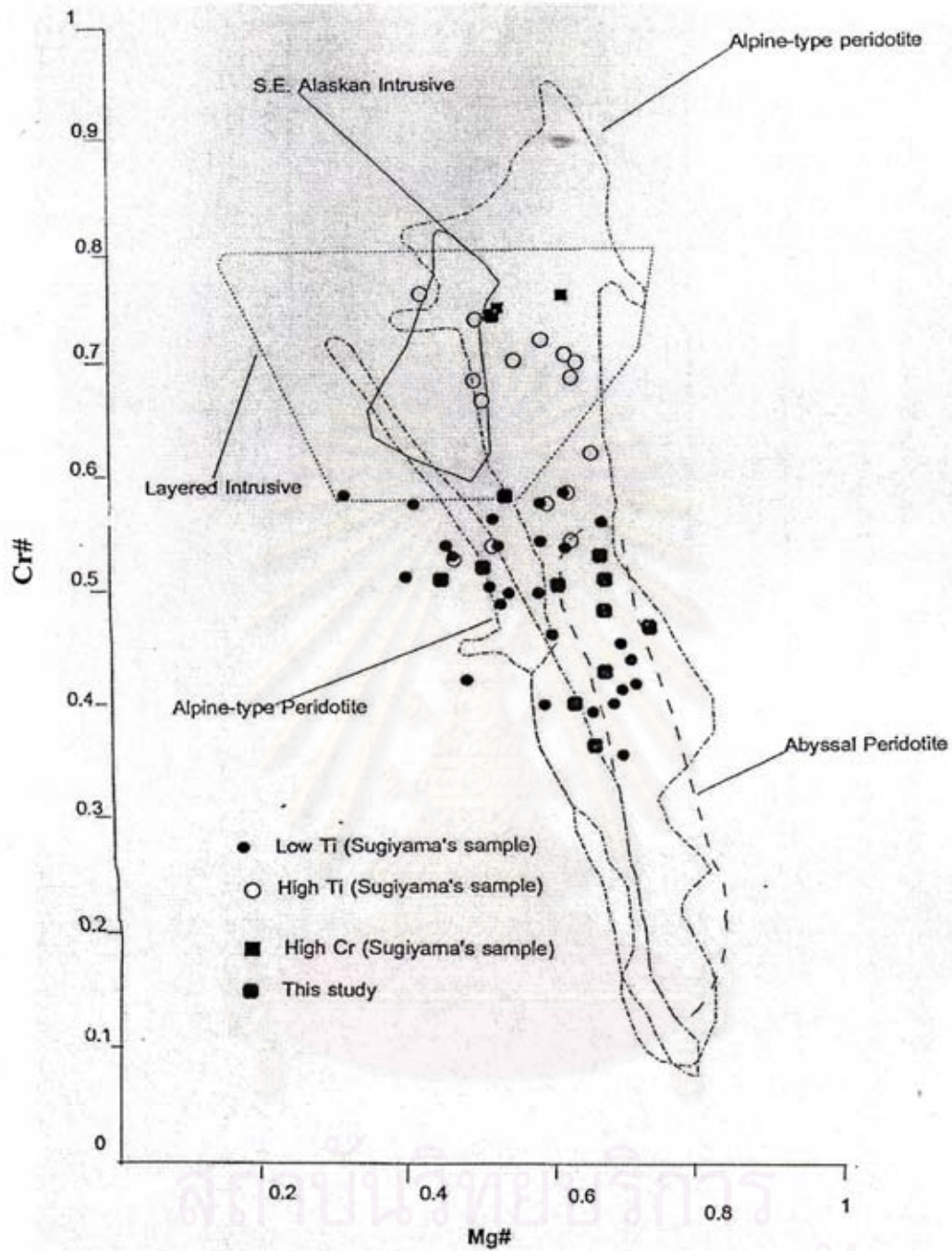


รูป 7.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $Fe^{3+}/(Cr+Al+Fe^{3+})$  และ  $TiO_2$  ของโครเมียมสปิเนลจากหินทรายแม่สะเรียงเปรียบเทียบกับลักษณะธรณีวิทยาแปรสัณฐานของ intraplate basalts, MORB (Mid-oceanic ridge) และ arc magmas เสนอ โดย Arai., 1992

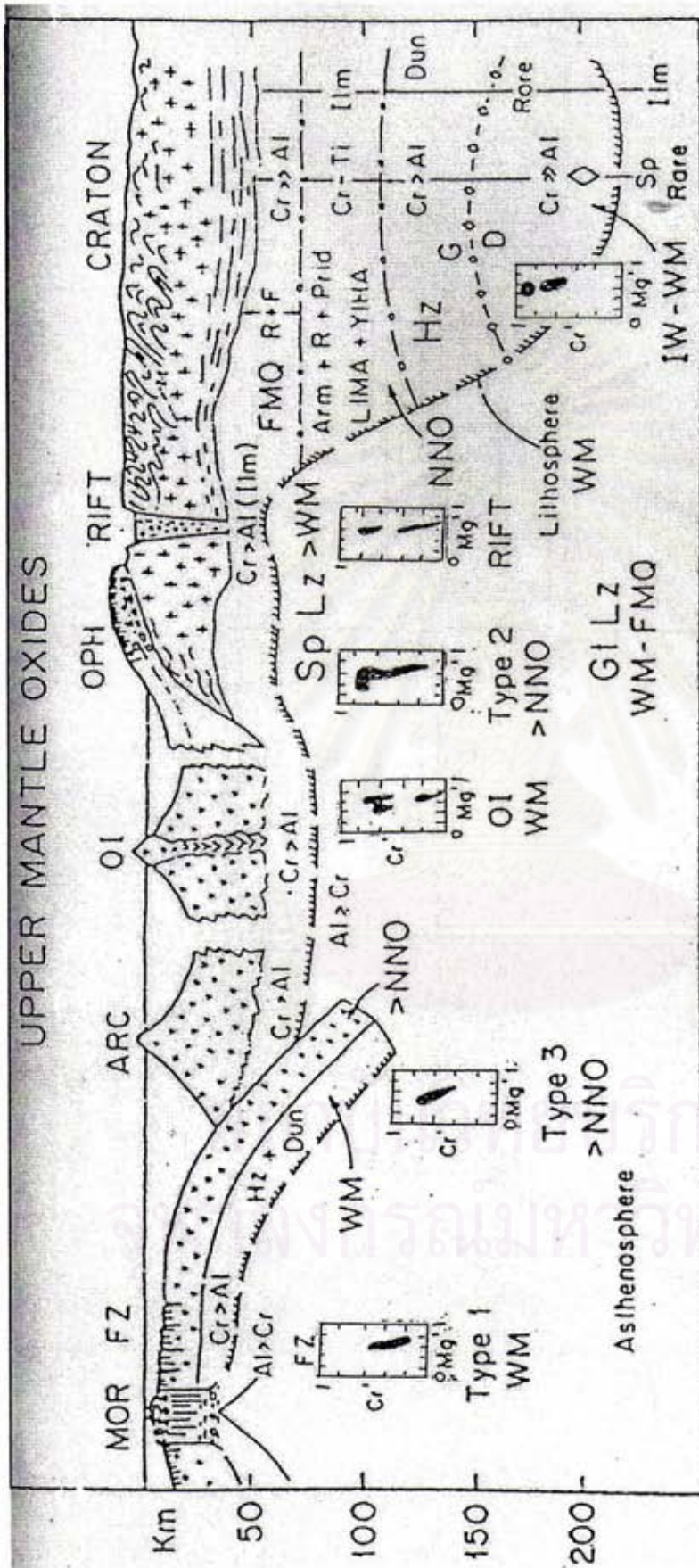




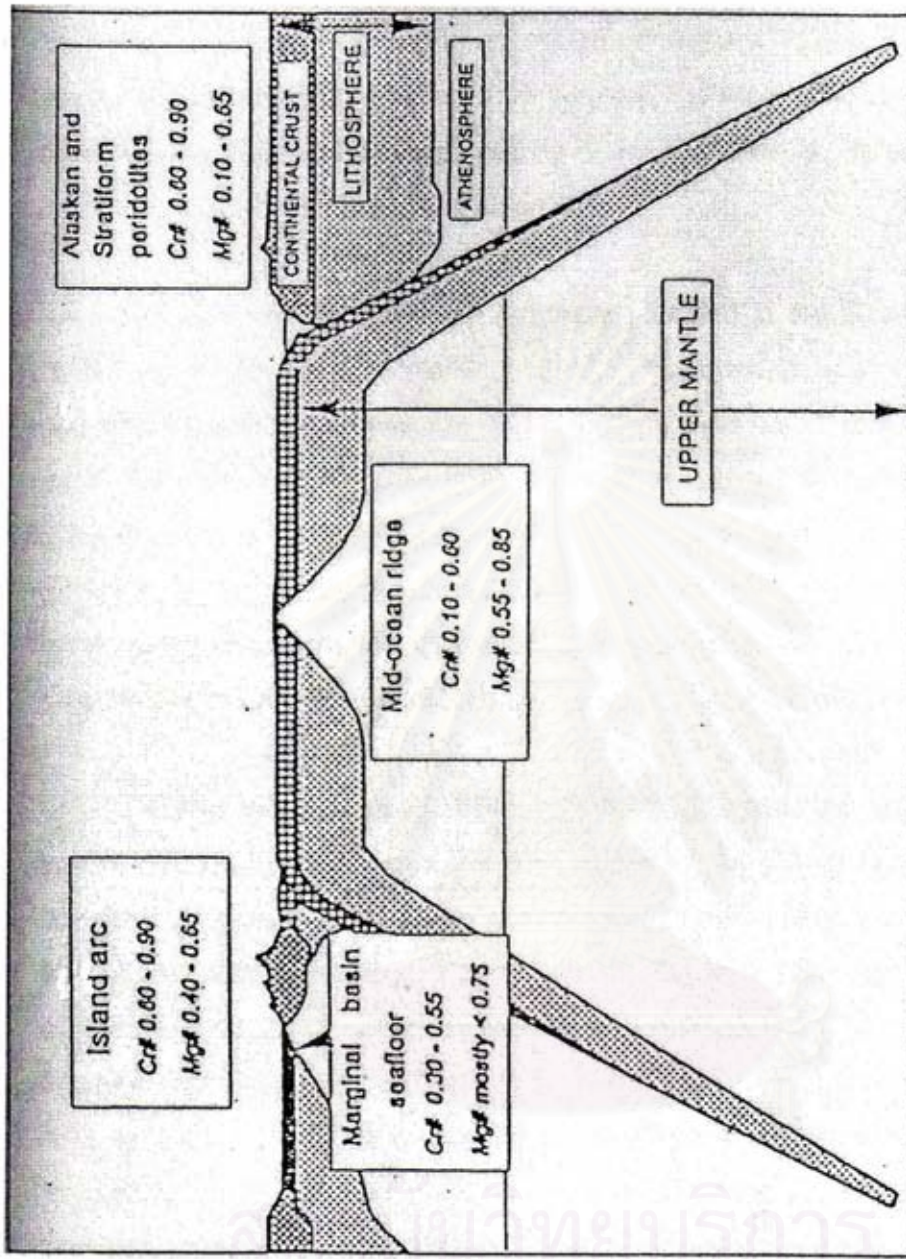
รูป 7.8 แผนภูมิสามเหลี่ยมของความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ , และ  $Cr^{3+}$  ของโครเมียมสปิเนล ในพื้นที่แม่ฮ่องสอน ค่าส่วนใหญ่ตกอยู่ใน field ของ Alpine-type peridotites (Cookenboo และคณะ 1997)



รูป 7.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cr# กับ Mg# ของโครเมียมสปิเนลจากหินทรายแม่สะเรียง เปรียบเทียบกับfield ของAlpine-type peridotite และ stratiform complexes เสนอ โดย Dick และ Bullen , 1984



รูป 7.10 ลักษณะธรณีวิทยาแปรสัณฐานอย่างง่ายโดยใช้ค่า Cr# และ Mg# จากหินแม่พิมพ์และอัลตราเบสิค จาก mid-ocean ridge (MOR) และ fracture zone (FZ) ถึง arc, ocean islands (OI), ophiolite (OPH) complexes, continental rifts และ stable cratons (Haggerty, 1976)

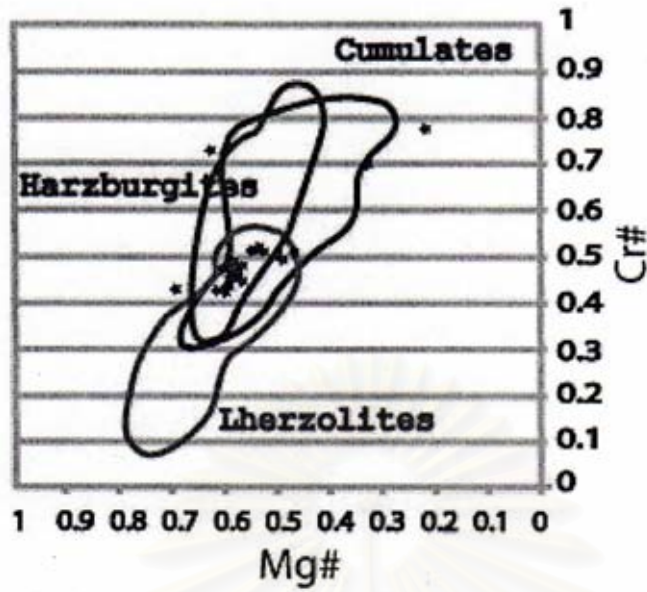


รูป 7.11 ค่ามาตรฐาน Cr# และ Mg# ของสปีเนลในการกำหนดสภาพธรณีแปรสัณฐานแบบต่างๆ (Cookenboo และคณะ, 1997)

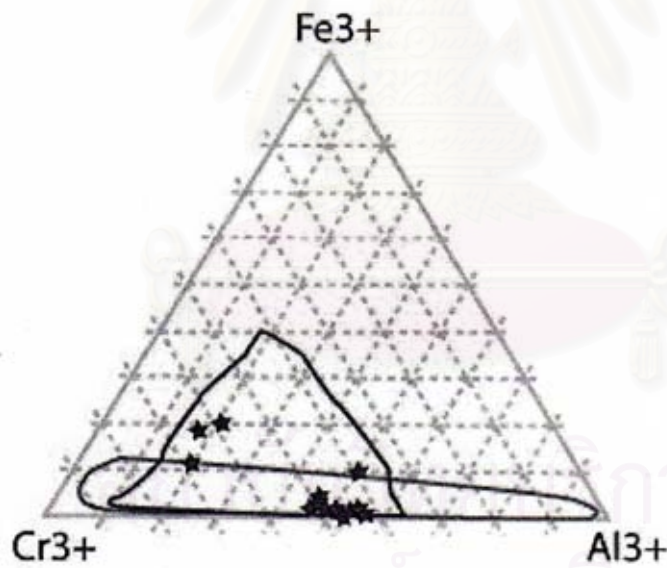
สรุปจากผลที่ได้ว่า โครเมียนสปิเนลจากชั้นหินอายุไทรแอสซิกในพื้นที่แม่ฮ่องสอน แม่สะเรียง น่าจะกำเนิดมาจากหิน Alpine-type peridotites ซึ่งอยู่ในบริเวณ mid-ocean ridge

### 7.3.2 การบ่งบอกหินต้นกำเนิด (Host Rock Identification) (Petrographic Interpretation)

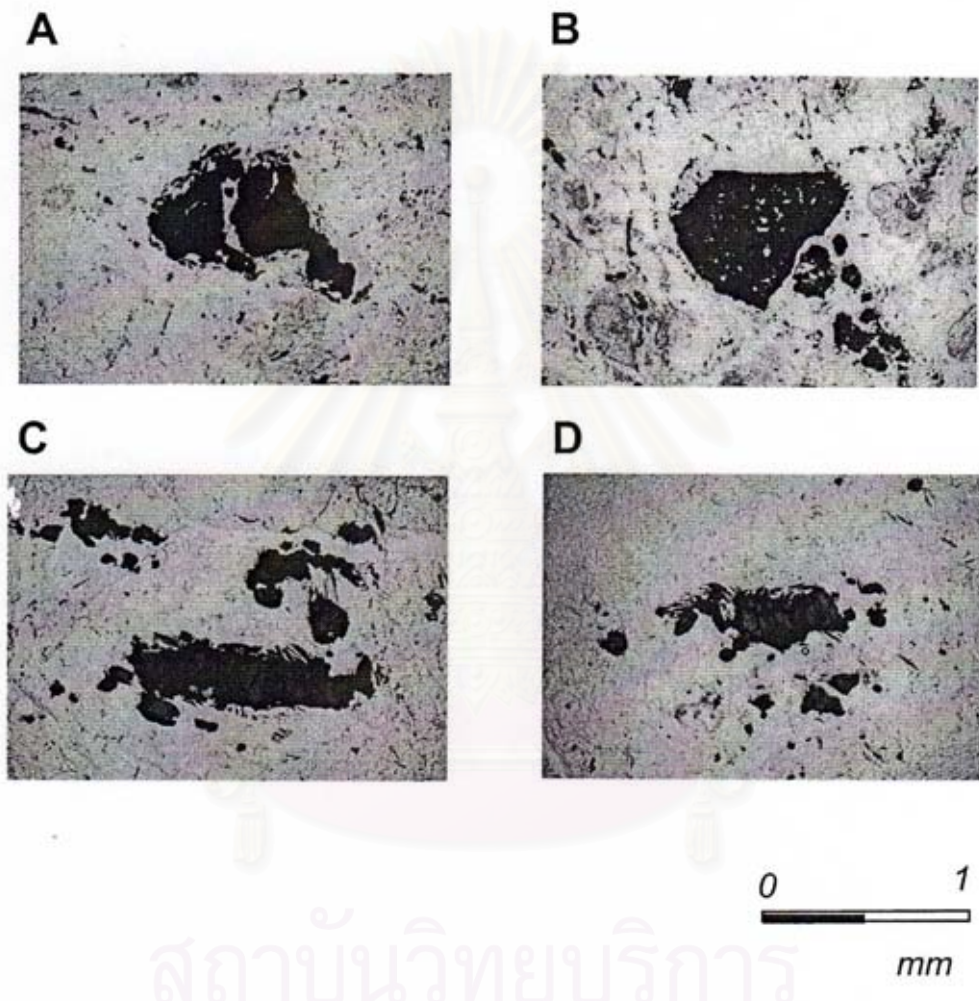
การบ่งบอกถึงหินต้นกำเนิดของแร่ chromian spinel ในสภาพของหินที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปแล้ว เนื่องจากอิทธิพลของการผุพัง (weathering) และการแปลงเปลี่ยน (alteration) ต้องอาศัยหลายๆ ปัจจัย (factor) ประกอบกัน โดยอิงจากแบบจำลองการเกิดหินอัลตราแมฟิกพื้นฐาน (basic model of ultramafic origin) ของ Arai, 1992 ซึ่งทำการแบ่งหิน ultramafic ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มแรกเป็น restites หรือ residual peridotite ซึ่งเหลืออยู่ในกระเปาะหินหนืด (magma chamber) จากกระบวนการหลอมละลายบางส่วน (partial melting) ของวัสดุจากชั้นเนื้อโลก (mantle material) ในชั้นเนื้อโลกตอนบน (upper mantle) ผลจากการแยกส่วน (differentiation) จึงทำให้เกิดการแยกตัวของของเหลวจนเกิดเป็นหินหนืดปฐมภูมิ (primary magma) และเข้าสู่กระบวนการตกผลึกลำดับส่วน (crystal fractionation) และเกิดเป็นชั้น ultramafic cumulate กับส่วนของแข็ง (solid part) คือ residual peridotite ในด้านล่าง หินชนิดหลักในชั้น residual จึงได้แก่หิน harzburgite และหิน lherzolite ส่วนในชั้น ultramafic cumulate ผลของกระบวนการลำดับส่วน (fractionation) และการตกผลึก (crystallization) ในชั้นเปลือกโลก ทำให้ได้ชั้น (layer) ของหิน mafic และ ultramafic (mafic-ultramafic layering) ชนิดของหินจากด้านล่างขึ้นด้านบนตามลำดับชั้น (sequence) ประกอบไปด้วยกลุ่มหิน peridotite±dunite±chromitite, หิน pyroxenite และหิน gabbro ส่วนของของเหลวที่เหลือจากกระบวนการลำดับส่วนผลึก (fractionation) จัดเป็นหินหนืดทุติยภูมิ (secondary magma) และเคลื่อนตัวไปสู่ส่วนที่ตื้นกว่าในชั้นเปลือกโลกเกิดเป็นหินภูเขาไฟ (extrusive rocks) เช่น หิน dolerite (หรือ diabase) และหิน basalt จากการศึกษาของ Arai และ Matsumoto (2001) ได้พบความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (morphological change) ของแร่ chromian spinel กับการเปลี่ยนแปลงชนิดหิน (lithological variation) ของหิน ultramafic โดยแร่ spinel ในชั้น residual peridotite มีรูปร่าง (morphology) เป็นแบบไร้หน้าผลึกหรือ irregular (vermicular) จนถึง anhedral ส่วน spinel ในชั้น ultramafic cumulate มักมีสภาพการตกผลึก (crystallinity) ก่อนข้างดี ส่วนใหญ่แสดงหน้าผลึกบ้าง (subhedral) มีหน้าผลึกสมบูรณ์ (euhedral) ความแตกต่างของลักษณะรูปร่างของแร่ chromian-spinel สืบเนื่องมาจากการตกผลึกในสภาพหรือสถานะที่ต่างกัน โดยในชั้น residual peridotite spinel เกิดในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงต่อเนื่อง (partial melting) กับการหลอมละลายบางส่วนของวัสดุจากชั้นเนื้อโลกทำให้ช่องว่าง (free space) มีค่อนข้างจำกัด ดังนั้นรูปร่างแร่ (spinel) ที่พบจึงเป็นแบบไร้รูปลักษณะ (irregular) ตามช่องว่างที่เหลืออยู่ระหว่างแร่ mafic ชนิดอื่น ส่วนในชั้น cumulate แร่ chromian spinel แยกตัวมาตกผลึกจากหินหนืด โดยตรงจึงมีพื้นที่มากพอให้ผลึกเจริญเติบโตได้อย่างอิสระ ไร้ขอบเขตทำให้ผลึกที่ได้จึงเป็นแบบสมบูรณ์จนถึงถึงสมบูรณ์ ซึ่งสามารถเห็นหน้าผลึกได้ชัดเจน



รูป 7.12 การ plot ค่า Cr# และ Mg# ของสปิเนลจากพื้นที่เชิงร่ายใน field ของ kherzolite, harzburgite, และ cumulate ของสปิเนลจากชนิดของหินอัลตราเมฟิก (Pober และ Faupl, 1988)



รูป 7.13 แผนภูมิสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของอะตอมจากผลวิเคราะห์โครเมียมสปิเนลจากพื้นที่เชิงร่าย ซึ่งค่าส่วนใหญ่ตกอยู่ใน Field ของ arc (Cookenboo และคณะ, 1997)



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 7.14 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของสปีเนลในหินอัลตราเมฟิกจากเขิงรายแสดง A,B) ผลึกเดี่ยวถึงสมบูรณ์ C,D) กลุ่มของผลึกไร้น้ำ

องค์ประกอบทางเคมีของแร่ chromian spinel ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญอย่างมากที่นำไปสู่การบ่งบอกชนิดของ ultramafic host rocks โดยอาศัยค่าอัตราส่วนของหลายๆ ธาตุที่วิเคราะห์ได้ของแร่ chromian spinel เช่น โดยแผนภาพของ Pober & Faupl (1988) ซึ่งใช้ค่าความสัมพันธ์ของค่า chrome partition (Cr#) และ magnesium partition (Mg#) ในการจำแนกแร่ chromian-spinel ใน harzburgite และ lherzolite ในชั้น residual ออกจากแร่ chromian spinel ที่เกิดในชั้น cumulates ด้วยเหตุนี้ Cookenboo และคณะ (1977) จึงใช้ค่า Trivalent proportion ของ Trivalent cation ซึ่งประกอบไปด้วย  $Cr^{3+}$ ,  $Al^{3+}$  และ  $Fe^{3+}$  ทำการแบ่งกลุ่ม (field) ของแร่ Chromian spinel ที่เกิดใน stratiform complex ออกจาก spinel ที่เกิดใน abyssal, alpine-type peridotite และ (Tulameen) Alaskan-type complex ได้

โดยอาศัยหลักการทั่วไปต่างๆ ที่ได้นำเสนอไปในเบื้องต้นสามารถสรุปชนิดของ ultramafic host rocks ของแต่ละพื้นที่ได้

#### ก. พื้นที่เชียงราย

โดยอาศัยค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cr# และ Mg# ในแผนภาพของ Pober & Faupl (1988) (รูป 7.12) พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของแร่ spinel ตกอยู่ในบริเวณกลุ่มคาบเกี่ยว (overlap) ในส่วนบทยอกหิน lherzolites และส่วนล่างของหิน Harzburgites และมีเพียง 4 grains เท่านั้นที่กระจายตัวอยู่ในส่วนของกลุ่ม cumulates โดยจะเห็นได้อย่างชัดเจนจาก Trivalent partition plot ของ Cookenboo และคณะ (1997) (รูป 7.13) ความสัมพันธ์ในเรื่องของลักษณะรูปร่างของแร่สปีเนลกับองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นไปในทางทฤษฎี โดยองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ตกอยู่ทางด้านล่างของหินจำพวก Alpine-Type peridotite field ซึ่งทำให้ได้รูปร่างของผลึกแร่สปีเนลเป็นแบบไร้หน้าผลึกประกอบกับความชัดเจนของ orthopyroxene relict ในหินต้นกำเนิด (host rock) จึงสรุปว่าหินต้นกำเนิดของแร่สปีเนล กลุ่มนี้คือ residual harzburgite ส่วนกลุ่มที่ปรากฏก่อนไปทางด้านบนของ stratiform field ในความเป็นผลึกแร่ที่ค่อนข้างชัดเจนปรากฏเป็นผลึกกึ่งสมบูรณ (subhedral) (รูป 7.14) ขนาดใหญ่สามารถเห็นหน้าผลึกค่อนข้างชัดเจนประกอบกับค่า Fe# ค่อนข้างสูงกว่ากลุ่มแรก จึงจัดให้หินต้นกำเนิดของแร่สปีเนลกลุ่มนี้เป็นจำพวก ultramafic cumulate แต่อย่างไรก็ตามกลุ่มนี้ไม่มีความเด่นชัดนักในแง่ของจำนวน (population) จึงเป็นไปได้สูงที่จะไม่ปรากฏชัดเจนนักในกลุ่มนี้

#### ข. พื้นที่น่าน-อุตรดิตถ์

สำหรับการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแร่สปีเนลจากพื้นที่นี้ได้อาศัยข้อมูลส่วนหนึ่งจากวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอกของ Punjasawatwong (1991) และผลจาก EPMA สามารถทำการแบ่งกลุ่มแร่สปีเนลออกได้ 2 กลุ่มด้วยกัน โดยกลุ่มแรกคือกลุ่มที่อยู่ทางด้านส่วนบนของ cumulate field ในแผนภาพของ Pober & Faupl (1988) (รูป 7.15) ส่วนอีกกลุ่มมีค่า Mg# ในช่วงเดียวกันแต่มีค่า Cr# ต่ำกว่า หลุดออกมาอยู่ทางด้านขวาของบริเวณคาบเกี่ยว (overlap) ของ cumulate field และ lherzolite field และ spinel ชุดเดียวกันนี้เองยังอยู่ในบริเวณขอบทางด้านขวาของ stratiform field ใน diagram ของ Cookenboo และคณะ (1997) (รูป 7.16) โดยอาศัยรูปร่างของแร่สปีเนลที่มีผลึกสมบูรณมาก (subhedral-euhedral) (รูป

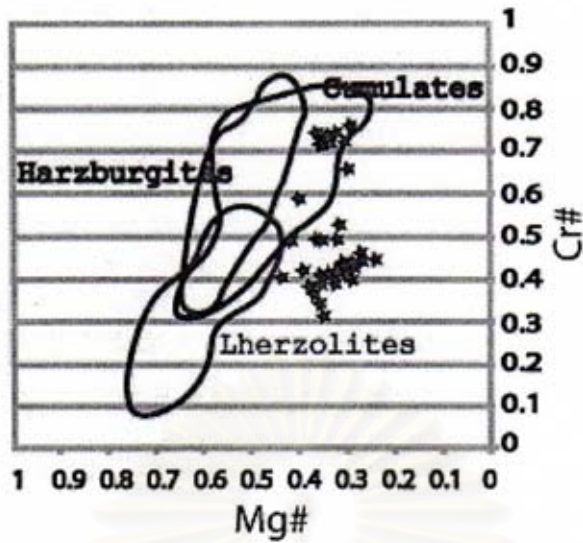


7.17) และความใสสะอาด(clean) ของผลึกแร่ประกอบกับความชัดเจนทางด้านองค์ประกอบทางเคมีจากการปรากฏอยู่ในขอบเขตของ stratiform field ในกราฟของ Cookenboo (1997) และความสม่าเสมอของหิน serpentinite ที่ให้แร่สปีเนล ไม่ว่าจะเป็น antigorite matrix และ clinopyroxene relict ด้วยเหตุนี้เราจึงจัดให้ ultramafic host rock ของ spinel ในพื้นที่หน้า-อุตรดิตถ์อยู่ในชั้น cumulate และหินต้นกำเนิดที่ควรจะเป็นได้แก่ หิน dunite และหิน wehrite

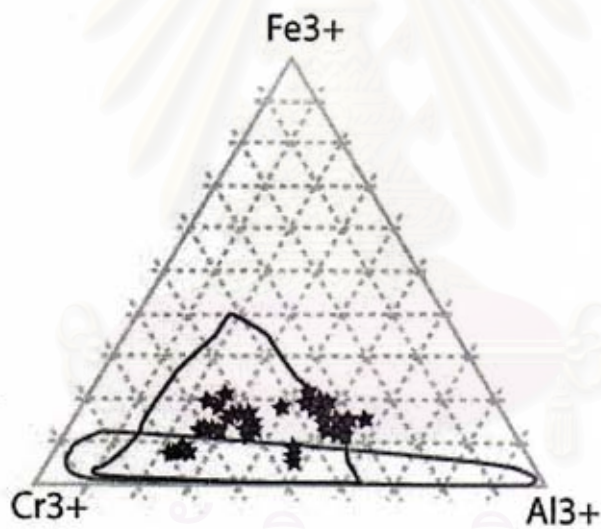
#### ค. พื้นที่แม่ฮ่องสอน

องค์ประกอบที่หลากหลายของโครเมียนสปีเนล เป็นผลเนื่องมาจากกระบวนการแยกลำดับส่วนของแมกมา ประกอบด้วย การตกผลึกลำดับส่วน (crystallization differentiation) การเข้าผสมกันของแมกมา (magma mixing) (Sakuyama, 1978) การตกผลึกอย่างไม่เสถียรของสปีเนล (Thy, 1983) และ magma assimilation เป็นต้น ดังนั้นจาก Arai, 1992 ได้กล่าวไว้ว่าจากผลทางเคมีวิเคราะห์จากโครเมียนสปีเนลสามารถประยุกต์เพื่อประเมินหินอัคนีที่มีสปีเนล บ่งบอกถึงต้นกำเนิดของเม็ดสปีเนล โครเมียนสปีเนลจากพื้นที่ศึกษาโดยทั่วไปมีสีน้ำตาลเข้มถึงทึบแสง (opaque) ซึ่งเป็นผลมาจากค่าองค์ประกอบของ  $Cr-Al-Fe^{3+}$  (Bernier, 1990) โดยโครเมียนสปีเนล ส่วนใหญ่มีขนาดละเอียดมาก – ละเอียด จากหินทราย โดยเฉพาะจาก  $Tr_2$  ยูนิท โดยแต่ละเม็ดมีขนาดระหว่าง 20  $\mu m$  ถึง 160  $\mu m$  โดยเปรียบเทียบกับโครเมียน สปีเนล (ขนาด 75  $\mu m$  ถึง 150  $\mu m$ ) ของแอลไพน์ peridotite จาก Bowser Basin ใน Canadian Cordillera (Cookenboo และคณะ, 1997) สปีเนลจากหินทรายแม่สะเรียงจะมีขนาดเล็กกว่า และไม่สามารถแยกแยะได้ด้วยตาเปล่า คุณสมบัติทางกายภาพของโครเมียนสปีเนล เป็นส่วนผสมระหว่างแร่สปีเนลและโครไมต์ โดยทั่วไปจะคล้ายคลึงกับโครไมต์ แต่จะโปร่งใสมากกว่า โดยแร่พวกสปีเนล-โครไมต์ ลักษณะทางกายภาพทั่วไปจะมีค่าหลากหลาย ขึ้นอยู่กับว่ามีส่วนผสมของสปีเนล หรือโครไมต์มากกว่ากัน โดยมีความแข็งประมาณ 5.5-8.0 และค่าความถ่วงจำเพาะ 3.6-4.8 โดยทั่วไปโครเมียนสปีเนลจะมีสีดำ แต่สีผงมีสีน้ำตาล และมีความโปร่งแสงถึงโปร่งใส หลากหลายสี ความวาวแบบกึ่งโลหะ และมีความเป็นแม่เหล็กเล็กน้อย เกิดเป็นลักษณะของมวลเม็ดปะปนอยู่กับ แร่เซอร์เพนทีน (serpentine) การศึกษาทางด้านกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้ transmitted light ในการศึกษา (รูป 7.18) มีขนาดเล็ก มี refractive index สูง ( $n = 1.72-2.16$ ) มีทั้งแร่ที่ทึบแสงและสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งสีของมันมีประโยชน์ต่อการแยกความแตกต่างจากแร่ตัวอื่นในหินทราย แร่สปีเนลที่โปร่งแสง ส่วนใหญ่จะมีสีน้ำตาลเข้ม และขอบค่อนข้างเข้มมาก ลักษณะรูปร่างมีทั้งเป็นเหลี่ยม และกึ่งเหลี่ยม แต่ละเม็ดค่อนข้างจะเป็นเนื้อเดียวกัน และไม่แสดงลักษณะของ zoning หรือ twinning ส่วนการศึกษาโดยใช้ reflected light สปีเนลที่มี Cr สูง สีค่อนข้างดำ หรือทึบแสง และมีความวาวแบบกึ่งโลหะถึงโลหะ โดยขึ้นอยู่กับปริมาณของ Cr และความหนาของแผ่นหินบาง

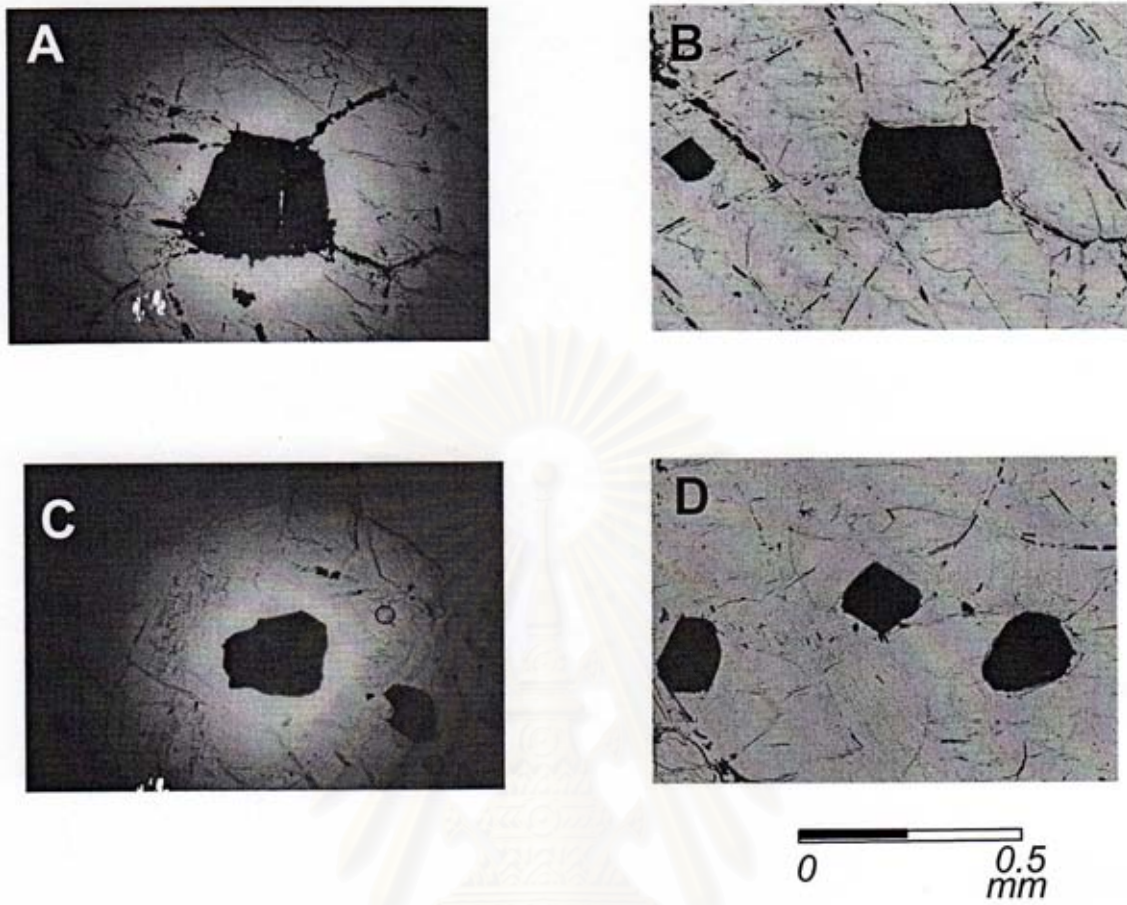
จากผลวิเคราะห์ทางธรณีเคมี (geochemistry) บ่งบอกถึงแหล่งกำเนิดของโครเมียนสปีเนลในหินทรายว่ามาจากหินอัคนีสีเข้ม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาทางด้านศิลาบรรณนา โดยสรุป สปีเนลจากกลุ่มหินแม่สะเรียงมีแหล่งกำเนิดจากหินอัคนีสีเข้มจัดและหินบะซอลต์



รูป 7.15 การ plot ค่า Cr# และ Mg# ของสปีเนลจากพื้นที่น่าน – อุดรติดอยู่ใน field cumulate จากชนิดของหินอัลตราเมฟิก (Pober and Faupl, 1988)

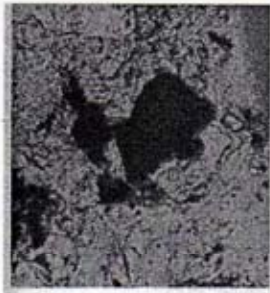


รูป 7.16 แผนภูมิสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของอะตอมจากผลวิเคราะห์โครเมียมสปีเนลในพื้นที่น่าน – อุดรติด ซึ่งค่าส่วนใหญ่ตกอยู่ใน Field ของ stratiform complex (Cookenboo และคณะ, 1997)



รูป 7.17 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของสปีเนลในหินอัลตราเมฟิกจาก น่าน-อุตรดิตถ์  
 A) ผลึกเดี่ยวกึ่งสมบูรณ์ B) ผลึกสมบูรณ์ C) ผลึกกึ่งสมบูรณ์ และ D) ผลึกกึ่งสมบูรณ์  
 ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



000901-4-3-B



000901-4-1-C



000901-4-1-A



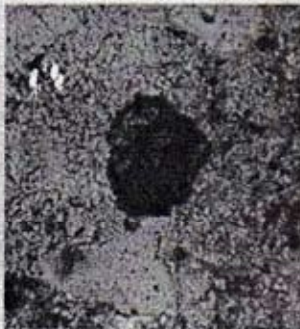
000901-4-1-B



000901-4-2



000901-4-3-A



000901-4-4

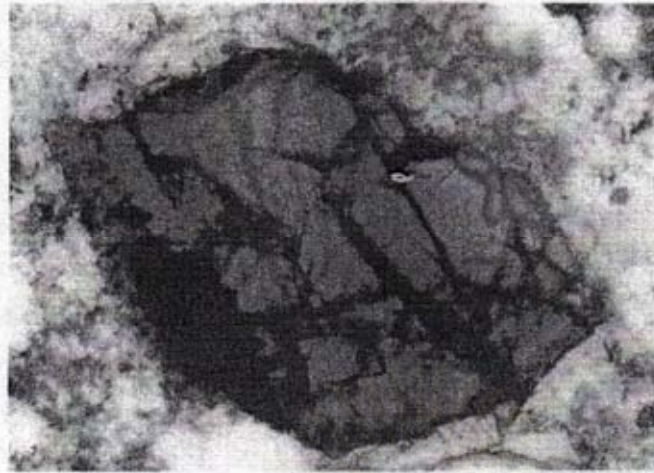


000901-4-5

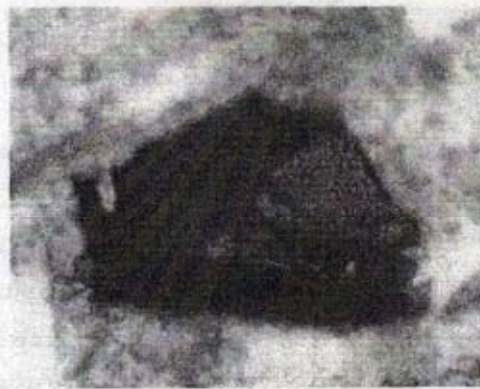
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

0.10 mm

รูป 7.18 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของโครเมียมสปีเนลในหินทราย กลุ่มหินแม่ฮ่องสอน แสดงผลึกถึงสมบูรณ์ถึงสมบูรณ์ สีน้ำตาลเข้ม



001211-14-2



001211-14-3



001211-16-1



001211-16-2

0.05 mm

รูป 7.18(ต่อ)

### 7.3.3 การประยุกต์กับงานธรณีแปรสัณฐาน (Implication to tectonic setting)

ก) การใช้ประโยชน์จากแผนภาพ

สืบเนื่องมาจากการที่โครเมียนสปิเนลมี องค์ประกอบของแคทไอออนที่หลากหลาย และมีอัตราส่วนขององค์ประกอบที่ซับซ้อนซึ่งมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับสภาพแวดล้อมของการตกผลึก หรือหมายถึงสภาพแวดล้อมของการเกิดหินต้นกำเนิดอัลตราเมฟิก (ultramafic host rock) ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของแร่ chromian-spinel เป็นตัวบ่งบอก (indicator) ที่คืออย่างหนึ่งในการบ่งชี้ถึงสภาพการแปรสัณฐาน (tectonic setting) ของการกำเนิดหินอัลตราเมฟิก (ultramafic origin) ปัจจัยสำคัญๆ ที่ส่งผลโดยตรงในการกำหนดอัตราส่วนทางเคมีในแร่ chromian-spinel พอสรุปได้ดังนี้

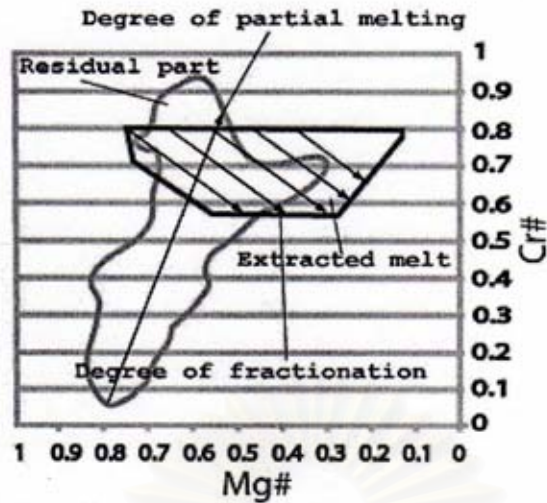
อัตราส่วนของ Cr ต่อ Al ใน Cr# (หรือ Cr/ (Cr+Al) ในแร่โครเมียนสปิเนลในกลุ่ม residual peridotite จะมากหรือน้อยขึ้นกับขั้นการหลอมละลายบางส่วน (degree of partial melting)(ดูรูป 7.19-7.20)

สัดส่วนของแร่ Chromian spinel จากสารหลอมละลายที่แยกตัวจาก residual peridotite เปลี่ยนแปลงได้ตามการลำดับส่วนการตกผลึก หรือความมากน้อยในการแข็งตัวของหินหนืด (degree of magma solidification) ด้วยเหตุนี้แร่สปิเนลซึ่งตกผลึกจากสารหลอมละลายก่อนจึงมี Cr# มากเท่าๆ กับกลุ่มหิน residual peridotite แต่จะเปลี่ยนแปลงไประหว่างตกผลึก ยิ่งกว่านั้น Cr# อาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ทั้งนี้ขึ้นกับแร่ที่เกิดร่วม โดยทั่วไปสัดส่วนของแร่สปิเนลอาจลดลงเมื่อแร่อื่นเกิดการตกผลึกไปเรื่อยๆ แต่อาจเพิ่มขึ้นได้ ถ้าเกิดร่วมกับแร่ที่มีปริมาณซิลิกาสูงบางตัว เช่น การ์เนต และแพลจิโอเคลส ธาตุเหล็ก โดยเฉพาะ  $Fe^{3+}$  อาจเพิ่มมากขึ้นเมื่อเกิดการตกผลึกไปเรื่อยๆ ซึ่งมักสอดคล้องกับ Ti ที่มักสูงขึ้นด้วย

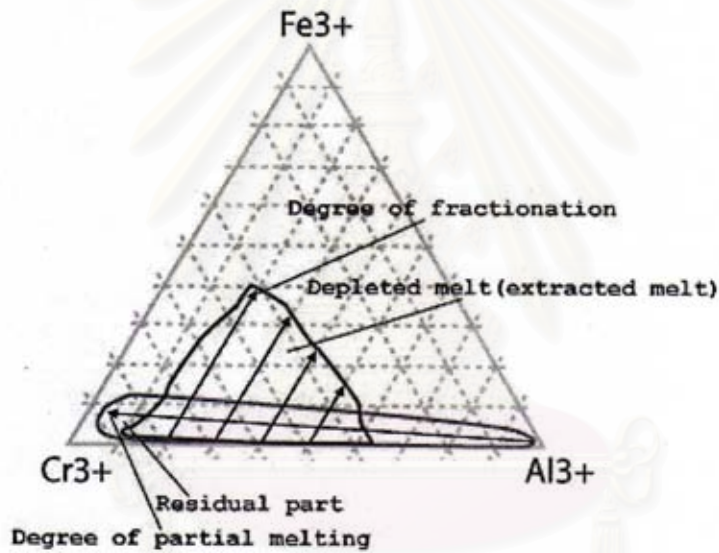
อย่างไรก็ตามสภาพหรือสภาวะการตกผลึกอาจเปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพการแปรสัณฐานของแผ่นเปลือกโลก ปริมาณน้ำอาจช่วยให้การหลอมละลายบางส่วนของหิน peridotite เพิ่มมากขึ้นหรือไวขึ้น ซึ่งมักปรากฏในบริเวณที่มีสภาพการแปรสัณฐานแบบแนวโค้ง(ภูเขาไฟ) ที่เกิดจากการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก หรือการหลอมละลายบางส่วนอาจสูงมากในบริเวณที่มีสภาพการแปรสัณฐานแบบการเกิดภูเขาไฟภายในแผ่นเปลือกโลก (intraplate tectonics) (หรือบริเวณกระแสร้อนไหลขึ้นจากชั้นเนื้อโลก-mantle plume และอาจมีค่าน้อยมากในบริเวณที่แผ่นเปลือกโลกแยกจากกัน(mid-oceanic ridge) ด้วยเหตุนี้ องค์ประกอบของหินเพอริโดไทต์ที่เห็นต้นกำเนิดจึงมีปริมาณ Ti ที่ต่ำในบริเวณแนวโค้ง(ภูเขาไฟ) แต่จะสูงกว่าในบริเวณที่เป็นภูเขาไฟ ภายในแผ่นเปลือกโลก (รูป 7.21)

ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าสภาพการแปรสัณฐานแบบต่างๆ ต่างให้องค์ประกอบของแร่สปิเนลที่ต่างกัน และอัตราส่วนของชนิดหินที่แตกต่างกันออกไปด้วย เนื่องจากกระบวนการทางธรณีวิทยาที่ปรากฏต่างกัน และมีผลต่อการกำหนดความมากน้อยของการหลอมละลายบางส่วน ตลอดจนอุณหภูมิ/ความดัน และลักษณะของแหล่งกำเนิด peridotite มีความแตกต่างกัน

ในตอนบนสุดของชั้นเนื้อโลกมักเป็นแหล่งหินจำพวก peridotite ซึ่งหินที่สำคัญคือหิน Harzburgite และ lherzolite ส่วนหิน dunite, wehrlite, และ eclogite มักเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเนื้อโลกตอนบนที่อยู่ลึกลงไป กลุ่มหิน peridotite นี้ยังแบ่งเป็น 2 พวก (Boudier and Nicolas; Nicolas, 1986) กลุ่มย่อยแรก



รูป 7.19 ค่าต่าง ๆ ของ Cr# และ Mg# ของสปีเนลของการหลอมละลายบางส่วนของวัสดุจากชั้นเนื้อโลกระหว่างการแยกลำดับส่วนของสารละลายที่แยกตัว ลูกศรแสดงถึงทิศทางของค่าเคมีที่หลากหลาย



รูป 7.20 แผนภูมิสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของอะตอมในสปีเนลระหว่างการหลอมละลายบางส่วนของวัสดุชั้นเนื้อโลก (mantle) และระหว่างการแยกลำดับส่วนของสารละลายที่แยกตัว ลูกศรแสดงถึงทิศทางของค่าเคมีที่หลากหลาย

เรียกกลุ่มย่อย harzburgite ที่มักปรากฏในชุดหิน ophiolites และแสดงถึงเนื้อโลกชนิด depleted ที่มักเกิดอยู่ในบริเวณที่แผ่นเปลือกโลกแยกตัวชนิดเร็ว (fast-spreading ridge) ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งคือกลุ่มย่อย lherzolite ที่มักพบในชุดหิน ophiolite เหมือนกัน แต่แสดงถึงเนื้อโลกที่ depleted น้อยกว่ามาก จากบริเวณ mantle diapir ซึ่งแสดงถึงบริเวณที่แผ่นเปลือกโลกแยกตัวจากกันแบบช้า (slow-spreading ridges) ส่วนหิน dunite และฝักโครไมต์ (chromite pod) ถ้าหินแทรกชั้นมักพบเหนือกลุ่มย่อย harzburgite ในบริเวณเปลือกตอนล่าง

ส่วนประกอบที่ต่างกันอย่างมากในแร่สปิเนลในรูปของ Cr# ในหิน lherzolite ที่ depleted น้อยกว่าเมื่อเทียบกับหิน harzburgite ที่ depleted กว่าจึงแสดงถึงความมากน้อยของการหลอมละลายบางส่วน หิน residual mantle peridotite ที่ depleted จึงเกิดขึ้นหลังจากที่สามารถหลอมละลายจำพวกบะซอลต์แยกตัวออกไป และมีลักษณะ harzburgite อยู่มาก จึงแสดงถึงภาวะการหลอมละลายบางส่วนสูง ส่วนหิน peridotite ที่แสดงลักษณะ lherzolite จึงเกิดจากสภาวะที่มีการหลอมละลายต่ำ

#### **กลุ่มหินเพอริโดไทต์ระดับลึก (abyssal peridotite)**

กลุ่มหินดังกล่าวมักจัดเป็นแผ่นเปลือกสมุทรจริงๆ (actual oceanic crust) ที่เกิดบริเวณสันกลางสมุทร กลุ่มหิน Abyssal peridotites จึงมักเปรียบเสมือนตัวแทนของเนื้อโลกที่เหลืออยู่ (residual) หลังเกิดการหลอมละลายบางส่วน (Dick and Bullen, 1984) ด้วยเหตุนี้แร่ Cr-spinel ในกลุ่มหิน abyssal peridotites จึงให้ Cr# ในช่วงที่สูงคือประมาณ 0.6 แต่จะมีปริมาณ TiO<sub>2</sub> น้อยมาก (< 0.25% โดยน้ำหนัก)

#### **กลุ่มหินเพอริโดไทต์หน้าแนวโค้ง (Fore-arc peridotites)**

ในบริเวณส่วนเหนือของแนวมุดตัวในชั้นเนื้อโลกตอนบน supra subduction zone มักมีหินเพอริโดไทต์ปรากฏเป็นหิน harzburgites และมีส่วนที่เป็นรอยต่อระหว่างเนื้อโลกและเปลือกโลกจะเป็นหินดันไนต์ (dunite) (Arai, 1994) แร่สปิเนลในหิน fore-arc peridotites มักมี Cr# อยู่ในช่วงประมาณ 0.4 ถึง 0.9 และมักจำกัดอยู่เฉพาะประมาณ 0.7 (Bloomer and Fisher, 1987) และมักให้ค่า Mg# ในเชิงสัมพันธ์ทางลบ (negatively correlated) กับค่า Cr# อีกทั้งมักให้ Fe<sup>3+</sup># ที่ต่ำมากและโดยปกติต่ำกว่า 0.1

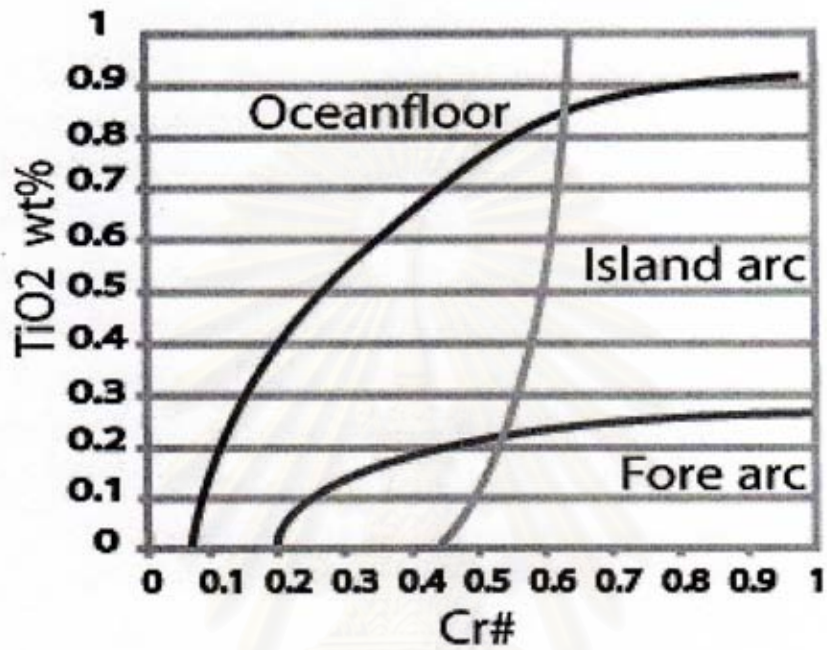
#### **กลุ่มหินเพอริโดไทต์หลังแนวโค้ง (Back-arc peridotites)**

หินเพอริโดไทต์หลังแนวโค้ง มักพบเป็นหินแปลกปลอมในหินบะซอลต์ทะเลญี่ปุ่น (Ishii, 1987) และจากบริเวณ Circum-Iza massif (Arai, 1991) ข้อมูลของกลุ่มหินเพอริโดไทต์ดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าส่วนใหญ่มักประกอบด้วยหิน refractory lherzolite และ harzburgite โดยที่แร่สปิเนลจากหินดังกล่าวนี้มีค่า Cr# อยู่ระหว่าง 0.4 ถึง 0.6 (Arai, 1991) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มหินเพอริโดไทต์ระดับลึกแต่พวกหลังนี้มีช่วงแคบกว่า

#### **กลุ่มหินเพอริโดไทต์กึ่งภาคพื้นทวีป (subcontinental peridotites)**

กลุ่มหินเพอริโดไทต์จำพวกนี้มักพบเป็นหินแปลกปลอมในหินบะซอลต์ชนิดอัลคาไลน์ที่ปะทุบนแผ่นดิจากรอยแยกขนาดใหญ่ (rift zone) (Nixon, 1987) แม้แร่สปิเนลจากกลุ่มหินเพอริโดไทต์นี้จะให้ค่า





รูป 7.21 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cr# กับ TiO<sub>2</sub> ของหินดำนก้านิคเมฟิด และ อัลตราเมฟิด สำหรับการจำแนกธรณีแปรสัณฐานแบบต่าง ๆ (Arai, 1992)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Cr# เป็นช่วงกว้างมากคือ 0.05 ถึง 0.8 แต่แร่ spinel ให้ค่า Cr# ที่น้อยกว่า 0.2 เสมอ และมาจากหิน fertile Iherzolite มากกว่าหินชนิดอื่น

### กลุ่มหินเพอริโดไทต์แบบแอลป์

กลุ่มหินเพอริโดไทต์ชนิดสุดท้ายนี้มักพบให้เห็นในสภาพการแปรสัณฐานยุคปัจจุบันมากกว่าที่จะมาจากการแทรกดันเป็นหินอัคนีโดยตรง กลุ่มหินชนิดนี้หลายกลุ่มมักเป็นกลุ่มที่ประกอบด้วยหินแกบโบร หินไดอะเบส หินบะซอลต์หมอนและกรีนสโตน ซึ่งเป็นส่วนที่พบบริเวณส่วนล่าง (ฐาน) ของชุดหินโอฟีโอไลต์ แต่ก็มีบางกลุ่มที่ไม่เกิดร่วมในชุดหินโอฟีโอไลต์นี้ เมื่อพิจารณาถึงภาวะการแปรสัณฐานของชุดหินโอฟีโอไลต์นี้ ส่วนหลังนี้อาจจัดให้อยู่ในจำพวกหินโอฟีโอไลต์ไม่สมบูรณ์ (dismembered ophiolite) อย่างไรก็ตามแต่ก็มีกลุ่มหินเพอริโดไทต์แบบแอลป์นี้อาจไม่เกิดร่วมกับชุดหินโอฟีโอไลต์ (Dick and Bullen, 1984)

กลุ่มหินแบบแอลป์นี้แบ่งได้เป็น 2 พวก ได้แก่ (1) พวก harzburgite (ophiolitic) และ (2) พวก Iherzolite (root-zone) (den Tex, 1969; Jackson and Thayer, 1972) พวก harzburgite subtype มักเกิดบริเวณฐานล่างของชุดหินโอฟีโอไลต์ และอาจเกิดร่วมกับหินดันไนต์, หินเลอโซไลต์, และโครมิไตต์ ส่วนใหญ่มักให้หิน Iherzolite เป็นมวลใหญ่โดยไม่เกิดร่วมกับชุดหินโอฟีโอไลต์

โดยส่วนใหญ่แร่โครเมียนสปิเนลในหินเพอริโดไทต์แบบแอลป์มักให้ค่า Cr# ในช่วง 0.08 – 0.95 แต่โดยเฉลี่ยแล้วมักจำกัดอยู่ในค่า 0.5

ด้วยลักษณะของกลุ่มหิน (Rock assemblage) ร่วมกับค่าการมีส่วนร่วมของธาตุ (elemental) เราสามารถตรวจสอบสภาพการแปรสัณฐานได้จากกราฟหรือแผนภาพดังต่อไปนี้ได้

(1) Cr# กับ Mg# ในแผนภาพ Irvine (1974) ซึ่งทำให้จำแนก chromian-spinel ออกเป็น alpine type และ stratiform type

(2) Cr# กับ Mg# ในแผนภาพ Haggerty (1976) ซึ่งจากข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุการมีส่วนร่วม ทำให้แบ่งสภาพการแปรสัณฐานมวลหินอัลตราเมฟิกได้ 6 แบบด้วยกัน ได้แก่ แบบที่ 1 เป็นแบบสันกลางสมุทร (mid-oceanic ridge peridotite) แบบที่ 2 เป็นแบบการมุดตัวของแนวโค้ง (subduction or arc peridotite), แบบที่ 3 เป็นแบบเกาะกลางสมุทร (oceanic Island peridotite), แบบที่ 4 เป็นแบบโอฟีโอไลต์ (ophidite-sequence), แบบที่ 5 เป็นแบบ continental rift peridotite และแบบที่ 6 เป็นแบบทวีปเก่าที่เสถียร (stable-craton peridotite)

(3) Cr# กับ TiO<sub>2</sub> wt % ในแผนภาพ Arai (1992) ซึ่งได้แบ่งแยกกลุ่มของแร่โครเมียนสปิเนล ซึ่งเกิดในสภาพการแปรสัณฐานแบบเกาะโค้ง (Island arc), โค้งหน้า (fore arc) และเขากลางสมุทร (Intraplate ocean floor) ได้ และ

(4) แผนภาพ Cookenboo และคณะ (1997) ที่แบ่งสภาพการแปรสัณฐานของแร่โครเมียนสปิเนล โดยอาศัยค่า Cr<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup> และ Fe<sup>3+</sup> ทำให้แยกกลุ่มหินเพอริโดไทต์แบบแอลป์ ออกจาก stratiform complex และแบบ Alaska ได้

## 2) การตรวจสอบแผนภูมิภาพ (Diagram test)

ถึงแม้ว่าแผนภาพ diagram ต่างๆ ที่ใช้จะถือได้ว่าเป็นแผนภาพมาตรฐานในการจำแนกสภาพการแปรสัณฐานอย่างแพร่หลาย แต่เพื่อให้เกิดความถูกต้องมากขึ้นจึงทำการทดสอบแผนภาพต่างๆ อีกครั้ง โดยใช้แร่โครเมียมสปิเนลจากแหล่งที่มีการศึกษาสภาพการแปรสัณฐานด้วยวิธีอื่นไว้แล้ว และเพื่อเป็นการสร้างความมั่นใจและความน่าเชื่อถือและความชัดเจนในการใช้แต่ละแผนภาพอีกชั้นหนึ่ง ด้วยเหตุนี้จึงได้นำตัวอย่างแร่สปิเนลทั้งหมด 106 ตัวอย่างจากต่างประเทศ ซึ่งประกอบด้วย 40 ตัวอย่างจาก Sohar oman ophiolite 16 ตัวอย่างจากเมือง Davos ใน Switzerland 20 ตัวอย่างจากแถบ Indus มณฑลทิเบต (Tibet) และ 30 ตัวอย่างจากแถบตะเข็บธรณี song Ma Suture ในเวียดนาม มาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีภายใต้สภาพและด้วยเครื่อง electron microprobe เดียวกันกับโครเมียมสปิเนล (Cr-spinel) จากประเทศไทย ซึ่งแต่ละแหล่งของต่างประเทศมีสภาพการแปรสัณฐานดังต่อไปนี้

- (ก) สภาพการแปรสัณฐานของ Oman ophiolite เป็นแบบแผ่นเปลือกสมุทรโบราณที่เกิดตรงสันกลางสมุทร
- (ข) สภาพการแปรสัณฐานแถบ Davos เป็นแบบชิ้นส่วนขนาดใหญ่ของแผ่นเปลือกสมุทรที่เกิดจาก ophiolite fragments oceanic affinity บริเวณส่วนต่อระหว่างเปลือกทวีปและเปลือกสมุทร
- (ค) สภาพการแปรสัณฐานแถบ Indus เป็นโอไฟโอไลต์โบราณที่เกิดจากการชนกันต่อเนื่องของแผ่นเปลือกโลกอินเดียกับยูเรเชีย
- (ง) สภาพการแปรสัณฐานแถบ Songma ซึ่งเป็นแบบแนวมุดตัวโบราณ

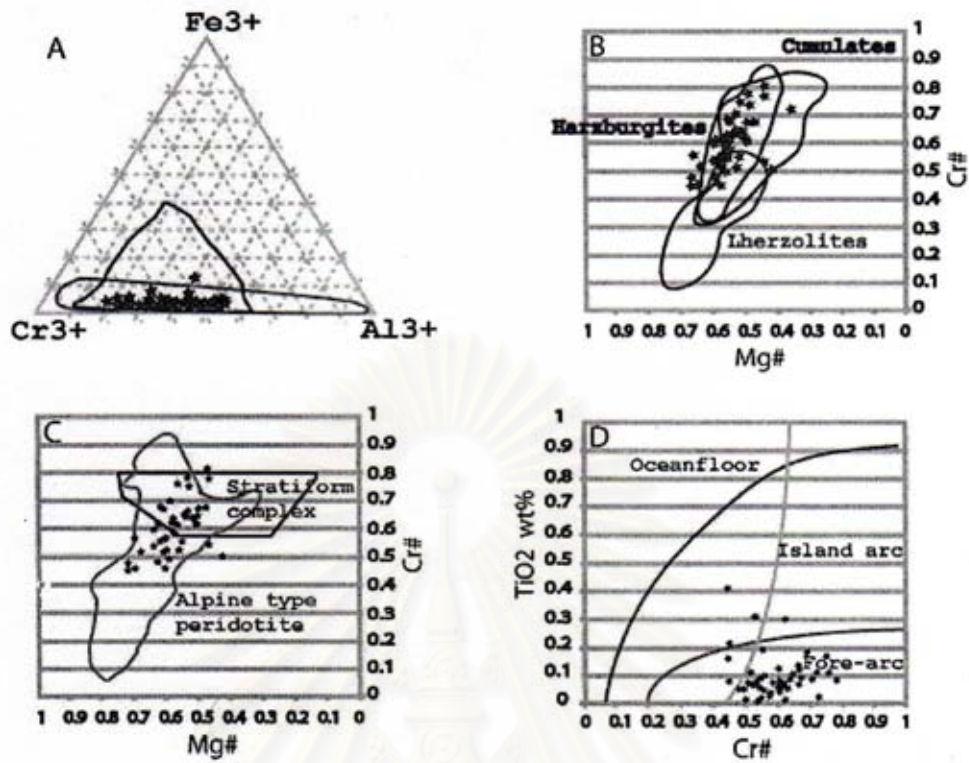
ผลจากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีพออภิปรายความสำคัญของแต่ละพื้นที่ได้ดังนี้

### Sohar (Oman) ophiolite

แร่สปิเนลที่ศึกษามีหน้าผลึกแบบสมบุรณ์จนถึงกึ่งสมบุรณ์ และมีสีน้ำตาลแดงโดยอาศัยค่า Cr# และ Mg# สรุปได้ว่ามีหินต้นกำเนิดของหิน harzburgite ในชั้น ultramafic cumulate ตรงส่วนล่างของชุดหินโอไฟโอไลต์ จึงสรุปจากข้อมูลสมบัติทางกายภาพและทางเคมีได้ว่าน่าจะเกิดจากการตกผลึกแยกส่วน เป็นกระบวนการที่ปรากฏอย่างชัดเจนในพื้นที่นี้ ซึ่งวิเคราะห์จากแนวของค่า Cr# และ Mg# ว่าเกี่ยวข้องกับการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก ส่วนในด้านความสัมพันธ์ระหว่าง Cr# และ TiO<sub>2</sub> % ก็พบว่า Oman Ophiolite ไม่แสดงความสัมพันธ์กับพื้นมหาสมุทร (Ocean floor) มากนักแต่แสดงความเป็นการมุดตัวมากกว่าเช่นกัน (รูป 7.22)

### Davos (Switzerland)

สำหรับพื้นที่นี้ จากสีและรูปร่างของแร่สปิเนลพบว่าได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนสภาพด้วยความร้อนไปบางส่วน ทำให้ได้ค่า Cr# และ Mg# ที่ยากที่จะนำเชื่อถือในเชิงสภาพการแปรสัณฐาน แต่เมื่อพิจารณาจากค่า Si และไวต์อออกซิเจนสูงๆ ในการคำนวณ แต่โดยอาศัยค่า TiO<sub>2</sub>% บวกกับหลักฐานจากซิลิคาพอร์รอนา ทำให้ทราบว่รอบๆ แร่สปิเนลมักพบวงของแร่คลอไรต์ ซึ่งทำให้อธิบายได้ว่าทำไมจึงทำให้ค่า Cr# ที่ความจริงควรต่ำ กลับมีค่าสูงได้สำหรับพื้นที่นี้ ทั้งนี้เพราะในการเกิดแร่คลอไรต์ ซึ่งเป็นแร่



รูป 7.22 ค่าความสัมพันธ์ทางเคมีของสปิเนลจากเวียดนาม A) แผนภูมิสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของอะตอมหลัก B) ค่า Cr# และ Mg# ใน field ของสปิเนลจากชนิดของหินอัลตราแมฟิก C) ความสัมพันธ์ของค่า Cr# และ Mg# ซึ่งตกอยู่ใน field ของ Alpine type peridotite และ D) เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่า Cr# กับ TiO<sub>2</sub> กับธรณีสัณฐานแบบต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จำพวก Aluminum, Silicate-hydroxide จำเป็นต้องดึงเอา Al จากสปิเนลไป ผลจึงทำให้องค์ประกอบโดยรวมเปลี่ยนไปและส่งผลให้ค่า Cr# =  $\frac{Cr}{Cr+Al}$  มีค่าสูงขึ้น ดังนั้นแผนภาพ Arai จากข้อมูลของธาตุที่ได้จึง

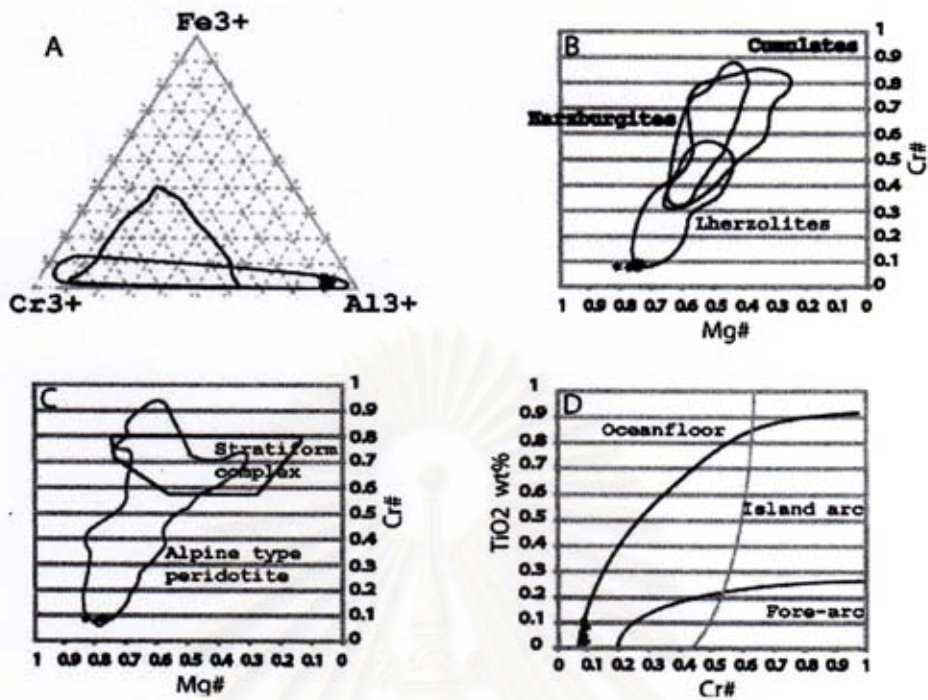
มีการเกาะกลุ่มเรียงอยู่บริเวณรอยต่อของแผ่นพื้นสมุทรและของเกาะโค้ง แต่เมื่อตัดเอาผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพด้วยความร้อนออกโดยการชดเชยค่า Al เข้าไปอยู่บนกลุ่มของพื้นสมุทรอย่างไม่ต้องสงสัย high Al contain ก็เป็นข้อสังเกตที่ดีของความเป็น ocean floor peridotite (รูป 7.23)

### **Song Ma (Viet Nam)**

จากลักษณะทางกายภาพและทางเคมีที่ชัดเจนมากๆ ของพื้นที่นี้ ทำให้การตีความเป็นไปได้ไม่ยากนัก เนื่องจากแร่สปิเนลในพื้นที่นี้พบเป็นสีน้ำตาลแดง มีหน้าผลึกถึงสมบูรณ์ถึงสมบูรณ์คล้ายกิ่งตัวหนอน (subvermicular) บริเวณขอบแร่คมชัดเจนมาก ขนาดเม็ดแร่ใกล้เคียงกันมาก และพบมีมลทิน (inclusion) ขนาดใหญ่ที่มีรูปร่างกลมมน กราฟ Cr# และ Mg# แสดงว่าประมาณ 50% ของข้อมูลอยู่ในกลุ่มของหินเพอริโดไทต์แบบแอลป์ แต่เมื่อพิจารณาทั้งหมดกลับเห็นการกระจายตัวเป็นไปด้านทั้งชัดเจนกว่ามาก อันเป็นลักษณะของหินเพอริโดไทต์ชนิด stratiform ซึ่งทำให้หินต้นกำเนิดสปิเนลเป็นหินอัลตราเมฟิกพวก cumulates ในตารางสามเหลี่ยมจะเห็นว่าเคมีของแร่สปิเนล spinel นั้นตกอยู่ทางด้านล่างสุดของแผนภาพ และมีการกระจายตัวของ Cr และ Al เป็นช่วงแคบๆ เท่านั้น ประกอบกับลักษณะผลึกถึงสมบูรณ์ นักธรณีหลายท่านจึงสรุปว่าน่าจะอยู่ในส่วนล่างของหินอัลตราเมฟิกที่แสดงชั้นสะสมตัว และจากความสัมพันธ์ของกราฟระหว่าง Cr# และ TiO<sub>2</sub> wt% ประกอบกับแผนภูมิ Haggerty แสดงว่าแร่โครเมียมสปิเนลในพื้นที่มากและมีการเกิดสัมพันธ์โดยตรงกับสภาพแปรสัณฐานแบบโค้ง (island-arc setting) หรือแนวมุดตัว (subduction) นั่นเอง (รูป 7.24)

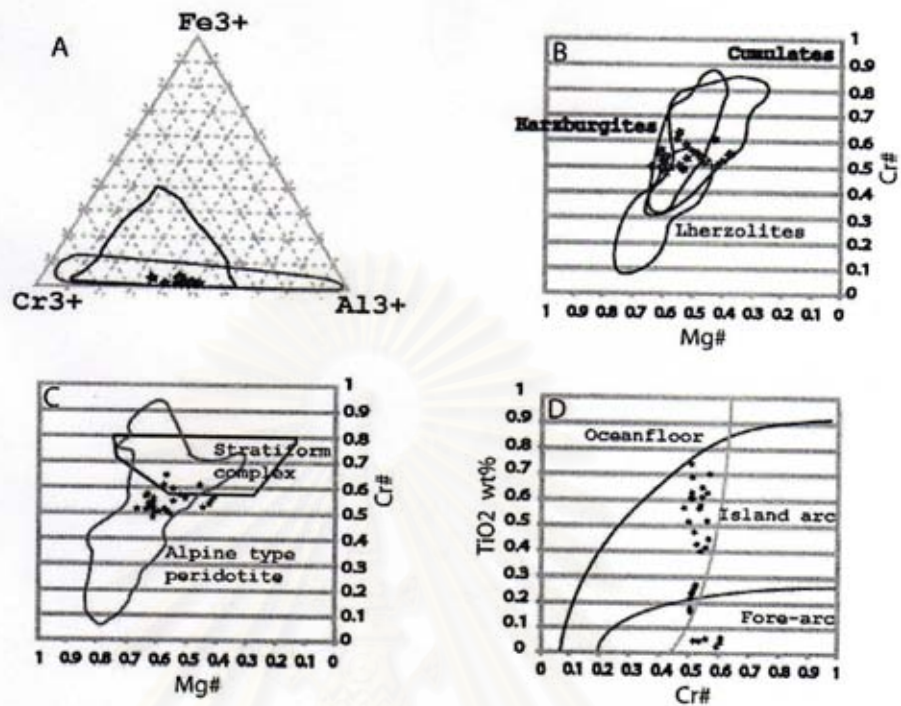
### **Indus (Tibet)**

จากข้อมูลด้านสิลาพรรณนา พบว่าแร่สปิเนลในพื้นที่นี้ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพทางความร้อน (thermal alteration) บ้าง แต่ไม่มากเท่ากับของ Davos (Switzerland) โดยที่แร่สปิเนลเกือบทั้งหมดแสดงหน้าผลึกไม่สมบูรณ์และมีสีเหลืองน้ำตาล โดยมีอัตราส่วนของ Cr# ต่ำ แต่ Mg# สูง ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ แสดงความเป็นหินเลอโซไลต์แบบตกค้าง (residual Iherzolite หรือ less depleted peridotite) ทำให้นักธรณีหลายท่านเชื่อว่าบริเวณนี้มีสภาพการแปรสัณฐานไม่ชัดเจนมากนักระหว่างเกาะแนวโค้งกับพื้นท้องสมุทร แต่การมีค่า N สูงมากๆ แม้จะถูกรบกวนจากการเปลี่ยนแปลงก็เป็นลักษณะเฉพาะอย่างหนึ่งของเพอริโดไทต์พื้นสมุทร (ocean-floor peridotite) (Huggerty type I) (รูป 7.25)



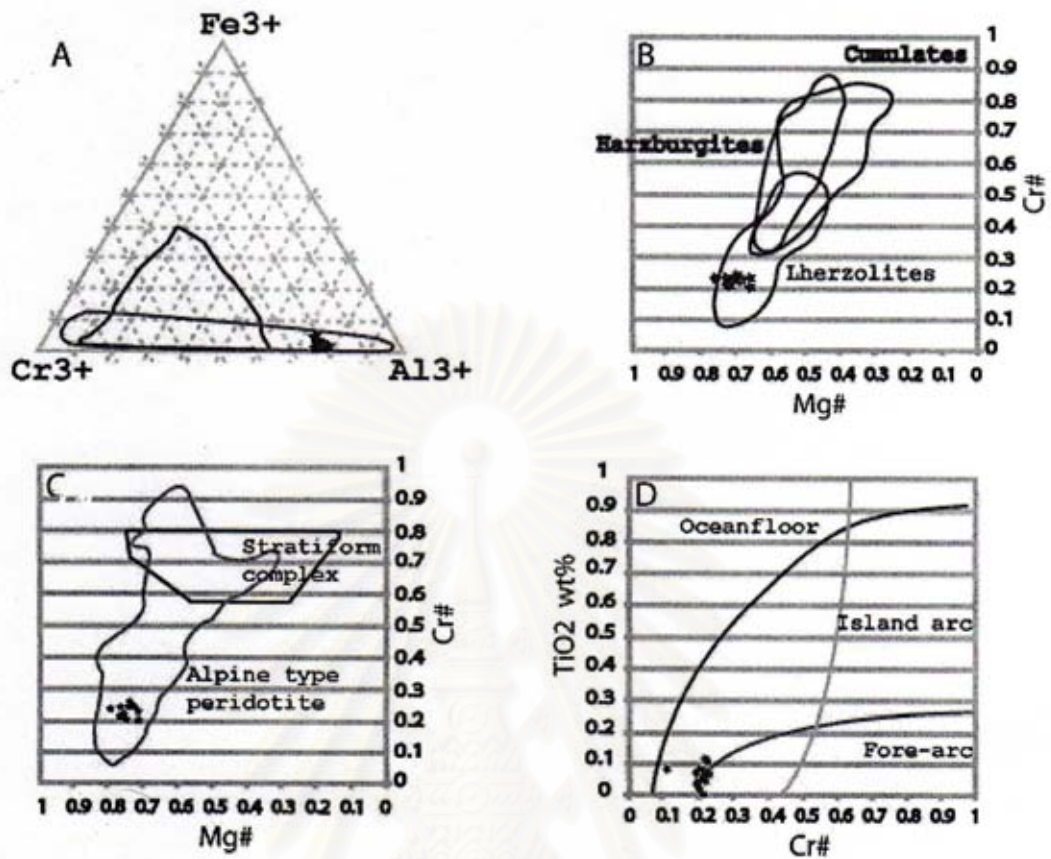
รูป 7.23 ค่าความสัมพันธ์ทางเคมีของสปิเนลจากสวีตเซอร์แลนด์ A) แผนภูมิสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของอะตอมหลัก B) ค่า Cr# กับ Mg# ใน field ของสปิเนลจากชนิดของหินอัลตราเมฟิก C) ความสัมพันธ์ ของค่า Cr# และ Mg# ซึ่งตกอยู่ใน field ของ Alpine type peridotite และ D) เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่า Cr# กับ TiO<sub>2</sub> กับธรณีฐานแบบต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 7.24 ค่าความสัมพันธ์ทางเคมีของสปิเนลจาก โอมาน A) แผนภูมิสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของ อะตอมหลัก B) ค่า Cr# กับ Mg# ใน field ของสปิเนลจากชนิดของหินอัลตราแมฟิก C) ความสัมพันธ์ ของค่า Cr# และ Mg# ซึ่งตกอยู่ใน field ของ Alpine type peridotite และ D) เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่า Cr# กับ TiO<sub>2</sub> กับธรณีฐานแบบต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 7.25 ค่าความสัมพันธ์ทางเคมีของสปิเนลจากที่เขต A) แผนภูมิสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของอะตอมหลัก B) ค่า  $Cr\#$  กับ  $Mg\#$  ใน field ของสปิเนลจากชนิดของหินอัลตราแมฟิก C) ความสัมพันธ์ของค่า  $Cr\#$  และ  $Mg\#$  ซึ่งตกอยู่ใน field ของ Alpine type peridotite และ D) เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่า  $Cr\#$  กับ  $TiO_2$  กับธรณีฐานแบบต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## 7.4 สรุป

สำหรับตัวอย่างจาก Sohar (Oman) และจาก Songma (Viet Nam) แสดงผลออกมาอย่างชัดเจน ทั้งในเรื่องของชนิดหินและสภาพการแปรสัณฐานซึ่ง Sohar (Oman) มีชนิดหิน harzburgite ในส่วนล่างของชั้นสะสม (cumulate layer) ในกลุ่มหิน โอฟิโอไลต์ แต่ที่ Song Ma (Viet Nam) มีชนิดหินเป็นแบบไม่ค่อยชัดเจนนัก สรุปได้ว่าเป็นหินเพอริโอไทต์ในส่วนล่างของชั้นสะสมเหมือนกันแต่มีการเกิดสัมพันธ์กับสภาพการแปรสัณฐานแบบเกาะโค้ง (Island arc environment) ส่วนที่ Indus (Tibet) ,ผลจาก (thermal alteration) บ้างเล็กน้อย ทำให้ค่า AI# มีค่าต่ำลงเล็กน้อย จึงสรุปว่าหินอัลตราเมฟิกต้นกำเนิดหินเลอโรโซไลต์เหลือค้าง (หรือ depleted peridotite) ที่มีสภาพการแปรสัณฐานส่วน tectonic environment ค่อนข้างหินพื้นมหาสมุทร

สุดท้ายเป็นพื้นที่ Davos (Switzerland) แร่สปีเนลได้รับผลจากความร้อน ทำให้ยากที่จะตรวจสภาพหินเดิม (identified) แต่พบสรุปได้ว่าเป็นหินเพอริโดไทต์เหลือค้าง residual peridotite ซึ่งเกิดในสภาพการแปรสัณฐาน ซึ่งค่อนข้างโชคดีที่พื้นที่นี้มีค่าปริมาณ AI สูงมากๆ ซึ่งเป็นเพราะว่ามีชั้นการหลอมละลายบางส่วนค่อนข้างต่ำ อันเป็นลักษณะที่เด่นชัดอย่างหนึ่งของจำพวกแผ่นเปลือกสมุทร

สภาพการแปรสัณฐานที่ได้จากการกำหนดข้อมูลนั้นมีความสอดคล้องเป็นอย่างดีกับสภาพการแปรสัณฐานเดิมของแต่ละพื้นที่ ดังนั้นแผนภาพทั้ง 4 จึงควรจะใช้ได้ดีกับแร่สปีเนลของประเทศไทยเช่นกัน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 8

### อภิปрайและสรุผล

#### 8.1 สภาพธรณีวิทยาแปรสัณฐานของแต่ละแนวตะเข็บธรณี

##### 8.1.1 พื้นที่ เชียงราย

หินภูเขาไฟเชิงของอายุเพอร์เมียน-ไทรแอสซิก ประกอบด้วย หินอัคนีฟู ตั้งแต่เฟลซิกจนถึงเมฟิก และพวกหินตะกอนภูเขาไฟ (pyroclastic) จากการศึกษาธาตุที่เคลื่อนย้ายได้น้อย (least – mobile element) และ ธาตุหายาก (Rare earth element) จากชุดหินบะซอลต์ บ่งชี้ถึงสภาพธรณีแปรสัณฐานแบบ Continental volcanic arc จากการศึกษาพบว่าแนวภูเขาไฟบริเวณ เชียงของ – ตาก ประกอบด้วย แมกม่า 2 ชุด ซึ่ง พบในสภาพธรณีแปรสัณฐานแบบโค้งภูเขาไฟภาคพื้นทวีป (Continental volcanic arc) หิน 2 ชุดนี้ ประกอบด้วย โทเลอไอต์ ซีรี และ อัลคาไลน์ ซีรี มวลหินอัลตราเมฟิกในพื้นที่นี้อยู่บริเวณทางด้านตะวันออกของแนวภูเขาไฟเชิงของ ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็นแบบ alpine type peridotite และมีกำเนิดโดยตรงจากการมุดตัวของเปลือกโลก (subduction) ค่าของ Cr# ที่ค่อนข้างต่ำบ่งชี้ถึง less depleted harzburgite ซึ่งมีดีกรีของการหลอมเหลวบางส่วนค่อนข้างต่ำ ค่าของ TiO<sub>2</sub> ที่ต่ำมากบ่งชี้ถึงสภาพธรณีแปรสัณฐานแบบ fore arc ฉะนั้น โมเดลของ alpine type serpentinite emplacement (Lockwood 1972) ส่วนใหญ่มีต้นกำเนิดจากเปลือกสมุทรหรือชั้นเนื้อโลกตอนบน ซึ่งมีการมุดตัวได้เปลือกทวีปตามแนวขอบของทวีป (continental margin) มวลหินเซอร์เพนทิไนต์เคลื่อนตัวสู่ชั้นเนื้อโลกตอนบนและถูกแปรสภาพโดยความดันสูงและอุณหภูมิสูง การปลดปล่อยน้ำบางส่วนและการผสมกันของ peridotite ชั้นเนื้อโลก สนับสนุนถึงกระบวนการปนเปื้อนจากวัสดุชั้นเนื้อโลก ในพื้นที่ของแนวมุดตัวอาจจะพบรอยเลื่อนในเพลตบน ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นเกิด Ultramafic protrusion ซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดใหญ่และมีรูปร่างรี ซึ่งขนานด้วย รอยเลื่อนหลัก

##### 8.1.2 พื้นที่ น่าน – อุดรดิตถ์

ชุดของหินอัลตราเมฟิกและแกบโบรที่เกิดร่วมกันในบริเวณแนวของแม่น้ำน่าน หินอัลตราเมฟิกเกิดเป็นแบบ cumulate เป็นหลักหินเมฟิกบริเวณแนวแม่น้ำน่านมีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายคลึงกับหินบะซอลต์ซึ่ง form ตัวบริเวณ spreading centers ใกล้เคียงกับแนวมุดตัว ถึงแม้ว่าลักษณะทางธรณีเคมีส่วนใหญ่จะเกิดจากบริเวณที่เพลตชนกันมากกว่าจะเป็นบริเวณที่เพลตแยกออกจากกัน (Barr และ macdonald, 1987) จากลักษณะทางธรณีเคมีของโครเมียมสปีเนลสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม เราสามารถจำแนกวิวัฒนาการของกำเนิดหินอัลตราเมฟิกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือ มวลของหินอัลตราเมฟิกจะ form ตัวโดย การเกิดการขยายตัวของเพลตเหนือแนวมุดตัว ซึ่งเรียกกันว่า suprasubduction peridotite ลักษณะดังกล่าวจะแสดงโดยค่าทางเคมีของ TiO<sub>2</sub> ค่อนข้างสูงและค่า Cr# ค่อนข้างจะต่ำ และแทรกดันเข้ามาในช่วงเริ่มแรกของแผ่นสมุทร

ชนกัน ส่วนที่สองมีค่าของ Cr# สูง ซึ่งแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของดัชนีของการหลอมเหลวบางส่วน เมื่อเรานำค่าทั้ง 2 กลุ่มมาพิจารณาพบว่าการกำเนิดจากกลไกการเคลื่อนที่ของเพลตที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งหมายความว่าลักษณะทางธรณีแปรสัณฐานมีการเปลี่ยนจากบริเวณ Suprasubduction ในขั้นแรกไปสู่ธรณีแปรสัณฐานแบบ island arc ในขั้นหลัง ซึ่งจากผลที่ได้จากข้อมูลทางเคมีทั้งหมดพบว่ากลไกการเคลื่อนที่ของเพลตยังคงดำเนินต่อไป

### 8.1.3 พื้นที่ แม่ฮ่องสอน

จากรายละเอียดในบทที่ 7 ข้อมูลทางธรณีเคมีของโครเมียนสปีเนลซึ่งได้จากหินทรายแม่สะเรียงสามารถยืนยันได้ว่ามีสภาพธรณีแปรสัณฐานแบบ ocean floor และ intraplate basalt จากข้อมูลในบทที่ 4 กลุ่มหินแม่สะเรียง form ตัวในช่วงอายุระหว่างตอนกลางถึงตอนปลายไทรแอสซิก (Buam และคณะ (1970), Hahn และ Siebenhuer (1982), Caridroit และคณะ (1993), Kamata และคณะ (2002)) หินชนิดต่างๆที่พบในกลุ่มหินแม่สะเรียงพบในแผ่นจุลทวีปฉานไทย ประกอบด้วยส่วนของประเทศ พม่า ไทย ตะวันออกเฉียงเหนือของมาเลเซีย และ ส่วนหนึ่งของหมู่เกาะสุมาตรา ซึ่งทางตะวันตกขนานด้วย รอยเลื่อนสะแกงแบบขวาเข้า ทะเลอันดามัน และรอยเลื่อนสุมาตราแบบขวาเข้าทางด้านตะวันออกประกอบด้วย Bentong Raub line ซึ่งแผ่ขยายเข้ามาบริเวณอ่าวไทย และท้ายสุดมี น่าน-อุตรดิตถ์ โอพีโอโลด์ทางภาคเหนือของประเทศไทย และเหนือขึ้นไปมีแม่น้ำแดง และ Himalayan Syntaxis (Metcalf, 1988) ซึ่งแยกตัวเป็นร่องลึกจาก Gondwana land ในช่วงอายุพาลีโอโซอิกตอนกลางถึงตอนปลายและเริ่มเคลื่อนที่ไปทางเหนือ (Hutchison, 1989)

ก่อนที่จะมีการสะสมตัวของกลุ่มหินแม่สะเรียง สภาพภูมิศาสตร์บรรพกาลของพื้นที่ศึกษาเป็นทะเลลึกซึ่งมีหลักฐานจากการพบหินเชิร์ต หินทรายขนาดละเอียด และหินดินดาน ร่วมกับการไม่ปรากฏของหินที่เกิดร่วมกับการเกิดภูเขาไฟบน passive continental margin ต่อมาในช่วงอายุเพอร์เมียนตอนปลายถึงไทรแอสซิกตอนต้น (รูป 8.2) การทรุดตัวเกิดในพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นผลมาจาก Sibumasu หรือแผ่นจุลทวีปฉานไทยมีการแยกตัวหรือทรุดตัวแบ่งเป็นส่วน ตะวันตกและตะวันออกของฉานไทย โดยรอยเลื่อนแม่สะเรียง (หรือรอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน) เป็นหลักฐานสนับสนุนว่าพื้นที่นี้เป็นบริเวณที่อ่อนตัว (weak zone) พื้นสมุทรขนาดเล็กของ paleotethys อาจเป็นผลจากการทรุดตัวซึ่งยืนยันได้จากข้อมูลทางเคมีของโครเมียนสปีเนล (รูป 7.5 และ 7.11)

ช่วงระหว่างยุคไทรแอสซิกตอนกลางถึงตอนปลาย การสะสมตัวของตะกอนในทะเลเกิดขึ้นในทะเลน้ำลึกบริเวณขอบตะวันตกของส่วนฉานไทยตะวันออก รูปแบบการสะสมตัวของหินทรายจากกลุ่มหินแม่สะเรียงบ่งชี้ถึงหินต้นกำเนิดมาจาก Recycle Orogenys และ Continental Block (รูป 8.3) นอกจากนั้นยังมีการค้นพบมวลหินเซอร์เพนทิไนต์ขนาดประมาณ 1x 1 กม ซึ่งโผล่ให้เห็นทางด้านตะวันตกของ จ. ตาก (วิชายุ อรุณศรีแสงไชย, 2550, ติดต่อบุคคล) ซึ่งอาจจะเป็นหนึ่งในแหล่งต้นกำเนิดของโครเมียนสปีเนล ซึ่ง

พื้นที่บริเวณนี้อยู่ใกล้กับหินแปรซับซ้อนแม่สะเรียง-ลานสาง ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของหินทรายในพื้นที่แม่ฮ่องสอนนั่นเอง

ช่วงยุคไทรแอสซิกตอนกลาง แผ่นด้านตะวันออกและตะวันตกของจุลทวีปฉานไทยอาจเป็นผลเนื่องมาจากการแทรกดันเข้ามาของมวลหิน S-type granites ซึ่งพบทางตะวันออกของพื้นที่แม่สะเรียง หินแกรนิตบริเวณนี้หาอายุโดยวิธี Rb-Sr ได้ประมาณ 212-240 ล้านปี (Braun และ Johndan, 1976) และโดยวิธี Ar-Ar ได้อายุประมาณ 210-220 ล้านปี (Charusiri, 1989) จากหินฐานทวีปซึ่งเกิดการยกตัวและมีการหลอมละลายบางส่วนเกิดเป็น S-type granite

ช่วงยุคจูแรสซิก แผ่นด้านตะวันออกและตะวันตกของจุลทวีปฉานไทยเกิดการปิดตัวลงอย่างสมบูรณ์เป็นเหตุให้รวมกันเป็นแผ่นจุลทวีปฉานไทย เมื่อ Paleotethys ปิดตัวและ Mesotethys เกิดการรุกคืบเข้ามาทางตะวันตกของแผ่นจุลทวีปฉานไทย ตะกอนของกลุ่มหินห้วยโป่ง (Meesook และ Grant-Mackie, 1996) เกิดการสะสมตัวบริเวณไหล่ทวีป และบางส่วนกลายเป็นตะกอนน้ำจืดซึ่งคล้ายคลึงกับกลุ่มหินโคราช

## 8.2 สรุปสภาพธรณีวิทยาของหน่วยแปรสัณฐานหลัก (major tectonic units) ของภาคเหนือประเทศไทย

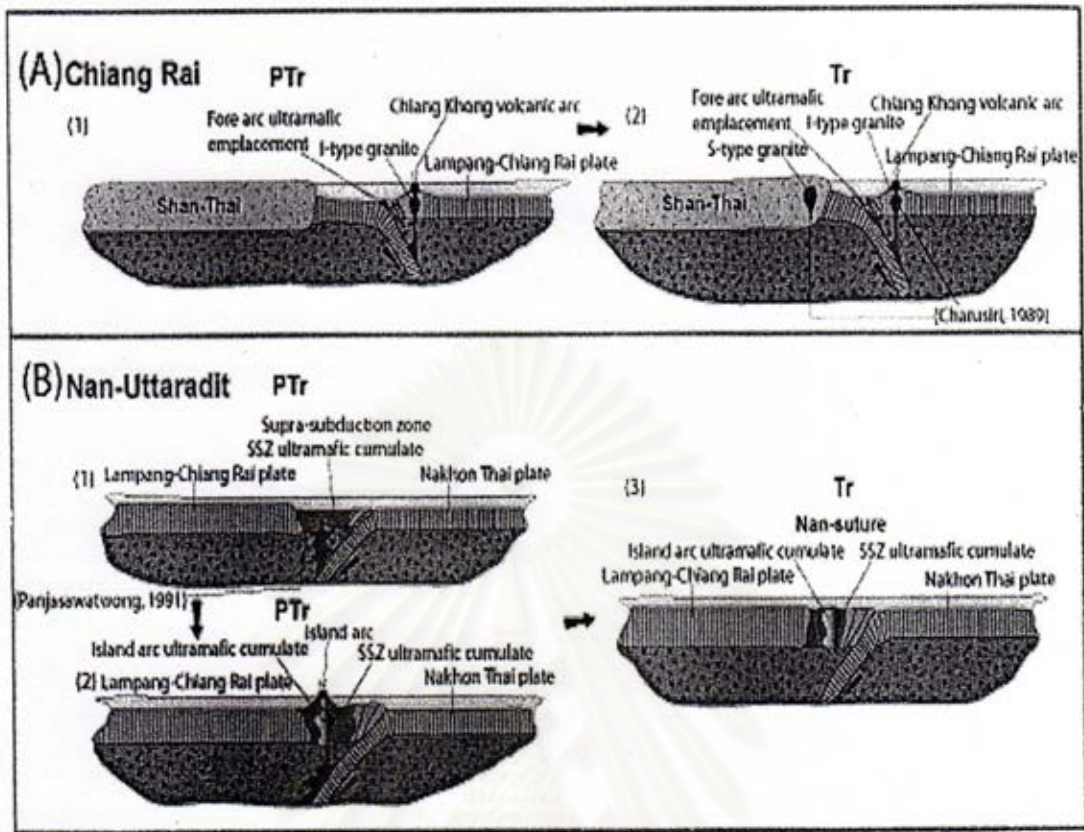
ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า ภาคเหนือของประเทศไทยเป็นบริเวณที่แสดงหน่วยแปรสัณฐานหลักได้เด่นชัด ได้แก่ อนุทวีปฉานไทย อนุทวีปอินโดจีน แผ่นบรรพสมุทราปาง-เชียงราย และแผ่นบรรพสมุทรรนกรไทย เนื่องจากมีลักษณะทางธรณีวิทยาของแต่ละหน่วยแปรสัณฐานชัดเจน

เมื่อพิจารณาจากรูป 1.2 ในบทที่ 1 แผ่นตะวันตกคือ อนุทวีปฉานไทย (Shan-Thai microcontinent) อยู่ทางตะวันตกของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และตาก จนเข้าไปในพม่า ประกอบด้วยหินตะกอนทะเลทั้งน้ำตื้นและลึก ที่มีอายุตั้งแต่พาลีโอโซอิกตอนต้น ถึงดึกดำบรรพ์ที่อายุเทอร์เชียรีจนถึงยุคปัจจุบัน มีสภาพโครงสร้างวางตัวปรากฏในแนวเหนือ-ใต้ที่ถูกรองรับข้างใต้ด้วยหินแปรซับซ้อน ซึ่งอาจมีอายุพรีแคมเบรียน และต่อมาหินเหล่านี้บางส่วนอาจถูกแรงการแปรสัณฐานอย่างแรงจนทำให้บางส่วนของชั้นเปลือกโลกบริเวณแถบนี้เกิดการหลอมละลายบางส่วน จนกลายเป็นหินแกรนิต และหินมิกมาไทต์ (granite & migmatite) ในยุคไทรแอสซิก จนเกิดแนวเทือกเขาใหญ่น้อยมากมายที่มีหินแกรนิต S-type เกิดร่วมอยู่กับกลุ่มแหล่งแร่ดีบุก-ทังสแตนเป็นส่วนใหญ่ และต่อมาอิทธิพลจากการมุดตัวของแผ่นพม่าตะวันตกทำให้ได้แกรนิตทางตะวันตกสุดของประเทศในช่วงอายุครีเตเชียสจนถึงเทอร์เชียรีที่ประกอบด้วยหิน แกรนิต I- และ S-type ให้ทั้งกลุ่มแหล่งแร่พลวง และเหล็ก และกลุ่มแหล่งแร่ดีบุก-ทังสแตนตามลำดับ เป็นที่น่าสนใจว่า สำหรับในประเทศไทย จุลทวีปฉาน-ไทย ไม่ปรากฏการกระจายตัวของหินภูเขาไฟที่แน่ชัด มีเพียงจุดเดียวทางใต้ของไทย ที่เป็นตะกอนภูเขาไฟที่พบแทรกสลับอยู่เป็นชั้นบางๆทางตอนล่างของกลุ่มหินทุ่งสง (Khao Khom Fm., Srisakulrat, 1995)

แผ่นที่สอง แผ่นลำปาง-เชียงราย ซึ่งอยู่ขนานติดกับแผ่นฉานไทย แต่แยกออกจากกันโดยแนวตะเข็บเชียงใหม่ และรอยเลื่อนแม่จัน จากการศึกษาไม่พบหินตะกอนอายุพรีแคมเบรียน และไม่พบหินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนกลางและตอนต้น ซึ่งทำให้แตกต่างไปจากแนวคิดเดิมของกรมทรัพยากรธรณี (ดูกรมทรัพยากรธรณี, 2545 และ 2550) เนื่องจากไม่พบหลักฐานทางซากดึกดำบรรพ์ที่ชัดเจน หินส่วนใหญ่ที่แผ่กระจายจึงเป็นหินตะกอนมหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลาย และอาจมีช่วงปลายของมหายุคพาลีโอโซอิกตอนกลาง (Devonian) บ้าง แต่ก็ยังไม่เป็นที่แน่ชัด บริเวณตะวันออกเป็นหินทรายอายุเดียวกับกลุ่มหินโคราช ปรากฏร่วมกับหินอัคนีสีเข้ม-สีเข้มจัด ทางตะวันออกสุดอยู่บ้าง ส่วนทางด้านตะวันตกของแผ่นส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตอายุไทรแอสซิกวางตัวเหนือใต้ ที่แทรกคั่นเข้ามาในหินตะกอนทะเล (-แปร) ของมหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลาย เช่นกลุ่มหินงาว และกลุ่มหินลำปาง หินแกรนิตพวกนี้ส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิต S-type และกินร่วมกับกลุ่มแหล่งแร่ดีบุก-ทังสแตน และก็อาจมีหินแกรนิตประเภท I-type ปรากฏบ้างทางตอนกลาง และทางตะวันออก ส่วนมวลหินแกรนิต I-type อายุไทรแอสซิกที่เป็นมวลขนาดใหญ่ปรากฏที่เดียวคือ ที่บริเวณจังหวัดตาก จนถึงตะวันตกของสุโขทัยจนทำให้เกิดแหล่งแร่เฟลด์สปาร์ใหญ่น้อยมากมาย แผ่นลำปาง-เชียงรายนี้ถูกขนาบด้วยรอยเลื่อนแม่จันทางตอนเหนือ รอยตะเข็บน่าน-อุตรดิตถ์ ทางทิศตะวันออก รอยเลื่อนแม่ปิงทางตอนใต้ และรอยตะเข็บเชียงใหม่ทางทิศตะวันตก

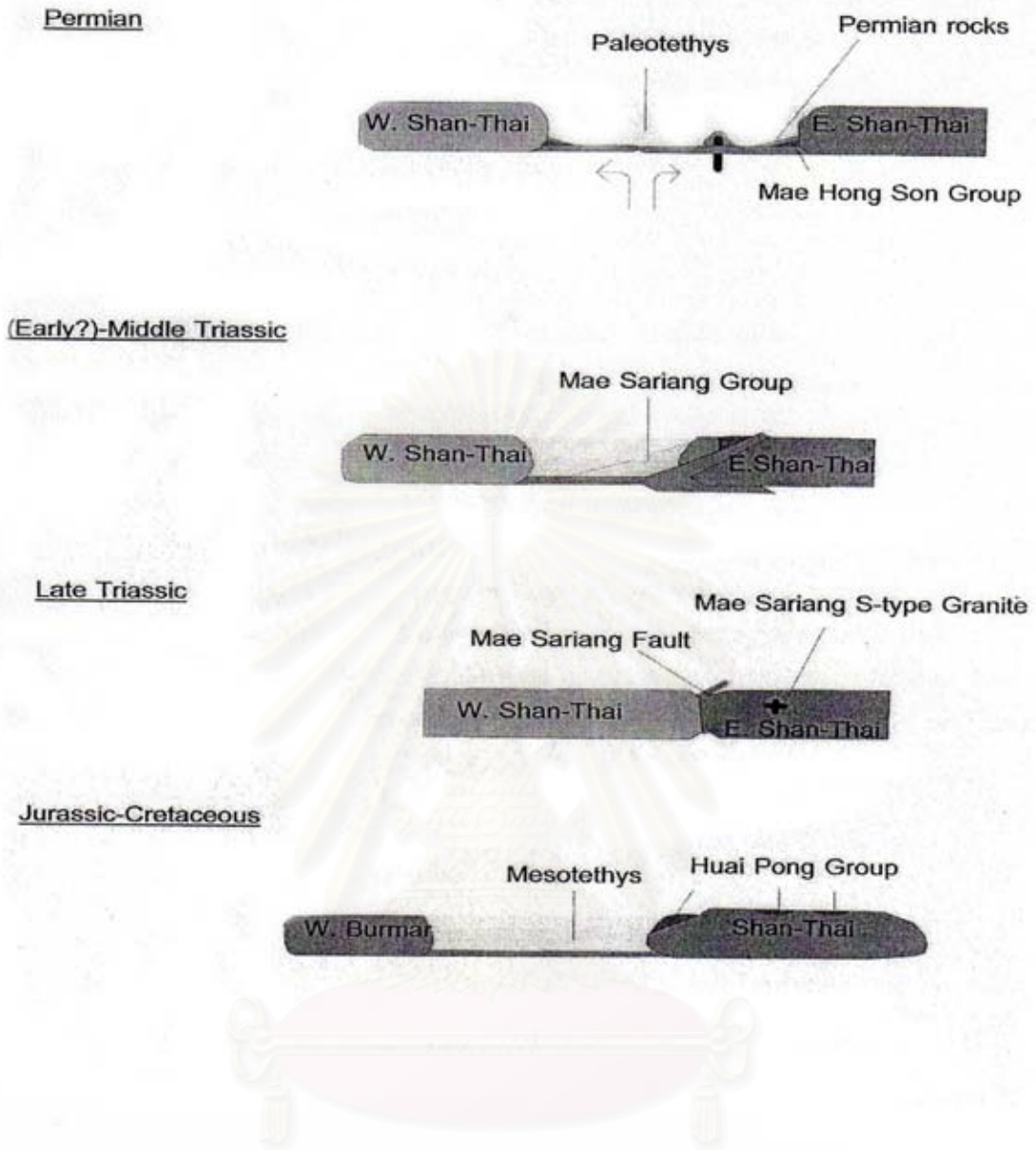
แผ่นถัดมาคือแผ่นนครไทย พบว่ามากกว่าร้อยละ 85 ของแผ่นประกอบด้วยตะกอนบก (กลุ่มนครไทย) ซึ่งมีอายุใกล้เคียงกับกลุ่มหินโคราช คือมหายุคเมโซโซอิก และตะกอนบกซีโนโซอิกทางตอนบนของที่ราบภาคกลาง ส่วนที่เหลือเป็นหินภูเขาไฟ-ตะกอนภูเขาไฟยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสซิก หินปูนยุคเพอร์เมียน และหินตะกอนเนื้อผสมอายุไทรแอสซิก แผ่นนครไทยไม่พบหินอัคนี...แผ่นกระจาย แต่คาดว่าอาจอยู่ในระดับลึก และจัดเป็นแกรนิต I-type ซึ่งสัมพันธ์กับแหล่งแร่ทองคำ (แก๊อกลู มโหธร, 2550, ติดต่อบุคคล) และคาดว่าแผ่นกระจายน่าจะต่อเลยไปถึงภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ แผ่นนครไทยนี้ สำหรับการศึกษานี้พบว่าทางตะวันตก ถูกขนาบด้วยแนวตะเข็บ น่าน-อุตรดิตถ์ ทางตอนเหนือต่อเลยเข้าไปในประเทศลาว และทางตะวันตกไปสุดตะเข็บเลย โดยมีลักษณะทางธรณีวิทยาคล้ายๆกับแผ่นลำปาง-เชียงราย และเป็นที่น่าสังเกตว่าแผ่นบรรพสมุทธรณนครไทย ก็ไม่มีหินในมหายุคพรีแคมเบรียน และมหายุคพาลีโอโซอิกตอนต้นเหมือนกัน

อนึ่งสำหรับอนุทวีปอินโดจีน (Indochina microcontinent) ซึ่งอยู่ทางตะวันออกของประเทศ ในปีแรกนี้ยังไม่มีการศึกษา จึงยังไม่สามารถสรุปได้ชัดเจน



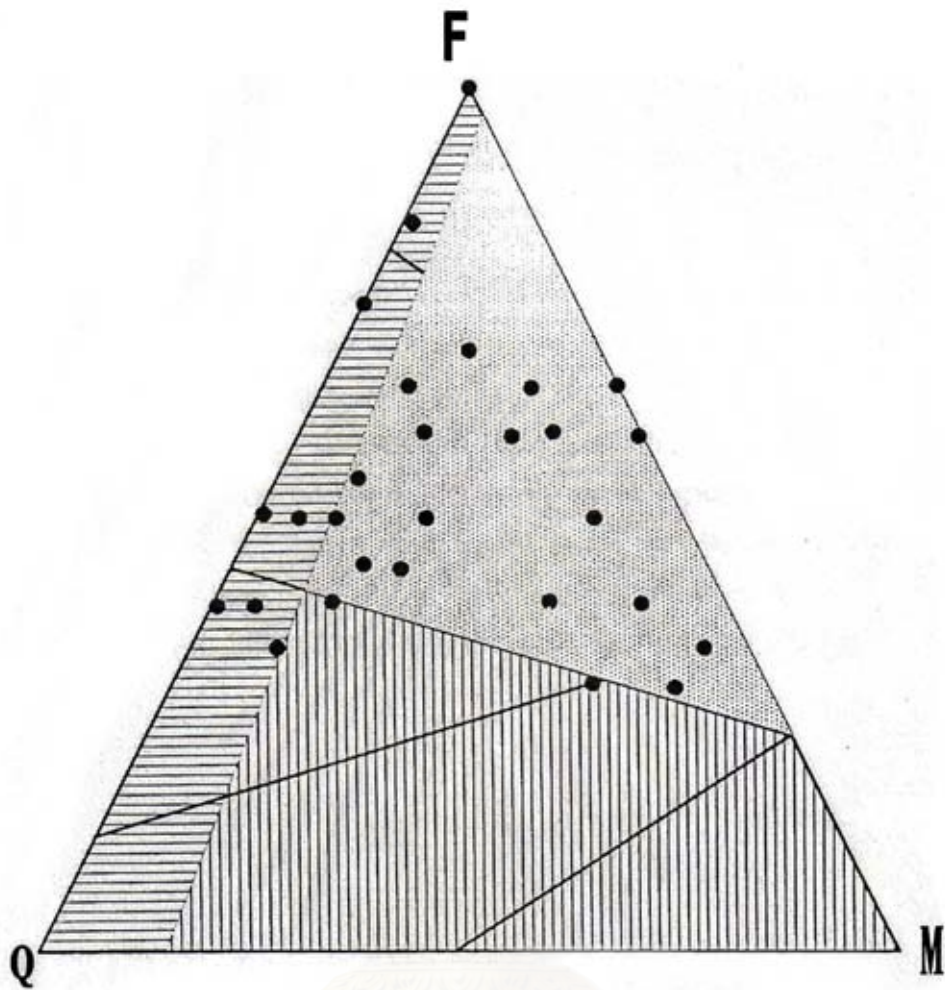
รูป 8.1 แบบจำลอง (Schematic model) สรุปต้นกำเนิดหินอัลตราเมฟิกจากการแปลความหมายแต่ละแนวตะเข็บธรณี A) พื้นที่เชิงราย หินอัลตราเมฟิกมีต้นกำเนิดบริเวณสภาพสภาพธรณีแปรสัณฐานแบบ fore arc B) พื้นที่น่าน-อุตรดิตถ์มีต้นกำเนิดจากแนวมุดตัวของเปลือกโลก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 8.2 วิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานของแผ่นดินไทย ระหว่างช่วงอายุเพอร์เมียน-ครีเตเชียส พื้นที่แม่ฮ่องสอน-แม่สะเรียง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



**Provenance categories**

- Sample
- ▨ Recycle orogen
- ▨ Continental Block
- ▨ Magmatic Arc

รูป 8.3 แผนภูมิสามเหลี่ยม QFM ของหินทรายอายุโทรแอสซิกในพื้นที่แม่ฮ่องสอน (field ดัน  
กำเนิดได้จาก Dickinson และคณะ, 1983)



## เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี, 2544, ธรณีวิทยาประเทศไทย (ฉบับเฉลิมพระเกียรติฯ 6 รอบ), กรมทรัพยากรธรณี, กระทรวงอุตสาหกรรม, 556 หน้า
- กรมทรัพยากรธรณี, 2550, ธรณีวิทยาประเทศไทย (พิมพ์ครั้งที่ 2, ฉบับปรับปรุง), กรมทรัพยากรธรณี, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 628 หน้า
- ชัยยันต์ หินทอง สัญญา สราภิรมย์ อุดลย์ วรรณพีระ และจำเนียร เพื่อนดา, 2529, ธรณีวิทยา ระวังบ้านปางล้าน และระวังจังหวัดตาก: รายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 63 กรมทรัพยากรธรณี, 108 หน้า
- ชัยวัฒน์ พลประสิทธิ์ อุทัย หงษ์ใจดี และสุระ พลวรรณภา, 2533, ธรณีวิทยา ระวังบ้านแสนขัน และระวังบ้านสวนป่วน: รายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 132 กรมทรัพยากรธรณี, 41 หน้า
- ไชยกาล ไชยรังษี อุทธิไกร ภวภูตานนท์ ณ มหาสารคาม และสุวิทย์ โสสุวรรณ, 2532, ธรณีวิทยา ระวังอำเภอปากท่า และระวังอำเภอน้ำพาด: รายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 131 กรมทรัพยากรธรณี, 62 หน้า
- ไชยกาล ไชยรังษี อุทธิไกร ภวภูตานนท์ ณ มหาสารคาม และสุวิทย์ โสสุวรรณ, 2532, ครีทิตซ์ สุกสุนทรกุล, 2538. แหล่งแร่หินปูน จังหวัดตาก รายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฝ่ายแร่และหินอุตสาหกรรม, กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี
- ปัญญา จารุศิริ, วิโรจน์ คาวฤกษ์, สุวภาคย์ อิ่มสมุทร, จักรพันธ์ สุทธิรัตน์ และมนตรี ชูวงษ์, 2539, ธรณีวิทยาภาพถ่าย: ประกอบการสอนวิชา Physical Geology 2307207, 415 หน้า
- ปัญญา จารุศิริ, เขียวพันธุ์ อำไพวรรณ, Ken-ichiro Hisada, กิตติ ขาววิเศษ, สุวิทย์ โสสุวรรณ และวิโรจน์ คาวฤกษ์, 2545. วิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทย: การประมวลและการวิเคราะห์แนวใหม่ “วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ (Section T)” ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 ปี 2545 หน้า 69-108.
- มนตรี ศิลปาลิต (ผู้รวบรวม), 2513. รายงานการสำรวจแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:50,000 ระวัง 47Q/EB18
- ชนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล, สุวิทย์ โสสุวรรณ, ปัญญา จารุศิริ, วัฒนา ตูตี่จีน, บุรินทร์ เวชบันเทิง, รัชมีสุวรรณ คำจร, 2540 “การศึกษาสาเหตุของแผ่นดินไหวในประเทศไทย ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างธรณีวิทยาของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยอาศัยภาพจากดาวเทียมแลนดแซท ที่ เอ็ม-5” รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กรุงเทพฯ, 153 หน้า
- วิชัย ศิวะบวร, 2510, ธรณีวิทยา ระวังบ้านหาดจิว รายงานการสำรวจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี
- วิทยา ธรรมคุณฎี และสมชาย ชิตมณี, 2530, ฉบับที่ 79 ธรณีวิทยา ระวังบ้านห้วยริน, บ้านโป่งแดง และบ้านค่านลานหอย: รายงานการสำรวจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 72 หน้า

- พล เชาว์ดำรง, 2535, ข้อมูลใหม่สำหรับการเรียงลำดับชั้นหินของกลุ่มหินลำปาง, ข่าวสารธรณี, ปีที่ 37, ฉบับที่ 8, หน้า 20-24
- พิศิษฐ์ สุขวัฒนานันท์ และคณิต ประสิทธิ์การกุล, 2527, ธรณีวิทยาของบ้านหาดจิว จังหวัดอุตรดิตถ์: รายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 13 กรมทรัพยากรธรณี, 119 หน้า
- พิศิษฐ์ สุขวัฒนานันท์ และสันต์ อัสวพัชระ, 2530, ธรณีวิทยาของอำเภอเสาและระวางบ้านน้ำมว: รายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 76, กรมทรัพยากรธรณี, 89 หน้า
- สังค์ พันธุ์โอกาส, 2512, ธรณีวิทยาของอำเภอท่าปลา อำเภอน้ำปาด และเขื่อนผาช่อม จังหวัดอุตรดิตถ์: รายงานการสำรวจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี
- สังค์ ปิยะศิลป์, 2515, ธรณีวิทยาของแผนที่ระวางจังหวัดลำปาง (NE 47-7) มาตรฐาน 1:250,000, กรมทรัพยากรธรณี, รายงานการวิจัย ฉบับที่ 14 ม 98 หน้า และแผนที่ธรณีวิทยา 1 ฉบับ
- สังค์ ปิยะศิลป์, 2518, ธรณีวิทยาของแผนที่ระวางจังหวัดอุตรดิตถ์ (NE 47-11) มาตรฐาน 1:250,000, กรมทรัพยากรธรณี, รายงานการวิจัย ฉบับที่ 15, 62 หน้า และแผนที่ธรณีวิทยา 1 ฉบับ
- สุจิตร์ พิศราภูล, 2529, ธรณีวิทยาแหล่งแร่ แมกนีไซต์ และโครไมต์ อำเภอนาน้อย จ.น่าน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการด้านเหมืองแร่ ครั้งที่ 2 อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา หน้า 20-22 ตุลาคม
- สิทธิ์ สุทธิพงษ์, 2511, ธรณีวิทยาของ 47Q/EB22 รายงานการสำรวจธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี
- สมบัติ เสกธีระ, 2521 เอกสารเศรษฐกิจธรณีวิทยา เรื่อง ธรณีเคมีระวาง จังหวัดอุตรดิตถ์ กรมทรัพยากรธรณี
- สมชาย บริพัตรโกศล ศรีณย์ จินดาสุทธิ และชัยวัฒน์ ศรีพันธ์, 2532, ธรณีวิทยา ระวางอำเภอแม่พริก และระวางอำเภอบ้านตาก: รายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 125 กรมทรัพยากรธรณี, 103 หน้า
- สมาน จาตุรงค์วิชัย และสันติ ลีวงศ์เจริญ, 2530, ธรณีวิทยาของบ้านนาหน้า และระวางบ้านนาท่ง: รายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 7, กรมทรัพยากรธรณี, 52 หน้า
- สิโรตม์ ศัลยพงษ์, 2535, หินแกรนิตที่ภาคตะวันออก, กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม, 31 หน้า
- อกนิษฐ์ สุวรรณสิงห์, 2506. รายงานการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่โครไมต์ จังหวัดอุตรดิตถ์
- อดุลย์ วรรณพีระ และสุวิทย์ โคสุวรรณ, 2530, ธรณีวิทยาของบ้านห้วยปู และระวางกิ่งอำเภอแม่จิม : รายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 75, กรมทรัพยากรธรณี, 94 หน้า
- อภิชาติ ลำจวน และสุชัย สีนพุลอนันต์, 2530, ธรณีวิทยาของเขื่อนสิริกิติ์ และระวางอำเภอท่าปลา : รายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 78, กรมทรัพยากรธรณี, 30 หน้า
- อภิชาติ ลำจวน และสุวิทย์ โคสุวรรณ, 2533, ธรณีวิทยาของเขื่อนภูมิพล รายงานการสำรวจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี

Ampornmaha, A., 1995. Triassic carbonate rocks in the Phattalung area, Peninsular Thailand.

*Journal of Southeast Asian Earth Science* 11, p.225-236.

- Arai, S., 1991a. The circum. Izu Massif peridotite, central Japan, as back-arc mantle fragments of the Izu-Bonin arc system. *In: T.J. Peters (Editor In-chief), ophiolite Genesis and Evolution of the Oceanic Lithosphere Kluwer, Dordrecht*, p.807-822.
- Arai, S., 1991b. Petrological characteristics of the upper mantle peridotites beneath the Japan Island Arcs-Petrogenesis of spinel peridotites. *Soviet Geol. Geophys* 32, p.8-26.
- Arai, S., 1992. Chemistry of chromian spinel in volcanic rocks as a potential guide to magma chemistry. *Mineralogical Magazine* 56, p. 173-184.
- Arai, S., 1994. Compositional variation of olivine-chromian spinel in Mg-rich magmas as a guide to their residual spinel peridotites, *Journal of volcanology and Geothermal Reserch* 59, p. 279-293.
- Arai, S., 1994. Characterization of spinel peridotites by olivine spinel compositional relationship: review and interpretation. *Chemical Geology* 113, p.191-204.
- Asnachinda, P., 1978. Tin mineralization in the Burmese Malayan Peninsula-a plate tectonic, in P. Nutalaya, ed.-in-chief, *Proceedings of the Third Regional Conference on Geology and Mineral Resources of Southeast Asia*, Bangkok. Thailand, p. 193-199.
- Assavapatchara, S., Charusiri, P. and Khantaprab, C., 1997. *The Permian carbonate rocks In Thailand. In Dheeradilok, P. etal. (eds.) Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of SE Asia and the South Pacific*, Department of Mineral Resources, Bangkok, 19-24 August 1997 , p. 139 (abstract).
- Assavapatchara, S., Charusiri,P., Xu., X. and Ueno, K., 1999. Lithostratigraphy of Permian Cabonates in Thailand: Implication for Paleoenvironments and Tectonic Setting. *Journal of Asian Earth Science*. (in preparation)
- Barr, S.M. and Macdonald, A.S 1981. Geochemistry and geochronology of late Cenozoic basalt in Southeast Asia. *Geol. Soc. Am. Bul., Part II*, p. 1069-1142.
- Barr, S.M., Macdonald, A.S., 1987. Nan River suture zone, northern Thailand, *Geology* 15, p. 907-910.
- Barr, S.M., and Macdonald, A.S., 1991. Toward a late Paleozoic-early Mesozoic tectonic model for Thailand. *Journal of Thai Geosciences* 1, p. 11-22.
- Baum, F., Von Braun, E., Hahn, L., Hess, A., Koch, K. E., Kruse, G., Quarch, H., and Siebenhuner, M., 1970. On the Geology of northern Thailand. *Geologische Jahrbuch, Hannover, Beiheft 102*, 23 p.
- Beckinsale, R.D., Suensilpong, S., Nakhapadungrat, S., and Walsh, J. N., 1979. Geochronology and geochemistry of granite magmatism in Thailand in relation to a plate tectonic model, *Journal of the Geological Society of London*, 136, p. 529-540.
- Bender, F., 1983. *Geology of Burma* :Gebruder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 293 p.

- Bernier, L.R., 1990. Vanadiferous zircon-chromian hercynite in a metamorphosed basalt hosted alteration zone, Atik Lake, Manitoba. *Canadian Mineralogist* 28, p.37-50.
- Bloomer, S.H. and Fisher, R.L., 1987. Petrology and geochemistry of igneous rock from The Tonga Trench-a nonaccreting plate boundary. *Journal of Geology* 95, p.469-495.
- Boriphatkhosol, S., 1990. *Geological survey report of Amphoe Khun Yuam and Ban Mae La Luang sheet (1:50,000)*. Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Bangkok. (in Thai)
- Boudier, F. and Nicolas, A., 1985. Harzburgite and Iherzolite in ophiolite and oceanic environment. *Earth and Planetary Science Letters* 76, p.84-92.
- Braun, E. von, Hahn, L., and Maronde, H. P. (compiler), 1981. *Geologic Map of Northern Thailand, Area No. 6, Scale 1 : 250,000* : Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Federal Republic of Germany.
- Braun, E. Von, and Jordan, R., 1976. The stratigraphy and paleontology of the Mesozoic sequence in the Mae Sot area in Western Thailand. *Geologisches Jahrbuch B 21*, p.5-51.
- Brown, G. F., Buravas, S., Charaljavanaphet, J., Jallichandra, N., Johnston, W.D., Sresthaputra, V., and Taylor, G.C., 1951. Geologic reconnaissance of the mineral deposits of Thailand. *Geologic investigations in Asia. Bull. Geol. Surv.* 984, 183 p.
- Bunopas, S. 1976. Stratigraphic successions in Thailand-a preliminary summary. *Journal of the Geological Society of Thailand*, 2, 31-58.
- Bunopas, S., 1974. *Geological Map of Changwat Phitsanulok (NE47-15) Scale 1:250,000*. Department of Mineral Resources, Bangkok.
- Bunopas, S., 1976. On the stratigraphic successions in Thailand-a preliminary summary. *Journal of the Geological Society of Thailand*, 2(1-2), p. 31-58.
- Bunopas, S., Vella, P., Pitakpairan, K. and Sudroo, J., 1978. *Preliminary paleomagnetic results from Thailand sedimentary rock*. Ibid., p. 24-32
- Bunopas, S., 1981. *Paleogeographic history of western Thailand and adjacent parts of South-East Asia. A plate tectonics interpretation*. Ph.D. Thesis, Victoria University of Wellington, New Zealand., 810 p.; reprinted 1982 as Geological Survey Paper No. 5, Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Thailand.
- Bunopas, S. and Vella, P., 1983. Tectonic and geologic evolution of Thailand. In: *Proceedings of the Workshop on stratigraphic correlation of Thailand and Malaysia*, edited by Nutalaya, P., Haad Yai, Thailand, 8-10 September 1983, Volume I Technical Paper, p. 307-323.

- Bunopas, S., 1992. Regional stratigraphic correlation in Thailand. *In: Proceedings of the National Conference on Geology and Mineral Resources of Thailand: Potential for Future Development*. Piancharoen, C., editor-in-chief, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand, 17-24 November, 1992, 2, p.2-24.
- Bunopas, S., Khositantont, S., Wasson, J.T., Vella, P., Hada, S., and Burrett, C., 1997. The Early Quaternary geologic global disaster and the last man extinction in the Australian tektites field in NE Thailand and Indochina, *In: Proceedings of the International Conference on stratigraphy and Tectonic Evolution of SE Asia and the South Pacific (GEOTHAI)* (extended abstract), 2 p.
- Bunyongkul, T., 1997. *Geology of Zn Deposit in Kaiso Area, Vang Viang, Vientiane, Lao People's Democratic Republic*. Unpublished B.Sc. Thesis, Chulalongkorn University.
- Buffetaut, E., and Suteethorn, V., 1993. The dinosaurs of Thailand. *Journal of Southeast Asian Earth Science*, 8(1-4), p. 77-82.
- Buffetaut, E., Raksaskulwong, L., Suteethorn, V., and tong, H., 1994. First post-Triassic temnospondyl amphibians from the Shan-Thai block: intercentra from the Jurassic of Peninsular Thailand. *Geol. Mag.* 131(6), p. 837-839.
- Buravas, S., 1961. Stratigraphy of Thailand. Proc. Ninth Pacif. Sci. Congr. 1957, Bangkok. Vol. 12, Geology and Geophysics, p. 303-173.
- Burton, C.K., 1967, Graptolite and tentaculite correlations and palaeogeography of the Silurian and Devonian in the Yunnan-Malaya geosyncline, *Palaeontology Society of Japan, Transactions and Proceedings*, new series, v. 65, p. 27-46.
- Campbell, K.V., 1975, Basement complex, Department of Geological Sciences, Chiang Mai University, *Special publications no. 1*, v. 1, p. 3-12.
- Campbell, K.V. and Nutalaya, P., 1973, *Structural elements and deformation events*, *In: Proceedings of the Conference on the Geology of Thailand*, Department of Geological Science, Chiang Mai University, Thailand.
- Caridroit, M., 1993. Permian radiolaria from NW Thailand: in Thanasuthipitak, T. (ed.), *Proceedings of the International Symposium on Biostratigraphy of Mainland SE Asia : Facies and Paleontology (BIOSEA)*, Chiang Mai University, Chiang Mai 31 Jan - 5 Feb, 1993, v. I, p. 83-96.
- Caridroit, M., Bohlke, D., Lumjuan, A., Helmcke, D., and Wever, P.D., 1993. A mixed radiolarian fauna (Permian/Triassic) from clastics of the Mae Sariang area, northwestern Thailand. In T. Thanasuthipitak (ed.), *Proceeding of the International Symposium on Biostratigraphy of*

- Mainland Southeast Asia: Facies & Paleontology*, 31 January – 5 February 1993. Chiang Mai, p. 401-413,
- Chaiyanetr, P. 1993. *A Geologic Investigation on Feldspar of Nam Dip Area, Eastern Tak. An unpublished report*, Pipatkorn Mine, 15 p. (with maps)
- Chantaramee, S., 1981. *Tectonic deformation of the Lansang Area, Tak, Thailand, M.Sc. Dissertation*, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Chaodumrong, P., Ukakimapan, Y., Snansieng, S., Janmaha, S., Pradidtan S., and Sae-Leow, N., 1983. A review of the Tertiary sedimentary rocks of Thailand, *In: Proceedings of the Workshop on Stratigraphic Correlation of Thailand and Malaysia, Geological Society of Thailand*. Haad Yai, Thailand, 8-10 September, 1983, p. 159-187.
- Chaodumrong, P., 1992. *Stratigraphy, Sedimentology and Tectonic Implication of the Lampang Group, Central North Thailand*. Unpublished Ph. D. thesis, University of Tasmania Australia, 230 p.
- Chaodumrong, P., 1992. *Report of Investigation on Geology Continuity of Eastern Region (1:250,000)*. Geological Survey Division. Department of Mineral, Resources Ministry of Industry, Bangkok, 39 p. (in Thai)
- Chaodumrong, P., and Burrett, C., 1992. Revised stratigraphy of the Lampang Group and Provenance of volcanoclastic sandstones. *Paper presented at Technical Annual Meeting on Volcanic and volcanoclastic rocks of Thailand*, Geology Department, Chiang Mai University, 28 p.
- Chaodumrong, P., and Rao, P., 1992. Depositional environments of Triassic carbonates, Lampang Group, central north Thailand. *In: Proceedings of a National Conference on Geological Resources of Thailand: Potential for Future Development*, edited by C. Piencharoen p. 355-367. 17-24 November 1992, Bangkok, Thailand: Department of Mineral Resources.
- Chaodumrong, P., and Burrett, C., 1997. Early late Triassic continental colliding between Shan-Thai and Indochina terranes as indicated by occurrence of fan delta red beds of Pha Daeng Formation, central north Thailand. *In P. Dheeradilok, C. Hinthorn, P. Chaodumrong, P. Putthapiban, W. Tansathien, C. Utha-aroon, N. Sattayarak, T.Nuchanong, and S.Techawan (eds.), Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific*, Bangkok, 143-163. 19-24 August 1997, Bangkok, Thailand: Department of Mineral Resources, Ministry of Industry.

- Chappel, B.W. and White, A.J.R., 1992. I-type and S-type granite in the Lachlan Fold Belt, Transection of the Royal Society of Edinburg: Earth Sciences 83, p.305-316.
- Charoenprawat, A., Dhamdusadi, V., Paksamut, P., and Paksamut, N., 1985. *Geological map of Thailand 2:50,000, Sheet 4547 II Ban Huai Pong*. Department of Mineral Resources.
- Charusiri, P., 1980. *Igneous Complexes and Tin Mineralization in Phuket Island, with Special Reference to Chao Fa and Tor Soong Mines* : Unpublished M.Sc. Thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 208 p.
- Charusiri, P., 1989. *Lithophile Metallogenic Epochs of Thailand: A Geological and Geochronological Investigation*. An unpublished Ph.D. Thesis, Queen University, Kingston, Ontario, Canada, 819 p.
- Charusiri, P., Pongsapitch, W., Daorerk, V. and Charusiri B., 1992. Anatomy of Chanthaburi granitoids: Geochronology, petrochemistry, tectonics, and associated mineralization, In *Proceedings of the National Conference on Geology and Mineral Resources of Thailand: Potential for Future Development*, Piancharoen, C. (editor-in-chief), Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand, 17-24 November, 1992, p. 283-392.
- Charusiri, P., Clark, A. H. Farrar, A.H. Farrar, E., Archibald, D., and Charusiri, B., 1993. Granite Belts in Thailand : evidence from the  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronological and geological syntheses. *Journal of SE Asian Earth Science*, v. 8, nos.1-4, p.127-136.
- Charusiri, P., Chonglakmani, C., Daorerk, V., Supananthi, S., and Imsamut, S., 1994. Detailed stratigraphy of the Ban Tha Si area, Lampang, northern Thailand; Implications for paleoenvironments and tectonic history. In P., Angsuwathana, T. Wongwanich, W. Tansathien, S. Wongsomsak, and J. Tulyatid. (eds.), *Proceedings of the International Symposium on Stratigraphic Correlation of SE Asia*, IGCP Project 306, p. 306-321. 15-20 November 1994, Bangkok, Thailand.
- Charusiri, P., and Galong, V., 1995. SEDBA and related computer programmes in the geological studies of Ban Thasi area, Lampang, northern Thailand. *Sedimentary Facies and Paleogeography* V.15, no. 2, p. 91-99.
- Charusiri, P., Pongsapich, W., and Sutthirat, C., 1996. *Petrochemistry of Probable-Gem Bearing Basalts in Sop Prab-Kokha, Changwat Lampang*. A Research Report submitted to Chulalongkorn University, Bangkok, 172 p.
- Charusiri, P., Kosuwan, S., and Imsamut, S., 1997. Tectonic evolution of Thailand: from Bunopas (1981)'s to a new scenario. In P. Dheeradilok (editor in-chief), *Proceedings of the International*

- Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific*, 19-24 August 1997, Bangkok, Thailand, p. 414-420.
- Charusiri, P., Imsamut, S., Clark, A. H., Archibald, D., and Hisida, K., 1998. Thailand, new sutures and new terranes; a new geological synthesis. *GEOSEA 9*, Kuala Lumpur 1998, Programme and abstracts, p. 46-47.
- Charusiri, P., Daorerk v., Archibald, D., Hisada, K. and Ampaiwan, T., 2002. Geotectonic Evolution of Thailand: A New Synthesis. *Journal of the Geological Society of Thailand*.
- Charusiri, p., Galong, W. and Kosuwan, S., 2003. Application of Enhanced Airborne Radiometric Data for Geological Mappings in Knanom Area, Southern Thailand: *Science Asia* (submitted).
- Charusiri, P., Auasirisak, S., Napmaloong, A., Pum-Im, S. and Srikulwong, S., 2008. Cenozoic Tectonic Evolution of Major Sedimentary Basins in Northern Thailand and the Gulf of Thailand. *A manuscript submitted to Journal Geological Society of Thailand*.
- Chonglakmani, C., 1972. Stratigraphy of the Triassic Lampang Group in Northern Thailand. *Geological Society of Thailand Newsletter*, v. 5, no.5 and 6, p.33-36.
- Chonglakmani, C. 1981. *The systematics and biostratigraphy of Triassic bivalves and ammonoids of Thailand*. Doctoral dissertation. Auckland University, New Zealand.
- Chonglakmani, C. 1983. The marine Mesozoic stratigraphy of Thailand, In P. Nutalaya (ed.), *Proceedings of the Workshop on stratigraphic correlation of Thailand and Malasia*. 8-10 September 1983. Haad Yai, Thailand, p. 105-126.
- Chonglakmani, C., 1984 Geological map of Udon Thani-wang Wiang Quadrangle, scale 1:250,000 Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand.
- Chonglakmani, C., 1999. The Triassic system of Thailand; implicatin for the paleogeography of Southeast Asia. In B Rattanasthien (ed). *International symposium shallow tethys (ST)*. 1-5 February, 1999, Chiang Mai, Thailand.5, p. 486-495.
- Chonglakmani, C. and Sattayarak, N., 1978. Stratigraphy of the Huai Hin Lat Formation (Upper Triassic) in NE Thailand, in P. Nutalaya, (ed.), *Proceedings of the Third Regional Conference on Geology and Mineralogy Resources of Southeast Asia*, Bangkok, p.739-762.
- Chuaviroj, S., Chaturongkawanich, S. and Sukawattananan, P., 1980. *Geology of geothermal resources of northern Thailand (Part I, San Kamphaeng)*, unpublished report of Geological Survey Division. Department of Mineral Resources, Bangkok, 45 p.



- Chuaviroj, S., Chaturongkavanich, S., Soponpongipat, P. and Paopongsawan, P., 1984. *Geology of Nam-Mae Hu geothermal area, Mae La Noi, Mae Hong Son*, Report of Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Thailand.
- Chung, S.K., Yin, E.H., 1978, *Regional geology, Peninsular Malaysia*, Annual Report of Geological Survey Malaysia, p. 78-94.
- Chung, S., Lee, T.Y., Lo, C.H., Wang, P.L., Chen, C.Y. Yem, N.Y., Hoa, T.T., and Wu, G., 1997. Inter plate extension prior of continental extrusion along the Ailao Shan-Red River shear zone. *Geology*, v.25, n.4, p.311-314.
- Chutakasikanon, V., 1996. *Lithostratigraphy of the Khao Pun area, Amphoe Kaeng Koi, Changwat Saraburi*. B.Sc. Senior Project Report, Department of Geology, Faculty of science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.
- Chutakosikanon, V., Hisada, K., Ueno, K. and Charusiri, P., 1997. New suture and terrance deduced from detrital chromian spinel in sandstones of the Nam Duk Formation, north-central Thailand. In: Dheeradilok, P. et al. (eds.), *Proceedings of the International Conference on stratigraphy and Tectonic Evolution of SE Asia and the South pacifics*, Department of Mineral Resources, Bangkok, 19-24 August, 1997, 368 p. (abstract)
- Cookenboo, H.O., Bustin, R.M., and Wilks, K.R., 1997. Detrital chromian spinel compositions used to reconstruct the tectonic setting of provenance: implications for orogeny in the Canadian Cordillera. *Journal of Sedimentary Research* 67: 116-123. No. 1, 1-20, 2002: p.1-20.
- Den Tex, E., 1969, Origin of ultramafic rocks, their tectonic setting and history. *Tectonophysics*, 7, p. 457-488.
- Department of Mineral Resources. (1987) *Geological map of Changwat Lampang Quadrangle scale 1:250,000*. Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Thailand.
- Dick, H.J.B., and Bullen, T., 1984. Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lava. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 86, p. 54-76.
- Dickinson, W.R., Beard, L.S., Brakeridge, G.R., Erjavec, J.J., Ferguson, R.C., Inman, K.F., Knepp, R.A., and Ryberg, P.T., 1983. Provenance of North American Phanerozoic Sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of American Bulletin* 94, p.222-235.
- Drumm, A., Heggemann, H. and Helmeke, D., 1993. Contribution to the sedimentology and sedimentary petrology of the non-marine Mesozoic sediments in Northern Thailand (Phrae-Nan Province), In: T. Thanasuthipitak, (eds.), *Proceedings of the International Symposium on Biostratigraphy of*

- Mainland Southeast Asia: Facies and Paleontology (BIOSEA)*, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand, v. 2, p. 299-318.
- Folk, R.L., 1959. Practical petrographic classification of limestones. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 43, P. 1-38.
- Folk, R.L., 1974. *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Texas. Hemphill, 182 p.
- Fontaine, H. and Workman, D. R., 1978. Review of the geology and mineral resources of Kampuchea, Laos and Vietnam. In: Nutalaya, P. (ed.), *Proceedings of the Third Regional conference on Geology and Mineral Resources of Southeast Asia Economic and Social Commission for Asia and the Pacific*. Bangkok, Thailand, p. 539-603.
- Fontaine, H., and Tantiwanit W., 1992. Permian and Triassic fossils from Phangnga. Peninsular Thailand. *CCOP Newsletter*. 17, p. 18-20.
- Fontaine, H., Chonglakmani, C., Piyasin, S., Ibrahim, B.A. , and Khoo, H., P., 1993. Triassic limestones within and round the Gulf of Thailand. *Journal of Southeast Asian Earth Science* 8, p. 83-95.
- Fontaine, H., Salyaponges, S., Suteethorn, V., Tansuwan, V. and Vachard, D., 1996. Recent biostratigraphic discoveries in Thailand: a preliminary report. *CCOP Newsletter*, 21(2), 115p.
- Gantinsky, Y. G., Mischina, A. V., Vinogradov, I.V., and Kovaeov, A. A., 1978. The main metallogenic belts of Southeast Asia as the result of different geodynamic conditions and interference. *In: Proceedings of the Third Regional Conference on Geology and Mineral Resources of Southeast Asia*. Nutalaya, P., editor, Bangkok, Thailand, p. 313-318.
- Garson, M.S. and Mitchell, A.H.G., 1970. Transform faulting in Thai peninsula, *Nature*, v.288, no.5266, p. 45-47.
- German Geological Mission, 1972, *Final report of the German Geological Mission to Thailand, 1965-1971*, An unpublished report, Bundesanstalt fur Bodenforschung, Hanover, 94 p.
- Grant-Mackie, J.A., Sawata, H., Arpornsuwan, S., Arrykul, S., Chutatis, V., and Pungrassami, T., 1980. *Some Triassic and associated strata of southern Thailand*. Prince of Songkhla University Geological Research Project , 5, 85 p.
- Gregory, J.W., 1930. Upper Triassic fossils from the Burmo-Siamese Frontier. The Thaungyin Triassic and description of the corals. *Rec. geol. Surv. India* 63, p. 155-167.
- Glassley, W., 1974. Geochemistry and tectonics of the Crescent volcanic rocks, Olympic Peninsula, Washington. *Geological Society of American Bulletin* 85, p. 785-794.
- Hada, S., 1990. Geology of the Nan-Chanthaburi Suture zone: (I) Stratigraphy and geologic structure. In Charusiri, P., Pisutha-Arnond, V. and Jarupongsakul, S. (eds.), *Proceedings of the Technical*

- Conferences on Development Geology for Thailand into the Year 2000*, Department of Geology, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 13-14 December 1990. (abstract).
- Hada, S., Bunopas, S., Ishi, K., and Yoshikura, S., 1997. Rift and drift history and the amalgamation of Shan-Thai and Indochina/East Malaya Blocks. In: Dheeradilok, P. and other (eds.), *Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific*, Department of Mineral Resource, Ministry of Industry, Bangkok, Thailand, Aug. 19-24, p. 273-286.
- Hagen, D., and Kemper, E., 1976. Geology of the Thong Pha Phum area (Kanchanaburi province, western Thailand). *Geologisches Jahrbuch*, B21, p. 53-91.
- Haggerty, S.E. 1976. Oxidation of opaque mineral oxides in basalts. In D. Rumble (ed.), *Oxide minerals, Reviews in Mineralogy 3. Mineralogical Society of America*, p. Hg 1-Hg 100.
- Hahn, L., 1976, The stratigraphy and palaeogeography of the nonmarine Mesozoic deposit in northern Thailand. *Geologisches Jahrbuch*, B21, p. 155-169.
- Hahn, L., and Siebenhuner, 1982. *Explanatory Notes (Paleontology) on the Geological Maps of Northern and Western Thailand 1:250,000 (Sheets Nan, Chiang Rai, Phayao, Chiang Dao, Chiang Mai, Li, Thong Pha Phum)*. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hannover), 76 p.
- Hahn, L., Koch, K. E., and Wittekindt, H. 1986. Outline of the geology and the mineral potential of Thailand. *Geologisches Jahrbuch*, 59, p. 3-49.
- Haile, N., 1980. Palaeomagnetic evidence from the Ordovician and Silurian of northwest peninsular Malaysia. *Earth Planet. Sci. Letts.*, 48, p. 233-236.
- Hedberg, 1994. *International Stratigraphic Guide*, second edition : John Wiley and Sons, New York.
- Heggemann, H., Kohring, R. and Schlutert, T., 1991. Fossil plants and arthropods from the phra Wihan Formation, Presumably Middle Jurassic of Northern Thailand, *Alcheringa*, v.14, p.311-316.
- Heim, A. and Hirschi, H., 1939. A section of the mountain ranges of North-Western Siam. *Ecl. Geol. Hely.* 32, 1, p. 1-16.
- Helmcke, D. and Lindinberg, H.G., 1983. New data on "Indosinia" orogeny from central Thailand. *Geologische Rundschau*, B, 72(1), p. 317-328.
- Helmcke, D., 1984. The orogenic evolution (Permian – Triassic) of central Thailand. Implications on paleogeographic models for mainland SE-Asia. *Mem. Soc. Geol. France*. N.S. 147, p. 83-91.
- Helmcke, D., 1985. The Permo-Triassic "Paleotethys" in mainland Southeast-Asia and adjacent parts of China. *Geologische Rundschau*, 74(2), p. 215-228.
- Helmcke, D., Ingavat-Helmcke, R. and Meischner, D., 1993. Spätvariszische Orogenese und Terranes in Südost Asien. *Gottinger Arb. Geol. Palaont.*, 58, p. 29-38.

- Hess, A. and Koch, K.E., compilers, 1975. *Geologic map of Northern Thailand, scale 1:250,000, sheet1(Nan)*, Federal Institute for Geosciences and Natural Resources. Germany.
- Hinthong, C., Chuaviroj, S., Kaewyana, V., Srisukh, S. and Pholprasit, C., 1981. *Geology and Mineral Resources of the Map Sheet Changwat Phranakhon Sri Ayutthaya (ND.47-8)*, Geological Survey Report no.4, Department of the Mineral Resources, Bangkok, Thailand (in Thai).
- Hisada, K., Arai, S. & Negoro, A., 1994. Devonian serpentinite protrusion confirmed by detrital chromian spinels in outer zone of SW Japan. In Angsuwathana, P., Wongwanich, T., Tansathian, W., Wongsomsak, S. & Tulyatid, J. (eds.), *Proceedings of the International Symposium on Stratigraphic Correlation of Southeast Asia*. Department of Mineral Resources .Bangkok,Thailand, p. 76-80.
- Hisada, K., Arai, S., and Miyamoto, T., 1996. Detrital chromian spinels and Gondwana marginal subduction zone, In: *Proceedings of the Geologic Development of the Asian-Pacific Region with Implications in the Evolution of Gondwanaland, IGCP National Committee of Japan*, July, p. 35-42.
- Hisada, K., Chutakosikanon, V., Charusiri, P., 1998. New suture zone deduced from detrital chromian spinels: Loei suture zone in Thailand, In: *Proceedings of the Ninth Congress on Geology, Mineral, and Energy Resources of Southeast Asia-GEOSEA '98 and IGCP 383*, p. 17-19.
- Hisada, K., Arai, S., and Yamaguchi, T., 1998. Detrital chromian spinels from Site 960 in the Cote d'Ivoire-Ghana Transform Margin. In: J. Mascle, G.P. Lohmann, and M. Moullade (eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results 159*: p. 1433-139.
- Hogbom, B., 1914. Contributions to the geology and morphology of Siam. *Geological Institute Bulletin Univ. Upsala*, v.1, no.2 (XII), p. 65-128.
- Hutchison, C.S., 1973. Tectonic evolution of Sundaland: a Phanerozoic synthesis. *Geological Society of Malaysia Bulletin*, 6, p. 61-86.
- Hutchison, C.S., 1975. Ophiolite in Southeast Asia, *Geological Society of America Bulletin*, 86, p. 797-806.
- Hutchison, C. S., 1989a. The Palaeo-Tethyan realm and Indosinian orogenic system of Southeast Asia. In Sengor, A. M. C. (ed.), *Tectonic evolution of the Tethyan region*. Kluwer Academic Publishers, p. 585-643.
- Hutchison, C.S., 1989b. Geological Evolution of South-East Asia. *Clarendon Press*, Oxford.

- Igo, H., Nagano, N., and Nakinbodee, V., 1988. *Middle Triassic conodonts from southern Thailand*. Annul Report of Institute of Geoscience, the University of Tsukuba 14: 46-5. Geology and Paleontology of Southeast Asia, Tokyo University Press 2, p. 179-196.
- Imsamut, S., Charusiri, P., Daorerk, V., 1993. On the Stratigraphy of Ban Rai Area, Changwat Uthai Thani; Implication for Tectonic History. In: Thanasuthipitak, T. (eds.). *Proceedings of the Internatinal Sumposium on Biostratigraphy of Mainland Southeast Asia: Facies & Paleontology*, Chiang Mai, Thailand, January-February 1993, v. 1, p.187-2002.
- Imsamut, S., Charusiri, P., Zhuang, Z., and Daorerk, v. 1995. Paleomagnetic Result of Phu Thok Red Beds of NE Thailand: Implication for Mesozoic Tectonic History of SE Asia. In: *Proceedings of the International Conference on Geology, Geotechnology and Mineral Resources of Indochina*, edited by L. Wannakao, 22-25 November, 1995, Khon Khaen University, Khon Khaen, NE Thailand, p. 73-78.
- Intasopa, S., Dunn, T., 1993. Petrology and Sr-Na isotopic systems of the basalts, and rhyotites, Loei, Thailand. *Journal of Southeast Earth Sciences*, 9, p. 167-180.
- Irvine, T.N., 1974. Petrology of the Duke Island ultramafic complex, southeastern Alaska. *Geological Society of America Memoir* 138: 240 p.
- Ishii, T., 1987. Sea mounts and oceanic island; their classification, vertical movements and histories. *Earth Monthly*, 9, p. 542-549. (in Japanese)
- Iwai, J. and Asama, K., 1964. Geology and palaeontology of the Khorat Plateau and the plant-bearing Permian Formations, *Report on the Stratigraphical and palaeontological Reconnaissance in Thailand and Malaysia*, 1963-64, Overseas technical Cooperation Agency, Tokyo.
- Iwai, J., Asama, K., Veeraburus, M., and Hongnusunthi, A., 1966. Stratigraphy of the so-called Khorat Series and a note on the fossil plant-bearing Palaeozoic strata in Thailand. *Geology and Paleontology of Southeast Asia*, Tokyo University Press 2, p. 179-196.
- Jackson, E.D. and Thayer, T.P., 1972. Some Criteria for distinguishing between stratiform, concentric and alpine peridotite-gabbro complexes. In: *24<sup>th</sup> International Geological Congress, Report of the Section 2*, Montreal, August, p. 289-296.
- Jalichan, N., and Bunnag, d. 1954. *A report on geologic reconnaissance of the mineral resources of Northeastern Thailand*. manuscript in Thai with English translation in the file of the Geological Survey of Thailand, Department of Mineral Resources, Bangkok.
- Javanaphet, J., C., and Sethaput, V., 1969. *Geological Map of Thailand, Scale 1:1,000,000*. Department of Mineral Resources, Bangkok.

- Jindasuth, S., Krisadasima, Su., Tantiweanit, W., and Vacher, M., 1990. *Geological survey report of Amphoe Mae La Noi and Ban Kong Sum sheet (1:50,000)*. Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Bangkok. (in Thai)
- Jungyusuk, N. Khositant, S., 1992. Volcanic rocks and associated mineralization in Thailand. InC. Piancharoen and others (eds.). *Proceedings of a National Conference on Geological Resources of Thailand: Potential for Future Development*, Nov. 17-24, Department of Mineral Resources .Bangkok, p. 522-538.
- Kamata, Y., Sashida, K., Ueno, K., Hisada, K., Nakornsri, N., and Charusiri, P., 2002. Triassic radiolarian faunas from the Mae Sariang area, northern Thailand and their paleogeographic significance. *Journal of Asian Earth Sciences* 20, p. 491-506.
- Kemper, e., Maronde, H. D., and Stoppe., D., 1976. Triassic and Jurassic limestone in the region north-west and west Si Sawat (Kanchanaburi province, western Thailand). *Geologisches Jahrbuch*, B21, p. 93-127.
- Kiriwat, V., and Suensilpong, S. 1964. *Geology map of Ban Tha Si (47Q/DC12), Scale 1:50,000*. Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand (unpublished).
- Kobayashi, T., and Tokuyama, A. 1959. The Halobiidae from Thailand. *Journal of the Faculty of Science, University of Tokyo, Sect. II, Geol., Mkiner., Geogr., Geohpys., 12, 1, p.27-30*.
- Kobayashi, T., 1961. On the occurrence of Ordovician nautiloids in North Thailand. *Japanese Journal of Geology and Geography*, v.32, p. 79-84.
- Kobayashi, T. and Hamada, T., 1964. On the Middle Ordovician fossils from Satun, the Malayan Frontier of Thailand. *Journal of Geology and Geography*, v.35, p.205-211.
- Kobayashi, T., 1964. Geology and Paleontology of Thailand. 1966-1962. *Geology and Paleontology of Southeast Asia., 1, p. 1-15*.
- Kobayashi, T., 1973. The early stage of Burmese-Malayan geosyncline. *Geological Society of Malaysia Bulletin* 6, p. 119-129.
- Koch, K.E. 1973. Geology of the region Sri Sawat-Thong Pha Phum-Sangkhlaburi (Kanchanaburi Province/Thailand). *Bulletin Geological Society of Malaysia*, 6, p. 17-185.
- Kummel, B., 1960. Triassic Ammonoids from Thailand. *Journal of Paleontology*, 34, p. 382-694.
- LaMoreaux, P.E., Javanaphet, J.C., Chaleechan, N., Na Chiangmai, P., Bunnag, D., thavisri, A., and Rakprathum, C., 1959. Reconnaissance of the geology and groundwater of the Khorat Plateau, Thailand. *United States Geological Survey Water-Supply Paper*, 1429, p. 407-415.

- Lee, W. M., 1923. *Reconnaissance Geological Report on the Provinces of Phuket, Surat Thani, Nakhon Sithammarat and Pattanni in Siamese Malaya*. An Unpublished Paper submitted to the State Railway of Siam.
- Lee, Y.I., 1999. Geotectonic significance of detrital chromian spinel: a review, *Geosciences Journal* 3, p. 23-29.
- Liengsakul, M., 1979. *Origin, classification and correlation of sedimentary rocks of Lampang Group (Triassic) in Lampang Province*. Master's Thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai.
- Lockwood, J.P., 1972. Possible Mechanisms for the emplacement of Alpine-Type Serpentinite. *The Geological Society of America Inc. Memoir* 132, p. 273-287.
- Macdonald, A.S., Barr, S.M., 1984. The Nan river mafic/ultramafic belt, northern Thailand: Geochemistry and tectonic significance, *Geol. Soc. Malaysia. Bulletin* 17. December, p. 209-224
- McElhiny, M.W., Haile, N. S., and Crawford, A.R., 1974. Palaeomagnetic evidence shows Malay Peninsular was not a part of Gondwanaland. *Nature*. 252(5485), p.641-645.
- Mahawat, J., 1982. *The Petrology and Geochemistry of the Granitic Rocks of the Tak Batholith, Thailand*, unpublished Ph.D. thesis, Liverpool University, 210 p.
- Mahawat, C., 1988. The geological characteristics of the pilok Sn-W-Mo deposits, west Thailand. In: *Geology of tin deposits*. C.H. Hutchison (Ed.), p. 696-709.
- Maneechai, K., 1994. *Lithostratigraphy of the Lower Khorat and the Saraburi Groups in the Pak Chong-Si Kheu Area, Changwat Nakhon Ratchasima*. An Unpublished Senior-Project Report, Department of Geology, Chulalongkorn University, Bangkok, 99 p.
- Matsumoto, I. and Arai, S., 2001. Morphological and chemical variations of chromian spinel in dunite-harzburgite complexes from the Sangun zone (SW Japan): implications for mantle/melt reaction and chromitite formation processes. *Mineralogy and Petrology*, 73, p. 305-323.
- Meesook, A., Suttethorn, V., Chaodumrong, P., Wongprayun, T., Teerarungsigul, N. and Saarsud, A., 2000. Mesozoic Era. *Conference on Geology and Mineral Deposits in Thailand*, p.47-58.
- Metcalf, I., 1984. Stratigraphy, palaeontology and palaeogeography of the Carboniferous of Southeast Asia. *Memoires de la Societe Geologique de France*, 147, p. 107-118.
- Metcalf, I., 1988. Origin and assembly of Southeast Asian continental terrans. In : Audley-Charles, M. G. & Hallam, A. (eds.) *Gondwana and Tethys*. *Geological Society, London, Special Publication*, 37, p.101-108.
- Metcalf, I., 1990. Allochthonous terrane processes in Southeast Asia. *Philosophical Transactions of Royal Society, London*, A331, p. 625-640.

- Metcalfé, I., 1995. Gondwand Dispersion and Asian accretion, *In Proceedings of the IGCP Symposium of Geology of SE Asia, Hanoi, 1995*, p. 223-266.
- Metcalfé, I., 1997. The Paleo-Tethys and Paleozoic-Mesozoic tectonic evolution of Southeast Asia. In P. Dheeradilok and others (eds.), *Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South pacific, 19-24 August 1997*. Bangkok, Thailand, Department of Mineral Resources, Ministry of Industry, p. 260-272.
- Metcalfé, I. and Spiller, F.C.P., 1999. The Palaeo-Tethys in Mainland East and Sountheast Asia: Contributions from radiolarian studies, *In: Gondwana Dispersion and Asian Accretion, Ian Metcalfe Editor*, p. 259-281.
- Metcalfé, I., 2000. The Bentong-Raub Suture Zone, *Journal of Asian Earth Sciences*, 18. p.691-712.
- Mitchell, A.H.G., 1976. Southeast Asian tin granites: Magmatism and mineralization in subduction and collision related setting. *CCOP Newsl. 3(1-2)*, p.1011- 14 and p.19-20.
- Mitchell, A. H. G., 1977. Tectonic setting for emplacement of Southeast Asia tin granitoids : *Bulletin of the Geological Society of Malaysia*, 9, p. 123-140.
- Mitchell, A.H.G., 1981. Phanerozoic plate boundaries in mainland SE Asia, the Himalaya and Tibet, *Journal of the Geological Society of London*, 138, p. 109-122.
- Mitchell, A.H.G., 1992. Late Permian Mesozoic events and the Mergui Group Nappe in Myanmar and Thailand. *J. Southeast Asian Earth Sci. 7(2-3)*, p. 165-178.
- Mikuni, B. 1981. Study on samples taken from Fault Zone at Khao Laem Project, EPDC, International Limited. Japan (unpublished report).
- Miyashiro, A., 1961. Evolution of metamorphic belts, *Journal of Petrology*, v.2, no.3, p.27-311, reprinted in W.S. Ernst, ed., 1975, *Metamorphism and Plate Tectonic Regimes, Benchmark papers in Geology*, Dowden, Hutchinson and Ross, Inc., Pa., p. 154-161.
- Mutti, E., and Ricci-Lucci, F. 1972. Turbidites of the nothoern Appenines: introduction to facies analysis. *International Geology Review*, 20, p. 125-166.
- Nakinbodee, V., Maranate, S. and Chaturongkavanich, S., 1976. *Geological map, scale 1:250,000, sheet Changwat Rayong (ND47-16) and sheet Bangkok (ND47-12)*, Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand.
- Neawsuparp, K. and Charusiri, P., 2000. Lineaments Analysis from Landsat Data for Structural Geology and Mineral Occurrences in Loei Area, Northeastern Thailand , *In Proceeding of the Internation Conference on Applied Geophysics 9-10 November 2000*. Chiang Mai, Thailand. p.149-159.



- Nicolas, A., 1986. Structure and petrology of peridotites: clues to their geodynamic environment. *Reviews of Geophysics*, 24, p. 875-895.
- Nixon, Peter H., ed., 1987. *Mantle Xenoliths*. New York: Wiley.,
- Nutalaya, P., 1974. Geology of the Bhumipol dam area, Tak province, Thailand, *Conference on the geology of Thailand (Abstract)*, Department of Geological Sciences, Chiangmai University, December 1973.
- Nutalaya, P., Sodsri, S. and Arnold, E.P., 1985, Southeast Asia Association of Seismology and Earthquake Engineering, *Series on Seismology, v. II-Thailand.*, Bangkok. 403 p.
- Orberger B., Lorand J.P., Girardeau J., Mercier J.C.C and Pitragool S., 1995. Petrogenesis of ultramafic rocks and associated chromitites in the Nan Uttaradit ophiolite, Northern Thailand. *Lithos*, 35, p.153-182.
- Panjasawatwong, Y. 1991. *Petrology, geochemistry and tectonic implications of the igneous rocks in the Nan Suture, Thailand, and an empirical study of the effect of Ca/Na, Al/Si and H<sub>2</sub>O on plagioclase-melt equilibria at 5-10 kb pressure*. Doctoral dissertation. University Tasmania.
- Pettijohn, F. J. 1975. *Sedimentary Rocks*. 3<sup>rd</sup> edition. New York: Harper and Row: 628 p.
- Pia, J., 1930. Upper Triassic fossils from the Burmo-Siamese frontier. A new Dasycladacea, *Holosporella siamensis* no. gen., nov. spec. with a Description of the Allied Genus *Aciculella* Pia. *Rec. geol. Surv. India* 63, p. 177-181.
- Pitakpaivan, K., 1955. Occurrences of Triassic formation at Mae Moh. *Rep. Departm. Mines, Invest1*, p.47-45.
- Pitakpaivan, K., Ingavat, R., and paritwatvorn, P., 1969. *Fossils of Thailand*. Geological Survey, Memorial 3, vol. I-III, Royal Department of Mineral Resources, Bangkok.
- Piyasin, S., 1971. Marine Triassic sediments of Northern Thailand. *Newsletter of the Geological Society of Thailand* 4, p. 12-20.
- Piyasin, S., 1972. Geology of the Lampang Sheet NE 47-7. *Report of Investigation No.14*, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand, 98 p. (in Thai with English summary).
- Piyasin, S., 1973. Geology of Changwat Uttaradit Sheet, scale 1:250,000, *Report of Investigation No.15*. Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand. 68 p. (in Thai).
- Piyasin, S., 1975. Geology of Uttaradit Sheet NE 47-11, scale 1:250,000, *Report of Investigation No. 16*, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand. 63 p. (in Thai with English summary).
- Pober, E., and Faupl, P. 1988. The chemistry of detrital chromian spinels and its implications for the geodynamic evolution of the Eastern Alps. *Geologische Rundschau* ,77, p. 641-670.

- Putthapiban P. and Schwartz, M.O., 1994. Geochronology of the Southeast Asian Tin Belt Granitoids, Metallogeny of Collisional Orogens, *Czech Geological Survey, Prague, Seltmann, Kampf & Moller (eds.)*, p. 391-398.
- Racey, A., Highton, P.J.C., Lekuthai, T., Alderson, A., and Polachan, S., 1997. Mesozoic oils and source rocks from Peninsula Thailand, In: *Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and The South Pacific*, August 19-24, Bangkok, Thailand, p. 511-524.
- Raksaskulwong, L., 1989. *Geologic map of Amphoe Khao Pra Nom and Ban Bang Pa, Scale 1:50,000*. Geological Survey Division, Department of Mineral Resources.
- Raksaskulwong, L., 1994, *Trang Group*. Geological Survey Division, Department of Mineral Resources (in Thai).
- Ridd, M. F., and Wainwright, A. C., J., 1969. *Reconnaissance Geology of Thailand*. BP Petroleum Ltd., Bangkok.
- Ridd, M. F., 1980. Possible Paleozoic drift of SE Asia and Triassic collision with China. *Journal of the Geological Society of London*, v. 137, p. 635-640.
- Saengmanee, 1990. *Geology the Thep Prathan (Uthai Thani) and Pong Erawan (Tak) Feldspar mines*. An unpublished Senior Project, Department of Geology, Chulalongkorn University, Bangkok, 95p.
- Salyapongse, S. and Putthapiban, P., 1997, A reconsideration of the Nan suture. In: P. Dheeradilok, C. Hinthong, P. Chaodumrong, P. Putthaphiban, W. Tansathien, C. Utha-aroon, N. Sattarak, T. Nuchanong, and S. Techawan, (eds.), *Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific*, Bangkok, Thailand, p. 403-411.
- Sashida, K. and Nakornsri, N., 1997. Lower Permian radiolarian faunas from the Khanu Chert Formation distributed in the Sukhothai area, Northern Central Thailand, in P. Dheeradilok, C. Hinthong, P. Chaodumrong, P. Putthaphiban, W. Tansathien, C. Utha-aroon, N. Sattarak, T. Nuchanong, and S. Techawan, (eds.), *Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific (GEOTHAI'97)*, Bangkok, Thailand, August 19-24, v.1, p. 101-108.
- Sashida, K. and Igo, H., 1992. Triassic radiolarian from a limestone exposed at Khao Chiak near Phatthalung, southern Thailand. *Trans. Proc. Palaeontol. Soc. Jap. New Ser.* 168, p. 1296-1310.

- Selly, R.C., 1996. *Ancient Sedimentary Environments and their Sub-surface Diagnosis*. Chapman and Hall, New York 4<sup>th</sup> edition, 300 p.
- Shanmugam, G., and Moiola, R.J., 1988. Submarine fans: Characteristics, Models, Classification, and Reservoir potential. *Earth-Science Reviews*, Amsterdam, p. 383-428.
- Siribhakdi, K., 1986. Seismogenic of Thailand and peripherie , *In: Proceeding of the first Workshop on Earthquake Engineering and Hazard Mitigation*, p. 151-158.
- Sivabaworn, V., 1976. *Geological survey report of Chanthaburi Sheet (1:250,000)*. Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Bangkok. (in Thai)
- Shawe, D.R., 1984. *Geology and mineral deposits of Thailand*. Open-File Report 84-403, Prepared on Behalf of the Government of Thailand and the Agency for International Development, U.S. Department of state.
- Singharajwarapan, S. and Berry, R.F., 1993. Structural analysis of the accretionary complex in Sirikit Dam area, Uttaradit, Northern Thailand. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, v.8, no.1-4, p.233-245.
- Sitthithaworn, E. and Wasuwanich, P., 1992. Metallogenic map of Thailand, in C. Piancharoen, ed.-in-chief, *Proceedings of a National Conference on Geologic Resources of Thailand: Potential for Future Development*, Bangkok, November 17-24, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand, p.1-15.
- Srisakulrat, N. 1995. Geological study of the Thi Wang Area, Amphoe Thung Song, Changwat Nakhon Sri Thammarat. *The B.Sc. Report, Department of Geology*, Chulalongkorn University, 125 p.
- Stauffer, P. and Mantajit, N., 1981. Late Paleozoic tilloids of Malaysia, Thailand and Burma, in Humbrey and Harland, (eds.), *Earth's Pre Pleistocene Glacial Record*, p. 331-337.
- Stauffer, P. H., 1983. Unravelling the mosaic of Paleozoic crustal blocks in SE Asia . *Geologis che Rundschau*, v. 72, p. 1061-1080.
- Sugiyama, M., 2000, *Collisional event between Sibumasu and Indochina based on detrital chromian spinals*. Master's Thesis, Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Japan.
- Sunyapong, S., 1992. *Graywacke of Eastern Region*. Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Bangkok. (unpublished report in Thai).
- Suthirat, C., 1995. *Petrochemistry of Basalts in Amphoe Sop Prab and Amphoe Ko Kha, Changwat Lampang* M.Sc. thesis, Chulalongkorn University, Thailand, 158 p.
- Takaya, 1968. Quaternary Outcrops in the Central Plain of Thailand: *Southeast Asian studies, Kyoto Univ*, p. 7-68.

- Tan, B.K., 1981, The margins of the Central Belt, Peninsular Malaysia, *Warta Geology, Bulletin of Geological Society of Malaysia*, v.7, p.46-47.
- Tan, B.K., 1996. Suture zone in peninsular Malaysia and Thailand: implications for palaeotectonic reconstruction of Southeast Asia, *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 13, p. 243-249.
- Tapponnier, P., Peltzer, G. and Armijo, R., 1986. On the mechanics of the collision between India and Asia, in M.P. Coward and A.C. Ries, (eds.). *Collision Tectonics, Geological Society, Special Publication no.19*, p.115-157.
- Teggin, D.E. and Suensilpong, S., 1973. Some field observations on the Mesozoic Mae Sarieng Granite. *Geological Society of Thailand, Newsletter*, v.6, no.4, p. 94-102.
- Teggin, D.E., 1975. *The Granite of Northern Thailand*. Ph.D. Thesis. University of Manchester.
- Tofke, T., Lumjuan, A., and Kelmcke, D., 1993. Triassic syn-orogenic siliciclastics from the area of Mae Sariang (northwestern Thailand). In: T. Thanasuthipitak (ed.). *International Symposium on Biostratigraphy of Mainland Southeast Asia: Facies & Paleontology*, 31 January – 5 February 1993, Chiang Mai, p. 391-400.
- Thanasuthipitak, T., 1978. Geology of Uttaradit area and its implications on tectonic history of Thailand, *In: Proceedings of the Third Regional Conference on Geology and Mineral Resources of Southeast Asia*. Nutalaya, P., editor, Bangkok, Thailand, p. 187-179.
- Thy, P., 1983. Spinel minerals in transitional and alkali basaltic glasses from Iceland. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 83, p.141-149.
- Trauth, F., 1930. Upper Triassic fossils from the Burmo-Siamese frontier. On some fossils from the Kamawkale Limestone. *Rec. geol. Surv. India, Calcutta*. 63, 1:p.174-176;
- Tulyatid, J., and Charusiri, P., 1999. The ancient Tethy in Thailand as indicated by nationwide airborne geophysical data: in Ratanasathin, B. and Rirb, S.S.L. (eds.), *International Symposium on Shallow Tethys (ST5)*, 1-5 February, 1999, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand, p. 335-352.
- Ueno, K., Sukiayama, T., and Nagai, K., 1996. *Discovery of Permian foraminifers of the Phattalung area, southern peninsular Thailand*. In Noda, H. and Sashida, K. (eds.), *Professor Hisayoshi Igo Commemorative Volume on Geology and Paleontology of Japan and SE Asia*, Tsukuba University, Japan, p. 201-216.
- Ward, D.E., and Bunnag, D., 1964. *Stratigraphy of the Mesozoic Khorat Group in Northeastern Thailand*. Geological Survey Division, Department of Mineral Resources Ministry of Industry, Bangkok. Rep. of. Invest. 6: 95 p.

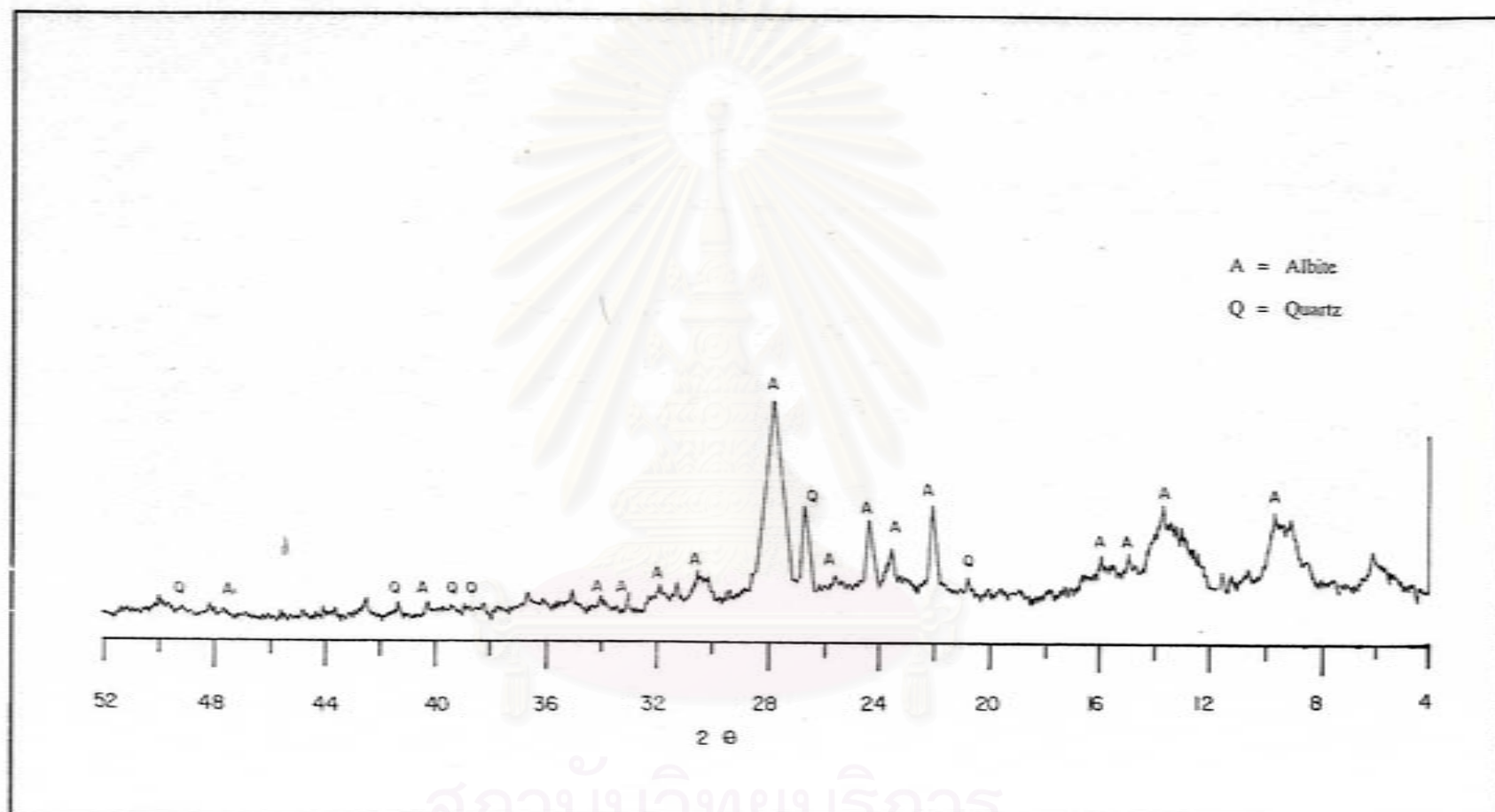
- Weir, J., 1930. Upper Trisassic fossils from the Burmo-Siamese Frontier. Brachiopoda and Lamellibranchia from the Thaungyin river. *Rec. geol. Surv. India* 63, 1, p.168-173.
- Wison, M. 1989. *Igneous Petrogenesis*. London: Unwin Hyman.
- Winkler, H. G. F., 1965. *Petrogenesis of metamorphic rocks*. 1<sup>st</sup> edition. Springer – Verla, New York.
- Wolfart, R., 1987. Geology of Amphoe Sop Prap (48441) and Amphoe Wang Chin (49441V), scale 1:50,000, Thailand, *Geologisches Jahrbuch, Reihe B, Hefte 65*, p.3-52.
- Won-in, K., and Charusiri, P., 1998. Application of satellite images in the Cho Dien area, northern Vietnam. *ITC Journal* (submitted).
- Won-in, K. 1999. *Neotectonic evidences along the Three Pagoda Fault Zone, Changwat Kanchanaburi*, Thesis, M.Sc. Thesis, Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.
- Won-In, K. and Charusiri, P., 2003. Enhancement of thematic mapper satellite images for geological mapping of the the Cho Dien area, northern Vietnam. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 4 (2003) P: 183-193
- Workman, D.R., 1975. Tectonic evolution of Indochina. *Journal of the Geological Society of Thailand* 1, p. 3-19.
- Wu, G., 1993. Late Paleozoic tectonic framework and Paleotethyan evolution in Western Yunnan. *Scientia Geologica Sinica* 2, p.129-149.
- Wu, H., Boulter, C.A., Ke, B., Stow, D.A.V. and Wang, Z .C., 1995. The Changning-Men glian suture zone; a segment of the major Cathaysian – Gondwana divide in Southeast Asia. *Tectonophysics*, 242, p. 267-280.
- Yang, Z., Besse, J., 2001. New Mesozoic apparent polar wander path for south china: tectonic consequences, *Journal Geophysical Researchs*. 106, p. 8493-8520.
- Xu, X., Guitang, P. Zhuang, Z. 1996. *Excursion Guide Book: Yunan, prepared for Tectonic Study Group from Thailand*. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Sichuan, 86 p. (unpublished report in Chinese and English summary).



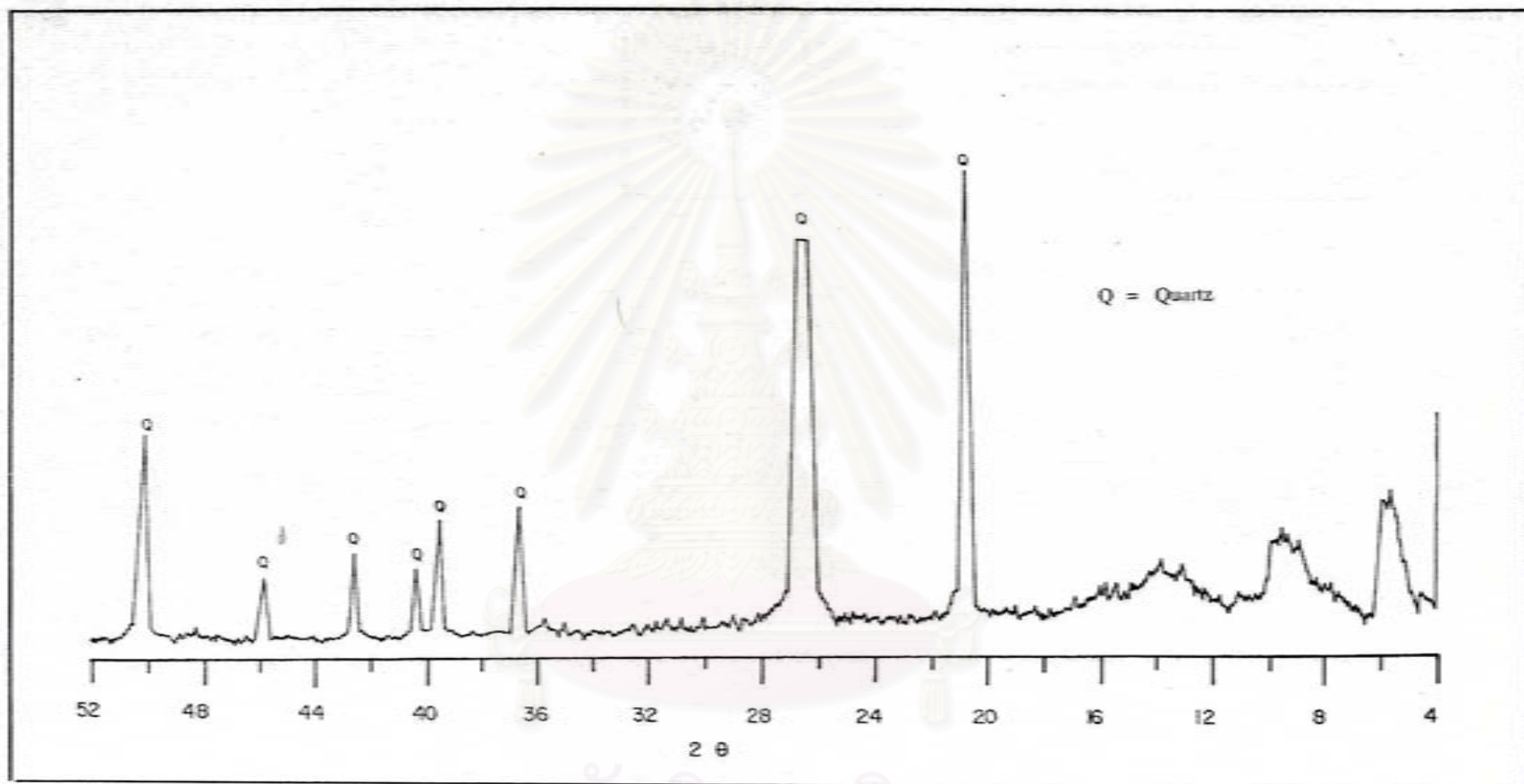
ภาคผนวก

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างหินแร่โดยวิธี XRD

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

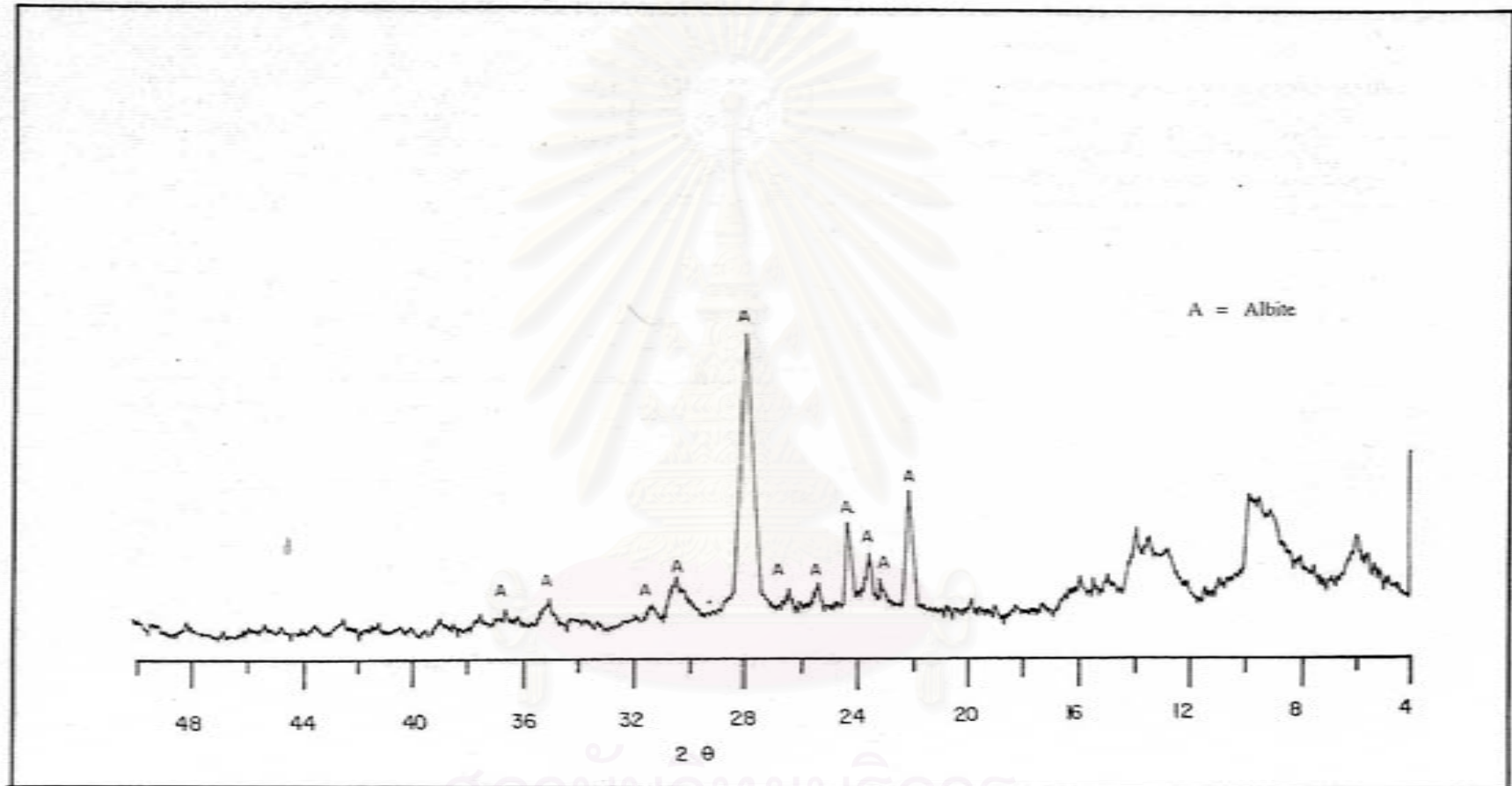


รูป. ผ -1 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ x-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข A-2

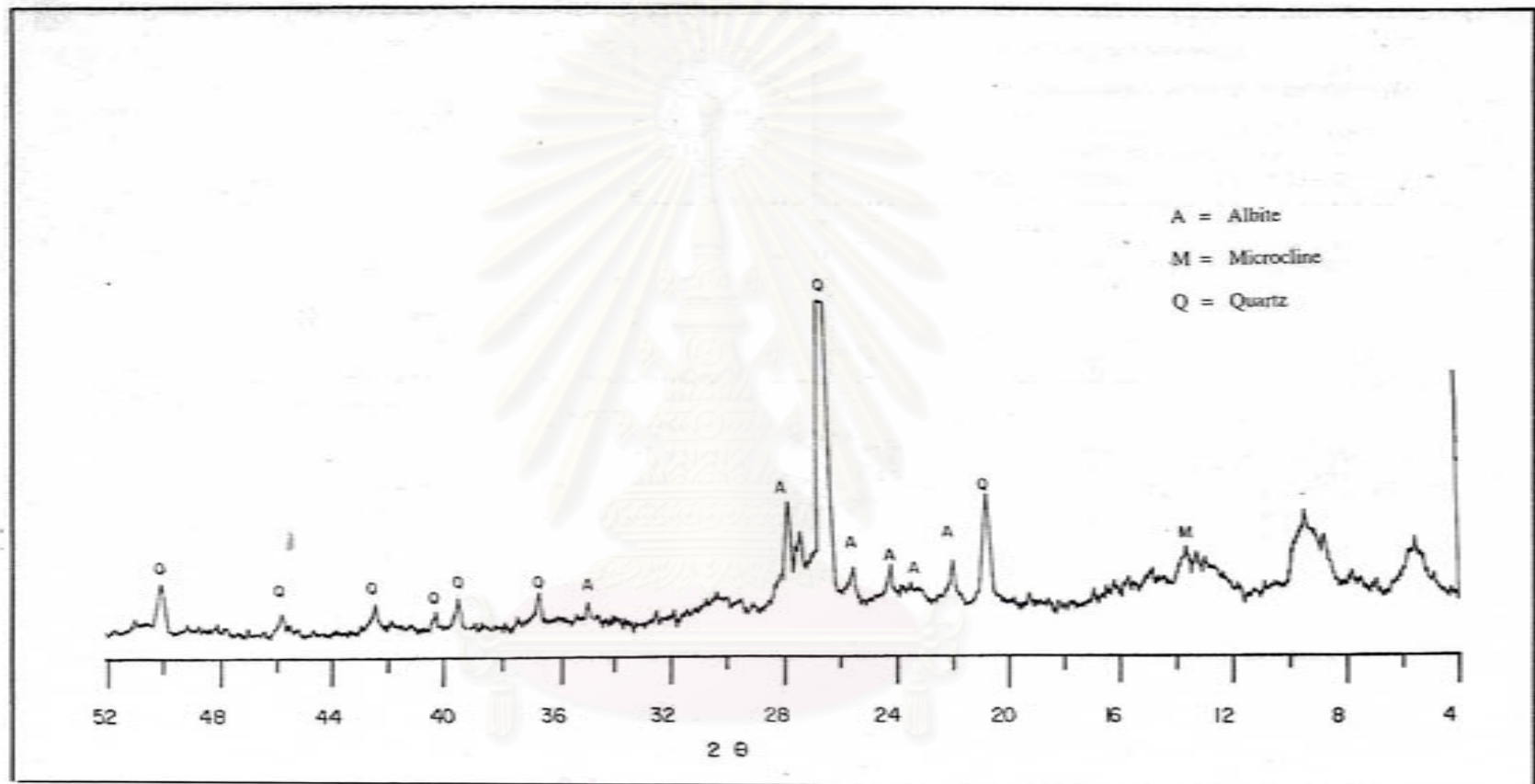


รูป ผ. -2 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ x-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข A-6

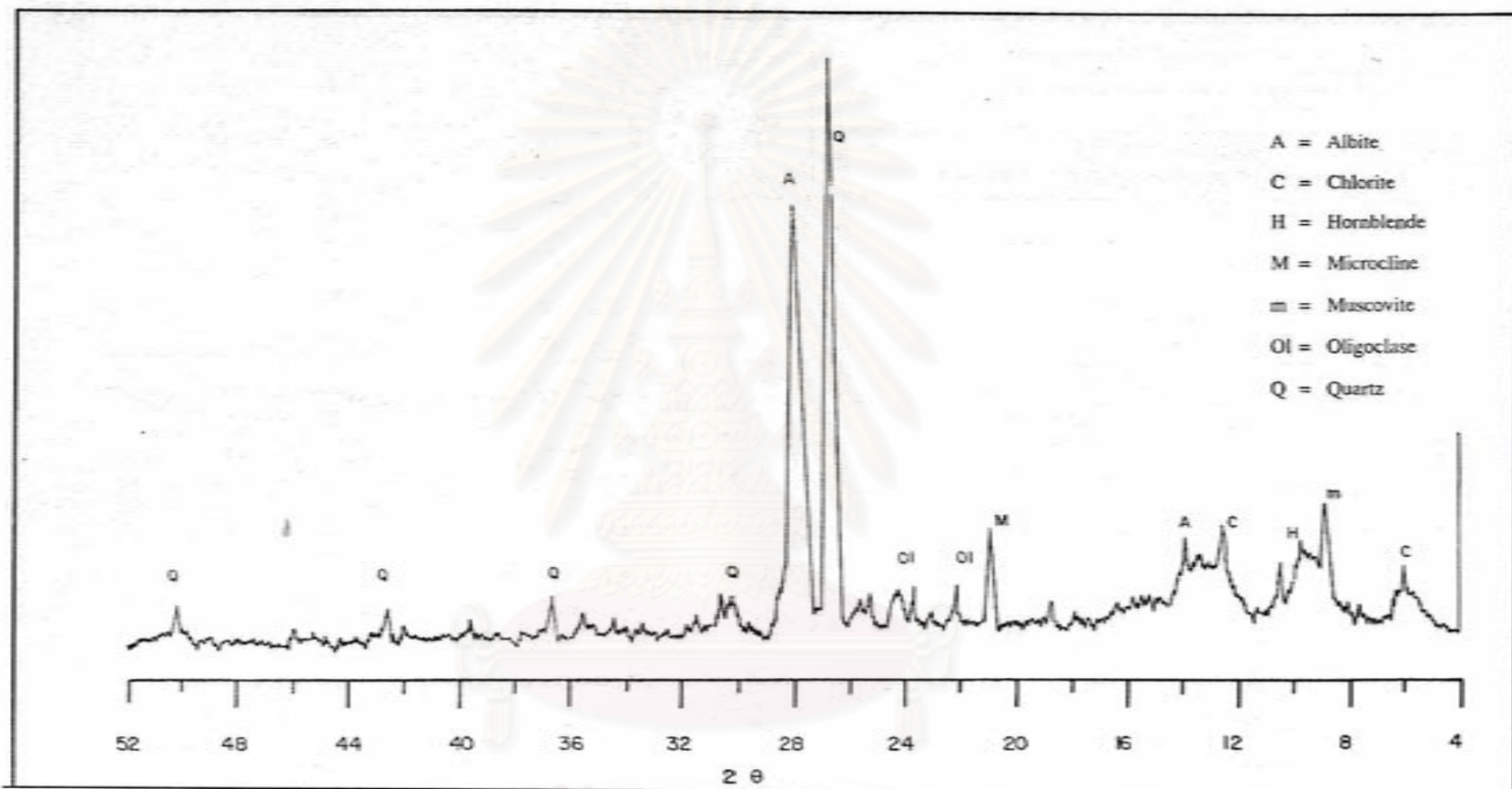




รูป ผ -3กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข A-10

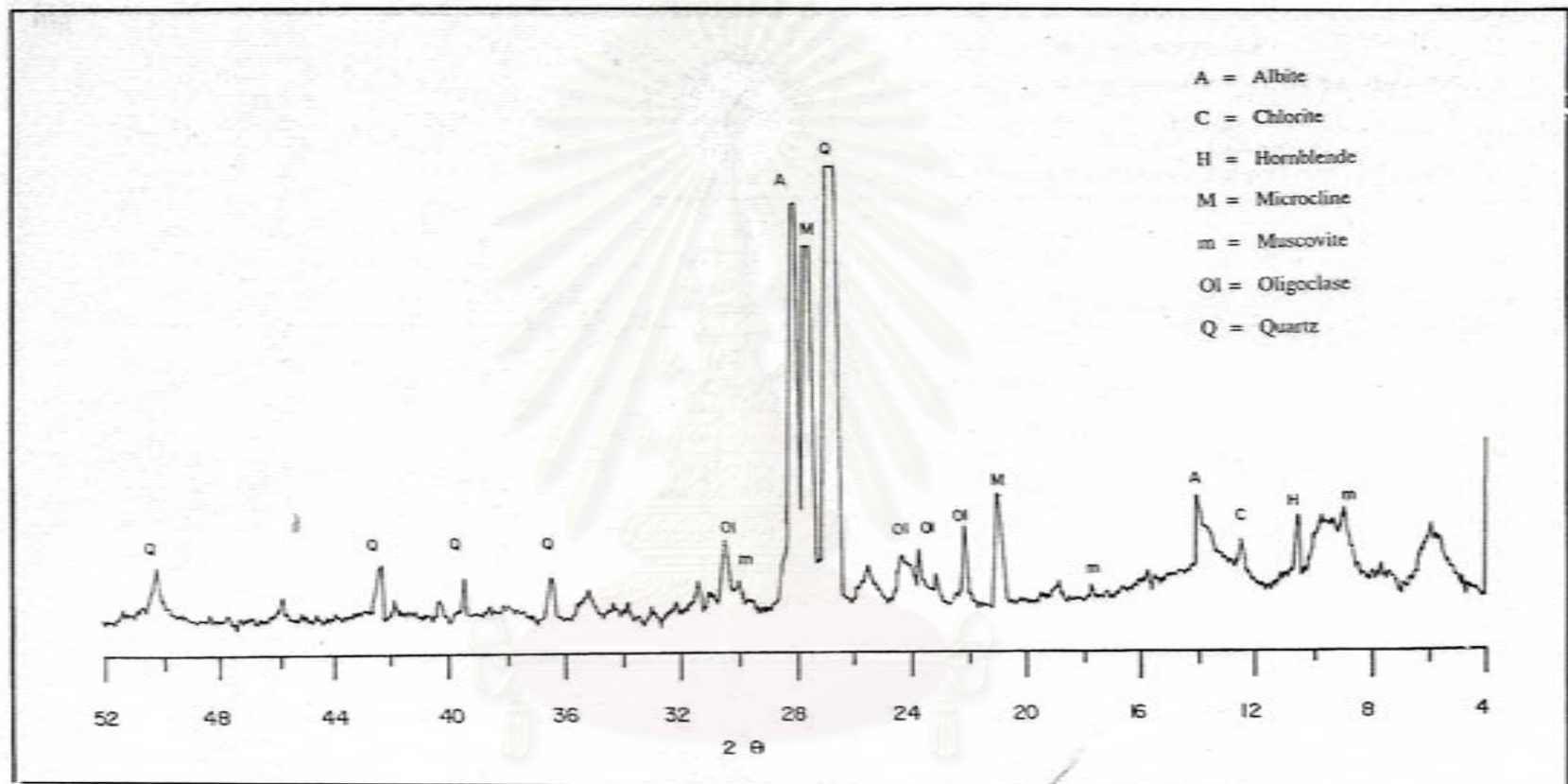


รูปที่ 4 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข A-11



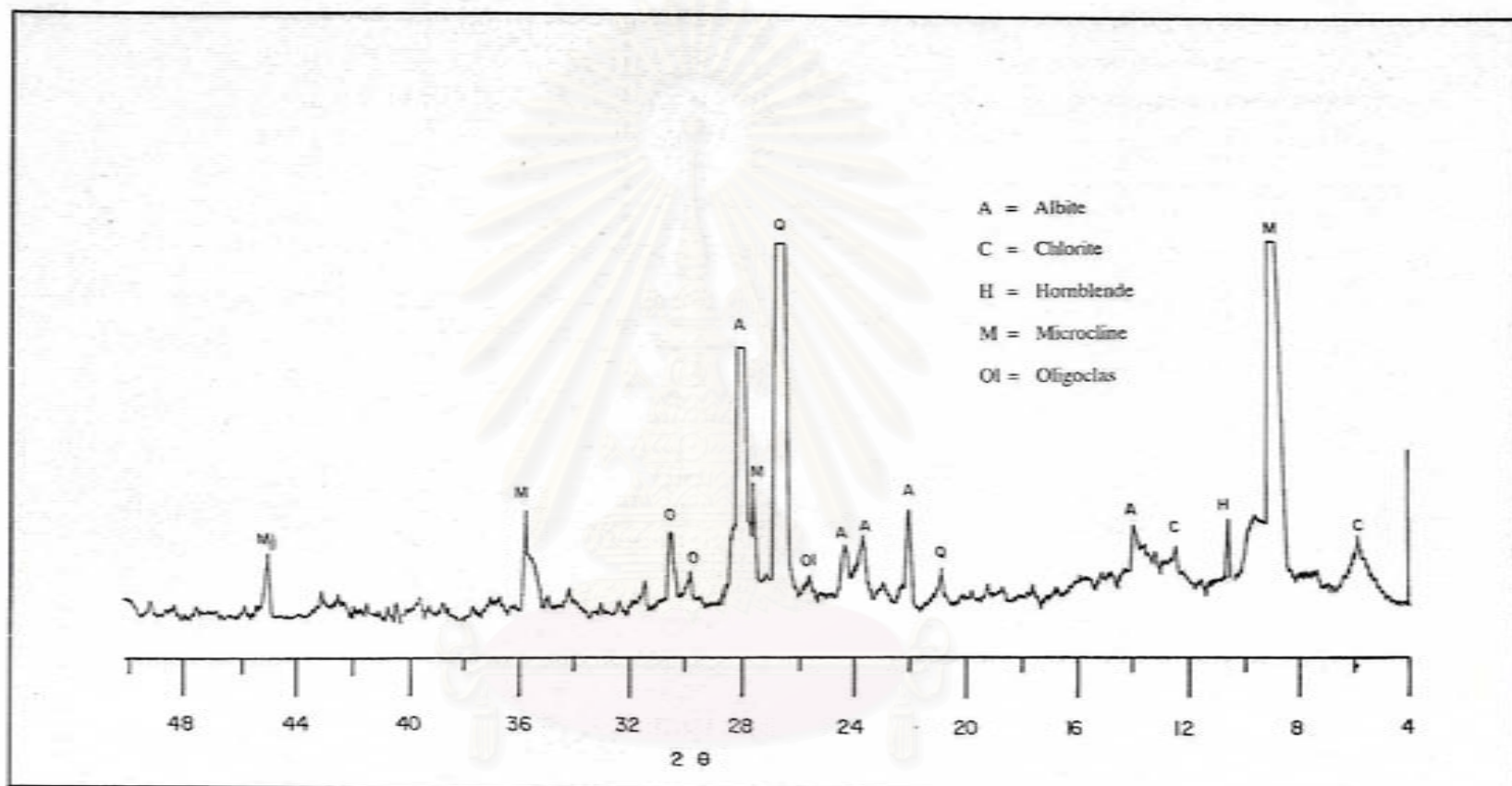
รูปที่ 5-5 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข C-3

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

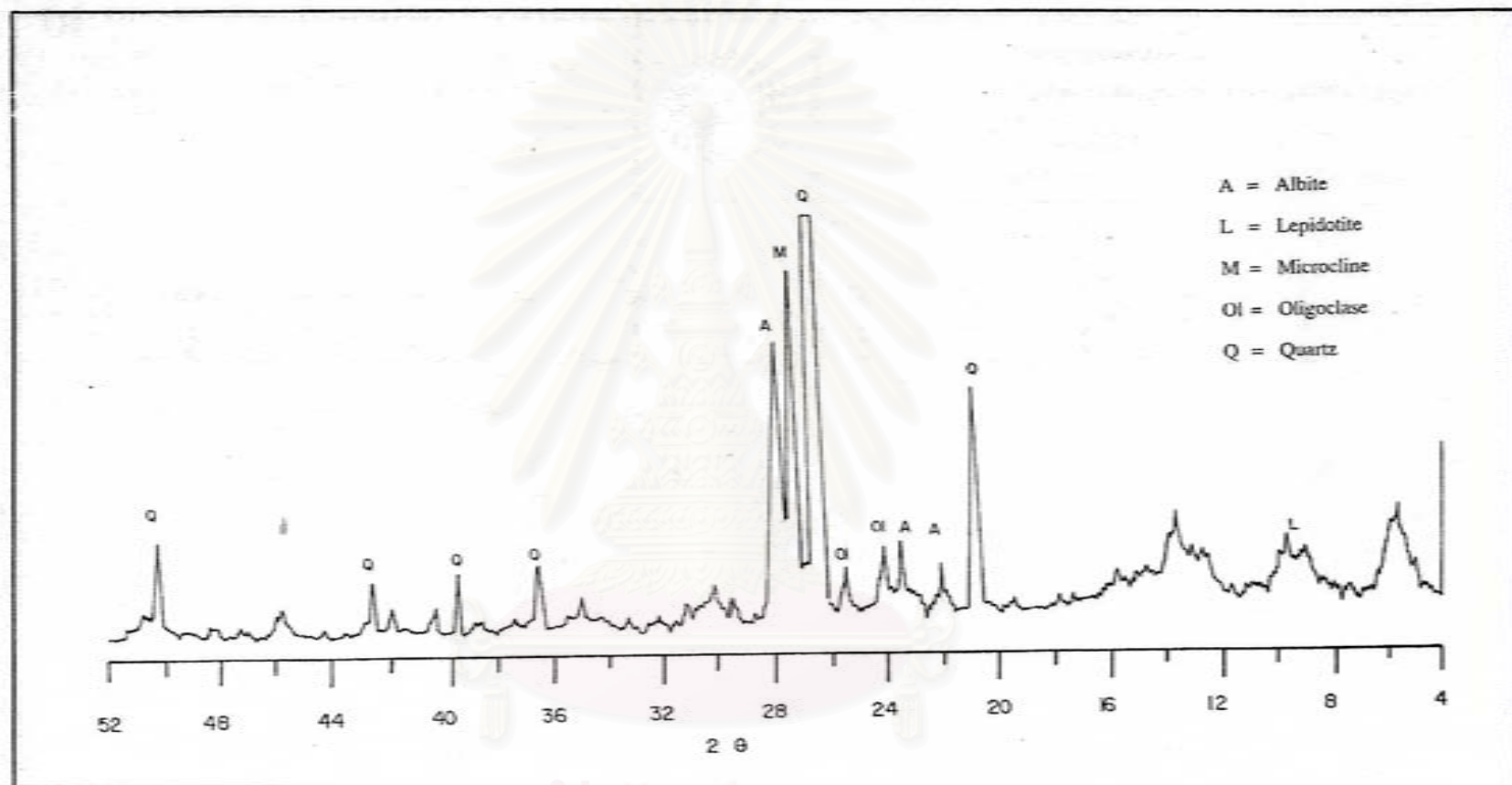


รูป ผ -6 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข C-5

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

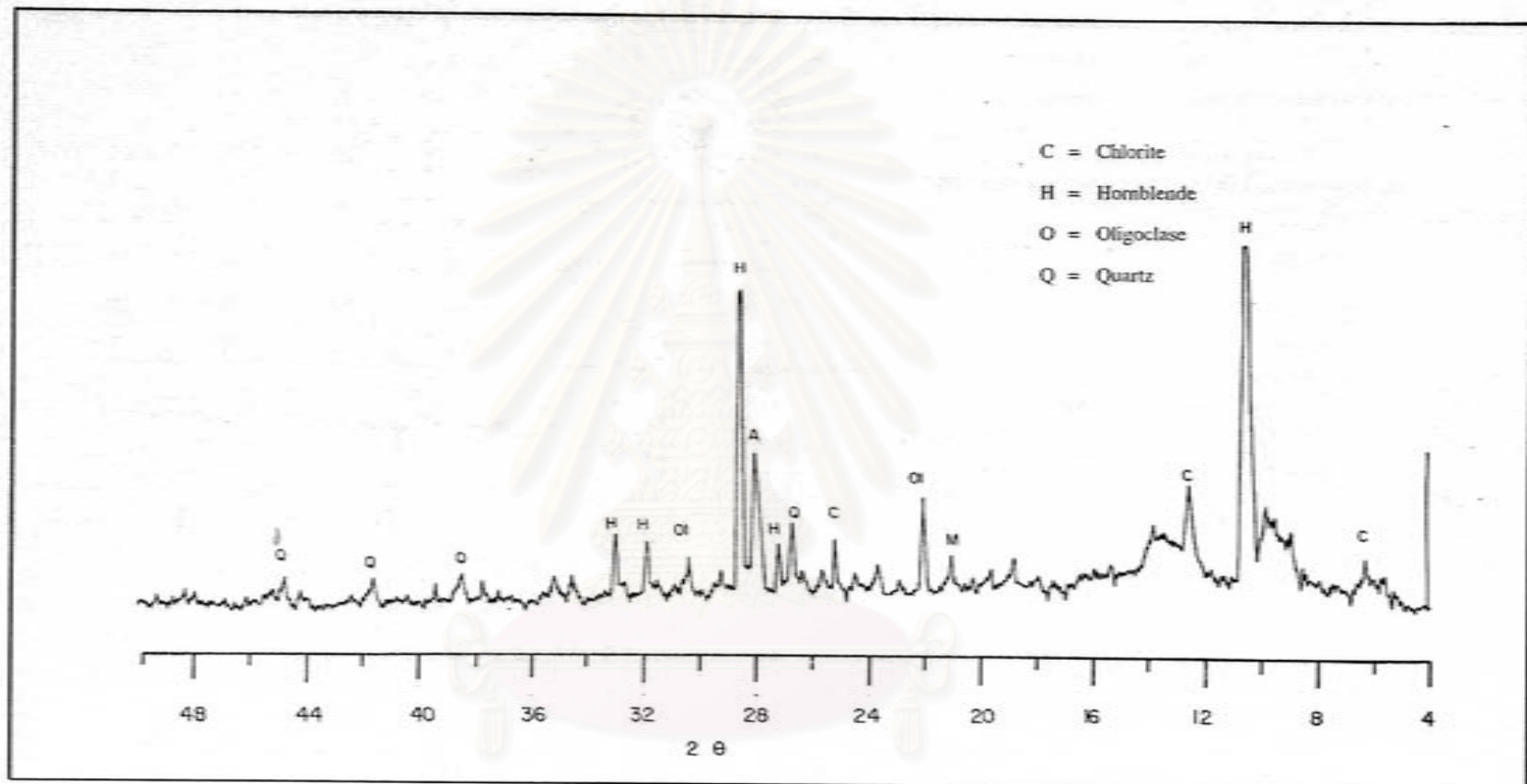


รูป ผ -7 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข C-8



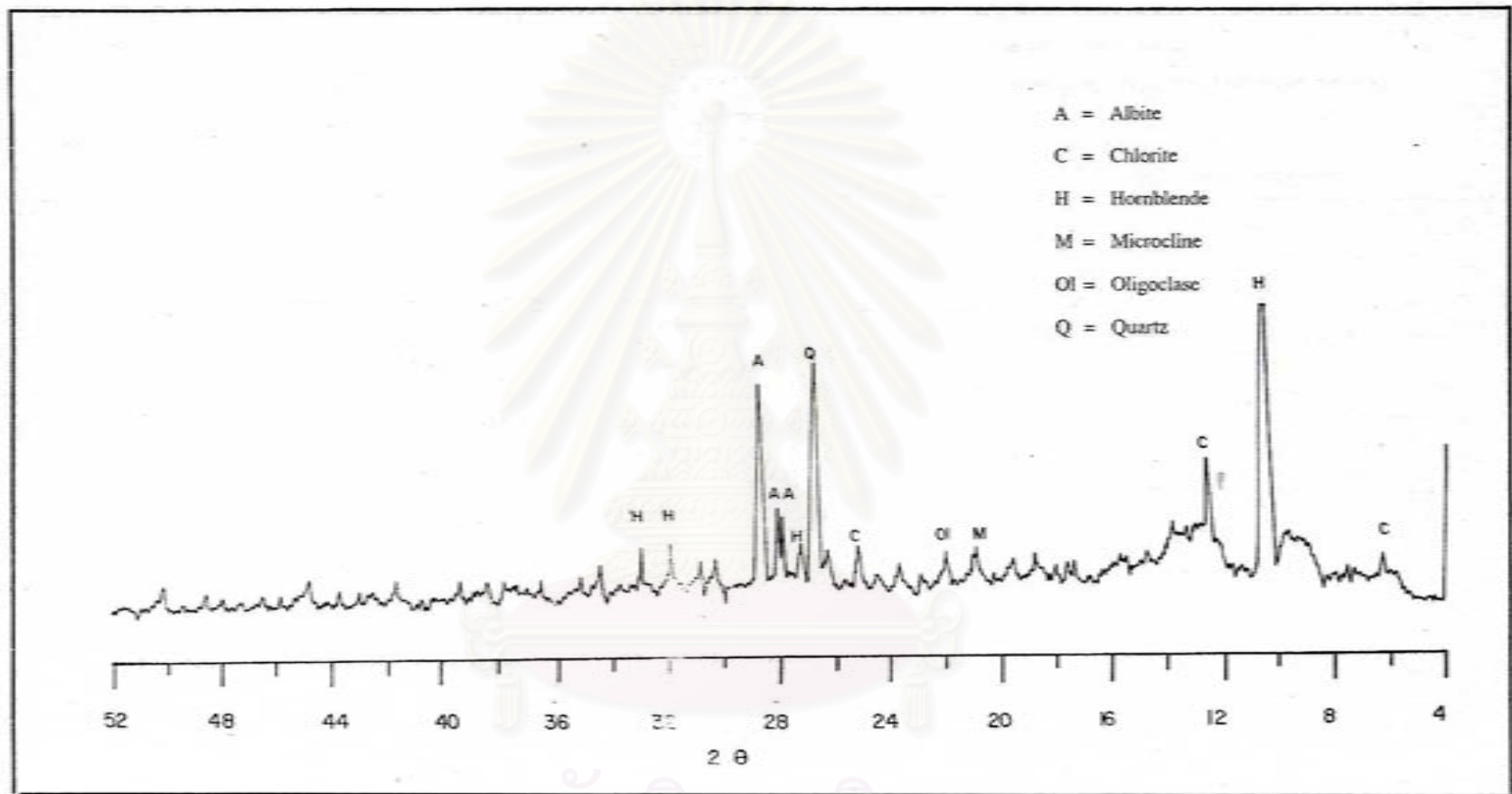
รูป ผ -8 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข C-13

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



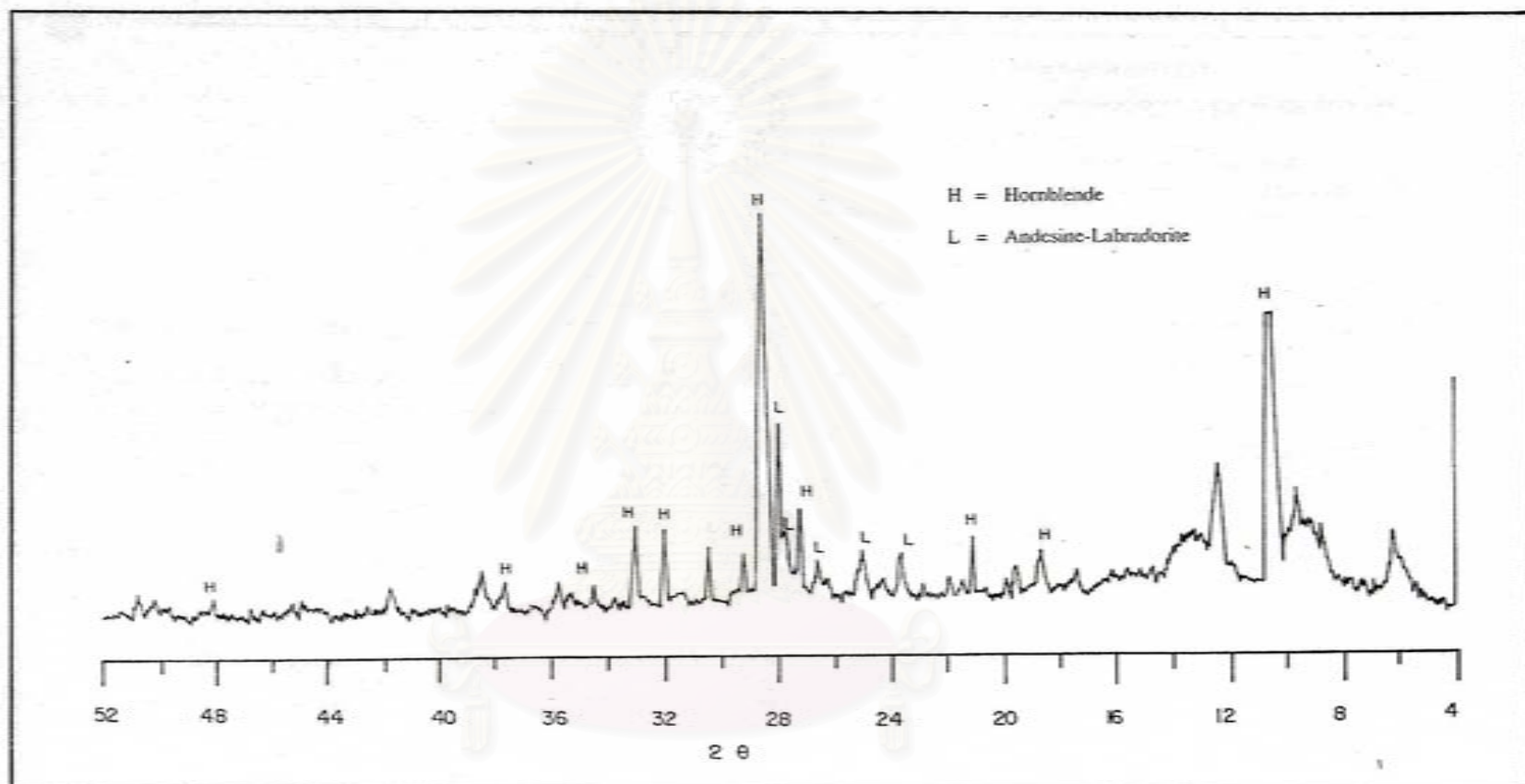
รูป ผ -9 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข D-1

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



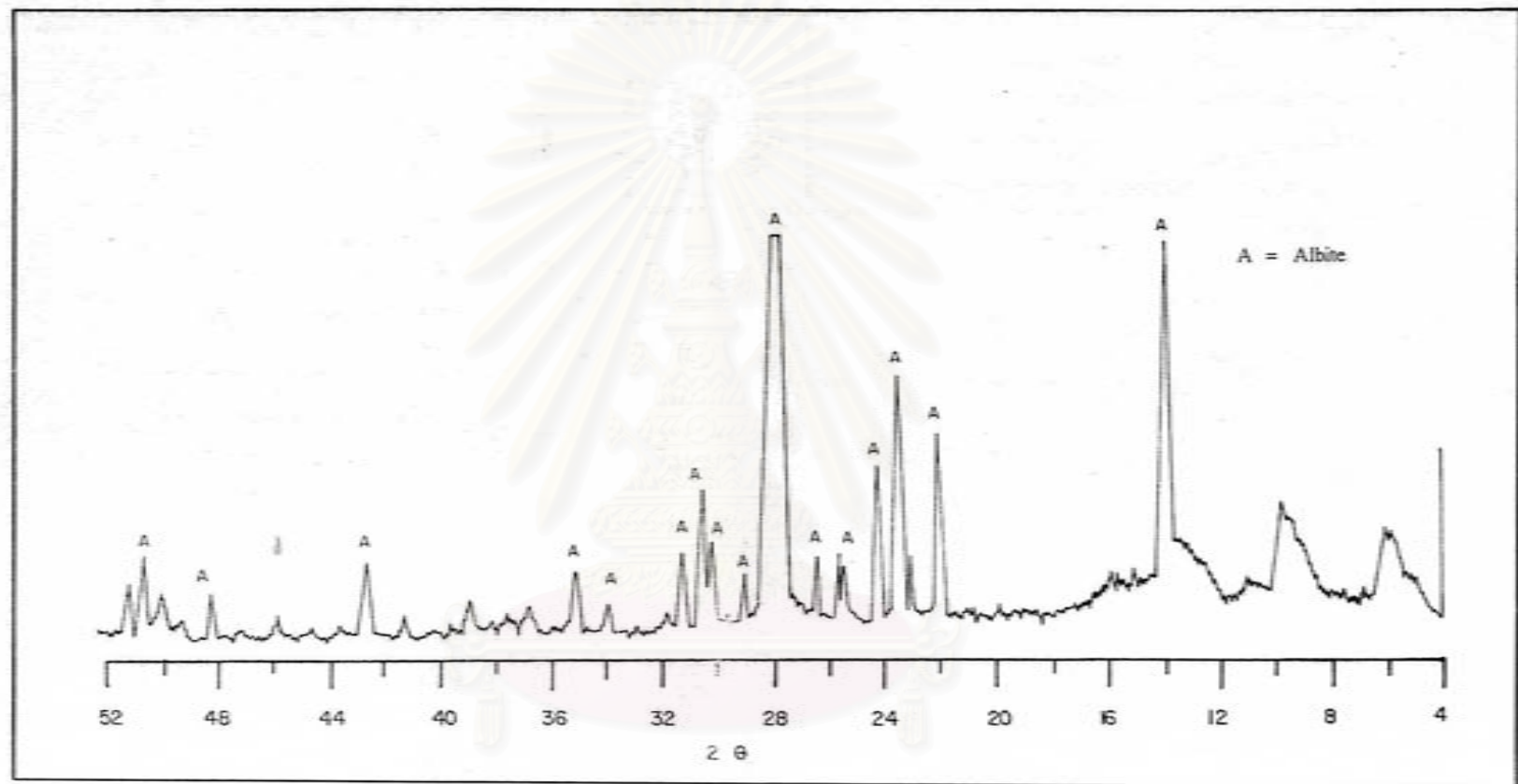
รูป ผ -10 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข D-6





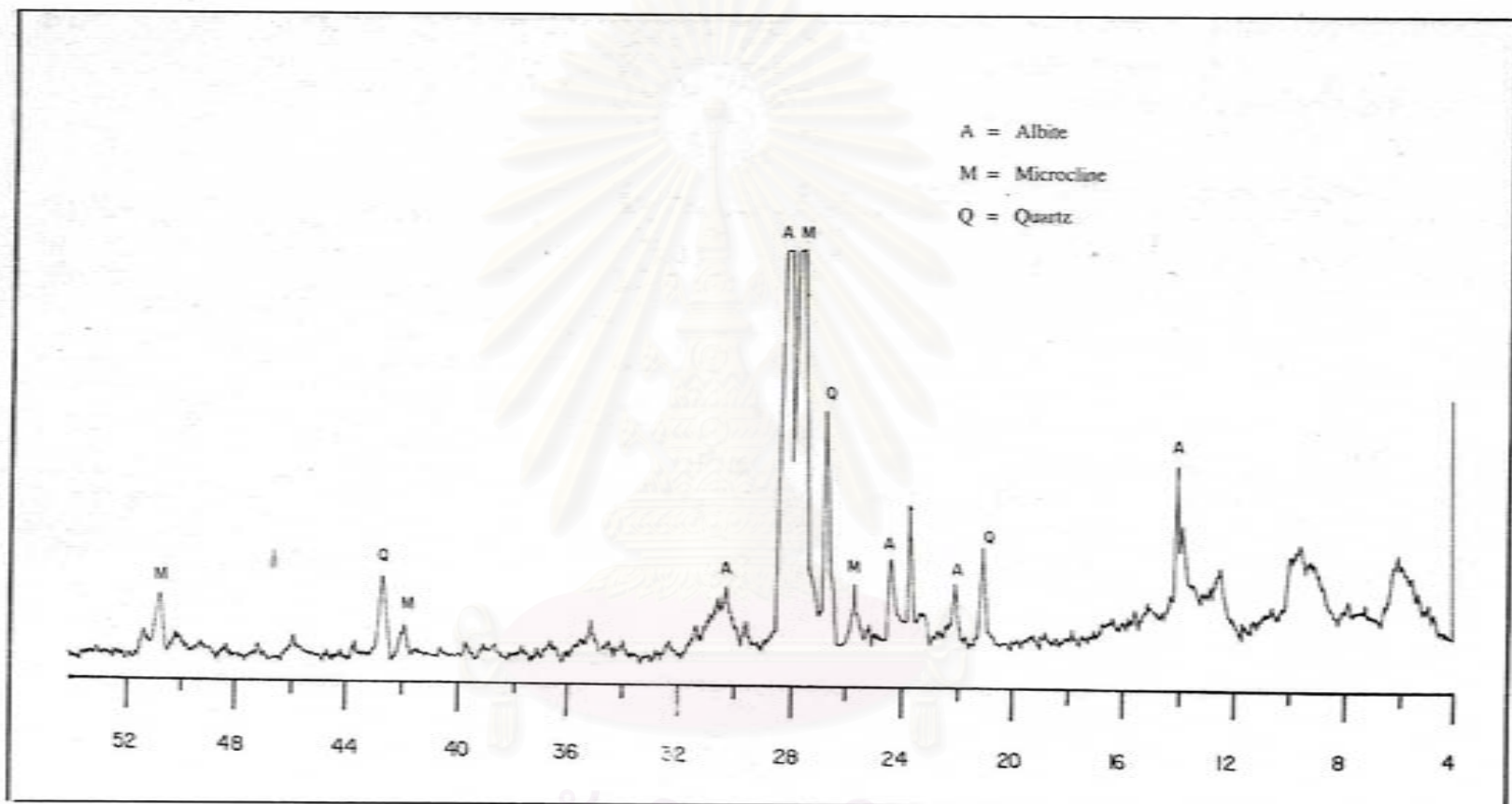
รูป ผ -11 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข ED-2

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ค -12 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข ED-4

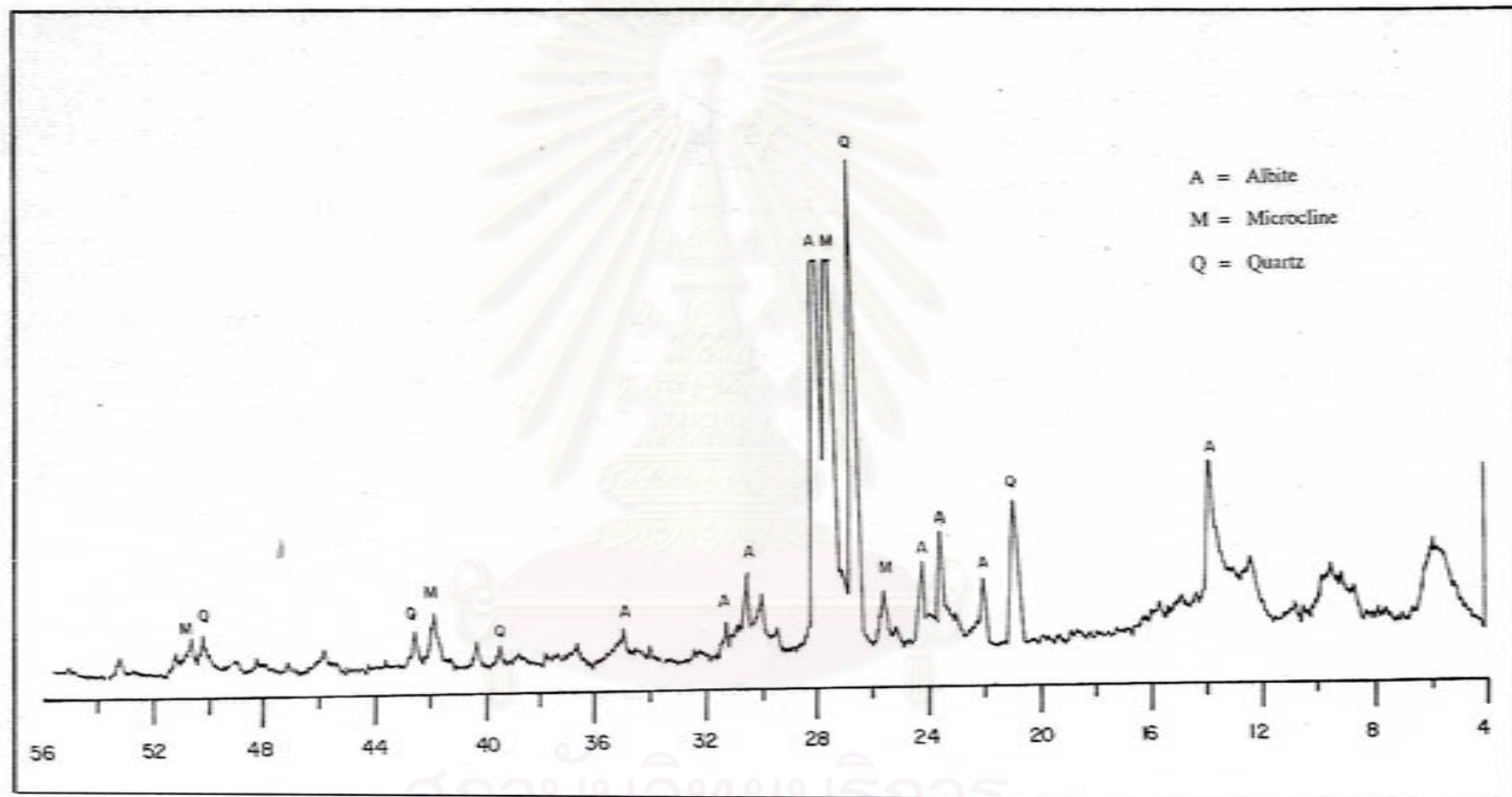
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



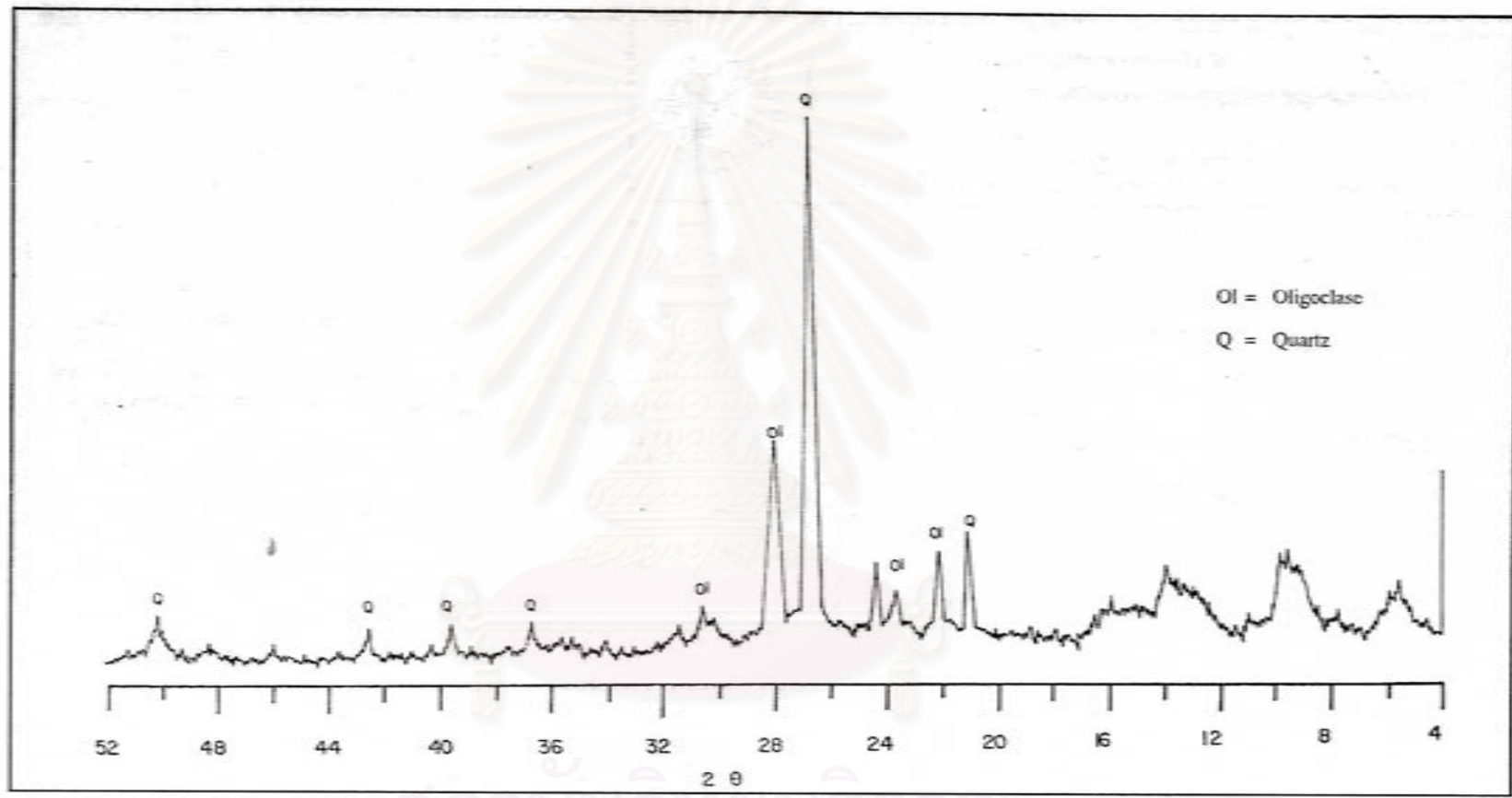
รูป ผ -13 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข EC-5

สถาบันวิทยบริการ

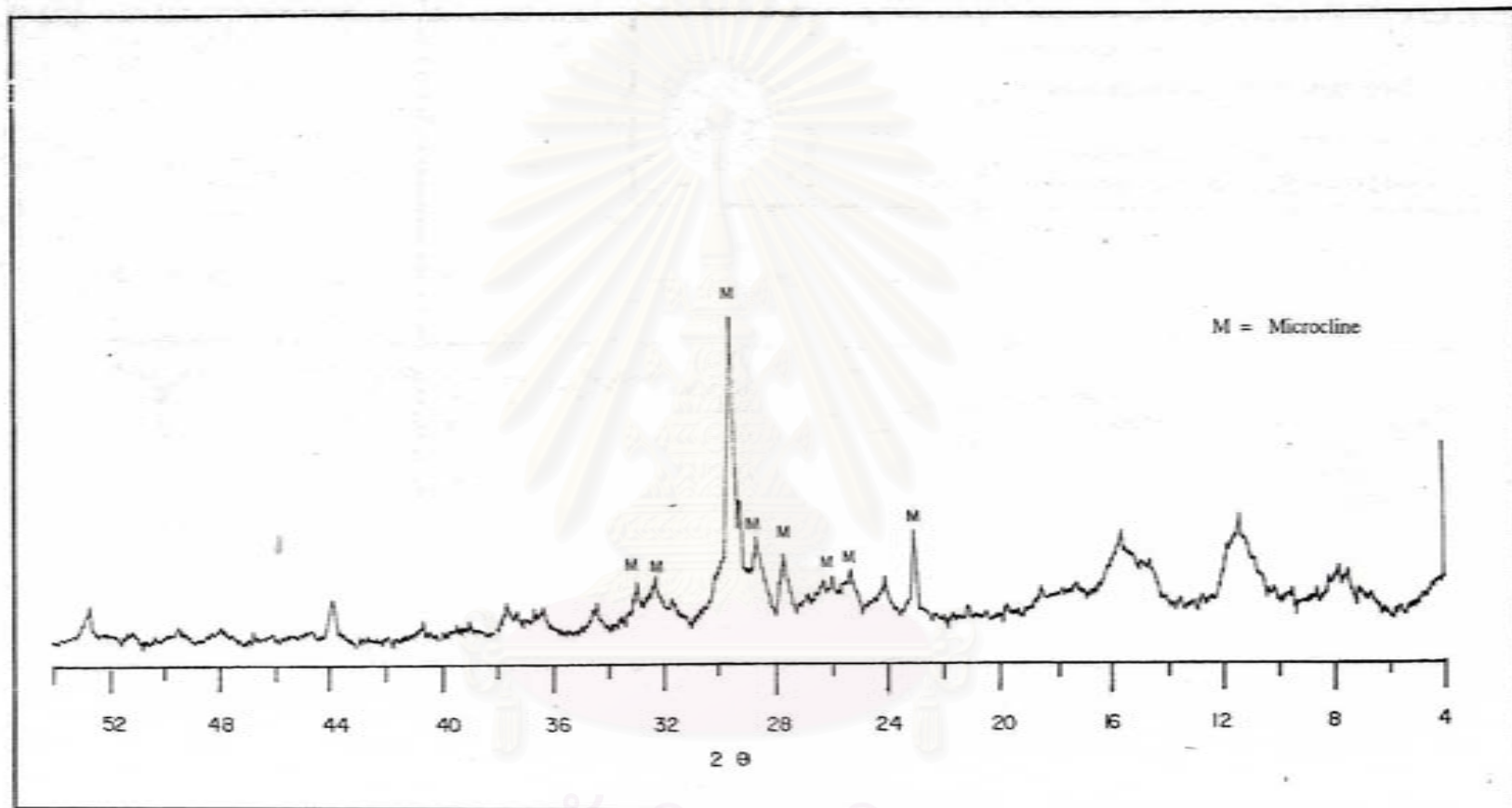
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 14 -14 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข EC-2

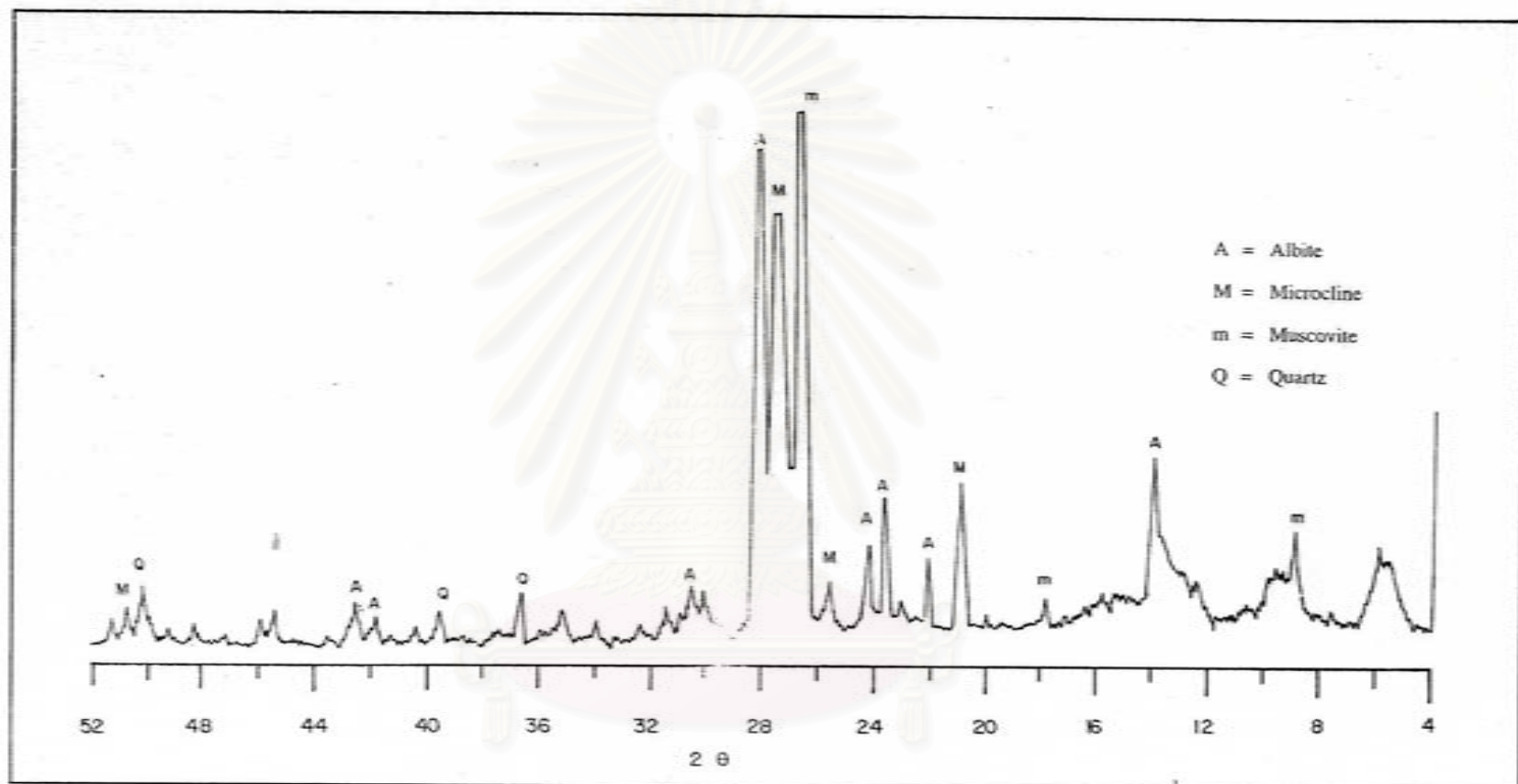


รูปที่ 15 -15 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข F-5



รูปที่ 16 -16 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ XRD diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข F-6/2

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 17 -17 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction (XRD) ของตัวอย่างหมายเลข F-11