



โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ ศิลาวรรณนาและธรณีเคมีของหินเมฟิก-อัลตราเมฟิก บริเวณพื้นที่น่าน
และอุตรดิตถ์

ชื่อนิสิต นายชุตินันท์ สิงห์โตทอง

ภาควิชา ธรณีวิทยา

ปีการศึกษา 2557

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศิลปวรรณคดีและวรรณคดีของหินเมฟิก-อัลตราเมฟิก บริเวณพื้นที่น่านและอุตรดิตถ์

นายชุตินันท์ สิงห์โตทอง

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557

PETROGRAPHY AND GEOCHEMISTRY OF MAFIC-ULTRAMAFIC ROCKS
IN NAN AND UTTARADIT AREAS

Mr.CHUTINAN SINGTOTHONG

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF THE BACHELOR OF SCIENCE IN GEOLOGY
DEPARTMENT OF GEOLOGY, FACULTY OF SCIENCE, CHULALONGKORN
UNIVERSITY ACADEMIC YEAR 2014

วันที่ส่ง

____/____/____

วันที่อนุมัติ

____/____/____

ลงชื่อ _____

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติฉวี เจริญสุติรัตน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย: ศิลาบรรณนาและธรณีเคมีของหินเมฟิก-อัลตราเมฟิก บริเวณพื้นที่น่าน
บริเวณพื้นที่น่านและอุตรดิตถ์

นิสิตผู้ทำการวิจัย: นายชุตินันท์ สิงห์โตทอง

ภาควิชา: ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐาสินีย์ เจริญฐิติรัตน์

ปีการศึกษา: 2557

บทคัดย่อ

ตะเข็บธรณีน่านตั้งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศไทยบริเวณจังหวัดน่านและอุตรดิตถ์ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความซับซ้อนทั้งทางด้านธรณีวิทยาและโครงสร้าง นอกจากนี้ยังพบแนวของหินเมฟิก-อัลตราเมฟิกแผ่กระจายในพื้นที่ดังกล่าว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางศิลาบรรณนา และธรณีเคมี รวมถึงวิเคราะห์ธรณีแปรสัณฐานในบริเวณพื้นที่ศึกษา

จากการสำรวจระยะทางไกลจากภาพถ่ายดาวเทียม พบโครงสร้างส่วนใหญ่วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ จากการสำรวจภาคสนามและศิลาบรรณนา พบว่าหินกลุ่มอัลตราเมฟิกในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย หินเซอร์เพนทีนดินไนต์ หินเซอร์เพนทีนเวอไลต์ หินเซอร์เพนทีนฮาร์สเบอร์เกอร์ หินโอลิวีนไคลโนไพรอกซีนไนท์ และหินเซอร์เพนทีนเพอริโดไทต์ที่ถูกแปรสภาพ ซึ่งส่วนใหญ่ถูกแปรเปลี่ยนเป็นแร่เซอร์เพนทีน ดังนั้นหินกลุ่มนี้จึงไม่เหมาะสำหรับการทำธรณีเคมี เพื่อวิเคราะห์ธรณีแปรสัณฐาน ส่วนหินกลุ่มเมฟิกประกอบด้วย หินแกบโบร หินโอลิวีนแกบโบร หินฮอร์นเบลนด์แกบโบร และหินบะซอลต์ ซึ่งหินกลุ่มนี้ถูกแปรเปลี่ยนน้อยกว่ากลุ่มอัลตราเมฟิก ดังนั้นหินกลุ่มนี้จึงมีเหมาะสมสำหรับการทำธรณีเคมี เพื่อที่จะวิเคราะห์ธรณีแปรสัณฐานต่อไป

ผลการวิเคราะห์ธรณีเคมีของหินแกบโบรในพื้นที่ศึกษา บ่งชี้ว่าเกิดจากลำดับชุดแม็กมา (magma series) ประเภท tholeiitite และจากการวิเคราะห์ด้วย REE pattern plot พบว่าหินแกบโบร โดยเริ่มแรกนั้นเกิดขึ้นในบริเวณภาคพื้นมหาสมุทรซึ่งมีธรณีแปรสัณฐานเป็นแบบเทือกเขากลางสมุทร (N-MORB) โดยเป็นส่วนหนึ่งของชุดหินโอไฟโอไลต์ หลังจากนั้นเกิดการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกทำให้เกิดเป็นแนวหินพอกพูนซับซ้อน

คำสำคัญ : เมฟิก อัลตราเมฟิก เทือกเขากลางสมุทร ชุดหินโอไฟโอไลต์ แนวหินพอกพูนซับซ้อน,

Project title: PETROGRAPHY AND GEOCHEMISTRY OF MAFIC-
ULTRAMAFIC ROCKS IN NAN AND UTTARADIT AREA

Researcher: Mr.Chutinan Singtothong

Department: Geology

Advisor: Assist. Professor Dr.Thasinee Charoentitirat

Academic Year: 2014

ABSTRACT

Nan suture is located in the northern part of Thailand, Nan and Uttaradit province. This area has complex geological features and structures. Moreover, it consists of the belt of mafic - ultramafic rocks. This study thus aims to establish petrography and geochemistry of mafic - ultramafic rocks and to understand tectonic settings of the area.

Based on remote sensing surveys along with the previous studies, found that most of structures in the area are oriented in northeast-southwest trend. Field geological and petrographical investigation indicates that ultramafic rocks in this area consist of serpentine dunite, serpentine wehrlite, serpentine harzburgite, olivine clinopyroxenite and serpentine metamorphosed peridotite. Most of those rocks are highly altered into serpentine which are not appropriated for geochemistry analysis in order to interpret geotectonic setting. Moreover, mafic rocks consist of gabbro, olivine gabbro, hornblende gabbro and basalt which are good samples for geochemistry analysis in order interpret geotectonic setting.

Geochemical results imply that these mafic plutonic rocks are basaltic composition that equivalent to gabbro, deriving from tholeiitic magma series. REE pattern plots display the N-MORB type magma of ocean floor basalts. They have been interpreted as parts of ophiolite suite of oceanic crust, then subduction occurred and the accretionary complex have been presented.

Key Words: Mafic, Ultramafic, MORB (Mid Oceanic Ridge Basalt), Ophiolite suite, accretionary complex

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐาสินี เจริญฐิติรัตน์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา จารุศิริ ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา ตลอดจนการดูแลช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดช่วงระยะเวลาในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์จากต่างประเทศญี่ปุ่นทุกท่านไม่ว่าจะเป็น Professor Shoji ARAI, Professor HISADA Ken-ichiro Professor, Assist. Professor Katsumi Ueno, Dr. Hidetoshi Hara ในการออกภาคสนามเพื่อเก็บตัวอย่างหินเมฟิก-อัลตราเมฟิกในพื้นที่ศึกษา และให้ความรู้

ขอขอบพระคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านวัสดุอุปกรณ์ในการเตรียมตัวอย่างแผ่นหินบาง หินผง กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรซ์ เครื่องมือวิเคราะห์ XRF อีกทั้งบริษัท SGS Thailand จำกัด สำหรับการวิเคราะห์ธรณีเคมีด้วยวิธี ICP-MS ณ สาธารณรัฐประชาชนจีน

ขอขอบคุณนายศุภชัย นิลดำที่ช่วยให้คำปรึกษา ประสานงาน สอนวิธีใช้เครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมต่อผลงานจนสามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

สารบัญ

	หน้า
บทคัด	ง
ABSTRACT	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ด
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 พื้นที่ศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
1.7 วิธีการดำเนินการ	5
1.8 แผนผังวิธีการดำเนินการ	7
1.9 การเตรียมตัวอย่าง	8
บทที่ 2 ธรณีวิทยาทั่วไป	
2.1 ธรณีวิทยาทั่วไป	11
บทที่ 3 ผลการศึกษา	
3.1 จุดเก็บตัวอย่างและสภาพหินโผล่	19
3.2 แผ่นหินขัดเรียบและซิลาวรรณนา	29
3.3 ธรณีเคมี	45
บทที่ 4 อภิปรายและสรุปผลการศึกษา	
4.1 อภิปรายผลการศึกษา	
4.1.1 อภิปรายผลการศึกษาซิลาวรรณนา	51
4.1.2 อภิปรายผลการศึกษาธรณีเคมี	51
4.1.3 การแปรความหมายลักษณะทางธรณีแปรสัณฐาน	52
4.2 สรุปผลการศึกษา	53
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก	58

สารบัญญรูปภาพ

	หน้า
รูป 1.1 : แผนที่ธรณีแปรสัณฐานแสดงแผ่นจุลทวีปหลักและรอยเลื่อน ในประเทศไทย (ดัดแปลงจาก Tulyatid และ Charusiri, 1999 และ Charusiri et al. 2002).	2
รูป 1.2 : แผนที่พื้นที่ย่อยทั้ง 4 พื้นที่ในจังหวัดน่านและอุตรดิตถ์	3
รูป 1.3 : เครื่อง Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS) (ซ้าย) และเครื่อง X-ray fluorescence spectrometry (XRFs) (ขวา)	6
รูป 1.4 : แผนผังวิธีการดำเนินการ	7
รูป 2.1 : แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดอุตรดิตถ์และบริเวณข้างเคียง (ดัดแปลงจาก Charusiri และคณะ, 2004)	11
รูป 3.1 : (A) ภาพถ่ายดาวเทียม landsat 7 ETM+ของพื้นที่ศึกษาบริเวณตอนเหนือ ของอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน (จุดสีแดง คือ ตำแหน่งจุดศึกษา) (B) แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณตอนเหนือของอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน (ดัดแปลงจาก DMR, 2007) Qa : ตะกอนธารน้ำ Tmm : กลุ่มหินแม่เมาะ JKpw : หมวดหินพระวิหาร Jpk : หมวดหินภูกระดึง Trwc : หมวดหินวังชัน Ptr : หินทราย หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน และหินปูน Pr-2 : กลุ่มหินราชบุรี	19
รูป 3.2 : Artificial outcrop ของหินโอลิวีนไพรอกซีนต์ ในพื้นที่ตอนเหนือของ อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน พบ block ของหินโอลิวีนไพรอกซีนต์ กระจายตัวอยู่ใน หินเซอร์เพนทีนไนต์ ซึ่งปรากฏ slip surface จำนวนมากเนื่องจากแร่เซอร์เพนทีนมีการเคลื่อนตัวได้ง่าย และตำแหน่ง หินโผล่ พบว่าเป็นรอยต่อระหว่างหินตะกอนอายุยุคเพอร์เมียน – ไทรแอสซิกกับหมวดหินวังชันยุคไทรแอสซิกในกลุ่มหินลำปาง แต่ไม่ทราบที่มาว่าเกิดแบบไหน (fault หรือ dike ขึ้นมา) ตำแหน่ง CN29 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°44'54.585"E ละติจูด 19°15'10.722"N	20
รูป 3.3 : (A) แผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาบริเวณอำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน ประกอบจุดศึกษาทั้งหมด 8 จุดศึกษา (จุดสีแดง คือ ตำแหน่งจุดศึกษา) (B) แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณอำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน (ดัดแปลงจาก DMR, 2007) Tmm : กลุ่มหินแม่เมาะ JKpw : หมวดหินพระวิหาร	21

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
Jpk : หมวดหินภูกระดึง Tr1 : หินกรวดมนฐาน สีแดงเนื้อปูนผสม หินดินดาน สีเทา แทรกสลับด้วยหินทรายแป้งและหินทราย	21
Ptr : หินทราย หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน หินปูน	
Ptru : หินไพรอกซิไนต์ หินเพอริโดไทต์ หินเซอร์เพนทีนไนต์ และหินฮอร์นเบลนด์ Pr-2 : กลุ่มหินราชบุรี	
รูป 3.4 : Road cut outcrop ริมถนนหมายเลข 1258 ของหินเพอริโดไทต์ที่ถูก แปรสภาพบริเวณอำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน จากตัวอย่างหิน (รูปเล็กมุมล่างซ้าย) พบลักษณะของ decussate texture ของแร่ทริโมไลท์ - แอคทิโนไลท์ ตำแหน่ง MC6 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 101°10'29.654"E ละติจูด 18°43'35.404"N	22
รูป 3.5 : Road cut outcrop ริมถนนหมายเลข 1258 พบเป็น(contact) ระหว่าง หินต้นนิติกฮาร์สเบอร์เกอร์ (ซ้าย) และหินเพอริโดไทต์ที่ถูกแปรสภาพ (ขวา) บริเวณอำเภอแม่จริม จังหวัดน่านตำแหน่ง MC7 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 101°10'28.668"E ละติจูด 18°43'16.776"N	22
รูป 3.6 : (A) แผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาบริเวณตะวันตกอำเภอนาน้อย ตะวันตกอำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน จังหวัดน่าน ประกอบจุดศึกษา ทั้งหมด 6 จุดศึกษา (จุดสีแดง คือ ตำแหน่งจุดศึกษา) (B) แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณตะวันตกอำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน (ดัดแปลงจาก DMR, 2007) Qa : ตะกอนธารน้ำ Tmm : กลุ่มหินแม่เมาะ Ksk : หมวดหินเสาขัว JKpw : หมวดหินพระวิหาร JKI : หมวดหินลำทับ Jpk : หมวดหินภูกระดึง Tr1 : หินกรวดมนฐาน สีแดงเนื้อปูนผสม หินดินดาน สีเทา แทรกสลับด้วยหินทรายแป้งและหินทราย Tr2: หินดินดาน หินเชิร์ต และหินปูน Ptr : หินทราย หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน หินปูน Ptru : หินไพรอกซิไนต์ หินเพอริโดไทต์ หินเซอร์เพนทีนไนต์ และหินฮอร์นเบลนด์ Png1 : หมวดหินกิวลม	23
รูป 3.7 : Artificial outcrop ของหินเวโลไลต์ในพื้นที่ตะวันตกของอำเภอนาน้อย จังหวัดน่านตำแหน่ง CN20 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°56'50.948"E ละติจูด 18°19'43.658"N	24

สารบัญรูปลูกภาพ

	หน้า
รูป 3.8 : Road cut outcrop ริมถนนลูกรังบริเวณอุทยานแห่งชาติศรีน่าน ของหินดันไนต์ ในพื้นที่ตะวันตกอำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน พบว่าตรงผิวของหินดันไนต์มีการเปลี่ยนแปลงสภาพเป็น แร่เซอร์เพนทีน และมีการผุพังที่สูงมาก ตำแหน่ง CN62 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°55'41.343"E ละติจูด 18°19'16.155"N	24
รูป 3.9 : Road cut outcrop ริมถนนหมายเลข 1083 ของหินแกบโบรไนต์ในพื้นที่ ตะวันตกของ อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน พบการเรียงลำดับ (graded) จากความเป็นเมฟิกมากไปเมฟิกลดในทิศทางจากใต้ไปเหนือ (ตามลูกศรสีแดง) ตำแหน่ง CN22 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°56'53.513"E ละติจูด 18°16'46.78"N	25
รูป 3.10 : Road cut outcrop ริมถนนหมายเลข 1083 ในพื้นที่ตะวันตก ของอำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน พบหินเชิร์ตวางตัวอยู่บนบะซอลต์ที่มี การผุพังสูง ตำแหน่ง CN24 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°55'11.332"E ละติจูด 18°17'25.063"N	25
รูป 3.11 : (A)แผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาบริเวณเหนือเขื่อนสิริกิติ์ อำเภอกำแพงแสน เขื่อนสิริกิติ์บริเวณเหนือเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ประกอบด้วยจุดศึกษาทั้งหมด 7 จุดศึกษา (จุดสีแดง คือ ตำแหน่งจุดศึกษา) (B) แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณเหนือเขื่อนสิริกิติ์ ตะวันออกเฉียงเหนือของ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดอุตรดิตถ์ (ดัดแปลงจาก DMR, 2007) Qa : ตะกอนธารน้ำ Qt : ตะกอนตะพักลำน้ำ Ksk : หินดาน JKpw : หินดานพระวิหาร JKI : หินดานลำทับ Jpk : หินดานภูกระดึง Trwc : หินดานวังชัน Ptr : หินทราย หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน หินปูน Trge : แกรนิต Ptrv : หินไรโอไลต์ แอนดีไซต์ Ptru : หินไพโรอกซิไนต์ หินเพอร์โดไทต์ หินเซอร์เพนทีไนต์ Png1 : หินดานกัวลม Png2 : หินดานผาหวด C : หินกรวดมน หินทราย และหินดินดาน SD : หินฟิลไลต์ และหินฟิลไลต์เนื้อซิลิกา	26

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
<p>รูป 3.12 : Road cut outcrop ริมถนนหมายเลข 1139 ของหินแกรบโบร ในพื้นที่เหนือเขื่อนสิริกิติ์ อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ พบการเรียง ลำดับ (graded) จากความเป็นเมฟิกมากไปเมฟิกลน้อยในทิศทางจากใต้ ไปเหนือตามลูกศรสีแดง (จากรูปคือซ้ายไปซ้าย) ตำแหน่ง UTD5 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°41'8.648"E ละติจูด 17°59'39.899"N</p>	27
<p>รูป 3.13 : Artificial outcrop ริมถนนหมายเลข 1139 พบเป็นรอยต่อ (contact) ระหว่างหินดันไนต์ (ซ้าย) และโอลิวีนแกรบโบร (ขวา) ในพื้นที่เหนือเขื่อน สิริกิติ์ อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยคาดว่าน่าจะเป็นรอยต่อของ Mohorovicic discontinuity ตำแหน่ง UTD10 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 1 00°36'20.581"E ละติจูด 17°50'53.038"N</p>	27
<p>รูป 3.14 : (A) ภาพถ่ายดาวเทียม โดยโปรแกรม Google Earth ในพื้นที่จังหวัด จังหวัดน่าน-อุตรดิตถ์ และจังหวัดข้างเคียง (B) แผนที่แสดง Lineament วิเคราะห์โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth พบว่าโครงสร้างหลัก อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ (rose diagram ข้อมูลจาก 4155 จุด โดยที่ 2 กิโลเมตร/จุด)</p>	28
<p>รูป 3.15 : ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินแกรบโบร (ซ้ายเป็นภาพ แบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะที่สามารถ มองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ประกอบด้วย แร่สีขาวย คือ แร่แพลจิโอเคลส และแร่สีด้ามเขียวคือ แร่ไพรอกซีน พบบริเวณตะวันตกของตำบลเชียงของ อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน ตัวอย่าง CN22 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°56'54.56"E ละติจูด 18°16'48.052"N</p>	29
<p>รูป 3.16 : ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินแกรบโบร (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบลักษณะการสานเกี่ยวกันของแร่ไพรอกซีนที่บางส่วนถูกเปลี่ยนสภาพ เป็นแร่คลอไรต์ Px - Pyroxene, Chl - Chlorite พบบริเวณตะวันตกของ ตำบลเชียงของ อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน ตัวอย่าง CN22</p>	30

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
<p>รูป 3.17 : ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินแกรบโบร (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะที่สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) แร่สีขาวย คือแร่แพลจิโอเคลส ซึ่งเป็นเนื้อดอกและมีการเรียงตัวของแร่ ส่วนแร่สีดำอมเขียว คือแร่ไพรอกซีนเป็นเนื้อพื้น พบบริเวณตอนบนของตำบลท่าแฝก ตัวอย่าง UTD 5 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°41'12.585"E ละติจูด 17°59'36.457"N</p>	31
<p>รูป 3.18 : ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินฮอร์นเบลนด์แกรบโบร (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบลักษณะการเรียงตัวของแร่ฮอร์นเบลนด์ และแพลจิโอเคลส ซึ่งแร่แพลจิโอเคลสบางส่วนถูกเปลี่ยนสภาพเป็นแร่เซอร์ไซต์ ; Px - pyroxene, Hb - hornblend ,Pl - plagioclase, Sr - sericite, Opq - opaque mineral พบบริเวณตอนบนของตำบลท่าแฝก ตัวอย่าง UTD 5</p>	32
<p>รูป 3.19 : ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินแกรบโบร (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะที่สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) มีขนาดผลึกเท่าๆกัน และมีขนาดผลึกที่หยาบ แร่สีขาวย คือแร่แพลจิโอเคลส ส่วนแร่สีดำ คือ แร่ไพรอกซีน พบบริเวณตอนบนของตำบลท่าแฝก ตัวอย่าง UTD 7 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°39'32.249"E ละติจูด 17°58'21.293"N</p>	33
<p>รูป 3.20 : ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินโอลิวีนแกรบโบร (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบลักษณะ ophitic texture ของแร่ไพรอกซีนและแพลจิโอเคลส แร่ไพรอกซีนบางส่วนมีลักษณะของ symplectite texture ; Px - pyroxene, Pl - plagioclase, Sym - symplectite พบบริเวณตอนบนของตำบลท่าแฝก ตัวอย่าง UTD 7 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°39'32.249"E ละติจูด 17°58'21.293"N</p>	34

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
<p>รูป 3.21 : ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินแกบโบร (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะที่สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) มีขนาดผลึกเท่าๆกัน และมีขนาดผลึกปานกลาง แร่ที่เป็นจุดสีขาว คือแร่แพลจิโอเคลส ส่วนแร่สีดำ คือแร่ไพรอกซีน พบบริเวณตอนใต้ของตำบลท่าแฝก ตัวอย่าง UTD 10 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°39'32.249"E ละติจูด 17°58'21.293"N</p>	35
<p>รูป 3.22 : ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินโอลิวีนแกบโบร (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบลักษณะของ ophitic texture ของแร่ไพรอกซีนและแพลจิโอเคลส แร่ไพรอกซีนบางส่วนมีลักษณะของ lamella และตามรอยแตกของแร่โอลิวีนพบแร่เซอร์เพนทีน ; Px - Pyroxene, Pl - plagioclase, Ol - olivine, Ser - serpentine, El - exsolution lamellae พบบริเวณตอนใต้ของตำบลท่าแฝก ตัวอย่าง UTD 10 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°39'32.249"E ละติจูด 17°58'21.293"N</p>	36
<p>รูป 3.23 : ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินดันไนต์ (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะไม่สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (aphanitic texture) ประกอบไปด้วยแร่สีดำคือ แร่โอลิวีน และแร่สีน้ำตาลอมเขียวที่อยู่ตามขอบของหิน คือแร่เซอร์เพนทีน ตัวอย่าง CN63 พบทางตะวันตกของตำบลเชียงของ อำเภอน่าน้อย จังหวัดน่าน พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°54'47.203"E ละติจูด 18°18'36.05"N</p>	37
<p>รูป 3.24 : ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินเซอร์เพนทีนดันไนต์ (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบลักษณะแร่เซอร์เพนทีนที่ยังคงหลงเหลือโครงสร้างเดิมของแร่โอลิวีน และแร่ทึบแสง ตัวอย่าง CN63 พบทางตะวันตกของตำบลเชียงของ</p>	37
<p>รูป 3.25 : ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินเวอร์ไลต์ (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะสามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกปานกลาง ประกอบไปด้วยแร่สีดำเทา คือ แร่โอลิวีนหรือไพรอกซีน และแร่สีน้ำตาลอมเขียวที่อยู่ตามขอบ และแร่ที่เป็นเส้นใยสีดำตรงกลาง คือแร่เซอร์เพนทีน ตัวอย่าง CN20</p>	38

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
พบทางตะวันตกของตำบลเชียงของ พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°56'49.34"E ละติจูด 18°19'42.21"N	
รูป 3.26 : ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินเซอร์เพนทีนเวอไลต์ (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบลักษณะแร่โอลิวีนและไพรอกซีน ผลึกแสดงมุมประกอบ ระหว่าง 3 ผลึก (triple junction) และลักษณะของแร่โคลโนไพรอกซีน ที่แสดง exsolution lamellae ตามรอยแตกและขอบของแร่โอลิวีน คือแร่เซอร์เพนทีน ; Px-pyroxene, Ol-olivine ตัวอย่าง CN20	39
รูป 3.27 : ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินฮาร์สเบอร์โกท์ (ซ้ายเป็นภาพ และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะสามารถมองเห็นผลึก ได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกเล็กถึงปานกลาง ประกอบไปด้วยแร่สีดำเทา คือ แร่โอลิวีนหรือไพรอกซีน และแร่สีน้ำตาลอมเขียวที่อยู่ตามขอบ คือแร่เซอร์เพนทีน ตัวอย่าง CN62 พบทางตะวันตกของตำบลเชียงของ พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°55'41.525"E ละติจูด 18°19'16.811"N	40
รูป 3.28 : ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินเซอร์เพนทีนฮาร์สเบอร์โกท์ (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบ Relic Grain ของแร่ไพรอกซีนที่ตาม ขอบเป็นแร่เซอร์เพนทีน และแร่เซอร์เพนทีนที่พบโครงสร้างเดิม (relic structure) ของแร่โอลิวีน ; Px - pyroxene, Ser - serpentine ตัวอย่าง CN62	40
รูป 3.29 : ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินฮาร์สเบอร์โกท์ (ซ้ายเป็นภาพ แบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะสามารถมอง เห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกเล็กถึงปานกลาง พบลักษณะของเนื้อดอก (porphyritic texture) โดยมีแร่ดอกเป็น แร่ไพรอกซีน (pyroxene) และแร่โอลิวีน (olivine) ตามรอยแตกพบ การเปลี่ยนสภาพเป็นแร่เซอร์เพนทีน ตัวอย่าง UTD27 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°37'21.189"E ละติจูด 17°53'54.481"N	41

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูป 3.30 : ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินฮาร์สเบอร์โกท์ (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) ลักษณะเป็นเนื้อดอกที่แยกไม่ชัดเจน (seriate porphyritic texture) โดยมีแร่ดอกคือแร่ไคลโนไพรอกซีน และแร่โอลิวีนและออร์โทไพรอกซีนเป็นเนื้อพื้น พบ exsolution lamellae ในแร่ไคลโนไพรอกซีน ตัวอย่าง UTD27	42
รูป 3.31 : ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินเพอริโดไทต์ที่ถูกแปรสภาพ (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาคือภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะสามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกเล็กถึงปานกลาง ประกอบด้วยแร่สีขาวน้ำตาลมีรูปร่างเป็นเส้น คือแร่ทรีโมไลต์-แอคทีโนไลต์ แสดงลักษณะของ decussate texture และแร่สีดำ คือแร่โอลิวีนและไพรอกซีน ตัวอย่าง MC6 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 101°10'29.654"E ละติจูด 18°43'35.404"N	43
รูป 3.32 : ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินเซอร์เพนทีนเพอริโดไทต์ที่ถูกแปรสภาพ (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบลักษณะของ decussate texture ของแร่ทรีโมไลต์ - แอคทีโนไลต์ โดยที่เนื้อพื้นเป็นหินเพอริโดไทต์ ; Px - pyroxene, Tre-Act - tremolite – actinolite ตัวอย่าง MC6	43
รูป 3.33 : ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินโอลิวีนไพรอกซีน (ซ้ายเป็นภาพ และขวาคือภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะสามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกเล็กถึงปานกลาง มีลักษณะเป็นเนื้อดอก (porphyritic texture) ประกอบด้วยแร่สีดำ คือแร่โอลิวีน เป็นแร่ดอก และแร่สีเทาดำ คือแร่ไพรอกซีนเป็นเนื้อพื้น ตัวอย่าง CN29 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°44'54.585"E ละติจูด 19°15'10.722"N	44
รูป 3.34 : ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินเซอร์เพนทีนโอลิวีนไคลโนไพรอกซีน (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบผลึกแสดงมุมประกบระหว่าง 3 ผลึก (triple junction) ของแร่ไคลโนไพรอกซีน Cpx - Clinopyroxene, Ol - Olivine (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) ตัวอย่าง CN29	45

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูป 3.35 : Total Alkali-SiO ₂ Discrimination diagram (Le Bas และคณะ, 1986) ของหินฮอร์นเบลนด์แกบโบรและโอลิวีนแกบโบร บริเวณตำบลท่าแฝก อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ พบเป็นองค์ประกอบแบบ Picro-basalt ซึ่งเทียบเท่ากับหินโอลิวีนแกบโบร	47
รูป 3.36 : Zr/TiO ₂ -Nb/Y Discrimination diagram (ดัดแปลงจาก Winchester และ Floyd, 1977) ของหินฮอร์นเบลนด์แกบโบรและโอลิวีนแกบโบร บริเวณตำบลท่าแฝก อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ พบเป็นองค์ประกอบแบบบะซอลต์ (Basalt composition) ซึ่งเทียบเท่ากับหินแกบโบร (Gabbro)	47
รูป 3.37: AFM Variation Triangular Diagram ของหินฮอร์นเบลนด์แกบโบรและโอลิวีนแกบโบร บริเวณตำบลท่าแฝก อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ พบอยู่ในพื้นที่ของ tholeiite (กราฟจาก Irvin และ Barager, 1971)	48
รูป 3.38 : Normalized multielement plot (normalized to chondrite ดัดแปลงจาก McDonough และ Sun, 1989) ของหินโอลิวีนแกบโบร และฮอร์นเบลนด์แกบโบร (ข้อมูลจากตาราง 4.3) เทียบกับหินออกไซด์แกบโบรและโอลิวีนแกบโบรบริเวณ Northern Central Indian Ridge (Dwijesh RAY และคณะ, 2011)	48
รูป 3.39 : Chondrite normalized REE spiderdiagram (ข้อมูล normalized จาก McDonough และ Sun, 1989) ของหินโอลิวีนแกบโบรและฮอร์นเบลนด์แกบโบ (ข้อมูลจากตาราง 4.2 และ 4.3) เทียบกับหินแกบโบรบริเวณ Northern Central Indian Ridge (Dwijesh RAY และคณะ, 2011)	49
รูป 4.1 : การลำดับชั้นหินของชุดหินโอไฟไอไลต์ (Bedard, J.H. และคณะ)	52
รูป 4.2 : แบบจำลองการแปรสัณฐานของแผ่นเปลือกโลกในบริเวณพื้นที่ศึกษา	53

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 4.1 Major element (%wt)	46
ตาราง 4.2 Trace element (ppm.)	46
ตาราง 4.3 Rare earth element (ppm.)	46

- 1.1 ที่มาและความสำคัญ
- 1.2 วัตถุประสงค์
- 1.3 ขอบเขตการศึกษา
- 1.4 พื้นที่ศึกษา
- 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
- 1.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.7 วิธีการดำเนินการ
- 1.8 แผนผังวิธีการดำเนินการ
- 1.9 การเตรียมตัวอย่าง

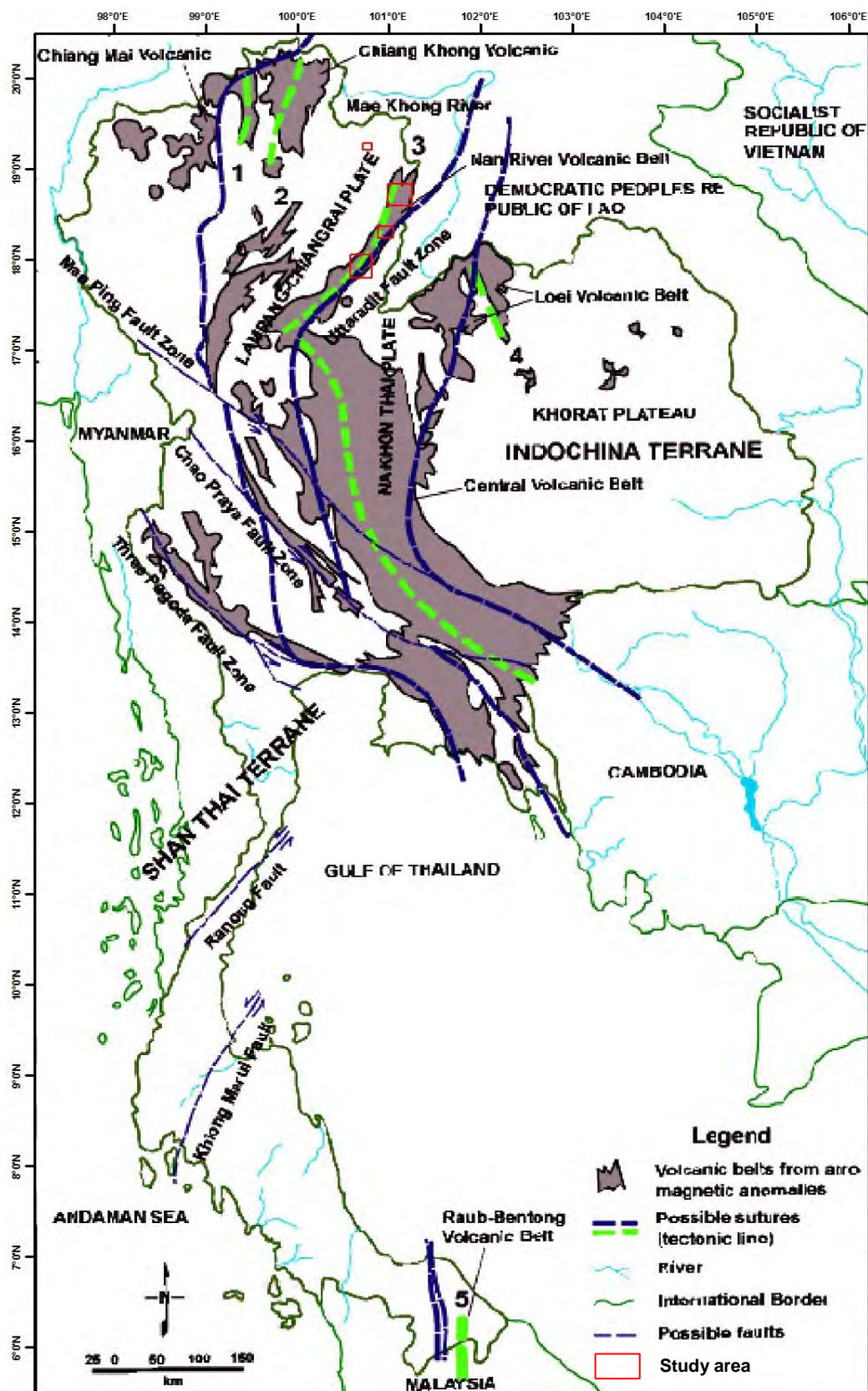
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ตะเข็บธรณีน่านตั้งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศไทยบริเวณจังหวัดน่านและอุตรดิตถ์ (ดังรูป 1.1) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความซับซ้อนทั้งทางด้านธรณีวิทยาและโครงสร้าง ตะเข็บธรณีน่านถูกกล่าวครั้งแรกโดยสังต์ พันธุ์โอภาส (Bunopas, 1981) ซึ่งเป็นผู้ที่บุกเบิกการศึกษาธรณีวิทยาในประเทศไทย โดยเชื่อว่าตะเข็บธรณีน่านเป็นบริเวณของการชนกันของแผ่นเปลือกโลกภาคพื้นทวีป 2 แผ่นที่สำคัญระหว่างแผ่นจูลทวีปฉาน - ไทย และแผ่นจูลทวีปอินโดจีนมา ต่อมา Barr และ Macdonald (1987) ได้เสนอว่าตะเข็บธรณีน่านประกอบด้วยชุดหินโอไฟโอไลต์ ซึ่งประกอบด้วยหินอัลตราเมฟิกเป็นส่วนใหญ่ และเป็นบริเวณที่เกิดในขึ้นแนวหลังหมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง (back-arc setting) หรือแนวระหว่างภูเขาไฟรูปโค้ง (inter-arc setting) ในช่วงยุคก่อนเพอร์เมียน หลังจากนั้น Panjasawatwong (1991) ได้ศึกษาศิลาเคมีของแร่โครเมียมสปีเนลในพื้นที่จังหวัดน่านและอุตรดิตถ์ ซึ่งผลการศึกษาระบุว่ามีความสัมพันธ์กับแมกมาในแนวภูเขาไฟรูปโค้ง (arc-related magma) และคาดว่าเกิดในบริเวณของแนวแยกเหนือแนวการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก (suprasubduction zone) อีกทั้ง Luwongsa (2004) ก็ได้ทำการศึกษาศิลาเคมีของแร่โครเมียมสปีเนลจากหินอัลตราเมฟิกบางส่วนในพื้นที่จังหวัดน่านและอุตรดิตถ์ พร้อมทั้งสรุปว่าเกิดในสภาพแวดล้อมที่แบ่งได้เป็น 2 บริเวณ คือ บริเวณของแนวแยกเหนือแนวการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก (suprasubduction zone) และแนวหมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง (island arc setting) ต่อมา Singharajwarapan และ Berry (2000) ได้สรุปว่าตะเข็บธรณีน่านคือมีลานจ์หินเซอร์เพนทีน (serpentinitic mélange) ที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ (thrust slice) ในหินแปรชุดผาส้มซึ่งอยู่ภายในหินพอกพูนซับซ้อน (accretionary complex) ที่เกิดขึ้นระหว่างยุคเพอร์เมียนตอนปลาย จากนั้น Rittisit (2011) ได้ศึกษาตะเข็บธรณีน่านโดยใช้ข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศร่วมกับข้อมูลการรับรู้ระยะไกล และได้สรุปทิศทางการมุดตัวเป็นจากทิศตะวันตกไปตะวันออก

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อที่ศึกษาลักษณะทางศิลาวรรณนาและธรณีเคมี เพื่อให้ทราบถึงกระบวนการเกิดรวมไปถึงธรณีแปรสัณฐานของหินเมฟิก-อัลตราเมฟิก บริเวณพื้นที่น่านและอุตรดิตถ์ โดยเฉพาะข้อมูลทางธรณีเคมีสามารถนำข้อมูลจากบริเวณที่ไม่ทราบกระบวนการธรณีแปรสัณฐานไปเปรียบเทียบกับบริเวณที่ทราบในปัจจุบัน เพื่อหากระบวนการธรณีแปรสัณฐานที่เกิดขึ้นได้ แต่ทั้งนี้ต้องอาศัยความรู้ทางด้านธรณีวิทยาควบคู่กันไปด้วย จึงจะสามารถวิเคราะห์ผลได้อย่างถูกต้องยิ่งขึ้น



รูป 1.1 แผนที่ธรณีแปรสัณฐานแสดงแผ่นจุลทวีปหลักและรอยเลื่อนในประเทศไทย (ดัดแปลงจาก Tulyatid และ Charusiri, 1999 และ Charusiri et al. 2002).

1.2 วัตถุประสงค์

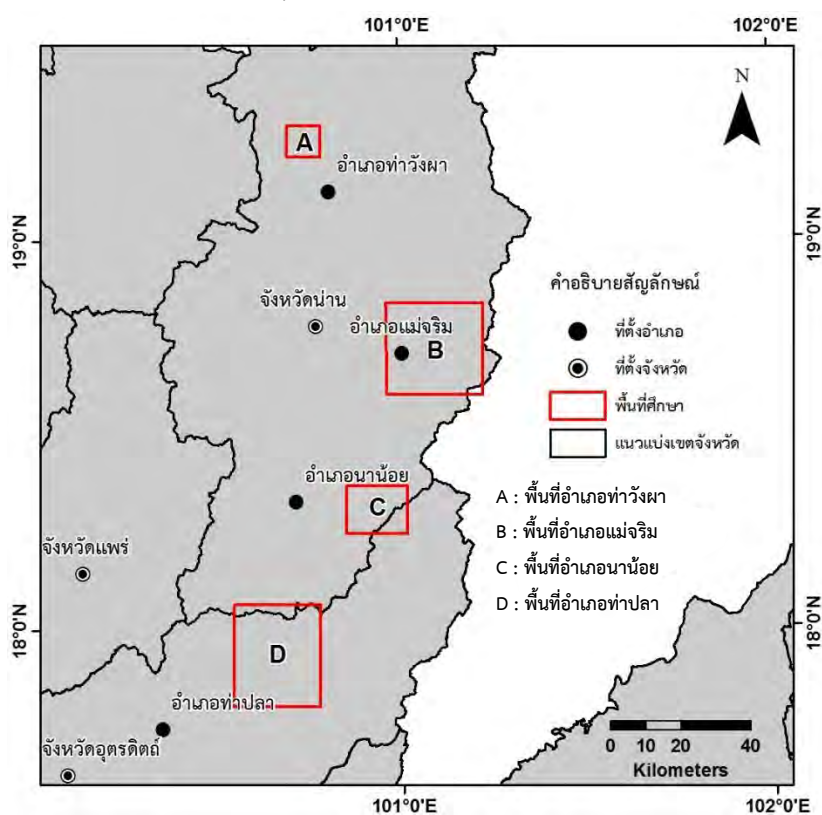
เพื่อศึกษาลักษณะสิลาวรรณนาและธรณีเคมีของหินเมฟิก - อัลตราเมฟิก บริเวณพื้นที่น่านและอุตรดิตถ์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาสิลาวรรณนา (petrography) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ รวมไปถึงการวิเคราะห์ธรณีเคมี (geochemical analysis) ด้วยเครื่อง X-ray fluorescence spectrometry (XRFs) และ Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) (รูป 1.3) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบ ธาตุร่องรอย และธาตุหายากในหินตัวอย่าง

1.4 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาประกอบด้วย 4 พื้นที่ศึกษาย่อย (รูป 1.2) ดังนี้ 1.พื้นที่ A บริเวณทางตอนเหนือของอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน 2.พื้นที่ B บริเวณอำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน 3.พื้นที่ C บริเวณตะวันตกของตำบลเชียงของ อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน และ 4.พื้นที่ D บริเวณเหนือเขื่อนสิริกิติ์ ตำบลท่าแฝก อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์



รูป 1.2 แผนที่พื้นที่ย่อยทั้ง 4 พื้นที่ ในจังหวัดน่านและอุตรดิตถ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบชื่อหิน และข้อมูลทางศิลาวรรณนา รวมไปถึงกระบวนการเกิดและธรณีแปรสัณฐานของหินเมฟิก-อัลตราเมฟิก บริเวณพื้นที่น่านและอุตรดิตถ์

1.6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตะเข็บธรณีน่านตั้งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศไทยบริเวณจังหวัดน่านและอุตรดิตถ์ ลักษณะโครงสร้างหลักวางตัวในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (ดูรูป 1.1)

Chaodumrong (1994) รายงานว่าตะเข็บธรณีน่านประกอบด้วยหินอัคนีระดับเมฟิกและอัลตราเมฟิก พบตามแนวของแม่น้ำน่าน แผ่ขยายจากด้านตะวันออกของจังหวัดน่านสู่เขื่อนสิริกิติ์ในจังหวัดอุตรดิตถ์ อีกทั้งยังเป็นรอยต่อระหว่างชุดหินมหายุคพาลีโอโซอิก (ด้านตะวันตก) กับชุดหินมหายุคมีโซโซอิก (ด้านตะวันออก) และบางส่วนปกคลุมด้วยหินอัคนีสีเข้ม และสีเข้มมาก (ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินเซอร์เพนทีน) ซึ่งสัมพันธ์กับรอยตะเข็บ Changning-Shuangjiang

Barr & Macdonald (1987) และ Hutchison (1988) กล่าวว่าในช่วงยุคก่อนเพอร์เมียน แผ่นจุลทวีปชานไทยยังคงติดกับมหาทวีปกอนด์วานา ต่อมาจึงแยกตัวออกมาชนกับแผ่นจุลทวีปอินโดจีนในช่วงยุคปลายเพอร์เมียน และชนกันสนิทในช่วงยุคปลายไทรแอสซิก ซึ่งแสดงโดยการ obduction ของอัคนีสีเข้ม และอัคนีสีเข้มมาก หลังจากนั้นเกิดการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในแอ่งลำปางและน่านหลักฐานจากหินตะกอนทะเลในพื้นที่

Sukvattananunt และ Assavapatchara (1987) ศึกษาหินพอกพูนซับซ้อน(accretionary complex) บริเวณเขื่อนสิริกิติ์และสรุปว่าเกิดจากการชนกันระหว่างยุคปลายไทรแอสซิก

Panjasawatwong (1991) ศึกษาศิลาวรรณนาและธรณีเคมีของหินอัคนีในพื้นที่ตะเข็บธรณีน่าน แล้วสรุปว่า หินเมฟิก-อัลตราเมฟิกในพื้นที่แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ 1. Gabbro/amphibolites and associated ultramafic 2. Chromitite and associated dunites

Singharajwarapan (1993) ศึกษาศิลาเคมีในหินบะซอลต์แล้วเสนอว่าหินบะซอลต์นั้นเกิดหลังจากการชนกันโดยเป็นลักษณะของ intra-volcanism

Panjasawatwong และ Yaowanoyothin (1993) ศึกษาศิลาเคมีของแร่โครเมียนสปิเนลในหินอัลตราเมฟิก แล้วเสนอว่าเกิดในบริเวณของแนวแยกเหนือแนวการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก (suprasubduction zone)

Lunwongsa (2004) เสนอว่าแร่โครเมียนสปิเนลในหินเมฟิกและอัลตราเมฟิกแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ บริเวณของแนวแยกเหนือแนวการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก (suprasubduction zone) และแนวหมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง (island arc setting)

1.7 วิธีการดำเนินการ

วิธีการดำเนินการสามารถแบ่งออกได้เป็น 11 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้ (ดูรูป 1.3 ประกอบ)

1.7.1 ศึกษางานวิจัยและรายงานเก่า

1.7.1.1 ศึกษารายงานและการวิจัยที่เคยมีผู้ศึกษามาแล้ว เกี่ยวกับลักษณะทางธรณีวิทยาของหินเมฟิก-อัลตราเมฟิก บริเวณพื้นที่น่านและอุตรดิตถ์ รวมถึงหลักการและแนวทางปฏิบัติโดยรวมในการทำวิจัย

1.7.1.2 รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากรายงานเก่าแล้วนำมาวางแผนงานวิจัยในการศึกษาครั้งนี้และบางส่วนสำหรับการวิจารณ์ผลในอนาคต

1.7.2 แปลความหมายภาพถ่ายดาวเทียม

แปลความหมายแนวเส้นโครงสร้าง (Structure lineament) แนวรอยแตก ธรณีสัณฐานโดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากโปรแกรม Google earth และดาวเทียมแลนด์เซท 7 (LANDSAT 7ETM Satellites)

1.7.3 วางแผนการสำรวจภาคสนามและทำการสำรวจภาคสนาม

เพื่อเก็บข้อมูลทางธรณีวิทยาทั่วไปและตัวอย่างหินเพื่อทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการต่อไป

1.7.4 เตรียมตัวอย่างสำหรับการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

การเตรียมตัวอย่างหิน โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน คือแผ่นหินขัดบาง ตัวอย่างหินผงและตัวอย่างสารละลาย

1.7.4.1 แผ่นหินขัดบางสำหรับการศึกษาศิลาวรรณนา ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์

1.7.4.2 ตัวอย่างหินผงสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray fluorescence spectrometry (XRFs)

1.7.4.3 ตัวอย่างสารละลายสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)

1.7.5 การศึกษาศิลาวรรณนาจากแผ่นหินบาง

ศึกษาแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรซ์ส่องผ่านเพื่อศึกษาแร่องค์ประกอบหินสำหรับทำ Modal analysis, ลักษณะเนื้อหิน และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการเลือกตัวอย่างหินที่จะนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีเคมีต่อไป

1.7.6 การวิเคราะห์ธรณีเคมีจากตัวอย่างหินผง

นำตัวอย่างผงหิน ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray fluorescence spectrometry (XRFs) โดยวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบรองทางเคมีของหินทั้งก้อน ผลวิเคราะห์ที่ได้เป็นปริมาณ Major Oxide และ Minor Oxide ได้แก่ SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O และ P_2O_5

1.7.7 การวิเคราะห์ธรณีเคมีจากตัวอย่างสารละลาย

นำตัวอย่างผงหินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 0.074 มิลลิเมตร (< 200 Mesh) ไปละลายให้เป็นตัวอย่างสารละลาย แล้วจึงทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) เพื่อวิเคราะห์ธาตุหายากในหิน

1.7.8 ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและการประมวลผล (ทำการทดลองซ้ำในกรณีที่พบความผิดพลาด)

1.7.9 รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อการตีความผลการศึกษา

1.7.10 อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

1.7.10.1 รวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการศึกษาสัณฐานวิทยาและธรณีเคมี

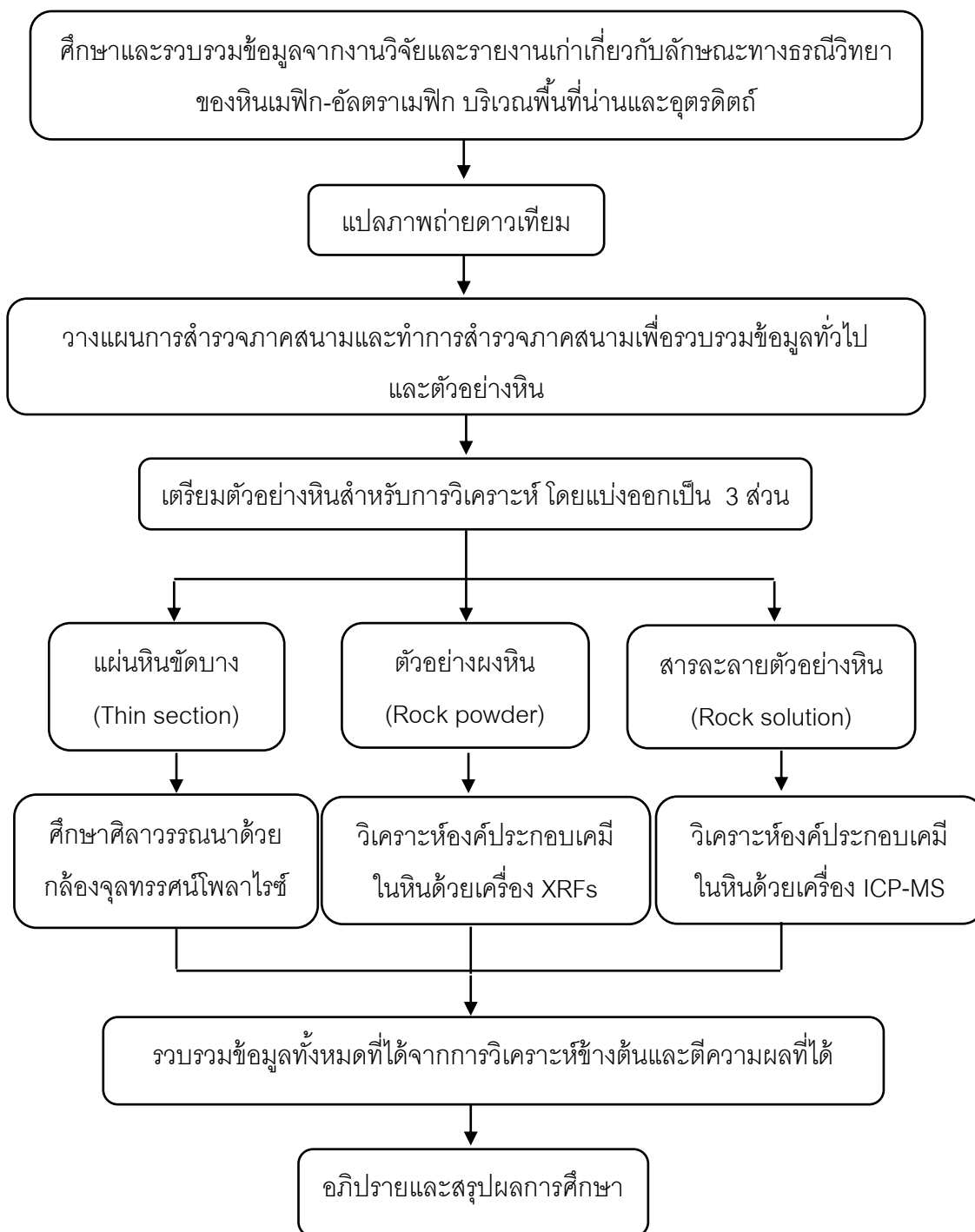
1.7.10.2 ตีความและประมวลผลที่ได้จากการศึกษา

1.7.11 นำเสนอและจัดทำรูปเล่มรายงาน



รูป 1.3 เครื่อง Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS) (ซ้าย) และเครื่อง X-ray fluorescence spectrometry (XRFs) (ขวา)

1.8 แผนผังวิธีการดำเนินการ



รูป 1.4 แผนผังวิธีการดำเนินการ

1.9 การเตรียมตัวอย่าง

1.9.1 แผ่นหินขัดบาง

การเตรียมตัวอย่างแผ่นหินบาง เพื่อนำไปศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ โดยการเตรียมตัวอย่างแผ่นหินบาง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.9.1.1 ตัดก้อนตัวอย่างหินให้มีขนาดเล็กใกล้เคียงกับขนาดกระจกสไลด์ โดยมีความหนาน้อยกว่า 3 เซนติเมตร

1.9.1.2 ตัดหินตัวอย่างลงบนกระจกด้วยกาว balsam บน hot plate แล้วรอให้แห้งสนิท

1.9.1.3 ฝนหินตัวอย่างที่ติดกระจกเรียบร้อยแล้วด้วยเครื่องขัดหินบางอย่างหยาบ

1.9.1.4 ฝนหินตัวอย่างให้บางด้วยกระจกและผลขัดหินที่มีความละเอียด 600 ไมครอน และ 1,000 ไมครอน ตามลำดับ จนกระทั่งแผ่นหินตัวอย่างมีความบางประมาณ 0.003 มิลลิเมตร

1.9.1.5 ปิดด้วยกระจกกันไค (Cover glass)

หลังจากปฏิบัติตามขั้นตอนดังกล่าวแล้ว นำตัวอย่างแผ่นหินขัดบางไปศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ต่อไป

1.9.2 ตัวอย่างผงหิน

การเตรียมตัวอย่างผงหิน เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหิน ด้วยเครื่อง X-ray fluorescence spectrometry (XRFs) มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1.9.2.1. นำตัวอย่างหินไปบดด้วยครกให้เป็นผงละเอียด

1.9.2.2. นำตัวอย่างผงหินที่ได้จากการบดด้วยครกไปอัดด้วยเครื่องอัด

1.9.2.3. นำตัวอย่างที่อัดเรียบร้อยแล้วไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องเครื่อง X-ray fluorescence spectrometry (XRFs)

โดยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ (X-ray Fluorescence Spectrometer) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการหาชนิดและปริมาณของธาตุในสารตัวอย่างทั้งที่เป็น ของแข็ง โดยอาศัยหลักการรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานสูงไปยิงกระทบตัวอย่าง ทำให้เกิดการปล่อยโฟตอนออกมา (fluoresced) เนื่องจากโฟตอนที่ถูกปล่อยออกมาจากธาตุต่างชนิดจะมีความยาวคลื่นหรือพลังงานเฉพาะสำหรับธาตุนั้นๆ จึงทำให้สามารถจำแนกชนิดของธาตุที่มีอยู่ในตัวอย่างได้ทั้งนี้ปริมาณโฟตอนเปล่งออกมาขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุในสารตัวอย่าง ข้อมูลนี้จึงสามารถนำมาวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุแต่ละชนิดได้โดยเฉพาะธาตุองค์ประกอบหลักและรอง (major and minor elements) ในหินทั่วไป

1.9.3 ตัวอย่างสารละลาย

การเตรียมตัวอย่างสารละลาย เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหิน ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP - MS) มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1.9.3.1 นำตัวอย่างหินไปบดด้วยครก Agate ให้เป็นผงละเอียดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 0.074 มิลลิเมตร (< 200 Mesh)

1.9.3.2 นำตัวอย่างผงหินละเอียดจากข้อ 1.9.3.1 ไปละลายให้เป็นสารละลาย

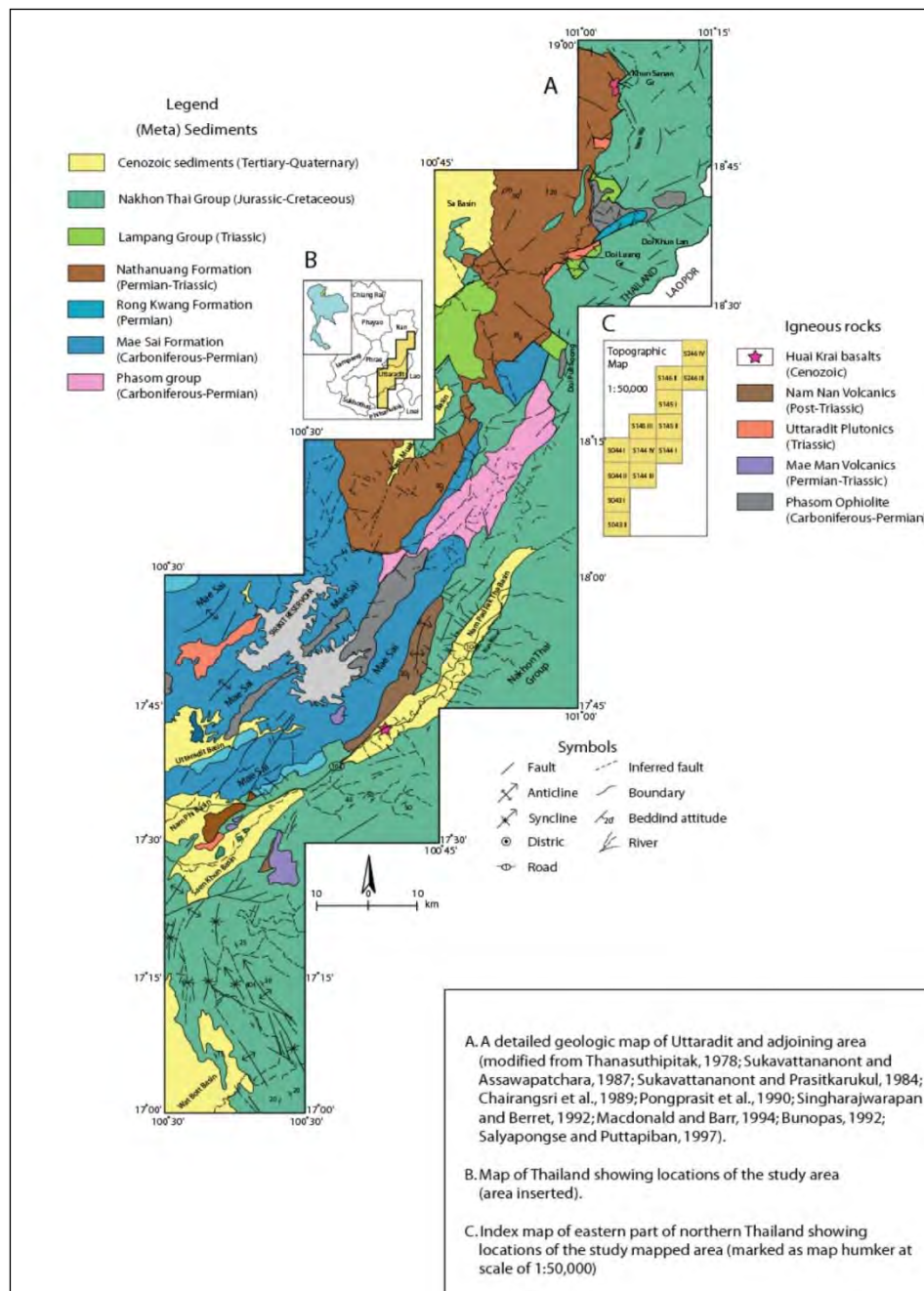
1.9.3.3 นำตัวอย่างสารละลายไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP-MS)

ICP - MS มีหลักการทำงานคือสารละลายของโลหะหรือแร่ธาตุเหล่านั้นถูกฉีดเข้าเครื่องมือผ่านเข้าไปใน Plasma ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งของพลังงาน ซึ่งคล้ายคลึงกับ flame ของเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (AAS) เมื่อสารละลายของตัวอย่างผ่านเข้าไปใน Plasma จะผ่านกระบวนการ desolvation และ vaporization ได้เป็นแก๊สและผ่านกระบวนการ atomization ได้เป็นอะตอมซึ่งกระบวนการเหล่านี้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว เมื่ออะตอมได้รับพลังงานจะเกิดการเปลี่ยนแปลง 2 แบบ คือ 1) อะตอมจาก ground state จะเปลี่ยนเป็นอะตอม excited state 2) อะตอมจาก ground state จะเปลี่ยนเป็นไอออนประจุบวก ซึ่งอะตอม excited state ที่ไม่เสถียร จะพยายามกลับมาเป็นอะตอมและไอออนประจุบวก โดยการเปล่งรังสี (emission) ที่ช่วงความยาวคลื่นต่างๆ ซึ่งปริมาณหรือความเข้มของการเปล่งรังสี จะสัมพันธ์กับปริมาณของอะตอมหรือไอออนที่มีอยู่ ดังนั้นจึงสามารถใช้ในการเปล่งรังสีดังกล่าวในการหาชนิดและปริมาณของแร่ธาตุในตัวอย่างได้

บทที่ 2 ธรณีวิทยาทั่วไป

บทที่ 2 ธรณีวิทยาทั่วไป

ชั้นหินตะกอนบริเวณอุตรดิตถ์และพื้นที่ข้างเคียงประกอบด้วยหน่วยหินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลาย โดยมีการเรียงลำดับต่อเนื่องจนถึงยุคปัจจุบัน (Holocene) นอกจากนี้ยังมีหินอัคนีแทรกดันหินตะกอนเข้ามาอีกต่อหนึ่ง อีกทั้งหินตะกอนเหล่านี้ยังเกิดการแปรสภาพภูมิภาค (Regional metamorphism) และได้รับอิทธิพลของกระบวนการแปรสัณฐาน (Tectonic process) จนทำให้ชั้นหินเกิดการคดโค้งงอและเลื่อนตัวอย่างมาก โดยมีลำดับอายุจากแก่สุดถึงอ่อนสุด ดังนี้ (อ้างอิงจาก Charusiri, 2009)



รูป 2.1 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดอุตรดิตถ์และบริเวณข้างเคียง (ดัดแปลงจาก Charusiri และคณะ, 2004)

กลุ่มหินผาส้ม (Pha Som Group)

อาจจัดได้ว่าเป็นกลุ่มหินที่แก่ที่สุดในพื้นที่ศึกษา (อายุประมาณยุคคาร์บอนิเฟอรัส ถึง เพอร์เมียน) ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 40 ของพื้นที่ศึกษา กลุ่มหินประกอบด้วยหินแปรทั้งหมด 6 ชนิด (อ้างอิงจากThanasuthipitak, 1978) คือ หินชีสต์มีไมก์าปนฮอนเบลนด์ (Mica-hornblende schist) หินชีสต์มีคลอไรต์ (chlorite-schist) หินชีสต์มีแอกทิโนไลต์ (Actinolite schist) หินชีสต์มีอีพิโดตปนควอตซ์ (epidote-quartz schist) หินชีสต์มีมัสโคไวต์ปนควอตซ์ (muscovite-quartz schist) และ หินฟิลไลต์ปนควอตซ์ (Quartz & Quartzitic phyllite/Phyllite) ซึ่งจากลักษณะทางศิลาเคมีบ่งบอกว่าเป็นการแปรสภาพขั้นต่ำในกลุ่มชุดแร่กรีนชีสต์

กลุ่มหินแพร์ (Phrae Group)

กลุ่มหินนี้ประกอบด้วยหมวดหินแม่สาย (Mae Sai Formation) หมวดหินร้องกวาง (Rong Kwang Formation) และหมวดหินนาทลุง (Nathanung Formation) ซึ่งกลุ่มหินนี้มีอายุระหว่างยุคคาร์บอนิเฟอรัสจนถึงต้นยุคไทรแอสซิก และสามารถเทียบเคียงได้กับกลุ่มหินแม่ทา (Mae tha Group) ของ สงัด ปิยศิริปี และคณะ (1975)

หมวดหินแม่สาย (Mae Sai Formation) นับว่าเป็นหมวดหินที่แก่ที่สุด และมักปรากฏ บริเวณที่มีลักษณะภูมิประเทศลาดต่ำใกล้เชิงเขา และตามบริเวณฝั่งแม่น้ำนาน หินส่วนใหญ่เป็น หินตะกอนเม็ดสีเทา ที่เด่นมากคือ หินทรายเม็ดละเอียดถึงละเอียดปานกลางมีแร่ไมก์าปนมาก และหินทรายแก้วสีสลับด้วยหินแก้วไรโอไลต์และแอนดิไซต์บ้าง นอกจากนี้มีหินดินดานสีดำปนปูนบ้าง และหินเชิร์ตสีเข้มชั้นหนาแทรกปนและหินดินดานสีเทา โดยทั่วไปชั้นหินวางตัวไปในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ และมีการเอียงเทด้วยมุมปานกลาง (40° - 60°) ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

หมวดหินร้องกวาง (Rong Kwang Formation) เป็นหมวดหินที่อยู่ตอนกลางของกลุ่มหินแพร์ ส่วนใหญ่มีอายุในยุคเพอร์เมียน หินส่วนใหญ่เป็นหินปูนพบเป็นเขาสูงเด่นชัด แต่มีการแทรกชั้นของเม็ดตะกอน (Clastics) เพิ่มมากขึ้นไปทางทิศเหนือและดูเหมือนว่าจะมีอายุอ่อนขึ้นด้วยกระจายตัวอยู่บริเวณ อำเภอตรอน บ้านถ้ำดิน

หมวดหินนาทลุง (Nathanung Formation) เป็นหมวดหินที่มีอายุน้อยที่สุดในกลุ่มหินแพร์ ซึ่งพบอยู่ทาง ตะวันออกของเขื่อนสิริกิติ์ และวางตัวเป็นแนวยาวทอดตัวไปในทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ หมวดหินนี้ประกอบด้วยหินแก้วเขาไฟแอนดิไซต์และไรโอไลต์ และหินกรวดภูเขาไฟในตอนล่าง ถัดมาจึงเป็นหินกรวด หินทรายสกปรก (Greywacke) สีเขียวและหินดินดาน

กลุ่มหินลำปาง (Lampang Group)

กลุ่มหินลำปางใช้ชื่อตาม สงัด ปิยศิริปี (1975) กระจายตัวใน 2 บริเวณหลัก คือ บริเวณเหนือเขื่อนสิริกิติ์ และบริเวณตั้งแต่ทางตอนเหนือตำบลฝักของอำเภอกองแสนขัน อำเภอน้ำปาด

โดยเฉพาะทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของถนนสาย 1047 ปัญญา จารุศิริ (2006) ได้จัดแบ่งกลุ่มหินลำปาง ออกเป็น 2 หมวดหิน ได้แก่ หมวดหินไทรแอสซิกตอนล่าง (Lower Triassic Formation) และหมวดหินไทรแอสซิกตอนบน (Upper Triassic Formation)

หมวดหินไทรแอสซิกตอนล่าง (Lower Triassic Formation) สามารถเทียบเคียงได้กับหมวดหินพระธาตุ (Pra That Formation) ประกอบด้วย หินตะกอนเม็ด หินภูเขาไฟและหินตะกอนภูเขาไฟ ส่วนใหญ่มีสีแดง น้ำตาลแดง เทา เขียว และวางตัวบนหินปูนหรือหมวดหินน้ำน่าน หินตะกอนเม็ดที่สำคัญได้แก่ หินกรวดมน หินทราย หินทรายแป้ง และหินดินดาน

หมวดหินไทรแอสซิกตอนบน (Upper Triassic Formation) มีความหนาประมาณ 300 เมตร สามารถเทียบเคียงได้กับหมวดหินฮ่องหอย (Hong Hoi Formation) ประกอบด้วยหินตะกอนเม็ดเป็นส่วนใหญ่ ที่สำคัญได้แก่ หินทราย หินทรายแป้ง แทรกสลับกับชั้นดินดาน หินกรวดมน และมีหินถ้ำรูตีปนกับหินปูนบ้าง

กลุ่มหินนครไทย (Nakhon Thai Group)

กลุ่มหินนครไทยพบทางตะวันออกของพื้นที่ศึกษา มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มหินโคราช ซึ่งอาจเรียกได้ว่า กลุ่มหินนครไทย-น่าน เพราะประกอบด้วยตะกอนน้ำจืดเป็นส่วนใหญ่ อายุประมาณกลางถึงปลายมหายุคเมโซโซอิก กลุ่มหินนี้วางตัวแบบค่อนข้างไม่ต่อเนื่อง (Unconformable) กับกลุ่มหินลำปาง ปัญญา จารุศิริ (2006) ได้จัดแบ่งกลุ่มหินนครไทยออกเป็น 4 หมวดหิน เรียงลำดับจากอายุแก่ไปอ่อน ดังนี้

หมวดหินนครไทยล่าง (Lower Nakhon Thai Formation) หมวดหินนี้เป็นหมวดหินที่มีอายุแก่ที่สุด วางตัวแบบไม่ต่อเนื่องกับหินภูเขาไฟน้ำน่าน กระจายตัวอยู่ทางด้านตะวันตกของตะเข็บธรณีน่าน-อุตรดิตถ์ และสามารถเทียบเคียงได้กับหมวดหินภูกระดึง (Phu Kradung Formation) ของ Ward & Bunnag (1964) มีความหนาเฉลี่ยประมาณ 100-500 เมตร ลักษณะชั้นหินที่เด่นชัดคือ มีสีน้ำตาลแดงอิฐถึงน้ำตาลเหลือง หินทรายเม็ดละเอียดชั้นหนาสีน้ำตาลแดง หินทรายแป้งสีแดง หินทรายอาร์โคสิค (Arkosic sandstone) สีน้ำตาลเหลือง หินดินดานสีน้ำตาล-เทาเขียว และมีหินกรวดมนอยู่ด้วย ในบางบริเวณมีสารเชื่อมประสาน (Cementing material) เป็นพวกคาร์บอนเนต บางชั้นแทรกสลับด้วยหินกรวดภูเขาไฟ (Volcanic breccia หรือ Agglomerate)

หมวดหินนครไทยกลาง (Middle Nakhon Thai Formation) หมวดหินนี้วางตัวบนหมวดหินนครไทยล่างแบบต่อเนื่อง (Conformable) อายุประมาณกลางยุคจูรสแอสซิก (Drumm และคณะ, 1993) กระจายตัวแถบ บ้านช่องลึก บ้านนาลับ และบ้านปากท่า หินส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินทรายที่หนา และมีการแสดงชั้นเฉียงระดับ (Cross-bedding) ได้แก่ หินทรายแก้ว (Orthoquartzite) หินทรายอาร์โคสิค (Arkose) สีเทา-น้ำตาลเทา

หมวดหินนครไทยบน (Upper Nakhon Thai Formation) กระจายตัวอยู่เฉพาะในบริเวณ ตะเข็บธรณีฐาน-อุตรดิตถ์ และฝั่งด้านตะวันออกของรอยตะเข็บ อายุประมาณปลายยุคจูแรสซิก (Drumm และคณะ, 1993) ประกอบด้วยหินตะกอนเม็ดหลายชนิดปะปนกัน โดยมากมีสีน้ำตาลแดงถึงม่วงแดง มีตัวเชื่อมประสานพวกซิลิกาและเหล็กออกไซด์ แต่ในบางบริเวณเป็นพวก คาร์บอเนต (Calcareous cement) แทรกสลับด้วยหินทรายแป้งสีแดงถึงม่วงแดง

หมวดหินนครไทยบนสุด (Uppermost Nakhon Thai Formation) หมวดหินนี้ได้แบ่งเป็น 2 หน่วย คือ หน่วยบนและหน่วยล่าง กระจายตัวอยู่แถบอำเภอท่าปลาและอำเภอน้ำปาด สำหรับ ลักษณะหินในหน่วยล่างประกอบด้วยหินทรายเกือบทั้งหมด ส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลแดงถึงเทาเม็ด ทรายขนาดปานกลางถึงหยาบ และมีตัวเชื่อมประสานไม่ดี หมวดหินสามารถเทียบเคียงได้กับ หมวดหินภูพานสำหรับหน่วยบน และหมวดหินโคกกรวดสำหรับหน่วยล่างในกลุ่มหินโคราช

ตะกอนและหินซีโนโซอิก (Cenozoic Sediments and Rocks)

ตะกอนอายุใหม่พบสะสมตัวในแอ่งสะสมตัวของตะกอน ซึ่งมักถูกขนาบด้วยรอยเลื่อน หรือแอ่งขนาบรอยเลื่อน (Fault-bounded basin) แอ่งที่สำคัญในแถบนี้มี 6 แอ่งคือ แอ่งวัดโบสถ์ (Wat bot basin) แอ่งอุตรดิตถ์ (Uttaradit basin) แอ่งน้ำพี (Nam Phi) แอ่งแสนขัน (Saen Khan Basin) แอ่งแม่จริม (Mae Ja Rim Basin) และแอ่งแม่เมาะ (Mae Moh Basin) และแอ่งตะกอน ดังกล่าวสามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 หน่วยคือ หน่วยล่างและหน่วยบน หรือตะกอนยุคปัจจุบัน

ตะกอนหน่วยล่าง (Lower Unit) ได้แก่ ตะกอนที่สะสมในยุคเทอร์เชียรี (Tertiary deposits) พบเป็นแนวยาวเด่นชัดในอำเภอฟากท่า ลักษณะหินที่สำคัญของตะกอนหน่วยล่างนี้ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินทราย (Sandstone) หินทรายแป้ง (Siltstone) หินกรวดมน (Conglomerate) หินดินดาน (Shale) ที่ส่วนใหญ่เป็นตะกอนถึงแข็งตัว (Semiconsolidated) และ มีการเชื่อมประสานไม่ดีนัก นอกจากนั้นยังพบชั้นถ่านหิน (Coal seam) และชั้นแร่ดิน (Clay beds) วางตัวแบบไม่ต่อเนื่องบนหินที่มีอายุแก่กว่า

ตะกอนหน่วยบน (Upper Unit) หรือตะกอนยุคปัจจุบัน (Quaternary deposits) มีการ แพร่กระจายเด่นชัดมากในบริเวณแอ่งสะสมตะกอนน้ำปาด-ฟากท่า (Nam pat-Fak Ta Basin) ประกอบด้วยชั้นกรวด (Gravel bed) ชั้นทรายแป้ง (Siltstone) ชั้นดินปนทรายแป้ง (Silty clay) ชั้น คีลาแลง (Laterite) และโคลนตม โดยส่วนใหญ่เป็นการแทรกสลับ (Intercalation) ระหว่างชั้น กรวดกับทรายแป้งและทั้งหมดเป็นตะกอนไม่แข็งตัว (Unconsolidated deposits) มีการเชื่อม ประสานไม่ดี ทำให้ตะกอนมีความร่วน (Friability) มาก ตะกอนหน่วยนี้มักวางตัวแบบรอยชั้นไม่ ต่อเนื่องกับหินอายุแก่ อายุอยู่ในช่วงยุคควอเทอร์นารี ตั้งแต่สมัยไพลสโตซีนตอนบน ถึงโฮโล ซีโนตอนล่าง

หินอัคนี (Igneous rock)

ปัญญา จารุศิริ และคณะ (2006) ได้จัดแบ่งหินอัคนีในพื้นที่ศึกษาออกเป็น 5 ชุด ได้แก่ 1) หินอัคนีชุดผาส้ม (Phasom Ophiolites) อายุคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน 2) หินภูเขาไฟชุดแม่मान (Mae Man Volcanics) อายุเพอร์โม-ไทรแอสซิก 3) หินแกรนิตชุดน่าน-อุตรดิตถ์ (Nan-Uttaradit Plutonics) อายุไทร-แอสซิก 4) หินภูเขาไฟชุดน่าน (Nam Nan Volcanics) อายุหลังไทรแอสซิก และ 5) หินบะซอลต์ชุดห้วย-ไคร้ (Huai Krai Basalts) อายุซีโนโซอิก โดยเรียงอายุจากเก่าไปอ่อนดังนี้

1) **หินอัคนีชุดผาส้ม (Phasom Ophiolites)** หินอัคนีชุดนี้ประกอบด้วยหินอัคนีบาดาล (Plutonic rocks) เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ หินอัคนีสีเข้มจัด (Ultramafic rocks) และหินอัคนีสีเข้ม (Mafic rocks) และหินภูเขาไฟสีเข้มจำพวกบะซอลต์และแอนดิไซต์บ้างในบริเวณ เข้าใจว่าเกิดประมาณช่วงยุคคาร์บอนิเฟอรัสกับเพอร์เมียน และครอบคลุมพื้นที่ไปตามโครงสร้างบริเวณกว้าง (Regional Structure) หินอัคนีสีเข้มถึงเข้มจัดของชุดผาส้มนี้พบอยู่ใน 5 บริเวณด้วยกัน ตามแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ บริเวณเขาสามแสน-หาดจิว บริเวณเขื่อนสิริกิติ์ บริเวณบ้านอมมด-ห้วยหลวง บริเวณดอยพุกสูง-ปุกจำเป็ง และบริเวณดอยแก้วแม่จริม

2) **หินภูเขาไฟชุดแม่मान (Mae Man Volcanics)** ตั้งชื่อตามกลุ่มหินภูเขาไฟ และตะกอนภูเขาไฟมีอายุในช่วงยุคเพอร์เมียนถึงไทรแอสซิก กระจายครอบคลุมในทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษาใน 3 บริเวณ คือ บ้านแสนขัน บริเวณเขาสามแสน-หาดจิว และบริเวณภูตุน-บ้านห้วยสีเสียด-บ้านปากฟาด

2.1) บริเวณบ้านแสนขัน พบเฉพาะหินแอนดิไซต์ มีสีเขียว เนื้อละเอียด จัดเป็นหินอัคนีสีเข้มนปานกลาง (Intermediate igneous rocks) ประกอบด้วยแร่ฮอนเบลนด์ เฟลด์สปาร์ และควอตซ์ (มีปริมาณน้อย) จากการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่า แร่เฟลด์สปาร์เกิดเป็นผลึกขนาดเล็ก หรือผลึกชุย (Microlite) ในลักษณะที่เป็นเนื้อพื้น (Groundmass) และมีแร่แพลจีโอเคลส เกิดเป็นผลึกดอก (Phenocryst) และมีปริมาณแร่ควอตซ์

2.2) บริเวณเขาสามแสน-หาดจิว ประกอบด้วยหินบะซอลต์ต่าง (Alkaline basalt) หินแอนดิไซต์ถึงบะซอลต์ (Basaltic andesite) และพวกหินแอนดิไซต์ ลักษณะของกลุ่มหินหินแอนดิไซต์-บะซอลต์ที่พบ มีสีเขียวเข้ม-เขียวอมเทาดำ และมีผลึกแร่ละเอียด บางแห่งแสดงเนื้อหินแบบเนื้อดอก (Porphyritic texture) ประกอบด้วยแร่ออร์โทเคลส แพลจีโอเคลส ฮอนเบลนด์ ควอตซ์ คลอไรต์ เซอริไซต์ ออไรต์ ไฮเปอร์สทีน และอะพาไทต์

2.3) บริเวณภูตุน-บ้านห้วยสีเสียด-บ้านปากฟาด พบหินแอนดิไซต์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งแสดงลักษณะหลากหลายมาก ไม่ว่าจะเป็นสีหินหรือเนื้อหิน โดยเฉพาะเนื้อของหินบางครั้งพบเป็นเนื้อผลึกสองขนาดหรือเนื้อดอก (Porphyritic texture) โดยมีดอกผลึกเป็นพวกแร่เฟลด์สปาร์ ในบางบริเวณมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะ

3) **หินแกรนิตชุดน่าน-อุตรดิตถ์ (Nan-Uttaradit Plutonics)** หินแกรนิตชุดน่าน-อุตรดิตถ์ ครอบคลุมพื้นที่ 4 บริเวณด้วยกันจากเหนือถึงใต้ของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ 1) บริเวณน้ำปู-น้ำสนาน 2) บริเวณคอยหลวง 3) บริเวณห้วยน้ำริด-บ้านน้ำรี 4) บริเวณเขาใหญ่-เขาชู้นก

3.1) บริเวณน้ำปู-น้ำสนาน พบหินไดโอไรต์ถึงแกรโนไดโอไรต์ และหินไดโอไรต์มีฮอนเบลนด์ (Hornblende-diorite) เนื้อหินมีสีเขียวอ่อน ถึงสีแดงซีดเนื้อหยาบ ประกอบด้วยแร่เฟลจีโอเคลส ฮอนเบลนด์โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ควอตซ์และไบโอไทต์ แร่ทึบแสงและคลอไรต์

3.2) บริเวณคอยหลวง พบเป็นหินแกรนิต เนื้อหินมีขนาดหยาบปานกลางและประกอบด้วย แร่ควอตซ์ เฟลจีโอเคลส โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ไบโอไทต์ คลอไรต์ ฮอนเบลนด์ และไพรอกซีน

3.3) บริเวณห้วยน้ำริด-บ้านน้ำรี ส่วนใหญ่เป็นแกรนิตมีฮอนเบลนด์-ไบโอไทต์ (Hornblende-biotite granite) และแกรนิตมีไบโอไทต์ (Biotite granite) หินที่ปรากฏเป็นสีขาวถึงเทาขาวจุดดำปะ ขนาดเม็ดแร่ละเอียด ถึงปานกลาง (0.8-3 มิลลิเมตร) ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ เฟลจีโอเคลส ฮอนเบลนด์และไบโอไทต์ เนื้อหินเป็นแบบเม็ดเท่า (Equigranular texture) และบางส่วนเป็นผลึกดอก

3.4) บริเวณเขาใหญ่-เขาชู้นก ประกอบด้วยกลุ่มหินซับซ้อนของแกรนิต-แกรโนไดโอไรต์-ไดโอไรต์ (Granite-granodiorite-diorite-complex) หินส่วนใหญ่เกิดเป็นแกนกลางของแนวเทือกเขาใหญ่/เขาสาก และแทรกดันเข้าไปในหมวดหินผาส้มและหินอัคนีชุดผาส้ม โดยส่วนใหญ่หินประกอบด้วยแร่ผลึก ตั้งแต่หยาบจนถึงหยาบปานกลางจากแกนกลางของเทือกเขาไปถึงขอบของเขา การที่พบว่ามีหินไดโอไรต์หลากชนิดในหลายพื้นที่ อาจเป็นเพราะมีการแทรกดันของหินอัคนีหลายครั้ง (Multiple intrusion) ในบางบริเวณพบเป็นผลึกดอก และมีแร่ดอกเป็นแร่ฮอนเบลนด์ ขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร

4) **หินภูเขาไฟชุดน่าน (Nam Nan Volcanics)** เป็นหินภูเขาไฟที่คาดว่าน่าจะเกิดหลังยุคไทร-แอสซิก (Post-Triassic) ประกอบด้วยหินจำพวกแอนดิไซต์-ไรโอไลต์ แอนดิไซต์รูปประจุแร่ (Amigaloidal andesite) และหินไรโอไลต์รูปประจุแคลไซต์ และโดยทั่วไปหินมีสีตั้งแต่สีเทา-ขาว เทาดำ-เขียว-ม่วงดำ ส่วนลักษณะโครงสร้างที่เด่นคือ แสดงลักษณะแทรกดันเข้าไปในหินตะกอนหมวดน่านล่าง (MS1) ที่ภายในช่องว่างถูกประจุ (Filled voids) ด้วยแร่ทุติยภูมิ (Secondary mineral) เช่น แคลไซต์

5) หินบะซอลต์ชุดหัวย-ไคร้ (Huai Krai Basalts) เป็นหินภูเขาไฟมหายุคซีโนโซอิก ซึ่งอาจอยู่ระหว่างยุคปัจจุบัน จนถึงยุคเทอร์เชียรีตอนปลาย ลักษณะของหินโดยทั่วไป เป็นหินภูเขาไฟซึ่งมีหินละลายเป็นส่วนใหญ่ที่แข็งตัวบนผิวโลก (Extrusive igneous rocks) โดยมีเนื้อหินแบบมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น (Aphanitic texture) และไม่พบหินตะกอนภูเขาไฟเนื้อหินโดยมากแสดงเนื้อพรุน (Vesicular texture) ชัดเจน และมักมีแร่สีขาวขุ่นและอ่อนเข้าไปประจุ (Filled voids) อยู่ในรูพรุน แร่บางชนิดพบว่าเป็นแร่ชนิดฟอสเฟต ซึ่งเป็นแร่ทุติยภูมิ (Secondary mineral) ตรงจุดที่พบหินบริเวณนี้มีการผุพังสูงมาก (High weathering)

บทที่ 3 ผลการศึกษา

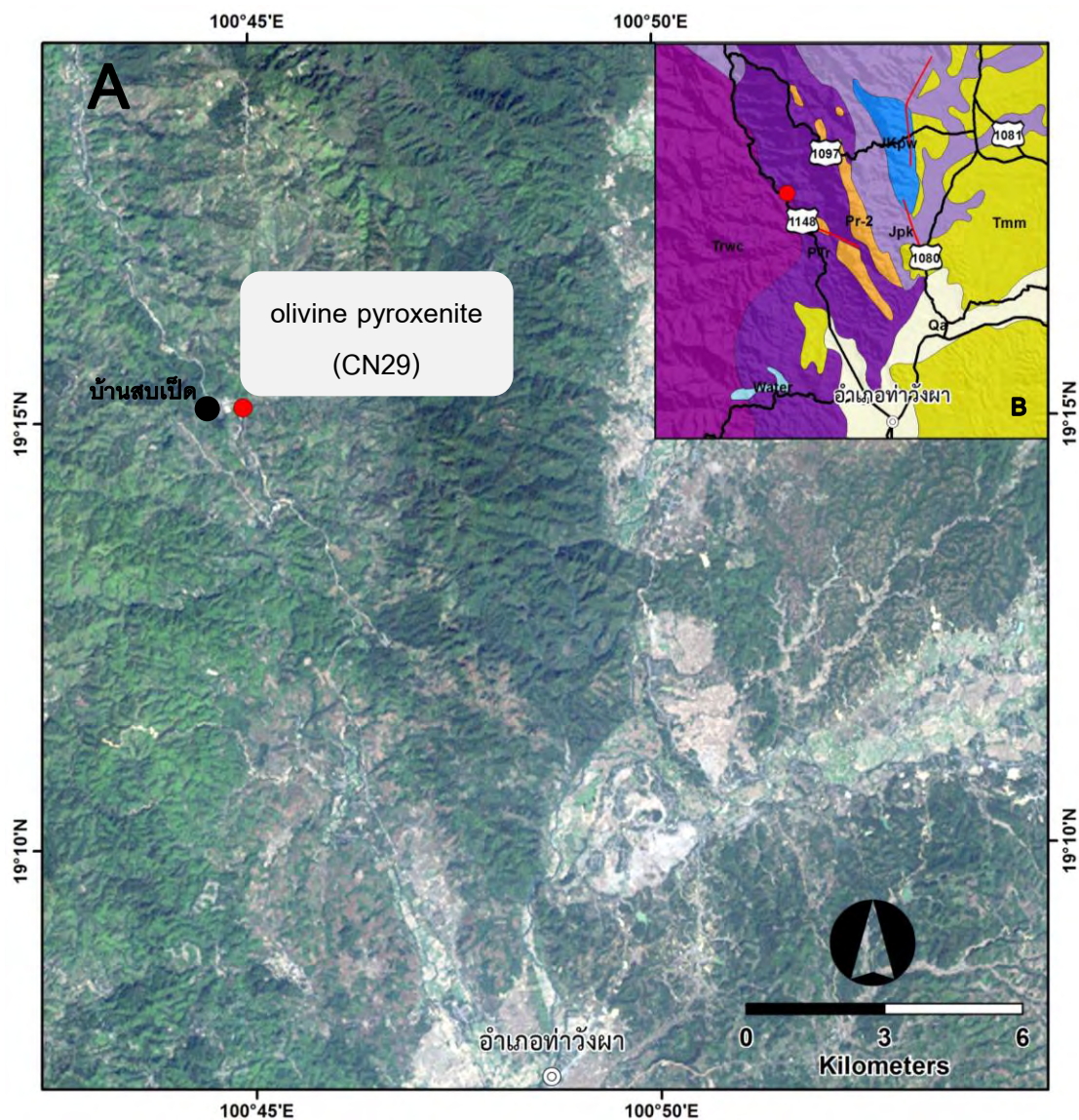
- 3.1 จุดเก็บตัวอย่างและสภาพหินโผล่
- 3.2 แผ่นหินขัดเรียบและศิลาวรรณา
- 3.3 ธรณีเคมี

บทที่ 3 ผลการศึกษา

3.1 จุดเก็บตัวอย่างและสภาพหินโผล่

จุดศึกษาทั้งหมดประกอบด้วย 22 จุดศึกษาใน 4 พื้นที่ย่อย (ดูรูป 1.2 ประกอบ) ได้แก่
 1. พื้นที่ A บริเวณทางตอนเหนือของอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน 2. พื้นที่ B บริเวณอำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน 3. พื้นที่ C บริเวณตะวันตกของตำบลเชียงของ อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน และ 4. พื้นที่ D บริเวณเหนือเขื่อนสิริกิติ์ ตำบลท่าแฝก อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์

พื้นที่ A บริเวณทางตอนเหนือของอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน (รูป 3.1) จุดศึกษาตั้งอยู่ข้างทางเส้นทางถนนหมายเลข 1148 โดยหินที่พบในจุดศึกษานี้ประกอบไปด้วยหิน 3 ชนิด คือ หินโอลิวีนไพรอกซีไนต์ หินเซอร์เพนทีนไนต์ และหินดินดานเนื้อฟิลไลต์ (phyllitic shale)



รูป 3.1 (A) ภาพถ่ายดาวเทียม landsat 7 ETM+ ของพื้นที่ศึกษาบริเวณตอนเหนือของอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน (จุดสีแดง คือ ตำแหน่งจุดศึกษา) ...ต่อหน้า 20

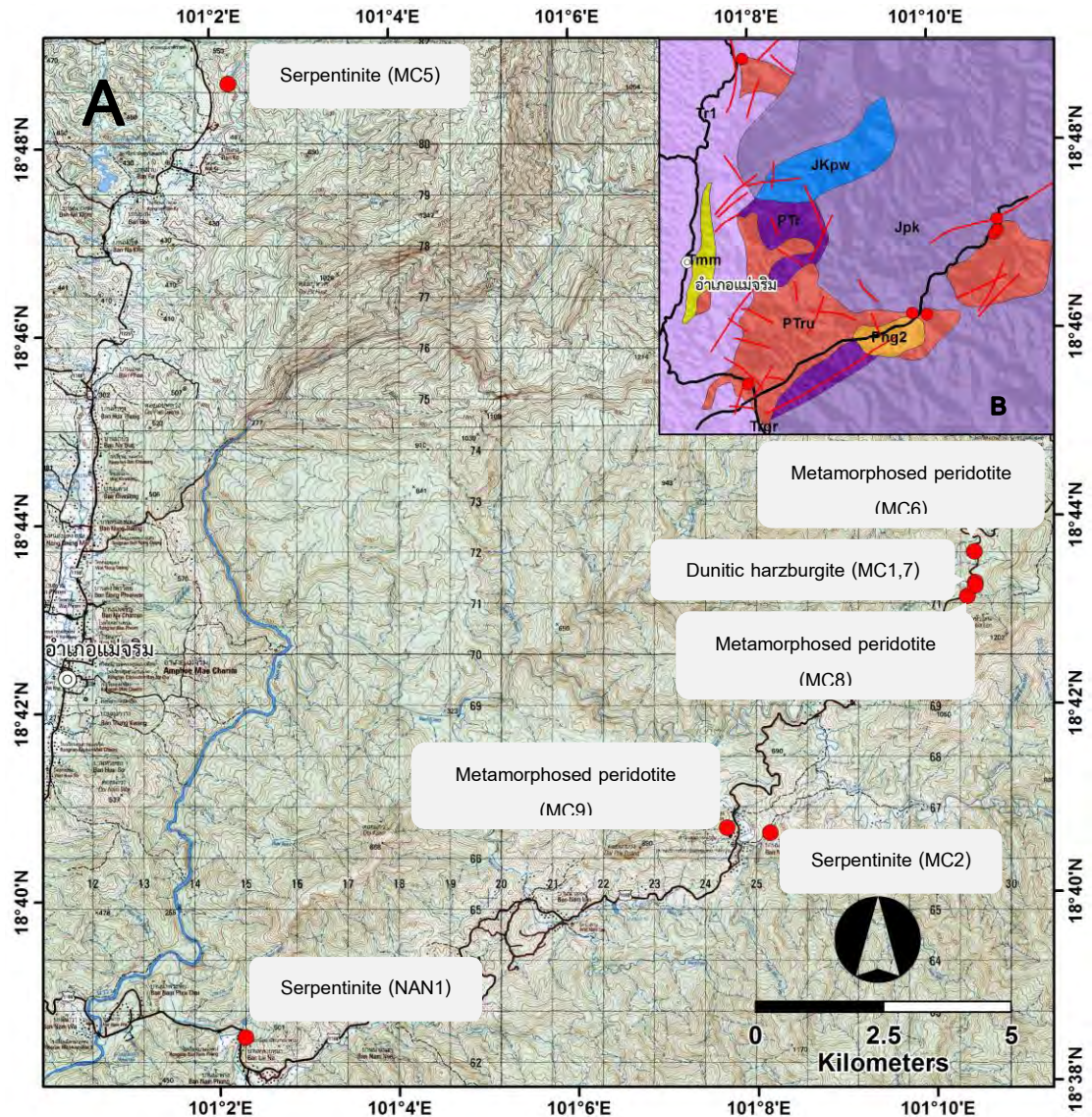
(B) แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณตอนเหนือของอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน (ดัดแปลงจาก DMR, 2007) Qa : ตะกอนธารน้ำ Tmm : กลุ่มหินแม่เกาะ JKpw : หมวดหินพระวิหาร Jpk : หมวดหินภูกระดึง Trwc : หมวดหินวังชิ้น Ptr : หินทราย หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน และ หินปูน Pr-2 : กลุ่มหินราชบุรี



รูป 3.2 Artificial outcrop ของหินโอลิวีนไพรอกซีไนต์ในพื้นที่ตอนเหนือของอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน พบ block ของหินโอลิวีนไพรอกซีไนต์กระจายตัวอยู่ใน หินเซอร์เพนทีนไนต์ ซึ่งปรากฏ slip surface จำนวนมากเนื่องจากแร่เซอร์เพนทีนมีการเคลื่อนตัวได้ง่าย และตำแหน่งหินโผล่ พบว่าเป็นรอยต่อระหว่างหินตะกอนอายุยุคเพอร์เมียน - ไทรแอสซิกกับหมวดหินวังชิ้นยุคไทรแอสซิกในกลุ่มหินลำปาง แต่ไม่ทราบที่มาว่าเกิดแบบไหน (fault หรือ dike ขึ้นมา) ตำแหน่ง CN29

พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $100^{\circ}44'54.585''E$ ละติจูด $19^{\circ}15'10.722''N$

พื้นที่ B บริเวณอำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน (รูป 3.3) จุดศึกษาอยู่ตามเส้นทางถนนหมายเลข 1258 โดยหินที่พบในพื้นที่นี้ประกอบไปด้วยหิน 3 ชนิด คือ หินเพอริโดไทต์ที่ถูกแปรสภาพ หินฮาร์สเบอร์ไกท์ และหินเซอร์เพนทีนไนต์ การแปรสภาพของหินเพอริโดไทต์ที่ถูกแปรสภาพเชื่อว่าเกิดจากการแทรกดันของหินแกรนิตในบริเวณข้างเคียง และมีหินต้นกำเนิด (protolith) เป็นหินฮาร์สเบอร์ไกท์ จากตัวอย่างหินพบลักษณะของ decussate texture ของแร่ทรีโมไลท์ - แอคทิโนไลท์ และหินโผล่ในหลายบริเวณถูกแปรเปลี่ยนสภาพเป็นหินเซอร์เพนทีนไนต์



รูป 3.3 (A) แผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาบริเวณอำเภอแม่จรม จังหวัดน่าน ประกอบด้วยจุดศึกษาทั้งหมด 8 จุดศึกษา (จุดสีแดง คือ ตำแหน่งจุดศึกษา) (B) แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณอำเภอแม่จรม จังหวัดน่าน (ดัดแปลงจาก DMR, 2007) Tmm : กลุ่มหินแม่มาะ JKpw : หมวดหินพระวิหาร Jpk : หมวดหินภูกระดึง Tr1 : หินกรวดมนฐาน สีแดงเนื้อปูนผสม หินดินดาน สีเทา แทรกสลับด้วยหินทรายแป้งและหินทราย Ptr : หินทราย หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน หินปูน Ptru : หินไพรอกซิไนต์ หินเพอริโดไทต์ หินเซอร์เพนทีนไนต์ และหินฮอร์นเบลนไดต์ Pr-2 : กลุ่มหินราชบุรี

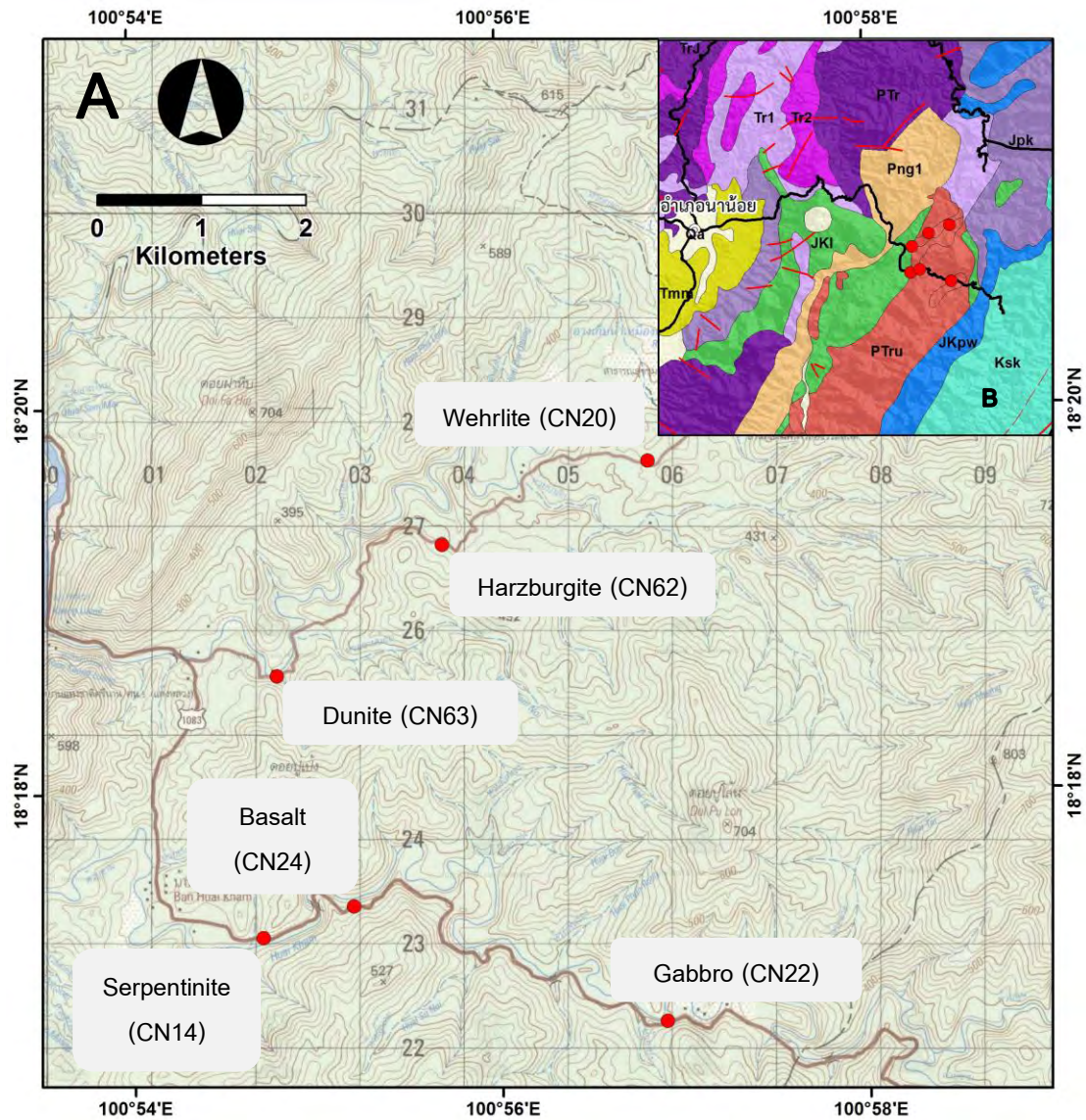


รูป 3.4 Road cut outcrop ริมถนนหมายเลข 1258 ของหินเพอริโดไทต์ที่ถูกแปรสภาพบริเวณ
อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน จากตัวอย่างหิน (รูปเล็กมุมล่างซ้าย) พบลักษณะของ decussate
texture ของแร่ทรีโมไลท์ - แอคทิโนไลท์ ตำแหน่ง MC6 พิกัดภูมิศาสตร์
ลองจิจูด $101^{\circ}10'29.654''E$ ละติจูด $18^{\circ}43'35.404''N$



รูป 3.5 Road cut outcrop ริมถนนหมายเลข 1258 พบเป็นรอยต่อ (contact) ระหว่างหินดำนิติก
ฮาร์สเบิร์กไท์ (ซ้าย) และหินเพอริโดไทต์ที่ถูกแปรสภาพ (ขวา) บริเวณอำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน
ตำแหน่ง MC7 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $101^{\circ}10'28.668''E$ ละติจูด $18^{\circ}43'16.776''N$

พื้นที่ C บริเวณตะวันตกอำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน จุดศึกษาอยู่ตามเส้นทางถนน หมายเลข 1083 โดยหินที่พบในพื้นที่ศึกษานี้ประกอบไปด้วยหิน 6 ชนิด ได้แก่ หินเวอร์ไลต์ หินดันไนต์ หินฮาร์สเบอร์โกท์ หินเซอร์เพนทีไนท์ หินแกบโบร และบะซอลต์



รูป 3.6 (A) แผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาบริเวณตะวันตกอำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน ประกอบด้วยจุดศึกษาทั้งหมด 6 จุดศึกษา (จุดสีแดง คือ ตำแหน่งจุดศึกษา) (B) แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณตะวันตกอำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน (ดัดแปลงจาก DMR, 2007) Qa : ตะกอนธารน้ำ Tmm : กลุ่มหินแม่เกาะ Ksk : หมวดหินเสาขัว JKpw : หมวดหินพระวิหาร JKI : หมวดหินลำทับ Jpk : หมวดหินภูกระดึง Tr1 : หินกรวดมนฐาน สีแดงเนื้อปูนผสม หินดินดาน สีเทา แทรกสลับด้วยหินทรายแป้งและหินทราย Tr2: หินดินดาน หินเชิร์ต และหินปูน Ptr : หินทราย หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน หินปูน Ptru : หินไพรอกซิไนต์ หินเพอริโดไทต์ หินเซอร์เพนทีไนต์ และหินฮอร์นเบลนด์ Png1 : หมวดหินกิวลม



รูป 3.7 Artificial outcrop ของหินเวอริไลต์ในพื้นที่ตะวันตกของอำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน
ตำแหน่ง CN20 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $100^{\circ}56'50.948''\text{E}$ ละติจูด $18^{\circ}19'43.658''\text{N}$



รูป 3.8 Road cut outcrop ริมนถนนลูกรังบริเวณอุทยานแห่งชาติศรีน่านของหินดันไนต์
ในพื้นที่ตะวันตกอำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน พบว่าตรงผิวของหินดันไนต์มีการเปลี่ยนแปลงสภาพเป็น
แร่เซอร์เพนทีน และมีการผุพังที่สูงมาก ตำแหน่ง CN62 พิกัดภูมิศาสตร์
ลองจิจูด $100^{\circ}55'41.343''\text{E}$ ละติจูด $18^{\circ}19'16.155''\text{N}$

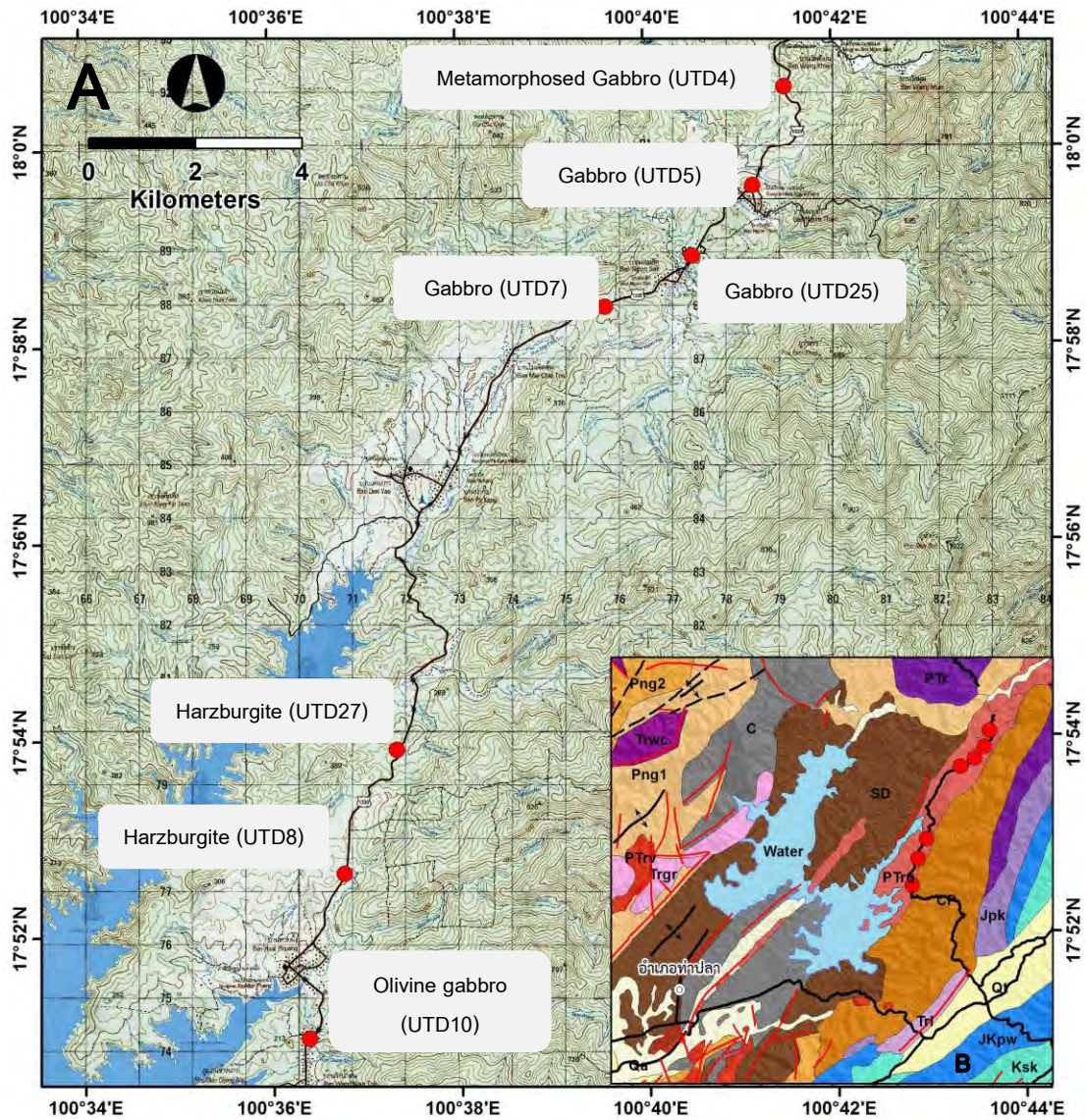


รูป 3.9 Road cut outcrop ริมถนนหมายเลข 1083 ของหินแกบโบรในพื้นที่ตะวันตกของอำเภอพาน้อย จังหวัดน่าน พบการเรียงลำดับ (graded) จากความเป็นเมฟิกมากไปเมฟิกน้อยในทิศทางจากใต้ไปเหนือ (ตามลูกศรสีแดง) ตำแหน่ง CN22 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $100^{\circ}56'53.513''\text{E}$ ละติจูด $18^{\circ}16'46.78''\text{N}$



รูป 3.10 Road cut outcrop ริมถนนหมายเลข 1083 ในพื้นที่ตะวันตกของอำเภอพาน้อย จังหวัดน่าน พบหินเชิร์ตวางตัวอยู่บนบะซอลต์ที่มีการผุพังสูง ตำแหน่ง CN24 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $100^{\circ}55'11.332''\text{E}$ ละติจูด $18^{\circ}17'25.063''\text{N}$

พื้นที่ D บริเวณเหนือเขื่อนสิริกิติ์ อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ (รูป 3.11) จุดศึกษาอยู่ตามเส้นทางถนนหมายเลข 1139 โดยหินที่พบในพื้นที่ศึกษานี้จะประกอบไปด้วยหินแกรบิโอ และหินฮาร์สเบอร์ไกท์เป็นส่วนใหญ่



รูป 3.11 (A) แผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาบริเวณเหนือเขื่อนสิริกิติ์ อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ ประกอบด้วยจุดศึกษาทั้งหมด 7 จุดศึกษา (จุดสีแดง คือ ตำแหน่งจุดศึกษา) (B) แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณเหนือเขื่อนสิริกิติ์ ตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ (ดัดแปลงจาก DMR, 2007) Qa : ตะกอนธารน้ำ Qt : ตะกอนตะพักลำน้ำ Ksk : หมวลหินเสาข้าว JKpw : หมวลหินพระวิหาร JKI : หมวลหินลำทับ Jpk : หมวลหินภูกระดิ่ง Trwc : หมวลหินวังชัน Ptr : หินทราย หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน หินปูน Trge : แกรนิต Ptrv : หินไรโอไลต์ แอนดีไซต์ Ptru : หินไพрокซิไนต์ หินเพอริโดไทต์ หินเซอร์เพนทิไนต์ Png1 : หมวลหินกิ่วลม

Png2 : หมวลหินผาหวด C : หินกรวดมน หินทราย และหินดินดาน

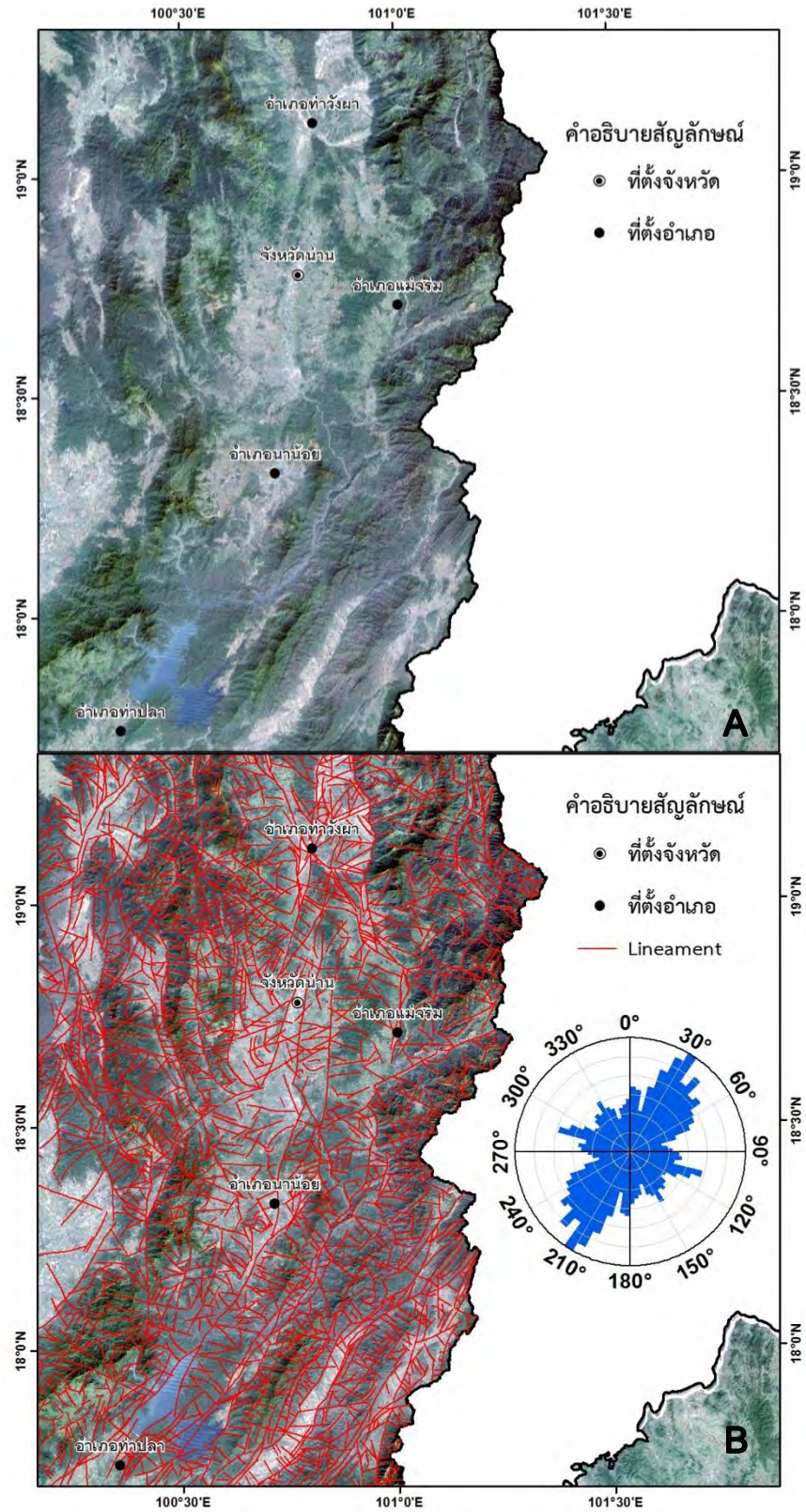
SD : หินฟิลไลต์ และหินฟิลไลต์เนื้อซิลิกา



รูป 3.12 Road cut outcrop ริมถนนหมายเลข 1139 ของหินแกบโบร ในพื้นที่เหนือเขื่อนสิริกิติ์ อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ พบการเรียงลำดับ (graded) จากความเป็นเมฟิกมากไปเมฟิกน้อย ในทิศทางจากใต้ไปเหนือตามลูกศรสีแดง (จากรูปคือซ้ายไปซ้าย)
ตำแหน่ง UTD5 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $100^{\circ}41'8.648''E$ ละติจูด $17^{\circ}59'39.899''N$



รูป 3.13 Artificial outcrop ริมถนนหมายเลข 1139 พบเป็นรอยต่อ (contact) ระหว่างหินดินไนต์ (ซ้าย) และโอลิวีนแกบโบร (ขวา) ในพื้นที่เหนือเขื่อนสิริกิติ์ อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยคาดว่าน่าจะเป็นรอยต่อของ Mohorovicic discontinuity ตำแหน่ง UTD10 พิกัดภูมิศาสตร์
ลองจิจูด $100^{\circ}36'20.581''E$ ละติจูด $17^{\circ}50'53.038''N$



รูป 3.14 (A) ภาพถ่ายดาวเทียมโดยโปรแกรม Google Earth ในพื้นที่จังหวัดน่าน-อุตรดิตถ์ และ จังหวัดข้างเคียง (B) แผนที่แสดง Lineament วิเคราะห์โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth พบว่าโครงสร้างหลักอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ (rose diagram ข้อมูลจาก 4155 จุด โดยที่ 2 กิโลเมตร/จุด)

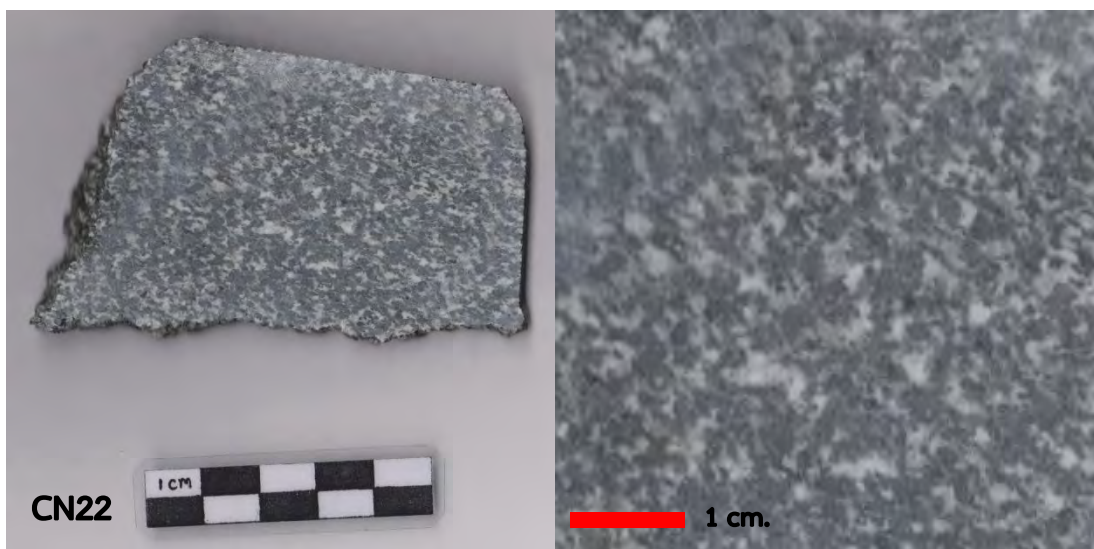
4.2 แผ่นหินขัดเรียบและศิลาวรรณนา

จากข้อมูลภาคสนาม แผ่นหินขัดหน้าเรียบ และศิลาวรรณนา สามารถจัดแบ่งกลุ่มตัวอย่างหินออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มหินเมฟิก (mafic rocks) และกลุ่มหินอัลตราเมฟิก (ultramafic rocks) โดยใช้สี และร่องศัประกอบเป็นเกณฑ์ในการจำแนก ซึ่งกลุ่มหินอัลตราเมฟิก นั้นสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มเพอริโดไทต์ (peridotite series) และกลุ่มไพรอกซีไนต์ (pyroxenite series) โดยใช้สี (ด้านภาคสนาม และแผ่นหินขัดหน้าเรียบ) ร่องศัประกอบ (ด้านภาคสนาม แผ่นหินขัดหน้าเรียบ และศิลาวรรณนา) เป็นเกณฑ์ในการจำแนก และใช้ไดอะแกรมของ Streckeisen (1976) ในการจำแนกชื่อหินกลุ่มอัลตราเมฟิก

กลุ่มหินเมฟิก (mafic rocks)

หินที่พบส่วนใหญ่เป็นหินแกบโบ (gabbro) พบบริเวณตะวันตกของตำบลเชียงของ อำเภอ นาน้อย จังหวัดน่าน (ตัวอย่าง CN22) และบริเวณเหนือเขื่อนสิริกิติ์ ตำบลท่าแฝก อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ (ตัวอย่าง UTD 5,7,10)

หินแกบโบร (gabbro) บริเวณตะวันตกของตำบลเชียงของ อำเภอ นาน้อย จังหวัด น่าน จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบพบเป็นหินอัคนีบาดาล (plutonic rock) ซึ่งมีสีสดเป็นสีเขียวถึงดำปนขาว และสีฝุ่นเป็นสีน้ำตาลแดง สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกปานกลาง (medium-grained) ขนาดประมาณ 0.2 – 0.5 เซนติเมตร และมีขนาดผลึกที่เท่าๆกัน (equigranular) ประกอบไปด้วย แร่พลาจิโอเคลส (plagioclase feldspar) ประมาณร้อยละ 40 และไพรอกซีน (pyroxene) ประมาณร้อยละ 60 (รูป 3.15)

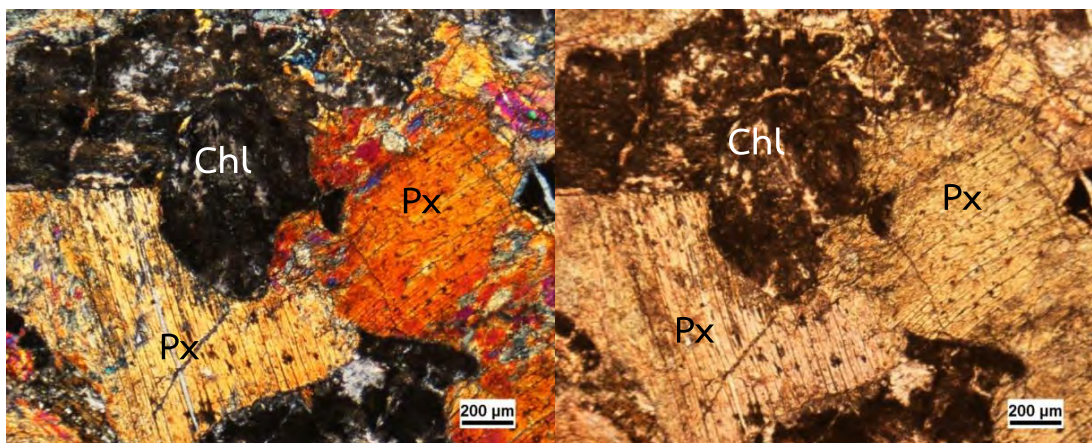


รูป 3.15 ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินแกบโบร (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะที่สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ประกอบด้วยแร่สีขาว คือ แร่พลาจิโอเคลส และแร่สีดำอมเขียวคือ แร่ไพรอกซีน ... ต่อหน้า 30

พบบริเวณตะวันตกของตำบลเชียงของ อำเภอพาน้อย จังหวัดน่าน ตัวอย่าง CN22

พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $100^{\circ}56'54.56''E$ ละติจูด $18^{\circ}16'48.052''N$

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบลักษณะเนื้อมวลผลึก (holocrystalline) ซึ่งมีผลึกปานกลาง (medium-grained) มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 1-5 มิลลิเมตร (รูป 3.16) โดยประกอบไปด้วยแร่ไพรอกซีน (pyroxene) และแร่แคลเซียมแพลจิโอเคลส (calcic plagioclase) เป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 95 - 97) มีลักษณะสานเกี่ยวกัน (intergranular) ของแร่ทั้งสองที่มีขนาดใกล้เคียงกัน (equigranular) ผลึกของแร่ดังกล่าวแสดงลักษณะ ตั้งแต่ผลึกกึ่งสมบุรณ์ (subhedral crystal) จนถึงผลึกไม่สมบุรณ์ (anhedral crystal) แร่ไพรอกซีน (pyroxene) และแพลจิโอเคลส (plagioclase) บางส่วนถูกเปลี่ยนแปลงสภาพ (alteration) เป็นแร่คลอไรต์ (chlorite) และเซอร์ริไซต์ (sericite) ตามลำดับ

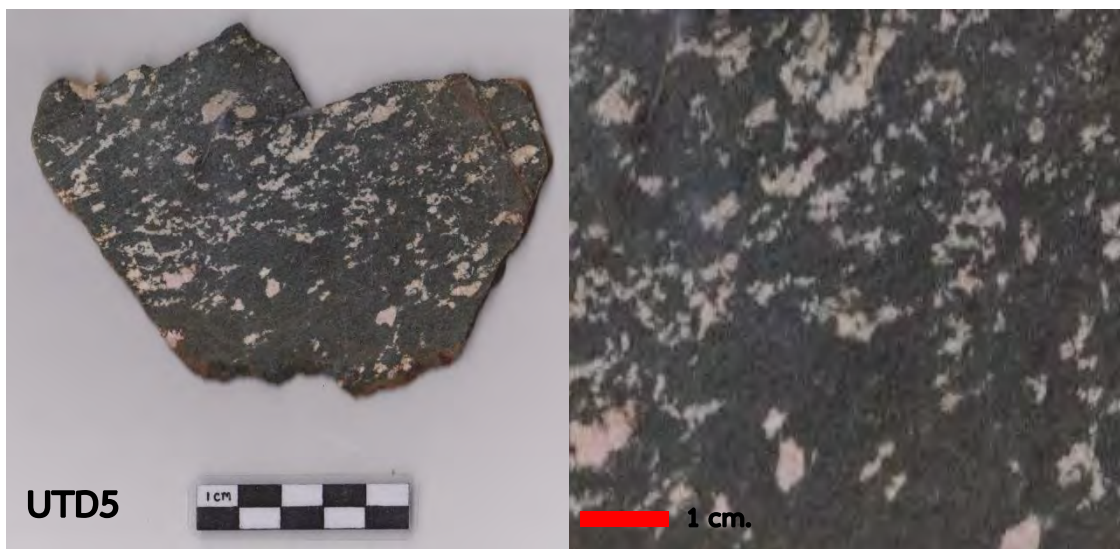


รูป 3.16 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินแกบโบร (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบลักษณะการสานเกี่ยวกันของแร่ไพรอกซีนที่บางส่วนถูกเปลี่ยนแปลงสภาพเป็นแร่คลอไรต์ Px - Pyroxene, Chl - Chlorite พบบริเวณตะวันตกของตำบลเชียงของ อำเภอพาน้อย จังหวัดน่าน ตัวอย่าง CN22

หินแกบโบร (gabbro) บริเวณเหนือเขื่อนสิริกิติ์ ตำบลท่าแฝก อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ จากข้อมูลภาคสนาม แผ่นหินขัดหน้าเรียบ และสัณฐานวิทยา ทำให้สามารถจำแนกหินแกบโบรใน บริเวณนี้ได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มฮอร์นเบลนด์แกบโบร (hornblende gabbro) และกลุ่มโอลิวีนแกบโบร (olivine gabbro) โดยใช้สี และแร่องค์ประกอบเป็นเกณฑ์ในการจำแนก

- กลุ่มฮอร์นเบลนด์แกบโบร (hornblende gabbro) ตัวอย่าง UTD5 พบบริเวณตอนบนของตำบลท่าแฝก (รูป 3.17) จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบพบเป็นหินอัคนีบาดาล (Plutonic rock) ซึ่งมีสีสดเป็นสีเขียวถึงดำปนขาว และสีฝุ่นเป็นสีน้ำตาลแดง สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกปานกลางถึงหยาบ (medium to coarse - grained) ขนาดประมาณ 0.2 - 1 เซนติเมตร และมีขนาดผลึกที่ไม่

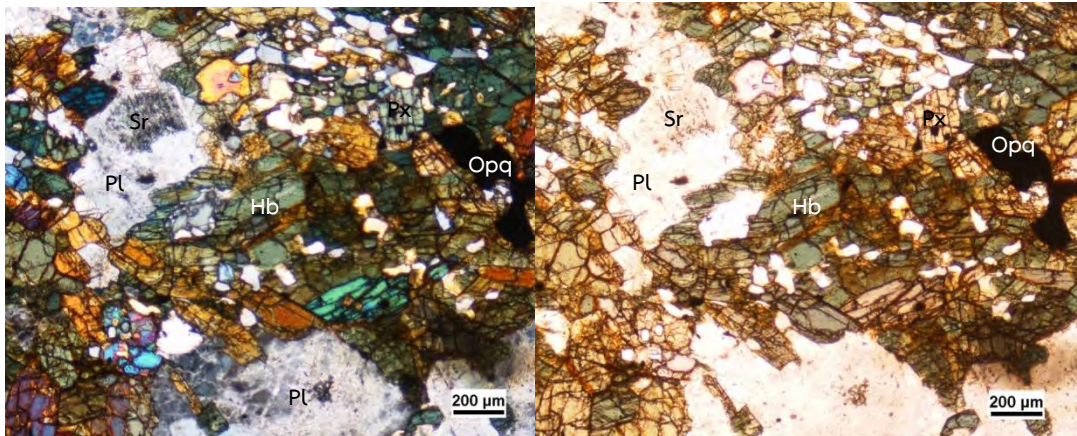
เท่ากัน (inequigranular) มีลักษณะเป็นเนื้อดอก (porphyritic texture) โดยมีแร่ดอกเป็น แร่แพล-จีโอเคลส (plagioclase feldspar) ประมาณร้อยละ 30 และไพรอกซีน (pyroxene) ประมาณร้อยละ 60 เป็นเนื้อพื้น (groundmass) พบการเรียงตัวของแร่แพล-จีโอเคลส (หมายเหตุชื่อหินที่ได้จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบ คือ แกบโบร)



รูป 3.17 ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินแกบโบร (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะที่สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) แร่สีขาว คือแร่แพล-จีโอเคลส ซึ่งพบเป็นเนื้อดอกและมีการเรียงตัวของแร่ ส่วนแร่สีดำอมเขียว คือ แร่ไพรอกซีนเป็นเนื้อพื้น พบบริเวณตอนบนของตำบลท่าแฝก ตัวอย่าง UTD 5

พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $100^{\circ}41'12.585''E$ ละติจูด $17^{\circ}59'36.457''N$

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางศิลารรณนาพบลักษณะเนื้อมวลผลึก (holocrystalline) ซึ่งมีผลึกเล็กถึงปานกลาง (fine to medium-grained) มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 0.1-5 มิลลิเมตร (รูป 3.18) โดยประกอบไปด้วยแร่ไพรอกซีน (pyroxene) ฮอรันเบลนด์ (hornblende) และแร่แพล-จีโอเคลส (plagioclase feldspar) เป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 95 - 97) และแร่ทึบแสง (opaque mineral) ประมาณร้อยละ 3 มีลักษณะเป็นเนื้อดอกที่แยกไม่ชัดเจน (seriate porphyritic texture) มีการเรียงตัวของแร่เป็น band ของแร่ฮอรันเบลนด์และแคลเซียมแพล-จีโอเคลส (calcic plagioclase) ผลึกของแร่อังกล่าวแสดงลักษณะ ตั้งแต่ผลึกกึ่งสมบุรณ์ (subhedral crystal) จนถึงผลึกไม่สมบุรณ์ (anhedral crystal) แร่แพล-จีโอเคลสบางส่วนถูกเปลี่ยนแปลงสภาพ (alteration) เป็นแร่เซอร์ซิไซต์ (sericite)

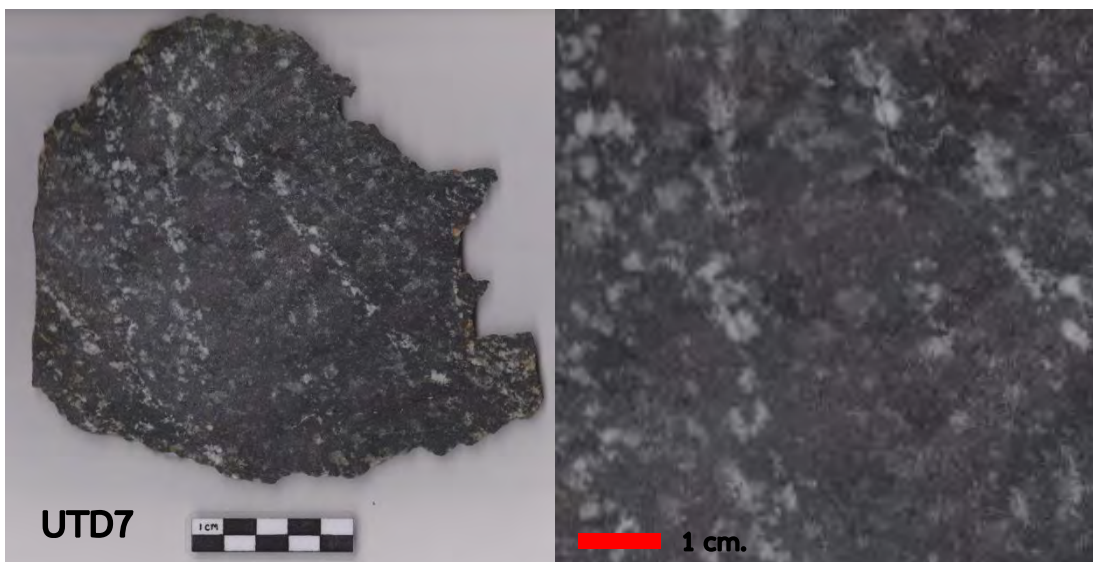


รูป 3.18 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินฮอร์นเบลนด์แกบโบร (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบลักษณะการเรียงตัวของแร่ฮอร์นเบลนด์และแฟลจีโอเคลส ซึ่งแร่แฟลจีโอเคลสบางส่วนถูกเปลี่ยนสภาพเป็นแร่เซอร์ไซต์ ; Px - pyroxene, Hb - hornblend ,Pl - plagioclase, Sr - sericite,

Opq - opaque mineral พบบริเวณตอนบนของตำบลดำแฝก ตัวอย่าง UTD 5

- กลุ่มโอลิวีนแกบโบร (olivine gabbro) พบ 2 ตำแหน่งคือ ตำแหน่ง UTD 7 พบบริเวณตอนบนของตำบลดำแฝก อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $100^{\circ}39'32.249''\text{E}$ ละติจูด $17^{\circ}58'21.293''\text{N}$ และตำแหน่ง UTD 10 พบบริเวณตอนใต้ของตำบลดำแฝก อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $100^{\circ}39'32.249''\text{E}$ ละติจูด $17^{\circ}58'21.293''\text{N}$

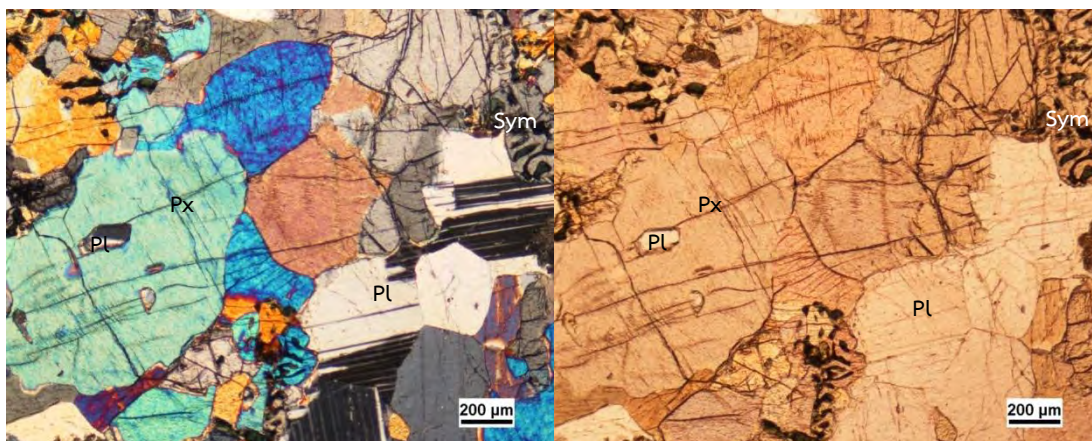
หินโอลิวีนแกบโบร (olivine gabbro) ตัวอย่าง UTD 7 (รูป 3.19) จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบพบเป็นหินอัคนีบาดาล (plutonic rock) ซึ่งมีสีสดเป็นสีดำปนขาว และสีฝุ่นเป็นสีน้ำตาลแดง สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกหยาบ (coarse grained) ขนาดประมาณ 0.5 - 0.7 เซนติเมตร และมีขนาดผลึกที่เท่าๆกัน (equigranular) ประกอบด้วยแร่แฟลจีโอเคลส (plagioclase feldspar) ประมาณร้อยละ 20 และไพรอกซีน (pyroxene) ประมาณร้อยละ 80 (หมายเหตุชื่อหินที่ได้จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบ คือ แกบโบร)



รูป 3.19 ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินแกบโบร (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะที่สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) มีขนาดผลึกเท่าๆกัน และมีขนาดผลึกที่หยาบ แร่สีขาว คือแร่แพลจิโอเคลส ส่วนแร่สีดำ คือ แร่ไพรอกซีน พบบริเวณตอนบนของตำบลดงแฝก ตัวอย่าง UTD 7

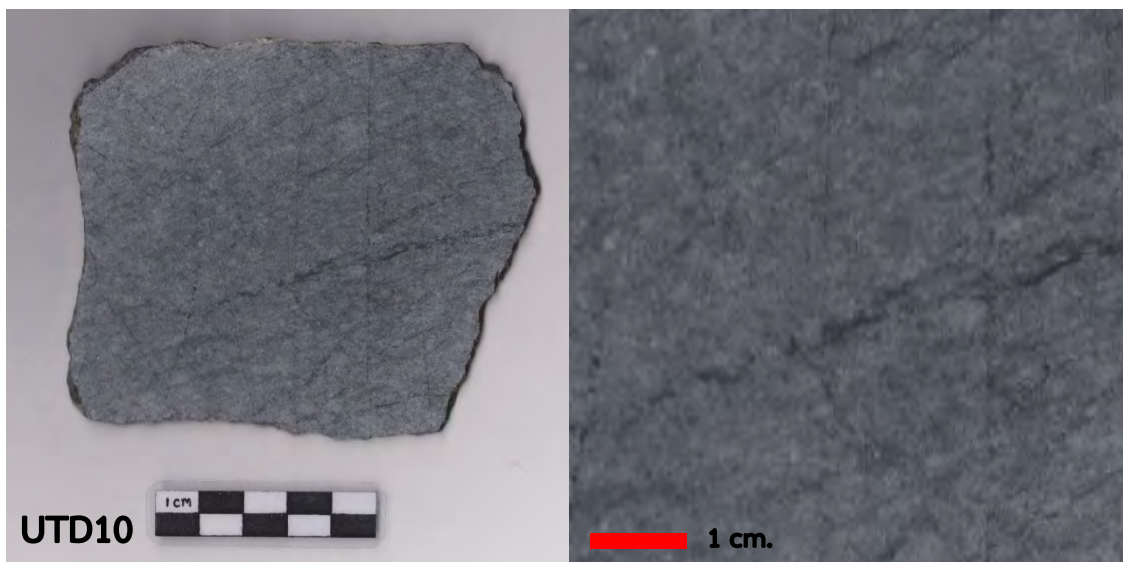
พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $100^{\circ}39'32.249''\text{E}$ ละติจูด $17^{\circ}58'21.293''\text{N}$

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางซิลิการรณนาพบลักษณะเนื้อมวลผลึก (holocrystalline) ซึ่งมีผลึกปานกลาง (medium-grained) มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 1-5 มิลลิเมตร (รูป 3.20) โดยประกอบไปด้วยแร่ไพรอกซีน (pyroxene) และแร่แพลจิโอเคลส (plagioclase feldspar) เป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 95 - 97) และแร่โอลิวีน (olivine) ประมาณร้อยละ 3 ผลึกของแร่นี้แสดงลักษณะ ตั้งแต่ผลึกกึ่งสมบุรณ์ (subhedral crystal) จนถึงผลึกไม่สมบุรณ์ (anhedral crystal) มีลักษณะ piokilitic texture ของแร่แพลจิโอเคลสในแร่ไพรอกซีน (ophitic texture) พบลักษณะของ symplectite texture ในบางส่วนของแร่ไพรอกซีน



รูป 3.20 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินโอลิวีนแกบโบร (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบลักษณะ ophitic texture ของแร่ไพรอกซีนและแพลจิโอเคลส แร่ไพรอกซีนบางส่วนมีลักษณะของ symplectite texture ; Px - pyroxene, Pl - plagioclase, Sym - symplectite พบบริเวณตอนบนของตำบลท่าแฝก ตัวอย่าง UTD 7 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°39'32.249"E ละติจูด 17°58'21.293"N

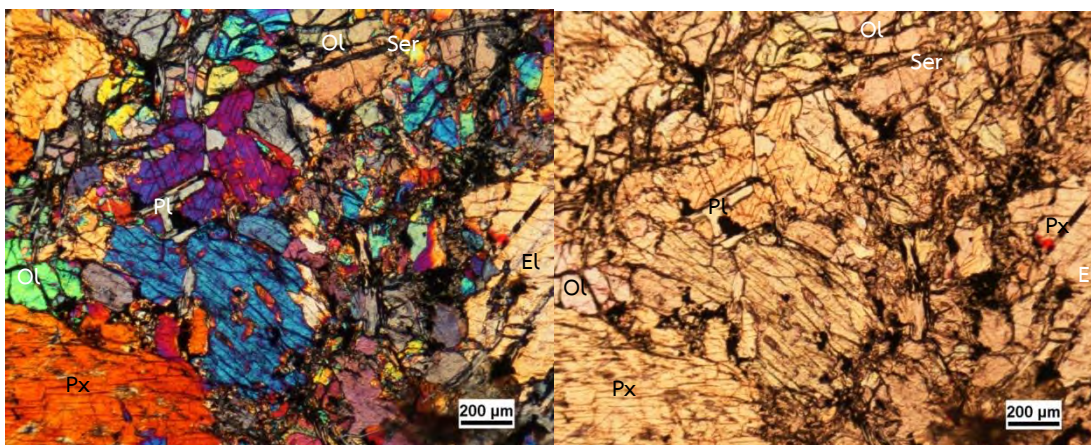
หินโอลิวีนแกบโบร (olivine gabbro) ตัวอย่าง UTD 10 (รูป 3.21) จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบพบเป็นหินอัคนีบาดาล (plutonic rock) ซึ่งมีสีสดเป็นสีดำปนขาวบ้างเล็กน้อย และสีฝุ่นเป็นสีน้ำตาลแดง สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกปานกลาง (medium-grained) ขนาดประมาณ 0.2 - 0.3 เซนติเมตร และมีขนาดผลึกที่เท่าๆกัน (equigranular) ประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลส (plagioclase feldspar) ประมาณร้อยละ 10 และไพรอกซีน (pyroxene) ประมาณร้อยละ 90 หินมีรอยแตกค่อนข้างมากและพบแร่เซอร์เพนทีนอยู่ภายใน (หมายเหตุชื่อหินที่ได้จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบ คือ แกบโบร)



รูป 3.21 ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินแกบโบร (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะที่สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) มีขนาดผลึกเท่าๆกัน และมีขนาดผลึกปานกลาง แร่ที่เป็นจุดสีขาว คือแร่เพลจีโอเคลส ส่วนแร่สีดำ คือ แร่ไพรอกซีน พบบริเวณตอนใต้ของตำบลท่าแฝก ตัวอย่าง UTD 10

พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $100^{\circ}39'32.249''E$ ละติจูด $17^{\circ}58'21.293''N$

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางซิลิการรณนาพบลักษณะเนื้อมวลผลึก (holocrystalline) ซึ่งมีผลึกเล็กถึงปานกลาง (fine to medium - grained) มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 0.2 - 5 มิลลิเมตร (รูป 3.22) โดยประกอบไปด้วยแร่ไพรอกซีน (pyroxene) กับแร่โอลิวีน (olivine) เป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 80) และแร่เพลจีโอเคลส ประมาณร้อยละ 20 ผลึกของแร่นี้แสดงลักษณะ ตั้งแต่ผลึกกึ่งสมบุรณ์ (subhedral crystal) จนถึงผลึกไม่สมบุรณ์ (anhedral crystal) มีลักษณะเป็นเนื้อดอกที่แยกไม่ชัดเจน (seriate porphyritic texture) โดยมีแร่ดอกเป็นแร่ไพรอกซีน และแร่โอลิวีนกับเพลจีโอเคลสเป็นเนื้อพื้น นอกจากนี้ยังพบลักษณะ piokilitic texture ของแร่เพลจีโอเคลสในแร่ไพรอกซีน (ophitic texture) อีกทั้งแร่ไพรอกซีนมีลักษณะของ exsolution lamellae และตามรอยแตกของแร่โอลิวีน (olivine) พบแร่เส้นใย (fibrous mineral) ของแร่เซอร์เพนทีน (serpentine)



รูป 3.22 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินโอลิวีนแกบโบร (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบลักษณะของ ophitic texture ของแร่ไพรอกซีนและแพลจิโอเคลส แร่ไพรอกซีนบางส่วนมีลักษณะของ lamella และตามรอยแตกของแร่โอลิวีนพบแร่เซอร์เพนทีน ; Px - Pyroxene, Pl - plagioclase, Ol - olivine, Ser - serpentine, El - exsolution lamellae พบบริเวณตอนใต้ของตำบลท่าแฝก ตัวอย่าง UTD 10 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด 100°39'32.249"E ละติจูด 17°58'21.293"N

กลุ่มอัลตราหินเมฟิก (Ultramafic rocks) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มเพอริโดไทต์ (peridotite series) ประกอบด้วยหินเซอร์เพนทีนดินไนต์ (serpentine dunite) ตัวอย่าง CN 63, เซอร์เพนทีนเวอริไลต์ (serpentine wehrite) ตัวอย่าง CN20 เซอร์เพนทีนฮาร์สเบิร์ก (serpentine harzburgite) ตัวอย่าง CN20 ฮาร์สเบิร์ก (harzburgite) ตัวอย่าง UTD 27 และหินเซอร์เพนทีนเพอริโดไทต์ที่ถูกแปรสภาพ (serpentine metamorphosed peridotite) ตัวอย่าง MC6 พบทางตะวันตกของตำบลเชียงของ ตอนกลางของอำเภอแม่จริม และบางส่วนอยู่ทางตอนใต้ของตำบลท่าแฝก

หินเซอร์เพนทีนดินไนต์ (serpentine dunite) บริเวณตะวันตกของตำบลเชียงของ อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน (รูป 3.23) จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบพบเป็นหินอัคนีบาดาล (plutonic rock) ซึ่งมีสีสดเป็นสีดำ และสีฝุ่นเป็นสีน้ำตาลอมเขียว ไม่สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (aphanitic texture) ประกอบด้วยแร่โอลิวีน (olivine) เป็นส่วนใหญ่ ตามรอยแตกและขอบของหินพบการเปลี่ยนแปลงสภาพ (alteration) เป็นแร่เซเนเพนทีน (serpentine) (หมายเหตุชื่อหินที่ได้จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบ คือ ดินไนต์)

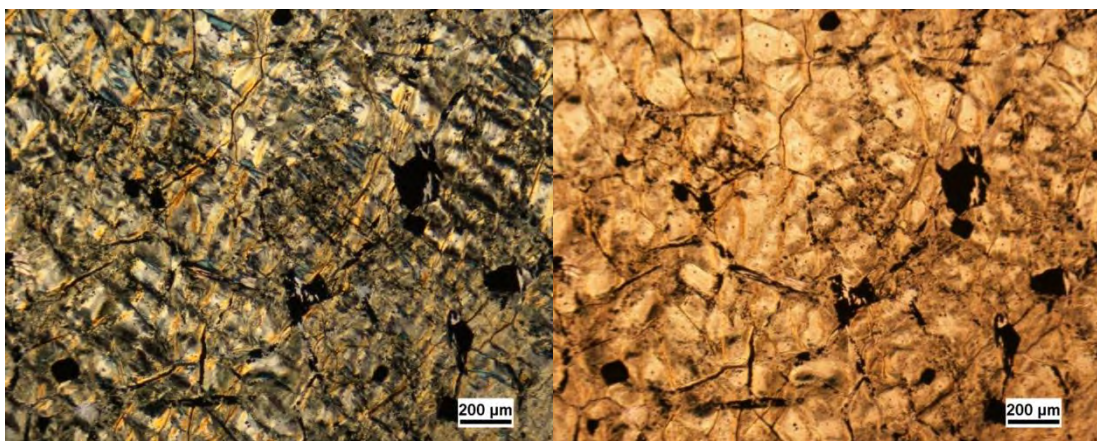
เมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางศิลาวรรณนาพบลักษณะเนื้อมวลผลึก (holocrystalline) ซึ่งมีผลึกเล็ก (fine-grained) มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 0.2-0.6 มิลลิเมตร

(รูป 3.24) โดยประกอบไปด้วยแร่เซอร์เพนทีน (serpentine) เป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 98) และแร่ทึบแสง (ร้อยละ 2) แต่ยังคงเหลือโครงสร้าง (relic structure) ของแร่โอลิวีน ทำให้คาดการณ์ได้ว่าแร่เซอร์เพนทีนน่าจะเปลี่ยนสภาพมาจากแร่โอลิวีน ผลึกของแร่ดังกล่าว แสดงลักษณะผลึกไม่สมมาตร (anhedral crystal)



รูป 3.23 ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินดันไนต์ (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะไม่สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (aphanitic texture) ประกอบไปด้วยแร่สีดำคือ แร่โอลิวีน และแร่สีน้ำตาลอมเขียวที่อยู่ตามขอบของหิน คือแร่เซอร์เพนทีน ตัวอย่าง CN63 พบทางตะวันตกของตำบลเชียงของ อำเภอพาน้อย จังหวัดน่าน

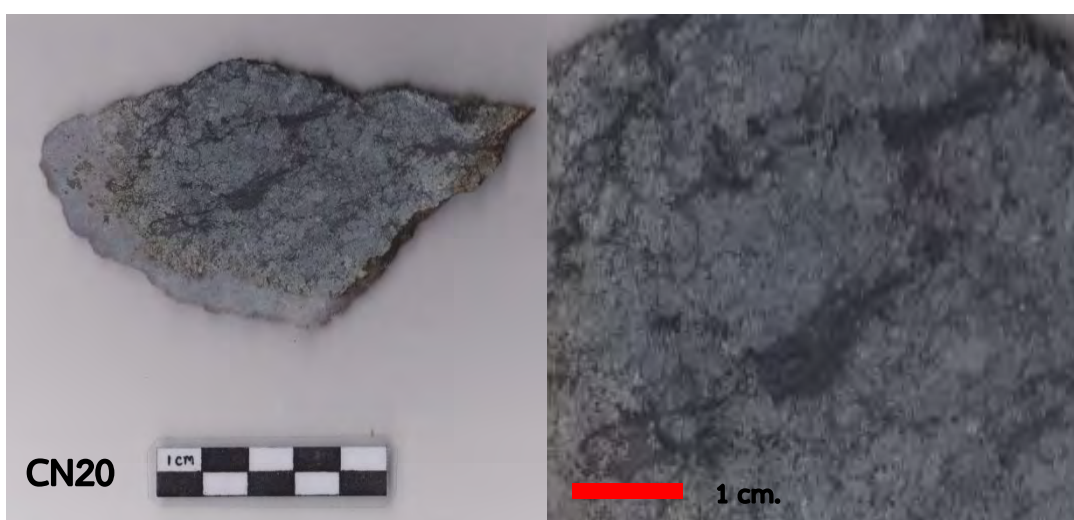
พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $100^{\circ}54'47.203''\text{E}$ ละติจูด $18^{\circ}18'36.05''\text{N}$



รูปที่ 3.24 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินเซอร์เพนทีนดันไนต์ (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบลักษณะแร่เซอร์เพนทีนที่ยังคงหลงเหลือโครงสร้างเดิมของแร่โอลิวีน และแร่ทึบแสง

ตัวอย่าง CN63 พบทางตะวันตกของตำบลเชียงของ

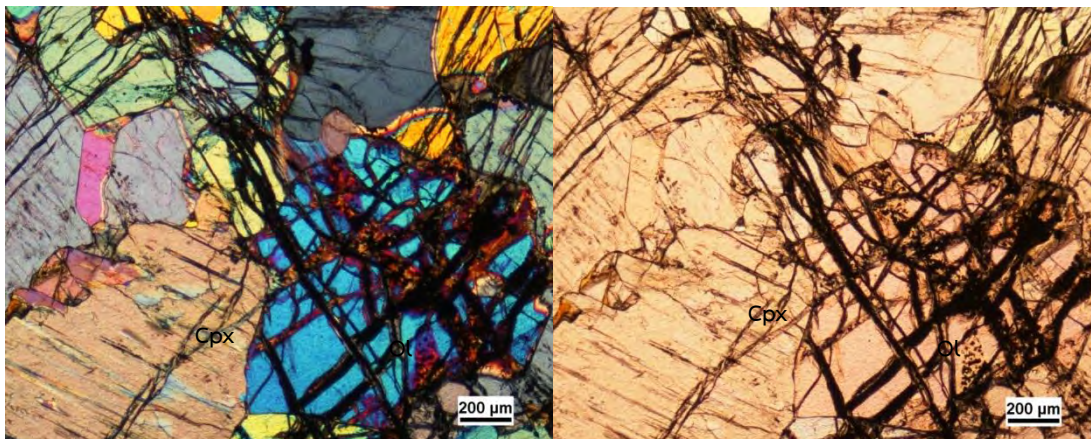
หินเซอร์เพนทีนเวอร์ไลต์ (Wehrite) บริเวณตะวันตกของตำบลเชียงของ อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบพบเป็นหินอัคนีบาดาล (plutonic rock) ซึ่งมีสีสดเป็นสีดำ และสีฝุ่นเป็นสีน้ำตาลเขียว สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกปานกลาง (medium-grained) ขนาดประมาณ 0.2 - 0.4 เซนติเมตร (รูป 3.25) และมีขนาดผลึกที่เท่าๆกัน (equigranular) ประกอบด้วยแร่โอลิวีน (olivine) และแร่ไพรอกซีน (pyroxene) เป็นส่วนใหญ่ พบแร่เส้นใย (fibrous mineral) ของแร่เซอร์เพนทีน (serpentine) ตรงกลางของหินตัวอย่าง (หมายเหตุชื่อหินที่ได้จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบ คือ เวอร์ไลต์)



รูป 3.25 ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินเวอร์ไลต์ (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะสามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกปานกลาง ประกอบไปด้วยแร่สีดำเทา คือ แร่โอลิวีนหรือไพรอกซีน และแร่สีน้ำตาลอมเขียวที่อยู่ตามขอบ และแร่ที่เป็นเส้นใยสีดำตรงกลาง คือ แร่เซอร์เพนทีน ตัวอย่าง CN20 พบทางตะวันตกของตำบลเชียงของ พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $100^{\circ}56'49.34''E$ ละติจูด $18^{\circ}19'42.21''N$

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางซิลิการรณนาพบลักษณะเนื้อมวลผลึก (holocrystalline) ซึ่งมีผลึกเล็กถึงปานกลาง (fine to medium-grained) มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 0.2-3 มิลลิเมตร (รูป 3.26) โดยประกอบไปด้วยแร่โอลิวีน (olivine) และแร่คลิโนไพรอกซีน (clinopyroxene) เป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 80) และแร่เซอร์เพนทีน (serpentine) ประมาณร้อยละ 20 ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพ (alteration) มาจากแร่โอลิวีนและไพรอกซีน ผลึกของแร่ดังกล่าวแสดงลักษณะผลึกไม่สมมาตร (anhedral crystal) ในบางส่วนของแร่โอลิวีนและไพรอกซีน ผลึกแสดงมุมประกบระหว่าง 3 ผลึก (triple

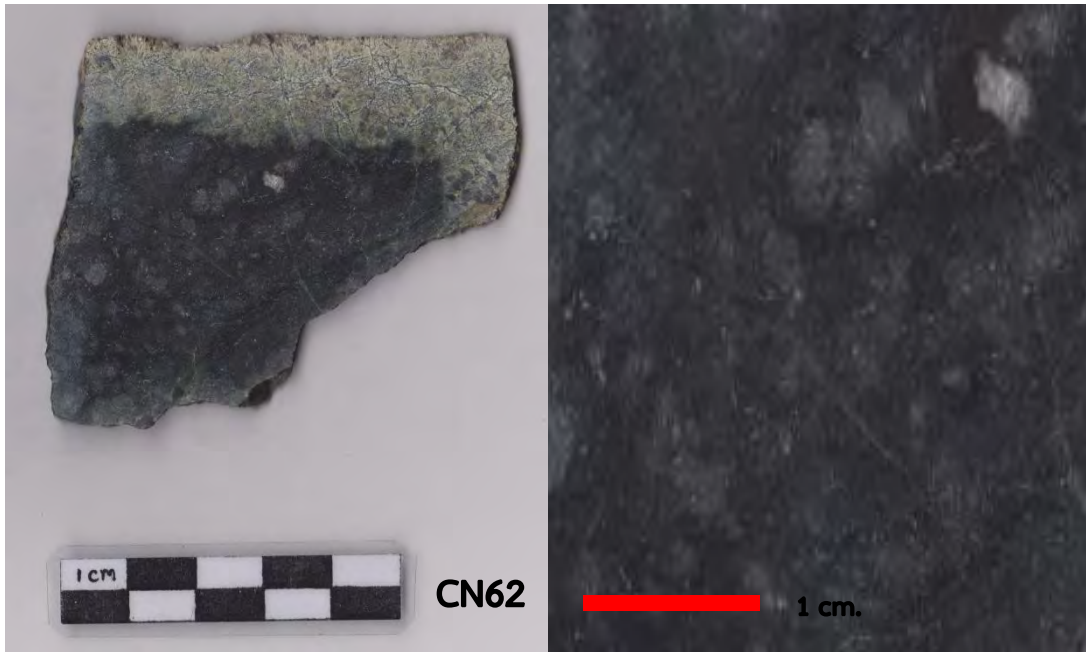
junction) ประมาณ 120 องศา แร่ไพโรอกซีนมีลักษณะของ exsolution lamellae อีกทั้งตามรอยแตกและขอบแร่ของโอลิวีนพบแร่เส้นใยพวกเซอร์เพนทีน



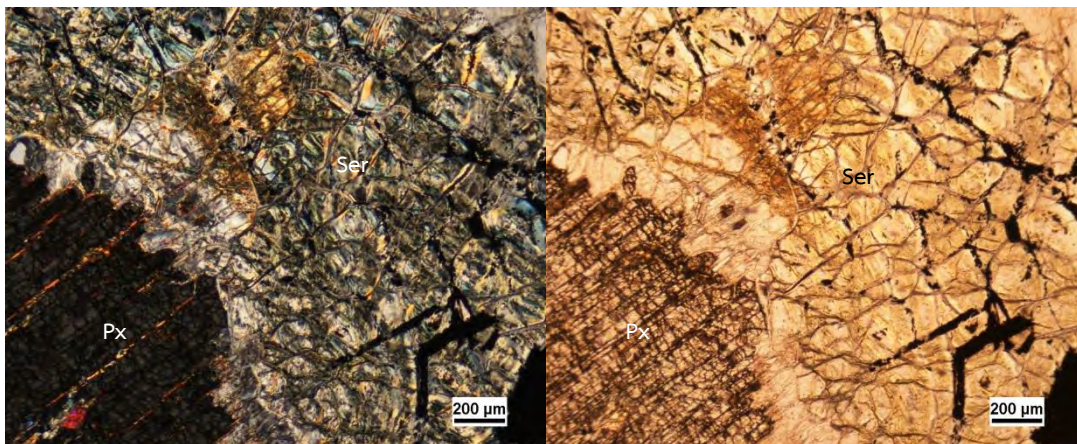
รูป 3.26 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินเซอร์เพนทีนเวอร์ไลต์ (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบลักษณะแร่โอลิวีนและไพโรอกซีน ผลึกแสดงมุมประกบระหว่าง 3 ผลึก (triple junction) และลักษณะของแร่โคลโนไพโรอกซีนที่แสดง exsolution lamellae ตามรอยแตกและขอบของแร่โอลิวีน คือแร่เซอร์เพนทีน ; Px-pyroxene, Ol-olivine ตัวอย่าง CN20

หินเซอร์เพนทีนฮาร์ซเบิร์กไท์ (serpentine harzburgite) บริเวณตะวันตกของตำบลเชียงของ อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน (รูป 3.27) จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบเป็นหินอัคนีบาดาล (plutonic rock) ซึ่งมีสีสดเป็นสีดำ และสีฝุ่นเป็นสีน้ำตาลอ่อนไปจนถึงสีเขียว สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกเล็กถึงปานกลาง (fine to medium - grained) ขนาดประมาณ 0.1 - 0.4 เซนติเมตร และมีขนาดผลึกที่ไม่เท่ากัน (inequigranular) มีลักษณะเป็นเนื้อดอก (porphyritic texture) โดยมีแร่ดอกเป็นแร่ไพโรอกซีน (pyroxene) และแร่โอลิวีน (olivine) เป็นเนื้อพื้น (groundmass) ตรงขอบของหินตัวอย่างเปลี่ยนแปลงสภาพ (alteration) เป็นแร่เซินเพนทีน (serpentine) (หมายเหตุหินที่ได้จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบ คือ ฮาร์ซเบิร์กไท์)

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางซิลิการรณนาพบลักษณะเนื้อมวลผลึก (holocrystalline) ซึ่งมีผลึกเล็กถึงปานกลาง (fine to medium-grained) มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 0.2-5 มิลลิเมตร โดยประกอบไปด้วยแร่เซอร์เพนทีน (serpentine) และออร์โทไพโรอกซีน (orthopyroxene) เป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 97) และแร่ทึบแสง (opaque mineral) ประมาณ 3 ผลึกของแร่ดังกล่าวแสดงลักษณะ ตั้งแต่ผลึกกึ่งสมบุรณ์ (subhedral crystal) จนถึงผลึกไม่สมบุรณ์ (anhedral crystal) ในแร่เซอร์เพนทีนพบโครงสร้าง (relic structure) ของแร่โอลิวีน ทำให้คาดการณ์ได้ว่าแร่เซอร์เพนทีนเปลี่ยนแปลงสภาพมาจากแร่โอลิวีน และตามขอบผลึกแร่ไพโรอกซีนเป็นแร่เซอร์เพนทีน

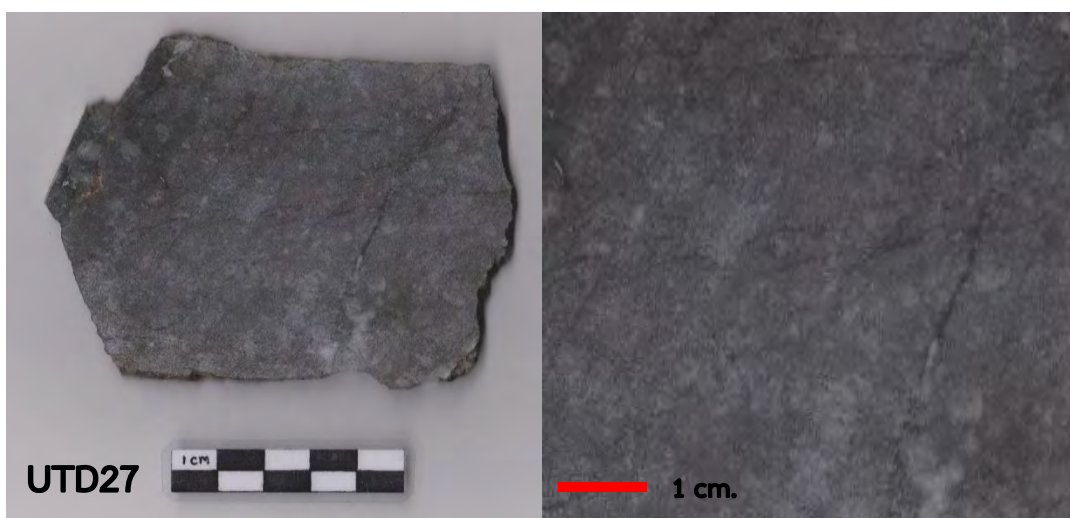


รูป 3.27 ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินฮาร์สเบอร์โกท์ (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะสามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกเล็กถึงปานกลาง ประกอบไปด้วยแร่สีดำเทา คือ แร่โอลิวีนหรือไพรอกซีน และแร่สีน้ำตาลอมเขียวที่อยู่ตามขอบ คือ แร่เซอร์เพนทีน ตัวอย่าง CN62 พบทางตะวันตกของตำบล เชียงของ พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $100^{\circ}55'41.525''E$ ละติจูด $18^{\circ}19'16.811''N$



รูป 3.28 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินเซอร์เพนทีนฮาร์สเบอร์โกท์ (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบ Relic Grain ของแร่ไพรอกซีนที่ตามขอบเป็นแร่เซอร์เพนทีน และแร่เซอร์เพนทีนที่พบโครงสร้าง เดิม (relic structure) ของแร่โอลิวีน ; Px - pyroxene, Ser - serpentine ตัวอย่าง CN62

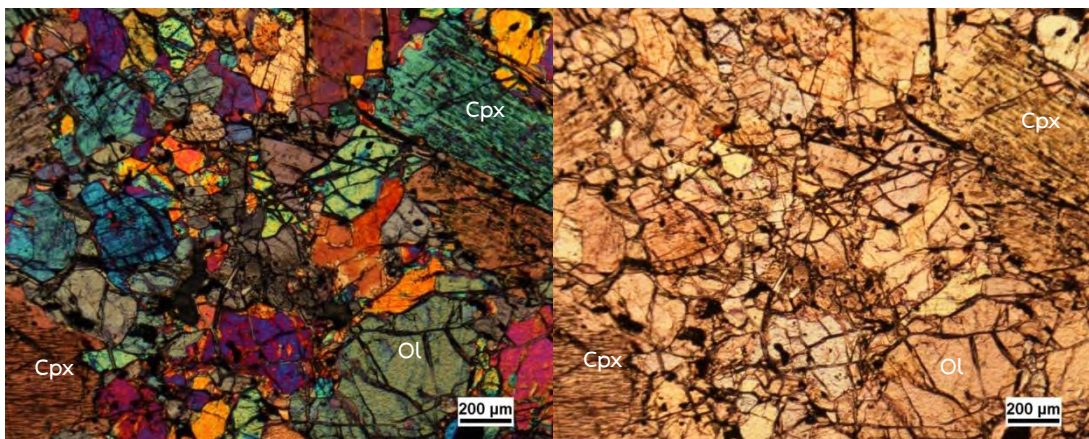
หินฮาร์สเบอร์ไกท์ (hazbergite) บริเวณตอนใต้ของตำบลท่าแฝก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม (รูป 3.29) จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบเป็นหินอัคนีบาดาล (plutonic rock) ซึ่งมีสีสดเป็นสีดำ สีฝุ่นเป็นสีน้ำตาลแดง สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกเล็กถึงปานกลาง (fine to medium - grained) ขนาดประมาณ 0.1 - 0.5 เซนติเมตร และมีขนาดผลึกที่ไม่เท่ากัน (inequigranular) มีลักษณะเป็นเนื้อดอก (porphyritic texture) โดยมีแร่ดอกเป็นแร่ไพรอกซีน (pyroxene) และแร่โอลิวีน (olivine) เป็นเนื้อพื้น (groundmass) ตามรอยแตกของหินพบการเปลี่ยนแปลงสภาพ (alteration) เป็นแร่เซเนเพนทีน (serpentine) และหินมีความสดมากกว่าหินเซอร์เพนทีนฮาร์สเบอร์ไกท์ที่อำเภอนาน้อย



รูป 3.29 ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินฮาร์สเบอร์ไกท์ (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะสามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกเล็กถึงปานกลาง พบลักษณะของเนื้อดอก (porphyritic texture) โดยมีแร่ดอกเป็นแร่ไพรอกซีน (pyroxene) และแร่โอลิวีน (olivine) ตามรอยแตกพบการเปลี่ยนแปลงสภาพเป็นแร่เซอร์เพนทีน ตัวอย่าง UTD27 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $100^{\circ}37'21.189''E$ ละติจูด $17^{\circ}53'54.481''N$

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางซิลิการรณนาพบลักษณะเนื้อมวลผลึก (holocrystalline) ซึ่งมีผลึกเล็กถึงปานกลาง (fine to medium-grained) มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 0.1-2 มิลลิเมตร (รูป 3.30) โดยประกอบไปด้วยแร่โอลิวีน (olivine) และออร์โธไพรอกซีน (orthopyroxene) เป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 93) แร่ไคลโนไพรอกซีน (clinopyroxene) และแร่ทึบแสง (opaque mineral) ประมาณร้อยละ 5 และร้อยละ 3 ตามลำดับ ผลึกของแร่ดังกล่าวแสดงลักษณะ ตั้งแต่ผลึกกึ่งสมบุรณ์ (subhedral crystal)

จนถึงผลึกไม่สมบรูณ์ (anhedral crystal) พบ exsolution lamellae ในแร่โคลโนไพรอกซีน



รูป 3.30 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินฮอร์สเบอริท์ (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) ลักษณะเป็นเนื้อดอกที่แยกไม่ชัดเจน (seriate porphyritic texture) โดยมีแร่ดอกคือแร่โคลโนไพรอกซีน และแร่โอลิวีนและออร์โทไพรอกซีนเป็นเนื้อพื้น พบ exsolution lamellae ในแร่โคลโนไพรอกซีน

ตัวอย่าง UTD27

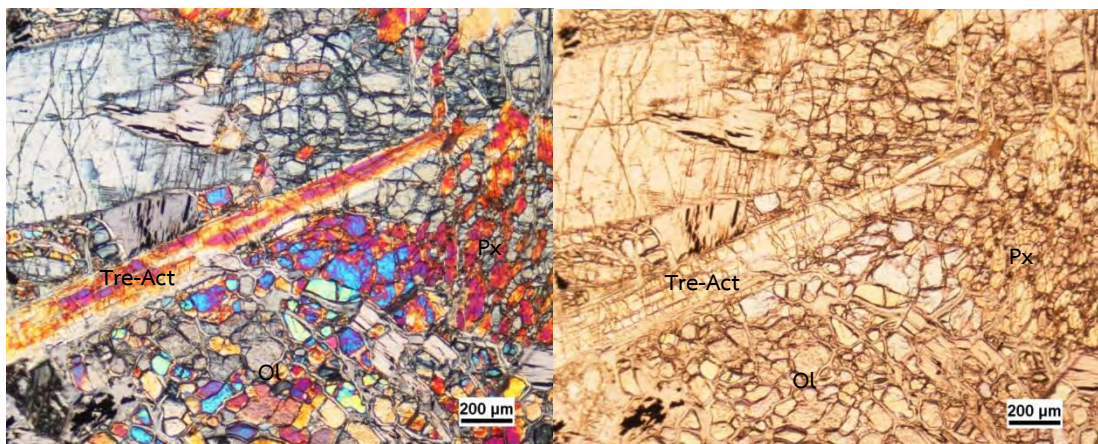
หินเซอร์เพนทีนเพอริโดไทต์ที่ถูกแปรสภาพ (serpentine metamorphosed peridotite) บริเวณตอนกลางอำเภอมะจิม จังหวัดน่าน (รูป 3.31) จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบเป็นหินอัคนีบาดาล (plutonic rock) ซึ่งมีสีสดเป็นสีดำ สีฝุ่นเป็นสีน้ำตาลแดง สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกเล็กถึงปานกลาง (fine to medium - grained) ขนาดประมาณ 0.1 - 0.4 เซนติเมตร และมีขนาดผลึกที่ไม่เท่ากัน (inequigranular) มีลักษณะเป็นเนื้อดอก (porphyritic texture) โดยมีแร่ดอกเป็นแร่ที-โมไลต์ (tremolite) และแอคทีโนไลต์ (actinolite) เป็นลักษณะของ decussate texture มีแร่โอลิวีน (olivine) และแร่ไพรอกซีน (pyroxene) เป็นเนื้อพื้น (groundmass) ตามรอยแตกของหินพบการเปลี่ยนแปลงสภาพ (alteration) เป็นแร่เซนเพนทีน (serpentine) (หมายเหตุชื่อที่ได้จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบ คือ หินเพอริโดไทต์ที่ถูกแปรสภาพ)

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางซิลิการรณนาพบลักษณะเนื้อมวลผลึก (holocrystalline) ซึ่งมีผลึกเล็กถึงปานกลาง (fine to medium-grained) มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 0.1 - 5 มิลลิเมตร โดยประกอบไปด้วยแร่โอลิวีน (olivine) แร่ที-โมไลต์ - แอคทีโนไลต์ (tremolite - actinolite) และแร่ไพรอกซีน (pyroxene) เป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 98) และแร่ทึบแสง (opaque mineral) ประมาณร้อยละ 2 ผลึกของแร่ดังกล่าวแสดงลักษณะตั้งแต่ผลึกกึ่งสมบรูณ์ (subhedral crystal) จนถึงผลึกไม่สมบรูณ์ (anhedral crystal) แร่ที-โมไลต์ - แอคทีโนไลต์ (tremolite - actinolite) ซึ่งเป็นแร่หินแปร แสดงลักษณะของ

decussate texture และมีเนื้อพื้นเป็นหินเพอริโดไทต์ (peridotite) จากการพบแร่ทรีโมไลต์ - แอคทิโนไลต์ทำให้คาดว่าหินเพอริโดไทต์น่าจะถูกแปรสภาพ (metamorphosed)



รูป 3.31 ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินเพอริโดไทต์ที่ถูกแปรสภาพ (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะสามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกเล็กถึงปานกลาง ประกอบด้วยแร่สีขาวน้ำตาลมีรูปร่างเป็นเส้นใย คือแร่ทรีโมไลต์-แอคทิโนไลต์ แสดงลักษณะของ decussate texture และแร่สีดำ คือแร่โอลิวีนและไพรอกซีน ตัวอย่าง MC6 พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $101^{\circ}10'29.654''E$ ละติจูด $18^{\circ}43'35.404''N$



รูป 3.32 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินเซอร์เพนทีนเพอริโดไทต์ที่ถูกแปรสภาพ (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบลักษณะของ decussate texture ของแร่ทรีโมไลต์ - แอคทิโนไลต์ โดยที่เนื้อพื้นเป็นหินเพอริโดไทต์ ; Px - pyroxene, Tre-Act - tremolite – actinolite ตัวอย่าง MC6

2.กลุ่มไพรอกซีนไนต์ (pyroxenite series) ประกอบด้วยหินเซอร์เพนทีนโอลิวีนไคลโนไพรอกซีนไนต์ (serpentine olivine clinopyroxenite) พบทางตอนบนของอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

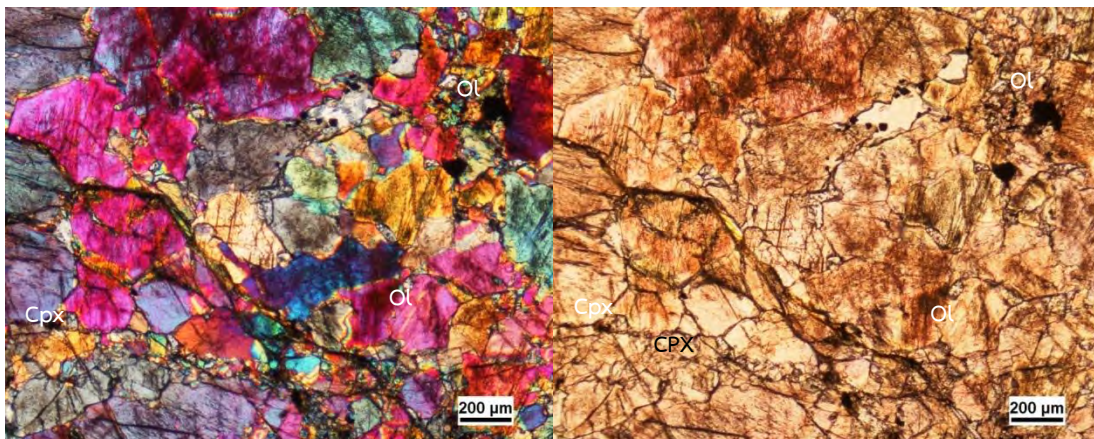
หินเซอร์เพนทีนโอลิวีนไคลโนไพรอกซีนไนต์ (serpentine olivine clinopyroxenite) บริเวณทางตอนบนของอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน จากแผ่นหิน

ขัดหน้าเรียบเป็นหินอัคนีบาดาล (plutonic rock) ซึ่งมีสีสดเป็นสีเทาดำ สีฝุ่นเป็นสีน้ำตาลดำ สามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกเล็กถึงปานกลาง (fine to medium - grained) ขนาดประมาณ 0.1 - 0.3 เซนติเมตร (รูป 3.33) และมีขนาดผลึกที่ไม่เท่ากัน (inequigranular) มีลักษณะเป็นเนื้อดอก (porphyritic texture) โดยมีแร่ดอกเป็นแร่โอลิวีน (olivine) และแร่ไพรอกซีน (pyroxene) เป็นเนื้อพื้น (groundmass) พบการหลุดของแร่โอลิวีน (olivine) (หมายเหตุชื่อหินที่ได้จากแผ่นหินขัดหน้าเรียบ คือ หินโอลิวีนไพรอกซีน)



รูป 3.33 ภาพถ่ายแผ่นหินขัดหน้าเรียบของหินโอลิวีนไพรอกซีน (ซ้ายเป็นภาพแบบกว้าง และขวาเป็นภาพแบบขยาย) แสดงลักษณะสามารถมองเห็นผลึกได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกเล็กถึงปานกลาง มีลักษณะเป็นเนื้อดอก (porphyritic texture) ประกอบด้วยแร่สีดำ คือ แร่โอลิวีน เป็นแร่ดอก และแร่สีเทาดำ คือแร่ไพรอกซีนเป็นเนื้อพื้น ตัวอย่าง CN29 พิกัดภูมิศาสตร์
ลองจิจูด 100°44'54.585"E ละติจูด 19°15'10.722"N

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบลักษณะเนื้อมวลผลึก (holocrystalline) ซึ่งมีผลึกเล็ก (fine-grained) มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 0.1-1 มิลลิเมตร โดยประกอบไปด้วยโคลโนไพรอกซีน (clinopyroxene) เป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 90) แร่โอลิวีน (olivine) และแร่ทึบแสง (opaque mineral) ประมาณร้อยละ 9 และ 1 ตามลำดับ ผลึกของแร่ดังกล่าวแสดงลักษณะผลึกไม่สมบูรณ์ (anhedral crystal) โดยที่ผลึกแร่โคลโนไพรอกซีนแสดงมุมประจบระหว่าง 3 ผลึก (triple junction) ประมาณ 120 องศา ตามรอยแตกพบแร่เซอร์เพนทีน (รูป 3.34)



รูป 3.34 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ของหินเซอร์เพนทีนโอลิวีนไคลโนไพโรอกซีนไนต์ (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) พบผลึกแสดงมุมประกบระหว่าง 3 ผลึก (triple junction) ของแร่ไคลโนไพโรอกซีน Cpx - Clinopyroxene, Ol - Olivine (ซ้าย : XPL, ขวา : PPL) ตัวอย่าง CN29

4.3 ธรณีเคมี

จากข้อมูลทางศิลาวรรณนาพบว่าหินกลุ่มอัลตราเมฟิก (ultramafic rock) ไม่เหมาะกับการนำมาทำธรณีเคมีเนื่องจากถูกแปรเปลี่ยน (alteration) ไปเป็นแร่เซอร์เพนทีน (serpentine) คลอไรต์ (chlorite) ไปค่อนข้างมาก รวมถึงการถูกแปรสภาพ (metamorphosed) อีกด้วย กลุ่มที่เหมาะสมสำหรับนำมาทำธรณีเคมีคือ หินกลุ่มเมฟิก (mafic rock) เช่น โอลิวีนแกบโบร (ตัวอย่าง UTD10) , ฮอร์นเบลนด์แกบโบร (ตัวอย่าง UTD5) บริเวณตำบลท่าแฝก อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ เพราะว่าถูกเปลี่ยนแปลงสภาพ (Alteration) ใช้น้อยกว่า

จากการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเครื่อง X-ray fluorescence spectrometry (XRFs) ซึ่งค่าที่ได้มานั้นจะประกอบด้วยปริมาณธาตุหลักและธาตุรองในองค์ประกอบทางเคมีของหิน ผลวิเคราะห์ที่ได้ออกมานั้นเป็นปริมาณของ Major Oxide และ Minor Oxide ประกอบไปด้วย Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Cr_2O_5 , MgO , MnO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 และ SO_3 ซึ่งค่า Major และ Minor Oxide (weight% oxide) แสดงในตารางที่ 4.1 และเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) ซึ่งค่าที่ได้มานั้นจะประกอบด้วยปริมาณธาตุร่องรอย (Trace element) และธาตุหายาก (Rare-earth element) ในองค์ประกอบทางเคมีของหินในหน่วยของส่วนในล้านส่วน (ppm.) ประกอบไปด้วย Rb, Sr, Nb, Y, Zr, Ni, Pb, Zn, Co, Cr, Cu สำหรับธาตุร่องรอย (Trace element) และ La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu สำหรับธาตุหายาก (Rare-earth element) แสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

Major Element (wt%) ตารางที่ 4.1 (หมายเหตุ Hb-Gb = Hornblend Gabbro, Ol-Gb = Olivine Gabbro)

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₅	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Mg#	Total
UTD5 (Hb-Gb)	44.7	0.325	13.4	17.3	0.0323	8.76	0.345	13.5	1.52	0.112	0.023		33.61	100.02
UTD10 (Ol-Gb)	44.2	0.188	2.97	13.5	0.28	21.7	0.219	16.6	0.096			0.153	61.65	99.91

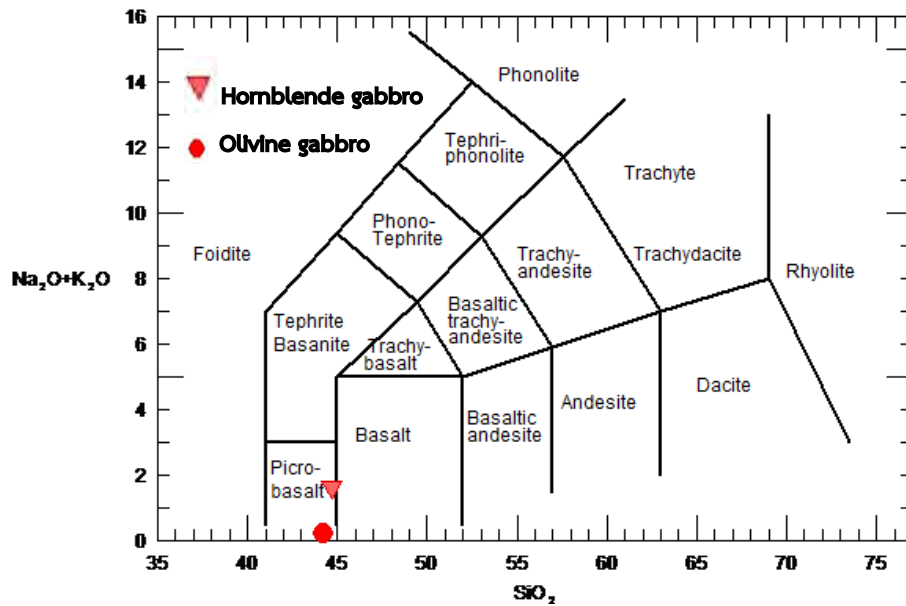
Trace Element (ppm.) ตารางที่ 4.2 (หมายเหตุ Hb-Gb = Hornblend Gabbro, Ol-Gb = Olivine Gabbro)

	Rb	Sr	Nb	Y	Zr	Ni	Pb	Zn	Co	Cu
UTD5 (Hb-Gb)	0.5	153.9	<1	8.5	15.9	65	<5	103	42.7	<5
UTD10 (Ol-Gb)	0.2	16.7	<1	1.7	5.6	256	<5	33	75.5	61

Rare - Earth Element (ppm.) ตารางที่ 4.3 (หมายเหตุ Hb-Gb = Hornblend Gabbro, Ol-Gb = Olivine Gabbro)

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
UTD5 (Hb-Gb)	<0.5	3.1	0.46	3.0	1.1	0.44	1.11	1.00	1.59	0.35	1.02	0.18	1.1	0.18
UTD10 (Ol-Gb)	<0.5	2.4	0.13	0.7	0.3	0.14	0.44	0.09	0.53	0.13	0.31	0.05	0.3	<0.05

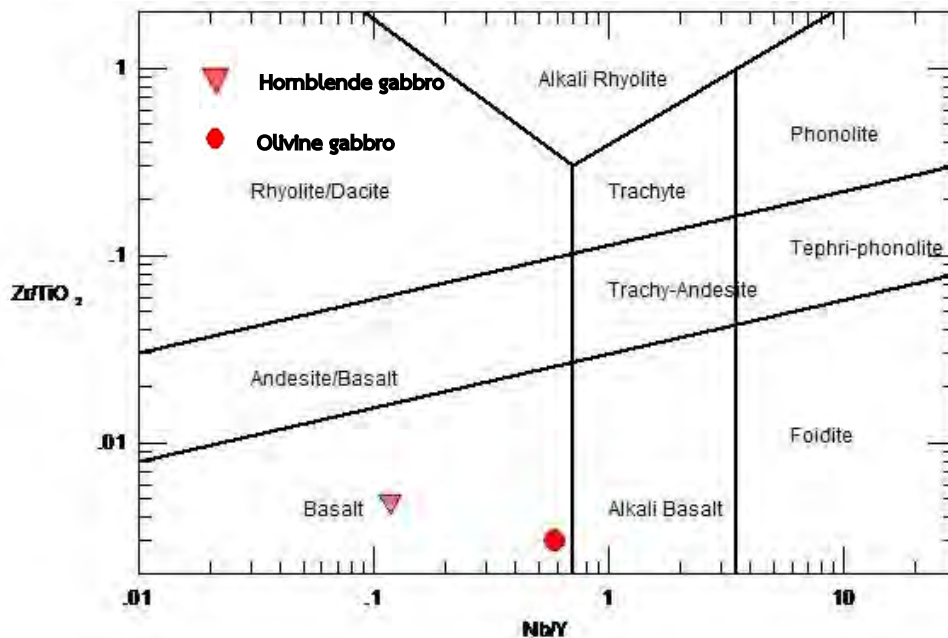
เมื่อนำค่าของธาตุส่วนมาก (Major element) ธาตุส่วนน้อย (Minor element) และธาตุร่องรอย (Trace element) และมาพล็อตใน Discrimination diagram ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้



รูป 3.35 Total Alkali-SiO₂ Discrimination diagram (Le Bas และคณะ, 1986) ของหินฮอร์นเบลนด์แกบโบรและโอลิวีนแกบโบร บริเวณตำบลท่าแฝก อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์

พบเป็นองค์ประกอบแบบ Picro-basalt ซึ่งเทียบเท่ากับหินโอลิวีนแกบโบร

พบเป็นองค์ประกอบแบบ Picro-basalt ซึ่งเทียบเท่ากับหินโอลิวีนแกบโบร

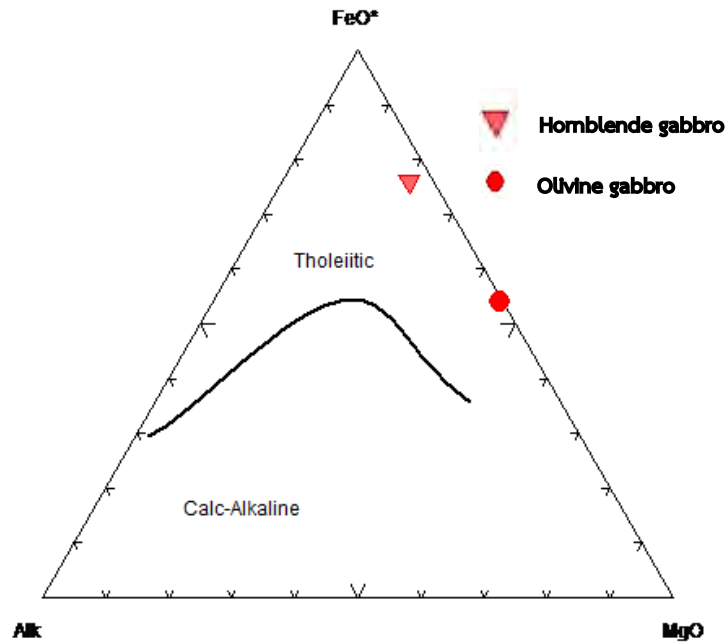


รูป 3.36 Zr/TiO₂-Nb/Y Discrimination diagram (ดัดแปลงจาก Winchester และ Floyd, 1977)

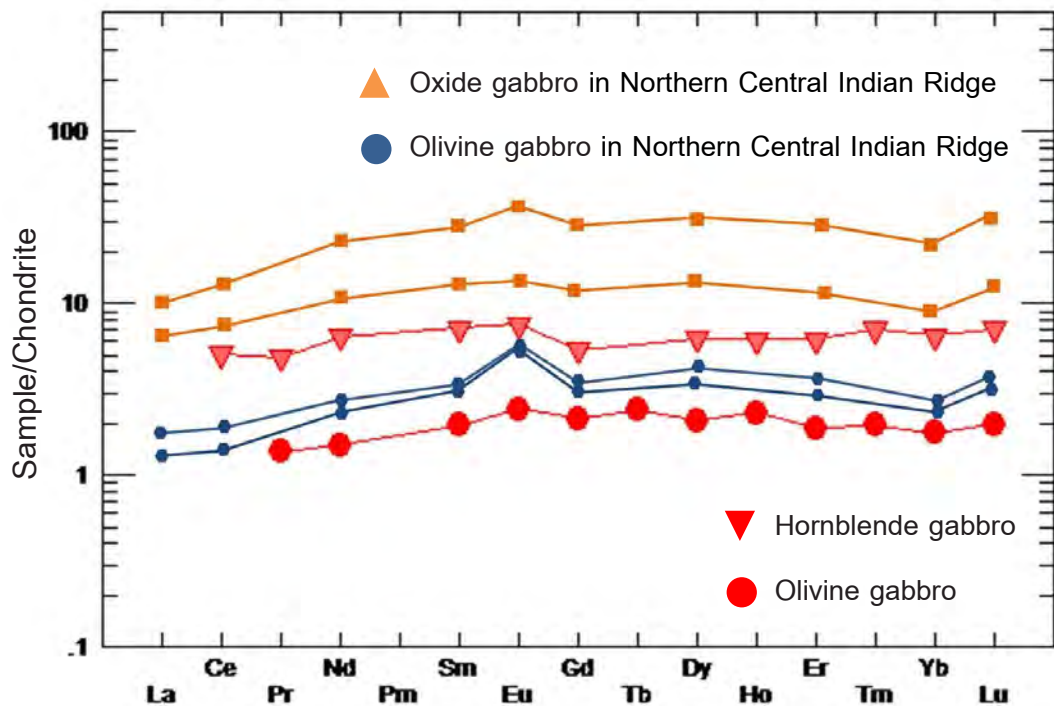
ของหินฮอร์นเบลนด์แกบโบรและโอลิวีนแกบโบร บริเวณตำบลท่าแฝก อำเภอท่าปลา จังหวัด

อุตรดิตถ์ พบเป็นองค์ประกอบแบบบะซอลต์ (Basalt composition)

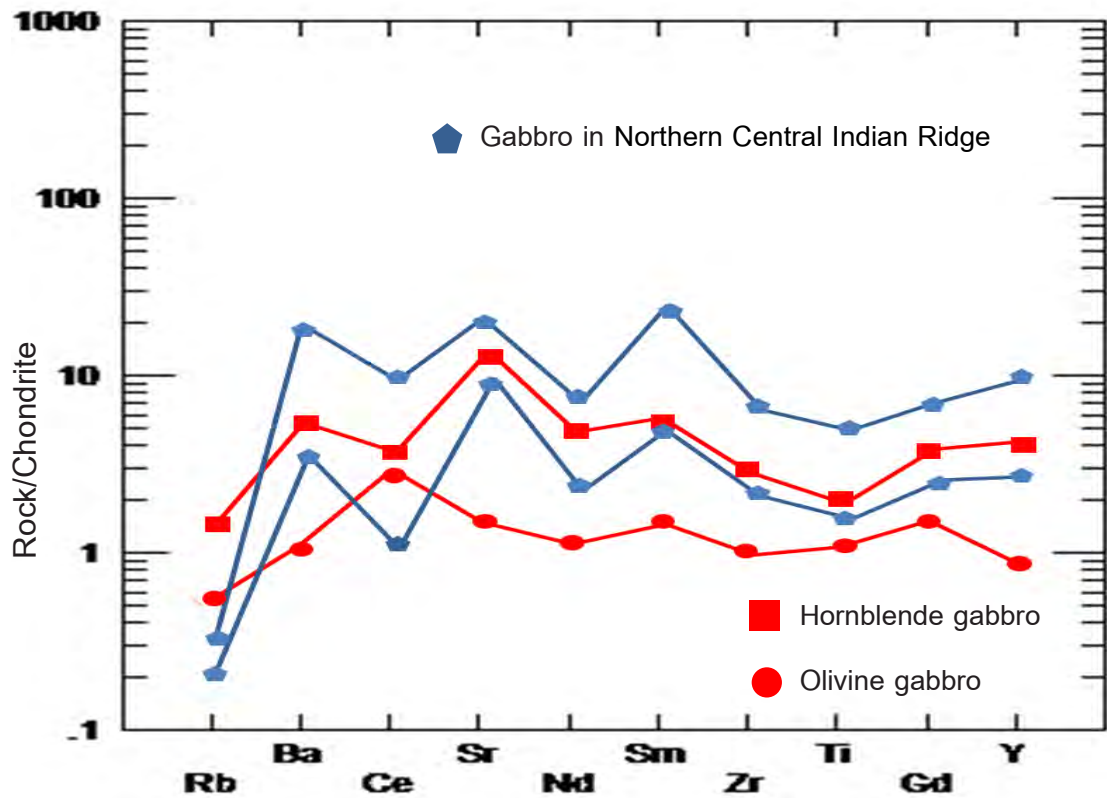
ซึ่งเทียบเท่ากับหินแกบโบร (Gabbro)



รูป 3.37 AFM Variation Triangular Diagram ของหินฮอร์นเบลนด์แกบโบรและโอลิวีนแกบโบร บริเวณตำบลท่าแฝก อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ พบอยู่ในพื้นที่ของ tholeiite (กราฟจาก Irvin และ Barager, 1971)



รูป 3.38 Normalized multielement plot (normalized to chondrite ดัดแปลงจาก McDonough และ Sun, 1989) ของหินโอลิวีนแกบโบรและฮอร์นเบลนด์แกบโบร (ข้อมูลจากตาราง 4.3) เทียบกับหินออกไซด์แกบโบรและโอลิวีนแกบโบรบริเวณ Northern Central Indian Ridge (Dwijesh RAY และคณะ, 2011)



รูป 3.39 Chondrite normalized REE spiderdiagram (ข้อมูล normalized จาก McDonough และ Sun, 1989) ของหินโอลิวีนแกบโบรและฮอร์นเบลนด์แกบโบร (ข้อมูลจากตาราง 4.2 และ 4.3) เทียบกับหินแกบโบร บริเวณ Northern Central Indian Ridge (Dwijesh RAY และคณะ, 2011)

บทที่ 4 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

4.1 อภิปรายผลการศึกษา

4.2 สรุปผลการวิจัยศึกษา

บทที่ 4

อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

4.1 อภิปรายผลการศึกษา

4.1.1 อภิปรายผลการศึกษาศิลาวรรณนา

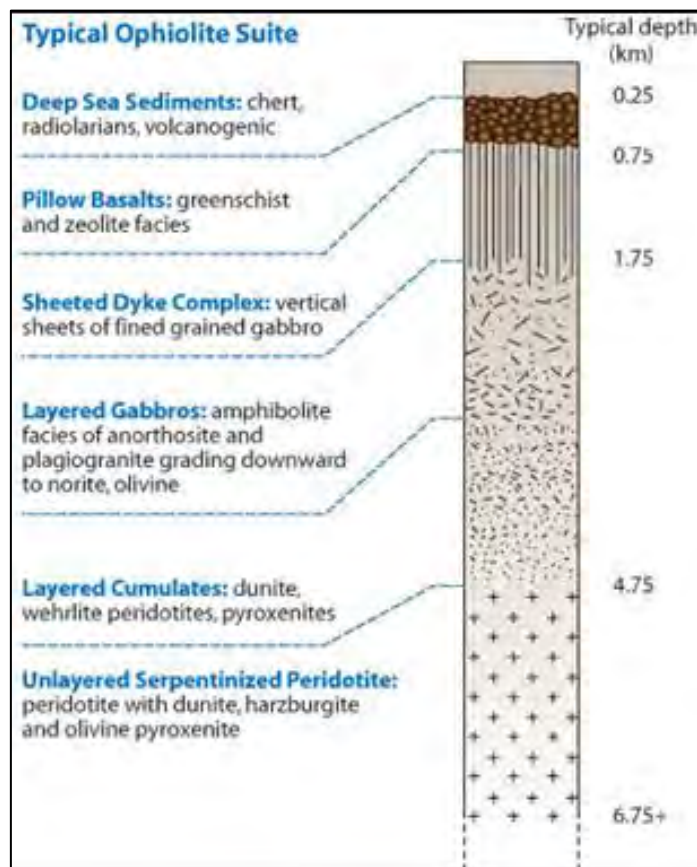
จากการศึกษาทางศิลาวรรณนาพบว่า หินเมฟิก-อัลตราเมฟิกที่พบในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย หินแกบโบร หินฮอร์นเบลนด์แกบโบร และโอลิวีนแกบโบร ซึ่งแสดงลักษณะของการเรียงตัวของแร่ (Layer) และบะซอลต์ สำหรับกลุ่มหินเมฟิก และหินเซอร์เพนทีน-ดันไนต์ หินเซอร์เพนทีนเวอไลต์ หินเซอร์เพนทีนฮาร์สเบอร์โกท์ และหินเซอร์เพนทีนโอลิวีนโคลโนไฟรอกซีไนท์ สำหรับกลุ่มหินอัลตราเมฟิกและกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ถูกแปรเปลี่ยน (alteration) ไปเป็นแร่เซอร์เพนทีน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Panjasawatwong (1991) ที่ศึกษาศิลาวรรณนาและธรณีเคมีของอัคนีบริเวณตะเข็บธรณีน่าน พบว่าหินแกบโบรในพื้นที่ศึกษานั้นประกอบด้วย isotropic และ layered gabbro ซึ่ง layered gabbro กับ isotropic gabbro นั้นแตกต่างกันที่ layered gabbro จะมีการไล่ขนาดของผลึก (size-graded) จากขนาดเล็กไปใหญ่ (น้อยกว่า 1 - 4 มิลลิเมตร) ส่วน isotropic gabbro จะมีผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ (1-5 มิลลิเมตร) และสำหรับหินอัลตราเมฟิก ประกอบด้วยหินโคลโนไฟรอกซีไนต์ หินเว็บสเตอร์ไรต์ โอลิวีนโคลโนไฟรอกซีไนต์ หินเวอไรต์ หินฮาร์สเบอร์โกท์ และหินดันไนต์

4.1.2 อภิปรายผลการศึกษาธรณีเคมี

จากการศึกษาธรณีเคมีของธาตุส่วนมาก (major element) ธาตุร่องรอย (Trace element) และธาตุหายาก (rare earth element) บ่งชี้ว่าหินแกบโบร บริเวณเหนือเขื่อนสิริกิติ์ ตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยเกิดขึ้นจากลำดับชุดแม็กมา (magma series) ประเภท tholeiitic (ดูรูป 3.27 ประกอบ) และมีปริมาณ incompatible element ต่ำ (TiO_2 0.188-0.325 wt%, P_2O_5 trace - 0.023 wt%, Nb < 1 ppm, Zr 5.6 -15.9 ppm, Y 1.7-8.5 ppm, La <0.5 ppm, Yb 0.3-11 ppm) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Panjasawatwong (1991) ซึ่งพบว่าหินแกบโบรในพื้นที่นั้นมีปริมาณ incompatible element ที่ต่ำ (TiO_2 0.1-1.4 wt%, P_2O_5 trace - 0.04 wt%, Nb < 1-4 ppm, Zr 1-41 ppm, Y 5-24 ppm, La <0.59-3.11 ppm, Yb 0.69-1.75 ppm) จาก normalized multielement plot (ดูรูป 4.37 ประกอบ) ซึ่งมีลักษณะของ positive Eu anomalies และ flat pattern รวมไปถึง Chondrite normalized REE spiderdiagram (ดูรูป 3.38 ประกอบ) พบว่ารูปแบบของกราฟมีความคล้ายคลึงกับหินแกบโบรบริเวณ Northern Central Indian Ridge (ข้อมูลจาก Dwijesh RAY และคณะ, 2011)

4.1.3 การแปรความหมายลักษณะทางธรณีแปรสัณฐาน

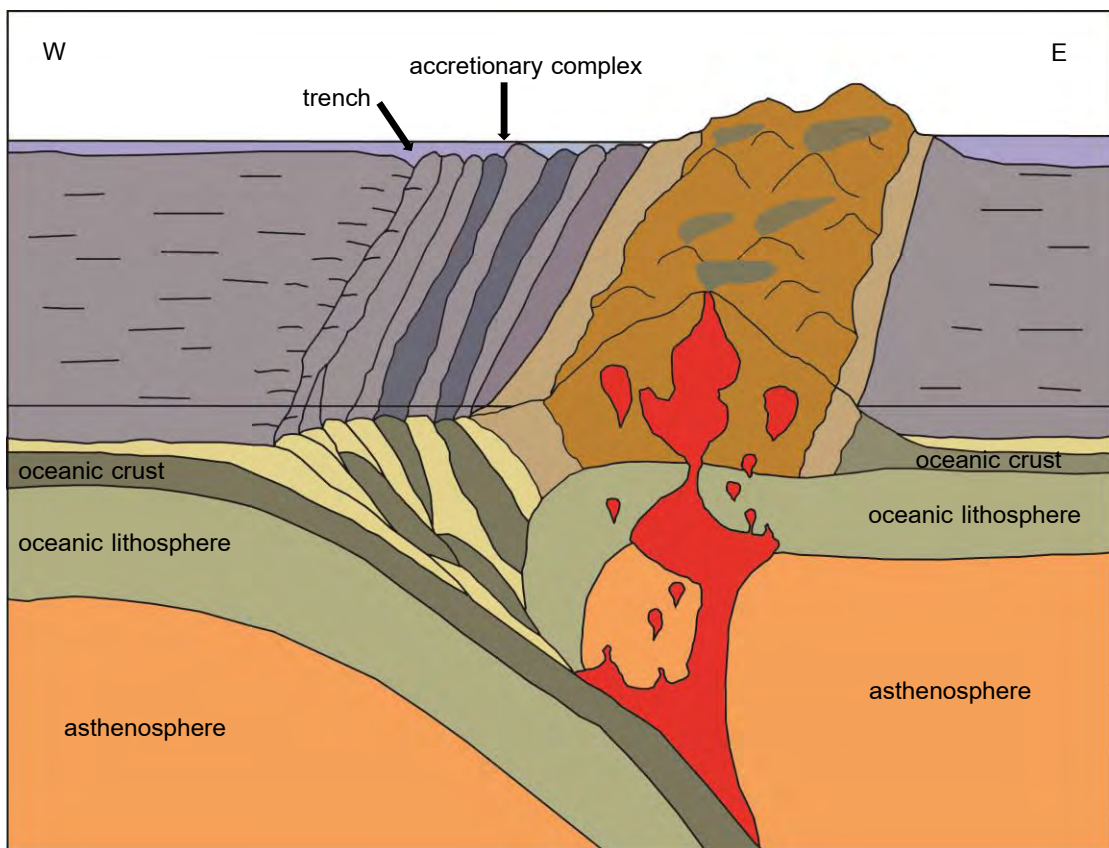
จากการศึกษาธรณีวิทยาในภาคสนาม และศิลาวรรณนา พบว่าประกอบไปด้วยหินชั้นไนต์เวอร์ไลต์ ฮาร์สเบอร์ไกท์ Layerd gabbro บะซอลต์ และเซิร์ต ที่ถูกล้อมรอบด้วยหินตะกอนที่ถูกรแปรสภาพ และจากกราฟ Normalized multielement plot รวมไปถึง Chondrite normalized REE spiderdiagram ของหินแกบโบรในพื้นที่ศึกษา พบว่ามีรูปแบบของกราฟที่ความคล้ายคลึงกับหินแกบโบรบริเวณ Northern Central Indian Ridge ซึ่งมีธรณีแปรสัณฐานเป็นแบบเทือกเขากลางสมุทร (MORB) ทำให้สรุปได้ว่าหินเมฟิก-อัลตราเมฟิกในพื้นที่ศึกษาเกิดในพื้นที่มหาสมุทร และเป็นส่วนหนึ่งของชุดหินโอไฟโอไลต์ หลังจากนั้นการเกิดมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกซึ่งถูกเบียดอัดด้วยแรงดันสูงและเกิดการแตกหักของหิน ทำให้ได้หินเมฟิก-อัลตราเมฟิกที่แทรกสลับกับหินตะกอนที่ถูกรแปรสภาพเกิดเป็นแนวหินพอกพูนซับซ้อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Singharajwarapan และ Berry (2000) และจากงานวิจัยของ Rittisit (2011) ได้สรุปทิศทางการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกบริเวณตะเข็บธรณีน่านว่าเป็นการมุดตัวเป็นจากทิศตะวันตกไปตะวันออกโดยอาศัยข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศร่วมกับข้อมูลการรับรู้ระยะไกล



รูป 4.1 การลำดับชั้นหินของชุดหินโอไฟโอไลต์ (Bedard, J.H. และคณะ)

4.2 สรุปผลการศึกษา

หินเมฟิก-อัลตราเมฟิกที่พบในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย หินแกบโบร ฮอร์นเบลนด์แกบโบร โอลิวีนแกบโบร และบะซอลต์ สำหรับกลุ่มหินเมฟิก และกลุ่มหินอัลตราเมฟิกนั้นประกอบด้วย หิน เซอร์เพนทีนดันไนต์ เซอร์เพนทีนเวอไลต์ เซอร์เพนทีนฮาร์สเบอร์โกท์ และเซอร์เพนทีนโอลิวีนไคล โนไพรอกซีไนต์ จากการวิเคราะห์ธรณีเคมี บ่งชี้ว่าหินแกบโบรในพื้นที่ศึกษาเกิดขึ้นจากลำดับชุด แม็กมาประเภท tholeiite และมีปริมาณ incompatible element ต่ำ เมื่อพิจารณาจากกราฟ REE pattern plot พบว่าหินแกบโบรเกิดขึ้นในบริเวณภาคพื้นมหาสมุทร ซึ่งมีธรณีแปรสัณฐานแบบ เทือกเขากลางสมุทร และเป็นส่วนหนึ่งของชุดหินโอไฟโอไลต์ หลังจากนั้นการเกิดมุดตัวของแผ่น เปลือกโลกซึ่งถูกเบียดอัดด้วยแรงดันสูงและเกิดการแตกหักของหิน ทำให้ได้หินเมฟิก-อัลตราเมฟิก ที่แทรกสลับกัันหินตะกอนที่ถูกแปรสภาพเกิดเป็นแนวหินพอกพูนซับซ้อน (accretionary complex)



รูป 4.2 แบบจำลองการแปรสัณฐานของแผ่นเปลือกโลกในบริเวณพื้นที่ศึกษา

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- ปัญญา จารุศิริ, วิโรจน์ ดาวฤกษ์, จักรพันธ์ สุทธิรัตน์, มนต์รี ชูวงษ์, สุชาติณีย์ เจริญจิตรีรัตน์, วิชัย จุฑะโกสิพิทักษ์กานนท์ และธนา บุญพาวรมณี, 2552. วิวัฒนาการธรณีวิทยาแปรสัณฐาน ประเทศไทย : ภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันออก (ปีที่ 1 ภาคเหนือ). รายงานการวิจัยกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช : 147-201.
- Barr, S.M., Macdonald, A.S., 1987. Nan river suture zone, northern Thailand. *Geology* 15: 907-910 .
- Bedard, J.H., Lauziere, K., et al., 2000, Betts Cove Ophiolite and its Cover Rocks, Newfoundland, *Geological Survey of Canada Bulletin 550*, Geological Survey of Canada : 601.
- Bunopas, S., 1981. Paleogeographic history of western Thailand and adjacent part of Southeast Asia-a plate tectonic interpretation. Doctoral dissertation, Victoria University of Wellington, New Zealand. 811.
- Bunopas, S., and Vella, P., 1983. Tectonic and geologic evolution of Thailand. Workshop On Stratigraphic Correlation of Thailand and Malaysia. 1 (September 8-10) : 307-323.
- Chaodumrong, P., Bumroongsong, P., 1994. Stratigraphy of AEM Area, Nan-Uttaradit. *Proceedings of The Annual Geologic Conference- Department of Mineral Resources* : 117-124.
- Lunwongsa, W., 2004. Cromian Spinel from Some Ultramafic Igneous Rocks in Northern and Eastern Thailand. Master's Thesis, Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. : 142.
- Panjasawatwong, Y., 1991, Petrology, Geochemistry and Tectonic Implications of Igneous Rocks in the Nan Suture Thailand and an Empirical Study of the Effects of Ca/Na, Al/Si and H₂O on Plagioclase – Melt Equilibria at 5 – 10 Kb Pressure. Doctoral Dissertation, University of Tasmania : 239 .
- Panjasawatwong, Y., 1993. Petrochemical study of post-Triassic basalts from the Nan Suture, Northern Thailand. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* 8: 147-158.

- Ray, D. et al., 2011, Geochemical investigation of gabbro from slow-spreading Northern Central Indian Ocean Ridge, Indian Ocean. *Geological magazine*. Volume 148 (3) : 404-422
- Rittisit, R., 2011. Application of airborne geophysical and remote sensing data to the interpretation of geologic setting in nan-uttaradit area, Northern Thailand. Master's Thesis, Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 196.
- Sukvattananunt, P., and Assavapatchara, S., 1987. Geology of map sheets Amphoe Sa and Ban Nam Muap, scale 1:50,000. Annual Report of Geological Survey Division, Department of Mineral Resources : 121-124.
- Singharajwarapan, S., 1993. Structural analysis of the Accretionary complex in Sirikit Dam area, Uttaradit, Northern Thailand. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* 8: 233-245.
- Singharajwarapan, S., Berry, R., 2000. Tectonic implications of the Nan Suture Zone and its relationship to the Sukhothai Fold Belt, Northern Thailand. *Journal of Asian Earth Sciences* 18 : 663–673
- Tulyatid, J., and Charusiri, P., 1999. The Ancient Tethys in Thailand as indicated by the Nationwide Airborne Geophysical Data. Proceedings of an International Symposium: Shallow Tethys(ST) 5 , 335-352. 1- 5 February, Chiang Mai, Thailand.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ผลการวิเคราะห์ที่เคมีด้วยเครื่อง ICP-MS

Ref. SGS	Sample Name	Al	Ba	Be	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Ni	P	Sc	Sr	Ti
		%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	%	ppm	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
15-1131/3	UTD10	1.21	4.3	<5	8.6	1,363	61	6.79	<0.1	<10	14.64	1271	256	<0.01	64	16.7	0.07
15-1131/4	UTD5	7.35	22.0	<5	7.0	169	<5	7.75	<0.1	<10	6.17	1775	65	<0.01	45	153.9	0.12
STD GSD-3A		6.54	555.9	<5	0.3	48	217	3.29	2.3	35	0.42	802	20	0.04	11	87.0	0.42
STD GSD-4A		5.86	377.2	<5	0.6	7.2	33	3.23	1.3	38	0.37	1043	27	0.05	11	145.0	0.55
BLANK		<0.01	<0.5	<5	<0.1	<10	<5	<0.01	<0.1	<10	<0.01	<10	<5	<0.01	<5	<0.1	<0.01
BLANK		<0.01	<0.5	<5	<0.1	<10	<5	<0.01	<0.1	<10	<0.01	<10	<5	<0.01	<5	<0.1	<0.01

Ref. SGS	Sample Name	V	Zn	Ag	As	Bi	Cd	Ce	Co	Cs	Dy	Er	Eu	Ga	Gd
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
15-1131/3	UTD10	175	33	<2	<3	<3	0.2	2.4	75.5	0.2	0.53	0.31	0.14	3	0.44
15-1131/4	UTD5	125	103	<2	<3	<5	0.2	3.1	42.7	<0.1	1.59	1.02	0.44	11	1.11
STD GSD-3A		75	100	2	1091	11	0.5	85.6	13.3	9.6	5.09	3.06	1.19	18	5.53
STD GSD-4A		97	142	-	-	-	0.9	89.2	17.0	7.2	5.36	3.06	1.26	15	5.83
BLANK		<5	<5	<2	<3	<5	<0.2	<0.1	<0.5	<0.1	<5	<0.05	<0.05	<1	<0.05
BLANK		<5	<5	<2	<3	<5	<0.2	<0.1	<0.5	<0.1	<5	<0.05	<0.05	<1	<0.05

Ref. SGS	Sample Name	Gd	Ge	Hf	Ho	In	La	Lu	Mo	Nb	Nd	Pb	Pr	Rb	Sb
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
15-1131/3	UTD10	0.44	2	<1	0.13	<0.2	<0.5	<0.05	<2	<1	0.7	<5	0.13	0.2	<5
15-1131/4	UTD5	1.11	1	<1	0.35	<0.2	<0.5	0.18	<2	<1	3.0	<5	0.46	0.5	<5
STD GSD-3A		5.53	2	8	1.02	<0.2	8.4	0.51	49	22	34.0	47	9.62	154.6	123
STD GSD-4A		5.83	1	10	1.05	<0.2	-	0.49	<2	18	35.4	62	9.64	83.6	-
BLANK		<0.05	<1	<1	<0.05	<0.2	<0.5	<0.05	<2	<1	<0.1	<5	<0.05	<0.2	<5
BLANK		<0.05	<1	<1	<0.05	<0.2	<0.5	<0.05	<2	<1	<0.1	<5	<0.05	<0.2	<5

Ref. SGS	Sample Name	Sm	Sn	Ta	Tb	Th	Tl	Tm	U	W	Y	Yb	Zr
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
15-1131/3	UTD10	0.3	<50	<0.5	0.09	<0.1	<0.5	0.05	<0.05	<50	1.7	0.3	5.6
15-1131/4	UTD5	1.1	<50	<0.5	1.00	<0.1	<0.5	0.18	<0.05	<50	8.5	1.1	15.9
STD GSD-3A		5.8	<50	1.7	0.88	1.69	1.3	0.50	3.95	<50	29.2	3.3	293.5
STD GSD-4A		7.1	<50	1.3	0.94	12.8	1.2	0.51	3.11	<50	30.1	3.2	334.6
BLANK		<0.1	<50	<0.5	<0.05	<0.1	<0.5	<0.05	<0.05	<50	<0.5	<0.1	<0.5
BLANK		<0.1	<50	<0.5	<0.05	<0.1	<0.5	<0.05	<0.05	<50	<0.5	<0.1	<0.5

จังหวัด	ตัวอย่าง	พิกัด UTM (WGS84) Datum Zone 47N	
		X	Y
น่าน	CN14	702072	2023053
	CN24	702943	2023356
	CN22	705950	2022260
	CN20	705755	2027628
	CN62	703784	2026823
	CN63	702199	2025559
	MC6	729262	2071977
	MC1	729274	2071403
	MC8	729129	2071181
	MC7	729275	2071369
	MC2	725293	2067376
	MC9	724580	2067206
	NAN1	715000	2062476
	MC5	714066	2081660
	CN29	683762	2129725
อุตรดิตถ์	UTD4	679089	1992126
	UTD5	678500	1990268
	UTD25	677365	1988947
	UTD7	675741	1987990
	UTD8	671841	1979671
	UTD27	670863	1977350
	UTD10	670208	1974250

พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง

