

STRUCTURAL GEOLOGY OF ROM SRI THONG WATER FALL, AMPHOE NONGYAI, CHANGWAT CHONBURI

Piyanuch Kieduppatum and Pitsanupong Kanjanapayont

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University;

Tel: 088-546-2578, e-mail: piyanuch-b@hotmail.com

Abstract: Gneiss of Rom Sri Thong water fall, Amphoe Nongyai, Changwat Chonburi is one of Pre-Carboniferous gneiss in Thailand. This area is a part of Khao Chao with NW/SE trending. The grade of metamorphism is in amphibolites facies. From field observation and micro-structure data can classify the deformation domains into 2 stages. The first stage of deformation is a ductile stage, strike-slip fault by sinistal movement related with Shan-Thai and Indochina plate collision in Permo-Triassic. For the second stage, it is a brittle stage of strike-slip fault with lateral movement related with Eurasia and India plate collision in Late Cretaceous.

Keywords: structural geology, Khao Chao gneiss

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้ ไม่อาจสำเร็จลุล่วงมาได้ หากไม่ได้รับการช่วยเหลือและสนับสนุนจาก
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งในด้านเงินทุนการทำโครงการวิจัย
เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

และบุคคลสำคัญอีกท่านที่ทำให้โครงการวิจัยนี้ลุล่วงมาได้ คือ อ.ดร.พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ที่คอยดูแล ช่วยเหลือ ให้ความรู้และคำแนะนำ ตั้งแต่ริเริ่มโครงการ ออก
ภาคสนาม ตลอดจนจนถึงทุกขั้นตอนนี้ในการดำเนินงานวิจัย จึงขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ ขอขอบคุณ อ.ดร.วิโรจน์ ดาวฤกษ์ ที่ช่วยแนะนำสถานที่ศึกษา และช่วยพาไปสำรวจ
สถานที่ศึกษาก่อนเริ่มศึกษาจริง รวมทั้งข้อมูล คำแนะนำ ทุกๆอย่างที่เป็นประโยชน์อย่างมากต่อการทำ
โครงการวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆกลุ่มโครงการวิจัยธรณีวิทยาโครงสร้างที่ช่วยเหลือกันอย่างดีขณะออก
ภาคสนาม, พี่ประจักษ์ พี่ยะ ที่คอยแนะนำขณะตัดหิน และบุคคลอีกหลายๆท่านในภาควิชาธรณีวิทยาที่เคย
ช่วยเหลือ สนับสนุน จนโครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จมาได้ด้วยดี

STRUCTURAL GEOLOGY OF ROM SRI THONG WATER FALL, AMPHOE NONGYAI, CHANGWAT CHONBURI

Piyanuch Kieduppatum and Pitsanupong Kanjanapayont

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University;

Tel: 088-546-2578, e-mail: piyanuch-b@hotmail.com

Abstract: Gneiss of Rom Sri Thong water fall, Amphoe Nongyai, Changwat Chonburi is one of Pre-Carboniferous gneiss in Thailand. This area is a part of Khao Chao with NW/SE trending. The grade of metamorphism is in amphibolites facies. From field observation and micro-structure data can classify the deformation domains into 2 stages. The first stage of deformation is a ductile stage, strike-slip fault by sinistal movement related with Shan-Thai and Indochina plate collision in Permo-Triassic. For the second stage, it is a brittle stage of strike-slip fault with lateral movement related with Eurasia and India plate collision in Late Cretaceous.

Keywords: structural geology, Khao Chao gneiss

ธรณีวิทยาโครงสร้าง บริเวณน้ำตกกรมไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี

ปิยนุช เกียรติอุปถัมภ์ และ พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์

ภาควิชาธรณีวิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย;

โทร : 088-546-2578, อีเมล: piyanuch-b@hotmail.com

บทคัดย่อ : หินไนส์ บริเวณน้ำตกกรมไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี เป็นหนึ่งในหินไนส์ยุคเก่ากว่ายุคคาร์บอนิเฟอรัสของประเทศไทยแห่งหนึ่ง พื้นที่ศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของเขาเจ้าซึ่งมีการวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ การศึกษาชั้นการแปรสภาพโดยคร่าวๆได้จากแร่ที่พบได้ว่าอยู่ใน แอมฟิโบไลต์แพชีร์ (amphibolites facies) จากข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างในภาคสนามและข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ สามารถแบ่งชั้นการเปลี่ยนแปลงลักษณะออกได้เป็น 2 ชั้น คือ ชั้นแรก การเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนุ่ม เกิดการเคลื่อนที่แนวระดับแบบซ้ายเข้า สัมพันธ์กับการชนกันของแผ่นจุลทวีปชานไทยและแผ่นจุลทวีปอินโดไชน่า ในช่วงเพอร์โมไทรแอสสิก ชั้นที่สอง การเปลี่ยนแปลงแบบแตกเปราะ เกิดการเคลื่อนที่แนวระดับแบบขวาเข้า สัมพันธ์กับการชนกันของแผ่นทวีปอินเดียนเดี่ยลูเรเชีย ในช่วงครีเตเชียสตอนปลาย

คำสำคัญ : ธรณีวิทยาโครงสร้าง, หินไนส์เขาเจ้า

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ค
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ที่ตั้ง	2
วัตถุประสงค์.....	4
ขอบเขตการศึกษา.....	4
ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
กรณีศึกษาทั่วไป	4
ลำดับชั้นหินทั่วไป.....	5
กรณีศึกษาจังหวัดชลบุรี.....	9
กรณีศึกษาบริเวณเขาเจ้า จ.ชลบุรี.....	10
กรณีแปรสัณฐาน	12
บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย.....	14
รวบรวมข้อมูล.....	15

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
1.1	แผนที่การกระจายตัวของหินแปรในประเทศไทย (Budsai, 2005)	2
1.2	แผนที่ธรณีวิทยา ภาคตะวันออก ประเทศไทย (ดัดแปลงจาก กรมทรัพยากรธรณี, 2542)	2
1.3	แสดงพื้นที่ศึกษา บริเวณน้ำตกกรมไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี (แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 250,000 ระวัง 5235 II ลำดับชุดที่ L7017 พิมพ์ครั้งที่ 3-RTSD, กรมแผนที่ทหาร, กรุงเทพฯ)	3
1.4	แผนที่ธรณีวิทยา 1:250,000 (กรมทรัพยากรธรณี, 2527)	3
1.5	แผนที่แสดงชนิดหินของประเทศไทย ฉบับประชาชน (กรมทรัพยากรธรณี, 2546)	8
1.6	แผนที่หน่วยหิน จ.ชลบุรี (กรมทรัพยากรธรณี, 2547)	9
1.7	แสดงการกระจายตัวของหินบริเวณเขาเจ้า อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี ซึ่งแบ่งหินออกเป็น 6 หน่วย ตามการศึกษาของ Areesiri (1983)	10
1.8	แสดงรอยเลื่อนและแผ่นจุลทวีปต่างๆที่เกี่ยวข้องกับประเทศไทย (Sone & Metcalfe, 2007)	13
2.1	แสดงจำลองการตัดหินเพื่อนำมาทำแผ่นหินบาง สำหรับการศึกษธรณีวิทยาโครงสร้าง จุลภาค	16
2.2	แสดงการเก็บตัวอย่างหินแบบระบุตำแหน่งและทิศทางการวางตัวของหินตัวอย่าง เพื่อนำ มาตัดเป็นแผ่นหินบางศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาคภายใต้กล้องจุลทรรศน์ a.) จำลอง หินโผล่ที่ต้องการเก็บหินตัวอย่างเพื่อศึกษา b.) เมื่อตอกหินตัวอย่างออกมาแล้ว ควรเขียน ระบุตำแหน่งการวางตัว และบน-ล่างของหินทันที c.) นำหินตัวอย่างมาตัดเป็นแผ่นหินบาง โดยตัดตั้งฉากกับแนวและขนานโครงสร้างแนวเส้น d.) และ e.) เตรียมตัวอย่างจนกระทั่ง ได้แผ่นหินบางที่เหมาะสมแก่การศึกษา (Passchier & Trouw, 2005)	17
2.3	แสดงโปรแกรม Dip v. 5.1	17
2.4	แสดงการศึกษาแผ่นหินบางจากหินตัวอย่างที่พบในบริเวณที่มีการเฉือน พบว่าสามารถพบ ธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาคที่บ่งบอกหลักฐานของการเฉือนที่เกิดขึ้นได้	18
2.5	แสดงกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	18

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
2.6	แสดงแผนผังการดำเนินการในการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และประมวลข้อมูล และสรุปผลการศึกษา	19
3.1	แสดงริ้วขนาน (foliation) ในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่มีการวางตัวในแนว NNW/SSE ด้วยมุมที่กระทำกับระนาบปกติที่ค่อนข้างสูง(dip)	20
3.2	แสดงการวางตัวของ สายแร่ ในพื้นที่ศึกษา โดยมีแนวหลักอยู่ในแนว ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้	21
3.3	แสดงสายแร่ควอร์ต ขนาดกว้างประมาณ 2-3 เซนติเมตร พบในพื้นที่ศึกษา แสดงลักษณะความไม่ ต่อเนื่อง มีการบิดย้วยและการโดนตัด	21
3.4	แสดงการวางตัวของ แนวแตก ในพื้นที่ศึกษา โดยมีแนวหลักอยู่ในแนว ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้	22
3.5	แสดงแนวการวางตัวส่วนใหญ่ของโครงสร้างแนวเส้น (lineation) พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในแนว ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้	22
3.6	แสดงโครงสร้างที่แสดงการเชื่อมของสายแร่ควอร์ต ในหินไนส์ของพื้นที่ศึกษา จากภาพสามารถบอกได้ว่าเป็นเชื่อมแบบขวาเข้า สายแร่ควอร์ตนี้มีขนาดกว้างประมาณ 3-5 เซนติเมตร	23
3.7	ก.) แสดงแนวแตกหลักในพื้นที่ศึกษา โดยมักพบแนวแตกประเภทนี้ วางตัวอยู่ในแนว NNW-SSE ข.) แสดงสายแร่ควอร์ต ขนาดกว้างประมาณ 3 เซนติเมตร วางตัวในแนว NNE-SSW	23
3.8	แสดงแร่องค์ประกอบบางส่วนที่พบในหินของพื้นที่ศึกษา ก.) และ ข.) แสดงการ recrystallization ของ ควอร์ต ค.) และ ง.) มักพบแร่ไบโอไทต์และฮอร์นเบอร์นอยู่ร่วมกัน โดยมีทิศทางไปตามริ้วขนานของหินไนส์	24
3.9	แสดง แร่ต่างๆที่พบในหินไนส์ บริเวณน้ำตกกรมไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี ก.) แร่ควอร์ต และเฟลสปาร์ (PPL) ข.) แร่ควอร์ตและเฟลสปาร์ (XPL) ค.) แร่ฮอร์นเบอร์น (PPL) ง.) แร่ฮอร์นเบอร์น (XPL) จ.) แร่ไบโอไทต์ (PPL) ฉ.) แร่ไบโอไทต์ (XPL) ช.) แร่การ์เนต (PPL) ซ.) แร่การ์เนต (XPL)	25

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
3.10	แสดง การเปลี่ยนแปลงลักษณะของแร่ ที่เกิดโดยกระบวนการ recovery (Passchier & Trouw,2005)	26
3.11	แสดงธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาคที่พบ โดยเป็นผลจากกระบวนการ recovery จากหินไนส์ในพื้นที่ศึกษา ก.) Subgrain boundary ในแร่ควอร์ต (PPL) ข.) Subgrain boundary ในแร่ควอร์ต (XPL) ค.) undulose extinction ในแร่เฟลสปาร์ (PPL) ง.) undulose extinction ในแร่เฟลสปาร์ (PPL)	27
3.12	แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะ ที่เกิดขึ้นในเฟลสปาร์ โดยสังเกตจากลักษณะของtwin เป็นหลัก (Passchier & Trouw,2005)	27
3.13	แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะของ twin ที่พบในแร่เฟลสปาร์ของหินไนส์ในพื้นที่ศึกษา ก.)และค.) taper twin คือ การตีบลิบลงของ twin จนขาดจากกัน (PPL) ข.)และง.) taper twin (XPL)	28
3.14	โครงสร้างที่สามารถบ่งบอกการเฉือนได้ (Passchier & Trouw,2005)	28
3.15	a.) แสดงการแบ่ง mica fish ออกเป็น 6 กลุ่ม ตามรูปร่างที่แตกต่างกัน b.) การพัฒนาของการเกิด mica fish ทั้ง 6 กลุ่ม (Passchier & Trouw,2005)	29
3.16	แสดงโครงสร้าง mica fish ที่แสดงการเฉือนแบบขวาเข้า จากหินไนส์ในพื้นที่ศึกษา จัดเป็นกลุ่มที่ 2 ตามการศึกษาของ Passchier & Trouw,2005	30
3.17	แสดง mineral fish แบบต่างๆ (Passchier & Trouw,2005)	30
3.18	แสดง mineral fish ที่เกิดในแร่เฟลสปาร์ บ่งบอกว่าเป็นการโดนเฉือนแบบขวาเข้า พบจากหินไนส์ในพื้นที่ศึกษา จัดเป็น mineral fish ประเภท Single crystal ตามการศึกษาของ Passchier & Trouw,2005	31
3.19	แสดงภาพจำลองของ shear zone โดยในระดับความลึกที่แตกต่างกัน จะให้หินที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะที่แตกต่างกัน (Cee w. Passchier & Rudolph A.J. Trouw,2005)	31
3.20	แสดงการตอบสนองต่อแรงเฉือนแบบซ้ายเข้า เมื่อเป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบแตกเปราะ	32
3.21	แสดงการแตกที่เกิดเนื่องจากการเฉือน ก.) การแตกที่เกิดเนื่องจากการเฉือนแบบขวาเข้า ข.) การแตกที่เกิดเนื่องจากการเฉือนแบบซ้ายเข้า	32

3.22	แสดงแนวแตกต่างที่พบในหินไนส์ของพื้นที่ศึกษา ก.), ข.), ค.) และ ง.) แสดงแนวแตกใน แผ่นหินบาง 2 แนว ไขว้กัน คือ แนว / และแนว \ จ.) และ ฉ.)แสดงแนวแตกในแนว \ รูป ก.) ค.) จ.) = PPL รูป ข.) ง.) ฉ.) = XPL	33
3.23	แสดงแนวสายแร่ควอร์ตที่โดยตัดด้วยแนวแตก	33
4.1	แสดง stereographic net ของข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้าง คือ ก.) การวางตัวของริ้วขนาน ข.)การวางตัวของโครงสร้างแนวเส้น ค.)การวางตัวของสายแร่ ง.)การวางตัวของแนวแตก	34
4.2	แสดงธรณีวิทยาโครงสร้างบางส่วนที่พบในพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเขาเจ้า อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี	35
4.3	ก.)แบบจำลองธรณีวิทยาโครงสร้างที่สามารถสังเกตเห็นได้ในภาคสนามของหินไนส์ น้ำตกร่มไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี ข.) mica fish ที่พบในหินไนส์ของพื้นที่ศึกษา แสดงการเฉือนแบบซ้ายเขา ค.)Boudin structure โครงสร้างรูปคล้ายไส้กรอกของสายแร่ ควอร์ตในพื้นที่ศึกษา แสดงการเฉือนแบบซ้ายเข้า ง.) แนวแตกในแนว NNW-SSE พบว่า แตกตัดเข้าไปในควอร์ต บ่งบอกว่าการแตกนี้เกิดขึ้นหลังควอร์ต จ.)สายแร่ควอร์ตที่พบใน พื้นที่ศึกษา วางตัวในแนว NE-SW	36
4.4	แสดงแผ่นจุลทวีปที่อยู่ในบริเวณประเทศไทยปัจจุบัน พบว่าประเทศไทยประกอบขึ้นจาก แผ่นจุลทวีปชานไทยและอินโดจีน่า โดยมีแผ่นจุลทวีปบูมาติดกับแผ่นจุลทวีปชานไทยใน ด้านตะวันตก (Bunsai,2005)	38
4.5	แสดงข้อมูลสรุปขั้นการเปลี่ยนแปลงลักษณะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา	40
4.6	แสดงแบบจำลองลำดับขั้นการเปลี่ยนแปลงลักษณะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา	40

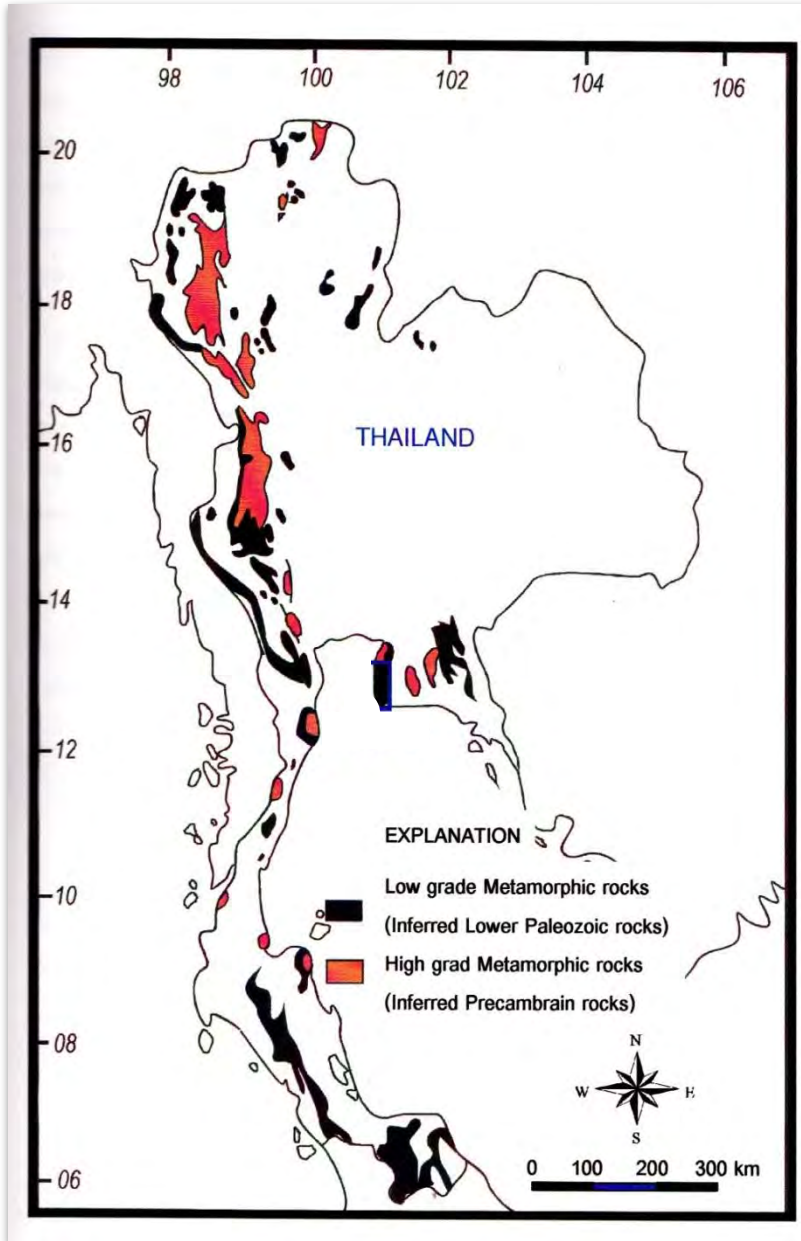
บทที่ 1

การศึกษาด้านธรณีวิทยาโครงสร้าง เป็นการศึกษาจากลักษณะโครงสร้างที่ปรากฏอยู่ในหินเป็นสำคัญ ซึ่งเป็นหลักฐานสำคัญที่แสดงให้เห็นการบันทึกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในบริเวณนั้นๆ และนำไปใช้ตีความถึงวิวัฒนาการของธรณีวิทยาโครงสร้างของเนื้อหินในพื้นที่ศึกษาได้

กระบวนการธรณีแปรสัณฐาน อาจส่งผลต่อการเกิดการแปรสภาพและการแปรเปลี่ยนของหินต่างๆได้ โดยในพื้นที่ประเทศไทย สามารถแบ่งได้เป็น 4 ชั้น ได้แก่ ชั้นแปรสัณฐานบรรพกาล ชั้นแปรสัณฐานโบราณกาล ชั้นแปรสัณฐานมัชฌิมกาล และชั้นแปรสัณฐานนวกาล ตามการศึกษาของ Charusiri et al. (2002)

หินแปรสภาพแบบไพศาลบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ปรากฏอยู่ในบริเวณจังหวัด ฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง (รูปที่ 1.1) ซึ่งการศึกษาของ Campbell (1975) และ Areesiri (1983) ใช้คำว่า ชลบุรีแมสซีฟ (Chonburi massif) โดยมีการวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ Areesiri (1982) ศึกษารายละเอียดพื้นที่บริเวณเขาเจ้า อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี ตอนเหนือของแนวเขาเจ้า (รูปที่ 11) ซึ่งมีการศึกษาทั้งทางด้าน ศิลาวรรณ ศิลาวิทยา ธรณีเคมี และธรณีโครงสร้าง โดยมีการแบ่งหินออกเป็น 6 หน่วย และเสนอว่าหินบริเวณนี้ผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงลักษณะอย่างน้อย 3 ครั้ง และผ่านกระบวนการแปรสภาพ 2 ครั้ง และจากการศึกษาของ Darbyshire (1988) มีการเสนอผลการหาอายุหิน โดย $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ ratio คือ 0.7054 ± 0.0002 บ่งชี้อายุ 75 ± 22 ล้านปี

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างในหินไนส์ บริเวณน้ำตกกรมไทรทอง เขาเจ้า อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี (รูปที่ 1.3) ในระดับธรณีโครงสร้างมัชฌิมภาค (Mesoscopic scale) และธรณีโครงสร้างจุลภาค (Microscopic scale) เพื่ออธิบายรายละเอียดของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่ปรากฏ เนื่องจากหินในพื้นที่แสดงลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างที่เด่นชัด มีความซับซ้อน และเป็นพื้นที่ที่เดินทางเข้าถึงได้ง่าย พื้นที่นี้จึงมีความน่าสนใจและเหมาะสมในการศึกษาเพื่ออธิบายข้อมูลทางวิวัฒนาการทางธรณีวิทยาโครงสร้างที่เกิดขึ้น อีกทั้งข้อมูลทางธรณีวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยปัจจุบันนั้นยังมีข้อมูลค่อนข้างน้อย มีหลายพื้นที่ที่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม พื้นที่ศึกษามีการรายงานว่าเป็นหินฐานเก่าแก่หรือชลบุรีแมสซีฟ ตามการศึกษาของ Campbell (1975) และ Areesiri (1983) ซึ่งหากมีการศึกษาและอธิบายรายละเอียดของธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่นี้เพิ่มขึ้นได้ ก็จะเป็นการเพิ่มข้อมูลทางธรณีประวัติของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะบริเวณจังหวัดชลบุรีได้

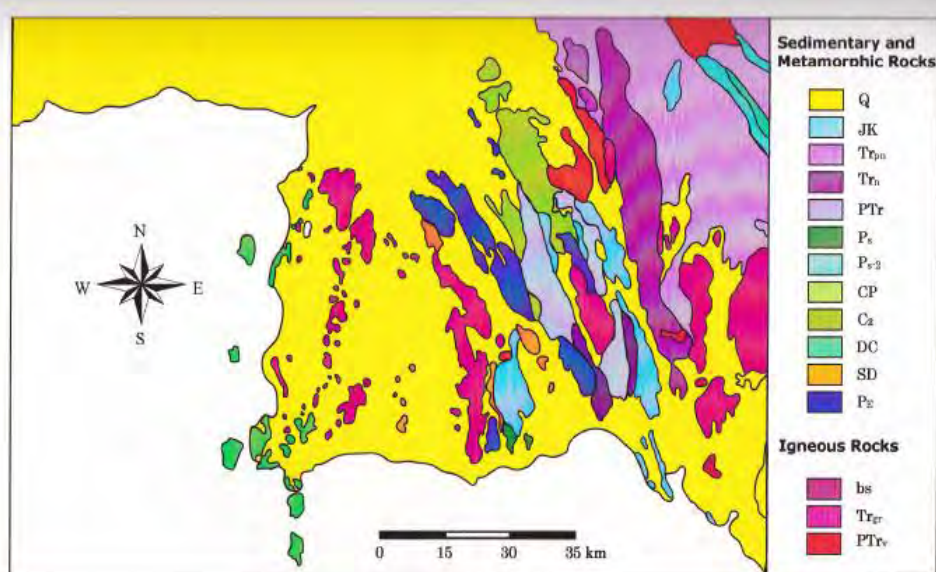


ที่ตั้ง : น้ำตกर्मทอง อยู่ในเขตอ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี สามารถเดินทางจากกรุงเทพฯ ได้โดยใช้ทางหลวง หมายเลข 3 และหมายเลข 344 จากนั้นจึงใช้ทางหลวง 3401 ระยะทางประมาณ 130 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเดินทางประมาณ 2 ชั่วโมง

พื้นที่ศึกษาได้ถูกจัดอยู่ในกลุ่มหินแปรเกรดสูง (Infer Precambrian rocks) อ้างอิงจากแผนที่การกระจายตัวของหินแปรในไทย

และพื้นที่ศึกษาถูกจัดเป็นหินไนส์ยุคพรีแคมเบรียน (Pe) จากแผนที่ธรณีวิทยาของกรมทรัพยากรธรณี, 2542

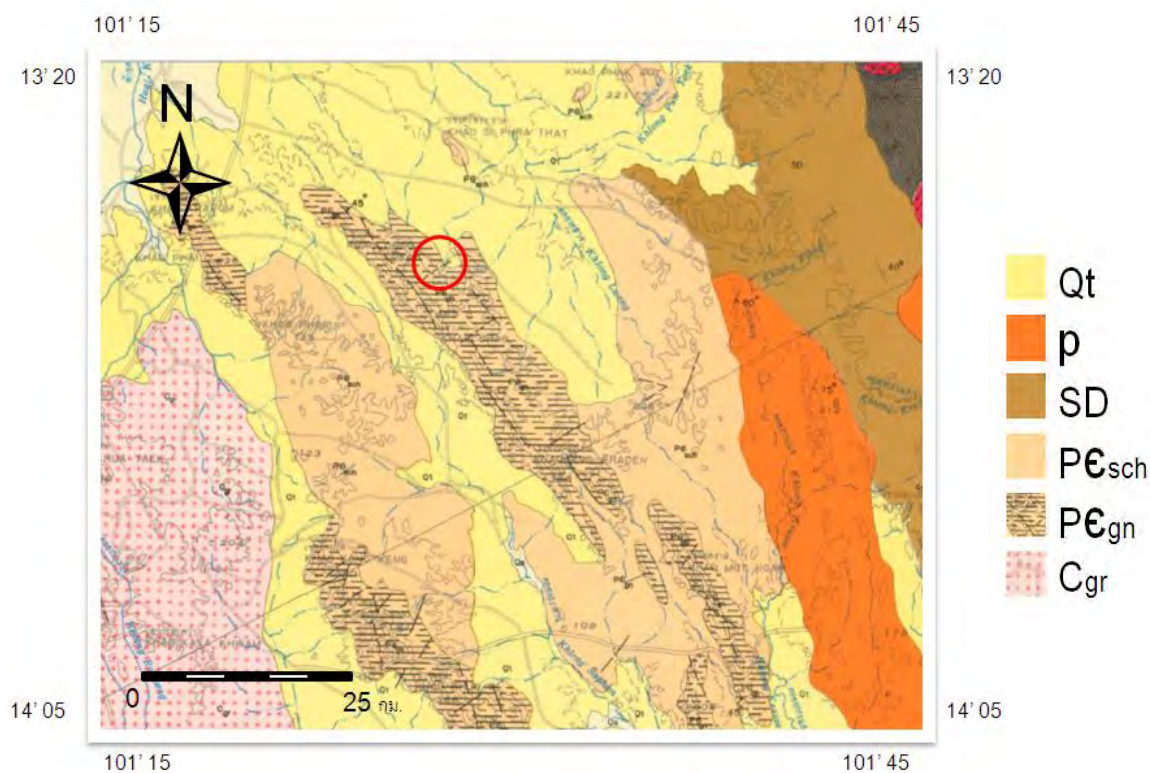
รูปที่ 1.1 แผนที่การกระจายตัวของหินแปรในประเทศไทย (Budsai, 2005)



รูปที่ 1.2 แผนที่ธรณีวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย (ดัดแปลงจาก กรมทรัพยากรธรณี, 2542)



รูปที่ 1.3 แสดงพื้นที่ศึกษา บริเวณน้ำตกกรมไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี (แผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1: 250,000 ราวาง 5235 II ลำดับชุดที่ L7017 พิมพ์ครั้งที่ 3-RTSD, กรมแผนที่ทหาร, กรุงเทพฯ)



รูปที่ 1.4 แผนที่ธรณีวิทยา 1:250,000 (กรมทรัพยากรธรณี, 2527)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทราบธรณีวิทยาโครงสร้างที่เกิดขึ้นในหินไนส์ พื้นที่น้ำตกร่มไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี
2. เพื่อทราบธรณีประวัติของพื้นที่น้ำตกร่มไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี

ขอบเขตการศึกษา

กำหนดพื้นที่ศึกษา เฉพาะบริเวณน้ำตกร่มไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี ศึกษาโดยวิธีการออกภาคสนาม เพื่อเก็บตัวอย่างหินและข้อมูลทางธรณีวิทยาโครงสร้าง และศึกษาจากธรณีโครงสร้างจุลภาคภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่น้ำตกร่มไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี
2. ธรณีประวัติของพื้นที่น้ำตกร่มไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี

ธรณีวิทยาทั่วไป

ธรณีวิทยาภาคตะวันออก

บริเวณภาคตะวันออก กลุ่มพื้นที่ตั้งแต่จังหวัดชลบุรีจนถึงจังหวัดตราด จังหวัดปราจีนบุรีและทางตอนเหนือติดกับขอบที่ราบสูงโคราช บริเวณภาคตะวันออกจัดเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นเปลือกโลกชาโนไทยและอินโดจีน ซึ่งเชื่อมกันตามแนวซึ่งอยู่ระหว่างจังหวัดสระแก้วและจังหวัดจันทบุรี(Bunopas et al., 1983).

กรมทรัพยากรธรณี (2550) รายงานว่า ชั้นหินภาคตะวันออกไม่มีความต่อเนื่องกัน โผล่ปรากฏไม่มากนัก อัตราการผุพังสูง และพบซากดึกดำบรรพ์น้อยทำให้ความเห็นทางด้านกาลให้อายุหินโดยนักธรณีวิทยามีความแตกต่างกัน

ชั้นหินในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือตะวันออกเฉียงใต้ หินมีอายุตั้งแต่มหายุคพรีแคมเบรียนจนถึงตะกอนยุคควอเทอร์นารี โดยหินมหายุคพรีแคมเบรียนปรากฏให้เห็นบริเวณตอนกลางของภาค ทางด้านตะวันตกมีขอบเขตของหินมหายุคพาลีโอโซอิกโผล่บ้างเล็กน้อย ส่วนทางด้านตะวันออกปกคลุมด้วยชั้นหินมหายุคพาลีโอโซอิกเป็นบริเวณกว้าง หินยุคไทรแอสซิกพบทั้งพวกหินชั้นและหินอัคนี โผล่เป็นแนวจากบริเวณจังหวัดสระแก้วถึงจังหวัดจันทบุรี และคลุมอยู่บนแนวตะเข้บรอยต่อ

ธรณีสระแก้วโอไฟโอไลต์ ส่วนหินมหายุคมีโซโซอิกที่เป็นหินภูเขาไฟและหินชั้นลักษณะเทียบเคียงได้กับกลุ่มหินโคราชนั้น ปรากฏอยู่ตามบริเวณชายฝั่งด้านทิศตะวันออกและเกาะทางด้านทิศใต้ของจังหวัดตราด หินอัคนีส่วนใหญ่เป็นมวลหินแกรนิตพบมากในเขตจังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดจันทบุรี

ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกมีแนวรอยเลื่อนซึ่งมีทิศทางขนานกับแนวการคดโค้ง ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และมีแนวรอยเลื่อนที่ต่อแนวจากแนวรอยเลื่อนแม่ปิงในแนวตะวันออก - ตะวันตก บริเวณจังหวัดสระแก้ว

ลำดับชั้นหินทั่วไป (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

หินมหายุคพรีแคมเบรียน

หินที่เชื่อว่าเป็นหินยุคพรีแคมเบรียนหรือก่อนยุคคาร์บอนิเฟอรัส ได้แก่ หินไนส์ชลบุรี (Bunopas, 1981) ในเขตจังหวัดชลบุรี ประกอบด้วยหินแปรพวกไบโอไทต์ไนส์ หินออร์โทไนส์ หินฮอร์นเบลนด์ไบโอไทต์ไนส์ หินควอร์ตซ์ไมกาซีสต์ หินแอมฟิโบลิตซีสต์ หินควอร์ตซ์ไมกา ไคยาไนต์ซีสต์ และหินแคลกซิลิเกต ซึ่งจัดอยู่ในชั้นลักษณะปรากฏแอมฟิโบลิต วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือตะวันออกเฉียงใต้ มีแนวสัมผัสแบบรอยเลื่อนกับหินแปรกรดต่ำยุคไซลูเรียนดีโวเนียน หินยุคนี้เทียบสัมพันธ์ได้กับหินไนส์ลานสาง ที่บริเวณภาคตะวันตกตอนบน

หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนล่าง

หินยุคแคมเบรียน-ออร์โดวิเชียน พบอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลและเกาะนอกฝั่ง ในเขตอำเภอสังขละบุรีและอำเภอเมืองจังหวัดชลบุรี เช่นที่ เกาะล้าน เกาะสีชัง เกาะลอย และเกาะขามใหญ่ เป็นต้น หินยุคนี้ประกอบด้วยหินควอร์ตไซต์ หินทรายเนื้อควอร์ตซ์ หินชนวน หินควอร์ตซ์ซีสต์ และหินปูนเนื้อดิน

หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน และอาจต่อเนื่องขึ้นไปถึงยุคคาร์บอนิเฟอรัสแบ่งได้เป็น 2 แนว แนวแรกอยู่ทางด้านตะวันตกและตอนกลางของพื้นที่ซึ่งคั่นอยู่ด้วยหินมหายุคพรีแคมเบรียนและหินแกรนิตชลบุรีระยอง หินตะกอนที่อยู่บนฝั่งทะเลด้านจังหวัดชลบุรีและบริเวณเกาะแก้ว อำเภอสังขละบุรี ด้านตะวันตกของพื้นที่ ได้แก่ หินดินดานสีดหีบ (Bunopas, 1981 และ 1983) ซึ่งประกอบด้วยหินดินดาน หินเชิร์ต หิน ควอร์ตไซต์ และมีหินปูนรูปเลนส์ หินถูกเปลี่ยนแปลงลักษณะและถูกแปรสภาพเป็นหินแปรกรดต่ำ บางบริเวณพบการแปรสภาพแบบสัมผัสกับหินแกรนิต แนวที่สองอยู่ทางด้านตะวันออกของแนวหินมหายุคพรีแคมเบรียนและมีแนว

หินแกรนิตคั่นอยู่เป็นบริเวณกว้าง ตั้งแต่เขตอำเภอพนมสารคามจังหวัดฉะเชิงเทรา ลงมาในเขตอำเภอแกลง จังหวัดระยอง เช่น ที่บริเวณเขาใหญ่และเขาชะเมา ประกอบด้วยหินแปรเกรดต่ำชั้นกรีนชีสต์ จำพวกหินควอร์ตไซต์ หินชีสต์และหินฟิลไลต์ ซึ่งบางส่วนสัมผัสอยู่กับหินไนส์ ยุคพรีแคมเบรียนและหินปูนยุคเพอร์เมียนแบบรอยเลื่อนสัมผัส

หินทั้งสองแนวนี้ไม่อาจจะบอกอายุที่แน่นอนได้ เนื่องจากพบว่ามีหินบางส่วนวางตัวอยู่ใต้ชั้นหินปูนยุคเพอร์เมียน เช่น ที่เขาเวรดี บริเวณอ่างเก็บน้ำบางพระ จังหวัดชลบุรี และที่บริเวณอำเภอแกลง จังหวัดระยอง ดังนั้นอายุของหินเหล่านี้อาจแก่งไปถึงช่วงยุคคาร์บอนิเฟอรัส

หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบน

ในหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส ไม่พบซากดึกดำบรรพ์ที่บอกอายุที่แน่นอน ดังนั้นอายุหินส่วนหนึ่งอาจจะคาบเกี่ยวลงไปถึงยุคดีโวเนียนตอนปลาย หรือขึ้นไปถึงยุคเพอร์เมียนตอนต้นก็ได้ หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสมีอยู่แนวคือ แนวชลบุรี-สัตหีบ แนวพนมสนิมแกลง และแนวกบินทร์บุรีสระแก้ว-จันทบุรี-ตราด

แนวชลบุรี-สัตหีบ อยู่ทางตะวันตกของหินไนส์ชลบุรี วางตัวต่อเนื่องมาจากหินดินดานสัตหีบขึ้นไปจนถึงหินปูนและหินดินดานที่อ่างเก็บน้ำบางพระ ยุคเพอร์เมียนตอนกลาง

แนวพนมสนิมแกลง แยกจากแนวชลบุรีโดยหินพื้นฐานซับซ้อน หรือ กลุ่มหินไนส์ หินไมกาชีสต์ คั่นระหว่างกลางของแนวที่สอง ที่บริเวณตอนเหนือของเขาใหญ่ หินดินดาน และหินทรายมีแนวเรียงตัวสีเทาดำ หินปูนเป็นรูปเลนส์และหินเชิร์ต มีแนววางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือตะวันออกเฉียงใต้พบซากดึกดำบรรพ์ไบรโอซัว (bryozoa) ชื่อ *Penniretepora* sp., *Fenestella* cf. *F. triserialis*, *Fenestella* sp., *Polypora* sp., และแบรคิโอพอด ชื่อ *Cleiothyridina* sp. รวมทั้งซากดึกดำบรรพ์ก้านไครนอยด์ (crinoid stem) ยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น (สมัย Early Visean-Late Tournaisian)

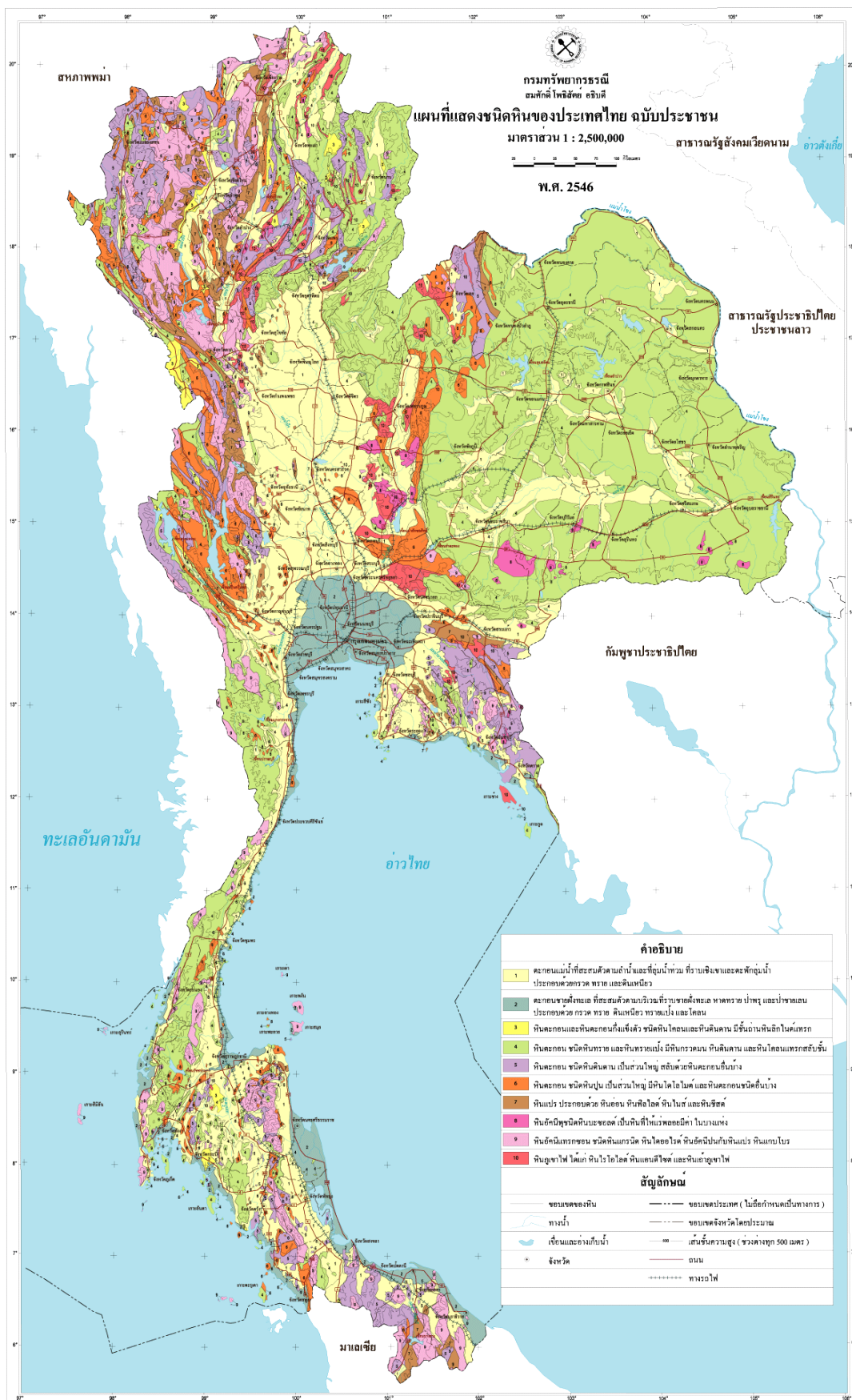
แนวจันทบุรี-ตราด บริเวณตะวันออกของฝั่งทะเลตะวันออกในเขตระหว่างจังหวัดสระแก้ว-น้ำร้อน-จันทบุรี ใกล้ชายแดนประเทศกัมพูชา มีแนวของหินแอมฟิโบลิตชีสต์ หินฮอร์นเบลนด์ชีสต์ หินควอร์ตซ์ชีสต์ และหินทัฟฟ์แปรสภาพ หินอ่อนรูปเลนส์ หินเมตาเชิร์ต (เวดิโอลาเวียนเชิร์ต) และหินฟิลไลต์สีแดง พบซากดึกดำบรรพ์ยุคเพอร์เมียนในหินปูน บริเวณจังหวัดสระแก้ว

หินยุคเพอร์เมียน แบ่งออกได้เป็น 3 แนว คล้ายกับหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส ได้แก่แนวชลบุรี-สัตหีบ ที่เขาเวรติ ใกล้อ่างเก็บน้ำบางพระ ประกอบด้วยชั้นของหินทราย หินดินดาน หินปูนและมีหินเชิร์ตชั้นบางแทรกสลับ ในหินปูนมีซากดึกดำบรรพ์ *Pseudoschwagerina* cf. *P. regularis* (วีรศักดิ์ นคินทร์ปดี และคณะ 2519) ฟอสซิลหินเฟอรา และสาหร่าย ยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Bunopas et al., 1983) แนวพนัสนิคม-แก่ง ในหินดินดานที่เขาคีรี มีซากดึกดำบรรพ์ *Leptodus* sp. ยุคเพอร์เมียนตอนปลาย (Bunopas et al., 1983) สำหรับแนวชลบุรี-สัตหีบ และพนัสนิคม-แก่ง ทั้งสองแนวนี้เรียกรวมกันว่า แนวศรีราชา-แก่ง

แนวจันทบุรี-สระแก้ว แบ่งได้เป็น 2 ตอน คือ ทางด้านจังหวัดสระแก้วจรดประเทศ และกบินทร์บุรีไปน้ำร้อน-จันทบุรี-ตราด เป็นบริเวณที่ชั้นหินวางตัวกันซับซ้อนเพราะเป็นเขตธรณีวิทยาฐานประกอบด้วย หินเชิร์ตที่มีซากดึกดำบรรพ์เวดิโอลาเรีย หินปูน หินทราย หินภูเขาไฟและหินบะซอลต์รูปหมอน วางตัวอยู่บนหินอัลตราเมฟิก กลุ่มหินทั้งหมดเรียกรวมกันว่า สระแก้วโอฟีโอไลต์ (Bunopas, 1981, 1983)

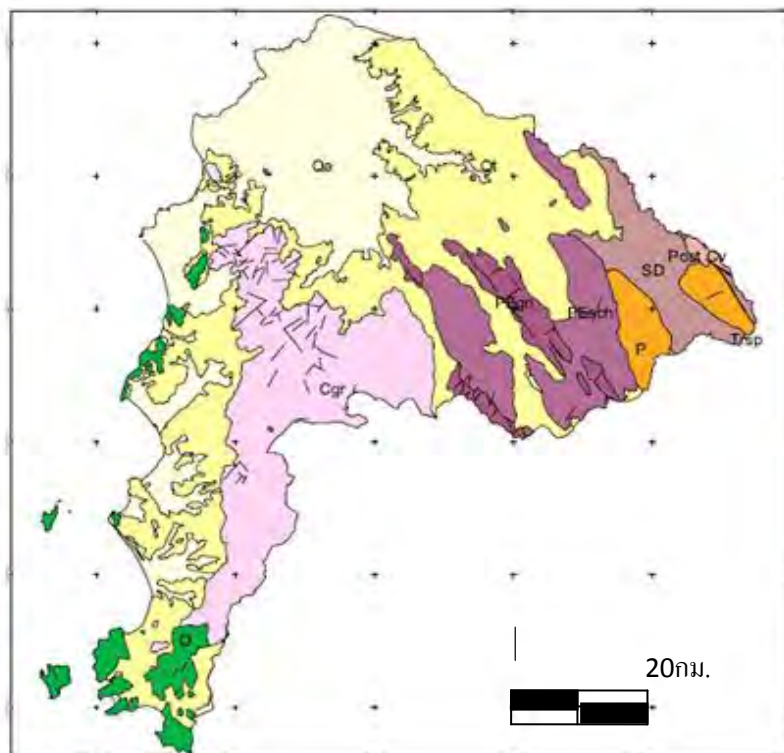
หินมหายุคมีโซโซอิก ประกอบไปด้วยหมวดหินเนินโพธิ์ยุคไทรแอสซิกและหมวดหินโป่งน้ำร้อนและหมวดหินเนินผู้ใหญ่เยื่อ ซึ่งเชื่อว่าสะสมตัวในสภาวะแวดล้อมตะกอนน้ำพารูปพัดใต้ทะเล (submarine fans) ของกระแสน้ำโบราณที่ไหลจาก ทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตก และในหมวดหินแหลมสิงห์ หมวดหินภูกระดึง และหมวดหินพระวิหาร ประกอบด้วยชั้นหินสีแดงซึ่งเชื่อว่ามีการสะสมตะกอนแบบตะกอนแม่น้ำบนบก โดยมีทิศทางการไหลของกระแสน้ำโบราณจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ตามลำดับ

หินอัคนี บริเวณภาคตะวันออกแบ่งได้เป็น 3 แนว แนวแรกอยู่ทางด้านตะวันตกของภาค ปกคลุมพื้นที่ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดชลบุรีลงมายังจังหวัดระยอง เป็นหินแกรนิตมวลไพศาล เนื้อหินหยาบปานกลางถึงเนื้อดอก แนวที่สองอยู่ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอแก่ง จังหวัดระยอง เป็นหินแกรนิตเช่นกัน สำหรับแนวที่สามส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตมวลไพศาล ปกคลุมพื้นที่ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ของจังหวัดจันทบุรี นอกจากนั้นเป็นหินอัคนีพุพวกหินไรโอไลต์ ปรากฏอยู่ทางด้านตะวันออกของภาคห่างจากชายแดนกัมพูชาประมาณ 5-10 กิโลเมตร และหินโอลิวีนบะซอลต์เนื้อหินแสดงลักษณะรูฟองอากาศ ปรากฏเป็นแนวอยู่ทางด้านทิศตะวันออกของอำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี และทางด้านทิศเหนือของจังหวัดตราด



รูปที่ 1.5 แผนที่แสดงชนิดหินของประเทศไทย ฉบับประชาชน (กรมทรัพยากรธรณี, 2546)

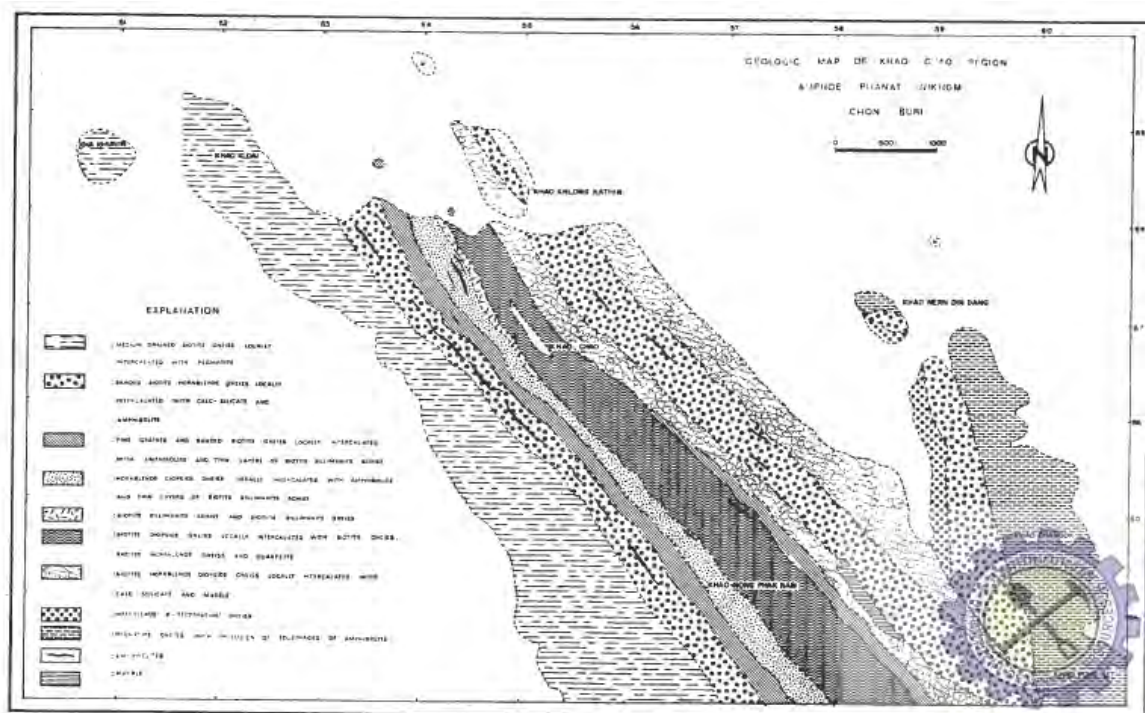
ธรณีวิทยาจังหวัดชลบุรี



- Cgr : หินแกรนิต หินอนาเทคไซต์ แสดงการเรียงตัวและถูกบดอัดระดับลึก; ยุคคาร์บอนิเฟอรัส
- Ck1 : หินทราย หินดินดาน หินทัฟฟ์ สีนํ้าตาล หินเซิร์ตสีเทา-เทาดำ; ยุคคาร์บอนิเฟอรัส
- o : หินปูน หินปูนเนื้อดิน สีเทาดำ เนื้อแน่น แข็ง มีซากดึกดำบรรพ์มากมาย; ยุคออร์โดวิเซียน
- p : หินปูน หินดินดาน หินทราย สีเทา-เทาดำ มีซากดึกดำบรรพ์มาก ฟอสซิลึก,แบรคคิโอพอด; ยุคเพอร์เมียนช่วงกลาง
- Pegn : หินไนล์ แสดงการถูกบีบอัด แร่ประกอบหินแสดงเป็นรูปเลนซ์; ยุคพรีแคมเบรียน
- Pesch : หินชีสต์ ที่แสดงการถูกแปรสภาพอย่างรุนแรง ชั้นหินแสดงการคดโค้ง; ยุคพรีแคมเบรียน
- PTRms : หินทัฟฟ์ หินทราย หินดินดานถูกแปรสภาพเป็นหินกึ่งแปรสภาพ แสดงแนวการเรียงตัว; ยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสซิก
- Post Cv : หินแอนดีไซต์ หินภูเขาไฟ; ยุคหลังคาร์บอนิเฟอรัส
- Qa : ตะกอนที่ราบสะสมตัวโดยทางน้ำ ตะกอนกรวด ทราย ดินสะสมตามร่องน้ำและที่ราบน้ำท่วมถึง; ยุคควอเทอร์นารี
- Qt : ตะกอนตะกัก กรวด ทรายแป้ง ดินเคลย์และดินแลง; ยุคควอเทอร์นารี
- SD : หินควอร์ตไซต์ หินควอร์ตซ์ชีส หินฟิลไลต์ หินฟิลไลต์เนื้อปานถ่าน; ยุคคาร์บอนิเฟอรัสช่วงกลาง
- Trsp : หินเซอร์เพนทีไนต์ หินอุลตามะฟิก สีเทาดำ ถูกแปรสภาพ; ยุคไทรแอสซิก

รูปที่ 1.6 แผนที่หน่วยหิน จ.ชลบุรี (กรมทรัพยากรธรณี, 2547)

ธรณีวิทยาวบริเวณเขาเจ้า จ.ชลบุรี



รูปที่ 1.7 แสดงการกระจายตัวของหินบริเวณเขาเจ้า อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี ซึ่งแบ่งหินออกเป็น 6 หน่วย ตามการศึกษาของ Areesiri (1983)

Areesiri (1983) ศึกษาหินแปรและหินอื่น ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับหินแปรบริเวณเขาเจ้า อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี ได้แบ่งหินแปรออกเป็น 6 หน่วย เรียงจากอายุแก่ไปอายุน้อย คือ

1. ไบโอบี-ไพลสพาร์-ควอร์ตซ์-ไนส์ เป็นหินไนส์ที่มีลักษณะเป็นชั้นสลับกันระหว่างหินเนื้อหยาบปานกลาง และเนื้อหยาบ มักพบหินแอมฟิโบไลต์เกิดเป็นแถบบาง ๆ สลับอยู่ในหินหมวดนี้ บางบริเวณหินหมวดนี้ เปลี่ยนเป็นหินมิกมาไทต์ โดยมีหินแอมฟิโบไลต์เหลืออยู่เป็นแถบไม่ต่อเนื่องปะปนอยู่ด้วย
2. ไบโอบี-ฮอนเบลนด์-ไนส์ มีลักษณะเนื้อหยาบปานกลางถึงหยาบ มีหินพวกแอมฟิโบไลต์ แคลกซิลิเกต และไบโอบี-ซิลลิมาไนต์ซีสต์แทรกสลับเป็นส่วนน้อย แม้ประกอบหินที่สำคัญได้แก่ แร่ไบโอบี ฮอร์นเบลนด์ แพลจิโอเคลส ควอร์ตซ์ โฟแทชเฟลด์สปาร์ และแกร์เนต ยังมีแร่อื่น ๆ เช่น แร่อะพาไทต์ เซอร์คอน และแมกนีไทต์

3.ไบโอไทต์-ไนส์ เป็นหินเนื้อละเอียดถึงหยาบปานกลางวางตัวต่อเนื่องจากหินหมวดที่กล่าวไปแล้ว มีแร่ประกอบหินที่สำคัญคือ แร่ควออตซ์ โฟแทชเฟลด์สปาร์ แพลจิโอเคลส และไบโอไทต์ โดยมีแร่เซอร์คอน แมกนีไทต์ และอะพาไทต์ปะปนอยู่บ้าง

4.ฮอนเบลนด์-ไดออปไซด์-ไนส์ มีลักษณะเป็นหินเนื้อละเอียดถึงหยาบปานกลางประกอบด้วยแร่ฮอร์เนเบลนด์ แพลจิโอเคลส และไดออปไซด์ เป็นส่วนใหญ่ โดยมีแร่โฟแทชเฟลด์สปาร์ อะพาไทต์ และ สฟีนปนอยู่บ้าง บางบริเวณพบหินไบโอไทต์-ฮอร์เนเบลนด์-ได ออปไซด์ไนส์ หินแอมฟิโบไลต์ และหินไบโอไทต์-ซิลลิมาไนต์ชีสต์แทรกสลับอยู่ด้วย

5.ไบโอไทต์-ซิลลิมาไนต์-ไนส์ ตอนบนๆ ของหินหมวดนี้เป็นพวกหินซิลลิมาไนต์- ไบโอไทต์-โฟแทชเฟลด์สปาร์ ออแกนไนส์ (augen gneiss) ส่วนตอนล่างเปลี่ยนเป็นหินพวกการ์เนต-ไบโอไทต์-ซิลลิมาไนต์-ควออตซ์ชีสต์พบแร่คอร์เดียไรต์(cordierite) อยู่บ้างโดยเฉพาะตอนล่างของหมวดหิน

6.ไบโอไทต์-ไดออปไซด์-ไนส์ เป็นหินเนื้อละเอียดบางบริเวณมีหินไบโอไทต์-ฮอร์เนเบลนด์-ไดออปไซด์ไนส์ หินแอมฟิโบไลต์ (amphibolite) และหินไบโอไทต์ไนส์แทรกสลับส่วนประกอบแร่ที่สำคัญคือ แร่ไดออปไซด์ ไบโอไทต์แพลจิโอเคลสโฟแทชเฟลด์สปาร์และ ควออตซ์ โดยมีแร่อะพาไทต์(apatite) และเซอร์คอนปนอยู่บ้าง

และเสนอว่าหินในบริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะมาแล้วอย่างน้อย 3 ครั้ง และผ่านกระบวนการแปรสภาพ 2 ครั้ง การแปรสภาพครั้งแรกเกิดร่วมกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะครั้งแรก ในช่วงบรรพตวรรษสรวงศ์ไฮอร์ไซเนียนตอนปลายยุคคาร์บอนิเฟอรัส ส่วนกระบวนการเปลี่ยนแปลงลักษณะครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 เกิดร่วมกับการแปรสภาพครั้งที่ 2 ในบรรพตวรรษสรวงศ์อินโดซิเนียน ตอนระหว่างยุคเพอร์เมียนและยุคไทรแอสสิก การศึกษาทางธรณีเคมีพบว่า หินต้นกำเนิดของหินพาราไนส์ น่าจะเป็นหินทรายชนิดสับเกรแวก, เกรแวก และอาร์โคส ส่วนหินแอมฟิโบไลต์อาจมีหินต้นกำเนิดเป็น หินเพิลท์ปนกับหินที่มีปริมาณแมกนีเซียมสูง เช่น เบสิกทัฟฟ์ ยกเว้น แอมฟิโบไลต์ที่มีฮอนเบลนด์ประกอบอยู่ด้วยมาก ซึ่งอาจแปรมาจากเบสิกซิลล์ Darbyshire (1988) เสนอผลการหาอายุหิน โดย $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ ratio คือ 0.7054 ± 0.0002 บ่งชี้อายุ 75 ± 22 ล้านปี

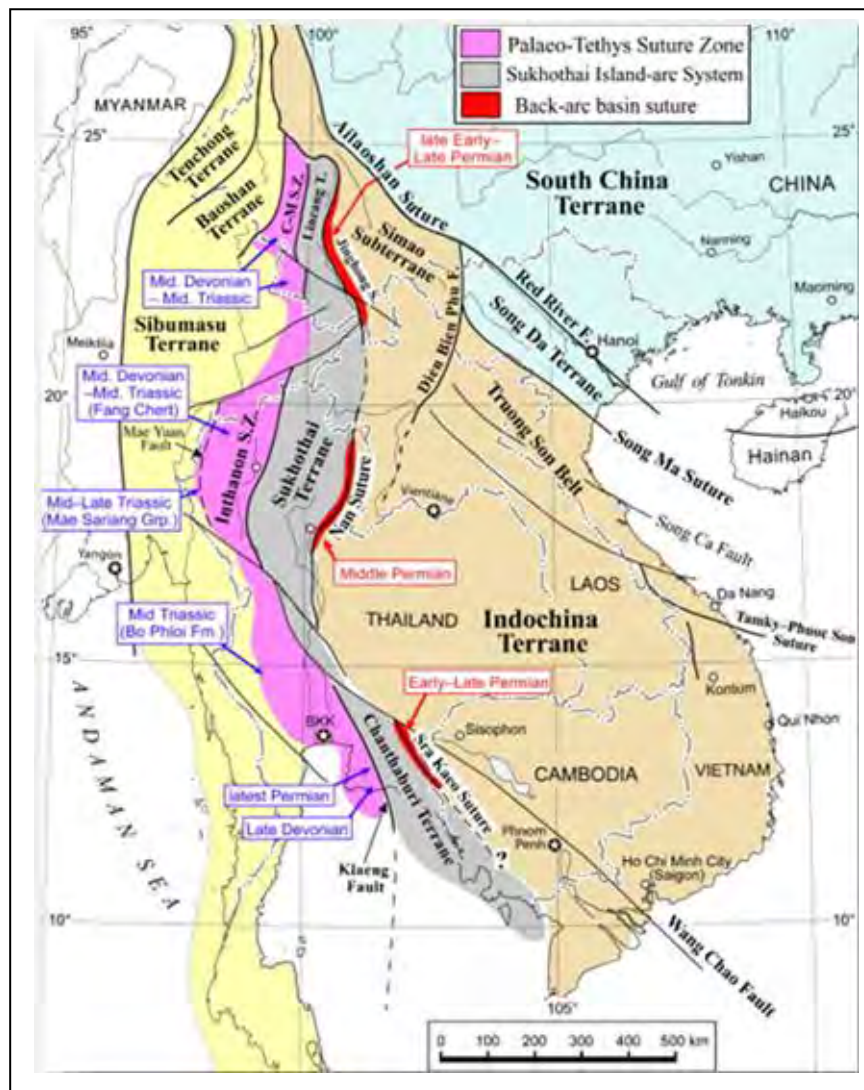
ธรณีแปรสัณฐาน

Charusiri et al. (2002) แบ่งกระบวนการธรณีแปรสัณฐานในประเทศไทยเป็น 4 ชั้น ได้แก่ ชั้นแปรสัณฐานบรรพกาลระหว่างช่วงมหายุคพรีแคมเบรียนถึงมหายุคพาลีโอโซอิกตอนต้น แผ่นจุลทวีปชานไทยมีความสัมพันธ์กับตะวันตกเฉียงเหนือของแผ่นทวีปออสเตรเลีย ในขณะที่จุลทวีปอินโดจีนอาจอยู่ติดกับแผ่นจีนตอนใต้ ชั้นแปรสัณฐานโบราณกาลระหว่างยุคแคมเบรียนถึงไทรแอสสิก จุลทวีปทั้งสองเริ่มแยกตัวออกมาและเคลื่อนที่ไปทางเหนือจนกระทั่งชนกัน โดยสิ้นสุดการชนในยุคไทรแอสสิกตอนปลาย การชนกันครั้งนี้เป็นเหตุให้เกิดระบรอยเลื่อนหลักในแนวตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงเหนือในประเทศไทย ชั้นแปรสัณฐานมีชดภูมิกาลระหว่างยุคไทรแอสสิกถึงครีเตเชียส โดยในช่วงปลายยุคครีเตเชียสถึงต้นยุคเทอร์เชียรีเกิดการชนกันของแผ่นจุลทวีปชานไทยและพม่าตะวันตก ไม่มีสิ่งใดเกี่ยวข้องกับธรณีวิทยาประเทศไทยมากนัก และชั้นแปรสัณฐานนวกาลระหว่างยุคเทอร์เชียรีถึงควอเทอร์นารี เกิดการชนกันของแผ่นทวีปอินเดียและเอเชีย โดยเกิดการแปรสัณฐานทวีปเลื่อนต้น แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของธรณีแปรสัณฐานในไทย มีการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อนในทิศตรงกันข้ามกับที่เคยเคลื่อนที่มาแล้ว

บริเวณภาคตะวันออกเฉียงของไทยเป็นบริเวณที่พัฒนาขึ้นมาจากการชนกันของแผ่นจุลทวีปชานไทยทางด้านตะวันตกและอินโดจีนทางด้านตะวันออก ตามแนวตะเข็บธรณีน่าน-สระแก้ว ในช่วงสมัยไทรแอสสิกตอนปลาย ทั้งสองแผ่นจุลทวีปนี้เดิมเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นทวีปกอนวานา ก่อนจะแยกตัวออกจากแผ่นทวีปกอนวานาและเคลื่อนตัวไปทางเหนือ จากนั้นจึงเคลื่อนตัวมาชนกันในช่วงมหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลายถึงมหายุคมีโซโซอิกตอนต้น (Bunopas and vella, 1978; Barr and Macdonald, 1991)

ทางด้านแผ่นจุลทวีปชานไทยนั้น มีหินฐานที่เก่าแก่ที่สุดเป็นหินจำพวก migmatite, segregation banding gneiss, calc-silicate rock, marble, frequent bands of amphibolites or hornblende schist and quartz-mica schist (Areesiri, 1983) ส่วนแผ่นทวีปอินโดจีนพบว่าหินที่มีอายุเก่าแก่ที่สุดประกอบด้วย greenschist to amphibolites metachert, metatuff, recrystalline limestone, metavolcanics และ metasubvolcanics ในยุคดีโวเนียนถึงคาร์บอนิเฟอรัส ในบริเวณของแผ่นจุลทวีปอินโดจีนนี้พบว่าภูเขาและหินมักปรากฏในแนวเหนือ-ตะวันตกเฉียงเหนือโดยส่วนใหญ่ในเส้นทางใต้ของแผ่นจุลทวีปนี้ ส่วนทางเหนือของแผ่นมักปรากฏอยู่ในแนวตะวันออก - ตะวันตกโดยส่วนใหญ่ (Salyapongse, 1997)

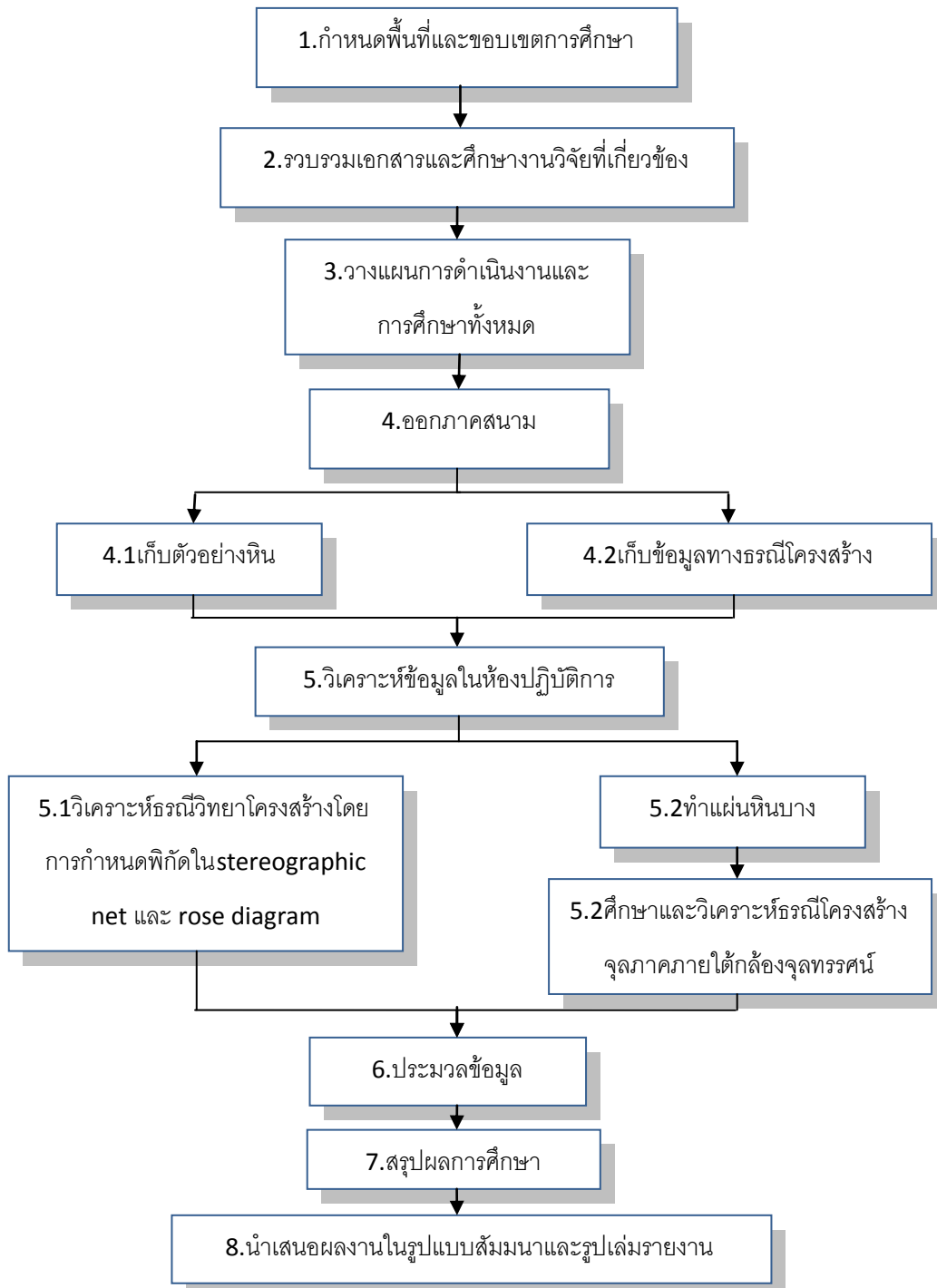
กลุ่มรอยเลื่อนแก่ง (Klaeng Fault Zone) รวมกลุ่มของรอยเลื่อนบริเวณคลองกระแสด คลองโตนด และคลองพะวาใหญ่ ที่ขนานกันอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ กลุ่มรอยเลื่อนนี้วางตัวตามคลองโตนดไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทางบริเวณทิศตะวันออกเฉียงใต้ต่อไปถึงบริเวณอ่าวเกาะนกง อำเภอกำแพง จังหวัดจันทบุรี ยาวประมาณ 250 กิโลเมตร ทำให้หินมหายุคพรีแคมเบรียนแยกออกจากหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน ที่คลองกระแสดและหินยุคโทรแอสซิกสัมผัสกับหินยุคคาร์บอนิเฟอรัสที่คลองโตนด (Nakinbodee *et al.*, 1976)



รูปที่ 1.8 แสดงรอยเลื่อนและแผ่นจุลทวีปต่างๆที่เกี่ยวข้องกับประเทศไทย (Sone & Metcalfe, 2007)

บทที่ 2

ระเบียบวิธีวิจัย



รวบรวมข้อมูล ขั้นตอนที่ 1 – 4

วิเคราะห์ข้อมูล ขั้นตอนที่ 5

ประมวลและสรุปข้อมูล ขั้นตอนที่ 6 – 8

2.1 รวบรวมข้อมูล

1. กำหนดพื้นที่และขอบเขตการศึกษา

พื้นที่ศึกษา คือ หินเผล่บริเวณน้ำตกกรมไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี เป็นหินเผล่ธรรมชาติ มีพื้นที่ประมาณ 300 ตารางเมตร

ขอบเขตการศึกษา คือ ศึกษารั้วหินเผล่บริเวณน้ำตกกรมไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี และหินเผล่ธรรมชาติบริเวณน้ำตกกรมไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี

2. รวบรวมเอกสารและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยและพื้นที่ศึกษา

2.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- Genetic consideration of amphibolites and relate rocks of Bo Kwang Thong, Amphoe Phanat Nikhom, Changwat Chonburi เป็นการศึกษาของ Areesiri, 1983
- ธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่หินแปรชั้นต่ำบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย การศึกษาของ จุฑาทิพย์ บุญสาย, 2548

เป็นต้น

2.2 จัดเตรียมข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ แผนที่ทางหลวง, แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา 1: 250,000

3. วางแผนการดำเนินงานและการศึกษาทั้งหมด

เมื่อกำหนดพื้นที่ศึกษาอย่างชัดเจน และศึกษาข้อมูลของพื้นที่จากงานวิจัยเก่าที่เกี่ยวข้องได้แล้ว จะทำให้เราทราบข้อมูลโดยสังเขปของพื้นที่ศึกษาได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในแง่ของข้อมูลพื้นฐานทางธรณีวิทยาที่ควรรู้ก่อนการดำเนินงานในขั้นต่อไป

ในการวางแผนการดำเนินงาน จะรวมไปถึงกำหนดการดำเนินงานขั้นต่างๆด้วย โดยการดำเนินงานในการเริ่มเก็บข้อมูลในภาคสนามนั้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้สามารถในการดำเนินงานขั้นต่อไปได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวางแผน กำหนดวันในการออกภาคสนามอย่างชัดเจน และเหมาะสม เนื่องจากพื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณของน้ำตก ดังนั้นในบางฤดูกาลที่มีน้ำหลาก จึงเป็นช่วงที่ไม่เหมาะสมในการเก็บข้อมูล หลังจากการออกภาคสนาม ข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการโดยมีการกำหนดการศึกษาในขั้นตอนต่างๆโดยประมาณ

4. ออกภาคสนาม เพื่อเก็บข้อมูลทางธรณีโครงสร้าง และตัวอย่างหินบริเวณพื้นที่ศึกษา

4.1 เก็บหินตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา

การเก็บตัวอย่างหินจากภาคสนาม เนื่องจากต้องการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้าง ดังนั้น การระบุตำแหน่งและการวางตัวของตัวอย่างที่เก็บมาจึงมีความจำเป็นอย่างมาก

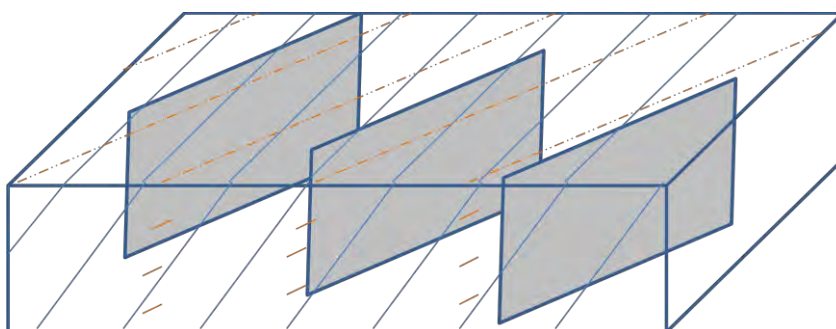
รูปที่ 2.2 แสดงภาพจำลองการเก็บตัวอย่างหินเพื่อศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้าง จำเป็นต้อง มีการวัดการวางตัวของโครงสร้างที่สำคัญในหิน และตัวอย่างหินเอาไว้ ระบุบน (top) และล่าง (Bottom) ของตัวอย่างชัดเจน โดยเมื่อนำตัวอย่างหินมาจัดทำเป็นแผ่นหินบางแล้ว จะสามารถศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาคเพื่อบอกการเปลี่ยนแปลงได้

4.2 เก็บข้อมูลทางธรณีวิทยาโครงสร้าง เช่น ริวขนาน แนวแตก สายแร่ ระนาบแกนชั้นหินคดโค้ง เป็นต้น

การเก็บข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างพวกนี้ ใช้อุปกรณ์พื้นฐานในภาคสนาม คือ เข็มทิศ โดย ควรวัดข้อมูลให้มีการกระจายการเก็บข้อมูลครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษาอย่างเหมาะสม

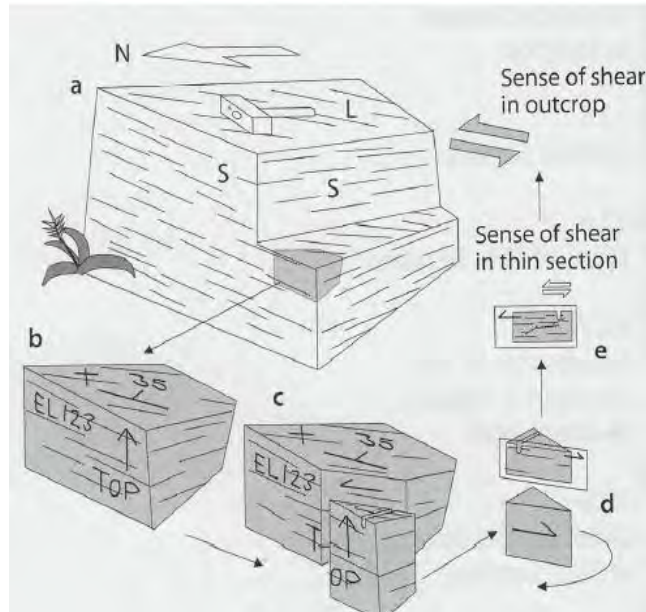
การเตรียมตัวอย่าง

ตัดตัวอย่างในแนวตั้งฉากกับริวขนาน (foliation) และขนานกับโครงสร้างแนวเส้น (Lineation)



----- ริวขนาน
 ———— โครงสร้างแนวเส้น

รูปที่ 2.1 จำลองการตัดหินเพื่อนำมา
 ทำแผ่นหินบาง สำหรับการศึกษ
 ธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาค

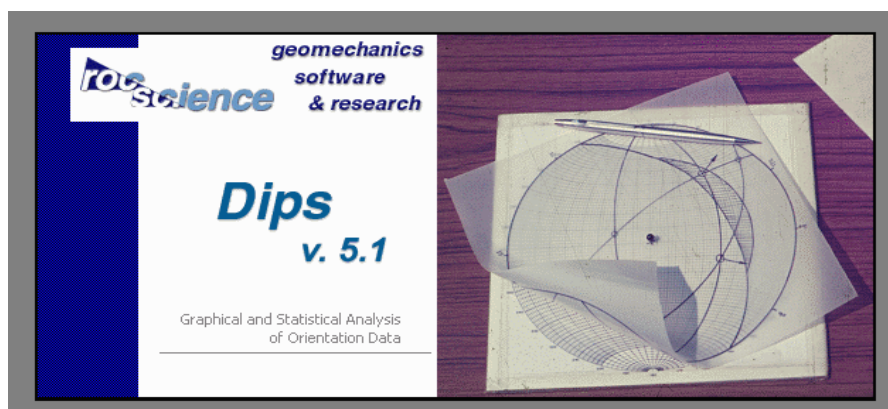


รูปที่ 2.2 แสดงการเก็บตัวอย่างหินแบบระบุตำแหน่งและทิศทางการวางตัวของหินตัวอย่าง เพื่อนำมาตัดเป็นแผ่นหินบาง
 ศึกษารณีวิทยาโครงสร้างจุลภาคภายใต้กล้องจุลทรรศน์ a.) จำลองหินโผล่ที่ต้องการเก็บหินตัวอย่างเพื่อศึกษา b.)
 เมื่อตอกหินตัวอย่างออกมาแล้ว ควรเขียนระบุตำแหน่งการวางตัว และบน -ล่างของหินทันที c.) นำหินตัวอย่างมาตัดเป็น
 แผ่นหินบาง โดยตัดตั้งฉากกับระนาบและขนานโครงสร้างแนวเส้น d.)และe.) เตรียมตัวอย่างจนกระทั่งได้แผ่นหินบางที่
 เหมาะแก่การศึกษา (Passchier & Trouw, 2005)

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

2.2.1 ธรณีวิทยาโครงสร้างมหัศจรรย์

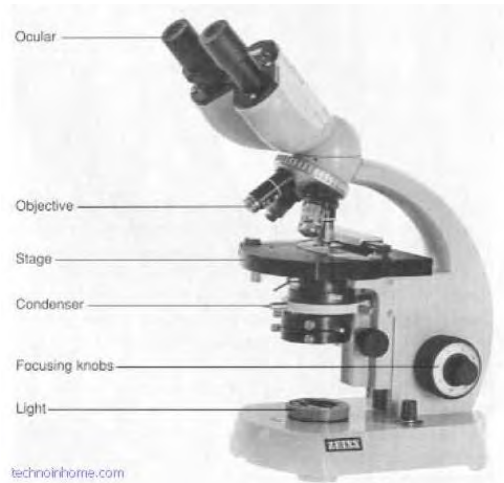
จากการออกเก็บข้อมูลภาคสนาม ทำให้ได้ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างมหัศจรรย์ คือ ริ้วขนาน
 แนวแตก สายแร่ ระนาบแกนชั้นหินคดโค้ง ในการวิเคราะห์ข้อมูล จะนำข้อมูลเหล่านี้ไปกำหนดตำแหน่งใน
 Sterographic net และ Rose diagram โดยใช้โปรแกรม Dip version 5.1



รูปที่ 2.3 แสดงโปรแกรม Dip v. 5.1

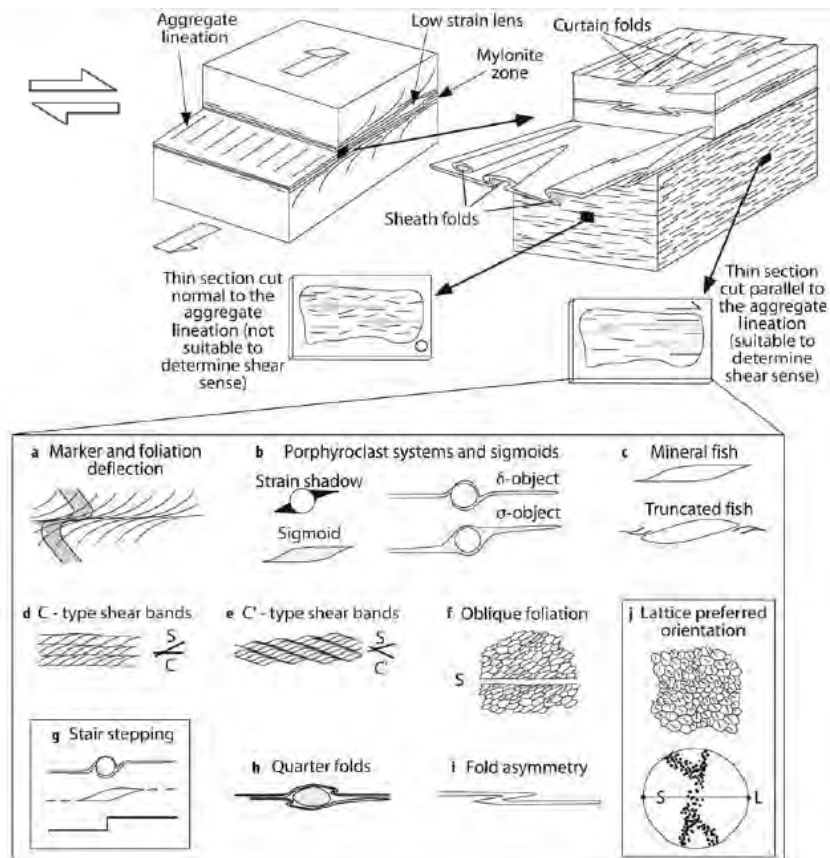
2.2.2 ธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาค

จากตัวอย่างหินที่เก็บมาในภาคสนาม เมื่อผ่านการเตรียมตัวอย่าง จนเป็นแผ่นหินบางที่เหมาะสมต่อการศึกษาก็จะนำแผ่นหินบางเหล่านั้นมาศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (รูปที่ 2.4) เช่น โครงสร้าง Mineral fish, Marker and foliation deflection แสดงการเฉือนแบบขวาเข้า(รูปที่ 2.5) เป็นต้น



<http://www.thaigoodview.com/node/16658>

รูปที่ 2.4 แสดงกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



รูปที่ 2.5 แสดงการศึกษาแผ่นหินบางจากหินตัวอย่างที่พบในบริเวณที่มีการเฉือน พบว่าสามารถพบธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาคที่บ่งบอกหลักฐานของการเฉือนที่เกิดขึ้นได้ (Passchier & Trouw, 2005)

2.3 ประมวลและสรุปข้อมูล

2.3.1 ประมวลข้อมูลร่วมกัน ระหว่างข้อมูล ข้อมูลภาคสนาม และข้อมูลภายใต้กล้องจุลทรรศน์



รูปที่ 2.6 แสดงแผนผังการดำเนินการในการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และประมวลข้อมูล และสรุปผลการศึกษา

2.3.2 สรุปผลการศึกษา

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการออกภาคสนามและผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการมาสรุปร่วมกับข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ขอโครงการวิจัย ซึ่งในโครงการวิจัยครั้งนี้ กำหนดวัตถุประสงค์ 2 ข้อ คือ เพื่อศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างที่เกิดขึ้นในหินไนส์ พื้นที่น้ำตกกรมไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี และเพื่อทราบธรณีประวัติของพื้นที่น้ำตกกรมไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี

2.3.3 นำเสนอผลการศึกษาในรูปแบบสัมมนาและรูปเล่มรายงาน

จากข้อมูลผลการศึกษา จะมีการนำเสนอข้อมูลเหล่านี้ในรูปแบบของรูปเล่มรายงาน และนำเสนอโครงการวิจัยในรูปแบบสัมมนาทางวิชาการ

บทที่ 3

ภายในบทนี้ แสดงผลการศึกษา ซึ่งสามารถแบ่งข้อมูลผลการศึกษาดังกล่าวออกเป็น 2 ส่วน คือ

- ผลการศึกษารณีวิทยาโครงสร้างมัชฌิมภาค
- ผลการศึกษารณีวิทยาโครงสร้างจุลภาค

3.1 ผลการศึกษารณีวิทยาโครงสร้างมัชฌิมภาค

ริ้วขนาน โครงสร้างแนวเส้น สายแร่ แนวแตก เป็นโครงสร้างที่ศึกษาได้จากหินโผล่ในภาคสนาม เป็นลักษณะโครงสร้างที่บันทึกการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินในแต่ละพื้นที่ สำหรับพื้นที่ศึกษา คือ หินไนส์ บริเวณน้ำตกกรมไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี การศึกษารังนี้ ได้นำข้อมูลดังกล่าวมากำหนดตำแหน่งใน Steriographic net และ Rose digram ดังแสดงต่อไปนี้

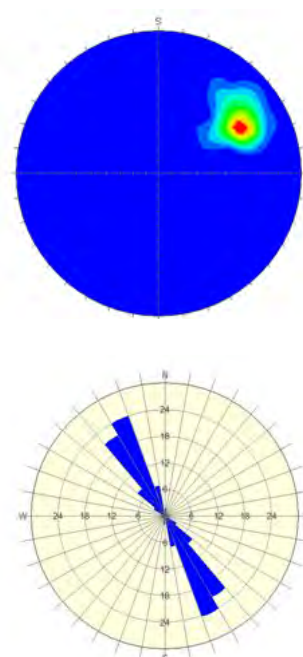
3.1.1 ริ้วขนาน

ริ้วขนาน เป็นลักษณะที่ปรากฏอยู่ในเนื้อ หิน ปรากฏเป็นการเรียงตัวของแร่ขนานกันในแนวนี้ เป็นแนวที่ตอบสนองแรงเค้นที่มากกระทำ

ริ้วขนานใน Stereographic net อยู่ในทิศ NNW-SSE มุมเอียงเทประมาณ $70^{\circ}-80^{\circ}$ ไปทางทิศ NE-SW (รูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 แสดงริ้วขนาน (foliation) ในพื้นที่ศึกษาสวนใหญ่มีการวางตัวในแนว NNW/SSE ด้วยมุมที่กระทำกับระนาบปกติที่ค่อนข้างสูง(dip)



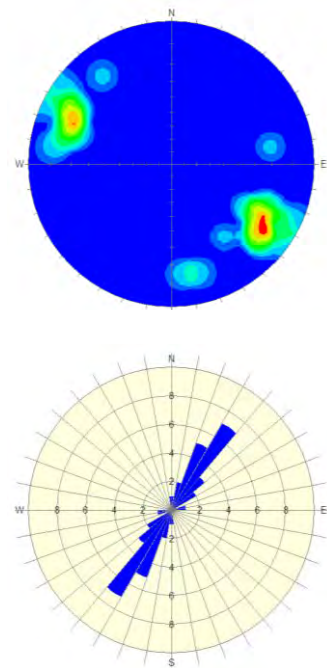
3.1.2 สายแร่

สายแร่ในหิน เกิดจากการที่หินบริเวณนั้น โดนแรงเค้นกระทำจนเกิดการแตกและมีที่เคลื่อนย้ายมวลจากที่อื่น เข้ามาในรอยแตกนั้น สายแร่ที่พบ ได้แก่ สายแร่ควอร์ต ขนาดโดยทั่วไปกว้างประมาณ 3 เซนติเมตร (รูปที่ 3.2 และ 3.3)

สายแร่ใน Stereographic net อยู่ในทิศ NE-SW มุมเอียงเทประมาณ 80° - 90° ไปทางทิศ NW-SE



รูปที่ 3.2 แสดงการวางตัวของ สายแร่ ในพื้นที่ศึกษา โดยมีแนวหลักอยู่ในแนว ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 3.3 แสดงสายแร่ควอร์ต ขนาดกว้างประมาณ 2-3 เซนติเมตร พบในพื้นที่ศึกษา แสดงลักษณะความไม่ต่อเนื่อง มีการบิดเบี้ยวและการโดนตัด

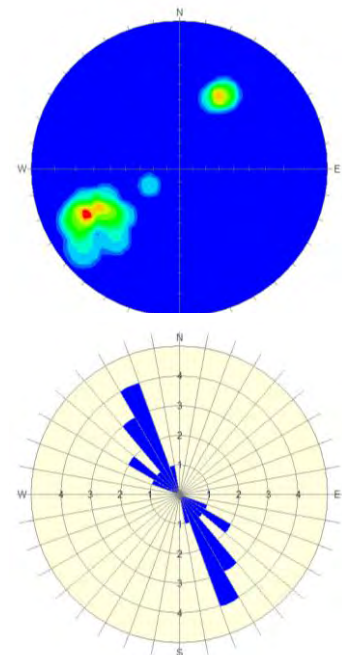
3.1.3 แนวแตก

แนวแตก เกิดจากการที่หินโดนแรงเค้นกระทำในสภาวะอุณหภูมิที่ต่ำ จนเกิดการแตกบางบริเวณ พบการแตกตัดพาดผ่านในสายแร่ควอร์ต (รูปที่ 3.4)

แนวแตกใน Stereographic net อยู่ในทิศ NNW-SSE มุมเอียงเทประมาณ 70° - 80° ส่วนใหญ่ไปทางทิศ SE และมีส่วนน้อยที่มุมเอียงเทวางตัวในทาง NE



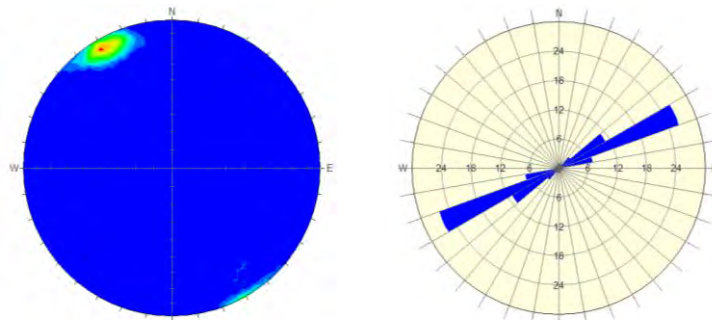
รูปที่ 3.4 แสดงการวางตัวของ แนวแตก ในพื้นที่ศึกษา โดยมีแนวหลักอยู่ในแนว ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้



3.1.4 โครงสร้างแนวเส้น

โครงสร้างแนวเส้น เกิดได้โดยการที่หินบริเวณนั้นๆ โดนกระทำจากความเค้น จนแร่บางตัว เกิดการยืดออกในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง มักมีการวางตัวใกล้เคียงกันในบริเวณหนึ่งๆ

โครงสร้างแนวเส้นใน Stereographic net อยู่ในทิศ ENE-WSW มุมเอียงเทประมาณ เกือบ 90° ไปทางทิศ NNW

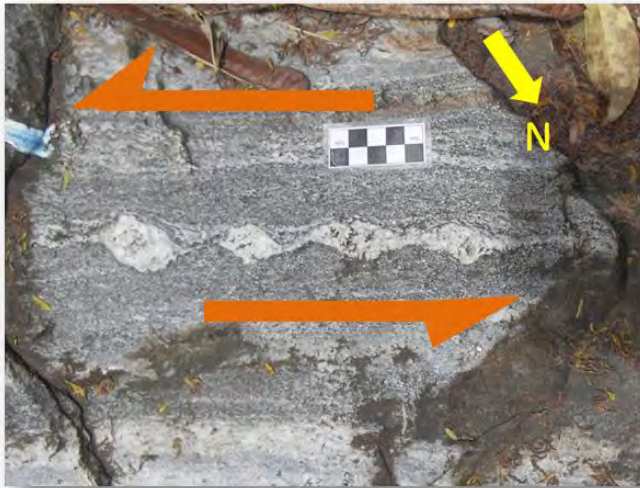


รูปที่ 3.5 แสดงแนวการวางตัวส่วนใหญ่ของโครงสร้างแนวเส้น (lineation)

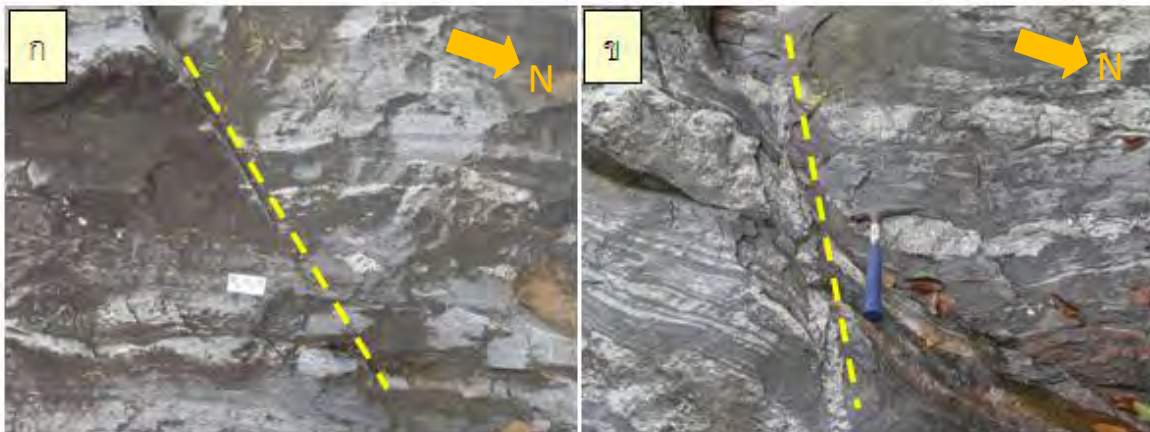
พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในแนว ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

3.1.5 โครงสร้างที่บ่งบอกทิศทางการเปลี่ยนแปลงลักษณะ (Kinematic Indicator)

พบโครงสร้างที่แสดงการโดนเฉือน อยู่ในหินโผล่ของพื้นที่ศึกษา เช่น โครงสร้างรูปไส้กรอก การบิดเบี้ยวของสายแร่ควอร์ต (Boudins) ตามทิศทางของการโดนเฉือน



รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างที่แสดงการเฉือนของสายแร่ควอร์ต ในหินโผล่ของพื้นที่ศึกษา จากภาพสามารถบอกได้ว่าเป็นเฉือนแบบขวาเข้า สายแร่ควอร์ตนี้มีขนาดกว้างประมาณ 3-5 เซนติเมตร



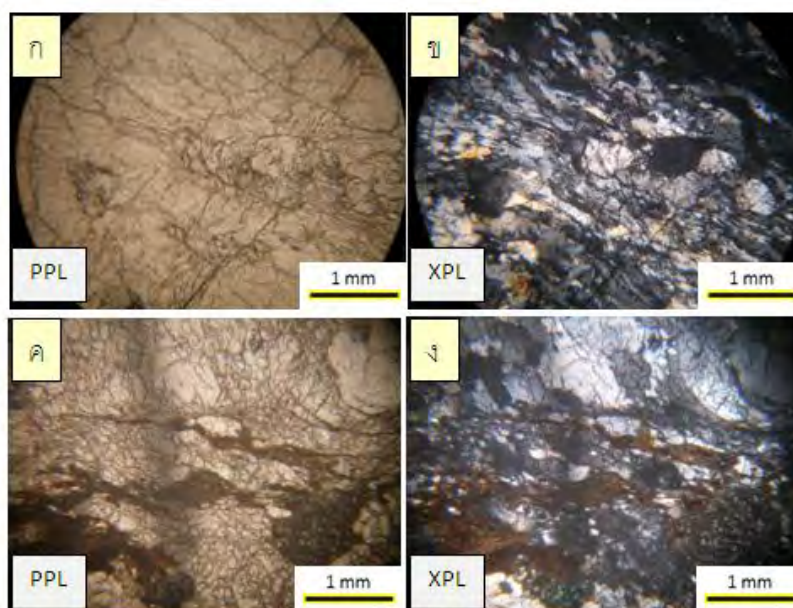
รูปที่ 3.7 ก.) แสดงแนวแตกหลักในพื้นที่ศึกษา โดยมักพบแนวแตกประเภทนี้ วางตัวอยู่ในแนว NNW-SSE

ข.) แสดงสายแร่ควอร์ต ขนาดกว้างประมาณ 3 เซนติเมตร วางตัวในแนว NNE-SSW

3.2 ผลการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาค

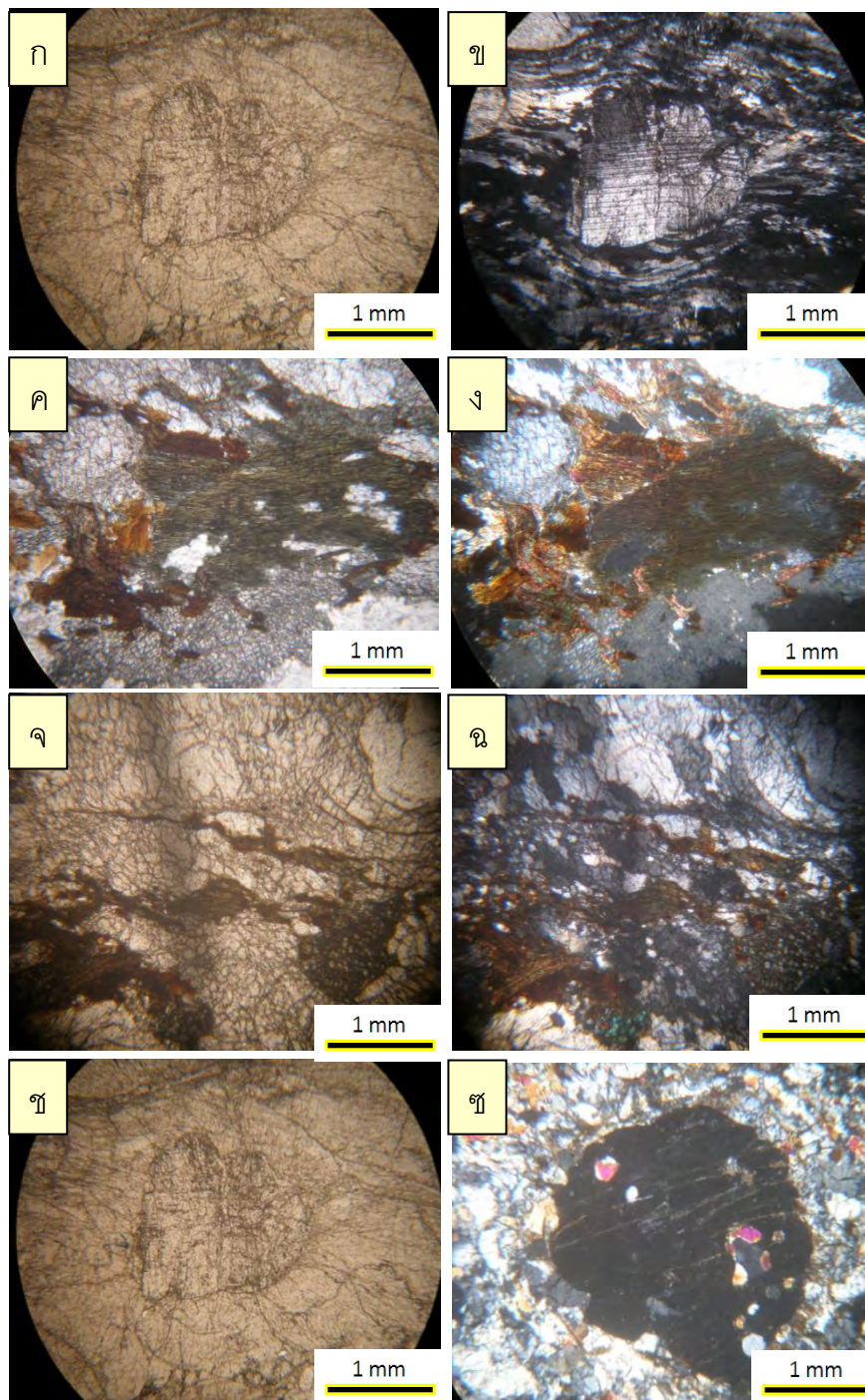
3.2.1 แร่องค์ประกอบ จากการศึกษาด้านหินบางของหินไนส์บริเวณพื้นที่ศึกษา พบแร่ ได้แก่ ควอร์ต เฟลสปาร์ ฮอนเบอร์น ไบโอไทต์ การ์เน็ต

- เฟลสปาร์ (45 %) : พบทั้งเพคซิไอเคสเฟลสปาร์(40 %) และอะคาร์ไลน์เฟลสปาร์ (5 %) ไม่แสดงรูปผลึกชัดเจน (subhedral) โดยส่วนใหญ่ ขนาดโดยทั่วไปมีทั้งขนาดเล็กน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่มากกว่า 1 มิลลิเมตร (1-2 มิลลิเมตร)
- ควอร์ต (35 %) : โดยส่วนใหญ่ไม่แสดงรูปผลึกชัดเจน (subhedral) มีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดย grain ขนาดใหญ่ มีขนาดประมาณ 1-2 มิลลิเมตร และ grain ขนาดเล็กมีขนาดเล็กน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร นอกจากนี้ ยังพบผลึกเล็กๆที่เกิดจากการrecrystallization (รูปที่ 3.8 ก.)และ ข.)
- ฮอนเบอร์น (10%) : ส่วนใหญ่ไม่แสดงรูปผลึก (Anhedral) หรือแสดงรูปผลึกไม่ชัดเจน (Subhedral) มักพบอยู่ร่วมกันกับแร่ไบโอไทต์ ส่วนใหญ่วางตัวขนานกับแนวริ้วขนานที่พบในหิน ขนาดโดยทั่วไปประมาณ
- ไบโอไทต์ (10 %) : ส่วนใหญ่ไม่แสดงรูปผลึก (Anhedral) หรือแสดงรูปผลึกไม่ชัดเจน (Subhedral) มักพบอยู่ร่วมกันกับแร่ฮอนเบอร์น (รูปที่ 3.8 ค.)และง.) เนื่องจากเป็นแร่แผ่น จึงพบวางตัวขนานแนวริ้วขนาน ขนาดโดยทั่วไปประมาณ 1 เซนติเมตร
- การ์เน็ต (5 %) : มีการแสดงรูปผลึกชัดเจน (Euhedral) ขนาดโดยทั่วไปประมาณ 2 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.8 แสดงแร่องค์ประกอบบางส่วนที่พบในหินของพื้นที่ศึกษา ก.) และ ข.) แสดงการ recrystallization ของควอร์ต ค.) และ ง.) มักพบแร่ไบโอไทต์และฮอนเบอร์นอยู่ร่วมกัน โดยมีทิศทางไปตามริ้วขนานของหินไนส์

แร่องค์ประกอบของหินไนส์ น้ำตกกรมไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี



รูปที่ 3.9 แสดง แร่ต่างๆที่พบในหินไนส์ บริเวณน้ำตกกรมไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี ก.) แร่ควอร์ตซ์และเฟลด์สปาร์ (PPL) ข.) แร่ควอร์ตซ์และเฟลด์สปาร์ (XPL) ค.) แร่ฮอร์นเบรอน (PPL) ง.) แร่ฮอร์นเบรอน (XPL) จ.) แร่ไบโอไทต์ (PPL) ฉ.) แร่ไบโอไทต์ (XPL) ช.) แร่การ์เนต (PPL) ซ.) แร่การ์เนต (XPL)

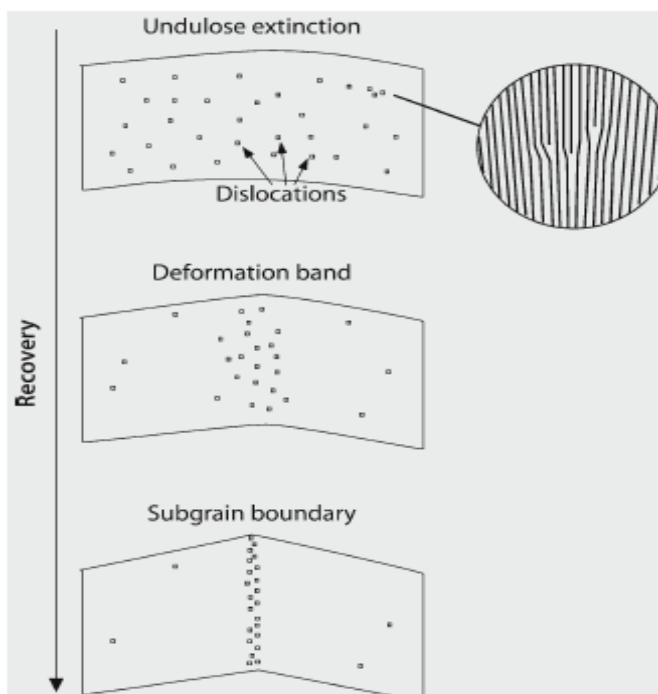
3.2.2 ธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาค

เมื่อหินผ่านการเปลี่ยนลักษณะ (deformation) มาแล้ว อย่างน้อย 1 ครั้ง ผลของการเปลี่ยนลักษณะในครั้งนั้นๆ บางส่วนหรือทั้งหมดจะถูกบันทึกอยู่ในเนื้อหิน (fabric) เราจึงสามารถศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาคที่เกิดจากการเปลี่ยนลักษณะของหินได้ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

3.2.2.1 การเปลี่ยนลักษณะภายในแร่ (Intracrystalline Deformation)

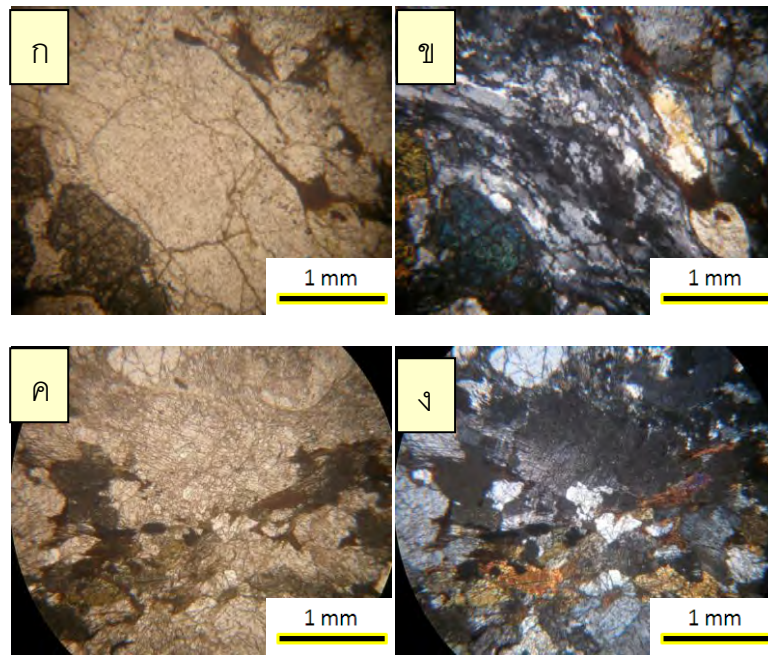
การเปลี่ยนลักษณะเนื่องจากโดนแรงมากจะทำจนผลึกภายในแร่ไม่เสถียร ส่งผลให้เกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของผลึก ในลักษณะที่ต่างจากเดิม เช่น เป็นแนวเดียวกันมากขึ้น เป็นต้น ซึ่งความรุนแรงและการตอบสนองของแร่ที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนลักษณะแบบนี้ จะทำให้เกิดโครงสร้างที่แตกต่างกัน เราจึงสามารถใช้ลักษณะโครงสร้างที่เกิดขึ้นคาดคะเนความรุนแรงของการเปลี่ยนสภาพแบบนี้ได้โดยประมาณ

- Recovery : กระบวนการนี้ ทำให้เกิดโครงสร้าง คือ Undulose extinction [รูปที่ 3.11 ค.), ง.)], Deformation band, Subgrain boundary [รูปที่ 3.11 ก.), ข.)] เมื่อเรียงตามความรุนแรงของการ recovery จากน้อยไปมาก



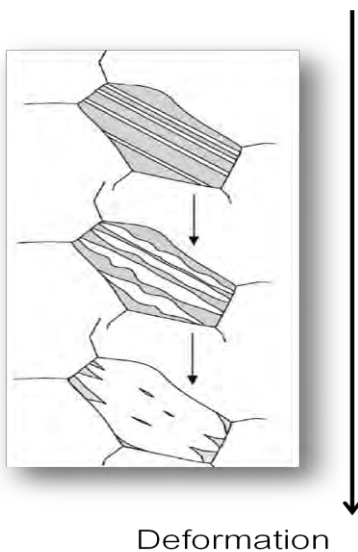
รูปที่ 3.10 แสดง การเปลี่ยนลักษณะของแร่ ที่เกิดโดยกระบวนการ recovery

(Passchier & Trouw, 2005)

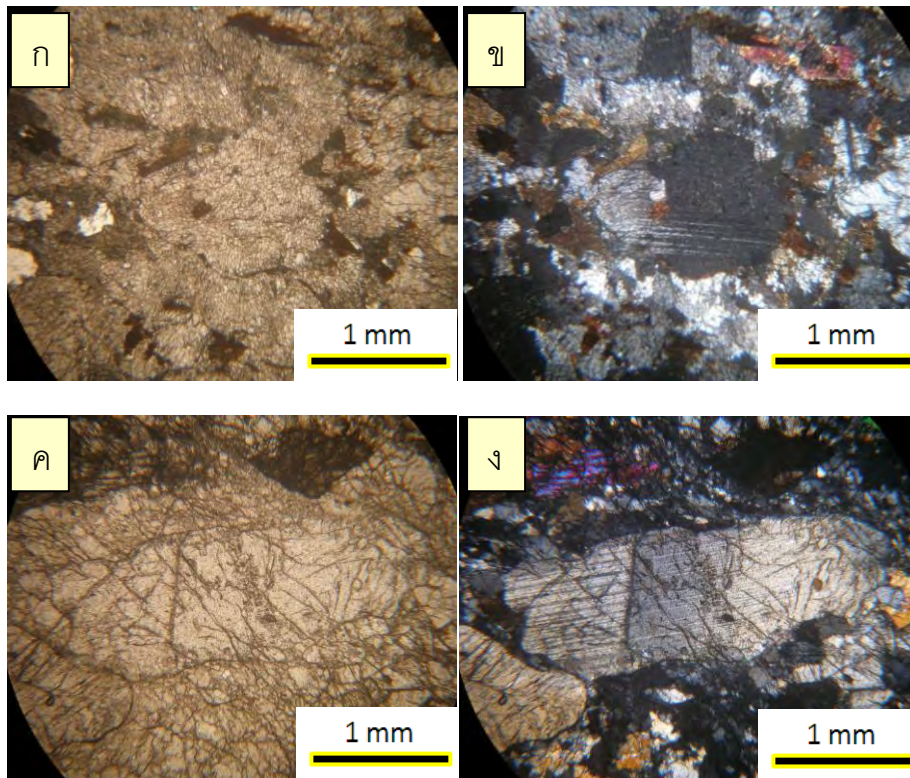


รูปที่ 3.11 แสดงธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาคที่พบ โดยเป็นผลจากระบวนการ **recovery** จากหินไนส์ในพื้นที่ศึกษา ก.) Subgrain boundary ในแร่ควอร์ต (PPL) ข.) Subgrain boundary ในแร่ควอร์ต (XPL) ค.) undulose extinction ในแร่เฟลสปาร์ (PPL) ง.) undulose extinction ในแร่เฟลสปาร์ (PPL)

- **Twinning & Kinking** : การเปลี่ยนแปลงลักษณะที่เกิดขึ้นภายในแร่เฟลสปาร์ โดยสังเกตจากการบิดเบี้ยวของ twin ภายในแร่ ซึ่งจะบิดเบี้ยวรุนแรงขึ้นจนไม่ต่อเนื่อง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะที่รุนแรง
Taper twin คือ ลักษณะของ twin ที่บิดเบี้ยว เนื่องจากกระบวนการ deformation (รูปที่ 3.12) ที่ค่อนข้างรุนแรง จน twin ตีบสลับขาดออกจากกัน (รูปที่ 3.13)



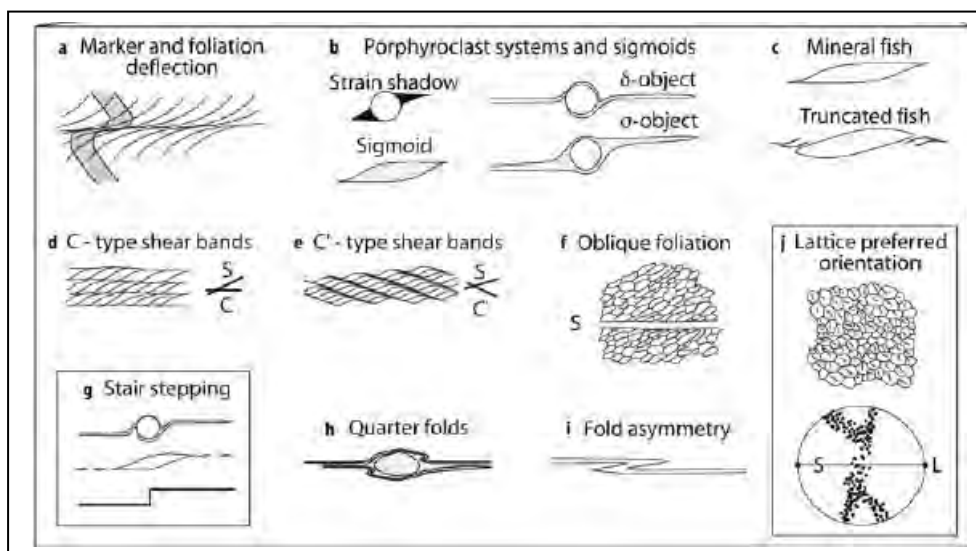
รูปที่ 3.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะ ที่เกิดขึ้นในเฟลสปาร์ โดยสังเกตจากลักษณะของ twin เป็นหลัก (Passchier & Trouw,2005)



รูปที่ 3.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะของ twin ที่พบในแร่เฟลสปาร์ของหินไนส์ในพื้นที่ศึกษา ก.)และค.) taper twin คือ การตีบลิบลงของ twin จนขาดจากกัน (PPL ข.)และง.) taper twin (XPL)

3.2.2.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนิ่ม (Ductile Deformation)

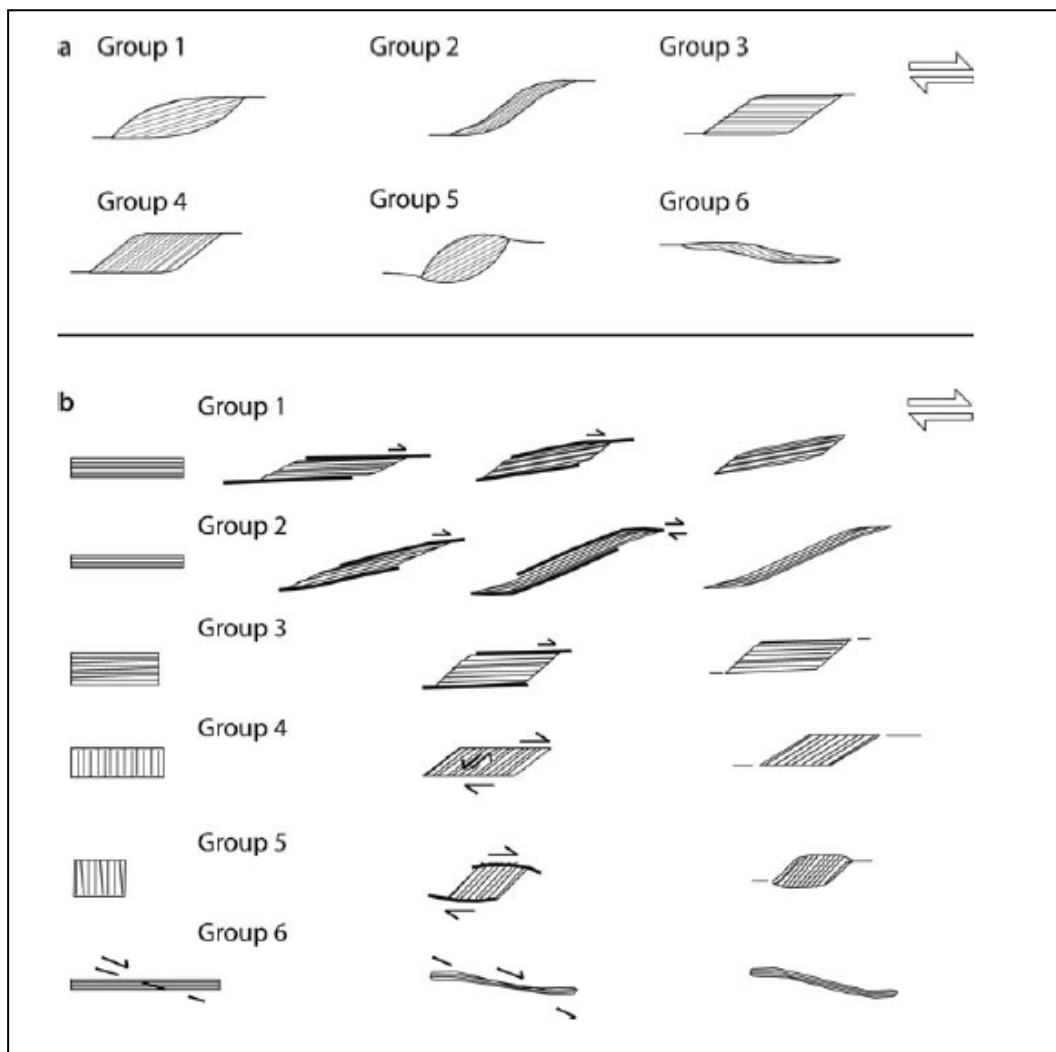
โครงสร้างที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื่องมาจากการเฉือน โดยส่วนมากจะสามารถ ระบุทิศทางของการเฉือนได้จาก ลักษณะของโครงสร้างนั้นๆ



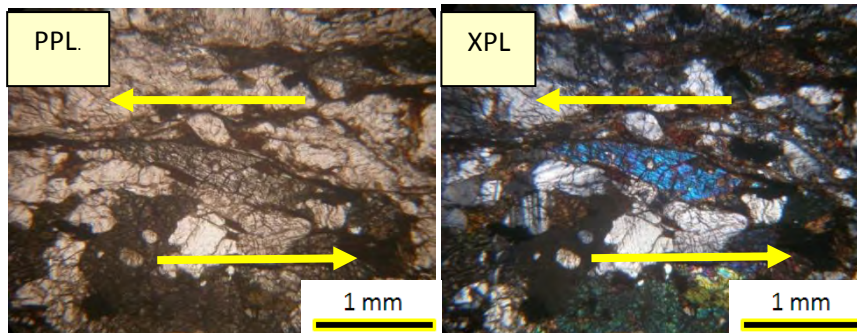
รูปที่ 3.14 โครงสร้างที่สามารถบ่งบอกการเฉือนได้ (Passchier & Trouw, 2005)

- Mica fish : แร่ไม่ก้ำที่ตอบสนองต่อแรงเฉือนจนมีการบิดเบี้ยวรูปร่างไปจากเดิมจนมีลักษณะคล้ายปลา สามารถบ่งบอกทิศทางการเฉือนได้

จากรูปที่ 3.15 แสดงแนวแรงเฉือนเกิดในทิศทางซ้ายเข้า ทิศทางของแรงที่กระทำกับทิศทางการวางตัวของระนาบแผ่นไม่ก้ำ และรูปร่างของไม่ก้ำที่แตกต่างกัน ทำให้การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของไม่ก้ำที่ตอบสนองต่อแรงเฉือนได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน ความแตกต่างกันของรูปร่างไม่ก้ำนี้ทำให้เราสามารถจำแนกกลุ่มของ Mica fish ออกได้เป็น 6 กลุ่ม



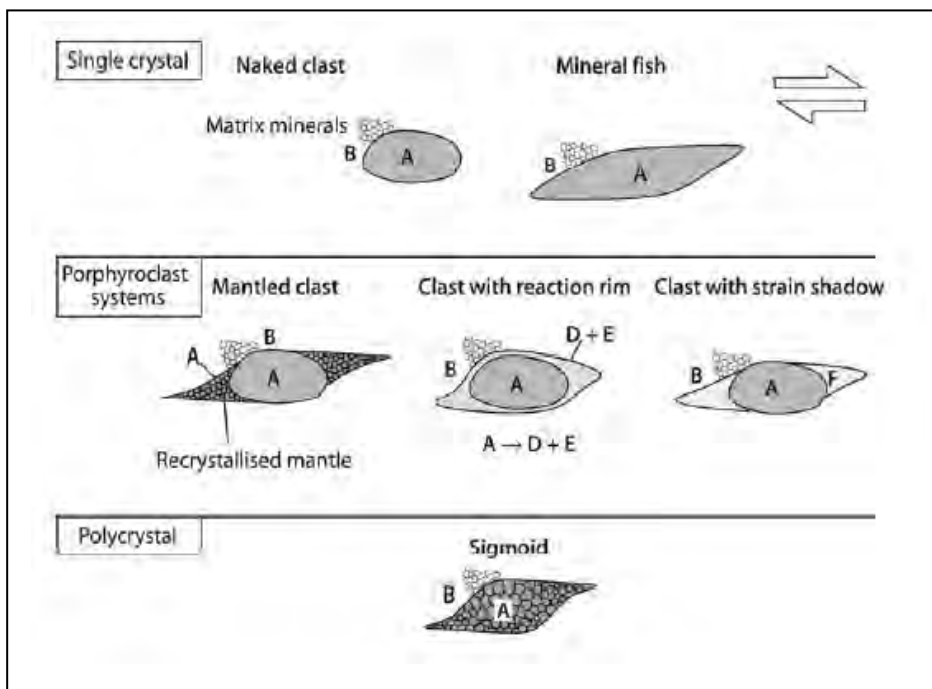
รูปที่ 3.15 a.) แสดงการแบ่ง mica fish ออกเป็น 6 กลุ่ม ตามรูปร่างที่แตกต่างกัน b.) การพัฒนาของการเกิด mica fish ทั้ง 6 กลุ่ม (Passchier & Trouw, 2005)



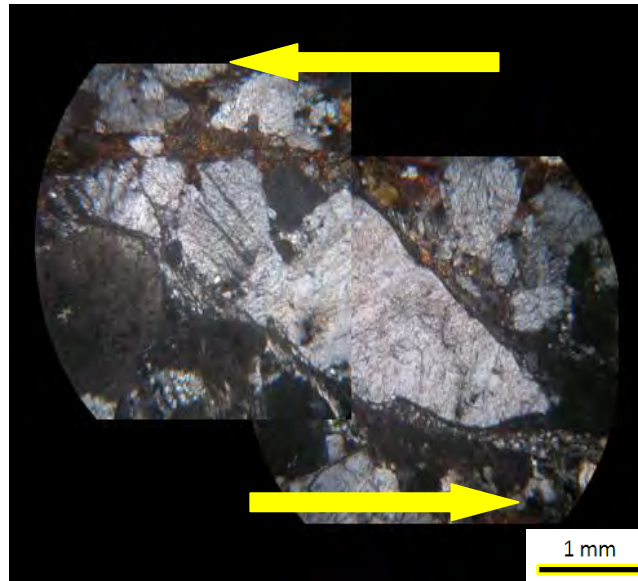
รูปที่ 3.16 แสดงโครงสร้าง mica fish ที่แสดงการเฉือนแบบขวาเข้า จากหินไนส์ในพื้นที่ศึกษา

จัดเป็น กลุ่มที่ 2 ตามการศึกษาของ Passchier & Trouw, 2005

- Mineral fish : แร่ต่างๆที่ตอบสนองต่อแรงเฉือนจนมีการบิดเบี้ยวรูปร่างไปจากเดิมจนมีลักษณะคล้ายปลา สามารถบ่งบอกทิศทางการเฉือนได้ แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม (รูปที่ 3.17) ดังนี้
 - Single crystal คือ ผลึกเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างของผลึกตามแรงแนวแรงเฉือน
 - Porphyroblast system คือ กลุ่มผลึกที่รวมกันรอบๆผลึกที่ใหญ่กว่า เมื่อมีเกิดการเฉือน กลุ่มผลึกเหล่านี้ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัว ให้ตอบสนองกับทิศทางของแรงเฉือน ส่วนผลึกใหญ่ที่ทนต่อแรงได้มากกว่าก็อาจไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของผลึก
 - Polycrystal คือ กลุ่มแร่ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างการจัดเรียงตัวของผลึกในกลุ่มแร่ เพื่อตอบสนองกับแรงเฉือน



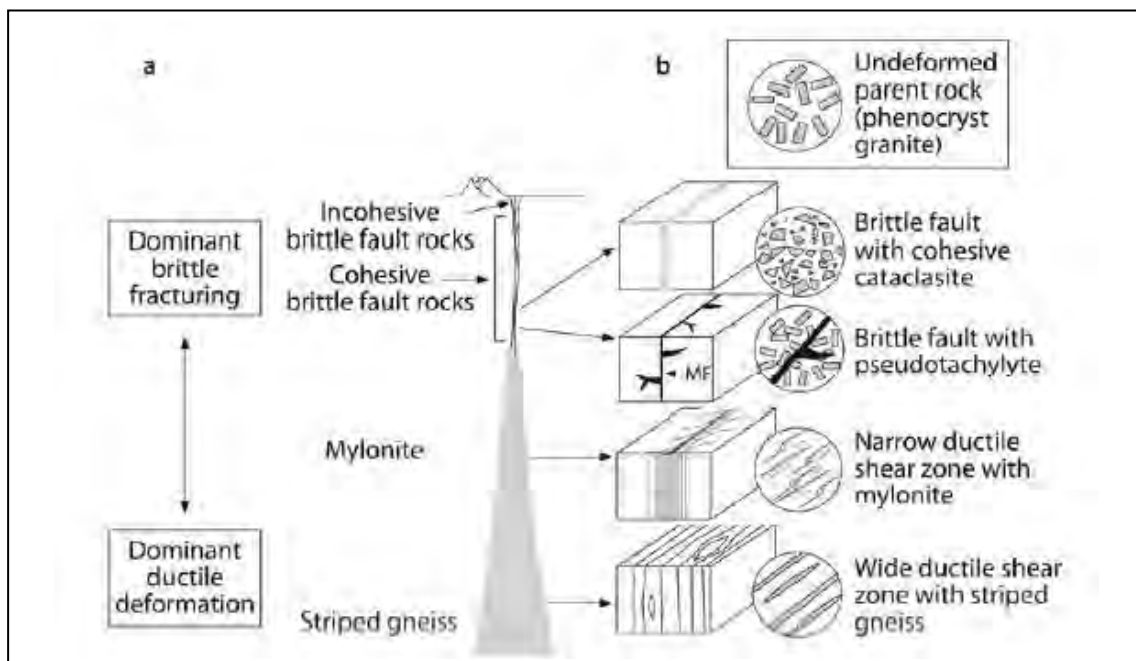
รูปที่ 3.17 แสดง mineral fish แบบต่างๆ (Passchier & Trouw, 2005)



ภาพที่ 3.18 แสดง mineral fish ที่เกิดในแร่เฟลสปาร์ บ่งบอกว่าเป็นการโดนเฉือนแบบขวาเข้า พบจากหินในพื้นที่ศึกษา จัดเป็น mineral fish ประเภท Single crystal ตามการศึกษาของ Passchier & Trouw,2005

3.2.2.3 การเปลี่ยนลักษณะแบบแตกเปราะ (Brittle deformation)

หากการเฉือนเกิดขึ้นในสภาวะอุณหภูมิหรือความดันที่ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของแร่ต่างๆ แร่จะตอบสนองต่อแรงโดยการเปลี่ยนลักษณะแบบการแตก ซึ่งแนวการวางตัวของแนวแตกเหล่านี้ สามารถบ่งบอกทิศทางของการเฉือนได้

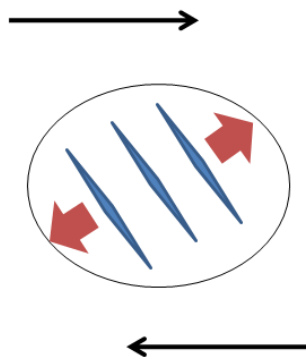


รูปที่ 3.19 แสดงภาพจำลองของ shear zone โดยในระดับความลึกที่ต่างกัน จะให้หินที่มีการเปลี่ยนลักษณะที่ต่างกัน (Passchier & Trouw,2005)

ปัจจัยที่มีผลสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะอย่างหนึ่ง คือ ระดับความลึก หากเป็นบริเวณของแนวรอยเลื่อนเดียวกัน แต่มีระดับความลึกต่างกัน ก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะที่ต่างกัน ในความลึกที่อยู่ใกล้ผิวโลก มักเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบแตกเปราะ ส่วนในความลึกที่ค่อนข้างมาก มักเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนุ่ม (รูปที่ 3.19)

การเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบแตกเปราะ ต่อแรงเฉือนแบบซ้ายเข้า และขวาเข้า จะเกิดแนวแตกที่วางตัวในทิศทางที่แตกต่างกัน ตามแรงต้านที่การเฉือนที่เกิดในทิศทางที่แตกต่างกัน

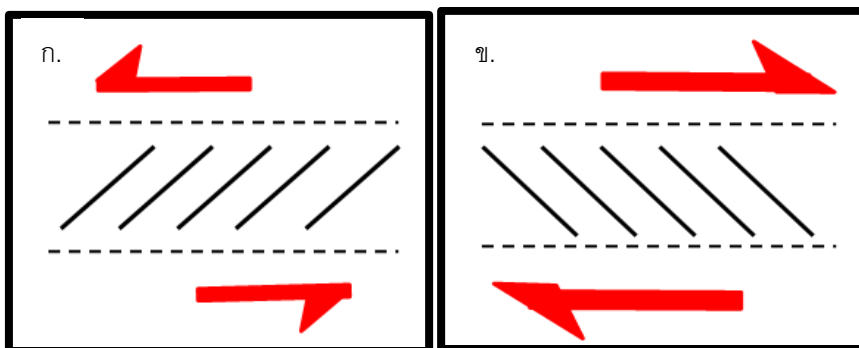
เช่น แรงเฉือนแบบซ้ายเข้า



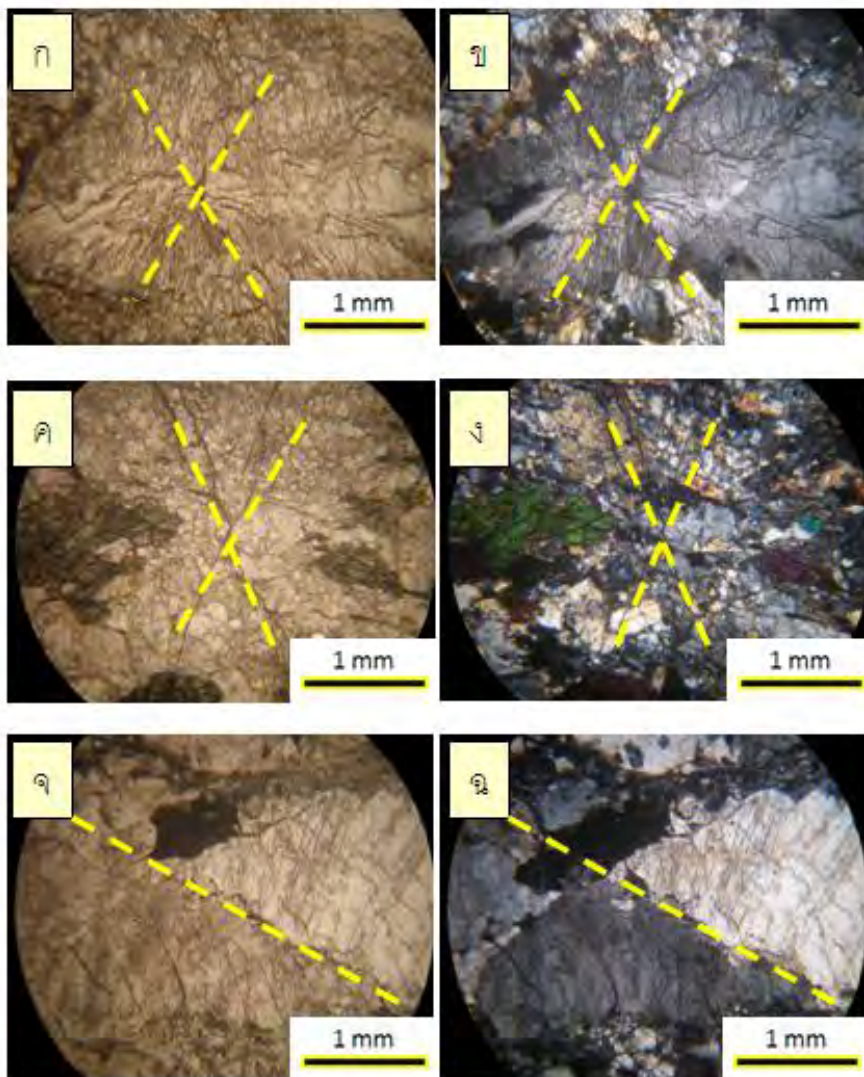
รูปที่ 3.20 แสดงการตอบสนองต่อแรงเฉือนแบบซ้ายเข้า เมื่อเป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบแตกเปราะ

แรงจากเฉือนที่เกิดในแนวซ้ายเข้า (ลูกศร →) ทำให้เกิดการต้านแรงเฉือนของเนื้อหินในทิศทางตรงข้ามกับการเฉือน (ลูกศร ←) แรงในแนวที่เกิดต้านการเฉือนนี้ ทำให้เกิดการการดึงออกของเนื้อหิน ปรากฏเป็นรอยแตก (◊) ที่วางตัวตามทิศทางที่แสดงดังรูปที่ 3.19

ส่วนการแตกเนื่องด้วยแรงเฉือนแบบขวาเข้า ก็เกิดขึ้นในทำนองเดียวกันกับการแตกที่เกิดขึ้นในแนวซ้ายเข้า เพียงแต่มีทิศทางแนวแรงต่างกัน (รูปที่ 3.20)



รูปที่ 3.21 แสดงการแตกที่เกิดเนื่องจากการเฉือน ก.) การแตกที่เกิดเนื่องจากการเฉือนแบบขวาเข้า ข.) การแตกที่เกิดเนื่องจากการเฉือนแบบซ้ายเข้า



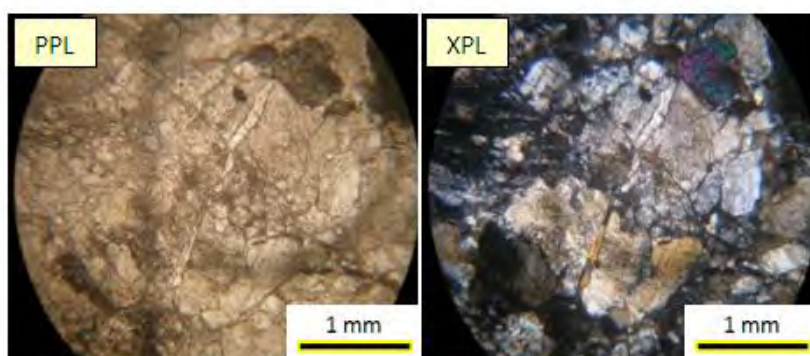
ภาพที่ 3.22 แสดงแนวแตกต่างที่พบในหินไนส์ของพื้นที่ศึกษา

ก.), ข.), ค.) และ ง.) แสดงแนวแตกในแผ่นหินบาง 2 แนว ไขว้กัน คือ แนว / และแนว \

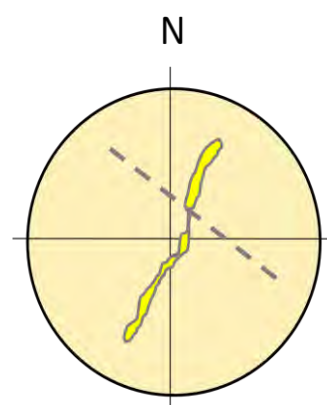
จ.) และ ฉ.) แสดงแนวแตกในแนว \

รูป ก.) ค.) จ.) = PPL

รูป ข.) ง.) ฉ.) = XPL



ภาพที่ 3.23 แสดงแนวสายแร่ควอร์ตที่โดยตัดด้วยแนวแตก



บทที่ 4

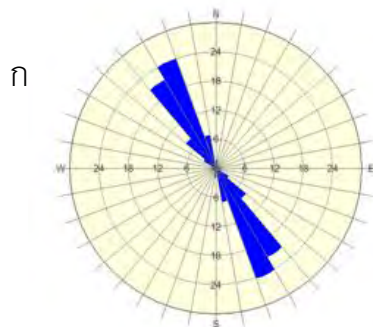
วิเคราะห์ข้อมูล

จากข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างจุดภาคและข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างมัจฉิมภาค สามารถนำข้อมูลมาประมวลและวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้าง และธรณีประวัติของหินไนส์ บริเวณน้ำตกกรมไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรีได้

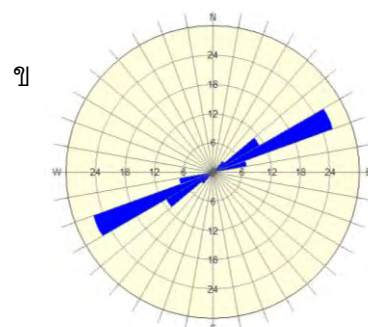
4.1 ธรณีวิทยาโครงสร้าง

สามารถสรุปธรณีวิทยาโครงสร้างที่ปรากฏในพื้นที่ศึกษาได้ ดังนี้

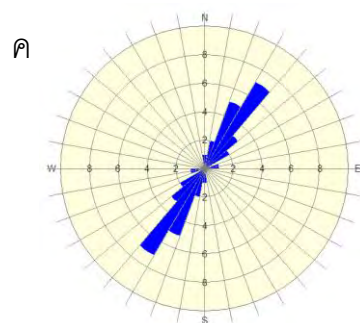
- รีวขนานของหินไนส์ในพื้นที่นี้วางตัวในทิศ NNW-SSE (รูปที่ 4.1 ก.)
- สายแร่วางตัวในแนว NE-SW (รูปที่ 4.1 ค.)
- แนวแตกวางตัวในแนว NNW-SSE (รูปที่ 4.1 ง.)
- โครงสร้างแนวเส้นวางตัวในแนว ENE-WSW (รูปที่ 4.1 ข.)
- พบโครงสร้างที่เกิดจากการเฉือนในแนวขนานกับรีวขนาน (รูปที่ 4.2)



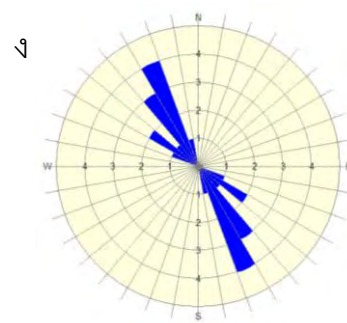
การวางตัวของรีวขนาน



การวางตัวของโครงสร้างแนวเส้น



การวางตัวของสายแร่



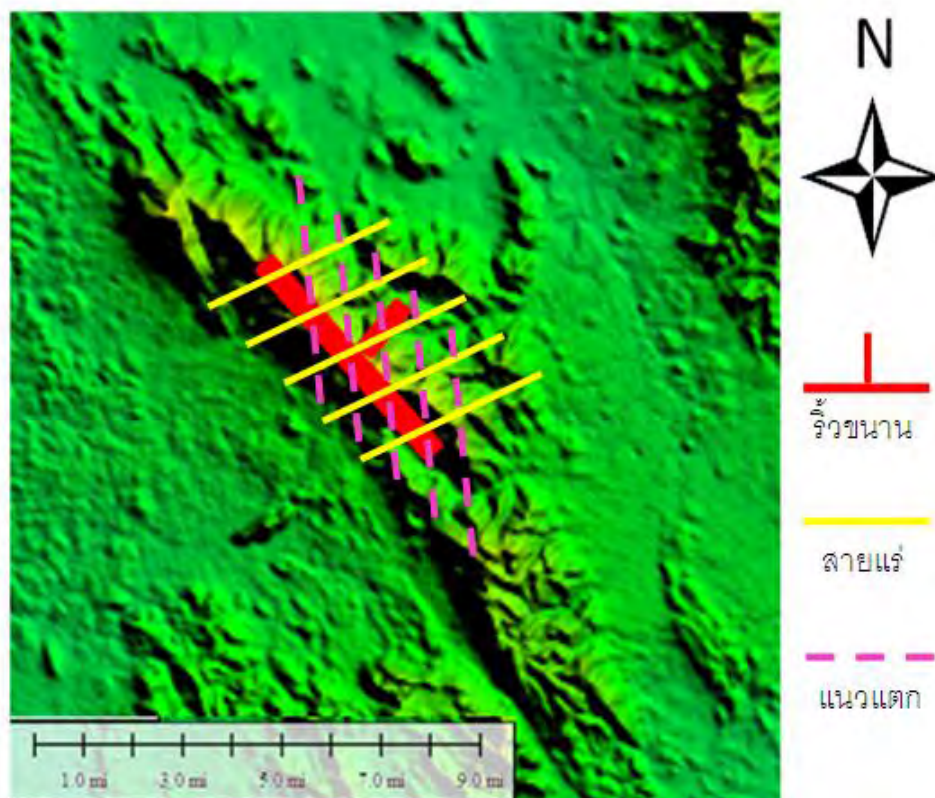
การวางตัวของแนวแตก

รูปที่ 4.1 แสดง Stereographic net ของข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้าง คือ ก.) การวางตัวของรีวขนาน ข.)การวางตัวของโครงสร้างแนวเส้น ค.)การวางตัวของสายแร่ ง.)การวางตัวของแนวแตก

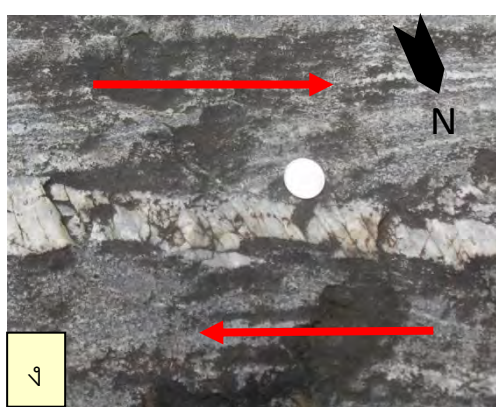
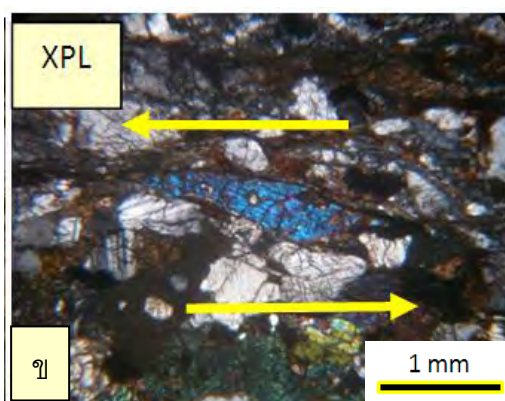
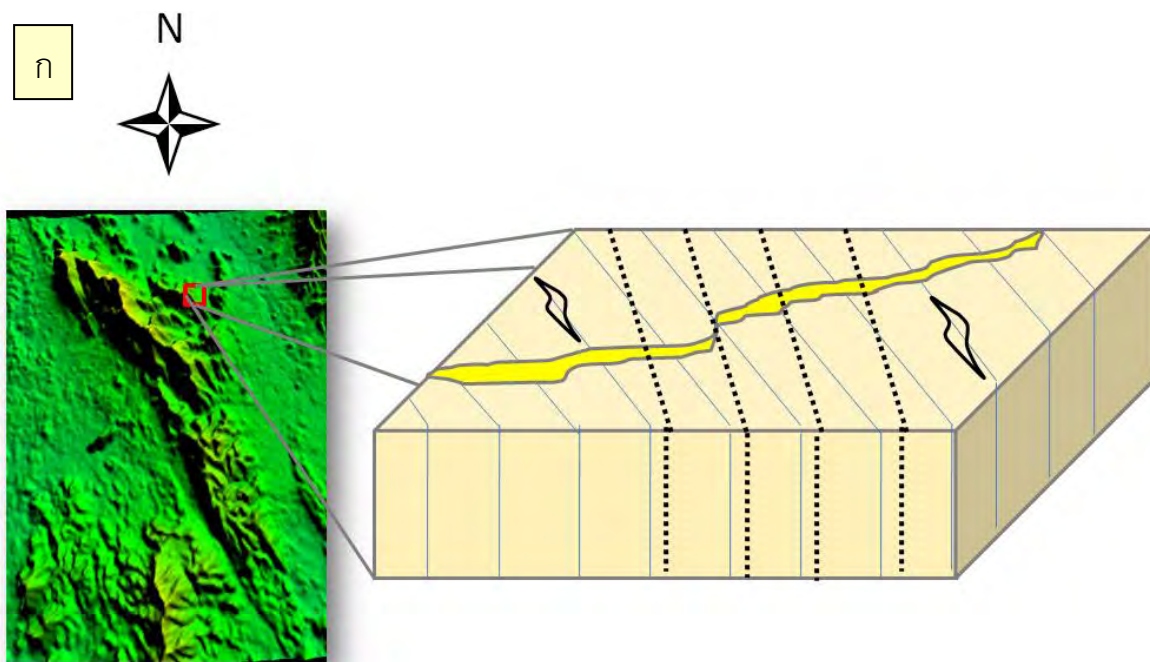
แนวการวางตัวของริ้วขนานที่อยู่ในแนว NNW-SSE เมื่อพิจารณาทิศความเค้นที่กระทำ คาดว่าความเค้นอยู่ในแนว NNE-SSW ซึ่งน่าจะเป็นความเค้นในช่วงของการแปรสภาพที่ทำให้ริ้วขนานของหินในสั้ววางตัวตามนี้ ไม่ใช่ที่มากระทำในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะ แต่เมื่อพิจารณาการวางตัวของโครงสร้างแนวเส้น พบว่าอยู่ในแนว ENE-WSW ดังนั้นความเค้นหลักที่มากระทำน่าจะอยู่ในแนว NNW-SSE

จากธรณีวิทยาโครงสร้างที่ปรากฏทั้งหมด สามารถวิเคราะห์ถึงความเค้นในอดีตที่มีผลต่อโครงสร้างที่เกิดขึ้นได้ว่า ความเค้นอยู่ในแนว ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างทั้งหมดที่รวมกัน พบว่าพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเขาเจ้า สามารถวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่ในบริเวณนี้ได้ว่า พบริ้วขนานวางตัวในแนว NNW-SSE พบโครงสร้างที่เกิดจากการเฉือนแบบซ้ายเข้าในแนวริ้วขนาน แนวสายแร่ส่วนใหญ่วางตัวในแนว NE-SW ซึ่งสอดคล้องกับการแตกเนื่องจากการเฉือนแบบซ้ายเข้า และพบการแตกในแนว NNW-SSE ซึ่งสอดคล้องกับการแตกแบบขวาเข้า (รูปที่ 4.2)



รูปที่ 4.2 แสดงธรณีวิทยาโครงสร้างบางส่วนที่พบในพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเขาเจ้า อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี

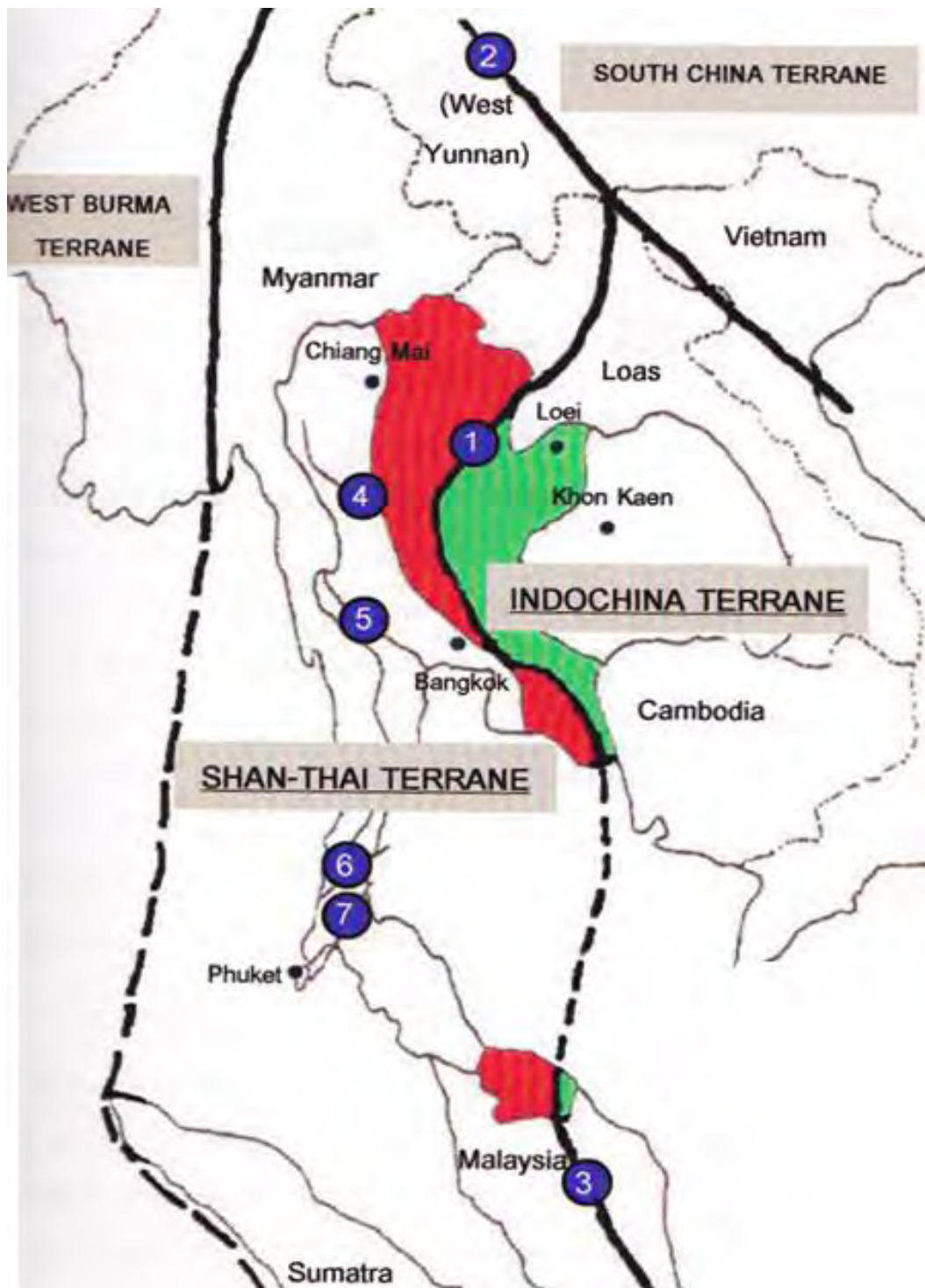


รูปที่ 4.3 ก.)แบบจำลองธรณีวิทยาโครงสร้างที่สามารถสังเกตเห็นได้ในภาคสนามของหินไนส์ น้ำตกกรมไพรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี ข.) mica fish ที่พบในหินไนส์ของพื้นที่ศึกษา แสดงการเชื่อมแบบซ้ายขวา ค.) Boudin structure โครงสร้างรูปคล้ายไส้กรอกของสายแร่ควอร์ตในพื้นที่ศึกษา แสดงการเชื่อมแบบซ้ายเข้า ข.) แนวแตกในแนว NNW-SSE พบว่าแตกตัดเข้าไปในควอร์ต บ่งบอกว่าการแตกนี้เกิดขึ้นหลังควอร์ต จ.)สายแร่ควอร์ตที่พบในพื้นที่ศึกษา วางตัวในแนว NE-SW

4.2 ธรณีประวัติ

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในหินในสัณฐานพื้นที่ศึกษา มีความเกี่ยวเนื่องและได้รับอิทธิพลจากธรณีแปรสัณฐานที่มีผลกับภาคตะวันออกเฉียงของประเทศไทย จากการศึกษาของ Charisiri et. Al., 2002 แบ่งธรณีแปรสัณฐานในประเทศไทยออกเป็น 4 ช่วง ซึ่ง 2 ช่วงอายุที่มีความเกี่ยวเนื่องและมีอิทธิพลต่อพื้นที่ศึกษา คือ

- **ขั้นมีซิมิกกาล (ไทรแอสสิก – ครีเตเชียส)** เกิดเหตุการณ์ที่สำคัญ คือ แผ่นจุลทวีปชานไทย ชนกับแผ่นจุลทวีปอินโดจีน่า เกิดการเคลื่อนที่แบบซ้ายเข้าในรอยเลื่อนที่พัฒนาขึ้นในช่วงนี้ คาดว่ารอยเลื่อนแกลง ซึ่งพาดผ่านพื้นที่ศึกษา โดยวางตัวในแนว NNW-SSE มีการเคลื่อนที่แบบซ้ายเข้าในช่วงนี้ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะที่มีผลกับธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่ พบหลักฐานคือ โครงสร้างที่เกิดจากการเฉือนแบบซ้ายเข้า และสายแร่ที่มีแนวการวางตัวสอดคล้องกับการเฉือนแบบซ้ายเข้าในพื้นที่ศึกษา
- **ขั้นนวกาล (เทอร์เทียรี - ควอเทอร์นารี)** เกิดเหตุการณ์สำคัญ คือ แผ่นทวีปอินเดีย ชนกับแผ่นทวีปยูเรเชีย ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อนในประเทศไทย คือ เกิดการเคลื่อนที่ตรงข้ามกับการเคลื่อนที่เดิม จึงเกิดการเคลื่อนที่แบบขวาเข้า ส่งผลต่อธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่ศึกษา พบหลักฐาน การแตกที่สอดคล้องกับการเคลื่อนที่แบบขวาเข้า



รูปที่ 4.4 แสดงแผ่นจุลทวีปที่อยู่ในบริเวณประเทศไทยปัจจุบัน พบว่าประเทศไทยประกอบขึ้นจากแผ่นจุลทวีปชานไทยและอินโดจีน่า โดยมีแผ่นจุลทวีปพม่าติดกับแผ่นจุลทวีปชานไทยในด้านตะวันตก (Bunsai,2005)

เมื่อพิจารณาเหตุการณ์สำคัญทางธรณีแปรสัณฐานที่มีผลต่อพื้นที่ศึกษาแล้ว สามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงลักษณะของพื้นที่ศึกษาออกได้เป็น 2 ขั้น (รูปที่ 4.4) คือ

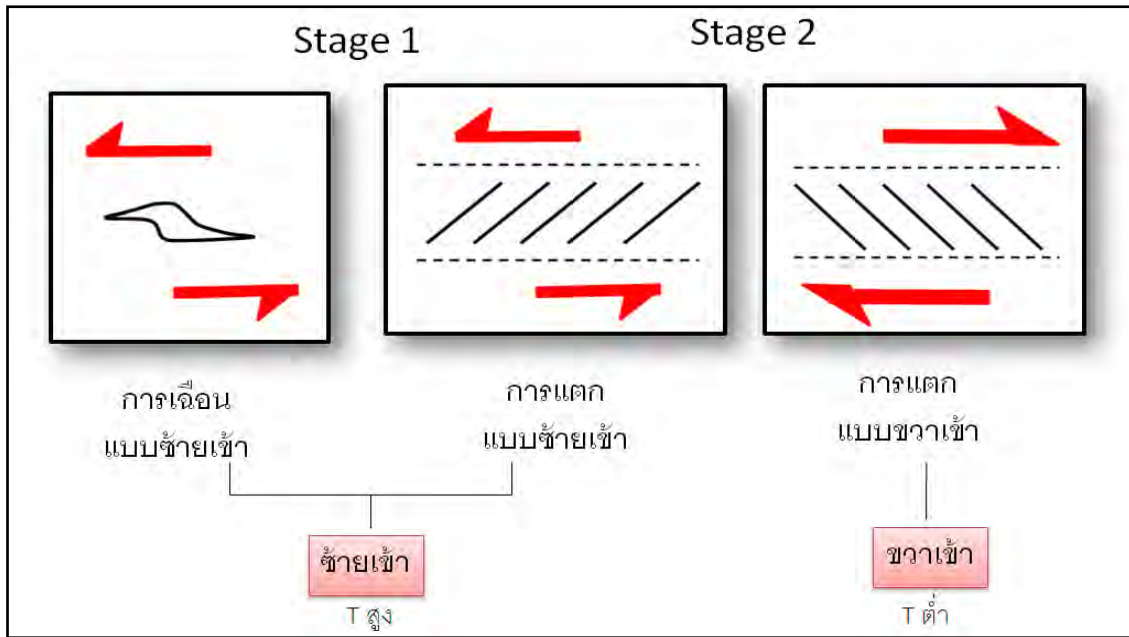
- ขั้นการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนิ่ม (ductile stage)

ขั้นการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนิ่มสัมพันธ์กับธรณีแปรสัณฐานขั้นมหัศจรรย์ (Charusiri et. Al.,2002) ในช่วง ไทรแอสสิก – ครีเตเชียส ทำให้บริเวณพื้นที่ศึกษาอยู่ในบริเวณที่มีการเคลื่อนที่แบบซ้ายเข้า (อิทธิพลจากรอยเลื่อนแกลงที่พาดผ่านพื้นที่ศึกษา) โดยมีสภาวะอุณหภูมิที่สูงประมาณ 400-500 องศาเซลเซียส โดยประมาณจากธรณีวิทยา โครงสร้างจุลภาคที่พบจากหินในพื้นที่ศึกษา เช่น subgrain boundary ใน ควอร์ต, grain boundary migration ในควอร์ต, โครงสร้างที่แสดงการ recrystallization ในเฟลสปาร์ เป็นต้น สภาวะอุณหภูมิที่สูงเช่นนี้จึงทำให้รอยแตกที่เกิดขึ้นในบางบริเวณมีการเคลื่อนที่ของตัวน้ำแร่ร้อนเข้ามา จนเกิดเป็นสายแร่ และพบหลักฐานการเปลี่ยนแปลงลักษณะที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นการยืดของ grain ในลักษณะที่สอดคล้องกับการเฉือนแบบซ้ายเข้า

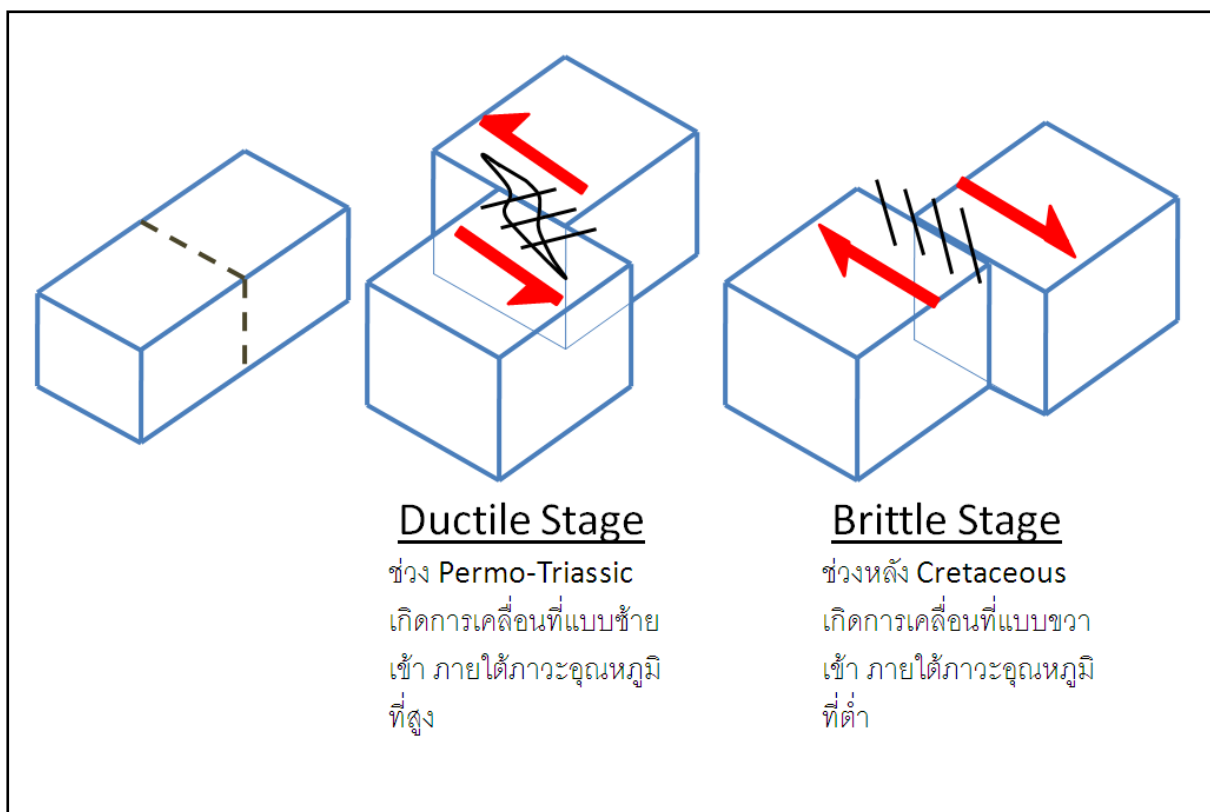
- ขั้นการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบแตกเปราะ (Brittle stage)

ขั้นการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบแตกเปราะสัมพันธ์กับธรณีแปรสัณฐานขั้นนวมกาล (Charusiri et. Al.,2002) ในช่วงเทอร์เชียรี – ควอเทอร์นารี ทำให้พื้นที่ศึกษาอยู่ในบริเวณที่มีการเคลื่อนที่แบบขวาเข้า (อิทธิพลจากรอยเลื่อนแกลง) จนเกิดการแตกในแนว NNW-SSE ซึ่งสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ในทิศทางนี้ คาดว่าน่าจะเกิดในสภาวะอุณหภูมิที่ต่ำกว่าขั้นแรก เนื่องจากไม่พบหลักฐานที่แสดงการเฉือนแบบขวาเข้า พบเพียงการแตก และไม่ค่อยพบสายแร่ที่วางตัวในแนวเดียวกับการแตกที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่แบบขวาเข้า

จากลำดับการเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทั้ง 2 ขั้นข้างต้น จึงสามารถสร้างแบบจำลองธรณีประวัติของพื้นที่ศึกษาได้ ดังรูปที่ 4.5 และ รูปที่ 4.6



รูปที่ 4.5 ข้อมูลสรุปขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงลักษณะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 4.6 แบบจำลองลำดับขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงลักษณะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา

บทที่ 5

สรุป ผลการศึกษา

ผลการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างมัทธ ภูมิภาคและธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาค ของหินไนส์น้ำตก ร่มไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี ทั้งในด้านธรณีวิทยาโครงสร้างและธรณีประวัติของพื้นที่ศึกษา สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

- พื้นที่ศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของเขาเจ้า ซึ่งวางตัวในแนวเดียวกับรอยเลื่อนแกลง คือ NNW-SSE ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจึงมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อนแกลง ซึ่งเป็นรอยเลื่อนแนวระดับ (Strike-slip fault)
- หินไนส์ น้ำตกร่มไทรทอง อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี ผ่านการเปลี่ยนแปลงมาแล้ว 2 ชั้น ชั้นแรกในช่วงไทรแอสสิก – ครีเตเชียส สัมพันธ์กับการชนกันของแผ่นจุลทวีปชานไทยและอินโดไชน่า พื้นที่ศึกษาพบหลักฐานการเคลื่อนที่แบบซ้ายเข้า โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนิ่ม (ductile stage) ชั้นที่สองในช่วงเทอร์เทียรี – ควอเทอร์นารี สัมพันธ์กับการชนกันของแผ่นทวีปอินเดียและยูเรเชีย พื้นที่ศึกษาพบการเคลื่อนที่แบบขวาเข้า โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบแตกเปราะ (Brittle stage)
- การเปลี่ยนแปลงลักษณะในชั้นแรกมีสภาวะอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิในชั้นที่สอง เพราะพบหลักฐานการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนิ่ม (ductile stage) และพบหลักฐานการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบแตกเปราะ (Brittle stage) ในชั้นที่สอง
- จากลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาคที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทำให้สามารถประมาณอุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงบางช่วงได้ว่า อยู่ในช่วงสูงถึง 400-500 องศาเซลเซียส

อ้างอิง

- Areesiri, S. 1983. Genetic consideration of amphibolites and related rocks of Bo Kwong Thong, Amphoe Phanat Nikom, Changwat Chonburi. Proceedings of the Annual Technical Meeting. Department of Geological Science, Chiangmai University: 81-100
- Barr, S. M., and MacDonald, A. S. 1991. Toward a late Paleozoic-early Mesozoic tectonic model for Thailand. *Journal of Thai Geoscience* 1:11-22
- Bunopas, S., and Vella, P. 1978. Late Paleozoic and Mesozoic structure evolution of Northern Thailand: A plate tectonic model. Proceeding of the 3rd Regional Conference on Geology and Mineral Resources of Southeast Asia: 187-197
- Campbell, K.V. 1975. Basement complex, Department of Geological sciences, Chiang Mai University, Special Publications 1,1:3-12
- Charusiri et al. 2002. Geotectonic Evolution of Thailand: Compilation and New Synthesis
- Darbyshire, D. P. F. 1988. Geochronology of Thai Granites: Southeast Asia Granite Project Natural Environment. Research Council, Isotope Geology Center report 88/5, 43p. Department of Mineral Resources., 1984. *Geological map of Thailand*, sheet Changwat Chonburi, ND47-12, scale 1:250,000.
- Department of Mineral Resources., 1999. *Geological map of Thailand*, scale 1:1,000,000. Department of Mineral Resources, Bangkok
- Passchier, C.W., Trouw, R.A.J., 2005. Microtectonics, 2nd edn. *Springer-Verlag*, Heidelberg, Berlin.
- Salyapongse, S. 1992. Foliated contact metamorphic rock of the eastern gulf, Thailand. *Journal of Thai Geoscience* 2, 1: 35-42

ภาคผนวก

ข้อมูลภาคสนาม

วิธีชำนาน : ระนาบการวางตัวเทียบจากทิศเหนือ (Strike) ทั้งหมด 68 ข้อมูล

317	340	335	336	330	335	315
310	334	327	360	330	330	325
350	335	328	340	340	300	310
308	325	328	324	320	330	315
320	340	320	326	302	320	340
335	335	330	328	318	320	310
335	322	364	321	330	335	312
320	335	335	331	325	334	328
320	335	320	330	323	330	
166	333	340	325	330	330	

มุมเฉียงเทของระนาบการวางตัว (Dip) ทั้งหมด 68 ข้อมูล

75	65	66	45	45	60	45
68	70	63	76	75	70	58
80	76	53	89	70	77	50
75	75	50	77	70	70	70
75	68	75	70	69	60	69
67	80	55	66	85	65	68
66	61	65	44	70	65	66
84	67	30	76	65	70	60
68	65	75	70	60	70	
42	60	69	60	60	65	

โครงสร้างแนวเส้น : การวางตัวของเส้น เทียบกับทิศเหนือ (Trend) ทั้งหมด 49 ข้อมูล

166	340	330	335	325	140	330
347	155	335	323	330	315	
155	332	332	330	325	145	
330	340	330	340	330	325	
134	150	335	334	340	323	
340	335	330	330	335	120	
145	334	325	335	310	325	
330	330	333	335	320	330	

โครงสร้างแนวเส้น : การเอียงเทของเส้น (Plunge) ทั้งหมด 49 ข้อมูล

8	35	8	1	3	20	15
10	15	12	5	2	5	
64	3	8	8	10	25	
15	15	10	10	7	12	
5	10	10	5	10	2	
12	12	8	3	7	15	
15	5	5	5	3	8	
6	10	8	2	3	20	

แนวแตก : ระนาบการวางตัวเทียบจากทิศเหนือ (Strike) ทั้งหมด 31 ข้อมูล

215	22	35	210	25	30	312
265	220	210	205	15	204	
8	30	220	210	255	234	
170	220	52	204	18	312	
115	330	332	340	332	320	

มุมเอียงเทของระนาบการวางตัว (Dip) ทั้งหมด 31 ข้อมูล

72	74	86	67	76	74	65
75	80	80	88	74	74	
80	78	76	60	76	64	
70	75	76	70	68	80	
55	65	76	67	26	52	

สายแร่ : ระนาบการวางตัวเทียบจากทิศเหนือ (Strike) ทั้งหมด 8 ข้อมูล

205	209	13	20
216	6	8	12

มุมเอียงเทของระนาบการวางตัว (Dip) ทั้งหมด 8 ข้อมูล

72	8	20	14
80	75	85	70