



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ทุนวิจัย
กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานวิจัย

เคมีและศิลาวิทยาของหินแกรนิตในพื้นที่
ชลบุรี-ระยอง ภาคตะวันออกของประเทศไทย

โดย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จักรพันธ์ สุทธิรัตน์
ปัญญา จารุศิริ

Gavin Sinclair

ตุลาคม 2551



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนวิจัย

กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานวิจัย

เคมีและศิลาวิทยาของหินแกรนิตในพื้นที่
ชลบุรี-ระยอง ภาคตะวันออกของประเทศไทย

โดย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จักรพันธ์ สุทธิรัตน์

ปัญญา จารุศิริ

Gavin Sinclair

ตุลาคม 2551

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนทั้งหมดจากกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เชื้อเพื่อสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือวิเคราะห์ ตลอดจนการวิจัยในครั้งนี้และบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือให้งานวิจัยครั้งนี้เสร็จลุล่วงได้ด้วยดี ได้แก่ คุณประหยัด นันทศิลป์ นิสิตปริญญาโท คุณจิระประภา เนียมปาน และคุณไศภิต พุ่มพวง เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ ที่ช่วยเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของหินทั้งก้อน รวมไปถึงการเตรียมตัวอย่างแผ่นหินบางขัดมัน โดยคุณไศภิต พุ่มพวง และคุณประจัน ทองประชุม จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการวิจัย	เคมีและศิลาวิทยาของหินแกรนิตในพื้นที่ชลบุรี-ระยอง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
ชื่อผู้วิจัย	จักรพันธ์ สุทธิรัตน์ ปัญญา จารุศิริ และ Gavin Sinclair
เดือนและปีที่ทำวิจัยเสร็จ	กันยายน 2550

บทคัดย่อ

หินแกรนิตบริเวณจังหวัดชลบุรีและระยองแทรกดันตัวขึ้นมาในช่วงเวลาประมาณ 207-221 ล้านปีที่แล้ว หรือปลายยุคไทรแอสซิก (Late Triassic) จัดอยู่ในแนวหินแกรนิตตอนกลางของประเทศไทย จากการศึกษาพบว่าสามารถแบ่งออกเป็น 7 กลุ่มตามลักษณะทางศิลาวรรณนาประกอบด้วย 1) หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อละเอียด 2) หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิต 3) หินมัสโคไวท์แกรนิต 4) หินฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิต 5) หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อดอก 6) หินไบโอไทต์แกรนิต และ 7) หินทัวร์มาลีนแกรนิต ผลวิเคราะห์อัตราเคมีของหินทั้งก้อนพบว่าส่วนใหญ่มีปริมาณซิลิกาสูงกว่า 70% และเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงแคบๆ ประมาณ 70-72% ปริมาณอะลูมินาส่วนใหญ่ตกอยู่ในช่วงประมาณ 12-14% มีเพียงบางตัวอย่างที่สูงกว่า 17% องค์ประกอบโพแทสเซียมทั้งหมดอยู่ในระดับสูงคือ 6-7% โซเดียมในช่วง 4-8% องค์ประกอบเหล็กรวมเกือบทุกอย่างในทุกกลุ่มมีช่วง 1-2% แมกนีเซียมในตัวอย่างหินแกรนิตทั้งหมดมีค่าต่ำกว่า 2% เช่นเดียวกับแคลเซียมที่ต่ำกว่า 2% สำหรับธาตุองค์ประกอบรองอีกสามธาตุคือ ไทเทเนียม ฟอสฟอรัส และแมงกานีส นั้นทั้งหมดมีค่าต่ำกว่า 0.5% ในทุกตัวอย่าง โดยเฉพาะผลวิเคราะห์ MnO ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.1% การเปลี่ยนแปลงของธาตุองค์ประกอบเคมีทั้งธาตุหลักและรอง โดยทั่วไปพบว่าหินแกรนิตในพื้นที่นี้มีการเปลี่ยนแปลงและความแตกต่างขององค์ประกอบไม่มากนัก บ่งชี้ว่าเป็นกลุ่มเดียวกัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบนั้นอาจเป็นผลมาจากกระบวนการตกผลึกลำดับส่วนของหินหนืด และพบว่าส่วนใหญ่เป็นหินที่มีองค์ประกอบทางเคมีตกอยู่ในช่วงของ syenite และ quartz syenite บางส่วน ขณะที่หินกลุ่มฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิตมีองค์ประกอบทางเคมีคาบเกี่ยวระหว่าง tonalite-quartz diorite และ adamellite-granodiorite หินหนืดต้นกำเนิดจัดว่าเป็น metalumina ซึ่งมีองค์ประกอบธาตุอัลคาไลค่อนข้างสูง โดยผลวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งหมดตกอยู่ในพื้นที่องค์ประกอบของ within plate granite คือ หินแกรนิตที่เกิดบนทวีปหลังจากการชนกันของทวีปจนก่อให้เกิดแนวภูเขาจากการชนกัน (late orogeny) ต่อเนื่องไปถึงหลังการเกิดภูเขา (post-orogeny) หรือช่วงที่ไม่มีการเกิดภูเขาไฟ (anarogeny) จึงสามารถสันนิษฐานได้ว่าการเกิดหินแกรนิตกลุ่มนี้น่าจะมีตำแหน่งที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นจุลทวีปชาน-ไทยภายหลังจากการชนกันของแผ่นจุลทวีปอินโดจีน

จากผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชจากองค์ประกอบเคมีหลักในหินทั้งก้อนและกลุ่มแร่เฟลด์สปาร์สรุปได้ว่าหินแกรนิตเหล่านี้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาทำปุ๋ยซึ่งสอดคล้องกับดินโดยรอบพื้นที่ศึกษาที่มีความสมบูรณ์ต่ำต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร แต่หินแกรนิตเหล่านี้ก็น่าจะไปบดเป็นผงสำหรับใช้ปรับปรุงสภาพความเป็นกรดของพื้นที่ปนเปื้อนได้

Project Title: Chemistry and Petrology of Granitic Rocks in Chonburi-Rayong area, eastern Thailand.

Name of the Investigators: Chakkaphan Sutthirat, Punya Charusiri and Gavin Sinclair

Year: 2007

Abstract

Chonburi-Rayong granite intruded about 207 to 221 Ma ago (Late Triassic); it is a part of central granite belt of Thailand. Sample collection under this study are grouped, based on petrographic features, into 7 groups including 1) fine-grained biotite-muscovite granite, 2) biotite-muscovite granite, 3) muscovite granite, 4) hornblende-biotite granite, 5) porphyritic biotite-muscovite granite, 6) biotite granite and 7) tourmaline granite. Geochemical whole-rock analyses show that most samples have high silica contents (more than 70%) varying within a narrow range between 70 and 72%. Alumina contents mostly fall within range of 12-14%, besides, a few samples are higher than 17%. Potassium and sodium contents are quite high about 6-7% and 4-8%, respectively, whereas total iron, magnesium and calcium compositions of all groups are low (less than 2%). The rest of minor elements (Ti, P and Mn) are negligible.

In general, chemical compositions of all sample groups are similar and varying within narrow range. This indicates the same magma source that appears to have been involved by crystal fractionation process. In addition, their chemical compositions are mostly related to those of syenite and partly similar to quartz syenite; however, hornblende-biotite granite falls between compositions of tonalite-quartz diorite and adamellite-granodiorite. Initial magma is expected as metalumina which likely had high alkali content. Tectono-diagram plotting suggests continuous processes during late orogeny to post orogeny or anorogeny that had caused partial melting of the granitic magma within continental plate. Therefore, they might be taken place within Shan-Thai micro-continent after collision with Indochina micro-continent.

Based on whole-rock composition and feldspar chemistry, these granites are not sufficient for producing fertilizer. This result is comparable to decomposed soils around the study area in which they are low quality for agricultural utility. However, they may be grinded and used as acid neutralizer for contaminated land.

สารบัญ

	หน้า
กติกกรมประกาศ	ii
บทคัดย่อภาษาไทย	iii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	iv
สารบัญ	v
สารบัญตาราง	viii
สารบัญรูป	ix
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
1.3 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเอกสารอ้างอิง	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	7
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	8
1.6 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำวิจัยและสถานที่ทำวิจัย	8
1.7 สภาพภูมิอากาศ	9
บทที่ 2 แนวหินแกรนิตในประเทศไทย	11
2.1 คำนำ	11
2.2 แนวหินแกรนิตตะวันออก (Eastern Granite Belt)	12
2.3 แนวหินแกรนิตตอนกลาง (Central Granite Belt)	14
2.4 แนวหินแกรนิตตะวันตก (Western Granite Belt)	17
2.5 บทสรุป	18
บทที่ 3 ธรณีวิทยาทั่วไป	21
3.1 ธรณีวิทยาบริเวณภาคตะวันออก	21
3.2 ลำดับชั้นหินทั่วไป	21
3.2.1 หินมหายุคพรีแคมเบรียน	21
3.2.2 หินยุคแคมเบรียน	22
3.2.3 หินยุคออร์โดวิเชียน	23

3.2.4	หมวดหินไซลูเรียน-ดีโวเนียน	23
3.2.5	ยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน	23
3.2.6	หินมหายุคมีโซโซอิก	24
3.2.7	หินอัคนี	26
บทที่ 4 ศิลาวรรณนา		29
4.1	คำนำ	29
4.2	กลุ่มหินแกรนิตตามพื้นที่	29
4.2.1	กลุ่มหินแกรนิตบริเวณเขาน้อย	29
4.2.2	กลุ่มหินแกรนิตบริเวณบ้านแหลมแท่น	29
4.2.3	กลุ่มหินแกรนิตบริเวณอ่างศิลา	29
4.2.4	กลุ่มหินแกรนิตบริเวณบ้านเขามาบใหญ่ เขาหุบสี่เสียด เขานุ่น เขามาบไผ่ และเขาบาล	29
4.2.5	กลุ่มหินแกรนิตบริเวณเขาป่อเตี้ย อำเภอเมืองชลบุรี	30
4.2.6	กลุ่มหินแกรนิตบริเวณ เขาเขียว บ้านโค้งตาสา บ้านหนองแดงกวาว บ้าน เนินสามชั้น และบ้านมาบลำบิดสอง อำเภอศรีราชา	30
4.2.7	กลุ่มหินแกรนิตที่พบบริเวณบ้านเขายางแดง อำเภอบางละมุง	30
4.2.8	กลุ่มหินแกรนิตบริเวณบ้านเขามะกอก อำเภอบางละมุง	30
4.2.9	กลุ่มหินแกรนิตบริเวณอำเภอเมืองระยอง บ้านค่าย จังหวัดระยองและ อำเภอบางละมุงกับอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี	30
4.2.10	กลุ่มหินแกรนิตบริเวณ เขาพวงพาน เขาพงเสือและเขาเชิงเทียน อำเภอ เมืองชลบุรี	30
4.3	กลุ่มหินแกรนิตตามลักษณะศิลาวรรณนา	31
4.3.1	หินไบโอไทต์ มัสโคไวต์แกรนิตเนื้อละเอียดสีขาว (Leucocratic, biotite + muscovite aplite)	31
4.3.2	หินไบโอไทต์ มัสโคไวต์แกรนิต (muscovite-biotite granite)	31
4.3.3	หินมัสโคไวต์แกรนิตสีขาว (leucocratic muscovite granite)	32
4.3.4	หินฮอร์นเบอร์นด์ ไบโอไทต์แกรนิต (hornblende-biotite granite)	32
4.3.5	หินไบโอไทต์ มัสโคไวต์แกรนิต (biotite muscovite granite)	32
4.3.6	หินไบโอไทต์แกรนิต (biotite granite)	33

4.3.7 หินทัวร์มาลีนแกรนิตสีขาว (leucocratic tourmaline granite)	33
บทที่ 5 ธรณีเคมี	50
5.1 คำนำ	50
5.2 ผลวิเคราะห์	50
5.3 วิจารณ์และสรุปผลธรณีเคมีของหินทั้งก้อน	78
บทที่ 6 สมบัติของหินแกรนิตกับการเกษตร	80
6.1 ธาตุอาหารของพืชจากหินแกรนิต	80
6.2 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างหินทั้งก้อนและแร่กลุ่มเฟลสปาร์	80
6.3 สรุปและวิจารณ์ผล	86
เอกสารอ้างอิง	87
ภาคผนวก ก	94
ภาคผนวก ข	114
ภาคผนวก ค	120

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง	ชื่อ	หน้า
1.1	ปริมาณธาตุอาหารในดินที่สลายมาจากหินแกรนิต	5
1.2	แสดงปริมาณธาตุอาหารและสมบัติของดินชุดบ้านบึง	6
5.1	ผลวิเคราะห์ธรณีเคมีของหินแกรนิต ชลบุรี-ระยอง	56
6.1	ตัวอย่างผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่อัลคาไลเฟลสปาร์	82
6.2	ตัวอย่างผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่แพลจิโอเคลสเฟลสปาร์จากหินแกรนิตแต่ละกลุ่ม	83
6.3	ค่าเฉลี่ยธาตุอาหารหลักของพืชในตัวอย่างหินแกรนิตทั้งก้อน (whole rock) และในแร่กลุ่มเฟลสปาร์	84

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูป	คำบรรยาย	หน้า
1.1	ที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา (study area) และแนวหินแกรนิตในประเทศไทย (DMR, 1984 อ้างอิง ใน Cobbing และคณะ 1992)	10
2.1	การกระจายตัวของหินแกรนิต (สีดำ) ในแนวหินแกรนิตต่างๆ ของประเทศไทยและข้างเคียง (คัดลอกจาก Charusiri และคณะ, 1993)	20
3.1	แผนที่ธรณีวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (โดย พล เชาว์ดำรงค์, 2535)	28
4.1	ตำแหน่งเก็บตัวอย่างหิน ตามสัญลักษณ์ของหินแต่ละกลุ่ม	35
4.2	ตัวอย่างหินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อละเอียดหมายเลข 01/16 แสดงเนื้อหินที่ค่อนข้างละเอียด พบที่ Grid reference 088 752 บริเวณ บ้านอ่างศิลา	36
4.3	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ในหินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อละเอียดซึ่งประกอบด้วยอัลคาไลเฟลสปาร์ (Kf), แพลจีโอเคลส (Pl), ควอตซ์ (Qz), มัสโคไวท์ (Mus) และเซอร์คอน (Zr) (A: ppl and B: xpl)	37
4.4	ตัวอย่างหินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิต ผลึกขนาดปานกลาง โดยผลึกทั้งหมดมีขนาดใกล้เคียงกัน พบที่ Grid reference 347 570 บริเวณ บ้านมาบลำบิวดสอง	38
4.5	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงลักษณะเนื้อหินที่มีขนาดผลึกใกล้เคียงกันของกลุ่มหินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิต (A: ppl and B: xpl)	39
4.6	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ในหินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตซึ่งประกอบด้วยแร่แพลจีโอเคลส (Pl), ควอตซ์ (Qz), มัสโคไวท์ (Mus) และคลอไรต์ (chl) ที่มีหน้าผลึกไม่สมบูรณ์ (A: ppl and B: xpl)	40
4.7	ตัวอย่างหินมัสโคไวท์แกรนิต ผลึกขนาดปานกลาง สีขาว แสดงวิวัฒนาการ พบที่ Grid reference 173 715 บริเวณ เขาบาล	41
4.8	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ในหินแกรนิตสีขาวซึ่งประกอบด้วยแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ (Kf), แพลจีโอเคลส (Pl) และมัสโคไวท์ (Mus) (A: ppl and B: xpl)	42
4.9	ตัวอย่างหินฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิต ผลึกขนาดปานกลาง แสดงวิวัฒนาการ พบที่ Grid reference 605 580 บริเวณบ้านมาบยาง	43
4.10	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ในหินฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิตซึ่งประกอบด้วย แร่แพลจีโอเคลส (Pl), ควอตซ์ (Qz) และฮอร์นเบลนด์ (Ho)	44

(A: ppl and B: xpl)

- 4.11 ตัวอย่างหินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิต แสดงผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบ แสดงลักษณะเนื้อดอกพบที่ Grid reference 266 560 บริเวณ วัดบ้านโค้งตาสา 45
- 4.12 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ในหินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตซึ่งประกอบด้วยแร่มัสโคไวท์ (Mus) และไมโครไคลน์ (Mic) (xPl) 45
- 4.13 ตัวอย่างหินไบโอไทต์ แกรนิตที่มีผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบและแสดงลักษณะเนื้อดอก พบที่ Grid reference 245 609 บริเวณ เขาเขียว 46
- 4.14 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ในหินไบโอไทต์แกรนิตซึ่งประกอบด้วยแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ (Kf) และไบโอไทต์ (Bi) (xpl) 46
- 4.15 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดง micrographic texture ที่บ่งบอกถึงการตก ผลึกพร้อมกันระหว่างแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ (Kf) และแร่ควอตซ์ (Qz) (xpl) 47
- 4.16 ตัวอย่างหินทัวร์มาลีนแกรนิตที่มีผลึกขนาดเล็กถึงปานกลาง สีขาว พบที่ Grid reference 136 659 บริเวณ เขาบ่อยาง 48
- 4.17 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ทัวร์มาลีนในหินแกรนิต ซึ่งวางตัวในแนวเดียวกันนอกจากนี้ยังพบแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ (Kf), ทัวร์มาลีน (Tor), ควอตซ์ (Qz) และแร่อะพาไทต์ (Apa) เช่นกัน (A: ppl and B: xpl) 49
- 5.1 Harker variation diagrams แสดงการเปลี่ยนแปลงของธาตุองค์ประกอบเคมีธาตุต่างๆ ต่อปริมาณ SiO_2 (ร้อยละ) ของหินแกรนิต ชลบุรี-ระยอง 60
- 5.2 Harker variation diagrams แสดงการเปลี่ยนแปลงของธาตุองค์ประกอบเคมีทั้งธาตุหลัก และรองต่อองค์ประกอบ Magnesium number number ($\text{Mg}^\# = \text{MgO}/\text{MgO} + \text{FeO}$) ของ หินแกรนิต ชลบุรี-ระยอง 65
- 5.3 ปริมาณ SiO_2 ต่อ $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ของตัวอย่าง แสดงผลวิเคราะห์ส่วนใหญ่ ตกอยู่ในบริเวณกลุ่มหิน pantellerite และบางส่วนเป็น comendite (Middleton, 1985) 68
- 5.4 กราฟแสดงค่าที่พลอตระหว่าง Q และ P ซึ่งผลวิเคราะห์ของตัวอย่างหินส่วนใหญ่จัดอยู่ในองค์ประกอบของ quartz syenite (Debon & Le Fort, 1983) 69
- 5.5 ไดอะแกรมแสดงการพลอตค่าระหว่าง A และ B ตัวอย่างหิน แกรนิตยดต์ทั้งหมดมีค่า A อยู่ในแดน ลบจัดเป็นหินหนืดชนิด metaluminous magma (Debon & Le Fort, 1983) 70
- 5.6 ไดอะแกรม แสดงการพลอตระหว่าง ค่า SiO_2 ต่อ CaO และ $\text{K}_2\text{O} + \text{N}_2\text{O}$ ตัวอย่างหิน 71

	ทั้งหมดจัดอยู่ในชุดหินหนืด Calcic (Peacock, 1931)	
5.7	Tectonodiagrams แสดงค่า $\log(Y+Nb)$ กับ $\log(Rb)$ ของตัวอย่างหินที่ศึกษาอยู่ในองค์ประกอบของ within plate granite (WPG) (Pearce และคณะ, 1984)	72
5.8	Tectonodiagrams แสดงการพลอตระหว่างค่า $\log Y$ กับ $\log Nb$ ของตัวอย่างหินที่ศึกษาพบว่าอยู่ในองค์ประกอบของ within plate granite (WPG) (Pearce และคณะ, 1984)	73
5.9	ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $R1$ และ $R2$ ตัวอย่างหินแกรนิตอยด์ตกอยู่ในองค์ประกอบของ late orogenic (4) และ anorogenic (5) (Batehelor & Bowden, 1985)	74
5.10	ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างธาตุหลักและธาตุร่องรอยของหินตัวอย่างพบว่าไม่แสดงความสัมพันธ์กับองค์ประกอบแบบ fractionation felsic granite (FG) หรือ orogenic granite (Whalden และคณะ, 1987)	75
5.11	ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างธาตุหลักและธาตุร่องรอยของหินตัวอย่างพบว่า ไม่แสดงความสัมพันธ์กับองค์ประกอบแบบ fractionation felsic granite (FG) หรือ orogenic granite (Whalden และคณะ, 1987)	76
5.12	ไดอะแกรมแสดงผลวิเคราะห์ค่า SiO_2 กับ Al_2O_3 ของตัวอย่างหินแกรนิตส่วนใหญ่ตกอยู่ในบริเวณ Post-orogenic granitoids (POG) (Manior & Piccoli, 1989)	77
6.1	การการพลอตค่าของธาตุโซเดียม แคลเซียมและโพแทสเซียมของกลุ่มแร่เฟลด์สปาร์จากหินแกรนิตแต่ละกลุ่ม	85

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

หินแกรนิตเป็นหินที่พบมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ความจริงหินแกรนิตมีประโยชน์มากต่ออุตสาหกรรมตั้งแต่อดีตต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ที่สำคัญในปัจจุบันได้แก่การทำหินประดับ (dimension stone) จนเกิดอุตสาหกรรมหินประดับที่เคยเป็นอุตสาหกรรมที่ทำรายได้สำคัญของประเทศ นอกจากนั้นหินแกรนิตเมื่อนำมาบดแล้วยังสามารถนำมาโรยถนนและทางรถไฟ หรือบางส่วนอาจได้จากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมหินประดับ ยิ่งกว่านั้นจากการศึกษาวิจัย (เช่น Sauter & Foerst, 1986, Hamaker, 2002) พบว่าเศษหินซิลิเกตบดสามารถนำมาผสมกับดินเพื่อปรับปรุงให้เป็นอาหารของดิน (soil nutrients) ได้ แต่ก็คงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป เนื่องจากอาจมีปัญหาเชิงสภาวะแวดล้อมได้ แม้ความรู้ทางด้านธรณีวิทยาหินแกรนิต (Granite Geology) ของประเทศยังไม่เป็นที่แพร่หลายและประจักษ์ชัดเท่าใด เพราะเมื่อก่อนการวิจัยหินแกรนิตเน้นหนักทางด้านแหล่งแร่ดีบุกเป็นสำคัญ แต่ปัจจุบันการผลิตแร่ดังกล่าวซบเซาลงอย่างมาก (Charusiri และคณะ, 1991)

จากการศึกษาข้อมูลทั้งการตรวจเอกสารและการออกภาคสนามของกลุ่มผู้วิจัยในเบื้องต้นพบว่า แม้หินแกรนิตในพื้นที่ศึกษา (รูป 1.1) จะโผล่ให้เห็นในปริมาณไม่มากนัก แต่ข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์บ่งบอกว่าหลายพื้นที่มีหินแกรนิตแทรกดันขึ้นมาในหลายบริเวณเพียงแต่อาจจมอยู่ใต้ดิน นอกจากนี้ยังพบว่าหินแกรนิตที่โผล่ทั้งหมดนั้นมีทั้งส่วนที่มีลักษณะคล้ายกัน และแตกต่างกันในบางพื้นที่เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะ (deformation) อย่างชัดเจน บ้างก็แสดงลักษณะผนังหิน (dyke) แทรกตัดเข้ามาในหินข้างเคียงชนิดต่าง ๆ บ้างก็มีลักษณะแผ่ปกคลุมเป็นพื้นที่กว้าง แต่การศึกษาทางธรณีวิทยาโดยเฉพาะธรณีเคมีและซิลิคาวิทยาของหินแกรนิตในพื้นที่ดังกล่าวและแถบข้างเคียงพบว่ามีไม่มากนัก ที่มีอยู่ได้แก่ Charusiri (1989), Charusiri และคณะ (1993 และ 2000), Cobbing และคณะ (1992) และ Nakapadungrat และคณะ (1984) เป็นต้น

ความแตกต่างในแง่ซิลิคาเคมี (petrochemistry) ของหินแกรนิตดังกล่าวในปัจจุบันอาจส่งผลให้สลายตัว (weathering) ได้ชนิดดินในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเนื่องจากหินแกรนิตทุกชนิดประกอบด้วยแร่ควอตซ์จำนวนมากจึงสลายตัวได้ดินความสมบูรณ์ของธาตุอาหารต่ำ (soil nutrient depletion) ซึ่งไม่เหมาะสมในการใช้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ตามที่ปรากฏในการศึกษาของ Mynit และคณะ (1997) โดยการแปลความหมายข้อมูลโทรมัมผัส

ด้วยเหตุดังกล่าวข้างต้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นความพยายามที่จะอธิบายธรณีวิทยา หินแกรนิตในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันทางซิลิกาเคมี (petrochemistry) หรือไม่ ซึ่งความแตกต่าง ทางธรณีเคมีและซิลิกาวรรณนาของหินแกรนิตมักส่งผลให้ได้ศักยภาพการสะสมของแหล่งแร่ เศรษฐกิจสำคัญที่ต่างกันด้วย ในหลักการนี้ Charusiri และคณะ (1991, 1992, และ 1993) ได้เคย อธิบายไว้ในพื้นที่ทั้งในภาคเหนือและภาคใต้ของประเทศไทย แต่ยังไม่เคยได้ตรวจวิเคราะห์กับ พื้นที่ในเขตภาคตะวันออก ซึ่งในแนวคิดของ Charusiri และคณะ (1992 และ 1993) นี้ ใน บางส่วนมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Chappel & White (1974) และ Lehman (1988) ในเชิงเคมีของหินและ Ishihara (1977) ในเชิงแร่วิทยาของหิน ลักษณะปรากฏที่ไม่เหมือนกันของ หินแกรนิตดังกล่าว เป็นผลมาจากการที่หินแกรนิตมีกำเนิดแตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นทั้งในแง่ กาลเวลาและสถานที่ (spatial and temporal relationship) อันเป็นผลมาจากการแปรสัณฐาน เปลือกโลก (crustal tectonics)

ในปัจจุบันตามทฤษฎีการกำเนิดหินแกรนิตสมัยใหม่ (เช่น Altherr และคณะ, 1999, Chappel, 1996; Patino Douce & McCarthy, 1998; Altherr & Siebel, 2002) เชื่อว่าการเกิด หินแกรนิตในที่ต่างๆ เป็นผลมาจากอิทธิพลการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกมหาสมุทร (oceanic lithosphere) ลงใต้แผ่นเปลือกโลกอีกแผ่น ซึ่งทำให้แผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรเกิดการหลอม ละลายบางส่วนขึ้นได้ การหลอมละลายดังกล่าวทำให้เกิดเป็นหินหนืดที่จะแข็งตัวเป็นหินแกรนิต ชนิด I-type ได้ในที่สุด อย่างไรก็ตามการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกลงไปได้อีกแผ่นหนึ่ง ทำให้แผ่น ที่ถูกมุดบางครั้งก็เกิดการเสียดสีและทำให้เปลือกโลกและชั้นตะกอนที่อยู่ในเปลือกโลกส่วนทวีป เปลี่ยนลักษณะการคดโค้งงอ เนื่องจากได้รับความร้อนและความดันสูงมาก จนในที่สุดหินที่ อยู่ภายใต้แผ่นเปลือกโลกโดยเฉพาะที่เป็นแผ่นทวีป (continental lithosphere) เกิดการหลอม ละลายจนกลายเป็นหินหนืดอีกประเภทได้ คือ หินแกรนิตตะกอน (S-type granite)

คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่าหินแกรนิตในบริเวณชลบุรี-ระยองนี้ น่าจะมีความแตกต่างกันใน ลักษณะดังกล่าว จึงคิดค้นหาข้อมูลพื้นฐานทั้งด้านซิลิกาวรรณนา (petrography) และด้านเคมีของ หิน โดยวิเคราะห์ทั้งธาตุหลัก (major elements) ธาตุรอง (minor elements) ธาตุร่องรอย และธาตุหายาก (trace and rare earth elements) ในหินว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ เมื่อทำการแปลผล แล้วจะให้ข้อมูลในแง่การเกิดที่แตกต่างหรือสัมพันธ์กันอย่างไร อีกทั้งการเกิดดังกล่าวเป็นผลมา จากการแปรสัณฐานที่แตกต่างกันหรือไม่ และมีโอกาสจะให้ชนิดแหล่งแร่หรือชนิดหินที่สามารถ พัฒนาใช้ประโยชน์ได้หรือไม่

โดยที่กลุ่มนักวิจัยเชื่อว่า จากข้อมูลวิจัยในครั้งนี้ทำให้ในอนาคตสามารถหาคำตอบได้ว่า ดินอันเป็นผลมาจากการสลายตัวของหินแกรนิตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ย่อมได้สารอาหารจากแร่ธาตุต่างๆ ในหิน เช่น ธาตุ K, P, Ca, และ Mg เป็นต้น แต่ทั้งนี้จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์หารายละเอียดในแง่เคมีของดินในพื้นที่เดียวกันนี้และนำมาเปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์ทางเคมีของหินแกรนิตที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ เพราะถ้าธาตุอาหารในดินดังกล่าวสอดคล้องกับผลวิเคราะห์ทางเคมีของหินแกรนิตจริงก็อาจสรุปได้ว่า ธาตุอาหารเหล่านั้นเป็นปุ๋ยธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของแร่ต่างๆ ในหินแกรนิตแล้วสะสมตัวอยู่ในดินมาเป็นเวลานาน และถ้าหากมีการศึกษาอย่างจริงจัง เช่น การนำหินต้นกำเนิดมาบดให้ละเอียดสำหรับเป็นปุ๋ย (rock dust fertilizer) ดังที่ให้ได้ผลในเยอรมันและออสเตรเลียมาแล้ว ประเทศไทยก็สามารถนำหินแกรนิตบดละเอียดมาผสมกับดินคุณภาพต่ำเพื่อปรับปรุงให้เป็นดินที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อกิจกรรมทางการเกษตรได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาชนิดหินแกรนิต การกระจายตัวและองค์ประกอบทางเคมีของหินในพื้นที่
2. อธิบายการเกิดหินแกรนิตชนิดต่าง ๆ ในพื้นที่ และ
3. อธิบายการใช้ประโยชน์ของหินแกรนิต เพื่อการเกษตร

1.3 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเอกสารอ้างอิง

จะเห็นได้ว่าการศึกษานี้เน้นการเกิดของหินแกรนิตทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งไม่มีผู้ใดทำมากนัก โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ทำการศึกษาแทบไม่ค่อยมีผู้ศึกษาเลยในอดีต เนื่องจากความสะดวกในการเข้าถึงพื้นที่จึงยังไม่มีผู้ใดมีโอกาสได้ศึกษาในรายละเอียดทางธรณีวิทยาในบริเวณเขตพื้นที่ศึกษาและข้างเคียง ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาหาอายุหินแกรนิต เช่น Nakapadungrat และคณะ (1984), Charusiri (1989), Beckinsale และคณะ (1979), Bignell (1972) ส่วนการศึกษาธรณีเคมีก็มีบ้าง เช่น Cobbing และคณะ (1992) แต่ก็ไม่ได้ศึกษาในรายละเอียดมากนัก ส่วนงานการวิจัยด้านสัณฐานวิทยาที่มีไม่มากนัก คณะผู้เขียนจึงเชื่อว่าการศึกษานี้เป็นการศึกษารายละเอียดครั้งแรกที่ดำเนินการอย่างเป็นระเบียบและมีความละเอียดมากขึ้น ซึ่งผลการศึกษานี้สามารถเป็นพื้นฐานต่อการศึกษาว่าหินแกรนิตที่นี้จะสามารถพัฒนาไปเป็นผงหินบดคลุกดินที่จะใช้ประโยชน์ในการเกษตรในอนาคตได้หรือไม่ ซึ่งการดำเนินการวิจัยดังกล่าวจำเป็นต้องให้นักวิจัยในสาขาอื่นด้วย ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการวิจัยขั้นต้น เพื่อรวบรวมข้อมูลพื้นฐานทางด้านเคมี

และกายภาพ (เช่น วิทยาแร่ ลักษณะเนื้อหิน) ตลอดจนข้อมูลทางภูมิศาสตร์ อันจะนำไปสู่การวิจัยเชิงประยุกต์สืบไป

จากรายงานที่เคยมีการศึกษาไว้ระบุว่าปริมาณธาตุอาหารของพืชในดินนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของหินต้นกำเนิดเป็นหลัก นอกจากนี้ อุดม พูลสวัสดิ์ (2529) พบว่ายังมีปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อการกำเนิดของดินคือ ภูมิอากาศ ภูมิประเทศ สิ่งมีชีวิตรวมทั้งพืชและสัตว์ และระยะเวลาในการสร้างตัว ทุกปัจจัยส่งเสริมซึ่งกันและกันเพราะการสร้างดินเป็นระบบที่เปิด ไม่สามารถควบคุมปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งได้

ภูมิอากาศเป็นตัวควบคุมกระบวนการต่างๆ ในดินและชนิดของป่าไม้ที่จะเกิดด้วย เช่น สภาพภูมิอากาศที่ต่างกันทำให้หินไบโอไทต์แกรนิตสลายตัวได้เร็วที่แตกต่างกัน หรือสภาพป่าไม้และความชื้นที่ต่างกันทำให้การเปลี่ยนแปลงของแร่ในดินแตกต่างกัน

อัตราการสลายตัวของแร่ปฐมภูมิในเขตความชื้นแบบยูติก (udic) ที่ดินมักแห้งน้อยกว่า 90 วัน ในรอบปี จะรุนแรงกว่าในเขตสภาพความชื้นแบบอูสติค (ustic) ซึ่งดินแห้งมากกว่า 90 วัน ในรอบปี โดยในสภาพความชื้นแบบยูติกนั้นแร่เฟลสปาร์จะสลายกลายเป็นแร่กิบไซต์ แร่จำพวกเฟอร์โรแมกนีเซียมสลายตัวให้เหล็กออกไซด์ ในขณะที่สภาพความชื้นแบบอูสติคนั้นไม่พบแร่กิบไซต์ โดยแร่เฟลสปาร์สลายตัวให้แร่ เคโอลิไนต์ และบางส่วนของแร่ไมโครไคลน์และแร่เพอร์ไทต์ ยังเห็นชัดเจน แร่ไบโอไทต์ซึ่งเป็นแร่เฟอร์โรแมกนีเซียมสลายเป็นแร่คลอไรต์และเคโอลิไนต์

สภาพภูมิประเทศมีผลต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเนื่องจากดินบนที่สูงถูกชะล้างมากกว่า ประกอบกับการถูกพัดพาลงมายังที่ต่ำ เช่นเดียวกับ ดินที่เกิดจากหินแกรนิตเหมือนกันแต่มีรูปแบบในการเกิดเป็นวัตถุต้นกำเนิดที่ต่างกัน คือดินตกค้าง (residuum) ดินตะกอนเชิงเขา (colluvium) และดินจากการพัดพามักมีสมบัติทางเคมีแตกต่างกัน (US Department of Agriculture, 1951 อ้างอิงใน อุดม พูลสวัสดิ์, 2529)

อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยทั้งคู่ อุดม พูลสวัสดิ์ (2529) พบว่าสภาพภูมิอากาศมีผลต่อสมบัติทางกายภาพน้อยกว่าสภาพภูมิประเทศ ขณะเดียวกันทั้งสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศมีผลต่อสมบัติทางเคมีของดินน้อยกว่าวัตถุต้นกำเนิดของดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดิน

จากการศึกษาของกรมพัฒนาที่ดินพบว่าดินที่เกิดจากหินแกรนิตยุค Triassic ทางภาคเหนือ และหินแกรนิตยุค Cretaceous ทางภาคใต้ ซึ่งมีแร่มีสโคไวท์มากกว่าแร่ไบโอไทต์ ต่างก็มีสมบัติคล้ายคลึงกับดินที่เกิดจากหินแกรนิตบริเวณจังหวัดจันทบุรีและฉะเชิงเทราที่ศึกษาโดย อุดม พูลสวัสดิ์ (2529) จึงสรุปได้ว่าดินที่เกิดจากหินแกรนิตแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกันไม่มาก

เมื่อเทียบกับดินที่เกิดจากหินชนิดอื่น อย่างไรก็ตามดินที่เกิดมาจากหินแกรนิตมักมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ยกเว้นบริเวณที่เป็นที่สูงมีป่าไม้ปกคลุมแน่นหนาจึงจะมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง แต่ก็เสื่อมค่าลงอย่างรวดเร็วเมื่อถูกใช้ทำการเกษตร ดังนั้นดินที่เกิดจากหินแกรนิตในพื้นที่สูงจึงไม่เหมาะสำหรับทำการเกษตรกรรม

ผลการศึกษาของอุดม พูลสวัสดิ์ (2529) พบว่าปริมาณธาตุอาหารในดินที่สลายมาจากหินแกรนิตมีปริมาณลดลงจากบนลงล่าง ดังตาราง 1.1

ตาราง 1.1 ปริมาณธาตุอาหารในดินที่สลายมาจากหินแกรนิต (อุดม พูลสวัสดิ์, 2529)

ธาตุอาหาร	ที่ระดับผิวดิน	ที่ระดับ 100 เซนติเมตร	ที่ระดับ 220 เซนติเมตร
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	3-10 ppm	1-8 ppm	1.5 – 6 ppm
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	15 – 120 ppm	10 – 60 ppm	10 – 40 ppm
ประจุบวกที่ต่างกัน (Ca ⁺ , Na ⁺ , Mg ⁺² and K ⁺)	0.5 – 3 me/100g.soil	0.2 – 2 me/100g.soil	0.5 – 1.5 me/100g.soil
ประจุบวกที่เป็นบวก (Al ⁺ , H ⁺)	0.5 – 12.5 me/100g.soil	0.2 – 100 me/100g.soil	0.2 – 90 me/100g.soil

แม้ว่าจะมีการร่วงหล่นของซากเศษเหลือของพืชในปริมาณที่มาก แต่สภาวะที่เหมาะสมกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ ในดิน ทำให้การย่อยสลายเป็นไปอย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับการดึงกลับขึ้นไปใช้ของต้นไม้ ธาตุอาหาร ส่วนใหญ่จึงสะสมอยู่ เฉพาะภายในต้นไม้ และบางส่วนของดินผิวนั้น ดังนั้น ในส่วนลึกของชั้นดินจึงมีธาตุอาหารอยู่น้อยมาก ปริมาณอินทรีย์ วัตถุในดินมีค่าเฉลี่ยเพียง 0.8 % ในแต่ละปีภายในป่าจะมีการดูดซับธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน/ฟอสฟอรัส/โพแทสเซียม หรือ N/P/K ขึ้นไปจากดิน เป็นจำนวน 30.75/1.83/17.98 กิโลกรัมต่อไร่ และปล่อยกลับคืนให้กับดินในรูปของการร่วงหล่นของซากพืช เท่ากับ 23.24/1.19/10.94 กิโลกรัมต่อไร่ ที่เหลือจะถูกนำมาสร้างเป็นส่วนต่างๆ ของต้นไม้ เกิดเป็นความเพิ่มพูนรายปี (annual increment) ของเนื้อไม้ คิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1,443.52 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี จากที่มีอยู่เดิมในป่าประมาณ 17.97 ตันต่อไร่

ดินในบริเวณพื้นที่ศึกษาถูกจัดอยู่ในชุดบ้านบึง (Ban Bung Series: Ba) โดยเป็นดินที่เกิดจากตะกอนทรายของหินแกรนิต และควอร์ตไซต์ ลักษณะของดินเป็นดินลึก มีการระบายน้ำดีปานกลางถึงค่อนข้างเลว เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย สีพื้นเป็นสีน้ำตาลปนเทา พบจุดประสีน้ำตาล สีเหลือง หรือสีเทา ในดินชั้นล่าง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ประมาณ 5.0-7.0 มีความ

อุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำมากดังแสดงในตาราง 1.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน เหมาะสำหรับปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง อ้อย และปอ

ตาราง 1.2 แสดงปริมาณธาตุอาหารและสมบัติของดินชุดบ้านปึง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2549)

ความลึก (ซม.)	อินทรีย์วัตถุ	ความจุ แลกเปลี่ยน แคตไอออน	ความอึดตัว เบส	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์	ความอุดมสมบูรณ์ ของดิน
0-25	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ
25-50	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
50-100	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ

จากการสำรวจของกรมพัฒนาที่ดิน ปี 2532 พบว่าจังหวัดชลบุรี มีพื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 83.06 ของพื้นที่จังหวัด รองลงมาได้แก่ พื้นที่นาข้าว ไม้ผล-ไม้ยืนต้น โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งมีเนื้อที่ร้อยละ 15.15, 9.69, 0.48 และ 0.03 ของพื้นที่จังหวัดตามลำดับ พื้นที่ที่ใช้เพื่อการเกษตรของจังหวัดระยองมีทั้งสิ้น 1,803,792 ไร่ หรือ 81.24 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่พื้นที่ป่า พื้นที่ชุมชน และอื่น ๆ ร้อยละ 12.33, 3.58 และ 0.26 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดิน ยังมีค่อนข้างสูงจวบจนปัจจุบันอันเป็นผลสืบเนื่องมาจากความเสื่อมสภาพของพื้นที่บริเวณที่ทำการเกษตรเมื่อพื้นที่ป่าไม้ถูกทำลายเพื่อใช้ประโยชน์ที่ดินทำการเกษตร ทำให้ผิวดินเปิดโล่งกับอากาศดินจะเสื่อมค่าลง ทั้งความสมบูรณ์ และระบบการระบายน้ำ กล่าวคือ ความสามารถในการดูดซับน้ำฝนของผิวดิน (infiltration) จะลดลง โดยเฉลี่ย 48.63 % และการระบายน้ำของดินผิว (permeability) ที่ลึก 0.50 ซม. จากผิวดินจะลดลง โดยเฉลี่ย 40.81 %

ดินในพื้นที่ศึกษาเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วน ซึ่งมีต้นกำเนิดจากหินแกรนิตผลึกใหญ่ (coarse-grained) จึงมีค่า โพแทสเซียมที่สูงเหมาะสำหรับการปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์หรือพัฒนาเป็นทุ่งหญ้า อีกทั้งมีความร่วนซุย น้ำผ่านได้ดีเหมาะสำหรับการปลูกต้นไม้ยืนต้น

จากรายงานเก่าพบว่าหินแกรนิตมีปริมาณ โพแทสเซียมประมาณ 15 ppm ถึง 120 ppm ที่ระดับผิวดิน จึงเหมาะสมกับการปลูกพืชยืนต้นได้ดี อย่างไรก็ตามพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ มีการปลูกพืชทั้งพืชไร่ ไม้ผล และพืชผัก ซึ่งอาจไม่ตรงกับ ชนิดดินที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ดังนั้นหากต้องการทำการเพาะปลูกพืชไร่ จึงอาจต้องทำการเพิ่มเติมธาตุอื่น เช่น ไนโตรเจน

Olowolafe & Dung (2000) ได้ศึกษาความเหมาะสมของดินที่ผุสลายมาจากหินแกรนิตในประเทศไนจีเรียและพบว่าดินที่สลายตัวมาจากหินไปโอไทต์แกรนิตนั้นมีไนโตรเจนน้อยถึงน้อยมาก

ขาดฟอสฟอรัส และมีแคลเซียมน้อยถึงน้อยมาก นอกจากนี้ยังพบว่าหลายแห่งมีปริมาณธาตุที่ถ่ายเทได้ (exchangeable elements) เช่น ทองแดง สังกะสีและโบรอนในปริมาณที่น้อยกว่าปกติ โดยปัญหาดังกล่าวจะเกิดมากในพื้นที่ที่มีอัตราการกัดเซาะมีสูงเนื่องจากการใช้ที่ดินอย่างไม่เหมาะสม

สำหรับการใช้ผงหินแกรนิตบดเป็นสารเพิ่มคุณภาพดินที่เป็นกรดนั้น Barral Silva และคณะ (2005) พบว่าผงหินแกรนิตสามารถใช้เป็นบัฟเฟอร์ในการควบคุมความเป็นกรดในดินช่วง pH น้อยกว่า 4.5 ได้เป็นอย่างดี

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ศึกษาแบ่งได้เป็นขั้นดังนี้

- 1) ขั้นรวบรวมข้อมูลและออกภาคสนาม (Pre-field preparation) แบ่งได้เป็น
 - 1.1 เตรียมแผนที่ภูมิประเทศ ภาพถ่ายทางอากาศ และภาพจากดาวเทียม
 - 1.2 รวบรวมและประมวลผลงานเรื่องการเกิดหินแกรนิตและงานธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้องในพื้นที่และของนานาชาติ
 - 1.3 แปลความหมายจากข้อมูลโทรสัมผัสส่งบนแผนที่ภูมิประเทศ ในขนาดมาตราส่วน 1:50,000
- 2) ขั้นออกภาคสนาม (investigation)
 - 2.1 ตรวจสอบลักษณะทางธรณีวิทยาที่แปลไว้กับข้อมูลจริงที่พบ
 - 2.2 จำแนกชนิดหินแกรนิตในสนามและตรวจสอบการกระจายตัว
 - 2.3 เก็บตัวอย่างหินแกรนิตอย่างเป็นระบบ โดยเลือกที่สดและที่มีปรากฏจากการผุพัง การแปรเปลี่ยน (alteration)
- 3) ขั้นวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Works)
 - 3.1 นำตัวอย่างหินแกรนิตมาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อดูรายละเอียดองค์ประกอบแร่และเนื้อหินในการกำหนดชนิดของหิน
 - 3.2 จัดทำแผนที่แสดงการกระจายตัวของหินแกรนิตเสียใหม่ โดยอาศัยข้อมูลจากข้อ 2.1, 2.2 และ 3.1
 - 3.3 เลือกคัดสรรตัวอย่างหินโดยพิจารณาจากผลในข้อ 3.1 เพื่อวิเคราะห์เคมี
 - 3.4 วิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของหิน (whole rock analysis) ประกอบด้วยปริมาณธาตุหลัก, ธาตุรอง, ธาตุร่องรอย และธาตุหายาก โดยวิธี X-ray

Fluorescence Spectrometer (XRF), Atomic Absorption Spectrometer (AAS), และ Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) ตามลำดับ

3.5 นำผลวิเคราะห์จาก 3.4 มาแปลผลและคำนวณทางธรณีวิทยา เพื่อตรวจสอบการเกิดของหิน

3.6 แปลความหมายทางธรณีวิทยาเพื่อคุณภาพการแปรสัณฐานของหินแกรนิต โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการวิเคราะห์เอกซเรย์ในข้อ 1.2

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การแปลผลนี้อาศัยข้อมูลทางเคมีของหินแกรนิตเป็นหลัก ซึ่งความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของข้อมูลขึ้นกับจำนวนตัวอย่าง ชนิดของการวิเคราะห์ และการประมวลผลในสนามกับห้องปฏิบัติการของคณะผู้วิจัย การทำวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ isotope ของธาตุและการคำนวณหาอายุของหิน ซึ่งทั้งสองอย่างนี้มีความสำคัญต่อการศึกษากำเนิดและการแปรสัณฐานเป็นอย่างมาก (ดู Intasopa และ Dunn, 1993) และการศึกษาครั้งนี้ไม่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบสร้างแม่เหล็กบรรพกาล (ดู Imsamut, 1996) รวมทั้งจะยังไม่ตีความลึกลงไปในเรื่องรายละเอียดของการนำหินแกรนิตไปใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร

1.6 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำวิจัยและสถานที่ทำวิจัย

1. เครื่องมือ XRF - ที่ศูนย์เครื่องมือเครื่องมือนิวเคลียร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. เครื่องมือ AAS - ที่ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. เครื่องมือ Electron Probe Microanalyser (EPMA) - ที่ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. เครื่องมือ ICP-OES - ที่สถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อมของเสียอันตราย
5. เครื่องตัดหินและเครื่องบดหิน - ที่ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. กล้องจุลทรรศน์สามมิติ - ที่ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7. กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรซ์ส่องผ่าน - ที่ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.7 สภาพภูมิอากาศ

จังหวัดชลบุรีและระยองเป็นจังหวัดชายทะเล มีภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อนและยังได้รับอิทธิพลของอากาศทางทะเลเป็นส่วนประกอบอีกด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้มีภูมิอากาศแตกต่างจากจังหวัดอื่นๆ ที่อยู่เหนือขึ้นไป และสามารถแบ่ง ได้ 3 ฤดู ดังนี้

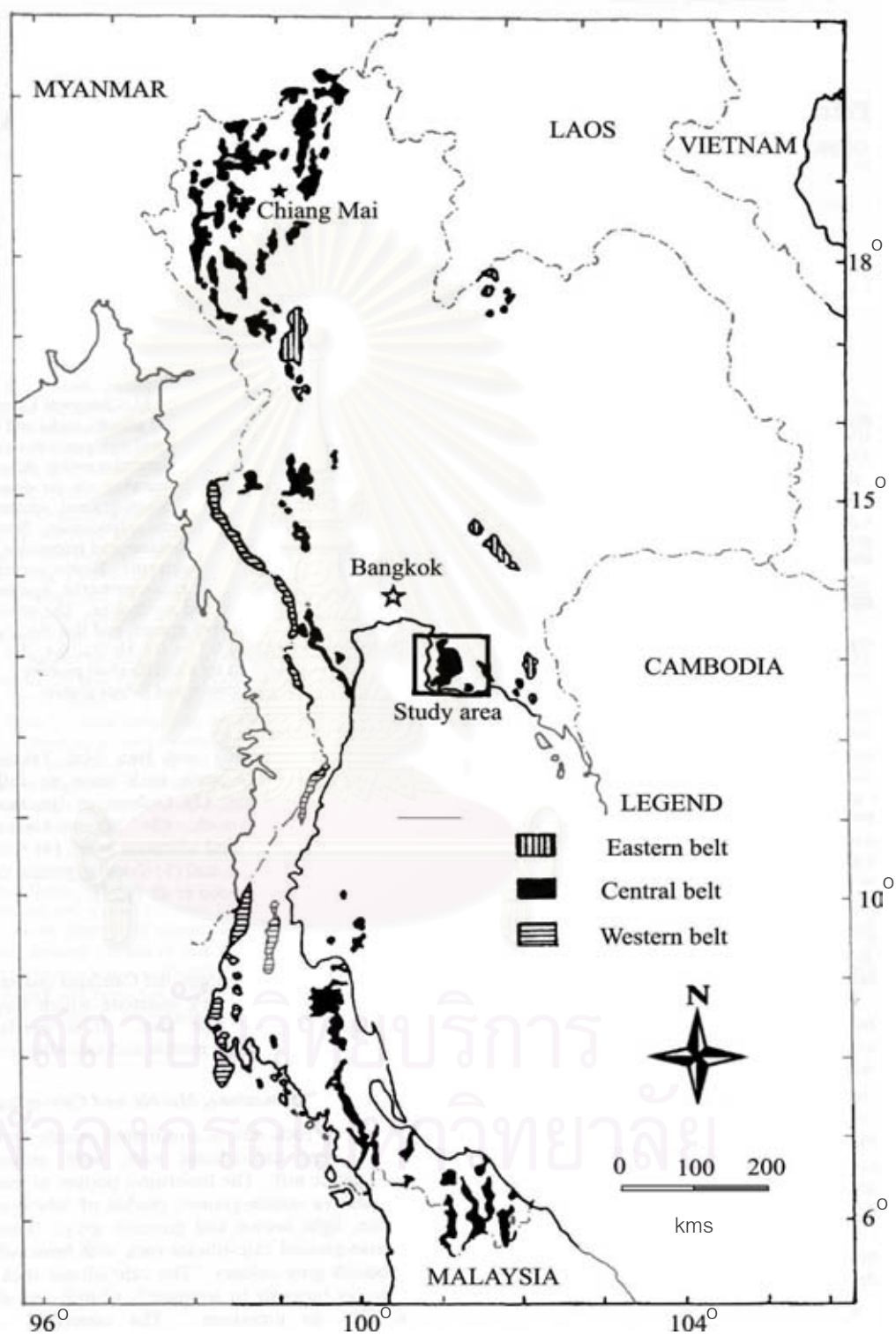
ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม เป็นระยะเวลาประมาณ 6 เดือน ปริมาณน้ำฝนสูงสุดของจังหวัดระยองอยู่ในช่วงเดือนกันยายน มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงถึง 238.5 มิลลิเมตร ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงถึง 84.1 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาประมาณ 6 เดือนเฉลี่ย 28.25 องศาเซลเซียส ส่วนบริเวณด้านตะวันออกมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงถึง 306.81 มิลลิเมตร และอุณหภูมิในช่วงระยะเวลา 6 เดือน เฉลี่ย 27.95 องศาเซลเซียส

ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ แต่อากาศจะไม่หนาวนัก เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือน้อย ประกอบกับการได้รับอิทธิพลจากทะเล อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนธันวาคม-มกราคม ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 25.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย 60.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนทางด้านตะวันออกของจังหวัดมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 25.7 องศาเซลเซียส

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงต้นเดือนพฤษภาคม เป็นระยะเวลาประมาณ 3 เดือน ระยะเวลานี้มีลมกระแสมรสุมร้อนจากทะเลจีนใต้พัดเข้ามา ทำให้ปริมาณน้ำฝนในช่วงนี้สูงขึ้น เดือนเมษายนถึงพฤษภาคมเป็นช่วงที่อากาศร้อนที่สุด

สภาพอากาศที่เกี่ยวข้องของตลอดนั้นทำให้เกิดการฟุ้งทางเคมีของหินแกรนิตและเกิดการสลายตัวของแร่เฟลสปาร์ไปเป็นแร่ดิบได้มาก ซึ่งแร่ดิบที่ได้มีความเหมาะสมในการทำปุ๋ยเป็นอย่างมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 1.1 ที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา (study area) และแนวหินแกรนิตในประเทศไทย (DMR, 1984 อ้างอิงใน Cobbing และคณะ 1992)

บทที่ 2

แนวหินแกรนิตในประเทศไทย

2.1 คำนำ

กลุ่มหินแกรนิตอยด์ (granitoid rocks) หรือ แกรนิต (granites) และหินข้างเคียงที่สัมพันธ์กัน (related rocks) ประกอบด้วยหินแกรนิตไดโอไรต์ (granodiorite) หินไดโอไรต์ (diorite) หินแกรนิตมีริ้วลาย (foliated granite) หินมิกมาไทต์ (migmatite) และอื่น ๆ ในประเทศไทย พบแนวการกระจายตัวของหินเหล่านี้เป็นบริเวณกว้างทั่วทั้งประเทศ (ดูรูป 2.1) ยกเว้นบริเวณที่ราบสูงโคราช นอกจากนี้ยังพบว่าหินเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับการเกิดของสินแร่โลหะและอโลหะที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสินแร่ที่มีการเกิดแบบปฏิกิริยาน้ำร้อน (hydrothermal origin) สำหรับแร่ที่สำคัญพบว่ามีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับหินแกรนิตบางชนิดในแต่ละช่วงเวลาและลักษณะการเกิดประกอบด้วยดีบุก ทังสแตน ทองแดง เหล็ก ทองคำ โคัลมไบต์-แทนทาลิต (columbite-tantalite) เฟลสปาร์ ฟลูออไรต์ กลุ่มแร่ที่มีธาตุลิเทียม (lithium-bearing minerals) และกลุ่มแร่ที่มีธาตุหายาก (rare earth-bearing minerals) เช่น โมนาไซต์ (monazite) และซีโนไทม์ (xenotime) กลุ่มหินแกรนิตอยด์ในประเทศไทยนั้นเป็นส่วนหนึ่งของแนวมวลหินอัคนี (batholithic belt) ขนาดใหญ่กว้างประมาณ 600 กิโลเมตร และยาว 2,500 กิโลเมตร กระจายตัวตลอดทั่วทั้งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเคยมีรายงานว่าแนวหินแกรนิตนี้เป็นแหล่งแร่โลหะที่สำคัญและใหญ่ที่สุดแห่งหนึ่งของโลก (Charusiri, 1989) จากประวัติการผลิตแร่ดีบุกในอดีตแสดงให้เห็นชัดเจนว่าการส่งออกดีบุกจากภูมิภาคนี้เคยมีปริมาณถึงสามในสี่ของผลผลิตโลกโดยรวม (Nakapadungrat, 1982)

กลุ่มหินแกรนิตเหล่านี้พบแนวการวางตัวประมาณทิศเหนือ-ใต้ และคดโค้งเล็กน้อย โดยมีจุดเริ่มต้นตั้งแต่มณฑลยูนนาน (Yunnan Province) ทางตอนใต้ของประเทศจีน ลงมาทางจังหวัดฉาน (Shan Province) ทางเหนือของประเทศเมียนมาร์ ตะวันตกเฉียงเหนือของลาว แล้วพาดผ่านภาคเหนือของไทยทั้งหมด และเรื่อยลงมาครอบคลุมคาบสมุทรมไทย-มาลาเซียทั้งหมด ลึกลงไปถึงบริเวณเกาะสุมาตรา ด้านตะวันตกของอินโดนีเซีย หินแกรนิตที่เรียกว่า “แนวดีบุก” (tin belts) เป็นส่วนหนึ่งของมวลหินอัคนีบริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของเทือกเขาอัลไพน์-หิมาลัย (Alpine-Himalaya Mountain Ranges) สำหรับการกระจายตัวของหินแกรนิตในประเทศไทยพบหนาแน่นเป็นบริเวณกว้างทางภาคตะวันตกของประเทศและแหลมไทย นอกจากนี้พบเป็นหย่อมกระจัดกระจายอยู่ทางด้านขอบตะวันตกของที่ราบสูงโคราชและทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ตามอ่าวไทย

ในช่วงต้นของการศึกษาหินแกรนิตในประเทศไทย ได้แบ่งแนวหินแกรนิตตามช่วงอายุเป็น หินแกรนิตช่วงอายุไทรแอสซิก (Triassic granite) และช่วงที่อ่อนกว่า คือครีเทเชียสแกรนิต (Cretaceous granite) โดย Brown และคณะ (1951) หลังจากนั้น Burton & Bignell (1969) ได้ รายงานเพิ่มเติมถึงหินแกรนิตอายุคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous granite) จากนั้น Buam และ คณะ (1970) ใช้ข้อมูลธรณีวิทยาบริเวณภาคเหนือ ในการพิจารณาแล้วเสนอว่าการแทรกดันตัวของหินอัคนีมีความเกี่ยวเนื่องอย่างใกล้ชิดกับแต่ละช่วงของบรรพตวรรษวรรค์ (orogenic episode) ตั้งแต่พรีแคมเบรียน (Precambrian) คาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous) ไทรแอสซิก (Triassic) และ ปลายครีเทเชียส-เทอร์เทียรี (Late Cretaceous- Tertiary)

Mitchell (1977) ได้เสนอข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับหินแกรนิตและริเริ่มแบ่งหินแกรนิต ในประเทศไทยและมาเลเซีย ออกเป็น 3 แนวหลักขนานกัน ประกอบด้วย แนวตะวันออก แนวกลาง และแนวตะวันตก แนวคิดนี้ได้รับการปรับปรุงเพิ่มเติมในเวลาต่อมาโดยนักธรณีวิทยาหลายคน อาทิ Hutchison (1977), Beckinsale และคณะ (1979), Nakapadungrat (1982), Mahawat (1982), Cobbing และคณะ (1986) และ Charusiri และคณะ (1989) เป็นต้น สำหรับการจัดแบ่ง แนวหินแกรนิตทั้งสามดังกล่าวอาศัยข้อมูลพื้นฐานทางธรณีวิทยา (basic geology) ศีลาบรรณนา (petrography) ธรณีเคมี (geochemistry) ทั้งธาตุประกอบหลัก สัดส่วน $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ เริ่มต้นและ Rb/Sr ข้อมูลอายุ (chronology) และชนิดของกระบวนการเกิดแร่ (mineralization) นอกจากนี้ทั้ง สามบริเวณยังแบ่งแยกได้อย่างชัดเจนจากโครงสร้างธรณีวิทยา เช่น แนวรอยเลื่อนและรอยคดโค้ง ขนาดใหญ่ (major fold and fault zones) และตะเข็บธรณี (geological suture) ยกเว้นภาคเหนือ ของประเทศไทยที่ยังไม่สามารถแบ่งแยกได้ชัดเจนนัก อย่างไรก็ตาม ในที่นี้จะนำเสนอข้อมูลเก่าที่ เคยมีการศึกษาหินแกรนิตในบริเวณต่างๆ ทั้งประเทศ มาสรุปตามแนวแกรนิตหลักที่กล่าวมา โดย จะสรุปในด้านของสมบัติทางศีลาบรรณนา และองค์ประกอบทางธรณีเคมี รวมถึงข้อมูลการวัดอายุ ของหินเหล่านี้ดังที่ Charusiri และคณะ (1993) ได้รายงานสรุปไว้

2.2 แนวหินแกรนิตตะวันออก (Eastern Granite Belt)

หินแกรนิตแนวตะวันออกมีขอบเขตการกระจายตัวตั้งแต่ เกาะบิลลิงตันของอินโดนีเซีย แหลมมาเลเซีย (แผ่นดินใหญ่) ไปยังภาคตะวันออกของประเทศไทยขนานไปตามขอบที่ราบสูง ไคราช สิ้นสุดที่ประเทศลาวและทางตอนใต้ของประเทศจีน (รูป 2.1) โดยทั่วไปหินแกรนิตแนวนี้ แทรกดันตัวขึ้นมาผ่านหินตะกอนและตะกอนภูเขาไฟ (volcaniclastic) ที่เกิดในช่วงพาลีโอโซอิก ตอนบน ตั้งแต่คาร์บอนิเฟอรัส เพอร์เมียน ถึงไทรแอสซิก ส่วนใหญ่เป็นหินโคลนและหินทราย

รองลงมาคือ หินปูน หินภูเขาไฟที่เกิดในทะเล (marine volcanic) องค์ประกอบเป็นอินเตอร์มีเดียต (intermediate composition) กระจายตัวอยู่ทั่วไปและหนาแน่นในบางบริเวณ ซึ่งการแทรกดันตัวของหินแกรนิตเหล่านี้พบเกิดร่วมกับการปะทุของหินภูเขาไฟตั้งแต่ยุคคาร์บอนิเฟอรัส ถึงไทรแอสซิกตอนปลาย มวลหินแกรนิตที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในแนวนี้คือ มวลหินอัคนีตาก (Tak Batholith) พบอยู่ที่จังหวัดตาก ซึ่งได้มีการศึกษาอย่างเป็นระบบโดย Teggan (1975), Pongsapich & Mahawat (1977) และ Mahawat (1982) ส่วนมวลหินขนาดเล็กพบอยู่ในพื้นที่ของจังหวัดแพร่ น่าน ลำปาง เลย จันทบุรี และนราธิวาส (รูป 2.1)

มวลหินแกรนิตแนวตะวันออกมักแสดงความแตกต่างในแต่ละบริเวณของมวลหินตั้งแต่หินแกรนิตแท้ (true granite) หรือ "granite sensu stricto" ตามการจำแนกมาตรฐานของ Streckeisen (1976) ซึ่งมักพบในตอกลางของมวลหินและมีความเป็นเมฟิก (mafic) สูงขึ้นออกไปทางบริเวณขอบของมวลหิน กลายเป็นหินจำพวกควอตซ์-ไดโอไรต์ และแกรโนไดโอไรต์ เป็นต้น โดยทั่วไปกลุ่มหินแกรนิตในแนวแกรนิตตะวันออกนี้ประกอบด้วยแร่ ควอตซ์ และแร่ เฟลสปาร์ทั้งแบบอัลคาไลและแคลเซียม (alkali-and calcium-rich feldspar) อัลคาไลเฟลสปาร์ส่วนใหญ่เป็นแร่ฮอร์โทเคลสสีชมพู (pink orthoclase) สำหรับแคลเซียมเฟลสปาร์หรือแพลจิโอเคลส (plagioclase) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงของแร่โอลิโกเคลส (oligoclase) ถึงแร่แอนดิซีน (andesine) เป็นสำคัญ แร่ฮอร์นเบอร์นด์ (hornblende) สีน้ำตาลอมเขียวถึงเขียวและแร่ไบโอไทต์ (biotite) เป็นองค์ประกอบแร่เมฟิก (mafic mineral) ที่สำคัญ พบแร่มีสโคไวท์น้อยมาก ผลการศึกษาทางธรณีเคมีของหินแกรนิตแนวตะวันออกโดย Mahawat (1982) และ Charusiri (1989) แสดงให้เห็นว่าน่าจะมีกำเนิดจากการตกผลึกลำดับส่วน (differential หรือ fractional crystallization) หรือการหลอมละลายบางส่วน (partial melting) จากหินหนืดแท้ (true magma) รายงานการจำแนกหินแกรนิตเหล่านี้โดย Chappell & White (1974) ได้จัดให้อยู่ในกลุ่มของหินแกรนิตอัคนี (I-type granite) นอกจากนี้แร่แมกนีไทต์ปริมาณมากที่ปรากฏอยู่ในหินแกรนิตแนวตะวันออกนี้บ่งบอกถึงลักษณะ magnetite series granitoid ตามวิธีการจำแนกของ Ishihara และคณะ (1980)

การหาอายุด้วยวิธี $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ โดย Charusiri และคณะ (1993) จากหินแกรนิตในบริเวณแนวแกรนิตตะวันออกให้ผลตั้งแต่ 210 ถึง 245 ล้านปี และแบ่งออกเป็นสี่ช่วงคือ (1) 210 ล้านปี, (2) 220-225 ล้านปี, (3) 227-235 ล้านปี และ (4) 240-245 ล้านปี และยังสรุปโดยใช้ข้อมูลธรณีวิทยาในจังหวัดเลยเพิ่มเติมว่า กลุ่มหินอายุแก่กว่า 240 ล้านปี น่าจะเกิดอยู่ร่วมกันหรือสัมพันธ์กับการเกิดแหล่งแร่ทองคำ ขณะที่กลุ่มที่มีอายุอ่อนกว่า (220-225 ล้านปี) จะสัมพันธ์กับ

การเกิดแหล่งแร่ ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ของจังหวัดเลยตามลำดับ อายุเฉลี่ยของหินแกรนิตอยด์ที่ดอยโง้ม จังหวัดแพร่ ประมาณ 235 ล้านปี ตัวอย่างหินแกรนิตตามแนวจากจันทบุรีถึงชายแดนไทย-กัมพูชา ให้อายุประมาณ 210 ล้านปี ซึ่งอ่อนกว่าตัวอย่างจากจังหวัดตาก (220-225 ล้านปี) อย่างไรก็ตามอายุของหินแกรนิตอยด์ ที่ประเทศลาวและมาเลเซีย ที่คาดว่าอยู่ในแนวตะวันออกเช่นกันแสดงอายุที่แก่กว่าเล็กน้อย Lasser และคณะ (1972) รายงานว่าหินแกรนิตและไดโอไรต์จากพื้นที่ Sanakarm ประเทศลาว (ประมาณ 15 กิโลเมตรทางเหนือของอำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย) ซึ่งสัมพันธ์กับแหล่งแร่ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี มีอายุช่วงเพอร์เมียนตอนต้น คือ ประมาณ 260-270 ล้านปี สำหรับกลุ่มหินแกรนิตอยด์บริเวณ ตะวันออกของมาเลเซีย มีอายุประมาณ 240-290 ล้านปี คือตั้งแต่คาร์บอนิเฟอรัส ตอนปลายถึงไทรแอสซิกตอนต้นจาก (Khoo & Tan, 1983 และ Yab, 1986) สำหรับหินแกรนิตแนวตะวันออกนี้จะไม่ปรากฏแหล่งแร่ทั้งสแตน และดีบุก เกิดร่วมด้วย ยกเว้นบริเวณดอยโง้ม จังหวัดแพร่ นอกจากนี้ได้มีการตรวจสอบอายุของกระบวนการเกิดทั้งสแตน-พลวง (tungsten-stibnite mineralization) ในบริเวณดังกล่าวโดย Charusiri และคณะ (1993) ด้วยวิธี $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ พบว่ามีอายุประมาณ 35 ล้านปี หรือช่วงเทอร์เชียรีตอนกลาง (Middle Tertiary) ซึ่งอ่อนกว่าช่วงเวลาแกรนิตต้นตัวขึ้นมามาก สัดส่วนของสตรอนเทียมไอโซโทปเริ่มต้น (initial Sr isotope ratio) ที่มีค่าต่ำประมาณ 0.70763 จากการคำนวณของ Charusiri และคณะ (1991) โดยใช้ข้อมูลของ Bignell (1972) จากกลุ่มหินแกรนิตอยด์ในจันทบุรี ประกอบกับการพบแร่ฮอร์นเบอร์นด์-สเฟิน (hornblende-sphene) ในหินเหล่านั้น แสดงถึงลักษณะของหินแกรนิตอัคนี (I-type granite)

2.3 แนวหินแกรนิตตอนกลาง (Central Granite Belt)

แนวหินแกรนิตตอนกลางครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ในประเทศไทยโดยเฉพาะในแถบตอนกลางของประเทศตั้งแต่เหนือจรดใต้ แนวหินแกรนิตนี้ประกอบด้วยชุดของมวลหินอัคนีที่ปรากฏในเกือบทุกส่วนของภาคเหนือและภาคตะวันออกของประเทศไทยลงไปทางใต้บริเวณแหลมไทย (Peninsula Thailand) เทือกเขาหลักของประเทศมาเลเซียและเกาะ Bangka, เกาะ Singkep และเกาะ Tuju ของอินโดนีเซีย (ดูรูป 2.1) สำหรับประเทศไทยแนวหินแกรนิตตอนกลางอยู่ในพื้นที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง ในภาคเหนือ จังหวัดชลบุรี ระยอง ทางภาคตะวันออก และสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ยะลา ในภาคใต้ จากการเปรียบเทียบกับหินแกรนิตอยด์ของแนวตะวันออก พบว่ามีความแตกต่างกันมากทั้งทางด้านองค์ประกอบและสภาพแวดล้อมทางธรณีวิทยา สำหรับหินท้องที่ที่ถูกหินแกรนิตตอนกลางแทรกดันเข้ามาเป็นหินตะกอนอายุพาลีโอ-

โซอิกตอนปลาย (Late Paleozoic) ถึงเมโซโซอิกตอนต้น (Early Mesozoic) โดยปราศจากหินภูเขาไฟหรือตะกอนภูเขาไฟที่เข้ามาเกี่ยวข้อง หินตะกอนเหล่านี้ประกอบด้วยหินโคลน หินทรายแป้ง และหินทราย โดยมีหินปูนหรือคาร์บอเนตปะปนอยู่บ้างและหินเหล่านี้มีลำดับการแปรสภาพต่ำ (low-grade metamorphism) โดยบริเวณทางภาคเหนือพบชุดหินคาร์บอเนตยุคคออร์โดวีเซียนที่แผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างกว่าทางใต้ลงมา ขอบเขตของแนวหินแกรนิตตอนกลางนี้ถูกจำกัดโดยแนวรอยเลื่อน (หรือตะเข็บธรณี) Betong-Ruab ทางขอบด้านตะวันออก แนวรอยเลื่อนคลองมารุย และรอยเลื่อนด่านเจดีย์สามองค์ทางขอบด้านตะวันตกตามแนวที่มวลหินแกรนิตแม่สะเรียงแทรกดันตัวขึ้นมา

หินแกรนิตหอยด์มากกว่าร้อยละ 90 ในแนวตอนกลางนี้ ถูกจำกัดอยู่ในกลุ่มหินแกรนิตจริงตามวิธีการจำแนกของ Streckeisen (1976) ส่วนใหญ่แสดงลักษณะเด่นคือประกอบด้วยแร่ไบโอไทต์จำนวนมาก มีเนื้อหยาบและมีเนื้อผลึกดอก (Liew & Page, 1985; Hutchison, 1983; Cobbing และคณะ, 1986; Charusiri, 1989) แร่เมฟิกเป็นแร่ฮอร์นเบลนด์สีเขียวไม่พบโดยทั่วไปต่างจากแร่มีสโคไวท์ ที่พบบ่อยและมีปริมาณมากขึ้นในบริเวณที่ใกล้เคียงกับแหล่งดีบุก-ทังสแตน แร่ควอตซ์พบในปริมาณที่พอๆ กับเฟลสปาร์ที่มีผลึกแร่ขนาดใหญ่รูปร่างยาวสี่เหลี่ยมพบเป็นแร่ไมโครไคลน์ (microcline) และไมโครไคลน์-เพอร์ไทต์ (microcline-perthite) เป็นส่วนใหญ่ จากข้อมูลธรณีเคมีของหินแกรนิตในแนวตอนกลางนี้บ่งชี้ว่ามีกำเนิดมาจากการหลอมละลายบางส่วนของหินที่มีอยู่แล้วในเปลือกโลก ดังนั้นถ้าอาศัยการจำแนกของ Chappel & White (1974) หินเหล่านี้จัดอยู่ในกลุ่มแกรนิตตะกอน (S-type granite) สำหรับการจำแนกของ Ishihara (1977) พบการกระจายตัวของแร่อิลมีไนต์ (ilmenite) ในหินกลุ่มนี้จึงจัดเป็นชุดแกรนิต ilmenite series อย่างไรก็ตามข้อมูลการสำรวจธรณีวิทยาและผลวิเคราะห์ธรณีเคมีแสดงให้เห็นว่ามีหินแกรนิตชนิด I-type และ magnetite series กระจายอยู่บ้างในแนวตอนกลางนี้ โดยหินชนิด I-type พบเป็นบริเวณกว้างที่ดอยหมอก (Charusiri, 1989) และดอยตุง จังหวัดเชียงราย

หินแกรนิตหอยด์แทรกซอนแสดงริ้วลาย (foliated granitoid intrusions) ซึ่งสัมพันธ์กับหินไนส์ (gneiss) และหินแปรชั้นสูง (high-grade metamorphic rocks) ชนิดอื่นๆ ในแนวหินแกรนิตตอนกลางถูกจัดให้มีอายุพรีแคมเบรียน (Precambrian) โดยนักวิชาการหลายท่าน อาทิเช่น Dheeradilok (1973), Campbell (1973), Workman (1975), Bunopas (1981), Pongsapich และคณะ (1983) อย่างไรก็ตามอายุที่แท้จริงของหินที่เปลี่ยนรูปเหล่านี้ยังคงเป็นที่ถกเถียงเนื่องจากขาดข้อมูลการหาอายุหินจริง จากไอโซโทปโดยเฉพาะการหาอายุด้วยวิธี U-Pb ของแร่เซอร์คอน (zircon) หรือโมนาไซต์ (monazite)

แนวหินแกรนิตตอนกลางนี้ยังคงสามารถแบ่งออกเป็นสามแนวย่อยที่เกือบขนานในแนวเหนือใต้โดยเฉพะอย่างยิ่งบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ชุดหินแกรนิตในบริเวณหินฐานทางตะวันตกของเชียงใหม่และตากถูกขนานโดยทิวมวลหินแกรนิต Cobbing และคณะ (1986) ให้ความเห็นว่ากลุ่มหินแกรนิตบริเวณตอนกลางนี้น่าจะเป็นตัวแทนของแนวหินมิกมาไทต์ (migmatitic zone) ของการหลอมละลายบางส่วนในช่วงอายุเพอร์โม-ไทรแอสซิก (Permo-Triassic anatexis) ลักษณะของหินแกรนิตโดยทั่วไปไม่มีเนื้อหยาบแต่มีความแตกต่างของเนื้อหินอย่างชัดเจนตั้งแต่มีปณผลึกดอกหรือผลึกดอกขนาดใหญ่ (megacryst) ปริมาณมากไปจนถึงขนาดผลึกเท่าๆ กัน และความแตกต่างในแง่ของแร่วิทยาจากหินที่มีแร่ไบโอไทต์อยู่มาก ไปจนถึงที่ประกอบด้วยทั้งไบโอไทต์-มัสโคไวท์ (biotite-muscovite bearing rocks) หินทั้งหมดแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะ (deformed) อย่างรุนแรง บางบริเวณพบลักษณะเนื้อหินแตกหัก (cataclastic texture) ซึ่งแสดงถึงแรงบีบอัดอย่างแรง หินเกือบทั้งหมดมีแนวริ้วลายขนาน (foliation) ในแนวระนาบเกือบราบ (subhorizontal) ทำให้เนื้อหินอัคนีเดิมสังเกตเห็นได้ยาก

หินแกรนิตอยด์ทางตะวันออกของแนวหินแกรนิตตอนกลางนี้ ประกอบด้วยมวลหินแม่จัน จังหวัดเชียงรายซึ่งวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ เช่นเดียวกับแนวของมวลหินอัคนีบริเวณกว้าง ผาง-แม่สรวย และ เวียงป่าเป้า-ขุนตาล ส่วนทางตะวันตกวางตัวอยู่ใกล้เขตแดนไทย-เมียนมาร์ ทางใต้ของจังหวัดแม่ฮ่องสอนประกอบด้วยมวลหินขนาดใหญ่ซึ่งอกกลุ่มหินอัคนีซับซ้อน (igneous complex) แม่สะเรียง (Braun, 1976) วางตัวจากอำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ไปจนถึงอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ต่อไปทางด้านตะวันตกของจังหวัดตาก

กลุ่มหินแกรนิตอยด์ของแนวหินแกรนิตตอนกลางนี้แทรกอยู่ในหินตะกอนที่แปรสภาพ (metasediments) ในมหายุคพาลีโอโซอิก ซึ่งหินตะกอนแปรสภาพเหล่านี้ได้ถูกเสนอให้เป็นหินพรีแคมเบรียน แนวสัมผัสของหินตะกอนเป็นแบบค่อนข้างชัดเจน และมีขอบสัมผัสผัดความร้อน (thermal aureoles) ค่อนข้างแคบ ตัวมวลหินอัคนีได้ตัดเข้ามาตอนกลางแนวหินมิกมาไทต์ (Cobbing และคณะ 1986) แต่แสดงแนวสัมผัสไม่ชัดเจนเป็นแบบค่อยๆ เปลี่ยนไป (transitional contact) ซึ่งหินแกรนิตอยด์ส่วนใหญ่ไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะ มีแต่ริ้วลายขนานที่ปรากฏในบริเวณที่อยู่ภายใต้อิทธิพลการแปรสภาพ

สำหรับทางภาคใต้ของประเทศ มวลหินแกรนิตอยด์ของแนวหินแกรนิตตอนกลางปรากฏในบริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานี สงขลา และยะลา หินเหล่านี้โดยทั่วไปมีลักษณะคล้ายกับทางภาคเหนือ คือ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่ไบโอไทต์ มีเนื้อหยาบ และมีเนื้อผลึกดอก (porphyritic

texture) ที่อาจเปลี่ยนไปเป็นชุดหินเนื้อปานกลาง (medium-grained) และที่ประกอบด้วยผลึกแร่ขนาดเท่าๆ กัน (equigranular) ในบางบริเวณ

ผลการหาอายุด้วยวิธี $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ โดย Charusiri (1989) สามารถประเมินอายุของหินแกรนิตแนวตอนกลางได้ประมาณ 180-220 ล้านปีซึ่งเวลาดังกล่าวยังแบ่งย่อยได้เป็น 2 ช่วง คือ 200-220 ล้านปี สำหรับหินในภาคเหนือและ 180-200 ล้านปี สำหรับภาคใต้ อายุของกระบวนการเกิดแร่หลักพวก ดีบุก- ทังสแตน เช่น แห่่งคดยหมอก จังหวัดเชียงราย พุ่งหลวง จังหวัดลำปาง พุ่งโพธิ์-พุ่งขม้น จังหวัดสงขลา และปันเยาะ จังหวัดยะลา ก็ถูกจัดอยู่ในช่วงเวลาเดียวกันกับการเกิดหินแกรนิตในแนวตอนกลางนี้ อย่างไรก็ตามพบว่าแห่่งดีบุก-ทังสแตนในบางบริเวณที่พบธาตุหายาก (rare earth elements) อีกด้วย (Khantaprab และคณะ 1990) เช่น บริเวณกลุ่มเหมืองสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และแถบเหมืองเขาขโมย จังหวัดสุพรรณบุรีจากการตรวจสอบอายุโดยวิธี $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ พบว่าแห่่งแร่ดังกล่าวมีอายุประมาณ 56 ล้านปี หรือ เทอร์เชียรีตอนต้น ในขณะที่หินแกรนิตหลักในบริเวณดังกล่าวมีอายุ 220-240 ล้านปี (Teggin, 1975; Nakapadungrat และคณะ, 1984; Charusiri และคณะ, 1991) ได้ข้อสรุปจากการคำนวณค่า Rb-Sr whole rock ว่าหินแกรนิตรอยต์ในแนวตอนกลางเกือบทั้งหมดเป็นหินแกรนิตตะกอน โดยใช้พื้นฐานจากค่าไอโซโทปเริ่มแรกของ Sr ที่มีค่าค่อนข้างสูง

2.4 แนวหินแกรนิตตะวันตก (Western Granite Belt)

แนวหินแกรนิตตะวันตกก็มีลักษณะการกระจายตัวของหินในแนวเดียวกับแนวหินแกรนิตอื่นๆ กล่าวคือ มีการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ กลุ่มหินแกรนิตรอยต์ในแนวนี้ส่วนใหญ่พบกระจายตัวอยู่ในประเทศเมียนมาร์ โดยเฉพาะด้านตะวันออกของประเทศ (ดูรูป 2.1) Clarke & Beddoe-Stephens (1987) ได้จัดให้หินแกรนิตแถบนี้สัมพันธ์กับแห่่งดีบุก-ทังสแตน และมีการกระจายตัวไปจนถึงทางเหนือของเกาะสุมาตราซึ่งนับว่าเป็นแนวหินแกรนิตที่ยาวมาก แกรนิตแนวนี้มีพื้นที่ในประเทศไทยน้อยมากเมื่อเทียบกับอีกสองแนวที่กล่าวไปก่อนหน้านี้ โดยพบเป็นแถบพื้นที่แคบๆ บริเวณภาคตะวันตกตามแนวชายแดนไทย-เมียนมาร์ และแสดงลักษณะเป็นหย่อมเล็กๆ กระจัดกระจาย เช่นบริเวณแม่ละเมา-ท่าสองยาง แนวมวลหินอัคนีเล็กๆ ในจังหวัดกาญจนบุรี เช่น ปิล็อก ไปจนถึงประจวบคีรีขันธ์ และทางภาคใต้เช่นระนอง พังงา และภูเก็ต สำหรับหินข้างเคียงที่ปรากฏในบริเวณแนวหินแกรนิตตะวันตกส่วนใหญ่เป็นหินตะกอนชนิดเนื้อแตกหลุด (clastic sedimentary rocks) มีอายุตั้งแต่เพอร์เมียนจนถึงยุคคาร์บอนิเฟอรัส แต่ไม่พบหลักฐานว่าหิน

ดังกล่าวปรากฏในบริเวณแนวแกรนิตตอนกลาง โดยหินที่พบเป็นบริเวณกว้างที่สุดคือหินโคลนปนกรวด (pebbly mudstone) ของกลุ่มหินแก่งกระจาน

การศึกษาทางธรณีวิทยา ศิลาวิทยา (petrology) และแร่วิทยา (mineralogy) แสดงให้เห็นว่าหินแกรนิตแนวนี้ส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตแท้ ตามหลักการจำแนกของ Streckeisen (1976) ซึ่งมีลักษณะทั่วไปคล้ายคลึงกับกลุ่มหินในแนวตอนกลาง โดยพบแร่ไบโอไทต์และแร่มัสโคไวต์ได้ทั่วไป ในขณะที่แร่ฮอร์เนเบลนด์ค่อนข้างหายาก แร่ควอตซ์และไมโครไคลน์ ก็พบอยู่โดยทั่วไปเช่นเดียวกัน ผลทางธรณีเคมีพบว่าประมาณร้อยละ 98 ของหินเหล่านี้เป็นหินแกรนิตตะกอนและชุดหินแกรนิตอิลมิไนต์ อย่างไรก็ตามยังพบหินแกรนิตอัคนี และ/หรือ ชุดหินแกรนิตแมกนีไทต์ในบางบริเวณด้วย แต่เป็นมวลหินอัคนีขนาดเล็ก เช่นในพื้นที่ภูเก็ทและพังงา (Charusiri, 1989) และอำเภอเมืองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ผลการหาอายุด้วยวิธี $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ของหินแกรนิต ในแนวนี้แสดงให้เห็นว่าทั้งหินแกรนิตตะกอนและหินแกรนิตอัคนีมีอายุในช่วง 50-88 ล้านปี คืออยู่ในช่วงยุคครีเทเชียสตอนปลายถึงเทอร์เชียรีตอนต้น ซึ่งอายุการเกิดของหินเหล่านี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วงอายุย่อย คือ 65-88 ล้านปี และ 50-60 ล้านปี (Charusiri และคณะ, 1993) แหล่งแร่ดีบุกและทังสแตนที่เกิดร่วมกับแร่ที่มีธาตุหายาก ก็พบว่ามีความสัมพันธ์ในการเกิดร่วมทั้งเชิงช่วงเวลาและสถานที่กับหินแกรนิตตะกอน ทั้งสองช่วงเวลาดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้ยังพบหินแกรนิตตะกอนอายุ 45 ล้านปีเพียงเล็กน้อยแต่ยังคงมีความเกี่ยวข้องกับแหล่งแร่ดีบุก-ทังสแตน ทั้งในภาคเหนือและภาคใต้ของประเทศไทย Nakapadungrat และคณะ (1984) ได้เคยรายงานอายุของหินแกรนิตเหล่านี้ว่ามีช่วง 130-90 ล้านปี โดยใช้วิธีหาอายุแบบ Rb-Sr จากหินแกรนิตทั้งก้อน

2.5 บทสรุป

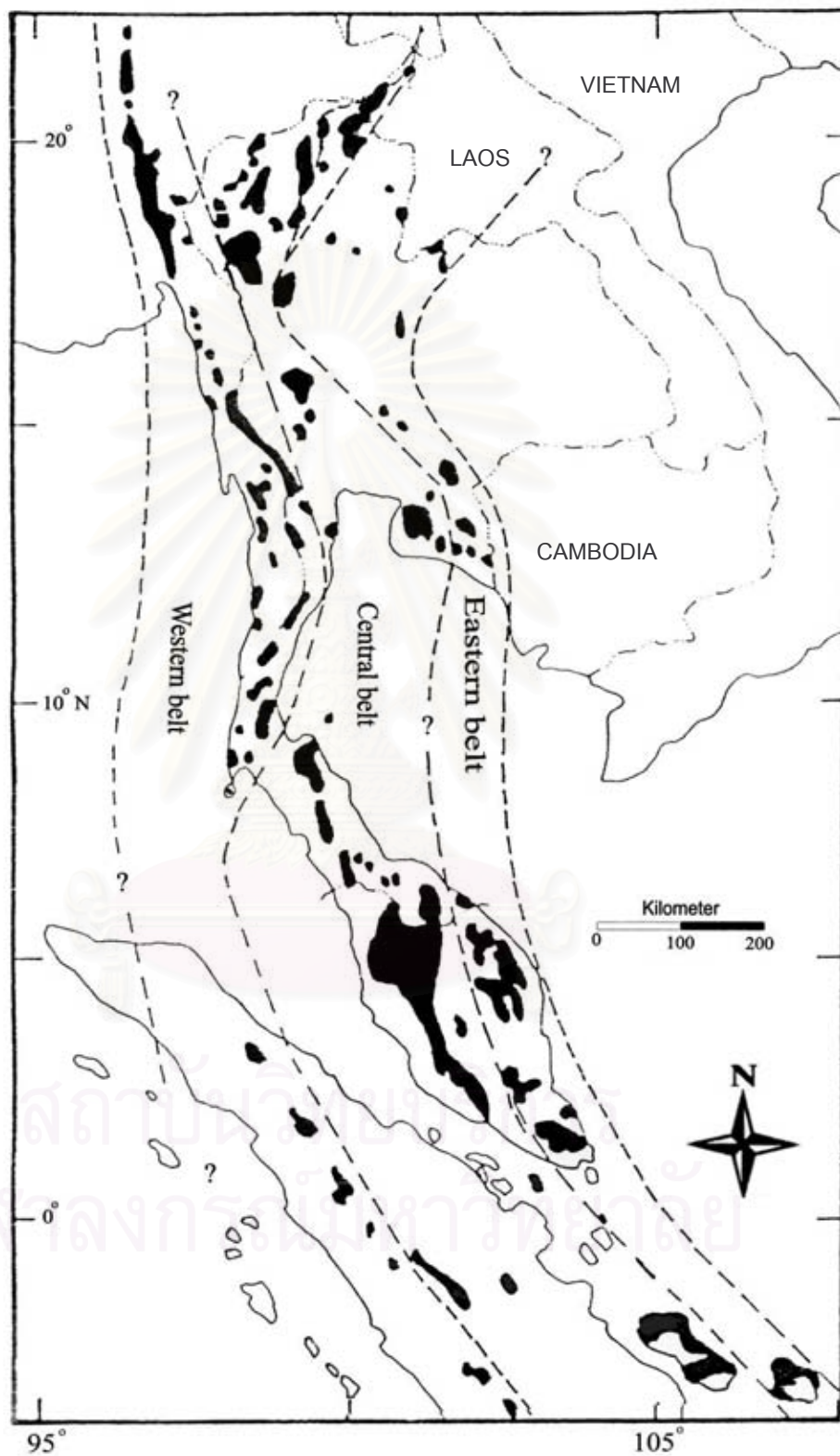
จากการศึกษาของ Charusiri และคณะ (1993) และข้อมูลด้านอื่นๆ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มหินแกรนิตและหินที่อยู่ในกลุ่มใกล้เคียงกัน ซึ่งเรียกรวมว่า หินแกรนิตทยอยต์ นั้นกระจายตัวอยู่ทั่วทุกภาคในประเทศไทยยกเว้นบริเวณที่ราบสูงโคราช และสามารถจัดแบ่งออกเป็น 3 แนวหลัก ประกอบด้วย แนวตะวันตก แนวตอนกลาง และแนวตะวันออก โดยที่แนวแกรนิตทั้งสามแนวมักแสดงลักษณะเป็นเทือกเขาใหญ่มีการกระจายตัวตั้งแต่ภาคเหนือถึงภาคใต้ เนื่องจากแนวหินแกรนิตเหล่านี้มีความแตกต่างกันทั้งในแง่ สภาพแวดล้อมทางธรณีวิทยา การเกิด ชนิดของหิน การกระจายตัว อายุ และแหล่งแร่เศรษฐกิจที่เกิดร่วม ดังนั้นศักยภาพของวัสดุทางธรณีวิทยา สำหรับการใช้ประโยชน์จึงแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ แหล่งแร่ดีบุก ทังสแตน แร่ที่มีธาตุ

ลิเทียม (Li) เป็นองค์ประกอบ ฟลูออไรต์ และธาตุหายากพบสะสมตัวอยู่ในบริเวณของแนวหินแกรนิตตอนกลางและตะวันตก ส่วนแหล่งแร่เหล็ก ทองแดง ทองคำและพลวงมักพบเกิดร่วมกับหินแกรนิตแนวตะวันออก นอกจากนี้การศึกษาของ Charusiri และคณะ (1993) พบหินแกรนิตอัคนี และ/หรือ magnetite series ที่พบปะปนอยู่ในแนวแกรนิตตะวันตกและแนวตอนกลางไม่น่าจะมีความสัมพันธ์กับแหล่งแร่ดีบุก ทั้งสแตน และธาตุหายาก

Charusiri และคณะ (1993) ได้ให้ความเห็นด้วยว่าผลการหาอายุด้วยวิธี $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ มักแตกต่างจากวิธี Rb-Sr จากหินทั้งก้อนและวิธี K/Ar และยังสรุปอีกว่าอายุของหินแกรนิตตะวันออกในประเทศไทยควรมีอายุไม่เกินยุคไทรแอสซิก ซึ่งอ่อนกว่ารายงานเก่าที่เคยรายงานไว้ว่ามีอายุถึงยุคเพอร์เมียน นอกจากนี้แล้วสำหรับแนวหินแกรนิตตอนกลาง จากเดิมเคยมีรายงานอายุถึงยุคไทรแอสซิกนั้นแท้จริงควรเกิดในช่วงอายุที่ยาวกว่าคือเกิดขึ้นในช่วงยุคไทรแอสซิกตอนปลายถึงยุคจูแรสซิกตอนกลาง และแนวหินแกรนิตตะวันตกควรมีอายุในช่วงยุคครีเทเชียสตอนปลายถึงยุคเทอร์เชียรีตอนกลาง ซึ่งอ่อนกว่าผลการงานเก่าที่เคยมีผู้เสนอไว้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 2.1 การกระจายตัวของหินแกรนิต (สีดำ) ในแนวหินแกรนิตต่างๆ ของประเทศไทยและข้างเคียง
(คัดลอกจาก Charusiri และคณะ, 1993)

บทที่ 3 ธรณีวิทยาทั่วไป

3.1 ธรณีวิทยาบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยซึ่งครอบคลุมพื้นที่ในส่วนของเปลือกโลกของทั้งจุลทวีปชาน-ไทย (Shan-Thai microcontinent) และจุลทวีปอินโดจีน (Indochina microcontinent) ทำให้มีสภาพธรณีวิทยาทั่วไปประกอบด้วยหินหลากหลายอายุ ตั้งแต่พรีแคมเบรียนจนถึงควอเทอร์นารี อย่างไรก็ตามการกำหนดอายุหินบางยุคโดยเฉพาะยุคเก่าก็ยังคงมีความคลุมเครืออยู่ เนื่องจากขาดหลักฐานทางบรรพชีวินมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ เช่นหินบริเวณตะวันตกสุดของจังหวัดชลบุรี และบริเวณใกล้ชายแดนประเทศกัมพูชาของจังหวัดสระแก้วและจันทบุรี

ชั้นหินบริเวณชายฝั่งวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยหินมหายุคพรีแคมเบรียนปรากฏให้เห็นบริเวณตอนกลางของภูมิภาค ด้านตะวันตกของพื้นที่พบหินของมหายุคพาลีโอโซอิกโผล่กระจายเป็นบริเวณแคบๆ ขณะที่ด้านตะวันออกพบหินมหายุคพาลีโอโซอิกเป็นบริเวณกว้าง หินยุคไทรแอสซิกมีทั้งหินชั้นและหินอัคนีโผล่เป็นแนวจากจังหวัดสระแก้วลงไปจนถึงจันทบุรีร่วมกับหินของแนวตะเข็บรอยต่อธรณีสระแก้ว หินมหายุคมีโซโซอิกเป็นหินภูเขาไฟและหินชั้นปรากฏอยู่ตามชายฝั่งด้านตะวันออกและเกาะทางด้านใต้ของจังหวัดตราด หินอัคนีแทรกซอนที่ศึกษาค้นพบครั้งนี้ปรากฏเป็นมวลหินขนาดใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดชลบุรี ระยองและจันทบุรี (รูปที่ 3.1)

ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวรอยเลื่อนวางตัวขนานกับแนวการคดโค้งตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และมีแนวรอยเลื่อนที่ต่อเนื่องจากแนวรอยเลื่อนแม่ปิงในแนวตะวันออกเฉียง-ตะวันตกบริเวณจังหวัดสระแก้ว

3.2 ลำดับชั้นหินทั่วไป

โดยการลำดับชั้นหินในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากอายุแก่สุดไปยังอายุน้อยสุดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 หินมหายุคพรีแคมเบรียน หินไนส์ชลบุรีซึ่งจัดอยู่ในหินที่มีลักษณะปรากฏแบบชุดหินแปรแอมฟิโบลิต์ (amphibolite facies) ประกอบด้วยหินแปรพวกไบโอไทต์ไนส์ หินออร์โทไนส์

หินฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์ไนส์ หินควอตซ์ไมกาชีสต์ หินแอมฟิโบไลต์ชีสต์ หินควอตซ์-ไมกา-โคยาไนต์ชีสต์ และหินแคลก์ซิลิเกตโดย Bunopas (1981) เชื่อว่าเป็นหินที่มีอายุพรีแคมเบรียน หินแปรชุดนี้วางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ มีแนวสัมผัสแบบรอยเลื่อนกับหินแปรเกรดต่ำยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน

หินแปรอายุพรีแคมเบรียนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง ซึ่งได้รับการตั้งชื่อเป็น ชลบุรีแมสซิฟ (Chonburi massif) โดย Campbell (1973) หินแปรเหล่านี้ได้รับการศึกษาโดย Areesiri (1982) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

บริเวณเขาเจ้า อำเภอพนัสนิคม-อำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี พบชุดหินแปรเกรดต่ำไปหาสูงดังนี้ หินไบโอไทต์-ไดออปไซด์ไนส์ เนื้อละเอียด, หินไบโอไทต์-ซิลลิมาไนต์ไนส์ แสดงลักษณะ augen, หินฮอร์นเบลนด์-ไดออปไซด์ไนส์ เนื้อละเอียดถึงหยาบปานกลาง, หินไบโอไทต์ไนส์ เนื้อละเอียดถึงหยาบปานกลาง, หินไบโอไทต์-ฮอร์นเบลนด์ไนส์ เนื้อหยาบ และหินไบโอไทต์-เฟลสปาร์-ควอตซ์ไนส์ ที่ประกอบด้วยชั้นเนื้อหยาบปานกลางแทรกสลับกับชั้นที่เป็นเนื้อหยาบ นอกจากนี้หินแปรเกรดสูงชนิดต่างๆ ดังกล่าวแล้ว Areesiri (1982) ยังได้รายงานว่าพบหมวดหินอ่อน-แคลก์ซิลิเกตที่ปรากฏเป็นรูปเลนส์แทรกอยู่ในเนื้อหินไบโอไทต์-ฮอร์นเบลนด์ไนส์ และหินแอมฟิโบไลต์ เป็นชั้นหนาดั้งแต่ 2 เซนติเมตร ถึง 10 เมตร แทรกอยู่ในหินไนส์ทุกชนิด

บริเวณตอนเหนือของเทือกเขาชะเมา อำเภอแกลง จังหวัดระยอง หินแปรบริเวณนี้เป็นหินแปรเกรดสูงที่คาดว่ามีอายุพรีแคมเบรียน ประกอบด้วยหินไมกาชีสต์, หินฮอร์นเบลนด์ชีสต์พบเป็นแนวเขานาขนาดเล็กที่ทอดยาวลงมาในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ วางตัวติดกับหินข้างเคียงอายุอ่อนแบบระนาบรอยเลื่อน

3.2.2 หินยุคแคมเบรียน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีหมวดหินในยุคแคมเบรียนเพียงหมวดเดียวที่รายงานไว้โดยกรมทรัพยากรธรณี คือ หมวดหินควออร์ตไซต์เกาะล้าน ซึ่งตั้งชื่อโดย Bunopas (1981) พบบนเกาะขนาดเล็กที่อยู่ห่างจากพัทยาไปทางตะวันตกประมาณ 10 กิโลเมตร หรืออยู่ทางใต้ของจังหวัดชลบุรี ชั้นหินทั้งหมดมีความหนาประมาณ 500 เมตร ประกอบด้วยหินควออร์ตไซต์สีน้ำตาลที่มีทั้งลักษณะไม่เป็นชั้น และเป็นชั้นชัดเจน หินชนวน เนื้อหินดินดาน สีน้ำตาลเทา และหินชนวนสีดำถึงสีน้ำตาล ชั้นหินของหมวดนี้แสดงการคดโค้ง

อย่างไรก็ตาม อายุของหมวดหินควออร์ตไซต์เกาะล้าน ยังคงคลุมเครืออยู่เนื่องจากยังขาดข้อมูลที่เพียงพอในการกำหนดอายุอย่างชัดเจน

3.2.3 หินยุคออร์โดวิเชียน

หมวดหินปูนสีซัง

Buravas (1957) ได้จัดให้หินปูนที่เกาะสีซังเป็นหินในยุคออร์โดวิเชียนโดยตั้งชื่อหมวดหินปูนสีซัง ต่อมา วีรศักดิ์ นาคนิทรบดี และคณะ (2519) ได้รวมหินหมวดนี้ให้เป็นส่วนหนึ่งของหมวดหินทุ่งสงภาคตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนบนของชั้นหินต้นฉบับพบที่เกาะสีซัง ซึ่งอยู่ห่างจากอำเภอศรีราชาไปทางตะวันตกประมาณ 11 กิโลเมตร ส่วนล่างพบที่หาดทะเลจากศรีราชาไปถึงบางละมุง ทางตอนใต้ของจังหวัดชลบุรี หมวดหินปูนสีซังที่โผล่ที่เกาะสีซังมีความหนาประมาณ 400 เมตร ประกอบด้วยหินปูนเนื้อโคลนสีเทาเข้ม ลักษณะเป็นชั้นดีถึงชั้นหนามากมีลักษณะภายนอกคล้ายกับหินยุคออร์โดวิเชียนที่พบบริเวณอื่นของประเทศ หมวดหินนี้วางตัวอยู่บนหินควอร์ตไซต์ หินควอตซ์ซีสต์ อย่างไรก็ตามอายุของหมวดหินก็ยังคงไม่ชัดเจนเช่นกันเนื่องจากซากฟอสซิลที่พบนั้นสูญเสีรูปร่างจากการถูกบีบอัด

3.2.4 หมวดหินไซลูเรียน-ดีโวเนียน

หมวดหินดินดานสีเทา

Bunopas (1981) รายงานว่าหมวดหินนี้ประกอบด้วยหินดินดานกึ่งหินชนวนสีเทาเขียว หินทรายเนื้อโคลนละเอียด สีน้ำตาลเทา บางช่วงพบหินปูนชั้นบางแทรกอยู่ หินหมวดนี้โผล่ให้เห็นชัดเจนบริเวณฐานทัพเรือสัตหีบ หินส่วนมากมีแนวแตกเรียบดี

หมวดหินซีสต์และหินฟิลไลต์แกลง

หินในหมวดนี้มักจะพบบริเวณที่ต่ำที่ขนานอยู่กับแนวภูเขาหินในสัมมาหายุคพรีแคมเบรียน ประกอบด้วย หินควอตซ์ไมกาซีสต์ หินทัฟฟาเซียสควอร์ตไซต์ และหินทัฟฟาเซียสฟิลไลต์ สีน้ำตาลแกลงสลับกัน หินส่วนมากมีแนวแตกเรียบสมบูรณ์ และมีชั้นหินคดโค้ง ปานกลางโดยโครงสร้างหลักส่วนมากเอียงเทไปทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 55 องศา

3.2.5 ยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน

หินที่เชื่อว่าเป็นหินยุคคาร์บอนิเฟอรัสกระจายตัวเป็น 3 แนวดังนี้

แนวชลบุรี-สัตหีบ วางตัวต่อเนื่องจากหินดินดานสีเทาอายุไซลูเรียน-ดีโวเนียนขึ้นไปจนถึงหินปูนยุคเพอร์เมียนตอนกลาง ปรากฏให้เห็นตลอดแนวชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งแต่ชลบุรี-แหลมฉบัง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี เช่น เขาพุ เขาเชิงเทียน เขาชีจรรย์ เป็นต้น (Salyapongse & Jungyusuk, 1980) ชั้นหินตอนล่างประกอบด้วยหินควอร์ตไซต์มีลักษณะเป็นชั้น หินควอตซ์-ไมกา

ซีสต์ หินดินดานเนื้อซิลิกา และหินปูนชั้นบาง สีเขียวและสีเทา ชั้นหินตอนบนเป็นหินปูนค่อนข้างหนาที่มีหินโคลไนด์แทรกสลับอยู่บางช่วง ชั้นหินตอนล่างมักพบหินเชิร์ตแทรกสลับอยู่ด้วย หินทั้งหมดถูกแรงกระทำอย่างรุนแรงอย่างน้อย 2 ครั้ง ทำให้แปรสภาพเป็นหินแปรเกรดต่ำ

แนวพนัสนิคม-แกลง บริเวณตอนกลางและชายฝั่งทะเลด้านใต้พบหินยุคนี้วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ตอนเหนือของแนวเขาชะมูน และเขาใหญ่ หินที่พบประกอบด้วยหินดินดานกึ่งหินชนวน หินทรายแป้ง และหินทราย สีเทาดำที่แสดงการเรียงตัวของเม็ดแร่ บางบริเวณมีการแปรสภาพเป็นหินซีสต์เนื้อแกรไฟต์ โดยเฉพาะบริเวณที่สัมผัสกับหินแกรนิต (ชัยวัฒน์ ผลประสิทธิ์ และ ต่อศักดิ์ ประสมทรัพย์, 2527)

หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนล่างบริเวณอำเภอพนมสารคาม อำเภอสนามชัยเขต อำเภอบ่อทอง อำเภอท่าใหม่และอำเภอแกลง ประกอบด้วยหินทรายแป้งเนื้อไมกา หินดินดาน หินปูน หินควอร์ตไซต์ หินเชิร์ตและหินกรวดมน

แนวจันทบุรี-ตราด ประกอบด้วยหินแอมฟิไบไลต์ซีสต์ ฮอर्นเบลนด์ซีสต์ ควอตซ์ซีสต์ หินทัฟฟ์แปรสภาพ หินอ่อนรูปเลนส์ หินเชิร์ตแปรสภาพ และหินฟิลไลต์สีแดง ปะการังหลักฐานทางบรรพชีวินที่บ่งบอกอายุว่าหินเหล่านี้อยู่ในยุคเพอร์เมียน

3.2.6 หินมหายุคมีโซโซอิก

หินยุคมีโซโซอิกที่ปรากฏในภาคตะวันออกเฉียงใต้ทั้งหินที่สะสมตัวในทะเลและหินที่สะสมตัวบนพื้นทวีป โดยหินที่เชื่อว่าสะสมตัวในทะเล สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบตะกอนน้ำพารูปพัดใต้ทะเล (submarine fan) มีอายุอยู่ในยุคไทรแอสซิก ซึ่งประกอบไปด้วย 4 หมวดหิน เรียงจากอายุมากไปหาน้อยดังนี้ หมวดหินสุขไพรวัน หมวดหินเนินโพธิ์ หมวดหินโป่งน้ำร้อน และหมวดหินผู้ใหญ่เยื่อ สำหรับหมวดหินทรายแดงที่สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมของการตกตะกอนแบบตะกอนรูปพัดและทางน้ำโค้งตวัด ได้แก่ หมวดหินแหลมสิงห์ หมวดหินภูกระดึงและหมวดหินพระวิหาร

หมวดหินสุขไพรวัน

หมวดหินนี้กระจายตัวไม่กว้างขวางมากนัก พบบริเวณด้านตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอแกลง จังหวัดระยอง ที่เขาสุขไพรวัน เขาวง เขาช่องลม และเขาชะอองโอน (Fontaine & Salyapongse, 1997) หมวดหินมีความหนาประมาณ 100 เมตร ประกอบด้วยหินปูนสีเทา เทาดำ และน้ำตาลอมม่วง เป็นชั้นบางถึงหนานปานกลาง พบซากบรรพชีวินบ่งชี้อายุไทรแอสซิกตอนต้นถึง

ตอนกลาง ช่วงล่างของหมวดหินมีหินดินดานแทรกสลับอยู่บางช่วง บางส่วนมีหินตะกอนภูเขาไฟปน หมวดหินนี้ไม่แสดงการถูกกระทำที่รุนแรง วางตัวอยู่บนหินยุคเพอร์เมียนตอนบนด้วยรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง

หมวดหินเนินโพธิ์

หมวดหินนี้พบบริเวณตอนเหนือของจังหวัดจันทบุรี ต่อเนื่องลงมาทางตอนใต้ถึงจังหวัดตราด ที่อำเภอแหลมงอบ โดยโผล่ให้เห็นชัดเจนที่บ้านเนินโพธิ์ เขาข้าห่าน และที่บ้านหนองขี้ม หินหมวดนี้ประกอบด้วยหินโคลน หินดินดานเนื้อปนถ่าน สีดำ เทาดำ และบางบริเวณพบหินเชิร์ต สีเทาเป็นชั้นบาง 3-5 เซนติเมตร แทรกสลับอยู่กับหินตะกอนภูเขาไฟ ชั้นหินในหมวดนี้แสดงการคดโค้งและการเรียงตัวของเม็ดตะกอนอย่างเด่นชัด

หมวดหินโป่งน้ำร้อน

หมวดหินนี้กระจายตัวอยู่ทางตะวันออกของจังหวัดจันทบุรี ตามแนวถนนจันทบุรี-สระแก้ว โดยเฉพาะบริเวณอำเภอโป่งน้ำร้อนและอำเภอดงน้ำเย็น ตามแนวชายแดนไทย-กัมพูชา

หมวดหินโป่งน้ำร้อนมีความหนามากกว่า 200 เมตร ประกอบด้วยหินทราย สีเทาดำ เนื้อแน่น การคดขนาดไม่ดี เป็นชั้นหนาถึงมวลหนา องค์ประกอบของหินทรายส่วนใหญ่เป็นเศษหินตะกอนภูเขาไฟและแร่เฟลสปาร์ ส่วนน้อยเป็นแร่ควอตซ์ และเศษหินแปร หินทรายบางบริเวณอาจมีหินโคลนและหินกรวดมนแทรกสลับ

หมวดหินผู้ใหญ่เหื่อ

หมวดหินโผล่ให้เห็นชัดเจนที่สำนักสงฆ์เนินผู้ใหญ่เหื่อ เขาพลอยแหวน อำเภอเมืองจังหวัดจันทบุรี ความหนาของมวลหินประมาณ 300 เมตร วางตัวต่อเนื่องอยู่บนหมวดหินโป่งน้ำร้อนประกอบด้วยหินทราย สีเทาดำ ตะกอนขนาดปานกลาง แต่ละชั้นหนาประมาณ 10-20 เซนติเมตร และแทรกสลับอยู่กับหินโคลน ที่มีความหนาใกล้เคียงกัน พบลักษณะของ ชุดตะกอนบูมา (Bouma sequence) และ ชุดตะกอนไล่ขนาด (graded bedding) ในหมวดหินนี้

หมวดหินแหลมสิงห์

ชั้นหินต้นฉบับของหมวดหินนี้อยู่ที่เขาลแหลมสิงห์ วางตัวอย่างต่อเนื่องกับหมวดหินโป่งน้ำร้อน นอกจากนี้ยังพบที่เขากะลา เขาคะรุบ และที่เขื่อนคลองระบม ประกอบด้วยหินตะกอนสีแดงของหินทราย หินทรายแป้ง และหินโคลนสีม่วงแดง ถึงเทาขาว นอกจากนี้ยังพบหินกรวดมน

บ้างเล็กน้อย ชั้นหินส่วนใหญ่วางตัวด้วยมุมเอียงเทสูง บางบริเวณมีการโค้งตลบกลับ (overturned folding)

หมวดหินภูกระดึง

หมวดหินนี้พบอยู่ด้านตะวันออกของเทือกเขาบรรทัดติดกับชายแดนประเทศกัมพูชา ประกอบด้วยหินดินดานสีม่วงแดงถึงสีเทา แทรกสลับกับหินทรายและหินทรายแป้ง ชั้นหินมีการเอียงเทไม่มาก ช่วงล่างของหมวดหินมีเศษแก้วภูเขาไฟปะปนอยู่ ขนาดของตะกอนหินทรายมีตั้งแต่ละเอียดถึงปานกลาง การคัดขนาดและการเชื่อมประสานค่อนข้างดี

หมวดหินพระวิหาร

หมวดหินพระวิหารวางตัวอย่างต่อเนื่องกับหมวดหินภูกระดึงบริเวณเทือกเขาบรรทัด ประกอบด้วยหินทรายแทรกสลับกับหินดินดาน เนื้อหินประกอบด้วยแร่ควอตซ์เป็นส่วนใหญ่ ขนาดหยาบ สีเทาอ่อนถึงเทาขาว บางแห่งมีสีน้ำตาล ชั้นหินค่อนข้างหนาและแสดงการเอียงตัวชัดเจน

3.2.7 หินอัคนี

หินอัคนีที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีทั้งหินอัคนีพุและหินอัคนีแทรกซอน ด้านตะวันตกสุดของพื้นที่บริเวณจังหวัดชลบุรีถึงจังหวัดระยอง พบเป็นหินแกรนิตมวลใหญ่ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้ ประกอบด้วยหินแกรนิตเนื้อหยาบปานกลางและเนื้อดอกซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดในบทต่อไป นอกจากนี้ยังพบหินแกรนิตบริเวณอำเภอแกลง จังหวัดระยองและหินแกรนิตมวลไพศาลครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งด้านใต้ของจังหวัดจันทบุรี

หินอัคนีพุก่อนมหายุคซีโนโซอิก

หินอัคนีพุที่ปะทุช่วงก่อนมหายุคซีโนโซอิก เป็นชนิดไรโอไลต์ เดไซต์ ซึ่งพบได้ตามเส้นทางสระแก้ว-จันทบุรี ตอนเหนือของเขาสร้อยดาวและเกาะช้างส่วนใหญ่เกิดในยุคเพอร์เมียนตอนปลายถึงไทรแอสซิกตอนต้น สำหรับหินภูเขาไฟที่มีอายุแก่กว่านี้ถูกแปรสภาพมากจนกลายเป็นหินแปรตั้งแต่เกรดกรีนชีสต์ถึงแอมฟีโบลีต์ (สิโรตม์ ศัลยพงษ์ และ นิคม จึงอยู่สุข, 2529) กลุ่มหินนี้วางอยู่ใต้ชั้นหินชีรต์ และหินปูนยุคเพอร์เมียนที่มีซากบรรพชีวินบ่งชี้อายุชัดเจน

หินภูเขาไฟเพอร์เมียนตอนปลายถึงไทรแอสซิกตอนต้น ประกอบด้วยหินที่มีองค์ประกอบหลากหลายแตกต่างกันไปตามพื้นที่ เช่น บริเวณบ้านท่าข้าม อำเภอวังน้ำเย็น พบหินสปีลิติกบะซอลต์แบบรูปหมอน (spilitic pillow basaltic lava) หินไดอะเบส หินแอนดีไซต์ หินกรวดภูเขา

ไฟและหินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ โดยถูกขนานไปด้วยหินเชิร์ตชั้นบางๆ ที่พบซากบรรพชีวินอายุเพอร์เมียนจำนวนมาก หินภูเขาไฟกลุ่มนี้วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้จากชนิดหินดังกล่าวเชื่อว่าหินเหล่านี้น่าจะเกิดในพื้นที่มหาสมุทร

นอกจากนี้ในบริเวณเกาะช้าง พบหินไรโอไลต์ เนื้อดอกเป็นส่วนใหญ่ปะปนอยู่กับหินกรวดภูเขาไฟ นอกจากนี้บริเวณตอนกลางของเกาะพบหินอัคนีแทรกซอนจำพวกควอตซ์มอนโซไนต์ และหินแกรนิตไดโอไรต์

หินอัคนีพุมहाยุดชีโนโซอิก

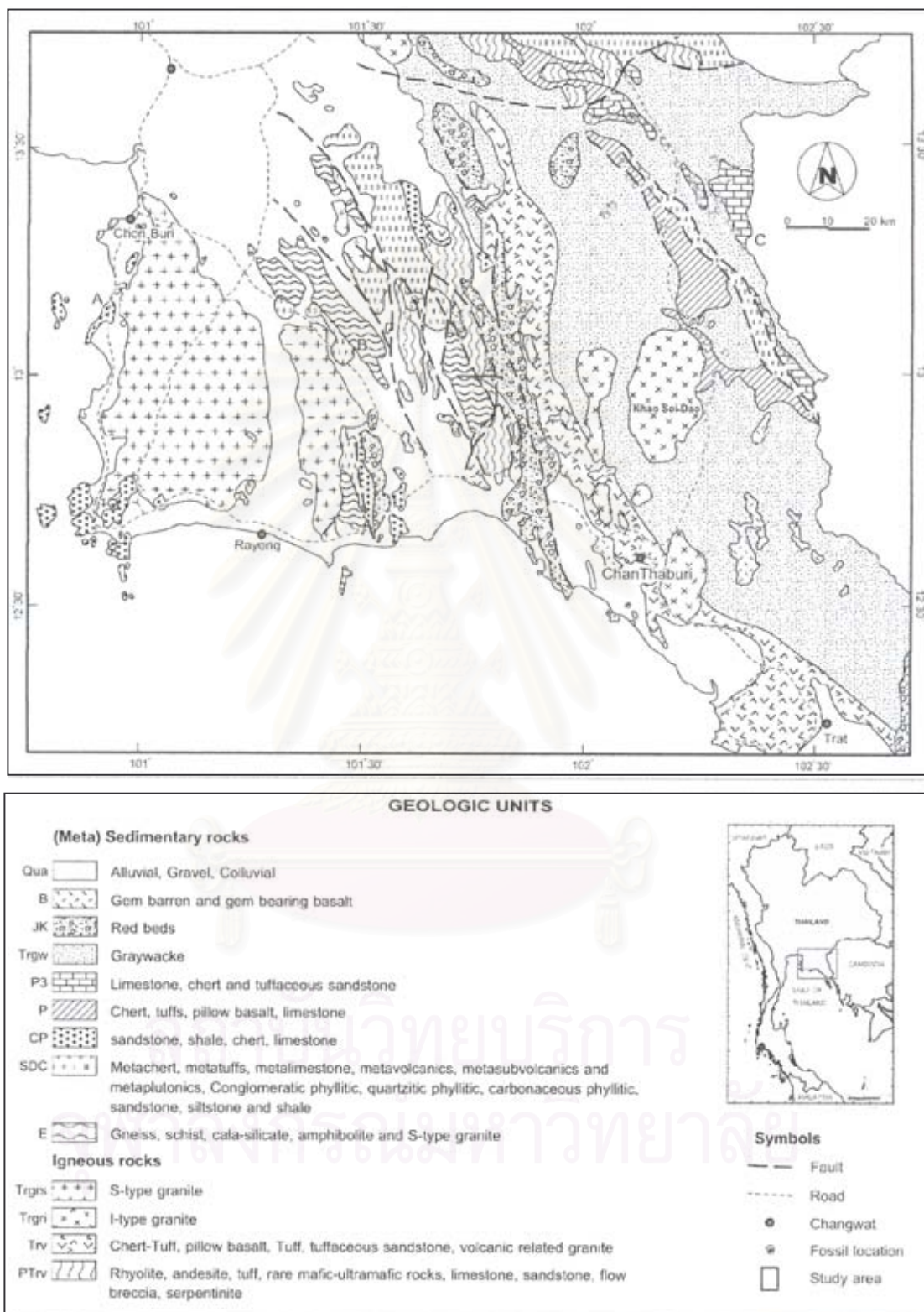
หินอัคนีที่พบในพื้นที่ภาคตะวันออกของยุคชีโนโซอิกเป็นหินบะซอลต์ที่สัมพันธ์กับแหล่งพลอย ส่วนใหญ่กระจายตัวในพื้นที่ของจังหวัดจันทบุรีและตราด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

หน่วยหินบะซอลต์จันทบุรี พบที่เขาคอแหลวน เขาหัว อำเภอบางใหม่ จังหวัดจันทบุรี หินบะซอลต์บริเวณนี้เป็นพวกเนื้อละเอียด สีดำที่มีหินแปลกปลอมจำพวกอัลตราเมฟิก และผลึกขนาดใหญ่ของแร่สปิเนล แร่ไพรอกซีน และแร่โอลิวีน หินบะซอลต์บริเวณเขาคอแหลวนจัดเป็นชนิดเนฟิลไนต์ นอกจากนี้ยังพบหินบะซอลต์บริเวณทางด้านตะวันออกของจังหวัดจันทบุรีปกคลุมพื้นที่ในแนวเหนือ-ใต้บริเวณบ้านบ่อเวฬุ บ้านอ่างเอ็ด บ้านบ่ออีแรม บ้านสี่เสียด บ้านสะพานหิน และคลองอีตัก

หน่วยหินบะซอลต์โป่งน้ำร้อน หินบะซอลต์หน่วยนี้ปกคลุมพื้นที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ของอำเภโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี ในแนวเหนือ-ใต้มีลักษณะเนื้อแน่น สีเทาดำ ถึงดำ จัดเป็นชนิดบาซาไนต์

หน่วยหินบะซอลต์ตราด หินบะซอลต์หน่วยนี้พบบริเวณบ้านหนองบอน บ้านบ่อไร่ อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด กระจายตัวตามหุบเขาในแนวเหนือ-ใต้ ไหลปิดทับหินทราย และหินดินดานยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงเพอร์เมียน หินบะซอลต์มีลักษณะเนื้อละเอียด จัดเป็นพวกโอลิวีน-เนฟิลินไนต์

หน่วยหินบะซอลต์เกาะกูด หน่วยหินบะซอลต์นี้พบด้านตะวันตกของเกาะกูด ซึ่งอยู่ด้านใต้ของจังหวัดตราด ไหลปิดทับหินทรายยุคจูแรสซิก ลักษณะของหินบะซอลต์มีเนื้อละเอียดสีเทาอมดำและมีรูพรุน



รูป 3.1 แผนที่ธรณีวิทยาภาคตะวันออก (โดย พล เซาร์ดำรงค์, 2535)

บทที่ 4 ศิลาวรรณนา

4.1 คำนำ

การเก็บตัวอย่างหินแกรนิตและหินใกล้เคียงในพื้นที่ศึกษาได้ดำเนินการตามรายละเอียดในภาคผนวก ก ซึ่งตัวอย่างหินแกรนิตที่ทำการเก็บมานั้นสามารถแบ่งเป็นกลุ่มคร่าวๆ ตามตำแหน่งที่เก็บได้ดังแสดงในรูป 4.1 ประกอบกับการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อย่างละเอียดแล้วทำการแบ่งกลุ่มหินใหม่ตามชนิดของแร่องค์ประกอบและเนื้อหินตามรายละเอียดที่จะเสนอต่อไป

4.2 กลุ่มหินแกรนิตตามพื้นที่

4.2.1 กลุ่มหินแกรนิตบริเวณเขาน้อย อำเภอเมืองชลบุรี ส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่นปนกับแร่ไมกาขาว หรือแร่มัสโคไวท์ (ตัวอย่างหมายเลข 01/01 ถึง 01/05) แสดงริ้วลายเล็กน้อยผลึกแร่มีขนาดที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าชัดเจน (ขนาดปานกลางถึงหยาบ) มีทั้งเนื้อหินแบบเนื้อดอก (porphyritic texture) ที่มีแร่อัลคาไลเฟลสปาร์เป็นผลึกดอก และเนื้อหินแบบขนาดผลึกใกล้เคียงกัน (equigranular texture) บางบริเวณหินแกรนิตเหล่านี้พบร่วมกับสายของหินเพกมาไทต์ ส่วนหินข้างเคียง เป็นพวกหินควอร์ตไซต์ ซึ่งพบได้บริเวณเขาดิน

4.2.2 กลุ่มหินแกรนิตบริเวณบ้านแหลมแท่น อำเภอเมืองชลบุรี มักแสดงลักษณะริ้วลายที่ค่อนข้างชัดเจน (ตัวอย่างหมายเลข 01/09 ถึง 01/11) และมีเนื้อผลึกดอกโดยแร่ที่เป็นผลึกดอกคือแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ ขนาดผลึกมีตั้งแต่ละเอียดไปถึงหยาบ (fine to coarse-grained) แร่เมฟิกที่เด่นคือแร่ไบโอไทต์ หินข้างเคียง (country rocks) เป็นจำพวกหินแปรควอร์ตไซต์ ซึ่งพบบริเวณเขาสามมุข นอกจากนี้ยังมีสายแร่ควอตซ์ (quartz vein) ตัดผ่านเช่นกัน

4.2.3 กลุ่มหินแกรนิตบริเวณอ่างศิลา อำเภอเมืองชลบุรี เป็นหินแกรนิตเนื้อละเอียดเอปไลต์ (aplite) ที่มีแร่ไบโอไทต์และมัสโคไวท์เด่น (ตัวอย่างหมายเลข 01/14 ถึง 01/16) หินบริเวณนี้ไม่แสดงริ้วลาย และมีขนาดผลึกที่ละเอียด

4.2.4 กลุ่มหินแกรนิตบริเวณบ้านเขามาบใหญ่ เขาหุบสีเสียด เขานุ่น เขามาบไผ่ และเขาบาล อำเภอเมืองชลบุรี ทั้งหมดล้วนเป็นหินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์และมัสโคไวท์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบและแสดงลักษณะริ้วลาย (ตัวอย่างหมายเลข 01/19 ถึง 01/27) แต่มี

ความแตกต่างกันในลักษณะของเนื้อหินที่บริเวณเขามาบใหญ่ เขาหุบสี่เสียดแสดงเนื้อดอก ส่วนหินแกรนิตบริเวณเขามาบลมีผลึกที่ขนาดใกล้เคียงกัน ในขณะที่บริเวณอื่นนอกเหนือจากนี้เป็นแบบเนื้อผลึกดอกเป็นส่วนใหญ่

4.2.5 กลุ่มหินแกรนิตบริเวณเขาบ่ออย่าง อำเภอเมืองชลบุรี มีหินแกรนิตสีชาวนิโคโคริติก (leucocratic granite) ผลึกขนาดละเอียดถึงปานกลาง และพบแร่ทัวร์มาลีน (ตัวอย่างหมายเลข 01/28 ถึง 01/32) หินแกรนิตบริเวณนี้ปรากฏอยู่ร่วมกับหินแปรควอร์ตไซต์

4.2.6 กลุ่มหินแกรนิตบริเวณ เขาเขียว บ้านโค้งตาสา บ้านหนองแดงกวาว บ้านเนินสามชั้น และบ้านมาบลำบิตสอง อำเภอศรีราชา เป็นหินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบ ส่วนใหญ่แสดงเนื้อหินแบบเนื้อดอก ยกเว้นที่บ้านมาบลำบิตสองที่เป็นแบบผลึกขนาดใกล้เคียงกัน (ตัวอย่างหมายเลข 01/33 ถึง 01/39)

4.2.7 กลุ่มหินแกรนิตที่พบบริเวณบ้านเขายางแดง อำเภอบางละมุง เป็นหินแกรนิตที่มีแร่ฮอร์นเบลนด์เด่น ขนาดผลึกปานกลางและมีขนาดใกล้เคียงกัน พบอยู่กับสายแร่ควอตซ์ (ตัวอย่างหมายเลข 01/44)

4.2.8 กลุ่มหินแกรนิตบริเวณบ้านเขามะกอก อำเภอบางละมุง เป็นหินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบและแสดงลักษณะเนื้อผลึกดอก (ตัวอย่างหมายเลข 01/45)

4.2.9 กลุ่มหินแกรนิตบริเวณอำเภอเมืองระยอง บ้านค่าย จังหวัดระยองและอำเภอบางละมุงกับอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี เป็นหินแกรนิตเนื้อหยาบขนาดผลึกปานกลางถึงหยาบ มีแร่ไบโอไทต์เด่น ไม่แสดงริ้วลาย แต่มีเนื้อผลึกดอก (ตัวอย่างหมายเลข 01/46 ถึง 01/53)

4.2.10 กลุ่มหินแกรนิตบริเวณ เขาพังพาน เขาพงเสื่อและเขาเชิงเทียน อำเภอเมืองชลบุรี เป็นบริเวณที่มีความหลากหลาย โดยหินบริเวณเขาพังพานเป็นหินแกรนิตเนื้อละเอียดที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น แต่หินบริเวณเขาพงเสื่อมีผลึกปานกลางถึงหยาบ เนื้อหินเป็นแบบขนาดใกล้เคียงกัน (ตัวอย่างหมายเลข 01/54 ถึง 01/72) ในขณะที่หินแกรนิตบริเวณเขาเชิงเทียนมีแร่ประกอบหินที่เฉพาะตัวนั่นคือพบแร่ฮอร์นเบลนด์ เนื้อหินมีทั้งแบบขนาดผลึกใกล้เคียงกันและเนื้อผลึกดอก หินข้างเคียงในบริเวณนี้พบทั้งหินแปรและหินตะกอน นอกจากนี้ยังมีสายเพกมาไทต์ตัดผ่าน ถ้าเปรียบเทียบกับลักษณะดังกล่าวของหินแกรนิตในพื้นที่ศึกษากับลักษณะทั่วไปของ

หินแกรนิตทั้งสามแนวของประเทศไทยพบว่าใกล้เคียงกับแนวหินแกรนิตแนวกลางซึ่งสอดคล้องกับตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาเมื่อเทียบกับแผนที่ในรูป 2.1

4.3 กลุ่มหินแกรนิตตามลักษณะศิลาวรรณนา

จากผลการศึกษาลักษณะศิลาวรรณนาทำให้สามารถแบ่งกลุ่มหินแกรนิตในพื้นที่ศึกษาออกเป็น 7 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีลักษณะศิลาวรรณนาและการกระจายตัวดังต่อไปนี้

4.3.1 หินไบโอไทต์ มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อละเอียดสีขาว (Leucocratic, biotite + muscovite aplite)

หินกลุ่มนี้พบบริเวณตำบลอ่างศิลา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ลักษณะเนื้อหินมีขนาดผลึกใกล้เคียงกัน ตัวหินประกอบด้วยผลึกแร่ลึวน ขนาดผลึกแรมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (รูป 4.2) ประกอบด้วยแร่อัลคาไลเฟลสปาร์, แพลจีโอเคลส, ควอตซ์, มัสโคไวท์, ไบโอไทต์ และแร่ทัวร์มาลีน ผิวดิสสีขาว ผิวดูสีน้ำตาล ภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ (รูป 4.3) แร่หลักประกอบด้วยแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ (55-60%), แพลจีโอเคลส (10%), ควอตซ์ (30-40%), ไบโอไทต์ (5%) และ มัสโคไวท์ (10%) แร่รองประกอบด้วยแร่อะพาไทต์, ทัวร์มาลีน, และเซอร์คอน โดยมีรายละเอียดดังนี้ แร่อัลคาไลเฟลสปาร์มีขนาดผลึกประมาณ 0.2-4 มิลลิเมตร แสดงเนื้อหินแบบ microperthitic texture มีรูปผลึกไม่สมบูรณ์ แร่แพลจีโอเคลส มีขนาดผลึกตั้งแต่ 0.4-1 มิลลิเมตร หน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ แร่ควอตซ์ มีหลายขนาด ในรูปแบบไร้หน้าผลึก มีขนาด 0.4-1 มิลลิเมตร แร่มัสโคไวท์ และไบโอไทต์ มักเป็นผลึกเรียวยาว และอมแร่เซอร์คอนและอะพาไทต์

4.3.2 หินไบโอไทต์ มัสโคไวท์แกรนิต (muscovite-biotite granite)

หินกลุ่มนี้พบกระจายตัวอยู่ที่ เขามาบไผ่ เขาบาล และเขานุ่น อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ผิวน้ำสดของตัวอย่างหินมีสีเทา ผิวดูสีเหลืองน้ำตาล ผลึกขนาดละเอียดถึงปานกลาง (fine to medium-grained) (รูป 4.4) และส่วนใหญ่มีขนาดผลึกใกล้เคียงกัน (รูป 4.5) ประกอบด้วยผลึก ลึวน (holocrystalline) แสดงริ้วลายชัดเจน โดยการเรียงตัวของกลุ่มแร่ ควอตซ์ เอพิโดต และ มัสโคไวท์ แร่หลักประกอบด้วยแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ แพลจีโอเคลส ควอตซ์ และมัสโคไวท์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์พบอัลคาไลเฟลสปาร์ (35-40%) มีขนาดผลึกเฉลี่ยประมาณ 0.5-2 มิลลิเมตร แสดงเนื้อหินแบบ microperthitic texture มีรูปผลึกไม่สมบูรณ์ แพลจีโอเคลส (5-20%) มีขนาดผลึกตั้งแต่ 0.4-1.5 มิลลิเมตร หน้าผลึกไม่สมบูรณ์ (รูป 4.6) ควอตซ์ (45-50%) มีหลายขนาด ในรูปแบบไร้หน้าผลึก มีขนาด 0.4-1 มิลลิเมตร มัสโคไวท์ (10-15%) และไบโอไทต์เล็กน้อย

เป็นผลึกเรียวยาว วางตัวเป็นแนวแทรกอยู่ระหว่างแร่หลักอื่น แร่รองประกอบด้วยแร่อะพาไทต์ ทัวร์มาลีน เฮติโดต และเซอร์คอน

4.3.3 หินมัสโคไวท์แกรนิตสีขาว (leucocratic muscovite granite)

หินแกรนิตกลุ่มนี้พบบริเวณ เขาบาลอำเภอมือง จังหวัดชลบุรี มีผลึกขนาดปานกลาง (medium-grained) และขนาดเท่ากัน ประกอบด้วยผลึกล้วน แสดงวิวัฒนาการวางตัวของแร่ มัสโคไวท์อย่างชัดเจน ผิวสดมีสีขาว (รูป 4.7) แร่หลักประกอบด้วยแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ แพลจิโอเคลส ควอตซ์ และมัสโคไวท์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์พบอัลคาไลเฟลสปาร์ (20-25%) มีหน้าผลึกไม่สมบูรณ์ถึงกึ่งสมบูรณ์ ขนาดผลึกเฉลี่ยประมาณ 0.4-1.5 มิลลิเมตร บางผลึกแสดงเนื้อ หินแบบ microperthitic texture แร่แพลจิโอเคลส (5-10%) มีขนาดผลึกตั้งแต่ 0.2-0.6 มิลลิเมตร หน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ แร่ควอตซ์ (60%) หน้าผลึกไม่สมบูรณ์ขนาด 0.2 -1 มิลลิเมตร และแร่ มัสโคไวท์ (10-15%) ที่มีขนาด 0.2-0.6 มิลลิเมตร แร่รองประกอบด้วยแร่ อะพาไทต์

4.3.4 หินฮอร์นเบอร์นด์ไบโอไทต์แกรนิต (hornblende-biotite granite)

หินแกรนิตชนิดนี้พบบริเวณบ้านเขาแดง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี แสดงเนื้อหินที่มีผลึกผลึกล้วนขนาดใกล้เคียงกัน ผิวสดสีเทาดำ แสดงวิวัฒนาการ (รูป 4.9) แร่ประกอบหินที่พบมี แร่อัลคาไลเฟลสปาร์ แพลจิโอเคลส ควอตซ์ ไบโอไทต์ ฮอร์นเบอร์นด์ และทัวร์มาลีน ภายใต้กล้อง จุลทรรศน์โพลาไรซ์พบว่าแร่ฮอร์นเบอร์นด์ (30%) ขนาด 0.4-1 มิลลิเมตร หน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ บาง ผลึกแสดงลักษณะ corona texture ซึ่งแกนกลางยังคงมีร่องรอย (relic) ของแร่ไพร์อกซีน ขนาด ประมาณ 1 มิลลิเมตร แร่อัลคาไลเฟลสปาร์ (25-30%) มีหน้าผลึกไม่สมบูรณ์ มีขนาดผลึกเฉลี่ย ประมาณ 1-1.5 มิลลิเมตร แร่แพลจิโอเคลส (25-30%) มีขนาดผลึกตั้งแต่ 0.4-1.5 มิลลิเมตร หน้า ผลึกไม่สมบูรณ์ แร่ควอตซ์ (15-18%) ขนาด 0.4-1.5 มิลลิเมตร และไบโอไทต์ ขนาด 0.2-0.6 มิลลิเมตร มีน้อยกว่าร้อยละ 1 แร่รองประกอบด้วยแร่ ทัวร์มาลีน เซอร์คอน และอัลลันไนต์ 25-30% (รูป 4.10)

4.3.5 หินไบโอไทต์ มัสโคไวท์แกรนิต (biotite muscovite granite)

หินกลุ่มนี้พบบริเวณเขาน้อย แหลมแท่น เขามาบใหญ่ และเขานุ่น อำเภอมือง จังหวัด ชลบุรี มีผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบ (Medium to coarse-grained) แสดงลักษณะเนื้อดอก (porphyritic texture) ประกอบด้วยผลึกล้วน ผิวสดมีสีเทา ผิวผู้มีสีน้ำตาล ประกอบด้วยแร่ อัลคาไลเฟลสปาร์ แพลจิโอเคลส ควอตซ์ มัสโคไวท์ และไบโอไทต์ แร่รองที่มองเห็นด้วยตาเปล่า

ประกอบด้วยแร่ทัวร์มาลีน ภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่าแร่หลักล้วนแสดงหน้าผลึกไม่สมบูรณ์ แร่อัลคาไลเฟลสปาร์ (30-35%) มีขนาดผลึกเฉลี่ยประมาณ 1-4 มิลลิเมตร แสดงเนื้อหินแบบ microperthitic texture ผลึกดอกขนาดใหญ่สุดประมาณ 8 มิลลิเมตร ตามขอบของบางผลึกของแร่ตัวนี้เกิดการตกผลึกพร้อมกับควอตซ์ทำให้เกิดเนื้อหินแบบ granophyric texture แร่แพลจิโอเคลส (5-10%) มีขนาดผลึกตั้งแต่ 0.4-2 มิลลิเมตร ผลึกขนาดเล็กของแร่แพลจิโอเคลส ปรากฏเป็นแร่แปลกปลอม (inclusion) แทรกอยู่ในผลึกของแร่อัลคาไลเฟลสปาร์แบบ ophitic texture และ subophitic texture แร่ควอตซ์ (40-45%) หน้าผลึกไม่สมบูรณ์ มีขนาด 0.2-2 มิลลิเมตร แร่ไบโอไทต์ (3-5%) และมัสโคไวท์ (2-15%) มักจะเกิดร่วมกัน ในรูปแบบของผลึกเรียวยาวที่ไม่แสดงหน้าผลึกที่ชัดเจนขนาด 0.5-1 มิลลิเมตร และโค้งเล็กน้อยตามแรงกระทำ วางตัวเป็น ริวลายและแทรกอยู่ระหว่างผลึกของแร่แพลจิโอเคลส ควอตซ์และเฟลสปาร์ กลุ่มแร่รอง ประกอบด้วยแร่ทัวร์มาลีน อะพาไทต์ขนาด 0.1 มิลลิเมตร อัลลันไนต์ ขนาดประมาณ 0.1 มิลลิเมตร และเซอร์คอน

4.3.6 หินไบโอไทต์แกรนิต (biotite granite)

หินแกรนิตกลุ่มนี้พบที่ เขาน้อย เขามาบใหญ่ เขาหุบสี่เสียด เขานุ่น อำเภอเมืองชลบุรี มีผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบ เนื้อหินแสดงลักษณะเนื้อดอก (porphyritic texture) ประกอบด้วยผลึกล้วน และมีริวลาย (รูป 4.13) ผิวสดมีสีเทา ประกอบด้วยแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ แพลจิโอเคลส ควอตซ์ และแร่ไบโอไทต์ (รูป 4.14) แร่รองที่พบคือ ทัวร์มาลีน ภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ ผลึกดอกของแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ (40-50%) มีขนาดผลึกเฉลี่ยประมาณ 1-4 มิลลิเมตร ไม่แสดงหน้าผลึก พบเนื้อหินแบบ myrmekitic texture, micrographic texture (รูป 4.15) และ perthitic texture แร่แพลจิโอเคลส (15-20%) บางผลึกมีขนาดใหญ่เป็นผลึกดอก มีขนาดผลึกตั้งแต่ 0.4-6 มิลลิเมตร หน้าผลึกไม่สมบูรณ์ แร่ควอตซ์ (10-15%) ขนาด 0.2-0.8 มิลลิเมตร โดยผลึกขนาดเล็กเรียงตัวกันเป็นแนวค่อนข้างต่อเนื่องขณะที่ผลึกใหญ่เกาะกลุ่มด้วยแนวสัมผัสแบบ polygonal แร่ไบโอไทต์ (5-10%) มีขนาด 0.2 – 0.6 มิลลิเมตร หน้าผลึกไม่สมบูรณ์ กลุ่มแร่รองประกอบด้วยแร่ทัวร์มาลีน พบเป็นแท่ง แสดงหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ ส่วนแร่อัลลันไนต์ เซอร์คอน มีหน้าผลึกไม่สมบูรณ์ และอะพาไทต์ พบเป็นแท่งยาวหน้าผลึกสมบูรณ์

4.3.7 หินทัวร์มาลีนแกรนิตสีขาว (leucocratic tourmaline granite)

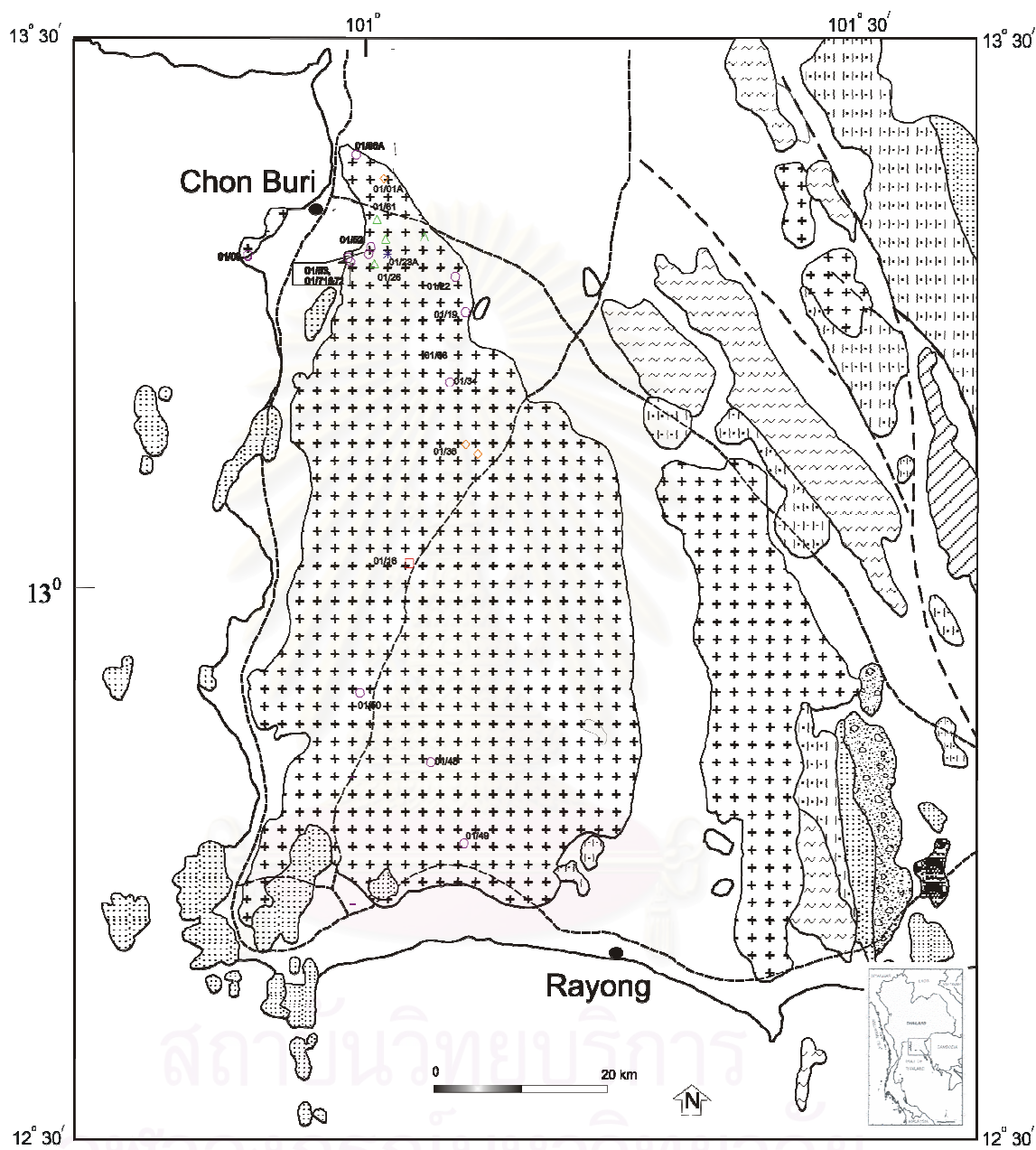
หินแกรนิตกลุ่มนี้พบที่ เขาบ่อยาย อำเภอสตึก จังหวัดชลบุรี มีเนื้อหินที่ประกอบด้วยผลึกขนาดละเอียดถึงปานกลาง (fine to medium-grained) ขนาดผลึกใกล้เคียง (equigranular) ผิวสด

สีขาว ผิวผู้มีสีเหลืองน้ำตาล แร่หลักประกอบด้วยแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ แพลจีโอเคลส ควอตซ์ และแร่ทัวร์มาลีน จากการตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์พบว่าหินกลุ่มนี้ประกอบด้วยผลึกล้วน ประกอบด้วยแร่ดังต่อไปนี้ อัลคาไลเฟลสปาร์ (45-50%) มีขนาดผลึก 1-1.5 มิลลิเมตร แสดงเนื้อหินแบบ microperthitic texture มีรูปผลึกไม่สมบูรณ์ แร่แพลจีโอเคลส (5-10%) มีขนาดผลึกตั้งแต่ 0.4-1 มิลลิเมตร หน้าผลึกไม่สมบูรณ์ แร่ควอตซ์ (30%) มีหลายขนาด ในรูปแบบไร้หน้าผลึก มีขนาด 0.2-1 มิลลิเมตร แร่รองประกอบด้วยแร่ ทัวร์มาลีน เซอร์คอน และอัลลันไนต์ แร่ทัวร์มาลีน (2%) พบเป็นแท่ง โดยเฉลี่ยยาวประมาณ 0.5-1 มิลลิเมตร แต่มีบางผลึกที่ยาวประมาณ 0.5 มิลลิเมตร วางตัวในแนวเดียวกัน แร่อัลลันไนต์ที่พบไม่แสดงหน้าผลึกที่สมบูรณ์



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Sample location map



- × ดินไบโอไทต์-มีสโคไวท์แกรนิตเนื้อละเอียด △ ดินไบโอไทต์-มีสโคไวท์แกรนิต * ดินมีสโคไวท์แกรนิต □ ดินสอรั่นเบนสันต์-ไบโอไทต์แกรนิต
 ○ ดินไบโอไทต์-มีสโคไวท์แกรนิตเนื้อตอกลง ◇ ดินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อตอกลง + ดินพัรม้าสีนแกรนิต

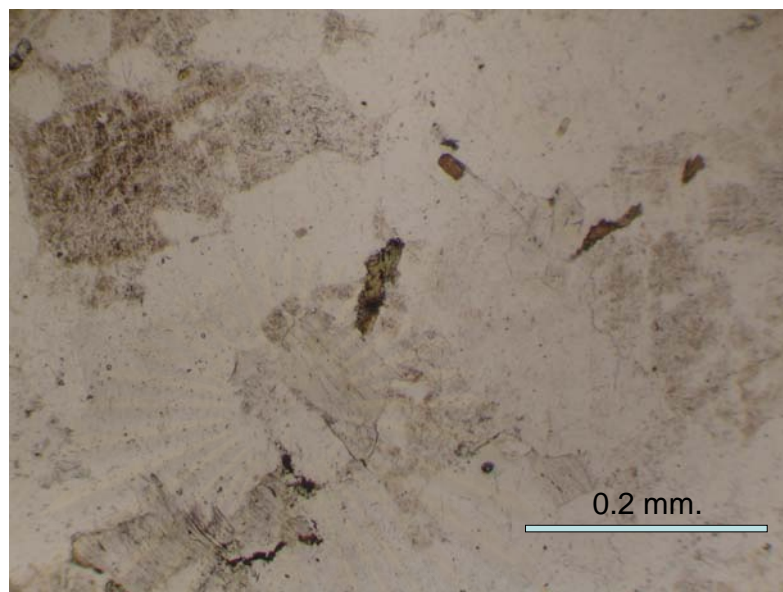
รูป 4.1 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างหิน ตามสัญลักษณ์ของหินแต่ละกลุ่ม



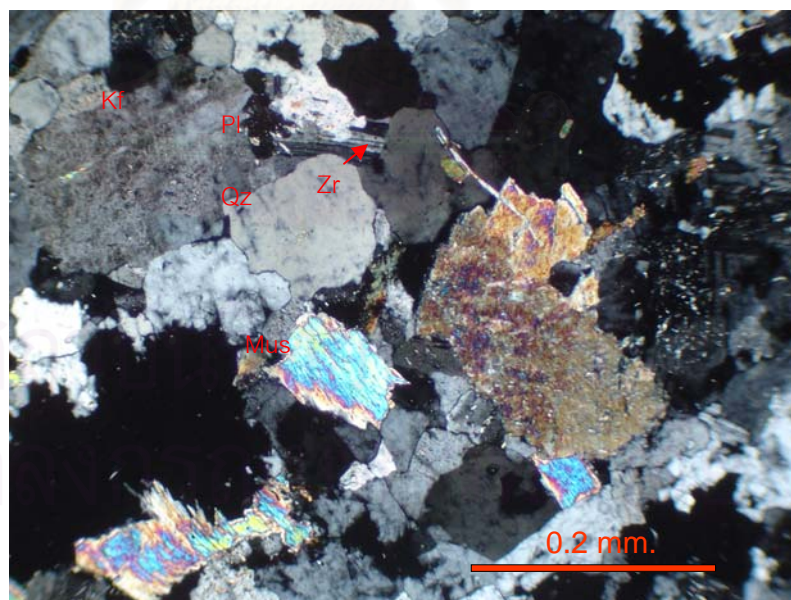
รูป 4.2 ตัวอย่างหินไบโอไทต์มีสโคไวท์แกรนิตเนื้อละเอียดหมายเลข 01/16 แสดงเนื้อหินที่ค่อนข้างละเอียด พบที่ Grid reference 088 752 บริเวณ บ้านอ่างศิลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A)



B)



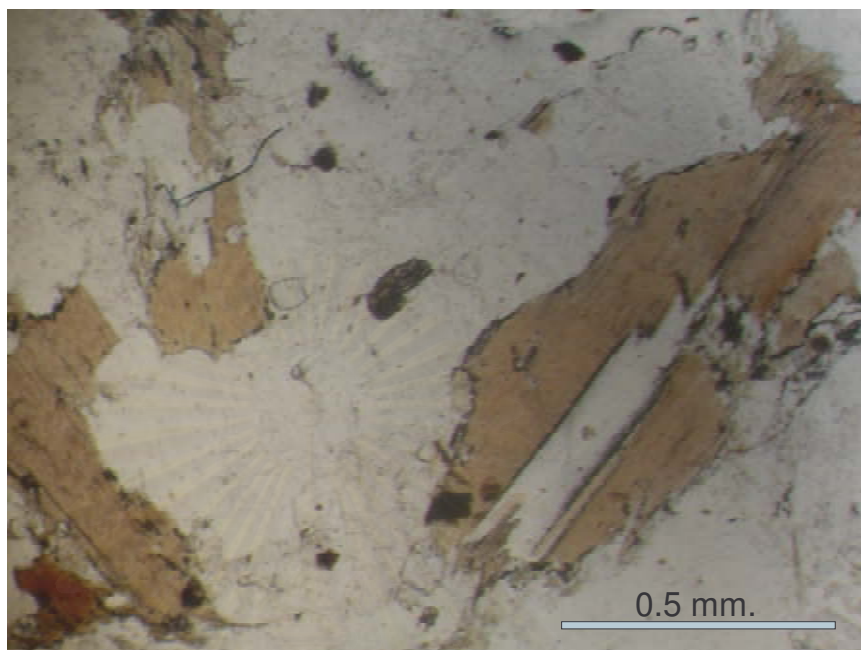
รูป 4.3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ในหินแกรนิตเนื้อละเอียดซึ่งประกอบด้วยอัลคาไลเฟลสปาร์ (Kf), แพลจิโอเคลส (Pl), ควอตซ์ (Qz), มัสโคไวท์ (Mus) และเซอร์คอน (Zr) (A: ppl and B: xpl)



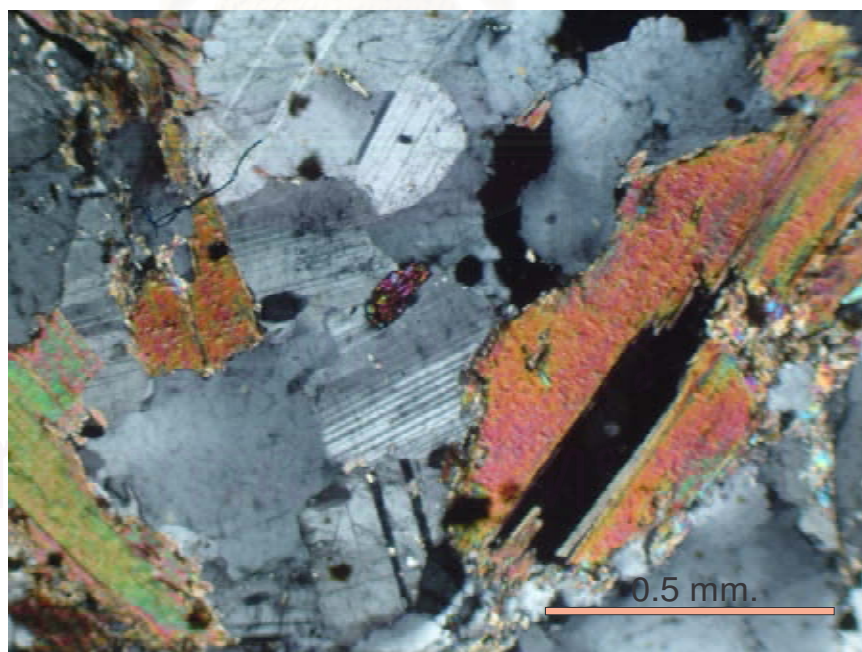
รูป 4.4 ตัวอย่างหินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิต ผลึกขนาดปานกลาง โดยผลึกทั้งหมดมีขนาดใกล้เคียงกัน พบที่ Grid reference 347 570 บริเวณ บ้านมาบลำบิดสอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A)

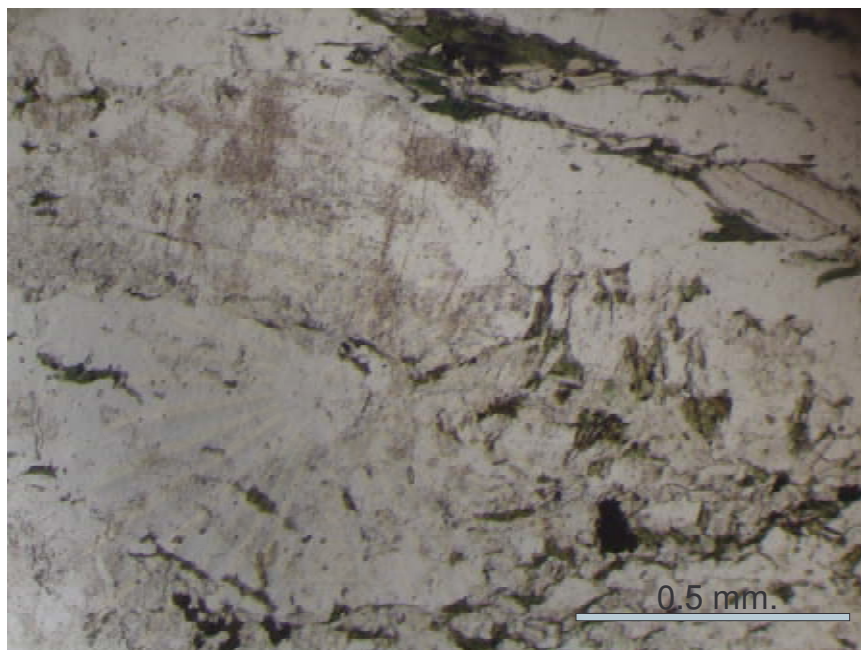


B)

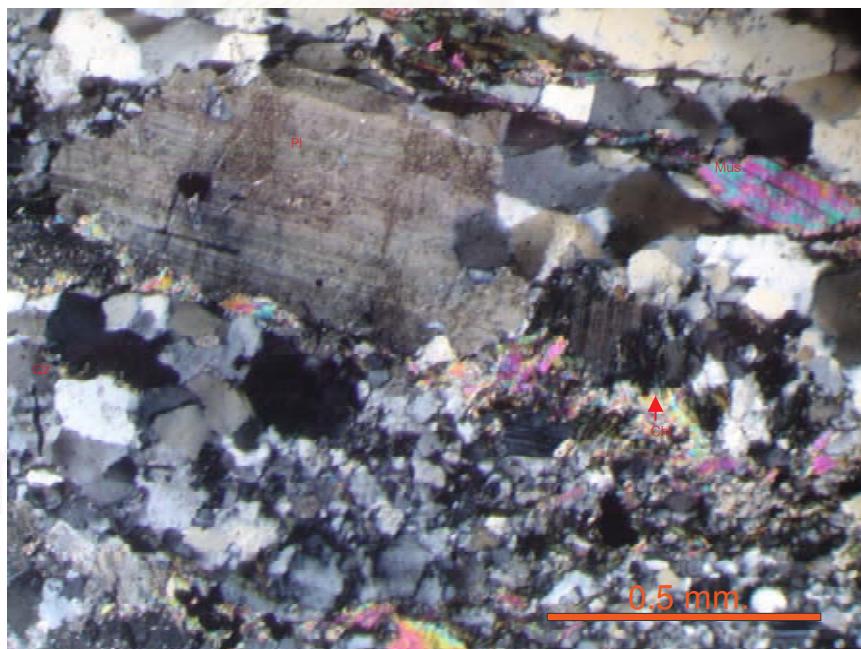


รูป 4.5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงลักษณะเนื้อหินที่มีขนาดผลึกใกล้เคียงกันของกลุ่มหินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิต (A: ppl and B: xpl)

A)



B)



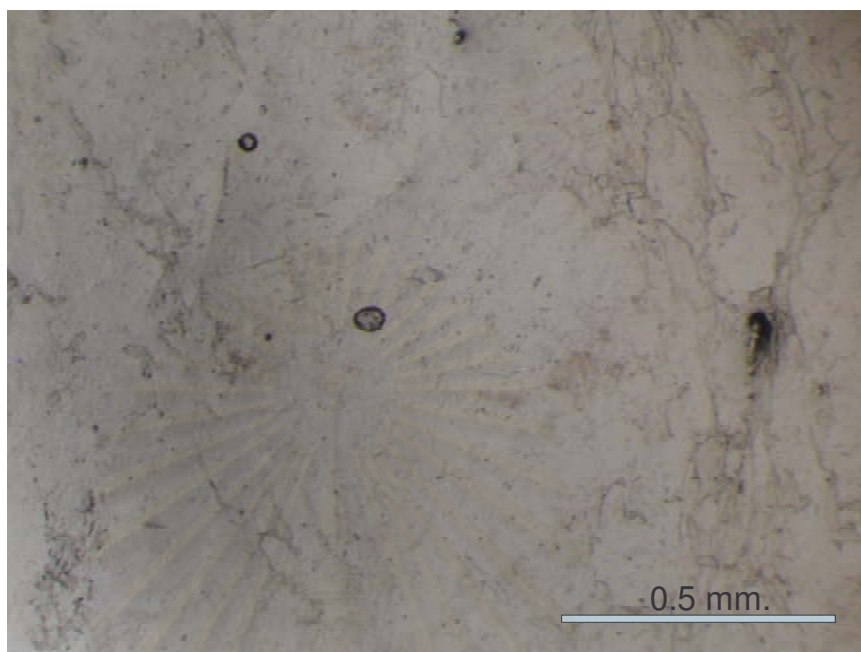
รูป 4.6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ในหินไบโอบีโอดิต-มัสโคไวท์แกรนิตซึ่งประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลส (Pl), ควอตซ์ (Qz), มัสโคไวท์ (Mus) และคลอไรต์ (chl) ที่มีหน้าผลึกไม่สมมาตร (A: ppl and B: xpl)



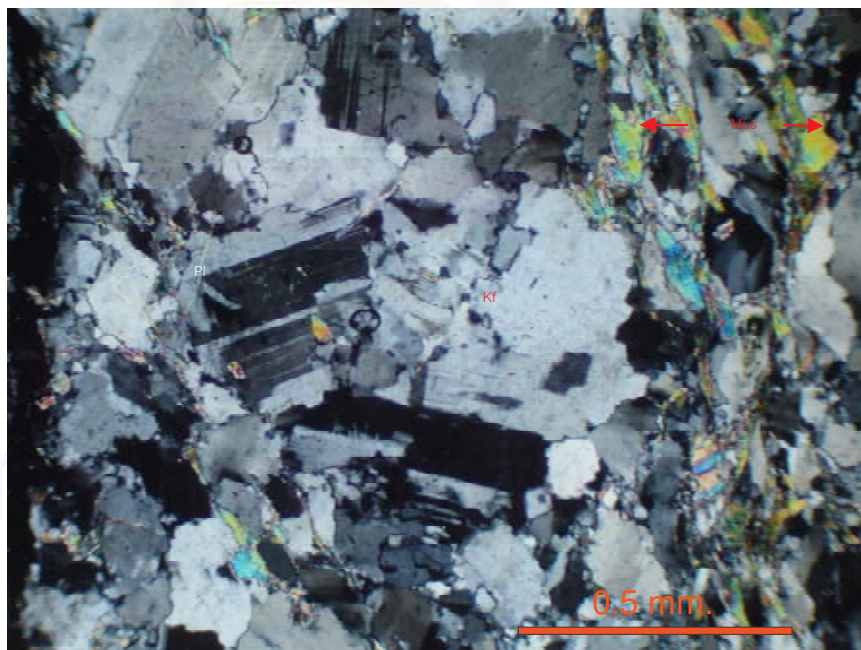
รูป 4.7 ตัวอย่างหินมีสโคไวต์แกรนิต ผลึกขนาดปานกลาง สีขาว แสดงริ้วลายชัดเจน พบที่ Grid reference 173 715 บริเวณ เขาบาล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A)



B)



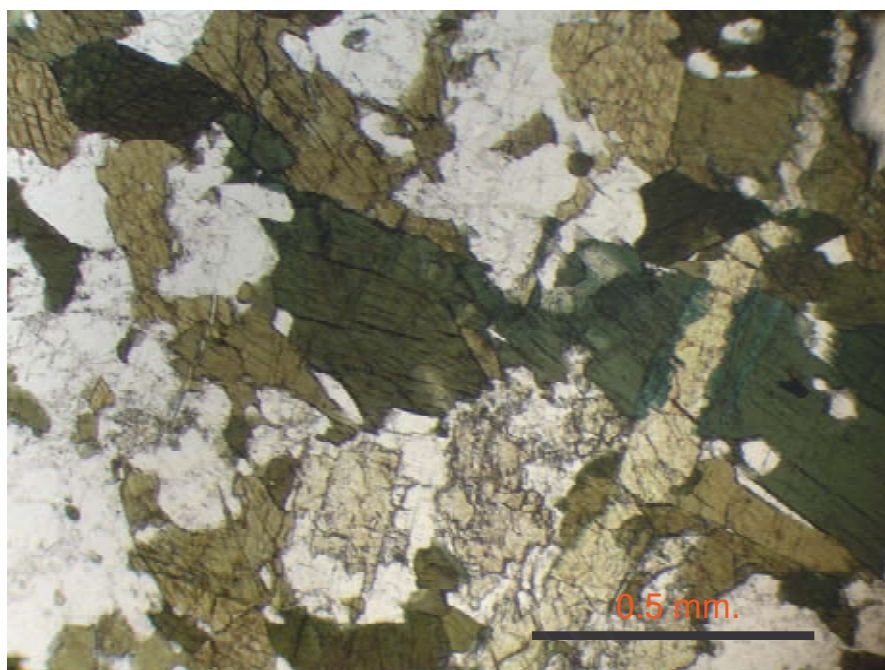
รูป 4.8 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ในหินแกรนิตสีขาวซึ่งประกอบด้วยแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ (Kf), แพลจิโอเคลส (Pl) และมัสโคไวท์ (Mus) (A: ppl and B: xpl)



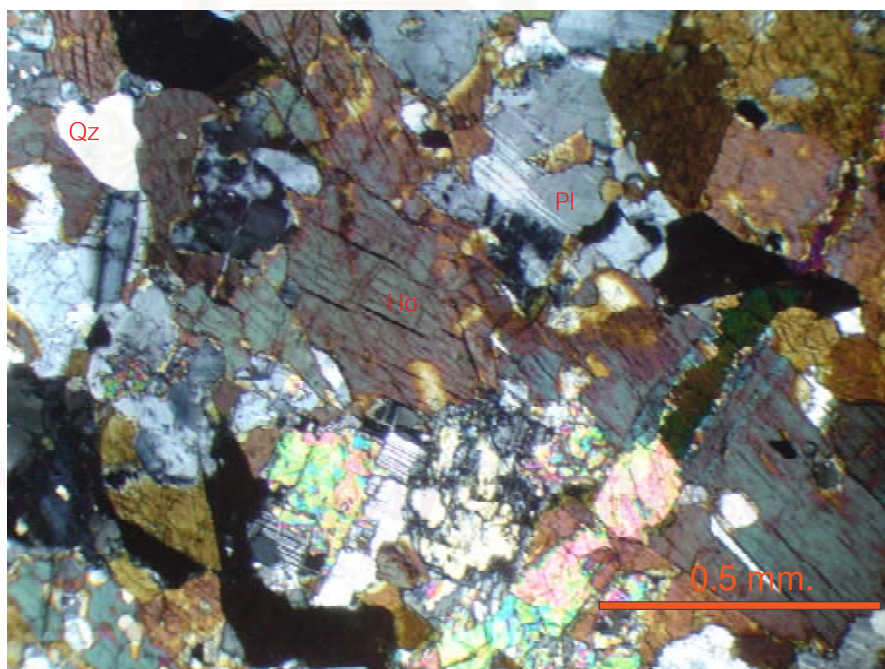
รูป 4.9 ตัวอย่างหินฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิต ผลึกขนาดปานกลาง แสดงวิวัฒนาการพบที่ Grid reference 605 580 บริเวณบ้านมาบยาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A)



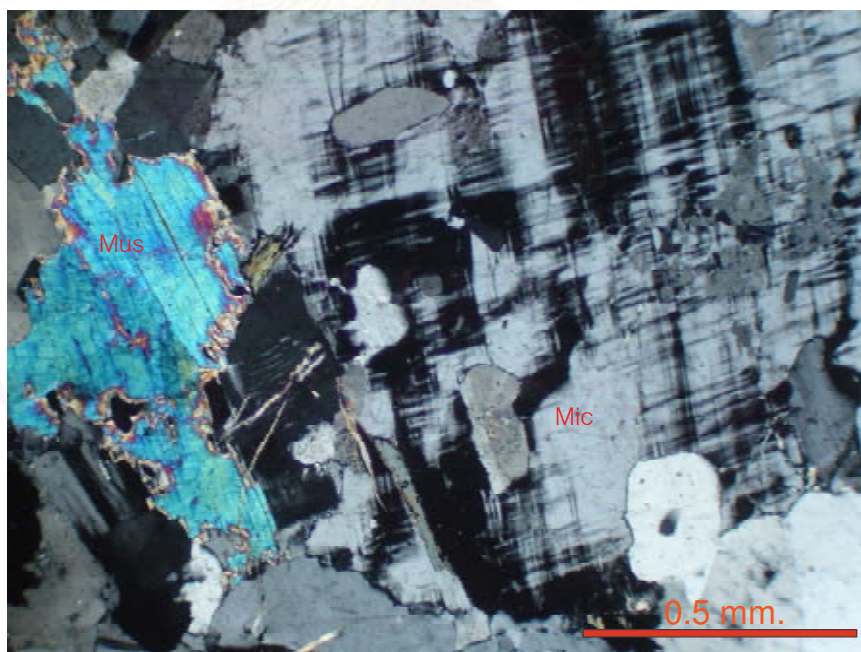
B)



รูป 4.10 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ในหินฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิตซึ่งประกอบด้วย แร่แพลจิโอเคลส (PI), ควอตซ์ (Qz) และฮอร์นเบรนต์ (Ho) (A: ppl and B: xpl)



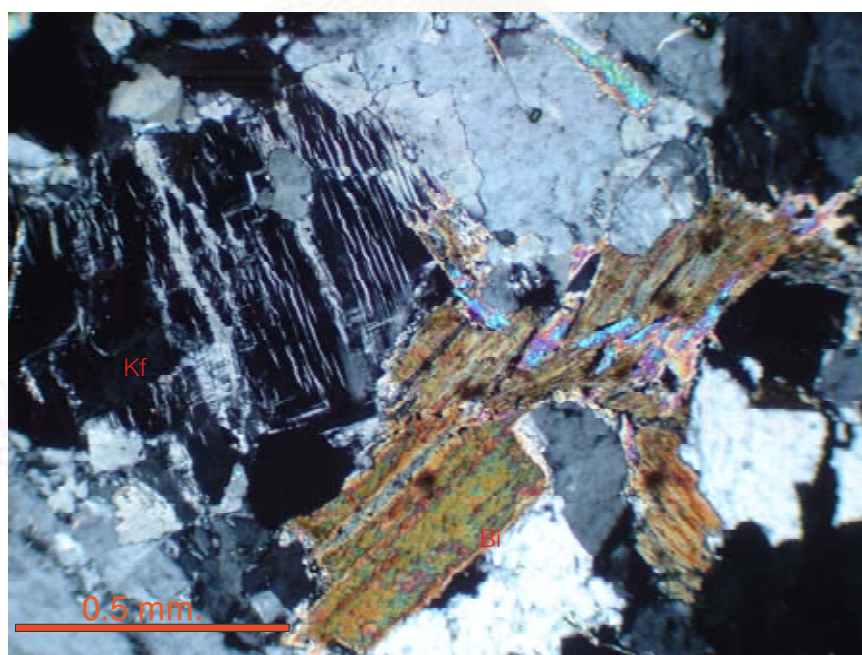
รูป 4.11 ตัวอย่างหินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิต แสดงผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบ แสดงลักษณะเนื้อดอกพบที่ Grid reference 266 560 บริเวณ วัดบ้านโค้งตาสา



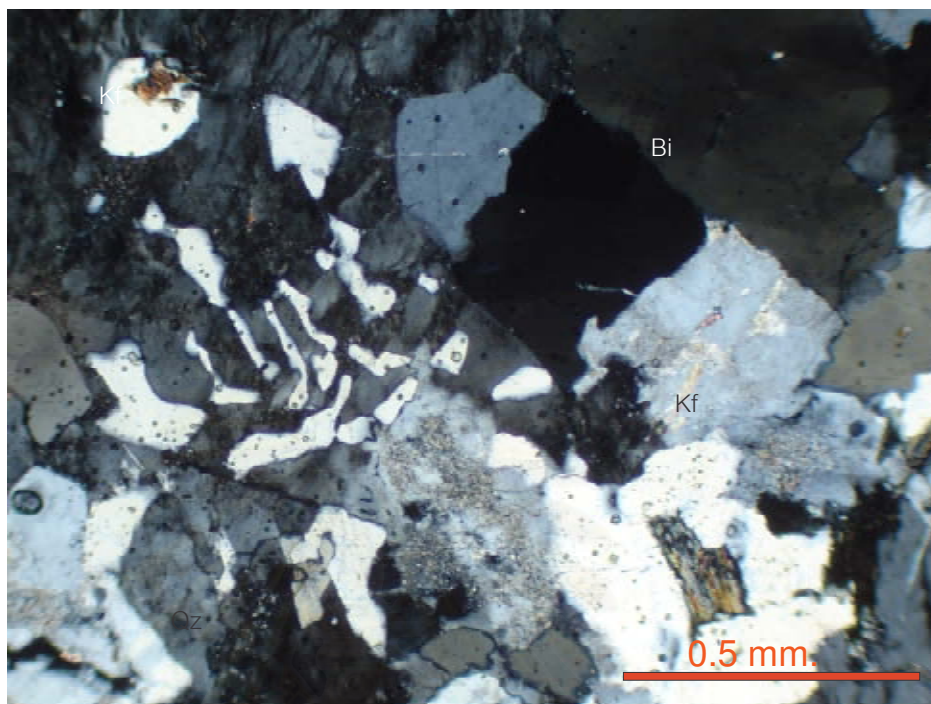
รูป 4.12 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ในหินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตซึ่งประกอบด้วย แร่มัสโคไวท์ (Mus) และไมโครไคลน์ (Mtc) (xPI)



รูปที่ 4.13 ตัวอย่างหินไบโอไทต์ แกรนิตที่มีผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบและแสดงลักษณะเนื้อดอก พบที่ Grid reference 245 609 บริเวณ เขาเขียว



รูป 4.14 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ในหินไบโอไทต์แกรนิตซึ่งประกอบด้วยแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ (Kf) และไบโอไทต์ (Bi) (xpl)



รูป 4.15 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดง micrographic texture ที่บ่งบอกถึงการตกผลึกพร้อมกันระหว่างแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ (Kf) และแร่ควอตซ์ (Qz) (xpl)

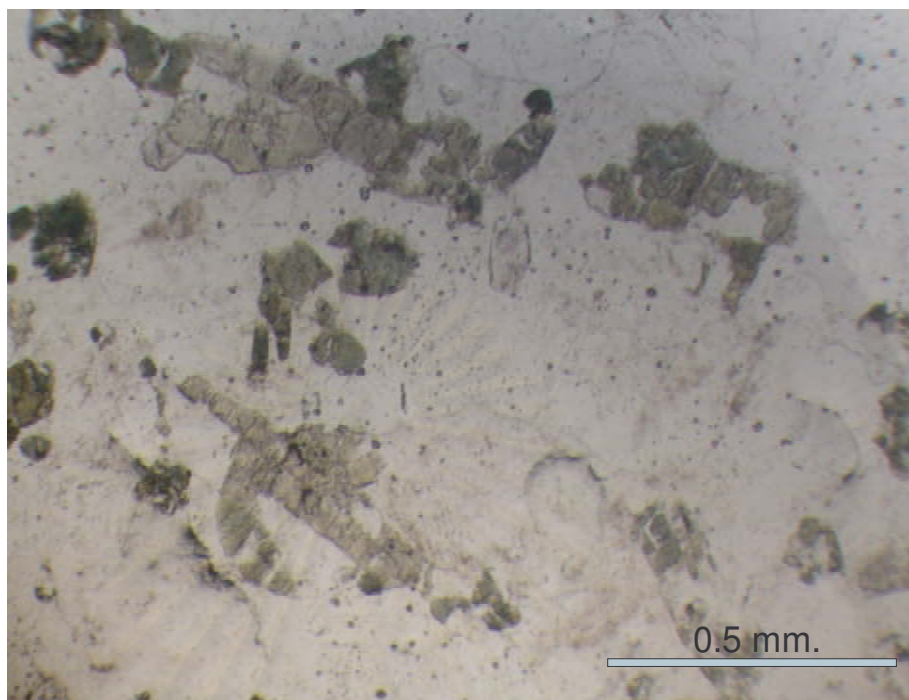
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



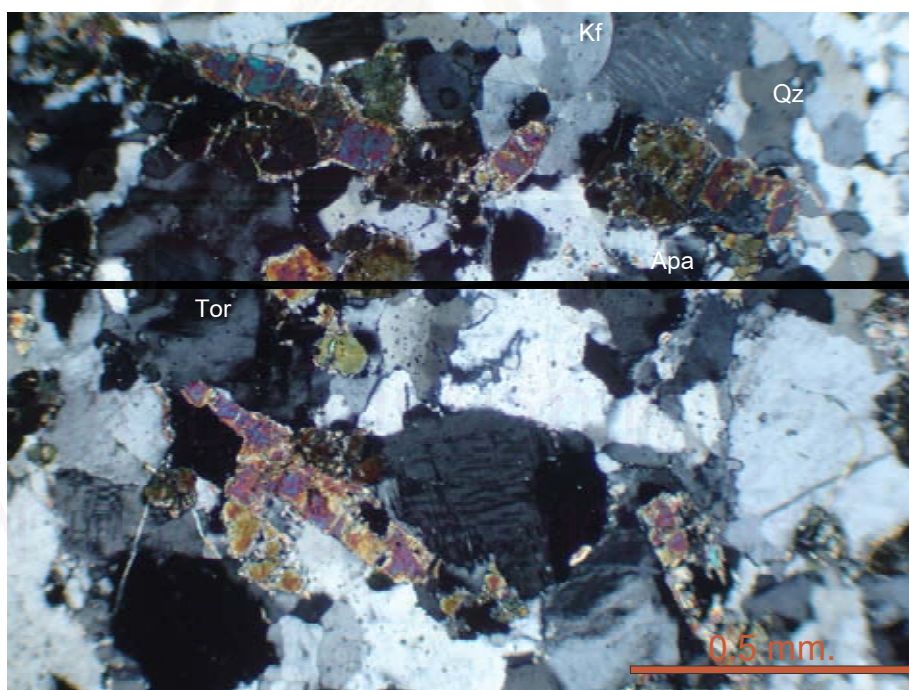
รูป 4.16 ตัวอย่างหินพักรุดมาหินแกรนิตที่มีผลึกขนาดเล็กถึงปานกลาง สีขาว พบที่ Grid reference 136 659 บริเวณ เขาป้อข่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A)



B)



รูป 4.17 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ทัวร์มาลีนในหินแกรนิต ซึ่งวางตัวในแนวเดียวกันนอกจากนี้ยังพบแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ (Kf), ทัวร์มาลีน (Tor), ควอตซ์ (Qz) และแร่อะพาไทต์ (Apa) เช่นกัน (A: ppl and B: xpl)

บทที่ 5 ธรณีเคมี

5.1 คำนำ

จากการศึกษาลักษณะศิลาวรรณนา (petrography) ของตัวอย่างหินแกรนิตในบริเวณพื้นที่ศึกษาแม้ว่าข้อมูลเบื้องต้นแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าลักษณะปรากฏทั้งเนื้อหิน (texture) ทั่วไปและองค์ประกอบแร่หลัก (essential minerals) โดยเฉพาะแร่ควอตซ์ และอัลคาไลเฟลสปาร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในเกือบทุกตัวอย่างของหินแกรนิต อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบแร่รอง (accessory minerals) เช่น ไบโอไทต์ มัสโคไวท์ และทัวร์มาลีน ที่ปรากฏในสัดส่วนที่แตกต่างกัน จึงสามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างหินแกรนิตย่อยได้ 7 กลุ่มดังที่กล่าวไว้ในบทที่แล้ว ลักษณะโดยรวมของหินแกรนิตทั้ง 7 กลุ่มดูเหมือนกับว่ามีการกำเนิดไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นการศึกษาลักษณะธรณีเคมีของหินแกรนิตทั้ง 7 กลุ่ม จึงกำหนดขึ้นเพื่อยืนยันแนวความคิดดังกล่าว รวมถึงศึกษาในรายละเอียดของกระบวนการกำเนิดของหินแกรนิตเหล่านี้ นอกจากนี้องค์ประกอบเคมีของหินสามารถใช้ในการประเมินศักยภาพในการใช้ประโยชน์ด้านเกษตรกรรมต่อไป

5.2 ผลวิเคราะห์

ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น เราได้วิเคราะห์หาธาตุหลัก และธาตุรองโดยวิธี X-ray fluorescence (XRF) Spectrometry และได้วิเคราะห์หาปริมาณธาตุร่องรอย (trace elements) และธาตุหายาก (rare-earth elements) โดยวิธี Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) ตามลำดับ ผลวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งหมดได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 5.1 ซึ่งผลวิเคราะห์ธาตุหลักและธาตุรองจาก XRF ได้รายงานในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์น้ำหนักออกไซด์ (weight % oxides) ส่วนผลวิเคราะห์ธาตุร่องรอยรวมทั้งธาตุหายากจาก ICP-OES ได้รายงานในรูปแบบของธาตุมีหน่วยเป็น ppm

SiO₂ : ในตัวอย่างหินทั้งหมดส่วนใหญ่สูงกว่า 70% และเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงแคบๆ ประมาณ 70-72% โดยมีเพียง สองสามตัวอย่างที่สูงกว่า คือ ตัวอย่าง 01/44 ในกลุ่มฮอว์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิต ที่ประกอบด้วย 73.84% SiO₂ และตัวอย่าง 01/19, 01/49 และ 01/52 ในกลุ่มไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อดอก มีผลวิเคราะห์ SiO₂ 73.4 % 73.23% และ 76.16% ตามลำดับ นอกจากนี้ตัวอย่างแกรนิตสีอ่อน (leucocratic granite) ให้ผลการวิเคราะห์ SiO₂ สูงถึง 74% สำหรับตัวอย่าง 01/36 ของกลุ่มไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอกเป็นตัวอย่างที่น่าสนใจอย่างยิ่งเนื่องจาก

ให้ค่าวิเคราะห์ซิลิกาค่อนข้างต่ำคือ 62.85% SiO_2 ซึ่งเป็นค่าผิดปกติจากหินแกรนิตทั่วไป เช่นเดียวกับองค์ประกอบอะลูมิเนียมที่สูงถึง 17.28% Al_2O_3

Al_2O_3 : ส่วนใหญ่ตกอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันประมาณ 12-14% มีเพียงตัวอย่าง 01/36 ในกลุ่มไบโอไทต์แกรนิตเนื้อมากเพียงตัวอย่างเดียวที่ประกอบด้วย Al_2O_3 สูงถึง 17.28% และแตกต่างจากอีกสองตัวอย่าง (01/01 A และ 01/37) ในกลุ่มเดียวกัน และตัวอย่าง 01/44 ของกลุ่มฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิต ที่มีค่า Al_2O_3 ต่ำกว่า 11%

K_2O : โพแทสเซียมเป็นธาตุสำคัญตัวหนึ่งทางด้านเกษตรกรรม นอกจากนี้ธาตุอัลคาไล (alkali element) ตัวนี้ยังมีส่วนสำคัญในแง่การแปลความหมายการกำเนิดและลักษณะธรณีวิทยาของหินอัคนีรวมทั้งหินแกรนิตจากการวิเคราะห์พบว่า องค์ประกอบโพแทสเซียมในตัวอย่างหินแกรนิตทั้งหมดอยู่ในระดับสูงประมาณ 6-7% K_2O เป็นส่วนใหญ่ มีเพียงบางตัวอย่างที่ต่ำกว่า 6% K_2O โดยเฉพาะตัวอย่าง 01/01A ในกลุ่มไบโอไทต์แกรนิตเนื้อมากเท่านั้นที่ลดต่ำลงไปถึง 2.49% สำหรับตัวอย่าง 01/32 ของกลุ่มแกรนิตสีอ่อน มีค่าสูงสุดถึง 8.46%

Na_2O : โซเดียมเป็นธาตุอัลคาไลอีกตัวหนึ่งที่สำคัญทั้งทางด้านเกษตรกรรมและการใช้แปลความหมายทางธรณีวิทยาของหินแกรนิต ผลการวิเคราะห์ XRF ของตัวอย่างหินแกรนิตในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดแม้ว่าจะมีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันทุกกลุ่มตัวอย่าง แต่รายละเอียดระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย กลุ่มหินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตมีองค์ประกอบประมาณ 4.5% Na_2O กลุ่มหินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตที่มีแร่อัลลันไนต์ และทัวร์มาลีน ประกอบอยู่ด้วย เป็นกลุ่มหินที่พบมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา ยังคงประกอบด้วยโซเดียมในช่วงแคบๆ ประมาณ 4-5% Na_2O กลุ่มหินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อมากมีความแตกต่างขององค์ประกอบโซเดียมค่อนข้างชัดเจน โดยตัวอย่าง 01/37 อยู่ในช่วงปกติคือ 4.7% Na_2O แต่อีกสองตัวอย่าง (01/01A และ 01/36) มีค่าค่อนข้างสูงถึง 6-8% Na_2O ในอีกสี่กลุ่มตัวอย่างคือแกรนิตเนื้อมาก มัสโคไวท์แกรนิตฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิตและแกรนิตสีอ่อน ที่มีตัวอย่างวิเคราะห์เพียงกลุ่มละตัวอย่าง แสดงผลวิเคราะห์ Na_2O ที่ 4.71%, 6.36%, 5.73% และ 3.63% ตามลำดับ

FeO : องค์ประกอบเหล็กรวม (FeO total) ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย XRF ของหินแกรนิตเกือบทุกตัวอย่างในทุกกลุ่มมีช่วงแคบประมาณ 1-2% FeO มีเพียงสามผลวิเคราะห์ที่ต่ำกว่า 1% FeO คือ 01/23A ของกลุ่มมัสโคไวท์แกรนิต 01/32 ของกลุ่มแกรนิตสีอ่อน และ 01/52 ของกลุ่มไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อมาก ตัวอย่างเหล่านี้มีค่า FeO 0.72%, 0.59% และ 0.26% ตามลำดับ สำหรับตัวอย่าง 01/52 นอกจากจะมีองค์ประกอบ FeO ที่ต่ำกว่าตัวอย่างอื่นในกลุ่มไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อมากด้วยแล้วองค์ประกอบ SiO_2 ค่อนข้างสูงกว่าปกติเช่นกัน

MgO : ธาตุแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบหลักในแร่เมฟิก เช่นเดียวกับธาตุเหล็ก แม้ว่าตัวอย่างหินแกรนิตทั้งหมดภายใต้การศึกษารุ่นนี้มีค่าผลวิเคราะห์ MgO ต่ำกว่า 2% แต่รายละเอียดในแต่ละกลุ่มค่อนข้างแตกต่างกัน กล่าวคือ กลุ่มหินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตให้ผลประมาณ 0.5 ถึง 1.3% MgO กลุ่มตัวอย่างไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อดอกแสดงผล MgO อยู่ในช่วงประมาณ 0.3-1.5% โดยส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียง 1% MgO สำหรับตัวอย่าง 01/52 ในกลุ่มหินชนิดนี้มีค่า MgO ต่ำกว่าตัวอย่างอื่นอย่างชัดเจนเช่นเดียวกับ SiO₂ และ FeO ดังที่กล่าวมาแล้ว กลุ่มไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอกประกอบด้วย MgO ในช่วงประมาณ 0.4-1.6% ส่วนกลุ่มหินที่เหลือคือ แกรนิตเนื้อละเอียด มัสโคไวท์แกรนิต ฮอว์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิต และแกรนิตสีอ่อน ที่มีผลวิเคราะห์จากตัวอย่างกลุ่มละเพียงตัวอย่างเดียวประกอบด้วย MgO 0.22%, 0.16%, 1.61% และ 0.38% ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าปริมาณ MgO แปรผันตามปริมาณแร่เมฟิก ในที่นี้คือไบโอไทต์และฮอว์นเบลนด์

CaO : ธาตุองค์ประกอบที่สำคัญตัวหนึ่งในการบ่งบอกธรณีวิทยาของหินแกรนิตและหินอัคนีชนิดอื่น ๆ รวมถึงวิวัฒนาการ และการแปรเปลี่ยนภายหลังการเย็นตัวของหินหนืด ผลการวิเคราะห์พบว่าองค์ประกอบแคลเซียมในตัวอย่างหินแกรนิตที่ศึกษาเกือบทั้งหมดมีค่าต่ำกว่า 2% CaO เช่นเดียวกับ FeO โดยกลุ่มไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตอยู่ในช่วง 0.9-1.3% CaO กลุ่มไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อดอกตกอยู่ในช่วง 0.9-1.7% CaO เป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นตัวอย่าง 01/52 ที่มีค่าต่ำกว่ามากคือ 0.23% CaO กลุ่มไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอกแสดงความแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจนระหว่างสามตัวอย่างในกลุ่มที่ (01/01A, 01/36 และ 01/37) โดยที่ตัวอย่าง 01/37 ให้ค่า 1.3% CaO ตกอยู่ในช่วงเดียวกับกลุ่มอื่นทั่วไป ส่วนตัวอย่าง 01/01A ให้ค่า 2.77% CaO ที่ค่อนข้างสูงผิดปกติขณะที่ตัวอย่าง 01/36 มีค่า 0.53% CaO ที่ค่อนข้างต่ำ สำหรับอีกสี่กลุ่มคือแกรนิตเนื้อละเอียด มัสโคไวท์แกรนิต ฮอว์นเบลนด์-ไบโอไทต์มัสโคไวท์แกรนิต และแกรนิตสีอ่อนทั้งหมดให้ผลวิเคราะห์ค่อนข้างต่ำคือ 0.66%, 0.59%, 0.29% และ 0.54% ตามลำดับ

องค์ประกอบรองที่เหลืออีกสามธาตุคือ ไทเทเนียม (Ti) ฟอสฟอรัส (P) และแมงกานีส (Mn) ทั้งหมดมีค่าค่อนข้างต่ำ ทุกธาตุมีค่าผลวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ออกไซด์ต่ำกว่า 0.5% ในทุกตัวอย่างโดยเฉพาะผลวิเคราะห์ MnO ซึ่งมีค่าต่ำมากที่สุดคือต่ำกว่า 0.1%

เพื่อแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของธาตุองค์ประกอบต่างๆ ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างหินแกรนิตที่ศึกษา ผลวิเคราะห์ทั้งธาตุหลัก ธาตุรอง ธาตุร่องรอย และธาตุหายากถูกนำมาแสดงในรูปของกราฟต่างๆ โดยเฉพาะเทคโนโลยีไดอะแกรม (tectonodiagrams) ซึ่งสามารถใช้นำบอกถึงการกำเนิดของหินแกรนิตเหล่านี้ได้

รูป 5.1 และ 5.2 แสดงลักษณะของ Harker variation diagrams หรือกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของธาตุองค์ประกอบเคมีทั้งธาตุหลักและรอง ต่อองค์ประกอบ SiO_2 (รูป 5.1) และต่อ Magnesium number ($\text{Mg}^\# = \text{MgO}/(\text{MgO} + \text{FeO})$) (รูป 5.2) ซึ่งเป็นการแสดงเปรียบเทียบองค์ประกอบเคมีของหินแกรนิตจากพื้นที่ศึกษาในแต่ละกลุ่มและภาพรวมได้ชัดเจนขึ้น สำหรับการเปรียบเทียบกับ SiO_2 ที่มีผลการวิเคราะห์ตกอยู่ในช่วงแคบๆ ส่วนใหญ่อยู่ประมาณ 70-72% พบว่า เมื่อปริมาณ SiO_2 สูงขึ้นนั้น TiO_2 , Al_2O_3 , FeO และ CaO มีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างชัดเจน แต่ปริมาณ Na_2O และ K_2O ค่อนข้างคงที่ไม่แปรเปลี่ยนตามปริมาณ SiO_2 สำหรับ MgO , MnO และ P_2O_5 ไม่แสดงทิศทางที่ชัดเจนต่อการเพิ่มของ SiO_2 ใดๆก็ตาม MgO ค่อนข้างที่จะแสดงแนวโน้มการลดต่ำลงเมื่อปริมาณ SiO_2 สูงขึ้น

ส่วนการเปรียบเทียบกับ Mg number ($\text{Mg}^\#$) ที่ค่าอยู่ในช่วง 0.2-0.6 เกือบทั้งหมด ดังแสดงในรูป 5.2 แสดงให้เห็นชัดเจนว่าเมื่อ $\text{Mg}^\#$ เพิ่มมากขึ้น TiO_2 , FeO และ CaO แสดงแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ขณะที่ SiO_2 , Al_2O_3 , MnO , Na_2O , K_2O และ P_2O_5 ไม่แสดงทิศทางที่ชัดเจน แต่ดูเหมือนว่า Na_2O จะลดลงเล็กน้อย และ SiO_2 ค่อนข้างคงที่ จากลักษณะ variation diagrams ดังกล่าวบ่งบอกอย่างชัดเจนว่าหินแกรนิตที่พบในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงและความแตกต่างขององค์ประกอบหลักและรองไม่มากนักแทบจะกล่าวได้ว่าเป็นกลุ่มหินทางเคมีชนิดเดียวกัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบเพียงเล็กน้อยอาจเป็นผลมาจากกระบวนการ crystal fractionation หรือ magma differentiation คือการตกผลึกลำดับส่วนของหินหนืดบางส่วนนั่นเอง จากรูป 5.1 และ 5.2 พบว่าจุดการพลีตของตัวอย่างของกลุ่มหินฮอร์นเบลนด์ ไบโอไทต์แกรนิตมักจะแยกออกไปอยู่นอกแนวโน้มหลักของจุดการพลีตของหินแกรนิตกลุ่มอื่นอย่างชัดเจนซึ่งน่าจะเป็นผลสืบเนื่องจากหินแกรนิตกลุ่มนี้มีแร่ฮอร์นเบลนด์และไบโอไทต์ซึ่งเป็นแร่ที่มีธาตุเหล็ก แมกนีเซียม และแคลเซียมสูงกว่าแร่กลุ่มเฟลสปาร์หรืออัลไบต์ที่พบมากในหินแกรนิตกลุ่มอื่น

ปริมาณ SiO_2 ต่อ $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ของตัวอย่างเหล่านี้ได้แสดงไว้ใน classification diagram ของ Middleton (1985) (รูป 5.3) พบว่าผลวิเคราะห์ส่วนใหญ่ตกอยู่ในบริเวณของหิน Syenite (4) บางส่วนเป็น quartz syenite (5) มีเพียงตัวอย่างเดียว (01/01A) ในกลุ่มไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอกที่ตกอยู่ในองค์ประกอบ trachyrhyolite ข้อมูลดังกล่าวค่อนข้างเข้ากันได้ดีกับไดอะแกรมของ Debon & Le Fort (1983) ที่พลีต ระหว่างค่า $Q = \text{Si}/3 - (\text{K} + \text{Na} + 2\text{Ca}/3)$ และค่า $P = \text{K} - (\text{Na} + \text{Ca})$ (รูป 5.4) โดยผลวิเคราะห์ตัวอย่างหินส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณองค์ประกอบของ quartz syenite (5) และบางส่วนกระจายอยู่ในบริเวณองค์ประกอบของหิน granite (1), adamellite (2) และ quartz monzonite (6) ตามลำดับ สำหรับตัวอย่าง 01/01A กลุ่ม ไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอก และ 01/44

กลุ่มฮอร์เบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิต ตกอยู่ในบริเวณเส้นแบ่งองค์ประกอบ tonalite (4) – quartz diorite (8) และ adamellite (2) – granodiorite (3) ตามลำดับ ไดอะแกรมของ Debon & Le Fort (1983) ที่น่าสนใจอีกไดอะแกรมหนึ่งคือการพลอตระหว่างค่า $A=Al-(K+Na+2Ca)$ และค่า $B=Fe+Mg+Ti$ (รูป 5.5) พบว่าตัวอย่างหินแกรนิตที่ศึกษาทั้งหมดมีค่า A อยู่ในแดนลบทั้งหมด จัดว่าเป็นหินชนิดชนิด metalumina ซึ่งมีองค์ประกอบธาตุอัลคาไลสูงกว่าอะลูมินา นอกจากนี้ ไดอะแกรมดังกล่าวยังแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างหินแกรนิตเหล่านี้มีค่า B หรือปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบในแร่เมฟิก อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางทั้งหมดมีค่า B ต่ำกว่า 100 ซึ่งตัวอย่างที่มีค่า B ต่ำกว่าเกือบครึ่งของตัวอย่างทั้งหมดมักจะตกอยู่ในพื้นที่องค์ประกอบของ Leucogranite หรือแกรนิตสีอ่อน ซึ่งจะมีปริมาณแร่เมฟิกน้อยมากหรือไม่มีเลย ในรูป 5.6 แสดง diagram ของ Peacock (1931) ซึ่งพลอตระหว่าง SiO_2 ต่อ CaO และ K_2O+Na_2O แม้ว่ากราฟจำแนกกลุ่มหินชนิดของไดอะแกรมนี้จะไม่ค่อยน่าสนใจมากนักแต่ก็แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างหินที่ศึกษาทั้งหมดนอกจากจะมีปริมาณ SiO_2 ในช่วงแคบแล้วยังมีปริมาณ $CaO+K_2O+Na_2O$ ในช่วงที่ไม่แตกต่างกันมากนักและทั้งหมดถูกจัดอยู่ในชุดหินชนิด calcic

สำหรับไดอะแกรมที่เกี่ยวข้องกับการกำเนิดและลักษณะธรณีแปรสัณฐาน (geotectonic) ที่เรียกว่า tectonodiagrams หรือ tectonic discrimination diagram ที่ถูกเลือกมาใช้นำเสนอข้อมูลแสดงไว้ในรูป 5.7 ถึง 5.12 โดยรูป 5.7 ซึ่งแสดงการพล็อตระหว่าง $\log(Y+Nb)$ กับ $\log Rb$ นั้นพบว่าตัวอย่างทั้งหมดตกอยู่ในพื้นที่องค์ประกอบของ within plate granite (WPG) คือหินแกรนิตที่เกิดบนทวีปตามการจำแนกของ Pearce และคณะ (1984) Tectonodiagram ของ Pearce และคณะ (1984) สำหรับหินแกรนิตอีกอันหนึ่งเป็นการพล็อตระหว่าง $\log Y$ กับ $\log Nb$ (รูป 5.8) ก็ยังคงแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างหินแกรนิตที่ศึกษาทั้งหมดมีองค์ประกอบอยู่ในบริเวณ within plate granite (WPG) เช่นเดียวกัน Batchelor & Bowden (1985) เสนอไดอะแกรมที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $R1=4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti)$ และค่า $R2=6Ca+(Mg+Al)$ (รูป 5.9) เพื่อจำแนกการเกิดของหินแกรนิต จากผลวิเคราะห์องค์ประกอบของหินแกรนิตที่ศึกษาทั้งหมดตกอยู่ระหว่างองค์ประกอบของ late orogenic (4) และ anorogenic (5) รูป 5.10 และ 5.11 เป็นไดอะแกรมที่เสนอโดย Whalen และคณะ (1987) ซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหลักและรองกับธาตุร่องรอยเพื่อจำแนกลักษณะการเกิดของหินแกรนิตที่เป็นแบบ fractionating felsic granite และ orogenic granite โดยรูป 5.10 พลอตระหว่าง $Zr+Nb+Ce+Y$ กับ FeO/MgO และรูป 5.11 พลอตระหว่าง $Zr+Nb+Ce+Y$ กับ $(K_2O+Na_2O)/CaO$ องค์ประกอบหินแกรนิตทั้งหมดในการศึกษานี้ไม่แสดงความสัมพันธ์กับองค์ประกอบแบบ fractionation felsic

granite หรือ orogenic granite ของ Whalen และคณะ (1987) ในทั้งสองไดอะแกรม Manior & Piccoli (1989) เสนอ diagram พล็อตระหว่าง SiO_2 กับ Al_2O_3 (รูป 5.12) ซึ่งผลวิเคราะห์ของหินแกรนิตส่วนใหญ่ตกอยู่ในบริเวณ post-orogenic granitoids และบางส่วนอยู่ในบริเวณองค์ประกอบของ rift-related granitoids (RRG) และ continental epiorogenic uplift granitoids (CEUG)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 5.1 ผลวิเคราะห์ธรณีเคมีของหินแกรนิต ชลบุรี-ระยอง

	กลุ่ม 1	กลุ่ม 2				กลุ่ม 3	กลุ่ม 4
Major oxide (%)	01/16	01/25	01/26	01/27	01/61	01/23A	01/44
SiO ₂	71.58	71.04	70.65	71.15	72.43	71.81	73.84
TiO ₂	0.17	0.31	0.36	0.33	0.19	0.06	0.44
Al ₂ O ₃	13.19	12.65	13.24	12.92	13.06	14.05	10.94
Fe tot	1.4	2.19	1.67	2.39	1.53	0.72	2.25
MgO	0.22	0.95	0.53	1.34	1.31	0.16	1.61
CaO	0.66	1.31	0.94	1.31	1.11	0.59	0.29
Na ₂ O	4.71	4.8	4.47	4.47	3.93	6.36	5.73
K ₂ O	7.49	6.24	7.6	6.59	5.92	5.66	4.49
P ₂ O ₅	0.46	0.29	0.4	0.31	0.35	0.47	0.24
MnO	0.04	0.06	0.03	0.06	0.06	0.05	0
LOI	0.9	0.97	0.95	0.81	2.42	0.99	1.43
Total	100.82	100.81	100.84	101.68	102.31	100.92	101.26
Trace and rare earth elements (ppm)							
Ba	127.26	474.8	366.56	569.32	404.33	21.46	445.35
Ce	42.7	91.16	178.87	98.42	42.24	10.86	118.59
Co	115.79	128.48	199.22	91.66	88.42	97.32	153.23
Cr	-	10.34	-	24.07	2.93	-	20.42
Dy	5.23	7.44	7.03	7.83	3.42	0.07	6.7
Eu	0.19	0.56	0.46	0.67	0.34	0.03	0.68
Er	10.47	20.5	23.62	24.44	12.12	3.58	23.94
Ga	26.36	42.21	48.91	45.94	27.22	13.73	57.63
Gd	4.66	7.81	8.78	8.68	4.8	1.7	7.22
Hf	0.94	3.13	4.15	8.14	4.2	-	7.82
Ho	4.14	8.11	9.31	8.9	4.7	1.38	11.74
La	10.85	33.67	61.42	42.33	15.21	-	37.88
Lu	1.68	1.84	2.17	1.72	1.31	1.04	2.07
Nb	628.8	655.35	643.68	604.25	509.91	556.96	538.37
Nd	7.43	20.19	59.7	33.28	11.15	-	40.89
Ni	0	2.87	0	5.58	2.4	-	10.32
Pb	51.34	34.77	25.81	43.18	5.29	-	-
Pr	2.66	7.3	17.03	9.73	3.3	0.99	9.25
Rb	598.1	307.33	398.66	293.17	243.19	485.18	101.19
Sm	7.57	10.33	20.57	11.82	6.6	3.8	11.75
Sr	71.99	175.49	120.83	101.62	54.38	22.41	94.61
Ta	12.17	20.04	14.62	20.12	11.85	7.32	20.42
Tb	0.4	0.75	0.82	0.79	0.39	-	0.8
Th	3.55	14.49	65.89	54.54	18	-	71.45
V	7.5	35.2	15.89	28.77	15.26	5.71	38.89
Y	37	61.57	34.71	52.88	31.35	15.56	40.43
Yb	5.79	7.27	3.34	4.99	3.75	2.78	4.54
Zn	37.27	44.42	60.73	46.14	45.23	49.52	19.13
Zr	160.88	174.37	341.96	240.18	191.21	68.79	303.74

ตาราง 5.1 (ต่อ)

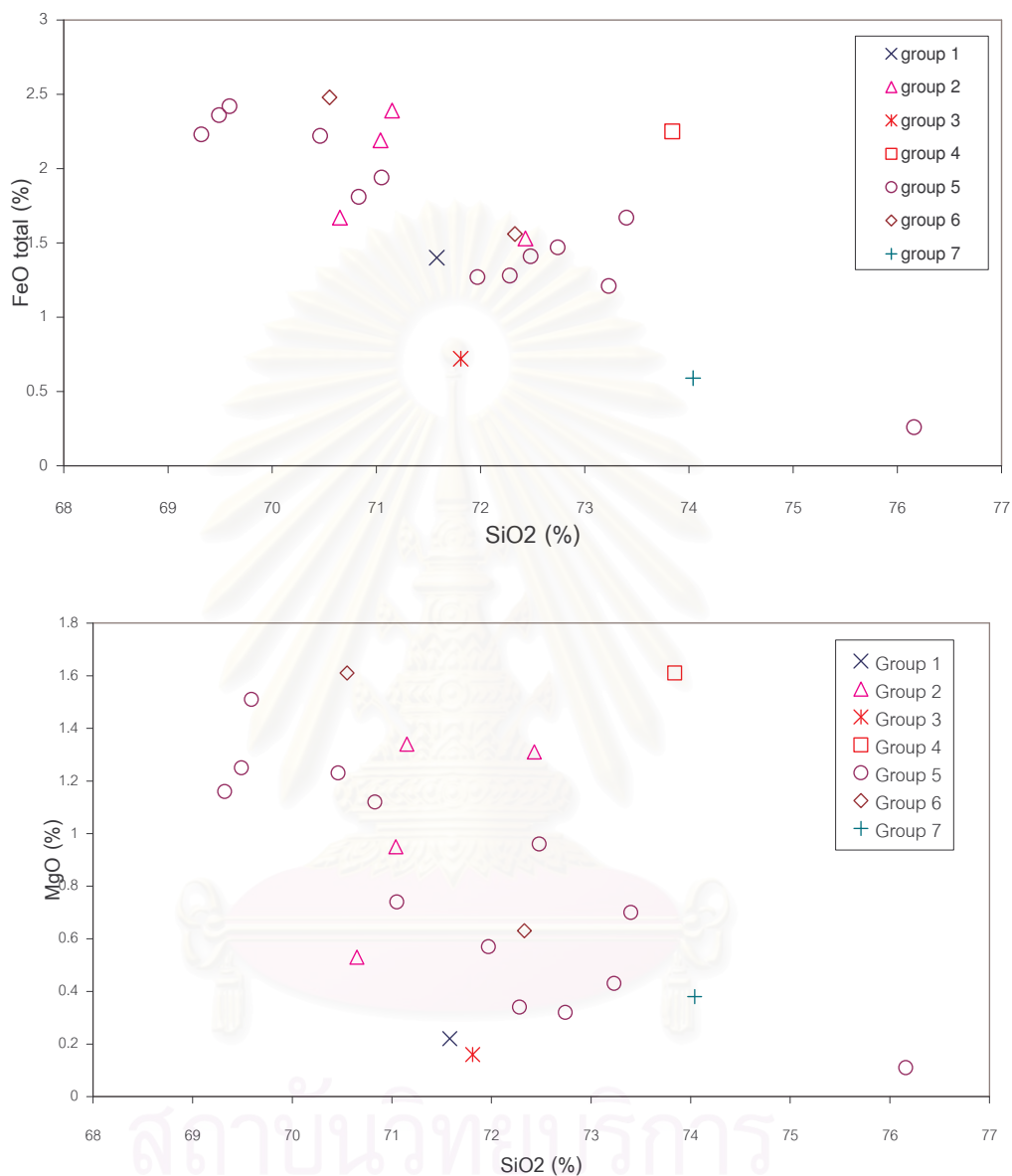
Major oxide(%)	กลุ่ม 5						
	01/06A	01/9	01/19	01/22	01/33	01/34	01/48
SiO ₂	69.32	71.05	73.4	69.49	72.28	72.74	71.97
TiO ₂	0.38	0.36	0.23	0.35	0.14	0.16	0.17
AL ₂ O ₃	13.31	13.11	12.2	12.84	12.93	12.59	13.03
Fe tot	2.23	1.94	1.67	2.36	1.28	1.47	1.27
MgO	1.16	0.74	0.7	1.25	0.34	0.32	0.57
CaO	1.63	0.94	1.21	1.7	1.08	0.88	1.39
Na ₂ O	4.42	4.38	4.44	4.27	5.15	4.53	4.81
K ₂ O	7.06	6.98	5.78	7.11	6.4	6.98	6.52
P ₂ O ₅	0.23	0.36	0.25	0.3	0.26	0.21	0.15
MnO	0.05	0.06	0.03	0.04	0.05	0.05	0.03
LOI	0.66	0.78	0.8	0.62	0.79	0.72	0.79
Total	100.45	100.7	100.71	100.33	100.7	100.65	100.7
Trace and rare earth elements (ppm)							
Ba	1157.2	319.3	185.82	993.26	93.93	126.93	178.33
Ce	96.4	161.09	72.78	107.78	42.97	38.73	47314
Co	116.99	81.66	112.97	112.97	120.2	108.72	84.32
Cr	12.97	-	1.45	1.45	-	-	-
Dy	8.19	7.77	8.8	8.27	4.76	3.92	6.28
Eu	0.92	0.48	0.42	0.87	0.3	0.24	0.9
Er	24.37	23.56	13.96	23.54	9.4	9.46	9.08
Ga	46.53	49.13	30.37	47.59	22.38	22.22	22.62
Gd	8.03	9.35	6.58	8.27	4.8	4.58	4.62
Hf	3.38	5.08	2.13	3.79	4.46	4.14	4.49
Ho	9.39	9.1	5.64	9.51	3.65	3.86	3.85
La	38.84	60.39	25.73	38.43	15.09	13.98	17.69
Lu	1.9	1.36	1.76	1.74	1.77	1.62	1.71
Nb	646.52	646.61	576.03	660.82	610.86	522.13	573.95
Nd	21.71	50.18	15.83	24.87	10.37	9.85	13.22
Ni	4.28	-	-	6.44	0.06	1.72	0.55
Pb	64.17	-	19.84	75.54	36.93	34.35	53.46
Pr	8.1	14.92	5.86	8.14	3.73	3.35	4
Rb	242.45	417.83	234.02	288.61	408.28	308.61	250.3
Sm	10.52	15.8	8.28	10.88	7.98	7.36	6.65
Sr	282.45	122.12	129.74	286.52	49.28	43.06	77.54
Ta	19.14	17.01	15.3	21.26	12.02	12.56	12.17
Tb	-	-	0.83	0.85	0.5	0.22	0.6
Th	15	44.16	5.08	21.16	27.1	22.83	25.91
V	37.9	20.63	18359	42.08	8.2	9.82	12
Y	59.88	43.29	72.4	53.51	45.53	34.93	53.96
Yb	5.86	3.88	7.7	5.2	5.87	4.65	7.92
Zn	43.44	53.91	30.58	41.5	29.07	28.24	23.77
Zr	166.02	353.32	157.54	193.97	140.75	129.3	195.08

ตาราง 5.1 (ต่อ)

Major oxide(%)	กลุ่ม 5					
	01/49	01/50	01/52	01/53	01/71	01/72
SiO ₂	73.23	69.59	76.16	70.46	72.48	70.83
TiO ₂	0.13	0.43	0	0.3	0.18	0.25
Al ₂ O ₃	12.6	12.58	11.87	12.88	12.83	13.01
Fe tot	1.21	2.42	0.26	2.22	1.41	1.81
MgO	0.43	1.51	0.11	1.23	0.96	1.12
CaO	1.63	1.85	0.23	1.59	1.15	1.06
Na ₂ O	5.2	4.7	5.3	4.5	4.05	5.27
K ₂ O	6.23	6.49	5.66	6.37	6.36	6.03
P ₂ O ₅	0.22	0.2	0.32	0.25	0.36	0.4
MnO	0.05	0.05	0.03	0.05	0.06	0.06
LOI	0.95	0.96	0.72	0.71	2	1.28
Total	100.88	100.78	100.66	100.56	101.84	101.12
Trace and rare earth elements (ppm)						
Ba	99.62	494	-	332.61	306.12	450.94
Ce	31.11	81.96	4.7	79.01	30.66	62.5
Co	111.87	96.51	138.06	103.52	125.74	123
Cr	1.13	26.46	-	14.66	4.76	21.83
Dy	3.67	8.65	-	9.14	2.06	5.37
Eu	0.2	0.71	-	0.58	0.19	0.55
Er	7.95	21.39	-	18.98	9.68	15.84
Ga	19.3	46.65	6.41	39.48	22.33	35.84
Gd	3.43	7.51	-	7.55	3.27	5.93
Hf	3.78	7.83	-	4.8	4.42	7.79
Ho	3.27	9.22	0.42	7.65	4.04	6.68
La	8.63	31.11	-	30.95	8.71	22.89
Lu	1.73	1.91	1.32	1.86	1.67	2.01
Nb	481.57	593.15	548.87	570.58	381.78	663.87
Nd	7.21	25.81	-	23.61	6.38	18.64
Ni	0.82	8.31	-	5	0.56	5.51
Pb	13.27	77.7	-	66.94	10.71	25.78
Pr	2.4	6.66	-	6.85	2.1	5.16
Rb	294.94	244.98	409.23	224.75	239.39	344.36
Sm	6.62	8.21	-	9348	6.98	8.7
Sr	45.22	141.01	13.44	109.22	40.08	105.82
Ta	9.75	20.44	3.19	18.74	10.52	15.47
Tb	0.2	0.65	-	0.6	0.23	0.86
Th	18.48	44.2	-	35.3	12.7	28.01
V	10.12	34.09	2.95	25.47	14.97	28.01
Y	30.22	65.55	-	64.82	21.96	43.95
Yb	5.45	8.13	0.34	6.97	3.38	5.35
Zn	25.35	31.13	-	39.97	27.51	47.59
Zr	150.4	244.87	5.31	100.33	198.19	468.46

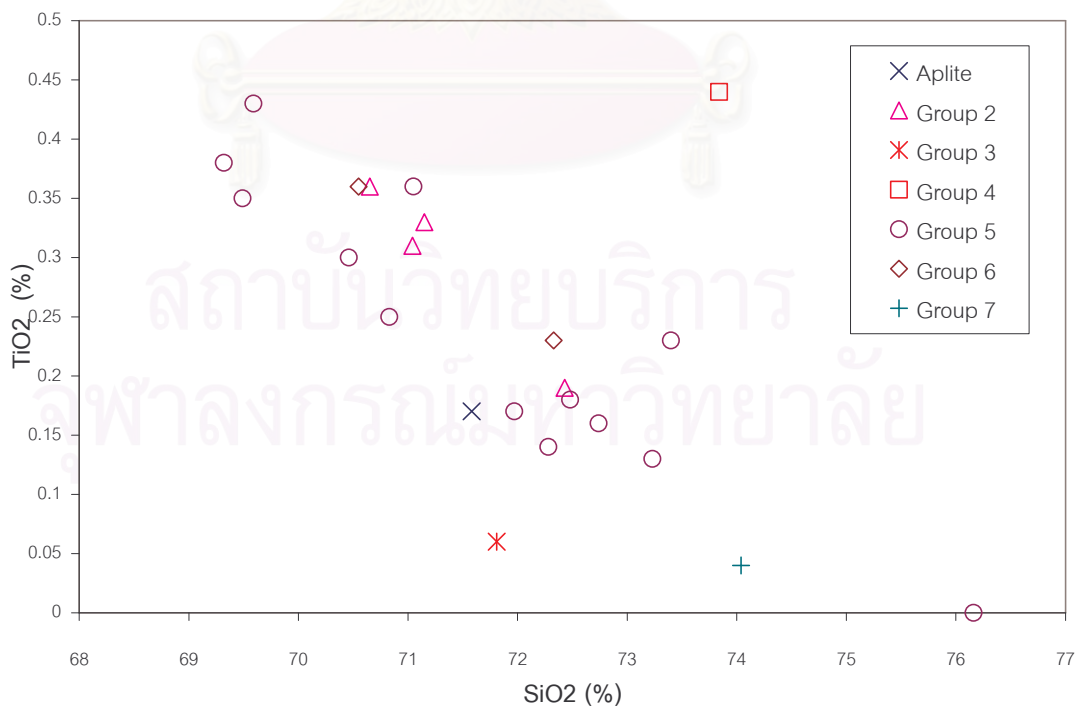
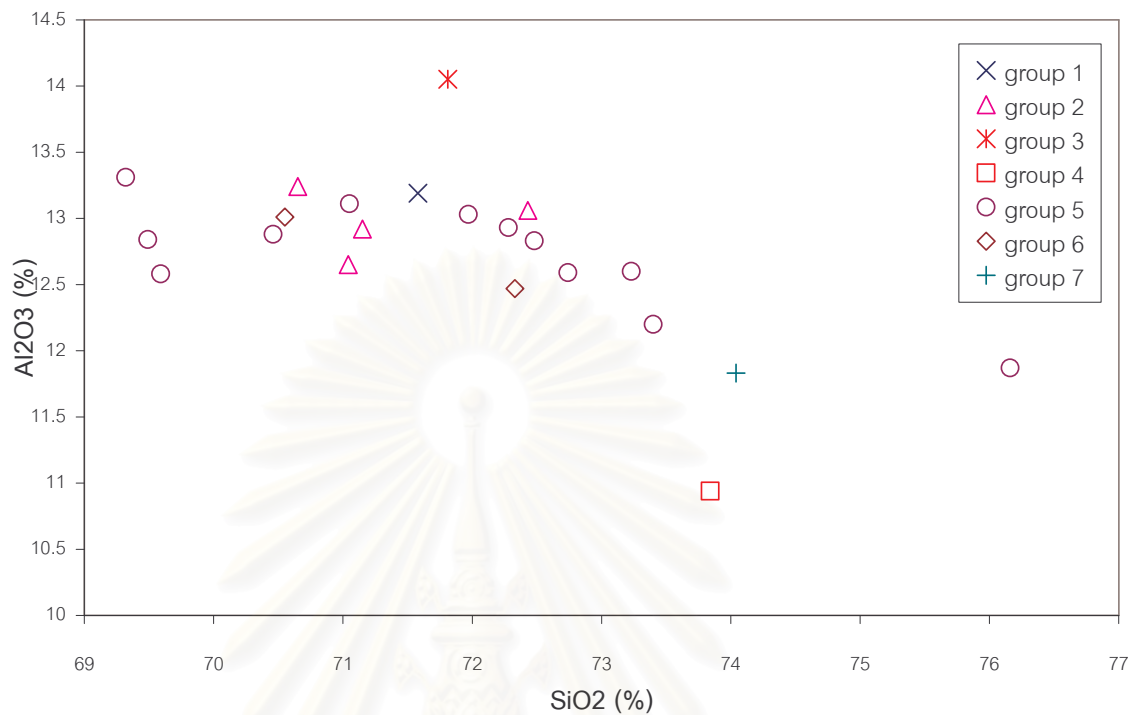
ตาราง 5.1 (ต่อ)

Major oxide(%)	กลุ่ม 6			กลุ่ม 7
	01/01A	01/36	01/37	01/32
SiO ₂	70.55	62.85	72.33	74.04
TiO ₂	0.36	0.45	0.23	0.04
AL ₂ O ₃	13.01	17.28	12.47	11.83
Fe tot	2.48	1.28	1.56	0.59
MgO	1.61	0.38	0.63	0.38
CaO	2.77	0.53	1.3	0.54
Na ₂ O	6.28	8.19	4.67	3.63
K ₂ O	2.49	7.89	6.45	8.46
P ₂ O ₅	0.27	0.47	0.26	0.38
MnO	0.06	0.02	0.04	0.04
LOI	0.85	1.17	0.62	0.49
Total	100.73	100.51	100.56	100.42
Trace and rare earth elements (ppm)				
Ba	279	390.1	163.28	227.78
Ce	123.6	33.02	65.2	16.3
Co	131.34	45	110.7	127.36
Cr	22.87	24	-	-
Dy	10.47	4.23	8.99	2.99
Eu	1.33	0.29	0.41	0.21
Er	25.67	36.12	13.55	3.1
Ga	48.27	66.44	33.17	10.21
Gd	10.89	3.62	6.17	2.71
Hf	3.87	3.67	6.79	1.03
Ho	9.61	13.64	6.08	1.22
La	62.67	10.04	20.98	4.11
Lu	2.16	0.82	2.17	1.62
Nb	619.37	206.66	610.61	591.6
Nd	39.05	4.31	17.89	2.2
Ni	6.66	3.47	0.7	-
Pb	-	23.9	35	-
Pr	11.66	3.12	4.66	1.36
Rb	191.06	164.08	312.81	449.18
Sm	15.56	2.73	7.37	5.83
Sr	337.15	44.45	67.17	132.72
Ta	22.46	6.69	15.64	6.34
Tb	0.99	0.28	0.68	0.16
Th	22.37	20.93	34.94	9.29
V	43.68	34.64	13.89	5.56
Y	80.74	18.59	71.84	28.42
Yb	8.07	3.14	8.81	4.32
Zn	48.32	24.43	30.58	13.59
Zr	192.26	200.87	249.66	73.66

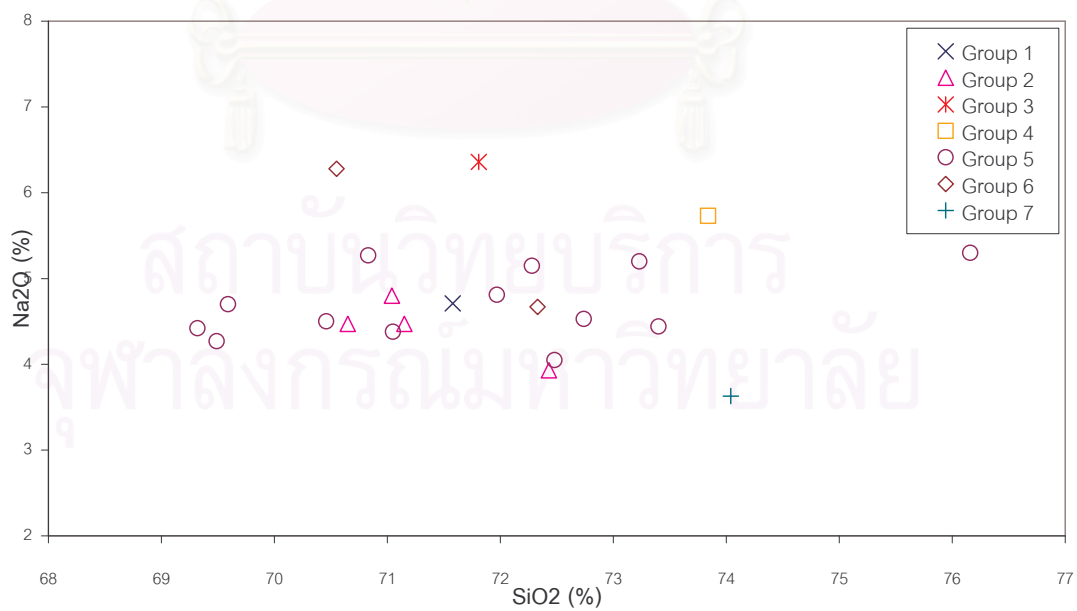
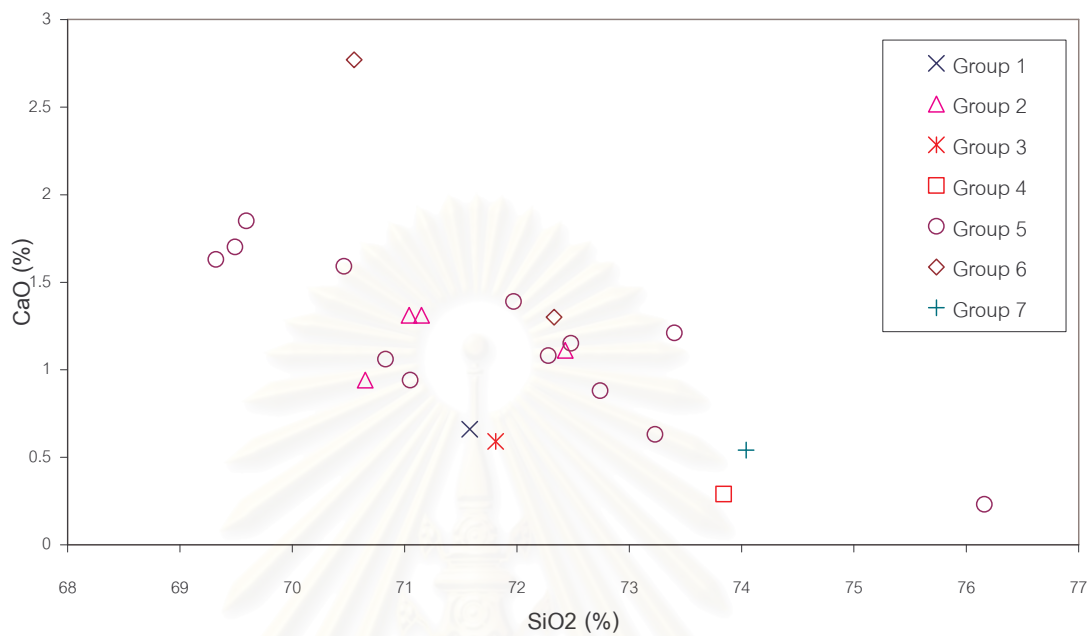


หมายเหตุ Group 1 = หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์ เอไพลต์ Group 2 = หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิต
 Group 3 = หินมัสโคไวท์แกรนิต Group 4 = หินฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิต
 Group 5 = หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อดอก
 Group 6 = หินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอก Group 7 = หินแกรนิตสีขาว

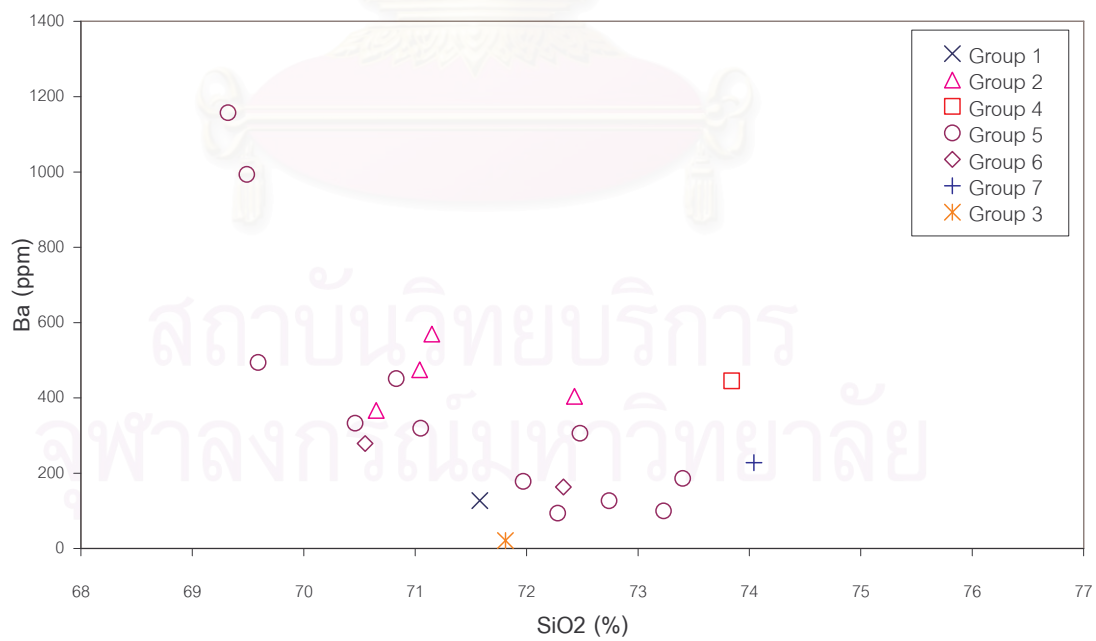
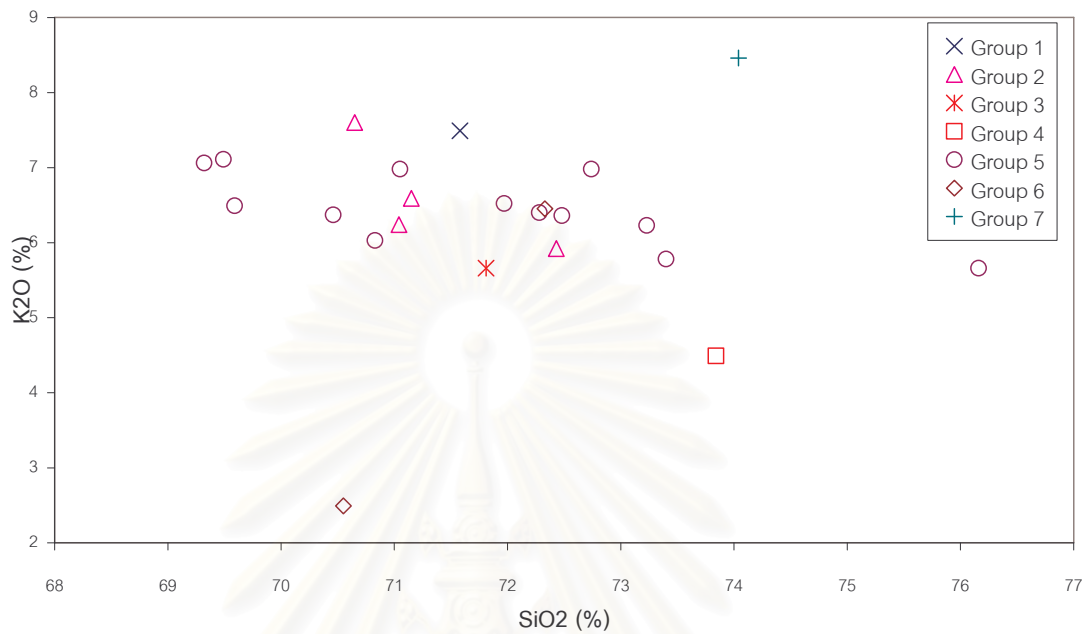
รูป 5.1 Harker variation diagrams แสดงการเปลี่ยนแปลงของธาตุองค์ประกอบเคมีธาตุต่างๆ ต่อ ปริมาณ SiO_2 (ร้อยละ) ของหินแกรนิต ชลบุรี-ระยอง



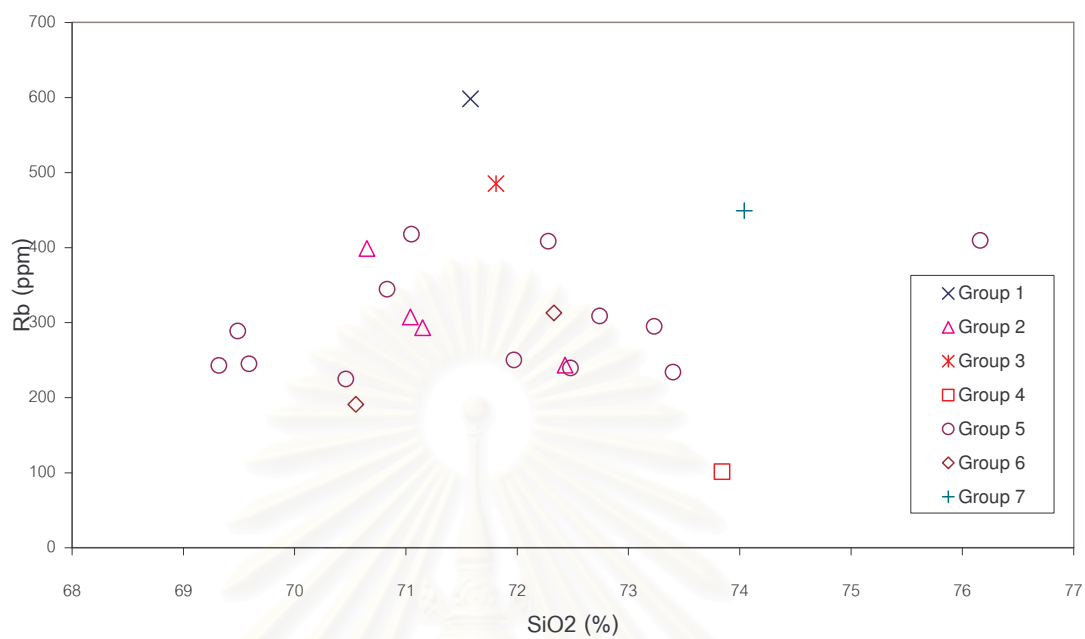
รูป 5.1 (ต่อ)



รูป 5.1 (ต่อ)

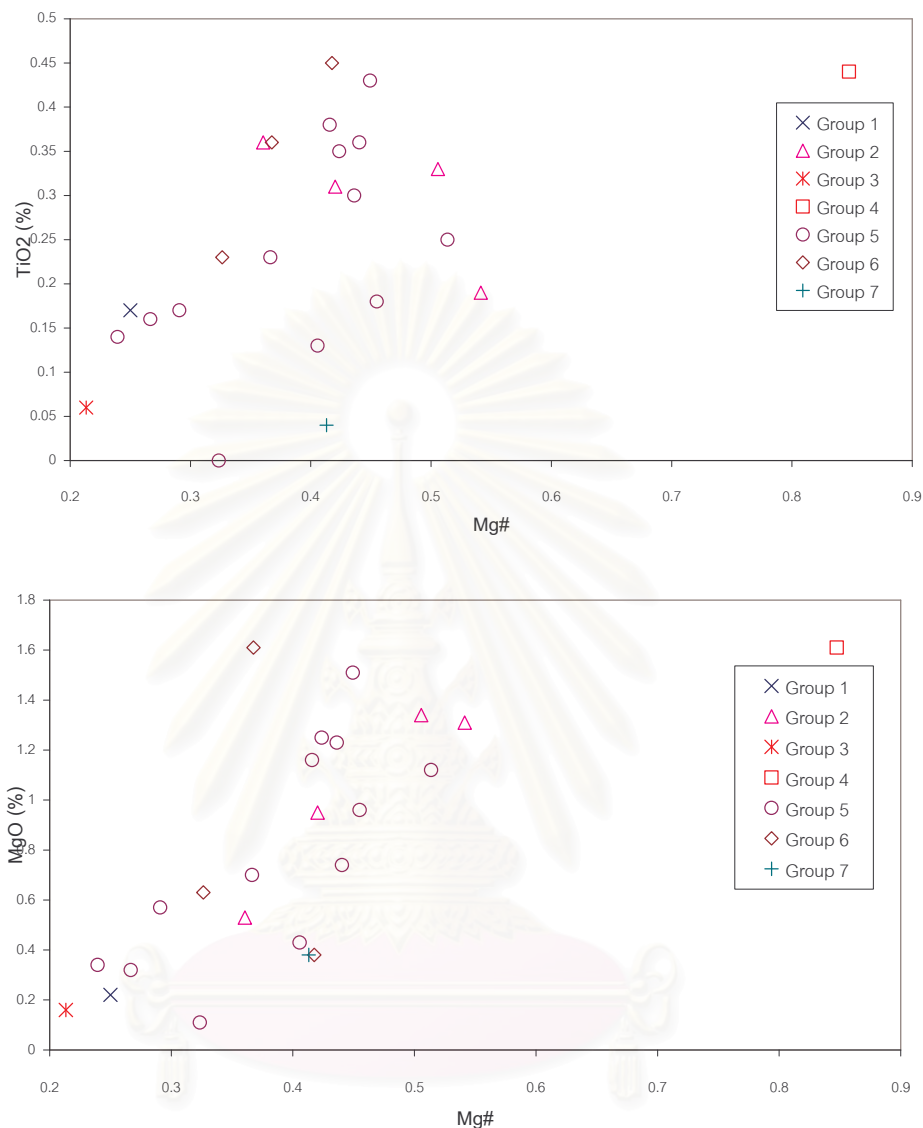


รูป 5.1 (ต่อ)



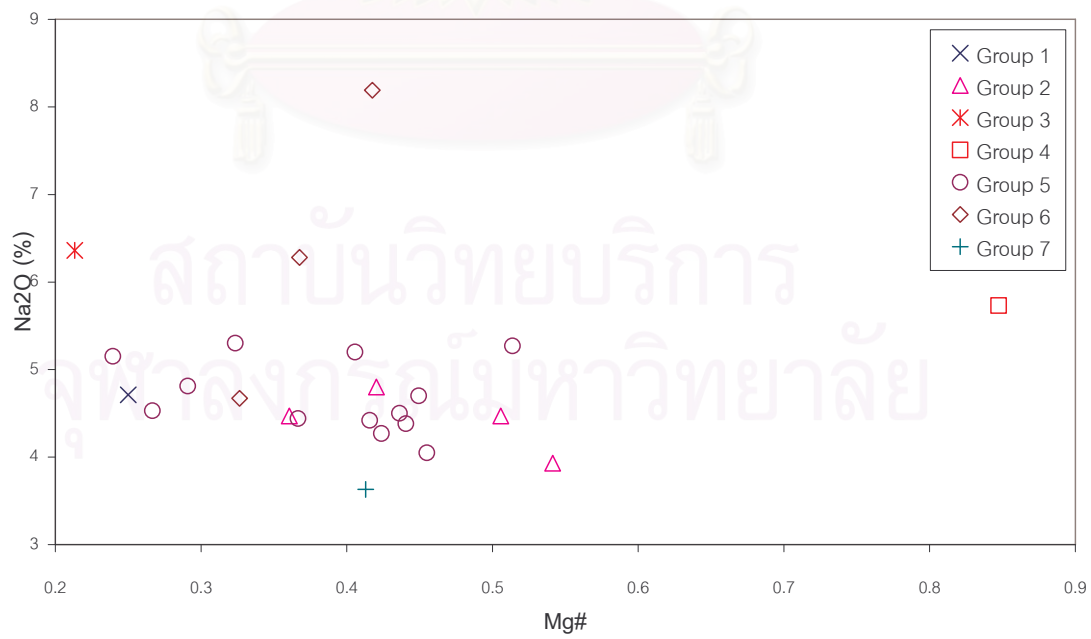
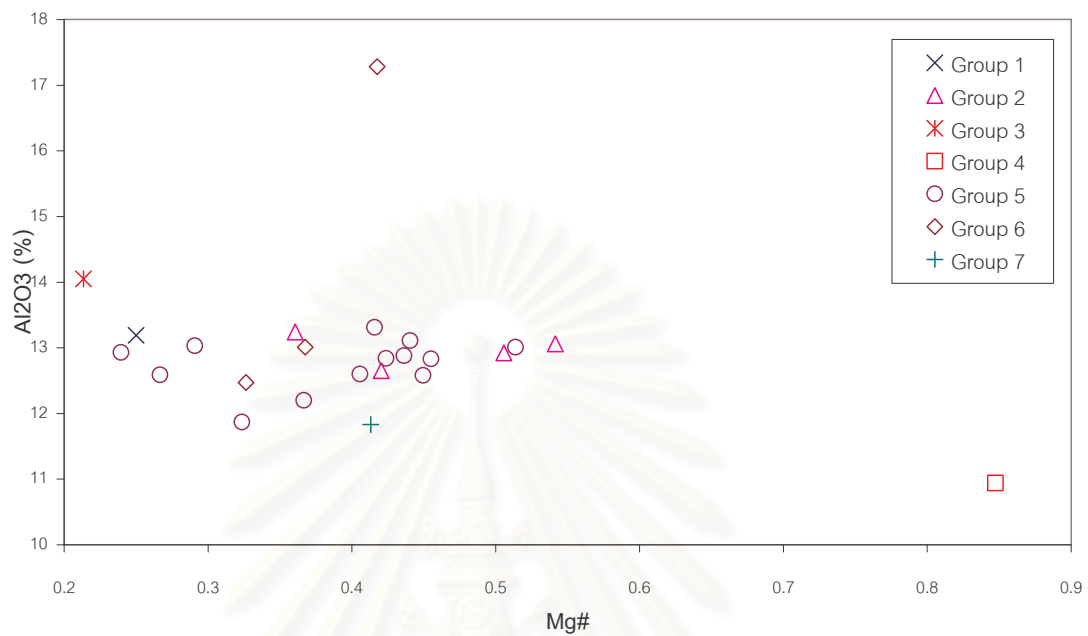
รูป 5.1 (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

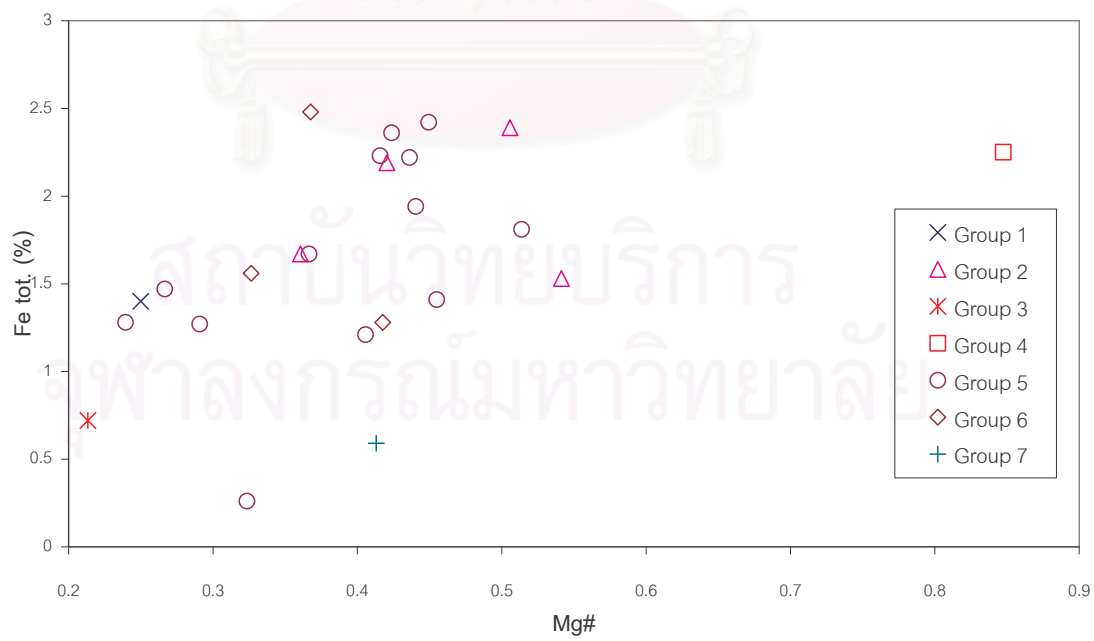
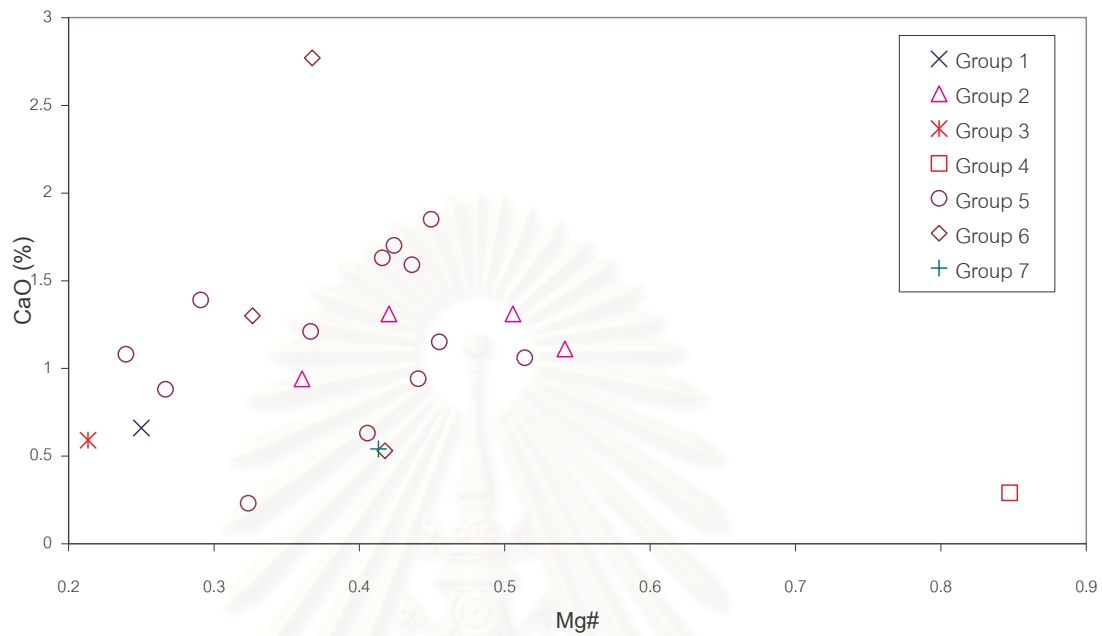


- หมายเหตุ
- Group 1 = หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์ เฮฟลด์
 - Group 2 = หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิต ขนาดผลึกเท่ากัน
 - Group 3 = หินมัสโคไวท์แกรนิต
 - Group 4 = หินฮอร์เนเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิต
 - Group 5 = หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อดอก
 - Group 6 = หินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอก
 - Group 7 = หินแกรนิตสีขาว

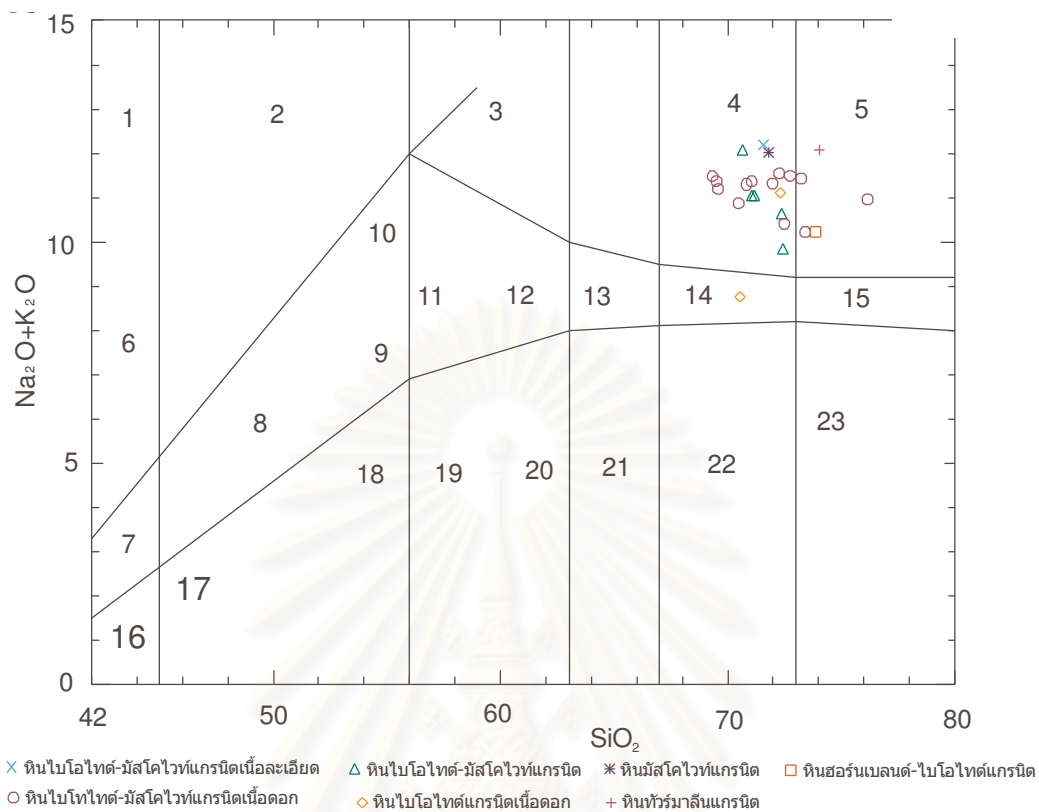
รูป 5.2 Harker variation diagrams แสดงการเปลี่ยนแปลงของธาตุองค์ประกอบเคมีทั้งธาตุหลัก และรองต่อองค์ประกอบ Magnesium number number ($Mg\# = MgO / (MgO + FeO)$) ของ หินแกรนิต ชลบุรี-ระยอง



รูป 5.2 (ต่อ)

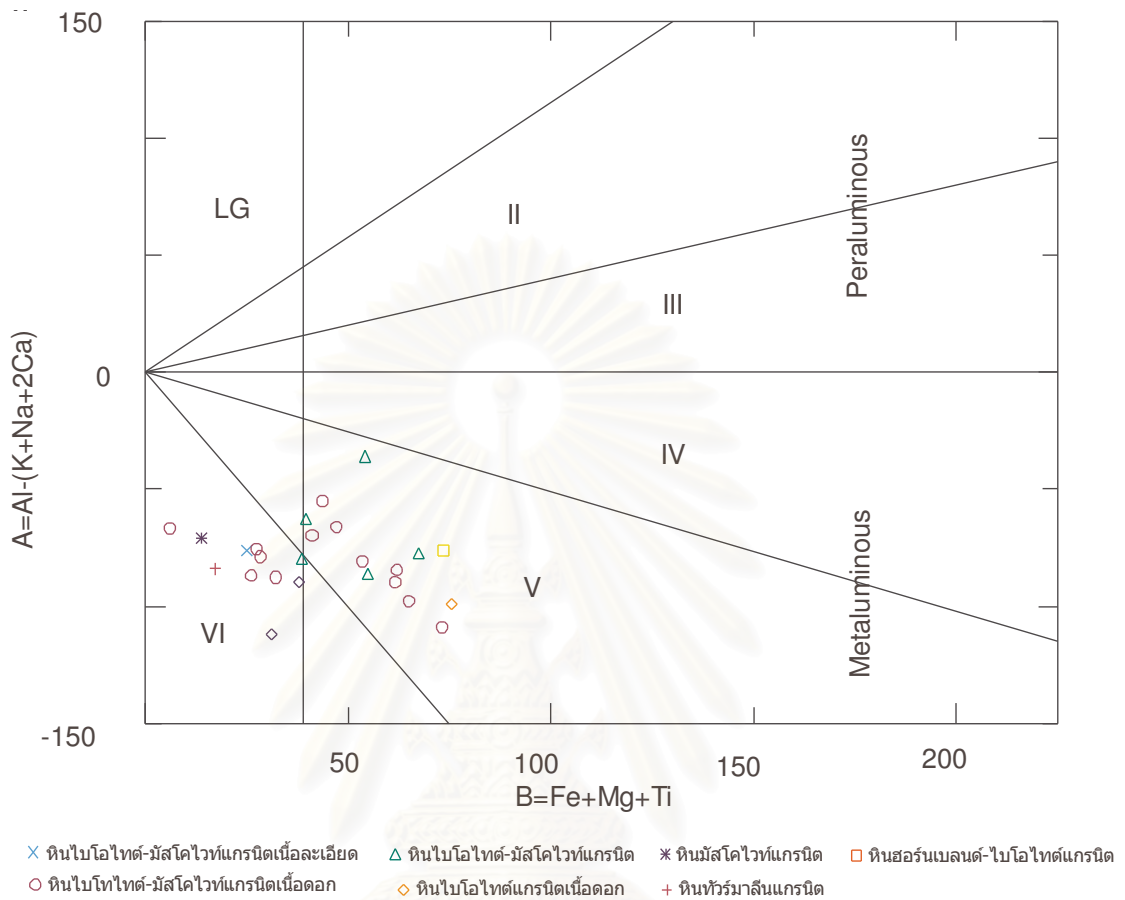


รูป 5.2 (ต่อ)



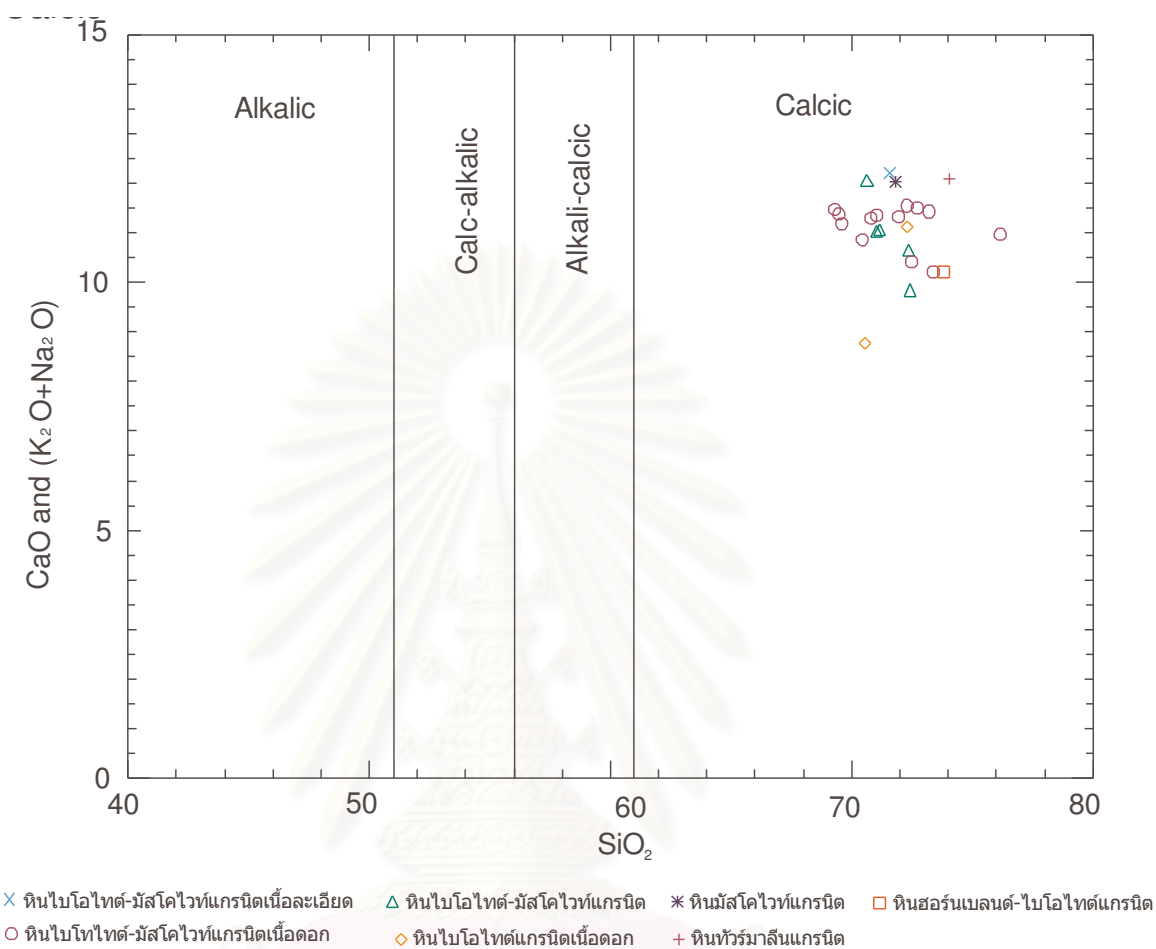
- N.B.
- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| 1 = Nephelinite | 2 = Phonolite |
| 3 = Alkali trachyte | 4 = Pantellerite |
| 5 = Comendite | 6 = Basanite |
| 7 = Alkali picrite | 8 = Alkali olivine basalt |
| 9 = Trachybasalt | 10 = Trachyandesite basalt |
| 11 = Trachyandesite | 12 = Trachyte |
| 13 = Trachydacite | 14 = Trachyrhyolite |
| 15 = Alkali rhyolite | 16 = Picrite |
| 17 = Tholeiite basalt | 18 = Andesite basalt |
| 19 = Andesite | 20 = Andesite dacite |
| 21 = Dacite | 22 = Rhyolite dacite |
| 23 = Rhyolite | |

รูป 5.3 ปริมาณ SiO_2 ต่อ $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ของตัวอย่าง แสดงผลวิเคราะห์ส่วนใหญ่ ตกอยู่ในบริเวณ กลุ่มหิน pantellerite และบางส่วนเป็น comendite (Middleton, 1985)



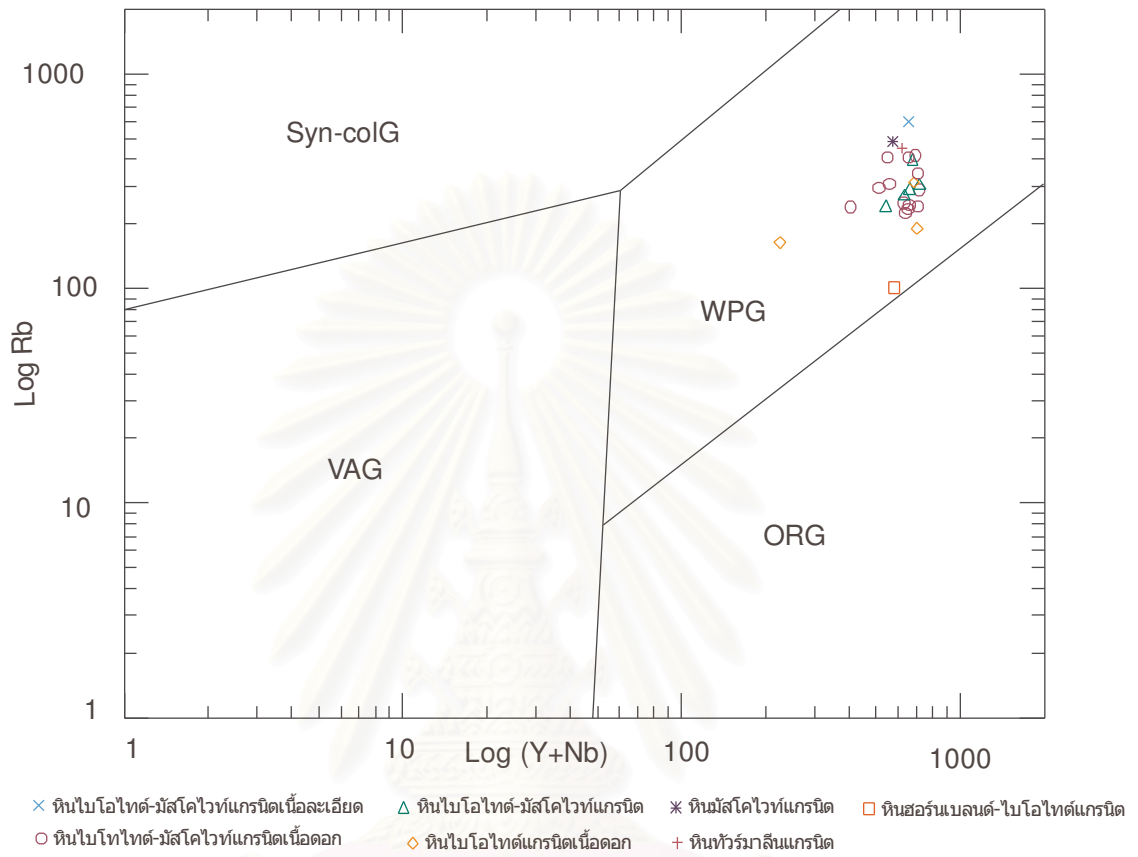
- N.B.
- I = muscovite or muscovite > biotite
 - II = biotite > muscovite
 - III = biotite
 - IV = mainly hornblende and biotite (biotite, hornblende, orthopyroxene, clinopyroxene, primary epidote +/- sphene)
 - V = high prop. cpx +/- primary epidote +/- sphene
 - VI = exceptional igneous rocks
 - LG = leuco granitoids

รูป 5.5 ไดอะแกรมแสดงการพลอตค่าระหว่าง A และ B ตัวอย่างหิน แกรนิตอยด์ทั้งหมดมีค่า A อยู่ในแดน ลบจัดเป็นหินหนืดชนิด metaluminous magma (Debon & Le Fort, 1983)



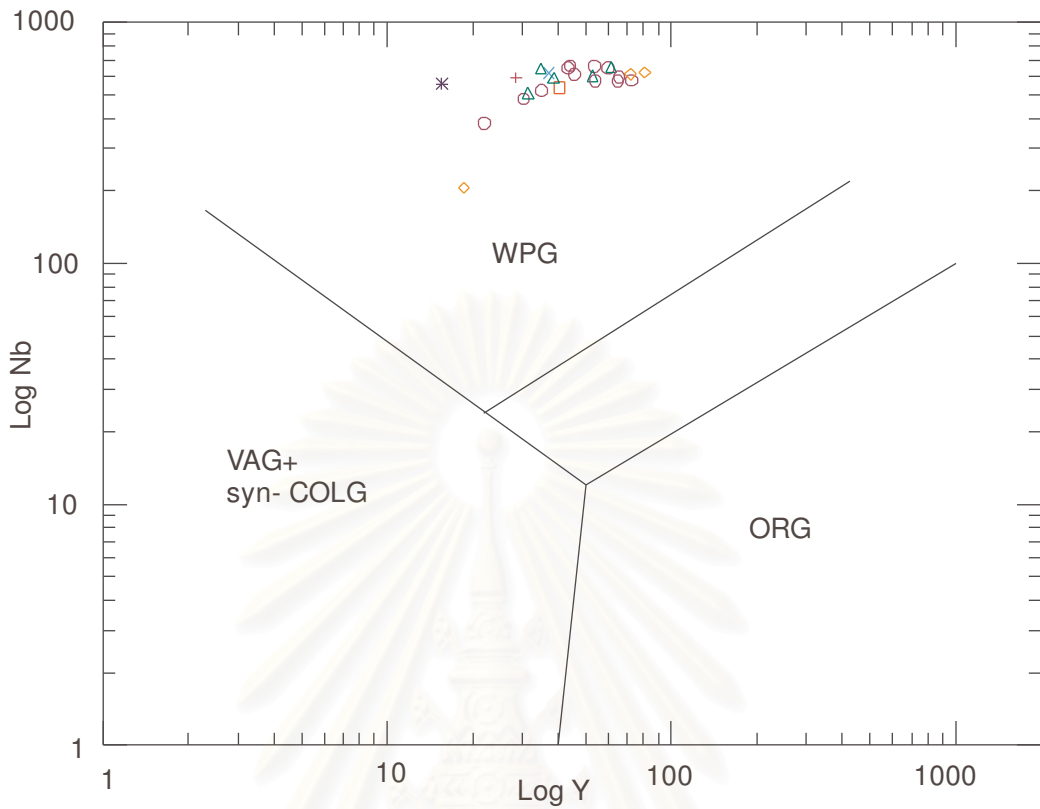
รูป 5.6 ไดอะแกรม แสดงการพลอตระหว่าง ค่า SiO₂ ต่อ CaO และ K₂O+N₂O ตัวอย่างหินทั้งหมด จัดอยู่ในชุดหินชนิด Calcic (Peacock, 1931)

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



N.B. VAG = Volcanic Arc Granites
 Syn-Colg = Syn-Collision Granites
 WPG = Within Plate Granites
 ORG = Ocean Ridge Granites

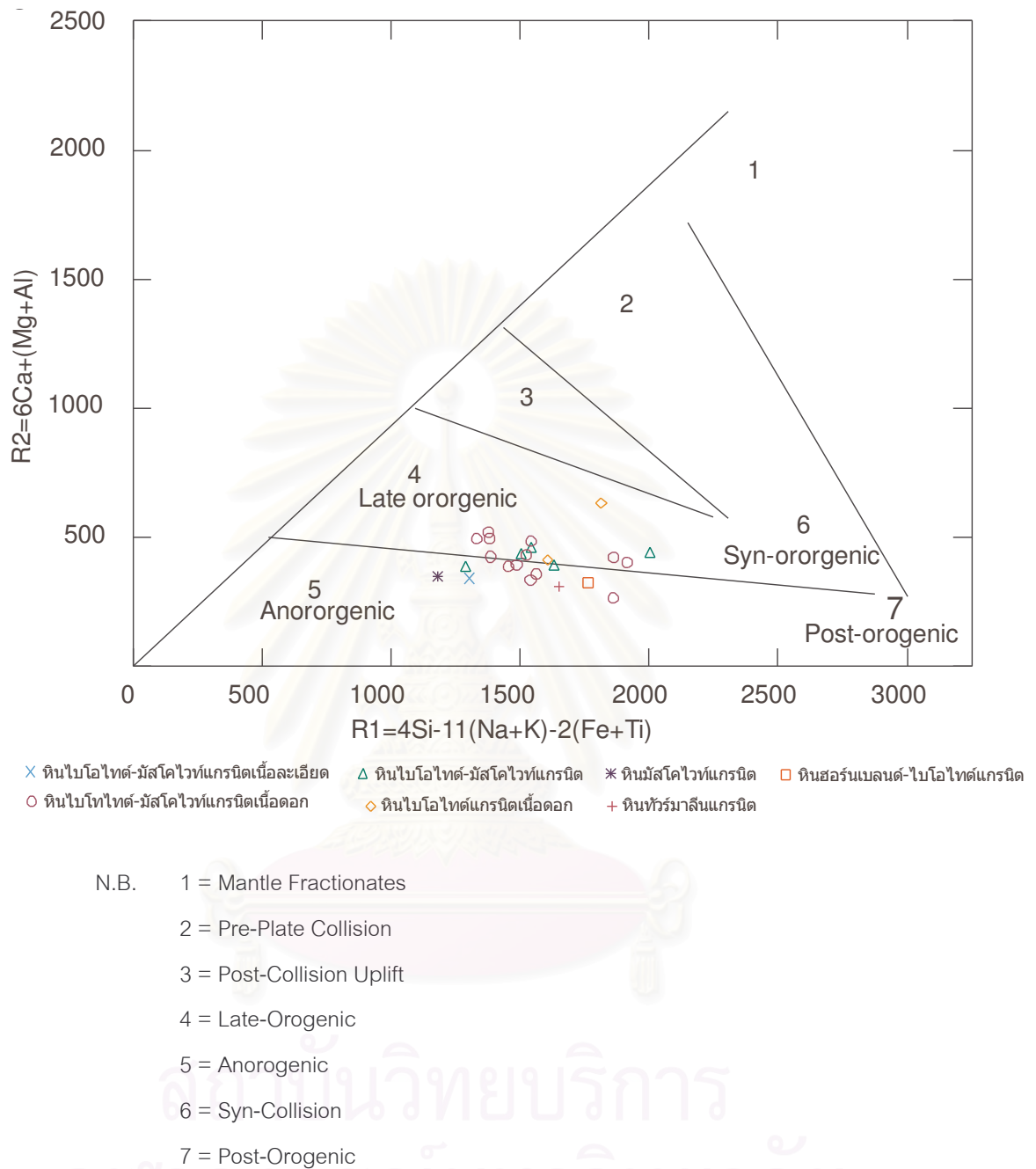
รูป 5.7 Tectonodiagrams แสดงค่า $\log(Y+Nb)$ กับ $\log(Rb)$ ของตัวอย่างหินที่ศึกษาอยู่ใน
 องค์ประกอบของ within plate granite (WPG) (Pearce และคณะ, 1984)



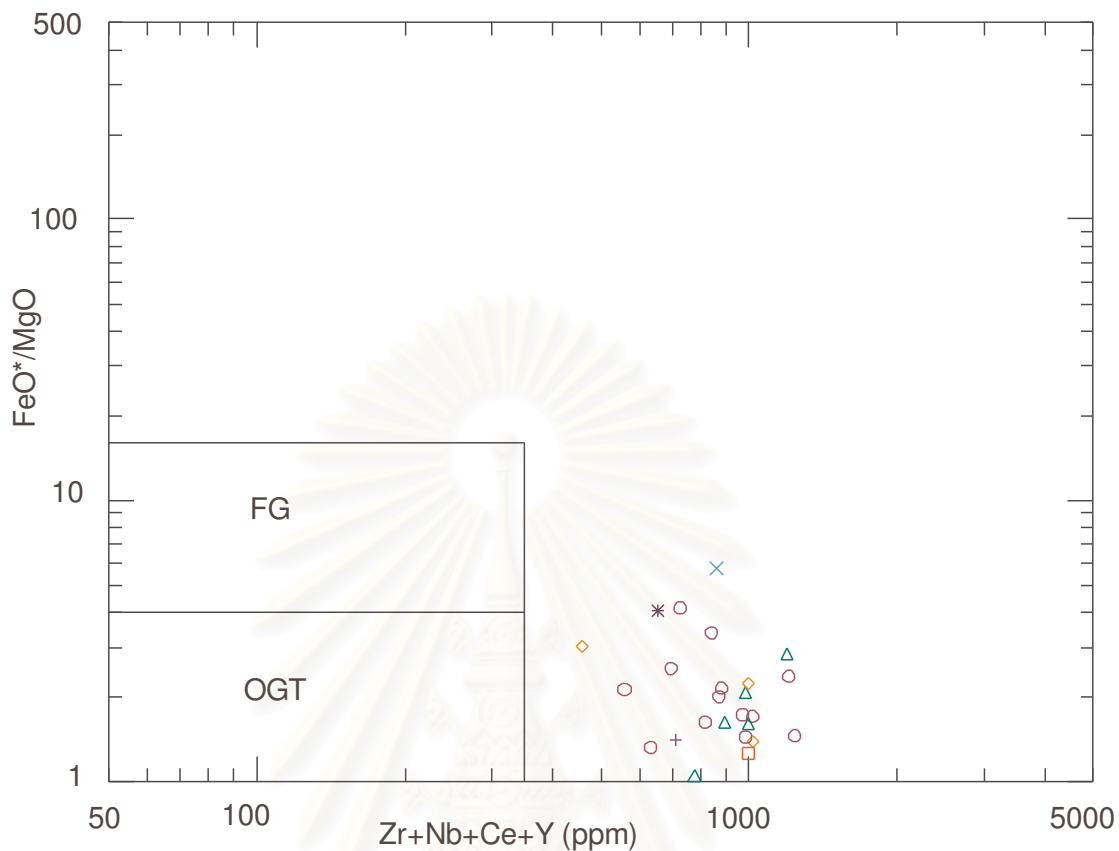
- × หินไบโอไทต์-มีสโคไวท์แกรนิตเนื้อละเอียด △ หินไบโอไทต์-มีสโคไวท์แกรนิต * หินมีสโคไวท์แกรนิต □ หินฮอว์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิต
- หินไบโอไทต์-มีสโคไวท์แกรนิตเนื้อหยาบ ◇ หินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อหยาบ + หินทิวรัลแกรนิต

N.B. VAG = Volcanic Arc Granites
 Syn-Colg = Syn-Collision Granites
 WPG = Within Plate Granites
 ORG = Ocean Ridge Granites

รูป 5.8 Tectonodiagrams แสดงการพลอตระหว่างค่า log Y กับ log Nb ของตัวอย่างหินที่ศึกษา พบว่าอยู่ในองค์ประกอบของ within plate granite (WPG) (Pearce และคณะ, 1984)



รูป 5.9 ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า R1 และ R2 ตัวอย่างหินแกรนิตยุคดึกอยู่ในองค์ประกอบของ late orogenic (4) และ anorogenic (5) (Batehelor & Bowden, 1985)

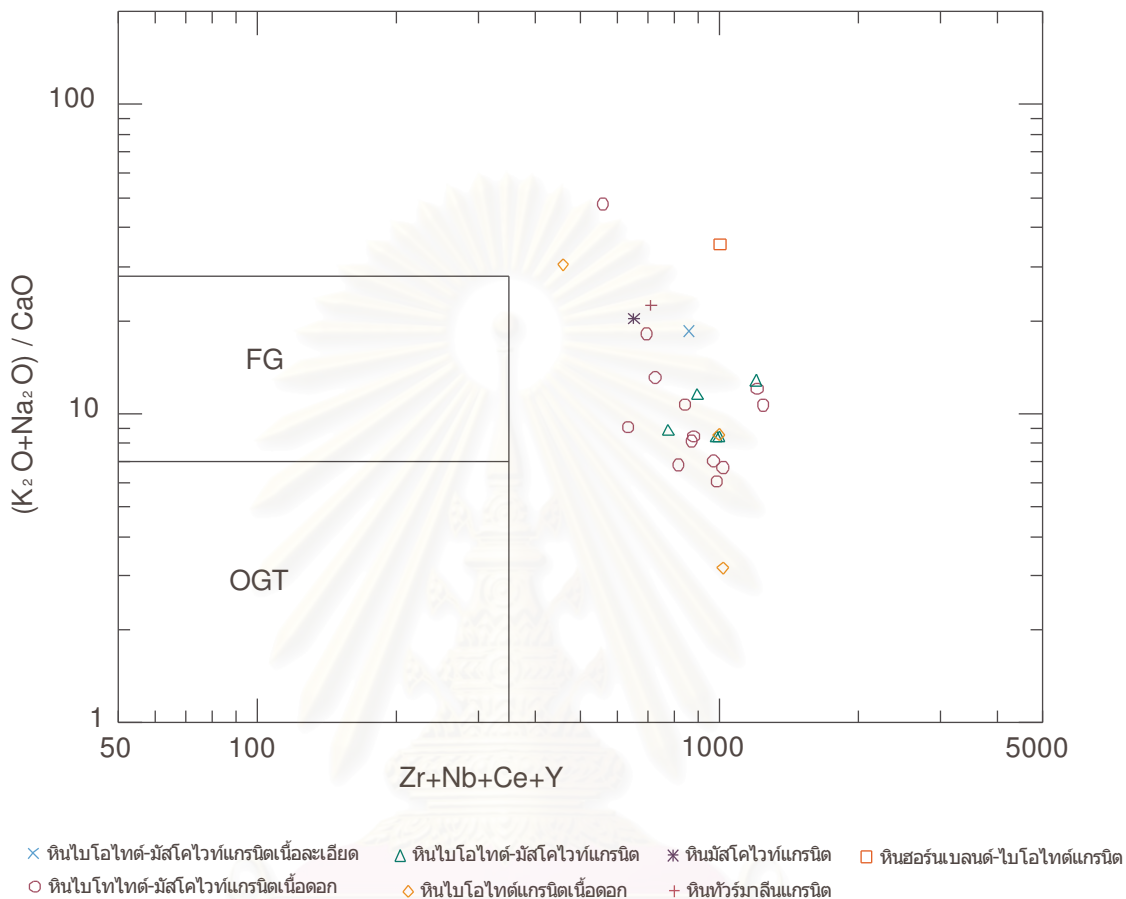


- × หินไบโอไทต์-มีสโคไวท์แกรนิตเนื้อละเอียด △ หินไบโอไทต์-มีสโคไวท์แกรนิต * หินมีสโคไวท์แกรนิต □ หินฮอว์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิต
 ○ หินไบโอไทต์-มีสโคไวท์แกรนิตเนื้อหยาบ ◇ หินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อหยาบ + หินทิวร์มาลีนแกรนิต

N.B. FG = Fractionation Felsic Granite

OGT = Orogenic Granite Types (?) (unfractionated M-, I- and S-type granites)

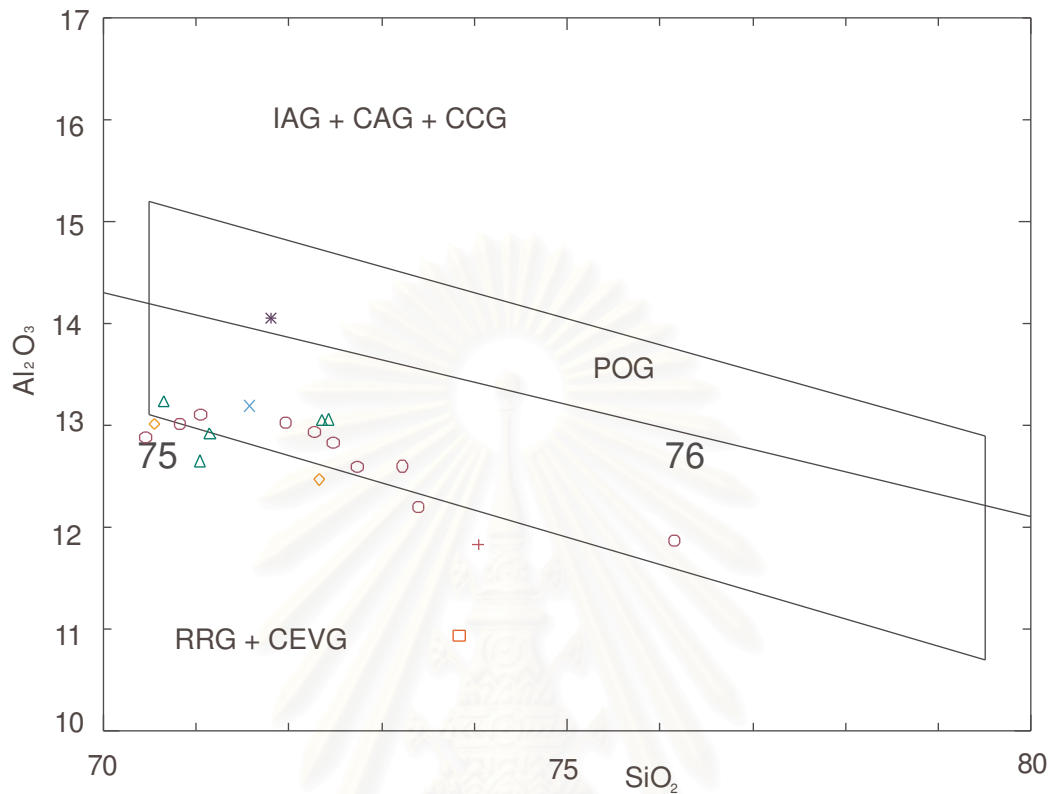
รูป 5.10 ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างธาตุหลักและธาตุร่องรอยของหินตัวอย่างพบว่าไม่แสดงความสัมพันธ์กับองค์ประกอบแบบ fractionation felsic granite (FG) หรือ orogenic granite (Whalden และคณะ, 1987)



N.B. FG = Fractionation Felsic Granite

OGT = Orogenic Granite Types (?) (unfractionated M-, I- and S-type granites)

รูป 5.11 ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างธาตุหลักและธาตุร่องรอยของหินตัวอย่างพบว่าไม่แสดงความสัมพันธ์กับองค์ประกอบแบบ fractionation felsic granite (FG) หรือ orogenic granite (Whalden และคณะ, 1987)



× หินไบโอไทต์-อัลไซท์แกรนิตเนื้อละเอียด △ หินไบโอไทต์-อัลไซท์แกรนิต * หินอัลไซท์แกรนิต □ หินฮอว์มบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิต
 ○ หินไบโอไทต์-อัลไซท์แกรนิตเนื้อหยาบ ◇ หินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อหยาบ + หินทิวรมาซีนแกรนิต

N.B IAG = Island arc granitoids
 CAG = Continental arc granitoids
 CCG = Continental collision granitoids
 RRG = Rift-related granitoids
 CEUG = Continental epeirogenic uplift granitoids
 POG = Post-orogenic uplift granitoids

รูป 5.12 ไดอะแกรมแสดงผลวิเคราะห์ค่า SiO_2 กับ Al_2O_3 ของตัวอย่างหินแกรนิตส่วนใหญ่ ตกอยู่ในบริเวณ Post-orogenic granitoids (POG) (Manior & Piccoli, 1989)

5.3 วิจัยรณ์และสรุปผลธรณีเคมีของหินทั้งก้อน

จากผลการพลอตค่าองค์ประกอบทางเคมีจากรูป 5.1 ถึง 5.12 ประกอบกับผลการศึกษาอื่นที่เคยทำมาก่อนหน้านี้ทำให้สามารถสรุปได้ว่าหินแกรนิตทุกกลุ่มในการศึกษาครั้งนี้ น่าจะแทรกตัวขึ้นมาช่วงประมาณ 207 ล้านปี ถึง 221 ล้านปี (Nakapadungrat และคณะ, 1984; Charusiri และคณะ 1993) จัดอยู่ในช่วงปลายยุคไทรแอสซิก (Late Triassic) ในตำแหน่งที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดินซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการมุดตัวของแผ่นธรณี ขาน-ไทยและอินโดจีน ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงสอดคล้องกับการแบ่งแนวหินแกรนิตโดย Charusiri และคณะ (1993) ที่จัดให้หินแกรนิตในพื้นที่ชลบุรี-ระยองเป็นหินแกรนิตแนวกลางของประเทศ ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการมุดตัวของแผ่นธรณีขาน-ไทยกับอินโดจีนดังกล่าวแม้ว่าจะมีช่วงเวลาแทรกตัวขึ้นมาในเวลาใกล้เคียงกับหินแกรนิตบริเวณจังหวัดจันทบุรีเมื่อประมาณ 195 ถึง 209 ล้านปีที่แล้ว (Charusiri และคณะ, 1992) ก็ตาม แต่พบว่าหินทั้งสองพื้นที่มีแร่ประกอบหินและองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน โดยหินแกรนิตจันทบุรีจัดอยู่ในแนวตะวันออก นอกจากนี้ Nantasiri และคณะ (2005) พบว่าหินอัคนีแทรกซอนบริเวณอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งอยู่ในหินแกรนิตแนวตะวันออกเช่นกัน แทรกตัวขึ้นมาช่วงกลางยุคไทรแอสซิก (Middle Triassic) หรือราว 230 ± 4 ล้านปี ในระหว่างที่มีการมุดตัวก่อนจะบรรจบกันอย่างสมบูรณ์ระหว่างแผ่นธรณีทั้งสองดังกล่าว

จากข้อมูลข้างต้นทำให้สรุปได้ว่าหินแกรนิตในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้เกิดขึ้นจากการหลอมบางส่วน (partial melting) ของหินเดิมที่เป็นหินตะกอนภายในแผ่นธรณี ขาน-ไทย เนื่องจากความร้อนที่สูงขึ้นและความดันที่ลดลงหลังจากการชนกับแผ่นธรณีอินโดจีน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือแมกมาที่ตกผลึกให้หินแกรนิตกลุ่มต่างๆ ในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้ไม่น่ามีความสัมพันธ์กับการหลอมของแผ่นเปลือกสมุทร (oceanic crust) ซึ่งพบตามแนวการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกแต่อย่างใด อีกทั้งไม่ได้เกิดจากของเหลวส่วนสุดท้ายที่เหลือจากการแยกส่วน (differentiation) ของแมกมาแท้ (true magma) ที่มาจากชั้นเนื้อโลก (mantle) แต่อย่างใด ซึ่งสนับสนุนด้วยข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าตามที่รายงานไปแล้วในหัวข้อก่อน โดยที่หินทั้งหมดมีความสัมพันธ์ทางองค์ประกอบทางเคมีที่เหมือนกันจากหินหนืดจำพวก Metalumina และจัดเป็นกลุ่ม Quartz syenite เป็นส่วนใหญ่ แต่ความแตกต่างด้านองค์ประกอบแร่ น่าจะเกิดจากลำดับการตกผลึกและการเย็นตัวของหินหนืด ซึ่งอาจให้หินกลุ่มฮอร์นเบลนด์ ไบโอไทต์แกรนิตเย็นตัวก่อน จากนั้นตามด้วยกลุ่มไบโอไทต์ มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อดอก กลุ่มไบโอไทต์แกรนิต กลุ่มไบโอไทต์ มัสโคไวท์แกรนิต กลุ่มไบโอไทต์มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อละเอียด กลุ่มมัสโคไวท์แกรนิตและกลุ่มทัวร์มาลีนแกรนิต ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ (รูป 6.1) ดังรายงานในบทที่ 6

นอกจากนี้องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างหินเกือบทั้งหมดซึ่งสอดคล้องกับลักษณะหินแกรนิตที่เกิดบนทวีป (Within Plate Granite; WPG) ซึ่งอาจเป็นผลหลังจากกระบวนการยกตัวของเทือกเขา (Post Orogenic) อีกทั้งสอดคล้องกับข้อมูลธรณีวิทยาของหินแกรนิตแนวกลางในบริเวณกว้างของภูมิภาค ดังนั้นจากข้อมูลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่ากลุ่มหินแกรนิตบริเวณจังหวัดชลบุรี-ระยอง นี้เกิดจากกระบวนการหลอมบางส่วนของชั้นหินตะกอนแปรสภาพภายในแผ่นชน-ไทย อันเป็นผลมาจากความร้อนที่สูงขึ้นจากภายใต้เปลือกโลกและความดันที่ลดลงจากการคลายตัวของเปลือกโลกหลังการชนกับแผ่นอินโดจีน ซึ่งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนืออาจเกิดการชนกันช้ากว่าทางตอนเหนือที่เกิดขึ้นก่อนหน้าแล้ว ผลของความดันที่ลดลงและความร้อนที่ยังคงสูงอยู่ทำให้ชั้นหินเกิดการหลอมได้ง่ายขึ้นเกิดเป็นกระเปาะหินหนืด (magma chamber) ขนาดใหญ่ จากนั้นเริ่มเย็นตัวช้าลงอย่างช้าๆ ในแต่ละบริเวณทำให้เกิดหินแกรนิตที่แตกต่างกันในองค์ประกอบแร่ตามที่กล่าวมา



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สมบัติของหินแกรนิตกับการเกษตร

6.1 ธาตุอาหารของพืชจากหินแกรนิต

จากรายงานของ อุดม พูลสวัสดิ์ (2529) ที่ระบุว่าวัตถุต้นกำเนิดของดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดินมีผลต่อสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของดินมากกว่าสภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้ยังพบว่าดินที่เกิดจากหินแกรนิตแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกันไม่มากเมื่อเทียบกับดินที่เกิดจากหินชนิดอื่น อย่างไรก็ตามดินที่เกิดมาจากหินแกรนิตมักมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและมักจะเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็วจึงไม่เหมาะสำหรับทำการเกษตรกรรม

ดินในพื้นที่ศึกษาเป็นดินที่ถูกจัดอยู่ในชุดบ้านบึง (Ban Bung Series: Ba) เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดีปานกลางถึงค่อนข้างเลว เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย สีพื้นเป็นสีน้ำตาลปนเทา พบจุดประสีน้ำตาล สีเหลือง หรือสีเทา ในดินชั้นล่าง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ประมาณ 5.0-7.0 มีธาตุอาหารที่สำคัญในระดับต่ำซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ อุดม พูลสวัสดิ์ (2529) ที่ระบุว่าดินที่สลายมาจากหินแกรนิตมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับผิวดิน 3-10 ppm และ 15-120 ppm ตามลำดับ

6.2 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างหินทั้งก้อนและแร่กลุ่มเฟลสปาร์

จากองค์ประกอบทางเคมีของหินทั้งก้อน (ดูตาราง 5.1) และองค์ประกอบทางเคมีของแร่กลุ่มเฟลสปาร์ (ตาราง 6.1 และ 6.2) โดยพิจารณาปริมาณธาตุที่เป็นธาตุอาหารหลักของพืชคือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (N,P, K) พบว่าหินแต่ละกลุ่มมีปริมาณธาตุอาหารหลักก่ดงสรุปในตาราง 6.3 โดยหินแกรนิตกลุ่ม 1 (หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อละเอียด) กลุ่ม 3 (หินมัสโคไวท์แกรนิต) และกลุ่ม 5 (หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อดอก) เป็นกลุ่มที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในหินทั้งก้อนมากที่สุดแต่มีเพียง 0.2-0.4% ซึ่งนับว่าต่ำมาก ส่วนหินแกรนิตที่มีธาตุโพแทสเซียมในตัวอย่างหินทั้งก้อนมากที่สุด (สูงกว่า 8%) คือ กลุ่ม 7 (หินทิวร์มาลีนแกรนิต) ซึ่งสอดคล้องกับแร่องค์ประกอบในหินแกรนิตชนิดนี้ที่มีปริมาณอัลคาไลเฟลสปาร์เป็นจำนวนมาก

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์เฉพาะปริมาณธาตุองค์ประกอบของแร่กลุ่มเฟลสปาร์ คือ แร่อัลคาไลเฟลสปาร์และแพลจิโอเคลส ดังตัวอย่างผลการวิเคราะห์ที่แสดงในตาราง 6.1 และ 6.2 ตามลำดับ เนื่องจากกลุ่มแร่เฟลสปาร์เป็นต้นกำเนิดของดินอีกทั้งยังมีธาตุอาหารพืชที่สำคัญอยู่มาก โดยผลการวิเคราะห์จะบ่งชี้ความสมบูรณ์ของดินที่สลายตัวมาจากหินแกรนิตแต่ละกลุ่มในพื้นที่ศึกษาได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากตัวอย่างกลุ่ม 4 คือหินฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์แกรนิตนั้นเกิดความเสียหายระหว่างเตรียมตัวอย่างจึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างแร่จากกลุ่มนี้ ส่วนแร่ที่มีธาตุฟอสเฟตคือแร่อะพาไทต์นั้นเนื่องจากเกิดเป็นแร่มลทินแทรกอยู่ในแร่อื่นในปริมาณน้อยและมีขนาดเล็กมากและองค์ประกอบของแร่ชนิดนี้มักไม่เปลี่ยนแปลงจึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่แต่อย่างใด

จากการศึกษาองค์ประกอบเคมีของกลุ่มแร่เฟลสปาร์ในหินทุกกลุ่มโดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Electron Probe Micro-analyzer (EPMA) พบว่าผลวิเคราะห์ส่วนใหญ่มีความผิดพลาดมากกว่า 5% น้ำหนักออกไซด์ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่เข้าเครื่องไม่มีความเสถียรประกอบกับมาตรฐานแร่ที่ใช้ในการวิเคราะห์มีองค์ประกอบที่ไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามจากการปรับเทียบค่าให้ใกล้เคียง 100% (ดังแสดงในตาราง 6.1 และ 6.2 และภาคผนวก ค) และคำนวณสัดส่วนอะตอมโดยเฉพาะธาตุประจุบวก (cation) หลักของแร่คือ แคลเซียม (Ca) โซเดียม (Na) และโพแทสเซียม (K) เพื่อพลอตในไดอะแกรมสามเหลี่ยม (Triangular diagram) เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนองค์ประกอบนั้นพบว่า แพลจิโอเคลสในหินส่วนใหญ่มีองค์ประกอบอะตอมแคลเซียมอยู่ในช่วงแอนดิซีน (andesine) ถึงแลบราโดไรต์ (labradorite) โดยเฉพาะหินกลุ่ม 2 (หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิต) กลุ่ม 5 (หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อดอก) และกลุ่ม 6 (หินไบโอไทต์แกรนิต) ขณะที่หินกลุ่ม 3 (หินมัสโคไวท์แกรนิต) และกลุ่ม 7 (หินทิวร์มาลีนแกรนิต) มีองค์ประกอบของแอลไบต์ (albite) เป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามแร่กลุ่มเฟลสปาร์นี้ทั้งหมดมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อธาตุอาหารพืช แต่หินกลุ่ม 2, 5 และ 6 มีแคลเซียมค่อนข้างสูง สามารถมีผลต่อการปรับสภาพความเป็นกรดของดินได้ดี

สำหรับแร่อัลคาไลเฟลสปาร์เกือบทั้งหมดทุกกลุ่มมีปริมาณโพแทสเซียมค่อนข้างสูงเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบๆ ประมาณ 80-100% ของสัดส่วนอะตอม K:Na:Ca แต่หินเหล่านี้มีปริมาณแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ไม่สูงมากนักจึงไม่เพียงพอต่อการใช้ประโยชน์โดยการทำเป็นปุ๋ยสำหรับการเกษตร

ตาราง 6.1 ตัวอย่างผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่อัลคาไลเฟลสปาร์จากหินแกรนิตแต่ละ
กลุ่ม

ธาตุ	กลุ่ม 1		กลุ่ม 2		กลุ่ม 3		กลุ่ม 5		กลุ่ม 6		กลุ่ม 7	
	01/16-1	01/16-9	01/ 25-2	01/ 25-13	01/ 23-9	01/ 24-1	01/ 22-5	01/ 22-8	01/ 36-2	01/ 36-7	01/ 32-1	01/ 32-2
SiO ₂	65.94	65.72	64.76	64.88	66.15	65.11	65.76	65.80	65.64	64.84	65.44	66.55
TiO ₂	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	19.61	19.44	19.17	19.06	19.69	19.51	19.40	19.53	19.72	19.62	19.57	19.52
Fe ₂ O ₃	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02	0.03	0.05	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
MgO	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
CaO	0.04	0.04	0.09	0.02	0.04	0.00	0.07	0.08	0.07	0.01	0.02	0.02
Na ₂ O	0.65	0.68	0.56	0.48	0.30	0.40	0.47	0.38	0.39	0.39	0.45	0.18
K ₂ O	14.23	14.90	16.10	15.12	14.90	15.73	14.91	14.44	14.53	14.79	14.65	14.05
Total	100.50	100.78	100.71	99.60	101.14	100.82	100.68	100.23	100.39	99.74	100.13	100.32
Number of cation on the basis of 32 oxygen												
Si	11.966	11.948	11.886	11.994	11.958	11.895	11.961	11.979	11.941	11.903	11.947	12.047
Ti	0.002	0.001	0.001	0.001	0.004	0.000	0.002	0.000	0.003	0.004	0.000	0.000
Al	4.194	4.164	4.147	4.153	4.194	4.200	4.158	4.189	4.228	4.246	4.211	4.165
Fe	0.002	0.000	0.002	0.004	0.003	0.004	0.007	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000
Mg	0.000	0.003	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005	0.000	0.000
Ca	0.008	0.007	0.017	0.004	0.007	0.000	0.013	0.016	0.014	0.003	0.004	0.004
Na	0.230	0.239	0.197	0.173	0.105	3.665	0.166	0.132	0.138	0.138	0.160	0.062
K	3.293	3.455	3.770	3.566	3.437	0.142	3.460	3.352	3.372	3.464	3.412	3.245
Total	19.695	19.816	20.022	19.894	19.710	19.906	19.767	19.669	19.697	19.768	19.734	19.524

หมายเหตุ: กลุ่ม 1 คือ หินไบโอไทต์-อัลไซท์แกรนิตเนื้อละเอียด กลุ่ม 2 คือ หินไบโอไทต์-อัลไซท์แกรนิต กลุ่ม 3 คือ หินอัลไซท์แกรนิต กลุ่ม 5 คือ หินไบโอไทต์-อัลไซท์แกรนิตเนื้อดอก กลุ่ม 6 คือ หินไบโอไทต์แกรนิต กลุ่ม 7 คือ หินทิวร์มาลีนแกรนิต

ตาราง 6.2 ตัวอย่างผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของแร่เพลจีโอเคลสเฟลสปาร์จากหินแกรนิต
แต่ละกลุ่ม

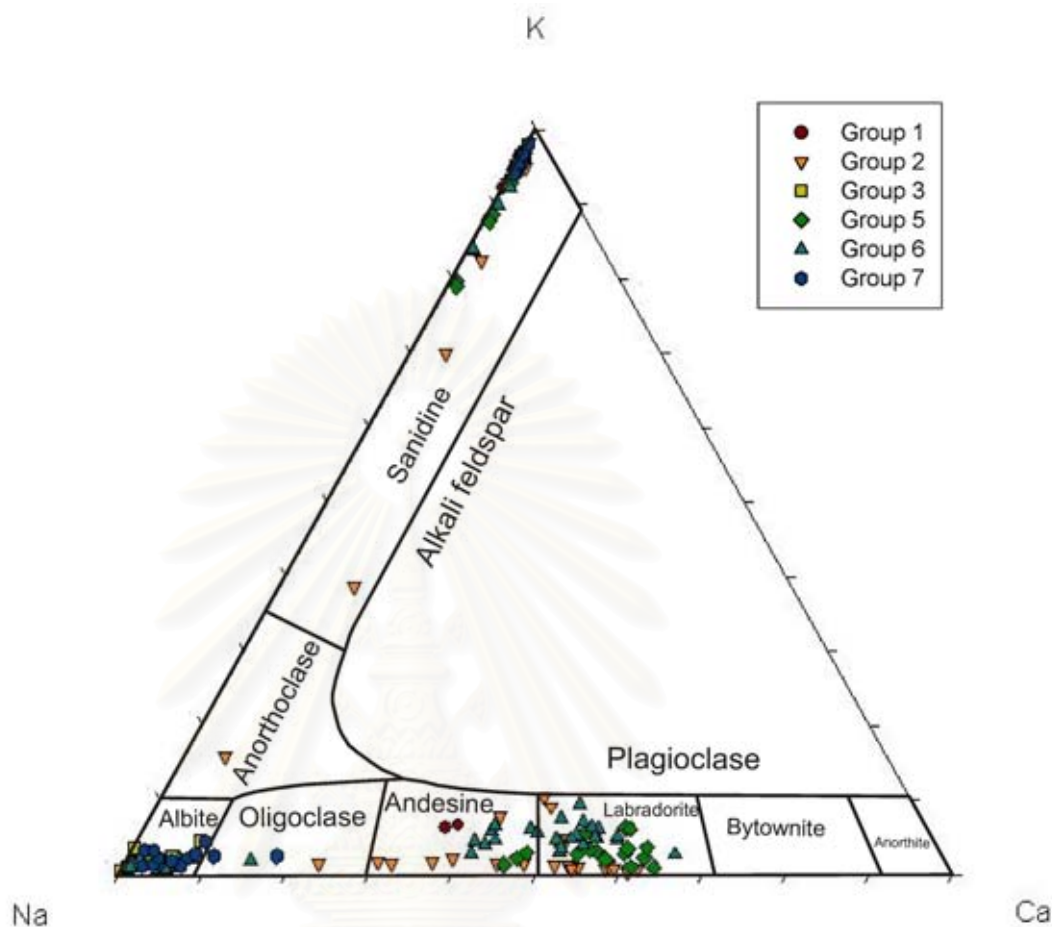
ธาตุ	กลุ่ม 1		กลุ่ม 2		กลุ่ม 3		กลุ่ม 5		กลุ่ม 6		กลุ่ม 7	
	01/ 16-4	01/ 16-12	01/ 25-3	01/ 25-6	01/ 24-3	01/ 23-1	01/ 19-2	01/ 50-3	01/ 36-13	01/ 40-18	01/ 5-3	01/ 52-8
SiO ₂	72.28	71.80	73.34	69.45	75.86	75.37	67.06	64.76	73.77	65.54	73.95	74.40
TiO ₂	0.01	0.02	0.03	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.04	0.00
Al ₂ O ₃	23.99	24.26	23.46	23.20	22.56	21.04	25.32	26.32	21.78	24.51	21.86	22.35
FeO	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Ca	2.27	2.45	1.59	3.16	0.18	0.00	4.57	6.12	0.14	5.18	0.10	0.51
Na	2.01	2.02	1.47	3.93	1.19	3.14	2.77	2.12	4.04	3.53	3.61	2.40
K ₂ O	0.34	0.37	0.06	0.16	0.10	0.03	0.19	0.57	0.11	0.69	0.19	0.10
Total	100.91	100.92	99.97	99.90	99.92	99.59	99.93	99.91	99.87	99.48	99.75	99.76
Number of cation on the basis of 32 oxygen												
Si	12.072	12.009	12.263	11.871	12.573	12.626	11.499	11.198	125.427	11.407	12.432	12.449
Ti	0.001	0.002	0.004	0.000	0.003	0.000	0.002	0.002	0.015	0.002	0.005	0.000
Al	4.722	4.782	4.623	4.674	4.408	4.154	5.117	5.365	43.638	5.027	4.332	4.408
Fe	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001	0.023	0.003	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.001	0.000
Ca	0.406	0.438	0.284	0.579	0.033	0.000	0.840	1.134	0.253	0.966	0.018	0.091
Na	0.649	0.657	0.478	1.301	0.382	1.019	0.922	0.711	13.314	1.190	1.176	0.779
K	0.072	0.078	0.014	0.035	0.020	0.006	0.041	0.125	0.234	0.154	0.041	0.022
Total	17.923	17.966	17.667	18.460	17.420	17.808	18.422	18.535	182.917	18.749	18.006	17.748

หมายเหตุ: กลุ่ม 1 คือ หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อละเอียด กลุ่ม 2 คือ หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์
แกรนิต กลุ่ม 3 คือ หินมัสโคไวท์แกรนิต กลุ่ม 5 คือ หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อดอก
กลุ่ม 6 คือ หินไบโอไทต์แกรนิต กลุ่ม 7 คือ หินทัวร์มาลีนแกรนิต

ตาราง 6.3 ค่าเฉลี่ยธาตุอาหารหลักของพีชในตัวอย่างหินแกรนิตทั้งก้อน (whole rock) และในแร่
กลุ่มเฟลสปาร์

กลุ่ม	ปริมาณฟอสฟอรัส ในหินทั้งก้อน (%)	ปริมาณ โพแทสเซียมใน หินทั้งก้อน (%)	ปริมาณโพแทสเซียม ในแร่อัลคาไล เฟลสปาร์ (%)	ปริมาณโพแทสเซียม เฉลี่ยในแร่แพลจิโอ เคลสเฟลสปาร์ (%)
1	0.46	7.49	11.42 - 16.02	0.34 - 0.37
2	0.09 - 0.4	5.92 - 7.6	14.61 - 16.70	0.05 - 4.96
3	0.47	5.66	14.62 - 15.73	0.03 - 0.16
4	0.24	4.49	-	-
5	0.15 - 0.44	5.66 - 7.11	11.11 - 15.25	0.07 - 0.57
6	0.33	2.49 - 7.89	12.47 - 15.90	0.06 - 0.69
7	0.38	8.46	13.95 - 14.67	0.07 - 0.43

หมายเหตุ: กลุ่ม 1 คือ หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อละเอียด กลุ่ม 2 คือ หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์
แกรนิต กลุ่ม 3 คือ หินมัสโคไวท์แกรนิต กลุ่ม 5 คือ หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิตเนื้อดอก
กลุ่ม 6 คือ หินไบโอไทต์แกรนิต กลุ่ม 7 คือ หินทัวร์มาลีนแกรนิต



หมายเหตุ: Group 1 คือ หินไบโอไทต์-มัสดโคไวท์แกรนิตเนื้อละเอียด Group 2 คือ หินไบโอไทต์-มัสดโคไวท์แกรนิต Group 3 คือ หินมัสดโคไวท์แกรนิต Group 5 คือ หินไบโอไทต์-มัสดโคไวท์แกรนิตเนื้อดอก Group 6 คือ หินไบโอไทต์แกรนิต Group 7 คือ หินทัวร์มาลีนแกรนิต

รูป 6.1 การการพลอตธาตุค่าของธาตุโซเดียม แคลเซียมและโพแทสเซียมของกลุ่มแร่เฟลด์สปาร์ จากหินแกรนิตแต่ละกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.3 สรุปและวิจารณ์ผล

จากตาราง 5.1, 6.1, 6.2 และ 6.3 พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีปริมาณโพแทสเซียมในหินตั้งก่อนมากที่สุดคือหินแกรนิตกลุ่ม 7 (ทัวร์มาลีนแกรนิต) จากผลการศึกษาศิลาวรรณนาพบว่าปริมาณแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ประมาณ 45–50% ซึ่งสอดคล้องกับผลธรณีเคมีหินแกรนิตกลุ่ม 7 ที่มีปริมาณธาตุโพแทสเซียมในหินตั้งก่อนสูงที่สุด (มากกว่า 8%) โดยแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ของทุกกลุ่มมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมสูงพอกัน ดังนั้นหากพิจารณาความเหมาะสมด้านธาตุอาหารพืชหลังจากผุสลายเป็นดินแล้วพื้นที่ที่รองรับด้วยหินแกรนิตกลุ่ม 7 มีแนวโน้มที่จะให้ปริมาณธาตุโพแทสเซียมมากที่สุดแต่ก็ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับหินอื่นทั่วไป

สำหรับแร่แคลซิโอเคลสของหินทุกกลุ่มนั้นล้วนมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำมากทั้งสิ้นจึงไม่นำมาพิจารณาเพราะไม่มีนัยสำคัญต่อการพิจารณาศักยภาพทางด้านเกษตร อย่างไรก็ตามปริมาณธาตุแคลเซียมที่สูงในกลุ่ม 2 (หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์แกรนิต) กลุ่ม 5 (หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์ แกรนิตเนื้อดอก) และกลุ่ม 6 (หินไบโอไทต์แกรนิต) อาจใช้ในการปรับปรุงสภาพความเป็นกรดของดินได้

โดยสรุป จากปริมาณธาตุอาหารหลักดังกล่าวทำให้ดินที่สลายตัวมาจากหินแกรนิตในพื้นที่จังหวัดชลบุรี-ระยองไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกซึ่งสอดคล้องกับรายงานเก่าได้กล่าวไว้ ดังนั้นหากจะนำหินแกรนิตในพื้นที่ศึกษาไปใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรแล้วควรจะเป็นการนำหินแกรนิตบดไปใช้ในการปรับปรุงสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินเนื่องจากผุหินแกรนิตบดจะมีผิวหน้า (surface area) เพิ่มมากขึ้นเป็นผลให้สามารถสลายให้ธาตุ แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียมและโพแทสเซียม (Ca, Mg, Na and K) ได้มากขึ้น ซึ่งธาตุเหล่านี้ทำให้ดินมีค่า Acid neutralized capacity (ANC) มากขึ้น (Barral Silva et al., 2005)

จากผลการวิเคราะห์เคมีของหินตั้งก่อนและแร่โดยเฉพาะกลุ่มแร่เฟลสปาร์ ดังแสดงค่าเฉลี่ยในตาราง 6.3 พบว่ามีปริมาณธาตุโพแทสเซียมสูงซึ่งเหมาะสมต่อการปลูกไม้ยืนต้นและหญ้าเลี้ยงสัตว์ นอกจากนี้การนำหินแกรนิตในพื้นที่ไปบดเป็นผงเพื่อใช้ปรับปรุงสภาพดินที่เป็นกรดให้มีสภาพดีขึ้นก็เป็นอีกแนวทางที่มีความเป็นไปได้สูง โดยเฉพาะผงหินแกรนิตที่เกิดจากการทำเหมืองหินแกรนิตบริเวณ อำเภอแกลง จังหวัดระยอง ที่ปัจจุบันยังไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2549 จาก http://www.ldd.go.th/Lddwebsite/web_osl/pf_desc/south/

(สิงหาคม, 2549)

ชัยวัฒน์ ผลประสิทธิ์ และ ต่อศักดิ์ ประสมทรัพย์, 2527, รายงานการสำรวจธรณีวิทยา บริเวณ
จังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยอง กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 39 หน้า

ดรุณี คำยวง, กาญจนวดี มณีรัตน์, วรพงษ์ วรามิตร และเผด็จ สีโรจน์, 2535, แผนการใช้ที่ดิน
จังหวัดชลบุรี , กรมพัฒนาที่ดิน

พล เชาว์ดำรงค์, 2535, รายงานผลการสำรวจหาความต่อเนื่องทางธรณีวิทยาพื้นที่ภาคตะวันออก
มาตราส่วน 1 : 250,000. กองธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, กระทรวงอุตสาหกรรม, 39
หน้า.

วีระศักดิ์ นคินทร์บดี, สมเกียรติ มาระเนตร์ และสมาน จาตุรงค์วิช, 2519, รายงานการสำรวจ
ธรณีวิทยา ระวังจังหวัดกรุงเทพมหานคร และจังหวัดระยอง (ND47-12) และ (ND47-16)
มาตราส่วน 1:250,000 กรมทรัพยากรธรณี, 41หน้า และแผนที่ธรณีวิทยา 2 ฉบับ

ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร, <http://mccweb.agri.cmu.ac.th/dinThai/distribute.asp>

(สิงหาคม, 2549)

สถานีอุตุนิยมวิทยาชลบุรี, 2546, จาก <http://www.chonburi.go.th/pumi/temnew.htm>

(สิงหาคม ,2549)

สิโรตม์ ศัลยพงษ์ และ นิคม จึงอยู่สุข, 2529, แผนที่ธรณีวิทยาภาคตะวันออก มาตราส่วน
1:50,000, กองธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, กระทรวงอุตสาหกรรม.

อุดม พลุสวัสดิ์, 2529 , การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของดินที่เกิดจากหินแกรนิตภายใต้
สภาพความชื้นดินแบบยูริกในจังหวัดจันทบุรีและแบบอุสติกในจังหวัดฉะเชิงเทรา, วิทยา
นิพนธ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น, 219 หน้า

Altherr, R., Henjes-Kunst F., Otto, J. and Langer C. 1999. Interaction between crustal-
derived felsic mantle-derived mafic magmas in the Oberkirch pluton (European
Variscides, Schwarzward, Germany). Contribution to Mineralogy and Petrology,
137, p. 304-322.

Altherr, R. and Siebel, W. 2002. I-type Plutonium in a continental back-arc setting:
Miocene granitoids and mozonites form the Central Aegean Sea, Greece.
Contribution to Mineralogy and Petrology, 143 p. 397-415.

- Areesiri, S., 1982. Amphibolite and related rocks of Bo Kwang Thong, Amphoe Phanat Nikon, Chonburi, An unpublished M.Sc. thesis, Chiang Mai University.
- Barral Silva, M.T., Silva Hermo, B., Garcia-Rodeja, E., and Vazquez Freire, N. 2005. Reutilization of granite powder as an amendment and fertilizer for acid soil. *Chemosphere*, 61, 993-1002.
- Batchelor R.A. and Bowden, 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, 48, 43-55.
- Beckinsale, R. D., Suensilpong, S., Nakhapadungrat, S. and Walsh, J. N. 1979. Geochronology and geochemistry of granite magmatism in Thailand in relation to a plate tectonic model. *Journal of Geological Society, London* 136, p. 529-540.
- Bignell, J., D. 1972. The geochronology of the Malayan granites. An Unpublished Ph. D. thesis, University of Oxford, 154 p.
- Braun, E. von, Besang, C., Eberle, W., Harre, W., Krenzer, H., Lenz, H., Muller, P. and Wendt, I. 1976. Radiometric age determinations of granite in Northern Thailand. *Geologischen Jahrbuch B21*, p. 171-204.
- Brown, G. F., Buravas, S., Javanaphet, J., Jalichandra, N., Johnstone, W. D., Sethaput, V. and Taylor, G. C. 1951. Geologic reconnaissance of the mineral deposits of Thailand. *U.S. Geological Survey Bulletin*, 984, 183 p.
- Buam, F., Braun, E. von, Hahn, L., Hess, A., Koch, K. E., Kruse, G., Quarch, H. and Siebenhuner, M. 1970. On the geology of Northern Thailand. *Beihefte Zum Geologischen Jahrbuch, Hannover*, no. 120, 24 p.
- Bunopas, S. 1981. Paleogeographic history of western Thailand and adjacent part of Southeast Asia: A plate tectonics interpretation. An Unpublished Ph.D. thesis, Victoria University of Wellington, New Zealand, 810 p. reprint 1982, Geological Survey paper, no. 5, Geological Survey Division, Royal Thai Department of Mineral Resources, Bangkok.
- Buravas, S. 1957. Stratigraphy of Thailand. Memorial distributed at IX Pacific Science Congress, Bangkok.

- Burton, C.K. and Bignell, J.D. 1969. Cretaceous-Tertiary events on Southeast Asia. Bulletin of Geological Society of America, p. 681-688.
- Campbell, K. V. 1973. Basement complex of Thailand. Proceeding of the Conference on the Geology of Thailand, Chiang Mai University, Thailand. Special Publication, no.1, p.3-13.
- Chappel, B. W. 1996. Compositional variation within granite suites of the Lachlan Fold Belt: Its causes and implications for the physical state of granite magma. Trans Royal Society of Edinburgh Earth Science, 87, p.159-170.
- Chappel B.W. and White A.J.R., 1974, Two contrasting granite types. Pacific Geology, 8, p. 173- 174.
- Charusiri, P. 1989. Lithophile metallogation epochs of Thailand: A geological and geochronological investigation. An unpublished Ph.D. Thesis, Department of Geological Sciences, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada, 819 p.
- Charusiri, P., Chaturongkavanich, S., Takashima, I., Kosuwan, S., Won-In, K. and Ngo Ngoc Cat. 2000. Application of geothermal resources of Thailand, Vietnam, and Myanmar to tectonic settings. Proceedings of the World Geothermal Congress. Kyush-Tohoku, Japan, 28 May – 10 June 2000, p. 10043-10047.
- Charusiri, P., Clark, A. H. and Farrar, E. 1989. Miocene (-Oligocene) events in Thailand: Evidences from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and K-Ar Geochronology. Annual Technical Meeting 1989 "Geology and Mineral Resources of Thailand", Indo-China and Burma, Chiang Mai, Thailand, February 1990, 14p.
- Charusiri, P., Clark, A. H., Farrar, E., Archibald, D. and Charusiri, B. 1993. Granite belts in Thailand: evidence from the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological and geological syntheses. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 8(1-4), p.91-99.
- Charusiri, P., Khantaprab, C., Pisutha-Armond, V. and Yumuang, S., 1991. Classification of rare- earth elements (REE) deposits in Thailand: A genetic approach. Proceedings of the International Conference on Rare Earth Minerals and Minerals for Electronic Uses, 23-25 January 1991. Haad Yai, Thailand, p. 105-124.

- Charusiri, P., Pongsapich, W., Daorerk, V., and Charusiri, B. 1992. Anatomy of Chanthaburi granitoids: geochronology, petrochemistry, tectonics, and associated mineralization. Proceedings of the National Conference on Geology and Mineral Resources of Thailand: Potential for Future Development, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand, 17-24 November 1992, p. 283-392.
- Clarke, M. C. G. and Beddoe-Stephens, B. 1987. Geochemistry mineralogy and plate tectonic of a Late Cretaceous Sn-W granite from Sumatra, Indonesia. *Mineralogical Magazine*, 51, p. 371-387.
- Cobbing, E. J., Mallick, D. I. J., Pitfield, P. E. J. and Toeh, L. H. 1986. The granites of the SE Asian Tin Belt. *Journal of Geological Society of London*, 143, p. 537-550.
- Cobbing, E. J., Pittfield, P. E. J., Darbyshire, P. D. F. and Mallick, D. I. J. 1992. The granites of the Southeast Asian tin belt. *British Geological Survey Overseas Memoir*, 10. DMR, 1984. Sheet ND 47-12. Department of Mineral Resources, Geological Survey Division, Bangkok, Thailand.
- Debon, F. and Le Fort, P. 1983. A chemical-mineralogy classification of Edinburgh: *Earth Science* 73, p. 135-149.
- Dheeradilok, P. 1973. The inferred Precambrian rocks and tectonics features of Thailand. *Mineral Resources Gazette*, 8, 1-12 (in Thai).
- Fontaine, H. and Salyapongse, S., 1997a. Biostratigraphy of East Thailand. Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific (GEOThai' 97), Bangkok, Thailand, August 19-24, v.1, p.73-82.
- Hamaker, D. A. 2002. *The Survival of Civilization*, Hamaker-Weaver Publishers 1982 and World Wide Web Edition. 2002, California, 234 p.
- Hutchison, C.S. 1977. Granite emplacement and tectonic subdivision of Peninsular Malaysia, *Bulletin of the Geological Society of Malaysia*, p. 187-207.
- Hutchison, C. S. 1983. Multiple Mesozoic Sn-W-Sb granitoids of Southeast Asia. *Geological Society of America, Memoir 159. Circum-Pacific Plutonic Terranes* (edited by Roddick, J. A.) p. 35-60.

- Hutchison, C. S. 1987. Southeast Asia Tin Granitoids Of Contrasting Tectonic Setting. *Journal of Physics of the Earth, Tokyo*, Vol. 26 (supplement), p. 221-232.
- Intasopa, S. and Dunn, T. 1993. Petrology and Sr-Na isotopic systems of the basalts, and rhyolites, Loei, Thailand. *Journal of Southeast Earth Sciences*, 9, p. 167-180.
- Imsamut, S. 1996. Magnetostratigraphy of the Phu Thok Formation at Phu Thok and Phu Wua Areas, Changwat Nong Khai. An unpublished M.Sc. Thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 306 p.
- Ishihara, S. 1977. The magnetite-series and ilmenite-series granite rocks. *Mining Geology*, 27 (9), p. 293-305.
- Ishihara, S., Sawata, H., Shibata, K., Tagashima, S., Arrykul, S. and Sato, K. 1980. Granites and Sn-W deposits of peninsular Thailand. *Mining Geology*, 27, p. 293-305.
- Khantaprab, C., Pongsapich, W., Charusiri, P., and Vejchakarnchana, S. 1990. Geological assessment on the potential of rare-earth-bearing mineral resources in Thailand: An unpublished paper submitted to the office of the National Research Council, Chulalongkorn University, Bangkok, 71 p. (in Thai).
- Khoo, T. T. and Tan, B. K. 1983. Geologic evolution of Peninsular Malaysia. *Proceeding of the Workshop on Stratigraphic Correlation of Thailand and Malaysia*, Vol. 1, p. 253-290.
- Lasser, M., Saurin, E. and Dumas, I. 1972. Age permien obtenue parla method sur deux amphiboles extraites des granodiorites de la region de Sanakharm (Laos). *Societs geologique de la France, Compte Rendu Sommaire des Seances, Fascicules 2*, p. 65-67.
- Liew, T. C. and Page, R. W. 1985. U-Pb zircon dating of granitoid plutons from the west coast provinces of Peninsular Malaysia. *Journal of Geological Society of London* 142, p. 515-526.
- Lehman, B. 1988. Tin-bearing and tin-barren granites in Thailand. Subproject Central Thailand. *Bundesanstalt fur Geowissenschaften and Rohstoffe Hanover, Internal Report*, p.1-129.

- Mahawat, C. 1982. The petrochemistry and geochemistry of the granitic rocks of the Tak Batholith, Thailand. An unpublished Ph.D. thesis, University of Liverpool, 186 p.
- Maniar P.D. and Piccoli P.M., 1989. Tectonic discrimination of granitoids. Geological Society of America Bulletin, 101, 635-643.
- Middleton, E.A.K., 1985. Magmas and magmatic rocks. Longman, London.
- Mitchell, A. H. G. 1977. Tectonic setting for emplacement of SE Asia tin granitoids. Bulletin of Geological Society of Malaysia. no. 9, p. 123-140.
- Mynit, S. W., Thongthap, C. and Eiumnoh, A. 1997. Soil nutrient depletion modelling using remote sensing and GIS: A case study in Chonburi, Thailand. Poster Presentation, The 18th Asian Conference on Remote Sensing, 20-24 October 1997, Malaysia.
- Nakapadungrat, S. 1982. The geochronology and geochemistry of the Thong Lang Granite Complex, Central Thailand. An unpublished Ph.D. thesis, University of London, U.K.
- Nakapadungrat, S., Beckinsale, R.D. and Suensilpong, S. 1984. Geochronology and geology of Thai granites. Proc. Conf. On Application of Geology and the National Development, Chulalongkorn University, Bangkok, November 1984, p. 75-93.
- Nantasin, P., Nakapadungrat, S., and Taiyaqupt, M. 2005. Petrography and Geochemistry of Intrusive Rocks at Ban Phosawan area, Amphoe Bung Sam Phan, Changwat Petchabun. International Conference on Geology, Geotechnology and Mineral Resources of Indochina (GEOINDO 2005), 28-30 November 2005, Khon Kaen, Thailand.
- Olowolafe, E.A. and Dung, J.E. 2000. Soil derived from biotite-granites on the Jos Plateau, Nigeria: their nutrient status and management for sustainable agriculture. Resources, Conservation and Recycling, 29, 231-244.
- Patino Douce AE. And McCarthy TC. 1998. Melting of crustal rocks during continental collision and subduction. In: Hacker BR, Liou JG (Eds), When continents collide: geodynamics and geochemistry of ultrahigh-pressure rocks. Kluwer, Dordrecht, p. 27-55.

- Peacock, M.A. 1931. Classification of igneous rock. *Journal of Geology*. 39, p. 54-97.
- Pearce, J.A., Harris N.B.W., and Tindle, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25, 956-983.
- Pongsapich, W. and Mahawat, C. 1977. Some aspects of Tak granites, northern Thailand. *Bulletin of Geological Society of Malaysia*. no. 9, p. 175-184.
- Pongsapich, W., Pisutha-Arnond, V. and Charusiri, P. 1983. Reviews of felsic plutonic rocks in Thailand. *Proceedings of the Workshop on Stratigraphic Correlation of Thailand and Malaysia*. Haadyai, Thailand, September. p.213-232
- Salyapongse, S. and Jungyusuk, N. 1980, Geological map of Eastern Thailand, Scale 1:250,000, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand.
- Sauter, Van U. and Foerst, K. 1986. Information for the applicant of silicate rock dust for the amelioration of forest soil. The Barbarian Research and Experimental Institute of forest's Munich, Germany.
- Streckeisen, A.L. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Review*, 12, p.1-32.
- Teggin, D. E. 1975. The granites of Northern Thailand. An unpublished Ph.D. thesis, University of Manchester, U.K.
- Whalen, J.B., Currie, K.L., and Chappell, B.W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 95, p. 407-419.
- Workman, D. R. 1975. Tectonic evolution of Indo-China. *Journal of Geological Society of Thailand*, 1, p. 3-19.
- Yab, F. L. 1986. Age determination on the Kuantan granite and dolerite dykes. In *GEOSEA V Proceedings Vol. II*, *Bulletin of Geological Society of Malaysia*. 20, p. 415-422.

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างหินและตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มหินตัวอย่างหินแกรนิต ตัวอย่างหินแกรนิตที่ทำการเก็บเพื่อการศึกษาในครั้งนี้สามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อย ตามตำแหน่งที่เก็บดังต่อไปนี้

1 กลุ่มตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณเขาน้อย (หมายเลข 01/01 ถึง 01/05) อำเภอเมืองชลบุรี ส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์ (biotite) เค้น ปนกับแร่มีสโคไวท์ (muscovite) แสดงริ้วลาย (foliation) เล็กน้อย ผลึกแร่มีขนาดปานกลางถึงใหญ่ สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าชัดเจน เนื้อหินมีทั้งแบบเนื้อดอก (porphyritic texture) ที่มีแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ (alkali feldspar) เป็นผลึกดอก และเนื้อหินแบบขนาดผลึกใกล้เคียงกัน (equigranular texture) บางบริเวณหินแกรนิตเหล่านี้พบร่วมกับสายของหินเพกมาไทต์ ส่วนหินท้องถิ่น (country rocks) เป็นพวกหินควอร์ตไซต์ (quartzite) ซึ่งพบได้บริเวณเขาดิน

2 กลุ่มตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณบ้านแหลมแท่น (หมายเลข 01/09 ถึง 01/11) อำเภอเมืองชลบุรี มักแสดงลักษณะริ้วลายค่อนข้างชัดเจนและเนื้อผลึกดอกโดยแร่ที่เป็นผลึกดอกคือแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ (alkali feldspar) ขนาดผลึกมีตั้งแต่เล็กไปจนถึงใหญ่ (fine-to coarse-grained) แร่เมฟิกที่เด่นคือแร่ไบโอไทต์ หินท้องถิ่น (country rocks) เป็นจำพวกหินแปรควอร์ตไซต์ (quartzite) ซึ่งพบบริเวณเขาสามมูข นอกจากนี้ยังมีสายแร่ควอร์ตซ (vein quartz) ตัดผ่านเช่นกัน

3 กลุ่มตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณอ่างศิลา (หมายเลข 01/14 ถึง 01/16) อำเภอเมืองชลบุรี เป็นหินแกรนิตเนื้อละเอียดหรือหินแอพลิต (aplite) ที่มีแร่ไบโอไทต์และมีสโคไวท์เด่น หินบริเวณนี้จะไม่แสดงริ้วลาย และมีขนาดผลึกละเอียด

4 กลุ่มตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณบ้านเขามาบใหญ่ เขาหุบสี่เสียด เขาหนูน เขามาบไผ่และเขาบาล (หมายเลข 01/19 ถึง 01/27) อำเภอเมืองชลบุรี ทั้งหมดล้วนเป็นหินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์และมีสโคไวท์และมีสโคไวท์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่และแสดงลักษณะริ้วลาย แต่มีความแตกต่างกันในลักษณะของเนื้อหิน บริเวณเขามาบใหญ่เขาหุบสี่เสียดหินแกรนิตจะแสดงเนื้อดอก ส่วนหินแกรนิตบริเวณเขาบาลมีผลึกที่ขนาดใกล้เคียงกัน ส่วนที่นอกเหนือจากนี้เป็นแบบเนื้อผลึกดอก

5 กลุ่มตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณเขาบ่อทราย อำเภอเมืองชลบุรี (หมายเลข 01/28 ถึง 01/32) มีสีขาวที่เรียกว่าลูโคครติกแกรนิต (leucocratic-granite) ผลึกขนาดเล็กถึงปานกลาง และพบแร่ทัวร์มาลีน (tourmaline) พบหินเหล่านี้ปรากฏร่วมกับหินแปรควอร์ตไซต์ที่เป็นหินท้องถิ่น

6 กลุ่มตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณเขาเขียว บ้านโค้งตาสา บ้านหนองแดงกวาว บ้านเนินสามชั้น และบ้านมาบลำบิตสอง อำเภอศรีราชา (หมายเลข 01/33 ถึง 01/39) เป็นหินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ ส่วนใหญ่แสดงเนื้อหินแบบเนื้อดอก ยกเว้นที่บ้านมาบลำบิตสองที่เป็นแบบผลึกขนาดใกล้เคียงกัน

7 กลุ่มตัวอย่างหินแกรนิตที่พบบริเวณบ้านเขายางแดง อำเภอบางละมุง (หมายเลข 01/44) เป็นหินแกรนิตที่มีแร่ฮอร์นเบลนด์เด่น ขนาดผลึกปานกลางและมีขนาดใกล้เคียงกัน พบสายแร่ควอร์ตซ์ปรากฏอยู่ด้วยกัน

8 กลุ่มตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณบ้านเขามะกอก อำเภอบางละมุง (หมายเลข 01/45) เป็นหินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่และแสดงลักษณะเนื้อผลึกดอก

9 กลุ่มตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณอำเภอเมืองระยอง บ้านค่าย จังหวัดระยองและอำเภอบางละมุงและสัตหีบ (หมายเลข 01/46 ถึง 01/53) เป็นหินแกรนิตเนื้อหยาบขนาดผลึกปานกลางถึงใหญ่ มีแร่ไบโอไทต์เด่น ไม่แสดงริ้วลาย แต่ลักษณะมีเนื้อผลึกดอก

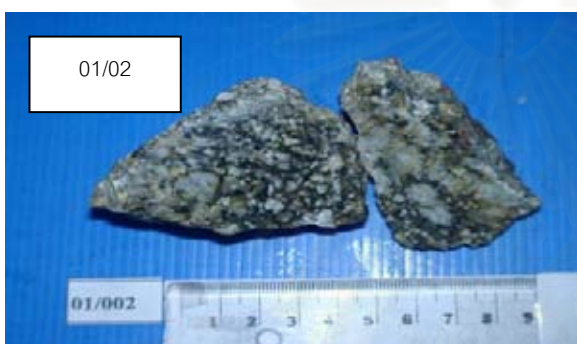
10 กลุ่มตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณ เขาพังพาน เขาพงเสื่อ และเขาเชิงเทียน อำเภอเมืองชลบุรี (หมายเลข 01/54 ถึง 01/72) เป็นบริเวณที่มีความหลากหลาย โดยหินบริเวณเขาพังพานเป็นหินแกรนิตเนื้อละเอียดหรือหินแอพลิต (aplite) ที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น แต่หินบริเวณเขาพงเสื่อมีผลึกปานกลางถึงใหญ่ เนื้อหินเป็นแบบขนาดใกล้เคียงกันและมีแร่ไบโอไทต์เด่น ในขณะที่หินแกรนิตบริเวณเขาเชิงเทียนมีแร่ประกอบหินที่เฉพาะตัวนั่นคือพบแร่ฮอร์นเบลนด์ เนื้อหินมีทั้งแบบขนาดผลึกใกล้เคียงกันและเนื้อผลึกดอก หินท้องถิ่นในบริเวณนี้พบทั้งหินแปรและหินตะกอน นอกจากนี้ยังมีสายเพกมาไทต์ตัดผ่านกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. รูปตัวอย่างหินทั้งหมดและลักษณะทั่วไป



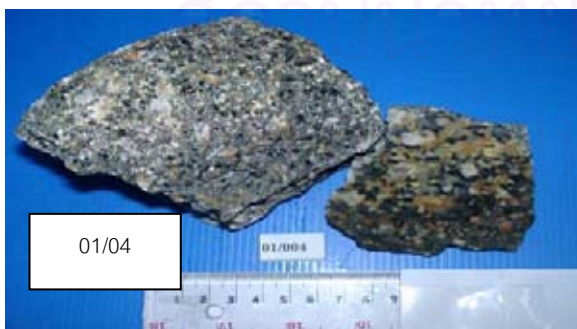
หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น เนื้อหินแสดงริ้วลายเล็กน้อย ผลึกขนาดใหญ่และใกล้เคียงกัน และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 6 (Biotite porphyry granite) พบที่ Grid reference 172 784 บริเวณ เขาน้อย



หินไนส์ ผลึกขนาดกลางถึงใหญ่ แสดงริ้วลายเล็กน้อย และมีผลึกแร่ขนาดใหญ่ที่แสดงลักษณะ augen พบที่ Grid reference 176 782 บริเวณ เขาน้อย



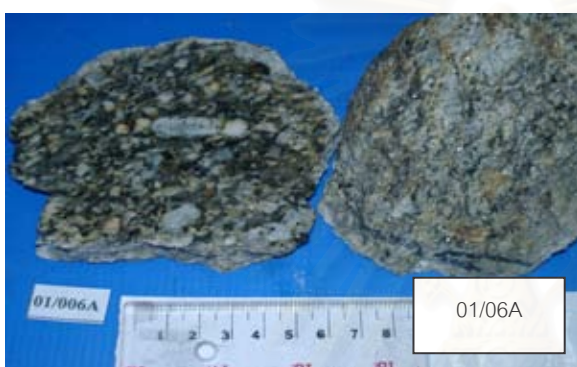
หินแกรนิตที่มีแร่มีสโคไวท์และไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่และแสดงลักษณะเนื้อ พบที่ Grid reference 174 782 บริเวณ เขาน้อย



หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกมีขนาดปานกลางถึงใหญ่ แสดงริ้วลายเล็กน้อยและลักษณะเนื้อดอก พบที่ Grid reference 175 784 บริเวณ เขาน้อย



หินเพกมาไทต์ที่มีแร่มีสโคไวท์และทัวร์มาลีน
เด่น พบที่ Grid reference 178 784 บริเวณ
เขาน้อย



หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปาน
กลางถึงใหญ่ เนื้อหินแสดงริ้วลายเล็กน้อย และมี
ลักษณะเนื้อดอก และจากผลวิเคราะห์ทางด้าน
เคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 5
(Allanite+tourmaline+biotite+muscovite
porphyry granite) พบที่ Grid reference 172
796 บริเวณ เขาสุวรรณ



หินชีสต์ที่มีแร่ไบโอไทต์และการ์เน็ตเด่น แสดง
ริ้วลายชัดเจน ผลึกขนาดเล็กถึงปานกลาง พบ
ที่ Grid reference 172 796 บริเวณ
เขาสุวรรณ



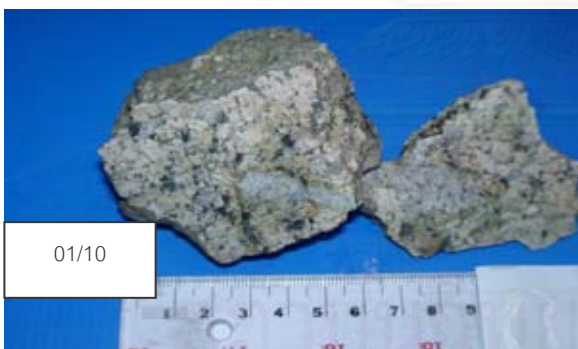
หินเพกมาไทต์ที่มีประกอบด้วยแร่ ควอร์ตซ
เฟลสปาร์ มีสโคไวท์และทัวร์มาลีน พบที่ Grid
reference 172 796 บริเวณ เขาสุวรรณ



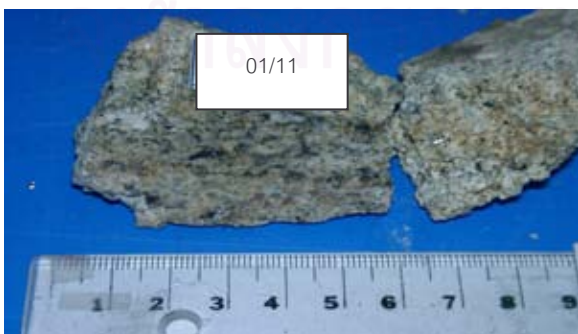
หินควอร์ตไซต์ (Quartzite) พบที่ Grid reference 217 769 บริเวณ เขาติน



หินแกรนิตที่มีแร่มีสโคไวท์และไบโอไทต์ เนื้อหินแสดงลักษณะเนื้อดอกและมีรูปร่างที่ชัดเจนคือแร่อัลคาไลเฟลสปาร์ ขนาดผลึกมีตั้งแต่เล็กไปจนถึงใหญ่ และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 5 (Allanite+tourmaline+biotite+muscovite porphyry granite) พบที่ Grid reference 063 707 บริเวณ บ้านแหลมแท่น



หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ เนื้อหินแสดงลักษณะเนื้อดอก พบที่ Grid reference 064 712 บริเวณ บ้านแหลมแท่น



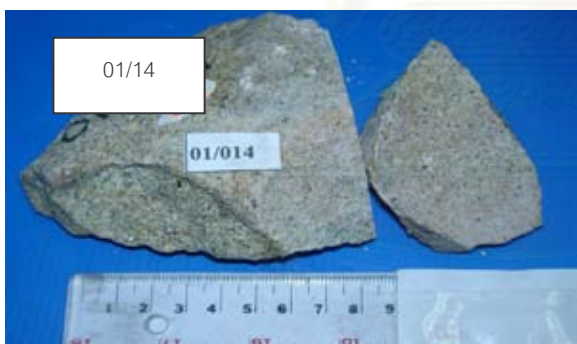
หินไนส์ ที่มีแร่ไบโอไทต์และมีสโคไวท์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ พบที่ Grid reference 065 713 บริเวณ บ้านแหลมแท่น



สายแร่ควอร์ตซ (Vein quartz) พบที่ Grid
reference 066 719 บริเวณ เขาสามมูข



หินแปรควอร์ตไซต์ สีชมพูปนเทาเข้ม พบที่ Grid
reference 067 722 บริเวณ เขาสามมูข



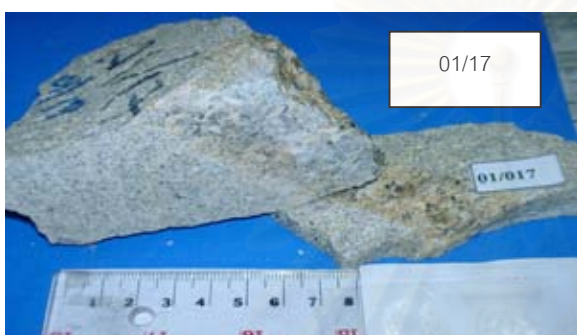
หินแกรนิตเนื้อละเอียดสีขาว ที่ประกอบด้วยแร่ไบโอ
ไทต์และมัสโคไวท์เป็นหลัก ไม่แสดงริ้วลาย และมี
ขนาดผลึกที่เล็กละเอียด จัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 พบที่
Grid reference 090 754 บริเวณ บ้านอ่างศิลา



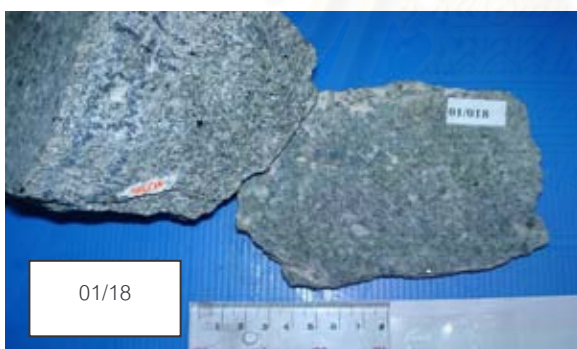
หินแกรนิตเนื้อละเอียดสีขาว ที่ประกอบด้วยแร่ไบโอ
ไทต์และมัสโคไวท์เป็นหลัก ไม่แสดงริ้วลายและมี
ขนาดผลึกที่เล็กละเอียด จัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 พบที่
Grid reference 090 754 บริเวณ บ้านอ่างศิลา



หินแกรนิตเนื้อละเอียดสีขาว ที่ประกอบด้วยแร่ไบโอไทต์และมัสโคไวท์เป็นหลักไม่แสดงริ้วลาย และมีขนาดผลึกที่เล็กละเอียด จัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 1 (Aplite) พบที่ Grid reference 088 752 บริเวณบ้านอ่างศิลา



หินแกรนิตเนื้อละเอียดสีขาว ที่ประกอบด้วยแร่ไบโอไทต์และมัสโคไวท์เป็นหลัก ถูกตัดด้วยสายเพกมาไทต์ขนาดเล็ก พบที่ Grid reference 088 752 บริเวณ บ้านอ่างศิลา



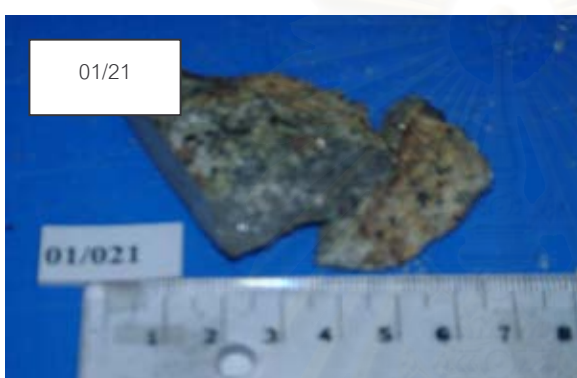
หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ เนื้อหินแสดงลักษณะเนื้อดอก พบที่ Grid reference 287 673 บริเวณ เขามาบใหญ่



หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ เนื้อหินแสดงลักษณะเนื้อดอก และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 5 (Allanite+tourmaline+biotite+muscovite porphyry granite) พบที่ Grid reference 272 675 บริเวณ เขามาบใหญ่



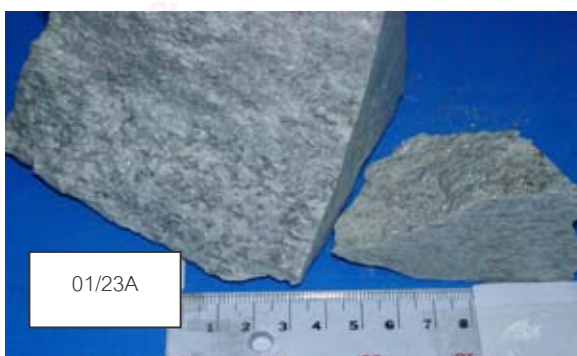
หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ เนื้อหินแสดงลักษณะเนื้อดอก พบที่ Grid reference 276 677 บริเวณ เขามาบใหญ่



หินแกรนิตที่มีแร่มีสโคไวท์และไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดเล็ก แสดงริ้วลายเล็กน้อย พบที่ Grid reference 264 712 บริเวณ เขาหุบสี่เสียด



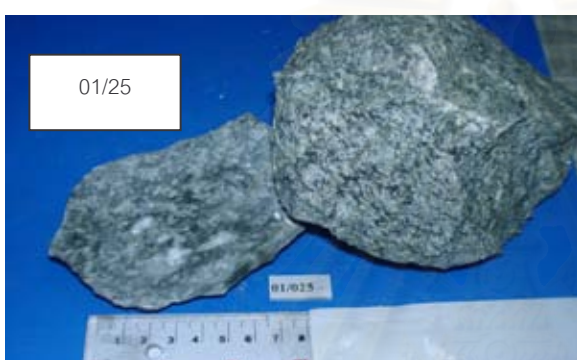
หินแกรนิตที่มีแร่มีสโคไวท์เด่นเป็นพิเศษ สีขาว ผลึกขนาดปานกลางและแสดงริ้วลายเล็กน้อย และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 5 (Allanite+tourmaline+biotite+muscovite porphyry granite) พบที่ Grid reference 173 715 บริเวณ เขาหุบสี่เสียด



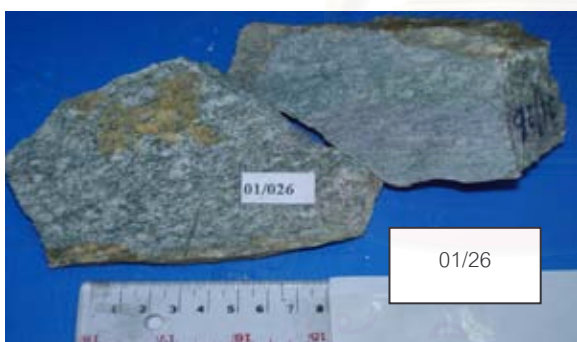
หินแกรนิตที่มีแร่มีสโคไวท์เด่น ผลึกขนาดปาน สี่ขาว แสดงริ้วลายชัดเจน และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 3 (muscovite granite) พบที่ Grid reference 173 715 บริเวณ เขาบาล



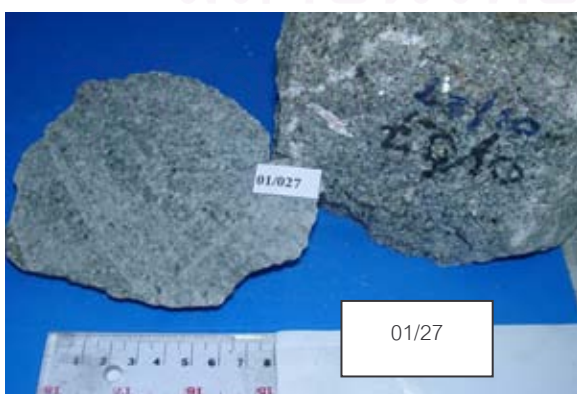
หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางและใกล้เคียงกัน แสดงริ้วลายเล็กน้อย พบที่ Grid reference 173 715 บริเวณ เขาบาล



หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์และมัสโคไวต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางและใกล้เคียงกัน แสดงริ้วลายชัดเจน และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 2 (Biotite+muscovite equigranular granite) พบที่ Grid reference 174 710 บริเวณ เขาบาล



หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางและใกล้เคียงกัน และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 2 (Biotite+muscovite equigranular granite) พบที่ Grid reference 214 697 บริเวณ เขาปูน



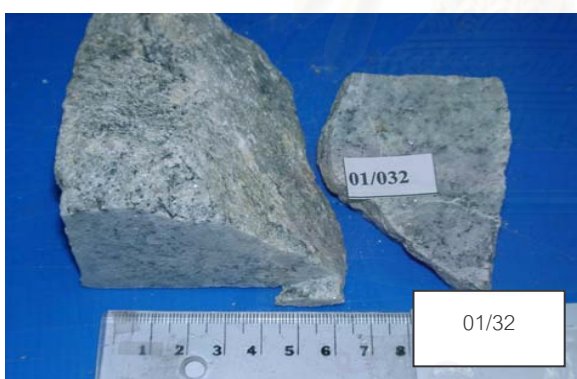
หินควอร์ตไซต์ (Quartzite) และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 2 (Biotite+muscovite equigranular granite) พบที่ Grid reference 136 699 บริเวณ ห้วยมาบไผ่



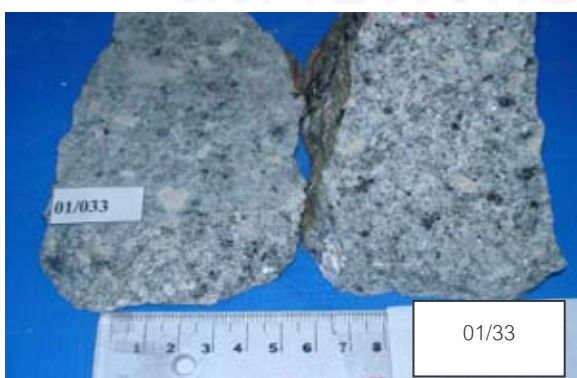
หินควอไรต์ไซต์ (Quartzite) พบที่ Grid
reference 136 659 บริเวณ เขาบ่อทราย



หินควอไรต์ไซต์ (Quartzite) พบที่ Grid
reference 136 659 บริเวณ เขาบ่อทราย



หินแกรนิตที่มีแร่ทัวร์มาลีนเด่น ผลึกขนาด
เล็กถึงปานกลาง สีขาว และจากผล
วิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 7
(leucocratic granite) พบที่ Grid
reference 136 659 บริเวณ เขาบ่อทราย



หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์ ผลึกขนาดปาน
กลางถึงหยาบ แสดงลักษณะเนื้อดอก และ
จากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ใน
กลุ่มที่ 5
(Allanite+tourmaline+biotite+muscovite
porphyry granite) พบที่ Grid reference
242 626 บริเวณ เขาเขียว



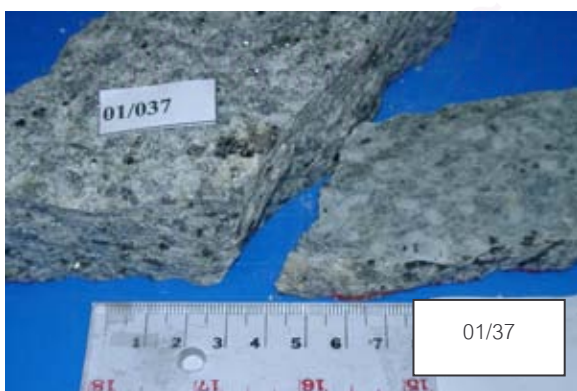
หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์ ผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบ แสดงลักษณะเนื้อดอก และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 5
(Allanite+tourmaline+biotite+muscovite porphyry granite) พบที่ Grid reference 245 609 บริเวณ เขาเขียว



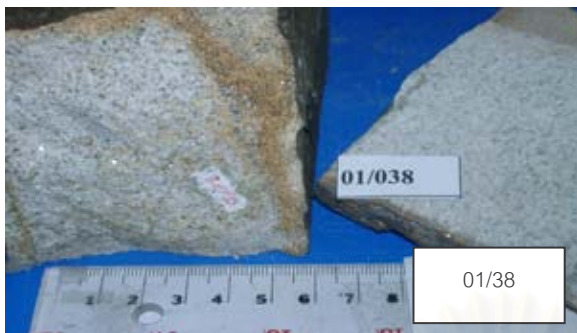
หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์ ผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบ แสดงลักษณะเนื้อดอก พบที่ Grid reference 266 560 บริเวณ วัดบ้านไค้งตาสา



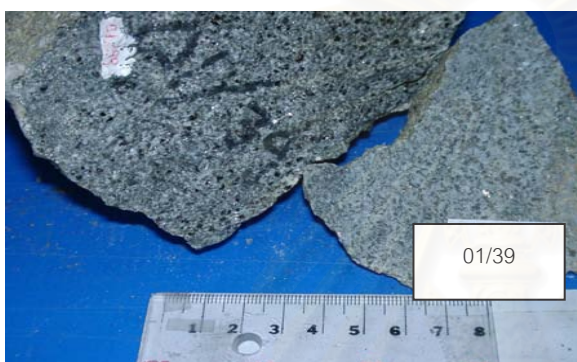
หินแกรนิตที่มีแร่ฮอร์นเบลนด์เป็นหลัก ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ แสดงลักษณะเนื้อดอก และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 6 (Biotite porphyry granite) พบที่ Grid reference 243 515 บริเวณ บ้านหนองแตงกวา



หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์ ผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบ แสดงลักษณะเนื้อดอก และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 6 (Biotite porphyry granite) พบที่ Grid reference 261 514 บริเวณ บ้านเนินสามชั้น



หินแกรนิตละเอียด สีขาว ประกอบด้วย
แร่ควอตซ์และไบโอไทต์เป็นหลัก พบที่
Grid reference 302 497 บริเวณ สำนัก
สงฆ์บ้านหนองลาด



หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาด
ปานกลาง และใกล้เคียงกัน. พบที่ Grid
reference 347 570 บริเวณ บ้านมาบลำ
ปัดสอง



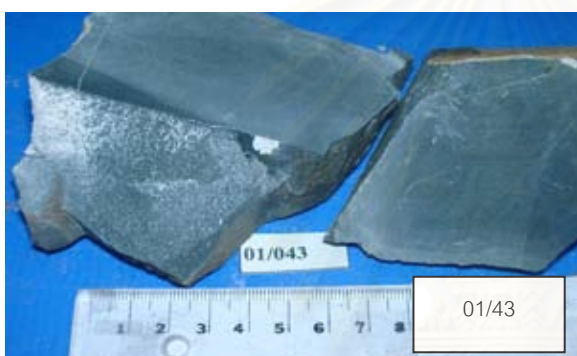
หินไนส์ ที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาด
ปานกลาง พบที่ Grid reference 605
580 บริเวณ บ้านมาบยาง



หินชีสต์ ที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาด
เล็ก และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูก
จัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 4 (hornblende-biotite
granite) พบที่ Grid reference 605 580
บริเวณ บ้านมาบยาง



หินบะซอลติก แอนดีไซต์ เนื้อดอก พบที่
Grid reference 723 247



หินบะซอลติก แอนดีไซต์ (Basaltic
andesite) พบที่ Grid reference 723
247



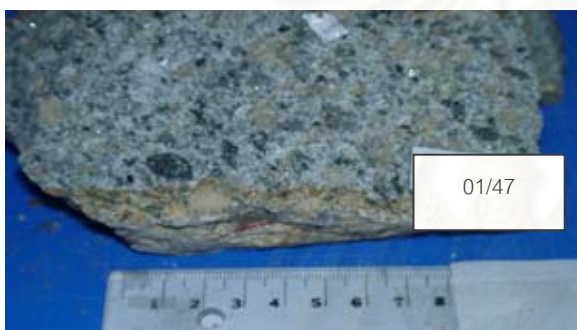
หินแกรนิตที่มีแร่ฮอร์นเบลนด์เด่น ผลึก
ขนาดปานกลางและใกล้เคียงกัน พบที่
Grid reference 252 411 บริเวณ บ้าน
เขายางแดง



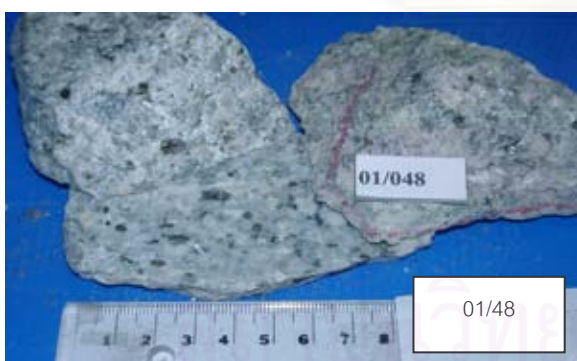
สายแร่ควอตซ์ (Vein quartz) พบที่ Grid
reference 252 411 บริเวณ บ้านเขายาง
แดง



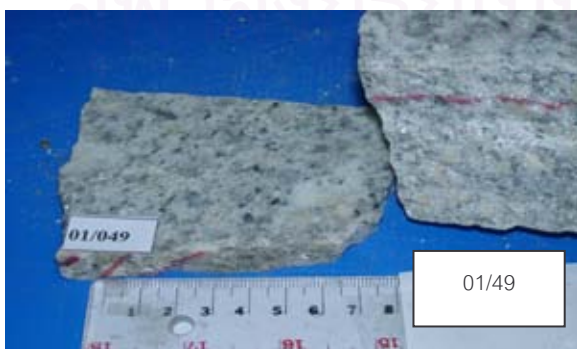
หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ เนื้อหินแสดงลักษณะเนื้อดอก พบที่ Grid reference 239 261 บริเวณ เขาไม้สีบสาม



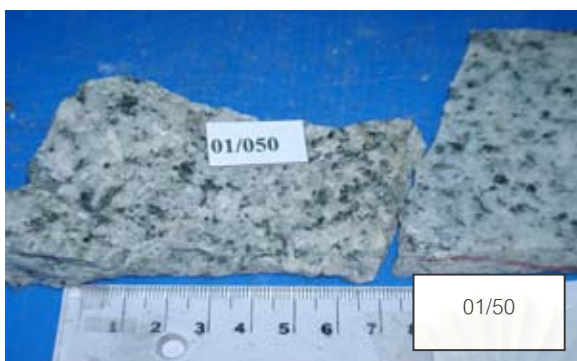
หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ เนื้อหินแสดงลักษณะเนื้อดอก พบที่ Grid reference 256 236 บริเวณ บ้านมะขามเดี่ยว



หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ เนื้อหินแสดงลักษณะเนื้อดอก และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 5 (Allanite+tourmaline+biotite+muscovite porphyry granite) พบที่ Grid reference 302 203 บริเวณ เขาจอมแห



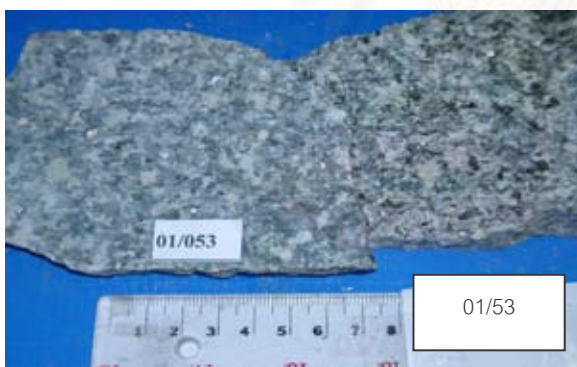
Medium to coarse-grained, porphyritic, muscovite + biotite granite. และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 5 (Allanite+tourmaline+biotite+muscovite porphyry granite) พบที่ Grid reference 281 124 บริเวณ เขาหัวยมะหาด



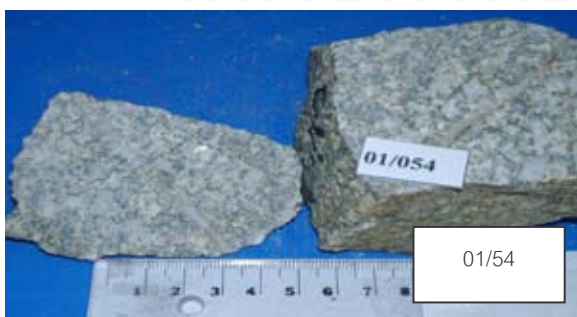
หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ เนื้อหินแสดงลักษณะเนื้อดอก และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 5 (Allanite+tourmaline+biotite+muscovite porphyry granite) พบที่ Grid reference 177 267 บริเวณ เขาไผ่



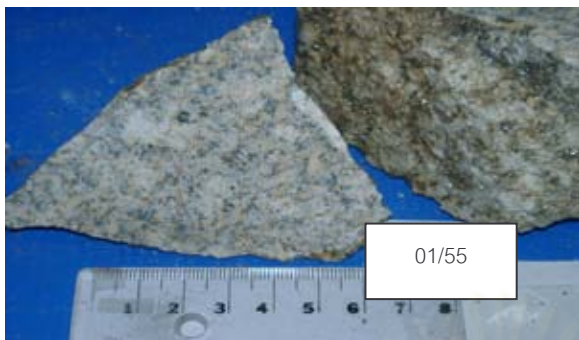
หินเพกมาไทต์ที่มีแร่มีสโคไวท์ (Muscovite pegmatite) และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 5 (allanite+tourmaline+biotite+muscovite porphyry granite) พบที่ Grid reference 182 720 บริเวณ บ้านสวนน้ำตก



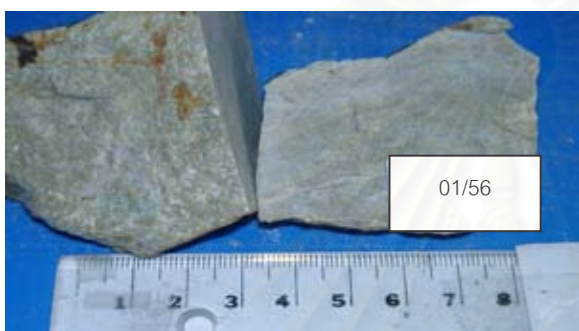
หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ เนื้อหินแสดงลักษณะเนื้อดอก และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 5 (Allanite+tourmaline+biotite+muscovite porphyry granite) พบที่ Grid reference 182 712 บริเวณ ห้วยกะปิ



หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ เนื้อหินแสดงลักษณะเนื้อดอก พบที่ Grid reference 163 736 บริเวณ เขาพงพาน



หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอและมัสโคไวท์เด่น ผลึก
ขนาดปานกลางถึงใหญ่ แสดงลักษณะเนื้อ
ดอก พบที่ Grid reference 163 736 บริเวณ
เขาพังพาน



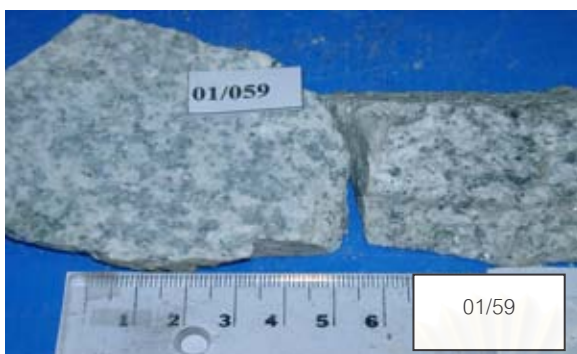
หินควอร์ตไซต์สีน้ำตาลอมเขียว (Greenish
brown quartzite) พบที่ Grid reference 165
734 บริเวณ เขาพังพาน



หินแกรนิตละเอียดที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น (Biotite
aplite) พบที่ Grid reference 165 734
บริเวณ เขาพังพาน



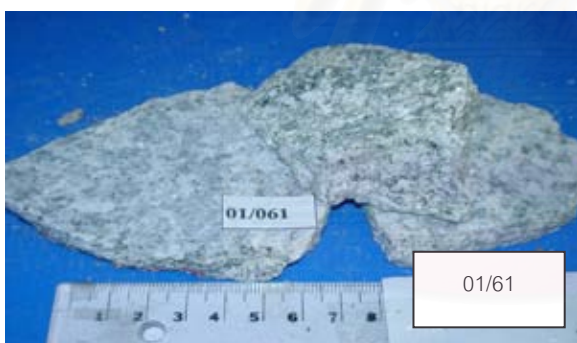
หินแกรนิตละเอียดที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น (Biotite
aplite) พบที่ Grid reference 164 733
บริเวณ เขาพังพาน



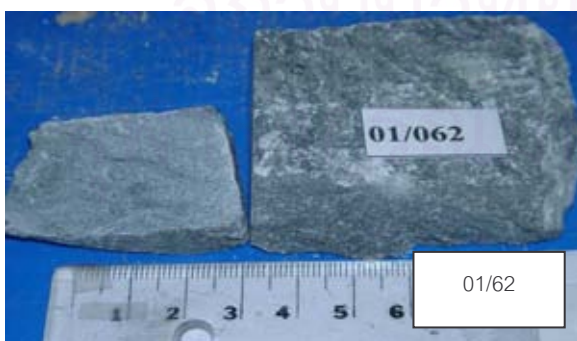
Medium to coarse-grained, equigranular, muscovite + biotite granite. พบที่ Grid reference 151 733 บริเวณ เขาพงเสื่อ



หินเพกมาไทต์ที่มีแร่มีสโคไวท์เด่น (Muscovite pegmatite) พบที่ Grid reference 151 733 บริเวณ เขาพงเสื่อ



หินแกรนิตที่มีแร่ไบโอไทต์และมีสโคไวท์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่และใกล้เคียงกัน และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 2 (Biotite+muscovite equigranular granite) พบที่ Grid reference 149 736 บริเวณ เขาพงเสื่อ



หินแคลคซิลิเกต สีเทาเข้ม (Dark gray calc-silicate) พบที่ Grid reference 149 736 บริเวณ เขาพงเสื่อ



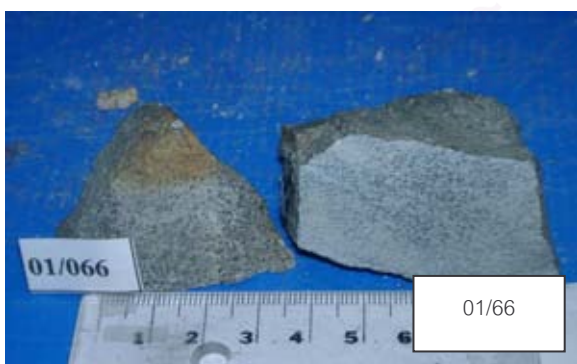
หินทรายแป้ง สีน้ำตาลแดง (Reddish brown calcareous siltstone) พบที่ Grid reference 154 729 บริเวณ เขาพังเสื่อ



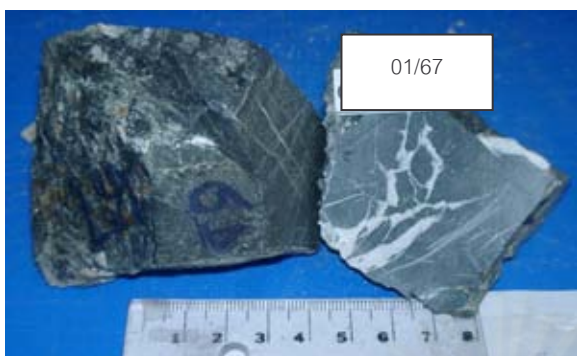
หินโคลน สีเหลือง (Yellow mudstone) พบที่ Grid reference 154 729 บริเวณ เขาพังเสื่อ



หินอ่อน (Marble) พบที่ Grid reference 154 729 บริเวณ เขาพังเสื่อ



หินแกรนิตเนื้อละเอียดที่มีแร่ฮอร์นเบลนด์เด่น พบที่ Grid reference 151 711 บริเวณ เขาเชิงเทียน



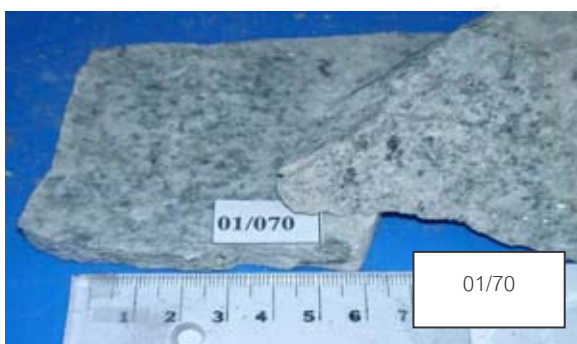
หินโคลนสีดำที่มีสายแร่แคลไซต์ตัดผ่าน พบที่
Grid reference 151 713 บริเวณ เขาเชิง
เทียน



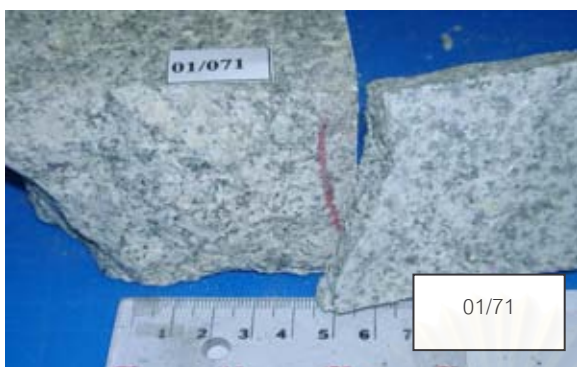
หินโคลนสีดำที่มีสายแร่แคลไซต์ตัดผ่าน พบที่
Grid reference 151 713 บริเวณ เขาเชิง
เทียน



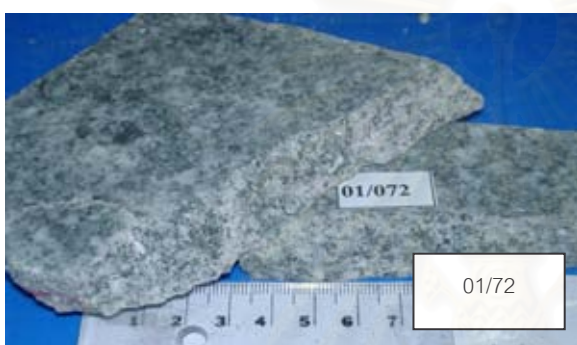
หินชีสต์ที่มีแร่ไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดเล็ก พบ
ที่ Grid reference 151 713 บริเวณ เขาเชิง
เทียน



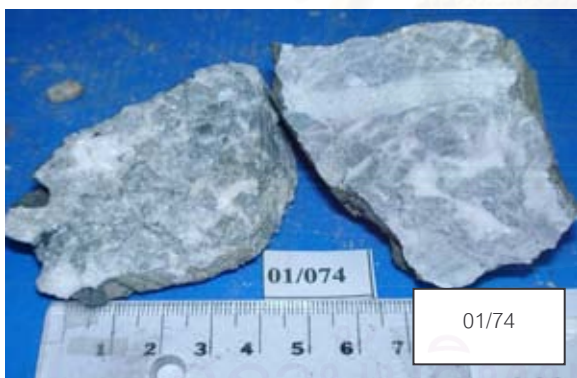
หินแกรนิตที่มีแร่ฮอร์เบลนด์และไบโอไทต์เด่น
ผลึกขนาดปานกลางและใกล้เคียงกัน พบที่
Grid reference 154 708 บริเวณ เขาเชิง
เทียน



หินแกรนิตที่มีแร่ฮอร์เบลนด์และไบโอไทต์เด่น
ผลึกขนาดปานกลางและใกล้เคียงกัน และจาก
ผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่
5 (Allanite+tourmaline+biotite+muscovite
porphyry granite) พบที่ Grid reference 155
704 บริเวณ เขาเชิงเทียน



หินแกรนิตที่มีแร่ฮอร์เบลนด์และไบโอไทต์เด่น ผลึก
ขนาดปานกลางถึงใหญ่ แสดงลักษณะเนื้อดอก
และจากผลวิเคราะห์ทางด้านเคมีถูกจัดให้อยู่ใน
กลุ่มที่ 5
(Allanite+tourmaline+biotite+muscovite
porphyry granite) พบที่ Grid reference 154 712
บริเวณ เขาเชิงเทียน



หินปูนสกปรก สีดำ (Black muddy limestone)



หินเชิร์ต แสดงชั้นบางกว่า 1 เซนติเมตร สีดำ
(Black laminated chert)

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของหิน

1. การเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์หาองค์ประกอบหินทั้งก้อน (Sample Preparation for Whole-Rock Analysis)

ตัวอย่างหินปริมาณ 1-5 กิโลกรัม จะถูกบดให้มีขนาดประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร จากนั้นจึงทำการสับตัวอย่างหินบดมาบดให้เป็นผงขนาดผ่านตะแกรง 200 mesh หลังจากนั้นอบตัวอย่างผงหินที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง จึงนำหินผงตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

2. การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุออกไซด์หลักด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF)

ตัวอย่างหินผงจะถูกอัดเป็นแผ่นพร้อมกับผงกรดบอริก (boric acid) ในอัตราส่วนตัวอย่างต่อกรดบอริกเท่ากับ 8:2 จากนั้นทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF model PW2400 Philips โดยใช้โปรแกรม SEMIQ ในการคำนวณหาปริมาณของธาตุในตัวอย่าง

3. การหาปริมาณ Loss on Ignition

3.1) ถ้ำยตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ลงใน platinum crucible โดยไม่ปิดฝา

3.2) นำ crucible เข้าไปในเตาเผาไฟฟ้า (electric muffle furnace) แล้วปล่อยให้อุณหภูมิค่อยๆ เพิ่มขึ้น

3.3) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 500 องศาเซลเซียส ให้ปิดฝา crucible แล้วเผาต่อไปจนกระทั่งอุณหภูมิขึ้นไปถึง 1,000 องศาเซลเซียส ปล่อยให้อุณหภูมิตั้งที่เป็นเวลา 60 นาทีแล้วค่อยๆ ลดอุณหภูมิลง

3.4) หลังจากที่อุณหภูมิลดลงถึง 60 องศาเซลเซียสแล้วนำ platinum crucible ไปไว้ใน desiccator จนเย็นถึงอุณหภูมิต้อง

3.5) ทำการคำนวณหาน้ำหนักที่สูญหายไปในการเผาที่ 1,000 องศาเซลเซียส

4. การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุร่องรอย (Trace Elements Analysis)

นำผงตัวอย่างหามาประมาณ 0.5 กรัม แล้วย่อยด้วยกรด HF, HNO₃ และ HClO₄ จากนั้นทำให้มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะใช้สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ

ร่องรอยและธาตุหายากด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) รุ่น Varian-Vista MPX ที่สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ โดยการหาปริมาณธาตุร่องรอย ธาตุหายากในตัวอย่างหินทำโดยการเทียบ กับหินมาตรฐาน (standard material) ของ Geological Survey of Japan

ตัวอย่างหินทั้งหมดและตำแหน่งเก็บ

หมายเลข ตัวอย่าง	ตำแหน่ง (UTM grid)	ระวางแผนที่	ลักษณะหินทั่วไป	ตำแหน่งภูมิประเทศ
01/1A	172 784	5235 IV	Slightly foliated, coarse-grained, equigranular, biotite granite.	เขาน้อย
01/2	176 782	5235 IV	Slightly foliated, medium to coarse-grained, augen gneiss.	เขาน้อย
01/03	174 782	5235 IV	Medium-to coarse-grained, porphyritic, muscovite + biotite granite.	เขาน้อย
01/04	175 784	5235 IV	Slightly foliated, medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	เขาน้อย
01/05	175 784	5235 IV	Muscovite + tourmaline pegmatite.	เขาน้อย
01/06A	172 796	5235 IV	Slightly foliated, medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	เขาสวรรณ
01/06B	172 796	5235 IV	Well foliated, fine to medium-grained, garnet + biotite schist.	เขาสวรรณ
01/07	172 796	5235 IV	Quartz + feldspar + muscovite + tourmaline pegmatite.	เขาสวรรณ
01/08	217 769	5235 IV	Quartzite.	เขาติน
01/09	063 707	5135 I	Well foliated, fine to coarse-grained, porphyritic, muscovite + biotite granite.	บ้านแหลมแท่น
01/10	064 712	5135 I	Medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	บ้านแหลมแท่น
01/11	065 713	5135 I	Well foliated, medium to coarse-grained, biotite + muscovite granite.	บ้านแหลมแท่น
01/12	066 719	5135 I	Vein quartz.	เขาสามมุข
01/13	067 722	5135 I	Pink to blackish gray quartzite.	เขาสามมุข

01/14	090 754	5135 I	Leucocratic, biotite + muscovite aplite (microgranite).	บ้านอ่างศิลา
01/15	090 754	5135 I	Leucocratic, biotite + muscovite aplite (microgranite).	บ้านอ่างศิลา
01/16	088 752	5135 I	Leucocratic, biotite + muscovite aplite (microgranite).	บ้านอ่างศิลา
01/17	088 752	5135 I	Leucocratic, biotite + muscovite aplite (microgranite)with late micropegmatite.	บ้านอ่างศิลา
01/18	287 673	5235 IV	Medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	เขามาบใหญ่
01/19	272 675	5235 IV	Medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	เขามาบใหญ่
01/20	276 677	5235 IV	Medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	เขามาบใหญ่
01/21	264 712	5235 IV	Slightly foliated, fine to medium-grained, muscovite + biotite granite.	เขาหุบสี่เหลี่ยม
01/22	264 712	5235 IV	Medium to coarse- grained, porphyritic, muscovite + biotite granite.	เขาหุบสี่เหลี่ยม
01/23A	173 715	5235 IV	Slightly foliated, leucocratic, medium-grained, muscovite rich granite.	เขาบาล
01/24	173 715	5235 IV	Well foliated, leucocratic, medium-grained, equigranular, muscovite granite.	เขาบาล
01/25	173 715	5235 IV	Slightly foliated, medium to coarse-grained, equigranular, biotite rich granite.	เขาบาล
01/26	174 710	5235 IV	Well foliated, medium-grained, equigranular, muscovite + biotite granite.	เขานุ่น
01/27	214 697	5235 IV	Medium-grained, equigranular, biotite granite.	ห้วยมาบไผ่
01/28	136 659	5135 I	Quartzite.	เขาป้อยาง
01/29	136 659	5135 I	Quartzite.	เขาป้อยาง

01/30	136 659	5135 I	Quartzite.	เขาบ่อยาง
01/31	136 659	5135 I	Sample lost	เขาบ่อยาง
01/32	136 659	5135I	Leucocratic, fine to medium-grained, tourmaline granite.	เขาบ่อยาง
01/33	242 626	5235 III	Medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	เขาเขียว
01/34	245 609	5235 III	Medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	เขาเขียว
01/35	266 560	5235 III	Medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	วัดบ้านโค้งตาสา
01/36	243 515	5235 III	Medium to coarse-grained, porphyritic, hornblende granite.	บ้านหนองแดงกวาว
01/37	261 514	5235 III	Medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	บ้านเนินสามชั้น
01/38	302 497	5235 III	Leucocratic muscovite + biotite aplite	สำนักสงฆ์บ้านหนองลาด
01/39	347 570	5235 III	Medium-grained, equigranular, biotite rich granite.	บ้านมาบลำบิดสอง
01/40	605 580	5235 II	Medium-grained, biotite gneiss.	บ้านมาบยาง
01/41	605 580	5235 II	Fine-grained biotite rich schist.	บ้านมาบยาง
01/42	723 247	5334 IV	Basaltic andesite porphyry.	
01/43	723 247	5334 IV	Basaltic andesite.	
01/44A	252 411	5235 III	Medium-grained, equigranular, hornblende granite.	บ้านเขาแดงแดง
01/44B	252 411	5235 III	Vein quartz.	บ้านเขาแดงแดง
01/45	189 403	5235 III	Medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	บ้านเขามะกอก
01/46	239 261	5234 IV	Medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	เขาไม้สิบสาม
01/47	256 236	5234 IV	Medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	บ้านมะขามเดี่ยว
01/48	302 203	5234 IV	Medium to coarse-grained, equigranular, biotite granite.	เขาจอมแห

01/49	281 124	5234 IV	Medium to coarse-grained, porphyritic, muscovite + biotite granite.	เขาห้วยมะหาด
01/50	177 267	5234 IV	Medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	เขาไผ่
01/51	267 703	5235 IV	Sample lost.	เขาขุนด่าน
01/52	182 720	5235 IV	Muscovite pegmatite.	บ้านสวนน้ำตก
01/053	182 712	5235 IV	Medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	ห้วยกะปิ
01/54	163 736	5135 I	Medium to coarse-grained, porphyritic, biotite granite.	เขาพงพาน
01/55	163 736	5135 I	Medium to coarse-grained, porphyritic, biotite + muscovite granite.	เขาพงพาน
01/56	165 734	5135 I	Greenish brown quartzite.	เขาพงพาน
01/57	165 734	5135 I	Biotite aplite.	เขาพงพาน
01/58	164 733	5135 I	Biotite aplite.	เขาพงพาน
01/59	151 733	5135 I	Medium to coarse-grained, equigranular, muscovite + biotite granite.	เขาพงเสือ
01/60	151 733	5135 I	Muscovite pegmatite.	เขาพงเสือ
01/61	149 736	5135 I	Medium to coarse-grained, equigranular, muscovite + biotite granite.	เขาพงเสือ
01/62	149 736	5135 I	Dark gray calc-silicate.	เขาพงเสือ
01/63A	154 729	5135 I	Reddish brown calcareous siltstone.	เขาพงเสือ
01/63B	154 729	5135 I	Yellow mudstone.	เขาพงเสือ
01/64	154 729	5135 I	Marble.	เขาพงเสือ
01/65	154 729	5135 I	Sample lost.	เขาพงเสือ
01/66	151 711	5135 I	Foliated hornblende aplite.	เขาเชิงเทียน
01/67	151 713	5135 I	Black silicified mudstone with calcite vein.	เขาเชิงเทียน
01/68	151 713	5135 I	Black silicified mudstone with calcite vein.	เขาเชิงเทียน
01/69	151 713	5135 I	Black fine-grained biotite schist.	เขาเชิงเทียน

01/70	154 708	5135 I	Medium-grained, equigranular, hornblende + biotite granite.	เขาเชิงเทียน
01/71	155 704	5135 I	Medium-grained, equigranular, hornblende + biotite granite.	เขาเชิงเทียน
01/72	154 712	5135 I	Medium to coarse-grained, porphyritic, hornblende + biotite granite.	เขาเชิงเทียน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	Group 7	Group 7	Group 7	Group 7
ธาตุหลัก	01/32-8	01/32-10	01/32-13	01/32-15
SiO ₂	65.81	65.89	65.59	65.45
TiO ₂	0.00	0.03	0.04	0.00
Al ₂ O ₃	19.90	19.40	19.61	19.63
Fe ₂ O ₃	0.00	0.02	0.01	0.00
MgO	0.01	0.00	0.00	0.01
CaO	0.07	0.03	0.07	0.02
Na ₂ O	0.39	0.44	0.55	0.33
K ₂ O	14.09	14.59	14.15	14.67
Total	100.27	100.39	100.01	100.11
Number of cation on the basis of 32 oxygen				
Si	11.948	11.987	11.957	11.946
Ti	0.000	0.004	0.005	0.000
Al	4.258	4.160	4.212	4.223
Fe	0.000	0.003	0.001	0.000
Mg	0.002	0.000	0.000	0.002
Ca	0.014	0.005	0.014	0.004
Na	0.138	0.154	0.193	0.115
K	3.262	3.384	3.290	3.416
Total	19.623	19.697	19.673	19.708
	Sanidine	Sanidine	Sanidine	Sanidine

ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่แพลจิโอเคลสเฟลสปาร์

	Group 1	Group 1	Group 2	Group 2	Group 2	Group 2	Group 2
ธาตุหลัก	01/16-4	01/16-12	01/25-3	01/25-5	01/25-6	01/25-8	01/25-11
SiO ₂	72.28	71.80	73.34	70.45	69.45	70.56	69.05
TiO ₂	0.01	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01
Al ₂ O ₃	23.99	24.26	23.46	24.10	23.20	23.89	24.05
FeO	0.03	0.00	0.01	0.06	0.00	0.01	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.27	2.45	1.59	3.07	3.16	2.49	3.58
Na	2.01	2.02	1.47	1.62	3.93	2.87	3.00
K ₂ O	0.34	0.37	0.06	0.59	0.16	0.10	0.17
Total	100.91	100.92	99.97	99.89	99.90	99.93	99.85
Number of cation on the basis of 32 oxygen							
Si	12.072	12.009	12.263	11.940	11.871	11.954	11.786
Ti	0.001	0.002	0.004	0.001	0.000	0.000	0.001
Al	4.722	4.782	4.623	4.814	4.674	4.770	4.838
Fe	0.002	0.000	0.001	0.008	0.000	0.002	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.406	0.438	0.284	0.557	0.579	0.452	0.654
Na	0.649	0.657	0.478	0.533	1.301	0.944	0.994
K	0.072	0.078	0.014	0.128	0.035	0.021	0.038
Total	17.923	17.966	17.667	17.979	18.460	18.142	18.310
Mineral	Andesine	Andesine	Andesine	Labradorite	Andesine	Andesine	Andesine

	Group 2	Group 2	Group 2	Group 2	Group 2	Group 2	Group 2
ธาตุหลัก	01/25-16	01/26-6	01/26-13	01/26-21	01/39-3	01/39-6	01/39-7
SiO ₂	69.03	74.82	71.98	75.16	65.40	59.67	59.14
TiO ₂	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.03	0.03
Al ₂ O ₃	24.37	22.71	21.91	22.32	26.16	28.11	27.70
FeO	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.01
Mg	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Ca	3.84	0.83	0.76	0.27	5.89	8.91	8.85
Na	2.57	1.49	2.46	2.13	2.33	3.14	3.99
K ₂ O	0.11	0.05	2.76	0.07	0.07	0.05	0.15
Total	99.93	99.92	99.90	99.94	99.87	99.94	99.88
Number of cation on the basis of 32 oxygen							
Si	11.761	12.458	12.273	12.516	11.271	10.507	10.470
Ti	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.004	0.005
Al	4.893	4.456	4.401	4.380	5.312	5.833	5.779
Fe	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.005	0.001
Mg	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Ca	0.702	0.148	0.138	0.047	1.088	1.682	1.679
Na	0.848	0.480	0.815	0.686	0.779	1.072	1.370
K	0.025	0.010	0.600	0.014	0.016	0.010	0.034
Total	18.229	17.556	18.230	17.644	18.469	19.112	19.337
Mineral	Andesine	Oligoclase	Andesine	Albite	Andesine	Andesine	Andesine

	Group 2	Group 2	Group 2	Group 2	Group 3	Group 3	Group 3	Group 3
ธาตุหลัก	01/46-9	01/46-10	01/46-11	01/46-14	01/23-1	01/23-2	01/23-4	01/23-6
SiO ₂	74.15	72.96	64.50	70.40	75.37	74.52	75.86	73.75
TiO ₂	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02
Al ₂ O ₃	21.75	21.11	25.99	24.35	21.04	21.09	21.78	22.38
FeO	0.00	0.05	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.06
Mg	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.31	0.17	6.00	2.86	0.00	0.05	0.10	0.38
Na	2.88	0.61	2.84	1.90	3.14	4.45	2.13	4.28
K ₂ O	0.88	4.96	0.48	0.45	0.03	0.05	0.09	0.10
Total	99.96	99.86	99.82	99.97	99.59	100.17	99.96	100.96
Number of cation on the basis of 32 oxygen								
Si	12.460	12.469	11.190	11.916	12.626	12.502	12.613	12.306
Ti	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003
Al	4.308	4.252	5.314	4.858	4.154	4.171	4.268	4.402
Fe	0.000	0.006	0.002	0.001	0.003	0.000	0.000	0.007
Mg	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Ca	0.056	0.030	1.115	0.518	0.000	0.008	0.018	0.067
Na	0.937	0.201	0.954	0.622	1.019	1.448	0.686	1.384
K	0.188	1.080	0.106	0.098	0.006	0.011	0.020	0.021
Total	17.949	18.042	18.681	18.014	17.808	18.141	17.606	18.190
Mineral	Anothoclase	Sanidine	Labradorite	Andesine	Albite	Albite	Albite	Albite

	Group 3	Group 3	Group 3	Group 5	Group 5	Group 5	Group 5
ธาตุหลัก	01/24-8	01/24-9	01/24-10	01/19-2	01/19-4	01/19-5	01/19-7
SiO ₂	75.08	72.56	73.70	67.06	67.19	60.36	68.02
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.04
Al ₂ O ₃	22.35	21.74	22.38	25.32	25.94	27.92	25.00
FeO	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.01
Mg	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.21	0.20	0.19	4.57	5.10	8.53	4.20
Na	2.14	5.13	3.51	2.77	1.57	2.95	2.43
K ₂ O	0.09	0.16	0.10	0.19	0.07	0.13	0.22
Total	99.86	99.79	99.90	99.93	99.88	99.92	99.92
Number of cation on the basis of 32 oxygen							
Si	12.512	12.295	12.370	11.499	11.481	10.601	11.621
Ti	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.005
Al	4.389	4.341	4.427	5.117	5.224	5.780	5.034
Fe	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.003	0.001
Mg	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.037	0.036	0.033	0.840	0.934	1.605	0.769
Na	0.691	1.685	1.144	0.922	0.519	1.006	0.804
K	0.019	0.034	0.022	0.041	0.015	0.030	0.049
Total	17.648	18.393	17.998	18.422	18.173	19.025	18.283
Mineral	Albite	Albite	Andesine	Labradorite	Labradorite	Andesine	Andesine

	Group 5	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6
ธาตุหลัก	01/50-22	01/36-1	01/36-3	01/36-4	01/36-5	01/36-6	01/36-7	01/36-8
SiO ₂	60.33	73.89	74.75	74.69	75.27	72.74	74.52	73.86
TiO ₂	0.03	0.01	0.01	0.00	0.05	0.02	0.00	0.03
Al ₂ O ₃	27.09	21.56	20.80	22.09	22.22	21.99	22.18	21.25
FeO	0.01	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	8.36	0.06	0.08	0.13	0.15	0.37	0.35	0.09
Na	3.77	4.85	4.40	3.93	2.10	4.69	2.81	4.85
K ₂ O	0.37	0.09	0.10	0.08	0.06	0.06	0.10	0.10
Total	99.96	100.49	100.16	100.92	99.86	99.87	99.97	100.18
Number of cation on the basis of 32 oxygen								
Si	10.640	12.394	12.542	12.421	11.283	12.293	12.457	12.427
Ti	0.004	0.001	0.001	0.000	0.005	0.002	0.001	0.004
Al	5.630	4.263	4.112	4.329	3.925	4.379	4.369	4.213
Fe	0.002	0.004	0.002	0.000	0.002	0.000	0.002	0.001
Mg	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	1.580	0.011	0.015	0.022	0.024	0.067	0.062	0.015
Na	1.288	1.576	1.432	1.268	0.610	1.535	0.911	1.584
K	0.082	0.019	0.022	0.018	0.012	0.013	0.021	0.021
Total	19.225	18.269	18.127	18.058	15.861	18.290	17.823	18.265
Mineral	Albite	Albite	Albite	Albite	Albite	Albite	Mineral	Albite

	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6
ธาตุหลัก	01/36-26	01/37-3	01/37-20	01/40-2	01/40-3	01/40-4	01/40-5
SiO ₂	74.55	70.61	66.02	67.38	66.81	66.75	66.24
TiO ₂	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.03	0.00
Al ₂ O ₃	22.57	24.75	26.18	25.53	25.40	25.69	25.55
FeO	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.01	0.04
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.36	2.97	5.76	5.07	4.93	5.50	5.33
Na	2.33	2.06	2.10	2.20	1.98	2.00	2.63
K ₂ O	0.08	0.35	0.40	0.33	0.46	0.41	0.27
Total	99.91	100.75	100.51	100.57	99.58	100.39	100.06
Number of cation on the basis of 32 oxygen							
Si	12.444	11.868	11.307	11.485	11.493	11.418	11.389
Ti	0.000	0.001	0.003	0.002	0.001	0.004	0.000
Al	4.440	4.903	5.284	5.128	5.149	5.180	5.176
Fe	0.000	0.000	0.003	0.005	0.000	0.001	0.006
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.065	0.534	1.057	0.926	0.908	1.008	0.982
Na	0.753	0.672	0.698	0.728	0.660	0.662	0.876
K	0.018	0.075	0.087	0.071	0.102	0.090	0.060
Total	17.721	18.053	18.439	18.346	18.313	18.364	18.488
Mineral	Andesine	Labradorite	Labradorite	Mineral	Labradorite	Labradorite	Labradorite

	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6
ธาตุหลัก	01/40-6	01/40-7	01/40-8	01/40-9	01/40-10	01/40-11	01/40-12
SiO ₂	67.75	66.90	66.33	65.67	66.29	65.69	66.46
TiO ₂	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
Al ₂ O ₃	25.47	25.49	24.82	24.92	25.66	24.81	25.67
FeO	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.24	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	4.76	4.96	4.99	5.19	5.44	5.11	5.33
Na	2.14	2.15	3.78	3.72	2.51	3.89	2.66
K ₂ O	0.40	0.57	0.48	0.42	0.43	0.31	0.42
Total	100.54	100.10	100.41	99.95	100.34	100.07	100.53
Number of cation on the basis of 32 oxygen							
Si	11.534	11.468	11.420	11.368	11.374	11.363	11.382
Ti	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
Al	5.110	5.150	5.037	5.084	5.190	5.058	5.181
Fe	0.002	0.000	0.000	0.004	0.002	0.032	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.868	0.911	0.921	0.963	0.999	0.947	0.977
Na	0.706	0.715	1.262	1.249	0.835	1.303	0.882
K	0.088	0.124	0.106	0.094	0.094	0.068	0.092
Total	18.307	18.373	18.745	18.760	18.494	18.774	18.514
Mineral	Labradorite	Andesine	Andesine	Labradorite	Andesine	Labradorite	Labradorite

	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6
ธาตุหลัก	01/40-13	01/40-14	01/40-17	01/40-18	01/45-3	01/45-4	01/45-12
SiO ₂	66.05	66.61	66.39	65.54	65.94	68.82	66.28
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.02
Al ₂ O ₃	25.73	25.11	25.51	24.51	25.42	25.09	25.06
FeO	0.37	0.01	0.08	0.02	0.04	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	5.25	4.97	4.95	5.18	5.00	3.95	4.64
Na	2.55	2.83	2.05	3.53	2.75	1.91	3.15
K ₂ O	0.31	0.57	0.49	0.69	0.51	0.51	0.42
Total	100.26	100.09	99.47	99.48	99.66	100.31	99.57
Number of cation on the basis of 32 oxygen							
Si	11.346	11.457	11.448	11.407	11.393	11.686	11.454
Ti	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.004	0.002
Al	5.208	5.089	5.185	5.027	5.175	5.021	5.103
Fe	0.048	0.002	0.010	0.003	0.005	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.966	0.916	0.914	0.966	0.925	0.719	0.859
Na	0.850	0.944	0.685	1.190	0.920	0.629	1.055
K	0.069	0.124	0.108	0.154	0.112	0.110	0.093
Total	18.486	18.532	18.351	18.749	18.531	18.169	18.567
Mineral	Andesine	Labradorite	Mineral	Labradorite	Labradorite	Andesine	Labradorite

	Group 6	Group 6	Group 6	Group 6	Group 7	Group 7	Group 7
ธาตุหลัก	01/45-13	01/45-14	01/45-17	01/45-18	01/5-2	01/5-3	01/5-4
SiO ₂	67.12	68.70	61.51	65.70	74.21	73.95	74.10
TiO ₂	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.04	0.02
Al ₂ O ₃	25.53	25.17	27.81	26.25	22.22	21.86	22.37
FeO	0.03	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Ca	5.02	3.95	8.27	5.71	0.25	0.10	0.40
Na	2.04	1.72	2.24	2.34	3.34	3.61	3.11
K ₂ O	0.38	0.61	0.30	0.43	0.09	0.19	0.07
Total	100.14	100.19	100.14	100.47	100.16	99.75	100.08
Number of cation on the basis of 32 oxygen							
Si	11.484	11.679	10.731	11.272	12.412	12.432	12.396
Ti	0.003	0.000	0.001	0.004	0.000	0.005	0.003
Al	5.147	5.043	5.719	5.307	4.380	4.332	4.411
Fe	0.003	0.004	0.000	0.000	0.006	0.000	0.001
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.002
Ca	0.920	0.719	1.546	1.049	0.045	0.018	0.072
Na	0.678	0.568	0.758	0.779	1.081	1.176	1.007
K	0.084	0.133	0.066	0.095	0.020	0.041	0.014
Total	18.318	18.147	18.821	18.507	17.946	18.006	17.906
Mineral	Labradorite	Labradorite	Labradorite	Albite	Albite	Albite	Albite

	Group 7	Group 7	Group 7	Group 7	Group 7	Group 7	Group 7	Group 7
ธาตุหลัก	01/5-5	01/5-6	01/5-7	01/5-8	01/5-9	01/5-10	01/32-5	01/32-7
SiO ₂	74.53	73.66	74.78	73.01	74.38	76.19	71.70	73.59
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	22.15	21.43	22.25	22.04	22.54	22.02	22.42	22.18
FeO	0.00	0.02	0.02	0.01	0.03	0.00	0.03	0.00
Mg	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.25	0.20	0.37	0.33	0.40	0.24	0.75	0.41
Na	3.13	4.89	2.64	5.20	2.61	1.45	5.62	3.93
K ₂ O	0.07	0.09	0.09	0.12	0.13	0.11	0.11	0.11
Total	100.13	100.29	100.16	100.71	100.10	100.01	100.64	100.23
Number of cation on the basis of 32 oxygen								
Si	12.450	12.390	12.467	12.266	12.416	12.630	12.115	12.348
Ti	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Al	4.360	4.249	4.371	4.364	4.435	4.302	4.464	4.385
Fe	0.000	0.002	0.002	0.001	0.004	0.000	0.004	0.000
Mg	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.045	0.036	0.066	0.060	0.072	0.043	0.136	0.074
Na	1.015	1.596	0.852	1.692	0.845	0.465	1.840	1.279
K	0.014	0.020	0.020	0.025	0.027	0.023	0.024	0.025
Total	17.885	18.293	17.782	18.410	17.800	17.463	18.583	18.111
Mineral	Albite	Mineral	Albite	Albite	Albite	Labradorite	Labradorite	Oligocalse

	Group 7	Group 7	Group 7	Group 7
ธาตุหลัก	01/52-1	01/52-4	01/52-8	01/52-10
SiO ₂	75.72	73.71	74.40	74.81
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.01
Al ₂ O ₃	22.30	23.56	22.35	22.36
FeO	0.03	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.14	1.01	0.51	0.13
Na	1.94	2.52	2.40	2.73
K ₂ O	0.07	0.12	0.10	0.15
Total	100.19	100.91	99.76	100.19
Number of cation on the basis of 32 oxygen				
Si	12.557	12.243	12.449	12.465
Ti	0.000	0.000	0.000	0.002
Al	4.358	4.611	4.408	4.390
Fe	0.003	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.024	0.179	0.091	0.024
Na	0.623	0.810	0.779	0.882
K	0.015	0.025	0.022	0.031
Total	17.581	17.869	17.748	17.795
Mineral	Oligocalse	Oligocalse	Oligocalse	Oligocalse