

ศิลาเคมีของกลุ่มหินแกรนิต ในพื้นที่จังหวัด ชลบุรีและระยอง

นางสาว อัญญาณี เกษโกวิท

ธรณีวิทยา

2556

ศิลาเคมีของกลุ่มหินแกรนิต ในพื้นที่จังหวัด ชลบุรีและระยอง

นางสาว อัญญาณี เกษโกวิท

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.จักรพันธ์ สุทธิรัตน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

PETROCHEMISTRY OF GRANITIC ROCKS IN CHANGWAT CHONBURI AND  
RAYONG

MISS. AUNYANEE KETGOWIT

ADVISORS

ASSOC. PROF. DR. CHAKKAPHAN SUTTHIRAT

ASST. PROF. DR. PITSANUPONG KANJANAPAYONT

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE  
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF THE BACHELOR OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF GEOLOGY, FACULTY OF SCIENCE  
CHULALONGKORN UNIVERSITY, 2013

วันที่ส่ง ...../...../.....

วันที่อนุมัติ ...../...../.....

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. จักรพันธ์ สุทธิรัตน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

## ศิลาเคมีของกลุ่มหินแกรนิต ในพื้นที่จังหวัด ชลบุรีและระยอง

นางสาว อัญญาณี เกษโกวิท

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์: 087-465-4556, E-mail: zirimaru\_paeng@hotmail.com

---

### บทคัดย่อ

พื้นที่ศึกษาอยู่บริเวณจังหวัดชลบุรีและระยอง มีการกระจายตัวของหินแปรยุคพรีแคมเบรียน หินอัคนียุคไทรแอสซิก ตะกอนยุคควอเทอร์นารี โดยการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาหินแกรนิตในบริเวณดังกล่าว จากการศึกษาลักษณะศิลาวรรณนา หินแกรนิตในบริเวณนี้พบว่า สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มคือ หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์ แกรนิต หินไนส์ซิกแกรนิต หินไบโอไทต์-ไบโอไทต์ เอไฟลด์ และหินแกรนิตเนื้อดอก จากการศึกษาพบว่า แร่องค์ประกอบหลักได้แก่ ควอร์ตซ์ เฟลสปาร์ แพลจิโอเคลส ไบโอไทต์ มัสโคไวท์ และแร่รองอื่นๆ อะพาไทต์ ลักษณะเนื้อหินสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดผลึกละเอียด (fine-grained) ถึงผลึกหยาบ (coarse-grained) แสดงเนื้อแบบห่อหมกหนอน (myrmekitic texture) ของแร่ควอร์ตซ์ในผลึกแร่เฟลสปาร์ จากการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบ พบว่าหินทั้ง 4 กลุ่มมีธาตุองค์ประกอบในปริมาณใกล้เคียงกัน คือ ปริมาณซิลิกา 67-73% ปริมาณอลูมิเนียม 14-15% ปริมาณโพแทสเซียม 4-5% ปริมาณโซเดียม 2% ปริมาณเหล็กรวม 0.7-1.7% ปริมาณแคลเซียม 0.7-1.4% ปริมาณแมกนีเซียม 2-0.9% ปริมาณไทเทเนียม 0.2-0.3% จากการจำแนกชนิดและการเกิดโดยใช้แผนภาพต่างๆพบว่า หินอัคนีในบริเวณที่ศึกษามีองค์ประกอบเป็นหินแกรนิตชนิด S-type ที่เกิดขึ้นจากการหลอมละลายบางส่วน (partial melting) ของหินตะกอนเดิมภายในแผ่นจลทวีป ฉาน-ไทย เนื่องจากความร้อนและความดันที่สูงจากการชนกับแผ่นจลทวีปอินโดจีน

คำสำคัญ: แกรนิต, ศิลาวรรณนา, ธรณีเคมี

# PETROCHEMISTRY OF GRANITIC ROCKS IN CHANGWAT CHONBURI AND RAYONG

Aunyanee Ketgowit

Department Of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.

Tel: 087-465-4556, E-mail:zirimaru\_paeng@hotmail.com

---

## Abstract

The study area is located in Chonburi and Rayong in which is geologically occupied by Precambrian metamorphic rocks, Triassic igneous rocks and Quaternary sediments. Sample collection under this study are grouped, based on petrographic features, into 4 groups including 1)biotite-muscovite granite 2)gneissic granite 3)biotite-muscovite aplite and 4) porphyritic granite. Under polarizing microscope, these rocks consist of quartz, feldspar, plagioclase, biotite muscovite apatite and other accessory minerals. Equigranular and myrmekitic textures are usually observed. Whole-rock geochemical analyses show that most samples contain 67-73% SiO<sub>2</sub>. 14-15% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. 4-5% K<sub>2</sub>O. 2%K<sub>2</sub>O. Minor compositions including Fe<sub>2</sub>O<sub>3 total</sub>, MgO, CaO and TiO<sub>2</sub> are mostly less than 2%. These chemical composition are related to peraluminous (S-type granite). Tectonic-diagram plots indicate Syn-orogeny process that caused partial melting of magma within continental plate. This process might have occurred during the collision between Shan-Thai and Indochina micro-continents.

Keywords: granite, petrography, geochemistry

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จักรพันธ์ สุทธิรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม ให้คำแนะนำและสนับสนุนตลอดการโครงการ และขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ได้มอบความรู้ ประสบการณ์ต่างๆตลอดการศึกษา

ขอขอบคุณ คุณจิระประภา เนียมปาน ที่คอยช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์ธรณีเคมี คุณประจินทองประชุม และคุณสุริยะ โชคเหมาะ ให้คำแนะนำในการจัดเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ซิลิการรณนา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญภาพ	ณ
สารบัญตาราง	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 สมมติฐาน	2
1.5 พื้นที่ศึกษา	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 วิธีดำเนินงานวิจัย	
2.1 ระเบียบวิธีวิจัย	5
2.2 เครื่องมือที่ช่วยในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล	7
บทที่ 3 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล	
3.1 ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
3.2 ธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	11



3.3 การเก็บตัวอย่าง	12
3.4 ศิลาวรรณนา	20
3.5 องค์ประกอบทางธรณีเคมีของหิน	24
บทที่ 4 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย	
4.1 กำเนิดหินอัคนี	29
4.2 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย	34
เอกสารอ้างอิง	35

## สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนที่ธรณีวิทยาแสดงธรณีบริเวณจังหวัด ชลบุรีและระยอง (แผนที่มาตราส่วน 1:50000 เผยแพร่โดยกองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี 2550)	3
รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย	5
รูปที่ 2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล กล้องจุลทรรศน์แบบ แสงโพลาไรต์ส่องผ่าน (รูปด้านซ้าย) เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ (XRFS) (รูปขวา)	7
รูปที่ 3.1 การกระจายตัวของแนวหินแกรนิต (สีดำ) ในแนวหินแกรนิตต่างๆ ของประเทศไทย และข้างเคียง (คัดลอกจาก Charusiri และคณะ, 1993)	10
รูปที่ 3.2 แผนที่ธรณีวิทยาแสดงจุดเก็บตัวอย่างหินบริเวณจังหวัดชลบุรีและระยอง (แผนที่มาตราส่วน 1:50000 เผยแพร่โดยกองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี 2550)	13
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างที่ ST1 เป็นหินโผล่บริเวณวัดเขาหินลาด	14
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างที่ ST2 เป็นหินโผล่บริเวณถนนหลังวัดเขาหินลาด	14
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างที่ ST3 เป็นหินโผล่บริเวณริมถนนเส้น 331 กม.9	14
รูปที่ 3.6 ตัวอย่างที่ ST4 เป็นหินโผล่บริเวณสถานที่ปฏิบัติธรรม	14
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างที่ ST5 เป็นหินโผล่บริเวณ ไร่ของชาวบ้าน	15
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างที่ ST6 เป็นหล่น (loose block) บริเวณเขาโก่งเกง	16
รูปที่ 3.9 ตัวอย่างที่ ST7เป็นหินหล่น (loose block) บริเวณเขาหลุมสวนกล้วย	16
รูปที่ 3.10 ตัวอย่างที่ ST8 เป็นหินหล่น (loose block) เขาขุนอิน	16
รูปที่ 3.11 ตัวอย่างที่ ST9เป็นหินหล่น (loose block) เขาสวน	17

รูปที่ 3.12 ตัวอย่างที่ ST10 เป็นหินหล่น (loose block) เขาหลวงเดี่ยว	17
รูปที่ 3.13 ตัวอย่างที่ ST11 เป็นหินหล่น (loose block) บริเวณเขาหลวงเดี่ยวล่าง	18
รูปที่ 3.14 ตัวอย่างที่ ST12 เป็นหินหล่น (loose block) เขาพระบาท	18
รูปที่ 3.15 ตัวอย่างที่ ST13 หินหล่น (loose block) บริเวณเขายายดา	18
รูปที่ 3.16 ตัวอย่างที่ ST14 หินหล่น (loose block) บริเวณวัดหนองหว่า	19
รูปที่ 3.17 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ A แสดงแร่ในหิน ไบโอไทต์- มัสโคไวท์ แกรนิต ซึ่งประกอบด้วย แพลจิโอเคลส ควอร์ตซ์ มัสโคไวท์ ไบโอไทต์ (XPL) B แสดงลักษณะลักษณะเนื้อหินแบบห่อมหนอน (myrmekitic texture) ของควอร์ตซ์ในแร่เฟลด์สปาร์ (PPL)	20
รูปที่ 3.18 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ในหิน ไบโอไทต์ -มัสโคไวท์ แกรนิต ซึ่งประกอบด้วย ควอร์ตซ์ มัสโคไวท์ ไบโอไทต์ (A: ppl, B: xpl)	21
รูปที่ 3.19 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ A และ B แสดงแร่ในหิน ไบโอไทต์-มัสโคไวท์ เฮฟลิต์ ซึ่งประกอบด้วย ควอร์ตซ์ มัสโคไวท์ ไบโอไทต์ (A: ppl, B: xpl)	22
รูปที่ 3.20 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ A แสดงแร่ในหินแกรนิตเนื้อดอก ประกอบด้วยแร่ ควอร์ตซ์ ไบโอไทต์ มัสโคไวท์ เฟลด์สปาร์ (XPL) B แสดงลักษณะเนื้อ หินแบบห่อมหนอน (myrmekitic texture) ของแร่ควอร์ตซ์ในเฟลด์สปาร์ (XPL)	23
รูปที่ 3.21 แผนภาพแสดง Harker variation diagram ระหว่าง $\text{SiO}_2$ กับ Major Oxide และ Miner Oxide ประกอบด้วยค่า $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{CaO}$ , $\text{MgO}$ , $\text{K}_2\text{O}$ , $\text{Na}_2\text{O}$ และ $\text{TiO}_2$	26
รูปที่ 3.22 แสดงแผนภาพแสดงสัดส่วน P และ Q ซึ่งผลวิเคราะห์ของตัวอย่าง หินส่วนใหญ่จัดอยู่ในองค์ประกอบของ Granite (Debon and Le Fort, 1983)	27

- รูปที่ 3.23 แสดงแผนภาพปริมาณ  $\text{SiO}_2$  ต่อ  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  ของตัวอย่าง  
แสดงผลวิเคราะห์ส่วนใหญ่ตกอยู่ในบริเวณกลุ่มหิน Granite  
(Debon and Le Fort, 1983) 28
- รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพสัดส่วนระหว่าง  $\text{Na}_2\text{O}$  กับ  $\text{K}_2\text{O}$  ของตัวอย่าง  
ผลการวิเคราะห์ส่วนใหญ่ตกอยู่ในบริเวณ S-type (Debon and Le Fort, 1983) 29
- รูปที่ 4.2 แสดงแผนภาพสัดส่วนระหว่าง  $\text{SiO}_2$  กับ  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$   
ของตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณ Peraluminour  
(Manior, et al., 1989) 30
- รูปที่ 4.3 แสดงค่าระหว่าง  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  กับ  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$   
(Maniar and Piccoli, 1989) ในการจำแนกหินที่เกิดจากธรณีแปรสัณฐาน  
ประเภทต่างๆ ซึ่งหินส่วนใหญ่ในกลุ่มพื้นที่ศึกษาจัดเป็น CCG 31
- รูปที่ 4.4 แสดงค่าระหว่าง  $\text{Log}(Y+Nb)$  กับ  $\text{Log Rb}$  (Pearce et al, 1984) 32  
ในการจำแนกหินที่เกิดจากธรณีแปรสัณฐานประเภทต่างๆ ซึ่งหินส่วนใหญ่  
ในกลุ่มพื้นที่ศึกษาจัดเป็น WPG
- รูปที่ 4.5 แสดงค่าระหว่าง  $\text{Log}(Y+Nb)$  กับ  $\text{Log Rb}$  (Batchelor & Bowden, 1985) 33  
ในการจำแนกหินที่เกิดจากธรณีแปรสัณฐานประเภทต่างๆ ซึ่งหินส่วนใหญ่ในกลุ่ม  
พื้นที่ศึกษาจัดเป็น Syn-orogenic

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ตารางพิกัด บริเวณที่เก็บตัวอย่าง	12
ตารางที่ 3.2 ผลวิเคราะห์ธรณีเคมีของกลุ่มหินแกรนิต ชลบุรี – ระยอง	25

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 กล่าวนำ

ลักษณะทางธรณีวิทยาในประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากกระบวนการทางธรณีวิทยาแปรสัณฐานที่เกิดจากแผ่นจุลทวีป 2 แผ่นหลักคือ ฌานไทยและอินโดจีน ซึ่งจุลทวีปฌานไทยครอบคลุมพื้นที่ฝั่งตะวันตกและจุลทวีปอินโดจีนครอบคลุมพื้นที่ฝั่งตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งจุลทวีปทั้งสองเกิดการชนกันในช่วงปลายอายุไทรแอสซิก (Bunopas, 1981) โดยพบระหว่างแผ่นจุลทวีปทั้ง 2 มีแผ่นมหาสมุทร (Oceanic Blocks) 2 แผ่น คือแผ่นนครไท และแผ่นลำปาง-เชียงราย ซึ่งรองรับทะเลโบราณ (paleohtyis) ซึ่งได้ปิดลงในช่วงเพอร์โมไทรแอสซิก (Permo-Triassic) ก่อให้เกิดแนวรอยตะเข็บน่าน ต่อมาในช่วง ครีเทเชียส แผ่นจุลทวีปพม่าตะวันตก (western Burma) เกิดการชนและมุดตัวใต้แผ่นจุลทวีปฌานไทยทางด้านตะวันตกของประเทศไทย

จากลักษณะการแปรสัณฐานดังกล่าว Michell (1977) ทำการศึกษาแนวหินแกรนิตในประเทศไทย และได้เริ่มแบ่งแนวหินแกรนิตในประเทศไทยออกเป็น 3 แนวคือ แนวตะวันตก แนวกลาง แนวตะวันออก Cobbing และคณะ (1986) และ Charusiri (1993) ได้ศึกษาเพิ่มเติมและสามารถระบุขอบเขตที่เด่นชัดของการแบ่งแนวหินดังกล่าวโดยใช้ ข้อมูลทางด้านอายุ ธรณีเคมี สัดส่วนของธาตุ  $Sr^{87}/Sr^{88}$  เริ่มต้นและ Rb/Sr รวมทั้งชนิดแร่ กระบวนการเกิดแร่ โครงสร้างทางธรณีวิทยา จากทฤษฎีการกำเนิดหินแกรนิตสมัยใหม่ Altherr (1999) เชื่อว่าหินแกรนิตชนิด I-type เกิดจากการที่แผ่นเปลือกมหาสมุทรมุดตัวลงใต้แผ่นเปลือกโลกอีกแผ่นหนึ่ง เกิดการหลอมละลายเป็นหินหนืดและแข็งตัวเป็นหินแกรนิต ส่วนหินแกรนิตชนิด S-type เกิดจากแผ่นเปลือกโลกที่ถูกมุดเกิดแรงดันและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการแปรสภาพ หินที่อยู่ภายในชั้นเปลือกโลกแผ่นพื้นทวีปเกิดการหลอมละลายของชั้นตะกอนกลายเป็นหินหนืดแล้วเย็นตัวเป็นหินแกรนิตชนิด S-Type ดังกล่าว

พื้นที่ในบริเวณจังหวัดชลบุรีและระยอง พบว่าเป็นแนวหินแกรนิตที่อยู่ในแนวกลาง คาดว่าสัมพันธ์กับธรณีแปรสัณฐานที่เกิดจากแผ่นจุลทวีปฌานไทยและแผ่นจุลทวีปอินโดจีน จากการศึกษาการเกิดหินแกรนิตบริเวณจังหวัดชลบุรีตะวันตก โดยจักรพันธ์ สุทธิรัตน์และคณะ (2551) พบว่าเป็นหินแกรนิตที่มีลักษณะต่างกันเกิดจากการตกผลึกลำดับส่วนภายในแผ่นพื้นทวีป แต่งานดังกล่าวยังไม่มีการเก็บตัวอย่างทางด้านตะวันออกของพื้นที่ชลบุรีและบริเวณจังหวัดระยอง การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาลักษณะและการ

กระจายตัวของหินแกรนิตในบริเวณชลบุรี-ระยอง รวมถึงอธิบายความสัมพันธ์ด้านการกำเนิดของหินแกรนิตบริเวณชลบุรีตะวันตกและเปรียบเทียบกับด้านตะวันออก

## 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาศิวาลวรรณนา และธรณีเคมีของหินแกรนิต บริเวณชลบุรีตะวันออกและระยอง

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศิวาลวรรณนาของแกรนิตภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรด์

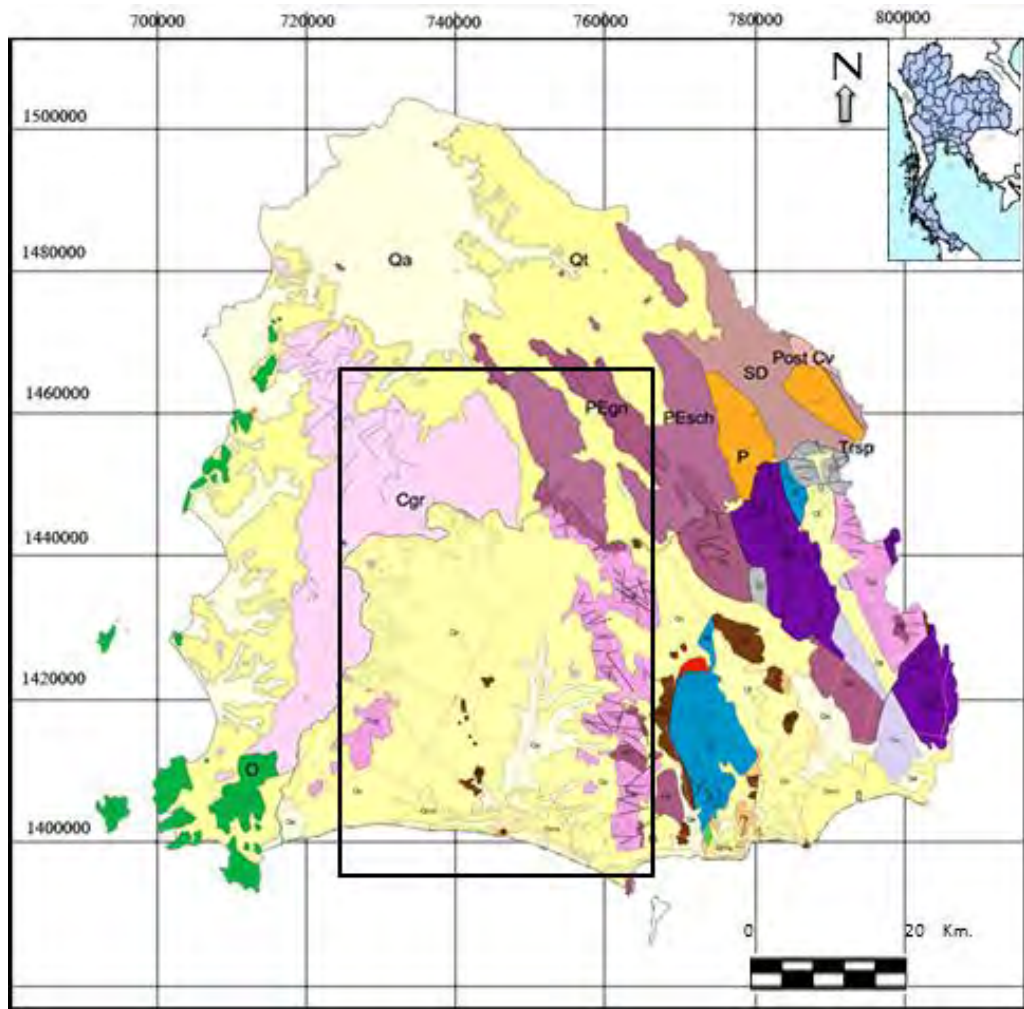
การแปลงผลข้อมูลทางธรณีเคมีของหินแสดงในรูปของกราฟต่างๆเพื่อจำแนกชนิดและบ่งบอกการกำเนิดหินแกรนิต





## 1.4 สมมติฐาน

หินแกรนิตบริเวณชลบุรีตะวันออกมีลักษณะคล้ายคลึงกับบริเวณตะวันตก

## 1.5 พื้นที่ศึกษา

ครอบคลุมกลุ่มหินแกรนิต บริเวณชลบุรีตะวันออกในอำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี และอำเภอปลวกแดง อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง (รูปที่ 1.1)



- |   |   |
|---|---|
|  | ตะกอนตะพักลำน้ำกรวด ททราย ททรายแป้งดินเหนียวและศิลาแลง  |
|  | ตะกอนธารน้ำพา กรวด ททราย ททรายแป้ง และดินเหนียวสะสมตัวตามร่องน้ำ และแอ่ง ท่วมถึง                                      |
|  | หินไนส์ แสดงการถูกบีบอัด แร่องค์ประกอบหินแสดงรูปเลนส์, ยุคพรีแคมเบรียน  |
|  | หินไบโอไทต์แกรนิต ทิวมารินแกรนิต แกรโนไดโอไรต์ ไบโอไทต์มัสโคไวท์แกรนิต มัสโคไวท์ทิวมารินแกรนิต ไบโอไทต์ทิวมารินแกรนิต |

รูปที่ 1.1 แผนที่ธรณีวิทยาแสดงธรณีบริเวณจังหวัด ชลบุรีและระยอง (แผนที่มาตราส่วน 1:50000 เผยแพร่โดยกองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี 2550)



## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

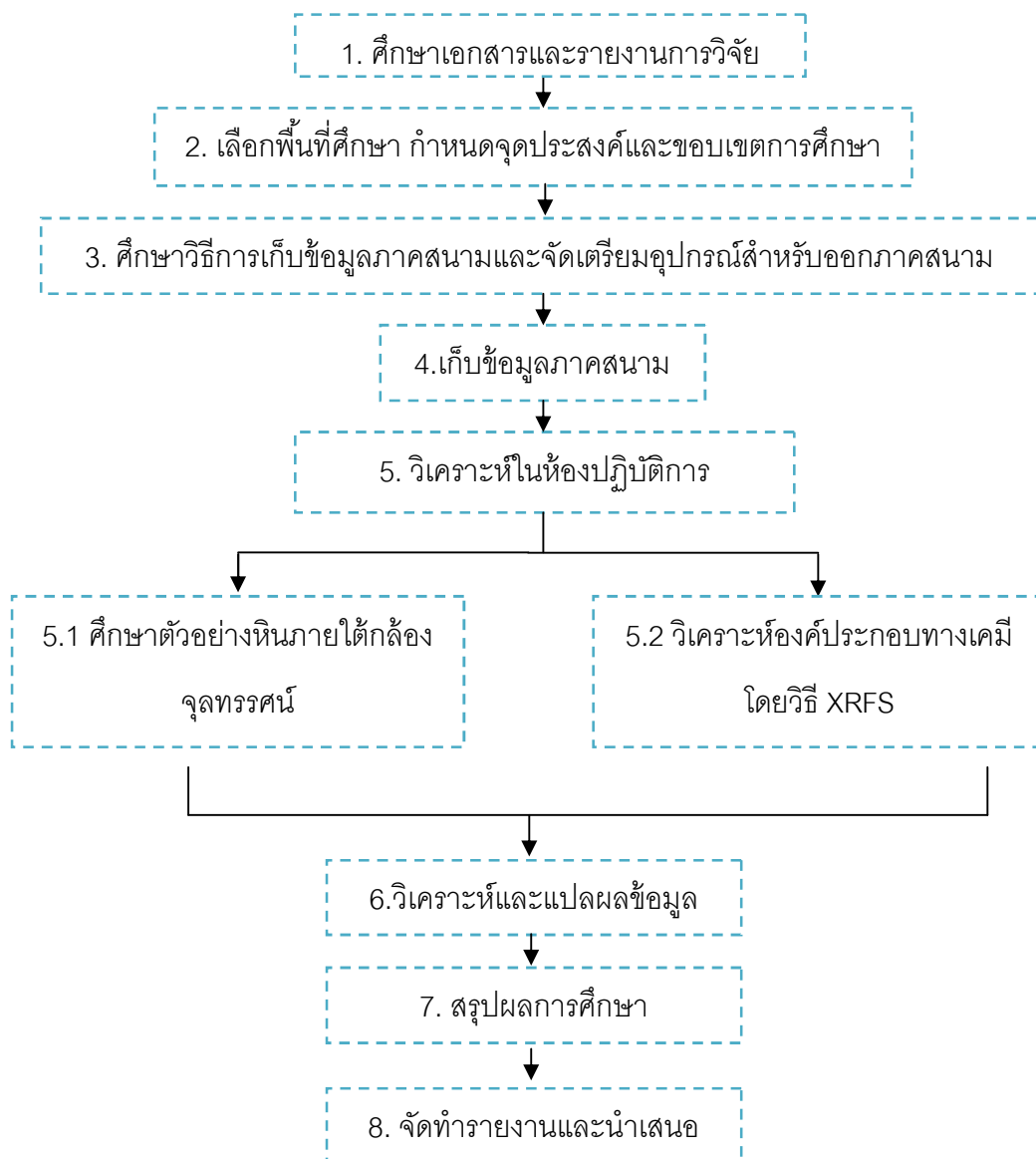
ข้อมูลศึลาพรรณนาและธรณีเคมีของหินแกรนิตบริเวณชลบุรีตะวันออก และจำแนกชนิดและการเกิดหินแกรนิตบริเวณชลบุรีตะวันออก

## บทที่ 2

### วิธีดำเนินงานวิจัย

#### 2.1 ระเบียบวิธีการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยสามารถแบ่งออกได้ดังนี้ (ดูแผนภาพ รูปที่ 2.1) และมีรายละเอียดตามลำดับดังนี้



รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

### 1. ศึกษาเอกสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษารายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ที่ศึกษา ทำให้ทราบถึงที่มาของลักษณะธรณีแปรสัณฐานในพื้นที่ที่ศึกษา ศีลาวรรณนาและธรณีเคมีของพื้นที่ข้างเคียงและ ศึกษาวิธีและเครื่องมือที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้สามารถเลือกวิธีและเครื่องมือที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ โดยใช้การนำตัวอย่างหินแกรนิตมาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ศึกษาองค์ประกอบแร่และเนื้อหิน เพื่อกำหนดชนิดของหิน และวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีหินรวม (Whole-Rock Analysis) โดยวิธี X-ray Fluorescence (XRF) Spectrometer

### 2. เลือกพื้นที่ศึกษา กำหนดจุดประสงค์และขอบเขตการศึกษา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มหินแกรนิตในประเทศไทย พบว่ายังขาดข้อมูลการสำรวจในพื้นที่บริเวณ จังหวัดชลบุรีตะวันออกและระยอง จึงทำการศึกษากลุ่มหินแกรนิตในพื้นที่ดังกล่าว

### 3. ศึกษาวิธีการเก็บข้อมูลภาคสนามและจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับออกภาคสนาม

ศึกษาเส้นทาง การเข้าถึงพื้นที่และแบ่งพื้นที่การเก็บข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ช่วง ตามลักษณะ ภูมิประเทศ โดยจะเก็บข้อมูลและตัวอย่าง 2-3 จุด ระยะห่างระหว่างจุดใกล้เคียงกัน

### 4. เก็บข้อมูลภาคสนาม

ศึกษาลักษณะเนื้อหิน และเปรียบเทียบกับจุดที่เก็บข้อมูลอื่น

### 5. วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างหินแกรนิตมาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อศึกษา รายละเอียดองค์ประกอบแร่และเนื้อหินใช้ในการกำหนดชนิดของหิน และวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีหินรวม (Whole-Rock Analysis) โดยวิธี X-ray Fluorescence (XRF) Spectrometer เพื่อวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบหลัก

### 6. วิเคราะห์และแปลผลข้อมูล

### 7. สรุปผลการศึกษา

### 8. จัดทำรายงานและนำเสนอ

## 2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรซ์ส่องผ่าน (Polarizing Microscope) เพื่อทำการศึกษาลักษณะเนื้อหินและแบ่งชนิดของหินแกรนิต (ดูรูปที่ 2.2)

เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ (X-ray Fluorescence Spectrometer) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการหาชนิดและปริมาณของธาตุในสารตัวอย่างทั้งที่เป็น ของแข็ง โดยอาศัยหลักการรังสีเอ็กซ์ที่มีพลังงานสูงไปยิงกระทบตัวอย่าง ทำให้เกิดการปล่อยโฟตอนออกมา (fluoresced) เนื่องจากโฟตอนที่ถูกปล่อยออกมาจากธาตุต่างชนิดจะมีความยาวคลื่นหรือพลังงานเฉพาะสำหรับธาตุนั้นๆ จึงทำให้สามารถจำแนกชนิดของธาตุที่มีอยู่ในตัวอย่างได้ ทั้งนี้ปริมาณโฟตอนเปล่งออกมาขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุในสารตัวอย่าง ข้อมูลนี้จึงสามารถนำมา วิเคราะห์หาปริมาณของธาตุแต่ละชนิดได้โดยเฉพาะธาตุองค์ประกอบหลักและรอง (major and minor elements) ในหินทั่วไป

เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ (X-ray Fluorescence Spectrometer) ที่ใช้ ยี่ห้อ Pioneer รุ่น Bruker AXS S4 ค่าพลังงาน 60 kV/50mA

Conditions Range 0.2-20 A (60-0.6keV)

Total resolution 3-100 eV

Typical measurement time 2-10s per element (รูปที่ 2.2)

สารมาตรฐาน (standard) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ JG-1a, JG-2, JR-1, BHVO, DTS-2b, SGR-1, STM-1, SDC-1 เตรียมตัวอย่างโดยบดเป็นผงแล้วนำมาอัด



รูปที่ 2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรซ์ส่องผ่าน (รูปด้านซ้าย) เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ (XRFS) (รูปขวา)

## บทที่ 3

### ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.1 ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Brown และ คณะ (1951) ได้แบ่งแนวหินแกรนิตในประเทศไทยตามช่วงอายุ เป็น 2 ช่วงคือ หินแกรนิตอายุไทรแอสซิก (Triassic Granite) และหินแกรนิตครีเทเชียส (Cretaceous Granite) และ Burton และ Bignell (1969) รายงานเพิ่มเติมถึงหินแกรนิตอายุคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous Granite) ในขณะที่ Mitchell (1977) แบ่งหินแกรนิตในประเทศไทยและมาเลเซียออกเป็น 3 แนวหลัก คือ แนวตะวันตก แนวกลาง และแนวตะวันออก Cobbing และคณะ (1986) และ Charusiri (1989) ได้จัดแบ่งหินแกรนิตในประเทศไทย ใช้ข้อมูล อายุ ศิวาบรรณนา ธรณีเคมี โครงสร้างธรณีวิทยาทำให้สามารถแบ่งขอบเขตหินแกรนิตทั้ง 3 บริเวณได้อย่างชัดเจนมากขึ้น (ดังรูปที่ 1.2)

แนวหินแกรนิตตะวันออก (Eastern Granite Belt): พบบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ขนานไปตามขอบที่ราบสูงโคราช โดยหินแกรนิตแนวนี้แทรกดันตัวขึ้นมาผ่านหินตะกอนและตะกอนภูเขาไฟ (volcaniclastic) ที่เกิดในช่วงพาลีโอโซอิกตอนบน กลุ่มหินแกรนิตอายุดีในบริเวณนี้ประกอบด้วยแร่ควออร์ตซ์ เฟลด์สปาร์ ฮอร์นเบลนด์สีน้ำตาลอมเขียว ไบโอไทต์ พบแร่มีสโคไวท์น้อยมาก จากการศึกษาโดย Mahawat (1982) และ Charusiri (1989) น่าจะมีกำเนิดจากการตกผลึกลำดับส่วน (fractional crystallization) จากหินหนืดแท้ (true magma) จากการจำแนกโดย Chappell และ White (1974) ได้จัดให้อยู่ในกลุ่มหินแกรนิตอีคินี (I-type granite)

แนวหินแกรนิตตอนกลาง (Central Granite Belt): หินท้องที่ที่ถูกหินแกรนิตตอนกลางตัดผ่านขึ้นมาเป็นหินตะกอนอายุพาลีโอโซอิกตอนปลาย ขอบเขตของแนวหินแกรนิตนี้ถูกแบ่งโดย แนวรอยเลื่อนเบตง-รวบทางด้านตะวันออก ส่วนทิศตะวันตกคือ แนวรอยเลื่อนด้านเจดีย์สามองค์และรอยเลื่อนคลองมา รุข ประกอบด้วยแร่ ควออร์ตซ์ เฟลด์สปาร์ ไบโอไทต์ มีสโคไวท์ จากการศึกษาข้อมูลธรณีเคมีของหินแกรนิตในแนวนี้พบว่า มีกำเนิดมาจากการหลอมละลายบางส่วนของหินที่มีอยู่แล้วในเปลือกโลก หากจำแนกตาม Chappell และ White (1974) หินเหล่านี้จะถูกจัดในกลุ่มหินแกรนิตตะกอน (S-type granite)

แนวหินแกรนิตตะวันตก (Western Granite Belt): หินท้องที่เป็นหินตะกอนชนิดแตกหลุด (clastic sedimentary rocks) มีอายุเพอร์เมียน แร่ที่พบได้แก่ แร่ ควออร์ตซ์ ไมโครไคน์ ไบโอไทต์ และมีสโคไวท์ จาก

การศึกษารณีวิทยา ศิลาวิทยา (petrology) และแร่วิทยา (mineralogy) พบว่า หินแกรนิตในแนวนี้ เป็นชนิดหินแกรนิตแท้ ตามการจำแนกตาม Streckeisen (1970)

Debon และ Le Fort (1983) แบ่งชนิดของหินอัคนีบาดาล(plutonic rock) โดยใช้ธาตุซิลิกาและธาตุกลุ่มอัลคาไลน์ โดยแบ่งเป็น 12 ชนิด คือ Granite, Adamellite, Granodiorite, Tonalite(trohdjemite), Quartz Syenite, Quartz Monzonite, Quartz Monzodiorite, Quartz Diorite, Syenite, Monzonite, Monzogabbro และGabbro

Middleton (1985) แบ่งชนิดของหินอัคนีบาดาล (plutonic rock) โดยใช้ธาตุซิลิกา ธาตุโพแทสเซียม ธาตุโซเดียม โดยแบ่งเป็น 8 ชนิด คือ Granite, Quartz diorite, Diorite, Syenodiorite, Syenite, Gabbro, Nepheline syenite และJiolite

Maniar และ Piccoli (1989) จำแนกหินแกรนิตตามประเภทธรณีแปรสัณฐานออกเป็น 7 ชนิด คือ Island Arc Granitoids (IAG), Continental Arc Granitoids (CAG), Continental Collision Granitoids (CCG), Rift-related Granitoids (RRG), Continental Epigenic Uplift Granitoids (CEUG), Post-Orogenic Granitoids (POG), Oceanic Plagiogranites (OP) ศึกษาโดยใช้ธาตุหลัก (major elements)

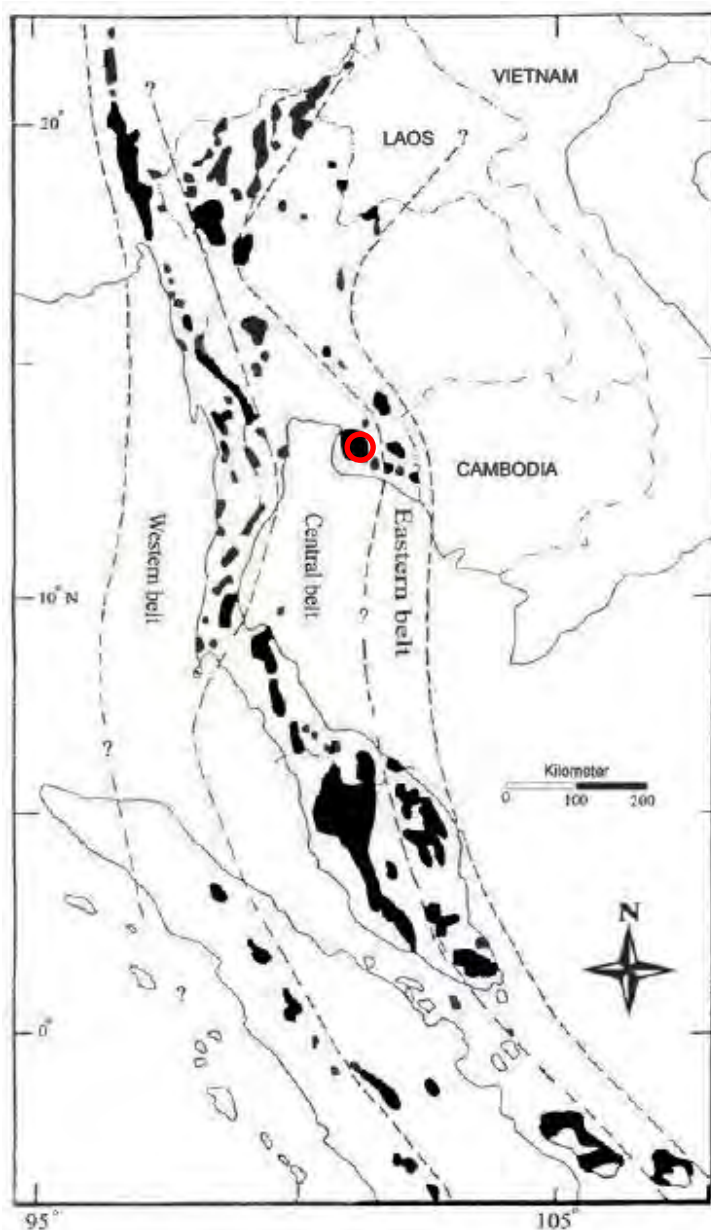
Pearce และคณะ (1984) จำแนกหินแกรนิตตามประเภทธรณีแปรสัณฐานออกเป็น 4 ชนิด คือ Volcanic Arc Granites (VAG), Syn-Collision Granites (Syn – Colg), Within Plate Granites (WPG), Ocean Ridge Granites (ORG) ศึกษาโดยใช้ธาตุร่องรอย (trace elements)

Batchelor และ Bowden (1985) จำแนกหินแกรนิตตามประเภทธรณีแปรสัณฐานออกเป็น 6 ชนิด คือ Mantle fractionate, Pre-plate collision, Post collision uplift, Late orogenic, Anorogenic, Syn-orogenic โดยใช้ธาตุหลัก (major elements)

Chappell และ White (2001) แบ่งชนิดของหินแกรนิต ออกเป็น 2 ชนิด คือ I-type granite และ S-type granite ศึกษาโดยใช้ธาตุหลักและธาตุรอง (major and minor elements) โดยหินแกรนิตชนิด S-type จะมีปริมาณธาตุโพแทสเซียม (K) และธาตุเหล็ก (Fe) สูง และปริมาณธาตุโซเดียม (Na) ธาตุแคลเซียม (Ca) ต่ำ เมื่อเทียบกับหินแกรนิตชนิด I-type

Manior และคณะ (1989) แบ่งชนิดของหินแกรนิต ออกเป็น 2 ชนิด คือ peraluminous และ metaluminous ศึกษาโดยใช้ธาตุหลักและธาตุรอง (major and minor elements) โดยหินแกรนิตชนิด peraluminous จะมีสัดส่วนของธาตุอลูมิเนียมต่อธาตุกลุ่มอัลคาไลน์ สูง เมื่อเทียบกับหินแกรนิตชนิด metaluminous

จักรพันธ์ สุทธิรัตน์ และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษา หินแกรนิตในพื้นที่จังหวัดชลบุรีตะวันตก พบว่าเป็นหินแกรนิตที่จัดอยู่ในแนวกลาง จากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบของหินแกรนิตมีความแตกต่างกันไม่มากนัก ซึ่งเป็นผลจากการตกผลึกลำดับส่วนของหินหนืด จากการวิเคราะห์ สันนิษฐานได้ว่าการเกิด หินแกรนิตกลุ่มนี้มีตำแหน่งอยู่ลึกเข้าไปในแผ่นจุลทวีปฉาน-ไทยหลังการชนกับแผ่นจุลทวีปอินโดจีน



○ แสดงตำแหน่งพื้นที่ศึกษา

รูปที่ 3.1 การกระจายตัวของแนวหินแกรนิต (สีดำ) ในแนวหินแกรนิตต่างๆของประเทศไทย และข้างเคียง (คัดลอกจาก Charusiri และคณะ, 1993)

### 3.2 ธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

บริเวณพื้นที่ศึกษา บริเวณตะวันออกของจังหวัดชลบุรี และระยอง ประกอบไปด้วย หินอัคนียุคไทรแอสซิก (Triassic Granites) หินแปรยุคพรีแคมเบรียน (PreCambrian Metamorphic rocks) และตะกอนตะพักลำน้ำ ยุคควอเตอร์เทอร์นารี (Quaternary Terrace Sediments) (ดูรูปที่ 3.2)

หินแปรยุคพรีแคมเบรียน มีลักษณะทั่วไปเป็นหินแปรเกรดสูง ประกอบด้วย หินไบโอไทต์-ไดออปไซด์ไนส์ หินไบโอต์-ซิลลิมาไนต์ไนส์ หินฮอร์นเบลนด์-ไดออปไซด์ไนส์ หินไบโอไทต์ไนส์ หินไบโอไทต์-ฮอร์นเบลนด์ไนส์ หินไบโอไทต์-เฟลด์สปาร์-ควอร์ตซ์ไนส์ หินอ่อน-แคลกซิลิเกต และหินแอมฟิโบลิต

หินอัคนียุคไทรแอสซิก ลักษณะของหินอัคนีที่พบมากในบริเวณนี้คือ หินแกรนิต ครอบคลุมพื้นที่การศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งจัดเป็นหินอัคนีแทรกซอน (intrusive rock) หรือหินอัคนีระดับลึก (plutonic rock) วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ปรากฏเป็นหินอัคนีมวลไพศาล (batholith) ครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 100 ตารางกิโลเมตร มักมีเนื้อหยาบ เนื้อดอก จัดเป็นหินแกรนิตชนิดไบโอไทต์-มัสโคไวท์ แกรนิต มีสายแร่ควอตซ์แทรกอยู่มากมาย การหาอายุโดยวิธีกัมมันตรังสี ด้วยวิธี Rb/Sr ได้อายุ  $221 \pm 11$  ล้านปี หินอัคนีบาดาล (extrusive rocks) หรือหินภูเขาไฟ (volcanic rocks) พบเห็นได้ทางตะวันออก ประกอบไปด้วยหินแอนดีไซต์ (andesite) หินไรโอไลต์ (rhyolite) และหินทัฟฟ์ (tuff)

ตะกอนตะพักลำน้ำ ยุคควอเตอร์เทอร์นารี มีระดับความสูงระหว่าง 50-10 เมตร เป็นพื้นที่ราบไม่สม่ำเสมอ มีการลดระดับสูงต่ำ เนื่องจากการฟุ้งของหินที่รองรับด้านล่างและการลดระดับลงของทางน้ำ พื้นที่ดังกล่าวปกคลุมด้วยตะกอนยุคควอเตอร์เทอร์นารี ที่เกิดจากการกัดเซาะของทางน้ำที่ให้หินผุแล้วแตกออกกระจายตัวอยู่ตามพื้นผิวและลาดเขา มีชั้นดินปนทรายมีจุดประสีแสดและสีแดง เป็นชั้นลูกรัง บางบริเวณมีศิลาแลงเป็นแถบแข็งอยู่ชั้นบนสุด

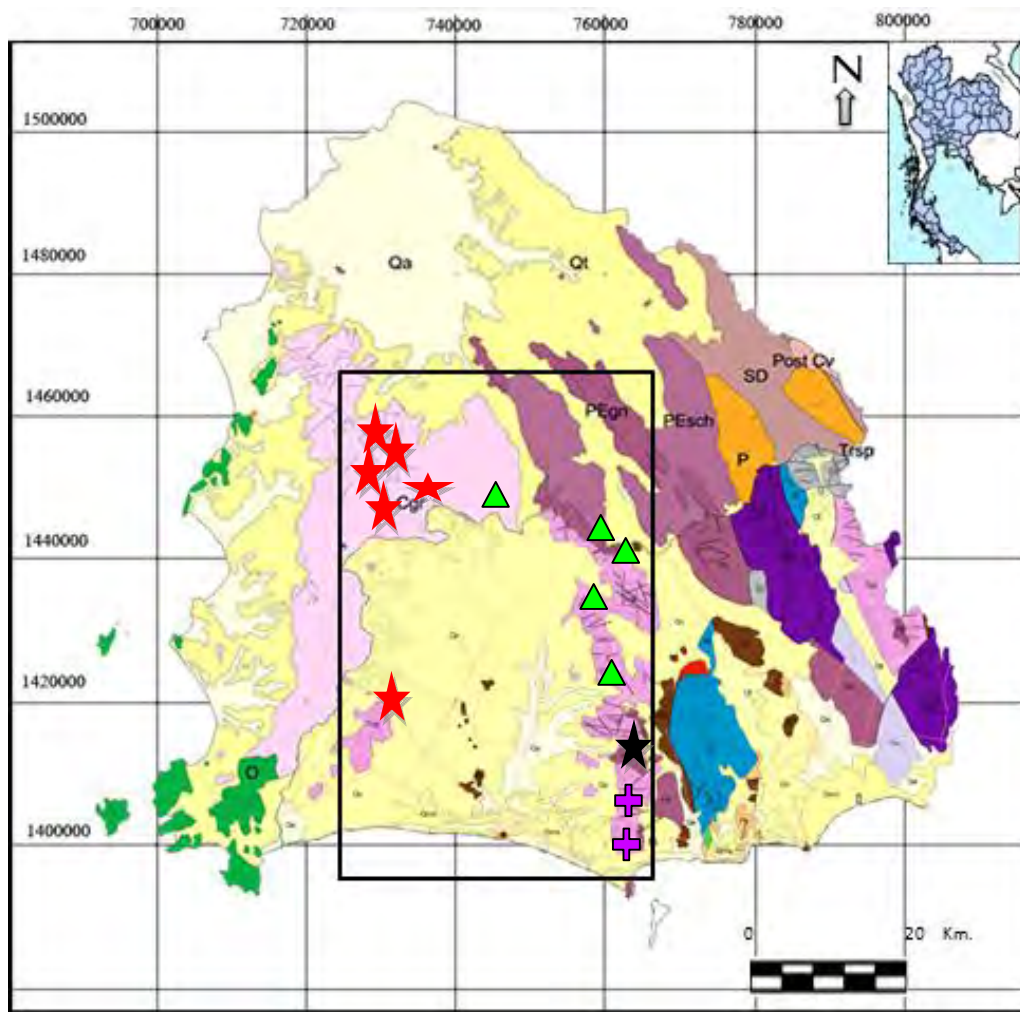


### 3.3 การเก็บตัวอย่าง

ในการสำรวจภาคสนาม ได้ทำการเก็บตัวอย่างหินแกรนิตในบริเวณจังหวัดชลบุรี และระยอง เพื่อนำมาตัดเป็นแผ่นหินบาง สำหรับการศึกษาสีลาวรรณนา และบดตัวอย่างหินผงสำหรับศึกษาธรณีเคมี โดยเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 14 ตัวอย่าง โดยมีพิกัดของจุดเก็บตัวอย่าง (ตาราง 3.1) และแผนที่แสดงตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่าง (รูปที่ 3.2) โดยสามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างได้ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ตารางพิกัด บริเวณที่เก็บตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ตำแหน่ง	ละติจูด	ลองจิจูด
ST 1	วัดเขาหินลาด	13° 6' 29.088" N	101° 7' 13.256" E
ST 2	ถนนหลังวัดเขาหินลาด	13° 6' 29.088" N	101° 7' 13.256" E
ST 3	กม.9 ถนน 331	13° 6' 28.386" N	101° 3' 51.708" E
ST 4	ที่ปฏิบัติธรรม	13° 8' 35.434" N	101° 6' 59.136" E
ST 5	ไร่ของชาวบ้าน	13° 9' 10.085" N	101° 6' 27.165" E
ST 6	เขาโก่งเกง	13° 6' 36.605" N	101° 18' 52.204" W
ST 7	เขาหลุมสวนกล้วย	13° 2' 3.332" N	101° 24' 52.391" W
ST 8	เขาขุนอิน	12° 59' 49.052" N	101° 25' 28.744" W
ST 9	เขาหลวงเตี้ย	12° 55' 39.932" N	101° 23' 10.702" W
ST 10	เขาสวน	12° 53' 45.208" N	101° 22' 44.558" W
ST 11	เขาหลวงเตี้ยล่าง	12° 47' 4.780" N	101° 24' 48.982" W
ST 12	เขาพระบาท	12° 41' 51.691" N	101° 25' 44.987" W
ST 13	เขายายดา	12° 38' 50.672" N	101° 24' 44.312" W
ST 14	วัดหนองหว่า	12° 50' 30.721" N	101° 7' 1.045" W



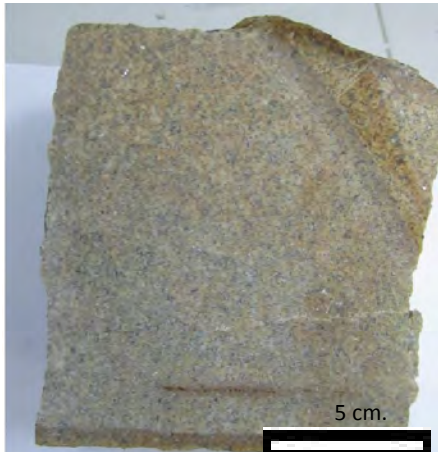
- Qc ตะกอนตะพักลำน้ำกรวด หาย หายแบ่งดินเหนียวและศิลาแลง
- Qa ตะกอนธารน้ำพา กรวด หาย หายแบ่ง และดินเหนียวสะสมตัวตามร่องน้ำ และแอ่ง ท่วมถึง
- Pegn หินไนส์ แสดงการถูกบีบอัด แร่องค์ประกอบหินแสดงรูปเลนส์, ยุคพรีแคมเบรียน
- Trsp หินไบโอไทต์แกรนิต ทิวมารินแกรนิต แกรโนไดโอไรต์ ไบโอไทต์มัสโคไวท์แกรนิต มัสโคไวท์ทิวมารินแกรนิต ไบโอไทต์ทิวมารินแกรนิต

- หมายเหตุ
- ▲ Biotite-muscovite granite
  - ✚ Biotite aplite
  - ★ Gneissic granite
  - ★ Porohyritic granite

รูปที่ 3.2 แผนที่ธรณีวิทยาแสดงจุดเก็บตัวอย่างหินบริเวณจังหวัดชลบุรีและระยอง (แผนที่มาตราส่วน 1:50000 เผยแพร่โดยกองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี 2550)

### กลุ่มหินแกรนิตบริเวณวัดเขาหินลาด อำเภอบ้านบึง

ส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตที่มีแร่ควออร์ตซ์ เฟลด์สปาร์และไบโอไทต์ ตัวอย่างหมายเลข ST1-ST5 (รูปที่ 3.3 - 3.7) ไม่แสดงริ้วลาย มีผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ บางบริเวณพบเนื้อดอกของแร่เฟลด์สปาร์ ตัวอย่างหินในบริเวณนี้ผุสูงมาก



รูปที่ 3.3 ตัวอย่าง ST 1 เป็นหินโผล่บริเวณหลังวัดเขาหินลาด ( $13^{\circ} 6' 29.088''$  N,  $101^{\circ} 7' 13.256''$  E) เป็นหินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์ และไบโอไทต์เด่นผลึกขนาดปานกลางไม่แสดงริ้วลายมีการผุสูง



รูปที่ 3.4 ตัวอย่าง ST 2 เป็นหินโผล่บริเวณถนนเขาหลังวัดวัดเขาหินลาด ( $13^{\circ} 6' 29.088''$  N,  $101^{\circ} 7' 13.256''$  E) เป็นหินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์และไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลาง พบลักษณะเนื้อดอกของแร่เฟลด์สปาร์ มีการผุสูง



รูปที่ 3.5 ตัวอย่าง ST3 เป็นหินโผล่บริเวณริมถนนเส้น 331 กม.9 ( $13^{\circ} 6' 28.386''$  N,  $101^{\circ} 3' 51.708''$  E) เป็นหินแกรนิตที่มีแร่ ควออร์ตซ์ และไบโอไทต์เด่น มีผลึกขนาดใหญ่ใกล้เคียงกัน ไม่แสดงริ้วลาย



รูปที่ 3.6 ตัวอย่าง ST4 เป็นหินโผล่บริเวณสถานที่ปฏิบัติธรรม ( $13^{\circ} 8' 35.434''$  N,  $101^{\circ} 6' 59.136''$  E) หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์ และควออร์ตซ์เด่น มีผลึกขนาดใหญ่ และพบลักษณะเนื้อผลึกดอกของแร่เฟลด์สปาร์ชัดเจน ไม่แสดงริ้วลาย



รูปที่ 3.7 ตัวอย่าง ST5 เป็นหินโผล่บริเวณ ไร่ของ  
ชาวบ้าน ( $13^{\circ} 9' 10.085''$  N,  $101^{\circ} 6' 27.165''$  E)  
ส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตหินแกรนิตที่มีแร่ควอร์ตซ์  
และเฟลด์สปาร์เด่นผลึกขนาดปานกลางใกล้เคียง  
กัน ผลึกดอกของแร่เฟลด์สปาร์ ไม่แสดงวิวัฒนาการ

## กลุ่มหินแกรนิตบริเวณอำเภอหนองใหญ่

ส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตที่มีแร่ควอร์ตซ์ เฟลด์สปาร์และไบโอไทต์ ตัวอย่างหมายเลข ST6 – ST8 (รูปที่ 3.8 – 3.10) ไม่พบแสดงริ้วลาย มีผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ มีขนาดใกล้เคียงกัน บริเวณนี้มีการผุพังค่อนข้างสูง



รูปที่ 3.8 ตัวอย่าง ST6 เป็นหินหล่น (loose block) บริเวณเขาโกกง (13° 6' 36.605" N, 101° 18' 52.204" W) หินแกรนิตมีแร่เฟลด์สปาร์และไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ การผุพังสูงไม่แสดงริ้วลาย



รูปที่ 3.9 ตัวอย่าง ST7 เป็นหินหล่น (loose block) บริเวณเขาหลุมสวนกล้วย (13° 2' 3.332"N, 101° 24' 52.391" W) หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์ และควอร์ตซ์ เด่น แสดงลักษณะผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ พบแร่เฟลด์สปาร์เป็นผลึกเนื้อดอก ไม่แสดงลักษณะริ้วลาย



รูปที่ 3.10 ตัวอย่าง ST8 เป็นหินหล่น (loose block) เขาขุนอิน (12° 59' 49.052" N, 101° 25' 28.744" W) หินแกรนิตที่มีแร่ เฟลด์สปาร์ ไบโอไทต์ และมัสโคไวท์เด่น ผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ ขนาดใกล้เคียงกัน ไม่แสดงริ้วลาย

### กลุ่มหินแกรนิตบริเวณอำเภอปลวกแดง

ส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตที่มีแร่ควออร์ตซ์ เฟลด์สปาร์ และไบโอไทต์ ตัวอย่างหมายเลข ST9 - ST10 (รูปที่ 3.11-3.12) พบลักษณะการแสดงริ้วลายเล็กน้อย มีผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ มีขนาดใกล้เคียงกัน บริเวณนี้มีการผุพังค่อนข้างสูง



รูปที่ 3.11 ตัวอย่าง ST9 เป็นหินหล่น (loose block) เขาสวน ( $12^{\circ} 55' 39.932''$  N,  $101^{\circ} 23' 10.702''$  W) หินแกรนิตที่มีแร่ เฟลด์สปาร์และไบโอไทต์เด่น หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์และไบโอไทต์เด่น ผลึกขนาดใหญ่และใกล้เคียงกันแสดงริ้วลายเล็กน้อย



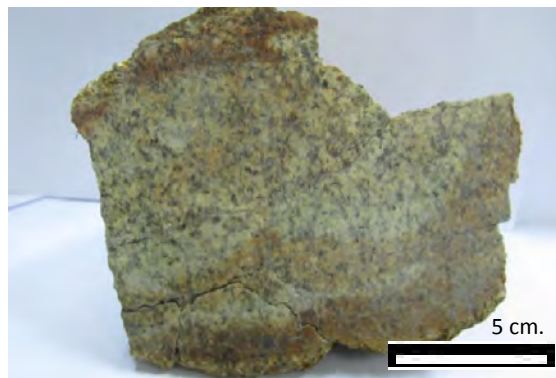
รูปที่ 3.12 ตัวอย่าง ST 10 เป็นหินหล่น (loose block) เขาหลวงเตี้ย ( $12^{\circ} 53' 45.208''$  N,  $101^{\circ} 22' 10.144.558''$  W) มีผลึกขนาดใหญ่ แสดงลักษณะเนื้อดอกของแร่เฟลด์สปาร์ และควออร์ตซ์ แสดงลักษณะริ้วลายเล็กน้อย ในบางบริเวณ

### กลุ่มหินแกรนิตบริเวณอำเภอบ้านค่าย

ส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตที่มีแร่ควออร์ตซ์ เฟลด์สปาร์ และไบโอไทต์ ตัวอย่างหมายเลข ST11 -ST13 (รูปที่ 3.13 -3.15) แสดงร้าวลายเล็กน้อย ในบางบริเวณ มีผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ มีขนาดใกล้เคียงกัน มีผลึกดอกของแร่เฟลด์สปาร์ บริเวณนี้มีการผุพังค่อนข้างสูง



รูปที่ 3.13 ตัวอย่าง ST11 เป็นหินหล่น (loose block) บริเวณเขาหลวงเตี้ยล่าง ( $12^{\circ} 47' 4.780''$  N,  $101^{\circ} 24' 48.982''$  W) หินแกรนิตที่มีแร่ควออร์ตซ์ และไบโอไทต์เด่น มีผลึกขนาดปานกลางถึงใหญ่ แสดงร้าวลายเล็กน้อย



รูปที่ 3.14 ตัวอย่าง ST12 เป็นหินหล่น (loose block) เขาพระบาท ( $12^{\circ} 41' 51.691''$  N,  $101^{\circ} 25' 44.987''$  W) หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์ และไบโอไทต์เด่น มีผลึกขนาดปานกลางถึงเล็ก ผลึกดอกของแร่เฟลด์สปาร์ ไม่แสดงร้าวลาย



รูปที่ 3.15 ตัวอย่าง ST13 หินหล่น (loose block) บริเวณเขายายดา ( $12^{\circ} 38' 50.672''$  N,  $101^{\circ} 24' 44.312''$  W) หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์ และไบโอไทต์สูง ผลึกขนาดเล็ก ไม่พบแสดงลักษณะร้าวลาย

### กลุ่มหินแกรนิตบริเวณอำเภอพนัสนิคม

หินแกรนิตมีแร่เฟลด์สปาร์เด่น มีผลึกขนาดใหญ่และแสดงลักษณะเนื้อดอกของแร่เฟลด์สปาร์มีการผุพังสูง โดยจะพบแร่แสดงลักษณะการแตกหักภายในผลึก ตัวอย่างหมายเลข ST14 (รูปที่ 3.16)



รูปที่ 3.16 ตัวอย่างที่ ST14 หินหล่น (loose block)

บริเวณวัดหนองหว่า(12° 50' 30.721" N, 101° 7' 1.045" W)

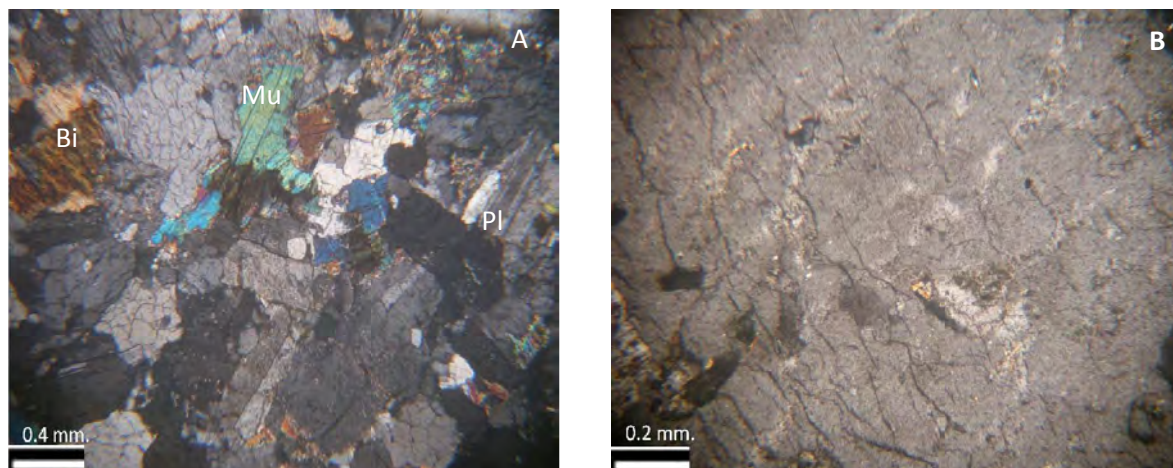


### 3.4 ศิลาวรรณนา

จากตัวอย่างหินทั้ง 14 จุดศึกษาถูกนำมาตัดเป็นแผ่นหินบาง เพื่อทำการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรซ์สองผ่าน วิเคราะห์แร่องค์ประกอบหินและเนื้อหิน พบลักษณะของหินที่ปรากฏคือ สามารถมองเห็นผลึกแร่ได้ด้วยตาเปล่า (phaneritic texture) ขนาดของผลึกละเอียด (fine-grained) ถึงขนาดหยาบ (coarse-grained) โดยสามารถแบ่งชนิดของหินในบริเวณพื้นที่ศึกษาได้ 4 ชนิด ดังนี้

#### หินไบโอไทต์ - มัสโคไวท์แกรนิต (Muscovite-biotite granite)

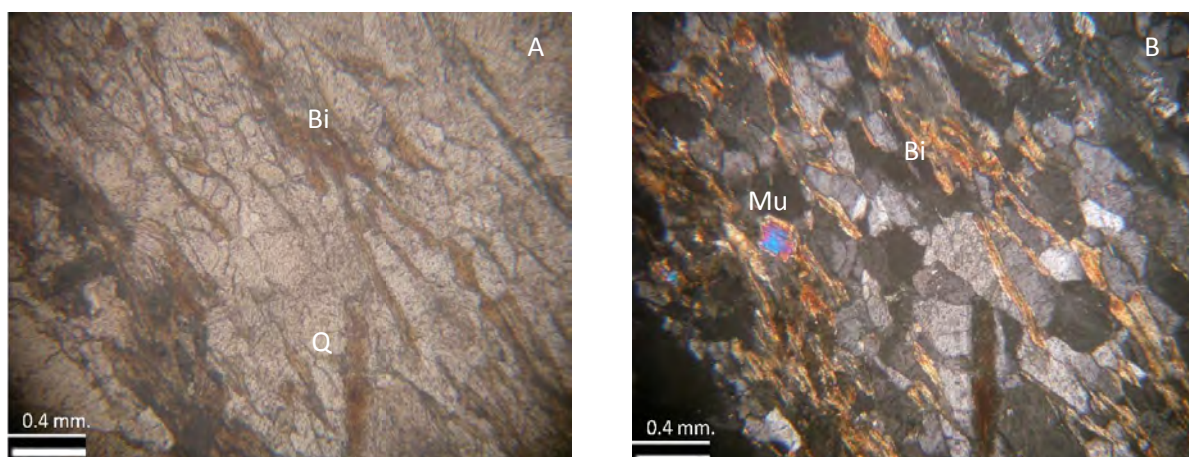
พบกระจายตัวอยู่ที่ อำเภอหนองใหญ่และอำเภอลวกแดง มีผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบ (medium to coarse-grained) ขนาดผลึกใกล้เคียงกัน (equigranular textures) ผิวสด มีสีเทา ผิวผู้มีสีน้ำตาลเหลือง ประกอบด้วยแร่ เฟลด์สปาร์ แพลจิโอเคลส ควอร์ตซ์ มัสโคไวท์ และไบโอไทต์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่าแร่หลักมีผลึกไม่สมบูรณ์ ประกอบด้วย แร่ควอร์ตซ์ 50% มีขนาดผลึกประมาณ 0.5-1 มิลลิเมตร แสดงเนื้อหินแบบหยาบหนอน (myrmekitic texture) แร่เฟลด์สปาร์ 20-30% มีขนาดผลึกประมาณ 1 มิลลิเมตร มีผลึกหน้าไม่สมบูรณ์ แร่ไบโอไทต์ 10-20% และมัสโคไวท์ 5-10% มักเกิดร่วมกันในรูปของผลึกแผ่นยาว ไม่แสดงหน้าผลึก พบแร่อะพาไทต์เป็นแร่รอง



รูปที่ 3.17 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ A แสดงแร่ในหิน ไบโอไทต์-มัสโคไวท์ แกรนิต ซึ่งประกอบด้วย แพลจิโอเคลส ควอร์ตซ์ มัสโคไวท์ ไบโอไทต์ (XPL) B แสดงลักษณะลักษณะเนื้อหินแบบหยาบหนอน (myrmekitic texture) ของควอร์ตซ์ในแร่เฟลด์สปาร์ (PPL)

### หินไนต์สิกแกรนิต (Gneissic granite)

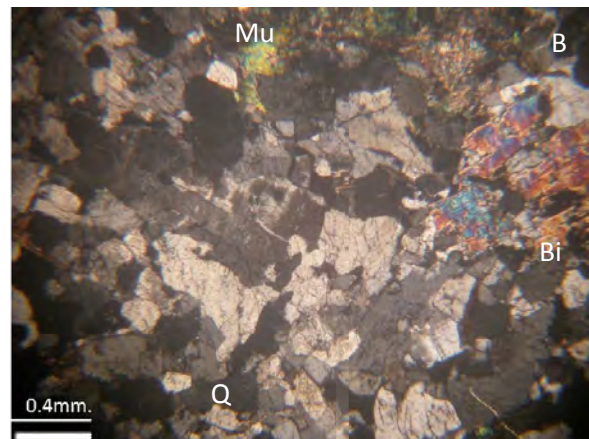
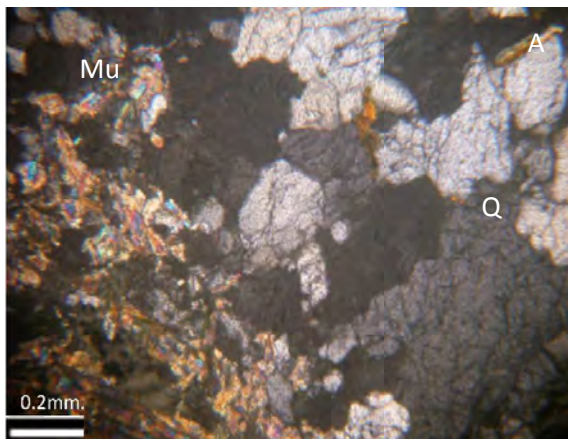
พบกระจายตัวในบริเวณ เขาหลวงเตี้ย อำเภอบ้านค่าย จังหวัดชลบุรี มีผลึกขนาดเล็กถึงปานกลาง (Fine and coarse-grained) แสดงลักษณะเนื้อดอก (porphyritic texture) ในบางบริเวณโดยแบ่งแยกชัดเจน ผิวสดมีสีเทา ผิวฝุ่นสีน้ำตาลเหลือง ประกอบด้วยเฟลด์สปาร์ ควอร์ตซ์ มัสโคไวท์ และไบโอไทต์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่าแร่หลักมีผลึกไม่สมบูรณ์ โดย แร่ควอร์ตซ์ 60% มีขนาดผลึกประมาณ 0.2 มิลลิเมตร แสดงเนื้อหินแบบเนื้อดอก (porphyritic texture) และผลึกขนาดเท่ากัน (equigranular texture) แร่เฟลด์สปาร์ 20-30% มีขนาดผลึกประมาณ 0.2 มิลลิเมตร มีผลึกหน้าไม่สมบูรณ์ แร่ไบโอไทต์ 10-15% และมัสโคไวท์ 5-10% มักเกิดร่วมกัน ในรูปของผลึกแผ่นยาว แสดงลักษณะการถูกบีบอัด ไม่แสดงหน้าผลึก



รูปที่ 3.18 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แสดงแร่ในหิน ไบโอไทต์-มัสโคไวท์ แกรนิต ซึ่งประกอบด้วย ควอร์ตซ์ มัสโคไวท์ ไบโอไทต์ (A: ppl, B: xpl)

### หินไบโอไทต์-มัสโคไวท์ เอไพพลต์ (Biotite-muscovite aplite)

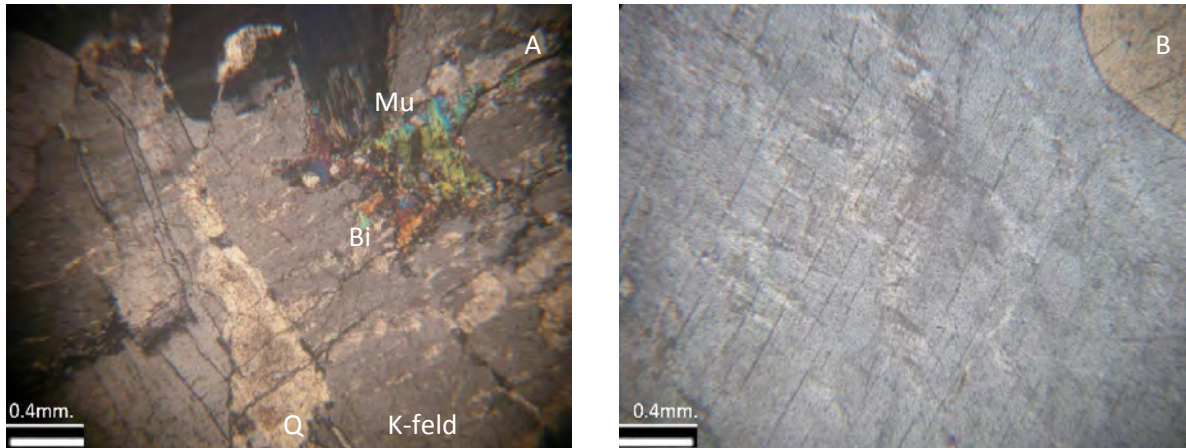
พบกระจายตัวบริเวณ วัดหินลาด เขาพระบาท เขายายดา และวัดหนองว่า มีผลึกขนาดเล็ก (fine grained) ผิวดม สีมีเทา ผิวดมสีน้ำตาลเหลือง ประกอบด้วยแร่ เฟลด์สปาร์ แพลจิโอเคลส ควอตซ์ มัสโคไวท์ และไบโอไทต์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่าแร่หลักมีผลึกไม่สมบูรณ์ โดย แร่ควอตซ์ 50-70% มีขนาดผลึกประมาณ 0.2 - 0.5 มิลลิเมตร แสดงเนื้อหินแบบห่อหุ้มหนอน (myrmekitic texture) แร่เฟลด์สปาร์ 20-30% มีผลึกหน้าไม่สมบูรณ์ แร่ไบโอไทต์ 10-20% และมัสโคไวท์ 5-10% มักเกิดร่วมกัน ในรูปของผลึกยาว ไม่แสดงหน้าผลึก แร่รอง ประกอบด้วยแร่ อะพาไทต์



รูปที่ 3.19 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ A และ B แสดงแร่ในหิน ไบโอไทต์-มัสโคไวท์ เอไพพลต์ ซึ่งประกอบด้วย ควอตซ์ มัสโคไวท์ ไบโอไทต์ (A: ppl, B: xpl)

### หินแกรนิตเนื้อดอก (Porphyritic granite)

พบกระจายตัวบริเวณ เขาหินลาด กม.9 ถนน 311 ผลึกของเฟลด์สปาร์แสดงลักษณะ ผลึกดอก (porphyritic texture) ผิวสดมีสีชาวดำ ผิวผุมีสีน้ำตาลเหลือง ประกอบด้วยแร่ เฟลด์สปาร์ ควออตซ์ มัสโคไวท์ และไบโอไทต์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่าแร่หลักมีผลึกไม่สมบูรณ์ พบแร่ควออตซ์ 50-60% แร่ควออตซ์และเฟลด์สปาร์ มีขนาดประมาณ 1.5-3 มิลลิเมตร แร่รองได้แก่ อะพาไทต์



รูปที่ 3.20 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ A แสดงแร่ในหินแกรนิตเนื้อดอก ประกอบด้วยแร่ควออตซ์ ไบโอไทต์ มัสโคไวท์ เฟลด์สปาร์ (XPL) B แสดงลักษณะเนื้อหินแบบห่อมหนอน (myrmekitic texture) ของแร่ควออตซ์ในเฟลด์สปาร์ (XPL)

### 3.5 องค์ประกอบทางธรณีเคมีของหิน

ผลวิเคราะห์ธาตุหลักและธาตุรองโดยใช้เครื่องเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ X-ray Fluorescence (XRF) Spectrometry ผลวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งหมดได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 3.2 ซึ่งผลวิเคราะห์ธาตุหลักและธาตุรองจาก XRF ได้รายงานในรูปของเปอร์เซ็นต์น้ำหนักออกไซด์ (Weight % oxide)

$\text{SiO}_2$ : ในตัวอย่างหินทั้งหมดมีค่าประมาณ 67-73 % มีเพียงหนึ่งตัวที่มีค่าสูงกว่า คือ ตัวอย่างที่ ST13 ในกลุ่มแกรนิตเนื้อดอก มีถึง 76 %

$\text{Al}_2\text{O}_3$ : ในตัวอย่างหินทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 14-15% มีสองตัวอย่างที่มีค่าต่ำกว่า คือ ตัวอย่างที่ ST12, ST13 และ ST14 ในกลุ่มแกรนิตเนื้อดอก มีถึง 12.28% 13.56% 13% ตามลำดับ

$\text{K}_2\text{O}$ : ในตัวอย่างหินทั้งหมดมีค่าประมาณ 4-5 % มีเพียงหนึ่งตัวอย่างที่มีค่าน้อยกว่าคือ ตัวอย่างที่ ST13 ในกลุ่มแกรนิตเนื้อดอก

$\text{Na}_2\text{O}$ : ในตัวอย่างหินพื้นที่ศึกษามีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 2 % มี 2 กลุ่มที่มีค่าสูงกว่า คือ ไบโอบี-ไทต์-มัสโคไวท์แกรนิต และไบโอบี-ไทต์-มัสโคไวท์ เอไฟลด์ ได้แก่ตัวอย่างที่ ST7, ST9, ST10, ST13 มีประมาณ 3 %

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ : ในตัวอย่างหินพื้นที่ศึกษามีค่าใกล้เคียงกัน 0.7 – 1.7 % มี 2 ตัวอย่างที่มีค่าต่ำกว่าคือ ตัวอย่างที่ ST10 ในกลุ่มไบโอบี-ไทต์-มัสโคไวท์ แกรนิต และตัวอย่างที่ ST14 ในกลุ่มแกรนิตเนื้อดอก โดยมีค่า 0% และ 0.25 ตามลำดับ

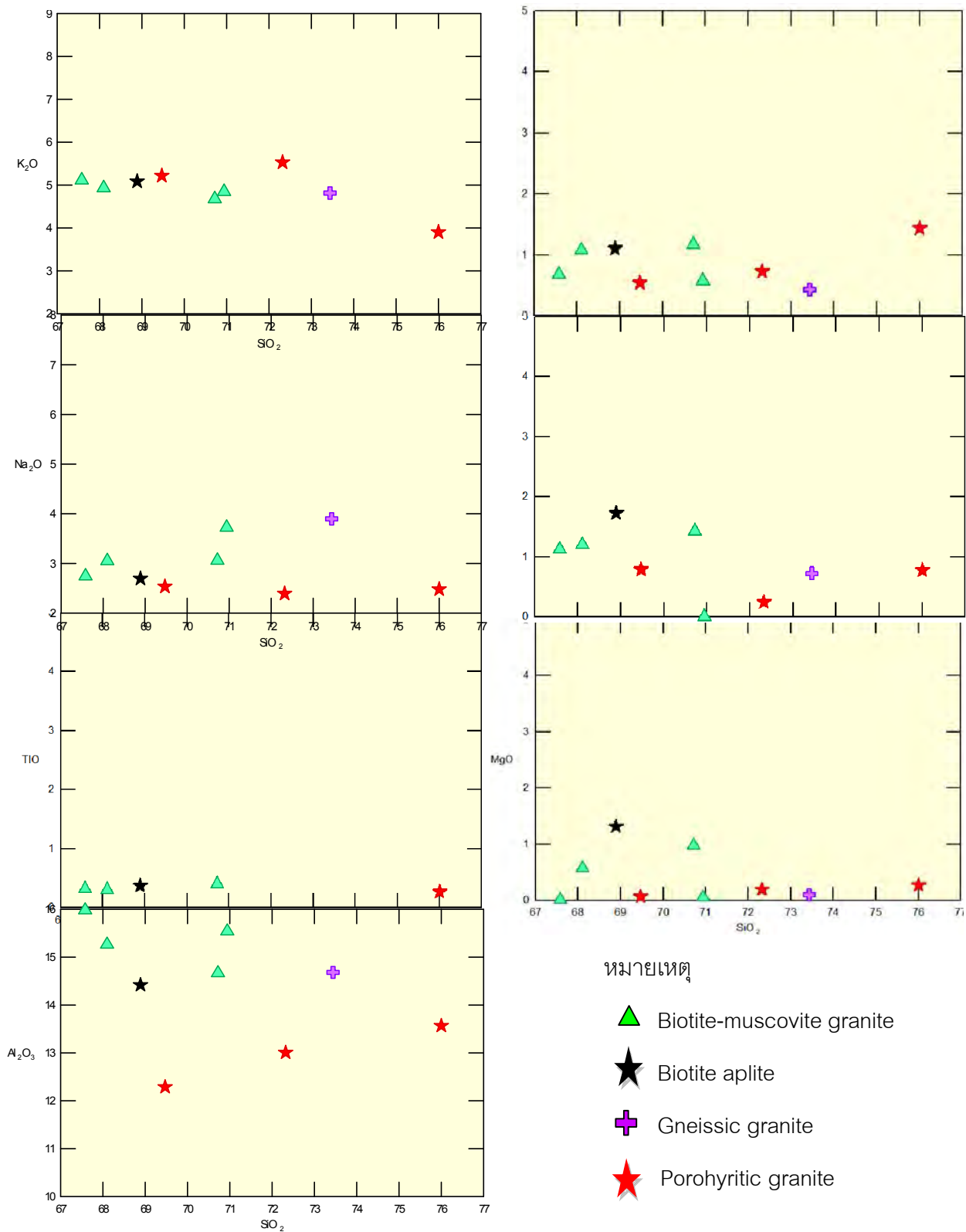
$\text{CaO}$ : ในตัวอย่างหินพื้นที่ศึกษามีค่าใกล้เคียงกันคือ ระหว่าง 0.7-1.4 โดยมี 2 ตัวอย่าง ที่มีค่าน้อยกว่า คือ ตัวอย่างที่ ST10 ในกลุ่ม หินไบโอบี-ไทต์-มัสโคไวท์ แกรนิต และตัวอย่างที่ ST14 ในกลุ่มหินไบโอบี-ไทต์-มัสโคไวท์ เอไฟลด์ โดยมีค่า 0.58% และ 0.44% ตามลำดับ

$\text{MgO}$ : ในกลุ่มหินตัวอย่างมีค่าต่ำประมาณ 0.2-0.9 โดยมีตัวอย่างที่ ST8 และ ST10 ในกลุ่มไบโอบี-ไทต์-มัสโคไวท์ แกรนิต ST13, ST12 ไบโอบี-ไทต์-มัสโคไวท์ เอไฟลด์ และแกรนิตเนื้อดอก ตามลำดับ โดยมีค่าต่ำกว่า

$\text{TiO}_2$ : ในหินตัวอย่างมีค่าต่ำประมาณ 0.2 – 0.3 % โดยมีตัวอย่างที่ ST10 ในกลุ่มหิน ไบโอบี-ไทต์-มัสโคไวท์แกรนิต ตัวอย่างที่ ST13 ในกลุ่มหินไบโอบี-ไทต์-มัสโคไวท์ เอไฟลด์ ตัวอย่างที่ ST12 และ ST14 ในกลุ่มหินแกรนิตเนื้อดอกที่มีค่าต่ำกว่า

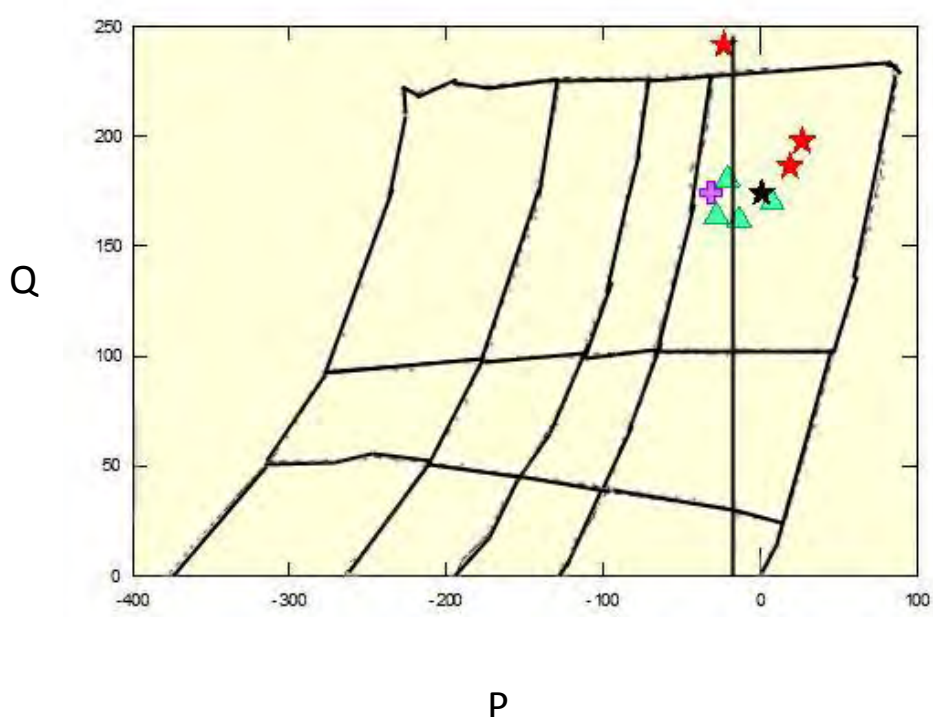
ตารางที่ 3.2 ผลวิเคราะห์ธรณีเคมีของกลุ่มหินแกรนิต ชลบุรี – ระยอง

Major oxide	Biotite-muscovite granite				Gneissic granite	Biotite-muscovite aplite	Porphyritic granite		
	ST7	ST8	ST9	ST10	ST11	ST13	ST12	ST13	ST14
SiO <sub>2</sub>	70.72	67.58	68.1	70.94	68.89	73.44	69.47	76	72.32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.67	15.98	15.26	15.54	14.42	14.68	12.29	13.57	13.01
K <sub>2</sub> O	4.68	5.11	4.93	4.85	5.08	4.81	5.22	3.90	5.53
Na <sub>2</sub> O	3.06	2.74	3.05	3.72	2.69	3.90	2.53	2.48	2.39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.43	1.13	1.20	0.01	1.73	0.73	0.79	0.78	0.25
CaO	1.17	0.68	1.08	0.58	1.11	0.44	0.55	1.45	0.74
MgO	0.98	0.01	0.57	0	1.32	0	0	0.27	0.20
TiO <sub>2</sub>	0.40	0.32	0.30	0	0.38	0	0	0.28	0
L.O.I	1.06	2.25	0.92	0.90	1.95	0.60	0.50	0.79	0.57
total	98.17	95.8	95.41	96.87	97.57	98.60	91.35	99.52	95.01
Trace elements (ppm.)									
Ba	505.58	333.81	357.40	29.65	511.88	73.21	60.90	291.62	74.08
Rb	278.98	318.53	310.29	625.36	298.25	368.50	379.86	247.27	363.78
Y	46.31	51.59	49.29	88.70	46.08	95.24	60.92	58.207	71.29
Nb	17.32	25.91	17.95	32.02	12.42	24.93	16.10	16.011	15.80
Ce	82.39	71.51	74.39	37.65	81.59	49.08	41.127	68.36	46.36
Zr	201.39	154.51	131.62	29.20	196.75	69.13	61.69	121.16	93.97



รูปที่ 3.21 แผนภาพแสดง Harker variation diagram ระหว่าง  $SiO_2$  กับ Major Oxide และ Miner Oxide ประกอบด้วยค่า  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$  และ  $TiO_2$

จาก Harker variation diagrams ระหว่าง ซิลิกา ( $\text{SiO}_2$ ) กับปริมาณธาตุหลักและธาตุรองในรูปของ ออกไซด์ ซึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.21 พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณซิลิกา ( $\text{SiO}_2$ ) ไม่แสดงความสัมพันธ์กับ ปริมาณธาตุหลักและธาตุรองอื่นๆ พบการกระจายค่อนข้างเกาะกลุ่มกัน มีเพียงธาตุ  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ที่สามารถแบ่ง ออกเป็น 2 กลุ่มได้อย่างชัดเจน โดยกลุ่มหิน ไบโอไทต์-มัสโคไวท์ แกรนิต (biotite muscovite granite) มีค่า ปริมาณ  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ค่อนข้างสูง ส่วนกลุ่มหินแกรนิตเนื้อดอก (porphyritic granite) มีค่าต่ำ คาดว่าน่าจะมีผล จากปริมาณแร่ไบโอไทต์-มัสโคไวท์ ที่ต่างกัน จากองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าว จึงมีการสร้างกราฟแบ่ง ชนิดของหินอัคนีบาดาล (plutonic rock)



$$P = K - (Na + Ca)$$

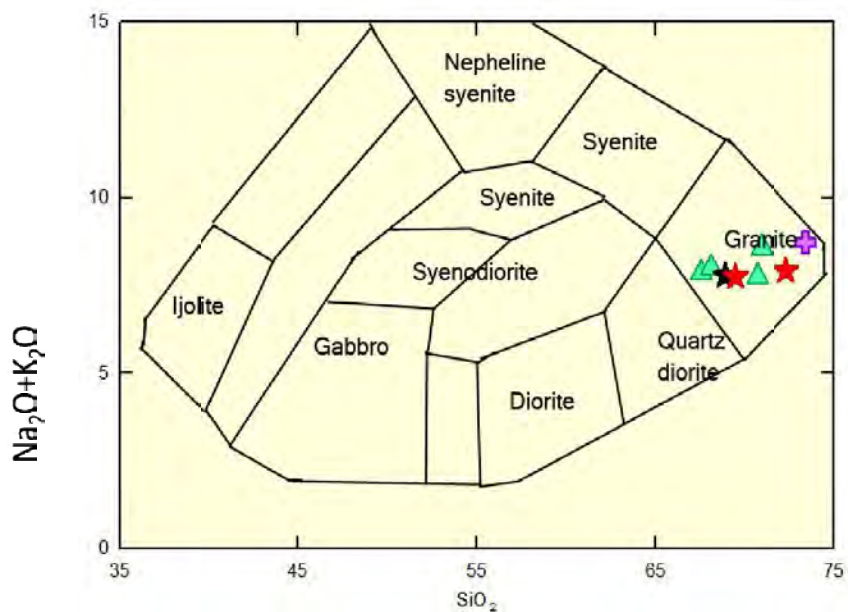
$$Q = \text{Si} / 3 - (K + Na + 2Ca / 3)$$

1: Granite, 2 : Adamellite, 3 : Granodiorite, 4 : Tonalite(trochjemitite), 5 : Quartz Syenite,  
6 : Quartz Monzonite, 7 : Quartz Monzodiorite, 8 : Quartz Diorite, 9 : Syenite, 10 : Monzonite,  
11: Monzogabbro, 12 : Gabbro

หมายเหตุ ▲ Biotite-muscovite granite    + Gneissic granite  
★ Biotite aplite    ★ Porphyritic granite

รูปที่ 3.22 แสดงแผนภาพแสดงสัดส่วนระหว่าง P และ Q ซึ่งผลวิเคราะห์ของตัวอย่างหินส่วนใหญ่จัดอยู่ใน องค์ประกอบของ Granite (Debon and Le Fort, 1983)





หมายเหตุ ▲ Biotite-muscovite granite    + Gneissic granite  
 ★ Biotite aplite    ★ Porohyritic granite

รูปที่ 3.23 แสดงแผนภาพสัดส่วนระหว่างปริมาณ  $\text{SiO}_2$  กับ  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  ของตัวอย่าง แสดงผลวิเคราะห์ส่วนใหญ่ตกอยู่ในบริเวณกลุ่มหิน Granite (Debon and Le Fort, 1983)

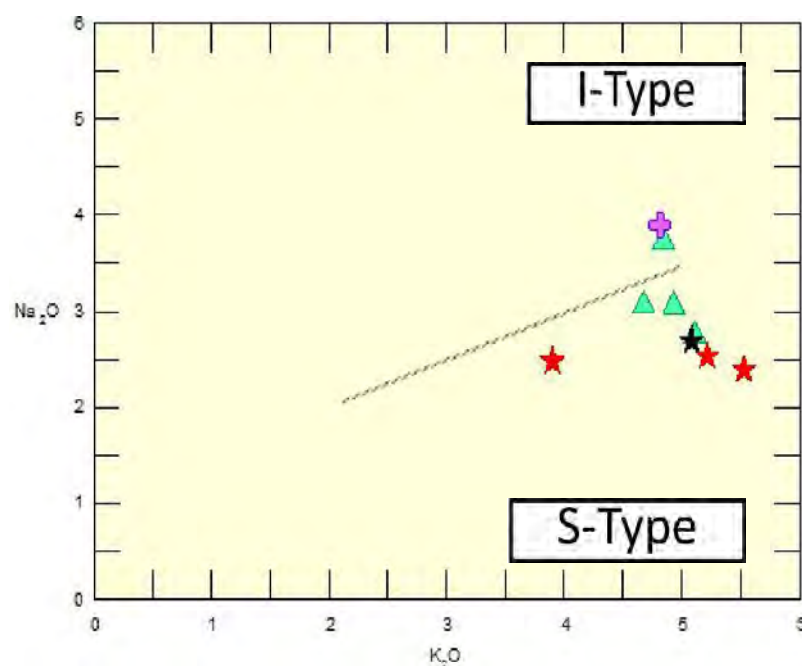
จากการสร้างกราฟระหว่าง P กับ Q (Debon and Le Fort, 1983) และ  $\text{SiO}_2$  กับ  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  (Middleton, 1985) พบว่าหินในบริเวณที่ศึกษามีองค์ประกอบเป็นหินอัคนีแทรกซอนชนิดแกรนิต

## บทที่ 4

### อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

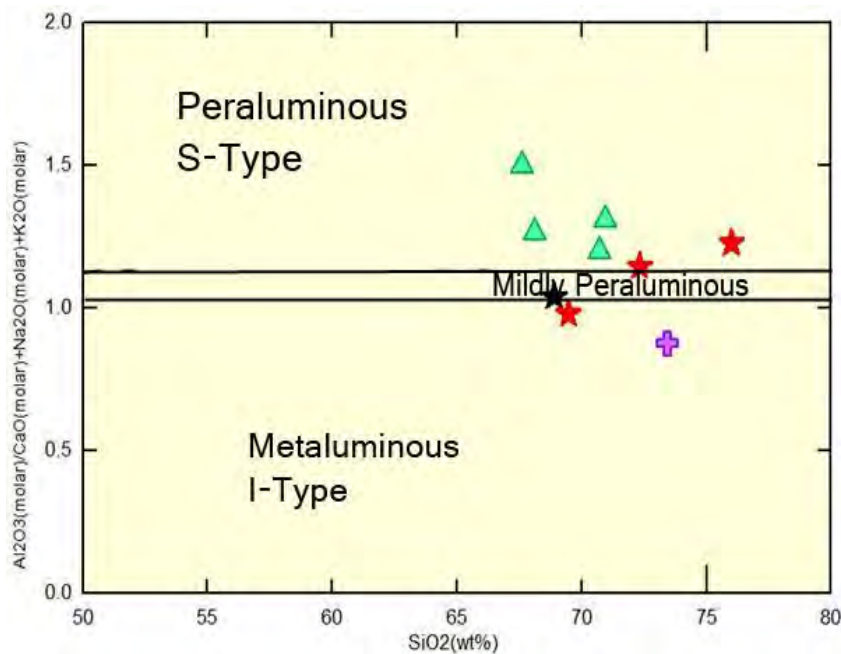
#### 4.1 กำเนิดหินอัคนี

จากการแบ่งชนิดของหินโดยใช้องค์ประกอบทางเคมี องค์ประกอบเป็น แร่ควออตซ์ เฟลด์สปาร์ แพลจิโอเคลส ไบโอไทต์ มัสโคไวท์ และจากผลการวิเคราะห์เคมีของหินทั้งก้อนใช้ในการจำแนกประเภทของการเกิดธรณีแปรสัณฐาน (รูปที่ 4.1-4.5)



หมายเหตุ      ▲ Biotite-muscovite granite      + Biotite aplite  
 ★ Gneissic granite      ★ Porphyritic granite

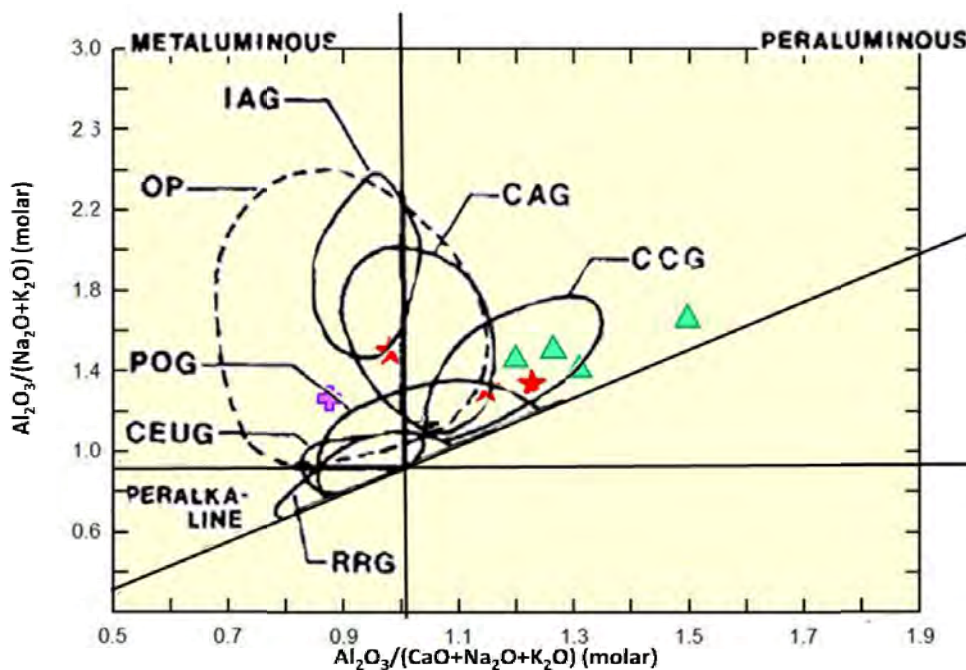
รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพสัดส่วนระหว่าง Na<sub>2</sub>O กับ K<sub>2</sub>O ของตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ส่วนใหญ่ตกอยู่ในบริเวณ S-type (Debon and Le Fort, 1983)



- หมายเหตุ
- ▲ Biotite-muscovite granite
  - ★ Gneissic granite
  - ✚ Biotite aplite
  - ★ Porphyritic granite

รูปที่ 4.2 แสดงแผนภาพสัดส่วนระหว่าง SiO<sub>2</sub> กับ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O ของตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณ Peraluminous (Manior, et al., 1989)

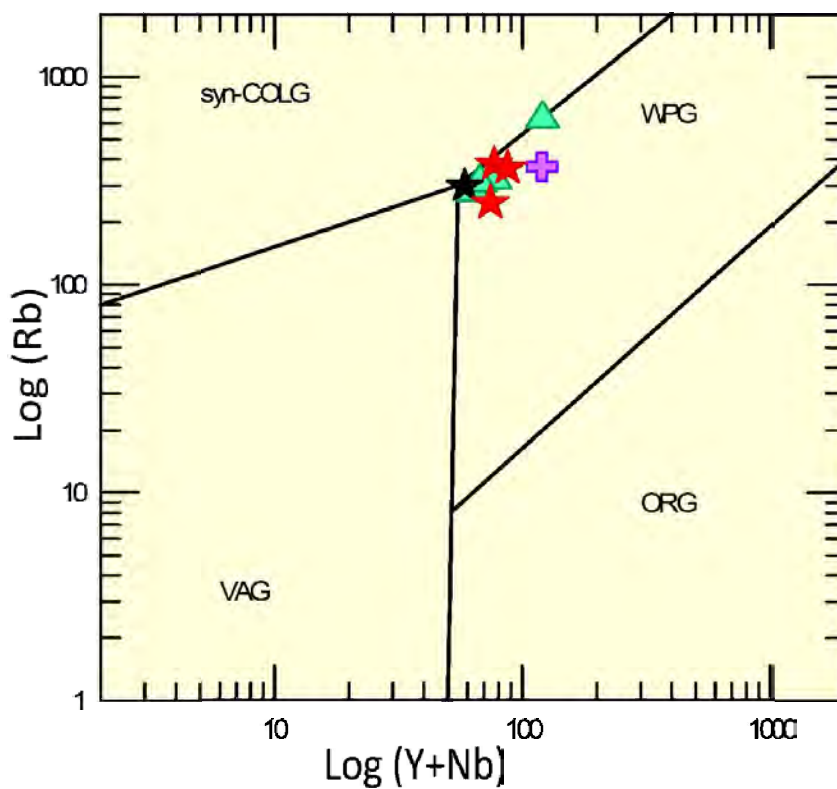
การสร้างกราฟระหว่าง Na<sub>2</sub>O กับ K<sub>2</sub>O (Debon and Le Fort, 1983) และ SiO<sub>2</sub> กับ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O (Manior, et al., 1989) สามารถสรุปได้ว่า หินในบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นหินแกรนิตชนิด S-type หรือหินแกรนิตที่เกิดจากการหลอมละลายของชั้นตะกอนภายใต้แผ่นพื้นทวีป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จักรพันธ์ สุทธิรัตน์ และคณะ (2551) และ Charusiri และคณะ (1993) ที่จัดให้หินแกรนิตในบริเวณนี้เป็นหินแกรนิตในแนวกลาง



IAG: Island arc granitoids, CAG: Continental arc granitoids, CCG: Continental collision granitoids, RRG: Rift-related granitoids, CEUG: Continental epeirogenic uplift granitoids, OP: oceanic plagiogranites

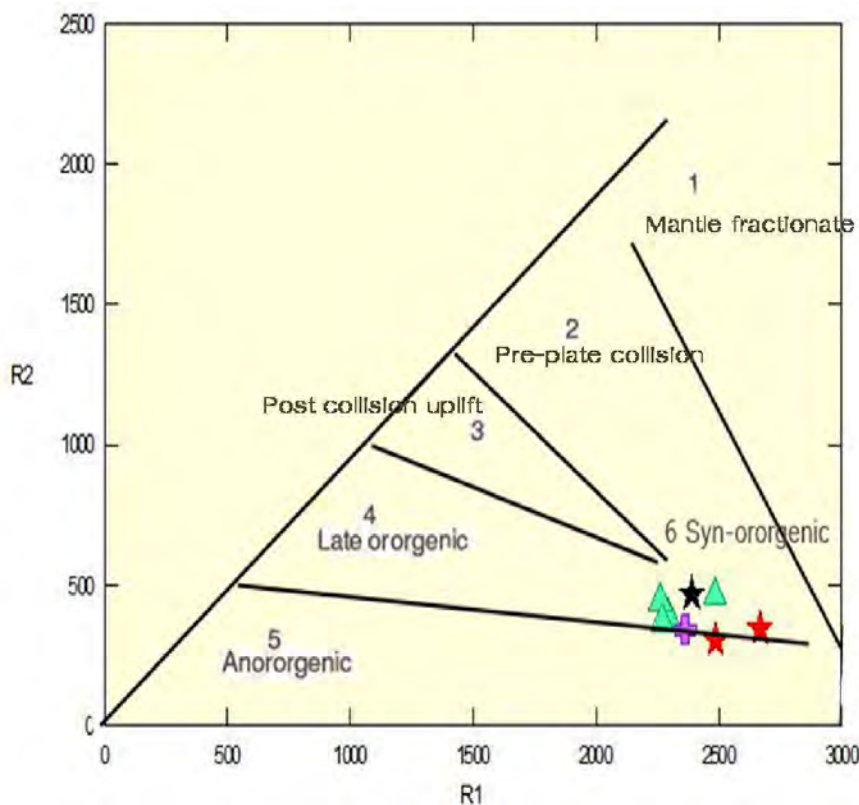
หมายเหตุ ▲ Biotite-muscovite granite      ★ Gneissic granite  
 ✚ Biotite aplite                                      ★ Porphyritic granite

รูปที่ 4.3 แสดงค่าระหว่าง  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  กับ  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  (Maniar and Piccoli, 1989) ในการจำแนกหินที่เกิดจากธรณีแปรสัณฐานประเภทต่างๆ ซึ่งหินส่วนใหญ่ในกลุ่มพื้นที่ศึกษาจัดเป็น CCG



VAG: Volcanic Arc Granites, Syn - Colg: Syn-Collision Granites, WPG: Within Plate Granites, ORG : Ocean Ridge Granites

รูปที่ 4.4 แสดงค่าระหว่าง  $\text{Log}(Y+Nb)$  กับ  $\text{Log Rb}$  (Pearce et al, 1984) ในการจำแนกหินที่เกิดจากธรณีแปรสัณฐานประเภทต่างๆ ซึ่งหินส่วนใหญ่ในกลุ่มพื้นที่ศึกษาจัดเป็น WPG



$$R1 = 4Si - 11(Na + K) - 2(Fe - Ti), R2 = 6Ca + (Mg + Al)$$

หมายเหตุ ▲ Biotite-muscovite granite      ★ Gneissic granite  
 + Biotite aplite      ★ Porphyritic granite

รูปที่ 4.5 แสดงค่าระหว่าง  $\text{Log}(Y+Nb)$  กับ  $\text{Log Rb}$  (Batchelor & Bowden, 1985) ในการจำแนกหินที่เกิดจากธรณีแปรสัณฐานประเภทต่างๆ ซึ่งหินส่วนใหญ่ในกลุ่มพื้นที่ศึกษาจัดเป็น Syn-orogenic

จากข้อมูลแผนภาพแสดงค่าระหว่าง  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  กับ  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  พบว่าหินส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาจัดเป็น Continental Collision Granitoids (CCG) ตามแผนภูมิของ Maniar and Piccoli (1989) แผนภาพ ระหว่าง  $\text{Log}(Y+Nb)$  กับ  $\text{Log Rb}$  หินส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาจัดเป็น Within Plate Granites (WPG) ตามการจำแนกของ Pearce et al (1984) และจากแผนภาพระหว่าง  $\text{Log}(Y+Nb)$  กับ  $\text{Log Rb}$  (Batchelor & Bowden, 1985) หินส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาจัดเป็น Syn-orogenic

จากการศึกษาและงานวิจัยก่อนหน้านี้ จึงทำให้สรุปได้ว่า หินแกรนิตในบริเวณนี้เกิดจากการชนกันของแผ่นเปลือกโลกและยกตัวขึ้นเกิดเป็นเทือกเขา ความร้อนที่สูงขึ้นและความดันที่ลดลงทำให้ชั้นหินตะกอนเดิมหลอมละลายและเย็นตัวกลายเป็นหินแกรนิต ซึ่งคาดว่าเกิดก่อนหินแกรนิตในบริเวณชลบุรีและระยองทางด้านตะวันตก โดยงานวิจัยของ จักรพันธ์ สุทธิรัตน์ และคณะ (2551)

## 4.2 วิเคราะห์และสรุปผล

จากการแสดงค่าองค์ประกอบทางเคมีต่างๆในรูปแบบแผนภาพ ดังรูป 4.1-4.5 ประกอบกับผลการศึกษาอื่นที่ได้ศึกษามาก่อนหน้าที่ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า หินแกรนิตในบริเวณพื้นที่ศึกษาน่าจะแทรกดันมาในช่วงยุคปลายไทรแอสซิก (Nakapadungrat และคณะ, 1984; Charusiri และคณะ 1993) จากการทำงานของ จักรพันธ์ สุทธิรัตน์ และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาริเวณจังหวัดชลบุรีและระยอง ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา พบว่าหินแกรนิตที่พบอยู่ในกลุ่ม Quartz syenite เป็นหินแกรนิตชนิด S-type และมีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายกับหินหนืดชนิด Metaluminous ในบริเวณที่ลึกเข้าไปในแผ่นเปลือกเนื่องจากการได้รับอิทธิพลจากการชนกันของแผ่นจุลทวีปฉาน-ไทยกับแผ่นจุลทวีปอินโดจีน จากผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาของ Charusiri และคณะ (1993) ที่จัดให้หินแกรนิตในบริเวณนี้เป็นหินแกรนิตในแนวกลาง

หินในพื้นที่ศึกษาพบว่าส่วนใหญ่มีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกับหินหนืดพวก peraluminous และจัดเป็นกลุ่ม granite นอกจากนี้องค์ประกอบสอดคล้องกับลักษณะของหินแกรนิตที่เกิดบนทวีป (Within Plate Granite; WPG) ซึ่งเกิดพร้อมกันกับกระบวนการยกตัวของเทือกเขา (Syn-orogenic) เนื่องจากการชนกันของแผ่นพื้นทวีป (Continental Collision Granitoids; CCG) จากข้อมูลข้างต้นทำให้สามารถสรุปได้ว่าหินแกรนิตในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้เกิดขึ้นจากการหลอมละลายบางส่วน (partial melting) ของหินเดิมที่เป็นหินตะกอนภายในแผ่นจุลทวีป ฉาน-ไทย เนื่องจากความร้อนและความดันที่สูงจากการชนกันกับแผ่นจุลทวีปอินโดจีน จากนั้นเย็นตัวอย่างช้าๆในอัตราการเย็นตัวที่ต่างกัน ทำให้เราพบหินแกรนิตที่มีลักษณะเนื้อหินและแร่องค์ประกอบที่แตกต่างกัน

## เอกสารอ้างอิง

- จักรพันธ์ สุทธิรัตน์, ปัญญา จารุศิริ, Gavin Sinclair, 2551. **เคมีและศิลาวิทยาของหินแกรนิตในพื้นที่ชลบุรี-ระยอง ภาคตะวันออกของประเทศไทย** แหล่งทุนสนับสนุน ทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 144 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
- Batchelor R.A. and Bowden, 1985. **Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters**. *Chemical Geology*, 48, 43-55.
- Burton, C.K. and Bignell, J.D. 1969. **Cretaceous-Tertiary events on Southeast Asia**. *Bulletin of Geological Society of America*, p. 681-688.
- 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.
- Bunopas, S. 1981. **Paleographic 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.
- Chappell, B.W. and White, A.J.R. 2001. **Two contrasting granite type: 25 years later**. *Australian Journal of Earth Sciences* 45:489-499
- 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., 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 Science*, 8(1-4), p.91-99.



- 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
- Debon, F., Lefort, P., Sheppard, S.M.F., and Sonel, J., 1986, **The four plutonic belts of the TransHimalaya-Himalaya: A chemical, mineralogical, isotopic, and geochronological synthesis along a Tibet-Nepal section**. Journal of Petrology, v. 27, p. 219-250
- 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 Puccio, P.M. 1989. **Tectonic discrimination of granitoids**. Geological Society of America Bulletin, 101:635-643
- Middleton, E.A.K., 1985. **Magmas and magmatic rocks**. Logman, London.
- Mitchell, A. H. G. 1977. **Tectonic setting for emplacement of SE Asia in granitoids**. Bulletin of Geological Society of Malasia. No. 9, p. 123-140.
- 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.
- Rollinson, Hugh R., 1993. **Using geochemical data: evaluate, presentation, interpretation**. 1<sup>st</sup> published. Singapore: Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd.