ศิลาวรรณนาและธรณีเคมีของแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาวในหินแกรนิตของประเทศไทย

นายนนท์นิฐ พรเพชรรัศมีกุล

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

PETROGRAPHY AND GEOCHEMISTRY OF PINK AND WHITE FELDSPARS IN GRANITES OF THAILAND

NONTNARIT PHONPHETRASSAMEEKUL

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Bachelor of Science

Department of Geology Faculty of Science Chulalongkorn University

Academic Year 2011

วันที่ส่ง ……../……../…….

วันที่อนุมัติ ……/……./……...

……..

รองศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา จารุศิริ

อาจารย์ที่ปรึกษา

หัวข้อโครงการ	ศิลาวรรณนาและธรณีเคมีของแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาวในหินแกรนิตของประเทศไทย
นิสิตผู้เสนอโครงการ	นายนนท์นิรุฐ พรเพชรรัศมีกุล
	เลขประจำตัวนิสิต 513 27091 23
ภาควิชา	ธรณีวิทยา
ปีการศึกษา	2554
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	รองศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา จารุศิริ

บทคัดย่อ

หินแกรนิตเป็นหินอัคนีแทรกซอนชนิดหนึ่งที่พบมากในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศไทยพบทั้งในลักษณะภูมิประเทศที่เป็นเทือกเขาและที่ราบ จากการสำรวจธรณีวิทยาของหินแกรนิต พบว่าสามารถแบ่งหินแกรนิตออกได้เป็น 3 แนวตามลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน โดยการศึกษาของ Charusiri และคณะ (1993) แบ่งได้เป็นหินแกรนิตแนวตะวันตก หินแกรนิตแนวตอนกลางและหินแกรนิตแนวตะวันออก หินแกรนิตประกอบด้วยแร่ที่สำคัญๆ ได้แก่ แร่เฟลด์สปาร์, แร่ควอรตซ์ และแร่ไบโอไทต์ หากวิเคราะห์ทางกายภาพของหินแกรนิตแล้วจะพบว่าหินแกรนิตมีสีที่หลากหลาย โดยแร่เฟลด์สปาร์จะเป็นแร่หนึ่งที่ทำให้หินแกรนิตนั้นมีสีต่างๆ ได้ ดังนั้นจึงวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาวในหินแกรนิตทั้งด้านแร่วิทยาทางแสงและธรณีเคมี

จากการศึกษาศิลาวรรณนาสามารถวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาวได้ โดยที่แร่เฟลด์สปาร์สีชมพูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์จะพบลักษณะเนื้อที่มีรูปร่างของเพอร์ไทต์ และพบแร่ที่เกิดร่วมด้วย ได้แก่ แร่ควอรตซ์, แร่อะพาไทต์, แร่สฟีน, แร่ฮอร์นเบลนด์ และแร่ไบโอไทต์ที่มีพลีโอโคอิคสีเขียว แต่ในแร่เฟลด์สปาร์สีขาวจะพบลักษณะเนื้อที่ไม่มีรูปร่างของเพอร์ไทต์ และพบแร่ที่เกิดร่วมด้วย ได้แก่ แร่มัสโคไวต์และแร่ไบโอไทต์ นอกจากนี้ลักษณะความแตกต่างเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ที่ทำให้แร่เฟลด์สปาร์มีสีชมพูคือธาตุ Al, Si, Mg, P, Zr, Sr, และ Pb ที่มีปริมาณน้อยกว่าในแร่เฟลด์สปาร์สีขาว แต่แร่เฟลด์สปาร์สีชมพูจะพบธาตุ Ca, Ti, Mn, Na, K, Fe, Ni, Cu, Rh, Ba, และ Hf จะมีปริมาณมากกว่าในแร่เฟลด์สปาร์สีขาว โดยธาตุที่ทำให้แร่เฟลด์สปาร์มีสีชมพูคือ ธาตุ Mn, Fe และ Ba ส่วนการวิเคราะห์ลักษณะ structural state และการเรียงตัวของธาตุในแร่เฟลด์สปาร์ จะพบว่าแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูจะมีโครงสร้างที่แสดงลักษณะ structural state ที่สูงกว่าและมีการเรียงตัวของธาตุอะลูมิเนียมและธาตุซิลิกอนไม่ค่อยเป็นระเบียบ แสดงว่าแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูมีการเย็นตัว ณ อุณหภูมิที่สูงกว่าแร่เฟลด์สปาร์สีขาว ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์อุณหภูมิในการเกิดแร่เฟลด์สปาร์ โดยใช้วิธีของ Putirka (2008) พบว่าแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูเกิด ณ อุณหภูมิช่วง 550 ℃ – 650 ℃ ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิของแร่เฟลด์สปาร์สีขาวที่เกิด ณ อุณหภูมิช่วง 450 ℃ – 500 ℃ อีกทั้งแร่ที่ร่วมด้วยกับแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูก็เป็นแร่ที่เกิดที่อุณหภูมิสูงด้วยเช่นกัน

TITLE	PETROGRAPHY AND GEOCHEMISTRY OF PINK AND WHITE FELDSPARS IN GRANITES OF THAILAND
RESEARCHER	NONTNARIT PHONPHETRASSAMEEKUL
	STUDENT ID 513 27091 23
DEPARTMENT	GEOLOGY
ACADEMIC YEAR	2011
ADVISOR	ASSOC.PROF.DR. PUNYA CHARUSIRI

ABSTRACT

Granite is the one of plutonic rocks that has been found abundantly in Southeast Asia. Granite in Thailand was found in both of mountain range and plain. The mapping of granite by Charusiri *et.al*.(1993) was divided granite into three belts, there are Eastern belt granite, Central belt granite, and Western belt granite. General characteristics of granite contain major minerals i.e. feldspar, quartz, and biotite. As a result of physical properties, found that granite varies in color: white, pink, gray, dark gray to black. Color of granite causes by color of feldspar, therefore, this project aimed to determine the difference between pink and white feldspars in granite of Thailand by petrography and mineral chemistry.

From the petrographic study, feldspar was identified to pink and white, feldspar under polarizing microscope was observed to be irregular perthitic texture and associated minerals with pink feldspar consists of quartz, apatite, sphene and green pleochroic biotite while white feldspar is regular perthitic texture under microscope and associated minerals with white feldspar consists of muscovite and biotite. Moreover, the different of mineral chemical characteristics influence to the color of pink and white feldspar. Pink feldspar contains Al, Si, Mg, P, Zr, Sr, and Pb less than white feldspar but contains Ca, Ti, Mn, Na, K, Fe, Ni, Cu, Rh, Ba, and Hf more than white feldspar whereas pink-colored of feldspar causes by Mn, Fe and Ba. The mineral rock-forming for Al-Si order indicate that pink feldspar belongs to a higher structural state or disordered triclinic phase. That means pink feldspar occurs in higher temperature condition than white feldspar. Corresponding to geothermometric calculations were carried out using two-feldspar thermometry. The method of Putirka (2008) found that pink feldspar occur in 550 ℃ – 650 ℃ that higher than white feldspar (～about 450 ℃ – 500 ℃) and associated minerals with pink feldspar are high temperature minerals.

Keywords: granite, feldspar, petrography, geochemistry

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา จารุศิริ ที่กรุณาสละเวลาและให้ความรู้ ตลอดจนคำแนะนำในการทำงานวิจัยในทุกขั้นตอน

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่คอยประสิทธิ์ประสาทวิชาและได้ให้ความรู้ ตลอดจนการสนับสนุนและคำปรึกษา

ขอขอบพระคุณพี่ๆ บุคลากรทุกท่านที่ช่วยเหลือและคำแนะนำในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนสายปัญญาทุกคน นางสาวมยุรา แดงประสิทธิ์พร และนางสาวสุพิชญา ไปพะนา และเพื่อนๆ GEO 52 ทุกคนที่ให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือตลอดเวลา

ขอขอบคุณน้อง ๆ GEO 53 และ GEO 54 ที่ช่วยให้การทำงานดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสการศึกษาอันมีค่ายิ่ง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 แนวคิด เหตุผล และทฤษฎีสำคัญ	2
1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
1.3 วัตถุประสงค์	7
1.4 ธรณีวิทยาทั่วไป	7
บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย	**11**
2.1 วิธีการดำเนินงาน	12
2.2 ขั้นตอนการศึกษา	13
2.3 ตารางการปฏิบัติงาน.	14
2.4 การสำรวจภาคสนามและตัวอย่างหินแกรนิต	15
2.5 การเตรียมตัวอย่าง	24
- การเตรียมตัวอย่างแผ่นหินบาง	24
- การเตรียมตัวอย่างแผ่นหินบางขัดมัน	24
- การเตรียมผงตัวอย่างหิน	25
บทที่ 3 ผลการศึกษา	**27**
3.1 ศิลาวรรณนา	28
- ศิลาวรรณนาของหินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีชมพู	29
- ศิลาวรรณนาของหินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีขาว	38
3.2 เคมีของแร่	51
3.3 โครงสร้างผลึก	56
บทที่ 4 อภิปรายผลการศึกษา	**65**
4.1 ศิลาวรรณนา	66

สารบัญ

	หน้า
4.2 เคมีของแร่	66
4.3 โครงสร้างผลึก	73
4.4 อุณหภูมิการเกิด	74
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	**79**
เอกสารอ้างอิง	81
ภาคผนวก	84

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ผลการวิเคราะห์เคมีของแร่เฟลด์สปาร์ด้วยเครื่อง EPMA จาก Karkonosze pluton ในประเทศโปแลนด์ (Slaby & Götze, 2004) 5

ตารางที่ 1.2 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบด้วยเครื่อง XRD ซึ่งพบแร่ออร์โทเคลสและแร่ไมโครไคลน์ (Gwalani และคณะ, 1999) 5

ตารางที่ 1.3 ผลการวิเคราะห์เคมีของแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและแร่มัสโคไวต์ จาก feldspar-rich pegmatite ในประเทศอินเดีย (Tr=trace, Nd=not detected) (Gwalani และคณะ, 1999) 5

ตารางที่ 1.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากที่พบในแร่ต่างๆ ของหินแกรนิตในประเทศอังกฤษ (Buma และคณะ, 1971) 6

ตารางที่ 1.5 ผลการวิเคราะห์เคมีของหินแกรนิตสีเทา (ซ้าย) และหินแกรนิตสีชมพู (ขวา) ใน Chhotanagpur granite gneiss complex of Raikera-Kunkuri Region, Central India (Singh, 2009) 6

ตารางที่ 2.1 แผนการดำเนินงาน (work plan) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2554 – เดือนเมษายน 2555 14

ตารางที่ 3.1 ปริมาณของธาตุองค์ประกอบหลักและธาตุส่วนน้อยในแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ของตัวอย่างหินแกรนิต 52

ตารางที่ 3.2 ตัวแทนค่าที่ได้จากผลการวิเคราะห์เคมีของแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ในตัวอย่างหินแกรนิต (*n.d.* = not detected) 53

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบหลักระหว่างแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว 68

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบธาตุส่วนน้อยระหว่างแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว 71

ตารางที่ 4.3 Unit cell parameter ของแร่เฟลด์สปาร์จากตัวอย่างหินแกรนิตทั้งหมด 10 ตัวอย่าง 75

ตารางที่ 4.4 ค่าของ structural state และการกระจายตัวของธาตุอะลูมิเนียมใน tetrahedral sites ของแร่เฟลด์สปาร์ในตัวอย่างหินแกรนิตทั้งหมด 10 ตัวอย่าง 77

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์เคมีของแร่แอลคาไลเฟลด์สปาร์และแร่แพลจิโอเคลส 77

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิการเกิดแร่เฟลด์สปาร์ 78

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 1.1	ตำแหน่งของ Karkonosze pluton ประเทศโปแลนด์ (Slaby & Götze, 2004)	5
รูปที่ 1.2	การกระจายตัวของหินแกรนิตในประเทศไทยและพื้นที่ใกล้เคียง (พื้นที่สีดำ) และเส้นประแสดงการแบ่งแนวหินแกรนิตออกเป็น 3 แนว (Charusiri และคณะ, 1993)	8
รูปที่ 1.3	การกระจายตัวและอายุของหินแกรนิตทั้งสามแนว (ตัวเลขในช่องสี่เหลี่ยมมีหน่วยเท่ากับล้านปี) (Charusiri และคณะ, 1993) (ก) หินแกรนิตแนวตะวันตกที่มีอายุอยู่ในช่วง 65 – 88 ล้านปี (ข) หินแกรนิตแนวตอนกลางที่มีอายุอยู่ในช่วง 179 - 220 ล้านปี (ค) หินแกรนิตแนวตะวันออกที่มีอายุอยู่ในช่วง 220 – 245 ล้านปี	10
รูปที่ 2.1	การกระจายตัวของหินแกรนิตในประเทศไทย (พื้นที่สีดำ), การแบ่งแนวหินแกรนิตออกเป็น 3 แนว (เส้นประ) และตำแหน่งตัวอย่างหินแกรนิตที่วิเคราะห์ (ดาวและหมายเลขสีแดง) (ดัดแปลงจาก Charusiri และคณะ, 1993)	15
รูปที่ 2.2	การกระจายตัวของหินแกรนิตในจังหวัดภูเก็ต กระบี่ และพังงา โดยแบ่งหินแกรนิตออกตามลักษณะดังนี้ G-1 = coarse-grained, porphyritic, biotite (±hornblende) granite G-2 = fine-to-medium-grained, biotite-hornblende granite G-3 = medium-to-coarse-grained, porphyritic, biotite granite G-4 = fine-to-medium-grained, biotite-muscovite (±tourmaline) granite (Charusiri, 1989) และเครื่องหมายดาวแสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่	17
รูปที่ 2.3	ตัวอย่างหินแกรนิต เขาพนมเบญจาจังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1)	17
รูปที่ 2.4	แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณอำเภอแกลง จังหวัดระยอง (Charusiri, 1989) และตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิต เครื่องหมายดาวแสดงบริเวณวัดหนองหว้า อำเภอแกลง จังหวัดระยอง	18
รูปที่ 2.5	ตัวอย่างหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหมายเลข G2)	18
รูปที่ 2.6	ตัวอย่างหินแกรนิต อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (ตัวอย่างหมายเลข G3)	19
รูปที่ 2.7	ตัวอย่างหินแกรนิต อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G4)	19
รูปที่ 2.8	แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย (Charusiri, 1989) เครื่องหมายดาวแสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณหาดกะตะ อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต และเครื่องหมายวงกลมแสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณหาดกะรน อำเภอเมืองจังหวัดภูเก็ต	20
รูปที่ 2.9	ตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณหาดกะตะ อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต	20
รูปที่ 2.10	ตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณ หาดกะรน อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต	20
รูปที่ 2.11	ตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิต เขาชีจรรย์ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี (ดาว,ดัดแปลงจาก Charusiri, 1989)	22

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.12 ตัวอย่างหินแกรนิตเขาชีจรรย์ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี 22

รูปที่ 2.13 การกระจายตัวของหินแกรนิตบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกตอนบนของประเทศไทย (Charusiri, 1989) โดยเครื่องหมายดาวแสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก และเครื่องหมายวงกลมแสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก 23

รูปที่ 2.14 ตัวอย่างหินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก 23

รูปที่ 2.15 ตัวอย่างหินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก 23

รูปที่ 2.16 ตัวอย่างแผ่นหินบาง เพื่อเตรียมการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์โพราไรซ์ 26

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างแผ่นหินบางขัดมัน เพื่อเตรียมการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA 26

รูปที่ 2.18 ผงตัวอย่างหิน เพื่อเตรียมการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRD 26

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1) 29

รูปที่ 3.2 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab) ของหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1) ที่มีสีสดเป็นสีเหลือง สีผุเป็นสีเหลืองเทา ซึ่งแสดงเนื้อหินแบบ porphyritic มีเนื้อดอกที่เป็นแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีเหลือง (Kfsp) และแร่แอลไบต์สีขาว (Ab) ที่มีขนาดประมาณ 1 – 3 เซนติเมตร มีเนื้อพื้นเป็นแร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร และแร่ทัวมารีนที่มีสีดำขนาดประมาณ 0.1 เซนติเมตร 29

รูปที่ 3.3 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G1-1ของหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1) แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่เป็นผลึกดอกไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 1.2 เซนติเมตร โดยที่แร่เพอร์ไทต์ (Pt) แสดงลักษณะเนื้อไร้รูปร่าง (irregular texture) และมีแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.2 มิลลิเมตรเป็นเนื้อพื้นเกิดร่วมด้วยในบริเวณรอบๆ ของเพอร์ไทต์(Pt) 30

รูปที่ 3.4 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G1-1ของหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1) แสดงให้เห็นลักษณะการเกิดของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไร้รูปผลึกที่บ่งบอกถึงลักษณะการโตของผลึกพร้อมกัน (intergrowth texture) ของแร่โพแทซเฟลด์สปาร์และแร่แอลไบต์ และลักษณะเนื้อไร้รูปร่างที่แสดงอย่างชัดเจนของเพอร์ไทต์ (Pt) โดยมีแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.02 – 0.05 มิลลิเมตร เกิดร่วมด้วยในบริเวณภายในและโดยรอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) 30

รูปที่ 3.5 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G1-2ของหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1) ที่แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ที่เป็นผลึกดอกของแร่โพแทซเฟลด์สปาร์และแร่แพลจิโอเคลสที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.7 มิลลิเมตร โดยสังเกตเห็นลักษณะเนื้อไร้รูปร่าง (irregular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) และมีแร่ควอรตซ์ขนาดประมาณ 0.01 - 0.3 มิลลิเมตร เป็นเนื้อพื้นเกิดร่วมด้วยในบริเวณรอบขอบของแร่เพอร์ไทต์และภายในที่มีลักษณะเป็น quartz inclusion 31

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.6 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G1-2ของหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1) โดยในวงกลมสีแดงจะแสดงลักษณะของเนื้อตัวหนอน (myrmekitic texture) ที่มีแร่ควอรตซ์ขนาดเล็กๆ คล้ายตัวหนอนบนแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ โดยมักจะเกิดในช่วงหลังของการเย็นตัวของหินแกรนิต 31

รูปที่ 3.7 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G3-1ของหินแกรนิตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (ตัวอย่างหมายเลข G3) แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.1 มิลลิเมตร โดยสังเกตจะพบลักษณะเนื้อไร้รูปร่าง (irregular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) และมีแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 - 0.1 มิลลิเมตร เกิดร่วมด้วยในบริเวณรอบขอบของแร่เพอร์ไทต์และภายในที่มีลักษณะเป็น quartz inclusion 32

รูปที่ 3.8 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G3-1ของหินแกรนิตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (ตัวอย่างหมายเลข G3) แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร โดยสังเกตจะพบลักษณะเนื้อไร้รูปร่าง (irregular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) และมีแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 - 0.1 มิลลิเมตร เกิดร่วมด้วยในบริเวณรอบขอบของแร่เพอร์ไทต์(Pt) 32

รูปที่ 3.9 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G3-2ของหินแกรนิตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (ตัวอย่างหมายเลข G3) แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร โดยสังเกตจะพบลักษณะเนื้อไร้รูปร่าง (irregular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) และมีแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 - 0.1 มิลลิเมตร เกิดร่วมด้วยในบริเวณรอบขอบของแร่เพอร์ไทต์และภายในที่มีลักษณะเป็น quartz inclusion 33

รูปที่ 3.10 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G3-2ของหินแกรนิตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (ตัวอย่างหมายเลข G3) แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.1 มิลลิเมตร โดยสังเกตจะพบลักษณะเนื้อไร้รูปร่าง (irregular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) และมีแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 - 0.1 มิลลิเมตร เกิดร่วมด้วยในบริเวณรอบขอบของแร่เพอร์ไทต์และภายในที่มีลักษณะเป็น quartz inclusion 33

รูปที่ 3.11 ตัวอย่างหินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G9) 34

รูปที่ 3.12 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab) ของหินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G9) ที่มีสีสดเป็นชมพู สีผุเป็นชมพูเทา ซึ่งแสดงเนื้อดอกของผลึกดอกแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพู (Kfsp) ที่มีขนาดประมาณ 2 – 3 เซนติเมตร โดยเนื้อพื้นจะเป็นแร่แอลไบต์สีขาว (Ab) ที่มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร แร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 1 – 2 เซนติเมตร และแร่ไบโอไทตสีดำ (Bt) 34

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.13 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 100 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G9-1 ของหินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G9) แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร โดยสังเกตจะพบลักษณะเนื้อไร้รูปร่าง (irregular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) และมีแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.01 มิลลิเมตร เกิดร่วมด้วยในบริเวณรอบขอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) 35

รูปที่ 3.14 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G9-1 ของหินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G9) แสดงให้เห็นลักษณะการแทรกเข้ามาของสายแร่ขนาดเล็กของแร่ควอรตซ์ (Qtz veinlet) ตามรอยแตกของเพอร์ไทต์ (Pt) โดยผลึกของแร่ควอรตซ์แต่ละผลึกมีขนาดประมาณ 0.01 มิลลิเมตร 35

รูปที่ 3.15 ตัวอย่างหินแกรนิตจังหวัดเลย (ตัวอย่างหมายเลข G10) 36

รูปที่ 3.16 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab)ของหินแกรนิตจังหวัดเลย (ตัวอย่างหมายเลข G10) ที่มีสีสดเป็นสีชมพูเข้ม สีผุเป็นชมพูเทา ซึ่งแสดงให้เห็นแร่ที่มีขนาดเท่าๆ กันของแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพู (Kfsp) ขนาดประมาณ 0.05 – 0.1 เซนติเมตร , แร่แอลไบต์สีขาวขุ่น (Ab) ขนาดประมาณ 0.05 – 0.1 มิลลิเมตร , แร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร และแร่ไบโอไทต์สีดำ (Bt) ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตร 36

รูปที่ 3.17 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G10-1 ของหินแกรนิตจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G10) แสดงให้เห็นลักษณะการแทรกเข้ามาและการเกิดผลึกของแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.005 – 0.01 มิลลิเมตร บริเวณรอบขอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่แสดงลักษณะเนื้อที่ไร้รูปร่าง (irregular texture) 37

รูปที่ 3.18 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G10-1 ของหินแกรนิตจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G10) แสดงให้เห็นลักษณะเนื้อที่ไร้รูปร่าง (irregular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) 37

รูปที่ 3.19 ตัวอย่างหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหายเลข G2) 38

รูปที่ 3.20 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab)ของหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหมายเลข G2) ที่มีสีสดเป็นสีขาวเทา สีผุเป็นเทาเข้ม ซึ่งแสดงให้เห็นแร่ที่มีขนาดเท่าๆ กันของแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพู (Kfsp) ขนาดประมาณ 0.05 – 0.1 เซนติเมตร , แร่แอลไบต์สีขาวขุ่น (Ab) ขนาดประมาณ 0.05 – 0.1 มิลลิเมตร , แร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร และแร่ไบโอไทต์สีดำ (Bt) ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตร 38

รูปที่ 3.21 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G2-1 ของหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหมายเลข G2) แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร เรียงตัวในแนวเดียวกันหลายผลึก โดยสังเกตจะพบลักษณะเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) 39

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.22 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G2-1 ของหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหมายเลข G2) แสดงลักษณะผลึกแฝดแบบ grid หรือ tartan อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดในแร่ไมโครไคลน์ โดยแร่ไมโครไคลน์ที่พบมีขนาดประมาณ 0.5 มิลลิเมตร โดยพบแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ขนาดประมาณ 0.7 มิลลิเมตร ที่แสดงลักษณะเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) และแร่ควอรตซ์ (QTz) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.1 มิลลิเมตรอยู่บริเวณรอยต่อระหว่างแร่ทั้งสอง 39

รูปที่ 3.23 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G2-2 ของหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหมายเลข G2) แสดงลักษณะผลึกของแร่ควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.02 – 0.05 มิลลิเมตร และแร่ไบโอไทต์ (Bt) ที่มีหน้าผลึกสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร ฝังอยู่ในเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร 40

รูปที่ 3.24 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G2-2 ของหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหมายเลข G2) แสดงลักษณะผลึกแฝดแบบ grid หรือ tartan อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดในแร่ไมโครไคลน์ โดยแร่ไมโครไคลน์ที่พบมีขนาดประมาณ 0.3 มิลลิเมตร โดยที่จะพบแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ขนาดประมาณ 0.3 มิลลิเมตร , แร่ควอรตซ์ (QTz) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.1 มิลลิเมตร และแร่ไบโอไทต์ (Bt) ขนาดประมาณ 0.2 มิลลิเมตร อยู่บริเวณรอบของแร่ไมโครไคลน์ (Mc) 40

รูปที่ 3.25 ตัวอย่างหินแกรนิตอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G4) 41

รูปที่ 3.26 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab) ของหินแกรนิตอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G4) ที่มีสีสดเป็นสีขาวเทา สีผุเป็นเทาเข้ม ซึ่งแสดงให้เห็นแร่ที่มีขนาดเท่าๆ กันของแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ขาวขุ่น (Kfsp) ขนาดประมาณ 0.05 – 0.1 เซนติเมตร , แร่แอลไบต์สีขาวขุ่น (Ab) ขนาดประมาณ 0.05 – 0.1 มิลลิเมตร , แร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร และแร่ไบโอไทต์สีดำ (Bt) ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร 41

รูปที่ 3.27 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G4-1 ของหินแกรนิตอำเภอด่านช่าง จังหวัดสุพรรณบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G4) แสดงลักษณะผลึกแฝดแบบ grid หรือ tartan อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดในแร่ไมโครไคลน์ (Mc) โดยแร่ไมโครไคลน์ที่พบมีขนาดประมาณ 0.3 มิลลิเมตร โดยที่จะพบแร่มัสโคไวต์ (Ms) ที่หน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.2 มิลลิเมตรอยู่ภายในแร่ไมโครไคลน์ (Ms) 42

รูปที่ 3.28 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G4-1 ของหินแกรนิตอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G2) แสดงลักษณะผลึกของแร่ไบโอไทต์ (Bt) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร , แร่ควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตร , แร่มัสโคไวต์ (Ms) 42

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.29 ตัวอย่างหินแกรนิตหาดกะตะ จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G5) 43

รูปที่ 3.20 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab) ของหินแกรนิตหาดกะตะ จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G5) แสดงลักษณะหินแกรนิตที่มีเนื้อดอก โดยที่มีแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ (Kfsp) และแร่แอลไบต์ (Ab) สีขาวขุ่น ขนาดประมาณ 2 เซนติเมตรและมีเนื้อพื้นเป็นแร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 0.5 – 1 เซนติเมตร และแร่ไบโอไทต์สีดำ (Bt) ขนาดประมาณ 0.05 เซนติเมตร 43

รูปที่ 3.31 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G5-1 ของหินแกรนิตหาดกะตะ จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G5) แสดงผลึกของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่มีลักษณะเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) ขนาดประมาณ 0.1 เซนติเมตร โดยจะพบแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตรอยู่บริเวณรอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) 44

รูปที่ 3.32 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G5-1 ของหินแกรนิตหาดกะตะ จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G5) แสดงลักษณะผลึกแฝดแบบ grid หรือ tartan อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดในแร่ไมโครไคลน์ (Mc) โดยแร่ไมโครไคลน์ที่พบมีขนาดประมาณ 0.5 มิลลิเมตร โดยที่จะพบแร่ไบโอไทต์ (Bt) ที่หน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.2 มิลลิเมตรอยู่บริเวณรอบของแร่ไมโครไคลน์ (Mc) 44

รูปที่ 3.33 ตัวอย่างหินแกรนิตหาดกะรน จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G6) 45

รูปที่ 3.34 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab) ของหินแกรนิตหาดกะรน จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G6) ที่แสดงลักษณะเนื้อดอกของหินแกรนิต โดยมีผลึกดอกเป็นแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีขาวขุ่น (Kfsp) และแร่ แอลไบต์สีขาวขุ่น (Ab) ขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร และมีเนื้อพื้นเป็นแร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) และแร่ไบโอไทต์สีดำ (Bt) ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร 45

รูปที่ 3.35 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G6-1 ของหินแกรนิตหาดกะรน จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G6) แสดงผลึกของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่มีลักษณะเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) ขนาดประมาณ 0.2 เซนติเมตร และพบควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร อยู่บริเวณรอบและภายในของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) 46

รูปที่ 3.36 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G6-1 ของหินแกรนิตหาดกะรน จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G6) แสดงผลึกของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.2 เซนติเมตร และพบควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตรและแร่ไบโอไทต์ (Bt) ที่มีหน้าผลึกสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตรอยู่บริเวณรอบและภายในของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) 46

รูปที่ 3.37 ตัวอย่างหินแกรนิตเขาชีจรรย์ จังหวัดชลบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G7) 47

รูปที่ 3.38 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab) ของหินแกรนิตเขาชีจรรย์ จังหวัดชลบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G7) ที่มีขนาดของแร่เท่าๆ กันของแร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 0.02 – 0.05 มิลลิเมตร , แร่เฟลด์สปาร์สีขาวขุ่น (Fsp) ขนาดประมาณ 0,03 มิลลิเมตร และแร่ไบโอไทต์สีดำ (Bt) 47

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.39 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G7-1 ของหินแกรนิตเขาชีจรรย์ จังหวัดชลบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G7) แสดงผลึกของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร ที่มีลักษณะแสดงเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) และพบแร่ควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตรและแร่แอลไบต์ (Ab) ที่มีหน้าผลึกสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.04 มิลลิเมตรอยู่บริเวณรอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) 48

รูปที่ 3.40 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G7-1 ของหินแกรนิตเขาชีจรรย์ จังหวัดชลบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G7) แสดงผลึกของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.2 มิลลิเมตรที่มีลักษณะแสดงเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) และพบแร่ควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 – 0.1 มิลลิเมตรอยู่บริเวณรอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) 48

รูปที่ 3.41 ตัวอย่างหินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G8) 49

รูปที่ 3.42 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab) ของหินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G8) ที่มีขนาดของแร่เท่าๆ กัน โดยพบแร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร , แร่โพแทซเฟลด์สปารีขาวขุ่น (Kfsp) ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร , แร่แอลไบต์สีขาวขุ่น (Ab) ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตร และแร่ไบโอไทต์สีดำ (Bt) ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตร 49

รูปที่ 3.43 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G8-1 ของหินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G8) แสดงผลึกของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.2 มิลลิเมตรที่มีลักษณะแสดงเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) โดยพบแร่ ควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตรและแร่ไบโอไทต์ (Bt) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 2 มิลลิเมตรอยู่บริเวณรอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) 50

รูปที่ 3.44 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G8-1 ของหินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G8) แสดงผลึกของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.2 มิลลิเมตร โดยพบแร่ควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.01 – 0.02 มิลลิเมตร , แร่แอลไบต์ (Ab) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตรและแร่ไบโอไทต์ (Bt) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 2 มิลลิเมตรอยู่บริเวณภายในและรอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) 50

รูปที่ 3.45 Harker – type variation diagram ของ wt.% SiO_2 กับธาตุองค์ประกอบหลักของหินแกรนิตที่ทำการศึกษา ได้แก่ Al_2O_3, CaO, TiO_2, MnO, Na_2O, MgO, K_2O, FeO และ P_2O_5 เพื่อเปรียบเทียบระหว่างแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว 54

รูปที่ 3.46 Harker – type variation diagram ของ wt.% SiO_2 กับธาตุส่วนน้อยของหินแกรนิตที่ทำการศึกษา ได้แก่ Zr, Ni, Sr, Cu, Pb, Rh, Ba และ Hf เพื่อเปรียบเทียบระหว่างแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว 55

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.47 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ 57

รูปที่ 3.48 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง 58

รูปที่ 3.49 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา 59

รูปที่ 3.50 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี 60

รูปที่ 3.51 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตหาดกะตะ จังหวัดภูเก็ต 61

รูปที่ 3.52 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก 62

ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตจังหวัดเลย 63

รูปที่ 3.53 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตอำเภอด่านสิงขร จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 64

รูปที่ 4.1 Harker – type variation diagram ของ wt.% SiO_2 กับธาตุองค์ประกอบหลักของหินแกรนิตที่ทำการศึกษา ได้แก่ Al_2O_3, CaO, TiO_2, MnO, Na_2O, MgO, K_2O, FeO และ P_2O_5 เพื่อเปรียบเทียบระหว่างแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว และในกรอบสีฟ้าเป็นบริเวณที่สามารถเปรียบเทียบปริมาณธาตุองค์ประกอบหลักในแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาวอย่างชัดเจน 69

รูปที่ 4.2 Harker – type variation diagram ของ wt.% SiO_2 กับธาตุองค์ประกอบหลักของหินแกรนิตที่ทำการศึกษา ได้แก่ Al_2O_3 และ K_2O เพื่อเปรียบเทียบระหว่างแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว โดยจะสามารถแบ่งแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน 70

รูปที่ 4.3 Harker – type variation diagram ของ wt.% SiO_2 กับธาตุส่วนน้อยของหินแกรนิตที่ทำการศึกษา ได้แก่ Zr, Ni, Sr, Cu, Pb, Rh, Ba และ Hf เพื่อเปรียบเทียบระหว่างแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว และในกรอบสีฟ้าจะเป็นบริเวณที่สามารถเปรียบเทียบปริมาณธาตุส่วนน้อยในแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาวอย่างชัดเจน 72

รูปที่ 4.4 *b* vs. *c* cell dimension plot ในแร่เฟลด์สปาร์ในตัวอย่างหินแกรนิต 10 ตัวอย่าง (Kroll and Ribbe, 1983) 76

รูปที่ 4.5 α * vs. γ * cell dimension plot ในแร่เฟลด์สปาร์ในตัวอย่างหินแกรนิต 10 ตัวอย่าง (Kroll and Ribbe, 1983) 76

บทที่ 1 บทนำ

1.1 แนวคิด เหตุผลและทฤษฎีสำคัญ

1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3 วัตถุประสงค์

1.4 ธรณีวิทยาทั่วไป

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิด เหตุผล และทฤษฎีสำคัญ

หินแกรนิตเป็นหินอัคนีแทรกซอนสีจางที่พบได้ทั่วไป มีเนื้อขนาดปานกลางถึงเนื้อหยาบ บางครั้งจะพบผลึกเดี่ยวๆ บางชนิดอาจมีขนาดใหญ่กว่ามวลเนื้อพื้น ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแร่แอลคาไลเฟลด์สปาร์และแร่ควอรตซ์ หรืออาจจะพบแร่มัสโคไวต์ แร่ไบโอไทต์ และแร่ฮอร์นเบลนด์บ้างเล็กน้อย โดย Deer และคณะ (1992) ได้อธิบายถึงแร่เฟลด์สปาร์ไว้ว่าเป็นแร่องค์ประกอบที่พบมากที่สุดในหินอัคนีทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นหินอัคนีสีจาง สีกลาง หรือสีเข้มก็ตาม แต่จะไม่พบในหินอัลตราเมฟิก ดังนั้นแร่เฟลด์สปาร์จึงเป็นแร่องค์ประกอบหลักที่สามารถจำแนกชนิดของหินอัคนีได้โดยองค์ประกอบที่หลากหลายของแร่เฟลด์สปาร์ นอกจากนี้แร่เฟลด์สปาร์ยังเป็นแร่องค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในเพกมาไทต์และสายแร่อื่นๆ อีกทั้งยังเป็นแร่องค์ประกอบหลักในหินไนส์ หินชีสต์และหินที่ถูกแปรสภาพบริเวณไพศาลอื่นๆ อีกด้วย

องค์ประกอบหลักทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์สามารถจำแนกได้ตามระบบทวิภาคของ $NaAlSi_3O_8$ (Albite, Ab) – $KAlSi_3O_8$ (K-feldspar, Or) – $CaAl_2Si_2O_8$ (Anorthite, An) ซึ่งองค์ประกอบที่อยู่ระหว่าง $NaAlSi_3O_8$ กับ $KAlSi_3O_8$ จัดว่าเป็นแอลคาไลเฟลด์สปาร์ และองค์ประกอบที่อยู่ระหว่าง $NaAlSi_3O_8$ กับ $CaAl_2Si_2O_8$ จัดว่าเป็นแร่แพลจิโอเคลส โดยแอลคาไลเฟลด์สปาร์จะพบในแคลเซียมเฟลด์สปาร์น้อยกว่า 5 – 10 % แต่จะพบมากในแร่ที่มีส่วนประกอบของโซเดียม ในทำนองเดียวกันแร่แพลจิโอเคลสจะพบในแร่ที่มีส่วนประกอบของโพแทสเซียมอยู่น้อยกว่า 5 – 10 % ซึ่งความแตกต่างของแอลคาไลเฟลด์สปาร์และแร่แพลจิโอเคลสอยู่ที่องค์ประกอบที่มีปริมาณเท่ากันโดยประมาณของ $KAlSi_3O_8$ และ $CaAl_2Si_2O_8$ โดยปกติของแร่เฟลด์สปาร์จะไม่พบทั้งสามองค์ประกอบของระบบไตรภาค

Klein (2002) ระบุว่าแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดหลักๆ ดังนี้ แร่ไมโครไคลน์ ($KAlSi_3O_8$) แร่ออร์โทเคลส ($KAlSi_3O_8$) และแร่ซานิดีน [$(K,Na)AlSi_3O_8$] โดยแร่ไมโครไคลน์ส่วนใหญ่มีสีขาวสีเหลือง พบสีแดงและสีเขียวบ้างเล็กน้อย แร่ไมโครไคลน์ที่มีสีเขียวมักเรียกว่าอะเมซอไนต์ แนวแตกเรียบ {001}, {010} ที่ทำมุมกัน 89 องศา มีความแข็งเท่ากับ 6 ตามมาตราโมส์ และมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.54 – 2.57 วาวแบบแก้ว แร่ไมโครไคลน์มีความโปร่งแสงถึงโปร่งใส เป็นแร่แกนแสงคู่ (-) ที่มีค่า 2V เท่ากับ 83 องศา นอกจากนี้ผลึกศาสตร์ของแร่ไมโครไคลน์เป็นระบบสามแกนเอียง โดยแร่ไมโครไคลน์กับแร่ออร์โทเคลสมีความคล้ายคลึงกันทั้งลักษณะรูปร่างของผลึก และการเกิดผลึกแฝดแบบคาลส์บาดที่เกิดโดยทั่วไป ส่วนใหญ่แล้วมักพบแร่ไมโครไคลน์ในหินอัคนี เช่นหินแกรนิต หินไซอีไนต์ ที่มีการเย็นตัวอย่างช้าๆ ในความลึกที่เหมาะสม ในหินตะกอนพบในหินอาร์โคสและหินกรวดมน ส่วนหินแปรก็พบแร่ไมโครไคลน์อยู่ในหินไนส์ แร่เฟลด์สปาร์มักใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกที่เป็นส่วนผสมของดินขาวเคโอลินและแร่ควอรตซ์ที่ช่วยลดจุดหลอมเหลว และใช้เป็นสารเคลือบเงาได้อีกด้วย

แร่ออร์โทเคลสมักไม่ค่อยมีสี สีขาว สีเทา สีแดง พบสีเขียวและสีเหลืองน้อยมาก มีแนวแตกเรียบ {001}, {010} มีความแข็งเท่ากับ 6 และมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.57 วาวแบบแก้ว เป็นแร่แกนแสงคู่ (-) ที่มี 2V เท่ากับ 10 – 70 องศา ในด้านผลึกศาสตร์แร่ออร์โทเคลสเป็นแร่ในระบบหนึ่งแกนเอียง รูปร่างผลึกมีลักษณะเป็นรูปปริซึมที่มีขนาดสั้น แนวยาวยืดขนานไปกับแกนเอหรือแกนซี และมีการเกิดผลึกแฝดแบบคาลส์บาด ความแตกต่างของแร่ออร์โทเคลสกับแร่เฟลด์สปาร์อื่นๆ คือแร่ออร์โทเคลสจะมีแนวแตกเรียบแบบมุมฉากและไม่พบลักษณะร่องถี่ขนานบนพื้นผิวของแร่ แร่ออร์โทเคลสมักเป็นแร่องค์ประกอบหลักในหินแกรนิต หินแกรโนไดโอไรต์และหินไซอีไนต์ที่มีการเย็นตัวในความลึกที่ปานกลาง แร่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันกับแร่ออร์โทเคลสคือแร่อะดูลาเรีย ($KAlSi_3O_8$) ที่ไม่มีสี มีความโปร่งแสงถึงโปร่งใส ส่วนใหญ่จะพบในสายแร่ที่เกิดในอุณหภูมิต่ำของหินไนส์และหินชีสต์ แร่อะดูลาเรียบางตัวอาจแสดงลักษณะการสะท้อนแสงเหมือนโอปอลที่เรียกว่ามูนสโตน

แร่ซานิดีน ($KAlSi_3O_8$) เป็นแร่ไม่มีสีที่มีความแข็งเท่ากับ 6 และมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.56 – 2.62 วาวแบบแก้ว มีความโปร่งใส เป็นแร่แกนแสงคู่ที่มีค่า 2V เท่ากับ 0 – 25 องศา โดยผลึกจะมีลักษณะและรูปร่างเป็นรูปแบนหนาขนานไปตามแนว {010} การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่าเป็นแร่ซานิดีนนั้นสามารถใช้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิครังสีเอ็กซ์เท่านั้น และไม่พบลักษณะการเกิดผลึกแฝด อีกทั้งค่า 2V ของแร่ซานิดีนก็มีค่าน้อยกว่าแร่เฟลด์สปาร์ตัวอื่นๆ อีกด้วย มักพบเป็นผลึกดอกในหินอัคนีภูเขาไฟ เช่น หินไรโอไลต์และหินแทรไคต์ แร่ซานิดีนจะพบในสภาวะที่มีการเย็นตัวอย่างรวดเร็วจากอุณหภูมิที่สูงมากจากการปะทุของภูเขาไฟ

1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมรายงาน เอกสารและงานวิจัยเก่าพร้อมทั้งอภิปรายข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหินแกรนิต โดยเน้นการศึกษาแร่เฟลด์สปาร์ เช่น การวิเคราะห์เคมีของแร่เฟลด์สปาร์จากหินแกรนิตในประเทศโปแลนด์ในหัวข้องานวิจัยเรื่อง Feldspar crystallization under magma-mixing conditions shown by cathodoluminescence and geochemical modeling: A case study from the Karkonosze pluton (SW Poland) ของ Slaby & Götze (2004) ดังในตารางที่ 1.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ในหินแกรนิตของประเทศโปแลนด์ประกอบไปด้วย SiO_2, Al_2O_3, CaO และ Na_2O เป็นส่วนใหญ่ และมีองค์ประกอบของ Fe_2O_3, BaO, K_2O ในปริมาณที่น้อยกว่า ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ในหินแกรนิตโดยทั่วไปมีลักษณะที่มีแนวโน้มเหมือนกัน

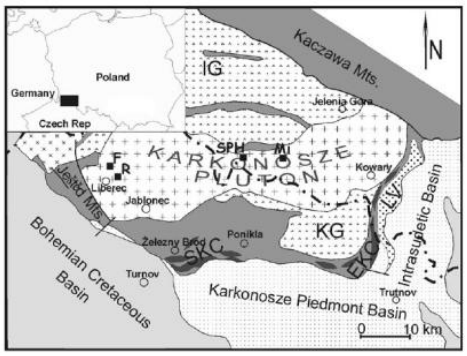
นอกจากนี้ได้ศึกษางานของ Gwalani และคณะ (1999) ในหัวข้อเรื่อง Granitic pegmatites of Koradi-Kolar sector, Nagpur district, Central India: field, petrographic and mineralogical features ที่ทำการศึกษาแร่องค์ประกอบของหินแกรนิตในประเทศอินเดีย พบว่าแร่เฟลด์สปาร์ในหินแกรนิตสีชมพูที่พบนั้นเป็นแร่ออร์โทเคลสและแร่ไมโครไคลน์ ดังตารางที่ 1.2 นอกจากนี้ยังได้ศึกษาองค์ประกอบเคมีของแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและมัสโคไวต์ในหินแกรนิตของประเทศอินเดียด้วย ดังตารางที่ 1.3 พบว่า

องค์ประกอบทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและมัสโคไลต์ประกอบไปด้วย SiO_2, Al_2O_3 และ K_2O ในปริมาณมากและมีธาตุองค์ประกอบหลักพวก TiO_2, Fe_2O_3, MnO, MgO, CaO และ Na_2O ในปริมาณส่วนน้อย ซึ่งทำให้สามารถตั้งข้อสันนิษฐานเบื้องต้นได้ว่าธาตุองค์ประกอบที่พบน้อยอาจจะเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ทำให้แร่เฟลด์สปาร์มีสีชมพูได้

ในตารางที่ 1.4 เป็นการศึกษาธาตุหายาก (REE) ของแร่ต่างๆ ในหินแกรนิต โดย Buma และคณะ (1971) พบว่าแร่แพลจิโอเคลสและแร่ไมโครไคลน์ในหินแกรนิตสีชมพู (Narragansett Pier Granite) มีปริมาณของธาตุหายากเป็นองค์ประกอบที่ใกล้เคียงกันเช่น Dy, Yb, Lu และ Ta แต่ปริมาณของ Sm, Sc, La, Ce, Tb, Zr, Hf และ Th ในแร่แพลจิโอเคลสมีปริมาณมากกว่าในแร่ไมโครไคลน์ ในขณะที่ Eu พบในแร่ไมโครไคลน์มีปริมาณมากกว่าในแร่แพลจิโอเคลส ซึ่งสอดคล้องกันเมื่อเปรียบเทียบกันกับหินแกรนิตสีเทาเขียว (Westerly Granite) ที่พบปริมาณธาตุ Eu ในแร่ไมโครไคลน์น้อยกว่าที่พบในหินแกรนิตสีชมพูของ Narragansett Pier Granite จึงทำให้สามารถตั้งข้อสันนิษฐานเบื้องต้นได้ว่าธาตุหายากที่ทำให้แร่ไมโครไคลน์เป็นสีชมพูได้นั้นคือธาตุ Eu

ในตารางที่ 5 เป็นการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหินแกรนิตระหว่างหินแกรนิตสีเทาและหินแกรนิตสีชมพู โดยการศึกษาของ Singh (2009) ในหัวข้องานวิจัยเรื่อง Rb-Sr geochronology and petrogenesis of granitoids from the Chhotanagpur granite gneiss complex of Raikera-Kunkuri Region, Central India ทำให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติมที่สามารถสันนิษฐานได้ว่าธาตุองค์ประกอบของหินแกรนิตที่ทำให้มีสีชมพูได้คือ MnO ที่พบในหินแกรนิตสีชมพูในปริมาณตั้งแต่ 0.003-0.05 wt.% โดยมีปริมาณเฉลี่ยประมาณ 0.024 wt.% ในขณะที่หินแกรนิตสีเทามีปริมาณธาตุองค์ประกอบ MnO ตั้งแต่ 0.003-0.006 wt.% และมีปริมาณเฉลี่ยเพียง 0.004 wt.% นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่าธาตุส่วนน้อยที่เป็นองค์ประกอบที่พบในหินแกรนิตสีชมพูมากกว่าในหินแกรนิตสีเทาคือ Cr, Cu, V, Y และ Zr

จากการศึกษาและรวบรวมรายงาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหินแกรนิต โดยเน้นศึกษาแร่เฟลด์สปาร์พบว่ามีหลายข้อสันนิษฐาน ซึ่งข้อสันนิษฐานที่เกิดขึ้นนั้นเป็นเพียงผลจากการศึกษารายงานเก่าต่างๆ ทำให้จำเป็นต้องตรวจสอบและทำการทดลอง เพื่อตรวจสอบข้อสันนิษฐานเหล่านั้น โดยการเก็บตัวอย่างหินแกรนิตในประเทศไทย เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูกับสีขาวจากหินแกรนิตของประเทศไทยในด้านวิทยาแร่ทางแสงและธรณีเคมี เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการศึกษาการเกิดแร่เฟลด์สปาร์ในลำดับต่อไป



รูปที่ 1.1 ตำแหน่งของ Karkonosze pluton ประเทศโปแลนด์ (Slaby & Götze, 2004

	enR pl	enSPH pl	g-diR af-m	g-diR pl-rr	g-diF af-m	g-diF pl-rr	grSPH af-mc	grSPH af-mm	grSPH pl-rr	grSPH pl-inc	grSPH af-ma	grMI af-mc	grMI af-mm	grMI pl-rr	grMI pl-inc	grMI af-ma
SiO_2	62.19	64.23	65.03	67.12	64.78	67.74	65.81	64.97	69.35	62.73	65.06	64.13	65.51	61.37	69.08	64.94
Al_2O_3	23.71	21.76	18.51	20.57	18.20	21.07	18.54	18.45	20.61	23.50	18.60	18.52	18.40	23.79	19.22	18.43
CaO	4.76	2.19	0.01	1.09	0.00	1.86	0.00	0.03	1.03	5.05	0.00	0.00	0.00	5.37	0.79	0.00
Fe_2O_3	0.35	0.00	0.08	0.02	0.01	0.29	0.11	0.03	0.04	0.00	0.17	0.10	0.04	0.11	0.02	0.01
BaO	0.03	0.00	0.38	0.02	0.62	0.07	0.91	0.14	0.00	0.00	0.11	1.56	0.17	0.07	0.00	0.00
Na_2O	8.84	8.24	0.58	10.90	0.28	10.35	0.61	0.19	10.34	8.60	0.23	0.46	0.42	8.60	11.12	0.73
K_2O	0.26	2.98	15.95	0.11	16.26	0.06	15.34	15.98	0.09	0.34	16.49	15.03	15.88	0.11	0.10	16.17
Total	100.14	99.40	100.54	99.83	100.15	101.44	101.32	99.79	101.46	100.22	100.66	99.80	100.42	99.42	100.33	100.28
Si	2.76	2.89	3.00	2.94	3.00	2.93	3.00	3.00	2.98	2.77	2.99	2.99	3.00	2.71	3.01	2.99
Al.	1.24	1.45	1.00	1.06	0.99	1.07	1.00	1.00	1.04	1.22	1.01	1.02	1.00	1.29	0.98	1.00
Ca	0.23	0.10	0.00	0.51	0.00	0.09	0.00	0.00	0.05	0.24	0.00	0.00	0.00	0.30	0.04	0.00
Fe	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.76	0.71	0.05	0.93	0.03	0.87	0.05	0.02	0.86	0.74	0.03	0.04	0.04	0.68	0.94	0.06
K	0.01	0.17	0.94	0.01	0.96	0.00	0.89	0.97	0.01	0.02	0.97	0.89	0.93	0.02	0.01	0.95

en – enclave, g-di – granodiorite, gr – porphyritic granite, pl – plagioclase, af – alkali feldspar, m – megacryst, c – core, mm – margin, rr – rapakivi rim, inc – inclusion, ma – matrix

ตารางที่ 1.1 ผลการวิเคราะห์เคมีของแร่เฟลด์สปาร์ด้วยเครื่อง EPMA จาก Karkonosze pluton ในประเทศโปแลนด์ (Slaby & Götze, 2004)

Peak angle in degree (θ) theta	Interplanar spacing-dÅ	hkl	Mineral name
13.90	6.370	--	--
14.10	6.280	--	--
15.10	5.867	11$\bar{1}$	Orthoclase
19.50	4.552	110	Illite
21.30	4.171	022	Illite
22.40	3.968	11	Microcline
22.60	3.934	1$\bar{1}$1	Microcline
22.90	3.883	113	Illite
23.50	3.785	---	--
23.85	3.730	102	Ilmenite
24.30	3.662	13$\bar{1}$	Microcline
24.60	3.168	13$\bar{1}$	Orthoclase
25.00	3.561	22$\bar{1}$	Microcline
25.80	3.453	--	--
26.70	3.338	220	Microcline
27.70	3.220	--	--
28.20	3.164	--	--
29.70	3.007	131	Microcline
30.40	2.940	22$\bar{2}$	Microcline
30.80	2.902	022,041	Microcline, orthoclase
32.40	2.763	3$\bar{1}$1,13$\bar{2}$	Microcline, orthoclase
32.70	2.738	104	Ilmenite
34.50	2.599	20$\bar{2}$	Illite
35.20	2.549	3$\bar{1}$0	Microcline
35.40	2.535	3$\bar{1}$1	Magnetite
35.80	2.508	310	Microcline
36.20	2.481	240	Orthoclase
37.20	2.416	15$\bar{1}$	Orthoclase
37.90	2.373	33$\bar{1}$,20$\bar{3}$	Orthoclase
38.80	2.320	1$\bar{1}$3	Microcline, orthoclase
40.85	2.208	151,330	Microcline, orthoclase
42.10	2.146	20$\bar{5}$	Illite

Sample	GF-1	GF-2	Deer *et al.* (1963)	GM-06
SiO_2	60.05	61.04	64.26	44.68
TiO_2	0.10	Tr	--	0.54
Al_2O_3	21.20	19.92	19.72	32.82
Fe_2O_3	Tr	Nd	0.10	3.34
MnO	Tr	Nd	--	0.07
MgO	0.13	0.96	Tr	0.72
CaO	Tr	Tr	0.31	Nd
Na_2O	3.11	2.50	2.28	0.72
K_2O	15.80	16.31	13.20	11.34
H_2O+	tr	tr	0.18	5.46
Total	100.39	100.73	100.05	99.69

ตารางที่ 1.2 (ซ้าย) ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบด้วยเครื่อง XRD ซึ่งพบแร่ออร์โทเคลสและแร่ไมโครไคลน์ (Gwalani และคณะ, 1999)
ตารางที่ 1.3 (บน) ผลการวิเคราะห์เคมีของแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและแร่มัสโคไวต์ จาก feldspar-rich pegmatite ในประเทศอินเดีย (Tr=trace, Nd=not detected) (Gwalani และคณะ, 1999)

	Narragansett pier					Westerly
	Plagio-clase	Micro-cline	Quartz	Biotite	Magnetite-Ilmenite	Microcline
Modal abundance (%)	35	30	27	5.5	1.0	
Sc	0.29	0.07	0.03	46.4	1.29	0.10
La	22	9	1	140	6.4	8
Ce	38	13	2	310	10	13
Sm	1.5	0.5	0.1	11	0.99	0.5
Eu	0.76	1.16	0.04	0.95	0.048	0.69
Tb	0.07	—	0.01	0.60	0.03	0.05
Dy	<0.6	<0.3	0.1	2.7	0.13	≦0.2
Yb	0.12	0.01	0.05	0.74	0.11	0.17
Lu	0.02	0.01	0.01	0.39	0.013	0.04
Zr	78	59	45	670	64	54
Hf	1.60	0.56	1.70	23.5[b]	2.8	0.70
Ta	0.01	0.03	0.04	23.4[b]	1.6	0.01
Th	6	2	1.1	92	4.0	5.7
Zr/Hf	48	105	26	28	23	77
Eu/Eu*	3.4	11.6	2.1	0.56	0.38	9.3

ตารางที่ 1.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากที่พบในแร่ต่างๆ ของหินแกรนิตในประเทศอังกฤษ (Buma และคณะ, 1971)

	Grey granites									Pink granites									
Oxide/Ratio/ Element	1	2	3	4	5	6	7	8	Av.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Av.
SiO_2	71.59	72.24	72.87	71.90	72.06	72.88	72.06	71.75	72.17	72.58	72.72	71.50	72.06	71.89	72.37	71.06	72.06	72.56	72.08
Al_2O_3	14.96	14.96	14.96	14.56	14.56	13.97	14.56	14.56	14.64	16.24	14.96	13.83	14.17	13.83	14.56	13.63	14.56	13.63	14.37
Fe_2O_3	0.95	0.92	0.89	0.91	0.85	1.32	0.89	0.76	0.94	1.03	0.91	1.22	0.96	0.90	0.78	1.25	0.71	0.58	0.92
FeO	0.85	1.01	0.94	0.79	1.04	1.26	0.86	1.12	0.98	1.16	0.76	1.47	1.04	1.37	0.65	1.36	0.97	1.04	1.09
MgO	0.26	0.26	0.26	0.34	0.34	0.26	0.26	0.34	0.29	0.37	0.26	0.46	0.34	0.38	0.26	0.45	0.34	0.48	0.37
CaO	1.58	1.09	1.09	0.97	1.09	1.21	1.09	2.55	1.3	0.08	1.09	1.09	1.09	0.83	1.09	1.40	1.09	1.01	0.97
Na_2O	2.36	2.36	2.53	2.53	2.53	2.69	2.69	2.69	2.55	2.80	2.36	2.67	2.53	2.67	2.69	2.90	2.69	2.53	2.65
K_2O	5.25	5.10	5.10	5.25	5.25	5.10	5.10	5.10	5.15	5.00	5.56	5.64	5.25	5.64	5.25	6.00	5.25	5.93	5.50
TiO_2	0.18	0.27	0.29	0.21	0.23	0.27	0.16	0.18	0.22	0.24	0.20	0.26	0.21	0.25	0.16	0.31	0.18	0.27	0.23
P_2O_5	0.36	0.43	0.30	0.30	0.30	0.19	0.19	0.26	0.29	0.37	0.38	0.15	0.19	0.12	0.30	0.18	0.30	0.07	0.23
MnO	0.004	0.003	0.004	0.004	0.004	0.006	0.004	0.004	0.004	0.05	0.003	0.05	0.003	0.04	0.003	0.05	0.004	0.02	0.024
H_2O	0.08	0.12	0.08	0.06	0.03	0.04	0.09	0.03	0.07	0.06	0.13	0.02	0.06	0.05	0.09	0.14	0.04	0.20	0.08
Total	**99.42**	**98.76**	**98.31**	**97.82**	**98.28**	**99.20**	**97.95**	**99.34**	**98.60**	**99.98**	**99.33**	**98.36**	**97.90**	**97.97**	**98.20**	**98.73**	**98.19**	**98.32**	**98.45**
K_2O/Na_2O	2.22	2.16	2.02	2.08	2.08	1.90	1.90	1.90	2.03	1.79	2.36	2.11	2.08	2.11	1.95	2.07	1.95	2.34	2.08
A/CNK	1.23	1.35	1.30	1.29	1.27	1.17	1.26	1.02	1.24	1.60	1.29	1.11	1.23	1.15	1.24	0.99	1.24	1.10	1.22
Cr	20	25	22	17	20	19	22	20	20.6	47	17	40	20	55	17	47	21	57	35.7
Cu	4	4	3	3	3	2	5	2	3.2	7	3	7	3	7	2	6	2	6	4.8
Ga	20	21	11	15	21	16	15	18	17.1	18	13	17	18	18	15	19	21	16	17.2
Ni	6	6	7	<4	<4	11	<4	<4	-	6	4	10	<4	10	7	5	5	13	7.1
Pb	63	63	56	48	48	63	53	56	56.3	31	58	44	58	54	79	67	63	62	57.3
V	<4	10	<4	<4	<4	6	9	<4	5.6	14	<4	14	7	15	<8	8	6	7	9.2
Y	21	28	30	23	27	31	42	31	29	53	57	76	53	56	57	60	61	73	61
Zr	176	161	187	173	161	214	222	195	186	302	358	518	472	437	332	331	358	345	384

Analysts: K. Satyanarayana, A.K. Singh, Girija Srinivasan, and P.V.S. Naidu.

ตารางที่ 1.5 ผลการวิเคราะห์เคมีของหินแกรนิตสีเทา (ซ้าย) และหินแกรนิตสีชมพู (ขวา) ใน Chhotanagpur granite gneiss complex of Raikera-Kunkuri Region, Central India (Singh, 2009)

1.3 วัตถุประสงค์

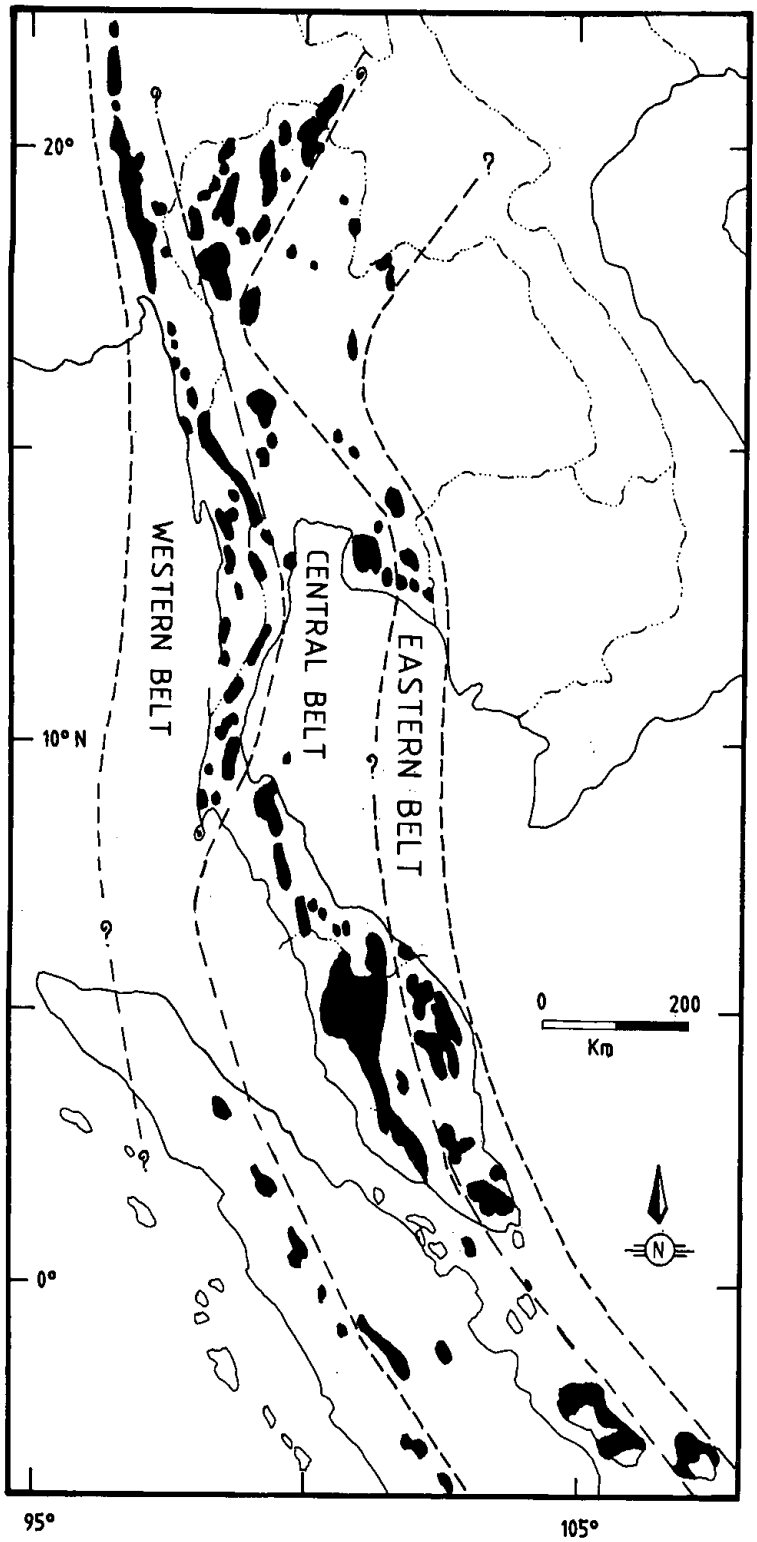
เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูกับสีขาวจากหินแกรนิตของประเทศไทยในด้านวิทยาแร่ทางแสงและธรณีเคมี

1.4 ธรณีวิทยาทั่วไป

หินแกรนิตเป็นหินอัคนีแทรกซอนประเภทหนึ่งที่พบค่อนข้างมากในพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศไทยพบทั้งในบริเวณที่มีลักษณะภูมิประเทศที่เป็นเทือกเขาและที่ราบ ซึ่งมักมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับการกำเนิดแร่เศรษฐกิจ โดยทั่วไปบริเวณที่พบหินแกรนิตและพื้นที่ใกล้เคียงมักมีการสะสมตัวของแร่โลหะและอโลหะต่างๆ ขอบเขตและการแผ่กระจายของหินแกรนิตในบริเวณต่างๆ ของประเทศไทย จากการสำรวจธรณีวิทยาหินแกรนิต ทำให้แบ่งแนวแกรนิตเป็นสามแนวที่มีลักษณะเฉพาะตัว ดังรูปที่ 1.2 โดยการศึกษาของ Mitchell (1997), Hutchison (1997), Beckinsale และคณะ (1979), Nakapadungrat (1982), Cobbing และคณะ (1986) และ Charusiri และคณะ (1993) ได้แก่ แกรนิตแนวตะวันออก (Eastern Province หรือ Eastern Belt Granite) ที่พบบริเวณจังหวัดเลย เพชรบูรณ์ แพร่ ตาก จันทบุรี และตราด เป็นต้น แกรนิตแนวตอนกลาง (Central Province หรือ Central Belt Granite) ที่พบบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน อุทัยธานี ชลบุรี ระยอง และภาคใต้ของประเทศไทยตั้งแต่จังหวัดราชบุรี เพชรบุรี นครศรีธรรมราช สงขลา ยะลา และปัตตานี เป็นต้น และแกรนิตแนวตะวันตก (Western Province หรือ Western Belt Granite) ที่พบบริเวณชายแดนไทย - พม่า ได้แก่จังหวัดกาญจนบุรี ภูเก็ต ระนอง และประจวบคีรีขันธ์ เป็นต้น โดยแกรนิตแต่ละแนวมีความแตกต่างกัน ทั้งชนิดหินและอายุ (Charusiri และคณะ, 1993)

การหาส่วนประกอบทางเคมีของหินแกรนิตในประเทศไทย เพื่อหาปริมาณธาตุหลัก ธาตุรอง และธาตุหายาก โดย Mahawat (1982) และ Cobbing และคณะ (1992) ศึกษาหินแกรนิตแนวตะวันออกที่แสดงลักษณะของกลุ่มหิน “Calc-Alkaline” ซึ่งมีธาตุ Al, Ca, Na, Ba และ Sr สูงกว่า แต่มีค่า Mg, Fe, Ti และ P ต่ำกว่า โดยเกือบทั้งหมดจัดอยู่ในประเภท I-Type ตามไดอะแกรม K_2O/Na_2O ของ Chappell and White (1974) หินแกรนิตแนวตอนกลางนั้นจัดอยู่ในกลุ่มหินที่มีธาตุอัลคาไลน์สูงถึงสูงมาก และจัดอยู่ในประเภท S-Type ในขณะที่หินแกรนิตแนวตะวันตกมีส่วนประกอบทางเคมีเป็นพวกอัลคาไลน์สูง ประเภท S-Type คล้ายหินแกรนิตแนวตอนกลาง โดยหินแกรนิตเพียงส่วนน้อยที่เป็นพวก Calc-Alkaline ประเภท I-Type คล้ายหินแกรนิตแนวตะวันออก

นอกจากนี้ Charusiri และคณะ (1993) ได้กล่าวถึงรายละเอียดการแบ่งแนวและอายุของหินแกรนิต โดยอาศัยเทคนิคการหาอายุ $^{40}Ar/^{39}Ar$ ซึ่งหินแกรนิตแนวตะวันออกกระจายตัวตั้งแต่เกาะบิลลิตันในประเทศอินโดนีเซีย ต่อเนื่องมายังฝั่งตะวันออกของประเทศมาเลเซียและภาคตะวันออกของประเทศไทย ติดกับขอบของที่ราบสูงโคราช และไปสิ้นสุดที่ประเทศลาวและทางตอนใต้ของประเทศจีน ดังรูปที่ 1.3 โดยปกติแล้วหินแกรนิตแนวตะวันออกจะแทรกดันเข้ามาในหินตะกอนยุคพาลีโอโซอิกและหินภูเขาไฟ

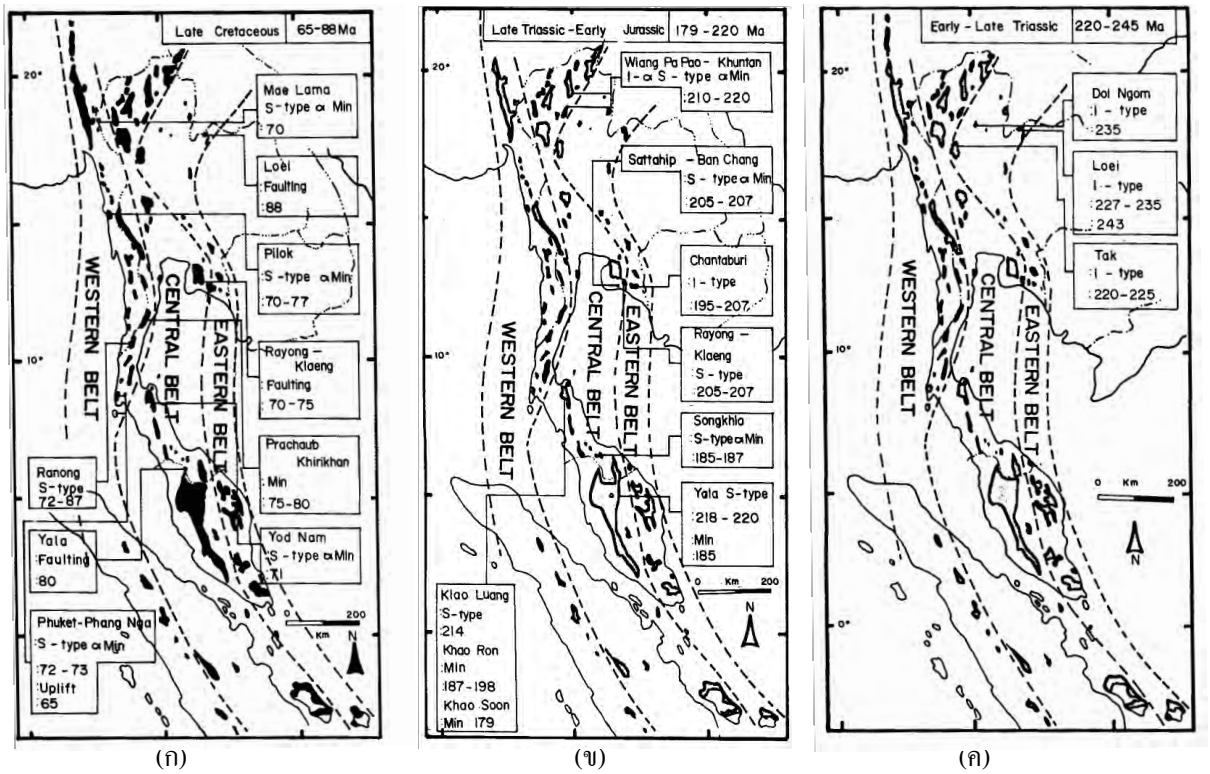


รูปที่ 1.2 การกระจายตัวของหินแกรนิตในประเทศไทยและพื้นที่ใกล้เคียง (พื้นที่สีดำ) และเส้นประแสดงการแบ่งแนวหินแกรนิตออกเป็น 3 แนว (Charusiri และคณะ, 1993)

หินแกรนิตเกิดพร้อมกับการเกิดภูเขาไฟที่มีอายุตั้งแต่ยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงยุคไทรแอสซิกตอนปลาย โดยหินอัคนีมวลไพศาลจังหวัดตากเป็นพลูตอนที่มีขนาดใหญ่ที่สุด และที่มีขนาดเล็กลงมาพบที่จังหวัดแพร่ – น่าน, ลำปาง, เลย, จันทบุรีและนราธิวาส หินแกรนิตแนวตะวันออกประกอบไปด้วยหินควอรตซ์ – ไดโอไรต์ และหินแกรโนไดโอไรต์ ซึ่งมีแร่องค์ประกอบหลักที่สำคัญคือแร่ควอรตซ์และแร่เฟลด์สปาร์ (ทั้งแอลคาไลและแคลเซียมเฟลด์สปาร์) โดยจะพบแร่ออร์โทเคลสสีชมพูเด่น และพบแร่แพลจิโอเคลส แร่โอลิโกเคลสถึงแร่ซานิดีนบ้างเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบแร่ฮอร์นเบลนด์ที่มีสีเขียวน้ำตาลถึงสีน้ำตาล และแร่ไบโอไทต์ที่เป็นแร่สีเข้มเป็นหลัก ส่วนแร่มัสโคไวต์พบบ้างเล็กน้อย การศึกษาธรณีเคมีของหินแกรนิตแนวตะวันออกได้ระบุว่าเกิดจากการตกผลึกลำดับส่วนหรือการหลอมละลายบางส่วนจากแมกมาโดยตรง โดยอายุของหินแกรนิตแนวนี้จะมีอายุประมาณอยู่ในช่วง 210 – 245 ล้านปี

หินแกรนิตแนวตอนกลางครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทย ยกเว้นภาคตะวันตกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีความแตกต่างกับหินแกรนิตแนวตะวันออกทั้งการเกิดและสภาพแวดล้อมทางธรณีวิทยา โดยหินแกรนิตจะแทรกเข้ามาในหินตะกอนยุคพาลีโอโซอิกตอนปลายถึงยุคมีโซโซอิกตอนต้น ลักษณะโดยทั่วไปของหินแกรนิตแนวนี้จะเป็นผลึกดอกขนาดใหญ่ พบแร่ไบโอไทต์มาก พบแร่ฮอร์นเบลนด์บ้างเล็กน้อย และแร่มัสโคไวต์เป็นแร่ที่พบในบริเวณที่มีการสะสมตัวของดีบุกและทังสเตน แร่ควอรตซ์พบในปริมาณที่เท่ากับแร่เฟลด์สปาร์ เฟลด์สปาร์ที่มีผลึกยาวส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นแร่ไมโครไคลน์และแร่เพอร์ไทต์ ธรณีเคมีของหินแกรนิตสามารถบ่งบอกได้ว่าเกิดจากการหลอมละลายบางส่วนของหินจากเปลือกโลกที่มีอยู่แล้ว ส่วนอายุของหินแกรนิตแนวตอนกลางมีอายุประมาณอยู่ในช่วง 180 – 220 ล้านปี โดยสามารถแบ่งได้เป็นหินแกรนิตบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีอายุประมาณ 200 – 220 ล้านปี และหินแกรนิตบริเวณภาคใต้ของประเทศไทยอายุประมาณ 180 – 200 ล้านปี

หินแกรนิตแนวตะวันตกกระจายตัวตั้งแต่ในประเทศพม่าและพบในประเทศไทยเป็นบริเวณแคบๆ ที่แทรกเข้ามาในหินตะกอนยุคเพอร์เมียนถึงยุคคาร์บอนิเฟอร์รัส การศึกษาทางธรณีวิทยา ศิลาวรรณาและแร่วิทยาพบว่ามีความคล้ายคลึงกับหินแกรนิตแนวตอนกลาง โดยจะพบแร่ไบโอไทต์สีน้ำตาลและแร่มัสโคไวต์มากกว่าแร่ฮอร์นเบลนด์ ประมาณ 98 เปอร์เซ็นต์ของหินแกรนิตแนวนี้จัดอยู่ในประเภท S-Type และพบหินแกรนิตประเภท I-Type บ้างบางบริเวณ ได้แก่ จังหวัดภูเก็ต บริเวณเกาะพระทองและอำเภอเมืองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ อายุของหินแกรนิตแนวตะวันตกประมาณอยู่ในช่วง 50 – 60 ล้านปี



รูปที่ 1.3 การกระจายตัวและอายุของหินแกรนิตทั้งสามแนว (ตัวเลขในช่องสี่เหลี่ยมมีหน่วยเท่ากับล้านปี)

(Charusiri และคณะ, 1993)

(ก) หินแกรนิตแนวตะวันตกที่มีอายุอยู่ในช่วง 65 – 88 ล้านปี

(ข) หินแกรนิตแนวตอนกลางที่มีอายุอยู่ในช่วง 179 - 220 ล้านปี

(ค) หินแกรนิตแนวตะวันออกที่มีอายุอยู่ในช่วง 220 – 245 ล้านปี

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 วิธีการดำเนินงาน

2.2 ขั้นตอนการศึกษา

2.3 ตารางการปฏิบัติงาน

2.4 การสำรวจภาคสนามและตัวอย่างหินแกรนิต

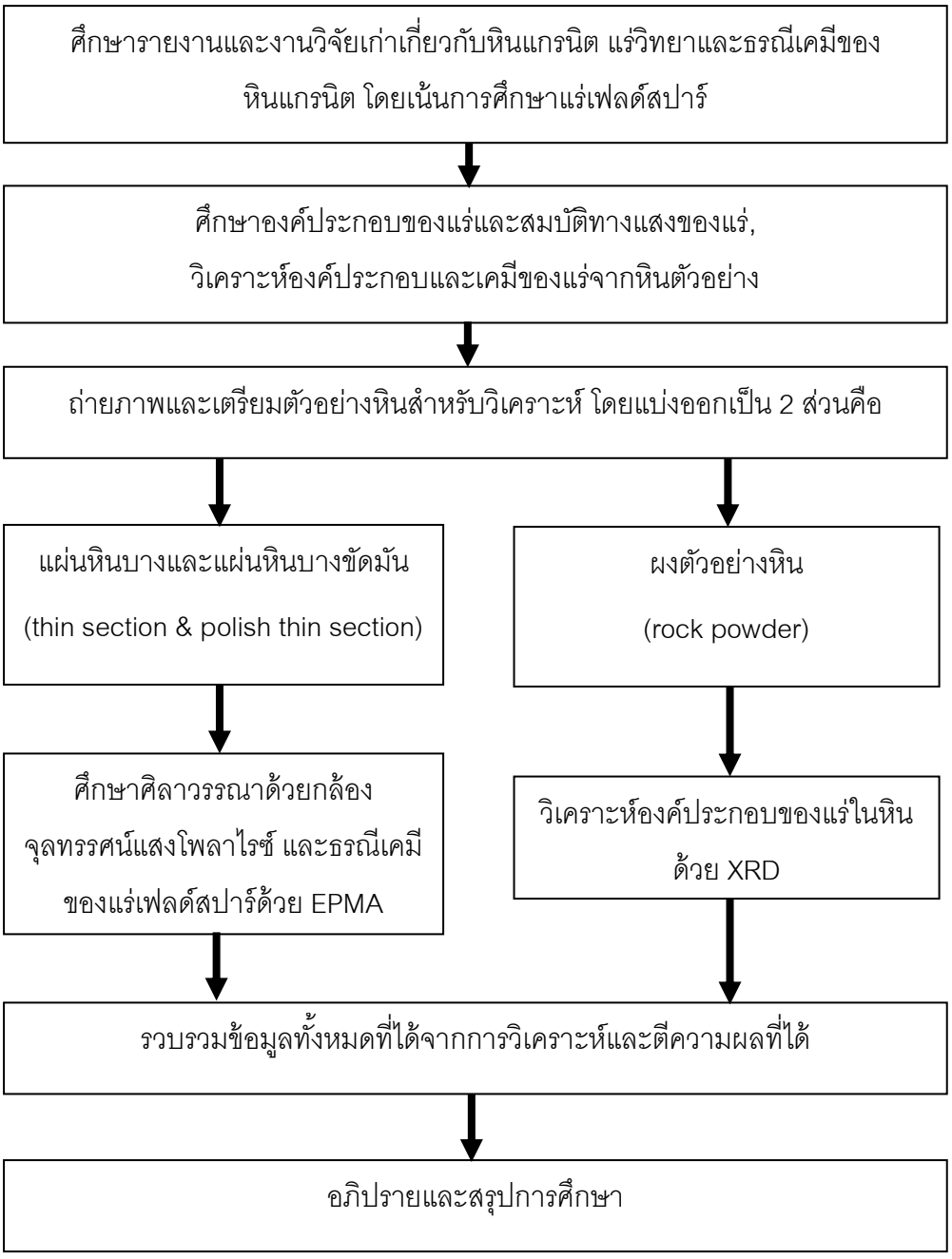
2.5 การเตรียมตัวอย่าง

บทที่ 2
ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลการศึกษาเบื้องต้น
    1.1 ศึกษารายงานและการวิจัยที่เคยมีผู้ศึกษามาแล้ว
    1.2 รวบรวมและประยุกต์ข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากรายงานเก่า เช่น ผลการวิเคราะห์แร่เฟลด์สปาร์ โดยเฉพาะรายงานเก่าที่เกี่ยวกับธรณีวิทยาของหินแกรนิต ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ โดยเน้นด้านวิทยาแร่ทางแสงและธรณีเคมี
2. สำรวจภาคสนามเพื่อเก็บตัวอย่างและทำการคัดสรรตัวอย่างหินที่สะอาดหรือสด
    2.1 เก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาแร่องค์ประกอบและสมบัติทางแสงของแร่, วิเคราะห์องค์ประกอบและธรณีเคมีของแร่เฟลด์สปาร์
3. ศึกษาศิลาวรรณนาและธรณีเคมีจากแผ่นหินบางและแผ่นหินบางขัดมันในห้องปฏิบัติการ
    3.1 ศึกษาศิลาวรรณนาของหินแกรนิตจากแผ่นหินบางด้วยกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ พร้อมทั้งถ่ายรูปประกอบ
    3.2 ศึกษาธรณีเคมีของหินแกรนิตจากแผ่นหินบางขัดมัน โดยเน้นศึกษาเฉพาะแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ด้วยเครื่อง EPMA เพื่อหาปริมาณของธาตุองค์ประกอบหลักและธาตุส่วนน้อย
4. ศึกษาองค์ประกอบของแร่ของหินแกรนิตด้วยผงตัวอย่างหินในห้องปฏิบัติการ
    4.1 ศึกษาองค์ประกอบของแร่ในหินแกรนิตจากผงตัวอย่างหิน โดยเน้นศึกษาเฉพาะแร่เฟลด์สปาร์ด้วยเครื่อง XRD
5. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตีความผลการศึกษา
    5.1 รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาศิลาวรรณนาและธรณีเคมี
    5.2 ตีความและประมวลผลที่ได้จากการศึกษา
6. อภิปรายผลการศึกษา
7. สรุปผลการศึกษา

2.2 ขั้นตอนการศึกษา

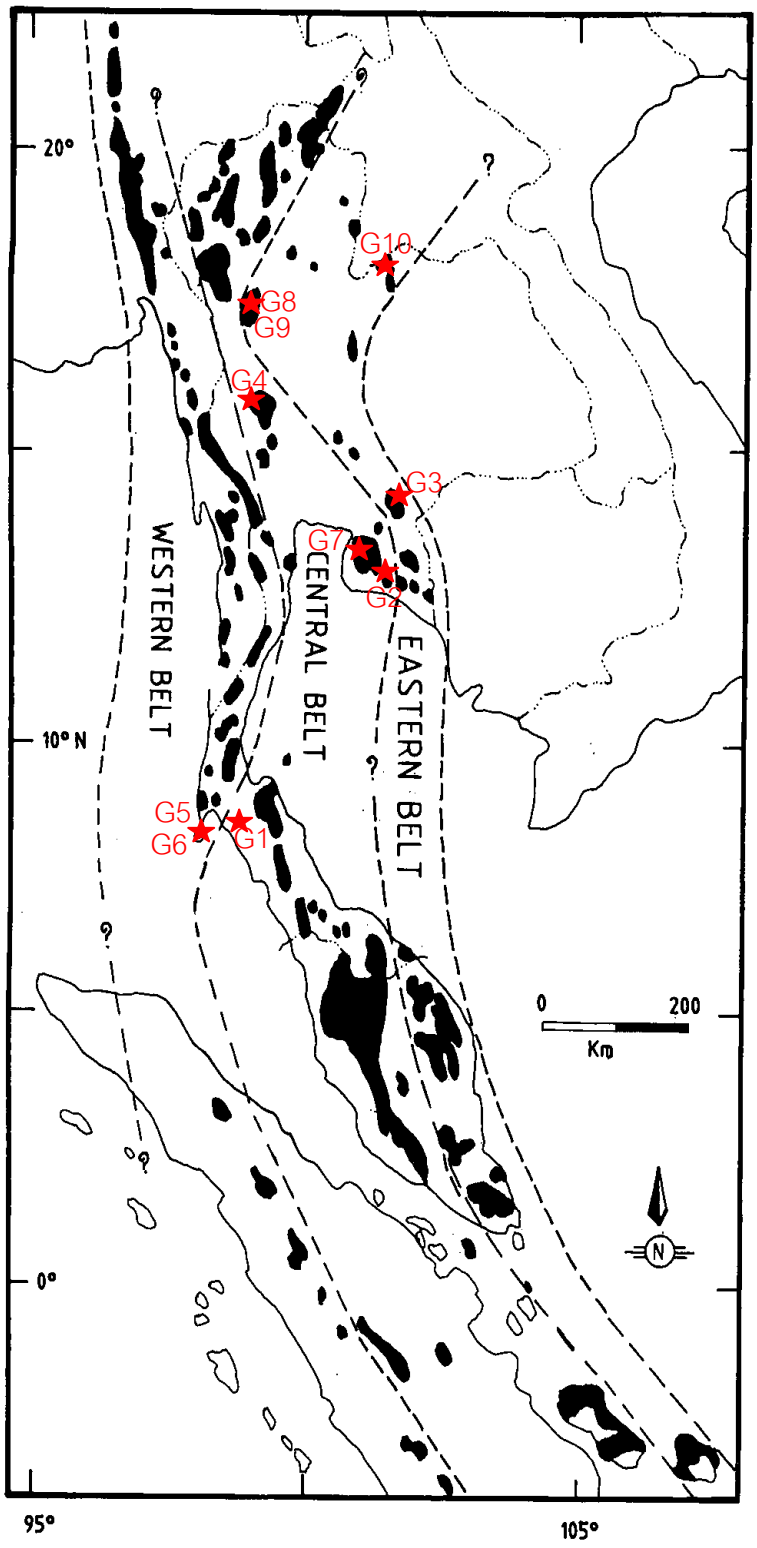


2.3 ตารางปฏิบัติงาน

ตารางที่ 2.1 แผนการดำเนินงาน (work plan) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2554 – เดือนเมษายน 2555

	รายละเอียดของการปฏิบัติงาน	2554							2555			
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.	ศึกษารายงานและงานวิจัยเก่าที่เกี่ยวกับหินแกรนิต แร่วิทยาและธรณีเคมีของหินแกรนิต โดยเน้นไปที่แร่เฟลด์สปาร์											
2.	สำรวจภาคสนามและเก็บตัวอย่างของหินแกรนิต											
	ส่งร่างโครงงานวิทยาศาสตร์ (Preproposasl)			31								
	นำเสนอโครงงานฯ (Proposal)				2							
3.	เตรียมตัวอย่างแผ่นหินบาง หินบางขัดมันและผงตัวอย่างหิน											
4.	ศึกษาศิลาวรรณาด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์											
5.	วิเคราะห์เคมีแร่แผ่นหินบางด้วยเครื่อง EPMA											
	ส่งรายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 1						2					
6.	วิเคราะห์องค์ประกอบของแร่จากผงตัวอย่างหินด้วยเครื่อง XRD											
7.	นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และประมวลผล											
	ส่งรายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 2									8		
8.	อภิปรายและสรุปผล											
9.	นำเสนอและจัดทำรูปเล่มรายงาน											
	สัมมนา										9-11	
	ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์											6

2.4 การสำรวจภาคสนามและตัวอย่างหินแกรนิต



รูปที่ 2.1 การกระจายตัวของหินแกรนิตในประเทศไทย (พื้นที่สีดำ), การแบ่งแนวหินแกรนิตออกเป็น 3 แนว (เส้นประ) และตำแหน่งตัวอย่างหินแกรนิตที่วิเคราะห์ (ดาวและหมายเลขสีแดง) (ดัดแปลงจาก Charusiri และคณะ, 1993)

ตัวอย่างหินแกรนิตที่นำมาศึกษาศิลาวรรณนาและธรณีเคมีของแร่เฟลด์สปาร์มีดังต่อไปนี้

1. หินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1)

รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างหินแกรนิตทางตะวันตกเฉียงใต้ของเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ ขนาดประมาณ 10 x 10 เมตร และตำแหน่งเก็บตัวอย่างหิน ดังรูปที่ 2.2 ประกอบไปด้วยแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีเหลืองและแร่แพลจิโอเคลสสีขาวที่เป็นผลึกดอก ขนาดประมาณ 3 เซนติเมตร เนื้อพื้นเป็นแร่ควอรตซ์ขนาดประมาณ 0.5 – 1 เซนติเมตร และแร่ไบโอไทต์ขนาดประมาณ 0.2 – 0.5 เซนติเมตร โดยในรูปที่ 2.3 จะเป็นตัวอย่างของหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ ซึ่งอยู่ในหินแกรนิตแนวตอนกลาง เป็นหินแกรนิตชนิด S-type อายุxประมาณ 72 ล้านปี (อยู่ในช่วงยุคครีเทเชียสตอนปลาย) โดยการใช้การวิเคราะห์ $^{39}Ar/^{40}Ar$ whole-rock isochron (Charusiri และคณะ, 1993)

2. หินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหมายเลข G2)

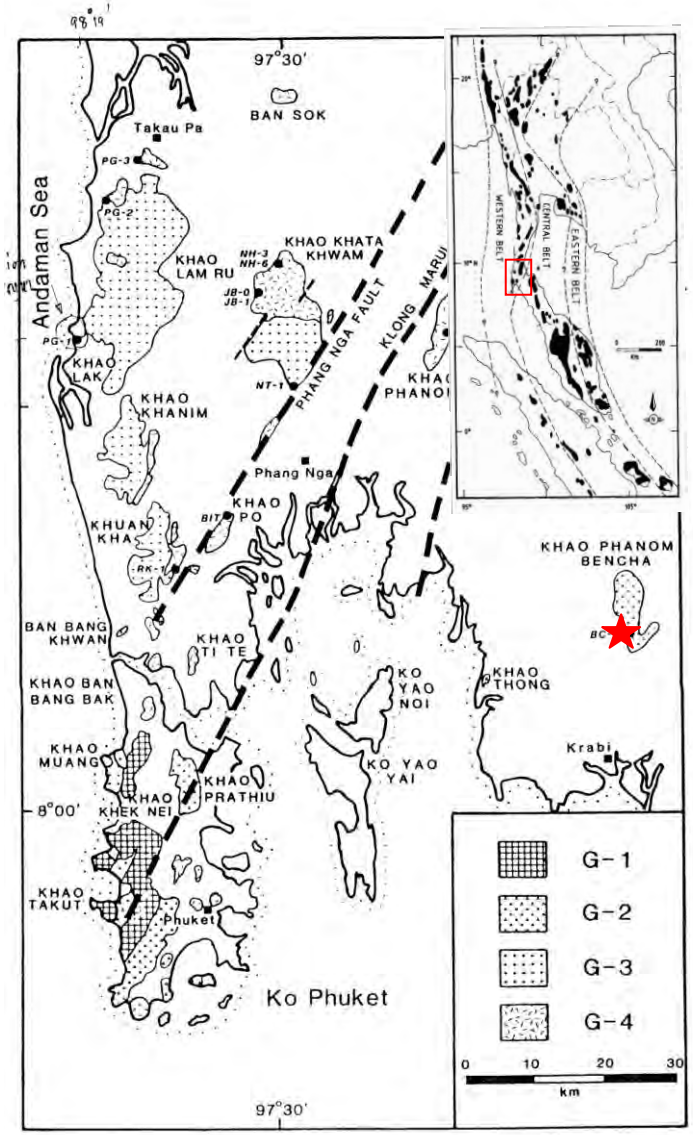
รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณวัดหนองหว้า อำเภอแกลง จังหวัดระยอง ขนาดประมาณ 4 x 6 เซนติเมตร และตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินในรูปที่ 2.4 หินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยองจะประกอบไปด้วยแร่ขนาดเท่าๆ กัน ของแร่ควอรตซ์ แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ แร่มัสโคไวต์ และแร่ไบโอไทต์ ขนาดเม็ดแร่ประมาณ 0.5 – 1 เซนติเมตร จากการศึกษาของ Charusiri และคณะ (1993) ให้หินแกรนิตบริเวณนี้อยู่ในหินแกรนิตแนวตอนกลาง และเป็นหินแกรนิตชนิด S-type มีอายุประมาณ 205 – 207 ล้านปี และการศึกษาของ Nakapadungrat และคณะ (1984) ให้อายุประมาณ 211±11 ล้านปี โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธี Rb/Sr whole-rock isochron

3. หินแกรนิตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (ตัวอย่างหมายเลข G3)

รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างหินแกรนิต อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมาและจุด G3 ในรูปที่ 2.1 คือตำแหน่งเก็บตัวอย่างหิน หินแกรนิตจะประกอบไปด้วยแร่ที่มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง ของแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูถึงแดงเข้ม ขนาดประมาณ 0.2 เซนติเมตร และแร่ไบโอไทต์ขนาดเท่าๆ กัน โดยตัวอย่างนี้อยู่ในหินแกรนิตแนวตะวันออก มีอายุประมาณ 220 – 245 ล้านปี อยู่ในช่วงยุคไทรแอสซิกตอนต้นถึงตอนปลาย (Charusiri และคณะ, 1993)

4. หินแกรนิตอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G4)

ตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแสดงในรูปที่ 2.1 (G4) โดยตัวอย่างหินแกรนิตอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี แสดงในรูปที่ 2.7 หินแกรนิตจะประกอบไปด้วยผลึกขนาดเท่าๆ กันของแร่ควอรตซ์สีขาวใส แร่โพแทซเฟลด์สปาร์และแร่แพลจิโอเคลสสีขาวขุ่น แร่ไบโอไทต์สีดำ ขนาดประมาณ 0.2 – 0.5 มิลลิเมตร โดยตัวอย่างนี้อยู่ในหินแกรนิตแนวตอนกลาง (central belt granite) เป็นหินแกรนิตชนิด S-type อายุ 72 ล้านปี อยู่ในช่วงยุคครีเทเชียสตอนปลาย (Charusiri และคณะ, 1993)



รูปที่ 2.2 แสดงการกระจายตัวของหินแกรนิตในจังหวัดภูเก็ต กระบี่ และพังงา

โดยแบ่งหินแกรนิตออกตามลักษณะดังนี้

G-1 = coarse-grained, porphyritic, biotite (±hornblende) granite

G-2 = fine-to-medium-grained, biotite-hornblende granite

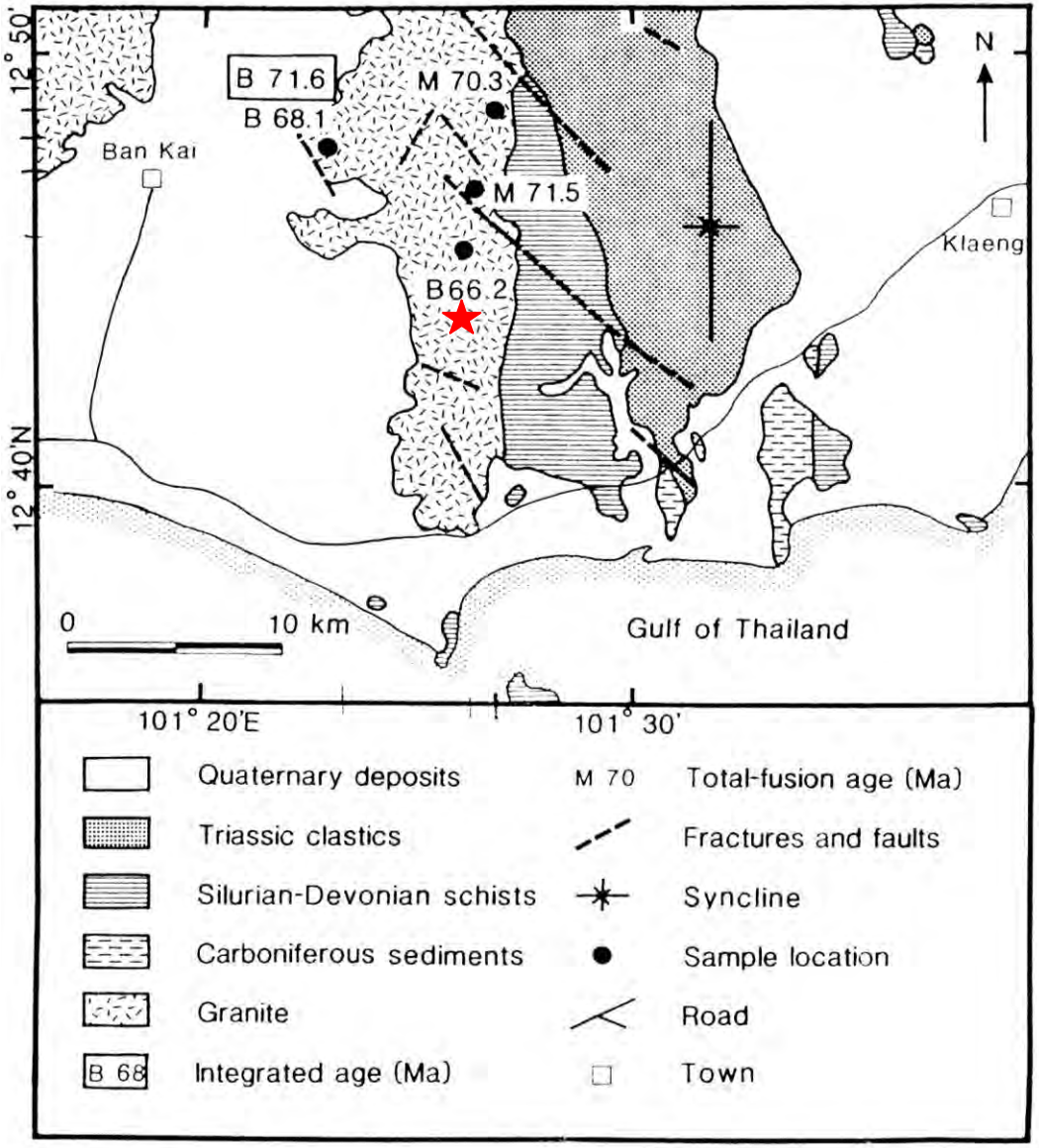
G-3 = medium-to-coarse-grained, porphyritic, biotite granite

G-4 = fine-to-medium-grained, biotite-muscovite (±tourmaline) granite (Charusiri, 1989)

และเครื่องหมายดาวแสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างหินแกรนิต เขาพนมเบญจา

จังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1)

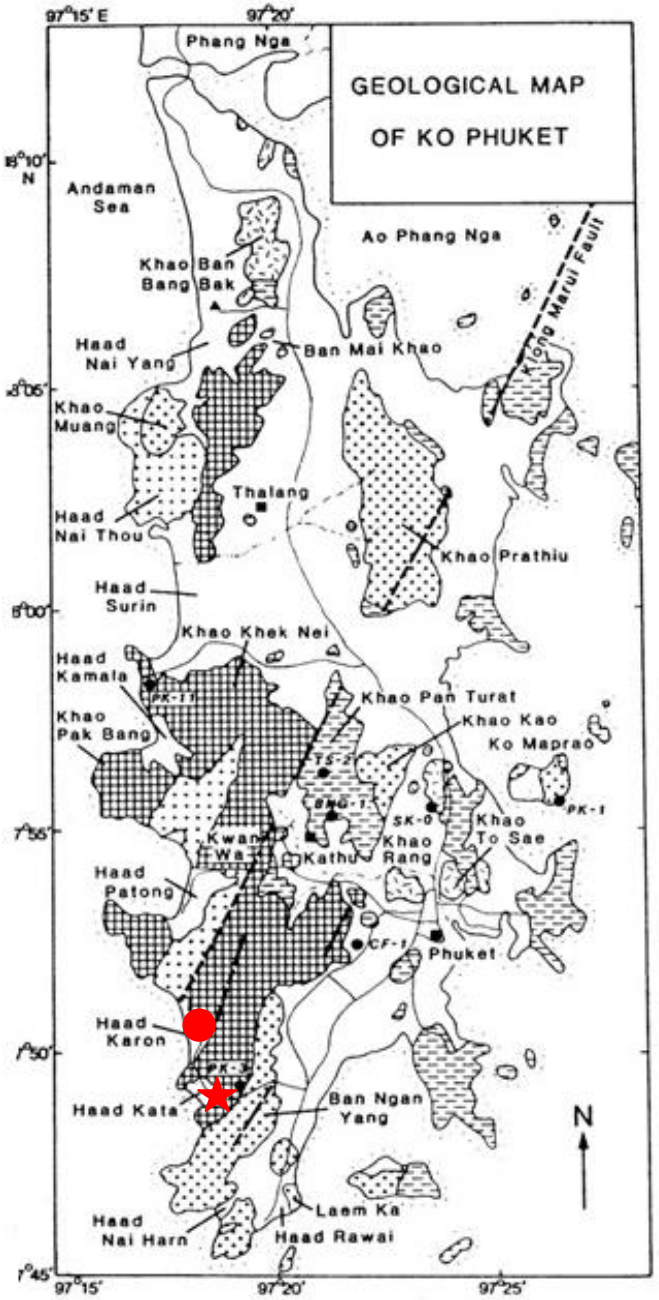


รูปที่ 2.4 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณอำเภอแกลง จังหวัดระยอง (Charusiri, 1989) และตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิต เครื่องหมายดาวแสดงบริเวณวัดหนองหว้า อำเภอแกลง จังหวัดระยอง

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหมายเลข G2)

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างหินแกรนิต อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (ตัวอย่างหมายเลข G3)

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างหินแกรนิต อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G4)



รูปที่ 2.8 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย (Charusiri, 1989)
เครื่องหมายดาวแสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณหาดกะตะ อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต
และเครื่องหมายวงกลมแสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณหาดกะรน อำเภอเมืองจังหวัดภูเก็ต

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณ
หาดกะตะ อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต

รูปที่ 2.10 ตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณ
หาดกะรน อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต

5. หินแกรนิตบริเวณหาดกะตะ อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G5)

รูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณหาดกะตะ อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต ที่เก็บตัวอย่างบริเวณรูปดาวในรูปที่ 2.8 โดยหินแกรนิตจะประกอบไปด้วยแร่เฟลด์สปาร์สีขาวที่เป็นผลึกดอก ขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร และเนื้อพื้นที่เป็นแร่ควอรตซ์ขนาดประมาณ 0.5 – 1 เซนติเมตร แร่ไบโอไทต์ที่มีขนาดประมาณ 0.2 – 0.5 เซนติเมตร และฮอร์นเบลนด์ในปริมาณเล็กน้อย จากการศึกษาของ Charusiri และคณะ (1993) ให้หินแกรนิตดังกล่าวอยู่ในหินแกรนิตแนวตะวันตก เป็นหินแกรนิตชนิด S-type มีอายุประมาณ 72-73 ล้านปี อยู่ในช่วงยุคครีเทเชียส และจากการศึกษาของ Putthapiban และ Gray (1984) ให้อายุประมาณ 98±7 ล้านปี ด้วยวิธีการวิเคราะห์ Rb/Sr

6. หินแกรนิตบริเวณหาดกะรน อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G6)

รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างหินแกรนิตบริเวณหาดกะรน อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต โดยจุดวงกลมในรูปที่ 2.8 จะเป็นตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินดังกล่าว ซึ่งจะประกอบไปด้วยโพแทซแร่เฟลด์สปาร์สีขาว และแร่แพลจิโอเคลสสีขาขุ่นที่เป็นผลึกดอก ขนาดประมาณ 4 เซนติเมตร และเนื้อพื้นเป็นแร่ควอรตซ์ขนาดประมาณ 0.5 – 1 เซนติเมตร แร่ไบโอไทต์ ขนาดประมาณ 0.2 – 0.5 เซนติเมตร และแร่ฮอร์นเบลนด์เล็กน้อย จากการศึกษาของ Charusiri และคณะ (1993) ให้หินตัวอย่างนี้อยู่ในหินแกรนิตแนวตะวันตก เป็นหินแกรนิตชนิด S-type มีอายุประมาณ 72-73 ล้านปี

7. หินแกรนิตเขาชีจรรย์ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G7)

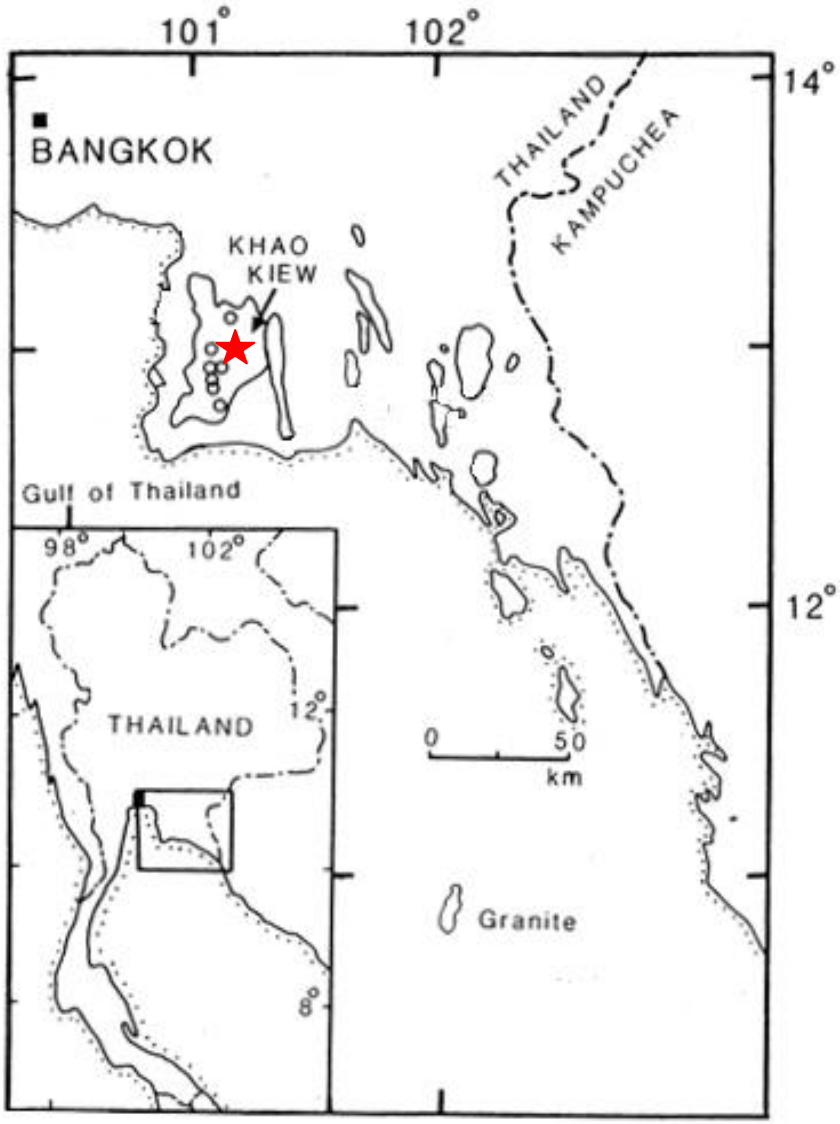
ตัวอย่างหินแกรนิตเขาชีจรรย์ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ดังรูปที่ 2.12 และตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิตเขาชีจรรย์แสดงในรูปที่ 2.11 โดยตัวอย่างหินแกรนิตประกอบไปด้วยแร่ที่มีขนาดเล็กถึงปานกลางที่เท่าๆ กัน ของแร่ควอรตซ์ แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ แร่แพลจิโอเคลส และแร่ไบโอไทต์ ขนาดเม็ดแร่ประมาณ 0.2 – 0.5 เซนติเมตร โดยตัวอย่างนี้อยู่ในหินแกรนิตแนวตอนกลาง มีอายุประมาณ 205-207 ล้านปี (Charusiri และคณะ, 1993)

8. หินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G8)

รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างหินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก ที่เก็บตัวอย่างบริเวณรูปดาว โดยหินแกรนิตจะประกอบไปด้วยแร่ที่มีขนาดเท่าๆ กัน คือ แร่เฟลด์สปาร์สีขาว แร่ควอรตซ์สีขาวใส และแร่ไบโอไทต์สีดำ ขนาดประมาณ 0.2 – 0.5 มิลลิเมตร โดยตัวอย่างนี้อยู่ในหินแกรนิตแนวตะวันออก เป็นหินแกรนิตชนิด I-type มีอายุประมาณ 225 – 227 ล้านปี (Charusiri, 1989)

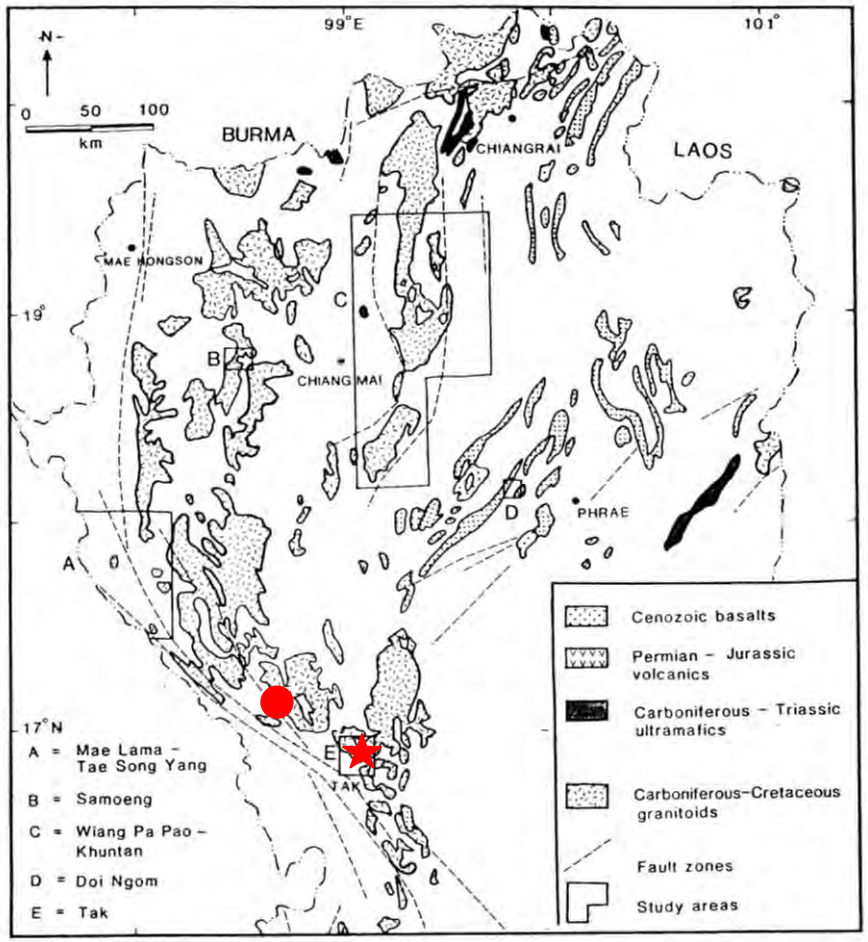
9. หินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G9)

รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างหินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก โดยจุดวงกลมในรูปที่ 2.13 จะเป็นตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินดังกล่าว โดยหินแกรนิตจะประกอบไปด้วยแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีเหลืองและสีชมพู และแร่



รูปที่ 2.11 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิต เขาชีจรรย์ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี (ดาว,ดัดแปลงจาก Charusiri, 1989)

รูปที่ 2.12
ตัวอย่างหินแกรนิตเขาชีจรรย์
อำเภอบางละมุง
จังหวัดชลบุรี



รูปที่ 2.13 การกระจายตัวของหินแกรนิตบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกตอนบนของประเทศไทย (Charusiri, 1989) โดยเครื่องหมายดาวแสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก และเครื่องหมายวงกลมแสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก

รูปที่ 2.14
ตัวอย่างหินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก

รูปที่ 2.15
ตัวอย่างหินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก

แพลจิโอเคลสสีขาวขุ่นที่เป็นผลึกดอก ขนาดประมาณ 2 - 3 เซนติเมตร พบเนื้อพื้นเป็นแร่ควอรตซ์ขนาดประมาณ 1 - 2 เซนติเมตร และแร่ไบโอไทต์ ขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร ตัวอย่างหินแกรนิตนี้อยู่ในหินแกรนิตแนวตะวันออก เป็นหินแกรนิตชนิด I-type มีอายุประมาณ 225 – 227 ล้านปี (Charusiri, 1989)

10. หินแกรนิตจังหวัดเลย (ตัวอย่างหมายเลข G10)

รูปที่ 2.16 แสดงตัวอย่างหินแกรนิตจังหวัดเลย ประกอบไปด้วยแร่ที่มีขนาดละเอียดถึงปานกลางของแร่เฟลด์สปาร์เหลืองและสีขาว ขนาดประมาณ 0.2 cm แร่ควอรตซ์และแร่ไบโอไทต์ที่มีขนาดเท่าๆ กัน ตัวอย่างนี้อยู่ในหินแกรนิตแนวตะวันออก เป็นหินแกรนิตชนิด I-type มีอายุประมาณ 227 – 235 Ma (Charusiri, 1989) โดยที่จุด G10 ในรูปที่2.1 จะเป็นตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินแกรนิตจังหวัดเลย

2.5 การเตรียมตัวอย่าง

หลังจากการเก็บตัวอย่างหินแกรนิตมาทั้งหมด จะนำมาเตรียมตัวอย่างเพื่อนำไปศึกษาศิลาวรรณนาและธรณีเคมีในลำดับต่อไป โดยแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. แผ่นหินบาง
    - แผ่นหินบาง นำไปศึกษาศิลาวรรณนาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์
    - แผ่นหินบางขัดมัน นำไปศึกษาธรณีเคมีโดยใช้เครื่อง Electron Probe Micro-Analyzer
2. ผงตัวอย่างหิน นำไปศึกษาแร่องค์ประกอบของหินแกรนิต ด้วยเครื่อง X-Ray Diffractrometer

2.5.1 การเตรียมตัวอย่างแผ่นหินบาง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ตัดก้อนตัวอย่าง (hand specimen) ให้มีความหนาน้อยกว่า 3 เซนติเมตร
2. ติดหินตัวอย่างลงบนกระจกด้วยกาว balsum บน hot plate
3. ฝนหินตัวอย่างด้วยเครื่องขัดหินบางอย่างหยาบ
4. ฝนหินตัวอย่างให้บางด้วยกระจกและผงขัดหินที่มีความละเอียด 600 และ 1000 ตามลำดับจนกระทั่งมีความบางประมาณ 0.03 มิลลิเมตร
5. ปิดด้วยกระจกกั้นใส

หลังจากนั้นตัวอย่างแผ่นหินบางที่เตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้วมีทั้งหมด 39 ตัวอย่าง (รูปที่ 2.17) จะนำไปศึกษาศิลาวรรณนาด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ โดยจะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในลำดับต่อไป

2.5.2 การเตรียมตัวอย่างแผ่นหินบางขัดมัน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ตัดก้อนตัวอย่าง (hand specimen) ให้มีความหนาน้อยกว่า 3 เซนติเมตร
2. ติดหินตัวอย่างลงบนกระจกด้วยกาว epoxy บน hot plate
3. ฝนหินตัวอย่างให้บางด้วยเครื่องขัดหินบางอย่างหยาบให้มีความหนาน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร

4. ฝนหินตัวอย่างให้บางด้วยกระจกและผงขัดหินให้มีความเรียบสม่ำเสมอกันทั้งแผ่น

5. ขัดมันด้วยเครื่องขัดมันที่มีขนาดความละเอียด 6, 3 และ 1 ไมครอนตามลำดับ

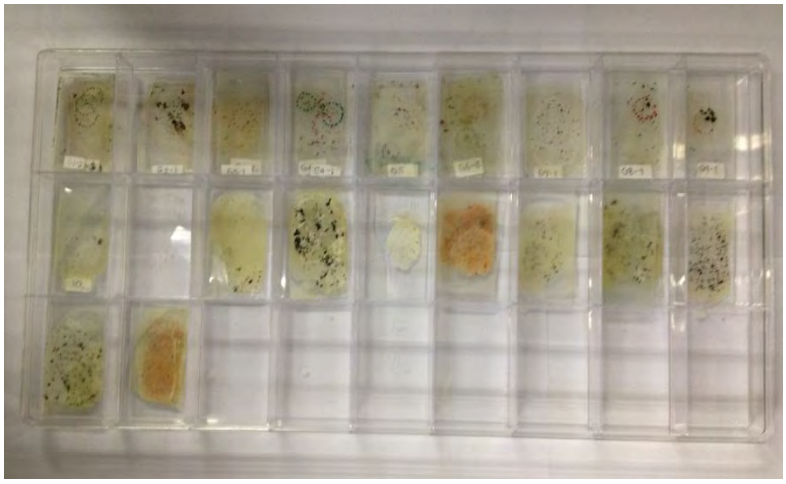
หลังจากนั้นตัวอย่างแผ่นหินบางขัดมันที่เตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้วมีทั้งหมด 12 ตัวอย่าง (ดังรูปที่ 2.18) จะนำไปศึกษาเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ด้วยเครื่อง Electron Probe Micro-Analyzer (EPMA) โดยจะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในลำดับต่อไป

2.5.3 การเตรียมผงตัวอย่างหิน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

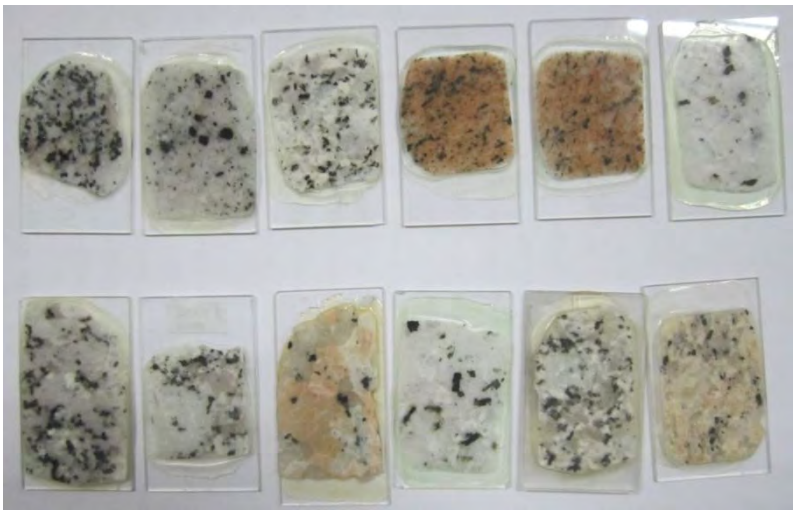
1. เลือกบริเวณเฉพาะที่จะต้องการนำไปวิเคราะห์ แล้วค่อยๆ สกัดออกจากก้อนตัวอย่าง

2. นำตัวอย่างที่สกัดออกมาได้ นำไปบดให้เป็นผงตัวอย่างหินด้วยครกอะเกต

หลังจากนั้นผงตัวอย่างหินจะนำไปวิเคราะห์แร่องค์ประกอบด้วยเครื่อง X-Ray Diffractometer โดยจะกล่าวถึงทฤษฎีในลำดับต่อไป



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างแผ่นหินบาง เพื่อเตรียมการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์โพราไรซ์



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างแผ่นหินบางขัดมัน เพื่อเตรียมการวิเคราะห์ด้วยเครื่องEPMA

รูปที่ 2.19 ผงตัวอย่างหิน เพื่อเตรียมการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRD

บทที่ 3 ผลการศึกษา

3.1 ศิลาวรรณนา

- ศิลาวรรณนาของหินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีชมพู
- ศิลาวรรณนาของหินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีขาว

3.2 เคมีของแร่

3.3 โครงสร้างผลึก

บทที่ 3
ผลการศึกษา

3.1 ศิลาวรรณนา

ตัวอย่างหินแกรนิตที่ได้จากการเก็บตัวอย่างในภาคสนามจะนำไปเตรียมตัวอย่างเป็นแผ่นหินบาง และศึกษาศิลาวรรณนาด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ เพื่อวิเคราะห์แร่องค์ประกอบของหินแกรนิตภายใต้กล้อง นอกจากนี้ยังเป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาวในหินแกรนิตของประเทศไทยว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร โดยจะทำการศึกษาทั้งแบบ mesoscopic และ microscopic ซึ่งหินแกรนิตที่ได้คัดเลือกมาศึกษามีทั้งหมด 10 ตัวอย่าง

การศึกษาแบบ mesoscopic description จะศึกษาจากแผ่นหน้าเรียบ (rock slab) และการศึกษาแบบ microscopic description จะศึกษาจากแผ่นหินบาง (thin section) จากตัวอย่างทั้งหมด ซึ่งการวิเคราะห์จะแบ่งตัวอย่างหินแกรนิตจากแผ่นหน้าเรียบที่สามารถสังเกตเห็นสีของแร่เฟลด์สปาร์ได้ ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีชมพู (pink feldspar granite) ได้แก่
    - หินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1)
    - หินแกรนิตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (ตัวอย่างหมายเลข G3)
    - หินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G9)
    - หินแกรนิตจังหวัดเลย (ตัวอย่างหมายเลข G10)
2. หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีขาว (white feldspar granite) ได้แก่
    - หินแกรนิตอำเภอหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหมายเลข G2)
    - หินแกรนิตอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G4)
    - หินแกรนิตหาดกะตะ จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G5)
    - หินแกรนิตหาดกะรน จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G6)
    - หินแกรนิตเขาชีจรรย์ จังหวัดชลบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G7)
    - หินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G8)

จากที่กล่าวในข้างต้นแล้วว่า การศึกษาศิลาวรรณนาจะวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาวในหินแกรนิต ดังนั้นการศึกษาศิลาวรรณนาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์จะเน้นการศึกษาไปที่แร่โพแทซเฟลด์สปาร์และแร่ที่เกิดร่วมด้วย

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1)

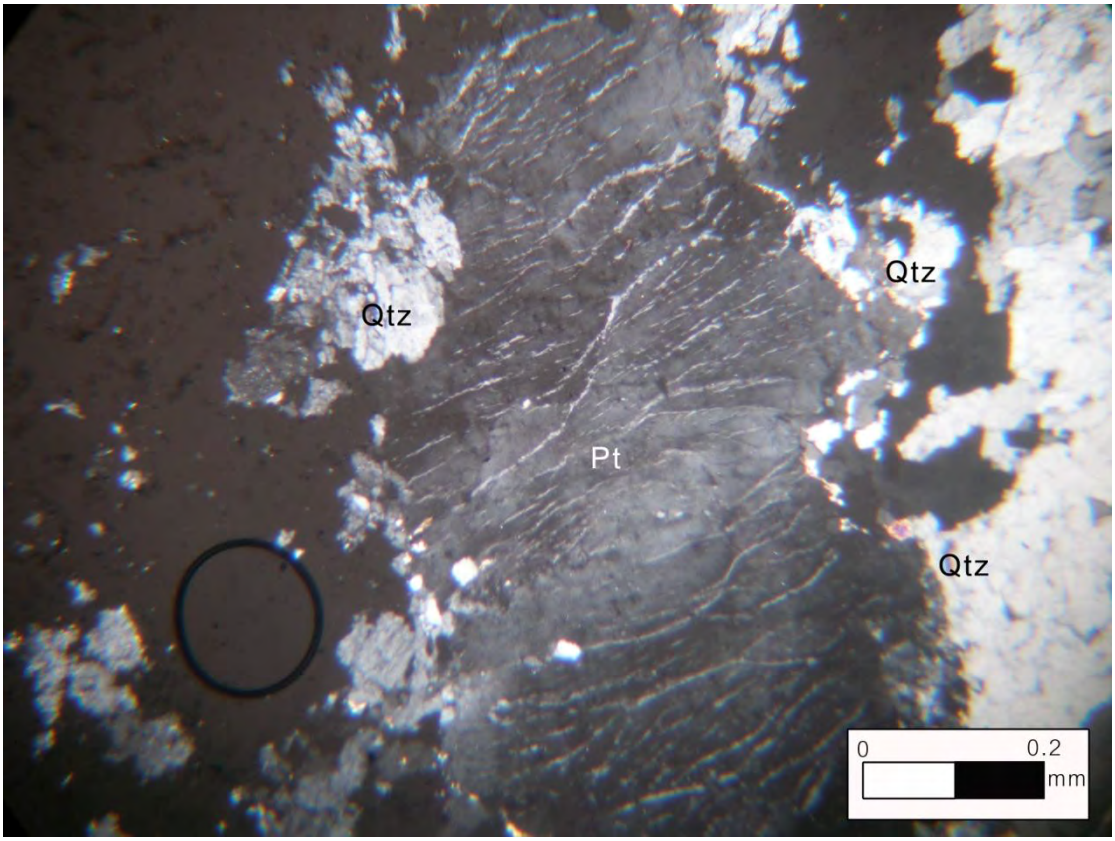
รูปที่ 3.2 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab) ของหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1) ที่มีสีสดเป็นสีเหลือง สีผุเป็นสีเหลืองเทา ซึ่งแสดงเนื้อหินแบบ porphyritic มีเนื้อดอกที่เป็นแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีเหลือง (Kfsp) และแร่แอลไบต์สีขาว (Ab) ที่มีขนาดประมาณ 1 – 3 เซนติเมตร มีเนื้อพื้นเป็นแร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร และแร่ทัวมารีนที่มีสีดำขนาดประมาณ 0.1 เซนติเมตร

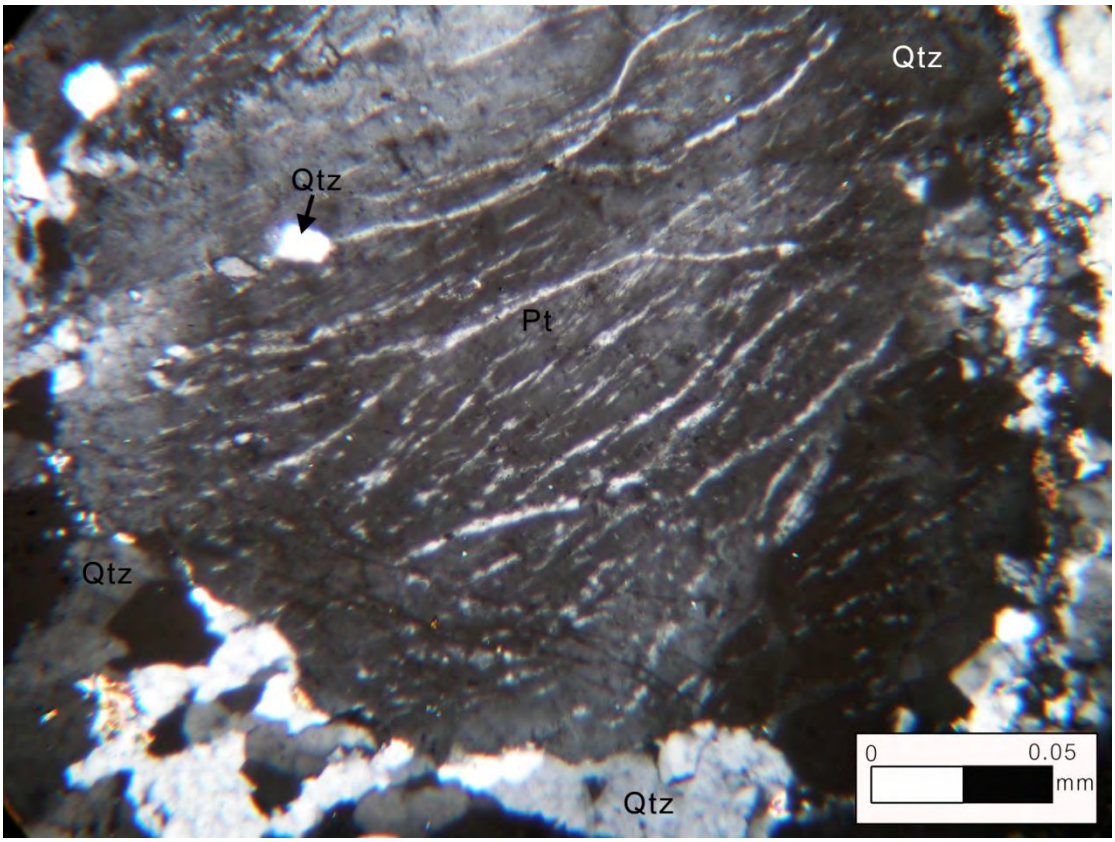
G1
CM
0
2
4
6
8
10

Kfsp
Tur
Qtz
Ab
G1
0
2
cm

รูปที่ 3.3 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G1-1 ของหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1) แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่เป็นผลึกดอกไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 1.2 เซนติเมตร โดยที่แร่เพอร์ไทต์ (Pt) แสดงลักษณะเนื้อไร้รูปร่าง (irregular texture) และมีแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.2 มิลลิเมตรเป็นเนื้อพื้นเกิดร่วมด้วยในบริเวณรอบๆ ของเพอร์ไทต์(Pt)

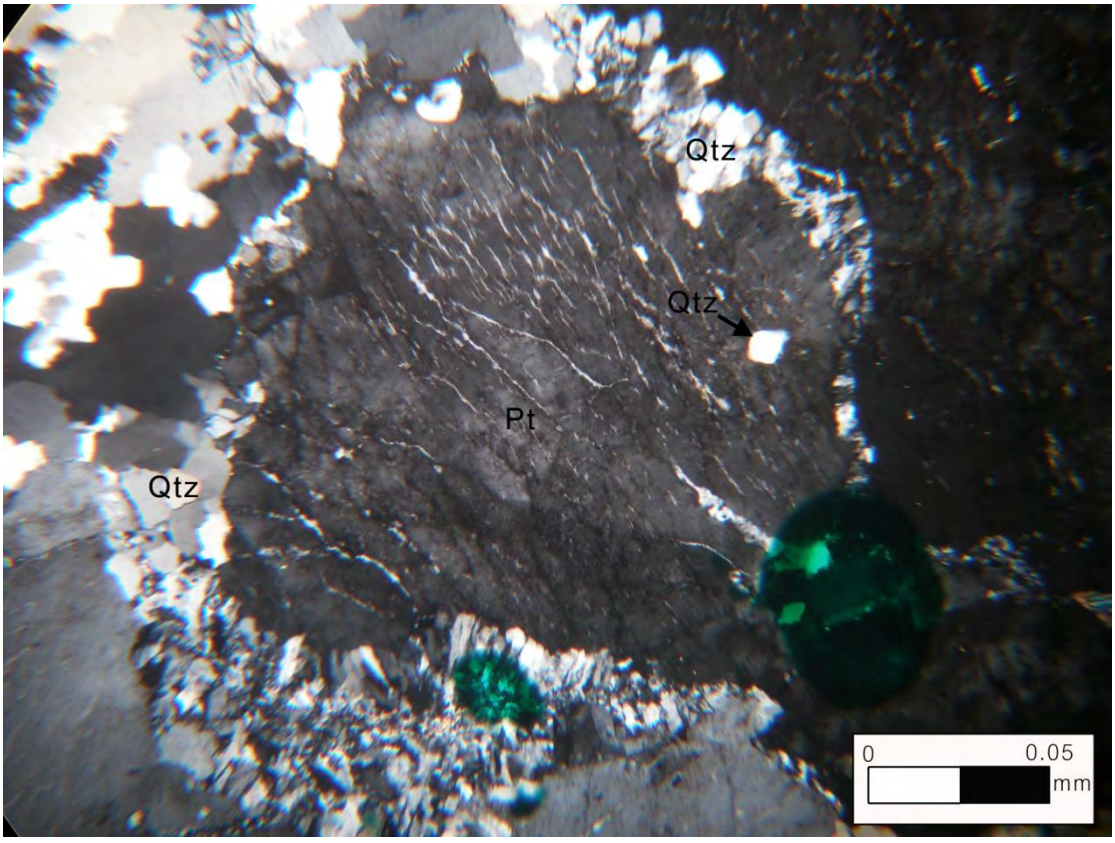
รูปที่ 3.4 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G1-1 ของหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1) แสดงให้เห็นลักษณะการเกิดของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไร้รูปผลึกที่บ่งบอกถึงลักษณะการโตของผลึกพร้อมกัน (intergrowth texture) ของแร่โพแทซเฟลด์สปาร์และแร่แอลไบต์ และลักษณะเนื้อไร้รูปร่างที่แสดงอย่างชัดเจนของเพอร์ไทต์ (Pt) โดยมีแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.02 – 0.05 มิลลิเมตร เกิดร่วมด้วยในบริเวณภายในและโดยรอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt)

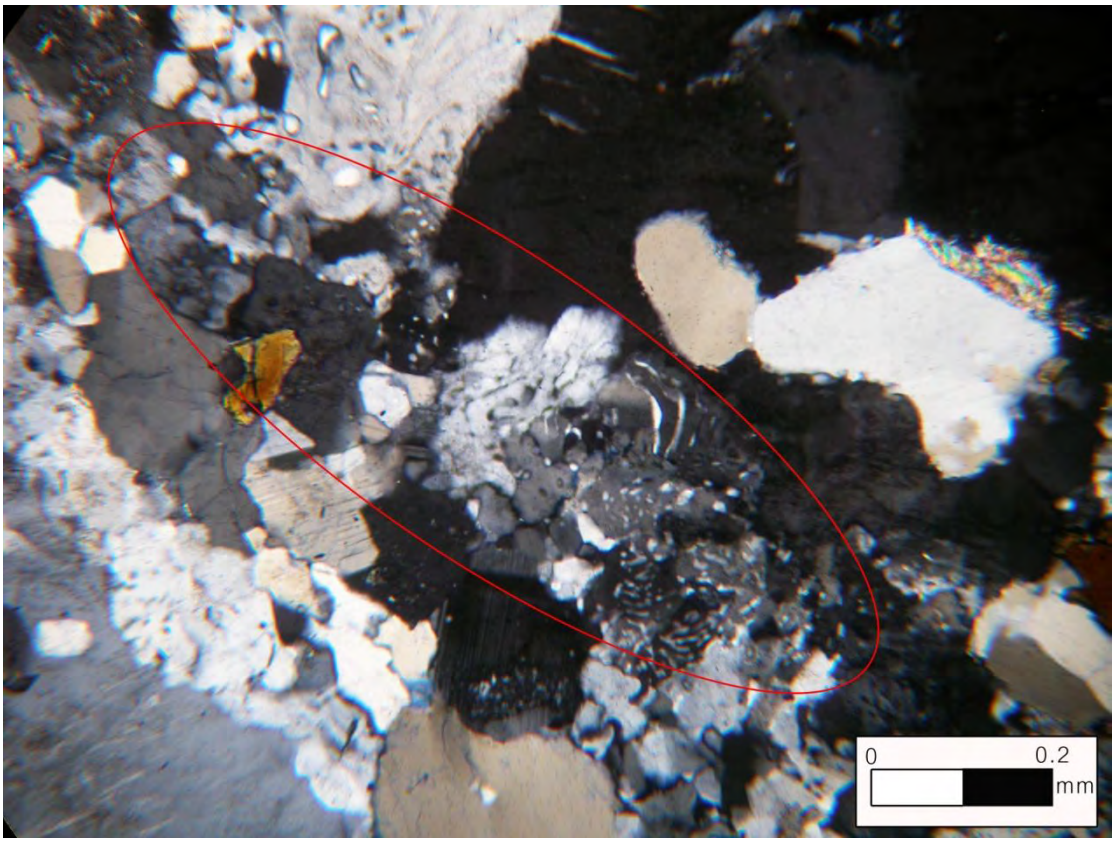

Qtz
Qtz
Qtz
Pt
Qtz
0
0.2
mm


Qtz
Qtz
Pt
Qtz
Qtz
0
0.05
mm

รูปที่ 3.5 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G1-2 ของหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1) ที่แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ที่เป็นผลึกดอกของแร่โพแทซเฟลด์สปาร์และแร่แพลจิโอเคลสที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.7 มิลลิเมตร โดยสังเกตเห็นลักษณะเนื้อไร้รูปร่าง (irregular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) และมีแร่ควอรตซ์ขนาดประมาณ 0.01 - 0.3 มิลลิเมตร เป็นเนื้อพื้นเกิดร่วมด้วยในบริเวณรอบขอบของแร่เพอร์ไทต์และภายในที่มีลักษณะเป็น quartz inclusion

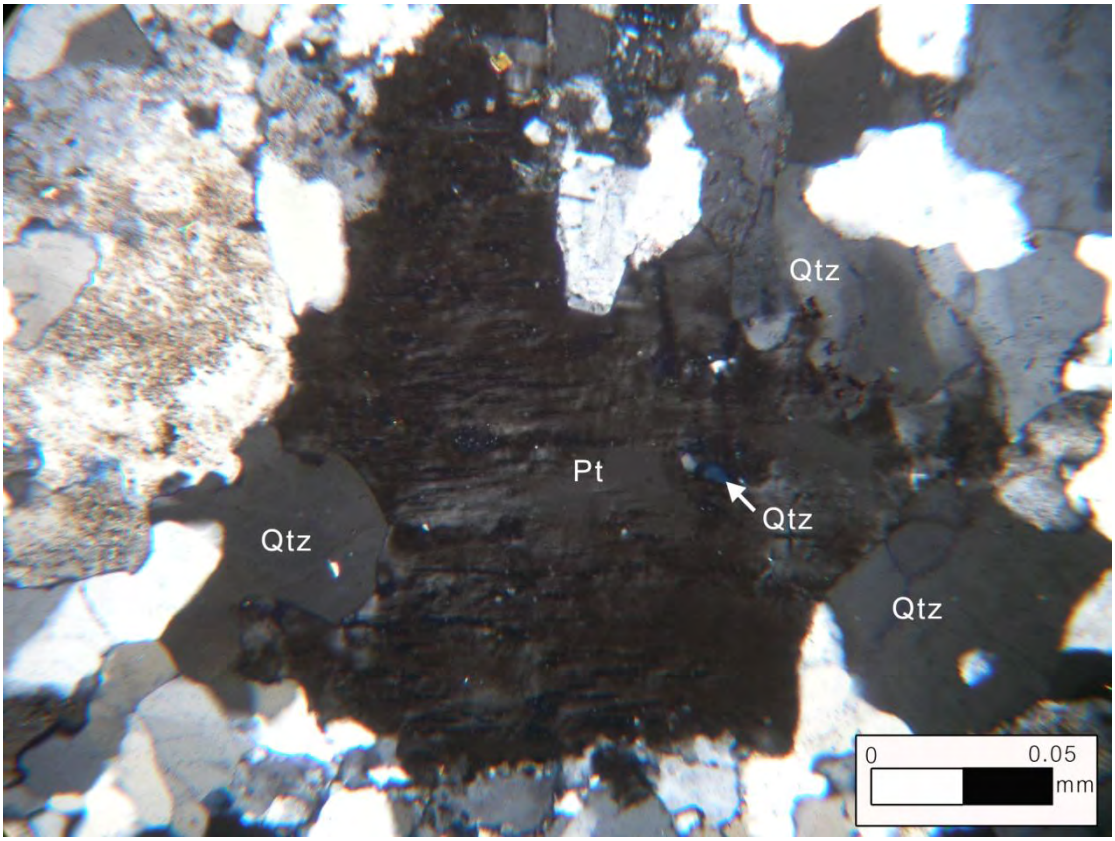
รูปที่ 3.6 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G1-2 ของหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ (ตัวอย่างหมายเลข G1) โดยในวงกลมสีแดงจะแสดงลักษณะของเนื้อตัวหนอน (myrmekitic texture) ที่มีแร่ควอรตซ์ขนาดเล็กๆ คล้ายตัวหนอนบนแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ โดยมักจะเกิดในช่วงหลังของการเย็นตัวของหินแกรนิต

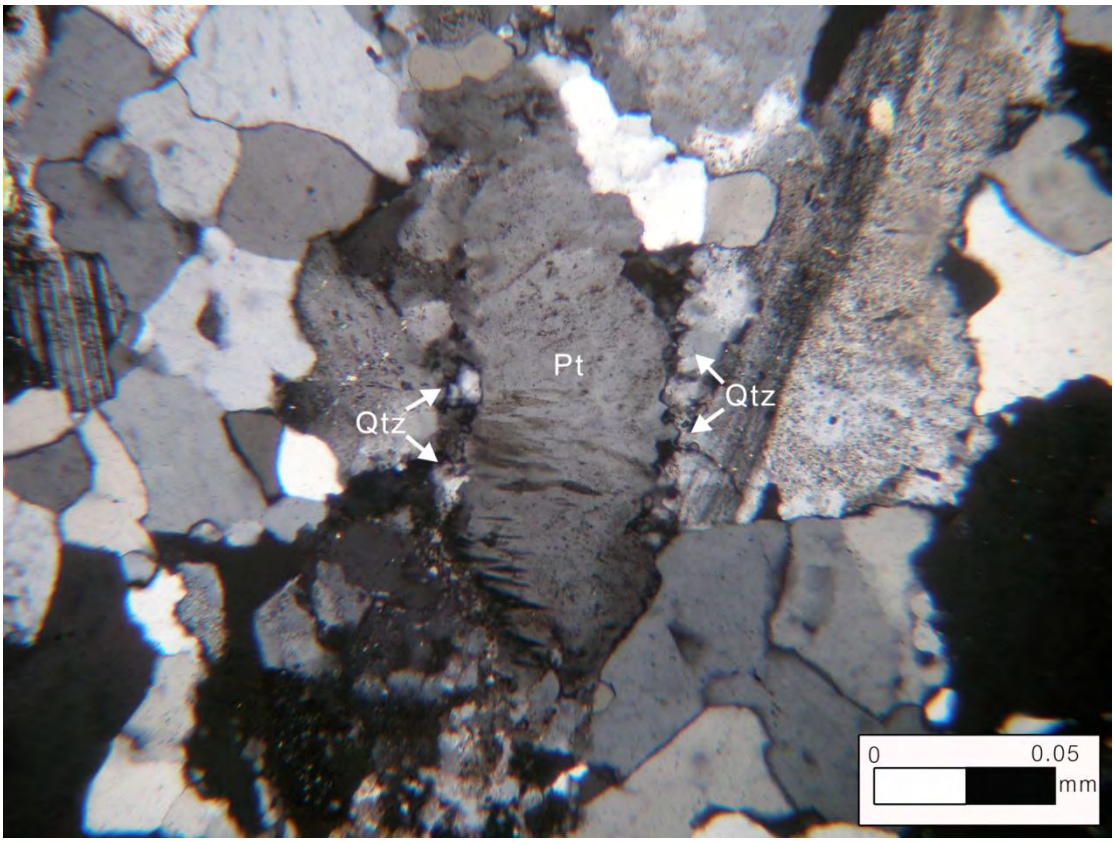

Qtz
Qtz
Pt
Qtz
0
0.05
mm


0
0.2
mm

รูปที่ 3.7 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G3-1 ของหินแกรนิตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (ตัวอย่างหมายเลข G3) แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.1 มิลลิเมตร โดยสังเกตจะพบลักษณะเนื้อไร้รูปร่าง (irregular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) และมีแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 - 0.1 มิลลิเมตร เกิดร่วมด้วยในบริเวณรอบขอบของแร่เพอร์ไทต์และภายในที่มีลักษณะเป็น quartz inclusion

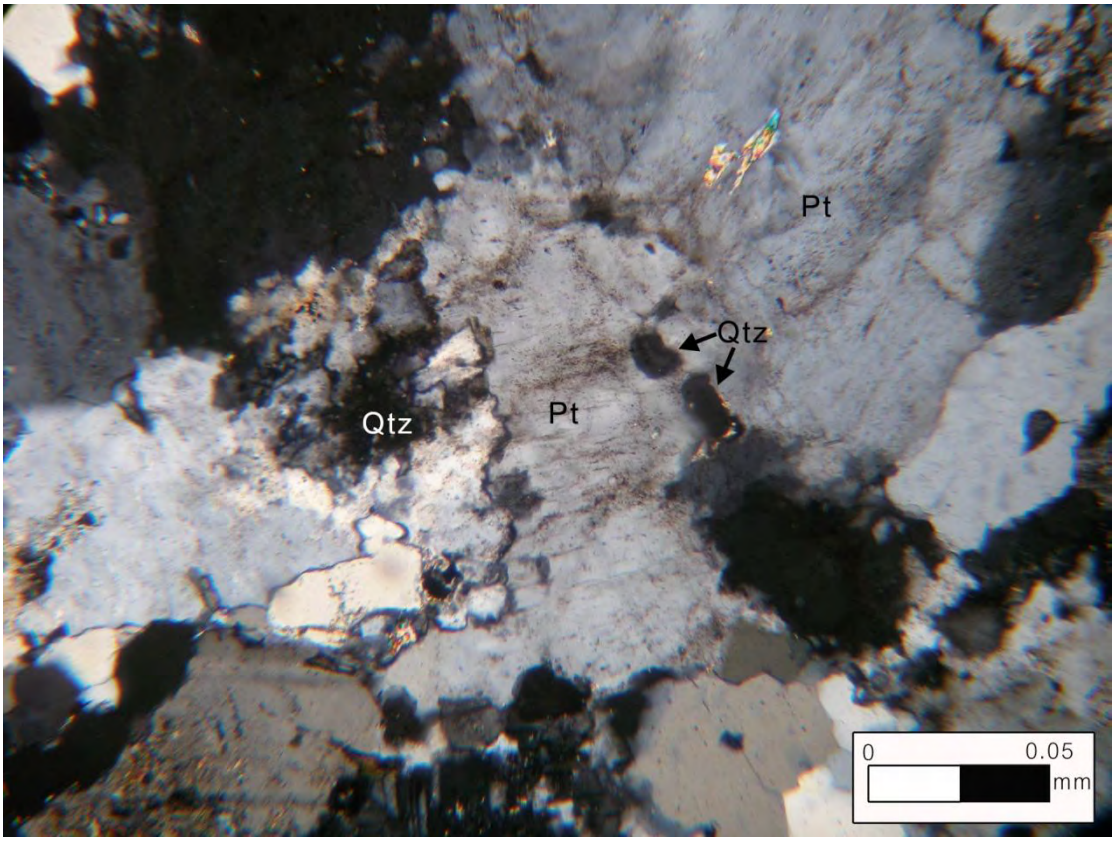
รูปที่ 3.8 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G3-1 ของหินแกรนิตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (ตัวอย่างหมายเลข G3) แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร โดยสังเกตจะพบลักษณะเนื้อไร้รูปร่าง (irregular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) และมีแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 - 0.1 มิลลิเมตร เกิดร่วมด้วยในบริเวณรอบขอบของแร่เพอร์ไทต์(Pt)

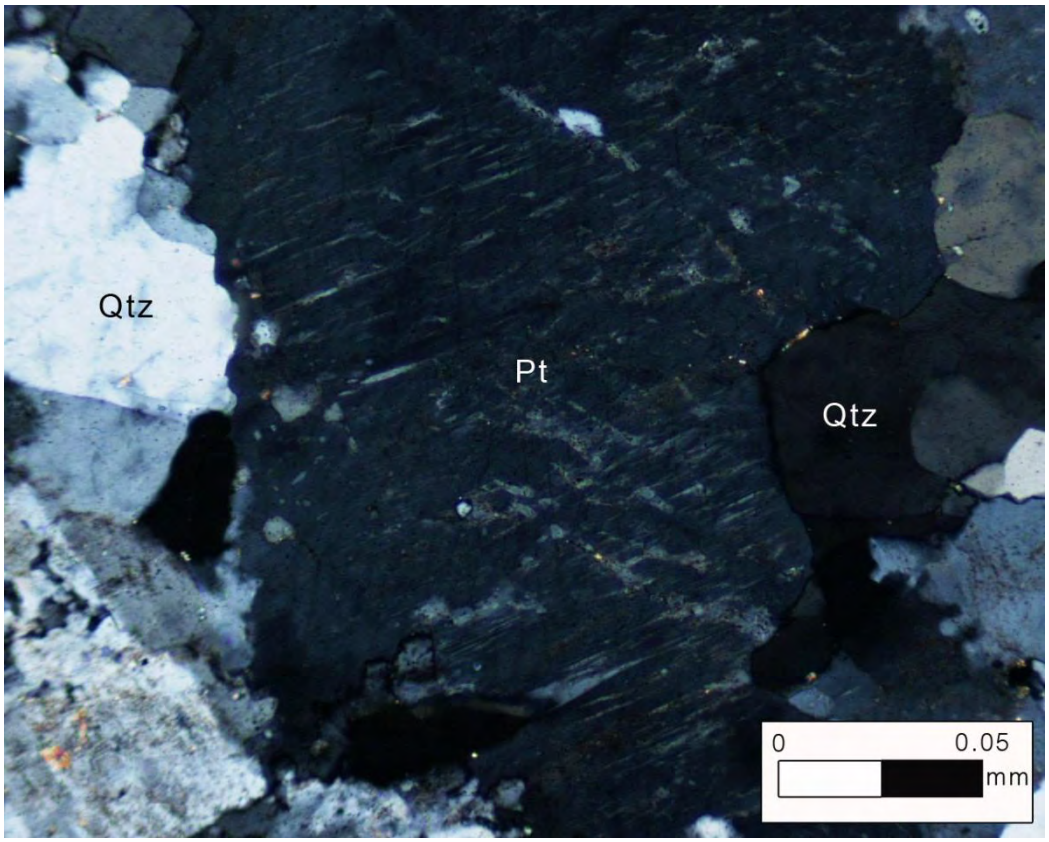

Qtz
Pt
Qtz
Qtz
Qtz
0
0.05
mm


Pt
Qtz
Qtz
0
0.05
mm

รูปที่ 3.9 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G3-2 ของหินแกรนิตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (ตัวอย่างหมายเลข G3) แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร โดยสังเกตจะพบลักษณะเนื้อไร้รูปร่าง (irregular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) และมีแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 - 0.1 มิลลิเมตร เกิดร่วมด้วยในบริเวณรอบขอบของแร่เพอร์ไทต์และภายในที่มีลักษณะเป็น quartz inclusion

รูปที่ 3.10 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G3-2 ของหินแกรนิตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (ตัวอย่างหมายเลข G3) แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.1 มิลลิเมตร โดยสังเกตจะพบลักษณะเนื้อไร้รูปร่าง (irregular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) และมีแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 - 0.1 มิลลิเมตร เกิดร่วมด้วยในบริเวณรอบขอบของแร่เพอร์ไทต์และภายในที่มีลักษณะเป็น quartz inclusion

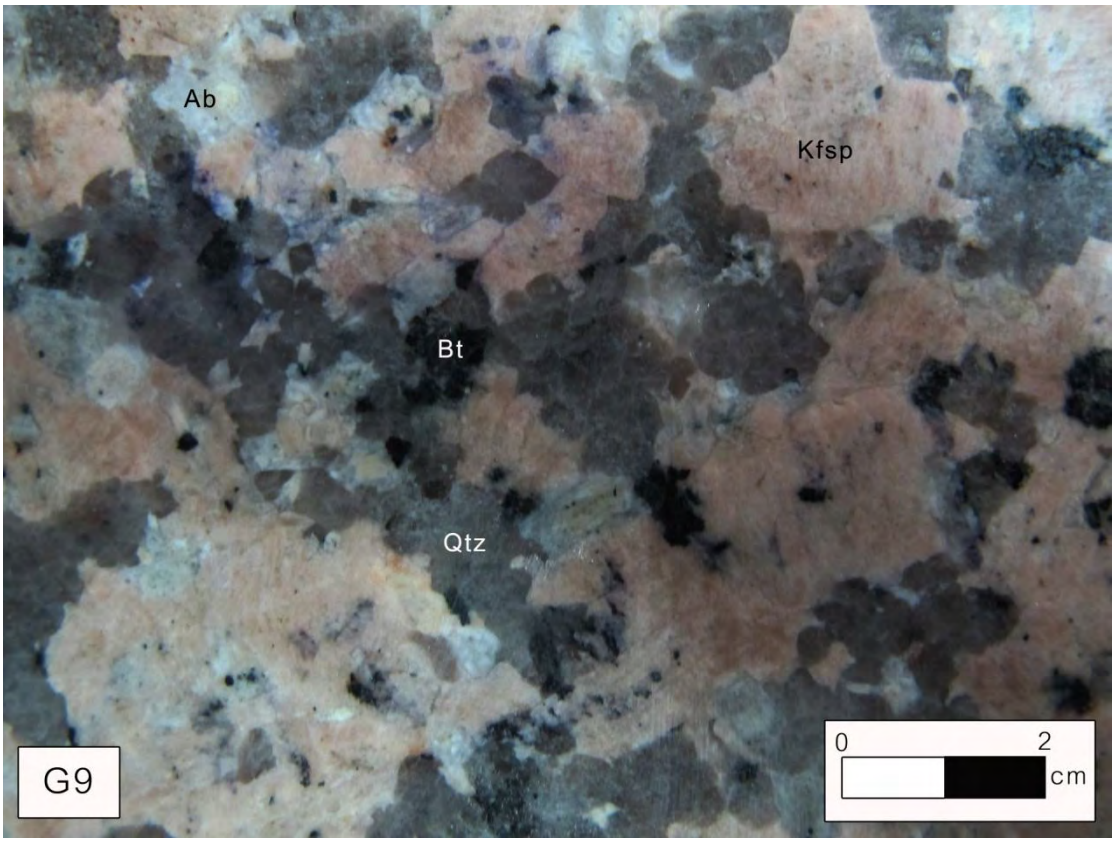

Pt
Qtz
Qtz
Pt
0
0.05
mm


Qtz
Pt
Qtz
0
0.05
mm

รูปที่ 3.11 ตัวอย่างหินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G9)

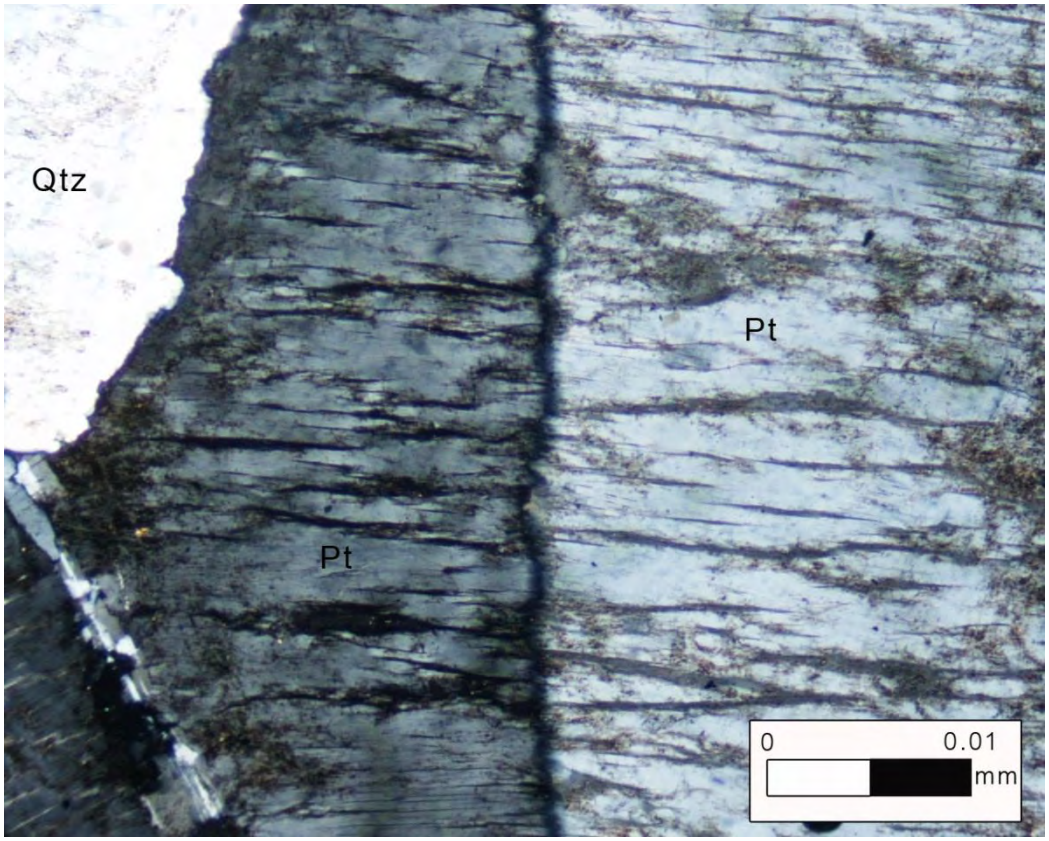
รูปที่ 3.12 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab) ของหินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G9) ที่มีสีสดเป็นชมพู สีผุเป็นชมพูเทา ซึ่งแสดงเนื้อดอกของผลึกดอกแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพู (Kfsp) ที่มีขนาดประมาณ 2 – 3 เซนติเมตร โดยเนื้อพื้นจะเป็นแร่แอลไบต์สีขาว (Ab) ที่มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร แร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 1 – 2 เซนติเมตร และแร่ไบโอไทตสีดำ (Bt) ที่มีขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร

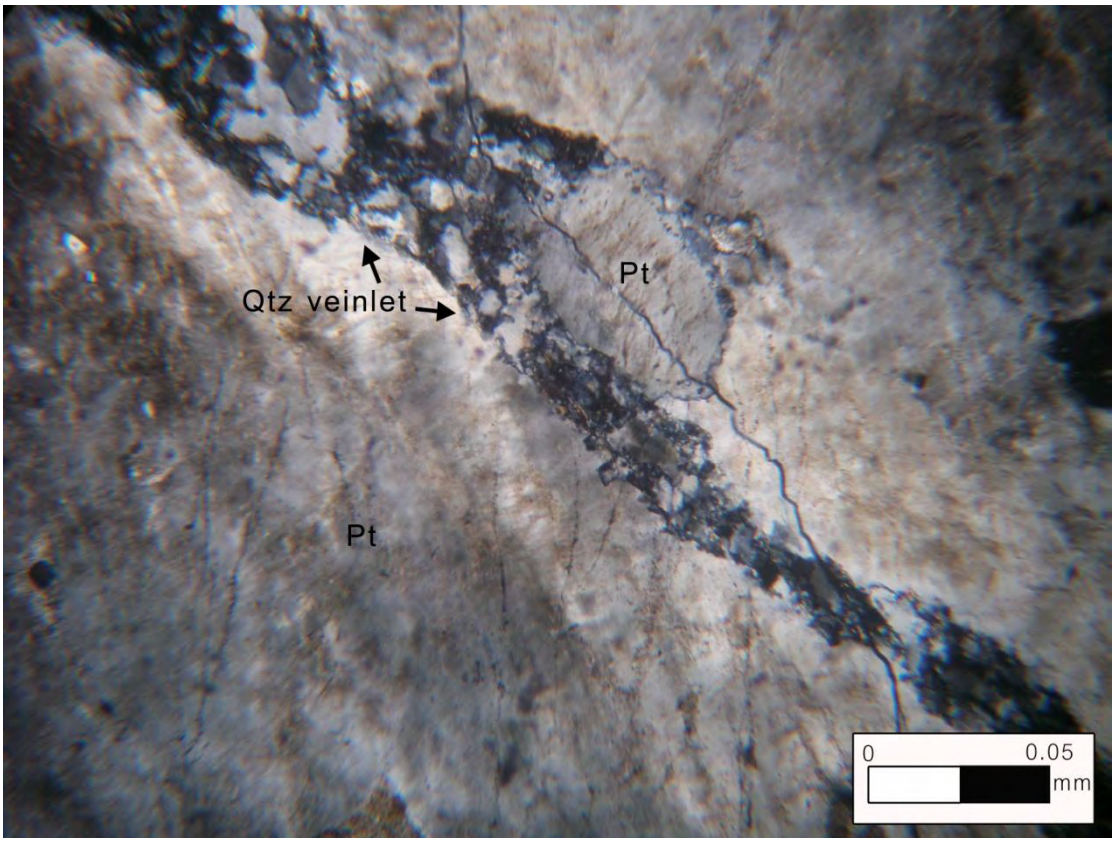
G9
CM
0
2
4
6
8
10


Ab
Kfsp
Bt
Qtz
G9
0
2
cm

รูปที่ 3.13 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรส์กำลังขยาย 100 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G9-1 ของหินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G9) แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร โดยสังเกตจะพบลักษณะเนื้อไร้รูปร่าง (irregular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) และมีแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.01 มิลลิเมตร เกิดร่วมด้วยในบริเวณรอบขอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt)

รูปที่ 3.14 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G9-1 ของหินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G9) แสดงให้เห็นลักษณะการแทรกเข้ามาของสายแร่ขนาดเล็กของแร่ควอรตซ์ (Qtz veinlet) ตามรอยแตกของเพอร์ไทต์ (Pt) โดยผลึกของแร่ควอรตซ์แต่ละผลึกมีขนาดประมาณ 0.01 มิลลิเมตร

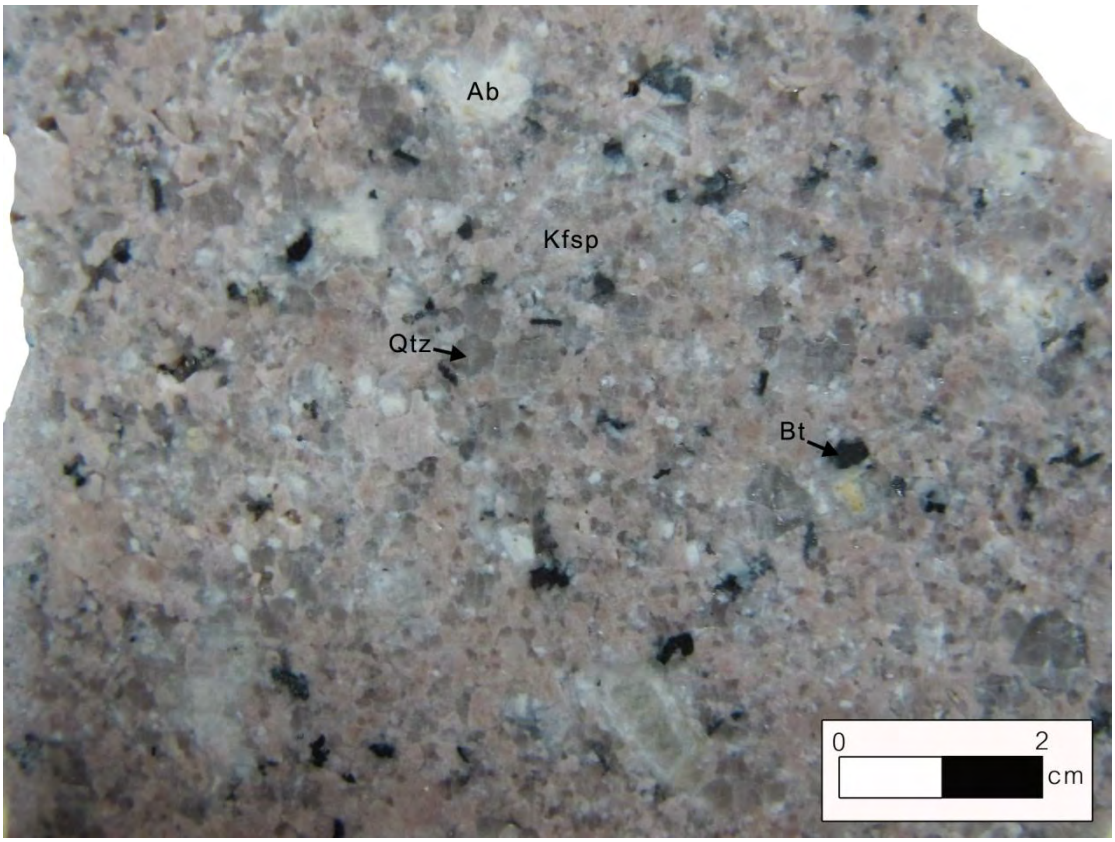

Qtz
Pt
Pt
0
0.01
mm


Qtz veinlet
Pt
Pt
0
0.05
mm

รูปที่ 3.15 ตัวอย่างหินแกรนิตจังหวัดเลย (ตัวอย่างหมายเลข G10)

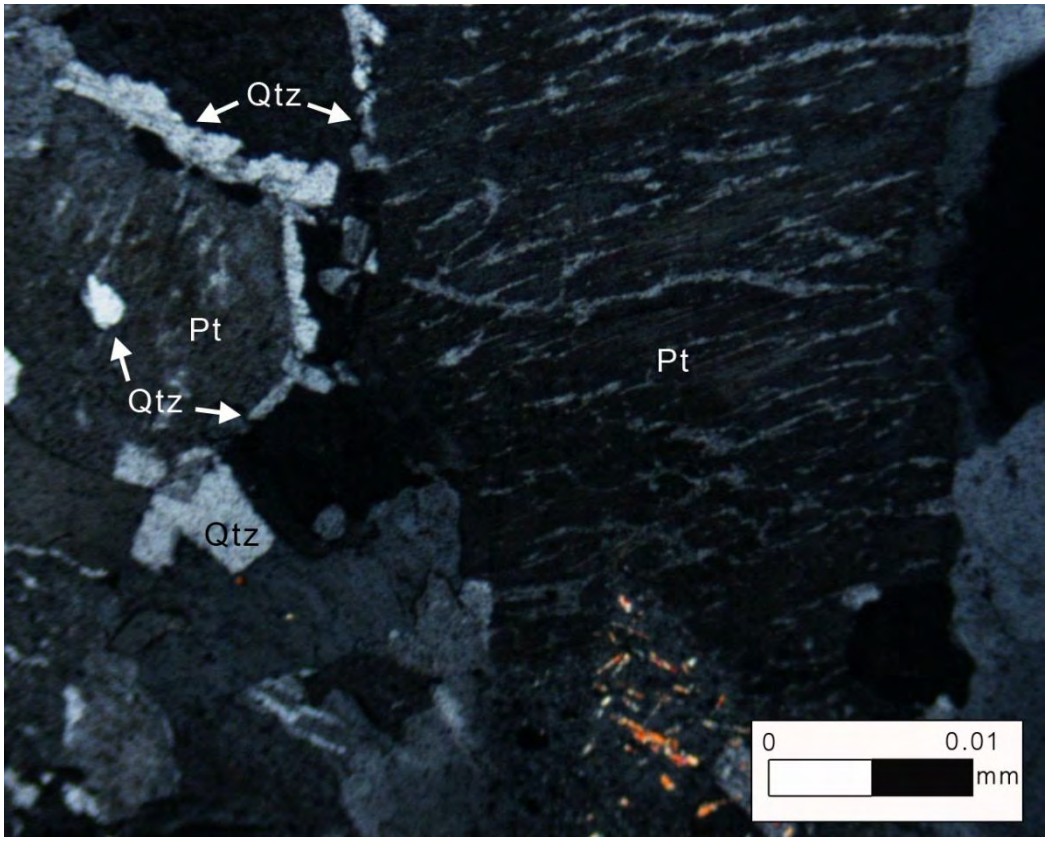
รูปที่ 3.16 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab)ของหินแกรนิตจังหวัดเลย (ตัวอย่างหมายเลข G10) ที่มีสีสดเป็นสีชมพูเข้ม สีผุเป็นชมพูเทา ซึ่งแสดงให้เห็นแร่ที่มีขนาดเท่าๆ กันของแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพู (Kfsp) ขนาดประมาณ 0.05 – 0.1 เซนติเมตร , แร่แอลไบต์สีขาวขุ่น (Ab) ขนาดประมาณ 0.05 – 0.1 มิลลิเมตร , แร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร และแร่ไบโอไทต์สีดำ (Bt) ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตร

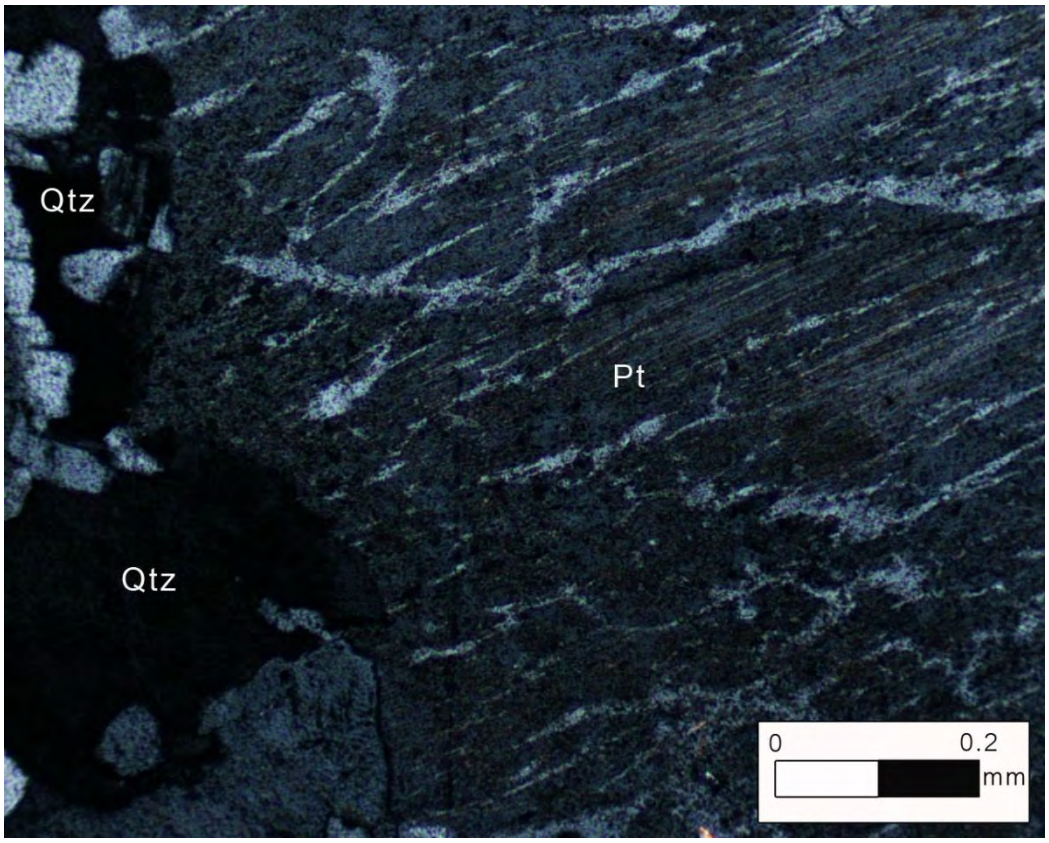
G10
CM
0
2
4
6
8
10


Ab
Kfsp
Qtz
Bt
0
2
cm

รูปที่ 3.17 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G10-1 ของหินแกรนิตจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G10) แสดงให้เห็นลักษณะการแทรกเข้ามาและการเกิดผลึกของแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.005 – 0.01 มิลลิเมตร บริเวณรอบขอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่แสดงลักษณะเนื้อที่ไร้รูปร่าง (irregular texture)

รูปที่ 3.18 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G10-1 ของหินแกรนิตจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G10) แสดงให้เห็นลักษณะเนื้อที่ไร้รูปร่าง (irregular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt)


Qtz
Pt
Qtz
Pt
Qtz
0
0.01
mm

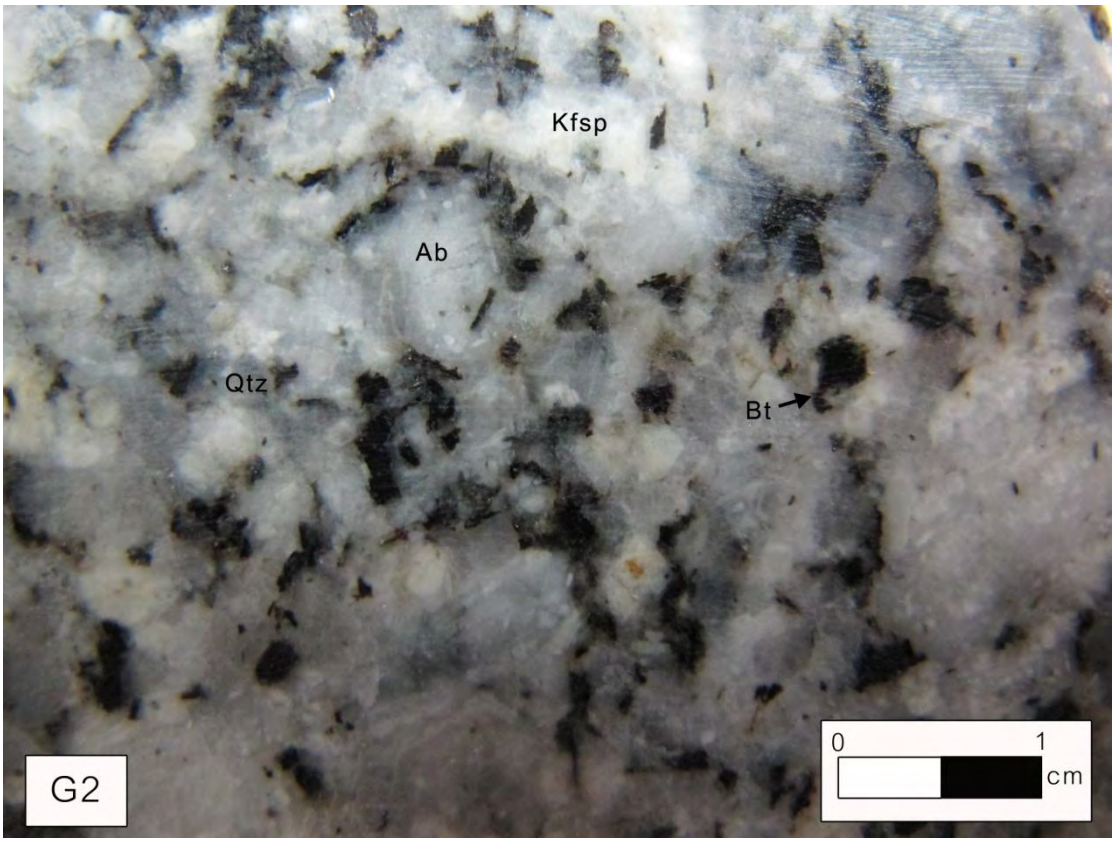

Qtz
Pt
Qtz
0
0.2
mm

ศิลาวรรณนาของหินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีขาว

รูปที่ 3.19 ตัวอย่างหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหายเลข G2)

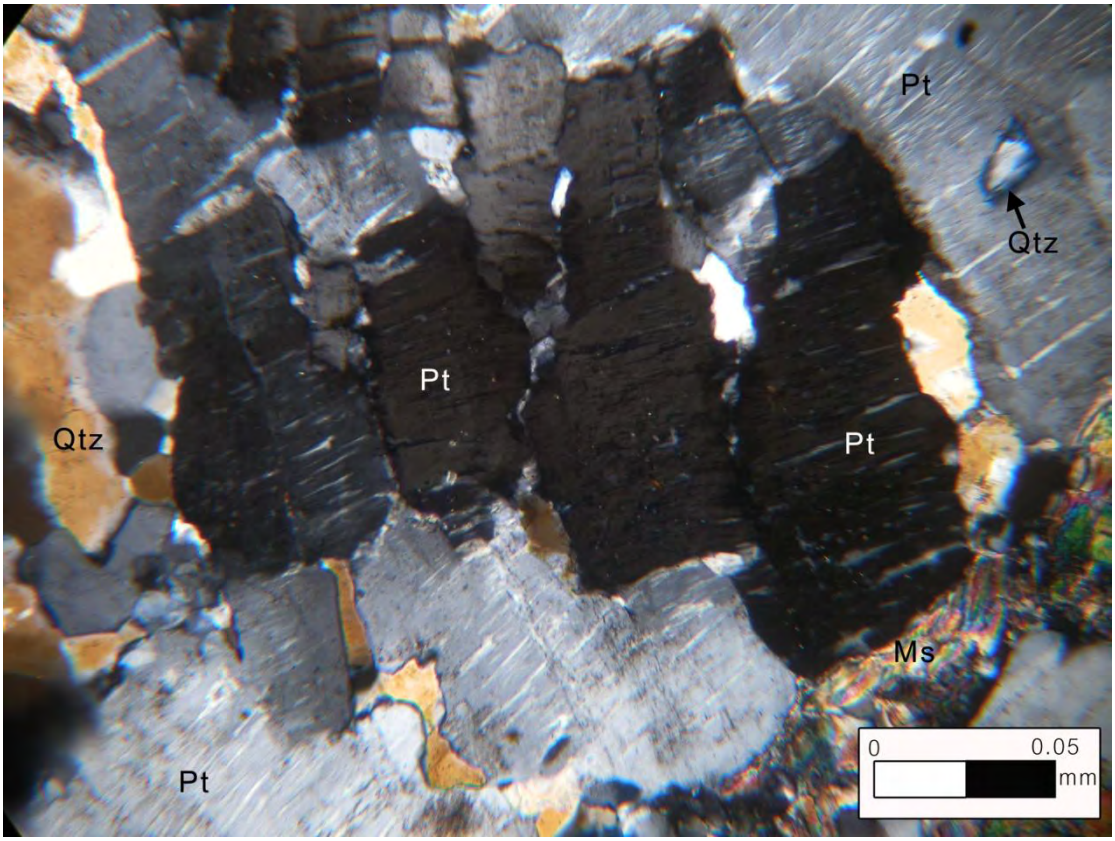
รูปที่ 3.20 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab)ของหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหมายเลข G2) ที่มีสีสดเป็นสีขาวเทา สีผุเป็นเทาเข้ม ซึ่งแสดงให้เห็นแร่ที่มีขนาดเท่าๆ กันของแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพู (Kfsp) ขนาดประมาณ 0.05 – 0.1 เซนติเมตร , แร่แอลไบต์สีขาวขุ่น (Ab) ขนาดประมาณ 0.05 – 0.1 มิลลิเมตร , แร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร และแร่ไบโอไทต์สีดำ (Bt) ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตร

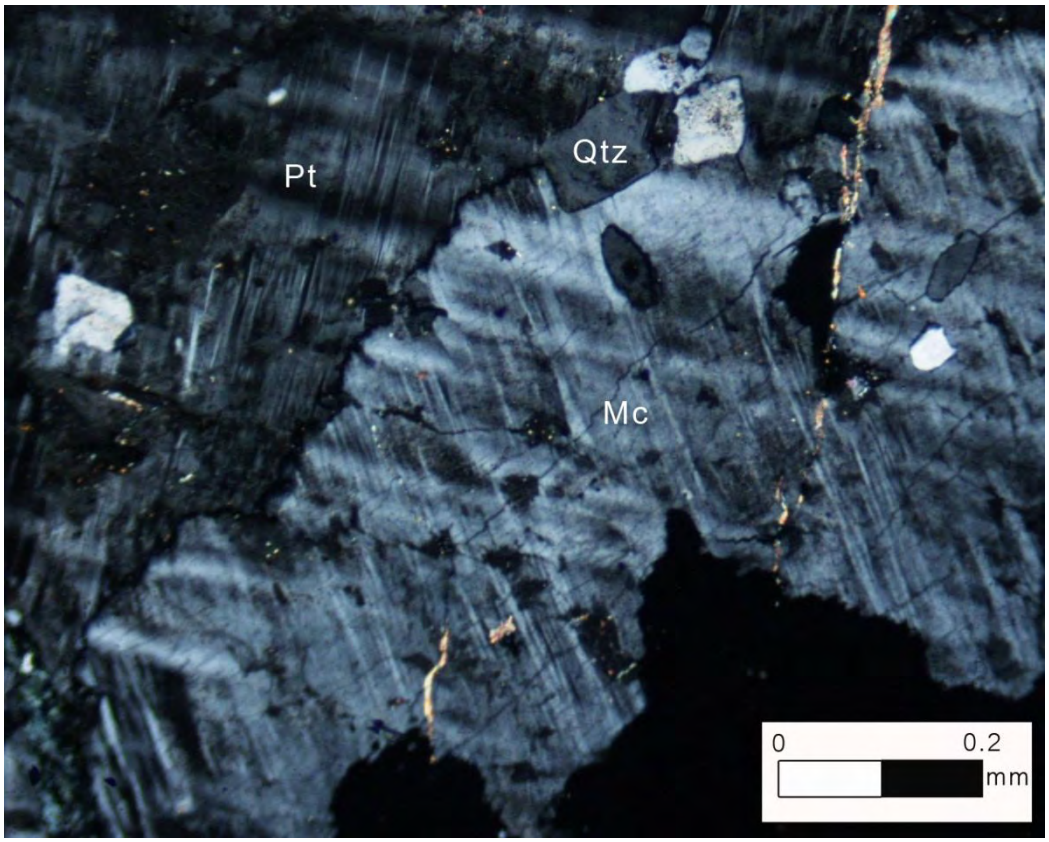
G2
0
2
4
6
8
10
CM


Kfsp
Ab
Qtz
Bt
G2
0
1
cm

รูปที่ 3.21 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G2-1 ของหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหมายเลข G2) แสดงลักษณะของเพอร์ไทต์ (Pt) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร เรียงตัวในแนวเดียวกันหลายผลึก โดยสังเกตจะพบลักษณะเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ซึ่งโดยรอบจะพบแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตร เกิดร่วมด้วยภายในแร่เพอร์ไทต์ (Pt) และแร่มัสโคไวต์ (Ms) ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตรอยู่บริเวณรอบของเพอร์ไทต์ (Pt)

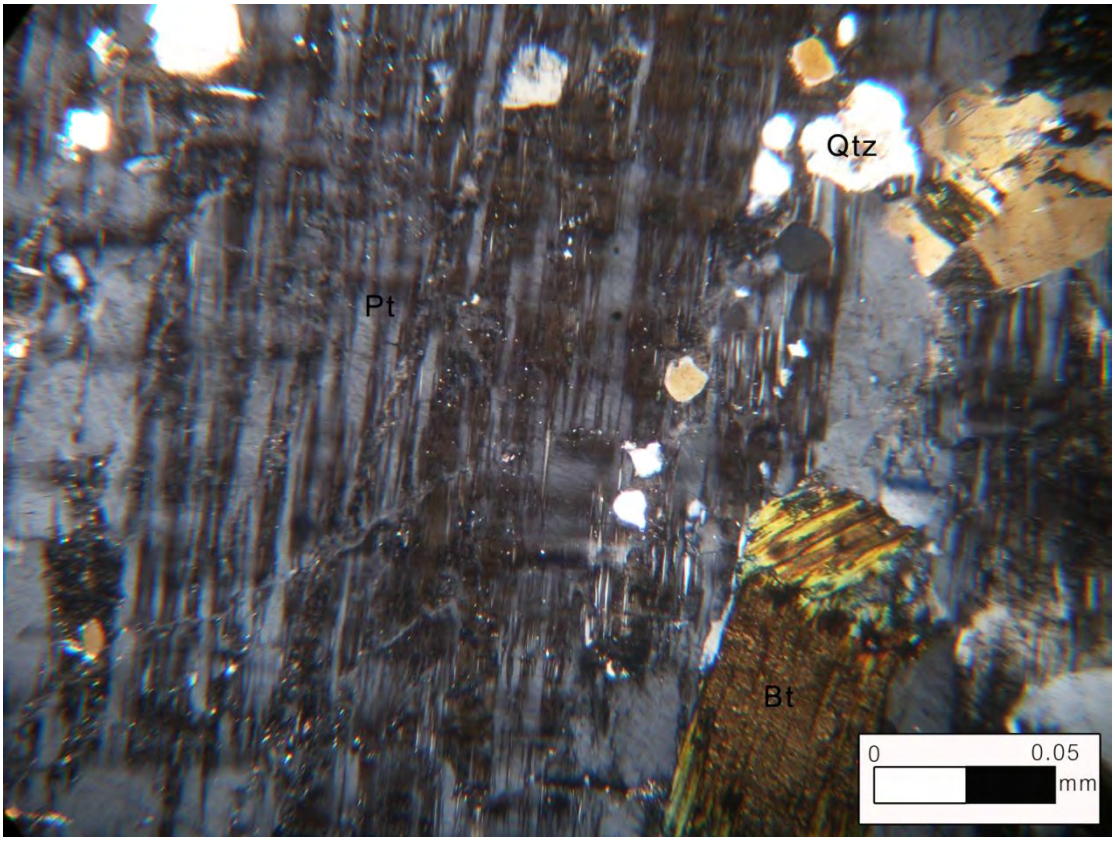
รูปที่ 3.22 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G2-1 ของหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหมายเลข G2) แสดงลักษณะผลึกแฝดแบบ grid หรือ tartan อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดในแร่ไมโครไคลน์ โดยแร่ไมโครไคลน์ที่พบมีขนาดประมาณ 0.5 มิลลิเมตร โดยพบแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ขนาดประมาณ 0.7 มิลลิเมตร ที่แสดงลักษณะเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) และแร่ควอรตซ์ (QTz) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.1 มิลลิเมตรอยู่บริเวณรอยต่อระหว่างแร่ทั้งสอง

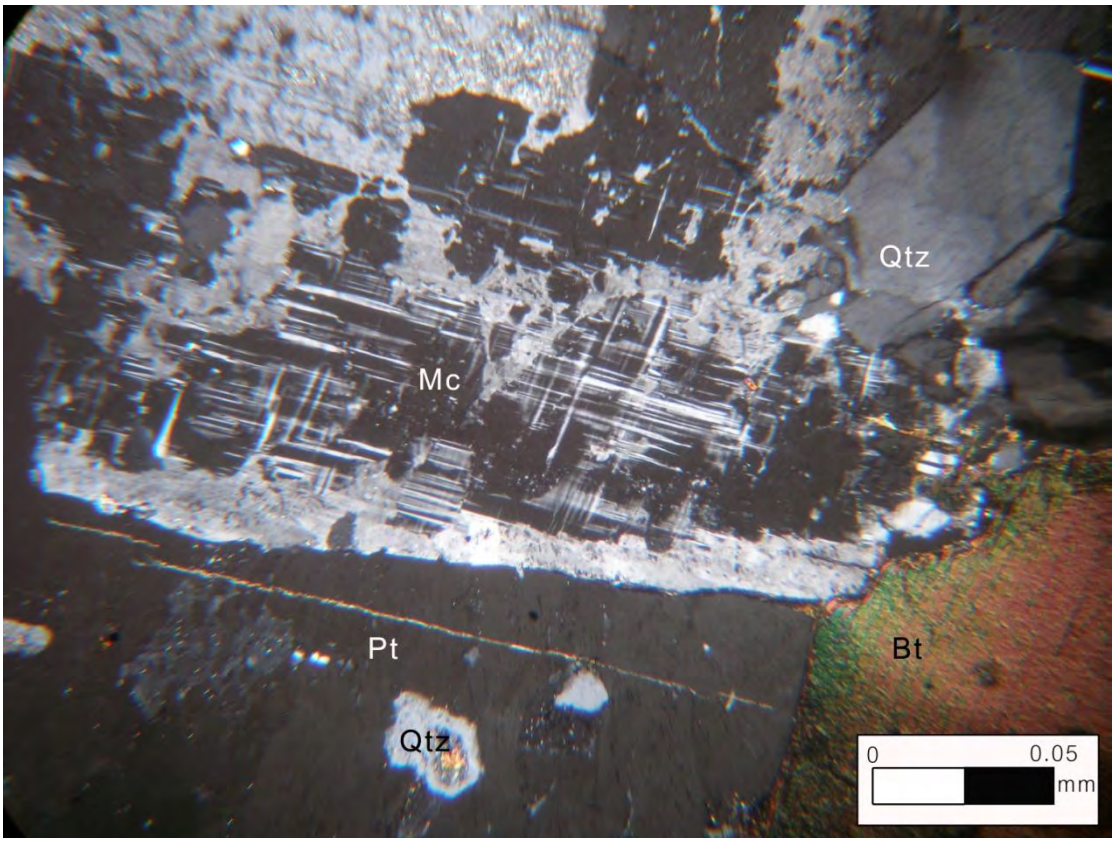

Pt
Qtz
Pt
Qtz
Pt
Ms
Pt
0
0.05
mm


Pt
Qtz
Mc
0
0.2
mm

รูปที่ 3.23 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G2-2 ของหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหมายเลข G2) แสดงลักษณะผลึกของแร่ ควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.02 – 0.05 มิลลิเมตร และแร่ไบโอไทต์ (Bt) ที่มีหน้าผลึกสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร ฝังอยู่ในเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) ของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร

รูปที่ 3.24 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G2-2 ของหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง (ตัวอย่างหมายเลข G2) แสดงลักษณะผลึกแฝดแบบ grid หรือ tartan อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดในแร่ไมโครไคลน์ โดยแร่ไมโครไคลน์ที่พบมีขนาดประมาณ 0.3 มิลลิเมตร โดยที่จะพบแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ขนาดประมาณ 0.3 มิลลิเมตร , แร่ควอรตซ์ (QTz) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.1 มิลลิเมตร และแร่ไบโอไทต์ (Bt) ขนาดประมาณ 0.2 มิลลิเมตร อยู่บริเวณรอบของแร่ไมโครไคลน์ (Mc)

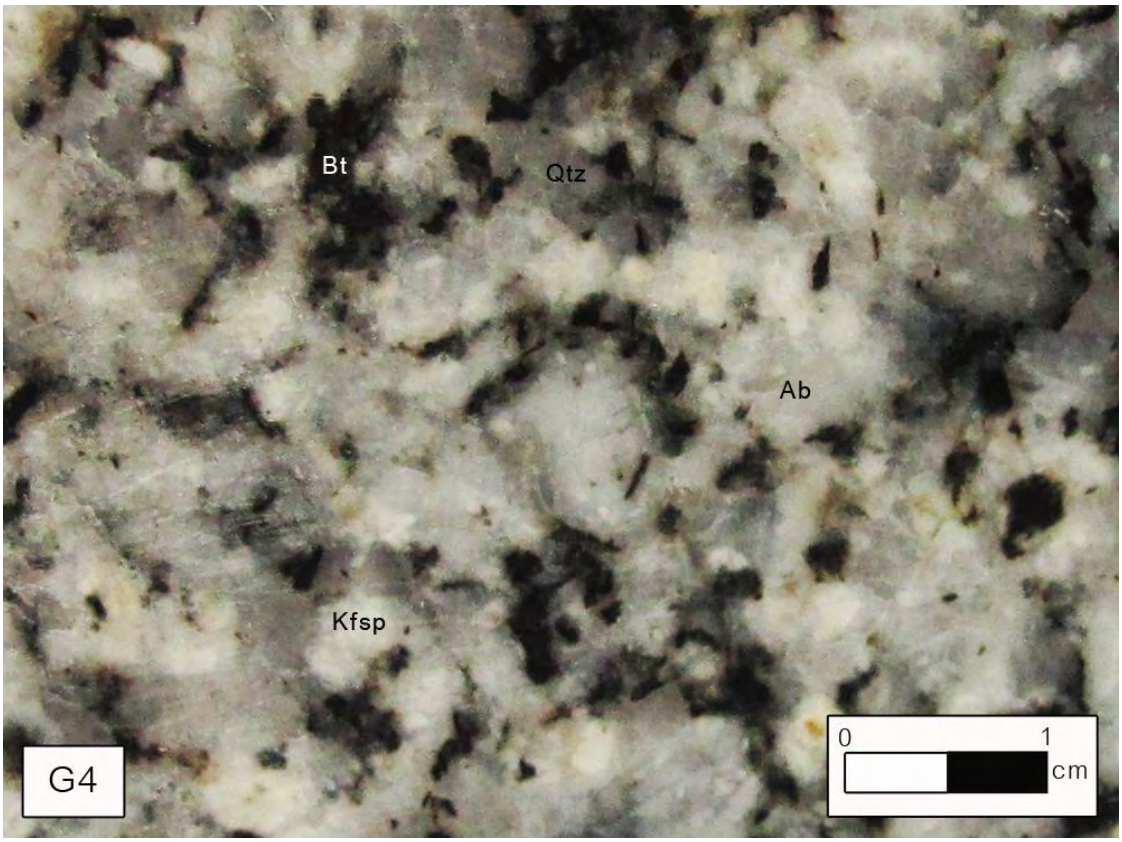

Qtz
Pt
Bt
0
0.05
mm


Qtz
Mc
Pt
Bt
Qtz
0
0.05
mm

รูปที่ 3.25 ตัวอย่างหินแกรนิตอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G4)

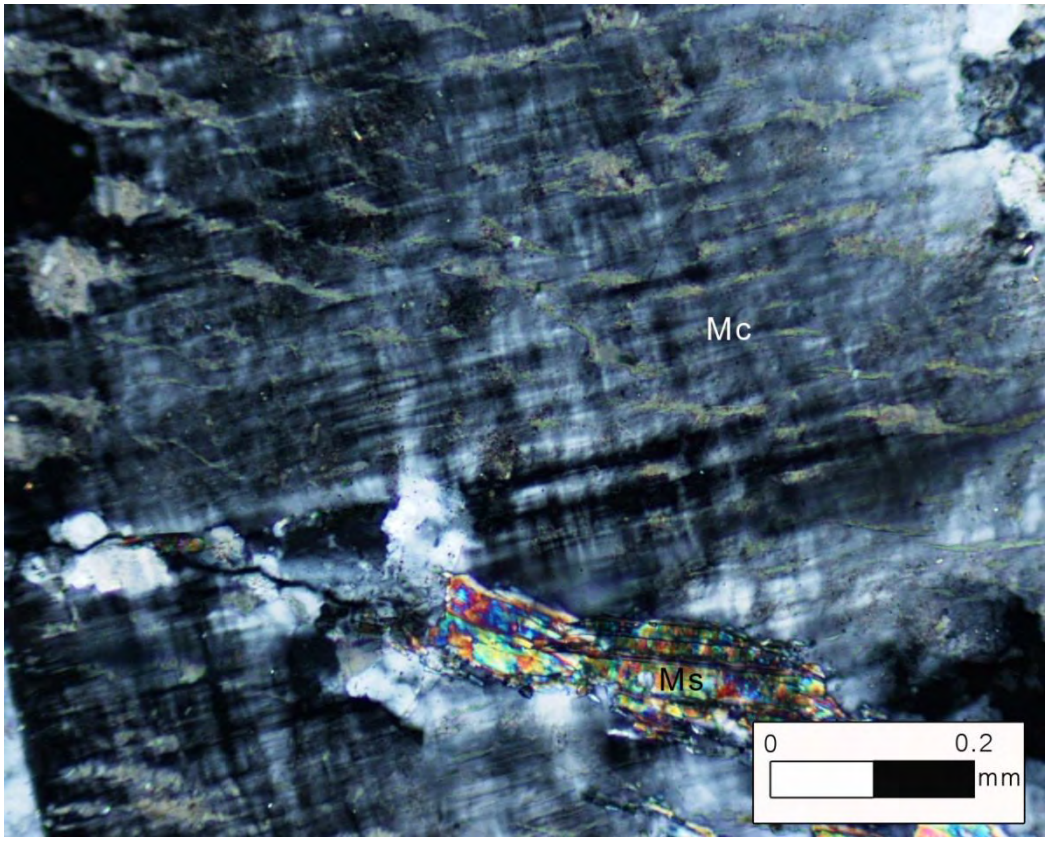
รูปที่ 3.26 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab) ของหินแกรนิตอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G4) ที่มีสีสดเป็นสีขาวเทา สีผุเป็นเทาเข้ม ซึ่งแสดงให้เห็นแร่ที่มีขนาดเท่าๆ กันของแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ขาวขุ่น (Kfsp) ขนาดประมาณ 0.05 – 0.1 เซนติเมตร , แร่แอลไบต์สีขาวขุ่น (Ab) ขนาดประมาณ 0.05 – 0.1 มิลลิเมตร , แร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร และแร่ไบโอไทต์สีดำ (Bt) ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร

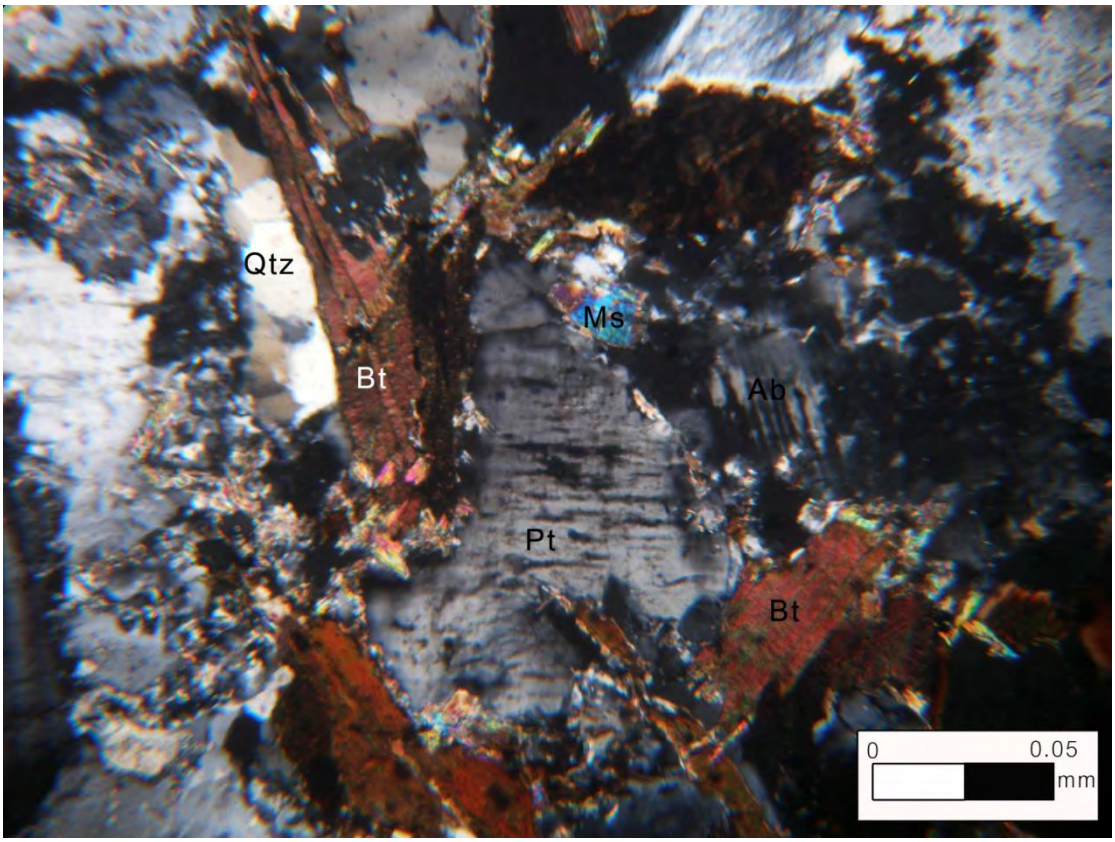
G4
CM
0
2
4
6
8
10


Bt
Qtz
Ab
Kfsp
G4
0
1
cm

รูปที่ 3.27 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G4-1 ของหินแกรนิตอำเภอด่านช่าง จังหวัดสุพรรณบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G4) แสดงลักษณะผลึกแฝดแบบ grid หรือ tartan อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดในแร่ไมโครไคลน์ (Mc) โดยแร่ไมโครไคลน์ที่พบมีขนาดประมาณ 0.3 มิลลิเมตร โดยที่จะพบแร่มัสโคไวต์ (Ms) ที่หน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.2 มิลลิเมตรอยู่ภายในแร่ไมโครไคลน์ (Ms)

รูปที่ 3.28 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G4-1 ของหินแกรนิตอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G2) แสดงลักษณะผลึกของแร่ไบโอไทต์ (Bt) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร , แร่ควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตร , แร่มัสโคไวต์ (Ms) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตร และแร่แอลไบต์ (Ab) ที่แสดงลักษณะผลึกแฝดแบบ polysynthetic ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตร อยู่บริเวณรอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่แสดงลักษณะเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) ขนาดประมาณ 0,07 เซนติเมตร

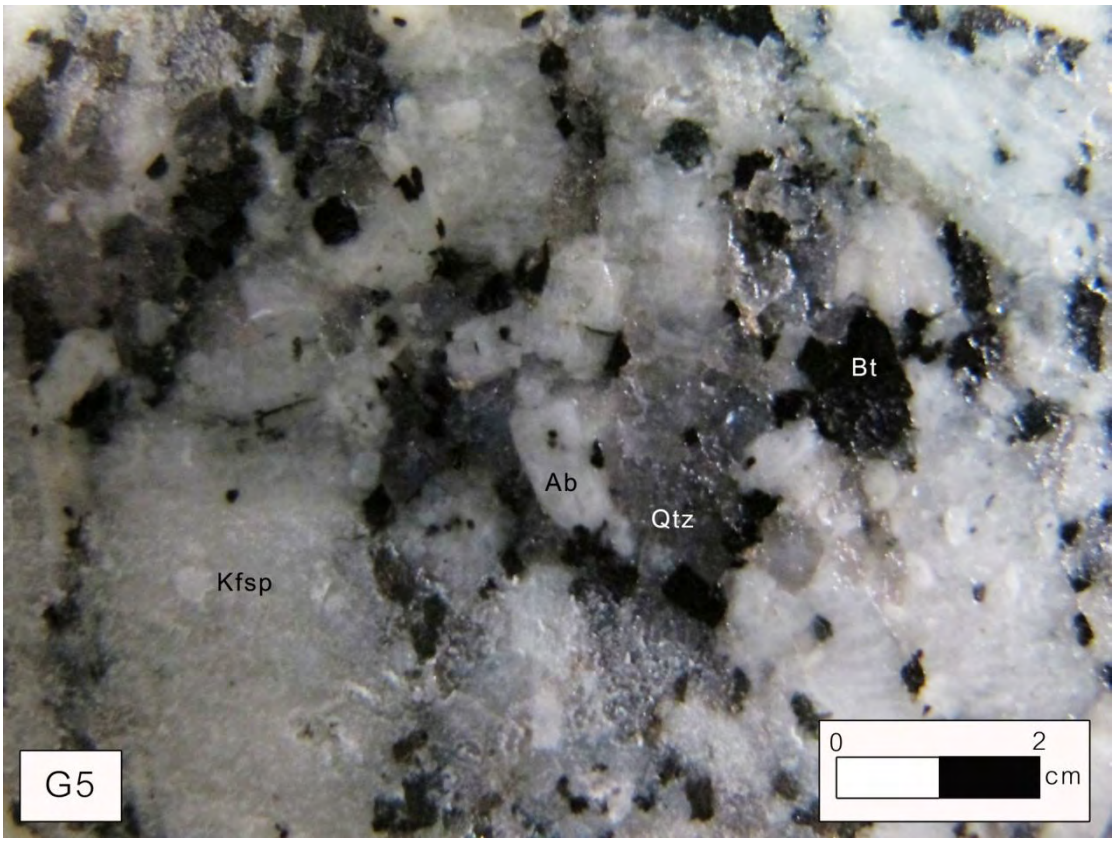

Mc
Ms
0
0.2
mm


Qtz
Ms
Bt
Ab
Pt
Bt
0
0.05
mm

รูปที่ 3.29 ตัวอย่างหินแกรนิตหาดกะตะ จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G5)

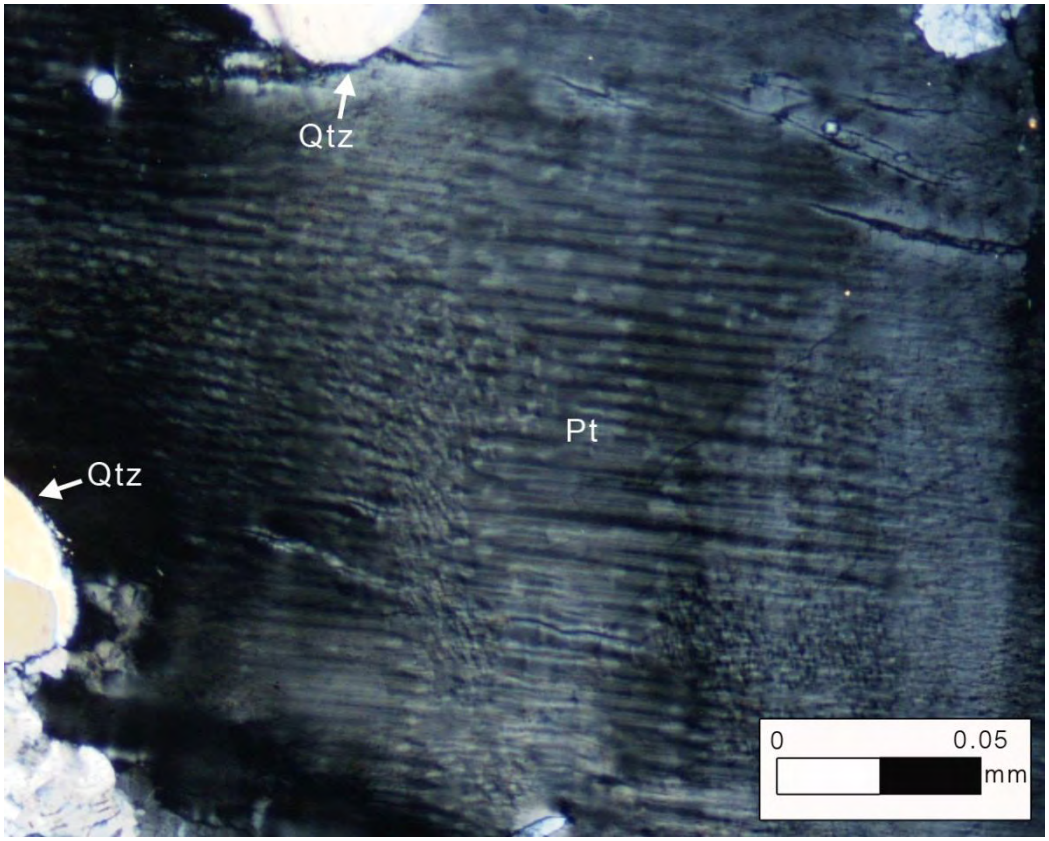
รูปที่ 3.30 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab) ของหินแกรนิตหาดกะตะ จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G5) แสดงลักษณะหินแกรนิตที่มีเนื้อดอก โดยที่มีแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ (Kfsp) และแร่แอลไบต์ (Ab) สีขาวขุ่น ขนาดประมาณ 2 เซนติเมตรและมีเนื้อพื้นเป็นแร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 0.5 – 1 เซนติเมตร และแร่ไบโอไทต์สีดำ (Bt) ขนาดประมาณ 0.05 เซนติเมตร

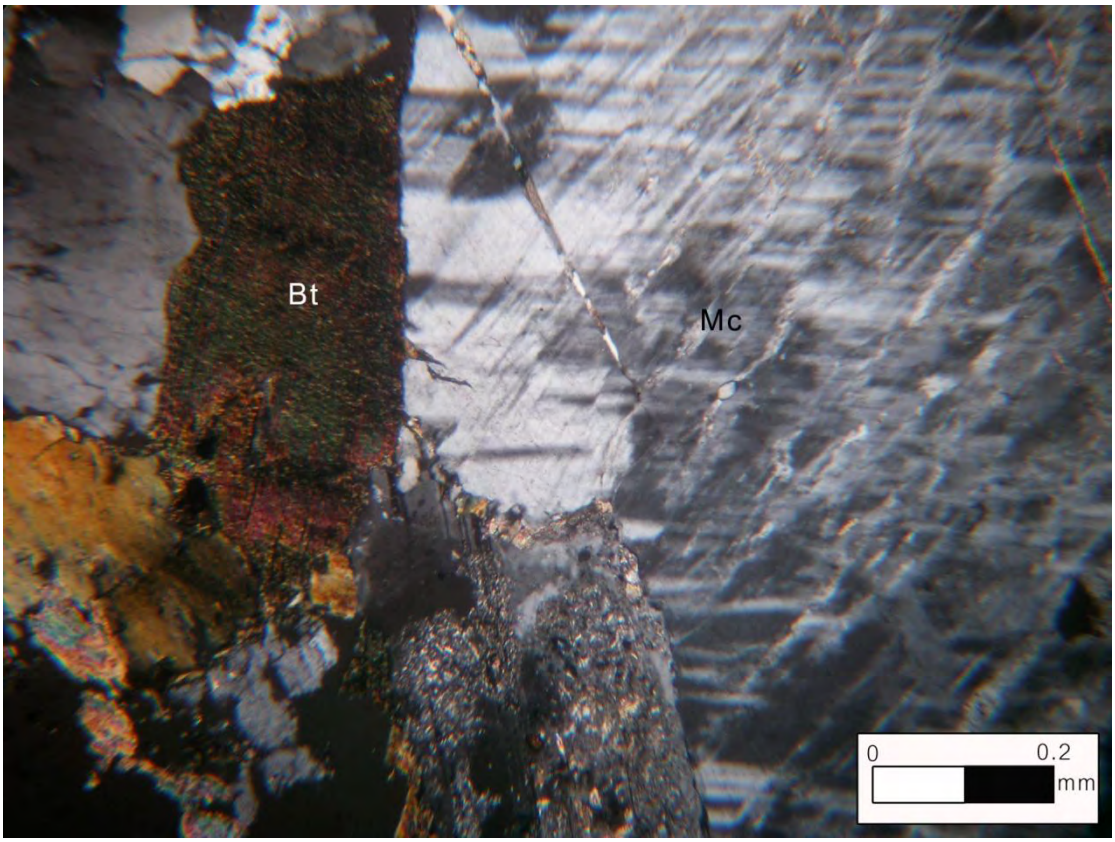
G5
0
2
4
6
8
10
CM


Bt
Ab
Qtz
Kfsp
G5
0
2
cm

รูปที่ 3.31 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G5-1 ของหินแกรนิตหาดกะตะ จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G5) แสดงผลึกของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่มีลักษณะเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) ขนาดประมาณ 0.1 เซนติเมตร โดยจะพบแร่ควอรตซ์ (Qtz) ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตรอยู่บริเวณรอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt)

รูปที่ 3.32 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G5-1 ของหินแกรนิตหาดกะตะ จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G5) แสดงลักษณะผลึกแฝดแบบ grid หรือ tartan อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดในแร่ไมโครไคลน์ (Mc) โดยแร่ไมโครไคลน์ที่พบมีขนาดประมาณ 0.5 มิลลิเมตร โดยที่จะพบแร่ไบโอไทต์ (Bt) ที่หน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.2 มิลลิเมตรอยู่บริเวณรอบของแร่ไมโครไคลน์ (Mc)

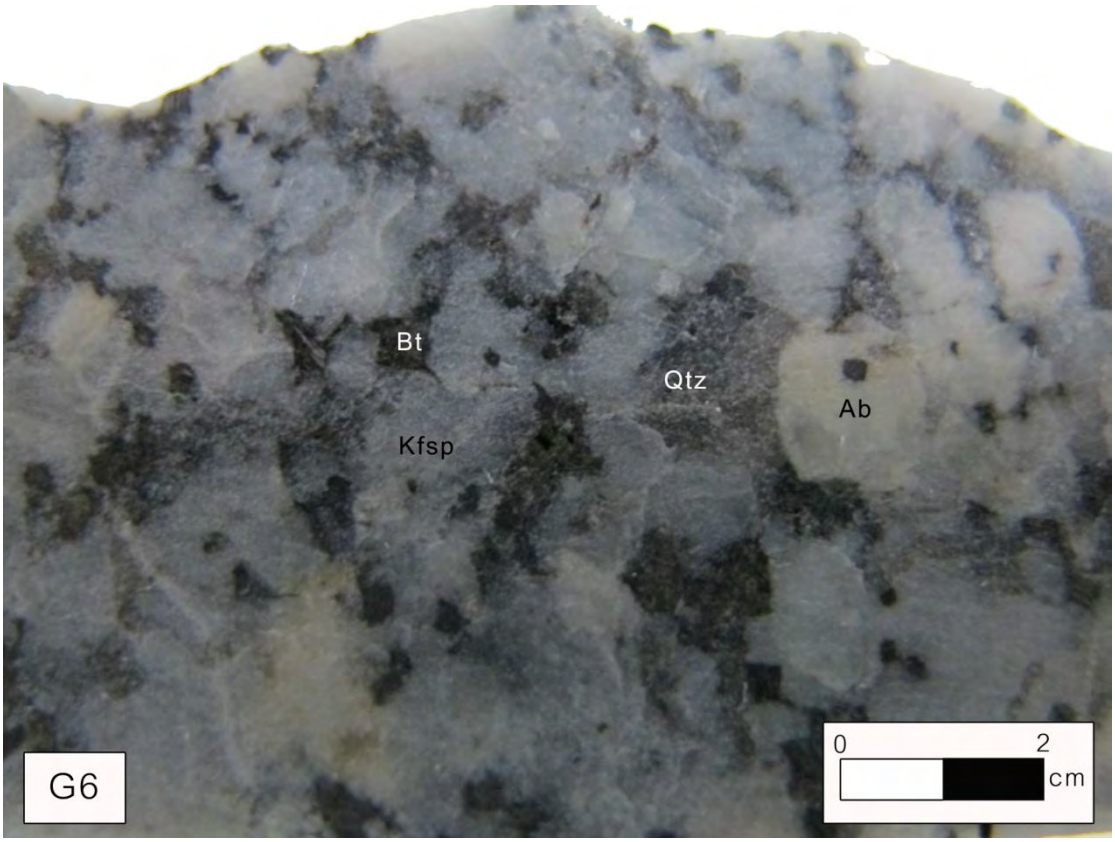

Qtz
Pt
Qtz
0
0.05
mm


Bt
Mc
0
0.2
mm

รูปที่ 3.32 ตัวอย่างหินแกรนิตหาดกะรน จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G6)

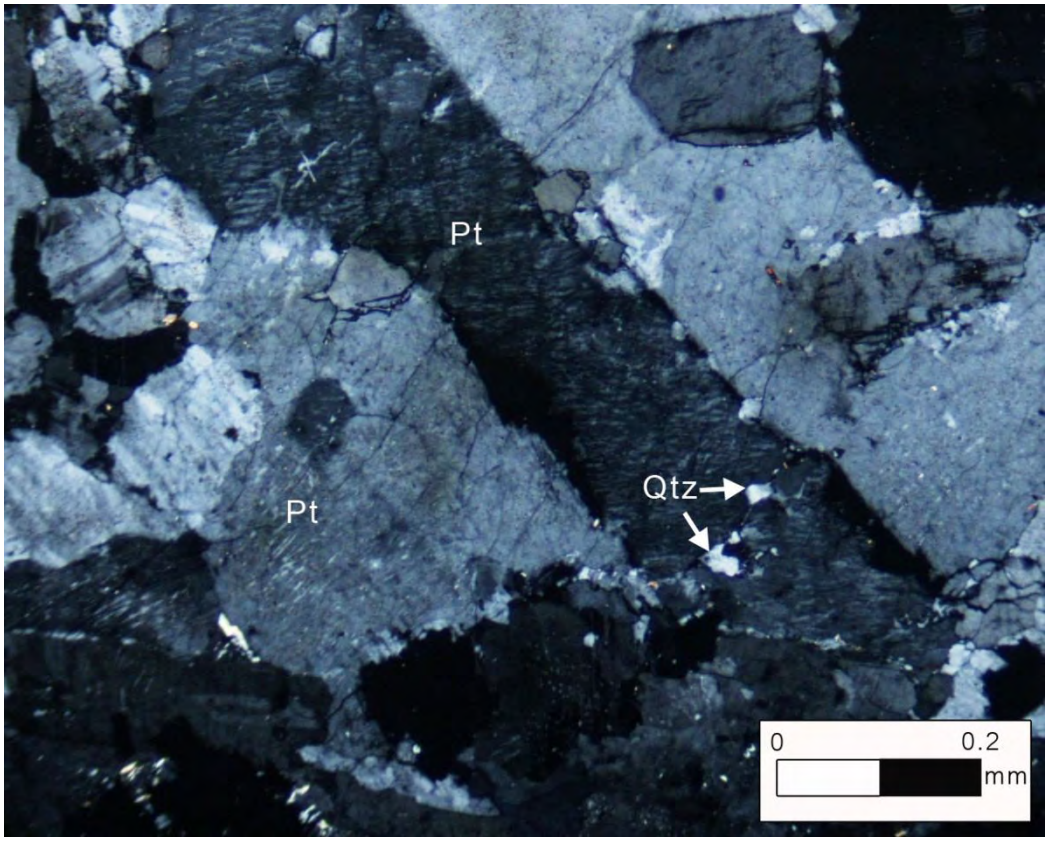
รูปที่ 3.33 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab) ของหินแกรนิตหาดกะรน จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G6) ที่แสดงลักษณะเนื้อดอกของหินแกรนิต โดยมีผลึกดอกเป็นแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีขาวขุ่น (Kfsp) และแร่แอลไบต์สีขาวขุ่น (Ab) ขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร และมีเนื้อพื้นเป็นแร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) และแร่ไบโอไทต์สีดำ (Bt) ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร

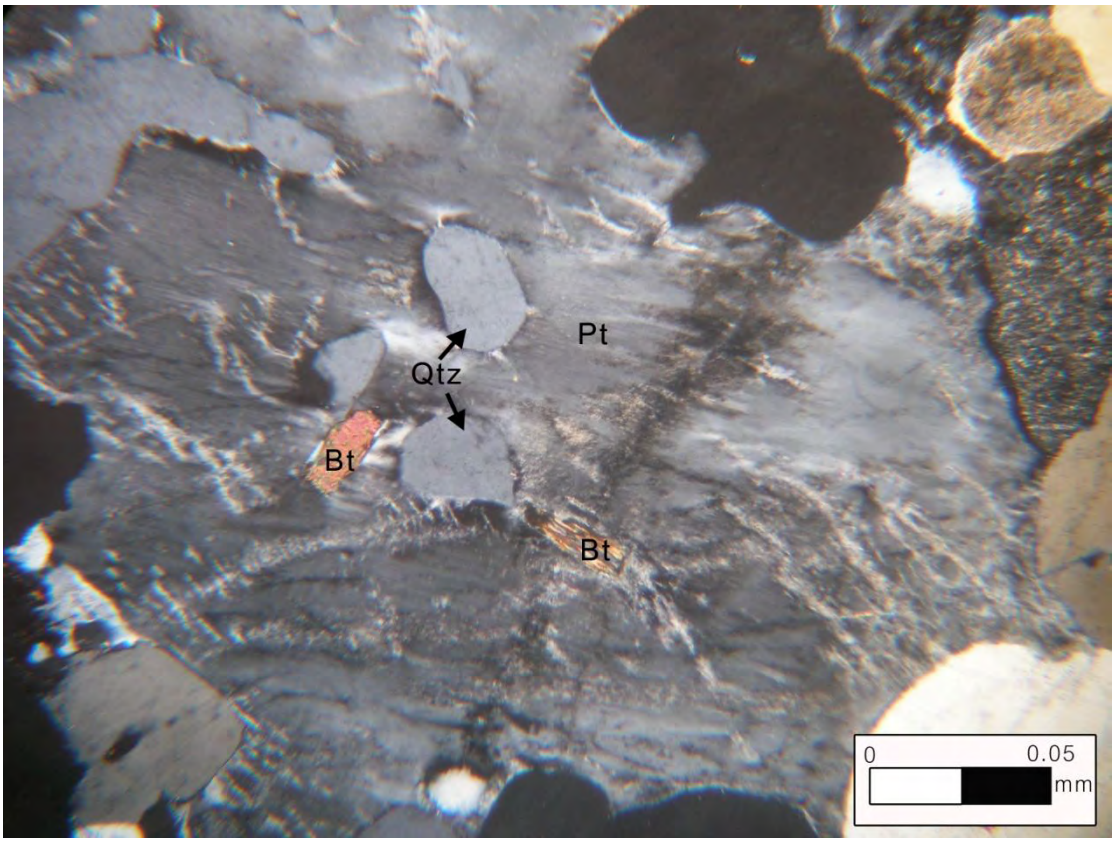
G6
CM
0
2
4
6
8
10


Bt
Qtz
Ab
Kfsp
G6
0
2
cm

รูปที่ 3.34 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G6-1 ของหินแกรนิตหาดกะรน จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G6) แสดงผลึกของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่มีลักษณะเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) ขนาดประมาณ 0.2 เซนติเมตร และพบควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร อยู่บริเวณรอบและภายในของแร่เพอร์ไทต์ (Pt)

รูปที่ 3.35 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G6-1 ของหินแกรนิตหาดกะรน จังหวัดภูเก็ต (ตัวอย่างหมายเลข G6) แสดงผลึกของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.2 เซนติเมตร และพบควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตรและแร่ไบโอไทต์ (Bt) ที่มีหน้าผลึกสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตรอยู่บริเวณรอบและภายในของแร่เพอร์ไทต์ (Pt)

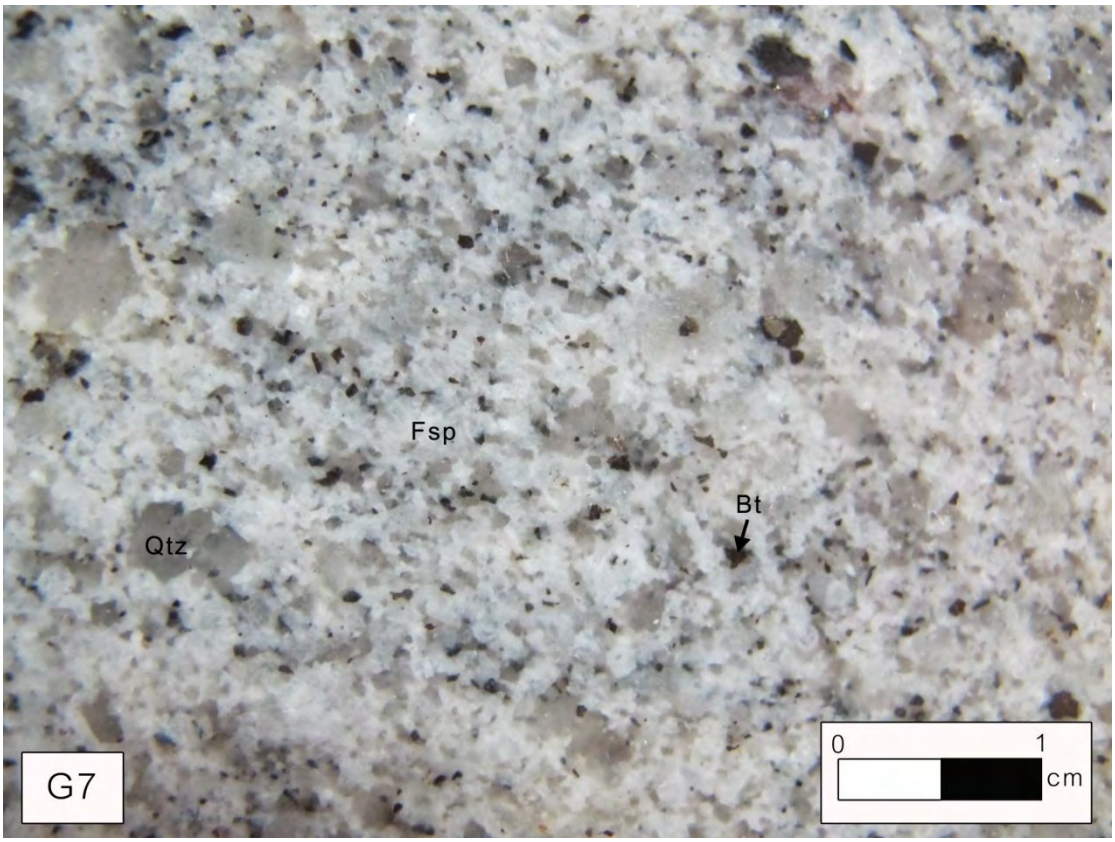

Pt
Pt
Qtz
0
0.2
mm


Pt
Qtz
Bt
Bt
0
0.05
mm

รูปที่ 3.36 ตัวอย่างหินแกรนิตเขาชีจรรย์ จังหวัดชลบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G7)

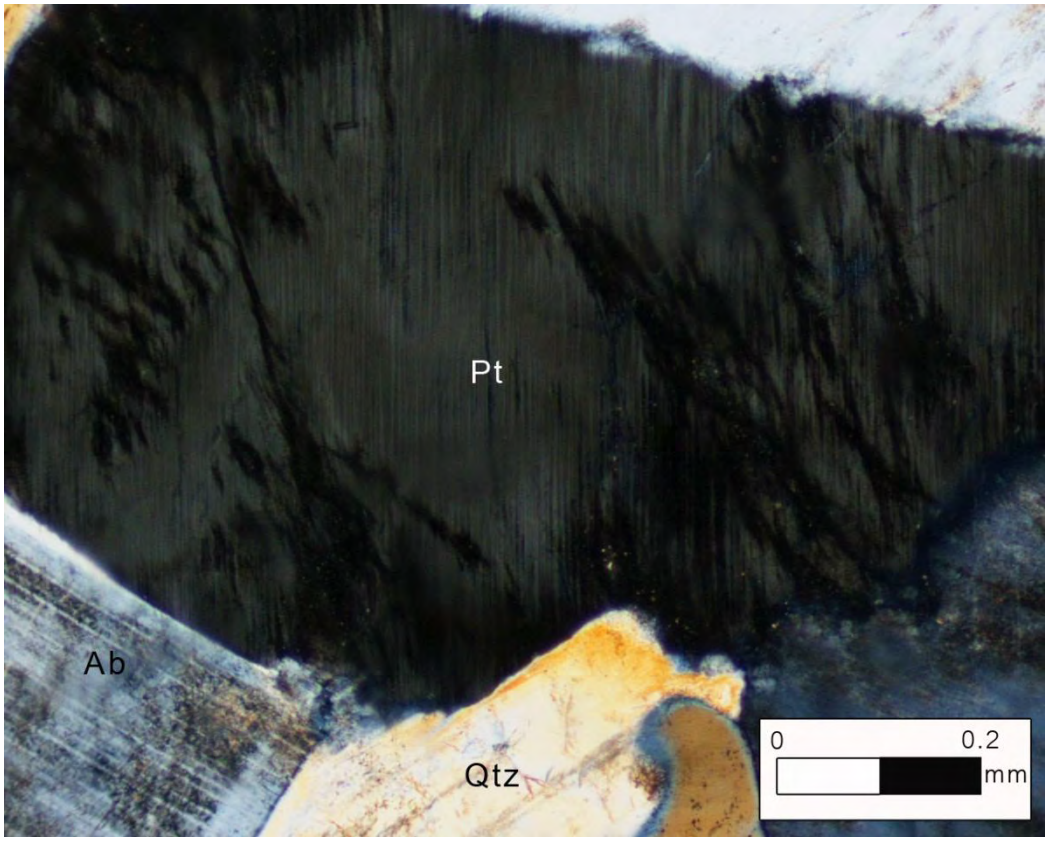
รูปที่ 3.37 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab) ของหินแกรนิตเขาชีจรรย์ จังหวัดชลบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G7) ที่มีขนาดของแร่เท่าๆ กันของแร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 0.02 – 0.05 มิลลิเมตร , แร่เฟลด์สปาร์สีขาวขุ่น (Fsp) ขนาดประมาณ 0,03 มิลลิเมตร และแร่ไบโอไทต์สีดำ (Bt) ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตร

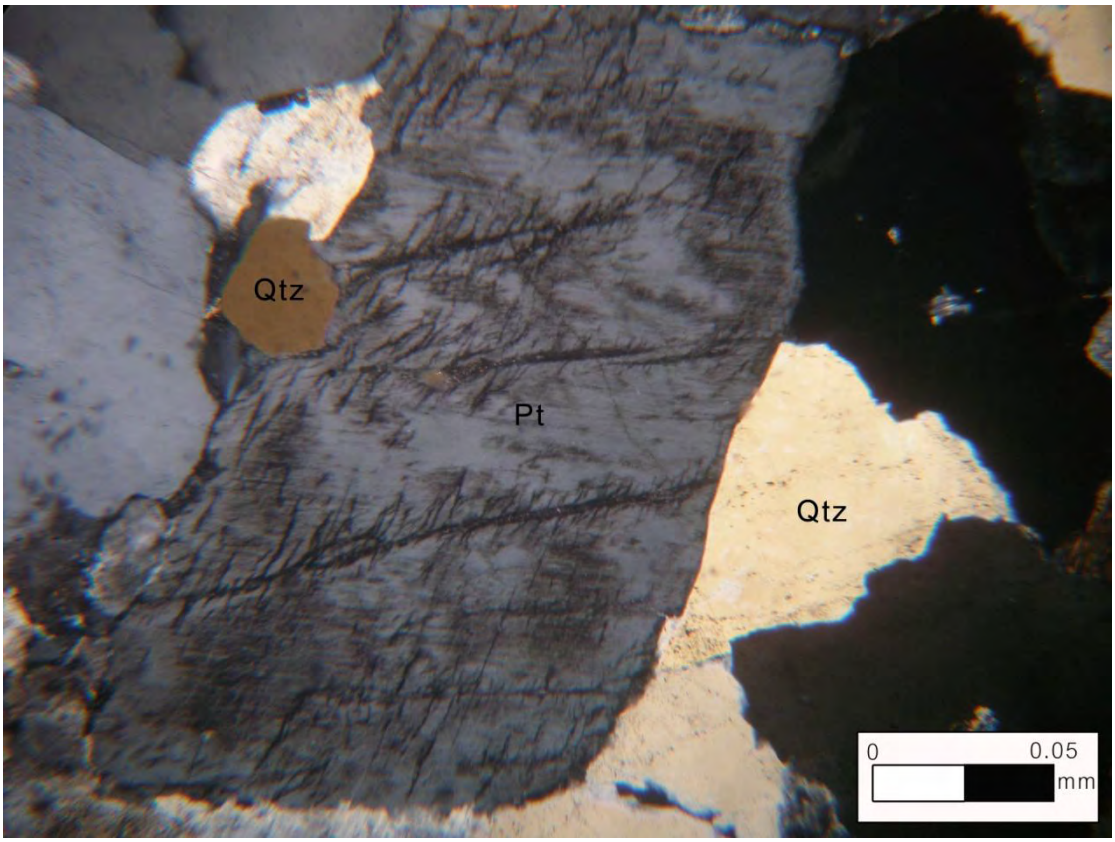
G7
CM
0
2
4
6
8
10


Fsp
Bt
Qtz
G7
0
1
cm

รูปที่ 3.38 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 5 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G7-1 ของหินแกรนิตเขาชีจรรย์ จังหวัดชลบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G7) แสดงผลึกของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร ที่มีลักษณะแสดงเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) และพบแร่ควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตรและแร่แอลไบต์ (Ab) ที่มีหน้าผลึกสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.04 มิลลิเมตรอยู่บริเวณรอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt)

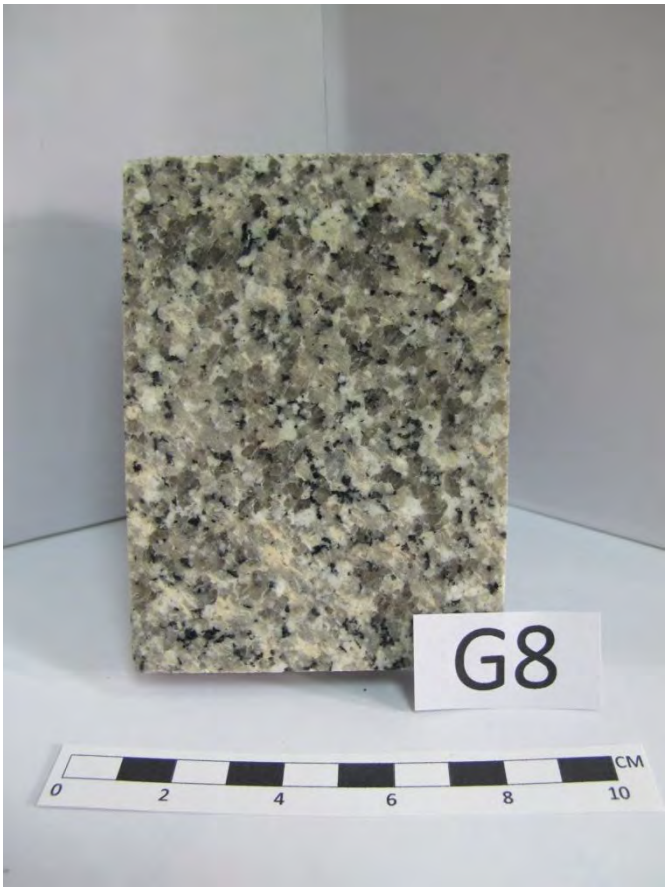
รูปที่ 3.39 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G7-1 ของหินแกรนิตเขาชีจรรย์ จังหวัดชลบุรี (ตัวอย่างหมายเลข G7) แสดงผลึกของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.2 มิลลิเมตรที่มีลักษณะแสดงเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) และพบแร่ควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 – 0.1 มิลลิเมตรอยู่บริเวณรอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt)

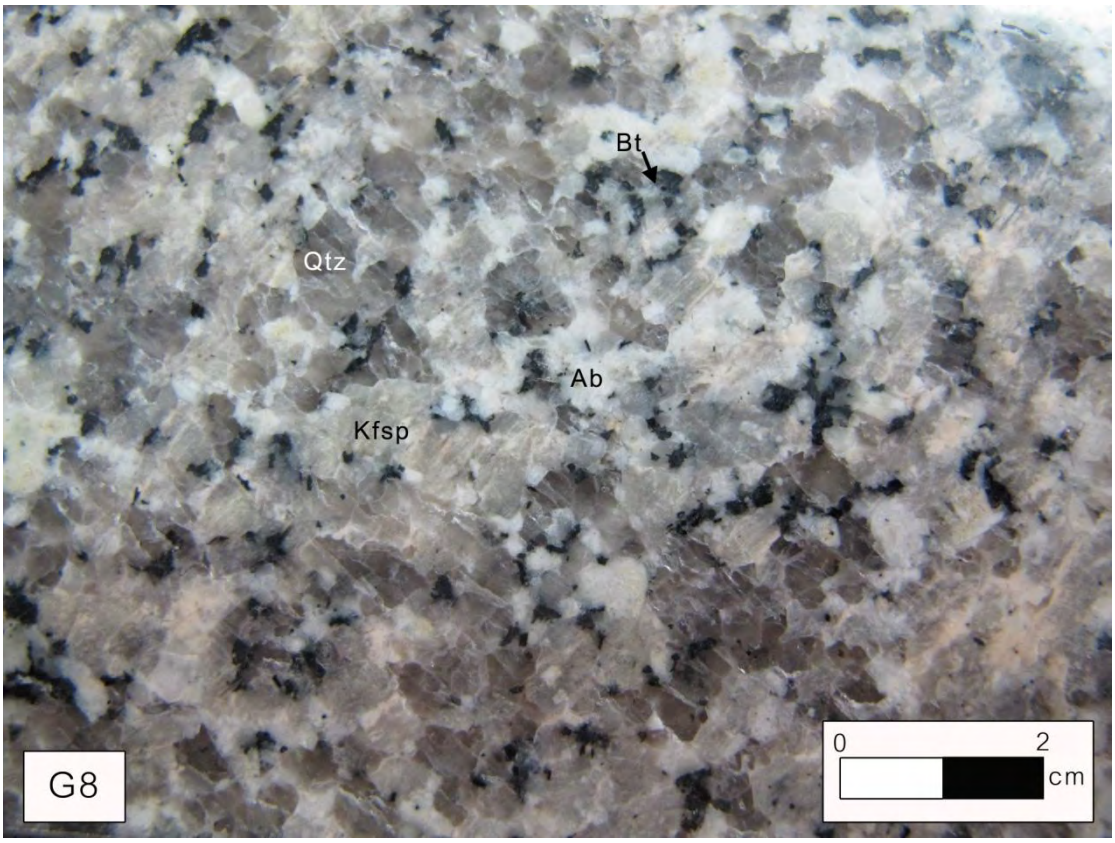

Pt
Ab
Qtz
0
0.2
mm


Qtz
Pt
Qtz
0
0.05
mm

รูปที่ 3.40 ตัวอย่างหินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G8)

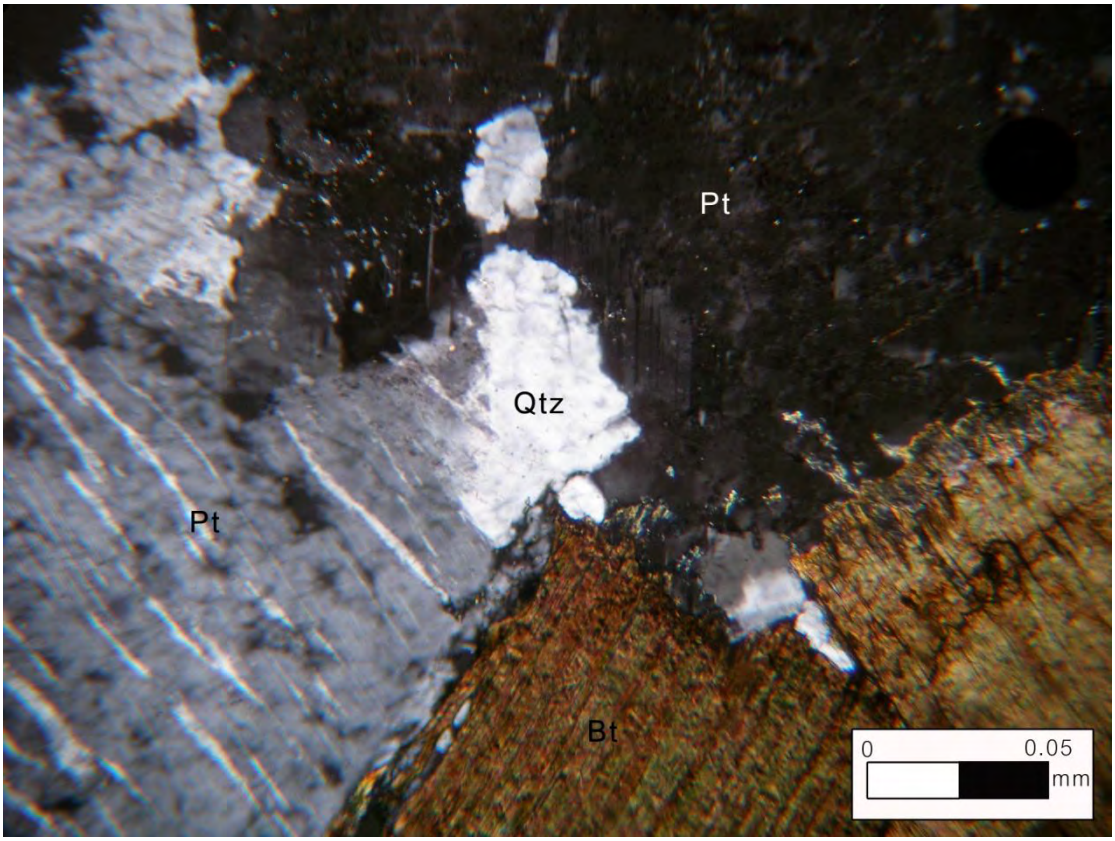
รูปที่ 3.41 แผ่นหินหน้าเรียบ (rock slab) ของหินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G8) ที่มีขนาดของแร่เท่าๆ กัน โดยพบแร่ควอรตซ์สีขาวใส (Qtz) ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร , แร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีขาวขุ่น (Kfsp) ขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตร , แร่แอลไบต์สีขาวขุ่น (Ab) ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตร และแร่ไบโอไทต์สีดำ (Bt) ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตร

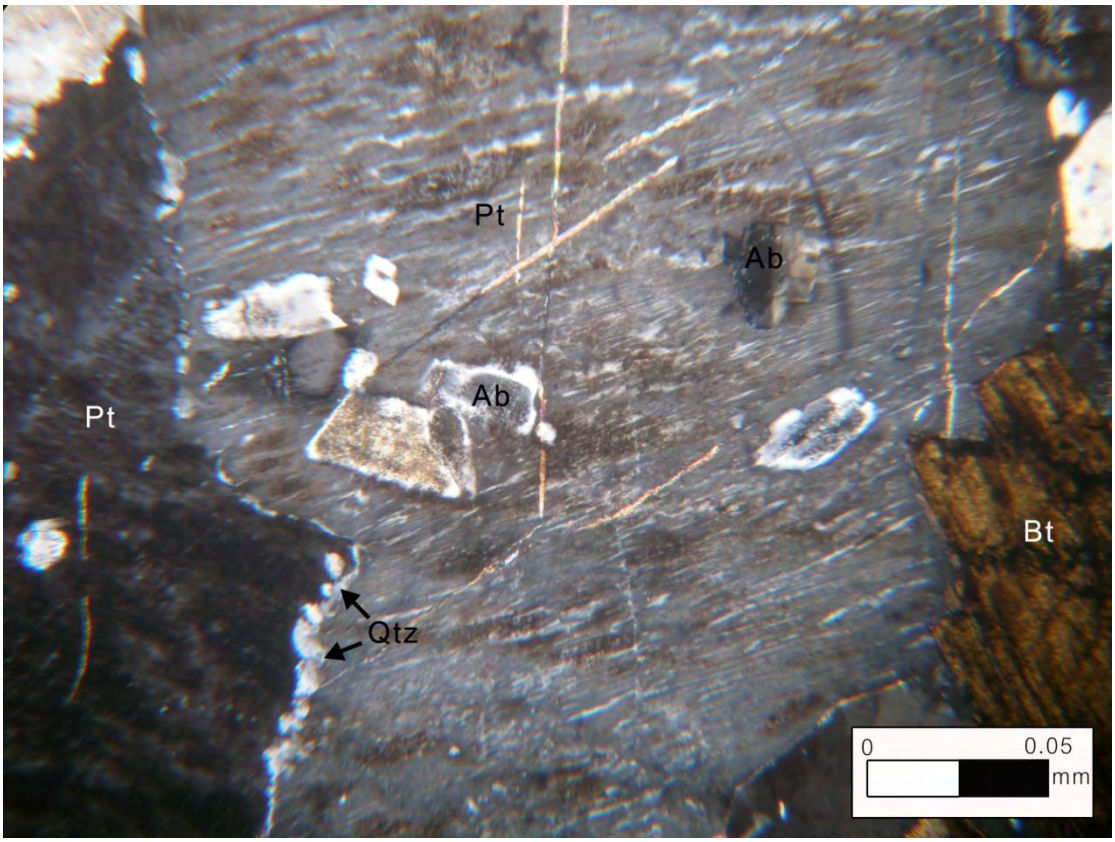

G8
CM
0
2
4
6
8
10


Bt
Qtz
Ab
Kfsp
G8
0
2
cm

รูปที่ 3.42 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G8-1 ของหินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G8) แสดงผลึกของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.2 มิลลิเมตรที่มีลักษณะแสดงเนื้อที่มีรูปร่าง (regular texture) โดยพบแร่ควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.05 มิลลิเมตรและแร่ไบโอไทต์ (Bt) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 2 มิลลิเมตรอยู่บริเวณรอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt)

รูปที่ 3.43 รูปจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์กำลังขยาย 50 เท่าใส่นิโคลจากแผ่นหินบางหมายเลข G8-1 ของหินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก (ตัวอย่างหมายเลข G8) แสดงผลึกของแร่เพอร์ไทต์ (Pt) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.2 มิลลิเมตร โดยพบแร่ควอรตซ์ (Qtz) ที่ไม่ปรากฏหน้าผลึกขนาดประมาณ 0.01 – 0.02 มิลลิเมตร , แร่แอลไบต์ (Ab) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 0.02 มิลลิเมตรและแร่ไบโอไทต์ (Bt) ที่มีหน้าผลึกกึ่งสมบูรณ์ขนาดประมาณ 2 มิลลิเมตรอยู่บริเวณภายในและรอบของแร่เพอร์ไทต์ (Pt)


Pt
Qtz
Pt
Bt
0
0.05
mm


Pt
Ab
Ab
Pt
Bt
Qtz
0
0.05
mm

3.2 เคมีของแร่

การศึกษาเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ในตัวอย่างหินแกรนิตด้วยเครื่อง Electron Probe Micro-Analyzer (EPMA) จากแผ่นหินบางขัดมันทั้งหมด 12 ตัวอย่าง เพื่อหาความแตกต่างทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาวในหินแกรนิต โดยการวิเคราะห์จากปริมาณของธาตุองค์ประกอบหลัก (major oxide) ได้แก่ Al_2O_3, SiO_2, CaO, TiO_2, MnO, Na_2O, MgO, K_2O, FeO และ P_2O_5 และธาตุส่วนน้อย (Trace Element) บางตัวได้แก่ Zr, Ni, Sr, Cu, Pb, Rh, Ba และ Hf ทั้งหมด 108 จุดวิเคราะห์ แบ่งเป็น

1. ตัวอย่างหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่ 5 จุด
2. ตัวอย่างหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง 20 จุด
3. ตัวอย่างหินแกรนิตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา 15 จุด
4. ตัวอย่างหินแกรนิตอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี 9 จุด
5. ตัวอย่างหินแกรนิตหาดกะตะ จังหวัดภูเก็ต 9 จุด
6. ตัวอย่างหินแกรนิตหาดกะรน จังหวัดภูเก็ต 15 จุด
7. ตัวอย่างหินแกรนิตเขาชีจรรย์ จังหวัดชลบุรี 3 จุด
8. ตัวอย่างหินแกรนิตสีขาวจังหวัดตาก 15 จุด
9. ตัวอย่างหินแกรนิตจังหวัดเลย 9 จุด และ
10. ตัวอย่างหินแกรนิตสีชมพูประเทศจีน 8 จุด

การวิเคราะห์ความแตกต่างทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาวในหินแกรนิตจะต้องนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาจำแนกระหว่างค่าของแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว แล้วค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาเปรียบเทียบในลำดับต่อไป อีกทั้งแร่ที่นำไปวิเคราะห์ต้องเป็นแร่โพแทซเฟลด์สปาร์เท่านั้น ซึ่งได้แก่ แร่ไมโครไคลน์และแร่ออร์โทเคลสในหินแกรนิต เพราะเนื่องจากสีชมพูที่เกิดขึ้นในแร่เฟลด์สปาร์นั้นจะเกิดเฉพาะในแร่โพแทซเฟลด์สปาร์เท่านั้น ดังนั้นจึงเป็นการวิเคราะห์ปริมาณธาตุในแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูและแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีขาวด้วยเครื่อง Electron Probe Micro – Analyzer (EPMA) โดยพบว่ามีปริมาณของธาตุองค์ประกอบหลักและธาตุส่วนน้อยแสดงในตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2 เป็นการแสดงตัวแทนค่าที่ได้จากการวิเคราะห์เคมีของแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว

ตารางที่ 3.1 ปริมาณของธาตุองค์ประกอบหลักและธาตุส่วนน้อยในแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ของตัวอย่างหินแกรนิต

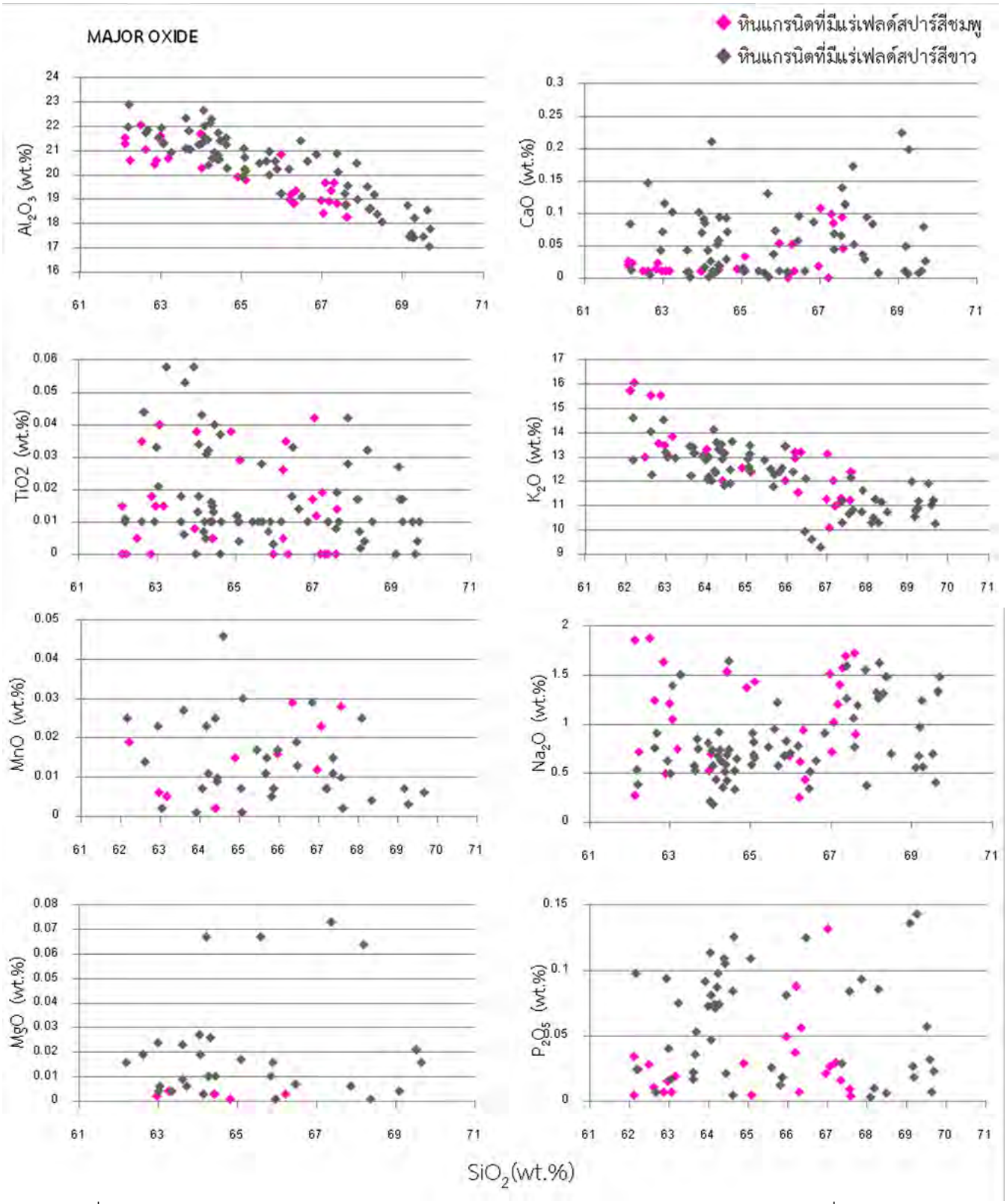
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
Major Oxide (wt.%)		
Al_2O_3	17.05	22.90
SiO_2	45.12	69.69
CaO	0.001	1.05
TiO_2	0.001	0.06
MnO	0.001	0.01
Na_2O	0.18	3.68
MgO	0.001	0.32
K_2O	8.03	29.16
FeO (t)	0.001	0.17
P_2O_5	0.001	0.14

	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
Trace Element (ppm)		
Zr	0.01	3.63
Ni	0.001	1.05
Sr	0.01	167.51
Cu	0.01	76.88
Pb	0.01	171.88
Rh	0.01	23088.44
Ba	0.01	1215.67
Hf	0.01	5.51

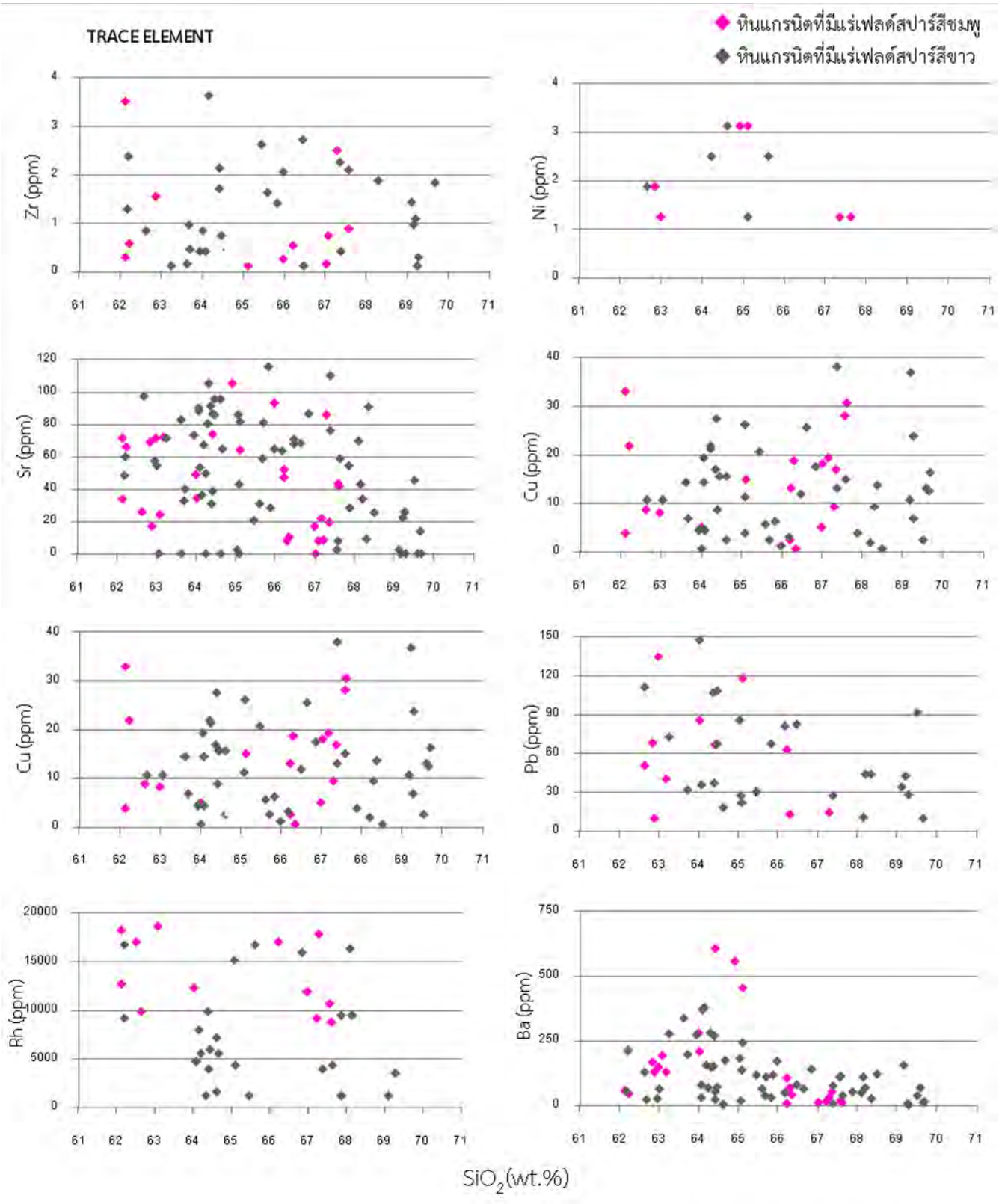
ข้อมูลที่ได้จากผลการวิเคราะห์ของแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ในตัวอย่างหินแกรนิตด้วยเครื่อง Electron Probe Micro – Analyzer (EPMA) จะนำไปพลอตลงบน Harker-type variation diagram (Harker, 1909) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบปริมาณของธาตุองค์ประกอบหลักอื่นๆ เปรียบเทียบกับปริมาณของ SiO_2 ที่แสดงในรูปที่ 3.51

ตารางที่ 3.2 ตัวแทนค่าที่ได้จากผลการวิเคราะห์เคมีของแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ในตัวอย่างหินแกรนิต (*n.d.* = not detected)

Location	พนมเบญจา	วัดหนองหว้า	วังน้ำเขียว	ด่านช้าง	กะตะ	กะรน	เขาชีจรรย์	ตาก (ขาว)	เลย	จีน (ชมพู)
Sample No.	G1-3	G2-7	G3-7	G4-4	G5-5	G6-4	G7-1	G8-8	G10-1	G11-2
Major Oxide (wt.%)										
Al_2O_3	18.43	21.24	21.63	22.15	21.10	21.08	20.96	19.52	18.26	22.08
SiO_2	67.02	64.62	62.98	64.23	65.06	63.62	65.68	68.11	67.61	68.07
CaO	0.11	0.03	*n.d.*	0.03	0.02	*n.d.*	0.13	0.04	0.05	0.01
TiO_2	0.04	*n.d.*	0.02	*n.d.*	*n.d.*	*n.d.*	0.03	0.02	*n.d.*	0.02
MnO	0.01	0.01	0.01	*n.d.*	0.01	0.03	0.01	0.03	*n.d.*	0.02
Na_2O	0.71	0.33	1.21	0.91	0.91	0.57	1.22	1.32	0.90	0.40
MgO	0.09	*n.d.*	0.01	0.07	0.01	0.01	0.00	0.02	*n.d.*	0.01
K_2O	13.13	12.46	13.49	12.42	12.58	13.43	11.79	10.29	12.39	12.27
FeO (t)	0.11	*n.d.*	*n.d.*	*n.d.*	0.03	0.01	*n.d.*	0.08	0.09	0.05
P_2O_5	0.13	0.08	0.02	0.09	*n.d.*	0.02	*n.d.*	0.02	*n.d.*	0.03
Total	99.96	98.97	99.97	100.1	99.95	99.50	99.97	99.70	99.49	99.95
Trace Element (ppm)										
Zr	0.16	1.45	0.31	0.43	1.41	2.73	*n.d.*	0.93	*n.d.*	*n.d.*
Ni	31.88	3.13	1.25	2.50	*n.d.*	13.75	0.00	4.38	1.25	4.37
Sr	*n.d.*	95.63	71.25	50.00	86.25	*n.d.*	58.75	70.00	41.88	78.75
Cu	18.13	15.63	8.13	21.88	*n.d.*	14.38	*n.d.*	*n.d.*	30.63	*n.d.*
Pb	*n.d.*	*n.d.*	135.0	*n.d.*	27.50	*n.d.*	*n.d.*	*n.d.*	*n.d.*	7.50
Rh	0.00	7163.83	*n.d.*	*n.d.*	15123.63	*n.d.*	*n.d.*	16317.60	8755.79	13133.68
Ba	11.25	2.50	148.13	67.50	17.50	336.26	37.50	48.13	12.50	*n.d.*
Hf	3.52	0.00	1.33	*n.d.*	*n.d.*	5.47	*n.d.*	2.03	1.05	4.14



รูปที่ 3.51 Harker – type variation diagram ของ wt.% SiO_2 กับธาตุองค์ประกอบหลักของหินแกรนิตที่ทำการศึกษา ได้แก่ Al_2O_3, CaO, TiO_2, MnO, Na_2O, MgO, K_2O, FeO และ P_2O_5 เพื่อเปรียบเทียบระหว่างแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว



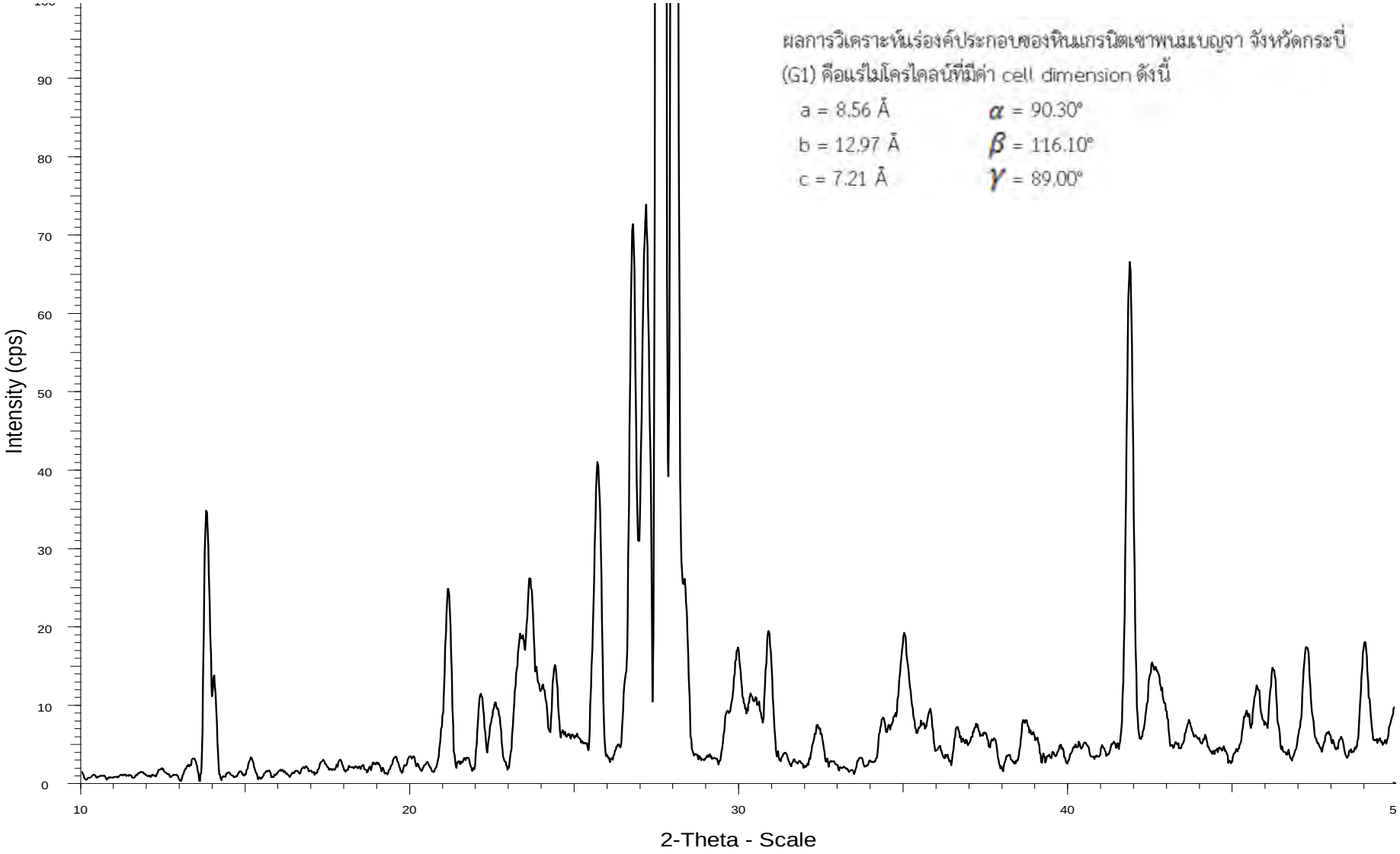
รูปที่ 3.52 Harker – type variation diagram ของ wt.% SiO_2 กับธาตุส่วนน้อยของหินแกรนิตที่ทำการศึกษา ได้แก่ Zr, Ni, Sr, Cu, Pb, Rh, Ba และ Hf เพื่อเปรียบเทียบระหว่างแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว

3.3 โครงสร้างผลึก

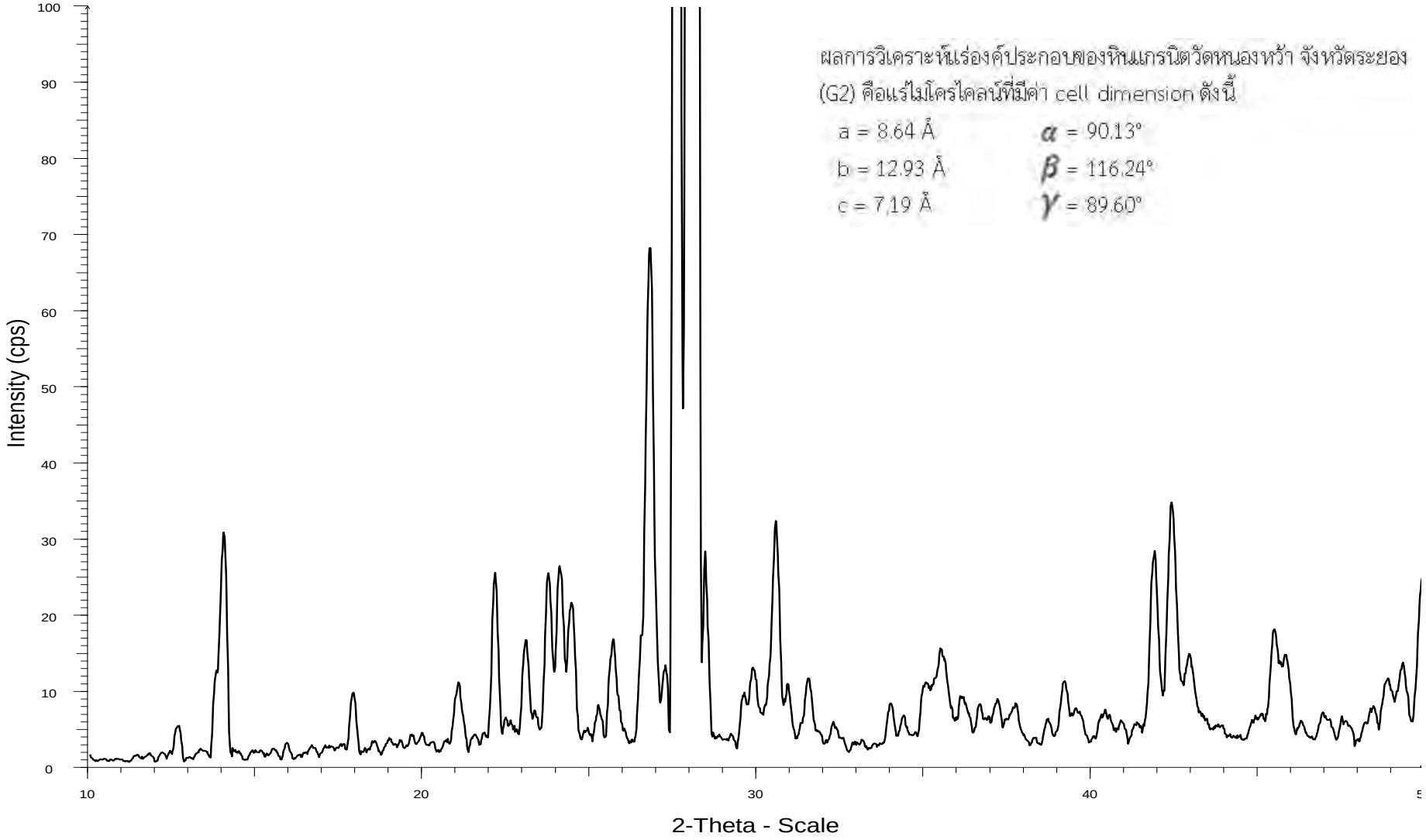
การศึกษาเพื่อวิเคราะห์โครงสร้างผลึกในผงหินตัวอย่างด้วยเครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD) โดยวิธีการวิเคราะห์จากกราฟที่ได้จากการทำการทดลอง ซึ่งรูปที่ 3.53 – 3.60 จะแสดงกราฟที่เป็นผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิต โดยที่การวิเคราะห์นี้จะเน้นเฉพาะไปที่แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ ซึ่งผลที่ได้แร่ที่มีค่า cell dimension ต่างๆ ดังตารางที่ 3.3

	หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีชมพู				**หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีขาว**					
	G1	G3	G9	G10	G2	G4	G5	G6	G7	G13
a	8.56	8.43	8.57	8.57	8.64	8.64	8.57	8.57	8.64	8.56
b	12.97	13.02	12.96	12.96	12.93	12.92	12.96	12.96	12.93	12.96
c	7.21	7.17	7.21	7.21	7.19	7.19	7.21	7.21	7.19	7.21
α	90.30	90.01	89.70	89.70	90.13	90.13	90.57	89.70	90.13	90.65
β	116.10	116.09	115.97	115.97	116.24	116.24	115.92	115.97	116.24	115.89
γ	89.00	89.90	90.87	90.87	89.6	89.60	87.75	90.88	89.6	87.7
V	359.37	353.51	360.34	360.32	360.32	360.32	360.44	360.35	360.32	360.04
a*	0.26022	0.264076	0.25932	0.25933	0.25801	0.25781	0.25924	0.25931	0.25801	0.25953
b*	0.17174	0.17098	0.17148	0.17149	0.17240	0.17241	0.17143	0.17147	0.17240	0.17141
c*	0.30894	0.310482	0.30823	0.30825	0.31004	0.30980	0.30814	0.30822	0.31004	0.30812
α*	90.16	90.00	89.91	89.91	90.05	90.05	90.46	89.91	90.05	90.39
β*	63.90	63.91	64.03	64.03	63.76	63.76	64.08	64.03	63.76	64.11
γ*	90.97	90.11	89.18	89.18	90.38	90.38	92.22	89.17	90.38	92.24
V*	0.00028	0.002829	0.00028	0.00028	0.002775	0.00028	0.00028	0.00028	0.002775	0.00278

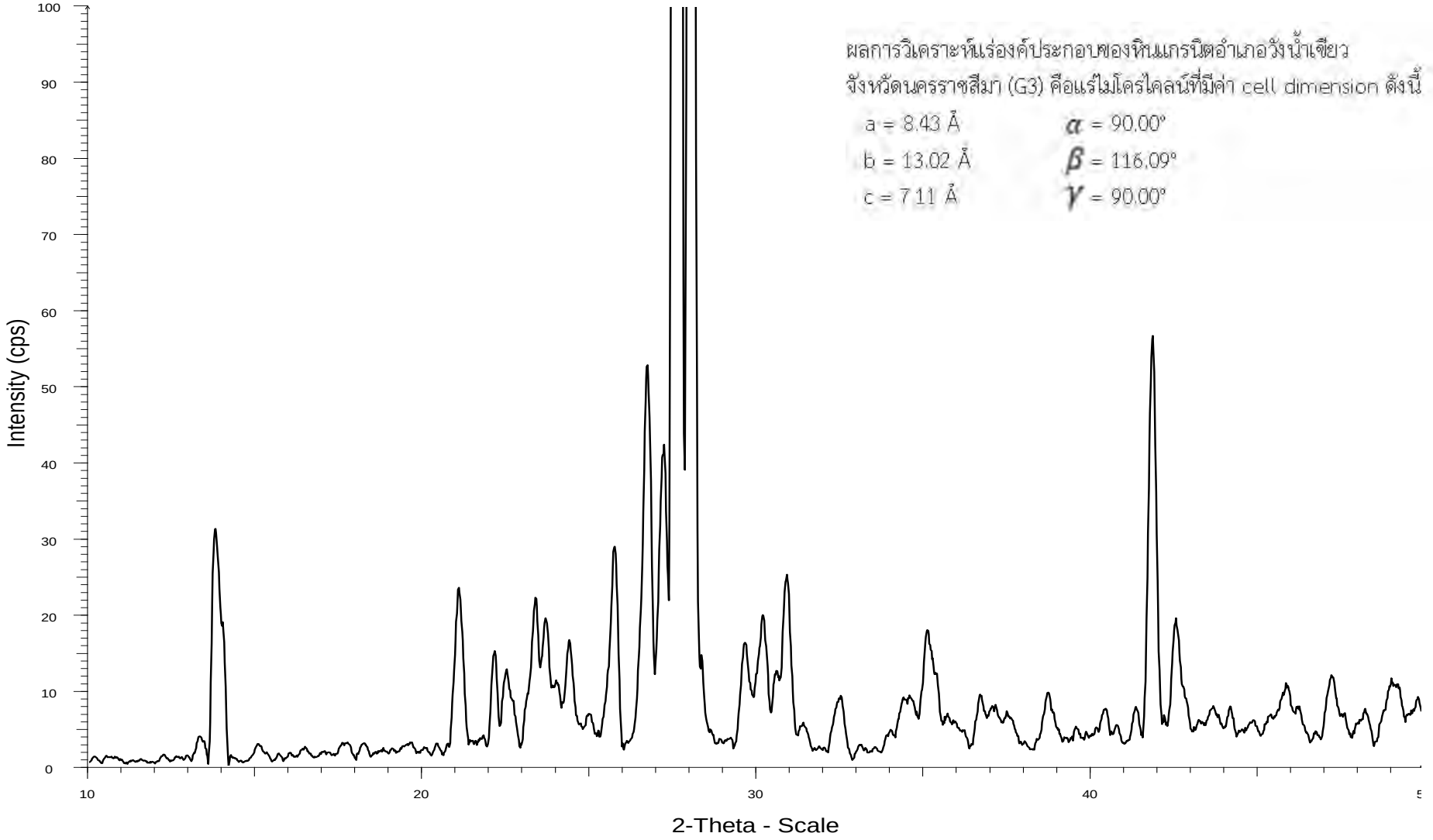
ตารางที่ 3.3 a, b, c refer to the direct lattice parameters; a*, b*, c* refer to the reciprocal lattice parameter. Values of a, b and c are in Å; a*, b* and c* are in $Å^{-1}$; α, β, γ are in degrees; V in $Å^3$ and V* in $Å^{-3}$; G1 – หินแกรนิตเขาพนมเบญจา, G4 – หินแกรนิตอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี, G5 – หินแกรนิตหาดกะตะ จังหวัดภูเก็ต, G6 – หินแกรนิตหาดกะรน จังหวัดภูเก็ต, G9 – หินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก, และ G10 – หินแกรนิตจังหวัดเลย



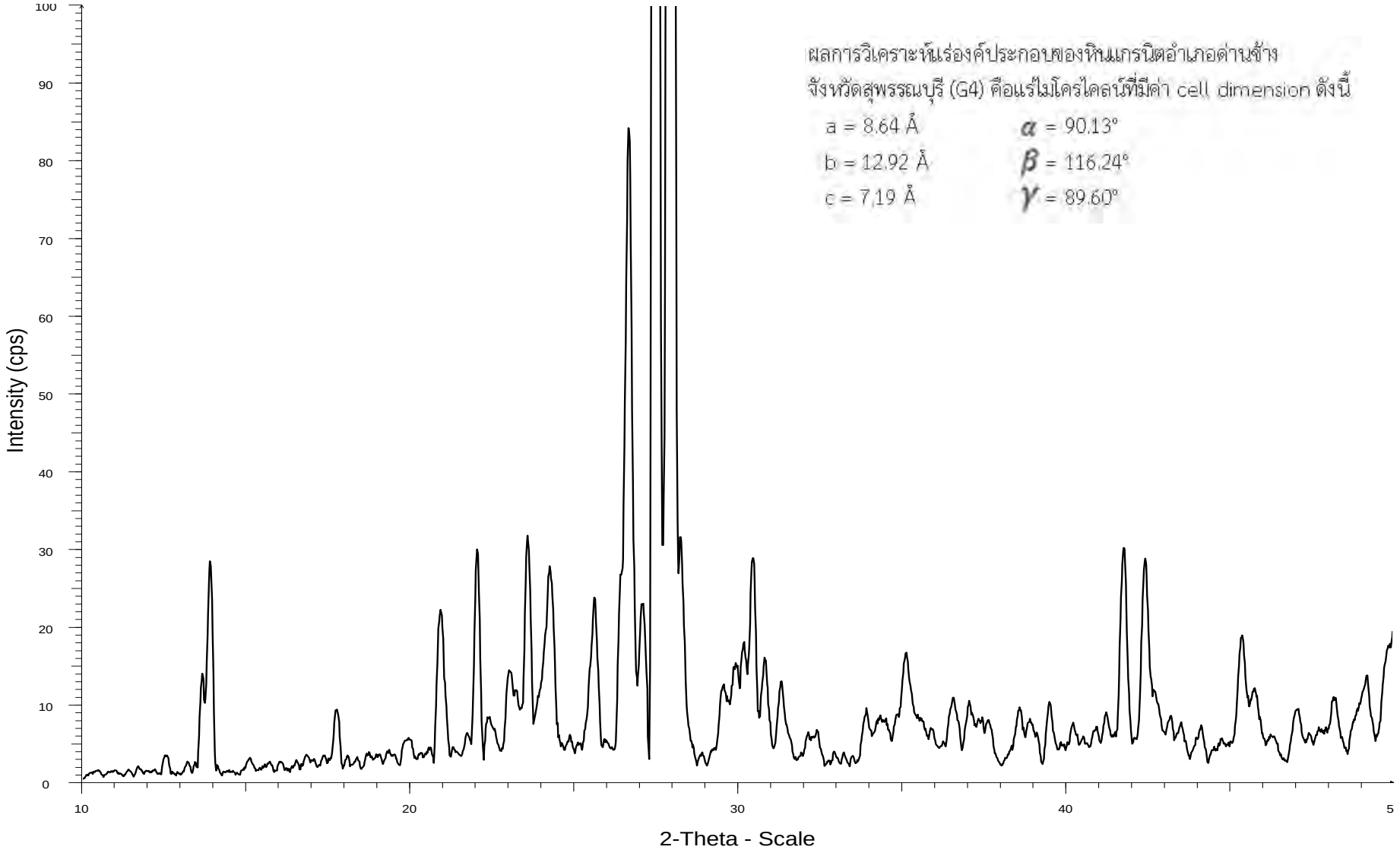
รูปที่ 3.53 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตเขาพนมเบญจา จังหวัดกระบี่



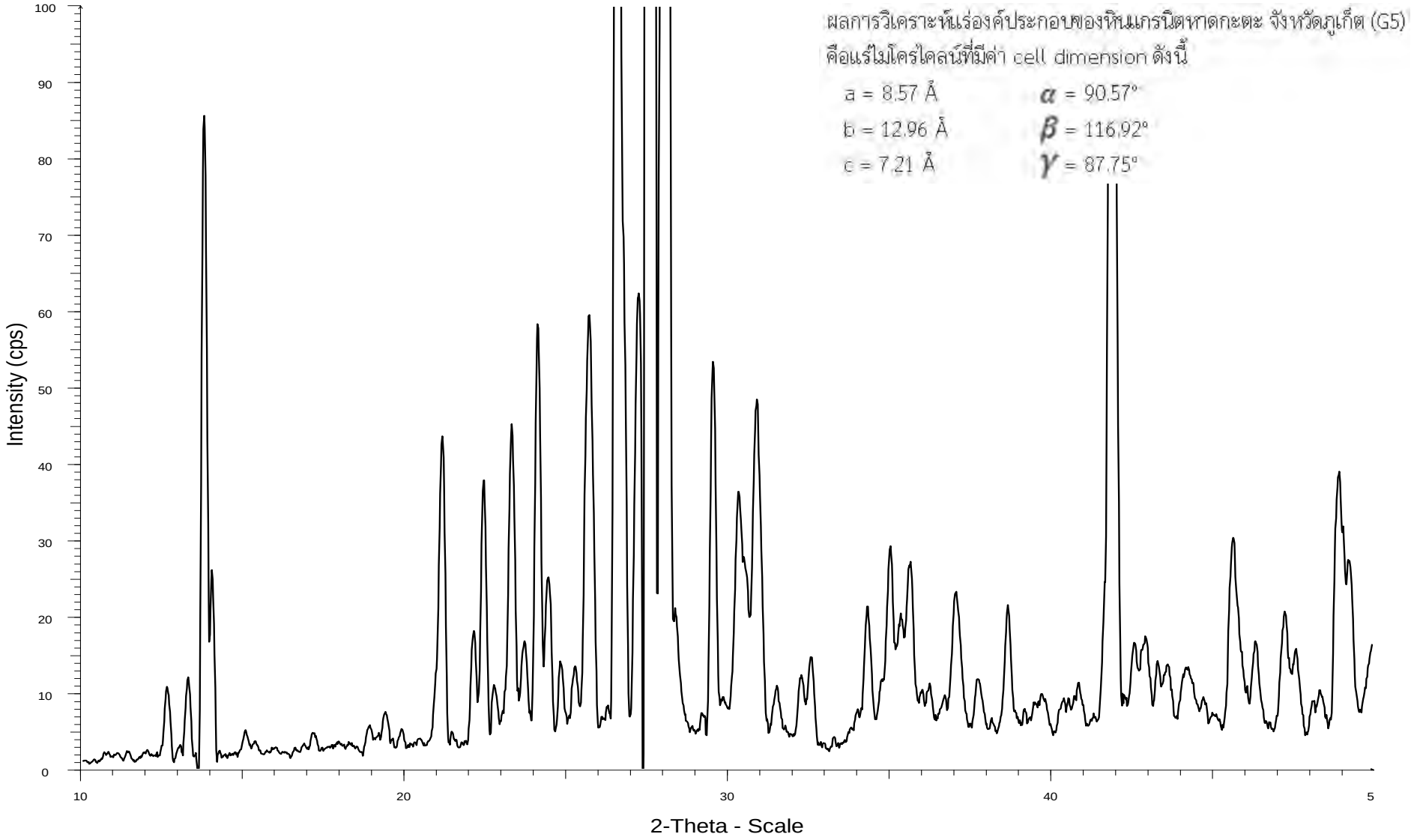
รูปที่ 3.54 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตวัดหนองหว้า จังหวัดระยอง



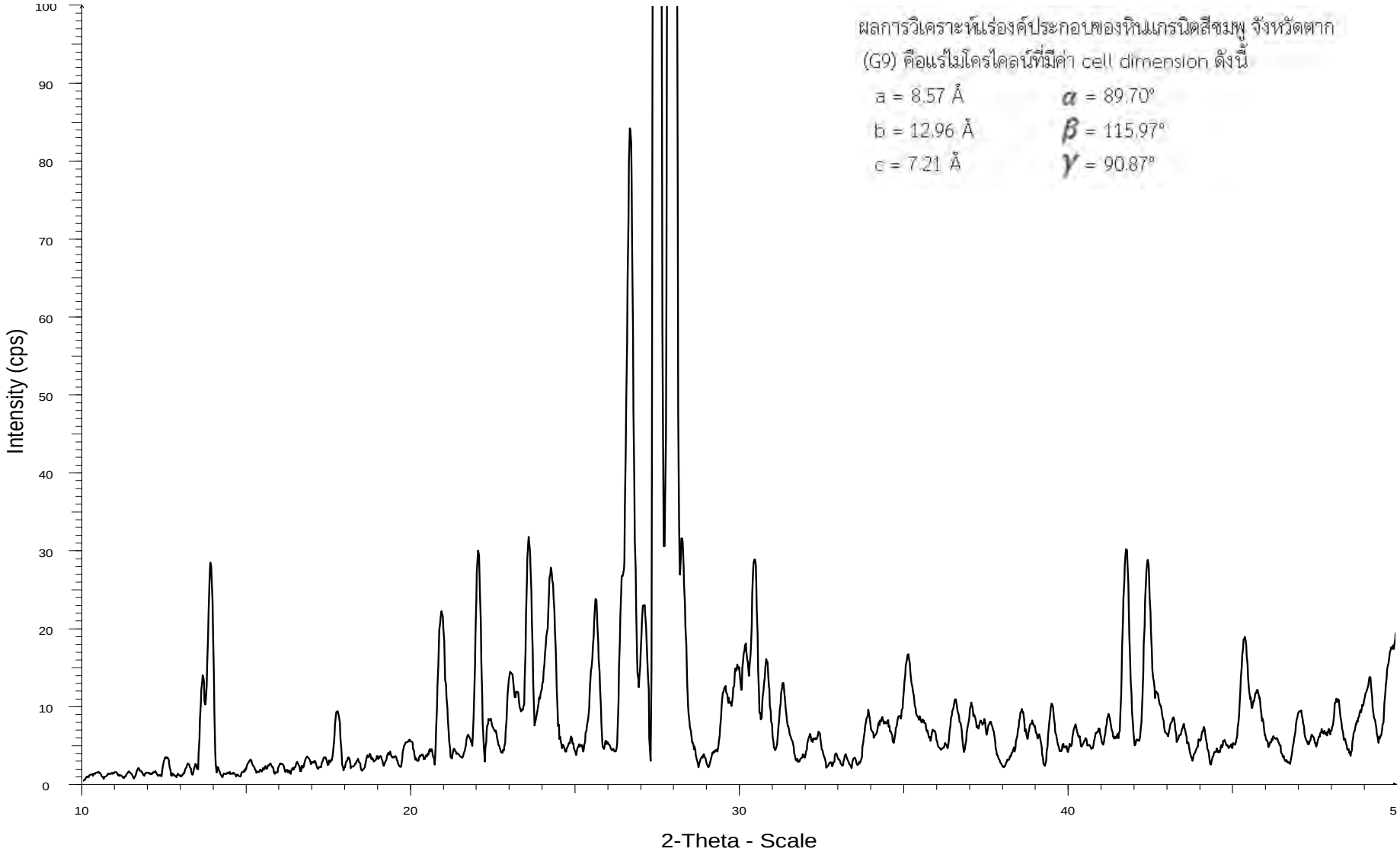
รูปที่ 3.55 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา



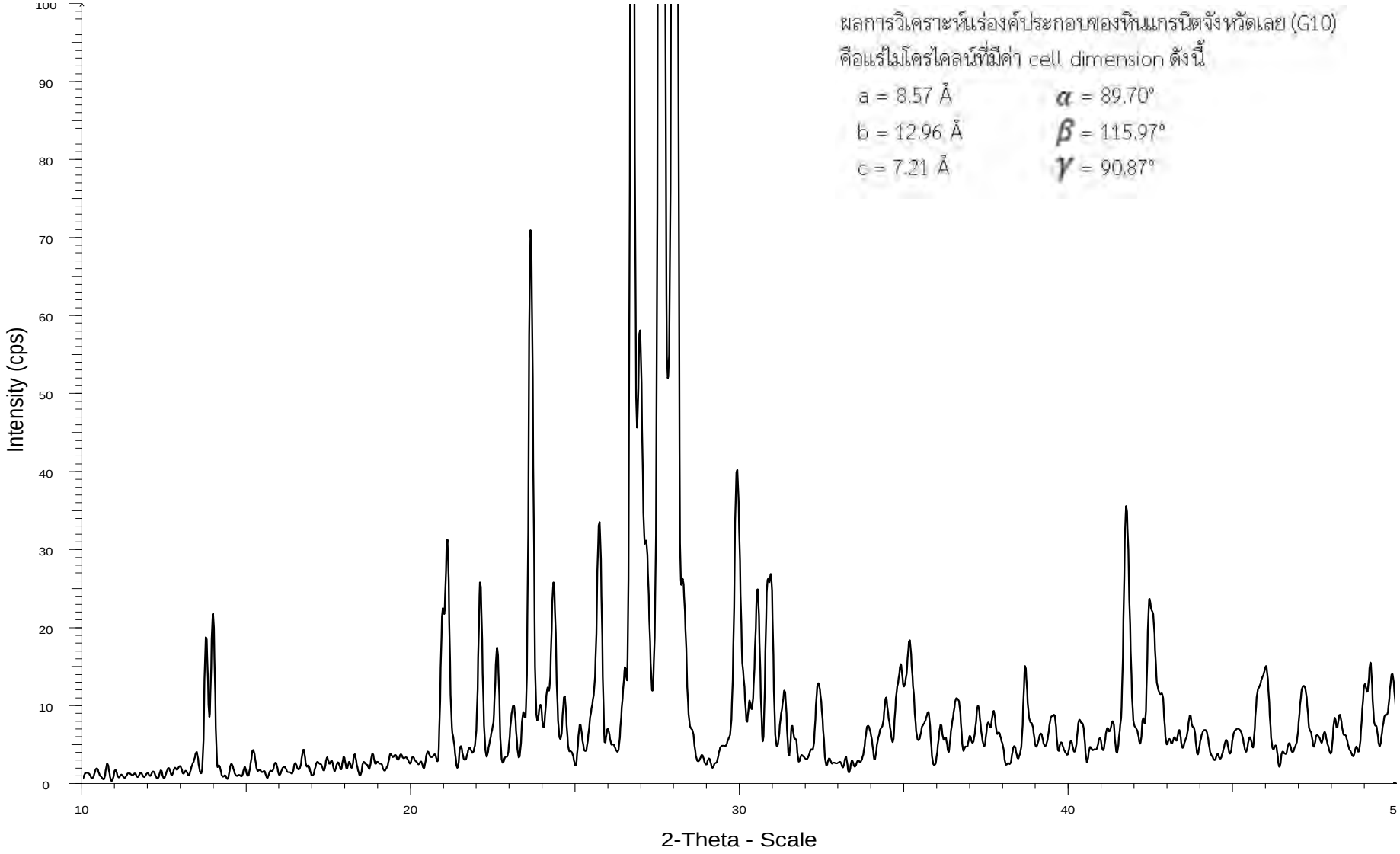
รูปที่ 3.56 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี



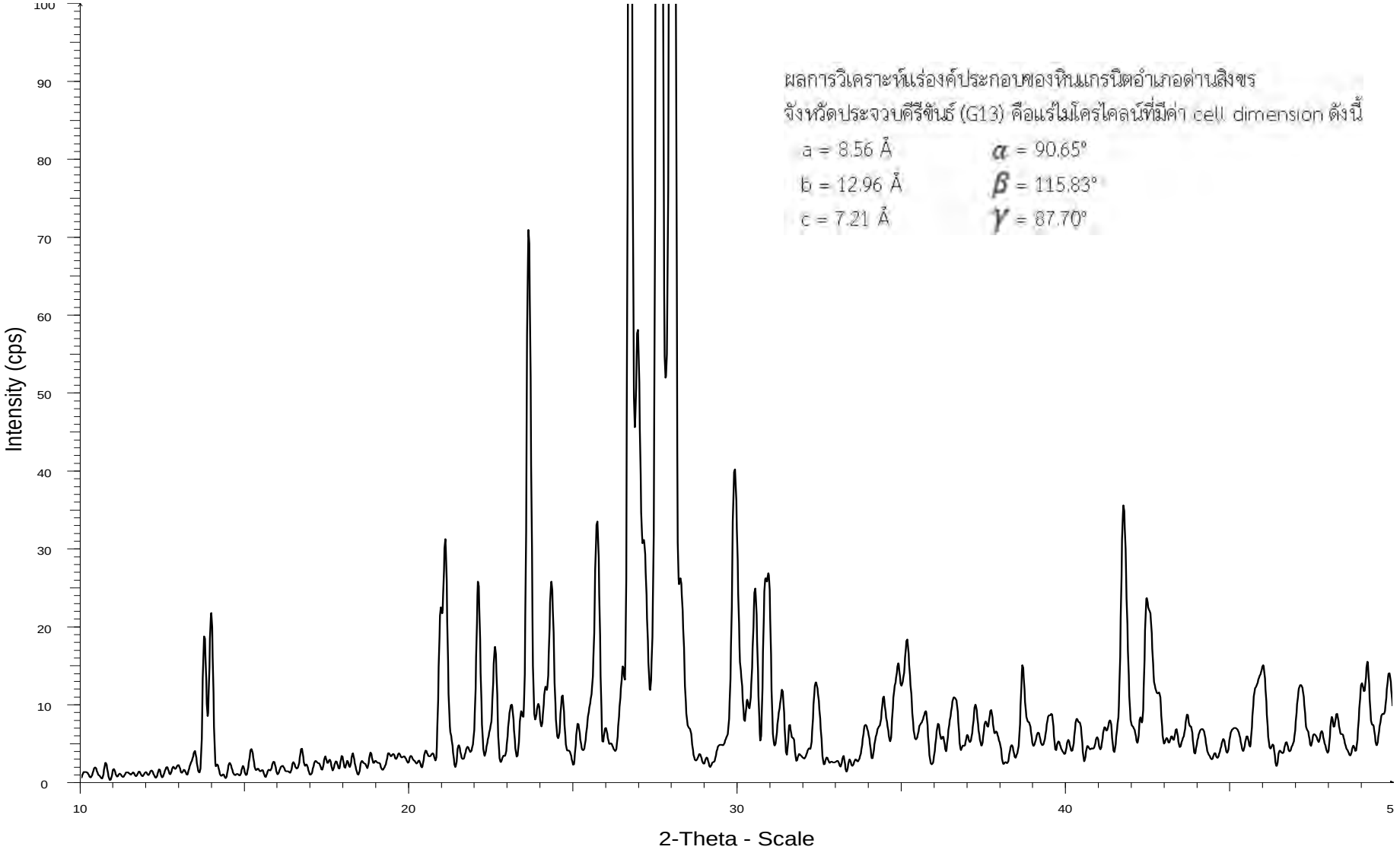
รูปที่ 3.57 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตหาดกะตะ จังหวัดภูเก็ต



รูปที่ 3.58 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตสีชมพูจังหวัดตาก



รูปที่ 3.59 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตจังหวัดเลย



รูปที่ 3.60 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแกรนิตอำเภอด่านสิงขร จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

บทที่ 4 อภิปรายผลการศึกษา

4.1 ศิลาวรรณนา

4.2 เคมีของแร่

4.3 โครงสร้างผลึก

4.4 อุณหภูมิการเกิด

บทที่ 4
อภิปรายผลการศึกษา

4.1 ศิลาวรรณนา

การศึกษาศิลาวรรณนาของหินแกรนิต เพื่อวิเคราะห์แร่องค์ประกอบของหินแกรนิตภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ นอกจากนี้ยังเป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาวในหินแกรนิตของประเทศไทย โดยเน้นไปที่แร่โพแทซเฟลด์สปาร์และแร่ที่เกิดร่วมด้วย ในรูปที่ 4.1 แสดงความแตกต่างระหว่างแร่เฟลด์สปาร์ โดยที่รูปที่ 4.1a แสดงลักษณะเฉพาะของแร่เฟลด์สปาร์สีชมพู ซึ่งพบลักษณะเนื้อที่ไร้รูปร่างของเพอร์ไทต์ (irregular perthitic texture) และแร่ที่พบภายในแร่เฟลด์สปาร์ ได้แก่ แร่ควอรตซ์ (quartz), แร่สฟีน (sphene) ,แร่ไบโอไทต์ที่มีพลีโอโคอิคสีเขียว (green pleochroic biotite) และแร่อะพาไทต์ (apatite) และรูปที่ 4.1b แสดงลักษณะเฉพาะของแร่เฟลด์สปาร์สีขาว ได้แก่ พบลักษณะเนื้อที่มีรูปร่างของเพอร์ไทต์ (regular perthitic texture) และพบแร่อยู่ภายในแร่เฟลด์สปาร์ ได้แก่ แร่ควอรตซ์ (quartz), แร่ไบโอไทต์ (biotite) และแร่ฮอร์นเบลนด์ (hornblende)

4.2 เคมีของแร่

การศึกษาเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ในตัวอย่างหินแกรนิตด้วยเครื่อง Electron Probe Micro-Analyzer (EPMA) จากแผ่นหินบางขัดมันทั้งหมด 12 ตัวอย่าง เพื่อหาความแตกต่างทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาวในหินแกรนิต โดยการวิเคราะห์ปริมาณธาตุองค์ประกอบหลักและธาตุส่วนน้อย ซึ่งตารางที่ 4.1 จะเป็นการแสดงการเปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบหลักระหว่างแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว โดยค่าตัวหนาที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยที่มีปริมาณมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบปริมาณของทั้งสีชมพูและสีขาว โดยสามารถสรุปได้ว่าแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูจะมีปริมาณธาตุ Ca, Ti, Mn, Na, K และ Fe สูงกว่าในแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีขาว แต่ในทางกลับกันแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีขาวจะมีปริมาณของธาตุ Al, Si, Mg และ P สูงกว่าในแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพู และปริมาณของธาตุ Mg, Ca, Al, Ti, P และ K จะมีปริมาณลดลง เมื่อปริมาณของธาตุ Si เพิ่มขึ้น โดยที่จะแสดงให้เห็นโดยชัดเจนในรูปที่ 4.1

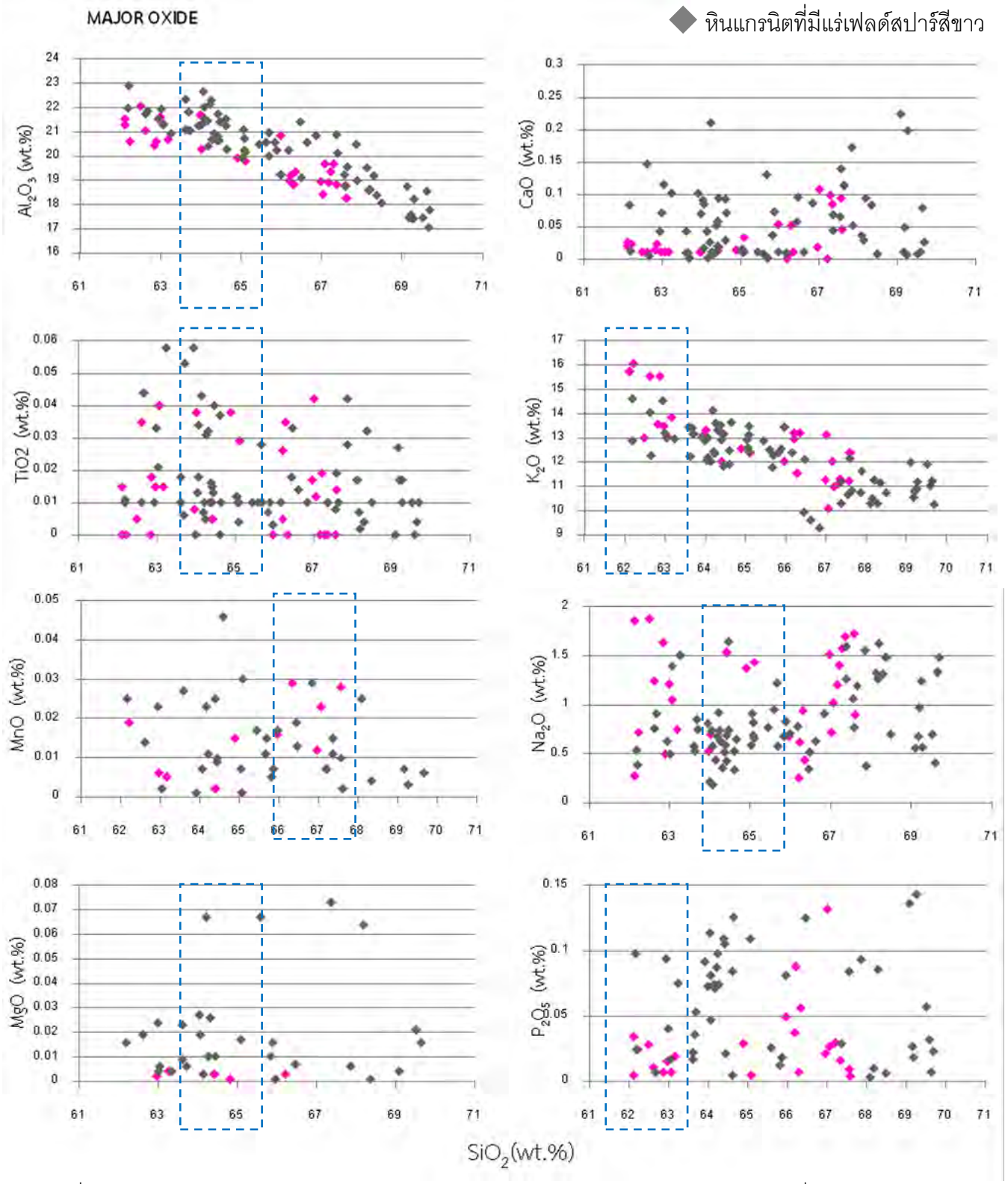
รูปที่ 4.2 แสดง Harker – type variation diagram ของ wt.% SiO_2 กับธาตุองค์ประกอบหลักของหินแกรนิตที่ทำการศึกษา ได้แก่ Al_2O_3 และ K_2O เพื่อเปรียบเทียบระหว่างแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว โดยจะสามารถแบ่งแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน โดยแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูจะมีปริมาณธาตุ Al น้อยกว่าในแร่เฟลด์สปาร์สีขาว จะสังเกตได้ว่ามีปริมาณของธาตุ Al จะลดลงเมื่อปริมาณธาตุ Si เพิ่มขึ้น และแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูจะมีปริมาณธาตุ K มากกว่าในแร่เฟลด์สปาร์สีขาว และสังเกตได้ว่าปริมาณของธาตุ K จะลดลงเมื่อปริมาณธาตุ Si เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.2 จะเป็นการเปรียบเทียบธาตุส่วนน้อยระหว่างแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว โดยค่าตัวหนาคือค่าที่มีปริมาณที่มีมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของทั้งสองสี สามารถสรุปได้ว่าแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูจะมีปริมาณธาตุ Ni, Cu, Rh, Ba และ Hf สูงกว่าในแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีขาว แต่ในทางกลับกันแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีขาวจะมีปริมาณของธาตุ Zr, Sr และ Pb สูงกว่าในแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพู โดยที่จะแสดงให้เห็นโดยชัดเจนในรูปที่ 4.3 และปริมาณของธาตุ Ba, Sr, Zr และ Pb จะมีปริมาณลดลง เมื่อปริมาณของธาตุ Si เพิ่มขึ้น

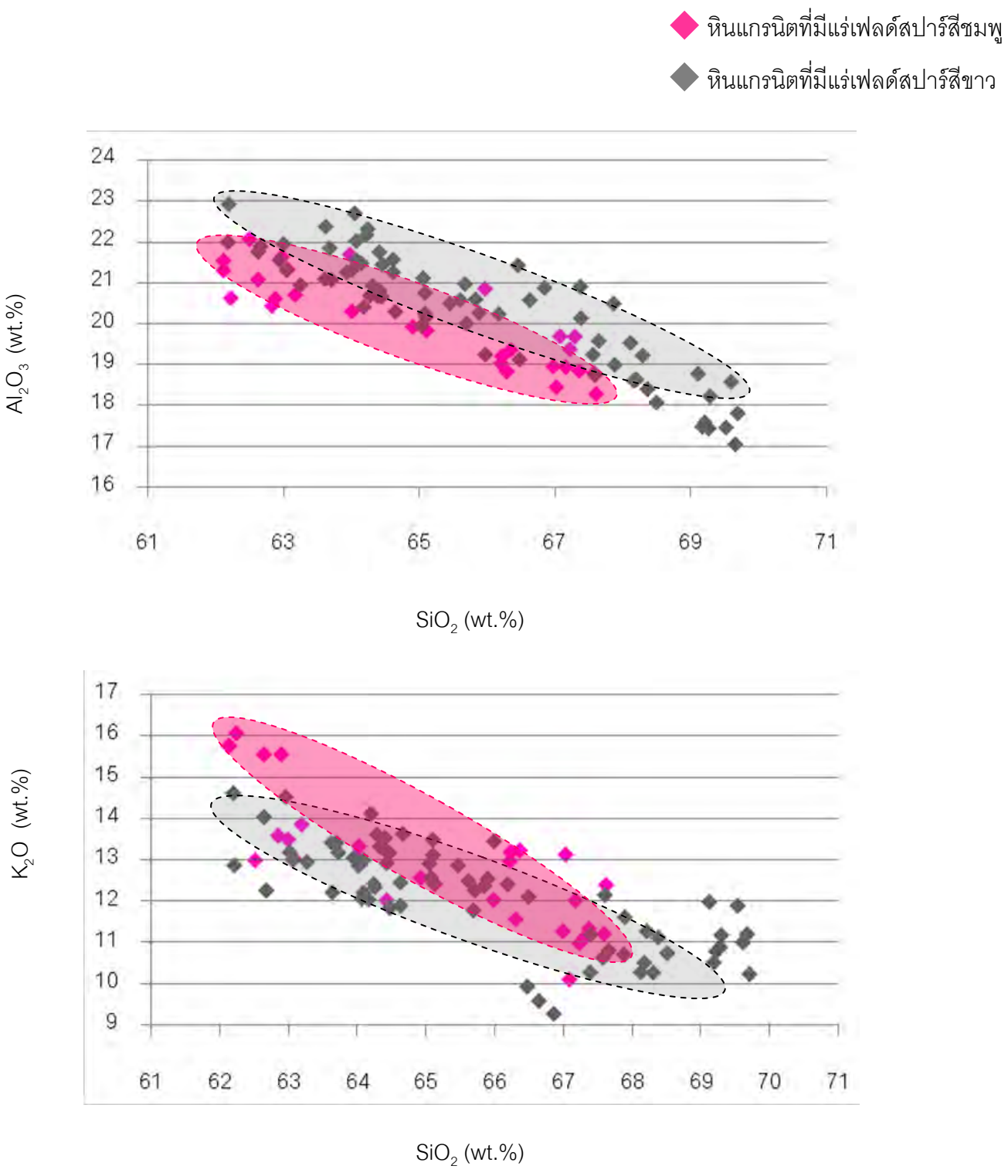
โดยสรุปแล้ว แร่เฟลด์สปาร์จะเกิดเป็นสีชมพูได้โดยธาตุ Mn, Fe และ Ba ซึ่งเป็นธาตุที่มีคุณสมบัติทำให้แร่มีสีชมพูได้

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบหลักระหว่างแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว

	แร่เฟลด์สปาร์สีชมพู				แร่เฟลด์สปาร์สีขาว				
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.
Major Oxide (wt.%)					**Major Oxide (wt.%)**				
Al_2O_3	18.262	22.058	20.056	1.101	Al_2O_3	17.047	22.904	**20.332**	1.423
SiO_2	62.123	67.609	65.013	2.004	SiO_2	62.191	69.692	**65.749**	2.144
CaO	0.006	0.948	**0.091**	0.218	CaO	0.001	0.410	0.060	0.068
TiO_2	0.005	0.042	**0.022**	0.013	TiO_2	0.002	0.058	0.018	0.014
MnO	0.002	0.1	**0.025**	0.028	MnO	0.001	0.046	0.012	0.008
Na_2O	0.252	1.875	**1.080**	0.489	Na_2O	0.182	1.645	0.811	0.369
MgO	0.002	0.088	0.013	0.017	MgO	0.001	0.073	**0.014**	0.014
K_2O	10.102	16.055	**12.616**	1.444	K_2O	9.289	14.616	12.170	1.215
FeO (t)	0.002	0.166	**0.054**	0.051	FeO (t)	0.003	0.138	0.033	0.029
P_2O_5	0.004	0.132	0.029	0.030	P_2O_5	0.001	0.143	**0.054**	0.042



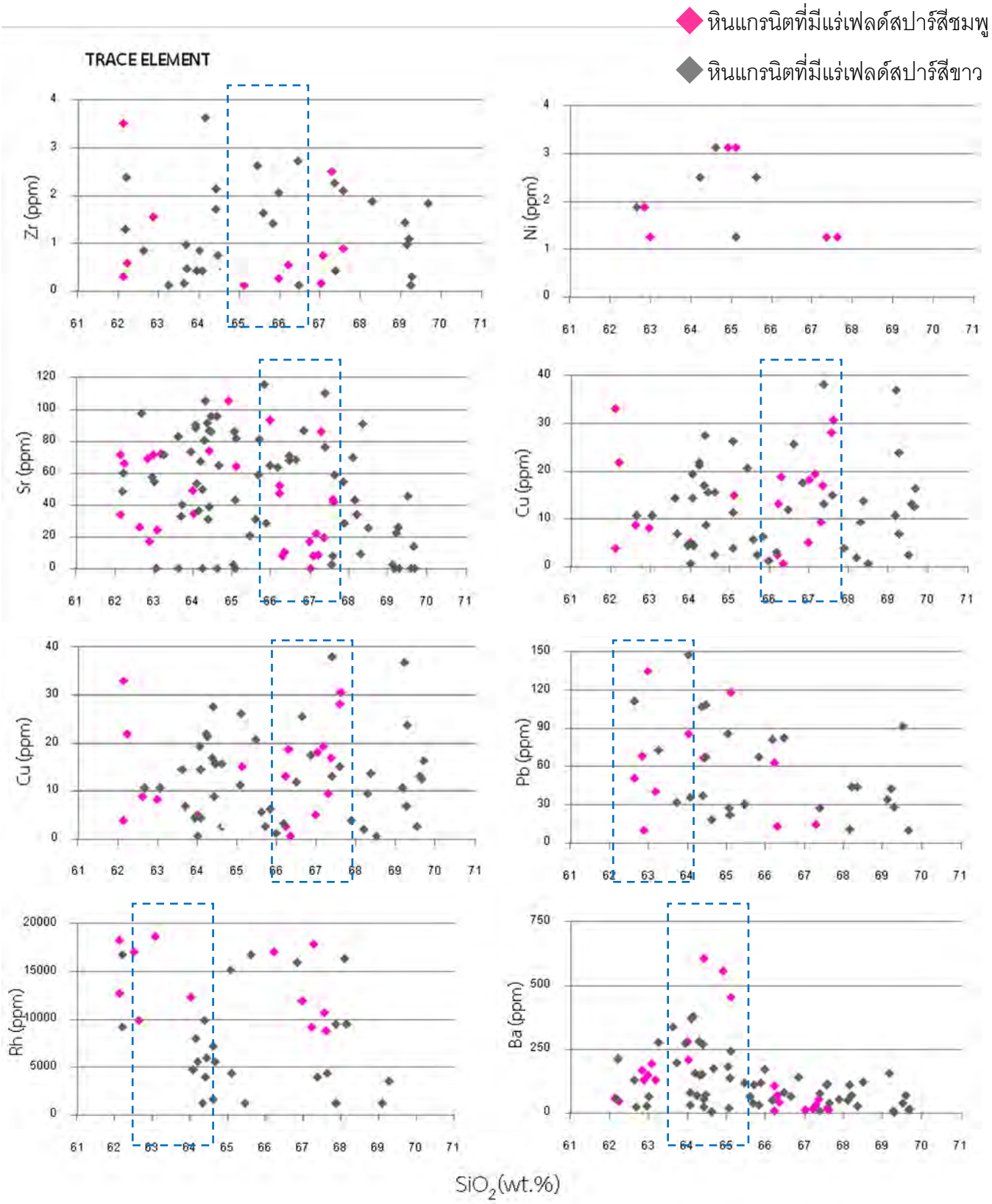
รูปที่ 4.1 Harker – type variation diagram ของ wt.% SiO_2 กับธาตุองค์ประกอบหลักของหินแกรนิตที่ทำการศึกษา ได้แก่ Al_2O_3, CaO, TiO_2, MnO, Na_2O, MgO, K_2O, FeO และ P_2O_5 เพื่อเปรียบเทียบระหว่างแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว และในกรอบสีฟ้าเป็นบริเวณที่สามารถเปรียบเทียบปริมาณธาตุองค์ประกอบหลักในแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาวอย่างชัดเจน



รูปที่ 4.2 Harker – type variation diagram ของ wt.% SiO_2 กับธาตุองค์ประกอบหลักของหินแกรนิตที่ทำการศึกษา ได้แก่ Al_2O_3 และ K_2O เพื่อเปรียบเทียบระหว่างแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว โดยที่เมื่อปริมาณธาตุ Si เท่ากันแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูจะมีปริมาณธาตุ Al ต่ำกว่า แต่ปริมาณธาตุ K จะสูงกว่าในแร่เฟลด์สปาร์สีขาว

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบธาตุส่วนน้อยระหว่างแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว

	แร่เฟลด์สปาร์สีชมพู				แร่เฟลด์สปาร์สีขาว				
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.
Trace Element (ppm)					**Trace Element (ppm)**				
Zr	0.117	3.516	1.019	1.088	Zr	0.117	3.633	**1.250**	0.921
Ni	1.250	31.876	**11.779**	10.906	Ni	1.250	34.376	11.109	7.734
Sr	0.000	167.506	48.429	36.754	Sr	0.000	127.505	**52.440**	35.395
Cu	0.625	76.878	**20.345**	20.701	Cu	0.625	38.126	12.718	9.096
Pb	10.000	135.005	60.343	41.353	Pb	10.000	147.506	**56.300**	36.292
Rh	8,755.787	23,083.438	**14,450.110**	4,489.196	Rh	1,193.971	22,287.458	8,387.277	6,379.244
Ba	6.250	1215.671	**273.835**	376.279	Ba	1.875	378.139	111.480	95.316
Hf	0.234	4.414	**2.349**	1.205	Hf	0.039	5.508	2.267	1.529



รูปที่ 4.3 Harker – type variation diagram ของ wt.% SiO_2 กับธาตุส่วนน้อยของหินแกรนิตที่ทำการศึกษา ได้แก่ Zr, Ni, Sr, Cu, Pb, Rh, Ba และ Hf เพื่อเปรียบเทียบระหว่างแร่โพแทซเฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาว และในกรอบสีฟ้าจะเป็นบริเวณที่สามารถเปรียบเทียบปริมาณธาตุส่วนน้อยในแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูและสีขาวอย่างชัดเจน

4.3 โครงสร้างผลึก

จากผลการศึกษาโครงสร้างผลึกสามารถนำมาอภิปรายผล เพื่อวิเคราะห์ลักษณะ structural state และการเรียงตัวของธาตุในแร่เฟลด์สปาร์ได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะสามารถบ่งบอกถึงอุณหภูมิและเวลาที่เย็นตัวของแร่เฟลด์สปาร์ (Yund, 1983; Parsons and Brown, 1991) และยังสามารถแสดงถึงการเย็นตัวของหินได้อีกด้วย (Kroll et al., 1993; Brown and Parsons, 1989; Voll et al., 1994)

การศึกษาลักษณะ structural state ของแร่เฟลด์สปาร์มีประโยชน์ในการวิเคราะห์อุณหภูมิของหิน (Smith and Brown, 1998) โดยแร่ซานิดีนเป็นแร่เฟลด์สปาร์ที่เกิด ณ ที่อุณหภูมิสูง จะมีโครงสร้างที่แตกต่างจากแร่ออร์โทเคลสและแร่ไมโครไคลน์ที่เกิด ณ อุณหภูมิต่ำกว่า เพราะเนื่องจากความสัมพันธ์ของตำแหน่งของธาตุอะลูมิเนียมและธาตุซิลิกอนใน tetrahedral sites (*T*) โดยที่อะตอมของธาตุทั้งสองจะมีการกระจายตัวอย่างไม่เป็นระเบียบใน T_1 และ T_2 ในแร่ซานิดีน และใน T_1O, T_1m, T_2O, T_2m ในแร่ไมโครไคลน์ โดยที่โครงสร้างของแร่ซานิดีนจะมี structural state ที่สูงและแสดงการกระจายตัวของธาตุทั้งสองไม่เป็นระเบียบ หรือ disordered phase แต่โครงสร้างของแร่ไมโครไคลน์จะมี structural state ที่ต่ำกว่าและแสดงการกระจายตัวของธาตุทั้งสองเป็นระเบียบ หรือ ordered phase

Unit cell parameter เช่น direct lattice parameter (a, b, c, α, β, γ, V) และ reciprocal lattice parameter (a*, b*, c*, α*, β*, γ*, V*) ของแร่เฟลด์สปาร์ โดยการคำนวณของ Benoit (1987) โดยจะแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งค่า a จะมีค่าที่หลากหลายตามองค์ประกอบและขึ้นอยู่กับการเรียงตัวของธาตุอะลูมิเนียมและธาตุซิลิกอนบ้างเล็กน้อย ในขณะที่ค่า b และค่า c จะขึ้นอยู่กับทั้งองค์ประกอบและการเรียงตัวของธาตุทั้งสอง โดยโครงสร้างที่มีการลดความเป็นระเบียบเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของค่า b และการลดลงของค่า c

แร่ไมโครไคลน์ (triclinic alkali feldspar) ค่า α จะมีนัยสำคัญในองค์ประกอบและความเป็นระเบียบของธาตุอะลูมิเนียมและธาตุซิลิกอน และค่า γ แสดงการเปลี่ยนแปลงของความเป็นระเบียบของธาตุทั้งสอง และส่งผลต่อองค์ประกอบของแร่บ้าง แต่ค่า β ที่ไม่ค่อยแตกต่างเพราะไม่สามารถแสดงลักษณะพิเศษของแร่เฟลด์สปาร์ได้ (Smith and Brown, 1988) โดยค่า b, c, α^* และ γ^* ของตัวอย่างแร่เฟลด์สปาร์จะนำไปพลอตใน b vs. c cell dimension plot ในรูปที่ 4.4 และ α^* vs. γ^* cell dimension plot ในรูปที่ 4.5 (Kroll and Ribbe, 1983) เป็นการพลอตค่า b และ c ของแร่เฟลด์สปาร์จากตัวอย่างทั้งหมด 10 ตัวอย่าง แยกออกเป็นหินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีชมพู (G1, G3, G9, G10) และหินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีขาว (G2, G4, G5, G6, G7, G13) โดยที่หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีขาวจะมี structural state ที่ต่ำกว่า ซึ่งหมายถึงมีการเรียงตัวของอะตอมของธาตุอะลูมิเนียมและธาตุซิลิกอน มีความเป็นระเบียบที่ดี และมีการเย็นตัว ณ อุณหภูมิที่ต่ำกว่า แต่ในขณะที่หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูจะมี

structural state ที่สูงกว่าหมายถึงมีการเรียงตัวของธาตุของอะลูมิเนียมและธาตุของซิลิกอนที่มีความเป็นระเบียบน้อยกว่า และมีการเย็นตัว ณ อุณหภูมิที่สูงกว่า

4.4 อุณหภูมิการเกิด

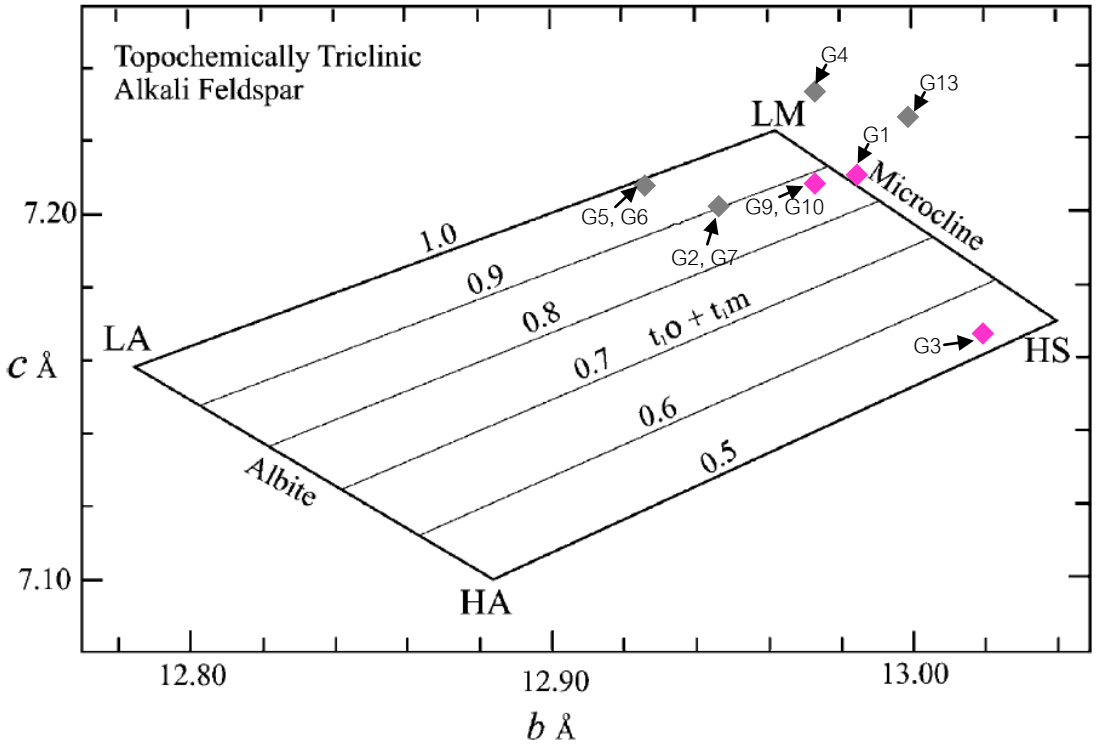
นอกจากนี้ การวิเคราะห์อุณหภูมิในการเกิดแร่เฟลด์สปาร์ของตัวอย่างทั้งหมด 10 ตัวอย่าง โดยการวัดความร้อนใต้พิภพ (geothermometric calculation) จากการวัดอุณหภูมิของ two-feldspar ตารางที่ 4.5 คือค่าที่ได้จากผลการวิเคราะห์เคมีของแร่แอลคาไลเฟลด์สปาร์และแร่แพลจิโอเคลส การวัดความร้อนใต้พิภพสามารถคำนวณได้หลายวิธีจาก Stormer (1975); Whitney and Stromer (1977); Powell and Powell (1977); Hasalton และคณะ (1983); Price (1985); Perchuk *et.al*. (1991) และ Putirka (2008)

ตารางที่ 4.6 เป็นการวิเคราะห์อุณหภูมิในการเกิดแร่เฟลด์สปาร์โดยใช้วิธีของ Putirka (2008) ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ แร่เฟลด์สปาร์สีชมพูจะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 550℃ – 650℃ และแร่เฟลด์สปาร์สีขาวจะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 450℃ – 500℃ แสดงให้เห็นว่าแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูมีอุณหภูมิในการเกิดที่สูงกว่าแร่เฟลด์สปาร์สีขาว

ตารางที่ 4.3 Unit cell parameter ของแร่เฟลด์สปาร์จากตัวอย่างหินแกรนิตทั้งหมด 10 ตัวอย่าง

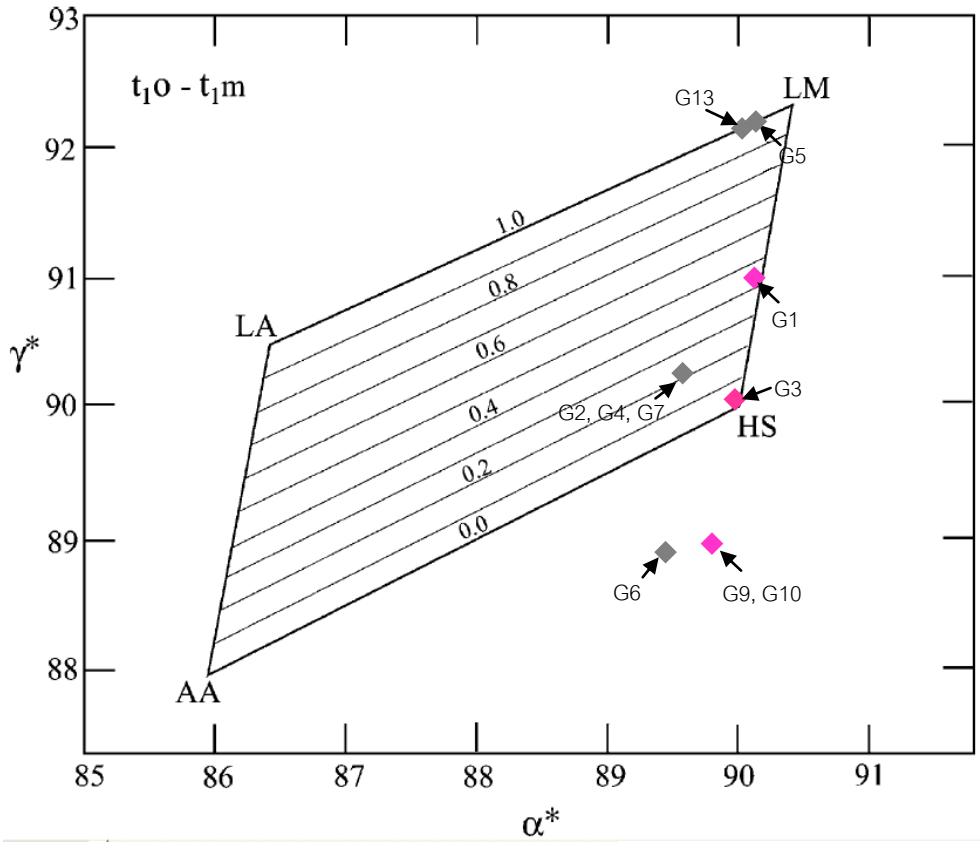
	หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีชมพู				หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีขาว					
	G1	G3	G9	G10	G2	G4	G5	G6	G7	G13
a	8.56	8.43	8.57	8.57	8.64	8.64	8.57	8.57	8.64	8.56
b	12.97	13.02	12.96	12.96	12.93	12.92	12.96	12.96	12.93	12.96
c	7.21	7.17	7.21	7.21	7.19	7.19	7.21	7.21	7.19	7.21
α	90.3	90.01	89.7	89.7	90.13	90.13	90.57	89.7	90.13	90.65
β	116.1	116.09	115.97	115.97	116.24	116.24	115.92	115.97	116.24	115.89
γ	89	89.9	90.87	90.87	89.6	89.6	87.75	90.88	89.6	87.7
V	645.30	634.93	647.04	647.04	646.18	646.18	647.71	647.04	644.08	646
a *	0.14491	0.14702	0.14441	0.14441	0.14387	0.14376	0.14426	0.14441	0.14434	0.14464
b *	0.09564	0.09516	0.09546	0.09549	0.09613	0.09613	0.09539	0.09549	0.09645	0.09553
c *	0.17204	0.17286	0.17165	0.17165	0.17288	0.17275	0.17147	0.17165	0.17344	0.17173
α *	90.16	89.9	89.91	89.91	90.05	90.05	90.46	89.91	90.05	90.39
β *	63.9	63.91	64.03	64.03	63.76	63.76	64.08	64.03	63.76	64.11
γ *	90.97	91	89.18	89.18	90.38	90.38	92.22	89.17	90.38	92.24
V *	0.00155	0.00157	0.00155	0.00155	0.00155	0.00155	0.00154	0.00155	0.00155	0.00155

a, b, c refer to the direct lattice parameters; a*, b*, c* refer to the reciprocal lattice parameter. Values of a, b and c are in Å; a*, b* and c* are in $Å^{-1}$; α, β, γ are in degrees; V in $Å^3$ and V* in $Å^{-3}$



รูปที่ 4.4 b vs. c cell dimension plot ในแร่เฟลด์สปาร์ในตัวอย่างหินแกรนิต 10 ตัวอย่าง

(Kroll and Ribbe, 1983)



รูปที่ 4.5 α * vs. γ * cell dimension plot ในแร่เฟลด์สปาร์ในตัวอย่างหินแกรนิต 10 ตัวอย่าง

(Kroll and Ribbe, 1983)

ตารางที่ 4.4 ค่าของ structural state และการกระจายตัวของธาตุอะลูมิเนียมใน tetrahedral sites ของแร่เฟลด์สปาร์ในตัวอย่างหินแกรนิตทั้งหมด 10 ตัวอย่าง

	หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีชมพู				หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีขาว					
	G1	G3	G9	G10	G2	G4	G5	G6	G7	G13
bc*	-1.21287	-1.34682	-1.17103	-1.17103	-1.19398	-1.16882	-1.15990	-1.17103	-1.22711	-1.17574
$\alpha^*\gamma^*$	0.42728	0.50123	-0.36951	-0.36951	0.17011	0.17011	0.96202	-0.37428	0.17011	0.98701
T_1O	-0.39279	-0.42279	-0.77027	-0.77027	-0.51193	-0.49935	-0.09894	-0.77265	-0.52850	-0.09437
T_1m	-0.82007	-0.92403	-0.40076	-0.40076	-0.68205	-0.66947	-1.06096	-0.39838	-0.69861	-1.08138
T_2O	1.10643	1.17341	1.08551	1.08551	1.09699	1.08441	1.07995	1.08551	1.11356	1.08787
T_2m	1.10643	1.17341	1.08551	1.08551	1.09699	1.08441	1.07995	1.08551	1.11356	1.08787

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์เคมีของแร่แอลคาไลเฟลด์สปาร์และแร่แพลจิโอเคลส

	G1		G2		G3		G4		G5		G6		G7		G8		G10		G11	
Sp. no.	Kf	Plag	Kf	Plag	Kf	Plag	Kf	Plag	Kf	Plag	Kf	Plag	Kf	Plag	Kf	Plag	Kf	Plag	Kf	Plag
SiO_2	67.02	64.76	69.52	56.05	68.71	66.22	64.08	56.45	65.61	56.61	62.20	56.37	69.26	63.02	68.50	64.01	66.98	45.13	66.98	67.63
TiO_2	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.02	0.00
Al_2O_3	18.43	23.78	17.46	27.65	18.24	19.83	21.54	27.77	20.57	27.25	22.90	28.15	17.44	25.33	18.07	21.59	18.94	24.15	18.94	21.36
FeO (t)	0.11	0.06	0.00	0.03	0.00	0.18	0.00	0.09	0.02	0.00	0.02	0.02	0.08	0.01	0.06	0.00	0.17	0.76	0.17	0.00
MnO	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03
MgO	0.09	0.00	0.02	0.01	0.00	0.04	0.00	0.02	0.07	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.11	3.12	0.01	6.66	1.05	3.20	0.02	6.45	0.01	7.13	0.01	8.83	0.01	4.27	0.01	3.81	0.02	1.80	0.02	2.15
Na_2O	0.71	7.42	0.70	8.01	1.35	9.24	0.58	7.72	0.95	7.68	0.39	6.15	1.24	6.39	0.70	9.09	1.51	1.28	1.51	8.26
K_2O	13.13	0.31	11.90	0.21	10.07	0.41	13.00	0.12	12.50	0.18	12.88	0.30	10.90	0.45	10.75	0.18	11.27	1.10	11.27	0.21
Total	99.63	99.49	99.61	98.62	99.42	99.20	99.26	98.61	99.72	98.87	98.42	99.86	98.92	99.47	98.08	98.69	98.91	98.27	98.91	99.65

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิการเกิดแร่เฟลด์สปาร์

หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีชมพู			**หินแกรนิตที่มีแร่เฟลด์สปาร์สีขาว**						
G10	G1	G3	G2	G4	G5	G6	G7	G8	G11
550.1	572.1	647.7	470.7	491.5	483.1	474.3	477.8	450	506.4

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาศิลาวรรณนาพบว่าแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูจะพบแร่ควอรตซ์ (quartz), แร่สฟีน (sphene) ,แร่ไบโอไทต์ที่มีพลีโอโคอิคสีเขียว (green pleochroic biotite) และแร่อะพาไทต์ (apatite) อยู่ภายในแร่เฟลด์สปาร์ในลักษณะ inclusion แสดงให้เห็นว่าแร่เฟลด์สปาร์สีชมพูจะพบแร่ที่เกิดที่อุณหภูมิสูงเกิดร่วมด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการคำนวณการวัดความร้อนใต้พิภพด้วยวิธี two-feldspar geothermometry จากวิธีของ Putirka (2008) ซึ่งได้ค่าอยู่ประมาณช่วง 550℃ – 650℃ แต่แร่เฟลด์สปาร์สีขาวจะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 450℃ – 500℃ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าแร่เฟลด์สปาร์สีชมพู โดยสอดคล้องกับแร่ที่เกิดร่วมด้วยจะเป็นแร่ที่เกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่า เช่น แร่ควอรตซ์ (quartz), แร่ไบโอไทต์ (biotite) และแร่ฮอร์นเบลนด์ (hornblende) ส่วนคุณลักษณะทางเคมีนั้น แร่เฟลด์สปาร์จะเกิดเป็นสีชมพูได้โดยธาตุ Mn, Fe และ Ba ซึ่งเป็นธาตุที่มีคุณสมบัติทำให้แร่มีสีชมพูได้

เอกสารอ้างอิง

Appleman, D.E., Evans Jr., H.T., 1973. Job 9214: Indexing and leastsquares refinement of powder diffraction data. National Technical Information Service, US Department of Commerce, Springfield, Virginia. Document PB 216, 188.

Beckinsale, R. D., Suensilpong, S., Nakhapadungrat, S. and Walsh, J. N. 1979. Geochronology and geochemistry of granite magmatism of Thailand in relation to a plate tectonic model. Journal of Geological Society, London 136, p.529-540.

Benoit, P.H., 1987. Adoption to microcomputer of the Appleman-Evans program for indexing and least squares refinement of powder diffraction data for unit cell dimensions. American Mineralogist 72, 1018–1019.

Brown, W.L., Parsons, I., 1989. Alkali feldspars: ordering rates, phase transformations and behaviour diagrams for igneous rocks. Mineralogical Magazine 53, 25–42.

Buma, G., Frey, F. A. and Wones, D. R., 1971. New England granites: Trace element evidence regarding their origin and differentiation: *Contr. Mineral and Petrol,* Vol.31, p.300-320.

Chappel, B. W., and White, A. J. R., 1974. Two contrasting granite types. Pacific Geology, 8, p.173-174.

Charusiri, P., 1989. Lithophile metallogenetic epochs of Thailand: a geological and geochronological investigation: Ph. D. thesis, Queen's University, Kingston, Canada, 891 p.

Charusiri, P., Clark, A. H., Farrar, E., Archibald, D., and Charusiri, B. 1993. Granite belts in Thailand: evidence from the $^{40}Ar/^{39}Ar$ geochronological and geological syntheses. *Journal of Southeast Asain 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.

Deer, W. A., Howie, R. A., and Zussman, J., An introduction to the rock-forming minerals. Longmans, Green and Co., London, p.528.

Gwalani, L. G., Dalal, V. P., Fernandez, S. S., Mulai, B. P., Parveen, S. and Shastry, B. V., 1999. Granitic pegmatites of Koradi-Kolar sector, Nagpur district, Central India: field, petrographic and mineralogical features: *Revista Brasileira De Geociencias,* Vol.29(1), p.99-104.

Haselton Jr., H.T., Hovis, G.L., Hemingway, B.S., Robie, R.A., 1983. Calorimetric investigation of the excess entropy of mixing in analbite sanidine solid solutions: lack of evidence for Na, K short range order and implications for two feldspar thermometry. American Mineralogist 68, 398–413.

Hutchison, C. S. 1997. Granite emplacement and tectonic subdivision of Peninsular Malaysia, Bulletin of the Geological Society of Malaysia, p.187-207.

Klein, C., 2002, The 22nd edition of the manual of mineral sciences. New York: John Wiler & Sons.

Kroll, H., Ribbe, P.H., 1983. Lattice parameters, composition and Al–Si order in alkali feldspars, in: Ribbe, P.H. (Ed.), Reviews in Mineralogy, 2. Mineralogical Society of America, Washington, DC, pp. 57–99.

Kroll, H., Evangelakakis, C., Voll, G., 1993. Two feldspar geothermometry: a review and revision for slowly cooled rocks. Contributions to Mineralogy and Petrology 114, 510–518.

Mahawat, C. 1982. The petrochemistry and geochemistry of the granitic rocks of the Tak Batholith, Thailand. An unpublished Ph.D. thesis, University of Liverpool, 186p.

Mitchell, A. H. G., 1997. Tectonic settingfor emplacement of SE Asia tin granitoids. Bulletin of Geological Society of Malaysia. No.9, p.123-140.

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.

Parsons, I., Brown, W.L., 1991. Mechanics and kinetics of exsolutionstructural control of diffusion and phase behaviour of alkali feldspars, in: Ganguly, J. (Ed.), Diffusion, atomic ordering and mass transport Advances in physical geochemistry. Springer, Berlin, pp. 304–344.

Perchuk, L.L., Podlesskii, K.K., Aranovich, L.Y., 1991. Thermodynamics of some framework silicates and their equilibria: application to geothermobarometry, in: Perchuk, L.L. (Ed.), Progress in metamorphic and magmatic petrology. Cambridge University press, Cambridge, pp. 131–164.

Powell, M., Powell, R., 1977. Plagioclase-alkali feldspar geothermometry revisited. Mineralogical Magazine 41, 253–256.

Price, J.G., 1985. Ideal mixing in solid solution, with an implication to two feldspar geothermometry. American Mineralogist 70, 696–701.

Putirka, K., 2008. Minerals, Inclusions and Volcanic Processes, in: Tepley, F. (Eds.), Reviews in Mineralogy and Geochemistry, Mineralogical Soc. Am., v. 69, pp. 61-120.

Putthapiban, P., Gray, C.M., Age and tin-tungsten mineralizationof the Phuket granites, Thailand. Proc. Conf. Geol. and Min.Res. Thailand, Bangkok, 1983.

Singh, Y., 2009, Rb-Sr geochronology and petrogenesis of granitoids from the Chhotanagpur Granite Gneiss Complex of Raikera-Kunkuri Region, Central India: *Journal Geological Society of India,* Vol.74, p.200-208.

Slaby, E. and Götze, J., 2004. Feldspar crystallization under magma-mixing conditions shown by cathodoluminescence and geochemical modeling: A case study from the Karkonosze pluton (SW Poland): Mineralogical Magazine, Vol.68(4), p.561-577.

Smith, J.V., Brown, W.L., 1988. Feldspar Minerals-1, Crystal structure, physical, chemical and microtextural properties. Springer, Berlin.

Stormer Jr., J.C., 1975. A practical two feldspar thermometer. American Mineralogist 60, 667–674.

Voll, G., Evangelakakis, C., Kroll, H., 1994. Revised two-feldspar geothermometry: applied to Sri Lankan feldspars. Precambrian Research 66, 351–377.

Whitney, J.A., Stormer, J.C., 1977. Two feldspar geothermometry, geobarometry in mesozonal granitic intrusions: three examples from the piedmont of Georgia. Contributions to Mineralogy and Petrology 63, 51–64.

Yund, R.A., 1983. Microstructure, kinetics and mechanisms of alkali feldspar exsolution, in: Ribbe, P.H. (Ed.), Feldspar Mineralogy-2, Reviews in Mineralogy. Mineralogy Society of America, Washington, DC, pp. 177–202.

ภาคผนวก

ผลการวิเคราะห์เคมีของแร่เฟลด์สปาร์ในตัวอย่างหินแกรนิต ด้วยเครื่อง EPMA

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ธรณีเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ในตัวอย่างหินแกรนิตด้วยเครื่อง Electron probe micro-analyzer (EPMA)

Location	Loei									Phanom Bencha				
Sample No.	G10-1	G10-2	G10-3	G10-4	G10-5	G10-6	G10-7	G10-8	G10-9	G1-1	G1-2	G1-3	G1-4	G1-5
Major element (wt.%)														
Al_2O_3	18.26	18.92	19.67	18.78	18.82	18.94	19.68	19.36	18.83	21.84	20.01	18.43	19.34	19.19
SiO_2	67.61	67.16	67.30	67.58	66.30	66.98	67.08	67.22	67.36	65.97	66.21	67.02	66.35	66.22
CaO	0.05	0.95	0.10	0.09	0.05	0.02	0.72	0.25	0.09	0.05	0.20	0.11	0.00	0.01
TiO_2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01	0.04	0.00	0.03
MnO	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.00
Na_2O	0.90	1.20	1.57	1.73	0.94	1.51	1.02	1.41	1.69	3.68	3.25	0.71	0.43	0.62
MgO	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09	0.01	0.01
K_2O	12.39	12.02	11.12	11.21	11.56	11.27	10.10	10.98	11.33	8.03	8.96	13.13	13.22	13.18
FeO (t)	0.09	0.13	0.12	0.13	0.13	0.17	0.00	0.00	0.10	0.02	0.04	0.11	0.01	0.01
P_2O_5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04	0.13	0.06	0.09
Total	99.49	100.45	100.21	99.80	98.00	99.00	98.69	99.40	99.67	99.87	99.00	99.96	99.52	99.68
Trace element (ppm)														
Zr	0.00	0.00	2.50	0.90	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.27	0.55	0.16	0.00	0.00
Ni	1.25	9.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	31.88	0.00	16.25
Sr	41.88	21.88	86.25	43.75	8.13	16.88	8.13	8.75	19.38	93.13	47.50	0.00	10.63	51.88
Cu	30.63	19.38	9.38	28.13	18.75	5.00	0.00	0.00	16.88	0.00	2.50	18.13	0.63	13.13
Pb	0.00	0.00	14.38	0.00	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.13	0.00	0.00	0.00
Rh	8755.79	0.00	17909.56	10745.74	0.00	11939.71	0.00	9153.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17113.58
Ba	12.50	0.00	28.75	20.63	67.50	0.00	0.00	16.25	51.25	0.00	6.25	11.25	42.50	104.38
Hf	1.05	0.00	0.00	1.76	0.00	0.00	0.00	2.42	4.41	2.15	3.24	3.52	0.00	0.23

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Location	Wang Nam Kheo														
Sample No.	G3-1	G3-2	G3-3	G3-4	G3-5	G3-6	G3-7	G3-8	G3-9	G3-10	G3-11	G3-12	G3-13	G3-14	G3-15
Major element (wt.%)															
Al_2O_3	20.29	21.68	20.69	20.60	21.53	20.61	21.63	21.32	20.43	21.29	22.06	21.07	19.91	20.67	19.82
SiO_2	64.01	63.98	63.18	62.88	62.12	62.23	62.98	63.07	62.84	45.12	45.50	45.63	64.91	64.42	65.12
CaO	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03
TiO_2	0.04	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00	0.01	0.04	0.04	0.01	0.03
MnO	0.07	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.10	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
Na_2O	0.70	0.52	0.75	0.50	0.27	0.72	1.21	1.05	1.63	1.86	1.88	1.25	1.37	1.53	1.44
MgO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
K_2O	13.33	13.11	13.85	15.55	15.76	16.06	13.49	13.03	13.58	29.16	28.14	28.37	12.56	12.02	12.40
FeO (t)	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.04	0.02	0.09	0.12	0.04	0.01	0.08	0.00
P_2O_5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.03	0.03	0.01	0.03	0.00	0.01
Total	99.05	99.97	99.03	99.98	99.94	99.97	99.97	99.00	99.00	100.00	99.94	98.50	99.97	99.93	99.96
Trace element (ppm)															
Zr	0.00	0.00	0.00	1.56	0.31	0.59	0.00	0.00	0.00	3.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
Ni	0.00	0.00	23.75	16.88	0.00	0.00	1.25	0.00	1.88	16.25	26.88	0.00	3.13	0.00	3.13
Sr	34.38	49.38	71.88	16.88	33.75	66.25	71.25	24.38	69.38	71.25	167.51	26.25	105.63	73.75	64.38
Cu	5.00	76.88	0.00	0.00	3.75	21.88	8.13	0.00	0.00	33.13	71.88	8.75	0.00	0.00	15.00
Pb	85.63	0.00	40.00	10.00	0.00	0.00	135.01	0.00	68.13	0.00	0.00	50.63	0.00	66.25	118.13
Rh	12337.70	0.00	0.00	0.00	18307.55	0.00	0.00	18705.54	0.00	12735.69	17113.58	9949.76	0.00	0.00	23083.44
Ba	209.38	279.39	128.75	130.00	55.00	46.88	148.13	191.26	166.88	1215.67	1087.54	1208.17	557.52	604.40	455.64
Hf	2.23	0.00	3.87	3.67	0.00	0.86	1.33	2.23	0.00	0.00	0.00	0.00	2.27	0.00	0.00

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Location	Wat Nong Wa														
Sample No.	G2-1	G2-2	G2-3	G2-4	G2-5	G2-6	G2-7	G2-8	G2-9	G2-10	G2-11	G2-12	G2-13	G2-14	G2-15
Major element (wt.%)															
Al_2O_3	22.01	22.68	22.30	17.46	21.29	18.77	21.24	18.22	21.74	18.99	18.74	19.12	18.57	21.98	19.21
SiO_2	64.08	64.06	64.25	69.52	64.01	69.11	64.62	69.28	64.42	67.88	67.59	66.48	69.60	62.19	68.29
CaO	0.09	0.09	0.21	0.01	0.07	0.22	0.03	0.20	0.06	0.05	0.14	0.10	0.00	0.08	0.41
TiO_2	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.01	0.01	0.00
MnO	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02
Na_2O	0.18	0.74	0.73	0.70	0.22	0.55	0.33	0.56	0.42	0.37	0.76	0.51	0.40	0.54	1.31
MgO	0.02	0.03	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02
K_2O	12.22	12.07	12.35	11.90	12.86	11.99	12.46	11.19	12.93	11.62	12.16	12.11	11.02	14.62	10.29
FeO (t)	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01
P_2O_5	0.08	0.11	0.10	0.06	0.07	0.14	0.08	0.14	0.11	0.09	0.08	0.13	0.03	0.10	0.09
Total	98.96	100.20	99.99	100.00	99.03	101.00	98.97	99.79	99.98	99.22	99.88	98.80	99.78	99.96	99.70
Trace element (ppm)															
Zr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	1.45	0.00	0.31	2.15	0.00	2.11	0.12	0.00	1.29	1.88
Ni	6.88	0.00	0.00	0.00	4.38	13.75	3.13	10.00	0.00	14.38	0.00	11.25	13.75	34.38	0.00
Sr	88.75	90.00	0.00	45.63	120.00	2.50	95.63	0.00	38.75	28.75	8.13	68.13	0.00	48.75	9.38
Cu	14.38	19.38	21.25	2.50	0.63	0.00	15.63	23.75	8.75	3.75	15.00	11.88	13.13	0.00	9.38
Pb	0.00	35.63	0.00	91.25	147.51	34.38	0.00	28.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh	4775.88	0.00	0.00	0.00	0.00	1193.97	7163.83	3581.91	3979.90	1193.97	0.00	0.00	0.00	9153.78	0.00
Ba	30.00	80.00	0.00	36.88	0.00	0.00	2.50	1.88	21.25	54.38	114.38	80.00	69.38	53.13	0.00
Hf	0.59	1.88	0.00	1.95	0.00	3.40	0.00	0.00	3.95	0.00	4.30	1.13	0.39	5.51	0.00

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Location	Wat Nong Wa (Cont.)						Dan Chang								
Sample No.	G2-16	G2-17	G2-18	G2-19	G2-20	G2-21	G4-1	G4-2	G4-3	G4-4	G4-5	G4-6	G4-7	G4-8	G4-9
Major element (wt.%)															
Al_2O_3	21.94	18.24	21.54	21.06	21.25	20.93	20.40	20.28	20.67	22.15	21.46	21.54	20.24	19.23	20.66
SiO_2	63.01	68.71	62.95	63.72	63.94	63.26	64.19	64.66	64.28	64.23	64.15	64.08	65.09	65.98	64.39
CaO	0.07	1.05	0.04	0.00	0.10	0.10	0.00	0.07	0.01	0.03	0.04	0.02	0.01	0.01	0.05
TiO_2	0.03	0.01	0.01	0.05	0.06	0.06	0.01	0.01	0.03	0.01	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02
MnO	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
Na_2O	0.49	1.35	0.62	0.75	0.81	1.50	0.68	0.64	0.62	0.91	0.43	0.58	0.69	0.71	0.58
MgO	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.32	0.01	0.01	0.01	0.07	0.01	0.07	0.01	0.01	0.01
K_2O	13.19	10.07	14.53	13.18	13.05	12.96	14.12	13.63	13.62	12.42	12.05	13.00	13.50	13.46	13.54
FeO (t)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.05	0.03	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
P_2O_5	0.04	0.07	0.09	0.05	0.09	0.08	0.07	0.13	0.07	0.09	0.07	0.05	0.11	0.08	0.11
Total	99.00	99.57	99.96	99.36	99.95	99.97	99.89	99.94	99.93	100.14	99.03	100.00	100.00	99.98	99.96
Trace element (ppm)															
Zr	0.00	0.00	0.00	0.47	0.43	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	3.63	0.43	0.00	2.07	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	8.13	16.25	18.13	6.25	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	28.13	8.13	0.00
Sr	54.38	33.13	57.50	40.00	73.13	71.25	67.50	65.00	80.63	50.00	36.25	53.13	43.13	65.00	31.25
Cu	0.00	11.88	0.00	0.00	4.38	0.00	0.00	0.00	0.00	21.88	0.00	4.38	11.25	1.25	27.50
Pb	0.00	6.88	0.00	31.88	0.00	72.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.88	0.00	36.88
Rh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5571.86	5571.86	0.00	0.00	7959.81	0.00	0.00	22287.46	9949.76
Ba	64.38	0.00	27.50	195.63	272.51	274.39	153.76	175.01	281.26	67.50	378.14	369.39	134.38	171.88	266.89
Hf	0.00	0.00	0.47	3.44	0.00	0.55	0.39	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Location	Kata									Karon					
Sample No.	G5-1	G5-2	G5-3	G5-4	G5-5	G5-6	G5-7	G5-8	G5-9	G6-1	G6-2	G6-3	G6-4	G6-5	G6-6
Major element (wt.%)															
Al_2O_3	19.99	20.25	20.59	20.57	21.10	20.23	20.48	20.15	19.94	20.86	21.41	20.56	21.08	20.83	20.91
SiO_2	65.70	65.89	65.84	65.61	65.06	66.18	65.46	65.10	65.04	66.85	66.46	66.63	63.62	64.37	64.32
CaO	0.01	0.07	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01
TiO_2	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03
MnO	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.00	0.03	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01
Na_2O	0.58	0.83	0.68	0.95	0.91	0.78	0.77	0.66	0.58	0.91	0.34	0.63	0.57	0.52	0.35
MgO	0.01	0.02	0.01	0.07	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03
K_2O	12.27	12.55	12.38	12.50	12.58	12.42	12.87	12.45	12.92	9.29	9.95	9.60	13.43	13.28	13.33
FeO (t)	0.00	0.06	0.04	0.02	0.03	0.04	0.06	0.06	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.05
P_2O_5	0.00	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
Total	98.97	99.98	99.97	100.00	99.95	99.96	100.03	99.00	98.95	98.50	98.59	97.80	99.50	99.60	99.44
Trace element (ppm)															
Zr	0.00	0.00	1.41	1.64	0.00	0.00	2.62	0.00	0.27	0.00	2.73	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	1.25	5.63	0.00	0.00	10.63	13.75	16.25	0.00
Sr	81.25	28.75	115.63	31.25	86.25	63.75	20.63	81.88	2.50	86.88	70.63	68.75	0.00	91.25	105.63
Cu	2.50	0.00	6.25	5.63	0.00	3.13	20.63	3.75	0.00	17.50	0.00	25.63	14.38	16.88	0.00
Pb	0.00	0.00	67.50	0.00	27.50	81.25	30.00	0.00	85.63	0.00	82.50	0.00	0.00	106.88	0.00
Rh	0.00	0.00	0.00	16715.59	15123.63	0.00	1193.97	0.00	0.00	15919.61	0.00	0.00	0.00	0.00	1193.97
Ba	111.25	118.13	31.88	64.38	17.50	48.13	118.13	243.13	181.88	140.63	0.00	64.38	336.26	150.63	147.51
Hf	4.02	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.72	0.00	3.52	5.47	0.00	0.00

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Location	Karon (Cont.)									Khao Chi Chan		
Sample No.	G6-7	G6-8	G6-9	G6-10	G6-11	G6-12	G6-13	G6-14	G6-15	G7-1	G7-2	G7-3
Major element (wt.%)												
Al_2O_3	20.74	20.65	20.79	21.74	21.30	21.83	22.90	21.87	22.36	20.96	21.55	21.43
SiO_2	65.09	64.46	64.43	62.64	63.06	63.69	62.20	62.67	63.63	65.68	64.62	64.46
CaO	0.01	0.02	0.02	0.15	0.12	0.02	0.02	0.02	0.04	0.13	0.09	0.09
TiO_2	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.04	0.02	0.03	0.04	0.04
MnO	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01
Na_2O	0.82	0.73	0.69	0.76	1.39	0.85	0.39	0.91	0.52	1.22	0.53	1.65
MgO	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00
K_2O	13.12	13.17	13.21	14.04	13.01	13.42	12.88	12.27	12.22	11.79	11.90	11.85
FeO (t)	0.01	0.05	0.03	0.01	0.03	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
P_2O_5	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00
Total	99.88	99.60	99.46	99.97	99.00	99.96	99.00	97.98	98.98	99.97	98.94	99.90
Trace element (ppm)												
Zr	0.00	0.00	1.72	0.86	0.00	0.98	2.38	0.00	0.16	0.00	0.47	0.74
Ni	0.00	0.00	0.00	1.88	25.00	0.00	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr	0.00	95.63	86.88	127.50	0.00	32.50	60.00	97.50	83.13	58.75	0.00	86.25
Cu	26.25	15.63	0.00	0.00	10.63	6.88	0.00	10.63	0.00	0.00	2.50	15.63
Pb	0.00	108.13	0.00	111.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.13	67.50
Rh	4377.89	0.00	5969.85	0.00	0.00	0.00	16715.59	0.00	0.00	0.00	1591.96	0.00
Ba	0.00	73.75	51.88	130.00	0.00	0.00	210.63	21.25	0.00	37.50	0.00	0.00
Hf	1.60	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	4.02	2.70

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Location	Tak (White)														
Sample No.	G8-1	G8-2	G8-3	G8-4	G8-5	G8-6	G8-7	G8-8	G8-9	G8-10	G8-11	G8-12	G8-13	G8-14	G8-15
Major element (wt.%)															
Al_2O_3	17.48	17.80	17.05	18.62	17.58	17.44	20.12	19.52	20.90	20.48	19.57	19.23	18.07	18.40	18.60
SiO_2	69.17	69.69	69.66	68.20	69.21	69.26	67.38	68.11	67.38	67.87	67.65	67.56	68.50	68.36	68.16
CaO	0.01	0.03	0.08	0.09	0.05	0.01	0.04	0.04	0.07	0.17	0.11	0.07	0.01	0.08	0.03
TiO_2	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01
MnO	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00
Na_2O	0.67	1.48	1.33	1.62	0.97	1.24	2.26	1.32	1.59	1.56	1.19	1.06	0.70	1.48	1.26
MgO	0.00	0.00	0.02	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K_2O	10.53	10.25	11.22	11.28	10.79	10.90	10.20	10.29	10.29	10.72	10.82	10.65	10.75	11.13	10.52
FeO (t)	0.05	0.09	0.14	0.05	0.08	0.08	0.04	0.08	0.04	0.06	0.11	0.04	0.06	0.08	0.04
P_2O_5	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00
Total	98.28	99.50	99.56	100.29	99.00	99.02	100.40	99.70	100.70	101.00	99.67	98.85	98.40	99.98	98.93
Trace element (ppm)															
Zr	0.98	1.84	0.00	0.00	1.09	0.12	0.43	0.00	2.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	11.88	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25	4.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.13	13.75
Sr	0.00	0.00	13.75	33.75	22.50	26.25	76.25	70.00	110.00	54.38	58.75	2.50	25.63	90.63	43.13
Cu	10.63	16.25	12.50	1.88	36.88	6.88	13.13	0.00	38.13	0.00	0.00	0.00	0.63	13.75	0.00
Pb	0.00	0.00	10.00	43.75	42.50	0.00	26.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.75	10.63
Rh	0.00	0.00	0.00	21491.48	0.00	0.00	0.00	16317.60	3979.90	9551.77	4377.89	0.00	0.00	0.00	9551.77
Ba	154.38	15.00	10.00	66.25	0.00	6.25	76.25	48.13	9.38	0.00	37.50	108.75	120.63	27.50	110.63
Hf	0.00	1.09	0.00	2.30	3.59	1.09	0.00	2.03	0.00	0.00	1.99	2.30	3.16	3.98	0.00