

ศิลาเคมีของหินไดออกไซด์บริเวณบ้านกม.80 อำเภอชาติ จังหวัดปราจีนบุรี

นายพชพล คำภีระ

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรื่อง ศิลาเคมีของหินไดออกไซด์บริเวณบ้านกม.80 อำเภอชาติ จังหวัดปราจีนบุรี

โดย นายพชพล คำภีระ

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

...../...../.....

วันที่ส่ง

...../...../.....

วันที่อนุมัติ

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพันธ์ สุทธิรัตน์)

ศิลาเคมีของหินแกรนิตบริเวณบ้าน กม.80 อำเภอชาติ จังหวัดปราจีนบุรี

นายพชพล คำภีระ

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์: 0-8354-3195-7, e-mail: pachapon_fair@hotmail.com

บทคัดย่อ

พื้นที่ศึกษาบริเวณบ้านกม.80 อำเภอชาติ จังหวัดปราจีนบุรี พบการกระจายตัวของหินอัคนีและหินตะกอน โดยหินแปรเป็นกระจายตัวบางส่วน มีอายุตั้งแต่เพอร์เมียนถึงควอเทอร์นารี จากการศึกษารณีภาคสนามแลทำการเก็บตัวอย่างหินอัคนีบาดาลในพื้นที่เพื่อทำการศึกษาศิลาวรรณาศิลาเคมี พบว่าหินอัคนีบาดาลในพื้นที่ประกอบไปด้วย หินแกรโนไดออไรต์ หินมอนโซไดออไรต์ และหินมอนโซแกรนิต ซึ่งหินทั้ง 3 ประเภท มีองค์ประกอบหลัก คือ ควอตซ์, แพลกจิโอเคลส, เค-เฟลสปาร์, ฮอร์นเบลนด์ และไบโอไทต์ ทำการศึกษาศิลาวรรณภาพลักษณะเนื้อหินที่สำคัญได้แก่ poikilitic, perthitic and zone textures ปริมาณธาตุองค์ประกอบหลักและธาตุองค์ประกอบรองของหินแกรโนไดออไรต์อยู่ที่ 53 - 58%SiO₂, 17-19%Al₂O₃, 7-10%CaO, 2.8-4.1%MgO, 6-8.5%Fe₂O₃, 1-2.7%K₂O, 3.9-4.4%Na₂O, 0.5-0.8% TiO₂, 0.34-0.39% P₂O₅, 0.17-0.21%MnO ในส่วนของหินมอนโซไดออไรต์อยู่ที่ 48-55%SiO₂, 16-20%Al₂O₃, 7.8-10.2%CaO, 2.4-4.8%MgO, 6.2-10.5%Fe₂O₃, 1.1-2.4%K₂O, 2.9-4%Na₂O, 0.61-1.52%TiO₂, 0.18-0.64%P₂O₅, 0.11-0.28%MnO และหินมอนโซแกรนิตอยู่ที่ 71-72%SiO₂, 15.9-16.4%Al₂O₃, 2.6-2.7%CaO, 0.2-0.4%MgO, 6.2-10.6%Fe₂O₃, 2-2.4%K₂O, 4.7-5.5%Na₂O, 0.09-0.12%TiO₂, 0.03%P₂O₅, 0.9-1.1%MnO จาก Harker variation diagrams พบว่าการเพิ่มขึ้นของ SiO₂ มีความสัมพันธ์ Al₂O₃, CaO, MgO, Fe₂O₃, TiO₂, P₂O₅, MnO หินทั้งหมดที่ทำการศึกษามีองค์ประกอบ metaluminous ซึ่งมาจากกระบวนการ I-type magma differentiation ความสัมพันธ์ดังกล่าวทำให้น่าจะสัมพันธ์การชนกันของแผ่นเปลือกโลกและแนวตะเข็บธรณี

Keywords: I-type magma, differentiation, Nadee

PETROCHEMISTRY OF GRANITE AT BAN KM80
AMPHOE NADEE CHANGWAT PRACHINBURI

Pachapon Kampeera

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University;

Tel: 0-8354-3195-7, e-mail: pachapon_fair@hotmail.com

Abstract

The study area is located in Ban km-80, Amphoe Nadee, Changwat Prachinburi. This area is occupied mainly by igneous and sedimentary rocks with rare metamorphic rocks. These rock formations range in age from Permian to Quaternary. Igneous rocks in this area are where collected for this study. Consequently, they are characterized by intermediate plutonic rocks including as monzodiorite, granodiorite and monzogranite. There rock-forming minerals are composed of quartz, plagioclase, k-feldspar, hornblende and biotite. Petrographical features including poikilitic, perthitic and zone textures. Regarding to geochemical analyses, monzodiorite yield within ranges of 53 - 58%SiO₂, 17-19%Al₂O₃, 7-10%CaO, 2.8-4.1%MgO, 6-8.5%Fe₂O₃, 1-2.7%K₂O, 3.9-4.4%Na₂O, 0.5-0.8% TiO₂, 0.34-0.39% P₂O₅, 0.17-0.21%MnO and granodiorite yield within ranges of 48-55%SiO₂, 16-20%Al₂O₃, 7.8-10.2%CaO, 2.4-4.8%MgO, 6.2-10.5%Fe₂O₃, 1.1-2.4%K₂O, 2.9-4%Na₂O, 0.61-1.52%TiO₂, 0.18-0.64%P₂O₅,0.11-0.28%MnO and monzogranite yield within ranges of 71-72%SiO₂, 15.9-16.4%Al₂O₃, 2.6-2.7%CaO, 0.2-0.4%MgO, 6.2-10.6%Fe₂O₃, 2-2.4%K₂O, 4.7-5.5%Na₂O, 0.09-0.12%TiO₂, 0.03%P₂O₅, 0.9-1.1%MnO. Harker variation diagrams demonstrate SiO₂ increasing against decreasing of Al₂O₃, CaO, MgO, Fe₂O₃, TiO₂, P₂O₅, MnO contents with increasing of Na₂O, K₂O. There rock types are composed of metaluminous compositions that comes from I-type magma differentiation process. Therefore, these evidences may relation to plate collision and main suture.

Keywords: I-type magma, differentiation, Nadee

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพันธ์ สุทธิรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการและผู้ช่วยศาสตราจารย์วิโรจน์ ดาวฤกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งกรุณาสละเวลาให้ความรู้และคำแนะนำตลอดการทำโครงการ ขอขอบพระคุณอาจารย์มาละดี ทัยคุปต์ ที่ให้ความรู้ ช่วยเหลือและให้คำแนะนำเรื่องกรณีศึกษา

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ทำการประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ รวมถึงประสบการณ์ต่างๆ และให้ความช่วยเหลือตลอดมา

ขอขอบพระคุณคุณจิระประภา เนียมปาน และคุณศุภมิตร พุ่มพวง ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการเรื่องการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ด้านธรณีเคมี และขอขอบพระคุณคุณประจักษ์ ทองประชุม และคุณสุริยะ โชคเหมาะ ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำแผ่นหินบาง

ขอขอบคุณครอบครัว เพื่อน และน้องในภาควิชาธรณีวิทยาที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	๗
สารบัญภาพ	
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ข้อมูลทั่วไป	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 พื้นที่ศึกษา	2
1.4 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
1.5 ขอบเขตงานวิจัย	4
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	
2.1 วิธีดำเนินงานวิจัย	6
2.2 การรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ตัวอย่าง	8
บทที่ 3 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล	
3.1 ศิลาวรรณา	15
3.2 เคมีแร่	19
3.3 เคมีหินทั้งก้อน	25
บทที่ 4 อภิปราย และสรุปผล	
4.1 กำเนิดหินอัคนี	28
4.2 สรุปผล	32
รายการเอกสารอ้างอิง	33

สารบัญภาพ

	หน้า	
รูปที่ 1.1	แผนที่ภูมิประเทศแสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณบ้านกม.80 อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี มาตรฐาน 1 : 50,000 ชุด L7018 ระวัง 5337 I (อำเภอวังน้ำเขียว) กรมแผนที่ทหาร (2540)	2
รูปที่ 1.2	ลักษณะการกระจายตัวของหินแกรนิต (พื้นที่สีดำ) และแนวหินแกรนิตของประเทศไทยและของประเทศอื่นที่มีความต่อเนื่องกัน (Charusiri et al. 1993)	3
รูปที่ 2.1	แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงาน	6
รูปที่ 2.2	แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตรฐาน 1:250,000 ชุด ND47-8 และ ND 48-5 บริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และจังหวัดนครราชสีมา (กรมทรัพยากรธรณี, 2542)	9
รูปที่ 2.3	แสดงแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตรฐาน 1 : 50,000 ชุด F5337 ระวัง 5337 I บ้านทับบอน และ ระวัง 5337 IV บ้านท่าอิฐ่อม (กรมทรัพยากรธรณี, 2524)	9
รูปที่ 2.4	แผนที่ภูมิประเทศแสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณบ้านกม.80 อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี มาตรฐาน 1 : 50,000 ชุด L7018 ระวัง 5337 I (อำเภอวังน้ำเขียว) แสดงจุดเก็บตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ (กรมแผนที่ทหาร, 2540)	10
รูปที่ 2.5	ตัวอย่างหินมอนโซไดออไรต์ จากจุดศึกษาที่ 1 ตำแหน่ง grid reference 064850	11
รูปที่ 2.6	ตัวอย่างหินแกรโนไดออไรต์ จากจุดศึกษาที่ 4 ตำแหน่ง grid reference 067856	11
รูปที่ 2.7	ตัวอย่างหินมอนโซไดออไรต์ จากจุดศึกษาที่ 9 ตำแหน่ง grid reference 057872	12
รูปที่ 2.8	ตัวอย่างหินมอนโซแกรนิต จากจุดศึกษาที่ 11 ตำแหน่ง grid reference 057860	12
รูปที่ 2.9	ตัวอย่างหินมอนโซแกรนิต จากจุดศึกษาที่ 11 ตำแหน่ง grid reference 058862	13

รูปที่ 2.10	ตัวอย่างหินแกรโนไดออไรต์ จากจุดศึกษาที่ 12 ตำแหน่ง grid reference 052858	13
รูปที่ 3.1	ตัวอย่างหินแกรโนออไรต์ (XPL) (ก) แสดงเนื้อหินแบบ pethitic texture โดยมีผลึก Plagioclase (Pl) อยู่ในผลึกของ K-feldspar (K-fel) และแสดงผลึกแฝดแบบ Albite Twin ของแร่ Plagioclase (ข) แสดงลักษณะ zone texture ของ Plagioclase (ค) แสดงผลึกของ Hornblende (Hbd) (ง) แสดงลักษณะเนื้อหินแบบ pethitic texture โดยมี Plagioclase อยู่ใน K-feldspar และแสดงผลึกแฝด (Twin) ของ K-feldspar แบบ calssbad albite twin	15
รูปที่ 3.2	ตัวอย่างหินมอนโซไดออไรต์ (XPL) (ก) แสดงเนื้อหินแบบ perthitic texture โดยมีผลึก Hornblende (Hbd) ฝังอยู่ในผลึก Plagioclase (Pl) ซึ่งแสดง Plagioclase แสดงผลึกแฝด (Twin) แบบ albite twin แสดง (ข) แสดงลักษณะผลึกแบบ poikilitic texture โดยพบการละลายของ Albite ใน Plagioclase (ค) แสดงลักษณะผลึกแฝดของ K-feldspar (K-fel) แบบ calssbad albite twin (ง) แสดงลักษณะ zone texture โดยพบการมีดเป็นชั้นของ Plagioclase และพบแนวการแตก (cleavage) ของ Hornblende (Hbd)	16
รูปที่ 3.3	ตัวอย่างหินมอนโซแกรนิต (XPL) (ก) แสดงผลึกแฝด (Twin) ของแร่ K-feldspar (K-fel) แบบ albite twin (ข) แสดงลักษณะ zone texture และผลึกแฝดของแร่ K-feldspar แบบ albite twin (ค) แสดงลักษณะ zone texture และผลึกแฝดของแร่ K-feldspar แบบ calssbad albite twin (ง) แสดงเนื้อหินแบบ perthitic texture โดยมีผลึก Quartz (Q) ฝังอยู่ในผลึกของ Plagioclase (Pl) และแสดงลักษณะ poikilitic texture โดยพบการละลายของ Albite ใน Plagioclase	17
รูปที่ 3.4	แผนภาพสามเหลี่ยมแสดงการพล็อตระหว่างแร่ Quartz, Alkali Feldspar และ Plagioclase (Streckeisen, 1976) ใช้ในการจำแนกตัวอย่างหินจากการศึกษา	18
รูปที่ 3.5	แสดงการพล็อตแผนภาพ Na-K-Ca ของแร่ Plagioclase ซึ่งหินทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาอยู่ในช่วง andesine (30 – 50%an)	24
รูปที่ 3.6	แสดงการพล็อตแผนภาพ Na-K-Ca ของแร่ K-feldspar ซึ่งหินทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาอยู่ในช่วง orthoclase	24

รูปที่ 3.7	Harker variation diagram เป็นการพล็อตระหว่าง %SiO ₂ กับ %Al ₂ O ₃ , %CaO, %MgO, %K ₂ O, %Na ₂ O, %TiO ₂ , %P ₂ O ₅ และ %MnO	27
รูปที่ 4.1	แสดงการพล็อตกราฟระหว่าง Na ₂ O กับ K ₂ O (Chappell and White, 1974) จากรูปตัวอย่างหินทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่ม I-type granite	28
รูปที่ 4.2	แสดงการพล็อตกราฟระหว่าง Na ₂ O+K ₂ O-CaO กับ SiO ₂ พบว่าหินส่วนใหญ่ในพื้นที่สัมพันธ์กับ calc-alkaline magma	29
รูปที่ 4.3	แสดงค่าระหว่าง K ₂ O กับ SiO ₂ (Maniar and Piccoli, 1989) ในการจำแนกประเภทธรณีแปรสัณฐาน ซึ่งหินในพื้นที่ศึกษาจัดอยู่ในกลุ่ม IAG+CAG+CCG+RRG+CEUG+POG	29
รูปที่ 4.4	แสดงค่าระหว่าง FeO กับ SiO ₂ ในการจำแนกประเภทธรณีแปรสัณฐาน ซึ่งหินในพื้นที่ศึกษาจัดอยู่ในกลุ่ม IAG+CAG+CCG	30
รูปที่ 4.5	แสดงค่าระหว่าง MgO+FeO กับ CaO ในการจำแนกประเภทธรณีแปรสัณฐาน ซึ่งหินในพื้นที่ศึกษาในกลุ่มของหินแกรนิตไดออไรต์และมอนโซไดออไรต์จัดอยู่ในกลุ่ม POG และหินในกลุ่มมอนโซแกรนิตจัดอยู่ในกลุ่ม IAG+CAG+CCG	30
รูปที่ 4.6	แสดงระหว่างค่า $4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti)$ กับ $6Ca+2Mg+Al$ (Batchelor and Bowden, 1985) ในการจำแนกประเภทธรณีแปรสัณฐาน พบว่าหินกลุ่มมอนโซไดออไรต์และแกรนิตไดออไรต์มีค่าอยู่ในกลุ่ม Pre-plate collision และหินกลุ่มมอนโซแกรนิตมีค่าอยู่ในกลุ่ม Syn-collision	31
รูปที่ 4.7	กราฟ Shand's index diagram (Maniar-Piccoli, 1989) แสดงสัดส่วนระหว่าง $Al/(Na+K)$ กับ $Al/(Ca+Na+K)$ ซึ่งกลุ่มหินตัวอย่างจัดอยู่ในกลุ่ม Metaluminous	31

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 3.1 แสดงค่าตัวแทนและการวิเคราะห์แร่ Plagioclase ด้วยเครื่อง EPMA	20
ตาราง 3.2 แสดงค่าตัวแทนและการวิเคราะห์แร่ K-feldspar ด้วยเครื่อง EPMA	21
ตาราง 3.3 แสดงค่าตัวแทนและการวิเคราะห์แร่ Biotite ด้วยเครื่อง EPMA	22
ตาราง 3.4 แสดงค่าตัวแทนและการวิเคราะห์แร่ Hornblende ด้วยเครื่อง EPMA	23
ตาราง 3.5 แสดงค่า %Major Oxide และ%Minor Oxide ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF และผลการคำนวณ CIPW Norm	26

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ข้อมูลทั่วไป

ลักษณะธรณวิทยาของประเทศไทยเกิดจากการเชื่อมต่อกันของ 2 แผ่นจุลทวีป ได้แก่ ฉาน-ไทย และอินโดจีน โดยแผ่นจุลทวีปฉาน-ไทย ครอบคลุมประเทศไทยทางด้านภาคเหนือ ภาค ตะวันตก ภาคใต้ และอ่าวไทย ยังครอบคลุมทางเหนือของเกาะสุมาตรา และทางตะวันตกของแหลม มาลาญประเทศมาเลเซีย ส่วนแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน นั้นครอบคลุมด้านตะวันออกของ ไทย ลาว กัมพูชา เวียดนาม บางส่วนของอินโดนีเซีย และมาเลเซีย แผ่นจุลทวีปทั้งสองเกิดการชนครั้งสุดท้าย และรวมกันในช่วงยุค Late-Triassic (Bunopas, 1981) พื้นที่ที่แผ่นจุลทวีปฉาน-ไทยและอินโดจีนชน กันนั้นเป็นบริเวณที่เป็นแผ่นพื้นมหาสมุทรโบราณ หรือ paleoethethys ถูกปิดตัวลงโดยถูกปิดทับอยู่ ด้านใต้ของแผ่นจุลทวีปทั้งสอง แต่ก็ยังมีบางส่วนของ paleoethethys ที่ถูกยกขึ้นมาแทรกอยู่ระหว่าง แผ่นฉาน-ไทย และอินโดจีน มีชื่อเรียกว่า แผ่นนครไท ตั้งอยู่ทางตะวันออก และ แผ่นลำปาง-เชียงราย ตั้งอยู่ทางด้านตะวันตก การชนกันดังกล่าวมีแรงดันที่ค่อนข้างมากจนก่อให้เกิดกระบวนการทางธรณี แปรสัณฐานขึ้น เกิดเป็นแนวรอยต่อระหว่างแผ่นจุลทวีปทั้งสองในบริเวณ 3 พื้นที่ในประเทศไทย ซึ่ง ได้แก่ ลำปาง-เชียงราย ทับบน นครไท ข้างๆ รอยตะเข็บน่านหลัก, ตะวันออก นครไท ขึ้นไปทับบน ตะวันตกของอินโดจีน เกิดเป็น รอยตะเข็บเลย และรอยตะเข็บเชียงใหม่ ซึ่งเป็นตัวบอกการปิดตัวของ Paleotethys

การเกิดกระบวนการทางธรณีแปรสัณฐานที่เกิดจากการชนกันของจุลทวีปฉาน-ไทย และอินโด จีน ส่งผลให้เกิดแนวของหินแกรนิต 3 แนวหลัก ที่มีสภาพต่างกัน ได้แก่ หินแกรนิตแนวตะวันออก หินแกรนิตแนวตอนกลาง และหินแกรนิตแนวตะวันตก โดยหินแกรนิตดังกล่าวสามารถจำแนกออกได้ เป็น 2 ชนิด คือ หินแกรนิตที่เกิดจากการเย็นตัวของหินหนืดใต้ผิวโลก (I-Type granite) และหินแกรนิต ที่เกิดจากการหลอมละลายของหินตะกอน (S-Type granite) Chappell and White (1974) ซึ่งหินแกรนิตที่พบมักจะมีความสัมพันธ์กับแร่เศรษฐกิจ เช่น แร่ดีบุก แร่ทังสแตน ทองแดง เหล็ก ทองคำ ฟลูออไรด์ เป็นต้น

การเกิดหินแกรนิตในบริเวณของแนวแกรนิตหลักเกิดจากการแทรกดันตัวของแมกมาจากใต้ พื้นโลก มีความหลากหลายของชนิดของหินอันเนื่องมาจากเวลาในการตกผลึกของแมกมาที่เกิดการ หลอมแยกส่วนเป็นหลายๆกระเปาะ ทำให้พบหินอัคนีตั้งแต่ Felsic จนไปถึง Mafic ซึ่งหินไดออไรต์ที่ พบในบริเวณพื้นที่อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาก็อยู่ในแนวของรอยตะเข็บน่าน -

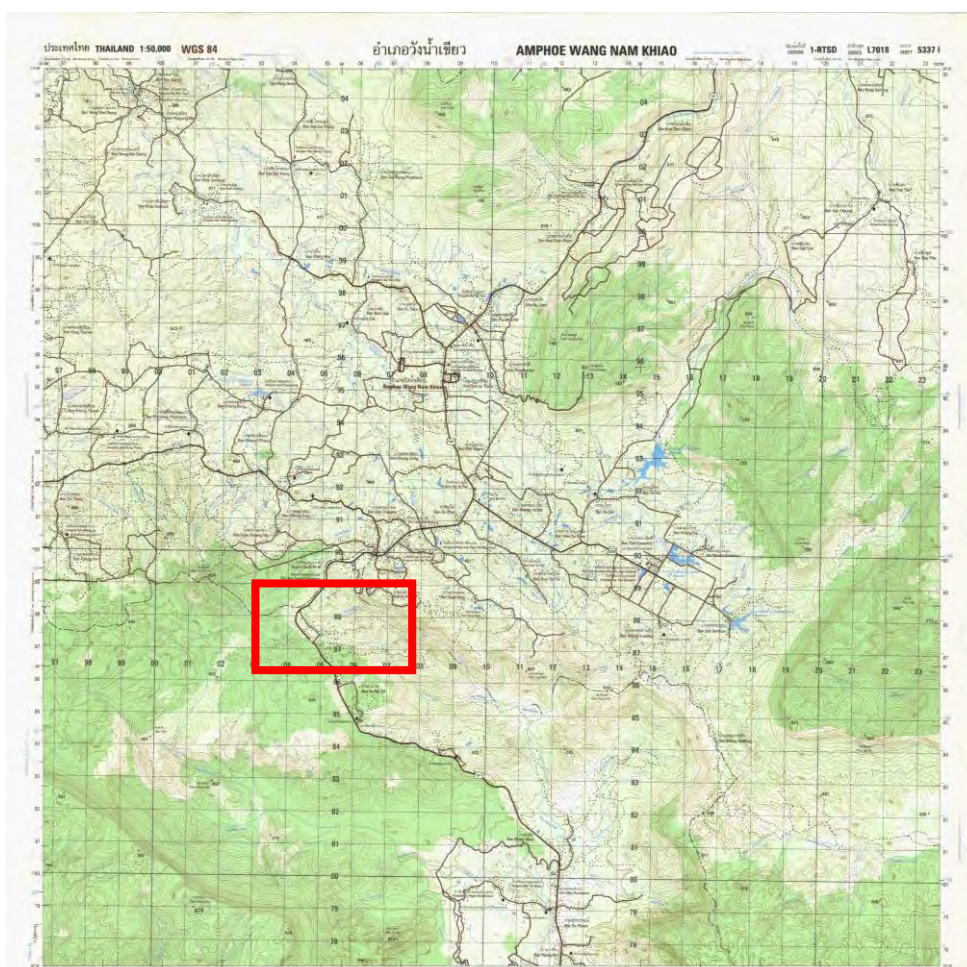
อุตรดิตถ์-สระแก้ว ในการศึกษาลักษณะศิลาเคมีและเคมีแร่ของหินจะทำให้สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างการกำเนิดของหินไดออไรต์ในแนวของหินแกรนิตตะวันออก ซึ่งสามารถเป็นฐานข้อมูลในการศึกษาเกี่ยวกับรอยตะเข็บสระแก้วต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาลักษณะศิลาเคมีของหินไดออไรต์และหินที่เกี่ยวข้องที่เกิดขึ้นในพื้นที่ อำเภอชาติ จังหวัดปราจีนบุรี

1.3 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาอยู่บริเวณบ้านกม.80 อำเภอชาติ จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งอยู่ในแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ชุด L7018 ระวัง 5337 I (อำเภอวังน้ำเขียว) โดยครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 20 ตารางกิโลเมตร

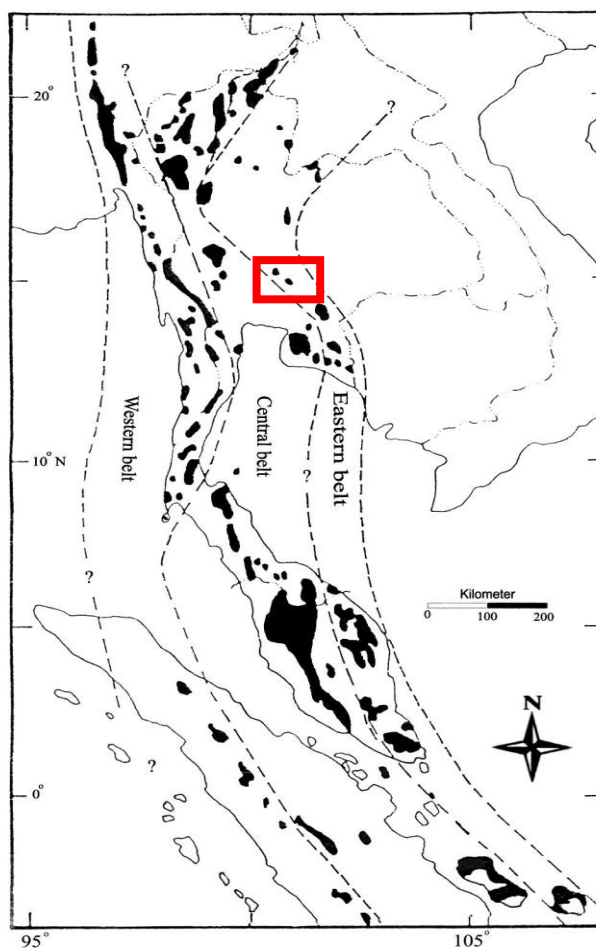


รูปที่ 1.1 แผนที่ภูมิประเทศแสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณบ้านกม.80 อำเภอชาติ จังหวัดปราจีนบุรี
มาตราส่วน 1 : 50,000 ชุด L7018 ระวัง 5337 I (อำเภอวังน้ำเขียว) กรมแผนที่ทหาร (2540)

1.4 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หินอัคนีในประเทศไทยมีหินอัคนีทั้งที่เป็นหินอัคนีแทรกซอนและหินอัคนีพุกระจายตัวอยู่ในหลายส่วนของพื้นที่ โดยหินอัคนีที่พบเป็นจำนวนมากที่สุดเป็นหินอัคนีแทรกซอนที่มีสีขาวยาวประเภท หินแกรนิต รองลงมาเป็นส่วนของหินอัคนีแทรกซอนสีดำประเภท หินไดออไรต์ หินแกบโบร และในส่วนที่น้อยที่สุดเป็นหินอัคนีพุ เช่น หินบะซอลต์ หินไรโอไรต์ และหินแอนดีไซต์ ซึ่งหินกลุ่มนี้มักจะมีความสัมพันธ์กันการเกิดและการสะสมตัวของแร่เศรษฐกิจต่างๆ ทั้งโลหะ อะโลหะ และแร่รัตนชาติ เช่น แร่ดีบุก แร่สังกะสี ทองคำ พลอยไพไลน เป็นต้น

จากการศึกษาเกี่ยวกับหินแกรนิตในประเทศไทยทำให้พบว่าหินแกรนิตของประเทศไทยมีลักษณะต่างกัน แบ่งได้เป็น 3 แนวหลักๆ ได้แก่ หินแกรนิตแนวตะวันออก หินแกรนิตตอนกลาง และหินแกรนิตแนวตะวันตก ซึ่งมีรายละเอียดดังภาพ



รูปที่ 1.2 ลักษณะการกระจายตัวของหินแกรนิต (พื้นที่สีดำ) และแนวหินแกรนิตของประเทศไทย และของประเทศอื่นที่มีความต่อเนื่องกัน (Charusiri et al. 1993)

หินแกรนิตแนวตะวันออก ส่วนใหญ่เกิดเป็นมวลหินขนาดเล็กและมีบางส่วนที่เป็นมวลหินขนาดใหญ่ มักมีความสัมพันธ์กับการเกิดภูเขาไฟ หินที่พบจะเป็นหินแกรนิตไดออไรต์ หินมอนโซแกรนิต ถึงหินแกบโบร หินแกรนิตแนว ตะวันออกส่วนใหญ่เกิดจากการเย็นตัวของหินหนืดใต้ผิวโลก (I-Type granite) มีอายุอยู่ในช่วงไทรแอสซิก มักพบแร่เศรษฐกิจพวกทองแดง ทองคำ พลวง แปะไรต์ และทังสแตน

หินแกรนิตแนวตอนกลาง ส่วนใหญ่เป็นมวลหินขนาดใหญ่มีลักษณะของผลึกแร่เรียงตัวเป็นแถบ เป็นหินในลิกแกรนิต หินซีสต์และเพกมาไทต์หินแกรนิตแนวตอนกลางส่วนใหญ่เกิดจากการหลอมละลายของหินตะกอน (S-Type granite) มีอายุในช่วงไทรแอสซิกตอนปลายถึงจูราสซิกตอนกลาง จะพบแร่เศรษฐกิจ เช่น ดีบุก ทังสแตน และฟลูออไรต์

หินแกรนิตแนวตะวันตกประกอบไปด้วยทั้งหินแกรนิตประเภท I-Type and S-Type granite มีอายุ อยู่ในช่วงครีเตเชียสตอนปลายถึงเทอเทียรีตอนกลาง ซึ่งประกอบไปด้วยหินแกรนิตพวกไซโนแกรนิต และมอนโซแกบโบร

หินแกรนิตแนวตะวันออกของประเทศไทยจัดถูกอยู่ในประเภท I-type granite และพบแร่แมกนีไทต์ปริมาณมากที่ปรากฏอยู่ในกลุ่มหินแกรนิตดังกล่าวนี้ บ่งบอกถึงลักษณะ magnetite series granitoid ตามวิธีการจำแนกของ Ishihara et al. (1980)

Mahawat (1982) และ Charusiri (1989) ได้ทำการศึกษาทางธรณีเคมีของหินแกรนิตแนว ตะวันออกของประเทศไทย พบว่าหินแกรนิตดังกล่าวน่าจะกำเนิดจากการตกผลึกลำดับส่วน (differential หรือ fractional crystallization) หรือการหลอมละลายบางส่วน (partial melting) จากหินหนืดแท้ (true magma)

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

การศึกษาริโดอไรต์ในพื้นที่บริเวณบ้านกม.80 อำเภอชาติ จังหวัดปราจีนบุรี ทำได้โดยการนำตัวอย่างหินมาศึกษาทางด้านศิลาวรรณา (Petrography) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (Polarizing microscope) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Electron Probe Micro-Analyzer (EPMA) เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีแร่ และทำการศึกษาทางด้านเคมีของหิน (Geochemistry) ด้วยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) เพื่อหาปริมาณธาตุหลักและปริมาณธาตุรอง จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับศิลาวรรณาของหินที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ของการเกิดหินในบริเวณนี้

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

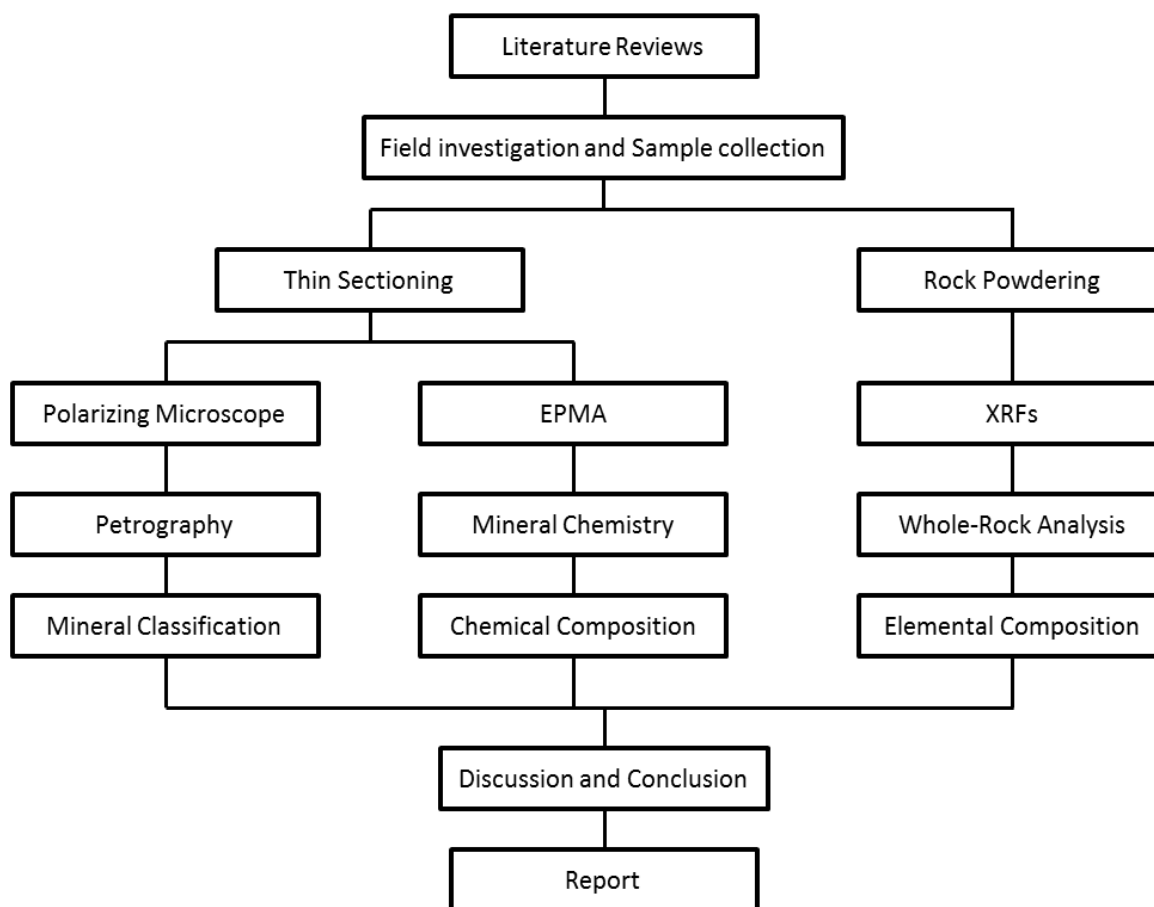
สามารถอธิบายลักษณะทางกายภาพ ศีลาเคมี และเคมีแระ ของหินไดออไรต์ที่อยู่ในบริเวณ
พื้นที่บ้าน กม.80 อำเภอนาดิ จังหวัดปราจีนบุรีได้

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วิธีดำเนินงานวิจัย

วิธีการศึกษาสามารถแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน โดยสรุปเป็นแผนภาพและอธิบายขั้นตอนต่างๆ (รูปที่ 2.1) ดังรายละเอียดต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงาน

1. *Literature reviews*: รวบรวมข้อมูลและเอกสารต่างๆที่เกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหรือข้อมูลธรณีวิทยาในพื้นที่เพื่อให้ได้ทราบถึงลักษณะโดยรวมของพื้นที่และแนวทางปฏิบัติในการทำการวิจัย
2. *Field investigation and Sample collection*: สำรวจภาคสนามเพื่อเก็บตัวอย่างหิน และทำการคัดเลือกตัวอย่างเพื่อจะนำมาวิเคราะห์ต่อไป โดยนำตัวอย่างหินมาทำแผ่นหินบางเพื่อทำการศึกษาศิลาวรรณภาพ แผ่นหินบางขัดมันเพื่อทำการศึกษารูปร่างของแร่ และผงหินเพื่อทำการศึกษารูปร่างของแร่รวมของหิน
3. *Petrographic description*: ศึกษาซิลาวรรณภาพของหินจากแผ่นหินบาง (thin section) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรซ์ส่องผ่าน เพื่อศึกษารูปร่างของแร่ประกอบในหินและศึกษาเนื้อหิน
4. *Mineral chemistry*: ศึกษาเคมีแร่ในหินจากหินขัดมัน (polished slab) ด้วยเครื่อง EPMA เพื่อศึกษารูปร่างของแร่ที่สำคัญ
5. *Whole-rock geochemistry*: ศึกษาซิลเคมีด้วยการทำผงตัวอย่างหินและวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีรวมของหินด้วยเครื่อง XRF เพื่อวิเคราะห์ธาตุและองค์ประกอบทางเคมีรวมของหิน ผลวิเคราะห์ที่ได้เป็นปริมาณ Major Oxide และ Minor Oxide คือ SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O และP₂O₅
6. *Discussion and conclusion*: นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาวิเคราะห์ ประมวลผล และสรุปผล
7. *Report*: นำเสนอและจัดทากรูปร่างรายงาน

เครื่องมือช่วยในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

- กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรซ์ส่องผ่าน (Polarized light microscope) ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- X-Ray fluorescence spectrometry (XRFs) ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Electron Probe Micro-Analyzer (EPMA) ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 การรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.2.1 ธรณีวิทยาทั่วไป

ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูงที่เป็นที่ราบลูกฟูก มีภูเขาความสูงระดับกลางถึงสูง วางตัวอยู่ในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ในแนวตะวันออก-ตะวันตก โดยพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณบ้าน กม.80 ประกอบไปด้วยอุทยานแห่งชาติผางาม ซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ และชุมชนบ้าน กม.80 โดยพบสิ่งปลูกสร้างกระจายตัวอยู่ทั่วไป และมีต้นไม้เป็นจำนวนมากในบริเวณพื้นที่ศึกษา

ลักษณะทางธรณีวิทยาของที่ราบสูงโคราช บริเวณบ้าน กม.80 ศึกษาจากแผนที่ระวางบ้าน ชับบอน (5337 I) และระวางบ้านอีซอม (5337 IV) ประกอบด้วยหินตะกอน (Sedimentary Rocks) และหินอัคนี (Igneous Rocks) เกือบทั้งหมด ส่วนหินแปร (Metamorphic Rocks) ในพื้นที่มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยมีอายุตั้งแต่เพอร์เมียน – คิวเทอเรียน ซึ่งลักษณะที่สำคัญของหินบริเวณนี้เป็นแบบช่องหน้าต่าง (window) คือ หินที่มีอายุอ่อนอยู่บริเวณขอบของพื้นที่เกิดจากกระบวนการผุกร่อน และพังทลายทางธรรมชาติ และพบหินที่มีอายุแก่กว่าจะพบบริเวณตรงกลางของพื้นที่ โดยหินตะกอนในพื้นที่ประกอบด้วย

หินยุคเพอร์เมียน (หินชุดสระบุรี) เป็นหินที่มีอายุมากที่สุดของบริเวณนี้ ประกอบด้วย หินดินดาน หินทรายแป้ง หินทราย หินเชิร์ต และหินปูน บางส่วนแปรสภาพเป็นหินฟิลไลต์ หินชนวน หินฮอร์นเฟลส์ หินควอร์ตไซต์ หินอ่อน และหินควอร์ตไซต์ หินชุดนี้แสดงลักษณะการคดโค้ง และการถูกแปรสภาพมากกว่าหินยุคอื่นๆ พบเฉพาะบริเวณตอนกลางของพื้นที่

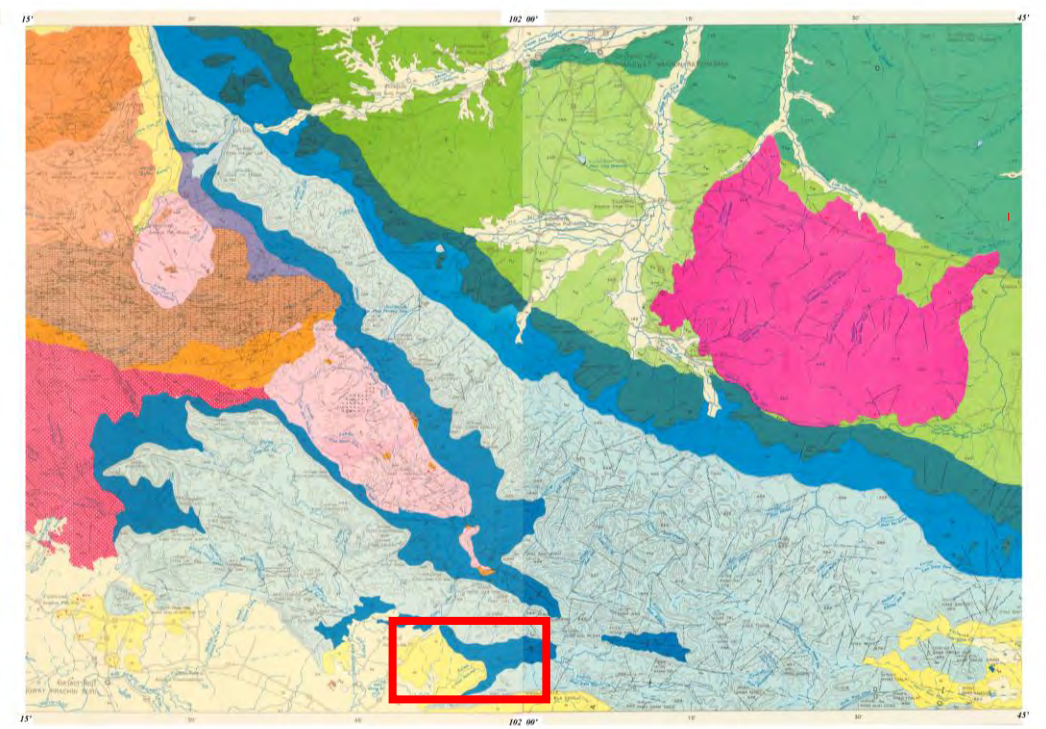
หินมหายุคมีโซโซอิก (หินชุดโคราช) ได้แก่ หินหน่วยภูกระดึง หินหน่วยพระวิหาร และหน่วยหินเสาขัว ประกอบด้วยหินดินดาน หินทรายแป้ง หินทราย และหินกรวดมน

หินยุคควเทอเรียน เป็นแหล่งเศษหินเชิงเขา และตะกอนน้ำพาแบบต่างๆ เช่น สิ่งทับถมร่องน้ำ ตะกอนน้ำพารูปพัด และที่ราบตะกอนน้ำพา

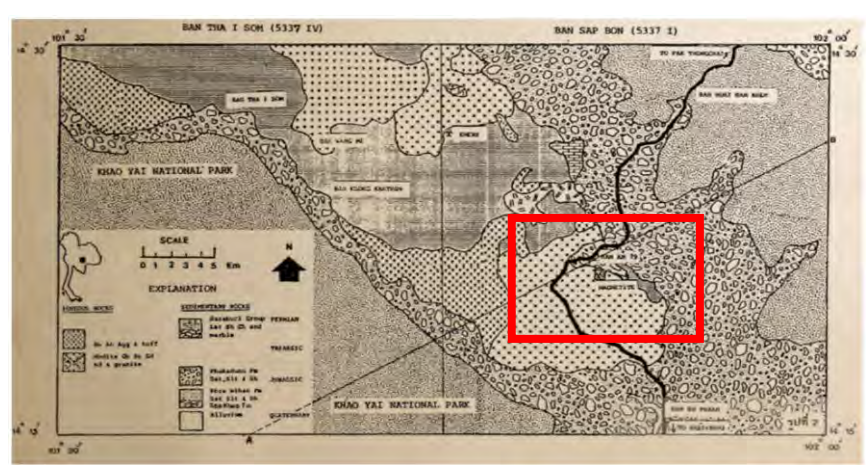
หินอัคนีในพื้นที่สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

หินอัคนีแทรกซอน (Intrusive Igneous Rocks) และหินอัคนีพุ (Extrusive Igneous Rocks) โดยหินอัคนีแทรกซอนประกอบด้วยหินตั้งแต่เมฟิกจนถึงเฟลสิก คือ หินฮอร์นเบอร์นโดต์ หินแกบโบร หินไดออไรต์ หินโทนาไรต์ หินแกรโนไดออไรต์ และหินแกรนิต ซึ่งหินอัคนีแทรกซอนพบเฉพาะบริเวณกลางพื้นที่ เกิดเป็นช่องหน้าต่าง มีลักษณะเป็นรูปรี วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ และมีอายุแก่กว่าหมวดหินภูกระดึง เนื่องจากถูกปิดทับแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง ส่วนหินอัคนีพุนั้น

ประกอบด้วยหินไรโอไลต์แอคโกรเมอเรต และหินทัฟฟ์ วางอยู่ใต้หมวดหินภูกระดึงแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง โดยหินอัคนีพุกกับหินตะกอนยุคเพอร์เมียนมีความสัมพันธ์กันไม่ชัดเจน



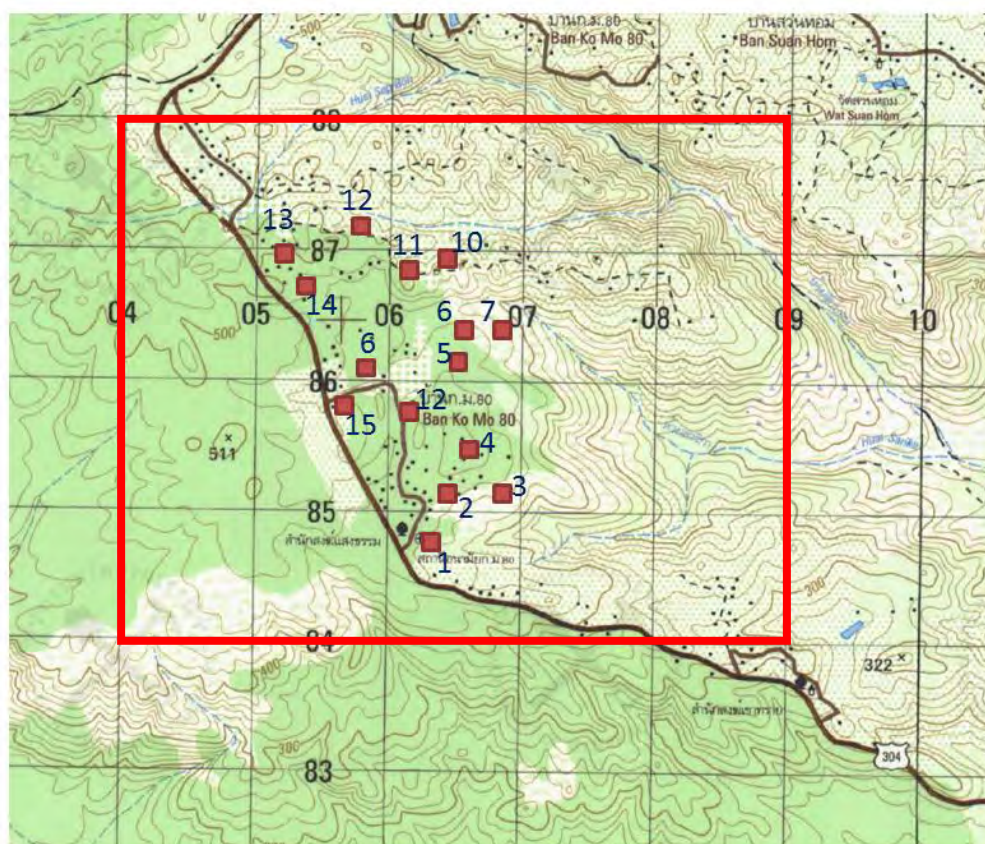
รูปที่ 2.2 แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตรฐาน 1:250,000 ชุด ND47-8 และ ND 48-5 บริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และจังหวัดนครราชสีมา (กรมทรัพยากรธรณี, 2542)



รูปที่ 2.3 แสดงแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตรฐาน 1 : 50,000 ชุด F5337 ระวัง 5337 I บ้านทับบอน และ ระวัง 5337 IV บ้านท่าอิฐ่อม (กรมทรัพยากรธรณี, 2524)

2.2.2 การออกภาคสนามและการเก็บตัวอย่าง

ออกภาคสนามเพื่อศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมและหาความสัมพันธ์ของหินไดออไรต์ในพื้นที่ โดยหินที่พบในบริเวณบ้านกม.80 มีลักษณะเป็นหินโผล่ (Outcrop) และหินลอย (Float) ที่ทำการศึกษาทั้งหมด 14 จุดศึกษา (รูปที่ 2.3) และสุ่มเก็บตัวอย่างทั้งหมด 18 ตัวอย่างแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ หินแกรนิตไดออไรต์ 6 ตัวอย่าง หินมอนโซไดออไรต์ 9 ตัวอย่าง และหินมอนโซแกรนิต 3 ตัวอย่าง (รูปที่ 2.5 – 2.10)



1 km



รูปที่ 2.4 แผนที่ภูมิประเทศแสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณบ้านกม.80 อำเภอชาติ จังหวัดปราจีนบุรี
 มาตรฐานส่วน 1 : 50,000 ชุด L7018 ระวัง 5337 I (อำเภอวังน้ำเขียว)
 แสดงจุดเก็บตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ (กรมแผนที่ทหาร, 2540)



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างหินมอนโซไดออไรต์ ซึ่งเก็บที่จุดศึกษาที่ 1 ตำแหน่ง grid reference 064850
แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ชุด L7018 ระวัง 5337 I (อำเภอวังน้ำเขียว)



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างหินแกรโนไดออไรต์ ซึ่งเก็บที่จุดศึกษาที่ 4 ตำแหน่ง grid reference 067856
แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ชุด L7018 ระวัง 5337 I (อำเภอวังน้ำเขียว)



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างหินมอนโซไดออไรต์ ซึ่งเก็บที่จุดศึกษาที่ 9 ตำแหน่ง grid reference 057872
แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ชุด L7018 ระวัง 5337 I (อำเภอวังน้ำเขียว)



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างหินมอนโซแกรนิต ซึ่งเก็บที่จุดศึกษาที่ 11 ตำแหน่ง grid reference 057860
แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ชุด L7018 ระวัง 5337 I (อำเภอวังน้ำเขียว)



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างหินมอนโซแกรนิต ซึ่งเก็บที่จุดศึกษาที่ 11 ตำแหน่ง grid reference 058862
แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ชุด L7018 ระวัง 5337 I (อำเภอวังน้ำเขียว)



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างหินแกรนิตไดออไรต์ ซึ่งเก็บที่จุดศึกษาที่ 12 ตำแหน่ง grid reference 052858
แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ชุด L7018 ระวัง 5337 I (อำเภอวังน้ำเขียว)

2.2.3 ศิลาวรรณนา

ศึกษาศิลาวรรณนาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรด์ส่องผ่าน โดยนำตัวอย่างหินทั้งหมด 18 ตัวอย่างตัดเป็นแผ่นหินบาง ซึ่งจะสามารถจำแนกหินออกเป็นหินแกรนิตไดออกไรต์ 6 ตัวอย่าง หินมอนโซไดออกไรต์ 9 ตัวอย่าง และมอนโซแกรนิต 3 ตัวอย่าง

2.2.4 องค์ประกอบทางเคมีแร่

เลือกตัวอย่างหิน 8 ตัวอย่างจากตัวอย่างหินทั้งหมด 18 ตัวอย่างไปตัดเป็นแผ่นหินบางขัดมันเพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีแร่ที่สำคัญด้วยเครื่อง EPMA รุ่น JXA-8100 โดยเป็น polish-thin section 8 แผ่น โดยใช้ analytical condition ที่ 15KV กระแสประมาณ 2.4×10^{-8} A ของ focus beam ($<1 \mu\text{m}$) และเปรียบเทียบตัวอย่างมาตรฐานแร่ และ pure oxide ก่อนการปรับแก้ไข ZAF อัตโนมัติ และรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์ออกซ์

2.2.5 ธรณีเคมี

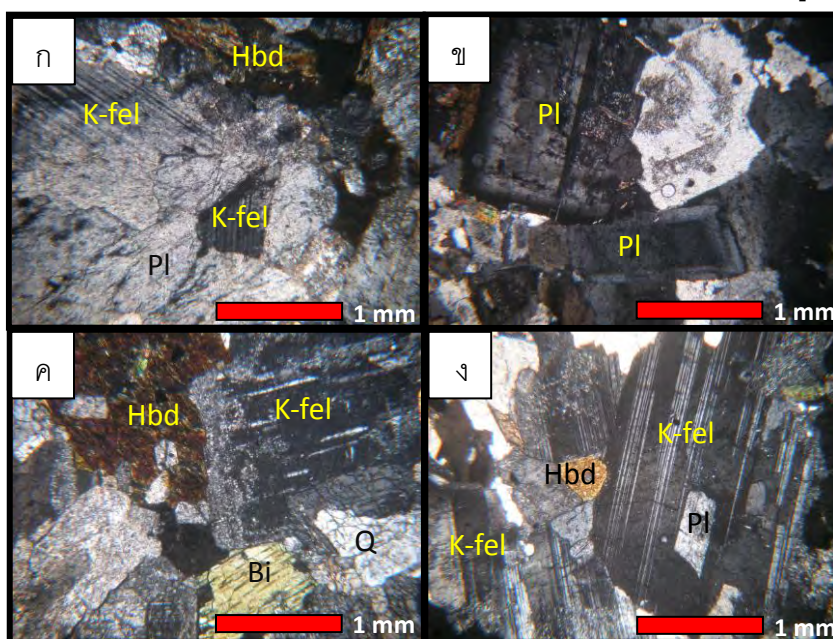
ศึกษาธรณีเคมีของตัวอย่างหินด้วยเครื่อง XRF เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุหลักและธาตุรองในองค์ประกอบทางเคมีรวมของหิน โดยนำตัวอย่างหินทั้งหมด 18 ตัวอย่างไปบดแล้ววิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF ผลวิเคราะห์ที่ได้เป็นปริมาณ Major Oxide และ Minor Oxide ประกอบด้วย SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O และ P_2O_5 ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปพล็อตในแผนภาพต่างๆ ทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการกำเนิด และการจำแนกชนิดของหินไดออกไรต์ในบริเวณพื้นที่ศึกษา

บทที่ 3

ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

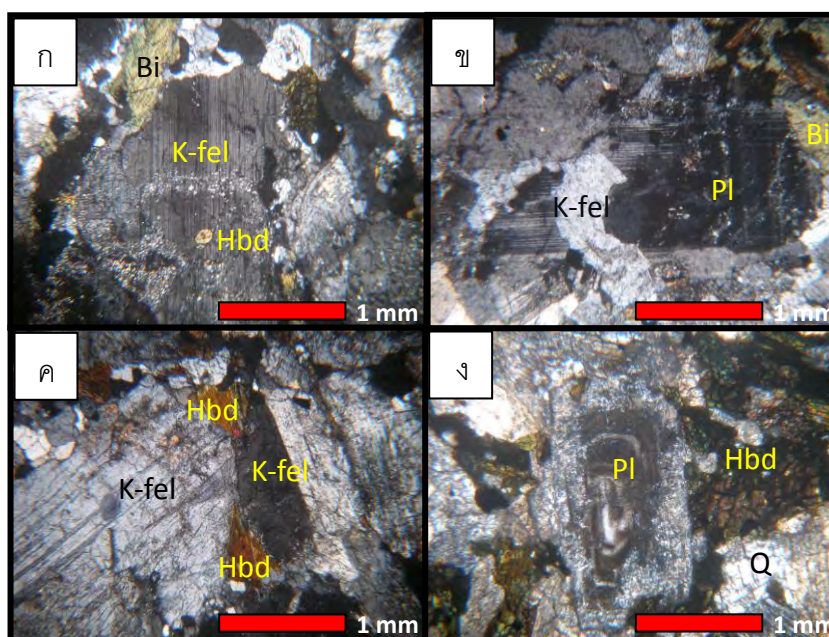
3.1 ศิลาวรรณา

หินแกรนิตไดออไรต์ ตัวอย่างหินสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Phaneritic texture) ขนาดของผลึกผลึกละเอียด (fine-grained) ถึงปานกลาง (medium-grained) โดยมีขนาดของผลึกประมาณ 0.1 – 1.5mm สีสดเป็นบริเวณของสีเทาอ่อน สีฉูดเป็นบริเวณของสีเทาเข้มและสีเหลืองถึงน้ำตาลแดง เมื่อนำตัวอย่างหินมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรด์ส่องผ่าน พบว่าตัวอย่างประกอบไปด้วย 35-45%Plagioclase, 15-25%Quartz, 15-20%K-Feldspar, 10-15%Hornblende, 4-6%Biotite, 2-5%Sericite และ 1%Opaque ซึ่งแร่ Sericite ที่พบเป็นแร่ทุติยภูมิที่เกิดจากการผุของ K-Feldspar และตัวอย่างหินแสดงลักษณะรูปร่างผลึกหน้ากึ่งสมบรูณ์ถึงผลึกไร้หน้า (Subhedral - Anhedral) ในส่วนของลักษณะเนื้อตัวอย่างหินแสดงลักษณะของ perthitic texture โดยมี K-feldspar ผังอยู่ใน Plagioclase และ zone texture ที่แสดงการมีเขตของ Plagioclase เป็นชั้น (รูปที่ 3.1)



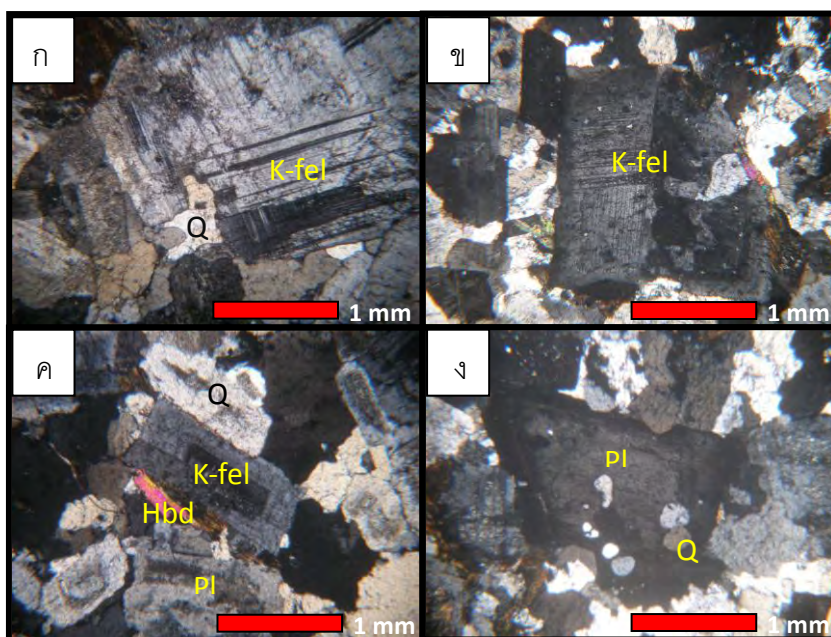
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างหินแกรนิตไดออไรต์ (XPL) (ก) แสดงเนื้อหินแบบ perthitic texture โดยมีผลึก Plagioclase (Pl) อยู่ในผลึกของ K-feldspar (K-fel) และแสดงผลึกแฝดแบบ Albite Twin ของแร่ Plagioclase (ข) แสดงลักษณะ zone texture ของ Plagioclase (ค) แสดงผลึกของ Hornblende (Hbd) (ง) แสดงลักษณะเนื้อหินแบบ perthitic texture โดยมี Plagioclase อยู่ใน K-feldspar และแสดงผลึกแฝด (Twin) ของ K-feldspar แบบ calcsbad albite twin

หินมอนโซไดโอไรต์ ตัวอย่างหินแสดงลักษณะผลึกที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Phaneritic texture) ขนาดของผลึกผลึกละเอียด (fine-grained) ถึงปานกลาง (medium-grained) โดยมีขนาดของผลึกประมาณ 0.1 – 1.5mm สีสดเป็นบริเวณของสีเทาเข้ม สีผู้มีทั้งบริเวณที่เป็นสีเทาเข้ม เทาขาว และสีเหลืองถึงน้ำตาลแดง ซึ่งพบได้บริเวณรอบๆของตัวอย่างหิน เมื่อทำการศึกษาตัวอย่างหินภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรด์ส่องผ่าน พบว่าตัวอย่างประกอบไปด้วย 35-45%Plagioclase, 15-25%K-Feldspar, 15-20%Homblende, 10-15%Quartz, 3-6%Biotite, 4-6%Serците และ 3%Opaque พบผลึกแฝด (Twin) ของแร่ Plagioclase แบบ Carlsbad twinning และ albite twinning ส่วนแร่ Serците ที่พบเป็นแร่ทุติยภูมิที่เกิดจากการผุของ K-Feldspar และตัวอย่างหินแสดงลักษณะรูปร่างผลึกหน้ากึ่งสมบูรณถึงผลึกไร้หน้า (Subhedral - Anhedral) ในส่วนของลักษณะเนื้อตัวอย่างหินแสดงลักษณะของ perthitic texture โดยมี Homblende ฝังอยู่ใน K-feldspar, poikilitic texture ที่มีการละลายของ Albite ใน Plagioclase และ zone texture ของ Plagioclase (รูปที่ 3.2)



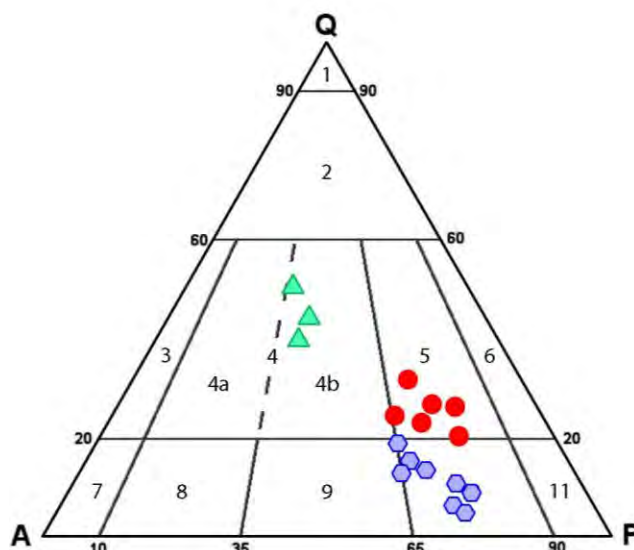
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างหินมอนโซไดโอไรต์ (XPL) (ก) แสดงเนื้อหินแบบ perthitic texture โดยมีผลึก Hornblende (Hbd) ฝังอยู่ในผลึก Plagioclase (Pl) ซึ่งแสดง Plagioclase แสดงผลึกแฝด (Twin) แบบ albite twin แสดง (ข) แสดงลักษณะผลึกแบบ poikilitic texture โดยพบการละลายของ Albite ใน Plagioclase (ค) แสดงลักษณะผลึกแฝดของ K-feldspar (K-fel) แบบ calsbad albite twin (ง) แสดงลักษณะ zone texture โดยพบการมีดีเป็นชั้นของ Plagioclase และพบแนวการแตก (cleavage) ของ Hornblende (Hbd)

หินมอนโซแกรนิต ตัวอย่างหินสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Phaneritic texture) ขนาดของผลึกผลึกละเอียด (fine-grained) ถึงปานกลาง (medium-grained) ลักษณะของสีที่พบที่สุดเป็นสีขาวนํ้านม ส่วนสีรุเป็นสีขาวขุ่นและสีเหลืองขุ่น เมื่อนำตัวอย่างหินมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรด์ส่องผ่าน พบว่าตัวอย่างมีขนาดของผลึกประมาณ 0.1 – 1.5mm แสดงลักษณะรูปร่างผลึกหน้ากึ่งสมมาตรถึงผลึกไร้หน้า (Subhedral - Anhedral) โดยประกอบไปด้วย 35-45%Quartz, 25-30%K-Feldspar, 20-25%Plagioclase, 5-6%Biotite, 2-3%Hornblende, 3-6%Sericite และ 2%Opaque ส่วนของลักษณะเนื้อตัวอย่างหินแสดงลักษณะของ perthitic texture โดยมีผลึก Quartz ฝังอยู่ในผลึกของ K-feldspar, poikilitic texture ของ Plagioclase และ zone texture ที่แสดงลักษณะการมีตเป็นชั้นของ K-feldspar (รูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างหินมอนโซแกรนิต (XPL) (ก) แสดงผลึกแฝด (Twin) ของแร่ K-feldspar (K-fel) แบบ albite twin (ข) แสดงลักษณะ zone texture และผลึกแฝดของแร่ K-feldspar แบบ albite twin (ค) แสดงลักษณะ zone texture และผลึกแฝดของแร่ K-feldspar แบบ caltsbad albite twin (ง) แสดงเนื้อหินแบบ perthitic texture โดยมีผลึก Quartz (Q) ฝังอยู่ในผลึกของ Plagioclase (Pl) และแสดงลักษณะ poikilitic texture โดยพบการละลายของ Albite ใน Plagioclase

จากการศึกษาสิลาวรรณภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรด์ส่องผ่าน และทำการนับจุดแร่ที่พบในแผ่นหินบาง และพล็อตกราฟ QAP Streckeisen modal diagram (Streckeisen, 1976) จากจำนวนของแร่ Quartz, K-Feldspar และ Plagioclase เพื่อใช้จำแนกชนิดหินที่ทำการศึกษา โดยสามารถจำแนกหินออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ หินแกรนอไดออไรต์ มอนโซไดออไรต์ และมอนโซแกรนิต



Legend (Streckeisen, 1976)

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| 1 – Quartzolite | 6 – Tonalite |
| 2 – Quartz – rich granitoid | 7 – Alkali syenite |
| 3 – Alkaline-feldspar granite | 8 – Syenite |
| 4 – Granite | 9 – Monzonite (Syenodiorite) |
| 4a – Syenogranite | 10 – Monzodiorite and Monzogranite |
| 4b – Monzogranite | 11 – Diorite, Gabbro, Anorthosite |
| 5 – Granodiorite | |

Legend

- | | |
|--|---|
| ● granodiorite | ▲ monzogranite |
| ⬡ monzodiorite | |

รูปที่ 3.4 แผนภาพสามเหลี่ยมแสดงการพล็อตระหว่างแร่ Quartz, Alkali Feldspar และ Plagioclase (Streckeisen, 1976) ใช้ในการจำแนกตัวอย่างหินจากการศึกษา

3.2 เคมีแร่

การศึกษาองค์ประกอบของเคมีแร่ด้วยเครื่อง Electron Probe Micro-Analyzer (EPMA) ของตัวอย่างหินที่ทำการสุ่มเลือกมา 8 ตัวอย่าง เพื่อศึกษาเคมีแร่หลักทั้งหมด 5 แร่ คือ Quartz, Plagioclase, K-Feldspar, Biotite, Hornblende ดังแสดงผลสรุปไว้ในตารางที่ 3.1 – 3.4

Quartz เป็นแร่องค์ประกอบที่พบทั้งในหินแกรนิตไดออไรต์ มอนโซไดออไรต์ และ มอนโซแกรนิต ซึ่งตัวอย่างหินทั้งหมดแสดงองค์ประกอบ quartz บริสุทธิ์ Plagioclase ในตัวอย่างหินทั้งหมดมีองค์ประกอบทางเคมีแร่ค่อนข้างมีลักษณะคล้ายกันและมีช่วงแคบ เมื่อพล็อตในแผนภาพ Na-K-Ca พบว่าอยู่ในช่วง andesine (30 – 50%an) (ตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.5) K-Feldspar อยู่ในช่วง orthoclase (ตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.6) Biotite ในตัวอย่างหินทั้งหมดมีองค์ประกอบทางเคมีแร่ของ Biotite ค่อนข้างมีลักษณะคล้ายกันและมีช่วงแคบ คือ $K_{0.5-0.6}$, $Mg_{1.2-1.4}$ และ $Fe^{2+}_{1.0-1.1}$ (ตารางที่ 3.3) Hornblende เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่ม amphibolites มีส่วนประกอบของอะลูมิเนียม แมกนีเซียม และแคลเซียมในปริมาณสูง ซึ่งมีช่วงแคบและค่อนข้างมีลักษณะคล้ายกันคือ $Ca_{1.6-1.7}$, $Al_{1.7-2.7}$ และ $Fe^{2+}_{0.7-0.9}$ (ตารางที่ 3.4)

ตาราง 3.1 แสดงค่าตัวแทนและการวิเคราะห์แร่ Plagioclase ด้วยเครื่อง EPMA

comment	Plagioclase							
	Monzodiorite			Granodiorite				Monzogranite
	R1	R2	T2	R3	R4	S4	T1	R6
SiO ₂	59.38	58.95	59.53	58.70	58.63	59.47	58.27	59.32
TiO ₂	0.00	0.00	0.01	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00
Al ₂ O ₃	25.98	25.83	24.34	25.58	24.74	26.62	27.01	24.97
FeO	0.12	0.16	0.22	0.24	0.16	0.18	0.24	0.04
MnO	0.00	0.49	0.00	0.06	0.04	0.00	0.03	0.02
MgO	0.00	0.04	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.01
CaO	8.35	8.82	9.39	10.48	9.28	7.17	8.87	9.73
Na ₂ O	6.05	5.79	6.92	5.32	6.58	5.95	5.23	5.84
K ₂ O	0.20	0.17	0.21	0.02	0.21	0.22	0.23	0.24
P ₂ O ₅	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Total	100.08	100.26	100.62	100.49	99.69	99.63	99.89	100.19
Formula 8(O)								
Si	2.643	2.629	2.658	2.617	2.639	2.646	2.600	2.649
Ti	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Al	1.363	1.358	1.281	1.345	1.313	1.396	1.421	1.314
Fe	0.004	0.006	0.008	0.009	0.006	0.007	0.009	0.001
Mn	0.000	0.018	0.000	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001
Mg	0.000	0.003	0.000	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000
Ca	0.398	0.422	0.449	0.501	0.448	0.342	0.424	0.466
Na	0.522	0.501	0.599	0.460	0.574	0.513	0.453	0.506
K	0.012	0.010	0.012	0.001	0.012	0.012	0.013	0.014
P	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	4.942	4.946	5.007	4.940	4.996	4.918	4.922	4.952
%Ca	42.736	45.240	42.382	52.060	43.297	39.416	47.668	47.274
%Na	56.020	53.716	56.489	47.840	55.547	59.171	50.848	51.355
%K	1.244	1.044	1.128	0.101	1.155	1.414	1.484	1.371

ตาราง 3.2 แสดงค่าตัวแทนและภาวะวิเคราะห์แร่ K-feldspar ด้วยเครื่อง EPMA

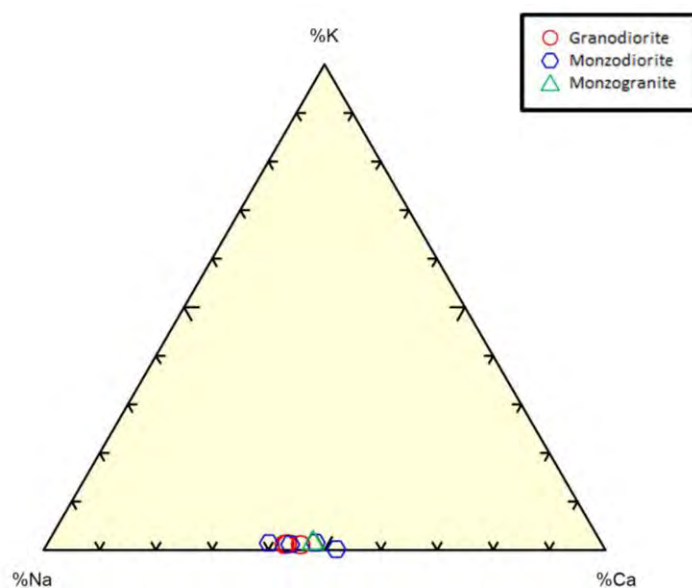
comment	K-Feldspar							
	Monzodiorite			Granodiorite				Monzogranite
	R1	R2	T2	R3	R4	S4	T1	R6
SiO ₂	67.76	66.32	65.11	67.95	66.49	67.49	67.57	65.73
TiO ₂	0.00	0.00	0.02	0.14	0.01	0.02	0.48	0.00
Al ₂ O ₃	18.13	20.00	20.64	18.75	20.03	18.84	18.30	20.81
FeO	0.23	0.03	0.13	0.31	0.25	0.11	0.47	0.10
MnO	0.00	0.00	0.00	0.29	0.21	0.03	0.32	0.00
MgO	0.00	0.01	0.00	0.75	0.01	0.00	0.83	0.00
CaO	0.99	0.00	0.16	0.18	0.25	0.80	0.37	0.11
Na ₂ O	4.94	4.25	4.84	5.20	4.37	5.39	5.10	4.05
K ₂ O	7.28	8.51	9.56	8.07	8.13	7.20	7.62	8.42
P ₂ O ₅	0.00	0.03	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Total	99.34	99.15	100.46	101.69	99.75	99.88	101.06	99.24
Formula 8(O)								
Si	3.041	2.987	2.929	2.998	2.980	3.014	1.499	2.958
Ti	0.000	0.000	0.001	0.005	0.000	0.001	0.002	0.000
Al	0.959	1.062	1.095	0.975	1.058	0.992	0.650	1.104
Fe	0.008	0.001	0.005	0.011	0.009	0.004	0.011	0.004
Mn	0.000	0.000	0.000	0.011	0.008	0.001	0.011	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.050	0.000	0.000	0.050	0.000
Ca	0.048	0.000	0.008	0.009	0.012	0.038	0.009	0.005
Na	0.430	0.371	0.422	0.445	0.380	0.467	0.890	0.354
K	0.417	0.489	0.549	0.454	0.465	0.410	0.908	0.484
P	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	4.903	4.911	5.008	4.958	4.913	4.928	4.030	4.909
%Ca	5.341	0.000	0.808	0.943	1.424	4.204	0.474	0.613
%Na	48.063	43.187	43.101	49.034	44.325	50.993	49.266	41.984
%K	46.596	56.813	56.091	50.023	54.251	44.803	50.260	57.403

ตาราง 3.3 แสดงค่าตัวแทนและการวิเคราะห์แร่ Biotite ด้วยเครื่อง EPMA

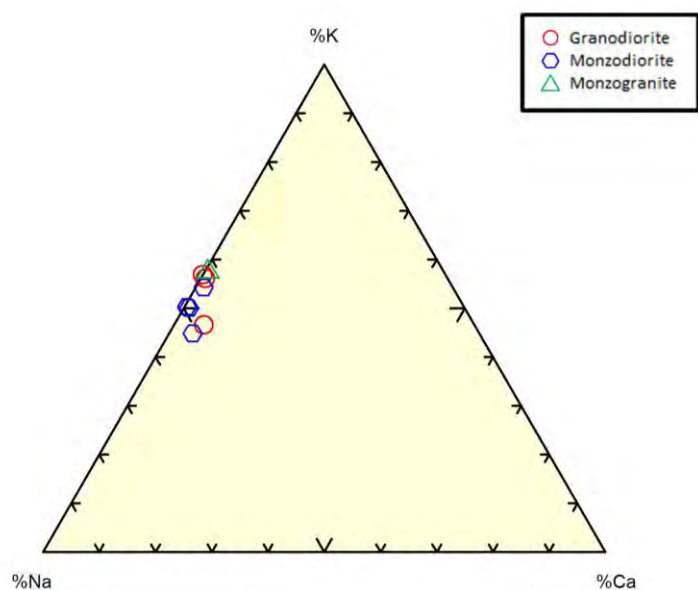
comment	Biotite							
	Monzodiorite			Granodiorite				Monzogranite
	R1	R2	T2	R3	R4	S4	T1	R6
SiO ₂	40.69	40.91	40.19	40.87	41.76	40.28	40.41	41.17
TiO ₂	2.68	2.02	2.24	2.93	2.09	2.27	2.90	2.26
Al ₂ O ₃	15.51	16.95	14.34	15.43	15.19	15.65	14.34	14.90
FeO	17.83	18.46	19.13	17.64	18.94	17.90	18.20	18.01
MnO	0.75	0.00	0.63	0.33	0.39	0.60	0.24	0.00
MgO	12.34	13.04	12.12	12.88	12.76	13.19	11.09	11.25
CaO	1.12	0.01	1.82	1.24	1.42	1.15	1.40	1.38
Na ₂ O	1.13	0.54	0.98	1.33	0.94	0.88	1.12	0.30
K ₂ O	6.98	6.76	6.52	6.02	6.46	6.73	6.34	6.19
P ₂ O ₅	0.00	0.01	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01
Cl	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
Total	99.02	98.70	98.00	98.71	99.96	98.66	96.07	95.47
Formula 11(O)								
Si	2.916	2.912	2.931	2.915	2.958	2.892	2.979	3.026
Ti	0.144	0.108	0.123	0.157	0.111	0.123	0.161	0.125
Al	1.310	1.422	1.233	1.298	1.269	1.325	1.246	1.291
Fe	1.068	1.099	1.167	1.052	1.122	1.075	1.123	1.107
Mn	0.045	0.000	0.039	0.020	0.024	0.036	0.015	0.000
Mg	1.318	1.383	1.317	1.369	1.347	1.411	1.219	1.232
Ca	0.086	0.001	0.143	0.095	0.107	0.088	0.111	0.109
Na	0.157	0.074	0.138	0.184	0.129	0.122	0.160	0.043
K	0.638	0.614	0.606	0.548	0.584	0.616	0.597	0.580
P	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	7.682	7.613	7.699	7.641	7.651	7.691	7.613	7.514

ตาราง 3.4 แสดงค่าตัวแทนและการวิเคราะห์แร่ Hornblende ด้วยเครื่อง EPMA

comment	Hornblende						
	Monzodiorite			Granodiorite			
	R1	R2	T2	R3	R4	S4	T1
SiO ₂	42.03	42.58	42.01	42.69	42.14	41.95	42.05
TiO ₂	1.23	0.33	0.98	0.90	0.70	1.70	1.42
Al ₂ O ₃	14.16	14.18	15.54	14.96	15.91	14.82	14.63
FeO	15.30	13.55	16.45	17.23	17.90	13.69	14.60
MnO	0.68	0.45	0.57	0.24	0.16	0.52	0.53
MgO	13.13	14.98	11.36	10.55	11.73	14.05	13.61
CaO	10.96	11.41	10.64	11.31	10.36	10.66	10.83
Na ₂ O	1.10	1.35	1.05	1.12	0.86	1.39	0.92
K ₂ O	0.65	0.29	0.66	0.77	0.32	0.61	0.65
P ₂ O ₅	0.01	0.04	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
Cl	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.24	99.17	99.26	99.77	100.09	99.42	99.27
Formula 23(O)							
Si	6.203	6.220	6.209	6.303	6.183	3.152	6.168
Ti	0.137	0.036	0.109	0.099	0.077	0.050	0.157
Al	2.463	2.443	2.708	2.603	2.753	1.736	2.531
Fe ²⁺	0.850	0.745	0.915	0.957	0.988	0.957	0.806
Mn	0.085	0.056	0.071	0.030	0.020	0.030	0.066
Mg	2.887	3.262	2.503	2.322	2.565	2.322	2.975
Ca	1.733	1.786	1.684	1.789	1.629	1.789	1.702
Na	0.315	0.384	0.302	0.320	0.244	0.641	0.260
K	0.123	0.055	0.124	0.144	0.060	0.289	0.121
P	0.001	0.005	0.001	0.001	0.002	0.000	0.003
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	14.796	14.990	14.626	14.570	14.522	10.965	14.789



รูปที่ 3.5 แสดงการพล็อตแผนภาพ Na-K-Ca ของแร่ Plagioclase ซึ่งหินทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาอยู่ในช่วง andesine (30 – 50%an)



รูปที่ 3.6 แสดงการพล็อตแผนภาพ Na-K-Ca ของแร่ K-feldspar ซึ่งหินทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาอยู่ในช่วง orthoclase

3.3 เคมีหินทั้งก้อน

การศึกษาทางด้านเคมีหินทั้งก้อน (Whole-rock geochemistry) วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) ซึ่งผลแสดงไว้ในตารางที่ 3.5

SiO_2 มีปริมาณอยู่ในช่วง 52.98- 58.37% ในแกรโนไดออไรต์, 48.62-55.48% ในมอนโซไดออไรต์ และ 71.13-72.27% ในมอนโซแกรนิต

Al_2O_3 มีปริมาณอยู่ในช่วง 17.30-18.87% ในแกรโนไดออไรต์, 15.80-19.39% ในมอนโซไดออไรต์ และ 15.96-16.45% ในมอนโซแกรนิต

CaO มีปริมาณอยู่ในช่วง 7.62-10.13% ในแกรโนไดออไรต์, 7.86-10.23% ในมอนโซไดออไรต์ และ 2.59-2.76% ในมอนโซแกรนิต

MgO มีปริมาณอยู่ในช่วง 2.83-4.19% ในแกรโนไดออไรต์, 2.47-4.80% ในมอนโซไดออไรต์ และ 0.25-0.42% ในมอนโซแกรนิต

Fe_2O_3 มีปริมาณอยู่ในช่วง 5.94-8.40% ในแกรโนไดออไรต์, 6.21-10.57% ในมอนโซไดออไรต์ และ 0.89-1.07 % ในมอนโซแกรนิต

K_2O มีปริมาณอยู่ในช่วง 1.01-2.73% ในแกรโนไดออไรต์, 1.16-2.38% ในมอนโซไดออไรต์ และ 2.03-2.41% ในมอนโซแกรนิต

Na_2O มีปริมาณอยู่ในช่วง 3.95-4.40% ในแกรโนไดออไรต์, 2.91-4.07% ในมอนโซไดออไรต์ และ 4.74-5.54% ในมอนโซแกรนิต

TiO_2 มีปริมาณอยู่ในช่วง 0.58-0.82% ในแกรโนไดออไรต์, 0.61-1.52% ในมอนโซไดออไรต์ และ 0.09-0.12% ในมอนโซแกรนิต

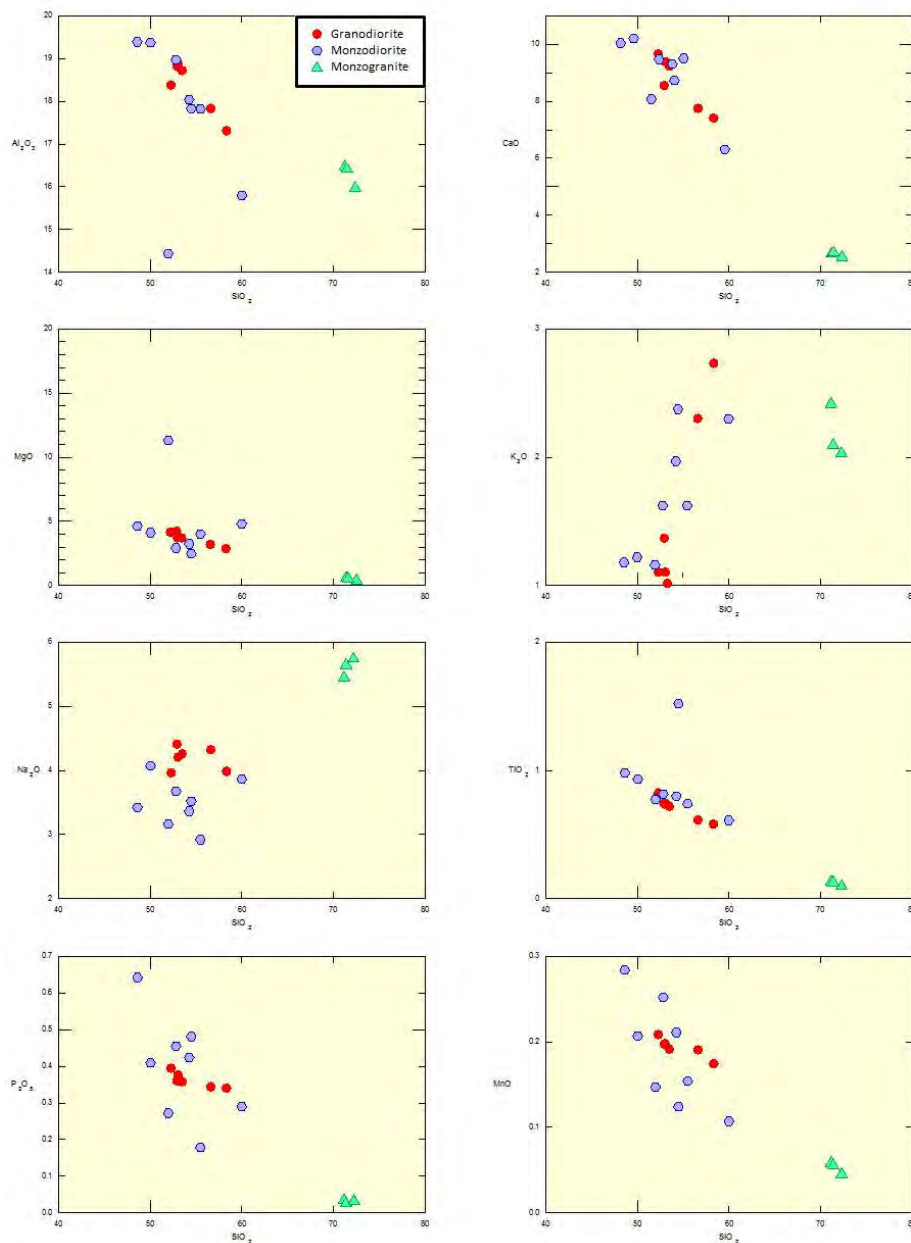
P_2O_5 มีปริมาณอยู่ในช่วง 0.34-0.39% ในแกรโนไดออไรต์, 0.18-0.64% ในมอนโซไดออไรต์ และ 0.03-0.03% ในมอนโซแกรนิต

MnO มีปริมาณอยู่ในช่วง 0.17-0.21% ในแกรโนไดออไรต์, 0.11-0.28% ในมอนโซไดออไรต์ และ 0.05-0.06% ในมอนโซแกรนิต

ตารางที่ 3.5 แสดงค่า %Major Oxide และ%Minor Oxide ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF และผลการคำนวณ CIPW Norm

Major oxide	Granodiorite						Monzodiorite							Monzogranite			
	R03	S03	S04	S05	S06	T01	R01	R02	S01	S07	T02	T03	T04	T05	R05	R06	S02
SiO ₂	53.54	56.67	58.37	52.33	53.09	52.98	52.82	55.48	51.98	59.98	48.62	54.48	50.04	54.25	71.13	72.27	71.35
Al ₂ O ₃	18.71	17.82	17.30	18.37	18.87	18.81	18.97	17.82	14.44	15.80	19.39	17.83	19.37	18.04	16.45	15.96	16.40
CaO	9.65	8.00	7.62	10.13	9.82	8.89	9.42	9.45	7.86	5.90	10.05	8.59	10.23	9.23	2.72	2.59	2.76
MgO	3.67	3.17	2.83	4.12	3.68	4.19	2.93	4.00	11.29	4.80	4.62	2.47	4.11	3.25	0.43	0.25	0.42
Fe ₂ O ₃	7.76	6.44	5.94	8.40	7.76	7.92	8.93	7.49	8.81	6.21	10.57	8.50	9.26	8.33	1.07	0.89	1.02
K ₂ O	1.01	2.30	2.73	1.10	1.10	1.36	1.62	1.62	1.16	2.30	1.18	2.38	1.22	1.97	2.41	2.03	2.09
Na ₂ O	4.25	4.31	3.98	3.95	4.20	4.40	3.67	2.91	3.15	3.86	3.41	3.51	4.07	3.35	5.44	5.74	5.64
TiO ₂	0.72	0.61	0.58	0.82	0.74	0.74	0.82	0.74	0.77	0.61	0.98	1.52	0.93	0.80	0.13	0.09	0.12
P ₂ O ₅	0.36	0.34	0.34	0.39	0.38	0.36	0.46	0.18	0.27	0.29	0.64	0.48	0.41	0.42	0.04	0.03	0.03
MnO	0.19	0.19	0.17	0.21	0.20	0.20	0.25	0.15	0.15	0.11	0.28	0.12	0.21	0.21	0.06	0.05	0.06
L.O.I.	1.01	1.13	0.98	0.86	0.80	1.48	1.30	1.61	2.35	1.86	1.72	0.82	1.23	1.20	2.03	0.60	0.56
Total	100.86	100.98	100.83	100.68	100.63	101.32	101.17	101.45	102.23	101.71	101.48	100.71	101.07	101.06	101.90	100.49	100.44
Quartz (q)	3.39	5.13	8.27	2.41	2.63	0.97	4.87	9.86	-	11.56	0.15	7.16	-	6.96	23.91	25.46	24.14
Orthoclase (or)	5.97	13.59	16.13	6.5	6.5	8.04	9.57	9.59	6.85	13.59	6.97	14.06	7.21	11.64	14.24	12.00	12.35
Albite (ab)	35.96	36.47	33.68	33.42	35.54	37.23	31.05	24.62	26.65	32.66	28.85	29.70	34.44	28.35	46.03	48.57	47.72
Anorthite (an)	28.99	22.48	21.28	29.14	29.39	27.56	30.50	30.77	21.84	18.99	34.12	25.87	30.98	28.37	13.23	11.79	13.26
Corundum (c)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-
Diopside (di)	11.50	10.59	10.08	12.87	11.72	9.65	8.83	10.12	10.35	5.21	7.20	6.84	11.43	9.90	-	0.58	0.04
Hypersthene (hy)	3.81	2.99	2.37	4.3	3.73	5.96	3.20	5.27	22.09	9.54	8.17	2.98		3.51	1.07	0.35	1.03
Hematite (hem)	7.76	6.44	5.94	8.4	7.76	7.92	8.93	7.49	8.81	6.21	10.57	8.50	9.26	8.33	1.07	0.89	1.02
limenite (il)	0.41	0.41	0.36	0.45	0.43	0.43	0.53	0.33	0.32	0.24	0.60	0.26	0.45	0.45	0.13	0.11	0.13
Apatite (ap)	0.83	0.79	0.79	0.9	0.88	0.83	1.07	0.41	0.63	0.67	1.48	1.11	0.95	0.97	0.09	0.07	0.07
Tennantite(tn)	1.24	0.97	0.95	1.43	1.26	1.26	1.32	1.39	1.47	1.19	1.63	3.40	1.62	1.38	-	0.08	0.13

จาก Harker variation diagrams ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟระหว่าง SiO_2 กับปริมาณ Major Oxide และ Minor Oxide ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.7-3.8 พบว่า เมื่อ SiO_2 มีปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของ Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , MnO ที่ลดลง ในขณะที่ปริมาณ K_2O , Na_2O เพิ่มขึ้น ซึ่งหินในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดมีแนวการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีที่สัมพันธ์กัน



รูปที่ 3.7 Harker variation diagram เป็นการพล็อตระหว่าง $\% \text{SiO}_2$ กับ $\% \text{Al}_2\text{O}_3$, $\% \text{CaO}$, $\% \text{MgO}$, $\% \text{K}_2\text{O}$, $\% \text{Na}_2\text{O}$, $\% \text{TiO}_2$, $\% \text{P}_2\text{O}_5$ และ $\% \text{MnO}$

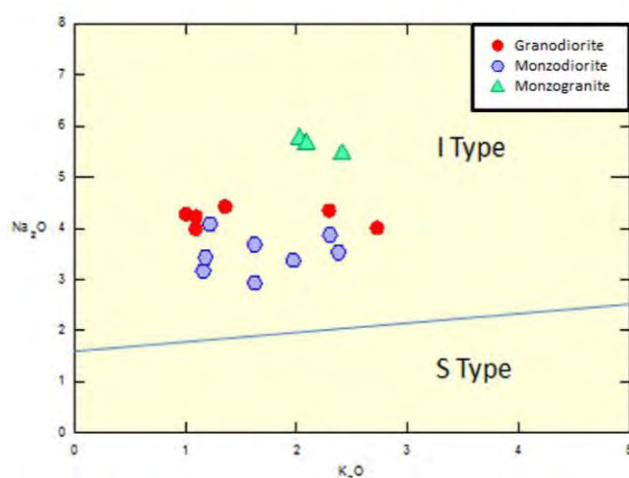
บทที่ 4

อภิปราย และสรุปผล

4.1 กำเนิดหินอัคนี

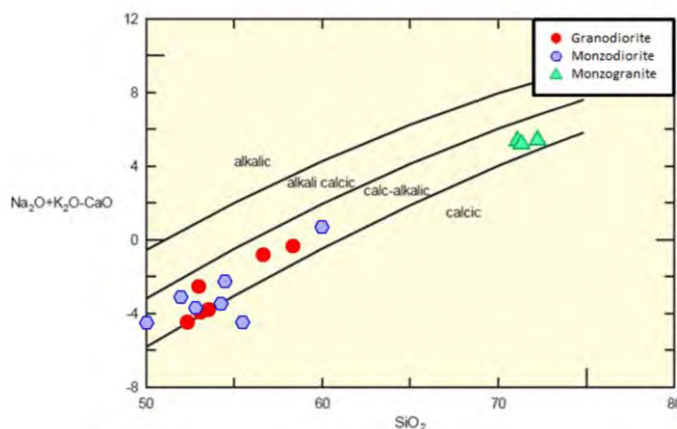
จากการทำการศึกษาดัวย่างหินสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ หินแกรโนไดออไรต์ หินมอนโซไดออไรต์ และหินมอนโซแกรนิต โดยหินแกรโนไดออไรต์มีแร่องค์ประกอบหลัก คือ Plagioclase (andesine), Quartz, K-Feldspar (orthoclase), Hornblende และ Biotite หินมอนโซไดออไรต์มีแร่องค์ประกอบหลัก คือ Plagioclase (andesine), K-Feldspar (orthoclase), Quartz, Hornblende และ Biotite และหินมอนโซแกรนิตมีแร่องค์ประกอบหลัก คือ Quartz, Plagioclase (andesine) และ K-Feldspar (orthoclase)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีหินทั้งก้อน และ นำผลที่ได้ไปพล็อตกราฟ Harker variation diagrams แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของ SiO_2 ที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์กับปริมาณของ Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , MnO ที่ลดลง ในขณะที่ปริมาณ K_2O , Na_2O เพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์กันของปริมาณแร่ดังกล่าว ทำให้ทราบว่าหินในพื้นที่ศึกษามีความสัมพันธ์กับการตกผลึก ลำดับส่วนโดยตรงจากหินหนืด (magma differentiation) และพล็อตค่าระหว่าง Na_2O กับ K_2O (Chappell and White, 1974) เพื่อจำแนกประเภทของตัวอย่างหิน พบว่าหินทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา มีการเกิดที่จัดเป็น I-type granite



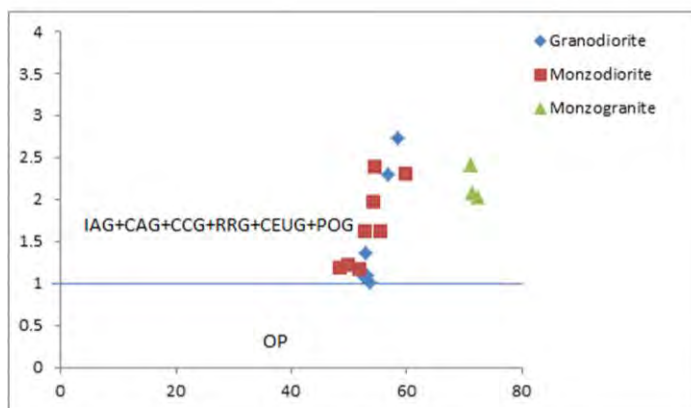
รูปที่ 4.1 แสดงการพล็อตกราฟระหว่าง Na_2O กับ K_2O (Chappell and White, 1974) จากรูปตัวอย่าง หินทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่ม I-type granite

การหาความสัมพันธ์ของหินในพื้นที่ศึกษากับหินหนืดต้นกำเนิด โดยใช้ค่า $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}$ กับ SiO_2 ในการพล็อตกราฟ พบว่าหินส่วนใหญ่ในพื้นที่สัมพันธ์กับ calc-alkaline magma และมีเพียงส่วนน้อยที่มีความสัมพันธ์กับ calcic magma



รูปที่ 4.2 แสดงการพล็อตกราฟระหว่าง $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}$ กับ SiO_2 พบว่าหินส่วนใหญ่ในพื้นที่สัมพันธ์กับ calc-alkaline magma

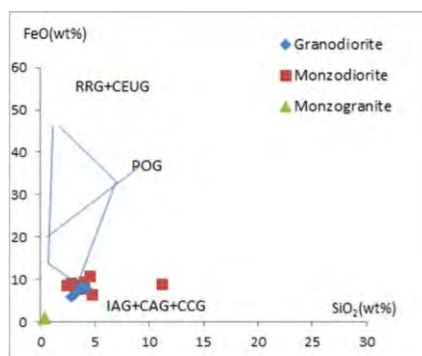
พล็อตค่าระหว่าง K_2O กับ SiO_2 (Maniar and Piccoli, 1989) ในการจำแนกประเภทธรณีแปรสัณฐานของหินในพื้นที่ศึกษา พบว่าหินในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่ม Island arc granitoids, Continental arc granitoids, Continental collision granitoids, Rift-related granitoids, Continentall epigenic uplift granitoids และ Post-orogenic granitoids



รูป 4.3 แสดงค่าระหว่าง K_2O กับ SiO_2 (Maniar and Piccoli, 1989) ในการจำแนกประเภทธรณีแปรสัณฐาน ซึ่งหินในพื้นที่ศึกษาจัดอยู่ในกลุ่ม IAG+CAG+CCG+RRG+CEUG+POG

Note: IAG=Island arc granitoids, CAG= Continental arc granitoids, CCG=Continental collision granitoids, RRG=Rift-related granitoids, CEUG=Continentall epigenic uplift granitoids, POG=Post-orogenic granitoids, OP=Oceanic plagiogranites.

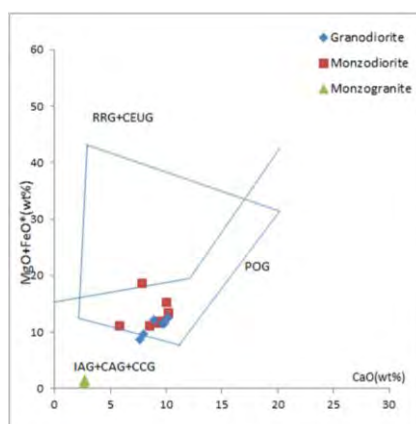
พล็อตค่าระหว่าง FeO กับ SiO₂ (Maniar and Piccoli, 1989) ในการจำแนกประเภทธรณีแปรสัณฐานของหินในพื้นที่ศึกษา พบว่าหินในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่ม Island arc granitoids, Continental arc granitoids และ Continental collision granitoids



รูปที่ 4.4 แสดงค่าระหว่าง FeO กับ SiO₂ ในการจำแนกประเภทธรณีแปรสัณฐาน ซึ่งหินในพื้นที่ศึกษาจัดอยู่ในกลุ่ม IAG+CAG+CCG

Note: IAG=Island arc granitoids, CAG= Continental arc granitoids, CCG=Continental collision granitoids, RRG=Rift-related granitoids, CEUG=Continental epigenic uplift granitoids, POG=Post-orogenic granitoids, OP=Oceanic plagiogranites.

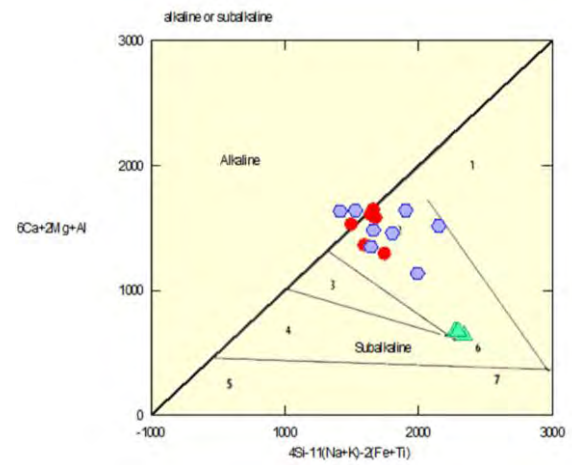
พล็อตค่าระหว่าง MgO+FeO กับ CaO (Maniar and Piccoli, 1989) ในการจำแนกประเภทธรณีแปรสัณฐาน ซึ่งหินในพื้นที่ศึกษาในกลุ่มของหินแกรโนไดออไรต์และมอนโซไดออไรต์จัดอยู่ในกลุ่ม Post-orogenic granitoids และหินในกลุ่มมอนโซแกรนิตจัดอยู่ในกลุ่ม Island arc granitoids, Continental arc granitoids และ Continental collision granitoids



รูปที่ 4.5 แสดงค่าระหว่าง MgO+FeO กับ CaO ในการจำแนกประเภทธรณีแปรสัณฐาน ซึ่งหินในพื้นที่ศึกษาในกลุ่มของหินแกรโนไดออไรต์และมอนโซไดออไรต์จัดอยู่ในกลุ่ม POG และหินในกลุ่มมอนโซแกรนิตจัดอยู่ในกลุ่ม IAG+CAG+CCG

Note: IAG=Island arc granitoids, CAG= Continental arc granitoids, CCG=Continental collision granitoids, RRG=Rift-related granitoids, CEUG=Continental epigenic uplift granitoids, POG=Post-orogenic granitoids, OP=Oceanic plagiogranites.

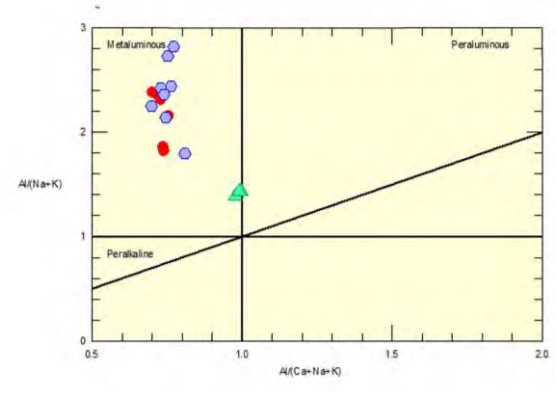
การจำแนกประเภทธรณีแปรสัณฐานของ Batchelor and Bowden,1985 พล็อตระหว่างค่า $4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti)$ กับ $6Ca+2Mg+Al$ พบว่าหินกลุ่มมอนโซไดออไรต์และแกรโนไดออไรต์มีค่าอยู่ในกลุ่ม Pre-plate collision และหินกลุ่มมอนโซแกรนิตมีค่าอยู่ในกลุ่ม Syn-collision



รูปที่ 4.6 แสดงระหว่างค่า $4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti)$ กับ $6Ca+2Mg+Al$ (Batchelor and Bowden,1985) ในการจำแนกประเภทธรณีแปรสัณฐาน พบว่าหินกลุ่มมอนโซไดออไรต์และแกรโนไดออไรต์มีค่าอยู่ในกลุ่ม Pre-plate collision และหินกลุ่มมอนโซแกรนิตมีค่าอยู่ในกลุ่ม Syn-collision

Note: 1 แทน Mantle Fractionates, 2 แทน Pre-plate collision, 3 แทน Post-collision uplift, 4 แทน Late-orogenic, 5 แทน Anorogenic, 6 แทน Syn-collision, 7 แทน Post-orogenic

พล็อตกราฟ Shand's index diagram โดยใช้ค่าสัดส่วนของ $Al/(Na+K)$ กับ $Al/(Ca+Na+K)$ (Maniar-Piccoli, 1989) ในการจำแนกลักษณะองค์ประกอบของหินที่ทำการศึกษา พบว่าหินทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่ม Metaluminous



รูปที่ 4.7 กราฟ Shand's index diagram (Maniar-Piccoli, 1989) แสดงสัดส่วนระหว่าง $Al/(Na+K)$ กับ $Al/(Ca+Na+K)$ ซึ่งกลุ่มหินตัวอย่างจัดอยู่ในกลุ่ม Metaluminous

4.2 สรุปผล

หินที่อยู่ในพื้นที่ศึกษามีองค์ประกอบเป็น metaluminous เกิดจากการตกผลึกแยกส่วนของ calc-alkaline magma ที่จัดเป็น I-type granite จากกระเปาะของหินหนืดที่มาจากการชนกันแล้วมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรลงภายใต้เปลือกโลกทวีปในแนว Ocean Island Arc โดยกระบวนการดังกล่าวเกิดบริเวณพื้นที่ศึกษา ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกับรอยตะเข็บน่าน-อุตรดิตถ์ จึงทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะมีความสัมพันธ์กับแนวตะเข็บธรณีสัณฐานดังกล่าว และมีความสัมพันธ์กับและการชนของแผ่นฉาน-ไทยและแผ่นอินโดจีน

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. 2540. *ธรณีวิทยาประเทศไทย*. พิมพ์ครั้งที่ 1 (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ดอกเบญจ, สำนักธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณีวิทยา, 628 หน้า.
- Batchelor, R.A. and P. Bowden, 1985. *Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters*. *Chemical Geology*, 48: 43-55
- Beckinsale, R. D., Suensilpong, S. and Walsh, J. N., 1979. *Geochronology and geochemistry of granite magnetism in Thailand in relation to a plate tectonic model*: *Journal of London Geology Sciences*, v.136, p. 529-540.
- Bunopas,S.1981.Paleogeographic history of western Thailand and adjacent parts of Southeast Asia – a plate tectonics interpretation. Ph.D.Thesis, Victoria University of Wellington, New Zealand. (reprinted 1982 as Geological Survey Paper No. 5,Department of Mineral Resources, Ministry of Industry,Thailand,810 p.)/
- Charusiri, P. 1989. *Lithophile metallogenic epochs of Thailand: a geological and geochronological investigation*. Unpublished Ph.D. thesis, Queen's University, Kingston, Canada, 819 pp.
- Charusiri, P., Clark, A. H., Farrar E., Archibald D. and Charusiri, B. 1993. *Granite belt in Thailand: evidence from the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological and geological syntheses*. *Journal of Southeast Asian Earth Science*, Vol. 8 Nos 1-4 : pp 127-136.
- Charusiri, P., Daorerk V. Archibald D. Hisada Ken-ichiro and Amphiwan T. 2002. Geotectonic evolution of Thailand: A new synthesis. *The Journal of Scientific Research Chulalongkorn University (Section T)*, Vol 1, No.1,pp 69-108.
- Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1974. Two contrasting Granite Types. *Pacific Geology*, v.8, pp.173-174.
- Huthchison, C.S. and Taylor, D., 1978. *Metallogenesis in S.E. Asia*. *Journal of London Geology Sciences*, v.135, pp.407-428.
- Ishihara, S., Sawata, H., Shibata, K., Terashima, S., Arrykul, S. and Sata, K. 1980. *Granites and Sn-W deposits of peninsular Thailand*. *Mining Geology* 30, 223-305.

- Mahawat, C. 1982. The petrochemistry and geochemistry of the granitic rocks of the Tak Batholith, Thailand. Unpublished Ph.D. thesis, University of Liverpool. 186 pp.
- Maniar, P.D. and P.M. Piccoli, 1989. *Tectonic discrimination of granitoids*. Geological Society of America Bulletin, 101: 635-643.
- Metcalf, I., 1999. *Gondwana dispersion and Asia accretion: an overview*. In I. Metcalfe (ed.), *Gondwana Dispersion and Asia Accretion*, Rotterdam, The Netherlands: A.A. Balkema Publishers. pp. 9-36.
- Nongsung, J., 2010. Petrochemistry of granite at Ban KM80 Amphoe Nadee Changwat Prachinburi, Senior Project, Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University. (Unpublished)
- Pitcher, W. S., 1983. *Granite: Typology, geological environment and melting relationship*. In: Atherton, M. P. & Gribble, C. D. Shiva (eds.): *Migmatites, Melting and Metamorphism*. Pub. Ltd., Cheshire, 277–285.
- Streckeisen, A. L., 1976. *Plutonic rocks – classification and nomenclature*. *Geotimes*, 1: 26-30.