



บทที่ 3

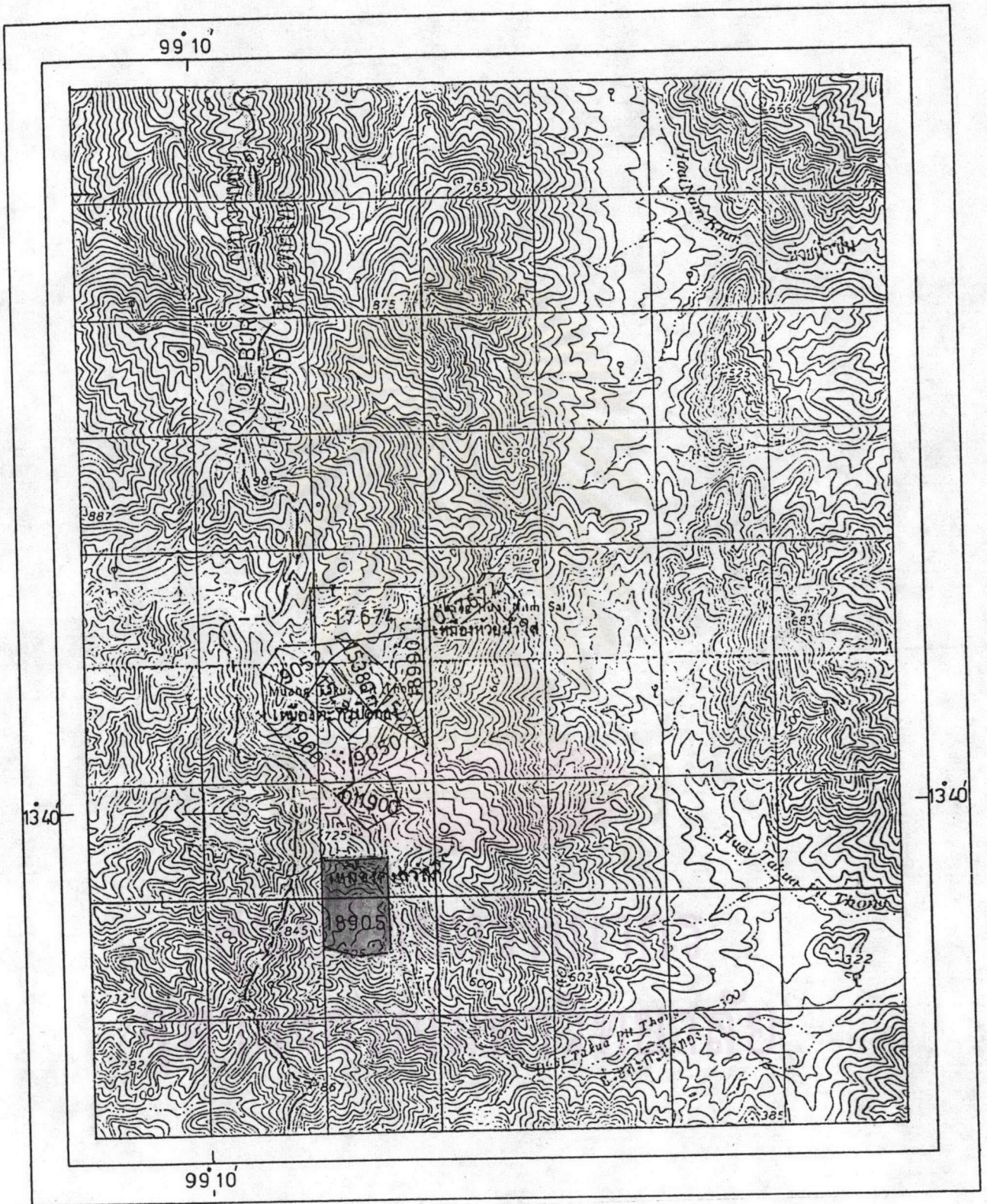
การศึกษาลักษณะทางแร่วิทยาและสัดส่วนแร่ที่อยู่ร่วมกัน

แร่เฟลด์สปาร์ที่ทำการวิจัยเป็นแร่เกรดต้นนำมาจาก แหล่งแร่เพกมาไทต์⁽⁴⁶⁻⁴⁸⁾ ของเหมืองแร่คงสวัสดิ์ ประทานบัตรเลขที่ 18905/12369 ตำบลโป่งกระทิง อำเภอสามง่าม จังหวัดราชบุรี ตั้งอยู่ที่ใกล้เขตชายแดนประเทศไทย และประเทศพม่า ดังแสดงตำแหน่งที่ตั้งตามแผนที่ภูมิประเทศ กรมแผนที่ทหารบก มาตรฐาน 1:50,000 ลำดับชุด L 7017 ระวังที่ 4836 III รูปที่ 3.1

การศึกษาทางแร่วิทยา^{นี้} เพื่อจำแนกชนิดแร่ที่อยู่ร่วมกัน ทั้งชนิดของแร่เฟลด์สปาร์ และแร่มลทิน โดยทำการศึกษาจากแร่ตัดบาง (Thin Section) ด้วยคุณสมบัติทางแสง และด้วยรังสีเอกซ์เลี้ยวเบน (X-Ray Diffraction, XRD) ซึ่งทำให้ทราบถึง สภาวะโครงสร้าง (Structure State) ของแร่บางชนิดที่อยู่ร่วมกัน (เทคนิควิธีการศึกษาตามรายละเอียดภาคผนวก ก, ค)

ส่วนการจำแนกชนิดแร่บางชนิดที่มีคุณสมบัติติดแม่เหล็ก ก็ใช้การแยกโดยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กความเข้มสูงชนิด Frantz Isodynamic (ตามรายละเอียดภาคผนวก ง)

สำหรับสัดส่วนของแร่ที่อยู่ร่วมกันนั้น ทำการศึกษาแร่ที่ผ่านการบดลดขนาด (Crushed Ore) ด้วยเครื่องบดหยาบ (Jaw Crusher) และ Hammer Mill จากเหมืองมาแล้ว โดยทำการกัดผิวแร่ (Stained) เพื่อการจำแนกชนิดแร่เฟลด์สปาร์ (ตามรายละเอียดภาคผนวก ข) และหาสัดส่วนแร่ที่มีขนาดเป็นอิสระ (Liberated Size) ของกัมและกัน ควบคู่กับการหาองค์ประกอบทางเคมี โดยเครื่องมือรังสีเอกซ์เรือง (X-Ray Fluorescence, XRF) และอะตอมมิค แอ็บซอร์บชัน (Atomic Absorption Spectrometer, AAS) ในรูปร้อยละของออกไซด์ของธาตุ (ตามรายละเอียดภาคผนวก จ, ฉ ตามลำดับ) แล้วใช้การคำนวณจากองค์ประกอบทางเคมีเป็นสัดส่วนแร่ที่อยู่ร่วมกัน โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CIPW NORM Ver.1.0⁽⁶⁴⁾



รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงจุดที่ตั้งแหล่งแร่ ■ มาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด
L 7017 ราวที่ 4836 III (85)

3.1 การศึกษาลักษณะทางแร่วิทยาเพื่อการจำแนกชนิดแร่

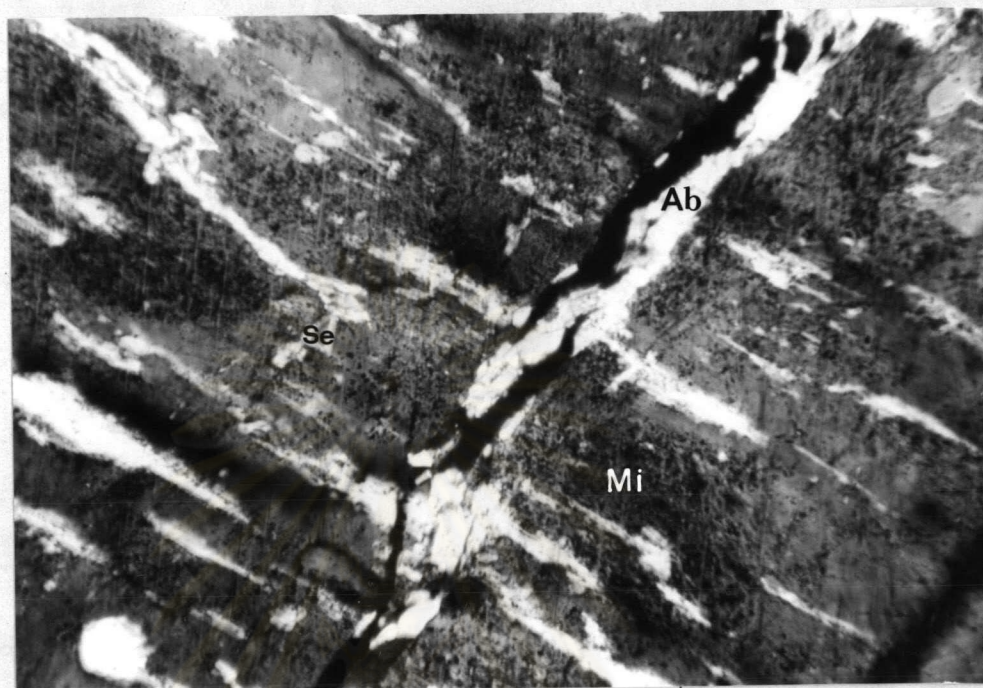
แร่วิทยาเป็นบรรทัดฐานของการแต่งแร่ เนื่องจากสามารถจำแนกชนิดแร่ที่อยู่ร่วมกัน, การแสดงเนื้อ (Texture), สัดส่วนของแร่ที่อยู่ร่วมกัน (Mineral Composition), การเป็นผลึกเนื้อแยก (Exsolution), การเกาะเกี่ยวของแร่ที่อยู่ร่วมกัน (Intergrowth) และขนาดของแร่ที่อยู่ร่วมกัน ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงการ बदลดขนาด และความสามารถของการแต่งแร่ โดยกรรมวิธีต่างๆ แร่เฟลด์สปาร์เป็นแร่โปร่งแสงจึงใช้แร่ตัดบาง (Thin Section) ในการจำแนก และศึกษาชนิดแร่เฟลด์สปาร์และแร่มอลทิน, วัดขนาดของแร่ ส่วนการศึกษาการยับเม็ดของการกัดผิว เป็นการหาลักษณะของขนาดที่เป็นอิสระ ที่ล้าหลังการวัดขนาดจากแร่ตัดบางไม่เพียงพอ ซึ่งเกิดเนื่องจากกลไกของการ बदลดขนาดมิได้ทำให้แร่ที่อยู่ร่วมกันแตกหักตามขอบเม็ดแร่ (Grain Boundary)

3.1.1 การศึกษาจากแร่ตัดบาง (Thin Section)

ตัวอย่างจากหินแร่ที่นำเหมืองและหินแร่ตัดด้วยมือ (Hand Sorting) ซึ่งเป็นตัวแทนลักษณะของแหล่งแร่เพกมาไทต์นี้ นำมาตัดเป็นแผ่นบาง (ตามเทคนิคการทำแร่ตัดบาง ภาคผนวก ก) จำนวน 22 แผ่น หลังจากนั้นจึงเก็บเอาหินตัดเรียบ (Rock Slab) ที่เหลือเพื่อเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบอ้างอิงของการมองด้วยตาเปล่า (Naked Eyes) กับลักษณะแร่ตัดบางที่สังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์ รายละเอียดผลการศึกษาแร่ตัดบาง มีดังนี้

ก) แร่เฟลด์สปาร์ จากลักษณะแหล่งแร่เพกมาไทต์นี้ทั้งแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ หรือแอลคาไลเฟลด์สปาร์ และแพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ :-

- แอลคาไลเฟลด์สปาร์ เป็นแร่ไมโครไคลน์, $KAlSi_3O_8$ รูปผลึกสามแกนเอียง สีที่พบในแร่ตัดบางไม่มี แต่มักขุ่นมัวอันเนื่องจากการผุพัง (Altered) รูปทรง (Shape) เป็น Subhedral แนวแตกเรียบเตี้ยชัด พื้นผิวแสดงผลึกผสมเนื้อแยก (Exsolution) ของแร่แอลไบต์ลักษณะเป็นริ้วขาว (Lamellae) จัดเป็นไมโครไคลน์-ไมโครเพอร์ไทต์ เนื่องจากไม่สามารถเห็นด้วยตาเปล่า ริ้วกว้างขนาดไม่เกิน 18 ไมครอน และในเนื้อแร่ไมโครไคลน์มีแร่เซริไซต์ (Sericite) หรือมีสโควด์ขนาดเล็กละเอียด เป็นจุด ๆ แทรกอยู่ตามแนวแตกเรียบและขอบของริ้วแอลไบต์ที่อยู่ในแร่ไมโครไคลน์ พิจารณาลักษณะดังกล่าวข้างต้น ตามรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แร่ไมโครไคลน์ (Mi) แสดงผลึกผสมเนื้อแยก (Exsolution) ของแร่แอลไบต์ (Ab) และแร่เซริไซต์ (Se) ที่กระจายไปทั่ว (แร่ตัดบาง, 50X, X-Nicol)

- แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ เป็นแร่แอลไบต์ ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) ไม่มีสี ภายใต้อกล้องจุลทรรศน์ รูปทรงที่พบเป็นแผ่น (Plate) ที่เด่นชัดคือมีผลึกแฝด (Twin Crystal) ของ Albite Twin และ Carlsbad Albite Twins และมักมีแร่มีสโคไวต์ แทรกอยู่ทั่วไปของแร่ตัดบาง พิจารณาลักษณะแร่แอลไบต์ ตามรูปที่ 3.3

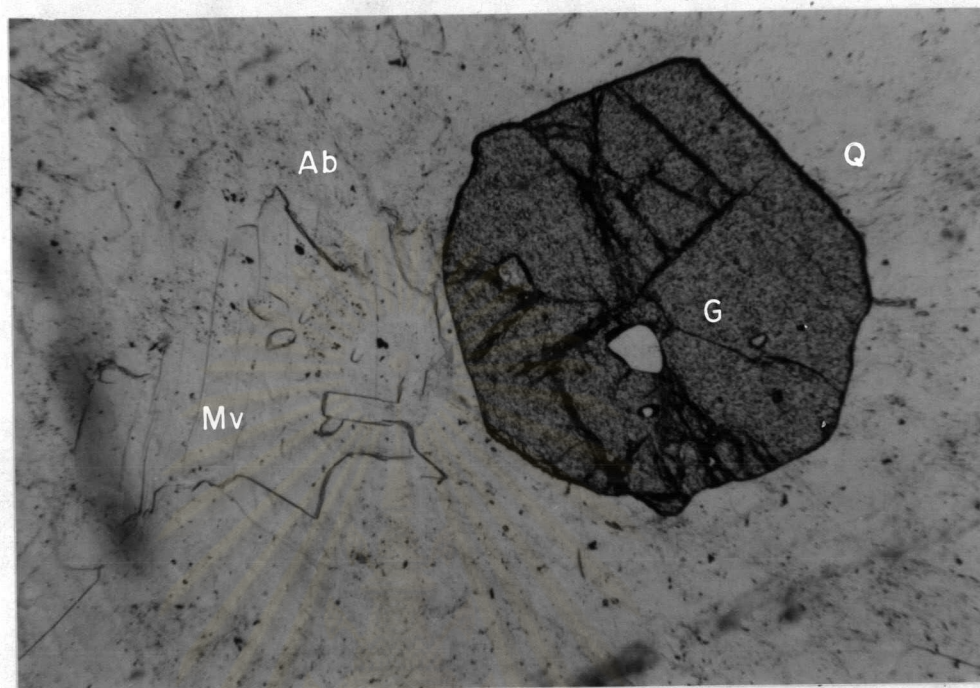
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



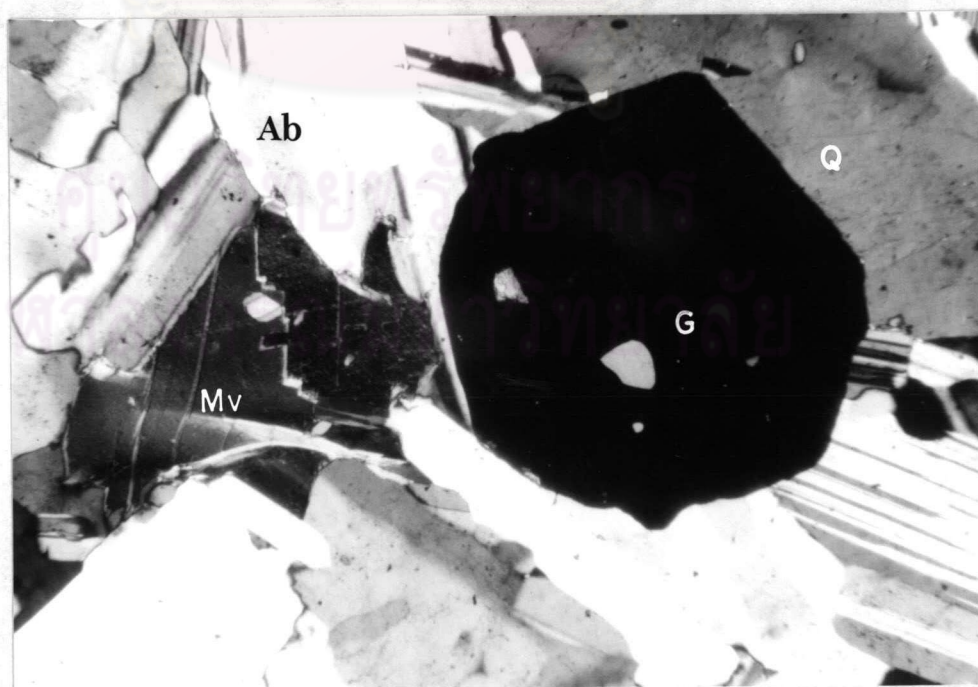
รูปที่ 3.3 แร่แอลไบต์ (Ab) แสดงผลึกแฝดแอลไบต์ (แร่ตัดบาง, 25X, X-Nicol)

ข) แร่ควออร์ตซ์, SiO_2 ไม่มีสีในแร่ตัดบาง ลักษณะรูปทรงส่วนใหญ่เป็น Anhedra โดยทั่วไปมักแทรกอยู่ร่วมกับผลึกแฝดแอลไบต์ ขนาดแร่ที่วัดได้ ตั้งแต่ 90-3,600 x 90-1,800 ไมครอน

ค) แร่การ์เนต ที่พบสีออกน้ำตาลถึงแดง รูปทรง 6 เหลี่ยม มี Relief สูง การอยู่ร่วมกับแทรกบริเวณแร่ควออร์ตซ์ และบริเวณแร่แอลไบต์ขนาดแร่ตั้งแต่ 180-3,060 x 160-2,880 ไมครอน จากการทดสอบโดยการแยกด้วยอำนาจแม่เหล็ก โดย Frantz Isodynamic ของแร่แต่ละช่วงกระแสไฟฟ้าสามารถแยกได้ที่ 0.4-0.6 แอมป์ จึงจัดว่าเป็นแร่ที่มีธาตุติดแม่เหล็ก เป็นทั้งแร่แอลมันไดต์ (Almandite) มีสูตรเคมี $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ และ สเปสซาร์ไทต์ (Spessartite) มีสูตรเคมี $\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ ที่เป็นผลึกผสมเนื้อเดียวกัน (18-19, 24-25) พิจารณารูปที่ 3.4 และ 3.5

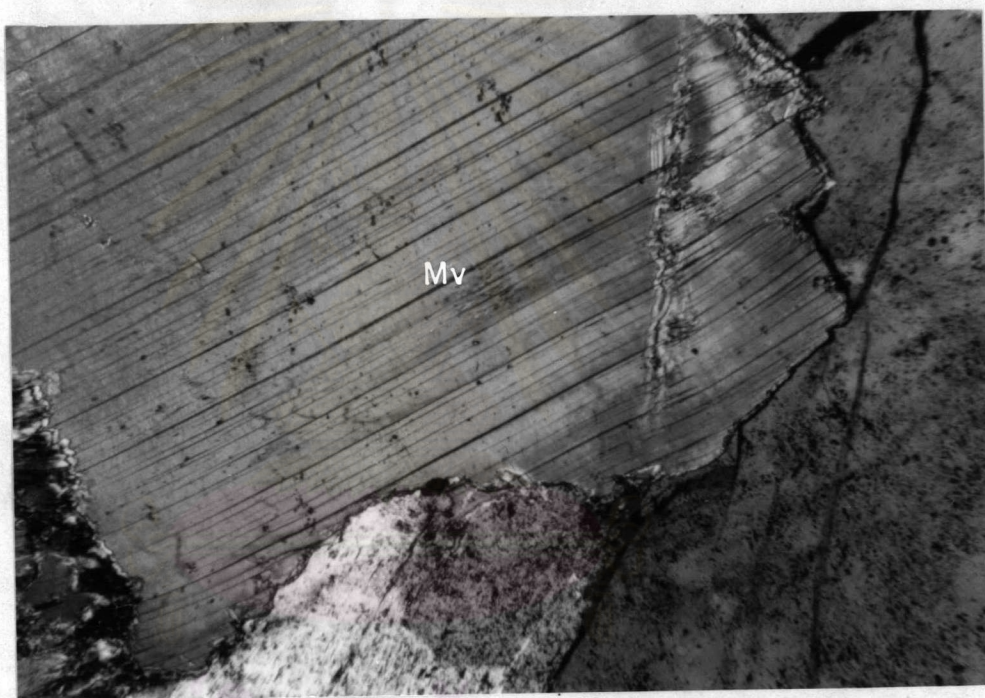


รูปที่ 3.4 แร่การ์เนต (G), มัสโคไวต์ (Mv), ควออตซ์ (Q) ในแร่แอลไบต์ (Ab) (แร่ตัดบาง, 25X, แสงโพลาไรซ์)



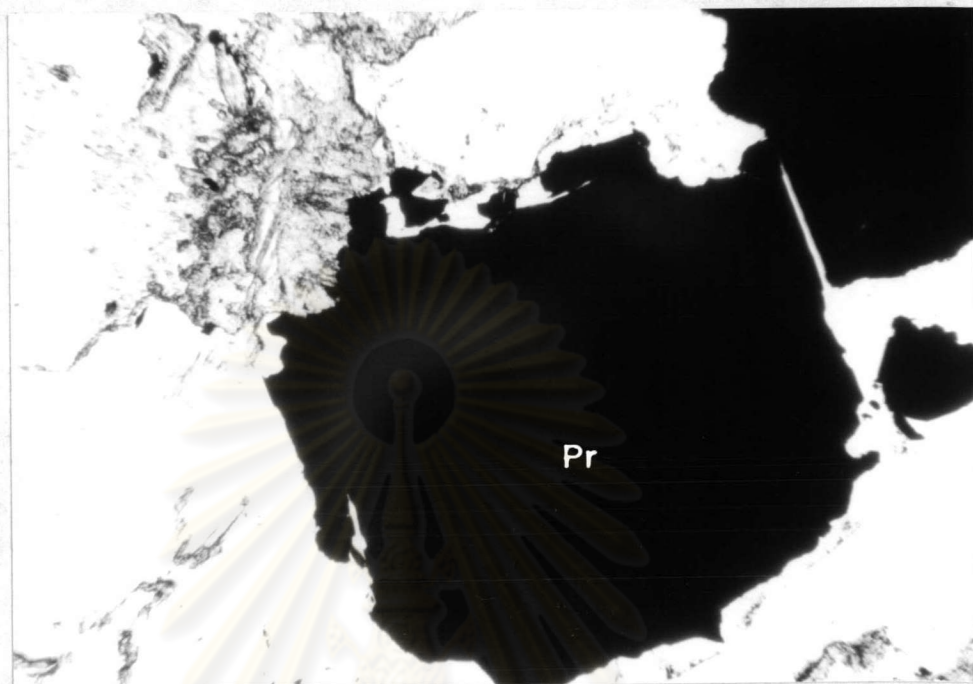
รูปที่ 3.5 แร่การ์เนต (G), มัสโคไวต์ (Mv), ควออตซ์ (Q), ในแร่แอลไบต์ (Ab) (แร่ตัดบาง, 25X, X-Nicol)

ง) แร่ไมกา เป็นแร่มีสโคไวต์ มีสูตรเคมี $KAl_2(OH)_2(AlSi_3O_{10})$ ไม่มีสีในแร่ตัดบาง แสดงแนวแตกเรียบ 1 ทิศทางชัดเจน และแสดงสีแทรกสอด (Interference Color) สีสานเย็น, เขียว, น้ำเงิน และเหลือง ภายใต้ X-Nicol มักอยู่บริเวณแร่แอลไบต์ หรือกลุ่มผลึกเฟลด์สปาร์ ขนาดแร่ตั้งแต่ 18-900 x 18-2,700 ไมครอน ที่พบขนาดละเอียด เป็นแร่เซริไซต์ ที่อยู่ในแร่ไมโครโคลน ดังกล่าวในข้อ ก) แร่มีสโคไวต์ พิจารณาตามรูปที่ 3.6 ซึ่งแยกออกด้วยอำนาจแม่เหล็กโดย Frantz Isodynamic ที่กระแสไฟฟ้า ประมาณ 1.0 แอมป์ ขึ้นไป



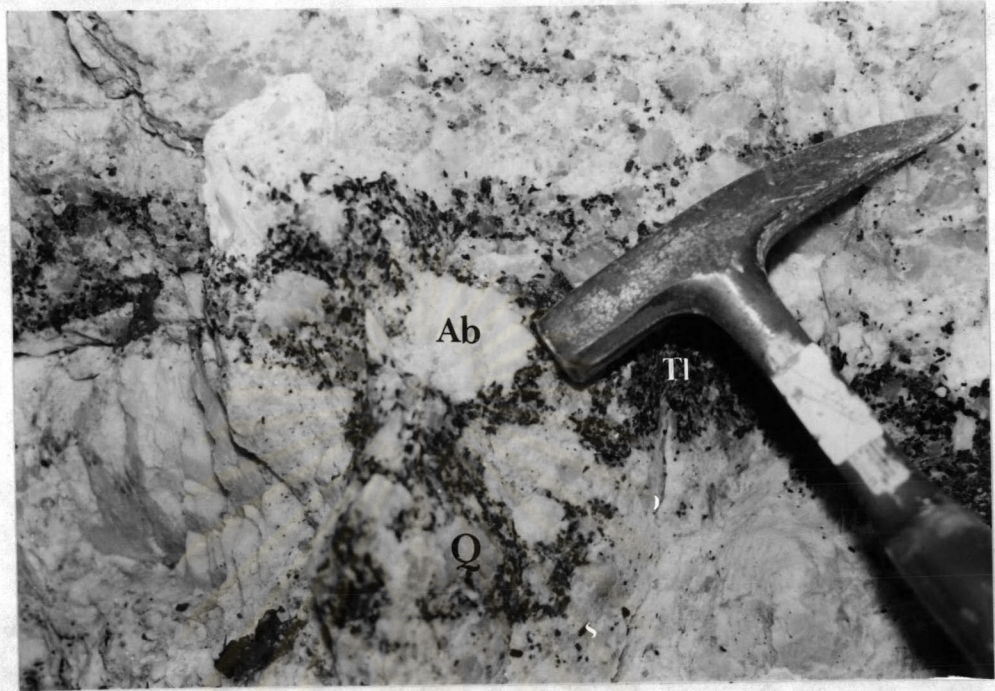
รูปที่ 3.6 แร่มีสโคไวต์ (Mv) แสดงสีแทรกสอด (Interference Color) (แร่ตัดบาง, 50X, X-Nicol)

จ) แร่ไพไรต์, FeS_2 เป็นแร่ทึบแสง รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส พบบริเวณรอยแตกที่มีคราบของน้ำเหล็กของแหล่งแร่ ทำให้มีการเคลือบผิวแร่เฟลด์สปาร์และควออตซ์ ขนาดแร่ไพไรต์ ประมาณ 270-1,440 x 180-1,080 ไมครอน พิจารณาตามรูปที่ 3.7

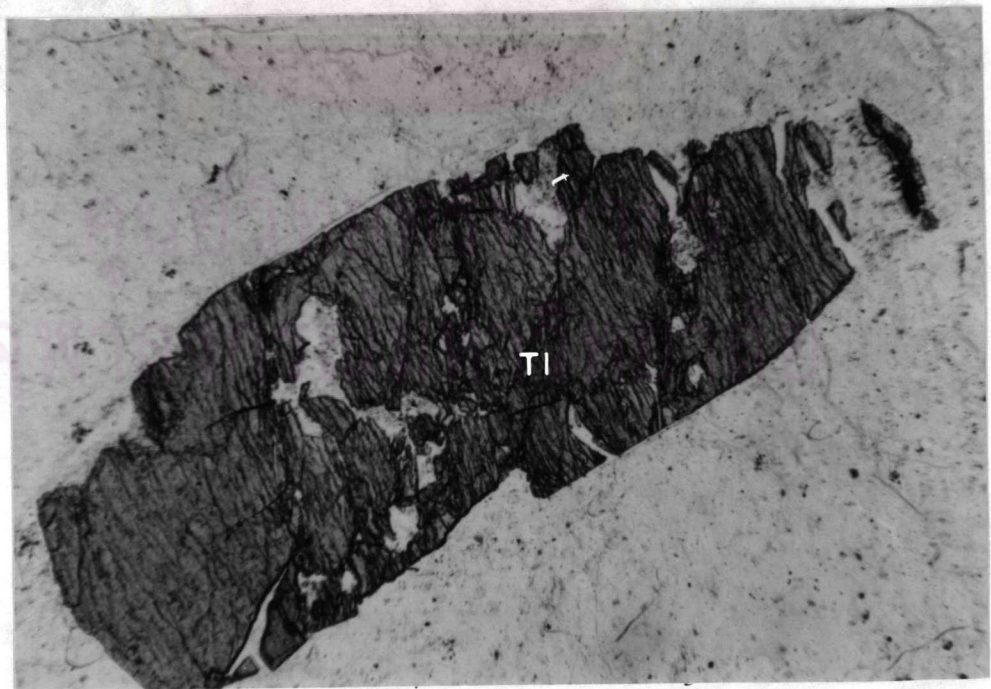


รูปที่ 3.7 แร่ไพไรต์ (Pr) (แร่ตัดบาง, 25X, แสงโพลาไรซ์)

จ) แร่ทัวร์มาลีน มีสูตรเคมีทั่วไปคือ $\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Li}, \text{Al})_3\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH}, \text{F})_4$ ในที่นี้มองด้วยตาเปล่าเป็นสีดำ แร่ตัดบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ มีสีออกน้ำตาลอ่อนแสดงการเปลี่ยนสี (Pleochroism) รูปผลึกเป็นแท่ง (Column) ยาว มีรอยแตกไม่เป็นระเบียบ (Irregular Fracture) เป็นแร่ชอร์ไลต์ (Schorlite) หรือ Iron Tourmaline, $\text{NaFe}_3\text{B}_3\text{Al}_3(\text{OH})_4(\text{Al}_3\text{Si}_6\text{O}_{27})$ ซึ่งแยกโดยอำนาจแม่เหล็กโดย Frantz Isodynamic ที่ 0.6-0.8 แอมป์ มักพบเป็นเพื่อนแร่ในแหล่งแร่เพกมาไทต์เสมอ^(23-25, 49-51) ขนาดแร่ตั้งแต่ 360-2,160 x 1,808-7,020 ไมครอน รูปที่ 3.8 แสดงจุดเก็บตัวอย่างแร่ตัดบาง ของแร่ทัวร์มาลีนที่ฝังประของลิ้มแร่หน้าเหมือง และรูปที่ 3.9 แสดงภาพภายใต้แสงโพลาไรซ์ การเกิดแทรกในแร่ควออตซ์ และแร่เฟลด์สปาร์ ตามขอบบริเวณผลึกแฟลด์แอลไบต์ และรูปที่ 3.10 ภายใต้ X-Nicol



รูปที่ 3.8 แร่ทิวรมาลีน (Tl) ฝังประในสินแร่หน้าเหมือง เช่น แอลไบต์ (Ab) และควอรตซ์ (Q)



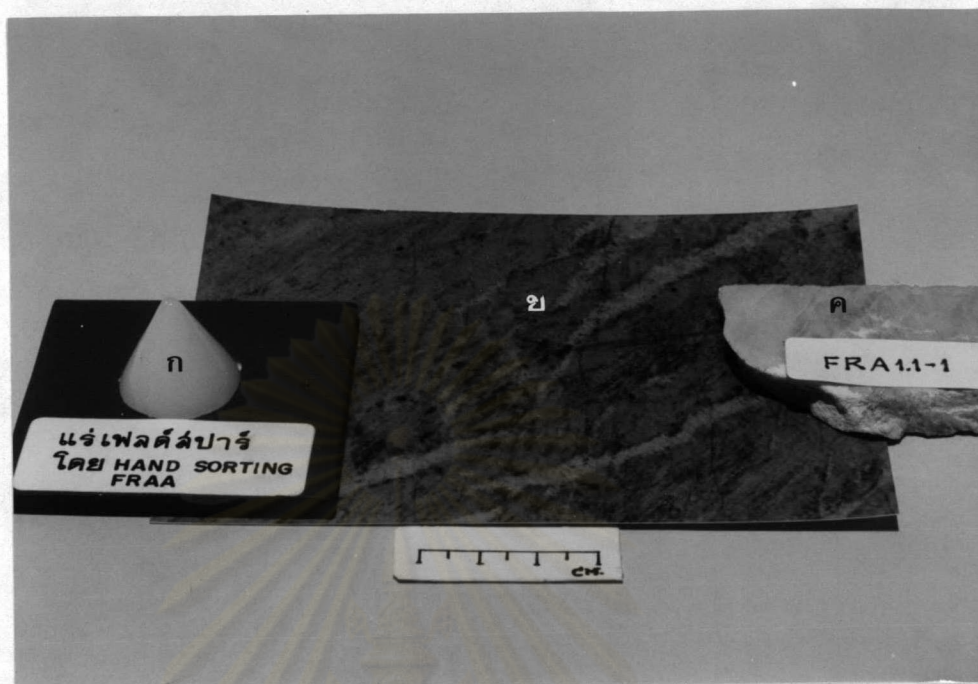
รูปที่ 3.9 แร่ทิวรมาลีน (Tl) (แร่ตัดบาง, 25X, แสงโพลาไรซ์)



รูปที่ 3.10 แร่ทิวร์มาลีน (T1), (แร่ตัดบาง, 25X, X-Nicol)

ผลจากการทดสอบการเผารูปกรวย (Cone Firing Test) ที่ 1,200 องศาเซลเซียส (ตามรายละเอียดวิธีทำภาคผนวก ข) ของหินแร่คัดโดยมือ (Hand Sorting) พิจารณาประกอบกับภาพแร่ตัดบาง และผิวแร่ผ่านการกัดผิว ดังแสดงตามรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12 ของหินแร่หน้าเหมือง, ภาพแร่ตัดบาง และหินตัดเรียบ ซึ่งผ่านการกัดผิว (Stained Rock Slab)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.11 ก) ผลการเพารูปกรวยแร่เฟลด์สปาร์คัดด้วยมือ (Hand Sorting),
 ข) ภาพแร่ตัดบางของไมโครโคลน์-ไมโครเพอร์ไทต์,
 ค) หินตัดเรียบผ่านการกัดผิว (Stained Rock Slab)



รูปที่ 3.12 ก) ผลการเพารูปกรวยของหินแร่หน้าเหมืองตามรูปที่ 3.8,
 ข) ภาพแร่ตัดบาง ของแร่ทัวร์มาลีน (T1), 25X, ภายใต้ X-Nicol,
 ค) หินตัดเรียบผ่านการกัดผิว (Stained Rock Slab)

โดยพื้นฐานทางแร่วิทยา ผลการตรวจสอบจากแร่ตัดบางที่กล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่า เนื่องจากการกำเนิดแหล่งแร่ ในการทำเหมืองเปิด ซึ่งทำการระเบิดแร่แล้ว การคัดเลือกแร่ด้วยมือ ย่อมมีขีดจำกัดมักทำให้แร่เกรดต่ำ (มีแร่มลทินปนอยู่) มีมาก รวมทั้งคุณภาพของแร่ที่ได้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ

การวัดขนาดของเม็ดแร่ในแร่ตัดบางของแร่ที่อยู่ร่วมกัน ดังแสดงตามตารางที่ 3.1 ซึ่งทำให้ทราบขีดจำกัดการทำงานทั้งการบดลดขนาด และการแต่งแร่ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

ตารางที่ 3.1

ขนาดแร่วัดจากแร่ตัดบาง

ชนิดแร่	ลักษณะรูปทรง	ขนาดเฉลี่ยที่วัดได้ (ไมครอน)	
ก. แร่เฟลด์สปาร์	- ริ้วแอลไบต์ในไมโครโคลน	18-180 x 90-3,600	
	- ฟลิกแฟคแอลไบต์	18-360 x 234-4,320	
ข. แร่ควอร์ตซ์	Anhedral	90-1,800 x 90-3,600	
ค. แร่การ์เนต	6 เหลี่ยม	160-2,880 x 180-3,060	
ง. แร่ไมกา :-	- มัสโคไวต์	เป็นแผ่น	18-900 x 18-2,700
	- เซริไซต์	จุด ๆ ในไมโครเพอร์ไทต์	3.8 - 18
จ. แร่ไพไรต์	4 เหลี่ยมจัตุรัส	180-1,080 x 270-1,440	
ฉ. แร่ทัวร์มาลีน	แท่ง	360-2,160 x 1,080-7,020	

3.1.2 การศึกษาการจำแนกชนิดแร่โดยวิธีรังสีเอกซ์เลี้ยวเบน

จากข้อมูลทางแร่วิทยาของการจำแนกชนิดแร่จากแร่ตัดบางโดยใช้ คุณสมบัติทางแสงดังที่กล่าวในหัวข้อ 3.1.1 แล้วนั้น นำมาใช้เป็นประโยชน์ในการจำแนกชนิดแร่โดยรังสีเอกซ์เลี้ยวเบน ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงสภาวะโครงสร้าง (Structure State) หรืออุณหภูมิของการตกผลึก โดยเฉพาะแร่เฟลด์สปาร์ และควออตซ์

ลำดับการศึกษาการจำแนกชนิดแร่โดยรังสีเอกซ์เลี้ยวเบน มีดังนี้คือ

ก) ศึกษาตัวอย่างแร่มาตรฐาน เช่น แร่เฟลด์สปาร์จากประเทศฟินแลนด์ (KF-1, KF-2), แร่เฟลด์สปาร์จากประเทศญี่ปุ่น (JF-2), แร่ควออตซ์ (QTZ(CL))

ข) ศึกษาตัวอย่างสินแร่หน้าเหมือง เช่น แร่เฟลด์สปาร์ตัดขาย ด้วยมือ (Hand Sorting) เกรดต่างๆ เช่น FRAA, FRA1-1, FRA-2, FRB, สินแร่หน้าเหมือง (FGQT), แร่ไมกา-มัสโคไวต์ (FM) และแร่ติดแม่เหล็กโดย Frantz Isodynamic (FGTM) เป็นต้น

รายละเอียดการจำแนกข้อ ก) และ ข) ดังแสดงตามภาคผนวก ค ซึ่งแสดงผลการวัด (Measurement) ค่าของการนับ (Count) ที่ 2θ ที่ค่า d-Spacing ต่าง ๆ และการจำแนกหรือ Search Match ที่สอดคล้องกับรูปแบบ (Pattern) ของ d-Spacing ชนิดแร่ นั้น ๆ ตาม Powder File Diffraction ของ JCPDS⁽⁶⁶⁾ โดยมีข้อมูลพื้นฐานของการศึกษาจาก แร่ตัดบาง, Frantz Isodynamic ช่วยประกอบในการจำแนกชนิดแร่ชัดเจนยิ่งขึ้น

จากข้อมูลของการศึกษาโดยรังสีเอกซ์เลี้ยวเบน ทำให้สามารถกล่าวถึงแร่เฟลด์สปาร์, แร่ควออตซ์ และแร่อื่น ๆ ดังนี้คือ

3.1.2.1 แร่เฟลด์สปาร์ ประกอบด้วยแอลคาไลเฟลด์สปาร์ ชนิดไมโครไคลน์, ไมโครไคลน์-ไมโครเพอร์ไทต์ สภาวะโครงสร้างอุณหภูมิการเกิดระดับกลาง (Microcline, Microcline Microperthite, Intermediate)⁽¹⁸⁻²⁵⁾

- แร่แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์เป็นชนิด แร่แอลไบต์ อุณหภูมิการเกิดระดับต่ำ (Albite, Low) หรือการกระจายตัวของ Al-Si เป็นไปอย่างมีระเบียบ (Ordered)⁽¹⁸⁻²⁵⁾

3.1.2.2 แร่ควออตซ์ สภาวะโครงสร้างอุณหภูมิการเกิดต่ำ (SiO_2 , Quartz, Low or α - Quartz)⁽¹⁸⁻²⁵⁾

3.1.2.3 แร่มีสโคไวต์ ชนิด Muscovite, $2M_1$ หรือมีโครงสร้างผลึกสามแกนเอียง ชนิด $2M_1$ ⁽¹⁸⁻²⁵⁾

3.1.2.4 แร่ทิวร์มาลีน ชนิด ชอร์ไลต์ (Schorlite) ⁽¹⁸⁻²⁵⁾

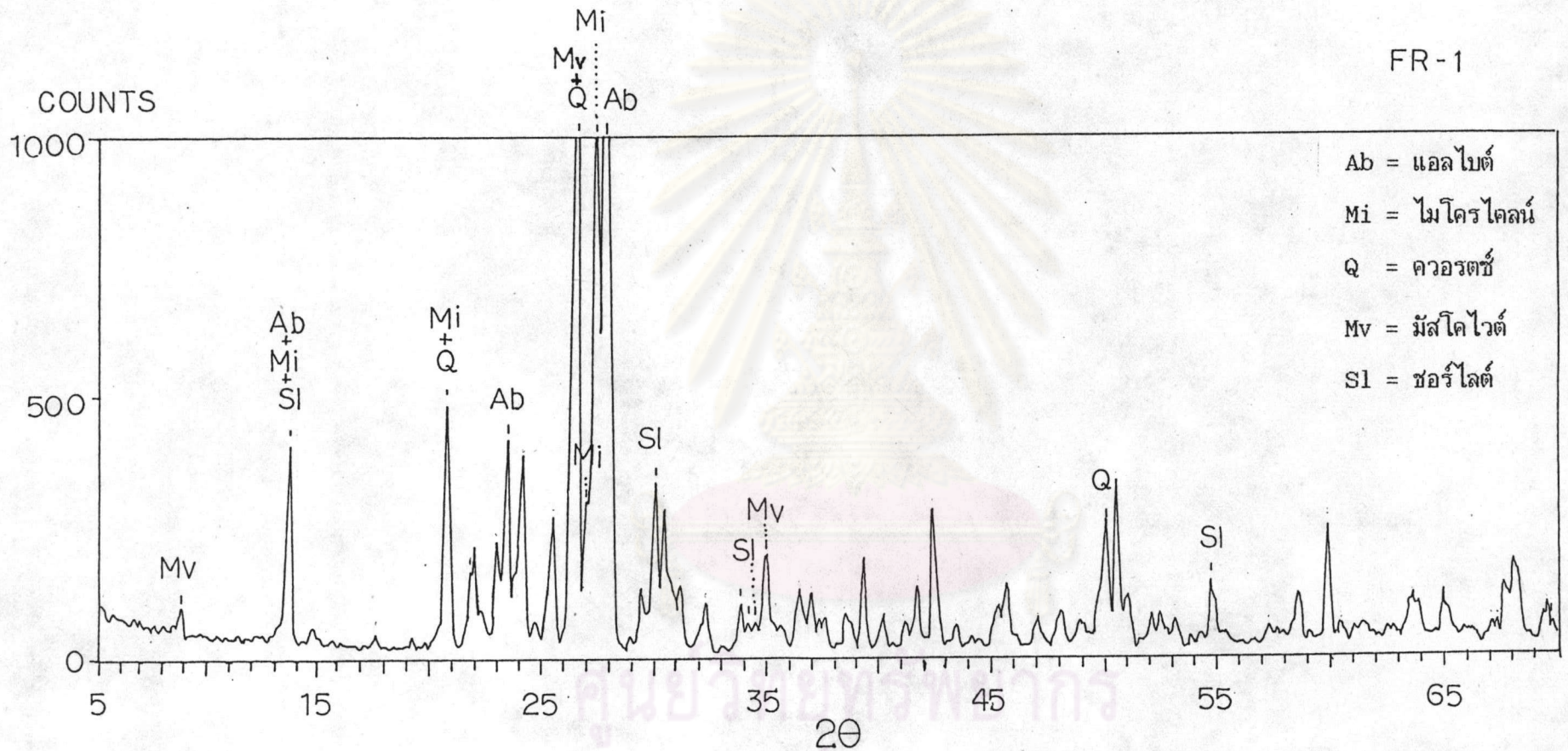
ส่วนแร่คาร์เนต ไพไรต์ และเชริไซต์ ลำพังในการจำแนกโดยรังสีเอกซ์ เลี้ยวเบน ไม่สามารถแสดงได้ชัดเจน เนื่องจากมีปริมาณน้อย (ต่ำกว่าร้อยละ 2 รายละเอียด ในหัวข้อ 3.2) ต้องใช้การผสมผสานของ การศึกษาแร่ตัดบาง, การติดแม่เหล็ก และการพิจารณาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ขณะการนับเม็ด

จากการศึกษาการจำแนกชนิดแร่ดังกล่าวข้างต้น พิจารณาผลการวัดของแร่ ป้อน (Bulk Feed) สามารถนำไปสู่การจำแนกชนิดแร่ ตามรูปที่ 3.13 , 3.14 ตามลำดับ

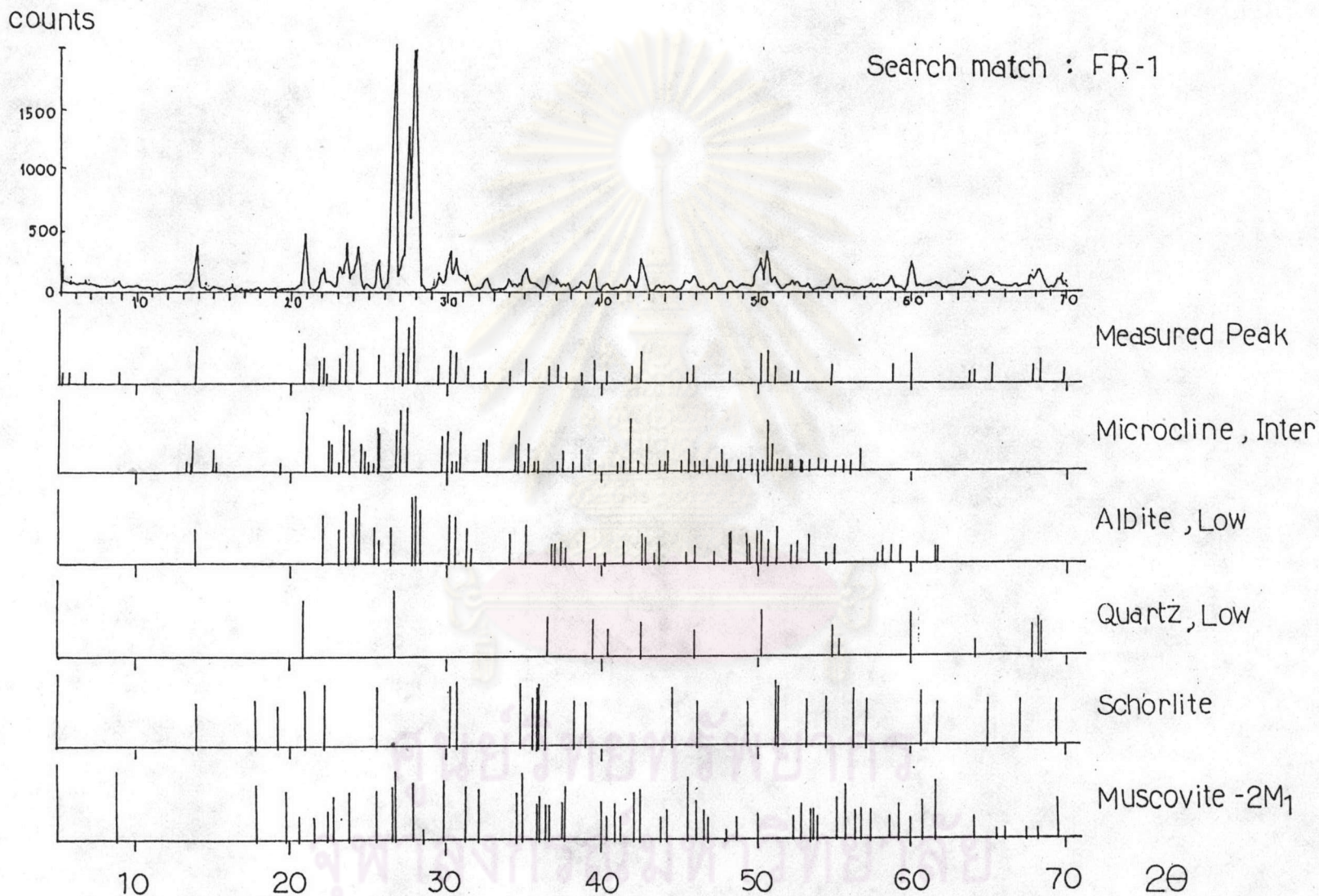
3.2 การศึกษาสัดส่วน, ขนาดแร่ที่อยู่ร่วมกัน และผลวิเคราะห์ห้องค้ประกอบทางเคมี

ผลการศึกษาจำแนกชนิดแร่, ขนาดเม็ดแร่จากแร่ตัดบางและรังสีเอกซ์เลี้ยวเบนทำให้ทราบถึงชนิดแร่เฟลด์สปาร์และแร่มลทิน จึงทำการศึกษาลักษณะชนิดแร่ที่ผ่านการบด (Crushed Ore) เพื่อหาความเป็นอิสระของแร่ที่อยู่ร่วมกัน โดยแบ่งตามช่วงขนาด +10, +18, +35, +60, +120, +230, -230 เมช (ASTM) การกระจายตัวของขนาดตามตารางที่ 3.2 และ กราฟรูปที่ 3.15 ที่ร้อยละ 80 ของน้ำหนักสะสมผ่านตะแกรงมีขนาด 900 ไมครอน (~19 เมช ASTM)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.13 ผลการวัด (Measurement) ของแร่ป้อน (Bulk Feed, FR-1) โดยรังสีเอกซ์เลี้ยวเบน



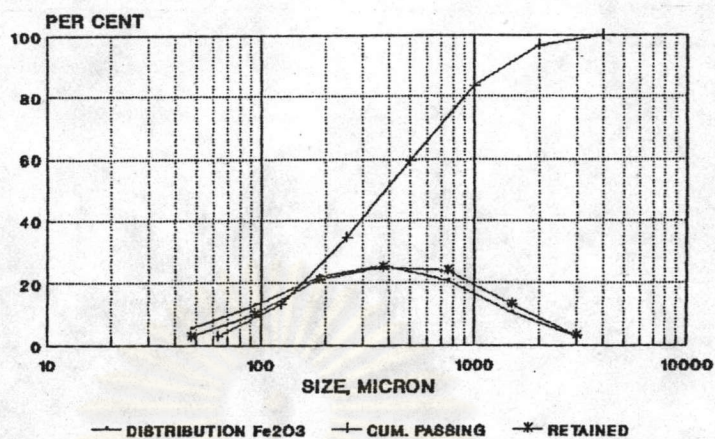
รูปที่ 3.14 ผลการจำแนกชนิดแร่ (Search Match) ของแร่ป้อน (Bulk Feed, FR-1) โดยรังสีเอกซ์เลี้ยวเบน

ตารางที่ 3.2

การกระจายตัวของขนาดแร่บด (Crushed Ore)

ช่วงขนาดแร่		ขนาดเฉลี่ย (ไมครอน)	การกระจายตัวของขนาด (ร้อยละ)			ปริมาณ Fe_2O_3	
เมช	ไมครอน		น.น. ค้างตะแกรง	น.น. สะสม ค้างตะแกรง	น.น. สะสม ผ่านตะแกรง	Fe_2O_3 (ร้อยละ)	การกระจายตัว (ร้อยละ)
-5 + 10	4,000/2,000	3,000.0	3.28	3.28	100.00	0.229	2.88
-10 + 18	2,000/1,000	1,500.0	13.18	16.46	96.72	0.212	10.73
-18 + 35	1,000/500	750.0	24.04	40.50	83.54	0.225	20.81
-35 + 60	500/250	375.0	25.05	65.55	59.50	0.266	25.62
-60 + 125	250/125	187.5	21.30	86.85	34.45	0.269	22.04
-120 + 230	125/63	94.0	10.17	97.02	13.15	0.328	12.85
-230	63/	47.5	2.98	100.00	2.98	0.478	5.46
รวม			100.00			0.261	100.00

ทำการทดสอบโดยเฟาแร่รูปกรวย ดังรูปที่ 3.16, 3.17 ผลการวิเคราะห์ร้อยละ Fe_2O_3 และการหัดตัวโดยปริมาตรของแร่แต่ละช่วงขนาด ตามตารางที่ 3.3, 3.4



รูปที่ 3.15 การกระจายตัวขนาดของแร่บด (Crushed Ore)

ตารางที่ 3.3

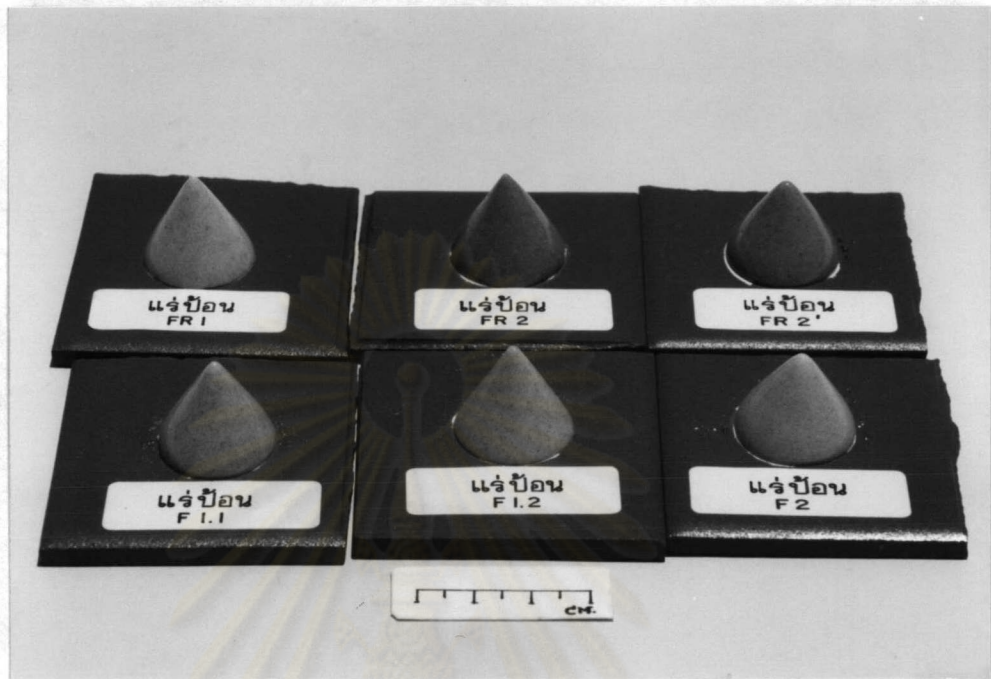
ร้อยละ Fe_2O_3 และการหัตถ์โดยปริมาตรของแร่บดรวมหลังการเผาปรุกรวย

รหัส	รายละเอียด	Fe_2O_3 *** (ร้อยละ)	การหัตถ์โดยปริมาตร (ร้อยละ)
FR1	แร่บด* (Crushed Ore)	0.260	41.80
FR2	แร่บด** (Crushed Ore)	0.300	37.59
FR2'	แร่บด** (Crushed Ore)	0.300	48.51
F1.1	แร่บดละเอียด* (Ground Ore)	0.262	46.56
F1.2	แร่บดละเอียด* (Ground Ore)	0.254	46.00
F2	แร่บดละเอียด* (Ground Ore)	0.258	48.79

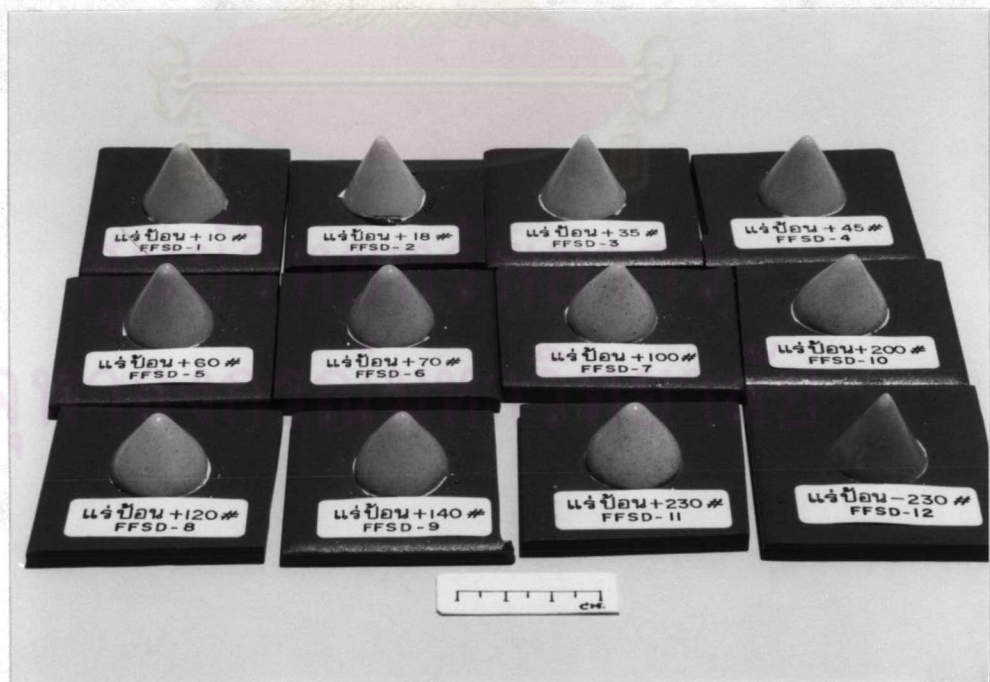
* เตรียมตัวอย่างบดโดย Agate Motar

** เตรียมตัวอย่างบดโดย Disk Mill ซึ่งใช้ถ้วยบดชนิด Chrome Steel

*** วิเคราะห์โดยวิธีอะตอมมิก แอบซอร์บชัน



รูปที่ 3.16 ผลการเผารูปกรวยของแร่บดรวม (Bulk Crushed Ore)



รูปที่ 3.17 ผลการเผารูปกรวยของแร่บด (Crushed Ore) ตามขนาดการกระจายตัว

ตารางที่ 3.4

ร้อยละ Fe_2O_3 และการหัตถ์โดยปริมาตรของแร่แต่ละช่วงขนาด

ช่วงขนาดแร่		ขนาดเฉลี่ย (ไมครอน)	Fe_2O_3 * (ร้อยละ)	การหัตถ์โดยปริมาตร (ร้อยละ)
เมช	ไมครอน			
-5 + 10	4,000/2,000	3,000.0	0.229	54.48
-10 + 18	2,000/1,000	1,500.0	0.212	52.14
-18 + 35	1,000/500	750.0	0.225	48.29
-35 + 45	500/355	427.5	0.266	54.95
-45 + 60	355/250	302.5	0.266	53.80
-60 + 70	250/212	231.0	0.269	55.65
-70 +100	212/150	181.0	0.264	55.69
-100+120	150/125	137.5	0.269	60.11
-120+140	125/106	115.5	0.328	57.73
-140+200	106/75	90.5	0.328	56.73
-200+230	75/63	69.0	0.328	56.62
-230	63/	47.5	0.478	55.93

* วิเคราะห์โดยวิธีอะตอมมิก แอปซอร์บชั่น

3.2.1 การศึกษาลักษณะการอยู่ร่วมกันของขนาดแร่บด โดยการนับเม็ด

กล้องจุลทรรศน์ส่องตา (Nikon รุ่น SMZ-10, Binocular Microscope) ถูกนำมาใช้ในการศึกษาลักษณะแร่หลังจากบด เพื่อเป็นบรรทัดฐานของการนับเม็ดแร่ (Particle Counting)⁽⁶⁷⁾ หลังการกัดผิวแร่เฟลด์สปาร์ และแร่มลทิน มีรายละเอียดดังนี้

ก) แร่เฟลด์สปาร์ ลักษณะสีขาวนวลช่วงขนาดโตยังคงแสดงลักษณะรูปผลึกแนวแตกเรียบ 2 ทิศทาง บางผลึกมีเห็นผิวสะท้อนแสง การจำแนกชนิดแร่เฟลด์สปาร์ต้องใช้เทคนิคการกัดผิวแร่ ตามภาคผนวก ข ซึ่งจะแยกแร่ไปทดสอบเชื่อมเฟลด์สปาร์ในที่นี้ คือ แร่ไมโครไคลน์ ซึ่งมีสีเหลืองใส (Yellow Bright) ส่วนแร่เพลจีโอเคลสเฟลด์สปาร์ในที่นี้คือ แร่แอลไบต์ สีขาวขอลด์ (Chalky) ส่วนแร่ควออตซ์ ซึ่งแสดงความวาวคล้ายแก้ว และโปร่งใส สีออกเทาหม่น (Dull Grey) ไม่สามารถมองเห็นลักษณะผลึกผสมเนื้อแยกของริ้วแอลไบต์ในแร่ไมโครไคลน์ได้

ข) แร่ควออตซ์ แยกออกชัดเจนด้วยการสะท้อนมันมีความวาวคล้ายแก้ว หลังการกัดผิว จะไม่แสดงรูปผลึก, โปร่งใส มีการเกาะเกี่ยวกับแร่มลทินอื่น ๆ เช่น แร่การ์เนต ที่ช่วงขนาดหนึ่งและทิวรมาลีนที่มีรูปเข็ม (Acicular) แทรกในเนื้อแร่ควออตซ์ โดยแร่ควออตซ์ บางส่วนถูกเคลือบผิวด้วยน้ำเหล็ก

ค) แร่การ์เนต ลักษณะรูปผลึกไอโซเมตริก (Isometric) รูปตะกร้อ สีออกแดงชมพู ซึ่งเป็นผลึกผสมเนื้อเดี่ยวของ แร่แอลมันไดต์ (Almandite) กับ แร่สเปสซาร์ไทต์ (Spessartite) (ตามการศึกษาจากแร่ตัดบางประกอบด้วย คุณสมบัติการติดแม่เหล็กโดย Frantz Isodynamic Separator ตามรายละเอียดภาคผนวก ง)

ง) แร่มีสโดไวต์ ลักษณะเป็นแผ่นบางซ้อนกันหนา (Book) แนวแตกเรียบสมบูรณ์ 1 ทิศทาง ซึ่งสามารถหลุดเป็นแผ่น ๆ ได้ การสะท้อนคล้ายมุก สีของแร่สีขาวออกเขียวอ่อน มีการเกาะเกี่ยวกับแร่เฟลด์สปาร์, แร่ควออตซ์ ส่วนแร่เซริไซต์ไม่สามารถมองเห็นได้ตั้งแต่ตัดบาง

จ) แร่ไพไรต์ ลักษณะเด่นรูปผลึกไอโซเมตริกรูปเต๋า สีวาวคล้ายทองเหลือง มักอยู่ร่วมกับแร่เฟลด์สปาร์ และควออตซ์ ที่มีการเคลือบผิวด้วยน้ำเหล็ก

ฉ) แร่ทิวรมาลีน ลักษณะแร่เป็นแท่งยาว สีดำมัน รูปผลึกโทรโกเนล (Trigonal Crystal) มักเป็นรูปเข็ม (Acicular) แทรกในเนื้อแร่เฟลด์สปาร์และควออตซ์

การนับเม็ด (Particle Counting) เป็นการศึกษาลักษณะของขนาดแร่แต่ละช่วงขนาด เพื่อหาขนาดที่เป็นอิสระของแร่, สัดส่วนของแร่ที่อยู่ร่วมกัน และการเกาะเกี่ยวกันภายหลังจากการบดลดขนาด นิยามาแร่ที่ผ่านการบดและการกัดผิว แล้วจำแนกชนิดแร่ไมโคร-โคลน ออกจากแร่แอลไบต์, แร่ควออตซ์ และแร่ลิกนินที่เกาะเกี่ยวอยู่ด้วยกันโดยแบ่งกลุ่มแร่เป็นขนาดหรืออิสระ (Liberated Size) ของแต่ละชนิดแร่, แร่เกาะเกี่ยวกันสองชนิดที่มีแร่หลักที่น่าสนใจ (Binary Locked Size) และแร่เกาะเกี่ยวร่วมกันตั้งแต่ 3 ชนิดขึ้นไป (Ternary Locked Size) ดังแสดงผลการนับเม็ดตามตารางที่ 3.5

i) ผลการนับเม็ดช่วงขนาดแร่ -5+10 เมช (ขนาดเฉลี่ย 3,000

ไมครอน)

กล่าวได้ว่าช่วงขนาดแร่ -5+10 เมช แร่ที่เป็นอิสระชนิดแร่ไมโคร-โคลน, แอลไบต์, ควออตซ์ และมัสโคไวต์ รวมประมาณ 30.44% แร่เกาะเกี่ยวสองชนิดโดยแร่หลักไมโครโคลนปริมาณ 28.33%, แร่หลักแอลไบต์ 7.48%, แร่หลักควออตซ์ 3.02%; แร่เกาะเกี่ยวตั้งแต่สามชนิด ปริมาตรรวม 30.74% แสดงถึงช่วงขนาดแร่ดังกล่าวที่ยังไม่เป็นอิสระของแร่การ์เนต, ทัวร์มาลีน, ไพไรต์ ยังคงอยู่ในส่วนของแร่เกาะเกี่ยวสามชนิดขึ้นไป

ii) ผลการนับเม็ดช่วงขนาดแร่ -10+18 เมช (ขนาดเฉลี่ย 1,500

ไมครอน)

กล่าวได้ว่าช่วงขนาดแร่ -10+18 เมช แร่อิสระของแร่ไมโครโคลน, แอลไบต์, ควออตซ์, การ์เนต, มัสโคไวต์ ปริมาตรรวมมากขึ้นกว่าช่วง -5+10 เมช (55.73 > 30.44%) แร่เกาะเกี่ยวสองชนิดโดยแร่หลักของแร่ไมโครโคลน, แอลไบต์, ควออตซ์ ปริมาตร 25.08, 11.98, 0.83% ตามลำดับ แร่เกาะเกี่ยวสามชนิดปริมาณ รวม 6.30% ในช่วงนี้การเป็นอิสระของแร่ไมโครโคลนเด่นชัดขึ้น แร่ที่ยังไม่เป็นอิสระก็เป็น แร่ไพไรต์ และทัวร์มาลีน ส่วนการ์เนต เริ่มปรากฏเป็นอิสระบางส่วน

iii) ผลการนับเม็ดช่วงขนาดแร่ -18+35 เมช (ขนาดเฉลี่ย 750

ไมครอน)

กล่าวได้ว่าขนาดแร่เป็นอิสระของแร่โดยส่วนใหญ่ เช่น ไมโครโคลน, แอลไบต์, ควออตซ์, การ์เนต, มัสโคไวต์ ปริมาตรรวมทั้งหมด 96.55% แต่ยังมีแร่เกาะเกี่ยวสองชนิดที่มีแร่หลักของไมโครโคลน, แอลไบต์, ควออตซ์ รวม 2.92% แร่เกาะเกี่ยวสามชนิด ปริมาตรรวม 0.59% แสดงให้เห็นว่าการเป็นอิสระของแร่กลุ่มเฟลด์สปาร์ ส่วนแร่ลิกนิน เช่น แร่ควออตซ์, มัสโคไวต์, การ์เนต เริ่มแตกตัวมากขึ้นแต่ แร่ไพไรต์, ทัวร์มาลีน ยังไม่เด่นชัด

ตารางที่ 3.5

การกระจายตัวของ เม.แบริ่งที่อยู่วางกันของแร่บด (Crushed Ore) คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักจากการบดแร่

ช่วงขนาด (เมช)	ขนาด เฉลี่ย (ไมครอน)	แร่เป็นอิสระ (Liberated)							แร่คาบ 2 ชนิด (Binary Locked Particle)			แร่คาบ 3 ชนิดขึ้นไป (Ternary Locked- Particle)	น้ำที่รวม (ร้อยละ)
		ไมโครโคลน	แอลไบต์	ควออร์ซ	การ์เนต	มีสโดไวต์	ไฟไรต์	ทิวร์มาลีน	ไมโครโคลน	แอลไบต์	ควออร์ซ		
-5 + 10	3,000.0	0.19 (5.84)	0.09 (2.65)	0.13 (3.97)	0.00 (0)	0.59 (17.98)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.93 (28.33)	0.25 (7.48)	0.10 (3.02)	1.01 (30.74)	3.28
-10 + 18	1,500.0	3.05 (23.17)	1.44 (10.92)	2.34 (17.78)	0.05 (0.41)	0.45 (3.45)	0.00 (0)	0.00 (0)	3.31 (25.08)	1.58 (11.98)	0.11 (0.83)	0.84 (6.30)	13.18
-18 + 35	750.0	11.56 (48.10)	5.28 (21.98)	6.03 (25.10)	0.13 (0.52)	0.20 (0.85)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.47 (1.96)	0.14 (0.59)	0.09 (0.37)	0.14 (0.59)	24.04
-35 + 60	375.0	13.90 (55.52)	5.63 (22.49)	3.95 (15.77)	0.21 (0.85)	0.21 (0.84)	0.05 (0.20)	0.00 (0)	0.79 (3.17)	0.19 (0.77)	0.03 (0.12)	0.07 (0.27)	25.05
-60 +120	187.5	6.28 (29.51)	6.89 (32.37)	7.62 (35.77)	0.24 (1.13)	0.07 (0.32)	0.08 (0.37)	0.04 (0.20)	0.00 (0)	0.04 (0.19)	0.03 (0.12)	0.00 (0)	21.30
-120 +230	94.0	1.07 (10.57)	3.75 (36.90)	4.95 (48.66)	0.15 (1.44)	0.02 (0.20)	0.00 (0)	0.22 (2.13)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.01 (0.10)	0.00 (0)	10.17
-230	47.5	0.09 (2.97)	1.20 (40.15)	1.58 (52.95)	0.05 (1.57)	0.00 (0.11)	0.01 (0.28)	0.06 (1.97)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)	2.98
รวม (คำนวณ)		36.15	24.29	26.60	0.83	1.55	0.14	0.32	5.50	2.20	0.36	2.06	100.00

ค่าที่อยู่ในวงเล็บ เป็นร้อยละน้ำหนักที่หลุดจากการบดของแต่ละช่วงขนาด

iv) ผลการนับเม็ดช่วงขนาดแร่ -35+60 เมช (ขนาดเฉลี่ย 375

ไมครอน)

กล่าวได้ว่าช่วงขนาดแร่ -35+60 เมช ปริมาณรวมแร่อิสระ 95.68% ของแร่ไมโครโคลน, แอลไบต์, ควอร์ตซ์, การ์เนต, มีสโคไวต์, ไพไรต์ แร่เกาะเกี่ยวสองชนิดของแร่หลักไมโครโคลน, แอลไบต์, ควอร์ตซ์ ปริมาณ 3.17, 0.77, 0.12% ตามลำดับรวม 4.06% และการเกาะเกี่ยวสามชนิดปริมาณ 0.27% แสดงให้เห็นว่าแร่ไพไรต์มีการแตกตัวเป็นอิสระจากแร่เกาะเกี่ยวสามชนิด แต่แร่ทัวร์มาลีน ยังไม่มีการเป็นอิสระคงอยู่ในแร่แอลไบต์และควอร์ตซ์

v) ผลการนับเม็ดช่วงขนาดแร่ -60+120 เมช (ขนาดเฉลี่ย

187.5 ไมครอน)

กล่าวได้ว่าช่วงขนาด -60+120 เมช ความเป็นอิสระของแร่โดยส่วนใหญ่ ปริมาณรวม 99.7% แร่เกาะเกี่ยวสองชนิดของแอลไบต์ และควอร์ตซ์ กับทัวร์มาลีน รวม 0.31% โดยแร่เกาะเกี่ยวสามชนิดจะไม่มีในช่วงขนาดนี้

vi) ผลการนับเม็ดช่วงขนาดแร่ -120+230 เมช (ขนาดเฉลี่ย

94.0 ไมครอน)

กล่าวได้ว่าช่วงขนาดแร่ -120+230 เมช ความเป็นอิสระของแร่ ปริมาณรวม 99.9% การแตกตัวเป็นอิสระได้เพิ่มสัดส่วนของแร่ทัวร์มาลีนที่เป็นอิสระจากแอลไบต์ แต่มีบางส่วนยังคงเป็นรูปเข็ม (Acicular) แทรกในเนื้อแร่ควอร์ตซ์อยู่บ้าง ช่วงขนาดแร่เป็นอิสระนี้ให้ผลมากกว่า -60+120 เมช เพียง 0.2%

vii) ผลการนับเม็ดช่วงขนาดแร่-230 เมช (ขนาดเฉลี่ย 47.5 ไมครอน)

แร่อิสระของ แร่ไมโครโคลน, แอลไบต์, ควอร์ตซ์, การ์เนต, มีสโคไวต์, ไพไรต์, ทัวร์มาลีน ปริมาณ 2.97, 40.15, 52.95, 1.57, 0.11, 0.28, 1.97% รวม 100% ซึ่งลักษณะของแร่ไมโครโคลนมีแนวโน้มเป็นแผ่นมาก

จากตารางที่ 3.5 ผลการศึกษาแร่ที่ผ่านการบด (Crushed Ore)

พิจารณาได้ว่า:-

ร้อยละ โดยน้ำหนัก

- แร่ไบแทสเชื่อมเฟลด์สปาร์-แร่ไมโครโคลน ที่เป็นอิสระ	36.15
- แร่แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์-แร่แอลไบต์ ที่เป็นอิสระ	24.29
- แร่ควอร์ตซ์ ที่เป็นอิสระ	26.60
- แร่การ์เนต ที่เป็นอิสระ	0.83
- แร่มีสโดไวต์ ที่เป็นอิสระ	1.55
- แร่ไฟไรต์ ที่เป็นอิสระ	0.14
- แร่ทัวร์มาลีน ที่เป็นอิสระ	0.32
- แร่ที่อยู่ร่วมกันสองชนิด	8.06
- แร่ที่อยู่ร่วมกันสามชนิด	<u>2.06</u>
รวม	<u>100.00</u>

จากตารางที่ 3.5 พิจารณามวลสมมูลย์ของแร่ที่อยู่ร่วมกันโดยประมาณ ดังนี้

ร้อยละ โดยน้ำหนัก

- แร่ไบแทสเชื่อมเฟลด์สปาร์-แร่ไมโครโคลน	40
- แร่แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์-แร่แอลไบต์	28
- แร่ควอร์ตซ์	29
- แร่การ์เนต, มีสโดไวต์, ทัวร์มาลีน, ไฟไรต์	3

ผลการศึกษาการนับเม็ด ทำให้มีข้อพิจารณาของการลดขนาดหาขนาดเป็นอิสระ (Liberation Size) ของแร่เฟลด์สปาร์ที่เป็นอิสระจากการเกาะเกี่ยวแร่สามชนิดที่ขนาด -60 เมช ส่วนการเป็นอิสระสองชนิดคือ แร่ทัวร์มาลีนเป็นหลักที่ -120 เมช หากถือควอร์ตซ์เป็นหลักที่ -60 เมช แต่เมื่อเทียบสัดส่วนของการเป็นอิสระและการทำงานของเครื่องลดขนาด อีกทั้งลำดับของการแต่งแร่ที่ยอมรับได้ถือว่าขนาด -60 เมช เป็นช่วงขนาดที่น่าจะเหมาะสมต่อความเป็นอิสระของแร่ที่ให้ผลการเป็นอิสระปริมาณ 99.7% เพราะส่วนเพิ่มความเป็นอิสระของแร่ที่ขนาด -120 เมช และ -230 เมชจะเพิ่มขึ้นเพียง 0.2 และ 0.3 % ตาม

ลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการบดแร่ให้มีขนาดเล็กกว่า 60 เมช จะมีความเป็นอิสระ 99.7% ซึ่งเหมาะสมที่จะนำไปแยกด้วยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กความเข้มสูงแบบเปียก และการลอยแร่ต่อไป โดยไม่มีความจำเป็นที่จะต้องบดแร่ให้ละเอียดไปกว่านี้ เพราะการบดให้ละเอียดไปกว่านี้แล้วความเป็นอิสระของแร่จะเพิ่มเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และการบดแร่ให้เล็กไปกว่านี้จะทำให้แร่ถูกบดให้ละเอียดจนเกินความจำเป็น (Overgrinding)

3.2.2 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของแร่อะลูมิเนียมซิลิเกตวิเคราะห์ในลักษณะของออกไซด์ของธาตุ ซิลิกอน (Si), ไททาเนียม (Ti), อะลูมิเนียม (Al), เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), แคลเซียม (Ca), โซเดียม (Na), โพแทสเซียม (K), การสูญเสียการเผาไหม้ (Loss On Ignition, LOI) โดยการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 วิธีการคือ ใช้วิธีรังสีเอกซ์เรือง (X-Ray Fluorescence) วิเคราะห์ออกไซด์ของธาตุดังกล่าวเว้นแต่ธาตุเหล็ก (Fe) ที่ใช้วิธีอะตอมมิก แอ็บซอร์ปชัน (Atomic Absorption) เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความแม่นยำในการวิเคราะห์สูง^(๑๘) และในการวิจัยนี้ใช้ค่าของธาตุเหล็กเป็นเกณฑ์ (Criteria) สำคัญของการแต่งแร่ด้วยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กความเข้มสูงแบบเปียก

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของการวิจัยนี้ ใช้วิธีการตามเทคนิคภาคผนวก จ และ ฉ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วย รังสีเอกซ์เรือง และอะตอมมิก แอ็บซอร์ปชัน ตามลำดับ โดยแบ่งกลุ่มของการวิเคราะห์ดังนี้:-

- ก) แร่ป้อน (Crushed Ore) แต่ละช่วงขนาด และแร่บดรวม (Bulk) ทำการวิเคราะห์ด้วยรังสีเอกซ์เรือง ร่วมกับอะตอมมิก แอ็บซอร์ปชันหาออกไซด์ของธาตุเหล็ก
- ข) แร่ผ่านการแต่งแร่ ด้วยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กความเข้มสูงแบบเปียก จะใช้วิธีอะตอมมิก แอ็บซอร์ปชัน เป็นหลักของการหาออกไซด์ของธาตุเหล็ก
- ค) แร่ผ่านการลอยแร่ ใช้วิธีการรังสีเอกซ์เรืองร่วมกับวิธีอะตอมมิก แอ็บซอร์ปชัน ดังแร่ป้อน

ในที่นี้จะกล่าวเห็นผลวิเคราะห์ของแร่ป้อนในแต่ละช่วงขนาดแร่และบดรวม (Bulk) แล้วนำผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี คำนวณย้อนกลับโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CIPW NORM Ver. 1.0^(๑๔) เพื่อหาสัดส่วนร้อยละของแร่ที่อยู่ร่วมกัน ผลวิเคราะห์แร่ป้อนแต่ละช่วงขนาด และบดรวม (Bulk) และการใช้การคำนวณวิธี CIPW NORM หาสัดส่วนแร่ที่อยู่ร่วมกัน แสดงตามตารางที่ 3.6 ผลวิเคราะห์ทางเคมีแร่บดรวม (Bulk) มีแอลคาไลออกไซด์

ตั้งที่คือ 4.60% K_2O , 5.57% Na_2O และ 0.38% CaO ซึ่งค่า K_2O และ Na_2O ใกล้เคียงกัน จัดเป็นแร่กะเทย ผลการคำนวณย้อนกลับจากองค์ประกอบทางเคมีของแต่ละช่วงขนาดแร่ และ รวบรวมเป็นสัดส่วนร้อยละของแร่ที่อยู่ร่วมกัน ดังแสดงตามตารางที่ 3.6 นั้น พิจารณาเปรียบ เทียบกับสัดส่วนร้อยละของการนับเม็ด ตามตารางที่ 3.5 ให้ผลของสัดส่วนแร่ที่อยู่ร่วมกันแตกต่างกัน อันเนื่องจากการคำนวณย้อนกลับโดยส่วนประกอบทางเคมี เป็นการคำนวณที่ยึดถือจาก แร่มาตรฐานของแร่กลุ่ม ซาลิค (Salic) และเฟมิก (Femic) ⁽²⁷⁻³⁰⁾ แร่ที่เกิดขึ้นเป็นแร่ที่มี องค์ประกอบทางเคมีบริสุทธิ์ เช่น แร่ไมโครไคลน์ ($KAlSi_3O_8$), แอลไบต์ ($NaAlSi_3O_8$), อะนอร์ไทต์ ($CaAl_2Si_2O_8$) เป็นต้น ลักษณะของการเกิดผลึกผสมเนื้อแยก, ผลึกผสมเนื้อเดียว หรือการฝังประของแร่เซริไซต์ ไม่ได้นำมาเกี่ยวข้อง

ส่วนวิธีการนับเม็ดเป็นการมองผ่านกล้องจุลทรรศน์ส่องตา กับตัวอย่างที่ผ่านการกัดผิวแร่ (ตามภาคผนวก ข) และคุณสมบัติกายภาพ - ทางแสงของแร่ที่แสดงออกมาเป็น Mode ⁽²⁸⁻²⁹⁾ ซึ่งใช้การแบ่งช่วงขนาดวัดเป็นปริมาตร แล้วคำนวณเป็นร้อยละน้ำหนัก โดยคูณ กับค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของแต่ละชนิดแร่ แต่กรณีแร่ไมโครไคลน์-ไมโครเพอร์ไทต์ที่ยังคงมี ริวของแร่แอลไบต์ ($NaAlSi_3O_8$) อยู่ แต่การจำแนกผ่านกล้องจุลทรรศน์ไม่สามารถทำได้ ซึ่ง ทำให้ผลการนับเม็ดแร่ของแร่ไมโครไคลน์มีค่า 40% มากกว่าที่คำนวณโดย CIPW NORM ซึ่งได้ เพียง 27.18% ส่วนแอลไบต์จากการนับเม็ดได้ 28% แต่จาก CIPW NORM ได้เป็น 47.13%

จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงถึงความแปรปรวนของเนื้อแร่เฟลด์สปาร์ ที่ลำพัง การคัดเลือกด้วยมือ (Hand Sorting) ไม่สามารถควบคุมได้ พิจารณาจาก ร้อยละการหดตัว โดยปริมาตร (% Volumetric Shrinkage) แสดงตามตารางที่ 3.3, 3.4, ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการศึกษาทางแร่วิทยาด้วยวิธีนับเม็ด กับการศึกษา แร่วิทยาด้วยวิธีคำนวณส่วนประกอบทางเคมี (วิธี CIPW NORM ดังอธิบายข้างต้น) แล้วสามารถ ลงความเห็นว่า การพิจารณาที่เป็นระบบขององค์ประกอบทางเคมี น่าที่จะเป็นแนวทางที่ เหมาะสมกว่า เนื่องจากผลวิเคราะห์เคมีสามารถบอกปริมาณธาตุแคลเซียม (Ca) ที่เป็นชนิด แร่อะนอร์ไทต์ ซึ่งไม่สามารถจำแนกได้ด้วยวิธีการนับเม็ด เนื่องจากมีปริมาณส่วนน้อย อีกทั้ง การนับเม็ดที่ผ่านขั้นตอนการกัดผิวซึ่งอาจมีข้อผิดพลาดบางประการ และการนับ (Count) เม็ด แร่ในแต่ละช่วงขนาด ยังเกี่ยวกับการเกาะเกี่ยวของแร่ชนิดอื่นและการเป็นอิสระต่าง ๆ กัน ใน การวิจัยครั้งนี้จะใช้หลักการคำนวณโดย CIPW NORM เป็นบรรทัดฐานต่อไป

ตารางที่ 3.6

ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่บด (Crushed Ore) และสัดส่วนแร่ที่อยู่ร่วมกัน

องค์ประกอบ ทางเคมี (ร้อยละ)	ขนาดแร่ (เมช)							แร่โดยรวม (Bulk)
	-5+10	-10+18	-18+35	-35+60	-60+120	-120+230	- 230	
SiO ₂	74.43	74.16	73.92	73.27	72.94	72.47	72.31	73.24
TiO ₂	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.07	0.04
Al ₂ O ₃	14.65	14.76	15.20	15.50	15.70	15.90	15.89	15.54
Fe ₂ O ₃	0.229	0.212	0.225	0.266	0.269	0.328	0.478	0.260
MnO	0.28	0.30	0.30	0.32	0.33	0.40	0.42	0.32
CaO	0.32	0.34	0.35	0.36	0.40	0.45	0.50	0.38
Na ₂ O	3.95	4.33	5.41	5.75	6.08	6.54	6.77	5.57
K ₂ O	6.04	5.80	4.51	4.45	4.20	3.83	3.51	4.60
LOI	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
รวม	100.37	100.36	100.36	100.36	100.36	100.36	100.36	100.36
<u>สัดส่วนแร่ที่อยู่ร่วมกัน (CIPW NORM)</u>								
ไมโครไคลน์	35.69	34.28	26.65	26.30	24.82	22.63	20.74	27.18
แอลไบต์	33.42	36.64	45.78	48.65	51.45	55.34	57.29	47.13
อะนอร์ไทต์	1.59	1.69	1.74	1.79	1.98	2.23	2.48	1.89
รวมแร่เฟลด์สปาร์	70.70	72.61	74.17	76.74	78.25	80.20	80.59	76.20
แร่ควออตซ์	27.46	25.83	24.22	21.77	20.39	18.49	18.12	22.18
แร่อื่น ๆ	2.21	1.93	1.98	1.85	1.72	1.67	1.73	1.98

สัดส่วนแร่ที่อยู่ร่วมกันของแต่ละช่วงขนาด ปริมาณแร่ควอร์ตซ์มีแนวโน้มลดลง ที่ขนาดละเอียด (27.46-18.12%) แร่ไมโครโคลน เช่นกัน (35.69-20.74%) ซึ่งแสดงถึงความแข็ง (Hardness) ของแร่ควอร์ตซ์และแร่ไมโครโคลนมีมากกว่าแร่แอลไบต์ ซึ่งแอลไบต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ขนาดละเอียด (33.42-57.29%) และแร่มอลทินมีอยู่ 2 %

สัดส่วนโดยประมาณของชนิดแร่ที่อยู่ร่วมกันของแร่ป้อน โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CIPW NORM

	<u>ร้อยละ โดยน้ำหนัก</u>
ก) แร่เฟลด์สปาร์รวม	76
- แร่ไมโครโคลน	(27)
- แร่แอลไบต์ + แร่อะนอร์ไทต์	(49)
ข) แร่ควอร์ตซ์	22
ค) แร่มอลทิน การ์เน็ต, มีสโคไวต์, ทัวร์มาลีน, ไพไรต์	2

3.3 การเตรียมตัวอย่างแร่โดยการบดลดขนาดที่เหมาะสมเพื่อการแยกแร่

จากการศึกษาแร่วิทยาตามหัวข้อที่ 3.1 ของการศึกษาสัดส่วนและขนาดแร่ที่อยู่ร่วมกันตามหัวข้อที่ 3.2 นั้น จุดประสงค์ประการหนึ่งก็เพื่อจะหาขนาดที่เหมาะสมในการบดลดขนาดแร่เพื่อให้แร่ต่าง ๆ เหล่านั้น หลุดออกมาเป็นเม็ดแร่อิสระ (Liberation) เพียงพอที่จะนำไปผ่านการแยกแร่ต่อไปได้

ตารางที่ 3.7 แสดงการเปรียบเทียบผลการวัดขนาดแร่จากแร่ตัดบาง และขนาดจากการนับเม็ดแร่บด

ผลการศึกษาทางแร่วิทยาจากแร่ตัดบาง และรังสีเอกซ์เลี้ยวเบน ซึ่งสามารถจำแนกชนิดแร่ที่อยู่ร่วมกันของแร่เฟลด์สปาร์ชนิด ไมโครโคลน, ไมโครโคลน-ไมโครเพอร์ไทต์ที่มีสภาวะโครงสร้างระดับกลาง แร่แอลไบต์ที่มีสภาวะโครงสร้างระดับต่ำ แร่ควอร์ตซ์ที่มีสภาวะโครงสร้างระดับต่ำ, แร่การ์เน็ต ชนิด แอลมันไดต์ (Almandite) และสเปสซาร์ไทต์ (Spessartite), แร่มีสโคไวต์, $2M_1$, เซริไซต์, แร่ไพไรต์, แร่ทัวร์มาลีนชนิด ชอร์ไลต์ (Schorlite) ซึ่งได้ขนาดเม็ดแร่ที่เกาะเกี่ยวกัน ตามตารางที่ 3.1 ส่วนการศึกษาการนับเม็ดแร่บดเป็นการศึกษาเพื่อพิจารณาหาขนาดแร่ที่เป็นอิสระหลังการบด ซึ่งแม้จะได้วัดขนาดจากแร่

ตารางที่ 3.7

การเปรียบเทียบขนาดแร่จากการวัดจากแร่ตัดบางกับการนับเม็ดแร่

ชนิดแร่ และ ลักษณะ	ขนาดจากแร่ตัดบาง (ไมครอน)	ขนาดเป็นอิสระ จากการนับเม็ด (ไมครอน) (เมช)
ก) แร่เฟลด์สปาร์ : ไมโครโคลน-ไมโครเพอร์ไทต์ ผลึกโต - ริวแอลไบต์ : แอลไบต์ - ผลึกแฝด แอลไบต์	? 18-180 x 90-3,600 18-360 x 234-4,320	-250 -60 ? ? -125 -120
ข) แร่ควออตซ์ Anhydral	90-1,800 x 90-3,600	-63 -230
ค) แร่การ์เนต 6 เหลี่ยม	160-2,880 x 180-3,060	-500 -35
ง) แร่ไพไรต์ 4 เหลี่ยม	180-1,080 x 270-1,440	-250 -60
จ) แร่มีสโคไวต์ แผ่นบาง แร่เซอร์ไซต์ จุด, ริว .	18-900 x 18-2,700 3.8 - 18	-500 -35 ? ?
ฉ) แร่ทิวร์มาลีน แท่ง	360-2,160 x 1,080-7,020	-63 -230

ตัดบางไปแล้ว การเป็นอิสระของขนาดแร่ที่เหมาะสมขนาดหนึ่งของแร่เฟลด์สปาร์แยกจากแร่
 มลทินต่าง ๆ เช่นแร่ควออตซ์, การ์เนต, มีสโคไวต์, ไพไรต์, ทิวร์มาลีน นั้นไม่สามารถเจาะ
 จงการแตกหักตามขอบเม็ดแร่ที่อยู่ร่วมกันดังที่วัดได้ พิจารณาตามตารางที่ 3.7 จึงสามารถลง
 ความเห็นได้ว่า น่าจะมีการบดแร่ให้มีขนาดเล็กกว่า 60 เมช (250 ไมครอน) ทั้งหมดเพื่อให้
 แร่ชนิดต่าง ๆ เหล่านั้นสามารถหลุดออกมาเป็นอิสระจากกันได้เพียงพอที่จะนำไปผ่านขบวนการ
 แยกแร่ต่อไป ถึงแม้ว่าแร่ต่าง ๆ เหล่านี้บางชนิดจะไม่สามารถหลุดออกมาเป็นอิสระได้ร้อยละ
 100 ที่ขนาดเล็กกว่า 60 เมช นี้ก็ตาม

ดังนั้นจึงทำการบดแร่ที่มีขนาดโตกว่า 60 เมช ให้มีขนาดเล็กกว่า 60 เมช ให้หมด
 โดยใช้เครื่องบดลูกกลิ้ง (Crushing Roll) ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ แล้วนำเอาไปรวมกับแร่

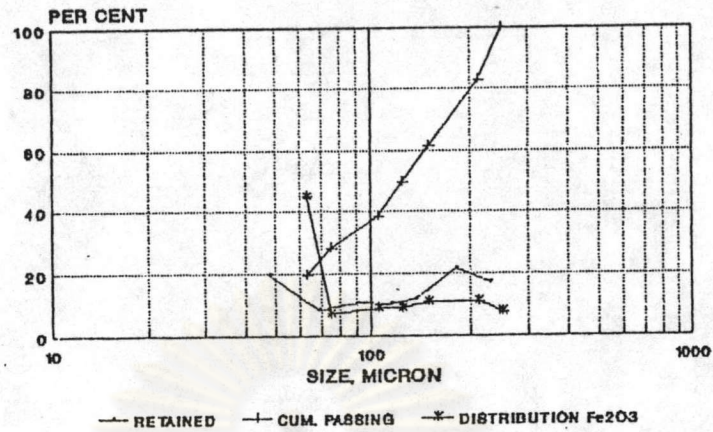
ที่มีขนาดเล็กกว่า 60 เมช เดิม หลังจากนี้จึงทำการหาการกระจายตัวของขนาดแร่ที่มีขนาดเล็กกว่า 60 เมช ทั้งหมดนี้ (รหัส F2) ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.8 และแสดงให้เห็นตามกราฟตามรูปที่ 3.18

ตารางที่ 3.8

การกระจายตัวของขนาดแร่ที่เป็นอิสระ (- 60 เมช, F2)

ช่วงขนาดแร่		ขนาดเฉลี่ย ไมครอน	การกระจายตัวของขนาด (ร้อยละ)			ปริมาณ Fe_2O_3	
เมช	ไมครอน		น.น. ค้าง ตะแกรง	น.น. สะสม ค้างตะแกรง	น.น. สะสม ผ่านตะแกรง	Fe_2O_3 (ร้อยละ)	การกระจายตัว (ร้อยละ)
-60 + 70	250/212	231.0	17.14	17.14	100.00	0.120	7.90
-70 +100	212/150	181.0	21.65	38.79	82.86	0.135	11.23
-100+120	150/125	137.5	11.89	50.68	61.21	0.237	10.83
-120+140	125/106	115.6	10.47	61.15	49.32	0.219	8.81
-140+200	106/75	90.5	10.57	71.72	38.58	0.223	9.06
-200+230	75/63	69.0	8.52	80.24	28.28	0.223	7.30
-230	63/	47.5	19.76	100.00	19.76	0.591	44.87
	รวม		100.00			0.260	100.00

ผลการเผาปรุกรวยของแร่ตามแต่ละช่วงขนาด (ตามตารางที่ 3.8) ได้แสดงไว้ตามรูปที่ 3.19 และผลวิเคราะห์ร้อยละ Fe_2O_3 และการหัดตัวโดยปริมาตร ได้แสดงไว้ตามตารางที่ 3.9 ตามลำดับ



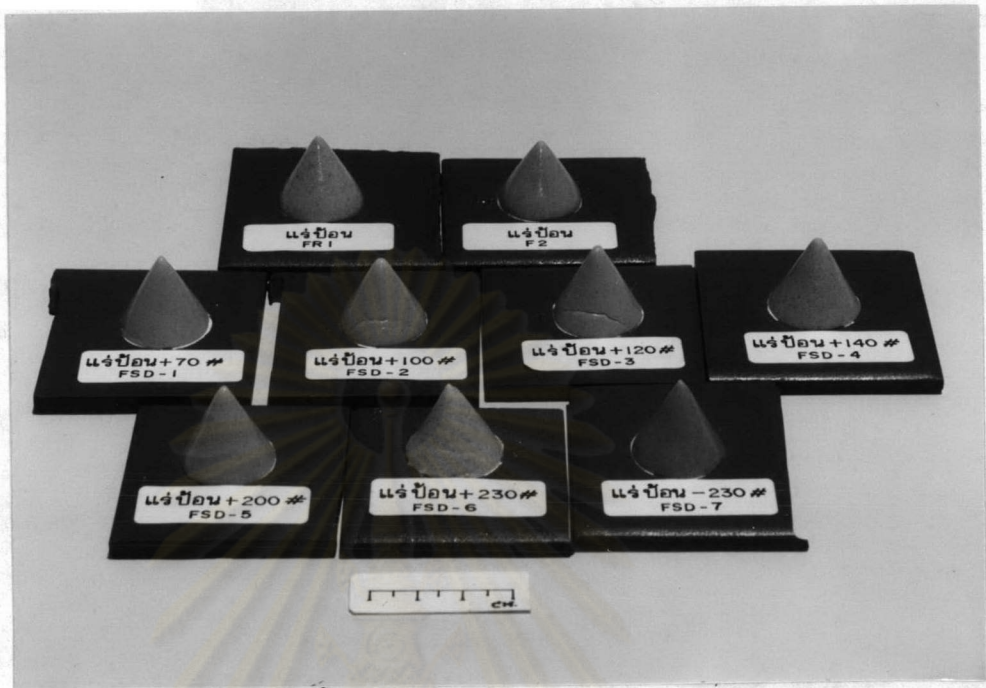
รูปที่ 3.18 การกระจายตัวของแร่ผ่านการบดที่ขนาดเป็นนีสระ (-60 เมช, F2)

ตารางที่ 3.9

ร้อยละ Fe_2O_3 และการหัตถ์โดยปริมาตรของแร่บดละเอียด (Ground ore)

รูปกรวยที่ผ่านการเผาที่ช่วงขนาดต่าง ๆ ตามตารางที่ 3.8

ช่วงขนาดแร่		ไมครอน	Fe_2O_3 (ร้อยละ)	การหัตถ์โดยปริมาตร (ร้อยละ)
เมช				
-60	+70	250/212	0.120	47.63
-70	+100	212/150	0.135	51.33
-100	+120	150/125	0.237	47.30
-120	+140	125/106	0.219	45.80
-140	+200	106/75	0.223	48.84
-200	+230	75/63	0.233	48.84
-230		63/	0.591	47.49



รูปที่ 3.19 ผลการเผารูปกรวยของแร่บดละเอียด (Ground Ore) ที่ช่วงขนาดต่าง ๆ ตามตารางที่ 3.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย