หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 2

หลักเกณฑ์และวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการจำแนกและตั้งชื่อหินอัคนี

2.1 ความเป็นมาของแนวความคิดในการจำแนกหินอัคนี

ในระหว่างครึ่งศตวรรษที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาแร่ประกอบหินกันอย่างกว้างขวาง โดยอาศัยกล้องจุลทัศน์และแผ่นหินบาง จึงทำให้สามารถรู้ถึงชนิดของแร่และหินต่าง ๆ อย่างมากมาย มีการแบ่งจำแนกชนิดหินอัคนีขึ้นเพื่อให้เป็นหมวดหมู่ที่ดีและถูกต้อง ต่อมาเซอเคิล (Zirkel) และโรเซนบุส (Rosenbusch) ได้พบวาวิธีการจำแนกหินอัคนีนั้นส่วนมากจำต้องอาศัยชนิดและปริมาณแร่เป็นบรรทัดฐาน การบุกเบิกของเขาจึงเป็นรากฐานของการจำแนกและตั้งชื่อหินอัคนีขึ้น จากการทดลองของ เอน. แอล. โบเวน (N.L. Bowen) เกี่ยวกับการวิวัฒนาการของหินอัคนีในห้องทดลองทางธรณีฟิสิกส์ที่ Carnegie Institute of Washington และเปรียบเทียบกับธรรมชาติของหินประกอบกัน ทำให้สามารถอธิบายถึงเหตุที่แร่แต่ละชนิดในหินอัคนีมีกำเนิดจากหินละลายที่มีส่วนประกอบทางเคมีต่างกัน และอัตราการเย็นตัวของสารละลายไม่พร้อมกันด้วย สิ่งหนึ่งที่เขาได้จากการทดลองก็คือแร่ต่าง ๆ ในหินอัคนีโดยปกติแล้วจะเกิดร่วมกันได้ในขณะที่แร่แต่ละชนิดมีอุณหภูมิของการตกผลึกใกล้เคียงกัน เช่นแร่ olivine มักเกิดร่วมกับแร่ labradorite หรือ quartz มักเกิดร่วมกับ fayalite หรือ orthoclose เป็นต้น แต่ก็เป็นสิ่งที่แน่นอนว่า แร่ที่ตกผลึกที่อุณหภูมิสูงจะไม่เกิดร่วมกับแร่ที่ตกผลึกที่อุณหภูมิต่ำ เช่น olivine จะไม่เกิดร่วมกับ albite เป็นต้น ในขณะที่การตกผลึกของแร่ดำเนินต่อไปนั้น แร่ก็จะพยายามปรับสภาวะตัวเองให้เข้าสู่สมดุลย์ระหว่างสสารที่มีอยู่ในสภาวะที่เป็นของแข็งและของเหลว ซึ่งย่อมทำได้โดยแร่ที่ตกผลึกก่อนจะทำปฏิกิริยากับหินละลายที่เหลืออยู่ การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของแร่ที่ตกผลึกแล้ว ในระยะเวลาต่อมาจึงเกิดขึ้น ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นไปเรื่อย ๆ จนเข้าสู่สภาวะสมดุลย์

โบเวนได้แบ่งสายปฏิกิริยาของการตกผลึก (Crystallization reaction series) ออกเป็นสองสายคือ

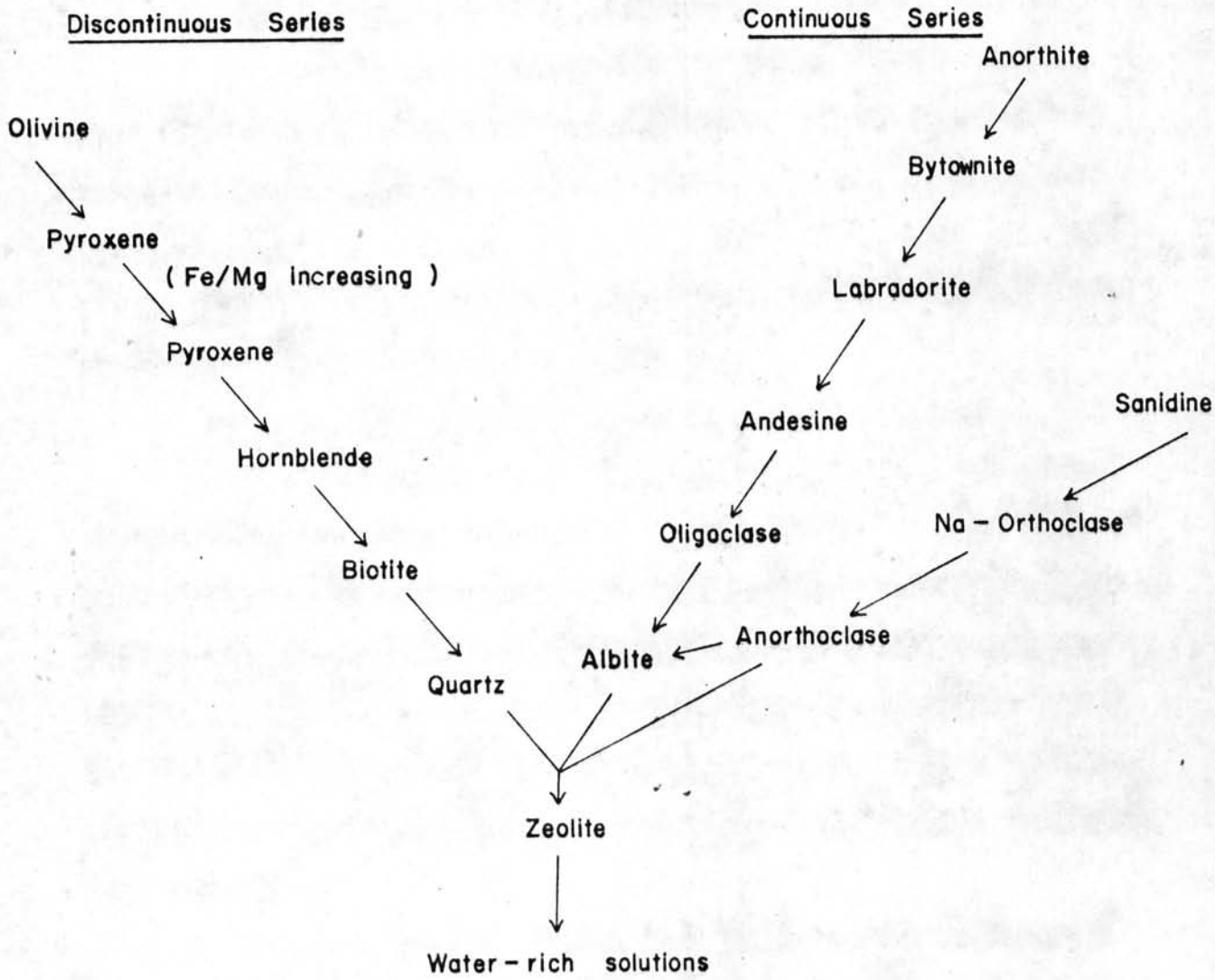
2.1.1 สายปฏิกิริยาไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous reaction series)

แร่ที่มีส่วนประกอบของธาตุเหล็กและแมกนีเซียม ส่วนมากจะเกิดขึ้นในสายนี้ เริ่มด้วย olivine ซึ่งเป็นแร่ที่มีธาตุแมกนีเซียมสูงจะตกผลึกก่อน ของเหลวหรือหินละลายที่เหลือจะเข้าทำปฏิกิริยากับ olivine เกิดเป็น pyroxene, จาก pyroxene จะทำให้เกิด amphibole และจาก amphibole จะทำให้เกิด biotite การที่เรียกสายปฏิกิริยาไม่ต่อเนื่องเพราะการให้กำเนิดแร่จากชนิดหนึ่งไปยังอีกชนิดหนึ่งนั้นเป็นการเกิดขึ้นในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างกระทันหัน

2.1.2 สายปฏิกิริยาต่อเนื่อง (Continuous reaction series)

แร่พวก plagioclase ซึ่งประกอบด้วย anorthite, bytownite, labradorite, andesine, oligoclase และ albite แร่เหล่านี้เป็นการแบ่งตามลำดับจากแร่ที่มีส่วนประกอบธาตุแคลเซียมสูงไปหาแร่ที่มีส่วนประกอบธาตุโซเดียมสูง แร่ที่มีธาตุแคลเซียมสูงจะตกผลึกก่อน และแร่ที่มีธาตุโซเดียมสูงจะตกผลึกทีหลัง การเรียกสายปฏิกิริยาต่อเนื่องนั้นเนื่องจากการกำเนิดแร่แต่ละชนิดนั้น มีการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของหินละลายอย่างช้า ๆ โดยแร่ใดที่มีส่วนประกอบของธาตุแคลเซียมสูง จะค่อย ๆ ลดปริมาณลง เมื่ออุณหภูมิลดลง ขณะเดียวกันแร่ที่มีส่วนประกอบของธาตุโซเดียมอยู่ก็จะค่อย ๆ เพิ่มปริมาณขึ้นในเวลาเดียวกัน

ต่อมา ทอม เอฟ. คับบลิว. บาร์ท ได้เพิ่มสายปฏิกิริยาต่อเนื่องของแร่โปแตสเฟลสปาร์ (potass feldspars) ขึ้นโดยกล่าวว่า เฟลสปาร์ที่มีธาตุโปแตสเซียมสูงจะเกิดก่อนเฟลสปาร์ที่มีธาตุโซเดียมอยู่สูง การแบ่งชนิดแร่โปแตสเฟลสปาร์จากมากไปหาน้อยดังกล่าวประกอบด้วย sanidine, Na-orthoclase และ anorthoclase และสายนี้จะไปพบสายของ plagioclase ในตอนสุดท้าย เขาจึงได้ดัดแปลงสายปฏิกิริยาของการตกผลึกจากสารละลายของหินละลายประเภทเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ของโบเวนเข้ากับของเขาดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงลำดับปฏิกิริยาการตกผลึกของโบเวนและยาร์ค

ด้วยเหตุที่มีการตกผลึกของแร่ตามลำดับก่อนหลังดังกล่าว นักศิลาวิทยา (petrologist) จึงได้พยายามหาหลักเกณฑ์ต่าง ๆ มาอธิบายถึงการกำเนิดของหินอัคนี

ต่อมา เอช.เอส.วอชิงตัน (H.S. Washington) ซึ่งเป็นผู้มีประสพการณ์ทางด้านเคมีและแร่ได้ริเริ่มเน้นถึงคุณสมบัติทางเคมีของหินขึ้นและทำการวิเคราะห์ออกไซด์ของธาตุต่าง ๆ ที่เน้นส่วนประกอบของแร่ประกอบหินด้วยเหตุนี้การจำแนกชนิดของหินทางเคมีจึงได้รับความสนใจมากในขณะนั้น วิธีหนึ่งในหลาย ๆ วิธีได้ถูกเสนอขึ้นโดยคับบสิว ครอส, เจ.พี.อิดดิ่ง, แอล.วี.เพียร์ซัน และเอช. เอส.วอชิงตัน (W. Cross, J.P. Iddings, L.V. Pirsson and H.S. Washington) โดยอาศัยการคำนวณจากออกไซด์ของธาตุต่าง ๆ ในหินเป็นเกณฑ์เพื่อหาส่วนประกอบของแร่มาตรฐาน วิธีนี้อาจเรียกว่าเป็นวิธีการของ ซี ไอ พี คับบสิว นอร์มก็ได้

2.2 ประวัติการจำแนกหินและการตั้งชื่อหินจากไดอะแกรมรูปสามเหลี่ยม

แต่เดิมนั้นยังไม่มีกฎเกณฑ์อะไรที่แน่นอนเกี่ยวกับการตั้งชื่อหินอัคนีโดยชื่อหินบางชื่ออาจได้มาจากชื่อชาวเหมือง (miner's jargon) บางชื่อก็ดัดแปลงมาจากชื่อของแร่ประกอบหิน และส่วนมากมักตั้งชื่อตามตำแหน่งที่เกิดของหิน (type localitites) จึงเป็นเหตุให้มีชื่อหินอัคนีอย่างมากมาย

ด้วยเหตุนี้ความสับสนใจการเรียกชื่อหินจึงได้ทวีขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากบางครั้งหินชนิดเดียวกันก็มีชื่อแตกต่างกัน เมื่อกฎเกณฑ์ในการจำแนกหินแปรเปลี่ยนไป ตัวอย่างเช่น บะซอลท์ ในสภาวะหนึ่งจะเป็นแอนดิไซท์ในอีกสภาวะหนึ่ง และไดโอไรท์อาจเป็นแกปโบร หรือแกปโบรอาจเป็นไดโอไรท์ เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของเฟลสปาร์ หรือความมากน้อยของแร่สีเข้ม (dark minerals) หรือปริมาณร้อยละของส่วนประกอบซิลิกาในหินนั้น ๆ ชื่อต่าง ๆ เหล่านี้จึงขึ้นอยู่กับใครก็ได้ที่จะยึดเอาอะไรเป็นพื้นฐานในการจำแนก ในบางครั้งก็พิจารณาตามสภาพการกำเนิด หรือเน้นถึงความหยาบ-ละเอียดและลักษณะของหิน

หรือจากแร่ส่วนใหญ่ที่เป็นองค์ประกอบของหิน หรือจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดปัญหาและความสับสนในการประชุม การสัมมนา หรือในการเปรียบเทียบข้อมูล ที่ทำให้เกิดมีชื่อหินต่าง ๆ มากมายนี้ บางครั้งชื่อเหล่านั้นเหมือนกันแต่มีองค์ประกอบของแร่ประกอบหินต่างกัน ผลเสียที่เกิดขึ้นก็คือทำให้เกิดความผิดพลาดในการแปรความหมายหรือขาดความเข้าใจที่ถูกต้องต่อชื่อหินที่นักวิทยาศาสตร์ทางธรณีวิทยาจากแต่ละประเทศใช้เรียกกัน ทั้งนี้เนื่องจากระบบที่ใช้เรียกแตกต่างกันนั่นเอง ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้คิดหาวิธีจำแนกชนิดของหินอัคนี โดยอาศัยปริมาณความมากน้อยของแร่ประกอบหินเป็นเกณฑ์ เพื่อลดความยุ่งยากในการเรียกชื่อหินให้น้อยลง

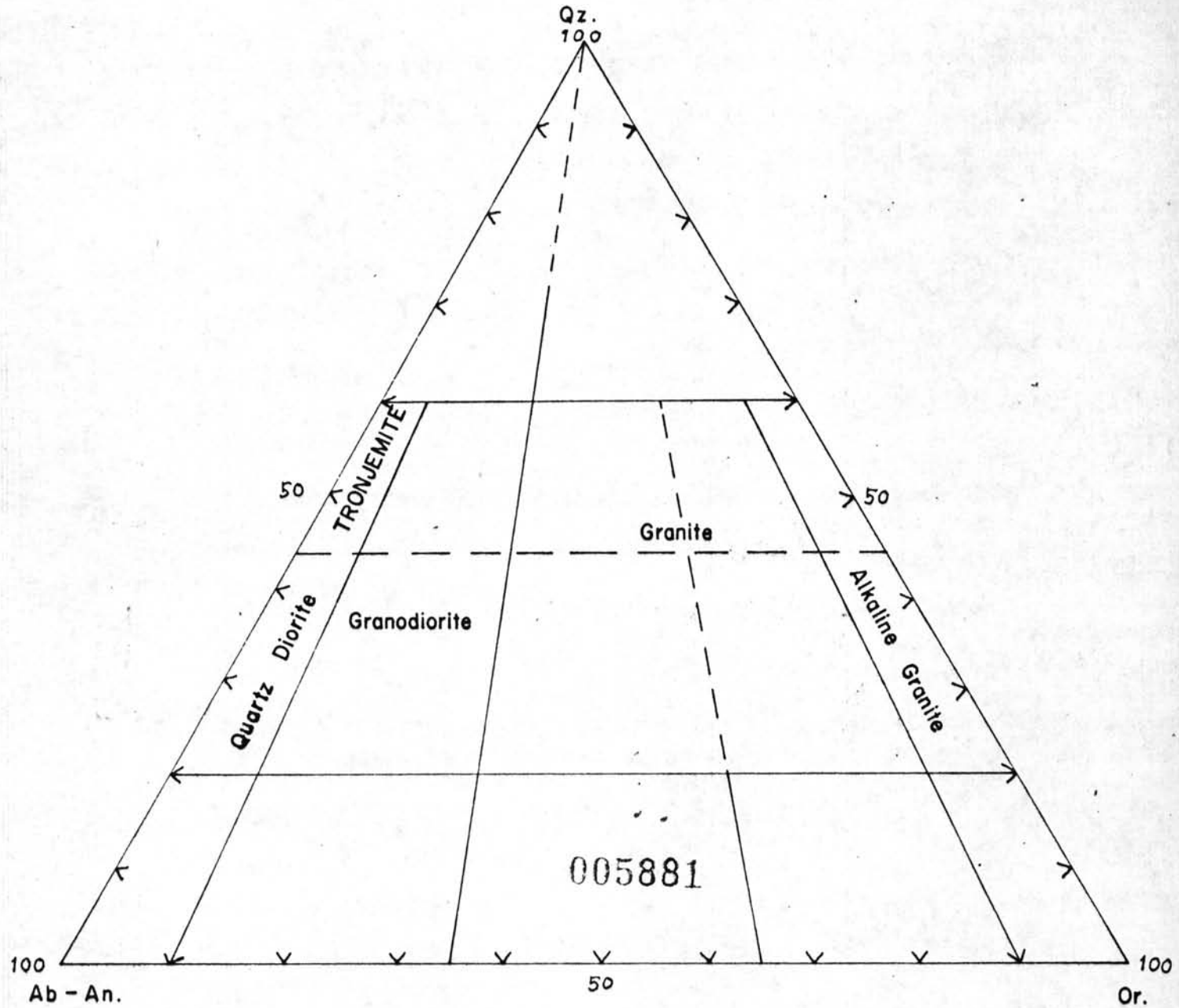
ไดอะแกรมรูปสามเหลี่ยม[1] ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างที่นักวิทยาศาสตร์ทางธรณีวิทยาตั้งขึ้นโดยอาศัยสัดส่วนของนอร์มของแร่ quartz, plagioclase และ orthoclase เป็นพื้นฐาน (ดูรูปที่ 2.2, 2.3 และ 2.4)

และในปี ค.ศ. 1967 แอลเบิร์ท สตริกไคเซน[2] (Albert Streckeisen) ได้ติดต่อกับนักวิทยาศาสตร์ทางธรณีวิทยาจากประเทศต่าง ๆ ถึงปัญหาในการจำแนกและตั้งชื่อหินอัคนี เพื่อหาระบบที่ใช้งานได้สำหรับสากลขึ้น ในที่สุดเขาได้พิมพ์รายงานชิ้นสุดท้ายเกี่ยวกับคำถามต่าง ๆ ในเรื่องการจำแนกและตั้งชื่อหินอัคนี ซึ่งต่อมาสภาธรณีวิทยาสากล ซึ่งมีชื่อย่อ

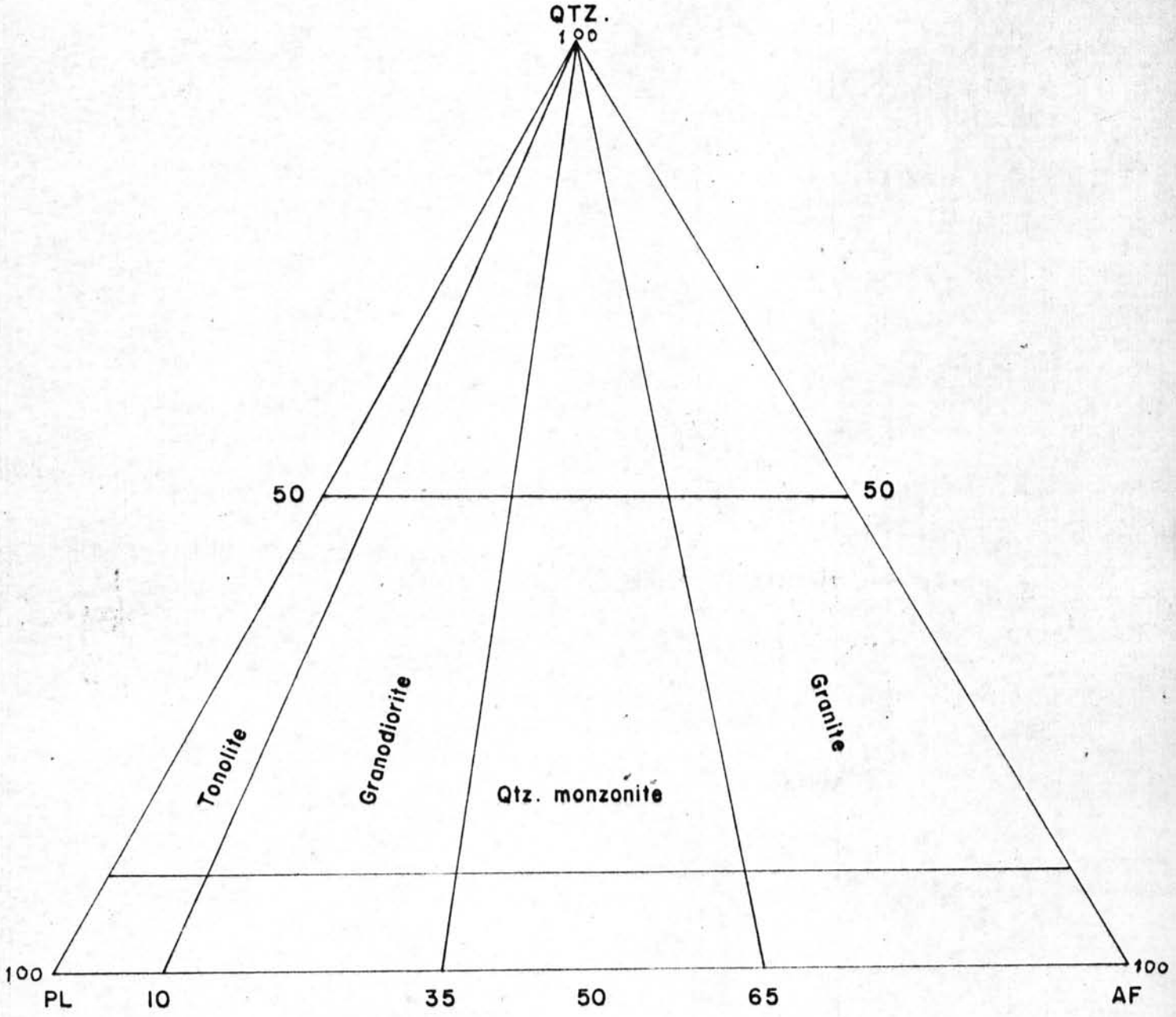
---

[1]Mantajit, N., "The Petrology and Chemistry of the Granitic Rocks and Related Crystalline Basement Rocks in Ban Mong Area, South of Mae Chaem District, Chiengmai, Thailand," M.S. Thesis of the Dept. of Geology, The Victoria University of Manchester(1975),p.62b,c,d.

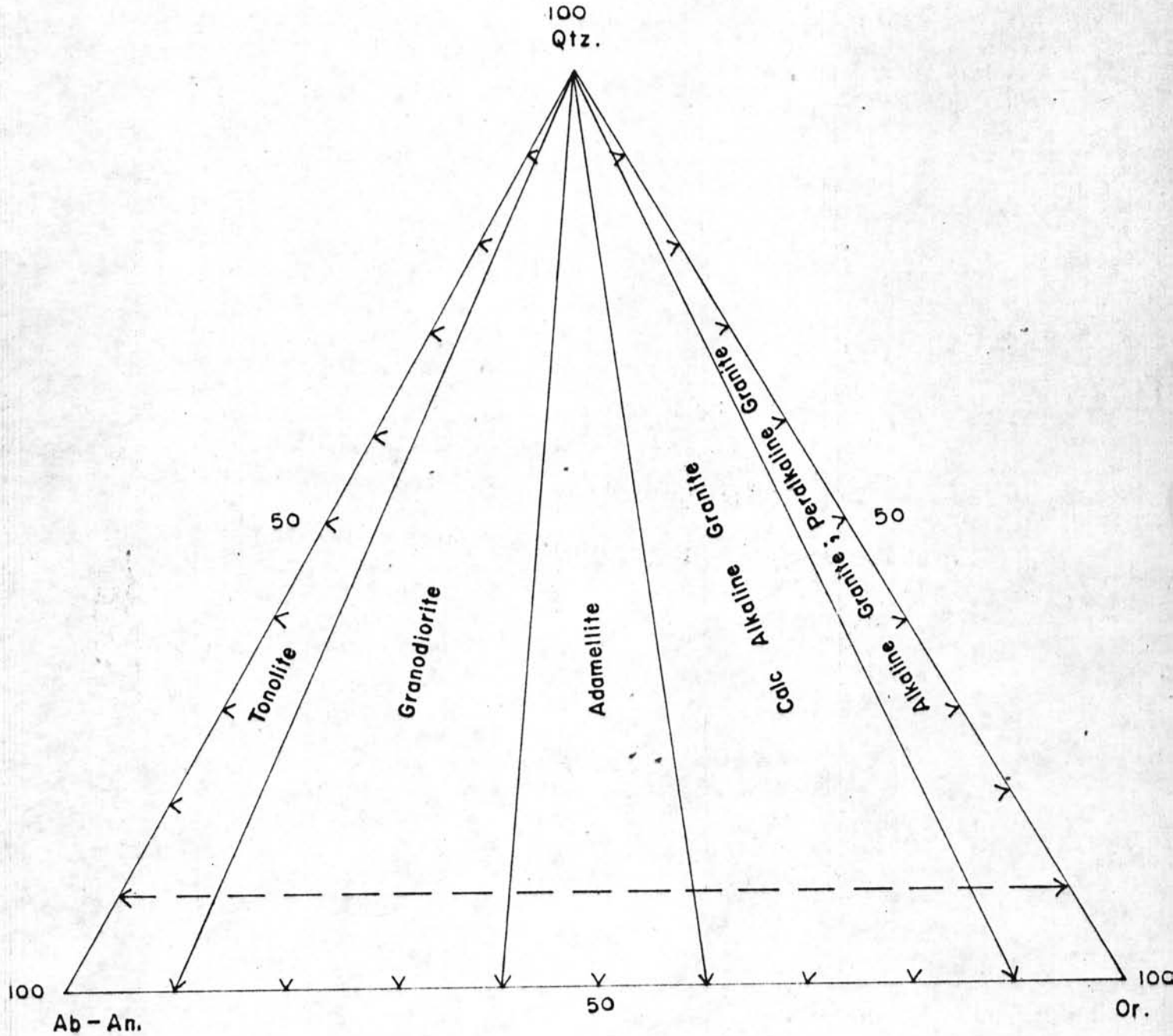
[2]Albert Streckeisen, "Classification and Nomenclature of Igneous Rocks," Neues Jahrbuch Fuer Mineralogie Abhandlun Gen., 107 (1968) : 145.



รูปที่ 2:2 ไดอะแกรม แสดงการจำแนกชนิดหินอัคนีประเภทแอซิดตามวิธีของสตรกไคเซน - Streckeisen (1967)



รูปที่ 2.3 ไดอะแกรมแสดงการจำแนกหินอัคนีประเภทแอซิดตามวรชของ - แบตแมน - Bateman (1967)



รูปที่ 2.4 ไดอะแกรม แสดงการจำแนกชนิดหินอัคนีปรุเทสแอซิดตามวิธีของ - นอคโคลด์ - Nockolds (1954)

ว่า ไอ ยู จี เอส ได้จัดการประชุมขึ้นอีกครั้งหนึ่ง เพื่อชี้ให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้นในปัญหาเหล่านี้ โดยมีจุดประสงค์ที่จะจัดหาระบบที่ใช้งานได้ (workable system) ในเรื่องนี้ขึ้น

ปัญหาต่าง ๆ หลังจากถูกขจัดออกไปโดยนักวิทยาศาสตร์ทางธรณีวิทยาจากหลายประเทศแล้ว จึงได้จัดระบบการจำแนกและตั้งชื่อหินอย่างสากลขึ้น อันเป็นระบบที่ใช้กับหินอัคนีประเภทพลูโตนิค ตามรูปที่ 2.5 ระบบนี้ได้เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางของคณะอนุกรรมาธิการจัดระบบหินอัคนีในการประชุมที่เมืองมอนทรีล ประเทศแคนาดา เมื่อเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 1973[1]

สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้อาศัยระบบดังกล่าวเป็นพื้นฐานในการจำแนกและตั้งชื่อหินอัคนี และแร่ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักนั้นหาจากสัดส่วนโมเลกุลของออกไซด์ของธาตุต่าง ๆ ในรูปของแร่นอร์ม หรือแร่มาตราฐานตามระบบ ซี ไอ ซี ดับบลิว นอกจากการจำแนกและตั้งชื่อหินอัคนีตามรูปที่ 2.5 ดังกล่าว ยังมีการจำแนกและตั้งชื่อหินอัคนีประเภทอื่นอีกด้วยเช่น อุลตราเมฟิค และแกปโบรอิค เป็นต้น

2.3 ประเภทหินอัคนี

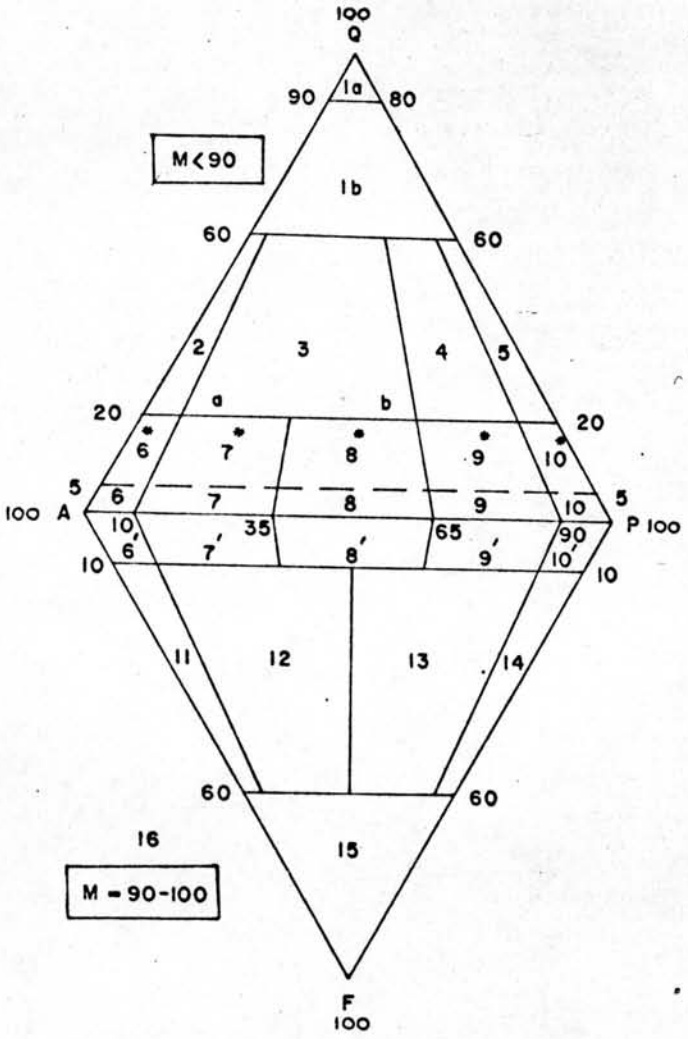
โดยที่หินอัคนีมีมากมายหลายชนิด จึงจำเป็นต้องจัดหินอัคนีเหล่านี้เป็นหมวดเป็นหมู่ การจำแนกประเภทหินอัคนีอาจทำได้หลายวิธีต่างกัน ดังนี้

2.3.1 การจำแนกตามส่วนประกอบของซิลิกา

2.3.1.1 Acid rocks หมายถึงหินอัคนีที่มีปริมาณของซิลิกาเป็นองค์

---

[1] An IUGS. Submission, "Plutonic Rocks : Classification and Nomenclature." Geotimes 18(October 1973) : 26.



รูปที่ 2.5 ไดอะแกรมแสดงการจำแนกและชื่อหินอัคนี ตามระบบไอยีเลส์ (1973)

Key : 1a = Quartzolite (silexite)
1b = Quartz – rich granitoids
2 = Alkali – feldspar granite
3 = Granite
4 = Granodiorite
5 = Tonolite
6* = Alkali – feldspar quartz syenite
7* = Quartz syenite
8* = Quartz monzonite
9* = Quartz monzodiorite / quartz monzogabbro
10* = Quartz diorite / quartz gabbro / quartz anorthosite
6 = Alkali – feldspar syenite
7 = Syenite
8 = Monzonite
9 = Monzodiorite / monzogabbro
10 = Diorite / gabbro / anorthosite
6' = Foid – bearing alkali – feldspar syenite
7' = Foid – bearing syenite
8' = Foid – bearing monzonite
9' = Foid – bearing monzodiorite / monzogabbro
10' = Foid – bearing diorite / gabbro
11 = Foid syenite
12 = Foid monzosyenite (syn. foid plagisyenite)
13 = Foid monzodiorite / Foid monzogabbro (both syn. essexite)
14 = Foid diorite / Foid gabbro (syn. Theralite)
15 = Foidolite
16 = Ultramafic rocks (ultramafitites)

ประกอบสูงคือ มีซิลิกาอย่างน้อยร้อยละ 66 โดยปริมาตร แร่ที่มีซิลิกาสูงได้แก่ quartz, alkaline feldspar และ muscovite ตัวอย่างหิน เช่น

- Granite มีส่วนประกอบเฉลี่ยร้อยละ 72
- Granodiorite มีส่วนประกอบเฉลี่ยร้อยละ 67

2.3.1.2 Intermediate rocks หมายถึง หินอัคนีที่มีปริมาณของซิลิกาเป็นองค์ประกอบมากปานกลางคืออยู่ระหว่างร้อยละ 52 ถึง 66 โดยปริมาตร ตัวอย่างหิน เช่น

- Andesite มีส่วนประกอบเฉลี่ยร้อยละ 57
- Trachyte มีส่วนประกอบเฉลี่ยร้อยละ 62

2.3.1.3 Basic rocks หมายถึง หินอัคนีที่มีปริมาณของซิลิกาเป็นองค์ประกอบระหว่างร้อยละ 45 ถึง 52 โดยปริมาตร ตัวอย่างหินเช่น

- Basalt มีส่วนประกอบเฉลี่ยร้อยละ 41 - 42

2.3.1.4 Ultrabasic rocks หมายถึง หินอัคนีที่มีปริมาณของซิลิกาเป็นองค์ประกอบน้อยกว่าร้อยละ 45 โดยปริมาตร ตัวอย่างหินเช่น

- Peridotite มีส่วนประกอบเฉลี่ยร้อยละ 41 - 42

2.3.2 การจำแนกตามลักษณะสีของหิน

2.3.2.1 Ultrafelsic rocks หมายถึง หินอัคนีซึ่งมีองค์ประกอบของแร่เฟลซิคอยู่สูง แร่พวกนี้ได้แก่แร่ที่มีความหนาแน่นน้อย และมีสีจางเช่นสีขาว สีเทา สีชมพู ตัวอย่างแร่ได้แก่ quartz, feldspars, feldspathoids เป็นต้น

2.3.2.2 Ultramafic rocks หมายถึง หินอัคนีที่มีองค์ประกอบของแร่เมฟิคอยู่สูง แร่พวกนี้ได้แก่ แร่ที่มีความหนาแน่นมาก และมีสีเข้มเช่นสีเขียว สีน้ำตาลและสีดำ ตัวอย่างแร่ได้แก่ pyroxenes, amphiboles, olivine และ biotite เป็นต้น

2.3.3 การจำแนกตามดัชนีสี

ดรรชนีสี หมายถึง ผลรวมของสีแร่ต่าง ๆ ที่คิดเป็นร้อยละ

2.3.3.1 Leucocratic rocks หมายถึง หินอัคนีที่มีดรรชนีสีตั้งแต่ร้อยละ 0 - 30

2.3.3.2 Mesocratic rocks หมายถึงหินอัคนีที่มีดรรชนีสีระหว่างร้อยละ 30 - 60

2.3.3.3 Melanocratic rocks หมายถึง หินอัคนีที่มีดรรชนีสีตั้งแต่ร้อยละ 60 - 100

2.3.4 การจำแนกตามลักษณะการอิ่มตัวของซิลิกา

ลักษณะการอิ่มตัวในที่นี้หมายถึง อัตราส่วนของซิลิกาต่อออกไซด์ของธาตุโลหะ

2.3.4.1 Oversaturated rocks หมายถึง หินอัคนีที่มีส่วนประกอบของแร่ซิลิกา อยู่สูงมาก · คือมีแร่ quartz เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย

2.3.4.2 Saturated rocks หมายถึงหินอัคนีที่ไม่มี quartz เลย ซิลิกาส่วนใหญ่รวมอยู่ในแร่โนรูปของซิลิเกต

2.3.4.3 Unsaturated rocks หมายถึง หินอัคนีที่ประกอบด้วยแร่ส่วนใหญ่เป็นแร่ชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated minerals) หรือแร่ที่มีซิลิกาน้อยมาก หรือไม่มีเลย

2.3.5 การจำแนกตามลักษณะการอิ่มตัวของอะลูมินา (alumina)

เนื่องจากอะลูมินาโดยปกติ เป็นแร่ตัวที่สองที่เป็นองค์ประกอบสูงในหินอัคนีชนิดต่าง ๆ ดังนั้น ระดับการอิ่มตัวของอะลูมินาในหินจึงได้ถูกนำมาใช้ในหัวข้อนี้

หลักเกณฑ์การอิ่มตัวของอะลูมินาคิดจากอัตราส่วนโมเลกุลของแอลคาไลน์ต่ออะลูมินา เท่ากับ 1 : 1 ซึ่งทั้งสองตัวนี้เกิดในแร่เฟลสปาร์ และเฟลสปาร์ตอย ตามลำดับ ส่วนที่เกินหรือขาดของอะลูมินาในอัตราส่วนนี้ สามารถสะท้อนให้เห็นถึงแร่ชนิดต่าง ๆ (mineralogy) ของหินนั้นได้ หินอัคนีที่จำแนกโดยวิธีนี้สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.3.5.1 Peraluminous rocks หมายถึง หินอัคนีที่มีอัตราส่วนโมเลกุลของ Al_2O_3 มากกว่าของ $CaO+Na_2O+K_2O$

2.3.5.2 Metaluminous rocks หมายถึง หินอัคนีที่มีอัตราส่วน

โมเลกุลของ Al_2O_3 น้อยกว่าของ $CaO+Na_2O+K_2O$ แต่ Al_2O_3 ยังคงมากกว่า Na_2O+K_2O

2.3.5.3 Subaluminous rocks หมายถึงหินอัคนีที่มีอัตราส่วนโมเลกุลของ Al_2O_3 เกือบเท่ากับของ Na_2O+K_2O

2.3.5.4 Peralkaline rocks หมายถึง หินอัคนีที่มีอัตราส่วนโมเลกุลของ Al_2O_3 น้อยกว่าของ Na_2O+K_2O และมี Al_2O_3 น้อยกว่า K_2O ซึ่งเป็นกรณีที่หายากมาก

2.3.6 การจำแนกตามตำแหน่งที่เกิด

2.3.6.1 Plutonic rocks หมายถึง หินอัคนีที่เกิดขึ้นใต้ผิวโลกที่ระดับความลึกตั้งแต่ 200 - 300 เมตรลงไป

2.3.6.2 Hypabyssal rocks หมายถึง หินอัคนีที่เกิดขึ้นใกล้ผิวโลกตั้งแต่ระดับความลึก 200 เมตรขึ้นมา

2.3.6.3 Volcanic rocks หมายถึง หินอัคนีที่เกิดขึ้น และมีการเย็นตัวบนพื้นโลก

2.4 โหมด (mode) และนอร์ม (norm)

การจัดกลุ่มหรือประเภทของหิน จำเป็นต้องรู้ประเภทและปริมาณของแร่ในหินนั้น ๆ ในทางปฏิบัติมีการหาอยู่ 2 วิธีคือ

2.4.1 **โหมด** เป็นการศึกษาดูว่าแร่แต่ละชนิดที่อยู่ในหินแต่ละชนิดมีอะไรบ้าง และมีปริมาณมากน้อยเท่าใดการหาปริมาณของแร่กระทำได้ด้วยการนับโดยตรงจากกล้องจุลทัศน์ โดยอาศัยการทำสไลด์ และย้อมสีเอา ปริมาณแร่จะแสดงในรูปของร้อยละโดยปริมาตรหรือร้อยละโดยน้ำหนักก็ได้

2.4.2 นอร์ม เป็นการศึกษาถึงส่วนประกอบทางเคมีของหินอัคนีชนิดใดก็ได้ เพื่อนำมาจำแนกและเปรียบเทียบกับหินอัคนีชนิดอื่น ๆ ในการคำนวณหานอร์มนั้น ต้องอาศัยการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อหาออกไซด์ของธาตุต่าง ๆ แล้วจึงนำมาคำนวณหาแร่นอร์ม ทั้งนี้เพื่อให้

สามารถเข้ากับการวิเคราะห์แบบโหมด ทำให้รู้ว่าแร่ประกอบในหินอัคนีใด ๆ ที่เกิดที่อุณหภูมิสูงจะไม่เกิดร่วมกับแร่ที่เกิดในอุณหภูมิต่ำ เช่น แร่นอร์มของ olivine, nepheline และ leucite จะไม่เกิดร่วมกับแร่นอร์มของ quartz หรือ แร่นอร์มของ hypersthene จะไม่เกิดร่วมกับแร่นอร์มของ nepheline เป็นต้น

2.5 วิธีต่าง ๆ ที่ใช้ในการจำแนกและตั้งชื่อหินอัคนี

การจำแนกหินอัคนีนั้นอาจทำได้หลายทาง วิธีที่จะใช้ในการจำแนกจึงขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ตามที่ผู้วิเคราะห์ต้องการ หรือขึ้นอยู่กับข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากหิน นอกจากวิธีที่ใช้ในทางปฏิบัติดังกล่าวในข้อ 2.4 ที่เรียกว่า โหมด ซึ่งอาศัยส่วนประกอบของแร่และนอร์มซึ่งอาศัยการจำแนกทางเคมีดังกล่าวแล้ว ยังมีวิธีที่ใช้ในการจำแนกอย่างคร่าว ๆ ในสนามอีกด้วย

2.5.1 การจำแนกในสนาม (Field classification)

การจำแนกหินอัคนีในสนามนั้นเป็นการจำแนกอย่างกว้าง ๆ และง่ายๆ ซึ่งชื่อหินอาจมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้ข้อมูลเพิ่มเติมหรือจากการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการแล้วก็ได้ วิธีนี้จะอาศัยแร่หลักบางตัวที่สามารถแยกออกได้ด้วยตาเปล่าและคาดส่วนประกอบแร่เป็นร้อยละอย่างคร่าว ๆ โดยใช้แว่นขยายกำลังประมาณ 10 - 15 เท่า แล้วจึงเปรียบเทียบดูว่าเข้ากับชื่อหินชนิดใดตามตารางที่ 2.1[1]

2.5.2 การจำแนกจากส่วนประกอบแร่ (Mineralogical classification)

หลักเกณฑ์ในการจำแนกหินอัคนีส่วนมากจะใช้การจำแนกหาชนิดและปริมาณแร่ (qualitative และ semiquantitative) ที่ประกอบอยู่ในหิน และมักจะใช้วิธีการจำแนกของโรเซนบุส หรือเซอเคิล[2] ต่อมาชาน (Shand) โจแฮนเสน

---

[1] Moorhouse, W.W., The Study of Rocks in Thin Section. (New York : Harper & Row Inc., 1959), p. 151.

[2] Ibid., p. 152.

	Quartz over 5 % Felsic Minerals	Quartz less than 5 % of Felsic Minerals	Nepheline over 5 % of Felsic Minerals
0-20 % Mafic Minerals	GRANITIC ROCKS	SYENITIC ROCKS	NEPHELINE SYENITE
	Quartz porphyry Quartz - feldspar porphyry *Rhyolite*	Feldspar porphyry *Trachyte*	*Phonolite*
20-40 % Mafic Minerals	QUARTZ DIORITE	DIORITE	NEPHELINE DIORITE
	Quartz porphyry Quartz - feldspar porphyry *Dacite*	Feldspar porphyry "Porphyrite" *Andesite*	*Nepheline Andesite*
40-75 % Mafic Minerals	QUARTZ GABBRO QUARTZ DIABASE	GABBRO DIABASE	THERALITE
	Quartz Basalt	*Basalt*	*Tephrite* *Basanite*
Over 75 % Mafic Minerals	PYROXENITE HORNBLENDITE PERIDOTITE		

Note: Plutonic rock names are in capital letters. Porphyries and dike rocks are in lower case letters, and lava flows or fine - grained intrusives are in italics.

ตารางที่ 2.1 แสดงการจำแนกชนิดหินอัคนีสำหรับใช้งานในสนาม

(Johannsen) และคนอื่น ๆ ได้เสนอให้ใช้วิธีการจำแนกหาปริมาณของแร่ประกอบหิน ซึ่งวิธีนี้สามารถทำได้ง่ายและได้ผลทันที แต่ความถูกต้องจะมากน้อยแค่ไหน ย่อมขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้และความรู้ความสามารถของผู้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 2.2[1] เป็นการสรุปถึงการจำแนกและตั้งชื่อหินอีกวิธีหนึ่งที่ เอฟ. เอฟ. กราว (F.F. Grout) เขียนขึ้นซึ่งยังคงใช้อยู่ในปัจจุบัน[2] โดยอาศัยส่วนประกอบ 3 ประการคือ

ก. การมีส่วนประกอบหรือไม่มีส่วนประกอบของแร่ quartz, olivine และ nepheline

ข. ชนิดและสัดส่วนของเฟลสปาร์

ค. ดรรชนีสีหรือความสัมพันธ์ของแร่ที่มีองค์ประกอบของธาตุเฟอโร-แมกนีเซียม (ferromagnesium minerals)

ตารางนี้ได้ถูกสร้างขึ้นภายใต้กฎที่ว่าแร่ olivine และแร่ nepheline จะไม่เกิดพร้อมกับแร่ quartz หรือ ซิลิสิคเฟลสปาร์ (silicic feldspars) ซึ่งได้แก่ sanidine, orthoclase microcline, albite และ oligoclase เฟลสปาร์เหล่านี้จะเกิดขึ้นเป็นสัดส่วนกลับกับแร่ที่มีองค์ประกอบธาตุเฟอโรแมกนีเซียมในหิน กล่าวคือหินใดที่มีปริมาณของแร่ olivine หรือ nepheline มากจะมีปริมาณของแร่ olivine และซิลิสิกเฟลสปาร์น้อย ในทางตรงกันข้ามหินใดที่มีปริมาณของแร่ olivine หรือ nepheline น้อย จะมีปริมาณของแร่ quartz และโซดิกเฟลสปาร์ (sodic feldspars) มาก ทำนองเดียวกันสัดส่วนของแร่ anorthite ใน plagioclase จะแปรไปตามจำนวนของธาตุเฟอโรแมกนีเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่อื่นในหินและในบางครั้ง anorthosite (หินที่มีแร่ anorthite เป็นองค์ประกอบสูง) อาจมีธาตุ

---

[1] Ibid., pp. 154 - 155.

[2] Loc, cit.

	OLIVINE ABSENT	
Silicic feldspar 67-100% total feldspar	over 80% felsic	Quartz 5-67% of felsic minerals
		GRANITE Qtz., Qtz.- Feldsp., Rhyonite, Granite Porphyries *Rhyolite, Obsidian*
	over 20% mafic	HYBRID GRANITES, MELAGRANITE
Silicic felspar 33-67% total felspar, rest intermediate	over 60% felsic	QUARTZ MONZONITE Qtz., Qtz.- Feldspar., Qtz. Monz. Porphyries *Quartz Latite*
	over 40% mafic	HYBRID MONZONITES
Intermediate plagioclase over 67% total feldspar and less than 95 %	over 60% felsic	GRANODIORITE Qtz., Qtz.- Feldspar., Granodiorite Porphyries *Rhyodacite*
	over 40% mafic	HYBRID GRANODIORITE
Intermediate plagioclase over 95% total feldspar	over 90% felsic	QUARTZ ANORTHOSITE
	over 60% felsic	QUARTZ DIORITE Qtz., Qtz.- feldsp., Qtz. dl., Dacite Porphyries *Dacite*
	over 40% mafic	HYBRID QUARTZ DIORITE
Silicic feldspar with 67-95% basic plagioclase		GRANOPHYRE GABBRO
Basic plagioclase over 95% total feldspar	over 90% felsic	QUARTZ ANORTHOSITE
	40-90% mafic	QUARTZ GABBRO, QUARTZ DIABASE, QUARTZ NORITE Trap; Gabbro, Basalt, Augite, Feldsp. Porphyries *Quartz Basalt*
	over 90% mafic	

OLIVINE ABSENT		OLIVINE PRESENT	
Less than 5% quartz Less than 5% feldspathoids	Feldspathoids 5-67% of felsic minerals	Feldspathoids absent	Feldspathoids present
SYENITE Feldsp., Syenite, Trachyte Porphyries *Trachyte, Obsidian, Pitchstone*	NEPHELINE SYENITE Phonolite porphyry, Tinguaite *Phonolite*	Rare SYENITES	Rare SYENITES
SHONKINITE, MELASYENITE	MALIGNITE (in part)		MALIGNITE (in part)
MONZONITE Feldspar, Monz., Latite Porphyries *Latite (Trachyandesite)*	Rare	Rare	Rare
HYBRID MONZONITES		Rare	Rare
ORTHOCLASE DIORITE (SYENODIORITE) Feldsp. Porphyry *Trachyandesite*	Rare	Rare	Rare
HYBRID ORTHOCLASE DIORITE	—	—	—
ANORTHOSITE	—	—	—
DIORITE Feldsp., Diorite, Andesite Porphyries, Porphyrite *Andesite*	ESSEXITE (in part)	OLIVINE DIORITE	ESSEXITE (in part)
HYBRID DIORITE			
ORTHOCLASE GABBRO (SYENOGABBRO)	ESSEXITE (in part)		
ANORTHOSITE		OLIVINE ANORTHOSITE	
GABBRO, DIABASE, NORITE Trap; Gabbro, Basalt, Augite, Feldspar Porphyries *Basalt*	ANALCITE GABBRO (TESCHENITE) NEPHELINE GABBRO (THERALITE) *Nepheline, Analcite Basalt (Tephrite)*	OLIVINE GABBRO, OLIVINE DIABASE, OLIVINE NORITE (TROCTOLITE) *Olivine Basalt*	OLIVINE-NEPHELINE GABBRO (THERALITE) *Olivine-Nepheline (Leucite) Basalt (Basanite)*
PERKNITE, Including HORNBLENDITE, PYROXENITE		PERIDOTITE, DUNITE, SERPENTINE	

Note : Plutonic holocrystalline rocks are represented in capital letters, porphyritic types in lower case letters, and aphanites in lower case italic letters.

ตารางที่ 2.2 แสดงการจำแนกชื่อหินแข็งที่เกิดจากผลึกขนาดใหญ่กลางแจ้ง

แคลเซียมสูง แต่ไม่มีแร่สีเข้มอยู่เลยก็ได้ ชื่อหินที่ปรากฏใกล้เขตแบ่งในตารางของการจำแนกมักมีปัญหา เช่นระหว่างหินแกปโบร และหินไดโอไรท์ ที่มีแร่สีเข้ม เป็นองค์ประกอบมากกว่าร้อยละ 40 แต่ plagioclase กลับเป็น andesine แทนที่จะเป็น labradorite หรือ anorthite ที่มีปริมาณของธาตุแคลเซียมสูงขึ้นตามลำดับ ดังนั้นบางคนจึงเรียกหินนี้ว่าแกปโบร ซึ่งเรียกตามคุณสมบัติสีหรือการเกิดร่วมกัน (association) ขณะเดียวกันบางคนเรียกกันเป็นไดโอไรท์ ตามลักษณะของ plagioclase

สำหรับวิธีการที่ใช้ในการจำแนกหินอัคนีโดยการหาชนิดและปริมาณแร่ในหินตามวิธีนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.5.2.1 วิธีการทางทัศนศาสตร์ (Optics)

วิธีนี้สามารถหาส่วนประกอบของแร่ได้โดยตรง ด้วยการนำหินมาตัดให้เป็นแผ่นบางที่มีขนาดเล็กแล้วจึงไปติดในสไลด์ เพื่อดูด้วยกล้อง สำหรับหินที่มีแร่ทึบแสง (opaque minerals) เป็นองค์ประกอบ มักนิยมทำในรูปแผ่นหินขัด (polished section) หรือแผ่นหินบาง และหินที่มีองค์ประกอบของแร่ที่ยอมให้แสงผ่านได้ตลอดหรือผ่านได้บางส่วนก็จะทำในรูปของแผ่นหินบางเช่นเดียวกัน แร่ทั้ง 2 ประเภทดังกล่าวจะถูกนำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทัศน์ชนิดโพลาไรท์ อันเป็นกล้องที่ได้ออกแบบไว้สำหรับการศึกษาแร่ หิน และการรวมตัวของผลึกแร่.

ในกรณีของแร่ทึบแสง จะศึกษาได้โดยอาศัยกล้องจุลทัศน์ระบบแสงสะท้อน (reflected light microscope) กับหินตัวอย่างที่ขัดผิวหน้ามันเรียบร้อยแล้ว แสงที่สะท้อนออกมาอาจเป็นสีใด หรือมีความมากน้อยของการสะท้อน (reflectivity) เท่าใดก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแร่แต่ละชนิดที่ไม่เหมือนกัน

สำหรับแร่ที่ยอมให้แสงผ่านได้ตลอดหรือผ่านได้เพียงบางส่วนจะศึกษาด้วยกล้องจุลทัศน์ระบบแสงผ่าน (transmitted light microscope) สีแร่ที่เห็นในกล้องอาจเหมือนหรือแตกต่างจากการดูด้วยตาเปล่าก็ได้ การพิจารณาชนิดแร่ในทางทัศนศาสตร์นั้นจะอาศัยค่าของดรรชนีหักเห (refractive index) ความเข้ม (relief) optic sign, optic angle และ interference figure ของแสงเป็นหลักหลังจากได้ข้อมูล

เหล่านี้แล้ว จะทำให้ทราบชนิดของแร่ได้

นอกจากนั้นคุณสมบัติของรูปร่างและผลึกแร่ยังสามารถช่วยในการวินิจฉัยชนิดแร่ได้อีกด้วย เช่น ชนิดผลึก, Clevage, parting, fracture, twinning, ความหยาบละเอียดและการเกิดร่วมกับแร่ชนิดอื่น แต่วิธีที่ใช้กันในการกำหนดชื่อแร่ส่วนใหญ่มักอาศัยการเปรียบเทียบกับตารางคุณสมบัติของแร่

การหาปริมาณของแร่จากการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทัศน์ อาจใช้นับเอาจากความมากน้อยของแร่แต่ละชนิดบนแผ่นสไลด์แล้วคำนวณเป็นร้อยละโดยปริมาตรก็ได้

วิธีที่ทำได้เร็วและมีความถูกต้องสูงอาจทำได้โดยใช้เครื่องชี้ (point counter) แล้วคิดเป็นร้อยละออกมาได้เช่นกัน

2.5.2.2 วิธีการทางรังสีเอกซ์ (X-ray)

รังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดขวาง (transverse electromagnetic waves) ซึ่งเกิดจากการผ่านแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มีขนาดสูงพอเข้าไปในขั้วบวกและขั้วลบภายในหลอดแก้วสูญญากาศ ขั้วลบประกอบด้วยเส้นลวดเล็ก ๆ (filament) ซึ่งจะเป็นตัวกำเนิดอีเลคตรอนขึ้น อีเลคตรอนนี้จะวิ่งไปหาขั้วบวกซึ่งอาจทำด้วยธาตุต่าง ๆ กันอาทิเช่น ทังสะเตน, โมลิบดีนัม (molybdenum) หรือทองแดงเป็นต้น เมื่อลำอีเลคตรอน (electron beam) กระทบกับขั้วบวกก็จะเกิดพลังงานของโฟตอน (photon) ขึ้น พลังงานที่เกิดขึ้นจะเกิดในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอันมีช่วงคลื่นระหว่าง 0.1 ถึง 50 A° และมีพลังงานจาก 120 kev. ถึง 0.25 kev. ขนาดของพลังงานนี้จะมีค่าเปลี่ยนแปรไปเทียบได้ตั้งแต่เท่าขนาดของอีเลคตรอนที่มาตกกระทบจนถึงค่าที่ต่ำกว่าค่าของพลังงานโฟตอน อันเนื่องจากรังสีเอกซ์ที่ส่องออกมา และพลังงานของโฟตอนแต่ละตัวหาได้จากสูตร

$$E = hv = \frac{hc}{\lambda}$$

เมื่อ h = ค่าคงที่ของ Planck

v = ความถี่ของการแผ่รังสี

c = ความเร็วของการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า

λ = ช่วงคลื่นของการแผ่รังสี

และถ้าค่าของ h และ c มีหน่วยเป็น Angström และ Electron volt ตามลำดับ จะได้ว่า

$$E = \frac{12400}{\lambda}$$

เมื่อให้รังสีเอกซ์ผ่านสารหนึ่งสารใดก็ตาม รังสีเอกซ์จะให้เงาสี (spectrum) ต่างๆ ในรูปพลังงานออกมา เงาสีที่ออกมานี้จะมีช่วงคลื่นแตกต่างกันตามคุณสมบัติของธาตุในสารนั้น ๆ และเมื่อนำเอาแผ่นฟิล์มมารองรับความแตกต่างของสีฟิล์มที่ปรากฏออกมาอันเนื่องจากความมากน้อยของเงาสีเหล่านี้จะปรากฏให้เห็นได้ ความมากน้อยของเงาสีย่อมขึ้นอยู่กับความมากน้อยของธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของสารนั้น จากคุณสมบัตินี้ทำให้เรารู้และสามารถหาปริมาณของธาตุต่าง ๆ ในสารหรือแร่ได้

ด้วยเหตุที่รังสีเอกซ์มีคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีบทบาทอย่างมากวิธีหนึ่งในทางวิทยาศาสตร์กายภาพ กล่าวคือ เราสามารถนำวิธีการดังกล่าวมาหาธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของหิน ตลอดจนโครงสร้างของผลึกแร่ได้ วิธีการทางรังสีเอกซ์แบ่งออกเป็น 2 วิธีการใหญ่ ๆ ดังนี้คือ

ก. อาศัยเงาสีจากการเรืองแสงของรังสีเอกซ์ (X-ray fluorescence spectrography)

ขณะที่รังสีเอกซ์ผ่านเข้าไปในแร่หรือสารใด แร่หรือสารนั้นสามารถทำให้กำเนิดรังสีเอกซ์ชนิดรอง (Secondary X-ray) ขึ้น และรังสีเอกซ์ชนิดหลัก (primary x-ray) ดังกล่าวต้องมีพลังงานสูงพอด้วย รังสีเอกซ์ชนิดรองที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของรังสีเอกซ์ชนิดหลัก ที่ตกกระทบบนแร่หรือสารนั้น แร่หรือสารแต่ละชนิดจะให้รังสีเอกซ์ชนิดรองแตกต่างกันออกไป รังสีเอกซ์ชนิดรองนี้ก็คือรังสีเรืองแสง (fluorescence X-ray) นั่นเอง เงาสีที่เกิดจากรังสีเรืองแสงจึงนำไปใช้ในการหาส่วนประกอบต่าง ๆ ของแร่ได้ วิธีที่อาศัยคุณสมบัติเงาสีจากการเรืองแสงของรังสีเอกซ์ในการวิเคราะห์แร่หรือสาร

ตัวอย่าง เรียก X-ray fluorescence spectrography และเครื่องมือที่ใช้ในการหาเงาสีของรังสีเอกซ์นี้เรียก X-ray spectrograph

ขณะที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มีขนาดสูงเพียงพอผ่านเข้าไปในหลอดรังสีเอกซ์ภายในเครื่อง X-ray spectrograph จะให้กำเนิดรังสีหลัก ขึ้นก่อนและเมื่อรังสีนี้ตกกระทบบนแร่หรือสารใด แร่หรือสารนั้นจึงจะให้กำเนิดรังสีเรืองแสงขึ้น และรังสีเรืองแสงนี้สามารถรับได้ด้วยตัวตรวจรับ (detector) ตัวตรวจรับภายในเครื่อง X-ray spectrograph จะเปลี่ยนพลังงานของรังสีเอกซ์เป็นรูปพลังงานไฟฟ้า จากนั้นจึงผ่านเข้าเครื่องขยาย amplifier จำนวน pulse ที่เกิดขึ้นจะถูกนับด้วยเครื่องนับอัตรา (rate meter) ซึ่งอาจต่อเข้ากับตัวปากกา ปลายปากกาจึงจะเขียนเงาสีต่าง ๆ ที่นับได้จาก pulse เหล่านี้บนกระดาษที่มีมาตราส่วนเรียบร้อยแล้ว เมื่อนำสมการของแบรก (Bragg) มาใช้ในการคำนวณหาคลื่น จึงสามารถหาปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบของแร่หรือสารนั้นได้ด้วยการเทียบตัวอย่างมาตรฐานที่รู้ค่าของธาตุแต่ละธาตุอย่างแน่นอนแล้ว

ข. อาศัยการกระจายตัวของรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction)

การกระจายตัวของรังสีเอกซ์เป็นวิธีการหารังสีเอกซ์อีกวิธีหนึ่งที่มีประโยชน์มากในการวิเคราะห์แร่หรือสารประกอบ ทั้งนี้เพราะทฤษฎีต่าง ๆ ในเรื่องนี้เกิดขึ้นจากการนำเอาแร่หรือสารประกอบที่รู้ค่าที่แน่นอนแล้วมาเป็นตัวอย่างศึกษาทดสอบหาแบบแผนรังสีเอกซ์ (X-ray pattern) ดังนั้นวิธีนี้จึงเป็นที่นิยมและใช้กันอย่างกว้างขวางในการวิเคราะห์ทางวิชาแร่

ในทางปฏิบัติ แร่ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบอาจอยู่ในรูปผลึกหรืออยู่ในรูปของผงละเอียดก็ได้

a. วิธีการของผลึกรูปเดี่ยว (Single crystal method)

ด้วยการอาศัยผลึกรูปเดี่ยวซึ่งผลึกนี้จะถูกจัดไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสมบนฐานที่สามารถหมุนได้รอบแกนใดแกนหนึ่ง เพื่อตั้งรูปผลึกให้อยู่ได้ในตำแหน่งที่ต้องการ เมื่อรังสีเอกซ์ตกกระทบบนผลึกจะเกิดการหักเหของลำรังสีเอกซ์โดยรอบ การสะท้อนหรือการกระจายตัวจะเกิดขึ้นเมื่อเกิดมุมตกกระทบและช่วงคลื่นที่พอเหมาะตามสมการ

ของแบรกเท่านั้น หากมีแผ่นฟิล์มอยู่รอบ ๆ ผลึก รังสีเอกซ์นี้จะมีผลต่อฟิล์มที่อยู่โดยรอบ ซึ่งจะปรากฏเป็นจุดให้เห็นได้ จุดแต่ละจุดจึงเกิดจากการสะท้อนของอะตอมของหน้าผลึก จากการวัดระยะห่าง (spacing) ของจุดดังกล่าวจะสามารถคำนวณหาโครงสร้างของผลึกได้ ทั้งนี้เพราะการสะท้อนของรังสีเอกซ์จากหน้าผลึก . สามารถที่จะบันทึกให้แยกออกจากกันได้ นอกจากนี้อาจนำไปหา symmetry, cell parameters และระยะของ space groups ของผลึกได้อีกด้วย

b. วิธีการของผงละเอียด (Powder method)

โดยการนำเอาหินหรือแร่ตัวอย่างมาบดให้ละเอียดจนมีขนาดประมาณ 160 - 450 Microns

เนื่องจากการหาผลึกที่สมบูรณ์ของแร่ และการจัดให้ผลึกหมุนได้รอบแกนใดแกนหนึ่งของมันเป็นสิ่งที่ทำได้ไม่ง่ายนัก จึงได้ค้นพบวิธีการผงละเอียดขึ้น จากผงละเอียดนี้จะถูกนำไปใส่ในภาชนะเล็ก ๆ ที่เป็นรูปทรงกระบอกหรือคล้ายรูปเข็มซึ่งมีขนาดเพียง 0.2 ถึง 0.3 มม.

เมื่อผ่านรังสีเอกซ์เข้าไปในหินตัวอย่างที่บดให้เป็นผงละเอียดตามขนาดดังกล่าวแล้ว ขณะที่รังสีเอกซ์ตกกระทบบนหน้าผลึกแร่ จะสะท้อนไปปรากฏบนแผ่นฟิล์มเป็นวง ๆ ที่มีรัศมีจากจุดศูนย์กลางไม่เท่ากัน เพราะคุณสมบัติของธาตุที่เป็นองค์ประกอบต่างกัน แผ่นฟิล์มที่เป็นฉากจะต้องวางตั้งฉากกับลำแสงตกกระทบของรังสีเอกซ์ จากผลนี้นี้จึงทำให้รู้ถึงระยะห่างของ atomic planes ได้ด้วยสมการของแบรก ตลอดจนรู้ถึงลักษณะผลึก (Crystallography) ของแร่ได้อีกด้วย

โดยสรุปแล้วจะเห็นว่าวิธีการทางรังสีเอกซ์มีประโยชน์ที่จะใช้หาชื่อแร่และลักษณะผลึกแร่ ตลอดจนส่วนประกอบทางเคมีของแร่หรือสารประกอบ รวมทั้งหินชนิดต่าง ๆ ได้ เมื่อรู้ส่วนประกอบในหิน เราก็สามารถจำแนกประเภทของหินได้โดยอาศัยขบวนการคำนวณของ ซี ไอ พี ดับบลิว นอร์ม

2.5.3 การจำแนกทางเคมี*(Chemical Classification)

ระบบที่ใช้ในการจำแนกส่วนประกอบและปริมาณแร่โดยทางเคมีที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีระบบของ ซี ไอ พี ดับบลิว, โอเซน, วอนไวท์ และนิกกลิ ระบบที่ใช้กันมากสุดในระบบเหล่านี้ได้แก่ระบบของ ซี ไอ พี ดับบลิว ซึ่งนิยมใช้กันมากในสหรัฐอเมริกาและอังกฤษ ส่วนระบบของนิกกลิ กลับนิยมใช้กันมากในยุโรป

ประโยชน์ที่ได้จากการจำแนกและการคำนวณทางเคมีจากองค์ประกอบแร่ในหินอัคนีมาจากความจริงที่ว่าการวิเคราะห์ทางเคมีนั้นสามารถให้ความละเอียดและถูกต้องได้สูงกว่าวิธีการอย่างอื่น ถึงแม้ว่าในบางครั้งอาจช้าและมีขบวนการยุ่งยากมากกว่าการวิเคราะห์จากการสังเกตส่วนประกอบและปริมาณแร่โดยตรงในสนาม หรือการอาศัยเครื่องมือทางฟิสิคซ์ในห้องปฏิบัติการก็ตาม แต่ผลลัพธ์ที่ออกมามักมีความน่าเชื่อถือสูงกว่าวิธีการอย่างอื่น

โดยเหตุที่แต่ละระบบในการจำแนกหินอัคนีนั้นมีกฎเกณฑ์และการคำนวณเฉพาะตัวที่สลับซับซ้อนและยุ่งยาก ในที่นี้จึงจะขอกล่าวถึงระบบของ ซี ไอ พี ดับบลิวเท่านั้น

ระบบ ซี ไอ พี ดับบลิว ตั้งขึ้นโดยครอส อิดดิ่ง เพียร์ซัน และวอชิงตัน มีมากว่า 60 ปีแล้ว โดยการนำหินตัวอย่างมาวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาออกไซด์ของธาตุและธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของหินในรูปของร้อยละโดยน้ำหนัก ออกไซด์เหล่านี้ยอมได้จากองค์ประกอบของแร่ต่าง ๆ ที่อยู่ในหิน ผลที่ได้ตามระบบนี้จะทำให้เกิดนอร์มขึ้น จากนั้นจึงนำค่าที่ได้นี้กลับมาคำนวณในรูปของโมเลกุลแร่มาตราฐานหรือแร่นอร์ม

ตารางที่ 2.3 แสดงถึงชื่อแร่นอร์ม สัญญลักษณ์ สูตรเคมี และน้ำหนักโมเลกุล

วิธีการคำนวณหานอร์ม

คำว่า "จำนวน" ที่จะใช้ในหัวข้อการคำนวณต่อไปนี้ หมายถึงจำนวนโมเลกุลหรือสัดส่วนโมเลกุลซึ่งได้จากการเอาส่วนประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมี โดยคิดเป็น

---

*หนังสือบางเล่มเรียก Petrochemical หรือ Quasi-chemical

ร้อยละโดยน้ำหนักหารด้วยน้ำหนักโมเลกุล วิธีการคำนวณหานอร์มต้องทำตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ค่าสัดส่วนโมเลกุลของออกไซด์ธาตุหรือธาตุใดที่น้อยกว่า 0.002 จะไม่นำมาใช้ในการคำนวณหานอร์ม

2. เอาจำนวนของ MnO ไปรวมกับของ FeO

3 จำนวนของ CaO ใน apatite ให้เท่ากับ 3.33 เท่าของ P_2O_5 หรือ

ตารางที่ 2.3 แสดงชื่อแร่นอร์ม สัญญลักษณ์ สูตรเคมี และน้ำหนักโมเลกุลที่ใช้ในการคำนวณตามระบบซี ไอ พี คิบบลิว

ชื่อแร่	สัญญลักษณ์		สูตรเคมี	น้ำหนักโมเลกุล
			Salic Group	
Quartz	Q	Q	SiO_2	60
Corundum	C	C	Al_2O_3	102
Orthoclase	or	F	$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	556
Albite	ab.	F	$Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	524
Anorthite	an	F	$CaO.Al_2O_3.2SiO_2$	278
Leucite	lc	L	$K_2O.Al_2O_3.4SiO_2$	436
Nepheline	ne	L	$Na_2O.Al_2O_3.2SiO_2$	284
			Femic Group	
Acmite	ac	P	$Na_2O.Fe_2O_3.4SiO_2$	462
Diopside	di	P	$CaO.(Mg,Fe)O.2SiO_2$	116,100,132
Wollostonite	wo	P	$CaO.SiO_2$	116
Hypersthene	hy	P	$(Mg,Fe)O.SiO_2$	100,132
Olivine	ol	O	$2(Mg,Fe)O.SiO_2$	140,204
Magnetite	mt	H, M	$FeO.Fe_2O_3$	232
Hematite	hm	H, M	Fe_2O_3	160
Ilmenite	il	T, M	$FeO.TiO_2$	152
Apatite	ap	A	$3(3CaO.P_2O_5).CaF_2$	336
Pyrite	pr	A	FeS_2	120
Calcite	cc	A	$CaO.CO_2$	100

เท่ากับ 3 เท่าของ P_2O_5 และ 0.33 เท่าของ F ในกรณีที่มี F อยู่ด้วย

3 b. จำนวนของ FeO ใน pyrite เท่ากับ 0.5 เท่าของ S

3 c. จำนวนของ FeO ใน ilmenite เท่ากับของ TiO_2

3 d. จำนวนของ CaO ใน calcite เท่ากับของ CO_2

4 a. จำนวนของ Al_2O_3 ใน orthoclase เท่ากับของ K_2O

4 b. ถ้าจำนวนของ Al_2O_3 น้อยกว่า K_2O ให้ไปทำข้อ 4 f. ถ้ามากกว่า K_2O ให้จำนวนของ Al_2O_3 เท่ากับของ Na_2O ใน albite

4 c. จำนวนที่เหลือของ Al_2O_3 ที่ให้แก่ $K_2O + Na_2O$ ที่ใช้ในข้อ 4 a. และ 4 b. ให้จำนวนที่เหลือนั้นเท่ากับจำนวนของ CaO ใน anorthite

4 d. ถ้าจำนวนที่เหลือของ Al_2O_3 ที่ใช้ไปใน CaO ให้คิดเป็นจำนวนของ corundum

4 e. จำนวนที่เหลือของ CaO เทียบกับ Al_2O_3 ในข้อ 4 c. ให้เก็บไว้เป็นจำนวนของ disopside และ wollastonite ตามข้อ 6.

4 f. จากข้อ 4 e. จำนวนที่เหลือของ Na_2O เทียบกับของ Al_2O_3 ให้เก็บไว้เป็นจำนวนของ acmite ในกรณีนี้จะไม่มีค่า anorthite ในนอร์ม

5 a. จำนวนของ Fe_2O_3 ใน acmite ให้เท่ากับของ Na_2O ในส่วนเกินของ Na_2O เมื่อเทียบกับ Al_2O_3 ตามข้อ 4 f.

5 b. จำนวนของ Fe_2O_3 ใน magnetite ให้คิดจากส่วนเกินของ Fe_2O_3 เมื่อเทียบกับส่วนที่เหลือของ Na_2O

5 c. ถ้ายังมีส่วนที่เหลือของ Fe_2O_3 อยู่ให้คิดเป็นของ hematite

6 a. จำนวนที่เหลือของ CaO ที่ใช้ไปในข้อ 4 e. ให้เท่ากับจำนวนของ MgO กับ FeO ใน diopside

6 b. ถ้ายังมีจำนวนของ CaO เหลืออยู่ให้ไปเป็น wollastonite

6 c. ส่วนที่เหลือของ MgO กับ FeO ใน diopside ให้ไปเป็น hypersthene

7a. หาจำนวนของ SiO_2 ในนอร์มแต่ละตัวโดยเทียบจากสัดส่วนโมเลกุลตามสูตรทางเคมีของแร่

7b. ส่วนที่เหลือของจำนวน SiO_2 ที่ใช้ไปในข้อ 7 a. ให้คิดเป็นจำนวนของ free quartz

จากนั้นจึงหาเปอร์เซนต์นอร์ม ของแร่นอร์มแต่ละตัวโดยเอาจำนวนออกไซด์ชาตุที่น้อยที่สุดคูณกับน้ำหนักโมเลกุลของแร่นอร์ม แล้วจึงหากลุ่มแร่มาตราฐานตามตารางที่ 2.3

ในการหาค่าของ quartz, orthoclase และ plagioclase เพื่อนำไปพลอตลงในไดอะแกรม Q-A-P เพื่อการตั้งชื่อหินอัคนีตามระบบ ไอ ยู จี เอส จะต้องทำการคำนวณค่าเหล่านี้ซึ่งอยู่ในรูปเปอร์เซนต์นอร์มให้อยู่ในรูปของเปอร์เซนต์นอร์มที่แท้จริง (actual percentage norms) เสียก่อน โดยให้มีค่าใกล้เคียงกับผลรวมซึ่งเท่ากับ 100 ในไดอะแกรมทั้งนี้เนื่องจากไดอะแกรมนั้นได้กำหนดให้ปริมาณของแร่แต่ละตัวมีค่าเท่ากับ 100

สำหรับค่า Differentiation index มีประโยชน์ในการศึกษาถึงการวิวัฒนาการของหินละลาย (magmatic evolution) และ petrographic provinces ของหินอัคนีโดยค่านี้ได้จากผลบวกที่คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของนอร์มของแร่ quartz, orthoclase, albite, nepheline และ leucite

2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างการจำแนกส่วนประกอบแร่และส่วนประกอบเคมี

ถึงแม้ว่าการจำแนกหินอัคนีโดยวิธีทางเคมีจะช้าและยุ่งยากกว่า แต่ก็มีความละเอียดถูกต้องมากกว่าการจำแนกโดยวิธีอาศัยส่วนประกอบของแร่ก็ตาม การประยุกต์เอาคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณตามกฎเกณฑ์ที่ได้วางไว้ของแต่ละระบบแล้ว ยังได้ประโยชน์ในด้านความถูกต้องของตัวเลขของแร่นอร์มต่าง ๆ และในกรณีที่มีตัวอย่างหินจำนวนมาก คอมพิวเตอร์จะสามารถช่วยประหยัดเวลาในการคำนวณได้เป็นอย่างดี

อย่างไรก็ตามในบางครั้งการอาศัยการจำแนกทางเคมีอย่างเดียวหาได้เป็นการเพียง

i 18000332

พอไม่ ทั้งนี้เพราะโดยธรรมชาติแล้วการเกิดหินอัคนีมีขบวนการที่ซับซ้อนมาก กล่าวคือหินสองชนิดอาจมีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกัน แต่ในทางวิชาแร่แล้ว อาจตรงกันข้ามกันก็ได้[1] ทั้งนี้เพราะในทางวิชาแร่ของหินไม่เพียงแต่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงส่วนประกอบแร่เท่านั้น แต่ยังสามารถบอกถึงสภาวะของการตกผลึก และประวัติความเป็นมาอย่างต่อเนื่องของหินได้อีกด้วย ดังนั้นหลักการจำแนกหินอัคนีได้อาศัยวิธีทั้ง 2 ดังกล่าวเข้ารวมกันแล้ว จะทำให้ได้ชื่อหินที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

---

[1]Ian S.E. Carmichael, Francis J. Turner and John Verhoogen Igneous Petrology. (New York : McGraw Hill Book Company, 1974), p. 157.