บทที่ 3
การเคลื่อนที่ของหินหลอมเหลวและหินอัคนี
(IGNEOUS ACTIVITY AND IGNEOUS ROCKS)

การเคลื่อนที่ของหินหลอมเหลวคือการที่หินหลอมเหลว (molten rock) เคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวโลก หินหลอมเหลวที่ยังเคลื่อนอยู่ใต้ผิวโลกเรียกว่าแมกมา ถ้าหินหลอมเหลวเคลื่อนที่ออกสู่ผิวโลกแล้วเรียกว่าลาวา เมื่อแมกมาและลาวาเย็นตัวลงก็จะได้หินอัคนี

การเคลื่อนที่ของหินหลอมเหลวที่ขึ้นมาสู่ผิวโลกสามารถแบ่งเป็น 2 แบบ คือ หินหลอมเหลวแทรกขึ้นมาตามรอยแตกขนาดใหญ่ของผิวโลก (fissure eruptions) จะทำให้เกิดที่ราบสูง (plateaus) และอีกแบบหนึ่งหินหลอมเหลวเคลื่อนขึ้นมาตามปล่อง (Vent) และมีการสะสมของวัสดุรอบปล่อง ทำให้เกิดภูเขาไฟ (volcanoe)

3.1 ภูเขาไฟ

ภูเขาไฟอาจจะก่อตัวให้มีขนาดใหญ่ขึ้นจนกลายเป็นเทือกเขา โดยปกติภูเขาไฟจะมีรูปร่างคล้ายกรวย ซึ่งมีแอ่งอยู่ตรงยอด เราเรียกแอ่งนี้ว่าเครเตอร์ (crater) หรือคาลเดอร์รา (Caldera) เครเตอร์หมายถึงแอ่งภูเขาไฟตรงปากปล่องที่เกิดจากการพ่นวัตถุจากภายในออกมามีขอบชัน ความลึกประมาณ 100 เมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 300 เมตร และเครเตอร์นี้อาจอยู่ที่ยอดหรือด้านข้างของภูเขาไฟ ส่วนคาลเดอร์ราเป็นแอ่งที่มีขนาดใหญ่โดยมากมีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 1500 เมตร บางอันอาจกว้างหลายกิโลเมตร และลึกหลายร้อยเมตร ปล่องภูเขาไฟอาจถูกปิดกั้นด้วยหินซึ่งได้จากการแข็งตัวของแมกมาในการระเบิดครั้งก่อน และหินนี้อาจมีรอยแตกซึ่งเป็นทางให้แก๊สผ่านออกมาได้ การระเบิดของภูเขาไฟจะเกิดขึ้นหลายครั้งถ้าบริเวณนั้นมีหินหลอมเหลวอยู่มาก

ภูเขาไฟขนาดใหญ่ที่สุดในโลกคือภูเขาไฟม้วนาเลา (Mauna Loa) บนเกาะฮาวาย มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ฐานยาว 600 กิโลเมตรและมียอดสูงเกือบ 10 กิโลเมตรจากระดับน้ำทะเล แสดงว่ามีการระเบิดหลายต่อหลายครั้ง

3.1.1 **การระเบิดของภูเขาไฟ** (volcanic eruptions) แหล่งแมกมาที่อยู่ใต้ผิวโลกลงไปจะประกอบด้วยธาตุต่าง ๆ อยู่ในรูปของสารละลาย ธาตุบางอย่างจะกลายเป็นแก๊สเมื่อแมกมาเคลื่อนขึ้นมาใกล้ผิวโลก แก๊สเหล่านี้จะมีความสำคัญในการเคลื่อนที่ของหินหลอมเหลว และเป็นปัจจัยอันแรกที่ทำให้เกิดการระเบิดของภูเขาไฟ ขณะที่แมกมาเคลื่อนขึ้นมาใกล้ผิวโลก แก๊สจะแยกตัวออกจากส่วนประกอบอื่น ๆ ขึ้นมาอยู่ตอนบนของแมกมา ถ้าปล่องที่ขึ้นมาถูกปิด แก๊สจะมีการสะสมตัวมากขึ้น แรงดันเพิ่มมากขึ้น ก็จะดันหินให้แตกออกเป็นเศษหินและถูกผลักให้ขึ้นไปในอากาศพร้อมกับแมกมา ภายหลังจากการระเบิดแมกมาก็จะเคลื่อนขึ้นสู่ผิวโลก

การระเบิดของภูเขาไฟอาจจะมีการระเบิดอย่างรุนแรงพ่นเศษหินและแมกมาขึ้นไปในอากาศ หรือมีการระเบิดอย่างสงบโดยแมกมาค่อย ๆ ไหลออกมา ชนิดของการระเบิดขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของแมกมาและปริมาณแก๊ส ลาวาที่มีแร่เฟอร์โรแมกนีเซียนมากจะไหลออกมาอย่างสงบและไม่รุนแรงมาก แต่ถ้ามีพวกซิลิกามากก็จะมีความหนืดมาก การระเบิดจะรุนแรง

3.1.2 **ส่วนประกอบของลาวา** (composition of lavas) ส่วนประกอบของลาวาโดยทั่วไปแบ่งได้ 3 ชนิด ซึ่งแบ่งตามส่วนประกอบของซิลิกาได้ดังนี้

เอซิดลาวา (acid lava) มีซิลิกา 70 เปอร์เซนต์ หรือมากกว่า 70 เปอร์เซนต์

อินเทอร์มิเดียตลาวา (intermediate lava) มีซิลิกา 60-65 เปอร์เซนต์

เบสิกลาวา (basic lava) มีซิลิกาน้อยกว่า 50 เปอร์เซนต์

ลาวาทั้งหมดจะมีส่วนประกอบบางอย่างที่คล้ายกัน แต่การระเบิดของภูเขาไฟแต่ละครั้งมักจะมีส่วนประกอบของลาวาแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะเป็นการระเบิดของภูเขาไฟลูกเดียวกันก็ตาม โดยทั่วไปการระเบิดของภูเขาไฟครั้งแรก ๆ จะให้เบสิกลาวา แล้วค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นอินเทอร์มิเดียตลาวา และสุดท้ายของการระเบิดจะเป็นเอซิดลาวามากที่สุด

การระเบิดของภูเขาไฟที่ให้เบสิกลาวาส่วนมากเป็นภูเขาไฟที่อยู่ในมหาสมุทร เช่น ภูเขาไฟในเกาะฮาวาย ภูเขาไฟในกาลาพาก้ว ในมหาสมุทรแปซิฟิก ส่วนในมหาสมุทรแอตแลนติกจะเป็นแนวตั้งแต่ไอซ์แลนด์ไปตามมิดแอตแลนติกริดถึงทริสตานเดอคุนฮา (Tristan de Cunha) ส่วนลาวาชนิดอินเทอร์มิเดียตที่ได้จากการระเบิดของภูเขาไฟรอบ ๆ มหาสมุทรแปซิฟิกส่วนใหญ่เป็นหมู่เกาะรูปโค้ง (Island arces)

ลาวาที่ไหลออกมาเมื่อเย็นลงผิวของลาวาจะมีอยู่ 2 แบบ คือ อาจมีลักษณะเรียบเรียกว่าพาโฮยโฮย (pahoehoe), คอร์ด (corded) หรือโรพี (ropy) เกิดจากลาวาที่มีส่วนประกอบเป็นชนิดเบสิกลาวา ส่วนผิวของลาวาที่มีลักษณะขรุขระเรียกว่าอาอา (aa) เป็นการไหลออกมาของลาวาที่มีความหนืดมาก คือ มีซิลิกามาก

อุณหภูมิของลาวา จากการวัดอุณหภูมิของลาวาที่ปล่องของภูเขาไฟในบางแห่งพบว่าลาวาชนิดเบสิกลาวาจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 1100 °ซ. ลาวาที่มีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ภูเขาไฟคิลัว (Kilauea) บนเกาะฮาวาย

แก๊สในลาวา จากการศึกษาที่ภูเขาไฟคิลัวพบว่า 70 เปอร์เซนต์ของปริมาณแก๊สทั้งหมดจะเป็นไอน้ำ ปริมาณแก๊สที่รองลงมาได้แก่คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน แก๊สกำมะถัน นอกจากนี้ก็มีคาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรเจน และคลอรีนบ้างเล็กน้อย

3.1.3 **เศษหินภูเขาไฟ** (Pyroclastic debris) การระเบิดของภูเขาไฟจะให้เศษหินขนาดต่าง ๆ ออกมา เศษหินที่เป็นผงละเอียดส่วนมากจะลอยขึ้นไปอยู่ในอากาศเป็นเวลานานและปลิวไปในระยะทางที่ไกล พวกที่มีขนาดใหญ่อาจตกอยู่รอบ ๆ หรือใกล้กับปล่องภูเขาไฟ ขนาดของเศษหินภูเขาไฟมีชื่อเรียกแตกต่างกันดังนี้

ฝุ่น (dust) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10^{-4} ซม. เป็นผงละเอียดมาก

ขี้เถ้า (ash) ประกอบด้วยเศษแก้วที่มีเหลี่ยมมุมมากขนาดเล็กว่าซินเดอร์

ซินเดอร์ (cinders) มีขนาดเล็กคล้ายกากแร่ t4นส่วนของแมกมาที่แข็งตัว มีขนาด 0.5-2.5 ซม.

ลาพิลลี่ (lapilli) มีขนาดประมาณเท่าถั่ววอลนัท หรือขนาด 2 ซม.

บล็อก (blocks) มีขนาดใหญ่เป็นก้อนเหลี่ยม เกิดจากการแตกหักออกมาของหินที่อุดปล่องภูเขาไฟ

บอมบ์ (bomb) เป็นหินก้อนกลมมนขนาดใหญ่ เกิดจากการแข็งตัวของแมกมาที่ถูกดันขึ้นไปในอากาศ

พัมมิส (pumice) เป็นเศษหินที่มีรูพรุนมากคล้ายกับรังผึ้ง และมีความเบาจนลอยน้ำได้ เกิดจากการแข็งตัวของลาวาที่มีไอน้ำและแก๊สปนอยู่มาก มีขนาดหลายเซนติเมตร

การระเบิดของภูเขาไฟบางครั้งจะให้ขี้เถ้าออกมามากผสมกันไอน้ำและแก๊สต่าง ๆ จะทำให้มีลักษณะคล้ายก้อนเมฆที่ร้อนและหนัก กลุ่มขี้เถ้าผสมกับไอน้ำและแก๊สดังกล่าวนี้มีชื่อเรียกว่าเฟียรีคลาวด์ (fiery clouds)

การระเบิดของภูเขาไฟบางแห่งสามารถทำให้อากาศหนาวเย็นลงและบางทีก็มืดคลึ้ม ทั้งนี้เพราะว่าฝุ่นที่ได้จากการระเบิดของภูเขาไฟมีมากมายในอากาศก็จะไปบังความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำให้อากาศในฤดูหนาวหนาวมาก

3.1.4 **การแบ่งชนิดของภูเขาไฟ** (Classification of volcanoes) ภูเขาไฟสามารถแบ่งออกตามชนิดของวัตถุที่มาสะสมกันบริเวณรอบ ๆ ปล่องภูเขาไฟได้ดังนี้

1. ชิลด์โวลเคโน (shield volcanoes) ภูเขาไฟชนิดนี้มีรูปร่างคล้ายโล่ห์ เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟที่ไม่รุนแรง จึงสะสมวัตถุธารลาวามาก มีความกว้างมากกว่าความสูง มีความเอียงที่ยอดไม่เกิน 10° และความเอียงที่ฐานไม่เกิน 2° เช่น ภูเขาไฟที่หมู่เกาะฮาวาย

2. คอมโพซิตโวลเคโน (composite volcanoes) วัตถุที่ประกอบเป็นภูเขาเป็นพวกเศษหินภูเขาไฟและธารลาวา ภูเขาไฟแบบนี้จะมีความเอียงที่ยอดเกือบ 30° และความเอียงที่ฐานประมาณ 5° เช่น ภูเขาไฟมายัน (Mayan) บนเกาะลูซอนในประเทศฟิลิปปินส์

3. ซินเดอร์โคน (cinder cones) เป็นภูเขาไฟที่มีขนาดเล็กเกิดจากการระเบิดอย่างรุนแรงของภูเขาไฟ ประกอบด้วยเศษหินภูเขาไฟขนาดซินเดอร์ ภูเขาไฟแบบนี้มีความเอียง 30°-40° และส่วนใหญ่มีความสูงไม่เกิน 500 เมตร เช่น ภูเขาไฟเพริคิวติน (Paricutin) ในเมกซิโก

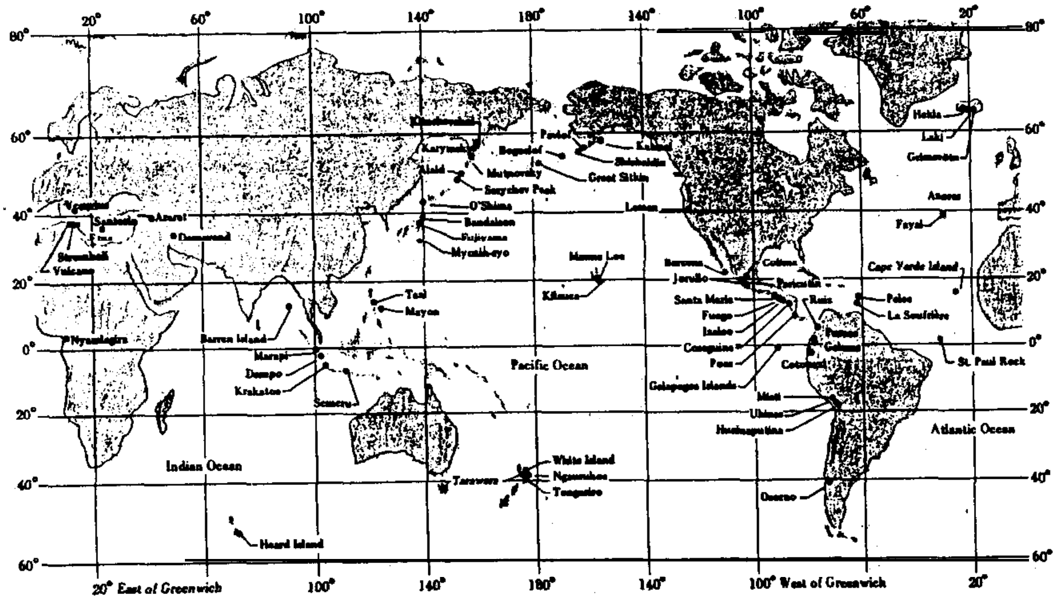
3.1.5 **การกระจายของภูเขาไฟที่ยังมีปฏิกิริยา** (Distribution of active volcanoes) เราพบหลักฐานของการเคลื่อนที่ของแมกมาออกมาสู่ผิวโลกทุกยุคทุกสมัย หลักฐานดังกล่าวอาจจะพบในเทือกเขาสูง ตามท้องมหาสมุทรและตามที่ราบ โลกเราในปัจจุบันนี้มีภูเขาไฟที่ยังมีปฏิกิริยาอยู่ประมาณ 455 ลูก (ดูรูปที่ 3.1) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 เขต

1. Circum Pacific Belt คือบริเวณที่อยู่รอบ ๆ มหาสมุทรแปซิฟิก มีอยู่มากที่สุดคือ 284 ลูก

2. Alpine-Himalayan Belt เริ่มตั้งแต่ประเทศทางตอนเหนือของ

ทวีปแอฟริกาผ่านมาทางตอนใต้ของเทือกเขาแอล์ป ผ่านตอนเหนือของประเทศอิหร่านเข้ามาในทิวเขาหิมาลัย อ้อมผ่านประเทศพม่าและลงมาจนถึงหมู่เกาะประเทศอินโดนีเซีย มีอยู่ประมาณ 98 ลูก

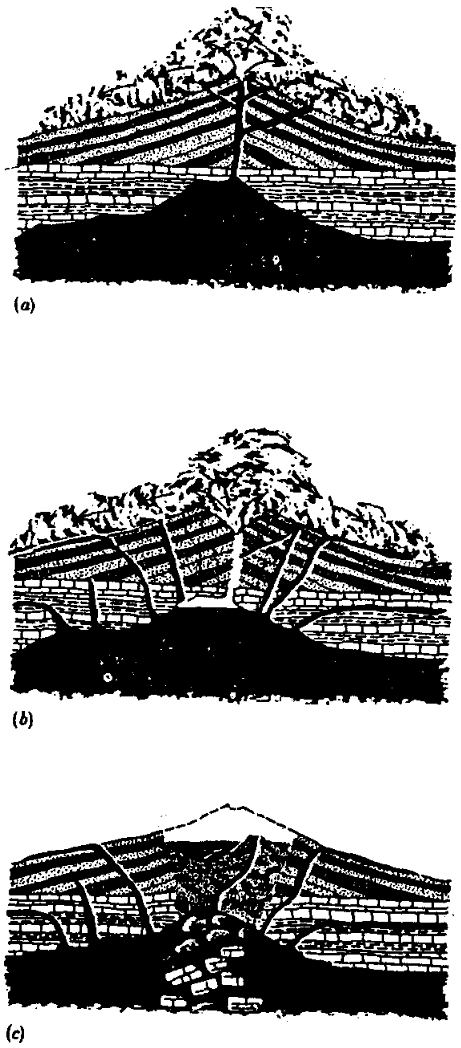
3. ภูเขาไฟบนเกาะกลางมหาสมุทรต่าง ๆ เช่น มหาสมุทรแอตแลนติก มหาสมุทรอินเดีย มหาสมุทรแปซิฟิก แอนตาร์กติก และแอฟริกา มีอยู่ประมาณ 73 ลูก



รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งภูเขาไฟบางลูกที่ยังมีปฏิกิริยา

(ที่มา : Leet & Judson, 1971 หน้า 75)

3.1.6 การเกิดคาลเดอร์รา (Formation of calderas) คาลเดอร์ราอาจจะเกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ หรือการยุบตัวในบริเวณปล่องภูเขาไฟ หรืออาจเกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟควบคู่ไปกับการยุบตัวในบริเวณปล่องภูเขาไฟ (ดูรูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 ลำดับเหตุการณ์ของการเกิดคาลเดอร์รา

a การระเบิดของภูเขาไฟเริ่มต้นด้วยการเกิดเฟียรีคลาวด์และก้อนเมฆที่ประกอบด้วยฝุ่น (dust clouds) กระจายอยู่ตามที่ลาดของภูเขาไฟและบริเวณใกล้เคียง

b เมื่อการระเบิดดำเนินต่อไปบริเวณที่อยู่ใกล้กับปล่องภูเขาไฟจะแตกและถูกพ่นขึ้นไปในอากาศพร้อมกับมีลาวาไหลออกมา

c บริเวณยอดของภูเขาไฟจะยุบตัวลงมาแทนที่แมกมาที่ไหลออกไป เกิดเป็นคาลเดอร์ราขึ้น

(ที่มา : Leet & Judson, 1971 หน้า 76)

3.2 ที่ราบสูงบะซอลต์

ที่ราบสูงบะซอลต์ (Basalt plateaus) เป็นที่ราบสูงที่ประกอบไปด้วยหินบะซอลต์ เกิดจากลาวาเคลื่อนที่ขึ้นมาตามรอยแตกของเปลือกโลกและไหลออกมาอย่างสงบแผ่ไปเป็นบริเวณกว้าง ลาวาที่เคลื่อนที่ขึ้นมานั้นมีส่วนประกอบเป็นบะซอลติก (basaltic) ซึ่งมีความหนืดน้อยเมื่อเย็นตัวลงจะให้หินบะซอลต์ การไหลออกมาบนผิวดินของลาวาแต่ละครั้งจะมีความหนาไม่มากอาจมีค่าเฉลี่ยประมาณ 6 เมตร แต่ลาวาจะไหลมาทับถมกันหลาย ๆ ชั้น ทำให้มีความหนารวมทั้งหมดหลายกิโลเมตร ซึ่งต้องใช้ระยะเวลานาน

ปัจจุบันนี้ ลาวาที่เคลื่อนที่ขึ้นมาตามารอยแตกบนผิวดินเราพบบ้าง นอกจากนี้ก็อาจจะพบบนพื้นมหาสมุทรบริเวณรอยแตกตามสันเขาใต้มหาสมุทร (oceanic ridge) แต่อย่างไรก็ตาม เราก็มีตัวอย่างการเคลื่อนที่ของลาวาขึ้นมาตามรอยแตกที่เกิดขึ้นในอดีต เช่น

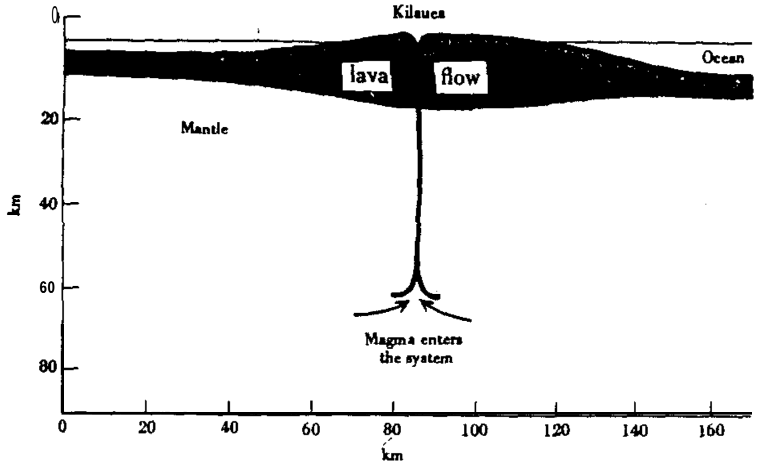
ที่ราบสูงเดคคาน (Deccan Plateau) ในประเทศอินเดีย ซึ่งพื้นที่ทวีปบริเวณนี้ปกคลุมไปด้วยหินบะซอลต์ถึง 1 ล้านตารางกิโลเมตร และมีความหนา 1219-1829 เมตร

ที่ราบสูงโคลัมเบียสเนค (Columbia-Snake Plateau) อยู่ทางตะวันตกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกา มีเนื้อที่ถึง 646 ล้านตารางกิโลเมตร และมีความหนามากที่สุด 1524 เมตร

3.3 การเคลื่อนที่ของหินหลอมเหลวและแผ่นดินไหว

ส่วนใหญ่การเคลื่อนที่ของหินหลอมเหลว (Igneous activity) ลักษณะการระเบิดของภูเขาไฟมักจะมีความสัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหว การเกิดแผ่นดินไหวเป็นการเตือนให้ทราบว่าจะมีการเคลื่อนตัวของแมกมาขึ้นมาสู่ผิวโลก

ความลึกของจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหวที่เกิดร่วมกับการเคลื่อนที่ของแมกมาออกมาสู่ผิวโลก ทำให้เราทราบความลึกที่แมกมาเคลื่อนตัวขึ้นมา แมกมาจะเกิดอยู่ในชั้นแมนเทิล (mantle) ตัวอย่างเช่น ก่อนมีการระเบิดของภูเขาไฟคิล้ว ได้มีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นที่ความลึกใต้ยอดภูเขาไฟ 60 กิโลเมตร แสดงว่าแมกมาได้เคลื่อนตัวขึ้นมาจากระดับความลึก 60 กิโลเมตร จากยอดภูเขาไฟ (ดูรูป 3.3)



รูปที่ 3.3 การระเบิดของภูเขาไฟคิลัว

(ที่มา : Leet & Judson, 1971 หน้า82)

3.4 มวลของหินอัคนี

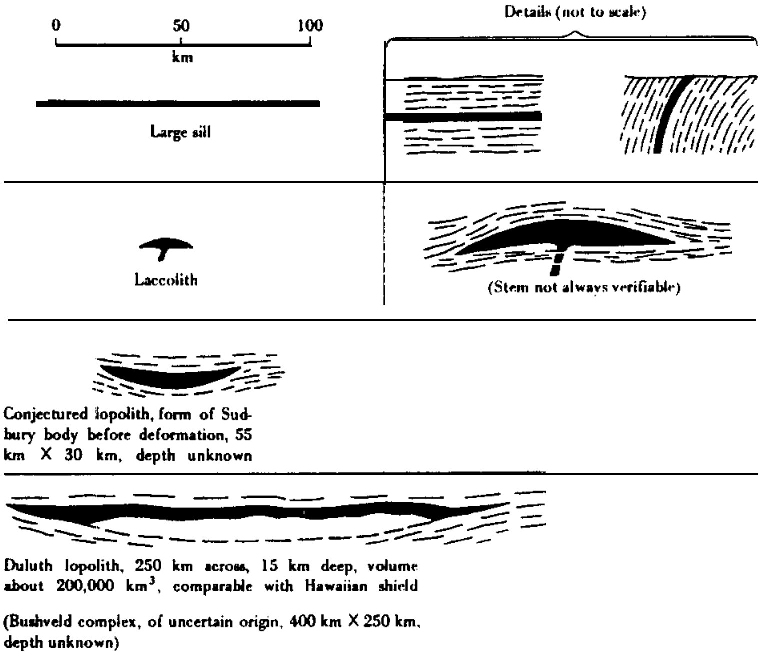
การเคลื่อนที่ของหินหลอมเหลวที่กล่าวมาข้างต้น เป็นเรื่องเกี่ยวกับลาวาตามผิวโลก และเศษหินที่ได้จากการระเบิดของภูเขาไฟ และลักษณะภูมิประเทศบางอย่าง เช่น ที่ราบสูงบะซอลต์และภูเขาไฟ ทั้งหมดนี้ถือว่าเป็นมวลหินอัคนี (masses of Igneous rocks) ที่เกิดขึ้นบนผิวดินนั่นเอง เราเรียกหินอัคนีชนิดนี้ว่าหินอัคนี Extrusive หรือ Volcanic

เมื่อแมกมาภายในเปลือกโลกหยุดเคลื่อนตัวก่อนถึงผิวดินและแข็งตัวในตำแหน่งนั้น มันจะให้มวลหินอัคนีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กัน มวลหินอัคนีเหล่านี้สามารถเห็นได้ต่อเมื่อหินหรือดินที่ปกคลุมอยู่ผุพังออกไป เราเรียกหินอัคนีชนิดนี้ว่าหินอัคนี Intrusive หรือ Plutonic

การผุพังของภูเขาไฟส่วนแรกที่ปรากฏให้เห็น คือ พลัก (plug) ซึ่งเกิดจากการแข็งตัวของแมกมาบริเวณปล่องภูเขาไฟ ถัดมาก็คือช่องทางต่าง ๆ ที่แมกมาเคลื่อนขึ้นมาบนผิวดิน และท้ายสุดถ้าเปลือกโลกบริเวณนี้มีการยกตัวขึ้นและผุพังจะทำให้เราเห็นแหล่งกักเก็บแมกมา (magma reservior) ที่แข็งตัวเป็นหิน รวมทั้งส่วนต่าง ๆ ของแมกมาที่แทรกเข้าไปในชั้นหินซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการระเบิดของภูเขาไฟ

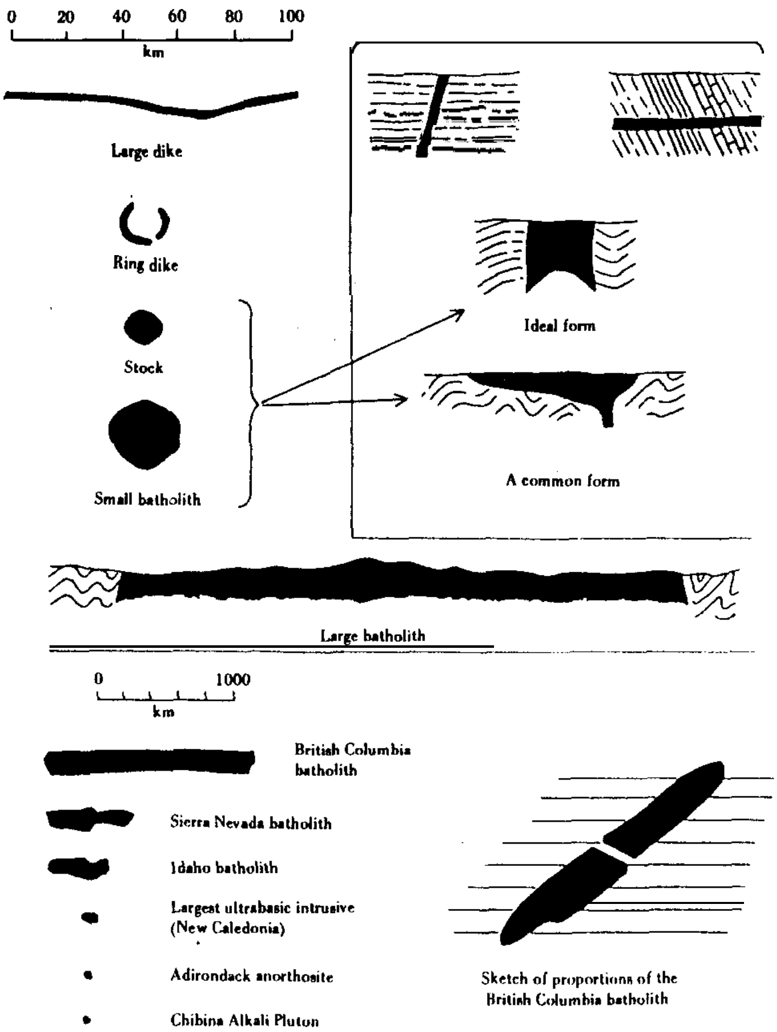
พลูโทน (Plutons)

มวลหินอัคนีทั้งหมดที่เกิดจากการแข็งตัวของแมกมาในชั้นเปลือกโลก (crust) เรียกว่าพลูโทน ถ้ามวลหินอัคนีเกิดขนานกับชั้นของหินที่แทรกเข้าไปเรียกว่าคอนคอร์แดนต์พลูโทน (concordant pluton) (ดูรูปที่ 3.4) แต่ถ้าเกิดตัดกับชั้นของหินที่มันแทรกเข้าไปเรียกว่า ดิสคอร์แดนต์พลูโทน (discordant pluton) (ดูรูปที่ 3.5) เราอาจแบ่งชนิดของพลูโทนตามรูปร่าง ขนาด และความสัมพันธ์ของมันกับหินที่มันแทรกเข้าไป (ดูรูปที่ 3.6)



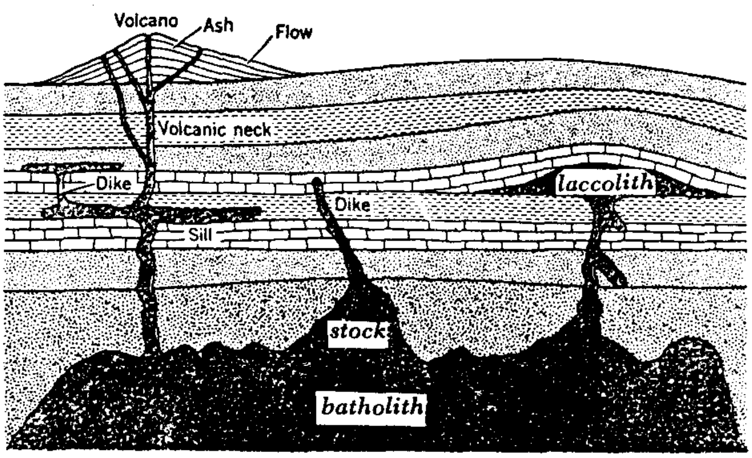
รูปที่ 3.4 แสดง concordant. **plutons**

(ที่มา : Leet & Judson, 1971 หน้า 90)



รูปที่ 3.5 แสดง discordant plutons

(ที่มา : Leet & Judson, 1971 หน้า 91)



รูปที่ 3.6 พลูโทนและลักษณะภูมิประเทศสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของหินหลอมเหลว

(ที่มา : Flint & skinner, 1977 หน้า 54)

1. **ทาบูลาร์พลูโทน** (Tabular pluton) พลูโทนที่มีความหนาไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับความกว้างและความยาว มีลักษณะเป็นแผ่นเราเรียกว่าทาบูลาร์พลูโทน พลูโทนพวกนี้ได้แก่

ซิลล์ (sill) เป็นพลูโทนชนิดทาบูลาร์คอนคอร์แดนต์ คือ มีความหนาน้อยและแทรกเข้าไปในทิศทางที่ขนานกับชั้นหิน ซิลล์อาจจะวางตัวอยู่แนวราบหรือวางตัวเอียงหรือวางตัวอยู่ในแนวดิ่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของหินที่มันแทรกเข้าไป ซิลล์อาจเป็นแผ่นบาง ๆ มีความหนาตั้งแต่หนึ่งเซนติเมตรไปจนถึงหลายเมตร มักจะพบเป็นแนวยาวมาก และส่วนปลายจะค่อยบางลง ซิลล์จะมีลักษณะคล้ายกับธารลาวา (lava flow) ที่มีหินปิดทับอยู่ข้างบน แต่เราสามารถแยกซิลล์กับธารลาวาได้โดยดูผิวบนของธารลาวาจะมีลักษณะเป็นลูกคลื่น มีรูพรุนและมีการผุพังที่ผิว ส่วนผิวบนของซิลล์จะค่อนข้างเรียบไม่มีร่องรอยของการผุพัง

ไดก์ (dike) เป็นพลูโทนชนิดทาบูลาร์ดีสคอร์แดนต์ คือ มีความหนาน้อยและแทรกตัดกับชั้นหิน มีรูปร่างและขนาดคล้ายกับซิลล์ มีความกว้าง 2-3 เซนติเมตรไปจนถึงหลายเมตร ไดก์อาจเรียกชื่อแตกต่างกันออกไปตามลักษณะและรูปร่างที่เกิด เช่น ไดก์รูปวงแหวน (ring dikes) มีลักษณะคล้ายกับผนังของท่อน้ำ แผ่นกรวย (cone sheets) มีลักษณะคล้ายกรวยหงายที่ซ้อนกัน และไดก์สวอม (dike swarms) ในกรณีที่ไดก์อยู่ด้วยกันเป็นกลุ่มและมีทิศทางขนานกัน

โลโพลิท (lopolith) เป็นพลูโทนชนิดทาบูลาร์คอนคอร์แดนต์ คือ มีความหนาน้อยและแทรกขนานกับชั้นหิน มีรูปร่างคล้ายช้อน ซึ่งทั้งส่วนบนและส่วนล่างโค้งลง โลโพลิทส่วนมากประกอบด้วยชั้นหินที่มีแร่สีเข้มกับแร่สีจางอยู่สลับกัน

2. **แมสซิฟพลูโทน** (massive pluton) พลูโทนต่าง ๆ ที่ไม่สามารถจัดอยู่ในพวกทาบูลาร์พลูโทนได้ เราเรียกพลูโทนนั้นว่า แมสซิพพลูโทน เช่น

แลคโคลิท (laccolith) เป็นพลูโทนชนิดแมสซิพคอนคอร์แดนต์ รูปร่างที่เกิดขึ้นมีส่วนบนโค้งนูนขึ้นมาคล้ายรูปเห็ดและดันให้ชั้นหินข้างบนโค้งตาม

บาโทลิท (batholith) เป็นพลูโทนชนิดดีสคอร์แดนต์ที่มีขนาดใหญ่มีฐานลึกมาก และกว้างจนไม่มีขอบเขต ด้านบนมีรูปร่างไม่แน่นอนโผล่ให้เห็นมากกว่า 100 ตารางกิโลเมตร ถ้าโผล่ให้เห็นน้อยกว่า 100 ตารางกิโลเมตร เรียกว่า **สะตอก** (Stock)

3.5 การเกิดของหินอัคนี

หินอัคนีที่เห็นตามผิวโลกทุกวันนี้เกิดจากการแข็งตัวของแมกมา แมกมาคือหินหลอมเหลวที่อยู่ใต้ผิวโลก เมื่อแมกมาเคลื่อนขึ้นสู่ผิวโลกเรียกว่าลาวา และชิ้นส่วนของแมกมาที่แข็งตัวแล้วปลิวออกมาเราเรียกว่าเศษหินภูเขาไฟ

เศษหินภูเขาไฟโดยมากจะแข็งเป็นหินได้เมื่อมีน้ำใต้ดินมาช่วยเชื่อมเข้าด้วยกัน ในกรณีนี้หินที่เกิดขึ้นอาจจัดอยู่ในจำพวกหินชั้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากมีลักษณะการเกิดคล้ายหินชั้น แต่เพราะว่ามันประกอบด้วยชิ้นส่วนของแมกมาที่แข็งตัวเราควรจัดมันอยู่ในหินจำพวกหินอัคนี ตัวอย่างของเศษหินภูเขาไฟที่แข็งตัวกลายเป็นหินอัคนีมีดังนี้

หินทัฟฟ์ (Tuff) เป็นหินอัคนีที่เกิดขึ้นจากการแข็งตัวของขี้เถ้าภูเขาไฟ

หินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ (volcanic breccia) เป็นหินอัคนีที่เกิดจากการแข็งตัวของเศษหินภูเขาไฟที่มีลักษณะเหลี่ยมขนาดใหญ่ปนกับขี้เถ้าภูเขาไฟ

หินกรวดมนภูเขาไฟ (volcanic conglomerate) เป็นหินอัคนีที่เกิดจากการแข็งตัวของเศษหินภูเขาไฟที่มีลักษณะกลมมนขนาดใหญ่ปนกับขี้เถ้าภูเขาไฟ

3.5.1 การตกผลึกของแมกมา (Crystallization of magma) แมกมาจะแข็งตัวกลายเห็นหินอัคนีได้โดยกระบวนการตกผลึก โดยเริ่มแรกแมกมาจะอยู่ในรูปของของหลอมละลาย (melt) ซึ่งมีสารละลายของธาตุต่าง ๆ ที่อุณหภูมิสูง ต่อมาความร้อนที่ทำให้แมกมาหลอมละลายค่อย ๆ ลดลง แมกมาเริ่มแข็งตัวทีละน้อยในขณะเดียวกันก็เกิดผลึกแร่ขึ้น แก๊สต่าง ๆ ก็แยกออกจากแมกมา ทำให้แมกมาประกอบด้วยของเหลว ผลึกแร่และแก๊ส เมื่อความร้อนลดลงติดต่อกันไปผลึกแร่ก็เกิดขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งรวมกันเป็นหินอัคนี

หินอัคนีอาจประกอบด้วยแร่ชนิดเดียวหรือแร่หลาย ๆ ชนิด ยึดติดกัน (interlocking) แร่ที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของหินอัคนีจะเป็นแร่พวกซิลิเกต แร่พวกนี้ได้แก่แร่โอลิวีน แร่ออไจต์ แร่ฮอร์นเบลนด์ แร่ไบโอไทต์ แร่มัสโคไวต์ แร่ออร์โทเคลสเฟลด์สปาร์ แร่แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ และแร่ควอร์ตซ์

3.5.2 หลักการทำปฏิกิริยาของโบเวน (Bowen's reaction principle) แมกมาเป็นสารละลายของธาตุต่าง ๆ แต่มันจะไม่ตกผลึกเหมือนสารละลายอื่น ๆ คือสารละลายโดยมากซึ่งมีส่วนประกอบอย่างหนึ่ง เมื่อตกผลึกเป็นของแข็งก็ยังมีส่วนประกอบอย่างเดิมเสมอ

โดยไม่คำนึงถึงภาวะระหว่างการแข็งตัว แต่กระบวนการตกผลึกของแมกมาถ้าเหมือนกันมันถึงจะให้หินที่มีส่วนประกอบเหมือนกัน อย่างไรก็ตามแมกมาที่มีส่วนประกอบอย่างเดียวกันอาจจะตกผลึกเป็นหินหลาย ๆ ชนิดที่แตกต่างกันออกไป

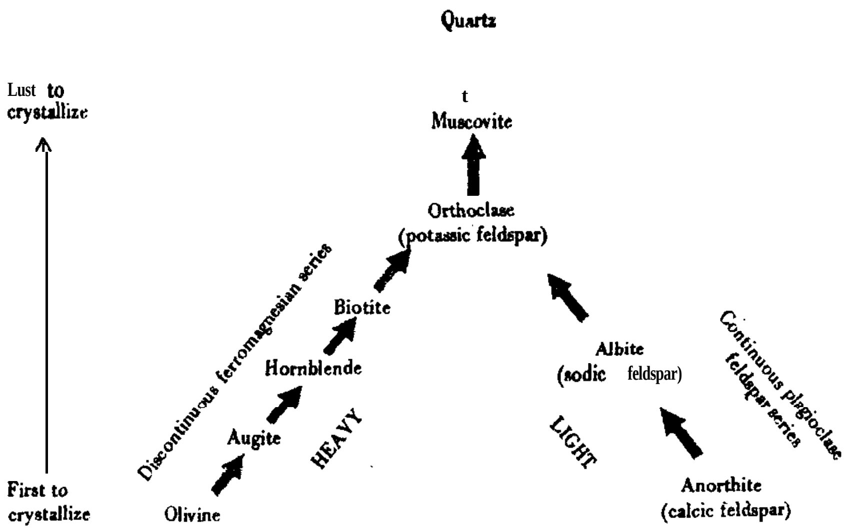
ในปี ค.ศ.1922 โบเวน (N.L.Bowen) ได้อธิบายการตกผลึกไว้ดังนี้ ผลที่แตกต่างกันเนื่องจากอัตราการเย็นตัวของแมกมาค่อยเป็นค่อยไป ขณะที่แมกมาเย็นตัวลงแร่ที่ตกผลึกก่อนจะทำปฏิกิริยากับแมกมาที่เหลือทำให้เกิดแร่ชนิดใหม่ขึ้น เรียกกระบวนการนี้ว่าการทำปฏิกิริยา (reaction) โบเวนได้จัดแร่ประกอบหินอัคนีซึ่งส่วนมากเป็นแร่ซิลิเกตตามปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็น 2 ชุด คือ ชุดทำปฏิกิริยาต่อเนื่อง (continuous reaction series) และชุดการทำปฏิกิริยาไม่ต่อเนื่อง (discontinuous reaction series)

ชุดการทำปฏิกิริยาต่อเนื่อง แร่ที่เกิดขึ้นก่อนจะถูกเปลี่ยนเป็นแร่ใหม่ โดยมีการเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องกันของส่วนประกอบแต่โครงสร้างผลึกยังคงเดิม แร่ที่จัดอยู่ในชุดนี้ได้แก่ แร่แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์

ชุดการทำปฏิกิริยาไม่ต่อเนื่อง แร่ที่เกิดขึ้นก่อนจะทำปฏิกิริยากับแมกมาที่เหลืออยู่ทำให้เกิดแร่ใหม่ที่มีส่วนประกอบและโครงสร้างผลึกที่แตกต่างกันไป แร่ที่จัดอยู่ในชุดนี้ได้แก่แร่เฟอร์โรแมกนีเซียน

โบเวนได้อธิบายการตกผลึกของแมกมาที่มีส่วนประกอบเป็นโอลิวีนบะซอลต์ดังนี้ (ดูรูปที่ 3.7)

ขณะที่แมกมาเย็นตัวลง แร่โอลิวีนและแร่อะนอไทต์ (แคลเซียมเฟลด์สปาร์) จะเป็นแร่ที่ตกผลึกก่อน เมื่ออุณหภูมิลดลงต่อไปอีก แร่เหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับแมกมาที่เหลือ แร่โอลิวีนเปลี่ยนเป็นแร่ออไจต์และแคลเซียมเฟลด์สปาร์จะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นโซเดียมเฟลด์สปาร์ ถ้าไม่มีแร่ที่ตกผลึกก่อนแยกออกไป แมกมาก็จะแข็งตัวให้หินบะซอลต์หรือหินแกมโบร แต่ถ้ามีแร่ที่ตกผลึกก่อนแยกออกไปโดยกระบวนการแยกส่วน (fractionation) กระบวนการปฏิกิริยาก็จะเกิดต่อไปโดยแร่ที่เหลืออยู่จะทำปฏิกิริยากับแมกมาที่เหลือ แร่ออไจต์จะเปลี่ยนเป็นแร่ฮอร์นเบลนด์ และแร่แคลเซียม-โซเดียมเฟลด์สปาร์จะเปลี่ยนเป็นโซเดียมเฟลด์สปาร์ (แร่แอลไบต์) ถ้าการแยกส่วนเกิดมีมากขึ้นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นก็จะไปได้ไกลและจะให้แร่ที่มีซิลิกาเป็นส่วนประกอบอยู่มาก ซึ่งเป็นขั้นสุดท้ายคือแร่ควอร์ตซ์



รูปที่ 3.7 ชุดการทำปฏิกิริยาของโบเวน

(ที่มา : Leet & Judson 1971 หน้า 94)

ดังนั้น ตามหลักปฏิกิริยาของโบเวน การตกผลึกโดยมีการแยกส่วนของแมกมาที่มีส่วนประกอบเป็นโอลิวีนบะซอลต์ทำให้เกิดหินที่มีซิลิกาเป็นส่วนประกอบอยู่และค่อยเพิ่มขึ้นจนท้ายสุดจะให้หินแกรนิต และการตกผลึกของแมกมาชนิดนี้อาจเกิดเป็นหินชนิดเดียวหรือหินหลายชนิดก็ได้ มันอาจตกผลึกเป็นหินแกบโบรซึ่งมีแร่เฟอร์โรแมกนีเซียนเป็นส่วนประกอบอยู่มาก หรืออาจเป็นหินแกรนิตซึ่งมีแร่ที่มีส่วนประกอบเป็นซิลิกามาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการแยกตัวของผลึกออกไปจากแมกมาและอัตราการเย็นตัวของแมกมา ถ้าแมกมาเย็นตัวอย่างรวดเร็วมากแร่ก็ไม่มีเวลาที่จะแยกตัวออกไปจากแมกมาหรือทำปฏิกิริยากับแมกมา จะเกิดขึ้นเมื่อแมกมาไหลออกมาสู่ผิวโลกหรือแทรกเข้าไปในชั้นหินในลักษณะไดก์หรือซิลล์บาง ๆ แต่ถ้าแมกมามีขนาดใหญ่หรือเย็นตัวช้า ๆ ในส่วนลึกของโลก การแยกตัวของแร่จะเกิดขึ้นได้มากหรือมีการทำปฏิกิริยามาก

3.6 เนื้อของหินอัคนี

เนื้อ (Texture) หมายถึงขนาดรูปร่างและการเรียงตัวของเม็ดแร่ในหิน หินอัคนีมีเนื้อเป็นผลึกเล็ก ๆ ของแร่ต่าง ๆ ยึดเกี่ยวกัน เนื้อชนิดต่าง ๆ ของหินอัคนีมีดังนี้

1. **เนื้อผลึกหยาบหรือเป็นเม็ด** (Phaneritic or Granular texture) ถ้าแมกมามีอัตราการเย็นตัวอย่างช้า ๆ แมกมาก็มีเวลามากพอที่ทำให้เม็ดแร่มีโอกาสสร้างตัวจนมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หินที่ประกอบด้วยเม็ดแร่ที่มีขนาดใหญ่นี้เรียกว่า granular (ดูรูปที่ 3.8a)

อัตราการเย็นตัวของแมกมาไม่ได้เป็นตัวการทำให้เกิดลักษณะเนื้อของหินอัคนีเพียงอย่างเดียว อาจมีตัวการอื่น ๆ ประกอบด้วย ตัวอย่างเช่น ถ้าแมกมามีความหนืดต่ำ (low viscosity) เป็นน้ำมาก ก็สามารถไหลได้เร็วเป็นชั้นบาง เม็ดแร่ที่เกิดขึ้นจะมีขนาดใหญ่ได้ถึงแม้ว่าอัตราการเย็นตัวจะค่อนข้างเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากอิออนสามารถเคลื่อนได้ง่ายและเร็วไปรวมตัวกันเกิดเป็นแร่ประกอบหิน

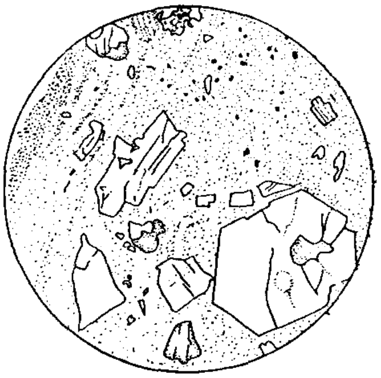
2. **เนื้อผลึกละเอียด** (Aphanitic texture) อัตราการเย็นตัวของแมกมาขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของแมกมา รวมทั้งความลึกของแมกมาที่เย็นลงใต้ผิวดิน ตัวอย่างเช่น แมกมาที่มีขนาดเล็กหรือมีพื้นที่ผิวมากนั่นคือแมกมาที่มีความยาวและความกว้างมากกว่าความหนา แมกมาที่มีขนาดและรูปร่างเช่นนี้จะสูญเสียความร้อนให้กับหินข้างเคียงเร็วกว่าแมกมาที่มีรูปร่างกลม ซึ่งมีปริมาตรเท่ากัน หรือพวกที่มีขนาดใหญ่ การเย็นตัวที่เร็วของแมกมาทำให้แมกมาไม่สามารถตกผลึกให้เม็ดแร่ที่มีขนาดใหญ่ เม็ดแร่จะเป็นผลึกเล็ก ๆ ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า แต่ใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูได้ เนื้อหินอัคนีแบบนี้เรียกว่า aphanitic (ดูรูปที่ 3.8b)

3. **เนื้อแก้ว** (Glassy) ถ้าแมกมาถูกพ่นออกมาจากปล่องภูเขาไฟหรือไหลออกมาตามรอยแตกขึ้นสู่ผิวโลก แมกมาจะเย็นตัวเร็วมากไม่มีเวลาให้เม็ดแร่เกิดแต่จะเกิดแก้วขึ้นแทน แก้วเป็นของแข็งเฉพาะอย่างหนึ่ง ซึ่งเกิดจากอิออนไม่สามารถจัดตัวให้เป็นระเบียบได้ หินที่ประกอบไปด้วยแก้วเรียก glassy

4. **เนื้อผลึกสองขนาด** (Porphyritic texture) ในบางโอกาสแมกมาจะมีอัตราการเย็นตัวต่าง ๆ กัน เช่น อัตราการเย็นตัวในระยะแรกช้ากว่าอัตราการเย็นตัวในระยะหลัง การเย็นตัวช้าในระยะแรกทำให้เกิดเม็ดแร่มีขนาดใหญ่ เมื่อแมกมาที่เหลือเคลื่อนที่ไปในสิ่งแวดล้อมใหม่ การเย็นตัวจะเร็วขึ้นทำให้เกิดเม็ดแร่มีขนาดเล็ก เม็ดแร่ที่มีขนาดใหญ่เรียก phenocrysts เม็ดแร่ที่มีขนาดเล็กเรียก groundmass เนื้อที่เกิดขึ้นเรียก porphyritic (ดูรูปที่ 3.8 c)

A

B



C

รูปที่ 3.8 เนื้อของหินอัคนีที่ดูจากแผ่นหินบาง

a. เนื้อผลึกหยาบหรือเป็นเม็ด (หินแกรนิต)

b. เนื้อผลึกละเอียด (หินบะซอลต์)

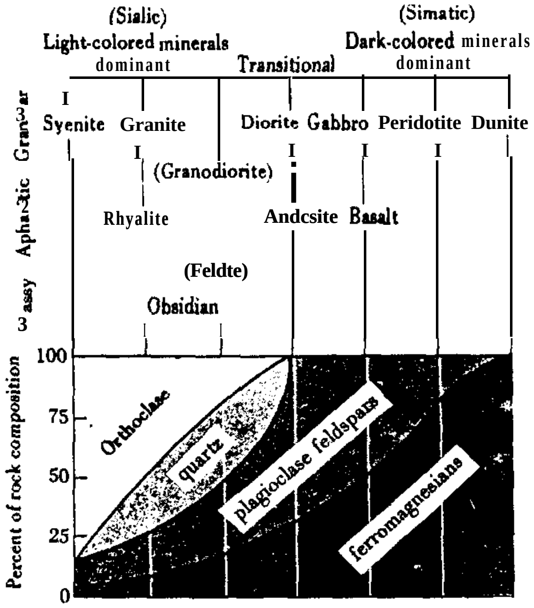
c. เนื้อผลึกสองขนาด (หินไรโอไลต์พอร์ไฟรี)

(ที่มา : Moorhouse, 1964 หน้า 169, 207, 264)

3.7 ชนิดของหินอัคนี

การแบ่งชนิดของหินอัคนีมีด้วยกันหลายระบบ ซึ่งในแต่ละระบบจะมีรายละเอียดแตกต่างกันไป สำหรับในที่นี้เราแบ่งโดยพิจารณาจากลักษณะเนื้อและส่วนประกอบ ซึ่งเป็นการแบ่งที่สมบูรณ์เพียงพอสำหรับพื้นฐานของวิชาธรณีกายภาพ และในกรณีที่จะศึกษาวิชาธรณีสาขาอื่นต่อไป

การแบ่งชนิดหินอัคนีตามรูปที่ 3.9 แสดงเส้นกราฟที่สัมพันธ์กับสัดส่วนของแร่ซิลิเกตในหินอัคนีแต่ละชนิด แร่ซิลิเกตที่ใช้เป็นหลักในการแบ่งคือแร่ออร์โทเคลส แร่ควอร์ตซ์ แร่แพลจิโอเคลส-เฟลด์สปาร์ และแร่เฟอร์โรแมกนีเซียน แต่อย่างไรก็ตาม หินอัคนีจะมีมากชนิดกว่าที่แสดงในรูป



รูปที่ 3.9 การแบ่งชนิดของหินอัคนี

(ที่มา : Leet & Judson, 1971 หน้า 98)

1. **หินอัคนีที่มีสีจาง (Light-colored igneous rocks)**

หินอัคนีที่แสดงในรูปที่ 3.9 ทางด้านซ้ายเป็นหินอัคนีที่มีสีจางและความถ่วงจำเพาะต่ำ บางครั้งเราเรียกว่าหิน sialic หินอัคนีบนพื้นทวีปที่เกิดจากการเย็นตัวของแมกมาจะเป็นหินแกรนิตและหินแกรโนไดโอไรต์รวมกันถึงประมาณ 95 เปอร์เซนต์

หินแกรนิต เป็นหินเนื้อผลึกหยาบ แร่ส่วนประกอบมีดังนี้ แร่ออร์โทเคลสเฟลด์สปาร์ 2 ส่วน แร่ควอร์ตซ์ 1 ส่วน แร่แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ 1 ส่วน และแร่เฟอร์โรแมกนีเซียนบ้างเล็กน้อย

หินไรโอไลต์ เป็นหินที่มีแร่ส่วนประกอบเหมือนหินแกรนิตทุกอย่างแต่มีเนื้อผลึกละเอียด

หินออบซิเดียน มีลักษณะเนื้อแก้วมองเห็นเป็นก้อนสีดำแต่ถ้ามันมีขนาดบางจนกระทั่งแสงผ่านได้จะมีสีจาง

2. หินอัคนีที่มีสีเข้ม (Dark-colored igneous rocks)

หินอัคนีในรูปที่ 3.9 ทางขวาเป็นหินอัคนีที่มีสีเข้ม บางครั้งเรียกหิน Simatic หินอัคนีที่เกิดจากการเย็นตัวของแมกมาที่ไหลขึ้นมาบนผิวโลกจะเป็นหินบะซอลต์ และหินแอนดีไซต์ รวมกันประมาณ 98 เปอร์เซนต์

หินบะซอลต์ เป็นหินที่มีเนื้อผลึกละเอียด ประกอบไปด้วยแร่แพลจิโอเคลส เฟลด์สปาร์ 1 ส่วน แร่เฟอร์โรแมกนีเซียน 1 ส่วน

หินแกบโบร หินที่มีแร่ส่วนประกอบเหมือนหินบะซอลต์ แต่มีเนื้อผลึกหยาบ

หินเพริโดไทต์ เป็นหินที่มีเนื้อผลึกหยาบ ซึ่งประกอบด้วยแร่เฟอร์โรแมกนีเซียนเป็นจำนวนมาก

3. หินอัคนีที่มีส่วนประกอบชนิดอินเทอร์มีเดียต

(Intermediate type composition)

หินอัคนีที่มีส่วนประกอบของแร่สีจางค่อย ๆ เปลี่ยนต่อเนื่องกันเป็นแร่สีเข้มขึ้น

หินแอนดีไซต์ เป็นหินที่มีเนื้อผลึกละเอียด มีส่วนประกอบระหว่างหินแกรนิตและหินบะซอลต์ เป็นหินที่พบมากรอบ ๆ มหาสมุทรแปซิฟิก

หินไดโอไรต์ เป็นหินที่มีผลึกหยาบ มีส่วนประกอบเหมือนหินแอนดีไซต์

4. หินอัคนีที่มีเนื้อชนิดอินเทอร์มิเดียต

(Intermediate types texture)

ลักษณะเนื้อของหินอัคนีดูจากบนมาล่างในรูปที่ 3.9 จะเป็นเนื้อผลึกหยาบตอนบนและเปลี่ยนเป็นผลึกละเอียดซึ่งส่วนประกอบคงเดิมตัวอย่างเช่น หินแกรนิต หินไรโอไลต์ และหินออบซิเดียน อยู่ในแนวตั้งเดียวกันจะมีแร่ส่วนประกอบเหมือนกันทุกอย่างแต่ลักษณะเนื้อต่างกัน เช่นเดียวกันกับหินแกบโบรและหินบะซอลต์

เนื้อของหินบางครั้งเป็นเนื้อผลึกสองขนาดประกอบด้วยเม็ดแร่ 2 ขนาดแตกต่างกันอย่างชัด คือเม็ดแร่ขนาดใหญ่ฝังตัวอยู่ในเม็ดแร่ขนาดเล็ก ในกรณีที่หินมีเม็ดแร่ขนาดใหญ่น้อยกว่า 25 เปอร์เซนต์ ให้ใช้คำว่าพอร์ไฟรีติก (porphyritic) นำหน้าชื่อหินนั้น เช่นหินพอร์ไฟรีติกแกรนิตหรือหินพอร์ไฟรีติกแอนดีไซต์ ถ้าหินมีเม็ดแร่ขนาดใหญ่มากกว่า 25 เปอร์เซนต์ ให้ใช้คำว่าพอร์ไฟรี (porphyry) ต่อท้ายชื่อหิน เช่นหินแกรนิตพอร์ไฟรี หรือหินแอนดีไซต์พอร์ไฟรี

5. แพกมาไทต์ (Pegmatite)

สารละลายที่ได้มาจากการเย็นตัวของแมกมาในช่วงสุดท้ายเรียกว่าสารละลายไฮโดรเทอร์มอล (hydrothermal solutions) สารละลายไฮโดรเทอร์มอลนี้จะตกผลึกให้เม็ดแร่ประกอบหินที่มีขนาดใหญ่มาก เราเรียกหินนี้ว่าแพกมาไทต์ เม็ดแร่ขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นส่วนมากเป็นแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์และแร่ควอร์ตซ์ แพกมาไทต์มักเกิดเป็นไดก์ตามขอบของบาโทลิทและสะตอก

3.8 สรุป

การเคลื่อนที่ของหินหลอมเหลวประกอบด้วยหินหลอมเหลวเคลื่อนที่อยู่ใต้ผิวโลก และเคลื่อนที่ออกสู่ผิวโลก และผลที่เกิดขึ้นสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของหินหลอมเหลวเหล่านี้

ภูเขาไฟเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นจากการสะสมของวัสดุที่ได้จากการระเบิดของภูเขาไฟรอบ ๆ ปล่อง การระเบิดของภูเขาไฟจะเริ่มด้วยมีแก๊สออกมาซึ่งเป็นไอน้ำจำนวนมาก และตามด้วยลาวาที่มีสัดส่วนของซิลิกาแตกต่างกันออกไป เช่น ชนิดเอซิด อินเทอร์มิเดียตและเบสิกลาวา อุณหภูมิของลาวาที่วัดได้ประมาณ 750 ถึง 1175 องศาเซนเซียส แก๊สที่ได้จากการระเบิดของภูเขาไฟ 2/3 เป็นไอน้ำ นอกจากนี้ก็มีคาร์บอนมอนนอกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ไฮโดรเจน ฟลูออรีน และคลอรีน การระเบิดของภูเขาไฟที่รุนแรงจะให้เศษหินภูเขาไฟออกมาซึ่งเรียกชื่อแตกต่างกันออกไป เช่น ขี้เถ้า ซินเดอร์ ลาพิลลี บล๊อค บอมบ์ และพัมมิส ส่วนเฟียรีคลาวด์เกิดจากขี้เถ้าปนกับแก๊สจะมีน้ำหนักมากกว่าอากาศ พบมาบริเวณข้าง ๆ ภูเขาไฟ

การแบ่งชนิดของภูเขาไฟสามารถแบ่งออกตามชนิดของวัตถุที่มาสะสมกันบริเวณปล่องภูเขาไฟเป็นภูเขาไฟชิลด์ คอมโพซิต และซินเดอร์โคน

การกระจายของภูเขาไฟที่ยังมีปฏิกิริยาอยู่รวบรวมได้ดังนี้ แนว

Circum-Pacific belt	284	ลูก
Alpine-Himalayan belt	98	ลูก
ในมหาสมุทรแปซิฟิก	7	ลูก
ในมหาสมุทรแอตแลนติก	46	ลูก

ในมหาสมุทรอินเดีย	2	ลูก
ในแอฟริกา	16	ลูก
ในแอนตาร์กติก	2	ลูก

รวมทั้งหมด 455 ลูก

คาลเดอร์ราอาจเกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟหรือการยุบตัวในบริเวณปล่องภูเขาไฟหรือเกิดควบคู่กัน

ที่ราบสูงบะซอลต์ เกิดจากลาวาเคลื่อนที่ขึ้นมาตามรอยแตกขนาดใหญ่

การเคลื่อนที่ของหินหลอมเหลวที่ออกมาสู่ผิวโลกตามปล่อง มักจะมีความสัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหว

หินอัคนีเกิดขึ้นจากการเย็นตัวของหินหลอมเหลวใต้ผิวดิน หรือบนผิวดินก็ได้

มวลของหินอัคนีที่เกิดขึ้นใต้ผิวดินเรียกว่าพลูโทนซึ่งแบ่งได้หลายชนิดตามขนาด รูปร่างและความสัมพันธ์กับหินข้างเคียง เช่น

ซิลล์ เป็นคอนคอร์แดนต์ทาบูลาร์พลูโทน

ไดก์ เป็นดีสคอร์แดนต์ทาบลาร์พลโทน

โลโพลิท เป็นทาบูลาร์คอนคอร์แดนต์พลูโทนมีรูปร่างคล้ายช้อน

แลคโคลิท เป็นแมสซิพคอนคอร์แดนต์พลูโทนมีลักษณะโค้งตอนบน

บาโทลิท เป็นแมสซิพดีสคอร์แดนต์พลูโทนมีความหนา 10 ถึง 40 กิโลเมตร

หินอัคนีบนผิวโลกทุกวันนี้เกิดจากแมกมา แมกมาจะค่อย ๆ แข็งตัวตลอดกระบวนการตกผลึกกลายเป็นหินอัคนี โบเวนได้ศึกษาแมกมาชนิดโอลิวีนบะซอลต์ และแสดงการตกผลึกของแร่ประกอบหินอัคนีขึ้น และแบ่งชุดการทำปฏิกิริยาออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดทำปฏิกิริยาต่อเนื่องและชุดทำปฏิกิริยาไม่ต่อเนื่อง

เนื้อของหินอัคนีคือขนาด รูปร่าง และการเรียงตัวของเม็ดแร่ในหิน ซึ่งแบ่งออกเป็น

เนื้อผลึกหยาบ ประกอบด้วยเม็ดแร่ที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งเกิดจากแมกมาที่เย็นตัวช้าและมีความหนืดต่ำ

เนื้อผลึกละเอียด เกิดจากแมกมาเย็นตัวเร็ว เม็ดแร่แต่ละเม็ดเล็กมากจนไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องมองด้วยกล้องจุลทัศน์

เนื้อแก้ว ซึ่งเป็นผลจากอิออนไม่มีการจัดระเบียบและแข็งตัวเร็วมาก

เนื้อผลึกสองขนาด เป็นเนื้อผสมของเม็ดแร่ขนาดใหญ่แทรกอยู่ในเนื้อละเอียดหรือเนื้อแก้ว

ชนิดของหินอัคนีซึ่งแบ่งโดยดูลักษณะเนื้อและส่วนประกอบแบ่งออกเป็น

หินอัคนีที่มีสีจาง บางทีเรียกไซแอลิก มีหินแกรนิตและหินแกรโนไดโอไรต์มากที่สุด

หินอัคนีที่มีสีเข้ม มีหินบะซอลต์และหินแอนดีไซต์ ซึ่งเกิดจากแมกมาไหลออกมาบนผิวโลกจะเป็นหินสองชนิดนี้ถึง 98 เปอร์เซนต์

หินอัคนีที่มีส่วนประกอบชนิดอินเทอร์มีเดียต เช่นหินแอนดีไซต์และหินไดโอไรต์ เพราะส่วนประกอบของหินอัคนีนี้จะค่อย ๆ เปลี่ยนจากแร่สีจางไปเป็นแร่สีเข้ม

หินอัคนีที่มีเนื้อชนิดอินเทอร์มีเดียต เช่น หินแกรนิต หินไรโอไลต์ และหินออบซิเดียน เป็นหินที่มีส่วนประกอบอย่างเดียวกัน แต่เนื้อจะค่อย ๆ เปลี่ยนไปจากเนื้อผลึกหยาบไปเป็นเนื้อผลึกละเอียดและเนื้อแก้วในที่สุด

แพกมาไทต์ เป็นหินเนื้อหยาบมากเกิดจากสารละลายไฮโดรเทอร์มอลที่ได้จากการเย็นตัวของแมกมาในช่วงสุดท้าย

แบบฝึกหัดบทที่ 3

1. อธิบายเครเตอร์ และเครเตอร์ต่างจากคาลเดอร์ราอย่างไร
2. อธิบายการระเบิดของภูเขาไฟ
3. อธิบายลาวา และชนิดของลาวา
4. เปรียบเทียบ อาอา กับ พาโฮยโฮย, บล๊อก กับ บอมบ์
5. แก๊สอะไรที่ได้จากการระเบิดของภูเขาไฟ
6. บอกชื่อและอธิบายชนิดของเศษหินภูเขาไฟที่พ่นออกมาจากการระเบิดของภูเขาไฟ
7. อธิบายการเกิดพัมมิส
8. อธิบายชนิดของภูเขาไฟ พร้อมทั้งเปรียบเทียบและเปรียบต่าง
9. อธิบายแนวภูเขาไฟที่ยังมีปฏิกิริยา
10. อธิบายคำจำกัดความของหินอัคนี
11. วาดรูปมวลของหินอัคนีต่อไปนี้ บะซอลต์โฟล (Basalt flow), ไดก์, ซิลล์, แลคโคลิท, บาโทลิท, สะตอก
12. บอกชื่อมวลหินอัคนีชนิดคอนคอร์แดนต์ และดีสคอร์แดนต์ พร้อมทั้งอธิบาย
13. อธิบายการตกผลึกของแมกมา
14. อธิบายการตกผลึกของแร่แพลจิโอเคลสในแมกมา
15. ลักษณะเนื้อของหินอัคนีที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอะไร
16. อธิบายการเกิดและลักษณะเฉพาะของเนื้อผลึกสองขนาด
17. อะไรคือคุณสมบัติของสีและเนื้อที่แตกต่างกันระหว่างหิน simatic และ sialic
18. แพกมาไทต์เกิดจากอะไร
19. หินอัคนีแบ่งโดยอาศัยอะไร
20. ยกตัวอย่างหินอัคนีที่เกิดขึ้นมากและพบทั่วไป มา 5 ชื่อ พร้อมทั้งอธิบาย