

บทที่ 5

การแปรสภาพและหินแปร

(METAMORPHISM AND METAMORPHIC ROCKS)

หินจำนวนมากที่เราเห็นอยู่บนเปลือกโลกจะมีการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น หินบางอย่าง ुकัลายหินอัคนีแต่เม็ดแร่มีการเรียงตัวแตกต่างกันไป หรือหินที่มีส่วนประกอบเช่นเดียวกันกับหินตะกอนพวกหินปูนแต่มีขนาดเม็ดแร่ใหญ่กว่า ดังนั้นหินทั้งสองชนิดนี้เราไม่จัดว่าเป็นหินอัคนีหรือหินตะกอน เรื่อยกันใหม่ว่าหินแปร

5.1 การแปรสภาพ

กระบวนการที่หินอัคนี หินตะกอนหรือหินอะไรก็ตามที่เกิดขึ้นมาแล้วเปลี่ยนแปลงไปในสภาพที่คงเป็นของแข็งอยู่ (solid state) เมื่อสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นภายในหินเรียกระบวนการนี้ว่า การแปรสภาพ (Metamorphism)

การแปรสภาพจะเกิดขึ้นภายในเปลือกโลก ในตำแหน่งที่ลึกลงไปจากระดับที่มีการผุพังและการยึดเชื่อมโยงของตะกอน (zone of weathering and cementation) และอยู่นอกบริเวณที่มีการหลอมละลายใหม่ (zone of remelting) ในสภาพแวดล้อมนี้การแปรสภาพทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมี และโครงสร้างของหินเดิม เกิดเป็นหินใหม่ขึ้นซึ่งแตกต่างไปจากหินเดิม

เราไม่มีความรู้มากนักเกี่ยวกับภาวะของการแปรสภาพเพราะว่ามันเกิดขึ้นภายในเปลือกโลก ซึ่งไม่สามารถเห็นหรือศึกษาได้เหมือนกับการศึกษาการผุพังหรือการตกตะกอนและการเคลื่อนที่ขึ้นมาของหินหลอมเหลว แต่อย่างไรก็ตามเราก็อทราบอย่างกว้าง ๆ ว่า ระหว่างที่มีการแปรสภาพหินจะเปลี่ยนไป แต่หินทั้งหมดจะไม่มีการแปรสภาพในลักษณะเดียวกัน ทั้งนี้ก็เพราะว่าภาวะของการแปรสภาพเปลี่ยนไปได้ หินบางชนิดจะเริ่มมีการแปรสภาพที่ความลึกไม่มากนัก หินบางชนิดก็มีการแปรสภาพที่ความลึกมาก ทำให้หินมีแร่ส่วนประกอบที่แตกต่างกันไป

5.2 ตัวการของการแปรสภาพ

การแปรสภาพจะทำให้หินมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อ (texture) และส่วนประกอบ ในภาวะที่เป็นของแข็ง ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเป็นของเหลวไม่นับว่าเป็นการแปรสภาพแต่เป็นการ หลอมละลายเกิดเป็นแมกมาขึ้น ตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการแปรสภาพของหินเดิมเป็นหินใหม่มี 3 ชนิด ดังนี้

1. ความร้อน (Heat)

ความร้อนเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของหิน โดยที่ความร้อนทำให้โครงสร้าง โมเลกุลของแร่ประกอบหินเดิมแตกสลายและเริ่มทำการจับตัวใหม่ในรูปแบบที่คงที่ในสภาพแวดล้อมใหม่ โดยปกติความร้อนและความกดดันจะสัมพันธ์กันเสมอ แหล่งความร้อนที่สำคัญที่ทำให้มีการแปรสภาพได้มาหลายทาง เช่น ความร้อนจากภายในโลกเอง เพราะอุณหภูมิจะสูงขึ้นตามความลึกจากผิวโลกถึงใจกลางโลก ที่เรียกเทอร์มอลแกรเดียนต์ (Thermal gradient) จะมีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละแห่ง ความร้อนอาจเกิดจากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกและความร้อนที่ขึ้นมาที่แมกมาที่อยู่ลึกลงไปใต้เปลือกโลก แหล่งความร้อนนี้จัดว่าสำคัญที่สุด

2. ความกดดัน (Pressure)

เมื่อความกดดันเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ช่องว่างระหว่างเม็ดแร่ค่อยลดลง ทำให้อะตอมจับตัวกันแน่นมากขึ้น เกิดการตกผลึกใหม่ของแร่ และบางครั้งจะทำให้เกิดแร่ใหม่ขึ้นมา ที่ระดับความลึกหลาย ๆ กิโลเมตรความกดดันจะเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากน้ำหนักหินที่ทับอยู่มากและบริเวณนี้ยังได้รับความร้อนและแรงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของชั้นเปลือกโลกและชั้นกลางโลก หินจะถูกทำให้มีสภาวะเป็นพลาสติก (plastic) มากขึ้น อาจจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ระหว่างเม็ดแร่ เกิดแนวเชียร์ (shear planes) ภายในหิน เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื้อหิน เกิดการเรียงตัวใหม่ของเม็ดแร่ และบางครั้งก็เกิดการเติบโตของผลึกแร่

3. สารว่องไวปฏิกิริยา (Chemically active fluids)

สารว่องไวปฏิกิริยามักอยู่ในภาวะเป็นของเหลวหรือแก๊สก็ได้ เช่น น้ำ ซึ่งเป็นของเหลวที่อาจมีอยู่แล้วในช่องว่างระหว่างเม็ดแร่ น้ำเหล่านี้ขณะเกิดการแปรสภาพจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ให้เร็วกว่าเดิม โดยที่ตัวมันเองไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจาก

ไม่มีธาตุหรืออ็อกไซด์ผสมอยู่มากนัก ส่วนน้ำที่เป็นสารละลายไฮโดรเทอร์มอล (hydrothermal solutions) ซึ่งเป็นส่วนที่เหลือน้ำหลังจากการแข็งตัวของแมกมา สารละลายนี้จะแทรกเข้าไปทำปฏิกิริยากับหินข้างเคียงที่ติดกับแมกมาและทำให้เกิดแร่ชนิดใหม่หรือทำให้แร่มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยอ็อกไซด์ที่อยู่ในสารละลายนี้เกิดการแลกเปลี่ยนอ็อกไซด์หรือบางที่ก็เพิ่มอ็อกไซด์บางอย่างเข้าไปในหินข้างเคียงทำให้ส่วนประกอบของแร่เปลี่ยนไปเป็นแร่ใหม่ ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า เมตาโซมาติซึม (metasomatism) ปกติหินที่มีเนื้อละเอียดจะเกิดเมตาโซมาติซึมได้ง่ายกว่าหินที่มีเนื้อหยาบ เพราะมีพื้นที่ผิวมากกว่าสามารถสัมผัสสารละลายไฮโดรเทอร์มอลได้มากกว่า

5.3 ชนิดของการแปรสภาพ

การแปรสภาพเกิดขึ้นได้หลายชนิด ในที่นี้เราแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ การแปรสภาพแบบสัมผัส และการแปรสภาพแบบบริเวณกว้าง โดยอาศัยลักษณะบริเวณที่เกิด

1. การแปรสภาพแบบสัมผัส (Contact metamorphism)

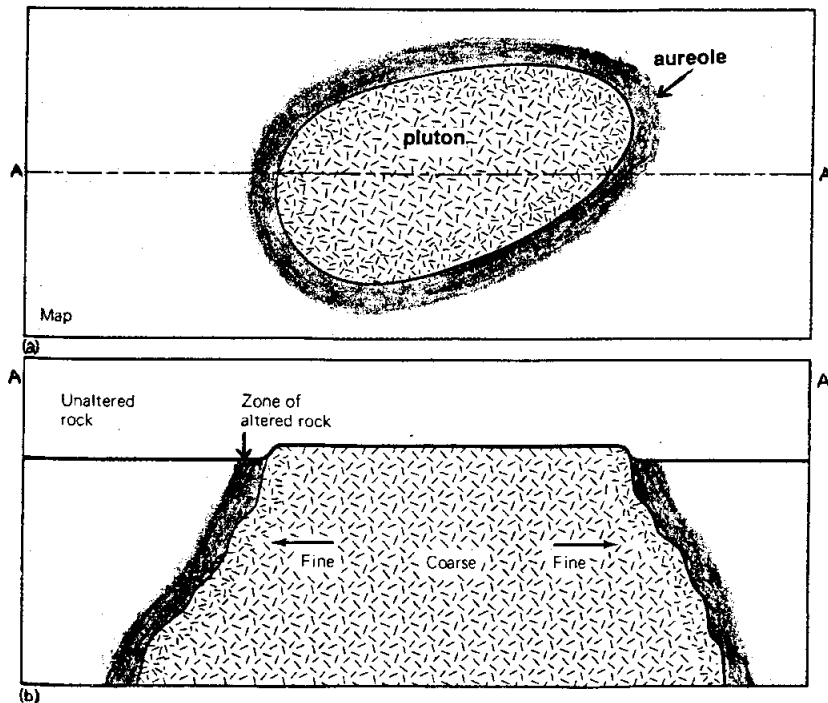
การแปรสภาพแบบสัมผัสนี้เกิดขึ้นในบริเวณข้างเคียงกับหินอัคนี โดยที่แมกมาแทรกขึ้นมาบนเปลือกโลกและความร้อนจากแมกมาจะทำให้หินที่อยู่ติดกับแมกมาเกิดการแปรสภาพขึ้น โดยบริเวณที่ห่างจากส่วนสัมผัสออกไป อิทธิพลของการแปรสภาพก็จะลดลงตามลำดับด้วยเหมือนกัน บริเวณที่อยู่ใกล้ส่วนสัมผัสจะทำให้หินมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด เรียกว่า ออริโอล หรือ เฮโล (aureoles or halos) มีความกว้างแตกต่างกันไป ซึ่งพบตามขอบของมวลหินอัคนี (pluton) เช่น ซิลล์ ไดก์ แลคโคลิท สะตอก โลโปลิทและบาโทลิท (ดูรูปที่ 5.1) ขณะที่เกิดการแปรสภาพแบบสัมผัสนี้จะมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 300-800 องศาเซลเซียส และความกดดัน 100-3000 บรรยากาศ

แร่ที่เกิดจากกระบวนการแปรสภาพแบบสัมผัสเรียกว่า "contact metamorphic minerals" ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 พวกคือ เกิดจากความร้อนของแมกมาที่กระทำกับหินข้างเคียงและเกิดจากสารละลายไฮโดรเทอร์มอลที่ทำปฏิกิริยากับหินข้างเคียง ซึ่งกระบวนการอันหลังนี้มักเกิดที่ตื้น ๆ ใกล้กับผิวโลก และเกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่

ตัวอย่างการเกิดแร่ที่ได้จากการแปรสภาพแบบสัมผัสในหินปูน ไม่บริสุทธิ์ที่มีแร่โดโลไมต์ แร่ดินเหนียวหรือแร่ควอร์ตซ์ปนอยู่ เมื่อเกิดการแปรสภาพโดยความร้อน แร่แคลไซต์

ที่เป็นส่วนประกอบในหินปูนและแร่ควอร์ตซ์จะทำปฏิกิริยากันกลายเป็นแร่โวลลาสโทไนต์ แร่โดโลไมต์จะทำปฏิกิริยากับแร่ควอร์ตซ์กลายเป็นแร่ไดออปไซด์ อลูมิเนียมในแร่ดินเหนียวจะทำปฏิกิริยากลายเป็นแร่ควอร์ตซ์ แร่สปิเนลหรือแร่การ์เนต ถ้ามีสารคาร์บอน (carbonaceous materials) ปนอยู่ด้วยก็จะกลายเป็นแร่แกรไฟต์ เป็นต้น

หินปูนถ้าเกิดการแปรสภาพแบบสัมผัสโดยสารละลายไฮโดรเทอร์มอล อาจจะได้แร่ที่เกิดใหม่ประกอบด้วยธาตุที่ไม่พบในหินปูนมาก่อน เพราะว่าธาตุต่าง ๆ เหล่านี้ถูกนำมาโดยสารละลายไฮโดรเทอร์มอล การแปรสภาพแบบนี้ แร่ออกไซด์และแร่ซิลิเฟตจะเกิดขึ้นเป็นแหล่งแร่ใหญ่ได้



รูปที่ 5.1 แสดงการแปรสภาพแบบสัมผัสทำให้เกิดอริโอไรอบมวลหินอัคนี

(a) รูปด้านบน (b) รูปตัดด้านข้างตามแนว AA'

(ที่มา : Sanders, 1981 หน้า 227)

2. การแปรสภาพแบบบริเวณกว้าง (Regional metamorphism)

การแปรสภาพแบบบริเวณกว้างจะเกิดขึ้นเป็นบริเวณกว้างถึงพัน ๆ ตารางกิโลเมตรและหนาหลายพันเมตร ส่วนใหญ่เกิดจากแรงกดดัน เชื่อกันว่าการแปรสภาพแบบบริเวณกว้างนี้^๕จะมีความสัมพันธ์กันกับการเกิดเทือกเขา ทั้งนี้ก็เพราะว่าพหินแปรอยู่ในบริเวณฐานของภูเขาที่มีอายุมาก

ระหว่างที่เกิดกระบวนการแปรสภาพแบบบริเวณกว้างจะเกิดแร่ใหม่ ๆ ขึ้นมาเรียกว่า "regional metamorphic minerals" แร่เหล่านี้จะบอกได้ถึงความร้อนและความกดดันในช่วงที่มันเกิดได้ แร่ซิลิเกตที่เกิดขึ้นใหม่เป็นชนิดที่เราไม่พบในหินอัคนีและหินตะกอน เช่น แร่ซิลลิมาไนต์ แร่โคยาไนต์ แร่แอนดาลูไซต์ แร่สโตโรไลต์ แร่แอลมันไดต์ แร่การ์เนต แร่บราวไนต์ แร่เอพิโดต และแร่คลอไรต์

การแปรสภาพแบบบริเวณกว้างนี้อาจจะแบ่งออกได้เป็นโซน คือ เกรตสูง (high grade) อุณหภูมิในการแปรสภาพ 450-700 องศาเซลเซียส เกรตปานกลาง (middle grade) อุณหภูมิในการแปรสภาพ 250-450 องศาเซลเซียส และเกรตต่ำ (low grade) อุณหภูมิในการแปรสภาพ 150-250 องศาเซลเซียส แต่ละเกรตจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความกดดันที่ได้รับระหว่างการแปรสภาพ

การแปรสภาพเกรตสูงจะเกิดขึ้นใกล้แหล่งแมกมาที่สุด ส่วนการแปรสภาพเกรตต่ำจะอยู่ไกลออกไปจากแหล่งแมกมาและกลมกลืนเข้าไปในหินที่ไม่ถูกแปรสภาพ

โซนของการแปรสภาพอาจบ่งบอกได้โดยใช้คุณสมบัติเฉพาะของแร่ที่ได้จากการแปรสภาพ ซึ่งเรียกแร่นี้ว่า แร่ดัชนี (Index minerals) ตัวอย่างแร่ที่เป็นแร่ดัชนี เช่น ถ้าเริ่มเกิดแร่คลอไรต์ แสดงว่ากำลังเริ่มเป็นโซนของการแปรสภาพเกรตต่ำ ถ้าเริ่มเกิดแร่แอลมันไดต์ แสดงว่ากำลังเริ่มเป็นโซนของการแปรสภาพเกรตปานกลาง

ถ้าเริ่มเกิดแร่ซิลลิมาไนต์ แสดงว่ากำลังเริ่มเป็นโซนของการแปรสภาพเกรตสูง

แร่อื่น ๆ ก็อาจเกิดร่วมกับแร่ดัชนีเหล่านี้ได้ แต่จะช่วยได้บ้างในการบอกความรุนแรงของการแปรสภาพในแต่ละโซน

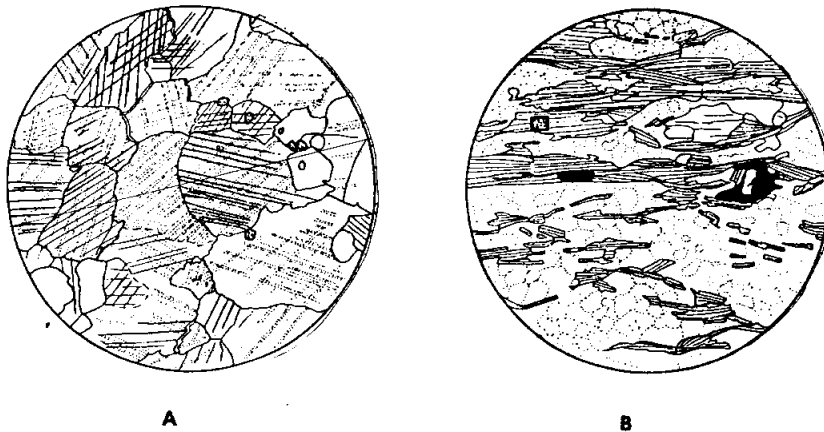
5.4 หินแปร

หินแปรแบบสัมผัสและแบบบริเวณกว้างส่วนมากพบตามเทือกเขา บริเวณฐานของเทือกเขาและบริเวณคอนติเนนตัลชิลด์ (continental shields) แต่หินแปรแบบบริเวณกว้างจะแผ่ไปได้มาก หินแปรทั้งสองแบบนี้จะมีคุณสมบัติที่สำคัญในเรื่องการเกิดหรือชนิดของการแปรสภาพ ลักษณะเนื้อหิน และส่วนประกอบของหิน

หินแปรที่แปรสภาพมาจากหินเดิมชนิดเดียวกัน ถ้าความรุนแรงของการแปรสภาพไม่เท่ากัน ผลที่ได้ก็จะให้ชนิดของหินแปรที่แตกต่างกันไปด้วย

5.4.1 เนื้อของหินแปร (texture of metamorphic rocks) ส่วนมากหินที่ได้รับความร้อนและความกดดันระหว่างการแปรสภาพแบบบริเวณกว้าง แร่ส่วนประกอบจะมีการเรียงตัวขนานกันเป็นชั้นของแร่ที่มีลักษณะแผ่นบางหรือเป็นแท่งยาว ๆ การเรียงตัวนี้ทำให้หินมีลักษณะเฉพาะที่เรียกว่าแผ่นขนาน หรือการเรียงตัว (foliation)

ลักษณะเนื้อของหินแปรแบ่งออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ เนื้อที่มีการเรียงตัว (foliated texture) และเนื้อไม่มีการเรียงตัว (unfoliated texture) (ดูรูปที่ 5.2)



รูป 5.2 เนื้อของหินแปรที่ดูจากแผ่นหินบาง

A. เนื้อไม่มีการเรียงตัว (หินอ่อน)

B. เนื้อมีการเรียงตัว (หินชีสต์)

(ที่มา : Moorhouse, 1964 หน้า 441,444)

1. **เนื้อมีการเรียงตัว** คือ เนื้อหินที่มีลักษณะเป็นแผ่นขนานกันและสามารถแตกออกตามแนวนั้นได้ เกิดจากการเรียงตัวของเม็ดแร่โดยการเจริญของผลึกใหม่ (recrystallization) หรือเกิดจากการหมุนตัวให้ขนานกัน (rotation) ของเม็ดแร่ โดยความกดดันซึ่งทำให้เม็ดแร่มีแนวหรือทิศทางตั้งฉากกับแรงกดดันสูงสุด

ลักษณะเนื้อมีการเรียงตัวนี้แบ่งออกได้ดังนี้

เนื้อแบบสเลตตี (Slaty texture) เกิดจากการเรียงตัวของเม็ดแร่ที่มีขนาดละเอียดมากจนไม่สามารถมองเห็นเม็ดแร่ได้ด้วยตาเปล่า ผิวของแผ่นขนานที่แตกออกจะเรียบมาก

เนื้อแบบฟิลลิติก (Phyllic texture) คล้ายกับเนื้อแบบสเลตตี คือเม็ดแร่ที่เรียงตัวขนานกันมีขนาดเล็กมากแต่อาจดูด้วยตาเปล่าได้บ้างแต่ไม่ชัดเจน ผิวของแผ่นขนานที่แตกออกมักเรียบและแนวแตกจะมีขนาดใหญ่กว่าแบบสเลตตี

เนื้อแบบซิสโตส (Schistose texture) เม็ดแร่ที่เรียงตัวขนานกันนั้นมีขนาดใหญ่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าชัดเจน ผิวของแผ่นขนานที่แตกออกไม่ค่อยเรียบนัก แนวแตกจะมีขนาดใหญ่กว่าแบบสเลตตีและแบบฟิลลิติก

เนื้อแบบไนลิกหรือแบนด์ (gneissic or Banded texture) ผลึกแร่หลายมีลักษณะเป็นแผ่นขนานกันเกิดจากการแยกตัวของแร่ชนิดต่าง ๆ กันเข้าเป็นแถบขนานกัน ทำให้เห็นเป็นแถบสีจางและแถบสีเข้มขนานและสลับกัน (ดูรูปที่ 5.3)



รูปที่ 5.3 เนื้อมีการเรียงตัวแบบไนลิกของหินไนส์ จะเห็นชั้นของแร่สีเข้มสลับกับแร่สีจาง

(ที่มา : Foster, 1983 หน้า 106)

2. เนื้อไม่มีการเรียงตัว คือเนื้อหินแปรที่เม็ดแร่ไม่มีการเรียงตัว เม็ดแร่มีขนาดใหญ่หรือขนาดเล็กก็ได้ โดยมากเกิดจากการแปรสภาพด้วยความร้อน แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

เนื้อแบบแกรโนเบลลัสติก (Granoblastic texture) เม็ดแร่มีขนาดใหญ่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เม็ดแร่มีขนาดเท่า ๆ กัน และรูปร่างกลมมนเบียดตัวกันแน่น

เนื้อแบบฮอร์นเฟลสิคหรือเดนส์ (Hornfelsic or Dense texture) เม็ดแร่มีขนาดเล็กละเอียดมากมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าและเกาะกันแน่นโดยไม่มีการเรียงตัวไปแนวใดแนวหนึ่งเลย

5.4.2 ชนิดของหินแปร (Types of metamorphic rocks) ชนิดของหินแปรขึ้นอยู่กับหินเดิม ชนิดของการแปรสภาพและความรุนแรงของการแปรสภาพ หินแปรอาจมาจากหินตะกอนหรือหินอัคนีและหินแปรเกรดต่ำ

หินแปรปกติให้ชื่อตามลักษณะเนื้อ บางชนิดให้ชื่อโดยรวมชื่อแร่ส่วนประกอบไว้ด้วย เช่น คลอไรต์ชีสต์ ไมกาชีสต์ และฮอร์นเบลนชีสต์ ตัวแรกเป็นชื่อแร่ตัวหลังเป็นชื่อหิน

1. หินสเลตหรือหินชนวน (Slate) เป็นหินแปรที่เกิดจากการแปรสภาพเกรดต่ำจากหินดินดานหรือหินอัคนี เศษหินภูเขาไฟ (Pyroclastic igneous rocks) มีเนื้อแบบสเลตต์ซึ่งเกิดขึ้นโดยการเรียงตัวของแร่ที่เป็นแผ่นภายใต้ความกดดันในขณะที่เกิดการแปรสภาพ แร่ดินเหนียวที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในหินดินดานเดิมจะเปลี่ยนเป็นแร่คลอไรต์และแร่ไมกาทำให้หินสเลตประกอบด้วยแผ่นของแร่ไมกาขนาดเล็กไม่มีสีและแร่คลอไรต์ หินสเลตมีสีได้หลายสี ถ้ามีสีเข้มเนื่องมาจากสารคาร์บอนหรือเหล็กซัลไฟด์

2. หินฟิลไลต์ (Phyllite) เป็นหินแปรที่มีส่วนประกอบเช่นเดียวกับหินสเลตแต่เม็ดแร่ขนาดใหญ่กว่า หินฟิลไลต์แปรสภาพมาจากหินสเลตที่อุณหภูมิมากกว่า 250-300 องศาเซนเซียส ทำให้แร่คลอไรต์และแร่ไมกาในหินสเลตมีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นผลทำให้หินมีเนื้อแบบฟิลไลต์และมีความวาวคล้ายไหมบนผิวที่แตกใหม่ ๆ แร่ที่มีมากในหินฟิลไลต์คือแร่คลอไรต์และแร่มัสโคไวต์ หินฟิลไลต์บางที่ก็มีมลทินมากเหมือนหินสเลต แต่บางครั้งก็มีแร่ใหม่ ๆ เกิดขึ้นมา เช่น แร่ทัวมาลีน หรือแมกนีเซียมาร์เนต

3. **หินชีสต์ (Schist)** หินแปรที่เกิดจากการแปรสภาพแบบบริเวณกว้าง หินชีสต์จะมีมากที่สุดและมีด้วยกันหลายชนิด เพราะหินชีสต์สามารถเกิดมาจากหินอัคนี หินตะกอน หรือหินแปรเกรดต่ำ แต่หินชีสต์ทั้งหมดจะประกอบด้วยเม็ดแร่ที่เป็นแผ่น ๆ เห็นได้ชัด เช่น แร่ไมกา แร่ทัลก์ แร่คลอไรต์ หรือแร่เฮมาไทต์ และแร่ที่เป็นเส้นใยจะมีปนอยู่ทั่วไป หินชีสต์มักจะแตกออกตามแนวที่เป็นแผ่นหรือแนวเส้นใยของแร่ ทำให้หินชีสต์มีลักษณะเนื้อแบบชีสโตส

หินชีสต์ปกติประกอบด้วยแร่ควอร์ตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ และแร่อื่น ๆ อีกเล็กน้อย เช่น แร่ออไรต์ แร่ยอร์นเบลนด์ แร่การ์เนต แร่เอพิโดต และแร่แมกเนไทต์ หินชีสต์ที่มีสีเขียวเกิดจากการแปรสภาพเกรดต่ำบางที่เรียกกรีนชีสต์ สีที่เกิดเป็นสีของแร่คลอไรต์และแร่เอพิโดต

ในตารางที่ 5.1 แสดงหินชีสต์บางชนิดและชนิดของหินเดิมก่อนที่จะถูกแปรสภาพกลายเป็นหินชีสต์

ตารางที่ 5.1 หินชีสต์ที่พบทั่วไป

ชนิด	หินเดิม
คลอไรต์ชีสต์	หินดินดาน
ไมกาชีสต์	หินดินดาน
ยอร์นเบลนด์ชีสต์	หินบะซอลต์หรือหินแกมโบร
ไบโอไทต์ชีสต์	หินบะซอลต์หรือหินแกมโบร
ควอร์ตซ์ชีสต์	หินทราย ไม่บริสุทธิ์
แคลก์ชีสต์	หินปูน ไม่บริสุทธิ์

(ที่มา : ดัดแปลงจาก Leet & Judson, 1971 หน้า 168)

4. **หินแอมฟีโบไลต์ (Amphibolite)** หินแปรที่ประกอบด้วยแร่ฮอร์นเบลนด์ และแร่แพลจิโอเคลสเป็นหลัก จะมีแผ่นขนานหรือลิเนียเอชัน (lineation) เนื่องจากการเรียงตัวของเม็ดแร่ฮอร์นเบลนด์แต่เห็นได้ไม่ชัดเหมือนในหินชีสต์ หินแอมฟีโบไลต์อาจมีสีเขียว สีเทาหรือดำ บางทีก็มีแร่เอพิโดต กรีนออยด์ แร่ไบโอไทต์และแร่แอลมันไดต์ หินแอมฟีโบไลต์ เกิดจากการแปรสภาพแบบบรีเวคท์กว้างชนิดเกรดปานกลางถึง เกรดสูงของหินอัคนีที่มีแร่เฟอร์โรแมกนีเซียนเป็นส่วนประกอบและหินตะกอนชนิดคาร์บอเนตไม่บริสุทธิ์นัก (ดูตัวอย่างจากตารางที่ 5.2)

ตารางที่ 5.2 การแปรสภาพของหินบะซอลต์

หินเดิม	การแปรสภาพเกรดต่ำ	การแปรสภาพเกรดปานกลางถึงเกรดสูง
หินบะซอลต์	หินกรีนชีสต์ เนื้อละเอียด, มีแผ่นขนาน แร่คลอไรต์ แร่กรีนแอมฟีโบล แร่ควอร์ตซ์	หินแอมฟีโบไลต์ เนื้อหยาบ, มีแผ่นขนาน แร่แพลจิโอเคลส แร่แอมฟีโบลสีเข้ม

(ที่มา : ดัดแปลงจาก Foster, 1983 หน้า 106)

5. **หินไนส์ (Gneiss)** เป็นหินแปรเนื้อหยาบ หินไนส์เป็นหินที่พบยากมาก ในการแปรสภาพแบบบรีเวคท์กว้างชนิดเกรดสูง หินจะมีลักษณะเป็นแถบ (banded) ซึ่งง่ายแก่การจำ

หินไนส์นี้เปลี่ยนมาจากหินอัคนีเช่นหินแกรนิต หินแกบโบรหรือหินไดโอไรต์ ส่วนประกอบของแร่จะเรียงตัวเป็นชั้น ๆ ขนานกัน เช่น แร่ควอร์ตซ์กับแร่เฟลด์สปาร์จะสลับชั้นกับแร่เฟอร์โรแมกนีเซียน หินไนส์อาจเปลี่ยนมาจากหินชั้นชนิดที่มีแร่ดินมาก เช่น เกรเวก

(graywackes) แถบของแร่ควอร์ตหรือแร่เฟลด์สปาร์จะอยู่สลับกับชั้นของแร่ที่เป็นแผ่นหรือเป็นใย เช่น แร่คลอไรต์ แร่ไมกา แร่แกรไฟต์ แร่ฮอร์นเบลนด์ แร่โคยาไนต์ แร่สตอโรไลต์ แร่ซิลิมาไนต์ และแร่โวลลาสโตไนต์

6. หินอ่อน (Marble) เป็นหินแปรที่ประกอบด้วยแร่แคลไซต์หรือแร่โดโลไมต์มีเม็ดแร่ขนาดใหญ่ เป็นหินที่แปรสภาพมาจากหินปูนหรือหินโดโลไมต์โดยการแปรสภาพแบบสัมผัสหรือแบบบริเวณกว้าง หินไม่มีแนวแตก หินอ่อนจะแตกต่างจากหินต้นกำเนิดโดยเม็ดแร่มีขนาดใหญ่กว่า ในหินอ่อนส่วนมากทิศทางผลึกของแร่แคลไซต์จะเกือบขนานกัน แสดงให้เห็นว่าได้รับความกดดันในการแปรสภาพ หินอ่อนนี้จะไม่มิลักษณะการเรียงตัวเพราะว่าเม็ดแร่ส่วนใหญ่มีสีเดียวกัน

หินอ่อนที่บริสุทธิ์มาก ๆ จะมีสีขาว แต่โดยทั่วไปแล้วมักมีแร่อื่นเจือปนเสมอระหว่างการแปรสภาพมาจากหินชั้นต้นกำเนิด แร่เจือปนจะทำให้สีของหินอ่อนมีได้หลายสี เช่น

หินอ่อนสีดำ เนื่องจากสารพวกบิโทมินัส

หินอ่อนสีเขียว เนื่องจากแร่ไดออกไซด์ แร่ฮอร์นเบลนด์ แร่เซอร์เพนทินหรือทัลก์

หินอ่อนสีแดง เนื่องจากมีแร่ฮีมาไทต์

หินอ่อนสีน้ำตาล เนื่องจากมีแร่ไลโมไนต์

ในหินอ่อนอาจพบแร่การ์เนตและทับทิมแต่น้อยมาก หินอ่อนบางชนิดนี้มีลักษณะเด่นสวยงามมากเกิดจากการแปรสภาพมาจากหินปูนที่มีซากสิ่งมีชีวิต

ส่วนใหญ่ของหินอ่อนเกิดจากการแปรสภาพแบบบริเวณกว้าง ซึ่งพบเป็นชั้นอยู่ระหว่างหินไมกาชีสต์หรือหินฟิลไลต์

7. หินควอร์ตไซต์ (Quartzite) หินชนิดนี้แปรสภาพมาจากหินทรายที่มีแร่ควอร์ตซ์ปนอยู่มาก แร่ควอร์ตซ์ในหินทรายจะกลายสภาพอัดกันแน่นโดยสารซิลิกาเข้าไปในช่องว่างหมด หินควอร์ตไซต์จะไม่มีการเรียงตัว จะแตกต่างกับหินทรายสองอย่างคือในหินควอร์ตไซต์จะไม่มีช่องว่างระหว่างเม็ดแร่ และถ้าหินควอร์ตไซต์แตก แนวแตกจะตัดผ่านเม็ดแร่ควอร์ตซ์ไม่แตกออกตามแนวรอบ ๆ เม็ดแร่

หินควอร์ตไซต์อาจเกิดจากการซึมผ่านของน้ำภายใต้อุณหภูมิและความกดดันของการเกิดหินชั้นในระดับใกล้ผิวโลก แต่หินควอร์ตไซต์จำนวนมากตั้งแต่เกรดสูงถึงเกรดต่ำเป็นหินแปรจริง ๆ และเกิดจากการแปรสภาพได้ทุกเกรด

โครงสร้างของหินควอร์ตไซต์ต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยเอาหินมาทำเป็นแผ่นบาง จะเห็นเม็ดแร่ควอร์ตไซต์เดิมซึ่งมีลักษณะกลมมนและซิลิกาที่เข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดแร่ภายหลัง

หินควอร์ตไซต์ที่บริสุทธิ์มีสีขาว แต่เหล็กหรือมลทินอื่น ๆ บางที่ทำให้หินมีสีแดงหรือสีเข้ม แร่อื่น ๆ ที่พบได้ในหินควอร์ตไซต์เช่นแร่เฟลด์สปาร์ แร่มิสโคไวต์ แร่คลอไรต์ แร่เซอร์คอน แร่ทัวร์มาลีน แร่การ์เนต แร่ไบโอไทต์ แร่เอพิโดต แร่ฮอร์นเบลนด์และแร่ซิลลิมาไนต์

5.5 สรุป

การแปรสภาพทำให้เกิดหินแปรขึ้น โดยการเปลี่ยนหินอัคนีและหินตะกอน ในขณะที่อยู่ในภาวะของแข็ง

ตัวการของการแปรสภาพคือความร้อน ความกดดัน และสารว่องไวปฏิกิริยา

ความร้อนเป็นตัวการที่จำเป็นที่สุด

ความกดดันอาจจะมีมากพอที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปแบบพลาสติก

สารว่องไวปฏิกิริยาส่วนที่เหลือภายหลังการแข็งตัวของแมกมา จะทำปฏิกิริยากับหินข้างเคียงที่อยู่รอบ ๆ

ชนิดของการแปรสภาพแบ่งออกได้สองชนิดคือ แบบสัมผัส และแบบบริเวณกว้าง

การแปรสภาพแบบสัมผัสจะเกิดขึ้นบริเวณมวลแมกมาแทรกขึ้นมาหรือบริเวณใกล้เคียงกัน

แร่ที่ได้จากการแปรสภาพแบบสัมผัสคือแร่ไวลลาสโทไนต์ แร่ไดออปไซด์และสินแร่ออกไซด์และซิลไฟด์

การแปรสภาพแบบบริเวณกว้างจะเกิดขึ้นเป็นบริเวณกว้าง และมีความสัมพันธ์กับการเกิดเทือกเขาบางเทือก

แร่ที่ได้จากการแปรสภาพแบบบริเวณกว้างคือแร่ซิลลิมาไนต์ แร่โคยาไนต์ แร่แอนดาลูไซต์ แร่สตอโรไลต์ แร่แอลมันไต์ แร่การ์เนต แร่บราวไบโอไทต์ แร่เอพิโดตและแร่คลอไรต์

โชนของการแปรสภาพแบบกว้างสามารถขุดได้โดยอาศัยแร่ดัชนีคือแร่คลอไรต์ แร่แอลมันไต์ แร่ซิลลิมาไนต์

หินแปรพบตามเทือกเขา บริเวณฐานของเทือกเขาและบริเวณคอนติเนนตัลชิลด์

เนื้อของหินแปรแบ่งออกเป็นสองชนิดคือเนื้อแบบมีการเรียงตัวและเนื้อแบบไม่มีการเรียงตัว

เนื้อมีการเรียงตัวจะแสดงแนวแตกของหินแบ่งออกเป็นแบบสเลตตี แบบฟิลลิติก แบบซิสโตส และแบบไนลิก

เนื้อไม่มีการเรียงตัวจะไม่แสดงแนวแตกของหินแบ่งออกเป็นแบบแกรโนบลาสติกและแบบฮอร์นเฟลลิก

ชนิดของหินแปร จะมีเป็นจำนวนมากเพราะว่าหินเดิมต้นกำเนิดมีหลายชนิดและการแปรสภาพก็เกิดขึ้นได้หลายแบบ

1. อธิบายคำจำกัดความของหินแปร
2. ชนิดของการแปรสภาพมีอะไรบ้างและตัวการที่สำคัญในการแปรสภาพแต่ละชนิด
3. เปรียบเทียบบทบาทของความร้อนและความกดดันที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการแปรสภาพในหิน
4. การแปรสภาพแบบสัมผัสคืออะไรและหินชนิดใดบ้างเกิดขึ้น
5. การแปรสภาพแบบบริเวณกว้างคืออะไร
6. แร่ที่เกิดจากการแปรสภาพแบบบริเวณกว้างมีอะไรบ้างและแร่ใดคือแร่ดัชนี?
7. แผ่นชนานคืออะไรและเกิดขึ้นได้อย่างไร
8. เนื้อที่มีการเรียงตัวมีกี่แบบอะไรบ้าง
9. เนื้อที่ไม่มีการเรียงตัวมีกี่แบบอะไรบ้าง
10. หินดินดานต่างกับหินสเลตอย่างไร
11. หินแอมไฟโบไลต์เกิดขึ้นจากการแปรสภาพของหินใด อธิบาย
12. หินชีสต์คืออะไรและหินอะไรบ้างที่แปรสภาพมาเป็นหินชีสต์ได้