

บทที่ 5 ขบวนการเปลี่ยนแปลงผิวโลก

รศ. ชัยนี วายลี

ผิวโลกมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ขบวนการเปลี่ยนแปลงของผิวโลก อาจเกิดจากกระบวนการพลังแปรรูปภายนอก (epigene หรือ exogenetic processes) หรือเกิดจากกระบวนการพลังแปรรูปภายใน (hypogene หรือ endogenetic processes) ตลอดจนเกิดการเปลี่ยนแปลง เพราะมีวัสดุจากภายนอกโลกตกลงมาในลักษณะของสิ่งที่เราเรียกว่าดาวตก เป็นต้น

ขบวนการเปลี่ยนแปลงผิวโลกสามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

1. กระบวนการพลังแปรรูปภายนอก

การปรับระดับ (gradation)

ก. การลดระดับ (degradation)

- การผุพังอยู่กับที่ (weathering)
- การไถล (mass movement)
- กษัยการ (erosion) กระทำโดย
 - น้ำไหล (running water)
 - น้ำใต้ดิน (groundwater)
 - คลื่น, กระแสน้ำ, น้ำขึ้นน้ำลง, คลื่นจากแผ่นดินไหว
- ลม
- ธารน้ำแข็ง

ข. การเพิ่มระดับ (aggradation) กระทำโดย

- น้ำไหล
- น้ำใต้ดิน
- คลื่น, กระแสน้ำ, น้ำขึ้นน้ำลง, คลื่นจากแผ่นดินไหว
- ลม
- ธารน้ำแข็ง

- ค. การกระทำของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ รวมทั้งมนุษย์
- 2. กระบวนการพลังแปรรูปภายใน
 - ก. การเคลื่อนไหวแปรรูปของเปลือกโลก (diastrophism)
 - ข. ปรากฏการณ์ภูเขาไฟ
- 3. กระบวนการจากภายนอกโลก (extraterrestrial processes) อุกกาบาตตก

การเปลี่ยนแปลงผิวโลกโดยกระบวนการพลังแปรรูปภายนอก

ตัวการภายนอกหลายชนิดก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงผิวหน้าของเปลือกโลกให้เกิดการสึกกร่อนแปรสภาพ หรือเกิดการทับถมจนผิวโลกบริเวณนั้นผิดไปจากลักษณะเดิม กระบวนการดังกล่าวเรียกรวมกันว่าการปรับระดับ (gradation) หรือบางครั้งเรียกว่าการเกลี่ยผิวของแผ่นดิน (denudation) ซึ่งหมายความรวมถึงการลดระดับ (degradation) การเพิ่มระดับ (aggradation) เข้าไว้ด้วยกัน ตลอดจนการกระทำโดยสิ่งมีชีวิตเป็นตัวการ กระบวนการปรับระดับดังกล่าวประกอบไปด้วยกระบวนการย่อย ๆ 5 ขั้นตอนได้แก่

1. การผุพังอยู่กับที่ (weathering) คือการที่หินถูกแยกตัวผุพังออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยด้วยกรรมวิธีทางเคมีจากลมฟ้าอากาศและน้ำฝน รวมทั้งการกระทำของต้นไม้กับแบคทีเรีย ตลอดจนการแตกตัวของหินทางกลศาสตร์ เช่นมีการเพิ่มและลดอุณหภูมิสลับกันเป็นต้น
2. การกัดกร่อน (erosion) หรือการกัดกร่อน หมายถึงการที่เปลือกโลกสึกกร่อนผุพังลงโดยการกระทำของตัวการที่เคลื่อนที่ได้ เช่น กระแสน้ำ กระแสลม ธารน้ำแข็ง และคลื่น เป็นต้น
3. การไถล (mass movement) คือการที่วัตถุต่าง ๆ ที่ผุพังเคลื่อนที่ไปตามความลาดของพื้นที่เพราะแรงโน้มถ่วงของโลก
4. การนำพา (transportation) หมายถึง การที่ตัวการธรรมชาติ เช่น น้ำ พัดพาวัตถุต่าง ๆ ไปยังที่ใหม่
5. การทับถมหรือการตกตะกอน (deposition) คือการที่เศษตะกอนต่าง ๆ ที่ถูกพัดพาไป ไปตกตะกอนทับถมยังบริเวณอื่น ๆ ซึ่งอาจก่อให้เกิดลักษณะภูมิประเทศใหม่ ๆ ขึ้นได้ในบริเวณนั้น

กระบวนการย่อย ๆ ทั้ง 5 ของกระบวนการปรับระดับดังกล่าว เกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน บริเวณต่าง ๆ ของโลก ด้วยอัตราที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะความสูงต่ำของระดับพื้นดิน ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของหิน ลักษณะอากาศตลอดจนขึ้นอยู่กับตัวการที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ มนุษย์ สำหรับในที่นี้จะกล่าวถึงการปรับระดับโดยการผุพังอยู่กับที่และโดยการไหลเท่านั้น ส่วนกระบวนการขึ้นอื่นได้กล่าวแล้วในตอนอื่น

การผุพังอยู่กับที่ (weathering)

กระบวนการผุพังอยู่กับที่ที่ก่อให้เกิดการแบ่งแยกหินออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ เกิดขึ้นจากกระบวนการทางเคมี และขึ้นอยู่กับกระบวนการทางกายภาพหรือทางกลศาสตร์ และกระบวนการทั้งสองนี้จะเกี่ยวข้องกันอย่างใกล้ชิดเสมอ

1. **การผุพังอยู่กับที่โดยกระบวนการทางเคมี (chemical weathering)** กระบวนการทางเคมีเป็นสาเหตุเบื้องต้นที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงผิวของแผ่นดิน หรือ denudation ขึ้น เมื่อหินถูกอากาศและน้ำก็จะค่อย ๆ ผุพังอย่างช้า ๆ ทั้งนี้เพราะอากาศและน้ำนั้นมีส่วนประกอบทางเคมีอยู่ด้วย ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่ก็มากพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับหินบริเวณพื้นผิวโลกได้ ปฏิกิริยาดังกล่าวจะทำให้หินอ่อนตัวลง หรืออาจทำให้หินบางชนิดสลายตัวลงได้ และเปิดโอกาสให้ตัวการธรรมชาติอื่น ๆ เข้ามามีบทบาทในกระบวนการเปลี่ยนแปลงผิวของแผ่นดินต่อไปด้วย เช่นเมื่อหินเกิดการอ่อนตัวหรือหลวมตัวลง กระแสน้ำ คลื่น ลม ก็สามารถที่จะทำให้หินนั้นผุพังลงได้ หินส่วนหนึ่งที่ผุพังจะกลายเป็นส่วนประกอบสำคัญของดิน โดยจะผสมกับทรากใบไม้ ต้นไม้ สัตว์ขนาดเล็ก ๆ จุลินทรีย์ และอื่น ๆ ทำให้ดินนั้นเหมาะแก่การเพาะปลูกต่อไป

แม้เมื่อมีดินมาปกคลุมผิวหน้าแล้วก็ตาม การพังทลายของหินที่อยู่เบื้องล่างก็หาได้หยุดอยู่แค่นั้นไม่ ตรงกันข้ามการผุพังยิ่งเกิดมากขึ้น ทั้งนี้เพราะดินจะอุ้มน้ำฝนไว้ทำให้หินตอนล่างได้รับความชื้นอยู่ตลอดเวลา น้ำฝนจะดึงดูดกรดอินทรีย์จากดิน และกลายเป็นตัวการ การผุพังที่มีปฏิกิริยารุนแรงยิ่งกว่าปฏิกิริยาของน้ำฝนบริสุทธิ์ที่มีต่อหินเปล่า ๆ เสียอีก

การผุพังอยู่กับที่โดยกระบวนการทางเคมีแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

ก. **การละลาย (solution)** แร่ธาตุหลายอย่างจะละลายโดยน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำฝน ซึ่งมีคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรดอย่างอ่อน ๆ การละลายโดยน้ำฝนจะเกิดได้

มากที่สุดกับหินปูน เพราะน้ำฝนจะกัดกร่อนหินปูนซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนประกอบสำคัญ แคลเซียมคาร์บอเนตที่ถูกละลายจะถูกน้ำชะพาไป ก่อให้เกิดรอยแตกแยกในหิน ซึ่งจะขยายตัวอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามหินปูนไม่ใช่หินประเภทเดียวที่ถูกทำให้ละลาย หินทุกประเภทจะถูกทำให้ละลายเร็วบ้างช้าบ้างทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและโครงสร้างของหินชนิดนั้น ๆ ถ้าเป็นหินชั้น (หรือเรียกว่าหินตะกอน) การละลายจะเกิดขึ้นได้ง่ายเพราะอากาศและน้ำสามารถแทรกอยู่ตามรอยต่อระหว่างก้อนหิน ชั้นหินได้ ถ้าเป็นหินที่แข็งแกร่งเช่น หินอัคนี การละลายก็จะเกิดได้ยากกว่า ในเขตอากาศร้อนชื้นเช่นในแถบมรสุมที่ประเทศไทยตั้งอยู่ การผุพังอยู่กับที่โดยกระบวนการทางเคมีจะเกิดอย่างรวดเร็ว เพราะน้ำฝนมีปริมาณมากและอุณหภูมิค่อนข้างสูงตลอดเวลา ในทางตรงกันข้ามอากาศแห้งแล้งจะไม่ค่อยสนับสนุนกระบวนการผุพังทางเคมีนัก แต่กลับส่งเสริมการผุพังโดยกระบวนการทางกลศาสตร์หรือทางกายภาพแทน

ข. Oxidation หมายถึงปฏิกิริยาของออกซิเจนในอากาศหรือในน้ำที่มีต่อแร่ธาตุในหิน ตัวอย่างเช่น หินส่วนใหญ่มักจะมีเหล็กผสมอยู่ด้วย เมื่อเหล็กถูกอากาศก็จะเปลี่ยนเป็นเหล็กออกไซด์ (iron oxide) ที่มีสีแดง เหล็กออกไซด์นี้จะกลายเป็นเศษเล็กเศษน้อยได้ง่ายกว่าเหล็กจริง ๆ มาก ดังนั้นจึงมีส่วนทำให้โครงสร้างของหินทั้งหมดเกิดการผุพังได้ง่ายขึ้น

ค. การทับถมหรือการตกตะกอนโดยกรดอินทรีย์ (organic acids) ภายในดินที่ปกคลุมหินส่วนใหญ่จะมีจุลินทรีย์เช่นแบคทีเรียปะปนอยู่ จุลินทรีย์พวกนี้ทำหน้าที่ย่อยสารอินทรีย์ เช่นเศษของต้นไม้ใบไม้และสัตว์ให้ผุพังเน่าเปื่อย แบคทีเรียจะก่อให้เกิดกรดซึ่งเมื่อละลายน้ำจะช่วยเร่งกระบวนการผุพังของหินที่อยู่เบื้องล่าง ในบางกรณีสิ่งที่มีชีวิตและพืชเล็ก ๆ เช่น พวกมอส ไลเคน อาจจะสามารถยึดอยู่บนหินได้ถ้าหินนั้นมีความชื้นอยู่บ้าง สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะจับซ่อนเอาส่วนประกอบที่เป็นเคมีจากหินเพื่อใช้เป็นอาหารและผลิตกรดอินทรีย์ออกมา ดังนั้นจึงเท่ากับทำหน้าที่เป็นตัวการที่ก่อให้เกิดการผุพังทั้งทางเคมีและทางกลศาสตร์

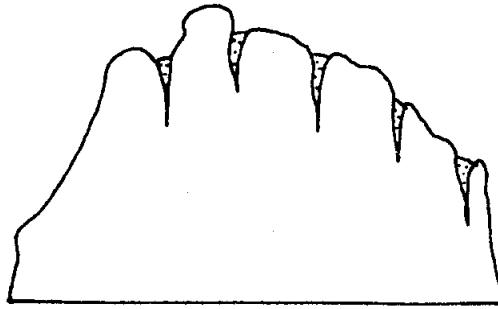
2. การผุพังอยู่กับที่โดยกระบวนการทางกายภาพหรือกลศาสตร์ (physical หรือ mechanical weathering) การผุพังแบบนี้หมายถึงการที่หินแยกตัวออกจากกัน ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้แม้กับหินใหม่ที่แข็งแกร่ง แต่ส่วนใหญ่แล้วจะเกิดกับหินที่ได้ผ่านกระบวนการผุพังทางเคมีมาก่อนแล้ว ซึ่งจะทำการผุพังทางกลศาสตร์เกิดได้ง่ายยิ่งขึ้น กระบวนการผุพังทางกลศาสตร์เกิดได้หลายวิธีด้วยกันคือ

ก. อุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ในเขตทะเลทรายที่ร้อนและแห้งแล้ง หินทั้งหลายจะถูกความร้อนจากดวงอาทิตย์แผดเผาอยู่ตลอดเวลากลางวัน ทำให้หินผิวหน้าขยายตัวรวดเร็วกว่าหินที่อยู่ตอนใน พอตกกลางคืนอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้หินผิวหน้าเกิดการหดตัวอย่างรวดเร็วกว่าหินที่อยู่ตอนในเช่นกัน เมื่อเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำเล่าเป็นเวลานานปีหินก็จะเกิดรอยร้าวและแยกตัวออก สำหรับหินที่เกิดจากการเชื่อมต่อก็คงจะแยกตัวออกเป็นบล็อกรวม ๆ แต่หินชนวนและหินดินดานมักจะล่อนออกเป็นแผ่น ๆ และในกรณีของหินผลึก เช่นพวกแกรนิตที่มีผลึกของแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น ควอตซ์ ไมก้า และเฟลสปาร์ จะขยายตัวและหดตัวในอัตราต่าง ๆ กันไปทำให้เกิดการแยกตัวออก เศษหินก้อนเล็กก้อนน้อยจะร่วงหล่นลงไปอยู่ที่ต่ำเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้เกิด screes หรือไหละเขว้าที่เต็มไปด้วยก้อนหินและกรวดขึ้น หรืออาจทำให้เกิดเศษหินกองทับถมอยู่บริเวณพื้นที่ที่ราบเรียบได้

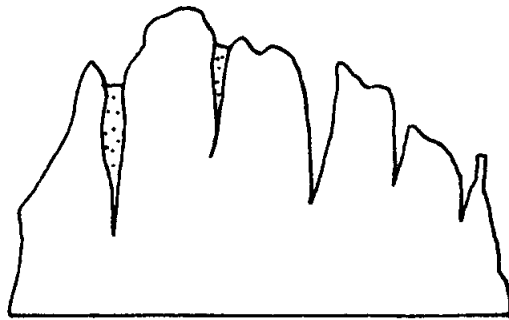
ความเค้น (stresses) และความกด (pressures) จะเกิดขึ้นมากที่สุดใกล้กับพื้นผิวหน้า ในบริเวณที่หินมีความขรุขระแหลมคมมาก หินที่เคยเป็นก้อนสีเหลี่ยมก็จะค่อย ๆ กลมมนขึ้น เพราะมุมแหลมจะถูกสึกกร่อนหลุดไป ผิวหน้าของหินบางชนิดก็จะร้อนออกที่เรียกว่ากระบวนการลอกหัวหอม (onion peeling process) ทั้งนี้เพราะแต่ละชั้นของหินมองดูคล้ายกับชั้นของหัวหอม แต่ศัพท์ทางเทคนิคจะเรียกกระบวนการนี้ว่ากระบวนการแยกหินออกเป็นกาบ (exfoliation)

ข. ความชื้นและความแห้งเกิดขึ้นสลับกันเสมอ กระบวนการ exfoliation ไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะในเขตแห้งแล้งเท่านั้น แต่อาจเกิดขึ้นในบริเวณที่มีความชื้นและความแห้งแล้งสลับกันอยู่ตลอดเวลาด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตที่มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น เช่นในประเทศไทย ซึ่งมีฝนตกชุก ตามด้วยแดดแรงกล้าในเวลาต่อมา ในบริเวณชายฝั่งหินจะถูกคลื่นซัดให้เปื่อยขึ้น ในขณะที่เดียวกันลมและแสงอาทิตย์ก็จะทำให้หินนั้นแห้งในช่วงเวลาสั้น ๆ หินจึงเกิดการยืดและหดตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดซ้ำแล้วซ้ำเล่า หินด้านนอกก็จะกระเทาะออก

ค. การกระทำของน้ำค้างแข็ง ในเขตอบอุ่น น้ำค้างแข็งมีบทบาทสำคัญที่ทำให้หินแตกแยกได้ หินทุกชนิดย่อมจะมีรอยแยกรอยร้าวอยู่แล้ว เมื่อเกิดฝนหรือหิมะตกลงมา น้ำก็จะขังอยู่ตามรอยดังกล่าว พอตกกลางคืนเมื่ออุณหภูมิลงต่ำในฤดูหนาว น้ำที่ค้างขังอยู่ก็จะกลายเป็นน้ำแข็ง เมื่อน้ำกลายเป็นน้ำแข็งนั้น ปริมาตรของน้ำจะขยายตัวประมาณ 1/10 ของปริมาตรเดิม และมีความกดเพิ่มขึ้นประมาณ 140 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (2 พันปอนด์ต่อ 1



ก. น้ำเข้าไปซึ่งอยู่ตามรอยแตกแยก



ข. เมื่อน้ำแข็งตัว จะขยายตัวทำให้รอยแตกแยกนั้นขยายตัวกว้างยิ่งขึ้น

ตารางนี้) เมื่อเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นอยู่เรื่อย ๆ จะยังผลให้รอยแตกแยกเดิมนั้นขยายตัวใหญ่ขึ้น และสีกลองนอกจากนั้นยังทำให้หินเกิดแตกแยกในลักษณะของแ่งมุมดังได้แสดงไว้ในรูป 5.1 อีกด้วย ถ้าเป็นบริเวณยอดเขา กระบวนการดังกล่าวจะทำให้ยอดเขาเต็มไปด้วยแ่งมุมแหลมคม ซึ่งต่อไปถ้าแ่งมุมเหล่านี้ถูกทำให้สึกกร่อนลงขึ้นส่วนที่ร่วงหล่นลงไปจะรวมตัวกันเป็น screes

ง. ปัจจัยทางชีวะ กระบวนการผุพังทางเคมีและทางกลศาสตร์ทำให้หินแยกออกจากกัน ตามซอกหินเหล่านี้พวกพืชต่าง ๆ อาจเติบโตขึ้นได้ รากของพืชจะซอกซอนไปตามก้อนหินที่อยู่เบื้องล่างโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่เป็นซอกเป็นมุม และบริเวณที่อ่อนกว่าที่อื่น ๆ รากของพืชจะมีส่วนทำให้หินแยกหลุดออกจากกัน ดังที่เราพบเห็นทั่ว ๆ ไปว่ารากของต้นไม้ใหญ่มักจะไชซอนคอนกรีต และหินที่ปูนทางเท้า สำหรับพืชเล็ก ๆ ก็จะทำให้เกิดสิ่งเดียวกันขึ้น แต่ด้วยมาตราส่วนที่เล็กลง

นอกจากนั้นมนุษย์ยังเป็นผู้ทำให้เกิดการพังทลายของเปลือกโลกได้ เช่น การทำเหมืองแร่ การสร้างถนนหนทาง การเกษตร ล้วนแล้วแต่ก่อให้เกิดการผุพังทางกลศาสตร์ทั้งสิ้น

การไถล (mass movement)

การไถล (mass movement) คือการเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ ที่ผุพังลงมาตามความลาดของพื้นที่ ทั้งนี้เนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก การเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหรืออย่างค่อยเป็นค่อยไปก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความลาดชันของพื้นที่ น้ำหนักของวัตถุ และขึ้นอยู่กับว่าบริเวณนั้น ๆ มีความชุ่มชื้นที่ช่วยให้การเคลื่อนไหวสั่นไหวได้ง่ายหรือไม่ mass movement มีอยู่หลายชนิดดังต่อไปนี้

1. ดินคืบ (soil creep) การเคลื่อนที่โดยวิธีนี้เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ มักจะเห็นไม่เด่นชัดนัก แต่ก็คือว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบหนึ่ง เกิดขึ้นในบริเวณที่ความลาดชันมีน้อยมาก หรือเมื่อดินมีหญ้าหรือพืชปกคลุมอย่างดี ดินคืบจะเกิดขึ้นมากในบริเวณที่ที่ชุ่มชื้นมีน้ำเป็นตัวทำให้เกิดความสั่นไหว จนทำให้ส่วนประกอบต่าง ๆ ของดินสามารถเคลื่อนที่ข้ามกันเองและข้ามหินที่อยู่เบื้องล่างได้ นอกจากนั้นเรายังพบดินคืบ ในบริเวณที่มีสัตว์เหยียบย่ำกินหญ้าอยู่ตลอดเวลา บนที่ลาด แรงสั่นที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของสัตว์จะทำให้ดินหลุดออกจากกัน และกลิ้งสู่ที่ที่ต่ำกว่า แม้ว่า การเคลื่อนที่โดยวิธีนี้จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ แต่เราอาจสังเกตได้เมื่อเกิดขึ้นแล้ว เช่น

ต้นไม้ ร้าว หรือเสาที่เอนไปตามความลาดของพื้นที่ หรืออาจสังเกตได้จากดินที่สะสมอยู่ที่เชิงเขา หรือค้างอยู่ด้านบนหน้าของสิ่งกีดขวาง เช่น กำแพง เป็นต้น ถ้ามีสะสมกันอยู่มากจนกำแพงรับน้ำหนักไว้ไม่ได้อีกต่อไป กำแพงอาจจะพังลงได้

2. การไหลของดิน (soil flow หรือ solifluction) เมื่อดินอุ้มน้ำจนเต็มที่แล้วจะทำให้การเคลื่อนที่เป็นไปอย่างง่ายดายและรวดเร็ว ดินที่ละลายกับน้ำเหล่านี้จะกลายเป็นของเหลวซึ่งก่อให้เกิดการไหลของดิน (soil flow) หรือการไหลของโคลน (mud flow) ขึ้น ปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นได้ในแทบทุกสถานที่ ในเขตแห้งแล้งนั้น เมื่อเกิดฝนตกใหญ่พวกเศษดินที่พังทลายด้วยตัวการธรรมชาติต่าง ๆ จะละลายปนกับน้ำฝนและไหลไปสู่ที่ต่ำ ในเขตอบอุ่นและทุนดรา (tundra) เหตุการณ์ทำนองเดียวกันจะเกิดขึ้นในฤดูใบไม้ผลิ เมื่อหิมะและน้ำแข็งที่ปกคลุมพื้นดินอยู่ละลายลง เศษดินและหินที่มีน้ำที่ละลายจากน้ำแข็งเป็นตัวหล่อลื่นจะไหลอย่างง่ายดายไปบนพื้นดินชั้นล่างที่ยังเป็นน้ำแข็งอยู่ ในบริเวณที่เป็นดินพีท (peat soils) ซึ่งสามารถอุ้มน้ำไว้ได้มากกว่าดินธรรมดา นั้น หากอุ้มน้ำจนถึงจุดสูงสุดแล้วก็อาจจะไหลไปตามความลาดของพื้นที่ที่ตั้งที่รู้จักกันในไอร์แลนด์ว่า “bog - bursts”

3. แผ่นดินถล่ม (landslides, slumping หรือ sliding) เป็นการเคลื่อนที่ของดินหินอย่างรวดเร็วมาก มักเกิดขึ้นในบริเวณที่มีความชันสูง เช่น บริเวณไหล่เขา หน้าผา หรือในบริเวณที่ถูกมนุษย์ทำให้สูงชัน เช่นตามช่องเขาที่ถูกตัดเป็นเส้นทางรถยนต์ หรือรถไฟ แผ่นดินถล่มอาจเกิดขึ้นเนื่องจากบริเวณที่ลาดชันนั้นถูกกัดเซาะโดยลำน้ำ หรือทะเลจนกระทั่งเกิดการพังทลายลงมาโดยแรงโน้มถ่วงของโลก นอกจากนั้นการสั่นสะเทือนของเปลือกโลก เนื่องมาจากแผ่นดินไหว และภูเขาไฟระเบิดยังเป็นสาเหตุที่ทำให้ดินหินหลุดออกจากกันและเริ่มเคลื่อนถล่มลงที่ต่ำ

อย่างไรก็ตาม แผ่นดินถล่มส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของฝน เมื่อฝนตกหนักและตกติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของดินหินได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากดินหินในบริเวณนั้นมีโครงสร้างที่ซ้อนกันเป็นชั้น ๆ และอยู่ในบริเวณที่มีความลาดชัน หากดินที่เชื่อมต่อระหว่างชั้นต่าง ๆ เมื่อถูกน้ำแล้วกลายเป็นโคลนก็จะยิ่งทำให้การเคลื่อนไหวเกิดขึ้นสะดวกยิ่งขึ้น เพราะมีโคลนเป็นตัวหล่อลื่นที่ดี

มนุษย์เป็นตัวละครสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดแผ่นดินถล่ม โดยการก่อสร้างสิ่งต่าง ๆ ที่มีความลาดชันมาก และทำให้เกิดความสั่นสะเทือน นอกจากนั้นการที่มนุษย์ทำลายพืชพรรณธรรมชาติที่ปกคลุมผิวดิน เพื่อประโยชน์ในการเกษตรหรือการสร้างบ้านเรือนตามไหล่เขาเพื่อทิวทัศน์อันงดงามนั้น ล้วนแต่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดแผ่นดินถล่มได้ด้วย เพราะเป็นการสนับสนุนให้น้ำฝนแทรกซึมไปในดินและหินได้อย่างรวดเร็ว โดยขาดสิ่งปกคลุมและยึดเหนี่ยวไว้ เรามักจะได้ยินข่าวแผ่นดินถล่มอยู่เสมอ ๆ ในบริเวณไหล่เขาด้านที่ติดกับมหาสมุทรแปซิฟิก ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ของสหรัฐอเมริกา เพราะมีการปลูกสร้างบ้านหลังใหญ่ ๆ ตามไหล่เขามาก เพราะมีทิวทัศน์ที่งดงาม และอากาศดี และการกระทำดังกล่าวต้องมีการทำลายพืชพรรณธรรมชาติที่ปกคลุมผิวดินลงเป็นจำนวนมาก อันตรายที่เกิดจากแผ่นดินถล่มมีมาก เพราะเมื่อเกิดขึ้นแต่ละครั้ง ชีวิตของมนุษย์และทรัพย์สินที่มีค่าได้ถูกทำลายลงเป็นจำนวนมาก บางครั้งหมู่บ้านทั้งหมู่บ้านอาจถูกทับถมโดยเศษดินหินที่ถล่มลงมาได้

การเปลี่ยนแปลงผิวโลกโดยกระบวนการพลังแปรรูปภายใน

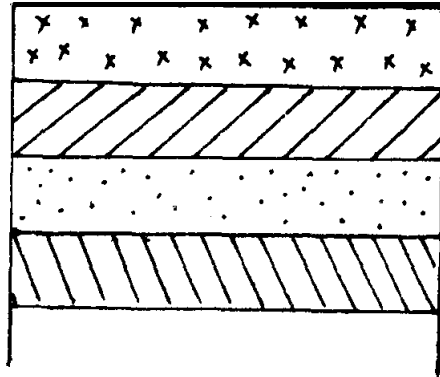
พื้นผิวโลกอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้จากกระบวนการ หรือตัวการภายในผิวโลก ซึ่งได้แก่การเคลื่อนไหวแปรรูปของเปลือกโลก (diastrophism) เช่น การเกิดรอยคดโค้ง (fold) หรือรอยเลื่อน (fault) ของหิน การเกิดแผ่นดินไหว และการเกิดภูเขาไฟระเบิด (Vulcanism)

กระบวนการเคลื่อนไหวแปรรูปของเปลือกโลก อาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ การเกิดภูเขาโดยมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของแผ่นดิน (orogenic) กับการดันตัวหรือทรุดตัวของแผ่นดิน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะอย่างอื่นใด (epeirogenic) นักธรณีศาสตร์ฐานวิทยาเชื่อว่ากระบวนการก่อเทือกเขา (orogenesis) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นครั้งหนึ่งแล้วจะทิ้งช่วงยาวนานมากกว่าจะเกิดใหม่อีกครั้งหนึ่ง แต่เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นพร้อม ๆ กันทั่วโลก ช่องว่างระหว่างกระบวนการก่อเทือกเขานั้น เปลือกโลกจะค่อนข้างมั่นคง จะมีการเคลื่อนไหวบ้างก็เพียงเล็กน้อยในลักษณะของการดันตัวของเปลือกโลกขึ้นหรือทรุดตัวลงอย่างช้า ๆ โดยไม่ทำให้บริเวณนั้น ๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะอื่น ๆ แต่อย่างใด (epeirogenic)

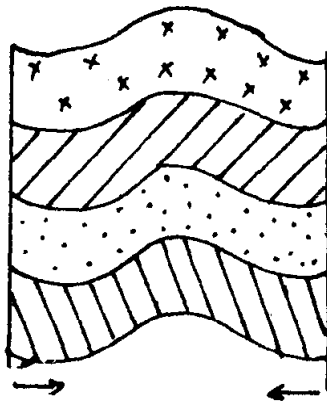
รอยคดโค้ง (fold)

รอยคดโค้ง เกิดขึ้นในบริเวณที่เปลือกโลกไม่มั่นคง ประกอบกับมีแรงดันเกิดขึ้นภายในเปลือกโลก ก่อให้เกิดการโค้งตัวหรือเกิดการเค้นตัว (stresses) ของเปลือกโลกขึ้น การโค้งตัว

รูป 5.2 ภาพแสดงการโค้งตัวของชั้นหิน



ก. ชั้นต่าง ๆ ของเปลือกโลกในลักษณะปกติ ก่อนเกิดการโค้งตัว



เปลือกโลกสั้นลงกว่าเดิม

ข. เมื่อเกิดการโค้งตัวขึ้น จะทำให้ลักษณะภูมิประเทศ
เปลี่ยนเป็นภูเขาแบบ folded mountains

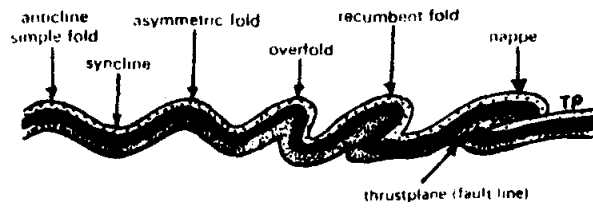
อาจเกิดขึ้นจากสาเหตุหลายประการ อาทิ เกิดจากการที่น้ำหนักของหินที่เปลือกโลกมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น จนเปลือกโลกรองรับไว้ไม่ได้อีกต่อไป หรือเกิดจากมีแม่เหล็กขึ้นบริเวณนั้น หรือเกิดจากการบีบรัดตัวของเปลือกโลกในบริเวณดังกล่าว เมื่อเกิดแรงเค้นขึ้นหินเปลือกโลกจะเกิดบีบตัวให้โค้งคดโค้งตามแนวของหินที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าที่อื่น ดังแสดงไว้ในรูป 5.2 รูป ก. แสดงภาพของเปลือกโลกในลักษณะปกติก่อนเกิดการโค้งตัว ส่วนรูป ข. แสดงภาพของเปลือกโลกเมื่อเกิดแรงเค้นขึ้น ทำให้มีลักษณะคล้ายลูกคลื่น ส่วนที่โค้งตัวขึ้นมาเรียกว่า **ชั้นหินโค้งรูปประทุน (anticline)** และส่วนที่ยุบตัวลงไปเรียกว่า **ชั้นหินโค้งรูปประทุนหงาย (syncline)**

หากการโค้งตัวเกิดขึ้นในลักษณะที่รุนแรงเพราะมีแรงดันที่สลับซับซ้อนภายในโลก ทำให้เปลือกโลกบริเวณดังกล่าวถูกผลักไปค่อนข้างไกล จะทำให้เกิดลักษณะที่เรียกว่า **รอยคดโค้งตลบตัว (overfold)** ขึ้น ดังได้แสดงไว้ในรูป 5.3 ถ้าแรงผลักดันนั้นรุนแรงมากก็จะกลายเป็นลักษณะที่เรียกว่า **รอยคดโค้งนอนทับ (recumbent fold)** ในบางกรณีสภาพชั้นหินตรงที่ถูกแรงดันด้านนอนอย่างรุนแรงนั้นก่อให้เกิดการโค้งตัวขึ้นมาจนส่วนโค้งตอนบนย้ายลงมาทับตัวเอง ซึ่งเรียกว่า **ชั้นหินทับตัว (nappe)** และเรียกรอยเลื่อนของชั้นหินนั้นว่า **แนวรอยเลื่อน (thrust plane หรือ fault line)**

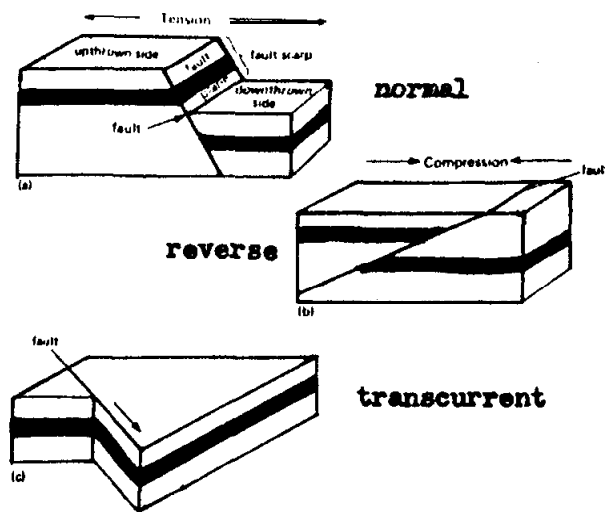
การเกิดรอยคดโค้งขึ้นนี้ ก่อให้เกิดลักษณะภูมิประเทศแบบต่าง ๆ เกิดขึ้น เช่น ก่อให้เกิดภูเขาที่เรียกว่า **fold หรือ folded mountains** ที่ขึ้นชื่อมีอาทิเทือกเขาร็อกกี แอนเดส แอลป์ส ซึ่งเป็นเทือกเขายุคใหม่ที่ขึงสูงชันขรุขระเพราะผ่านการสึกกร่อนมาน้อย เทือกเขาแบบ **folded mountains** ที่ผ่านการสึกกร่อนมานานกว่าได้แก่ เทือกเขาแอลป์และแอนดีส ซึ่งภูมิประเทศในบริเวณดังกล่าวเป็นตัวอย่างที่ดีของภูมิภาคที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก ในลักษณะที่เรียกว่า **รอยคดโค้ง** เพราะจะมีเทือกเขาสลับกับหุบเขาแผ่เป็นบริเวณกว้างใหญ่ในบริเวณหุบเขาจะมีแม่น้ำไหลผ่าน มีผู้คนตั้งถิ่นฐานอยู่ ทิวทัศน์งดงาม และลักษณะเด่นอีกอย่างหนึ่งก็คือภูเขาที่เกิดจากรอยคดโค้งของหินมักจะมีถ่านหินชนิดดีที่เรียกว่า **anthracite** ทั้งนี้เพราะแรงกดดันที่เกิดขึ้น ทำให้ถ่านหินชนิดที่เลวกว่าคือชนิด **bituminous** เปลี่ยนสภาพกลายเป็น **anthracite**

นอกจากนั้นยังได้มีผู้พบว่าชั้นหินโค้งรูปประทุน (anticline) อาจจะทำตัวกลายเป็นบริเวณที่กักเก็บน้ำมันปิโตรเลียมไว้ได้พื้นโลก น้ำมันจะซึมซับผ่านชั้นหินทรายมาสู่บริเวณส่วนโค้งตอนบนของหินรูปประทุน และน้ำมันจะถูกกักอยู่ในบริเวณดังกล่าวเนื่องจากหินตอนบน

รูป 5.3 รอยคดโค้งแบบต่างๆ (folds)



รูป 5.4 รอยเลื่อนในลักษณะต่างๆ กัน (faults)



ของรูปประทุนนี้เป็นหินดินดานที่แข็งแกร่ง น้ำมันไหลผ่านต่อไปไม่ได้ บ่อน้ำมันและแก๊ซที่พบในภาคตะวันตกของเพนซิลเวเนีย ก็พบอยู่ในลักษณะดังกล่าว และบางครั้งแรงกดดันอาจทำให้ดินดานกลายเป็นหินชนวนที่มีค่าทางการค้าได้

รอยเลื่อนหรือรอยแตก (fault)

เมื่อเปลือกโลกเกิดการโก่งตัวขึ้น และเปลือกโลกนั้นเกิดรอยแยกออกจากกัน เราจะเรียกว่ารอยเลื่อนหรือรอยแตก (fault) ขึ้น รอยเลื่อนนี้อาจเกิดจากการที่เปลือกโลกถูกบีบตัวเข้าหรือถูกแยกตัวออกจากกันก็ได้ สิ่งที่เกิดตามขึ้นมาก็คือเปลือกโลกบางส่วนจะต่ำกว่าหรือสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ

รูป 5.5 แสดงให้เห็นการเกิดรอยเลื่อน ส่วนที่สูงขึ้นมาเรียกว่า ฮอร์สต์ (horst) ลักษณะธรรมชาติที่เกิดควบคู่กันไปกับฮอร์สต์ คือ แอ่งกราเบน (graben) ซึ่งบางครั้งเรียกว่าหุบเขาทรุด (rift valley)

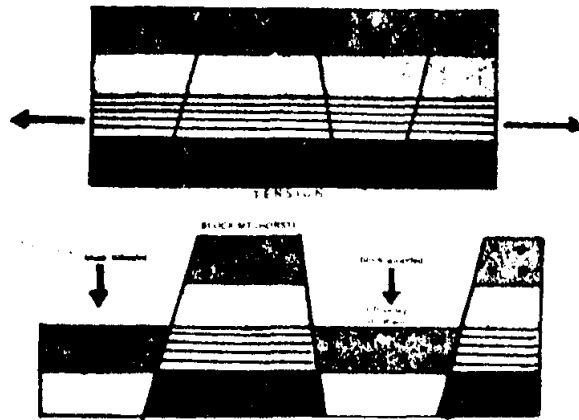
ในรูป 5.5 ก. นั้น แสดงให้เห็นการเคลื่อนที่ของเปลือกโลกที่ทำให้เกิดการเลื่อนตัวออกจากกัน ซึ่งทำให้เกิดรอยเลื่อน (faults) ขึ้น หากการทรุดตัวเกิดขึ้นรอบ ๆ ด้าน โดยมีเปลือกโลกบางส่วนยังคงความสูงไว้เช่นเดิมหรือยกตัวสูงขึ้น เปลือกโลกบริเวณนั้นจะกลายเป็นภูเขาบล็อกหรือฮอร์สต์ ขอบของรอยเลื่อนมักจะสูงชันมาก แต่ที่ยอดของภูเขามักจะราบเรียบสม่ำเสมอ

แรงอัดตัวที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก อาจก่อให้เกิดสิ่งที่เรียกว่า รอยเลื่อนย้อน (thrust หรือ reversed fault) เปลือกโลกบางส่วนอาจถูกยกตัวให้สูงขึ้นหรือทรุดต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่อยู่โดยรอบ รูป 5.5 ข. แสดงการเกิดหุบเขาทรุดโดยกระบวนการดังกล่าว โดยทั่วไปแล้วภูเขาบล็อกและหุบเขาทรุดตัวจะเกิดจากแรงดึงเครียด (tension) มากกว่าแรงอัด (compression)

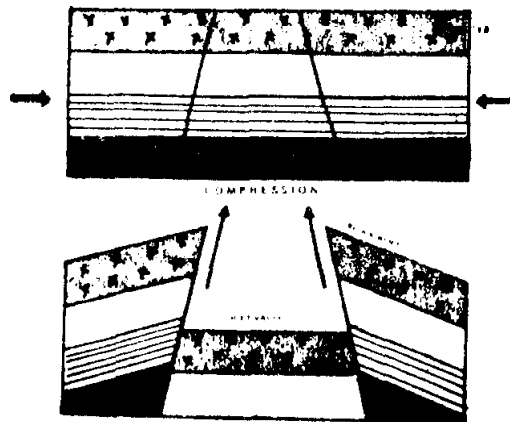
รอยเลื่อนอาจเกิดขึ้นหลาย ๆ ครั้งติดต่อกันไปซึ่งยังผลให้เกิดลักษณะการเอ่นตัวของเปลือกโลกในรูปร่างสลับซับซ้อนต่าง ๆ กันไป ต่อมาเมื่อเกิดการผุพังทำลายของหินเปลือกโลก (denudation) เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ เข้า จะยังผลให้รอยเลื่อนเหล่านั้นมีลักษณะต่างไปจากเดิมดังแสดงไว้ในรูป 5.5 ค. เมื่อสันอันแหลมคมของภูเขาบล็อกถูกกัดกร่อนหายไป

การเกิดรอยเลื่อนมีความสำคัญต่อลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะทางธรณีวิทยาของบริเวณนั้น ๆ บริเวณที่เกิดรอยเลื่อนหินมักจะเปราะ ง่ายต่อการที่จะเกิดกระบวนการทาง

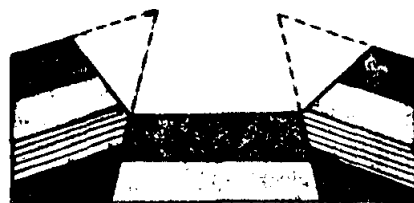
รูป 5.5 ภาพแสดงการกระทำของรอยเลื่อน หรือรอยเลื่อน (faults)



ก. ภูเขาตึกและหุบเขาทรุด เกิดจากแรงดึงเครียดของเปลือกโลก



ข. หุบเขาทรุดเกิดจากแรงอัดเมื่อเกิดรอยเลื่อน



ค. มุมแหลมคมอันเกิดจากรอยเลื่อน จะถูกทำลายลงโดยตัวการธรรมชาติต่างๆ

เคมีที่มีผลต่อกำเนิดของแร่ธาตุหลายประเภทที่มีค่า ปรากฏการณ์อีกอย่างหนึ่ง คือในบริเวณดังกล่าวจะมีน้ำพุเกิดขึ้น ทั้งน้ำพุร้อนและเย็น นอกจากนี้ยังพบน้ำมันปิโตรเลียมถูกกักอยู่บริเวณดังกล่าวอีกด้วย

แผ่นดินไหว (earthquakes)

ทุก ๆ ปีจะมีการบันทึกว่าได้เกิดแผ่นดินไหวในบริเวณต่าง ๆ ของโลกมากกว่า 5 พันครั้ง แผ่นดินไหวอาจจะไม่รุนแรง มีเพียงการสั่นสะเทือนเล็กน้อย แค่ 2 - 3 นาทีเท่านั้นเนื่องจากเกิดการเคลื่อนไหวภายในเปลือกโลก ส่วนแผ่นดินไหวที่ร้ายแรงมักเกิดจากการเคลื่อนตัวตามรอยเลื่อน (faults) อันอาจนำความหายนะมาสู่บริเวณที่มีประชาชนอยู่หนาแน่นได้ การเกิดแผ่นดินไหวบริเวณพื้นมหาสมุทรจะก่อให้เกิดคลื่นยักษ์ที่เรียกกันในภาษาญี่ปุ่นว่า tsunamis ขึ้น คลื่นยักษ์ ดังกล่าวสามารถแผ่กระจายไปได้เป็นระยะทางไกลมาก และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำท่วมชุมชนที่อยู่ริมฝั่งได้ ตัวอย่างเช่น ในปี ค.ศ. 1960 ได้เกิดแผ่นดินไหวครั้งใหญ่นอกฝั่งชิลีตอนกลางก่อนมาทางใต้ ยังผลให้เกิด tsunamis ซึ่งทำให้เกิดน้ำท่วมใหญ่ในญี่ปุ่นและในบริเวณต่าง ๆ ของเอเชียตะวันออกเฉียงซึ่งอยู่ห่างจากชิลีเป็นระยะทางหลายพันกิโลเมตร

นอกจากนั้น การที่เกิดแผ่นดินไหวยังทำให้เกิดไฟไหม้ใหญ่ได้ เมื่อท่อน้ำมันหรือท่อแก๊สระเบิด อาจทำให้แผ่นดินแยกออกเป็นส่วน ๆ กลายเป็นลักษณะที่เรียกว่า คลื่นพื้นผิว (surface waves) ซึ่งก็หมายถึงว่าตึกกรามบ้านช่องจะจมหายลงไปได้ดิน ถนนหนทางถูกทำลาย สะพานถูกตัดขาด สายไฟฟ้า โทรเลข โทรศัพท์ ใช้ประโยชน์ต่อไปอีกไม่ได้ แผ่นดินถล่มเกิดขึ้นทั่วไป ความหายนะจะมีมากที่สุดบริเวณศูนย์กลางของการสั่นสะเทือน แล้วค่อย ๆ ลดน้อยลงเมื่อถอยออกห่างจากศูนย์กลางนั้น คล้าย ๆ กับเวลาเราโยนก้อนหินลงในสระน้ำ จะมองเห็นคลื่นใหญ่ที่สุดรอบ ๆ บริเวณที่โยนก้อนหินลงไป และคลื่นจะจางหายไปในบริเวณขอบ ๆ เราสามารถวัดความสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวได้ โดยใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่า seismograph บางครั้งเครื่องมือนี้จะใช้บอกเหตุการณ์ได้ล่วงหน้าเพื่อให้ประชาชนได้เตรียมอพยพหนีออกจากบริเวณที่จะเกิดแผ่นดินไหวรุนแรงมากขึ้น

บริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวจะเป็นบริเวณเดียวกันหรือใกล้เคียงกับที่มีภูเขาไฟอยู่ กล่าวคือบริเวณรอบ ๆ มหาสมุทรแปซิฟิก ซึ่งกว่าร้อยละ 70 ของแผ่นดินไหวเกิดขึ้นในภูมิภาคนี้ อีกร้อยละ 20 เกิดขึ้นบริเวณที่เรียกว่า Mediterranean - Himalayan belt ซึ่งรวมเอา Asia Minor เทือกเขาหิมาลัย และบางส่วนของตะวันตกเฉียงเหนือของจีนเข้าไว้ด้วย บริเวณอื่น ๆ มีเปลือกโลกที่ค่อนข้างมั่นคง ดังนั้นจึงมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นน้อย

ตัวอย่างการเกิดแผ่นดินไหวครั้งยิ่งใหญ่ คือ แผ่นดินไหวในประเทศญี่ปุ่น เมื่อวันที่ 1 กันยายน 2466 ซึ่งทำให้เมืองใหญ่สองเมืองของญี่ปุ่นคือ โตเกียวและโยโกฮาม่า สั่นสะเทือนมากพอ ๆ กัน รอยแยกที่เปลือกโลกตามชายฝั่งของหมู่เกาะญี่ปุ่นเป็นสาเหตุที่ทำให้แผ่นดินไหวตึกรามบ้านช่องกว่า 5 แสนหลังในเมืองทั้งสองที่มีประชากรอยู่อย่างหนาแน่นถูกทำลายลงเกิดไฟไหม้ตามโรงงาน ท่อแก๊สใหญ่ สถานีเก็บน้ำมัน และตามครัวเรือน ทำให้ประชาชนกว่า 2 แสน 5 หมื่นคนสิ้นชีวิต และประชาชนอีกมากมายได้รับบาดเจ็บ

เหตุการณ์ที่น่าตื่นเต้นจากแผ่นดินไหวอีกเหตุการณ์หนึ่งเกิดขึ้นบริเวณเมืองซานฟรานซิสโก ในปี พ.ศ. 2449 ซึ่งทำลายส่วนใหญ่ของบริเวณใจกลางเมืองลง นอกจากนั้นแผ่นดินไหวในประเทศจีนก็ได้เกิดขึ้นหลายครั้งเช่น ในปี พ.ศ.2463 เกิดขึ้นบริเวณมณฑล Kansu ทำให้ประชาชนตายไปกว่า 2 แสนคน อีก 7 ปีต่อมาเกิดแผ่นดินไหวซ้ำอีก ซึ่งประชาชนกว่า 1 แสนคนสิ้นชีวิตลง แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นเมื่อเร็ว ๆ นี้ในอิหร่านทางตะวันออกในประเทศแถบอเมริกากลางและโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอิตาลี ล้วนแล้วแต่สร้างความเสียหายให้แก่ประเทศเหล่านั้นเป็นอย่างมาก

ภูเขาไฟ (volcanoes)

กำเนิดของภูเขาไฟ จากการศึกษาของนักธรณีวิทยาและผู้เชี่ยวชาญเฉพาะในเรื่องเกี่ยวกับภูเขาไฟ บุคคลเหล่านี้เชื่อว่าภูเขาไฟและกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากภูเขาไฟนั้น มีความสัมพันธ์กับการที่เปลือกโลกถูกรบกวน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่เปลือกโลกยังมีความอ่อนตัวเพราะเกิดการย่นลึกลงและภูเขาสูงโค้งตัวขึ้น ยิ่งลงไปใต้พื้นผิวโลกมากเท่าใด อุณหภูมิก็ยิ่งจะสูงมากยิ่งขึ้นทุกที กล่าวคือ อุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉลี่ย 1 องศาเซลเซียสต่อระยะทาง 1 เมตร ตอนในของโลกเต็มไปด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ที่ถูกความร้อนเผาละลายกลายเป็นของเหลว นอกจากนั้นยังมีของเหลวและแก๊สมากมายหลายชนิด สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้รวมกันเรียกว่าแมกมา (magma) แมกมาจะประกอบไปด้วยแก๊สเป็นจำนวนมาก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไฮโดรเจน และมีแก๊สที่ระเบิดได้ง่ายเช่น ไนโตรเจน ผลสมอยู่ด้วยแก๊สและไอน้ำมีส่วนทำให้แมกมาระเบิดไหลออกมาสู่ภายนอกเปลือกโลก กลายเป็นลาวา (lavas) ซึ่งจะไหลออกมาตามส่วนที่อ่อนหรือรอยแตกแยกของเปลือกโลก

ลาวาแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่

1. ลาวาชนิดเป็นด่าง (basic lavas) เป็นลาวาที่มีความร้อนมากที่สุด คือร้อนถึง 1,000 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นยังมีความเหลวมากอีกด้วย ลาวาชนิดนี้มีสีดำคล้ายปะชอลท์ มีเหล็กและแมกนีเซียมมาก แต่มีซิลิกาต่ำ เมื่อเคลื่อนตัวออกมาจากปล่องภูเขาไฟนั้นจะไหลเรียบ ๆ และมีการระเบิดน้อย และด้วยเหตุที่ลาวาชนิดนี้มีความเหลวมาก จึงทำให้การเคลื่อนไหวเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ประมาณกันว่ามีความเร็วระหว่าง 16 ถึง 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ลาวาชนิดนี้จะไหลปกคลุมพื้นที่กว้างก่อนที่จะแข็งตัว แผ่นลาวาจะค่อนข้างบาง ภูเขาไฟที่เกิดขึ้นจะมีความลาดน้อย มีลักษณะคล้ายโดมหรือโล่ ดังปรากฏในรูปที่ 5.7

2. ลาวาที่เป็นกรด (acid lavas) ลาวาชนิดนี้มีความหนืดมากและมีจุดที่จะหลอมละลายสูง มีสีค่อนข้างจาง ความหนาแน่นต่ำ และมีซิลิกาผสมอยู่เป็นสัดส่วนสูง เวลาไหลมักจะไหลช้า ๆ ดังนั้นจึงมักแข็งตัวก่อนจะไปได้ไกล ๆ รูปร่างของภูเขาไฟที่มีลาวาประเภทนี้จะมีความลาดชันมาก และเนื่องจากมีลาวาแข็ง ตัวก็คดขวาปล่องทางออก ทำให้เกิดการระเบิดมากเมื่อลาวาตอนในพยายามดันตัวออกมา การระเบิดของภูเขาไฟดังกล่าวเรียกว่า pyroclasts

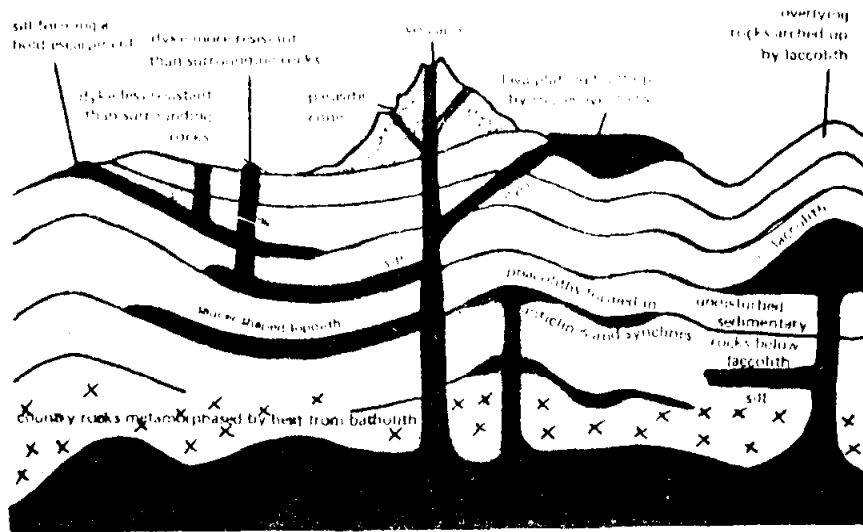
เราอาจแบ่งชนิดของภูเขาไฟได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการระเบิดหรือการดันตัวของลาวาได้ดังต่อไปนี้

1. ภูเขาไฟที่เกิดจากการระเบิดหรือการดันตัวอย่างรุนแรง

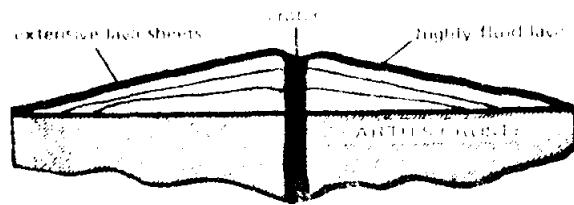
ก. กรวยมูลภูเขาไฟ (cinder cones) เป็นภูเขาไฟที่มีขนาดเล็กที่สุด เกิดจากลาวาที่ถูกแรงบีบอัดอย่างรุนแรง และดันตัวขึ้นมาบนเปลือกโลก ผ่านกรวยกลาง แล้วลาวานั้นก็จับตัวแข็งในบริเวณกรวยกลางนั่นเอง ชั้นส่วนของลาวาที่แข็งตัว มีทั้งที่มีขนาดเล็ก และที่เป็นก้อนใหญ่โต ถ้าภูเขาลูกเล็ก ๆ อาจพุ่งกระจายออกไปได้ไกล ๆ โดยเฉพาะเมื่อถูกลมเป็นตัวการพัดพาไป

กรวยมูลภูเขาไฟส่วนใหญ่มีความสูงไม่มากนัก กล่าวคือ มักสูงอยู่ระหว่าง 500 ถึง 1,000 ฟุต (150 ถึง 300 เมตร) แต่เมื่อเริ่มเกิดขึ้นจะทวีความสูงอย่างรวดเร็ว ตัวอย่างเช่น ภูเขาไฟ Paricutin ในเม็กซิโก เริ่มต้นเป็นกรวยมูลภูเขาไฟเล็ก ๆ แล้วทวีความสูงขึ้นถึง 300 เมตรในช่วงเวลาเพียง 3 เดือนต่อมาเท่านั้น กรวยมูลภูเขาไฟมีความลาดชันมากคือระหว่าง 26 ถึง 30 องศา

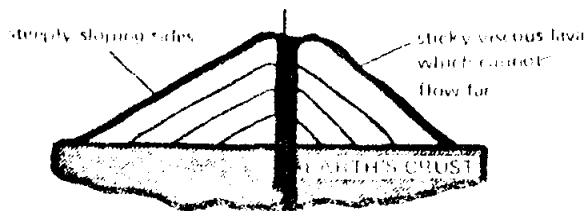
รูป 5.6 ภาพแสดงลักษณะภายในของภูเขาไฟ



รูป 5.7 ลาวาชนิดเป็นค้างมีความหนืดน้อย ก่อให้เกิด ภูเขาไฟรูปโล่ หรือรูปโดม



รูป 5.8 ลาวาชนิดเป็นกรดมีความหนืดมาก ทำให้เขามีความลาดชันมาก



ลักษณะเด่นอีกอย่างหนึ่งของกรวยมุลภูเขาไฟ คือมักมีหุบภูเขาไฟ (crater) ขนาดใหญ่อยู่ตรงกลาง ขอบด้านหนึ่งของหุบภูเขาไฟมักจะสูงกว่าอีกด้านหนึ่ง ทั้งนี้เพราะการกระทำของลมที่พัดเอาชิ้นส่วนเถ้าธุลีที่ละเอียดอ่อนจากด้านหนึ่งไปทับถมอีกด้านหนึ่งของหุบภูเขาไฟนั่นเอง

กรวยมุลภูเขาไฟอาจจะเปิดได้ในลักษณะภูมิประเทศแทบทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นแนวเทือกเขา ลาดเขา หรือในหุบเขา โดยปกติมักเกิดเป็นกลุ่ม ๆ ใกล้ชิดกัน และบางครั้งจะจับกลุ่มกันขนานไปกับรอยเลื่อนของหินได้เปลือกโลก

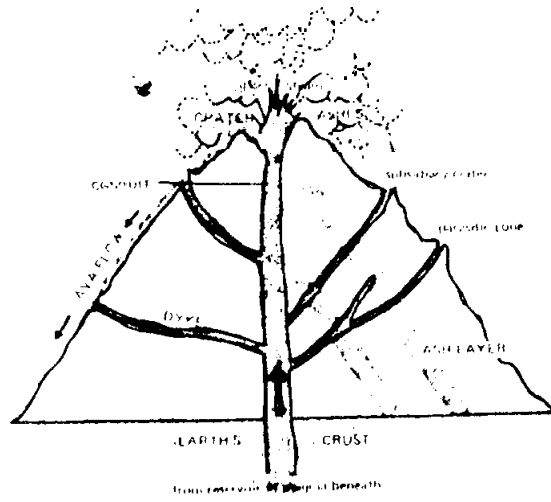
ข. ภูเขาไฟแบบซับซ้อน (composite volcanoes) ภูเขาไฟที่สำคัญ ๆ ของโลกเป็นภูเขาไฟแบบ composite ซึ่งเกิดจากมุลภูเขาไฟและเถ้าถ่านหลาย ๆ ชั้นสลับกับลาวาดังนั้นบางครั้งจึงมีผู้เรียกภูเขาไฟแบบนี้ว่า strato - volcanoes

ภูเขาไฟชนิดนี้มีความสูงชันอันเกิดจากส่วนประกอบของมุลภูเขาไฟและเถ้าถ่าน ส่วนลาวานั้นจะเพิ่มความแข็งแกร่งใหญ่โตให้แก่ตัวภูเขาไฟ ตัวอย่าง ของภูเขาไฟแบบนี้ได้แก่ภูเขาไฟฟูจิยามาในญี่ปุ่น และภูเขาไฟ Mayon ในฟิลิปปินส์ นอกจากนั้นยังมีภูเขาไฟ Visuvius, Etna และ Stromboli ในอิตาลี ซึ่งมีชื่อเช่นกัน แต่ลักษณะรูปร่างยังไม่สมบูรณ์เท่า 2 ตัวอย่างแรก

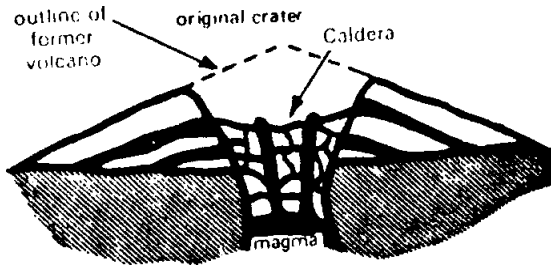
การระเบิดของภูเขาไฟแบบซับซ้อนขนาดใหญ่ มักจะประกอบไปด้วยการพ่นของไอน้ำ มุลภูเขาไฟ การระเบิดและเถ้าธุลี และมีลาวาไหลออกมา ปล่องภูเขาไฟจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีทั้งการทำลายส่วนบนของปล่อง และการทับถมใหม่ ๆ เกิดขึ้น

บางครั้งถ้าการระเบิดเกิดขึ้นอย่างรุนแรง อาจจะทำลายตอนกลางของภูเขาไฟจนเหลือกลางเป็นแอ่งที่เรียกว่า **แอ่งภูเขาไฟ (caldera)** การจะเข้าไปสังเกตดูกระบวนการเกิดแอ่งภูเขาไฟไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากในระหว่างนั้นจะมีการระเบิดอย่างรุนแรง มีเถ้าถ่านหรือฝุ่นละอองคั่งในบรรยากาศ แผ่กระจายครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างขวางนับเป็นหลายร้อยตารางไมล์ การระเบิดของภูเขาไฟ Krakatoa ในอินโดนีเซีย ในปี ค.ศ. 1883 ก่อให้เกิด caldera ขนาดใหญ่มาก สันนิษฐานกันว่าหินประมาณ 75 ลูกบาศก์กิโลเมตร ถูกแรงระเบิดทำลายหายไป นอกจากนั้นยังเกิดคลื่นยักษ์ได้ทะเล (tsunamis) ที่พัดพาเอาผู้คนนับพันที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งที่มีระดับต่ำของเกาะชวาและสุมาตรา แม้แต่ในประเทศไทย ท้องฟ้าก็ยังวิปริตมืดมัวเพราะควันและเถ้าถ่านอันเป็นผลมาจากการระเบิดที่คั่งอยู่ในบรรยากาศ

รูป 5.9 ภูเขาไฟแบบชั้นซ้อน



รูป 5.10 แอ่งภูเขาไฟ



อีกตัวอย่างหนึ่งคือ การเกิดแอ่งภูเขาไฟสมัยก่อนประวัติศาสตร์ที่ Crater Lake ในรัฐ Oregon ในสหรัฐอเมริกา เดิมทะเลสาบปล่องภูเขาไฟนี้มีความสูงกว่าปัจจุบันถึง 1,200 เมตร แต่เมื่อเกิดการระเบิดอย่างรุนแรง ส่วนยอดจึงถูกทำลายไป บริเวณตอนกลางที่ยุบตัวลงก็เกิดเป็นทะเลสาบขึ้น ปัจจุบัน Crater Lake เป็นบริเวณที่ดึงดูดนักท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก เพราะมีทิวทัศน์งดงามแปลกตา

วงจรการสีกกร่อนของภูเขาไฟแบบซับซ้อน

ภูเขาไฟมีวงจรของการสีกกร่อนเช่นเดียวกับภูมิประเทศแบบอื่น ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอยู่เสมอ รูป 5.11 แสดงให้เห็นขั้นตอนของการสีกกร่อนของภูเขาไฟ การไหลของลาวา และแอ่งภูเขาไฟ

รูป ก. เป็นรูปที่แสดงให้เห็นภูเขาไฟในวัยแรกเริ่มเป็นภูเขาไฟที่มีพลังที่กำลังสร้างตัวขึ้น ลาวาไหลจากปล่องภูเขาไฟแผ่ไปตามหุบเขาที่มีน้ำไหลผ่าน บางครั้งลาวาเหล่านี้แข็งตัวกลายเป็นเขื่อนกั้นลำน้ำให้กลายเป็นทะเลสาบ

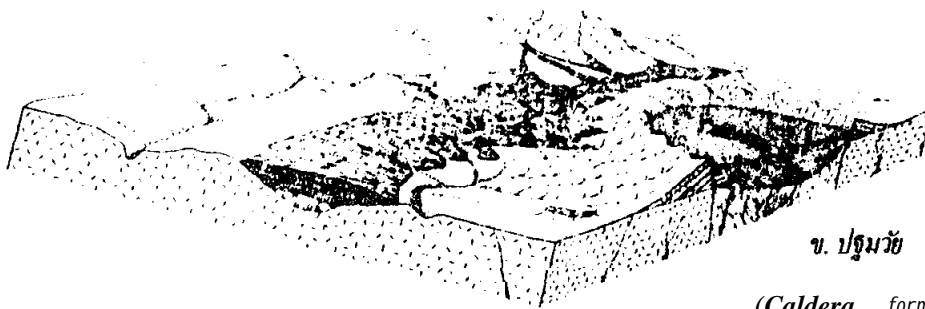
รูป ข. เป็นภูเขาไฟปฐมวัย กล่าวคือ ภูเขาไฟที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในกลุ่ม จะเกิดการระเบิดอย่างรุนแรงขึ้น ทำให้เกิดแอ่งภูเขาไฟ และเมื่อมีน้ำขังภายในแอ่งนี้ ก็จะทำให้เกิดทะเลสาบภูเขาไฟขึ้น โดยอาจมีกรวยเล็ก ๆ ที่เกิดขึ้นภายในทะเลสาบนั้น ส่วนภูเขาไฟลูกอื่นที่เกิดขึ้นก่อนก็จะกลายเป็นภูเขาไฟสิ้นพลังที่ถูกลำน้ำลำธารเขาชะกร่อนจนสิ้นสภาพเดิม แต่ภูเขาไฟลูกอื่นที่เกิดทีหลังยังมีพลังอยู่ ดังนั้นภูเขาไฟในช่วงนี้จึงรวมความขัดแย้งไว้ด้วยกัน กล่าวคือในบริเวณดังกล่าวจะมีทั้งภูเขาไฟที่กำลังคุกรุ่นและที่สงบแล้วอยู่ด้วยกัน

หากสังเกตดูรูปแบบการระบายน้ำในบริเวณภูเขาไฟจะเห็นว่า มีลักษณะเป็นรัศมีของวงกลมที่แผ่กระจายจากบริเวณตอนบนของภูเขาไฟออกไปที่ฐานโดยรอบ ซึ่งเพียงแต่ดูแผนที่แสดงลักษณะการระบายน้ำก็สามารถบอกได้ว่าบริเวณนั้นเป็นภูเขาไฟ หรือเคยเป็นภูเขาไฟมาก่อน ถ้าหากเกิดทะเลสาบภูเขาไฟขึ้น น้ำบางส่วนอาจไหลย้อนลงสู่ทะเลสาบก็ได้

รูป ค. ภูเขาไฟมัชฌิมวัย ในวัยนี้ภูเขาไฟทุกลูกสิ้นพลังหมดและถูกสีกกร่อน ในทะเลสาบภูเขาไฟน้ำจะเหือดแห้งหมดไป ขอบทะเลสาบที่เคยสูงก็ถูกสีกกร่อนลดระดับลง ลาวาที่ไหลไปตามแนวหุบเขาพอมายังวัยนี้จะแสดงให้เห็นว่ามีความแข็งแกร่งทนทานต่อการสีกกร่อน

รูป 5.11 ภาพแสดงขั้นตอนการสึกกร่อนของภูเขาไฟ การไหลของลาวา และแอ่งภูเขาไฟ

ก. ภูเขาไฟเริ่ม Initial



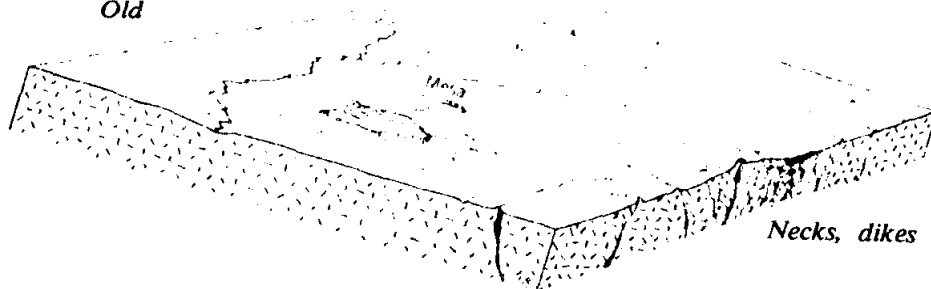
ข. ภูเขาไฟ
(Caldera formed)

ค. ภูเขาไฟ
Mesa



Lava mesa

ง. ภูเขาไฟ
Old



Necks, dikes

ดีกว่าหินอื่น ๆ บริเวณข้างเคียง และกลายเป็นเนิน mesa ที่มีความสูงกว่าพื้นดินโดยรอบ ตัวอย่างของภูเขาไฟในวัยนี้ ได้แก่ Mt. Shasta ในเทือกเขา Cascade ในประเทศสหรัฐอเมริกา

รูป ง. แสดงลักษณะภูเขาไฟเมื่อถึงปัจจุณมัย เมื่อได้ผ่านการสึกกร่อนมาเป็นเวลานาน ส่วนที่เหลืออยู่จึงมีเพียงยอดแหลมเล็กที่เรียกว่า คอภูเขาไฟ (volcanic neck) ซึ่งเป็นส่วนของลาวาที่อยู่ในช่องประทุของภูเขาไฟนั่นเอง จากคอภูเขาไฟจะมีผนัง (dikes) แยกกระจายออกไปผนังเหล่านี้เกิดจากลาวาที่ไหลไปทับถมอยู่ในบริเวณรอยแตกแยกรอบ ๆ ฐานของภูเขาไฟ ในขณะที่พื้นที่ส่วนอื่นถูกตัวการธรรมชาติกัดกร่อนพังทลายหายไป ส่วนที่เป็นลาวาจะยังคงอยู่และกลายเป็นผนัง ลักษณะภูมิประเทศดังกล่าวจะคงทนอยู่นานแม้ว่าบริเวณอื่น ๆ ของภูเขาไฟจะถูกทำลายไปหมดแล้วก็ตาม ตัวอย่างเช่น Ship Rock ในรัฐ New Mexico ประเทศสหรัฐอเมริกา

2. ภูเขาไฟที่เกิดจากการระเบิดอย่างไม่รุนแรง

ภูเขาไฟแบบนี้เรียกว่า lava domed

หรือภูเขาไฟรูปโล่ (shield volcanoes) ตัวอย่างของภูเขาไฟแบบนี้ ได้แก่ ภูเขาไฟในบริเวณหมู่เกาะฮาวาย

ภูเขาไฟรูปโล่มีลักษณะเด่นคือ จะค่อย ๆ สูงขึ้น ความลาดชันมีน้อย และไม่ขรุขระแต่ค่อนข้างราบเรียบ ยอดมักแบนและกว้าง ตัวอย่างเช่น เทือกเขา Hawaiian แม้จะมีความสูงถึง 4 พันเมตรเหนือระดับน้ำทะเลก็ตาม แต่ถ้ารวมเอาส่วนที่เป็นฐาน ซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลแล้ว บริเวณฐานจะใหญ่กว่าส่วนสูงถึง 2 เท่าตัว

สาเหตุของการเกิดภูเขาไฟรูปโดม หรือรูปโล่นี้ เนื่องมาจากลาวาที่ไหลออกมาทับถมครั้งแล้วครั้งเล่า ไม่มีการระเบิดที่รุนแรงหรือการฟุ้งกระจายของเถ้าถ่านและฝุ่นละอองเหมือนในกรณีของภูเขาไฟแบบซับซ้อน ลาวาที่ไหลออกมามีสีเข้มเพราะประกอบไปด้วยหินบะซอลท์ ซึ่งจะถูกร้อนหลอมละลายเหลว และสามารถไหลออกไปตามความลาดเป็นระยะทางไกล ๆ

ภูเขาไฟรูปโดมไม่มีปล่องระเบิดเหมือนกรวยแบบซับซ้อน แต่มีแอ่งหลุมตรงกลางซึ่งมีขนาดกว้างตั้งแต่ 3.2 กิโลเมตรขึ้นไป บางครั้งแอ่งกลางเหล่านี้มีความลึกหลายร้อยฟุต แอ่งเหล่านี้จัดว่าเป็นแอ่งภูเขาไฟชนิดหนึ่งที่เกิดจากลาวาตรงกลางถูกร้อนละลายเหลวและไหลออกไป แต่ลาวาส่วนใหญ่จะไหลออกจากรอยแตกแยกบริเวณด้านข้างของภูเขาไฟ

ภูเขาไฟรูปโดมของหมู่เกาะฮาวายกำลังถูกสีกกร่อนในระยะต่าง ๆ กัน ภูเขาไฟมีพลังเช่นที่ Kilauea และ Mauna Loa อยู่ในวัยต้นจึงมีความลาดที่ราบเรียบ ส่วนภูเขาไฟ East Maui เริ่มถูกกัดกร่อนปรากฏเป็นหุบผาชัน (canyon) อยู่ทั่วไป แต่ก็ยังรักษาพื้นผิวเดิมอยู่ในขณะที่ West Maui ถูกกัดกร่อนไปมากแล้ว ส่วนที่เหลืออยู่เป็นส่วนแข็งแกร่งทนต่อการสีกกร่อนมีลักษณะเหมือนกำแพงสูงชันปรากฏอยู่ทั่วไป (ดูรูป 5.12)

ผลกระทบจากภูเขาไฟ

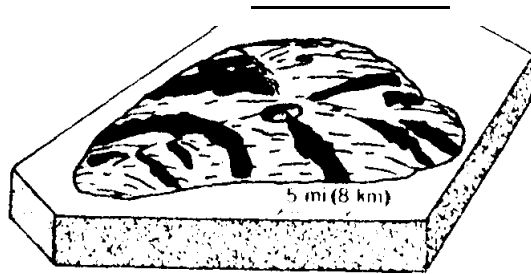
ภูเขาไฟระเบิดนับเป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติที่รุนแรงมาก เพราะชีวิตทรัพย์สิน บ้านเรือนอาจถูกทำลายไปหมดทั้งเมือง ความเสียหายที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เนื่องมาจาก incandescent gases ที่เคลื่อนที่ผ่านจากปล่องภูเขาไฟลงมาตามไหล่เขา เช่นเดียวกับหิมะถล่ม จากลาวาที่ไหลออกมาท่วมบ้านเรือนที่อยู่อาศัย จากฝุ่นละอองเข้าถ่านและเศษเล็กเศษน้อยของวัตถุที่ฟุ้งกระจายด้วยแรงระเบิด จากแผ่นดินไหวซึ่งมักจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กับภูเขาไฟระเบิด จากโคลนเหลวที่เกิดจากฝุ่นและถ่านผสมเข้ากับน้ำฝน และหากอยู่บริเวณชายฝั่งก็จะประสบกับเหตุการณ์สำคัญคือ คลื่นยักษ์ใต้น้ำ ซึ่งเกิดเพราะการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกได้ทะเล เหตุการณ์ดังกล่าวเหล่านี้อาจเกิดขึ้น โดยนับพลังกันโดยปราศจากการเตือนล่วงหน้าใด ๆ ทั้งสิ้นก็ได้

บริเวณพื้นแผ่นดินที่เป็นภูเขาไฟและถูกปกคลุมด้วยลาวามักจะว่างเปล่าและขรุขระทรูกันดารเป็นเวลานานพอสมควร อย่างไรก็ตามดินที่เกิดจากภูเขาไฟมักจะเป็นดินที่อุดมสมบูรณ์ มีการเพาะปลูกและการตั้งถิ่นฐานอย่างหนาแน่นในเวลาต่อมา

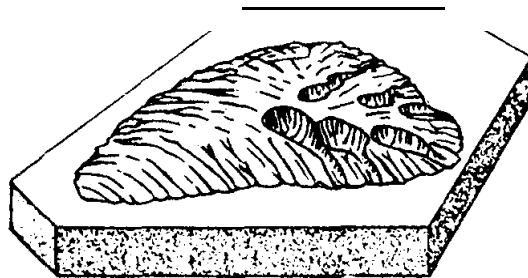
ภูเขาไฟในปฐมวัยและมัชฌิมวัย จะมีลักษณะภูมิประเทศที่ขรุขระทรูกันดาร ไหล่เขาสูงชัน ทำให้ยากแก่การเกษตรกรรม แต่จะมีทรัพยากรป่าไม้ที่มีค่าอุดมสมบูรณ์ นอกจากนั้นทิวทัศน์ที่แปลกตาและงดงาม ยิ่งดึงดูดความสนใจของนักท่องเที่ยวอีกด้วย

ในบริเวณภูเขาไฟ มีแร่โลหะน้อยกว่าที่คาดไว้ นอกเสียจากว่าจะเกิดการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก ทำให้แร่ธาตุถูกดันตัวหรือผสมอยู่กับหินภูเขาไฟ หินภูเขาไฟบางแห่งจะมีทองแดงผสมอยู่ในแอฟริกาใต้แหล่งที่พบเพชรก็ได้แก่บริเวณที่เคยเป็นปล่องภูเขาไฟมาก่อนในสมัยโบราณ นอกจากนั้นหินภูเขาไฟยังถูกสกัดมาใช้ในการก่อสร้างต่าง ๆ ทำถนน ทางรถไฟ อย่างกว้างขวางอีกด้วย

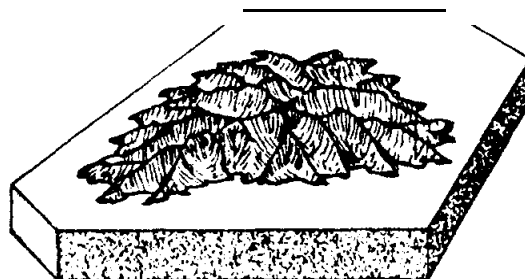
รูป 5.12 ภูเขาไฟรูปโดมในวัยต่างๆ กัน
(ใช้ตัวอย่างจากภูเขาไฟที่พบในหมู่เกาะฮาวาย)



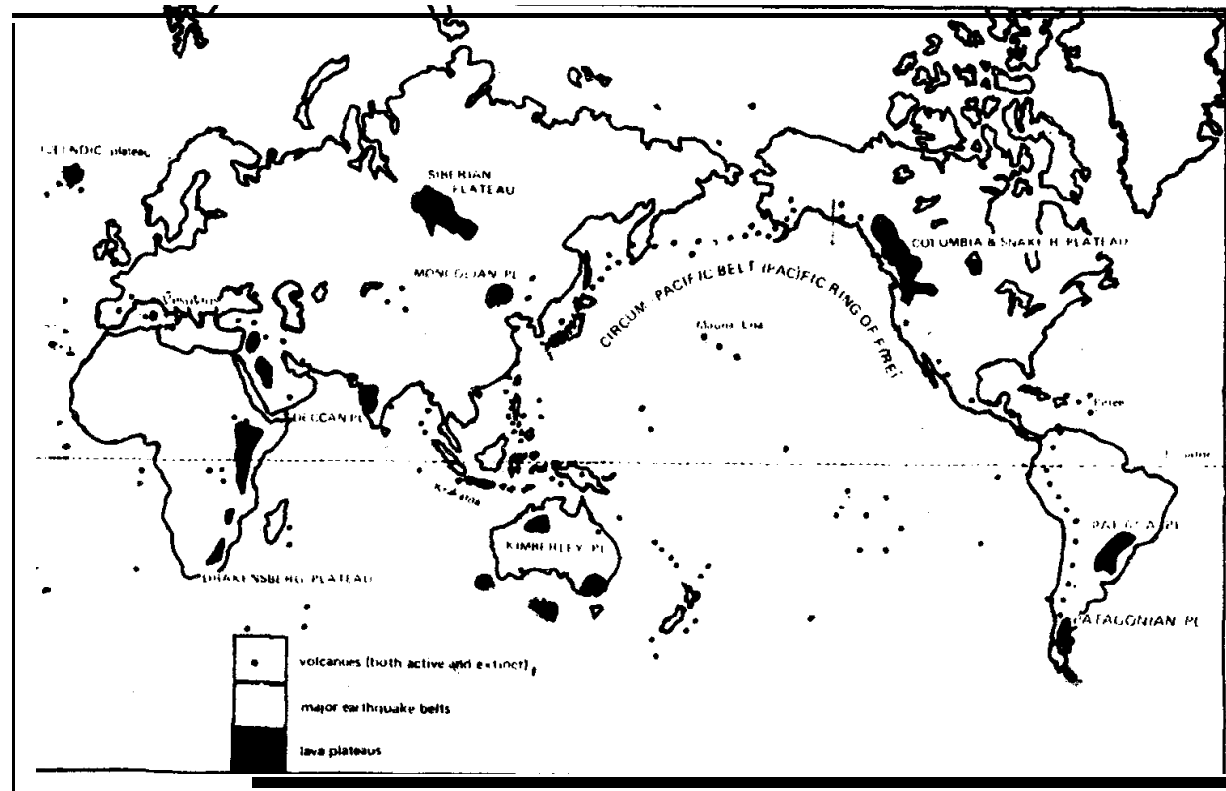
ก. วัยแรกเริ่ม



ข. ปฐมวัย



ค. มัชฌิมวัย



รูป 5.13 แผนที่แสดงการกระจายของภูเขาไฟและเขตแผ่นดินไหวของโลก

แหล่งที่ตั้งของภูเขาไฟในโลก

หากมองดูแผนที่โลก เราจะสังเกตเห็นลักษณะการกระจายของภูเขาไฟอย่างเด่นชัดมาก เพราะภูเขาไฟจะมีอยู่มากเป็นพิเศษในภูมิภาคที่ผ่านการเคลื่อนตัวและโค้งตัวของเปลือกโลก อย่างรุนแรง ประมาณกันว่าทั่วโลกมีภูเขาไฟที่มีพลังอยู่กว่า 500 ลูก และมีภูเขาไฟที่สงบและสิ้นพลังอยู่หลายพันลูก ภูเขาไฟเหล่านี้ปรากฏอยู่ตามแนวเทือกเขาริมฝั่งมหาสมุทรของทวีปต่าง ๆ รวมทั้งในบริเวณหมู่เกาะในมหาสมุทรด้วย

เราอาจแบ่งภูมิภาคภูเขาไฟออกได้ดังต่อไปนี้

1. ภูมิภาครอบ ๆ มหาสมุทรแปซิฟิก ประมาณว่าในภูมิภาคนี้มีภูเขาไฟอยู่ประมาณ 2/3 ของจำนวนภูเขาไฟที่มีอยู่ทั่วโลก หรือถ้าคิดเป็นระยะทางจะมีอยู่ต่อเนื่องกันเป็นระยะทางถึง 3,200 กิโลเมตร นับจากหมู่เกาะ Aleutian ไปยัง Kamchatka หมู่เกาะญี่ปุ่น หมู่เกาะฟิลิปปินส์ และหมู่เกาะอินโดนีเซีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณเกาะชวาและสุมาตรา ลงไปทางใต้ไปยังหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก ได้แก่ หมู่เกาะ Solomon, New Hebrides, Tonga และเกาะเหนือของประเทศนิวซีแลนด์ ส่วนอีกด้านหนึ่งของมหาสมุทรแปซิฟิกเริ่มจากเทือกเขาแอนเดสในอเมริกาใต้ ขึ้นไปยังอเมริกากลาง ในกัวเตมาลา คอสตาริกา และนิการากัว ต่อยังเม็กซิโก และตรงขึ้นไปยังรัฐอลาสกาของสหรัฐอเมริกา

เฉพาะในหมู่เกาะฟิลิปปินส์มีภูเขาไฟมีพลังอยู่เกือบ 100 ลูก กว่า 70 ลูก ในหมู่เกาะอินโดนีเซีย 40 ลูกในบริเวณเทือกเขาแอนเดส และ 35 ลูกในญี่ปุ่น และด้วยเหตุที่ภูมิภาครอบมหาสมุทรแปซิฟิกเต็มไปด้วยภูเขาไฟนี้เองทำให้ได้รับการขนานนามว่า "Pacific Ring of Fire" (ดูรูป 5.13)

2. ภูมิภาคชายฝั่งมหาสมุทรแอตแลนติก บริเวณนี้ต่างจากภูมิภาครอบแปซิฟิกเพราะภูเขาไฟส่วนใหญ่เป็นภูเขาไฟสงบหรือสิ้นพลัง เช่นภูเขาไฟที่หมู่เกาะ Cape Verde และหมู่เกาะ Canary ส่วนภูเขาไฟที่มีพลังก็มีอยู่บ้างเช่นที่ไอซ์แลนด์และหมู่เกาะ Azores

3. ภูมิภาคบริเวณทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ภูเขาไฟบริเวณนี้เกี่ยวข้องกับการที่เกิดการโค้งตัวของเปลือกโลก ซึ่งทำให้เกิดเทือกเขาแอลป์ขึ้น ภูเขาไฟที่มีชื่อ ได้แก่ Vesuvius, Etna, Stromboli, Vulcano และภูเขาไฟบริเวณหมู่เกาะ Aegean

4. ภูมิภาคบริเวณทวีปแอฟริกา มีภูเขาไฟอยู่ในบริเวณ East African Rift Valley เช่นภูเขา Kilimanjaro และภูเขา Kenya ซึ่งเชื่อว่าเป็นภูเขาไฟสลับพลังแล้วทั้งคู่ สำหรับภูเขาไฟที่มีพลังได้แก่ ภูเขาไฟ Cameroon ทางแอฟริกาตะวันตก

บริเวณหมู่เกาะอินเดียตะวันตก มีการระเบิดของภูเขาไฟเกิดขึ้นเมื่อไม่นานมานี้ เช่น ภูเขาไฟ Pelee บนเกาะ Martinique ภูเขาไฟบนเกาะ St. Vincent เกาะส่วนใหญ่ในหมู่เกาะ Lesser Antille ประกอบไปด้วยเกาะภูเขาไฟเป็นส่วนมาก และบางแห่งก็ยังคงคุกรุ่นอยู่ ส่วนภูเขาไฟตอนในของทวีปต่าง ๆ หากที่เป็นภูเขาไฟมีพลังได้ยาก สิ่งที่น่าสังเกตอย่างหนึ่งก็คือ ในบริเวณเทือกเขาหิมาลัย ไม่มีภูเขาไฟมีพลังอยู่เลย