

3

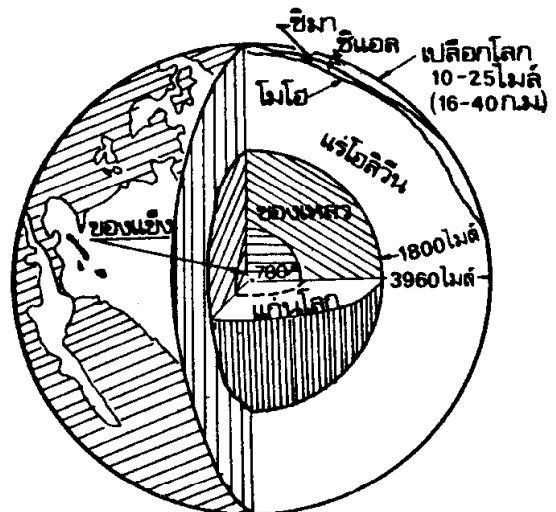
ส่วนประกอบของโลกและการผันแปรของเปลือกโลก

วิวัฒนาการกำเนิดของโลกมนุษย์ เข้าใจว่าเกิดจากมวลก๊าซและฝุ่นละอองรวมตัวกัน เป็นก้อนใหญ่หมุนเป็นรูปร่างวงรอบดวงอาทิตย์ พร้อมกับหมุนรอบตัวเองด้วยความเร็วสูง ประมาณรอบละ 4 ชั่วโมงเท่านั้น ในระยะแรกยังร้อนระอุอยู่ ต่อมาค่อย ๆ เย็นตัวลงทำให้ ก๊าซที่ห่อหุ้มอยู่ภายนอกเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลว และน้ำฟ้าตกลงสู่ผิวโลก เป็นเหตุให้ผิวโลก หลุดตัวลงเป็นของแข็ง และเกิดความสูงต่ำแตกต่างกันไปรอบ ๆ ผิวโลก แต่ลึกลงไปภายใน โลกยังคงมีความร้อนอยู่ สืบเนื่องมาจากภูเขาไฟระเบิด น้ำพุร้อน ฯลฯ เมื่อเปลือกโลกมีอุณหภูมิ ลดลงพอเหมาะก็เกิดสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กขึ้นในท้องทะเล และวิวัฒนาการขึ้นมาบนทวีปจนกลายเป็นสิ่งมีชีวิตในปัจจุบัน

นักธรณีวิทยาศึกษาพบว่าโลกมีกำเนิดมาประมาณ 4,000 ล้านปี ล่วงมาแล้ว โดยการพิสูจน์และศึกษาจากความเค็มของน้ำทะเล การสึกกร่อนของแร่ธาตุ, การรวมตัวของแร่ธาตุ กัมมันตภาพรังสี และการศึกษาภาพถ่ายโลกจากดาวเทียม การศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ ของโลกไม่มีที่สิ้นสุดเพราะเปลือกโลกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทั้งอย่างช้า ๆ และรวดเร็ว

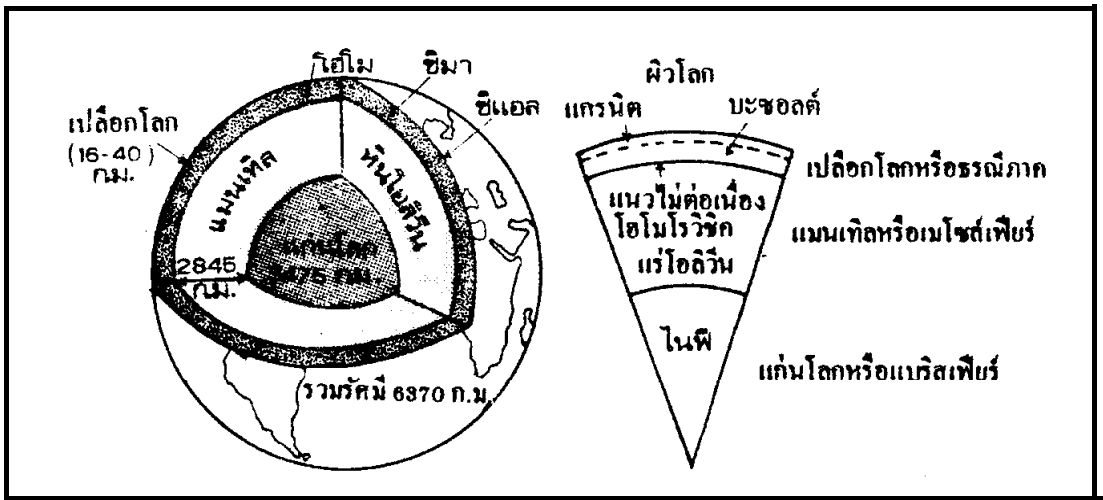
ส่วนประกอบของโลก

โลกมีลักษณะรูปร่างรี ตรงกลางป่อง ขั้วเหนือและใต้แบนเล็กน้อย เส้นผ่าศูนย์กลางตามแนวศูนย์สูตร ยาว 12,757 กิโลเมตร (7,927 ไมล์) ส่วนเส้นผ่าศูนย์กลาง จากขั้วโลกเหนือถึงขั้วโลกใต้ยาว 12,714 กิโลเมตร (7,900 ไมล์) ดังนั้นเส้นผ่าศูนย์กลางที่ศูนย์สูตร จึงยาวกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางจากขั้วโลกเหนือมายังขั้วโลกใต้ 43 กิโลเมตร (27 ไมล์)



ส่วนประกอบของโลกแบ่งออกเป็น 6 ส่วน คือ

1. แก่นโลก หรือ แบริสเฟียร์ (The Earth's Crust หรือ Barisphere)
2. ชั้นกลางเนื้อในของโลก หรือเมโซสเฟียร์ (The Earth's Mantle หรือ Mesosphere)
3. เปลือกโลกหรือธรณีภาค (The Earth's Crust หรือ Lithosphere)
4. อุทกภาค (Hydrosphere)
5. ชีวภาค หรือชีวบริเวณ (Biosphere)
6. อากาศภาค หรือ บรรยากาศ (Atmosphere)



1. แก่นโลก หรือ แบริสเฟียร์ คือส่วนที่อยู่ใจกลางโลก มีน้ำหนักและความหนาแน่นมากที่สุด คือ มีความถ่วงจำเพาะ 10-15 และมีความกดสูง 3-4 ล้านเท่า ของแรงกดดันบรรยากาศ ณ ที่ระดับน้ำทะเล ประกอบด้วยเหล็กและนิกเกิล บางครั้งเรียกว่า “ไนไฟ” (NiFe)* แก่นโลกแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนในสุด เป็นของแข็งและหนักมีความกดดันสูงมาก มีความหนา 1,255 กิโลเมตร (780 ไมล์) เป็นส่วนที่มีความหนาแน่นกว่าส่วนอื่นใด คือ มีน้ำหนัก 17 กรัม ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ตอนนอกของแก่นโลก เป็นเหล็กและนิกเกิลที่หลอมเหลวปะปนอยู่ เรียกว่า “หินหนืด” (magma) มีความหนา 2,277 กิโลเมตร (1,380 ไมล์) มีอุณหภูมิสูง 2,200-2,750 องศาเซลเซียส (4,000°-5,000° ฟ.) มีความหนาแน่น 12.5 กรัม ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

* Ni หมายถึง นิกเกิล (nickel) Fe หมายถึง เหล็ก (iron) วิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบทางกายภาพภายในโลก โดยใช้เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนของแผ่นดิน เรียกว่า “ไซสโมกราฟ” (Seismograph)

2. ชั้นกลางเนื้อในของโลก หรือเมโซสเฟียร์ เป็นชั้นที่อยู่ระหว่างแก่นโลกและเปลือกโลก มีความหนา 2,895 กิโลเมตร (1,800 ไมล์) หรือมีรัศมีจากจุดกึ่งกลาง 6,370 กิโลเมตร (3,960 ไมล์) มีน้ำหนัก 3.3–5.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ชั้นกลางนี้มีความหนาแน่นและแข็งน้อยกว่าชั้นแก่นโลก แต่แข็งกว่าเปลือกโลก

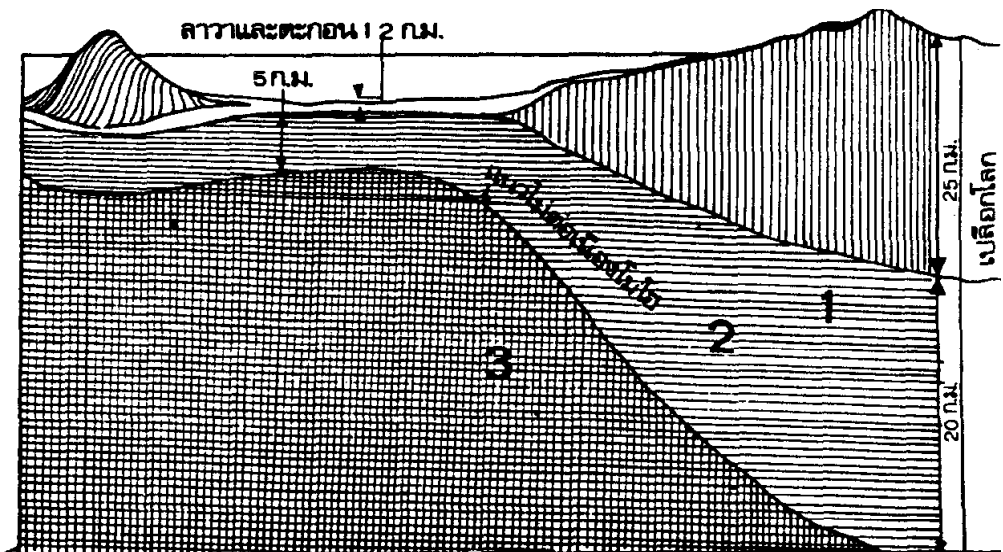
นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าชั้นกลางเนื้อในของโลกเป็นหินโอลิวีน (Olivine) ประกอบด้วยแร่เหล็ก มักนีเซียม และซิลิกา ลักษณะใสคล้ายแก้ว

3. เปลือกโลก หรือธรณีภาค คือส่วนที่เป็นเปลือกแข็งหนา 16–40 กิโลเมตร (10–25 ไมล์) มีความหนาแน่นน้อยกว่าชั้นกลาง เปลือกโลกที่เป็นบริเวณทวีปประกอบด้วยหินแกรนิต และหินบะซอลต์จะหนากว่าเปลือกโลกที่เป็นท้องทะเล มหาสมุทร เพราะมีแต่หินบะซอลต์รองรับอยู่

เปลือกโลกแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ

ชั้นหินซิม่า (Sima) ประกอบด้วยแร่ธาตุซิลิกา และมักนีเซียม (Si คือ Silica Mg หมายถึง Magnesium) มีความหนาแน่นมากกว่าชั้นบนสุด คือ มีน้ำหนัก 3.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ชั้นหินซิแอล (Sial) ประกอบด้วยแร่ธาตุซิลิกา และอลูมิเนียม (Si คือ silica ส่วน Al หมายถึง aluminum) มีความหนาแน่นน้อยที่สุด คือ มีน้ำหนัก 2–8 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร



เปรียบเทียบความหนาของเปลือกโลก

1. ชั้นแกรนิตหรือซิแอล 2. ชั้นบะซอลต์หรือซิม่า 3. แกนเคิล ลาวาและตะกอน

จากการตรวจสอบด้วยการวัดความสั่นสะเทือนของนักธรณีฟิสิกส์ ชาวยูโกสลาเวีย (Andrya Mohorovicic) เมื่อ พ.ศ. 2452 พบว่า ระหว่างชั้นเปลือกโลกตอนล่าง (ชั้นหินชีมา) ของธรณีภาคกับชั้นเนื้อในของโลก (mantle) เป็นแนวแบ่งเรียกว่า “แนวไม่ต่อเนื่อง โมโฮโรวิชค” (Mohorovicic Discontinuity) หรือแนว “โมโฮ” (Moho) และแนวโมโฮใต้มหาสมุทรจะอยู่ลึกลงไปประมาณ 8–9 กิโลเมตรเท่านั้น

4. **อุทกภาค** คือส่วนที่เป็นพื้นน้ำของโลก ได้แก่ น้ำในมหาสมุทร ทะเล ทะเลสาบ แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง น้ำใต้ดิน และรวมทั้งไอน้ำในบรรยากาศด้วย

5. **ชีวภาคหรือชีวบริเวณ** คือบริเวณของโลกซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ พืชพรรณธรรมชาติ สัตว์บก สัตว์น้ำ และมนุษย์

6. **อากาศภาคหรือบรรยากาศ** คือส่วนที่เป็นก๊าซห่อหุ้มโลกนับจากผิวโลกขึ้นไป จนถึงความสูง 10,000 กิโลเมตร (6,000 ไมล์) แต่ส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 97 จะอยู่ในระดับความสูง 29 กิโลเมตร (18 ไมล์)

การจำแนกลักษณะของทวีปและท้องมหาสมุทร

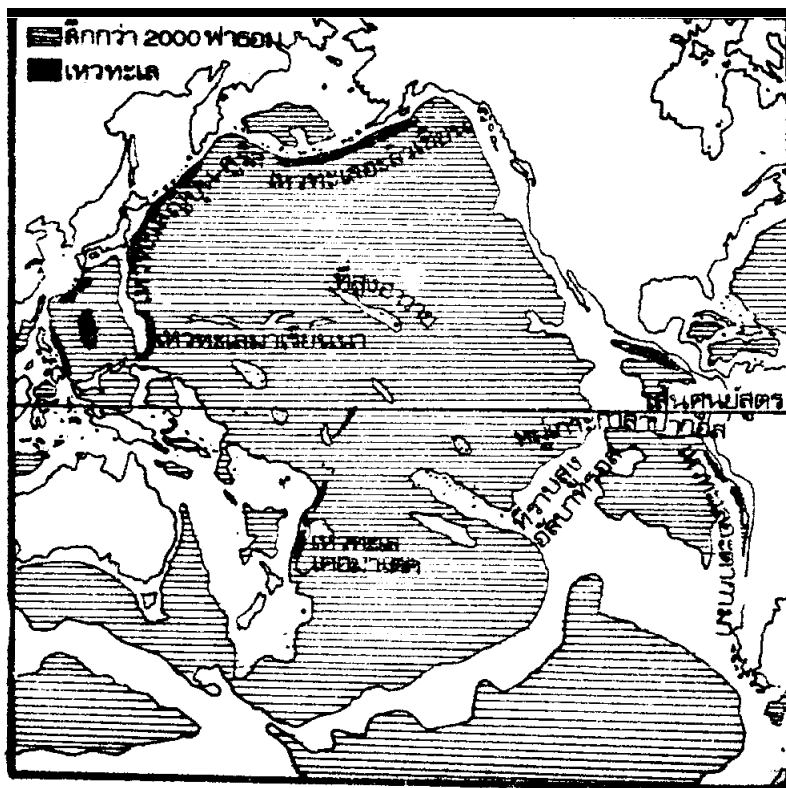
แบ่งเป็น 4 เขต คือ

1. **ไหล่ทวีป หรือ เขตภาคพื้นทวีปเข้่งทวีป (Continental Shelves)** ลึก 180 เมตร (600 ฟุต หรือ 100 ฟาธอม) เป็นแหล่งเศรษฐกิจสำคัญ โดยเฉพาะการประมง และแร่ธาตุ เขตนี้ถ้านับรวมกับขอบของทวีปที่อยู่เหนือระดับน้ำทะเลด้วยแล้ว เรียกว่า “ลานทวีป” (Continental platform)

2. **ลาดทวีป (Continental Slope)** ลึก 180–3,600 เมตร (600–12,000 ฟุต) มีความลาดชันมากกว่าไหล่ทวีป และต่อเนื่องถึงที่ราบใต้ท้องทะเลลึก

3. **ที่ราบใต้ท้องทะเลลึก (Abyssal หรือ Deep sea Plain)** ลึก 3,600–5,400 เมตร (12,000–18,000 ฟุต) สภาพท้องทะเลไม่ราบเรียบ มีตะกอนจากตอนบนของลาดทวีป เคลื่อนที่มาทับถม นอกจากนี้ยังมีสันเขา ภูเขายอดตัด และเกาะใต้สมุทรกระจายอยู่ห่าง ๆ กันทั่วไป

4. เหวทะเล (Trench หรือ Deep) เป็นส่วนที่อยู่ลึกมากมีขอบสูงชันคล้ายแหวนกระจายเป็นแห่ง ๆ ที่ลึกมากจะมีตมทะเลหรือตะกอนสมุทรทับถมอยู่ เหวทะเลที่สำคัญได้แก่ เหวทะเลมาเรียนา (Mariana Trench) ลึก 10,787 เมตร (35,958 ฟุต) เหวทะเลมินดาเนา เหวทะเลเอมเดน ฯลฯ



แอ่งใต้ท้องทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิก

การตรวจสอบความลึกของท้องทะเล ใช้ลูกดิ่งผูกเชือก และมีเครื่องหมายกำหนดไว้ อีกประการหนึ่งใช้ระเบิดเสียงโซนิก หรืออุลตราโซนิก กับฟารอมมิเตอร์ (เสียงเคลื่อนที่ในน้ำ ได้วินาทีละ 4,840 ฟุต) เวลาคำนวณต้องคิดเสียงสะท้อนกลับเที่ยวเดียว เช่น การสำรวจความลึกท้องทะเลมีเสียงสะท้อนกลับมา 6 วินาที เวลาคำนวณต้องคิด 3 วินาที เท่านั้น เพราะเสียงไป-กลับ 6 วินาที

ในเวลา 1 วินาที เสียงเคลื่อนที่ได้ = 4,840 ฟุต

ในเวลา 3 วินาที ($\frac{6}{2}$) เสียงเคลื่อนที่ได้ = $4,840 \times 3$ ฟุต

แสดงว่าท้องทะเลลึก = 14,520 ฟุต หรือ 4,356 เมตร

โครงสร้างของหินเปลือกโลก

ธรณีภาค คือส่วนของเปลือกโลกที่ประกอบด้วยของแข็ง ได้แก่ ดิน หิน และแร่ธาตุต่าง ๆ หรือประมาณร้อยละ 29 ของพื้นที่ผิวโลกทั้งหมด

หิน (Rocks) คือวัตถุธรรมชาติที่ประกอบเป็นเปลือกโลก มีแร่ธาตุมากกว่า 2 ชนิดขึ้นไปผนึกรวมตัวกัน และไม่มีส่วนผสมทางเคมีที่แน่นอน

แร่ธาตุ (Minerals) คือวัตถุธรรมชาติที่มีส่วนผสมทางเคมี และสูตรทางเคมีแน่นอนชัดเจน มีลักษณะผลึก สี ความแข็ง รอยแตก ความวาว ความเหนียว และความถ่วงจำเพาะที่คงที่ เช่น หินแกรนิต ประกอบด้วย แร่ไมกา ควอตซ์ และเฟลสปาร์ (แร่ควอตซ์ประกอบด้วยซิลิกอน และออกซิเจน)

แร่ธาตุที่เป็นเปลือกโลกมีมากกว่า 98 ธาตุ แต่สำคัญมีอยู่ 8 ธาตุ คือ ออกซิเจน ซิลิกอน อลูมิเนียม เหล็ก คัลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโปแตสเซียม

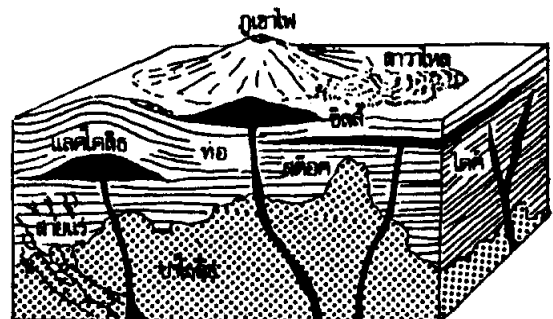
ดิน (Soils) คือวัตถุธรรมชาติที่ปกคลุมผิวโลกอยู่ชั้นบน เกิดจากการแปรสภาพผุพังของ หิน แร่ธาตุ และอินทรีย์วัตถุผสมคลุกเคล้ากัน รวมตัวกันเป็นชั้น และมีประโยชน์ต่อมนุษย์ พืช และสัตว์ทั่วไป

หินเปลือกโลกแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นหินชีแอล และชั้นหินซีมา หินชั้นซีมาประกอบด้วยหินบะซอลต์ มีอยู่ในทวีปและท้องมหาสมุทร ส่วนหินชั้นชีแอลประกอบด้วยหินแกรนิตมีอยู่ในทวีป

หินจำแนกตามสาเหตุที่เกิด 3 ชนิด คือ หินอัคนี (Igneous rocks) หินชั้น (Sediments rocks) และหินแปร (Metamorphic rocks)

1. หินอัคนี คือหินที่มีโครงสร้างเป็นผลึก เกิดจากการแข็งตัวของหินหนืดภายในโลก แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

ก. หินอัคนีแทรกซอน หรือ หินอัคนีที่เย็นภายในโลก (Intrusive Igneous Rocks หรือ Plutonic Rocks) เกิดจากการดันตัวของหินหนืดเข้าไปในหินชนิดอื่นและเย็นตัวภายในเปลือกโลก ที่สำคัญมีดังนี้



บาโซลิต (Batholith) เป็นหินอัคนีรูปโค้งมีขนาดใหญ่กว่าหนึ่งร้อยตารางกิโลเมตร
 แลคโกลิธ (Laccolith) เป็นหินอัคนีแบบกระทะคว่ำมีขนาดเล็กกว่าบาโซลิต
 โลโปลิธ (Lopolith) เป็นหินอัคนีรูปโค้งคล้ายกระทะหงาย
 แผ่นหินอัคนี หรือ ซิลล์ (Sills) เป็นหินมีลักษณะเป็นแผ่นตามแนวนอน
 แท่งหินอัคนี หรือ ไดค์ (Dikes) เป็นหินมีลักษณะคล้ายแท่งในทางตั้ง และ
 แตกสาขาได้

โฆดหินอัคนี (Stock) เป็นหินอัคนีส่วนยอดของบาโซลิต
 สายแร่ (Veins) เป็นหินที่แทรกซอนขึ้นมาจากบาโซลิตกระจายทั่วไปเหมือน
 รากไม้

ตัวอย่างหินอัคนีที่เย็นภายในโลกได้แก่หินแกรนิต แกบโบรซิไนท์ ไดโอไรท์ เพอริโดไทท์
 เพกมาไทท์ ฯลฯ

ข. หินอัคนีที่เย็นภายนอกโลก หรือหินอัคนีผุ (Extrusive Igneous Rocks)
 เกิดจากหินหนืดปะทุออกมาเย็นภายนอกโลก จากการระเบิดของภูเขาไฟ มี 2 ชนิด คือ

1. หินลาวา (Lava) เกิดจากหินละลายของภูเขาไฟที่เย็นตัวนอกโลก มีเนื้อ
 ละเอียด บางชนิดมีรูพรุน หรือใสเหมือนแก้ว เช่น หินบะซอลต์, แอนดีไซท์, ออบซิเดียน,
 ฟิลมิส, สคัลเรีย ฯลฯ

2. หินไพโรคลาสติก (Pyroclastic rocks) เกิดจากหินปะทุจากภูเขาไฟ
 ที่ผ่านไปอย่างรวดเร็วก่อนตกลงสู่ผิวโลก ถ้ามีขนาดใหญ่เรียก "บอมบ์ภูเขาไฟ" ขนาดเล็กเรียก
 "ขี้เถ้าภูเขาไฟ" ส่วนที่เป็นผงละเอียดเรียกว่า "ฝุ่นภูเขาไฟ"

2. หินชั้น คือหินที่มีลักษณะเป็นชั้นเกิดจากการรวมตัวทับถมของสารต่าง ๆ และ
 ผนิกเป็นเนื้อเดียวกัน ได้แก่ ตะกอน กรวดทราย โคลน หินปูน เปลือกหอย ซากพืช ฯลฯ
 หินชั้นจะมีชื่อเรียกตามวัตถุที่ทับถมตกตะกอนเกิดเป็นหิน หินชั้นเกิดจากการทับถมทางกลศาสตร์
 และทางเคมีซึ่งแตกต่างกันบ้าง หินชั้นที่เกิดจากการทับถมทางกลศาสตร์ ได้แก่ หินกรวดมน
 เกิดจากการประสานติดกันของพวกกรวด หินทราย เกิดจากทรายทับถมกัน หินดินดาน เกิด
 จากดินเหนียวและทรายละเอียดทับถมกัน ส่วนหินชั้นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมี ได้แก่
 หินปูน หินยิปซัม หินเกลือ หินซอล์ก และโดโลไมท์

การทับถมของอินทรีย์วัตถุที่ปรากฏอยู่ในรูปของหินชั้น ได้แก่ หินปูนเปลือกหอย
 หินปะการัง ฟอสซิล ถ่านหินลิกไนต์ ถ่านหินบิทูมินัส นอกจากนี้ยังพบซากดึกดำบรรพ์ (fossils)
 ปรากฏอยู่ในหินชั้นซึ่งช่วยให้ศึกษาอายุของหินเปลือกโลกได้อีกด้วย

8. **หินแปร** เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของหินชั้นและหินอัคนี เนื้อและรอยของหินแปรเรียงตัวขนานกันตามความยาวของแร่ในหินแปรด้วย หินแปรที่สำคัญมีดังนี้

หินอ่อน แปรสภาพมาจากหินปูน มีสีขาว ชมพู เทา ถึงสีดำ นิยมใช้ในการก่อสร้าง และงานประดับ

หินชนวน แปรสภาพมาจากหินดินดาน มีสีดำ

หินฟิลไลต์ แปรสภาพมาจากหินชนวน และหินฟิลไลต์นี้เมื่อได้รับความร้อน ความกดดันเพิ่มขึ้นจะแปรสภาพไปเป็นหินไมกาซิสต์ มีลักษณะลื่นเป็นมันยิ่งขึ้น

หินไนส์ แปรสภาพมาจากหินแกรนิต

หินเขียวแก้วหนุมาน แปรสภาพมาจากหินทราย

ธรณีวิทยาประวัติ

ลักษณะโครงสร้างของทวีปทางธรณีวิทยาประวัติมี 2 ประเภท คือ

1. **โครงสร้างหินชิลด์ (Shield)** เป็นหินที่เก่าแก่ที่สุดของโลก มีอายุมากกว่า 600 ล้านปี ที่สำคัญได้แก่ หินเก่าแคนาดา (Canadian Shield) อยู่บริเวณอ่าวฮัดสัน ประเทศแคนาดา หินเก่าบอลติก (Baltic Shield) ในเขตทะเลบอลติก หินเก่าแองการา (Angara Shield) หินเก่ากรีนแลนด์ (Greenland Shield) หินเก่าเหล่านี้มีอายุประมาณ 1–3 พันล้านปี

2. โครงสร้างการเกิดภูเขา (Mountain Belt)

โครงสร้างของภูเขาเกิดขึ้น 3 สมัย คือ

ก. สมัยของการเกิดภูเขาคาเลโดเนียน (Caledonian Orogenic Revolution) ประมาณ 300–320 ล้านปีมาแล้ว

ข. สมัยของการเกิดภูเขาเฮอร์ซึเนียน (Hercynian Orogenic Revolution) ประมาณ 200–250 ล้านปีมาแล้ว

ค. สมัยของการเกิดภูเขาอัลไพน์ (Alpine Orogenic Revolution) ประมาณ 20–70 ล้านปีมาแล้ว ได้แก่เทือกเขาแอลป์ ร็อกกี และแอนดิส

ธรณีกาล (Geological Time)

นักวิทยาศาสตร์คำนวณอายุของหินเปลือกโลกได้ โดยวัดคาร์บอนกัมมันตภาพรังสี และดูลำดับอายุของหินชั้น

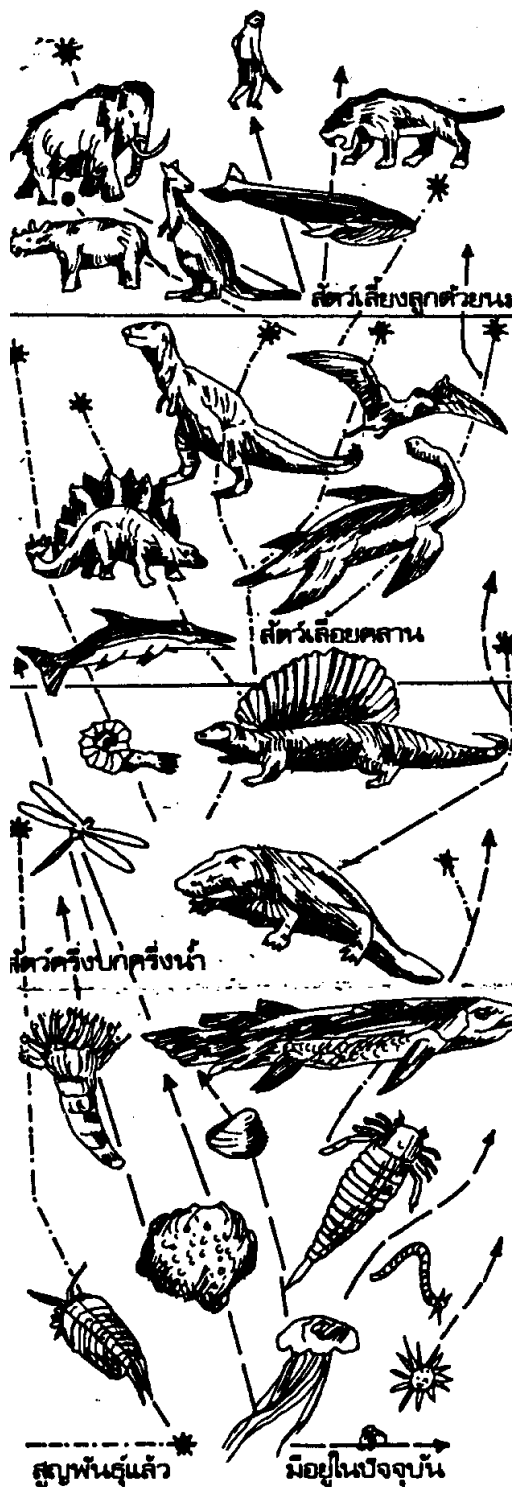
นอกจากนี้ยังศึกษาจากซากดึกดำบรรพ์ที่สิ่งมีชีวิตวิวัฒนาการมาจากอดีตพอสรุปได้ดังนี้

1. ช่วงเวลาก่อนยุคแคมเบรียน (Precambrian Time) มีอายุย้อนหลังไปมากกว่า 4,000 ล้านปี เป็นช่วงเวลาที่ยังไม่มีซากดึกดำบรรพ์ปรากฏให้เห็นในหินเปลือกโลก นอกจากพบสัตว์ชั้นต่ำที่ไม่มีกระดูกหรือเปลือกห่อหุ้ม

2. มหายุคพาลีโอโซอิก (Paleozoic หรือ Palaeozoic Era) อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 230–600 ล้านปีมาแล้ว ระยะเวลาแรกเป็นยุคของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น พวกไตรโลไบท์ ต่อมาเป็นยุคของหอยและปะการัง ระยะเวลาหลังเป็นยุคของปลา สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ และยุคของถ้ำนหิน (ยุคหลังนี้พวกไตรโลไบท์สูญพันธุ์ มีสัตว์เลื้อยคลานเกิดขึ้น)

3. มหายุคเมโซโซอิก (Mesozoic Era) อยู่ในช่วงระหว่าง 63–230 ล้านปีมาแล้ว ระยะเวลาแรกเป็นยุค

วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในยุคต่างตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน



พาลีโอโซอิก

เมโซโซอิก

ช่วงก่อนยุคแคมเบรียน

สูญพันธุ์แล้ว

มนุษย์ในปัจจุบัน

สัตว์เลื้อยคลานเริ่มมีไดโนเสาร์เป็นครั้งแรกในโลก ต่อมาวิวัฒนาการเป็นนกตอนปลายมหายุค สัตว์ขนาดใหญ่ตายและสูญพันธุ์

4. มหายุคซีโนโซอิก (Cenozoic Era) อยู่ในช่วงอายุ 63 ล้านปีถึงปัจจุบัน ระยะเวลาเป็นยุคของสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม มีขนาดใหญ่ ต่อมาค่อย ๆ วิวัฒนาการจนมีลักษณะ ใกล้เคียงกับในปัจจุบัน ระยะเวลาหลังเป็นยุคของมนุษย์ ซึ่งมีวัฒนธรรมเป็นของตนเอง

การผันแปรของเปลือกโลก

เปลือกโลกมีการผันแปรและเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดลักษณะ ภูมิประเทศแบบต่าง ๆ ทั่วไป พลังอันสำคัญที่ทำให้เปลือกโลกผันแปรทั้งในระยะเวลาสั้น หรือต่อเนืองที่ยาวนานนั้นมี 2 ประเภท คือ

1. การผันแปรที่เกิดจากพลังภายในโลก (Tectonic Forces) เป็นการผันแปรโดย กระบวนการเสริมสร้าง (Tectonic Process)
2. การผันแปรที่เกิดจากพลังภายนอกโลก (Gradation Forces) เป็นการผันแปรโดย กระบวนการจัดระดับ (Gradation Process)

การผันแปรที่เกิดจากพลังภายในโลก

การผันแปรที่เกิดจากพลังงานภายในโลก ได้แก่ การเคลื่อนที่ของหินหนืด การหดตัว และขยายตัวของเปลือกโลก พลังงานความร้อนที่เกิดจากสารกัมมันตภาพรังสี หรือเกิดจากการ รวมตัวกันทางเคมีของสารต่าง ๆ ซึ่งกระบวนการเสริมสร้างที่เกิดจากพลังงานภายในโลกนี้มี 2 ลักษณะ คือ

1. แผ่นดินแปรสัณฐาน หรือการเคลื่อนไหวแปรรูปของเปลือกโลก* (Diastrophism) เป็นการเคลื่อนไหวของเปลือกโลกที่เป็นไปอย่างฉับพลัน หรืออย่างเชื่องช้าแต่ต่อเนื่อง เป็นระยะเวลาสั้น อันเป็นผลทำให้เกิดการหักงอและโก่งตัวบนพื้นโลก แผ่นดินแปรสัณฐาน ได้ 4 ลักษณะ คือ

* เดียกคามพจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน หน้า 106 คำนี้ไม่ใช่กับแผ่นดินไหว หรือภูเขาไฟระเบิดที่เกิด ในเวลารวดเร็ว และช่วงเวลาสั้น ๆ

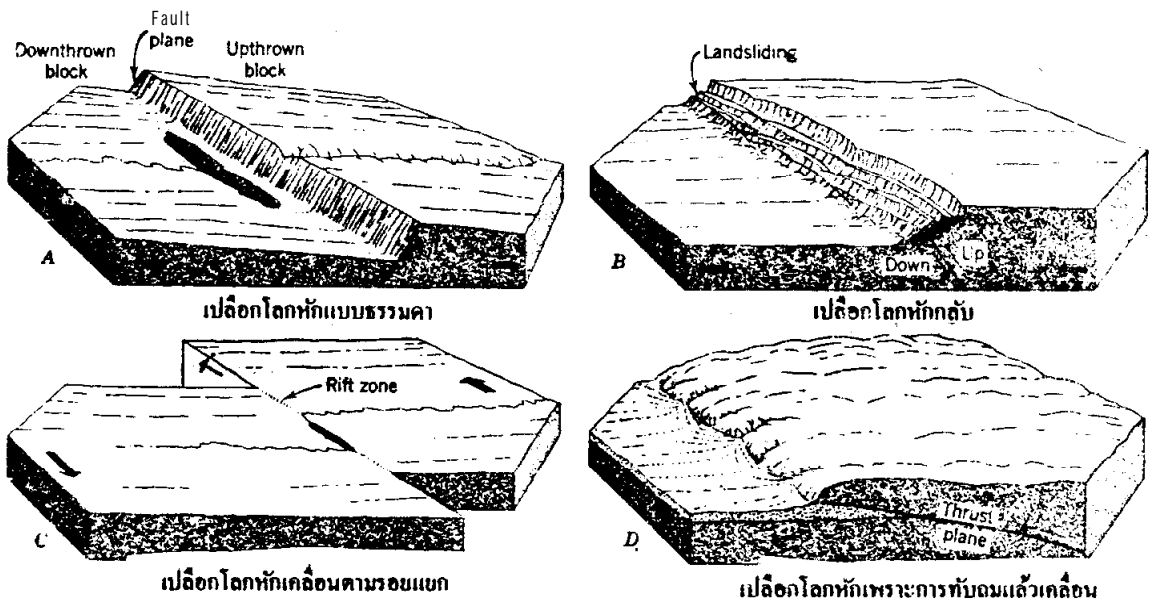
1.1 รอยเลื่อนหรือรอยเลื่อน (*fault*) เกิดจากความเค้น (stress) และความเครียด (strain) ขึ้นในเนื้อหินเปลือกโลก ทำให้เปลือกโลกเคลื่อนไหวไปได้ทุกทิศทาง รอยเลื่อนนี้บางที่เหลื่อมเพียง 2-3 เซนติเมตร บางครั้งถึงสิบลู ๆ กิโลเมตร ในประเทศไทยมีรอยเลื่อนใหญ่ที่เห็นได้ชัดจากรูปถ่ายทางอากาศพบอยู่ที่แนวน้ำคลองคก จังหวัดสุราษฎร์ธานี ต่อเนื่องยาวไปจนถึงคลองธรรมณีย์ อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ระยะเหลื่อมประมาณ 4 กิโลเมตร รอยเลื่อนแบ่งเป็น 4 ชนิด คือ

ก. รอยเลื่อนปกติ คือ แรงดึงซึ่งทำให้ผนังเพดานของรอยเลื่อนเคลื่อนที่ลงมายู่ต่ำกว่าผนังพื้น ดูเกือบตั้งฉากมีระนาบตั้ง

ข. รอยเลื่อนทางตั้ง คือ ผิวหน้าของรอยเลื่อนทำมุมเข้าตั้งฉาก หรือเกือบตั้งฉาก

ค. รอยเลื่อนข้อย คือ รอยเลื่อนที่เกิดจากแรงอัดให้หน้าหินเลื่อนขึ้น

ง. รอยเลื่อนทางราบ คือ รอยเลื่อนที่มีการเคลื่อนที่ตามทางราบในแนวนอน



การเคลื่อนไหวแปรรูปของเปลือกโลก

ในบางแห่งการหักตัวของเปลือกโลกทรุดต่ำเป็นบริเวณกว้างอยู่ระหว่างรอยเลื่อนสองรอย เรียกว่า “กราเบน” (*graben*) ภาษาเยอรมันหมายถึง “ราง” หรือ “ร่องขนาดใหญ่” ถ้ากราเบนมีขนาดใหญ่เรียกว่า “หุบเขาริฟท์” หรือ “หุบเขาทรง”

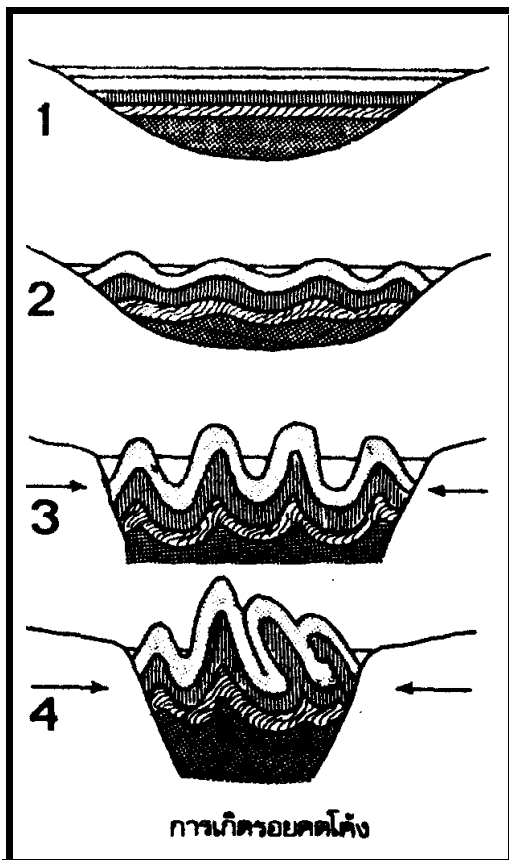
1.2 รอยคดโค้ง (fold) เกิดจากความเค้นและความเครียดของเปลือกโลก ซึ่งสามารถทราบได้ว่ามาจากทิศทางใดโดยตรวจตามรอยคดโค้ง การคดโค้งจะมีความรุนแรงเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับแรงที่กระทำ และชนิดของหินชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้รอยคดโค้งอาจเกิดจากความกดของน้ำหนักตะกอนที่ทับถมบนผิวโลก

รอยคดโค้ง แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

- ก. รอยคดโค้งแบบชั้นหินโค้งรูปประทุน (anticline) หรือโค้งรูปกระทะคว่ำ
- ข. รอยคดโค้งแบบชั้นหินโค้งรูปประทุนหงาย (syncline) หรือโค้งรูปกระทะหงาย

1.3 รอยโค้งงอ (warp) เกิดจากแรงภายในโลกที่ทำให้เปลือกโลกโค้งงอเป็นรูปเนินหรือแอ่งขนาดกว้างเป็นร้อย ๆ กิโลเมตร

1.4 รอยแยก (joint) เกิดจากแรงเครียดและแรงเค้น หรืออาจเกิดจากการหดตัวการเคลื่อนตัวของหิน ทำให้หินเปลือกโลกมีรอยแตกและรอยร้าวขึ้นทั่วไป



2. กระบวนการประทุภูเขาไฟ (Volcanism) และแผ่นดินไหว (Earthquake) กระบวนการประทุของภูเขาไฟเกิดจากการดันตัวของหินหนืดภายในโลก ถ้าหินหนืดแข็งตัวอยู่ใต้ดินภายในโลกเรียกว่า "การประทุภายใน" (Intrusive Activities) กรณีที่หินหนืดออกมาแข็งตัวภายนอกเรียกว่า "การประทุภายนอก" (Extrusive Activities)

- หมายเลข 1 การตักตะกอนในแอ่งทำให้หินได้น้ำร้อนที่จุดต่ำลง
- หมายเลข 2 ความกดจากด้านบนหลายๆ ด้าน ทำให้ตะกอนเบื้องล่างถูกอัดและบีบเป็นลอน
- หมายเลข 3 เมื่อถูกแรงกด และแรงอัดเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการโค้งงอขึ้นเป็นรูปกระทะคว่ำและกระทะหงายต่อเนื่องกัน
- หมายเลข 4 การเกิดรอยคดโค้งโค้งงอที่ซับซ้อน ซึ่งถูกแรงอัดแรงกดเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม

ลักษณะรูปร่างของภูเขาไฟคล้ายรูปกรวยคว่ำ เกิดจากการทับถมของลาวา ภายในมีปล่องภูเขาไฟซึ่งเป็นทางออกของลาวา ถ้าปากปล่องภูเขาไฟพังทลายเกิดเป็นแอ่งกลมกว้าง เรียกว่า “กัลเดอร่า” (caldera)

ภูเขาไฟแบ่งตามลักษณะที่ปรากฏเป็น 3 ชนิด คือ

1. ภูเขาไฟมีพลัง (Active Volcano) คือภูเขาไฟที่มีการประทุบ่อยอาจจะเกิดการประทุเมื่อใดก็ได้

2. ภูเขาไฟสงบ (Dormant Volcano) คือภูเขาไฟที่สงบชั่วคราว อาจประทุระเบิดเมื่อใดก็ได้

3. ภูเขาไฟสิ้นพลัง (Extinct Volcano) คือภูเขาไฟที่ไม่เคยมีการประทุมาเป็นเวลานานมาก แต่แล้วก็มีการประทุระเบิดอีก เช่น ภูเขาไฟริลูเวียส

ปัจจุบันนิยมมีการแบ่งภูเขาไฟตามชนิดของการระเบิดได้แก่ พวกประทุอย่างรุนแรง พวกประทุอย่างเงียบ และพวกประทุเป็นระยะ ๆ ภูเขาไฟทั่วโลกในขณะนี้มียู่ประมาณ 430 ลูก

แนวภูเขาไฟที่สำคัญของโลกมีดังนี้

— เขตแนวฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกด้านตะวันตก

— เขตแนวทะเลแคริบเบียน

— เขตแนวอะแลสกา

— เขตแนวเกาะสุมาตรา อื่น ๆ ได้แก่ แนวทะเลแดง ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ตะวันออกของทวีปแอฟริกา แนวขั้วโลกเหนือ และแนวเกาะฮาวาย

แผ่นดินไหว เกิดจากรอยเลื่อนของหินหนืดภายในโลก ภูเขาไฟระเบิด การถล่มของแผ่นดิน และการทดลองระเบิดนิวเคลียร์ เครื่องมือที่ใช้วัดความสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว เรียกว่า “ไซสโมมิเตอร์” (seismometer) จะบันทึกความแรงของแผ่นดินไหวเป็นเส้นกราฟ เรียกว่า “ไซสโมกราฟ” (seismograph) กระดาษบันทึกเรียกว่า “ไซสโมแกรม” (seismogram) จุดที่เกิดแผ่นดินไหวใต้ผิวโลก เรียกว่า “จุดกำเนิดแผ่นดินไหว” (seismic focus) ส่วนจุดที่ได้รับความสั่น



ลักษณะรอยเลื่อนแนวตั้งชันเป็นผลจากแผ่นดินไหว
เกิด San Andreas Fault ที่ San Bernardino
County รัฐ California

สะเทือนรุนแรงมากที่สุดคือ “จุดเหนือศูนย์แผ่นดินไหว” (epicenter) ความรุนแรงของแผ่นดินไหว ดูจากมาตราส่วนวัดแผ่นดินไหวที่กำหนดไว้

บริเวณที่เกิดแผ่นดินไหว ประมาณร้อยละ 95 จะอยู่แนวภูเขาไฟ เพราะโครงสร้างภายในของหินยังไม่อยู่ตัว และช่วงระยะเวลาอันสั้น

การเกิดแผ่นดินไหวและภูเขาไฟระเบิดเป็นปรากฏการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และในช่วงระยะเวลาอันสั้น ต่างกับแผ่นดินแปรสัณฐานซึ่งเกิดจากรอยเลื่อนที่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา ไม่ว่าการเปลี่ยนแปลงนั้นจะเกิดขึ้นแบบฉับพลันหรืออย่างเชื่องช้าก็ตาม แต่มีผลทำให้เกิดการคดโค้งโก่งงอของเปลือกโลก สรุปได้ว่าการเกิดแผ่นดินไหวเป็นผลมาจากแผ่นดินแปรสัณฐานด้วย แต่เกิดในช่วงเวลาอันสั้น และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลายประการ โดยเฉพาะเกิดความเสียหายแก่อาคาร บ้านเรือน ทรัพย์สิน และสิ่งของต่าง ๆ บนพื้นโลก

มาตราส่วนวัดแผ่นดินไหวปัจจุบันใช้เรียกตามมาตราส่วนของ ริคเตอร์ (Richter Scale) แล้วนำไปเปรียบเทียบกับมาตราส่วนของ เมอแคลลี (Mercalli Scale) จะช่วยให้เข้าใจง่ายขึ้น

ตารางเปรียบเทียบความรุนแรงของแผ่นดินไหว

มาตราส่วนริคเตอร์	มาตราส่วนเมอแคลลี	ความรู้สึกของมนุษย์
(ไม่ปรากฏตัวเลข)	รู้สึกได้จากเครื่องมือวัดเท่านั้น	อ่อนมาก
3.5	สังเกตพอทราบได้บ้าง	อ่อน
4.2	ไม่ค่อยรู้สึกมากนัก	เบา
4.8	คนกำลังเดินจะรู้สึก	ค่อนข้างแรง
4.9-5.4	ต้นไม้เอนได้	แรง
5.5-6.1	ผนังตึกร้าว	แรงมาก
6.2-6.9	เกิดความเสียหายทั่วไป	ขั้นทำลาย
7.0-8.1	อาคารเสียหายรุนแรงมาก	เสียหายรุนแรง
8.2 ขึ้นไป	เกิดความเสียหายมากที่สุด	ขั้นวิฤติ

ผลจากการผันแปรเกิดจากพลังภายในโลก มีดังนี้

1. ทำให้เกิดภูเขาในรูปแบบต่าง ๆ บนพื้นโลก
2. เกิดแอ่งที่ราบ ขอบผาชัน ลักษณะภูมิประเทศแบบต่าง ๆ
3. เกิดทางน้ำใต้ดิน และหุบเขารูปวงเล็ก-ใหญ่ ทั่วไป
4. เกิดคลื่นซุนามิ หรือคลื่นที่เกิดจากแผ่นดินไหว เคลื่อนเข้าสู่ฝั่งทำให้เกิดความเสียหายรุนแรงมาก
5. เกิดแนวเสริมสร้างและแนวทำลายตามขอบของแผ่นทวีปเปลือกโลกที่เคลื่อนที่ประมาณปีละ 1-3 นิ้ว

แนวเสริมสร้างได้แก่ สันเขาใต้น้ำในตอนกลางมหาสมุทรแอตแลนติก แนวทำลายได้แก่ ร่องน้ำลึก ด้านตะวันตกของทวีปอเมริกาใต้ถึงอเมริกากลาง

การผันแปรที่เกิดจากพลังภายนอกโลก

ตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดการผันแปรภายนอกโลก ได้แก่ พลังงานจากดวงอาทิตย์ ลมฟ้าอากาศ ภูมิอากาศ พลังของแม่น้ำตามผิวดิน ธารน้ำแข็ง คลื่น น้ำใต้ดิน และปฏิกิริยาทางเคมี

การผันแปรภายนอกโลกจำแนกได้ 2 ประเภท คือ

1. การผันแปรโดยกระบวนการลดระดับ หรือ การทำลาย (Degradation) ได้แก่ การสึกกร่อน การพังทลาย การพาไป ซึ่งมีผลทำให้ลักษณะภูมิประเทศของเปลือกโลกลดระดับลงไป

2. การผันแปรโดยกระบวนการเพิ่มระดับ หรือการเสริมสร้าง (Aggradation) ได้แก่ การทับถม และการตกตะกอน ซึ่งมีผลทำให้ลักษณะภูมิประเทศของเปลือกโลกเพิ่มระดับขึ้น

การเพิ่มและลดระดับมีการผันแปรเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เพราะการเปลี่ยนแปลงเป็นไปทั้งตามสภาพธรรมชาติ และการกระทำของมนุษย์

คำถามและกิจกรรมเสนอแนะ

ก. คำถาม

1. เหตุใดนักเรียนจึงเชื่อว่าโครงสร้างภายในโลกจึงประกอบไปด้วยหินหนืด (magma)
2. ส่วนประกอบของโลกจำแนกออกเป็น 6 ส่วน อะไรบ้าง สรุปรมาพอเข้าใจ
3. ธรณีภาคคืออะไร ประกอบด้วยอะไรบ้าง อธิบาย
4. หินประกอบเป็นเปลือกโลกคืออะไร มีกี่ชนิด อธิบาย
5. หินอัคนี หินชั้น และหินแปรมีความแตกต่างกันอย่างไร อธิบาย
6. ก. หินอ่อน แปรสภาพมาจากหินอะไร
ข. หินดินดาน จะแปรสภาพไปเป็นหินอะไร
ค. หินแกรนิต จะแปรสภาพไปเป็นหินอะไร
7. ธรณีกาลคืออะไร สรุปรมาพอเข้าใจ
8. การผ่นแปรของเปลือกโลกมี 2 ประการ คืออะไรบ้าง
จงอธิบายการผ่นแปรที่เกิดจากพลังภายนอกโลกมาพอเข้าใจ
9. การผ่นแปรที่เกิดจากพลังภายในโลกมีอะไรบ้าง อธิบายมาพอเข้าใจ
10. จงให้ความหมายของคำต่อไปนี้มาโดยสรุป
รอยเลื่อน รอยคดโค้ง รอยโค้งงอ กระบวนการประทุภูเขาไฟ แผ่นดินไหว

ข. กิจกรรมเสนอแนะ

1. แบ่งกลุ่มนักเรียนร่วมกันศึกษาค้นคว้าตามหัวข้อต่อไปนี้
 - ก. ส่วนประกอบของโลก
 - ข. การผ่นแปรของเปลือกโลก
 - ค. การผ่นแปรที่เกิดจากพลังภายในโลก
 - ง. การผ่นแปรที่เกิดจากพลังภายนอกโลก
 - จ. ภูเขาไฟและแผ่นดินไหว

2. ให้แต่ละกลุ่มวาดรูปเกี่ยวกับแผ่นดินแปรสัณฐานต่าง ๆ เช่น ภาพรอยเลื่อนต่าง ๆ รอยคดโค้ง รอยแยก รอยโค้งงอ และรูปแบบของหินอัคนี
3. ให้นักเรียนทั้งชั้นร่วมกันรับมอบหมายสร้างหุ่นจำลองโลก เพื่อแสดงส่วนประกอบภายในของโลก
4. จัดทัศนศึกษาออกสถานที่ เพื่อนำนักเรียนไปดูหินและแร่ธาตุต่าง ๆ จากหน่วยงานของกรมทรัพยากรธรณีในกรุงเทพมหานคร หรือที่ต่างจังหวัด
5. ร่วมกันจัดนิทรรศการ เรื่อง "ส่วนประกอบของโลก และการผันแปรของเปลือกโลก" ประกอบการฉายภาพนิ่งหรือภาพยนตร์เกี่ยวกับเรื่องนี้