

เอกสารประกอบการคำสอน

เรื่อง ธรณีพิบัติภัย

รายวิชา GSI2304 วิทยาศาสตร์โลกทั้งระบบ



อาจารย์ผู้สอน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรกมล ชูช่วย

บทที่ 3

ธรณีพิบัติภัย

กระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดภายในโลก ได้แก่ แผ่นดินไหว สึนามิ และภูเขาไฟระเบิด เป็นพิบัติภัยที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางธรณี ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ทำให้ผิวโลกเปลี่ยนแปลงไป เช่น ลดระดับต่ำลง ยกกระดับสูงขึ้น บางพื้นที่มีการฉีกขาด เป็นต้น กระบวนการเหล่านี้อาจเกิดขึ้นอย่างฉับพลัน หรือเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ย่อมส่งผลกระทบต่อความเสียหายส่วนบุคคล การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีของโลก กระบวนการเกิดปรากฏการณ์ทางธรณี เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปหาสาเหตุ วิธีการปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนเพื่อเตรียมรับมือป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงนั้น ๆ

โครงสร้างของโลก

นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามศึกษาโครงสร้างภายในของโลกทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ การศึกษาข้อมูลทางตรงโดยการเจาะสำรวจ การศึกษาชุดหิน การศึกษาหินภูเขาไฟ นอกจากนี้ยังศึกษาจากส่วนประกอบทางเคมีของอุกกาบาตที่ตกลงมายังพื้นโลก และการศึกษาข้อมูลตัวอย่างหินจากดวงจันทร์

1. การศึกษาโครงสร้างโลก

การศึกษาโครงสร้างภายในโลก (Internal structure of the earth) โดยการตรวจจับคลื่นความไหวสะเทือน (Seismic wave) ด้วยเครื่องวัดความไหวสะเทือน (Seismograph) ในช่วงที่เกิดแผ่นดินไหวมีคลื่นที่เดินทางในเนื้อดินหรือหิน (Body wave) กับคลื่นบนพื้นผิว (Surface wave)

กิจการ พรหมมา (2555 : 18) อธิบายถึงคลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ศึกษาส่วนประกอบและโครงสร้างภายในของโลกมี 2 ชนิด คือ คลื่นปฐมภูมิ (Primary wave) ซึ่งเป็นคลื่นที่ปรากฏขึ้นในเครื่องตรวจวัดลำดับแรกมีความเร็วมากที่สุด เคลื่อนที่ผ่านวัสดุทั้งของแข็งและของเหลว และคลื่นทุติยภูมิ (Secondary wave) หรือคลื่นเอส (S-wave) เป็นคลื่นที่มาถึงในลำดับถัดมา คลื่นชนิดนี้ผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งได้ แต่ไม่สามารถผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลว นอกจากคลื่นปฐมภูมิ และคลื่นทุติยภูมิแล้วยังมี คลื่นพื้นผิว (Surface wave) ได้แก่ คลื่นเรย์ลี คลื่นเลิฟ หรือคลื่นสโตนลีย์ เกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวด้วย แต่ไม่นิยมใช้แปลความหมายโครงสร้างของโลก

สง่า ตั้งซวาล (2555 : 4) อธิบายถึงคลื่นที่เดินทางในเนื้อดินหรือหิน สามารถจำแนกประเภทได้เป็นคลื่นตามยาว หรือคลื่นปฐมภูมิ หรือที่เรียกว่า คลื่นพี (P wave) และคลื่นตามขวาง หรือคลื่นทุติยภูมิ หรือที่เรียกว่า คลื่นเอส (S wave) สำหรับคลื่นบนพื้นผิว ได้แก่ คลื่นเลิฟ (Love wave) และคลื่นเรย์ลี (Rayleigh wave) แต่นิยมเรียกคลื่นบนพื้นผิวทั้งสองรวมกันว่าเป็นคลื่นแอล (L wave) ซึ่ง L ย่อมาจากคำว่า “Large wave” คลื่นแอลเป็นคลื่นที่เดินทางช้า แต่มีแอมพลิจูดขนาดใหญ่ ก่อให้เกิดการทำลายอย่างใหญ่หลวงในแนวทางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน

สรุปได้ว่า การศึกษาโครงสร้างโลกภายในใช้การตรวจจับคลื่นไหวสะเทือน ซึ่งคลื่นไหวสะเทือน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ คลื่นในตัวกลาง และคลื่นบนพื้นผิว มีรายละเอียดดังนี้

1) คลื่นในตัวกลาง เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ภายในเนื้อดินหรือหิน ใช้ในการศึกษาโครงสร้างโลกภายใน ซึ่งประกอบด้วยคลื่น 2 ชนิด ได้แก่ คลื่นปฐมภูมิ และคลื่นทุติยภูมิ

1.1) คลื่นปฐมภูมิ หรือคลื่นพี เป็นคลื่นที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เป็นคลื่นตามยาว อนุภาคของตัวกลางที่เกิดความไหวสะเทือนนั้น จะเกิดการเคลื่อนไหวแบบอัดขยายในแนวเดียวกันกับที่คลื่นส่งผ่านไป สถานีวัดแรงสั่นสะเทือนสามารถรับคลื่นนี้ได้ก่อนชนิดอื่น โดยมีความเร็วประมาณ 4 - 7 กิโลเมตรต่อวินาที (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 1)

1.2) คลื่นทุติยภูมิ หรือ คลื่นเอส เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านได้เฉพาะในตัวกลางที่เป็นของแข็งเท่านั้น ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลว เป็นคลื่นตามขวาง อนุภาคของตัวกลางที่เกิดความไหวสะเทือนนั้นจะเคลื่อนไหวตั้งฉากกับทิศทางที่คลื่นผ่าน มีทั้งแนวตั้งและแนวนอน คลื่นทุติยภูมิมีความเร็วประมาณ 2 - 5 กิโลเมตรต่อวินาที (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 1)

2) คลื่นบนพื้นผิว เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ไปตามผิวโลก ได้แก่ คลื่นเลิฟ และคลื่นเรย์ลี หรือเรียกคลื่นบนพื้นผิวทั้งสองรวมกันว่า คลื่นแอล เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ช้า แต่มีแอมพลิจูดขนาดใหญ่ ทำให้อาคาร สิ่งปลูกสร้าง ชำรุด และพังทลายได้

2. การแบ่งโครงสร้างตามลักษณะทางกายภาพ

สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย (2546 : 2) กิจการ พรหมมา (2555 : 19 - 20) และสง่า ตั้งขวาล (2555 : 4 - 7) แบ่งโครงสร้างภายในของโลกทางกายภาพ ออกเป็น 3 ส่วน คือ เปลือกโลก (Crust) เนื้อโลก และแก่นโลก มีรายละเอียดดังนี้

1) เปลือกโลก คือ เป็นส่วนประกอบบนสุดของโลก ซึ่งเป็นของแข็งทั้งหมด น้ำและอากาศไม่ใช่ส่วนหนึ่งของเปลือกโลก แต่เข้ามาแทรกอยู่ในเปลือกโลกได้ ด้านนอกเปลือกโลกมีชั้นบรรยากาศห่อหุ้มไว้ เปลือกโลกแบ่งออกเป็นเปลือกโลกภาคพื้นทวีปและเปลือกโลกใต้มหาสมุทร

2) เนื้อโลก คือ ส่วนที่อยู่ถัดจากเปลือกโลกลงไปจนถึงแก่นโลก แบ่งเป็นเนื้อโลกส่วนบน ซึ่งเป็นของแข็ง และเนื้อโลกส่วนล่าง ซึ่งเป็นเหมือนพลาสติก

3) แก่นโลก คือ ใจกลางของโลก แบ่งออกเป็นแก่นโลกส่วนนอก ซึ่งเป็นของเหลว และแก่นโลกส่วนใน ซึ่งเป็นของแข็ง

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2555 : 12-22 – 12-23) ได้กล่าวถึงการแบ่งโครงสร้างภายในของโลก สามารถแบ่งเป็น 5 ชั้น โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพ คือ ธรณีภาคชั้นนอก (Lithosphere) ฐานธรณีภาค (Asthenosphere) มีโซสเฟียร์ (Mesosphere) แก่นโลกชั้นนอก (Outer Core) และแก่นโลกชั้นใน (Inner Core)

ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย (2561 : 3 - 4) ได้กล่าวถึง โครงสร้างภายในโลกโดยใช้เกณฑ์การเปลี่ยนแปลงความเร็วของคลื่นไหวสะเทือน แบ่งออกได้ 4 ชั้น คือ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มีโซสเฟียร์ และแก่นโลก

สรุปได้ว่า จากการศึกษาค้นคว้าคลื่นไหวสะเทือน โดยใช้ผลจากการแปลความหมาย ทิศทางการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง การสะท้อน และการหักเหของคลื่น สามารถแบ่งโครงสร้าง

ภายในของโลกตามลักษณะทางกายภาพเป็น 4 ส่วน คือ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มีโซสเฟียร์ และแก่นโลก ซึ่งรายละเอียดดังนี้

2.1 ธรณีภาค

ธรณีภาคเป็นส่วนนอกสุดของโลก ประกอบด้วยหินแข็ง ลึกลงจากผิวโลกลงไปประมาณ 110 กิโลเมตร การเคลื่อนที่ของคลื่นปฐมภูมิและคลื่นหทัยภูมิผ่านชั้นนี้จะมีความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ตั้งแต่ช่วง 6.4 - 8.4 กิโลเมตรต่อวินาที และ 3.7 - 4.8 กิโลเมตรต่อวินาที ตามลำดับ (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 3) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เปลือกโลกทวีป (Continental crust) เปลือกโลกสมุทร (Oceanic crust) ซึ่งแมนเทิลชั้นบนสุด (Uppermost mantle) จะรองรับเปลือกโลกทวีปและเปลือกโลกสมุทรไว้

2.1.1 เปลือกโลกทวีป เป็นหินแกรนิต มีความหนาเฉลี่ย 35 กิโลเมตร ความหนาแน่น 2.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-22)

2.1.2 เปลือกโลกสมุทร เป็นหินบะซอลต์ มีความหนาเฉลี่ย 5 กิโลเมตร ความหนาแน่น 3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าเปลือกทวีป (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-22)

2.2 ฐานธรณีภาค

ฐานธรณีภาคเป็นวัสดุเนื้ออ่อนอุณหภูมิประมาณ 600 - 1,000 องศาเซลเซียส เคลื่อนที่ด้วยกลไกการพาความร้อน (Convection) มีความหนาแน่นประมาณ 3.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-22) เป็นชั้นที่คลื่นปฐมภูมิและคลื่นหทัยภูมิ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่สม่ำเสมอ

2.3 มีโซสเฟียร์

มีโซสเฟียร์มีความลึกจากผิวโลกลงไปประมาณ 660 - 2,900 กิโลเมตร (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 4) เป็นบริเวณที่คลื่นไหวสะเทือน คือ คลื่นปฐมภูมิ และคลื่นหทัยภูมิ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นอย่างคงที่ เนื่องจากบริเวณส่วนล่างของมีโซสเฟียร์จะเป็นหินหรือสารที่มีสถานะเป็นของแข็ง อุณหภูมิประมาณ 1,000 - 3,500 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นประมาณ 5.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-23)

2.4 แก่นโลก

แก่นโลก แบ่งออกเป็นแก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน มีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 แก่นโลกชั้นนอก มีความลึกจากผิวโลกลงไปประมาณ 2,900 - 5,140 กิโลเมตร (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 4) เป็นชั้นที่คลื่นปฐมภูมิจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในขณะที่คลื่นหทัยภูมิไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านบริเวณชั้นนี้ได้ เนื่องจากบริเวณแก่นโลกชั้นนอกนี้จะประกอบด้วยสารที่มีสถานะเป็นของเหลว ซึ่งคลื่นหทัยภูมิจะผ่านได้เฉพาะสารที่เป็นของแข็งเท่านั้น มีอุณหภูมิสูงประมาณ 1,000 - 3,500 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นประมาณ 5.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-23) เคลื่อนที่ด้วยกลไกการพาความร้อนทำให้เกิดสนามแม่เหล็กโลก

2.4.2 แก่นโลกชั้นใน เป็นชั้นที่มีความลึกถัดจากแก่นโลกชั้นนอกลงไป คือ จากความลึกประมาณ 5,140 กิโลเมตร ลงไปจนถึงจุดศูนย์กลางของโลก (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 4) บริเวณแก่นโลกชั้นในนี้คลื่นปฐมภูมิและคลื่นหทัยภูมิจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่คงที่ เนื่องจากบริเวณนี้จะประกอบด้วยของแข็งที่มีความหนาแน่นเท่ากันเป็นเนื้อเดียวกัน คลื่นไหวสะเทือนทั้งสองจะ

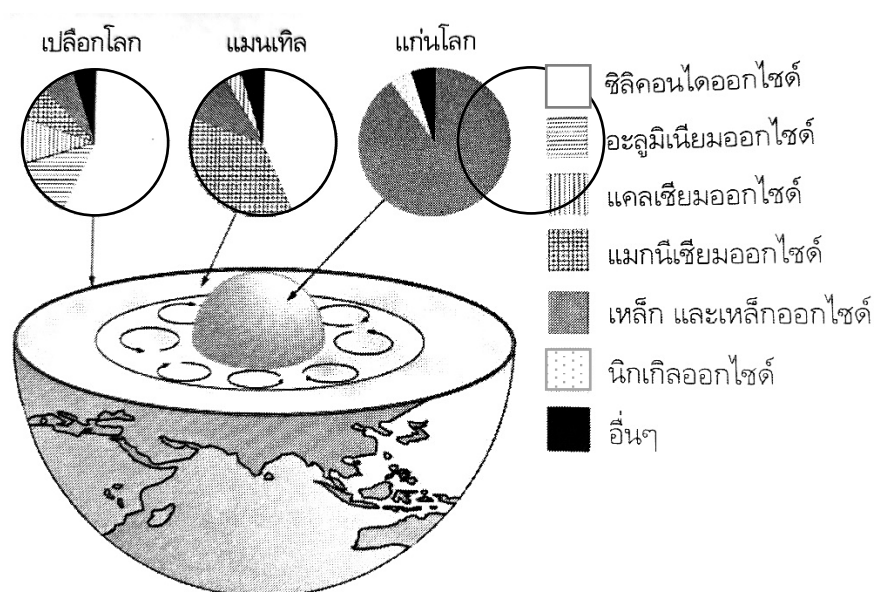
เคลื่อนที่ต่อไปจนถึงจุดศูนย์กลางของโลก คือ ที่ระดับความลึกประมาณ 6,371 กิโลเมตร เป็นธาตุเหล็กและนิกเกิลในสถานะของแข็ง ซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 5,000 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นประมาณ 12 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-23)

2. การแบ่งโครงสร้างตามลักษณะทางเคมี

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2555 : 12-22 – 12-23) ได้กล่าวถึงการแบ่งโครงสร้างโลกออกเป็น 3 ชั้น โดยพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมี คือ เปลือกโลก เป็นส่วนที่อยู่ชั้นนอกสุดของโลก มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นซิลิกอนไดออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์ ส่วนที่อยู่ถัดลงไปจากเปลือกโลก คือ ชั้นแมนเทิล มีองค์ประกอบหลักเป็นซิลิกอนออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และเหล็กออกไซด์ ส่วนชั้นในสุดของโลก เรียกว่า แก่นโลก มีองค์ประกอบหลักเป็นเหล็ก และนิกเกิล

ทวิศักดิ์ บุญบุชาไชย (2561 : 6 - 8) ได้กล่าวถึง การแบ่งโครงสร้างโลกโดยอาศัยส่วนประกอบทางกายภาพและทางเคมีของหิน รวมทั้งสารต่าง ๆ ที่อยู่ภายในโลกแบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ เปลือกโลก ประกอบด้วยหินหลายชนิด แต่ส่วนมากจะเป็นผลึกของหินอัคนี เนื้อโลก ประกอบด้วยแร่ธาตุที่เป็นของแข็ง มีแร่โอลิวีน (Olivine) จำนวนมาก ซึ่งแร่โอลิวีนมีองค์ประกอบเป็นธาตุแมกนีเซียม ธาตุเหล็ก และธาตุซิลิกา ส่วนสุดท้ายแก่นโลก เป็นของแข็งและส่วนที่เป็นของเหลวร้อนจัด

สรุปได้ว่า การแบ่งโครงสร้างภายในของโลกออกเป็น 3 ชั้น โดยพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมี คือ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก มีรายละเอียด ดังนี้



ภาพที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของโครงสร้างภายในของโลก

ที่มา : จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-20

2.1 เปลือกโลก

เปลือกโลกประกอบด้วยธาตุออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ ประมาณร้อยละ 46.6 และธาตุซิลิคอน ประมาณร้อยละ 27.7 นอกจากนั้น เป็นธาตุที่มีน้อยกว่าร้อยละ 10 ได้แก่ อะลูมิเนียม เหล็ก แคลเซียม โซเดียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียม (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-21) เปลือกโลกแบ่งออกได้เป็น 2 บริเวณ คือ เปลือกโลกทวีป และเปลือกโลกมหาสมุทร

2.1.1 เปลือกโลกทวีป หมายถึง ส่วนที่เป็นพื้นทวีปและไหล่ทวีป มีความหนาประมาณ 35-40 กิโลเมตร หรืออาจจะหนาถึง 70 กิโลเมตร ระดับความสูงเฉลี่ยของเปลือกโลกทวีปประมาณ 850 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 6) เปลือกโลกทวีปจะมีธาตุซิลิคอน ธาตุอะลูมิเนียม และหินแกรนิต

2.1.2 เปลือกโลกมหาสมุทร หมายถึง บริเวณที่อยู่ใต้มหาสมุทร มีความหนาแน่นประมาณ 5-10 กิโลเมตร ระดับลึกเฉลี่ยของเปลือกโลกมหาสมุทรอยู่ที่ 3,800 เมตร ใต้ระดับน้ำทะเล (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 6) เปลือกโลกมหาสมุทรจะมีธาตุซิลิคอนและธาตุแมกนีเซียมอยู่จำนวนมาก เช่น มหาสมุทรแปซิฟิก มหาสมุทรอินเดีย มหาสมุทรแอตแลนติก หมู่เกาะฮาวายและประเทศไอซ์แลนด์ เป็นต้น

2.2 เนื้อโลก

เนื้อโลกอยู่ในชั้นถัดจากชั้นเปลือกโลก มีความหนาประมาณ 2,895 กิโลเมตร (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 6) ประกอบด้วยหินและแร่หลายชนิด บางส่วนของหินอยู่ในสถานะของเหลว เรียกว่า หินหนืด หรือแมกมา (Magma) ความดันและอุณหภูมิสูง 800 - 4,300 องศาเซลเซียส (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-21) แร่ธาตุที่สำคัญในชั้นนี้ ได้แก่ อะลูมิเนียม แมกนีเซียม เหล็ก ซิลิคอน และออกซิเจน ชั้นแมนเทิลสามารถเคลื่อนตัวไปมาได้ในวงจำกัด อาจมีก๊าซและของแข็งรวมอยู่ด้วย เมื่อพุ่งออกมาสู่ผิวโลก เรียกว่า ลาวา (Lava) เมื่อเย็นและแข็งตัวเกิดเป็นหินอัคนี

2.3 แก่นโลก

เป็นส่วนที่อยู่ใจกลางของโลก มีความหนาแน่นมาก มีลักษณะเป็นทรงกลม มีรัศมีประมาณ 3,475 กิโลเมตร อุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 2,200 - 27,500 องศาเซลเซียส ความดันมีค่าสูง 3 ถึง 4 ล้านเท่าของความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเล (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 7) แก่นโลกมีทั้งส่วนที่เป็นของแข็งและส่วนที่เป็นของเหลวร้อนจัด แก่นโลกจึงแบ่งออกได้เป็น 2 ชั้น คือ แก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน

2.3.1 แก่นโลกชั้นนอก อยู่ในระดับความลึกจากผิวโลกประมาณ 2,900 - 5,000 กิโลเมตร (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 8) มีลักษณะเป็นของเหลว เคลื่อนหุนเหิมจึงไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านบริเวณนี้ได้ มีธาตุเหล็กอยู่เป็นจำนวนมาก ร่องลงมา คือ ธาตุ निकิล มีความหนาประมาณ 2,100 กิโลเมตร อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 4,300 - 6,200 องศาเซลเซียส (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-22)

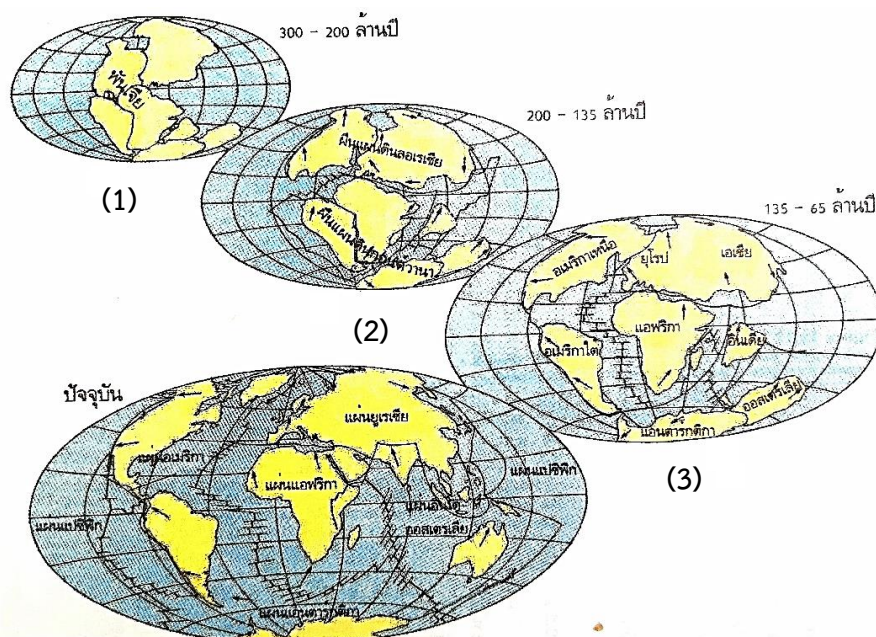
2.3.2 แก่นโลกชั้นใน อยู่ในระดับความลึกจากแก่นโลกชั้นนอกจนถึงจุดศูนย์กลางโลก ลึกประมาณ 5,000 กิโลเมตร (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 8) มีลักษณะเป็นของแข็งหรือเป็นผลึก ทำให้คลื่นปฐมภูมิเคลื่อนที่ผ่านได้ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น ของแข็งที่อยู่ในชั้นนี้จะมีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก ร่องลงมาเป็นธาตุ निकิล มีความหนาประมาณ 1,300 กิโลเมตร อุณหภูมิราว 6,300 องศาเซลเซียส (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-22)

ทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน

ทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน (Plate tectonic theory) มีความสำคัญอย่างมากในการศึกษาทางธรณีวิทยา ซึ่งช่วยในการแปลความหมาย ส่วนประกอบ โครงสร้าง และกระบวนการต่าง ๆ ภายในโลก คำว่า “เทคโทนิคส์ (Tectonics)” เป็นการศึกษาการเคลื่อนไหว และการแปรสภาพของเปลือกโลกในภาพรวม ทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณี หรือทฤษฎีแผ่นเปลือกโลกเลื่อนได้อธิบายว่า ชั้นธรณีภาคแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ แผ่นธรณีทวีป และแผ่นธรณีมหาสมุทร ซึ่งแผ่นธรณีหรือเพลต (Plate) จะเคลื่อนที่ไปบนพื้นของฐานธรณีภาค แผ่นธรณีมีการเคลื่อนที่ออกจากกัน เคลื่อนที่เข้าหากัน และเคลื่อนที่ผ่านกันหรือเฉือนกัน ซึ่งจะทำให้เกิดปรากฏการณ์แผ่นดินไหวหรือภูเขา สมมติฐานและหลักฐานที่เกี่ยวกับทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน มีดังนี้

1. สมมติฐานการเคลื่อนที่ทวีปของเวเกเนอร์

เมื่อปี พ.ศ. 2458 อัลเฟรด เวเกเนอร์ (Dr. Alfred Wegener) นักอุตุนิยมวิทยาชาวเยอรมัน ได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับโลกว่า “เดิมพื้นแผ่นดินทั้งหมดบนโลกได้ติดกันเป็นพื้นแผ่นดินเพียงแผ่นเดียว” เรียกว่า “พันเจีย” (Pangaea) ซึ่งเป็นภาษากรีกแปลว่า “แผ่นดินทั้งหมด” พันเจียจะเป็นพื้นแผ่นดินที่ปกคลุมทั้งขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ โดยมีมหาสมุทรล้อมรอบ เรียกว่า พันทาลัสซา (Panthalassa) หลังจากนั้นอีกประมาณ 200 ล้านปี พันเจียเริ่มแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ลอเรเชีย และกอนด์วานา (ทวีปคัตี้ บัญบูชาไทย, 2561 : 18) ซึ่งลอเรเชียเป็นส่วนที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร ประกอบด้วยทวีปต่าง ๆ คือ ทวีปอเมริกาเหนือ กรีนแลนด์ และทวีปยูเรเชีย ยกเว้นส่วนของทวีปอินเดีย ส่วนกอนด์วานาอยู่ใต้เส้นศูนย์สูตร ประกอบด้วยทวีปต่าง ๆ คือ ทวีปอเมริกา ทวีปแอนตาร์กติกา ทวีปออสเตรเลีย รวมทั้งทวีปอินเดีย และเกาะมาดากัสการ์ แสดงดังภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการเลื่อนของแผ่นธรณีภาคจากอดีตถึงปัจจุบัน



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการเลื่อนของแผ่นธรณีภาคจากอดีตถึงปัจจุบัน
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 43

จากภาพที่ 3.2 (2) ก่อนดวันาทางตอนใต้ จะแตกและเคลื่อนแยกจากกันเป็นทวีปอินเดีย ทวีปอเมริกาใต้ และทวีปแอฟริกา ในขณะที่ทวีปออสเตรเลียยังคงเป็นส่วนหนึ่งของกอนด์วานา จนเมื่อประมาณ 65 ล้านปีที่ผ่านม มาหาสมุทรแอตแลนติกแยกตัวกว้างขึ้น ทำให้ทวีปแอฟริกาเคลื่อนที่ห่างออกไปจากทวีปอเมริกาใต้ แต่ทวีปออสเตรเลียยังคงเชื่อมอยู่กับทวีปแอนตาร์กติกา และทวีปอเมริกาเหนือกับทวีปยุโรปก็ยังคงต่อเนื่องกัน ดังภาพที่ 3.2 (3) ต่อมาหาสมุทรแอตแลนติกขยายกว้างขึ้นอีก ทวีปอเมริกาเหนือและทวีปยุโรปจึงแยกออกจากกัน ทวีปอเมริกาเหนือโค้งงอเข้าเชื่อมกับทวีปอเมริกาใต้ ทวีปออสเตรเลียก็แยกออกจากทวีปแอนตาร์กติกา และทวีปอินเดียได้เคลื่อนที่ไปชนกับทวีปเอเชียจนเกิดเป็นภูเขาหิมาลัย ซึ่งทำให้เกิดแผ่นดินและมหาสมุทรเป็นดังที่ปรากฏอยู่ในปัจจุบัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 42)

2. หลักฐานที่สนับสนุนสมมติฐานของเวเกเนอร์

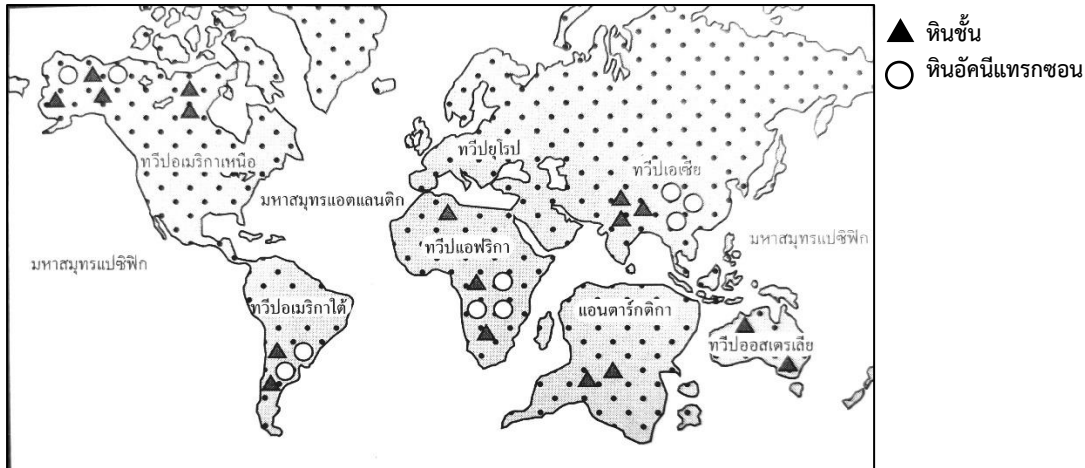
หลักฐานและข้อมูลทางธรณีภาคที่สนับสนุนสมมติฐานของเวเกเนอร์ สรุปได้ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 44 - 52 และทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 19 - 26)

2.1 รอยต่อของแผ่นธรณีภาค

หากนำภาพแต่ละทวีปมาต่อกันจะเห็นได้ว่า สามารถต่อกันได้เกือบสนิทพอดี เช่น ถ้านำขอบทวีปอเมริกาเหนือ และขอบของทวีปอเมริกาใต้มาต่อกัน จะรวมกันเป็นแผ่นทวีปเดียวกัน เรียกว่า ทวีปอเมริกา ซึ่งเป็นเหตุผลที่สามารถตั้งสมมติฐานได้ว่า ทวีปทั้งสองเคยเป็นผืนแผ่นดินเดียวกันในอดีต แล้วต่อมาได้แยกออกจากกันโดยเคลื่อนไปทางทิศตะวันตกส่วนหนึ่ง และทิศตะวันออกอีกส่วนหนึ่ง แผ่นทวีปมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา จนมีตำแหน่งและรูปร่างของทวีปทั้งสองเหมือนในปัจจุบัน ซึ่งเซอร์เอดوارد บูลลาร์ด (Sir Edward Bullard) นักธรณีฟิสิกส์ ชาวอังกฤษและคณะ ได้ทำการทดลองโดยใช้ขอบทวีปต่าง ๆ ที่ระดับความลึก 2,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล ซึ่งจะเป็นแนวลาดทวีป เนื่องจากบริเวณขอบของทวีปจะมีการสึกกร่อนโดยกระแสน้ำเกิดขึ้น และบริเวณนี้จะมีการสะสมของตะกอนในปริมาณที่น้อย ซึ่งเป็นหลักฐานยืนยันว่าเดิมทวีปดังกล่าวติดกัน

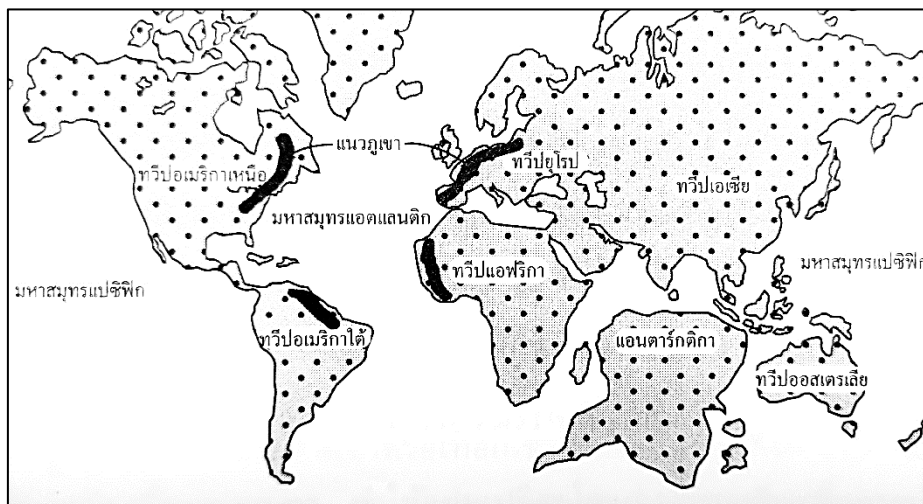
2.2 ความคล้ายคลึงกันของกลุ่มหินและแนวภูเขา

จากหลักฐานหินชั้น และหินอัคนีแทรกซอน ส่วนใหญ่เกิดขึ้นมาตั้งแต่ยุคคาร์บอนิเฟอรัส ถึงยุคจูแรสซิก นั่นคือ ในช่วง 359 - 456 ล้านปี ที่มีการค้นพบในทวีปอเมริกาใต้ ทวีปแอนตาร์กติกา ทวีปแอฟริกา ทวีปออสเตรเลีย และทวีปอินเดีย ซึ่งหินเหล่านี้พบที่ทางตอนเหนือของทวีปอเมริกา และยังพบหินเหล่านี้บางส่วนของทวีปออสเตรเลีย ตอนใต้ของทวีปแอฟริกา และทวีปแอนตาร์กติกา ซึ่งเป็นหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่า ทวีปเหล่านี้ได้เคยเป็นผืนแผ่นดินเดียวกันและได้แยกจากกันในเวลาต่อมา แสดงดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 หลักฐานหินชั้นและหินอัคนีแทรกซอน
ที่มา : ทวีศักดิ์ บุญบูชาไชย, 2561 : 21

หลักฐานแนวภูเขาของภาคพื้นทวีป จะมีลักษณะเป็นแนวยาว และแคบ ในยุค ปาลีโอโซอิกจะเกิดแนวเทือกเขาแอฟพาเลเซียน (Appalachian Mountains) ในฝั่งตะวันออกของ ทวีปอเมริกาเหนือ แนวเทือกเขานี้จะมีอายุใกล้เคียงกับแนวภูเขาที่พบในทวีปยุโรป ได้แก่ แนวภูเขาที่ พบในบริเวณด้านตะวันออกของเกาะกรีนแลนด์ ไอร์แลนด์ ประเทศอังกฤษ และประเทศนอร์เวย์ ซึ่งเป็นหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่า เดิมทวีปต่าง ๆ มีการติดกันมาก่อน แสดงดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 หลักฐานแนวภูเขาในทวีปอเมริกาเหนือและทวีปยุโรป
ที่มา : ทวีศักดิ์ บุญบูชาไชย, 2561 : 21

2.3 หลักฐานการสะสมตัวของตะกอนจากธารน้ำแข็ง

ยุคน้ำแข็งในช่วงปลายของมหายุคพาลีโอโซอิกพบหลักฐานที่ว่า แผ่นดินบริเวณที่ เคยเป็นส่วนหนึ่งของผืนทวีปกอนด์วานาถูกปกคลุมด้วยแผ่นน้ำแข็ง เมื่อนำหลักฐานของหินตะกอนที่ เกิดจากการทับถมกันของน้ำแข็งที่มีอายุเดียวกัน และสังเกตรอยขีดในหินที่พบในทวีปต่าง ๆ

มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งรอยต่าง ๆ เหล่านี้ เกิดจากการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งที่ไหลครูดไปยังพื้นทวีป จึงเป็นหลักฐานสนับสนุนสมมติฐานที่ว่า ทวีปต่าง ๆ เคยต่อเป็นทวีปเดียวกัน

2.4 หลักฐานการพบซากดึกดำบรรพ์

มีการค้นพบซากดึกดำบรรพ์ในทวีปต่าง ๆ ซึ่งอยู่ห่างไกลกัน ซากดึกดำบรรพ์ที่ค้นพบเป็นหลักฐานยืนยันว่า ทวีปต่าง ๆ ในอดีตเคยอยู่ติดกัน ได้แก่

2.4.1 ลิสโทรซอรัส (Lystrosaurus) เป็นสัตว์เลื้อยคลานที่อาศัยอยู่บนบก แต่พบซากดึกดำบรรพ์ได้ทั้งในทวีปอเมริกาใต้ ทวีปแอฟริกา และทวีปแอนตาร์กติกา ซึ่งทวีปเหล่านี้จะมีมหาสมุทรคั่นอยู่ ดังนั้น ลิสโทรซอรัสซึ่งเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่บนบก ไม่สามารถที่จะว่ายน้ำข้ามมหาสมุทรมายังแต่ละทวีปที่เป็นกอนด์วานาได้ จึงยืนยันได้ว่า ผืนทวีปกอนด์วานาเดิมมีทวีปต่าง ๆ เชื่อมต่อกันถึง

2.4.2 ไชนอกาทัส (Cynognathus) เป็นสัตว์เลื้อยคลานที่อาศัยอยู่บนบก เช่นเดียวกับลิสโทรซอรัส พบไชนอกาทัสได้ตามทวีปต่าง ๆ ของกอนด์วานา ซึ่งสัตว์ดังกล่าวไม่สามารถว่ายน้ำข้ามมหาสมุทรมายังทวีปต่าง ๆ ได้ จึงยืนยันสมมติฐานการเชื่อมต่อกันของทวีปที่ในอดีตอยู่ติดกันเป็นกอนด์วานา

2.4.3 มีโซซอรัส (Mesosaurus) เป็นสัตว์เลื้อยคลานที่อาศัยในน้ำจืด พบซากดึกดำบรรพ์ในทวีปอเมริกาใต้และในทวีปแอฟริกาตอนใต้ ซึ่งทั้งสองทวีปมีมหาสมุทรคั่นอยู่ มีโซซอรัสไม่สามารถที่จะว่ายน้ำข้ามมหาสมุทรได้ จึงยืนยันได้ว่า ทวีปทั้งสองนี้เคยเชื่อมต่อกันถึง

2.4.4 กลอสโซเพเทริส (Glossopteris) เป็นพืชตระกูลเฟิร์นที่มีเมล็ด ใช้สปอร์ในการขยายพันธุ์ โดยมีลมเป็นสื่อนำสปอร์ไปตกยังที่ต่าง ๆ ซึ่งสามารถพบกลอสโซเพเทริสได้ในทวีปต่าง ๆ ของกอนด์วานาได้ จึงสันนิษฐานได้ว่า ลมคงไม่สามารถพัดสปอร์ให้ไปตกไกลข้ามมหาสมุทรได้ แสดงว่า ทวีปต่าง ๆ เคยเป็นผืนเดียวกัน

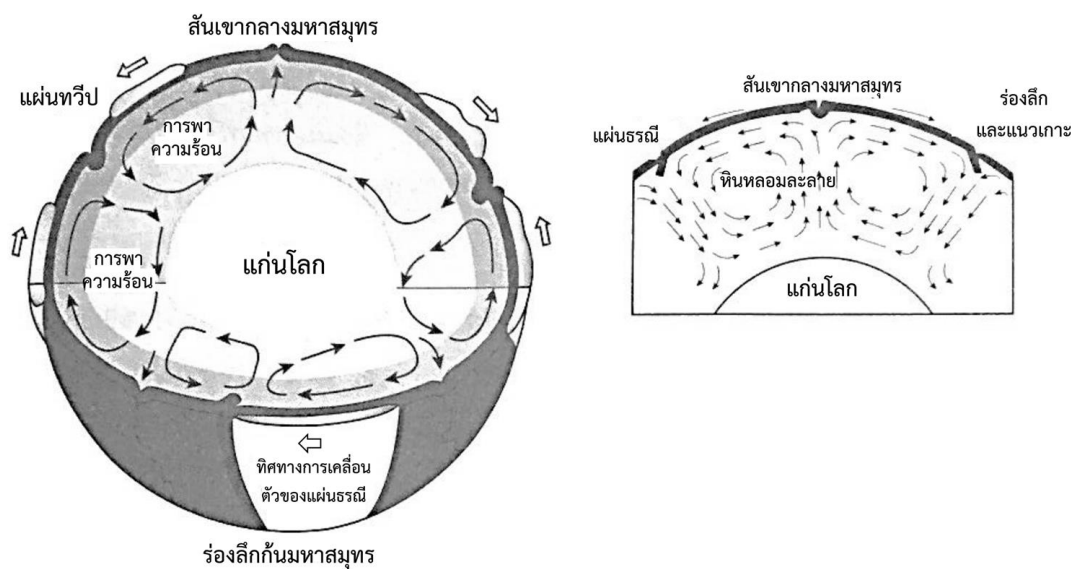
2.5 สันเขาใต้สมุทรหรือเทือกสันเขาใต้สมุทร และร่องลึกใต้สมุทร

2.5.1 สันเขาใต้สมุทรหรือเทือกสันเขาใต้สมุทร การที่บริเวณท้องมหาสมุทรถูกยกตัวให้สูงขึ้นจากความร้อนภายในเนื้อโลก จะทำให้ทะเลปรากฏมีภูเขาเกิดขึ้น บริเวณศูนย์กลางของมหาสมุทรแอตแลนติกมีแนวภูเขาใต้ท้องทะเลที่ปรากฏขึ้นตรงกลางของมหาสมุทร เรียกว่า สันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติก (Mid Atlantic Ridge) มีลักษณะฐานกว้าง ขนาดและความสูงคล้ายกับเทือกเขาหรือก้นที่จมตัวลงไปได้ท้องทะเล สันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติกนี้จะเป็แนวเทือกเขายาวต่อเนื่องจากมหาสมุทรแอตแลนติกตอนเหนือไปยังมหาสมุทรแอตแลนติกตอนใต้ แนวเทือกเขาด้านหนึ่งขนานไปกับชายฝั่งของทวีปอเมริกา อีกด้านหนึ่งขนานไปกับชายฝั่งของทวีปยุโรปและทวีปแอฟริกา ตามรูปร่างของทวีปแนวสันเขาดังกล่าวนีี้ แสดงว่า แนวของเปลือกโลกมีการแตกแล้วเกิดการเคลื่อนที่ขึ้น ผิวโลกใต้ท้องมหาสมุทรจะถูกดึงให้แยกออกจากกันกลายเป็นหุบเขาทรุด (Rift Valley) มีลักษณะเป็นรอยแตก

2.5.2 ร่องลึกใต้สมุทร (Trench) มีลักษณะเป็นร่องยาว ลึก และแคบ ได้แก่ ร่องลึกมาเรียนา ร่องลึกญี่ปุ่น ร่องลึกแคโรลิน ร่องลึกปาเลว และร่องลึกมินดาเนา ประเทศฟิลิปปินส์ ซึ่งสามารถที่จะพบได้ที่บริเวณขอบของทวีป ได้แก่ บริเวณด้านตะวันตกของทวีปอเมริกากลาง และอเมริกาใต้ หรือเกิดตามแนวหมู่เกาะรูปโค้ง ได้แก่ หมู่เกาะฮอนชู ประเทศญี่ปุ่น เกาะฟิลิปปินส์ และเกาะสุมาตรา

3. กระบวนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี

การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีเกิดจากการเคลื่อนที่ของหินหลอมละลายหรือสารร้อนภายในโลกที่เกิดขึ้น เรียกว่า หินหนืด เช่นเดียวกับการพาความร้อนในอากาศ หินหนืดในฐานธรณีภาคมีการเคลื่อนที่โดยเชื่อว่า เกิดขึ้นจากการพาความร้อน เรียกว่า ทฤษฎีวงจรการพาความร้อน (Convection Cell Theory) เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี กล่าวคือ หินหนืดที่ร้อนจัดจะลอยตัวสูงขึ้นสู่เปลือกโลก ไหลหินหนืดที่เย็นกว่าให้ไหลลงไประดับล่าง เมื่อหินหนืดเย็นได้รับความร้อนจากส่วนลึกกว่าก็จะร้อนขึ้นแล้วลอยตัวขึ้นใหม่ เกิดการหมุนเวียนของหินหนืดที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน (กิจการ พรหมมา, 2555 : 25) และทวีศักดิ์ บุญบูชาไชย, 2561 : 28 - 29) แสดงดังภาพที่ 3.5



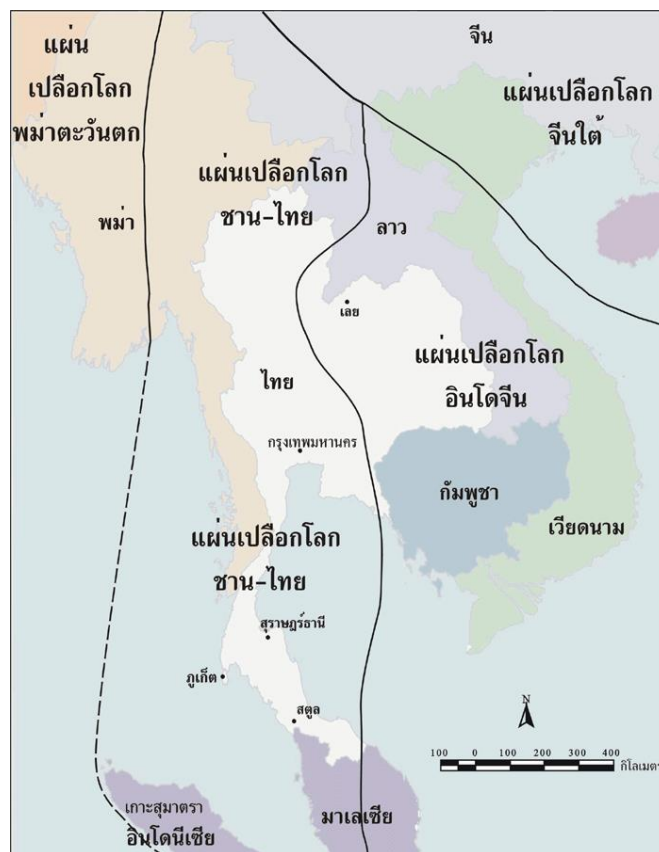
ภาพที่ 3.5 การพาความร้อนของหินหลอมละลายที่ขึ้นเนื้อโลก

ที่มา : ทวีศักดิ์ บุญบูชาไชย, 2561 : 29

การพาความร้อนมีทิศทางหนีออกจากกัน ส่งผลให้เปลือกโลกแยกออกจากกัน แนวแผ่นเปลือกโลกแยกตัว (Divergent plate boundary) คือ บริเวณที่แผ่นเปลือกโลกมีการเคลื่อนที่ออกจากกัน เกิดได้ทั้งกลางมหาสมุทรและกลางผืนทวีป ส่วนที่อยู่กลางมหาสมุทรมียอดเขาใต้ทะเลเรียกว่า เทือกเขากลางสมุทร (Mid oceanic ridge) เมื่อแผ่นเปลือกโลกมีการเคลื่อนที่ออกจากกัน ทิศทางการเคลื่อนที่ที่ออกจากจุดศูนย์กลางของการแยกตัว รอยแตกที่เกิดขึ้นจะถูกแทรกดันด้วยลาวา ซึ่งต่อมาเย็นตัวลงจะกลายเป็นหินบะซอลต์ กลายเป็นเปลือกโลกใต้มหาสมุทรที่เกิดขึ้นใหม่ พื้นมหาสมุทรจะขยายกว้างมากขึ้นเรื่อย ๆ เรียกว่า การแยกตัวของพื้นสมุทร (Seafloor spreading)

วิวัฒนาการแปรสัณฐานของประเทศไทย

จากข้อมูลการศึกษาธรณีวิทยาของประเทศไทยมาเป็นเวลานาน ในปี ค.ศ. 1983 ดร.สงัด พันธุ์โอภาส และ ศาสตราจารย์ พอล เวลล่า (Paul Vella) ได้สรุปแนวคิดเกี่ยวกับธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทยว่า ประเทศไทยประกอบด้วยแผ่นธรณีแปรสัณฐานบรรพกาล 2 แผ่น ได้แก่ แผ่นจุลทวีปฉาน-ไทย (Shan-Thai) และแผ่นจุลทวีปอินโดจีน (Indochina) ซึ่งถูกเชื่อมต่อกันด้วยแนวตะเข็บธรณีนาน (Nan suture) แสดงในภาพที่ 3.6 มีมุมเอียงเทของเขตเบนนิออฟฟ์ (Benioff Zone) ไปทางทิศตะวันตกก่อนสิ้นสุดยุคไทรแอสซิกและกลายเป็นส่วนหนึ่งของแหลมเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ หินฐานธรณีที่ประกอบขึ้นเป็นแผ่นธรณีไพล์ที่ทั้งสองบริเวณประกอบด้วยหินแปรซับซ้อนระดับสูงซ้อนทับด้วยหินตะกอนทะเลตื้นจากพวกควอตซ์คาร์บอนเนต มีซากดึกดำบรรพ์ยุคแคมเบรียนและออร์โดวิเซียนก่อตัวขึ้นเป็นลานหินฉาน-ไทยและอินโดจีน



ภาพที่ 3.6 แผ่นจุลทวีปฉาน-ไทย และแผ่นจุลทวีปอินโดจีน

ที่มา : http://www.dmr.go.th/ewtadmin/ewt/dmr_web/images/b_map.gif

1. ธรณีแปรสัณฐานขั้นบรรพกาล (Archeotectonics stage)

ช่วงแรกของวิวัฒนาการแปรสัณฐานหรือขั้นแปรสัณฐานบรรพกาลเริ่มจากแผ่นฉาน-ไทย และแผ่นอินโดจีนเป็นส่วนของกอนด์วานาในซีกโลกใต้ช่วงบรมยุคพรีแคมเบรียนถึงมหายุคพาโลโซอิกตอนต้น

2. ธรณีแปรสัณฐานขั้นโบราณกาล (Paleotectonics stage)

ระหว่างมหายุคพาเลโอโซอิกตอนกลางถึงยุคไทรแอสซิกตอนต้นหรือขั้นแปรสัณฐานโบราณ วิวัฒนาการของแผ่นฉาน-ไทยและอินโดจีนแบ่งเป็น 3 ช่วง

ช่วงที่ 1 เป็นช่วงที่แผ่นทั้งสองแยกตัวออกมาแต่ยังคงอยู่ใกล้ๆ กับหินฐานธรณีเดิมระหว่างยุคไซลูเรียนถึงประมาณยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลายเป็นช่วงที่เริ่มมีแอ่งสะสมตะกอนเป็นครั้งแรกของแผ่นทั้งสอง

ช่วงที่ 2 มีการเคลื่อนตัวไกลมากขึ้นแต่ยังอยู่ในซีกโลกใต้ในทะเลบรรพกาลระหว่างยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลายถึงยุคเพอร์เมียนตอนต้น

ช่วงสุดท้ายแผ่นฉาน-ไทยเคลื่อนที่ข้ามเส้นศูนย์สูตรบรรพกาลไปที่ตอนล่างของซีกโลกเหนืออย่างรวดเร็วเป็นระยะทางไกลและชนกับแผ่นอินโดจีนซึ่งได้เคลื่อนที่อยู่ในบริเวณนี้มาก่อนในยุคเพอร์เมียน

การชนกันของแผ่นทวีปและแผ่นทวีปได้กลายเป็นส่วนหนึ่งของการก่อเทือกเขาอินโดจีนและแผ่นอินโดจีนดูเหมือนจะมีการเลื่อนตัวมุดต่ำลงใต้แผ่นฉาน-ไทย

3. ธรณีแปรสัณฐานขั้นมัชฌิมกาล (Mesotectonics stage)

หลังจากการชนกันจึงเริ่มขั้นแปรสัณฐานมัชฌิมกาล ซึ่งได้เกิดแนวภูเขาภัยตัวขึ้นตามแนวตะเข็บธรณีในบางส่วนตามแนวการเลื่อนตัวมุดต่ำที่ขอบแผ่นฉาน-ไทย และในเวลาเดียวกันนั้นหินแกรนิตได้แทรกดันถึงด้านบนของชั้นตะกอนและหินไรโอไรต์ได้แทรกทะลุขึ้นมาบนแผ่นดิน การกัดกร่อนบริเวณภูเขาทำให้เกิดการสะสมของตะกอนเชิงเขาซึ่งเกิดทั้งสองข้างของตะเข็บธรณี แต่เกิดขึ้นมากที่แอ่งโคราชซึ่งเกิดบนการเลื่อนย้อนมุดต่ำทางตะวันตกของแผ่นทวีปอินโดจีน

4. ธรณีแปรสัณฐานขั้นนวกาล (Neotectonics stage)

การแยกตัวของแผ่นทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และการเปิดของอ่าวไทยแสดงถึงขั้นแปรสัณฐานนวกาลของประเทศไทย ประกอบกับการยกตัวขึ้นของภูเขาอย่างรวดเร็วในยุคควอเทอร์นารีจนเป็นประเทศไทยในปัจจุบัน

เนื่องจากเรื่องราวของธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทย ได้มีการศึกษาหาข้อมูลมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดแนวคิดที่แตกต่างหลากหลาย ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทย ยังคงต้องมีการศึกษาหาข้อมูลเพื่อหาบทสรุปต่อไป

การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีภาค

ธรณีภาค คือ แผ่นเปลือกโลกที่เป็นของแข็ง มีขนาดน้อยใหญ่จำนวนหลายแผ่น โดยแต่ละแผ่นมีการเคลื่อนที่ในทิศทางเฉพาะตัว โดยปกติแผ่นเปลือกโลก ประกอบด้วยส่วนที่เป็นพื้นสมุทรและพื้นทวีป แผ่นเปลือกโลกที่สำคัญแบ่งออกเป็น 15 แผ่น ดังนี้ (ปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชูวงศ์, 2558 : 8 และจุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-58)

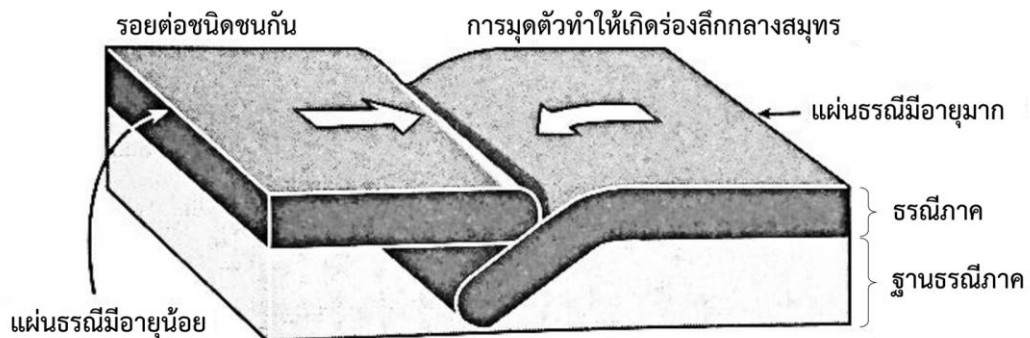
1) แผ่นธรณีภาคขนาดใหญ่ จำนวน 8 แผ่น ได้แก่ แผ่นแอฟริกา (Africa Plate) แผ่นแอนตาร์กติก (Antarctic Plate) แผ่นอินเดีย (Indian Plate) แผ่นออสเตรเลีย (Australian Plate) แผ่นยูเรเชีย (Eurasian Plate) แผ่นอเมริกาเหนือ (North American Plate) แผ่นอเมริกาใต้ (South American Plate) และแผ่นแปซิฟิก (Pacific Plate)

2) แผ่นธรณีภาคขนาดเล็ก จำนวน 7 แผ่น ได้แก่ แผ่นอาหรับ (Arabian Plate) แผ่นแคริบเบียน (Caribbean Plate) แผ่นฮวนเดฟูคา (Juan de Fuca Plate) แผ่นโคโคส (Cocos Plate) แผ่นนัสกา (Nazca Plate) แผ่นฟิลิปปินส์ (Philippines Plate) และแผ่นสโกเทีย (Scotia Plate)

กระบวนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีภาค เป็นการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีภาค 2 แผ่น ที่อยู่ติดกัน สามารถจำแนกรูปแบบการเคลื่อนที่ (Plate movement) ออกเป็น 3 รูปแบบ คือ การเคลื่อนเข้าหากันของแผ่นธรณี (Convergent plate motion) การเคลื่อนแยกออกจากกันของแผ่นธรณี (Divergent plate motion) และการเคลื่อนของแผ่นธรณีผ่านกัน (Transform plate motion) มีรายละเอียดดังนี้ (ปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชูวงศ์, 2558 : 9 - 12; จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-60 - 12-61; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 55 - 59 และทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 31 - 36)

1. การเคลื่อนเข้าหากันของแผ่นธรณี (Convergent plate motion)

แผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากันมี 3 รูปแบบ คือ แผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีมหาสมุทร แผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีทวีป และแผ่นธรณีทวีปกับแผ่นธรณีทวีป ซึ่งการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่เคลื่อนที่เข้าหากันนี้ จะมีแผ่นธรณีแผ่นหนึ่งจมลงไปได้แผ่นธรณีอีกแผ่นหนึ่งตามแนวบริเวณที่เรียกว่า “เขตมุดตัว (Sub-Duction Zone)” (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 32) แผ่นธรณีที่จมลงไปสู่ใต้ผิวโลกจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนหลอมละลายกลายเป็นหินหนืดหรือแมกมา ซึ่งจะดันแทรกขึ้นมาสู่ผิวโลกในรูปแบบของการปะทุ กลายเป็นแนวภูเขาไฟเกิดขึ้น แสดงภาพที่ 3.7

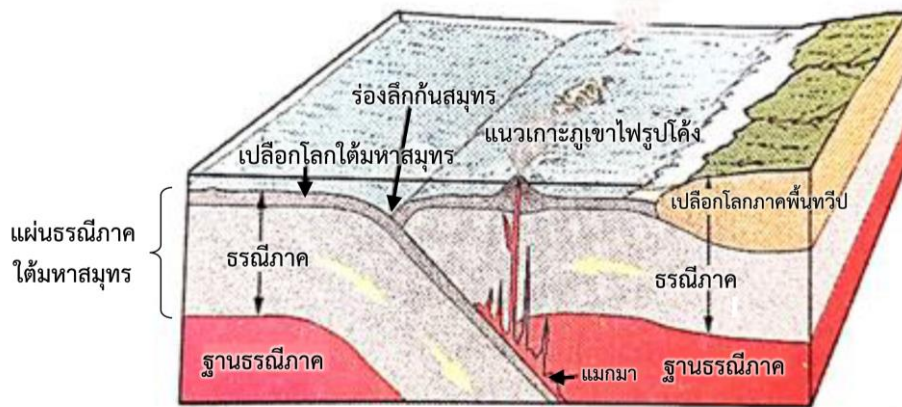


ภาพที่ 3.7 การเคลื่อนเข้าหากันของแผ่นธรณี
ที่มา : ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 33

1.1 แผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีมหาสมุทร

เมื่อแผ่นธรณีมหาสมุทร 2 แผ่น เคลื่อนที่เข้าหากัน แผ่นธรณีมหาสมุทรที่มีอายุและความหนาแน่นมากกว่าแผ่นธรณีมหาสมุทรอีกแผ่นหนึ่ง จะจมลงไปได้แผ่นธรณีมหาสมุทรอีกแผ่นหนึ่ง ทำให้เกิดร่องลึกใต้สมุทร ซึ่งมีลักษณะเป็นร่องยาวลึก และแคบ แผ่นธรณีมหาสมุทรที่จมลงไปจะเกิดการหลอมเหลวกลายเป็นหินหนืดหรือแมกมา ซึ่งแมกมาจะแทรกดันตัวขึ้นสู่ผิวโลก และอาจเกิดการปะทุ ทำให้แผ่นธรณีมหาสมุทรที่อยู่ชั้นบนถูกยกตัวให้สูงขึ้นกลายเป็นภูเขา บางแห่งอาจจะเป็นภูเขาไฟ ซึ่งจะเกิดแนวภูเขาอยู่ใกล้กับขอบแผ่นธรณีมหาสมุทร แนวภูเขาจะกระจายเป็นแนวยาวและโค้ง ซึ่งเรียกว่า “หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง (Volcanic Island Arc)” (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 33) แสดงดังภาพที่ 3.8 ตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่า แผ่นธรณีมหาสมุทรชนกับแผ่นธรณีมหาสมุทร ได้แก่

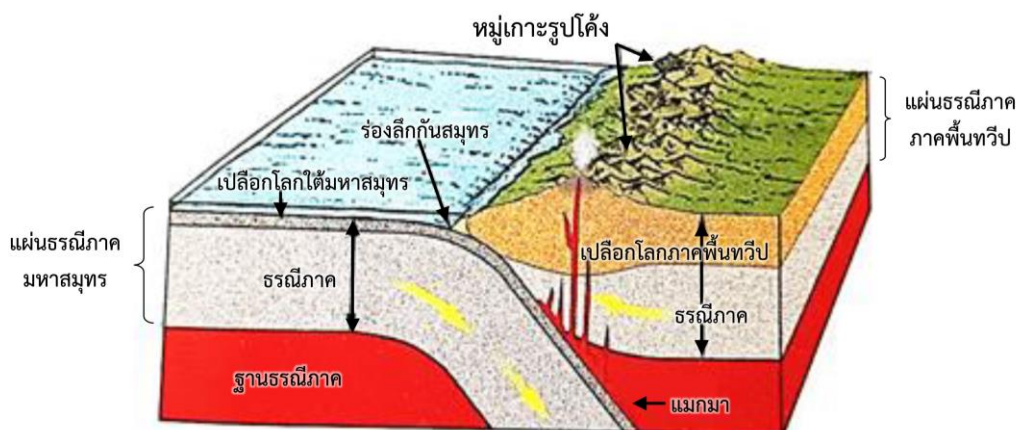
ร่องลึกใต้สมุทรที่อยู่บริเวณนอกชายฝั่งของทวีปอเมริกาใต้ หมู่เกาะอาลูเทียนที่ต่อจากอลาสก้า หมู่เกาะมารีอานาส์ ร่องลึกใต้สมุทรมินดาเนาทางตะวันออกของฟิลิปปินส์ และหมู่เกาะประเทศญี่ปุ่น



ภาพที่ 3.8 การเคลื่อนที่เข้าหากัน ระหว่างแผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีมหาสมุทร
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 56

1.2 แผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีทวีป

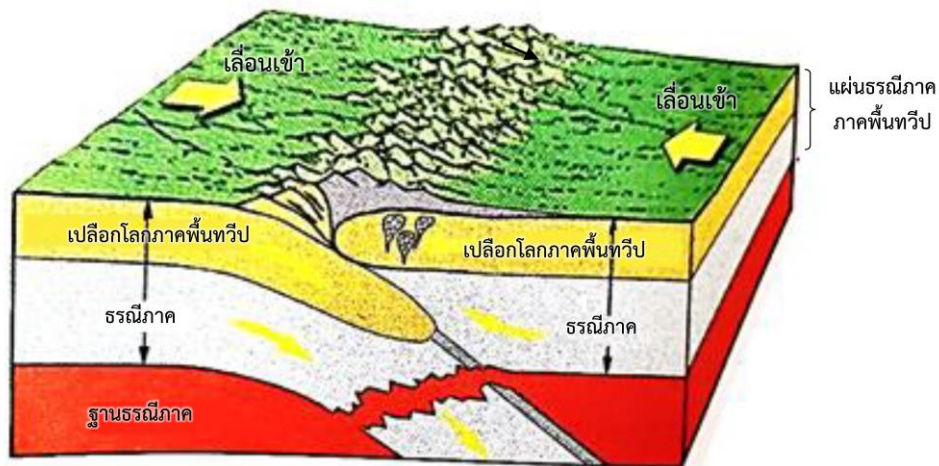
แผ่นธรณีมหาสมุทร ซึ่งหนักกว่าและมีความหนาแน่นมากกว่า จะมุดตัวลงไปอยู่ใต้แผ่นธรณีทวีป การชนกันนี้จะทำให้เกิดเป็นร่องนอกฝั่งทะเล (Offshore-Trench) ขึ้น แผ่นธรณีทวีป ซึ่งอยู่ข้างบนจะเกิดการม้วนตัวและยกตัวสูงขึ้น กลายเป็นเทือกเขาใหญ่ที่ประกอบไปด้วยหินที่มีลักษณะคดโค้งโก่งงอ หินบางส่วนในแผ่นธรณีมหาสมุทรจะถูกหลอมละลายกลายเป็นแมกมา แมกมาบางส่วนจะพุ่งขึ้นมาสู่ชั้นเปลือกโลกกลายเป็นลาวาเย็นตัวและแข็งตัวกลายเป็นหินภูเขา (Volcanic Rock) เกิดเป็นแนวภูเขาไฟชายฝั่ง แสดงดังภาพที่ 3.9 เช่น แถบตะวันตกที่อเมริกาใต้ แนวชายฝั่งโอเรกอน เป็นต้น



ภาพที่ 3.9 การเคลื่อนที่เข้าหากัน ระหว่างแผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีทวีป
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 57

1.3 แผ่นธรณีทวีปกับแผ่นธรณีทวีป

เมื่อแผ่นธรณีทวีปเคลื่อนที่ชนกับแผ่นธรณีทวีปอีกแผ่นหนึ่ง เนื่องจากแผ่นธรณีทวีปมีความหนาแน่นมาก เมื่อเกิดการชนกันจะมีแผ่นหนึ่งจมมุดลงไปได้แผ่นธรณีทวีปอีกแผ่นหนึ่ง ส่วนที่จมมุดลงสู่ใต้ผิวโลกจะร้อนขึ้นจนหลอมละลายกลายเป็นแมกมา ซึ่งจะแทรกดันตัวยกขึ้นสู่ชั้นเปลือกโลก เกิดเป็นแนวเทือกเขาสูงแนวยาวอยู่ในแผ่นธรณีทวีป เช่น แผ่นยูเรเชียชนกับแผ่นอินเดีย-ออสเตรเลีย จะทำให้เกิดเทือกเขาหิมาลัยในทวีปเอเชีย นอกจากนี้ ยังมีแนวเทือกเขาอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากแผ่นธรณีทวีปสองแผ่นชนกัน เช่น เทือกเขาแอนดิส ในทวีปอเมริกา เทือกเขาแอลป์ ในทวีปยุโรป เทือกเขาหิมาลัย ในทวีปเอเชีย เป็นต้น

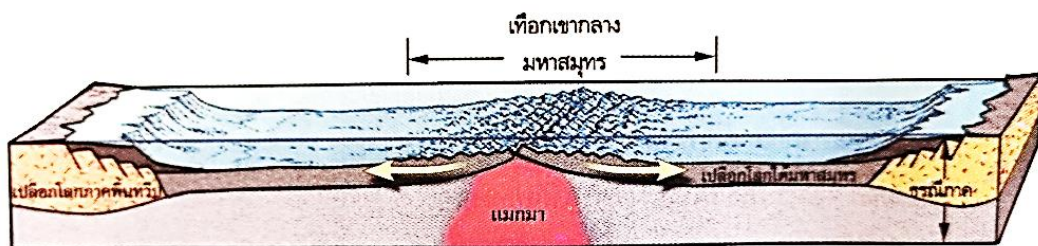


ภาพที่ 3.10 การเคลื่อนที่เข้าหากัน ระหว่างแผ่นธรณีทวีปกับแผ่นธรณีทวีป

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 58

2. การเคลื่อนแยกออกจากกันของแผ่นธรณี (Divergent plate motion)

แผ่นธรณีเกิดการเคลื่อนที่แยกออกจากกันได้ เนื่องจากการออกแรงดันของหินหนืดในชั้นฐานธรณี ทำให้แผ่นธรณีเกิดการโก่งสูงขึ้น จนเกิดรอยแตกหรือรอยแยกขึ้น ปลายยอดที่โก่งสูงขึ้นจะทรุดตัวลงมาจนมีลักษณะเป็นหุบเขาที่เป็นร่องแยกลึก (Rift-Like Valley) แมกมาที่แทรกขึ้นมาตามรอยแตกทำให้แผ่นธรณีเกิดการเคลื่อนที่แยกออกจากกันเกิดเป็นแผ่นดินไหว ถ้าแผ่นธรณีมหาสมุทรเคลื่อนตัวออกจากกัน พื้นทะเลจะขยายกว้างออกไปเป็นการแผ่อกของพื้นทะเล เรียกกระบวนการนี้ว่าการขยายตัวของพื้นทะเล (Sea Floor Spreading) ซึ่งจะปรากฏแนวสันเขากลางมหาสมุทรเกิดขึ้น แสดงดังภาพที่ 3.11 เช่น บริเวณทะเลแดง แนวสันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติก เป็นต้น

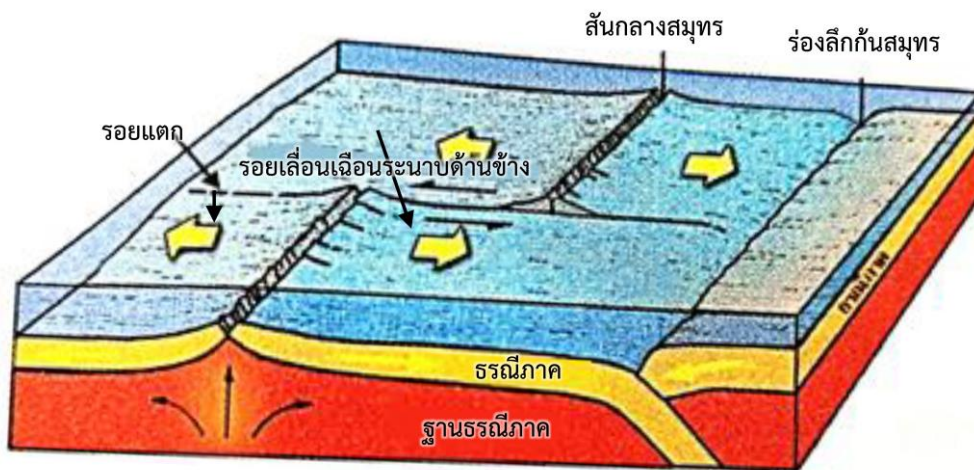


ภาพที่ 3.11 การแยกออกจากกันของแผ่นธรณีภาคใต้มหาสมุทร

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 56

3. การเคลื่อนของแผ่นธรณีผ่านกัน (Transform plate motion)

แผ่นธรณีภาคเคลื่อนที่ผ่านกัน เกิดจากอัตราการเคลื่อนตัวของแมกมาในชั้นเปลือกโลกไม่เท่ากัน จึงทำให้แผ่นธรณีภาคเคลื่อนที่ไม่เท่ากันส่งผลให้เปลือกโลกและเทือกเขาใต้มหาสมุทรเลื่อนไถลผ่านและเฉือนกัน แสดงดังภาพที่ 3.12 ตัวอย่างแผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่านกันในมหาสมุทร ได้แก่ บริเวณแนวเทือกเขาใต้มหาสมุทรแอตแลนติก และมหาสมุทรแปซิฟิก ในกรณีแผ่นธรณีทวีปเคลื่อนที่ผ่านกันจะเกิดรอยเลื่อนเคลื่อนผ่านเกิดขึ้น เช่น รอยเลื่อนซานแอนเดรียส (San Andreas Fault) ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา รอยเลื่อนอัลไพน์ ประเทศนิวซีแลนด์ เป็นต้น



ภาพที่ 3.12 การเคลื่อนที่ผ่านสวนกันของแผ่นธรณีภาค

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 56

ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา

1. แผ่นดินไหว (Earthquake)

กิจการ พรหมมา (2555 : 232) ให้ความหมายของแผ่นดินไหว คือ ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่แผ่นดินสั่นสะเทือนมากกว่าปกติ

สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย (2546 : 14) ให้ความหมายของแผ่นดินไหวว่า แผ่นดินไหว คือ การสั่นสะเทือนของพื้นดิน เนื่องจากการปลดปล่อยพลังงาน เพื่อระบายความเครียดที่สะสมไว้ภายในโลกออกอย่างฉับพลัน ซึ่งเป็นการปรับความสมดุลของเปลือกโลก

สรุปได้ว่า แผ่นดินไหว คือ ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่แผ่นดินสั่นสะเทือน เนื่องจากการปลดปล่อยพลังงาน เพื่อระบายความเครียดที่สะสมไว้ภายในโลกออกอย่างฉับพลัน การปลดปล่อยพลังงานนี้เป็นการปรับความสมดุลของเปลือกโลก

1.1 สาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวเกิดจากสาเหตุใหญ่ 2 ประการ คือ เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และเกิดจากการกระทำของมนุษย์ แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีรายละเอียด ดังนี้ (กิจการ พรหมมา, 2555 : 232 - 234; จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-65 และทวิศักดิ์ บุญบูชาไชย, 2561 : 64 - 66)

1.1.1 ทฤษฎีการยืดหยุ่นของหิน (The Elastic-Rebound Theory) แนวคิดนี้ได้จาก เฮช. เอฟ. รี (H.F. Reid) เมื่อปี ค.ศ. 1910 นักธรณีและนักสำรวจเส้นทาง ชาวอเมริกา ได้เสนอทฤษฎียืดหยุ่นว่า พลังงานที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหวเกิดจากพลังงานความเครียด เนื่องจากการยืดหยุ่นของหิน หินที่อยู่ใกล้ ๆ รอยเลื่อนจะสะสมความเครียด (Strain) เนื่องจากการเปลี่ยนรูปร่าง ชั้นหินที่อยู่ด้านข้างของแนวรอยเลื่อนจะมีการโค้งงอเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เป็นการเปลี่ยนรูปไปโดยกระทำติดต่อกันเป็นเวลานาน จนถึงขีดจำกัดของความยืดหยุ่นของหิน หินจะแตกหักโดยทันที และพลังงานจากการยืดหยุ่นที่สะสมอยู่จำนวนมากในชั้นของหินก็จะปล่อยออกมาในรูปของคลื่นไหวสะเทือน ทฤษฎีนี้ใช้ได้กับแผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางไม่ลึกมากนัก (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 64)

1.1.2 การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี การเคลื่อนตัวของแผ่นธรณีเนื่องมาจากการผันแปรของอุณหภูมิภายในโลก แผ่นธรณีเกิดการมุดตัวลงสู่ใต้แผ่นธรณีอีกแผ่นหนึ่ง ทำให้เกิดแผ่นดินไหวที่มีศูนย์เกิดแผ่นดินไหวตื้น เมื่อธรณีภาคมุดตัวต่อไปอีก จะทำให้เกิดแผ่นดินไหวที่มีศูนย์เกิดแผ่นดินไหวลึกมากขึ้นเรื่อย ๆ แนวแผ่นธรณีภาคคู่เข้าหากันชนกันแบบประสานงา แนวแผ่นเปลือกโลกชนิดนี้ทำให้เกิดแผ่นดินไหวรุนแรงบนบก จนทำให้แผ่นดินยกตัวสูงขึ้นเป็นเทือกเขาขนาดใหญ่ เช่น แผ่นธรณีประเทศอินเดียชนกับแผ่นธรณีทิเบตจนเกิดเป็นเทือกเขาหิมาลัย เป็นต้น แนวแผ่นธรณีภาคเกิดการเคลื่อนสวนทางกันระหว่างแผ่นเปลือกโลกภาคพื้นทวีป 2 แผ่น เช่น รอยเลื่อนซานแอนเดรียส รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา รอยเลื่อนสะเคียง ประเทศพม่า เป็นต้น

1.1.3 การประทุของภูเขาไฟ แผ่นดินไหวตามธรรมชาติเกิดขึ้นจากการประทุของภูเขาไฟได้ แต่มักมีความรุนแรงน้อยกว่าแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจากรอยเลื่อน แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจากภูเขาไฟอาจมีสาเหตุมาจากการดันตัวหรือการขยายตัวของก๊าซและหินหนืด มีการเคลื่อนตัวภายในภูเขาไฟ ปล่องภูเขาไฟยุบ ตัวหินหนืดเคลื่อนตัวขึ้นสู่ผิวดิน และการระเบิด

1.1.4 กิจกรรมของมนุษย์ แผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ การระเบิดของระเบิดนิวเคลียร์ การพังทลายของเขื่อนและสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ การระเบิดตักแร่ทิ้งเพื่อก่อสร้างตักใหม่ การระเบิดหิน การตอกเสาเข็ม รถบรรทุกหรือรถไฟเคลื่อนที่ผ่าน หรือการอัดน้ำลงในบ่อบาดาลใกล้รอยเลื่อน ซึ่งทำให้น้ำเข้าไปเร่งการคลายตัวของรอยเลื่อนที่ฝืดอยู่

1.2 แนวการเกิดแผ่นดินไหว

1.2.1 ศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (Focus) หมายถึง จุดเริ่มต้นของการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งความลึกของศูนย์เกิดแผ่นดินไหวจากพื้นผิวโลก สามารถแบ่งออกได้ 3 ระดับ คือ แผ่นดินไหวระดับลึก (Deep-Focus Earthquake) แผ่นดินไหวระดับปานกลาง (Intermediate-Focus Earthquake) และแผ่นดินไหวระดับตื้น ดังนี้

1) แผ่นดินไหวระดับลึกเป็นแผ่นดินไหวที่มีศูนย์เกิดแผ่นดินไหวในระดับลึกมากกว่า 300 กิโลเมตร จากผิวโลกลงไป (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 63) พบได้ในบริเวณที่แผ่นธรณีภาคแผ่นหนึ่งมุดตัวลงใต้แผ่นธรณีภาคอีกแผ่นหนึ่ง แนวของการเกิดแผ่นดินไหวระดับนี้เป็นแนวเดียวกันกับร่องทะเลและแนวภูเขาไฟ

2) แผ่นดินไหวระดับปานกลางเป็นแผ่นดินไหวที่มีศูนย์เกิดแผ่นดินไหวในระดับปานกลาง ที่ความลึกระหว่าง 70 ถึง 300 กิโลเมตรจากผิวโลก (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 63) มักพบในบริเวณที่แผ่นธรณีภาคเคลื่อนที่แยกจากกัน เช่น สันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติก เป็นต้น

3) แผ่นดินไหวระดับต้นเป็นแผ่นดินไหวที่มีศูนย์เกิดแผ่นดินไหวในระดับตื้นที่ความลึกจากผิวโลกลงไป 70 กิโลเมตร (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 63) มักพบในบริเวณแผ่นธรณีภาคเคลื่อนที่ผ่านกัน เช่น สันเขาทางตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิก เป็นต้น

1.2.2 รอยเลื่อนมีพลัง (Active Fault) หมายถึง แนวรอยเลื่อนบนเปลือกโลกที่เคยมีการเกิดแผ่นดินไหวมาก่อนในอดีต โดยรอยเลื่อนนี้จะมีการเคลื่อนตัวของหินทั้งสองข้างหรือมีการเคลื่อนที่ออกจากกันของหินสองข้าง ซึ่งมีอายุทางธรณียาน้อยมาก (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 78) ประเทศไทยพบรอยเลื่อนที่มีพลัง ซึ่งส่วนมากอยู่ในภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศ ได้แก่ รอยเลื่อนเชียงแสน รอยเลื่อนแพร่ รอยเลื่อนแม่ทา รอยเลื่อนเถิน รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และรอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี ส่วนภาคใต้มีรอยเลื่อนระนอง และรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย

1.3 ขนาดและความรุนแรงของแผ่นดินไหว

1.3.1 ขนาดของแผ่นดินไหว ในปัจจุบันนี้คลื่นแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจะถูกเก็บข้อมูลและบันทึกโดยเครื่องวัดความไหวสะเทือน ซึ่งเครื่องมือนี้จะทำการตรวจจับคลื่นแผ่นดินไหวและบันทึกลงไปในกระดาษบันทึกความไหวสะเทือน (Seismogram) ซึ่งสามารถจดบันทึกความไหวสะเทือนที่แสดงด้วยกราฟ (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 69) นิยมบอกขนาดของแผ่นดินไหว (Earthquake magnitude) มากกว่าความรุนแรงของแผ่นดินไหว (Earthquake intensity)

ชาร์ล ริกเตอร์ (Chalen Richter) ได้เสนอวิธีกำหนดขนาดของแผ่นดินไหวแบบใหม่ ซึ่งใช้ภาพสัญญาณความไหวสะเทือนแทนแบบเก่าที่ประเมินจากความเสียหายของชีวิตทรัพย์สิน และความรู้สึกของมนุษย์ ซึ่งใช้เลขโรมัน I - XII เรียกวิธีแบบใหม่นี้ว่า มาตราริกเตอร์ (Richter scale) มาตราริกเตอร์ใช้เลขอารบิก 1 - 10 (กิจการ พรหมมา, 2555 : 242) แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวตามมาตราริกเตอร์

มาตราริกเตอร์	การจัดระดับ	ผลกระทบ	อัตราการเกิดทั่วโลก
น้อยกว่า 1.9	ไม่รู้สึก	ไม่มี ไม่สามารถรู้สึกได้	8,000 ครั้ง/วัน
2.0 - 2.9	เบามาก	คนทั่วไปมักไม่รู้สึก แต่ก็สามารถรู้สึกได้บ้าง และตรวจจับได้ง่าย	1,000 ครั้ง/วัน
3.0 - 3.9	เบา	คนส่วนใหญ่รู้สึกได้ และบางครั้งสามารถสร้างความเสียหายได้บ้าง	49,000 ครั้ง/ปี
4.0 - 4.9	เบา/ไม่แรง	ข้าวของในบ้านสั่นไหวชัดเจน สามารถสร้างความเสียหายได้ปานกลาง	6,200 ครั้ง/ปี
5.0 - 5.9	ปานกลาง	สร้างความเสียหายได้มากกับสิ่งก่อสร้างไม่มั่นคง แต่กับสิ่งก่อสร้างที่มั่นคงนั้นไม่มีปัญหา	800 ครั้ง/ปี
6.0 - 6.9	แรง	สร้างความเสียหายที่ค่อนข้างรุนแรงได้ในรัศมีประมาณ 80 กิโลเมตร	120 ครั้ง/ปี
7.0 - 7.9	รุนแรง	สามารถสร้างความเสียหายรุนแรงในบริเวณกว้าง	18 ครั้ง/ปี

ตารางที่ 3.1 ขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวตามมาตราริกเตอร์ (ต่อ)

มาตราริกเตอร์	การจัดระดับ	ผลกระทบ	อัตราการเกิดทั่วโลก
8.0 - 8.9	รุนแรงมาก	สร้างความเสียหายรุนแรงในรัศมี 100 กิโลเมตร	1 ครั้ง/ปี
9.0 - 9.9	ยอตรุนแรง	ล้างผลาญทุกสิ่งทุกอย่างในรัศมี 1,000 กิโลเมตร	1 ครั้ง/ 20 ปี
10.0 ขึ้นไป	ทำลายล้าง	ไม่มีบันทึกความเสียหายไว้ (ไม่ทราบจำนวนครั้งที่เกิด)	เกิดยากมาก

ที่มา : ปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชูวงศ์, 2558 : 23

1.3.3 ความรุนแรงของแผ่นดินไหว

ความรุนแรงของแผ่นดินไหว จะกำหนดจากผลกระทบที่เกิดขึ้นหรือความเสียหายจากสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดจากแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นบนพื้นโลก ณ จุดสังเกต โดยเทียบหาอันดับความรุนแรงได้จากมาตราเมอร์คัลลีที่ปรับปรุงแล้ว (Modified Mercalli Scale : MM Scale) แบ่งออกเป็น 12 ระดับ (ทวิศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 74 - 77) การเทียบหน่วยขนาดของคลื่นแผ่นดินไหว คือ ริกเตอร์ ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 0 ถึงมากกว่า 8.6 ริกเตอร์ ซึ่งเป็นขนาดที่รุนแรงที่เคยบันทึกไว้ กับการวัดความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่ใช้ผลกระทบที่มีต่อคนหรือสิ่งก่อสร้างแล้วเปรียบเทียบกับหน่วยเมอร์คัลลี (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-66) แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบหน่วยริกเตอร์และเมอร์คัลลีกับผลกระทบที่เกิดขึ้น

ขนาดริกเตอร์	ความรุนแรง (เมอร์คัลลี)	ผลกระทบของแผ่นดินไหว
	I	คนไม่รู้สึกรู้สึกแต่วัดได้ด้วยเครื่องวัดที่มีความไวสูง
2.5	II	บางคนรู้สึกได้โดยเฉพาะเมื่ออยู่บนตึกสูง ลูกตุ้มแกว่งได้
	III	คนอยู่ในบ้านอาจรู้สึกได้แต่คิดว่าไม่ใช่แผ่นดินไหว รถยนต์จอดอยู่สั่นได้
3.5	IV	คนในบ้านรู้สึก ถ้าอยู่นอกบ้านจะรู้สึกได้น้อยกว่า ประตูหน้าต่างสั่น รถยนต์จอดอยู่สั่นเห็นได้ชัดเจน
	V	เกือบทุกคนรู้สึก บางคนตื่นตื่นและวิ่งออกจากตึก ถ้วยชาหมุนแตก ปล่องไฟเสียหาย
5.5	VI	ทุกคนวิ่งออกจากตึก สิ่งก่อสร้างบางชนิดถูกทำลาย รถยนต์ที่วิ่งอยู่รู้สึกสั่นได้ ความเสียหายปานกลาง
6	VII	คนตื่นตกใจมาก ทำลายสิ่งก่อสร้างไม่แข็งแรง กรอบรูปที่แขวนไว้เคลื่อนที่ คนขับรถจะรู้สึกได้

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบหน่วยริกเตอร์และเมอร์แคลลิกับผลกระทบที่เกิดขึ้น (ต่อ)

ขนาด ริกเตอร์	ความรุนแรง (เมอร์แคลลิ)	ผลกระทบของแผ่นดินไหว
7	VIII	สิ่งก่อสร้างพังทลาย พื้นแตก ท่อใต้ดินอาจจะหัก ผู้คนตกใจกันมาก
	IX	ทำลายสิ่งก่อสร้างยกเว้นพวกที่มีโครงสร้างแข็งแรงมาก พื้นดินแยกทางรถไฟบิดเบี้ยว แผ่นดินถล่ม
8	X	เฉพาะสิ่งก่อสร้างบางชนิดเท่านั้นที่จะทนอยู่ได้ สะพานพัง แผ่นดินแยก ท่อน้ำหัก ทางรถไฟบิดเบี้ยว แผ่นดินถล่ม
8.5	XI	ทุกสิ่งถูกทำลาย ผิวดินเป็นคลื่นเห็นได้ วัตถุบางชนิดถูกเหวี่ยงไปในอากาศ

ที่มา : จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-66

1.4 ผลกระทบของแผ่นดินไหว (กิจการ พรหมมา, 2555 : 247 - 253)

- 1) สิ่งปลูกสร้างถูกทำลายจากการสั่นสะเทือนจากคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิที่มีความรุนแรงมาก สร้างความเสียหายแก่สิ่งปลูกสร้างบนพื้นดิน
- 2) เกิดรอยเลื่อนใหม่ขึ้นบนผิวดิน รอยเลื่อนทำให้โครงสร้างอาคารบ้านเรือนแยกออกและระบบสาธารณูปโภคเชิงเส้นถูกตัดขาด
- 3) แผ่นดินถล่ม แผ่นดินไหวทำให้แรงเสียดทานของชั้นดินและหินลดน้อยลงจนเกิดแผ่นดินถล่ม เช่น หินร่วงและการเลื่อนไถล เป็นต้น ถ้าแผ่นดินถล่มเกิดขึ้นจำนวนมากลงไปในพื้นที่จะเกิดคลื่นสึนามิทำลายชีวิตและทรัพย์สินบริเวณชายหาดได้
- 4) แผ่นดินทรุด เมื่อเพดานของถ้ำใต้ดินเกิดทรุดตัวลงมาจะกลายเป็นหลุมยุบ โดยหลุมยุบอาจเกิดขึ้นหลังจากแผ่นดินไหวหลักยุติแล้วหลายวัน เช่น เมื่อเกิดแผ่นดินไหวที่เกาะสุมาตรา พ.ศ. 2547 มีหลุมยุบเกิดขึ้นใหม่จำนวนมากในพื้นที่ที่มีหินปูนในจังหวัดพังงาและกระบี่ เป็นต้น
- 5) ไฟไหม้ แผ่นดินไหวทำให้ท่อก๊าซแตกหักและเกิดประกายไฟลุกไหม้ เช่น พ.ศ. 2449 กรณีแผ่นดินไหวที่รัฐซานฟรานซิสโก สหรัฐอเมริกา เป็นต้น
- 6) ระบบขนส่งมวลชนถูกระงับ เช่น กรณีแผ่นดินไหวที่โตเกียว ประเทศญี่ปุ่น เมื่อวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2554 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 9.0 ริกเตอร์ รถไฟฟ้าใต้ดินและรถไฟความเร็วสูงถูกระงับบริการ เนื่องจากแผ่นดินไหวรุนแรงทำให้อุปกรณ์ของรถไฟฟ้าใต้ดินเกิดรอยร้าว และรางรถไฟความเร็วสูงบิดงอ เป็นต้น
- 7) เตปฏิกิริยานิวเคลียร์แตกรั่วและระเบิดได้ ถ้าแผ่นดินไหวทำให้ไฟฟ้าดับนาน กลไกระบบหล่อเย็นของเตปฏิกิริยานิวเคลียร์จะหยุดทำงาน ความร้อนที่หลงเหลือจะทำให้ความร้อนหรือความดันสูงขึ้นมากจนระเบิด สารกัมมันตรังสีจึงรั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อม เช่น กรณีฟูกูชิมะ-ไดอิจิ ประเทศญี่ปุ่น ใน พ.ศ. 2554 ซึ่งใช้น้ำจืดรดเตาเพื่อลดอุณหภูมิและซ่อมระบบหล่อเย็น กรณีเชอร์โนบีล ประเทศรัสเซีย ซึ่งใช้วิธีฝังกลบเตาอย่างถาวร เป็นต้น

1.5 การปฏิบัติตนเมื่อเกิดแผ่นดินไหว

เมื่อเกิดแผ่นดินไหวให้ปฏิบัติตนดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 15)

- 1) ควบคุมสติอย่าตื่นตระหนกเกินเหตุ หยุดการใช้ไฟฟ้า ไฟแช็กและไฟจากเตาแก๊ส และควรมีไฟฉายประจำอยู่ภายในบ้าน
- 2) ถ้าอยู่ภายในบ้าน ควรอยู่ห่างจากประตู หน้าต่าง กระจก และระเบียงบ้าน และให้ระวังของใช้ในบ้าน และสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ หล่นทับ เพื่อป้องกันสิ่งของร่วงหล่นใส่ ให้มุดลงไปอยู่ใต้โต๊ะที่แข็งแรง เมื่อแผ่นดินไหวให้รีบออกจากบ้านหรืออาคารทันที โดยอยู่ให้ห่างจากอาคารสูง กำแพง สะพาน และเสาไฟฟ้า ซึ่งอาจพังลงมาได้
- 3) ถ้าอยู่ในตึกสูง ให้มุดลงไปอยู่ใต้โต๊ะที่แข็งแรง เพื่อป้องกันสิ่งของร่วงหล่นใส่ อย่าวิ่งออกไปภายนอก เพราะบันไดอาจพังลงได้และห้ามใช้ลิฟต์โดยเด็ดขาด
- 4) ถ้ากำลังขับรถให้หยุดรถและอยู่ในรถจนกระทั่งแผ่นดินไหวหยุดไหว
- 5) ถ้าอยู่ใกล้ชายฝั่งทะเล ให้รีบออกจากชายฝั่งไปอยู่บนที่สูง เนื่องจากอาจมีสึนามิเกิดขึ้นได้
- 6) เรียนรู้และติดตามสถานการณ์แผ่นดินไหวจากสื่อต่าง ๆ เพื่อเตรียมพร้อมและวางแผนเตรียมรับภัยจากแผ่นดินไหวได้อย่างมีสติและปลอดภัย

2. สึนามิ (Tsunami)

สึนามิเป็นคำมาจากภาษาญี่ปุ่น โดยที่คำว่า “Tsu” หมายถึง “Harbor” แปลว่า “อ่าว ฝั่ง หรือท่าเรือ” ส่วนคำว่า “Nami” หมายถึง “คลื่น” ดังนั้น สึนามิ หมายถึง คลื่นที่เคลื่อนตัวเข้าสู่อ่าว ฝั่ง หรือท่าเรือ สึนามิเป็นคลื่นชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นค่อนข้างมาก และช่วงห่างระยะเวลาของคลื่นแต่ละลูกคลื่นยาวนาน เกิดจากการเคลื่อนตัวของพื้นทะเลในแนวตั้ง จมตัวลงในแนวรอยเลื่อน หรือการแทนที่ทางแนวตั้งของมวลของน้ำ มวลวัตถุ สึนามิสัมพันธ์กันกับการเกิดแผ่นดินไหว แผ่นดินถล่ม หรือการระเบิดของภูเขาไฟใต้ทะเล หรือแม้กระทั่งการกระทบของอนุภาคนิวเคลียร์ขนาดใหญ่ เช่น อุกกาบาต เป็นต้น สามารถก่อให้เกิดคลื่นสึนามิได้ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-69)

2.1 สาเหตุของการเกิดสึนามิ

สาเหตุของการเกิดคลื่นสึนามิ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ คลื่นสึนามิจากแผ่นดินไหว (Seismic tsunami) และคลื่นสึนามิไร้แผ่นดินไหว (Non-seismic tsunami) ดังนี้ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-69)

2.1.1 คลื่นสึนามิจากแผ่นดินไหว สึนามิประเภทนี้เกิดขึ้นหลังจากการเกิดแผ่นดินไหวในระดับที่รุนแรง คือ ตั้งแต่ 8.0 ริคเตอร์ขึ้นไป โดยมีจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวอยู่ใต้พื้นมหาสมุทร หรือที่บริเวณใกล้ชายฝั่งทะเล (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-69) ทฤษฎีที่ใช้อธิบายสาเหตุการเกิดคลื่นสึนามิจากแผ่นดินไหวมี 2 ทฤษฎี ดังนี้ (กิจการ พรหมมา, 2555 : 263 - 265)

2.1.1.1 ทฤษฎีรอยเลื่อนเคลื่อนตัวขึ้นดันน้ำอย่างฉับพลัน

1) ทฤษฎีน้ำทะเลไหลลงร่องที่รอยเลื่อน แผ่นดินไหวทำให้พื้นท้องทะเลเกิดการเลื่อนตามรอยเลื่อนเป็นช่องว่างหรือร่องขนาดใหญ่ ทำให้น้ำทะเลปริมาณมากไหลลงไปรวมกันในร่อง ระดับน้ำทะเลที่ชายหาดลดลงอย่างรวดเร็ว จากนั้นจะเกิดการกระเพื่อมของน้ำทะเลเป็นคลื่นสึนามิกลับขึ้นสู่ชายฝั่ง

2) ทฤษฎีน้ำทะเลกระเพื่อมขึ้น พื้นท้องทะเลเกิดการเลื่อนขึ้นตามรอยเลื่อนย้อนกลับอย่างกะทันหัน จนทำให้น้ำทะเลกระเพื่อมขึ้นไปสู่ผิวน้ำทะเลอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นคลื่นยักษ์ 2 ทิศทางตามแนวระดับของระนาบรอยเลื่อน และหนีออกจากรอยเลื่อนนั้น คลื่นนี้จะเคลื่อนที่ไปจากจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวเข้าสู่ชายฝั่งอีกทีหนึ่ง

3) ทฤษฎีเปลือกโลกสะบัดตัว เมื่อเกิดแผ่นดินไหวพลังงานที่สะสมไว้จะระบายออกมา การโก่งตัวของแผ่นเปลือกโลกจะหายไปเป็นรูปร่างเดิมตามทฤษฎียืดหยุ่น กลับเรียกว่า การสะบัดตัว เกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดจนทำให้น้ำทะเลกระเพื่อม เกิดเป็นคลื่นสึนามิ

2.1.1.2 ทฤษฎีคลื่นแผ่นดินไหวเคลื่อนที่ในน้ำทะเลขึ้นสู่ฝั่ง คลื่นแผ่นดินไหวจะเคลื่อนที่ออกจากศูนย์เกิดแผ่นดินไหวผ่านตัวกลางที่เป็นหินไปสู่ผิวน้ำทะเล ที่บริเวณรอยต่อระหว่างน้ำทะเลและหินพื้นท้องทะเล จะส่งต่อพลังงานจากจุดหนึ่งไปยังจุดถัดไป จากทะเลลึกเข้าสู่ชายฝั่ง คลื่นสึนามิไม่ได้พัดกวาดเอาตะกอนท้องทะเลลึกเข้าสู่ชายฝั่ง แต่เป็นเพียงคลื่นที่พัดผ่านตัวกลาง คือ น้ำ ดังนั้น เรือที่ลอยอยู่นอกฝั่งจึงไม่รู้สึกรู้ว่า มีคลื่นสึนามิผ่านไป

2.1.2 คลื่นสึนามิไร้แผ่นดินไหว แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เกิดจากปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ และเกิดจากการกระทำของมนุษย์ ปรากฏการณ์ตามธรรมชาติที่อาจก่อให้เกิดคลื่นสึนามิได้ เช่น การเกิดแผ่นดินถล่มขนาดใหญ่ใล้น้ำทะเล การปะทุอย่างรุนแรงของภูเขาไฟใต้ทะเลหรือบนเกาะในทะเล การพังทลายของอุกกาบาตลงบนพื้นน้ำในมหาสมุทร สำหรับตัวอย่างการเกิดของคลื่นสึนามิที่มีสาเหตุมาจากการกระทำของมนุษย์ คือ การทดลองระเบิดปรมาณูของสหรัฐอเมริกาที่เกาะบิกินี ในหมู่เกาะมาเรียนา แอลส์ กลางมหาสมุทรแปซิฟิก แล้วเกิดแรงสั่นสะเทือนทำให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่ที่เคลื่อนตัวมาถึงชายฝั่งของประเทศฟิลิปปินส์

2.3 ผลกระทบของสึนามิ (กิจการ พรหมมา, 2555 : 271 - 272)

1) ระบบขนส่งมวลชนถูกระงับ เช่น กรณีประเทศญี่ปุ่น เมื่อวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2554 หลังเกิดแผ่นดินไหวและคลื่นสึนามิที่เมืองเซนได รัฐสั่งระงับการเดินทางโดยรถไฟใต้ดินและรถไฟความเร็วสูงในมหานครโตเกียวและปริมณฑล เป็นต้น เส้นทางคมนาคมถูกตัดขาด ถนน และลานบินถูกน้ำท่วม มีเศษซากปรักหักพังทั่วมุมทั่วไป ประชาชนเดินทางผ่านไม่ได้ แม่น้ำทะเลจะแห้งแล้ว

2) ติดต่อสื่อสารกันไม่ได้ เมื่อเสาสัญญาณโทรศัพท์พังทลาย ประชาชนไม่สามารถติดต่อกันทางโทรศัพท์ จะทำให้เกิดความวิตกกังวลกับญาติพี่น้องที่อยู่ห่างไกล

3) ระบบสาธารณูปโภคที่ชำรุด น้ำไม่ไหลและไฟดับ

4) ไร้ที่อยู่อาศัย ผู้ประสบภัยที่บ้านถูกคลื่นสึนามิทำลาย ต้องหาที่อยู่ใหม่

5) เรือพลิกคว่ำ เรือขนาดเล็กที่จอดเทียบท่าอยู่ในอ่าวจะพลิกคว่ำ ถ้าคลื่นแรงเรือจะถูกพัดขึ้นบกไปไกลหลายร้อยเมตร แต่ถ้าคลื่นเบา เรือจะโคลงเคลงและชนกันจนล่มได้

6) ผลผลิตทางการเกษตรเสียหาย น้ำทะเลผสมซากปรักหักพังและทรายทำลายพืชผลทางการเกษตร ต้องใช้เวลาฟื้นฟูนานหลายเดือน น้ำทะเลอาจทำให้ดินเค็มมากขึ้นกว่าเดิมเป็นปัญหาระยะยาวที่ทำให้ดินเสื่อมคุณภาพ

2.4 การปฏิบัติตนเมื่อเกิดสึนามิ

ข้อควรปฏิบัติเมื่อเกิดสึนามิ มีดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 19)

- 1) เมื่อมีคำเตือนเรื่องการเกิดสึนามิ ถ้าบ้านเรือนอยู่ริมทะเลให้รีบออกจากบ้านไปอยู่ในที่ที่ปลอดภัยห่างจากทะเลหรือไปอยู่บนที่สูงริมทะเล หรือตามสถานที่ที่เจ้าหน้าที่ได้จัดไว้ให้
- 2) เมื่อมีคำเตือนเรื่องการเกิดสึนามิให้อยู่ห่างจากพื้นที่ลุ่มต่ำริมทะเลและถ้าอยู่ในทะเลให้นำเรือออกสู่ทะเลลึก โดยพยายามติดต่อเจ้าหน้าที่ชายฝั่งทั้งก่อนออกไปทะเลลึก และการนำเรือกลับเข้าฝั่ง
- 3) ถ้าอยู่บริเวณหาดทรายชายทะเลและมีความรู้สึว่า เกิดแผ่นดินไหวให้รีบขึ้นฝั่งทันที และรีบขึ้นไปอยู่บนที่สูงในพื้นที่ข้างเคียง โดยไม่ต้องรอสัญญาณเตือนภัยสึนามิ
- 4) ให้อยู่ห่างจากแม่น้ำหรือทางน้ำที่เชื่อมต่อกับทะเล เนื่องจากกระแสน้ำจากสึนามิอาจซัดสาตเป็นอันตรายได้
- 5) โดยทั่วไปสึนามิจะเกิดหลังจากเกิดแผ่นดินไหวเป็นระยะเวลาานพอสมควร ซึ่งประชาชนมีเวลาเพียงพอที่จะอพยพขึ้นไปอยู่บนที่สูงได้ โดยระดับน้ำทะเลที่ลดลงทันทีทันใดอย่างผิดปกติและการสั่นไหวของแผ่นดินจะเป็นปรากฏการณ์บ่งชี้การเกิดสึนามิได้

3. ภูเขาไฟ (Volcano)

กระบวนการเกิดภูเขาไฟ (Volcanism) หมายถึง ปรากฏการณ์หรือกระบวนการทางธรณีภายในโลก ซึ่งเกี่ยวข้องกับการปะทุของของหินหนืดที่อยู่ใต้พื้นโลก ถูกแรงดันให้เคลื่อนที่แทรกตามรอยแตกสู่พื้นผิวของเปลือกโลก โดยมีแรงปะทุหรือแรงระเบิดเกิดขึ้น เป็นกระบวนการที่รุนแรงและทำให้เกิดแผ่นดินไหวติดตามมาด้วยเสมอ ประเทศไทยไม่มีภูเขาไฟมีพลัง ซึ่งเป็นภูเขาไฟที่ดับสนิท ไม่มีโอกาสที่จะปะทุขึ้นมาได้อีกจึงไม่มีอันตราย แต่ประเทศเพื่อนบ้านยังมีภูเขาไฟมีพลังอยู่ ได้แก่ เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย และหมู่เกาะฟิลิปปินส์ ซึ่งทั้ง 2 แห่งนี้อยู่ใกล้กับประเทศไทยมากที่สุด เมื่อภูเขาไฟเหล่านี้ระเบิด อันตรายจึงเข้ามาในประเทศไทยได้ เช่น กรณีภูเขาไฟปินาตุโโบ ประเทศฟิลิปปินส์ ที่ระเบิดแล้วทำให้ฝุ่นภูเขาไฟตกลงมาในหลายจังหวัดในภาคใต้ของไทย เป็นต้น

3.1 ประเภทของภูเขาไฟ

3.1.1 การจำแนกภูเขาไฟตามพลังงาน

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2555 : 12-62) อธิบายถึงการจำแนกภูเขาไฟตามพลังงาน แบ่งเป็น 3 แบบ คือ ภูเขาไฟมีพลัง ภูเขาไฟกำลังมอดลง และภูเขาไฟมอด ซึ่งสอดคล้องกับทวิศศักดิ์ บุญบุชาไชย (2561 : 87) ที่กล่าวถึงการจำแนกชนิดของภูเขาไฟ โดยใช้เกณฑ์ระยะเวลาของการปะทุของภูเขาไฟ ซึ่งมีรายละเอียดสรุปดังนี้

1) **ภูเขาไฟที่ดับสนิทแล้ว หรือภูเขาไฟสิ้นพลัง (Extinct Volcanoes)** เป็นภูเขาไฟที่ในอดีตเคยเกิดการระเบิด หรือมีการปะทุเอาหินหลอมละลายออกมา หลังจากนั้นก็ไม่เคยมีการระเบิดอีกเลย และคาดว่าจะไม่มีการระเบิดอีกแล้ว

2) **ภูเขาไฟสงบ (Dormant Volcanoes)** เป็นภูเขาไฟที่ครั้งหนึ่งในอดีตเคยระเบิด แต่ในปัจจุบันได้หยุดการระเบิดลง และคาดว่าจะในอนาคตจะยังคงมีการระเบิดอีกต่อไป เมื่อมีพลังเพิ่มขึ้นใหม่ก็อาจจะระเบิดได้อีก เช่น ภูเขาไฟฟูจิ ประเทศญี่ปุ่น ภูเขาไฟปาริคูติน ประเทศเม็กซิโก เป็นต้น

3) **ภูเขาไฟมีพลัง (Active Volcanoes)** เป็นภูเขาไฟที่มีการระเบิดค่อนข้างถี่ และมีแนวโน้มที่จะระเบิดอีก โดยมีประวัติการระเบิดของภูเขาไฟไม่เกิน 10,000 ปีที่ผ่านมา ภูเขาไฟที่อยู่ในลักษณะนี้ เช่น ภูเขาไฟม้าน้ำ และคีลาแว ในหมู่เกาะฮาวาย ภูเขาไฟเซนต์เฮเลน รัฐวอชิงตัน สหรัฐอเมริกา เป็นต้น

3.1.2 การจำแนกตามรูปร่าง

รูปร่างของภูเขาไฟ แบ่งออกเป็น 4 ประเภท สรุปได้ดังนี้ (กิจการ พรหมมา, 2555 : 274; จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-62 – 12-63 และทวีศักดิ์ บุญบูชาไชย, 2561 : 93)

1) **ที่ราบสูงบะซอลต์ (Basalt plateau)** เป็นเนินราบของหินบะซอลต์ คล้ายกับเป็นที่ราบสูง เกิดจากลาวาที่เหลวมากไหลบ่าไปทับถมกันเป็นที่สูงกว่าบริเวณข้างเคียง เช่น ที่ราบสูงแม่น้ำโคลัมเบียทางตะวันออกของรัฐวอชิงตัน โอเรกอน เนวาดา และไดาโฮ ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีพื้นที่มากกว่า 161,000 ตารางกิโลเมตร ภูเขาไฟครบุรีในจังหวัดนครราชสีมา มีลักษณะคล้ายกับที่ราบสูงบะซอลต์ เป็นต้น

2) **ภูเขาไฟรูปโล่ (Shield volcano)** เป็นภูเขาไฟที่มีความสูงน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับความกว้างของฐาน ความลาดชันเล็กน้อยทำให้มีลักษณะคล้ายโดมหรือกระทะคว่ำ ภูเขาไฟประเภทนี้เกิดจากการไหลหลากของลาวา พอกเป็นชั้น ๆ รอบ ๆ ปล่องภูเขาไฟ ส่วนมากจะประกอบด้วยลาวาบะซอลต์ เช่น ภูเขาไฟมาอูนาเลา หมู่เกาะฮาวาย เขาพนมรุ้งหรือภูพระอังคาร เป็นต้น

3) **ภูเขาไฟรูปกรวย (Cinder cone volcano)** เป็นภูเขาไฟทรงกรวยคว่ำ มีความลาดชันสูง และมียอดปล่องภูเขาไฟกว้างมาก ตรงกลางปล่องเป็นแอ่งตื้น ๆ ภายในประกอบด้วยกรวดภูเขาไฟ และเถ้าธุลีภูเขาไฟ ในการพ่นตะกอนออกมาแต่ละครั้ง อาจมีทั้งชิ้นส่วนขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เช่น ภูเขาไฟพาริคูติน ในประเทศเม็กซิโก ภูเขาไฟในประเทศไอซ์แลนด์ ประเทศนิวซีแลนด์ และฮาวาย เป็นต้น

4) **กรวยภูเขาไฟสลับชั้น (Composite volcano)** ภูเขาไฟทรงสูง รูปโดม ยอดแหลมและมีชั้นสลับกันระหว่างกรวดภูเขาไฟและลาวา เช่น ภูเขาไฟฟูจิ ประเทศญี่ปุ่น ภูเขาไฟวิสชูเวียสและสตอมบอลี ประเทศอิตาลี ภูเขาไฟเอ็ตนาและมายอน ประเทศฟิลิปปินส์ ภูเขาไฟเซนต์เฮเลน ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น

3.2 การระเบิดของภูเขาไฟ

ภูเขาไฟเกิดจากการปะทุของแมกมา ก๊าซ และเถ้าถ่านที่อยู่ใต้เปลือกโลก แทรกดันออกมาสู่ผิวของเปลือกโลก แมกมาจะหลอมละลายมีอุณหภูมิมากกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ปะปนไปกับเถ้าถ่าน ก๊าซ และไอน้ำร้อน ถูกพ่นออกมาทางปล่องภูเขาไฟ แมกมาที่ระเบิดออกมาสู่พื้นผิวโลกนี้เรียกว่า “ลาวา (Lava)” ลาวาจะมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 700 – 1,250 องศาเซลเซียส และมีความดันน้อยกว่าแมกมา (กิจการ พรหมมา, 2555 : 275) ลาวาเป็นสารที่มีสารประกอบซิลิกา (SiO_2) เป็นองค์ประกอบหลัก เป็นของเหลวเมื่อขึ้นสู่พื้นผิวโลก ลาวาจะมีความแตกต่างกับแมกมาตรงที่ว่า ลาวามีการสูญเสียปริมาณก๊าซให้กับบรรยากาศหรือมหาสมุทร ทำให้ลาวามีความหนืดน้อยกว่าแมกมา (ทวีศักดิ์ บุญบูชาไชย, 2561 : 91)

3.3 ผลกระทบจากภูเขาไฟ (ทวิศศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 95) สรุปได้ดังนี้

- 1) ทำลายชีวิตและทรัพย์สิน
- 2) กลุ่มควันและเถ้าของภูเขาไฟที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ จะส่งผลให้ภูมิอากาศของโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง
- 3) กลุ่มก๊าซที่ได้จากภูเขาไฟระเบิด เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะทำให้เกิดฝนกรด และภาวะเรือนกระจก
- 4) เถ้าของภูเขาไฟที่ปะทุออกมา เมื่อมีฝนตกหนัก เถ้าเหล่านั้นจะกลายเป็นโคลนไหลลงมาทับถมบ้านเรือนที่อยู่ในบริเวณนั้นได้รับความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สิน
- 5) การระเบิดของภูเขาไฟที่รุนแรง ทำให้บางส่วนของภูเขาไฟถล่มลงในมหาสมุทรทำให้เกิดคลื่นสึนามิขึ้นได้

สรุปท้ายบท

โครงสร้างภายในของโลกแบ่งตามลักษณะทางกายภาพเป็น 4 ส่วน คือ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มีโซสเฟียร์ และแก่นโลก โครงสร้างภายในของโลกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามองค์ประกอบทางเคมี คือ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก ธรณีภาคเป็นส่วนนอกสุดของโลกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เปลือกโลกทวีป และเปลือกโลกสมุทร การเคลื่อนที่ของธรณีภาคเกิดขึ้นจากการพาความร้อนของหินหนืดภายในโลกตามทฤษฎีวงจรรการพาความร้อน จำแนกรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีภาคออกเป็น 3 รูปแบบ คือ การเคลื่อนเข้าหากันของแผ่นธรณี การเคลื่อนแยกออกจากกันของแผ่นธรณี และการเคลื่อนของแผ่นธรณีผ่านกัน แผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากันมี 3 รูปแบบ คือ แผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีมหาสมุทร แผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีทวีป และแผ่นธรณีทวีปกับแผ่นธรณีทวีป ซึ่งการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นธรณี จะมีแผ่นหนึ่งจมลงไปได้อีกแผ่นหนึ่ง แผ่นที่จมลงไปสู่ใต้ผิวโลกจะหลอมละลายกลายเป็นหินหนืด ซึ่งจะดันแทรกขึ้นมาสู่ผิวโลกในรูปแบบของการปะทุ ซึ่งการเคลื่อนที่อาจทำให้เกิดปรากฏการณ์ทางธรณี ได้แก่ แผ่นดินไหว สึนามิ และภูเขาไฟระเบิด

คำถามทบทวน

1. อธิบายโครงสร้างภายในของโลก และบอกประโยชน์ของการศึกษาโครงสร้างภายในโลก
2. หลักฐานอะไรบ้างที่สนับสนุนแนวความคิดเกี่ยวกับทฤษฎีแผ่นธรณีภาคเคลื่อน
3. การค้นพบซากดึกดำบรรพ์ของพืชตระกูลเฟิร์น ชื่อ กลอสซอพอเทอริส ในแผ่นดินของทวีปแอฟริกา ทวีปเอเชีย และทวีปออสเตรเลีย สามารถบอกความเป็นมาของแผ่นทวีปได้อย่างไร
4. อธิบายการเกิดเทือกเขาหิมาลัย ในทวีปเอเชีย ซึ่งเป็นเทือกเขาที่มีความสูงมาก
5. รอยเลื่อนซานแอนเดรียส ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา เกิดขึ้นได้อย่างไร
6. การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีภาค ทำให้เกิดปรากฏการณ์ทางธรณีอะไรบ้าง
7. เพราะเหตุใด ภูเขาไฟระเบิดและแผ่นดินไหว จึงมักเกิดตามแนวการมุดตัวของแผ่นธรณีภาค
8. เราควรปฏิบัติตัวอย่างไรเมื่อเกิดแผ่นดินไหว
9. สึนามิมีลักษณะการเกิดอย่างไร เพราะเหตุใดจึงมีอันตรายสูงเมื่อคลื่นสึนามิอยู่ใกล้ชายฝั่ง
10. ภูเขาไฟมีพลังมีความหมายว่าอย่างไร อธิบาย

เอกสารอ้างอิง

- กิจการ พรหมมา. (2555). **ธรณีวิทยา สำหรับวิศวกร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2555). **ประมวลสาระชุดวิชา หน่วยที่ 11 - 15 ฟิสิกส์และดาราศาสตร์ สำหรับครู**. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ทวีศักดิ์ บุญบูชาไชย. (2561). **โลก ดาราศาสตร์ อวกาศ**. นนทบุรี : โรงพิมพ์เพิ่มทรัพย์การพิมพ์.
- ปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชูวงศ์. (2558). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท ด้านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.
- พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตสถานราชบัณฑิตสถาน**, กรุงเทพฯ , 2544.
- สง่า ตั้งขวาล. (2555). **ธรณีวิศวกรรม ขั้นพื้นฐาน**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548). **โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย. (2546). **ธรณีวิทยานำรู้**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- Bunopas, S., Vella, P., 1983. **Tectonic and geologic evolution of Thailand**. In: Nutlaya, P. (ed.). **Proceedings of the Workshop on Stratigraphic Correlation of Thailand and Malaysia**, Haad Yai, Thailand, 8-10 September 1983, Technical Paper 1, 307-323.