เอกสารประกอบการฝึกอบรม
เชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความรู้

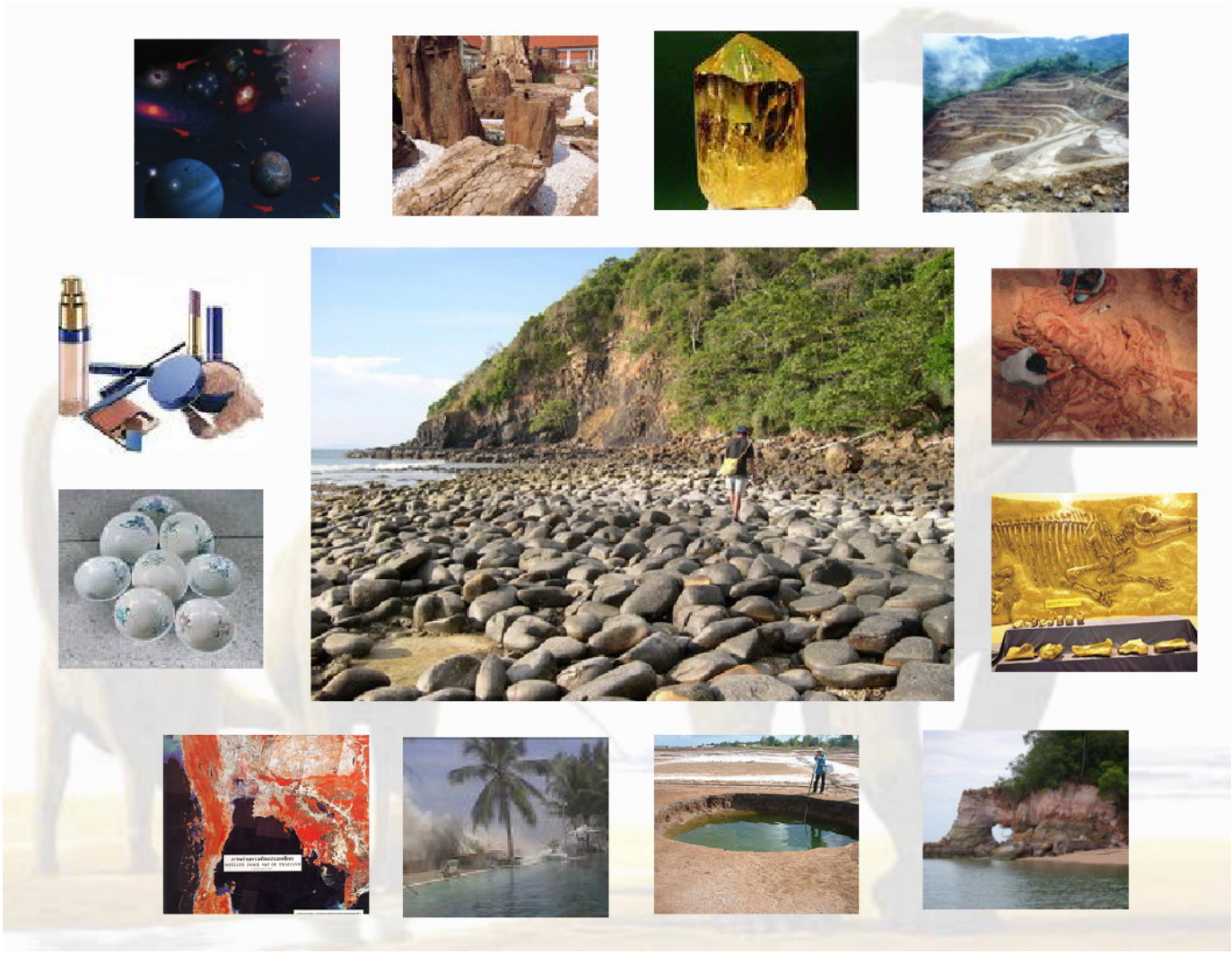
# ธรณีวิทยาสู่ครูวิทยาศาสตร์

มกราคม ๒๕๕๑

กรมทรัพยากรธรณี

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

# ธรณีวิทยาสู่ครูวิทยาศาสตร์



เลิศสิน รักษาสกุลวงศ์ สันต์ อัศวพัชระ
ภักดิ์ ทรงเจริญ สุวภาคย์ อิ่มสมุทร
วีรยา เลิศนอก

**กรมทรัพยากรธรณี**

**กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**

**มกราคม 2551**

**อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี**
นายอภิชัย ชวเจริญพันธ์

**ผู้อำนวยการสำนักธรณีวิทยา**
นางเบญจวรรณ จารุกลัส

**จัดพิมพ์โดย** สำนักธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี
ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 02-621-9840 โทรสาร 02-621-9842

**พิมพ์ครั้งที่ 2** มกราคม 2551
จำนวน 1,500 เล่ม

**ข้อมูลการลงรายงานบรรณานุกรม**

เลิศสิน รักษาสกุลวงศ์
ธรณีวิทยาสู่ครูวิทยาศาสตร์ /โดย เลิศสิน รักษาสกุลวงศ์ สันต์ อัศวพัชระ ภักดิ์ ทรงเจริญ สุวภาคย์ อิ่มสมุทร และวีรยา เลิศนอก. --กรุงเทพฯ: สำนักธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 2551.
91 หน้า.
ISBN 978-974-226-421-5

# สารจาก
# อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี

ปัจจุบันการศึกษาของนักเรียนระดับต่างๆ ในประเทศไทยได้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง โดยเพิ่มความสำคัญของนักเรียนให้เป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้และได้เพิ่มการเรียนการสอนในเชิงวิเคราะห์และปฏิบัติมากขึ้น ครูหรืออาจารย์ผู้สอนจำเป็นต้องมีองค์ความรู้ชัดเจนและหลากหลายเพียงพอที่จะถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจต่างๆ ให้แก่นักเรียนเพื่อตอบสนองลักษณะของการศึกษาดังกล่าว และจากการเปลี่ยนหลักสูตรใหม่ในการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ได้เพิ่มวิชาความรู้รอบตัวมนุษย์ ซึ่งได้แก่ความรู้ทางด้านโลกและการเปลี่ยนแปลง ทรัพย์ในดินสินในน้ำ ซึ่งทั้งหมดเป็นส่วนหนึ่งขององค์ความรู้ทางธรณีวิทยาที่ถือว่าเป็นวิชาใหม่ที่ครูหรืออาจารย์ผู้สอนประสบปัญหาความเข้าใจพื้นฐานทางทฤษฎี ภาคปฏิบัติการและการอธิบายถึงประโยชน์ทางธรณีวิทยา ซึ่งเมื่อมีข้อสงสัยของนักเรียนในเรื่องดังกล่าว จะทำให้มีการตอบปัญหาที่ไม่ชัดเจนนัก

นอกจากนี้ ตามแนวทางของการศึกษาของนักเรียนและประชาชนทั่วไปในอนาคตจะมีการนำเรื่องของธรณีพิบัติภัยชนิดต่างๆ เช่นแผ่นดินไหว ดินถล่ม หลุมยุบ เข้าเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรการเรียนรู้ของนักเรียนและบุคคลทั่วไปด้วย ซึ่งความเข้าใจในเรื่องดังกล่าวจำเป็นต้องมีการสร้างพื้นฐานความเข้าใจที่ถูกต้องและมีตัวอย่างให้เห็นชัดเจนให้แก่ครูหรืออาจารย์ผู้สอน โดยหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องโดยตรงทั้งนี้เพื่อการเผยแพร่ความรู้ที่ถูกต้อง มีประโยชน์ และสามารถดำเนินการได้อย่างเป็นรูปธรรม

ยิ่งไปกว่านั้น ความเข้าใจในการสำรวจ ขุดค้น อนุรักษ์ และการพัฒนาซากดึกดำบรรพ์ที่มีความสำคัญยิ่ง เช่น ไดโนเสาร์ ปลาโบราณ กระดองเต่าโบราณ และอื่นๆ ที่เป็นสมบัติที่มีค่าของจังหวัดต่างๆ ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นของครูหรืออาจารย์ที่ทำการสอนในโรงเรียนที่อยู่ในจังหวัดดังกล่าวอีกด้วย เนื่องจากได้เผยแพร่ความเข้าใจ ในวิธีการอนุรักษ์และการดูแลแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่มีความสำคัญและเป็นธรรมชาติที่หายากของโลก และเป็นแหล่งอารยธรรมโบราณให้แก่ประชาชนในจังหวัดถิ่นฐานอีกด้วย

กรมทรัพยากรธรณีซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบองค์ความรู้ทางด้านธรณีวิทยา ธรณีพิบัติภัยและการบริหารจัดการซากดึกดำบรรพ์ ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาความรู้ทางธรณีวิทยาของครูหรืออาจารย์ผู้สอน ทั้งทางทฤษฎี การทัศนศึกษาแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการทดลองปฏิบัติการจริง เนื่องจากเล็งเห็นว่าครูหรืออาจารย์ผู้สอนแต่ละท่านสามารถเผยแพร่ความรู้สู่นักเรียนได้มากกว่า 50 คน ซึ่งจะทำให้ความรู้ทางด้านธรณีวิทยาและสิ่งแวดล้อมขยายตัวไปสู่ประชาชนอย่างรวดเร็ว ตรงตามยุทธศาสตร์ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

นายอภิชัย ชวเจริญพันธ์
**อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี**

# สารบัญ

หน้า


คำนำ.....I

สารบัญ.....II

บทที่ 1 บทนำ.....1

บทที่ 2 จักรวาล.....3

บทที่ 3 ระบบสุริยะ.....6

3.1 ดวงอาทิตย์.....7

3.2 ดาวเคราะห์.....9

3.3 ดาวเคราะห์น้อย.....15

3.4 ดาวหาง.....16

3.5 ดาวตก.....16

3.6 ดวงจันทร์.....17

บทที่ 4 โลกของเรา.....18

4.1 กำเนิดโลก.....18

4.2 แกนหมุนของโลก.....18

4.3 สนามแม่เหล็กโลก.....19

4.4 การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก.....20

4.5 สนามแม่เหล็กโลก.....28

บทที่ 5 บรรยากาศ.....34

5.1 กำเนิดของบรรยากาศ.....34

5.2 ชั้นบรรยากาศ.....34

5.3 องค์ประกอบของบรรยากาศ.....36

5.4 ความกดอากาศ.....38

บทที่ 6 หิน.....39

6.1 หินอัคนี.....39

6.2 หินตะกอน.....42

6.3 หินแปร.....43

6.4 วัฏจักรของหิน.....45

6.5 แหล่งหินในประเทศไทย.....46

บทที่ 7 ดิน.....48

บทที่ 8 แร่.....50

8.1 คุณสมบัติของแร่.....50

8.2 แร่ประกอบหิน.....51

8.3 แร่โลหะ.....53

8.4 แร่อโลหะ.....56
8.5 แร่เชื้อเพลิง.....57
8.6 แร่รัตนชาติ.....59
8.7 การตรวจสอบแร่.....65
บทที่ 9 ซากดึกดำบรรพ์.....68
9.1 ประโยชน์ของซากดึกดำบรรพ์.....68
9.2 ไดโนเสาร์ในประเทศไทย.....69
9.3 ธรณีกาล.....73
บทที่ 10 ธรณีพิบัติภัย.....75
10.1 ดินถล่ม.....75
10.2 แผ่นดินไหว .....78
10.3 คลื่นยักษ์ .....87
10.4 หลุมยุบ.....90
เอกสารอ้างอิง.....92

# บทที่ 1 บทนำ

## ธรณีวิทยาคืออะไร

ธรณีวิทยา เป็นแขนงหนึ่งของวิชาทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวถึงแนวความคิดพื้นฐานและหลักของวิทยาศาสตร์ทางกายภาพในระดับกว้างมากกว่าที่จะเจาะจงไปในรายละเอียดเหมือนวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น โดยมีวัตถุประสงค์ของวิชา เพื่อเข้าใจถึงประวัติศาสตร์ของโลก สิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัว รวมไปถึงกระบวนการต่างๆและอิทธิพลของธรรมชาติที่มีต่อความเป็นอยู่ของมนุษยชาติ

***ธรณีวิทยา* (Geology)** มาจากภาษากรีก คือ "GEO" หมายถึง โลก และ "LOGOS" หมายถึง การบรรยาย รวมความแล้ว ธรณีวิทยาเป็นวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับโลก สสารต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบของโลก เช่น แร่ หิน ดินและน้ำ รวมทั้ง กระบวนการต่างๆ ทางธรรมชาติซึ่งเกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ตั้งแต่กำเนิดโลกจนถึงปัจจุบัน เป็นการศึกษาทั้งในระดับโครงสร้างส่วนประกอบทางกายภาพ เคมี และชีววิทยา ทำให้รู้ถึงประวัติความเป็นมาและสภาวะแวดล้อมในอดีตจนถึงปัจจุบัน ศึกษาปัจจัยต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิว วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ตลอดจนรูปแบบและวิธีการนำเอาทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

## ประโยชน์ของวิชาธรณีวิทยา

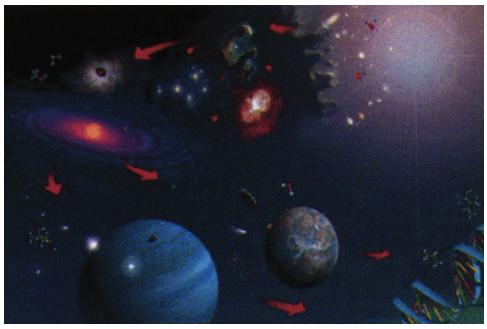
มนุษย์นำความรู้ทางธรณีวิทยามาใช้ประโยชน์ตั้งแต่สมัยโบราณจวบจนทุกวันนี้ ประโยชน์นั้นมีอยู่มากมาย กล่าวโดยสังเขปมีดังนี้

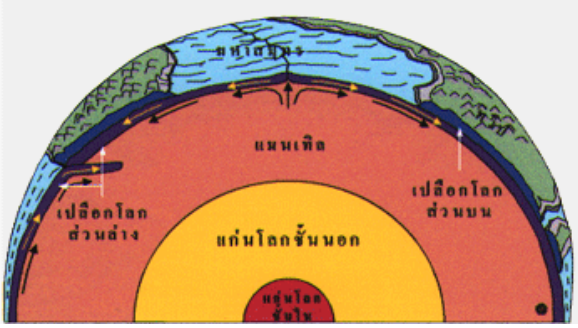
1. ในสมัยก่อนประวัติศาสตร์ มนุษย์ได้นำเอาหินมาทำเป็นเครื่องใช้ต่างๆ ตลอดจนอาวุธ ต่อมาได้ค้นพบวิธีแยกโลหะออกจากสินแร่ เข้าสู่ยุคทองแดง ยุคบรอนซ์ ยุคเหล็ก ยุคเหล็กกล้า ยุคปรมาณู และยุคอวกาศ ปัจจุบันทรัพยากรแร่ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น โลหะต่างๆ ปุ๋ย วัสดุก่อสร้าง สารเคมี แร่เชื้อเพลิง (ถ่านหิน ปิโตรเลียม และหินน้ำมัน) ฯลฯ สมรรถภาพทางด้านอุตสาหกรรมที่ต้องอาศัยทรัพยากรธรรมชาติ วิชาธรณีวิทยาจะทำให้เข้าใจธรรมชาติ รูปแบบและกำเนิดของแหล่งแร่ แหล่งเชื้อเพลิง หรือแหล่งทรัพยากรธรรมชาติดังกล่าว ซึ่งจะนำไปสู่วิธีการสำรวจที่เหมาะสมในการพัฒนาแหล่งแร่แต่ละชนิดต่อไป

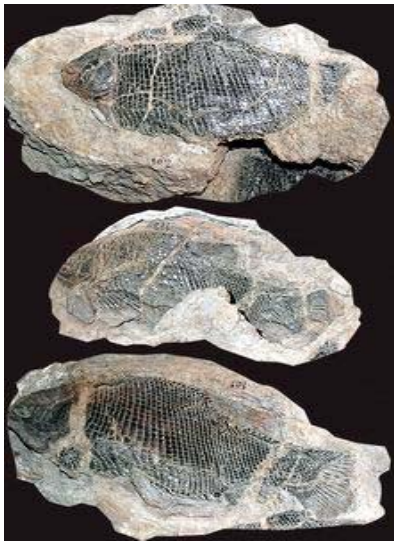
2. ช่วยในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความเข้าใจทางด้านการกระจายตัวของชนิดหินในแต่ละพื้นที่ โครงสร้างของหินที่ปรากฏบนผิวโลก ตลอดจนประวัติความเป็นมาของธรณีประวัติในพื้นที่ จะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างๆ อย่างถูกต้องและเหมาะสม อาทิ การเลือกตำแหน่งและฐานรากการก่อสร้างสาธารณูปโภคขนาดใหญ่ การวางผังเมือง งานก่อสร้างและควบคุมทางเดินของแม่น้ำ การป้องกันควบคุมการพังทลายของพื้นดินอันเนื่องมาจาก

การชะล้างของแม่น้ำและคลื่น การหาแหล่งน้ำผิวดินและใต้ดินเพื่อการอุปโภค บริโภค การเลือกสรรพื้นที่กำจัดขยะ รวมไปถึงการพัฒนาสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ

3. ทำให้เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงภายในโลก รวมถึงปรากฏการณ์ตามธรรมชาติที่เกิดขึ้น สามารถนำมาช่วยในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ เพื่อนำไปสู่การวางแผน ป้องกัน และแก้ไข หรือลดผลกระทบที่เกิดจากพิบัติภัยและปัญหาทางสิ่งแวดล้อม







# บทที่ 2 จักรวาล

**จักรวาล** (universe) ประกอบด้วยกาแล็กซีกลุ่มต่างๆ มากมายนับแสนนับล้านกลุ่ม เป็นบริเวณกว้างใหญ่ไพศาล **กาแล็กซี** (galaxy) ประกอบด้วย ดาวฤกษ์ ดาวเคราะห์ ดาวหางเนบิวลา กลุ่มก๊าซ ฝุ่น หมอก ควัน แต่ละกาแล็กซีอยู่ห่างเป็นล้านๆ ปีแสง (1 ปีแสง มีระยะทางการเดินของแสง 1 ปี เท่ากับ 9.5 ล้านล้านกิโลเมตร)

**กาแล็คซี่** มีรูปร่างแตกต่างกัน โดยเป็นผลจากความแตกต่างของแรงเหวี่ยงจากการหมุนรอบตัวเอง ทำให้มีรูปทรงไม่เป็นทรงกลมทีเดียว แต่จะมีลักษณะคล้ายจานค่อนข้างแบน โดยสามารถจัดออกเป็นกลุ่มได้ดังนี้

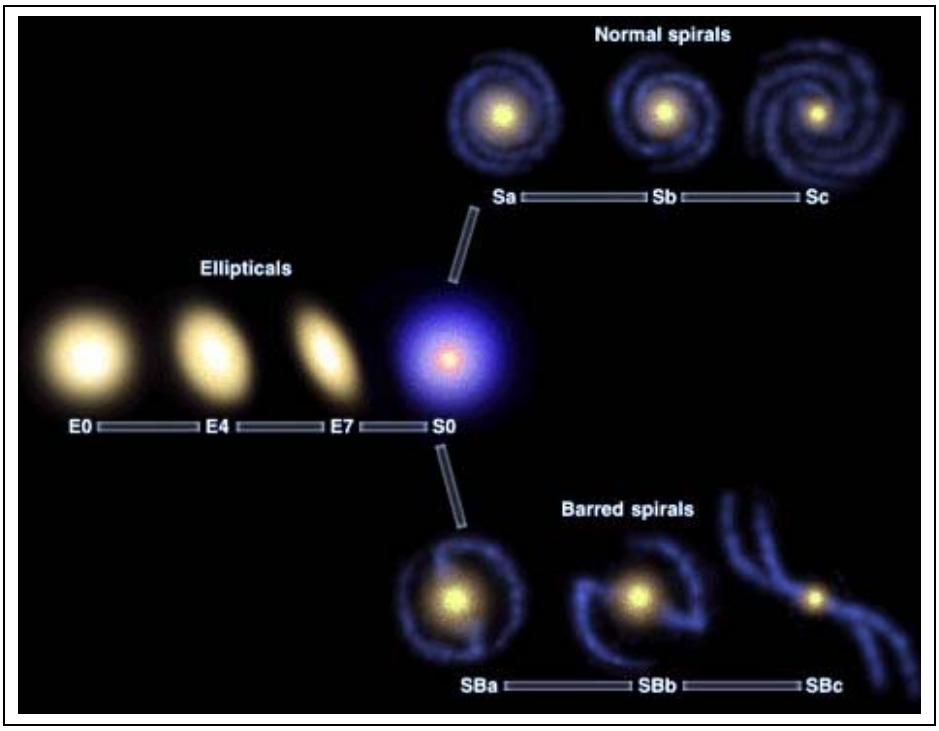
1) กาแล็คซี่รูปไข่หรือทรงรี (Elliptical Galaxy),

2) กาแล็คซี่รูปกังหัน (Spiral Galaxy) ซึ่งยังแบ่งออกเป็น

2.1) กาแล็คซี่รูปกังหันปรกติ (Normal spiral galaxy)

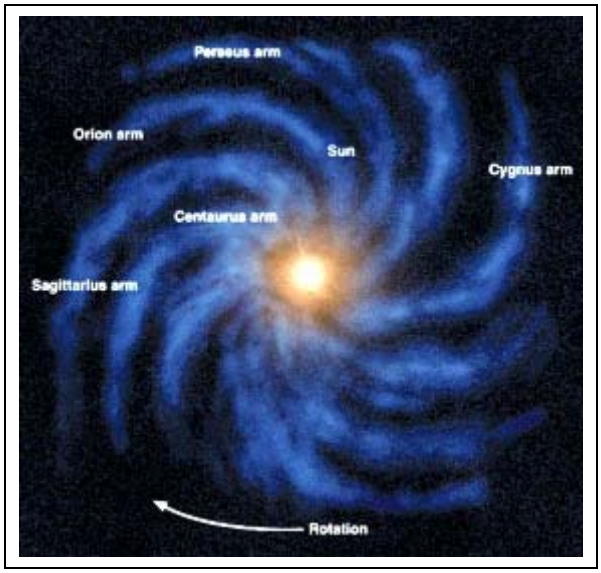
2.2) กาแล็คซี่รูปกังหันมีแขน (Barred spiral galaxy)

3) กาแล็คซี่ที่มีรูปร่างไม่แน่นอน (Irregular Galaxy)



**กาแล็กซี่ทางช้างเผือก** (the milky way galaxy) คือกาแล็คซี่ที่เราอาศัยอยู่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 100,000 ปีแสง ปัจจุบันพบว่า กาแล็คซี่ทางช้างเผือกเป็นระบบที่แบนมาก คือมีความหนาน้อยกว่าความกว้าง ประกอบด้วยดาวฤกษ์ประมาณแสนล้านดวง ก๊าซ และฝุ่นคอสมิคที่มากพอที่จะทำให้เกิดดาวฤกษ์ได้อีกหลายพันล้านดวง จากการศึกษาพบว่าแกแลคซี่ทางช้างเผือกยังคงหมุนรอบศูนย์กลางของตัวเอง ดังนั้นมวลสารต่างๆ ในแกแลคซี่จึงเคลื่อนที่วนตามไปด้วย โดยเป็นการหมุนตามเข็มนาฬิกา มีอัตราการหมุนค่อนข้างสม่ำเสมอ บรรดาดาวฤกษ์ที่อยู่ในส่วนที่แบนจะมีการเคลื่อนที่เนื่องจากการหมุนตามระยะที่อยู่ห่างจากศูนย์กลาง

สำหรับในกาแล็กซี่อื่นๆ ที่พบมากมายในจักรวาลนั้น กาแล็คซี่เนบิวลาแอนโครมีดาเป็นกาแล็กซี่ที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด มีระยะห่างประมาณ 1,900,000 ปีแสง




## กำเนิดของจักรวาล

มีทฤษฎีมากมายเกี่ยวกับกำเนิดหรือความเป็นมาของจักรวาล เช่น

**1. ทฤษฎีบิกแบง (Big Bang theory)** เมื่อ พ.ศ.2470 นักดาราศาสตร์ชาวเบลเยียมชื่อ อับเบ จอร์จ ลีไมเทรจ ตั้งทฤษฎีของการเกิดของจักรวาลว่าเกิดจากการระเบิดครั้งยิ่งใหญ่ของสสารที่อัดรวมกันแน่น ที่เรียกว่า “บิกแบง” เมื่อประมาณ 15,000 ล้านปีมาแล้ว แรงระเบิดทำให้ชิ้นส่วนที่แตกละเอียดเป็นก๊าซร้อนแตกกระจายออกไปทุกทิศทุกทาง ต่อมาก๊าซเหล่านี้เย็นลงก็จะเกาะตัวรวมตัวกันเกิดเป็นกาแล็กซีต่างๆ รวมถึงองค์ประกอบอื่นๆ

นักดาราศาสตร์อีกท่านที่สนับสนุนแนวความคิดนี้คือ จีกาโมว์ ซึ่งจากการศึกษาของเขาพบว่า อะตอมเริ่มแรกที่กำลังระเบิดจะมีอุณหภูมิสูงมาก ต่อมาอุณหภูมิจะลดลงอย่างรวดเร็วในขณะที่มีการขยายตัว จนในที่สุดเอกภพทั้งหมดตกอยู่ในห้วงแห่งความมืดและเงียบสงัด จนกระทั่งเวลาผ่านไประยะหนึ่งจะมี "โปรโตกาแล็คซี" (Protogalaxy) เกิดขึ้น และเวลาผ่านไปจึงเกิดมีดาวฤกษ์

ขึ้นในกาแล็คซี แสงสว่างเริ่มมีขึ้นในเอกภพนับตั้งแต่นี้ และดาวฤกษ์ดวงอื่นๆ ก็เริ่มเกิดและส่งแสงสว่างขึ้น มีผลทำให้เอกภพมีความสว่างดังที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

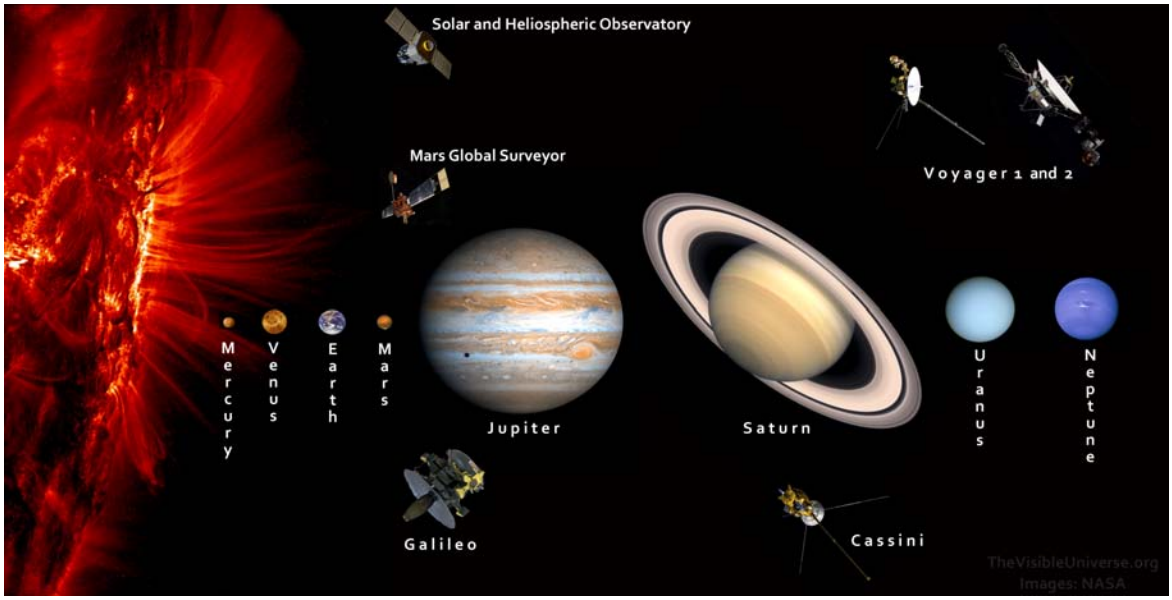
นอกจากนี้ ทฤษฎีบิกแบงยังมีข้อสนับสนุนจากกฎของฮับเบิล (Hubble's Law) ซึ่งกล่าวว่า "กาแล็คซีที่ยิ่งอยู่ไกลจากโลกก็ยิ่งมีอัตราเร่งหนีจากโลกเรามากขึ้น และระยะห่างของกาแล็คซียังเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราเร่งที่กาแล็คซีวิ่งออกจากเราด้วย" แนวคิดนี้มาจากปรากฏการณ์หนึ่งของคลื่นเสียงคือ "Doppler effect" ซึ่งนำมาใช้อธิบายความหมายของสีดาวที่มองเห็น กล่าวคือ ความถี่ของแสงที่ส่งออกมาจากดาว ถ้าสังเกตจากโลกจะพบว่าพวกที่มีความถี่สูงมากจะให้แสงสีม่วง แต่ถ้าเป็นพวกที่มีความถี่ต่ำจะให้แสงสีแดง เป็นที่น่าสังเกตว่าดาวต่างๆ มักจะให้คลื่นแสงไปทางสีแดง และจำนวนคลื่นแสงสีแดงจะเพิ่มขึ้นเมื่อห่างไปจากโลก ซึ่งสนับสนุนการกระจายของดวงดาวภายหลังการระเบิดขนาดใหญ่

**2. ทฤษฎีสภาวะคงที่ (Steady state theory)** เมื่อ พ.ศ. 2491 นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ 3 คน ได้แก่ เฟรด ฮอยล์ (Fred Hoyle) เฮอร์แมนน์ บอนได (Hermann Bondi) และโทมัส โกลด์ (Thomas Gold) อธิบายว่า เมื่ออดีตมาจนถึงปัจจุบันและต่อไปในอนาคตก็จะยังคงมีสภาพเช่นเดิมมาโดยตลอด คือไม่มีจุดกำเนิดและไม่มีวาระสุดท้าย ซึ่งต่อมาในปี พ.ศ.2508 เฟรด ฮอยล์ ได้ขอล้มเลิกทฤษฎีดังกล่าว

**3. ทฤษฎีกลุ่มฝุ่นควัน (Nebular)** เมื่อ พ.ศ. 2339 นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ “ลาพลาส” กล่าวว่า มวลของกลุ่มก๊าซ ฝุ่น หมอก กลุ่มควันซึ่งมีขนาดใหญ่และร้อนจัดมารวมกลุ่มกันแล้วหมุนรอบตัวเองอย่างช้าๆ แรงดึงดูดระหว่างมวลทำให้การหมุนรอบตัวเองของกลุ่มก๊าซมีความเร็วเพิ่มขึ้น มวลส่วนใหญ่จะยุบตัวลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นขณะเดียวกันมวลบางส่วนจะค่อยๆ หลุดออกมาในลักษณะเป็นวงแหวนแยกตัวออกไปจากศูนย์กลางของกลุ่มก๊าซเดิม เมื่อกลุ่มก๊าซเดิมหดตัวอีกจะมีวงแหวนของกลุ่มก๊าซอีกวงแหวนหนึ่งแยกออกไปจากจุดศูนย์กลางในระยะทางสั้นกว่าวงแหวนแรก เป็นเช่นนี้ซ้ำแล้วซ้ำเล่า ต่อมาบริเวณศูนย์กลางของวงแหวนก็กลายเป็นดวงอาทิตย์ ส่วนกลุ่มก๊าซในแต่ละวงแหวนก็จะรวมกันแล้วหดตัวกลายเป็นดาวเคราะห์ต่างๆ

# บทที่ 3 ระบบสุริยะ

**ระบบสุริยะ (Solar system)** เป็นระบบหนึ่งในแสนล้านระบบของแกแลคซี่ทางช้างเผือก ตั้งอยู่ประมาณ 30,000 ปีแสงจากศูนย์กลางของกาแลกซี่ ประกอบด้วยดวงอาทิตย์ เป็นศูนย์กลางของระบบ โดยมีหมู่ดาวเคราะห์ (Planet) ล้อมรอบอยู่เก้าดวง รวมทั้งมีวัตถุต่างๆ โคจรอยู่โดยรอบ นับจากดวงอาทิตย์ออกมาจะเป็น ดาวพุธ (Mercury), ดาวศุกร์ (Venus), โลก (Earth), ดาวอังคาร (Mars), หมู่ดาวเคราะห์น้อย (Asteroids), ดาวพฤหัส (Jupiter), ดาวเสาร์ (Saturn), ดาวมฤตยูหรือยูเรนัส (Uranus), ดาวเกตุหรือเนปจูน (Neptune), และ ดาวยมหรือพลูโต (Pluto) นอกจากนี้ยังมีดาวบริวาร ของดาวเคราะห์, ดาวหาง (Comet), ดาวตกหรือผีพุ่งใต้ (Meteors) ก๊าซ ฝุ่นธุลีคอสมิค และที่ว่าง

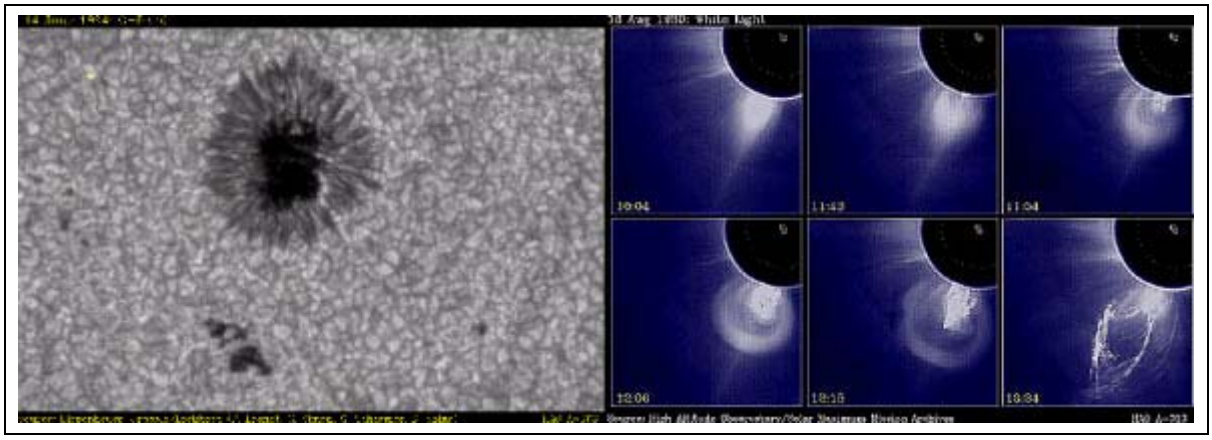



ดาวเคราะห์ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามระยะห่างจากดวงอาทิตย์เมื่อเปรียบกับโลก คือ กลุ่มดาวเคราะห์วงนอก (Superior Planet) ได้แก่ ดาวยม ดาวเกตุ ดาวมฤตยู ดาวเสาร์ ดาวพฤหัส และดาวอังคาร กลุ่มดาวเคราะห์วงใน (Interior Planet) ได้แก่ โลก ดาวศุกร์ และดาวพุธ นอกจากนี้ยังอาจแบ่งกลุ่มโดยอาศัยขนาดเปรียบเทียบกับขนาดของโลก ออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มดาวเคราะห์แบบโลก (Earthlike Planets) ได้แก่ ดาวพุธ, ดาวพลูโต, ดาวอังคาร, ดาวศุกร์ และ โลก อีกกลุ่มเป็นกลุ่มดาวเคราะห์ก๊าซขนาดยักษ์ (Gas-Giant Planets) ได้แก่ ดาวเกตุ, ดาวมฤตยู ดาวเสาร์ และดาวพฤหัส

## 3.1 ดวงอาทิตย์

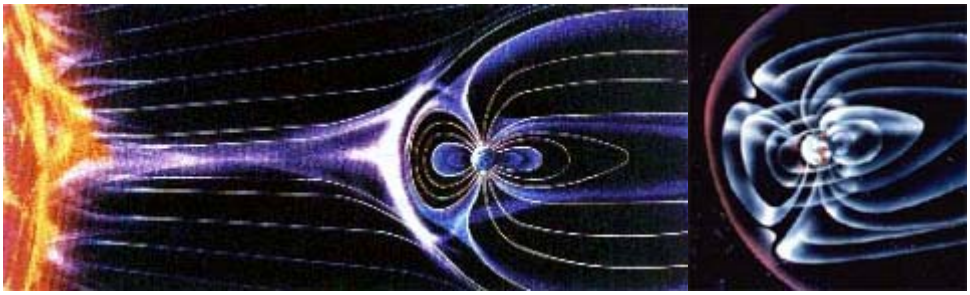
ดวงอาทิตย์มีมวล = 2 x $10^{27}$ ตัน (หรือประมาณ 1.8 x $10^{30}$ กิโลกรัม) หรือประมาณ 330,000 เท่าของมวลโลก และประมาณ 1,000 เท่าของมวลรวมของดาวเคราะห์บริวารและกลุ่มสสารที่โคจรโดยรอบทั้งหมด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1,392,000 กิโลเมตร อยู่ห่างจากโลกประมาณ 93 ล้านไมล์ องค์ประกอบส่วนใหญ่ของดวงอาทิตย์เป็นก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซฮีเลียม จึงมีความหนาแน่นเพียง 0.4 เท่าของความหนาแน่นของโลก แต่มีแรงดึงดูดที่ผิวมากกว่าโลกถึง 28 เท่า การหมุนรอบตัวเองที่บริเวณศูนย์สูตรจะหมุนช้ากว่าที่บริเวณขั้วเหนือและขั้วใต้ อุณหภูมิที่พื้นผิวประมาณ 6,000 องศาเคลวิน และที่ศูนย์กลางประมาณ 15,000,000 องศาเคลวิน

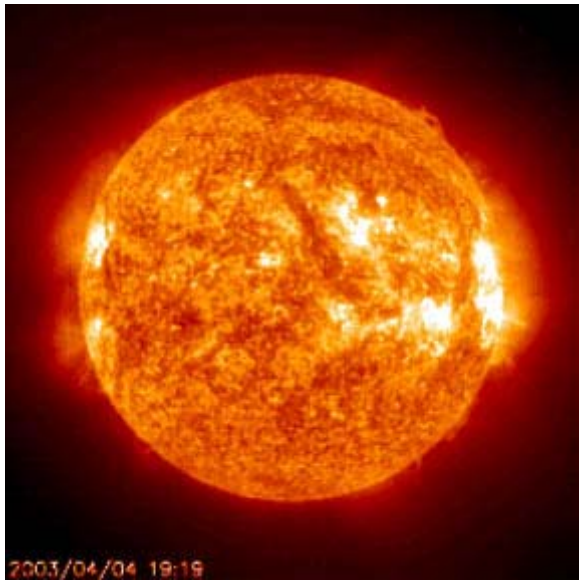
ดวงอาทิตย์ ประกอบด้วยกลุ่มก๊าซร้อน ส่วนที่เป็นขอบสว่างแผ่รังสีความร้อนและแสงสว่างเรียกว่า "โฟโตสเฟียร์" ชั้นที่ล้อมรอบโฟโตสเฟียร์ เป็นกลุ่มก๊าซสีแดงที่สุกใสหนาประมาณ 10,000 กิโลเมตรเรียกว่า "โครโมสเฟียร์" มีก๊าซไฮโดรเจนเป็นพวกสีแดงพุ่งขึ้นสูงจากชั้นโครโมสเฟียร์เป็นกลุ่มก๊าซเจือจางสีค่อนข้างเหลืองและสีเขียวไข่มุกเป็นแสนๆ กิโลเมตรเรียกว่า "ไพรมิเนนซ์" ชั้นนอกสุดที่ล้อมรอบโครไมสเฟียร์เป็นชั้นของก๊าซเรียกว่า "โคโรนา" พื้นผิวของดวงอาทิตย์ มีจุดสีคล้ำเรียกว่า "จุดดับบนดวงอาทิตย์"



จุดบนดวงอาทิตย์ที่ปรากฏอยู่บนชั้นโฟโตรสเฟียร์ เกิดจากอุณหภูมิบนพื้นผิวรอบๆ ลดลงอุณหภูมิที่ศูนย์กลางของจุดเหล่านี้ประมาณ 4,000 องศาเคลวิน มีความสว่างเพียงหนึ่งในห้าของชั้นโฟโตรสเฟียร์ปกติ บางจุดมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าโลกหลายเท่า และมีรูปร่างต่างๆ กัน เมื่อมองผ่านกล้องโทรทัศน์ชนิดพิเศษจะเห็นจุดตรงกลางมีสีเข้มกว่าส่วนที่ล้อมรอบอยู่ โดยความเป็นจริงแล้วจุดดับคือ พายุก๊าซไฟฟ้าที่หมุนบิดไปมา ขณะที่มวลของก๊าซที่เคลื่อนที่บนพื้นผิวดวงอาทิตย์ก่อให้เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้ามหาศาล รวมทั้งรังสีเอ๊กซ์ความร้อน รังสีอุลตราไวโอเลต และความร้อน ซึ่งทำให้รบกวนเครื่องมือที่เกี่ยวกับแม่เหล็กและไฟฟ้าบนโลก ขนาดและจำนวนจุดดับดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอในช่วงเวลา 11 ปี

อุณหภูมิที่ผิวดวงอาทิตย์สูงประมาณ 5,700 องศาซึ่งที่อุณหภูมิระดับนี้ธาตุต่างๆ จะกลายเป็นก๊าซไปหมด ดังนั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มผิวของดวงอาทิตย์จึงเป็นบรรยากาศที่เบาบาง ประกอบด้วยก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซฮีเลียม และแคลเซียมบางเวลาจะปรากฏเปลวไฟลุกโชติช่วงขึ้นไปในอวกาศ ซึ่งจะเห็นได้ชัดตอนเกิดสุริยุปราคาเต็มดวง รวมทั้งจะสังเกตเห็นแสงเรืองรองอยู่รอบดวงอาทิตย์ที่เรียกว่า "โคโรน่า" (Corona) ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคอะตอมและอิเล็กตรอน จากปรากฏการณ์นี้นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าเป็นผลของการเคลื่อนไหวของอนุภาคดังกล่าวในบรรยากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิด "ลมสุริยะ" (Solar wind)





จุดดับบนดวงอาทิตย์มีผลต่อโลก คือ

1. ในช่วงที่มีจุดดับบนดวงอาทิตย์มากที่สุด ดวงอาทิตย์จะปล่อยแสงอัลตราไวโอเลต และรังสีเอ๊กซ์มากผิดปกติ ซึ่งเป็นผลให้คลื่นวิทยุจางหายไป

2. ขณะเกิดจุดดับจะมีอนุภาคโปรตอนและอิเล็คตรอนจำนวนมหาศาลพุ่งออกมาจากจุดดับนี้ ทำให้เกิดพายุแม่เหล็ก (magnetic storms) และแสงเหนือ-ใต้ นอกจากนี้ยังทำให้รังสีคอสมิคมีการเปลี่ยนแปลง

## 3.2 ดาวเคราะห์

ดาวเคราะห์เป็นดาวที่ไม่มีแสงสว่างในตัวเอง แสงสว่างที่เห็นเกิดจากการสะท้อนแสงของส่วนผิวที่ถูกแสงอาทิตย์

ลักษณะสำคัญบางประการที่ควรทราบ คือ

ก. ระยะทางจากดวงอาทิตย์ถึงดาวพลูโตคือ 5 ปีแสง

ข. วงโคจรของดาวเคราะห์มีลักษณะเกือบกลม ส่วนมากมีแนวโคจรเกือบอยู่ในระนาบเดียวกัน

ค. การหมุนรอบดวงอาทิตย์และการหมุนรอบตัวเองของดาวเคราะห์จะอยู่ในทิศทางเดียวกันคือ หมุนทวนเข็มนาฬิกา เมื่อดูจากขั้วโลกเหนือ ยกเว้นดาวศุกร์และดาวบริวารบางดวงที่หมุนในทิศทางตรงกันข้าม และดาวมฤตยูที่หมุนรอบแกนที่เอียงประมาณ 8 องศา จากแนวระนาบของทางโคจร

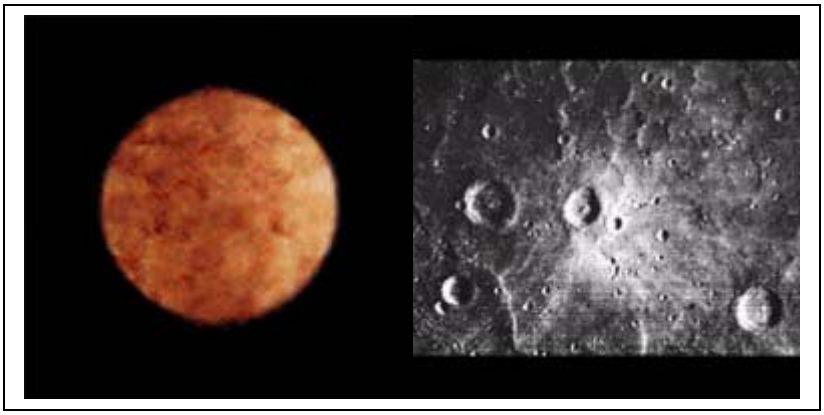
ที่ประชุมสมาพันธ์ดาราศาสตร์สากลได้ให้นิยามความหมายของ “ดาวเคราะห์” กันใหม่ให้ชัดเจน โดยได้ข้อสรุปว่า “ดาวเคราะห์” (planet) ต้องมีคุณสมบัติ คือ 1. เป็นวัตถุบนท้องฟ้าที่โคจรรอบดาวฤกษ์ แต่ตัวเองต้องไม่ใช่ดาวฤกษ์ 2. มีมวลมากพอที่จะมีแรงโน้มถ่วงดึงดูดตัวเองให้อยู่ในสภาวะสมดุลอุทกสถิต (hydrostatic equilibrium) และ 3. มีวงโคจรที่ชัดเจนและสอดคล้องกับดาวข้างเคียง ซึ่งด้วยสาเหตุนี้เอง ปัจจุบัน ดาวพลูโตจึงถูกตัดออกจากดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ

ดาวเคราะห์มีทั้งหมดเก้าดวง ซึ่งแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มคือ ดาวเคราะห์ใหญ่ และดาวเคราะห์น้อย ดาวพุธ ดาวศุกร์ โลก และดาวอังคาร จัดอยู่ในกลุ่มดาวเคราะห์น้อย ส่วนดาวพฤหัส ดาวเสาร์ ดาวมฤตยู และดาวเกตุ จัดอยู่ในกลุ่มดาวเคราะห์ใหญ่

### ดาวพุธ (Mercury)

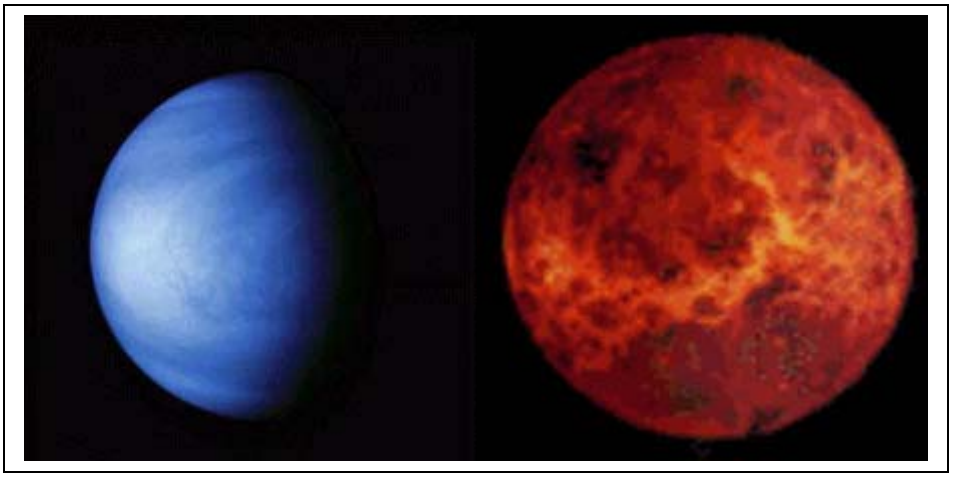
ดาวพุธเป็นดาวเคราะห์ที่เล็กที่สุดในระบบสุริยะ และโคจรใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด โดยมีวงโคจรค่อนข้างกลม ใช้เวลาโคจรรอบดวงอาทิตย์เพียง 88 วัน ดาวพุธแทบไม่มีบรรยากาศเลย ข้อมูลจากยานมารินเนอร์ 10 พบว่าบรรยากาศส่วนใหญ่เป็นก๊าซอีเลียม ที่เหลือเป็นพวกอาร์กอน นีออน ไม่ปรากฏว่ามีก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ หรือไนโตรเจน อุณหภูมิกลางวันสูงถึง 425 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเวลากลางคืนจะลดลงต่ำกว่า -175 องศาเซลเซียส ภาพถ่ายจากยานสำรวจมารินเนอร์ 10 แสดงให้เห็นว่าลักษณะพื้นผิวเหมือนกับพื้นผิวของดวงจันทร์ คือ เต็มไปด้วย

หลุมขนาดใหญ่ หน้าผา สันเขา และที่ราบ แรงสนามแม่เหล็กมีเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ของแรงสนามแม่เหล็กโลก



**ดาวศุกร์ (Venus)**

ดาวศุกร์เป็นดาวเคราะห์ดวงที่สองที่นับห่างจากดวงอาทิตย์ นักดาราศาสตร์เชื่อว่าดาวดวงนี้มีกำเนิดเมื่อประมาณ 8,500 ล้านปี ดาวศุกร์มีขนาดและมวลใกล้เคียงกับโลก คือ มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12,100 กิโลเมตร มีมวลประมาณร้อยละ 80 ของโลก และมีความหนาแน่นประมาณร้อยละ 90 ของโลก โคจรรอบดวงอาทิตย์เกือบเป็นวงกลมใช้เวลา 225 วัน เป็นดาวดวงที่สว่างที่สุดบนท้องฟ้าบรรยากาศส่วนใหญ่ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึงร้อยละ 95 มีไนโตรเจน ไฮโดรเจน และไอน้ำเป็นส่วนน้อย อุณหภูมิพื้นผิวประมาณ 475 องศาเซลเซียส ความดันของบรรยากาศที่พื้นผิวมากเป็น 95 เท่าของโลก ภาพถ่ายที่ได้จากยานสำรวจวีเนอร่า 9 ของสหภาพโซเวียต พบว่าลักษณะพื้นผิวเต็มไปด้วยเนินเขาหรือภูเขา บางบริเวณจะมีเคร์เตอร์ พื้นผิวมีลักษณะที่สึกกร่อนเนื่องจากการทำลายโดยลม สิ่งมีชีวิตที่อาศัยบนโลกไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้บนดาวดวงนี้ เนื่องจากอุณหภูมิและความกดดันที่สูงมาก รวมทั้งไม่มีน้ำหรือออกซิเจน อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์คาดว่าอาจเป็นไปได้ที่จะมีสิ่งมีชีวิตบนดาวดวงนี้



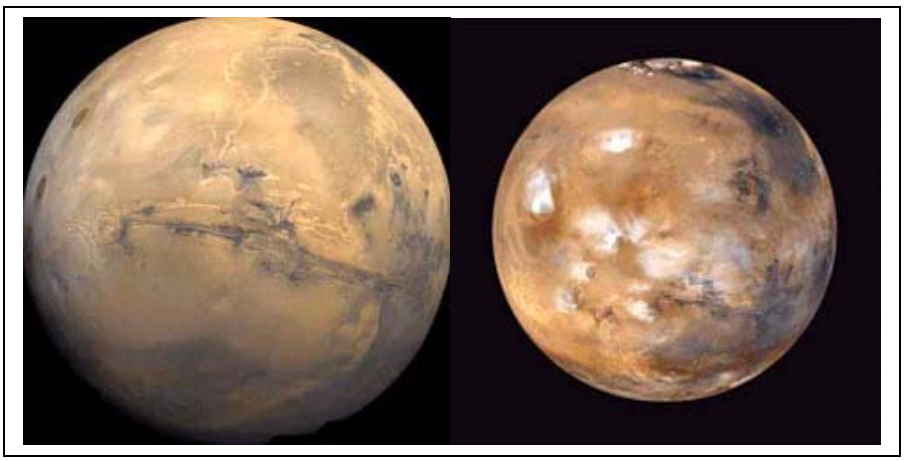
## โลก (Earth)

โลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์เป็นอันดับที่สาม มีดวงจันทร์เป็นบริวารหนึ่งดวง โลกมีชั้นบรรยากาศห่อหุ้มและมีแรงดึงดูด ถ้าต้องการหนีแรงดึงดูดโลกต้องใช้ความเร็วอย่างน้อยที่สุด 11.2 กิโลเมตร/วินาที จึงสามารถเขาไปสู่อวกาศได้ โลกมีเส้นผ่านศูนย์กลางแนวนอนหรือที่เรียกว่าเส้นศูนย์สูตร 12,755 กิโลเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางแนวตั้ง 12,711 กิโลเมตร ความยาวเส้นรอบวงประมาณ 40,000 กิโลเมตร แกนหมุนของโลกเอียงจากแนวดิ่งประมาณ 23 1/2 องศา ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 149 ล้านกิโลเมตร หมุนรอบตัวเองใช้เวลา 365 1/4 วัน

### ดาวอังคาร (Mars)

ดาวอังคารเป็นดาวเคราะห์ดวงที่สี่ที่ห่างจากดวงอาทิตย์ เนื่องจากเมื่อมองดูด้วยตาจะมีสีแดง จึงมักเรียกว่า "ดาวเคราะห์แดง" ดาวอังคารมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ศูนย์สูตรประมาณ 6,787 กิโลเมตร หรือประมาณครึ่งหนึ่งของโลก ใช้เวลาโคจรรอบดวงอาทิตย์ประมาณ 687 วัน หมุนรอบตัวเองใช้เวลา 24 ชั่วโมง 37 นาที มีดาวบริวารสองดวง คือ ไดมอส และโฟบอส (Deimos & Phobos) เมื่อมองจากกล้องโทรทัศน์จะเห็นบริเวณขั้วดาวทั้งสองเป็นสีขาว ซึ่งจากข้อมูลที่ได้จากยานมารินเนอร์พบว่าเป็นน้ำแข็งแห้งหรือผลึกแข็งบริสุทธิ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ -128 องศาเซลเซียส ลักษณะของขั้วสีขาวจะเปลี่ยนแปลงตามเวลา คือ ใหญ่ขึ้นเมื่อเบนออกจากดวงอาทิตย์และจะเล็กลง เมื่อเบนเข้าหาดวงอาทิตย์ โดยจะมีขนาดที่ขั้วเหนือใหญ่กว่าขั้วใต้ อุณหภูมิในช่วงกลางฤดูร้อนเวลากลางวันที่บริเวณขั้วใต้เฉลี่ยประมาณ -7 องศาเซลเซียส บริเวณ temperate ประมาณ 16 องศาเซลเซียส และบริเวณศูนย์สูตรประมาณ 24 องศาเซลเซียส ส่วนบริเวณเดียวกันที่ซีกเหนือ บริเวณขั้วเหนือประมาณ -40 องศาเซลเซียส บริเวณ temperate ประมาณ -18 องศาเซลเซียส ส่วนในเวลากลางคืนอุณหภูมิประมาณ -50 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปมีความแตกต่างระหว่างฤดูกาลอย่างรุนแรงมาก พวกก๊าซอาร์กอน ไนโตรเจน และออกซิเจน รวมทั้งอาจมีไอน้ำในบริเวณซีกใต้ ดังนั้นบรรยากาศจึงเบาบางกว่าโลกมาก ความดันบรรยากาศประมาณหนึ่งในสิบของบรรยากาศโลก แต่กระแสลมที่พัดจะมีความแรงถึงหลายร้อยไมล์ต่อชั่วโมง

เดิมทีในปี ค.ศ. 1877 นักดาราศาสตร์ชาวอิตาเลียนชื่อ "จีโอวานนี วี.เชียพาเรลลี" ประกาศว่าดาวอังคารเมื่อมองผ่านกล้องโทรทัศน์จะเห็นแนวทางยาวเป็นเส้นๆ เนื่องจากมีผู้แปลภาษาอิตาลีคำว่า "คานาลี่" (ร่อง) ผิดเป็นภาษาอังกฤษว่า "คาแนล" จึงทำให้เข้าใจผิดว่าดาวอังคารมีคลอง ต่อมาเมื่อสหรัฐอเมริกาส่งยานมารินเนอร์ 6, 7 และ 9 ทำให้พบความจริงว่าแนวที่คิดว่าเป็นคลองแท้จริงคือ แนวแตกของเคร์เตอร์ เนื่องจากแนวเหล่านี้ดูจะเปลี่ยนสีตามฤดูกาลของดาวอังคาร ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าจะมีพืช นอกจากนี้ยังพบว่าดาวอังคารมีหลุมและภูเขาที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ ทั้งยังเชื่อว่ามีภูเขาไฟที่ยังคุกรุ่นอยู่ ซึ่งภูเขาบนดาวอังคารมีมากกว่าบนโลกและสูงกว่า 6,000 ถึง 7,000 กิโลเมตร ประการสำคัญได้ค้นพบใหม่ๆ แสดงให้เห็นว่ามีหุบเขาใหญ่รูปตะขาบยาว 400 กิโลเมตร ซึ่งอาจเกิดจากการกัดกร่อนของน้ำ



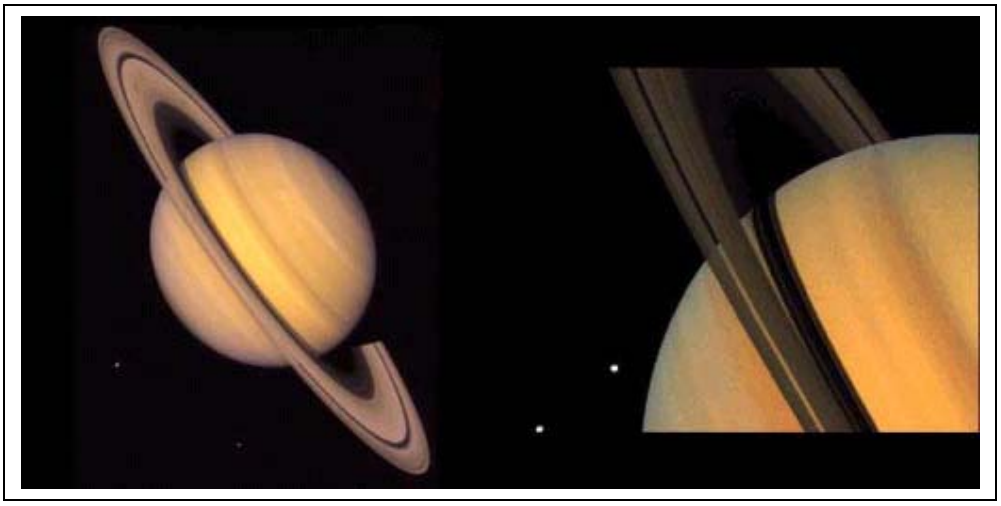
**ดาวพฤหัส (Jupiter)**

ดาวพฤหัสเป็นดาวเคราะห์ที่ใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะห่างจากดวงอาทิตย์เป็นอันดับที่ 5 โคจรเป็นวงรีรอบดวงอาทิตย์ใช้เวลาโคจร 11.82 ปี หมุนรอบตัวเอง 9 ชั่วโมง 55 นาที มีดาวบริวาร 12 ดวง ดวงที่ใหญ่ที่สุดคือ "กานีมีด" เมื่อมองจากกล้องโทรทัศน์จะเห็นลักษณะเป็นแถบและจุดแดงใหญ่รูปไข่ บรรยากาศเป็นก๊าซที่เบาบางได้แก่ก๊าซไฮโดรเจนร้อยละ 84 และก๊าซฮีเลียมร้อยละ 15 โดยปริมาตร ที่เหลือเป็นก๊าซมีเทน แอมโมเนีย และสารอื่นๆ บริเวณใจกลางเป็นหินหนักและธาตุโลหะ มีมวลเป็นร้อยละ 70 ของมวลรวมของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ เส้นผ่านศูนย์กลางที่บริเวณศูนย์สูตรประมาณ 142,750 กิโลเมตร หรือประมาณ 10 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของโลก มีมวลประมาณ 318 เท่าของมวลโลก แต่มีความหนาแน่นเพียงร้อยละ 25 ของความหนาแน่นของโลก อุณหภูมิที่บริเวณใจกลางคำนวณได้ประมาณ 30,000 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ระดับ 24 กิโลเมตรเหนือบรรยากาศประมาณ -14 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในบรรยากาศที่ระดับ 200 กิโลเมตรสูงถึงประมาณ 125 องศาเซลเซียส แต่ถ้าลึกลงไปอีกอุณหภูมิจะสูงถึง 880 องศาเซลเซียส สิ่งที่น่าสนใจสำหรับดาวดวงนี้ คือ เมื่อมองจากกล้องโทรทัศน์จะเห็นแถบสีเหลืองเข้มและจางขนานไปกับแนวเส้นศูนย์สูตร จะเห็นรูปไข่สีแดงที่เรียกว่า "จุดแดงขนาดยักษ์" (the Great Red Spot) บริเวณเส้นรุ้ง 20 องศา (Latitude) ลักษณะจุดดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ทั้งขนาดและสีตลอด

ทั้งปี จากข้อมูลที่ได้จากยานไพโอเนียร์ 10 แสดงให้เห็นว่าแถบสี ชมพู แดง และน้ำเงิน มีความยาวถึง 48,000 กิโลเมตร และกว้างถึง 12,900 กิโลเมตร ซึ่งใหญ่พอที่จะบรรจุโลกได้หลายใบ ดาวพฤหัสมีดาวบริวาร 12 ดวง ซึ่งในสี่ดวงคือ ไอโอ ยุโรปา กานีมีด และคัลลัสโต เป็นดาวบริวารที่ใหญ่และสว่างพอที่จะเห็นได้โดยใช้กล้องดูดาวขนาดเล็ก

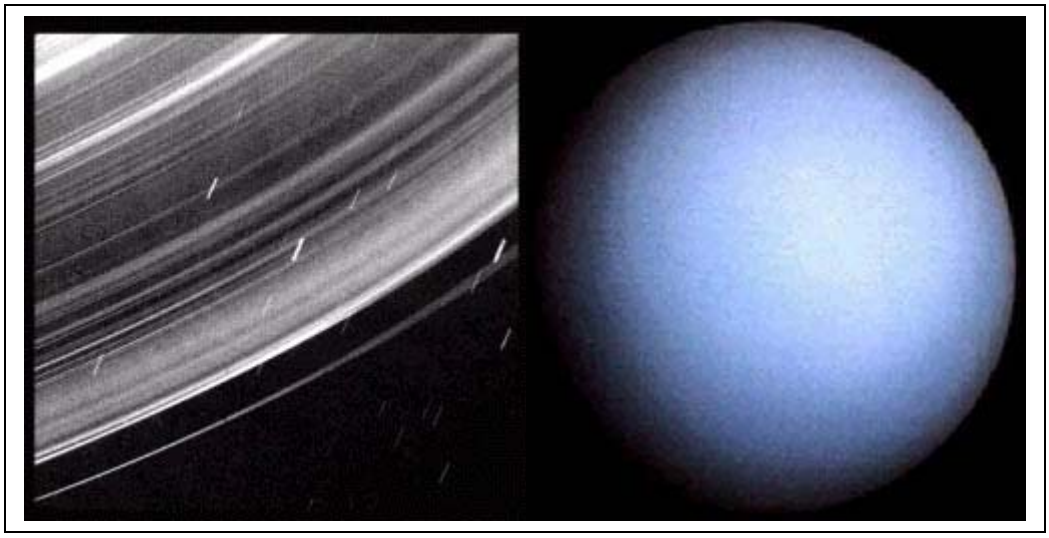
**ดาวเสาร์ (Saturn)**

ดาวเสาร์มีขนาดใหญ่รองมาจากดาวพฤหัส มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่เส้นศูนย์สูตรประมาณ 119,600 กิโลเมตร หมุนรอบตัวเองประมาณ 11 ชั่วโมง ลักษณะเด่นคือมี วงแหวนล้อมรอบสี่วง วงนอกสุด (A) ห่างจากผิวประมาณ 122,000 ถึง 137,000 กิโลเมตร วงถัดมา (B) ห่างจากผิวประมาณ 91,000 ถึง 117,000 กิโลเมตร วงใน (C) มองเกือบไม่เห็น ห่างจากผิวประมาณ 75,000 กิโลเมตร วงในสุด (D) ซึ่งเพิ่งค้นพบในปี ค.ศ.1970 รายละเอียดยังไม่ทราบแน่ชัด วงแหวนของดาวเสาร์จะเอียงขนานกับเส้นศูนย์สูตร เมื่อโคจรรอบดวงอาทิตย์วงแหวนจะเบนทำมุมต่างๆ กัน แต่อยู่ในระนาบเดิม วงแหวนมีความหนาประมาณ 15 กิโลเมตร เชื่อกันว่าวงแหวนเหล่านี้อาจเป็นส่วนของดาวบริวารที่ถูกทำลาย ดาวเสาร์มีดาวบริวารถึง 10 ดวง ไทตัน เป็นดาวบริวารที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ดาวเสาร์มีบรรยากาศที่หนาแน่นมาก ส่วนใหญ่ร้อยละ 30 ถึง 60 ประกอบด้วยก๊าซไฮโดรเจน นอกนั้นเป็น ฮีเลียม มีเทน และผลึกแอมโมเนีย เป็นดาวเคราะห์ที่มีความหนาแน่นต่ำสุดเพียงสองในสามของน้ำ



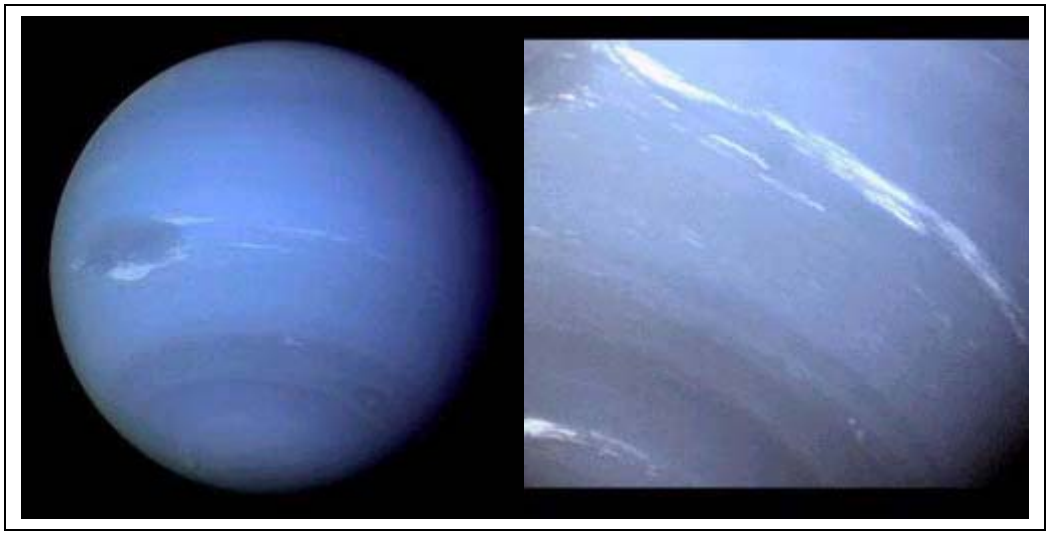
**ดาวมฤตยู (Uranus)**

ดาวมฤตยูเป็นดาวดวงที่ 7 ที่ห่างจากดวงอาทิตย์ ค้นพบในปี ค.ศ.1781 โดย เซอร์วิลเลียม เฮอร์เชล เป็นดาวดวงที่ใหญ่เป็นอันดับ 3 ในระบบสุริยะ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 47,040 กโลเมตร มีปริมาตรเป็น 60 เท่าของโลก มีมวลเป็น 14.5 เท่าของโลก มีแกนหมุนทำมุม 98 องศา จากเส้นตั้งฉาก คือ เกือบอยู่ในระนาบของวงโคจร เสมือนนอนตะแคง โคจรรอบดวงอาทิตย์ใช้เวลา 84 ปี มีดาวบริวาร 5 ดวง คือ มิแรนดา แอเรียล อัมเบรียล ไตตาเนีย และ โอบีรอน



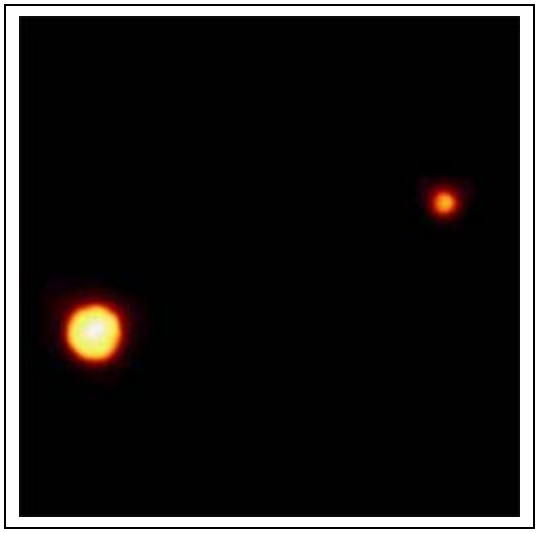
**ดาวเกตุ (Neptune)**

ดาวเกตุเป็นดาวดวงที่ 8 ที่ห่างจากดวงอาทิตย์ คือประมาณ 4500 ล้านกิโลเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 46,400 กิโลเมตร คือ ใหญ่กว่าโลกประมาณสามเท่าครึ่ง ดาวเกตุโคจรเป็นวงรีรอบดวงอาทิตย์หนึ่งรอบใช้เวลา 165 ปี มีบริวารสองดวง ไตรตอนเป็นดาวบริวารดวงหนึ่งโคจรอยู่วงใน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4,828 กิโลเมตร การโคจรของดาวเกตุแทบเป็นวงกลมรอบดาวเกตุจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก



**ดาวยม (Pluto)**

เป็นดาวเคราะห์ดวงนอกสุด มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5,760 กิโลเมตร ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 5,850 ล้านกิโลเมตร ใช้เวลาโคจรรอบดวงอาทิตย์ 246 ปี ปัจจุบันถูกถอดออกจากสถานภาพ "ดาวเคราะห์" เมื่อวันที่ 24 สิงหาคม 2549 เนื่องจากนักดาราศาสตร์พบดาวดวงนี้มีวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ และแรงดึงดูดที่ไม่แน่นอน



## 3.3 ดาวเคราะห์น้อย (Asteroid)

ในระหว่างวงโคจรของดาวอังคารและดาวพฤหัส จะมีเท่ห์วัตถุในอวกาศเป็นจำนวนมากที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งเรียกว่า ดาวเคราะห์น้อย ในกลุ่มนี้ดวงที่ใหญ่ที่สุดซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 770 กิโลเมตร เรียกว่า เซเรส และยังมีการค้นพบใหม่อยู่ตลอดเวลา

## 3.4 ดาวหาง (Comet)

ดาวหาง ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของระบบสุริยะ โคจรรอบดวงอาทิตย์โดยมีแนวไม่แน่นอน ยกเว้นบางดวง ส่วนประกอบที่สำคัญของดาวหาง คือ ใจกลางจะเป็นพวกแก๊สมีเทน แอมโมเนีย และน้ำแข็ง นอกจากนี้ยังมีเศษชิ้นส่วนเล็กๆ ที่เป็นโลหะและหิน ดาวหางเมื่อโคจรใกล้ดวงอาทิตย์ ส่วนที่เป็นน้ำแข็งจะกลายเป็นไอและแยกให้เห็นเป็นส่วนหัวและส่วนหาง ซึ่งยิ่งใกล้ดวงอาทิตย์หางก็จะยิ่งยาว

## 3.5 ดาวตก หรือ ผีพุ่งใต้ (Meteor)

ดาวตก หรือ ผีพุ่งใต้ เป็นสะเก็ดดาวที่พุ่งเข้าสู่บรรยากาศโลก และจะเสียดสีกับบรรยากาศจนไหม้เป็นไฟ ถ้าไหม้ไม่หมดและตกลงสู่พื้นโลก เรียกส่วนนี้ว่า อุกกาบาต โดยทั่วไปแล้วอุกกาบาตตกลงสู่พื้นโลกราว 50-100 ตัน/วัน หลุมที่เกิดจากจากกระแทกของอุกกาบาต เรียกว่า หลุมอุกกาบาต (Meteor crater) หลุมที่ใหญ่ที่สุดที่พบบนพื้นโลกปัจจุบัน คือ Crater of Barrington ที่มลรัฐอริโซนา ประเทศสหรัฐอเมริกา เกิดเมื่อราว 20,000 ปีที่ผ่านมา

## 3.6 ดวงจันทร์ (Moon)

ดวงจันทร์ที่เป็นบริวารของโลกหมุนรอบตัวเองและหมุนรอบโลกใช้เวลาเท่ากัน ทำให้คนบนโลกมองเห็นดวงจันทร์เพียงด้านเดียว วิถีโคจรเป็นวงรี และโคจรทวนเข็มนาฬิกา เนื่องจากวงโคจรเป็นวงรี จะทำให้มีระยะหนึ่งที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด ซึ่งเรียกตำแหน่งนี้ว่า Perigee และระยะที่อยู่ไกลโลกมากที่สุด ซึ่งเรียกว่า Apogee ดังนั้นในช่วงระยะเวลา 27 1/3 วัน ดวงจันทร์จะอยู่ใกล้และไกลโลกอย่างละครั้ง

พื้นผิวดวงจันทร์ด้านที่มืดหรือด้านที่มนุษย์บนโลกไม่เคยเห็น โดยทั่วไปเป็นที่ราบ ซึ่งเรียกว่า มาเรีย (maria) หรือ ทะเลแห่งความสงบและทะเลแห่งฝน ประกอบด้วยหลุมบ่อต่างๆ มากมาย บริเวณนี้บางส่วนจะพบหินที่มีความหนาแน่นสูงอยู่ภายใต้พื้นผิว โดยทั่วไปบริเวณดังกล่าวจะมีความหนาแน่นเฉลี่ย 3.2 ซึ่งดวงจันทร์โดยทั่วไปมีความหนาแน่นเฉลี่ย 3.34 ในขณะที่โลกมีความหนาแน่นประมาณ 5.5 (เมื่อเทียบกับน้ำที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 1) ส่วนด้านที่สว่างเป็นแผ่นดินสูง ขรุขระ มักมีหลุมบ่อรูปทรงกลม (crater) ขนาดใหญ่เต็มไปหมด บางบริเวณมีรอยแตกร่อง หรือ หุบเขาเป็นแนวยาวหลายร้อยกิโลเมตร พื้นดวงจันทร์ปกคลุมไปด้วย ธุลีจันทร์ (lunar dust) หนาหลายชั้น ประกอบด้วยวัตถุต่างๆ เช่น เถ้าภูเขาไฟ เศษอุกกาบาต เป็นต้น หินดวงจันทร์ส่วนใหญ่เป็นหินบะซอลต์คล้ายที่พบบนโลก ดวงจันทร์คาดว่ามีอายุประมาณ 4,500 ล้านปี พอๆ กับอายุของโลก

# บทที่ 4 โลกของเรา

## 4.1 กำเนิดโลก

สมมติฐานกำเนิดโลกมีอยู่มากมาย แต่สามารถจัดได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

### 1. สมมติฐานเนบูลาร์ (Nebular Hypothesis)

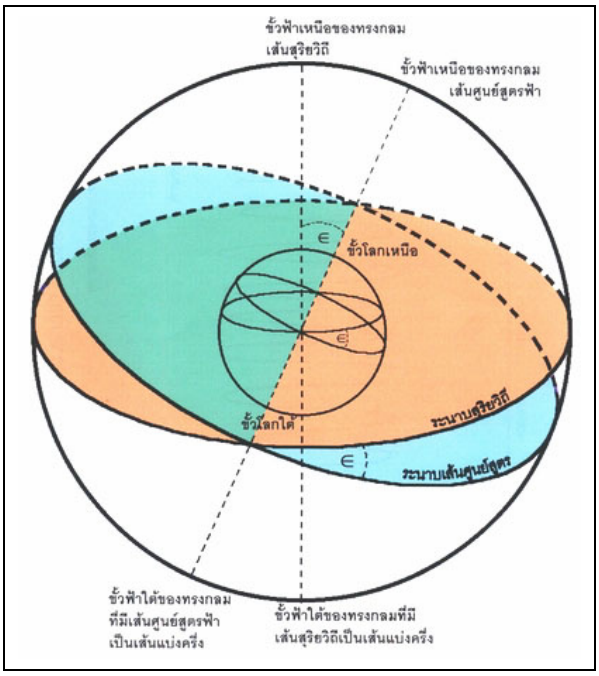
เชื่อว่าหลายพันล้านปีที่ผ่านมาได้มีกลุ่มก๊าซและสสารจำนวนมากหมุนรอบดวงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นใหม่ ต่อมาในราว 4,600 ล้านปี กลุ่มก๊าซและสสารดังกล่าวได้รวมตัวกันเกิดเป็นโลกและดาวเคราะห์ต่างๆ ที่เป็นบริวารของดวงอาทิตย์ โดยเริ่มจากกลุ่มก๊าซและสสารได้รวมตัวกันมีขนาดเล็กลง และร้อนยิ่งขึ้นตามลำดับ จนกลายเป็นดวงไฟ ต่อมาเย็นตัวลงเกิดการแข็งตัว ในส่วนที่เป็นเปลือกโลกหุ้มส่วนที่เป็นของเหลวไว้ภายใน และมีกลุ่มก๊าซและสสารที่มีความหนาแน่นต่ำ เกิดเป็นบรรยากาศห่อหุ้มอยู่รอบโลกขึ้นก่อน ภายหลังได้เกิดกระบวนการภูเขาไฟขึ้นอย่างมากมาย หลังจากนั้นเมื่อโลกเย็นตัวลงมากเข้า ส่วนที่เป็นก๊าซและน้ำจะรวมตัวกันเป็นเมฆและกลั่นเป็นฝนตกลงมา ก่อให้เกิดเป็นทะเลและมหาสมุทร พร้อมกับเกิดกระบวนการต่างๆ เช่น การเกิดภูเขาไฟ การเกิดแผ่นดินไหว การเกิดเทือกเขา การผุพังอยู่กับที่ การกร่อน เป็นต้น รวมถึงการเกิดและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

### 2. สมมุติฐานพลาเนตติซิมัล (Planetesimal Hypothesis)

สมมุติฐานนี้เสนอว่าดาวฤกษ์ดวงหนึ่งโคจรผ่านเข้ามาใกล้กับดวงอาทิตย์ แรงดึงดูดของดาวฤกษ์ดวงนี้ ได้ดึงเอาส่วนเล็กๆ ของดวงอาทิตย์แยกออกมา ซึ่งต่อมาชิ้นส่วนเหล่านี้ได้กลายมาเป็นโลกและดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ ซึ่งในกรณีนี้โลกและดาวเคราะห์จึงมีอายุน้อยกว่าดวงอาทิตย์

## 4.2 แกนหมุนของโลก

แกนโลกเอียงอยู่ตลอดเวลานับตั้งแต่โลกอุบัติขึ้น ปัจจุบันแกนโลกเอียงเทด้วยมุมประมาณ 23 องศา 26 ลิปดา จากแนวตั้งฉากจากเส้นรอบวงของโลกกับดวงอาทิตย์ และกำลังอยู่ในช่วงลดลงด้วยอัตราประมาณ 0.475 ลิปดา ต่อปี มุมนี้จะลงไปต่ำสุดที่ 22 องศา 6 ลิปดา ในอีก 10,200 ปี หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นทีละน้อยอีกครั้งหนึ่งจนกระทั่งถึงค่าสูงสุดที่ 24 องศา 2 ลิปดา ค่าสูงสุดนี้เกิดขึ้นมาแล้วก่อนหน้าปัจจุบันประมาณ 10,000 ปี โดย 1 รอบของการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดจะยาวนานประมาณ 41,000 ปี




สาเหตุการเอียงของแกนโลก เชื่อว่าเกิดจากการส่ายของแกนหมุนของโลกอันเกิดจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ที่พยายามดึงแกนโลกให้ตั้งตรง ทำให้แกนโลกส่ายดาวเหนือในแต่ละยุคจึงไม่ใช่ดาวดวงเดียวกัน เช่น ในปัจจุบันดาวเหนือคือ ดาวแอลฟา-หมีเล็ก เมื่อ 4,000 ปีมาแล้ว ดาวเหนือคือ ดาวทูแบน ในอนาคตอีก 10,000 ปี ดาววีกา จะเป็นดาวเหนือที่สว่างโชติช่วง เนื่องจากโลกโป่งออกบริเวณเส้นศูนย์สูตร แรงลัพธ์ที่ดวงจันทร์หรือดวงอาทิตย์กระทำต่อโลกจึงไม่ผ่านจุดศูนย์กลางโลก แต่ผ่านใต้จุดนี้ ผลที่เกิดขึ้นคือ มีแรงที่พยายามดึงแกนโลกให้ตั้งตรงดังกล่าวแล้ว แกนโลกจึงส่ายในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของการหมุนแทนที่จะส่ายในทิศทางเดียวกัน นอกจากนี้การส่ายของทางโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์อันเนื่องมาจากแรงรบกวนจากดาวเคราะห์ดวงอื่นๆ ในระบบสุริยะก็เป็นอีกปัจจัยที่ทำให้แกนโลกเอียง โดยมีคาบการส่ายของทางโคจรของโลกยาวนานประมาณ 71,000 ปี

## 4.3 ส่วนประกอบภายในโลก

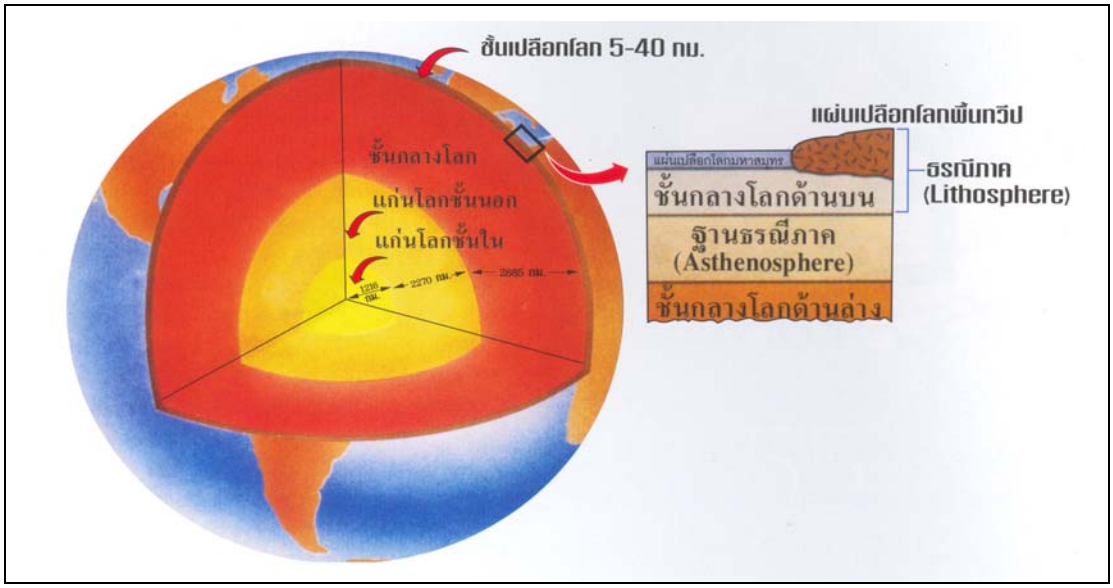
**โลกของเรา** มีสัณฐานเกือบเป็นทรงกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางแนวนอนหรือเส้นศูนย์สูตรยาว 12,755 กิโลเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางแนวตั้งยาว 12,711 กิโลเมตร จากการศึกษาคลื่นแผ่นดินไหวทำให้นักวิทยาศาสตร์แบ่งโลกออกเป็นชั้นต่างๆ จากผิวโลกถึงชั้นในสุดได้ 3 ชั้นใหญ่ๆ ดังนี้

**1. ชั้นเปลือกโลก (Crust)** เป็นชั้นนอกสุดมีความหนาระหว่าง 5-40 กิโลเมตรจากผิวโลก มีสภาพเป็นของแข็งทั้งหมด สามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 ส่วน คือ ชั้นเปลือกโลกพื้นทวีป (Continental crust) มีความหนาแน่นต่ำ ประกอบด้วยแร่ที่มีธาตุ ซิลิกอน อะลูมิเนียม โปแตสเซียม

และโซเดียมเป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีชื่อเรียกว่า ชั้นไซอัล (Sial) และชั้นเปลือกโลกมหาสมุทร (Oceanic crust) มีความหนาแน่นมากกว่าส่วนบน ประกอบด้วยแร่ที่มีธาตุ ซิลิกอน แมกนีเซียม เหล็ก และแคลเซียม เป็นส่วนใหญ่ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ชั้นไซมา (Sima)

**2. ชั้นกลางโลกหรือเนื้อโลก (Mantle)** เป็นชั้นที่อยู่ระหว่างเปลือกโลกกับแก่นโลก มีความหนาประมาณ 2,885 กิโลเมตร มีส่วนประกอบของแมกนีเซียม เหล็ก และซิลิกอนเป็นส่วนใหญ่ โดยมีธาตุโลหะมากกว่าชั้นเปลือกโลก ชั้นกลางโลกเกือบทั้งหมดเป็นของแข็ง ยกเว้นที่ความลึกประมาณ 70-260 กิโลเมตรมีการหลอมละลายของหินเป็นบางส่วน เรียกว่า ชั้นฐานธรณีภาค (Asthenosphere)

**3. ชั้นแก่นโลก (Core)** เป็นส่วนชั้นในสุดของโลกที่มีความหนาแน่นมาก มีรัศมียาวประมาณ 3,486 กิโลเมตร ประกอบด้วยโลหะผสมระหว่างเหล็กและนิกเกิล แบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ แก่นโลกชั้นนอก (outer core) มีลักษณะคล้ายของหนืด ยืดหยุ่นแบบพลาสติก แก่นโลกชั้นใน (inner core) เป็นของแข็ง มีความหนาแน่นสูง ทรงกลมขนาดรัศมี 1,216 กิโลเมตร เชื่อว่าประกอบด้วยเหล็กและนิเกิลเป็นหลัก มีความหนาแน่นมากกว่าหินทั่วไปถึง 5 เท่า (ความถ่วงจำเพาะมากกว่า 17) และมีความร้อนสูงถึง 4,000 องศาเซลเซียส




**โครงสร้างภายในของโลก (ที่มา : www.dmr.go.th)**

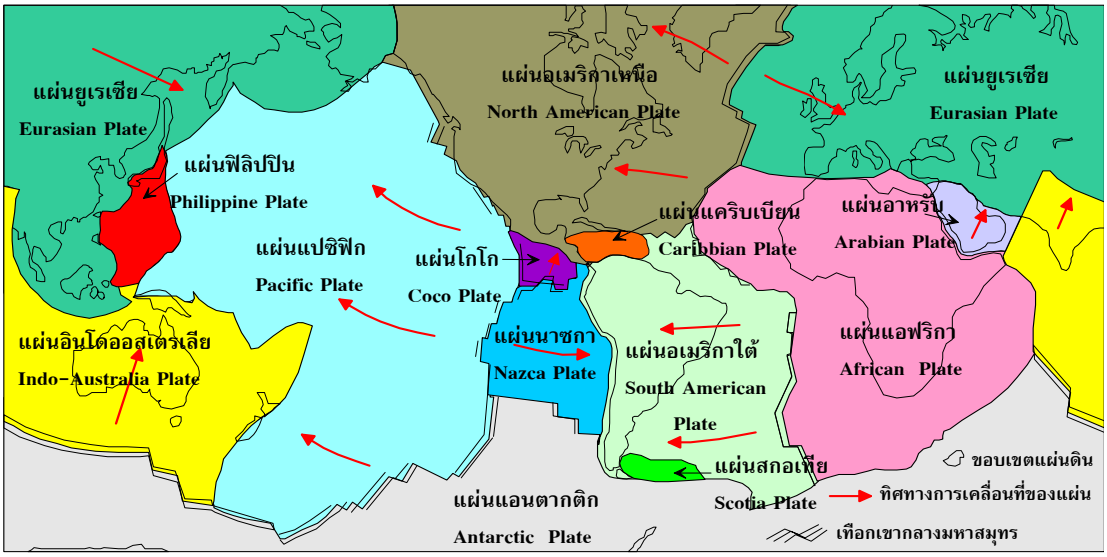
## 4.4 การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก

เปลือกโลกมิใช่เป็นพื้นเดียวต่อกันแต่ประกอบด้วยแผ่นทวีปและแผ่นมหาสมุทร (Plate) หลายแผ่น ที่เคลื่อนที่ไปบนชั้นฐานธรณีภาค บริเวณขอบหรือรอยต่อของแต่ละแผ่นเปลือกโลกมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลาเนื่องจากปัจจัย 3 ประการ คือ

1. โลกหมุนรอบดวงอาทิตย์และหมุนรอบตัวเอง
2. การไหลเวียนของกระแสความร้อนในหินหนืด
3. ความหนาแน่นที่แตกต่างกันของเปลือกโลก

การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกมีลักษณะ 3 แบบ คือ การเคลื่อนที่แยกตัวออกจากกัน (Diverge) เคลื่อนที่เข้าหากัน (Converge) และเคลื่อนที่ไถลตัวขนานกัน (เคลื่อนที่แบบเฉือน) ผลของการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่สำคัญมากมาย เช่น การเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด หรือการเกิดภูเขาสูง

แผ่นเปลือกโลกที่สำคัญมี จำนวน 13 แผ่น โดยแต่ละแผ่นจะมีขอบเขตเฉพาะได้แก่ แผ่นอเมริกาเหนือ อเมริกาใต้ ยูเรเซีย แอฟริกา อินเดีย แปซิฟิก แอนตาร์กติก ฟิลิปปินส์ อาหรับ สกอเทีย โกโก้ แคริเบียน และนาซก้า

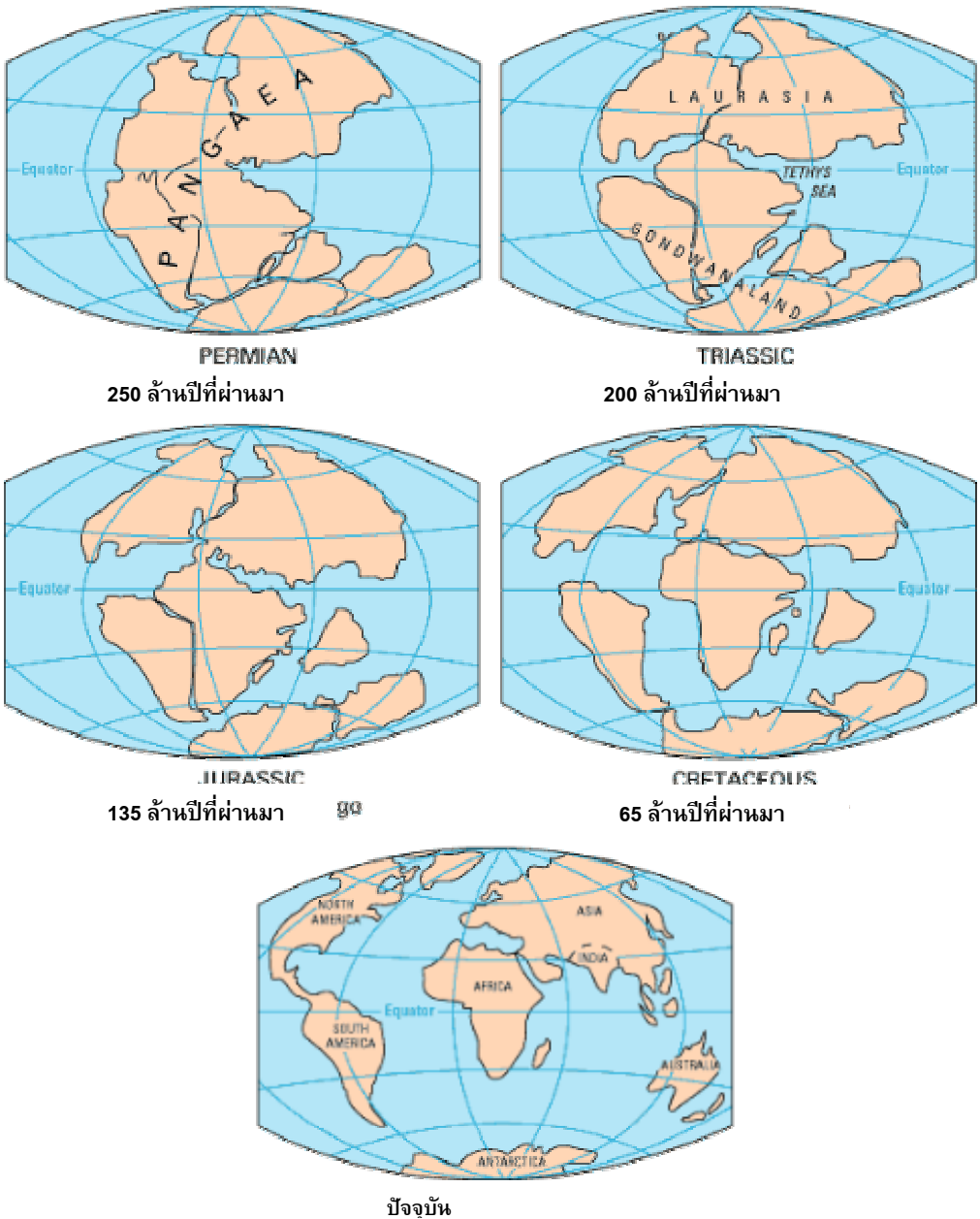



**แผนที่แสดงขอบเขตแผ่นเปลือกโลกและทิศทางการเคลื่อนที่**

## แนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของเปลือกโลก

### ทฤษฎีทวีปเลื่อน (Continental Drift Theory)

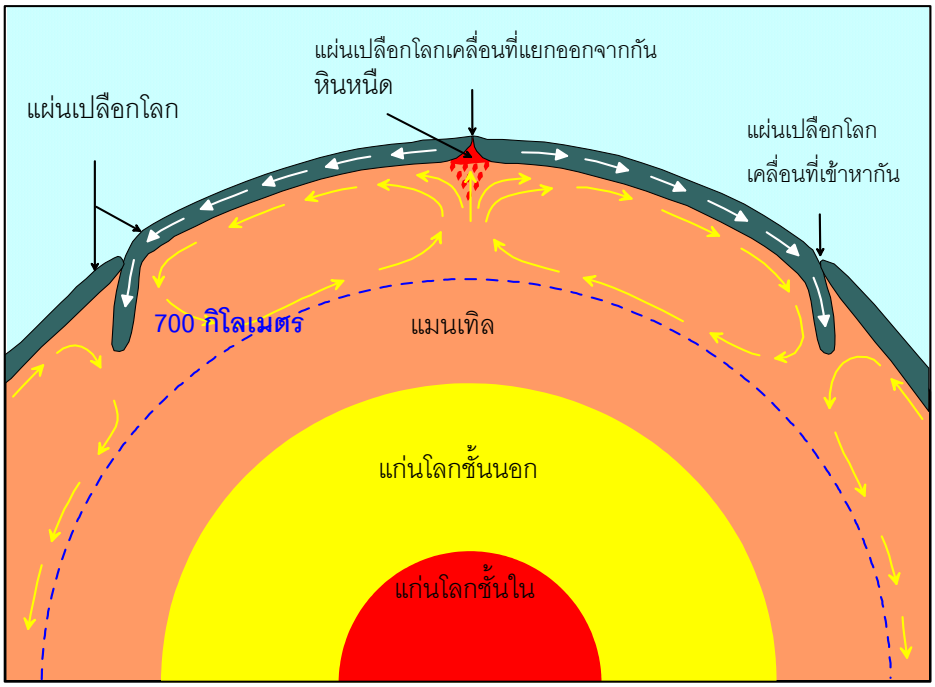
ปี ค.ศ. 1915 Alfred Wegener นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ได้นำเสนอสมมุติฐานทวีปเลื่อน (continental drift) โดยกล่าวว่า ทวีปต่างๆ ที่เห็นอยู่บนโลกเราปัจจุบันนี้ ในอดีตได้เคยอยู่รวมกันเป็นทวีปเดียว เรียกว่า พันเจีย (Pangaea Supercontinent) และได้เกิดการแยกตัวและเคลื่อนที่ออกจากกันมาเมื่อกว่า 250 ล้านปีที่แล้ว โดยมีเหตุผลสนับสนุนคือ รูปร่างของทวีปต่างๆ ที่สามารถต่อติดกันได้พอดี พบซากดึกดำบรรพ์ชนิดเดียวกันในหินที่เกิดในสภาวะแวดล้อมเดียวกันแต่อยู่คนละทวีปที่ห่างไกลกันมาก หินอายุเดียวกันที่อยู่ต่างทวีปกันมีรูปแบบสนามแม่เหล็กโบราณคล้ายคลึงกัน




**ลักษณะการเคลื่อนที่ของทวีป ตามแนวคิดของ Alfred Wegener**

## ทฤษฎีวงจรการพาความร้อน (Convection Current Theory)

ปี ค.ศ.1928 นักธรณีวิทยาชาวสก๊อต Arthur Holmes ได้อธิบายว่า ทวีปสามารถเคลื่อนตัวได้ เนื่องจากการนำพาคลื่นความร้อนภายในโลก (heat convection current) โดยคลื่นความร้อนจะเคลื่อนตัวขึ้นมาจากใจกลางของโลก แล้วเคลื่อนตัวในแนวระนาบและมุดตัวกลับลงไป การเคลื่อนตัวของกระแสคลื่นความร้อนนี้จะชักเหนี่ยวนำให้ทวีปมีการเคลื่อนตัวได้ ทฤษฎีนี้สามารถอธิบายถึงการเกิดทวีปเลื่อนได้




**การไหลเวียนของกระแสความร้อนภายในโลก**

## ทฤษฎีการแยกตัวของพื้นทะเล (Sea-Floor Spreading Theory)

ปี ค.ศ. 1962 Harry Hess นักธรณีวิทยาชาวอเมริกัน ได้อธิบายว่า จะมีพื้นมหาสมุทรใหม่ๆ เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในบริเวณหุบเขาทรุด ตามแนวของ Mid-Atlantic ridges พื้นมหาสมุทร (Oceanic floor) ใหม่จะเกิดจาก magma ที่ดันแทรกตัวขึ้นมา และเคลื่อนตัวในแนวระนาบออกจากบริเวณของ Mid-Atlantic ridges จากนั้น พื้นมหาสมุทรจะมุดตัวลงบริเวณร่องลึก (trench) ตามขอบของพื้นทวีป โดย Hess อธิบายว่า การเคลื่อนตัวของพื้นมหาสมุทร เป็นผลจากการนำพาของความร้อน (convection) ซึ่งไหลหมุนเวียนขึ้นมาจากใจกลางของโลก ผลักดันให้พื้นมหาสมุทรเคลื่อนตัวซึ่งก็ส่งผลให้พื้นทวีปเกิดการเคลื่อนที่ได้เช่นกัน

ในช่วงเวลาใกล้เคียงกันนั้น Robert Dietz นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกัน ได้เสนอความคิดและอธิบายการเคลื่อนตัวของพื้นมหาสมุทรและพื้นทวีป โดยกลไกการนำพาของคลื่นความร้อน เช่นเดียวกับ Harry Hess และเรียกแนวความคิดนี้ว่า **ทฤษฎีการแยกตัวของพื้นทะเล (Sea-Floor Spreading Theory)** โดยเพิ่มเติมว่า จริงๆ แล้วส่วนที่เคลื่อนตัวนั้นไม่ใช่เป็นบริเวณฐานของเปลือกโลก แต่เป็นฐานของ Lithosphere ซึ่งวางและเคลื่อนตัวอยู่บน Asthenosphere

โดยสรุปทั้ง Harry Hess และ Robert Dietz สามารถอธิบายการเคลื่อนตัวของทวีปต่างๆ ตามทฤษฎีทวีปเลื่อนของ Wegener ด้วยเหตุนี้ การเคลื่อนที่ของทวีปต่างๆ จึงไม่ได้เกิดขึ้นจากการหมุนตัวของโลก แต่เป็นผลจากกลไกการนำพาของคลื่นความร้อน โดย Lithosphere ซึ่งเป็นแผ่นเปลือกโลกที่มีสถานะเป็นของแข็ง (solid) เคลื่อนตัวผ่าน Asthenosphere ซึ่งเป็นแผ่น (plate) ที่มีสถานะเป็นของเหลวคล้ายพลาสติก

## ทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน (Plate Tectonic Theory)

ปัจจุบันทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง ซึ่งเป็นผลจากหลักฐาน ปรากฏการณ์ข้อพิสูจน์ต่างๆ ที่พัฒนามาจากแนวความคิดของทวีปเลื่อน (Continental Drift) และการแยกตัวของพื้นทะเล (Sea-Floor Spreading)

นักธรณีวิทยาได้กำหนดตำแหน่งและขอบเขตของแผ่นเปลือกโลกต่างๆ จากข้อมูลตำแหน่งที่มีการเกิดแผ่นดินไหวและภูเขาไฟที่เกิดขึ้นบนโลก ซึ่งพบว่า ตำแหน่งแผ่นดินไหวตลอดจนภูเขาไฟจะกระจุกตัวอยู่เป็นแนวที่ชัดเจน แสดงว่าเป็นแนวที่เปลือกโลกมีการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง นักธรณีวิทยาจึงได้กำหนดแนวเหล่านี้เป็นขอบเขตของแผ่นเปลือกโลกต่างๆ โดยแต่ละแผ่นจะประกอบด้วยทั้งส่วนที่เป็นชั้นเปลือกโลกพื้นทวีป และชั้นเปลือกโลกมหาสมุทร โดยมีบางแผ่น ที่ประกอบด้วยชั้นเปลือกโลกมหาสมุทรเท่านั้น ส่วนประกอบนี้จะมีส่วนสำคัญต่อการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก

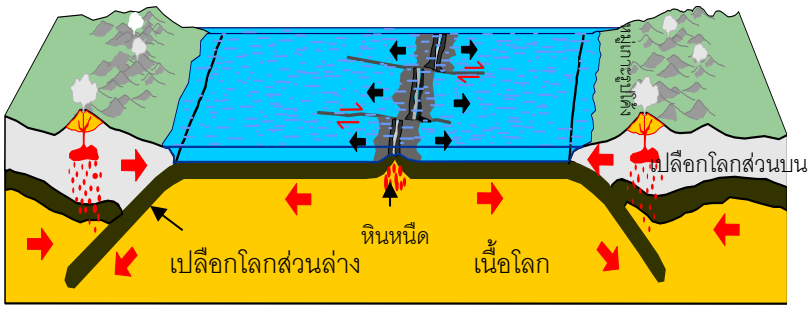
### ลักษณะการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก

แผ่นเปลือกโลกแต่ละแผ่นมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา โดยปรกติ มนุษย์ไม่สามารถรู้สึกถึงการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก เช่นเดียวกับที่เราไม่รู้สึกถึงการหมุนรอบตัวเองของโลก แต่หากการเคลื่อนที่เป็นไปอย่างรวดเร็วและฉับพลัน จะก่อให้เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว มนุษย์จึงรับรู้ถึงการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกได้

การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกมีอัตราเฉลี่ยประมาณ 2-15 เซนติเมตร/ปี สามารถแบ่งประเภทของการเคลื่อนที่ได้เป็น 3 ประเภทคือ

#### แผ่นเปลือกโลกเคลื่อนที่ออกจากกัน (Divergent Plate Boundary)

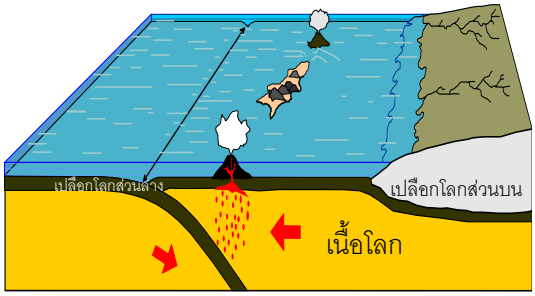
การดันขึ้นมาของแมกมาจากชั้นฐานธรณีภาค เย็นตัวและแข็งกลายเป็นหินที่ยึดติดเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นเปลือกโลกที่กำลังเคลื่อนที่ ที่ขอบของแผ่นเปลือกทวีปนี้ได้แก่ เทือกสันเขากลางมหาสมุทร (Mid-Oceanic Ridge) ที่ปรากฏอยู่บนเปลือกโลก พื้นมหาสมุทร เช่นเทือกเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติก (Mid-Atlantic Ridge) และบริเวณที่เป็นแนวร่องหุบเขา (Rift Valley) ที่แสดงถึงขอบเขตของแผ่นเปลือกโลกชนิดนี้ที่เพิ่งจะเกิดขึ้นใหม่ใต้เปลือกโลกพื้นทวีป



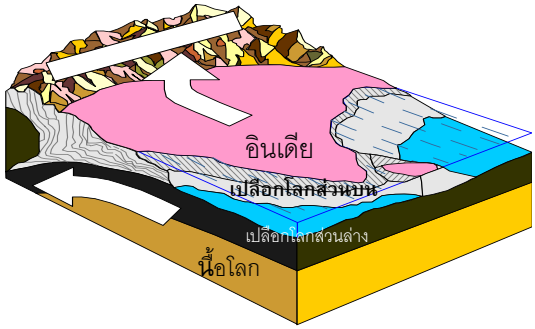

**แผ่นเปลือกโลกเคลื่อนที่แยกออกจากกันและเข้าหากัน**

### แผ่นเปลือกโลกเคลื่อนที่เข้าหากัน (Convergent Plate Boundary)

มักมีแผ่นเปลือกโลกหนึ่งจมตัวลงไปใต้อีกแผ่นเปลือกโลกหนึ่งตามแนวบริเวณที่เรียกว่า “เขตมุดตัว” (Subduction Zone) เมื่อแผ่นเปลือกโลกจมตัวลงสู่ใต้ผิวโลกมันจะร้อนขึ้นจนหลอมกลายเป็นแมกมา ซึ่งจะแทรกดันตัวขึ้นสู่ผิวโลกและอาจ “พุ” หรือ “ปะทุ" กลายเป็นแนวภูเขาไฟ ตัวอย่างเช่น แนวเทือกเขาแอนดีสในทวีปอเมริกาใต้ เป็นต้น



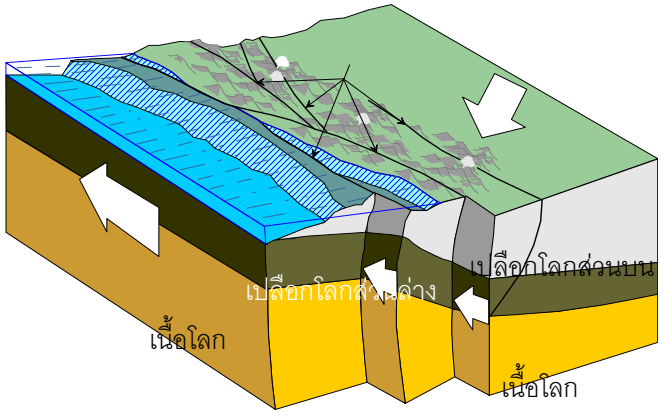

**แผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรเคลื่อนที่เข้าหากัน**




**แผ่นเปลือกโลกทวีปเคลื่อนที่เข้าหากัน**

### แผ่นเปลือกโลกเคลื่อนที่ไถลตัวขนานกัน (Transform Plate Boundary)

บริเวณการเคลื่อนตัวลักษณะนี้ ที่รู้จักกันดี ได้แก่ รอยเลื่อนซานแอนเดรียสในแคลิฟอร์เนียซึ่งแบ่งแผ่นแปซิฟิกกับแผ่นอเมริกาเหนือ จึงมักเกิดแผ่นดินไหวจากการเคลื่อนที่ขนานกันของแผ่นเปลือกโลกทั้งสองเสมอ



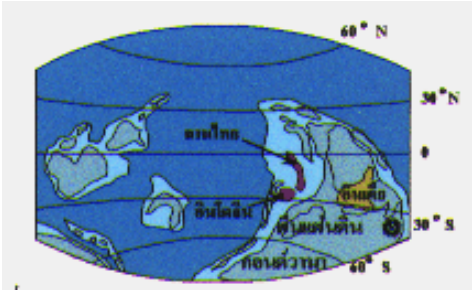

**แผ่นเปลือกโลกเคลื่อนที่ไถลตัวขนานกัน**

ทฤษฎีธรณีแปรสัณฐานนี้ถือเป็นทฤษฎีแม่บทสำหรับการศึกษาด้านธรณีวิทยา ในการเชื่อมโยงปรากฏการณ์ต่างๆ ด้านธรณีวิทยาที่ดูเหมือนว่าจะไม่เกี่ยวข้องกันเข้าหากัน นอกจากทำให้ทราบถึงลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏบนเปลือกโลกแล้ว การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกยังสามารถอธิบายการเกิดและการกระจายตัวของทรัพยากรธรรมชาติ ตลอดจนการแพร่กระจายและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตอีกด้วย

## การเคลื่อนที่ของประเทศไทย

การศึกษาธรณีวิทยาของประเทศไทยโดยอาศัยทฤษฎีธรณีแปรสัณฐานทำให้ทราบว่าในช่วงเวลา 465 ล้านปีที่ผ่านมา ผืนแผ่นดินไทยในอดีตเคยอยู่บริเวณซีกโลกใต้ที่เรียกว่าแผ่นดินกอนด์วานา(Gondwanaland) โดยแยกเป็น 2 ส่วนเรียกว่า จุลทวีปฉานไทย และจุลทวีปอินโดจีน ซึ่งอยู่ติดกับทิศตะวันตกของทวีปออสเตรเลีย ต่อมาได้เคลื่อนตัวแยกออก และหมุนตัวตามเข็มนาฬิกาขึ้นไปทางเหนือ จนเมื่อประมาณ 220 ล้านปีก่อน จุลทวีปทั้งสองจึงเคลื่อนตัวมาชนกัน ดังจะเห็นหลักฐานได้ว่า รอยชนกันของ สองจุลทวีป มีหินภูเขาไฟ เป็นแนวยาวตั้งแต่ จังหวัดเชียงราย ผ่านลงมายังจังหวัดเชียงใหม่ ลำปาง พิษณุโลก สุโขทัย พิจิตร เพชรบูรณ์ ลพบุรี ปราจีนบุรี และจันทบุรี ซึ่งแนวรอยต่อของจุลทวีปนี้ เป็นที่สะสมของแหล่งแร่ที่สำคัญของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแร่ทองคำ

# การเดินทางของจุลทวีปไทย

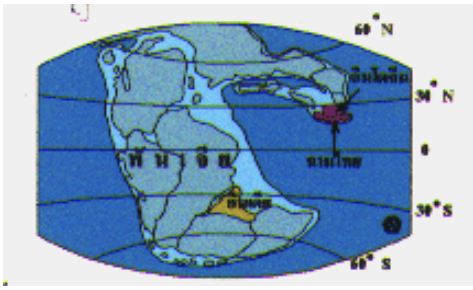



**เมื่อ 465 ล้านปีก่อน**

เมื่อ 465 ล้านปีก่อนดินแดนประเทศไทยยัง แยกตัวอยู่ใน 2 จุลทวีปฉานไทย (ส่วนของภาคเหนือลงไปถึงภาคตะวันออกและภาคใต้) และจุลทวีปอินโดจีน (ส่วนของภาคอีสาน) จุลทวีปทั้งสองขณะนั้นยังเป็นส่วนหนึ่งของผืนแผ่นดินกอนด์วานา (ดัดแปลงจาก Burrett et al.,1990 และ Metcafe,1997)

**เมื่อ 400-300 ล้านปีก่อน**

ต่อมาประมาณ 400-300 ล้านปีก่อน ดินแดนประเทศไทยทั้งส่วนจุลทวีปฉานไทยและจุลทวีปอินโดจีน ได้เคลื่อนที่แยกตัวออกจากผืนแผ่นดินกอนด์วานา แล้วหมุนตัวตามเข็มนาฬิกาขึ้นไปทางเหนือ (ดัดแปลงจาก Bunopas,1981; Burrett, 1990 และ Metcafe,1997)




**เมื่อ 220 ล้านปีก่อน**

เมื่อประมาณ 220 ล้านปีก่อน จุลทวีปฉานไทยได้ชนกับจุลทวีปอินโดจีนรวมกันเป็นจุลทวีปที่เป็นปัจจุบันเรียกว่า คาบสมุทรมลายู แล้วไปรวมกับจีนตอนใต้รวมกันเป็นส่วนหนึ่งของทวีปเอเชีย (ดัดแปลงจาก Bunopas,1981 และ Meteafe, 1997)

**ปัจจุบัน**

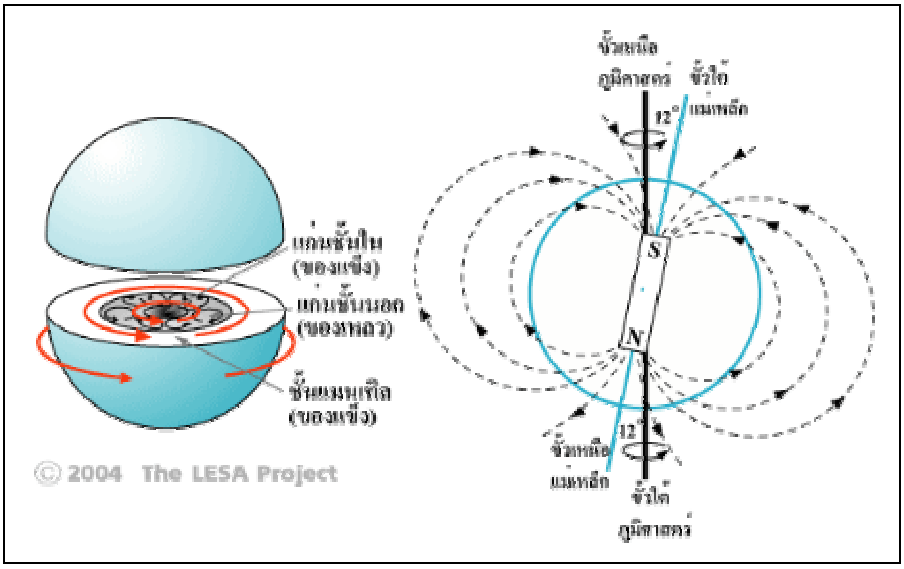
จากนั้นประเทศไทยในคาบสมุทรมลายูได้เคลื่อนที่มาอยู่ในตำแหน่งปัจจุบัน

(ที่มา : www.dmr.go.th)

## 4.5 สนามแม่เหล็กโลก

โลกมีลักษณะประการหนึ่งที่พิเศษกว่าดาวเคราะห์ทั้งหมด นั่นคือโลกมีสนามแม่เหล็กซึ่งมีความเข้มสูงเป็นพิเศษ เกิดจากการเหนี่ยวนำของพลังงานสนามแม่เหล็กใหญ่ที่มีโมเมนต์แม่เหล็กประมาณ 7.9×1025 gouss-cm3 ซึ่งวางอยู่ประมาณศูนย์กลางของโลก โดยที่ขั้วเหนือของขั้วแม่เหล็กนี้ชี้ไปทางขั้วโลกใต้ แกนของขั้วแม่เหล็กคู่นี้ทำมุมประมาณ11.5 องศากับแนวการหมุนของโลกเส้นแรงแม่เหล็กทั้งหมดมีทิศทางพุ่งจากขั้วโลกใต้ไปยังขั้วโลกเหนือ เกิดเป็นสนามแม่เหล็กที่ห่อหุ้มโลกทั้งโลกไว้เรียกว่า แมกนีโตสเฟียร์ หรือ ทรงกลมสนามแม่เหล็ก มีอาณาเขตไกลถึง 57,600 กิโลเมตรในห้วงอวกาศ โดยเส้นแรงสนามแม่เหล็กจะเอียงออกจากผิวโลกทางซีกโลกใต้และเอียงเข้าหาผิวโลกทางซีกโลกเหนือ บริเวณเส้นศูนย์สูตร เส้นแรงแม่เหล็กจะขนานกับพื้นผิวในขณะที่บริเวณขั้วโลกจะทำมุมดิ่งกับผิวโลก ความเข้มสนามแม่เหล็กบริเวณผิวโลกแต่ละที่ไม่เท่ากันโดยบริเวณขั้วโลกมีค่าความเข้มสนามแม่เหล็กสูงกว่าบริเวณจุดศูนย์สูตร และประการสำคัญคือเส้นแรงแม่เหล็กและค่าเอียงเททุกส่วนไม่มีลักษณะสมมาตรใดๆ และพร้อมจะเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา

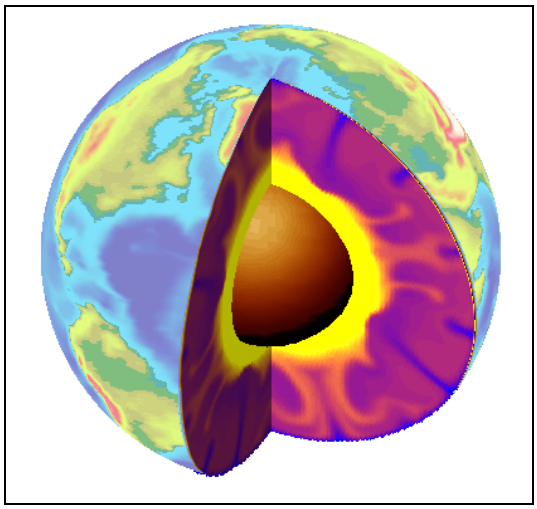
ในปัจจุบันขั้วแม่เหล็กโลก ขั้วเหนืออยู่ที่ทางตะวันตกเฉียงเหนือของเกาะกรีนแลนด์ หรือประมาณเส้นละติจูดที่ 78.5N และเส้นลองจิจูดที่ 70W ในขณะที่ขั้วใต้อยู่ที่ทวีปแอนตาร์กติกา **หรือ**ประมาณเส้นละติจูดที่ 78.5S และเส้นลองจิจูดที่ 110E




### การเกิดสนามแม่เหล็กโลก

แก่นโลกประกอบด้วยแก่นโลกชั้นนอก (outer core) และแก่นโลกชั้นใน (inner core) สำหรับ แก่นโลกชั้นในสุดนั้น แม้จะร้อนมากแต่เนื่องจากความกดดันภายในโลกที่เพิ่มขึ้นตามความลึก โลหะร้อนเหลวซึ่งประกอบด้วยธาตุเหล็กผสมอย่างน้อยๆ 90% จะกลายเป็นของแข็ง ส่วนแก่นโลกชั้นนอกยังคงสภาพของเหลวหนืด เมื่อของเหลวหนืดที่ประกอบด้วยธาตุโลหะประเภทที่เป็นตัวนำไฟฟ้าเกิดการไหลเวียน จึงเกิดกระแสไฟฟ้าไหลเป็นวงรอบๆแก่นโลกชั้นใน เกิดการ

เหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กในแนวตั้งฉากกับการไหล โดยที่การไหลไม่สม่ำเสมอเป็นสาเหตุที่ทำให้ขั้วสนามเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ แต่อิทธิพลหลักที่ครอบงำสถานะของสนามแม่เหล็กคือทิศทางการหมุนตัวของโลก ซึ่งได้ควบคุมให้กระแสไฟฟ้าดังกล่าวไหลในแนวประมาณเส้นศูนย์สูตร แกนของแม่เหล็กโลกที่เกิดในแนวตั้งฉากจึงอยู่ไม่ไกลจากแกนทางภูมิศาสตร์ ซึ่งในปัจจุบันแกนแม่เหล็กโลก (geomagnetism) เอียงทำมุมจากแกนทางภูมิศาสตร์ประมาณ 11 องศา



**สนามแม่เหล็กเกิดจากการไหลของแกนโลกชั้นนอก**

## การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กโลก

สนามแม่เหล็กโลกมีเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งต่างๆ บนผิวโลก โดยจะมีขนาดสูงสุดประมาณ 70,000 แกมมา และต่ำสุดประมาณ 25,000 แกมมา ในขณะเดียวกันสนามแม่เหล็กโลก ก็ยังเปลี่ยนแปลงกับเวลา ที่มีคาบตั้งแต่เศษส่วนของวินาทีจนถึงแสนปี การเปลี่ยนแปลงนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

**1. การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กโลกในรอบหนึ่งวัน** (diurnal variation) ซึ่งสามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1. การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กโลกเนื่องจากดวงอาทิตย์ (solar diurnal variation) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีขนาดสนามแม่เหล็กประมาณ 30-60 แกมมา และมีคาบประมาณ 24ชั่วโมง และ 2. การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กโลกเนื่องจากดวงจันทร์ (lunar diurnal variation) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีขนาดสนามแม่เหล็กประมาณ 2 แกมมา และมีคาบประมาณ 25 ชั่วโมง

**2. พายุแม่เหล็ก (magnetic storm)** เป็นการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กโลกที่มีขนาดใหญ่ และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยมีขนาดมากกว่า 100 แกมมา ในเวลาไม่กี่ชั่วโมง ซึ่งจะเกิดขึ้นโดยการรบกวนของลมสุริยะ ซึ่งมีคาบเฉลี่ยประมาณ 11 ปี

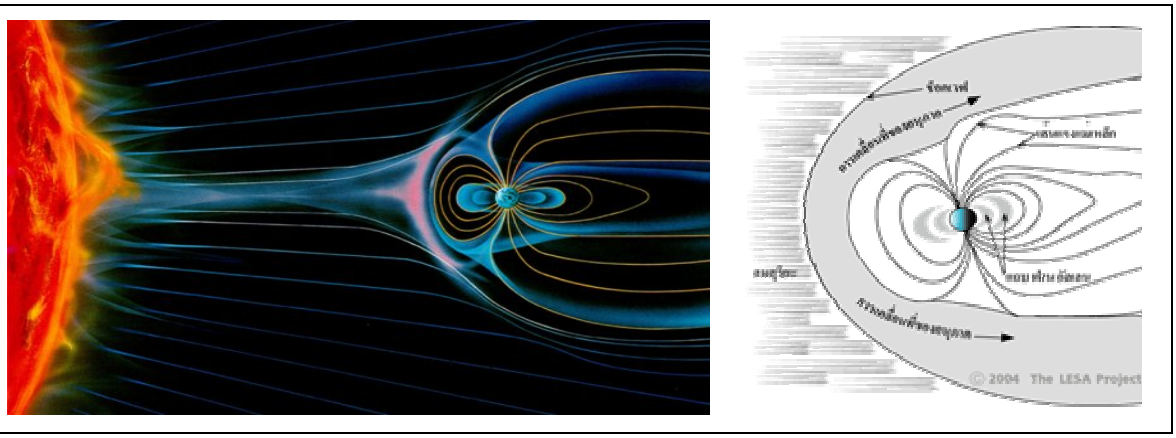
**3. การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กโลกแบบแปรปรวนช้าๆ (secular variation)** เป็นการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กโลก ณ จุดใดจุดหนึ่ง ทั้งขนาดและทิศทาง โดยมีคาบหลายร้อยปี ปัจจุบันสนามแม่เหล็กขั้วคู่ที่อยู่ใจกลางโลกและวางตัวตามแนวแกนหมุนของโลก

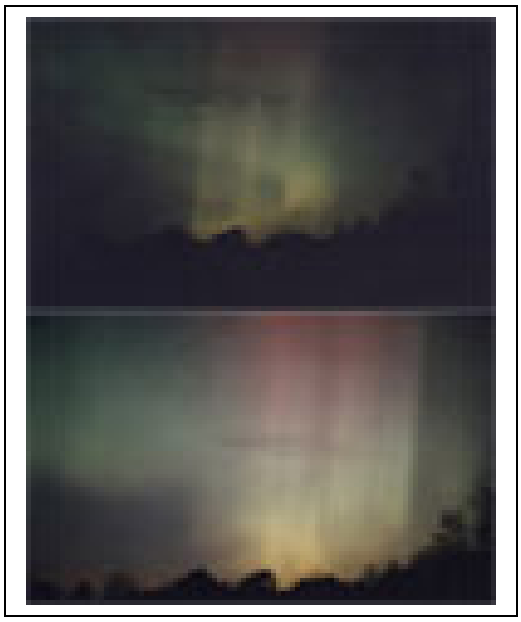
การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กโลกแบบแปรปรวนช้าๆ คาดว่าเป็นผลมาจากการไหลของกระแสไฟฟ้าในแก่นโลก โดยการเคลื่อนที่ไปทางตะวันตกของสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจบ่งชี้ได้ว่าแก่นโลกชั้นนอกหมุนช้ากว่าชั้นเนื้อโลกและเปลือกโลกเล็กน้อย

## ลมสุริยะและแสงออโรรา

ลมสุริยะรู้จักในปี พ.ศ. 2476 มีสาเหตุจากการระเบิดอย่างรุนแรงของผิวดวงอาทิตย์ ทำให้มีเปลวก๊าซร้อนพุ่งออกจากผิว ในบางครั้งเปลวก๊าซอาจจะพุ่งไกลถึงล้านกิโลเมตร ซึ่งจะนำอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าประมาณ 5-10 อนุภาคต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีความเร็วสูงกว่า 500 กิโลเมตรต่อวินาที ออกมาด้วย และถ้าอนุภาคเหล่านี้พุ่งชนสายไฟฟ้าบนโลก ไฟฟ้าในเมืองทั้งเมืองก็อาจจะดับ ดังเช่นเหตุการณ์ไฟฟ้าดับที่เมือง Quebec ในประเทศ คานาดาเป็นเวลานาน 9 ชั่วโมง เมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2532 ลมสุริยะมีคาบของการเกิดประมาณทุก 11 ปี

ทรงกลมสนามแม่เหล็กโลกเป็นเสมือนกำแพงกั้นลมสุริยะไม่ให้พุ่งเข้าสู่ผิวโลก โดยเมื่อลมสุริยะเข้ามาปะทะกับสนามแม่เหล็กโลกจะทำให้ทรงกลมสนามแม่เหล็กโลกด้านที่ใกล้ดวงอาทิตย์จะถูกบีบอัด ส่วนด้านที่อยู่ไกลจะได้รับผลจากการบีบอัดกลายเป็นหางยาว ทำให้ทรงกลมสนามแม่เหล็กโลกมีรูปร่างเหมือนหยดน้ำในแนวนอน พื้นผิวที่ลมสุริยะเบี่ยงเบนออกนี้ เรียกว่า Bow shock ในแนวหลัง Bow shock นี้ จะเรียกว่า แมกนีโทสเฟียร์ อนุภาคต่างที่ทะลุผ่านแนว Bow shock มาได้จะถูกกักไว้ด้วยคุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้า กล่าวคือ อนุภาคที่มีประจุจะถูกแรงกระทำจากสนามแม่เหล็กให้เคลื่อนที่หมุนวนไปตามเส้นแรงแม่เหล็ก กลับไปมาระหว่างขั้วเหนือและขั้วใต้แม่เหล็ก บริเวณที่อนุภาคถูกกักไว้นี้เรียกว่าวงแหวนแวนอัลเลน คล้ายโดนัท ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวถือว่ามีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกมาก ซึ่งถ้าไม่มีสนามแม่เหล็กหรือสนามแม่เหล็กอ่อนแรงลง ลมสุริยะจะเข้ามาปะทะกับผิวโลกเหมือนเช่นดาวเคราะห์ดวงอื่นได้



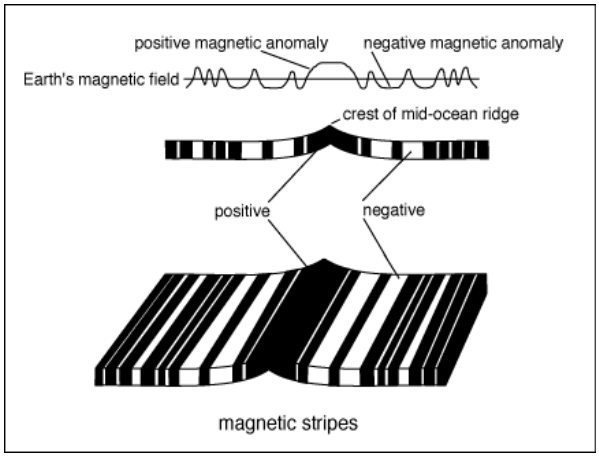


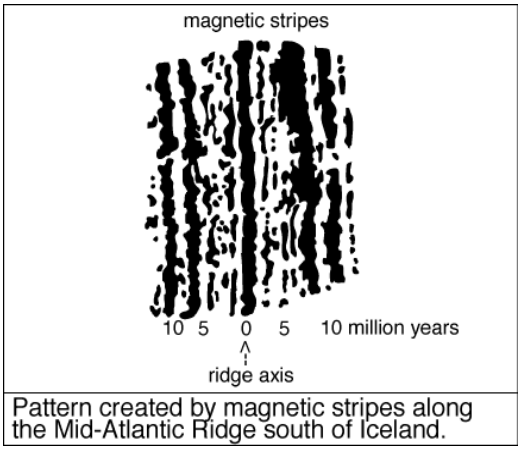
ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการที่อนุภาคจากลมสุริยะปะทะเข้ากับแมกนีโทสเฟียร์ก็คือ ออโรรา (Aurora) หรือ แสงเหนือแสงใต้ (Northern and Southern light) เนื่องจากพบเฉพาะพื้นที่แถบขั้วโลกเท่านั้น แสงนี้เกิดจากการที่อนุภาคจากลมสุริยะปะทะกับไอออนของธาตุในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) และปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของโฟตอน ซึ่งรวมทั้งแสงในช่วงที่มองเห็นปรากฏให้เห็นเป็นแถบสีสวยงามบนท้องฟ้า

## การกลับขั้วของสนามแม่เหล็กโลก

การกลับขั้วแม่เหล็กจากทิศเหนือไปทิศใต้เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่สามารถพิสูจน์ได้ว่ามีอยู่จริง โดยเริ่มจากการศึกษาสนามแม่เหล็กโลกที่ซ่อนอยู่ในหินอัคนีบริเวณกลางมหาสมุทรตามแนวของ Mid-Atlantic พบว่า มีค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็ก (magnetic anomaly) เกิดขึ้นในหินบริเวณดังกล่าว โดยพบว่ามีค่าเป็นบวก (positive magnetic anomaly) สลับกับมีค่าเป็นลบ (negative magnetic anomaly) บริเวณที่มีค่าเป็นบวก จะเป็นบริเวณที่มีค่าความเข้มข้นของสนามแม่เหล็กสูงกว่าความเข้มข้นของสนามแม่เหล็กโลกปัจจุบัน ในขณะที่บริเวณที่มีค่าเป็นลบจะเป็นบริเวณที่มีค่าความเข้มข้นของสนามแม่เหล็กต่ำกว่า สามารถอธิบายได้ว่า บริเวณที่มีค่าเป็นบวกสนามแม่เหล็กโลกและสนามแม่เหล็กของหินจะวางตัวอยู่ในทิศทางเดียวกันและส่งเสริมกัน ในขณะที่บริเวณที่มีค่าเป็นลบ สนามแม่เหล็กโลกและสนามแม่เหล็กของหินจะวางตัวอยู่ในทิศทางตรงกันข้ามกัน ทำให้เกิดการหักล้างกัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า ในขณะที่หินนี้เย็นตัวลง ทิศทางของสนามแม่เหล็กโลกจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับว่า ขั้วเหนือของสนามแม่เหล็กโลกจะวางตัวอยู่ที่ขั้วเหนือโลกหรือขั้วใต้โลก โดยสรุป บริเวณที่มีค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็กโลกมีค่าเป็นบวก แสดงว่าหินนั้นจะเย็นตัวและแข็งตัวเป็นหิน เมื่อขั้วเหนือของแม่เหล็กโลกวางตัวอยู่ที่ขั้วทางทิศเหนือ ในขณะที่บริเวณที่มีค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็กโลกมีค่าเป็นลบ แสดงว่าหินนั้นจะเย็นตัวและแข็งตัวเป็นหิน เมื่อขั้วเหนือของแม่เหล็กโลกวางตัวอยู่ที่ขั้วทางทิศใต้

ปรากฏการณ์เคลื่อนย้ายของขั้วแม่เหล็กโลกนี้ได้เกิดขึ้นมาอย่างต่อเนื่องในช่วงอายุต่างๆ ของธรณีกาล ซึ่งเมื่อนำค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็ก (ทั้งบวกและลบ) ในบริเวณท้องมหาสมุทรมาเขียนลงในแผนที่ ก็จะได้รูปแบบที่มีค่าเป็นบวกและลบสลับกัน และขนานกันออกไปจากแนวกึ่งกลางของ Mid-Atlantic ridge เป็นหลักฐานว่าในอดีตกาล ขั้วเหนือสนามแม่เหล็กโลกมีการเคลื่อนย้ายสลับกันไปมาระหว่างขั้วทางทิศหนือและขั้วทางทิศใต้



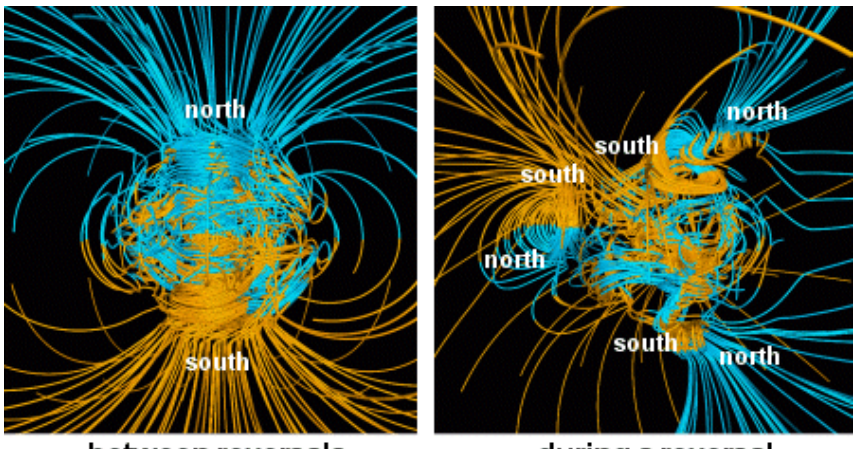




Pattern created by magnetic stripes along the Mid-Atlantic Ridge south of Iceland.

**รูปแบบของค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็กในหิน**

## สาเหตุของการกลับขั้ว

การสลับขั้วสนามแม่เหล็กโลกไม่ได้มีสาเหตุมาจากกลไกของการหมุนตัวของโลกเป็นหลัก แต่มีสาเหตุมาจากการไหลที่ไม่เป็นระเบียบของกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการไหลวนของแก่นโลกชั้นนอกนั่นเอง ผลรวมของกระแสบางครั้งก็หักล้างกัน บางครั้งก็ส่งเสริมกัน ทำให้เวกเตอร์รวมของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทำให้ดูเหมือนว่าแกนแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในแนวตั้งฉากนั้นไม่อยู่กับที่ ในบางครั้งการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงเหล่านี้อาจมีผลถึงจุดที่ทำให้สนามแม่เหล็กโลกกลับขั้วได้



## ประวัติศาสตร์ของการกลับขั้ว

การกลับขั้วของสนามแม่เหล็กโลกเกิดขึ้นตั้งแต่โลกอุบัติขึ้น โดยมีระยะเวลาคงอยู่ของขั้วโลกไม่แน่นอน ตั้งแต่ 10,000 ถึง 10 ล้านปี และมีระยะเวลาในช่วงสลับขั้วไม่เกิน 5,000 ปี จากการจำลองค่าสนามแม่เหล็กโลกในขณะที่สลับขั้วโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ พบว่าสนามแม่เหล็กไม่ได้หายไปแต่จะมีลักษณะโผล่เป็นปมขั้วเหนือ-ใต้มากมายทั่วทั้งโลก

การศึกษาสนามแม่เหล็กโลกบริเวณกลางมหาสมุทรแอตแลนติก พบว่าตั้งแต่ยุคจูแรสซิกถึงปัจจุบัน สนามแม่เหล็กโลกมีการสลับไปมาถึง 85 ครั้งโดยมีรูปแบบของการกลับขั้วที่แตกต่างกัน อาทิมีความถี่ในการกลับขั้วสูงมากในยุคเทอร์เชียรีในขณะที่มีระยะเวลาคงอยู่ของขั้วโลกนานมากในช่วงยุคครีเทเชียสตอนกลางเป็นต้น

## ผลกระทบเมื่อมีการกลับขั้วสนามแม่เหล็ก

การย้อนกลับของขั้วแม่เหล็กโลกจากทิศเหนือเป็นทิศใต้ ไม่มีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก แต่พบว่าปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศมีมากกว่า และมีอัตราส่วนของ $Fe_2O_3/FeO$ มากกว่าช่วงที่ขั้วแม่เหล็กเป็นปกติ 4 เท่า เหตุการณ์ดังกล่าวน่าจะเป็นเพราะโลกยังมีสนามแม่เหล็กป้องกันลมสุริยะอยู่ อย่างไรก็ตาม ในช่วงระหว่างการเปลี่ยนขั้ว ซึ่งมีระยะเวลาไม่เกิน 5,000 ปี พบการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตหลายครั้ง เนื่องจากในช่วงดังกล่าวสนามแม่เหล็กโลกไม่มีทิศทางหรือมีกำลังไม่เพียงพอที่จะกั้นลมสุริยะจากดวงอาทิตย์ได้

# บทที่ 5 บรรยากาศ

## 5.1 กำเนิดของบรรยากาศ

โลกของเราเกิดขึ้นพร้อมๆ กับดวงอาทิตย์ และดาวเคราะห์ดวงอื่นๆ ในระบบสุริยะ เมื่อประมาณ 4,600 ล้านปีมาแล้ว โดยก๊าซและฝุ่นได้รวมตัวก่อกำเนิดเป็นดวงอาทิตย์และดาวเคราะห์ โลกในยุคแรกนั้นมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดร้อนที่ถูกกระหน่ำชนด้วยอุกกาบาตขนาดใหญ่ตลอดเวลา องค์ประกอบซึ่งเป็นธาตุหนัก เช่น โลหะ ได้จมตัวลงสู่แก่นกลางของโลก องค์ประกอบซึ่งเป็นธาตุเบา เช่น ซิลิกอน และก๊าซต่างๆ ได้ลอยตัวขึ้นสู่พื้นผิว และเหนือผิวโลกได้ถูกปกคลุมก๊าซไฮโดรเจน ไนโตรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ และเนื่องจากพื้นผิวโลกร้อนมาก ประกอบกับอิทธิพลของลมสุริยะ จึงทำให้ก๊าซไฮโดรเจนแตกตัวเป็นประจุ (Ion) และหลุดหนีสู่อวกาศ ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนในบรรยากาศจึงลดลงตามระยะเวลา

ในเวลาต่อมาเปลือกโลกเริ่มเย็นตัวลงเป็นของแข็ง องค์ประกอบที่เบากว่าซึ่งถูกกักขังไว้ภายใน ได้พยายามแทรกตัวออกตามรอยแตกของพื้นผิวในลักษณะของภูเขาไฟระเบิด องค์ประกอบหลักของบรรยากาศโลกในช่วงนั้นจึงเริ่มเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจน ต่อมาเมื่อโลกเย็นตัวลงจนไอน้ำในอากาศสามารถควบแน่นทำให้เกิดพายุฝนได้ น้ำฝนที่เกิดขึ้นได้ละลายคาร์บอนไดออกไซด์ลงมาบนพื้นผิวโลก ทำให้ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง และน้ำฝนจำนวนมากเหล่านี้ได้สะสมและรวมตัวกันบริเวณแอ่งที่ต่ำ กลายเป็นทะเลและมหาสมุทร ในช่วงเวลานั้นวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตได้ถือกำเนิดขึ้น โดยสิ่งมีชีวิตในยุคแรกอาศัยอยู่ตามใต้มหาสมุทร ดำรงชีวิตโดยใช้พลังงานเคมีและความร้อนจากภูเขาไฟใต้ทะเล

ต่อมาอีก 2,000 ล้านปี สิ่งมีชีวิตได้วิวัฒนาการให้มีการสังเคราะห์แสงได้ เช่น แพลงตอน สาหร่าย และพืช และได้ดึงเอาคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศและน้ำทะเล มาสร้างน้ำตาล และให้ผลผลิตเป็นก๊าซออกซิเจนออกมา องค์ประกอบของบรรยากาศโลกจึงเปลี่ยนแปลงไป โดยก๊าซออกซิเจนกลายเป็นองค์ประกอบหลักแทนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

## 5.2 ชั้นบรรยากาศ

โลกมีชั้นบรรยากาศปกคลุมอยู่ 5 ชั้น โดยเรียงลำดับจากผิวโลกขึ้นไป คือ

**โทรโพสเฟียร์ (troposphere)** เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่ติดโลกห่างจากพื้นผิวโลกไม่เกิน 20 กิโลเมตร ประกอบด้วย ก๊าซไนโตรเจน ออกซิเจน อาร์กอน ก๊าซอื่นและไอน้ำน้อยกว่า เป็นชั้นบรรยากาศที่เกิดปรากฏการณ์ต่างๆ ของอากาศ เช่น ฝน หรือพายุเมฆฝนต่างๆ อุณหภูมิลดลงตามระดับความสูง โดยเฉลี่ยลดลง 6.5 องศาเซลเซียส ต่อ 1 กิโลเมตร

รอยต่อระหว่างชั้นโทรโพสเฟียร์กับสตาร์โทสเฟียร์ที่เรียกว่า โทรโพพอส มีบรรยากาศที่เจือจางและเย็นจนถึงจุดเยือกแข็ง เป็นชั้นบรรยากาศที่สงบเงียบ อากาศไม่แปรปรวนมาก มนุษย์จึงใช้บรรยากาศชั้นนี้เป็นเส้นทางการบิน

**สตราโทสเฟียร์ (startosphere)** เป็นชั้นบรรยากาศห่างจากพื้นผิวโลก 18-50 กิโลเมตร ปกคลุมด้วยบรรยากาศที่เข้มข้นขึ้น เป็นชั้นบรรยากาศที่มีโอโซน อยู่มากจึงทำให้มีการเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าชั้นโอโซโนสเฟียร์(ozonosphere) โอโซนช่วยดูดซับแสงอัลตร้าไวโอเล็ต หรือที่เรียกกันว่ารังสีเหนือม่วง ให้ผ่านเข้ามายังโลกให้พอเหมาะพอดี รังสีเหนือม่วงเป็นตัวให้วิตามินดีแก่สิ่งมีชีวิต ทำให้กระดูกแข็งแรง แต่ถ้าหากรังสีเหนือม่วงนี้มากเกินปกติก็จะมีผลทำให้เกิดมะเร็งใต้ผิวหนัง

สารซีเอฟซี (CFC หรือ Chloro Fulorro Carbon) ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบ 3 ชนิด คือ คลอรีน (Cl) ฟลูออรีน (F) และคาร์บอน (C) มีคุณสมบัติทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศเมโซสเฟียร์และสตราโทสเฟียร์ โดยสาร CFC 1 อะตอม จะทำลายโอโซน ($O_3$) ได้ถึง 100,000 โมเลกุล เมื่อชั้นโอโซนถูกทำลาย แสงอัลตร้าไวโอเล็ตก็จะทะลุทะลวงลงสู่พื้นโลกได้รุนแรงขึ้น มีผลทำให้เกิดความร้อนและการล้มตายของสิ่งชีวิตในโลก ดังนั้นทั่วโลกจึงพยายามรณรงค์ให้ลดการใช้สาร CFC ซึ่งถูกปลดปล่อยออกมาจากอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น

CFC $_{11}$ อุตสาหกรรมผลิตพลาสติก โฟม ที่มีลักษณะยืดหยุ่นใช้ในงานเฟอร์นิเจอร์

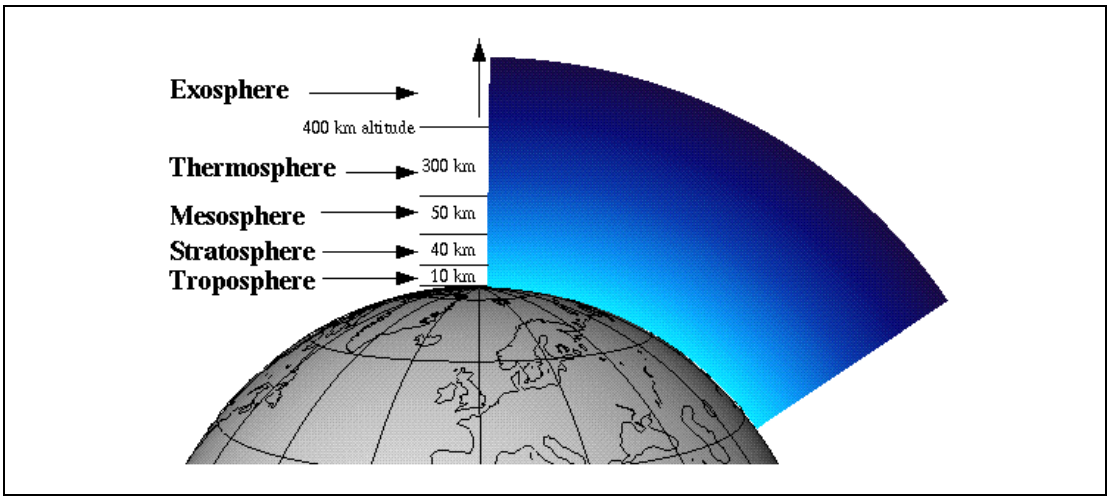
CFC $_{12}$ อุตสาหกรรมผลิตสารให้ความเย็น เครื่องทำความเย็นต่างๆ โดยเฉพาะตู้เย็น

CFC $_{13}$ อุตสาหกรรมผลิตน้ำยาทำความสะอาดในแผงวงจรไมโครอิเล็คทรอนิค

**เมโซสเฟียร์ (Mesosphere)** บรรยากาศที่อยู่ห่างจากพื้นผิวโลก 50-80 กิโลเมตร อุณหภูมิของอากาศจะลดลงอย่างรวดเร็ว

**เทอร์โมสเฟียร์ (Thermosphere)** บรรยากาศที่อยู่ห่างจากพื้นผิวโลก 80-480 กิโลเมตร ปกคลุมด้วยบรรยากาศที่เจือจาง อุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามความสูง มีการแตกตัวของโมเลกุลของก๊าซต่างๆมากที่สุด เป็นชั้นบรรยากาศที่มีประจุไฟฟ้าซึ่งสะท้อนคลื่นวิทยุในระบบสื่อสาร ทำให้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า **ชั้นไอโอโนสเฟียร์(Ionosphere)**

**เอ็กโซสเฟียร์ (Exosphere)** ชั้นบรรยากาศที่อยู่นอกสุด อยู่ห่างจากพื้นผิวโลกมากกว่า 500 กิโลเมตรจนถึง10000 กิโลเมตรก่อนที่จะเข้าสู่ห้วงอวกาศ บรรยากาศชั้นนี้ประกอบด้วยก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซฮีเลียม ใช้เป็นชั้นโคจรของยานอวกาศ และดาวเทียมสื่อสาร




**ชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก**

## 5.3 องค์ประกอบของบรรยากาศ

บรรยากาศชั้นในที่ห่อหุ้มโลกในปัจจุบันประกอบด้วย ก๊าซไนโตรเจน 78% ก๊าซออกซิเจน 21% ก๊าซอาร์กอน 0.9% ที่เหลือเป็น ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆ จำนวนเล็กน้อย

**ภาพแสดงองค์ประกอบของบรรยากาศ**

### องค์ประกอบหลัก

1) ก๊าซไนโตรเจน ($N_2$) มีคุณสมบัติไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารอื่น แต่เมื่ออะตอมเดี่ยวของมันแยกออกมารวมเข้าเป็นสารประกอบเช่น สารไนเตรท จะมีบทบาทสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต

2) ก๊าซออกซิเจน ($O_2$) เป็นผลผลิตจากการสังเคราะห์แสงของพืช สาหร่าย แพลงตอน และสิ่งมีชีวิต มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับสารอื่น และช่วยให้ไฟติด ถ้าปริมาณของออกซิเจนในอากาศมีมากกว่า 35% โลกทั้งดวงจะลุกไหม้ติดไฟ ดังนั้นสิ่งมีชีวิตบนโลกจึงวิวัฒนาการให้มีสัตว์ซึ่งใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญธาตุอาหาร และคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา

3) ก๊าซอาร์กอน (Ar) เป็นก๊าซเฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยากับธาตุอื่น เกิดขึ้นจากการสลายตัว (ซากกัมมันตภาพรังสี) ของธาตุโพแทสเซียมภายในโลก

4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) เป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) แม้มีอยู่ในบรรยากาศเพียง 0.036% แต่เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกมีคุณสมบัติในการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดซึ่งแผ่ออกจากโลก ทำให้โลกอบอุ่น อุณหภูมิของกลางวันและกลางคืนไม่แตกต่างจนเกินไป นอกจากนั้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังเป็นแหล่งอาหารของพืช

อย่างไรก็ตามแม้ว่าไนโตรเจน ออกซิเจน จะเป็นองค์ประกอบหลัก แต่ก็มิได้มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของโลก ในทางตรงกันข้ามก๊าซโมเลกุลใหญ่ เช่น ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทน แม้จะมีอยู่ในบรรยากาศเพียงเล็กน้อย แต่มีความสามารถในการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ทำให้อุณหภูมิของโลกอบอุ่น เราเรียกก๊าซพวกนี้ว่า “ก๊าซเรือนกระจก” (Greenhouse gas)

**ตารางแสดงชนิดของก๊าซเรือนกระจก**

| ก๊าซเรือนกระจก | ปริมาณก๊าซในบรรยากาศ (ต่อล้านส่วน) |
|---|---|
| ไอน้ำ | 40,000 |
| คาร์บอนไดออกไซด์ | 360 |
| มีเทน | 1.7 |
| ไนตรัสออกไซด์ | 0.3 |
| โอโซน | 0.01 |

## องค์ประกอบผันแปร

นอกจากก๊าซต่างๆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลัก มีปริมาณคงที่แล้ว ยังมีองค์ประกอบอื่นๆ ซึ่งมีปริมาณผันแปร ขึ้นอยู่กับสถานที่และเวลา องค์ประกอบผันแปรนี้แม้ว่าจะมีจำนวนอยู่เพียงเล็กน้อย แต่ก็ส่งผลกระทบต่อสภาพอากาศและภูมิอากาศเป็นอันมาก

**1) ไอน้ำ ($H_2O$)** มีปริมาณ 0 - 4% ในบรรยากาศ ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและสถานที่ "ไอน้ำ" หมายถึง น้ำในสถานะก๊าซ เมื่อน้ำเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปสู่อีกสถานะหนึ่ง เช่น ของแข็งของเหลว และก๊าซ จะมีการดูดกลืนและคายความร้อนแฝง (Latent heat) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ทำให้เกิดพายุ ไอน้ำเป็นก๊าซเรือนกระจกเช่นเดียวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงมีคุณสมบัติในการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกจากโลก นอกจากนั้นเมื่อไอน้ำกลั่นตัวเป็นละอองน้ำ หรือ "เมฆ" มีความสามารถในการสะท้อนแสงอาทิตย์ และแผ่รังสีอินฟราเรด ทำให้พื้นผิวโลกไม่ร้อนหรือหนาวจนเกินไป

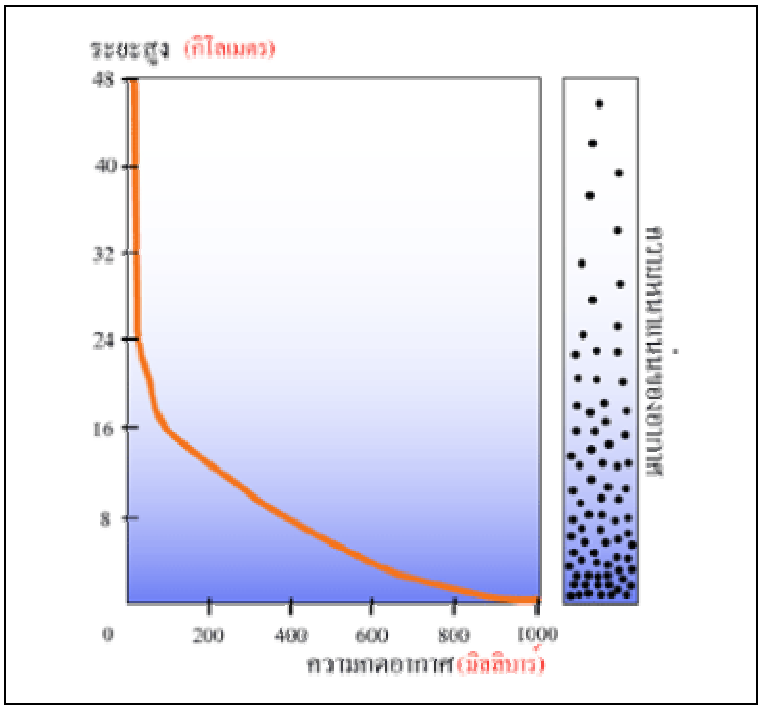
**2) โอโซน ($O_3$)** เกิดจากการที่ก๊าซออกซิเจนแตกตัวเป็นอะตอมเดี่ยว (O) เนื่องจากการดูดกลืนรังสีอุลตราไวโอเล็ตในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ (Stratrosphere) แล้วรวมตัวกับก๊าซออกซิเจน เกิดเป็นก๊าซซึ่งมีโมเลกุลของออกซิเจน 3 อะตอม เรียกว่า "โอโซน" (Ozone) สะสมตัวเป็นชั้นบางๆ ที่ระยะสูงประมาณ 50 กิโลเมตร โอโซนมีประโยชน์ในการกรองรังสีอุลตราไวโอเล็ตไม่ให้ลงมาทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต แต่เนื่องจากก๊าซโอโซนเองเป็นพิษต่อร่างกาย ซึ่งถ้าหากมีก๊าซโอโซนมากเกินไปที่ระดับต่ำในชั้นโทรโพสเฟียรส์ (จากเครื่องยนต์ และโรงงาน) ก็จะทำให้เกิดมลภาวะได้

**3) ละอองอากาศ (Aerosols)** หมายถึง อนุภาคขนาดเล็กที่ลอยค้างอยู่ในอากาศ ซึ่งอาจเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือฝีมือมนุษย์ก็ได้ เช่น เกสรดอกไม้ ละอองเกลือ ขี้เถ้าภูเขาไฟ ฝุ่นผง หรือเขม่าจากการเผาไหม้ ละอองอากาศทำหน้าที่เป็นแกนให้ละอองน้ำจับตัวกัน (ในอากาศบริสุทธิ์ ละอองน้ำไม่สามารถจับตัวได้ เนื่องจากไม่มีแกนนิวเคลียส) ละอองอากาศสามารถดูดกลืนและสะท้อนแสงอาทิตย์ จึงมีอิทธิพลในการควบคุมอุณหภูมิของพื้นผิวโลก เรามองเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นและ

ตกที่ขอบฟ้าเป็นแสงสีแดง ก็เพราะละอองอากาศกรองรังสีคลื่นสั้น เหลือแต่รังสีคลื่นยาวซึ่งเป็นแสงสีส้มและสีแดงทะลุผ่านมาได้เรียกว่า “การกระเจิงของแสง” (Light gathering)

## 5.4 ความกดอากาศ

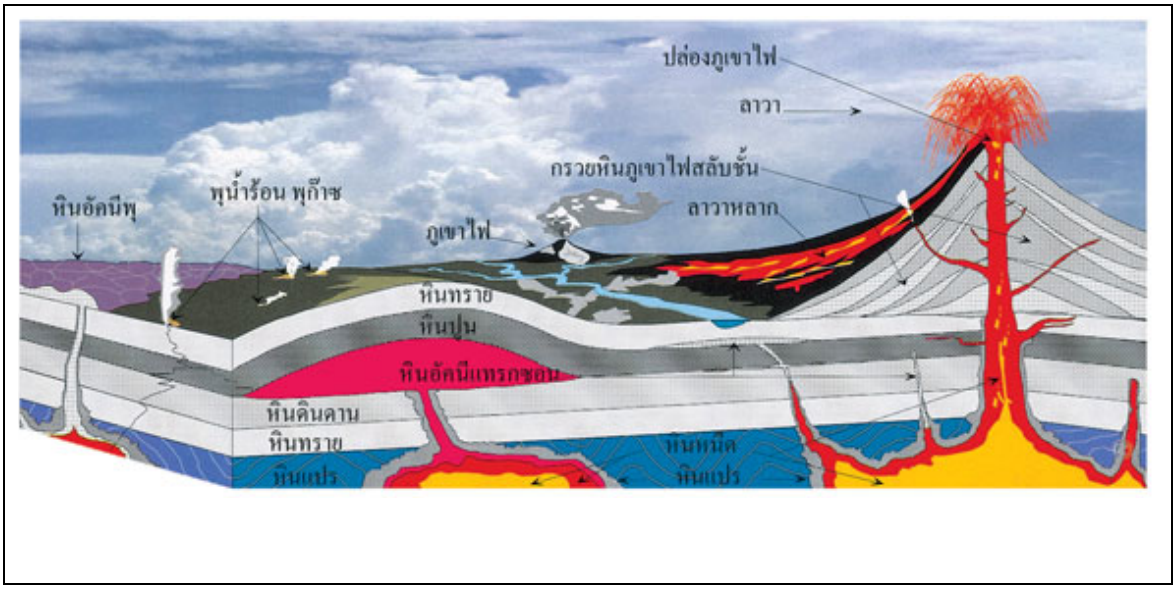
ขอบเขตของรอยต่อระหว่างบรรยากาศและอวกาศไม่สามารถบ่งชี้ได้ชัดเจนนัก โดยยิ่งสูงขึ้นไปอากาศยิ่งบาง แม้ว่าชั้นบรรยากาศที่เราศึกษาจะมีความสูงไม่เกิน 100 กิโลเมตร แต่ทว่าที่ระยะสูง 400 กิโลเมตร ก็ยังมีอนุภาคของอากาศอยู่มากพอที่จะสร้างแรงเสียดทานให้ดาวเทียมและยานอวกาศเคลื่อนที่ช้าลง โมเลกุลของอากาศถูกแรงโน้มถ่วงของโลกดึงดูดไว้ให้กองทับถมกัน ดังนั้นยิ่งใกล้พื้นผิวโลก ก็ยิ่งมีการกดทับของอากาศมาก เราเรียกน้ำหนักของอากาศที่กดทับลงมานี้ว่า “ความกดอากาศ” (Air pressure) ความกดอากาศมีค่าแปรผันตรงกับ “ความหนาแน่นของอากาศ” (Air density) ยิ่งความดันอากาศสูง ความหนาแน่นของอากาศก็ยิ่งมาก โดยระดับทะเลปานกลางมีความกดอากาศ 1013 กรัม/ตารางเซนติเมตร หรือ 1013 มิลลิบาร์ ที่ระดับความสูง 5.6 กิโลเมตร ความกดอากาศจะลดลง 50% ที่ระดับความสูง 16 กิโลเมตร ความกดอากาศจะลดลงเหลือ 10% และที่ระดับความสูง 100 กิโลเมตร ความกดอากาศจะลดลงเหลือเพียง 0.00003% แต่สัดส่วนองค์ประกอบของก๊าซแต่ละชนิดก็ยังคงเดิม ณ ความสูงระดับนี้แม้ว่าจะมีอากาศอยู่แต่ก็มีความหนาแน่นน้อยกว่าสภาวะสุญญากาศที่มนุษย์สร้างขึ้น




**กราฟความกดอากาศ (ซ้าย) และความหนาแน่นของอากาศ (คอลัมน์ขวา)**

# บทที่ 6 หิน

**หิน (Rock)** เป็นวัตถุที่มีมากที่สุดในโลกเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุอื่นๆ หินมีความแข็งและมีสีต่างๆ หินส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแร่ตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไป หรือบางอย่างอาจประกอบด้วยแร่มากกว่าสิบชนิด หรือประกอบด้วยแร่เพียงชนิดเดียว เช่น หินปูนบริสุทธิ์ ซึ่งประกอบด้วยแร่แคลไซต์เพียงอย่างเดียว เรามักพบเห็นหินอยู่ทั่วไป โดยอาจอยู่ในลักษณะของเศษหินตามทางหรือกรวดตามธารน้ำ ลำคลอง หน้าผา และภูเขาที่มีหินแข็งโผล่อยู่เหนือผิวดิน หินส่วนใหญ่ถูกปิดทับอยู่ใต้ผิวพื้นดิน ในทางธรณีวิทยานั้นได้แบ่งหินตามการกำเนิดออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ หินอัคนี หินตะกอนหรือหินชั้น และหินแปร




**กระบวนการแทรกดันของหินหนืด แล้วเย็นตัวลงได้เป็นหินอัคนี เมื่อเกิดกระบวนการผุพังทำลายพาไปทับถมได้เป็นหินตะกอน และเมื่อผ่านกระบวนการของความร้อนและความดันจะกลายเป็นหินแปร** (ที่มา : www.dmr.go.th)

## 6.1 หินอัคนี

**หินอัคนี (Igneous Rock)** เกิดจากหินหนืดที่อยู่ใต้เปลือกโลกแทรกดันขึ้นมาแล้วตกผลึกเป็นแร่ต่างๆ และเย็นตัวลง จับตัวแน่นเป็นหินที่ผิวโลก หินหนืดและลาวาเป็นส่วนผสมของธาตุต่างๆ คือ Silica, Iron, sodium, potassium, etc. เมื่อหินหนืดและลาวาเย็นตัวลงแร่จะตกผลึกและมีแร่ตกผลึกเป็นลำดับ ซึ่งเรียกว่า Bowen's Reaction Series [BRS] โดยมีกลุ่มแร่ที่ตกผลึกขณะอุณหภูมิสูง และอีกกลุ่มเกิดขณะอุณหภูมิต่ำ ขณะที่กระบวนการดำเนินต่อเนื่อง หินหนืดจะมีแร่ชนิดต่างๆ ตัวหินหนืดเองจะมีแก๊สและไอน้ำ แก๊ส ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งถูกขับออกสู่บรรยากาศ

หินอัคนีสามารถแบ่งได้ 2 ชนิดใหญ่ๆคือ

### 1) หินอัคนีแทรกซอน (Intrusive Igneous Rock)

หินอัคนีแทรกซอนเกิดจากการเย็นตัวลงอย่างช้าๆ ของแมกมาซึ่งอยู่ลึกลงไปใต้เปลือกโลก เมื่อแมกมาดันตัวขึ้นมาสู่เปลือกโลกระดับหนึ่ง จะมีการเย็นตัวอย่างช้าๆ แร่มีระยะเวลาตกผลึกมาก ผลึกแร่จึงมีขนาดใหญ่และมีลักษณะเป็นเหลี่ยมหน้าผลึกเกาะประสานตัวกันอย่างแน่นสนิท โดยมีขนาดผลึกแร่ใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร

ตัวอย่างหินอัคนีแทรกซอน ได้แก่

- *หินแกรนิต (Granite)* มีสีจาง ขนาดผลึกใหญ่ มีส่วนประกอบเป็นแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์และแร่ไมกา หินประเภทนี้ใช้ในการทำหินประดับ หินครก หินก่อสร้างและเป็นหินที่พบแหล่งแร่อยู่ใกล้เคียง อาทิ แร่ดีบุก แร่ตะกั่ว สังกะสี แร่หายาก และแร่เฟลด์สปาร์

- *หินไดออไรต์ (Diorite)* มีสีเข้มกว่าหินแกรนิต สีเขียวประจุดขาว หรือสีดำประจุดขาว ขนาดผลึกใหญ่ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ แร่ไมกา และแร่ฮอร์นเบลนด์ หินประเภทนี้ใช้ทำหินประดับที่มีราคาค่อนข้างสูง หินครก และเป็นหินที่พบแหล่งแร่อยู่ใกล้เคียง อาทิ แร่ทองคำ แร่เงิน และแร่โลหะพื้นฐาน

- *หินแกบโบร* (Gabbro) มีสีดำเข้ม ขนาดผลึกใหญ่ ประกอบด้วยแร่ไพรอกซีน แร่เฟลด์สปาร์ แร่ฮอร์นเบลนด์ และแร่โอลีวีน หินประเภทนี้ใช้ทำหินประดับที่มีราคาสูงและเป็นหินที่พบแหล่งแร่ที่เกิดในอุณหภูมิสูงเช่นแร่โครไมต์และแร่นิกเกิลอยู่ใกล้เคียง

- *หินเพอริโดไทต์ (Peridotite)* มีสีดำเขียว ขนาดผลึกใหญ่ ประกอบด้วยแร่โอลีวีนและไพรอกซีน โดยพบแร่เฟลด์สปาร์เล็กน้อยถึงไม่มี หินประเภทนี้เป็นหินที่พบแหล่งแร่ที่เกิดในอุณหภูมิสูงเช่นแร่โครไมต์และแร่นิกเกิลอยู่ใกล้เคียงเช่นกัน

**หินแกรนิต**

**หินแกบโบร**

## 2) หินอัคนีพุ หรือ หินภูเขาไฟ (Extrusive Igneous Rock or Volcanic Rock)

หินอัคนีพุ หรือ หินภูเขาไฟ เกิดจากการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วของแมกมาที่ปะทุออกมานอกผิวโลกเป็นลาวา (Lava) เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่าภูเขาไฟระเบิด ถ้าลาวาเหลวมาก (มีความหนืดต่ำ) ลาวาจะไหลเอ่อนองทับถมตัวกัน เมื่อเย็นตัวแข็งจะมีลักษณะเป็นชั้นๆ ได้ การที่หินหนืดปะทุออกมาภายนอกนั้น แร่จะเย็นตัวตกผลึกและแข็งตัวเร็วมาก ผลึกแร่จะมีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นเป็นรูปผลึก และหากลาวามีการเย็นตัวลงเร็วอย่างฉับพลันด้วยแล้วและไม่มีเวลามากพอให้เกิดการตกผลึกของแร่ ผลึกอาจไม่เกิดขึ้นเลย เช่น หินออบซิเดียน (หินแก้วภูเขาไฟ) อย่างไรก็ตาม ลาวาที่ไหลทะลักขึ้นสู่ผิวโลกมักจะมีก๊าซและสารระเหิดอยู่ด้วย เมื่อลาวาถูกพ่นออกมาเย็นตัวนอกผิวโลกส่วนที่เป็นก๊าซจะขยายตัวกระจายไปในอวกาศ เมื่อลาวาเย็นตัวแข็งก็จะเกิดรูพรุนอยู่ทั่วไปในเนื้อหิน เช่นในหินพัมมิซ (Pumice) และหินบะซอลต์ประเภทมีรูพรุน (Vesicular หรือ Scoria Basalt)

ตัวอย่างหินอัคนีพุ ได้แก่

- *หินไรโอไลต์ (Rhyolte)* มีสีขาว ขาวแดงหรือแดงชมพู มักพบผลึกดอก มีปริมาณธาตุซิลิกาค่อนข้างสูง แร่ประกอบหินคล้ายหินแกรนิต หินประเภทนี้ถ้าเป็นหินผุมักใช้เป็นดินขาวและวัสดุปรับปรุงดิน

- *หินแอนดีไซต์* (Andesite) มีสีเขียว สีเทาเขียว มีปริมาณธาตุซิลิกาปานกลาง แร่ประกอบหินคล้ายหินไดโอไรต์ หินประเภทนี้ใช้เป็นหินประดับ หินก่อสร้างและมีความสัมพันธ์กับแหล่งแร่โลหะมีค่า

- *หินบะซอลต์ (Basalt)* มีสีเข้ม สีดำ มีปริมาณธาตุซิลิกาต่ำ แต่ปริมาณธาตุแมกนีเซียมและเหล็กสูง มักพบรูพรุน แร่ประกอบหินคล้ายหินแกบโบร หินประเภทนี้มักใช้เป็นหินก่อสร้าง วัสดุปรับปรุงคุณภาพดินและมีความสัมพันธ์กับพลอยและแร่อัญมณีอื่นๆ อีกหลายชนิด

**หินแอนดีไซต์**

**หินบะซอลต์**

## 6.2 หินตะกอน

**หินตะกอน (Sedimentary Rock)** มาจากภาษาลาตินคือ Sedimentum หมายถึง "การจม" เป็นหินที่เกิดจากการสะสมและตกตะกอนทับถมของเศษหิน ดิน ทราย ที่แตกหลุดหรือถูกชะละลายออกมาจากหินเดิมโดยตัวการตามธรรมชาติ เช่น น้ำ ลม ธารน้ำแข็ง น้ำทะเล พัดพาตะกอนไปทับถมในแอ่งสะสมตัว หลังจากนั้นได้เกิดกระบวนการการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีในตะกอน ทำให้ ตะกอนกลายเป็นหิน (lithification) ภายหลังการสะสมตะกอน กระบวนการนี้อาจเกิดที่ผิวโลกหรือใกล้ผิวโลกก็ได้ กระบวนการนี้รวมถึงการอัด (compaction) ซึ่งตะกอนขนาดเล็กถูกบีบอัดดีกว่าตะกอนขนาดใหญ่ การเชื่อมประสาน (cementation) เป็นการตกผลึกของแร่รอบเม็ดตะกอน ซึ่งมักเป็นแร่ควอตซ์หรือแคลไซต์ การเกิดผลึกใหม่ (recrystallization) เกิดจากความดันและอุณหภูมิเปลี่ยนไป และบางทีรวมถึงการแทนที่ (replacement) ด้วย เช่น การแทนที่ของ แมกนีเซียม ในหินปูนทำให้เกิดหินโดโลไมต์ หินชั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ หินตะกอนนื้อประสม และหินตะกอนเนื้อประสาน

### 1) หินตะกอนเนื้อประสม (Clastic Sedimentary Rock)

หินตะกอนเนื้อประสมเป็นหินชั้นที่ประกอบด้วยเนื้อตะกอน ประเภทกรวด ทราย เศษหิน และดิน ที่มีการเชื่อมประสานเป็นหิน หินตะกอนเนื้อประสมสามารถจำแนกย่อยได้โดยใช้ขนาดของเม็ดตะกอน เช่น

- หินกรวดมน (conglomerate) ประกอบด้วยเศษหินหรือกรวดมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตร ปะปนอยู่กับเนื้อพื้นที่มีขนาดทรายหรือทรายแป้ง มีวัตถุประสานจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนต เหล็กออกไซด์ ซิลิกา ทำให้แข็งตัวกลายเป็นหิน

- หินทราย (sandstone) ประกอบด้วยตะกอนที่มีขนาดเม็ดตะกอนระหว่าง 1/16 - 2 มิลลิเมตร มีวัตถุประสานที่ทำให้แข็งตัวจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนต เหล็กออกไซด์ ซิลิกา เป็นต้น

-หินทรายแป้ง (siltstone) หินโคลน (mudstone) และหินดินดาน (shale) ประกอบด้วยตะกอนที่มีขนาดน้อยกว่า 1/16 มิลลิเมตร มีวัตถุประสานเช่นเดียวกับหินทราย และหินกรวดมน

**หินทรายแสดงชั้นเฉียงระดับ**

**หินกรวดมน**

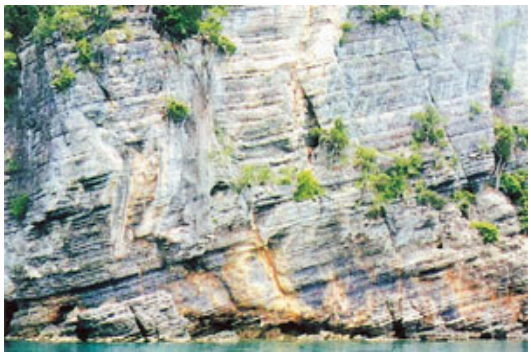
### 2) หินตะกอนเนื้อประสาน (Nonclastic Sedimentary Rock)

หินตะกอนเนื้อประสมเป็นหินที่เกิดจากการตกผลึกทางเคมี หรือจากสิ่งมีชีวิต มีเนื้อประสานกันแน่นเป็นรูปผลึก สามารถจำแนกย่อยได้โดยใช้ส่วนประกอบทางเคมี ซึ่งมักพบเพียง 1-2 แร่ ตัวอย่างของหินประเภทนี้ คือ

- หินปูน (Limestone) ทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ ประกอบด้วย แร่แคลไซต์และ/หรือแร่โดโลไมต์ โดยอาจพบแร่ซิลิกาและแร่ดินเป็นองค์ประกอบบ้าง หินประเภทนี้เป็นหินหลักในอุตสาหกรรมก่อสร้าง หินประดับ และแร่เพื่อการเกษตรและประมง

- หินเชิร์ต (Chert) ประกอบด้วยแร่ซิลิกา สำหรับหินที่มีส่วนประกอบคล้ายกันและมีสีดำ เรียกว่าหินฟลินส์ (Flint) หินประเภทนี้มีความแข็งและเหนียวมาก จึงใช้ทำอาวุธหรือเครื่องมือล่าสัตว์ในอดีต

- เกลือหิน (Rock Salt) ประกอบด้วยแร่เฮไลต์และซิลไวต์ หินประเภทนี้ใช้ทำเกลือสินเธาว์และปุ๋ยโพแทช



**ชั้นหินปูน**

**ชั้นหินเชิร์ต**

## 6.3 หินแปร

**หินแปร (Metamorphic Rock)** เป็นหินที่เกิดจากการแปรสภาพของหินเดิมซึ่งอาจเป็นได้ทั้งหินอัคนี หินตะกอน และหินแปร ภายใต้อิทธิพลของความร้อน หรือความดัน หรือทั้งสองอย่างในสภาพที่ยังเป็นของแข็ง หินแปรอาจแสดงการเรียงตัวของแร่ตามแนวแรงหรือไม่มีก็ได้ อย่างไรก็ตาม หินแปรต้องประกอบด้วยแร่ใหม่ซึ่งเกิดจากขบวนการแปรสภาพหรือการเปลี่ยนรูปทรงของแร่อยู่เสมอ ซึ่งแร่บางชนิดสามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงอุณหภูมิและความดันระหว่างที่เกิดการแปรสภาพได้ หินแปรอาจมีส่วนประกอบเหมือนหรือใกล้เคียงกับหินเดิมหรือต่างกันก็ได้ หินแปรสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

## 1) หินที่เกิดจากการแปรสภาพบริเวณไพศาล (Regional metamorphism)

หินแปรที่เกิดจากการแปรสภาพบริเวณไพศาลมักพบเป็นบริเวณกว้าง โดยถูกอิทธิพลของความร้อนและความดันทำให้เกิดแร่ใหม่หรือผลึกใหม่เกิดขึ้น หินมีการจัดเรียงตัวของแร่ใหม่ และแสดงริ้วขนาน (Foliation) อันเนื่องมาจากแร่เดิมถูกบีบอัดจนเรียงตัวเป็นแนวหรือแถบขนานกัน

- *หินชนวน หรือหินกาบ (Slate)* เป็นหินแปรเกรดต่ำที่แปรสภาพจากหินดินดานหรือหินเถ้าภูเขาไฟ มีเนื้อละเอียดมากแบบหินชนวน (slaty texture) เกิดขึ้นจากการเรียงตัวของแร่ที่เป็นแผ่น เช่น พวกแร่ไมกา คลอไรต์ และเคลย์ หินชนวนนั้นมีสีต่างๆ กัน เนื่องจากสารคาร์บอนและเหล็ก แต่ส่วนใหญ่ที่พบจะมีสีดำและสีน้ำตาลแดง หินประเภทนี้ใช้เป็นกระดานชนวนและหินประดับ

- *หินฟิลไลต์ (Phyllite)* เป็นหินแปรที่มีส่วนประกอบเช่นเดียวกับหินชนวน แต่มีขนาดแร่ใหญ่กว่า หินฟิลไลต์แปรสภาพต่อจากหินชนวนที่มีอุณหภูมิมากกว่า 250-300 องศาเซลเซียส แร่ไมกาและคลอไรต์มีเกล็ดใหญ่ขึ้น เป็นผลให้เนื้อหินมีเนื้อชนิดฟิลไลต์และมีความวาวคล้ายไหมบนผิวที่แตกใหม่ๆ แร่ที่พบมาก ได้แก่ แร่มัสโคไวต์และคอลไรต์ หินประเภทนี้มักใช้เป็นหินประดับและหินก่อสร้างคุณภาพต่ำ

- *หินชีสต์ (Schist)* ประกอบด้วยแร่ที่เป็นแผ่นๆเห็นได้ชัดเจน ได้แก่ แร่ไมกา แร่ทัลค์ แร่คลอไรต์ และแร่ที่มีลักษณะเป็นใยปนอยู่ทั่วไป ทำให้มีลักษณะเนื้อแบบชีสต์ (Schistosity) ซึ่งแสดงริ้วลายชัดเจนและมีความวาว หินชีสต์บางครั้งประกอบด้วยแร่ควอตซ์และแร่เฟลด์สปาร์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะทำให้หินมีความแข็งแกร่งขึ้น หินประเภทนี้บางครั้งใช้เป็นหินประดับและหินก่อสร้างคุณภาพต่ำและยังมีความสัมพันธ์กับแหล่งแร่อัญมณีบางประเภท

- *หินแอมฟิโบไลต์ (Amphibolite)* เป็นหินแปรที่ประกอบด้วยแร่ฮอร์นเบลนด์และเฟลด์สปาร์เป็นหลัก มีการเรียงตัว เนื่องจากเม็ดแร่ฮอร์นเบลนด์ มักมีสีเขียว สีเทาหรือดำ หินประเภทนี้บางครั้งใช้เป็นหินประดับ

- *หินไนส์ (Gneiss)* เป็นหินแปรเนื้อหยาบ แปรสภาพมาจากหินแกรนิต หินแกบโบร หินไดโอไรต์ หรือหินทราย เนื้อของหินไนส์มีการเรียงตัวเป็นชั้นๆ (Gneissosity) สลับกันระหว่างแร่สีขาว เช่น แร่ควอตซ์และแร่เฟลด์สปาร์ กับแร่สีเข้ม เช่น แร่ฮอร์เบลนด์และแร่ไบโอไทต์ มีความแข็งแรงมากกว่าหินแปรข้างต้น จึงทำมาใช้เป็นหินครก หินประดับและหินก่อสร้าง

**หินชนวน**

**หินไนส์**

### 2) หินที่เกิดจากการแปรสภาพสัมผัส (Contact metamorphism)

หินที่เกิดจากการแปรสภาพสัมผัส เป็นการแปรสภาพโดยความร้อนและปฏิกิริยาทางเคมีของสารละลายที่ขึ้นมากับหินหนืดมาสัมผัสกับหินท้องที่ โดยไม่มีอิทธิพลของความดันมากนัก ปฏิกิริยาทางเคมีอาจทำให้ได้แร่ใหม่บางส่วนหรือเกิดแร่ใหม่แทนที่แร่ในหินเดิม หินแปรที่เกิดขึ้นจะมีการจัดเรียงตัวของแร่ใหม่ ไม่แสดงริ้วขนาน (Nonfoliation) แต่มีขนาดผลึกที่ใหญ่ขึ้นหรือมีการเชื่อมประสานที่ดีขึ้น ตัวอย่างของหินประเภทนี้คือ

- *หินควอตไซต์ (Quartzite)* เกิดจากการแปรสภาพมาจากหินทรายที่มีแร่คอวอตซ์เป็นส่วนประกอบหลัก หินควอตไซต์บริสุทธิ์มีสีขาว เหล็กหรือมลทินอื่นๆ มักทำให้หินมีสีเข้มหรือสีน้ำตาล แร่ควอตซ์ในเนื้อหินมักมีการเชื่อมประสานกัน หินประเภทนี้มีความแข็งและเหนียว จึงมักใช้ทำอาวุธในสมัยโบราณ หรืออาจนำมาใช้ในการก่อสร้างต่างๆ ได้บ้าง บางครั้งหินที่มีความบริสุทธิ์สูงอาจนำมาใช้ในอุตสาหกรรมแก้ว

- *หินอ่อน (Marble)* เกิดจากการแปรสภาพมาจากของหินอ่อนและหินโดโลสโตน มีขนาดเม็ดผลึกเล็กถึงหยาบ โดยมากหินอ่อนมีสีขาว สีอื่นก็มี เช่น ชมพู เหลือง เขียว หินประเภทนี้ส่วนใหญ่ทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ การใช้ประโยชน์ของหินประเภทนี้คือเป็นหินประดับในลักษณะต่างๆ

- หินฮอร์นเฟลส์ (Hornfels) เกิดจากการแปรสภาพจากหินดินดาน มีขนาดเม็ดตะกอนละเอียดมาก สีเทาและดำ รอยแตกโค้งและคมมาก มีความแข็งและเหนียวมาก จึงถูกเรียกว่า “หินเหล็กไฟ” และมีประโยชน์ในการทำอาวุธหรือเครื่องมือที่ต้องใช้ความคมในสมัยโบราณ

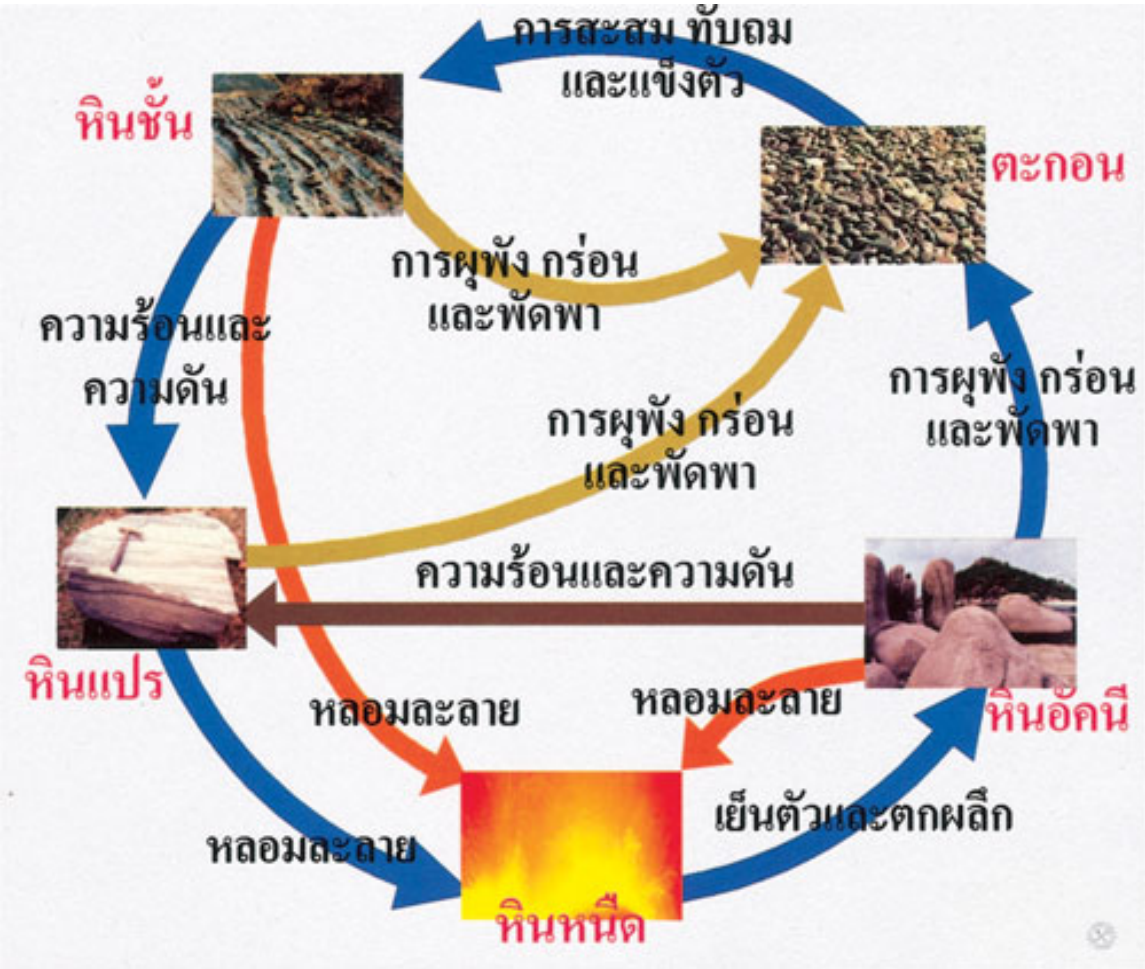
**หินควอตไซต์**

**หินอ่อน**

## 6.4 วัฏจักรของหิน

**วัฏจักรของหิน (Rock Cycle)** หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของหินทั้ง 3 ชนิด จากหินชนิดหนึ่งไปเป็นอีกชนิดหนึ่งหรืออาจเปลี่ยนกลับไปเป็นหินชนิดเดิมอีกก็ได้ กล่าวคือ เมื่อหินหนืดเย็นตัวลงจะตกผลึกได้เป็นหินอัคนี เมื่อหินอัคนีผ่านกระบวนการผุพังอยู่กับที่และการกร่อนจนกลายเป็นตะกอนมีกระแสน้ำ ลม ธารน้ำแข็ง หรือคลื่นในทะเล พัดพาไปสะสมตัว ภายหลังมีสารละลายเข้าไปประสานตะกอนเกิดเป็นหินตะกอน เมื่อหินตะกอนได้รับความร้อนและแรงกดอัดสูงจะเกิดการแปร

สภาพกลายเป็นหินแปร และหินแปรเมื่อได้รับความร้อนสูงมากจนหลอมละลายก็จะกลายสภาพเป็นหินหนืด ซึ่งเมื่อเย็นตัวลงก็จะตกผลึกเป็นหินอัคนีอีกครั้งหนึ่งวนเวียนเช่นนี้เรื่อยไปเป็นวัฏจักรของหิน กระบวนการเหล่านี้อาจข้ามขั้นตอนดังกล่าวได้ เช่น จากหินอัคนีไปเป็นหินแปร หรือจากหินแปรไปเป็นหินตะกอน




**วัฏจักรของหิน** (ที่มา : www.dmr.go.th)

## 6.5 แหล่งหินของประเทศไทย

**หิน** ตามมาตรา 4 แห่งพระราชบัญญัติแร่ พ.ศ.2510 กรมทรัพยากรธรณี ได้ออกกฎกระทรวงกำหนดให้หินทุกชนิดเป็น “แร่” ได้ผ่านความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรีและคณะกรรมการกฤษฎีกาแล้ว และออกประกาศเป็นกฎกระทรวงฉบับที่ 77 (พ.ศ.2539) และมีผลใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 16 มีนาคม 2539

สามารถแบ่งแยกประเภทของหินตามประโยชน์การใช้งานออกเป็น 2 ประเภท คือ หินประดับ และหินอุตสาหกรรม

### 1. หินประดับ

หินประดับเป็นหินที่สามารถทำเป็นแผ่นหรือรูปทรงอื่นใดเพื่อการประดับหรือตกแต่งได้ มี 10 ชนิด ได้แก่

(1) หินกรวดมน (Conglomerate)
(2) หินกรวดเหลี่ยม (Breccia)
(3) หินแกรนิต (Granite)
(4) หินทราเวอร์ทีน (Travertine)
(5) หินนาคกระสวย (Serpentinite)
(6) หินไนส์ (Gneiss)
(7) หินบะซอลต์ (Basalt)
(8) หินปูน (Limestone)
(9) หินชนวน (Slate)
(10) หินทราย (Sandstone)

### 2. หินอุตสาหกรรม

หินอุตสาหกรรมเป็นหินชนิดอื่นนอกเหนือไปจากหินที่กำหนดไว้ในหินประเภทที่ 1 ซึ่งมีปริมาณสำรองเพียงพอตามที่อธิบดีประกาศกำหนด หรือมีคุณภาพไม่เหมาะสมสำหรับทำเป็นหินประดับ

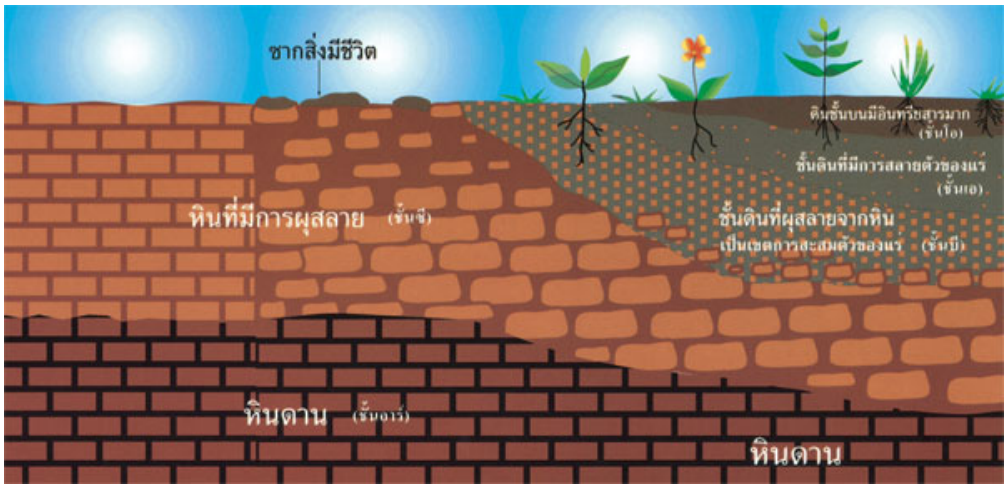
ประเทศไทยมีแหล่งหินและแหล่งแร่หลายชนิด ประมาณ 3,000 กว่าแหล่ง เช่น แหล่งหินปูน จังหวัดสระบุรี แหล่งหินทรายจังหวัดนครราชสีมา แหล่งหินไนส์จังหวัดชลบุรี แหล่งแร่ดีบุกจังหวัดภูเก็ต แหล่งแร่ตะกั่วจังหวัดกาญจนบุรี เป็นต้น

**แหล่งหินที่สำคัญในประเทศไทย**

| ชื่อหิน | ประเภทหิน | แหล่งในประเทศไทย | ประโยชน์ |
|---|---|---|---|
| หินอ่อน | หินแปร | สระบุรี ลพบุรี นครนายก ตาก ประจวบฯ ยะลา กาญจนบุรี | หินประดับ แกะสลัก |
| หินทราย | หินชั้น | ราชบุรี เพชรบุรี กาญจนบุรี | ก่อสร้าง แกะสลัก |
| หินปูน | หินชั้น | สระบุรี กาญจนบุรี ราชบุรี เพชรบุรี นครศรีธรรมราช | ก่อสร้าง ทำปูนขาว ปูนกินหมาก วัสดุทนไฟ แคลเซียมคาร์ไบด์ ปุ๋ยและสี |
| หินดินดาน | หินชั้น | ลพบุรี นครสวรรค์ เลย สงขลา นครราชสีมา | ผสมทำปูนซีเมนต์ |
| หินไรโอไลต์ | หินอัคนี | สระบุรี เพชรบูรณ์ | ก่อสร้าง |
| หินแกรนิต | หินอัคนี | ชลบุรี ระยอง จันทบุรี นราธิวาส | ก่อสร้าง ปูพื้น หินประดับ |

# บทที่ 7 ดิน

**ดิน (Soil)** หมายถึง วัตถุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการสลายตัวทางกายภาพและทางเคมีของหินและแร่ รวมกับสารอินทรีย์ ที่เกิดจากการสลายตัวของซากพืชซากสัตว์เป็นผิวชั้นบนที่หุ้มห่อโลก ดินมีลักษณะและคุณสมบัติต่างกันไปในที่ต่าง ๆ ตามสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ วัตถุต้นกำเนิด สิ่งมีชีวิตและระยะเวลาการสร้างตัวของดิน




**กระบวนการกำเนิดดิน จากหินและแร่ที่เกิดการผุพังรวมกับสารอินทรีย์กลายเป็นดิน**

## องค์ประกอบของดิน

ดินมีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่าง คือ สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ อากาศ และน้ำ

**สารอินทรีย์** ได้จากการสลายตัวของสิ่งมีชีวิตที่เน่าเปื่อยผุพังสลายตัวทับถมอยู่ในดินของซากพืช ซากสัตว์ และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น ไส้เดือน แมลง จุลินทรีย์ สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ช่วยให้ดินมีลักษณะร่วนซุย มีสีดำหรือสีน้ำตาล ที่เรียกว่า ฮิวมัส (Humus)

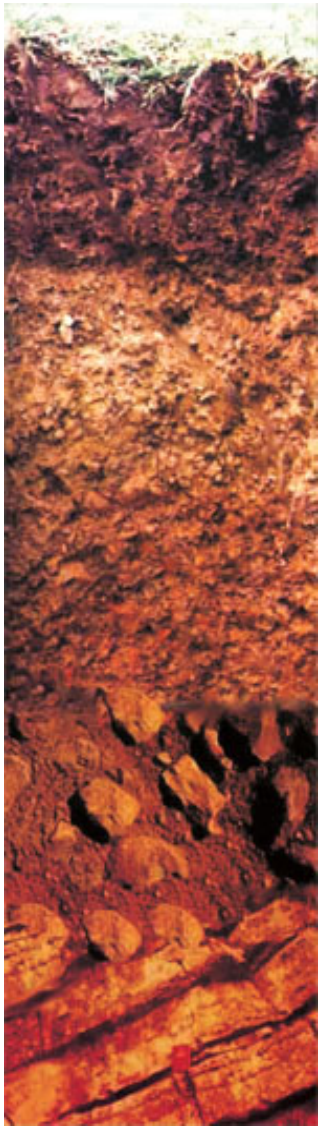
**สารอนินทรีย์** ได้จากการสลายตัวของหินและแร่ อนินทรีย์สารเหล่านี้ประกอบด้วยธาตุซิลิกอนและอะลูมีเนียมเป็นส่วนใหญ่ มีเหล็ก แคลเซียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียม ปนบ้างเล็กน้อย ธาตุเหล่านี้พบอยู่ในรูปแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ ไมกา แร่พวกเฟอร์โรแมกนีเซียนซิลิเกตและแร่ดิน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของดิน ดินแต่ละที่จะมีแร่ธาตุในดินในปริมาณแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุต้นกำเนิดเดิมของดิน

**อากาศ** แทรกอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน มีก๊าซคาร์บอนมอนไดออกไซด์สูงกว่าอากาศบนผิวดิน ดินที่โปร่งมีรูพรุนมากจะมีการระบายอากาศได้ดี ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการหายใจของสิ่งมีชีวิตในดิน

**น้ำ** แทรกอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน น้ำในดินจะช่วยละลายแร่ธาตุต่างๆ ทำให้รากพืชสามารถดูดธาตุอาหารขึ้นไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์แสงได้

## ชั้นของดิน

การแบ่งชั้นดินอาศัยการสังเกตจากพื้นที่หน้าตัดด้านข้างของดิน โดยแบ่งออกเป็น 5 ชั้น ได้แก่ ชั้นโอ ชั้นเอ ชั้นบี ชั้นซี และชั้นอาร์ ดังภาพประกอบ ดินแต่ละชั้นมีลักษณะแตกต่างกัน เนื่องจากสมบัติทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ และลักษณะอื่นๆ เช่นสี โครงสร้าง เนื้อดิน การยึดตัว และความเป็นกรดเป็นด่างของดินแตกต่างกัน



*ชั้น โอ (O-horizon)* เป็นช่วงชั้นดินที่มีสารอินทรีย์สะสมตัวอยู่มาก มักมีสีเทาหรือเทาดำ

*ชั้น เอ (A-horizon)* เป็นเขตการซึมชะ (Zone of Leaching) เป็นชั้นที่น้ำซึมผ่านจากชั้นบน แล้วทำปฏิกิริยากับแร่บางชนิด เกิดการสลายตัวของแร่ สารละลายที่ได้จะซึมผ่านลงไปสะสมตัวในชั้นต่อไปทำให้ดินชั้นนี้มีสีจาง

*ชั้น บี (B-horizon)* เป็นเขตการสะสมของแร่ในชั้นดิน ( Zone of Accumulation ) เป็นชั้นที่มีการตกตะกอนและสะสมตัวของแร่จากสารละลายที่ไหลลงมาจากชั้น เอ ชั้นดิน มักมีสีแดง หรือน้ำตาลแดงตามสีแร่ที่มาสะสมตัวอยู่

*ชั้น ซี (C-horizon)* เป็นชั้นหินผุ (Weathered rock) ที่หินบางส่วนผุพังกลายเป็นดินปะปนกับเศษหินที่แตกหักมาจากชั้นหินดานเดิม

*ชั้น อาร์ (R-horizon)* เป็นชั้นหินดาน ที่ชั้นหินเดิมยังไม่มีการผุพังสลายตัวเป็นดิน

# บทที่ 8 แร่

**แร่ (Mineral)** คือ ธาตุหรือสารประกอบอนินทรีย์ที่มีเนื้อเดียวกัน เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบทางเคมี ตลอดจนคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพและทางแสงเฉพาะตัว แร่อาจประกอบด้วยธาตุเพียงธาตุเดียวเรียกว่าธาตุธรรมชาติ (Native element) หรือสารประกอบของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เช่น แร่ซัลไฟต์ (sulfides) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของกำมะถัน ตัวอย่างเช่น แร่ตะกั่วกาลีนา (PbS) แร่ออกไซด์ (oxides) ซึ่งเป็นสารประกอบของออกซิเจน เช่น แร่เหล็กแมกนีไทต์ (magnetite, $Fe_3O_4$) หรือ แร่ซิลิเกต (Silicates) ซึ่งเป็นสารประกอบของกลุ่มธาตุซิลิกอน เป็นต้น

**สินแร่ (Ore)** หมายถึง หินหรือแร่ประกอบหินที่มีแร่เศรษฐกิจปนอยู่ในปริมาณที่มากพอที่จะทำเหมืองได้ โดยคุ้มค่าการลงทุน

**ธาตุ (element)** แบ่งตามคุณสมบัติได้เป็น 3 กลุ่ม คือ โลหะ (77 ธาตุ) อโลหะ (17 ธาตุ) กึ่งโลหะ (9 ธาตุ) พวกโลหะจะแสดงลักษณะของโลหะ เช่น เป็นประกายแวววาว เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดี ทึบแสงสามารถหลอมหรือดึงเป็นเส้นลวดได้ พวกอโลหะไม่สามารถทำได้ ส่วนพวกกึ่งโลหะจะแสดงคุณสมบัติบางอย่างของทั้งพวกโลหะและอโลหะ ธาตุที่พบในธรรมชาติที่เบาที่สุดคือไฮโดรเจน ธาตุที่หนักที่สุดคือธาตุยูเรเนียม

น้ำหนักของโลกร้อยละ 90 ประกอบด้วยธาตุเพียง 4 ธาตุ คือ เหล็ก 35-40% ออกซิเจน 25-30% ซิลิคอน 13-15% และแมกนิเซียม 10% อย่างไรก็ตาม ถ้าคำนึงเพียงปริมาณเปรียบเทียบของธาตุต่างๆ บนพื้นโลกโดยน้ำหนักพบว่าธาตุที่มีตั้งแต่ 0.1% ขึ้นไปมี 9 ธาตุ คือ ออกซิเจน 47.25% ซิลิกอน 30.54% อะลูมินา 7.83% เหล็ก 3.54% แคลเซียม 2.87% โปแตสเซียม 2.82% โซเดียม 2.45% แมกนีเซียม 1.3% และไทเทเนียม 0.47%

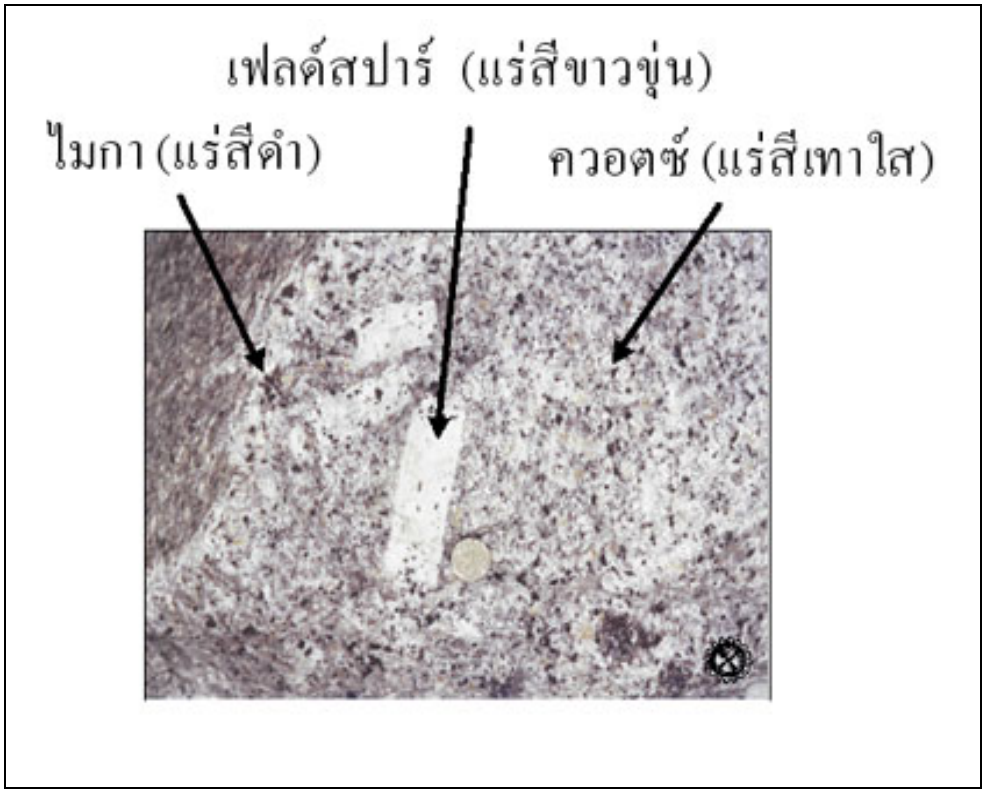
สำหรับในเอกภพพบว่าธาตุหลักได้แก่ไฮโดรเจน 76% และฮีเลียม 23% ของน้ำหนักโดยมีธาตุอื่น 1%

## 8.1 คุณสมบัติของแร่

คุณสมบัติของแร่จะขึ้นอยู่กับธาตุที่ประกอบและลักษณะการเรียงตัวของธาตุที่ประกอบเป็นแร่เหล่านั้น เราสามารถจะทดสอบแร่โดยวิธีการทางเคมี และสามารถตรวจสอบจากคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น รูปแบบของผลึก ความถ่วงจำเพาะ ความแข็ง แนวแตกเรียบ การแตก สี สีผง และลายเส้น (รายละเอียดอยู่ในหัวข้อการตรวจสอบแร่)

## 8.2 แร่ประกอบหิน (Rock Forming Minerals)

แร่ประกอบหิน หมายถึง แร่ที่เป็นส่วนประกอบของหินซึ่งใช้เป็นหลักในการบอกถึงชนิดของหินนั้น เช่น หินแกรนิต ประกอบด้วยแร่ควอรตซ์ เฟลด์สปาร์ และไมกา หินทราย ประกอบด้วยเม็ดทราย ซึ่งเป็นแร่ควอตซ์ และแร่อื่นๆ เช่น ไมกาและเฟลด์สปาร์ หินปูนประกอบด้วยแร่แคลไซต์เป็นส่วนใหญ่ แร่ประกอบหินที่สำคัญ ได้แก่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ ไมกา ฮอร์นเบลนด์ ไพรอกซีน และโอลิวีน แร่ประกอบหินนี้ส่วนใหญ่ไม่ได้นำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ เนื่องจากแร่แต่ละชนิดกระจายอยู่ในเนื้อหินยากแก่การแยกออกมาใช้ แต่ถ้าหากว่าเกิดเป็นปริมาณมาก เช่น เกิดเป็นสายแร่หรือเป็นทางแร่ ก็อาจนำมาใช้ประโยชน์ได้ ทั้งนี้อาจจะนำหินนั้นซึ่งประกอบด้วยแร่หลายชนิดมาใช้ประโยชน์โดยตรงเลยก็ได้ เช่น หินปูน หินแกรนิต หินอ่อน หินดินดาน นำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างและเป็นหินประดับ




**ผลึกแร่ในเนื้อหินแกรนิต** (ที่มา : www.dmr.go.th)

คุณสมบัติทั่วไปของแร่ประกอบหินที่สำคัญๆ มีดังต่อไปนี้

1. โอลิวีน (olivine) สูตรเคมี $(Mg,Fe)2SiO_2$ มีสีตั้งแต่เขียวมะกอกไปจนกระทั่งถึงสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของเหล็กและแมกนีเซียมที่มาประกอบในแร่นั้น มีลักษณะผลึกเป็นเม็ดๆ คล้ายเม็ดน้ำตาล มักพบเกิดร่วมกับหินภูเขาไฟและเชื่อว่ามีความสัมพันธ์กับหินที่เย็นตัวภายใต้เปลือกโลกมากๆ เนื่องจากว่ามีความถ่วงจำเพาะสูง

2. ออไจต์ (augite) สูตรเคมี $(X,Y)(Si_2O_6)$ เป็นแร่ในกลุ่มซิลิเกตเช่นกัน โดย X คือ อิออนบวกที่ใหญ่แต่มีประจุอ่อน เช่น $Na^+$ หรือ $Ca^+$ และ Y คือ อิออนบวกที่เล็กแต่มีประจุสูง เช่น $Mg^{+2}$, $Fe^{+2}$, $Fe^{+3}$, $Al^{+3}$, $Mn^{+2}$ หรือ $Ti^{+4}$ ออไจต์มีสีเขียวเข้มจนถึงดำ ไม่มีสีผง ความแข็งประมาณ 5-6 ความถ่วงจำเพาะ 3.2 - 3.4 มีแนวแตก (cleavage) ที่ไม่สมบูรณ์ 2 ทิศทาง ทำมุมเกือบเป็นมุมฉาก คือ 87 และ 93 องศา

3. ฮอร์นเบลนด์ (hornblende) สูตรเคมี สูตรคล้ายออไจต์ แต่มีไฮดรอกซิลอิออน ($OH^-$) เพิ่มขึ้นมา มีสีเขียวเข้าถึงดำ ความถ่วงจำเพาะพอๆ กับออไจต์ ต่างกันที่แนวแตกทำมุมกันประมาณ 56 และ 124 องศา

4. ไบโอไทต์ (biotite) สูตรเคมี $[K(Mg,Fe)_3 (AlSi_3O_{10}) (OH)_2]$ เป็นแร่ไมกาสีดำอยู่ในกลุ่มซิลิเกต ลอกเป็นแผ่นได้เพราะการจับตัวอยู่ในแนวราบ ถ้าซ้อนกันหนาจะมีสีดำอมเขียว แต่ถ้าบางจะมีสีน้ำตาลหรือดำ ความแข็ง 2.5-3 ความถ่วงจำเพาะ 2.8-3.2

5. แร่มัสโคไวต์ (Muscovite) $KAl_2 (AlSi3O_{10})(OH)_2$ เป็นแร่ไมกาขาว สามารถลอกออกเป็นแผ่นได้ แร่มัสโคไวต์ถ้าซ้อนกันหนาๆ จะให้สีออกเหลือง น้ำตาล เขียวหรือแดง ความแข็ง 2-2.5 ทั้งไมกาขาวและดำพบในหินทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งหินแกรนิต หินเพกมาไทต์ และหินแปร

6. แร่เฟลด์สปาร์(Feldspars) หรือแร่หินฟันม้า เป็นแร่ประกอบหินที่พบมากที่สุด ประมาณ 54% ของแร่บนผิวโลก แร่เฟลด์สปาร์มีอิออนบวกเป็นโซเดียม แคลเซียม และโพแทสเซียม โพแทสเฟลด์สปาร์ มีชื่อว่า ออร์โทเคลส (Orthoclase) $KAlSi_3O_8$ โซเดียมเฟลด์สปาร์มีชื่อว่า แอลไบต์ (Albite) NaAlSi3O8 และแคลเซียมเฟลด์สปาร์ มีชื่อว่า อะนอร์ไทต์(Anorthite) $CaAl_2Si_2O_8$ ทั้งแอลไบต์และอะนอร์ไทต์มีชื่อเรียกเฉพาะว่า เพลจิโอเคลส (Plagioclase) แร่ออร์โทเคลส มีแนวแตกที่ทำมุมกัน ประมาณ 86/94 องศา มีสีขาว เทา ชมพู สีผงเป็นสีขาว มีความถ่วงจำเพาะ2.57 แร่แอลไบต์จะมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าแร่ออร์โทเคลสเล็กน้อยถึงประมาณ 2.6 และจะเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ เมื่อปริมาณแคลเซียมเพื่อขึ้นจนถึงอะนอร์ไทต์ ซึ่งจะมีความถ่วงจำเพาะ 2.76 แร่ในกลุ่มเพลจิโอเคลสจะมีสีค่อนข้างใส เมื่อเทียบกับออร์โทเคลส และมีลายเส้นเห็นชัด นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเล่นแสงสะท้อนต่างๆ อีก (Plays of Colour)

7. แร่ควอร์ตซ์หรือแร่หินเขี้ยวหนุมาน (Quartz) $SiO_2$ มีความแข็ง 7 ความถ่วงจำเพาะ 2.65 มีสีต่างๆ ซึ่งแต่ละสีจะเรียกต่างกันไปเช่น สีม่วง (Amethyst), สีชมพู (Rose Quartz), สีเหลือง (Citrine), สีเทาจนถึงดำ (Smoky Quartz), สีขาว (Milkly Quartz) และพวกที่มีสีใสมักมีผลึกชัดเจน แร่ควอร์ตซ์เป็นแร่ประกอบหินที่สำคัญมากแร่หนึ่ง ซึ่งมักพบในหินทุกประเภทไม่ว่าจะเป็นหินตะกอน หินแปรหรือหินอัคนี สำหรับในหินอัคนีแร่นี้เป็นแร่ประกอบหินที่สำคัญที่สุดของหินแกรนิตและเพกมาไทต์ ส่วนหินตะกอนได้แก่ หินทรายหรือหินดินดาน และในหินแปรได้แก่ หินควอร์ตไซต์

## 8.3 แร่โลหะ (metallic minerals)

แร่โลหะ (Metallic Mineral) คือ แร่ที่มีธาตุโลหะเป็นส่วนประกอบสำคัญ สามารถนำไปถลุงหรือแยกเอาโลหะในแร่มาใช้ประโยชน์ เช่น แร่ทองคำ ดีบุก สังกะสี เหล็ก เงิน ตะกั่ว ฯลฯ แร่โลหะสามารถแบ่งตามการใช้ประโยชน์ออกได้เป็น

### 1) แร่โลหะมีค่า (precious metals) ได้แก่ ทองคำ เงิน และทองคำขาว

บริเวณที่มีแร่ทองคำกระจายตัวอยู่ทั่วไปในหลายจังหวัด พื้นที่ที่มีศักยภาพของแร่ทองคำสูงจะมี 2 บริเวณ คือ ขอบตะวันตกของที่ราบสูงโคราช ตั้งแต่จังหวัดเลย หนองคาย เพชรบูรณ์ พิจิตร นครสวรรค์ ลพบุรี ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี และระยอง และทางภาคเหนือตั้งแต่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง แพร่ อุตรดิตถ์ สุโขทัย และตาก ส่วนพื้นที่อื่นๆ พบทองคำกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป เช่น บริเวณบ้านป่าร่อน อำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ แหล่งโต๊ะโมะ อำเภอสุคิริน จังหวัดนราธิวาส อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอนและอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

แร่เงินเป็นแร่พลอยได้จากการทำเหมืองแร่ตะกั่วที่อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยพบว่าจะมีเงินปะปนประมาณ 0.12 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่ามีแร่เงินเกิดร่วมกับแร่ทองคำที่บริเวณรอยต่อของจังหวัดพิจิตร-เพชรบูรณ์ โดยมีประมาณ 5 เท่าของปริมาณทองคำ และพบว่ามีแร่เงินปะปนอยู่ประมาณ 27 กรัมต่อตัน ในแหล่งแร่โลหะซัลไฟด์ที่บ้านยางเกี๋ยง อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่

แหล่งทองคำขาวเกิดแบบทุติยภูมิเป็นแหล่งลานแร่สะสมตัวอยู่ในตะกอนกรวดทรายตามลำน้ำ พบแหล่งเดียวที่บ้านคำด้วง อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี แต่ไม่มีศักยภาพ อย่างไรก็ตามบริเวณที่พบหินอัคนีชนิดหินอัลตราเมฟิกซึ่งเป็นหินต้นกำเนิดของทองคำขาวที่อาจนับเป็นพื้นที่ศักยภาพของแหล่งแร่นี้ด้วย เช่น พื้นที่ที่พบในจังหวัดอุตรดิตถ์-น่าน ปราจีนบุรี-สระแก้ว เลย และเชียงราย

**แร่ทองคำ**

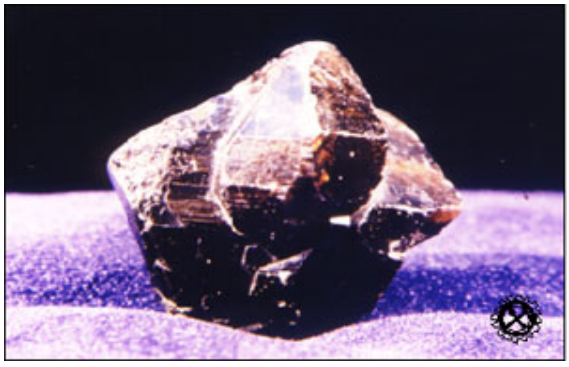
**2) แร่โลหะที่ไม่ใช่โลหะเหล็ก (nonferrous metals) ได้แก่ แร่ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว ดีบุกและอลูมิเนียม**

แหล่งแร่ทองแดงที่พบส่วนใหญ่มีการกำเนิดหลายประเภทแบบฝังประในหินพอฟีรี เช่น ที่ภูหินเหล็กไฟและภูทองแดง อำเภอเมือง จังหวัดเลย แบบฝังประในหินชีสต์ เช่นที่บริเวณเขาดิน เขาตาจี๊ด อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา แบบเกิดในเขตแปรสัมผัส ระหว่างหินไดออ-ไรต์และหินปูน เช่นที่เขาพุคา อำเภอโคกสำโรง เขาพระงามและเขาพระบาทน้อย อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี และที่ภูโล้น อำเภอสังคม จังหวัดหนองคาย และแบบเกิดเป็นสายแร่แยกจากหินอัคนีชนิดไดออไรต์ เช่นที่บ้านจันทึก อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

แหล่งแร่ตะกั่ว-สังกะสี พบในลักษณะแหล่งแร่สะสมตัวในชั้นหินอุ้มแร่ (stratabound-massive sulfide deposit) เช่น แหล่งแร่ตะกั่ว-สังกะสี บ้านสองท่อ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ในลักษณะของแหล่งแร่แบบสการ์น (skarn deposit) ซึ่งเกิดจากกระบวนการแปรสภาพโดยการแทนที่ ระหว่างหินอัคนีแทรกซอนกับหินปูนเช่นที่แหล่งตะกั่ว-สังกะสีซัลไฟด์ ภูขุม บ้านโคกมน อำเภอเมือง จังหวัดเลย บ้านเมืองกี๊ด อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และเขาถ้ำทะลุ อำเภอบันนังสตาร์ จังหวัดยะลา และในลักษณะของแหล่งแร่แบบสายแร่ ส่วนใหญ่เป็นแร่ตะกั่ว-สังกะสีซัลไฟด์ ซึ่งเกิดในสายแร่ที่น้ำแร่แยกตัวออกจากหินอัคนี เช่นที่ภูช้าง บ้านโคกใหญ่ อำเภอท่าลี่ จังหวัดเลย ที่บ้านแม่กะใน บ้านดงหลวง อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน

แหล่งแร่ตะกั่ว-สังกะสีที่เกิดจากกระบวนการแปรสภาพเปลี่ยนจากแร่ซัลไฟด์เป็นแร่ที่เป็นสารประกอบของออกไซด์ คาร์บอเนต และซิลิเกต ได้แก่แหล่งแร่ตะกั่วคาร์บอเนต-เซรัสไซต์ ที่บ้านบ่องาม อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และแหล่งแร่สังกะสีซิลิเกต-เฮมิมอร์ไฟต์ สังกะสีออกไซด์-ซิงค์ไคต์ และสังกะสีคาร์บอเนต-สมิทซอไนต์ ที่ดอยผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

แหล่งแร่ดีบุกมักมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับหินอัคนีแกรนิต ในลักษณะสายแร่แบบน้ำร้อน และเป็นก้อนหรือผลึกเล็กๆ ฝังในหินเพกมาไทต์ หินสการ์น รวมถึงในหินแกรนิตที่อยู่ใกล้เคียง นอกจากนี้ยังพบในลักษณะของลานแร่ตามเชิงเขาหรือแอ่งและที่ราบลุ่มต่าง ส่วนใหญ่แหล่งแร่ดีบุกพบทางซีกด้านตะวันตกของประเทศติดกับชายแดนประเทศสหภาพพม่า โดยพบในภาคใต้ทุกจังหวัด ภาคกลางมีที่จังหวัดอุทัยธานี ชัยนาท สุพรรณบุรี กาญจนบุรี ราชบุรี และเพชรบุรี ภาคเหนือพบในจังหวัดกำแพงเพชร ตาก เชียงใหม่ ลำปาง เชียงราย และแม่ฮ่องสอน ส่วนภาคตะวันออกพบที่จังหวัดชลบุรี



**ผลึกแร่ดีบุก**

**แร่ทองแดง**

### 3) แร่โลหะเหล็กและโลหะผสมเหล็ก แร่โลหะเหล็ก

ได้แก่ แร่แมกนีไทต์ ฮีมาไทต์ ไลมอไนต์และซิเดอร์ไรต์ แร่โลหะผสมเหล็ก ได้แก่ แร่ของโลหะแมงกานิส นิกเกิล โครเมียม โมลิบดีนัม ทังสเตน แมกนีเซียม ปรอท และไทเทเนียม เป็นต้น

แหล่งแร่เหล็กที่พบในประเทศไทยมีลักษณะการเกิดหลายประเภทเช่น 1) เกิดแบบแทนที่ (replacement deposit) ในหินคาร์บอเนตที่สัมผัสกับหินแกรนิต 2) เกิดแบบสายแร่ในหินชั้นและหินแปรซึ่งมีอายุในช่วงมหายุคพาลีโอโซอิก 3) เกิดเป็นชั้นร่วมกับหินชั้น (stratiform deposit) ตัดผ่านในหินซึ่งคาดว่ามีอายุในยุคพรีแคมเบรียน และเกิดแบบตกตะกอนทับถมอยู่กับที่ (residual deposit) ในลักษณะศิลาแลง (laterite) โดยเกิดจากการผุพังของหินชนิดต่างๆ ซึ่งมีธาตุเหล็กในปริมาณสูง

แร่เหล็กพบที่จังหวัดกระบี่ กาญจนบุรี กำแพงเพชร จันทบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี เชียงใหม่ ตรัง ประจวบคีรีขันธ์ ปราจีนบุรี พัทลุง เพชรบูรณ์ แม่ฮ่องสอน ระนอง ระยอง ลพบุรี ลำปาง นครศรีธรรมราช นครสวรรค์ เลย สระบุรี และสุโขทัย

แหล่งแร่แมงกานีสในประเทศไทยมีการกำเนิด 3 แบบคือเกิดเป็นชั้นร่วมกับหินชั้น เกิดแบบสายแร่ในหินชั้นหรือหินแปร และเกิดแบบตกตะกอนทับถมอยู่กับที่เป็นชั้น ตามผิวหน้าที่มีการผุกร่อนของหินเดิมหรือเกิดในเขตชายฝั่งทะเลของอ่าวไทย แหล่งในประเทศพบที่จังหวัดกาญจนบุรี จันทบุรี ชุมพร เชียงราย เชียงใหม่ น่าน เพชรบูรณ์ แพร่ แม่ฮ่องสอน ยะลา ระยอง ลำปาง ลำพูน เลย สงขลา สุโขทัย และอุทัยธานี

**แร่เหล็ก**

## 8.4 แร่อโลหะ (Non-metallic Mineral)

แร่อโลหะ คือ แร่ที่ไม่มีธาตุโลหะเป็นส่วนประกอบสำคัญ ส่วนมาก นำมาใช้ประโยชน์ได้โดยตรง หรือมีการปรับปรุงคุณภาพเล็กน้อย เช่น แร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ ยิปซัม โดโลไมต์ แบไรต์ ฯลฯ แร่อโลหะสามารถแบ่งตามการใช้ประโยชน์ออกได้เป็น

- แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก ได้แก่ แร่ดินขาว เฟลด์สปาร์ ควอตซ์ บอกไซต์ และแอนดาลูไซต์
- แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ได้แก่ ยิปซั่ม แมกนีไซต์ แร่ใยหิน
- แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมถลุงโลหะ ได้แก่ แร่ฟลูออไรต์ โดโลไมต์ แกรไฟต์ บอกไซต์ ดินเบา
- แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี ได้แก่ แร่เกลือหิน โพแทซ บอเรต กำมะถัน ไพไรต์ เลพิโดไลต์ ฟลูออร์ไรต์ แมกนีไซต์ และแร่ฟอสเฟต
- แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมปุ๋ย ได้แก่ แร่โพแทซ ไนเตรต ฟอสเฟต ยิปซั่ม หินปูน และกำมะถัน
- แร่ที่ใช้ในการทำวัสดุขัดถู ได้แก่ เพชร คอรันดัม และควอตซ์
- แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมหัตถกรรม ได้แก่ แร่ใยหิน ไมกา สปอดูมิน ฟลูออร์ไรต์ แบไรต์ วิเทอร์ไรต์ ทัลก์ เป็นแร่ที่ใช้เป็นตัวเติมในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การทำสี ยาง กระดาษ และเครื่องสำอางต่างๆ แร่บางชนิดใช้ในการกรองหรือทำให้บริสุทธิ์ เช่น ในอุตสาหกรรมน้ำมัน น้ำตาลหรืออุตสาหกรรมเครื่องดื่ม แร่ที่ใช้ประโยชน์ดังกล่าว ได้แก่ แร่ดินเบา เบนทอไนต์ และบอกไซต์

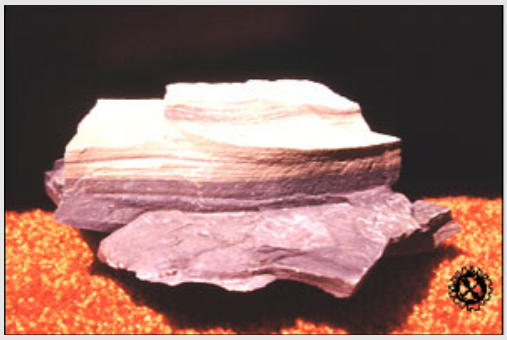
**แร่ควอตซ์**

**แร่แบไรต์**

## 8.5 แร่เชื้อเพลิง (Mineral Fuels)

แร่เชื้อเพลิง คือ วัสดุที่มีกำเนิดมาจากการทับถมตัวของพวกพืช สัตว์ และอินทรียสาร อื่นๆ จนสลายตัวและเกิดปฏิกิริยากลายเป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติ นิยมจัดเป็นแร่โดยอนุโลม ได้แก่ ถ่านหิน หินน้ำมัน น้ำมันดิบ และก๊าซธรรมชาติ

ถ่านหิน



หินน้ำมัน

## 8.6 แร่รัตนชาติ (Gems หรือ Gemstones)

แร่รัตนชาติ คือ แร่หรือหินที่มีคุณค่าความสวยงามหรือเมื่อนำมาเจียระไน ตัด ฝน หรือขัดมันแล้วสวยงามเพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องประดับได้โดยต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญอยู่ 2 ประการ คือ สวยงาม ทนทาน และหายาก โดยทั่วไปสามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ เพชร (Diamond) และพลอย (Coloured Stones)

เพชร (Diamond) คำว่าเพชรนั้นมาจากภาษากรีกว่า “ADAMAS” แปลว่าแข็งแกร่งเอาชนะทำลายไม่ได้แข็งมาก ดังนั้นเพชรจึงมีความแข็งมากที่สุด (แข็ง 10 ในโมล์สเกล) เพชรเป็นอัญรูปหนึ่งของถ่าน(C) ที่บริสุทธิ์มากกว่า 99.95% ถูกทับถมอยู่ใต้ผิวโลกเป็นเวลานานด้วยแรงกดกว่า 3,000 ตัน ความร้อน 2,500 - 6,000 $^{O}$C เพชรมีรูปผลึก 8 เหลี่ยมหรือ 12 เหลี่ยม มีความโปร่งใส โปร่งแสง มีประกาย มีความวาว ความแข็ง มีคุณภาพถาวร ไม่เปลี่ยนแปลง มีความถ่วงจำเพาะ 3.25 ประเทศอินเดียเป็นประเทศแรกที่รู้จักการเจียรนัย ในปัจจุบันสามารถเจียรนัยได้ 144 เหลี่ยม ทำให้แสงสะท้อนแรงและแวววาวมาก แต่เหลี่ยมเจียระไนที่เป็นที่นิยมที่สุดคือ “เหลี่ยมเกสร” ซึ่งมี 58 เหลี่ยม เพชรในยุคปัจจุบันมีทั้งเพชรแท้และเพชรเทียมราคาต่างกันมาก เพชรเทียมส่วนใหญ่เป็นสารสังเคราะห์จากธาตุเซอร์โคเนียม (ที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า “เพชรรัสเซีย”) เพชรแท้ที่เป็นเพชรดิบยังไม่ได้เจียระไนซึ่งมีขนาดใหญ่ที่สุดในโลกพบที่ประเทศบราซิล อเมริกาใต้มีขนาด 1,380,000 กะรัต (1 กะรัต = 0.2 กรัม) เพชรเม็ดนี้ก็จะมีน้ำหนัก 276,000 กรัม หรือ 276 กิโลกรัม ขณะนี้เก็บรักษาไว้ที่พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยากลางกรุง

นิวยอร์ค ส่วนเพชรที่เจียรนัยแล้วและใหญ่ที่สุดในโลกคือ เพชรคัลลินัน พบที่อเมริกาใต้ มีขนาด 15,115 กะรัต หรือ 3,023 กรัม เมื่อพูดถึงอัญมณีศูนย์กลางการเจียรนัยอัญมณีอยู่ที่กรุงอัมสเตอร์ดัม ประเทศเนเธอร์แลนด์ ส่วนตลาดกลางการค้าอัญมณีโดยเฉพาะตลาดกลางเพชรอยู่ที่กรุงเทลอาวีฟ ประเทศอิสราเอล นอกจากเพชรยังมีอัญมณีเป็นที่นิยม ได้แก่ ตระกูลพลอยคอรันดัม ($Al_2O_3$) เช่น ไพลิน ทับทิม และบุษราคัม เป็นต้น

**พลอยสีน้ำเงิน (Blue sapphire) หรือ ไพลิน** เป็นพลอยที่มีสีน้ำเงินเพราะตัวเนื้อพลอยมีสารมลทินปนเปื้อนเป็นธาตุเหล็ก (Fe) และธาตุไทเทเนียม (Ti) เป็นตัวให้สีน้ำเงิน และถ้าหากทำให้สารมลทินเหล่านั้นกระจายไปทั่วเนื้อด้วยการเผาหรือหุงก็จะให้สีเสมอสวย มีประกายที่เรียกว่า น้ำงามสู้ไฟ ไพลินเป็นชื่อแหล่งพลอยจากเมืองไพลิน ประเทศสาธารณะรัฐสังคมนิยมกัมพูชา อยู่ใกล้และตรงกันข้ามกับอำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี

***พลอยสีแดง (Ruby) หรือ ทับทิม*** มีสีแดงเพราะตัวเนื้อพลอยมีสารมลทินปนเปื้อนเป็นธาตุโครเมียม (Cr) ตัวให้สีแดงและถ้าหากทำให้สารมลทินเหล่านั้นกระจายไปทั่วเนื้อก็จะทำให้สีเสมอสวย สีที่ถือว่าสวยมากมีราคาแพงคือ “สีแดงแก่กล่ำ” พลอยแดงที่ถือว่าสวยที่สุดในโลกมีชื่อติดตลาดว่า “ทับทิมสยาม”

***พลอยสีเหลือง (Yellow sapphire) หรือ บุษราคัม*** ที่มีสีเหลืองเพราะตัวเนื้อพลอยมีสารมลทินปนเปื้อนเป็นธาตุเหล็ก (Fe) เป็นตัวให้สีเหลืองและถ้าหากทำให้สารมลทินเหล่านั้นกระจายไปทั่วเนื้อก็จะให้สีเสมอสวยมีประกาย

## อัญมณีกับราศี

ความจริงเรื่องของรัตนชาติ อัญมณีศาสตร์นั้นให้ความผูกพันกับมนุษย์เรามานานจนมีตำนานตำราภูมิปัญญาต่าง ๆ มากมาย ทั้งวิทยาศาสตร์ ไสยศาสตร์ ดาราศาสตร์ จักรราศีรีต่อวิถีการดำเนินชีวิต เป็นสัญลักษณ์ของความเชื่อมากมาย เช่น

- เกิดเดือนมกราคม ราศีมังกร เหมาะสมกับ “โกเมน” สีแดงแก่กล่ำ (Ganet) ให้ความมั่นคงสม่ำเสมอ
- เกิดเดือนกุมภาพันธ์ ราศีกุมภ์ (คนโท) เหมาะสมกับควอตซ์สีม่วงดอกตะแบก “อะเมทิสต์” (Amethyst) ให้ความจริงใจ
- เกิดเดือนมีนาคม ราศีมีน (ปลา) เหมาะสมกับสีฟ้าอะความารีน (Aquamarine) หรือหินเลือด (Bloodstone) ให้ความกล้าหาญ
- เกิดเดือนเมษายน ราศีเมษ (แกะ) เหมาะสมกับเพชร (Diamond) ให้ความบริสุทธิ์

- เกิดเดือนพฤษภาคม ราศีพฤษภ (วัว) เหมาะสมกับสีเขียวใสแสงมรกต (Emerald) ให้ความสมหวังในความรัก
- เกิดเดือนมิถุนายน ราศีเมถุน (คนคู่) เหมาะสมกับสีขาวมุกมันประกายไข่มุก (Pearl) หรือสีขุ่นๆ หมองมัวมุกดาหาร (Moonstone) และสีแดงม่วงเจ้าสามสี (Alexandrite) ให้ความสมบูรณ์ สุขภาพดีและมั่งคั่ง
- เกิดเดือนกรกฎาคม ราศีกรกฎ (ปู) เหมาะสมกับมณีแดงทับทิม (Ruby) ให้ความพึงพอใจ
- เกิดเดือนสิงหาคม ราศีสิงห์ (สิงโต) เหมาะสมกับสีเขียวมะกอกเพริดอต (Peridot) และซาร์โดนิกซ์ ($SiO_2$) ให้ความสุขสมในชีวิตแต่งงาน
- เกิดเดือนกันยายน ราศีกันย์ (สาวพรหมจรรย์) เหมาะสมกับไพลิน (Blue sapphire) ให้ความฉลาดเฉียบแหลม
- เกิดเดือนตุลาคม ราศีตุลย์ (คันชั่ง) เหมาะสมกับโอปอ (Opal) ซิลิกาที่ตกผลึกใหม่แต่ไม่แล้งน้ำ และหรือทัวร์มาลีนสีชมพู (Tourmaline) ให้ความหวังและความซื่อสัตย์
- เกิดเดือนพฤศจิกายน ราศีพิจิก (แมงป่อง) เหมาะสมกับโทแพซ (Topaz) ควอตซ์สีเหลืองซิทริน (Citrine) ให้ความถูกต้องและแน่นอน
- เกิดเดือนธันวาคม ราศีธนู (คนยิงธนู) เหมาะสมกับแดงสลัวเพทาย (Zircon) และขี้นกการะเวก (Turquoire) ให้ความมั่งคั่งรุ่งเรือง

## 8.7 การเกิดแหล่งแร่

**แหล่งแร่ (mineral deposit)** หมายถึง ที่ใดๆ ในเปลือกโลกที่มีแร่มาสะสมตัวอยู่ในปริมาณสูงกว่าปกติ แหล่งแร่ไม่จำเป็นต้องมีขนาดหรือปริมาณแร่ในเชิงพาณิชย์ แหล่งแร่ที่ปรากฏพบจะเปิดทำเหมืองได้หรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับนโยบายรัฐและคุณค่าของแหล่งแร่ในเชิงเศรษฐกิจเป็นหลัก

แหล่งแร่อาจจำแนกออกเป็นชนิดต่างๆ ได้หลายแบบ ขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ที่ใช้กำหนด สำหรับในเอกสารนี้จะแบ่งโดยอาศัยลักษณะการกำเนิดของแร่ในแหล่งแร่ ดังต่อไปนี้

### 1. แหล่งแร่ที่เกิดโดยตรงจากหินหนืดหรือแมกมา (Magma)

แหล่งแร่ที่เกิดโดยตรงจากหินหนืดหรือแมกมา หมายถึง สิ่งที่หลอมเหลวภายในโลก ซึ่งมีทั้งหิน แร่ น้ำ และก๊าซ ที่อยู่ร่วมกันในสภาพของเหลว ก๊าซและไอน้ำ เมื่อแมกมาถูกบีบอัดจากส่วนลึกของโลกจะขึ้นมาสู่เบื้องบน แมกมาจะเย็นและในที่สุดก็แข็งตัว ขณะที่แมกมากำลังเย็นตัวลงนั้น แร่ต่างๆ จะแยกตัวออกโดยการตกผลึก จนผลที่สุดตกผลึกหมดหรือแข็งตัวหมดเป็นหินอัคนี ถ้ามีแร่พาณิชย์อยู่ในแมกมานั้นก็จะตกผลึกกระจายอยู่ทั่วไปในหินอัคนี สามารถเรียกแหล่งแร่ประเภทนี้ว่า **แหล่งแร่แบบฝังประ (disseminated type)** ในบางครั้งแร่พาณิชย์ จะแยกตัวออกจาก

ส่วนประกอบของแมกมารวมกัน ตกผลึกและตกจมลงเบื้องล่างของแอ่งหินหนืดเพื่อก่อตัวหรือสะสมตัวเป็นชั้นแร่ หรือกระเปาะแร่ หรือเรียกว่า **แหล่งแร่แบบแยกชั้น (magmatic segregation deposit)** แหล่งแร่แบบนี้เกิดจากแร่โลหะซึ่งเป็นแร่ที่มีจุดหลอมตัวและความถ่วงจำเพาะสูง

แร่สำคัญๆ ที่เกิดแบบนี้ได้แก่แร่ที่เป็นออกไซด์ ซัลไฟด์ของโลหะ เช่น เหล็ก นิกเกิล ทองแดง โครเมียม โมลิบดินัม แพลตินัม ทองคำ และแร่รัตนชาติ แหล่งแร่แบบนี้มีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ไปจนถึงขนาดใหญ่มากๆ เช่น แหล่งแร่โมลิบดินัมที่บ้านน้ำขุ่นจังหวัดจันทบุรี

**2. แหล่งแร่แบบแปรสัมผัส (Contact deposit mineral)**

แหล่งแร่แบบแปรสัมผัส คือ แหล่งแร่ที่เกิดขึ้นในบริเวณที่หินอัคนีสัมผัสกับหินท้องที่และทำให้หินแปรสภาพ ในขณะเดียวกันก๊าซและสารของเหลวในหินหนืดนั้นได้เข้าไปแทนที่ธาตุบางตัวในแร่หรือแทนที่แร่ในหินท้องที่เกิดเป็นแร่ใหม่ขึ้น มักพบในพื้นที่ที่หินท้องที่เป็นหินจำพวกคาร์บอเนต เช่น หินปูน หินปูนโดโลไมต์ และเกิดเป็นหินแปรสภาพโดยการแทนที่ที่เรียกว่า **หินสการ์น** (skarn) สามารถพบแหล่งแร่โลหะหรืออโลหะได้ตามรอยสัมผัสระหว่างหินอัคนีและหินที่แปรสภาพจากหินปูนหรือหินดินดานปนหินปูน แหล่งแร่ที่สำคัญได้แก่ แหล่งแร่เหล็ก ทังสเตน ดีบุก โมลิบดีไนต์ ตะกั่ว-สังกะสี และทองแดง แม้จะมีขนาดค่อนข้างเล็กแต่บางแหล่งกลายเป็นแหล่งที่มีค่าทางเศรษฐกิจ

แหล่งแร่แบบนี้ที่พบในประเทศไทยเช่นแหล่งแร่เหล็กเขาทับควาย จังหวัดลพบุรี แหล่งแร่ทองแดง สังกะสี จังหวัดเลย และแหล่งแร่ซีไลต์ดอยหมอก จังหวัดเชียงราย

### 3. แหล่งแร่แบบสายแร่หรือทางแร่จากหินอัคนี (Vein deposit mineral)

แหล่งแร่แบบสายแร่หรือทางแร่จากหินอัคนี เกิดจากแร่เศรษฐกิจที่ตกผลึกสะสมตัวจากสารละลายน้ำร้อนที่เคลื่อนที่มาจากที่อื่น **กรณีที่เป็นสายแร่น้ำร้อน (hydrothermal vein deposit)** จะมีลักษณะรูปร่างเป็นสาย (vein) เกิดจากสารละลายน้ำร้อนทุกประเภทที่เคลื่อนตัวสู่เบื้องบนแทรกไปตามรอยแตกรอยร้าวในหินแล้วตกผลึกเย็นตัวลงเกิดเป็นแหล่งแร่ในช่องว่างนั้น รูปร่างของสายแร่จะเป็นไปตามรูปแบบของรอยแตกในหินนั้นๆ ตัวอย่างเช่น

- แหล่งแร่ทองแดง-ตะกั่ว-สังกะสี-ทองคำ-เงิน เกิดเป็นสายแร่ที่มีกำเนิดเกี่ยวข้องกับหินอัคนีแทรกซอน ในแหล่งแร่นี้อาจมีแร่พลวง บิสมัท และแร่สารหนู เกิดร่วมด้วย

- แหล่งแร่ทังสเตน-ดีบุก เป็นแหล่งแร่ที่ประกอบด้วยสายแร่ที่มีลักษณะเป็นแผ่น (sheeted veins) หรือเป็นสายแร่เล็กๆ ที่ตัดกันไปมา (stock works) และมีกำเนิดเกี่ยวข้องกับหินจำพวกแกรนิต

- แหล่งแร่ซับซ้อน เป็นสายแร่ที่มีแร่หลายชนิดเกิดซับซ้อนและเกี่ยวพันกับหินแกรนิต แร่ที่พบได้แก่ แร่ตระกูลโบรอน เหล็ก ฟลูออไรต์ สารหนู ทองแดง และทังสเตน

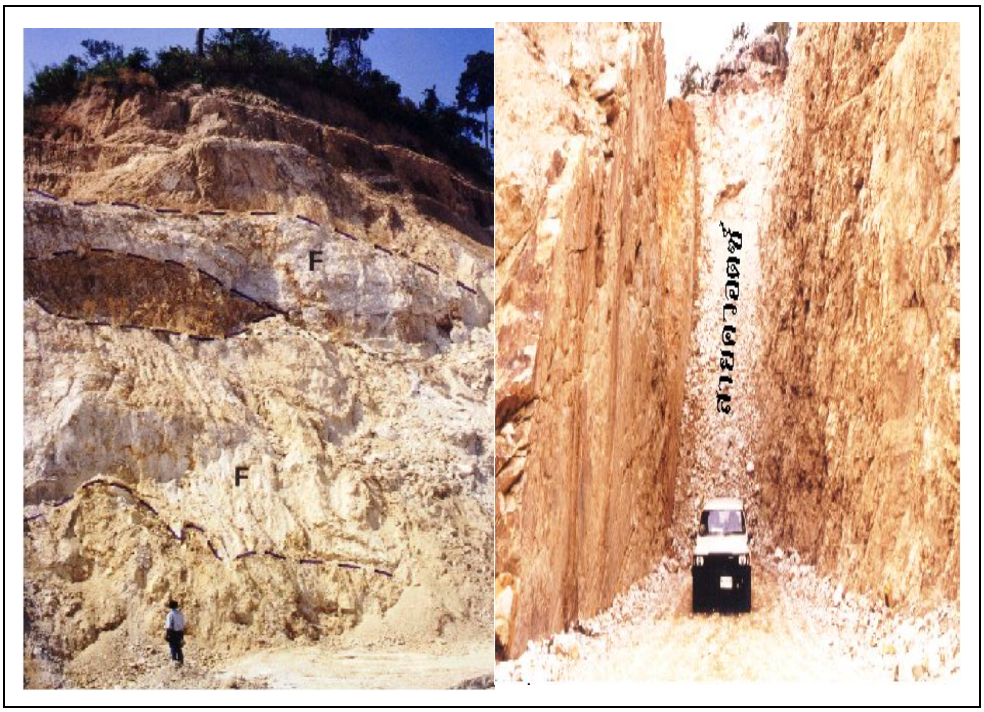
- แหล่งแร่ทองคำ สายแร่เกี่ยวพันกับหินภูเขาไฟจำพวกเมฟิกและอัลตราเมฟิกและแหล่งแร่เหล็กแบบชั้น นอกจากนี้อาจพบแร่ตระกูลสารหนู พลวง ปรอท เทลลูเรียม ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี และทังสเตน

- แหล่งแร่ยูเรเนียม สายแร่เกี่ยวข้องกับหินจำพวกแกรนิต หินไนส์ และหินชีสต์ อาจพบแร่ตระกูลโคบอลต์ นิกเกิล บิสมัท เงิน และสารหนู เกิดร่วมอยู่ด้วย

- แหล่งแร่โคบอลต์-เงิน-นิกเกิล อาจมีแร่เหล็ก สารหนู ทองแดง ตะกั่ว และบิสมัท เกิดร่วมด้วย

นอกจากนี้ยังพบในลักษณะของ **แหล่งแร่น้ำร้อนจากหินหนืด (magmatic hydrothermal deposit)** สินแร่ที่เกิดในแหล่งแร่น้ำร้อนจากหินหนืด เกิดจากกระบวนการของน้ำร้อนจากหินหนืดที่อยู่ไม่ลึกนักในเปลือกโลกเข้าไปประจุตามช่องว่างต่างๆ ในหินหรือตามรอยแตกร้าวเล็กๆ แบบร่างแห แหล่งแร่น้ำร้อนจากหินหนืดที่สำคัญ คือ แหล่งแร่พอฟีรี (porphyry deposit) จำพวกแร่ทองแดง เช่น แหล่งแร่ทองแดง - ทองคำ ภูโล้น จังหวัดหนองคาย แหล่งแร่โมลิบดีนัมพอฟีรี ซึ่งเกิดร่วมกับแร่ไพไรต์ ฟลูออไรต์ และแร่ตระกูลทังสเตน โดยเฉพาะแร่ชีไลต์ นอกจากนี้อาจมีคาลโคไพไรต์และดีบุก

แหล่งแร่น้ำร้อนจากหินหนืดอีกประเภทที่พบมากได้แก่แหล่งแร่ซัลไฟด์เนื่องกับหินภูเขาไฟ (volcanic associated sulfide deposits) แหล่งแร่ชนิดนี้พบเกิดร่วมกับหินเกือบทุกชนิดในเปลือกโลกช่วงบน แหล่งแร่ซัลไฟด์ (massive sulfide) ที่สำคัญ จะพบอยู่กับหินดินดาน หรือพบเกี่ยวกับหินภูเขาไฟที่ตกทับถมในทะเลหรือมหาสมุทร ได้แก่แหล่งแร่ทองแดง-สังกะสี-ตะกั่ว ซึ่งมีแร่พลอยได้ที่สำคัญคือ ทองคำ และเงิน




**4. แหล่งแร่สะสม (Deposit mineral)**

แร่ที่เกิดมากับหินอัคนีในแหล่งแร่แบบที่ 1 และ 3 คือเมื่อหินนั้นแตกสลายผุพังโดยธรรมชาติ แร่ก็หลุดจากหินโดยอาศัยน้ำและแรงดึงดูดของโลก แร่นั้นจะกลิ้งตัวลงสู่ที่ต่ำไหลตามน้ำไปสะสมอยู่ตามท้องห้วยท้องลำธารหรือพื้นทะเล และจะมีขนาดเล็กลงจนกระทั่งละเอียดเท่าทราย และต่อจากนั้นดินทรายจะทับถมแร่นั้นจนกระทั่งอยู่ลึกจากผิวดิน แหล่งแร่แบบนี้เรียกว่า ลานแร่ (Placer deposit) แร่ที่จะเกิดในแหล่งแบบนี้จะต้องมีความหนาแน่นสูงและคงทนต่อการผุกร่อน กรณีแหล่งแร่ที่เกิดสะสมตัวตามไหล่เขาไม่ไกลนักจากตัวหินแม่ที่ให้แร่จะเรียกว่า **“แหล่งแร่พลัดไหล่เขา”**

(eluvial deposit) ส่วนที่ถูกสายน้ำพัดพาไปตกสะสมตัวไกลพอประมาณจากแหล่งต้นกำเนิดในบริเวณพื้นที่ราบตะกอนน้ำพา (alluvial plain) เรียกว่า “**แหล่งลานแร่**” แหล่งแบบนี้มักพบชั้นแร่อยู่ใต้ชั้นกรวดทราย ชั้นที่แร่สะสมตัวอยู่รวมกับพวกกรวดทรายนั้นเรียกว่า “**ชั้นกะสะ**” (paydirt) แหล่งแร่ประเภทนี้ได้แก่ แร่หลักที่พบเกิดเป็นแหล่งลานแร่ ได้แก่ ดีบุก ทองคำ ทองคำขาว โคลัมไบต์-แทนทาไลต์ อิลเมไนต์ รูไทล์ เซอร์คอน เพชร พลอยทับทิม และแซปไฟร์ การทำเหมืองดีบุกในภาคใต้ของประเทศไทย ส่วนใหญ่ได้จากแหล่งแร่ประเภทนี้ เช่นเดียวกับแหล่งพลอยแซปไฟร์ จังหวัดจันทบุรี ตราด และ จังหวัดกาญจนบุรี

แหล่งแร่สะสมประเภทที่ 2 เรียกว่า **แหล่งแร่ตกค้างสะสม (residual deposit)** แหล่งแร่แบบนี้จะเกิดในบริเวณเขตร้อนและลักษณะภูมิประเทศค่อนข้างแบนราบ เป็นผลจากการที่หินและแร่ประกอบหินผุสลายไปโดยปฏิกิริยาทางเคมี ธาตุที่ละลายน้ำได้ง่ายจะถูกชะละลายไปกับน้ำ เหลือธาตุหรือสารประกอบซึ่งไม่ละลายน้ำหรือละลายได้น้อยตกค้างเหลืออยู่ ณ ที่เดิม เช่น แร่เฟลด์สปาร์ เมื่อผุพังสลายตัวจะให้สารประกอบอะลูมินา ซิลิกา และสารประกอบแอลคาไล เมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสม เช่น สภาวะออกซิไดซ์หรือการเติมออกซิเจน สารประกอบสองชนิดหลังละลายน้ำได้ง่ายจึงถูกพัดพาไปกับน้ำ เหลือสารประกอบ อะลูมินา ซึ่งละลายได้ยากคงค้างอยู่ ณ ที่เดิม มีปริมาณสมบูรณ์ขึ้นจนอาจกลายเป็นแหล่งแร่ดินขาวหรือบอกไซต์

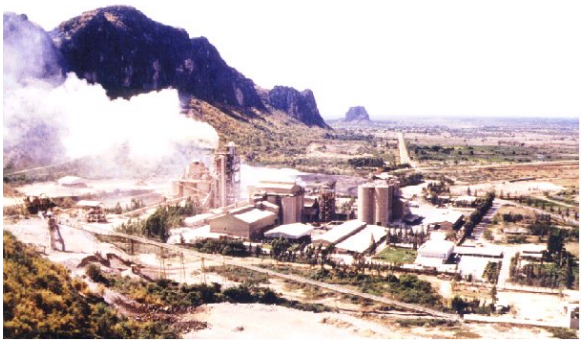
แหล่งแร่ตกค้างสะสมที่สำคัญ ได้แก่ แหล่งแร่ดินขาว บอกไซต์ ศิลาแลงชนิดแร่เหล็ก แมงกานีส และนิกเกิล ตัวอย่างในประเทศไทย ได้แก่แหล่งดินขาวเขาปางค่า อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดลำปาง แหล่งศิลาแลง จังหวัดลำพูน

แหล่งแร่สะสมประเภทที่ 3 เรียกว่า **แหล่งแร่ชะละลายสะสม** (supergene deposit) มีต้นกำเนิดหรือสายแร่ส่วนใหญ่จากกลุ่มแร่ที่มีแร่กลุ่มซัลไฟด์ (เช่น แร่ไพไรต์) เกิดร่วมด้วย เนื่องจากกระบวนการทำลายต่างๆ ทำให้แร่ซัลไฟด์แตกสลายลง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีภูมิอากาศค่อนข้างแห้งแล้งและเขตร้อนชุ่มชื้น จะเกิดปฏิกิริยานี้ได้ดีมาก ทำให้เกิดกรดกำมะถัน ($H_2SO_4$) และทำให้โลหะมีค่าในแร่ซัลไฟด์ เช่น ทองแดง เงิน ถูกละลายออกมาได้มากขึ้น โลหะเหล่านี้เมื่อซึมลงสู่ข้างล่างก็จะเข้าแทนที่ธาตุเหล็กในแร่ไพไรต์ซึ่งแช่อยู่ในน้ำบาดาล เกิดเป็นแร่ซัลไฟด์ชนิดใหม่ นานเข้าแร่ซัลไฟด์มีค่าเหล่านี้ก็จะเพิ่มปริมาณมากขึ้นกลายเป็นแหล่งแร่มีค่าทางเศรษฐกิจต่อไป

แหล่งแร่แบบนี้ที่พบมาก ได้แก่ แหล่งแร่ทองแดง ถึงแม้ว่าแต่เดิมแหล่งแร่ทองแดงจะเกิดเป็นแหล่งแร่คุณภาพต่ำ ไม่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจเลย แต่เมื่อได้รับการเปลี่ยนแปลงโดยวิธีนี้ แหล่งแร่บางแห่งก็จะกลายเป็นแหล่งสำคัญทางเศรษฐกิจได้

แหล่งแร่สะสมประเภท 4 เรียกว่า **แหล่งแร่แบบชั้น (sedimentary deposits)** มีการเกิดคล้ายคลึงกับการเกิดหินชั้น จึงมักมีอาณาเขตกว้างขวางเป็นแหล่งแร่ขนาดใหญ่ แร่ในแหล่งแร่ชนิดนี้อาจมาจากหินเดิมหรือแหล่งแร่เดิมที่ผุพังทำลายลง แล้วถูกพัดพาไปในรูปของตะกอนและคอลลอยด์ ส่วนหนึ่งอาจตกตะกอนทับถมอยู่ตามท้องน้ำ บางส่วนอาจถูกพัดพาลงสู่ทะเล หรือแอ่งน้ำใหญ่ แล้วตกตะกอนหรือตกผลึกสะสมตัวในแอ่งนั้นๆ เกิดเป็นแหล่งแร่ขึ้น แหล่งแร่สำคัญ ๆ ที่มีกำเนิดจากการสะสมตัวลักษณะนี้ ได้แก่ แหล่งแร่ดินขาว แหล่งแร่เหล็กแบบชั้น แหล่งแมงกานีสแบบชั้นหรือแบบก้อนแมงกานีสทรงมน (manganese oxide nodule) ทองแดง-สังกะสี-ตะกั่วซัลไฟด์ นอกจากนี้ยังรวมการเกิดแหล่งถ่านหิน น้ำมัน ตลอดจนแหล่งหินปูน

แหล่งแร่แบบชั้นในประเทศไทย เช่น แหล่งดินขาวบ้านแม่ทาน อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง แหล่งแร่ยิปซัม จังหวัดพิจิตร และแหล่งหินปูน หินโดโลไมต์ จังหวัดสระบุรี ราชบุรี เป็นต้น



## 8.8 การตรวจสอบแร่

การตรวจสอบแร่ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีการอย่างง่ายๆ โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งเป็นลักษณะที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือดูด้วยแว่นขยายกำลังขยาย 10 เท่า อุปกรณ์อื่นที่ใช้ตรวจก็หาไม่ยาก แร่ส่วนมากจะมีลักษณะบางอย่างเด่นเฉพาะตัวซึ่งแตกต่างจากแร่ชนิดอื่น ทำให้สามารถบอกได้ว่าเป็นแร่อะไร แร่บางชนิดก็มีลักษณะคล้ายๆ กัน ซึ่งต้องตรวจลักษณะอื่นประกอบจึงจะบอกได้ว่าเป็นชนิดใดได้ นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางเคมี และการตรวจโดยอาศัยสมบัติทางแสง เป็นต้น

### คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพของแร่ที่ใช้ในการตรวจสอบแร่อย่างง่ายๆ ได้แก่ สีของแร่และสีของผงแร่ ความวาว ความแข็ง ลักษณะผลึกแร่ น้ำหนัก และคุณสมบัติการเป็นแม่เหล็ก

#### 1. สีของแร่และสีของผงแร่

สีของแร่และสีของผงแร่จะช่วยในการจำแนกแร่ได้ แร่ที่มีความมันวาวแบบโลหะจะมีสีแตกต่างกัน ในการตรวจสอบแร่โดยดูสีนั้นจะต้องดูจากแร่ที่มีความสดหรือแตกใหม่ๆ ส่วนการตรวจสอบสีผงนั้นทำได้โดยการขูดแร่บนแผ่นกระเบื้องเซรามิคที่มีสีขาวตรงที่ไม่มีการเคลือบผิวมัน จะทำให้เห็นสีของผงแร่อย่างชัดเจน

#### 2. ความวาว

ความวาวของแร่จะขึ้นอยู่กับดัชนีความหักเหของแร่ ความสามารถในการให้แสงผ่านและโครงสร้างของผลึกแร่ สามารถจำแนกแร่ออกได้เป็น 2 ประเภทกว้างๆ ได้แก่ แร่โลหะและแร่อโลหะ ซึ่งความวาวของแร่โลหะเกิดจากโลหะที่อยู่ในแร่นั้น ส่วนแร่อโลหะจะมีคุณสมบัติในการให้แสงผ่านไปได้น้อยหรือไม่ได้เลยในการให้แสงผ่านไปได้น้อยหรือไม่ได้เลย

**3. ความแข็ง**

ความแข็ง หมายถึง แรงต้านต่อการกัดกร่อนของระนาบเรียบ ซึ่งจะมีตารางความแข็งให้ไว้สำหรับเทียบค่าในการตรวจสอบอย่างง่ายๆ เช่น

- เล็บมือ มีความแข็ง 2.5
- สตางค์แดง มีความแข็ง 3.5
- มีดพับ มีความแข็ง 4.5
- ตะไบเหล็ก มีความแข็ง 6.5

**ตารางแสดงระดับความแข็งของแร่**

| ระดับความแข็ง | แร่ | การทดสอบ |
|---|---|---|
| 1 | ทัลก์ | เล็บขูดเข้า ผิวลื่นมือ |
| 2 | ยิปซัม, หินเกลือ, สติบไนต์ | เล็บขูดเข้า ผิวฝืด |
| 3 | แคลไซต์, เงิน, ทองคำ | สตางค์แดงขูดเป็นรอย |
| 4 | ฟลูออไรต์, มาลาไคต์ | กระจกขูดเป็นรอยบนผิวแร่ |
| 5 | อะพาไทต์ | มีดพับขูดเป็นรอย |
| 6 | ออร์โทเคลส์, แมกนีไทต์ | มีดพับขูดเป็นรอย |
| 7 | ควอตซ์, โกเมน | ขูดกระจกเป็นรอย |
| 8 | โทแพซ | ขูดกระจกเป็นรอย |
| 9 | คอรันดัม | ขูดกระจกเป็นรอย |
| 10 | เพชร | ขูดกระจกเป็นรอย |

**4. ลักษณะผลึกแร่**

ธาตุหรือสารประกอบอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจะมีโครงสร้างภายในที่เป็นระเบียบ มีสูตรเคมีและคุณสมบัติอื่นๆ ที่เปลี่ยนแปลงได้ในวงจำกัด แร่เหมือนสารเคมีชนิดอื่นที่เกิดจากการตกผลึกขององค์ประกอบของสารเคมีนั้นๆ ดังนั้นจึงมีลักษณะผลึกที่แตกต่างกันสามารถนำไปจำแนกประเภทของแร่ได้

**5. น้ำหนักจำเพาะ**

ค่าน้ำหนักจำเพาะเป็นการเทียบค่าน้ำหนักระหว่างแร่และน้ำ (ที่อุณหภูมิ 4 $^{O}$C) ซึ่งมีปริมาตรเท่ากัน โดยทั่วไปแร่โลหะจะมีน้ำหนักมากกว่าแร่อโลหะ

**6. คุณสมบัติในการเป็นแม่เหล็ก**

คุณสมบัติในการเป็นแม่เหล็กนั้น จะมีแร่โลหะไม่กี่ชนิดที่มีสภาพการเป็นแม่เหล็กและสามารถเหนี่ยวนำให้เป็นแม่เหล็กได้ เช่น แร่เหล็กแมกนีไทต์ แร่วุลแฟรม ซึ่งมีเพื่อนแร่เป็นแร่เหล็กที่สามารถติดแม่เหล็ก แร่นิกเกิล และแร่โคบอล์ท

**อุปกรณ์ตรวจสอบแร่อย่างง่าย**

# บทที่ 9 ซากดึกดำบรรพ์

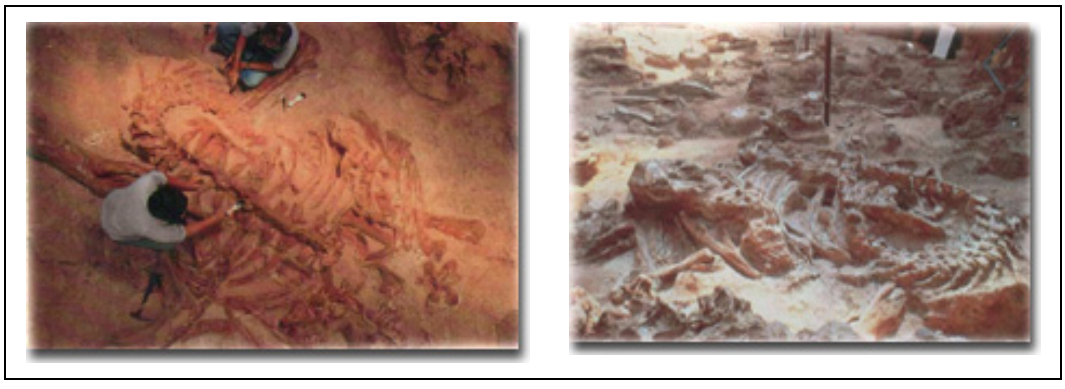
**ซากดึกดำบรรพ์ หรือ ฟอสซิล (Fossil)** คือ ซากหรือร่องรอยของสิ่งมีชีวิตทั้งสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และพืช ซึ่งถูกเก็บรักษาเอาไว้ในสภาพที่กลายเป็นหิน หรือแร่ ในชั้นหินของเปลือกโลก โดยกระบวนการทางธรรมชาติเท่านั้น ตัวอย่างของซากดึกดำบรรพ์ เช่น สุสานหอย จังหวัดกระบี่ ไดโนเสาร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

## 9.1 ประโยชน์ของฟอสซิล

1. ทำให้ทราบว่าหลังจากเมื่อโลกได้กำเนิดขึ้นมาเมื่อประมาณ 4,600 ล้านปีมาแล้ว นับจากนั้นมา สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวแรกเริ่มเกิดขึ้น ประมาณ 3,000 ล้านปีมาแล้ว และได้วิวัฒนาการซับซ้อนสูงขึ้นมาจนถึงมนุษย์ปัจจุบัน ซึ่งในช่วงแรกๆ ยังไม่พบซากดึกดำบรรพ์ปรากฏให้เห็น ซากดึกดำบรรพ์ที่เก่าแก่ที่สุดที่สำรวจพบมีอายุ 500-600 ล้านปี การศึกษาด้านบรรพชีวินวิทยาหรือโบราณชีววิทยา (Paleontology) นี้ ทำให้เราได้ทราบถึงลักษณะและวิวัฒนาการของสัตว์ต่างๆ

2. ทำให้ทราบถึงและเป็นหลักฐานในการศึกษาสภาพแวดล้อมลักษณะการสะสมตัวของชั้นหิน สภาวะอากาศสมัยบรรพกาล สภาพภูมิประเทศโบราณ ในขณะที่สัตว์เหล่านั้นยังมีชีวิตอยู่ คือ บอกเล่าถึงธรณีประวัติของโลก หรือเปรียบเหมือนสมุดบันทึกเล่มใหญ่เล่าความเป็นมาของโลกและสิ่งมีชีวิตบนโลกนั่นเอง

3. เป็นข้อมูลเพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์เปรียบเทียบกับชั้นหินในพื้นที่ต่างๆ กัน เช่น ถ้าพบซากดึกดำบรรพ์กลุ่มเดียวกันและเป็นชนิด (Species) เดียวกันแน่นอน แสดงว่าในชั้นหินที่พบซากดึกดำบรรพ์ดังกล่าวนั้นแม้ว่าอยู่ต่างที่กัน แต่เกิดการสะสมตัวเป็นชั้นตะกอนในแอ่งสะสมตัวในช่วงเวลาเดียวกัน เรียกว่ามีอายุเดียวกันทางธรณีกาล นักธรณีวิทยาสามารถหาอายุเปรียบเทียบชั้นหินได้จากซากดึกดำบรรพ์ซึ่งเป็นหลักฐานที่ดีอย่างหนึ่งในการศึกษา และหาความสัมพันธ์ของชั้นหินตะกอนซึ่งในการศึกษาอย่างละเอียดร่วมกับการศึกษาและการใช้เครื่องมือสมัยใหม่ที่ก้าวหน้ามาก เช่น เครื่องมือทางธรณีฟิสิกส์ ทำให้มีความสำคัญต่อการหาแหล่งทรัพยากร ยกตัวอย่างเช่น การหาแหล่งน้ำมัน ถ่านหิน เชื้อเพลิงธรรมชาติอื่นๆ และแร่เศรษฐกิจ



**ซากกระดูกของ*ภูเวียงโกซอรัส สุธีธรนี* บริเวณภูกุ้มข้าว จังหวัดกาฬสินธุ์** (ที่มา : www.dmr.go.th)

## 9.2 ไดโนเสาร์ในประเทศไทย

การศึกษาซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์ในเมืองไทยอย่างเป็นระบบเริ่มต้นมาประมาณ 20 ปี โดยเฉพาะการสำรวจโบราณชีววิทยาไทย-ฝรั่งเศส ซึ่งได้ทำการสำรวจค้นพบซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์มีกระดูกสันหลังในประเทศไทย ผลการวิจัยร่วมกันทำให้พบซากดึกดำบรรพ์ของไดโนเสาร์และสัตว์อื่นๆ จำนวนมากในหินที่เกิดในช่วงเวลาต่างๆ ของมหายุคมีโซโซอิก ซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์ที่เก่าแก่ที่สุดอยู่ในยุคครีเทเชียสตอนกลาง (100 ล้านปีก่อน) ประเทศไทยมีชั้นหินที่เกิดขึ้นในช่วงอายุดังกล่าวจึงได้มีการจัดหินชั้นดังกล่าวออกเป็นกลุ่มหิน (Group) ขึ้นเรียกว่า ***กลุ่มหินโคราช (Khorat Group)***

ไดโนเสาร์ที่พบในประเทศไทยมีทั้งที่เป็นชนิดใหม่และชนิดที่พบอยู่ทั่วไป ดังนี้

**1)** ***ภูเวียงโกซอรัส สรินธรเน (Phuwiangosarous sirindhornae,*** *Martin Buffetaut and Suteethorn, 1994)*

ยุค : ครีเทเชียสตอนต้น ประมาณ 130 ล้านปีมาแล้ว

ไดโนเสาร์ซอโรพอดชนิดแรกของไทยและตั้งชื่อถวายพระเกียรติแด่ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯสยามบรมราชกุมารี ผู้ทรงสนพระทัยในงานด้านโบราณชีววิทยาเป็นอย่างมาก ไดโนเสาร์ชนิดนี้เป็นเทอโรพอดขนาดกลาง มีความยาว 15-20 เมตร เดิน 4 เท้า คอและหางยาว กินพืชเป็นอาหาร มักอยู่ร่วมกันเป็นฝูง และยังพบกระดูกพวกวัยเยาว์รวมอยู่ด้วย ซึ่งมีขนาดยาว 2 เมตร และสูงเพียงครึ่งเมตร

สถานที่พบ : ทวีปเอเชีย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ อุดรธานี และนครราชสีมา

**2)** ***สยามโมซอรัส สุธีธรนี (Siamosaurus suteethorni,*** *Buffetaut and Ingavat, 1986)*

ยุค : ครีเทเชียสตอนต้น ประมาณ 130 ล้านปีมาแล้ว

ไดโนเสาร์ชนิดแรกของไทย ตั้งชื่อให้เป็นเกียรติแก่ นายวราวุธ สุธีธร ผู้มีส่วนร่วมในการสำรวจไดโนเสาร์ชนิดนี้เป็นเทอโรพอดขนาดใหญ่ มีความยาวประมาณ 7 เมตร ลักษณะฟันรูปทรงกรวยมีแนวร่องและสันเรียงสลับตลอด ฟันคล้ายฟันของจระเข้ จึงน่าจะอาศัยใกล้แหล่งน้ำและกินปลาเป็นอาหาร

สถานที่พบ : ทวีปเอเชีย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ สกลนคร ชัยภูมิ อุดรธานี นครราชสีมา และมุกดาหาร

**3)** ***อิสานโนเซอรัส อรรถวิภัชน์ชี (Isanosaurus attavipachi,*** *Buffetaut et al, 2000)*

ไดโนเสาร์ซอโรพอดที่มีลักษณะโบราณที่สุดที่เคยพบมา พบที่จังหวัดชัยภูมิ อยู่ในยุคไทรแอสสิกตอนปลาย อายุประมาณ 209 ปี

สถานที่พบ : ทวีปเอเชีย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จังหวัดชัยภูมิ

**4) *สยามโมไทรันนัส อิสานเอนซิส (Siamotyrannus isanensis,* *Buffetaut and Tong, 1996)***

ยุค : ครีเทเชียสตอนต้น ประมาณ 130 ล้านปีมาแล้ว

ไดโนเสาร์เทอโรพอดขนาดใหญ่ ยาวประมาณ 7 เมตร ขาหลังมีขนาดใหญ่และแข็งแรง พบกระดูกสันหลัง สะโพก และหาง ที่มีสภาพค่อนข้างสมบูรณ์ฝังในชั้นหินทราย จากการศึกษาพบว่าอยู่ในวงศ์ไทรันโนซอริเดที่เก่าแก่ที่สุด ทำให้สันนิษฐานได้ว่ากลุ่มของไทรันโนซอร์เริ่มวิวัฒนาการครั้งแรกในเอเชียแล้วค่อยแพร่กระจายไปในเอเชียเหนือ และสิ้นสุดที่อเมริกาเหนือก่อนจะสูญพันธ์ไป

สถานที่พบ : ทวีปเอเชีย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ สกลนคร อุดรธานี และนครราชสีมา

**4) *ซิตตะโกซอรัส สัตยารักษ์กี (Psittacosaurus sattayaraki,* *Buffetaut and Suteethorn, 1992)***

ยุค : ครีเทเชียสตอนต้น ประมาณ 100 ล้านปีมาแล้ว

ตั้งชื่อให้เป็นเกียรติแก่ นายนเรศ สัตยารักษ์ ผู้ค้นพบไดโนเสาร์ชนิดนี้ เป็นไดโนเสาร์พวกเวอราทอปเซียน กินพืชขนาดเล็ก มีความยาวเพียง 1 เมตร ไดโนเสาร์ปากนกแก้วนี้ในอดีตเราพบว่าแพร่หลายอยู่เฉพาะในแถบเอเชียกลาง บริเวณชานตุง มองโกเลีย และไซบีเรียเท่านั้น ซึ่งการพบฟอสซิลครั้งนี้เป็นการยืนยันว่า เมื่อต้นยุคครีเทเชียสแผ่นดินอินโดจีนเป็นส่วนหนึ่งของเอเชียแผ่นดินใหญ่แล้ว

สถานที่พบ : ทวีปเอเชีย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จังหวัดชัยภูมิ

**5) *คอมพ์ซอกนาธัส (Compsognathus,* *Buffetaut and Ingavat, 1984)***

ยุค : ครีเทเชียสตอนต้น ประมาณ 130 ล้านปีมาแล้ว

ไดโนเสาร์กินเนื้อขนาดเล็ก พวกซีลูโรซอร์ ขนาดยาวประมาณ 70 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 3.5 กิโลกรัม วิ่งด้วย 2 ขาหลัง

**6) *กินรีมิมัส (Kinnareemimus)***

ไดโนเสาร์นกระจอกเทศ วิ่งเร็วปราดเปรียว เป็นเทอโรพอดที่ไม่มีฟันเลยน่าจะกินพืชและสัตว์ มีความยาวประมาณ 1-2 เมตร

**7) *อิกัวโนดอน***

อิกัวโนดอนเป็นไดโนเสาร์ออร์นิโธพอดชนิดใหม่ เป็นไดโนเสาร์กินพืชขนาดใหญ่ มีสะโพกแบบนก ขาหลังทั้งสองมีขนาดใหญ่ ขาหน้าเล็กมาก สามารถเดินด้วย 2 ขาหลังและ 4 ขา พบในยุคครีเทเชียสตอนต้น อายุประมาณ 100 ล้านปีก่อน พบที่จังหวัดอุบลราชธานี

**8) *สเตโกซอร์***

พบกระดูกสันหลังในชั้นหินทรายสีเทา ซึ่งคาดว่าเป็นของสเตโกซอร์ เนื่องจากไดโนเสาร์ชนิดนี้มีกระดูกสันหลังที่ต่างไปจากไดโนเสาร์ชนิดอื่นอย่างเห็นได้ชัด พบที่จังหวัดกาฬสินธุ์

## กลุ่มหินโคราช

| ชื่อหมวดหินย่อย | อายุโดยประมาณ | ฟอสซิลสัตว์มีกระดูกสันหลังที่พบ |
|---|---|---|
| **หมวดหินโคกกรวด** | 100 ล้านปีก่อน ยุคครีเทเชียสตอนต้น | ไดโนเสาร์ซิตตะโกซอรัส สัตยารักกี, ไดโนเสาร์อิกัวโนดอน, คาร์โนซอร์, ซอดรพอน, ปลาเลพิโดเทศ, ฉลามน้ำจืด ไฮโบดอนท์ |
| **หมวดหินภูพาน** | 120 ล้านปีก่อน ยุคครีเทเชียสตอนต้น | รอยเท้าคาร์โนซอร์บนภูหลวง |
| **หมวดหินเสาขัว** | 130 ล้านปีก่อน ยุคครีเทเชียสตอนต้น | ไดโนเสาร์สยามโมซอรัส สุธีธรณี, คอมพ์ซอกนาธัส, กินรีไมมัส, ภูเวียงโกซอรัส สิรินธรเน, สยามโมไทรันนัส อิสานเอนซิส, จระเข้โกนิโอโฟลิส, ฉลาม ไฮโบดอนท์, ปลาเลพิเทสและเต่า |
| **หมวดหินพระวิหาร** | 140 ล้านปีก่อน ยุคครีเทเชียสตอนต้น | รอยเท้าไดโนเสาร์ซิลูโรซอร์, ออมิโธมิโมซอร์ และคาร์โนซอร์ บนภูเวียง ภูแฝก ภูเก้า และเขาใหญ่ |
| **หมวดหินภูกระดึง** | 190-150 ล้านปีก่อน ยุคจูแรสสิก | จระเข้ซูโนซูคัส ไทยแลนดิคัส, เต่า, ปลาเลพิโดเทส, ฟันของไดโนเสาร์ซอโรพอด, ไดโนเสาร์สเตโกซอร์, ไดโนเสาร์คาร์โนซอร์ และไดโนเสาร์ฮิปซิโลโพดอน |
| **หมวดหินน้ำพอง** | 209 ล้านปีก่อน ยุคไทรแอสสิคตอนปลาย | ไดโนเสาร์โปรซอโรพอด และไดโนเสาร์อิสานโนซอรัส อรรถวิภัชน์ชี, ไดโนเสาร์ซอโรพอดที่โบราณที่สุด |
| **หมวดหินห้วยหินลาด** | 209 ล้านปีก่อน ยุคไทรแอสสิคตอนปลาย | ปลามีปอด, เต่าโปกาโนเซลิส, รุจาอิ, ปลาแอดติโนทริเจียน, ไซโคลโตซอรัส (สัตว์สะเทิ้นน้ำสะเทิ้นบก), ไฟโตซอร์ (สัตว์เลื้อยคลานคล้ายจระเข้) |

**ไดโนเสาร์ที่พบในประเทศไทย** (ที่มา : www.dmr.go.th)

ก) *สยามโมไทรันนัส อิสานเอนซิส* ข) *ซิตตะโกซอรัส สัตยารักษ์กี* ค) *คอมพ์ซอกนาธัส*

**รอยตีนไดโนเสาร์ที่พบบริเวณอำภอท่าอุเทน จังหวัดนครพนม** (ที่มา : www.dmr.go.th)

(ก) รอยตีนไดโนเสาร์นกกระจอกเทศ

(ข) รอยตีนไดโนเสาร์กินพืชอิกัวนาดอน

## 9.3 ธรณีกาล

ระยะเวลาอันยาวนานของธรณีกาลนับตั้งแต่โลกกำเนิดขึ้นมา เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อความเข้าใจในเรื่องวิวัฒนาการของโลกและสิ่งมีชีวิต เรื่องของกาลเวลานี้ทำให้วิชาธรณีวิทยาแตกต่างออกไปจากวิทยาศาสตร์สาขาอื่นๆ ผู้คนส่วนใหญ่มักคุ้นเคยอยู่กับหน่วยเวลาในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ได้แก่ วินาที นาที ชั่วโมง วัน เดือน และปี ประวัติศาสตร์สมัยโบราณเกี่ยวข้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อหลายร้อยปีหรือ หลายพันปี แต่เมื่อนักธรณีวิทยาพูดถึงประวัติทางธรณีวิทยา พวกเขาพูดถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับโลกนี้ย้อนอดีตไปจนถึงหลายร้อยล้านปี หรือเป็นพันล้านปีก็มี ดังนั้นเราควรได้ตระหนักว่าโลกมีโคจรหรือ วัฏจักรของวิวัฒนาการ ได้แก่ ปรากฏการณ์โลกร้อนขึ้นหรือปรากฏการณ์โลกเย็นลง เป็นต้น ซึ่งแต่ละรอบของวัฏจักรจะใช้เวลานับล้านปี

### อายุของโลก

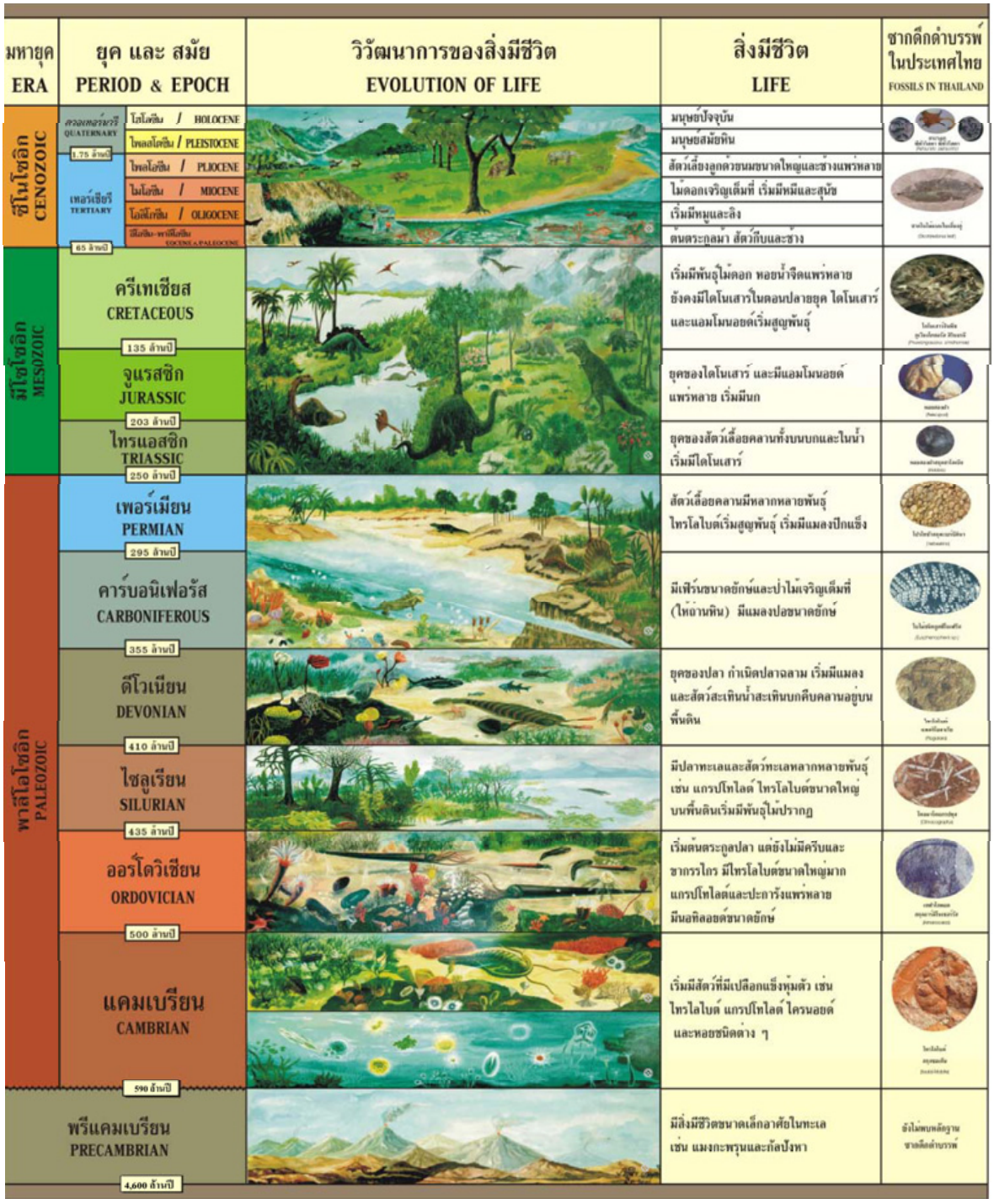
นับตั้งแต่โลกเย็นตัวลง หินและแร่ก็ได้เริ่มก่อตัวและเกิดขึ้นมาโดยตลอดจนถึงปัจจุบัน หินและแร่ที่เกิดขึ้นบ่งบอกถึงวิวัฒนาการอันยาวนานของโลก นักวิทยาศาสตร์สามารถหาอายุของโลกและค้นพบ อุบัติการณ์ครั้งสำคัญๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกได้โดยการศึกษาวิจัยหินและแร่ นักวิทยาศาสตร์ค้นพบวิธีหาอายุหินจากการตรวจวัดธาตุกัมมันตรังสี โดยอะตอมของธาตุกัมมันตรังสีบางชนิดที่อยู่ในหินจะสลายตัวตลอดเวลา ด้วยการวัดปริมาณของอะตอมดังกล่าวที่คงเหลืออยู่ในหิน สามารถนำมาคำนวณหาอายุของหินได้

หินอายุมากที่สุดเท่าที่พบ ได้แก่ หินไนส์ในบริเวณ Godthaab ทางตะวันตกเฉียงใต้ของเกาะกรีนแลนด์ อายุ 3,750 ล้านปี อายุแท้จริงของโลกได้จากการประมาณค่าโดยอาศัยอายุของหินที่นำมาจากดวงจันทร์และอุกกาบาต ซึ่งหาอายุของหินด้วยธาตุกัมมันตรังสี U-Pb และ Rb-Sr พบว่าอายุของโลกประมาณ 4,600 ล้านปี

### มาตราธรณีกาล (The Geologic Time Scale)

**มาตราธรณีกาล** เป็นผลมาจากการทำงานของนักธรณีวิทยาหลายๆ ท่าน ในช่วงคริสตศักราชที่ 19 ที่ได้ทำการศึกษาข้อมูลจากแหล่งธรณีวิทยามากมาย แล้วสร้างมาตราธรณีกาลที่ได้จากการลำดับเหตุการณ์และเวลาที่เกิดก่อน-หลัง ตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในโลกและของสิ่งมีชีวิตผ่านกาลเวลาจากนั้น หลังจากที่ได้มีการค้นพบธาตุกัมมันตรังสีในปี ค.ศ. 1895 และการพัฒนาเทคนิควิธีการหาอายุด้วยธาตุกัมมันตรังสี นักธรณีวิทยาก็สามารถที่จะกำหนดอายุสัมบูรณ์ (Absolute Age) ซึ่งมีหน่วยเป็นปี เป็นตัวกำหนดอายุทางธรณีวิทยาเป็นตัวเลขเพิ่มให้กับมาตราธรณีกาล

# อายุทางธรณีและวิวัฒนาการสิ่งมีชีวิต




(ที่มา : www.dmr.go.th)

# บทที่ 10 ธรณีพิบัติภัย

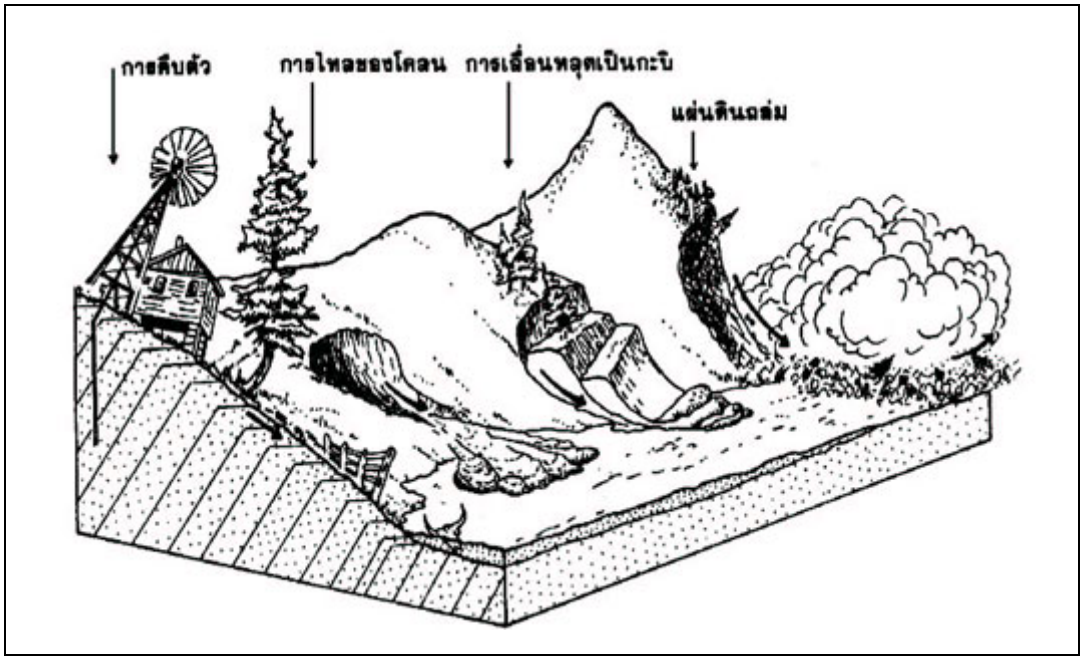
ธรรมชาติสร้างความสมดุลเสมอ แต่เมื่อใดเกิดความไม่สมดุลขึ้นย่อมส่งผลให้เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์เหล่านี้ถ้าได้ศึกษาเรียนรู้สนใจติดตามข่าวสารต่างๆ สามารถรู้ได้ตรวจสอบได้วินิจฉัยได้สามารถรู้ที่มาที่ไปได้ สามารถควบคุมได้สามารถป้องกันและแก้ปัญหาได้

การเกิดเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์แผ่นดินถล่มหรือหลุมยุบนั้น ได้เกิดขึ้นทั่วโลกมาหลายครั้งหลายระดับความรุนแรงและหลายระดับความหายนะ เกิดพิบัติภัยเสียหายสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ส่วนใหญ่ที่เกิดแผ่นดินถล่มและแผ่นดินยุบก็เพราะสภาพการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติและการเร่งให้ธรรมชาติ เปลี่ยนแปลงโดยเร็วทั้งโดยตรงและโดยอ้อม เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การใช้ประโยชน์พื้นที่ทำกินพื้นที่สิ่งปลูกสร้างต่างๆ โดยไม่คำนึงถึงสภาพความเป็นจริงบางอย่างของธรรมชาติที่อาจมีผลเสียต่อกิจกรรมที่ทำขึ้นนั้น และที่สำคัญไม่ยอมรับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นละเลยข้อมูลและเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นมาก่อน

## 10.1 ดินถล่ม

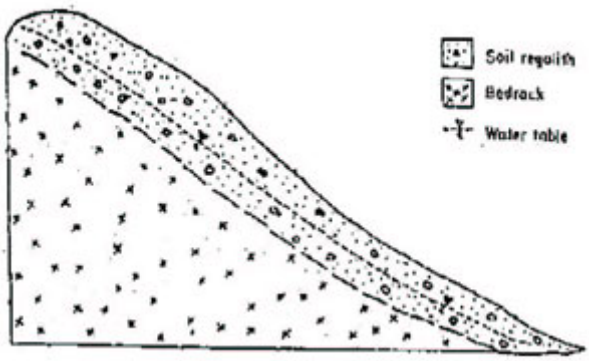
ดินถล่มหรือโคลนถล่ม คือ การเคลื่อนที่ของมวลดินและหินลงมาตามลาดเขาด้วยอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงโลกและจะมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องในการ ทำให้มวลดินและหินเคลื่อนตัวด้วย เสมอดินถล่มมักเกิดตามมาหลังจากน้ำป่าไหลหลาก ในขณะที่เกิดพายุฝนตกหนักรุนแรงต่อเนื่องหรือหลังการเกิดแผ่นดินไหว

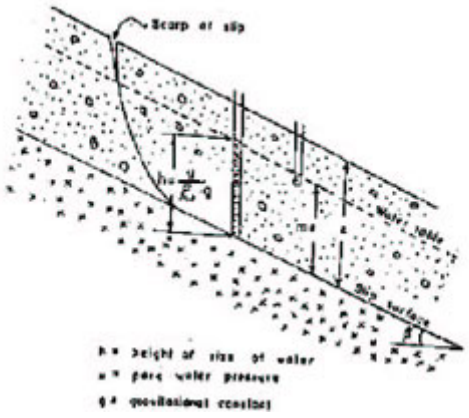
**รูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นดิน**



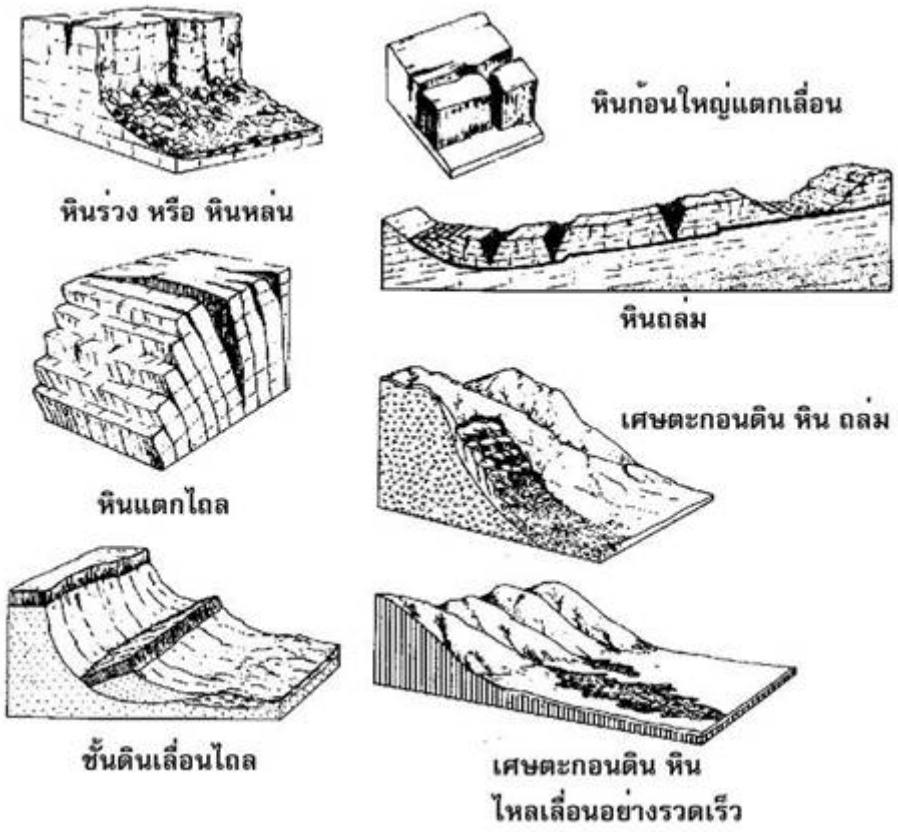

**กระบวนการเกิดดินถล่ม**

1. เมื่อฝนตกหนัก น้ำจะซึมลงไปในดินอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ดินอุ้มน้ำจนอิ่มตัว แรงยึดเกาะระหว่างมวลดินจะลดลง
2. ระดับน้ำใต้ผิวดินสูงขึ้นจะทำให้แรงต้านทานการเลื่อนไหลของดินลดลง
3. เมื่อน้ำใต้ผิวดินมีระดับสูงก็จะไหลภายในช่องว่างของดิน ลงมาตามความชันของลาดเขา
4. เมื่อมีการเปลี่ยนความชัน ก็จะเกิดเป็นน้ำผุดและเป็นจุดแรกที่มีการเลื่อนไหลของดิน
5. เมื่อเกิดดินเลื่อนไหลแล้ว ก็จะเกิดต่อเนื่องขึ้นไปตามลาดเขา



**ชนิดของดินถล่ม**




**ปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่ม**

1. พื้นที่เป็นหินแข็งเนื้อแน่นแต่ผุง่าย
2. มีชั้นดินสะสมตัวหนาบนภูเขา
3. ภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงชัน ที่ลาดเชิงเขา หุบเขาและหน้าผา
4. ป่าไม้ถูกทำลาย
5. มีฝนตกหนักต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานาน (มากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน)
6. ภัยธรรมชาติอื่นๆ เช่น พายุ, แผ่นดินไหว และไฟป่า

**ลักษณะพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม**

ลักษณะของพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม มักเป็นพื้นที่ที่อยู่ตามลาดเชิงเขา หรือบริเวณที่ลุ่มที่ติดอยู่กับภูเขาสูงที่มีการพังทลายของดินสูง หรือสภาพพื้นที่ต้นน้ำที่มีการทำลายป่าไม้สูง นอกจากนั้นในบางพื้นที่อาจเป็นบริเวณภูเขาหรือหน้าผาที่เป็นหินผุพังง่าย ซึ่งมักก่อให้เกิดเป็นชั้นดินหนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่หินรองรับชั้นดินนั้นมีความเอียงเทสูง และเป็นชั้นหินที่ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้สะดวก ลักษณะดังกล่าวทั้งหมดพบได้ทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งขณะนี้กรมทรัพยากร

ธรณีกำลังทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูล สำรวจเก็บข้อมูลทางธรณีวิทยาและสภาพแวดล้อมของพื้นที่เบื้องต้น และรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่น พบว่าใน 51 จังหวัดทั่วประเทศ ซึ่งมีลักษณะพื้นที่เสี่ยงภัยต่อดินถล่มอยู่บริเวณลาดเชิงเขาและที่ลุ่มใกล้เขา โดยเฉพาะอย่างยิ่งหมู่บ้านที่ตั้งอยู่ในบริเวณดังกล่าวมีความเสี่ยงภัยต่อดินถล่มมาก เนื่องจากเมื่อมีพายุฝนตกหนักต่อเนื่องจะทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน น้ำป่าไหลหลาก และดินถล่มตามมาได้ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน ของประชาชน ดังนั้นประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าวจึงควรให้ความสนใจและระมัดระวังเป็นพิเศษ

**ลักษณะที่ตั้งของหมู่บ้านเสี่ยงภัยดินถล่มมีข้อสังเกตดังต่อไปนี้**

1. อยู่ติดภูเขาและใกล้ลำห้วย
2. มีร่องรอยดินไหลหรือดินเลื่อนบนภูเขา
3. มีรอยแยกของพื้นดินบนภูเขา
4. อยู่บนเนินหน้าหุบเขาและเคยมีโคลนถล่มมาบ้าง
5. ถูกน้ำป่าไหลหลากและท่วมบ่อย
6. มีกองหิน เนินทรายปนโคลนและต้นไม้ ในห้วยใกล้หมู่บ้าน
7. พื้นห้วยจะมีก้อนหินขนาดเล็กใหญ่อยู่ปนกันตลอดท้องน้ำ

**ข้อสังเกตหรือสิ่งบอกเหตุ**

1. มีฝนตกหนักถึงหนักมาก (มากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน)
2. ระดับน้ำในห้วยสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว
3. สีของน้ำเปลี่ยนเป็นสีของดินบนภูเขา
4. มีเสียงดัง อื้ออึง ผิดปกติดังมาจากภูเขาและลำห้วย
5. น้ำท่วมหมู่บ้าน และเพิ่มระดับขึ้นอย่างรวดเร็ว

## 10.2 แผ่นดินไหว

**แผ่นดินไหว (Earthquakes)** เป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของพื้นดิน อันเนื่องมาจากการปลดปล่อยพลังงานเพื่อลดความเครียดที่สะสมไว้ภายในโลกออกมาเพื่อปรับสมดุลของเปลือกโลกให้คงที่ ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ยังไม่สามารถทำนายเวลา สถานที่ และความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ ดังนั้นจึงควรศึกษา เรียนรู้ เพื่อให้เข้าใจถึงกระบวนการเกิดของแผ่นดินไหวที่แท้จริง เพื่อเป็นแนวทางในการลดความเสียหายที่เกิดขึ้น

ในปีหนึ่งๆ จะมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นทั่วโลกโดยเฉลี่ยถึง 150,000 ครั้ง หรือเราอาจจะคาดหวังได้ว่าในแต่ละวันจะมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นถึง 400 ครั้ง อย่างไรก็ตาม เราอาจไม่ได้สัมผัสหรือมีความรู้สึกว่าได้เกิดแผ่นดินไหวเหล่านั้นเลย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือ

1. ขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว

2. พื้นที่ๆ อาศัยอยู่นั้นปลอดหรือค่อนข้างปลอดจากแผ่นดินไหว

การเกิดแผ่นดินไหวอยู่เสมอๆ นั้น เป็นหลักฐานที่แสดงให้ทราบถึงธรรมชาติภายใต้ผิวโลกของเราว่ามีการเคลื่อนไหวและมิได้หยุดนิ่งเลย แรงภายใต้ผิวโลกนี้ได้ผลักดันให้ชั้นเปลือกโลกและส่วนบนของชั้นเปลือกโลก (Crust and Upper Mantle) ถูกทำให้ย่นแปรสภาพและแตกหัก หลักฐานของหินที่ถูกแปรสภาพเหล่านี้ทำให้ทราบว่าส่วนไหนบนผิวโลกที่กำลังมีการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน

## สาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวเกิดขึ้นได้จากสาเหตุใหญ่ 2 ประการ คือ

**1. การเคลื่อนที่ของเปลือกโลก** ทำให้เปลือกโลกเกิดการเคลื่อนไหว ตามทฤษฎีแปรสัณฐานแผ่นเปลือกโลกเคลื่อนที่ จนทำให้เกิดรอยคดโค้ง รอยเลื่อน รอยแตก และรอยแยกขึ้นบนพื้นโลก พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาเพื่อปรับสมดุลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ ส่วนหนึ่งจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปคลื่นแผ่นดินไหว

**2. การระเบิดของภูเขาไฟ** สามารถทำให้เกิดแผ่นไหวได้เนื่องจากการเคลื่อนตัวของแมกมาใต้ผิวโลกตามเส้นทางสู่ปล่องภูเขาไฟก่อนที่จะระเบิดออกมาเป็นหินละลายหลอมเหลว

## การตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว (Seismic Waves)

ข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวทั่วโลกได้มาจากการติดตั้งเครือข่ายของเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวเป็นเครือข่ายครอบคลุมอยู่ทั่วโลก ทำให้สามารถทราบถึงขนาดและตำแหน่ง โดยเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวมีหลักการทำงานง่ายๆ คือ เครื่องมือประกอบด้วย เครื่องรับความสั่นสะเทือน แปลงสัญญาณความสั่นสะเทือนเป็นสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นถูกขยายด้วยระบบขยายสัญญาณ และแปลงกลับมาเป็นการสั่นไหวอีกครั้ง บันทึกลงกระดาษตลอดเวลา (24 ชั่วโมง) พร้อมกับมีการบันทึกเวลาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ทราบว่าคลื่นแผ่นดินไหวเดินทางมาถึงสถานีเมื่อไร รัศมีการตรวจรับคลื่นแผ่นดินไหว สามารถตรวจรับคลื่นแผ่นดินไหวทั่วโลก แต่ส่วนใหญ่การคำนวณตำแหน่ง เวลาเกิด และขนาดแผ่นดินไหว จะคำนวณเฉพาะคลื่นใกล้ซึ่งอยู่ห่างจากสถานีไม่เกิน 1,000 กิโลเมตร

## ความร้ายแรงของแผ่นดินไหว

ความร้ายแรงของแผ่นดินไหว สามารถบอกได้ในรูปของขนาดและความรุนแรง

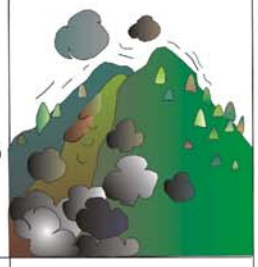
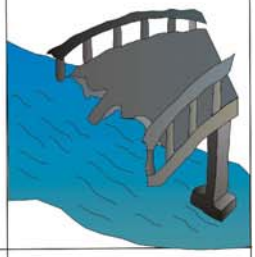
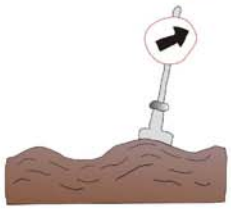
**ขนาดของแผ่นดินไหว** สามารถบันทึกไว้ได้ด้วยเครื่องวัดแผ่นดินไหวในรูปของกราฟแผ่นดินไหว ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นขึ้นลงแสดงถึงการสั่นสะเทือนของพื้นดินใต้เครื่องวัดแผ่นดินไหวนั้น เครื่องมือวัดแผ่นดินไหวที่มีความไวสูง สามารถรับคลื่นที่เกิดจากแผ่นดินไหวที่รุนแรงได้ทุกแห่งในโลก เครื่องวัดแผ่นดินไหวสามารถคำนวณหาเวลา ตำแหน่ง และขนาดของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้น ณ สถานีวัดแผ่นดินไหวแห่งใดแห่งหนึ่งได้

มาตราวัดขนาดแผ่นดินไหวใช้หน่วยเป็น *"ริกเตอร์" (Richter)* เป็นตัวเลขที่ทำให้สามารถเปรียบเทียบขนาดของแผ่นดินไหวต่างๆ กันได้ ค่าที่บันทึกได้จากเครื่องวัดแผ่นดินไหว (Seismograph) มิได้เป็นหน่วยวัดเพื่อแสดงผลของความเสียหายที่เกิดขึ้น ขนาดของแผ่นดินไหวประมาณ 2.0 หรือน้อยกว่า เรียกว่าแผ่นดินไหวขนาดเล็กมาก โดยมากจะไม่รู้สึกได้แต่จะวัดได้โดยเครื่องวัดแผ่นดินไหวประจำท้องถิ่นขนาดของแผ่นดินไหวประมาณ 4.5 หรือใหญ่กว่าเล็กน้อยถึง 5.3 เรียกว่า แผ่นดินไหวขนาดปานกลาง ขนาดแผ่นดินไหวประมาณ 6.3 ขึ้นไป เรียกว่า แผ่นดินไหวรุนแรง

ขนาดของแผ่นดินไหวที่ต่างกันเพียง 1 ระดับ จะมีขนาดความสูงคลื่นต่างกัน 10 เท่า แต่พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจะต่างกันถึง 30 เท่า ดังนั้นหากขนาดของแผ่นดินไหวต่างกัน 3 ระดับ ความสูงคลื่นจะต่างกัน 1,000 เท่า พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจะต่างกัน 27,000 เท่า

ระเบิดปรมาณูที่ถล่มเมืองฮิโรชิมา ประเทศญี่ปุ่น เมื่อสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 มีพลังงานเท่ากับแผ่นดินไหวขนาด 6.5 ริกเตอร์ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นดินไหวครั้งนี้ที่มีขนาด 9 ริกเตอร์ พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจะเทียบได้กับระเบิดปรมาณูที่ถล่มเมืองฮิโรชิมา 13,500 ลูก

**ความรุนแรงของแผ่นดินไหว** คือ ผลกระทบหรือความเสียหายจากแผ่นดินไหวที่เกิดบนผิวโลก มาตราวัดความรุนแรงของแผ่นดินไหวกำหนดได้จากความรู้สึกของอาการตอบสนองของผู้คน การเคลื่อนที่ของเครื่องเรือน เครื่องใช้ในบ้าน ความเสียหายของปล่องไฟ จนถึงขั้นที่ทุกสิ่งทุกอย่างพังพินาศ มาตราวัดความรุนแรงของแผ่นดินไหว เรียกว่า มาตราเมอร์คัลลี มี 12 ระดับ จากระดับความรุนแรงที่น้อยมาก จนไม่สามารถรู้สึกได้ซึ่งต้องตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดแผ่นดินไหวเท่านั้น จนถึงขั้นรุนแรงที่สุดจนทุกสิ่งทุกอย่างพังพินาศ และใช้หน่วยระดับเป็นตัวเลขโรมัน

| ความรุนแรง | สภาพของแผ่นดินไหว | | ความรุนแรง | สภาพของแผ่นดินไหว | |
|---|---|---|---|---|---|
| I | คนธรรมดาจะไม่รู้สึกแต่เครื่องวัดสามารถตรวจจับได้ | | VII แรงมาก | ฝาห้องแยก ร้าว กรุเพดานร่วง | |
| II อ่อน | คนที่มีความรู้สึกไว จะรู้สึกวาแผ่นดินไหวเล็กน้อย | | VIII ทำลาย | ต้องหยุดขับรถยนต์ ตึกร้าว ปล่องไฟพัง | |
| III เบา | คนที่อยู่กับที่รู้สึกว่าพื้นสั่น | | IX ทำลายสูญเสีย | บ้านพังตามแถบรอยแยกของแผ่นดิน ท่อน้ำ ท่อแก๊ซขาดเป็นตอน ๆ | |
| IV พอประมาณ | คนที่สัญจรไปมา รู้สึกได้ | | X วินาศภัย | แผ่นดินแตกอ้า ตึกแข็งแรงพัง รางรถไฟคดโค้ง ดินลาดเขาเคลื่อนตัว หรือถล่มตอนชัน ๆ |  |
| V ค่อนข้างแรง | คนที่นอนหลับ ก็ตกใจตื่น | | XI วินาศภัยใหญ่ | ตึกถล่ม สะพานขาด ทางรถไฟ ท่อน้ำและสายไฟใต้ดินเสียหาย แผ่นดินถล่ม น้ำท่วม |  |
| VI แรง | ต้นไม้สั่น บ้านแกว่ง สิ่งปลูกสร้างบางชนิดพัง | | XII มหาวิบัติ | ทุกสิ่งทุกอย่างบนพื้นดินแถบนั้น เสียหายโดยสิ้นเชิง พื้นดินเคลื่อนตัวเป็นลูกคลื่น |  |

**ระดับความรุนแรงแผ่นดินไหว ตามมาตราเมอร์คัลลี**

## แผ่นดินไหวกับประเทศไทย

แผ่นดินไหวในประเทศไทยเกิดขึ้นได้จาก

**1. แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่มีแหล่งกำเนิดจากภายนอกประเทศ**

ส่งแรงสั่นสะเทือนมายังประเทศไทย โดยมีแหล่งกำเนิดบริเวณตอนใต้ของประเทศจีน พม่า ลาว ทะเลอันดามัน ตอนเหนือของหมู่เกาะสุมาตรา ส่วนมากบริเวณที่รู้สึกสั่นไหว ได้แก่ บริเวณภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และกรุงเทพฯ

**2. แผ่นดินไหวเกิดจากแนวรอยเลื่อนที่ยังสามารถเคลื่อนตัว (ภายในประเทศไทย)**

ส่วนใหญ่แนวรอยเลื่อนเหล่านี้อยู่บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทย เช่น รอยเลื่อนแม่ทา รอยเลื่อนแพร่ รอยเลื่อนเถิน รอยเลื่อนคลองมะรุ่ย และรอยเลื่อนทางตะวันตกของประเทศ ที่ต่อเนื่องมามากจากรอยเลื่อนสะแกและรอยเลื่อนพานหลวง ซึ่งได้แก่ รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ เป็นต้น

ข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในประเทศไทยในอดีตส่วนใหญ่บ่งบอกถึงความรุนแรงแผ่นดินไหวบันทึกอยู่ในเอกสารประวัติศาสตร์ ปูม พงศาวดาร ศิลาจารึก เป็นต้น มีแผ่นดินไหวรู้สึกได้ทั่วไป เฉพาะอย่างยิ่งในภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทย ตั้งแต่ 624 ปีก่อนพุทธกาล ระบุว่า ในปี พ.ศ. 1003 มีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่เกิดขึ้น ทำให้บริเวณโยนกนครยุบจมลง เกิดเป็นหนองน้ำใหญ่จวบจน พ.ศ. 2088 ก็เกิดแผ่นดินไหวที่นครเชียงใหม่ จนยอดเจดีย์หลวงสูง 86 เมตร หักพังลงมาเหลือ 50 เมตร นับตั้งแต่นั้นจนถึงปัจจุบันประมาณ 550 ปีมาแล้วก็ไม่เคยมีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ปรากฏให้เห็นในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2455 ได้มีการผลิตเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวขึ้นมาใช้ในโลกและมีเครือข่ายถึงกัน มีรายงานแผ่นดินไหวให้ทราบตลอดมาว่าแผ่นดินไหวในประเทศไทยเกิดขึ้นบ่อยครั้งแต่มีขนาดเล็ก สามารถตรวจสอบได้จากเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวเท่านั้น ข้อมูลแผ่นดินไหวครั้งสำคัญที่ตรวจพบในประเทศไทยมีศูนย์กลางอยู่ที่จังหวัดน่าน ขนาด 6.5 ริคเตอร์ ใกล้กับรอยเลื่อนปัว เมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2478 ศูนย์กลางแผ่นดินไหวอยู่ในป่าเขา ไม่มีรายงานบันทึกความเสียหาย สำหรับเหตุการณ์แผนดินไหวที่สามารถรู้สึกได้ที่กรุงเทพฯ เกิดเมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2518 มีศูนย์กลางอยู่ที่อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก ซึ่งอยู่ใกล้แนวรอยเลื่อนเมย-วังเจ้า วันที่ 26 เมษายน 2526 มีความรุนแรงขนาด 5.6 ริคเตอร์ และขนาดความรุนแรง 5.9 ริคเตอร์ โดยมีศูนย์กลางแผ่นดินไหวใกล้อ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ อำเภอศรีสวัสดิ์จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งอยู่ใกล้แนวรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์

หลังจากนั้นแผ่นดินไหวในประเทศไทยเกิดขึ้นบ่อยครั้งแต่ไม่ค่อยรุนแรง สำหรับกรณีที่เกิดความเสียหายเกิดขึ้นเมื่อวันที่ 11 กันยายน 2537 ที่บริเวณอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายและใกล้เคียง ก่อให้เกิดความเสียหายมากกับโรพยาบาลพาน รวมทั้งวัดและโรงเรียนต่างๆ ศูนย์กลางแผ่นดินไหวครั้งนี้อยู่ที่บริเวณอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย มีความรุนแรงขนาด 5.1 ริคเตอร์ และอีกหลายครั้งตามมา ในปี พ.ศ. 2538 และ 2539 ในบริเวณจังหวัดเชียงรายและใกล้เคียง รวมทั้งบริเวณชายแดนไทย-ลาว และไทย-พม่า ปัจจุบันเครื่องมือตรวจแผ่นดินไหวในประเทศไทยพบว่า มี

แผ่นดินไหวรู้สึกได้ประมาณเฉลี่ย 5-6 ครั้งต่อปี และเหตุที่ดูเหมือนว่าแผ่นดินไหวมีมากขึ้นนั้น แท้จริงแล้วแผ่นดินไหวเกิดขึ้นเป็นปกติเช่นนี้ตั้งแต่อดีต แต่เนื่องจากการสื่อสารลำบากจึงทำให้การรับรู้เรื่องความสั่นสะเทือนไม่แพร่หลายมากนัก ต่างกับปัจจุบันที่มีการสื่อสารรวดเร็ว อีกทั้งความเจริญทำให้เกิดชุมชนขยายตัวเขาไปในบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว จึงทำให้ดูเหมือนว่าปริมาณแผ่นดินไหวเกิดเพิ่มขึ้น

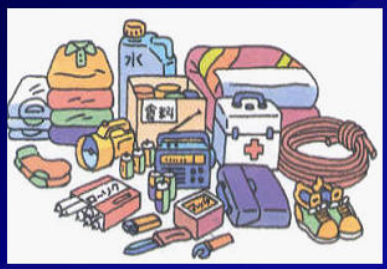
ปัจจุบันมีสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว 15 แห่งในประเทศไทย เป็นระบบ IRIS 1 แห่ง อยู่ที่จังหวัดเชียงใหม่ ระบบ WWSSN ที่จังหวัดสงขลา และเครื่องมือแบบ SPS อีก 13 แห่ง ได้แก่ สถานีตรวจแผ่นดินไหวน่าน เขื่อนภูมิพล นครสวรรค์ เลย เขื่อนเขาแหลม กาญจนบุรี อุบลราชธานี ปากช่อง หนองพลับ ภูเก็ต เชียงราย ขอนแก่น จันทบุรี แพร่ และลำปาง

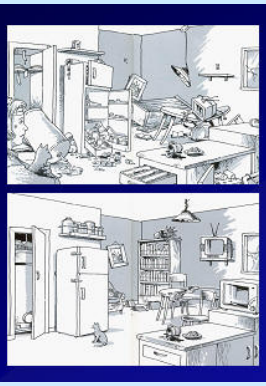
**บริเวณที่เสี่ยงภัยสูง** คือ บริเวณที่อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวทั้งจากภายนอกและภายใน ซึ่งก็คือบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตก โดยเฉพาะบริเวณที่มีแผ่นดินไหวในอดีตและก่อให้เกิดความเสียหาย ซึ่งมีโอกาสเกิดซ้ำได้อีก นอกจากนั้นแล้วความเสี่ยงภัยยิ่งมากขึ้นถ้าบริเวณที่เป็นแอ่งสะสมตะกอนดินอ่อนในยุคปัจจุบัน เช่น ที่ราบลุ่มน้ำ

**ยอดเจดีย์หลวงหักที่จังหวัดเชียงใหม่ (พ.ศ.2088)**

**อาคารโรงพยาบาลอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย เสียหาย จากแผ่นดินไหวขนาด 5.2 ริคเตอร์ (พ.ศ. 2537)**

จัดเตรียมอุปกรณ์นิรภัยสำหรับช่วยชีวิต





ยึดเครื่องใช้ เครื่องเรือน ต่าง ๆ ไว้ให้มั่นคง ไม่ให้ลื่นไถลหรือล้มง่ายจะเป็นการช่วยบรรเทาความเสียหายให้น้อยลง

เตรียมพร้อมเพื่อการอพยพไปยังพื้นที่ที่ปลอดภัยและต้องกำหนดแผนการล่วงหน้า

อยู่ใต้โต๊ะที่แข็งแรง ป้องกันสิ่งร่วงหล่น

เมื่อเกิดเหตุแผ่นดินไหวมักจะมีปัญหาเรื่องไฟฟ้าดับ ดังนั้นการใช้ลิฟท์จึงไม่ควรอย่างยิ่ง

หากกำลังขับรถก็ให้จอดรถแล้วอยู่ในรถจนกว่าการสั่นสะเทือนผ่านพ้นไป

ออกจากอาคารเมื่อมีการสั่งการจากผู้ควบคุม

ให้รีบออกจากชายฝั่งทะเล เพราะแผ่นดินไหวอาจทำให้เกิดคลื่นใต้น้ำโถมซัดชายทะเลได้

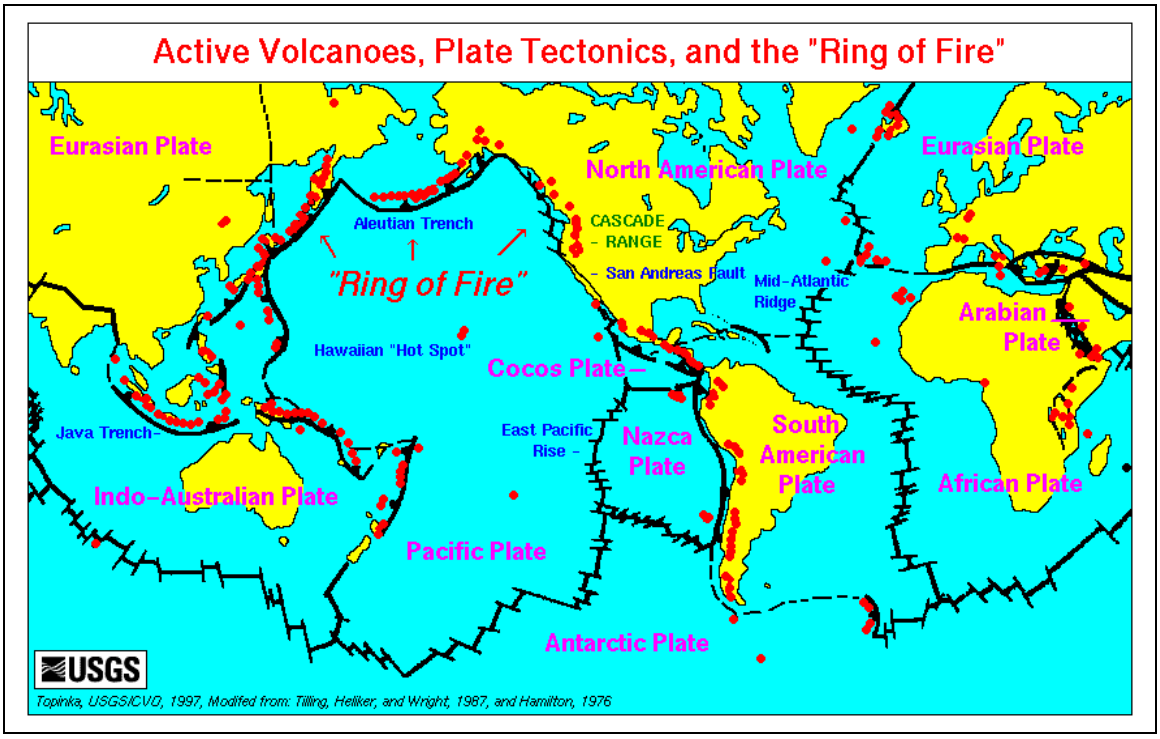
## ข้อปฏิบัติให้ปลอดภัยจากธรณีพิบัติภัยแผ่นดินไหว

## พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวสำคัญในโลก

แผ่นดินไหวมักเกิดขึ้นมากและมีขนาดรุนแรงบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกโลก ในขณะที่บริเวณภายในแผ่นเปลือกโลกเองมักพบเหตุการณ์แผ่นดินไหวน้อยกว่าและไม่รุนแรง ซึ่งโดยมากจะพบตามแนวรอยเลื่อนใหญ่เท่านั้น นอกจากนี้บริเวณที่แผ่นเปลือกโลกมุดตัวเข้าหากันหรือเกยกัน โดยเฉพาะบริเวณที่มีภูเขาไฟปะทุอยู่เป็นประจำมักจะเกิดแผ่นดินไหวที่รุนแรงและบ่อยครั้งกว่าบริเวณที่แผ่นเปลือกโลกแต่ละแผ่นแยกออกจากกัน

แผ่นดินไหวที่สำคัญของโลก มักเกิดอยู่บริเวณ 3 แนวด้วยกันคือ

1) แนวภูเขาไฟและแผ่นดินไหวรอบมหาสมุทรแปซิฟิก หรือเรียกว่า วงแหวนไฟ (Ring of fire)
2) แนวภูเขาแอลป์-หิมาลัย เริ่มจากอินโดนีเซียผ่านเกาะสุมาตรา พม่า เทือกเขาหิมาลัย ทะเลเมดิเตอร์เรเนียนจนถึงมหาสมุทรแอตแลนติก
3) แนวสันภูเขาไฟกลางมหาสมุทรแอตแลนติก



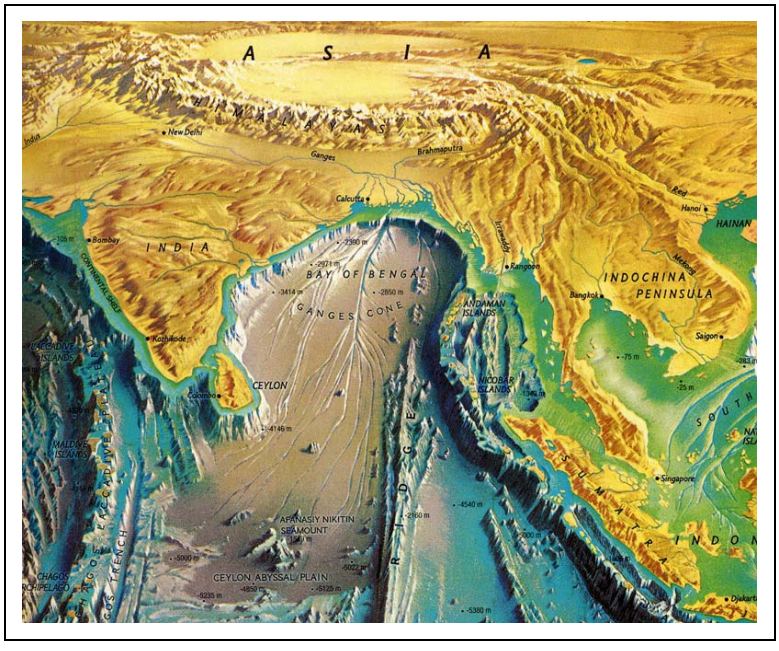

**วงแหวนไฟ (ring of fire) ที่อยู่รายล้อมขอบมหาสมุทรแปซิฟิก โดยจุดสีแดงเป็นจุดที่เกิดแผ่นดินไหวและภูเขาไฟระเบิดบ่อย ๆ** (ที่มา : www.crystalinks.com/rof.html)

## ธรณีแปรสัณฐาน (เพลตเทคโทนิค) ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียงซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทวีปซุนดา เป็นส่วนใต้สุดของแผ่นธรณีภาคชนิดแผ่นทวีปที่เรียกว่า แผ่นยูเรเซีย ซึ่งล้อมรอบด้วยแผ่นธรณีภาคอีก 2 แผ่น คือ แผ่นอินเดีย ซึ่งมีรอยต่อตั้งแต่ตะวันตกของประเทศไทยอ้อมหมู่เกาะอันดามัน และเกาะนิโคบาร์ อ้อมไปตามแนวตะวันออกเฉียงใต้ และผ่านด้านนอกของหมู่เกาะชวาไปทางใต้ และแผ่นแปซิฟิก ซึ่งคือส่วนตะวันตกของแผ่นคือแผ่นแปซิฟิกตะวันตก และมีรอยต่อระหว่างแผ่นอยู่ทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย แผ่นธรณีภาคทั้ง 2 แผ่นยังเคลื่อนตัวอยู่ โดยมีลักษณะทั้งเกิดการชนและมุดกัน เป็นผลทำให้ชั้นหินในแผ่นยูเรเซียที่รวมถึงประเทศไทยด้วยเกิดรอยย่น คดโค้ง โก่งตัวเป็นเทือกเขา รอยเลื่อนที่เป็นเหตุแห่งการเกิดแผ่นดินไหว พร้อมกับเกิด รอยแตก รอยแยกขึ้นโดยทั่วไป

## สาเหตุและผลของแผ่นดินไหว 9 ริกเตอร์ วันที่ 26 ธันวาคม 2547

แผ่นดินไหวขนาด 9 ริกเตอร์ พบว่ามีศูนย์กลางของแผ่นดินไหวอยู่ในก้นมหาสมุทร แถบ Sunda trench ซึ่งลึกประมาณ 28.6 กิโลเมตร จากระดับทะเลปานกลาง ที่ 3.298 องศาเหนือ และ 95.778 องศาตะวันออก ซึ่งอยู่ทางตะวันตกนอกชายฝั่งทางตอนเหนือของเกาะสุมาตรา เหตุการณ์ดังกล่าวเกิดจากการเคลื่อนตัวของแผ่นมหาสมุทรอินเดียมุดตัวไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ลงใต้แผ่นยูเรเซียอย่างฉับพลัน แบบการเคลื่อนที่แบบรอยเลื่อนย้อน แนวการมุดตัวทั้งหมดมีความยาวประมาณ 1,500 กิโลเมตร ผ่านหมู่เกาะนิโคบาร์และหมู่เกาะอันดามัน ผลการมุดตัวทำให้แผ่นเปลือกโลกยูเรเซียบางส่วน เช่น ประเทศอินโดนีเซียถูกยกตัวขึ้นจากจุดเดิม 20 เมตร




**การเคลื่อนตัวของแผ่นมหาสมุทรอินเดียมุดตัวไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ลงใต้แผ่นยูเรเซียอย่างฉับพลัน แบบการเคลื่อนที่แบบรอยเลื่อนย้อน แนวการมุดตัวทั้งหมดมีความยาวประมาณ 1,500 กิโลเมตร ผ่านหมู่เกาะนิโคบาร์และหมู่เกาะอันดามัน** (จาก Dr. S.K.,Ray, 2005)

หลังการมุดตัวและเกิดคลื่นแผ่นดินพบว่ามีแผ่นดินไหวขนาดเล็กลงมาเกิดติดตามมาอีกหลายครั้งตลอดเวลา ระหว่างวันที่ 26-29 ธันวาคม 2547 และการเลื่อนตัวขึ้นลงอย่างรวดเร็วของแผ่นเปลือกโลกใต้มหาสมุทรได้ก่อให้เกิดคลื่นยักษ์ (สึนามิ) พัดเข้าปะทะชายฝั่งเกาะสุมาตรา

นอกจากนี้การเกิดแผ่นดินไหวยังส่งผลกระทบต่อกับรอยเลื่อนหลักบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย ทำให้เกิดการขยับตัว ระดับน้ำใต้ดินในจังหวัดทางภาคใต้เปลี่ยนแปลงขึ้นลง รอยแยกตามเทือกเขาต่างๆ โดยเฉพาะหินปูนเกิดการขยับตัว ส่งผลให้เกิดการยุบตัวของดินที่ปกคลุมชั้นหินปูนเกิดเป็นหลุมยุบ อีกทั้งเกิดแผ่นดินถล่มเนื่องจากการสั่นอย่างรุนแรง

## 10.3 คลื่นยักษ์

**คลื่นยักษ์ “สึนามิ” (Tsunami)** โดยทั่วไปเกิดจากแผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางการเกิดอยู่ในทะเล และมีขนาดมากกว่า 7 ริกเตอร์ แต่บางครั้งก็อาจเกิดจากดินถล่มใต้ทะเล การชนของอุกาบาตขนาดใหญ่ที่ตกลงในมหาสมุทร และการระเบิดของภูเขาไฟใต้ทะเล ตัวอย่างเช่น การระเบิดของภูเขาไฟการากาตัว ที่ประเทศอินโดนีเซีย เมื่อปี พ.ศ. 2426 ทำให้เกิดคลื่นยักษ์สูงถึง 40 เมตร เข้าทำลายหมู่บ้านชายทะเลหมดและมีผู้เสียชีวิตกว่า 30,000 คน เป็นต้น

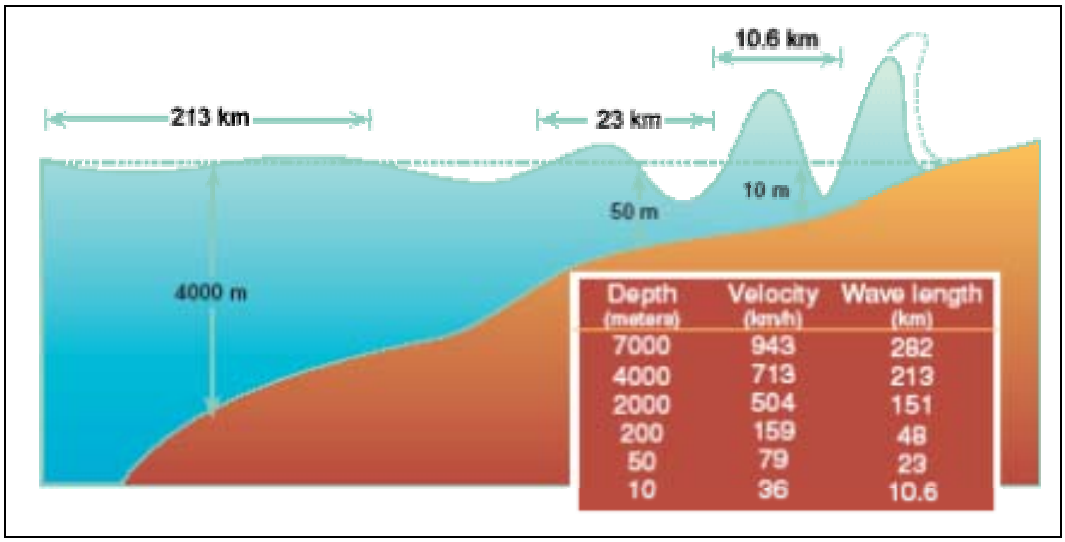
คลื่นยักษ์สามารถพบได้ในมหาสมุทรทุกแห่งในโลก แต่ในมหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลที่ใกล้ขอบทวีปมีโอกาสเกิดคลื่นยักษ์สึนามิที่มีขนาดใหญ่และมีพลังการทำลายสูงมากกว่า เนื่องจากในบริเวณดังกล่าวมีจุดที่เกิดแผ่นดินไหวและการระเบิดของภูเขาไฟบ่อยครั้งมากกว่าที่ใดในโลก โดยเฉพาะบริเวณขอบมหาสมุทรแปซิฟิกที่เรียกว่า วงแหวนไฟ (ring of fire)

### สาเหตุของการเกิดคลื่นยักษ์

การเกิดแผ่นดินไหวในทะเลอันเนื่องมาจากแผ่นเปลือกโลกมีการเคลื่อนตัว ทำให้เกิดแรงกระเพื่อมอย่างรุนแรงตรงบริเวณจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่ และแรงกระเพื่อมนี้ถูกถ่ายทอดไปสู่น้ำทะเล ทำให้น้ำทะเลเกิดคลื่น ในระยะแรกคลื่นจะมีลักษณะความยาวช่วงคลื่นมาก ความสูงของคลื่นน้อยแพร่ออกไปเป็นวงทุกทิศทุกทางด้วยความเร็วประมาณกว่า 700 กิโลเมตร/ชั่วโมง เมื่อคลื่นดังกล่าวเคลื่อนเข้าหาชายฝั่งทะเลจะมีการเปลี่ยนแปลงความยาวช่วงคลื่นลดลง แต่ความสูงของคลื่นจะเพิ่มขึ้น ทำให้มีพลังทำลายล้างอย่างรุนแรง ซึ่งความเร็วของคลื่นยักษ์ในแต่ละส่วนของท้องทะเลจะมีสูตรคำนวณความเร็วของคลื่นยักษ์ เท่ากับรากที่สองของผลคูณระหว่างความเร่งจากแรงโน้มถ่วง (9.8 เมตร/วินาที) และความลึกของน้ำ ตัวอย่างเช่น ในมหาสมุทรแปซิฟิกที่มีความลึกประมาณ 4,000 เมตร คลื่นจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณ 200 เมตร/วินาทีหรือ 720 กิโลเมตร/ชั่วโมง ส่วนที่ชายฝั่งที่มีความลึก 40 เมตร คลื่นจะมีความเร็วช้าลงเหลือ 20 เมตร/วินาทีหรือ 72 กิโลเมตร/ชั่วโมง เป็นต้น

## ความร้ายแรงของคลื่นยักษ์

เมื่อคลื่นยักษ์หรือสึนามิเริ่มเกิดเหนือจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว จะมีลักษณะความยาวคลื่นยาวมากกว่าร้อยกิโลเมตร มีความสูงของคลื่นต่ำและความเร็วต้นสูงมาก เมื่อเข้าใกล้ชายฝั่งหรือที่ตื้นความยาวคลื่นจะลดลงอย่างรวดเร็วในขณะที่ความสูงของคลื่นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อปะทะที่ชายฝั่งทะเล อาจมีความสูงถึง 40 เมตร คลื่นลูกแรกที่กระทบมักจะไม่ใช่คลื่นที่ลูกใหญ่ที่สุด แต่จะมีคลื่นเป็นระลอกตามมาซึ่งอาจจะใหญ่กว่า และสามารถรุกล้ำเข้าไปทำลายบนชายฝั่งทะเลลึกถึงกิโลเมตร




**การก่อตัวและเคลื่อนตัวของคลื่นยักษ์สึนามิจากบริเวณทะเลลึกจนกระทั่งเข้าปะทะชายฝั่ง**

(ที่มา : www.prh.noaa.gov/pr/itic/library/pubs/great_waves/tsunami_great_waves_2.html)

คลื่นยักษ์เป็นปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถทำนายให้แน่นอนได้ว่าจะเกิดเมื่อไหร่ ที่ไหน และมีความรุนแรงเท่าไร เนื่องจากหลังจากเกิดแผ่นดินไหวในทะเลลึกไม่จำเป็นว่าต้องเกิดคลื่นยักษ์เสมอ แต่อย่างไรก็ตาม จากการที่เราพอที่จะทราบลักษณะต้นกำเนิดของคลื่นยักษ์ว่าอยู่เหนือจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่ห่างจากฝั่งแผ่นดินระยะหนึ่ง ทำให้เรามีเวลาเพียงพอในการเตรียมการรับมือและแจ้งเตือนภัยเพื่อบรรเทาความ เสียหายจากคลื่นยักษ์สึนามิดังกล่าวได้ โดยทำการตั้งสถานีตรวจสอบคลื่นแผ่นดินไหวและคลื่นในทะเลลึก ได้มีการบันทึกจำนวนการเสียชีวิตทั่วโลกจากคลื่นยักษ์สึนามิในช่วงทศวรรษ 2000 จากข้อมูลจะพบว่าคลื่นยักษ์สึนามิเป็นภัยพิบัติอันตรายที่ทำให้มีการเสียชีวิตเป็นจำนวนมาก

## คลื่นยักษ์ครั้งแรกในประเทศไทย

ประวัติศาสตร์ไทยไม่เคยมีการบันทึกถึงภัยพิบัติคลื่นยักษ์ แต่ภายหลังแผ่นดินไหวขนาด 9 ริกเตอร์ เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ซึ่งส่งผลให้เกิดคลื่นยักษ์ (สึนามิ) ที่รุนแรงมีความสูงถึง 10 เมตร พัดเข้าสู่ชายฝั่งทะเลอันดามัน ความสูญเสียที่เกิดในประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่ถึง 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดภูเก็ต พังงา ระนอง กระบี่ ตรัง และสตูล มีชาวไทยและนักท่องเที่ยวชาวต่างประเทศมากกว่า 5,393 คนเสียชีวิต สูญหาย 3,066 คน และบาดเจ็บ 8,457 คน ทรัพย์สินเสียหายประเมินค่ามิได้ ส่งผลกระทบทั้งโดยตรงและทางอ้อมในด้านเศรษฐกิจ สังคม เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพธรณีวิทยา ภูมิทัศน์ และระบบนิเวศวิทยา แผ่กระจายในวงกว้าง สร้างความตื่นตระหนกให้กับประชาชนเป็นอย่างมาก เป็นบทเรียนราคาแพงที่เราต้องนำมาใช้ให้เป็นบทเรียนเพื่อหลีกเลี่ยงมหันตภัยที่เกิดขึ้นอย่างไม่ทันรู้ตัว และพลิกวิกฤตนี้ให้เป็นโอกาสในการปรับปรุงแก้ไขระบบการแจ้งเตือนภัยพิบัติต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต แต่ที่สำคัญที่สุดคือต้องให้การศึกษาแก่ประชาชนและนักท่องเที่ยวให้มีความรู้ ความเข้าใจถึงกระบวนการเกิดพิบัติภัยและผลกระทบเหล่านี้อย่างละเอียดเพื่อหาวิธีการลดความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตต่อไป

**คลื่นไหลหลากท่วมเข้าไปในพื้นที่ราบชายฝั่งทะเลบริเวณหาดกมลา จังหวัดภูเก็ต**

**ข้อปฏิบัติในการบรรเทาอันตรายและความเสียหายจากคลื่นยักษ์ (สึนามิ)**

1. ศึกษา บอกกล่าวกัน เกี่ยวกับคลื่นยักษ์ (สึนามิ) ว่าเกิดจากแผ่นดินไหวได้
2. คลื่นยักษ์ ประกอบไปด้วย คลื่นน้ำเป็นระลอก ทยอยเข้ามาปะทะชายฝั่งทุก 10-60 นาที
3. คลื่นยักษ์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วกว่าคนวิ่ง
4. ก่อนเกิดคลื่นยักษ์จะเกิดน้ำทะเลถดถอยอย่างรวดเร็วหรือเพิ่มขึ้นรวดเร็วผิดปกติบริเวณ ชายหาด
5. คลื่นยักษ์สามารถเกิดได้ทุกเวลา ไม่ว่ากลางวันหรือกลางคืน
6. คลื่นยักษ์สามารถพัดพาลึกเข้าไปในคลองแม่น้ำในแผ่นดินนับเป็นกิโลเมตรและอาจพัดพาชายฝั่งหรือหาดทรายหายไปได้

7. เมื่อทราบว่าเกิดแผ่นดินไหวและสังเกตเห็นน้ำทะเลลดระดับอย่างรวดเร็วผิดปกติจะต้องรีบหนีให้เร็ว และอยู่บนพื้นที่สูง
8. ถ้าอยู่ในเรือซึ่งจอดอยู่ที่ท่าเรือให้รีบนำเรือออกไปกลางทะเล เมื่อทราบข่าวว่าจะเกิดคลื่นยักษ์
9. ติดตามการเสนอข่าวความเคลื่อนไหวของเหตุการณ์คลื่นยักษ์อย่างต่อเนื่องและใกล้ชิด
10. ไม่ควรก่อสร้างอาคารบ้านเรือนใกล้ชายฝั่งที่มีความเสี่ยงสูงต่อคลื่นยักษ์ และมีการจัดการผังเมืองที่ดี
11. มีการวางแผนและซักซ้อมในการรับภัยจากคลื่นยักษ์

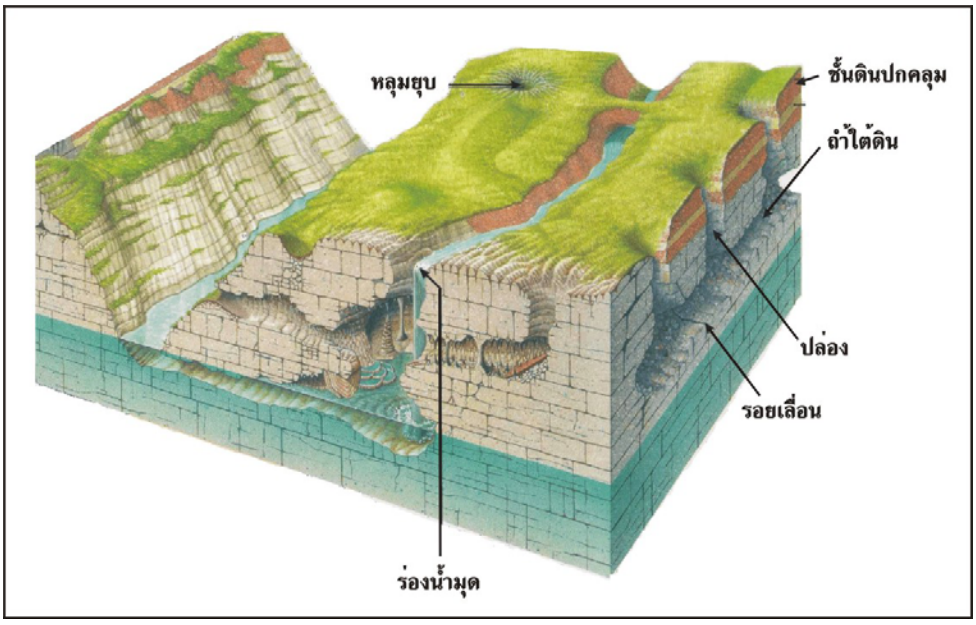
## 10.4 หลุมยุบ

**หลุมยุบ (Sinkhole)** เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างหนึ่งที่ดินยุบตัวลงเป็นหลุมลึกและมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1-200 เมตร ลึกตั้งแต่ 1 ถึงมากกว่า 20 เมตร เมื่อแรกเกิดปากหลุมมีลักษณะเกือบกลมและมีน้ำขังอยู่กันหลุม ภายหลังน้ำจะกัดเซาะดินกันหลุมกว้างขึ้น ลักษณะคล้ายลูกน้ำเต้า ทำให้ปากหลุมพังลงมาจนเหมือนกับว่าขนาดของหลุมยุบกว้างขึ้น

### การเกิดหลุมยุบ

โดยปรกติหลุมยุบจะเกิดในบริเวณที่ราบใกล้กับภูเขาที่เป็นหินปูน เนื่องจากหินปูนมีคุณสมบัติละลายน้ำที่มีสภาพเป็นกรดอ่อนได้ ประกอบกับภูเขาหินปูนมีรอยเลื่อนและรอยแตกมากมาย ดังจะสังเกต เห็นได้ว่าภูเขาหินปูนมีหน้าผาชัน หน้าผาเป็นรอยเลื่อนและรอยแตกในหินปูนนั่นเอง บริเวณใดที่รอยแตกของหินปูนตัดกันจะเป็นบริเวณที่ทำให้เกิดโพรงได้ง่าย โพรงหินปูนถ้าอยู่พ้นผิวดินก็คือถ้ำ ถ้าไม่โผล่เรียกว่าโพรงหินปูนใต้ดิน ซึ่งจำแนกเป็น 2 ระดับ คือ โพรงหินปูนใต้ดินระดับลึก (ลึกจากผิวดินมากกว่า 50 เมตร) และโพรงหินปูนใต้ดินระดับตื้น (ลึกจากผิวดินไม่เกิน 50 เมตร) ส่วนใหญ่หลุมยุบจะเกิดในบริเวณที่มีโพรงหินปูนใต้ดินระดับตื้น

ภายหลังการเกิดธรณีพิบัติภัยแผ่นดินไหวและคลื่นยักษ์ เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 พบว่ามีหลุมยุบเกิดขึ้นมากมาย โดยส่วนใหญ่แล้วจะเกิดใน 4 จังหวัดที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากธรณีพิบัติภัยครั้งนี้ อีกทั้งเกิดในภาคใต้ฝั่งอ่าวไทยและในภูมิภาคอื่นด้วย




**การเกิดหลุมยุบ (ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี 2542)**

## หลุมยุบอันสืบเนื่องมาจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวที่มีความรุนแรงระดับ 9.3 ริกเตอร์ ทำให้หินปูนที่มีคุณสมบัติแข็งแต่เปราะได้รับการกระทบกระเทือนเป็นบริเวณกว้าง เพดานโพรง หรือถ้ำใต้ดินที่อยู่ระดับตื้นและมีความไม่แข็งแรงอยู่เดิมมีโอกาสยุบตัวหรือถล่มลงมาได้ง่าย นอกจากนี้คลื่นยักษ์ (สึนามิ) ที่กระหน่ำเข้ามามีแรงกระแทกมหาศาลทำให้ระดับน้ำใต้ดินและบนดินมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

จากปัจจัยที่กล่าวทำให้เกิดหลุมยุบขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวและคลื่นยักษ์โดยตรง และในบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวเพียงอย่างเดียว

**หลุมยุบ ที่อำเภออ่าวลึก จังหวัดกระบี่**

**หลุมยุบ ที่อำเภอเมือง จังหวัดตรัง**

# บทที่ 11 ทรัพยากรธรณีกับชีวิตประจำวัน

*กว่าจะมาเป็น……ก้อนหิน ก้อนแร่……ในใจคุณ*
*พวกเราซิ…....หิน แร่…..…. มีค่าล้ำ เราช่วยนำประโยชน์ให้หลากหลาย*
*สร้างสรรค์ให้ท่านสุข สนุกสบาย สร้างโลกให้ประเทือง รุ่งเรืองนาม*
*ตรองดูซิ……. มนุษย์นี้ดีแต่ใช้ คิดห่วงใยฉันหรือไม่ ฉันขอถาม…..…*
*ไม่มีฉัน หิน แร่…เหลือแต่นาม ธรรมชาติทรามท่านมอง แต่ของเทียม*

*- ภักดิ์ ทรงเจริญ -*

ในวันหนึ่งๆ มนุษย์ทุกคนต้องกินต้องใช้ ต้องการดำรงชีวิต ต้องการความก้าวหน้า ต้องการความสะดวกสบาย ต้องการวางรากฐานของชีวิตที่มั่นคง คิดค้นแสวงหาสิ่งใหม่ๆ โดยเรียนรู้หยิบฉวยเอาจากทรัพยากรธรรมชาติ ทรัพยากรแร่และหินก็เป็นส่วนหนึ่งและเป็นปัจจัยพื้นฐานแห่งวัตถุดิบเริ่มต้นของอุตสาหกรรมต่างๆ ธรรมชาติให้ทรัพยากรแก่สิ่งมีชีวิตทั้งหลายเท่ากันเสมอ ถ้ามนุษย์เราไม่ขวนขวายเรียนรู้จนสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่าสิ่งมีชีวิตประเภทอื่น หินยังคงเป็นหินดินก็ยังคงเป็นดินที่มีพืชขึ้นหรือแล้งตามยถากรรม ไม่กลายมาเป็นอาหารภาชนะใช้สอยหรืออื่นๆ ได้ แร่ดีบุก แร่เหล็ก แร่ทองแดง ก็ยังเป็นสินแร่ที่ไม่มีประโยชน์และหาค่ามิได้แก่ผู้ใด ถ้ามนุษย์เราไม่เสาะแสวงหาเอามาถลุงหลอมหล่อเป็นเครื่องใช้เครื่องประดับ จนสืบทอดและพัฒนามาถึงปัจจุบันและถือได้ว่าเป็นรากฐานแห่งชีวิต

## ทรัพยากรธรณี

**ทรัพยากรธรณี (Earth resources)** หมายถึง ทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากกระบวนการธรณีวิทยา แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ พลังงาน สินแร่ และน้ำบาดาล

ประเภทพลังงาน ได้แก่พวกเชื้อเพลิง (fluels) เช่น ปิโตรเลียม ถ่านหิน หินน้ำมัน และแร่นิวเคลียร์ และพวกไม่ใช่เชื้อเพลิง เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังน้ำ และความร้อนใต้พิภพ ส่วนสินแร่ ได้แก่ สินแร่โลหะและสินแร่อโลหะ ซึ่งได้กล่าวถึงไปแล้วในบทที่ 2

ทรัพยากรถูกจัดเป็นพวกเกิดใหม่ได้ (renewable) และพวกเกิดใหม่ได้ (nonrenewable) แหล่งแร่และเชื้อเพลิงส่วนใหญ่จัดเป็นพวกเกิดใหม่ไม่ได้ เนื่องจากเมื่อนำเอามาใช้แล้วไม่สามารถชดเชยใหม่ได้ ส่วนน้ำบาดาลเป็นพวกเกิดไม่ได้ เช่นเดียวกับพวกป่าไม้และผลิตผลทางการเกษตร

### ปิโตรเลียม

*ปิโตรเลียม* หมายถึง น้ำมัน (crude oil) ก๊าซธรรมชาติ (natural geses) ก๊าซธรรมชาติเหลว (condensate) และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติในสภาพของก๊าซ ของเหลว ของหนืด และของแข็ง ปิโตรเลียมที่อยู่ในสภาพของก๊าซเรียกว่า ก๊าซธรรมชาติ ที่อยู่ในสภาพของเหลวเรียกน้ำมันดิบ และที่เกิดเป็นของหนืดและของแข็งได้แก่ สารจำพวกไขเทียนและยาง

มะตอย เมื่อนำปิโตรเลียมมากลั่นจะได้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ก๊าซหุงต้ม น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และยางมะตอย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นบางชนิดเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตน้ำมันหล่อลื่นและจารบี รวมทั้งเคมีภัณฑ์ต่างๆ เช่น ปุ๋ยเคมี ยาปราบศัตรูพืช พลาสติก และยางสังเคราะห์

ปิโตรเลียมเกิดจากซากพืชและซากสัตว์ที่ตายทับถมรวมกับตะกอนต่างๆ ในทะเลสาบหรือทะเลเป็นเวลานานหลายล้านปี หนาเป็นพันๆ เมตร กระบวนการที่สารอินทรีย์เปลี่ยนเป็นปิโตรเลียม ได้แก่ การกระทำของแบคทีเรีย ความกดดันจากชั้นหินผนวกกับความร้อนและการกลั่นตัวทางธรรมชาติที่ ระดับลึก การเพิ่มไฮโดรเจน ตัวเร่งปฏิกิริยาและช่วงเวลาอันยาวนาน ส่วนมากปิโตรเลียมที่พบเกิดร่วมกับชั้นหินตะกอนที่สะสมในทะเล เช่น แหล่งเอราวัณ แหล่งบรรพต ในอ่าวไทย เป็นต้น ที่เกิดร่วมกับหินตะกอนที่สะสมในสภาพแวดล้อมของภาคพื้นทวีปก็พบได้ เช่น แหล่งน้ำมันฝาง จังหวัดเชียงใหม่ และแหล่งน้ำมันสิริกิติ์ จังหวัดกำแพงเพชร เป็นต้น

ส่วนประกอบของปิโตรเลียมเป็นสารผสมเชิงซ้อนของไฮโดรคาร์บอนเหลว ปิโตรเลียมส่วนมากมีคาร์บอนคาร์บอนร้อยละ 82-87 โดยน้ำหนัก และไฮโดรเจนร้อยละ 11-15

## ถ่านหิน

*ถ่านหิน* เป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติชนิดหนึ่งเกิดจากการสะสมของพืชที่ตายทับถมกันในบริเวณที่ลุ่มน้ำขังขนาดใหญ่ พืชจะจมลงสู่ท้องน้ำและถูกกันจากบรรยากาศ ทำให้ไม่เน่าเปื่อย ในน้ำมีแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนจึงเป็นการลดออกซิเจนให้น้อยลง หรือมีก็เพียงบางส่วน เป็นการเริ่มต้นของการเกิดถ่านหิน ซากพืชที่สะสมกันในภาวะนี้เช่นนี้เรียกว่า *พีต (peat)* เมื่อเกิดพีตแล้วการที่จะกลายเป็นถ่านหินจะต้องมีชั้นตะกอนตกทับข้างบนทำให้เกิดความดันกดทับชั้นพีต ความร้อนมีส่วนช่วยในกระบวนการเกิดถ่านหิน การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีเกิดขึ้นอย่างช้าๆ เปลี่ยนจากพีตไปเป็น*ลิกไนต์ (lignite) ซับบิทูมินัส (subbituminous) บิทูมินัส (bituminous)* และ*แอนทราไซต์ (anthracite)* จากถ่านหินคุณภาพต่ำเป็นถ่านหินคุณภาพสูงตามลำดับ

ระยะเวลาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีขึ้นกับธรรมชาติของความดันและความร้อน โดยทั่วไปถ่านหินที่มีอายุมากถูกทับถมลึกเป็นเวลาอันยาวนานกว่า ย่อมมีลำดับชั้นคุณภาพสูงกว่าถ่านหินที่มีอายุน้อยกว่า

แหล่งถ่านหินในประเทศไทยสำรวจพบ 65 แหล่ง (ภาคเหนือ 52 แหล่ง ภาคใต้ 8 แหล่ง ภาคกลาง 3 แหล่ง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2 แหล่ง) ได้แก่ บริเวณแม่เมาะ แม่ทะ แจ้ห่ม ง่าว จังหวัดลำปาง อำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่ อำเภอแกลง จังหวัดระยอง และกิ่งอำเภอนาด้วง จังหวัดเลย เป็นต้น ถ่านหินในแหล่งต่างๆ มีชนิดลิกไนต์ถึงแอนทราไซต์ ส่วนมากเป็นลิกไนต์และซับบิทูมินัส ถ่านหินที่ผลิตในประเทศนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า และใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์ อุตสาหกรรมถลุงเหล็ก เป็นต้น

## หินน้ำมัน

*หินน้ำมัน* คือหินดินดานชนิดหนึ่ง มีสีน้ำตาล น้ำตาลแก่ เหลือง และเทาดำ มีสมบัติติดไฟได้ เพราะมีสารอินทรีย์ที่เรียกว่า *เคโรเจน (kerogen)* สารนี้เมื่อถูกความร้อนประมาณ 500 องศาเซลเซียสจะสลายให้ของเหลวที่คล้ายปิโตรเลียม เป็นน้ำมันดิบชนิด shale oil มีสีดำและเหนียวข้น หินน้ำมันเกิดจากพวกพืชและสัตว์ที่ตายสะสมรวมกับดินเคลย์ในหนอง บึง ทะเลสาบ หรือทะเลที่แผ่นดินปิดล้อม โดยที่ภาวะการไหลวนของน้ำในแอ่งเหล่านี้มีน้อยมาก ทำให้อากาศลงไปไม่ถึงพื้นท้องน้ำ จึงเกิดภาวะขาดออกซิเจน เมื่อเวลาผ่านไปหลายสิบล้านปีสารอินทรีย์เหล่านี้จะเปลี่ยนเป็นเคโรเจน ส่วนดินเคลย์ก็เปลี่ยนเป็นหินดินดาน

แหล่งใหญ่ที่สุดของประเทศไทยอยู่ที่ตำบลแม่ปะ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก แหล่งอื่นอยู่ที่อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นต้น

## พลังงานความร้อนใต้พิภพ

*พลังงานความร้อนใต้พิภพ* คือพลังงานความร้อนที่ถูกสะสมและกักเก็บอยู่ใต้ผิวโลก และสามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้ แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพส่วนใหญ่จะเกิดอยู่ในบริเวณภูเขาไฟ แนวแผ่นดินไหว และแนวเคลื่อนตัวของเปลือกโลก ความร้อนจำนวนมากจะถูกถ่ายเทมายังหินใกล้เคียง ทำให้เกิดเป็นแหล่งพลังงานความร้อน มักเป็นบริเวณที่พบพุน้ำร้อน ประเทศไทยแม้ว่าจะไม่ได้อยู่ในบริเวณดังกล่าวข้างต้นแต่ก็มีพุน้ำร้อนที่มีความสัมพันธ์กับหินอัคนีแทรกซอนชนิดหินแกรนิต หินภูเขาไฟชนิด บะซอลต์ แอนดีไซต์ และไรโอไลต์ หรือเกิดในบริเวณรอยเลื่อนและรอยแตก

แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทยที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 180 องศาเซลเซียส มีจำนวน 5 แหล่ง เช่น แหล่งบ้านโป่งฮ่อม อำเภอสันกำแพง และแหล่งฝาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ แหล่งแม่จัน อำเภอแม่จัน และแหล่งแหล่งสบโป่ง อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย และแหล่งแม่จอก อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่ มีแหล่งกักเก็บความร้อนสูงปานกลางคือระหว่าง 140-180 องศาเซลเซียส อีก 17 แหล่ง ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำปาง และแพร่ แหล่งน้ำพุร้อนทั่วประเทศมี 91 แหล่ง (ภาคเหนือ 58 แหล่ง ภาคใต้ 25 แหล่ง และภาคตะวันตก 8 แหล่ง)

## น้ำบาดาล

*น้ำบาดาล* เกิดจากการสะสมของน้ำฝนซึ่งแทรกซึมลงสู่ใต้ดิน น้ำจะซึมไหลผ่านลงเบื้องล่างจนถึงระดับที่ช่องว่างหรือรอยแตกในหิน จนกระทั่งวัตถุเหล่านั้นอิ่มตัวด้วยน้ำ เรียกว่า น้ำบาดาล

น้ำบาดาลที่ได้จากบ่อถูกนำไปใช้ประโยชน์ประมาณ 1/5 ของน้ำทั้งหมดในด้านกาลชลประทาน การอุตสาหกรรม และภายในครัวเรือน น้ำบาดาลเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ไม่หมดสิ้น แต่จะต้องมีการอนุรักษ์การใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสม ต้องกำจัดของเสียและมลพิษที่จะทำลายแหล่งน้ำ ผลกระทบจากการสูบน้ำบาดาลมาใช้มากเกินไป ทำให้เกิดแผ่นดินทรุด น้ำท่วม ซึ่งเป็นปัญหาที่กรุงเทพมหานครประสบ

## สินแร่

สินแร่โลหะที่สำคัญของไทย คือ ดีบุก ทังสเตน พลวง สังกะสี ตะกั่ว เหล็ก ทองแดง และแมงกานีส ส่วนสินแร่อโลหะที่สำคัญของไทย ได้แก่ ฟลูออไรต์ แบไรต์ ยิปซัม เกลือหิน โพแทช ฟอตเฟส ดินขาว บอลล์เคลย์ เฟลด์สปาร์ ทายแก้ว ไพโรฟิลไลต์ หินปูน หินอ่อน และอัญมณี

**แร่ดีบุกในสายเพกมาไทต์ ส่วนใหญ่พบทางด้านตะวันตกของประเทศ ติดกับชายแดนประเทศพม่า**

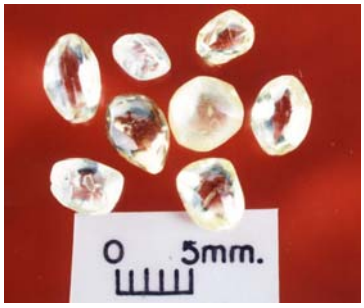
**แร่ทังสเตนชนิดวุลแฟรไมต์ พบที่เชียงราย เชียงใหม่ กาญจนบุรี นครศรีธรรมราช พังงา ภูเก็ต เป็นต้น**

**แร่ยิปซัมจากจังหวัดพิจิตร**

**แร่ฟลูออไรต์ จังหวัด**

**ทับทิบจากอำเภอบ้านไร่ จังหวัดตราด**

**ไพลินจากอำเภอวังชิ้นและอำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่**




**เพชรจากภาคใต้ของประเทศ**

## แร่รอบตัวเรา

แร่เป็นทรัพยากรธรรมชาติ และเป็นวัตถุดิบที่สำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตแร่เพื่อใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ และเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้แก่ประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท ผลผลิตแร่ที่สำคัญ ได้แก่ ลิกไนต์ ดีบุก สังกะสี หินปูน ดินขาว ยิปซัม ฟลูออไรต์ ตะกั่ว แบไรต์ ทรายแก้ว เป็นต้น

ถ้าพูดถึงแร่ชนิดต่างๆ หลายคนคิดว่าเป็นเรื่องไกลตัว เพราะแร่บางชนิดบางคนยังไม่เคยเห็นและไม่รู้จัก คิดว่าต้องอยู่ตามภูเขา แต่ความเป็นจริงแล้วเราได้สัมผัสกับแร่ตลอดเวลา โดยไม่รู้ตัว ลองมาสังเกต และเรียนรู้ดูกันว่ารอบตัวของเรามีแร่อะไรอยู่บ้าง

## สุภาพสตรีต้องแต่งหน้าตอนเช้า

เครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์จาก
**แร่ทัลก์ ดินขาว ไมกา** และ**ดินมาร์ล**

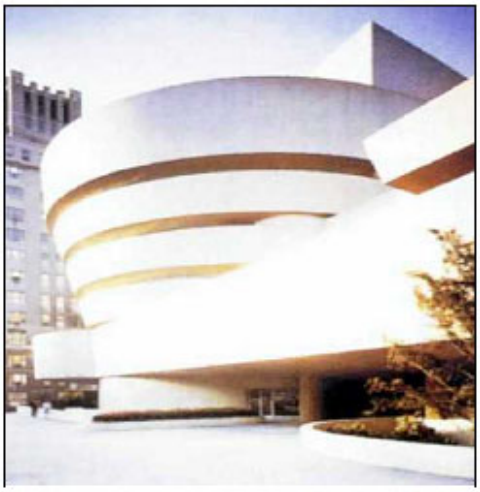
## ภาชนะใส่อาหาร

ถ้วย จาน ชาม ผลิตภัณฑ์จาก
**ดินขาว ดินเหนียวดำ เฟลด์สปาร์ ควอตซ์** และ**โดโลไมต์**

## รถยนต์

รถยนต์และอุปกรณ์รถยนต์ผลิตภัณฑ์จาก**เหล็ก สังกะสี อะลูมิเนียม ทราย แก้ว แมกนีเซียม โมลิบดินัม** นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมของน้ำมันเครื่อง ยางสังเคราะห์ และพลาสติก ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จาก**ปิโตรเลียม**

## อาคารสำนักงาน



อาคาร บ้านเรือน ผลิตภัณฑ์จาก หินปูน **แร่ชิปชัม เหล็ก หินดินดาน อะลูมิเนียม ทองแดง ทรายแก้ว ทรายแม่น้ำ** และ **หินประดับ**ต่าง ๆ

## อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ **โทรศัพท์เคลื่อนที่ ผลิตภัณฑ์จากสังกะสี อะลูมิเนียม ทองแดง นิกเกิล ตะกั่ว แคดเมียม เหล็ก ทรายแก้ว**และ**ทองคำ**

# เอกสารอ้างอิง


ธงชัย พึ่งรัศมี, 2531, *ธรณีวิทยาทั่วไป*, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ปริญญา พุทธาภิบาล, 2543, *เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการวางแผนการจัดการอบรมครูและเตรียมวิทยากรแกนนำสำหรับการอบรมครูวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้น ม.1 ม.2 ในโรงเรียนขยายโอกาสฯ สังกัด สปช. ธรณีวิทยาสำหรับครูวิทยาศาสตร์ มกราคม 2543*, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

พิสิฐ เจริญวงศ์, 2530, *มรดกบ้านเชียง*, กรมศิลปากร.

ภักดิ์ ทรงเจริญ, 2543, *โลหะน่ารู้* , วารสารทรัพยากรธรณี, กรมทรัพยากรธรณี.

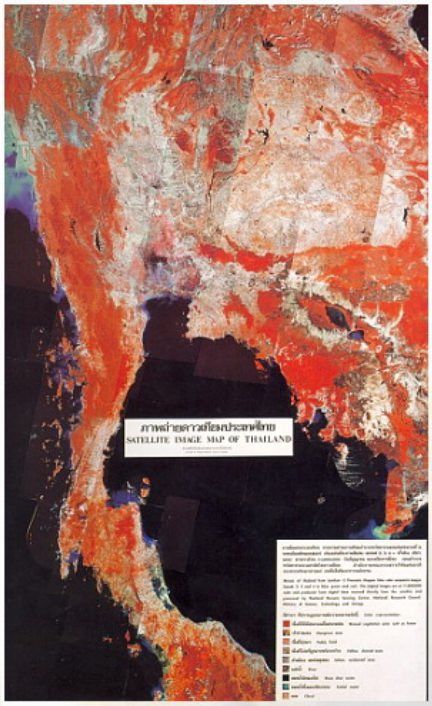
ภักดิ์ ทรงเจริญ, 2547, *แร่กับชีวิตประจำวัน*, สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่.

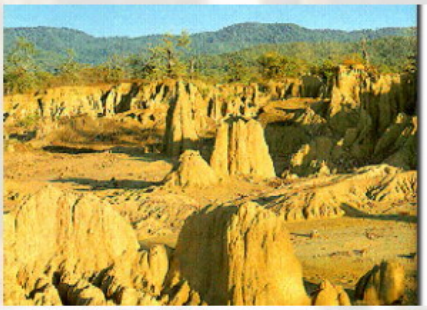
เลิศสิน รักษาสกุลวงศ์, 2548, *คู่มือแนวทางปฏิบัติในพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดหลุมยุบและบัญชีรายชื่อจังหวัดที่มีโอกาสเกิดหลุมยุบ*, กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย, 2545, *ธรณีน่ารู้.*

Lamb S. and Sington D., 1998, *Earth History BBC The Shaping of Our World*.

http://www.dmr.go.th





**กรมทรัพยากรธรณี**

**กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**

75/10 ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กทม. 10400

งานประชาสัมพันธ์ โทรศัพท์: 02-6219600 โทรสาร: 02-6219602

ติชมและเสนอแนะที่ : webmast@dmr.go.th