

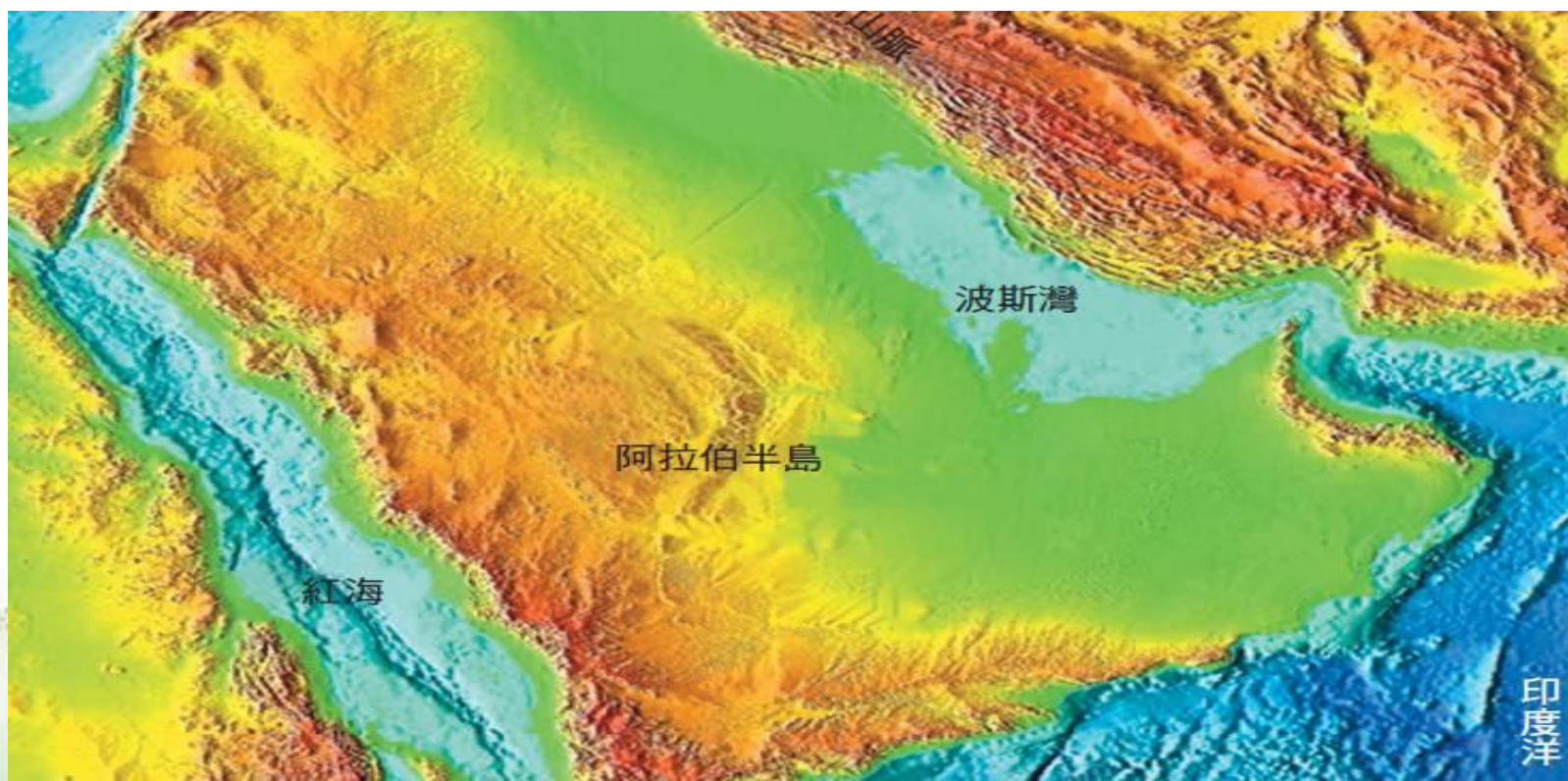


基礎地科(上) 第6章

固體地球的結構與變動

基礎地科(上)

- 6-1 固體地球內部的分層結構和組成
- 6-2 全球主要的火山帶與地震帶
- 6-3 板塊運動





基礎地科(上) 6-1 固體地球內部的分層結構和組成

- 地震波
- 不連續面
- P波與S波隨深度的變化
- S波波速變化
- 地殼、岩石圈與軟流圈
- 固體地球分層
- 固體地球組成





基礎地科(上) 地震波

地震波依傳播路徑分成：

1. **實體波**：傳播路徑能通過地球內部(**P/S波**)。

P波：屬縱波，質點運動方向和震波傳遞方向一致，可在固體、液體及氣體中傳播。

S波：屬橫波，質點運動方向和震波傳遞方向垂直，只能在固體中傳播。若消失可推測為非固態。

2. **表面波**：只能沿著地表附近傳播。

地震波傳播速度與經過物質的**剛性**有關。

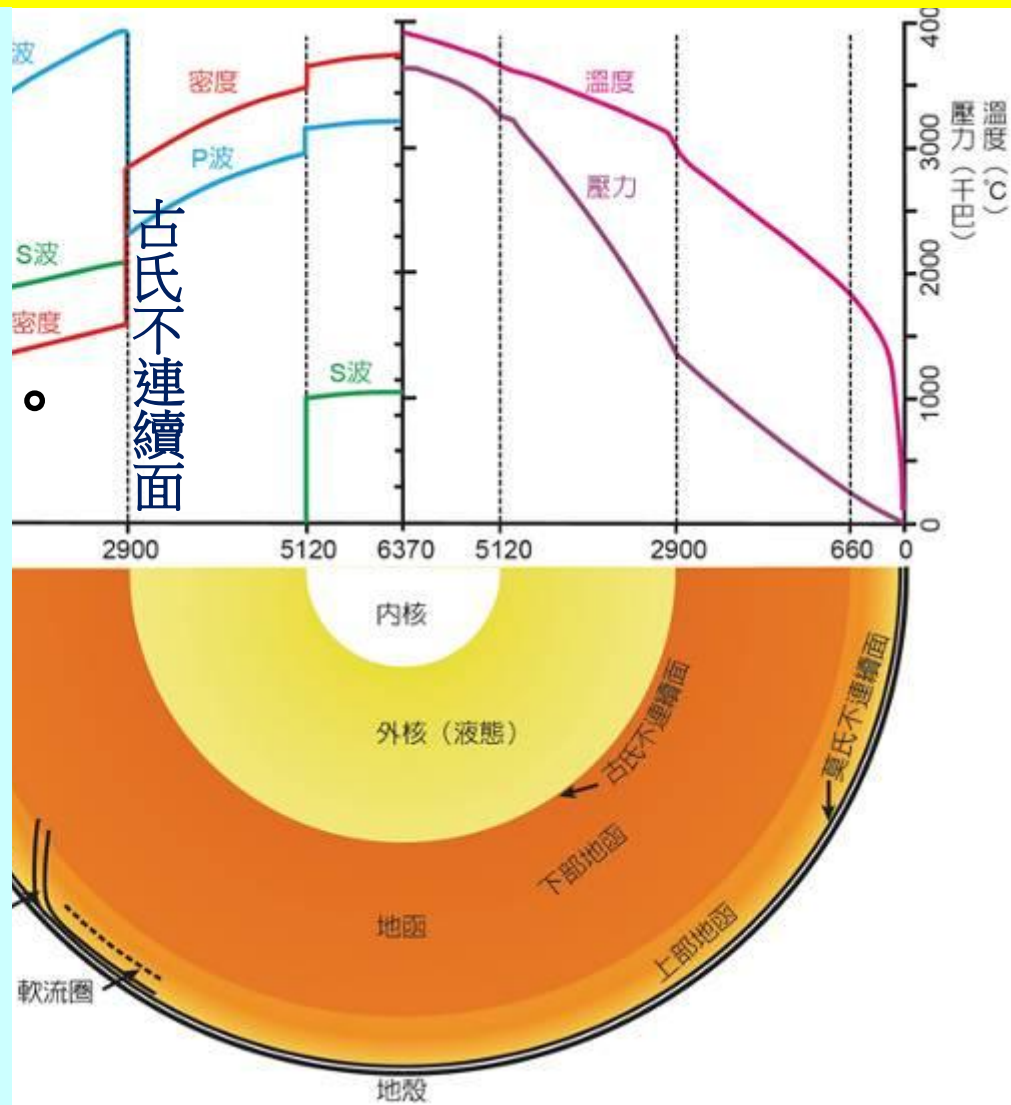
地球內部的震波速度與分層

❖ 地震波分析

穿過地球內部所花的時間和速率變化可推論出內部構造。

❖ 實驗室分析

利用地表地質材料/隕石進行高溫、高壓實驗，模擬與推論地球內部可能的組成物質。



基礎地科(上) 不連續面

● 震波速度突然改變的界面稱為**不連續面**，以其作為固體地球分層的依據：

1. 莫氏不連續面：

地殼與地函間的界面。

莫氏不連續面

2. 古氏不連續面：

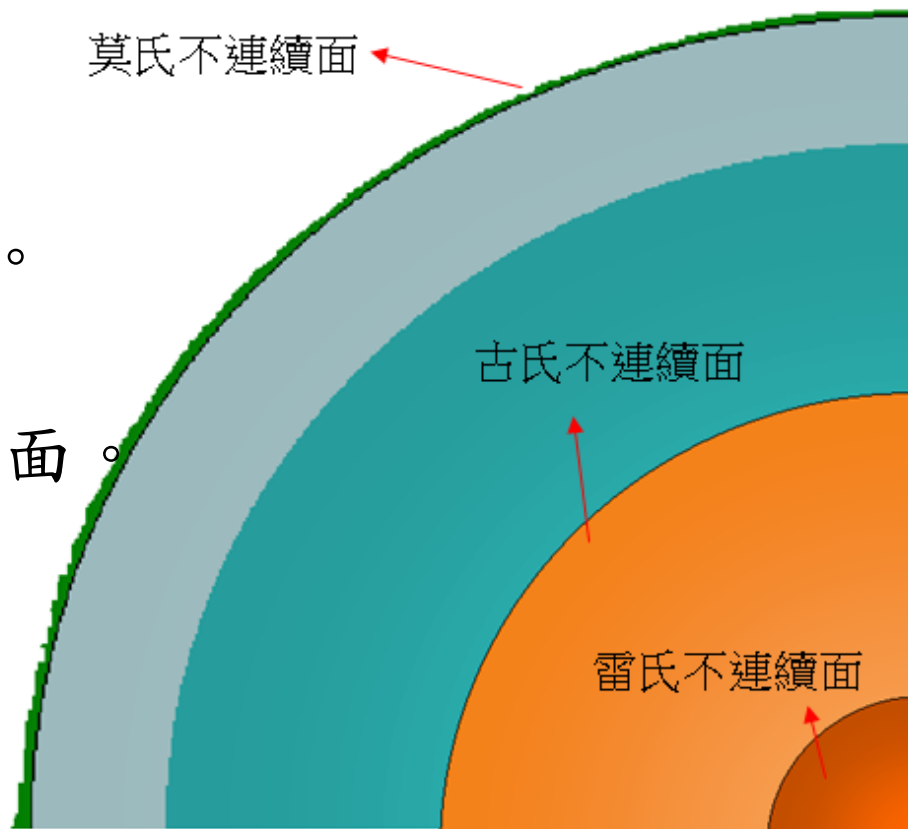
地函與外地核間的界面。

古氏不連續面

3. 雷氏不連續面：

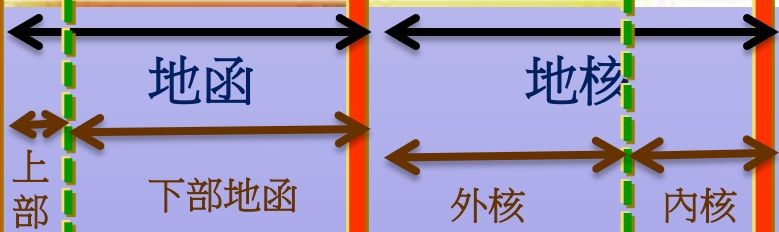
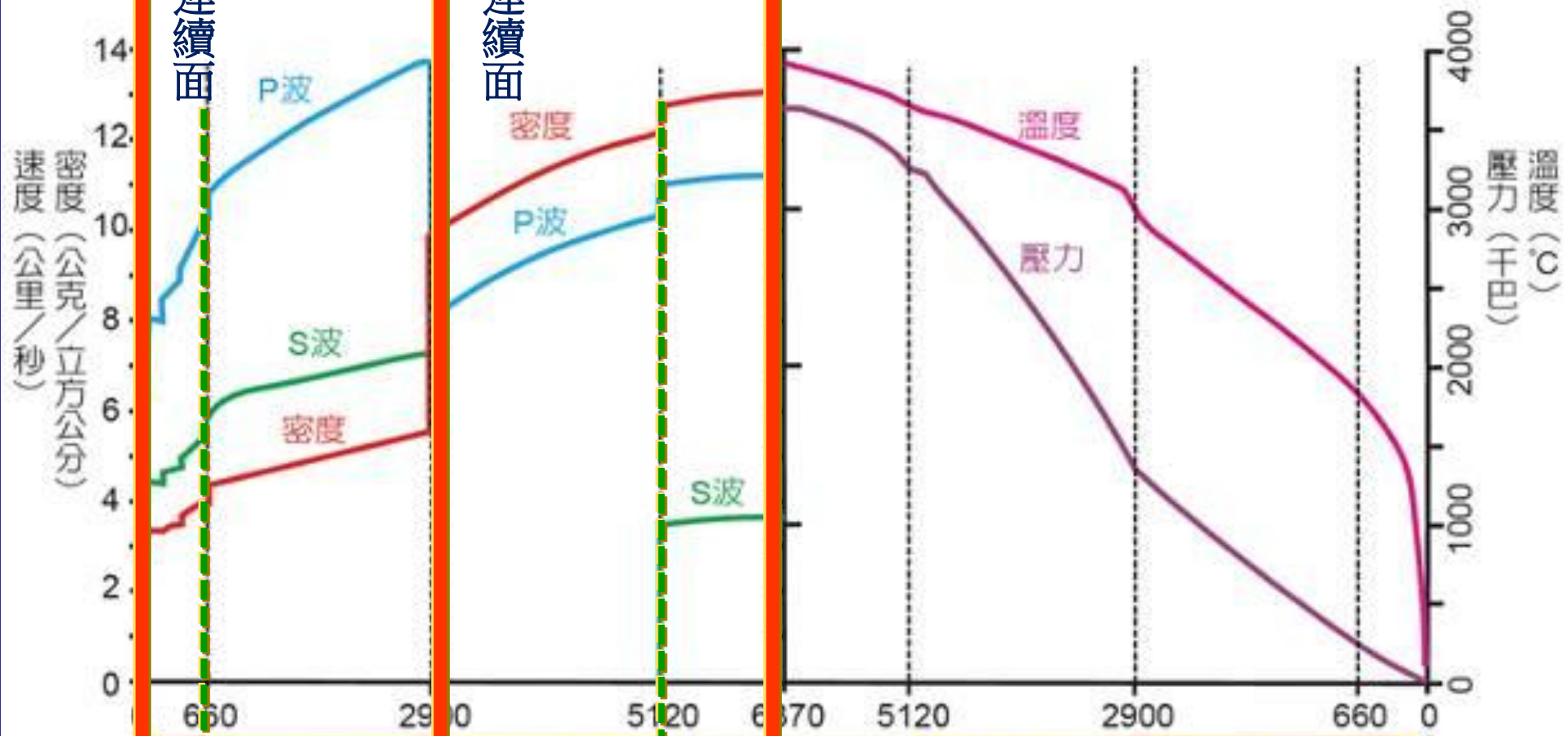
外地核與內地核間的界面。

雷氏不連續面



莫氏不連續面

古氏不連續面

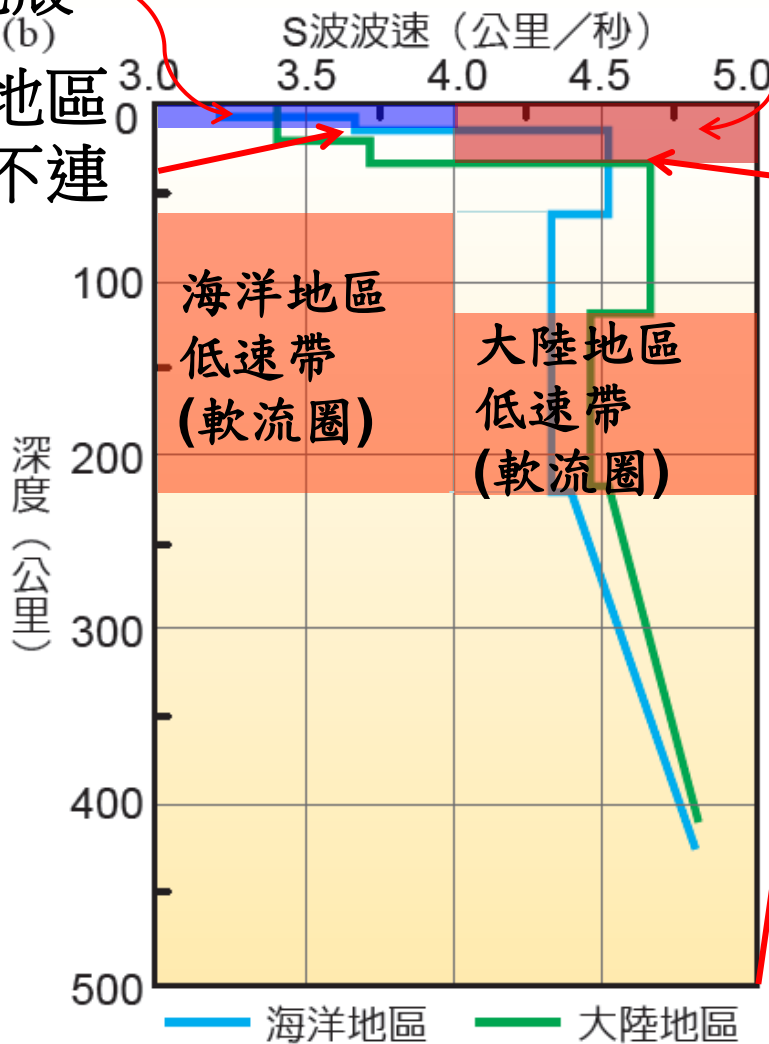


基礎地科(上) 地球的表面分層

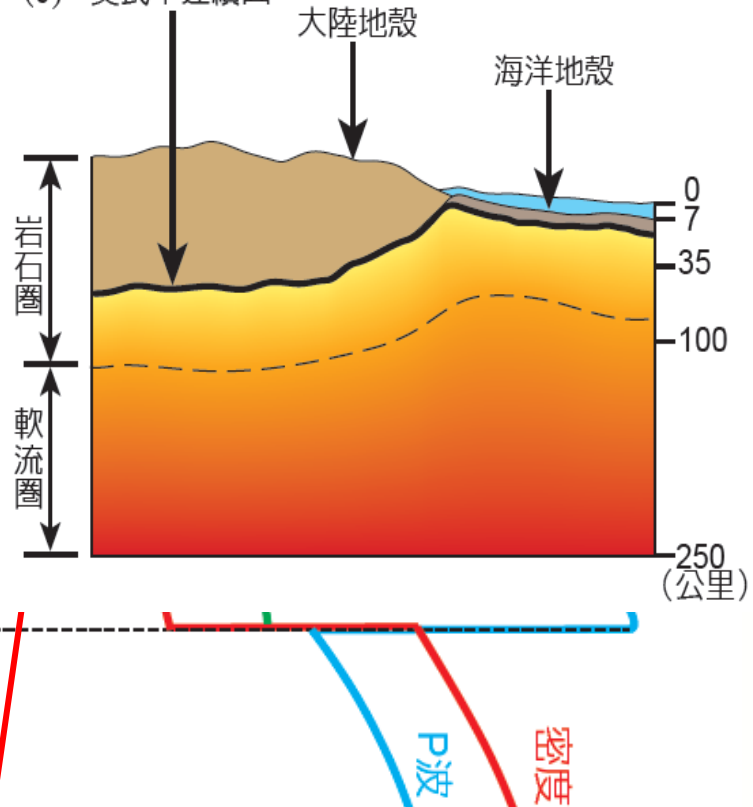
海洋地殼

(b)

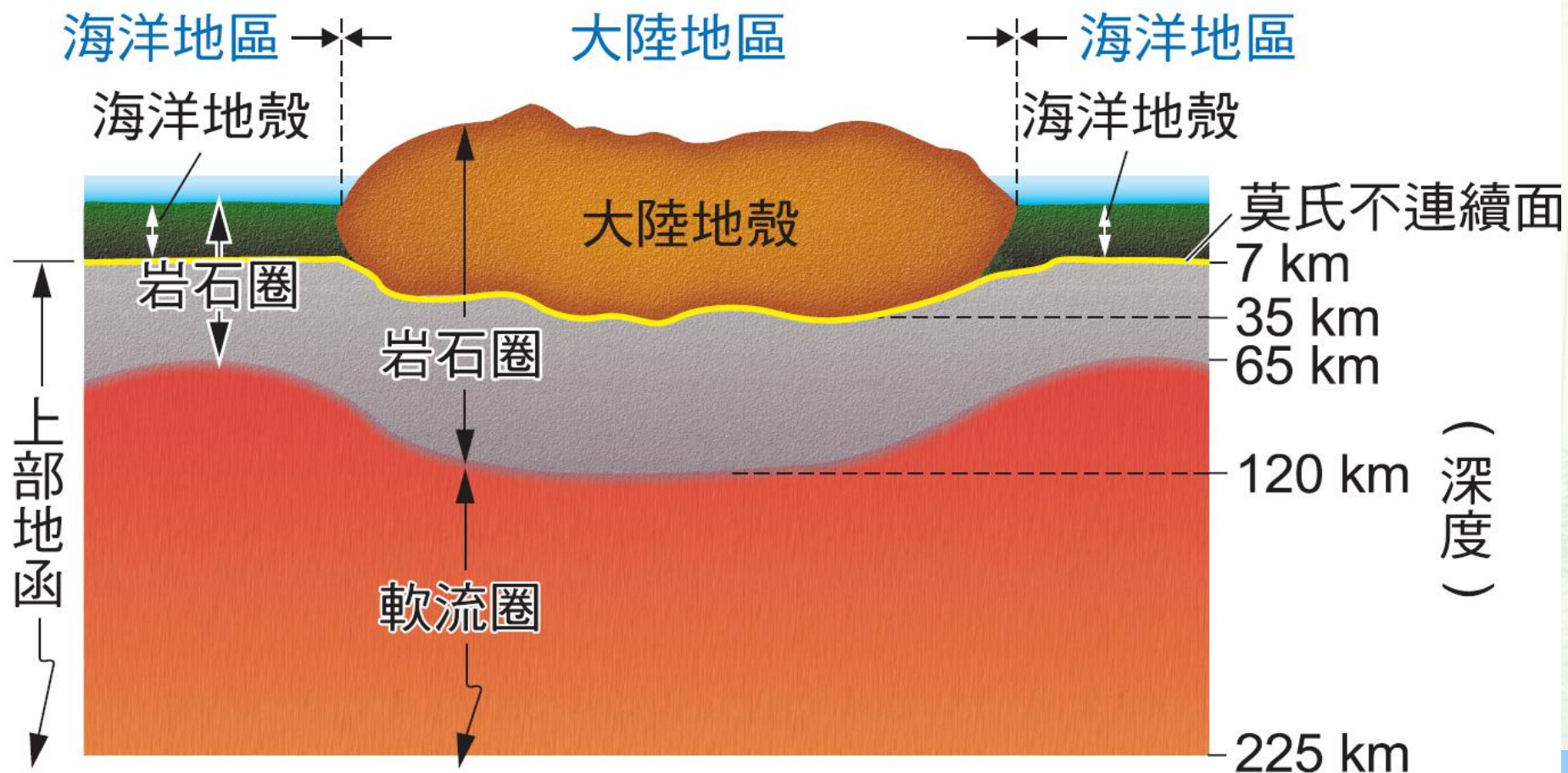
海洋地區
莫氏不連續面



(c) 莫氏不連續面



地殼、岩石圈與軟流圈



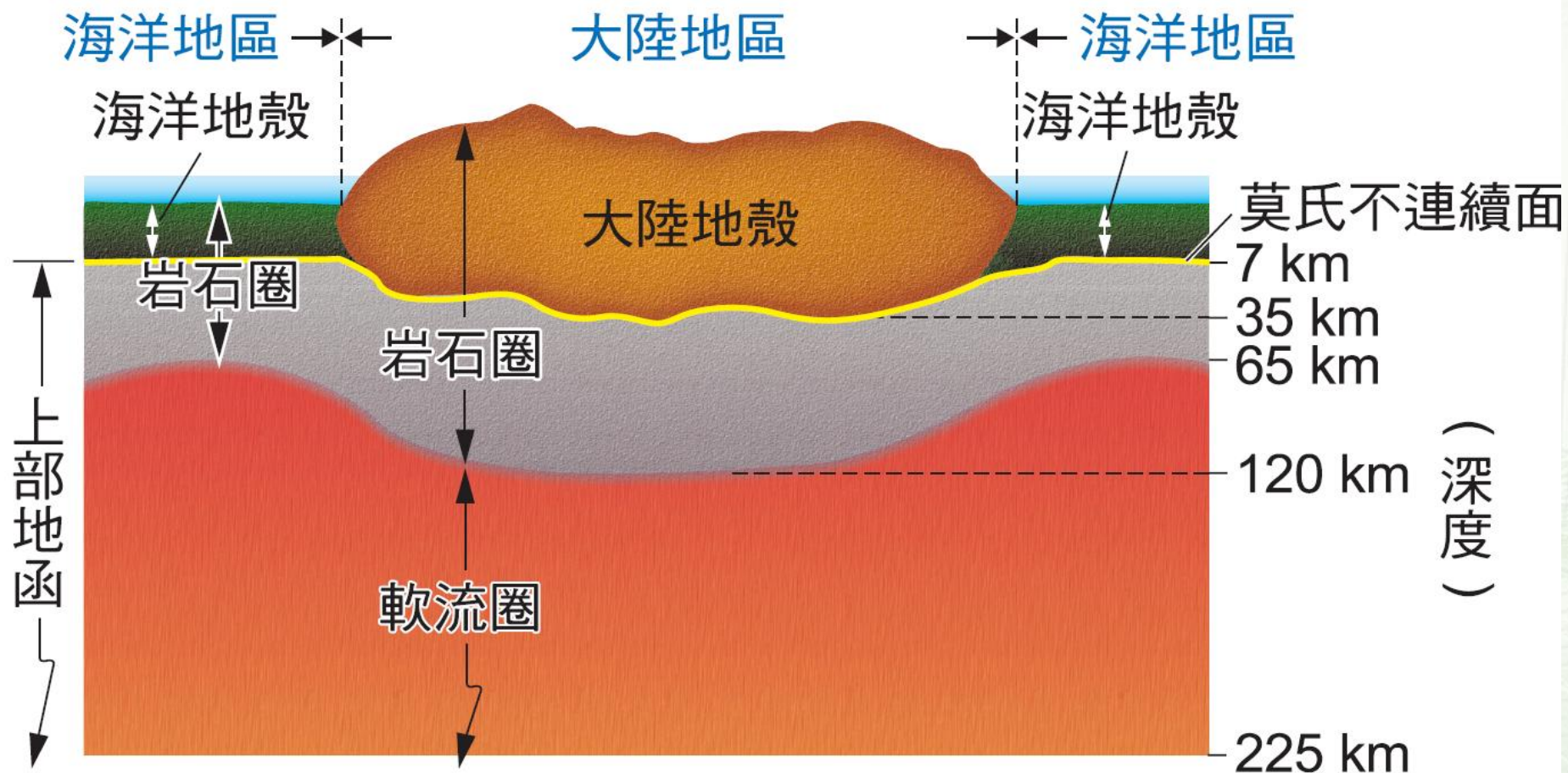
軟流圈 (低速帶)

大陸地區距地表深度約120~225公里區段

海洋地區距海床深度約65~225公里區段

P/S波波速突然降低→此區呈熔融狀態 (具可塑性)。

地殼、岩石圈與軟流圈

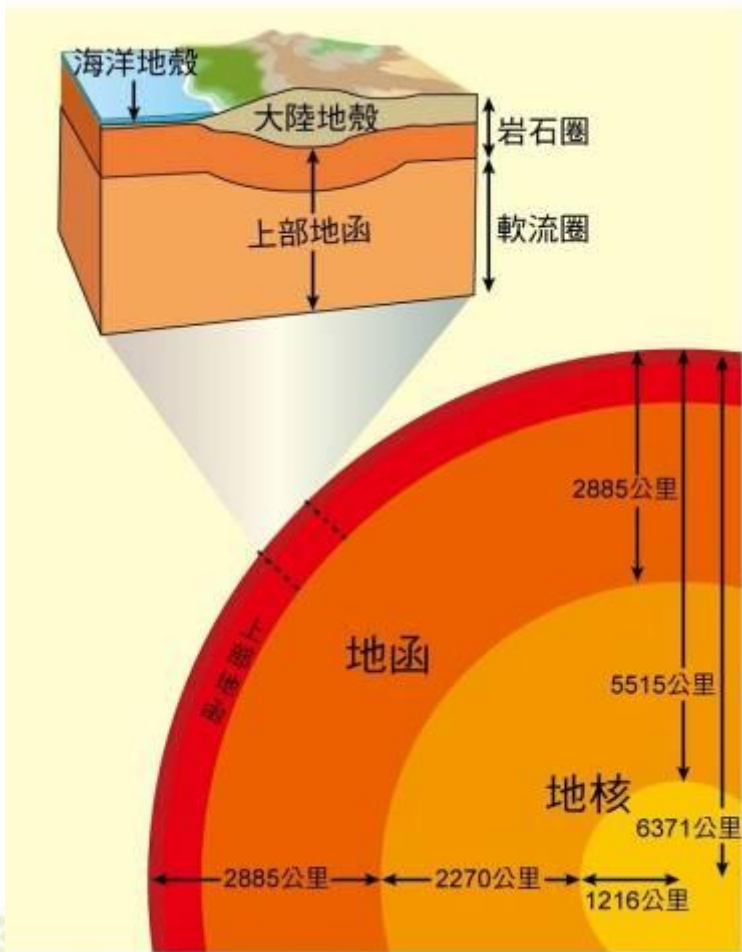


● 岩石圈

地球內部構造軟流圈之上較堅硬部分

分裂成許多板塊可在軟流圈上移動→板塊運動。

基礎地科(上) 地球層圈構造

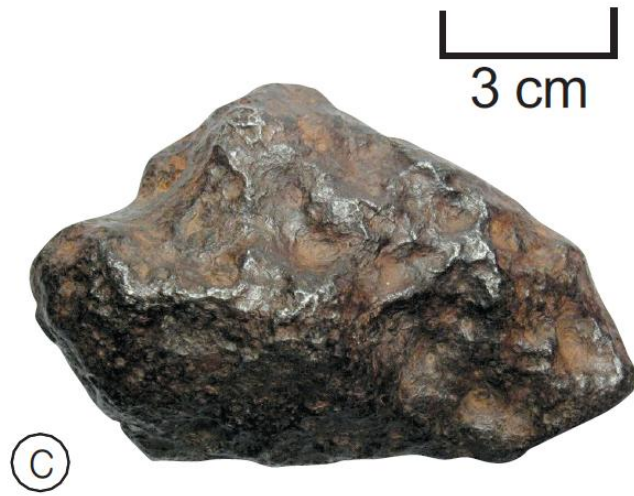
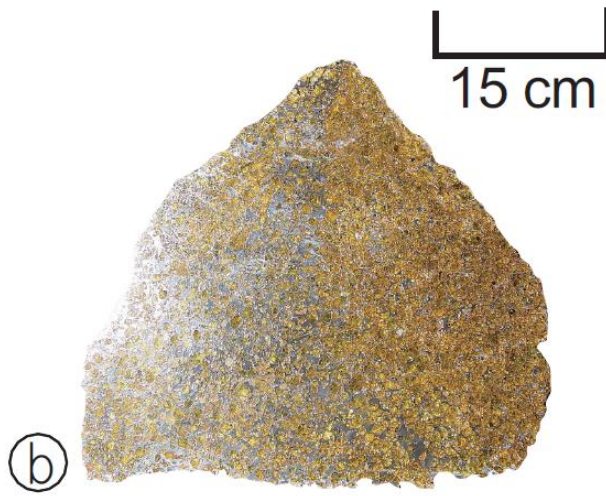
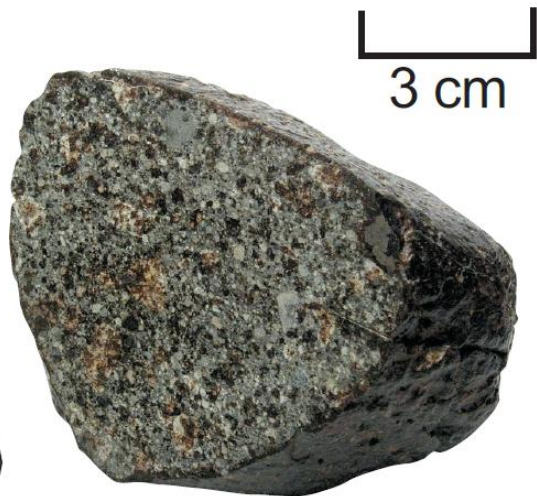


分層		深度 (km)	成分	密度
地殼	大陸地殼	0~35	花岡岩質	低
	海洋地殼	0~7	玄武岩質	
地函	上部地函	~660	橄欖岩質	↓ 高
	下部地函	660~2,900		
地核	外地核	2,900~5,120	液態金屬	
	內地核	5,120~6,371	固態金屬	



地核：(補充資料)

1. 推論地核乃由鐵、鎳成分組成的證據如下：
 - 甲、地球平均密度大於表層密度，經由仔細計算，可推知地核密度大於 10公克/公分^3 以上。
 - 乙、鐵是宇宙中豐富的重元素之一。
 - 丙、金屬地核可以合理解釋地球磁場的成因。
 - 丁、某些隕石成分亦含有豐富的鐵鎳可推論之。
 - 戊、外核的溫度和壓力環境可使其熔化為液態。





基礎地科(上) 固體地球分層

深度	構造名稱	細 分		厚度或範圍	密度	主要組成成分
淺 ↓ 深	地 殼 莫氏不連續面	岩 石 圈	大陸地殼	平均約 35公里	小 ↓ 大	花岡岩質
			海洋地殼	平均約 7公里		玄武岩質
			上部地函的上層			橄欖岩質 和 榴輝岩質
	上部地函	低速帶 (軟流圈)	約100 ~350公里			
		軟流圈至過渡帶間的地函				
		過渡帶	約400 ~700公里			
	下部地函		2, 171公里	鐵鎂質矽酸鹽類		
	外 核	古氏不連續面 雷氏不連續面		2, 259公里		鐵、鎳 (液態)
	內 核			1, 221公里		鐵、鎳 (固態)
	地球半徑		約 6, 370公里			



基礎地科(上) 矽酸鹽類礦物

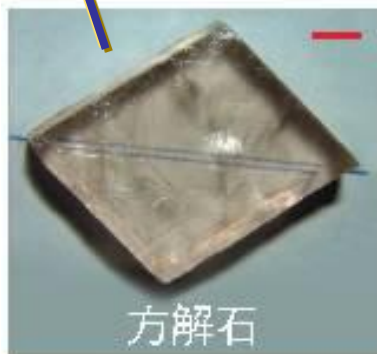
	鐵鎂質礦物	矽鋁質礦物
主要陽離子	鐵/鎂	鉀/鈉/鈣/鋁
顏色	深	淺
密度	大	小
所在位置	海洋地殼 地函岩石	大陸地殼
	橄欖石、輝石、 角閃石、黑雲母	長石、石英、白 雲母、黏土礦物



唯一非矽酸鹽， 碳酸鈣 CaCO_3

固體地球組成

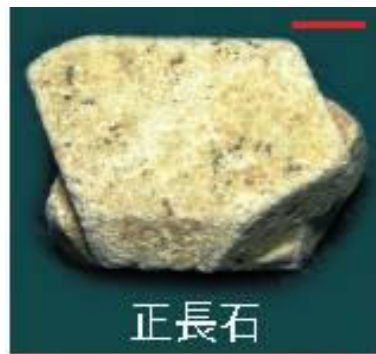
● 常見的**八大造岩礦物**（除方解石屬於碳酸岩外，其餘均為矽酸鹽類）。



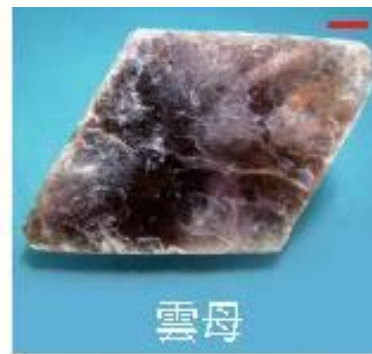
方解石



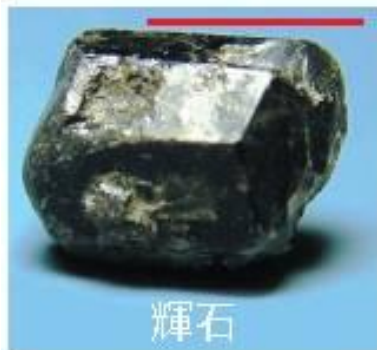
角閃石



正長石



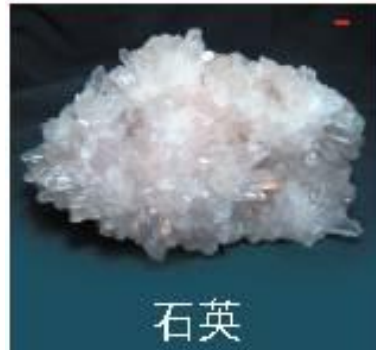
雲母



輝石



橄欖石



石英



高嶺石

● 紅色線段為實際1 cm的長度。



基礎地科(上) 固體地球組成

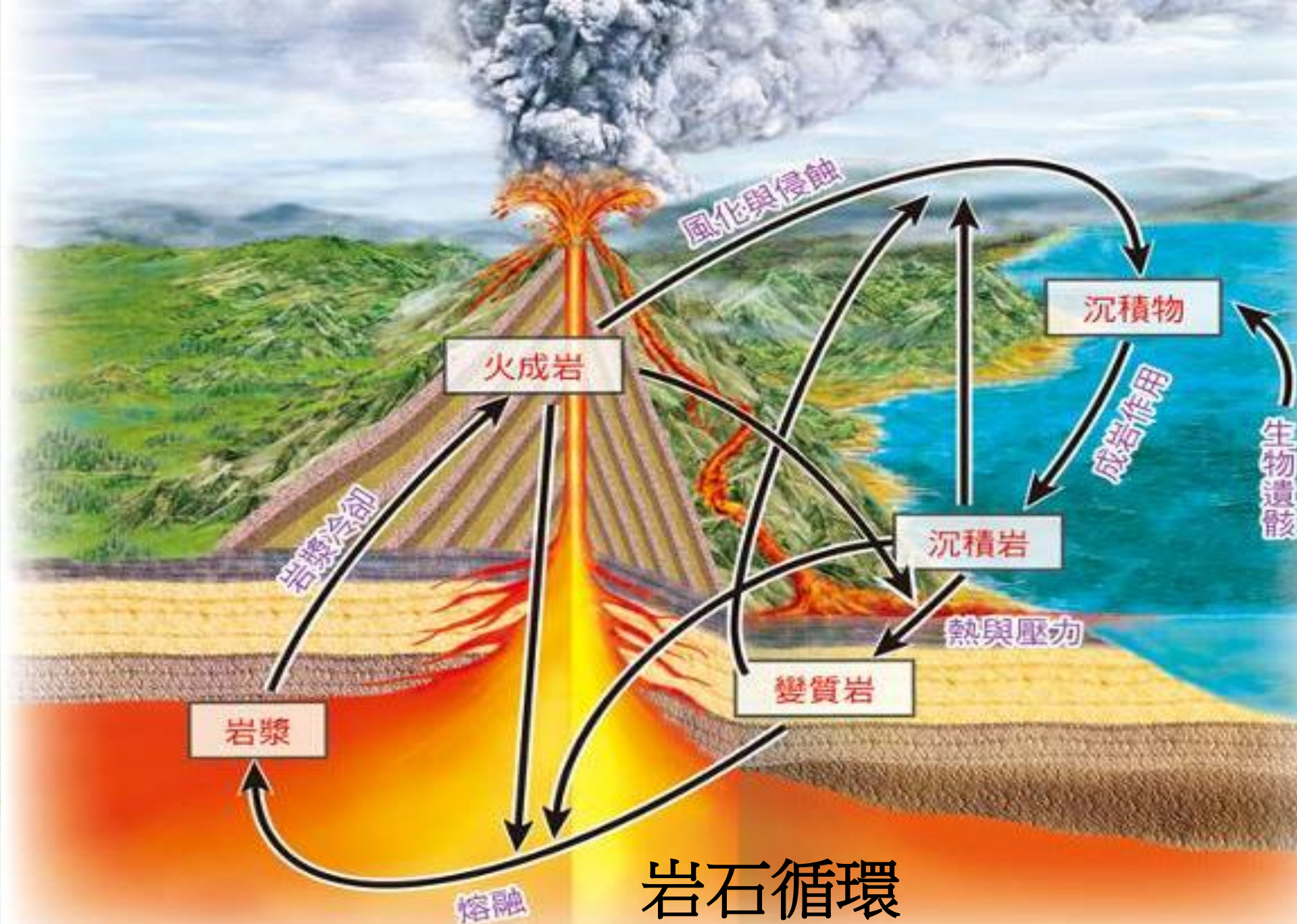
- 地函和地核，可由捕獲岩間接推測。
- 地函的主要成分為橄欖岩。
- 地核成分依據其密度及震波波速來分析隕石，發現以鐵為主，加少量鎳組成。



橄欖岩

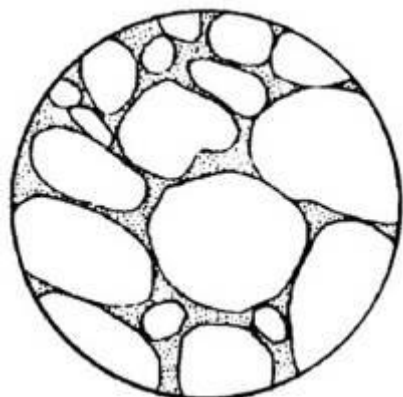


鐵質隕石



岩石循環

顯微鏡下的岩石



沉積岩



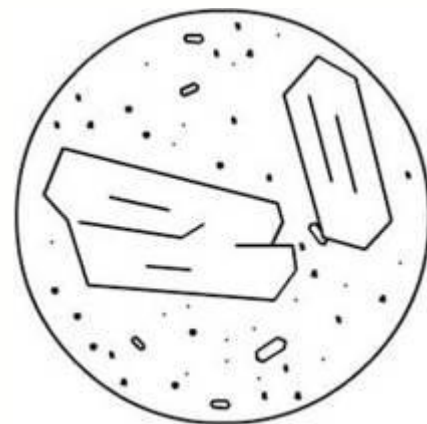
變質岩



火成岩的深成岩



沉積岩



火成岩的火山岩



基礎地科(上) 6-2 全球主要的火山帶 與地震帶

- 火山噴發
- 三大火山帶
- 火山分布
- 熱點火山
- 三大地震帶





1991年菲律賓 皮納度波火山噴發




維蘇威火山噴發模擬情景



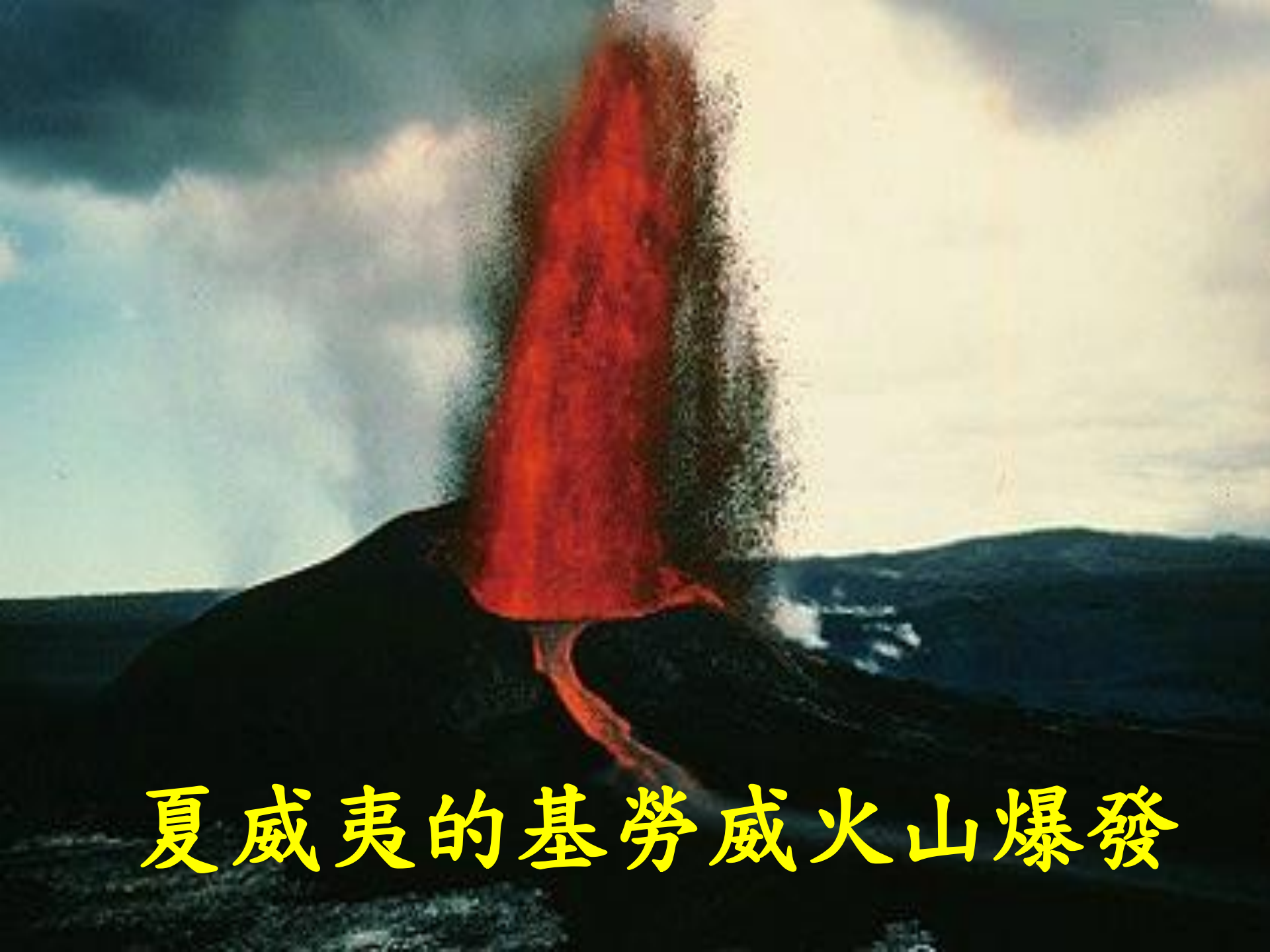
龐貝城罹難者塑像

1980年美國的聖海倫火山爆發





**1990年菲律賓的
賓那土波火山爆發**



夏威夷的基勞威火山爆發

基礎地科(上)

世界火山分布

Active Volcanoes, the "Ring of Fire" 張裂性板塊邊界



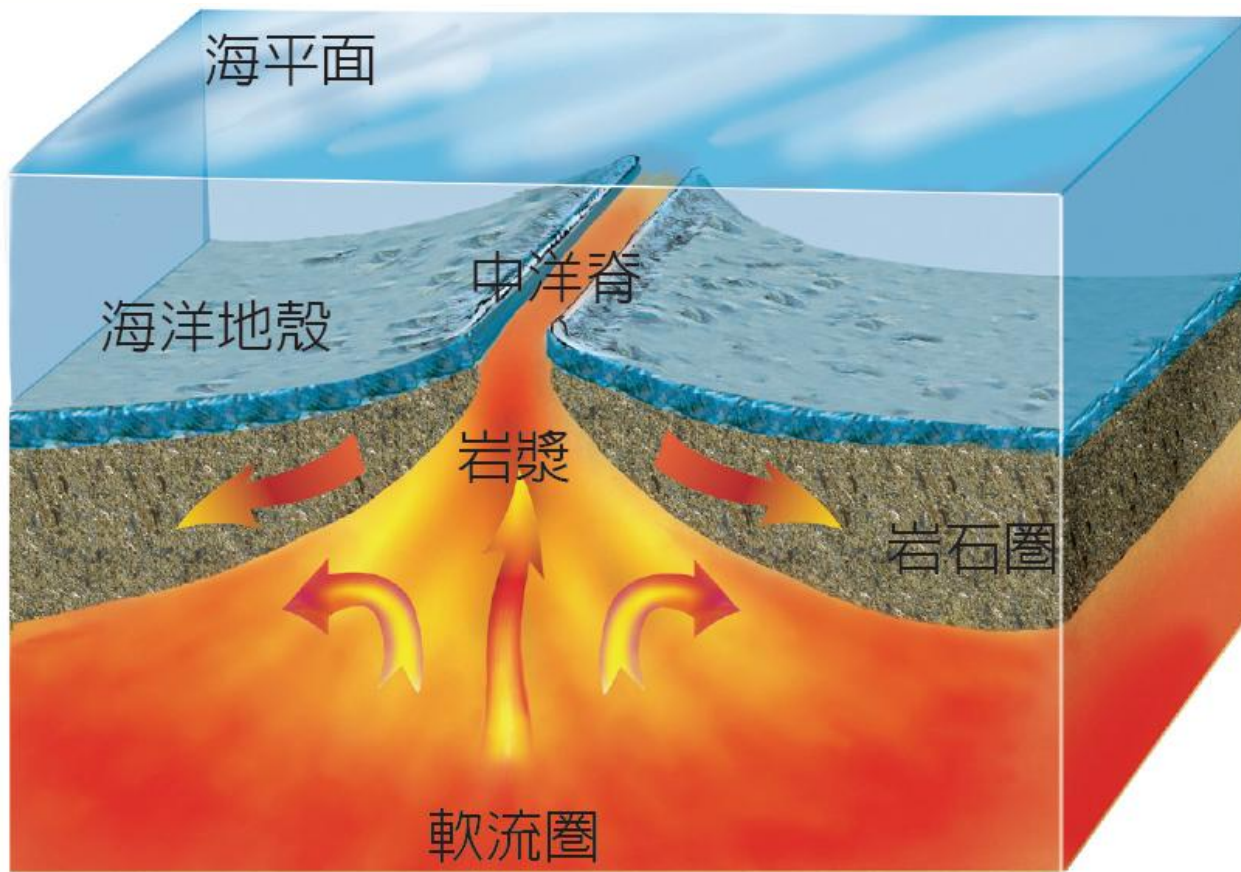
火山活動的動力大多源自板塊間的相對運動，所以全球火山帶幾乎都和板塊邊界有關。

1. 最活躍的火山帶：環太平洋火山帶。
2. 臺灣、日本、菲律賓屬之。
3. 主要屬於聚合性板塊邊界。

USGS

Topinka, USGS/CVO, 1997, Modified from: Tilling, Proffitt, and Wright, 1987, and Proffitt, 1978

基礎地科(上) 中洋脊的火山活動



⬆ 圖 6-7 中洋脊的岩漿上升，張裂地表，流至地面，形成新地殼。

基礎地科(上) 隱沒帶的火山活動

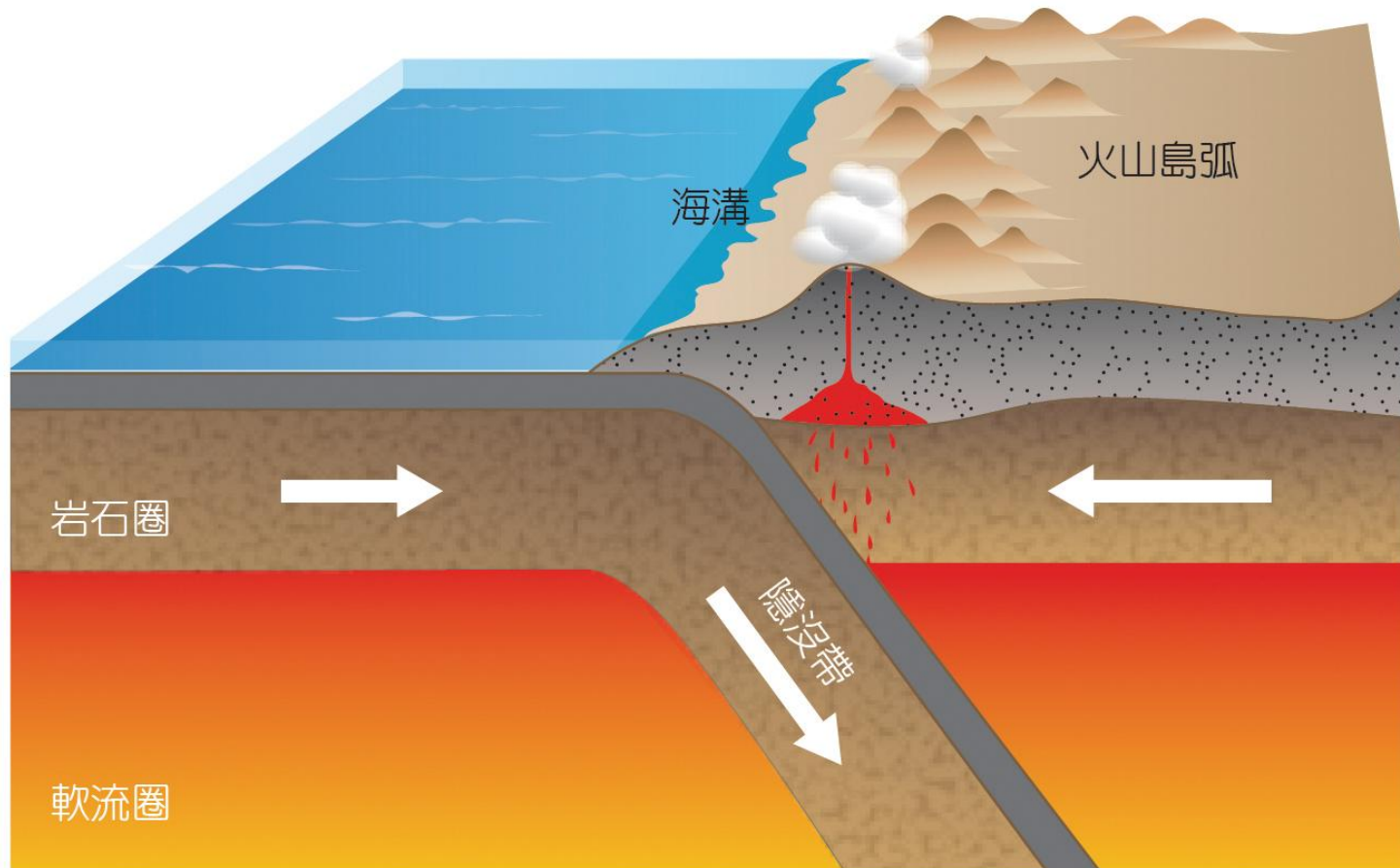
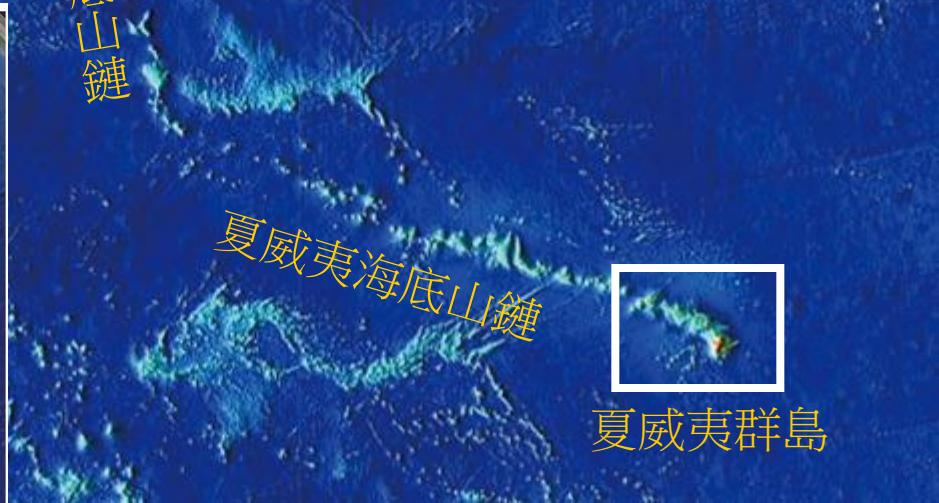
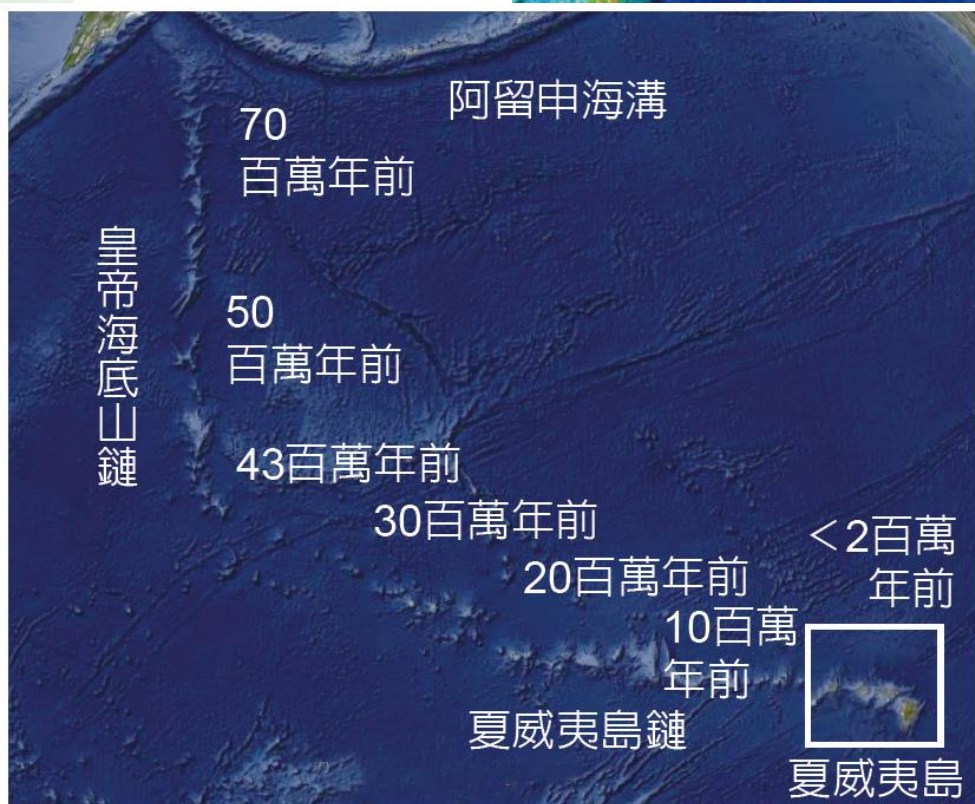
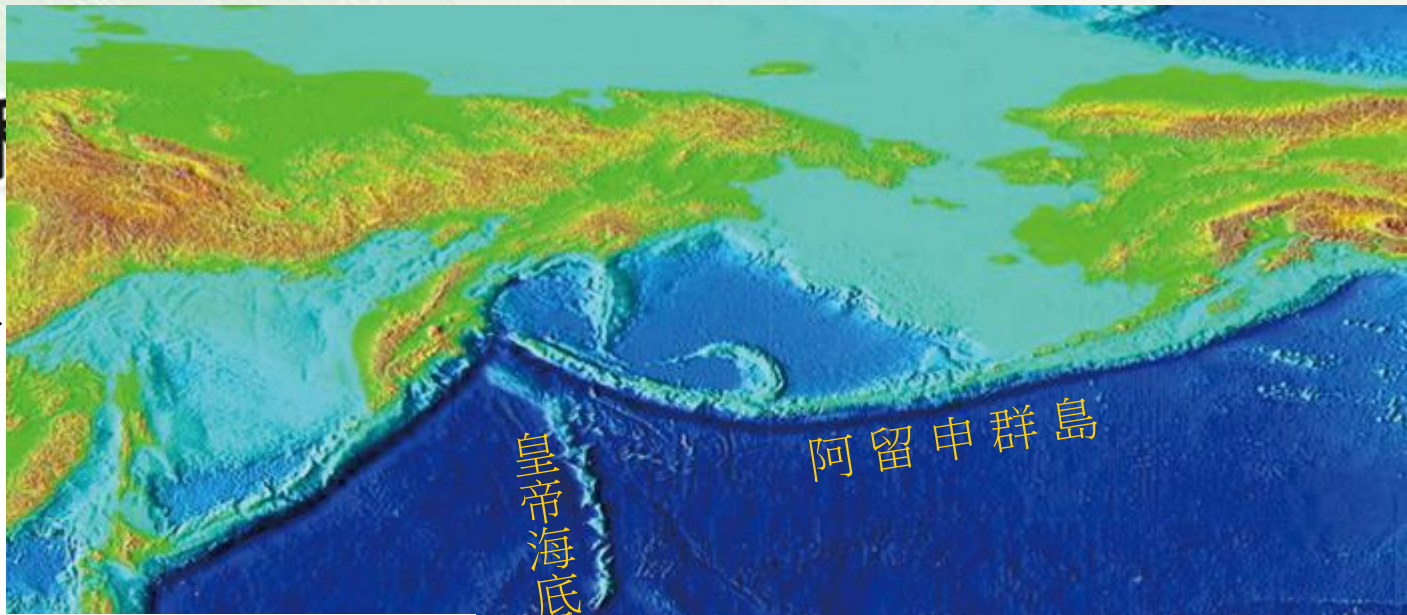


圖 6-3 隱沒帶在隱沒過程中，岩漿熔融，噴出地表，形成沿著大陸邊緣的火山島弧。



基礎地科

夏威夷群島的位置

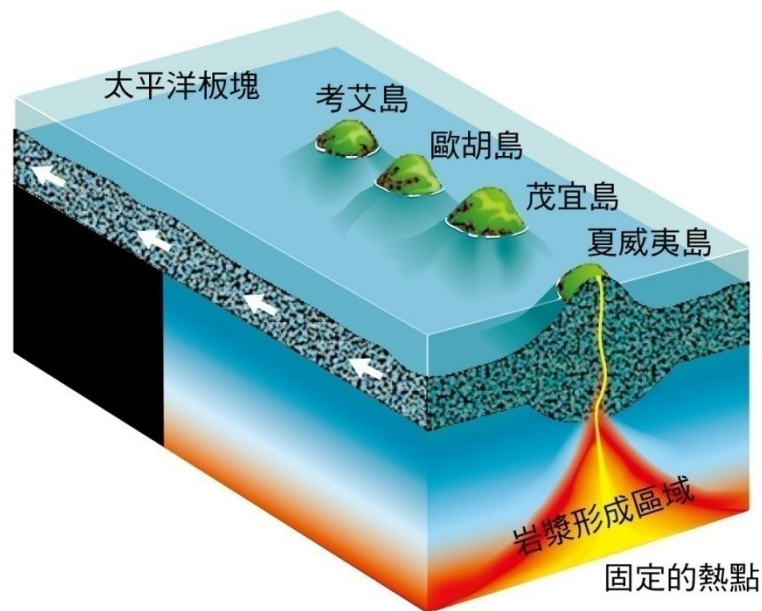


基礎地科(上)

熱點火山

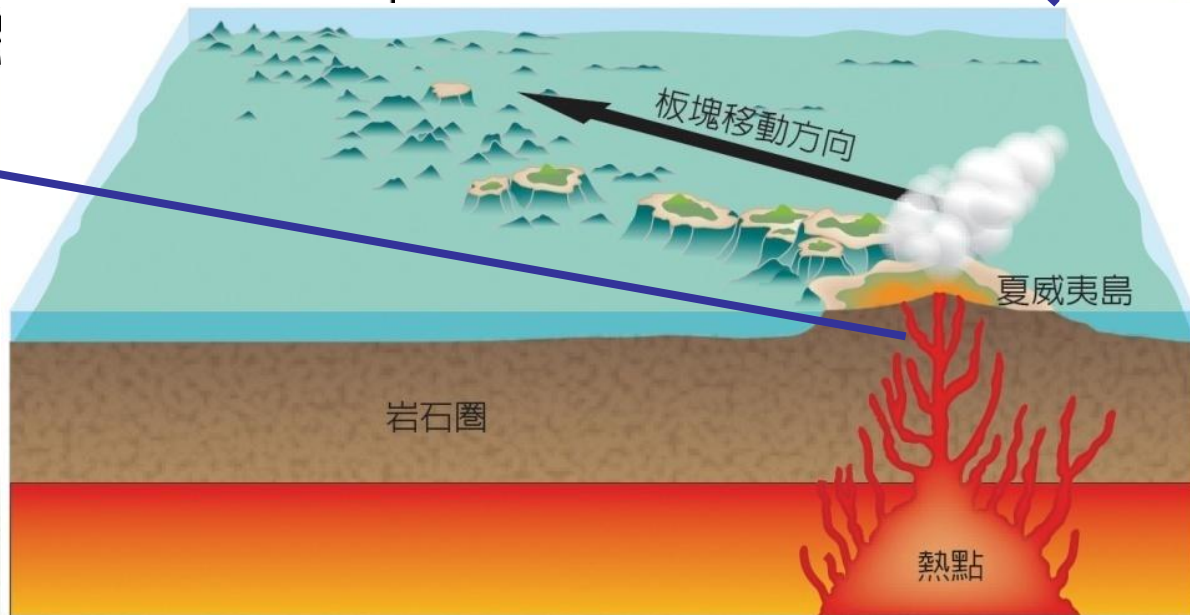
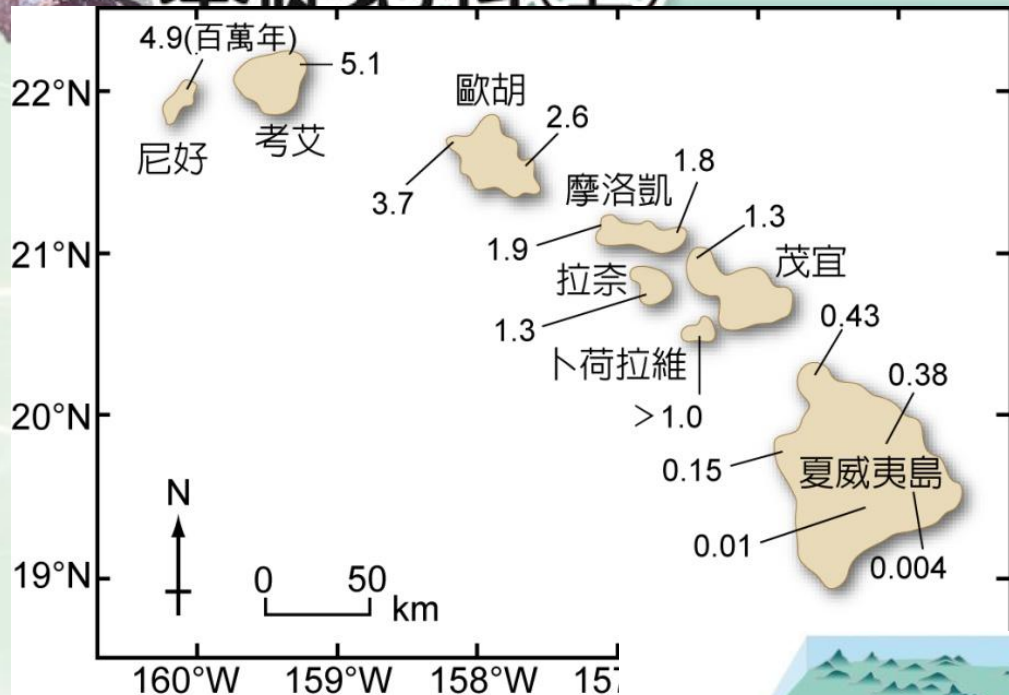
- 來自地函深處（近外地核）特別高溫的岩漿，不斷湧上地表的位置，稱為熱點。
- 理論上熱點不動，但因板塊移動而造成一系列火山。
- 熱點的位置

- 非板塊邊界的熱點：
夏威夷火山群島、
黃石國家公園屬之。
- 板塊邊界上的熱點：
如冰島。



基礎地科(上)

夏威夷群島的形成



基礎地科(上)

臺灣的火山

● 北部

● 大屯火山群、基隆火山群、
觀音火山群、觀音山、彭
佳嶼、龜山島。

● 安山岩組成，屬於琉球島
弧的一部分。

● 東部

● 海岸山脈、綠島、蘭嶼。

● 安山岩組成，屬於呂宋島
弧的一部分。

● 西部

● 澎湖群島。

● 玄武岩組成。

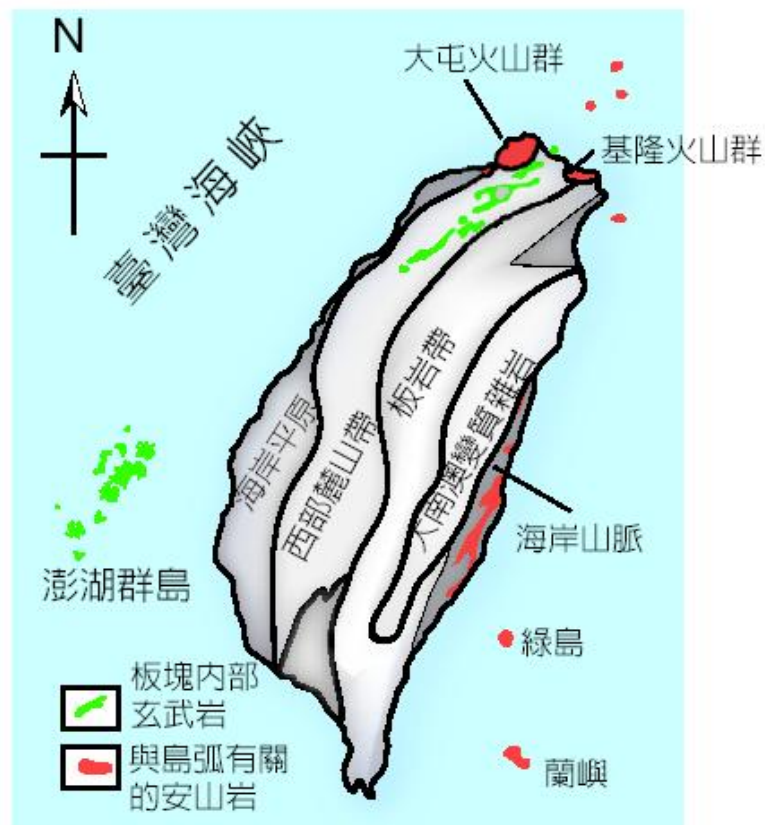
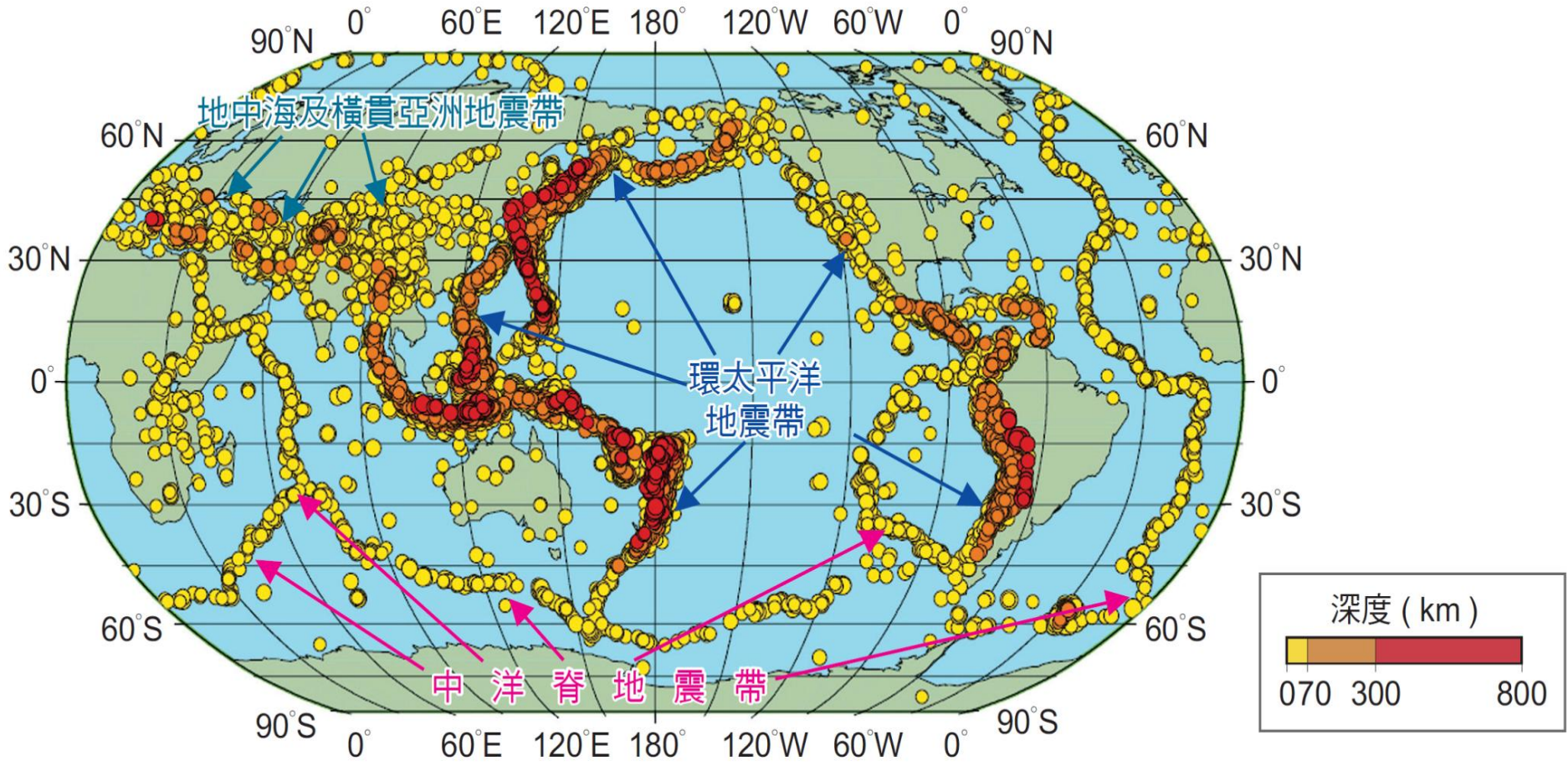


圖6-4 臺灣的火山分布。



基礎地科(上) 三大地震帶



	頻率	板塊邊界類型	震源深度	主要斷層
環太平洋地震帶	最高	聚合	淺、中、深	逆斷層
歐亞地震帶	次之	聚合	淺、中	逆斷層
中洋脊地震帶	最少	張裂	淺	正斷層

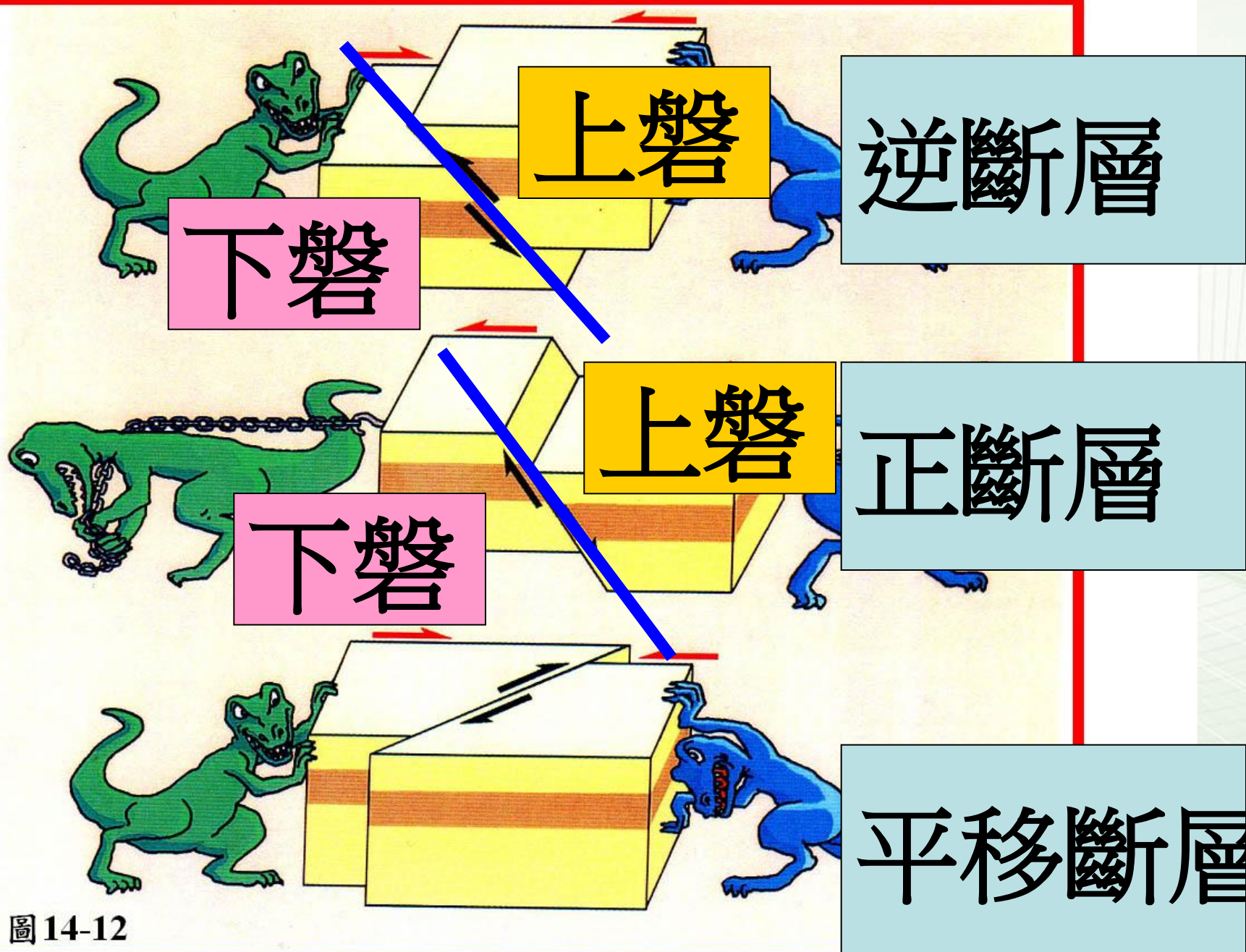


圖 14-12

基礎地科(上)

斷層的分類

正斷層



正斷層

上盤相對下盤
向下運動
張力

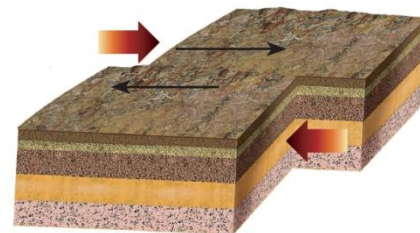
逆斷層



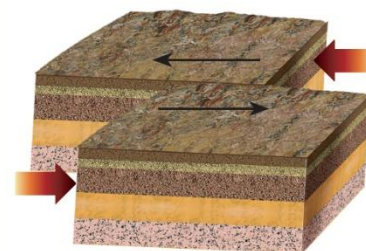
逆斷層

上盤相對下盤
向上運動
壓力

平移斷層

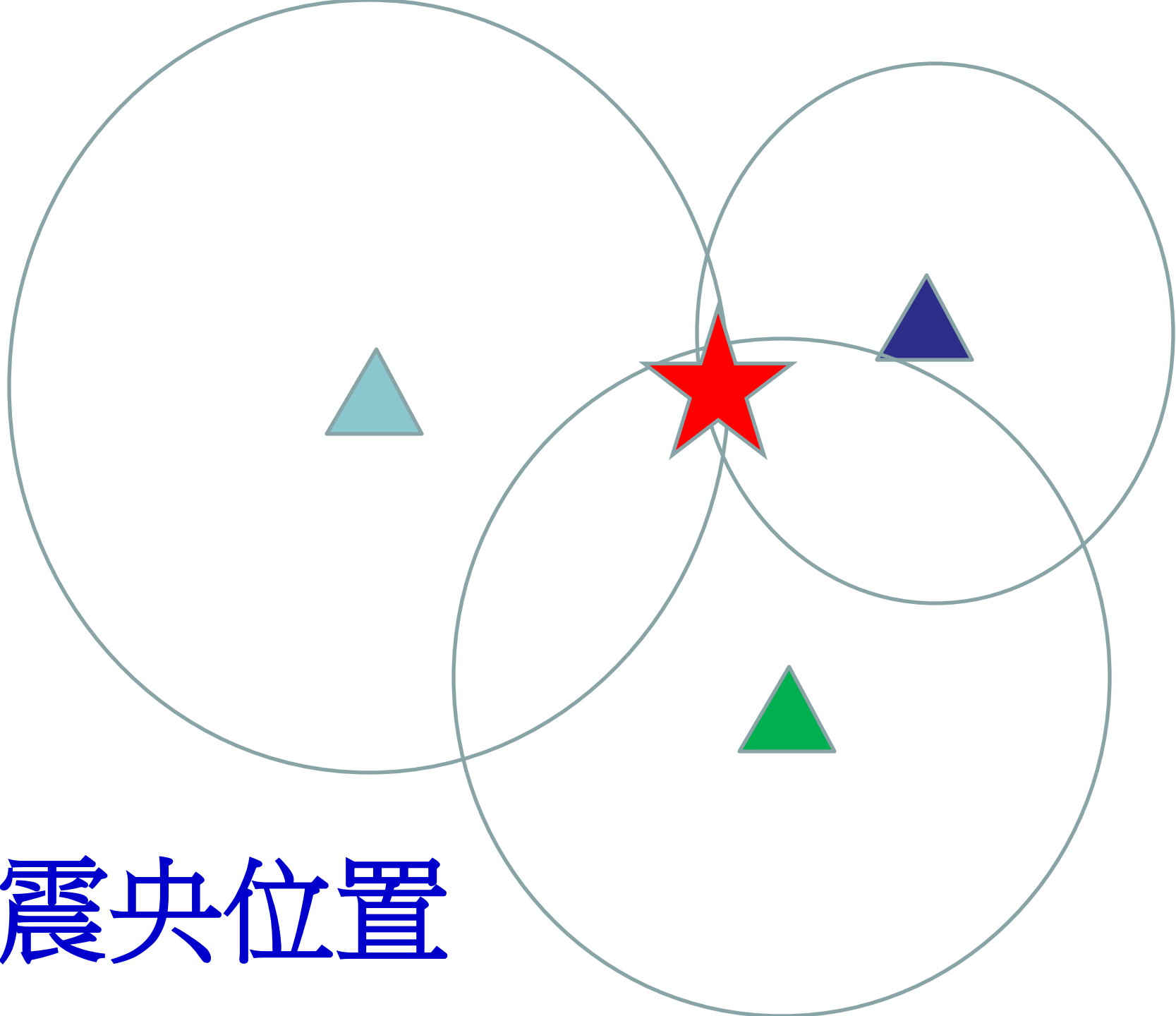


右移斷層



左移斷層

斷層兩側岩石水
平錯動
剪力



震央位置

基礎地科(上) 延伸閱讀：地震波

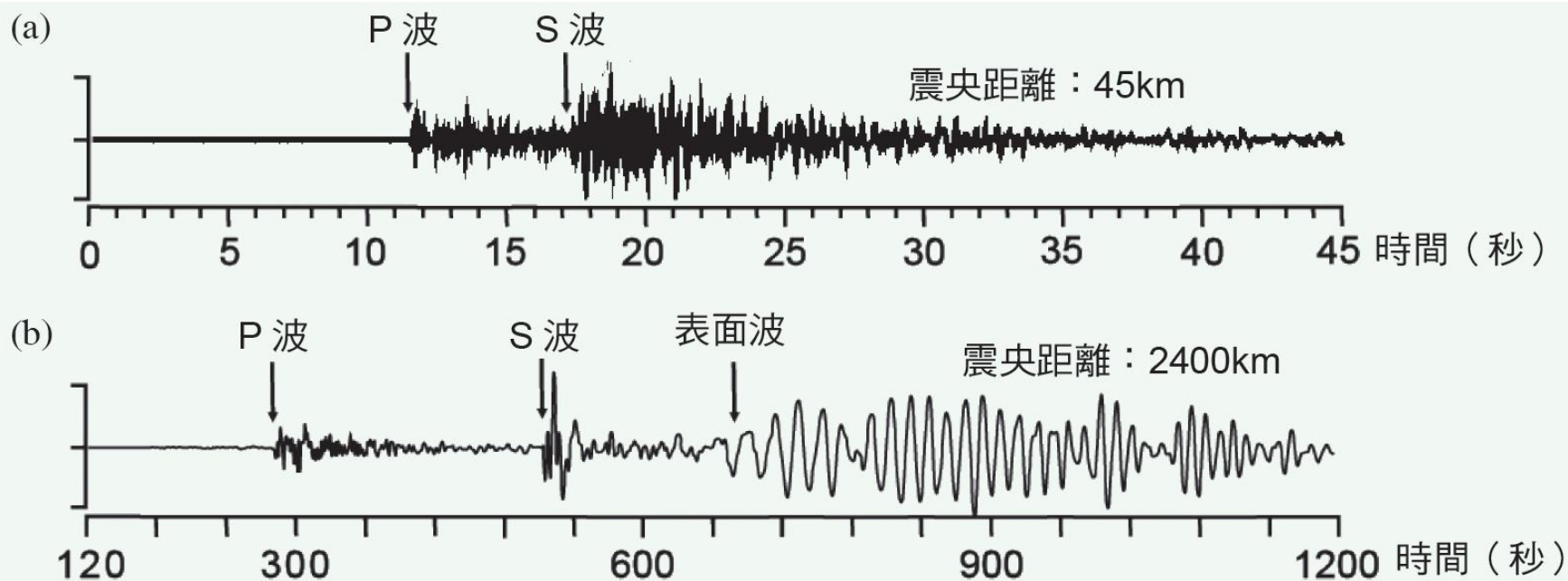


圖6-26 (a)近地地震紀錄，(b)遠地地震紀錄。



基礎地科(上) 三大地震帶

地中海及橫貫亞洲地震帶

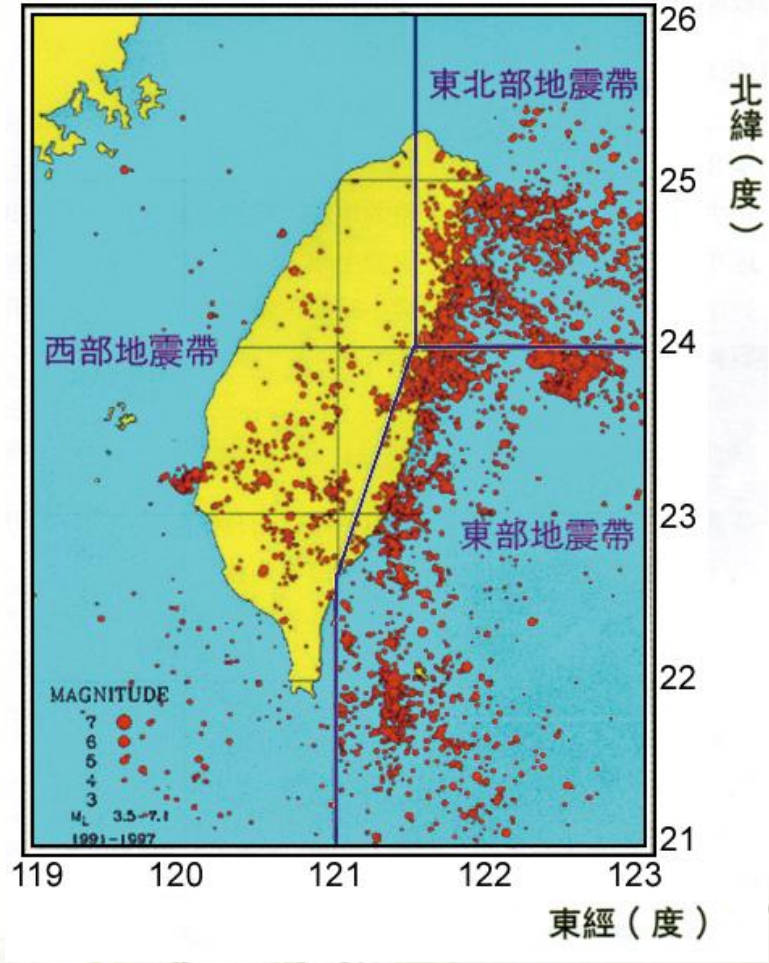
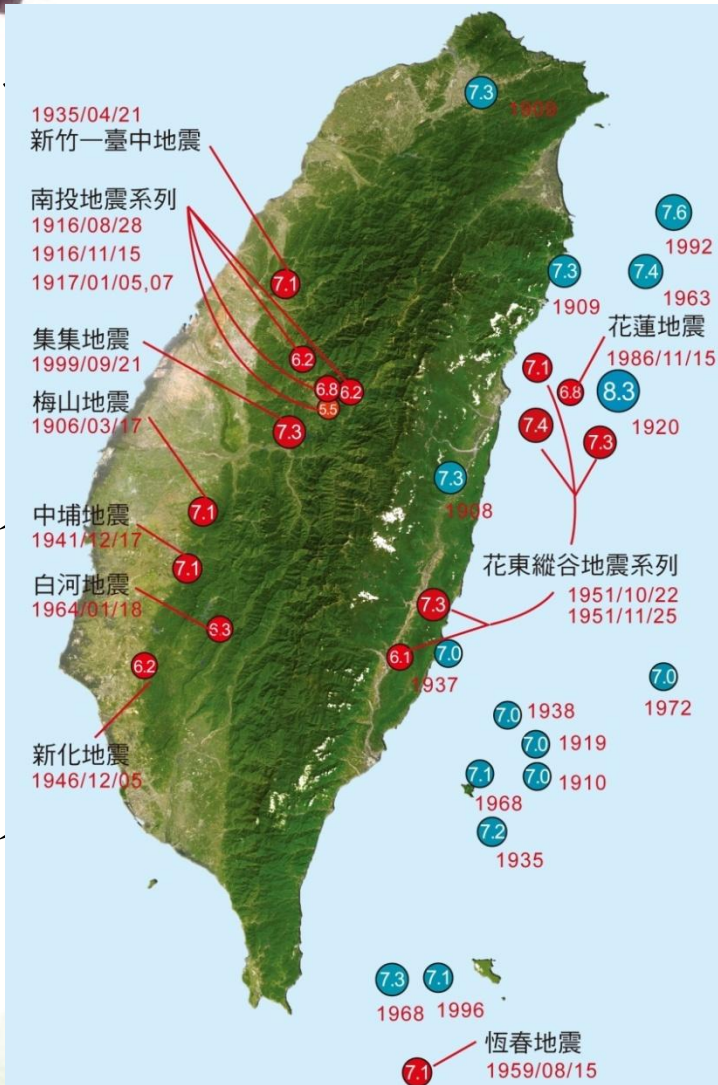
環太平洋地震帶

中洋脊地震帶

● 淺層地震 ● 中層地震 ● 深層地震



基礎地科(上) 臺灣的地震帶



戊辰地辰劫不亦地辰



基礎地科(上) 6-3 板塊運動

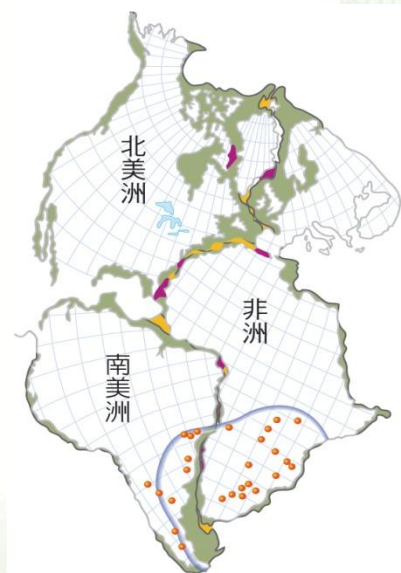
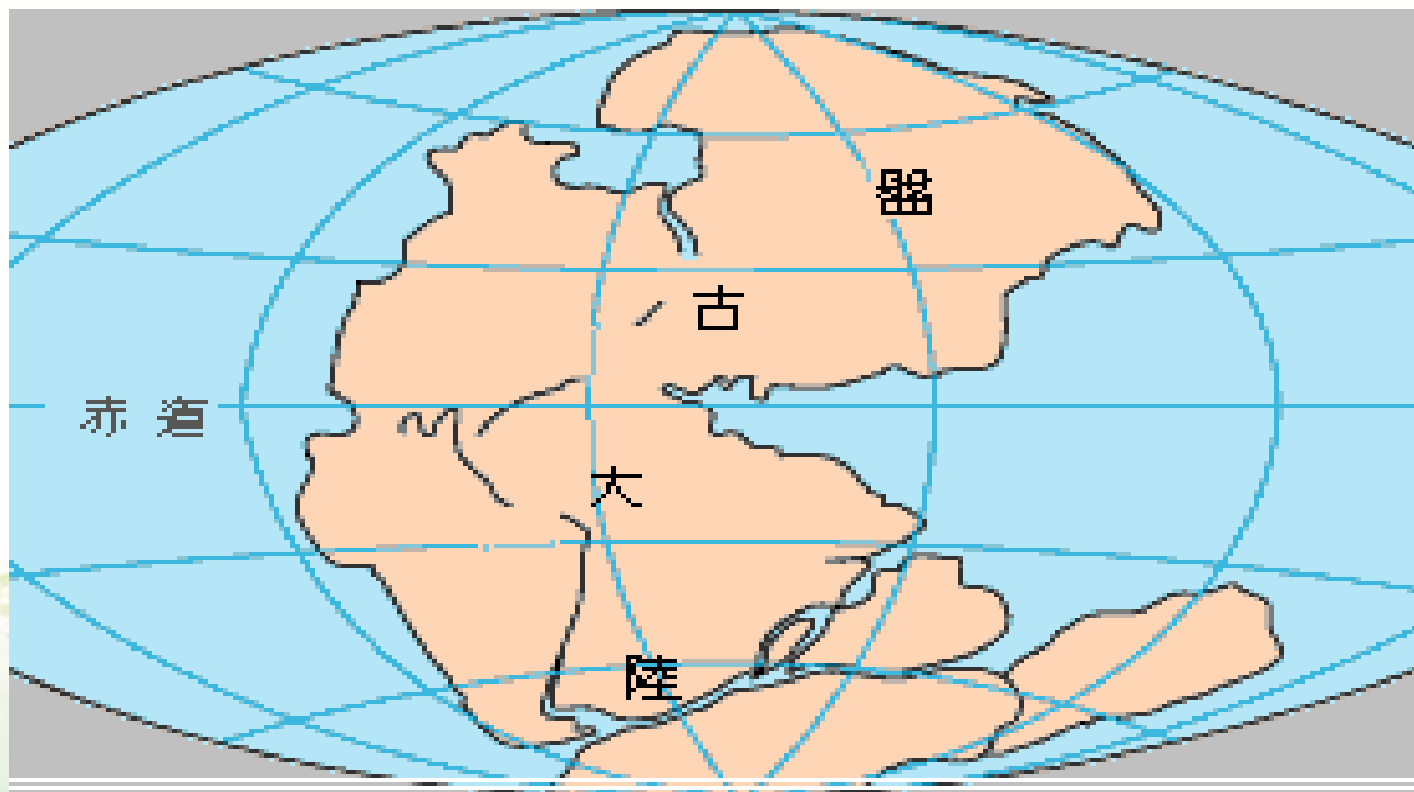
- 板塊構造學說
- 板塊分布
- 板塊運動的動力
- 斷層類型
- 張裂型板塊邊界
- 聚合型板塊邊界
- 錯動型板塊邊界
- 臺灣附近的板塊構造
- 臺灣附近的震源分布





基礎地科(上) 板塊構造學說

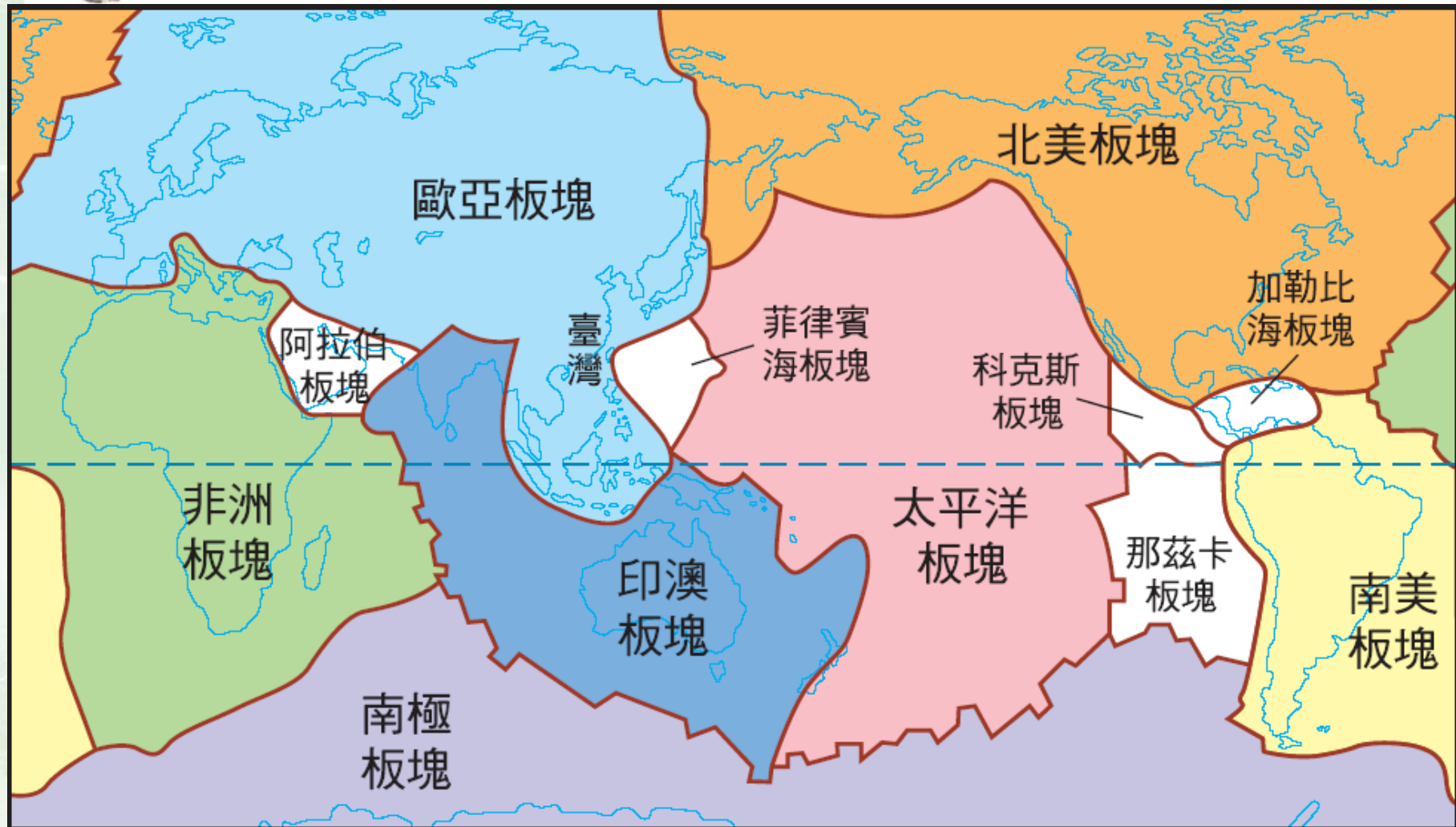
- 劃分為七個主要大板塊以及十數個較小板塊。
- 岩石圈分裂成的碎塊且板塊之間具有頻繁的相對運動；**張裂**、**擠壓**和**錯動**等相對運動，在板塊邊界上造就了火山、裂谷等地形，也促使地層產生**褶皺**或**斷層**等構造。



- 重疊的部分
- 不足的部分
- 大陸棚的部分
- 石炭紀—二疊紀的冰河遺跡
- 約三億年前同種植物的分布



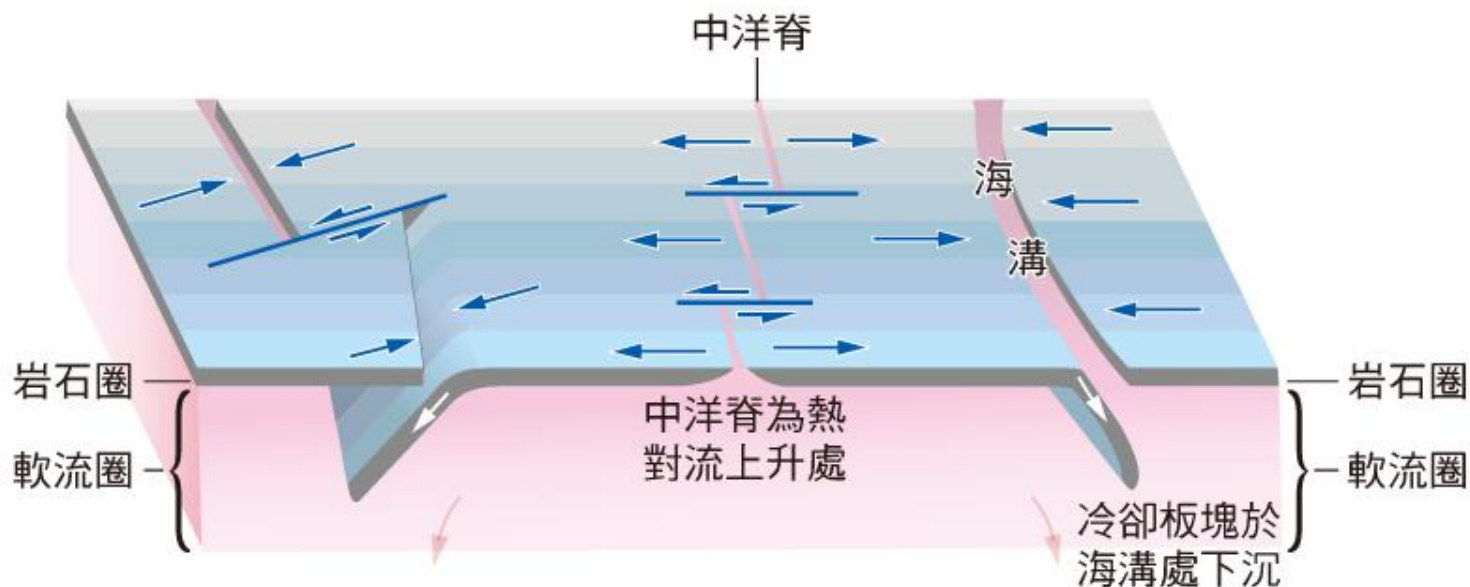
基礎地科(上) 板塊分布



基礎地科(上) 板塊運動的動力

輸送帶式的運動

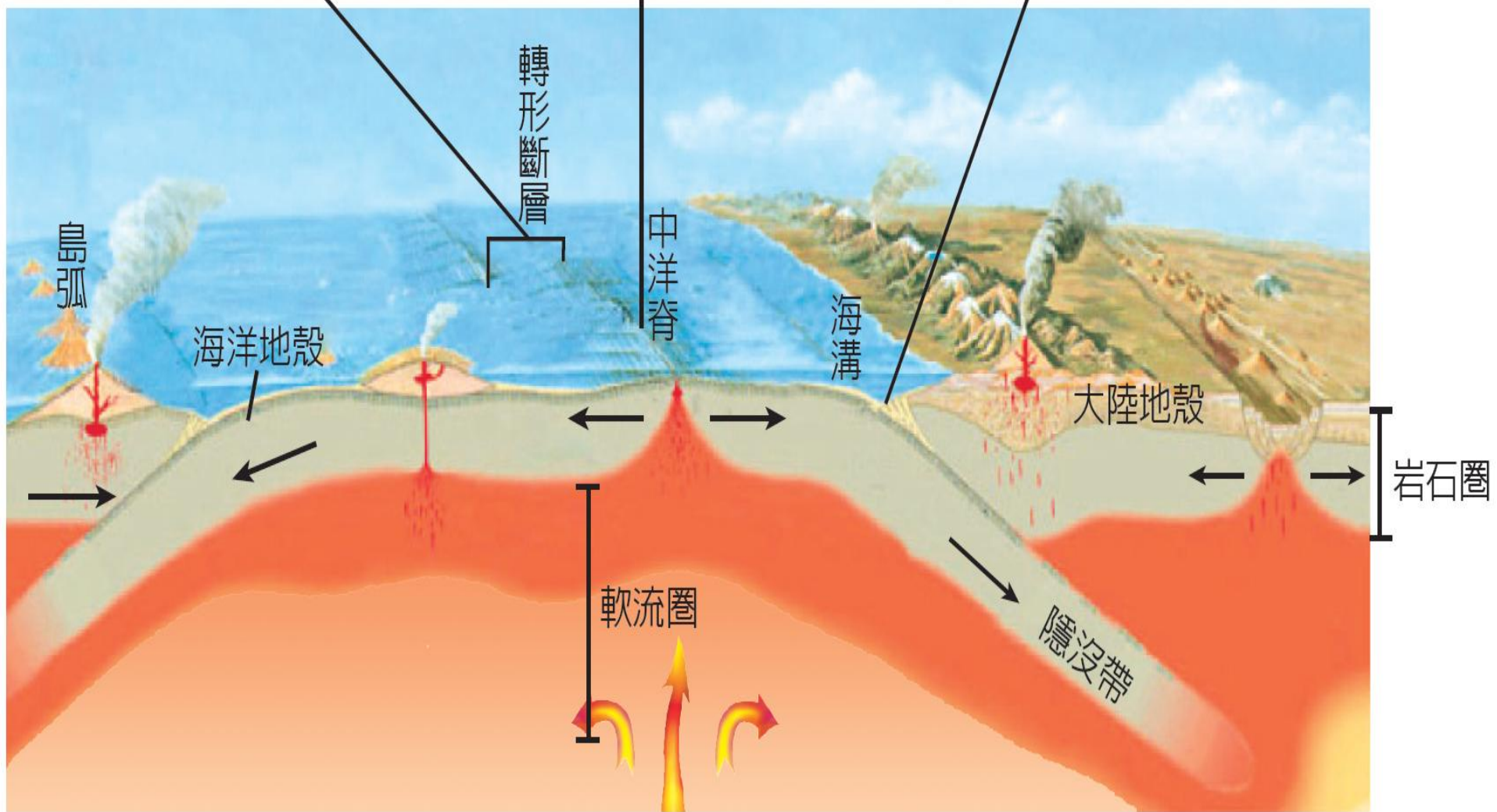
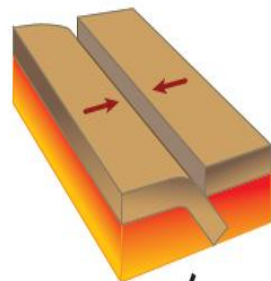
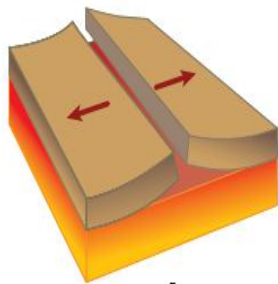
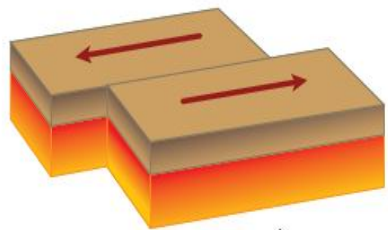
地函內的熱對流使板塊在軟流圈移動。



錯動性板塊邊界

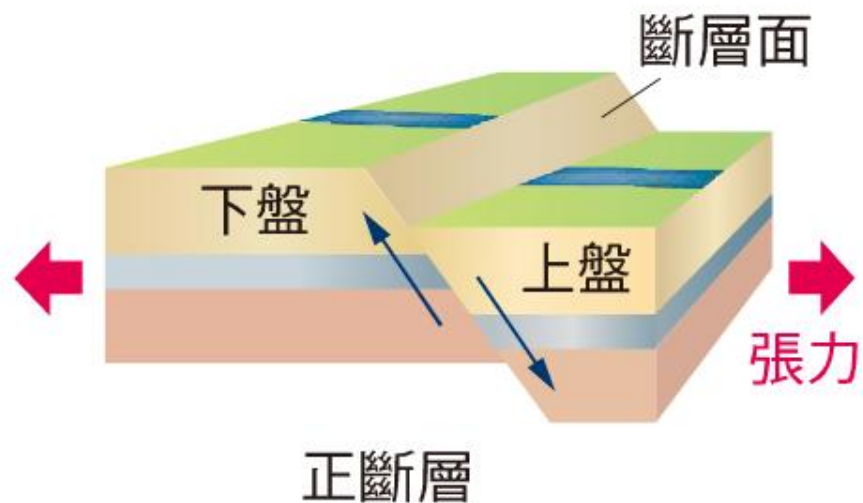
張裂性板塊邊界

聚合性板塊邊界



基礎地科(上) 斷層類型

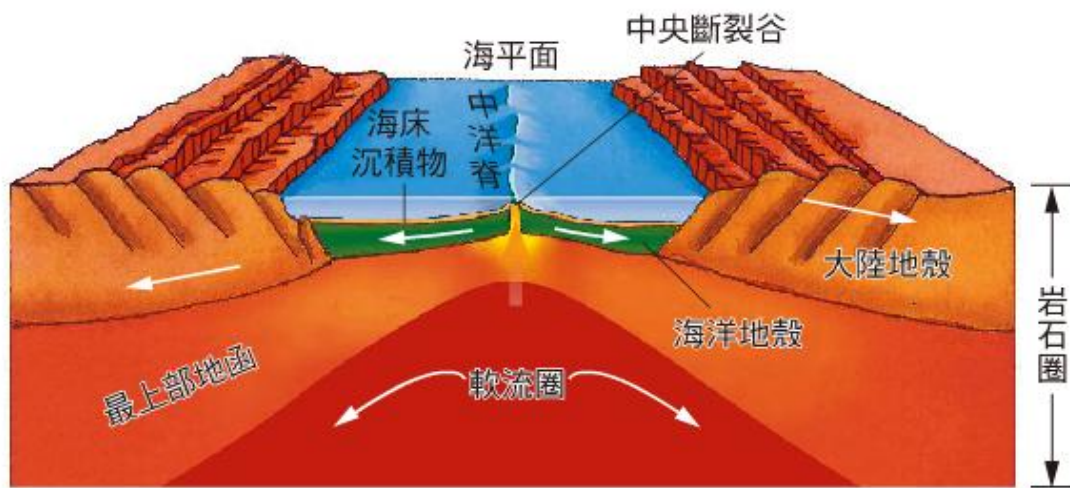
正斷層 逆斷層 平移斷層



- 正斷層：張力（張裂型）
- 逆斷層：受壓的力（聚合型）
- 平移斷層（錯動型斷層之一）：剪力（錯動型板塊）。



基礎地科(上) 張裂型板塊邊界



● 地函熱對流造成板塊拉張而形成，典型代表為中洋脊、裂谷。

● 主要斷層類型：正斷層

中洋脊的形成：中洋脊是張裂型板塊邊界，箭頭為運動方向。



基礎地科(上) 張裂型板塊邊界

a. 屬性：板塊物質生成處，熱對流上升將板塊往兩側拉開，岩漿沿裂隙湧出，形成新海洋地殼。

b. 地點：

形成中洋脊或張裂性裂谷（如冰島、東非大裂谷）。

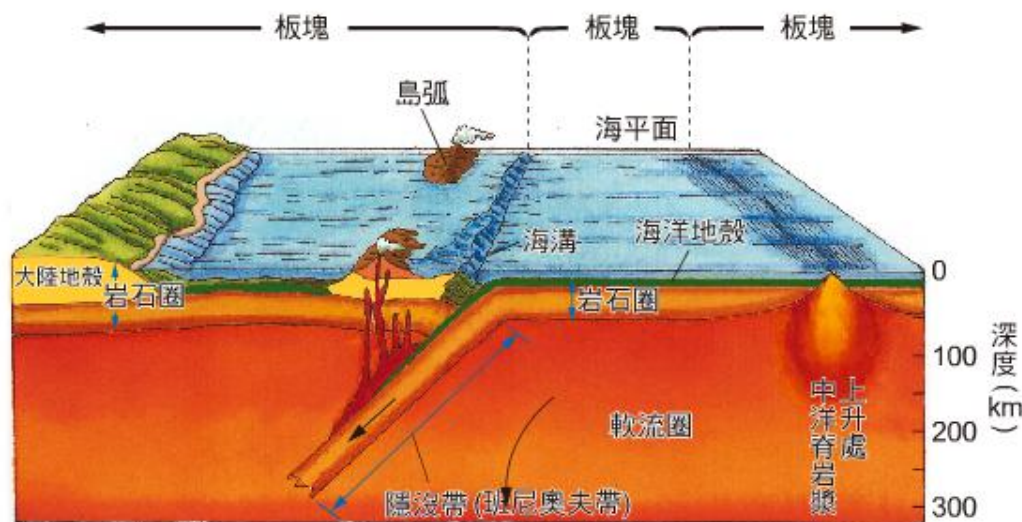
c. 地質特徵：

1. 斷層：受張力作用，形成正斷層為主。

2. 地震：活動非常頻繁，皆為淺源地震。

3. 岩漿：二氧化矽含量較低的玄武岩質岩漿。

基礎地科(上) 聚合型板塊邊界



聚合型板塊邊界及隱沒帶，黑色箭頭指示方向為運動方向。

● 板塊互相推擠碰撞而成，進行隱沒作用。受隱沒作用影響的帶狀分布區域稱為**隱沒帶**（班尼奧夫帶）。

● 主要斷層類型：逆斷層



基礎地科(上) 聚合型板塊邊界

屬性：板塊物質消滅處，熱對流下沉將板塊拉回地函（壓應力）。

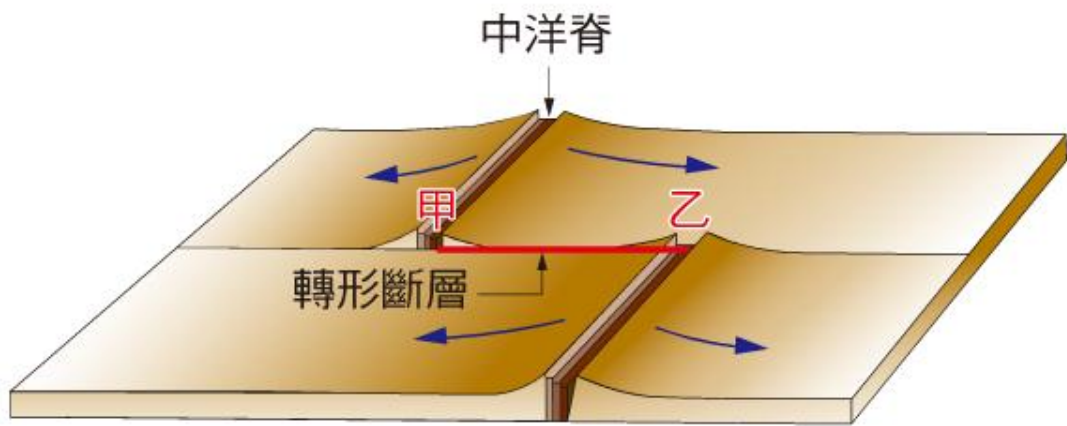
地質特徵：

1. **斷層：**受壓應力作用，形成逆斷層為主
2. **地震：**活動頻繁，淺中深源地震都有。
3. **海溝：**環太平洋地震帶四周，是海洋地殼的最深位置，熱流量最低。
4. **隱沒帶(班尼奧夫帶)：**板塊重回地函處
5. **島弧：**隱沒帶上方的火山活動。
6. **岩性：**擠壓形成變質岩；島弧主為安山岩。



基礎地科(上) 錯動型板塊邊界

- 因水平移動方向不同或速度不同所造成的平移斷層，兩板塊間原來相鄰的岩層隨時間而逐漸錯移；
典型：轉形斷層



轉形斷層（甲乙紅線標示處）示意圖





基礎地科(上) 錯動型板塊邊界



— 斷層 — 中洋脊 → 斷層移動方向

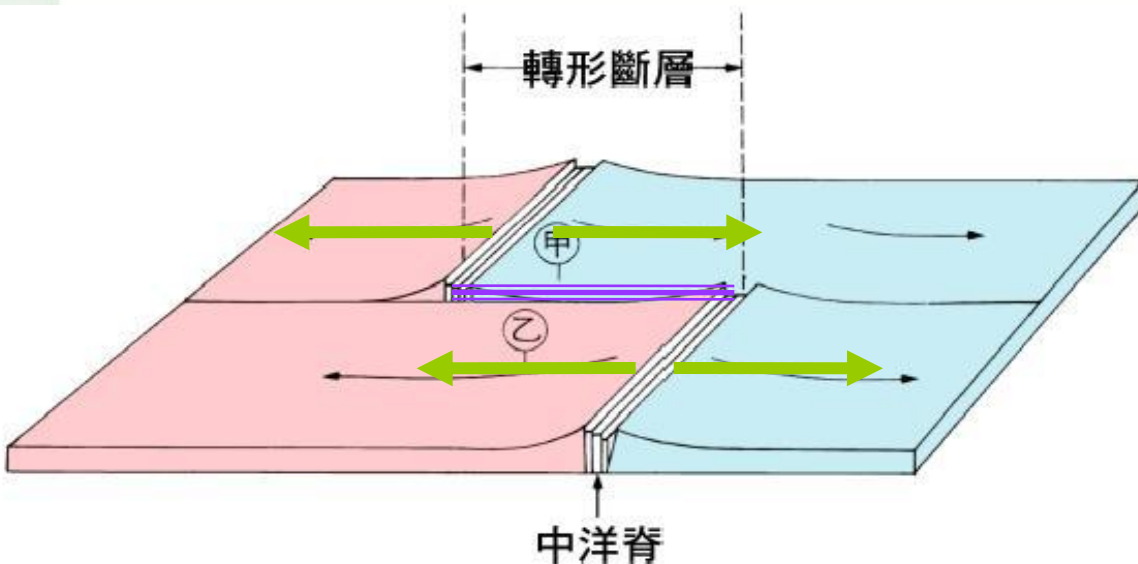
美國加州地區的聖安德里斯斷層為轉形斷層，
它成為北美板塊的局部西側邊界。

基礎地科(上) 錯動型板塊邊界

屬性：板塊物質不生成也不消滅。

位置：海洋中的**轉形斷層**；陸上如美國加州聖安地列斯斷層。

地質特徵：地震活動皆為**淺源地震**；極少有火山活動。

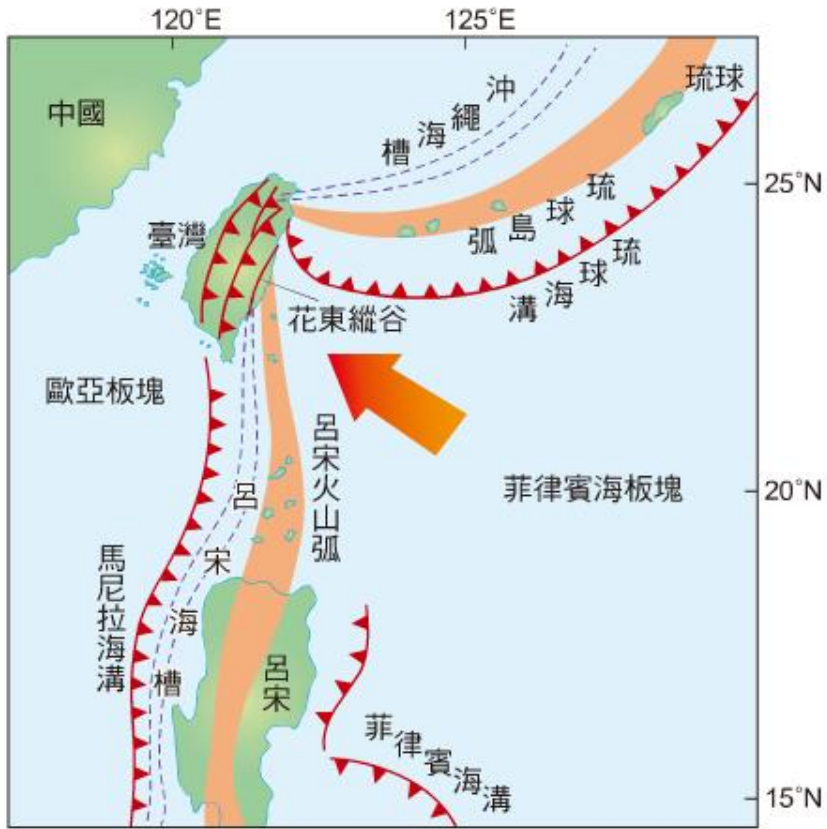


基礎地科(上) 板塊邊界類型的比較

類型	受力	斷層種類	震源深度	位置	岩漿類型	地形	實例
張裂	張力	正斷層	淺	海洋內	玄武岩	中洋脊	冰島
				陸地內		地塹	東非大裂谷
聚合	壓力	逆斷層	淺中深	洋與洋	安山岩	海溝 島弧	馬里亞納海溝
				洋與陸		海溝 山脈	安地斯山
			淺	陸與陸	無	山脈	喜馬拉雅山
錯動	剪力	平移斷層	淺	洋或陸	無	轉形斷層	聖安德列斯斷層



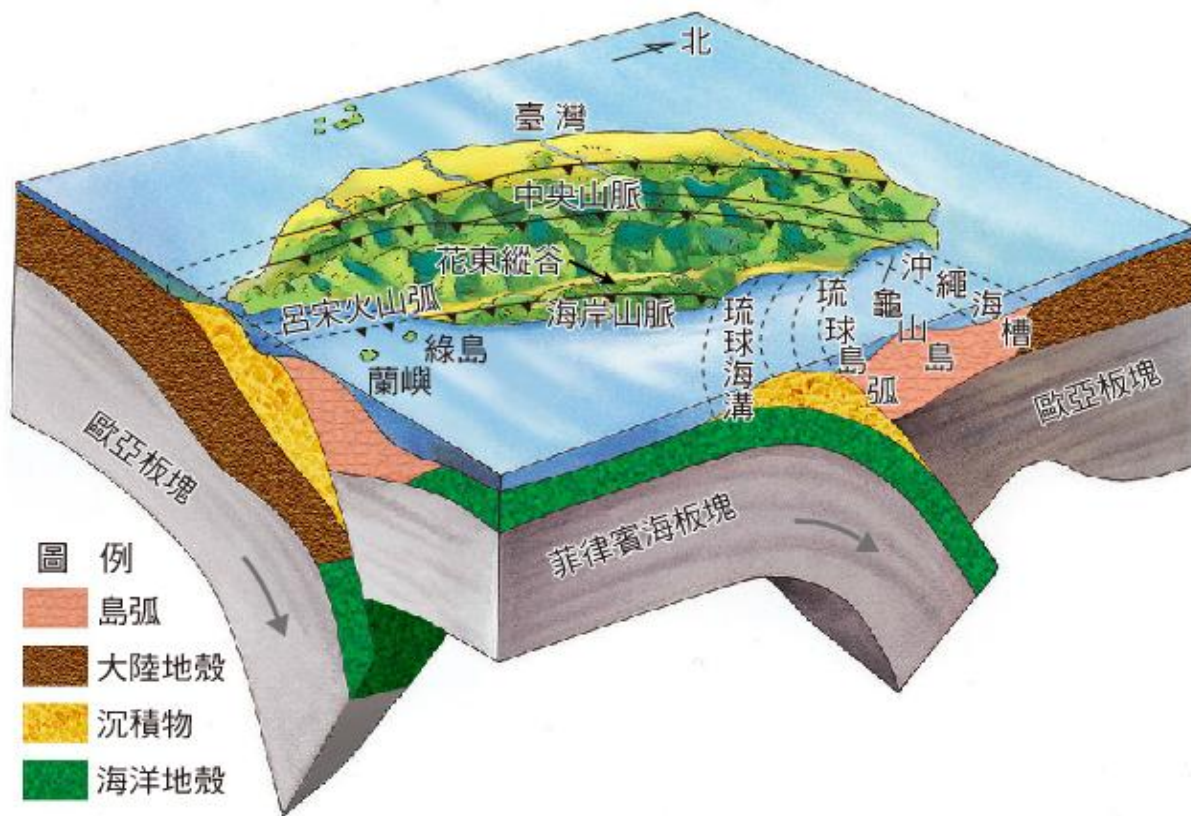
基礎地科(上) 臺灣附近的板塊構造



臺灣及附近地區的板塊構造格局示意圖



基礎地科(上) 臺灣附近的震源分布



臺灣的板塊構造及板塊碰撞示意圖

基礎地科(上) 臺灣附近的板塊構造

- 臺灣位在聚合型板塊邊界，以花東縱谷為界。
- 縱谷以西屬於歐亞板塊，以東則屬菲律賓海板塊，花東縱谷是此兩板塊的縫合帶。

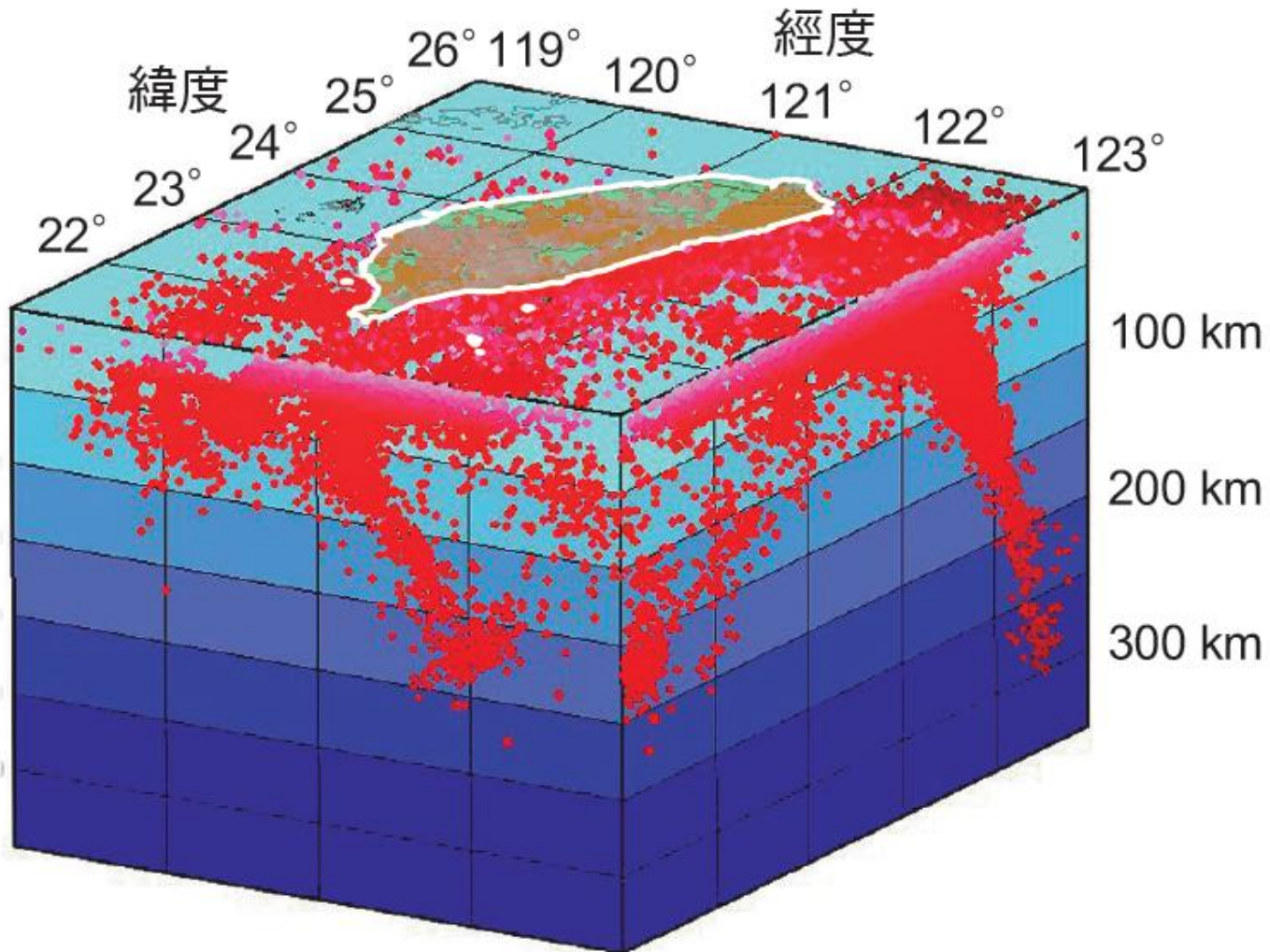
臺灣附近的震源分布

- 地震震源分布：
 - 由南向北逐漸加深：菲律賓海板塊由南向北隱沒到歐亞板塊之下，形成琉球島弧。
 - 由西向東逐漸變深：歐亞板塊隱沒到菲律賓海板塊之下，形成呂宋火山弧。



基礎地科(上) 臺灣附近的震源分布

臺灣的震源分布圖 (2001年 ~ 2011年)





基礎地科(上)

THE END

