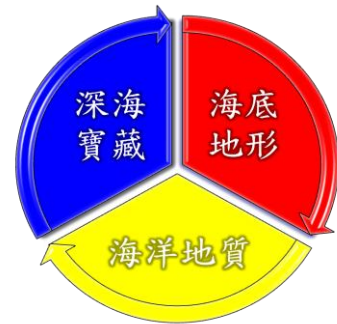




### 5-1 神祕的海洋

海底地形依距陸遠近，分有大陸邊緣、洋底盆地、中洋脊  
藉由海底沉積物種類及厚度、岩石年代、古地磁紀錄、  
地震、火山等證據，可以幫助了解過去的地球歷史。



#### 一、海底地形分區

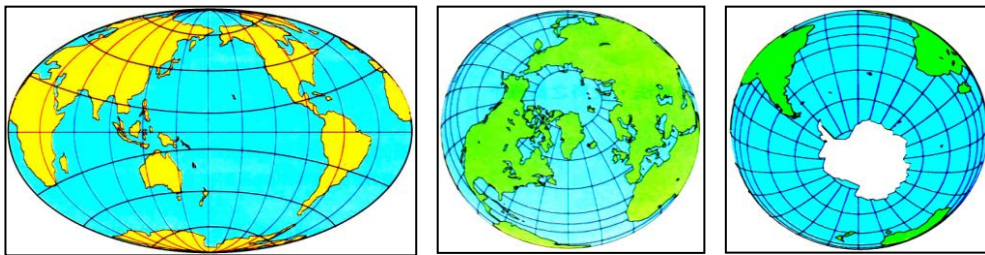
##### (一) 全球海陸分布概況

1. 陸地的平均高度約 840 公尺，海底平均深度 3800 公尺，  
全球平均高度約在海面下 2400 公尺深。

2. 陸地約占 30 %；海底約占 70 %。

北半球中，海水僅佔約 60 %，45 度到 70 度之間海水僅覆蓋了約 38 % 的表面積

南半球中，海水覆蓋超過 80 %，35 度到 65 度之間，則有 98 % 的面積為海水所覆蓋



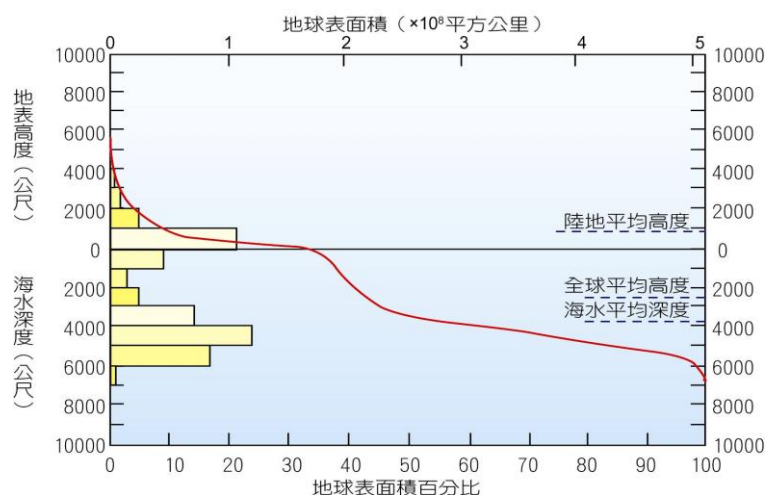
項次	名稱	面積(km <sup>3</sup> )
1	太平洋	1億5,555萬7千
2	大西洋	7,676萬2千
3	印度洋	7,491萬
4	南冰洋(南極海)	2,032萬7千
5	北冰洋(北極海)	1,405萬6千

3. 陸地在 0-1000 m 高，為所有陸地地形所占比例最高

海底在 4000-5000 m 深，為所有海底地形所占比例最高

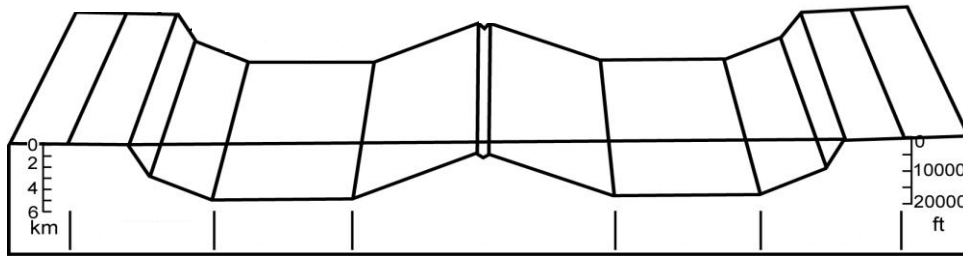
地球總表面積： $5.1 \times 10^8$  平方公里

超過海平面的地球表面積佔 35 %



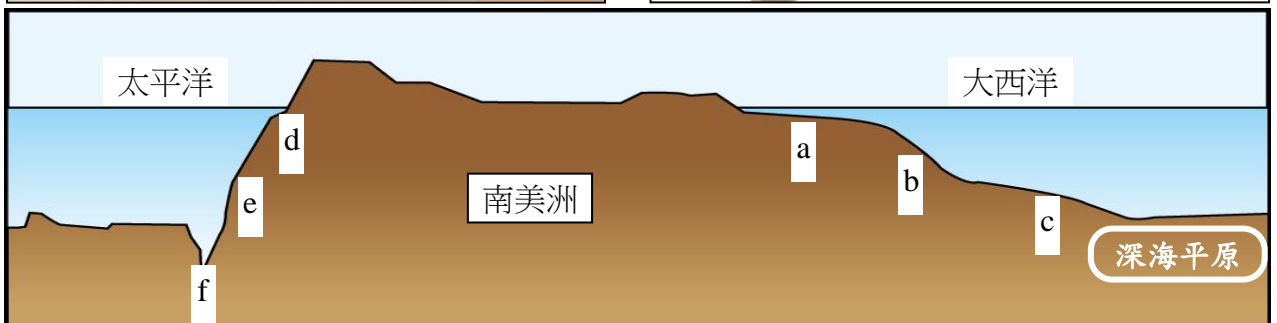
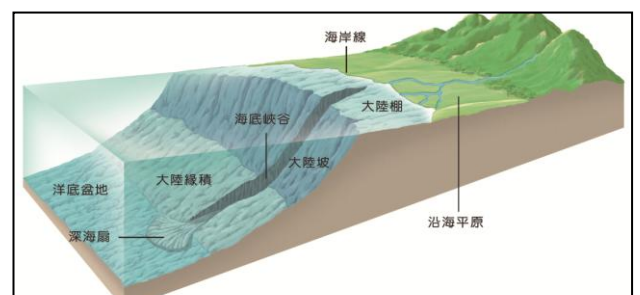
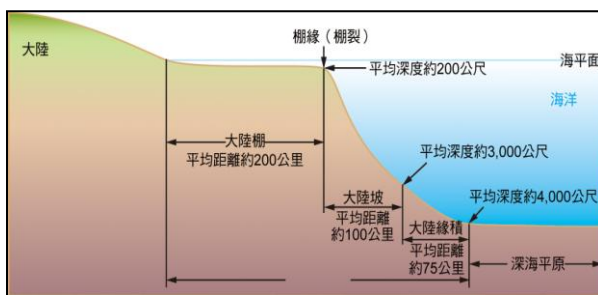
## (二) 海底地形劃分

從陸地到大洋中依序為 大陸邊緣、洋底盆地、中洋脊。



### 1. 大陸邊緣（連接陸地的過渡地形）：

- (1) 大陸棚：每公里的水深增加約 1 公尺，平均坡度約 0.1°，坡度最 緩，一側連接陸地。
- (2) 大陸坡：每公里水深增加約 25 公尺，平均斜度約 4°，坡度最 陡，常有海底峽谷。
- (3) 大陸緣積：每公里水深增加約 4 公尺，平均坡度小於 1°，坡度 次緩，常有深海扇。



#### 太平洋側（板塊的交界）

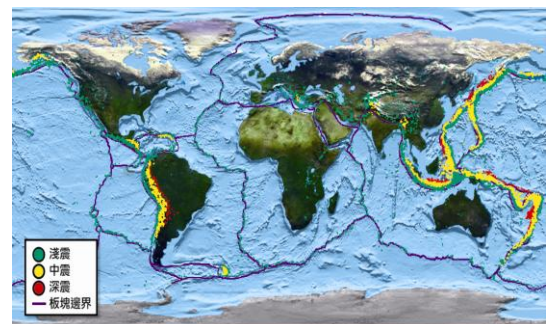
- ※較 窄 的大陸棚
- ※大陸坡直接連接海溝
- ※ 缺乏 大陸緣積
- d： 大陸棚
- e： 大陸坡
- f： 海溝

#### 大西洋側（非板塊的交界）

- ※較 寬 的大陸棚
- ※ 罕見 海溝
- ※連接深海平原
- a： 大陸棚
- b： 大陸坡
- c： 大陸緣積（大陸隆堆）

### 2. 洋底盆地：

水深 4000~6000 公尺之間，主要為地勢平坦的深海 平原，也有深海 丘陵 和 海底山。  
 海底山高度超過 1,000 公尺  
 深海丘陵高度 不 超過 1,000 公尺



### 3. 中洋脊（綿延很長的大山脊）

- (1) 除北 太平洋 之外，中洋脊多在大洋中央  
 地球三大洋全長可達 80000 公里，寬約 1000 以上公里
- (2) 中洋脊高於洋底盆地約 2500 公尺
- (3) 凸出的頂部有凹陷的裂谷，頂部裂谷 不 連貫，被 轉型 斷層截切分段。

## 二、海洋地質

(一) 成分：大部分的海洋地殼，主要由被 沉積層 覆蓋的 火成岩 所組成。

1. 沉積物來源：

- (1) 陸 源：來自陸地侵蝕作用、火山噴發經外營力搬運至海底堆積。
- (2) 生物 源：生物遺骸沉降
- (3) 自生 源：海水化學沉澱
- (4) 太空 源：來自太空的宇宙灰塵及隕石碎片

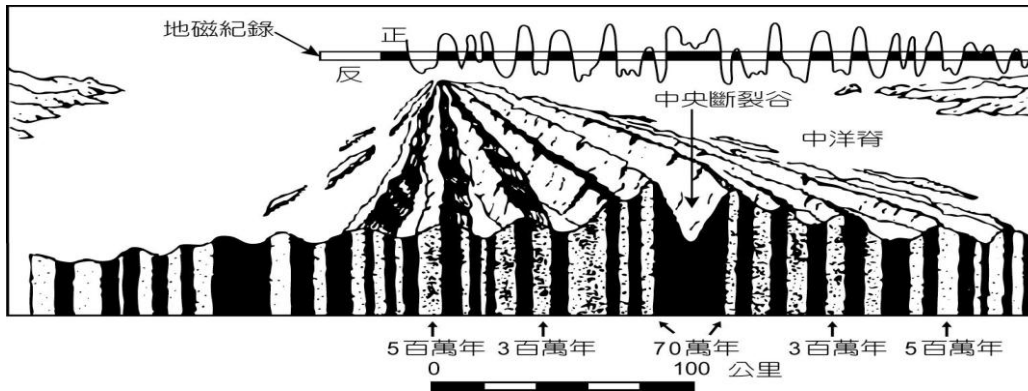
2. 火成岩：來自地函岩漿，冷凝形成的 玄武 岩和 輝長 岩。

(二) 年代與厚度

1. 中洋脊頂部的火成岩最年輕
2. 中洋脊兩側離裂谷愈遠火成岩愈 老
3. 沉積層中洋脊頂部最 薄，往兩側逐漸變 厚

(三) 地球物理現象

1、古地磁會反覆 倒轉，在中洋脊兩側呈對稱分布



## 2、古地震與火山活動

(1) 板塊邊界：

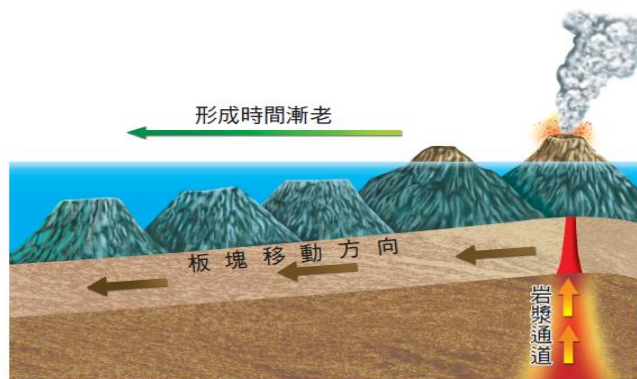
a. 中洋脊有 玄武 岩漿活動、正斷層、轉形斷層錯動造成的 淺 源地震。  
海底擴張的作用力在中洋脊產生拉張的效果。

b. 海溝有 逆 斷層，可造成 淺、中、深 源的地震，多 安山 岩。  
在海溝處產生擠壓的作用，並有板塊物質隱沒。

(2) 板塊內部：

a. 深海丘陵通常靠近中洋脊，海底山則是「熱點」處岩漿活動而呈 鏈 狀排列。

b. 如果海底山的頂部曾十分接近海面，甚至露出海面受波浪侵蝕而將頂端削平，  
形成頂部平坦的 海桌山。



### 三、深海寶藏（深海探測的發現與應用）

深海探測的發現可應用於科學研究，亦有助於探勘、開採具有經濟價值的礦產資源。

(一) 科學研究方面：海底變動的證據支持板塊運動理論

(二) 生物性沉積物的研究：

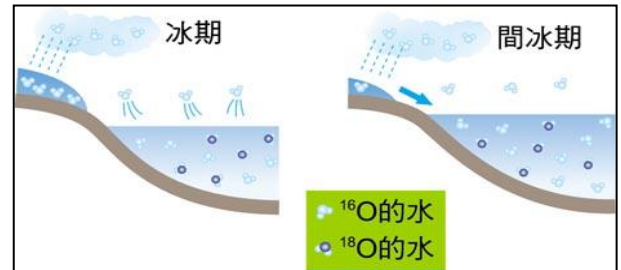
1. 建立地質年代的基礎依據
2. 了解洋流變化
3. 了解氣候變遷（利用海洋岩芯內有孔蟲之  $O^{16}$  與  $O^{18}$  之比可推得）



#### ※溫故知新

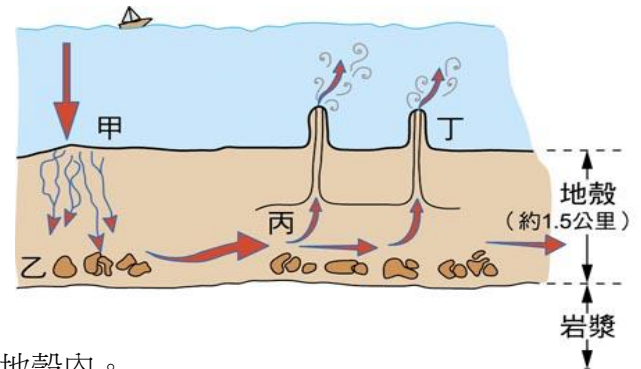


(冰期時) 冰層中： $\frac{^{18}O}{^{16}O}$  的比值降低  
海水中： $\frac{^{18}O}{^{16}O}$  的比值升高



(三) 海底熱泉及周圍海洋生物的發現：

1. 幫助了解海床下的熱液循環
2. 地球早期缺氧環境的生物形態。



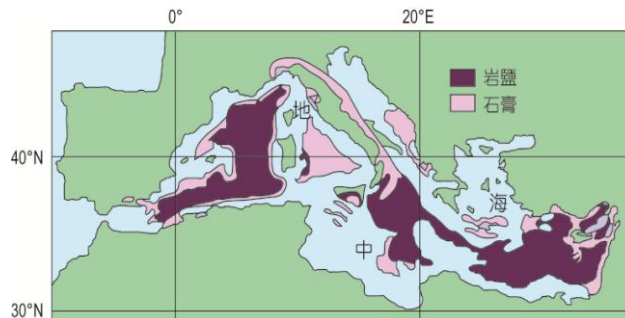
※深海熱泉的水動力機制模式：

- 甲：冷海水經岩石隙縫，滲入中洋脊附近地殼內。
- 乙：位於中洋脊的石塊經下方岩漿加熱後，遇滲入的冷海水而破裂。
- 丙：滲入的冷海水經下方岩漿加熱後，經海底火山通道向上如熱泉般噴出。
- 丁：熱泉可以溶解破裂石塊中的礦物質，噴出時將之帶出，而成為生物的營養鹽。

(四) 深海沉積物

1. 地中海的海床下 100~200 公尺深處，發現 3000 公尺厚，大片由鹽分和石膏所組成的厚層沉積岩：

證明地中海在過去曾經乾涸，使得水蒸發所產生的沉澱累積成為蒸發岩。

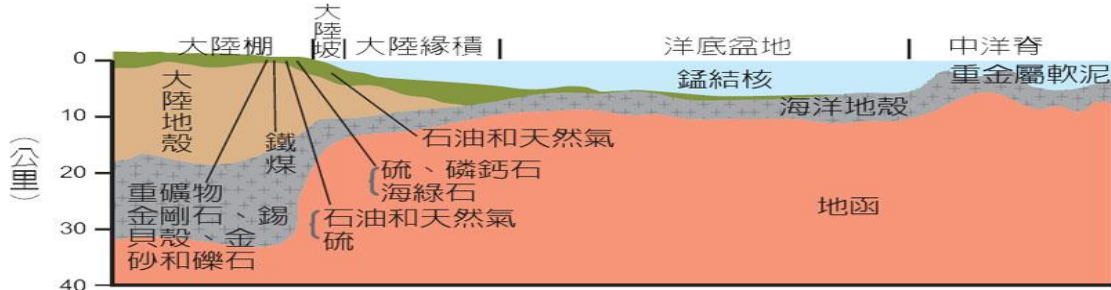


2. 墨西哥灣海底找到隕石撞擊的遺跡：導致中生代生物大滅絕的證據之一  
一直徑 10km 的隕石，造成180公里寬，近1公里深的坑洞  
產生的能量相當於 6 百萬次火山爆發的總能量

## (五) 經濟礦產資源

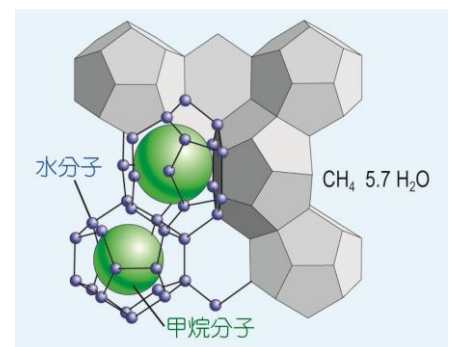
### 1. 石油和天然氣：

- (1) 估計全球 20% 石油、天然氣蘊藏海底
- (2) 大陸棚 已設置鑽油臺進行開採外，
- (3) 大陸緣積和半封閉海域有厚層沉積物的 洋底盆地 也有儲藏化石燃料的潛力。  
※19th 海洋石油年產量 30 億噸，占全球總產量 50%  
※1969 年台灣曾在新竹外海開發長康油氣田



### 2. 天然氣水合物 ( 甲烷 水合物 ) 的發現

- (1) 甲烷水合物含碳量估計為煤、石油和天然氣含碳量的 兩倍 以上，未來可取代化石燃料
- (2) 常溫常壓下，可釋放出氣體分子，  
1 單位體積的天然氣水合物，可釋放 150~170 倍的甲烷氣體。  
估計可成為 21 世紀最具經濟潛力的能源
- (3) 廣泛分布在超過 400 公尺水深的 大陸邊緣 沉積物以及南北極的永凍層中。  
低 溫、高 壓的狀態與 水分子 包合形成一種固態物質  
(0°C、26 大氣壓 或 -10°C、17 大氣壓)
- (4) 開採對環境有潛藏的危險
  - a. 甲烷是強效的「溫室 氣體」，若大量天然氣水合物迅速解離，釋出甲烷氣體到空氣中，會對全球氣候造成相當大的影響。
  - b. 海底的天然氣水合物解離可能形成地層中的弱帶引起海底崩塌而造成海嘯。



### 3. 錳核

- (1) 以生物遺骸為核心而被重金屬礦物層層包裹  
含有 錳、鐵、銅、鎳、鈷 等二十多種元素。  
可作為提煉金屬的材料來源，經濟價值很 高，但成本 高、海洋污染風險高。
- (2) 廣泛分布在三大海洋底部
- (3) 通常呈 球 形，直徑約 2~5 公分呈棕色或黑色，具有 洋蔥 狀結構。
- (4) 生長速度 慢。大約 1,000 年生長 1 公釐，甚至有的 25 萬年生長 4 公釐

### 4. 黑煙囪

中洋脊深海熱泉中含有 鐵、銅、鋅、鉛、錳 等元素遇到冰冷海水在噴口附近沉澱出金屬礦物，亦具有成為金屬礦產的潛力。

### 範例練習

- ( C ) 1. 大西洋型和太平洋型的大陸邊緣，兩者最大的差別為何？ (A)前者有海溝，後者有大陸緣積 (B)前者有海溝，後者有大陸斜坡 (C)前者有大陸緣積，後者有海溝 (D)前者有大陸坡，後者有大陸緣積。

解題要訣：太平洋周圍有板塊隱沒現象，故有海溝，而沒有典型大陸邊緣外緣之大陸緣積。

- ( C ) 2. 下列哪種海底地形的平均水深最深？ (A)大陸棚 (B)大陸坡 (C)洋底盆地 (D)中洋脊。

解題要訣：除海溝外，洋底盆地最深。

- ( C ) 3. 自海岸到水深二百公尺的地帶，海底地形比較平緩，稱為 (A)大陸斜坡 (B)海底高原 (C)大陸棚 (D)深海平原 (E)大陸隆堆。

解題要訣：距陸最近，坡度最緩的是大陸棚。

- ( A ) 4. 由中洋脊兩側地磁紀錄可說明下列哪一種現象？ (A)海底擴張 (B)岩石循環 (C)深處海流 (D)地層擠壓。

解題要訣：古地磁紀錄是海底擴張的最有力證據。

- ( D ) 5. 深海平原上沉積物的主要來源為何？ (A)河流帶入海洋的泥沙 (B)風吹到海洋的黃土 (C)火山噴發的火山灰 (D)海中生物遺骸的沉積。

解題要訣：深海距陸遠，不易有陸源沉積物，多為生物遺骸之沉積。

- ( C ) 6. 下列關於海底地形之敘述，何者不正確？ (A)海底深度主要由聲納探測 (B)海底地形分區中，距離陸地最近者為大陸邊緣 (C)在聚合性板塊邊界的海岸，其大陸棚通常較寬廣 (D)中洋脊之中央裂谷之沉積層較薄。

解題要訣：大陸棚寬窄與板塊邊界型態無關。

### 【單元練習】

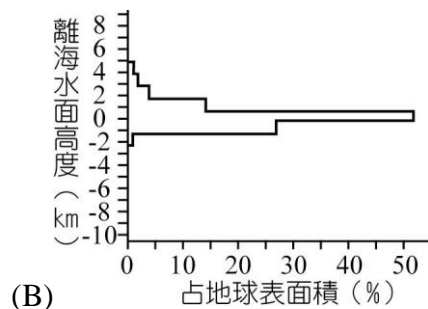
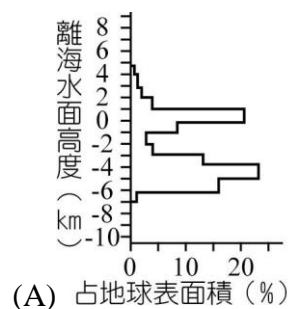
- ( B ) 1. 海底地形大致可分為大陸邊緣、洋底盆地及中洋脊，在哪一個大洋中的海底地形幾乎呈對稱性分布？ (A)太平洋 (B)大西洋 (C)印度洋 (D)北極海。

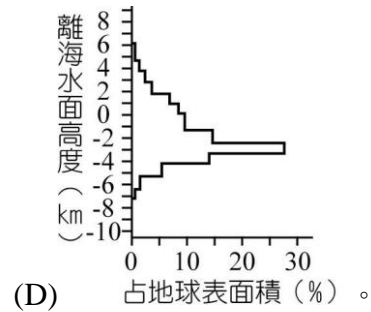
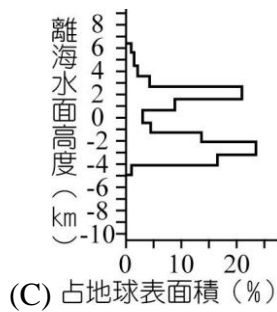
【解析】大西洋中洋脊幾乎就在大洋中間，故海底地形幾乎對稱。

- ( C ) 2. 下列關於海底地形之敘述何者正確？ (A)海底山分布於各大洋海底，若將海水去除，是很明顯又長又大的山脈 (B)大陸棚之坡度較大陸坡緩，兩者之交界在離岸 200 公尺遠處 (C)臺灣海峽海域屬於大陸棚之範圍 (D)有些大陸邊緣有大陸緣積出現，但隱沒帶常由大陸坡取代。

【解析】(A)應為中洋脊。(B)大陸棚寬度不固定。(D)隱沒帶處為海溝地形。

- ( A ) 3. 若地表的高度與海水面深度以 km 做單位區別，下列何圖是代表各種地形所占的比例？





**【解析】**陸地上海平面高度附近的面積最大，海底之下在水深 4000m ~ 5000m 的面積最大。

- ( B ) 4. 中洋脊全長約 72000 公里，下列敘述何者不正確？ (A)為地球上最長的山脈 (B)多分布於海陸交界處 (C)為海底火山主要分布處 (D)常被轉型斷層橫截。

**【解析】**中洋脊為張裂性板塊邊界，不一定位於海陸交界處。

- ( A ) 5. 根據海底擴張說之論點，何以海洋地殼年紀大多不老於二億年？ (A)老的海洋地殼都進入地函消失了 (B)老的海洋地殼因海底擴張變成陸地地殼 (C)因不斷的有玄武岩流覆蓋在舊地殼上 (D)海洋地殼沉積作用旺盛。

**【解析】**經由海底擴張，老的海洋地殼在海溝處隱沒消失，所以留下的海洋地殼都是較年輕的。

- ( C ) 6. 海洋地殼上之磁力條帶可以提供下列何種訊息？ (A)海洋地殼的岩石成分 (B)海洋地殼的密度分布 (C)海洋地殼的生成年齡 (D)海洋地殼的生成溫度。

**【解析】**不同的地質年代有不同的正、反向地磁紀錄。

※海底之中占最大面積為 (甲)，在 (甲) 與 (乙) 之間為大陸坡，其所占的面積不大。

- ( C ) 7. 上文之中的甲應填入哪一種地形？ (A)大陸棚 (B)海底峽谷 (C)洋底盆地 (D)海溝 (E)中洋脊。

**【解析】**太平洋與大西洋的海底中洋底盆地占的面積最大。

- ( A ) 8. 上文之中的乙應填入哪一種地形？ (A)大陸棚 (B)海底峽谷 (C)洋底盆地 (D)海溝 (E)中洋脊。

**【解析】**大陸坡介於洋底盆地與大陸棚之間。

## 5-2 臺灣周圍的海洋

### 一、臺灣附近海底地形

※臺灣島位於

歐亞板塊與菲律賓海板塊的聚合處

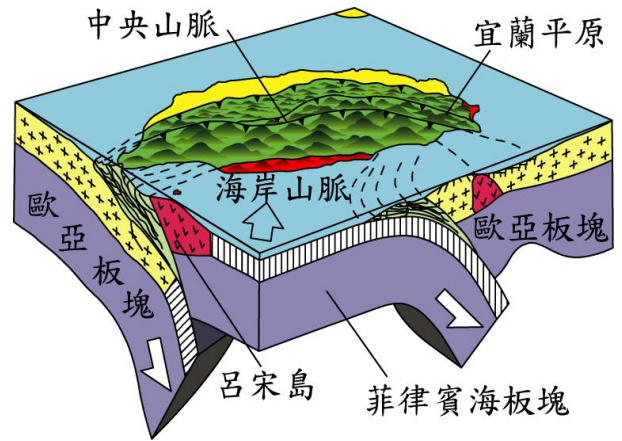
※兩板塊以花東縱谷為界

以東屬於菲律賓海板塊

以西屬於歐亞板塊

北側：菲律賓海板塊向北隱沒到歐亞板塊下

南側：歐亞板塊向東隱沒到菲律賓海板塊下



#### (一) 東側

1. 菲律賓海板塊在琉球海溝往北隱沒，形成的地形和地質構造多為東西走向。
2. 琉球島弧系統東西向延伸至宜蘭外海的龜山島和臺灣北部的基隆火山、大屯火山區
3. 島弧後方系統（北側）的沖繩海槽為張裂盆地，延伸至臺灣為蘭陽平原。
4. 東部外海水深變化極快，離岸10公里處已達1000公尺深，島弧系統東側為深度超過4000公尺的深海平原。

#### (二) 南側

1. 歐亞板塊在馬尼拉海溝往東隱沒，形成的地形和地質構造多為南北走向
2. 呂宋火山島弧南北向延伸至綠島、蘭嶼、臺灣陸上的海岸山脈。
3. 花東縱谷往南延伸為南縱海槽，中央山脈往南延伸入海則為恆春海脊。

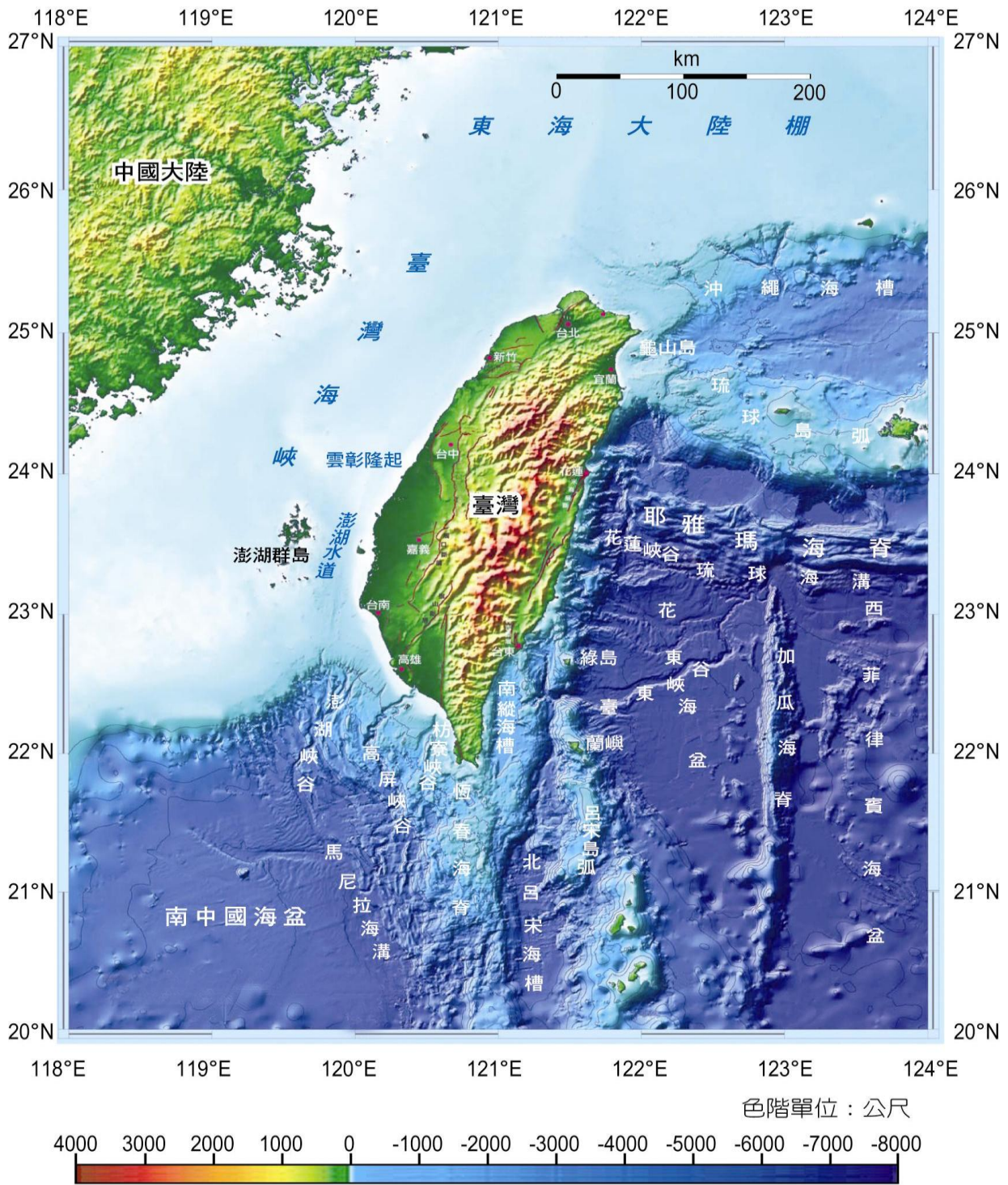
#### (三) 西側

1. 西部平原和臺灣海峽地形，與河流的侵蝕搬運以及冰期—間冰期所造成的海平面升降有關。
2. 歐亞大陸河流向東南方出海，臺灣島上也在中央山脈隆起後河川多由東往西流，造成大量沉積物累積。形成臺灣海峽的大陸棚地形和臺灣西部平原區。
3. 上一次最大冰期的海面比現在低約120公尺，臺灣海峽在當時為陸地。
4. 水深約一百至二百公尺的澎湖水道是冰期時的河床。
5. 高屏溪出海後挾帶大量泥沙冲刷侵蝕形成現今海底之高屏峽谷。

### 二、臺灣海底資源

- (一) 許多海盆和構造具有開發石油和天然氣的潛力。
- (二) 海砂去鹽、鈣質沉積，可做為建材原料。
- (三) 海峽大陸坡和緣積有天然氣水合物廣泛存在的證據。
- (四) 海域的岩芯可研究東亞氣候變遷和洋流變化。





### 範例練習

- ( D ) 1. 下列何種海底地形在臺灣海域附近並未出現？ (A)大陸棚 (B)大陸坡 (C)深海平原 (D)中洋脊 (E)島弧。

解題要訣：臺灣位於聚合性板塊邊界，離張裂性邊界較遠。

- ( C ) 2. 下列有關臺灣附近海底地形的敘述，何者錯誤？ (A)東岸海底地形屬於大陸坡 (B)東岸的坡度較陡 (C)海底的深度，西岸較東岸為深 (D)西岸較適合開發為海水浴場。

解題要訣：臺灣西側臺灣海峽為中國大陸棚之延伸，故深度較淺。

- ( A ) 3. 臺灣海峽位於臺灣西部和大陸之間，請問在海底地形的分類上是其屬於以下何者？ (A)大陸棚 (B)大陸坡 (C)洋底盆地 (D)中洋脊。

解題要訣：臺灣海峽深度在200m以內，為大陸棚。

## 【單元練習】

- ( C ) 1. 臺灣東南方海域，由綠島、蘭嶼延伸的呂宋島弧是屬於下列何板塊？  
(A) 歐亞大陸板塊 (B) 太平洋海板塊 (C) 菲律賓海板塊 (D) 南中國海板塊。

【解析】此處為菲律賓海板塊向西仰衝至歐亞大陸板塊之上，從南縱海槽（花東縱谷往南延伸）以西屬於菲律賓板塊。

- ( B ) 2. 臺灣周圍海底地形中忽然驟降至 4000 公尺深的地區是何者？ (A) 高屏峽谷 (B) 呂宋島弧以東 (C) 琉球島弧以北 (D) 澎湖水道。

【解析】呂宋島弧以東為花東海盆或菲律賓海盆地區，深度在 4000m 以上。

- ( E ) 3. 小明針對臺灣附近之海底地形圖（乙），（等深線單位為公尺），做了下列判斷：(甲)甲為大陸棚；(乙)乙為大陸棚；(丙)丙是海溝；(丁)丁是海脊；(戊)坡度由大至小依序為丙乙丁甲。上述敘述何者正確？ (A) 甲乙 (B) 甲丙 (C) 乙丁 (D) 丙丁 (E) 甲戊。

【解析】甲為大陸棚，乙丙為大陸坡，丁是海槽，由等深線密度可知，坡度由大至小為丙乙丁甲。

※2001 年果敢號海洋研究船於臺灣東北角海域進行研究，

發現南沖繩海槽三萬年來之沉積速率約為每年 4 公釐，回答 4.~5. 題：

- ( B ) 4. 此項研究成果是應用以下哪一種研究方式得知？

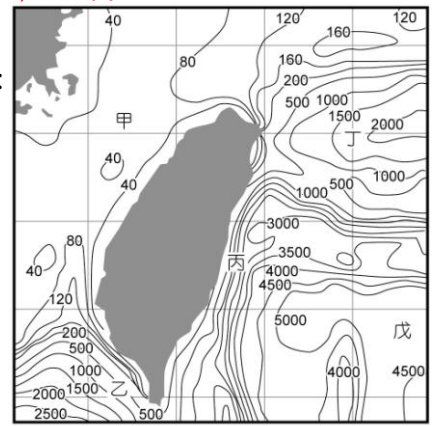
(A) 聲納法 (B) 深海鑽探  
(C) 地震波震測 (D) 人造衛星重力探勘。

【解析】沉積物需直接鑽探，才可採樣定年。

- ( C ) 5. 此海域之沉積物厚度至少有多厚？

(A) 1 公尺 (B) 10 公尺 (C) 100 公尺 (D) 1 公里。

【解析】4 公釐 / 年 × 30000 年 = 120 公尺。



## 【綜合評量】

- ( C ) 1. 有關大陸坡和大陸棚的地形比較，下列何者是錯誤的？ (A) 前者的坡度較大 (B) 前者的深度較深 (C) 前者的地表地形起伏較小 (D) 前者具有海底峽谷 (E) 前者距海岸較遠。

【解析】大陸坡上還有一些峽谷等地形，故起伏較大。

- ( A ) 2. 有關臺灣海底地形敘述，下列何者為非？ (A) 有海底峽谷、海底山、海底高原等地形 (B) 西部海底於冰河期可能出露海面 (C) 東部大陸坡上有許多海底峽谷 (D) 和沖繩海槽相併排列者是琉球島弧。

【解析】臺灣附近有海底峽谷，但無海底山、海底高原等地形。

- ( D ) 3. 澎湖水道的形成原因為何？ (A) 板塊隱沒 (B) 板塊張裂 (C) 大陸邊緣堆積物崩落形成濁流，切蝕海底斜坡形成 (D) 冰河期河川攜帶泥沙切蝕而成。

【解析】澎湖水道是冰期的河床。

- ( D ) 4. 臺灣東部外海深度常達 6000~7000 公尺，此種海底地形的成因為何？  
(A) 地層下陷 (B) 嚴重侵蝕 (C) 地震活動 (D) 板塊隱沒。

【解析】6000~7000 公尺深為海溝地形，是因為海洋板塊隱沒入大陸板塊之下所致。

- ( D ) 5. 臺灣附近海底地形複雜，冰河時期會露出海水面成為陸地的臺灣海峽為一（甲）地形，且有一低窪的（乙）為冰河時期河川出海口。上文之中甲、乙應填入何地形名稱？ (A) 大陸坡、高屏峽谷 (B) 大陸坡、澎湖水道 (C) 大陸棚、高屏峽谷 (D) 大陸棚、澎湖水道。

【解析】臺灣海峽海底水淺為大陸棚；當冰河時期海水面下降，澎湖水道為當時陸地上之河流侵蝕的 V 型谷。

- ( D ) 6. 南大西洋最老的沉積物年代約為一億兩千五百萬年，科學家認為這暗示著一億兩千五百萬年前，非洲和南美洲還連結在一起，中間有一道淺淺的裂谷，而後裂谷逐漸擴張，海洋形成。

若上述論點能夠成立，表示在南大西洋的海底不能出現下列哪一種地形？

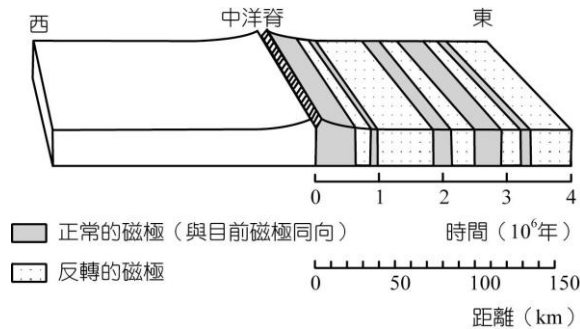
(A)海底山 (B)大陸棚 (C)海槽 (D)海溝 (E)中洋脊。

【解析】大西洋四周無海溝地形。

- (E) 7. 承上題，若南大西洋的中洋脊正好位於海洋中央且其平均寬度為 2500 公里，則此處中洋脊兩邊海洋地殼相對於中洋脊的平均移動速度約是每百萬年多少公里？ (A)200 (B)100 (C)50 (D)20 (E)10。

【解析】 $2500/2=1250\text{km}$ ， $1250/125\times 10^6=10\text{km}/10^6\text{年}$ 。

- (A) 8. 下圖為中洋脊右（東）側海底火成岩所示的磁場方向，這模型洋脊的左（西）側省略不畫，火成岩的年代與離洋脊的距離如圖所示，下列敘述何者正確？ (A)板塊擴張的速率為 3~4cm/年 (B)板塊擴張的速率為 7~8cm/年 (C)地磁條帶約 80 萬年反轉一次 (D)地磁條帶約 8 萬年反轉一次。



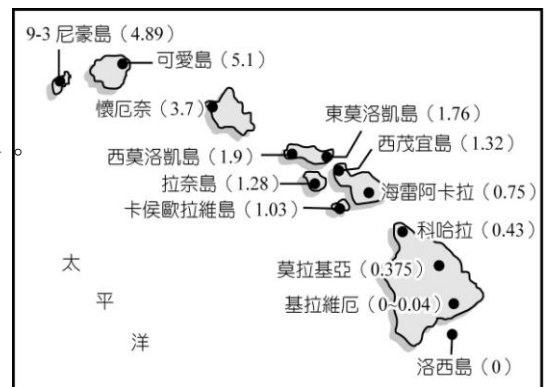
【解析】(A) $150\times 10^5\text{cm}/4\times 10^6\text{yr}=3.75\text{cm}/\text{yr}$ 。(C)(D) $4\times 10^6\text{年}$ 地磁變化 9 次，故約 40 萬年反轉一次。

※夏威夷是最早被以「熱點」來解釋的地區，根據「熱點」理論，依下圖回答 9.~10.題（下列各島嶼名稱旁的數字，為各島岩石所定的年代，單位為百萬年）：

- (C) 9. 夏威夷群島位在哪一區域內？  
(A)大陸棚 (B)大陸邊緣 (C)洋底盆地 (D)中洋脊。

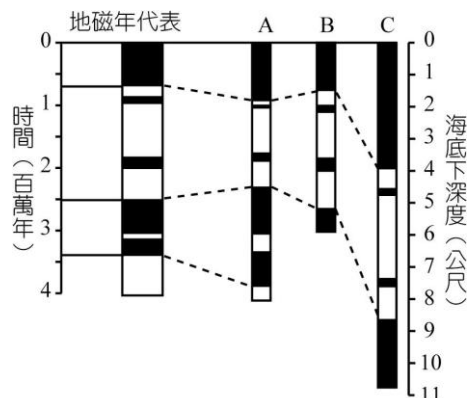
【解析】夏威夷島在太平洋之洋底盆地內。

- (D) 10.如何解釋夏威夷火山成鏈狀排列？  
(A)熱點在太平洋板塊之下，不斷改變位置  
(B)熱點和太平洋板塊都在動，只是熱點移動比較快  
(C)熱點和太平洋板塊都不動，是岩漿出口跑掉了  
(D)太平洋板塊移動但熱點不動，太平洋板塊經過熱點上方的位置會形成火山島。



【解析】(D)熱點是從地函湧出的熱液柱，而板塊是在其上移動。

※下圖所示為海底沉積物分布，虛線所連結之處代表同一時間形成，依圖回答 11.~12.題：



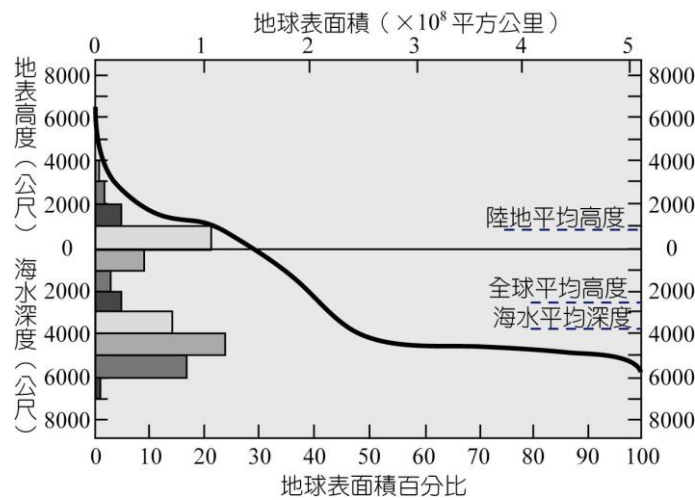
- (C) 11.最近 1 百萬年內，A、B、C 三地點中，何處的沉積速率最大？ (A)A (B)B (C)C。

【解析】C 處在同年代時間內堆積的厚度較大，表示沉積速率最大。

- ( B ) 12. 圖中 A 地點最近 3 百萬年的平均沉積速率約為多少公尺／百萬年？ (A)0~1 (B)2~3 (C)4~5 (D)6~7。

【解析】A 處在 300 萬年內約堆了近 6.5 公尺，故沉積速率約= $6.5/3 \times 10^6 = 2.2$  公尺 / 百萬年。

※下圖中柱狀圖為地球上海、陸各高度所占比例，曲線為所占比例累積百分比，參考此圖回答 13.~14.題：



- ( E ) 13. 地球表面陸—海面積比約為多少？ (A)50 : 50 (B)60 : 40 (C)70 : 30 (D)85 : 15 (E)30 : 70。

【解析】海陸交界 (海平面) 處，累積百分曲線約在 30% 處，故陸海比為 30:70。

- ( E ) 14. 全球大洋的平均深度約 4000m，深度大於 4000 公尺之海洋，其面積約占地表總面積的多少 %？ (A)5 (B)10 (C)25 (D)32 (E)52。

【解析】從累積百分曲線對到從地表以上至水面下 4000m 以內占 48%，故深度大於 4000m 占 52%。

※下圖是中國東南沿海及臺灣附近的海底地形圖，

圖中虛線是海平面下的深度，單位為公尺，

參考此圖回答 15.~18.題：

- ( D ) 15. 一般探測海底地形的起伏，主要使用哪一種工具？  
(A)海底照相(B)衛星遙測(C)震波反射探勘 (D)聲納。

【解析】聲納—聲波反射探測可推得海底深度變化。

- ( B ) 16. 有關臺灣東岸附近海底地形的敘述，何者錯誤？  
(A)離岸不遠處，深度即驟降 (B)無大陸棚地形  
(C)地形變化多端，包含大陸坡、島弧、海槽、海溝  
(D)地形變化複雜與板塊運動有關。

【解析】東岸仍有大陸棚區域，只是極窄，範圍很小。

- ( A ) 17. 臺灣附近海底地形如下列舉，請依順時針方向排列之：a.琉球海溝、b.琉球島弧、c.呂宋島弧、d.沖繩海槽、e.馬尼拉海溝 (A)acedb (B)abced (C)abdec (D)adebc。

【解析】從琉球海溝開始順時針方向依次為呂宋島弧→馬尼拉海溝→沖繩海槽→琉球島弧。

- ( C ) 18. 甲、乙、丙地間海底地形剖面圖為下列何者？



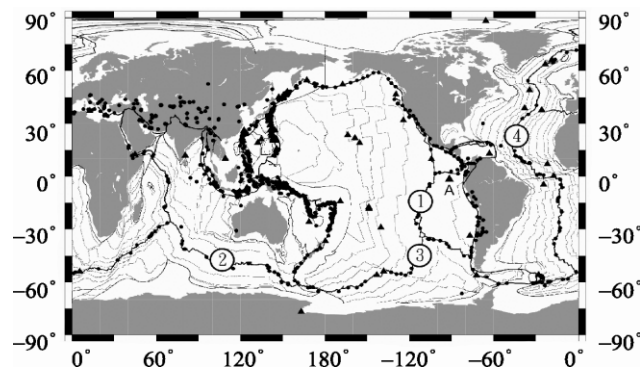
【解析】甲→乙，先經一段極平緩大陸棚區域 (0~200m)，之後深度快速增至 3000m 左右，接著到 4000m 深左右坡度又趨緩。

※請閱讀下列短文後，回答 19.~20.題：

1977 年，海洋生態學家首次在靠近加拉巴哥群島附近的太平洋 2700 公尺深的海底發現深海熱泉 (Hydrothermal vent)，灼熱的岩漿從海底的裂谷和斷裂處不斷地向上噴湧，噴出的流質狀煙霧溫度高達 300°C 以上，富含硫化物。海底熱泉形成於板塊活動頻繁的海底火山附近，最容易出現這樣的熱泉區多靠近中洋脊或其他有海底火山活動的海域。在深海熱泉生態系中，生物以硫化氫為主要的能量來源，硫化菌可以分解硫化氫，利用產生的能量生成有機物質，供深海生物所需，300°C 至 450°C 以上的噴出物遇冷，使含硫的細微顆粒迅速沉澱而形成黑霧狀。深海熱泉生物消費者大抵以管蟲類、甲殼類（如：鎧甲蝦、螃蟹）、貝類等為主要組成份子，其中像是管蟲或固著性的貽貝，其體內並沒有消化道，但有與硫化菌共生的組織。

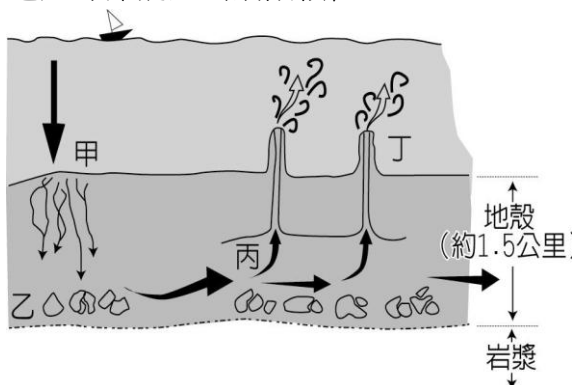
不過這樣的生態系統還有下列問題，通常一個熱液噴出口的存在時間約幾十年不等，當熱泉熄滅了之後，所有的生物就必須遷移，否則就會跟著死亡。深海中除了熱泉外，最佳的硫化氫來源就是沉在海底的動物屍體，有人相信一些大型鯨魚的屍體可以成為熱泉生物尋找下一個熱泉的跳板。( A )

19. 下圖為板塊邊界、海底火山和規模大於 5 的地震分布圖。粗線為板塊邊界，細線為海洋地殼等年線（指的是海洋地殼年齡的等值線），實心三角形表示海底火山，實心圓圈表示地震，①至④為不同地點的中洋脊，A 點上方實心三角形為加拉巴哥群島附近海底深海熱泉的位置。依據此圖，下列與中洋脊相關的敘述，何者正確？ (A)中洋脊①擴張的平均速率大於中洋脊④擴張的平均速率 (B)中洋脊擴張的平均速率在中洋脊兩側是相同的 (C)在中洋脊發生的地震震源大都比南美洲內陸的地震震源深 (D)海底火山及鄰近的熱泉系統皆發生在中洋脊的張裂帶。



【解析】圖中①兩側地殼等年線間距離較大，④兩側地殼等年線間距離較小，同樣時間擴張距離大者，擴張的平均速率大。(C)中洋脊附近的地震，震源較淺。(D)海底火山未必皆在中洋脊，像本題太平洋板塊中(夏威夷)的熱點火山就不在中洋脊。

( B ) 20. 下圖為科學家提出深海熱泉的水動力機制模式，甲至丁為水動力機制的說明。依據此模式的示意圖，下列敘述，何者錯誤？ (A)深海熱泉易發生於海底火山鄰近區域 (B)深海熱泉中富含的營養鹽主要來自溶解於海水中的生物殘骸 (C)深海的冷水滲入中洋脊附近地殼內，經加熱後循火山通道噴出而形成深海熱泉 (D)深海熱泉噴出富營養鹽的泉水，一遇到冷海水會迅速冷卻凝固出細微顆粒。



- 甲：冷海水經岩石隙縫，滲入中洋脊附近地殼內。
- 乙：位於中洋脊的石塊經下方岩漿加熱後，遇滲入的冷海水而破裂。
- 丙：滲入的冷海水經下方岩漿加熱後，經海底火山通道向上如熱泉般噴出。
- 丁：熱泉可以溶解破裂石塊中的礦物質，噴出時將之帶出，而成為生物的營養鹽。

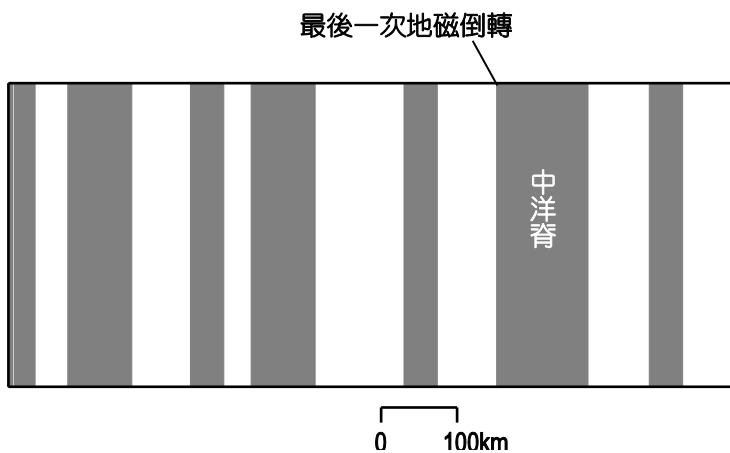
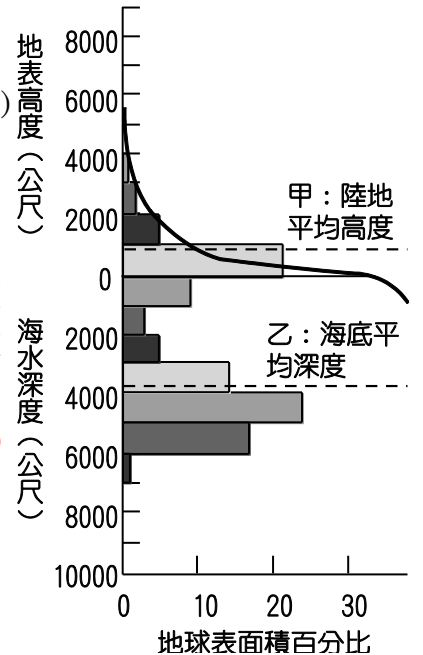
【解析】圖說中的丁敘述，營養鹽並非來自生物遺骸。

## 第五章 深邃的海洋

### 牛刀小試

#### ★ 5-1

- ( A ) 1. 右圖是地表各種地形所占的比例，參考右圖，選出正確選項：  
 (A)圖中甲的高度為0.84km (B)圖中甲的高度為0.50km (C)圖中乙的深度為2.4km (D)圖中乙的深度為 4.2km。【解析】甲的平均高度 840 公尺，乙的平均深度 3800 公尺。
- ( D ) 2. 下列有關海底地形的敘述，何者正確？ (A)大陸棚深度約在 200 公尺以內，坡度約 4 度 (B)由陸地帶來的沉積物沿大陸坡下沉，主要堆積在海底盆地 (C)中洋脊皆分布在大洋的中央 (D)海溝是海洋最深的地方，多和陸緣或島弧平行。【解析】(A)坡度約 1/1000。(B)主要堆積在大陸緣積。(C)北太平洋中洋脊不在大洋的中央。
- ( C ) 3. 下圖是某一地區的海底地磁記錄，暗色區域磁極和現在相同，淡色區域的磁極則和現在相反，已知最近一次地磁倒轉發生在一百萬年前，依據圖中資料判斷最近一次的地磁倒轉至今，海底地殼的移動速率為多少 cm/year？ (A)1 (B)2.5 (C)5 (D)7。



【解析】由附圖知最後一次地磁倒轉紀錄與中洋脊的距離約 50km， $50\text{km}/100 \text{ 萬年}=5\text{cm/year}$ 。

- ( A ) 4. 中洋脊附近發生的地震主要分布在某一種深度範圍？ (A)淺源 (B)中源 (C)深源。【解析】中洋脊主要為逆斷層活動時引發的淺源地震。
- ( C ) 5. 二十世紀以來，人類進入探索海洋的新時代，關於海洋地形的研究結果，正確的敘述為 (A)海底地形主要是由潛水船實際潛航觀測得知 (B)海洋中央是最深的地方 (C)大陸邊緣包含大陸棚、大陸坡、大陸緣積 (D)洋底盆地是一大片寬廣平坦的平原，沒有高低起伏的變化。【解析】(A)海底地形主要是由聲納探測得知。(B)海溝是最深的地方。(D)洋底盆地有海底丘陵、海底山等高低起伏變

化。

- ( B ) 6. 洋底盆地包括下列哪些地形？甲、深海丘陵；乙、深海平原；丙、大陸緣積；丁、海底山；戊、大陸坡；己、大陸棚 (A)甲丙丁 (B)甲乙丁 (C)甲乙戊 (D)乙丁己。【解析】洋底盆地包括深海平原、深海丘陵、海底山。大陸緣積、大陸坡、大陸棚則位於大陸邊緣。
- ( D ) 7. 研究深海沉積物，無法用來得知以下哪項成果？ (A)古環境重建 (B)生物的演化 (C)古氣候變遷 (D)古地磁變化。【解析】海洋地殼的古地磁變化為海洋地殼所記錄的磁性變化，非由沉積物而得知。
- ( C ) 8. 海洋深處有許多種不同來源的沉積物，關於這些沉積物的敘述下列何者是正確的？ (A)有孔蟲的遺骸可形成矽質軟泥，主要分布於深海中 (B)褐色的紅泥主要分布在淺海處 (C)宇宙塵微粒可以形成太空源沉積物 (D)矽藻和放射蟲的遺骸堆積在海底形成鈣質軟泥。【解析】(A)有孔蟲的遺骸形成鈣質軟泥。(B)褐色的紅泥主要分布在深海處。(D)矽藻和放射蟲的遺骸堆積在海底形成矽質軟泥。

## ◎ 5-2

- ( D ) 9. 海洋蘊藏豐富的資源，是人類未來積極開發的場所，以下哪一項不是臺灣附近海底所蘊藏的資源？ (A)大陸棚的石油和天然氣 (B)大陸邊緣的天然氣水合物 (C)海盆可作為水泥原料的鈣質沉積物 (D)黑煙囪的金屬礦。【解析】臺灣目前沒有發現黑煙囪形成的金屬礦。
- ( A ) 10. 臺灣附近海底地形如下所列：甲、高屏峽谷；乙、沖繩海槽；丙、呂宋島弧；丁、澎湖水道；戊、琉球海溝。請依逆時鐘方向排列應為以下何者？ (A)甲丙戊乙丁 (B)甲丙乙戊丁 (C)甲乙丙丁戊 (D)甲戊丙乙丁。【解析】逆時鐘方向依序為高屏峽谷、呂宋島弧、琉球海溝、沖繩海槽、澎湖水道。

## 活學活用

※大陸與海洋的過渡地帶，從海岸線到洋底盆地之間的海床，包括大陸棚、大陸坡、大陸緣積和海溝部分，稱為大陸邊緣。大陸邊緣分布在大洋周圍，寬度從數十至數百公里，大西洋型大陸邊緣由大陸棚、大陸坡和大陸緣積三單元構成，一般地形比較寬緩。它缺少海溝，位於板塊內部，被動地隨著板塊而移動，無強烈的地震、火山和構造變動，故又稱被動大陸邊緣。太平洋型大陸邊緣陸棚較窄，陸坡陡峭，緣積為深邃的海溝所取代，地形高差懸殊。由於太平洋型大陸邊緣位於板塊俯衝邊界；俯衝匯聚作用引起強烈的地震、火山和構造活動，也形成了巨大的地形高差，故又稱活動大陸邊緣。太平洋的東、北、西三方面為海溝所環繞。因此其大陸棚的寬度要比大西洋的窄得多。大西洋是在大約一億四千萬年前陸地分裂而形成，但比起早已存在的太平洋則要年輕得多。所以，大西洋兩側還沒有足夠的時間形成海溝。

- ( D ) 1. 對於兩種大陸邊緣類型的敘述，以下何者正確？ (A)被動型大陸邊緣經常發生淺源地震 (B)活動型大陸邊緣的大陸棚較被動型大陸邊緣寬廣 (C)活動型大陸邊緣蘊藏大量的天然氣水合物及化石燃料 (D)被動型大陸邊緣經過足夠的時間後也會發展成活動性大陸邊緣。【解析】(A)被動型大陸邊緣少有地震。(B)被動型大陸邊緣較為寬廣。(C)被動型大陸邊緣有寬廣的大陸棚、大陸坡與大陸緣積，蘊藏大量的天然氣水合物及化石燃料。
- ( A ) 2. 下列哪一地點屬於被動型大陸邊緣？ (A)大西洋沿岸 (B)南美洲西部海岸 (C)臺灣東部海岸。

【解析】(A)被動型。(B)活動型。(C)活動型。

※1985年起，來自18個國家的研究人員曾利用美國的鑽探船聯合果敢號 (JOIDES Resolution)，在大西洋的中洋脊處，嘗試鑽探達到地函，但是差了300公尺而功敗垂成。而海洋鑽探整合計畫 (IOPD) 是自2003年起便開始執行的長期計畫，成員包含日本、美國與歐盟。地球號除了是海面上最精密的儀器外，它還架起了世界最高的鑽探鐵架塔，高出海平面112公尺，鑽管有9.5公里長 (約是臺北101大

樓高度的 19 倍)。這一次的鑽探，希望這艘花費了 5 億 4000 萬美元的地球號，在停留於海深 2500 公尺的海面上時，可以鑽入地殼達 7000 公尺。鑽探的目標包括了某些因板塊運動而使地函接近地表的區域，或是地殼相對較薄的地方，例如日本太平洋海岸外的南海海槽。(本文摘自科學人雜誌)

- (A) 3. 如果要鑽穿海洋地殼取得地函的岩石，以下哪一些地點是較好的選擇？甲、中洋脊；乙、海槽；丙、靠近海溝處的洋底盆地；丁、大陸棚 (A)甲乙 (B)丙丁 (C)甲乙丙丁 (D)甲丁。

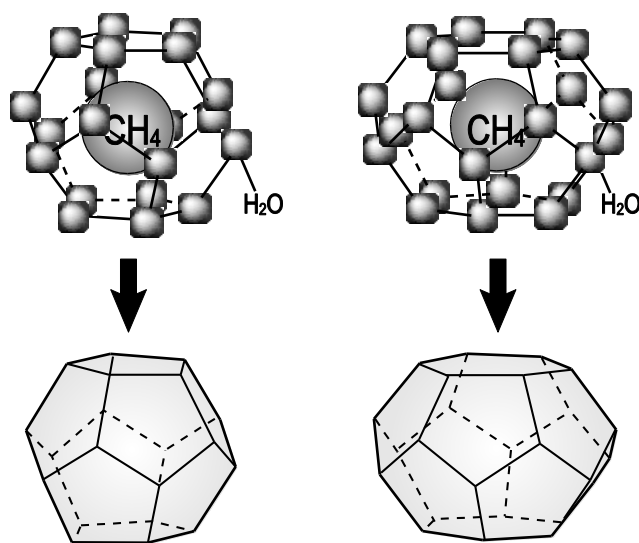
【解析】要鑽穿海洋地殼應選地殼較薄處，故要選中洋脊、海槽。

- (CD) 4. 以下哪些設備並非作為深海鑽探船的用途？(應選兩項) (A)果敢號 (B)地球號 (C)海研一號 (D)深海潛艇。

【解析】(A)果敢號—深海鑽探船。(B)地球號—深海鑽探船。(C)海研一號—海洋研究船。

※參考以下短文，回答 5.~6.題：

在特定溫壓值（通常是高壓、低溫的環境）中，水分子之間會重新鍵結、排列成晶籠化合物（clathrate），形成五角十二面體（pentagonal dodecahedron）和五角十二面六角二面體（tetrakaidecahedron）兩種結構（見下方晶籠結構圖），同時將一個氣體分子吸附於晶籠結構中，晶籠結構再彼此連結成結晶，像雪花般的形態。



五角十二面體

五角十二面六角二面體

水分子晶籠包含的氣體分子可以是甲烷（ $\text{CH}_4$ ）、乙烷（ $\text{C}_2\text{H}_6$ ）、丙烷（ $\text{C}_3\text{H}_8$ ）、二氧化碳（ $\text{CO}_2$ ）、氮（ $\text{N}_2$ ）、硫化氫（ $\text{H}_2\text{S}$ ）等，天然氣水合物以包含甲烷為主，因此也被稱為「甲烷水合物」。由於晶籠化合物是水分子間以非常微弱的引力結合在一起，因此只要壓力降低或溫度升高，水分子的熱擾動增強，引力無法維繫籠狀結構，甲烷便會從中解離出來。

不論是天然氣或天然氣水合物，自然界的甲烷氣都是生物沉積物經由微生物作用或熱分解而來。經濟部中央地質調查所科長鐘三雄表示，前者是產甲烷菌（methanogen）將有機質分解與轉化而產生甲烷；後者則是沉積有機質經過深埋，受到地溫加熱而分解產生甲烷，尤其在溫度高達  $150^\circ\text{C}$  以上時，分解作用就會生成以甲烷為主的產物。

天然氣水合物大多分布在水深 500~3000 公尺海域，主要是在大陸棚與海盆之間的大陸坡、海床下 1000 公尺以內的地層；陸地上的永凍層也有一部分含量，約在地表下 150~2000 公尺；而少數深水湖泊如黑海、貝加爾湖的深水區底下的地層也有。

海面下的天然氣水合物都蘊藏在陸海交界一帶。臺灣大學海洋研究所教授劉家瑄解釋，這是因為大陸邊緣帶沉積速度快，源自陸地的有機物含量相當豐富，能在地層中形成大量的甲烷氣，加上溫度與壓力條件符合，甲烷氣很容易被水分子包含而形成天然氣水合物。

與石油相比，燃燒天然氣所產生的污染較低，不僅不會排放硫氧化合物，產生的氮氧化合物與二氧化碳也比石油分別少了 33~50%與 67%，可算是較潔淨的能源。然而，不可否認的，天然氣水合物

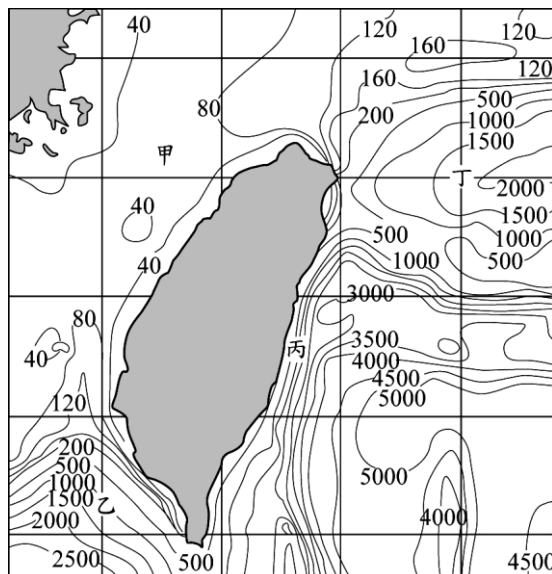


仍是一種化石能源，燃燒後會產生二氧化碳，加劇全球暖化。因此科學家面臨的考驗，除了開採技術的提升，還得設法降低二氧化碳排放，以減少這種新型態能源對環境帶來的衝擊。(本文摘自科學人雜誌網站)

- ( A ) 5. 對於天然氣水合物的敘述，下列哪一項有誤？ (A)天然氣水合物為甲烷分子排成晶籠化合物將水分子包圍在其中 (B)天然氣水合物在低壓或高溫環境，便會釋放溫室氣體 (C)臺灣四周海域可能蘊藏大量天然氣水合物 (D)天然氣水合物的來源主要是生物沉積物。【解析】(A)天然氣水合物為水分子排成晶籠化合物將氣體分子包圍在其中。
- ( C ) 6. 與石油相比，下列哪一項並不是天然氣水合物的好處？ (A)天然氣水合物產生的污染較少 (B)天然氣水合物可以解決能源短缺的問題 (C)天然氣水合物不會有產生溫室氣體的問題。

【解析】(C)天然氣水合物內的甲烷及燃燒後產生的二氧化碳皆是溫室氣體。

※下圖為臺灣附近海域的海底地形圖(圖中數字為水深，單位為公尺)，請依據圖片資料回答 7.~10.題：



- ( B ) 7. 臺灣海峽大部分水深落於哪個範圍，屬於哪一種海底地形？ (A)200 公尺內，大陸坡 (B)200 公尺內，大陸棚 (C)大於200 公尺，大陸緣積 (D)4000 公尺以上，洋底盆地。【解析】臺灣海峽大部分屬於水深 200 公尺以內的大陸棚。
- ( D ) 8. 臺灣周圍海底地形中，在短短數十公里的水平距離內，深度忽然驟降至 4000 公尺深的地區，這區域位在以下哪一處？ (A)高屏峽谷 (B)南縱海槽 (C)琉球島弧以北 (D)呂宋島弧以東。【解析】圖中可以看出為呂宋島弧以東一帶。
- ( C ) 9. 有關臺灣周圍海底地形的敘述，下列何者錯誤？ (A)臺灣附近可見到海底峽谷、海溝、海槽、海脊等地形 (B)西部臺灣海峽在冰河時期可能出露海水面成為陸地的一部分 (C)臺灣東部為大陸棚 (D)在沖繩海槽南端平行排列者是琉球海溝。【解析】臺灣東部主要為大陸坡及深海平原地形。
- ( B ) 10. 泰宇今年暑假陪同念海洋研究所的哥哥搭乘研究船自臺東出發，大致向東航行，並作海底地形觀測，自港口出發後沒多久遇到一島弧，之後海底深度降至 4000 公尺，請問此島弧名稱及正確的航行方向各為何？

選項	島弧	方向
(A)	呂宋島弧	東北
(B)	呂宋島弧	東南
(C)	琉球島弧	東北
(D)	琉球島弧	東南

【解析】臺東往東南方向可以經過呂宋島弧及花東海盆，深度更達 4000 公尺，若往東北方向則到沖繩海槽，深度未達 4000 公尺。