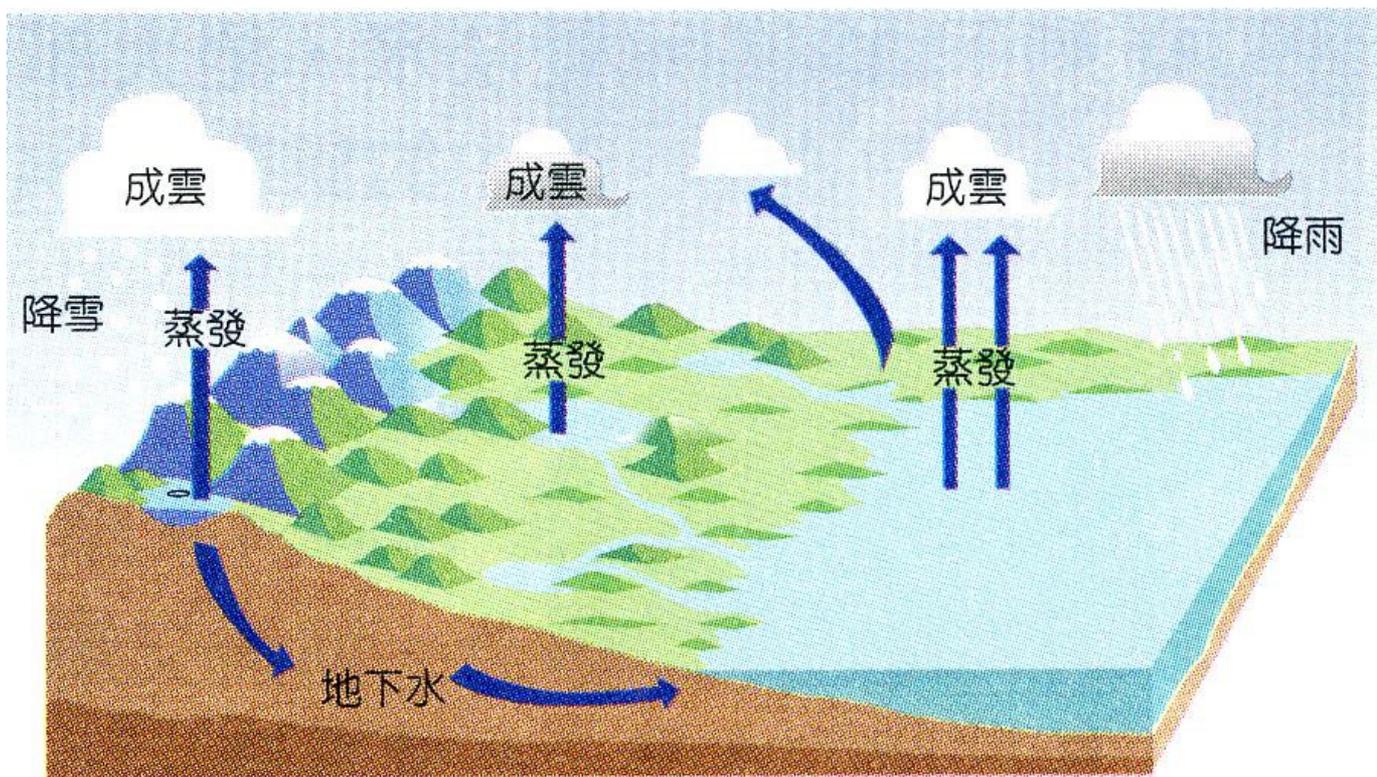


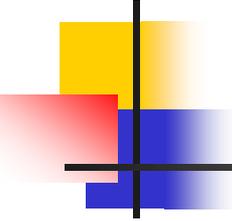
§ 5-1 地球上的水

「水循環」三大步驟

蒸發 → 凝結 (成雲) → 降水 (雨、雪、冰雹)

李白的詩詞「將進酒」中第一句「君不見黃河之水天上來，奔流到海不復回」，根據水循環步驟，「奔流到海不復回」是錯誤的。





補充參考

一個水分子平均要花一千年才能完成一次水循環，其中只有一個星期的時間停留在陸地上

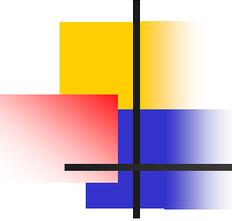
海洋佔地球總表面積約70%以上

| 水體 | 百分比 (%) | 備註 |
|---------------|---------|-----------|
| 海水 | 約97 | 最大的水體 |
| 冰川、冰帽 及永久雪 | 約2.06 | 冰川是最大的淡水體 |
| 地下水 | 約0.9 | 人類最主要水資源 |
| 河、湖水 | 約0.01 | |
| 其他 | 約0.03 | 人類次要水資源 |
| | | 雲霧、水氣 |

冰川的分類

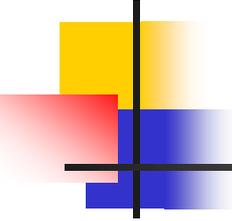
1. **大陸冰川**
南極大陸、格陵蘭
2. **山嶽冰川**
高山上累積的冰雪因重力慢慢往山下滑動





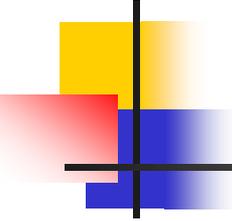
地球上最大淡水體：冰

- 大陸冰川、山嶽冰川的冰皆來自降雪，故屬於淡水冰。
- 冰山：為大陸冰川蔓延擴展至海上形成「冰棚」，最後因無陸地支撐而斷裂漂離，形成「冰山」，故冰山亦屬淡水冰。
- 海水結冰也幾近淡水冰，因為水溫下降時，水的溶解度也會降低，海水中的鹽分會被迫析出。



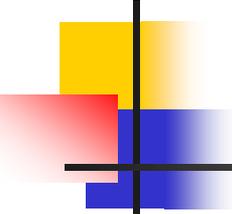
海水的成分和鹽度

- 海水的主要成分：氯化鈉（使海水有鹹味）
- 海水的次要成分：氯化鎂（使海水有苦味）
- 全世界海水鹽份平均濃度約為3.5%
- 鹽度表示法採千分濃度(千分比)： ‰
亦即海水平均濃度應表示為35 ‰
- 全世界最鹹的海水是以色列的鹹水湖：
死海，鹽度350 ‰ ，是一般海水的十倍



海水的鹽度

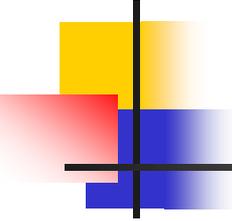
- 海水的鹽度受降水量、蒸發量與河水注入量的影響。
- 副熱帶：蒸發量 $>$ 降水量 \rightarrow 鹽度高。
- 赤道：降水量 $>$ 蒸發量 \rightarrow 鹽度低。
- 台灣過去在臺南、嘉義沿海一帶曾以鹽田晒鹽的方式產鹽，由於南部降雨期在夏季，大量產鹽的時期反而在乾旱的冬季。



淡水湖和鹹水湖 **【本頁為補充教材】**

- **淡水湖**
多在潮溼多雨地區，湖泊與河川相通

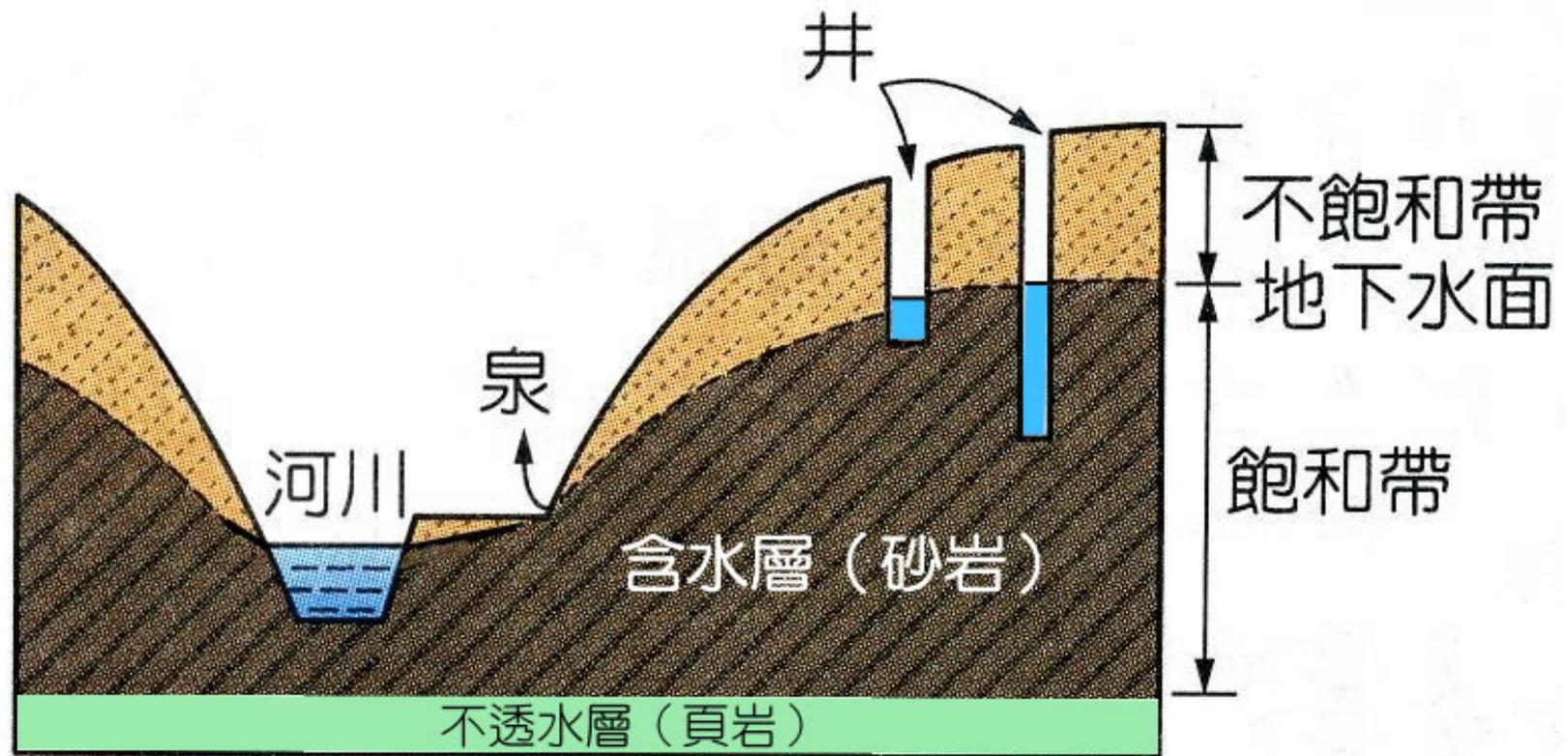
- **鹹水湖**
多在乾燥少雨地區，湖泊為內陸河的終點



影響地下水多寡和滲入快慢的因素

- 地面坡度（緩和較好）
- 植物被覆（越多越好）都市化增加
不透水面
- 土壤鬆密（適中較好）
- 降雨多寡（雨季較多）

自由地下水



湖、河水與周圍地下水互補

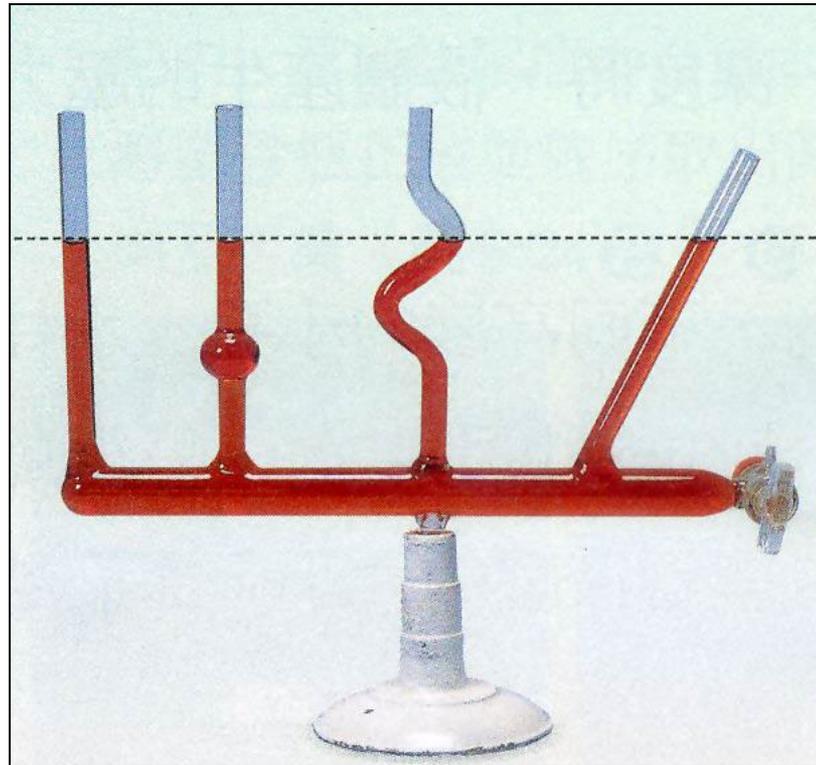
旱季



雨季



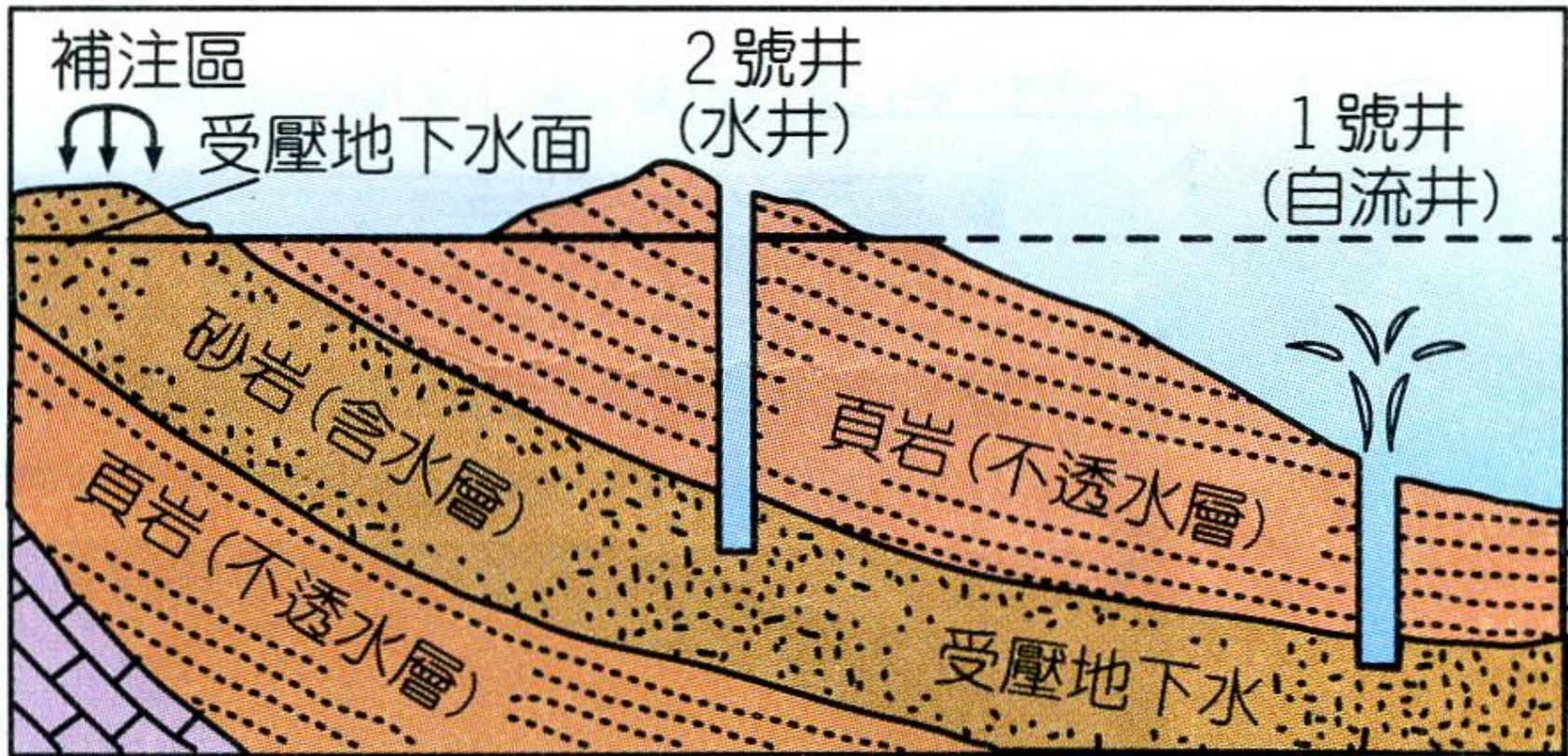
連通管原理 ($P=h \times d$)

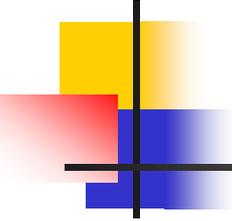


【本頁為補充教材】

受壓地下水

【本頁為補充教材】





超抽地下水的後果

- 地層下陷
- 海水倒灌
- 影響防洪功能
- 地下水鹼化

§ 5-2 地貌的改變與平衡

地質作用：改變地球地形地貌的作用

地質營力：參與地質作用的大自然力量（營：營造）

分為

內部營力：岩漿活動、造山運動
(使地表隆起)

外部營力：風、流水、冰川、重力
(使地表平坦)

兩者互
相抗衡

※地球歷經46億年的歲月，如今地表仍然起伏不已

四大外部地質作用： 風化→侵蝕→搬運→沉積

風化：岩石經空氣、水、生物等長時間作用之下，由**堅硬變疏鬆**的過程→**靜態**

侵蝕：藉由外部侵蝕營力，將岩石或其風化的**碎屑搬移**的作用→**動態**

搬運：外部侵蝕營力未解除前運送的過程

沉積：外部侵蝕營力解除後將岩石碎屑放下的現象

不需外力

需外力

風化作用 分為

【理解即可不需背誦】

物理風化 (崩解作用)

1. 冰凍作用(主要在0°C上下變化地區)
(破壞力最大、最快)
2. 植物根部長大撐破岩石
3. 熱脹冷縮(也是月球上僅有的風化)

岩石變碎塊
但成分不變

化學風化 (分解作用)

1. 溶蝕作用(岩石部份成分被溶解)
 2. 酸蝕作用(岩石部份成分被酸腐蝕)
 3. 氧化作用(含鐵岩石氧化成紅褐色土壤)
 4. 水合作用(組成礦物與水結合成結晶水)
 5. 球狀風化(洋蔥狀剝落)
-等等

岩石變土壤
成分改變

※物理風化多為物理變化造成，化學風化多為化學變化造成

※各地皆有兩種風化作用，但通常寒冷乾燥的地區以物理風化為主；溫暖潮濕的地區以化學風化為主

洋蔥狀風化



侵蝕營力 = 外部營力 = 風、流水、冰川、重力

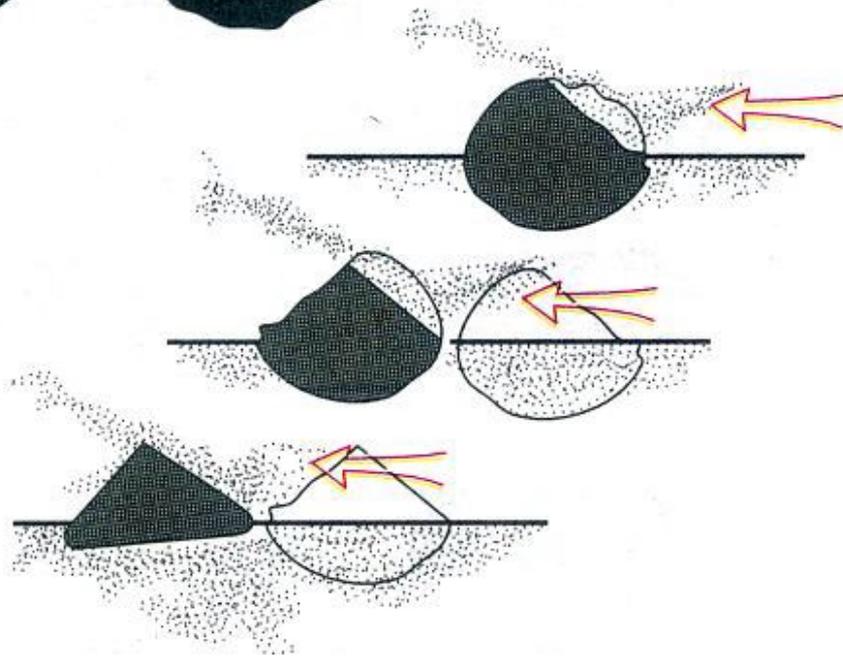
風 → 主要是靠其夾帶之砂塵拍打岩石造成侵蝕作用

風磨石（風稜石）：

在有季風變化的地區，岩石受某固定方向的風沙拍打而磨出平面者，稱為「風磨石」或「風稜石」。磨出兩個面叫「二稜石」，三個面叫「三稜石」，依此類推。例如北海岸的「富貴角」就有許多風磨石。

風成沉積物：沙漠（沙丘）、黃土高原

風磨石



流水→包含河流、雨水、海水 (是最普遍、最廣泛的主要侵蝕力)

河流的侵蝕

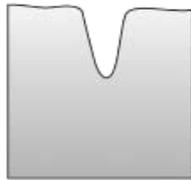
1. 向下侵蝕(上游) $\xrightarrow{\text{河谷}}$ 加深

2. 側向侵蝕(下游) $\xrightarrow{\text{河岸}}$ 加寬

3. 向源侵蝕(源頭) $\xrightarrow{\text{河道}}$ 加長(向源頭加長)

V型峽谷
如太魯閣峽谷

【補充】



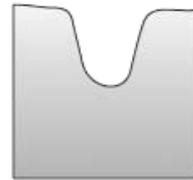
甲



乙



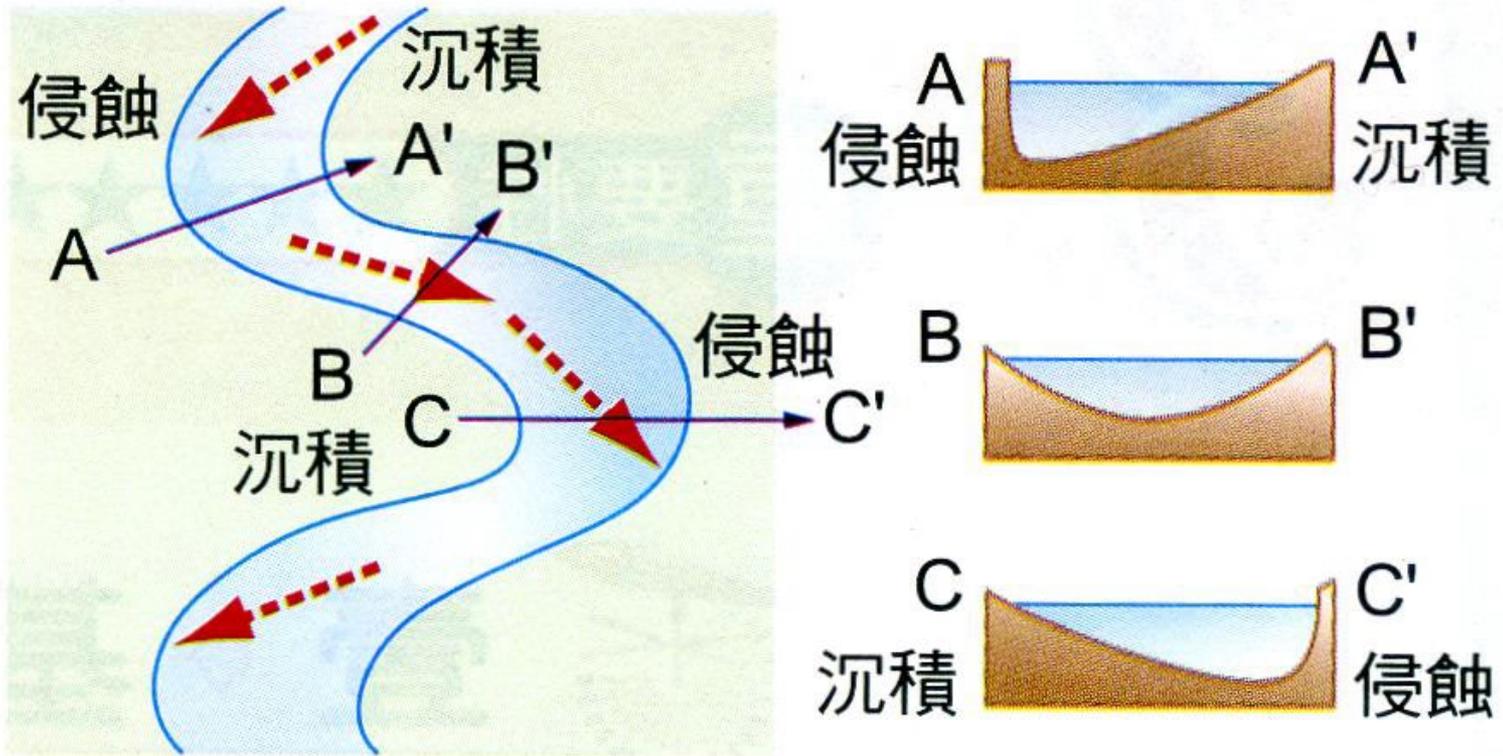
丙



丁

曲流

【本頁為補充教材】

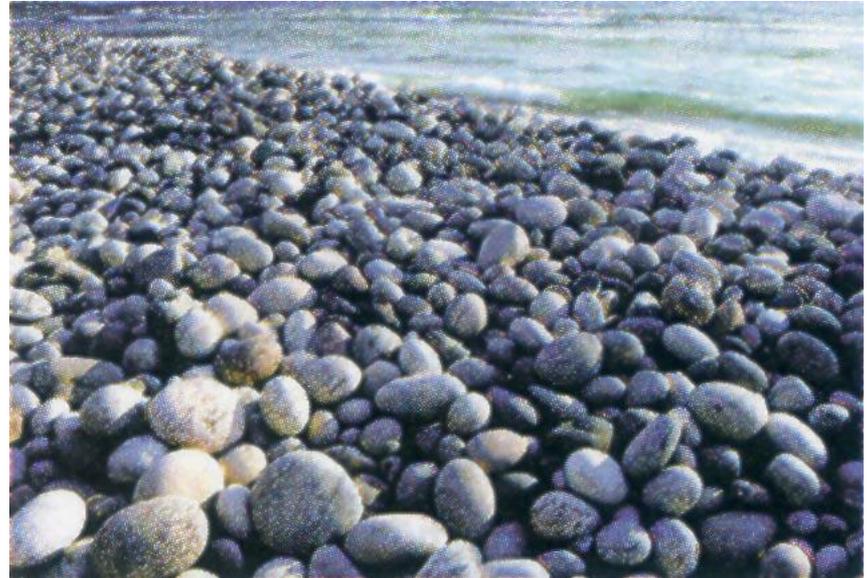


曲流：幼年期河流較筆直，老年期容易成曲流。河流轉彎的外側河岸易被侵蝕，而內側河岸則易產生沉積

河流的搬運作用

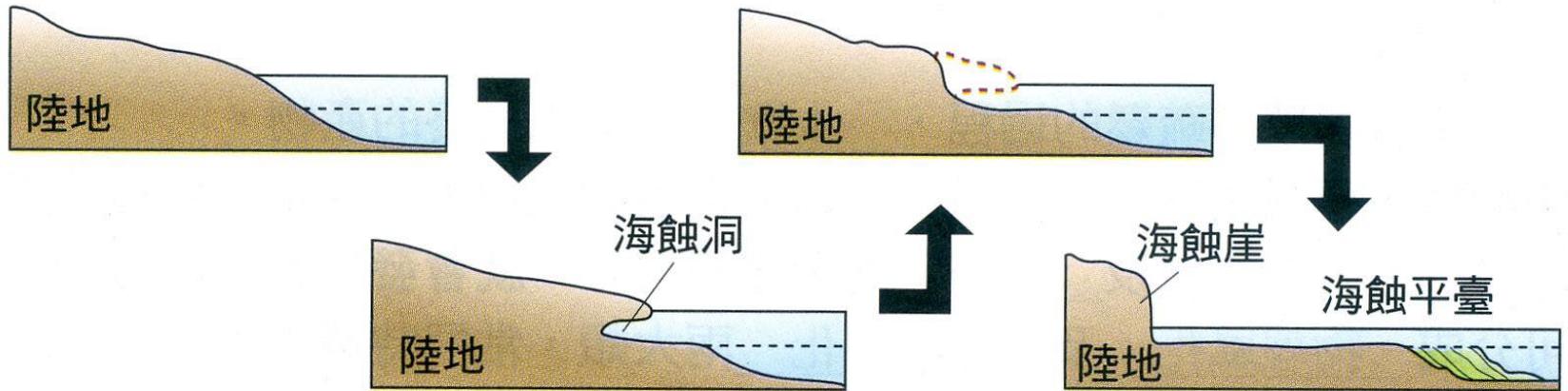
【補充】

- 滾動
- 懸浮
- 溶解

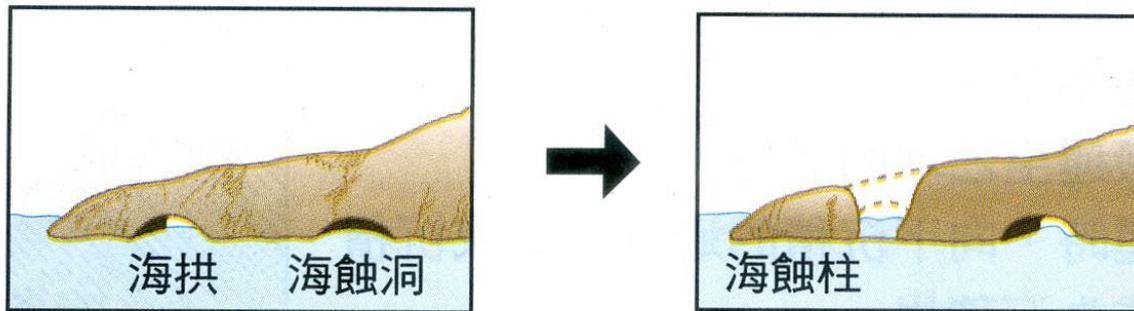


鵝卵石

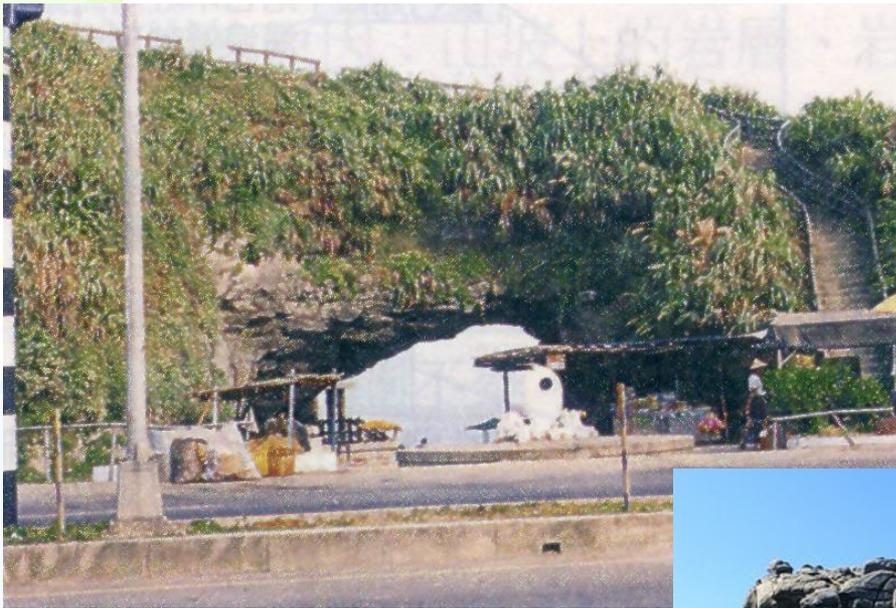
海水(浪)：海蝕洞、海蝕崖、海蝕平台 海拱、海蝕柱



b. 海蝕洞→海拱→海蝕柱



海拱



北海岸石門鄉



澎湖西嶼「鯨魚洞」

跳石海岸(礫灘)



【本頁為補充教材】

金山至石門間

(安山岩→由大屯火山群滾落海邊)

【本頁為補充教材】

礫灘 & 礫石三角洲

- 礫灘 (如東北角的跳石海岸) → 海浪侵蝕造成
- 礫石三角洲 (蘇花公路的和平溪、立霧溪出海口) → 河流沉積作用造成

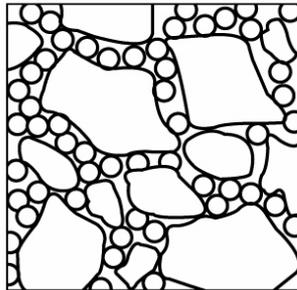
淘選作用：使顆粒均勻化

好壞以「淘選度」表示

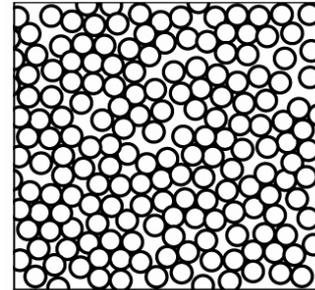
淘選度：風 > 海水 > 河流 > 冰川



例如

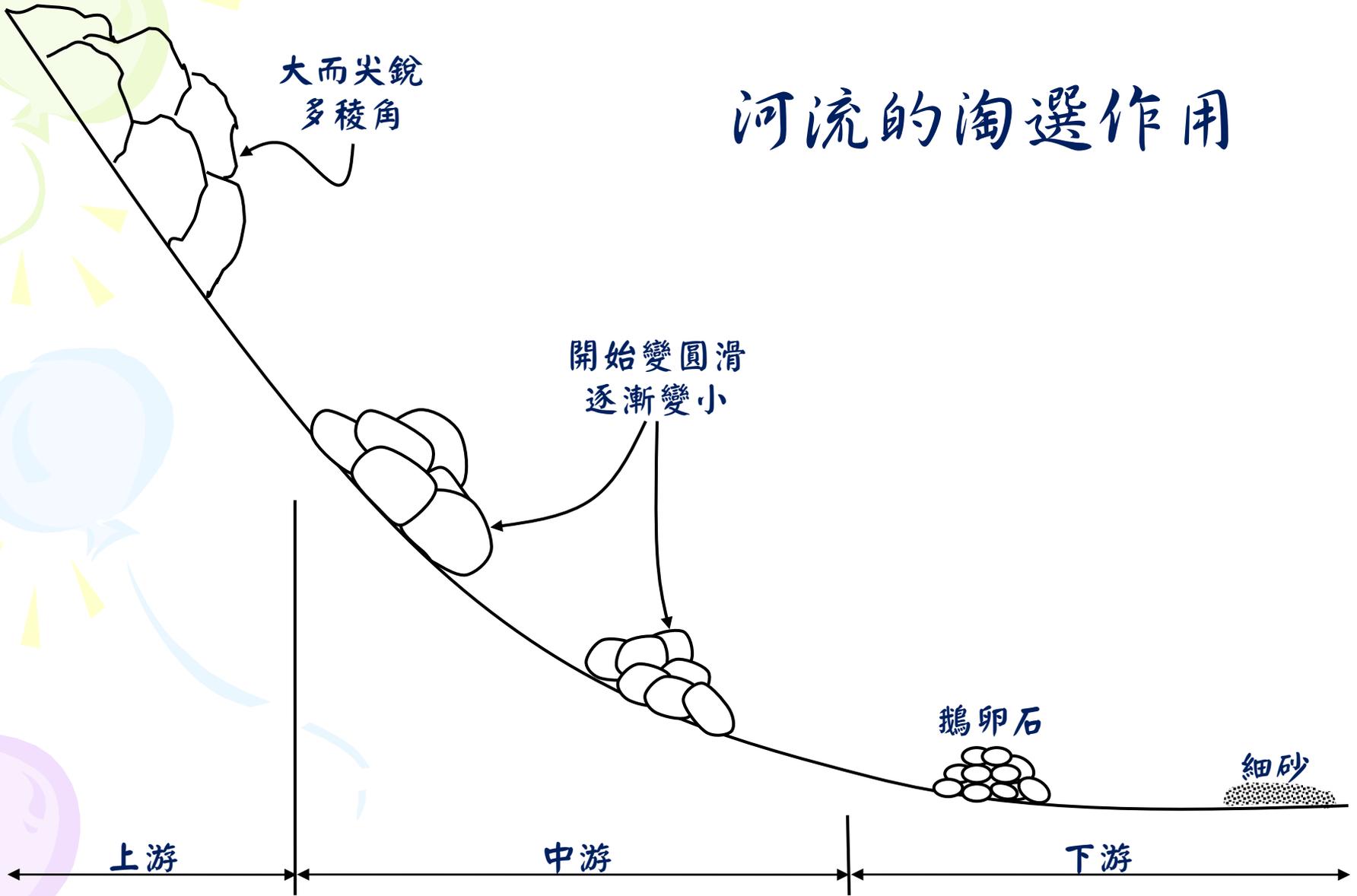


淘選度差
(冰川)



淘選度佳
(風)

河流的淘選作用



「冰川」為力量最大的侵蝕作用力

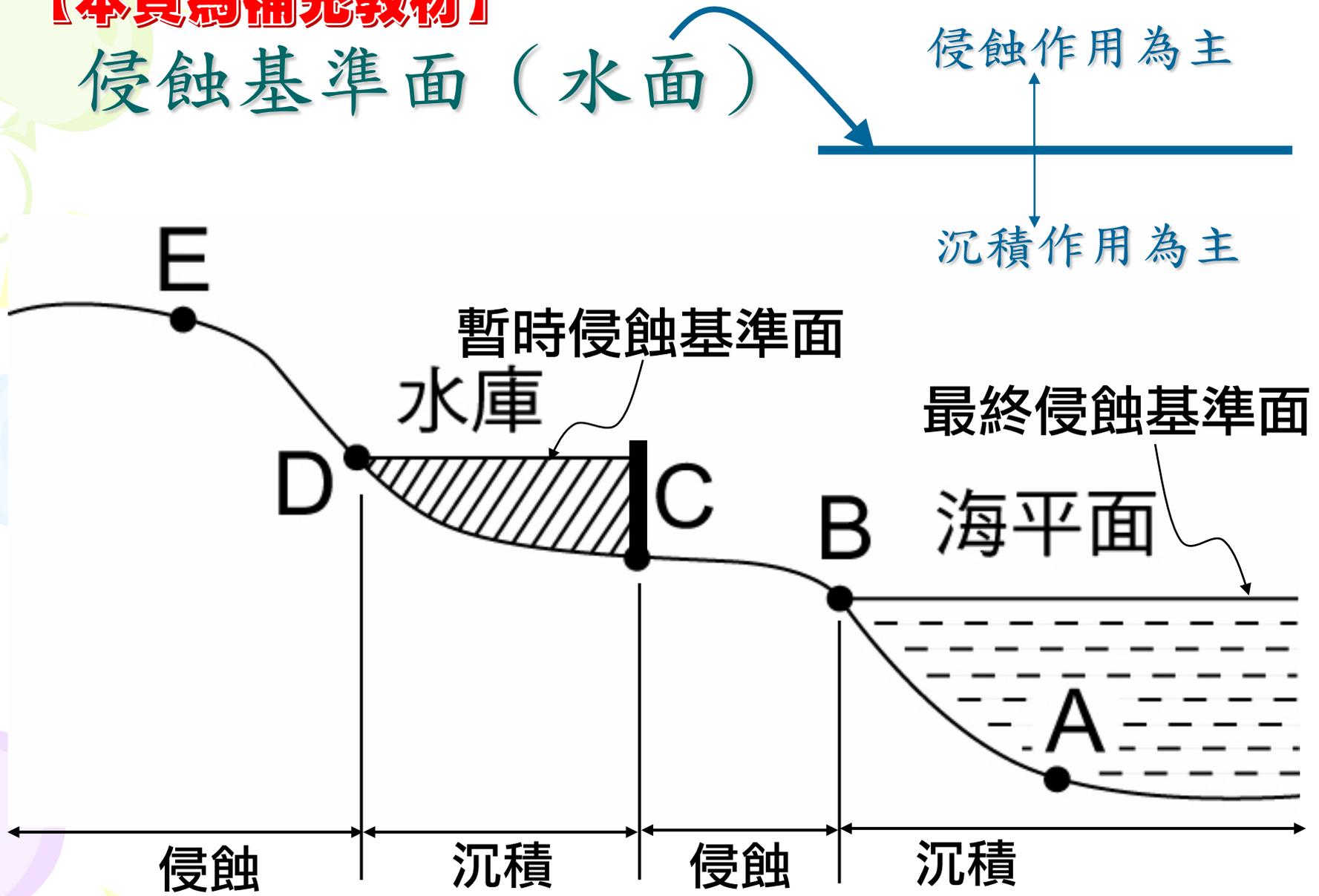
美國國家公園—優勝美地



- ※所經之地，地面會留下刮痕，易形成U型河谷。
- ※冰川的淘選度最差，其沉積物顆粒參差不齊，稱為「冰磧石」。

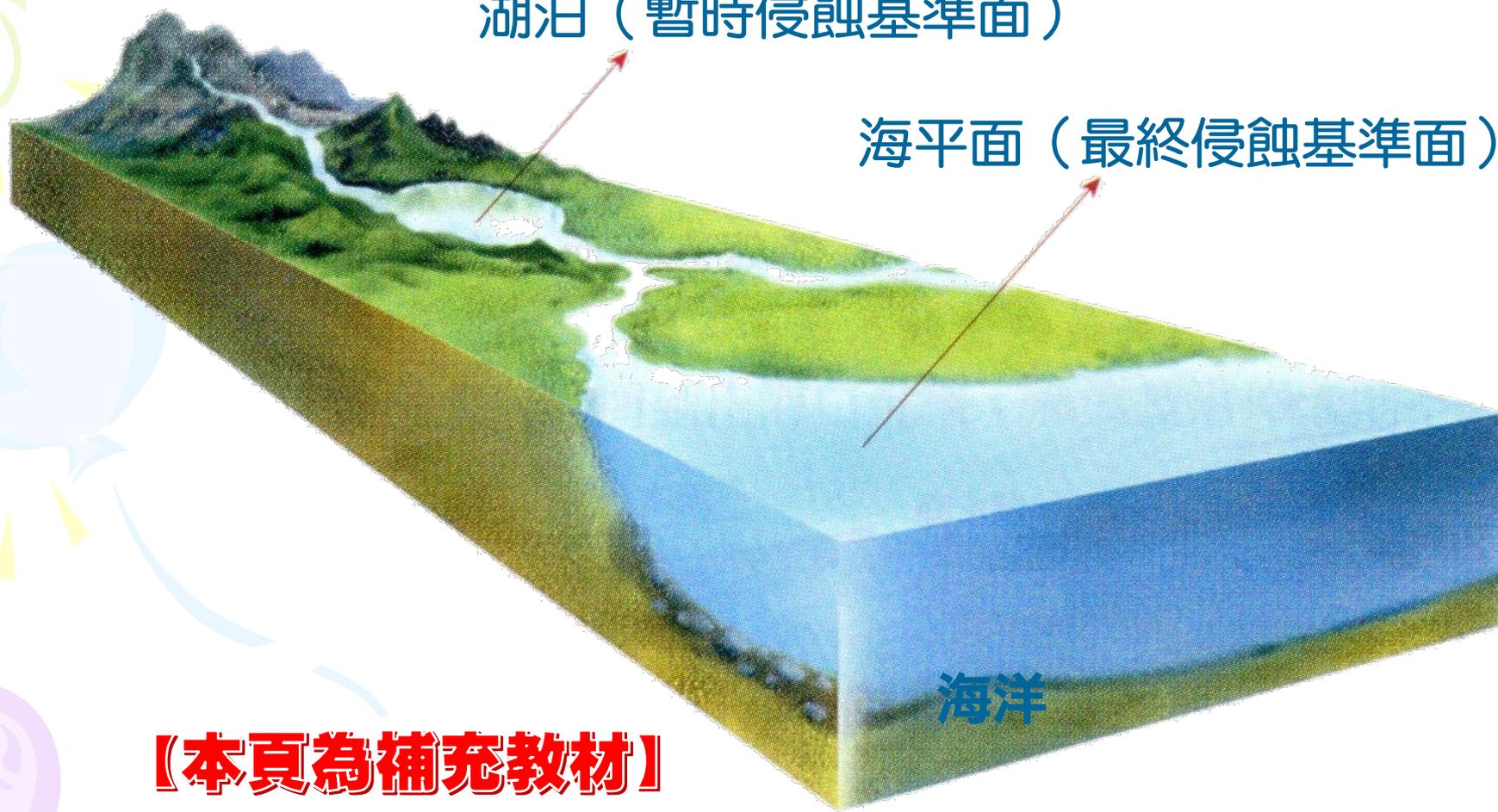
【本頁為補充教材】

侵蝕基準面（水面）



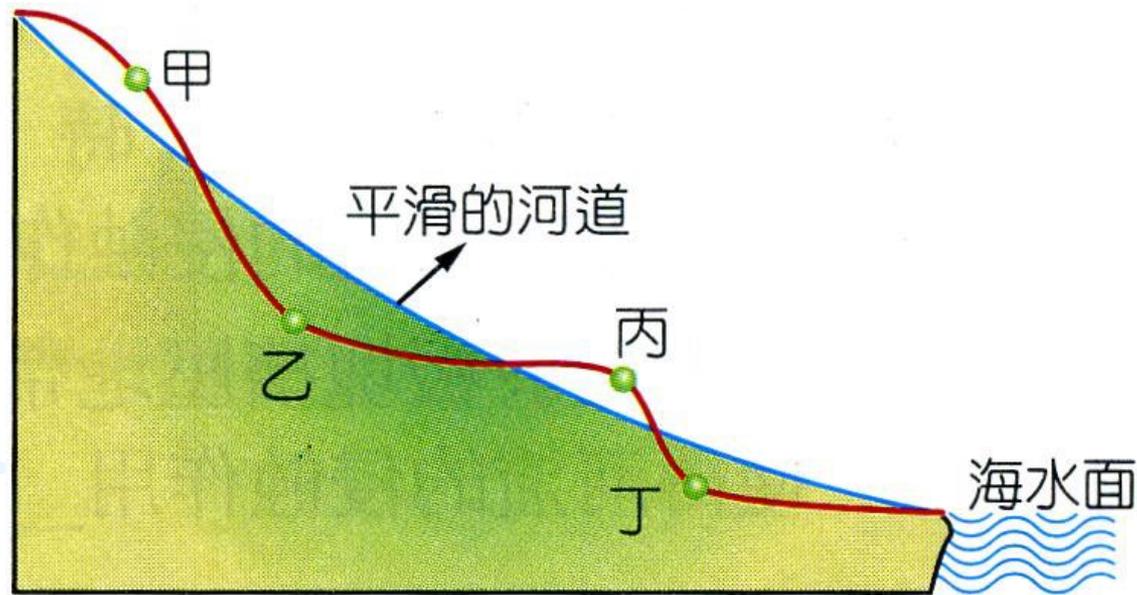
湖泊（暫時侵蝕基準面）

海平面（最終侵蝕基準面）



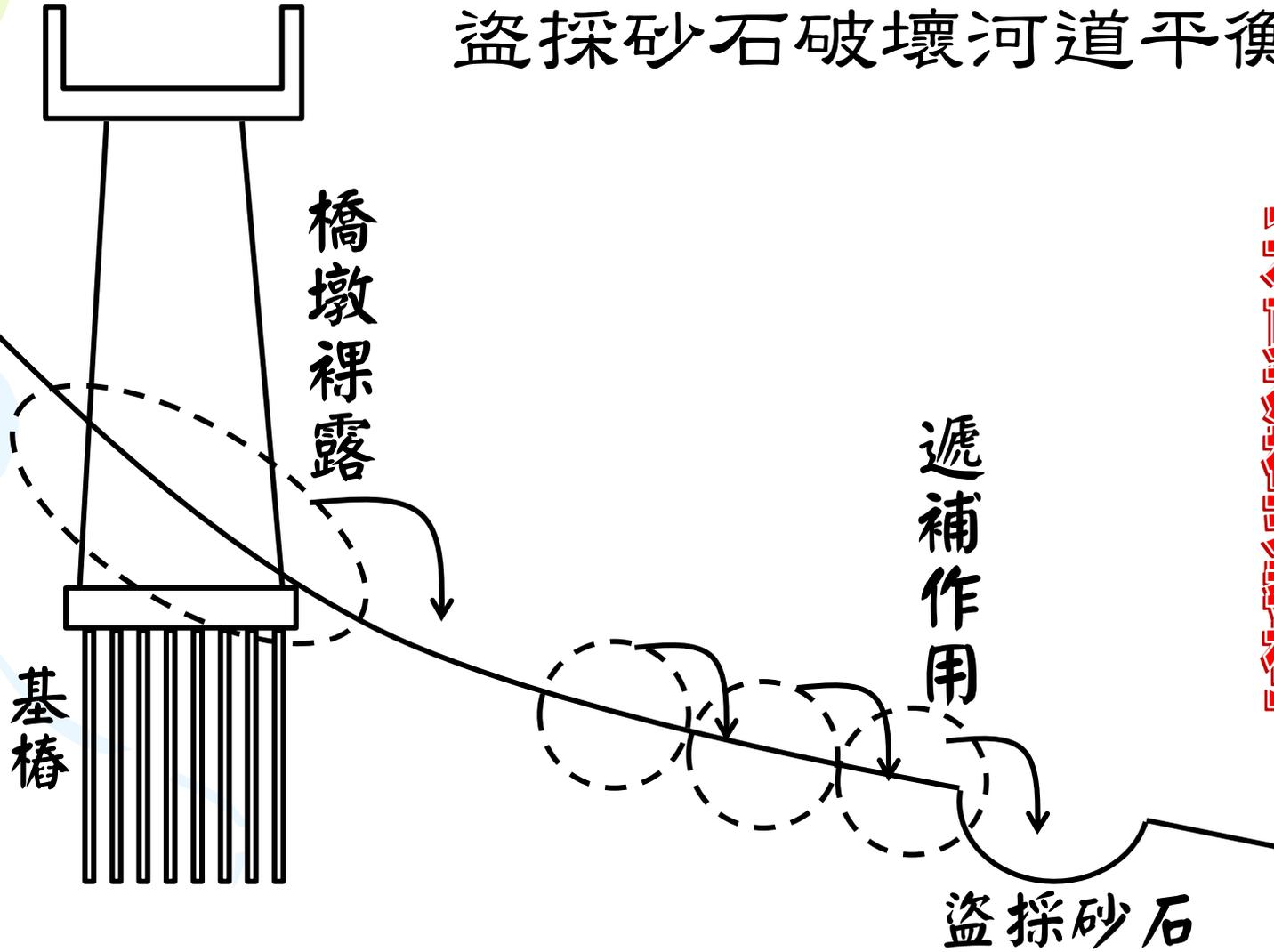
【本頁為補充教材】

河道平衡：河道漸趨平滑



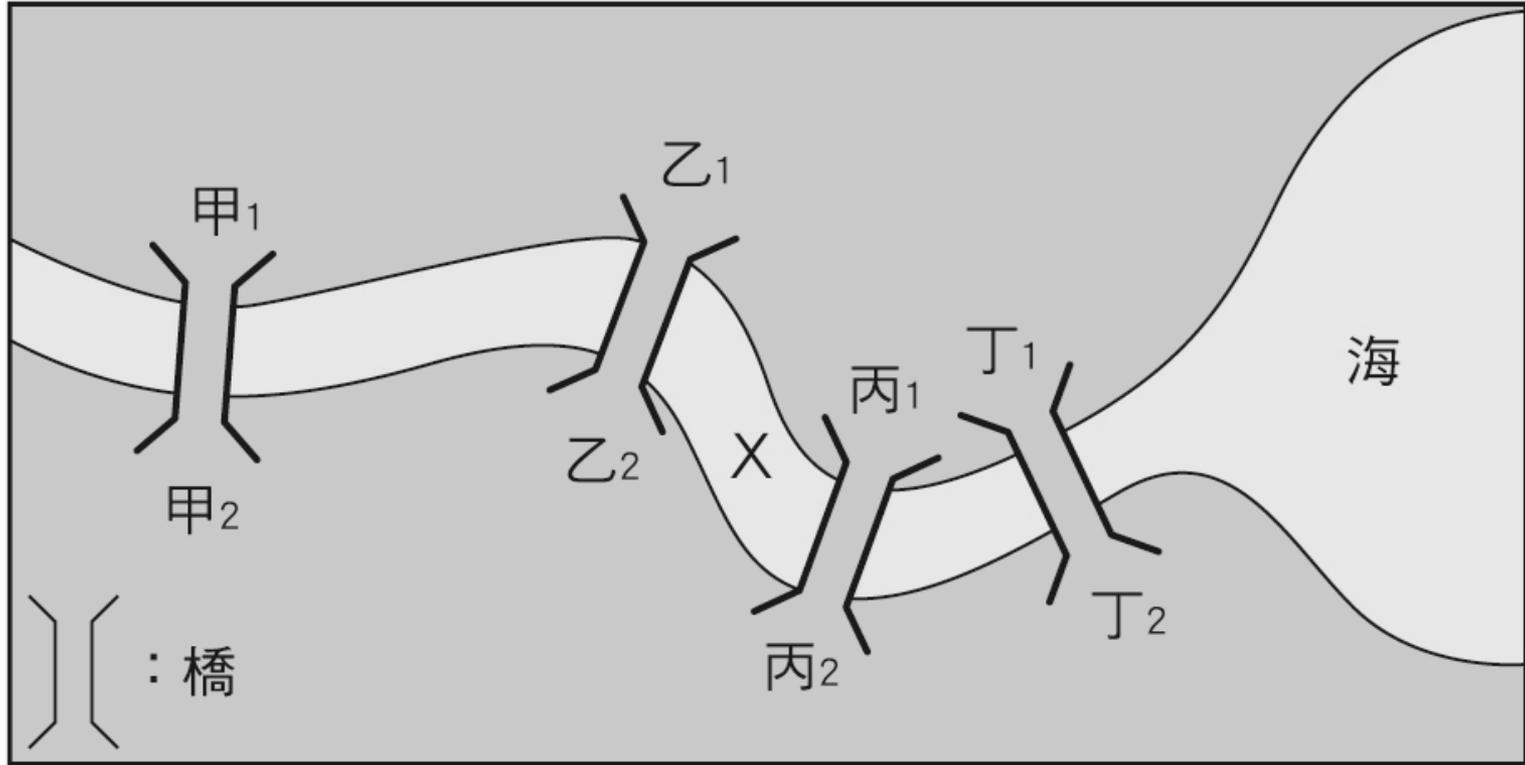
【本頁為補充教材】

盜採砂石破壞河道平衡



【本頁為補充教材】

【本頁為補充教材】

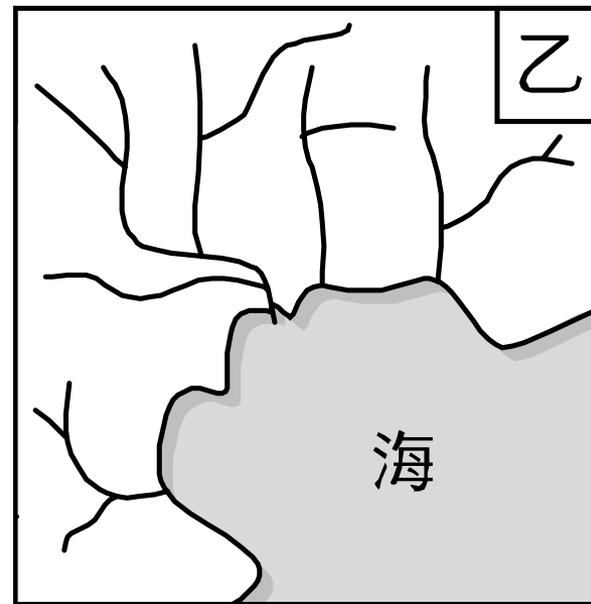
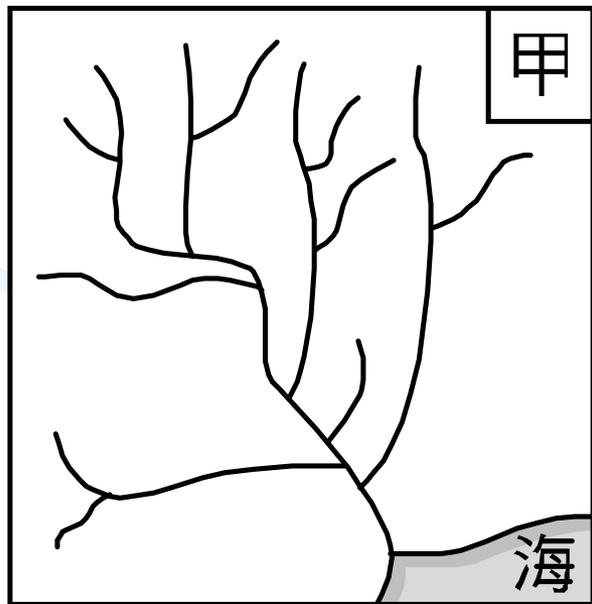


海岸線平衡

- 海浪侵蝕的速度 $>$ 河流帶來沉積的速度
→ 海岸線向陸地內縮 (陸地面積縮小)
- 海浪侵蝕的速度 = 河流帶來沉積的速度
→ 海岸線平衡 (海岸線不變, 陸地面積不變)
- 海浪侵蝕的速度 $<$ 河流帶來沉積的速度
→ 海岸線向海上擴大 (陸地面積增加)

※ 雲嘉外海的「外傘頂洲」面積正在縮小

- (D) 下圖是某地區海岸線變化示意圖，甲圖的地形經過數千萬年後變成乙圖的地形。由圖中推論，導致該海岸地形變化的因素，不包括下列哪一項？
- (A)可能海平面上升 (B)可能上游蓋了水庫或攔砂壩 (C)可能陸地下沉 (D)可能上游濫墾濫伐、水土保持不佳。



§ 5-3 岩石與礦物

岩石

岩石的定義：**天然**產出，由**一種或多種礦物**
(天然的混合物) **組成**，包括**已固結**或**仍然疏鬆**
的組成地殼之物質。

▲ 岩石依成因（形成過程）分為三大類：
火成岩、沉積岩、變質岩

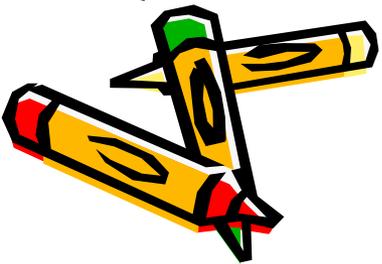
岩石命名：○○岩；礦物命名：○○石、○玉

火成岩分類

深成岩：岩漿未噴出地表，在地底下慢慢冷卻，組成礦物有時間結晶，顆粒較粗，如花岡岩。

火山岩：岩漿噴出地表，迅速冷卻，礦物無充足時間結晶，顆粒細，如玄武岩、安山岩。

●火成岩為地殼中最多的岩石●



火成岩比較



台灣地區火成岩分布



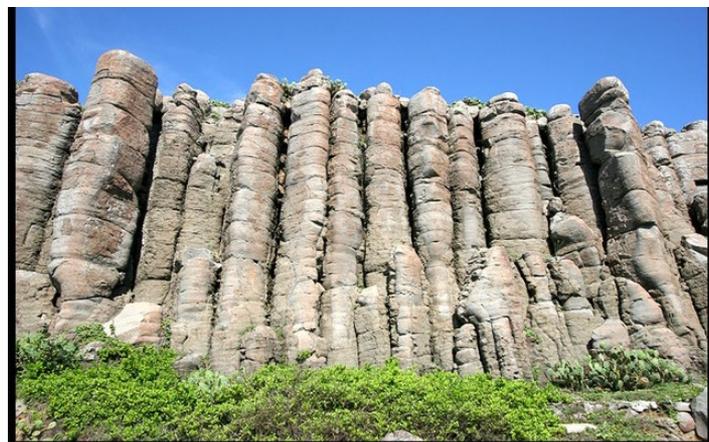
安山岩：北部大屯火山群、基隆火山群、龜山島、海岸山脈、蘭嶼、綠島等等 (西太平洋火山島鏈，北從日本、琉球，南到菲律賓、印尼的火山皆是)

岩漿黏稠
流速慢
錐狀火山

玄武岩：澎湖群島 (國外：夏威夷群島、冰島)
(熔岩台地)

柱狀節理
岩漿流速快
盾狀火山

花岡岩：金門、馬祖



柱狀節理





沉積岩分類 (特徵：層狀構造)

碎屑岩

礫岩 (於陸地形成，如沖積扇)

砂岩 (於淺(近)海形成)

頁岩 (於深(遠)海形成)

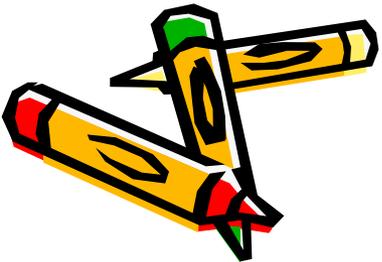
非碎屑岩 → 石灰岩
(生物岩) (碳酸鈣)

海洋化學沉澱 → 台灣北部
東部

珊瑚礁、貝殼碎屑 → 南部

【補充】

砂、頁岩互層，為河流流速變化
造成搬運能力改變



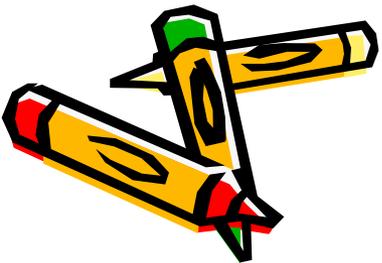


沉積岩比較

- 顆粒大小比較：礫 > 砂 > 頁
- 抗風化侵蝕能力：砂 > 頁
(造成差異侵蝕) (礫岩不一定)

沉積岩的重要性：

- 為最常見(砂岩、頁岩為最)，卻是地球上最少的岩石，因為只分布在地表一、二公里厚。
- 是唯一能保存化石和化石燃料(煤、石油、天然氣)的岩石；可用來研究各地過去的沉積環境和地質史。



變質岩

▲變質作用：岩石在高溫或高壓下，未達熔化的程度時，發生了成分或結構上的改變。

【補充】

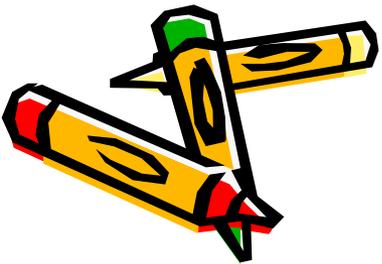
高溫變質：岩漿流經時，被岩漿接觸到的岩石，容易發生成份上的改變，又稱「接觸變質」。

高壓變質：聚合性板塊交界帶，板塊擠壓造成岩石內的礦物結晶被壓成片狀、扁平狀，致岩石結構改變，較之前緊實堅硬。

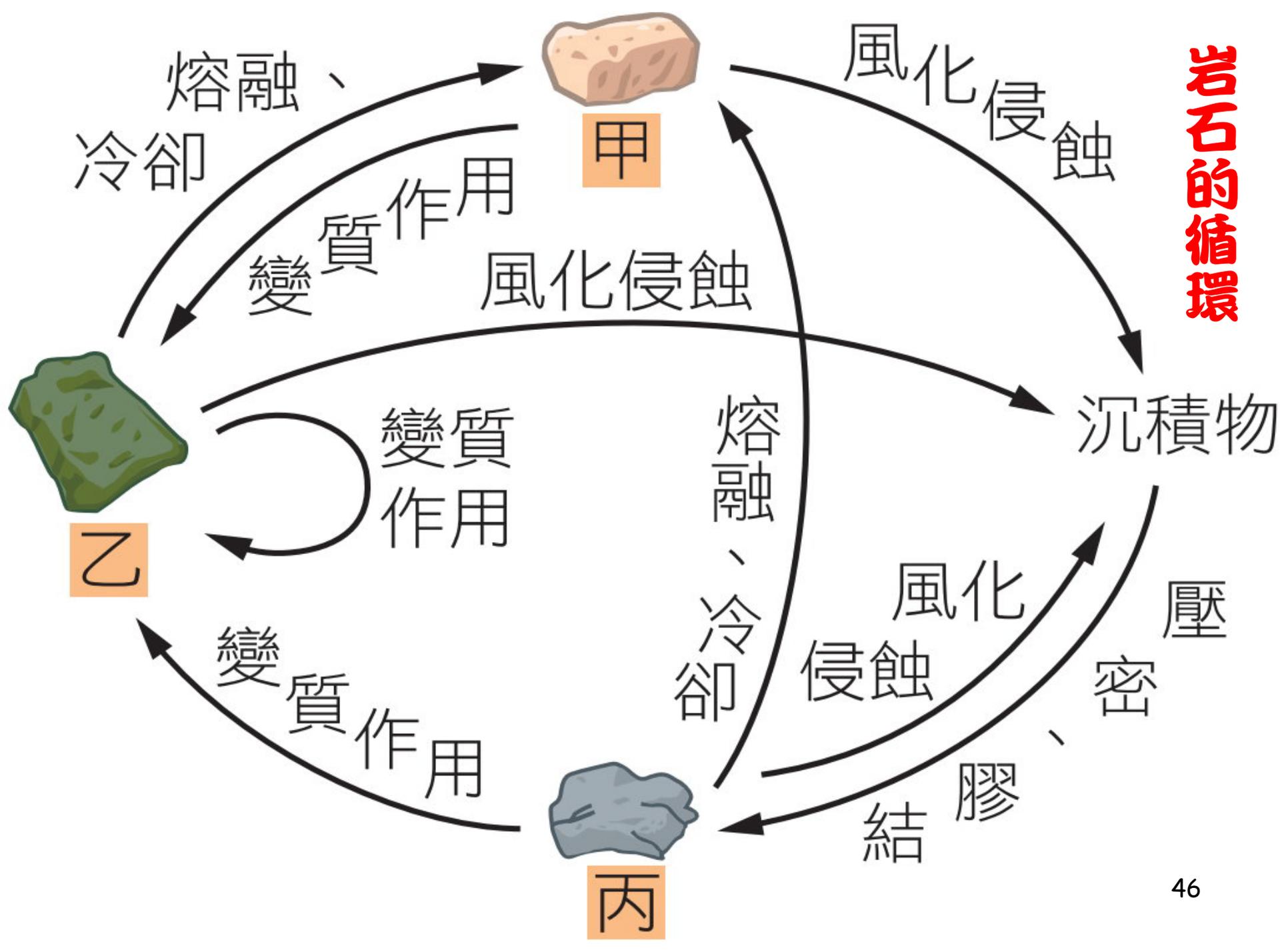


重要變質岩

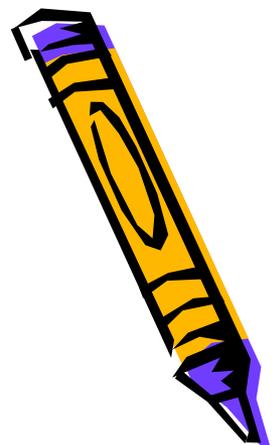
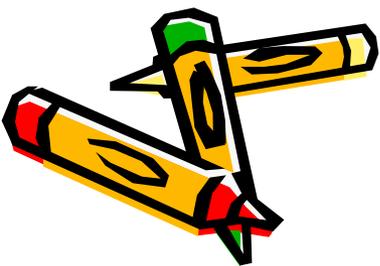
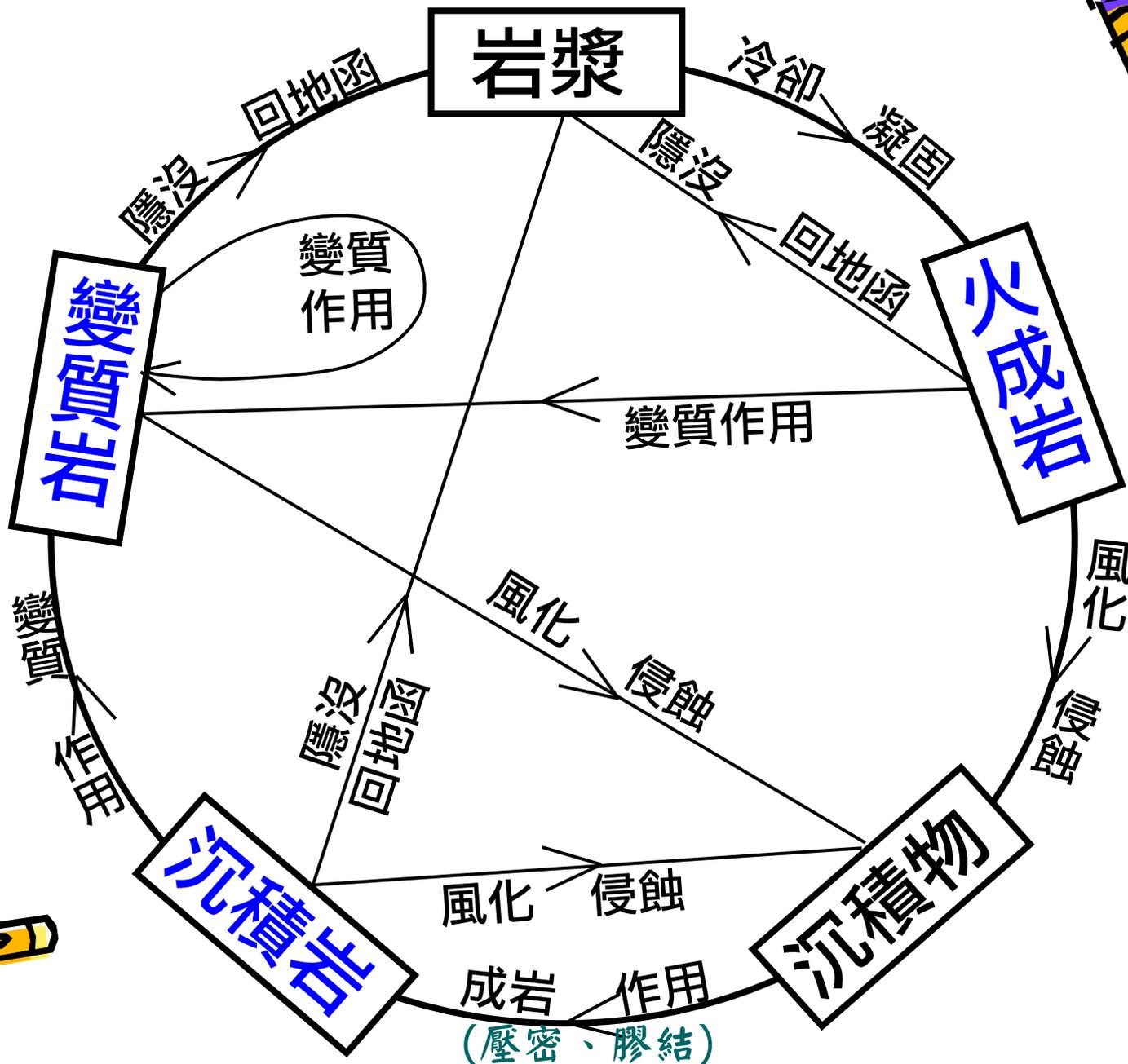
- 石灰岩 $\xrightarrow{\text{變質成}}$ 大理岩
(屬結構變質，成份未變，皆為碳酸鈣)
- 頁岩 $\xrightarrow{\text{變質成}}$ 板岩、片岩
(原住民用板岩建石板屋、做石棺)
- 玉：為輝石、角閃石在變質環境中形成，亦即「玉」產於變質岩中。



岩石的循環



岩石的循環 (完整版)



礦物

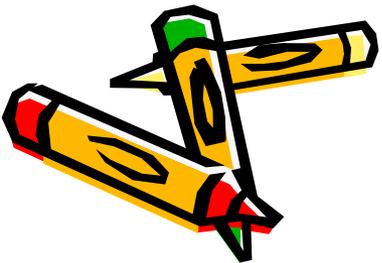


礦物的定義：天然產出、均勻、無機的固態物質，絕大部分為晶質，具有一定的化學成分和物理性質。

(天然的純物質)

元素
化合物

例：煤礦→主要成分為碳，仍含有機雜質→非礦物
琥珀→樹木分泌的樹脂（有機物質）→非礦物
珍珠、珊瑚→生命製造→非礦物
天然室溫下的”汞”→液態→非礦物
人為製造的冰→非礦物；天然的冰→礦物



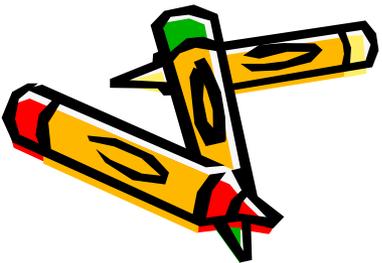
鑑別礦物的五大物理性質



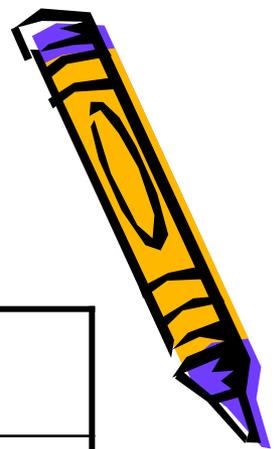
課本只提到



1. 顏色（外觀的顏色）
2. 條痕（礦物粉末的顏色）
3. 硬度（礦物抵抗磨損的能力）
4. 晶形（結晶的形狀）
5. 解理（結構脆弱的斷面）

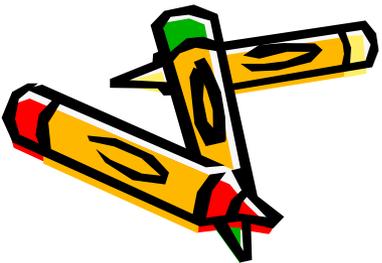


硬度



莫氏硬度表

| | |
|---------------------|--------------|
| 10. 金剛石 (鑽石) | 5. 磷灰石 |
| 9. 剛玉 (紅、藍寶石) | 4. 螢石 |
| 8. 黃玉 (拓帕石) | 3. 方解石 (碳酸鈣) |
| 7. 石英 (水晶、瑪瑙、玉髓、碧玉) | 2. 石膏 |
| 6. 正長石 | 1. 滑石 |



※各級硬度間再劃分1/2，即1.5 2.5 3.5 4.5...依此類推。

- 隨身物品硬度：

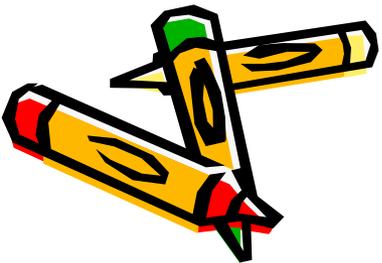
指甲 2.5

銅幣 3.5~4.0

鋼刀(瑞士刀) 5.5

玻璃 5.5~6.0

- 寶石礦物：硬度 ≥ 8 ，因為自然界的灰塵風沙中有許多石英砂顆粒(硬度=7)，如果寶石硬度不夠高，很容易磨損受傷。
- 半寶石礦物：硬度 < 8

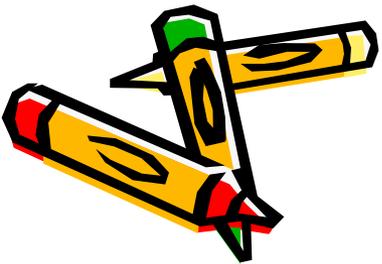


【本頁至最後一頁皆為補充教材】

玉

1. 硬玉：硬度 $6.5\sim 7$ ，又稱「輝玉」，屬輝石類，如：翡翠，主要產地在緬甸北部。因產量少而珍貴。
2. 軟玉：硬度 $6\sim 6.5$ ，又稱「閃玉」，屬角閃石類，如：台灣玉。

P. S. 「翡翠」事實上是紅色的「翡玉」和綠色的「翠玉」兩種玉，但因翠玉較受歡迎，後來人們指的翡翠就是翠玉



顏色

即礦物外觀反射光線的顏色。顏色只能作為初步的辨認，並不可靠，因為不同的礦物常有相同的顏色；反之，同一種礦物卻常因含雜質不同，而呈現不同的顏色，例如：水晶（結晶良好的石英）

紫水晶：亞鐵離子

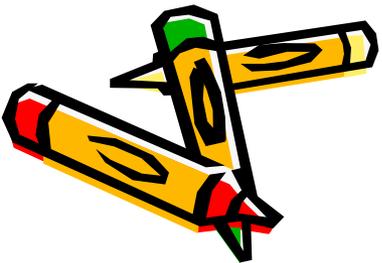
黃水晶：鐵離子

粉(紅)晶：錳or鈦離子

煙 晶：碳

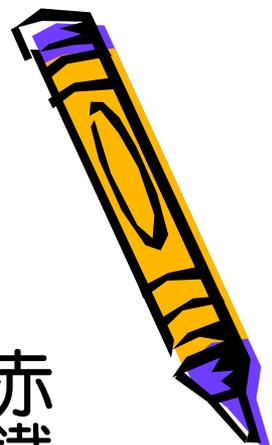
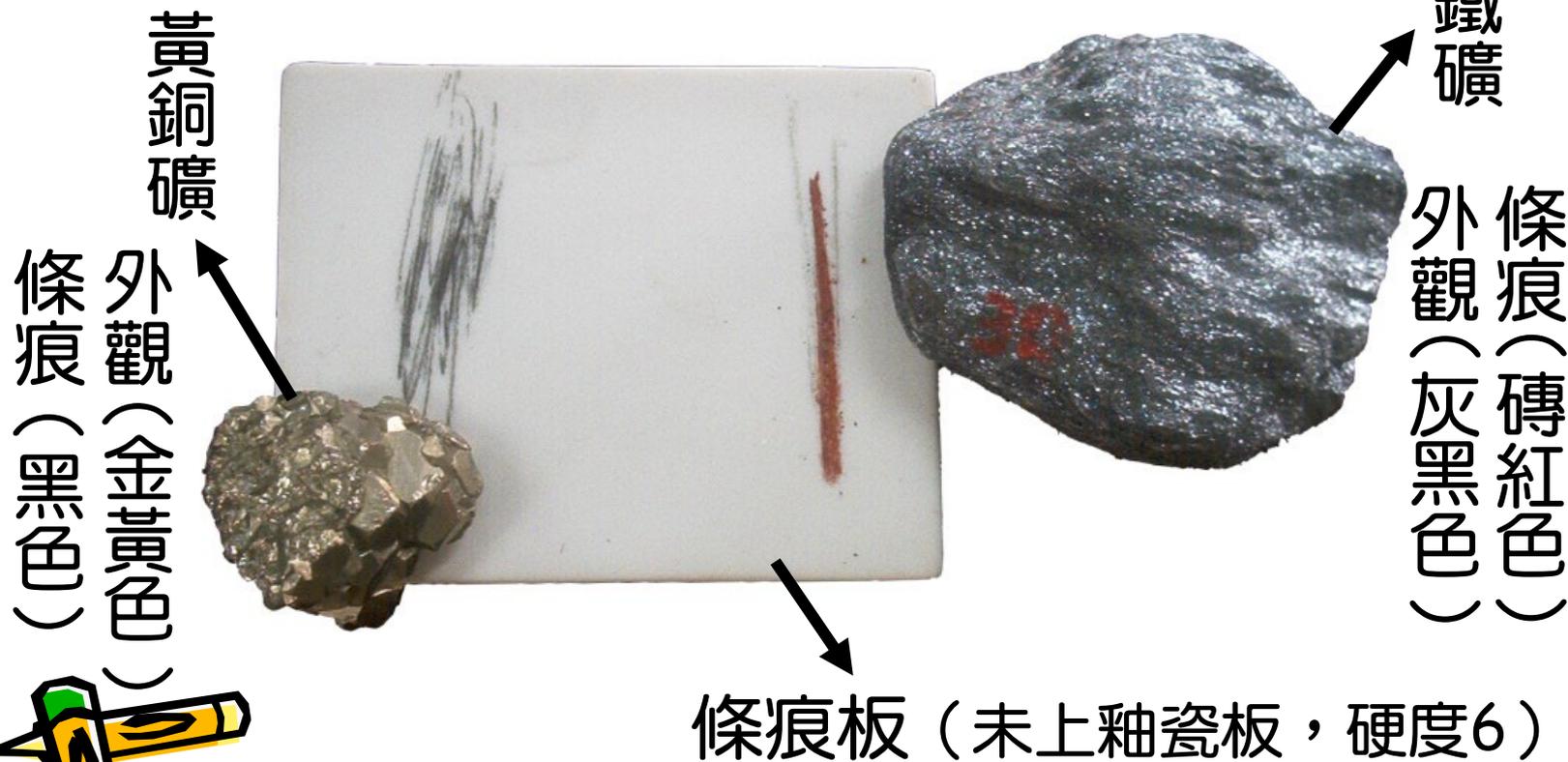
髮 晶：金紅石or電氣石

P. S. 礦物亦可經由放射線照射、浸泡化學藥劑等人為的技術改變礦物的顏色。



條痕

【礦物粉末的顏色】



條痕

- 外觀呈現不同顏色的同種礦物，所畫出來的條痕顏色會相同；換言之，條痕是鑑別是否為同種礦物的重要性質之一，就像親人驗DNA一般。例如：赤鐵礦有**灰黑色**和**磚紅色**兩種，但它們的條痕都是**磚紅色**的。
- 要畫出條痕，必須配合硬度。硬度不同的礦物間互相刻畫，必定得到硬度小的礦物條痕。相同硬度礦物互相刻畫，用尖端刻畫平面，則能得平面端的條痕。

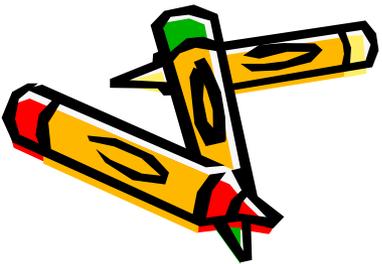
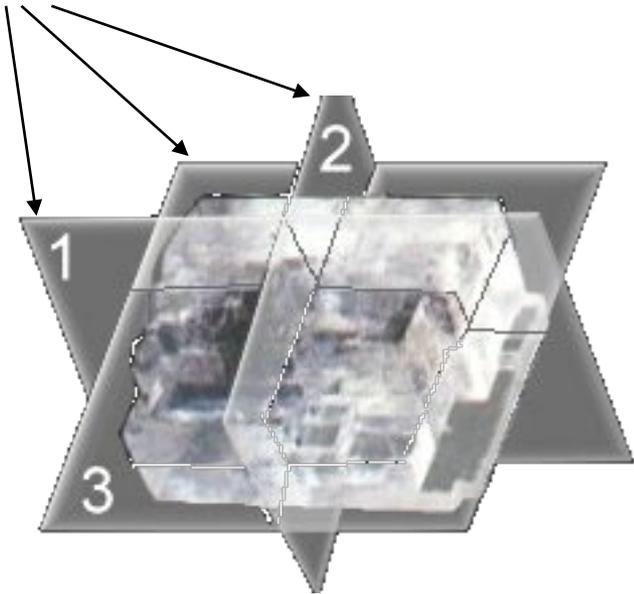
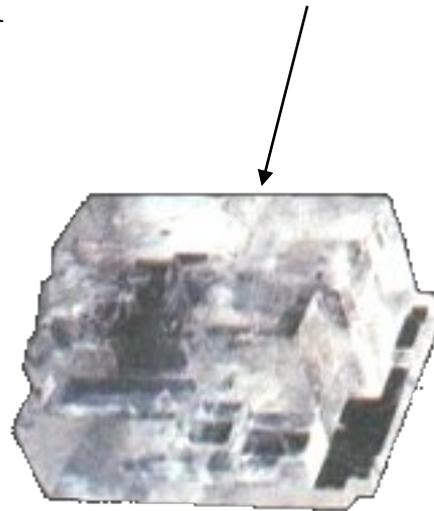




解理數

單位
組 or 方向

- 無：石英（斷裂處稱斷口）
- 一：雲母（非常發達，即很脆弱）
- 二：長石、輝石、角閃石
- 三：方解石（數量多）





含量整理

地殼中含量佔第一位的礦物：長石

地殼中含量佔第二位的礦物：石英

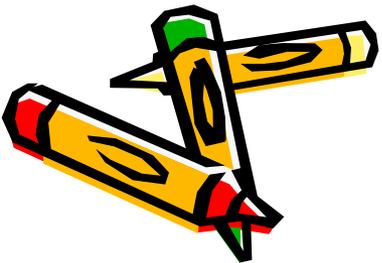
地殼中含量佔前四名的元素：

氧 > 矽 > 鋁 > 鐵（5~8名：鈣鈉鉀鎂）

地殼中最常見的礦物種類：矽酸鹽類

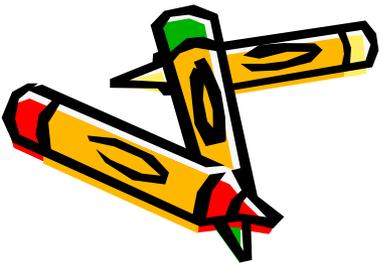
矽酸鹽類

以矽氧四面體為基本單位組合而成各種礦物，如石英、長石、雲母、輝石等等。



造岩礦物

- 礦物有數千種但是常見的只有十多種，大約構成地殼物質96%以上，稱為**造岩礦物**。
- **造岩礦物**可以分成**碳酸鹽**、**矽酸鹽**兩大類。
- **碳酸鹽類**：主要為**方解石**。



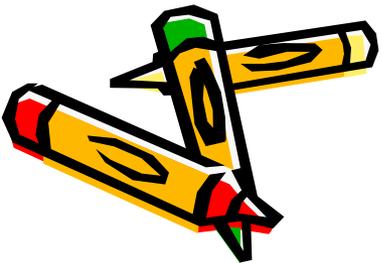
造岩礦物



- 矽酸鹽類：又可分為

矽鋁質矽酸鹽→含矽鋁成份多→顏色較淺、比重較小→在地球淺層岩石中含量較多→如長石、石英、白雲母

鐵鎂質矽酸鹽→含鐵鎂成份多→顏色較深、比重較大→在地球深層岩石中含量較多→如輝石、角閃石、黑雲母、橄欖石



【本章結束】