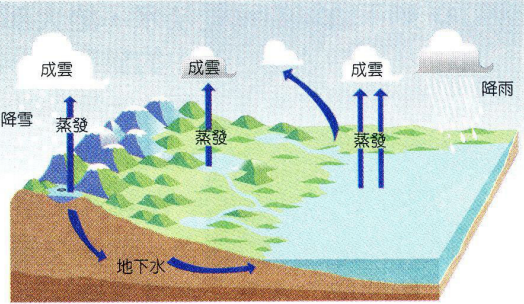


§ 5-1 地球上的水

「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。



1

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

2

海洋佔地球總表面積約71%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	雲霧、水氣

3

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



【本頁為補充教材】

4

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。

【本頁為補充教材】

5

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)： $\frac{0}{100}$
亦即海水平均濃度應表示為35 $\frac{0}{100}$
- 全世界最鹹的海水是以色列的鹹水湖：死海，鹽度350 $\frac{0}{100}$ ，是一般海水的十倍

6

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 → 鹽度高。
- 赤道：降水量 > 蒸發量 → 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。

7

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

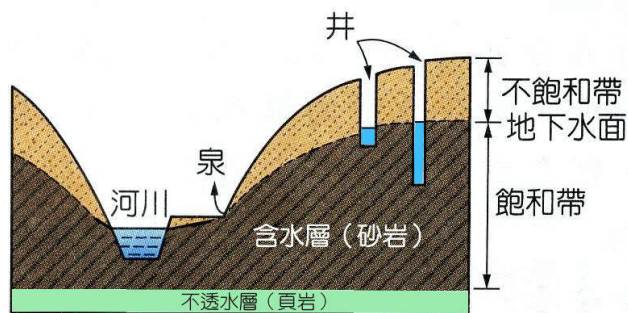
8

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)

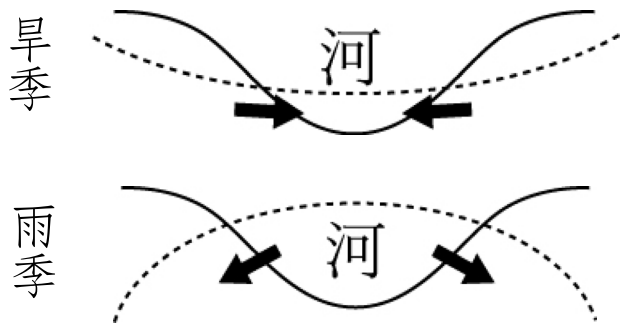
9

自由地下水



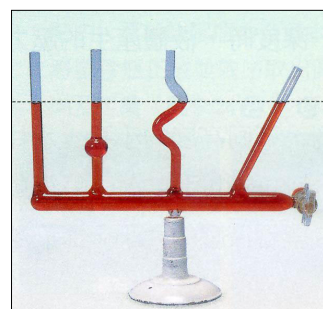
10

湖、河水與周圍地下水互補



11

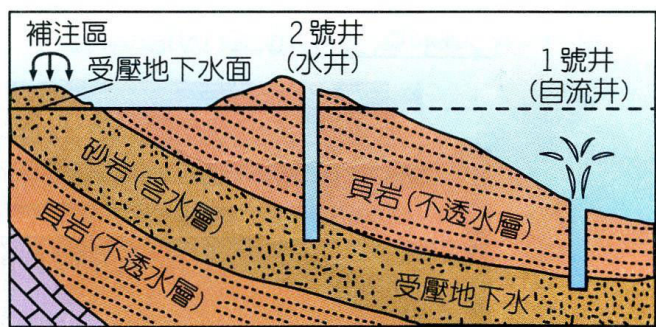
連通管原理 (P=hxd)



【本頁為補充教材】

12

受壓地下水 【本頁為補充教材】



13

超抽地下水的後果

- 地層下陷
- 海水倒灌
- 影響防洪功能
- 地下水鹹化

14

§ 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

15

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 (指風化)
- 需外力 (指侵蝕、搬運)

16

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) | 岩石變碎塊
但成分不變 |
| | 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) | |
| 化學風化
(分解作用) | 1. 溶蝕作用(岩石部份成分被溶解) | 岩石變土壤
成分改變 |
| | 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 | |

※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

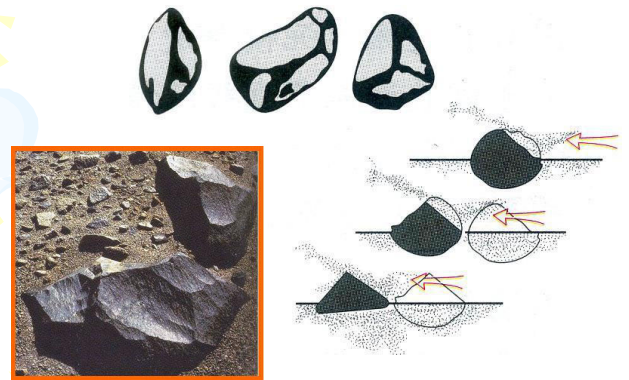
風 → 主要是靠其夾帶之砂塵拍打岩石造成侵蝕作用

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

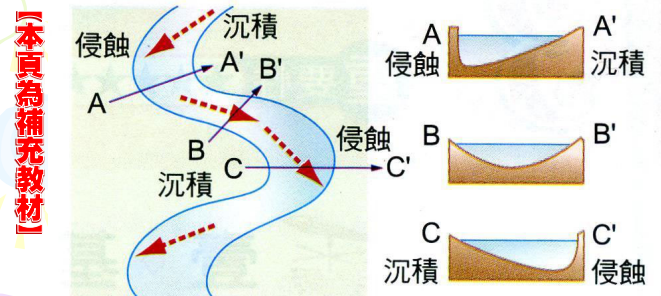


流水 → 包含河流、雨水、海水 (是最普遍、最廣泛的主要侵蝕力)

- | | | |
|-------|------------------------------|----------------|
| 河流的侵蝕 | 1. 向下侵蝕(上游) → 河谷 → 加深 | V型峽谷
如太魯閣峽谷 |
| | 2. 側向侵蝕(下游) → 河岸 → 加寬 | |
| | 3. 向源侵蝕(源頭) → 河道 → 加長(向源頭加長) | |



曲流

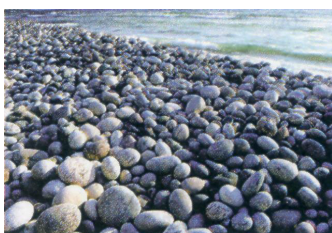


曲流：幼年期河流較筆直，老年期容易成曲流。河流轉彎的外側河岸易被侵蝕，而內側河岸則易產生沉積

河流的搬運作用

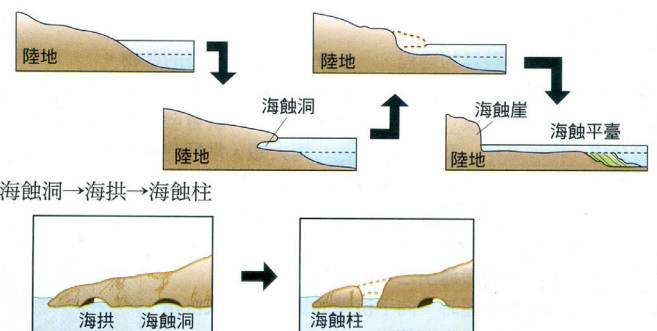
【補充】

- 滾動
- 懸浮
- 溶解

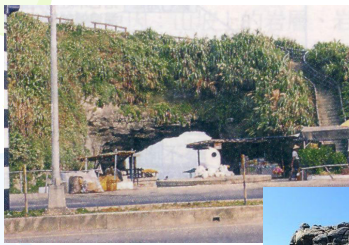


鵝卵石

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)

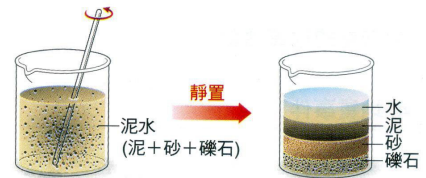
【本頁為補充教材】

礫灘 & 礫石三角洲

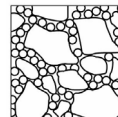
- 礫灘(如東北角的跳石海岸)→海浪侵蝕造成
- 礫石三角洲(蘇花公路的和平溪、立霧溪出海口)→河流沉積作用造成

淘選作用：使顆粒均勻化

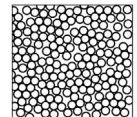
好壞以「淘選度」表示
淘選度：風 > 海水 > 河流 > 冰川



例如

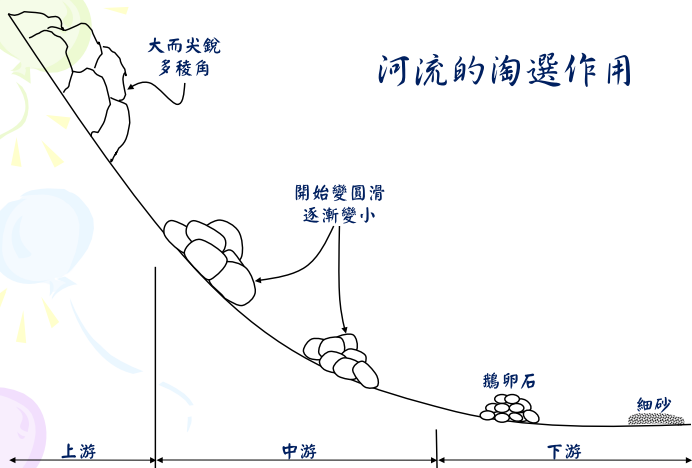


淘選度差
(冰川)



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

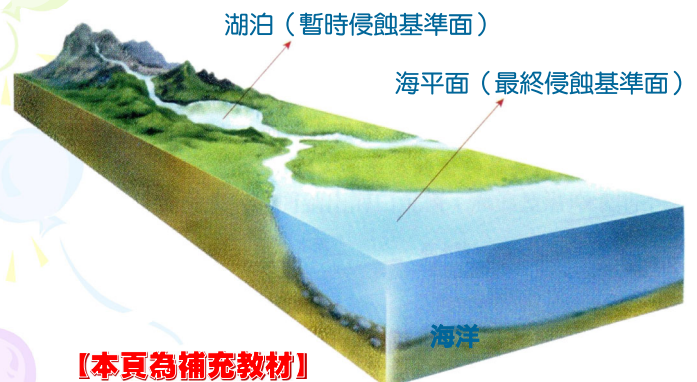
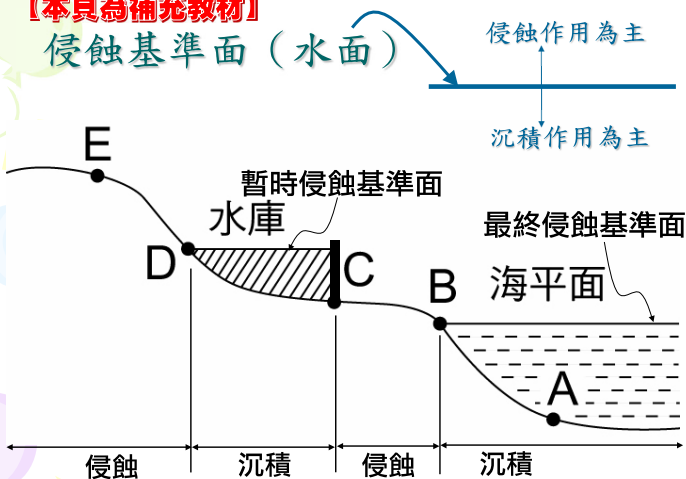
美國國家公園 優勝美地



※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」。

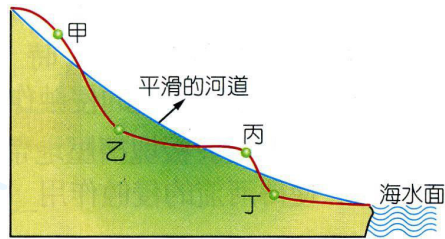
【本頁為補充教材】

侵蝕基準面(水面)



【本頁為補充教材】

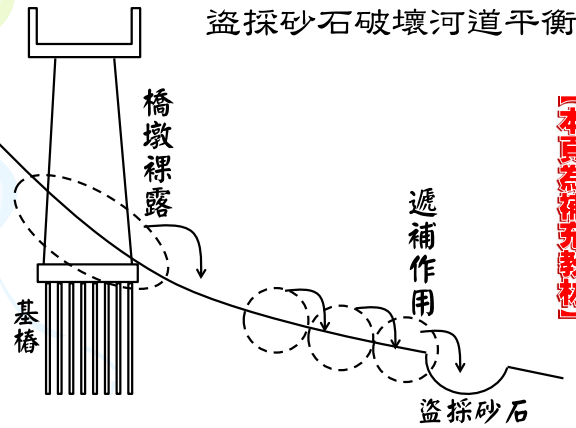
河道平衡：河道漸趨平滑



【本頁為補充教材】

33

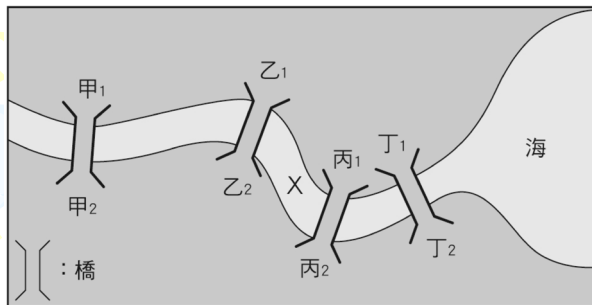
盜採砂石破壞河道平衡



【本頁為補充教材】

34

【本頁為補充教材】



35

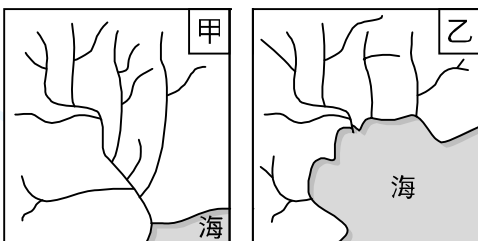
海岸線平衡

- 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

36

- (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。



37

§ 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

38

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，如花崗岩。

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 ●

39

火成岩比較

粗	← 顆粒 →	細
花岡	安山	玄武
大陸地殼		海洋地殼
淺	← 顏色 →	深
小	← 密度 →	大
	(質量)	

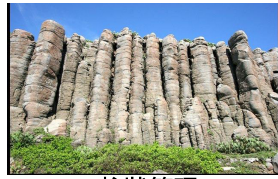
40

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)

玄武岩：澎湖群島 (國外：夏威夷群島、冰島) (熔岩台地)

花岡岩：金門、馬祖



柱狀節理

沉積岩分類 (特徵：層狀構造)

礫岩 (於陸地形成，如沖積扇)

碎屑岩 { **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

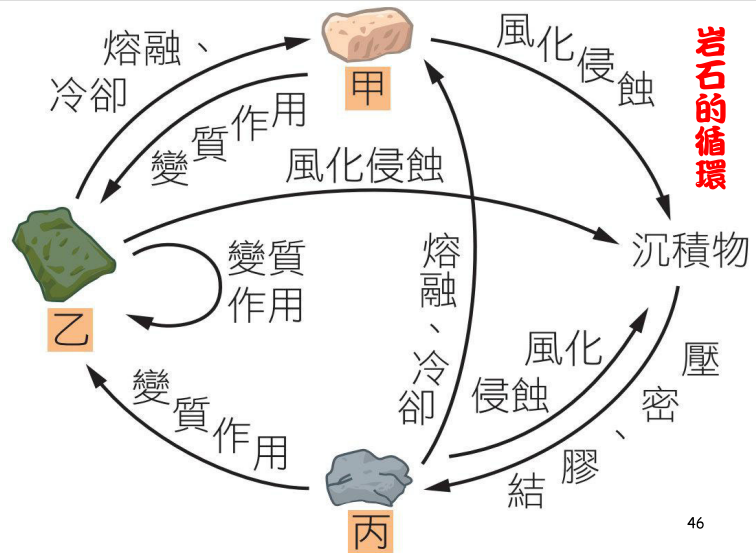
變質作用：岩石在**高溫或高壓**下，**未達熔化的程度**時，發生了**成分或結構**上的改變。

[補充]

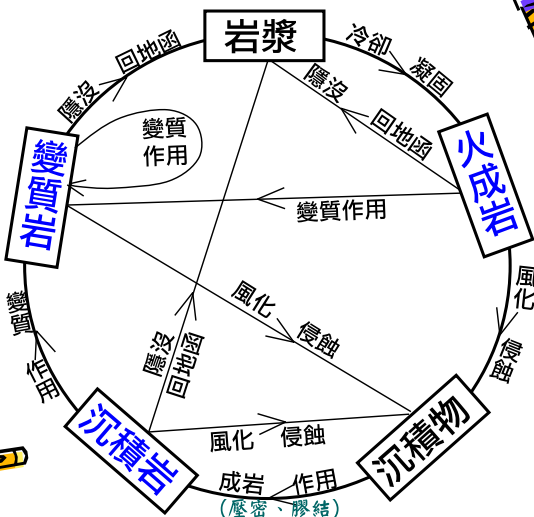
- **高溫變質**：岩漿流經時，被岩漿接觸到的岩石，容易發生成份上的改變，又稱「接觸變質」。
- **高壓變質**：聚合性板塊交界帶，板塊擠壓造成岩石內的礦物結晶被壓成片狀、扁平狀，致岩石結構改變，較之前緊實堅硬。

重要變質岩

- 石灰岩 **變質成** 大理岩 (屬結構變質，成份未變，皆為碳酸鈣)
- 頁岩 **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 (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。

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)



49

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。

50

【本頁至最後一頁皆為補充教材】

玉

1. 硬玉：硬度6.5~7，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6~6.5，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



52

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



51

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：錳或鈦離子
煙晶：碳 髮晶：金紅石或電氣石

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。



53

條痕

【礦物粉末的顏色】



54

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。



55

晶形

分為六大晶系 { 等軸、正方、六方、斜方、單斜、三斜 } 晶系

解理

當礦物受外力敲擊時，沿著特定面破裂，出現平行而光滑的破裂面

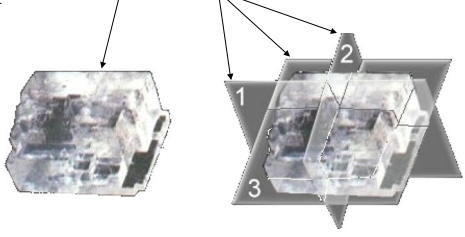


56

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）



57

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。

58

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**。

59

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】

60