

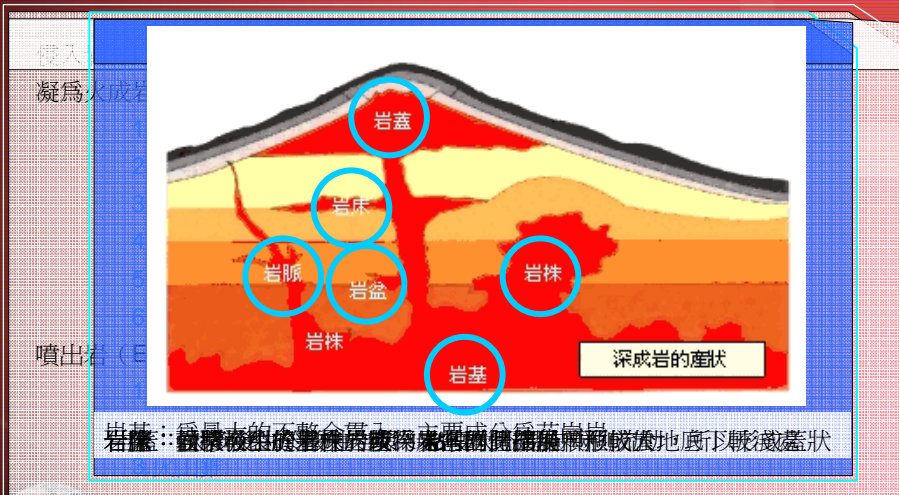


Ch3 地質材料

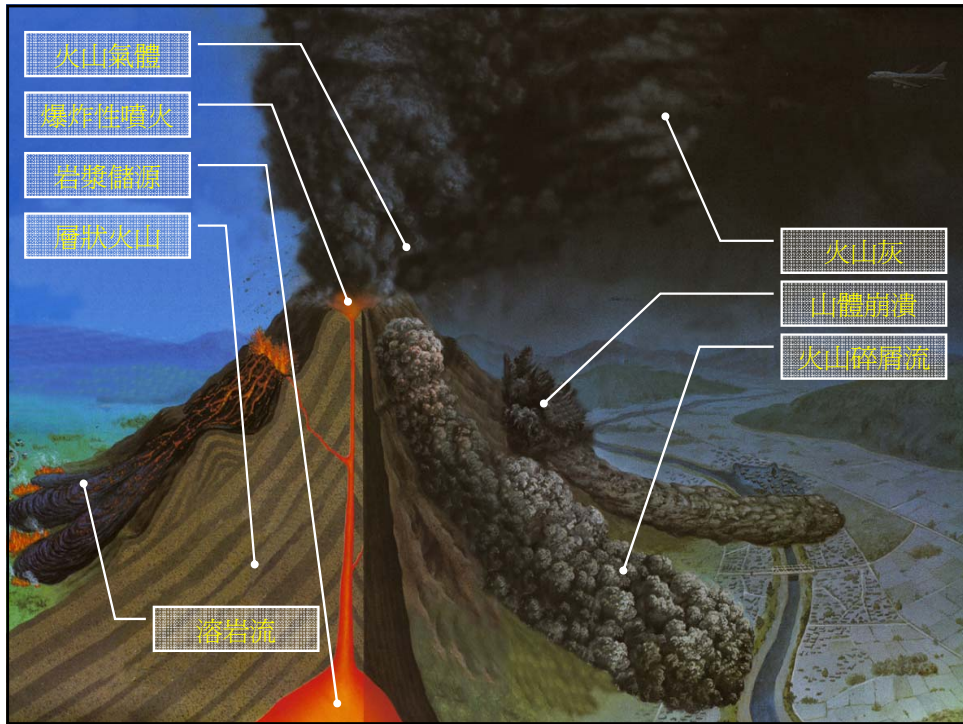
3.2 火成岩之種類及其工程性質

3.2.1 火成岩之成因及產狀

火成岩



Ch3 地質材料



3.2.2 Bowen 反應系列

火成岩

美國岩石學家包溫 (Bowen, 1922) 提出岩漿冷卻後的結晶礦物順序。



Ch3 地質材料

3.2.3 火成岩之特徵

1. 火成岩的礦物成份

• 通常以二氧化矽 (SiO₂) 的含量將火成岩分為超基性岩、基性岩、中性岩、酸性岩、及超酸性岩。

2. 火成岩的結構

• 由岩石斷面所見之礦物含量佔全岩百分比之玻斑指數 (Coltson Index) 可推知火成岩之結構。

3. 火成岩構造

• 礦物的種類及含量是火成岩分類及命名的主要依據。



3.2.4 火成岩之分類

岩石類型	酸性岩	中性岩	基性岩	超基性岩		
SiO ₂ 含量(%)	>65	65-52	52-45	<45		
顏色	淺 ←—————→ 深					
主要礦物	正長石 石英	正長石	斜長石 角閃石	斜長石 輝石	橄欖石 輝石	
次要礦物	黑雲母 角閃石	角閃石 黑雲母	輝石 黑雲母	角閃石 橄欖石	角閃石	
噴出岩	火山碎屑狀	火山角礫岩、集塊岩、凝灰岩				
	玻璃狀	玻璃質火山岩				
	微晶狀	流紋岩	粗面岩	安山岩	玄武岩	少見
淺成岩	斑狀	花崗斑岩	正長斑岩	閃長玢岩	輝綠岩	少見
深成岩	粒狀	花崗岩	正長岩	閃長岩	輝長岩	橄欖岩 輝岩



3.2.5 常見之火成岩

火成岩

1. 花崗岩(Granite)
2. 安山岩(Andesite)
3. 玄武岩(Basalt)
4. 火山角礫岩(Volcanic Breccia)和塊岩(Agglomerate)
5. 凝灰岩(Tuff)



Ch3 地質材料

3.2.6 火成岩之工程性質

火成岩

一般岩石材料的工程性質受成岩作用的品質、礦物成分、構造、水和風化等因素影響。火成岩的工程性質之主要影響如下說明：

1. 岩石的構造
2. 岩石的礦物成分
3. 水
4. 風化



Ch3 地質材料

3.2.6 火成岩之工程性質

1. 岩石的構造

1. 噴出岩：常有流紋構造和氣孔構造，使岩石強度降低。
2. 侵入岩：常為塊狀的構造，工程性質佳。



3.2.6 火成岩之工程性質

2. 岩石的礦物成分

1. 礦物種類：
 - 低溫、低壓與地表附近較不穩定，抗風化能力低
 - 酸性火成岩則多為低溫礦物，抗風化能力強。
2. 礦物種類多寡：
 - 火成岩大多由多種礦物所組成，普遍抗風化能力較差。
 - 受高溫的時後，會因為礦物種類較多、差異的熱膨脹使岩石易脹裂。



3.2.6 火成岩之工程性質

3. 水

深成岩受水的影響較小，噴出的細粒火成岩如凝灰岩，則受水的影響較大。



凝灰岩

4. 風化

風化度越高，工程性質越差。



3.3 沉積岩之種類及其工程性質



3.3.1 沉積岩之成因

沉積岩

岩化作用(Lithification)是將鬆散的沉積物（土壤）變為緊密的岩石之作用，可細分下列三種作用：

1. 膠結作用(Cementation)

2. 壓密作用(Consolidation)

乾化作用(Desiccation)

3. 結晶作用(Crystallization)



Ch3 地質材料

3.3.1 沉積岩之成因

沉積岩

1. 膠結作用(Cementation)

膠結作用是以膠結物質將鬆散的土壤顆粒黏結在一起，猶如混凝土中的水泥為膠結物質，將粗骨材（礫石）及細骨材（砂）粘結成抗壓強度高的材料。



單斜厚層砂岩



Ch3 地質材料

3.3.1 沉積岩之成因

沉積岩

1. 膠結作用(Cementation)

此類岩石之工程性質受膠結物質的影響甚大，因此，介紹常見的膠結物質之性質如下。

岩石抗壓強度**高**，抗水性及抗風性能力強

岩石抗壓強度**中等**，具可溶性，可利用「冷稀鹽酸」分辨。

岩石抗壓強度**高**

岩石抗壓強度**低**，遇水極易軟化。

強度低，**硬度也低**，極具可溶性。



Ch3 地質材料

3.3.1 沉積岩之成因

沉積岩

1. 膠結作用(Cementation)

由膠結作用形成的沉積岩，其工程性質除了受膠結物質種類影響外，亦受膠結類型影響。



強度 (a)基底膠結 > (b)孔隙膠結 > (c)接觸膠結



Ch3 地質材料

3.3.1 沉積岩之成因

沉積岩

2. 壓密作用(Consolidation)和 乾化作用(Desiccation)

土壤受載重後，經過主要壓密(Primary Consolidation)或稱工程壓密(Engineering Consolidation)使超額孔隙水壓完全排除，其有效應力開始保持不變，但沉陷仍持續進行，此乃因次要壓密(Secondary Consolidation)或稱二次壓縮、土壤的潛變、地質壓密(Geologic Consolidation)之作用所致。



Ch3 地質材料

3.3.1 沉積岩之成因

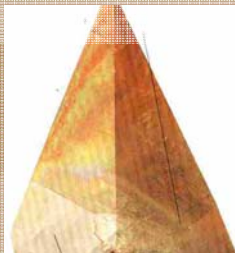
沉積岩

3. 結晶作用(Crystallization)

化學的沉積物和生物的沉積物，從溶液中析出或結晶而成新的礦物。



礫石



方解石



石灰岩



Ch3 地質材料

3.3.1 沉積岩之特徵

沉積岩

1. 沉積岩的組成物質
 - (1) 碎屑物質
 - (2) 膠結物質
 - (3) 孔隙沉積物
2. 沉積岩的結構
 - (1) 層理構造
 - (2) 其他構造
3. 沉積岩的構造
 - (1) 有機物
 - (2) 礦物



Ch3 地質材料

3.3.1 沉積岩之分類

沉積岩

類型	粒徑 (mm)	沉積物	岩化作用	沉積岩	主要成份
碎屑岩	>2	礫石 (Gravel)	膠結	礫岩 (Conglomerate) 角礫岩 (Breccia)	碎岩、石英
	0.06~2	砂土 (Sand)	膠結	砂岩 (Sandstone)	石英、長石、岩屑
	0.002~0.06	粉土 (Silt)	膠結	粉砂岩 (Siltstone)	石英、長石、粘土
	<0.002	粘土 (Clay)	壓密	粘土岩 (Claystone) 頁岩 (Shale)	粘土、其他礦物碎屑
生物化學岩	珊瑚礁遺骸、貝殼、有機與化學沉積物		結晶	石灰岩 (Limestone)	方解石
	受溶液作用的石灰岩		結晶	白雲岩 (Dolostone)	白雲石
	植物碎片		結晶	泥炭 (Peat) 煤 (Coal)	有機物質



Ch3 地質材料

3.3.2 常見之沉積岩

沉積岩

1. 礫岩(Conglomerate)及角礫岩(Breccia)
2. 砂岩(Sandstone)
3. 粉砂岩(siltstone)
4. 黏土岩(Clay stone)
頁岩(Shale)及泥岩(Mudstone)
5. 石灰岩(Limestone)
6. 白雲岩(Dolostone)
7. 泥炭(Peat)及煤(Coal)



Ch3 地質材料

3.3.3 沉積岩之工程性質

沉積岩

沉積岩的工程性質語言畫作用的品質、礦物成分、構造、水和風化等因素有關，分述如下：

1. 岩化作用的品質

2. 礦物成分

3. 構造

4. 水

5. 風化



Ch3 地質材料

3.3.3 沉積岩之工程性質

沉積岩

1. 岩化作用的品質

(1) 粗粒碎屑狀沉積岩

- 包括礫岩、砂岩及粉砂岩，主要由膠結作用而形成岩石，因此受膠結物質的種類和膠結類型影響。

(2) 粘土的沉積岩

- 包括粘土岩和頁岩，壓密作用越久，其工程性質越佳。

(3) 生物化學沉積岩

- 結晶作用越佳，其工程性質越好。



Ch3 地質材料

3.3.3 沉積岩之工程性質

沉積岩

2. 礦物成份

(1) 粗粒碎屑狀沉積岩

- 主要成分為碎岩、石英、長石等，其工程品質較佳。

(2) 粘土的沉積岩

- 主要成份為粘土，所以各種工程性質較差，若含蒙脫土類的粘土礦物，則其吸水膨脹性大。

(3) 生物化學沉積岩

- 普遍具有可溶性，尤其是石灰岩及白雲岩。



Ch3 地質材料

3.3.3 沉積岩之工程性質

沉積岩

3.構造

沉積岩大都具有成層理，因此其工程性質具有異向性，這也表示相同的岩石，在不同方向的強度、變形性及滲透性也不同。



Ch3 地質材料

3.3.3 沉積岩之工程性質

沉積岩

4.水

沉積岩受水分的影響頗大，尤其是泥質膠結的泥質沙岩及泥質組成的**粘**土岩、頁岩和泥岩，若含水量越高，其強度越低，變形性越大。



Ch3 地質材料

3.3.1 沉積岩之工程性質

沉積岩

5. 風化

風化度越高，則強度越低，變形性越大。



Ch3 地質材料



單斜厚層砂岩

Ch3 地質材料



含有貝殼化石的沉積岩

Ch3 地質材料



厚砂岩間夾薄砂、頁岩互層

Ch3 地質材料

3.4 變質岩之種類及其工程性質

3.4.1 變質岩之成因

變質岩

1. 溫度 (Temperature)

2. 壓力 (Pressure)

3. 化學性的流體 (Chemically Active Fluids)

- 1. 接觸變質作用 (Contact Metamorphism)
(1) 接觸變質作用 (Contact Metamorphism)
(2) 接觸變質作用 (Contact Metamorphism)
(3) 接觸變質作用 (Contact Metamorphism)
- 2. 區域變質作用 (Regional Metamorphism)
(1) 區域變質作用 (Regional Metamorphism)
(2) 區域變質作用 (Regional Metamorphism)
(3) 區域變質作用 (Regional Metamorphism)
- 3. 變質作用 (Metamorphism)
(1) 變質作用 (Metamorphism)
(2) 變質作用 (Metamorphism)
(3) 變質作用 (Metamorphism)

Ch3 地質材料

3.4.2 變質岩之特徵

變質岩

1. 變質岩的礦物

變質岩的礦物種類很多，包括火成岩和沉積岩所殘留結構或構造，尚包

2. 變質岩的結構

(1) 殘留結構或構造，尚包
(2) 變質結構的礦物，均作為變質岩的重要指標，此種礦物稱為指

3. 變質岩的構造

(3) 碎變結構
準礦物(Index Minerals)。



Ch3 地質材料

3.4.3 變質岩之分類—分類方式

變質岩

構造	岩石名稱	主要礦物
葉理狀	硬頁岩(Argillite)	粘土、綠泥石、絹雲母、石英
	板岩(Slate)	粘土、綠泥石、絹雲母、石英
	千枚岩(Phyllite)	粘土、綠泥石、絹雲母、石英
	片岩(Schist)	綠泥石、雲母、石英、滑石、角閃石、長石
	片麻岩(Gneiss)	長石、石英、雲母、角閃石、輝石、少量的矽線石、蘭晶石、石榴子石
塊狀	角頁岩(Hornfels)	雲母、長石、石英
	大理岩(Marble)	方解石、白雲石
	石英岩(Quartzite)	石英、有時含少量雲母及長石



Ch3 地質材料

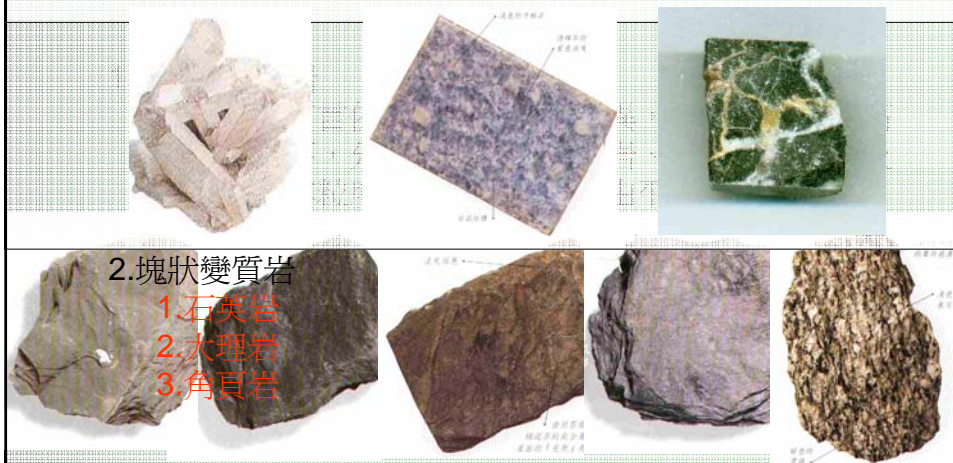
3.4.3 變質岩之分類—變質程度

原岩	低 ←——變質程度——→ 高
頁岩、泥岩、凝灰岩	硬頁岩<板岩<千枚岩<片岩
砂岩	變質砂岩<石英岩<石英片岩
石灰岩、白雲岩	變質石灰岩<大理岩
花崗岩	片麻岩
安山岩、玄武岩	角閃岩<角閃石片岩 綠泥石片岩



Ch3 地質材料

3.4.4 常見之變質岩



Ch3 地質材料

3.4.5 變質岩之工程性質

變質岩

1. 構造

具有頁理構造的岩石，如硬頁岩、板岩、千枚岩、片岩、片麻岩等，會使岩石有異向性，岩石受力後易沿頁理面破壞。

2. 礦物成份

在變質過程中產生的礦物，其強度、抗剪強度較低，使穩定性降低、抗風化性也較低。



Ch3 地質材料



變質岩

板岩劈理及岩板脫落之情形，中橫公路

Ch3 地質材料



板劈理之近照，中橫公路

Ch3 地質材料



急轉折之板劈理，蘇澳附近

Ch3 地質材料



矽質片岩之片理，蘇花公路谷風海邊

Ch3 地質材料

Photograph



矽質片岩之片理，蘇花公路谷風海邊

Ch3 地質材料

Photograph

3.5 土壤種類及其工程性質

岩石經過風化後成為土壤，根據搬運方式與否有下列各種土壤。

8. (Lacustrine Sediments) 湖沼沉積物



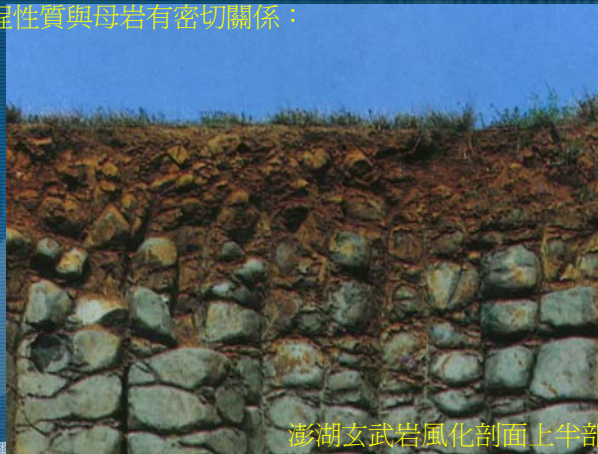
Ch3 地質材料

3.5 土壤種類及其工程性質

1. 殘留表土 (Residual Soil)

當岩石經過風化之後形成土壤，未受外力搬運而留在原地者稱為殘留表土，而殘留表土之工程性質與母岩有密切關係：

- ① 火成岩之殘留表土
- ② 沉積岩之殘留表土
- ③ 變質岩之殘留表土



澎湖玄武岩風化剖面上半部



Ch3 地質材料

3.5 土壤種類及其工程性質

2. 崩積土 (Colluviums)

大規模的山崩後，碎岩及土壤所堆積成的地層，或是大規模的崖錐堆積地層，稱為崩積土或崩積層。



梨山坍方之崩積土



Ch3 地質材料

3.5 土壤種類及其工程性質

2. 崩積土 (Colluviums)

崖錐堆積 (Talus Deposits)：山崖處的岩石經風化成碎岩及土壤後，在經由重力而掉落在懸崖下方，形成雜亂堆置的錐狀體。



加拿大馬陵湖

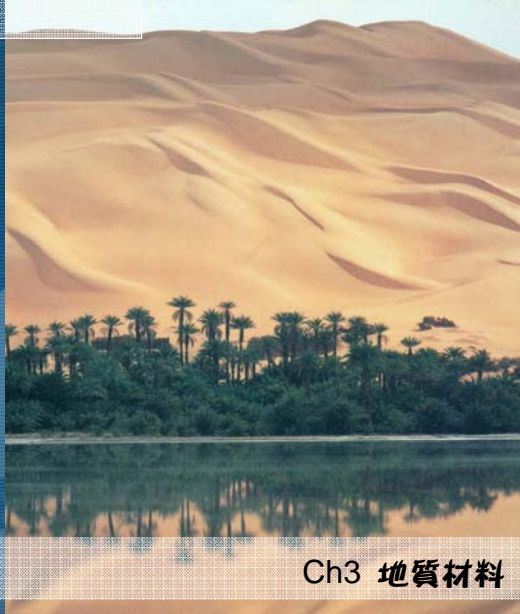


Ch3 地質材料

3.5 土壤種類及其工程性質

3. 風積土 (Aeolian Soils)

土壤經由風力搬運至他處沉積者，稱為**風積土**。其顆粒較細且均勻，孔隙大，若土壤中含鈣質或鐵質，則膠結情況較佳時，強度中等，但浸水後則易崩塌。



沙漠中的綠洲



Ch3 地質材料

3.5 土壤種類及其工程性質

4. 洪積土 (Diluvium)

山區的碎石、礫石及細粒土壤受到洪水的搬運，至山麓而沉積成為沖積扇，常造成巨厚的卵礫石層，卵礫石間含有細料。



林口台地近中山高速公路的挖方邊坡



Ch3 地質材料

3.5 土壤種類及其工程性質

5. 沖積土 (Alluvium)

河流自上游沖刷下來的泥砂，至波促較緩的平原，因攜帶能力減弱而沉積。



Ch3 地質材料

3.5 土壤種類及其工程性質

6. 海埔地泥土 (Estuarine & Coastal Mud & Silt)

河流流至出海口，亦是沖積土的末緣，視為海埔地，所淤積的顆粒頗細，且非常疏鬆。



Ch3 地質材料

3.5 土壤種類及其工程性質

7. 海積土 (Marine Soils)

在海水中沉積的土壤，稱**海積土**。
海積土所淤積的顆粒極細，主要為**粘土**，其次是粉土，在統一土壤分類中常屬於**CH**。
因為在海中沉積，故多為膠凝結構，又因結構疏鬆，含水量高，所以強度低、壓縮性大。



Ch3 地質材料

3.5 土壤種類及其工程性質

8. 湖積土 (Lacustrine Sediments)

河流攜帶土壤在湖泊中沉積者，稱為湖積土，也常因河流的流向大小不同，而有不同大小的顆粒層層排料，形成層狀土壤。



日月潭進水口一隅



Ch3 地質材料



3.6.1 地層的劃分

將岩層的性質及年代作有系統的分類，並給予適當的命名，是為地層單位(Stratigraphic Units)。

1. 岩石地層單位(Rock-stratigraphic Units)
2. 生物地層單位(Bio-stratigraphic Units)
3. 時代地層單位(Time-stratigraphic Units)



Ch3 地質材料

3.6.2 地層年代

1. 絕對年代(Absolute Time)

完岩石形成後實際的年代，目前均已岩石中放射性元素蛻變產物的含量計算而得。

例如碳¹⁴蛻變為氮¹⁴，其半衰期為5730年。

2. 相對年代(Relative Time)

常用的鑑定方式：

1. 古生物法
2. 岩石對比法。
3. 地層層位對比法。



Ch3 地質材料

地層年代表之一

時間 百萬年前(Ma)	元	代	紀	世
4600 -570 約占地質時間90%	隱生元		前寒武紀	
570 -505	顯生元	古生代	寒武紀	
505- 438			奧陶紀	
438- 408			志留紀	
408- 360			泥盆紀	
360- 286			石炭紀	
286- 245			二疊紀	

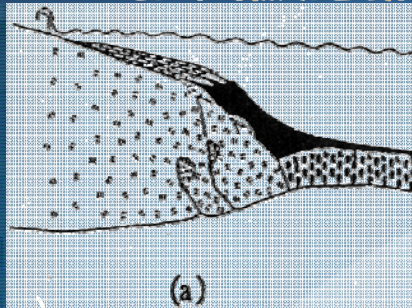
地層年代表之二

時間 百萬年前(Ma)	元	代	紀	世
245 - 208	顯生元	中生代	三疊紀	
208- 144			侏羅紀	
144 - 66.4			白堊紀	
66.4 - 57.8	顯生元	新生代	第三紀	曉新世
57.8 - 36.6				始新世
36.6 - 23.7				漸新世
23.7 - 5.3				中新世
5.3 - 1.8			上新世	
1.8 - 0.01			第四紀	更新世
0.01 - 現代				全新世

Ch3 地質材料



3.7.1 台灣的板塊運動

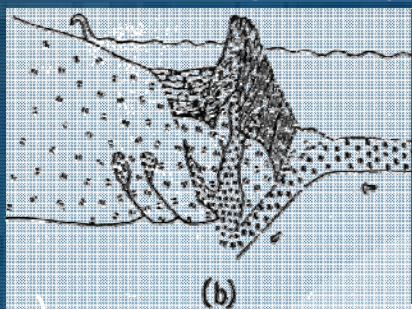


大約兩億五千萬年的古生代後期，台灣可能在亞洲大陸的大陸棚和大陸斜坡上，大陸的泥沙向東側的海相地槽沉積。

	礫岩		泥岩頁岩 板岩		片岩		火成岩
	大陸地殼		珊瑚礁及 石灰岩		海水面		火成岩
	海洋地殼		大理岩		砂岩		斷層

Ch3 地質材料

3.7.1 台灣的板塊運動

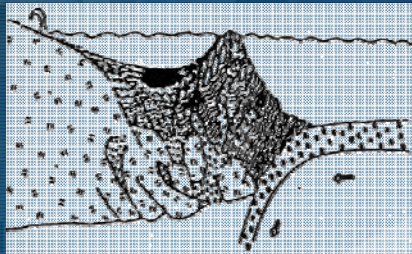


東側的太平洋板塊與西側的歐亞板塊碰撞，並隱沒於歐亞板塊下方，此稱為南澳運動

	礫岩		泥岩頁岩 板岩		片岩		火成岩
	大陸地殼		珊瑚礁及 石灰岩		海水面		火成岩
	海洋地殼		大理岩		砂岩		斷層

Ch3 地質材料

3.7.1 台灣的板塊運動



南澳運動以後，約有六千五百年的時間台灣區無重大的板塊運動，在長期的風化與侵蝕作用，使隆起的山嶺被水流夷為平地，並將沉積物堆積在大陸與古台灣之間的盆地中。

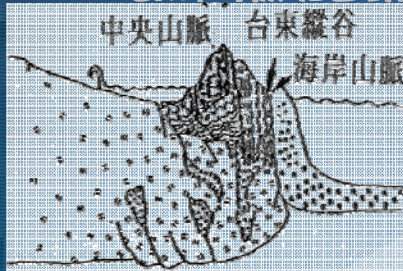
(c)

	礫岩		泥岩頁岩 板岩		片岩		火成岩
	大陸地殼		珊瑚礁及 石灰岩		海水面		火成岩
	海洋地殼		大理岩		砂岩		斷層



Ch3 地質材料

3.7.1 台灣的板塊運動



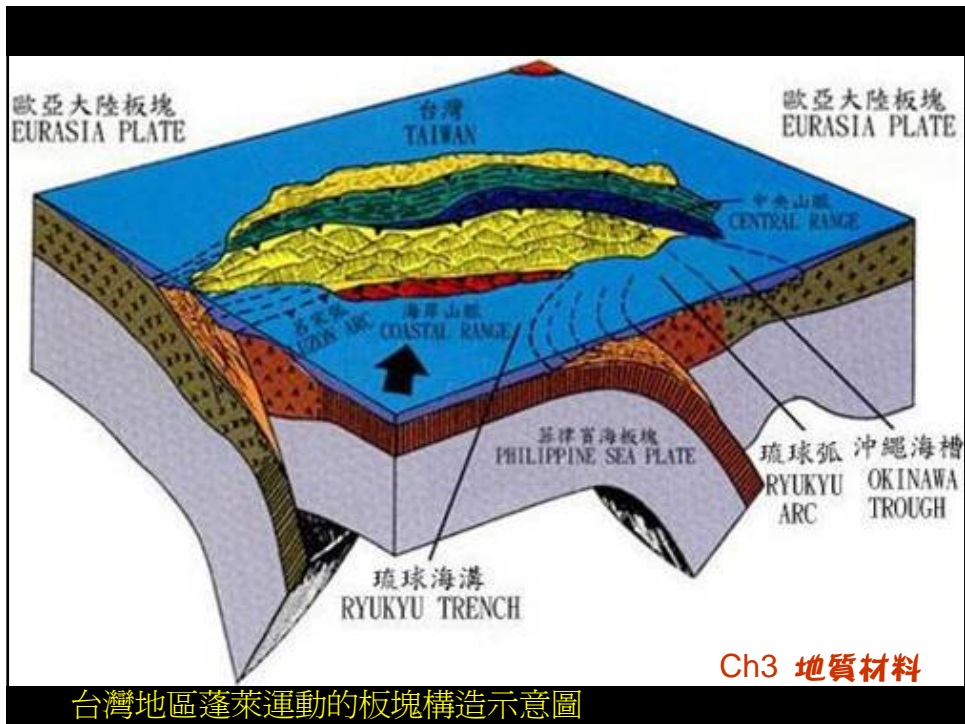
直到四百萬至五百萬年前的上新-更新世開始迄今，菲律賓賓的海洋板塊相對向西北方向運動，並與歐亞板塊相碰撞。

(d)

	礫岩		泥岩頁岩 板岩		片岩		火成岩
	大陸地殼		珊瑚礁及 石灰岩		海水面		火成岩
	海洋地殼		大理岩		砂岩		斷層



Ch3 地質材料



3.7.2 台灣地質材料分佈

- A、澎湖群島(更新世玄武岩)
- B、西部濱海平原(第四紀沖積層)
- C、西部麓山地區(新第三紀碎屑岩)
- D、中央山脈西翼地區(第三紀亞變質岩)
 - a、雪山山脈帶(硬頁岩或板岩)
 - b、脊梁山脈帶(板岩或千枚岩)
- E、中央山脈東翼地區(先第三紀變質雜岩)
 - a、太魯閣帶(片岩、大理岩、花崗岩)
 - b、玉里帶(片岩、蛇紋岩)
- F、東部縱谷地區(板塊縫合帶)
- G、海岸山脈地區(新第三紀火山岩)

Ch3 地質材料

3.7.2 台灣地質材料分佈

1. 火成岩

分佈

1. 台北近郊的大屯火山群
2. 基隆火山群
3. 東部海上小島

凝灰岩： $< 4\text{mm}$ 粒徑之火山灰

集塊岩： $> 4\text{mm}$



Ch3 地質材料

3.7.2 台灣地質材料分佈

2. 沉積岩

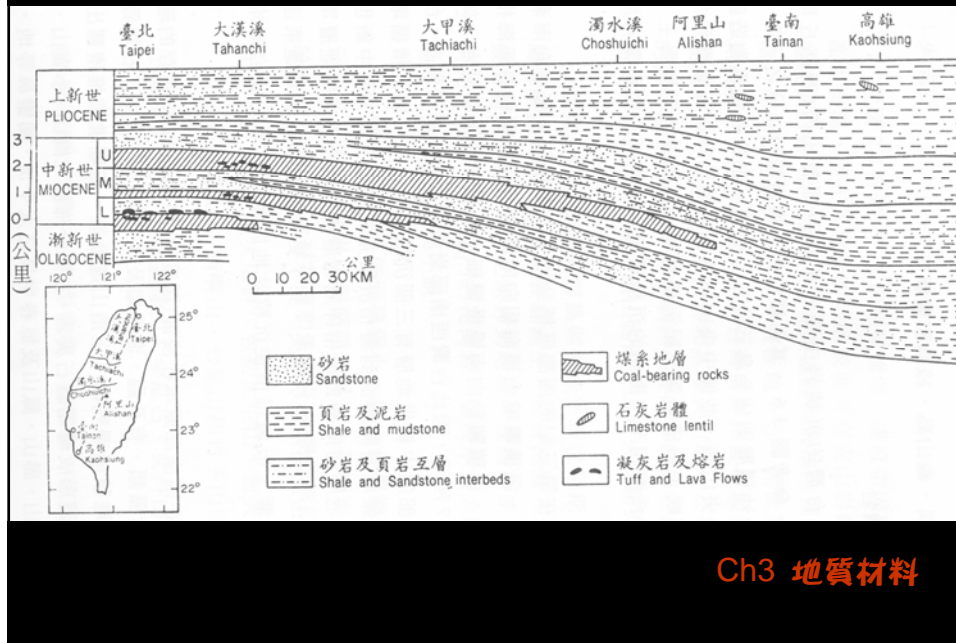
台灣的沉積岩主要分佈在西部麓山帶，其面積約佔三大岩類的二分之一強。

由於板塊運動造就了中央山脈，並使其西測知地形向西逐漸降低，直到台灣海峽，形成新第三紀沉積盆地，以碎屑狀沉積為主屬於淺海相至濱海嘔相的沉積環境，岩性以砂石和頁岩為主。



Ch3 地質材料

圖3.7 西部麓山帶之沉積盆地



3.7.2 台灣地質材料分佈

2. 沉積岩

分佈

- 大崗山
- 小崗山
- 半屏山
- 壽山
- 鳳山及恆春半島之太平頂、鵝鑾鼻等地。

Ch3 地質材料

3.7.2 台灣地質材料分佈

3. 變質岩

台灣的變質岩主要分佈在中央山脈的東、西翼。其面積佔三大岩類約二分之一，約為全島面積的三分之一。

變質岩可分為兩個區域

1. 中央山脈東翼

2. 中央山脈西翼

Ch3 地質材料

3.7.2 台灣地質材料分佈

3. 變質岩

1. 中央山脈東翼

先第三紀變質雜岩系細分兩個帶：

西側的大魯閣帶

(片岩、大理岩、片麻岩)

東側的玉里帶

(片岩、火成岩塊)

Ch3 地質材料

3.7.2 台灣地質材料分佈

3. 變質岩

2. 中央山脈西翼

先第三紀變質雜岩系細分兩個帶：

西側的雪山山脈帶

(兩個主要煤層；硬頁岩、板岩、千枚岩)

東側的脊樑山脈帶

(硬頁岩、板岩、千枚岩)



Ch3 地質材料

3.7.3 台灣地層劃分

目前西部麓山帶的地層劃分如下一張投影片所示。

- 在北部地區中新式的木山層、石底層和南莊層均為含煤層。
- 在木山層與大寮層之間，有些部分區域會有凝灰岩出現，是基性火山產物。
- 更新世的地層中則常有礫岩出現。



Ch3 地質材料

表 3.11 台灣西部麓山帶第三紀及更新世地層對比表

區域	臺灣北部	臺灣中北部	臺灣中部	臺灣中南部	臺灣南部	臺灣最南端
時代	基隆-臺北-桃園	新竹-苗栗	臺中-彰化-南投	嘉義-臺南	臺南-高雄	高雄-屏東
更新世	崑崙山層 (觀音山層)	通霄(楊梅)層	崑崙山層	六雙層 二重溪層 崑下寮層	五井頁岩	六雙層 六龜礫岩
上新世	卓蘭層	卓蘭層	卓蘭層	六重溪層 沄水溪層	北寮頁岩 竹頭崎層	(狹義) 古亭坑層
	錦水頁岩	錦水頁岩	錦水頁岩	烏嘴層 中寮層	茅埔頁岩 阻寮脚層 鹽水坑頁岩	南勢崙 砂岩 蓋子寮 頁岩
晚期	二關層	桂竹林層	魚藤坪砂岩	糖恩山層	糖恩山層	烏山層
	大埔層		十六份頁岩			
中期	南莊(五堵)層	上福基砂岩	南莊層	南莊層	大板坑層 紅花子層 三成頁岩	長雅層 (頁岩及砂礫岩 為主)
	南港砂岩	東坑層				
早期	湊合層	觀音山砂岩	水裡坑層	連邦層		
	石底層	打鹿頁岩 北寮砂岩				
漸新世	野柳層	碧靈頁岩	大坑層			
	木山層	汶水層				
	五指山層		粗坑層			
	蚊子坑層					

Ch3 地質材料

表3.12 中央山脈西翼之地層分類及對比表

地質時代	西部山地	雪山山脈帶北部	雪山山脈帶中部及南部	中央脊樑山脈帶
中新世	南港層 石底層 大寮層	蘇樂層		廬山層
中新-漸新世	木山層	澳底層		禮觀層(?)
漸新世	五指山層	大桶山層 (粗窟砂岩) 乾構層	水長流層	地層間斷 (不整合?)
		四稜砂岩	眉溪砂岩	
漸新-始新世		西村層	佳陽層	畢祿山層 (新高層)
始新世			達見砂岩 十八重溪層	

Ch3 地質材料