

地質學

張栗原編譯

中華書局印行

編譯者贅言

一、本書係根據日人橫山又次郎所著之普通地質學講義和前世界史及佐藤傳藏所著之地質學提要，並參考小川琢治所著地質現象之新解釋及三村信男所著世界之地質構造諸書編譯而成。

二、本書分爲上下兩篇，上篇爲普通地質學，下篇爲歷史地質學。前者研究組成地球之物質，地球之構造，地球過去之變遷及影響於地球的諸種天然力之作用，後者研究從遠古以迄於現時所成生的新舊諸地層以及埋沒於其中的有機生命之變遷演進的過程。

三、在科學的領域中，地質學爲一極重要之研究部門，我國年來出版之地質學書籍，僅有一種，且其內容，僅限於普通地質學方面，而地史學一部門，則全付闕如，所以一般研究史學的人，對於這一方面論的研究，甚感困難的研究，甚感困難，本書歷史地質學一篇之編譯，即在補足這個缺陷，並且這一篇的材料之搜集，範圍較爲廣泛，如波克洛夫斯基(M. N. Pokorovski)負責編譯的原始社會及其他考古學上的重要文獻，都有所採取，所以就其內容來說，這篇和一般的歷史地質學相較，有其不同之處，如人類化石之地質的記錄，以及石器時代的人類之生活及其物質文化，都比較注重。

四、本書關於我國地質上之現實的例證，有若干處，係徵引陳師梅僧所講授之地質學原稿，這是應該誌謝的。

張栗原 1936.4.10.



地質學

目次

緒言

上篇 普通地質學

第一編 地相

第一章 當作天體看的地球	5
第一節 地球之形狀與大小	5
第二節 地球之密度	6
第三節 地球內部之熱	7
第四節 地心之狀態	8
第二章 地球之三界	12
第一節 氣界	12
第二節 水界	13
第三節 陸界	15
第四節 陸地之邊形	17
第五節 陸地之面形	19
第六節 海底之形	20
第三章 地殼構造之材料	22
第一節 岩石組成之礦物	22
第二節 岩石之成分與組織	23
第三節 岩石之分類	27
第四節 岩石之節理	44

第五節	水成岩之現出狀態	45
第六節	火成岩之現出狀態	48
第四章	地層之構造	51
第一節	地層之變位	51
第二節	斷層	52
第三節	二累層間之關係	54

第二編 勢力(上) — 內生力

第五章	火山活動之諸現象	57
第一節	概說	57
第二節	火山之噴出物	58
第三節	單成複成之火山與爆裂孔	60
第四節	火山活動之狀態	60
第五節	火山之破裂	61
第六節	熔岩流	63
第七節	火山之變形	64
第八節	塊狀噴出與熔岩鐘	65
第九節	海底火山之噴火	66
第十節	火山之分布與配列	67
第十一節	火山噴火之原因	68
第六章	地震	71
第一節	地震之性質及其種類	71
第二節	震域	74
第三節	地震之時間與強弱	75
第四節	地震之遺跡	77

第五節	震源之深與地震之週期	77
第六節	地震多之地方與地震少之地方	79
第七節	地震之原因	80
第八節	海震	81
第七章	地殼之運動	83
第一節	土地之緩慢昇降	83
第二節	陸地視昇降之證據	83
第三節	緩慢昇降之地方	86
第四節	陸地昇降說與海面昇降說	87
第五節	造山力	88
第六節	地面之凹形與凸形	90
第七節	新褶曲連山	91
第八節	舊褶曲連山	92
第九節	岩石之力的變質	93
第十節	地殼運動之原因	95
第十一節	接觸變質	97

第三編 勢力(下) — 外生力

第八章	水之作用	99
第一節	概說	99
第二節	水之化學的作用	100
第三節	雨水及滲漏水之溶解力	102
第四節	雨水及滲漏水之分解力	103
第五節	風化	106
第九章	地下水之作用	109

第一節	地下水及泉	109
第二節	溫泉	112
第三節	泉中之溶解礦物	115
第四節	礦泉之地面沉澱	116
第五節	礦泉之地下沉澱	117
第六節	地下之加爾斯特現象	119
第七節	山崩	120
第十章	流水與谷	123
第一節	流水之作用	123
第二節	谷之成立	124
第三節	谷之種類與形狀	126
第四節	谷之成因	127
第五節	水之運動	128
第六節	河段丘	130
第七節	河水之運搬物質	131
第八節	河水運搬物之沉澱	133
第十一章	湖水之作用	136
第一節	湖及其性質	136
第二節	湖之類別	138
第三節	湖之作用	139
第十二章	海水之作用	142
第一節	海之破壞作用	142
第二節	海之建設作用	144
第三節	海之運搬作用	148
第十三章	冰與冰河	150

第一節	冰之種類	150
第二節	雪崩	151
第三節	冰河	152
第四節	冰河之運動	153
第五節	冰河之下端	156
第六節	冰河運動之產物	157
第七節	受冰河作用之谷形	159
第八節	冰河之分布	160
第九節	內陸冰	161
第十節	冰山	161
第十四章	風之作用	163
第一節	風之破壞作用	163
第二節	風之建設作用	164
第三節	風之運搬作用	166
第十五章	生物之作用	168
第一節	生物之破壞作用	168
第二節	植物之建設作用	169
第三節	動物之建設作用	171
第四節	碳氫化合物之成立	174
第十六章	外生力之一般作用及其結果	176
第一節	削磨	176
第二節	成於外生力之岩石類別	177

下篇 歷史地質學

第一章	總論	179
-----	----	-----

第一節	歷史地質學之意義及其目的	179
第二節	地質時代與地質系統	180
第三節	系統之相	183
第四節	確定地質系統之時代的方法	184
第五節	地質時代與地質系統之劃分	185
第二章	地球之起源	188
第一節	地球之星時代	188
第二節	康德及拉卜拉斯之星雲說	188
第三節	天體演進之諸階段	191
第三章	太古代	193
第一節	太古代岩層之諸特性	193
第二節	片麻岩紀	194
第三節	結晶片岩紀	195
第四章	古生代	197
第一節	古生代之生物	197
第二節	前寒武利亞紀	198
第三節	寒武利亞紀	200
第四節	志留利亞紀	206
第五節	泥盆紀	214
第六節	石炭紀	223
第七節	二疊紀	233
第五章	中生代	238
第一節	中生代之概況	238
第二節	三疊紀	238
第三節	侏羅紀	243

第四節	白堊紀.....	250
第六章	新生代.....	257
第一節	新生代之概況.....	257
第二節	第三紀.....	258
第三節	第四紀.....	270
第四節	總結.....	290



地質學

緒言

依據多數學者研究之結果，我們知道地球在很遠很遠的古代，初從太陽分離出來的時候，原為一個極高溫的氣體球，後來經過了若干的時日，漸次冷卻，便進而為赤熱熔融體，更進而生固體之地殼，而地殼復因天然力之作用，繼續不斷地經過種種的變化階段，終於成為今日地球之形態。

地質學 (Geology) 之主要的任務，即在於研究組成地球之物質，地球之構造，地球過去之變遷，與夫影響於地球的天然力之作用，以及棲息於地球上的各種生物之變遷演進的歷史。

地球除其內部不明之部分而外，可區分為四界，即是：陸界、水界、氣界和生物界，就中屬地質學之研究的領域，却以陸界為主，換言之，即限於地球外部之固體皮殼，其他三界，不過僅僅研究其對於陸界之作用而已。

地球自成立迄今，不待說，它是具有極其悠久的歷史，在這個遼遠的地質時代中，不單是引起了水陸兩界分布之變化，同時也引起了氣候與生物之變化，所以地球的歷史，在實際上，乃是指着這些變化的事象之綜合的歷史，因為這樣，所以地球的歷史，乃是地質學之研究領域中之最主要最基礎的部分。

一般地質學家，通常把地質學區分為兩個研究的部門：

一爲普通地質學(General geology),一爲歷史地質學(Historical geology),前者研究地球歷史以外之事項,後者則專研究地球的歷史,而普通地質學,又可區分爲二如下:

一、地相部門(Physiographical part) 地球之形狀大小,表面之狀態及氣界、水界、陸界之概略等,概屬其研究的範圍。

二、勢力部門(Dynamical part) 即研究各種天然力所影響於地殼及生息其上之生物之作用。

此外更有多數地質學者,爲研究上之便利計,往往將地質學分爲如次所示之諸分科:

(1)天文地質學(Cosmic or Astronomic geology) 這一分科,在於論究地球與其他天體之關係,以及地球之起源等。

(2)形相地質學(Physiographic geology) 這一分科,在於論究地球之性質,即地球之形狀,大小,密度,溫度等。

(3)岩石地質學(Petrographic geology) 即研究構成地殼之岩石等,一般所說的岩石學(Petrology),可視爲這一分科之獨立的特殊學科。

(4)動力地質學(Dynamic geology) 即研究地球內部與地球外部的天然力之作用。

(5)構造地質學(Structural geology) 這一分科乃研究地殼構成之岩石之配列狀態即地質構造。

(6)歷史地質學(Historical geology) 這一分科又可叫做地史學,即研究地球及棲息於其上的生物之變遷。

其他地質學中,有研究埋藏地層中之生物遺骸者,是爲古生物學(Palaeontology);有研究地質學上之諸事實或原理,在農業、礦物、建築、土木及其他工業上之經濟的利用方法者,

是謂應用地質學 (Economic geology); 又有專門研究適用於採礦冶金者,是謂礦山地質學(Mining geology).

本書先研究地球之形相即地球之形狀,大小和密度,以及內部之狀態與水陸之分布概況;次就構成地球之岩石加以論究,即說明岩石之成分,構造,分類與其成因之諸要點;再次,研究地球變動之原動力,以及由此作用所表現之地質構造;最後,則進而論究地球發達之歷史。



上篇 普通地質學

第一編 地相

第一章 當作天體看的地球

第一節 地球之形狀與大小

地球乃太陽系中諸行星之一，它的形狀，正和其他行星相同，南北兩極稍扁平，作橢圓體，據測地學所測定之結果，地球之大，約略如下：

赤道直徑	7925.604 英里
兩極直徑	7899.214 英里
兩極扁平度	$\frac{1}{299}$

地球兩極扁平之測定，有直接間接二種方法：直接方法，乃直接實測地球面彎曲之度而加以推定；間接方法，則為振錘測定法，因為振錘振動之遲速，乃由於重力之強弱，而重力之強弱，又基於距地球中心之遠近。據實地之觀察，同一之振錘，在兩極地方之振動較赤道地方為速，這一事實，就足以說明兩極地方距地心近，赤道地方距地心遠；在另一方面，也足以說明赤道直徑比兩極大。這可以說，地球之為橢圓體，已有科學上的事實來給它作證明。

地球雖為橢圓體，然而並不是正橢圓體，因為在同一緯度線之各地點至地心之距離，並不相等。在理論上，凡在同一緯度線上之地點至地心之距離，原應相等，然在實際上，却互

相差異，這種現象，不僅陸地面如此，即海洋面亦是這樣。就陸地而論，高山距地心遠，而平原距地心近，就海洋而論，海洋面上之中心距地心近，而周圍距地心遠，因為海面受陸地之吸引，所以近大陸之水面高，而海之中央低。從此，可知地球面非正規則的數學面，乃極不規則之複雜的凹凸面，此種地球之實形，地質學上特名之為擬地體(geoid)。

第二節 地球之密度

測定地球密度之方法，雖有種種，然迄未得精確之定數。試舉哈同(Hutton)及瑪斯克林(Maskelyne)二氏之測定法於下：

鉛垂線如在平原之中央，則直指地球之中心，如在地，則受山嶽之吸引，較之鉛垂線之真正位置，略作多少之傾斜。1774年至1776年之間，二氏曾利用此理，於蘇格蘭之西哈里安山(Shehallien)的南北兩側，自天文學上，定鉛垂線之真正位置，然後由此算出鉛垂線之傾斜度，更由構成這個山嶽的岩石之平均密度，計算出山之質量，而推定地球之密度為4.7。

其後經多數者之測定，地球平均密度為5.5或5.6。

此5.5或5.6之數，實比地殼之平均密度高，因為構成地殼之諸岩石，其密度概在2.5乃至2.8之間，雖最高者亦不出3.3以上，從這些事實看來，我們可以推知地殼之平均密度，最高約為2.8，且地球表面，大部為海，則地球外部海陸之平均密度，當在2以內，然而地球全體之平均密度既為5.5或5.6之數，則地球內部當有密度較地殼更高之物質潛藏着，此潛伏有密度甚高之物質之內部，近來一般地質學者稱之為重密界(bary sphere)，這是對於外部輕疎之陸界(一名岩石界)而立之名。

稱。

構成重密界之物質，究爲何物，固屬未詳。但自天外降落於地球面之隕石，一爲參證，則其主張爲一大金屬塊之說，似具有相當之理由。隕石乃天體之破片，計分二種：一富於鐵，一富於石。試就地球密度之大小，加以推測，則富於鐵之隕石，當然是來自天體之內部。至富於石之隕石，當然是來自天體之外部。地球內部，果富於鐵這樣的金屬物質，則地球中有地磁潛存之說，也就容易說明。

第三節 地球內部之熱

地球之熱，共分二種：一爲外部之熱，一爲內部之熱。外部之熱，來自太陽，我們人類日常所感之寒暑，即係此熱之作用。內部之熱，即是地熱，潛在於地球之內部，除火山溫泉而外，通常不表現於外部。

外部之熱，傳播於地面，多少波及於地中，然因地盤傳熱之力，甚爲微弱，所以波及於地層下方之速度，亦甚遲緩。同此理由，下方地層受熱之後，輻射亦極遲緩，所以下方地層之溫度，不能隨其最上層之溫度以爲轉移，而溫度之差，僅見於地盤面上，漸至下層，則溫度之差，即漸微小，至稍深之地，則不見有溫度之變化，具有這種性質的地層，是爲不變層或定溫層 (invariable stratum)。它在一年之中，常保持着一定不變之溫度。地穴之中，不因冬夏，而生寒暖之差，就是基於這個理由。

定溫層之位置，因地而異，但最深約在地面下30米之地帶。至於定溫層之溫度，因稍受地熱之影響，通常較其地面一年中之平均溫度稍高。

在定溫層以下，深度愈進，則溫度愈高。試徵之於掘井、隧道、礦山之坑及探礦之試掘孔等，即可明白。據此等實驗，其溫度增加之比例，因岩石之性質、地層之方向、地下水之溫冷及地勢等，各有差異，但平均計算起來，在定溫層以下，每深進約30米，即增加攝氏一度，這叫做地熱之增加率。

這種增加率乃是根據於實際觀測地底之溫度推測出來的。現在稱為世界上最深之地底，為德國某地之試掘孔，計2240米，其以下之增加率，究屬如何，尚不得而知。但據深處之觀察，最下部之增加率，似比上部稍大，換言之，即熱增加稍遲。

地熱之增加率，其實際之情形，我們暫時不加論究，但既有增加之事實，我們便不能不認定地球內部潛有極高之熱度。不但如此，我們更就溫泉及熔岩之噴出現象，一為觀察，亦不能不推定地球內部之潛有高熱。溫泉多現於火山地方，在非火山地，亦間可發見出來。溫泉往往有經極長之徑路，而尚能保持沸騰點之溫度。既是如此，則地面數里之下，當有沸騰點左右之溫度之存在，再至深處，溫度益高，熔岩之噴出，即其明證。所謂熔岩乃岩石之熔融體，岩石必有攝氏千度以上之溫度，方能熔解，地球內部溫度之高，於此可知。

第四節 地心之狀態

據上所述，地球內部潛有極高之熱度，這是毫無可疑的。而這種熱度，不僅足以熔解岩石，並可變之為氣體，這件事實，也是為我們所能相信的。然則地球內部，究為熔融體呢？或為氣體呢？抑或仍為固體呢？關於這個問題的答案，因學者之主張而各異。我們在列舉這種學說之前，須先研究地殼之厚度

如何。

地殼的下方，如果次第熔解，漸移於地心，則其間自無劃然區分之界限。即或有之，也無從知道地殼之厚度。為甚麼呢？因地熱之增加率，我們所知道的，只限於表面以下一英里以內，再下便無由確定，因此，所以地殼之厚，除推定而外，實無從知其究竟。地質學者，關於地層之厚，有種種之臆測，今舉其數例如下：

<u>罕波爾特及波滿</u> (Humboldt and Beaumont)	40—50 仟米
<u>普法夫</u> (Pfaff, 1873)	80 仟米
<u>皮拿</u> (Pilar, 1881)	120 仟米
<u>費霞</u> (O. Fisher, 1889)	40 仟米
<u>阿列紐斯</u> (Arrhenius, 1900)	40—60 仟米
<u>韋赫爾特及米爾</u> (Wiechert and Milne)	30—40 仟米

至地心之狀態，學說紛歧，無所適從，其較重要之學說，如下所示：

(一)地球內部為高熱之熔融體說 這派學說的主張，其理由共有四點：(1)如地球增溫率之所指示，從地面下深入至一定深度，則一般岩石，不論其具有如何耐火之性質，都可達到熔融點；(2)地球表面之火山分布之區域，極為廣汎，其所噴出之熔岩，無不仰給於地球內部；(3)各地火山之噴出物，加以比較研究，都可發見其性質，大體相類似，則火山之本源，必出於同一；(4)地震現象，只有認定地殼薄而有撓曲性，才可說明。

(二)地球內部為固體說 主張這派學說的學者，以為地球內部，雖熱度甚高，同時壓力亦大，所以普通岩石，都不能液化，而成為固體之形態，例如萊伊爾 (LyeIl) 就是這樣主張的。

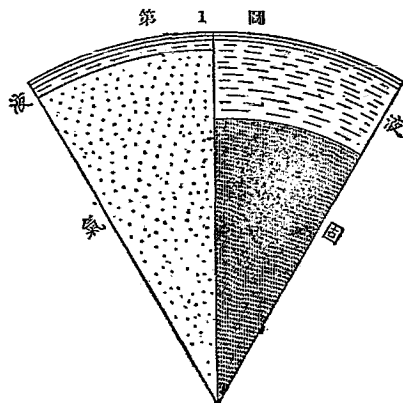
其他如克爾芬與達爾文(George Darwin)亦謂地球內部，設為液體，則日月之引力，當作用於地心，而起潮汐之現象，地殼因之而被突破，所以地心全部，當為固體，縱令全非固體，而地殼之厚，亦當在二千英里乃至二千八百英里。

(三)固體內部與固體地殼之間熔融體存在說 這一種學說，可視為一種折衷派的主張，在主張這種學說的學者看來，地球的中心，在強壓力之下，當仍保持固體，但其比較的上部，即中心部與地殼之間，壓力稍減，有液體之存在，主張這種學說的學者，其數頗多，如泰滿(Tammann)、罕特(St. Hunt)、斯克魯卜(Scrope)、霍布金斯(Hopkins)、丹納(Dana)等，都可認為這派學說的代表。

除上所述而外，還有種種學說，例如韋赫爾特(Wiechert)依據地震波傳播於地球內之狀態，推測地心為直徑約一萬仟米之金屬球(即鐵質)，而圍以1300乃至1400仟米之液體層，再其上則為厚約100仟米之地殼層(第1圖右)。

又韋氏謂地殼表面之密度為2.8，最下部增至3.4，至地心之密度則為8乃至8.15左右。

與韋氏相反的，則為阿列紐斯(Arrhenius)氏之主張，氏謂



右 韋赫爾特之想像圖
左 阿列紐斯之想像圖

地心溫度之高，凡攝氏十萬度(韋氏僅推定為三千度)，因此，地球內部之鐵質，熱至一定溫度以上，即完全變為氣體。地球內部之大部分，即為此種氣體所充滿，在此氣體之上部，則為較薄之液體層與地殼(第1圖左)。

關於地心狀態，近來還有一種新的學說。這種學說，完全以物理學上之事實，為其立論之基礎。據物理學實驗，凡氣體在一定溫度以下，如果加以強壓，則必變為液體狀態，但此種液化性質，因物質不同，其溫度各有一定之限界。若是超過此種限界以上之溫度，則雖加以何等之強壓力，不可復使液化，這種溫度，通常稱為臨界溫度 (critical temperature)，其氣體稱之為過熱氣體 (superheated gas)。地球內部溫度，遠出各元素臨界溫度之上，所以地心當為氣體，其外圍為液體，次為岩漿，再次為潛伏可塑帶，最後則為固體之地殼。

要之，地球外部，每有山脈之生存，地盤之昇降，火山及其他地熱之諸現象，則地球內部，必有非常高溫存乎其中，這是毫無可疑的。其所不可知者，即壓力之影響。如果，壓力一日減少，則內部物質便成為熔融狀態，沿地殼裂隙迸發而出，這是一個較為正確的論旨。

第二章 地球之三界

第一節 氣界

在地球外部圍繞地球的，乃空球狀之氣體，通常稱之爲**大氣圈**(氣界)，大氣圈之厚，迄今尙未明瞭，概括言之，約爲 500 英里乃至 600 英里，此 500 或 600 英里之大氣，其密度並非同一，地球表面密度最高，漸往上升，空氣漸稀薄，再上升則空氣漸次消失。

不待說，所謂**氣界** (atmosphere) 乃由空氣而成，空氣爲氮(約占全量五分之四)與氧(約占全量五分之一)之混合物，而混有少量之二氧化碳、水蒸氣及氫(argon)、氦(helium)等氣體。

水蒸氣與二氧化碳，一面能使太陽直射之熱，自由通過，同時，又能使地面輻射之熱，不易發散，所以地面附近之氣溫，因而加高。

二氧化碳所占之容積，在空氣百分中，不過 0.03，與前世界比較起來，其數量已減少了許多，就這一點而論，可知二氧化碳之量，是隨時代而變化的，其理由雖屬未詳，但現時火山之噴火，通常爲供給多量二氧化碳之源泉，根據這一事實，加以推測，則前世界空氣中二氧化碳含量之多，或許爲前世界噴火較盛之故。

大氣除維持生物之生活而外，地球面與天空中之水繼續不斷地營其循環作用，其起因亦由於大氣，又大氣中之氧與二氧化碳，往往對於陸面，發生種種之作用，至於因大氣之機械的運動而生之風，能營破壞、運搬及堆積之作用，在地質學上，亦屬重要。

第二節 水 界 (Hydrosphere)

海之面積，遠大於陸，約為陸地面積之二倍半；但就其容量而論，則海水之全量，尚不及地球全量四千分之一。

海水之中，溶解有種種礦物，其數量遠多於淡水，因而帶有極強之鹹味。此種礦物，總稱之為鹽分。所謂鹽分，在大洋之中，略有一定，最小為千分之三十二，最大為千分之三十八，平均約為千分之三十五。但在河水多流入的內海，其鹽分較大洋中少，例如黑海及波羅的海是。前者所含之鹽分為千分之十八，後者為千分之七乃至八。反之，河水流入少而蒸發量多的內海，其鹽分較大洋中多，例如地中海及紅海是。前者為千分之三十九，後者為千分之三十九乃至四十一。

鹽分之化學的成分，以食鹽為主，其量約占全鹽分百分之七十八；次為氯化鎂，約為百分之十，其他有硫酸鎂、硫酸鈣、氯化鉀、碳酸鈣等，其含量之總數，約為全量百分之十二。

海水中之鹽分為河水流出礦物之蓄積，此為從前一般之說。然而河水中各礦物之量，與海水中各礦物之量，在比例上，迥不相同，則從前之說，便失其根據。河水之礦物成分中，以碳酸鈣為其主要成分，約占全量百分之八十，而海水中僅百分之二；反之，海水中之氯化物（食鹽、氯化鎂之類），其含量約為百分之八十九，而河水中僅百分之七。由此看來，可知海水與河水中之礦物，各異其本源。申言之，海水礦物，實即海洋成生之初，便混含在海洋之中。

海水中之鹽分既混含在海洋成生之初，那末，我們便要提出一個問題，就是：從前世界到現在，海水中之鹽分，在數量

上,究竟是否相同呢?關於這個問題,我們固然不能給與一個確定的答案;但是,我們試就地層中含有多量之石膏層、岩鹽層及其他之鹽類層,一為推測,則鹽分自昔迄今,或許有次第減少之趨勢,這個推論,想來也是合理的。

海水之中,除鹽分外,尚溶解有氣體,即二氧化碳與空氣,而空氣乃水族賴以生活,不可片時缺少之物。

海水之鹽分多,所以它的比重較淡水大,平均為1.027。

海水之色,通常在綠色與藍色之間,海岸附近,多為綠色。據從來之說,水原無色,但其天然降下之水,必含多量之微塵,因而分散光線中之藍線與紫線等之短波線,所以水帶藍色。可是依據最近實驗室之研究,雖是最微分子之水,亦仍帶藍色,既是如此,則藍色或即為水之原色。至藍色之見為綠色,其說亦有種種:有謂水中所混之塵埃,反射黃線,變藍而為綠色;有謂水中混有黃色之氫氧化鐵為其原因者,又有謂基於腐植物質之原因者,亦有謂碳酸鈣或鐵鹽之溶解與有關係者。

海水之色,除藍、綠外,有黃有赤,前者由於混有泥土,後者由於含有生活之小有機物。

海面之水溫,純基於太陽之熱,就一般言之,以赤道地方為最高,自此而進於南北,便次第低下。大洋面之溫度,最高為攝氏三十二度,最低為攝氏零下三度。至海面以下之溫度,却大異其趣,深八百米乃至一仟米之處,急遽低下,自此以下,則徐徐減低,最後,降至攝氏二度乃至一度,此為大洋底一般之現象。即一年中海洋表面平均水溫二十度之熱帶地方,亦不出此通例。

依據以上之事實,我們可以這樣推定着:即大洋底之水,

或許是由兩極地方流來，因為赤道地方之表面水，不但由蒸發而減少，且又由海流的作用，流到其他的地方去。

海水因其運動甚速，所以與地質學之關係亦最深。例如海浪、海嘯、潮汐、海流等，都與地質有深切之關係，尤其是因風而起之波浪，更為破壞海岸之利器。

最後，我們還要說到的，與地質學有關係的，不僅限於運動的水，就是靜止的水，也有很大的作用。如果水在靜止的狀態，則浮游其中之物質，必沉澱於水底。不問其為大洋或為內海，凡靜水之海底，概為土砂沉澱堆積之場所。我們可以說，構成地殼之地層之大部分，都不外由於沉澱在海底之土砂堆積而成。

第三節 陸界

陸界 (lithosphere) 即岩石界，其一部分作陸地，現於地球面，其大部分被海洋所被覆，成為海底。

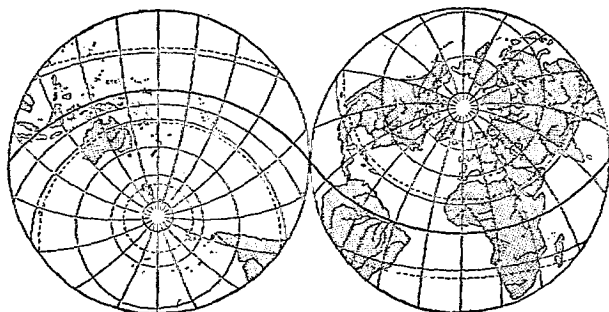
陸地與海洋之分布，各不相同，陸地是以法國費雷因河 (Vilaine River) 口之一島(北緯 $47^{\circ}24'$ ，西經 $2^{\circ}37'$)為極，集合作一半球，是即所謂陸半球；海洋則以新西蘭 (New Zealand) 之南島東方為極，集作一半球，是即所謂水半球。水半球之水，約占百分之八十九，陸約占百分之十一；陸半球之陸，約占百分之四十五，水占百分之五十五。陸半球之陸，亦少於水，這是因為海洋原來較陸地遙為廣大之故。

陸半球之陸，集繞於北極海、亞細亞 達北緯 $77^{\circ}42'$ ，美洲 達北緯 $71^{\circ}50'$ ，歐洲 達北緯 $71^{\circ}10'$ ，這三個大陸自此以降，漸狹其幅，突出南方而入南半球，各作尖陸以終。即亞洲 經澳洲，終於

塔斯曼尼亞 (Tasmania) 島之南岬 (南緯 $43^{\circ}40'$)；北美經南美，終於霍恩岬 (Horn 南緯 56°)；歐洲經非洲，終於好望角 (南緯 $30^{\circ}51'$)。

海洋環繞南極大陸，形成一大連續之水面，自此向北，分

第 2 圖



水 半 球

陸 半 球

三大枝，即太平洋、大西洋、印度洋。此三大洋各向北漸狹，太平洋與大西洋，則復相合於北極海。

依上所述，可知陸地偏集於地球之北方，而各似三角形。這種三角形，不僅限於大陸，即如格林蘭、阿剌伯、印度、坎察加 (Kamchatka) 等大島及半島，也是表現這樣的形態。

此外，還有一著名之事實，即各大陸之反對側，必控以海。換言之，即大陸與大洋，每每採起對峙的位置，這是地質學上最可注意之現象。

依據以上之諸事實，似乎表示着陸地之成立，具有一定之法則。固然水陸之分布，雖時時變化，然其基礎之形態，則自古時地質時代，即已存在，此為最近地質學者所主張之說。

據罕格 (Hang) 之研究,在全地質時代中,陸塊可分爲五,雖隨時代變化其形,而常不絕其跡。即北大西洋大陸(即歐美兩洲之相聯者),中西大陸(中國與西伯利亞),非巴大陸(非洲與巴西),澳印馬大陸(澳洲,印度與馬達加斯加島),及太平洋大陸(即南太平洋大陸與南美之相聯者)是。至澳洲之脫離印度與馬達加斯加島,在第三紀以前;南美與非洲斷絕,及印度與馬達加斯加島相離,在第三紀中新世初;歐,美兩洲之全然隔絕,亦在中新世;而南北美之相聯結,則在第三紀末之鮮新世。

至前世界存在而現今沉沒於海底之大陸,有北大西洋大陸,有南大西洋大陸(即非洲與南美之相聯者),于德瓦那 (Gondwana) 大陸(即印度與馬達加斯加島之相聯者),及南太平洋大陸。今日之南極大陸,在地質時代,不僅與澳洲,印度及馬達加斯加島相聯絡,且與南太平洋大陸相接續,其後因陷落或沉降之結果,所以漸次縮小,而成現今之形態。

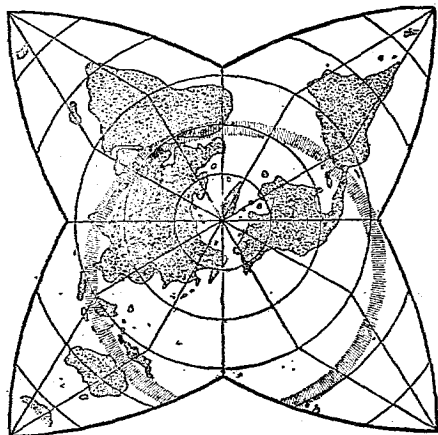
第四節 陸地之邊形

陸地乃由四個相連續的大陸塊所構成,即舊大陸,新大陸,澳洲及南極洲是。這四個大陸塊,自其面形與生物,予以考察,大致各具有獨立之歷史。但是,若以其間之島爲連絡,實可合爲兩大陸:即以澳洲併入舊大陸,總稱之爲東陸塊; 南極洲併入新大陸,總稱之爲西陸塊。

陸地不僅可分爲東西二陸塊,亦得分爲南北二陸塊。但南北二陸塊,不如東西二陸塊之相連續。例如南陸塊因受大洋之隔離,實由三、四塊之陸地所構成,即南美洲,非洲,澳洲及

南極洲是；北陸塊則由歐亞大陸(Eurasia)及北美洲二陸塊所

第 3 圖



南北兩陸塊之斷層線

構成。此南北兩陸塊之分界，却很自然，因為在南北兩大陸塊之間，有一大斷層線，以作天然之境界，此大斷層線在地球面略作一大圓形，與現今赤道，約略斜交，實即火山最多之地帶。

現今地學上所稱之大陸，如亞細亞，如南北美，如非洲，如澳洲，都有獨立的陸塊，而歐洲則不然，自外觀言之，不過亞洲之一半島，即自生物學上之性質言之，亦不能視為獨立之陸塊，乃歐洲之學者，往往辯論不休，務欲與亞洲脫離關係，其所持理由，如下所示：

(一)歐亞之間，直到最近之前世界，似為海底之低地。

(二)亞洲以印度支那、印度、阿剌伯之三島終，北美以佛洛里達(Florida)、墨西哥(巴拿馬地峽至第三世紀末始行分離)，下

加利福尼亞 (Lower California) 之三半島終，與此相同，歐洲亦以伊巴利亞 (Iberia, 即西班牙與葡萄牙合成之半島)、意大利及巴爾幹之三半島終。

(三)此三大陸各終以三半島，與南三大陸各終以一尖端相對，當然有同一之價值。

歐洲這般學者的主張，不外為一種附會之說，並沒有理論上與事實上之根據。

大陸塊之外有島，自其分布之狀態言之，有孤立與集合之分，集合者又可分為列島與羣島；自其距大陸之遠近言之，則有海岸島與大洋島，海岸島近於大陸，乃因水蝕作用而與大陸分離之小島；大洋島與大陸無聯絡之關係，單獨成立，有火山島與珊瑚島之別，火山島乃由海底火山之噴出物堆積而成，珊瑚島乃由造礁珊瑚之死殼堆積而成。

第五節 陸地之面形

陸地之表面，具有凹凸，以海面為標準，別為高地與低地。

低地卑下而稍平坦，更別而為海邊之低地與內陸之低地；前者形狹而長，位大陸之周圍；後者完全在大陸之內部或自此海岸達彼海岸，作一橫斷，如北美密西西比 (Mississippi) 河流域之低地，起於墨西哥灣頭，連互而達於赫德森 (Hudson) 灣頭，即其一例。自地質學上觀之，海邊低地，比較新近。

所謂高地，通例指海拔二百米以上之土地而言，依其面形，得區別為連山(或孤立山)及高平地(一名高原)二種，連山以高度為標準，又可分為高連山、中連山及低連山三種，有學者謂海拔千三百米為高中兩連山之界限，海拔六百米為中低

兩連山之界限。但是這樣的標準，却無多大之意義，而土地之分類，與其以海拔之高度爲標準，毋寧以成因爲標準。這是地質學者一般的意見。

如上所述，不論是高地，抑不論是低地，概爲位於海面上之土地，然陸地面中，尙有位於海面以下者，是即所謂虛地。如裏海 (Caspian Sea) 附近之土地，即是適例。

世界最低之虛地爲查丹 (Jordan) 河谷 (在阿刺伯北部)，自提培里亞斯 (Tiberias) 湖至紅海之間，長約 280 里，提培里亞斯湖面，較地中海面低下 280 米，在死海方面，則較地中海面低下 394 米。此查丹河谷，連互至南方阿克巴 (Akabah) 灣 (位於紅海之北端)，適居長凡 600 里之斷層線中，這在地質學上，是一件富有興趣的例證。

其他地面虛地，尙有撒哈拉沙漠之北部數處，我國新疆之土魯番附近，及美國加利福尼亞州之一部。

虛地復別爲顯虛地與隱虛地，上述之例，概爲顯虛地。所謂隱虛地，即湖底之地，如海面下 971 米之貝加爾湖，海面下 1158 米之裏海底，及海面下約 800 米之死海底，概爲隱虛地。

第六節 海底之形

海底深淺不一，概括言之，大陸沿岸，通稱爲壇，自海岸至平均約 200 米之處，實即較淺之海底。壇之次爲大陸斜面，約深至 2000 乃至 3000 米之處，傾斜甚急。再次爲深海臺 (一名大洋臺)，傾斜轉緩，約深至 5500 米之深處。又次乃最深之處，傾斜轉甚急，是爲深淵區域。

上述海底之各區域中，壇實大陸之一部，其面積僅當全

海底百分之5.5,深淵區域之面積,也很微小,不過百分之5.4,面積廣大之區域則為大陸斜面與深海臺,大陸斜面約百分之14.9,深海臺約百分之74.2.

海底之實形,高低起伏,不如陸地之急遽,多呈傾斜緩慢之現象,僅火山島與珊瑚島附近及其他所謂海溝之地帶,起伏急遽,不讓陸地之山嶽.

所謂海溝,即海底之溝狀深淵,在地質學上,極其重要.海溝之位置,大都在大陸之附近,而不在大洋之中央,最多海溝之海洋為太平洋之東西兩側.

至海溝之成生,一般地質學者,認為起因於一種之溝狀陷落.

第三章 地殼構造之材料

第一節 岩石組成之礦物

構成地殼之物質，總稱之爲岩石 (rocks)。岩石之質，不盡屬堅硬，其中也有如黏土之柔軟者，或如砂礫等之疎鬆者。

岩石成自礦物，即一種或數種礦物之集合體。礦物種類，約近一千種，就中組成岩石之重要礦物，不過數十種而已，現列舉如下：

(一)矽酸及矽酸鹽

石英	長石類	沸石類	高嶺土(黏土)
雲母類	輝石類	角閃石類	白榴石
霞石	黝方石	綠泥石	柘榴石
綠簾石	電氣石	紅柱石	黃玉
斜十字石	堇青石	橄欖石	滑石
蛇紋石	方柱石		

(二)碳酸鹽、硫酸鹽、鹵石類及磷酸鹽

方解石	白雲石	菱鐵礦	硬石膏
石膏	重晶石	岩鹽	螢石
磷灰石			

(三)鐵礦類

磁鐵礦	赤鐵礦	褐鐵礦	黃鐵礦
菱鐵礦	磁硫鐵礦		

(四)有機礦類

石腦油	土瀝青	無煙炭	黑炭
褐炭	泥炭		

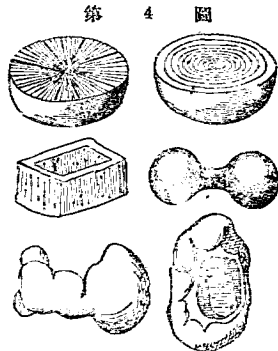
(五)冰 冰雪

上列諸礦物，概單獨或相合以構成岩石，而南北兩極地方之冰雪或高山之積雪，以及有冰河地方之冰，往往結成大塊，以為地殼構造之材料，所以亦列為一類。

第二節 岩石之成分與組織

組成岩石之礦物，一般稱之為岩石之礦物成分 (mineral components) 或單稱為成分礦物成分，有主成分與副成分之區別，所謂主成分 (essential ingredient) 乃岩石中必不可少之成分，例如花崗石以石英、長石、雲母之三礦物為其主成分。此三種礦物，如缺其一，則不能成為花崗石。至於所謂副成分 (accessory ingredient) 乃在岩石中不必要之成分，例如磷灰石和柘榴石等，為花崗石之副成分，不以其有無而變更岩石之本質。

在造岩礦物 (rockforming mineral) 中，除主副成分外，還有所謂副塊 (accessory mass)，這是在岩石成立後，混入在岩石中之礦物，由其成立之差異，可分為結核 (concretion) 及分泌 (secretion) 兩種。所謂結核，乃由岩石中之某一點為中心，向其周圍成長之礦物集合體，其形如第 4 圖之所示。就其生成之順序而言之，以中心為最舊，外部為最新，如龜甲石 (septaria)、鳴石 (clapping stone) 等，即其適例。所謂分泌，乃岩石中



各種之結核

原有之裂罅或空隙，受外部含有礦質溶液之滲入，因而沉澱堆集，形成一種礦物集合體，所以就成生之順序而言，恰與結核相反，外部之物質舊，內部之物質新。如晶洞 (druse) 及礦脈 (mineral veins) 即分泌之適例。至於由分泌而形成之礦物，通常有紫水晶 (amethyst)、玉髓 (chalcedony)、方解石 (calcite)、泡沸石 (zeolite) 等。而在分泌上所必要的裂罅，其成因並不相同，有因岩石中原來所含有各種氣體之散出而生孔隙者，有因礦物之變化霉爛而生孔隙者，更有因地質之構造而生孔隙者。

其次，再就岩石之組織，一為考察。

岩石之組織(或稱為石理)，其種類甚多。我們在論究岩石之組織狀態以前，須先明瞭岩石有原成岩與再成岩之分別。原成岩之石理，乃岩石最初成立時所具有之石理，至於再成岩之石理則不然。再成岩乃由舊岩石之碎屑相集而成，所以它的石理，實為舊岩石之原有石理，而構成再成岩之礦物質，通常稱之為碎屑質。碎屑質由其破片之大小，而有粗屑質(例如礫岩)、細屑質(例如砂岩)及潛屑質(例如黏土)之區別。

原成岩之石理，可大別為結晶質 (crystalline) 與非晶質 (amorphous) 兩種。結晶質乃由具有結晶形之成分所組成，非晶質則由非結晶的無組織的均一質之成分所組成。

結晶質由其結晶之大小，而有粗晶質(大多數之花崗岩第 5 圖)、細晶質(細粒花崗岩)及潛晶質(玄武岩)之別。潛晶質之結晶，非肉眼所能見，須藉助於顯微鏡，才能窺見其晶形。

結晶質又可分為粒狀與斑紋狀二種：所謂粒狀(第 6 圖甲)，即結晶直接相密接，而其間不含有膠結之媒介物，所謂斑紋狀(第 6 圖乙)，乃比較的細小的結晶之中，有大粒結晶之散

第 5 圖



粗晶花崗岩

在(例如花崗斑岩)

除以上所述外,岩石之組織,尙有如下所示之各種形態,
片狀 凡構成礦物之各成分,互相平行而結合,所以岩石沿着一定之方向成爲薄片剝離的構造,如片麻岩是。

板狀 岩石之構造,略似片狀,作薄板狀,但其成因,非由成分之配列,乃因岩石受壓迫之結果,如黏板岩是。

頁狀 類似板狀,但其裂面,不如板狀之平滑,而稍帶凹凸。

縞狀 岩石由種種之色層而成(第 6 圖丙)。

魚卵狀 岩石由小球狀之結核而成(第 6 圖丁)。

微球狀 岩石由放射狀纖維或圈層狀之小球而成(第 6 圖戊)。

多孔狀 岩石中含有多數不規則之孔,此種構造多發現於易霉爛之岩石,例如石灰岩是。

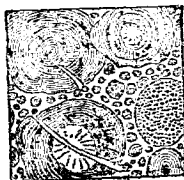
渣滓狀 熔融岩石,當其冷卻凝結之際,其中所包含之

第 6 圖

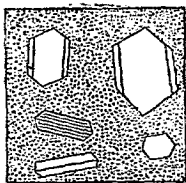
甲



丁



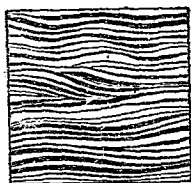
乙



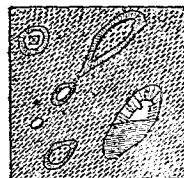
戊



丙



己



水蒸氣，放散逸出，其所殘存之實質，因而成爲多少圓形之孔。

海綿狀 此種構造之成因，與前者同，其所具有之孔，乃由熔岩中之氣體，因壓力與溫度之變化，向外逸出之結果，但岩石全體，概爲氣孔所貫穿，在外形上，極似海綿，例如浮石是。

杏子狀 渣滓狀岩石之孔隙之一部或全部，爲分泌物所充滿，多作杏子狀而排列(第6圖己)。

角礫狀 由具有大小不同之稜角之碎塊集合而成，其具有這種組織的岩石，稱爲角礫岩。

礫岩 岩石碎塊，因水蝕之作用，稜角消磨而成圓礫，由這種圓礫集合而構成之岩石，即所謂礫岩。

砂狀 砂粒因膠結物質之作用，互相結合而固結，即成爲岩石，而具有這種組織的岩石，即通常所稱之砂石。

黏土狀 岩石由細微的黏土，堆積而成，黏土乃此種岩石之適例。

除以上所述而外，在岩石之構造上，尚有所謂層理(一名層狀)之一種特別組織。這是由水中沉澱而生的岩石所必備的形態。申言之，即類似板狀，互相重疊的一種組織，與層理相對立的組織，是即所謂塊狀。

第三節 岩石之分類

岩石之分類，正如動植物之分類一樣，因學者而各異，普通依其成因，分爲下舉之三大類：

(一)火成岩(igneous rocks)

(二)水成岩(water-laid clastic or hydroclastic rocks)

(三)變成岩(metamorphic rocks)

今試依次分述之如次：

第一類 火成岩

火成岩自地中噴出，所以亦名噴出岩(eruptive rocks)，形作塊狀，所以又叫塊狀岩(massive rocks)。要之，火成岩不作層

狀，成分多屬結晶質，而為熔融體之凝固所成的岩石，因此在火成岩中，絕無化石之存在。

火成岩通常可分為二種：一為深成岩 (plutonic rocks)，一為火山岩 (volcanic rocks)，前者凝固於地下深處而不達於地面，後者噴出地球表面而後凝固。

深成岩與火山岩之凝固地點既不同，所以其石理亦自有顯著之差異。深成岩成於地下深處，凝固緩慢，所以結晶質明瞭而為粗粒，決不含有非晶質 (amorphous)。反之，火山岩成於地球表面，驟遇寒冷低壓，凝結急激，所以其石理，多為潛晶質 (cryptocrystalline)，或結晶成分之間，含有多少非晶質，有時岩石之大部分或全部分，全為非晶質 (即玻璃質)。又火山岩多作渣滓狀，深成岩完全成粒狀，決無渣滓狀之構造。如果我們再從其成立之時代，予以考察，深成岩概古，而火山岩，却比較地多屬於新近。火山岩之成立，有在第三紀之前者，有在第三紀或第三紀之後者，前一種的岩石，稱為舊火山岩，後一種岩石，稱為新火山岩。

以下試就深成岩與火山岩中重要之種類，分別敘述之：

(A) 深成岩

(一) 花崗岩族 (granite family) 此類岩石，除含有石英 (quartz)、長石 (felspars) 和少量之雲母 (mica) 外，或含有輝石 (augite) 或含有角閃石 (hornblende)，以及其他之種種副成分，即磷灰石、柘榴石、黃玉、堇青石、黑電氣石、螢石、黃鐵礦等，其他由分解作用所生之後成礦物，有滑石、綠泥石、綠簾石及方解石等，其主要種類，有次之數種：

(1) 正花崗岩或兩雲母花崗岩 (granite proper or two

mic granite) 石英、長石及黑白兩種雲母。

(2) 白雲母花崗岩 (muscovite granite) 石英、長石及白雲母。

(3) 黑雲母花崗岩 (biotite granite) 石英、長石及黑雲母。

(4) 角閃石花崗岩 (hornblende granite) 石英、長石及角閃石，或兼含黑雲母。

(5) 輝石花崗岩 (augite granite) 石英、長石及輝石，或兼含黑雲母。

花崗岩石理，凡有種種就中以全晶質粒狀為最普通，即所謂花崗岩石理 (granite texture)。花崗岩之各礦物粒，大小不一，因之有細粒花崗岩、中粒花崗岩、粗粒花崗岩之別。

(二) 閃長岩族 (syenite family) 此類岩石為正長石、角閃石及輝石所組成，此外含有少量之斜長石與黑雲母，成為黑白相間之斑色，其外觀類似花崗岩。間含少量之石英，即漸變為花崗岩。副成分有曹灰長石、綠泥石、磷灰石、鈦鐵礦 (ilmenite) 及風信子礦等。

此類岩石，可別為三：

(1) 角閃石閃長岩或正閃長岩 (hornblende syenite or syenite proper) 正長石及角閃岩。

(2) 輝石閃長岩 (augite syenite) 正長石及輝石。

(3) 黑雲母閃長岩 (biotite syenite) 正長石及黑雲母。

(三) 閃綠岩族 (diorite family) 此類岩石之礦物成分，由斜長石角閃石而成，其與閃長岩相異之點，即在於含有斜長石，其他概與之類似，就組織言之，閃綠岩亦為粒狀構造，其成分每每含有褐色之雲母、淡綠或無色之輝石及頑火石等，其

種類如下：

(1)雲母閃綠岩(mica diorite) 斜長石及雲母。

(2)輝石閃綠岩(augite diorite) 斜長石及輝石。

(3)角閃石閃綠岩(hornblende diorite) 斜長石及角閃石。

(四)斑禰岩族(gabbro family) 斑禰岩普通成粒狀之組織，礦物成分，以斜長石、輝石、角閃石、橄欖石、及異剝石為主，副成分有磷灰石、磁鐵礦、鈦鐵礦等礦物之粒，大小不一，因之有粗粒斑禰岩與細粒斑禰岩之別，粗粒之斑禰岩，黑白參半，即所謂飛白色，所以斑禰岩又稱為飛白岩。

此類岩石有如下所示之數種：

(1)正斑禰岩(normal gabbro) 斜長石、輝石及異剝石。

(2)角閃斑禰岩(hornblende gabbro) 斜長石、輝石及角閃石。

(3)橄欖石斑禰岩(olivine gabbro) 斜長石、輝石及橄欖石。

(4)紫蘇輝石斑禰岩(norite gabbro) 斜長石及紫蘇輝石。

(五)橄欖岩族(peridotite family) 橄欖岩類似斑禰岩，而無長石，即以橄欖石為主要成分，除橄欖石外，往往含有角閃石、黑雲母、異剝石及古銅石等，其種類如次：

(1)正橄欖岩(normal peridotite) 成分以橄欖石為主，間含有多量之鉻鐵礦(chromite)及柘榴石等。

(2)閃角石橄欖岩(hornblende peridotite) 由綠色之角閃石與橄欖石而成，副成分有黑雲母、異剝石、紫蘇輝石、鈦鐵礦、磷灰石及灰長石等，橄欖石間化為滑石，角閃石化為綠泥石。

(3)異剝石橄欖岩(diallage peridotite) 由橄欖石與異剝石而成。

(4)古銅橄欖岩(bronzite peridotite) 由橄欖石及古銅石而成。

(5)雲母橄欖岩(mica peridotite) 為黑雲母與橄欖石之粒狀集合物。

又橄欖岩常因變質作用,變化而為蛇紋岩 (serpentine)。來自橄欖石之蛇紋石,具有網狀構造,即橄欖石之不規則裂目等處,先起蛇紋化作用 (serpentinization), 往往排列有黑色不透明之磁鐵礦粒,其內部間或尚存橄欖石本質,所以,在外觀上常作網狀。

(B)火山岩

(一)石英斑岩(quartz-prophyre) 此岩石由石英或石英及長石之斑晶與同樣礦物之微晶或緻密石基而成。其斑晶如全屬長石,則稱為長石斑岩(feldspar prophyre)。石英概白色,多作圓粒形,長石概無色透明,或作白色、肉紅色、灰色等。至其石基,則由石英長石之微晶質所構成,外觀呈緻密狀,其分子極其細微。

(二)流紋岩(liparite) 流紋岩乃是一種相當於花崗岩及石英斑岩之火山岩,其所含之矽酸,概游離作石英,具流動組織。通常作斑狀,即成自長石微晶之石基中,散在有石英長石之斑晶。柱狀輝石和角閃石,間亦存在。石基之中,亦稍具玻璃質;如果玻璃質增加,則其中結晶減少,即變而為流紋岩之一變種,是即所謂黑曜岩(obsidian)。其種類如下:

(1)粗流紋岩(nevadite) 外觀似花崗岩,富石英、長石或

雲母結晶，石基少或缺如。

(2)玻璃流紋岩 (rhyolite glass) 熔岩噴出地表後，急速冷卻，不及結晶，因固結而為流紋岩質之玻璃，例如黑曜石、浮石、眞珠石等是。

(a)黑曜石 (obsidian) 暗褐暗綠乃至黑色，斑晶極稀，含有多量之毛髮狀微晶，多呈流動組織。

(b)浮石 (pumice) 淡黃色、白色或黝色，因其噴出之際，多量氣體逸出於外，所以含有無數之氣泡，作泡沫狀或海綿狀，質頗輕鬆。

(c)眞珠石 (perlite) 色有種種，黝褐居多，玻璃質或瑛瑯質，具球狀裂罅，是即所謂眞珠構造。

(三)安山岩 (andesite) 此類岩石之石基為長石、輝石、針狀磁鐵礦粒及玻璃質等所構成，因斑晶之性質不同，可別為如下所示之種類：

(1)角閃安山岩 其斑晶成自角閃石。

(2)輝石安山岩 其斑晶成自輝石。

(3)雲母安山岩 其斑晶成自雲母。

(4)石英安山岩 其斑晶成自石英。

(5)石英角閃安山岩 其斑晶成自石英及角閃石。

(四)粗面岩 (trachyte) 昔時凡石理粗鬆作多孔質之岩石，通稱為粗面岩。至後範圍漸次狹小，專用於中性岩石，即富有長石之岩石。火山岩斑晶之長石，凡有二種：一為單斜之玻璃長石，一為三斜之曹灰長石及中性長石。現今粗面岩之名稱，即專用於富有玻璃長石之岩石。至於富有曹灰長石及中性長石之岩石，南美安的斯山產量極多，因特稱之為安山岩。

粗面岩色淡綠或褐,其石基主由玻璃質長石而成,在石基之中,散布有雲母,角閃石及輝石等斑晶,因之別爲(1)雲母粗面岩,(2)角閃粗面岩,(3)輝石粗面岩。

(五)輝綠岩(diabase) 輝綠岩色暗,被分解者色綠,所以俗稱爲綠岩(green stone)由鹽基性斜長石及輝石而成,其石理或緻密,或作斑狀,種類如次:

(1)正式輝綠岩(diabase proper) 斜長石及輝石。

(2)雲母輝綠岩(mica diabase) 斜長石,輝石及褐色及雲母。

(3)角閃輝綠岩(hornblende diabase) 斜長石,輝石及角閃石。

(4)橄欖輝綠岩(olivine diabase) 斜長石,輝石及橄欖石。

(六)玄武岩(basalt) 玄武岩由斜長石輝石而成,斜長石概爲鹽基性之曹灰長石及灰長石,其他橄欖石,角閃石及雲母,亦往往存在,其種類如下:

(1)正玄武岩(basalt proper) 斜長石及輝石。

(2)橄欖玄武岩(olivine basalt) 斜長石,輝石及橄欖石。

(3)角閃玄武岩(hornblende basalt) 斜長石,輝石及角閃石。

(4)雲母玄武岩(mica basalt) 斜長石,輝石及雲母。

(七)紋岩(prophyrite) 紋岩與閃綠岩同成分而爲火山岩,構造斑狀,褐色或帶紫或暗灰之石基中,散在有斜長石,角閃石,黑雲母及輝石等之斑晶,其種類可分爲(1)閃綠紋岩(diorite prophyrite),(2)輝綠紋岩(diabase prophyrite),(3)石英紋岩(quartz prophyrite),(4)角閃紋岩(hornblende prophyrite)及(5)輝石

紋岩 (augite prophyrite).

第二類 水成岩

水成岩概作層狀,所以又名成層岩 (stratified rocks),其成分與現今海底沉澱之砂土相同,且含有介殼及其他生物之遺跡。

這類岩石更可區分為二種:即(一)碎屑岩 (ceastic rocks);
(二)結晶質沉澱岩 (crystalline sedimentary rocks).

(A)碎屑岩 這類岩石乃由其他岩石因破壞而生之碎屑或破片所集合而成,所以各種碎屑岩,都屬後成岩 (secondary rocks),就其成因而論,各不相同,就中由風之機械的作用而成的,叫做風成岩 (aeolian rocks),例如海濱及沙漠之沙丘是由水之作用而成的,叫做水成岩 (aqueous rocks),例如海濱及河床之砂礫泥土是由動植物遺骸而成的,叫做有機岩 (organically formed rocks),例如石灰岩及石炭是由火山破壞噴出之粗鬆碎片而成的,叫做火山凝灰岩 (volcanic tuff). 現就其中之主要岩石,分述於下:

(一)礫岩及砂質岩 (gravel and sand rocks)

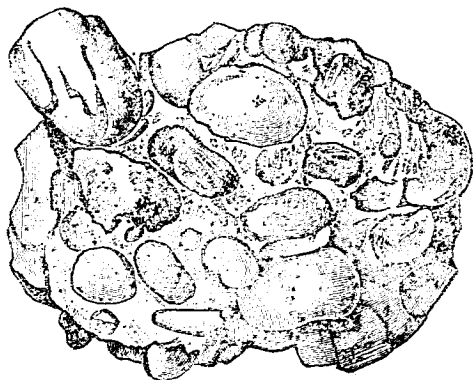
(1)礫 (gravel) 因水流之作用摩擦而略帶圓形之岩石破片,即為礫,其直徑大小不一,由礫之大小,可別為粗礫,中礫,細礫三種,粗礫之直徑,約在三分以上;中礫之直徑,由一分五釐乃至三分;細礫之直徑,則由三釐乃至一分五釐。

(2)砂 (sands) 其種類很多,凡因風之作用,堆積於海岸及沙漠內地的,是謂風砂,其成分以矽質或石灰質粒為主,又河旁之砂,叫做河砂,海岸之砂,叫做海砂,二者都以石英質為主,此外,尚有鐵砂、金剛砂、金錫砂、花崗質砂、雲母砂、

燧石砂等，概由其所含有之物質而別其名稱。

(3) 礫岩 (conglomerate) 乃由礫凝固而成，就礫之性質而論，可別為石灰岩質礫岩、石英質礫岩及花崗岩質礫岩等，就其膠結之物質而論，又可區分為砂質礫岩、石灰質礫岩、泥土質礫岩、鐵質礫岩等。礫岩層理，不甚顯明，其由具有稜角之岩石碎片集合而成之岩石，是為角礫岩 (breccia) 或角礫岩。

第 7 圖



礫 岩

(4) 砂岩 (sand stone) 由砂結合而成，砂以石英粒為主，石英之外，有黏土、長石、雲母、金紅石、電氣石等，又膠結物亦分為黏土質、長石質、雲母質、石灰質等。砂岩之色，關乎膠結物質，或綠或白，亦間有赤褐黃綠等。

砂岩之中，有一種硬砂岩 (gray-wacke)，乃是一種時代極古之岩石，產古生界，由石英、長石、黏板岩等碎片相集而成，其膠結物多為砂質，間亦有黏土質、長石質、石灰質、石炭

質等，通常灰色，或亦作褐色黑色，其色之暗黑，硬度之高，及膠結物之緻密，都可與普通之砂岩相區別。

(二)黏土岩 (clay rocks)

(1)黏土 (clay) 長石類分解作粉末狀，概稱之為黏土。色有白、灰、紅、褐等，化學成分不一。黏土之純粹者為高嶺土，為陶磁器之原料，其化學成分為含水矽酸鋁。不純粹者，混有砂及其他泥土，可作煉瓦之材料。

(2)壩塼 (loams) 一作瘠土，色赤，乃粗鬆黏土及褐鐵礦之微粒而成，有時亦含有塵砂及石英粒等。

(3)黃土 (loess) 色淡黃，即稍含石灰質之黏土，由風堆集而成，如歐之萊茵河、多腦河，美之密西西比河，以及我國之黃河等岸之層，即其適例。

(4)紅土 (laterite) 為含鐵之多孔質黏土，產雨量多之熱帶地方，其乾燥者硬度頗高。

(5)漂土 (boulder clay) 為冰河之沉澱物，成分複雜，含有岩片，每每具有搔傷之條線。

(6)頁岩 (shale) 此岩石一稱泥板岩，由黏土凝結而成，作薄層狀，性易剝離，色有白、灰、黑等，往往含有化石。柔者移變為黏土，剛者變為黏土岩，含有砂者變為砂岩，含有石灰者變為石灰岩，富鐵者變為泥鐵岩。其較堅硬者可作硯石之材料。

(7)黏板岩 (clay slate) 較頁岩更為堅硬，由緻密之黏土而成，色多黑，性極易剝。黏土之外，每含有種種結晶，如石英粒、雲母片、方解石片及柘榴石等。其富雲母粉末者，則變為千枚頁 (phyllite)。黏板岩與花崗岩接觸，則生堇青石 (cor-

dierite),紅柱石(andalusite)等接觸礦物(contact minerals),黏板岩用途頗廣,可供製作硯石及石板石等。

(三)火山性碎屑岩(volcanic fragmental rocks)

(1)凝灰岩(volcanic tuff) 爲由火山噴出物之細片凝固而成,層理或判明或不明,間亦含有陸上或水生之動植物遺骸。

凝灰岩可依據其原來熔岩之性質,得區別爲(a)石英粗面岩質凝灰岩,(b)安山岩質凝灰岩,(c)玄武岩質凝灰岩,(d)玢岩質凝灰岩,(e)輝綠岩質凝灰岩等。

(2)火山集塊岩(volcanic agglomerate) 由熔岩之大小碎片集合而成,一般層理不明,缺少風雨抵抗力,容易崩壞。

(3)火山塊岩(volcanic block) 此爲具有稜角或稍帶圓形之熔岩塊,直徑達至數米,其石理或全體同一,或內部緻密而外部作多孔質。

(4)火山彈(volcanic bomb) 此爲球狀、橢圓狀或棍狀之熔岩碎片,直徑二、三寸乃至一尺,表面常作迴轉之狀,這是因半固半流動質之熔岩飛揚空中,以及下降之際進行方向變化之結果。

(5)火山礫(lapilli) 爲豌豆大乃至胡桃大之球形或不規則稜角形狀之熔岩碎片,大都爲多孔質,間亦呈緻密狀。

(6)火山砂(volcanic sand)及火山灰(volcanic ash) 粟粒乃至豌豆大,噴火山之噴出物,是爲火山砂,較火山砂更微細之噴火山噴出物,是爲火山灰。

(B)結晶質沉澱岩 結晶質沉澱岩,可分爲溶液蒸發之沉澱與有機物作用之沉澱兩種:

(一)屬於溶液蒸發而成之沉澱岩

硫酸鹽類——石膏和硬石膏

氯化物類——岩鹽

矽酸類——矽華

碳酸鹽類——石灰華和魚卵狀石灰岩

鐵礦類——菱鐵礦、褐鐵礦、磁鐵礦等

(二)屬於有機物作用而成之沉澱岩

碳酸鹽類——石灰岩和白雲岩

矽酸類——燧石、矽藻土等

磷酸鹽類——磷礦岩

石炭類——石炭、土瀝青等。

今試依據以上之順序，分述之於下：

(一)由溶液蒸發而成之沉澱岩

(1)硬石膏(anhydrite) 其成分為無水硫酸鈣，或獨立，或伴岩鹽，產各地質年代中。

(2)石膏(gypsum) 其成分為含水硫酸鈣，硬石膏如吸收水分，即變為石膏。

(3)岩鹽(rock salt) 為古時代之鹹湖或海水之沉澱物，多產石膏層間或黏土層間，色有灰、白、黃、綠等。因其含有黏土、石炭質、瀝青，以及銅之鹽類等混合物。

(4)矽華(siliceous tuff) 為緻密質或多孔質之矽酸質岩石，色白乃至淡灰，表面常作葡萄狀、鐘乳狀、腎臟狀等。分布不廣，多產溫泉地方，尤以間歇噴泉附近為多。其成生之原因，或單由水分之蒸發，或由溫泉中藻類分泌之矽酸堆積而成。基於前因成生的，概為堅硬緻密之蛋白石質，基於

後因成生的，概粗鬆作多孔質。

(5)石灰華 (calcareous sinter) 爲多孔質粗鬆之碳酸鈣石岩，概爲石灰泉水之沉澱，或由藻類苔蘚共同作用而成，往往含有介殼或木葉之印象，通常沉澱急者概成粗鬆多孔質，結晶質不明，反之，沉澱緩慢者，多結晶質。

(6)魚卵狀石灰質岩 (oolitic limestone) 此種岩石爲石灰岩之一種，由粟粒乃至豆大之方解石粒集合而成，狀如魚卵，故有此名。

(7)鐵礦岩 (iron ore rocks) 爲氧化鐵或碳酸鐵之岩石，多用爲製鐵原料，其主要之種類有菱鐵岩、炭鐵岩、赤鐵岩、褐鐵岩、磁鐵岩、鐵雲母片岩等。

(二)由有機物作用而成之沉澱岩

(1)石灰岩 (limestone) 多由海生或湖生之動植物遺體沉積而成，其化學成分爲碳酸鈣，注以酸類，即發生二氧化碳泡沫，純粹者爲白色，此外常混有碳酸鐵、氧化鐵或氫氧化鐵以及矽酸泥土等，所以有褐赤或暗色諸種雜色。

石灰岩風化之後，即變作赭土形狀，所以在石灰洞窟中，往往有赭土之發見。

石灰岩之分布很廣，硬度較小於一般火成岩，裂目極多，所以極易透水，而且易溶於水，如水中含有二氧化碳，則溶解更易，因此，在石灰洞窟中，往往有鐘乳石、石筍之成生。

就石灰岩之構造，加以區別，則有(a)粒狀石灰岩(即大理石)，(b)魚卵狀石灰岩，(c)緻密石灰岩及(d)白堊(白色土狀多成自有孔蟲介殼)等；又如就其化學的成分，加以分類，則有(a)瀝青質石灰岩，(b)黏土質石灰岩(c)矽酸質石灰岩及

(d) 白雲石質石灰岩。

石灰岩產地極多，應用極廣，如緻密而美麗之大理石，可用作彫刻石材，建築石材或裝飾品。而一般之產物，可以燒作石灰及製作水泥，其他冶金上之熔融劑，利用亦很多。

(2) 白雲岩 (dolomite) 其成分兼含有碳酸鈣及碳酸鎂，色與石灰岩類似，不過硬度與比重較高，遇酸不急發泡沫，水亦不易溶解，這就是它的特性。其成因雖有種種，要不外石灰岩之變化。因含鎂鹽類經過石灰岩地方，其石灰之一部，與鎂相置換而成。這種變化，一般稱之為白雲化作用 (dolomitization)。

(3) 泥灰岩 (marl) 石灰岩或白雲岩中如含有多量之黏土，即成為泥灰岩，其所含之黏土分量，通常為 16—20%。

(4) 燧石岩 (flint) 乃由石英、蛋白石之集合物。色暗灰或黑，極緻密，外觀若均一質，常作不規則之圓塊，產於白堊中。

(5) 矽金石 (lydite) 為極堅硬緻密之岩石，由石英、蛋白石及玉髓集合而成，往往混有碳質物，色灰乃至黑，間帶褐色或綠色，層理顯明，所以又名矽板岩。在顯微鏡下屢見有矽藻及其他有機物遺骸。

(6) 矽藻土 (diatom earth) 為矽藻之遺骸相集而成之一種土狀矽質物，色白或淡褐，質柔而比重小，產各地質時代中。

(7) 磷酸岩 (phosphorite) 為磷酸石灰之岩石，通常由有機物骨骼或排泄物分解集合而成，分布較少，多產沉澱岩中，作塊狀、結核狀或扁桃塊，普通為灰色，或亦作黃、白、

黑等色。

(8)泥炭(peat) 爲湖沼中之植物腐敗堆積而成,碳化程度幼稚,平均所含之碳量,約占全量56%。

(9)褐炭(lignite) 色黑而帶褐,質粗鬆柔軟,往往作木理構造,碳量約占全量70%。

(10)黑炭(black coal) 爲普通用作燃料之煤,碳量約占82%。

(11)無煙炭(anthracite) 色鐵黑而質脆,碳量約占94%。燃燒之際,熱度較大,而無煙與臭氣。

(12)石墨(graphite) 乃煤之完全碳化而成,其所含物全部爲碳。

第三類 變成岩

變成岩又稱結晶片岩(crystalline schist)爲最古地層之岩石,此類岩石純由結晶質礦物而成,類似火成岩,然而同時又具有片狀構造,又似水成岩。至其成生之原因,有認爲地殼成立之初,由液體狀之礦物質凝固而成,又有認爲由他種岩石變化而成,此外尙有諸種之學說,要之,此種岩石成自最古時代,迄於今日所受變動最多,這一點是我們可以確定的。

變成岩通常分爲片麻岩、雲母片岩及千枚岩之三類,概括言之,片麻岩最富於結晶質,而時代亦最古;千枚岩結晶之度較少,而時代亦最新;雲母片岩則介乎二者之間,今試就其主要之種類,記述於次:

(一)片麻岩(gneiss) 其成分與花崗岩同,由石英、長石及雲母所組成,其所含之長石爲正長石和斜長石,雲母則爲白雲母、黑雲母或絹雲母,因此,以長石或雲母之種類爲標準,可

區分爲下列之數種：

- | | |
|-----------|--------------|
| (1)正長石片麻岩 | 正長石,石英,雲母. |
| (2)斜長石片麻岩 | 斜長石,石英,雲母. |
| (3)黑雲母片麻岩 | 黑雲母,長石,石英. |
| (4)白雲母片麻岩 | 白雲母,長石,石英. |
| (5)兩雲母片麻岩 | 黑白兩雲母,長石,石英. |
| (6)絹雲母片麻岩 | 絹雲母,長石,石英. |

此外,如以石理爲標準,可分爲縞狀片麻岩,扁桃狀片麻岩,眼球狀片麻岩及粒狀片麻岩等.

又有以所含之他種礦物成分爲標準,可分爲柘榴石片麻岩,石墨片麻岩,輝石片麻岩,角閃片麻岩及堇青片麻岩等

近來岩石學者又以成因爲標準,分爲正片麻岩 (orthogneiss) 及準片麻岩 (paragneiss) 二種.前者由火成岩(如花崗岩)之受壓力或熱力變質而成,後者則由水成岩(如黏板岩或砂岩)之受壓力或熱力變質而成.

(二)雲母片岩 (mica schist) 乃石英雲母之集合物,而無長石,或僅含少量,在此點上,可與片麻岩區別,就一般言之,片麻岩占地層最下部,其上部則爲雲母片岩,再上則爲千枚岩.

雲母片岩色暗灰或黃褐暗黑等,其重要種類如下所示:

- | | |
|----------|-----------|
| (1)白雲母片岩 | 白雲母,石英. |
| (2)黑雲母片岩 | 黑雲母,石英. |
| (3)兩雲母片岩 | 黑白兩雲母及石英. |
| (4)絹雲母片岩 | 絹雲母,石英. |
| (5)鈉雲母片岩 | 鈉雲母,石英. |

此類岩石之組織成分,於石英雲母之外,每含他種礦物,

因可區分爲(一)片麻雲母片岩(富長石,接近片麻岩),(二)柘榴雲母片岩(富柘榴石),(三)十字雲母片岩(富十字石),(四)紅柱石雲母片岩(富紅柱石),(五)角閃雲母片岩(富角閃石),(六)綠泥石雲母片岩(富綠泥石),(七)石墨雲母片岩(富石墨),(八)滑石雲母片岩(富滑石)及(九)方解石雲母片岩(富方解石)等。

雲母片岩中之雲母減少,石英之含量增多,則變爲石英片岩或砂岩。

(三)千枚岩(phyllite) 其主要成分,與雲母片岩相類似,亦爲石英及雲母,但因含多量之黏土,却又與黏板岩相似,實即介於雲母片岩及黏板岩之中間性岩石,其所含物,除雲母、石英而外,尚含有少量之長石、綠泥石、電氣石、石墨等成分,因此,又可別爲長石千枚岩、綠泥石千枚岩、電氣石千枚岩、石墨千枚岩等。

(四)滑石片岩(talc schist) 其主要成分爲滑石,作鱗片狀或葉片狀之薄片,各片平行或不規則交錯,富於油膩。副成分有綠泥石、陽起石、磁鐵礦、黃鐵礦、角閃石等,通常與綠泥片岩、蛇紋岩、角閃片岩伴產,如果綠泥石多,則變爲綠泥片岩;陽起石多,則變爲陽起石片岩。

滑石片岩,色白乃至淡綠,或黃灰暗綠青等,多由橄欖岩、輝岩等火成岩,或白雲岩及含鐵泥灰岩等水成岩變化而成。

(五)綠泥片岩(chlorite schist) 卽綠泥石之鱗片狀集合物,間亦爲葉片狀或板片狀之集合,色蔥綠或黑綠。副成分有磁鐵礦、陽起石、角閃石、綠簾石、磷灰石等。

綠泥片岩由斑糝岩或含鐵之黏板岩等變化而成。

第四節 岩石之節理

無論任何種類的岩石，差不多都有一種裂隙，或表見於外部，或潛伏於內部，因此，所以在岩石毀壞的時候，必定沿着這裂隙而分裂，成為多少有一定的形狀之碎塊，這種裂隙之成立，它的原因，或由於壓力，或由於岩石收縮之結果。

在岩石中所存在的這種裂隙，是即所謂節理 (joint)。節理可分為以下之諸種類：

(一)不規則多面體的節理 存在於岩中之裂隙，較為不規則，所以岩石塊亦易於成為不規則的多面體而被毀碎。但是，因為岩石具有這種節理，所以被毀碎的石塊，大抵有尖銳之稜角。舉例來說，如像石英岩就是具有這種節理的。

(二)板狀節理 岩石的裂隙，如板相疊，多少能成平行的分裂，一般稱之為板狀節理。這種節理乃由於火成岩冷結時收縮而生之結果。因為如此，所以冷卻較急之部分，這種節理最為明顯；反之，冷卻緩慢之部分，則節理不明。譬如火山流出之燒石，它的外部，表現這種節理極為明顯，而內部則不明，其原因即在於此。

(三)柱狀節理 凡具有這種節理的岩石，大抵都成自正規則之柱形。這種節理的成立，亦基於岩石之收縮作用，所以節理之方向，必與岩石之冷卻面相垂直。

柱狀節理正和板狀節理一樣，在急速冷卻之岩面，發育最為完全，所以多見於岩石之表面或側面，柱形不一，從三角形、四角形乃至六角形，而以六角形為最普通，且多作正六角形。至於柱之排列，有互相平行的，也有作輻射狀的。

(四)球狀的節理 岩石在外觀上,好像由多數之球體所構成時,這便稱之爲球狀節理。球形有不規則的,有上下互相疊積的,後者乃柱狀與球狀兩節理,同時發達之結果,球體多爲環層狀,即由數層之同心球相疊積而成。這種球形構造之成立,不外由於冷卻作用以某一點爲中心而向各方進行所生之結果。

(五)六面體節理 此種節理乃由於三裂隙面互爲直角相切而成,岩石之碎地常爲六面體。這種節理,在水成岩很少發見。

第五節 水成岩之現出狀態

凡水成層之構造,概由多數之岩層 (bed) 相積疊而成厚層,是爲地層 (stratum)。地層有由不同之物質,或由粗鬆與緻密之同一物質互相疊積而成。在一定地質時代間所疊積而成之一系列的地層,一般稱之爲某一特定地質時代之層系 (formation)。

水成岩因爲具有這種層狀的性質,所以又有層狀岩或成層岩 (stratified rocks) 之稱。

每一岩層,必有上下二面,所以在二岩層間必有多少之間隙。這種間隙之成生,依據從來之學說,以爲係於動物質沉澱一時中止之所致;但是,近來學者,則認爲起因於沉澱物質之變化。這就是說,如果物質沒有變化,則間隙便無從成生。例(天)如黃土和岩鹽,因其無質的變化,所以雖屬沉澱,並無層理。

岩層之上部,稱爲上盤,其下部稱爲下盤,而上下兩盤間之垂直距離,即爲岩層之厚。

岩層有伸長至數十里或數百里之長的，然而決不是無限地擴長，在實際上，必次第減少其厚度，終至於完全消滅，這種現象，稱為地層之尖滅 (thinning out of strata)，此種尖滅的現象，如果發生於極短距離之間的，則特稱之為扁桃狀地層 (lenticular strata)。

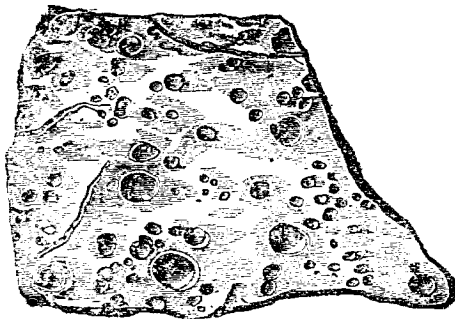
地層之上部及下部，大抵都以平行之面為界限，是即所謂層面 (plane of stratification)。通常層面之狀態，多屬平滑，然亦有時在層面上附着種種之痕跡，例如波紋、雨痕、乾裂、動物足跡以及結核的構造等是。

波紋 (ripple mark) 乃波浪之跡留於層面凝固而成，這種現象在海岸堆積之軟質岩石上可以發現出來。



第 8 圖 波紋

雨痕 (rain print) 乃雨滴落下之跡，印於層面而成。在砂岩或泥板中，每有圓形印痕，是即雨痕。現今海岸砂泥中，屢見此等現象。



第 9 圖 雨痕

乾裂(sun crack)乃泥土乾固之際,受太陽熱之乾燥作用,因而生裂目成網狀紋,在裂目中,常有碳酸鈣或矽酸鹽類之填充,而成為龜甲石(septaria)。黏板岩中,常見此等現象,石灰岩,泥灰岩,灰岩以及細粒砂岩,間亦有此現象,且每每與雨痕相伴。

第 10 圖



乾 裂

在乾裂兩痕之層面上,每有動物足痕之發現,一般稱為手獸(hand animal)。此種動物在層面上所留之足痕,在地質學上,視為一種化石,現今海岸,亦屢屢發現此種現象。

結核的構造(concretionary structure)與普通地層,顯然不同,即種種水成岩中,含有別種礦物之圓形塊,或不規則之地,是即所謂岩球(nodule)。

其中心之物質,或為介殼木葉及其他有機物之遺骸,或為無機物質,構成外部之物質,有自周圍岩石而來,亦有自外界而來,要不外溶解於水中之物質,復沿中心而沉澱,經過相

第 11 圖



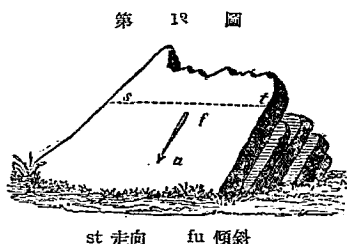
動物足痕

管之時日，即形成岩球。

岩球大小不一，形狀亦各不相同，其生成之期，或與岩石同時，或在岩石成立之後，間有岩石全體，純為結核之集合，如魚卵狀石灰岩，即其適例。

水成岩成生之初，大抵都位於水平之位置，但實際露出之地層，其位置成水平的比較少，往往作多少之傾斜，或甚至直立，這是因受地殼收縮之影響，因而發生層位之變動，像這樣變位之地層，先宜確定其位置，申言之，即須確定其層向，傾斜以及傾斜方向等。

所謂層向或走向 (strike)，乃地層之面與水平面相交之面之方向，所謂傾斜 (dip) 乃地層之面與水平面相交角度，至傾斜方向，即層向之直角方向，測定層向或傾斜之器械，即為傾斜儀 (clinometer)，乃普通之羅盤針與角度計合成之簡單器械，在地質調查上，有極重要之任務。



第六節 火成岩之現出狀態

如前所述，火成岩乃從地層內部之深處所噴出或上昇的岩漿 (magma) 冷却凝固而成，但因其冷却凝固之場所不同，可大別為迸出岩 (extrusive rocks) 與迸入岩 (intrusive rocks) 二種，迸出岩即一般之所謂火山岩，冷却凝固於地殼之表面，而迸入岩則冷却凝固於地殼之內部，復可區分為深成岩與脈岩二種，迸入之場所，如在地殼之內部之深處，是即所謂深成

岩；反之，如進入之場所，比較的淺，或作管狀連結深成岩與火山岩，或貫通或挾介於地層中而不達地面，是即所謂脈岩。所以脈岩又稱為半深成岩(hypabyssal rocks)。

深成岩藏於地層內部，如無風雨侵蝕或陸地變動，則不能出現於表面。所以深成岩露出於舊地層較多。有一部分岩石學者認為花崗岩、閃綠岩及斑禰岩等之深成岩，概形成於第三紀前，其根據即在於此。

今試將火成岩之現出狀態，就其主要者分別敘述如下：

(一)岩脈 (dykes) 此乃由地球內部噴出之岩漿沿着岩層之裂隙中填充凝固而成。脈厚由一、二寸至千尺以上，普通概由二、三尺乃至二十尺左右，脈長則由數十尺至數英里不等。岩脈常貫穿水成岩、火山岩或變成岩中，但貫穿水成岩時，通常以角變相交而不平行。若遇層面平行，則稱為進入岩床。

岩脈貫通水成岩之際，周圍岩石，每因之而變質，是即所謂接觸變質(contact metamorphism)。

(二)進入岩床 (intrusive sheets) 岩漿屢進入薄弱水成岩之層面間作岩脈形，是即所謂進入岩床。因其與層面平行，得以與岩脈相區別。厚一、二尺乃至數百尺，長至數百英里。介在上下兩方之水成岩，每每因之變質。

(三)岩盤 (laccolith) 岩漿進入岩層之間，作大扁桃狀之貫注體，是為岩盤。岩盤上凸而下平，厚度較大，凡達數里。其上下側岩石之接觸變質，與進入岩床同。在實際上，岩盤可視為進入岩床之變形。

第 13 圖



岩 盤

(四)岩頸 (necks) 火山噴火口所充填之圓柱形火成岩質塊，是為岩頸。岩頸之周圍，通常為火山之噴出物，即火山灰、火石礫等。此等柔軟之噴出物，受風化作用削去之後，岩頸突出，呈奇異之景。

(五)岩株 (stock or boss) 岩漿迸發於地殼上層所形成之大岩塊，是為岩株。其上層受侵蝕後，即露出地表。其露出區域稍作圓形或橢圓形，面積較岩頸大。花崗岩、閃綠岩等，每成岩株產出。

(六)底盤 (batholith) 火成岩之不規則的廣大岩塊，是為底盤。其生成之後，多位於地下深處之水成岩或變成岩之下部或貫穿其間，後因地層之被剝削或浸蝕，因而露出地表。其露出面多在古代岩石(如結晶片岩)之中，其面積之廣大，遠在岩株之上。露出部分之面積，往往達數千方英里以上。

第四章 地層之構造

第一節 地層之變位

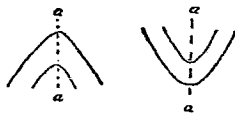
地層成生之初，如前所述，原為水平之位置，然在實際上，地層之位置，常有多少之變化，凡原來水平位置遭受變異之地層，總稱之為變位層。

地層之變位，可分數種：即傾斜、褶曲、單斜曲及斷層是。

(一) 傾斜層 (cline strata) 原來水平位置之地層，傾於一方的，是為傾斜層，傾斜之度，自零度以上迄於九十度，近零度之傾斜層，有如水平層，傾斜達九十度之地層，是為直立層，其傾斜超過九十度之地層，是為轉倒層。

(二) 褶曲 (fold) 地層褶曲之狀，有似波浪，其凹入之部分，兩側向中央傾斜，是為向斜 (syncline)；其凸出之部分，自中央向兩側傾斜，是為背斜 (anticline)。背斜或向斜之兩側，是為

第 14 圖



背斜 向斜

兩翼 (wings)。地球表面，如無剝削作用，則背斜常為山，而向斜常為谷，但在實際上，像這樣的例證，並不多見，這是因為受剝削作用，致改變其原有之形態，甚至成相反之現象，向斜變而為山，背斜變而為谷。又如谷之上部，因侵蝕作用而被削去，則稱為空鞍 (air saddle)。

第 15 圖



空鞍

向斜背斜，兩翼對稱，是為正褶曲 (upright fold)，或稱為對稱褶曲 (symmetry fold)。反之，褶曲之左右兩翼，其中之一翼對於他翼，傾斜而不對稱時，是為斜褶曲 (oblique fold) 或非對稱

褶曲。

向斜或背斜之兩翼，其傾斜之度不一，或緩或急，有時傾斜急劇，其地層甚至作直立之狀，或超過直立，兩翼向上方左右開放，有如扇形，是為扇狀褶曲(fan-shaped fold)，如兩翼向下方左右開放，形如倒扇，是為倒扇狀褶曲(inverted fan-shaped fold)。

以上之所論究，其層向大抵成一直線，但有時層向不成直線而成環狀，如地層由一中心點向周圍擴張，其地層有如多數之盆相重疊，此種地層，特稱之為盆狀地層(basin-shaped strata)。如地層從一頂點向四方傾斜，形成鐘狀或圓錐狀，則特稱之為鐘狀地層(dome-shaped strata)。

(三)單斜曲(monoclinial fold) 此乃具有水平位置之地層，成生一次之褶曲，其後仍沿原方向而褶曲；換言之，即地層單一褶曲之現象，稱為單斜曲，其原因不盡由於橫壓力，往往為地層一部分伸張之結果，此種褶曲與下節所述之斷層，有密切之關係。

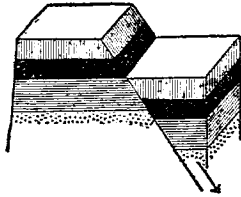
第二節 斷層

此層之一部，對於其他之部分，沿着裂隙，變更其位置，或隆起，或沉降，此種現象，謂之斷層(fault)。其裂面謂之斷層面(fault-plane)。斷層面上側之地層，稱為上盤(hanging wall)；下側之地層，稱為下盤(foot wall)。斷層面與其鉛垂線相交之角，是為偃角(hade) 生斷層之裂隙，是為斷層線(fault line)。

斷層之種類，可以區分為二：一為正斷層(normal fault)，一為逆斷層(reversed fault)。凡下盤沿斷層面降落之斷層，即

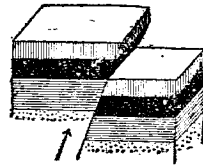
爲正斷層,反之,若上盤沿斷層面上昇之斷層,即爲逆斷層,就一般言之,正斷層多而逆斷層少。

第 16 圖



正斷層

第 17 圖



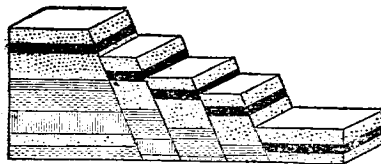
逆斷層

其次,如就斷層面之方向,加以區別,則有被覆斷層(thrust fault)與直立斷層(vertical fault)二種:前者之斷層面近於水平,後者之斷層面近於直立。

復次,如就斷層與層位之關係來說,則有層向斷層(strike fault),傾斜斷層(dip fault)及斜斷層(diagonal fault)三種:所謂層向斷層,乃是斷層線與層向平行之斷層;所謂傾斜斷層,乃是斷層線與地層之傾斜方向相平行之斷層;所謂斜斷層,乃是斷層線與層向或傾斜方向成斜交之斷層。

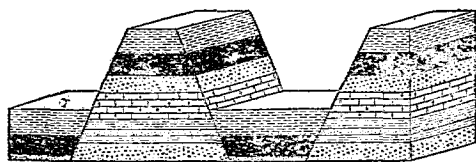
以上之所敘述,概屬單一之斷層,此外尚有複雜之斷層,即多數之斷層,同時發生之複雜現象,就其主要者言之,約有三種:即是(一)階狀斷層(step fault),即若干之斷層採取同一之

第 18 圖



階狀斷層

第 19 圖



(左)地壘

(右)地堿

方向,而互相平行之斷層;(二)溝狀斷層(trough fault)或稱爲堿,即地層中央部分陷落之斷層;(三)地壘斷層(horst fault),即地層兩側陷落中尙高起之斷層。

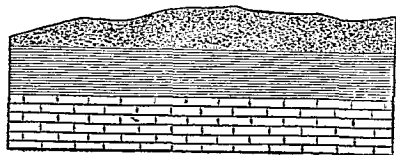
斷層成生後,每每有斷層之一翼降落,他翼屹立,斷層面現於地表,作高崖之狀,是爲斷層崖(fault scarp)。而斷層崖每因浸蝕作用,失其原形。

第三節 二累層間之關係

二累層之積疊,其接觸面之形態,約可區分爲二:即其一爲整合(concordant or conformity),其他之一爲不整合(discordant or unconformity)。

所謂整合,乃是一累層被覆於不呈任何異狀的他累層之上,而上下二累層之層向及傾斜方向完全相同;換言之,即

第 20 圖



各層整合之狀

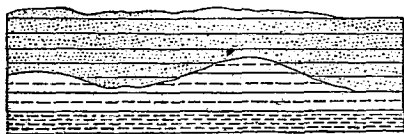
第 21 圖



各層整合之狀

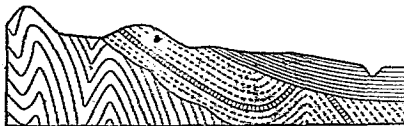
上下二累層互相平行，而這種整合的現象之成生，究其原因，乃由於下方之累層成立後，其間不經過片時之中斷，而上方之累層即繼續成立。所謂不整合，乃是二累層之層向或傾斜方向不同，或兩者都不相同，又或層向與傾斜方向雖同，而上方之累層因受水之浸蝕，呈多少凹凸之層面。

第 22 圖



各層不整合之狀 (一)

第 23 圖

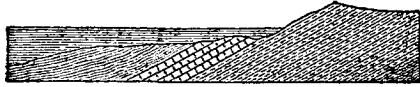


各層不整合之狀 (二)

此外尚有與不整合相關聯之現象，即稱為地層之踰越 (overlap)。此種現象，即較新之水平層被覆於較古之傾斜層上，究其原因，則由於較古之地層成立後，海水氾濫於一部之

陸地,增加土砂之沉澱區域之結果。

第 24 圖



地層之踰越
(左)水平層 (右)傾斜層

不整合之累層,乃是表明二累層之成立,其間有相隔之期間,申言之,即甲累層成立後,經過多少之時期,而乙累層始告成立。

根據不整合之現象,可以推知地層之傾斜及褶曲之時期,具體言之,如傾斜及褶曲之累層上,載有水平層,則下方累層之傾斜與褶曲,其成生之時代,當在水平層之成立以前,因為如果下方累層之傾斜與褶曲,起於水平層成立之後,則此水平層,亦不能不受其影響,而發生變位之現象。

第二編 勢力(上)——內生力

第五章 火山活動之諸現象

第一節 概說

地球之表面與其內部常受種種天然力之作用而發生變化。此種天然力，可分之爲二：即內生力 (internal agencies) 與外生力 (external agencies)。外生力之本源，存在於地球以外之天體，而內生力之本源，則存在於地球自身之中。地球之中心，迄於現時，尚潛有非常之高熱。這是我們在前面曾經論究過了的。此種地心之熱，與地球成立之歷史，實有深切之關係。因爲經過地球演變之各時代，地球內部所潛存之熱，即隨之而漸次減少，在此減溫冷卻的過程中，因而發生一種力，成爲諸種地質的作用之主要的原因，此即所謂內生力。這種內生力，原來一般地質學家，稱之爲火山力，但是，它的結果，不僅限於火山之成立，所以到了近來，一般地質學家，擴大其意義，而稱之爲內生力。由內生力之結果所產生的現象，有火山之成立，地震，山之成立，岩石之機械的變質以及陸地之昇降等等。

今試先說明火山活動之諸現象。

火山(volcano)乃多少呈圓錐形之山，而爲地球內部熔流狀之岩石噴出地表之出口，所以火山與地球內部，通常有一條之管狀路相連絡，是爲噴出路或噴出溝。在火山活動期間，噴出路開放，如果活動歸於停止，則爲岩石所閉鎖。

在噴出路之上端，多少擴張而成漏斗狀，是稱爲噴火口 (crater)。雖在火山不噴發之際，而噴火口亦仍殘留，噴火口又

可區分爲火口壁、火口底及火口緣。所謂火口壁 (cirque) 乃噴火口周圍所圍繞之岩壁，所謂火口底 (atrio) 乃由岩石所閉鎖的噴出溝之上端，所謂火口緣 (somma) 乃火口壁之上緣。

火山之成圓錐形，乃由火山作用 (volcanism) 噴出之熔岩堆積而成，所以噴出熔岩之量多，則其山大，噴出之量少，則其山小。構成火山之岩石層，以其成立之關係，多少向四方作傾斜之狀，此種構造，特稱之爲火山之輻射構造。

山腹傾斜之度，與構成火山的岩石之質有關，如火山純由熔岩而成，則傾斜緩慢，如由灰、砂、礫等固體之物而成，則傾斜急激，如由熔岩與固體物交相疊積而成，則以其二者含量之多少，或緩或急。就一般言之，火山之傾斜，多在四度乃至四十度之間。

火山之噴出溝，通常都爲一條，然有時亦由山腹產生枝溝，噴出熔岩或其他噴出物，成立小火山，是即所謂寄生火山 (parasitic cone)。

第二節 火山之噴出物

從火山噴出的物質，有氣體，有液體，亦有固體。在氣體中最多之成分爲水蒸氣，此外有少量之硫化氫 (H_2S)、二氧化硫 (SO_2)、氯化氫 (HCl)、二氧化碳 (CO_2)、沼氣 (CH_4)、氫 (H)、氮 (N)、硼酐 (B_2O_3)、氯化亞鐵 ($FeCl_2$)、三氯化砷 ($AsCl_3$)、一氧化碳 (CO)、氯化矽 ($SiCl_4$) 及其他氯化物等類，餘如蟻酸 (H_2CO_3) 間亦少量存在。

以上所記載之各種氣體，根據歷來諸學者研究之結果，都已確定其存在，然而其他尚未發見之氣體，當復不少，其所含有之量，或彼此不等，亦有爲甲火山所有而爲乙火山所無

者。

從火山噴出之氣體，既如此其複雜，由其分解與相互間之反應，而有諸種之物質，沉澱於火口底，乃理之當然。例如硫黃、硫化砷、赤鐵、食鹽、氯化銨(NH_4Cl)、氯化鉀、氯化銅及其他硫酸鹽等，概附着於岩石上，作白、黃、橙、赤、褐等色，同時，亞硫酸與鹽酸，復促進岩石之分解，而生明礬、綠礬、瀉利鹽等分解產物。其岩石中不能分解之部分，即變作白色土狀之矽酸鋁。又火口底間或有石膏之發見，此為方解石分解而與亞硫酸化合而成。

火山噴出之液體，可分為水分與熔岩二種，熔岩溫度甚高，約在攝氏一千度乃至一千四百度，從噴火口流出，與外界之冷氣相接觸，隨即凝固，由凝固而生之石，俗稱燒石 (lave)。燒石之面，其形態不一：有的平滑如餅，是為餅狀燒石；有的富於凹凸，形如礮滓，是為渣滓狀燒石；又有全體多稜角，是為角片狀燒石。此等燒石之成生，與原來熔岩中存在之水蒸氣有多少之關係，角片狀之燒石，最富於水分，餅狀之燒石，水分最少。

至於固體噴出物，則有(一)火山塵(dust)，(二)火山灰(ash)，(三)火山砂(sand)，(四)火山礫(lapilli)及(五)火山彈(bomb)。此等固體物，有由火山原地方之岩石，因爆發作用之力而被毀碎，由內部噴出於噴火口之隣近，有由熔岩高飛空中降下之際冷結而成。火山彈概作紡錘狀或圓筒狀。

火山噴出之諸氣體，一般認為原來存在於熔岩之中，然亦有認為熔岩上昇之際，加熱於途中之結晶岩而生之說，不過，這一說明，尚未取得充分之根據。

第三節 單成複成之火山與爆裂孔

火山有單由一座之圓錐山而成，亦有更繞以環狀之山。前者稱之爲單成火山 (monogene volcanoes)，後者則稱爲複成火山 (polygene volcanoes)。

複成火山乃由單成火山而成，其成立之順序，如下所示：

單成火山成立之後，其活動旋即中止，火口受降雨之洗滌作用，次第廣大，在另一方面，由雨水侵蝕之作用所生之土砂，落於火口底，因之，火口漸淺，所以最初之火口，作深漏斗狀，終於變成淺鍋形。此後火山如再開始其活動，即於鍋形火口之中，成生新圓錐，是即火口丘，而舊火口周圍所環繞之山，則稱爲外輪山 (somma)，外輪山間亦作二重或三重，即二度或三度之活動中止之所致。外輪山之面積，頗爲廣大，其直徑往往達二、三十里。

如上所述，火山有寄生山與外輪山，固極複雜，然亦有極其簡單，較之單成火山尤爲簡單。這就是一般所說的爆裂孔 (maars)。所謂爆裂孔，乃地面略作圓形之孔穴，其周圍繞以凝灰岩，或即此低度噴出物亦有時或缺。此種爆裂孔，實即地殼下部所鬱積之水蒸氣爆裂而成。爆裂孔通常多爲水所充滿而成火口湖 (maar lake)，其主要之產地爲墨西哥、南非洲、法蘭西、意大利及德意志等。

第四節 火山活動之狀態

依據火山之狀態，通例分爲三種：(一)活動火山 (active volcanoes)，(二)休眠火山 (dormant volcanoes)，(三)消滅火山 (extinct

volcanoes).但是此種分類,無正確性之存在.因有經長期不噴發,一般認為消滅之火山,但有時驟然爆發,勢極猛烈.例如世界第一著名之大火山,即意大利費思維火山(Vesuvius),在西曆紀元初,乃一種消滅火山,但至西曆紀元七十九年,俄然大破裂,自此以後,常繼續噴發,直至十四紀之初,始歸鎮靜.其後約經三百年,復漸活動,至一九〇六年,又經一次之大破裂,後又漸呈消滅之狀態.

火山如噴出多量之氣體,則特稱為噴氣孔(fumarole).其所噴出之氣體,如富於硫黃化合物,則稱為硫氣孔(solfatara).如富於碳酸,則稱為碳酸孔(mofette).如以水蒸氣為主,則稱為蒸氣孔(fumarole).

火山之活動,時常變更,或逐漸微弱,終變為噴氣孔;反之,亦有漸次強烈,終於成為大噴火或破裂.

第五節 火山之破裂

火山之破裂,可大別為二種:一為靜穩的,一為激烈的.靜穩的破裂,其噴出物以熔融岩石為主,激烈的破裂,則噴出多量之水蒸氣.

靜穩的破裂,可以拿夏威夷之幾勞埃亞(Kilauea)等火山作為例證來說明.此等火山之火口內,往往為水狀之稀薄熔岩所充滿,當破裂之際,熔岩之量增加,且於其中逸出少量之水蒸氣,沸騰而為小球,上昇達數十尺之高.如果熔岩之量繼續增加,終於溢出口外,注於山腹,溢盡之後,再返於平常之狀態,熔岩僅充滿於火口底.

上述之破裂,極其靜穩,因其缺乏水蒸氣,此種破裂之狀

態，一般稱之爲夏威夷式(Hawaian type)。

地中海之斯脫倫波尼火山(Stromboli)之破裂，亦屬穩靜的形式，但比之夏威夷式，其熔岩稍濃厚，水蒸氣亦較多，所以略帶激烈，不過不是爆裂的現象。

又此火山之破裂，還有一點與夏威夷式不同，即其活動成爲週期的現象，具體言之，即此火山每隔九分乃至四十五分時，火口內之熔岩膨脹，增高其水平，達到一定的限度，則噴出水蒸氣，沸騰而飛出火山礫與火山彈，因爲這樣，所以熔岩很少溢出火口外，大抵仍然沉下，像這種比較穩靜的而且週期的破裂，一般稱之爲斯脫倫波尼式(Stromboli type)。

其次，再來敘述激烈的破裂。

激烈的破裂，亦分二種：一爲爆裂的現象，同時流出熔岩，其他一種，只有爆裂的現象，而無熔岩之流出，前者稱爲費思維式(Vesuvian type)，後者稱爲卜雷式(Peleé type)。

費思維式之破裂，始於地震及地鳴，繼以多量之水蒸氣，或混以灰、砂、礫、彈等，而成爲黑煙，昇騰瀾漫於天空，因此，白晝變成昏暗，同時，因水蒸氣塊之互相摩擦，因而發生電氣，引起電光雷鳴之諸現象，此外，火口上所生之低氣壓，惹起暴風，以及火口上凝集之水蒸氣，降爲大雨，至其降於山腹之灰砂等，則與雨水相混雜，形成泥流，而以奔放之勢，流於山下，最後則有火口內之熔岩，溢出口外，且亦流於山下，此種熔岩，較爲濃厚，作半液體，凝固甚急，熔岩流出告罄，復歸於鎮靜。

此種火山破裂之際，如在夜間觀察，則火口內之熔岩，反映天空，形成紅色，有時由火口噴出之氣體，亦能燃燒放赤光。

此種費思維式之破裂，如地中海之弗爾加羅火山以及

意大利之費思維火山，可視為典型的例證。

至於卜雷式之破裂，與前種極相類似，惟無熔岩之流出。其破裂之現象，常突然爆發，而且非常猛烈，如爪哇(Java)與蘇門答臘(Sumatra)間之喀拉克土亞火山(Krakatoa)以及西印度卜雷火山之(Mt. Pelee)等，屬此類破裂之例。

喀拉克土亞火山，鎮靜已有二百年之久，至一八八三年突然起大破裂，爪哇島之大部分，因以崩壞沉沒，其鳴聲極大，雖在一千餘里之遠方，能有所感知，其所噴出之灰量，約四里之立方體，降下之面積，約數千方里，頭大之石，飛至三十餘里，拳大之石，飛至六十餘里，至最微之灰，則飛揚於五、六十里之空中，數月之間，歐亞以及北非之夕陽，因之而特呈紅色，又隨此次之破裂所生之大津浪，高達百二十尺，因此溺死者，至達三萬六千人之多。

卜雷火山位於西印度之瑪支尼克島(Martinique)，於一九〇二年五月，突然大破裂，其溫度約在 800°C ，之水蒸氣與氣體，混灰噴出，鄰近之地，因灰塵蔽天，盡成黑暗，其附近相距十餘里之一市，全被燒盡，約有四萬之市民，因而窒息以死，至同年十月，其火口內有大岩柱徐徐上昇，翌年五月，高出火口緣上，達一千二百餘尺，此種岩柱，乃由充填於噴出溝內熔岩之凝固而成，因內部水蒸氣之力，於是次第上昇，而突出地表。

第六節 熔岩流

卜雷式以外之破裂，如前所述，每每流出熔岩，是即所謂熔岩流(lava flow)。此種熔岩流下山腹之速度，純然受熔岩稀薄之度，山腹之傾斜以及連續流出熔岩分量之多少所決

定；概括言之，富於矽酸之熔岩，比之矽酸貧乏之熔岩，較爲濃厚，最稀薄之熔岩，其狀如水，降下之際，有如瀑布，在每小時之內，能達四、五十里之遠，但此種速力，迄於下降山腹之際，則漸次減少，至凝結之際，每日則不過數尺乃至數寸而已。

熔岩之表面，凝固極爲迅速，但其表皮，大都薄弱，而其內部保持熔融狀態之部分，往往突破表皮而噴出，因爲這樣，所以熔岩面，多不平滑。

熔岩之表面生皮而後，其皮下之部分，不易冷卻，這是因爲固體熔岩乃熱之不良導體之故，因爲這樣，所以熔岩之表面，雖形成較厚之皮殼，而內部尙依然保持熔融之狀態，次第流出，而在固體皮殼之內，殘留一空洞，此種空洞，是卽所謂熔岩隧道，在熔岩隧道之上部，往往有乳房狀之物下垂，是卽所謂熔岩鐘乳，其洞底往往有筍狀之物聳然直立，是卽所謂熔岩筍石。

熔岩之溫度，因質而異，試就構成岩石之礦物而論，最易熔融之礦物爲輝石，其熔融點約在 970°C ，而最難熔融之礦物爲長石，其熔融點約在 1520°C ，所以熔岩之溫度，當在此二者之間。

第七節 火山之變形

火山之鎮靜期間，如果延長，每每受風化與浸蝕之作用，致改變其形態，卽最初生浸蝕溝，自頂向下，成輻射之狀，迄於山麓，復廣而深，如其中之一溝，侵入火口，則火口之水，勢必從此溝流出，因此，溝益深且大，其結果，致使火口偏向一方開張，這便形成所謂火口峽(barranco)。此種浸蝕作用繼續延長時，

則火山益受其影響，終於全失其原形，像這樣變形的火山，是即所謂火山之墟址。

如若火山爲島，則火山被波浪所破壞，劃分爲數塊，其火口常被海水所充滿，而成爲港，如澎湖列島，即其適例。

火山不僅限於現世界，在前世界之任何時代，當亦出現，不過年代湮遠，其跡罕存，現在所能識別之舊火山，只有第三紀僅存之跡。至第三紀以前，大都已不可辨，但其中亦有極少數之例外，如凱格 (Geikie) 氏曾於蘇格蘭之古生代，發見有火山，據其研究，認爲係沙寧山 (Saline) 之一峯，其貫通向四方傾斜之凝灰岩層，即黑玢岩之頸，此種黑玢岩即由其溝所噴出之灰砂等集合而成。

又蘇格蘭之拉格魯山 (Largolaw)，據地質學者之研究，亦係成自二疊紀之凝灰岩，在其土層中，尙可發見火山彈之形跡。

此外，德國萊茵河地方，發見有泥盆紀之餅狀熔岩(輝綠岩)及火山彈(黑玢岩)等，但是原有之火山，則已全部消滅，無形跡之可尋。

第八節 塊狀噴出與熔岩鐘

大火山岩之山，與普通之噴火山，大有差異，即岩量極多，岩質偏於結晶性，無凝灰質岩並缺少輻射狀之構造(普通火山常圍繞中心溝作輻射狀構造)，而且岩石之擴張，不向周圍，却偏於一方，形成連脈狀，此種形狀之火山岩，乃地殼內部之熔岩在靜穩的狀態之下噴出而成，其成連脈狀之原因，大抵出於一長裂縫噴出之所致，其熔岩爲濃厚液，不含多量之水

蒸氣。愛爾蘭島多此例證，其裂罅之長，直達五十里左右。

又塊狀噴出之一種，稱之爲床，擴張地面，多少近於平坦之狀，在蘇格蘭、美國西部、印度、亞刺伯等處，都可發見其例證。

此外，更有所謂熔岩鐘或塊狀火山，亦屬塊狀噴出之一種，實卽略呈饅頭形之火山岩，此類之山，乃由缺乏水蒸氣之濃厚熔岩噴出而成，與火口內之饅頭形火口丘相類。

塊狀噴出與普通火山之區別，全視乎岩漿之中是否有多量氣體之存在，通常火山破裂之現象，由水蒸氣、氣體及熔岩三者交互作用而成，如果岩漿中，僅有少量氣體之存在，則成爲塊狀噴出，此種噴出，以第三紀爲主，其岩質爲安山岩、粗面岩及玄武岩，在第三紀以前，此類噴出，亦復不少。

第九節 海底火山之噴火

陸上既有火山之噴火，則海底當亦有火山之噴火，而且海底較之陸上既大二倍半，則海底之噴火，當更多於陸上，不過在海底所發生噴火之現象，往往難於明白其究竟，雖然如此，可是爲我們可以目睹之海底噴火現象，亦復不少，一八三一年，地中海 西西利島之南部，因海底火山之破裂，成生一火山島，高出海面，達三百米，半年之後，全然消失，因受波浪沖洗之故，在破裂之當時，海底地震，海水中發生多量之硫化氫，魚類多因之而死於海中。

一七九六年，北太平洋之白令海 (Behring Sea) 中，有一海底火山破裂，成生一島，長至二英里，高約二千米，迄今尙存。

海底噴火成生之島，必須質堅而體大，始可永久殘存，否則必歸於消滅，這是一個必然的事實。

第十節 火山之分布與配列

關於活動火山之分布,我們試加以考察,便可看出三個顯明的事實:即是(一)分布之不平衡;(二)其中之大多數位於島上或大陸之周圍;(三)其配列多少呈帶狀或線狀。

(一)分布之不平衡這一現象,在火山分布圖上,表現得十分明白,即某一地方產有多數之火山;反之,在其他的方面,則又全然無火山之發見。

(二)根據文獻上之記載以及地質學者之統計,自十八世紀中葉以來,所有活動之火山,約有三分之二強位於島上,其中三分之一弱位於大陸上。

(三)火山之分布略呈帶狀,這一事實,在火山分布圖上,亦可看得明白,概括言之,約可分為五帶,就中第一帶與第二帶,環繞太平洋之東西,第三帶,縱斷大西洋,第四帶,從東部非洲,連阿剌伯,敘利亞(Syria)及小亞細亞(Asia Minor)等;此第四帶,雖不及前三帶之大,但它亦與前三條相同,而為縱帶,即直貫南北,最後第五帶則為橫帶,即自西印度,經地中海直抵夏威夷,橫繞地球東西一週。

火山之分布,成帶狀之相連續,這是無可爭論的事實,不僅如此,即各帶之中,其配列亦呈帶狀,例如愛爾蘭,墨西哥,夏威夷等地方之火山,即其明證。

如上所述,火山之成帶狀或列狀,既為顯明之事實,然則其成生之原因究竟在什麼地方呢?關於這個問題,我們可以作如下所示之解答:地殼既貫以數多之龜裂,此等龜裂,復屢起斷層,熔岩之上昇地面時,必沿此等龜裂,火山之成帶狀,即

基於此理。

德人里希特和芬 (Richthofen) 氏，即以階狀斷層之理由作爲東部亞細亞地殼構造之說明。此階狀斷層，即爲太平洋盆地陷落之餘波。由此斷層所生之地殼各片，亦各生小裂隙，從此等裂隙所噴出之熔岩與水蒸氣，因而產生東亞之火山。

爪哇、蘇門答臘等地之多火山，乃由於印度洋北東部陷落較深之故。其他南北美之西岸線，亦當大斷層線之處。又歐非間之地中海，亦屬大陷落地，所以火山亦多。

第十一節 火山噴火之原因

關於火山噴火之原因，從來有種種之學說，其中最有力者，認爲地球內部潛伏有高熱度之物質，因地球之漸次冷卻凝固，其中之各種氣體，因而遊離，同時，無水礦物之結晶亦相繼成立。此種氣體之噴出地表，即成爲火山噴火之原因。

地球之內部，既潛伏有極高之熱度，此高熱度之部分，不論爲氣體或液體，或固體，其中必含有多量之氣體，這是毫無可疑的。依據這個論點，我們對於噴火之原因，可以作如次之想像：

最初，地殼生裂隙，漸次深入於有岩漿存在之處，此裂隙之部分，壓力當然減少，岩漿中之氣體，因之外逸，而岩漿亦隨之上昇，一旦達到地殼表面，即引起噴火之現象。其通地面之路，如因氣體之噴出，繼續開放，則噴火現象，亦必隨之而延長，否則噴火中止，而歸於鎮靜。

火山噴火之原因，大抵如此。然此外尚有各種之學說，現就其中之較重要者，分述於下：

(一)宇宙之間，極爲寒冷，所以地球時常散熱，冷卻收縮，其結果，地殼之全部或大部，漸次與地心相接近，並向地心增加壓力，此種壓力，即內部岩漿壓上之原因。

(二)火山之噴火由於內部之膨脹，據司脫伯爾(Stubel)氏謂當水成冰時，其容積必膨脹，與此相同，岩漿由液體變爲固體時，其容積亦必膨脹，又據阿列紐斯(Arrhenius)氏之說，從地面滲入地球內部之海水，漸下降則漸熱，一旦與岩漿相接觸，即已達到臨界溫度以上之溫度，化爲氣體，此氣體被吸收於岩漿中，勢必增加其容積，但司脫伯爾氏之說，與矽酸礦物熔融後始增加其容積之事實相違反，又火山噴出之氣體與海水中之物質，顯有差異，所以阿列紐斯之說，亦不免於非難。

當噴火之際，噴出於地面之熔岩本源，從來都認爲存在於地心，但司脫伯爾則謂係在地殼中，與地心全無關係，他所持的理由如下：

現時一般物理學者與地質學者，都深信地殼已達極厚，地心之岩漿，突破此厚地殼，湧出地面，實不可能，既是如此，則熔岩之本源，當在地殼之中，即最初突破地面而湧出之熔岩，在地面上固結，而成皮殼，在此皮殼中，尚殘存有未固結之熔融體，是爲周圍本源，此周圍本源，散在於地殼各處，較小於中心本源，火山之中，完全消滅，不能再有所活動，則由於供給熔岩之源小，或熔岩涸竭之所致，火山噴出熔岩之各異其質，即由於其本源之不同。

以上所敘述的司脫伯爾之說，固不能認爲全無理由，然亦有不能說明之事實，即前世界中火山之活動，極不規律，某一時代中之火山極其靜穩；反之，在另一時代，却又十分猛烈，

此種現象，即爲司脫伯爾之說所不能說明。

此外，同一之火山，其前後噴出之熔岩質不同，即同一次噴出之熔岩，其質亦有時而異，此亦爲周圍本源之說所不能說明之事實。

熔岩之中，通常分爲二大類：即太平洋式與大西洋式，前者爲太平洋周圍所噴出之火山，後者爲阿非利加、中歐及其他大西洋之火山，據此推測，則熔岩本源出於地心之說，在事實上，較爲可信。

第六章 地震

第一節 地震之性質及其種類

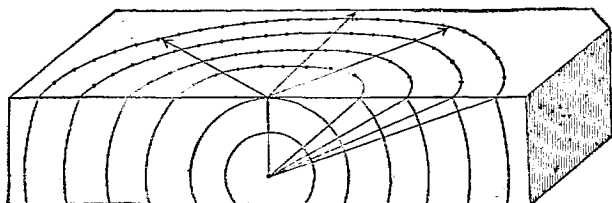
構成地殼之岩石，從物理學的方面來說，莫不富有彈性，所以若遇着震動之力，即起波動，此種波動傳播於四方之現象，是即所謂地震 (earthquake)。但是地殼震動之原因有種種，而在地質學上，只限於地殼內部之自然的震動現象，始可稱之為地震。在以前沒有測定地盤震動之器械時，一般人都不知地盤之易受震動。自地震計 (seismometer) 發明以來，始知地盤決非完全靜止之狀態，而常在震動之中。此種震動起因於地盤分子之運動，物理學者稱之為彈波 (elastic vibration)。

彈波之分子運動與海波之分子運動，彼此不同。海波之分子運動，常取橢圓的軌道，而彈波之分子運動，則為直線的。其進行之方向，計有三種：即一與震波之進行方向平行，一則與之相垂直。前者為縱波 (longitudinal wave)，後者為橫波 (transversal wave)。縱波基於容積或密度之變化，得起於固體、液體或氣體之物質，橫波基於形狀之變化，僅起於固體物質之中。縱波又可稱為正波或凝集波，橫波亦稱為曲波。

震波之起源的地底之點，是為震源 (hypocentre)，其在直上的地面之一點，是為地面震源 (epicentre)。震波由震源向四方作輻射狀之傳播，其最先達到地面之點，即為地面震源。從此順次波及其他之地點，所以震波之向地面震源，乃是取與地面垂直之線，其向地面震源以外之點，對於地面而言，則全為斜線。距地面震源愈遠，則其斜度愈大。此種現象，稱為震波之出射角 (angle of emergence)。這種出射角，在地面震源為九十

度，自此愈遠，則其角度愈小，因為這樣，所以地面震源之震波，在感覺上，好像從下面突出，在其他之地，則其震波又似自橫而來，從來所謂上下動與水平動，並非異質地震之區別，實即此出射角大小之區別。

第 25 圖

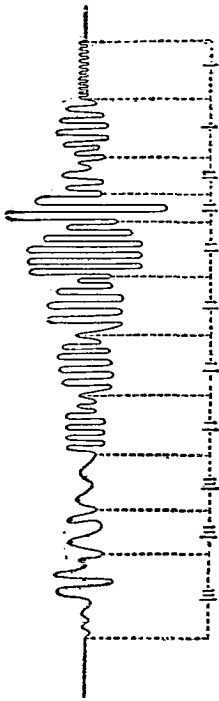


地震之傳播

此外，從來所謂之回轉動 (rotatory)，不過對於石塔等所觀測之現象，並非地盤自身所作之回轉運動，究其原因，實由於回轉物之重力中心，多少偏於一方之所致。

據從來之經驗，距地面震源甚遠地方之地震，最初小而弱，其次大而強，最後復弱，是為遠震 (distant vibration)。遠震乃由三階段而成，即前震 (preliminary tremor)、主震 (principal vibration) 及後震 (end or feeble vibration)。每一階段之中，又可分為數部：前震由狹幅短週期之波而成立，更可分為前後二部，後部之波幅，較前部之波幅廣，而週期亦較長。主震之波，其波幅最大，週期最長。此主震波又可分為六部，第一部波數少而遲，第二部之波亦遲，但週期稍速，第三部之波，極其急激，週期甚短。自第四部至第六部，波幅漸狹，最終為後震，一般亦可分為三部。

第 26 圖



一前震 二主震 三後震

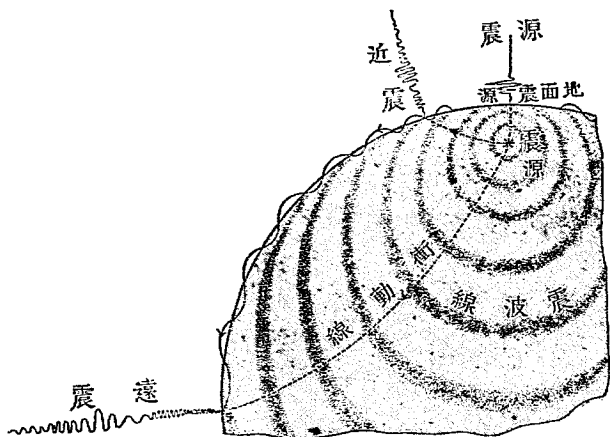
距地面震源較近之地，其地震亦與遠震相同，可分為前、主、後之三震相，但前震乃由不可細別之同種小波而成，次即為長波之主震相，因此有近震 (vibration not far distant) 之名。

至地面震源附近之地震，只有主、後二震相，而無前震相，是為源震 (vibration at epicenter)。

地震之三震相，可依據於種種之觀察，作如下之說明：即後震為主震之餘波，自無說明之必要。前震比之主震，在觀測上，波之速度大，這是因為一面有從震源直達地面之波，同時，又有達於地面震源之波，復由地面傳播於其地之故。至源震前主兩震相之無區別，則因其僅有直接來自震源之波，而無地面傳播之波。又遠震之分前後二部，則因其彈波有縱橫之二波，前部速度大，當為縱波，後部速度遲，當為橫波。最後，近震之前震相中，無二部之區別，則因其距離近，而縱橫兩波，同時達到之故。

地震從震源傳播四方，從來都以為各方速度相同。但近來則以為地球之密度，依次向中心增大，故向地球中心傳播之波，其速度當大於向外部傳播之波。因此，自震源輻射之衝動線，通過種種密度之層，恰如光線一樣，必受屈折，而成曲線。

第 27 圖



第二節 震域

地震最強之地，乃是地面震源之地面，此地面所受之震動，不單是分子的，同時又是全體的。這兩種運動之區別，可用投石於水中所起之運動作為例證來說明，石入水中時，水受石之壓力，作全體的運動，自此向四方作環狀之運動，則為分子的運動。

以上兩種之運動，不僅限於地面震源得以觀察，而在實際上，雖是在周圍出射角四十五度之地亦得見之。因此，所以凡在四十五度出射線所包圍之地殼部分，特稱之為地震核。而與此地震核相接近之地，即為單呈分子的運動之區域，此區域之中，復分二部：一為內域，即我們人類之身體得以感知地震之部分，其他之一為外域，只有借助於器械，始可感知其

地震。地震核與內域，合稱爲顯震區域，外域稱爲潛震區域。

震源之所在，如在極深之地殼內時，則其潛震區域，必達於地面震源之對脚點，其結果，震波必延及全地球面，此種地震，是爲世界震。

同時感知地震之地點，所連結而成之線，稱爲同時震綫 (coseismic line)，此同時震綫之形狀，因地面之性質及震源之形式而有差異。

(一)同時震綫略作圓形，是爲中央地震或稱爲圓狀地震 (circular earthquake)，多數之地震屬於此類。

(二)地面震源不成一點而爲線狀時，則震域延長作橢圓形，是爲線狀地震 (linear earthquake)。一八七八年印度班查布 (Banjab)地方之地震，卽其一例，其線狀地面震源之長，延及千餘里。

(三)在全震域內同時感知地震，一面無從辨知其地面震源，同時，又不能確定其同時震綫，是爲面狀地震 (facial earthquake)。此種地震，多見於瑞士。

第三節 地震之時間與強弱

地震之時間，一般概短，普通遠震，多爲數秒乃至數分，又有同一地震，在地面震源附近僅有數秒之時間，而在遠方，却經過數分鐘之久，但在大地震時，其所經過之時間，一般較長。在此情形之下，大抵前有豫震，後有餘震，而地震繼續之期間，是爲地震期。

如欲精密測知地震之強弱，必須藉助於地震計，通常將地震之強弱，分爲如下所示之十級：

第一級 潛震 精密之地震計，得以感知其震動，此震動在一般之人，概不能感知。

第二級 微震 此亦須藉器械之力，方可感知。至若人類，則須在適當條件之下，才能感知此種震動。

第三級 弱震 人在靜止狀態時，概能感知，並可略知其經過時間與方向。

第四級 輕震 此種震動，雖在行動之人，亦可感知。可動之物品震動，門窗關閉，板壁響動。

第五級 和震 除固着於他物體之物品外，大都發生動搖。

第六級 強震 睡眠中之人能因震動而覺醒，懸掛之鐘鈴等振動而鳴，時鐘停止，樹木搖動。

第七級 劇震 可動之物品，因震動而倒轉，屋瓦飛落，寺院懸掛之鐘自鳴，人為震驚，但於建築物，無大損害。

第八級 烈震 煙筒摧折，壁生裂隙。

第九級 大烈震 建築物之一部或大部分，遭受破壞。

第十級 最大烈震 房屋全潰，地面生裂隙，岩塊由山腹轉落谷中。

地震之地盤運動，或上下，或水平，或傾斜，極為複雜，既已如前所述，而當地震之際，地面上之房屋，自當隨地盤之運動而運動。然而自一運動移於他運動之際，必因慣性之相伴，有礙於方向之急速的變化，因之房屋毀裂而蒙大害。

同一地震，因地盤性質之不同，而感知有強弱之分。就一般言之，凡質疎鬆之地，感地震強，所以泥土砂礫之地震，較岩石之地強；緻密岩石之地，較多裂隙岩石之地強，但疎質之地，

如其層較厚，反阻震波之傳播，而得弱感。例如一八八六年，美國卡爾士頓 (Charleston) 市地震之際，其附近之地所遭受之損失極大，而密西西比河之沖積土，其害反小，其原因即基於此。

第四節 地震之遺跡

地震結果所殘留於地面之遺跡，其最普通之現象為地裂。凡較大之地震，大都發生地裂之現象。

美國之加利福尼亞州 (California) 及 科羅那多州 (Colorado) 產砂岩脈，即地震成生之地裂，其中所填充之砂固結而成，地裂中泥砂之水，有時噴出，成泥砂之丘。又地裂自一點向四方作輻射之狀，其輻射點之地往往下落作圓孔。

地裂之地盤，如一方下落，即成斷層。其他如山崩、地盤全體之急激昇降、井水之乾涸或混濁等，都是隨着地震所繼起之現象。

第五節 震源之深與地震之週期

測震源之深，其方法不一。舉例來說，如麥爾特 (Mallet) 氏之測定，以壁面所生裂隙之方向為標準，遜巴哈 (Subach) 氏之測定，則以從地面震源傳播於震域各點之運動遲速之度為標準，多爾頓 (Dulton) 氏則以地震強弱為標準。此等學者之研究，雖各有所根據，然而亦各有其缺點。

今試將震源之深度，列舉數例如下：

一八七三年十月二十二日 德國赫費根萊茲 (Herfogenrath) 之地震，震源深約二里餘。

一九〇三年七月二十六日匈牙利之地震，震源深約七
里半。

一八九一年十月二十八日日本美濃之地震，震源深約
十里乃至二十里。

一八九七年六月十二日印度之地震，震源深約二百四
十里。

依據上面所舉之例證，可以看出震源或位於地面附近
之淺處，或位於數百里地下之深處，相差甚大，據從來之經驗，
震源之深淺與地震之強弱，並無一定之關係，在另一方面，震
源之深淺，與震域之廣狹，則却有一定之比例，即震源深則震
域廣；反之，震源淺則震域狹。

其次再論及地震之週期，所謂週期，即地震隨時期而有
多少之分，但是，地震之有週期與否，現在尚屬疑問，縱令有所
謂週期，而從來之統計，大都不充分，所以在全世界上是否有
普遍的週期，以現在科學之知識，尚無從確定。

據一九〇三年之調查，在此一年間，計有 4760 回之顯震，
一日間之平均地震數為 13 回，其發生最多之地震為三月，一
日平均之地震數為 26 回強，最少為十月，一日平均約有 6 回
之地震。

此外，據收集古來統計研究之結果，地震之多少，亦如四
季降雨量之多少，有多時，亦有少時，其多少之差，又因時而異。
其相差之原因，有人以之歸於氣象或天文之關係，例如巴雷
(Perrey) 氏之主張，認為在月之朔望則地震多，在上下弦則地
震少，而以其原因歸之於高熱度之地心之潮汐的現象，又如
謝米特 (Schmidt) 氏則謂地震最多之時期為朔日及上弦之

後二日，最少之時期爲下弦，望日固多地震，却非最多之期。

總而言之，欲確定地震週期之存在與否，尙須多年精密之觀察，在目前尙不敢加以臆斷。

第六節 地震多之地方與地震少之地方

地震起於各地，而何處最多，何處最少，在從前即已明白地震最多之地爲太平洋之周圍，以及從歐洲之地中海經過高加索山、喜馬拉雅山、夏威夷等而至西印度之二區域。此二區域，在地球面上作二大圓而爲狹帶狀，且以約六十度之角度互相交錯，此三大圓，一稱爲太平洋圈，其又一則稱爲地中海圈。

據從來之記錄，在約二十一萬回之地震中，約53%，屬於地中海圈，約38%，屬於太平洋圈，其餘9%，則屬於其他各地。從此，可知此二大圈，確爲地震最多之地，因此二大圈，適當地殼面之二大陷落線，在此二圈之中，橫有高褶曲山脈，而爲之界，而太平洋圈更於海陸相接之處，具有數多平行之深壕。

此二大圈中之褶曲山脈，其成生之原因，固由於地殼一方之高起，同時，更由於地殼另一方面之陷落，這是不待言的。至於太平洋圈之諸壕，則表示大斷層線上所生之裂隙。照這樣說來，可知太平洋圈與地中海圈，乃地盤薄弱之處，所以最易動搖而生地震。

門特西氏，曾依據於地震之多少，分地球面爲三區域，即有震區域、準有震區域及非震區域。所謂有震區域，即爲太平洋圈、地中海圈、中央亞細亞高原、南美南端及貝加爾湖南岸諸地。所謂準有震區域，即爲烏拉山、阿爾泰山相隣之平坦

地帶，澳洲以及山脈之比較新近時代而具有斷層之地方，如蘇格蘭、法之西北和中央，瑞士、德之南部和北西部，及北美諸地，所謂非震區域，即為紅海沿岸，北大西洋盆地以及太平洋之中央部（除夏威夷）諸地。

第七節 地震之原因

地震之原因，可分為如下所示之三種：

(一)陷落地震 (depressive earthquake)

(二)火山地震 (volcanic earthquake)

(三)斷層地震 (dislocative earthquake)

最先，試就陷落地震，一為考察。地底洞穴崩壞其上之岩盤，墜落於洞中，四邊之地，因而震動，是即所謂陷落地震。此種地震之震源較淺，而震域亦小，且多帶有中央地震之性質，然其震甚強。例如一八五〇年乃至一八六〇年之間，在瑞士 蒲克斯地方歷次所起之強震，即其地下岩鹽溶解成生之穴歸於陷落之所致。又一九〇二年以後，德國 埃斯列堡 (Eisleben) 市附近所起之地震，亦因其地下岩鹽溶解所生之穴歸於陷落之所致。照這樣看來，凡易受水溶解之岩石地方，多有發生陷落地震之可能。

其次，再就火山地震考察之。當火山破裂之際，每每發生激烈之地震，這是為人所熟知的事實。究其原因，乃由於從火口所噴出之水蒸氣以及熔岩向火口突出之際所發生之震動。此種地震，與陷落地震相同，亦帶中央地震之性質，其震域較狹，震源不深。

最後，更就斷層地震一為考察。此種地震，以斷層為唯一

之原因，其數最多，其震最大，震域亦最廣，地面震源，略作線狀，所以震域亦延長，而成為線狀地震，所謂震災，大都原於此種地震。

第八節 海震

海震即海底之地震，海底較陸面廣，所以海中地震，當較陸地尤多，其起於海岸附近之海震，陸地亦受影響。

有一部分學者，依據於從來所觀察之結果，而將海震，別為二類，即一為伴有海嘯之海震，一為沒有海嘯之海震，前者起於海底之爆裂，是為火山地震，後者起於海底之斷層，是為斷層地震。

不過，上述之分類，究竟是否正確，尙有待於研究，在實際上，海岸地發生大地震時，間亦無海嘯之現象；反之，較小地震，或反發生，原無一定。

海震及於水之影響，除海嘯外，尙有水柱，海面之膨脹，沸騰以及水溫之上昇諸現象，就中水溫之上昇，多基於海底之噴火，而水柱與水之沸騰，往往亦與海底之噴火有關。

海震對於船舶之作用，依據於一般之海震震力計，亦可區分為以下之諸級：

第一級 極弱震動 此種震動，發生一種音響，若撒網海中者然，僅在甲板下，略可辨識。

第二級 弱震動 船舶異常震動，在睡眠中之人為之驚醒，在甲板下之人，最能感知。

第三級 普通地震 全船震動，若大樽之在甲板上輾轉者然。

-
- 第四級 稍強震動 若投錨海中,鐵鏈急入水中者然。
- 第五級 中強震動 若船觸海底,通過其上。
- 第六級 強震動 船中所有較輕之物品,全為震動,船左右振,舵工手中之輪亦動。
- 第七級 甚強震動 船受衝動,人不能直立。
- 第八級 劇烈震動 船受衝動,甲板上之物,全體動搖,羅盤針轉覆,溫度計折毀。
- 第九級 非常激烈震動 船受衝動,或左右振動,或上下搖動,進行受其妨害,或中止。
- 第十級 破壞的作用 甲板上之人倒轉,重物飛揚空中,甲板裂開,水自舷側浸入。

第七章 地殼之運動

第一節 土地之緩慢昇降

現今海岸，常在變遷之中，有正在升起之地，亦有正在低降之地。不過，此種昇降，非急速之運動，必須經過數十年或數百年之久，始可引起人們之注意。其昇降運動極為緩慢，與由地震或斷層等作用所生之急激昇降，迥不相同，因特稱之為緩慢昇降 (secular upheaval and depression)。此種昇降運動之結果，海岸之水面，或高或下，變化其位置，所以又稱之為汀線之移動 (movement of beach line)。

不過，在這裏尚有一件事不可不加以注意的，就是所謂海岸之昇降，並非僅就陸地之昇降而言，實則陸地不昇降，而海面亦有昇降，在外觀上，有似陸地之昇降。此種昇降，既不能斷定其為陸地，抑為海面，所以不如稱之為汀線之移動，較為妥當。

但是，此所謂海岸之昇降，乃遵從一般人們以目而視之習慣，即所謂視昇降之意義。一般世俗之所謂日出於東而沒於西，也不過是從目擊之習慣而已。

第二節 陸地視昇降之證跡

在地質學上，可視為視昇之證據之物，有所謂人工物、岩石、生物之遺跡、汀線、海岸之段丘以及海濱之洞穴等。今試分別為之解釋如下：

(一)人工物 例如地中海有一名克利特 (Crete) 之島，在昔為船舶停泊之所，今則位海面上數十尺之高。

(二)岩石 日本紀州有一河,名田川口,相傳有一大岩地,適於垂釣,今則距海邊約六、七里。

(三)生物之遺跡 西印度古巴島海岸,距海面千餘尺之高地有現生種之造礁珊瑚,南洋之新赫布里特島(New Hebrides)海岸,距海面約二千尺之高地,及秘魯(Peru)海岸距海面三千尺之高地,亦有現生種之造礁珊瑚,又格林蘭(Greenland)海岸,位海拔一百尺乃至三百尺之地層中,含有現時產於同地之海產介類。

(四)汀線 日本下總以北至陸前之海岸,距海面數十尺之岩石面上,刻有波浪之蝕痕。

(五)海岸段丘 由日本北海道至樺太之海岸,其距海面數百尺之高地,因受海浪之削蝕,成爲段丘,又臺灣南方有原爲淺海底之珊瑚礁,今則高出水面數十尺,成爲高臺。

(六)海濱洞穴 波浪之破壞力,常在海岸岩麓,穿掘洞穴。例如蘇格蘭海岸有此類洞穴,位於海拔一百尺以上。

以上所列舉之諸現象,概爲陸地對於海面上昇之證據。至於觀降之證據,亦有種種,現列舉如下:

(一)人工物 瑞典南岸瑪爾米(Malme)市之街路中,當海水高潮之際,每每爲水所淹沒,二十餘年前,在其街路面下,發見有昔之街路敷石,又格林蘭之南端,昔之移民建於海濱之房屋,今則沉降於水中。

(二)海底林 英國、荷蘭以及法德北部之海岸,有昔日之森林,沉沒於海底。

(三)海底沼 美國新澤斯(New Jersey)沿岸海底,有昔日之沼之遺跡,風波激烈時,沼中之泥炭或蘚土塊,浮出海面,吹

送達於海岸。

(四)海底谷 美國東岸自紐約州至南加羅尼亞州(South Carolina)之間,海底有深溝,即由昔日陸地之河流,沉降海中而成。

(五)三角江 我國揚子江及錢塘江口,概呈漏斗狀,是即所謂三角江,其所流出砂泥之量甚多,而江口無三角洲,即因其連續下降之故。

除上所述而外,歷史上關於土地昇降之證據,亦間有之。意大利之納卜勒斯灣(Naples)坡茲奧利(Pozzuoli)地方塞累皮斯(Salapis)神殿之址,即其適例。此遺址有三條高約四十尺之石柱相並立,此石柱自地面至約十一尺半之處,其柱面極平滑,再上約十尺之間,有海產穿孔介之跡,再上部,又極平滑。此神殿至西曆二三五,年確知其尙完全無毀損,至一七四九年被發見之時,差不多全部沒於火山灰中,僅其上端外現。由此可以推知此神殿自二三五年至一七四九年之間,其柱之下端約十一尺半完全埋沒於火山灰中,其後神殿之地盤,漸次下降,海水淹沒至達地面上二十一尺半之處,其火山灰之上面與海水面間十尺柱面,受穿孔介之破壞,此後地盤復漸次上昇,石柱遂出海面,據最近之觀察,此地復現下降之兆。

據近來之研究,此種交互的昇降,不單限於坡茲奧利一地,而納卜勒斯灣一帶之地,莫不如此。此地面在羅馬時代較高於今日之地面,至中古時代,則低於今日之地面,至十六世紀復上昇,至近代又開始降低。

此外,希臘,瑞典之斯脫咯霍姆(Stockholm)附近,以及德國之克里堡(Konigberg)附近等地,亦呈交互的昇降之現象。

第三節 緩慢昇降之地方

在亞細亞洲上昇之地爲北岸全部,東岸北緯 30° 以北,臺灣之南,印度、小亞細亞及黑海之沿岸,概爲上昇之地,至下降之地,爲我國之南部,東京沿岸,印度沿岸附近之瑪爾底夫 (Maldives)及納克底夫 (Lacadives)二小羣島之海底。

太平洋中,上昇之地,則有梭納蒙 (Solomon)、新赫布里特、塞門亞 (Samoa) 以及夏威夷等之諸羣島,下降之地,有克羅倫 (Caroline)、瑪爾休爾 (Marshall)、格爾伯特 (Gilbert)、頓格 (Tonga)及蘇塞爾特 (Society)等之諸羣島。

澳洲大陸之沿岸,大都下降,僅有塔斯曼尼亞 (Tasmania) 島之最南部上昇,其他如新西蘭 (New Zealand)、新嘉爾多麥 (New Coledoma)及新格尼亞 (New Guinea) 之海岸,向澳洲大陸之側下降,其反對之側上昇。

其在歐羅巴洲,上昇之地,有斯匹次倍爾幹 (Spitsbergen) 島,斯干的那維亞 (Scandinavia) 沿岸(除瑞典南端),蘇格蘭 (Scotland)、愛爾蘭 (Ireland)、法蘭西之西部,西班牙之南部,希臘半島,以及克利特島 (Crete) 之西岸諸地,下降之地有克利特島 之東岸,法之北部,英吉利、荷蘭、德國之北海以及波羅的海沿岸諸地。

其在阿非利加洲,埃及之地中海沿岸,脫里波里 (Tripoli) 之南部,摩洛哥 (Morocco) 之西岸及格尼亞灣 (Guinea) 沿岸等,爲下降之地,其他概上昇。

北美大西洋沿岸,北緯 45° 以北之地,上昇,以南及安梯列 司 (Antilles) 列島下降,太平洋沿岸,全部上昇。

南美西岸，僅秘魯沿岸下降，其他全部上昇。東岸僅拉卜拉達河口與南緯 20° 之間上昇，其他全部下降。

第四節 陸地昇降說與海面昇降說

當我們研究昇降原因之際，最先應加以論究的問題，就是昇降之地，究爲陸地，抑爲海面。關於這個問題的解答，其最古之說，爲瑞典蘇爾西爾斯(Selsius)及林納(Linne)二氏所倡導之海面昇降說，其後德國之布哈(Buch)氏，又倡陸地昇降說，一般學者，都受其支配。然而約五十餘年前，奧國地質學者休斯(Suess)氏，復唱海面昇降說。自此以後，布哈氏之說，因而動搖。在這裏，我們將休斯氏之論旨，擇要爲之介紹於下：

水受引力之作用而起運動，所以陸地亦有吸引水之作用。譬如大洋中央之海面，一般較大陸之海岸之海面爲低，即其明證。但是，不論陸地或海底，對於水面位置之變化，都有多少之作用。試先就局部情形而言，凡海岸之三角洲、山脈、火山等之成立，以及土砂之填充，都可增大陸地之引力與促進水面之上昇。在另一方面，陸地因受浸蝕削磨以及其他原因而減少其面積，所以陸地之引力亦因之而減少，同時，並促成海面之下降。更就一般情形而言，大洋底堆積之沉澱物，可以促進水面之上昇，反之，大陸四周之陷落，可以促進水面之下降。不僅如此，而海水之交錯運動，或向赤道，或向兩極，亦可視爲陸地視昇降之原因。

如上所述，休斯氏之說，雖不無根據，不過，最近關於昇降之考察，却發見有與之不一致之點。即如前舉之克利特島，一方上昇而他方下降，其他地方，陸地之視昇，亦隨地而異其度

此等現象，終非海面升降說之所能說明。因為這樣，所以現時一般學者，仍然贊同布哈氏之意見，而主張陸地升降說。雖然如此，可是對於海面之運動，並非絕對否認，在實際上，海面雖有多少之運動，不過終非陸地升降之主因。

陸地升降之原因，基於地殼全體之運動。關於這一事實，擬在後面予以詳細之闡明。

第五節 造山力

地殼表面，或高或低，狀極複雜。要之，不外為凹凸交錯所構成之複雜地形，而凹形地與凸形地亦因其大小可別為三級，如下所示：

一等級之凹形地為大洋之大盆地，凸形地為大陸塊。二等級之凹形地為低地或大虛地，凸形地為臺地或大山脈。三等級之凹形地為小虛地、壕及河谷，凸形地為小山脈與孤立山。

關於一等級之凹凸地，暫不論及，先將二、三等級之凹凸形地，一為說明。

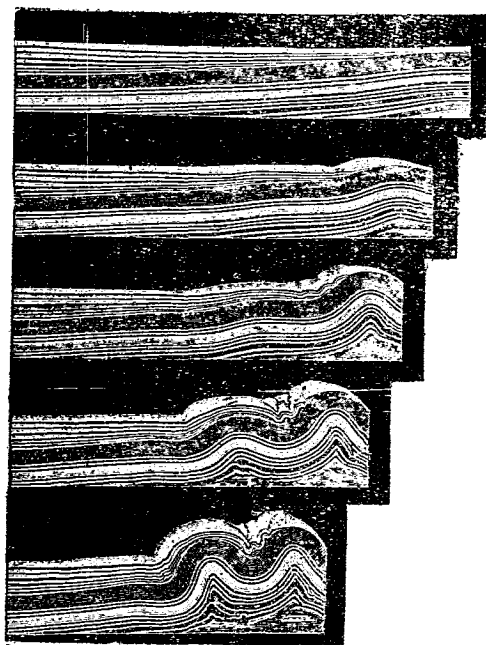
地球面之有凹凸高低，由於內生力與外生力相互作用之結果。即一面有流水、冰河、風力、風化等外生力，剝蝕地面，而使之平坦；在另一方面，又有火山力與地殼之運動等內生力，使地面生出凹凸。

在內生力中以地殼運動之力為最大，火山力雖有時造成高山，但遠不及地殼運動之力之偉大。

基於地殼之運動所生出之結果，即為地層之褶曲與裂隙之成立，而裂隙之成立，復促成縱斷層之成生。

裂隙之直接原因，即由地殼一部之下落，換言之，即地殼因重力之作用有向地心接近之傾向，此種重力之外，或因左右之側壓力，岩石被壓潰，因而發生裂隙；或因地層褶曲之結果，裂隙成爲附產物而產生。

第 28 圖



地層因橫壓力所起之褶曲

地層褶曲之主因爲地殼內所生之橫壓力，地層既生褶曲，則其幅短縮，反之，地層所生之裂隙，近於地心，則其幅伸長，照這樣說來，褶曲與斷層，其性質雖有根本之差異，然而二者之出現，却又有密切之關聯。

第六節 地面之凹形與凸形

地面之凹形，除由外生力所生之谷而外，大都無多少之變化。概括言之，所有地面之凹形，略作皿狀，或平地狀。然就成因而言，種類亦復不少，或存於大陸成立之當初，或生於地殼構造之變化。又其中之一小部分，或由削磨作用之結果而生，或由地下洞穴之陷落而成。

地殼構造之變化，即造山力 (mountain making force) 之發動，其結果在地面產生凹形地，就中以圓狀斷層及壕為最重要。圓狀斷層，略呈圓形，或不規則之形。譬如歐洲之阿爾卑斯 (Alps)、侏納 (Jura)、波西米亞森林地 (Bohemian Forest) 之三山脈間，有周圍繞以大斷層線之瑞士巴威 (Bavaria) 高原地，即其適例。此種凹形地，不單限於陸面，海中亦復不少。例如亞洲澳洲間之海、歐洲非洲間之地中海及墨西哥灣等是。又近來發見太平洋周圍之海底壕，亦為著名之例。

地面之凸形為臺地、連山或山脈 (mountain ranges) 及山。連山依其成因區分為火山連山、浸蝕連山及構造連山三種。

所謂火山連山 (volcanic mountains) 乃由火山破裂之結果而成。構造此種山脈之物質，出自地球內部，而堆積於地球表面，或有時不達地面，僅將其上部之地層向上推壓，因而構成山形。

所謂浸蝕連山 (erosion mountains) 與火山連山正相反對，乃既存在於地面之岩石，受水之破壞浸蝕所成之山脈。

所謂構造連山 (tectonical mountains) 乃造山力發動之結果所生之山脈，其由褶曲而成之山羣，是為褶曲連山 (pli-

cation mountains), 其由斷層而成之山羣,是爲斷層連山(fault mountains).

褶曲連山,復以其時代之新舊,其外觀迥不相同,即第三紀及其以後所成立之山脈,其褶曲之特徵,極其明顯,作連脈狀,反之,若成立於第三紀以前,尤其是古生代或更以前之褶曲連山,常受水之削磨或斷層作用,而毀其原形,其褶曲之外觀,甚不明瞭,像這種褶曲連山,特稱之爲洞山連山。

斷層連山其地層原相連續,因切斷作用而失其連絡,其連山之中,有小形之孤立山,有山脈,有大高原,美國科羅那多高原,即其一例。

以上所述之諸連山,並非完全單獨產出,多互相結合而出現,所以往往有一種連山而兼他種連山之性質。

第七節 新褶曲連山

如前所述,褶曲連山,因其成立之新舊而外觀大異,其高度亦然,即新者較舊者高,現今所稱之世界大山脈,大都屬於新褶曲連山,例如從坎察加 (Kamchaka),經日本諸島,臺灣,菲律賓及亞澳間諸島之連山,與亞澳之間,一方經新克累多里亞 (New Caledonia),連新西蘭,他方經印度支那,連中央亞細亞,更西經伊蘭,小亞細亞,地中海沿岸之諸山是,而喜馬拉雅,崑崙崙,天山,高加索,阿爾卑斯等有名山脈,全在其中。

新世界之褶曲連山,自北方之阿蘭辛 (Alentian)羣島起,經阿拉斯加 (Alaska)之南方,科倫比亞 (Colombia),合衆國西部,墨西哥等,至中美曲向西印度,經安梯列斯 (Antilles)列島,復曲向南美之委內瑞拉 (Venezuela)國,而出西岸科倫比亞國,

更沿海岸南下，終於南美南端，有名之洛磯山脈 (Rocky)，安的斯山脈 (Andes)，即位於其中。

新褶曲連山之山骨，仍為古時代岩石，而新時代之地層，僅位於其上。例如阿爾卑斯，其山骨為結晶片岩，其上有古生、中生、新生等之諸岩層，依次相重。又如俾雷里斯 (Pyrenees) 山之山骨，亦由片麻岩、花崗岩及古生岩層而成，其他新生地層被覆其上。此外，如喜馬拉雅山、洛磯山、安的斯山等，亦與之相類似。

在褶曲連山之中，亦有比較簡單之構造，例如瑞士國之侏納山，全部由中生層而成。

褶曲連山之一特性，以其成立之關係，大致蜿蜒而彎曲，絕少直線之形。例如喜馬拉雅山與阿爾卑斯山是。

據休斯氏之研究，與彎曲相伴，尚有一顯著之現象，即其凸側控高原，其凹側具有陷沒之斷層。如喜馬拉雅山、阿爾卑斯山，即其適例。

此外與褶曲連山相關聯之現象，即火山岩之噴出，此種火山岩，概位於凸側之方面。例如亞平寧山 (Apennines) 是。據最近之研究，褶曲連山之橫壓力，其雙方之強度並非同一，在實際上，必有一方強而一方弱。例如阿爾卑斯山、侏納山之褶曲，概傾北方，即其主力自南襲來之故。

第八節 舊褶曲連山

舊褶曲連山，在舊地質時代，亦作普通之連脈狀，但經過長久之年月，受剝磨之作用，外觀上遂失原有之形狀。就其構造言之，為一大壘地之形，是為褶曲壘，以與普通水平層之地

壘相區別。

此種褶曲連山之輪廓及其擴張之方向，與地層方向，毫無關係，有與層向同方向者，亦有與層向以直角相交者。

地球上極舊之褶曲連山，乃由加拿大至格林蘭之洞地，阿非利加洞地以及巴西、南極洲等地。

第九節 岩石之力的變質

地殼內所生之橫壓力，不僅地層起褶曲之現象，而岩石之性質，亦受其影響，或變化其組織，或變化其礦物之成分，此種岩石之變化，通稱之為力的變質(dynamical metamorphism)。

(一)組織之變化 岩石受強大之壓力，或被壓潰，或成粉碎，因而變化其組織者，但亦有外觀不呈異狀而組織不免於變化者。壓潰粉碎之岩石，不待說，必具有大小之破片，而破片之間，其連結之狀，有弛有固。凡連結堅固者，多由於方解石及石英等媒介物之溶液沉澱而成。此種現象，屢見於褶曲層，例如一般呈角礫岩外觀之石英岩、石灰岩以及砂岩等，其成生之原因，即基於組織之變化。

至其外觀無異狀，而亦變化其組織之現象，多見於黏土質及其他軟質岩石。此類岩石，

第 29 圖



岩石之皺波組織

遭遇壓力，亦多少變化其形，其變化有皺波、橫劈開、細柱狀及引伸狀等。

所謂皺波組織，多見於結晶片岩，其屈曲之狀極小。

所謂橫劈開，多見於黏板岩，不論地層之屈曲如何，而於一定之方向（橫壓力之直角方向）具有裂成薄片之性質。

所謂細柱組織，因橫劈開與層理之相交錯，其裂開而成之破片，多少呈細柱之狀。

所謂引伸組織，即岩石向橫側引伸，生出多數之裂隙，其間充以礦物而成。

(二)礦物成分之變化 此種變化見於水成岩，亦見於火成岩，而以水成岩為最多，例如石灰岩變而為結晶質，其結晶間，新生雲母、綠泥石、柘榴石以及其他種種之礦物，又如黏板岩，其黏土質變而為長石、雲母等礦物，而岩石全體變而為結晶片岩。

火成岩之變質，雖不如水成岩明顯，然其中新礦物之生成，亦復不少。太古界之片麻岩，即花崗岩變質之說，似為事實。又阿爾卑斯山之火成岩，有變質而為絹雲母片岩及綠泥片岩者。

力的變質，因地不同，而程度各異，所以在同一層中，其新生礦物之多少及其種類，各地多不相同。

力的變質之原因，不外於地層屈曲與斷層作用，總括起來，即所謂變位或構造之變化，就一般言之，變質之度，與變位之度，成正比例之關係，因變位之度愈大，則其所生出之壓力與熱力亦愈大，試觀變質之地層，其最上部之變質，多屬於機械的，而化學的變化則較少，而中部則化學的變化較多，最下

部則化學的變化最多，換言之，即最上部成生石英岩、千枚岩、板狀礫岩等。中部成生雲母片岩、角閃片岩、大理石等。最下部成生片麻岩、白粒岩等。究其原因，實基於上部熱度低而壓力弱，中部熱度高而壓力較大，下部則熱度最高而壓力亦最大之故。

第十節 地殼運動之原因

如前所述，地殼起種種之運動，或為大陸，或為大洋，或為山嶽，或為平原。至其運動之原因，學者各持異說，尚無定論。其重要之學說，有平衡說、結晶說、膨脹說、滑落說及收縮說等。

(一)平衡說 此說之主倡者為美國之丹頓 (Dutton) 氏。氏謂地殼比於地心，其質輕鬆，所以浮於上部。地球面上，如果不起何等之變化，則兩者之間，可永遠保持平衡。而實際反是者，因有破壞此平衡之作用存在着。破壞此平衡之作用有二：一為水之削磨力，一為海底之物質沉澱。削磨能使地面之地殼減輕，沉澱能使海底之質量增加。減輕則上昇，增重則下降，以恢復其以前之平衡，是即地殼運動之主因。

(二)結晶說 此說之主倡者為奧國安別列爾 (Anbeler) 氏。據氏之說，地心漸次冷卻凝固，則其內之物質，隨之而結晶。從而地心容積增大，地殼勢不得不動搖。山之成立，火山之破裂，地之震動，都不外受此影響之結果。

(三)膨脹說 此說乃英之利德 (Leed) 及美之丹納 (Dana) 二氏所倡。氏等認為地層崛起之主因，在於地殼之受熱與容積之增大。而其受熱之理由，二氏之說明如下：

形成褶曲連山之各系統地層，其層厚較大於非連山地

方之同系統地層。從此，可知此連山地域爲海底之際，其海底當較他處深而沉澱多。洛機山地層之厚，達十八仟米以上，所以其沉澱之海底，必隨地層之沉澱而下降。因現今海底之最深點，尙不足十仟米之深。地層既向此等特別深凹之處而沉積，而其底又從之下降，則此部分之地熱，自當漸次增高。換言之，即下降之地層，漸次受地熱之作用。地層受熱則必膨脹，然其下方與左右，既無餘地，足以任其伸展，則其膨脹，自不能不向上升起，成生褶曲之現象。

里希特荷芬氏，說明地盤之下降，其所持之意見，與膨脹說相似。氏謂水之剝蝕作用，足以耗減地面，地熱位置，因以下降。從而，其低降之部分，遂起減溫、收縮以及陷落之諸現象。

(四)滑 落 說 依據此說，地層因重力作用，滑落下方，其結果，因而成生褶曲，例如沉澱於斜面之地層，滑落而下，與他物衝突，而生褶曲。又在盆地沉澱之地層，向中央相集，亦因之而生褶曲。此說爲萊伊爾(Lyell)氏所倡導，而以無褶曲或少褶曲之地層上被覆有褶曲極甚之層，作爲其所主張之證據。但贊成此說者極少。

(五)收 縮 說 此說認爲地球漸次冷卻，其結果必收縮。收縮則地球漸小。換言之，即地殼漸次接近地心。然而地殼爲環狀之固體，全體接近地心，有不可能。因之各部互相壓迫，其結果，地殼之內乃生橫壓力。其抵抗力弱之部分，或被壓迫而潰，或被擠壓而崛起。於是，其他之部分，因有餘地下沉而接近地心。所以地層之褶曲全屬地球收縮之結果。譬如蘋果之面，乾縮而生皺紋，即同此理。依據此說，凡斷層、地盤之緩慢昇降、地震以及火山破裂之諸現象，都與地球之收縮有密切之關係。

此說與康德(Kant)及拉卜拉斯(Laplace)所倡導之星雲說(nebular theory)相一致,且與他說相較,可非難之處甚少,所以,現時一般學者,大多信從其說。

第十一節 接觸變質

所謂接觸變質(contact metamorphism)乃內生力活動之結果,換言之,即接觸於地底噴出之火成岩所起之變質,與前而所述之力的變質,其原因全然不同。

此種變質,可大別爲二種:一爲起於未達地面而凝固於地底之深成岩,一爲起於噴出地面之火山岩,前者稱爲水熱性變質,後者稱爲燃燒性變質,前者多基於水蒸氣與氣體之作用,後者則甚少基於此等之作用,此即兩者間之區別。

深成岩中之水蒸氣與氣體,因其無逸出之路徑,所以浸潤於其周圍岩石之中,而引起化學的與分子的變化,不過,此種變化,十分緩慢,恰和力的變質之情形相類似,與此相反,火山岩中所含有水蒸氣之類,因其有逸出之路徑,所以變質以熱爲主,岩石多被燃燒或熔融。

水熱性變質,多見於花崗岩之附近,例如黏板岩與花崗岩相接觸,則其質變堅,並且發生新礦物於其中,若就其變化之過程言之,即岩石中先有粒狀物之出現,其次岩石堅硬,最後則變爲雲母片岩或片麻岩之形狀,而生黑雲母、堇青石、空晶石以及紅柱石等結晶。

石灰岩如遇水熱性之變質,即變作純白結晶質大理石,而且同時成生種種新礦物,其最著明之例,爲愛爾蘭島沿岸之奈斯林(Rathlin)島之白堊,此白堊貫通於玄武岩之二大

脈及一小脈之間，二大脈間之幅，約四十尺，全部變為大理石，二大脈之外側，約三尺之幅亦變作大理石。

至於與火山岩相接觸而起之變質，其例證極多，若石炭與火山岩相接觸，其中所含有之揮發分必因之而消失，而變為無煙炭。又若黏土類岩石，與火山岩相接觸，則變為黃色乃至赤色，或變作碧玉狀。

燃燒變質之結果，菱鐵礦間亦變為磁鐵礦。

此外，德國之三疊紀砂岩，其色赤，層理消滅，同時現出柱狀節理，此亦為接觸變質之例。

第三編 勢力(下)——外生力

第八章 水之作用

第一節 概說

在本章開始研究之際，對於外生力，須予以解說。

所謂外生力，乃存在於地球面或其以外而影響於地球面使之變形之諸力，具體言之，即水、空氣及有機物之作用。此等之力，一方面為破壞的，另一方面則為建設的。它的原動力為太陽。太陽以其射出之光線，照於地球面，並使之溫暖，促進水之循環與浸蝕，引起風化與化學的作用，促成海水與空氣之運動及促生物之發生，所以太陽影響於地球面之力，極其偉大。太陽之外，月亦地球面外力之一，不過其影響，僅能引起潮汐之現象，比諸太陽，實極微弱。

在外生力之中，我們首先要論及的，即為水之作用。

在外生力之中，以水之力為最大。除其液體作用之外，尚有其固體之作用，是為冰之作用。

水之作用，恰和內生力相反。內生力之作用，使地面發生凹凸，而水之作用，則在消除地面之凹凸。所以兩者之間，成為一種連續不斷之鬭爭。

水之存在形式，可以說是流轉循環的。即自地面昇於空中，復自空中降於地面。就中降於陸面之水，多匯合於海。其入海之路徑有二：一流陸面，一入地中。而入地中之水，達到某一定之地界，復出地面，與流陸面之水，共歸於海。其後更由蒸發之作用而昇空中，終於降落地面。水在此流轉循環之間，發生

種種之作用其作用有二：一爲化學的作用，一爲機械的作用。

化學的作用，不論在地面，或在地中，都可發生，其在地面，則促進岩石之風化，其在地中，則分解岩石，而溶解其易溶之部分。

機械的作用，以流水與衝擊海岸之波浪爲主，流水之作用，在於浸蝕地面，變化地球面由褶曲而生之凹凸，使之成更爲複雜之形態。

水之作用，不論其爲化學的，抑不論其爲機械的，要之，一面爲破壞的，一面爲建設的。比如說，化學的作用，使岩石分解或溶解，而其溶解之礦物，則復沉澱於地面，或湖海之底，或地下之洞穴。又如浸蝕作用，其所浸蝕之物質，亦復沉澱於水底而形成新地層。

第二節 水之化學的作用

一年之間，成爲雨雪而降下於地球面之水，約二千二百萬億石。如以之配布於地球面，可得厚三尺餘之水層。此水多少溶解空中之氣體，即氧、氮、二氧化碳。水之能營化學的作用，實即基於此氧與二氧化碳之力。雨水之中，二氧化碳之量較少，不過約占所吸收空氣之量之 0.25%。但一旦浸入地面而與腐敗植物接觸之際，即可從腐敗植物之中吸收其所發生之二氧化碳。不僅如此，而深浸地底之水，更可吸收從地心上昇之二氧化碳。因此，所以水中常爲二氧化碳所飽和。

此外，入於地下之水，亦能吸收腐植酸。此種腐植酸，與上述之二氧化碳及氧共同作用，所以水之分解力與溶解力，因之而大增。岩石在長年月之間，受此等氣體之作用，都失其抵

抗之作用。至於氮對於岩石，並無何等之作用。

不過說到這裏，還有一個問題是必須提出的，就是岩石何以能被含有諸種氣體之水所浸入呢？這是因為入於地下水，不僅透入於岩石中之大裂隙或層面之間，而且能浸入於組成岩石之礦物結晶之間以及結晶自身之毛狀裂隙之間，在另一方面，自地表浸入之水量愈多，則其壓力亦愈大，而水之浸入亦愈易，試就礦山內或隧道中湧出水量之多，一為推究，即可知岩石之富於微孔與小裂隙，能容許多量之水，浸入於其中，又如瑪瑙、玉髓等緻密質之石，尚可以染料着色，則其具有微孔或小裂隙，亦可無疑，否則決不會有此現象之發生。

據上所述，可知岩石對於水之浸入不能抵抗，同時，對於分解或溶解，亦不能抵抗，是很顯然的。例如質堅之石英，如長受水之作用，終亦不免於全部溶去。其他如長石、雲母、輝石、角閃石等，更不待言。試將此等礦物，浸入水中，不見有溶解之跡，則以其溶解之量極少之故。然若易以粉末，使之浸入水中，則其溶解之跡，顯然可見。倘若謂此等礦物絕對不溶，則石英之假晶（例如採取石英之形之褐鐵）便無由形成。褐鐵礦之為石英假晶，即石英溶去之跡之證據。

又分解之作用，岩石亦絕不能避免。例如石英岩之成為粗鬆之土砂，即其明證。又將石英岩檢於顯微鏡下，其裂隙之處，大都變質，此即為水浸入其裂隙，漸次分解其周圍之岩質之故。

照這樣說來，水之分解力及溶解力之強大，雖認為岩石絕對不能抵抗，亦非過言。從地下湧出地面之水，每每含有多

量之礦物質，即基於此種原因。

第三節 雨水及滲漏水之溶解力

膽礬、硝石、明礬等，特別易溶於水，天然產出極稀，此外，產量豐富而易溶解於水之岩石，即為岩鹽、石膏、石灰岩及白雲岩四種。

岩鹽乃食鹽之大塊，在百石水之中，在攝氏十二度乃至十五度之溫度，可溶解三十六石之岩鹽，所以水中溶解最多之礦物，即為岩鹽，且常溶解至飽和量，因此，岩鹽層如不介在不漏水之黏土層間，終不免被水所溶去。

石膏間亦形成山嶽，與岩鹽相比，溶解較難，但是在百石之水中，仍可溶解二斗五升之石膏，所以在岩石之中，尚屬易溶之物質，此等岩層之多洞穴，以及從地底湧出之水之多含有此等礦物，即以其比較易溶之故。

石灰岩為遍產於世界各處之岩石，其成分為碳酸鈣，水中溶解之量，因水中所含之酸量而異，純粹之水百石，可溶解石灰一升，如為二氧化碳所飽和之水，則其溶解石灰之量，可增至一斗，石灰岩之多洞穴，以及湧出水之多含石灰質，亦以其易溶於水之故。

白雲岩之產地，亦極普遍，其溶解之量，在含二氧化碳之水百石中，約可溶解三升，此類岩石亦多洞穴。

除以上所述而外，少量產出之礦物類，其溶於水之量，百石之水中，菱鐵礦七升二合，菱錳礦四升乃至五升，毒重石七合，螢石三合七勺，至矽酸礦物，溶解量極少，普通稱之為不溶解之礦物。

第四節 雨水及滲漏水之分解力

水之分解作用,可區別為單純和複雜兩種:單純分解,乃水中所含二氧化碳氧以及有機酸等之作用。複雜分解乃水於溶解或分解礦物之過程中所生之酸性與鹽基性溶液相互之作用,或更對於他礦物所起之作用。

(甲)單純的分解

單純分解,又可分為三種:(一)礦物吸收新成分而改變其質,(二)礦物排出舊成分之一部而改變其質,(三)礦物互相交換其成分而改變其質。

(一)新成分吸收之例,計有三種:(1)無水礦吸收水分變為含水礦,(2)吸收氧變為氧化礦或硫化礦變為硫酸礦,(3)吸收二氧化碳變為碳酸礦。

無水礦吸收水分變為含水礦之例,如赤鐵礦(Fe_2O_3)或磁鐵礦(Fe_3O_4)之變為褐鐵礦($2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_6\text{Fe}_4\text{O}_9$),硬石膏(CaSO_4)之變為石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$),以及長石、霞石、白榴石等矽酸礦之變為沸石類等。沸石即含水矽酸礦物之一。

吸收氧而起變化之例,如磁鐵礦(Fe_3O_4)之變為赤鐵礦(Fe_2O_3),方鉛礦(PbS)之變為硫酸鉛礦(PbSO_4),黃鐵礦及白鐵礦(同為 FeS_2),磁黃鐵礦(Fe_7S_8)等之變為綠礬($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)。

吸收二氧化碳生碳酸礦之例,如自然銅氧化而為赤銅(Cu_2O)後,更吸收氧、二氧化碳及水,而變為孔雀石($2\text{CuOCO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$),橄欖石之變為蛇紋石,亦為同樣之變化(詳後)。

(二)排出舊成分之一部所起之變化,是即所謂還原,究其

原因乃由於腐敗有機物之作用。有機物腐敗，則生碳化氫氣體，此碳化氫氣體，更分離而為碳與氫，就中碳常吸取氧而為二氧化碳。不過此類變化，多在地中，不能吸取氧於空中，所以多從附近氧化礦物之中吸取其氧，例如氧化鐵(Fe_2O_3)被奪取氧之一部，則還原而為氧化亞鐵(FeO)，此礦又與二氧化碳化合而為碳酸亞鐵($\text{FeO} + \text{CO}_2 = \text{FeCO}_3$)。碳酸亞鐵接觸空氣，再分離而為二氧化碳與氧化亞鐵，二氧化碳飛散於空中，而氧化亞鐵乃從空中吸取氧與水分，終於變為氫氧化鐵(褐鐵礦)。

硫酸金屬亦能發生與上同樣之還原而為硫化金屬，石炭中所混有之硫化銅或硫化鐵，不外由於硫酸銅或硫酸鐵受腐敗植物之作用，因而還原之結果。

(三)成分交換變化之例。菱鐵礦(碳酸亞鐵)往往變化為氫氧化鐵(褐鐵礦)，這是我們已經說過的，其中所含之二氧化碳分離，而代以氧及水，在實際上，即為二氧化碳與氧及水之交換。

含有碳酸鎂之水，流於石灰岩中，溶解石灰岩之一部，而沉澱其碳酸鎂，變石灰岩而為白雲岩。白雲岩之成分，兼含有碳酸鈣及碳酸鎂二種物質。

碳酸鎂或碳酸鈣，往往變而為菱錳礦(碳酸錳)。

又生自硫化金屬之硫酸金屬溶液，與石灰岩相接觸，即生石膏。

除以上所述之諸例而外，在地質學上極關重要之事實，即為矽酸礦物之分解，這是因為岩石之大部分乃由矽酸礦物而成之故。含二氧化碳之水，與矽酸礦物相接觸之際，大多

變化其中之鹼金屬(alkali)、鎂鐵等爲碳酸礦物，而遊離其最初與此等礦物質化合之矽酸，在岩石中分布甚廣之長石、雲母、輝石、角閃石等，概爲複雜之矽酸礦物，含有鹼金屬、石灰、鐵、錳、鎂、鋁等。就中鹼金屬、石灰、鐵、錳之矽酸鹽，比較易溶於水，反之，矽酸鎂與矽酸鋁，則溶解較難。所以含有二氧化碳之水，其作用能成立碳酸鈣、碳酸鐵、碳酸錳及鹼金屬之碳酸鹽等，而矽酸之一部則使之遊離，其剩餘之成分爲難於溶解之黏土(矽酸鋁及水)及矽酸鎂(含水)。至其遊離之矽酸，或溶解於水，或爲石英、蛋白石之類而殘存，因爲矽酸在萬倍之水中，亦能溶解，如水不足，則變爲純矽酸而沉澱。

依據以上之所記述，可知矽酸礦物分解之最後產物，常爲含水矽酸鋁及含水矽酸鎂。前者即黏土、高嶺土之類，後者爲蛇紋石、滑石之類。岩石分解之地方，其所以多產此等礦物，即基於上述之理由。

橄欖石吸收水分，後則易變爲蛇紋石。橄欖石爲矽酸鎂($2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$)，蛇紋石爲含水矽酸鎂($3\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。橄欖石變爲蛇紋石之際所餘之鎂，與水中之二氧化碳化合而成菱苦土石。其所餘之矽酸成爲石英及蛋白石。其他輝石與角閃石亦易變爲蛇紋石。此種變化，特稱爲蛇紋石化(serpentinization)。

(乙)複雜的分解

水常溶解原生或分解產物之種種鹽類，就中最普通之鹽類爲食鹽(氯化鈉)、氯化鉀、氯化鎂、硫酸鈣、硫化鎂、碳酸鈣、碳酸鎂、碳酸鐵、碳酸鈉、碳酸鉀、硫酸鐵、矽酸等。此等礦物質含量雖少，然而其溶液如彼此相遇，或接觸其他礦物時，則必起化學的反應，而且其反應每每十分複雜。不過，關於此等事實之

詳細研究，乃化學地質學之任務，所以我們在這裏，只就同樣方法成立之假晶，一為敘述。

岩石之中，假晶極多，推究假晶成生之原因，純由於岩石浸水之作用，某一礦物取他種礦物之結晶形之所致，比如說，石英之取方解石之形，蛇紋石之取橄欖石之形，錫石之取正長石之石，即其適例。

假晶約有二種：一為變質假晶，一為驅逐假晶。

所謂變質假晶，乃原礦物吸收新成分，或排出舊成分之一部，或舊成分被排出一部分，而後再吸收新成分，因之改變其質，諸如此類成生之假晶，概為變質假晶。比如說，取硬石膏形之石膏，取赤銅礦 (Cu_2O) 形之自然銅，取黃鐵礦 (FeS_2) 形之針鐵礦 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)，即其適例。

所謂驅逐假晶，乃新礦物完全驅逐原礦物而取其形之假晶。假晶之大部分，屬於此類。例如取方解石形之赤鐵礦，取螢石形之石英，取食鹽形之石膏是。

假晶現象，不單限於礦物之小塊，有時大塊之岩石，亦呈此種現象。比如石灰岩大部分之變為赤鐵或褐鐵，以及大木幹之化石，全部變為蛋白石，即其一例。

第五節 風 化

岩石變色而軟，自然破作小片，此種現象之發生，是為風化 (weathering)。岩石之起此種現象，實即水之化學的作用與風雨氣溫結冰，有機物等之機械的作用之共同的結果。風雨常運去岩石面所生之小片，使岩石之新表面露出於外。氣溫則依其時昇時降，促岩體之伸縮破裂。結冰則增加岩石之容

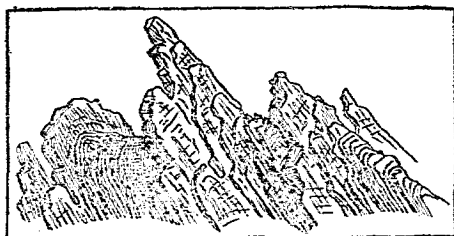
積，伸展岩石之裂隙，而促成岩石之破壞。植物則將其根伸入於岩石之裂隙中，與結冰營共同之作用。動物之棲息於地下之種類，掘穴穿孔，促成下部岩石之破壞。又一般動植物，從其自身之腐敗所生之氣體與酸類，更能起分解岩石之化學的作用。尤其是能分泌二氧化氮(NO_2)之黴菌，能浸入岩石中之最微細孔與最微細裂隙之間，而起特別顯著之破壞力。

風化作用之直接結果，每每使岩石呈種種特有之形狀。因風化作用對於最軟弱之岩石，其影響最大，因之岩石中之軟弱部分，風化之現象，特別顯著。因此，所以由種種異質岩石而成之山，其堅實之部分，每每突出於他部分之上。風化岩石表面，屢呈凹凸，其原因亦基於此種理由。

塊狀岩石之風化，多從其裂隙或節理之部分而開始，其結果，遂成爲多數岩塊之堆積。例如花崗岩沿其裂隙開始風化，其成生之岩砂，被水沖洗而去，而各裂隙間之岩塊，因而殘存堆積。

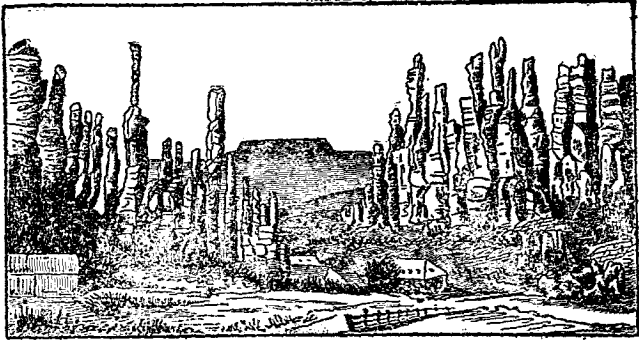
岩石受風化作用後，每作奇形。例如阿爾卑斯山之結晶片岩作棘狀，德國阿特斯巴赫山(Adersbach)之砂岩作石林是。

第 30 圖



阿爾卑斯山之棘狀風化

第 31 圖



阿特斯巴赫山之石林

風化作用之產物，如在平地，則不為風雨所運搬而停留於原位置，如在斜面地或懸崖地，則多堆積於山麓，是為堆屑。

風化產物最終之結果，即為土砂。一般所稱之土壤，不外此種風化產物最終結果之土砂。所謂土砂，精密言之，乃黏土、壩母 (loam) 及砂之混合物。歐洲地中海沿岸，多赤土，富於氧化鐵。中歐多褐色土，富於氫氧化鐵。北歐多灰色土，富於腐植物。要之，概為風化之產物。

在熱帶地方，赤土分布極廣，其層亦極厚。此種赤土，亦受氫氧化鐵之着色而成，其質與普通之黏土、壩母不同，非含水矽酸鋁，而與水礬土 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) 之礦物，同其成分。

第九章 地下水之作用

第一節 地下水及泉

從空中降下之雨水，達於地面之後，其所採取之途徑有三：(一)再蒸發；(二)流入河湖；(三)滲漏地下。採取此三種途徑之水之分量，難於有確切之估定，但在大體上，可將其全量等分為三：一歸空中，一流河湖，一入地下。

流入地下之水之分量，因構造地盤之岩質之不同，而隨處各異，這是不待言的。由砂礫而成之地盤，水之滲漏自由；由黏土壙埤而成之地盤，滲漏較難。又地盤如為堅岩，則水僅沿其裂隙而滲入。但是地盤從地面達於地下之深層，其面積甚廣，決非全然不漏質，所以，地底大都貯水，是為地下水 (underground water)，其再流出地表之水，則稱之為泉 (spring)。

地下水滲入地中，其深度不能確知；但據推測，地下水距地表之距離，至深不能超過十二英里。

地下水之面，因地方而各異其高。在降雨多之地方，僅位於地面數尺之下，反之，在乾燥之地，或有時在數百尺之下。

地下水雖位於地底，然而在實際上，亦與地面之水相同，有多少之流動性。不過，地下水與地面之水相比，其流動之性質非常遲鈍，這是因為地下水所溶解礦物之量較多於地面水之故。地下水所溶解之礦物，若與地面水相比，富於碳酸鈣及鈉鹽，而缺少有機物與鉀和鎂之鹽類，這是因為地底不像地面或地面附近一樣富有多量腐植物之故。這樣看來，地下水既缺少有機物，且不像地面水之混有塵埃等不純潔之物，所以用作飲料，十分適宜。在通都大邑之中，不用河水，多掘深

井，卽以此故。水源愈深，水質愈良，此爲一般人所周知的事實。

地下水之表面，大致與地面平行，而凹凸之度，遠少於地面，這是因其自身爲液體之故。因此，所以在山谷之凹地，地下水面時與地面接近，而湧出地面，這就是上面所說的泉。

在泉之中，依其湧出地層之深淺，而有上水與底水之區別；又依地層之形狀，而有層泉、氾溢泉及谷底泉之區別；更依水流之方向，而有降泉與昇泉之區別。

所謂上水，又可稱之爲地面水，乃不滲漏之岩石上，有疎鬆質之含水層，露出於地面之水。所謂底水，乃從不滲漏岩盤之裂隙間所流出之水。前者之水，多直接從鄰近之地面而浸入，其質不良。反之，後者之水，乃從較遠之地底而來，所以其質多良好。

所謂層泉，乃由傾斜層而成之山，層中之水，自傾斜面流出，而湧於山腹之泉。

所謂氾溢泉，乃含水層與不漏水層，相重作盆狀，其中之水，自盆溢出，流於山腹，像這種性質之泉，一般稱之爲氾溢泉。

所謂谷底泉，乃係山谷橫切地盤，至地下水面以下，水卽於谷底或谷側湧出，因而所成之泉。

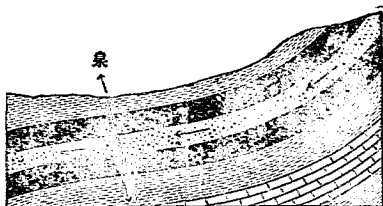
所謂降泉，恰如層泉一樣，水流於不漏層面，而湧出下端。所謂昇泉，乃由水壓而湧出上方之泉。昇泉之水路，分爲二部：一爲傾向下方之部分，一爲向上方之部分。向上之部分，或爲含水層，或爲自含水層分歧之裂隙，又有向上向下兩部分，全部或自裂隙。但不論在任何情形之下，而水之湧出，大多由於水壓之作用。又自含水層分歧之裂隙，如爲斷層線時，則特稱之爲斷層泉。

第 32 圖



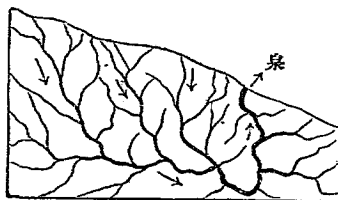
含水層露於地面之昇泉

第 33 圖



自含水層傳於裂隙之昇泉

第 34 圖



全部裂隙之昇泉

降泉與昇泉,其水之供給,必自較高之地,而後可以成立。在山頂無泉之發現,即以此故。一般所稱之鑛井(artesian well),不過爲人工所掘之昇泉,由人工掘不含水層,達到含水層,則有水湧出噴騰,高昇地上。

近來沙漠或半沙漠之地，每用掘井，噴出多量之水，使不毛之地，漸次變爲農耕之地。

泉之溫度，雖不一致，但通常在其湧出地之一年平均溫度以下。雖在溫帶地方之泉，亦有時顯示出在攝氏二、三度之低溫。若水之溫度超出其地之一年平均溫度以上，則稱之爲溫泉(hot spring)。

第二節 溫泉

泉之溫度，除降雨之溫度，有多少之影響而外，其重要之本源，應歸之於溫泉所通過岩石之溫度。地心之熱，愈至深層則愈增加，這是我們在前面已一再敘述過的。因此，所以溫泉大抵來自有高熱之深地層，且爲昇泉。但火山地方之溫泉，則爲例外。其水源不如非火山地方溫泉之深，多爲降泉。

不待說，溫泉之分布，多在火山地方，但是非火山地之溫泉，亦復不少。從來以爲溫泉，純然關係於地心之火山的活動。但自休斯(Suess)氏始，乃分溫泉爲三種：(一)雨水之浸入地底而被熱者；(二)從地心上昇之水蒸氣，凝集於地殼內者；(三)前兩種之混合者。出自地心之溫泉，較來自雨水而被溫熱之溫泉，富於溶解物，含有銅、鎳、銻、錫、鉛等金屬。又來自雨水之溫泉，有昇泉亦有降泉，而出自地心之溫泉，則全爲昇泉。

溫泉之中，有噴出爲週期的，是爲間歇溫泉(geyser)。間歇溫泉之所在地爲北美華鄂敏(Wyoming)州之國立黃石公園(Yellow Stone National Park)、新西蘭之北島、冰島(Iceland)、智利之畢耶和火山、舊金山(San Francisco)之北部、埃蘇魯斯島(Azores)及日本等地。

北美華鄂敏州之間歇溫泉地，爲世界最有名之地。在約 3000 方里之區域內，普通溫泉約有 3400，間歇溫泉約 100 左右，此外尙有多數之硫氣孔，二氧化碳孔以及蒸氣孔之類。此地之間歇溫泉中，以古忠泉 (Old Faithful)，巨人泉 (Giant)，巨女泉 (Giantess) 及蜂巢泉 (Bee Hive) 等爲最大而最有名。古忠泉約隔 65 分鐘噴出熱水一次，水高 200 尺。巨女泉每隔 14 日噴出柱狀之熱水一次，其高亦爲 200 尺。巨人泉之噴出時間則不規則，其水柱高 250 尺。蜂巢泉每隔 8 時噴出一次，柱高亦爲 250 尺左右。

冰島爲有名於世界最古之間歇溫泉地。就中有一泉，一般稱之爲大間歇溫泉 (Great Geysir)。此泉在 1896 年大地震以前，每隔 24 乃至 30 小時，噴出水柱高約百尺。至大地震以後，噴出時間，極不規則，間或 20 日間，全不噴出。

新西蘭北島，亦爲世界有名之溫泉地，惜其最著名之推達拉達 (Tetarata) 地域之多數間歇溫泉，因其隣近之火山於一八八六年噴火一次，致受其影響而被破壞。但迄於一八九九年，忽然出現一大新聞歇噴泉，噴出黑色之泥水，達 700 尺乃至 1500 尺之高。一九〇四年 11 月以後，其活動忽又停止。

日本之間歇溫泉，爲人所知道的，有熱海之大湯，陸泉之吹上溫泉。前者原來於一晝夜間，有五次之噴出，近來因濫掘噴水泉，減至二回，噴出之際，熱水與水蒸氣，交互而出。

吹上溫泉，每三小時噴出一次，水柱約 10 尺乃至 20 尺之高。

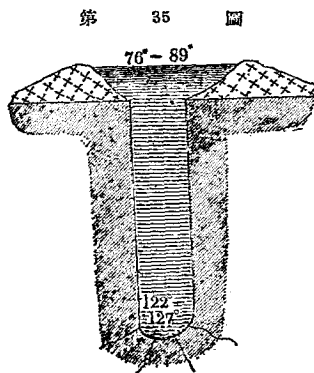
間歇溫泉之口，大抵有砂華之沉澱，多少形成圓錐形之丘。此種砂華，特稱之爲間歇溫泉石 (geyserite)。

最初說明間歇溫泉之
間歇的噴水之理由者爲本
生(Bunsen)氏。本生氏研究冰
島之間歇泉，其說明如下：

凡大間歇溫泉外部爲
由間歇溫泉石所構成之扁
平圓錐丘，其中央有噴水池，
由池底向地底，且有豎坑狀
之孔。池中之水，自表面漸次
下降，其溫度漸增。又距噴出
時愈近，其溫度亦愈高。表面之溫度，受空氣之冷卻，約在 80°C 。
上下。孔底之水溫約爲 122° 。將噴出之際，達 127° 。可知孔底之
水實達沸騰點以上。平時因上部之壓力，不能沸騰，但新熱水
由孔底連續不斷湧出，溫度漸增，至 127° ，不拘壓力如何之大，
終變爲水蒸氣。此際因水蒸氣之膨脹力，所以水乃噴出，而且
水柱甚高。噴出之水，一部流於池外，一部仍降下流入孔中。流
入孔中之水，溫度減低，所以孔底之水溫亦因之低降。於是沸
騰遂歇，噴出停止。照這樣看來，間歇泉之噴出，乃起於一時之
沸騰。

美國黃石公園之間歇溫泉，依據於本生氏之說。大體上，
可以說明。然其他地方之間歇泉，其噴出現象，不無多少之差
異，所以本生氏之說，亦有難於說明之處。

間歇溫泉，如投以石鹼，或土石之類，亦可促其噴出。其原
因或由於池中之水將化爲水蒸氣之際，投以石鹼等物，適與
以成水蒸氣之動機。但此種解說，是否正確，則尙未敢臆斷。



本生氏說明間歇泉之斷面

第三節 泉中之溶解礦物

在泉之中，必有礦物之溶解。此種被溶解之礦物，或是直接為水所溶解，或係間接受水中所含之二氧化碳或氧之作用而被溶解。

直接為水所溶解之礦物，為食鹽、氯化鉀、氯化鎂、硫酸鈣、硫酸鎂、硫酸鈉等。

受二氧化碳之作用而被溶解之礦物，為碳酸鈣、碳酸鎂、碳酸鐵、碳酸錳及鹼金屬之碳酸鹽、矽酸鹽等。

至氧之作用，如前所述，能使硫化礦變為可溶的硫酸礦。所以泉中所溶解之硫酸鹽，都不外受氧之作用所起之結果。

此外，在泉之中，尚含有極少量之磷酸鹽、硝酸鹽、鉍鹽等。普通之泉，溶解礦物之量，平均為萬分之一乃至三，礦泉（冷泉或溫泉）平均為萬分之六乃至百分之五。

水之溫度愈高，則其溶解力愈強，所以溫泉又多為礦泉。礦泉之分類，現時尚未一定。普通依據其所含之主成分，分為如下之數類：

- | | | |
|---------|--------|---------|
| (一)碳酸泉 | (二)鹼泉 | (三)食鹽泉 |
| (四)鐵泉 | (五)硫黃泉 | (六)瀉利鹽泉 |
| (七)硫酸鹽泉 | (八)矽酸泉 | |

脫布勒氏之分類，較為精細，如下所示：

- (一)氯化金屬泉
- (1)食鹽泉
 - (2)氯化鈣泉
 - (3)氯化鎂泉

(二)遊離鹽酸泉

(三)遊離硫酸泉

(四)硫黃泉

(五)硫酸鹽泉

(1)硫酸鈉泉

(2)硫酸鈣泉

(3)硫酸鎂泉

(4)硫酸鋁泉

(5)硫酸鐵泉

(6)混合硫化物泉(含種種硫化物)

(六)碳酸鹽泉

(七)矽酸鹽泉

礦泉所含礦物,種類既多,而分量又各不相同,其間不能
有明確之界限,所以在分類上,便不免於困難。

第四節 礦泉之地面沉澱

礦泉一出地面,與空氣相接觸,其一部必被蒸發,而其中
所含二氧化碳與氧之一部,亦自泉中逸出於外,所以泉中之
礦物之一部,自不得不因之而沉澱。一般所稱之泉華(sinter),
即由於礦泉之出口所生之一種沉澱物。

泉華之中,以石灰華(calcareous sinter)為最多。此種石灰
華之成生,乃因二氧化碳之逸出所生之石灰質沉澱物。水之
運動愈速,而二氧化碳之逸出亦愈速,所以沉澱便愈多。

石灰華可區分為二種:冷泉中所生之石灰華,概為方解
石;反之,在溫泉中所生之石灰華,概為霏石。

石灰華之產量豐富而自古有名之泉爲小亞細亞之希羅玻利斯(Hieropolis)市附近之溫泉。在數千年間，此地之溫泉，沉澱堆積，遂以形成高 330 尺長達 6 里之白壁，土人稱之爲棉花城。

意大利之狄費利(Tyvoli)瀑布之石灰華，亦係由富於石灰岩之亞平寧(Apennines)山所流出之河水沉澱而成。

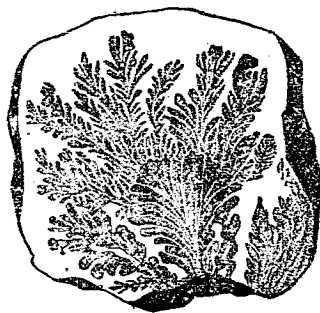
至其產量較遜於石灰華之泉華，則爲矽華(silicuousinter)，美國黃石公園之諸溫泉，以矽華之沉澱爲最盛。就中瑪莫斯(Mammoth)溫泉所沉澱之矽華，呈階段狀，帶雪白色，與泉之碧色，以及棲息於其中微細藻類之綠色橙色等相映，其所表現之美觀，非言語所能形容。此種藻類，不僅美觀，且能促進矽華之沉澱。

除以上二種泉華而外，一般溫泉，尚沉澱其他之含有物，如褐鐵，碳酸鐵等。

第五節 礦泉之地下沉澱

構成地盤之岩石，因其具有大小之孔或裂隙，所以礦物亦多沉澱於其中，此種沉澱作用，特稱之爲分泌。例如碳酸鐵或碳酸錳之溶液，侵入岩石之毛狀裂隙或層面之間，隨即沉澱，其狀如苔蘚，極爲奇麗，是即所謂模樹石。

第 36 圖



模樹石

又溶液侵入泡孔，即沉澱礦物之一部，因而填充孔之一部或其全部，是即所謂杏子或腺。杏子與腺，無嚴密之區別。通例孔內礦物，不呈顯明之結晶狀，則稱之為杏子；反之，呈顯明之結晶狀，其結晶之頂向孔心簇生，則稱之為腺。杏子與腺之形態不一，或作球狀，或作橢圓狀，或作不規則之長形。至其礦物之種類，普通為方解石、石英、玉滴石、紫水晶、沸石、綠泥石等。

杏子較多之岩石為黑玢岩、輝綠岩、玄武岩及其他之火山岩、輝綠凝灰岩中，間亦發見。

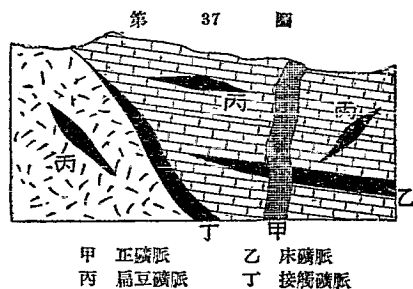
在岩石裂隙中所成立之沉澱，即一般之所謂礦脈(lode)。礦脈可大別為四類：即(一)正礦脈，(二)床礦脈，(三)扁豆礦脈，(四)接觸礦脈。而礦脈周圍之岩石，則稱之為母岩(country rock)。

正礦脈與成層岩之母岩，以多少之角度相橫切。床礦脈介在於層之間，與母岩之層相平行。扁豆礦脈，即礦脈於僅小距離之間，縮蹙或膨脹，構成扁豆之形。

接觸礦脈即二種岩石之間所存在之礦脈。

礦脈之為溶液所沉澱，已為一般人所深信不疑。至構成礦脈之礦物之由來則有二說：一為側面分泌說，一為昇泉沉澱說。

依據側面分泌說(theory of lateral secretion)之主張，構成礦脈之礦物，不論為石英、方解石、螢石等非金屬礦物，抑不論為銅、鉛、銀等金屬礦物，概作溶液，流通於母岩中，其滲入裂孔



中之溶液，即沉澱而成礦脈，換言之，即礦物存在於母岩之說。然此說與事實不盡符合，因同一母岩之中，有異質之礦脈，同一礦脈之中，有異質之礦帶，如謂沉澱來自同一母岩之溶液，則其化學成分，大致不可不相同，而在事實上，竟有種種異質礦物之沉澱，這是爲側面分泌說之所不能解釋的。

其次，就昇泉沉澱說 (theory of ascending hot solution) 來說，據昇泉沉澱說之意見，脈中之礦物係由極深之地底所湧出之礦物溶液沉澱而成，換言之，即礦物乃由地心而來。

此外，尚有折衷此二說之說，乃美國少數地質學者所主張，據折衷說之意見，以爲礦脈中之礦物，乃由昇泉與天水泉相會合而沉澱。

總而言之，礦脈中礦物之來源，現尙不能確定，但其原料取得於地球之內，則當爲事實。

地下洞穴之中，亦有礦物之沉澱，就中石灰岩中之洞穴，常產奇形之沉澱，在石灰岩之洞穴中，其自上端下滴之水，每每沉澱而形成垂水狀之鐘乳石，垂於洞之上端，其落下之水，沉澱筍石於洞底，至其側壁之水，亦作種種形狀之沉澱。

全世界最大之石灰洞，則爲美國坎塔基 (Kentucky) 州之瑪莫斯 (Mammoth) 洞，全長約 120 里，其次則爲美國印第安亞 (Indiana) 之一洞，長約 60 里。

洞穴中之沉澱，不限於石灰，即方鉛礦、黃鐵礦、褐鐵礦等，間亦作鐘乳狀之沉澱，又花崗岩中，常產水晶之大結晶，瑞士所產之水晶，直徑達三尺餘。

第六節 地下之加爾斯特現象

所謂加爾斯特 (Karst), 乃奧國一石灰岩地之名稱, 在這個地方, 因水之溶解力, 而生種種之奇異現象, 因為這樣, 所以一般石灰岩地, 如果具有和加爾斯特同一之現象, 即稱之為加爾斯特現象。

一般在地下所見之加爾斯特現象, 如像天然井, 天然豎坑, 天然漏斗, 陷落孔 (doline) 以及洞穴等是。

所謂天然井, 乃石灰岩中之圓筒狀, 鍋狀, 不規則之漏斗狀乃至壘狀之孔, 究其原因, 乃由於縱裂孔之一部受滲漏水之作用, 因被擴張而成, 天然井之形特大者, 則稱之為天然豎坑。

所謂天然漏斗, 即漏斗狀之孔, 流於其底部之水, 不論為雨水, 抑不論為河水, 一般歸於消失, 成為地下水流入其他之地方, 較深之孔, 約達百尺左右。

所謂陷落孔, 即地下穴之上端被損壞, 露出地面之孔, 直徑有時大至 400 尺, 深達 700 尺。

所謂地下洞穴, 除熔岩隧道而外, 概由水之溶解力而成, 所以此等洞穴, 多見於石灰岩, 白雲岩, 石膏等岩石易溶於水之地方, 例如上述之鐘乳洞, 即其中之一種, 洞穴之形, 大抵極不規則, 多為狹道由相連之數房而成。

洞穴之上端, 有時陷落, 因之發生地震, 又洞穴陷落之結果, 其上部之地層構造, 每起變化。

第七節 山崩

山腹之一部, 崩墮落於谷底, 是為山崩, 而山崩之原因, 即水之直接或間接之作用。

山崩之現象，根據於崩壞物之質，可區別爲土砂崩與岩石崩之二種。又根據於其落下之方向，可區分爲墜落與滑落之二種。不過，在實際上，難有明確之區別。

山崩多起於降雨之時，因在降雨之際，多量之水，侵入山腹岩石之間，水量愈多，則其破壞力與壓力愈大，所以山腹因之崩壞。

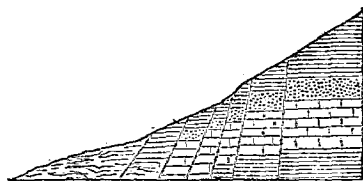
降雨時，山崩之結果，土砂必成爲一種泥流，奔流谷中，所以房屋、耕地、山林等，往往因之而被淹沒。

在大地震之際，亦每每有山崩之現象。

除山崩之外，尙有其他類似山崩之現象，如山腹一部之徐降，層頭之鈎曲以及二層間軟弱地層之褶曲等是。

所謂山腹之徐降，乃因谷之成立，山腹於谷之方面，失其支持，發生小斷層，而於其同一之方向，漸次降落。

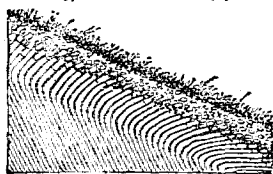
第 38 圖



山腹之徐降

所謂層頭之鈎曲，即急激傾向地層之上，風化之土壤層，

第 39 圖

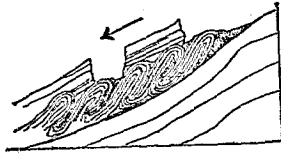


層頭之鈎曲

向谷流落,其地層之上端,因而屈曲作鈎形。

最後,所謂二層間地層之褶曲,乃上下之層,堅實無異狀,而中間之層,褶曲異常,這種現象,實因中間之層軟弱,向谷滑落,遂致停滯而生褶曲。

第 40 圖



二層間之褶曲

以上之所敘述,並非罕見之現象,尤以徐降與鈎曲,較為普遍。

第十章 流水與谷

第一節 流水之作用

降於地面之雨水，一部蒸發，一部滲入地中，一部流於地面，這是我們在前面曾經敘述過，但滲入地中之水，最終仍變為泉，流出地面，所以流於地面之水，當在雨水三分之一以上。

流於地面之水，即所謂河，溯河之源，大都為極小之流，河之於細流，其關係正如樹幹之於枝梢，大動脈之於毛細管一樣。

一切流水，莫不運動於溝中，實則溝即為水自身所開掘之通路，流水具有掘溝之力，於此可見，此即是為水之浸蝕力 (erosion)。

浸蝕力固為一種機械的作用，可是在另一方面，亦利用水之化學的作用，因水所浸蝕之岩層，大都曾受風化之化學的作用，岩石既起風化以後，而流於其上之水，自必運轉此風化產物之土、砂石等，而此種被運轉之土、砂石等，以其摩擦之力，損毀岩石，所以積月累年，而溝狀之水道因以成生，從此可知水之浸蝕力，一面為機械的作用，同時，又為化學的作用，而浸蝕之大小，一由於水之速度，一由於岩石之硬度。

水之速度愈大，則其運搬力愈強，因之，其所運轉之土、砂石等亦愈多，而對於水底之摩擦，便愈能顯其作用，不過，水之速度，一方面關係於後方壓出之水量，同時，又關係於水底之傾斜，所以浸蝕作用，以出水之時為最強，以山間傾斜之地為最大。

岩石之剛柔，與浸蝕之多少遲速，大有關係，這是不待說

的。一六三〇年中，意大利之依特那 (Etna) 山所流出之熔岩，現已被浸蝕約百尺餘，平均每年約被浸蝕三寸左右，而土石之層，約兩月之間，被浸蝕達 50 尺者。照這樣說來，岩石之質，關係於浸蝕之遲速，顯而易見。

流水浸蝕作用之結果，即為谷之成立。谷之初步，是為雨溝，即降於岩石上之雨滴，將岩石表面之風化產物，流下山腹，而於其面上，穿成細溝，成立此類之溝，就中以石灰岩為最易。這是因為石灰岩最易被含二氧化碳之水所溶解之故。所以，石灰岩面，每每成生多數之雨溝，較深之雨溝，其脊銳而若劍。

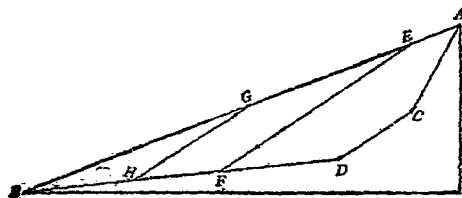
又疎質之岩石，其中如含有石片，則其較疎鬆之部分被浸蝕，而石片及其小之部分殘存，是即所謂土塔或土柱。土柱成立之條件，必須在軟土之中，含有較大之石片。最高之土柱，間有達 300 尺之高者。歐美產土柱之岩石，多屬前世界冰河產物之堆石。

第三節 谷之成立

谷之成立之順序，可以說明如下：

如圖所示 AB 線為尙未浸蝕之山腹，其上流下之水，遂

第 41 圖



谷成立之順序

於山麓之際，其水量最多，流動之速度亦最大，所以最先便在山麓，由水之浸蝕作用，開掘一較深之溝，此時山之縱斷面，略如 $\triangle GHB$ 之線，而 H 處之面，幾近水平，所以河底之傾斜甚少，水勢極鈍，因之在 HB 之間之河底，不能再有所浸蝕矣，僅能於其左右兩側，行其浸蝕，特別在增水之際，其浸蝕更甚，其結果遂生崖崩，而谷之面積，於是益廣，不過因土砂之堆積，而谷之底，反因之而漸淺，因此，所以再至增水之際，水溢於左右岸，是為氾濫區域，當增水時，水之氾濫部分，是即所謂谷之區域 (valley region)，其鄰近之部分，是為山之區域 (mountain region)，谷之區域，漸次增加其面積至 FB 線，反之，山之區域，漸次縮小至 AEF 線，最後，更退縮至山之最高點 A ，一旦深溝成立，水以急勢流於其中，終於形成直立之岩壁，河流因之可分為三部：(一)上流 (AC)，即水流奔騰，有若瀑布之區域。(二)中流 (CD)，即傾斜稍緩，水量與砂礫較多，河底平素不受浸蝕，水勢略可運轉砂礫之區域。(三)下流 (DB)，砂礫多沉澱堆積，河底增高，時時變更其水道之區域。

以上之所敘述，為谷之成立順序之一般的法則，但山之區域如浸蝕顯著時，水必流於山之兩側，其分水線之山頂，漸次被浸蝕，終於變為極低之地，因之，河道不能區別為上述之三區域。

凡河流所經過之地域，如岩石之性質，以及地層之構造，大致相同，則河流可作正規則之曲線，否則不得作同樣之浸蝕，而呈不規則之曲線，所以山之區域，每多瀑布，此為主要之原因。

第三節 谷之種類與形狀

水平層中所成生之谷，無多大之區別，而變位層中之谷，則依其變位之種類，可分為如下所示之種類：

先就谷與地層層向之關係，可別為縱谷、橫谷及斜谷三種：縱谷為與層向平行之谷，橫谷為橫切層向之谷，斜谷為與層向斜交之谷。

縱谷更可分為向斜谷、背斜谷及同斜谷之三種。

所謂向斜谷，即向斜層之間所成生之谷。

所謂背斜谷，即背斜層之間所成生之谷。

所謂同斜谷，即傾於一方之地層上所成生之谷。

此外，尚有所謂斷層谷，即沿斷層線上所成生之谷。

縱谷與橫谷，不盡單獨存在，而同一谷中，每每有一部屬縱谷，其他之部屬橫谷，像這樣的例子，並不稀見。

谷之橫斷面，就一般言之，山之區域，呈V字形，而谷之區域，則呈U字形。但是若加以精密之研究，則又與岩石之硬軟，岩石滲透水之難易，以及氣候之乾溼等，存有密切之關係。

(一)岩石之硬軟 一般堅岩中所成生之谷，狹而且深，反之，軟岩中所成生之谷，淺而且廣。至水平位置之堅軟兩岩層相重之地方，則其所成生之谷，多少呈階段狀，即堅岩突出，軟岩略呈平面或稍傾斜。

(二)岩石滲透水之難易 地層疎鬆，或富於裂隙，水易滲透於其中，則浸蝕之作用，自必貧弱，所以谷之兩側呈峻峭之狀，而谷底反深，反之，水難滲漏之岩石，水多流其表面，谷底與谷之兩側，比較多受浸蝕，谷側因以傾斜。

(三)氣候之乾溼 在水多之地方，浸蝕較強，所以其谷較廣而兩側傾斜。反之，在半沙漠或沙漠之地，流水僅少，浸蝕只限於河底，所以，兩岸峻峭而其間狹，這是因河水之量不充足之所致。

第四節 谷之成因

關於谷之成生原因，有謂專由於浸蝕之作用，有謂起因於地層間之裂隙。歷來地質學者之間，各執一說，迄今尙未有正確之解答。不過，就事實而論，水平層中之谷，完全由於浸蝕之結果，即變位層中之谷，亦有若干之例證，係由浸蝕而成。所以，採取裂隙之說，不足以說明谷之成生。雖然如此，可是在另一方面，關於谷之成生，亦有不採取裂隙之說，不足以說明之例證。例如一般所稱之貫通谷，即是如此。所謂貫通谷，乃橫斷山脈之谷。在此種谷之中，往往橫斷高於自己水源地之高山脈，如印度之卜拉麥禩脫挪 (Prahmapatra River) 河谷，斯脫萊 (Sutley River) 河谷以及印撻斯 (Indus River) 河谷等，即其適例。此類之谷，其所以成生，必由於山脈具有裂隙，而後水流其中，成爲河谷。不然，則必由於水流停滯，匯爲湖水，水越山脊，然後浸蝕成谷。但在後一情形之下，必須水源地高於山脊，否則水必反向水源逆流，無從橫斷山脈。

但是有一部分地質學者，反對此裂隙之說，依據他們的意見，認爲如果假定谷成立在先，山脈成立在後，則所謂貫通谷，亦不難於說明。因山脈漸次升起，其原來存在之谷，當隨地盤之上昇而上昇，而谷中之水流，漸次逞其浸蝕，所以地盤雖昇，而谷以其水之浸蝕，漸次擴張，因而成立所謂貫通谷。

此外，尚有所謂構造說。依據此說，山脈之高，在其初不盡相同。若山脈再受縱壓力，在事實上，自更生出高低，其特別低降之地，因受水之浸蝕，從而形成貫通谷成立之基礎。

照上所述看來，我們可以明顯地看出：貫通谷之成因，尚無確定之學說。不過，在理論上，谷固可由浸蝕而成，可是，浸蝕之作用，決非為唯一之原因，在谷之中，有所謂斷層谷，則斷層線與裂隙，縱不認定為谷成立之主因，却不能不承認為其副因。在古代谷之中，其成立之歷史，當極複雜，所以就地形與氣候而言，或亦有多少之關係。

第五節 水之運動

河水之速度，以山之區域為最大，漸近出口，則速度即隨之而減少，這是因河底傾斜漸次緩慢之故。

然上所述，不過為河水速度之一般法則，在實際上，河水之速度，於其所經過之途中，不無多少之變化，例如瀑布或急流等處，其水流特別迅速，又狹谷中之水流，比之廣谷中之水流，其速度亦較大。

不僅如此，即在同一河流之中，其兩側與中央及底，亦各異其速度。因水之運動與摩擦之有無或多少，亦有密切之關係。基於此理，所以河流之中央表面稍下之部，其流動之速度最大。但此係就河之中央線乃最深之線而言，如果最深之線，偏於一方，則最大速度之線，自亦隨之而偏。因河水浸蝕力最大之處，亦即速度最大之處。所以此二種之線，常相一致，是即所謂河心線。

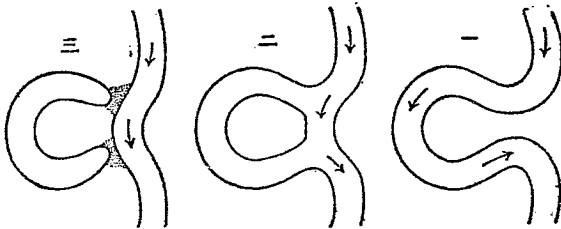
依據上述之理由，可知河水面，並非真平，河心線，其流最

速,所以其水平較左右側低,不過,此種情形,只限於減水之時,然在增水之際,水集於易流之中央,所以河心線之水平,反較左右側高,至平水之時,中央左右,水平大致相同。

河水所流之地面,自水源而至出口,設全部為同質之岩石所成,且其傾斜之度相同,則水路當為直線,但在實際上,岩石之質,有硬軟之差異,所以水亦隨之而呈紆曲縈繞之狀,因之,水以惰力,衝突凹側,次之凹側,亦因水之反射,而受衝突,因此,凹側受水之浸蝕,益增其凹,反之,凸側因水勢之緩慢,泥土砂礫之沉澱堆積,而益增其凸,一般河流之所以彎曲,蜿蜒若蛇,即以此故。

河之下流附近,往往成生蛾眉月狀之沼,此實為河流十分屈曲之產物,即河非常屈曲,如第42圖之(一),當增水時,水不取迂回之路,而取直路,如(二)圖矢之方向,如此,新水道一旦掘開,水即遵循新水道,雖至平水之際,亦不復取舊日之水道矣。

第 42 圖



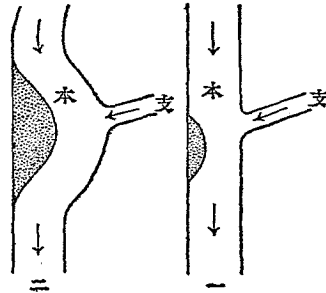
眉月沼之成立

(一)第一階段 (二)第二階段 (三)第三階段

從此,河中之島,遂以成立,而迂回之舊路與水流之新路之間,因土砂之沉澱,河中之島,乃與陸相連,舊有之水道,乃化而為眉月沼。

河流之彎曲，亦有認為非由浸蝕而成者，此說實為卡拉威 (Chalawer) 氏所首創，依據卡氏之說，支流之流入本流，往往在其凸側匯合，此非最初之狀態，支流入口之本流對岸，沉澱支流之土砂，所以，本流對於支流流入之方向，不得不屈曲其路，此種說明，固無可非難，然謂河流之屈曲，概由如此成生，則又未免近於武斷。

第 43 圖



卡拉威說明河流之彎曲

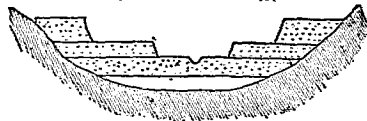
(一)初階段 (二)生彎曲之處

第六節 河段丘

流於山間之河，其一側或兩側往往成生段丘，是即所謂河段丘 (river terrace)。此種河段丘，並不限於一段，每具二段三段或甚至在三段以上。

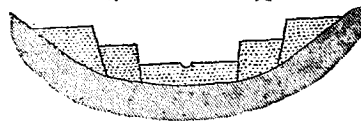
河段丘可分為二種：一為礫段丘，一為岩段丘，礫段丘最

第 44 圖



礫段丘之一

第 45 圖



礫段丘之二

為普通，乃由河水穿掘其所抽出之砂礫而成。岩段丘乃由河水穿掘堅岩而成。

段丘如不僅為一段而為數段時，則最高者，年代最古，最低者年代最新。

河之有段丘，乃因河水之浸蝕有激烈之時期與緩慢之時期之所致。具體言之，即浸蝕激烈之時期，河底被掘，反之，在緩慢之時期，切掘甚少，或反有砂礫之堆積。例如河底之構造，如第44圖之所示，河水在某時期開掘河底，在另一時期則不開掘，又如第45圖之所示，河水在某一時期，不僅不開掘河底，反而促砂礫之堆積。

浸蝕力之消長，由於水量之增減，而水量之增減，則又基於河底之傾斜與氣候之變化。

段丘成立之時代，有極古者，成立於洪積世之段丘，例證甚多，即在第三紀鮮新世所成生之段丘，亦有發見。德國萊茵河下流之四段丘之中，其最高之段丘，乃係成生於鮮新世，即其一例。

第七節 河水之運搬物質

物質在河水中流動之方法有二：一浮於水中，一在河底旋轉。前者多為細粒之土砂，後者多為粗礫，然與水勢亦有關係。具體言之，在水勢弱之河流中所流轉之物質，可浮於水勢強之河中，又在水勢弱之河流中不流動之物質，而在水勢強之河流中亦可流動。既是如此，所以河水之運搬力，純然因水勢之強弱而有等差，流水之運搬力與流水之速度成正比例。

河中之石片(礫)，稜角大都都不存在，多少呈圓形，因其輾轉

流動之際，彼此互相摩擦，且與河底摩擦，所以石之稜角，因之而消失，愈至下流，則其礫愈小而圓，愈至上流則其礫愈大而多稜角，山谷之中每多大石旋轉，即基於上述之理由。

大石之在水中，和陸地相比，較易運動。因多數之石，其比重常在2.5以下，而在水中，復失去其一。加之，在增水之際，水量與速度，同時增加，而枯木之枝幹等，亦往往流出，促進石向下流旋轉，所以，在增水之際，雖重量較大之石，亦能在河中流轉。

河水流出土砂之量，依據如下所示之表，略可知其梗概。

	一秒時間流出之水量	一年流出之土砂量
長江	21810 立方米	182000000 立方米
密西西比河	17500 立方米	211500000 立方米
恆河	5762 立方米	18030000 立方米
黃河	3285 立方米	472500000 立方米
白河	220 立方米	2266000 立方米

依據通常之計算，河水中之運搬物，浮游土砂之量，與旋轉石礫之量相較，約多10倍乃至50倍，就中尤以增水之際為最多，此時水之濁濁，實由於多含土砂之所致。

河水之運搬物質，除機械的作用而外，尚有化學的溶解的作用。此溶解物之量，減水之時，較多於增水之時，因減水之時，流入河中之泉水，較多於雨水之故。

河水中溶解礦物之量與其種類，各有差異，就量而言，比礦泉中少，比普通泉亦少。就種類而言，則大致與泉中相同。

河水中溶解最多之物為碳酸鈣，其次為硫酸鈣與食鹽。此外，尚有碳酸鎂、硫酸鎂、矽酸等。因此等礦物質，概為岩石中

最普通之分解產物，所以含於一般之水中。

河水之中，溶解礦物之量，據樸克 (Peck) 氏之計算，約爲注入海中之水量之六千分之一，則一年之間，自河流入海中之溶解礦物之量，約爲41億噸。

第八節 河水運搬物之沉澱

河水之運搬力，與河底之傾斜，大有關係，關於這件事實，在前面曾經論究過了，因爲這樣，所以較小之河流與傾斜較緩之大河流相匯合之處，自不能不沉澱堆積其流出之砂礫。此類堆積，大都向前擴張呈扇狀，是爲沖積扇 (alluvial fan)。

基於同一之理由，凡河底中，水勢貧弱之處，全爲砂礫集合堆積之所，中流與下流所有屈曲之內側（即岸之凸側與水之凹側），亦成砂礫之河原或泥土之洲。因爲在此方面，水勢大都貧弱，此等堆積，其面形略作紡錘狀，而兩端尖。至河原或洲之內部構造，必作交叉層理，這是因水勢與方向時有變化之故。

河底之傾斜，下流極緩，土砂不僅沉澱於屈曲之內側，而一般之河底，多能沉澱，其結果，河底全體增高，河底既高，所以在增水之際，易於氾濫，因此，河之兩岸，常築堤防，以求農耕地之安全。然而，在其結果上，往往反促成河底之高，因爲土砂受堤防之制限，僅沿堤防內之河底而沉澱。

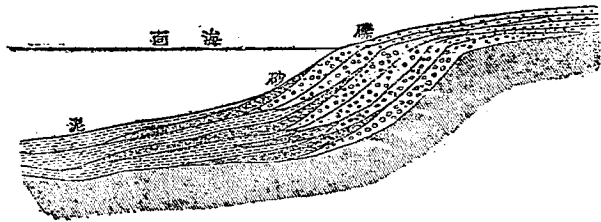
河水所運搬之土砂，並非盡沉澱於河底，其中之一部分，必流出於河口，水出河口，流動遲緩或不流動，所以浮游其中之土砂，不得不沉澱，此種沉澱於河口水底之土砂，久之，遂露出水面，而成三角洲 (delta)，或稱爲三稜洲。因洲之形，略呈三

角之形，所以加上這一名稱。

三角洲係由土砂礫等相重之層所成，因增水減水以及平水各時期，其運搬力各不相同，所以，沉澱之物亦復不相同。

三角洲往往以 30° 乃至 35° 之角度，傾向前方，其在河口水面以下沉澱之土砂，每每擴張至距河口較遠之處，就中以

第 46 圖



三角洲之交叉層理

在海水中為尤甚。因波浪與潮流之助，以及海水使土砂浮游之力大於淡水，所以土砂之在海水中，較之在河水中更能運搬及於遠方。

在海中距離河口不遠之處，往往成生細長之砂洲，與海岸平行，是之為砂門 (bar)。如其一端與陸相連，則稱之為砂嘴 (spit)。砂門與砂嘴之成生，因河水與海波相衝突，其間成立水之靜所，所以泥土砂礫堆積沉澱，而形成此種形態。

三角洲通常分為二種：一為成生於湖岸或海岸之三角洲，是為突出三角洲，西伯利亞雷那 (Lana) 河口之三角洲，即其適例。一為填充三角洲，即三角洲之未出水面者，如恆河、尼羅河 (Nile River) 等河口之三角洲是。此外，亦有介在兩者之間作中間形者。又原為填充三角洲，後因漸次成長，變為突出洲，例如密西西比河口之三角洲是。

三角洲之面積及其厚度，因河而異。如尼羅河之三角洲，面積約為8000餘方里，厚達350尺。密西西比河之三角洲，面積約為15000方里，厚達100尺。

三角洲成長之速度，亦各不相同。例如意大利婆河 (Po River) 邊之某市，現距河口五十餘里，而在一九〇〇年前，曾為港灣，此洲前進速度，一年平均約60尺。據李德 (Reid) 及格培 (Guppy) 之計算，我國北部諸河之土砂，經十萬年，可填充黃海之全部。又流入裏海之泰納克河 (Terek) 河口之三角洲，每年平均約前進1600尺。

三角洲成長之遲速，與土地之緩慢升降，極有關係。即上昇之土地，其成長速，下降之土地，其成長遲，甚至有全無露出水面之機會。

第十一章 湖水之作用

第一節 湖及其性質

湖爲地盤窪落部分所貯之靜止水，其四周環繞陸地，而不直接與海相連接。湖之充淡水者，是爲淡水湖，充鹹水者，是爲鹹水湖。淡水湖有流入之河及流出之河，鹹水湖可分爲二種：(一)與海略有連絡，海水多少流入其中，(二)有河流入，無河流出。此種無河流出之湖，其水之排出，全賴蒸發，所以由河流入之鹽類，漸次蓄積，因之，變爲鹹水。然亦不無例外。例如中美格特瑪拉 (Guatemala) 地方之卑特 (Petén) 湖，無流出之河，而貯有淡水，因其流入之河，全爲純粹之淡水。

內陸之鹹水湖，常在沙漠或半沙漠之氣候乾燥地方。例如裏海 (鹽分 4%)，美國之大鹽湖 (鹽分約 19%)，死海 (鹽分約 24%) 以及俄國之厄爾頓湖 (Elton，其所含之鹽分約 27%) 等是。

湖水之色，在從藍至綠之間。水中缺少浮游混濁物，則其色藍，反之，如富於浮游混濁物，則其色綠。水帶藍色之原因，學者之間，意見不一，有認爲水之本色者。

水之溫度，因湖而異。日光爲水溫之重要的源泉，所以日光最能左右水之溫度。

日光射入水中，水因增加溫度，其直接受日光溫暖之部分，乃水之最上層，每日由太陽位置高低所生之溫差，此層可以感覺。水中浮游之混濁物，多少有促進水溫上昇之作用，但是這種作用，僅限於水之上層。上層之中，溫度之向下低減，爲量極微，在其下之層約 50 尺以下，溫度之向下減少，變化急激，是爲急變層。在此急變層之下，溫度之向下減少，又漸次微小。

至最下層，溫度大致一定，此層之溫，非直接來自日光，乃間接由傳導而來，水之傳熱為不良導體，所以此層水溫之變化，極其緩慢。

依據湖水溫度之高低，以及水溫之昇降，加以類別，有如下所示之三種：

(一)熱帶湖 水溫常在攝氏四度以上，由表面漸降至下部，則溫度漸次低下，此種湖多在熱帶及溫帶溫度較高之地。

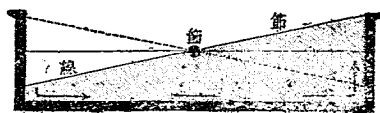
(二)溫帶湖 水溫夏季在攝氏四度以上，冬季在四度以下，所以夏季由水面向下部，溫度漸次低降，冬季由水面向下部，溫度漸次上昇，溫帶地方之湖，多屬此類。

(三)極帶湖 水溫一年中常在攝氏四度以下，最高不超過四度，所以水溫由水面向下，漸次增加，此種湖多在寒帶及溫帶之高山。

湖水之有運動，亦猶海水之有運動一樣，湖水之運動，有波浪、定常振動及潮流之三種。

波之大小與湖之大小成正比例，然湖之四周之地形，亦有影響，譬如山中之湖，因高山吹下之風，致生大波，而為平地大湖之所罕見，湖中之波，每極複雜，因波浪衝擊湖岸所生之反射，互相影響之所致。

第 47 圖



湖水之定常振動

定常振動乃四方環陸之湖所特有之現象，最初發見有此種定常振動之湖為瑞士之日內瓦湖。

據學者之研究，定常振動乃湖水全體之運動，如湖水全體向甲方面昇則乙方面降；反之，向乙方面昇則甲方面降，其週期

雖由於湖之大小而不一致，然其所經歷之時間，通常爲數分乃至數十分，非若普通之波之爲數秒，此種運動以稱爲節線之一定之線爲中軸而昇降。

定常振動之起因，由於氣壓之差及其他局部的氣象之變化。

湖中亦有潮流，潮流之起因爲風之影響或河水出入之關係，又定常振動之節線內，亦多少起水平的水流，此外湖底與表面之間，因溫度與密度之差異，亦生上下的水流。

第二節 湖之類別

湖之種類，據瑪斯喀脫夫 (Muschketoff) 之意見，可大別爲二：一爲盆地湖，一爲堰止湖。

所謂盆地湖，乃地盤先有窪所，而後水充貯其中之湖，所謂堰止湖，非由於地盤一部分之有窪所，乃泥土砂礫或其他之物，堆積一側或四周，而後貯蓄其水之湖。

盆地湖又稱爲凹地湖，更可區分爲以下之數種：

(一)浸蝕湖 瀑布及其他成旋渦之水，常穿孔於河底，其大者卽成爲湖，又地質時代冰河地方之小湖，多爲冰河所穿掘之湖，在類別上亦有人認爲屬於浸蝕湖，此類之湖，其形極小。

(二)冰蝕湖 此卽冰河時代冰河所掘之湖，多爲圓形小湖。

(三)風蝕湖 由風之作用所開掘而成之水孔，蒙古之鹹水湖，多屬此類。

(四)墜落湖 地底之洞穴崩壞，地面陷落成孔，因而貯水

之湖，例如石灰岩地方之石灰窠(doline)所成之湖，即其一例。

(五)構造湖 此為貯蓄有水之盆地，而與地殼之構造有直接之關係，其由地層褶曲而成之湖，是為褶曲湖；由斷層而成之湖，是為斷層湖，而斷層湖亦有線狀斷層湖及圓狀斷層湖之別，死海為前者之例，日本田澤湖為後者之例。

堰止湖亦可區分為以下之種類：

(一)冰湖 因冰河之堰塞河谷，其水停滯成湖，例如格林蘭(Greenland)及阿爾卑斯山中之湖是。

(二)雪崩湖 因雪之崩落，河谷之水因而堰塞成湖，此種湖多為一時的。

(三)山崩湖 此為因山崩堰塞河谷所成之湖，此種湖亦有係一時的。

(四)堆石湖 堆石於冰河融解後，停滯流水而成之湖，歐美地質時代之冰河地方多此種性質之湖。

(五)燒岩湖 此為因熔岩流堰塞流水而成之湖，美國加利福尼亞州之阿溫湖(Lake Owens)，即其一例。

(六)火口湖 此為火山之噴火口或爆裂孔貯蓄有水所成之湖。

(七)環礁湖 此在環狀珊瑚礁中央之鹹水湖。

(八)海岸湖 海面之一部，因砂嘴或砂丘之成立，變而為湖，此種湖多在海岸地方。

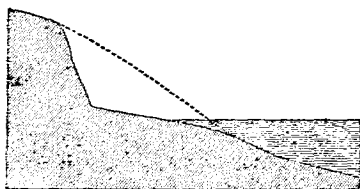
第三節 湖之作用

湖之區域狹小，所以其作用不及河流或海水之廣泛，但其作用亦有機械的與化學的之區別，在機械的作用中，又可

分爲建設的與破壞的兩種。

湖水之機械的破壞作用之結果，湖邊成生汀臺。即湖浪衝擊湖岸，削食岸邊，變爲向湖面傾斜之平面，此平面成立後，因氣候及其他之變化，水面低下，此平面昇至湖面以上，再受湖波之剝蝕，復成生新平面。美國大鹽湖沿岸所成生之平面，計有四段，從此可知此湖面在昔時，較之今日，更爲廣大。

第 48 圖



湖岸之汀臺

又湖岸之機械的破壞作用，剝蝕軟岩之部分，其堅岩之部分，突出於湖心而作半島。例如美國蘇比里爾湖 (Superior) 之喀維諾 (Keweenaw) 半島是。

湖水之機械的建設作用，爲波浪所剝蝕之土砂，堆積沿岸，造成砂門或砂壁等。又或在湖底沉澱土砂、砂藻土以及湖白堊(由石灰藻與介類之破片而成)等。

湖水之化學的沉澱作用較之機械的作用，更爲偉大。試就鹹水湖來說，其所含之鹽類達飽和量以上，則其超飽和量之鹽類，自不得不分離而沉澱。

鹹水湖中之鹽類，種類不一，所以其沉澱物，亦各有別。例如裏海之鹽類以食鹽爲主要成分，此外，尚含有多量之硫酸鎂，約當全鹽分四分之一(在海水中爲二十分之一弱)。沉澱之際，溶解力弱之食鹽，先開始沉澱，所以無互相混合之現象。

俄國厄爾頓湖 (Elton) 中之鹽類，以氯化鎂爲主要成分，硫酸鎂及食鹽次之。但每年乾燥季節，其湖底及沿岸所沉澱

之食鹽，有一億餘斤之多。

死海之沉澱鹽類，亦有名於世。其主要成分爲氯化鎂，次爲食鹽，再次爲氯化鈣、氯化鉀等。

美國之大鹽湖，其鹽分五分之四爲食鹽，其他有氯化鎂、硫酸鈉、硫酸鉀等。

依據以上之所敘述，鹹水湖既有種種鹽類之沉澱，則地層中所介在之厚鹽類層，當亦由於鹹水之沉澱，此爲顯而易見之事。但德國斯塔斯佛特 (Stassfurt) 之岩鹽層占有廣大之面積，厚達30餘尺。此類岩層，決非小湖水所能沉澱，實爲氣候乾燥地方之大內海或與大洋連絡不完全之大海灣沉澱而成。像這樣的例證，在現時亦可發見出來。裏海之喀拉卜克斯 (Karabugaz) 灣與裏海之連絡，僅一狹口，水由此海，經其狹口流入之外，別無入灣之河，且其地乾燥，灣內之水易於蒸發，所以，鹽分漸次增積，水中食鹽，大都沉澱。其表面水中之食鹽分量，較少於裏海之食鹽分量，即食鹽爲11.9，硫酸鎂爲3.3，氯化鎂爲2.5。然因食鹽(氯化鈉)與硫酸鎂分解反應之結果，即生硫酸鈉與氯化鎂，所以現時最多之沉澱物，爲硫酸鈉，至氯化鎂因溶解力強，所以沒有沉澱。

地質時代之岩鹽層及其他相伴之鹽層，基於上述之理由，大都由於出口不完全之內海或流入海灣內之海水沉澱而成。德國斯塔斯佛特之鹽類，依溶解力之強弱，其積疊之秩序，劃然區分。其最下部爲溶解力弱之硬石膏，其上爲溶解力強之岩鹽(食鹽)，再上爲砂金鹵石(氯化鎂、氯化鉀及水)，以及瀉利鹽石(硫酸鎂及水)等。

第十二章 海水之作用

第一節 海之破壞作用

海亦與流水同，具有破壞、建設及運搬之三種作用。其破壞之作用，稱為海蝕 (marine erosion)，乃波浪及潮流共同作用之結果。

(一) 波浪之破壞力 向大海開放之海岸，波浪之力甚強，尤以暴風時為更甚，其破壞力實足令人驚駭。例如英國海岸，雖重至七噸之大石，亦因暴浪之衝擊，湧上山邊。又海浪能及之高度，時亦甚大，斷崖之處，浪高可及百尺。孤島之燈臺，其海拔 200 尺以上之窗玻璃，每每被海浪所破壞。

海浪之破壞力，不單限於機械的勢力，其化學的分解力，亦有作用。據最近之研究，在海水中，矽酸礦物之分解，較之在淡水中，平均要快 2 倍乃至 14 倍。

此外，棲於岩石上之植物，穿掘岩石之動物，以及寒冷氣候之地方，岩石隙孔中水之結冰，都能促進波浪之破壞海岸。

海岸破壞之利器，即存在於海濱之砂礫與岩塊。砂礫與岩塊因波浪之力，衝擊海岸，而促其破壞。

海濱之砂礫與岩塊，原來亦為波浪破壞海岸之直接產物。即峻峭之海岸，波浪先掘其脚上部之石，漸次崩落，堆積岸脚，復因波浪之衝擊，變為大小礫塊或石片，而成破壞海岸之利器。所以此等石礫，亦與河流中之石礫同樣，互相摩擦，而帶圓形。最終更變而為砂，所以海岸之礫原，遂變而為砂原。

波浪破壞力之強弱，因波浪衝擊海岸之勢力、方向及海岸之狀態而有差異。就波浪之勢力而言，波浪愈高則其勢力

愈強，波浪愈速，其結果亦相同。就其方向而言，波浪之進行方向垂直於海岸，其破壞力最大，而平行方向最小。又就海岸狀態而言，峻峭之海岸，破壞較易，而平坦之海岸較難。軟質岩之海岸較易，而硬質岩之海岸較難。至極平之海岸，破壞力微弱，或甚至完全不能破壞。

波浪之破壞力，僅及於海岸表面之最上水層。5 米乃至 8 米之深處，極其微弱，但其運動，可傳至 200 米之深處。

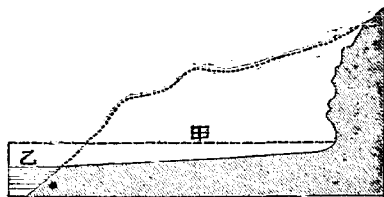
波浪破壞海岸之順序，先浸蝕峻峭之崖之腳部，成生空溝或洞穴，漸次加深，而其上部之岩石，遂致崩壞墜落，堆積於崖腳。此堆積之岩石，更受波浪之衝擊，破碎而成砂礫，沉積於海岸之附近。而峻峭之崖之腳部，更成立新空溝或新洞穴。像這樣海岸漸次破壞，其結果，在崖腳與水際之間，成生一帶平面，是為汀臺。汀臺之幅，擴張至高潮時波浪所及之處。

汀臺之表面，或為砂礫所被覆，或露出岩面。

汀臺成立之後，因海岸之急昇或海岸之急降，汀臺高其位置而為段丘。因波浪之衝擊，又成生新汀臺。以如此之程序所成立之段丘，常為數段。此種段丘，為着與河段丘有所區別，特稱之為海岸段丘。

(二)潮流之破壞力 潮流之破壞力，和波浪相比，極其微弱。此種破壞力，是為潮蝕。潮流之變異愈速，則其破壞力愈大。

第 49 圖



汀臺之成立
點線表示最初之崖面
甲 高潮線 乙 低潮線

例如狹隘之海峽，或喇叭狀河口之灣，即其明證。加拿大之芬特灣(Fundy)，潮高70尺，變異亦速，其潮流線之海底，深約110米，而其潮流線以外之部分，深僅40米乃至70米。從此可知潮流之破壞力，係以穿掘海底為主。

在俄比河(Ob River)、葉尼塞河(Yenisei River)、亞瑪遜河(Amazon River)以及我國之錢塘江等河流，有成爲漏斗狀之河口，其入口廣而近河狹，上潮之時，隨水前進，而漸高其水平，遂成海嘯之形，溯河而上，退潮之際，一時停滯之河水，共同湧下，其勢甚強，所以河口底爲之深掘。

第二節 海之建設作用

海之建設產物，有海岸壁、砂嘴及海底沉澱物。

所謂海岸壁，即砂礫之土堤，位於平時波浪所達之限界外，此乃風波之際，海水中之砂礫被搬運至海岸堆積而成。

所謂砂嘴，亦可視爲海岸壁之一種，其內側擁有貯水之沼。

至於海底沉澱物，於海之建設產物中，最爲重要。陸地地層之大部分，都不外海底之沉澱。

海底沉澱物之原料，其種類如次：

(一)因波浪之破壞力或由於海底之崖崩所生之泥土砂礫等，以及自河流出之同樣物質。

(二)溶解於河水中，而流出海中之礦物。

(三)陸上或海底之火山所噴出之物質。

(四)風吹海上之塵埃。

(五)由流冰或冰山之作用而流出海上之岩石。

(六)生物之甲、介殼、骨骼等。

(七)從地球以外飛來之礦物。

其次，就海岸之沉澱物，區分爲沿岸沉澱物、近海沉澱物及遠洋沉澱物之三種：

(一)沿岸沉澱物 沿岸沉澱物 (littoral deposits) 乃全然由陸上運搬而來之物質，即泥土、砂礫等。

此種沉澱物又可分爲汀渚沉澱物 (beach deposits) 及擅底沉澱物之二種：

所謂汀渚乃高潮低潮之兩水平線間之海底，與陸地直接相連之部分，所以這一部分，如爲平汀，則爲砂泥，如爲峻峭之崖，則爲礫塊，此外，尚混有海產動物之遺骸，在古代地層中，如波痕、網狀裂目、動物足跡以及交叉層理等，大都表現於汀渚沉澱物之中。

所謂擅底，又名坦海，即離海岸約 200 米之水深線間之海底，其傾斜甚緩，可視爲大陸之一部，沉澱物爲細砂及泥，由此部分成立之古代地層中，含有軟體類、海百合、腕足類、海綿、小形珊瑚等之遺跡。

(二)近海沉澱物 近海乃坦海以外至深約 2400 米之處，即大陸斜面上之海，所謂近海沉澱物 (terrigenous deposits)，亦以自陸上流來之細微土砂爲主，麥雷 (Murray) 氏曾就其色分爲如下所示之數種：

(1)藍土 (blue mud) 此乃由多少帶藍色之黏土與直徑半毫米以下之礦物粒(石英、雲母、角閃石、長石等)而成，其中含有放射蟲、矽藻及其他石灰殼之小動物，藍色乃由硫化鐵而生，此種硫化鐵則由有機物腐敗而成。

(2)綠土 (green mud) 此爲含有稱爲海綠石之矽酸礦物之粒而成,此種礦物粒如果含量極多,則其土如砂;有孔蟲之殼以及海膽之刺,卽爲此種綠色礦物粒所形成。白堊系產之綠砂岩及綠色泥灰岩,卽爲此種土砂所凝固而成。綠土之成分,除綠色礦物粒而外,有機物之含量,亦頗不少。

(3)赤土 (red mud) 赤土較之前二種土,其中所含之有機物較少,因氧化鐵與氫氧化鐵之存在,所以略帶赤色。

以上三種之土,都含有少量之碳酸鈣,約占全量之 30%。又藍土多產於溫帶與寒帶之近海,而綠土則以產於熱帶爲主,但在熱帶,若有大河流出之處,亦產赤土,因爲赤土或卽墟塢、黃土等之流出於海中而成生。

(4)石灰土 (calcareous mud) 此種土多產於珊瑚島附近,其原料以珊瑚之骨骼爲主,色白或稍黃乃至綠,此石灰土之大部分爲碳酸鈣,約占全量 85%,時產多量之有孔蟲,所以石灰土可稱爲珊瑚土之外,又可稱爲有孔蟲土。

近海沉澱物,除以上所述之四種土而外,如其隣近有火山島,則其沉澱物又有灰色黑色乃至褐色之火山砂及火山灰所成之泥土。

(三)遠洋沉澱物 所謂遠洋乃深海臺及深淵區域,自海底地學上之區分言之,卽深 2400 米乃至遠洋之最深點,面積極廣,約占地球面二分之一以上,所謂遠洋沉澱物 (pelagic deposits), 其分配多不規律,但在大體上,在沉澱物之中,含有多量之小有機物,至其基礎,則仍爲由陸地流入之最細微之泥土。

此種沉澱物，又可分為淺淵沉澱物與深淵沉澱物二種：

(A)淺淵沉澱物 所謂淺淵沉澱物，又稱為有機物泥土，主由小有機物之遺殼或骨骼而成，富於石灰質，更可區分為以下之三種：

(1)球形蟲泥土 (globigerina ooze) 此種泥土之主要產地為大西洋，印度洋亦復不少，太平洋僅限於南部，色白乃至灰，含有多量有孔蟲之殼，就中所含之球形蟲最多，所以有球形蟲泥土之稱，有孔蟲以外之有機物有粒石球、翼足蟲、海膽之刺、海綿、放射蟲、矽藻等，其石灰量約為30%以上，石灰之外，有硫酸鹽及磷酸鹽、礦物之破片，亦多量混於其中，白堊系之白堊，與球形蟲泥土，大致相似，但非完全一致。

(2)翼足蟲泥土 (pteropods ooze) 此種泥土，主由翼足蟲之介殼而成，此外有異足蟲、有孔蟲等之遺殼，所以在體上，與球形蟲泥土相類似，分布區域甚狹，只散在於熱帶地方之島嶼附近。

(3)矽藻泥土 (diatom ooze) 此為富矽藻之泥土，溼者色帶黃灰，而黏性強，乾燥者色白，其外觀及感觸，酷似麥粉。除矽藻外，尚含有放射蟲之殼及海綿之骨針等，石灰之量，約為30%以下，產地為寒冷之海底，北太平洋為其主要之產地，第三紀產之矽藻土，大抵與之相類似。

(B)深淵沉澱物 主由赤色黏土而成，一般不含小有機物，間或含有少量之小有機物，亦非石灰質，而為矽質。

(1)放射蟲泥土 (radiolarian ooze) 此種泥土因其含有氧化鐵，所以帶赤、褐、黃等色，放射蟲之外，有海綿之骨針及

矽藻等所以，矽酸之量，平均約占46%，產地爲太平洋與印度洋，大西洋則不產此種泥土。

(2)赤色黏土 (red clay) 此爲帶種種赤色之深海黏土，此種泥土之中，混有過氧化錳及氧化鐵之球塊，其過氧化錳及氧化鐵，常作球塊，而以魚骨、鮫齒、珊瑚片等爲核，其成因或謂係火山岩之分解，或謂海底含錳與含鐵之泉之分泌，其他含有物，有火山噴出物，冰河中所遺留之石片，以及隕石之小粒等。

赤色黏土之分布，太平洋最廣，印度洋次之，大西洋最少，產地以大洋之深淵爲主，在各種泥土之中，以此種泥土之分布區域爲最廣。

在地質時代之地層中，無相當赤色黏土之岩石，所以有學者認爲地質時代之海底，不曾產相當赤色黏土之泥土，但此說是否正確，無從斷定。

第三節 海之運搬作用

海之運搬作用，由海流而完成，波浪與浪潮，將河流中流出之土砂，押送至海岸之側，並促其沉澱，前面所敘述之海岸壁與砂嘴，即由波浪之逆送的作用所生成，又自陸上流出之砂礫，其大部分沉澱於近海，完全基於上述之理由。

海流之於輕物質，具有極大之運搬力，熱帶地方之樹幹，漂流至冰島以及斯匹次倍爾幹島 (Spitsbergen)，全由於海流之力，又南洋之黑色浮石，漂流至日本 沖繩島及四國之沿岸，亦由於海流之力，阿拉斯加產之浮石，流出於大西洋之北部，乃由於橫斷北冰洋的海流之力，因閉塞格林蘭東岸之冰

塊,即亞細亞東部北岸之流冰,此外,成爲遠洋沉澱物基礎之極微細之陸成土,亦由於海流運搬之作用。

第十三章 冰與冰河

第一節 冰之種類

冰就其成因言之，可以區分爲水冰與雪冰之二種，就其成生之場所言之，可以區分爲海冰與陸冰之二種。

所謂水冰，乃由水之冰結而成，其中有由海水凝結而成之冰，亦有由湖沼河流等凝結而成之冰。

所謂雪冰，乃由雪之固結而成，就中更可區分爲雪塊、山冰及冰河冰之三種。

所謂海冰，乃由海水凝結而成之冰，即水冰之一種。

所謂陸冰，即湖沼河流之水凝結而成之冰，以及雪塊、山冰與冰河冰等，統稱之爲陸冰。

所謂雪，乃空氣之中，水蒸氣直接變爲固體而成，最初呈美麗之結晶形，降高山之雪，因日光之融解力及蒸發力變作砂粒之狀。

所謂山冰，乃由砂粒狀之雪互相集合，更由滲入粒間之水膠結凝固而成。

所謂冰河冰，乃由山冰之被壓迫及其一部之融解固結而成，作結晶的粒狀，具有層理，各粒更由平行薄片而成，粒與粒之間，具有微細的裂隙，小塊無色，大塊呈美麗之藍色。

水冰如生於河湖海之表面，則其質硬而透明，帶白色乃至黃色，反之，如成生於其底，則多粗鬆而呈有孔質，並混有土砂而帶濁色。

水冰中之淡水冰，組織呈薄片狀，此種薄片，平行於冰面，海冰與冰河冰相同，全作粒狀，但其形成冰粒，對於冰面作垂

直之方向，至冰河冰之方向，却有種種。

水冰之大製造場，爲極地之海，冰之厚，最初在 2 米以下，因風或海流之關係，其間成生壓力，彼此衝擊，終達 50 尺上下之厚，表面極其凹凸。

除上述而外，尚有所謂化石冰，其成因不明，產西伯利亞等處，其中有冰河冰、淡水冰以及由雪直接凝固之雪塊。在歷來地質學者之間，大都推定此種冰自洪積世以迄於現時，不曾融解，所以有化石冰之稱。但近來學者間，對此冰之時代，多存懷疑之見解，所以化石冰這一名稱，似不適當。

第二節 雪 崩

堆積山腹之雪，有時作大塊，滑落於谷底，是爲雪崩(avalanche)。在所謂雪國之冬季或稱爲雪線以上之高山地方，此爲常有之現象。

雪崩最多之地，爲阿爾卑斯山中，此種雪崩現象，更可區分爲塵雪崩及底雪崩之二種。塵雪崩起於冬季，即新降之雪，落於原有之雪塊上，因而滑落成雪崩之現象。當其滑落之際，被岩角所撞擊，碎爲細粒之雪塵，所以有塵雪崩之稱。此種雪崩所生之損害，與其謂爲雪崩自身，毋寧謂爲因崩落所起的猛烈之風之爲合理。

底雪崩起於春季雪始融解之時，此種雪崩，不僅限於上部之新雪，而直接固結於地盤之舊雪，亦共同落下。轉落之際，一切與之相接觸之物，大都爲之壓潰。雪塊之大，有時爲 30 餘丈之立方體。雪崩填谷，每每將水停滯其中而生湖。前面所敘述之一時的湖，即由此而成。

此外，尚有所謂冰河崩，即冰河之下端，沿着急傾斜之谷而滑落之現象，此種崩落，冰塊極大，崩落之勢甚強，因受空氣之抵抗，冰塊終被破碎而為粉末。

第三節 冰河

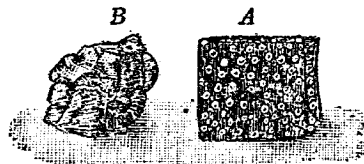
所謂冰河(glacier)乃發源於山之雪線以上之地，徐徐地滑落於谷之河狀冰，山之雪線以上之地，雪之結晶，因日光之融解力，而消失其稜角，變而為砂狀之小粒，是即山冰，山冰於山之下方，因自身之壓力及溶解水之浸入，漸次緻密，乃變而為冰河冰，山冰之變為冰河冰，必開始於其下層，次第及於最上層，所以冰河上流，必有山冰之部分，如果認為冰河若普通之川，則山冰之部分，正如水源之泉或湖一般。

第 50 圖



山冰變為冰河冰之想像圖

第 51 圖



A 山冰 B 冰河冰

冰河由藍白二色之冰層互相重疊而成，藍色層緻密透明，白色層呈有孔海綿狀，因山冰堆積之場所，有晴朗無雪之時期及溼潤降雪之時期，從而堆積之雪有凝固之部分與未

凝固之部分。

形成各層之冰粒，不但大小相交，而谷之下端，並且冰粒漸次增大，所以冰河之下端，間有卵大之冰粒，甚至有拳大之冰粒。

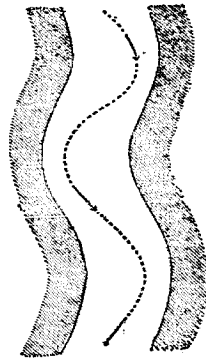
第四節 冰河之運動

冰河連續不斷地前進着，其運動之速度與質量之大小及谷底傾斜度之多少成正比例，冰河的運動，非若斜面滑落大石之運動，即所謂固體的，實則有似河流，而為液體的，因為這樣，所以其左右兩側及底面之運動遲，而表面之中央最速，如果河流彎曲時，則流水之河心線，必接近於谷之凸側（山之凹側），與此相同，冰河之最大速度線，亦必接近於谷之凸側。

冰河面之中央，其進行之速度最大。例如一八七四年，阿爾卑斯山之冰河上，其成直線並列之石，漸次彎曲，至一八八八年，變作彎曲極大之前凸曲線，即其明證。

冰河之運動，雖然類似液體的運動，然因其為固體，所以不能與液體的運動完全一致，即谷底傾斜如不均等，傾斜之度急激增加時，則冰河隨之而向縱之方向伸展，其表面生橫裂隙（第53圖之甲），又谷幅急激增廣時，則冰河隨之而向橫之方向擴張，其表面生縱裂隙（第53圖之乙），又谷有彎曲時，則

第 52 圖



冰河之最大速度之線

第 53 圖



甲

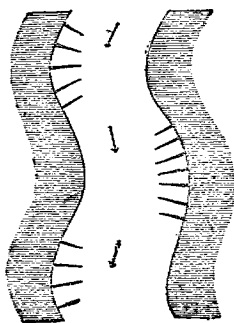


乙

甲 冰河縱斷面及橫裂隙 乙 冰河橫斷面及縱裂隙

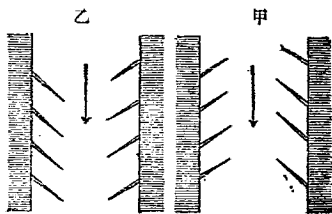
冰河之凸側(山腹之凹側),不得不有多少之擴張,即於此處生側裂隙(第54圖),又谷如無彎曲時,亦有類似於側裂隙之裂隙,是為緣裂隙(第55圖之甲),此緣裂隙之成生,或謂係表面不同速度之所致,但不論為側裂隙,抑為緣裂隙,其尖端,最初大都向着冰河面中央之上流,但因表面運動之不同,次第轉向下流之方向(第55圖之乙),基於同一之理由,橫裂隙亦變而為前凸之曲線。

第 54 圖



側 裂 隙

第 55 圖



緣 裂 隙

甲 最初之狀態 乙 其後之狀態

冰河若遇直下之斷崖，亦如山谷之水一樣，形成一種瀑布之外觀，是爲冰瀑布。在流動之際，碎爲大小冰塊而流下，但落下之後，此大小之冰塊，又互相固結而前進。

冰河之運動，不論冬夏，前進不息。不過盛夏之候，因冰河中浸入之水較多，所以其運動亦因之而較速。

冰河運動之速度，因地而異。在阿爾卑斯山，一年之速度僅爲 250 尺乃至 360 尺。在格林蘭，一晝夜間平均爲 37 尺乃至 60 尺之速度。

冰河之面，常因日光之力，其少量化而爲水，此水經冰河之裂隙，或不規則之孔溝，而達於冰河之底，而冰河底之水，復流底堆石之間，終於流出冰河之下端，是爲冰河溪。冰河溪之下端出口，是爲冰河門。從冰河門流出之水，極形潤濁，這是因爲混有底堆石中之土砂之故。但是，流經數十丈之後，則土砂沉澱，變爲清水。冰河溪之水量，日中最多，夜間最少，因冰河面之融解，日中達於最大之度，夜間則停止。

關於冰河之成爲液體的運動，其原因有赫爾滿哈爾茲 (Helmholtz) 氏、海依曼 (Heim) 氏及其他學者之說。依據這般學者之主張，冰河之運動，其主要的原由，乃由於冰塊所受之高壓與溶解水再結冰之所致。

據物理學之研究，在高壓下之冰，其流動恰如黏性物質一般。試置冰於金屬圓筒之中，加以高氣壓，冰即自細孔中流出如飴。究其原因，實由在高壓力之下，被碎爲多數之小片，變其相互間之位置，得取任何之形狀。不僅如此，並且冰之一部，因壓力而融解，化而爲水充滿於各片之間，使之易於運動。水之結冰點，在高壓力之下，較攝氏零度低，這是一般人所深知

的事實，所以冰受壓力，水之結冰點下降，必融解冰之一部，因此全體之壓力，得以弛緩，而浸入各片間之水，一遇結冰點之氣溫，即再結冰，連結各片，冰之流動，有若黏性物質，其理由即在於此。

上面之說明，似爲事實，因冰河之溫度，概在攝氏零度以下，所以赫氏、海氏及其他學者之說，確有科學的根據，這是我們所不能不承認的。

第五節 冰河之下端

冰河之流下於河谷，並非盡如河水，經平地而入海，其流入海中之冰河，僅限於兩極寒冷之地方，在溫熱兩帶之地，則僅流至氣溫所許可之界限以內，界限以外，則冰河融解，是爲融解線，融解線遠低於雪線，阿爾卑斯山，平均在海拔 1500 米以下。

融解線之高，各冰河雖大致一定，但因寒暖乾溼之關係，不免有多少之差異，具體言之，即寒冷而溼潤之年，融解線低；反之，在溫暖而乾燥之年，則融解線高，據近來觀測，融解線除每年有高低變化外，似乎更有長期之高低週期，舉例來說，如阿爾卑斯山之諸冰河，自一八五〇年，開始收縮，其中約減少 600 米乃至 1000 米之長度，但至一八八六年以後，復爲伸張，迄今尚繼續着此種現象，大約由於氣候的週期變化之所致。

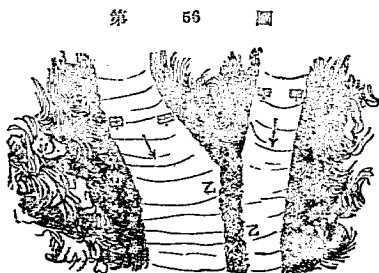
又融解線之高低，與四季溫度之差異，亦有關係，如冬寒而夏暑，則融解線高，所以在夏涼若極地之地方，而融解線特別較低，不僅如此，而融解線之高低，復關係於雨雪量之多寡，即降雪多之地方，冰河之本源豐富，所以融解線低，喜馬拉雅

山南側冰河之流下，遠低於北側之冰河，即因雨雪之量，南側多而北側貧乏之故。

第六節 冰河運動之產物

冰河因其運動，所以它具有運搬力、破壞力及建設力，恰如流水一般。基於此等力之作用，生出如下所示之諸產物：

基於風化、結冰、水及其他雪崩等作用，自山墜下之土砂及岩塊，漸次堆積於冰河左右之兩側，繼續相連，有如土堤之形，是為側堆石 (lateral moraine)。冰河漸至下流，復與其他之冰河相會合，正如河流



甲 側堆石 乙 中堆石

之與其他河流之相會合一般。因為這樣，所以兩冰河之側堆石，其在內側者，互相連接，出現於合流之冰河之中央，是為中堆石 (medial moraine)。若某一冰河與其他數冰河先後相會合，則中堆石作數條。

側堆石與中堆石，概位於冰河之表面，所以統稱為表面堆石 (surface moraine)。又表面堆石至冰河之下端，則冰河融解，而石堆積於其處，是為端堆石 (terminal moraine)。

表面堆石在冰河面上，有時高聳達一百五、六十尺之高，但其內面之大部分，仍為冰塊，而堆石僅被覆其上層。堆石高聳於冰河面上之原因，由於冰河面被日光所融解；反之，被堆石所被覆之部分，則不受日光，因之不融解，其結果，遂形成高

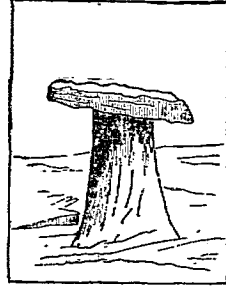
聳於冰河面上之堆石，即所謂冰河桌 (ice pillar)，即冰柱之上戴有岩石之笠，其成因亦同此理。

表面堆石之石片，未受摩擦，其稜角大抵尖銳；反之，介在冰河側面與山腹間之石，以及冰河底部之石，常受摩擦，而帶圓形。就中尤以在冰河底部之石，受冰河全重量之壓迫，而被壓潰，一部變作最微細之泥，一部變作有稜角之砂，一部變作帶圓形之礫。礫之表面，或具搔痕，或具數多切磨之面。

冰河底部之石類，總稱之為底堆石 (ground moraine) 底堆石因其為破碎之砂礫而成立，所以與表面堆石，大異其性質。但至冰河之下端，則又與表面堆石相混合而堆積，所以端堆石之由種種雜多之石及泥砂堆積而成，即以此故。

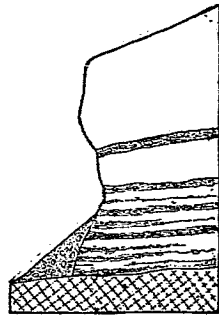
近來關於堆石，有新事實之發見。即冰河中如有岩島之存在，則此岩島，不僅供給中堆石之原料，而且與冰河相衝突，使冰河中之底堆石，突出表面，呈中堆石之外觀，特稱之為內堆石。此種堆石，與中堆石之性質，迥不相同，不難區別。又底堆石有時橫列於冰河中，至冰河之下端若層現出，此外又有所謂岸堆石，即冰河收縮之結果，側堆石依照原有之位置殘留於岩盤上而不

第 57 圖



冰河桌

第 58 圖



橫列之內堆石

流動，所以就其位置而論，適在冰河之岸上，因而稱爲岸堆石。冰河之摩擦作用，不僅施於底堆石中之石片，並且對於冰河下部之岩盤，亦常逞其作用，其岩面因受摩擦，而帶圓形，狀若饅頭，是爲饅頭岩。

第七節 受冰河作用之谷形

在地質時代冰河通過之山地，其谷形具有種種之特色，試分述於下。

(一)谷底作階段狀 由流水浸蝕之谷底，其傾斜成爲多少一定之曲線，與此相反，冰河通過之谷底，傾斜緩急無定，有時傾斜突然增急，而成數十尺或數百尺之急傾斜，緩急相間，因之谷底呈階段狀。

(二)橫斷谷 谷爲岩壁所橫斷，而此岩壁復爲流水所貫通，又或水被堰塞而成湖。

(三)盤形谷 谷形若幅廣之U字，較之由河流浸蝕而成之谷，其左右兩側平滑，而其底亦平滑。

(四)懸谷 支谷以懸崖入本谷，是爲懸谷，水在此處，構成瀑布，兩谷底之水平相差甚遠，因本谷中之冰河大，支谷中之冰河小，且其穿掘力亦有強弱之不同。

(五)龕谷 此爲在山脊之側面之壁龕狀之凹所，在往古時代，曾有山冰停滯於其中，其成因乃由雪或山冰流下山腹之際，穿掘而成。

以上所列舉之谷形，如果認定由冰河所掘成，則冰河當具一種浸蝕之力，在實際上，冰河是否具有此種之力，關於這一問題，在歷來學者之間，實爲一論爭之點，但在古代之冰河

地方，大都具有上述之谷形，而且就一般之冰河而論，又都能磨削岩石或搔傷岩石，從此，可知冰河之具有一種浸蝕力，毫無可疑。不過冰河之浸蝕力，較之流水，其結果全不相同，所以特稱之為冰蝕。

今試將冰河底之冰蝕之理由，說明如下：

冰河底之冰，其溫度之高低，與壓力之大小有密切之關係。當冰河前進之際，或因谷廣而擴張，或因谷狹而收縮，所以冰河底部之溫度，隨着壓力之增減而有變化，其結果，冰或融解，或再凝結，此種融解及再凝結之現象，在谷底岩盤裂隙中之冰，亦可發見出來，因此，岩盤漸次歸於破壞，而被破壞之岩片，復為冰河搬運而去，所以岩面終不免受其浸蝕。

第八節 冰河之分布

現時冰河產地，大都地面傾斜，而且限於雪線以上之山。在溫帶與熱帶，則為高山，寒帶則為低山。

今試述之如下：

亞洲 喜馬拉雅山，崑崙山，天山，雪嶺，阿爾泰山，高加索山等。

歐洲 阿爾卑斯山，俾勒里斯山 (Pyrenees Mountain)，斯干的那維亞 (Scandinavia) 之北部。

非洲 克里滿札羅山 (Kilimanjaro Mountain)，克里亞山 (Kenea Mountain)等。

澳洲 新西蘭之科克山 (Mt. Cook)，澳洲阿爾卑斯山等。

北美洲 洛機山，辛拉雷費陀山 (Sierra Nevada Mountain) 等。

南美洲 智利南部、安的斯山等。

北極周圍 冰島、格林蘭之周圍、斯匹次倍爾幹島等。

阿爾卑斯山之冰河，其數達二千以上，最長之冰河，長約40里，幅約3里。

喜馬拉雅山之中，有長30里乃至100里之冰河。

第九節 內陸冰

內陸冰僅產於兩極地方，亦為一種冰河。不過，此種內陸冰，並非填充河谷，而是被覆土地之全體。

其最廣大之內陸冰，產格林蘭及南極地方。格林蘭內部全體，覆於一大冰原，其厚約3000餘尺。它的發源地，即在於島之東岸海拔10000尺餘之高山，冰河自此向四方流動，及近海岸時，即流入於山與山之間，而成普通之谷冰河，終達於海。就中最大之谷冰河，位於北緯79°附近之西海岸，入海之處，幅約200餘里。

內陸冰之性質，與谷冰河相同。即內陸冰仍為粒狀，有層理，但無表面堆石，入河谷而後，始有表面堆石之存在。

內陸冰之運動，在內陸之範圍內，極為緩慢，但成為谷冰河而後，則其運動極為迅速，一晝夜之間，約達65尺。

南極地方之內陸冰，較之格林蘭之內陸冰，約大七倍。在南極附近，形成一萬尺餘之高原。

此外，尚有較小之內陸冰，產於斯匹次倍爾幹島及冰島。冰河與內陸冰，在地質時代，其所覆之面積，較今更為廣大。

第十節 冰 山

極地方之冰河，常流入海中，當其流入海時，每每碎為冰塊，因其質輕於海水，所以浮於海面，冰於海面，隨浪漂泊，是為冰山(iceberg)。冰河流入海中，被破壞之際，轟然發聲，有如雷鳴，海水為之攪亂，引起巨大之波濤，其狀實極悲壯。

冰山直徑，有時達數十里，其高往往達海拔 300 餘尺，但冰在水中之部分，約為在水面之部分之九倍，所以海拔 300 尺之冰山，若計算其全體，當為 2700 尺以上，從此，可知冰山出自冰河，並非出於海冰。因海冰之厚，僅在 2 米以下，並且冰山之上部或底部，攜有堆石，此亦為冰山非由海冰而成之一證。

冰山最多之地方為格林蘭之海岸，此處冰山由海流而流於南方，其中多流至加拿大東岸之紐芬蘭島 (Newfoundland) 附近而融解，所以其附近之海底，由冰山而沉澱之堆石，被覆廣大之面積，形成淺灘。

格林蘭之冰山，間亦有由紐芬蘭島更南漂流而達西印度之古巴島(Cuba)之冰山，又由南極地之冰山，亦往往漂流至南美拉卜拉搭(La Plata)河口。

至北太平洋之東側，則全無冰山。

第 59 圖



冰 山

第十四章 風之作用

第一節 風之破壞作用

風力亦如流水、冰河、海等，具有破壞、建設、運搬三種作用。

風之破壞作用，在於吹送砂礫，接觸岩石之面，使之受摩擦侵削之作用。其摩擦侵削之產物，亦有如下所示之數種：

(一)稜礫 此為有稜角之礫，具三稜或五稜產於風強雨少之地，所以沙漠地方最多。

(二)蜂巢岩 岩石受風砂之摩擦，柔軟部分，被削磨而去，因之，作蜂巢狀。

(三)茸岩 即一種之岩柱，高者若塔，低者若菌。

(四)島丘 因砂之穿掘力，高臺之地，變作數多孤立之小丘，有如桌狀，所以又稱為桌狀丘。

(五)風成壺孔 風砂穿岩面作孔，是為風成壺孔，與流水作用之壺孔相似。

(六)平行溝 此種平行溝為瑞典之赫頓(Hedden)氏發見於中央亞細亞沙漠之地，其深約20尺，幅約30乃至130尺，溝與溝之間，具有尖銳之脊。

(七)壩斯(loess)空道 我國北部黃土層間，穿掘深50尺乃至



我國黃土層間之峽道

100 尺之左右絕壁之峽道。

以上所述之諸種類，概起於風之破壞作用，所以此種作用，特稱之爲風蝕(deflation)，沙漠或半沙漠地方，風蝕作用，尤爲顯著。

沙漠之成立，固由於降雨之缺乏，而沙漠之種類，則關係於風之強弱與方向以及岩石之風化狀態，這是一個明顯的事實。

沙漠之中，有所謂砂原，有所謂礫原，更有所謂石原。砂原由細微之砂或粗砂而成，如果砂原中之砂粒，被風吹散，僅有石礫殘存，是爲礫原，又如一切風化產物，全被風吹散或搬運而去，岩盤裸出，是爲石原。

第二節 風之建設作用

被風所吹散之物質，復於地之他方，再爲降下，此降下之物質，可大別爲二：一爲砂丘，一爲岩塵之堆積。

(一)砂丘 所謂砂丘(sand dune)乃由砂堆積而成，有時高達數百尺，凡有砂原及風之處，都能作成砂丘，由其成生之地可以區別爲二種：一爲海岸砂丘，一爲內陸砂丘。

海岸砂丘，成立於海岸或砂嘴之上；內陸砂丘，多成立於沙漠之地。

砂丘既爲風成，所以風來之方面，其傾斜緩，而反對之方面，則其傾斜急，但風之方向及其強弱，時有變化，砂粒亦有大小輕重之別，加以地盤之形，亦無一定，所以砂丘亦作種種之形態。

(1)橫砂丘 此種砂丘與風之方向成直角，作長形，風

不甚強，且於長距離之間，砂量之供給充分，因而成立長形之砂丘。

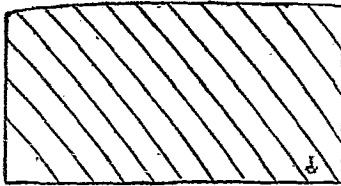
(2)縱砂丘 此種砂丘與風之方向平行，例如在中央亞細亞風力甚強之地多成立此種砂丘。

(3)馬蹄砂丘 此種砂丘，一名弓砂丘，形若蛾眉月狀，其凸側與風相對。一說以為中央大而高之部分，較之左右小而低之部分，其前進速率緩，因以呈弓形，孤立之砂丘，多作此形，若多數相連，則成脈狀砂丘。

砂丘大抵多數羣集而產出，常常連續不斷地移動着，因此，農耕之地，有時不免受其侵入，此種運動，極為緩慢，是為砂丘之移動(migration of dunes)。

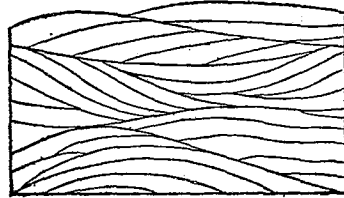
砂丘之表面，概不平滑，多作鏈漪狀，此為因風而生之紋。

第 61 圖



砂丘之斜層理

第 62 圖



砂丘之交叉層理

至其內部構造，即所謂斜層理或交叉層理，前者乃因風之方向一定而生之層理，後者乃因風之方向變化而生之層理。

形成砂丘之砂質，並不限於石英，隨附近之岩石為轉移。如果附近之岩石為石灰岩，則其砂質為石灰砂，如附近之岩石為其他之種類，則其砂質亦為另一種類。

砂之色，概為黃色，但阿刺伯及大戈壁之砂，則為紅色，此

種紅砂凝固，則爲紅砂岩，產於地質時代之紅砂岩，呈斜層理，或謂即係古代砂丘之砂所凝固而成。

(二)岩塵之堆積(墟斯) 細微之岩塵，尤易爲風所吹散，無論何處，都可堆積，多雨之地方，此等岩塵，立即流去，入於河，復入於海而沉澱，堆積陸地之岩塵極少，反之，若中央亞細亞土地乾燥之地，則岩塵堆積甚厚，即自山吹落谷間之岩塵，積於草原，草漸生長，岩塵不復吹散他處，漸次堆積，因作厚層，至於無草之地面，岩塵隨風轉送，無堆積之機會，又雖在有草之地面，如雨量較多，岩塵亦必不能堆積，隨雨水流去。

我國內地北部，蒙古以及土耳其斯坦等地，互廣面積之黃土厚層，即基於上述之方法而成生，此種黃土層，厚達 300 尺以上，無層理，含有蝸牛及陸生哺乳類之骨片，而無水生動物之遺跡，此可視爲非水中沉澱之明證。

陸成黃土之外，我國各處，間有具層理之黃土，據里希特荷芬 (Richthofen) 之研究，此乃河成之黃土層。

歐洲由俄之南部，至比利時之西部，亦有黃土而無層理或微有層理，含有蝸牛及陸生哺乳類，有謂係冰期堆石之泥土，被風吹散堆積而成。

此外尚有與黃土相似而爲風成之土，如南美之帕卜斯平原 (Pampas) 及北美之蒲勒里平原 (Prairy) 之土是，又如俄國南部之黑土，富於有機物，亦爲黃土之一種。

第三節 風之運搬作用

風之運搬力，對於細微之火山灰及岩塵，表現最爲明顯，火山灰之遠距離運搬，自古有名，意大利 費思維火山之

灰，往往飛至埃及或君士坦丁 (Constantinople)，冰島 阿斯基亞火山之灰，於一八七五年，飛至瑞典之斯脫喀霍姆 (Stockholm)，其距離約爲 800 里。一八一五年，塞波維島 (Sumbava) 泰波拿火山 (Tambora) 之灰，飛至蘇門答臘島，其距離約爲 2600 里。一八八三年，喀拉克土亞火山 (Krakatoa) 破裂之際，其灰昇至大氣最上層，擴至全世界，數月間，日沒之時，作濃紅色。一九〇一年三月九日至十二日，歐洲南部及中部，曾降赤色之泥土，當時稱之爲血雨。後經調查之結果始知係由阿爾及利亞 (Algeria) 之撒哈拉 (Sahara) 飛來之石英黏土及氧化鐵之細塵，因作赤色。當時所降之量，單就意大利而言，已有 130 萬噸。

又大西洋之上，往往降含砂藻之岩塵，此亦由於貿易風自撒哈拉所攜來。

第十五章 生物之作用

第一節 生物之破壞作用

生物之作用，不待說，遠不如水、冰、風等之大，但就地質學上來觀察，却亦有不可侮之勢力，它的作用，亦可分為破壞及建設二種。

生物之破壞作用，復可分植物的與動物的兩方面。

(一)植物之破壞作用 植物之根侵入岩盤，作機械的破壞，復以其腐敗所生之酸，而營化學的破壞作用。

一般細菌(bacteria)分解有機物，產生二氧化碳及氨(amonia)，促成岩石之分解，就中如硝酸細菌，由空中吸取二氧化碳及氮，及其死後，化為硝酸而殘存，其促進岩石之分解，十分激烈。又硫黃細菌，在硫黃泉及潛水中，分解硫化氫，而攝取硫黃，這種硫黃，亦能促進岩石之分解。要之，凡棲於地中或水中之細菌，其破壞岩石之力，在表面看來，雖似微小，但在實際上，却很廣汎，所以亦屬重要。

植物之重要破壞力，在其腐敗產物之二氧化碳及腐植酸。岩石風化分解所生之土壤，多帶黑色，即因其混有腐植酸或腐植質物之故。土壤之能培養農作物，實賴有此。前面所述俄國南部之黑土，亦因其含有多量之腐植質物，所以呈黑色。其所含腐植植物之量，約為4%乃至16%。

(二)動物之破壞作用 蚯蚓、鼯鼠以及獾等棲於地中之動物，其所居之洞穴，每因空氣之流通，促成岩石之分解。又穿孔介之類，常穿孔於海岸之岩石，成為岩石崩壞之原因。最後，若人類之掘礦山、鑿隧道，以及其他土木工程，都可視為破壞

岩石之大原動力。

第二節。植物之建設作用

由植物之建設力所成生之岩石，有石炭、石灰岩及矽質岩等。

(一)石炭之成立 構成植物體之大部分爲木纖維。木纖維由碳(50%)、氫(6%)、氧(44%)之三元素而成。其小部分爲氮及灰(礦物)，分量極微。

植物於地面腐朽之際，其所生之碳與氫，自由與空中之氧化合，形成二氧化碳與水，殘餘之物爲少量之灰。若在地中或水中腐朽時，因空氣供給之不足，則其所生之諸元素，不外互相化合而已。即碳之一部與氧化合成二氧化碳，氫之一部與氧化合成水，一部與碳化合成沼氣。但就其重量言之，二氧化碳乃碳1與氧2.6之比相化合而成。沼氣爲碳3與氫1之比相化合而成，水則爲氫1與氧8之比相化合而成。更就木纖維中此三元素之比例言之，其消費較多之元素爲氫與氧，碳較少。氫氧雖盡消費，而碳尚有多量殘存，所以木纖維在空氣供給不足之地腐朽，與在地面腐朽，其結果不同，而殘留多量之碳。此種現象，是爲**碳化** (carbonization)。世所稱之石炭，即此碳化作用之結果。

碳化作用之在地中進行，與地面之腐朽相比較，極爲遲緩。雖經過數百萬年之石炭，尚有未完全碳化者。在石炭中從泥炭經褐炭黑炭而至無煙炭，因其碳化之程度不同，所以其所含碳量亦異。今試列舉各種石炭之平均成分如左，以示其碳化之程度。

	碳	氫	氧
木 纒 維	50	6	44
泥 炭	60	6	31
褐 炭	70	5	25
黑 炭	82	5	13
無 煙 炭	94	3	3
石 墨	100	0	0

碳化作用如遇造山力或火成岩之接觸，則進行甚速。所以雖屬同一時代之炭層，其介在之地層，若多褶曲或斷層等，則其碳化較速於未變位之處。又因火山岩之接觸，褐炭往往變為黑炭或無煙炭。

依據以上之所說明，很明顯地可以看出：石炭為植物碳化之產物。關於這件事實，尚可舉出如下所示之直接的證明：即(1)沼澤之底所堆積之水草，每每可以看出尚在碳化過程中，(2)褐炭黑炭等尚有木理可辨，(3)地層中所埋藏之木幹，可以發見出有許多正在碳化為石炭之實證。

(二)石灰岩之成立 從植物所生成之石灰岩，以藻類石灰岩為最多。海中有一種藻類，名為石灰藻，其枝幹上被石灰所被覆。就中含石灰質最多之藻類植物，即為尼梭搭母紐母(lithotamnium)一屬之植物。此種藻類植物，作芋狀、平面狀、或樹枝狀，含有碳酸鈣54%，碳酸鎂5.5%，此外尚含有少量之磷酸鋁、磷酸鐵及磷酸錳等。所謂尼梭搭母紐母石灰岩，即此種藻類所集合而成之岩石。

藻類中之 *hyknun* 屬，以及車軸藻屬之植物，概吸收淡水中之碳酸，因而促成溶解於水中的碳酸鈣之分離沉澱。一

般所謂石灰華，即由此而成。

(三)矽質岩之成立 海中或淡水中生活之矽藻，常堆積形成岩石，是即所謂矽藻土。又礦泉中生活之絲狀菌，常沉澱其中所溶解之矽酸，成立矽華。

第三節 動物之建設作用

海棲動物，多從海中吸收碳酸鈣，構成其甲介骨骼。此種動物以珊瑚為最主要。珊瑚之形體小，且孤立生活之種屬，自然不能構成岩石，但其形體較大而多數羣居之種屬，即可相集而成岩石。此種珊瑚，是為造礁珊瑚 (reef-building coral)，成為珊瑚石灰岩之原料。

造礁珊瑚，種類繁多，間有形體極大之種屬。例如 *maeandrina* 屬，*astraea* 屬，其直徑約十五、六尺。又如 *porites* 屬之直徑約為 30 尺。此類珊瑚，多數羣集，幅每及數十里。間或作輪形，而中央圍百餘里之海，或作帶狀，達數十里或數百里。澳洲東岸之珊瑚礁，南北相連，長 2000 餘里，其幅亦時及 200 餘里。

造礁珊瑚為暖海產動物，其產地之海水，平均溫度，須在 20°C. 以上。所以造礁珊瑚之產地，以熱帶為主，大致為南緯和北緯 32° 之間。又此珊瑚為淺海產，其深度約在 40 米以內，如超過 40 米，則不能棲息，所以多產於海岸附近。並且此種珊瑚，概生活於純粹海水，而無淡水土砂混雜之處。

造礁珊瑚之骨骼，不但高築至低潮面，並且常超過高潮面。低潮之際，高出水面之部分，受波浪之破壞力，其表面漸次破壞，成生破片，漸次填充於珊瑚骨骼之間。又此間隙中棲息有海膽、貝類及其他介甲動物。從此等死體所生之二氧化碳，

可溶解石灰質，作為一種之膠結物，而固結以上所述之破片及介甲等，所以珊瑚礁之周圍，雖尚為生珊瑚之棲息地，而中央之部分，則已變為岩石，每每有草木滋生繁衍於其上，一般所說之珊瑚島，其成立之經過，不外如此。

珊瑚礁以其形狀，別為三種：

第一為海岸礁 (fring reef)，又稱為裙礁，此為接近於海岸所生成之珊瑚礁。

第二為壁礁 (barrier reef)，又名堡礁或堤礁，此種珊瑚礁與海岸隔一帶之水。

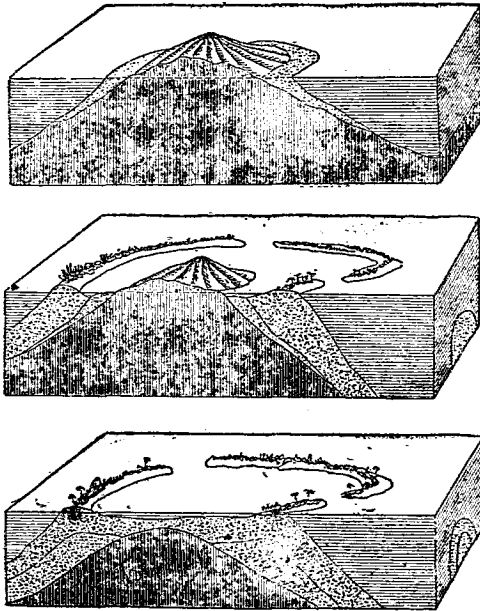
第三為環礁 (atoll reef)，略作環形，擁抱海水，有如湖沼，所以又名為湖礁。

珊瑚礁之成上述三形之理由，則有達爾文氏之沉降說 (subsidence theory of Darwin)。依據此說，壁礁乃海岸礁之變形，而環礁又為壁礁之變形，其所以變形之原因，則不外由於海底之下降。其後丹納 (Dana)、萊伊爾 (Lyell) 及其他學者，亦主張此說，其更精詳之解釋如下所示：

造礁珊瑚，最喜棲息於淺海，所以最初必接近於島之海岸，堆積其骨骼，此即所謂海岸礁。但其後海岸下降，島亦隨之下降，於是珊瑚向上堆積其骨骼，所以海岸礁漸離海岸而成壁礁。最後，島更沉降於海面下，壁礁終於變為環礁。

沉降說對於珊瑚礁變遷之解釋，能自圓其說，所以風靡學術界，為日頗久。但其後亞格西 (Agassiz) 氏、麥雷 (Murray) 氏、基凱 (Gikie) 氏、塞卜爾 (Senper) 氏、萊因 (Rein) 氏等學者，反對此說。亞格西 氏等之意見，認為珊瑚礁形之不同，基於食物之多少。外側較之內側，食物之供給多，所以珊瑚向外側成長，而內側

第 68 圖



珊瑚島變遷之模型圖
(上)海岸礁 (中)堡礁 (下)環礁

之珊瑚，漸次死亡，且其所堆積之骨骼，因受潮水之衝擊，漸次破碎，其骨骼之破片，更由潮水之運搬或被水所溶解，其中央之部分，因之變形而為湖，此即珊瑚礁之具有三種形態之理由。

近來珊瑚學者，以為珊瑚不限於島之周圍，凡屬具有適於生活條件之處，都能繁殖，例如在海面下之火山頂，或其他介類堆積之處，珊瑚都可以生存於其上。格培(Guppy)氏並認為此等地方，海底之下降，反多於海底之上升。

達爾文氏之說，果屬合乎實際，則環礁當較厚於珊瑚生活之深度，因島沉沒之際，珊瑚骨骼漸次堆積於其上。一八九七年，南洋佛納佛基島所測之結果，雖深至 1100 餘尺之深處，多為由種種之珊瑚所成立之石灰岩，其附近之珊瑚島，亦大致相類，所以此處之實際情形，適與達爾文氏之海底沉降說相符合。不過，在實際上，亦有成立於海面下火山頂之珊瑚島，而其成立之原因，實非達爾文氏之說所能說明。

珊瑚之外，製造石灰岩之動物，有軟體動物、海膽、有孔蟲等。

第四節 碳氫化合物之成立

自然界中，產有天然煤氣（沼氣）、石腦油、地蠟及土瀝青之諸種碳氫化合物，其成因為動物抑為植物，現尚無明確之判斷。

天然煤氣發生於石炭成立之際，既已如上所述，此外，或單獨產出，或與石油岩鹽共產，有時，產量極多，可供燈用及熱力用，其有名產地為俄之巴庫（Baku）石油地，美之藩辛爾法尼亞（Pennsylvania）石油地，德之漢堡（Hamburg）附近之岩鹽地，以及我國四川省之岩鹽地，此外，在匈牙利、意大利、加拿大等處，此種煤氣，每與水共同流出，水中往往混有泥土，因之形成泥丘，其形若圓錐，所以俗稱之為泥火山（mud cone）。

石腦油即石油之原油，多貯於地層之背斜層中，但間亦貯於裂隙或斷層線之中，其產地為美之藩辛爾法尼亞、俄亥俄（Ohio）、印第安納（Indiana）諸州，俄之巴庫、奧之加里西亞（Galicia）、羅馬尼亞、爪哇（Java）、婆羅洲（Borneo）、日本等地。美

國所產之石腦油,多出自泥盆紀之地層,其他則多自第三紀產出。

地蠟之最大產地爲奧國之加里西亞,土瀝青之最大產地爲死海附近與特立尼達島(Trinidad)。

關於石腦油之成因,尙無定說。沼底腐泥,含有有機物,可以製造石油,所以有謂石腦油之原料卽爲腐泥。又蒸餾魚油,可得石油,所以又有人認定石腦油之原料,卽爲動物之脂肪。但藻之一種,名爲 *myrocystis flosaquae*, 加以蒸餾,亦可得石油。所以更有人認爲石腦油之原料,既可出自動物,亦可出自植物。此外,尙有人以爲矽藻之細胞中,含有油之微滴,易變爲地蠟。地蠟如遇壓力及地熱,則易變爲石油。

土瀝青乃碳氫化合物之被氧化之物,所以可視爲從石腦油變化而成。

第十六章 外生力之一般作用及其結果

第一節 削磨

所謂削磨，乃由陸上之諸種破壞力，削磨地面之謂。具體言之，即浸蝕、風蝕、冰蝕、風化等之作用（海蝕除外）。

削磨雖由此等作用之合併結果，但因土地之不同，而其結果亦因之而各異。概括言之，山愈高則削磨愈強，這是因山高則雨量多，並且在寒冷之季節，結冰亦較多之故。

削磨既為諸種破壞力之合併作用，所以古地層之山較之新地層之山，其所受之影響自多。設無再度之崛起，勢必漸次低落。關於這一事實，有許多例證，可資證明。現時世界所稱為最高之山脈，多由較新之地層而成；反之，由古地層所成之山，概不甚高，實即削磨之結果。

河流之於削磨，至為深切。現時世界各河流之削磨力，有學者曾作概括之估計。印度諸大河之流域每經 5200 年，約低下一米。尼羅河約經 164000 年，低下一米。此係根據樸克 (Penk) 氏之說。不待說，在此兩河之間，其年數之差，即由於浸蝕之有遲有速。

又據蒲尼克勒爾 (Bruckner) 之估計，密西西比河流域，約經 22000 年，低下一米，我國之長江流域，約經 77000 年低下一米。

陸地成立以來，削磨力之活動程度，極為偉大。被覆廣大面積之厚地層，幾乎全被削磨，由地層之褶曲所生之凹凸之消失，相差數千尺之地層，其表面被削磨為同樣之水平，以及斷層之不作階段狀，凡此種種，都足以證明削磨力之偉大。

近來火星之地文的研究，着着進步，有謂火星無高山之說，此星較地球小，人所熟知，設無高山，則當較地球尤為冷卻凝結，既無收縮力之活動，使高山得以闢起，而舊有之高山，復以削磨作用，多被削平，此種事實，亦可視為削磨作用之另一證明。

第二節 成於外生力之岩石類別

以上所述基於種種之外生力所成生之岩石，是為沉澱岩或成層岩，這是與成於內生力之塊狀岩或火成岩相對待而言的，如果依據其成生之方法加以類別，則有以下之諸種：

(一)碎屑岩

(1)水成岩

(2)風成岩

(3)冰成岩

(4)火成岩(火成碎屑岩)

(二)凝集岩

(1)氣成岩

(2)水成岩

(三)有機岩

(1)植物成岩

(2)動物成岩

(一)碎屑岩 所謂碎屑岩，乃由岩石破碎所生之石屑，如土、砂、礫等相集合而成之岩石，此等石屑，沉澱水中，是為水成；砂丘之砂或黃土為風搬運堆積而成之岩石，是為風成；如諸種之堆石，成於冰河之作用，是為冰成；又如火山灰與火山礫，依火成岩之作用，被粉碎飛於空中，後落地面而堆積，是為火成。

(二)凝集岩 所謂凝集岩，乃由化學的作用，促成氣體或液體之凝結，或促成溶液中所含有礦物質之凝集沉澱，因而

所成之岩石。例如雪山冰、冰河冰等，其成因由於空中水蒸氣之凝結，是為氣成；又如海冰之由於海水之凍結，以及石膏、岩鹽等之由於溶解水中之物質之沉澱，是為水成。

(三)有機岩 有機岩概由有機物而成立，例如石炭、藻類石灰岩、矽藻土等，全由植物而成立，是為植物成；又如白堊、放射蟲泥土以及其他多數之石炭岩等，則由動物而成立，是為動物成。

下篇 歷史地質學

第一章 總論

第一節 歷史地質學之意義及其目的

歷史地質學(historical geology),乃地質學之一分科,它的主要的任務,在於研究地球之發達與變化,以及棲息於其上的動植物之演進變遷的過程。

一般所說的地史學,地球發育史,地質系統學以及前世界史等,都不過是歷史地質學之別名而已。

欲知現在,必須理解過去,既知現在與過去,即可預測將來,基於這一論點,便可明白研究地球之過去的歷史地質學,對於理解現在之地球,以及預測未來之地球,不待說,它是有極深切之關係的。

我們研究人類的歷史,必須根據古來之記錄,研究地球的歷史,則根據層層相重之地層,與夫埋沒其中之化石,而地層之相重,依着新舊之次序,上層新而下層古,在新代地層的裏面,埋沒新代生存之生物遺骸,在古代地層的裏面,埋沒古代生存之生物遺骸,因此,所以我們現在把這般從新舊地層裏面所發掘出來的化石,加以研究,這正像讀歷史一樣,就可以追蹤地球發達之沿革歷史,以及各種生物進化變遷之形跡了。

化石 (fossil) 之一語,原為掘出物之意,在從前的人類,凡屬地中掘出之物,統稱之為化石,到了現在,却有一個嚴密的制限,而把這一名詞,專用於地層中所埋藏或被發掘之動物

遺骸。此外，動植物遺留在泥土上之種種印痕，雖非生物遺骸，但在化石學上，亦列入化石之中。

化石之種類，雖極繁複，但就一般言之，陸棲生物，少埋藏地層中之機會，所以保存於地層中之種類，不如海棲生物之多。反之，海棲生物，分解作用較少，且得直接埋沒於海底，容易保存為化石。所以，現時所發掘之化石，海棲生物之種類較多，其原因即在於此。又生物之組成物質及其構造，在保存上，亦深有關係。生物體中之硬固部分，易於保存，而軟弱部分，則易於分解消失。所以現時所發見之化石，多為具有介殼或骨骼等之生物遺骸。至其軟弱之部分或個體，絕少存在，並且堅固之部分，每每受化學的或物理的作用，或被粉碎，或被溶解，不復保存於今日。縱令得以保存，亦不免變更其原形，或分散其各部，所以在地層中完全保存之生物遺骸，極為稀少。因為這樣，所以化石學上或古生物學上所提供於學術方面之知識，不過古生物界中極其有限之一部分。

在歷史地質學之研究上，化石之作用，十分重要。概括言之，可分為以下之三方面：

- (一)表示地理之變遷；
- (二)表示當時氣候之變化；
- (三)表示地質之時代。

總而言之，人類之歷史的記錄，乃是文字。而地層之歷史的記錄，乃是有機生命。這樣一個顯而易見的道理是誰也不能否認的。

第二節 地質時代與地質系統

現世界以前之時代，如欲確定其年數，可以說是一件不可能的事體。不過，有一部分的地質學者，對於前世界所經過之年代，曾採取各方面之根據，而加以估計。有的學者計算在一定期限內沉澱於河口的土砂之厚，藉以與地層之厚相比較；有的學者將陸地面所受削磨之作用，減低其高度之速率作為基礎來估計地球過去所經過之年數；有的學者認定海中所含之鹽分，係由河中所流入，所以拿河流中之鹽量與海中之鹽量，相互比較；有的學者根據於物理學上之原則，以地球每年減溫之速度作標準來推算地殼創成以來之年數；更有學者以物質之放射能為基礎，推算地球之年齡。要之，這般學者，依據於各種之方法，用以推測地球從太古時代以來以迄於今日所經過之年數，不過，他們都苦於無適當之根據，所以在這般學者之間所估計出來的數字，各不相同，而且相差甚遠。

雖然如此，地球自創成地殼以來之年數，固不能確定，但是，前世界所經過年代之久遠，則無可懷疑。在此悠久之期間，因最初地球之進化，達到了適宜於有機生命之形成的自然條件時，即產生有機生命。單純的細胞實為生物之個體最初形式。

自從有了單純的細胞而後，而這單純的細胞，即在分化的路線上，進化而為複雜的有機體。經過長久的歲月，因適應環境之自然淘汰的結果，而所有一切有機體的形態，經過由漸變而至突變的形式，或由量到質的轉變的過程，乃成今日形形色色之有機生命的世界。

不過榮枯盛衰，生者必滅，乃生物界之共通的根本法則。

所以某種生物，一旦出現之後，必繼之以繁榮，其後則漸次衰微，終至於滅亡。這種事實，依據於地層中既知生命之記錄，可以得到充分的證明。

因為這樣，所以地質學家，依據於生物盛衰之跡，而把前世界，區分為數多之時代，是為地質時代(geological chronology)，而每一地質時代之特性，可分為以下之三點：

(一)其所出現之生物，與前一時代相比，在進化的階梯上，較為高級。

(二)從前一時代所繼續傳來的生物，臻於隆盛之境地。

(三)在前一時代，曾經繁榮的生物，在新的時代，必定走上滅亡之路。

上面所列舉的這三個條件，如為某一時期所具備，則這一時期，對於其他之時期而言，便可成爲一個特殊而獨立的時代。舉例來說，譬如中生代這一個時代，在一方面與古生代有所區別，在另一方面，它又與新生代有所區別。如果就中生代的生物來說，則有如下所示之特點：

(一)在古生代繁茂極盛的生物，如鱗木、封印木、四射珊瑚以及三葉蟲之類，到了古生代之末葉，差不多全部滅亡。其他，如歪尾光鱗魚，其大部分產於古生代，迄於中生代，存續者甚少。

(二)蘇鐵、松柏、正海膽、爬蟲、菊石等等之諸類，在古生代產生之量極少，但到了中生代，則滋生繁衍，極為隆盛。

(三)闊葉樹、箭石、六射珊瑚、鳥類、哺乳類等生物，進入中生代，開始出現。

上面所敘述之中生代，不過只是地質時代中之一例，其

他的時代，大抵都有與中生代相類似的情形。

同一之生物，生存於同一之時代，所以，斷定地層之新舊，與其根據岩石學上之性質，毋寧根據化石學上之性質。

至於埋藏一定的時代所產生的生物遺骸之地層，則稱之為地質系統(geological formation)。

第三節 系統之相

地層不僅成生於海中，陸上之河與湖中，亦有成生之可能。所以同一時代之地層，有成生於海中的，亦有成生於陸上的。不僅如此，並且同一海成之地層，或同一陸成之地層，也並不是全部同其性質。就陸成之地層而言，有成生於河水或湖沼之中的，亦有由於風或冰河之作用，而成生於純然無水之乾土之上的。與此相同，海成之地層，亦有彼此相異之情形。海有深海與淺海之別，而深海與淺海，其水溫與其他之性質，各不相同。因此，棲息於其中之生物亦各不相同。就一般言之，半淡水或半鹹水(即淡水中混有鹹水)中之生物，不同於大海中之生物，熱帶地方海中之生物，不同於寒帶地方海中之生物，海岸附近之生物，不同於大洋底之生物，所以雖屬同一海中同一時代所成生之地層，而因海之部分不同，所以埋沒其中之生物亦隨之而各異。這是我們在現世界所常常實地目擊的事實。在現世界是如此，在前世界亦是這樣。因為這個道理，所以在同一地質系統中，其面積擴張至數十里或數百里之地域內，便可明顯地看出：在甲之部分產生深海之生物，在乙之部分產生海岸之生物，在丙之部分又產生半淡水之生物。各區域所含生物之種類，既有差異，同時其岩石之性質亦有

多少之不同。

像上面所敘述的同一地質系統，其岩石之性質及其所含之生物各不相同時，此種現象，特稱之爲異相之系統。

此種系統之相，可大別爲陸相與海相之二種。在陸相之中，又可分爲(一)淡水相 (fresh water facies)，(二)河相 (eluviate facies) 及(三)風相 (aeolic facies) 三種。又在海相之中，亦可分爲(一)海岸相 (littoral facies)，(二)淺海相 (shallow sea facies) 及(三)深海相 (deep sea facies) 三種。

第四節 確定地質系統之時代的方法

確定地質系統之時代，其方法有二：其一，以古生物即化石爲標準；其他之一，則以地層之位置爲標準。不過，第二種方法，只限於地質系統完備時，方可以適用，如果地質系統有了缺陷時，便不免發生困難。例如有三系統互相重疊，其上部之系統爲白堊紀，下部之系統爲三疊紀，而中間之系統爲侏羅紀。如果白堊系統不存在，而上部之系統屬於第三紀時，則其中間之系統，究爲白堊紀抑屬侏羅紀，欲加以精確之判斷，自不免有多少之困難。這樣說來，以地層之位置，爲標準去判定地質系統之時代，既有如此之缺陷，所以現在一般地質學家所採用的方法，大都限於第一方法，即化石之方法。化石之中，有僅產於一定之時代中之化石，所以這種一定之時代所產之化石，可用以判定其岩層之地質年代，此種化石，是爲標準化石 (type fossils)。例如古生代之直角石，寒武紀乃至石炭紀之三葉蟲，志留紀之筆石及桶頭魚，中生代之魚龍、蛇頸龍及菊石類，石炭紀之鱗木、封印木、蘆木，白堊紀之禽龍，有齒鳥以

及馬尾介,第三古紀之張角獸,第三新紀之舊象,以及第三新紀及現世之馬、鹿、猿及鬣狗等,都可視為標準化石。

如上所述,以化石之種類,確定岩層之地質年代,固屬適當。但在構造地殼之最古地質系統,却完全不產化石,所以在這種情形之下,以化石為根據來判斷地層之新舊的方法便不適用了。不過,在實際上,世界最古之地層,其岩石之性質,全然同一,所以,根據這一事實,此種不含化石之岩層,亦可推定屬於同一之系統。

此外,還有在某一地質系統中偶然缺少化石之岩層。在這一情況之下,只有依據此種岩層對於其他岩層之位置來加以判斷。即上下之岩層,如果都發見有化石之存在,且其時代,亦已明白,則此中間之岩層,即可推定屬於上下兩時代之間之時代。這一方法是為一般地質學家所共同採用的。

第五節 地質時代與地質系統之劃分

一般地質學家,依據化石的種類,將所有新舊地層,區分為數界:第一為古生界 (palaeozoic group),即埋葬最古生物遺骸之地層系統;第二為中生界 (mesozoic group),即埋葬中古生物遺骸之地層系統;第三為新生界 (cenozoic group),即埋葬最新生物遺骸之地層系統。古生界之時代,稱為古生代 (palaeozoic era); 中生界之時代,稱為中生代 (mesozoic era); 新生界之時代,稱為新生代 (cenozoic era)。在此等時代之前,更有一最古之時代,其地層之中,不曾發見生物的遺跡,稱為始原代或太古代 (primeval era or archæan era),恰如人類歷史之先史時代一樣,各代分而為紀 (period),各紀又分而為世 (epoch)。現

在且將地質之區分，彙列於下：

(一)太古代(Archaeon era)

- (1)片麻岩紀(Gneiss period)
- (2)結晶片岩紀(Crystalline schist period)

(二)古生代(Palaeozoic era)

- (1)前寒武紀(Pre-cambrian period)
- (2)寒武紀(Cambrian period)
- (3)志留紀(Silurian period)
- (4)泥盆紀(Devonian period)
- (5)石炭紀(Carboniferous period)
- (6)二疊紀(Permian period)

(三)中生代(Mesozoic era)

- (1)三疊紀(Triassic period)
- (2)侏羅紀(Jurassic period)
- (3)白堊紀(Cretaceous period)

(四)新生代(Cenozoic era)

- (1)第三紀(Tertiary period)
 - (a) 堯新世(Palaeocene epoch)
 - (b) 始新世(Eocene epoch)
 - (c) 漸新世(Oligocene epoch)
 - (d) 中新世(Miocene epoch)
 - (e) 鮮新世(Pleistocene epoch)
- (2)第四紀(Quaternary period)
 - (a) 洪積世(Diluvial epoch)
 - (b) 沖積世(Alluvial epoch)

照以上所記載的，則地質時代之區分，我們便可瞭然了。此等之區分，完全以地層之不整合之狀態爲其根據。具體言之，即以岩石系統間之不整合，以及生物系統間之顯著的變化爲其分類之基礎。

關於地質時代之分類，地質學者之間，亦有多少之差異。有的學者把片麻岩紀與結晶片岩紀作爲無生代(azoic era)，把前寒武紀作爲始生代(archaeozoic era)。此外，尚有其他之分類。要之，地質學者對於地質時代之區分，雖未能完全一致，但是他們却有一共通之點，即其分類之根據，概以生物爲標準。

最後，還有一點是爲我們所必須說明的，即在地質時代上之所謂一代、一紀或一世，不能像人類的歷史一樣，用年月來計算，只能依據地層之厚薄，以推測經過之久遠。自太古代以迄今日之年數，學者推測，各有不同，或稱爲七千萬年，或稱爲二萬萬年，六萬萬年，六十萬萬年，初無一定。固然，地質時代，年月雖未可知，而其經過之久遠，則無庸懷疑。試以地層之厚薄來加以推測，則古生、中生、新生三個時代之長，約爲十二與三與一之比。至太古代雖然未敢臆斷，至少當亦與古生代相等。

第二章 地球之起源

第一節 地球之星時代

地質學者所視為前世界之初代，即始原代以前之時代，一般稱之為地球之星時代 (astral eon)。在這一時代的地球之狀態，渺不可知，但在世界各民族之間，却可發現種種之臆說，是即所謂世界開闢說，此種臆說，大多是由各民族適應於文明之程度而想像出來的，因在各民族之間，文化之程度，既各不相同，而其對於自然界之觀察力與想像力，亦有差異，所以各民族間關於世界開闢的臆說，也就不能一致了。

雖然如此，可是在另一方面，而各種之臆說，莫不反映時代之知識，在古代各民族中所傳播之世界開闢說，其所依據的時代之知識，與現時相比，遙為低下，所以在學術上，無一顧之價值。關於宇宙之起源，到了近代，才有足以引起人注意之學說，如果確切地說來，在時間上，乃在重力之法則發見以後，如像康德及拉卜拉斯所倡導之星雲說，實以重力之法則為基礎，在康德及拉卜拉斯而後所出現之學說，則又受了物質不滅與能力不滅說之影響，如果現時再有新學說之出現，在事實上，它的基礎，必定要建築在放射說及相對論的理論系統之上。

總而言之，人類對於自然的認識是有時代的制限的，時代愈向前推進，則認識便愈能接近於客觀的真實，就各種知識領域而論，莫不如此。

第二節 康德及拉卜拉斯之星雲說

地球之初爲氣體，進而爲液體，更進而生固體之皮殼。地史學所研究之對象，即此固體皮殼成生以後之地球發達狀態。至其說明地殼創成以前之學說，雖有種種，但是其中較有科學根據而爲人所信仰之學說，則首推康德 (Kant) 及拉卜拉斯 (Laplace) 二氏之星雲說 (nebular hypothesis)。康德之說，創於一七五五年，他的理論系統，發表在他的名著天體的自然史與理論 (The General History of Natural and Theory of the Heavens) 的上面。自從康德 這部名著發表而後，就奠定了天文學的基礎，說明了天體的發生、發展及其演進的過程，給與一切科學以鉅大的推動力，而地質學和古生物學也因之先後相繼成立。

在康德 之關乎宇宙成生的學說發表之後，便推翻了那些以爲自然界沒有任何歷史的成見，而使人們知道宇宙物體從開始以來並非停留在同一的狀態中，因而認識宇宙發展過程的無窮性。後此四十一年，拉卜拉斯 所倡導之學說，與康德 氏適相符合，因此，所以關乎宇宙成生之說明的星雲說，通常冠以二氏之名。

一切現存的天體，根據星雲說的理論，都是從原始的星雲體產生出來。在康德 及拉卜拉斯 看來，太陽系 (solar system) 之初，原爲多數發光黯淡的星雲體。這些星雲體，概爲灼熱物質而成，因相互吸引的作用而發生旋轉。在旋轉的過程中，因而形成了一極高溫之氣體球。宇宙之間，無論何物，莫不放熱冷卻。所以這種大氣體球，亦循此理，次第放熱冷卻，愈冷卻則愈收縮，愈收縮則旋轉速率愈增，速度愈增則其外圈中部之離心力愈大，旋轉速率達到一定的限度，則其外圈中部之離

心力反大於球之引力，於是這一部分的物質，自球分離而形成環，這環又漸次冷卻收縮，分離作一部或數部，更凝集而爲一團或數團，是即所謂行星，行星復各以同樣的方法而成環，環分離而團結，是即所謂衛星，在這些環成生以後，中心之部，亦復凝結，而形成現在之太陽。

這種星球體系形成的過程，繼續數百年乃至數千年。

依據如上所述之進程所生成的太陽、行星及衛星，都自西向東旋轉之氣體球所成立，所以太陽系中之諸天體，亦各以同樣之方法旋轉不絕，以迄於今，就中雖有一、二之衛星，東向西轉，然係康德以後所發現極少數之例外，不足以動搖星雲說之基礎，我們可以說，這種科學的假說，一直到現在，仍舊保存它的意義。

康德及拉卜拉斯所創立的這個學說，雖不過只是一種假定，但是到了現在，因天文學之進步，已經得到相當的證明。如果我們列舉出來，就是：

(一)行星軌道，大都爲形狀相似之橢圓。

(二)太陽系諸星球，成自同一物質。

(三)太陽現時仍爲高熱體。

(四)土星現時尙有環。

(五)在大千世界中，可以發見從原始的星雲狀態之集合直至漸次凝固的星球之一系列的天體形成的過程。

依據上述宇宙生成的事實，在一方面，我們可以看出：宇宙最初是一種混沌的原始狀態，而後發展爲複雜的形式，而這種過程是無窮的，在另一方面，我們又可以看出：世界的統一性，天體的運動與形式的變遷，以及星辰界的相互連繫。

因爲這樣，所以康德及拉卜拉斯的這一個學說，我們不能不承認它在天文學上，是一個最大的進步。同時，也能表現出它能够具體地運用科學的方法與觀點來說明宇宙的形成與發展。

第三節 天體演進之諸階段

德國星學者羅爾納(Lollner)氏，以星雲說爲基礎，將出自氣體球之天體，區分爲五期，現摘錄其大要於下：

第一期 此爲發光氣體之時期，所謂星雲體卽此時期狀態之天體。

第二期 此爲發光液體狀之時期，例如一部分之恆星，發出無間斷之光輝，卽在這一階段中。

第三期 此爲表面冷卻凝縮而生殼，變作無光之時期，例如一部分之恆星，時時改變其光力，而耀以赤色，卽爲此時期狀態之天體，如像太陽的表面，時現斑點，這就是將要生殼之現象。具體說來，太陽之在今日，適居第二期移至第三期之時期。

第四期 此爲表面全部生殼無光之時期，但其內部高熱部分，有時突破皮殼，所以這種天體，亦有時發光，例如宇宙之間，向以赤色照耀之星，驟然之間，至於消滅，實卽由第三期移至第四期。

第五期 此爲皮殼增厚，水蒸氣凝而爲水之時期，譬如地球，就是這一時期的適例。

以上所敘述之諸時代，乃是就一般天體而言，此外，丹納(Dana)氏更依照星雲說之理論，區別地球之時代爲以下之

數期：

(一)星時代(astral eon) 即地球從氣體之形態而進到液體之形態,換言之,即以液體狀之星球而存在之時代。

(二)無生物時代(azoic eon) 這一個時代,尚可細分為兩個時代:(1)熔融體的地球之表面,已有凝固的地殼之出現,不過,當時尚有相當之高熱,其溫度約在攝氏 1000° 以上,其所成生之岩石,全為結晶質,水,二氧化碳,氧等,以及今日包含岩石中一部分之物質,在當時多成為氣體被包含在氣圈之中,因其繼續冷卻,所以,地球亦因之而收縮,其結果,遂生側壓力,而地殼乃失掉平衡,這一時代,是為岩石時代 (lithic era). (2)水蒸氣凝縮,成為大洋,因之有水陸之區別,但是當時之溫度,尚在攝氏 250° 內外,潮汐之作用,河流,海流,都相繼出現,大氣中過剩之二氧化碳與氧,成為岩石破壞之原因,石灰岩與碳酸鐵之化學的沉澱,開始進行,空氣之淨化作用,亦因之而開始,這一時代,是為海洋時代(oceanic era).

(三)原始生物時代(eozoic eon) 此為最下等生物出現之時代,氣溫之高,平均約為攝氏 35 度內外,先在水中出現原始的植物,其次,出現動物,同時,在海底之中,盛行土砂之沉澱

丹納氏之說明,大抵如此。

第三章 太古代

第一節 太古代岩層之諸特性

太古代之岩層，乃世界最古之地層系統，可視為地殼之基礎，其所由構成之岩石，具有如下所示之諸特性：

- (一)在構成地殼之諸累層中，以此種地層系統為最厚。
- (二)分布最廣。
- (三)具有一種特別之組織與性質。
- (四)完全不產化石。

太古代地層之厚，雖無精確之測定，然在完全發育之地域，其厚約為三萬尺餘，其與上覆之古生層之關係，多不整合其構成之岩石，概為結晶質。下部為片麻岩及介在其間之角閃片岩、石英岩、結晶質石灰岩等，上部為雲母片岩、綠泥片岩、角閃片岩、絹雲母片岩、石墨片岩、滑石片岩、千枚岩等。在此等岩石中，常有礦床介在於其間，但無化石之發見。不過有一部分的地質學者，以為在這一時代的地層內，既有石墨這一類的炭質礦物之發見，當然可視為植物生存之證據。但是，生物之正確遺跡，至今尚未之見。距今約八十餘年前，在加拿大太古代界片麻岩中曾見一物，有人以為這是下等動物之遺跡，特名為 Eozoon (原始的動物之意)，並將這一時代，定名為始生代 (Eozoic era)。後經多數學者之研究，知其所發見的，不是化石，而是一種礦物質物。因此，始生代的名稱，不大適當，但稱之為無生代 (azoic era)，又嫌武斷，於是遂易以始原代或太古代之名稱而不問其生物之有無。

太古代界岩石，由石英、長石及其他鐵、鎂矽酸鹽類等礦物

集合而成，與火成岩之礦物成分，大致相同。其所產岩石種類之順序，就一般言之，最下層爲片麻岩，中間爲雲母片岩，最上層爲千枚岩。但岩層之變位，大都劇烈，或急斜，或直立，或倒轉，或褶曲。因爲在各時代之地層中，以此地層爲最古，所以，其所受之變位作用亦愈大。

太古代之地層，遍產於全世界。就中以分布於中部阿非利加、中國、巴西、加拿太、澳洲等地域之面積爲最廣大。通常就其岩石之性質，區分爲(一)片麻岩紀 (Gneiss Period) 及(二)結晶片岩紀 (Crystalline Schist Period)。

第二節 片麻岩紀

此紀之岩石以片麻岩爲主。片麻岩之組織，一面漸次變化而爲結晶片岩類，一面逐漸推移而變爲花崗岩類。或有時與此等岩石互相重疊，而爲始原層。

片麻岩之種類，可分爲二：一爲雲母片麻岩類，一爲角閃片麻岩類。前者除長石、石英之外，含有雲母。後者長石、石英而外，含有角閃石。二類之中，尤以雲母片麻岩爲最普通。在雲母片麻岩之中，又可別爲黑雲母片麻岩及白雲母片麻岩之二種。在角閃片麻岩中，亦有數多之亞種，卽由輝石、綠泥石、滑石、石墨等，代替角閃石所形成。

雲母片麻岩之雲母分量愈是增加，則其組織愈成片狀，而變爲片麻岩質之雲母片岩，或竟變爲雲母片岩。反之，雲母分量漸次減少，長石與石英之量漸次增加，則片狀組織漸次不明，因之，變爲花崗岩與片麻岩間之花崗片麻岩。

除上所述而外，片麻岩中，尙有其他之亞種。片麻岩亞種

之多，於此可知。

片麻岩紀之片麻岩，分布區域極廣，其岩質大致相同，其占地域最廣者首推美洲、亞洲之露出地亦復不少，如中央亞細亞之大山脈，即其適例。

我國片麻岩紀岩石之分布，約可分為三區，其名稱如下：

(一)泰山系(Taisen formation) 此名為美人威里斯(Willis)氏所定。

(二)崑崙片麻岩(Kannlum gneiss) 此名為德人里希特和芬氏所定。

(三)黃陵片麻岩(Hwanlin gneiss) 此種片麻岩分布在三峽地方，亦由威里斯氏所定。

至其露出地，或為高山，或為河流所掘之深谷，或為海岸。

第三節 結晶片岩紀

此紀之岩石，覆於片麻岩紀岩石之山，由雲母片岩及千枚岩所成。除雲母片岩及千枚岩而外，尚有石灰岩、角閃岩、結晶質石灰岩、片麻岩及金屬礦床等介在其間。

此紀之地層系統，尚可區分為上下二部：下部為雲母片岩統(Mica Schist Series)，上部為千枚岩統(Phyllite Series)。

雲母片岩統，係由種種雲母片岩而成。角閃岩、綠泥片岩、滑石片岩、結晶石灰岩、石英岩、片麻雲母片岩、兩雲母片麻岩以及礦床等介在其間。

千枚岩統，大致由雲母千枚岩與絹雲母片岩而成。長石千枚岩、角閃片岩、絹雲母片麻岩、石英千枚岩、石英岩、石灰岩、千枚片麻岩等介在其間。愈至上部，其千枚岩便愈益類似黏

板岩,至最上部,則漸次推移爲古生代之黏板岩。

此紀之岩石,和片麻岩系相比,其分布區域較爲狹小,其露出地概與片麻岩系相隣接,其片麻岩與結晶片岩之間,往往介在花崗岩或閃長岩,作層狀,此實爲太古代之床狀噴出岩,在此種噴出岩中,每每貫以礦脈,其礦脈礦物,多爲鉛、銅、銀、鎊、鈷等,因爲太古代之地層,常受地變之作用,多斷層、裂隙等,所以礦物質之溶液,沉澱其中,而成礦脈。

第四章 古生代

第一節 古生代之生物

古生代之地層，爲厚達數萬米之大累層，同時，也是含有化石之最古地層，其岩石概爲沉積海底之泥土砂礫所構成。具體言之，卽黏板岩、硬砂岩、砂岩、石灰岩及礫岩等，在這一時代之地層內，含着很多的化石，但是如果檢查其種類，求其與現代生物相似之種，幾不可得。生物多屬海產，至其後半期，才有陸生生物之出現，就植物言之，初僅海藻，後始產巨大之管束隱花類，其最重要之種類爲蘆木科、羊齒科、封印木科、鱗木科等，次則爲松柏科、蘇鐵科等。雙子葉植物，尙未發見。至古生代之動物，多屬下等種類，就中以魚類爲最高等，然與現生種類，形態各異，多被甲冑狀之骨板，卽所謂甲冑魚之類。到了古生代之末期，才有四足動物之出現，然亦不過少數之兩棲類及爬蟲類，而鳥類及哺乳類，尙未產生。至其在古生代所發見之無脊椎動物，種類較多，今試將其重要之種屬，列舉於下：

(一)腔腸動物 珊瑚類中之四射類及床板類。

(二)棘皮動物 海林檎、海蕾、古海百合、古海膽等。

(三)凝軟體動物 腕足類。

(四)軟體動物 頭足類。

(五)節足動物 三葉蟲類，其種類最多，約一千八百餘種。

上述種種之動植物，不論發見於世界之任何地域，其形態大致相類似，此卽同一種類之化石產於同一岩層之明證。依據這一事實，我們就可以推定當時之氣候，各地大抵一致，無寒帶熱帶之區別。

古生代,通常分爲六紀,如下所示:

- (一)前寒武利亞紀(Pre-Cambrian Period)
- (二)寒武利亞紀(Cambrian Period)
- (三)志留利亞紀(Silurian Period)
- (四)泥盆紀(Devonian Period)
- (五)石炭紀(Carboniferous Period)
- (六)二疊紀(Permian Period)

第三節 前寒武利亞紀

前寒武利亞紀,有的地質學者,劃分成爲一個獨立的時代,稱之爲始生代。此紀之岩層,對於下部之太古層,以及其上部之地層,很明顯地,都表現出不整合。這一時期之岩層,與太古層大有差異,即爲開始產生生物之遺跡之地層系統,所以有一部分的地質學者,稱之爲始生界(Archaeozoic Group)。

岩石之種類,由地方而各異。即一方面有礫岩、硬砂岩、黏板岩、石灰岩、白雲岩等之碎屑岩,另一方面又有千枚岩、滑石片岩、綠泥片岩、雲母片岩等之結晶片岩。不過,就其全體來觀察,則以碎屑岩爲最主要,所以,此紀之岩層,與其下部之結晶片岩相比較,顯有差異。

又火成岩中之輝綠岩、斑岩、玢岩、斑禰岩、花崗岩等,或成爲脈狀,或成爲床狀,而貫通於這一時代之地層中。輝綠岩以及類似之岩石,多變質而爲角閃岩、角閃片岩、輝岩、輝石片岩等。

此外,隨着火成岩之噴出,每每有凝灰岩之成立。

在前寒武利亞紀地層中所發見之化石,極爲稀少,且其

保存亦極不完全。至其化石之所以保存不完全，或即由於時代之古，其化石之稀少，或即由於地層之變位，而歸於磨滅。不過，另有一說，以為當時之生物，因其多無甲殼，所以難於保存至今日，而其所以無甲殼之原因，即由於當時之海中缺少碳酸鈣與碳酸鎂之故。

今將此紀之地層中所發見之化石，列舉如下：

- (一)原生動物 放射蟲。
- (二)腔腸動物 海綿。
- (三)棘皮動物 海百合。
- (四)擬軟體動物 腕足介。
- (五)軟體動物 翼足介。
- (六)蠕蟲動物 蠕蟲動物之匍匐痕跡。
- (七)節足動物 三葉蟲、甲殼類。

此紀地層之構造，保存原有水平位置者，可以視為例外，而大多數之地層，多受變位之影響，多少傾斜，甚至直立，或因之而變質，致不能辨明其構造，此種情形，不讓於太古代之岩層。

前寒武利亞紀之地層，分布亦廣，在北美洲之重要露出地為加拿大之東部與美國。

在歐洲之重要露出地為芬蘭，累層之厚約四千餘米。

瑞典之前寒武利亞層，可分為三部：(一)下部由礫岩、砂岩、石英岩、黏板岩等而成，厚約二千米。(二)中部由赤色之砂岩、石英岩、礫岩等而成，厚約數百米。(三)上部由赤色或綠色之砂岩與黏板岩而成，厚約三百米，含有甲殼類之化石。

法國之前寒武利亞層，厚約一萬二千米，係由千枚岩、黏

板岩、硬砂岩、砂岩、石灰岩等所成之累層，其中含有放射蟲、有孔蟲、海綿、海百合等化石。

英國之前寒武利亞層，露出於威爾斯 (Walse)，蘇格蘭及愛爾蘭等地。

我國之前寒武利亞層，露出於我國北部各省，威里斯氏區分為二系：

(一)五臺系(下部) 此系更區分為下中上三部：

下部 由雲母片岩、片麻岩、石英岩而成。

中部 由砂質大理石、石英岩、黏板岩而成。

上部 由礫岩、綠泥片岩、石英岩而成。

(二)滹沱系(上部) 此系即里希特和芬氏所定之南口系，岩石有黏板岩、石英岩、石灰岩。

五臺系與其下部之太古層，不整合，同時與其上部之滹沱系亦不整合，而且其下部、中部及上部之間，亦各隔有不整合之線。

遼東半島之最下部地層為太古層之片麻岩及雲母片岩，其上為石英岩及雲母質黏板岩，再上為黏板岩、石英岩及石灰等之累層，而在此等各岩層之間，都被花崗岩、斑糝岩、閃綠岩、輝綠岩等所貫通，但是，至少下部之石英岩與雲母質黏板岩為屬於前寒武利亞紀之岩層。

又威里斯氏所定之夔州片岩，里希特和芬氏所定之高嶺片岩，亦屬前寒武利亞紀之岩層，此外，我國泰山層露出地方，大都有前寒武利亞層相伴產出。

第三節 寒武利亞紀

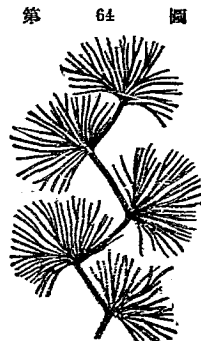
一八三三年，塞吉維克(Sedgwick)氏，在北威爾斯(North Wales)發見一地層，較志留利亞紀為古，乃命名為寒武利亞(Cambrian)。寒武利亞這一名稱，乃北威爾斯之舊稱。此寒武利亞層與志留利亞層之區劃，在當時學者之間，成爲一爭論之問題。馬基遜(Murchison)氏及其一派，都認爲寒武層爲志留層之下部。反之，塞吉維克氏則認爲寒武層爲另一獨立之地層。一八八一年，拉卜瓦茲(Lapworth)氏更區別爲三部：最下部爲寒武利亞紀(Cambrian Period)，中部爲奧陶紀(Ordovician Period)，上部爲志留利亞紀(Silurian Period)。其後法人波蘭德(Barrande)氏，乃以奧陶紀，編入志留利亞紀之中。

此紀之地層，在北美之西部，厚達五千米，其對於下部之前寒武層及上部之志留層，概不整合。

岩石以黏板岩與硬砂岩爲主，但砂岩、礫岩、石灰岩及石英岩等，其產量亦不少。岩石概多屈曲，富斷層，但軟砂岩、砂黏土等，尙多未充分凝固。

寒武利亞紀之古生物，就植物言之，陸上植物，尙未發見，僅限於海藻之類，如oldhamia, fucoids, eophyton 都爲當時所產之藻類植物。動物種類，遠多於植物，在美國發見的，約有五百種，在歐洲及其他地方所發見的，亦不下五百種。較之次期志留利亞紀之一萬餘種之動物種類，雖僅及十分之一，但今後尙有新發見之可能。

寒武紀之動物中最可注意之化石

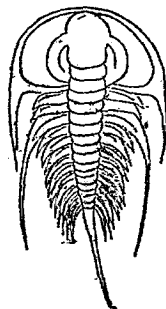


藻類之一種
(Oldhamia)

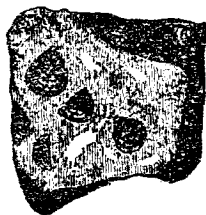
爲三葉蟲 (trilobites) 及腕足類 (brachiopoda), 而前者之在此地層中, 尤爲最重要之化石。三葉蟲在此紀中, 已甚發達, 與次期志留紀相比, 其數較多, 且帶一種之特色, 卽其身體多不能捲曲, 大都無目或爲巨眼, 其重要之種屬爲 olenellus, paladoxides, olenus, agnostus, conocephalus, dicelocephalus 等。

腕足類, 大抵無鉸, 兩瓣由筋肉相接, 介殼爲角質, 其重要之種屬, 有 lingula, obolus, lingulella, obolella 等, 其他有鉸之種屬, 有 orthis, orthisina, camarella 等, 不過在數量上, 所產極少。

第 65 圖

三葉蟲之一種
(Olenellus)

第 66 圖



Lingula

第 67 圖



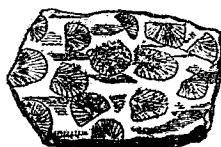
Lingulella

第 68 圖



Obolus

第 69 圖



Orthis

除三葉蟲, 與腕足介二類而外, 在這一紀之地層中, 尚產

其他之動物,如下所示:

海綿(proto-spongia, archaeocyathus).

水母(spatangobsis, protolyellia).

棘皮動物之海林檎類.

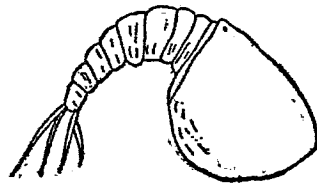
蠕蟲之匍匐痕跡.

翼足介(theca, hyolithis).

第 70 圖



第 71 圖



翼足介之一種(Hyolithis)

木葉蝦類

其他尚有介形類,木葉蝦類等種類,不過這時魚類,淡水生與陸生之動物以及陸生植物尚未發見。

以上所述之諸種化石,並非全產於寒武利亞紀之全部累層中,而其中之大多數,只限於某一部分之地層,現以三葉蟲之種類為根據,將寒武層區分為以下之三部:

(一)下部 在下部之地層中,埋葬最古之生物,其中最主要之種類為三葉蟲中之 olenulus 一屬。

(二)中部 中部之主要三葉蟲為 paradoxides 及 ehliptocephalus。

(三)上部 在上部以三葉蟲中之 *olenus* 爲最重要,其他尚產有 *dicelloccephalus* 之一種。

因爲三葉蟲之代表種屬,其所產之地層,都有一定,所以寒武層之下部,稱爲 *olenulus formation*,中部稱爲 *paradoxides formation*,上部稱爲 *olenus formation*。

現在就各國之寒武利亞層,略舉數例如下:

英國之寒武利亞層,其主要之產地爲威爾斯,其他如蘇格蘭之北西部,愛爾蘭之東西兩岸地方,都可發見寒武層,岩石以硬砂岩,砂岩黏板岩,礫岩等爲最主要,石英岩及石灰岩等,較爲稀少,北部威爾斯之寒武層,厚達二千米。

瑞典之寒武利亞層,以斯干的那維亞 (Scandinavia) 半島爲最發達,其主要之岩石爲黏板岩與石灰岩,較之英國之寒武利亞層爲更較深之海所成立,其地層之位置,仍然保持水平,並未變位。

俄國波羅的海之沿海地方,在花崗岩與片麻岩之上,產寒武利亞層,但化石較少,地層亦不完備。

波西米亞 (Bohemia) 之寒武利亞層,僅有下部及中部,而無上部,下部爲砂岩礫岩等,其所含之化石,與他處下部寒武層相當,中部以黏板岩,砂岩爲主,富於三葉蟲,就中以 *paradoxides* 之屬爲最多。

北美洲之寒武利亞層,分布極爲廣大,大西洋之沿岸,以及從內部以迄於太平洋沿岸,都有寒武利亞層之露出,其岩層之厚,在洛磯山之西,約有 4800 米,在紐芬蘭 (New Foundland) 地方,約有 1000 米,在加拿大約有 3000 米,其所發見之三葉蟲化石,在下部與中部,與歐洲之寒武利亞層相同,產有

olenulus 及 paradoxides, 但其上部, 不產 olenus, 而多產 dicelloccephalus, 這是相異的地方, 僅在加拿大之東部, 有 olenus 之發見。

我國之寒武利亞層, 里希特和芬命名為中國系統, 亦可別為上中下之三部, 其露出地為山東, 遼寧, 山西, 陝西, 廣東等地方, 岩石為石英岩, 砂岩, 黏板岩, 石灰岩, 泥灰岩, 礫岩等, 其累層之厚, 間或達六千米, 其上部之砂岩, 多為濃紅色, 又石灰岩多魚卵狀之石灰岩(里氏稱之為小球狀石灰岩), 以及有蠕蟲匍匐之跡的石灰岩(里氏稱之為蠕蟲石灰岩)。

據里希特和芬之考察, 所謂中國系統之下部, 因其無化石, 所以時代不明, 但就其上下之地層來觀察, 當屬於寒武利亞層之下部, 其中上部含有 conocoryphae 及 agnostus 等三葉蟲以及 lingulella 與 orthis 等腕足介, 所以一為寒武利亞層之中部, 一為寒武利亞層之上部。

至含有 olenulus 之寒武利亞層下部, 只在廣東省之境內有所發見。

依據以上之所記述, 寒武利亞紀之生物, 大都盲目, 或為巨眼, 適與現今之深海生物相類似, 但當時所成生之岩石, 如砂岩, 礫岩等, 都屬淺海性之沉澱物, 而岩石之性質與化石之性質, 完全相反, 然則當時生物之出現, 當另有一種原因, 據多數學者之推測, 或由於當時空氣不潔之所致, 因空氣之不潔, 所以光線透過發生障礙, 地面黑暗, 因而使淺海之動物, 亦盲其目, 或為巨眼。

寒武利亞紀之氣候, 有人主張全世界一致, 但在事實上, 不無可疑之點。

(一)寒武時代，赤色之砂岩，廣佈於全世界，呈斜層理。此種砂岩，有學者認為是在沙漠的乾燥氣候之下成立的。

(二)在寒武利亞層中，發見有冰河之遺跡，如澳洲之南部，挪威之北部，以及我國揚子江上游三峽附近之南陀地方，都發見有冰河堆石以及由冰河堆石固結而成的礫岩之存在。

在寒武時代中，既有冰期及沙漠的氣候之實跡，則從來地質學者之間所主張的寒武利亞時代，世界之氣候完全同一之說，便不能存在了。

第四節 志留利亞紀

志留利亞 (Silurian) 之名，出自 Silures，乃居住於英格蘭及威爾斯境附近之古代英人種之名稱。馬基遜 (Murchison) 氏最初在這個地方，研究此種地層，於是定出這個名稱。

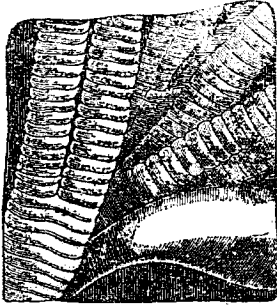
此紀之地層，有時厚達九千餘米。其下部為寒武利亞層，上部為泥盆層。岩石以砂岩、硬砂岩、黏板岩、石灰岩等為主。其他石英岩、砂板岩、明礬質黏板岩、凝灰岩等，間亦產之。此紀之地層，因地殼之變動，富於裂隙，而多礦脈，如鉛、銅、鐵、銀以及其他之金屬礦等之層，每每介在其間。

生物之大多數為海產，陸產之生物，只有鱗木科與羊齒科之數種植物。

海產之植物，多屬藻類，就中以 arthropycus, buthotrephis 等為最普通。又有一種藻類，名為石灰藻，分泌石灰，有時相集，成為石灰岩之厚層。

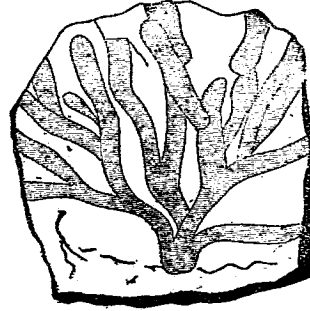
在藻類之外，有時發見一、二種羊齒，為次期泥盆紀及石炭紀之繁盛植物。

第 72 圖



藻類之一種
(Arthrophyucus)

第 73 圖



藻類之一種
(Buthotrephis)

動物極其發達,其種類已達一萬種以上較之寒武利亞紀,大為進步,即除寒武紀所產之三葉蟲及角質腕足介之外,更產多數之頭足類,石灰質腕足介,珊瑚,海百合,筆石等,又魚類(軟骨魚)在此紀之末,開始出現。

原生動物之放散蟲,產於石英岩及砂板岩中,在腔腸動物之中有矽質海綿。

珊瑚之種類,大都不同於現生種,其隔壁之數,概為四之

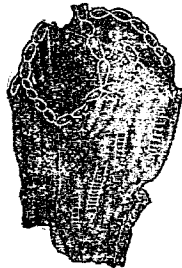
第 74 圖

第 75 圖

第 76 圖



四射珊瑚之一種(Omphyma)



盤 珊 瑚

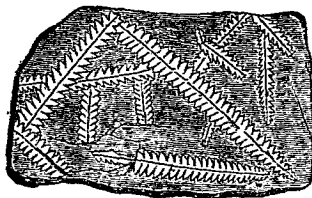


蜂 窩 珊 瑚

倍數,是爲四射珊瑚 (tetracoral), 其重要之種類,有 *omphyma*, *streptelasma*, *cythophyllum* 等,如隔壁發育不完全,內部具有多數之橫隔壁,則稱之爲床板珊瑚 (*tabulata*),其重要之種類,有鏈珊瑚 (*halysites*),蜂窩珊瑚 (*favosites*) 及笛珊瑚 (*syringopora*) 等。

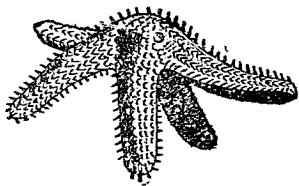
第 77 圖

海蛇類之代表種類,是爲筆石 (*graptolites*), 具有脆弱細長之骨骼,其種類甚多,可視爲志留利亞紀極重要之化石,其重要之種屬,則有 *monograptus*, *didymograptus*, *rastrites*, *diplograptus* 等。

筆石之一種
(*Diplograptus*)

棘皮動物之中,有海盤車,海膽,海林檎,海百合等,就中以海林檎與海百合爲最重要

第 78 圖



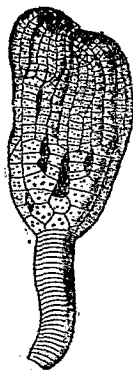
海盤車

第 79 圖



海林檎

第 80 圖

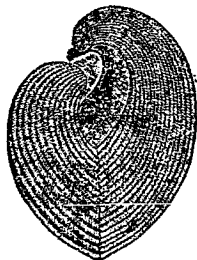


海百合

海林檎多呈球狀乃至卵形,被覆多數之石灰板,驟然視之,類似海膽,海百合大抵具有多數之腕,其覆體之石灰板數,較多於現生種。

腕足類,為志留利亞紀主要之化石,除從來之角質種類而外,又產石灰質之種類,如 *orthis*, *strypa*, 五房介 (*pentamerus*) 等都為較重要之屬,志留利亞層所發見之腕足類,總數約為 2600 種,就中有 400 種,屬於 *orthis* 之一屬。

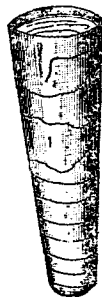
第 81 圖



五 房 介

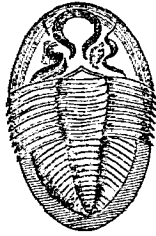
頭足類之化石,發見甚多,但全部屬於鸚鵡第 82 圖
 鵝貝類,其種類在 1500 種以上,就中以直角石
 為最多,總數達 800 種以上,其長或達二米。

三葉蟲發育極盛,其種類在 1700 種以上,但其大部分,與寒武利亞紀所產,顯然不同,實為新生之種,即志留紀所產之三葉蟲,多具有複眼,並且有卷曲其身體之性質,其重要之種類有 *asaphus*, *illaenus*, *trinucleus*, *bronteus*, *acidaspis*, *dalmonia*, *calymene* 等。



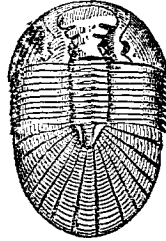
直 角 石

第 83 圖



三葉蟲之一種
(Asaphus)

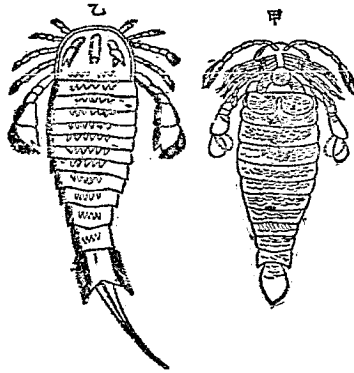
第 84 圖



三葉蟲之一種
(Bronteus)

與三葉蟲同屬於甲殼類之動物，尚有所謂巨甲類，其中如 pterygotus 長達二米，可認為世界創成以來之大甲殼類，又

第 85 圖



巨 甲 類

甲 (Pterygotus) 乙 (Eurypterus)

如 eurypterus 及 stylonurus 亦屬於同一部類之動物。

小甲殼類之中,有貝形類之豆石 (leperditia) 及 beyrichia 等。

在節足動物中,有蠍類之一屬,名叫 palaeophonus, 於一八八四年,發見於瑞典,蘇格蘭和北美之志留利亞層中,在化石之中,可視為呼吸空氣之生物,即陸生生物之嚙矢。

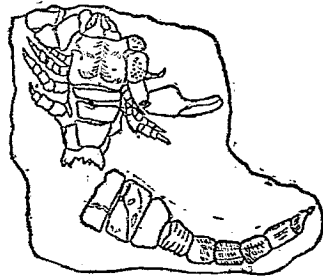
至脊椎動物,只產下等魚類,其中一部為軟骨魚,一部為甲冑魚,甲冑魚身體之一部或大部,生有類似甲冑之骨板。

從化石產出之狀態來觀察,志留利亞紀可大別為上下之二部。

下部 下部化石除前紀之三葉蟲諸種屬殘存而外,新生有 illaenus, trinucleus, acidaspis, ampix 等屬,筆石十分發育,種類繁多,腕足介亦有新生之種屬,鸚鵡介類之中以直角石,弓角石為最多,棘皮動物之中以海林檎為最盛。

上部 三葉蟲較之下部,大為減退,寒武利亞紀與志留利亞紀下部所產之諸屬,多半滅亡,而有 calemene, lichas, dalmmania 諸屬之出現,筆石之種類亦較為減少,反之,石灰質腕足介日益繁衍,鸚鵡介之種數約達一千種,臻於極盛之境,棘皮動物之中,海林檎大減,海百合大增,海蕾開始出現,四射,床板兩種珊瑚,甚為發達,往往相集而成岩礁,巨甲類及最古之魚類,出現於此上部。

第 86 圖



蠍類之一種
(Palaeophonus)

志留利亞層之產地，就歐洲而言，可大別爲二區域：一爲斯干的那維亞 (Scandinavia) 區域，一爲波希米亞 (Bohemia) 區域，在此二區域間，下部之化石，相差顯著，但此種差異，漸至上部，則漸次消滅。

屬於斯干的那維亞區域之諸國，爲英、比、法之北部，挪威、瑞典、俄以及北冰洋地方等；屬於波希米亞區域之諸國，爲波希米亞、德、東阿爾卑斯、法之南部，西班牙以及葡萄牙等。就中以俄國之志留利亞層，占歐洲中之最大區域，然尙不及北美、北美、加拿大與美國之東部，志留利亞層露出極廣，紐約州爲露出最著之處。

我國之志留利亞層，其分布如下：

山東 在寒武利亞層之上，有志留利亞下部，由石灰岩而成，其間有玢岩床之貫入，礦床中產有鐵礦，露出地爲濟南、萊蕪、普集等之附近，化石有 *mashluria* (腕足)，*actinoceras*，*trachoceras* (以上二屬爲頭足)，*asaphus* (三葉)等。

四川 從四川省東部嘉陵江畔之廣元縣起直至陝西之漢中，在山道之間，有朝天與驕橋坡二區域，據里希特和芬氏之調查，有志留利亞石灰岩，可分爲上下二部。

下部

(一)驕橋坡之暗色石灰岩，多三葉蟲。

(二)驕橋坡之淡色石灰岩，多腕足介。

上部

(一)驕橋坡之赤色石灰岩，含有腕足介及海百合。

(二)驕橋坡與其他另一區域間之黃色石灰岩，含有珊瑚與腕足介。

(三)朝天之淡色魚卵狀石灰岩，含有腕足介。

湖北 宜昌附近之石灰岩，其中埋藏着有名之寶塔石。所謂寶塔石，實即直角石，據此可知其屬於下部志留利亞。

宜昌附近又產五房貝，可知其上部志留層亦發育。

咸寧通山間之泥灰質石灰岩間，亦含直角石，當亦屬於下部志留。

江蘇 江蘇之志留層，露出於南京、鎮江等處，鎮江西南50里之一帶山地有黏板岩，產筆石，屬上部志留。

最後要說到的，就是關於志留利亞紀之地理與氣候。

試先就志留紀水陸分布之狀況考察之。在學者之間關於這一方面的見解，雖屬一種推論，然關於以下之諸點，却多少相一致。

(一)從寒武利亞紀到志留紀，由西歐向北美，有一大海洋之存在。

(二)在此海洋之北，從東部加拿大經格林蘭與蘇格蘭，直至挪威，有北大西大陸之存在。

(三)北美大陸與亞細亞大陸之中心部，既已存在，而其中之若干部分，在志留利亞紀，曾有數次沒於海水。

(四)南半球，在志留利亞全紀，從南美經阿非利加有一大陸與澳洲相連繫。

(五)在北美，在志留紀之後半期，陸上有海水之氾濫，此為一確定無疑之事實。此外南美亞馬遜河地方以及西歐，似乎都經過海水氾濫之時期。

其次，再考察志留利亞紀之氣候。關於氣候方面的知識，極不完全，有一部分學者，認為當時之氣候，大抵全世界都屬

溫暖，他們的根據有二：(1)腕足介與三葉蟲，分布於全世界；(2)造礁珊瑚，產於極圈以外。

第五節 泥盆紀

英之一州，名為 Divon，塞吉維克 (Sedgwick) 及 馬基遜 (Murchison) 二氏，初於其地，調查這一時期之地層，所以命名為泥盆 (Devonian)。

此紀之地層，有厚達六千米之地方，其與下部之志留利亞層，概不整合，而與上部石炭紀之地層，多屬整合。在泥盆時代，開始產多數之陸生植物，此外，並產珊瑚、海百合、腕足介、軟體類、三葉蟲、軟骨魚等。

構成泥盆紀地層之岩石，大致與志留紀相類似，由砂岩、礫岩、硬砂岩、黏板岩、石灰岩等而成。北美及英國蘇格蘭等地方，以砂岩、礫岩、硬砂岩為其主要之部分。然在德國之泥盆系，僅下部產此等岩石，而其中部與上部，則主由石灰岩與黏板岩所成立。

在泥盆之地層中，有時產黑炭與無煙炭。又如美國之潘辛爾法尼亞州 (Pennsylvania)，上部泥盆砂岩之中，富於裂隙及孔穴，有多量之石腦油與鹽水及碳化氫氣體，充滿於其中。現今輸入我國之石油，即此石腦油精製而成。

泥盆紀之生物與志留紀有多少之差異，志留紀之生物，如前所述，多屬海產。到了泥盆紀，陸生生物始漸次散見於各地，然亦多為植物。且其種屬與其個體之數，概屬有限。海藻類大致類似志留紀。

陸生植物概屬管束隱花植物與松柏科植物，以及兩者

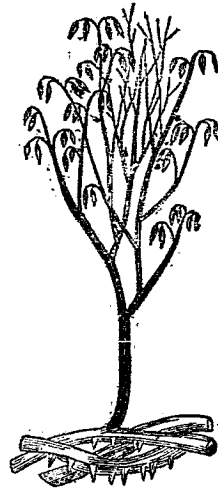
之封印木科植物。松柏科化石多木幹，有 *aparoxyylon*, *dadoxyylon* 等種類，管束隱花植物，有蘆木、星葉木、輪木、楔葉木、鱗木等之諸屬及羊齒科植物。羊齒類植物有 *cylopteris*, *neuropteris*, *sphenopteris* 等屬，大都為次期石炭紀最繁茂之植物。此外，純粹屬泥盆紀之植物，名為 *psilophyton*。

第 57 圖



羊 齒 類 植 物
左 (*Cylopteris*)
右 (*Neuropteris*)

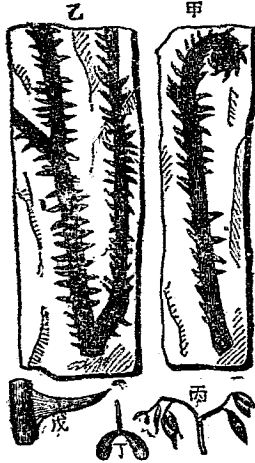
第 88 圖



單限於泥盆紀產之植物
(*Psilophyton*)

至於動物，其數甚多，大體上雖類似於志留紀，但仔細觀察起來，則其間有顯著之差異。最下等原生動物，種類極少，僅產 *receptaculites*，其狀若皿，直徑約七、八寸，分布較廣。

第 89 圖

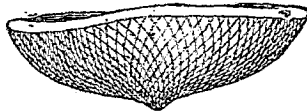


丙 果實 丁 胞子囊 戊 葉部大
 甲 枝端 乙 枝和葉

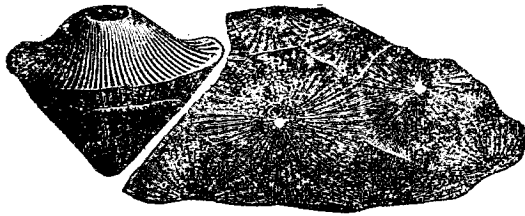
腔腸動物以珊瑚為最主要，珊瑚仍以四射、床板二類為多。前者之主要代表有盃珊瑚、上靴介(或稱為上靴珊瑚)、泡沫珊瑚等。就中上靴介，有一蓋部，為其他珊瑚所罕見。後者之主要代表有蜂窩珊瑚、*aulopora* 等。

在四射珊瑚之中，有一種名為 *faphrentis*，乃構造岩礁最主要之種類。

第 90 圖

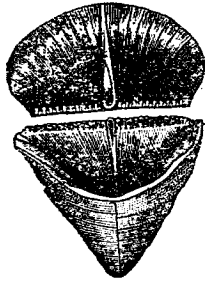


原生動物之一種
 (Receptaculites)



第 91 圖 杯 珊 瑚

第 92 圖



第 93 圖



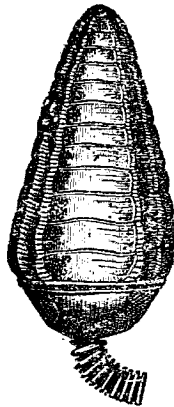
上 鞞 介

棘皮動物以海百合爲最重要,其他有海林檎、海膽、海盤車以及次絕極隆盛之海蕾,亦多少產生。

海百合中,有松球海百合、melocrinus、haplocrinus等,海林檎之種類,在此時代已漸次衰微。

腕足介尚產 1400 餘種,其勢仍屬隆盛,其主要之屬有石燕(spirifer),無孔介,小嘴

床板珊瑚之一種(Aulopora)



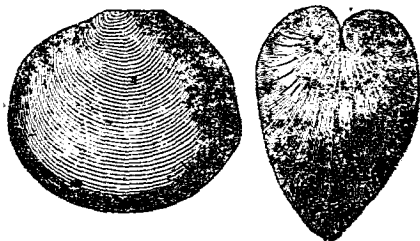
第 94 圖

松 球 海 百 合

介、五房介等。

二枚介漸次增加，其主要之屬有 *Lucina*、*Lada*、*pterinea*、*avicula*、*megalodon* 等。

第 95 圖

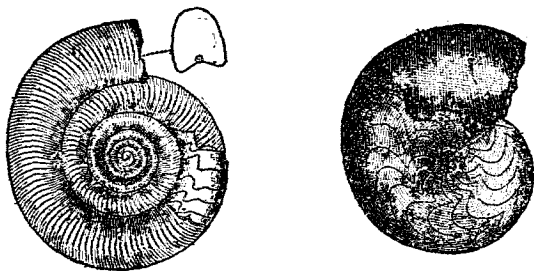


二枚介

左 *Lucina* 右 *megalodon*

頭足類在此時已呈衰弱之現象。除前期產出之直角石、弓角石、楔角石、閉角石等鸚鵡介類而外，復產有稜角石(*gonialites*)及海神石(*clymenia*)之二屬。海神石為泥盆紀之特產，稜角石雖亦產下期之石炭紀，然以泥盆紀之後半期為最發育，種類極多，所以，在這裏有特別記載之價值。

第 96 圖



左 海神石 右 稜角石

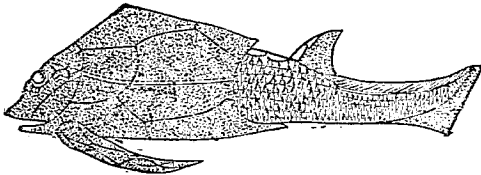
翼足介有大形之 conularia 及小形之觸角石等。

節足動物有三葉蟲及巨甲類等,但三葉蟲已大形衰微,其種類只殘存百種左右。

脊椎動物,依舊只產魚類,但其種類頗多,已達百餘種,約可區分為(1)甲冑魚,(2)光鱗魚,(3)肺魚及(4)軟骨魚。

甲冑魚之在前紀,已開始出現,然迄於泥盆紀,則極其繁盛,其中有所謂羽魚(pterichthys milleri),楯頭魚(cephalaspis)及粒骨魚(coscostens)等種類。

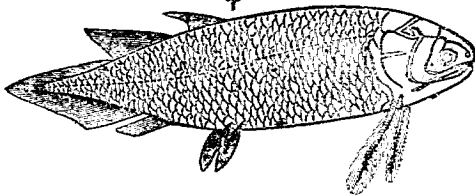
第 97 圖



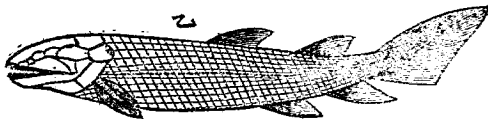
羽 魚

第 98 圖

甲



乙



光 鱗 魚

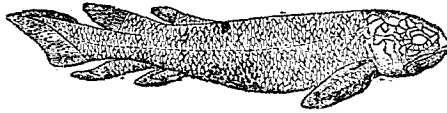
甲(Holoptichius)

乙(Osteolepis)

光鱗魚又稱爲鱧鱗類，其鱗刺呈鳥羽形之外觀，如骨鱗魚 (osteolepis) 及 holoptichius 等，卽其適例。

肺魚有 dipterus 之一種，軟骨魚有 acanthodes 之一種及其他之種類。

第 99 圖



肺 魚

泥盆紀之魚類，就一般言之，都兼有爬蟲類之性質，實卽魚類與爬蟲類之中間物，此種現象，不僅魚類如此，而一般動物之進化，必有一時期具有兩種類之中間性，而後出現所謂標式的形態 (typical form)。

泥盆地層完全發育之區域，可依據其化石，分爲上中下之三部：

(一)下部 歐洲之泥盆系下部，如由砂岩與石英岩而成時，富於石燕之化石，此外，並產有三葉蟲之 homalonotus，二枚介之 pterinea 等，反之，如由石灰岩而成時，則富於腕足介、珊瑚、海百合等。

(二)中部 歐洲之泥盆中部，主由石灰岩及泥灰岩而成，含有珊瑚、腕足介、三葉蟲等化石。

(三)上部 其在歐洲，上部岩層，主由黏板岩、石灰岩、砂岩等而成，產海神石及稜角石，並產有石燕。

以上之所敘述，係就一般情形而言，但亦有多少之例外，如南部威爾斯、蘇格蘭、阿爾克里 (Orkney) 諸島之泥盆層，厚達

五千米，由赤褐色之砂岩與礫岩而成，特稱之爲舊赤砂岩相 (Old Red Sandstone)，其所含之化石，與普通泥盆層之所產，顯有差異，具體言之，即無珊瑚、腕足、頭足、海百合、三葉蟲等，而富於陸生之植物及軟骨魚、光鱗魚、各種甲冑魚及肺魚類，此等魚類，在普通之泥盆層中，實所少見，所以這種舊赤砂岩，可視爲泥盆系之一異相，因其下部爲志留利亞層，上部爲石炭紀之地層，所以能確定其爲泥盆時代，在蘇格蘭與威爾斯之舊赤砂岩，代表泥盆系之全部，反之，在俄之波羅的海沿岸之地及波蘭地方，在赤砂岩之間，介在有海相之石灰岩，僅能代表泥盆層之一部，又北美之舊赤砂岩，或僅代表泥盆之最上層，或代表泥盆系中之數層。

英國之舊赤砂岩中，有一條不整合線，可分爲上下二部，其下部含有粒骨魚、羽魚等，上部含有 holoptechius 之魚類。

泥盆系之發育，以德國爲較完全，尤其是德國萊茵河流域所露出之泥盆層，雖不免受變位之影響，但發育極完全，其厚不下五千米，其下部由砂岩、黏板岩、礫岩、石英岩等而成，化石較爲貧乏，大部分屬於腕足介；此外有少許之二枚介、海百合、三葉蟲等，所以，這種地層，依據化石之性質，可視爲淺海之沉澱，其中部僅由石灰岩、泥灰岩及白雲岩等石灰質之岩石而成，富於珊瑚、海百合及腕足介，至其上部之岩層，有砂岩、泥灰岩及凝灰岩之淺海層，又有含頭足類之黏板岩與石灰岩等之深海層，此種岩層，得依據其化石，更別爲上下二層：下層爲海神石層，富海神石，並產有稜角石，上層爲稜角石層，富稜角石，而無海神石。

比利時之泥盆層，即萊茵河地方之層之連續，而其發育

之狀態，與萊茵河流域之泥盆層，大致相同。

英國諸島之泥盆系，其普通相與舊赤砂岩相共同發育。前者由砂岩、黏板岩、石灰岩等所成，後者主由赤色之砂岩而成。

俄國之泥盆系，其面積極為廣大，可大別為以下三區域：

(一)自卡爾蘭德(Kurland)向北東延長至安基格爾(Archangel)。

(二)自卡爾蘭德向南東越脫那(Tula)而擴張至其前方。

(三)露出於烏拉山之西側。

在俄國泥盆層中，其異相地層與普通之地層，彼此相重。即含粒骨魚等之赤砂岩與含腕足介、頭足介、珊瑚等之石灰岩及泥灰岩，互相重疊。

北美之泥盆系，廣布於美國與加拿大，而尤以美國之東部為最廣大。在紐約州可以發見其標準之地層，亦可區分為三部：下部由石灰岩、砂岩、黏板岩等所成，產有sprifer及syringopora等化石。中部主由泥板岩而成，產陸生植物及腕足類等。上部主由砂岩而成，產陸生植物、海百合等。

我國泥盆層之產地，有四川、雲南、甘肅、貴州、湖南、湖北諸省，但多屬泥盆層之上中部。

四川省之東北部，產上部之腕足介層，又其西部產中部之珊瑚石灰岩。

雲南省之南部，產上部之腕足介層。

湖北宜昌附近，產腕足介。

廣西桂林迄於湖南永州之桂江與湘水之間，以及自永州沿瀟水，直達江華及賀縣，泥盆層分布甚廣。自下部迄上部，

都有露出。

此外，安徽、江蘇之泥盆系，亦有發育，不過尙未發見其化石。北方諸省，無泥盆層之發見。

第六節 石炭紀

石炭紀之岩層，每每產出極佳良之石炭，所以有此名稱。其岩層之厚，達四千米以上，係由砂岩、礫岩、黏板岩、頁岩、石炭、硬砂岩、石灰岩等所成之累層。此種累層成立之時代，正值陸上羊齒、蘆木、封印木、鱗木等，空前絕後之大繁茂時代。同時，又爲陸上兩棲類初次出現之時代。所以，石炭紀這一時代可以稱之爲管束隱花植物及初生四足動物之時代。當時所成立石炭層之多，即由於此種管束隱花植物之特別繁盛之故。不待說當時生物之多，不限於陸上，而海棲生物亦有多量之產出。例如有孔蟲、海百合、腕足介以及四射珊瑚等，都有相當之發育。

構成石炭系之岩石，依其成立之場所而異其種類。例如英國之泥盆州，德國之納佐菲亞(Nassovia)，以及費基那(Fichler)諸山脈，其石炭層之下部，概由硬砂岩、硬砂板岩、黏板岩、砂板岩等所成，而其上部則主由砂岩與頁岩而成。其岩層之間，又每每介有石炭層。

石炭之中，有富於瀝青之黑炭，又有缺少瀝青之無煙炭。又同一之炭層，在甲地爲黑炭，在乙地又化爲無煙炭。

炭層之間，往往產層狀或扁豆狀之黏土質碳酸鐵礦，是即所謂炭鐵石，即碳酸鐵礦與石炭之混合產物。

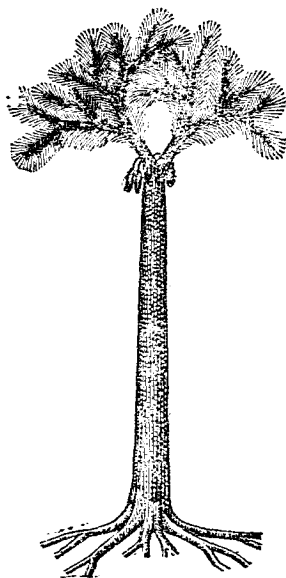
又石炭系之下部，每每產有石膏、硬石膏、石鹽及白雲石

等。

泥盆紀初次出現之陸生植物，到了石炭紀，極其發達，終於達到古今未曾有之隆盛，但其種類甚少，而與今日植物界之千態萬狀，迥然不同，其在當時，不僅雙子葉植物及單子葉植物，尙未出現，即在裸子植物中，亦僅 *cordaites* 之一絕滅科，比較略多。其他，如松柏科及蘇鐵科之裸子類，其種類極少。當時之植物界，差不多全爲高等隱花類所占有，如鱗木、蘆木及羊齒植物，在當時之植物界，占主要之部分。當時植物之種類雖少，而其個體之數則極多，且大抵作巨大之喬木狀。當時之沼澤、河畔以及海邊，盡爲此等植物所掩蔽，有如現世界熱帶地方森林之外觀。至於當時所成立之石炭，都不外此等樹木埋藏地中碳化之結果。

在當時植物界最重要之植物，乃是鱗木與封印木。此二種植物，類似現時之石松。不過現時之石松，十分矮小，反之，昔日之鱗木與封印木，全屬巨大之植物。其高約爲50尺乃至70尺，有時高達百尺，其幹之直徑約達六、七尺，葉細而長，其狀如針。

封印木 (*sigillaria*) 之葉痕，成縱列。反之，鱗木 (*lepidodendron*) 之葉痕，排列成菱形，此爲兩者間之主要區別。

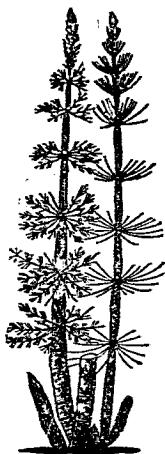


第100圖 封印木全部

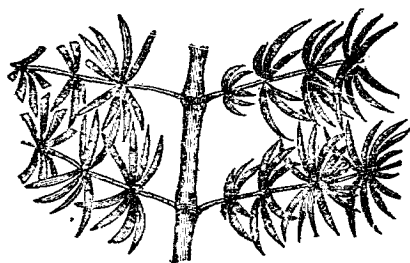


第 101 圖 鱗木之一部

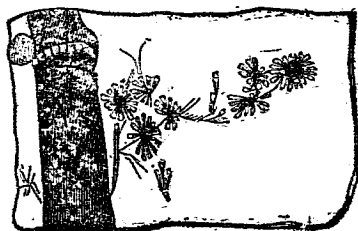
蘆木 (calamites) 植物，類似現時之木賊，高 40 尺以上，幹徑 3 尺餘。蘆木之幹，亦和木賊相類似，中空不實，表面具橫節，節



第 102 圖 蘆木全部



第 103 圖 星 葉 木

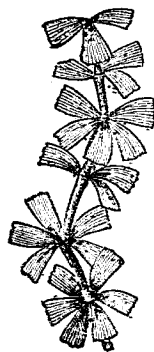


第104圖 輪葉木

與節之間有多數互相平行之溝，橫節之處，常殘存着枝之痕。蘆木之種類中，尚有星葉木(asterophyllites)及輪木(annularia)等植物，不過有學者認為係由蘆木離散之枝，並非獨立存在之種類，此種推測亦有相當之理由。

酷似蘆木之植物，是為楔葉木(sphenophyllum)，具有節枝，每節着生楔狀葉，排列成環狀。

除上所述而外，在石炭紀之隱花植物中，尚有一主要之植物，即為羊齒類。此種植物，多木本，絕不類似現時草本之羊齒，並且其繁殖方法，大都由種子繁殖，並非如現時之羊齒，純由孢子而繁殖，且其幹之內部構造，極似蘇鐵，因此，所以又有學者稱之為蘇鐵羊齒。在實際上，可以視為羊齒類與裸子類之中間物。



第105圖 楔葉木

動物之大部分為海產，與植物之多陸生種類，適相反對。在原生動物中多量產出之種類為有孔蟲與放射蟲，而

在有孔蟲中,又以紡錘蟲科之諸屬爲最主要。

腔腸動物中,珊瑚種類尙多,四射類有 lithostrotion, amplexus, lansdalea 等,床板類有 calamopora, michelinia, chaetitel 等種類。

棘皮動物以海百合與海蕾爲主,此外有少許之海林檎及海膽,在此時期,海林檎差不多已經瀕於滅亡。

腕足介較之前紀,雖已衰微,然其種類尙屬不少,其重要之種屬有 productus, spirifera, spirifer, orthis, chonetes, strophomena 等,就中 productus 之一屬,分布極廣,可認爲此紀之特產,其中有一種名爲 giganteus, 橫幅約六寸,乃腕足介中最大之種類。



第106圖 腕足介之一種
(Productus)

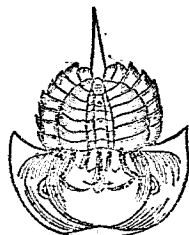
頭足類亦漸次衰微,然尙有直角石,弓角石,鸚鵡介,稜角石諸屬。

二枚介及腹足介較前增加。

三葉蟲在石炭紀之初期,幾乎全部滅亡,僅殘存 phillipsia, proctus 二屬。

類似三葉蟲之動物,有一種名爲鱟魚類,在此時初次出現,僅有二屬。

脊椎動物只限於魚類及兩棲類,魚類以軟骨魚爲多,歪尾光鱗魚次之,硬骨魚類尙未出現。



第107圖 鱟魚類

兩棲類在石炭紀開始出現,在次期二疊紀始達於極盛之時期。

石炭紀之生物，既已如上所述，接着再將石炭紀之地層系統及其分布，一為敘述。

石炭紀乃海底升起而陸地大為增加之時代，因陸地之增加，而原來多數之凹地，乃成為沼澤。在此等地域之中，草木繁茂，而成為森林。及至枯朽堆積，終於分解而為石炭。在石炭成生之期間，而海中亦成立地層，海生動物，埋沒其中。其漸次升起之海底，最後遂出水面，成為新陸地，又成為草木繁茂之場所。因為這樣，所以石炭紀之地層，在甲地為陸成，而在乙地又為海成。又海成層上，往往乘有陸成層。因陸地之升降，所以海成層與陸成層，往往互相重疊。

基於上述之理由，石炭系可以區別為上下之二部：

(一)石炭系下部 因為有上述之事實，所以石炭紀之地層，現出異相。

(1)海相 海相以石灰岩為主，富於頭足類、腕足介、珊瑚、海百合等遠洋動物，其主要產地為比利時、愛爾蘭、威爾斯、俄國、北美等。

(2)近海相 即成立於淺海之地層。此種地層，在德國、葡萄牙、英國、泥盆州、愛爾蘭一部，以及東部阿爾卑斯，各有露出。岩石以黏板岩、砂岩、硬砂岩、礫岩、砂板岩及板狀石灰岩等為其主要之部分。就化石言之，如海百合、珊瑚、腕足介等，差不多全部滅絕。富於某種之稜角石、海綿、放散蟲等。又二枚介中之 *posidonia* 一種，却多量產出。至其砂岩、硬砂岩中，往往含有來自河流之植物化石，即鱗木、蘆木、羊齒之類。從此，可知此種岩層之成於海岸附近之淺海或海岸地方之內海鹹湖，可以說是毫無可疑了。

(3)陸相 純粹之陸相，係由粗粒之礫岩所成，而雜以砂岩及頁岩，在英之蘇格蘭，泥盆州，德之撒克遜 (Saxony)，以及俄國，北美等地，都介有炭層，但是此種岩層與海成層有十分密切之關係，因為在此陸相砂岩、礫岩之間，每每介有石灰岩，此石灰岩層，常以一定方向即當時海之存在方向，漸次加厚，同時，砂岩、礫岩，漸次減薄，最後遂完全為石灰岩所代替，於是全部成為海相，此種海陸相變化之現象，多見於蘇格蘭以及北美地方。

(二)石炭系上部 石炭系上部可分為二相：即一為陸相，一為海相。

(1)陸相 岩層主由砂岩而成，而雜以頁岩及礫岩，石炭層即介在其間，所以又稱為夾炭層。此種岩層，有時厚達五千米，在炭層與頁岩中，多保存鱗木、封印木、蘆木、羊齒等植物之化石，即石炭之原料。此等植物與陸生之多足類、昆蟲、蜘蛛、軟體類、堅頭龍等，共產於同一之岩層中。依據此種事實，便可知道石炭堆積之場所，在於宏大而低溼之沼澤，毫無可疑。像這樣成立之地層，在陸相中，又可特稱之為湖相。

北美、英國北部、比利時及俄國南部，在夾炭層之下部，有石灰岩介在其間，其中含有紡錘蟲、石燕、直角石等海產動物。據此可知成生夾炭層之沼澤，一時下降，而變為淺海，已有確切之證明。

(2)海相 海相之岩層，主由石灰岩而成立，含有紡錘蟲、腕足介等，其主要之產地為我國、俄國中部及北美西部等。

石炭紀地層，在歐洲以英國所占面積為最廣大，但其上部，多覆有新時代之地層，所以，其露出地，散在各處，英國無論

何地，夾炭層中，必介有含海生生物之石灰岩層。

比利時之石炭層，大致與英國相同，其夾炭層，形成二大盆地：一為萊格 (Liege) 盆地，一為滿斯 (Mons) 盆地。

德國威斯特費利亞 (Westphalia) 地方之西部為石灰岩，漸次向東減薄，終至消滅，而為黏板岩、硬砂岩、砂板岩、板狀石灰岩等岩層所代替，厚約二千尺以上。此等岩層之上有砂岩，砂岩之上有夾炭層。此夾炭層中，介有石灰岩，含有鸚鵡介、腕足介、稜角石等海生動物。

俄國之石炭系，分布於廣大之地域，可分為三區：(1)莫斯科盆地，(2)烏拉山西側區域，(3)杜依茲 (Donetz) 盆地。莫斯科盆地及烏拉山一帶之地層，主由石灰岩而成，其間夾有泥灰岩、黏板岩、砂岩等。至於上部石炭系之夾炭層，則僅產於杜依茲附近之區域，其中含有多量之石炭。

北美之石炭系，分布更為廣大。其東部之地層，類似西歐，上部為富於石炭之夾炭層，下部係由砂岩、石灰岩等而成，其間介有少許之石炭。然漸至西方密西西比河流域，則含有紡錘蟲、稜角石、菊石等之石灰岩，漸次增加，在西方之諸州，非常膨脹，占有上部之全部。所以，陸成層完全消失，上下兩部，全變為海成之石灰岩。

我國石炭系之分布甚廣，海相陸相，都極發達，但因地質之調查，尚不完全，所以不能作精確之說明。現將重要之產地，列舉於下：

(一)山西傅山縣有腕足介石灰岩。

(二)甘肅甘州肅州間有珊瑚石灰岩。

(三)山西平陽之西北，產下部腕足介及二枚介之頁岩。

(四)江蘇南京山地,產珊瑚石灰岩。

(五)雲南昆明附近有上部紡錘蟲石灰岩。

(六)湖北宜昌產下部之腕足介石灰岩,又湖北揚子江岸之新灘附近,產下部之珊瑚石灰岩。

至陸相之分布,更爲廣大,各省大都可以發見,如開平,本溪湖,煙台等炭田,即其適例,概括言之,我國北部多陸相,南部多海相,所以炭層之發育,北部厚而南部薄。

造山力之活動 石炭紀,就世界一般言之,乃地殼運動激烈之時代,因此,所以水陸之分布,發生巨大之變化,此時代之地層,多隆起而爲高山,就歐洲而論,阿爾卑斯山即於此時出現,而永成爲歐洲中部之大山脈,但當時成立之高山,亦有許多,因後來受剝削作用,消失無存,如歐洲之菲格斯 (Voges)山,阿頓雷斯 (Ardennes)山等胴山羣,即其遺物。

火成岩之噴出 隨着造山力之活動,而火成岩亦盛行噴出,歐洲之噴出岩以花崗岩,玢岩,黑玢岩,輝綠岩,石英斑岩爲最主要,此等噴出岩,不僅見於歐洲,據里希特和芬之調查,我國之黑玢岩,玢岩,石英斑岩等中,亦有一部分係成立於此時期,歐洲噴出岩最多之地爲蘇格蘭,而輝綠岩,玢岩,凝灰岩等之累層,厚約 600 米。

石炭之成立 石炭紀之石炭,由於當時沼澤中所堆積之樹木變化而成,我們在前面已經一再敘述過了,據實地之觀察,夾炭層中之頁岩,每每產有植物化石,並且石炭之中,亦屢發見原植物組織,此等事實,都可視爲石炭成自植物之證據,不過,石炭有由樹木堆積於其生長之原位置而成的,亦有成於植物生長原位置以外之地方的,前者稱之爲原位成生,

後者稱之爲轉位成生。關於原位成生之證據，如果列舉出來，就是：(1)炭層上部地層中之化石木幹，往往直立，且其根部，亦在炭層直下之頁岩中變爲化石而存在；(2)炭層多而炭田宏大；(3)炭層之厚度無多大變化，且其質純粹，無土砂等之混雜；(4)與炭層相接近之地層中所埋藏之植物，保存極爲良好。至關於轉位成生之證據，亦可舉出以下之諸點：(1)炭層之厚度，變化急激；(2)混有多量之砂泥，而炭層中亦往往有混合物之層之存在；(3)上下層中之植物化石多爲破片；(4)炭層之上下，多產礫岩。但在實際上，石炭系炭層多堆積於植物原來生長之處，即原位成生較多於轉位成生。

石炭紀之氣候 石炭紀之隱花類植物，異常繁茂，且多爲巨大之木本，較之今日之隱花類植物，迥然不同，所以有學者根據這一事實，推定當時之氣候爲熱帶的。但迄於晚近，又有學者認定氣溫過高，反足以促成植物之腐敗，而妨害碳化之進行。基於這一理由，所以這般學者認定石炭紀之氣候爲溫帶的，而非熱帶的。但是，當時之氣候，究爲熱帶的抑或爲溫帶的，我們在今日，固然無從判斷。不過，石炭紀之植物不論產生於任何地方，都屬於同一或類似之種類，並且海棲生物以及陸生生物，亦無差別，依據此種事實，加以推測，則當時之氣候，遍全世界，必爲純然同一，而無寒帶熱帶之別。

當時之氣候，所以各地同一而無差別之理由，有一部分學者，認爲係由於火山噴出多量之二氧化碳而混存於空氣中之故。又當時植物之所以異常繁茂，亦有學者歸諸當時空氣富有二氧化碳之說。但此種假定之說，在今日只流行於一部分學者之間，而不爲多數學者所崇信。

第七節 二疊紀

二疊系之地層，下接石炭系而上接三疊系，其與下部之石炭系以及上部之三疊系，往往表現出密切之關係，尤其是與石炭系之界限，每無劃然之區分，因為這樣，所以地質學者中，有視此系為石炭系之一部者。

二疊系正如石炭系一樣，大體上可別為二異相之地層：一為陸相與淺海相，二為遠洋相。

陸相係由淡水成之礫岩、砂岩、黏土等所成，含有陸生生物，淺海相一方面為含有淺海產生物之石灰岩與白雲岩而成，另一方面為內海或湖澤沉澱所成生之岩鹽、石膏、硬石膏、黏土等而成。

遠洋相專由石灰岩而成，含有深海生物之化石。

其與上述之二相，顯然不同，即為產於南美、南非、澳洲，以及印度之冰相。此種冰相，係為冰河之遺跡，即由堆石所凝固之礫岩所成之累層，且其所產之植物化石，與其謂為屬於古生代之種類，毋寧謂為屬於中生代之種類。

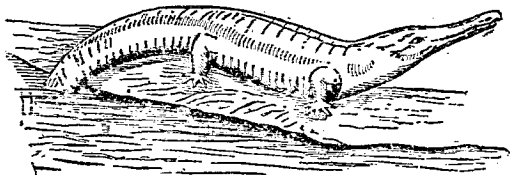
二疊紀海陸變遷，較為複雜。一般地質學者，對於此時代地層之研究，通常以德國之二疊系為標準。

德國在此時代所成生之地層，可分為上下二部：下部稱為赤底統 (Rotliegendes)，上部稱為苦灰統 (Zechstein)，二疊紀名稱之起原，即以此故。

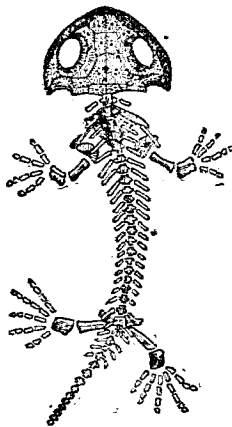
(一)赤底統 此統最厚之處，達 2000 米以上，主由礫岩、砂岩、黏板岩及石灰岩而成，含有氧化鐵，所以呈赤色。此等赤色之岩石，間因水之溶解作用，變作白色或灰色。

赤底統所含之生物化石，與前期石炭紀，大致相類似，植物為蘇鐵科，松柏科，蘆木科及羊齒科，而尤以蘆木，星葉木，輪葉木，楔羊齒，脈羊齒諸屬為最多，反之，石炭紀最繁茂之鱗木，封印木等，僅有少數殘存，又羊齒科之幹，往往矽化，成為矽石。

赤底統之動物，多陸性及淡水性之種類，有葉鰓類，昆蟲類，甲殼類等，魚類概為歪尾光鱗魚及肺魚類，兩棲類較為發達，概屬堅頭類，實為動物界早已滅絕之種類，堅頭類之動物，其身體之一部或全部，生有類似魚類之鱗，體長數寸乃至五



第 108 圖 太 祖 龍



第 109 圖 鰓 龍

尺,如太祖龍(archegosaurus)、鱧龍(branchiosaurus)及 pelosaurus 等,爲其主要之屬。

又在赤底統之石灰岩中,初發見爬蟲類與堅頭類共產。

(二)苦灰統 德國二疊系之上半部,即苦灰統,如果赤底統稱爲舊二疊,則此苦灰統可稱爲新二疊。

苦灰統又可區分爲上中下三部:(1)苦灰統下部,由礫岩、石灰岩、黏板岩等而成,含有腕足類、頭足類、三葉蟲、二枚介、珊瑚等化石;(2)苦灰統中部,其最下層有石膏及硬石膏,每介有岩鹽層,此等地層之上,爲白雲岩及瀝青質石灰岩,含有二枚介及腕足介;(3)苦灰統上部,由黏土、石膏、硬石膏、苦土質石灰岩及岩鹽等所成,其所含之化石極少,僅有極少量之腕足介、二枚介、螺介等。

英國之二疊系,與德國相同,其岩層亦可分爲上下二部:下部稱爲下新赤砂岩(Lower New Red Sandstone),相當於德國之赤底統;上部稱爲苦土質石灰岩(Magnesium Limestone),簡稱爲苦灰岩,相當於德國之苦灰統;其下部之下新赤砂岩,由暗赤色之砂岩而成,頁岩、礫岩及火成岩床,間亦介在其間,含有陸生植物,有時夾有炭層,上部之苦灰岩,由瀝青質板岩、苦土質石灰岩、白雲岩、黏土、砂岩、石膏、岩鹽等而成,含有腕足介與軟體類。

法國此時代之地層,缺上部之苦灰統,只有赤底統發育。

俄國之二疊系,大致與德國相類似,其下部由砂岩、頁岩、石灰岩、白雲岩、炭層等而成,含有二枚介、腕足介、菊石等,上部由砂岩、泥灰岩、頁岩等而成,含有腕足介、二枚介、光鱗魚、爬蟲等。

北美之二疊系，亦大同小異。

我國之二疊系，亦與石炭系同，露出甚廣，下部上部，都有發育。下部既具陸相，又具海相，現列舉數例如下：

(一)煙臺、本溪湖等之炭田，從來認為屬於石炭系上部，但近來有屬於二疊系下部之說。

(二)有名之開平炭田，亦有屬於二疊系下部之說。

(三)山東博山縣之炭田，從來認為屬於石炭系，近來依據化石之研究，或亦屬於二疊系。

(四)里希特和芬氏所稱世界無比之山西省大炭田，近來有學者認為相當赤底統之陸相。

(五)南京與鎮江之炭田，屬於舊二疊，南京附近之丘陵所露出之夾炭層，屬於新二疊之下部，產有腕足介、螺介、蘚蟲、珊瑚等。

(六)江西豐城縣鄉塘之炭田，似屬舊二疊，樂平縣之層，產有二枚介、螺介、鸚鵡介、菊石、三葉蟲等約五十種之化石，屬於舊二疊上部。

(七)揚子江岸武昌下流之鄂城縣，露出有產腕足介之新二疊，又宜昌上流新灘，亦有新二疊下部。

(八)貴州遵義之東北，露出有產腕足介之石灰岩，似屬於舊二疊。

(九)四川朝天有新二疊下部之層，與夾炭層相重，產菊石、腕足介等。

最後，尚有一點必須說明的，即二疊紀之氣候，當時之北半球，與上部石炭紀相連續之夾炭層，依舊發達，且紡錘蟲石灰岩之分布比較普遍，從此可知二疊紀亦和石炭紀一樣，而

爲溫暖濕潤之氣候，其在歐洲，赤色地層之廣，以及岩鹽與石膏堆積之多，又足以顯示其氣候溫暖而乾燥，反之，南半球有冰成層之存在，當然爲寒冷氣候之所襲。但此冰成層中，每每夾有薄炭層，或許當時亦有間冰期之存在，有如洪積世一樣。石炭紀之後半，爲造山力大活動之時期，然此造山運動之餘波，繼續而至於二疊紀，到了二疊紀之末葉，始漸次歸於靜穩。隨着造山力之活動，當然有火成岩之噴出，二疊紀所成立之重要火成岩，有石英斑岩、長石斑岩、玢岩、黑玢岩及凝灰等，此等火成岩，多散見於德國之各地。

第五章 中生代

第一節 中生代之概況

中生代之地層，平均約厚3000米之累層，岩石以石灰岩、白雲岩、泥灰岩、頁岩、黏板岩、黏土砂岩等爲主，此外，尚有礫岩、石炭、石膏、岩鹽等介在其間，又有少數地方，產有火成岩床與凝灰岩。

此時代和古生代相比較，可稱爲靜穩之時代，英、德、法、俄等國，都不曾發見在此時代所成立之火成岩床與凝灰岩，在此等地方，只有成自褶曲地層之山地。

從生物方面說來，中生代可稱爲哺乳類、鳥類、硬骨魚與鬮葉樹(被子雙子葉類)初生之時代，在另一方面，中生代又可稱爲爬蟲類、兩棲類、光鱗魚、軟骨魚、菊石、箭石、六射珊瑚、正海膽、二枚介、螺介等極盛之時代。

其次，瀕於衰微之生物，其主要之種類爲海百合及腕足介，差不多瀕於滅亡之生物爲床板珊瑚與直角石，全部滅亡之生物爲三葉蟲、海林檎、海蕾、鱗木、蘆木及封印木等。

此時代之植物界，主由蘇鐵類與松柏類而成，此外，有少數之羊齒。

中生代依據化石之種類，分爲三紀如下：

- (一)三疊紀(Triassic Period)
- (二)侏羅紀(Jurassic Period)
- (三)白堊紀(Cretaceous Period)

第二節 三疊紀

此時代之地層，在德國可以區別為上中下三部，所以最初愛爾培特 (Alberti) 氏，採用三疊這一名稱。

德國之三疊系，其區分如下所示：

(一)下部一名斑砂統 (Bunt Sandstein)

(二)中部一名殼灰統 (Muschel Karl)

(三)上部一名上疊統 (Keuper)

上部與下部為多含陸生生物之地層，中部為含有海生動物之石灰岩，但英國、北美東部及非洲南部，無此中部之地層，又阿爾卑斯山及地中海沿岸地方所發達的同時代之地層，其全部或大部成自白雲質或石灰質岩石，富於海生生物，與德國之三疊系，顯有差異，最初地質學者將阿爾卑斯山及地中海沿岸之三疊紀地層，認為地方的異相，近來因研究之進步，始知此等地方之岩層為真遠洋相，而德國等處之三疊系，却為淺海或內海之異相。

此紀之生物，在植物方面，大體上係由蘇鐵、松柏、羊齒三類所成，此外尚有木賊、銀杏二類，產於三疊系下層之植物，大致類似新二疊，而產於二疊系上部之植物，大致類似次期侏羅紀。

動物之種類較為豐富，古生代長期占支配勢力之三疊蟲類、四射珊瑚類及床板珊瑚類，以及石炭紀與二疊紀繁榮之紡錘蟲類等，大都隨古生代之完結而絕滅，迄於三疊紀，在下等動物之中，有現生種類四射珊瑚之出現，在軟體動物中，腕足類衰微，僅僅殘存有 *athyris*, *cyrtina*, *spiriferina* 等極少數之種類，二枚介類，極為繁盛，就中以 *pecten*, *lima*, *avicula*, *monotis*, *gervilleia*, *myophoria* 等為其主要之種屬，菊石類，在此紀

十分發育。甲殼類中，沒有主要之種類。此類之動物有介形類、葉腳類、十腳類等。魚類除軟骨魚類之外，有歪尾光鱗魚、肺魚、硬骨魚等。兩棲類中，堅頭類較為繁盛。爬蟲類比之二疊紀，大為增殖。中生代所產爬蟲類之種屬，在三疊紀已大多數出現。例如有名之魚龍 (ichthyosaurus)，在侏羅紀臻於全盛之境，而在三疊紀，即已出現。哺乳類亦最初出現於此時代，但概屬於有袋類。

關於三疊紀之地層，試先就德國一為敘述。

德國之三疊系，如上所述，可別為三部。下部及上部為陸相，而中部為海相。此種現象，乃由於地層初為陸相，繼為海底，最後，復為陸地之結果。

(一)斑砂統 下部由風成之砂岩而成，上部由黏土及泥灰岩而成。在上部之岩層中含有陸生生物及來自氾濫之淺海生物。

(二)殼灰統 此層為由含有海生生物之石灰岩而成。

(三)上疊統 此層由泥灰岩、石膏、砂岩等而成。化石以陸生生物為主，此外亦產淺海或內海之生物。

(一)斑砂統(斑砂岩) 岩石如名稱之所示，乃屬於雜色之砂岩。但其中以赤色為最多。其構成岩層之砂岩，多為石英砂岩。其膠結物有黏土質、矽質或鐵質。岩石之色，與膠結物有密切之關係。

斑砂統之化石，在植物方面有木賊類、羊齒類、松柏類等。



第110圖 十腳類之一種

在動物方面，有角質海綿、葉總類、葉腳類等，又兩棲類之足跡，亦有時發見。

(二)殼灰統(殼灰岩) 所謂殼灰岩即介殼石灰岩之簡稱。此種岩層乃氾濫於斑砂岩上之淺海沉澱物。岩石以石灰岩為主，富於介殼，如果石灰岩中含有鎂，即漸次移轉而為白雲岩，如混有黏土，即成為泥灰岩，又如泥灰岩成為厚層時，則其間每每含有石膏、硬石膏、岩鹽等。

殼灰統因其為海成層，所以植物化石甚少，僅有石灰藻及河水流出之羊齒類及松柏類等植物。

至其所含動物化石，因其為淺海層，所以種類亦少，其主要之動物化石，有海百合之 *encrinus*、腕足類之酸醬介(*terebratulata*)、*spiriferina*、*waldhamia* 等，二枚介之牡蠣、帆立介、腹足類之 *notica*、*dentalium* 等，菊石類之 *ceratites*、*hungarites* 等，爬蟲類之孽子龍(*nothosaurus*)及 *anarosaurus* 等。

(三)上疊統 此層為構成三疊紀最上部之累層。岩石以黏土及泥灰岩為主，此外，有石膏、硬石膏、岩鹽、砂岩、石灰岩、白雲岩、石炭等。

上疊統之化石，因其為陸相，所以多含植物化石，其主要之植物化石，有木賊類之木賊及與之相類之 *schizoneura*，羊齒類之 *lapidopteris*、*danaeopsis*，蘇鐵類之 *pterophyllum*、*otozamites*，松柏類之 *palyssia* 等。

動物種類極少，其最下部大致類似殼灰統產，至其上部，產有葉總類及腕足類之酸醬介、三味線介等，堅頭類亦有數種，如蝦蟆龍(*mastodonsourus*)及 *metopias*，都屬巨大之動物，蝦蟆龍之頭骨，長差一米，爬蟲類產有孽子龍、鸞龍(*aetosourus*)，

箭齒龍 (betodon) 等，最後發見有哺乳類之 *microlestes* 之齒，實爲哺乳類之嚙矢。

英國之三疊系，稱爲新赤砂岩系 (new red sandstone system)，與德國之三疊系，極相類似，但無相當殼灰岩之岩石，斑砂統直接與上疊統相接，下部由赤色及綠色之頁岩，與赤色之砂岩而成，含有松柏類之矽化木，上部爲赤色泥灰岩及黏板岩與黑色之頁岩而成，化石有魚齒鱗刺、爬蟲足跡及最原始哺乳類之 *microlestes* 之齒。

法國之三疊系，與德國相同，斑砂岩爲含有手獸之足跡與植物化石之砂岩所代表，殼灰岩爲泥灰岩與石灰岩所代表，上疊統由雜色之泥灰岩所代表。

美洲之三疊系，在大西洋海岸地方及洛磯山脈之間，屬於陸相，類似德國之三疊系；反之，在太平洋沿岸，則屬於海相。

我國之三疊系，亦可分爲陸相與遠洋相之二種，其中陸成層，產於下列各地域：

(一)雲南省 隣接四川之倘塘與水塘鋪之炭田，其中含有類似 *glossopteris* 之植物，此種炭田，究屬於三疊系之某一部分，現尙不能確定，或屬於上疊統，亦未可知。

(二)貴州省 貴州貴陽附近，發育有斑砂層。

(三)四川省 四川重慶附近，發見有三疊系之地層，層之岩石，由砂岩及細粒砂質頁岩所成，含有三角介及石蓮諸化石。

(四)湖北省 湖北秭歸之炭田，似屬上疊統。

(五)湖南省 湖南耒陽之炭田，產 *gigantepteris* 之化石，或相當斑砂統。

此外，三疊系之海成層，發育於雲南和貴州，大抵屬殼灰上部或上疊下部。

至於三疊紀水陸之分布，亦有說明之必要。

太平洋爲世界最古之海，在古生代中，卽已存在。迄於三疊紀，不僅仍舊存在，而且較今尤大。北美之西岸，以及東亞之地，都屬太平洋之範圍。

又古生代之茲特斯(Thetys)海，亦繼續存在，東至馬來羣島，西經現今之地中海，而連續至中央亞美利加。

此海之北，有二大陸：一爲北大西大陸，卽現今之北美與格林蘭相連續之大陸；一爲西伯利亞中國大陸，卽包含現今歐亞之大部分之大陸。又其南亦似有一極大陸塊存在，以印度與非洲爲其中心，東連澳洲，西延至今之巴西。

除太平洋與茲特斯海而外，尙有一海，是爲北冰海。斯匹次倍爾幹(Spitzbergen)島及西伯利亞東北部之三疊層，卽此海之沉澱。

第三節 侏羅紀

侏羅紀在中生代中，乃動植物最繁盛之時代，同時，又可認爲中生代之生物發揮其特性最完全之時代。

侏羅(Jura)之名稱，爲布朗尼亞特(Brongniart)氏及罕波爾特(Humboldt)氏所首創。因德國與瑞士之國境上，有一山脈，名爲侏羅，係由此時代之地層所組成，所以，布氏與罕氏，乃採用此山脈之名稱，作爲地層之名稱。

侏羅時代之生物，種類繁多，和前紀相較，略有差異。箭石類比較發達，菊石類之發育，臻於極盛之時代，與三疊產各異

其屬其種數約在五百種以上，現生種類之六射珊瑚，亦大繁殖，構造多數之岩礁、海綿、海膽、葉鰓、腹足、腕足等類，亦頗繁殖。長尾之十脚類，初在此紀出現。魚類以光鱗魚及軟骨魚為主，硬骨魚只有 *leptolepis*、*thrisops* 之二屬。脊椎動物中最惹人注意者，一為爬蟲類之大發育，一為始祖鳥之發見。爬蟲類在這個時代為優勝型，在生物界中居最高地位。當時的爬蟲，種類最繁，形多偉大，有在水中游泳的，有在地上爬行的，有在空中飛翔的。這個時代的生物，沒有那一種足以和爬蟲相比擬，所以這一個時代，即稱之為爬蟲時代 (age of reptiles)，亦無不可。始祖鳥之性質，介乎爬蟲類與鳥類之間，可以視為鳥類之祖先。

植物以松柏類、蘇鐵類、銀杏類等，占其主要之部分。隱花類之羊齒類與木賊類，亦屬較多之種類。此等植物，雖在以前之時代，即已出現，但至侏羅紀，始達於極盛。

侏羅紀之地層，平均約在千米以上。岩石以石灰岩、泥灰岩、砂岩、頁岩、黏板岩、黏土等為主。白雲岩、礫岩、角礫岩等，間亦產出，但不如三疊紀之多。火成岩及凝灰岩，在褶曲山嶺之地帶，亦有時發見，但在中歐則無此種岩層。

侏羅系，可大別為三部如左：

- (一) 上部 黑侏羅 (Lias or Black Jura)
- (二) 中部 褐侏羅 (Dogger or Brown Jura)
- (三) 上部 白侏羅 (Malum or White Jura)

在以上之分類中，完全是以岩石之色為根據，這是不待言的。

- (一) 黑侏羅 黑侏羅係由頁岩、砂岩、石灰岩、泥灰岩及黏

土所構成。色黑或帶灰褐，尤以黏土及頁岩，占主要之部分。岩層之構造，較爲簡單，大都水平，卽有傾斜，亦極緩慢。

此層因屬海成層，所以所含植物較少。海藻之外，有蘇鐵類及松柏類植物，大都由河水流入於海中。

動物種類極多，就中以海百合、腕足、軟體及爬蟲等類爲最主要。

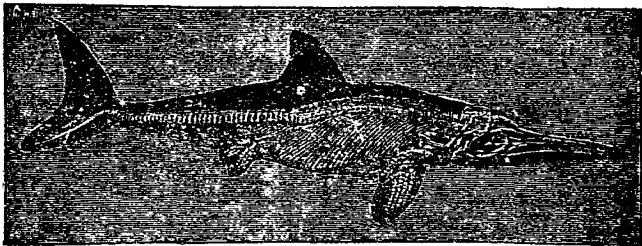
海百合中，以五角百合爲最多，其柄之橫斷面，作五角形。腕足類有酸醬介、小嘴介及數種石燕。

軟體類中以菊石類及箭石類爲最多。

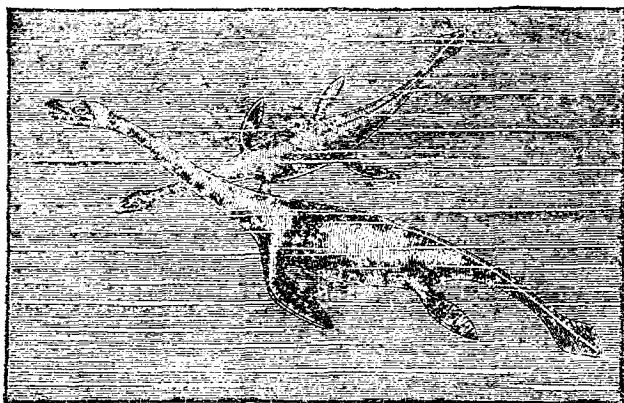
爬蟲類之魚龍及長頸龍二種，在黑侏羅層特多，可視爲黑侏羅之特徵。魚龍長約35尺，長頸龍長約10尺。魚龍頭大，頸短，尾長。長頸龍頭小，頸長，尾短。但兩者之四肢，概呈鰭形，而棲息於海中。英之多爾斯特 (Dorest) 州，德之波爾 (Boll) 地方，爲此二爬蟲之主要產地。

海棲爬蟲之外，陸棲爬蟲之鱷龍，亦於波爾地方發見。

此外，飛翔空中之爬蟲，亦發見於黑侏羅層中，如 *compognathus*，卽其一例。



第 111 圖 魚龍之一種



第112圖 長頸龍之一種

昆蟲間亦發見於黑侏羅，魚類至黑侏羅之末，較為發達。

(二) 褐侏羅 岩石之種類，變化無定，就一般言之，以砂岩、黏土、泥灰岩及石灰岩為最重要。砂岩質軟，色淡褐或暗褐，形成褐侏羅層之最下部，其上部多為黏土、頁岩、泥灰岩，間有數地，砂岩黏土，交相重疊，或魚卵狀石灰岩，占其大部，例如由英國中部，經法國，而達瑞士，多可發見此魚卵狀石灰岩。

褐侏羅層亦屬海成，所以植物亦較少，現所發見之植物化石，大都屬蘇鐵、羊齒、松柏三科，在植物化石中，銀杏種數之多，實為可注目之現象，現今銀杏僅有一種殘存，產於我國及日本，而在褐侏羅時代，則多至數十種。

海棲動物，所產甚多，有孔蟲、海綿已不多見，棘皮動物之中，五角百合大為減少，反之，海膽類增加，腕足介中之酸醬介與小嘴介，種類甚多，石燕在褐侏羅時代，完全滅絕，葉鰓介中，

牡蠣甚多，往往單獨相集，形成岩層。三角介種類特多，可視為褐侏羅之特色。腹足介中有蝶螺、川合介等。菊石種類甚多，其主要之屬有冠菊石 (stephanoceras)、葉菊石 (phyloceras) 及鐮菊石 (harpoceras) 等。

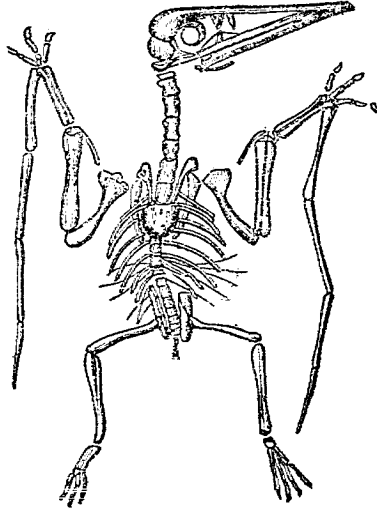
爬蟲類中之魚龍及長頸龍，在褐侏羅時代，漸次稀少。

(三)白侏羅 白侏羅之岩石，以帶白色之石灰岩及泥灰岩為主，間亦雜有白雲岩、砂岩、黏土等。但砂岩及黏土，不如前期之多。

在此層中，植物化石亦少，而且多屬松柏、蘇鐵、羊齒三科。反之，動物甚多。海綿非常繁殖，例如法國東部、瑞士及德國南部諸地，往往由海綿構成岩層。德國南部，尤其顯著，數十里間，高數百尺之岩壁，即此海綿構成之石灰岩。珊瑚類似海綿，分布尤廣，幾乎各處都可發見。五角百合，較黑侏羅少。牡蠣較褐侏羅多。菊石、箭石略呈衰敗之兆。魚類多光鱗魚、硬骨魚，間亦產出。

爬蟲之中，龜類最多，魚龍及長頸龍，已不復見。其他龍類所產不少。例如飛翔空中之翼手龍 (pterodactylus)，為世所熟知。其次為陸棲之恐龍 (dinosaurus)，身長達百尺以上，為世界創成以來之絕大動物。

鳥類之化石，即所謂始祖鳥 (archaeopterus)，亦於德國之伯費尼亞 (Bavaria) 地方之石灰岩中初次發見。此種始祖鳥，體大如鳩，其骨骼之構造，與現時之鳥類相比較，其差異之點甚多。例如現今鳥之尾椎骨，僅有一個，自此出羽，作放射狀。而始祖鳥之尾椎骨，則多至 20 個，各個具羽，左右一對，所以其尾羽之數為 20 對。又現今鳥之椎骨，前後兩面，呈凸形，而始祖鳥

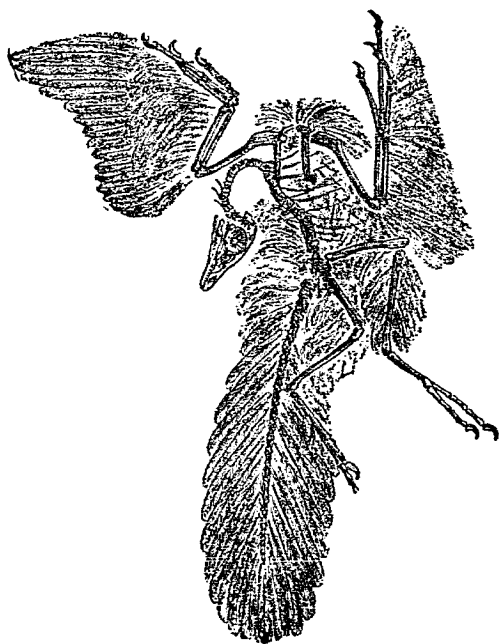


第 113 圖 翼 手 龍

則呈四形，類似爬蟲。不僅如此，現今之鳥無齒，而始祖鳥有齒。凡此種種，都不外鳥類而兼爬蟲之性質。要之，始祖鳥實為爬蟲類與鳥類之中間型之生物。所以始祖鳥化石之發見，有學術上之意義與價值。

以上所述之黑侏羅、白三侏羅，各地並非完全發育。就中以缺少黑侏羅者較為普通。

歐洲侏羅系之分布，以德國、法國、英之西部及中歐為富於正規性，尤其是德國之侏羅山脈，可以認為典型的產地。在侏羅山脈地方，根據於岩石之種類與化石，即可區分為黑侏羅、褐侏羅及白侏羅之三部。



第 114 圖 始 祖 鳥

俄國之侏羅系,分布甚廣,但缺少黑侏羅全部及褐侏羅之大部分。

北美之洛磯山脈侏羅層,相當歐洲之白侏羅,此層特徵爲陸成相,除有袋哺乳類外,產多數之恐龍類。

我國之侏羅系,分布於我國之中部及南部,間亦出現於東北地方,如遼寧安東等省,其主要產地如下:

(一)四川省 據里希特和芬氏之記載,四川之赤色盆地,分布於廣大之地域,主由赤色之砂岩及頁岩而成,在此岩層

中，時時有下侏羅及中侏羅植物之發見，據里氏之意見，四川赤色盆地，大部分屬於侏羅層。

(二)山西省 山西大同有侏羅夾炭層，厚約 1200 英尺。岩石爲粗石英質砂岩，砂質石灰岩，又炭層內夾有黑頁岩，里希特和芬氏以爲屬於下侏羅。

(三)山東省 山東濰縣房子炭坑，里希特和芬氏最初以爲屬於石炭紀，後經種種植物化石之發見，方確知屬侏羅紀。

(四)陝西省 陝西商州附近，秦嶺山之東部，變質片岩之上有侏羅地層。

(五)江西省 江西萍鄉縣之三夾沖、高坑及沙市界，宜春縣之鐘家坊，豐城縣之廖家山，以及興安縣之司路鋪，都有侏羅層之發見。

第四節 白堊紀

白堊系之地層，占中生界之最上部。此紀之岩石，隨地而異，毫無一定。此岩石無定之性質，在他系固亦可以發見，然不如白堊之甚。白堊系之岩層，有由白色白堊與綠色砂岩而成，有全部由砂岩而成，亦有由灰岩、泥灰岩及黏土而成。岩質之變化，既如此其甚，則各國地質學者對於此時代之地層，冠以種種之名稱，絲毫不足奇異。

此系之地層研究，實始於英國、英國及法國北部，白堊厚層，形成此系之主要部分，因而定名爲白堊系。白堊又名白堊(chalk)，乃石灰岩之一種，土狀質軟，其主要之成分爲小有孔蟲之介殼。

白堊系之化石，就歐洲言之，植物概少，這是因爲白堊層

多屬海成之故。一般白堊紀植物，因時期先後之不同，種類各有差異。其前半期大致和侏羅紀相類似，以羊齒、蘇鐵、松柏三科為主。至後半期，被子植物之闊葉樹，極為繁殖。前半期僅於北美及南歐之葡萄牙略有發見。其重要之種屬為柳、槭、櫟、無花果、月桂樹、梧桐、木蘭、白楊等。此外，尚有 *credueria* 及 *sassafras* 二屬，迄今已歸於絕滅。

至於與此等闊葉樹共產之羊齒、松柏、蘇鐵等植物，隨白堊紀之前進，其數量漸次減少。

動物種類甚多，第一為有孔蟲。在當時，有孔蟲之發育極盛。上面所述之白堊岩石厚層，即其介殼所形成。又有所謂海綠石，即砂岩、泥灰岩、石灰岩中混存之綠砂，其中心之核，亦為有孔蟲之殼。

其次為海綿，種屬亦多。其主要之屬有 *ventriculites*、*coscinopora*、*siphonia* 等。

珊瑚較侏羅少，然於白堊系之上部，亦多形成岩礁。

海百合較少，多為無柄之屬，例如 *marsupites* 及 *uintacrinus* 是。

海膽極多，在此紀達到最大之發育。除從來之正形輻狀構造之種屬而外，更有殼形左右對稱之種屬。

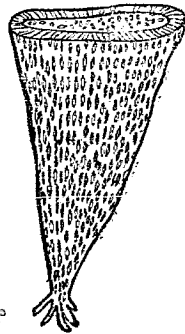
腕足介發育之狀態，和前期大致相同，二枚介甚多，牡蠣

第 115 圖



海綿之一種
(Siphonia)

第 116 圖



海綿之一種
(Ventriculites)

科之中，有 *exogyra* 及 *alectryonia* 之諸屬，又馬尾介科諸屬，形態特殊，其中之大部分，可視為白堊系之特稱化石。

軟體動物中，其最主要之種屬和侏羅紀相同，亦為菊石與箭石，而兩者迄於白堊紀之末，始歸於滅亡。菊石之在前紀，多為平面螺旋狀之種屬，即所謂內捲形，但至白堊紀，有許多奇異形態之種屬出現，就中有棒狀、鉤狀、弓狀、船狀、螺介狀等，特稱之為外捲形。

箭石種類亦多，與菊石共占頭足類之大部。

甲殼類有長尾十腳類、短尾類、蔓腳類等，就中以短尾類為較多。

魚類化石甚多，大都屬軟骨魚，光鱗魚和侏羅紀相較，大為減少，反之，硬骨魚之種屬漸次增加。

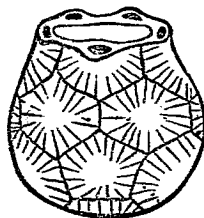
爬蟲之種類雖尚不少，然較之前紀，却已大形衰微。長頸龍、魚龍及翼手龍，雖尚生存，但只散見於各地而已。鱷魚與龜較多，此外，白堊時代出現一種特別海生爬蟲，是為鱗形類，其形狀有如海中巨大之蛇，其主要之屬為滄龍 (*mosasaurus*)、滑齒龍 (*liodon*)、扁腕龍 (*platecarpus*)、腕龍 (*clidastis*) 等。

鳥類之形態，仍然類似侏羅紀之始祖鳥，大都具齒，且脊骨作兩凹形，前後兩面凹，與現今鳥類，構造各異，反類爬蟲。

哺乳類中，僅有有袋類之出現，產於北美之西部，且其數量不多。

白堊時代之地層，就其化石上之性質加以考察，很顯然

第 117 圖



海百合之一種
(*Marsupites*)

地成爲南北相之對立。

南相之白堊系,其化石以馬尾介及葉鰓介等爲主要之產物,時相集合,構成岩石,反之,北相之白堊系,此等化石極少,甚或全無,又在南相之白堊系中,其與馬尾介等共產之化石,有造礁珊瑚,腹足介及侏羅紀生存以來之坦菊石,弛菊石,葉菊石等種類,反之,在北相之白堊系,此等化石,亦甚稀少。

屬於南相之區域爲法國南部,阿爾卑斯,非洲北部,小亞細亞,阿富汗,印度等地,屬於北相之區域爲英國,法國北部,德國北部,瑞典南部,丹麥等地。

白堊時代之地層,其詳細之分類,如下所示:

(一)白堊下部(Lower Cretaceous)

(1)前綠砂統(Neocomian)

(2)中綠砂統(Gault)

(二)白堊上部(Upper Cretaceous)

(3)後綠砂統(Cenomanian)

(4)底堊統(Turonian)

(5)上堊統(Senonian)

今試依次分述之於下:

(1)前綠砂統 英國及法國北部,由含有海綠石(glaucosite)砂之泥灰岩,砂岩及黏土而成。德國北西部由石灰岩,礫岩及黏土而成。澳洲則成自泥灰岩。

此層之重要化石,有海膽類,腕足類,葉鰓類,菊石類等。

(2)中綠砂統 此層厚達一千尺以上,英法德三國,大致由黏土,頁岩及泥灰岩而成,間亦有由砂岩,石灰岩而成,黏土色帶暗灰,間含海綠石粒。

此層化石甚多，尤以菊石箭石爲最，此外，葉鰓介亦復不少。

(3)後綠砂統 英法兩國，由含有海綠石粒砂岩、黏土及泥灰岩而成。德國之 Hannover 地方，由黏土質石灰岩及石灰質泥灰岩而成。Saxony 及 Bohemia 地方，則由含有海綠石粒之柱狀砂岩及石灰岩而成，或全部成自石灰岩。

此層之主要化石有海膽類、菊石類、葉鰓類等。

(4)底聖統 法國北部及英國之底聖統，由白堊泥灰岩而成。Saxony 及 Bohemia 地方，則由砂岩而成。石灰岩及泥灰岩，介在其間。

此層所含之化石，有海膽、葉鰓介、腕足介、菊石等。

(5)上聖統 英國、法國北部及德國北部，主由白堊而成。德國之 Aix-la-Chapelle 附近，由砂泥灰岩及白堊凝灰岩而成。Westphalia地方，由石灰質泥灰岩、泥灰質砂岩而成。

此層之化石有孔蟲、海綿、海膽、海百合、腕足介、葉鰓介、菊石等。

歐洲之白堊層，以英德法三國分布之地面爲最廣，且最完備。概括言之，北相爲淺水之沉澱，南相爲大洋之沉澱。

北美之白堊層，面積亦極廣大，約可分爲五區域：即(a)大西洋沿岸諸州，(b)墨西哥沿岸，(c)內部之諸平原，(d)洛磯山脈 (e)太平洋沿岸。

我國至今，尙未發見海水成之白堊系地層，僅於四川省發見淡水成之白堊層數處，其地域如下所示：

(a)揚子江畔 涪州之上流五里地方。

(b)揚子江畔 襄陽北十里地方。

(c) 渠河畔 綏定附近。

以上三區域，產蚌介蛻介等，間亦產石炭。

(d) 昭化縣 石罐子。

(e) 合洲 沙溪廟。

以上二區域，產有石炭。

白堊紀水陸之分布，與前紀無大差異，漸次成爲與現代相接近之形式。但就生物之狀態而言，在白堊末葉，却發生一大變化，如前所述，在古生代與中生代之間，其生物之種屬，大生差異，而在中生代末葉之白堊紀與新生代之間，生物亦有顯著之差異。凡中生代產之脊椎動物，迄於新生代，大都瀕於滅亡。無脊椎動物，除二、三例外，亦於白堊紀末葉，失其生存。巨大之爬蟲類，如恐龍、翼手龍等，以及頭足類之菊石、箭石等，概屬繁衍於中生代之物種，乃亦不免於滅亡。此種變化，不僅舊世界如此，而新世界亦復如是。而此種現象，實爲當時全世界一般之大變化。此大變化之原因，雖無由探悉其究竟，但就推測所及，大約起於海中之變化，因受其影響之生物，多屬海生之物種。美國丹納(Dana)氏，以其原因之一，歸諸海流。當白堊紀之末葉，地球面上，氣候帶漸次顯明，且南北美之三分之一，既爲陸地，歐亞大部，亦變爲陸地，因此，所以歷來遍全地球之海洋的氣候，一般受溫度之低下，水陸共被其影響。白堊時期，繁茂於北極地方之蘇鐵類，至第三紀，則僅能生存於現今溫帶以南，此卽溫度低下之結果。假定白堊時期之北極地方，水之溫度，降低華氏15度，北向南流，則海岸附近動物之大部分，因受海流之影響，莫不遭受滅絕之禍。此際陸地亦蒙海中餘波，變爲寒冷，致蘇鐵、爬蟲等類，失其生活之常態，因以滅絕。

以上爲丹納氏之解說,此說之是否有正確性,爲另一問題;然在學術上,不無可供參證之價值。

最後,我們尚須說明的,即中生代生物之演進的情形。

中生代生物之發育,較之古生代着着進步,植物則由管束隱花植物,移於松柏蘇鐵之裸子植物,最高等之被子植物,亦出現於中生代之末葉,動物則有六射珊瑚,代替四射,床板二類之位置,腕足介及鸚鵡介,大形衰微,而葉鰓類、菊石、箭石,極其繁盛,魚類則歪尾光鱗魚滅亡,而正尾光鱗魚漸次增加,最高等之硬骨魚類,亦於侏羅、白堊漸次出現,兩棲類,初產蝦蟆龍,爬蟲類繼之以起,而與爬蟲類先後發育之動物,復有鳥類及哺乳類之祖先,生物種類之進化,於此可以窺見一般了。

第六章 新生代

第一節 新生代之概況

新生代之地層，占前世界所成立的地層之最上部，其層之厚，因地而異，但平均約為 1000 米。

地質學者，每每以為一大地質時代與次之地質時代，其岩層之間，存有判然之區劃，此實基因於白堊與新生代間，岩層上有顯明之境界，因歐洲西部，如英之東南，法之西北，其白堊系之最上層，因受海水氾濫之影響，被水所浸蝕，而覆於第三紀之礫砂泥等層，其間有判然劃分之境界，而白堊紀與新生代之岩層，其所產之化石，亦迥然各別，白堊紀與第三紀間，乃地質上之一大變動之時代，雖然如此，其中亦有多少之例外，例如丹麥、比利時、阿爾卑斯、北美西部等地，先後發見此兩時代之地層間，並無明顯之區劃，而前時代與後時代之間，反似有一定之連續的關係，可是，在實際上，亦有多少之差異，否則時代之區分，便不免失其根據了。

新生代可大別為下之二紀：

(一)第三紀(Tertiary Period)

(二)第四紀(Quaternary Period)

在地質學幼稚之時期，曾將古生代稱為第一紀，中生代稱為第二紀，此第三紀及第四紀之名稱，乃係對第一紀及第二紀而言，第一紀及第二紀之名稱，已不復採用，現所採用者，僅第三紀與第四紀兩名稱，合此兩者，隸屬於一地質時代，而稱之為新生代。

第二節 第三紀

在第三紀中，地球表面漸次變化，大致近似現狀，其所產動物植物之形態，亦與現生種無大差異，在此時期中，其所發生顯著之事象，約有以下數端：

(一)海陸境界之變化 在第三紀之初，地球狀態，原與現時地球之狀態不同，其後因大陸漸次升起，汀線漸次移動，致淺海灣峽，變為涸竭之沼澤，海中之島，與大陸相連，變為半島，時或大陸低地，徐徐沉降而為內海，如歐洲北部是，又或大陸沿岸，處處斷落而成列島，如亞東海岸是。像這樣升降變遷，漸次推移，而大陸遂近似現時之狀態，第三紀之地層，並非全屬海成，其中有海成、半鹹水成以及淡水成等層，互相重疊，因此，動物植物不能不隨之遷徙，在此變動劇烈之過程中，循着適者生存不適者滅亡之公例，而生物界亦發生巨大之變化，凡此種種，固可視為陸地升降之確證，同時，亦即第三紀中生物變遷之原因。

(二)大褶曲山脈之成立 世界最高之山脈，大抵至第三紀，始漸次因地心火力之推動，日益升高，聳入雲際，而達至現今之高，其唯一之證據，即在此等高山之腹，距海拔數千米之處，發見有新生代前紀之海成層，例如喜馬拉雅山、阿爾卑斯山、比勒列斯山 (Pyrenees)、亞平寧山 (Apennines)、高加索山、安的斯山等是，阿爾卑斯山及比勒列斯山，在海拔三千米高處，有第三紀前期之海成層，喜馬拉雅山，在海拔四千乃至五千米之高處，有第三紀後半期之海成層，照這樣說來，可以想像當時此等山腹，尚為海底，山脈甚低，後來漸次升起，遂成為大

山脈。

(三)火成岩之大流出 在中生代中,除極少數之地域而外,火山的活動力,概屬微弱,但是進到了新生代,火山活動極為猛烈,遍全世界,噴出多量之火山岩,例如粗面岩,安山岩,玄武岩,響岩等熔岩,多量噴出,或形成火山之山脈,或凝集而成廣大熔岩床,地球內部之熱,漸次散發,地球漸次收縮,所以在這時,地球表面有一個顯著的變化,如山脈之升起,海陸之昇降,即其適例。

(四)氣候之變化 中生代中氣候溫和,兩極地方尚屬溫暖,但進入新生代之初,即發生變化,其後漸次冷卻,致有冰期之出現。

(五)氣候帶之成立 氣候帶之端緒,始於侏羅時代,至白堊紀而稍明,入於第三紀而愈顯著,遂如今日而分數帶。

(六)生物界之大進化 中生代之生物,進入新生代,多數歸於滅亡,如馬尾介,菊石,箭石,恐龍,魚龍,翼手龍等是,其餘如腕足介,海百合,硬鱗魚,蘇鐵等,雖不曾滅亡,然其數量大減,不過在另一方面,又有其他之物種,在此時期,進化發育,舉例來說,植物界中之闊葉樹,棕櫚等,動物界中之硬骨魚,龜,蛇,蛙,哺乳類等,萌芽於中生代,迄於第三紀,其數大增,哺乳類與闊葉樹之多,更可視為第三紀之特徵,哺乳類初現於三疊紀,至侏羅白堊,概屬下等之有袋類,及至第三紀,高等哺乳類滋生繁衍,致占動物界支配之地位。

至第三紀地層之分類,極形困難,因地形錯綜,氣候不一,而生物種類,亦因時因地,而不同,因此,比較參證,幾乎成為不可能,所以關於第三紀地層時代之確定,與其根據於地層巔

積之順序，毋寧根據於層中之化石與附近海中生存之生物之比較研究。近海之生物，乃層中化石之後裔，就其相互類似之程度來判斷地層時代之新舊。如果類似點多，則其地層新；反之，類似點少，則其地層古。從來地質學者，多以海棲介殼類之演進的階梯，作為區分第三紀地層之基礎。依據這般學者研究之結果，在第三紀初期之介類，約產現生種 3%，中期約產 19%，後期約產 50%。然據近來之研究，則其比例之數字，顯有差異，且各學者間，又無共通之標準。概括言之，第三紀初期，其所產之介類無現生種，中期約產現生種 10% 乃至 40%，後期約產 50% 乃至 90%。

第三紀地層之分類，萊伊爾 (Charles Lyell) 最初分為始新統、中新統及鮮新統。一八五四年，培里希 (Beyrich) 氏又把中新統之下部，劃分為漸新統。一八七四年，希摩巴 (Schimper) 氏更將始新統之下部之最古的第三紀地層，劃分為曉新統。因為這樣，所以新生代可分為五個時期。現將這一時代最流行之分類，揭之於下：

(一) 第三紀舊期 (Palaeogene)

(1) 曉新世 (Palaeocene)

(2) 始新世 (Eocene)

(3) 漸新世 (Oligocene)

(二) 第三紀新期 (Neogene)

(4) 中新世 (Miocene)

(5) 鮮新世 (Pliocene)

不過，在各時期之地層間，很難發見一般之性質，除採取地方的研究而外，別無適當之方法。

(一)第三紀舊期(舊成統) 此時期所產之植物,以雙子葉類,單子葉類及松柏類爲最主要,在雙子葉類植物之中,除熱帶產種類而外,尚有亞熱帶性與溫帶性之種類,例如五加科,龍木類等植物爲熱帶性植物;無花果,月桂,木蘭,胡桃等爲亞熱帶性植物;檉,槭,柳等爲溫帶性植物。

單子葉類初現於白堊紀,到了第三紀,即有廣布於南歐及中歐之棕櫚。

松柏類中,水松科植物爲最重要之種類。

動物之中,有孔蟲類之貨幣石,其所產之數量極多,至可驚異,恰如石炭紀及二疊紀之紡錘蟲一樣。

腔腸動物之珊瑚,所產亦多,除熱帶地方而外,不產構造岩礁之種類。

海膽化石甚多,左右對稱之種類,較多於白堊紀。

二枚介中有牡蠣,帆立介等。

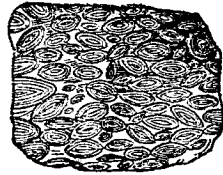
頭足類之種類大爲減少,四鰓類只殘存鸚鵡介與aturia之二屬,二鰓類則僅殘存 vasseuria 之一屬。

甲殼類中,蟹類較多,魚類以軟骨魚和硬骨魚爲多,前者僅殘留有齒,後者,却保留有完全之骨骼。

哺乳類中以有胎盤類之種類爲主,在白堊紀以前所產之哺乳類,全爲無胎盤類。

長鼻類最初發見於埃及之漸新層,在地史學上爲一有名之事實。

有蹄類中最古之種類,奇蹄和偶蹄之性質,無明確之區



第118圖 貨幣石

別,到了始新世,二者之間,始有劃然之區分。

食肉類中之動物,裂齒之發育,多不完全,和現今之食肉類相較,則可視為原始之形態。

擬猴類之分布,較為廣汎,真正之類人猿,由埃及之 *propliopithecus* 可以代表。

(1) 曉新世 曉新世之地層,在以前看作始新統之一部分,到了近來,獨立別為一統,是為曉新統,其所根據之理由,因此地層中全無貨幣石之故,雖間有少數之地方,偶然發見貨幣石,但其量極少,比之始新世,相差甚遠。

曉新世之植物,類似白堊上部,就其種類言之,顯示溫暖氣候地帶之性質,其主要之種類,為肉桂科,櫛科,羊齒科之植物,其中雜有少數熱帶性植物。

曉新世之代表的地層,大都可分為曉新下部,曉新中部及曉新上部之三部,由海成層,半淡水成層及淡水成層而成,覆於白堊系之上部,如法國,英國,比利時及俄國之曉新層,大抵如此,其所含之化石,因地而異。

(2) 始新世 歐洲之始新層產地,大體上可別為二區域:一為英法區域,一為南歐區域,前者包括法國北部,比利時及英國南部;後者包括法國南部,阿爾卑斯山,俄國南部,小亞細亞,波斯,中央亞細亞,澳洲等地。

始新世之古生物,其所表現之特性,即為貨幣石之發育繁盛,此外尚有大型之海膽及熱帶產介類。

哺乳類大為進步,猿與嚙齒類,亦開始出現。

始新世之地層,亦可分為上中下三部,例如巴黎附近之始新統,位於一般所稱之巴黎盆地,其區分如下:

(a) 始新統下部 主由砂岩而成，除海產介之外，產貨幣石之一種。

(b) 始新統中部 由粗粒石灰岩而成，產多數之海產介和貨幣石，此外尚產鮫齒、海膽等。

(c) 始新統上部 由砂、石灰岩、泥灰岩等而成，含有陸生介類、半淡水產介類及海產介類。

英國南部之始新統，其下部由黏土而成；化石有二枚介、鸚鵡介等。中部由石英砂及海綠石質之砂質黏土等而成，植物化石多帶熱帶性，動物有龜類、鳥類及下等哺乳類，此外尚產海棲介類化石。上部由砂質黏土及白色之砂而成，化石除貨幣石、介類等之外，尚產棕櫚、月桂樹、無花果等之熱帶植物。

其他，如比利時、意大利以及北美合衆國等，其岩層與化石，各有差異，一一敘述，比較繁難，只得從略了。

(3) 漸新世 此期就化石上言之，貨幣石已大衰微，氣候不及始新世之溫暖，但中歐尚保持亞熱帶之性質，產有數種之棕櫚。

英國之漸新統，有淡水成和鹹水成之層，互相重疊，此乃當時海面，時昇時降之結果，其岩層可分為三，如下所示：

(a) 漸新統下部 由砂泥灰岩及黏土而成，大抵為淡水成與半淡水成層，互相重疊，化石有蜆、田螺、平捲介、河貝子、蝸牛等軟體動物，及多數哺乳動物、龜類、蛇類、鱈魚等。此淡水及半淡水成層之間，間亦夾有海成層。

(b) 漸新統中部 由黏土、砂及泥灰岩而成，為半鹹半淡水成層，產蜆、川合介 (cerithium) 等。

(c) 漸新統上部 由砂、黏土及褐炭而成，富植物化石，

主要種類爲松柏科植物。現今美國加利福尼亞州特產之赤木 (sequoia), 卽其主要之屬。此外, 尚產羊齒, 肉桂, 櫛, 柳, 月桂樹, 無花果等雙子葉植物。

法國之漸新統, 可以巴黎盆地爲代表, 亦可分爲上中下三部。

(a) 漸新統下部 此層主由石膏層而成, 此石膏共分三層, 夾在泥灰岩間。其泥灰岩中, 產孔雀介 (mitylus), 蜆, 川合介, 枕介 (voluta) 等。石膏層中, 產哺乳類約 50 種, 鳥類約 10 種, 龜類有陸生, 河生, 沼生及鱷魚, 兩棲類等, 擬猴類之 adopsis 等, 種類既多, 分布亦廣。

(b) 漸新統中部 由泥灰岩而成, 下層爲半淡水成, 上層爲純海水成, 化石有蜆, 平捲介, 綠桑介, 牡蠣, 文蛤, 海牛等。

(c) 漸新統上部 由淡水成之石灰岩及石英砂而成, 產綠桑介, 田螺, 平捲介等, 其上部富蝸牛。

德國之漸新統, 分布於北部, 中部及南部。德之第三紀層, 大都屬漸新統, 而曉新統及始新統, 露出極少, 現將萊茵河附近之漸新層, 略述於下:

(a) 漸新統下部 半淡水成, 由灰色泥灰岩, 綠色黏土及砂岩等所成。

(b) 漸新統中部 海成, 由海砂, 石灰岩, 土瀝青質石灰岩, 龜甲石黏土等所成, 產有文蛤, 牡蠣, 哺乳類等。

(c) 漸新統上部 半淡水成, 由板狀泥灰岩所成, 產魚, 蝦, 昆蟲, 蜆, 孔雀介等。

(二) 第三紀新期(新成統) 第三紀後期之地層, 顯示出特殊之變異性, 例如法國巴黎盆地, 第三紀層, 終以漸新統, 而無

中新統及鮮新統，反之，羅耶 (Loire) 河盆地之第三紀層，則以中新統始，而無曉新、始新及漸新層。英國之第三系地方，漸新後之沉澱，僅有鮮新，分布於狹小之區域，而無中新層。德國北部，第三系地方，廣大面積之中，無海成之中新及鮮新，反之，匈牙利平原，西班牙，法國南部，意大利，小亞細亞等地，則中新、鮮新二統，極爲發育。此種現象，要不外大陸形狀及海之位置變遷之結果。

第三紀之海，屢有變遷，所以第三紀後期之地層，變化極多，或爲陸成地層，如含蝸牛與陸生動物齒骨之石灰華是。或爲沼澤地層，如褐炭層是。或爲湖水江河成生地層，如含有植物及龜鱉、昆蟲等之頁岩是。或爲海濱成生地層，如含牡蠣、川介之砂是。又或爲大海成生地層，如含海生動物之石灰岩、黏土泥灰岩等是。

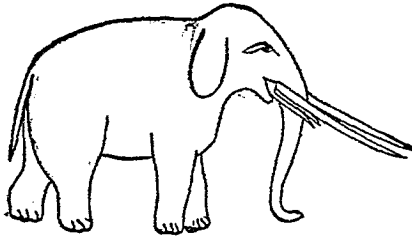
第三紀新期，歐洲植物，其種類較多於現時。大都爲亞熱帶性植物，如無患樹、合歡木、無花果、白楊、槭、栗、榆、胡桃、櫟、赤木、水松、公孫樹、棕櫚等是。

以上所述，乃歐洲中新世之狀態。及至鮮新世，亞熱帶性植物，漸次消失，遂變而爲溫帶性植物，與現時之歐洲植物，無多差異。

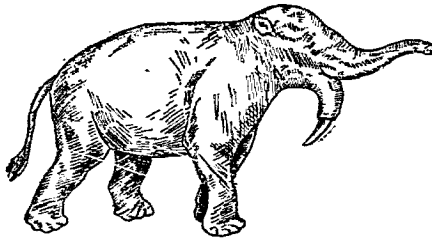
在第三紀，有一可注目之現象，即北極周圍，如格林蘭、斯匹次倍爾幹 (Spitzbergen) 羣島，樹木繁茂，種類甚多，依據此種事實，可知在當時，北極地方之氣候，當較現時溫暖，而當時地軸位置，或與現時不同，與此相反，北極東方之坎察加、黑龍江、日本等地方之氣候，則又似較現時寒冷。照這樣看來，當時北極位置，或許偏於南方大西洋側，此種推測，在事實上，似乎有

幾分根據。

第三紀新期之動物，有巨大之長鼻類，與現今之象略相近似，爲已滅亡之物種，其主要之動物爲乳房齒獸(mastodon)及兇猛獸(dinotherium)。前者上下兩顎，各具牙一對，後者僅具下牙，垂向下方。現今象屬，發見於第三紀新期之末葉，僅上顎具牙一對，乳房齒獸與兇猛獸二屬，實爲現今象屬之祖先。



第 119 圖 乳 房 齒 獸



第 120 圖 兇 猛 獸

有蹄類所產亦多，就中偶蹄類有河馬、豬、鹿、羚羊等屬，食肉類有貓、熊、犬等，其他猿類有長尾類等。現將各地之新成統，略述於下：

英國之新成統 英國僅有鮮新層而無中新層，主由砂及泥灰岩而成，產多數介類化石，分爲四層：最下層爲石灰質泥灰岩，產有介類 360 種，就中 34% 屬現生種，大致類似現今地中海產，其上層爲由鐵質石英砂而成之層，產介類 256 種，其中 92% 屬現生種，再上層爲由砂、埴母而成之層，產有海生、淡水生、陸生介類及魚、乳房齒獸、河馬、象等骨，據此，可知此層爲接近河口之海中沉澱，其中蝸牛，全屬現生種，海生介共 139 種，其中約 7% 爲絕滅種，最上層爲由砂及黏土而成之層，所產介類約三分之二類似現今北冰洋及寒海產之介類。

綜觀英國新成統各層之變化，可以看出兩個顯著的现象：即其一爲現生介之漸次增加，其他之一爲氣候之漸次寒冷，最後遂變而爲洪積世之極寒氣候。

德國北部之新成統 德國北部之新成統，無海成之鮮新層；反之，中新層却異常發達，形成廣大之盆地，產多數之海生介類。

維也納盆地之新成統 奧國首都維也納附近之第三紀地層，稱爲維也納盆地，其中新統下部爲純粹海成層，成自砂、黏土、泥灰岩等，產牡蠣、帆立介、川合介等，中部主由石灰岩而成，化石極多，其中有介類十餘種，大部分類似今之地中海種，其一部分則帶熱帶性，上部爲半淡水內海所成立之層，產有介類及海牛、海豚等骨，至其鮮新統之下部爲半淡水成層，除產介類而外，並產兇猛獸、乳房齒獸、羚羊、淡水龜及陸生植物，中部與上部，爲淡水成層，亦產兇猛獸、乳房齒獸等骨。

德國瑪恩斯盆地之新成統 德國瑪恩斯地方之第三紀地層，是爲瑪恩斯盆地 (Mayence Basin)，在漸新層之上，有中

新及鮮新。其中新統生由石灰岩而成，含有蜆、田螺、平捲介、蝸牛及犀、馬、鹿等哺乳類。其鮮新統由砂礫黏土而成，化石以哺乳類為主，即兇猛獸、犀、豬、鹿、貓等是。

爪哇島之新成統 爪哇島之新成統，分布面積甚廣，最下有中新層，上為鮮新下部，再上為鮮新上部。此上部由砂及凝灰岩而成。一八九一年，荷蘭軍醫杜波亞 (Eugen Dubois) 從爪哇島淳尼爾 (Trinil) 附近之上部鮮新統發見有頭蓋骨一枚，大白齒二枚及左足大腿骨一枚。這四枚遺骨，都在同一地層中，而是屬於同一個體的。從其構造上說，却與人類相近似。此頭蓋骨低，前額後退，眼窩之上有非常突出的隆起，具有猿，特別是長臂猿的特徵。然而，頭蓋內腔的容量，有長臂猿的頭蓋之二倍。至其大腿骨已經與完全人類的接近，能像人那樣直立步行。於是杜波亞把他在爪哇所發見的化石，名為直立猿人 (pithecanthropus erectus)，認為他是人猿之間的中間物。不過，關於此直立猿人所發見之地層，在學者之間，也有認為屬於下部洪積世的。

我國之第三紀 四十餘年前，人類學者赫伯爾 (Haberer) 氏曾於我國各地 (北平、天津、上海、宜昌等) 藥店，搜集哺乳類化石之骨，送與修洛塞爾 (Schlosser) 氏。據其研究結果，始知我國產多數之洪積及鮮新化石。當時修洛塞爾氏所研究之哺乳類動物，共60餘種，其中有劍齒虎 (machairodus)，三趾馬 (hipparion)，犀、河馬等。

修洛塞爾氏根據化石，別為如下所示之諸部類：

(一)鮮新下部 復以岩石，別為二類：(1)赤色砂及灰青泥灰岩，含有三趾馬化石，為陸成及淺湖成層，分布於河南、湖北、

湖南等地。(2)赤色黏土，亦產有三趾馬，分布於山西、陝西、甘肅、四川、雲南、浙江、西藏、蒙古等地。

(二)鮮新上部 此層是否爲鮮新上部，修氏不無懷疑，分布於甘肅、雲南等地，其主要之化石爲犀及其他數種。

第三紀地層之構造 第三紀地層之構造，大都單一，作原位置之水平狀或淺盆地狀，但山嶽地方，亦多變位之現象。例如阿爾卑斯山、比勒列斯山、喜馬拉雅山之第三系，即其適例。喜馬拉雅山之第三紀，在海拔四千米乃至五千米之高處作急傾斜，其上之洪積層，位置水平，毫無變化，據此，可知其地層之變位，完結於第三紀之末葉。

第三紀之火山大破裂 中生代比較靜穩，火山破裂之現象較少，及至第三紀，形勢驟然改變，地球表面，到處破裂，多量熔岩流出，灰砂礫等，形成凝灰岩，恰如二疊時代，二疊紀之噴出岩爲石英斑岩、玢岩、黑玢岩等，第三紀則爲粗面岩、石英粗面岩、安山岩、玄武岩、響岩等，此等噴出，在第三紀中，幾無間歇之時日，其後勢雖稍衰，然尙繼續，以迄於今，其熔岩流出最激烈之區域，首推太平洋周圍地方，即南北美之西側，亞細亞之東側，如坎察加半島、日本、臺灣、菲律賓以及南洋，即所謂世界最大之火山岩地是。

其在歐洲，亦有火山岩地，如意大利半島、西西利島、希臘羣島以及其他之地方，都有火山噴出之處，此外，印度洋、大西洋中，火山噴出之處，亦復不少。

第三紀舊期之水陸分布 在此時代中，所謂大地中海之茲特斯(Thetys)海，尙連絡大西、太平兩洋，因此海在歐洲，不僅占有現時地中海之全部，並且貫通非洲內部，又茲特斯海

於烏拉山之東,更由一支海與北冰洋相連絡。

非洲在始新時代,既已存在,但其周圍部分,尚位於水面下。

從曉新直至始新之初,北歐北美間,尚有陸地相連續,迄於始新之中頃,一時中斷,至漸新時代,再相連絡。在此連絡之時代,歐美之間,似有動物之往來。

南北美在曉新時代,互相連絡,迄於始新,一時分離,及至漸新,又再相連絡。

又印度與非洲之間,以及亞洲與澳洲之間,在第三紀舊期,亦有相連絡之證據。

在此時代中,淡水,半淡水以及海水成地層,每每互相重疊,即為水陸變化頻繁之證。

第三紀新期之水陸分布 在此時代中,歐洲之海,和第三紀舊期相比,有北減南增之現象。即此時期中,北歐沿岸之海面,日益減少;反之,南歐沿岸地,則全覆於地中海。

在中新末葉,從西班牙,意大利直至俄國南部,成立一大半淡水之內海,及至鮮新,再變為陸。

鮮新時代中,歐美尚相連續。

第三節 第四紀

第四紀之地層為最新之系統,自第三紀終以迄於現在,可分為二:一為洪積層(Diluvium),一為沖積層(Alluvium)。此種地層存在於地殼之表面,而為尚未充分凝固之礫層,砂層,黏土層,黃土,壩母等所構成,其中所含之介殼類,大部分屬於現生種,而哺乳動物,亦多屬現生種,大體說來,地層愈古,則絕滅

種愈多,反之,地層愈新,則其絕滅種愈少。

第三紀末葉以來,歐洲全體,氣候漸次寒冷,其結果,致使北半球北部之大半,全為冰雪所掩,歐洲中部及北美亦然。因氣候之寒冷,所以前代海陸棲息之生物,大都歸於死滅,或退向南方暖地。

氣候寒冷而後,復漸次溫暖,冰原漸次減退,生物隨之散佈於廣大之區域,遂成今日之狀態。此氣候寒冷之時期,即所謂冰期,實即洪積世,其後氣候漸次溫暖之時期,則屬沖積世,實即現世。

(一)洪積世 洪積世(Diluvial Epoch)又可稱之為更新世,為現世界最近之時代,亦即前世界最新之時代。在此時代中,歐美廣被冰田及冰河,所以稱為冰期(Glacial Age or Ice Age)。但從洪積世之始,至洪積世之終,其寒冷之氣候,並非連續下去,其間還存有數回之氣候較為溫和,冰多少融解之時期,是即所謂間冰期(Inter Glacial Age)。

洪積世之初,冰田冰河較多,此時,歐洲之被冰地共可分為四區域:

- (1)北歐被冰地
- (2)英國被冰地
- (3)阿爾卑斯山被冰地
- (4)北部烏拉山被冰地

現將各被冰地之實際情況,作簡要之敘述。

(1)北歐被冰地 歐洲之被冰地,以此區域為最大。在冰河最盛之期,歐洲北部,全為一遍冰原,面積約二百餘萬方里。即斯干的那維亞高山地之冰,向北及北東伸張,突出北冰洋

上;西部挪威之冰,向西及西北,突出大西洋上;南部挪威之冰,向南西流,突出北海上;瑞典中部及東部之冰,向南西及南,作扇狀伸張,越波羅的海,達德國北部,復自萊茵河口,擴張於波蘭,加里西亞等地;瑞典北部之冰,越芬蘭,擴張於俄國之大部分。因此,北歐之被冰地,面積極為廣大。

至冰之厚,在冰河最盛之期,約達一千米,雖至最後之冰期,尚不下四、五百米。

(2)英國被冰地 在洪積世之中,英格蘭,蘇格蘭,愛爾蘭之高地及山嶽,亦和斯干的那維亞之高山地相同,成爲英國諸島覆冰之本源地,冰自其地向四方伸張,西越大西洋沿岸,突出其中,東出英國東方,與斯干的那維亞所流出之冰相連續。

(3)阿爾卑斯山之被冰地 阿爾卑斯山脈之在洪積世,亦數回被冰,而爲一大冰原。此大冰原之冰,亦向四周伸張,南越意大利之平原,西則充塞阿爾卑斯山與侏羅山間之窪地,北達德國南部,僅其東方不出山脈自身而停滯於其山谷之下。

(4)烏拉山被冰地 歐洲之在冰期,除上述之三區域而外,北部烏拉山,亦爲大冰河之本源地,其冰向四周突出,形成廣大之冰田與冰河。

在洪積世,冰河之分布,除上所述而外,尚須略加說明者,即爲北美洲與南半球之被冰地。

(1)北美洲之被冰地 北美與歐洲同,在當時爲廣被冰層之大陸,其面積較之歐洲,更爲廣大,北美之冰,幾乎全被加拿大及美國之大部。

(2)南半球之被冰地 洪積世中,南美洲、非洲、澳洲等南部,以及新西蘭島,亦爲冰層所掩覆。當時南極地方較爲隆起,南美、南非、南澳彼此連續,被冰地之宏大,決不讓於北半球。其後陸地下降,被冰地方之大部分,乃變而爲海底。

洪積世冰河分布之大要,大抵如此。據地質學者之研究,洪積世之氣候,不僅寒冷,而且降雨之量亦多,換言之,即當時之氣候,寒冷而多濕。不過此種寒冷之氣候,如前所述,並非完全相連續,其間還存有冰減退的中間時期,即所謂間冰期。在此間冰期間,不僅氣候溫暖,而且空氣乾燥,所以此時有許多風成層之堆積,如我國北部之黃土層,即其一例。

又此冰期與間冰期之次數,在各學者間,尙無確定之說。大體說來,在北歐洲約有三次之冰期及二次之間冰期,阿爾卑斯地方,約有四次之冰期及三次之間冰期,北美洲約有六次之冰期及五次之間冰期。

凡冰河被覆之地方,一般都可發見如下所示之諸證據:

(1)形成地盤之岩石,大抵被冰之運動所研磨,滑如鏡面,或被搔傷而形成深溝及線。此種溝及線之方向,即爲冰之運動方向。

(2)由冰河所運搬之漂石或棄子石之殘存。此種棄子石或混入礫母之中,或散見於其表面,其直徑約爲3尺乃至10尺,間亦有大至30尺、40尺乃至50尺不等。此種大石與其地盤,各異其質。此即可以證明由冰河自他處搬運而來。

(3)在冰河或冰田之地方,都可發見堆石,此種堆石,即爲岩石破壞而成。

(4)冰河所流之地盤,都有巨穴掘於其上,是爲壺穴。究其

成因，乃由於冰河表面融解之水，往往依照其裂孔方向，作渦狀流下，而下方之石塊，輾轉於其渦流之中，因而穿穴於地盤，成爲壺穴。

上述諸現象，都可視爲冰河存在之證據。

被冰地之地層，即所謂洪積層，概由砂礫壩母壩斯(loess)黏土等疎鬆軟弱之物質所成，其中含有海生介、淡水介、哺乳類以及植物等化石。

所謂壩斯，乃土之一種，主由極細微之石英粉而成，有長石、雲母等粉末，混於其間，入於水中，立即崩壞，色淡黃褐，全無層理。萊茵河畔，有多量壩斯之沉澱，其厚往往達百尺上下。

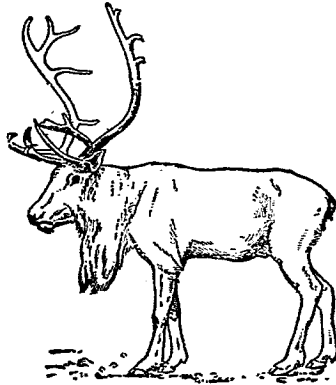
歐洲之洪積層中，有一可注目之現象，即骨洞是。所謂骨洞，即石灰岩或白雲岩之洞窟，其中有帶赤色之砂質壩母，含有哺乳動物之骨片。壩母表面，大都沉澱石灰華，所以，骨片多能保存，有時骨片與石灰華相結合，形成一種骨礫岩。

德國侏羅山、萊茵河畔等處，有多數之骨洞，其中所保存之骨，以洞熊之骨爲最多。

英國骨洞之中，多洞鬣狗(hyaena)之骨，而洞熊及其他動物之骨，較爲貧乏。

法國骨洞，則又與英德不同，富於馴鹿之骨及角。地中海沿岸諸國亦然，其骨角概形成一種角骨礫岩，填充於石灰岩之裂隙中，而角礫岩中復含有反芻類、齧齒類、蝸牛等。

冰期之溫度下降，生物界大受其影響，在鮮新世之末葉，棲息於歐洲之動物，隨着冰河之襲來，或遷移，或死亡，所以洪積世之中歐動物之種類，多屬北極地帶之所產，例如馴鹿、麝香牛、北極狐、北極兔、食食獸等是。



第 121 圖 馴 鹿



第 122 圖 麝 香 牛

又中歐在此洪積世中，有棲息於原野之動物，與現今西伯利亞草原生活之種屬相類似，其種類有西伯利亞貂鼠、羚羊等，其他，北極貓等，亦多棲息於中歐之草原。

上述之外，當時中歐尚產古象(mammoth)，古牛(bison)，巨

角鹿、洞熊、洞獅及馬等。

西伯利亞北部，洪積世中，產多數之古象，其輸入歐洲之象牙，大部分即其化石牙。十八世紀初，在西伯利亞地層中所發見此象之遺體，長18尺，高約10尺，皮膚密毛叢生，頸部及頭上生有長鬣，從此，可知此種古象為能耐寒之種類。

西伯利亞之洪積層，除象之外，在十八世紀末葉，尚發見有二角犀之屍體，此種犀，亦生有長毛，為能耐寒之種類。

北美冰期之動物，與歐洲之冰期相類似，產有麝香牛、袋鼠、古象、乳房齒獸、馴鹿、獾、牛、馬、獅子、熊及貧齒類等，馬共六種，當時美洲甚多，旋即滅亡。

洪積世，北美歐洲之間，似尚有陸地之連絡，因古象、馴鹿、麝香牛及馬，產於兩地，可作佐證。

南美冰期，有風成之壩斯、河成之砂介在其間，砂中產有獾、馬、獾、乳房齒獸、狼、豹、廣鼻猿及貧齒類之大懶獸、大犰狳等，但歐洲豐產之象、犀、河馬之類，不曾發見於南美。

大懶獸為巨大之動物，遠較今之犀為大，其大腿骨，約大於今之象三倍，大犰狳，其形亦大，長於今之犰狳約數十倍。此等貧齒類形體之大，種類之多，實南美洪積世之特徵。

澳洲之冰期動物，與現時相同，概為有袋類，但其形體之大，却遠在現今有袋類之上，又新西蘭島產一種大鳥，名為恐鳥，高約一丈乃至一丈四尺，形似現今新西蘭島所產之鵪鶉(kiwi)，其大則約數十倍。

最後，試就我國之洪積層，一為敘述。

我國北部，產壩斯之一種，即所謂黃土是。此種洪積世之黃土及各處之洞穴中，產多數之哺乳類，我國藥店所稱之龍

骨龍齒,即其化石,現將重要之種類及其產地,列舉於下:

(1) 洪積世舊期之動物化石

- (a) *Ursus* 之一種(類似黑熊),產雲南元謀縣之洞穴中.
- (b) *Hyaenarctos*, 產陝西漢中洞穴中.
- (c) *Hyaena sinensis*, 產四川、雲南、湖北(宜昌之黃土)及直隸宣化.
- (d) *Hyaena ultina*, 四川產.
- (e) *Rhinoceras plicidens*, 湖北、雲南產.
- (f) *Rhinoceras sinensis* (犀),四川、雲南、湖北產.
- (g) *Tapirus sinensis* (獐),四川、雲南、湖北產.
- (h) *Calicotherium sinensis*, 雲南四川產.
- (i) *Sus* (豬屬),雲南產.
- (j) *Cervus lestodus* (鹿屬),雲南、湖北產.
- (k) *Elephas namadicus* (象),四川產.

(2) 洪積世新期之動物化石

- (a) *Elephas primigenius* (古象),直隸產.
- (b) *Rhinoceras tichorinus* (廣鼻犀),湖北、直隸產.
- (c) *Equus caballus* (馬),直隸、雲南產.
- (d) *Equus leptostylus* (馬之一種),河南產.
- (e) *Bos primigenius* (牛之一種),河南、直隸產.
- (f) *Bison exiquus*,河南、湖北產.
- (g) *Cervus hortulorum* (鹿屬),河南產.
- (h) *Cervus aristoteles* (鹿屬),雲南、湖北產.
- (i) *Cervus mongoliae*, 直隸產.
- (j) *Elaphulus* (長尾鹿),河南產.

(k)Bibos 之一種，河南產。

以上爲我國洪積世所產動物之概況。

(二)冲積世 冲積世(Alluvial Epoch)亦稱爲現世界(rec-ent)，即自冰期以後，氣候漸次溫暖，水陸之分布及生物界之狀態，與今日略相同之時代。

此時期之地層，有海岸湖岸及河岸所堆積之砂礫黏土、海濱與沙漠之砂丘、冰河之堆石、熱帶地方之珊瑚礁以及火山噴出之灰砂礫與熔岩等。

冲積世與洪積世之間，雖無判然之區劃，但氣候溫暖，人類大爲繁殖，致掌握生物界之霸權，所以在此二時代間，亦有差異之存在。

人類起源於何時，在目前的科學界，尚難得到一個肯定的答覆，但是，我們一面根據化石學上所供給我們的證據，一面加以科學的推論，在大體上，是可以確定的。

關於人類出現的時代問題，概括說來，有兩派不同的意見：有一派的意見，以爲在中新世以前的漸新世，甚至在始新世，就有人類，這一派的意見，可以把克拉許(Hermann Kolastsch)作爲代表。

這一派的主張，是錯誤的，因爲根據化石學上所供給我們的材料，真的類人猿化石是在中新層發見的，則由猿演進而來的人類，當在中新世以後，這是無可爭論的事實。

所以，我們如果認定人類的出現不能在猿類之前，則我們便不能主張在中新世以前就有人類。

另有一派的意見，認爲人類出現於第三紀的末期，像司旺爾伯(Gustas Schwalba)就是這樣主張的。

這一派的意見，有科學上的根據，比較接近於事實。

因為就第三紀的自然條件來說，最適於動植物的發育。在事實上，一般高等哺乳動物，都於第三紀中葉，得到充分的發達。人類的出現，決不是偶然的，必須經過長期的進化和發展，所以人類的出現，如在第三期有可能，當亦在第三紀之末。

依據化石學上的發見，最古的原人化石即所謂爪哇猿人，固然有人認為其所發見之地層為上部鮮新世，然亦有人主張屬於下部洪積世，並且後一主張，近來為多數學者所贊同。這樣說來，則人類的出現，當然尚在其後。

不過在另一方面，人類的勞動工具的遺物，曾發見於新舊兩世界之洪積層中，則人類之出現，或在第三紀之末葉。

但真正能稱為完全的人類，必須經過第四紀大冰期時代，始能漸次獲得了現在之體質的特徵以及精神的特徵。

因為這樣，所以一般把第三紀稱為哺乳動物時代 (Age of Mammals)，而把第四紀稱為人類時代 (Age of Man)，其理由即在於此。

自沖積世以來，動物滅亡甚多。例如新西蘭島之恐鳥，印度洋瑪律基斯 (Manritius) 鳥及其附近島嶼所棲息鳥類之一種 dods，瑪達加斯甲 (Madagascar) 島之 epyornis (世界最大之鳥)，及白令海之海牛之一種 phytina，都於沖積世而滅亡。此外，殘存於一時旋即滅亡之種類，亦復不少，如美洲之野牛，即其一例。

人類以外之哺乳動物，其骨骼多埋藏在地層之中，所以古生物學家得以根據動物之遺骨，推知其生存當時之狀態。反之，人類化石極其有限，而其製作之器具，遺留較多，此等遺

物不僅足以證明人類之存在，並且可以依照其所製作之材料形態與製作方法，排成一定的順序，使我們可以想像到原始人的生活情形及文化程度之高下。

一般考古學者，大都依據人類所使用的器具之材料，而將人類文化的進化過程，區分為若干時代。

在人類的的生活史上，最初原始的人類進入於製造工具的時代，他們所製作出來的器具，首先就是石器，所以人類最初的文化階段，便是所謂石器時代 (Stone Age)。

石器時代經過時間甚久，考古學者復依據其所經過之文化階段，區分為如下之二期：

(一) 舊石器時代 (Palaeolithic Age)

(二) 新石器時代 (Neolithic Age)

不過在這裏我們要注意的，就是含有同樣粗野遺物之地層，有此處屬洪積世或冰期，而彼處則屬冰期以後之時代。這是因為人類文化之程度，因種族而有差異，此處種族，製作技術較精之際，而彼處種族，或仍停留在文化較低的階段，製作技術粗糙，所以表示人類文化階段之新舊石器時代，不能適合世界一般地質時代之區分。但就歐亞多數種族加以考察，大致舊石器時代屬於洪積世至沖積世之初，而新石器時代，則屬於沖積世。

(一) 舊石器時代 舊石器時代，如上所述，乃屬於洪積世以至沖積世初，舊石器時代的石器，以打製為其特徵，所以稱為打製石器 (chipped stone implement)，並且有極少數的學者，稱舊石器時代為打製石器時代 (Chipped Stone Age)，人類所具有的製造工具的能力，亦如生理的進化一樣，乃由猿類之

習於使用天然工具的樹枝和石塊而來的。從人類開始製造工具而後，不但人類的的生活日益充實起來，並且人類發展的歷史，也完全改變了。最初，人類的發展史，是自然器官的變化，正和其他動物一樣，到了現在，人類的歷史就成爲改善人造器官與發展人類生產力的歷史了。因爲這樣，所以石器製造的開始，就是原始的人類和人類文化的曙光接近的第一步。

舊石器時代的石器，直到現在，可以說是多量地被發現。其中主要的石器，有石斧(stone axes)，刮刀(scrapers)，刻刀(graviers)尖形器(points)，石錐或鑽孔器 (awls or borers) 及鷹嘴形器(rostrocarinates) 等。

舊石器時代的人類，主由狩獵而生活，但於狩獵之外，亦從事於漁業，是即所謂漁獵經濟時代。

這時期的地層，就歐洲而論，多存在於河段丘高處，距今河面，約八十乃至百英尺。岩石有砂、礫、壩母等，含有象、犀、河馬等哺乳動物之絕滅種，以及燧石或其他硬岩片之粗製石器。

英國東南部，壩母或赤土層分布甚廣，其中含哺乳動物之骨及原始的石器。波茲斯(Boucherde Perthes)氏曾於塞姆(Somme)河之河段丘高處，發見古象(mammoth)，古鬣狗(hyaena)及石器時代之人類，特稱之爲河漂人(river drift man)或洞穴人(cave man)，其時代稱爲舊象時代(Mammoth Age)。人類於此時代，每每與穴居之獅、虎、洞熊等相爭鬥，而奪其住居。

德國斯維比亞(Swabia)地之洞穴中，藏有粗製石刀及馴鹿、象、犀、洞熊、羚羊等之骨，據此可知當時人類，大都營狩獵生活，而洞熊爲其主要之捕獲物。

法國西南部，費格爾(Vigere)河沿岸，有多數洞穴，其中藏

有人類遺物，即石器和骨製之鈞鈞等，其遺物上，刻有種種絕滅動物，從此，可知在製作技術上，有相當程度的進步。

歐洲在舊石器時代，恰如冰期一樣，一面有暖地的動物，同時又有寒地的動物，暖地的動物，有獅子、河馬、山貓等；寒地的動物，有洞熊、白狐、馴鹿、阿爾卑斯兔、麝香牛等，此外，如古象、犀、洞熊等，當時亦棲息於歐洲，其後始歸於絕滅。

(二)新石器時代 新石器時代，屬於沖積世，這一時期的人類所製作的石器，表現出較之舊石器時代更高度的文化階段。這個高度的文化階段，自然是在舊石器時代之中準備的。

新石器時代的石器，以琢磨為其特徵，所以，考古學者又稱為琢磨石器時代 (Polished Stone Age)。人類到此時代才有美麗精緻的石器，其中主要的石器，除石斧而外，有石鎚 (hammers)、石刀 (stone knives)、石鏃 (stone arrow-heads)、石匕首 (stone dagger) 等。

總之，在新石器時代，石器的種類與形式，都顯示出進步與複雜。隨着石器的發達，骨器與木器，也顯示非常的進步。骨器主要的是用的鹿角，由骨所製作的器具，有大針、小針、鎗頭、短刀等等。由木製作的，有柄杓、木梳、弓矢等等。由於弓矢之發明，便能捕殺遠處的動物，而狩獵生活便有了新的進步。

由於製作技術的進步，其結果，便有小舟和木筏出現。這不僅給與漁業以較好的條件，而且在交通上也增加了較大的效率。

新石器時代的初期，雖仍盛行漁獵生活，但是，在不久以後，便轉入於牧畜生活了。在牧畜發達的過程中，因有時搜集

野草之果實根莖等，以飼養家畜，偶因種子散失地面，而生新植物，遂啓發人類的初步的農業觀念，所以，在新石器時代，農業亦漸次發達。

農耕的發明與陶器的發明，其間存有極密切的關聯，陶器發明之初步，不過就木製器皿或樹皮編製的容器之外部，塗以黏土，使其能煮食物，耐火而不燃燒。不久之後，人類又發明了不需此等材料做內邊的容器，而純用黏土燒鑄成器。

新石器時代的人類，其較低級者，食物的種類，似仍以魚類爲最主要。這由貝塚可以證明，所謂貝塚即由貝殼堆積而成之大塚，其中含有骨、石器、陶器之破片。貝塚在丹麥、蘇格蘭以及法國及其他各處，都有發見。其較高級者，則已知在海濱、河岸及湖上，構屋而居，是即所謂湖上居住 (lacustrine habitation)。這種房屋的建築技術是充分複雜的。先在水面下，置着多數的木樁，然後在其上，鋪以木板，再在木板上，建築小屋。和陸上交通，便藉小舟以通往來。

湖上居住之遺址，在新石器時代的歐洲各處，都可以發見。單在瑞士，已發見二百個以上，

建築在湖上的房屋，可以避免陸上猛獸的襲擊，在許多落後民族中，直到現在，還多採用。

湖上居民，以飼養家畜爲主，兼營農業以作補助。

其更進步者，則已知鑄銅製器，惟僅屬端緒而已。

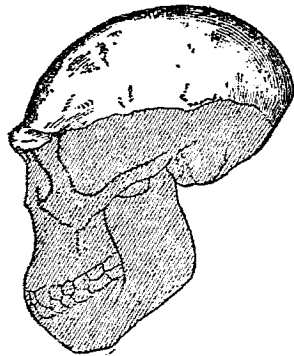
新石器時代之沉澱岩，概生成於河沼湖澤之底。其所含之動物有馴鹿、大鹿、狐、熊、豬、狼、海狸等，或者減少，或者絕滅。原因雖有種種，而人類勢力之參加，亦有深切之關係。反之，人類飼養之豚、牛、馬、犬、山羊等，則相繁衍，與人類共生存。

在石器時代而後，尚有金石併用時代 (Eneolithic Age) 及金屬時代 (Metalic Age)，而金屬時代中，又可分為銅器時代 (Bronze Age) 及鐵器時代 (Iron Age)，但關於這些時代的人類生活與其文化之研究，則屬於人類學之範圍，所以，我們在這裏，只好不加以說明了。

不過，在這裏，我們要將人類的遺骨，作一簡要之敘述。

在敘述人類的化石以前，我們首先要指明的，就是人類的化石之被考古學家或人類學者所發見的，不過只是極少的一部分，並且就這已知的化石而論，其大多數是發見於歐洲，在非洲、亞洲乃至澳洲，或許有很多科學的寶物，在那裏埋藏着，在這些大陸的地層中，誰也不能斷言沒有埋藏着極可珍視的人體化石；這正如誰也不能保證在這些大陸的地層中，一定埋藏着那種可珍視的人體化石一般。總之，地球的表面，還有許多部分不曾發掘，這是事實。可是，近年在非洲、美洲以及亞洲，各有若干發掘，而研究的資料，逐年增加，這也是事實。

在地質的記錄中，可以稱為最古人類化石的，要首推荷蘭軍醫杜波亞在爪哇島所發見的直立猿人。杜氏發見此種猿人後，認定為第三紀之末葉的產物，距今約在一百萬年以上。但後來經多數學者之研究，都認為屬於第四紀地層中的



第129圖 直立猿人

遠古人類的遺跡，在時間上，相當於歐洲的第一冰河期，所以這種猿人的歷史，大約有一百萬年。我們在前面曾經說過，這種猿人，是人猿之間的中間物，所以在嚴密的意義上，尚不能視為人類的化石，只可認為他是人類的直接祖先。

在長久期間，猿人的化石，還只有上面所敘述的爪哇島上的發見物。然而到了最近，却在我國北平附近的周口店，發見了近於猿人的遺骨，是即所謂北京人 (Peking Man)。

在一九二六年，次丹斯基 (Zdansky) 在我國北平附近之周口店所發掘的化石裏面，發見了兩個牙齒，乃是一個未成年人的左邊下部臼齒，和一個已經磨壞了的右邊上部臼齒。齒的發見地是下第四紀，大約同爪哇猿人同時。據協和醫學校解剖學教授步達生 (Davidson Black) 的研究，考得所發見的臼齒很粗大，有很厚的牙磁，齒冠及齒端都比較的短，而齒根却很長；並斷定這種人的下顎骨很粗大，犬齒不過較一般牙齒為長。步氏接着這兩個臼齒的特殊性質，斷定是屬於一個新的古代人類，叫他做北京人 (Sinanthropus Pekinensis)。

到了一九二八年，北平地質調查所繼續在周口店發掘，得了好幾塊破碎的上下顎骨及門齒、犬齒、臼齒等。北京人的特性，因此更加明瞭。具見他的顎骨很粗厚，沒有頤，但是門齒、犬齒、臼齒等等，都像人屬 (homo) 的。

到了一九二九年，地質調查所研究員裴文中，在周家口發見了一個沒有壓碎的北京人頭蓋，是成年人的，他的眉稜骨很粗厚突起，眉間與後頭突起之間的長度大約是190毫米，極度的寬度，大約是145毫米，頭蓋指數大約是76.3。據步達生初步研究的結果，北京人是較普通而進步的人種，較內安得

塔爾人爲更原始，與分歧而發達爲內安得塔爾人及現代人兩屬的原始種，相去不遠，而爪哇猿人，反爲特殊退化的人種（關於北京人之說明係採取人類學汎論中之原文）。

歐洲的人類之最古的遺骨，要算一九〇七年在德國海得爾堡附近的洪積層中所發見的海得爾堡人 (Homo Heidelbergensis)。這海得爾堡人的遺骨，才可算是真正的人類遺骨。此骨於一九〇七年由休丁薩克 (Schoetensack)，於瑪埃爾 (Mauer) 砂層中，從地下80英尺的地方發掘出來的。這次的發見，僅得到下顎骨一片，所謂海得爾堡人，就是以這下顎骨爲材料，而被還元被推定的一種古代型。至發見這化石的砂層之地質年代，大約是屬於第二間冰期，所以就其歷史而論，約等於猿人之一半，即五十萬年上下。

海得爾堡人的顎骨，較之近代的任何人類，都要巨大些，而且強壯些。下顎枝卽下顎之直立的部份，恰如類人猿那樣的寬幅，顙部幾乎沒有，但是不像猿類那樣後退。其口部

第 124 圖



海得爾堡人之下顎骨

較之近代人，固然要突出些，但是與大猩猩和黑猩猩比較起來，却又不能不認爲是後退的。

齒形雖大，但在根本上，却不能不認爲是人類的。卽齒和骨，互相密接生着，而其頂部是平的。此外如犬齒，也不帶有殘存於猿類那種牙狀的性質。從這幾點看來，可知海得爾堡人的牙齒，與其說是用於咬嚼的，毋寧說是用於咀嚼的。

海得爾堡人的頭蓋骨與四肢骨，因為全然不明，所以關於他們生活的方法，很難想像。不過他的顎，一面和人相類似，同時，又和猿相類似，然而他的齒，却又顯然屬於人類的。因為這樣，所以海得爾堡人較之猿人，可以說是站在和近代更為接近的階段，而是屬於更為進步的新時代的人。

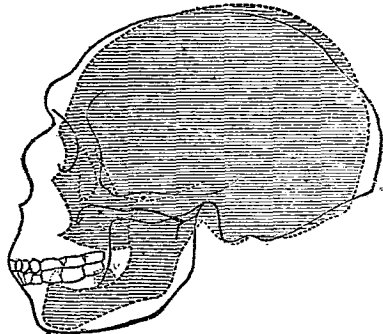
又就海得爾堡人的下顎骨看來，差不多沒有頤，所以稱為‘無頤人’(chinless man)。在另一方面，又因這下顎骨是從瑪埃爾砂層中發掘出來的，所以又稱為‘瑪埃爾顎’(Mauel jaw)。

凱茲(Arthur Keith)教授，以這下顎骨為基礎，計算海得爾堡人的頭骨基底，寬為145毫米乃至150毫米，長為200毫米以上。至頭蓋容量，據他的計算約為1,300立方厘米。照這樣看來，海得爾堡人的腦髓很大，較之澳洲土人，要大100立方厘米，而較之愛爾蘭人，則只相差50立方厘米。

在人類有機體的發展階段上，次於海得爾堡人的，則為內安得塔爾人(Homo Neanderthalensis)。

人體化石大都是不完全的，但是所謂內安得塔爾人的化石，是由包含着差不多完全的六個頭骨和大部分殘存的數個骨骼的幾十具人體化石組合而成的，所以，較之其他化石，可以說是十分正確。這些人體化石是發見自西班牙，

第 125 圖



內安得塔爾人與現代人之頭骨之比較
(橫線表示現代人)

法蘭西、奧地利、匈牙利等地方。其被發見之地層，一部是屬於洪積世下部之上層，其他則屬於洪積世之中部。就中最有名的化石，乃是一八五六年在德國杜塞爾 (Dussel) 溪谷的內安得塔爾 峽之一洞穴中所發見的骨骼。此種化石，迄今仍然保存於博物館中的，有頭頂骨、肋骨、右肩胛骨、鎖骨、上膊骨、足骨、大腿骨、右橈骨、脛骨及左方骨盤之一部。在當時學者之中，有人推定這種骨骼，乃是畸形者或不具者之遺骨，因此，在長久期間，學者的研究，驟然停滯下來。一八八六年，又在比利時之斯巴 (Spy) 地方，發見人骨二具，有人推測為一男一女之遺骨，而研究者將以上諸骨，詳加研究之後，因而發見內安得塔爾人 與其他諸遺骨相區別之特徵。

其後又在法國的莫斯帖爾 (La Moustier)、西班牙的巴諾拉斯 (Bannolas)、比利時的拉勒特 (La Naulette)、德國的耶寧斯脫爾夫 (Ehringsdorf)、奧地利的克魯比亞 (Krapian) 等處，又發見了同型的人骨。

關於內安得塔爾人之解剖學姿相，巴爾 (Marcelin Boule) 教授，曾將在莫斯帖爾所發見的遺骨，精密研究之結果，終於大明，內安得塔爾人身材矮短，男性無過五英尺三英寸的，女性更低。由大腿骨和大後頭骨之位置推測起來，似乎沒有確然直立的姿勢，頭部連接在強健的頸上，顏面較猩猩略向前方。

內安得塔爾人之骨骼，其脊柱缺少第四彎曲，大腿骨不但有彎曲，而肢骨粗大，膝關節與股關節稍曲，肋骨圓而強大，肢骨的末端，比較的短，這幾點都可視為內安得塔爾人之特徵。其頭蓋比較發達，而頭蓋容量的平均數，約有1,600立方厘

米較之近代人，只少 200 立方厘米。

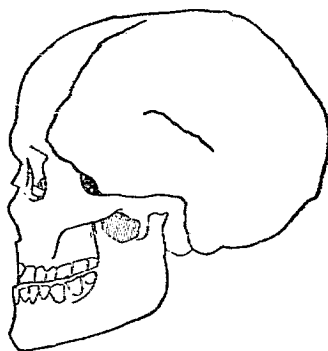
在舊石器時代的地層中所發見的製作品，表示內安得塔爾人，用種種的方法，製作石器，使用勞動工具，懂得用火，以及留意於死人埋葬等事實。

在後期舊石器時代，人類的新的肉體型，即所謂克洛瑪郎人 (Cro-Magnon man) 出現了。此人種最初的遺骨，是一八六八年，由拉爾特 (Lartet) 氏發見於法國多爾多內 (Dordogne) 州之威塞爾 (Vezere) 溪谷，名叫克洛瑪郎之洞窟中。在這個地方所發見的遺骨，有屬於男性的，有屬於女性的，人類化石學者，對此古代型式之人類，統稱之為克洛瑪郎人。這人種的化石，一共有十種不完全的骨骼，就中二具為婦人，八具為男子，至其所以為人所重視的，就是因為這人種差不多可視為歐洲人之祖先的關係。

克洛瑪郎人之年代，是在冰河漸次後退的時代，具體言之，這個時代，大約可以視為紀元前二十五萬年到十萬年之間。

所謂克洛瑪郎型人體化石，現時已被發見的，為數很多，像法國各地以及德國都有發見，就中最重要的，就是從克洛瑪郎以及意大利的格林瑪狄 (Grimaldi) 洞窟中所發見的化石。

第 126 圖



克洛瑪郎人頭骨

克洛瑪郎人種幾乎沒有與現代人不同的地方，他的身長很高，腦髓也大，在這兩點，似乎尚優於現存人種。

在內安得塔爾人與克洛瑪郎人之間，顯然存有種的發展之飛躍，而一般把人類發展的全過程看作漸進的，市民的學者，他們不能說明這一發展的過程，就以爲克洛瑪郎人是從什麼地方移到歐洲，並由於他的優秀，就剿滅了內安得塔爾人。這個意見，不外是把市民的學者的高等和下等的人種的理論，應用到人類初期的歷史，這是絲毫沒有根據的。他們不知道在事實上，爪哇猿人、北京人、海得爾堡人以及內安得塔爾人和克洛瑪郎人，都不是孤立的人種型，而是人類的肉體型之不斷發展的順次的階段，他們因爲不理解連續性的中斷這一原理，所以就表現了這樣的錯誤。

依據上面所記載的人體化石發現的事實，則遠古人類之演進的過程，我們便可以大致明白了。

第四節 總結

關於地球發達的諸事實，我們既已論究過了。從這個論究之中，我們可以總括爲以下幾個要點：

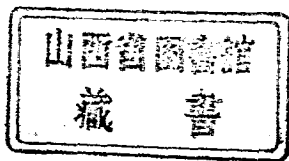
(一)地質年代之久遠 地球太初之狀態，原爲熱度極高之氣體，後因放熱冷卻，乃凝結而成爲凝體，更進而生固體之皮殼。地史學之所研究的對象，乃是這種固體皮殼成生以後之地球發達的狀態。

至地球的表面，因冷卻凝固之結果，最初所成立的岩石，地質學者稱之爲始原岩，用以與後成生之岩石相區別。但是不論是始原岩，抑或是後來成生的岩石，都是永久處在變動

動物而生物的體制，亦隨着進化的階段，由簡單而趨於複雜。

(4)從死的自然界發生了活的生物，從活的生物裏發生了有思想的生物即人類，所以，人類是有機世界之最高發展的產物，是自然的一部分。

(5)人類從開始製造勞動工具而後，人類發展的法則便和生物發展的法則有所不同了。從這個時候起，人類就走進了人類發展史之新的階段，這就是說，人的動物階段，從此告終，而人的歷史，就從此開始了。



民國二十九年一月發行
民國三十五年四月三版



地 質 學 (全一冊)

◎ 定價國幣

(郵運區費另加)

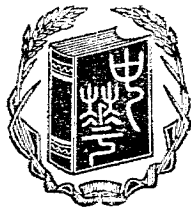
編 譯 者 張 栗 原

發 行 人 顧 樹 森
中華書局股份有限公司代表

印 刷 者 中華書局永寧印刷廠
上海澳門路四六九號

發 行 者 各埠中華書局

(一四四〇)



(12440)