

百 科 小 叢 書

地 質 學 淺 說

周 太 玄 著

王 雲 五 主 編

行

地質學淺說

第一編 地質現象

第一章 地球之起源與構造

第一節 星雲說

在敘述地球上一切地質學現象及其經過之先，不能不略述及地球之起源，與其在宇宙中之地位。此等問題，既非用純粹之地質學方法與材料所能解釋，勢必借助於其他科學，其中如天文學、物理學、化學，乃其尤要者也。宇宙爲有限抑或爲無限，在今日科學領域上，亦只有純粹之假設與可能之推算，而不能謂已得確證之解答。然地球之在宇宙中所占之確實地位，亦只是人類智力所及之範圍內一種相對的觀念。至於地球原始之假設，更只是由間接推理而來。此間接推論中之爲一

般學者所公認者，厥惟星雲說。此說創自天文學家拉普拉斯 (Laplace) 氏。其說之全部，本在解釋宇宙之狀況，以爲太陽系之最初或係爲一種密度相等之氣體，與現時宇宙中尙存在之星雲相同。此氣體因轉動之速度增加，乃漸密集而冷却。至某時期，此凝縮之氣體之中心，卽後來之太陽，在其赤道部位，棄射其一部分之氣體，遂爲後來之一行星。照此相同之方式，太陽漸冷漸縮而陸續棄射其一部分，遂成現時之諸行星。如行星以此同樣之方法，產生其衛星，如地球之於月球。此說最初只係憑一種觀察（卽天文學上現象之比較），與推算（太陽系各行星，自水星起以至海王星，彼此間之距離，皆有一嚴正之幾何級數，其項爲三，其比爲二）。但近來理化學上各種事實發現以後，皆與此說可相印證，故對於地球之起源，此說至少得其輪廓。

第二節 地球上原質之排列

在此地球因溫度之低減，由氣體進爲液體與固體中，有一可注意之現象，卽物質原質之排列是也。地質學者勞內 (Launay) 氏立一定律曰：『當地球在白熱時代未冷却時，所有之化學原質，因原子量不同之故，漸與核心相遠，而各得在萬有引力（依牛頓所用之名詞，卽現時之磁電力）

與向心力（與地球自轉相同）影響之下成一種排列。』此律係根據鑛物之研究之結果，其意即謂化學原質之分配，視其原子量之輕重爲斷：愈重者距運動核心愈近，而愈輕者愈遠。愈近心則其原子所負荷之負電子愈多；反是，最輕者則其原子只有一氫質之正電核。例如自氫起，氫之原子量爲一，碳爲十二，氫十四，氫十六等等，以至最重之銨爲二百二十五，鈾爲二百二十九，其較輕者最易見，因在表面故，其最重者最罕見，則以其愈近地心也。此說之正確，在地質學上，礦物學上，隨處可以證明。試以地球物質之大略分布言之，其大氣層之最上最在表面者，爲氫與氫，其下即可謂爲碳氣層，其中碳氣與其他之氫氫氫三原質相配合，遂爲地球之有機物質層。其下達到地殼，則以矽、尤以矽、鋁之化合物，及鈉、鎂，爲最普遍。稍下又爲氫與硫之在鑛脈結晶物中之最普遍者，過此以往，則多遇金屬矣。此等金屬物之本源之解釋，雖尚未確定，但就其化學上特質，與鑛物學地質學上之特質，合而觀之，固與此說若合符節也。更就化學上之『原子進化說』與物理學上之『物質一致說』參證之，知化學上各原質之構成，決非偶然而彼此間有相當之關係，此關係如放射化學之所詔示：某種重原質如銨，所放射之三種光線中， α 光線之質量，與氫之原子量相同，而恰當氫之原子量之

四倍，且銑之可以產生氦，已由實驗證明。況除放射以外，尚有其他原因（如強烈之衝突），可以使一重原質解脫而變出輕原質。此尤可以證明在地球原始之初，化學原質排列之關係。其中儲蓄之力最多而強者，其發見乃至不易，其本身亦至不固定，而最易於變質。

第三節 地球冷却之原因

變質作用之結果，即放逐電子而減少原子之羣體。此種化學現象，由表面漸向內侵，遂使地心之熱與力之總量，隨時分散。於是距地心愈遠者，溫度亦愈低，此即冷却之開始是也。以地球表面之自然現象證之，此種變質作用，並不常單獨發生，而其間常與兩種方式有關：即周遭之條件，與本身之反動。故地球之冷却，乃一種理化學上相續之必然之事實。

第四節 地球硬化之經過

此種冷却之結果，遂使地球表面之物質成爲流體，而原子量相近之原質，如矽（二十八）、鋁（二十七），在此周遭條件之下，遂與其隣近之上層原質，如鎂（二十四）、鈉（二十三）、氯（十六）等相配合，在攝氏一千二百度至一千五百度之溫度之下，保持其濃乳狀之情態。如果溫度再行減

低而又加以大氣層之壓力，則結晶之現象，乃於其中逐漸發生。此即硬化之由來。但須知，此最初硬化之地層，依種種理由，並非即地質學上之原始地層之片麻岩層（自來之地質學者，多將其混爲一譚）且在岩石學上，亦未將此硬化物算入，蓋最初之硬化物，曾因再溶化，而歸於消滅也。

第五節 地球表面之化學配合物

在此等硬化層達到某種厚度時，地面與地心之隔離愈遠，溫度亦愈低。在此等環境之下，其在最表面者，即係較輕之化學原質之集合，如氫氣及碳氫氫氣層等，此等原質因隣接而發生互相配合，於是產生碳水化物、藏化物、碳酸氣等等，而尤以水爲最多。另一方面，在當時高溫度下之水蒸氣中之各種物質，以氫比較的可於成沈澱，故先構成水蒸氣之最下層。後因水之積布愈廣，則此等沈積之氫，即完

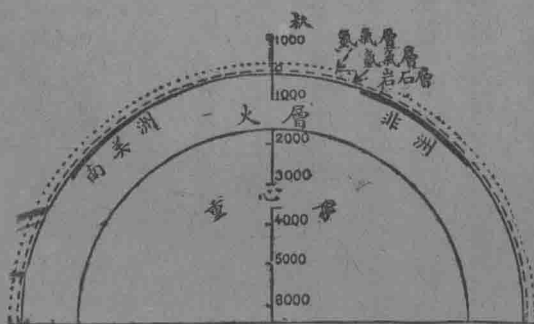


圖 地球之剖面（依瓦格涅氏）

全溶化於其中，此即海中鹹分之一重大來原也。

第六節 地球之各層

自此時以後，地球在地質學上，已可以分爲可區別之各層（第一圖）

(1) 大氣層 大氣層 (atmosphère) 爲地球之最外層，密度最稀，厚度甚大，約平均有十萬呎左右，其中十分之六，係氫氣層。

(11) 水層 水層 (hydrosphère) 乃由上述之地球表面化學配合物中之水所厚積而成。以現在地球上水量計之，平均有二千五百呎水，而岩石中所含水分約五百呎至一千呎，故總計地球表面之水，至少有三千呎。此層雖遠不及大氣層之厚，但對於地質現象之關係却極大。陸地由彼規範而成，其化學之力量與物理學之力量，常爲地球表面多種現象之破壞者與創造者。

在此層之中，有一部分地質學者更區分一生物層。生物於地質現象，雖亦爲可注意之原動力之一，但大多數情形，皆藉水以完成之，故可將生物算入此層內。

(111) 岩石層 承受水層者爲岩石層 (lithosphère)，即大地之本身也。其厚度如何，計算比較

的困難。各學者所依據之方法不同，其結果亦異，相差竟有十杆至一百五十杆之巨。然近來依地質變形現象 (métamorphisme) 之研究，知岩石層之厚度，不致如以前學者所想之大。依中生岩石及後生岩石之變化成結晶之石英岩言之，其直接受上層之水、溫度，及綜合之壓力、之流體岩漿，距地面必不甚遠。另一方面，就地心之熱度言之，雖各地情形不能一致，但平均以地之深度與地心熱之增高之平均增度比較計算，則知十杆之說，或較近真實。

(四) 地內層 地內層 (endosphère)，即指岩石層以下直至地心者而言。或又有將此層分爲兩層，即火層 (pyrosphère) 與重心層 (barysphère) 是也。構成此層者，當係在高熱度之下未曾結晶之流體岩漿。至其厚度之測定，更只有依據假設，而無確切之數目可言。

第七節 地心與地心熱

因火山溫泉及地下溫度迭增等現象，使吾人相信地心爲高熱狀態。然吾人得藉以推想地心之究竟者，尤賴地心熱之測驗。依通常事實，每陷深入地下三十一呎，可得加高一度 (攝氏) 溫度。然最深之鑽，有達到二千呎之深度，而工人仍能生活於其中者，此又何故歟？依羅萊氏之說，地下

熱度之增加，應視地之本質爲斷：凡硬化較早而爲古代之褶皺者，其地熱增加較高；反之，較新之地層則較弱。然據普通之推算，吾人可想像在十千米之地層深度以外，一切鑛石皆將不能保存其結晶狀態。約略推算，凡到六十千米之處，其溫度應達到攝氏二千度；由此往更深推求，則地心當不能超過五千度，蓋地球之半徑，只有六千四百千米也。石英岩之結晶度爲一千二百度，在此溫度以上，則將成爲流體。另一方面，試以岩石層至低之厚度十千米計算，其壓力之大與在其下之地心之溫度之高，當使地球內心之包含物成爲可搖動者。此可搖動體之分子密度之高，爲地面所有之任何化學原質所不及。惟自此以往，爲吾人所不知者，即地心之熱究係普通相同，抑係部分各異；而此熱之本性，究係長存不變之高白熱火，抑係原子力所存儲之熱之密集。因此地心之狀態，吾人只可斷其爲一種可搖性之綜合物，而難於斷言其究爲真正之流體或氣體也。且以地球兩極低陷之橢圓形證之，亦恰是一可搖性物自轉所成之形態。而此後將另述及之兩極之變位現象，除其他地球表面原因以外，尤可以爲地心情態之一證。

但地球究係由熱而冷乎？抑係由冷而熱乎？依現代銑等放射原質之發現與研究，可以證明前

一說未必即近真象。雖地球可謂爲熱力方盛之太陽與熱力已盡之月球中間之一過渡現象，及星球間之空間之爲高寒度，而地球表面溫度之易於耗散，不可謂非冷卻說之一種解釋。然依最近地球物理學及放射學上之發現，此說固已有從他方面被否認之勢也。

第八節 地殼之浮動性

依上述地心之研究及山嶽成形現象所示之地層褶捲情形，可以證明地殼有可搖動之性質，因上層之重量及密度既皆較下層爲輕，於是地殼即宛如浮於下層之上。此浮於上之地殼，遂有可移動之性。依普刺特（Prest）氏及最近瓦格涅（Wegener）氏之說，地殼最初本係厚度一致者，後因移動捲曲之故，乃致厚薄不同（第二圖）。山嶽地方爲曲捲地層及皺褶之處，其厚度甚高；而海洋之底，其殼甚薄。此皆因所受壓力不同之故，遂使厚處愈厚，薄處愈薄也。

自來學者研究地殼皺褶原因，立說頗多，而爲常採用者，爲冷縮



第二圖

地殼厚度之不平等狀態（依瓦格涅氏）

說，以爲地殼因冷而生皺。但此種皺褶，何以常爲局部的，而程度又各處不同乎？解答此種問題者，又有補償說：以爲地殼之物質各處在原則上雖相同，但因一處皺褶之故，所佔用之物質較多，而在海洋之下，則被壓而遂薄。但自普利特氏及赫爾麥特 (Helmert) 氏等以後，直至最近瓦格涅氏，乃完成此地殼浮移說。然惟此說最後出，而最能與許多相聯貫之事實，如山嶽成形、大陸移轉諸說，相應證。

第九節 兩極之變動

自來均相信地球係一定之中軸自轉，然依宇宙力學 (la mécanique céleste)，則地球之自轉係依一惰性之中心點。另一方面，依天文學上地球與星之距離之變動，與氣象學上氣候變遷之測量，加以上所述地球本身之相對的柔軟性，皆可助地質學上之兩極變動說張目。在地質時代中，尤以第二期，有一可注意之氣候變遷之事實，此事實既由古生物學上無數之事實所證明，然其變遷之解釋，久未圓滿。自來暫定之說，皆根據冷縮說，以爲地球當係由熱而冷，兩極氣候漸向赤道中移。然此既僅係根據北半球之事實而言，且對於第一期、第四期等等大冰期現象，苦於衝突。但如以

兩極變動說，及與之相聯之山嶽成形新說，以作解釋，則有迎刃而解，難易迥殊之感。故此說不但可聯貫天文、氣象、地球、物理諸學之新見解，且爲說明地史中許多重要現象之關鍵也。（參看第二編第五章。）

第十節 地球之年代

地球至今究已經過若干年代乎？此一問題，至今無最確切之答案。自來求解答此問題者，所遵循有兩途：或從物理天文學方面，或從地質學方面。但卽在地質學上，雖各依據一種事實，惟終係間接推算，其結果彼此所得之數目，常可以有數百萬年之差異。然地質時期若亦以吾人之年歲紀年，是猶以寸量山，殊不適用，故其計算上之差異，在吾人視之雖甚大，但在地質史上，則甚暫耳。然在太古期以前之地，皆係火成結晶岩，當時地球表面活動所留之陳跡，皆已燬滅，證據不存，推算無方，故可以計算者，皆在水成岩成形以後，其愈晚近者，其計算亦較易。地質學者所曾用之方法，則不外兩種：

（一）純粹地質學之方法 此法係以水成岩爲資料，以其沈澱速率、積成厚度，及沖蝕速率等，

爲標準。亦有專用冰期積成所自然表露之斷面標準者。在成層作用中，通常因時季關係，巨塊與細泥，亦常有比較規則之交互間積；有時根據此種材料，如果其交互間積之現象甚完整，更可得較精確之數目。

(二)化學之方法 自來認海洋中之鹽，係由大陸上洗溶而來，如此則以陸地所含有之平均鹽分，及由陸地流入海中之水所含有之鹽分，與海水中已知之現在之鹽量比較計算，即可得地球所經過之年代約一萬萬年。此外在化學上鈾原質之解分現象 (disintegration) 與一礦石之年代之間之關係，亦可以成一種計算。即如銑在礦中所含重量之確數，以及其所發生之解分作用之量，均可依之而得一精確之數目。司塔特 (Sturt) 氏曾依據此，而建立其「氦計算法」。

依此等不同之方法之結果，折中而算之，可得地質各期之約略年代如下：第一期當經過五萬萬年；第二期五千萬年；第三期二千五百萬年；第四期二十萬至五十萬年。但此尙只可謂之爲地質時代之經過，至於自地球構成至今之年齡，則難以數目表示矣。

第二章 沖蝕與積成

地質學上所見之現象之變化，來源分爲兩種：一係突然變化，一係日常變化。突然變化，如火山，如地震，所生之結果，雖至顯而易見，然其在地質變化之成績上，乃遠不如後者。以人事比之，海陸山川似終古不生變化，然而高岸爲谷，深谷爲陵，山川亦有壯老，海陸常會易位；其與人事之無常，亦五十步與百步之比耳。然此種現象，究由何因而致？是乎總括言之，其日常之原動力有二，卽『破壞』與『建設』是；由已成之一種現象，晝夜不舍，逐漸消蝕；而此消蝕之渣滓，又逐漸積累，以成另一新之現象是也。在地質學上，前者名曰沖蝕（*erosion*），後者名曰積成（*sediment*）。先有沖蝕，後方有所積成。茲先言沖蝕。

第一節 沖蝕

試以一河流言，方其爲在山之泉，其底恆爲巨石，稍出而流於山麓，其底之石既一律較小，且其石之形態，亦大致相同，卽均爲圓、橢圓、扁圓等形。如再流經原野，距源愈遠，其底石亦愈小，後且爲沙

爲泥（此泥之來源係河床經過所沖蝕之石灰土等所成）。此皆水之工作之成績，使岩石因其沖刷激磨之力，而由巨而小而終成細沙也。試遊海邊，常見有斷岸壁立，其下內陷，此由於浪頭擊打之力也。灘頭堆屹立江心，其下乃較上爲細，且玲瓏剔透，此急流之沖削力也。水對於原野之改形，山陵之壽夭，更可以分別言之：

（一）水之物理學的力量 依地質學者精確之計算，阿爾卑斯山中一小河，名坎得（La Kander）者，自一七一二年以來，流出之水之總量爲一千萬立方呎左右，在兩世紀以來，遂使其河床深陷四十五呎。法國經過里昂之龍（Le Rhône）河，每年流入地中海二千萬立方呎之濁水，其每年挾帶入海之固體物，約當四立方呎。故以世界河流總量約略計之，其每年流入海洋之水有二萬八千立方呎，而挾帶入海之固體物有十立方呎。此外尙應計算其五立方呎之溶解物，與其附屬所生之效果。美國有名之耐亞嘎拉（Niagara）大瀑布，每二十五年，其瀑布之坎底平均退縮一呎半，依此計算，若在三千年以後，此瀑布即歸於消滅，所有之水皆將南流入墨西哥海灣。此皆因水之流動激刺或拍擊而生之效果，僅藉其力之作用，以摧磨岩石者也。

(二)水之化學之力量 水之分子，在地質形象中，主持一種非常重要之化學作用。無論清純之水，含有酸根或鹽基根之水，結晶水，或含有雙料分解力之電解原動力之水等，其分解力量之強，直使在自然界中，幾乎無一絕對不受其影響之岩石。其重要之影響，略分之有下之數種：

(甲)純淨之水 純淨之水對於石灰岩與矽酸化岩，分解力殊弱。然對於鹼質等則甚強。

(乙)含有氣體之水 水中如溶有大氣中之氣體在內，對於岩石，可生兩種影響：(1)使被流過之岩石之表面變質；(2)使此種岩石分解。

(丙)岩石之水化作用 因清水之浸漬，岩石能自發生水化現象，如赤鐵礦 (hématite) 褐鐵礦 (limonite) 之成形等，皆是其例。無水石膏 (anhydrite) 或無水硫化鈣 (CaSO_4) 等，與滲透之水相接觸後，則變為石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。

(丁)岩石之變性 有許多混合之岩石，被水分解，其中之一部分，遂成岩石之變性 (alteration)。例如白雲石之石灰石，如遇含有碳酸氣 (CO_2) 之雨水，及其他之水等，即將其表面之鈣碳酸鹽溶去，而使此岩石之組織完全改易。

(戊)水與有機物之合作 上皆係水之本身或與無機物之合作。水與有機物合作之重要之結果，即係發生氫質之綜合物，乃藉生物與水之化學交換現象而成。又細菌地衣等之生長於岩石表面者，常使水之碳酸含量增加；另一方面，又使氫化現象易於實現。含有碳酸之水，對於岩石之改變現象中，有一成磁土現象 (Kaolinisation)。此為水之部分分解火成岩之結果，使石英岩中之正長石 (feld spath) 化為碳酸鹽，為單獨之矽石，及水化鋁矽酸鹽，此即磁土 (kaolin) 是也。至於碳酸第一鐵之變性而成為褐鐵礦，碳酸錳之變為二氯化錳等，皆有相同之性質；而在地質學上，有相當之價值。

(己)地下水與岩石之溶解 上所述之水，皆在地上。至於地下水，則其功能，亦頗堪注意，且尤特別在其對於岩石溶解之效力上，常在地質學上盡重大之職責。據刺喜耳 (E. Rahis) 氏及居菲野夫 二氏之計算，比利時之勒斯 (Lesse) 河，穿過罕洞 (La Grotte de Han) 每日約溶解五千鈎之固體物，一年則有一百九十萬鈎之譜。但地下水能力之強，因其含有碳酸之故，結果仍視環境之溫度與岩石之性質為斷。凡含有碳酸鹽之岩石，皆將被其溶解，例如石灰岩在純淨之