

書叢小科百

史歷之化進球地

著利高列格
譯培勤王

編主五雲王

行發館書印務商



書叢小科百

史歷之化進球地

著利高列格
譯堉勤王

編主五雲王

行發館書印務商

中華民國二十年六月初版
中華民國二十二年九月國難後第一版

(三六〇册)

百科叢書 地球進化之歷史 一册

The Making of the Ea

每册定價大洋

外埠酌加運費

* 地 *
* 球 *
* 進 *
* 化 *
* 之 *
* 歷 *
* 史 *

原 著 者 譯 述 者 校 訂 者 主 編 兼 人 發 行 所 印 刷 所

gory

勤 慎 路

可 南 路

雲 南 路

上海河南路

上海河南路

上海及各埠

商務印書館

(本書校對者陳嘯仙)發

目次

第一編 地球之原始……………一

第一章 導言……………一

第二章 星雲之原始……………四

第三章 古代氣候對於地球原始說之證明……………二七

第二編 地球表面之長成……………三五

第四章 地殼之造成……………三五

第五章 地震對於地球內部構造之證據……………四〇

第六章 類聚作用之善果……………四五

第七章 大陸之上升……………六〇

第二編 地球上水陸之設計……………六八

第八章 大陸與海洋之變遷……………六八

第九章 地球上水陸之設計……………八四

第十章 地球之變形與其地質史……………一〇五

第十一章 現今大洲與海洋……………一二五

第四編 地球預備期中之生物……………一二七

第十二章 生物圈……………一三七

第十三章 地球上之原始生物……………一四一

參考書目……………一六五

圖表

第一圖	太陽系中諸軌道之平面圖	三
第二圖	獵戶星座中大星雲之位置圖	五
第三圖	仙女星座中大星雲之位置圖	五
第四圖	三種光帶圖	一一
第五圖	沿弧沿弦之地震途徑圖	四一
第六圖	地震經過地球內部之各種速率圖	四二
第七圖	據鄂爾得亨計算所得之地球內中心圖	四四
第八圖	正斷層圖	六四
第九圖	反斷層圖	六四
第十圖	地殼褶曲圖	六五
第十一圖	來得刻氏之動物區域圖	七五

第十二圖 雙門齒有袋類之分佈圖.....七六

*第十三圖 盲蛇之分佈圖.....七七

第十四圖 守宮之分佈圖.....七八

第十五圖 蛙之分佈圖.....八〇

第十六圖 蝶之分佈圖.....八一

第十七圖 馬甲蟲之分佈圖.....八二

第十八圖 世界之地球背點圖.....九〇

第十九圖 四面稜體形圖.....九二

第二十圖 展開的四面稜體形圖.....九三

第二十一圖 豎立的四面稜體形圖.....九三

第二十二圖 從前亞歐二洲之分離形狀圖（據奧茲本氏）.....九六

第二十三圖 凸面之四面稜體形圖.....九七

*十三至十七圖採自 Bartholomew's Zoological Atlas.

第二十四圖	一球體上四面稜體形之諸邊痕跡圖	九七
第二十五圖	海洋之原始形狀圖（據羅狄安·格林）	九八
第二十六圖	大洲之原始形狀圖（據羅狄安·格林）	九九
第二十七圖	已破裂的短管之橫切面圖（據非耳貝因）	一〇一
第二十八圖	不列顛羣島中火山中心之地質分佈圖	一〇九
第二十九圖	寒武紀時代之世界圖	一一五
第三十圖	寒武紀時代之北美洲圖（據貝雷·維理思）	一一八
第三十一圖	志留紀時代之北美洲圖（據貝雷·維理思）	一一九
第三十二圖	奧陶紀時代之世界圖（據法勒希）	一二〇
第三十三圖	滑葉鳳尾之一葉圖	一二二
第三十四圖	滑葉鳳尾之地下根圖	一二二
第三十五圖	石炭紀南北植物羣之分佈圖（據埃貝）	一二三
第三十六圖	地形圖	一二六

第三十七圖 現代大陸之主要要素圖……………	一三一
第三十八圖 辦爾的那之四肢圖（據窩爾科特）……………	一六二

地球進化之歷史

第一編 地球之原始

第一章 導言

地球之形成，在好學深思之士，恆視爲饒有興味之一問題。教士派 (Ecclesiastes) 著作家之最簡陋的斷語，所謂「地球乃永永存在」者，固已爲古之識者所不取，如約伯記 (Job) 中，卽有「方余奠造地球之際，爾則安在」之疑問，從可想見。中世紀之研究天文者，雖嘗於此力求更佳之答案，然以其目光爲公式所蔽，故其結果，祇能「舞文弄墨，使其相暗昧而不明」。至於近世，人類受科學思想之刺激，得科學儀器之輔翼，對此問題，雖尙未臻完全解決之境，然已得一確定之事實基礎矣。

所謂地球之原始者，乃討論原始時代之事實，其情形實與今日大相異殊者也。吾儕之所知，僅限於凝固以後之地球，吾儕之所見，又不過已經冷卻之地球表面，則此地球原始之一問題，至於今日，尙

有若干未決之懸點，要亦無庸駭異也。雖然，地球乃從一較爲龐大而疎稀之物體而來，太陽系之諸天體，亦卽由此物體而產生，此點則固已可確信，無復疑義矣。

地球在構造上與物質上，並非特殊。每當星光皎潔之夜，吾人在天空中所見光耀燦爛之諸天體，實多與地球相類似。蓋據分光鏡 (Spectroscope) 之所昭示，其中之若干天體，乃爲同樣物質之所組成。而下墮地面之流星 (Shooting star) 碎片，其所由組成之礦物，亦多與地殼岩石中之礦物相同。蓋地球與太陽系諸天體，其原始乃一本來連合的物體之諸碎片，故地球所由組成之物質，亦與太陽系中其他天體相同，惟其組合之比例，則未必完全相同。

太陽系 (Solar System) 爲其中心太陽 (Sun) 與一羣環繞太陽而運行之較小天體所組成。此諸天體中之最大者，爲八大行星 (Major planets)，運行於依規則而略成圓形之軌道 (Orbits) 上。行星外隨衛星 (Moons)，環繞行星而行。此外尚有較小之天體，曰小行星 (Planetoids)。大小不一，其直徑自二十乃至四百英里。現今所已見者，爲數凡五百餘，此外或尚有更小而爲吾人之所未見者。視小行星更小之天體，曰微行星 (Planetesimals)，因其爲一種極微小之行星也。自此以外，尚有無數隕星 (Meteorites)，或單獨，或成羣，環繞太陽而運行。又有彗星 (Comets)，其軌道成橢圓形，亦

有不依常規者。

行星與其衛星，以及小行星，微行星，無數之隕星等，皆從一疏稀而廣大的天體之各部分而來，蓋無疑義。此廣大天體，當時即散布於今日太陽系所在之地位。太陽系各分子，即爲此雲狀物體之某部份，因結合凝固而成之較小的堅密天體也。此種結論，實從太陽系諸行星運動上之二特點，推求而得。第一，諸行星運行於太陽之旁，幾在同一平面之內。（第一圖）但小行星中，亦有上下於此平面者，如武玄星（Pallas）是。彗星亦然，其軌道有

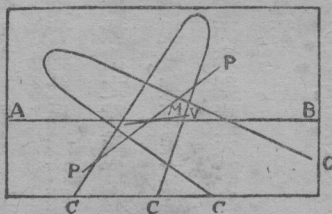
時且變更其原有之位置。第二，八大行星與五百小行星，皆在太陽周圍，循同一方向而環繞。即如衛星，自若干例外，亦輒循同一之方向而環繞行星焉。

太陽系諸天體之運動，可以旋轉的

煙火（Catherine wheel）或抹地布說

明之。當旋轉的煙火在其軸上旋轉之時，擲出火花。此種火花與圓輪成同一之平面。且常不逕然向前

第一圖



此圖表示各行星軌道幾在同一平面內之關係。六大行星之軌道，皆在 ΔB 平面之內。水星（M）與金星（V）之軌道，則與此平面略成傾斜。P代表小行星中最斜之軌道。C爲彗星之軌道，與此平面相傾斜，成各種不同之角度。

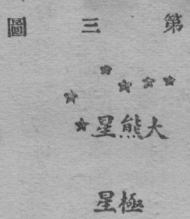
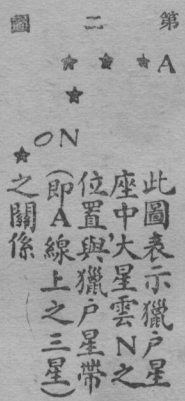
直出，而與圓輪之旋轉，循同一之方向。吾人苟可以見此火花之自轉，則且見其與圓輪成同一方向而環繞不息。潮潤之抹地布，爲一更切當之譬喻。方抹地布靜置之時，其頭幾成球狀。使旋轉甚速，則其形狀，將散扁如平圓面，中央厚而邊緣薄。布中之水，則皆與此扁形布頭成同一平面而點滴散濺。若將此布浸潤油水，垂平的旋轉於光滑地面之上，則由此散出之點滴，行將飛濺前方，與抹布之運動，成同一之方向。其各個點滴，亦且依同一方向而自轉。此種現象，與行星之運動，蓋適相似。使大行星小行星微行星等，皆從同一繞中心旋轉之廣大稀疏的物體而來，則諸天體，自亦循同一方向而運動。且苟無外力之影響，諸天體且必在同一平面之內旋轉不息焉。

太陽系諸天體，若其初本非爲一體，旋繞其中心而行，而完全出於偶然，則其能呈目今運動一致之現象者，其機會實不達幾萬萬分之一也。地球爲一從前較爲龐大而稀疏的物體之一部分，實已可稱確定。不過對於此種物體之性質，則至於今日，猶聚訟紛紜，莫衷一是也。

第二章 星雲之原始

太陽系之物質，在尙未聚集成爲堅密天體以前，散佈空中，範圍極廣，是曰星雲（Nebula）。星雲

原係一拉丁名詞，乃迷霧，濛雨，水氣，或濃厚空氣之義也。星雲成雲狀輝耀之大團，有時則如煙成之圓環。大都甚為稀薄，至不能為肉眼所窺見。亦有其位置已為最強之望遠鏡所發見，而仍須借助於攝影之術，始得辨認者。惟有二星雲，在星光燦爛之夜，易為吾人所辨察。其最易見者，為在獵戶星座 (Sword of Orion) 獵夫所佩劍上之中央一星，其周圍之霧狀光團即是也。獵戶星座腰際有帶為三粒明星所成，劍上三星乃懸於此三顆明星所成之線下。此外在仙女星座 (Andromeda) 中之星雲 (第二圖中之N) 亦易為肉眼所辨識。(第三圖)(一)



(1) 關於仙女星座中之大星雲，哥耳氏 (Gore) 在智識 (Knowledge) 七十一至七十四頁 (一九〇八年出版) 中有一篇通俗的敘述。

宇宙間之星雲，不啻恆河沙數。近世望遠鏡所能辨識者，爲數凡五十萬。其中分爲數類。或成環狀；或有小而闊之平圓面，外圍一淡薄之星雲光輪 (Aureole)，如所謂遊行星雲 (Planetary nebulae) 之類。又若獵戶星座中之大星雲，則其形狀極無規則。其別一類，則有一種螺旋形之構造。此等星雲之發見，在依特洛塞氏 (Lord Rosse) 大望遠鏡而獲得之各種知識中，殆爲最重要之貢獻。此種螺旋星雲，似皆在自轉。惟其中心之運行，較速於其外部，外部因落後而成爲曲線，一若微風過時所成之煙環然者。星雲並非全體同一堅密，中有光明奪目之斑點 (Spots or Knots)，其構造視餘者更爲堅密。此等斑點，或卽爲其後來長成的行星之中心，而其常存之灼熱的中心物體，則成爲太陽。

故據望遠鏡之所見，星雲多有尙在某一時期者，此種時期，在太陽系則早已成過去。太陽系之造成，或卽由於某一星雲物質之凝固作用。星雲之外部，凝縮而爲行星；內部物體，則成太陽。

地球所由來之星雲，其性質尙未確知。據洛塞氏望遠鏡觀察星雲之結果，則大多數之星雲，不過爲一種星叢 (Star cluster)。衆星擠聚於一叢，因非常接近之故，其光乃竟混合而成一普通光線。數

座煤氣燈聚於一處，則自遠處望之，或且誤認爲一座。然苟逼近視之，則各燈之光芒，自仍可辨別。洛塞氏望遠鏡之所見，許多星雲不過爲衆星之蒼萃者，其理正復相同。將來有一時期，或且證明天空中之星雲，皆爲此種星叢之性質，固亦在意料中也。據哈金茲氏 (Sir William Huggens) 用分光鏡研究星雲之結果，則星雲不僅爲雲霧狀態之星叢，且其成分，亦有各不相同者。大都視爲氣體之所成。照此種解釋而論，則此等星雲，昔有法國著名天文學家拉普拉斯氏 (Laplace) 在一七九六年所認爲普通星雲之構造。拉普拉斯氏視每一星雲，爲一大團之氣體，其熱非常，成爲白熾狀態 (Incandescent)。且照拉普拉斯之說，此灼熱物體，繞其中心而旋轉，迨其冷卻，則分裂而成個別之各圓環。每一太陽系 (Stellar System) 中之各分子，卽由此各個圓環而造成。

此後對於星雲之觀察，發見數種事實，均與拉普拉斯氏之說相符合。近世望遠鏡所得之攝影，更明示吾人以星雲在星雲說 (Nebular hypothesis) 上所假定的各時期中之情形。如一八八七年羅伯博士 (Dr. Isaac Robert) 所攝取仙女星座中大星雲之照片，其形狀如一平圓面，有一廣大而灼熱之中心物體，其較爲黯淡之外部，則分裂而成圓環。苟再詳察此種圓環之外部，則可見其分裂而成小塊，此或卽爲未來的行星之開端也。

在羅伯博士所攝取獵犬星座 (Hunting dog) 中螺旋星雲之照片中，亦可見此種同樣形狀。此星雲在照片中之所見者，爲其平圓面之面部，不如仙女星座中之星雲，所見者爲其邊緣也。故吾人得藉以窺見其中含有許多之火花，從一中心物體而輻射。此等火花中，包含許多更爲明亮之斑點，此種斑點，即可視爲胚胎期中之行星。

據望遠鏡之觀察，星雲中有分裂而成圓環者，蓋一如拉普拉斯氏當時之預想。星雲中亦有成螺旋形者，殆表示其環繞中心之自轉。然其自轉，顯不如拉普拉斯氏預想之迅速。其光芒所成之螺旋形曲線，似因其外端落後之故。使果如是，則其自轉之遲緩，更可不問而知。且與仙女星座中大星雲照片之比較，更可見星雲卽有自轉，亦斷非吾人所能覺察。一八八四年，逢德氏 (G. P. Bond) 發刊一種用儀器所作之星雲圖。(一) 在此圖中，吾人所能辨識之星雲，其相對的位置，在其後諸圖中，實皆相同。然則實不能謂此星雲嘗有任何之自轉也。此外一八八七年十月十日羅伯博士所攝取之照片，與立契氏 (Ritchey) 於一九〇一年在業歧茲觀象臺 (Yerkes Observatory) 所攝取之照片，更可作一可恃之比較。蓋此星雲中之主要斑點，在二照片上皆得而辨認也。

(一) 見仙女座中星雲記 "An Account of the Nebula in Andromeda" *Memoirs of the American Academy*

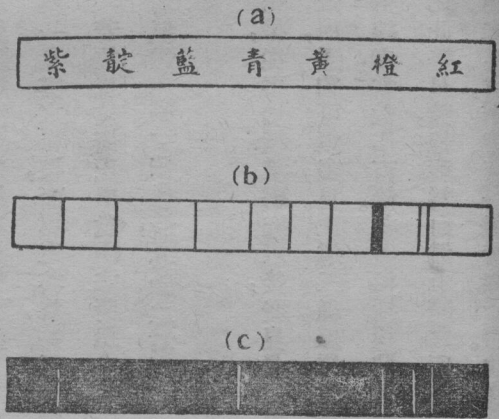
星雲果旋轉不息，則其平圓面最外邊之運動，當更爲顯而易見，故吾人苟於諸斑點之邊緣，與其鄰近諸恆星之相對的位置上，加以注意，則此星雲之運動，自不難立即辨識。在立契氏之照片上，斑點似乎略大，是則因其所用儀器較爲精良之故。然吾人苟一注意於透過此星雲所見之恆星，則此時此星雲中斑點所占之位置，與一八八七年照片上之位置，固未有異也。在羅伯博士照片內，左手下角之斑點，與上緣之三斑點，在此二照片中，皆可察見。三斑點中右手之一點，其下部有一黑色裂口 (rift) 圍之，此裂口在二照片中，皆顯係居於同一之位置。沿此斑點之下緣，則爲三顆小恆星所成之一線。其中央一星之外緣適與裂口相接觸。其左手一星，則一部分在星雲之內，一部分在裂口之中。從此可見此星雲之自轉，實非常遲緩，蓋歷年雖已一十有四，即其外緣，猶未有些微之運動，可得而見也。(一) 照星雲上此種情形而論，則此種斑點之造成，殊由於在比較凝滯的物體內之或種類聚作用 (Segregation)，並非由於自轉極速的物體之吸力作用 (Action of Gravity) 也。

(一) 星雲自轉業經證明之說，武涅教授 (Prof. H. H. Turner) 已駁斥之，詳見 Mem. Not. R. Astr. Soc., Vol. IX, pp. 530-531.

拉普拉斯氏臆說之立足點，除望遠鏡所給予者外，分光鏡亦與有力。此種儀器爲一塊或數塊三稜鏡所造成，能使一條白色光線，分成各種之組合色 (Component colors)。此儀器之作用，可以古式燭臺上之三角形玻璃片，對於經過置於燈前硬紙板中小孔內之一條光線所發生之影響以說明之。此白色光線之小點，苟穿過三角形之三稜鏡 (Prism) 而觀之，則將見其引長而成一帶 (Band)，此帶之顏色，逐漸變易，其一端現紫色，至於他端，則呈紅色。此有色光線之帶，名曰光帶 (Spectrum)。

光帶有三種。曰連續光帶 (Continuous spectrum)，爲一種自藍色至於紅色未或間斷之光帶。此種光帶，爲白熾固體，或白熾液體，或濃密氣體所發出。凡此類物體，皆現一種連續光帶。在此光帶中，七色逐漸變易，如第四圖 a 之所示。至於一種稀薄的白熾氣體所發生之光帶，則僅爲此光帶各部分上之若干條光亮的光線所組成 (第四圖 b)，而每一化學原質，輒各有其特殊的一條或一組之光線。故將某一光帶之光亮的光線，分別畫出，則此光線所由來之物體，其化學成分如何，即可從此決定矣。第三種光帶，則爲暗線光帶 (Dark-line spectrum)，在此種光帶之中，有色帶爲一組黑暗光線所間隔而不得連續，如第四圖 c。大凡從一光亮的物體而來之光線，中途經過一種物質，則此物質即吸收其光線之若干，於是因此種吸收作用之故，在此物質之白熾氣體將發生光明光線之同一位置上，

第 四 圖



三 種 光 帶 圖

- (a) 連續光帶
- b 獵戶座中大星雲之明線光帶 (據哈金茲氏)
- (c) 暗線或吸收光帶

造成黑暗光線，而成爲暗線光帶焉。

試以太陽爲例。太陽有一非常酷熱之中心物體，此物體濃密之程度，已儘足以發出一種連續光帶，然太陽所發出之光帶，乃竟爲一種暗線光帶，是何故耶？蓋從太陽中心物體所發出之光線，中途經

過一外層，外層吸收其光線之一部，於是連續光帶遂一變而爲暗線光帶。故太陽所發出之黑暗光線，實示吾人以組成太陽外層之化學成分也。有若干恆星，如御夫星（*Capella*）等，就其光帶所示之化學原質而論，實與太陽同其成分。

因星雲光耀之異常黯淡，分光鏡在星雲研究上之應用，乃倍感其困難。已故之哈金茲氏，在一八六四年已最先觀察一星雲之光帶，而認定其爲一種明線光帶。據氏此說，則此等星雲自可決定其爲白熾氣體之所成，一若拉普拉斯氏學說中之所追求者。哈金茲氏謂此星雲爲三種分子所組成，其一爲尙未詳知之星雲氣體（*Nebulium*），其餘二者，則氫氣（*Hydrogen*）及稀有氣體氦（*Helium*）是也。

對於星雲之光帶，從事於精深研究以後，發見星雲可分爲二大類。第一類之星雲，皆有一連續光帶，在極昏暗之背景內，隱約可以窺見。上述三種原質之光明光線，皆出現於此類星雲之光帶上。星雲中已斷定有此種光線者，爲數凡百餘。其中包括環狀類、遊行類，以及他種形狀參差之星雲，如獵戶星座中之大星雲等。凡此等星雲，皆視爲白熾氣體之所成。

至於其他一類之星雲，則皆有一種暗線光帶。故從分光學上而論，與太陽一類之恆星，實相類似。

此等星雲所由組成之物質，雖與太陽及普通恆星中之物質不同，然在分光學上，亦仍不能認爲與一般星叢有清晰之區別。此類包括星雲中之最大多數，如仙女星座中之大星雲，以及其他螺旋形星雲之全數，蓋莫不歸屬此類。波爾氏 (Sir Robert Ball) 謂：「螺旋形之星雲，並非氣體的星雲。」其光帶幾皆爲連續的光帶，惟略有數條吸收光線經過之。是則分光鏡實示吾人以大多數星雲皆有一較冷於中心物體之外層也。就此點而言，則星雲之組織，與太陽及其他普通恆星之組織相符合。凡星雲之有明線光帶覆蓋於較暗的連續光帶之上者，蓋表示其外圍有一非常炎熱之氣體層。此氣體一旦冷卻，則即將發出一般的星雲所發出之暗線光帶矣。

然即對於發出明線光帶之星雲而言，近世天文學家亦有不贊成其必爲氣體者。如已故之牛津拉得克里夫觀象臺觀測者 (The Rodeliffe Observer of Oxford) 斯頓氏 (E. J. Stone) 在 1 八七七年所發表之意見，卽以爲此種星雲，或亦爲外圍一連續的氣體帶之星叢。蓋斯頓氏以爲此等星叢，其與地球之距離，苟非常寫遠，則從其外包的氣體層所發出之光線，亦可遮蓋自恆星內部所發出之光線，而使之成爲一明線光帶也。(1)

(1) 見 Proc. R. Soc., Vol. XXVI, 1877, pp. 156, 157, 517-519.

然發出明線光帶之星雲，普通終視爲白熾氣體之所成。此等星雲，冷卻而後，則成爲一種光明的固體物質所成之星雲，其外部則圍以一層較爲暗淡之空氣層。

雖然，一種物質，其四散至於如星雲之氣體，而其密度，據克爾文氏 (Lord Kelvin) 之計算，又僅及普通空氣一百萬分之一，何以竟能恃其自身之熱量，歷如許久長之歲月，而仍得維持其白熾狀態而不變。關於此點之解釋，實爲星雲學說上最大之難題。蓋此等物質之熱量，因輻射之作用，理宜散失極速，則其氣體，亦將立即冷卻而不能復保其熱度也。

白熾狀態之物質，其冷卻之速度若何，可由新恆星之短促生命見之。此種恆星之突然出現，固無時無地不使天文學家驚駭也。一九〇一年之二月，哈佛大學教授畢克靈氏 (Prof. Pickering of Harvard) 攝取英仙星座 (Perseus) 一部分之照片，攝後數日，即有一新恆星，突然出現於此部分之天空中。其光芒增加甚速，不出數日，即成爲天空間最燦爛最光明之一恆星。對於此星之第一次觀察，爲一九〇一年二月二十二日。一星期以後，此星即呈明線光帶，表示其已有白熾氣體之存在。此星之出現，顯係一次碰撞之結果。因此碰撞，本來不能目見之一天體，乃突然發出光芒，且更從此而造成大量之白熾氣體。然上述之恆星，其光耀亦不久即逐漸減縮。雖有時或因一次新的震動，其光芒偶爲

一度之增長。然在少數星期之內，此恆星又即不能爲肉眼所窺測矣。此種現象，或爲二個已死已冷之恆星間一次碰撞之結果。其氣體與較細之物質，因此次碰撞而成白熱狀態，不久冷卻，則又不能目見。此固亦意中事可以推想而得者也。

關於解釋星雲物質能保持長時期光耀之難題，已爲羅契氏 (Sir Norman Lockyer) 所解決。此說經芝加哥大學張伯林教授 (Prof. T. C. Chamberlin of Chicago) 之引申擴大，而成爲一種動人之學說。依據此說，則星雲並非白熾氣體。乃爲一大羣之堅冷隕星所結集而成者。此種隕星，即吾人在良夜所見，一剎那間飛過天空之流星是也。凡隕星普通多黑暗而冰冷，但飛入地球之空氣層，則因摩擦而生熱，縮小而成粉末。此在剎那間常可見到，即白熾塵屑之尾曳是也。在隕星說上，假定隕星羣之諸分子，因繼續衝撞而生熱，同時因衝撞所發生之熱量，將其隕星之某部分，改變爲灼熱之氣體。此種氣體，雖不久即歸凝結，然因陸續衝撞之故，熱氣又繼續造成。故照隕星說而論，星雲並非爲四散的極熱氣體之雲團，乃堅冷之隕星羣也。此類隕星，本係堅冷之物體，其後因衝撞而變熱，且繼續供給白熾氣體焉。

一八七九年，愛丁堡大學之退特教授 (Prof. Tait of Edinburgh) 最先引用隕星說以解釋

彗星之性質。氏以爲每一彗星爲一羣隕星，其中分子，大小不一，自石彈 (Marble) 大小，以至於直徑達二三十英尺之大圓石 (Boulder)。方此羣隕星運行於其徑上之際，各個石塊，皆互相繼續擊撞。於是其面部皆成白熱，其外則圍有因一部分隕星氣化所成之白熱氣體。據退特教授之計算，在一普通彗星之內，石塊數之衆多，殆不可以屈指計。卽僅爲每秒鐘百萬次之擊撞，亦已足以維持一彗星之生命，達於數萬萬年。故退特氏對於各彗星之光耀，決定其由於組成彗星之各隕星間擊撞之所致，以爲此實一種適當之解釋也。

此種對於彗星光耀之解釋，尙未能得普遍之承認。然退特氏此說，實有極大的歷史意義，蓋在天體乃隕星所構造之學說中，退特氏之說，固亦極要步驟之一也。

至一八九〇年，羅契氏利用當時新出分光鏡的證據，爲一度精深的研究以後，對此學說，更加以申述，謂卽各個大恆星系之自身，亦爲許多隕星羣所組成。氏以爲宇宙中實佈滿無量數之隕星。此等隕星，在天空之若干區域中，擁擠非常，氏因稱之爲「隕星充實區」(Meteoritic plena)。所謂「充實區」，乃一中間充滿物質之空間，與「真空」(Vacuum) 蓋適相反。依羅契氏之說，此等隕星充實區所占之空間，其各部分卽凝縮而成各個太陽系。

隕星說中之最大難題，在於解釋隕星之化學成分。隕星之爲固體，已無疑問。方其經過天空之時，其冷非常，常有墜地以後，尚須歷數小時，始能得充分之熱量，吾人撫摩不覺其冷。隕星之中，亦有從外面天空飛入太陽系者。然大多數原爲太陽系之分子，在其有規則的軌道上，環繞太陽而運行。此類繞太陽而運行之隕星，張伯林教授稱之曰微行星，以其爲非常渺小之行星也。然微行星之軌道，常與行星之軌道不同。大多數微行星，常不受行星軌道平面之束縛，其上下前後，橫衝直撞，實不亞於彗星。吾人在星光皎潔之夜，常見有飛過天空一若火箭之流火，卽此隕星是也。隕星本不能目見，但一入地球之空氣層，因其有每秒鐘衝過八英里至七十英里之速率，受空氣之摩擦，於焉生熱，且發生白熾光線而成灼熱。宇宙間之隕星，無慮數百億，據估計之所得，在任何清明無月之夜，一小時內，終可見到八個乃至十個，則其數之多，自可想見。每日墜入地球空氣層之隕星，其體積大至能爲吾人肉眼所察見者，計有二千萬個。據羅契之計算，每日下達地面之隕星，總數約達四〇〇〇〇〇〇〇〇個。大小不一，小者如彈丸，如豆粒。大者則爲數千磅重之大塊。然大多數皆非常渺小，其平均體積亦極小，大抵在一百萬年之內，僅能使地球之厚度，增加千分之一英寸而已。

隕星之碎片，常在地面覓得，故其成分，至今亦已大致明瞭。隕星之下墜，亦多有目覩者。印度嘗有

一人爲一隕星所壓斃。此外類似之災厄，亦鮮有能倖免者。(二)隕星分二種主要種類。其最普通而最大者，則爲金屬鐵質所成之大塊。內含百分之六乃至百分之十之鎳可使鐵硬化。此外又含有多量之土質礦物 (Earthy minerals)，此種土質礦物，大致多鐵與鎂，而少矽。氮。

(一)據最近報告，一九一二年之一月二十五日，法國西北部非尼斯達 (Finisterre) 之魯意會觀象台 (Lloyd's Observatory) 上之信號儀器，爲一下墜之隕星所擊毀。

第二類隕星，則含有別一種土質礦物。此種土質礦物，乃造成所謂鹽基性岩石者 (見三十九頁)。其礦物分子爲橄欖石 (Olivine) 鹽基性長石 (Basic feldspar) 及鉻鐵礦 (Chromite)。至含有石英 (Quartz) 及酸性長石 (Acidic feldspar) 者，則未嘗見也。

隕星大都含有氣體，其中以炭、氮二，炭、氮一，及氫氣爲最重要。亦有以氫氣爲主要分子者，如墮於澳洲維多利亞 (Victoria) 區域內之大克藍勃倫 (Cranbourne) 隕星，其所發出之一種氣體，即含氫達百分之一十七。

最大多數之隕星，其所由組成之分子，常呈圓粒狀。此種形狀，頗可視爲曾經摩擦與擠壓而重行聚集者。至於有圓粒 (圓粒狀物體 Chondrites) 之隕星，則可視爲由於許多本係分離之圓粒，經溶

合而成大塊者。

故如阿蘭牛斯氏 (Arrhenius) 之說，此等隕星之造成，乃爲一種從太陽放射而出之圓粒，聚集而成爲堅密固體之作用。然照隕星說泰斗夫萊契博士 (Dr. Fletcher) 之意見，則此等構造上的狀態，亦可謂爲急迫的結晶作用，有以致之。

至於酸性岩石所成之隕星，則至今仍未發見。蓋此種岩石中之特別礦物，其造成之時，必須有非常酷熱的水之存在。此類隕星之不出現，或即因此種特別礦物不易造成之故。此外分佈於澳洲各處之黑曜石 (Obsidian)，其中多有瘤狀物體 (Nodules)，多數學者，皆認此類瘤狀物體爲一種隕石。然從其微鏡學的及其他性質上而論，則似爲飛塵沙粒等，因地球空氣層中之一種放電作用 (Electric discharge) 而熔成者。信如此說，則此種瘤狀物體，乃一種空中造成之閃電岩 (Fulgurites) 也。

隕星之成分，實爲饒有意義之一事。蓋吾人對於其他天體之碎片，欲在顯微鏡下，或製成標本，以從事於實際的研究，惟此隕星，乃給予吾人以惟一之機會。不僅如此，隕星且更示吾人以彗星之化學成分，蓋隕星與彗星，顯然爲最相接近者也。

彗星中包有一種微小燦爛之彗星核 (Nucleus)，當彗星行近太陽，此核即在後方放出一條長

尾，若光耀的煙燄所成之薄環。彗星有圍繞太陽而運行不息者，亦有自太陽系之外飛入太陽系範圍以內，迨急速經過以後，又離太陽系而至於外面之空間者。一顆彗星，常有偶然變成一羣隕星者，彗星與隕星成分之相似，亦可從此點見之。如繞太陽而運行之俾拉氏彗星 (Biella's comet)，自一七七二年至於一八五二年，輒每隔六·六七年而重行出現。在最後一次之出現，此星已分裂為二顆。在當時所預期其後一次出現之時期，此星竟不復出現，而此時此彗星之位置，則已為一羣隕星所代替。於此可知彗星已分裂而成為隕星矣。騰皮爾氏彗星 (Tempel's comet) 亦然，其位置則為一大羣隕星雨 (Meteoritic shower) 所占。此隕星雨因出現於天獅星座 (Leo or The Lion) 之中，故稱為天獅座隕星雨 (Leonids)。其出現之時期，為每歷三十三年又三分之一。此外如一九一〇年在的羅爾 (Tyrol) 下墮之隕星，亦大都認為赫列氏彗星 (Halley's comet)之碎片。

是故謂彗星與隕星必有同一之成分，似可無疑問。關於彗星最難解釋之問題，乃在其光芒之來源。一般人對此，多以為與星雲相同，乃由於白熾氣體之炙熱。然如此四散之物質，何以竟能維持其白熱；此彗星尾部當行近太陽之時，其運行之速率，何以竟能遠過於此種物質在理論上所可能之速率極限 (Speed limit)，凡此疑點與事實，皆足使吾人對於上述解釋，減少信服之心。現在一般人士所贊

同之主張，則以爲彗星尾部。乃一種電氣作用，此種作用。蓋由於從太陽來之一種溢質 (Emanation) 對於尾內分子所生之影響。一八七四年，哈金茲氏曾有「彗星之光芒，果由於太陽之輻射作用，影響於彗星物質上所起之任何形狀之電氣耶？」(一)之一疑問，已得一正面之答案。是則哈金茲氏雖謂：「星雲之光芒，若歸源於收縮作用的地心吸力 (Gravitational energy of shrinkage) 變成分子運動 (Molecular motion) 之一種變換作用，當不至大謬，」然謂星雲之光芒，與上述彗星之光芒，同其原因，亦未始不可能也。

(一)見科甲氏彗星之光帶 (On the Spectrum of Coggia's Comet) 文登於 Proc. R. Soc., Vol. XXIII, p. 159.

綜上而言，則謂彗星與隕星有同一之成分，殆無疑問。然謂星雲之成分亦與隕星相同，則尚有一難點。蓋隕星光帶所表示之成分，如鐵，鎳，鎂，炭與數種炭質化合物等，皆可在隕石中覓得。而星雲光帶之所示，則殊未見有此等物質之存在。普通發出明線光帶之星雲，僅表示有星雲氣，氫，氦等三種稀有氣體之存在，雖間有表示隕星中最特殊的原質之一之鎂的光線，然此種審定，亦尙未能確定。是以吾人若以爲分光鏡爲可恃，則星雲與隕星之成分，寧不大相逕庭。雖然，此種辯論，亦尙未能謂爲已告終結也。蓋彗星與隕星，其爲同一成分，業已大致決定，而二者之光帶，則亦仍迥然不同也。彗星之光帶，哈

金茲氏爲最先解釋之一人。氏在一八八一年出現之彗星中，發現二種明亮的光線。氏謂大多數彗星有一連續光帶，此乃由於太陽的反射光芒。亦有一明線光帶，則由於氣體之影響。此等明亮的光線，分爲二類，證明有氫炭化合物 (Hydrocarbon) 與鈉之存在。但彗星之光帶，並不能表示其中所有存在之金屬物質，然此類金屬，其存在於彗星之中，則固已毫無疑義。是則星雲若果爲隕星叢，其稀淡的光芒，不足以顯示其爲隕星所組成，亦未始不可能也。至於發出明線光帶之暗淡的星雲質 (Nebulae)，其造成之原因，則或爲與彗星之成因相同，乃其空氣層外圈幾種稀有氣體所生之一種電熱所致。

因彗星與隕星成分雖同而光帶有差異之故，主張星雲非隕星造成之分光學上的辯論，於是不復能如前之得人信服。且進而言之，卽若輩發出明線光帶之星雲，恐亦未必定爲白熾氣體之所成也。在地球從一隕星的星雲演進之學說上，其難點乃在於解釋此種四散分布之隕星，如何能聚集而成爲堅密之大羣。蓋太陽系之物質，曩昔苟皆散爲小隕星分佈於目前太陽系全區域之中，則此等隕星之是否能聚集成爲幾個團體，留其餘之空間渺無一物，實無適當之原因，足以解釋之也。

行星之產生，其由於隕星之聚集作用者，必非恃彼偶然飛過天空之隕星，而有恃於彼隸屬太陽

系而運行於有規則的軌道上之隕星。蓋不依定規之隕星，運行極速，使重心吸力之能力，對此僅能發生一種極爲渺小之影響。且此等隕星，苟非與他種同大小之天體極爲接近，則其偉大之動量，(Momentum) 且阻止此等隕星受到諸天體之吸引作用，而使諸天體對之不能發生重大之影響。例如有相距數碼的二鎗，同時向同一方向而放射，則此二彈丸相互間之吸引，自不能使其途徑有任何明顯之差別，以此爲喻，理正相同。(一)

(一) 氣體星雲之學說，亦已受非難，蓋重力殊不能將拋出成環狀之物質，聚集而成行星也。此外，此種學說在算學方面所受到更爲嚴重之反對諸點，則張伯林及莫爾頓二教授 (Prof. Chamberlin and Moulten) 已引之。

若主張星雲自身爲一種不依定規的隕星，因聚集作用而造成者，則亦有難解之處。蓋就體積而論，隕星苟與其所經過之空間一相比較，隕星之自身，寧非渺小而不足道。而散布於諸恆星間之空間中之固體物質，其數量又顯然絕無而僅有。蓋微薄之煙霧，在日中不能爲吾人所目見者，在清朗之夜，飄浮空中，猶能使星光黯淡，稀薄之雲塊，則更能遮蓋星光，使之全隱，而彼散處空間之物質，其對於星光之影響，乃竟猶小於空氣中之極薄水氣層，是則其數量必不能衆多可知。恆星所發燦爛閃耀之光芒，在昔曾以爲從恆星與地球間之天體而來，今則已知其爲一種空氣作用之結果。故隕星之爲數雖

多，然其體積，苟與廣大的天空相提並論，則實區區不足道也。

以此諸因，張伯林教授於是主張在收縮的星雲中若欲產生行星，必有特於微行星。微行星所循而運行之途徑，其自身亦常在迂緩移動，故各微行星皆常橫過其他微行星之軌道。惟其如是，各微行星乃有互相充分接近之極佳機會，使重力之吸引，得展其作用，而使微行星更相接近焉。

於是隕星物質，逐漸聚集而成斑點，由斑點而成行星。此等行星，其所由組成之物質，皆與地球相同，且皆圍繞太陽，循同一的方向，而運行於同一平面之內。

綜觀上述，諸凡已可利用之證據，實皆使地球所由來之星雲爲一羣隕星所造成之學說，倍加確定。蓋若干星雲，既示吾人以白熾固體或濃密氣體所發出之連續光帶，而同時若干學者，又以爲分光鏡上之證據，實證明多數星雲爲固體分子之所組成也。星雲在最初之時期，或誠如拉普拉斯氏之說，爲一種氣體，然此氣體，似並不先行拋出氣體圓環，而後再由圓環形成行星。乃係直接凝結，而成爲散布各處之隕星。故依拉普拉斯氏之說，凡行星一類之天體，皆先經過一種氣體圓環之步驟，而後造成。照隕星學說，則行星皆經過一種渺小而散處的固體之步驟，而後形成。是實二種學說之最大異點也。太陽與其附屬之行星，因其物質之逐漸收縮，將漸趨於固實。愈縮愈固，最後乃不能復有收縮作

用之進行，此太陽系於是遂冷卻而死去。然在其運行之旅程中，若偶遇一其他冷卻之恆星，而互相碰撞，則因碰撞而生之能力，必將使熱量突然增加，而此二天體之物質，則因劇烈之爆發而擲出，以散佈於各處。於是因此一度之碰撞，二顆冷卻之恆星又合併而成一星雲。若此二天體相遇之時，其碰撞之勢不甚劇烈，僅爲表面之摩擦，則此二個中心物體，亦可不完全熔合而爲一。然二者皆將圍繞一公共中心而自轉。至於因爆發而擲出之物質，則將成爲幅射狀之諸臂 (Arms)。同時因此新成天體之各半，皆各自發出自成系統之枝脈，張伯林教授乃主張此種碰撞，實造成一種具二個系統的枝脈之星雲。因中心之自轉，較速於其外部，其外部枝脈乃彎向後方，而造成一種螺旋形之星雲。歷時既久，此枝脈中之固體物質，乃聚集而成爲斑點。在此星雲系自轉之際，此等斑點，自亦必繞其中心太陽而運行。各個斑點又將其途次所遇之微行星，全數聚集。如是繼續進行，則本來四散分佈之物質，自將聚集而成爲地球之類之行星。

然此種成二臂螺旋形枝脈之星雲，在社俾雷氏 (Schaeberle) 之螺旋形星雲原始論 (On the Origin of Spiral Nebulae) 一文上，(見自然界雜誌 'Nature'，第六十九卷二百四十八頁至二百五十頁。一九〇四年出版。) 則其解釋，又迥異乎此。社俾雷氏解釋此點，以爲是乃冷而自轉的星雲

物質爆裂之結果。此種爆裂，氏以爲將在星雲兩對面之地殼上，造成二孔穴。星雲之物質，即穿過此一對孔穴，成二條長枝脈，而各向前拋出。此一對方向相反之孔穴（Antipodes），陸續爆裂，將造成一種具有許多枝脈之星雲，而此等枝脈之成螺旋形的排列，則爲其自轉之結果。

因二個太陽碰撞而生之能力，能將二太陽之物質，分散於各處。其中心之質量，爲其最熱者，而其熱量則將因其物質之迂緩的收縮作用而維持不變。故衛星系之中心恆星，一旦重行堅實，則其行星自亦皆先後冷卻。然苟與其他同樣天體爲第二次之碰撞，則又將使此星重返於其星雲之狀態。而星雲演進之步驟，於是又將重行開始一如前狀矣。

然諸隕星與諸行星，亦可無此種直接的碰撞，而因一種所謂「陸許氏作用」（Roche's effect）之故，分散於各處。此種「陸許氏作用」，乃因法國算學家陸許氏而得名。陸許氏在一八四八年，即最先注意於此種作用之重要。張伯林教授嘗用此種作用以解釋隕星之數種性質。氏稱之曰「分裂之臨近」（Disruptive approach），蓋頗適當。此種作用之性質如次：地球面部，因其位於地下的物質之吸引作用而向下沈陷。若其他位於地球上之天體，與地球成一適當之距離，其向上之吸引力，適與地球內部物質向下之拖曳力相平衡，則地球內所蓄之水，將蒸發而成氣體，於是猛烈之爆發隨之，

而地球面部之地層，將破碎而向外拋出矣。全球於是因此種劇震而瓦解，其碎片擲出而至於天空。各個殘片，雖已破碎，然因外面天空嚴寒之故，又將重行聚結而成堅固之物體，惟破碎粉裂的痕跡，與吾人在多數隕石所見相類似者，則仍保存而不失。張伯林氏之視隕星，蓋以爲卽許多龐大天體之碎片。而此等碎片之造成，則歸功於此種「分裂之臨近」。謂當天體互相行近，而尙不至碰撞之時，此種「分裂之臨近」實爲造成碎片之主力也。

第三章 古代氣候對於地球原始說之證明

上節所述星雲說之理論，實已包含於天文學範圍之中。地質學家對於此中大多數問題，祇能接受天文學家之判定。然地球之原始，究竟爲一白熾氣體之雲塊，或爲一羣已經冷卻之隕星。地質學家對此二種學說，則仍可視其何者與地球歷史上直接證據相符合而定其取捨焉。使地球最初爲一大團之白熾氣體，則其最早時期酷熱之徵象，當可在最古岩石中求得之。且在全部地質歷史中，必可獲得關於地球逐漸冷卻之證據。

就白熾星雲說而論，吾人當可預料地質學家所能發見紀錄的最古時代之氣候，必爲非常酷熱

者。而最初時期地球之冷卻，亦必迅速非常，或會無幾時，其面部溫度即降至與現在溫度相彷彿，抑又可以猜度者也。然地殼之傳熱，實非常遲緩，地球內部之溫度，其下降自必倍形遲緩。使地球中心之物質，誠如白熾星雲說之所臆斷，在昔曾有極高之熱度，則上述猜想，即不可信。此外又有一種解釋，以爲地質學家所已知之岩石，或爲地球已在一比較穩定的氣候時所造成者。此種氣候，其變率殆不若地質歷史上最熱與最冷相去之大。使果如是，則地球的地質歷史所占之時期，苟與地球自凝固以來久長之時期一相比較，二者相去，寧不等於霄壤。則此種解釋亦甚不可恃也。

地質學家以爲白熾星雲之臆說爲不誤，則希望能獲得地球幼年時代酷熱氣候之遺跡。在若干區域中，常發見範圍廣大之花崗岩 (Granite)，位於他種岩石之下。此等岩石，在昔亦嘗視爲此等臆說之證據。蓋若輩以爲花崗岩顯係一種曾經熔解而成於大熱下之岩石。此等在地殼基礎岩石中之大片花崗岩，或可視爲當時遍佈於全球的花崗岩之遺跡。此等花崗岩，即爲熔解的地球因凝固作用而造成之最古岩石。故花崗岩亦嘗視爲當時熔解的地球外第一層硬殼之遺留物。然花崗岩與花崗石類岩石 (Granitoid rocks)，吾人已發見其並非爲地殼最古之岩石矣。此種岩石，蓋僅能在大片古代岩石下受高壓而造成。其後因被擠壓，乃上升而侵入於覆蓋其上之沈澱岩中。故欲明世界上最

古時代之氣候，吾人必當以最古沈澱岩中所能獲得者為根據而決定之。

地質學家分地球歷史為四大「代」(Era)，與歷史學家分人類歷史為有史以前，古代，中世，近世之四時期，蓋適相同。此等地質代，皆根據生存於當時的動植物之發達順序而命名。第一代為地球上生物之開始，與當時唯一太古代形態之生物生存之時期，故為「太古代」(Eozoic or Archeozoic)。至第二代，則地球上古代形態之動植物，盛極一時，故名「古生代」(Palaeozoic)，古代生物之時代也。在第三期，則地球上生存之動植物，其形態介於古代與現世之間，是為「中生代」(Mesozoic)，生物之中間一時期也。最後之一代，則至今猶在繼續，是為「近生代」(Kainozoic)，或稱「近世生物之時代」(Era of Modern Lifes)。

各代又細分為「紀」(Periods)，其名稱則如下表所示：

地質代

紀

(1) 太古代 (Archeozoic or Eozoic)	}	太古紀 (Archean)
		叻利紀 (Torridonian) (英國的)

(二) 古生代 (Palaeozoic)

三 寒武紀 (Cambrian)

四 奧陶紀 (Ordovician)

五 志留紀 (Silurian)

六 泥盆紀 (Devonian)

七 石炭紀 (Carboniferous)

八 二疊紀 (Permian)

九 三疊紀 (Triassic)

十 侏羅紀 (Jurassic)

十一 白堊紀 (Cretaceous)

十二 始新統 (Eocene)

十三 漸新統 (Oligocene)

十四 中新統 (Miocene)

十五 上新統 (Pliocene)

十六 更新統 (Pleistocene)

(三) 中生代 (Mesozoic)

(四) 近生代 (Kainozoic)

凡在「代」中沈積而成之岩石，總名之曰「地質界」(Group) 其在「紀」中沈積而成者，則名之曰「地質系」(System)。

各時各地之氣候，皆可從生長於其時其地之動植物辨定之。現今之珊瑚礁，僅成長於熱帶區域之暖海中。則當吾人在世界各處發現古代珊瑚礁遺跡之時，自可斷定此等珊瑚礁所在之海，當時必為熱帶的或副熱帶的。有數種英國石灰岩，其中珊瑚之多，即稱之曰珊瑚礁，亦無不可。吾人對此，自可推知其造成於較今日不列顛諸海更為溫暖之海水中。然在不列顛區域內，最古諸系中，並無珊瑚礁之發見，上述之石灰岩，蓋造成於前表第五，第六，第七諸紀之不列顛海中。據此種珊瑚礁在地質史上之分布，則謂不列顛氣候漸漸寒冷，實毫無根據之言也。

使岩石沈積之各種物理力的強度 (Strength of the physical forces)，亦表示其造成時之各種氣候狀況。風之發生，由於地球各部溫度之差殊，凡位於冷海近旁之酷熱大陸，常多大風。故風實為表示附近地域間冷熱差殊之一種明顯的準規。在過去時期中，溫度之分布，使果有極大之差異，則吾人自可猜度，當時之風，必將視現今更為強烈。

不列顛羣島中之最古岩石，在蘇格蘭高地 (Highlands of Scotland) 之西北部，其中自色什

蘭(Sutherland)中洛愛新脫(Loch Assynt)而外，在全球現尚保存之陸地中，此或爲其最古者。有若干原始山岳與河谷，本掩沒於已成沙岩之沙粒下。此等山岳與河谷，實可謂與地質歷史同其久長。直至今日，覆蓋其上之沙岩，逐漸移去，此古代地面，始重行暴露。此種沙粉，在昔時爲風所攜帶而越過。此古代大陸，其中石子，亦多有因風之運動而改變形狀者。沙之顆粉，與現時被風所攜帶者，大小相同。而此區域中，在太古時代最盛行之西南風，至於今日，亦尙未變。此等古代沙岩，爾後逐漸風化，其顆粒又復分離，乃重受風之作用。此風之方向與風力，亦一若原始時代攜之至於現在地位之風。此等沙粒，經過數萬萬年之靜止，至此乃重復繼續其中輟之旅程而東北行矣。

雨點在海岸或湖邊軟熟泥土層上所留之痕跡，表示在最古時代所降之雨點，與今日之雨點，大小略同。其下降時之力量，亦與今日之大雨，不相上下。故凡受過風雨侵蝕的沈澱物所集成之岩石，其物理的證據，在在皆表示已知最古之各種氣候力，與今日作用於地球上者相同。

地球上之氣候，在特殊區域，每有極大之變異，自無疑義。洛愛新脫之風成沈積物，其沈積時之氣候，必視此區域現在之氣候，更爲乾燥。且當時此地爲一乾燥之氣候，則同時必有雨量比今爲多之其他區域，以維持其平衡，抑亦無疑。從前冰川所造成之地層，其分布狀況，可爲局部的氣候變遷之顯著

的證據。例如在中國境內，與澳洲南部阿得雷德（Adelaide）後之山岳中，皆有若干岩石，爲古生代最古一紀之寒武紀時因冰川作用所造成者。此等古代澳洲冰川，雖嘗位於熱帶數度之內，然終飄流至於海平面。從此等岩石，吾人可知地質學家所已知有動物遺跡的最古時期之寒武紀，在中國中部與澳洲南部之氣候，其寒冷實遠過於此二地目前之氣候也。

是故在地質紀錄開始之時代，全球不僅未嘗有燠暖之氣候，抑且在若干區域內，其氣候實倍冷於今日。此則證據具在，未能否認也。自此以後，至於石炭系，其岩石又表示當時在南半球諸國與印度各部有冰川之存在。然在今日，則此諸地，已無冰川之痕跡矣。例如在南非洲，有一長帶隸屬石炭系之圓礫岩，可蹤跡至於一極長之距離，其中多有有冰塊擦痕之石塊，蓋爲冰川所遺下者。同時代或同時期之沈積物，在澳洲與印度，亦所在多有。由此可知在石炭紀中，南半球有一較今爲冷之氣候，而當時之歐洲與北美，則有比今日更爲燠暖之氣候。

綜上而言，則吾人所已知之世界上最早氣候，與其謂與地球從白熾氣體凝結而成之說相吻合，無寧謂爲與地球從冷的隕星團結而成之說相吻合也。地球在昔曾經有一時期地殼比今爲熱，固無疑義。然地球若爲一羣冷天體所集成，則其後因互相碰撞與自身凝縮而發熱，其燠熱時期，必經過較

速。且若地球果爲一白熾氣體之星雲，則地球全部必曾有非常之高溫，而燠熱之地殼，可常受內部熱量之供給而不能驟然冷卻矣。

故在古生代開始之時期，地球上各部，實嘗有一度比今日爲冷之氣候，此種事實，合諸星團說，實較白熾星雲說爲切當也。

第二編 地球表面之長成

第四章 地殼之造成

地球或以一冷隕星之集合體，開始其生命，然似亦曾經一種面部視今爲熱之時期。許多隕星，在將集合而成爲一堅密物體之時，自必互相爲猛烈之碰撞，於是而發生大熱。然自此以外，地球之熱，尙有一更爲可恃之來源，則諸行星結合後，物體之收縮作用是也。如前所述（第二章）太陽之熱，並非由於其物質之燃燒，乃由於其物質相互擠緊之一種作用。此種作用，繼續進行，未或中輟。據估計所得，與太陽同大小之煤球，其燃燒所發之熱，尙不能維持太陽之熱達三千年。據德國大物理學家赫爾姆霍斯（Helmholtz）之意見，則此種收縮方法，實爲太陽熱量一最適當之來源。

凡物體失其能力，則此能力將變成他種形式，此吾人之所知也。從收縮作用而生之熱量，卽由此故。例如有一物體，靜止於高牆之頂，因其高位之故，潛伏一種能力。迨此物體下墜至於地面，則此種能力，亦卽失去。石塊等在其高位時所有之潛伏能力，在下降之時，卽將一變而爲熱力。一羣隕星之收縮

作用，與一種向此羣中心逐漸下降之方法，正復相同。則其下降，自必與熱力之發生，相伴而起。據嚇爾姆霍斯之說，太陽若每日僅爲十六英寸之收縮作用，亦已可維持其熱量。換言之，則每歷十一年，太陽之直徑，僅收縮一英里也。

鐵質之隕星，因收縮作用所發生之熱，常經過本體而向外發散。其發散極速，因鐵質隕星之物質，皆爲非常良善之傳熱體也。故此類隕星團結之物體，其內部不久即達均勻一致之溫度，其後由面部失去熱量而逐漸冷下。此種收縮作用所生之熱力，其足以熔解數種物質，自爲無疑。但所能熔解者，亦不過接近面部之一部分，蓋凡物體由固體變成液體，其體積必須擴大，然在隕星內部之深處，壓力極大，則自不能容其任意擴大。故在此物質之中心，因壓力之擠壓，必仍保持其固體之狀態也。至於外層中容易熔解之物質，則熔爲液體，而流至地球之表面層，其中較爲黏滯之物質，則因金屬分子之極強的收縮作用，受排擠而向外噴出。至於石質之物質，則因其被擠至面部之作用較爲迂緩，乃凝固而成爲石質之地殼。

礦石熔解於熔爐之內，石質物質與金屬物質各自分離。金屬聚於熔爐之底部，而石質分子或礦渣 (Slag) 則覆蓋於其上。此常見之現象也。當一羣隕星被壓力與高溫所熔解而合爲一體之時，其分

子之排列，亦正與上述現象相同，金屬物質居其中心，而外面則圍以石質之地殼。

吾人雖尚未得深入地球內部之方法，然地球中心係大量的金屬物質，則從地球之重量上加以考慮，亦已可大致決定。造成地殼之物質，其重量約當同體積之水之二倍半。而全個地球之重量，則當同體積之水之五倍餘。從可推知地球內部之物質，其重必當地殼巖石之二倍。吾人對此內部特重之現象，謂由於其大部分為金屬所組成，當為一最簡單之解釋。然則所謂地球，實二重要部分之所組成，其一為石質之地殼，即所謂「石圈」(Lithosphere) 者，其一為重金屬之物體，則所謂「重圈」(Barysphere) 者是也。(Barysphere 一字，源自希臘字之 *barys*，「重」之義也。)

此金屬重圈之存在，放射能性 (Radioactivity) 之證據，實可為更進一步之證明。據斯特刺特 (Strutt) 教授之意見，以為入地四十五英里之一層內，苟有大批含放射能力之物質，則已足以供給現在地球表面放射能性之能力。若更深之處，其物質亦有放射能性，則地球表面之放射能性，將更大於目前矣。故離地面四十五英里以下之處，實無放射能性物質之存在也。此一事實，實與鐵質隕星相符合，蓋鐵質隕星亦居於若干無放射能力的物質之列也。故地球之放射能性，實可為重圈大部分為鎳鐵構成之又一證明。

至於地殼，則由上所言，乃爲巖石所造成，此種巖石蓋從熔解的狀態凝固而成，是猶熔爐中之餘渣也。各種巖石，皆包含一種或多種之礦物。此種礦物，凡用機械的方法，如以水沖洗其粉末，以手搓擦其碎片等，而不能使之成爲二種或二種以上之礦物者，則稱爲「單純礦物」(Simple mineral)，或「礦物種」(Mineral species)。有多種礦物種，苟依其組成之分子，混合而熔解之，再任其凝固，則又可以造成其他普通礦物則不然，不能以此等人工方法造成之。礦物種之可以用簡單的熔解方法造成者，爲橄欖石 (Olivine)，輝石 (Pyroxene)，石榴子石 (Garnet)，棕色雲母 (Brown mica)，鹽基性長石 (Basic feldspar) 卽鈣長石 (Anorthite)，鈣鈉長石 (Labradorite) 與鈉鈣長石 (Oligoclase)，以及石英 (Silica) 之一種，卽所謂鱗石英 (Tridymite) 者。其不能以簡單的熔解法造成之礦物種，則爲普通之角閃石 (Hornblende)，富有鹼性質之長石，水晶 (Quartz)，白雲母，黃晶 (Topaz) 以及電氣石 (Tourmaline) 等。試以水晶爲例。水晶有極簡單之成分，不過石英之所組成，換言之，則一份矽與二份氧之一種化合物也。苟將石英熔解，任其結晶，則可成爲一種石英玻璃 (Silica-glass) 或爲鱗石英一類之礦物。如在較高之溫度，則或成爲別一種礦物曰球石英 (Cristobalite) 然而未有重行返爲水晶者。

是故巖石中之礦物種，可分爲二類。其第一類礦物種，可從熔解的物質造成之。第二類礦物種，如水晶與酸性長石等，則其造成時所需之環境，較爲複雜。有時須有熱水高壓等等之存在，有時且尙須藉他種物劑如所謂接觸劑 (Catalyser) 等之助力。此種接觸劑對於本來非常遲緩之作用，能使之增加進行之速率。

地球表面最先造成之巖石，自爲此等能以簡單的熔解法造成之礦物所組成。此種礦物，歸屬於所謂鹽基性礦物之一類，因其缺少石英之故也。其中最重要之礦物，多以鐵與鎂爲其主要之分子，故又稱曰鎂鐵類 (Femic)。(Femic 一字，乃爲此二種金屬原質之化學符號 Fe 與 Mg 所合成，) 含鹽基性礦物最多之巖石中，其最普通者爲玄武巖 (Basalt)。故在地殼上最先造成之巖石，或與玄武巖相類似。自此以後，富有酸性礦物與鹼性礦物所成之巖石，乃造成於此玄武巖層之下。在此等深處造成之巖石中，其最著名之代表，則爲花崗巖 (Granite)。

故在地球之地質史中，其第一時代，乃在於分地球爲三部分。此三部分，即中心之金屬重圈，與造成石質地殼之二層是也。此二層中，下層多石英與鹼性礦物，是爲酸性巖石之所成。至於上層，則含有較重之礦物，其中含鐵鎂與鈣氫甚多，是爲鹽基性巖石之所組成者。

第五章 地震對於地球內部構造之證據

地震 (Earthquakes) 對於地球內部之構造，亦能供給重要之證據。地震爲地球表面一種波狀之震動。投一石子於池水中，則現一波紋，自石子投入之點而向外波動。地殼內苟有一突然之運動，如脫節或爆裂 (Dislocation or Explosion)，則亦同樣造成一波狀之運動，從其起始之點，而向各方進行。於是覺其爲一地震。波浪進行之速率，視其所經過物質之性質而互異。石子墮入污泥中所成之波紋，較小於墮入水中所成之波紋，其進行之距離亦較短。一地震波浪，自較密物質而至於較爲稀疏之物質，其波浪在性質上之差異，亦正與速率相同。

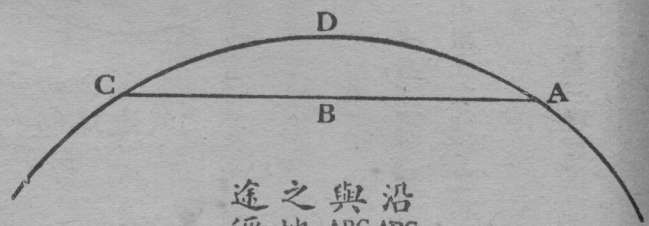
故地震波浪在地球內部所進行之速率，實示吾人以地球內部物質之性質。大多數地震，爲一種沿斷層 (Faults) 之地殼運動（見第七章）一波狀震動，從其起源之地點，向外進行，視其斷層運動劇烈之程度如何，以定其影響所及之距離。有數次地震，非常劇烈，竟造成全球之震動。一地震之震動 (Earthquake shock)，可從其震源，沿地球之表面，或垂直穿過地球之中心而達於震源之地球背點 (Antipodes)。如第五圖一地震波浪開始於 A 點，可沿此 ABC 直線，經過內部而震及一極遠之

區域。亦可沿 ADC 線繞地面而進行。在 C 點，覺到沿 ABC 來之震動，當較早於沿地球面部在 ADC 途上進行之震動。以 AC 弦較短於 ADC 弧也。凡在 C 地之觀察者，對此同一地震，當受到二次之震動。先覺察沿此弦運行之震動，而後覺察沿此弧運行之震動。據米倫教授 (Prof. Milne) 之意，以為在某一區域覺察一地震，苟此地震發源之處，與此地相去之遠，至於連絡二處間之直線深入於地球之內部，則彼經過地球內部之震波，當必視彼以同一速率而行於地殼之震波，先為吾人所覺察。米倫教授又實際計算經過地球中心物質之地震波浪，其速率為每秒 $5 \cdot 58$ 英里，而同一波浪之經過地殼者，則每秒僅為 $1 \cdot 86$ 英里之速率。地震在地球內部各處之速率，以第六圖表示之，此圖即根據米倫教授之計算而作者。米倫教授本此計算，乃斷定地球中心之物質，視地殼上之物質更為堅密。氏信地球內部為一圈與鐵質隕星相類似之重金屬物質。氏稱之曰「母巖圈」(Rockgate)，以其為造成地

第

五

圖



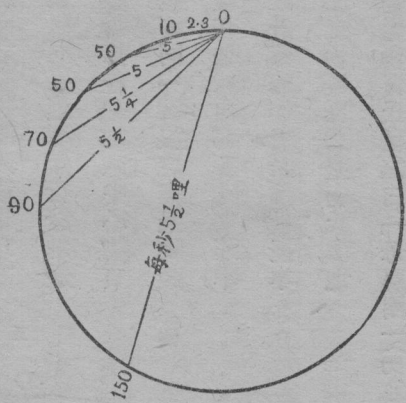
沿弧與弦之震途徑圖

球之主要分子也。震浪速率，因物質性質之變易而增高，米倫教授從事於此增高處的深度之計算以後，斷定地球之石質地殼，約有四十英里之厚度。在此深度之下，則為均勻一致之「母巖球」(Ball of geite)。

鄂爾得亨氏(R. D. Oldham)對於地震波浪，為更進一步之推度。氏謂不僅石質地殼與較密之內部物質間，有一顯著之差異，即地球內部之自身，亦可畫分為顯然不同之二帶。氏主張地球有一中心物體，其大小當地球直徑五分之二，其所由組成之物質，與其周圍一帶之物質，完全不同。

鄂爾得亨氏地球內部三分之結論，乃根據地震震動經過地球內部時成爲三種波浪之一事實。其一包括地面大波浪，其進行一若水上之波紋。其餘二種，則經過地球之內部，是爲陷落波浪(Wave

第六圖



經過地球之震浪速率
(據米倫教授之計)

此圖中之數字表示從震源0，至各處，在直線上進行之地震，每分鐘所行之哩數。

of Depression) 與扭曲波浪 (Wave of Distortion) 陷落波浪由於分子在地震行程中向前向後之運動，而扭曲波浪，則趨向於扭曲此地震所橫過之物質。

此種陷成波浪與扭曲波浪，皆經過地球之內部，凡距震源七百英里以上之任何區域，此種波浪常較地面大波浪先達目的地。此種震動，爲一組初期微動 (Preliminary tremors)，其覺察常在繞地面進行之主要震動 (Main shock) 之前。陷落波浪與扭曲波浪，並不同時並到。據鄂爾得亨之計算，如某地距離震源當地地球圓周四分之一，則陷落波浪以每秒六·二英里之速率，在十五分鐘內即可達到，而扭曲波浪之速率，則僅爲每秒三·三七英里，故須二十五分鐘，始可達到此地。陷落波浪之經過地球內部，無論至於若何距離，其速率皆均勻而一致。因赤道上之一度擾動，而造成地震，此地震之陷落波浪，一面將直過地球，而至於兩極，其速率爲每秒六·二一英里。一面穿過地球中心而至於對面赤道上之地球背點，其速率爲每秒六英里。至於扭曲波浪之速率，則極不一致。其達到緯度六十度上最近之一點，以每秒三·四六英里之速率，循一直線而經過地球；其達到北極，以每秒三·七三英里之速率；其達到地球對面緯度六十度上之一點，則以每秒三·九四英里之速率。若入地更深，則其進行之速率即減小。故若欲至對面經度上離赤道三十度之某地，則其速率且減至每秒二·八二

英里；欲至赤道對面之一點，則竟減為每秒二·六三英里之速率矣。

故據鄂爾得亨之說，地球有一中心物體，其組成之物質，與圍繞於其周圍之物質，大不相同。是可從扭曲波浪之突進見之。波浪因受到此種物質差異之影響而速率減小，其減小處之深度，實表示此中心物體之直徑，適當地地球直徑五分之二，（第七圖○○）陷落波浪，亦表示同一之結果，不過其速率之減小，不若扭曲波浪之甚耳。

扭曲波浪因速率之減

小，被迫而折曲，循一彎曲之

途徑而進行，故如鄂爾得亨

之說，凡扭曲波浪之行近地

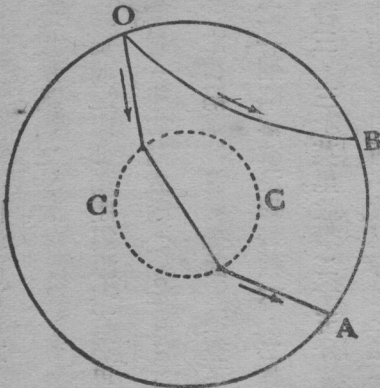
球中心者，必循一曲線如

OA而進行。

學者對於此種學說，贊否

亦各不同。諾脫教授（Prof.

第七圖



地球之內中心圖

外圓代表地球之圓周。點線所成之圓，(○○)代表內中心。OA為扭曲波浪行入內中心之途徑。OB為扭曲波浪經過厚殼之途徑。

C. G. Knott) 以爲缺少實際的根據。(一) 而米倫教授所主張，在地殼四十英里以下，全球成分皆均勻一致之結論，亦復與此不相吻合。雖然，鄂爾得亨之主張，苟能得其他之證據而成立，則所謂地球，實爲三部分連合而成，卽一未知物質之中心，一金屬物質之厚殼，與一石質物質之地殼連合而成者也。

(一) 見諾脫著地震現象之物理觀 (The Physics of Earthquake Phenomena) 第一二八至二三四頁。(一九〇八年出版)

第六章 類聚作用之善果

綜觀上述，則地球上地質史之開端，實爲組成地球的諸隕星物質分成三帶之一種類聚作用 (Segregation)。地球之得形成一種適於生物生存之環境，最後且適於人類之孳養生息者，胥拜此種繼續進行的類聚作用之賜也。同類物質，聚集而成羣，此種趨勢，殆有一普遍全球之影響。因此趨勢，地球乃得從其星雲的原始時代起，直至人物進化，工業發達之時期，莫不受其影響。此種人類類聚作用，使人口集中於一處，亦頗爲近人所不滿，然繼續至今，雖已經各種方法之阻止，而迄未中輟。是蓋有一種衝動 (Impulse) 爲之主宰。此種衝動，其影響於無生物，亦與有生物無異。類聚作用先將廣佈宇宙間之星雲，成爲遊行之斑點。更進而將各個幼年之恆星，分成一金屬之中心，與一石質之地殼。自此

以後，則類聚作用且注其全力於生物之發育，人類之生存，與乎文化之建設。吾人製造用具所需之金屬，若非類聚作用則將埋藏於人力不能達到之地球深處；肥田所需之磷質，則將成爲細粒，分佈於火成巖之中，其顆粒之微小，竟使吾人不復能利用之以爲肥田之需。石英因其硬度與耐久性之關係，本可用爲建築之石料，與磨擦之沙粒者，亦因乏類聚作用而成爲深埋地底巖石之一分子，以歸於無用。現今細密之黏土，能阻止雨水，使不深入於無用之處，但若非完全純粹，聚積而成地層，則其最重要之功用，卽蓄水與成泉亦失其能效矣。氫氣爲動物體素 (Tissues) 中一主要之分子，然當其存。在於空氣中時，則爲一自由之氣體，而不與其他原資相化合，在此等情形之下，動物實無從取用以充食物。故凡人類生活上與工作上所需要之物質，皆存在於巖石、海水或空氣層之中，必先各自聚集而成地層，人類乃得於此獲得其所需要之物質，多寡純雜，一如其願。否則，凡此物質，皆將完全棄置而不爲人用矣。

此種原來散佈於地殼中之物質，其類聚作用，實爲三種方法進行之總結。第一種之進行方法，爲一組破壞的動力 (Destructive agencies)，先將石圈中之巖石，粉碎而片裂。於是受到第二種之進行方法。此種因破壞作用所造成之碎片，至是因各種轉運的動力 (Transporting agencies) 之故，遂

各依其大小而分開置列 (Sorting)。是後再受到第二種作用，則此等依序分列之碎片，始沈積而成地層。然則破壞巖石之進行方法果何如乎？

地殼上之原始巖石，顯係熔液體物質因直接的凝固作用而造成者。此種巖石，總名之曰原生巖 (Primary rocks)。原生巖苟暴露於地球之表面，則皆破碎其組成之分子，而重行沈積。於是而造成之巖石，名曰次生巖 (Secondary rocks)。原生巖暴露於大陸之上，則受到空氣組成分子之侵蝕。蓋空氣為氮氣，炭氮二（一種以一份炭質與二份氮氣所成之氣體，）及水氣所成。凡此物質，皆作用於巖石之上，氮氣與巖石中之若干組成分子相化合，是曰氮化作用 (Oxidation)。巖石中之其餘分子，則因此而鬆解，巖石於是腐蝕而成碎片。

在空氣中之炭氮二，每為雨水所溶解。迨雨水滲入巖石中，則其中所含之炭氮二，即作用於此巖石中之若干組成分子，而使之成為碳酸鹽類。矽酸鹽類亦常因此而變成碳酸鹽類。此種作用，名曰風化作用 (Weathering)。凡暴露於外之巖石，風化作用蓋不時進行，不過其進行不十分迅速耳。此種巖石之腐蝕與變弱，實為常遇之事實。

空氣中之水分，在破壞巖石之作用中，亦為一強有力之要素。水分滲入於巖石，而聚積於其罅隙

之中，夜間凍結而成冰，則其膨脹，能將巖石片碎而塊裂。於是造成一更大之罅隙，以容納空氣與水分之侵入。此外溶解於水中之炭氫二，亦能溶解其地所存留之任何碳酸鹽類。其在溶液中之移動，則又能助成巖石之片裂。地面巖石，坐是而瓦解，其碎屑斷片，於是爲水所冲刷，沿山麓而下墮，或爲狂風所攜帶，而吹散至於他處。其地巖石之新層，於是又暴露於外，而受空氣之侵蝕。其已鬆散瓦解之原生巖物質，乃爲造成他種巖石之用。此等巖石，因其物質係從原生巖而來，故曰次生巖。

次生巖覆蓋地球表面之大部分。凡世界上人口最密物產最富政治上最重要之區域，其基礎皆爲次生巖。以蘇格蘭而論，原生巖大抵在高地 (Highlands) 一帶，至於包括主要都市與工業中心之低地 (Lowlands)，則大都爲次生巖所造成。以英格蘭而論，則原生巖不過造成康華爾 (Cornwall) 大得模爾 (Dartmoor) 社普斐爾 (Shap Fell) 中之若干荒地，而次生巖則幾占有王國之全部，凡主要之工業農業礦業區域，皆在其範圍之內。此次生巖之所以尤見重要也。

次生巖與原生巖，可由下列之四種主要性質區別之：

(一) 原生巖爲結晶的物質所組成。有時則爲一結晶體與天然的玻璃質之混合物。此等組成原生巖之分子，皆凝結於巖石造成之時。次生巖則不然。次生巖乃爲原生巖碎片所造成。故又名碎屑巖

(Clastic rock) (此 Clastic 一字，乃從希臘字 *Klastos* 而來，碎裂之義也。) 如沙巖之各碎粒，其結晶之構造，與花崗巖中之石英相同。然花崗巖中之石英，在結晶後即爲此巖石中之一原始分子，至於沙巖中之石英粒，則爲在他處所造成的結晶體之碎片。

(11) 原生巖造成於高溫度之下，乃從一熔解狀態而凝固者，故稱曰火成巖 (Igneous rock)。返觀次生巖，則大多數係因水之作用而造成，故大都合稱爲水成巖 (Aqueous rock)。至大陸上風吹沈積物所成之地層，則稱爲風成巖 (Aeolian deposits)。

(12) 次生巖既因水之作用或風之作用而造成，故普通多成廣闊垂平之層狀，分布於各處。故次生巖又名成層巖 (Stratified rock)。(此 Stratified 一字，源自拉丁字 *Stratum*，層累之義也。) 原生巖則無此種成層的整齊排列，故又名不成層巖。原生巖以一種熔解的狀態，達其最初造成之位置，而後逐漸冷卻而凝固。其在地面之下，成大塊之凝固者，爲塊狀巖 (Massifs)。其被迫而入於地殼巖石之中，成層狀之凝固者，爲脈巖 (Dyke) 或侵入巖層 (Sills)。其在各處噴發而出，覆蓋於地球表面之上者，則爲熔巖流 (Lava flows)。

(四) 原生巖普通從熔解狀態的大塊物質而造成，故無任何生物之遺骸，蓋無論動物或植物，在

此種巖石造成之處，斷不能生存不滅也。次生巖則適相反，其中多含有動植物之遺體。此等生物，即生存於此種巖石沈積之時期中。生物之遺體，得在巖石中保存而不毀，則爲化石 (Fossils)。故凡次生巖皆富有化石。研究次生巖中所覓得之化石，則可推知此等巖石之造成於陸上或水中，苟成於水中，則可更進一步而推知其造成於海水之中，湖水之中，抑或河牀之上，蓋水生與陸生之生物，固截然不相侔也。

至於原生巖之構造，則一方面表示其造成時之環境，同時又表示其物質凝結時之所在。蓋其物質或在火山環境之下，凝固於地球之面上，或如所謂深成巖 (Plutonic rocks) 者，造成於地下極深之處；或如脈巖與片巖 (Sheet) 造成於地下略深之處。凡此皆可於原生巖之構造求之也。

次生巖中固亦有不含化石者，然其造成時之環境，仍可從其各分子之形狀，與排列情形而知之。次生巖之成於深水之下者，其層累率爲整齊之排列，若在沿岸受強烈洋流之影響，則成一極不規則之混合層，此外又有堆積於大陸之上而成者。苟在陸上堆積而成，則從其顆粒之形狀，與層累之排列，亦可推知其堆積時之爲一沙丘 (Sand dune)，或爲一風中挾帶的塵屑所成分佈極廣之薄層。

地球上最大經濟價值之區域，其基礎皆爲次生巖，已如上述。因此重要事實，吾人對於各種次

生巖之辨別，乃不得不視對於火成巖之確定，更爲注意矣。

次生巖凡分隸於四大類，卽沙巖，黏土，石灰巖及石炭是也。

沙巖系 (Sandstone series) 之諸分子，皆爲沙粒之所組成。此種沙粒，原沈積於鬆散之沙層中，迨後顆粒間略爲互相膠結，乃成爲沙石，顆粒之膠結更甚，則成沙巖。若其各分子之膠結，堅固非常，破裂各顆粒之難，與破裂顆粒與其間膠結質相等，則此等巖石，稱曰石英巖 (Quartzite)。

在不列顛羣島中，普通沙巖，皆爲石英碎片所成。然在若干區域內，則主要之沙層與沙巖層，有爲他種物質所成者。如太平洋羣島 (Pacific Islands) 之珊瑚沙，卽爲碳酸鈣所成，而若干沙巖，則爲已膠結成爲堅固巖石之同樣顆粒所成。自此以外，則沙巖亦有爲長石顆粒以成者。

故沙巖之主要性質，實不在於其化學成分，乃在於其顆粒之大小也。最小之沙粒，其直徑爲〇・〇〇五公厘，或五千分之一英寸。至於更小於此的分子所成之物質，則爲黏土 (clay) 或淤泥 (silt)。沙巖對於人生最大之效用，在於爲建築之材料。

圓礫巖 (Conglomerate) 爲一種與沙巖相類似之巖石，不過其組成分子之體積較大，爲礫塊 (Pebble) 而非顆粒，是卽二者間之區別也。礫塊鬆散，則成沙礫 (Gravel) 層與巨礫 (Shingle) 層。礫

塊相互膠結，若其礫塊皆呈圓形，則成所謂圓礫巖，若礫塊多角而粗糙，則成所謂角礫巖 (Breccia)。

黏土質系 (Argillaceous series) 之各分子，則為黏土所造成。其與沙巖之區別，在於其分子體積之更為細小。沈澱的黏土，其沈積之時，成爲泥狀。黏土中普通之一類，分列成整齊垂平之薄層者，爲頁巖 (Shale)。板巖 (Slate) 亦爲黏土系之一分子，因受高壓之故，其各分子重行排列，分裂而成整齊微薄之薄片。

黏土因其柔軟之故，在地面上極易腐爛，因造成肥沃之地層，故有極大之價值。此等黏土極易爲風化作用所擦平而成光滑之平原，成爲最有價值之農田，以備耕種之需。黏土又能阻止降於其上之雨水，使不能滲入地下，至於不能利用之深處。黏土因具有此種不透水性之故，對能人生，爲益更多。蓋因此故，雨水乃常爲黏土薄片所保留而聚積於含水地層之中，吾人賴此，始能就井以取水。有時流散於地上而成泉，則在每歲之乾季中，又能維持河流之流量，以免於變易。

次生巖中之第三要類爲石灰質系 (Calcareous series)，其中包括碳酸鈣所成之石灰巖。石灰質溶解於水中，成爲重碳酸鹽類 (Bicarbonate) 一類之物質，於是各種動物吸收之，以爲造成其介殼與骨骼之用。此種生物既死，其堅硬部分成爲碎屑，聚積於海底下盤 (Floor) 之上，於是聚集而成石

灰質地層，迨後地層因膠結而堅硬，是成石灰巖 (Limestone) 在若干情形之下，碳酸鈣從水中因化學作用而沈澱，是成石灰凝巖 (Calcareous tufa) 地層，或化學沈積的石灰巖地層。石灰巖除可用為建築石料以外，又可為製造水泥 (Cement) 之用。且因其有保留大量地下水之能力，因其有加肥田畝，以適於五穀生長之功效，故大有造於人類。

最後一組之巖石，則為炭質系 (Carbonaceous series)。此類巖石，皆以炭之一原質為其主要之分子。其重要效用，在於供給燃料與石油。炭質巖石之造成，即在今日，亦仍可在泥炭沼 (Peat bogs) 中見之。在此等沼澤中，凡已分解之植物質，皆聚積於其冷溼之澤地上而成為厚層。泥炭之沉積物，苟為泥壤或沙粒所掩覆，埋沒於一層厚重之巖石下，經過時期漸久，則物質即逐漸變易，最後乃成爲一種化石燃料，即所謂石炭 (Coal) 者是。

石炭為生長於各種不同的環境下之各種植物所聚積而成。世上所用之石炭，其最重要之來源，皆在石炭系之巖石中。此等石炭層皆成於古代之森林區域或為澤 (Swamp) 淀 (Lagoon) 之底盤上，已經分解的植物碎片所積成。

石炭有五大類：

- (1) 褐炭 (Brown coal or Lignite) 此種大都爲比較的近代所成者，呈褐色，性質多柔軟。
- (11) 家用石炭 (Household coal) 此爲普通家常所用者，硬黑而脆，大都從石炭系開採而得。
- (111) 燭炭 (Cannel coal or gas coal) 能發生氣體極速，現光亮白焰而燃燒。此種石炭，在白熾燈罩 (Incandescent mantle) 尙未引用以前，在煤氣製造上極有價值。
- (四) 油頁巖 (Oil shale) 是爲石炭之一變種，含有大部分之土質物質，緩緩加熱，則煤油從此蒸溜而出。

(五) 無煙炭 (Anthracite) 石炭中以此種含炭質爲最多，每噸燃料所發之熱亦最大。燃燒時無煙焰，故最適合於軍船上之用。

凡一區域，其地殼本爲兩種性質不相同之火成巖如玄武巖與花崗巖所成，必造成一組極複雜之次生巖。玄武巖爲一種鹽基性長石與橄欖石及輝石二種礦物所合成。花崗巖則爲一種酸性長石與石英雲母所合成。茲將此等礦物之成分，與其毀壞後所成之產物，列表如下：

花崗巖	玄武巖				巖石礦物種分子	重行沈積所成之次生巖			
	石	磁鐵礦	橄欖石	輝石			鹽基性長石		
								矽氧	鐵
英	鐵氧	鎂氧	矽氧	鐵	鈉氧	鈣氧	鋁氧	矽氧	黏土
	粗粒者成沙巖最細者成黏土	鐵石	黏土與石灰巖	鐵石 (Ironstone)	鹽 (鈉氧)	石灰巖 (碳酸鈣)			

白雲母	酸性長石														
<table border="0"> <tr> <td>鉀</td> <td>鋁</td> <td>矽</td> </tr> <tr> <td>氫</td> <td>氫</td> <td>氫</td> </tr> </table>	鉀	鋁	矽	氫	氫	氫	<table border="0"> <tr> <td>鈉</td> <td>鉀</td> <td>鋁</td> <td>矽</td> </tr> <tr> <td>氫</td> <td>氫</td> <td>氫</td> <td>氫</td> </tr> </table>	鈉	鉀	鋁	矽	氫	氫	氫	氫
鉀	鋁	矽													
氫	氫	氫													
鈉	鉀	鋁	矽												
氫	氫	氫	氫												
細薄之雲母片	<table border="0"> <tr> <td>普通之鹽</td> <td>鉀氫鹽類</td> <td>黏土</td> </tr> </table>	普通之鹽	鉀氫鹽類	黏土											
普通之鹽	鉀氫鹽類	黏土													

綜觀上表，可見原生巖之破壞，與其組成分子之重行沈積，實造成主要之次生巖，即沙巖黏土與石灰巖是也。

然而原生巖之物質，其搬運之方法則若何輕細之分子，風颳攜之而遠颺，沈降以後，成爲黏土，爲壩母 (Loam)，較大之碎片，則遺留而爲礫塊，爲大圓石，逐漸受猛風之擦摩而減小其體積。由花崗巖分解而來之石英顆粒，爲風所吹，則滾滾移動於地上，一旦滾入於陰蔽之處，或爲溼氣及其他固體障

礙物所留住，則堆積而爲沙丘。

河流之攜帶原生巖物質，其距離之遠近，視其水流之速率與礦物顆粒之重量而定。大圓石在山麓受急流之沖擊而沿途破碎。礫塊則沿河牀而弛迂滾下，亦不久碎成粉末。沙成則沿河牀而受河流之沖刷。河流一旦失其力量，則此沙粒亦立即積聚而成沙層。其最細之分子，被攜帶之距離最遠，在河流迂緩之處，沈下而成黏土地層。凡游泳洗浴之人，在同一河流之中，常發覺不同之河底，在河流迅捷之處，有一沙礫或沙所成之河底，在河流迂緩之處，則有一黏土所成之河底者，職是之故也。

因波浪在海岸上之撞擊，海洋乃得繼續剝削大陸。波浪潛掘峭壁，其上部乃倒於海濱之上，下墮之大塊，受浪花 (surf) 之衝擊而成巨礫。在海岸受浪一面所有之物質，則皆被潮汐沿海岸而移動。海濱上之物質，於是依其大小而分列。在暴露之位置上，爲巨礫堆積物。在海岸略受保障之處，則爲沙層。在距海岸略遠之處，或靜止之海灣中，則爲黏土之薄層。此等沈積物皆逐漸變成巖石。黏土受壓力而變硬，是成頁巖，沙粒經膠結而成沙石與沙巖，沙礫層與巨礫層，則進而成爲圓礫巖。

除上述風吹水激足以使原生巖沈積而爲次生巖外，尙有第三種進行方法，其法維何？在運輸方法中，除風力與水力之簡單而機械的方法而外，尙有其他較爲隱藏不易覺察之方法在。從巖石溶解

而來之物質，爲水所攜帶。及其最後，則爲動植物或化學作用所吸收。多數動植物有碳酸鈣所成之介殼與骨骼，此等碳酸鈣，即得諸淡水或海水中所溶解的各種含鈣之鹽類者。生物既死，其堅硬部分聚積於湖海之底盤上，於是造成石灰巖之地層。若干沙質巖石，爲海綿類 (Sponges) 及數種微生物，如放射蟲 (Radiolaria) 及矽藻 (Diatom) 等堅硬部分之所成。磷酸鹽類之地層，則爲磷酸鈣之所成。此等磷酸鈣或得諸動物之骨骼，或爲海水中磷酸對於碳酸鈣顆粒作用之所成。

類聚作用之別一方法，則由於植物之作用。大多數植物從空氣中吸收炭氮二，利用炭質以造成其組織。若大量之植物質，埋藏於一處，則將變成如泥炭等一類之物質，最後且變成爲石炭。

化學作用又能使他種有用物質之造成。數種石灰巖，乃爲從泉水與河水中所沈積之碳酸鈣所造成。因海灣或淺淀中水之蒸發作用，海鹽乃沈積而成普通鹽類。

故因各種機械的，有機的，與化學的作用，原來散處於巖石，飄浮於空氣，存在於水中之物質，乃聚集而成層，造成沙巖，黏土，石灰巖，鹽以及各種礦物燃料之地層。此礦物燃燒中，包括泥炭與石炭。

在時間進程中，暴露於地面之原生巖，皆完全碎裂，其物質則爲造成次生巖之用。然，至於今日，地球上原生巖所成之區域，亦仍甚多，是蓋同時有新鮮原生巖之繼續出現也。新鮮岩石之暴露，與上層

岩石之毀壞移去，實同一迅速。地球仍在逐漸縮小，因地殼向下陷落之極無規則，其擠壓下層物質之力量，亦因之各處不等。地下之流動的岩石，於是被驅迫至於若干較弱的區域之下。此等岩石，乃將較弱區域上升，而自身則受上層地殼之高壓而凝固。

凡在地下深處造成之岩石曰深成岩。(Plutonic rock) (Plutonic 一字乃從 Pluto 一字而來，「地獄之神」(The God of Infernal Region)之義也。)深成岩常成大塊，多被壓迫於上層物質之下，有時成舌狀或薄片狀，被壓迫而穿過上層之岩石，造成所謂脈岩或侵入岩層。脈岩若達地面，則成熔解狀態的岩石。放射於外而成火山噴發 (Volcanic eruption)。若放射於地面成熔流之岩石，則成爲熔岩片層 (Sheets of Lava)。此等成熔解狀態之岩石，苟其中飽和水氣，則噴發之時，水氣逃逸，於是將石質物質，擊成碎片，下墜於火山口之周圍，成一圓錐形之山峯。此山中心之一孔，則爲一火山噴出口 (Volcanic crater)。至於從許多分離的裂隙 (Vents) 而來之熔岩層，則可連合而成一連續熔岩區，其覆蓋之區域，有達數千平方英里者。

從地球內部上升之岩石，同時放出水分與氣體，此等水分與氣體，從火山逸出而至於空中，成爲大塊之雲氣。深成岩因在地面下冷卻，其水分乃逐漸向上進行。此水之灼熱異常，凡金屬之與此接觸

者，皆爲所溶解而成爲溶液，攜之而達於地面。迨後熱水冷卻，其中所溶解之金屬分子，於是沈澱而成礦脈（*Vein*）。原來四散分佈成微小顆粒之金屬物質，因此作用，乃聚集而成礦脈，於是始易爲吾人所採取矣。

第七章 大陸之上升

凡使大陸降低之各種天然作用，茲皆歸入於均夷作用（*Denudation*）一名詞之下。此種均夷作用，其結果將使大陸在未來之某一時期，皆下降而達於海平面。均夷作用之進行，雖形遲緩，但迄未有中止。在多數區域，其進行且亦非常迅速。例如沿不列顛海岸之若干大陸，在過去時期中，即曾有被剝削殆盡者。

然大陸因地殼內之各種運動，仍得保持其現狀。此種運動與均夷作用蓋適異趣也。在許多區域，常有一種自動的重整作用（*Readjustment*），大陸因此自下而上升，其迅速一若受均夷作用而下降。斯干的納維亞（*Scandinavia*）自極早地質時期以來，即位於海平面上。其接受各種均夷作用侵略之時期，既若是久長，苟其地之上升，不與均夷作用同其迅速，則此地且早已完全淪爲低窪，甚且

已降成爲海水所掩沒之一海岸矣。卽就斯干的納維亞而論，其地之上升，有時雖尙較速於其地之均夷作用，乃猶不免於被均夷作用所降低。此地域中崎嶇不平之地形，與夫沿那威海岸 (Norwegian coasts) 之上升的海濱，皆爲此地近代中上升作用較速於均夷作用之表示。

蘇格蘭西南部之煤田，爲說明均夷作用與上升作用二種能力間競爭之一極好例證。其地煤層皆爲繼續之層累，有一系厚達四千英尺以上之沈積物。此種岩石之性質，皆表示其沈積之時，或高出於水平面，或略低於水平面，其中沈積物，大都係陸上所造成。然在淺水中所沈積之石灰岩地層與頁岩地層，在此系中，亦時常遇見。此等炭質岩石，有時沈積於三角港 (Estuary) 中，有時爲海濱之沈積物，有時沈積於沿岸之淺水中，有時則爲卑溼的沿岸大陸上之森林。此四千英尺之沈積物，並非造成於當時已有之陷落地中。蓋苟有此等盆地，則當時必且爲海水所侵佔，其下盤上最先沈積之諸地層，當必具有深海沈積物之特點。且此陷落地逐漸充塞，以迄於達到海平面，其隨時造成之地層，自當隨時有一種在更淺環境下造成之表示。在此海成地層的繼續系統之上，自當隨之以大陸沈積之諸地層。然按諸蘇格蘭西南部之煤田，其中之沈澱岩，實完全與此不同。其極大厚度之地層，蓋全係貼近海平面處所沈積。在其後有一度輕微之沈陷，將此沿海岸之大陸，浸沒於水中，石灰岩卽於是時造成。沈

積物新地層之沈積，於是又充滿於此淺海，新成大陸，乃爲森林或沼澤所占滿。植物質之新聚積，又造成另一煤層之基礎。此層之上，則爲沙粒或淤泥所覆蓋。如此以往，在第二次沈陷之時，海水又進而佔據此區域。是後因沙粒黏土之沈積，又重行退出。

此種地理環境雖繼續變易，然沈澱物之沈積，其平均速率則一如地殼之下降。蓋下降若過於迅速，石灰巖之厚層與海中造成之地層，勢必相繼造成也。夫沈積之速率，其步武於下降之速率，既經歷若是久長之時期，又遇見於如此衆多之區域，則不能謂爲一種偶然之湊合，固顯然也。一八七九年，基啓氏 (Sir Archibald Geikie) 在皇家地理學會 (Royal Geographical Society) 演講地理之演進 (Geographical Evolution) 中有言曰：「隸屬古生界最厚之大塊沈澱巖中，其往復出現諸現象，未有視各種沈澱巖之交互作用，更爲繼續有恆者矣。」此等沈澱巖之面部，附有浪紋，蟲跡，以及因乾燥而成之裂痕等，皆顯然表示其爲淺水中或海濱水中之所造成者。在厚達數千英尺之地層中，自底部以達頂部，輒可見有此等巖石之存在。吾人對此事實，僅有一說可以解釋之。卽謂此處所討論之地層，其始沈積於淺水中，在其造成之過程中，此沈積區逐漸下降達於數千英尺。而一方面沈積物聚積之速率，則完全與此下降之速率，並駕齊驅。故此原來之海底，雖已埋沒於大塊沈澱物之下，而沈積物

中原來淺水造成之特點，則仍得保存而不失也。(1)

(1) 見 *Proc. R. Geog. Soc., New Series, Vol. I, 1879, p. 426.*

沈積物之下降與聚積，其速率之相等如此，實有令人不得不發生一種希望，以爲此二者間，或有數種直接之關係在也。其最近理之解釋，則以爲此種新成沈積物自身之過額的重量，實促成其所在區域之下降，同時在其附近之區域，則因一層沈積物之移去，而重量減小，於是乃自行上升，此新升大陸是後又受均夷作用之剝削，一層新物質，又自大陸而移入海底，海底於是又重行下降。此種工作，繼續進行，殆未有盡期也。

除此種因附近地帶在「均衡作用」(Isostatic balance)中之各種運動而外，大陸尙有因地殼內部之變動，而上升或下降者。深成物質流動於某一區域之地殼內，則亦可造成一種上升運動。同時地球中心物質之收縮作用，則可在地殼較弱之一部分，造成一下降運動。

地殼之一部，皆藉其附近各部之重量而維持，此種學說，謂之均衡說 (Theory of Isostasy)。「均衡」之一問題，實爲諸大難題之一。此種原理之真義，在地質學上，雖已得有力之證據，然多數地理學家，則對此仍不十分信任。惟據赫刻教授 (Prof. E. O. Hecker) 研究海中重力的價值之結果，

則物理的地球量度 (Physical earth measurement) 上之證據，實與此均衡說相符合。

上升與下降之區域，可以被各種沿裂縫之運動如所謂斷層 (Faults) 者所分離。斷層為一種

移位運動 (Displacement)，巖石因此種運動而中斷，一邊上升，一邊下降，而成不同之平面 (第八圖

F) 在正斷層 (Normal fault) 中 (第八圖)，巖石在所謂俯側

(Dowthrow side) 上陷落。其別一側之地層，則仍位於一較高

之平面，是為仰側 (Uplthrow side)。在反斷層 (Reversed fault)

中則適相反。(第九圖) 一帶巖石往往可在二個並行斷層間下

降，合而成一槽狀斷層 (Trough fault) (第八圖)。同時一塊陸

地，亦可在二個並行斷層間上升，而造成一地壘 (Horst) (第八

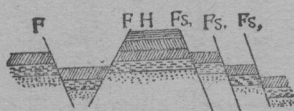
圖H) 一斷層又可因繼續的諸斷層而下降，造成斷續的諸階級，

是曰階級斷層 (Step fault) (第八圖Fs)。

除因垂直運動而成之移位作用而外，尚有因各側壓所起之

其他作用。將擡布用力推去，則造成一組褶曲。地殼亦常因受各側

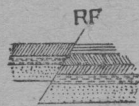
第八圖



正斷層圖

(Fs) 階級斷層
(H) 地壘
(FF) 槽狀斷層

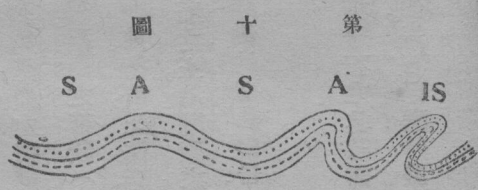
第九圖



反斷層圖

壓力彎曲而成褶曲 (Folds)。其背脊突起，或向上之褶曲，名曰背斜 (Anticline) (第十圖 A)。其低槽或向下之褶曲，名曰向斜 (Syncline) (第十圖 S)。褶曲可為寬闊而緩弛者，如第十圖 A 之所示，亦有非常窄狹者，其褶曲之一邊，常衝入而至於他邊之下，於是此褶曲之兩臂，皆向同一方向而傾斜。此等複雜的褶曲，名曰等斜褶曲 (Isocline) (第十圖 IS)。因地殼之擾動而造成山岳 (Mountains)。山岳分四大類，曰巖塊山岳 (Block mountains)，曰褶曲山岳 (Fold mountains)，曰殘留山岳 (Residual mountains)，曰火山山岳 (Volcanic mountains)。各種山岳之造成，皆由於一種不同的地理作用。

巖塊山岳為高出於附近地域平面之地殼巖塊所成。此等巖塊之隆起，普通多由於附近巖塊之下降。巖塊山岳有時因地殼巖塊之掀動 (Tilting) 而造成，其造成山岳一邊之地殼，沿一斷層而上升，有時則為其較低一邊之地殼，因下降作用而沈下。巖塊山岳或亦可因某部分地殼之一致的上升



地殼褶曲圖

- (S) 向斜
- (A) 背斜
- (A) 不對稱背斜
- (IS) 等斜褶曲

運動而造成。此種運動，若干地質學家雖不認其可能，然亦未能謂為絕對不可能也。

褶曲山岳為地殼之皺褶所造成。此種褶曲，有時可因側壓力使地面彎曲，成為交互的高脊與低谷。一若皺鐵所成之厚層。有時則可因一大塊火成巖之侵入，成一垂直的上升運動而造成。此等擾動之結果，大都不為一組並行的高脊，而為一龐大的穹狀隆起物，褶曲山岳中之最簡單者。為一種弛緩而整齊之褶曲所成，如第十圖左側之所示。若側壓力較為強烈，則褶曲之擠壓亦較緊，其二邊乃不相對稱（第十圖A）。有時二邊向同一方向而傾斜，則成為等斜褶曲之形狀（第十圖Is）。若壓力更強，則褶曲中斷，其上部沿一略為傾斜或幾成地平之斷層而向前衝出，此種斷層，名曰斷層面（Thrust-plane）。在此種運動中，老年巖石常衝出而位於幼年巖石之上。地層原來之繼續的位置，於是乃適倒置。逆掩斷層（Overthrusting）與褶曲之組合，實此種複雜的褶曲山岳，如阿爾卑斯山（Alps）等之特點也。

殘留山岳之所以名，以其為大塊岩石層之遺留物也。此種岩石之其餘部分，則因受均夷作用而移去。岩塊山岳或高原，常受各種剝削地面物質的動力之侵蝕。岩石因酷熱嚴寒而破壞。空氣中之氣體，又使岩石諸分子起化學的腐爛作用。同時狂風所挾帶之沙粒，在風颯吹向懸崖與露岩之時，又隨

時剝削此等岩石。雨水將鬆疏之岩屑 (Debris) 沖洗至於山麓，其不得他物支持之物體，則沿陡峭之山坡而滑下，是成山崩 (Landslips)。因此下降入於河谷之物質，則被溪流所挾帶，與流水以俱去。而河谷之自身，則亦因河流風冰等等之作用，而逐漸擴大。以此諸因，上升之地殼岩塊，乃逐漸受剝削而消失。其面部遂呈凹凸不平之狀。河谷既深入於大塊岩石之中，河谷間所遺留之高脊崇嶺，乃成爲殘留山岳。

火山山岳爲熔岩與火山凝灰岩 (Volcanic tuff) 之廣大堆積物，堆積於火山裂隙之周圍。一箇單火山，常成一圓錐形山岳，其口上有一中心低穴是爲噴出口。火山幾經剝削，其鬆散柔軟之物質，皆後先沖刷而掃去。一岩石硬塊，凝固於當時火山物質上升時所經過之火山管 (pipes) 中。此硬塊留存而成之小山，名曰火山頸 (Volcanic necks)。若干火山常流出廣大之熔岩流，將其附近區域，掩沒於厚達數千英尺之岩石層下。從許多個別的火山裂隙中流出之流質，可結合而成一連續層，一範圍廣大之區域，於是乃被掩沒於一熔岩流之下。其與地平同高之一部分區域，成爲熔岩平原 (Lava plains)。其較厚之大塊則成熔岩高原 (Lava plateau)。然熔岩高原，亦有爲熔岩平原，因後起的地球運動而上升所遺下者。

第三編 地球上水陸之設計

第八章 大陸與海洋之變遷

地殼上陷落區域之最大者，莫如深海盆地 (Basin)，位於大洋間之上升的或原係隆起的地域，則爲大洲。但地球上上升與陷落之區域，在地球形成之歷史中，是否一如今日，占此同一之位置，而未有變易，實爲一最重要之問題。

海陸間之頻頻互易，乃地質學上最確定之一事實。試以英格蘭爲例，在此區域中，其交互的變遷，或上升於海平面之上，或下降於海平面之下，殆各部皆有多次之遭遇。關於此等變遷，其範圍與界限，著名察楞澤探險隊 (The Challenger Expedition) 之工作，業已有所貢獻。此隊在一八七二年與一八七四年，經二度之探險，已建立吾人關於現在海洋學之基礎。此探險隊所得之成績中，其最動人之一發見，爲海洋下盤 (Floor) 上之沉積物，其性質迥異於近岸一帶所成之沉積物，且與已知之大陸上諸物質，亦皆不同。離大陸極遠之海洋，其下盤爲軟泥 (Ooze) 一類之沉積物所覆蓋。有數種軟泥，

大部分爲渺小動植物之遺體所成。亦有與一種極細之黏土相混合，此等黏土爲墮入海中之火山塵 (Volcanic dust) 所未會溶解之殘留物，或爲從大陸吹來之極細塵屑。其中亦常含有已碎隕石之碎片，與乎現已絕種的鯊魚 (Shark) 之牙齒。有數種軟泥，則大半爲從火山灰 (Volcanic ash) 來之紅黏土 (Red clay) 所成。

在察楞澤探險隊探險之時，世上之岩石，其性質與此等深海沉積物相同者，尙未發見。故因察楞澤探險隊之新發見，大陸從未掩沒於深海底之一種學說，乃隨之而突盛。凡大陸上所得之海中沉積物，於是皆歸諸淺海或近陸諸海中所造成。同時主張海洋中心之盆地，終地質時期，未嘗有一度之高出於海平面，不過沿岸之地，容或略爲上升，而至於海平面上。克爾文氏更有一饒有趣味之意見，以爲海洋與大陸，卽在星雲之中，亦已顯然畫分，星雲中有特殊穩定的區域之造成，殆卽後來遺留而成大洲也。

海洋之地殼，其所由組成之物質，較組成大陸之物質爲重。有此證據，大陸恆久不變之說，乃得更充分之助力。於是有人以爲海洋下盤之所以能保持其較低的平面而不變者，重量差異實主之也。

關於大陸與海洋恆久不變之證據，華拉斯博士 (Dr. A. Russel Wallace) 在其所著海鳥生

{活 (Islands Life) (一八八〇年出版) 八十一至一〇二頁最動人之一章中，蓋集其大成。其主要之結論（見原書一〇一、一〇二頁）注重於沉澱的沉積物。氏以爲沉積物之成，皆成於近岸之處，沉積物之性質，皆變易無常，希有能保持其同一之性質，達一百五十乃至二百英里者。此外如關於近陸諸地大塊岩層之構成，關於已知岩石中無深海軟泥之存在，以及關於諸沉澱岩中岸成港成與湖成沉積物之交互遭遇等等。華拉斯博士謂湖成地層 (Lacustrine)，在地球歷史中，自寒武紀以次，各時期各大陸中皆有所造成。得此事實，「終此極長之全時期中，吾人所在之大陸，曾存在於變化萬狀的各種環境下之證據，於是而完成。」

據華拉斯博士之意，海洋之恆久不變，可從其極大之深度，極廣之範圍，以及大洋中之島嶼，「從未含有任何古生岩或次生岩」之一種特殊事實見之。氏謂「遍觀大西洋太平洋印度洋及大南洋 (Southern Ocean)，雖廣袤數萬里，然幾不能獲得諸大島或諸大洲之孤立的遺留物，可資吾人推想此等大陸之曾經沉下於波浪之下者。」惟新西蘭 (New Zealand) 及塞設勒羣島 (Seychelles) 爲其僅有之例外。

然近年來因關於海洋島嶼的地質，動植物的分布等新證據之發見，主張海洋恆久不變之說者，

已不若以前之盛。深海軟泥之上升達於海平面上者，既已先後發見，大陸上無深海軟泥存在之原因，亦已視前爲易解。在深海軟泥之中，含有今已絕種的鯊魚之牙齒，隕石之碎片，亦比較繁多，凡此皆足以表示深海軟泥之造成，進行極爲迂緩。且軟泥大都極薄，而組成之分子，又大都甚輕，則深海軟泥所在之區域，苟上升而近於海平面，風暴起時之潮流，其力足以捲之而俱去，而海水洋流之移動，亦能冲刷之而不容其遺留。故軟泥之造成，大抵在若干極難得之環境下，必位於一平靜之海中，而上升極速，則或可免去破毀而經過水面，以保持不壞。真正深海中造成之軟泥，現已覓得於海平面上，如巴佩道斯 (Barbados) 古巴 (Cuba) 婆羅洲 (Borneo) 及 南太平洋羣島 (South Pacific Islands) 諸地是也。巴佩道斯之深海軟泥，經朱克斯 布牢温氏 (Jukes-Brown) 及哈禮孫教授 (Prof. Harison) 之詳密考察，已證明此島上之最古沉積物，乃在一三角港中沉積者。當時此區域沉沒於一達深海深度之海中，各種形狀之深海軟泥，即在此時造成。爾後此沉積物開始上升至海平面上，在其上升之進程中，當經過水面之時，上頂一珊瑚石灰岩，故得保護而不毀。此等軟泥尙有遺留於高出海平面一千二百英尺之巴佩道斯最高山嶺之上者。

主張海洋盆地恆久不變之說者，對於此種深海軟泥之證據，其唯一之答辯，以爲巴佩道斯在一

極大火山區域之邊緣，在此種區域中，海平面之迅捷的擺動（Oscillation）並不能證明一大陸區域可以下沉而成一深海。

在世界各地之若干區域，在已知之地質全時期中，有幾乎皆爲大陸者，甚且有終全地質時期未有變易者。如斯干的納維亞與芬蘭（Finland），卽似從未完全沉沒於海水之下者。海水固亦頻頻沖刷此區域，固亦偶或浸沒此區域之邊岸，然以全區論，則自地質紀錄開始以來，似始終爲一大陸也。此外如拉布刺達（Labrador），印度半島，非洲之大部分，以及澳洲西部之最大部分，亦終地質時期，巍然矗立於海平面之上。世上既有此等恆古不變之陸地，則返而推想深海盆地，當亦有經全期地球歷史，皆爲海水所浸沒者。雖然，地球上大陸之排列，在各地質時期中，實皆迥然各異，是則已有極有力之證據，莫得而否認矣。

關於此問題最重要之證據，爲動植物之分布。現在之世界，畫分爲七大動物區如次：

(一) 新北地區（Neartic region），包括北美洲，南達墨西哥。

(二) 新熱帶區（Neotropical region），包括美洲之南部與中部。

(三) 舊北地區（Palearctic region），包括歐洲，亞洲（東南角除外）及印度，以及非洲北部之

亞特拉斯山 (Atlas Mts)

(四) 熱帶區 (Ethiopian region) 包括全部非洲，惟已包括於舊北地區之諸部則除外。

(五) 東洋區 (Oriental region) 包括印度半島、亞洲東南部及馬來羣島 (Malay Archipelago)。

(六) 澳洲區 (Australian region) 包括澳洲、塔斯馬尼亞 (Tasmania) 新基尼 (New Guinea) 及附近羣島。

(七) 新西蘭區 (New Zealand region) 因有特殊的動物羣 (Fauna) 之故，另闢爲一小而獨立之區域。

以上七區域之區域，大半根據鳥類之證據。大陸上其他動物，皆無從一地遷至別一地之遷徙能力 (Power of Migration)，其爲有限制的分布，猶可言也。鳥類具有雙翼可以扶搖直上，翱翔如意，乃仍爲有限制的分布，寧不可異。故此等區域之存在，不啻證明即具有遷徙能力之鳥類，猶受地理界限之約束，而不能逾越某一特殊之區域也。非洲之鳥類，所以與南美洲之鳥類不同者，以其間有大西洋之存在，足以阻止其從一區遷至他區之行程也。

以哺乳類之分布論，則動物區域又有一不同之排列。來得刻氏 (Lydekker) 根據哺乳類之分布，分世界爲三個地理區，曰北地區 (Arctogaea)，包括北美與歐亞非三洲。曰新地區 (Neogaea)，包括南美與中美。曰南地區 (Notogaea)，包括澳大利西亞 (Australasia) 與坡里內西亞 (Polynesia)。氏又分北地區爲五小區，〔譯者按：北地區之五小區，爲全地區 (Holarctic)，東洋區 (Oriental)，熱帶區 (Ethiopian)，索諾拉區 (Sonoran)，及馬達加斯加區 (Madagascan)〕。此諸區之排列則如第十一圖之所示。根據其他諸動物羣之證據，則非洲南美二地在動物學上之相類似，亦非常奇突，蓋此二洲幾可視爲同一動物區域也。

各類動物羣在地理分布上之基本區別，頗易解釋。蓋謂由於此等動物羣在演進時海洋大陸排列不同之故可也。凡在地球歷史上某一時期中出現之動物，其能同時在其他各地覓得者，吾人皆可求出其當時遷徙之路線。

如下顎 (Jaw) 生二門齒之有袋類 (Marsupials) (雙門齒類 (Diprotodonts)) 其中以袋鼠 (Kangaroos) 爲最著名之代表，今僅生存於澳洲及澳洲附近之少數島嶼。例外者僅美洲袋鼠 (Coenolestes) 一種，今生存於南美北部之安第斯 (Andes)。此外有若干今已絕種之動物化石，覓得於

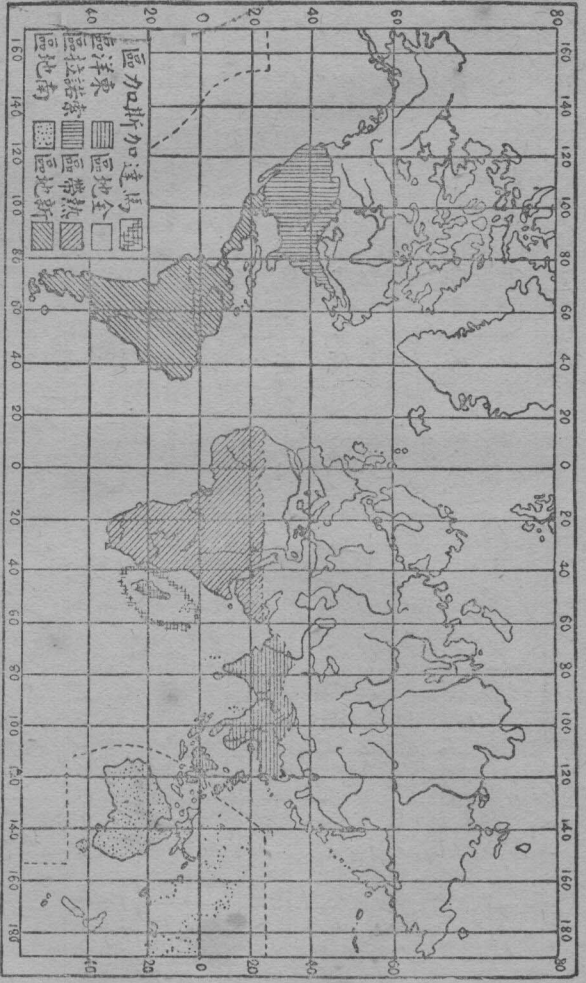


圖 區域物動之製而佈分類乎 甫據根氏刻得朱

巴塔哥尼亞 (Patagonia) 多數學者認其為屬於雙門齒類。至於南美洲與北美洲北部及澳洲，有下顎生二門齒以上之有袋類 (多門齒類 Polyprotodonts) 之存在，則可視為當時分布幾遍全球的

一種動物之僅存者。在歐洲與亞洲，亦已覓得

此類動物之化石骨骼，在此大陸，因其後有較

為高等的哺乳類之生存，此等有袋類，遂相繼

滅絕。惟澳洲則因在更為進化的哺乳類動物

未至以前，已與非洲相分離，故其地之有袋類，

得免於競爭，而生存至今。綜上而言，則下顎生

二門齒之有袋類，今已僅能在澳洲與南美洲

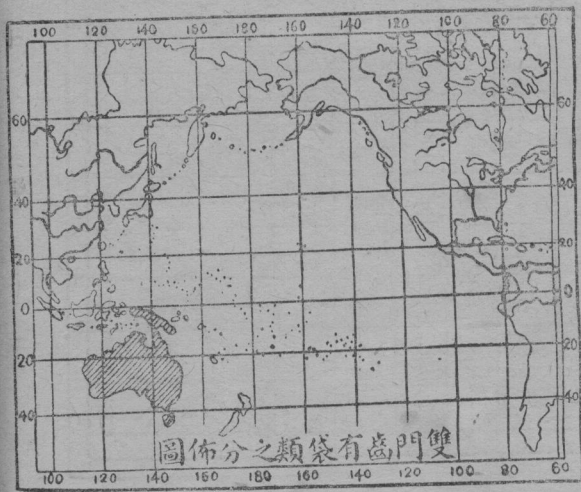
見之。至於此等雙門齒類有否從南半球而經

過北半球，現尚未有證據。唯當時澳洲與南美

洲間，有若干南部大陸連介之，則已可顯然無

疑。(第十二圖)

第十 二 圖



雙門齒有袋類之分布圖

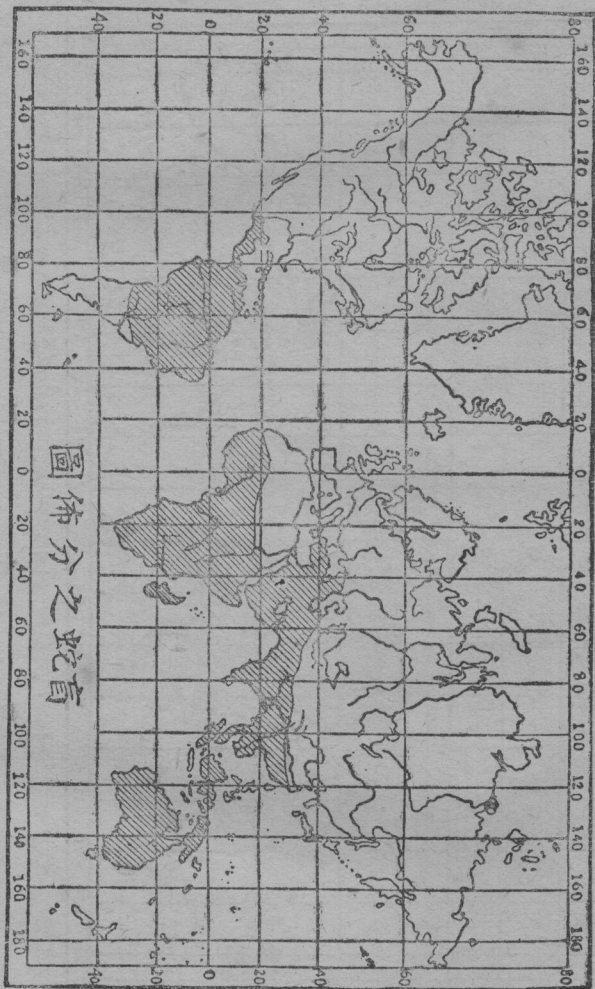
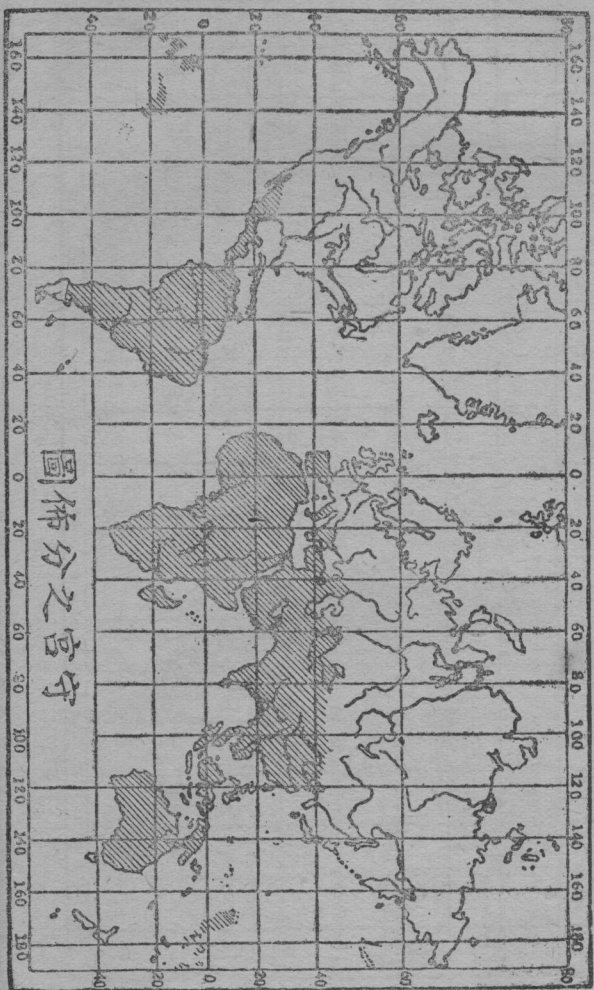


圖 四 十 第



此外散居於澳洲、非洲與南美洲而未嘗一見於北部大陸的各種動物羣之分布，亦可爲此種結論之明證。此種動物，其散佈於南半球，或特一今已沉沒於海洋中之大陸。第十三圖表示一種屬於盲蛇科 (Typhlopidae) 的盲蛇之分布。此類盲蛇，在美洲之中部與南部，非洲之熱帶部分與南部，以及印度與澳洲，現尙可見之。與此類盲蛇有同一之分佈者，爲屬於樹蛇科 (Dipsadomorphidae) 之樹居蛇 (Tree-snake)。又有一種石龍子 (Lizard) 曰守宮 (Geckos) 者，其分布亦相同，今尙覓得於新西蘭。(第十四圖) 又如屬於 Cystignathidae 科之蛙，則見於澳洲、塔斯馬尼亞、南美洲及新大陸。(第十五圖) 其在新大陸之分佈則北向且至於墨西哥與南部佛羅里達 (Florida)。故苟謂此種蛙類，乃從澳大拉西亞經過歐洲或亞洲而至於美洲，則今日北美合衆國中僅南部佛羅里達爲若輩唯一之產地者，寧不費解。此外地理上之分佈，與此相類似，而性質習慣則迥然不同者，亦所在多有。一種屬於 Acraeidae 科之蝶類 (第十六圖) 今生存於南部美洲、東南部亞洲、澳洲及南非洲者，卽其一例也。

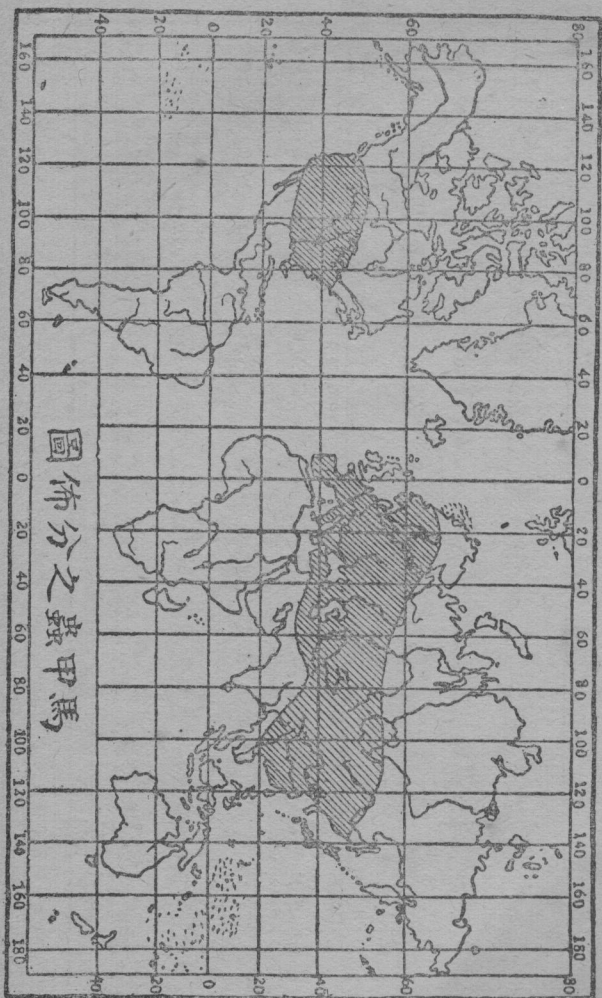
凡上述之植物羣，在南半球殆皆有一分佈極廣之範圍，而北半球大陸上，則始終未見其存在。由此種分佈之現象，吾人可知當時之南半球上，在南美洲、非洲、印度及澳大拉西亞間，介有一直接相連

圖 五 十 第





圖 七 十 第



的大陸，以爲交通之道。此或爲一種最合理之解釋也。此等動物，爲南半球之土著動物，雖間亦偶然經過赤道而入於印度，北非及中美，然從未生存於北部大陸上之主要區域。

關於南部動物羣，又可以若干限於北半球而永不散至南大陸之動物羣，爲有力之反證。例如眞馬甲蟲 (*Stag-beetles*) (又名鋏形蟲 *Lucanus*)，散佈於北美、歐洲、非洲與亞洲之亞特拉斯區域，然在南美、亞特拉斯以南，印度南部及澳洲，則未見其存在也。(第十七圖)

現已絕種之動植物，爲一更奇殊之證據。如同一類之陸棲大龜類 (*Tortoises*)，嘗生存於澳大拉西亞與巴塔哥尼亞。苟此類動物嘗依一北部途徑自一區以至於他區，則在北部諸大陸上，當可覓得其若干蹤跡。故就其分佈論在南半球當有一大陸之連介地。吾人更一注意於已絕種植物之分佈，則動物分佈之情形，當可愈加確定。從石炭紀時已知的植物之分佈可知當時必有一大陸自南美洲之中部，向東開拓，至於澳洲，其中包括巴西、非洲、印度之高原或印度之全部在古代大陸名曰公達彎那蘭 (*Gondwanaland*)，由印度之公達彎那 (*Gondwana*) 而得名，蓋此地之大陸沉積物，最先研究於公達彎那也。(參見一百二十一頁)

綜觀上述，關於動物羣分佈的證據，實證明從前有大陸與陸途之存在，此等大陸，業已斷裂，而此

等陸途則今已沉沒於海洋之中矣。

第九章 地球上水陸之設計

地球對於人類之功效，全在於其海陸接壤之密切。凡政治上重要區域之氣候，以及大陸賴以肥沃之水源，皆有恃於海陸上之空氣，循一定之路徑而交互往來。地球之上，水所覆蓋之區域，比大陸所占者多二倍半，其相對的比例，則約計陸占七分之二，水占七分之五。據一較為精密之測量，地面為百分之七十二之水與百分之二十八之陸地所組成。

苟聚地球上之陸地於一洲，圍繞於一極之周圍，則地球上之生物，其情形且與今完全不同，而人類之能否生存，亦屬大可懷疑矣。地球上水陸分佈之原因，蓋地理學上之一根本問題也。紐畢琴博士 (Dr. Newbigin) 在家庭大學叢書 (Home University Library) 中近世地理學 (Modern Geography) 一書上，(原書第十九頁) 有一地理學之適當的定義，氏謂地理學乃一種「討論地球面部之形，以及此地形對於他種現象分配上之影響，尤其對於人類生存上之影響」之學科也。

地球對於人類之功效，有賴於地球上地形之排列。蓋地形實決定水陸之分佈也。世界上之大

陸，爲地面上高升隆起的一部，至於海岸，則大陸間較低之地域也。

水陸之分佈，初視之似非常參差而偶然。然自遠古以降，地理學家對此問題，因某種地形上之情形，早已引起其注意矣。此種情形，卽水陸之排列，似乎基於某種精密的設計也。典章派（Classical）地理學家，已認識東部地中海周圍之水陸，其主要之開拓，乃成幅射線而向外伸長。且此輩地理學家亦已知大陸之西方，東南方，或卽其北方，皆爲一廣大之海洋所圍繞而受其制限。故其視地球上之大陸，無異一種輪形之島嶼，四周則圍以大海。此種觀念，在中世紀地理學家之「輪形地圖」(Wheel map)中，表示更爲明顯而簡單。在此圖中，凡重要之地理單位，其代表皆如車輻，自耶路撒冷 (Jerusalem) 而幅射。

美洲之發現，使此原始的「輪形地圖」減色不少。然同時又引起其他各大陸間，奇異的地理一致性之認識。故如培根氏 (Bacon) 在下舉數節中，卽指出大西洋兩岸類似之諸點：

「雖然，此等（天然相同諸點或類似諸點）對於地形之發見，雖無多大之助力，然在指示宇宙各部之基礎上，則大有裨益。且對於組成宇宙之諸分子，此種類似諸點，實不啻施行一種解剖的工作。於是偶或逐漸引導吾人以達於高尚偉大之公例，尤以關於地球構造上諸公例爲更大，固不僅區區

關於簡單的性質與形狀上諸公例而已也。

「最後，吾人必須特別的介紹與建議，使人類完全變更目前在自然史上的考察與搜集之勤勉，而使之從事於與現在系統相反之工作。蓋至於今日，吾人對於研究事物之種別與解釋動植礦物的真確區分上，皆尙在非常活動而注意。實則凡此大都不過自然界中之小慧，至於關涉科學之任何真理，則吾人實未嘗一介意也。對於此等自然界現象之研究，當然亦頗爲正當，有時且亦有實際之功用。然苟就自然界之整個的探檢而論，則此等研究之所能貢獻者，實微乎其微，甚且毫無所得也。故吾人之工作，當注意於地球之類似 (Resemblances) 與相同 (Analogies) 的各點，加以探討與觀察。此二者皆須從事於自然界之全部，同時亦須從事於自然界之各部。蓋此等類似諸點，乃合於自然，而製造科學之基礎者也。

「雖然，於此有一要點，爲吾人所必須注意者，即吾儕僅能注意於指出天然的類似處之相似與成比的例證也（當吾儕最先觀察時）。凡此類似之處，始爲真實而具體，且深得於自然之中者，既非湊合而膚淺，亦非炫世而驚人，如一般專從事於著述自然幻術之作家（此乃人類中之最慵懶者，對於此種吾人現在所探討之重要事物，稀有能得真確的融會與貫通者）之所常爲者。若輩唯以浮誇

愚拙之態度敘述毫無意義的類似諸點，有時亦有所謂發明者以自豪焉，此非吾人之所當問也。

「凡此種種，皆可置之不顧，任其自身。至於世界構造中之大部分，其類似之例證，則不可忽略。例如非洲與直至於麥哲倫海峽 (Strait of Magellan) 之佩魯維洲 (Peruvian continent) 皆有類似之地峽，與類似之諸地角，此固不能視爲一種偶然湊合之情形也。

「又如新大陸與舊大陸，皆漸北則漸寬擴，愈南則愈尖狹。」(1)

(1) 見倍根著 *Novum Organum*, Book II, Aph. 27, pp. 194-199 of *Pickering's edition*, 1844.

地球上諸大陸，皆依據若干古時設計周密之計劃而形成而分佈。世界地理之智識愈豐足，則表示上述計畫的各種情形之數量亦愈少。此種情形，皆名之曰地理上同形點 (Geographical Homologies) 以吾人之現有智識而論，此種同形點可分爲四：

第一同形點，爲北半球之特多大陸，與南半球之特多海洋。北半球之上，大陸遠多於海洋；而在南半球，則海洋成一不相稱之比例。表示此種水陸成不等的分佈之地圖，大多數地理教科書中皆有之。

第二地理同形點，爲凡地理單位皆成三角形。大陸與海洋之成三角形者，普通所常見也。此種三角形，雖參差不齊，然從世界地圖上之各種情形而論，則此類不規則的三角形之衆多，實爲地面上

顯著之情形。且凡大陸之三角形，其基部皆在北方，愈南則愈尖狹，如北美，如南美，如非洲與印度，殆莫不然。而海洋三角形則適與之相反，在南最闊，愈北則愈尖狹，如太平洋，如地中海之各盆地，如阿拉伯海 (Arabian Sea)，如孟加拉灣 (Bay of Bengal) 亦莫不然。唯北大西洋與此略異，然從格林蘭 (Greenland) 經冰洲 (Iceland) 至蘇格蘭之已沉地脊，苟能上升而成大陸，則亦與此原則相吻合而不悖。最著名之地理名言，所謂凡半島皆指向南方者，實可爲此原則之一例證。此種半島之普通方向間亦有若干例外，其最著明之二例，則一爲於加敦 (Yueatan)，向北方驟成一長而直之邊而中止；一爲丹麥 (Denmark)，南向縮尖，而止於什列斯威地峽 (Isthmus of Schleswig)。

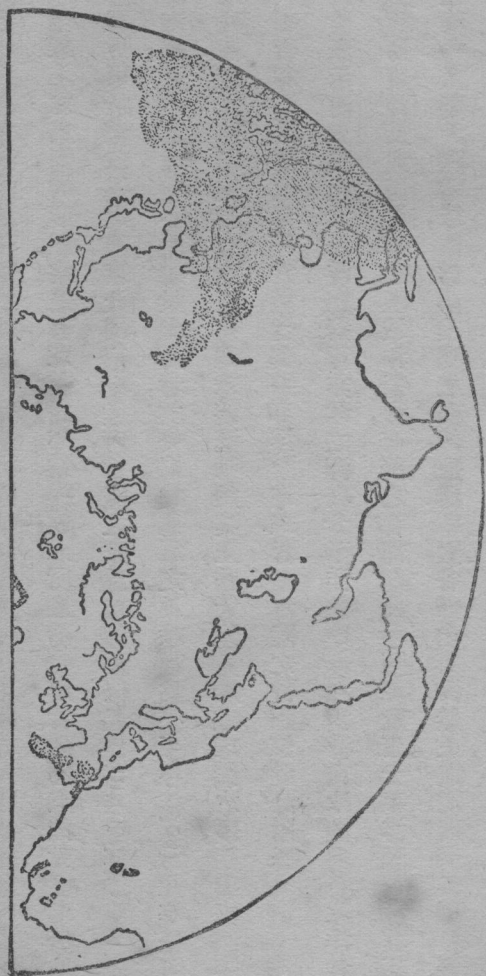
第三地理同形點，爲前二者之自然的結果。世界上之大陸，在北半球成一幾乎完全之圓環，由此圓環南向而分成三對大洲。爲北半球大陸帶之間斷者，唯白令海峽 (Bering strait) 與北大西洋。然此半球大陸連續上唯一寬闊的斷隙之北大西洋，實亦爲比較近代所造成。蓋去今不遠之地質時期，中格林蘭與蘇格蘭間，固尙有大陸連結之也。從此北半球大陸帶，大洲沿三條子午線而南行，分爲美洲、歐洲、非洲 (Eurafrica)，此處係引用拉坡華士教授 Prof. Lapworth 之名辭，合歐洲與非洲之稱也。與澳洲 (Austral-Asia) 及亞洲。

至於近代之海洋，則在南半球成一完全之圓環，向北突出，在寬闊的大陸間逐漸縮尖。

地球上之第四同形點，爲最有意義，而亦爲一般人所最稀瞭解者。欲認識此點，從事於地圖之觀察，毋寧從事於地球儀之觀察。此同形點維何，水陸之成地球背點位置 (Antipodal position) 是也。任何直線，經過地球中心而達於地面者，其一端爲他端之地球背點 (Antipodes)。此等任何直線，其一端有陸者，其他端幾皆有水。設有地球儀滾動於桌上，若大陸見於地球儀之頂，則與桌面接觸之部分，大都皆爲海洋。是故每一大洲，皆與一海洋成地球背點。水陸之背點位置，如附圖（第十八圖）所示。此圖表示澳洲與北大西洋相對背，非歐二洲與太平洋之中部相對背，南冰洲與北冰洋相對背，北美洲與印度洋及大西洋附近區域相對背，南美之北部，則與中國海及西太平洋相對背。其不依此規則之唯一重要大陸區域，則爲南美洲之南部，是與中國各部相對背。然上述規則，固仍可普普應用，蓋地球之上，大陸與大陸成地球背點者，不過全球大陸二十七分之一耳。

以上所述關於水陸分佈之四種同形點，乃決定地球的現在設計者也。在地圖上之觀察，其最觸目之情形，爲南半球與北半球間水陸排列之缺少對稱。此種不對稱之情形，實促成羅狄安·格林氏 (Lothian Green) 對於各種事實之奇妙的解釋。

大洲之形狀，依其中山嶺之排列而決定，此蓋早已知之。山嶺之爲用，無異骨骼，大陸即建造於其上。故山脈嘗稱爲「大洲之脊骨」(The backbone of the continents)。山嶺之造成，由於一種地殼內沿火裂隙而起之地球皺褶。對此地球上水陸之分佈，與山嶺之系統，融會貫通，以解釋水陸之分



世 界 之 地

圖中
有影
之區
域爲
南半
球之
大陸

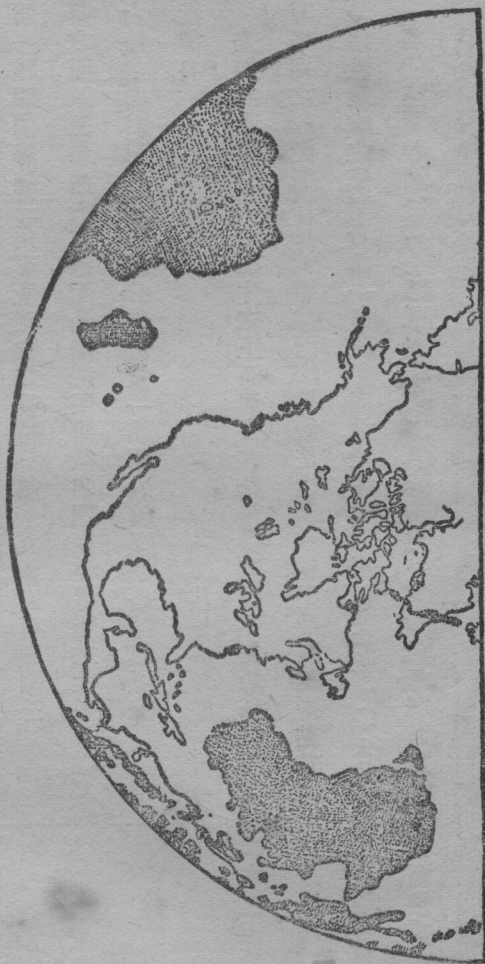


圖 點 背 球

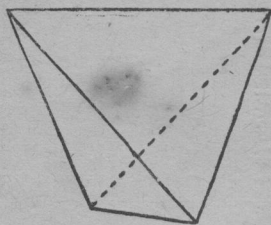
者。之 背 地 半 其 覆
上 點 球 球 北 於

佈者，著名之法國地質學家波蒙氏 (Elie de Beaumont) 實為最先從事於此種重要的嘗試者。波蒙氏視地球為一圓球，其地殼則為許多裂隙交錯而成之一種整齊的網紋。氏以為此等裂隙，將地面分裂成爲十二個五邊形。於是以此五邊網諸線為指歸，根據山嶺之方向，將世上之山嶺，盡加以分別。

波蒙氏計畫中之大缺點，在於其南北二半球之網紋，皆完全相同，殊不知此二半球之基本區別，乃地球設計上最顯明之情形也。

羅狄安·格林氏則以為地球上大陸排列之設計，與其謂與十二個五邊形之形狀相符合，不若謂與四面稜體形相符合。四面稜體形為一種四個等邊三角形所圍成之物體（第十九圖）有四個三角形之面，四面相遇於六邊，而凸出於四角。欲明四面稜體形之性質，與大陸之成四面稜體形的分佈，可置一簡單的模型，如是則即可瞭如指掌矣。

第十圖



四面稜體形圖

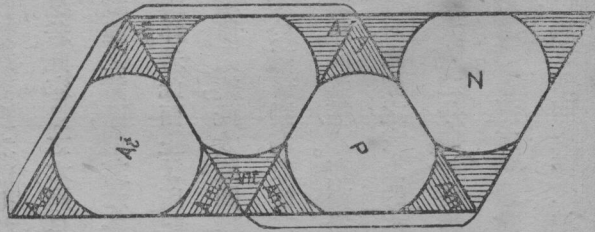
畫第二十圖於一白紙片之上，而切去在此圖邊緣以外之餘紙。然後沿此圖中之連續的諸線，用小刀略切之。則此紙片，可依諸線而摺疊，於是諸邊皆相遇，乃以樹膠黏其內向之褶緣，而將諸邊互相膠結。如此造成之模型，乃成一種三角形之錐體，是曰四面稜體形。（Tetrahedron）

將此模型，顛倒於桌上，則可見此凸出的四角之一，皆各與其四面之一成對面。換言之，則一角常與一平面相對背也。

所占之比例也。

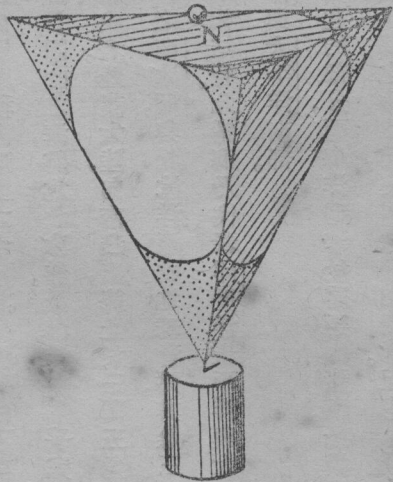
將四圓粉飾成藍色，則可見四圓之總面積，等於此四面稜體形面積之七分之五。是即地面上水

圖 十 二 第



圖形體稜面四的開展

圖 一 十 二 第



圖形體稜面四的立豎

在N面之中，插一針，穿出至四面稜體形之對角，豎立之於一軟木塞之上，則針成垂直，而N面則爲模型之頂（第二十一圖）。若某一容量之水，因物體中心之吸力作用，而能留於四面稜體形之面上，如水之在地球面上者然，則此水最先將匯聚於此四面之中央。以四面之中央，爲最近此模型中心之諸部分也。若此容量之水，適足以覆蓋此四面稜體形面部七分之五，則水將覆蓋於各面之中央。而有水諸面毗連之諸區，則其水各相遇於各邊之中部。此四面稜體形上之水陸，其分佈將如下：在頂面有一圓的海洋。若此面上N所記之處，代表北極，則此N四圍之海，將爲北冰洋。此海洋將幾乎完全爲一大陸圓環所圍繞，此大陸圓環，卽三個突出角所組成者。此諸大陸，向南凸出，終止於三個三角形之凸出點，而入於南部諸海。最後之洲，則代表圍繞南極之南冰洲，與北冰洋適成地球背點。其餘三邊面，皆包有一海洋，向北縮小。在南邊上則各與附近諸海相結合。此諸海乃代表印度洋、太平洋與大西洋之所在。圍繞南冰洲之完全的水成圓環，則爲大西洋與太平洋南部。

地球上大陸之分佈，於是等於一四面稜體形高起的部分，而海洋則等於扁平的諸面。此模型實亦有此種奇異而普遍之類似點。此模型上有一位於北部之北冰洋，與南冰洲相對背。記有Am之角，代表美洲，與I卽印度洋成地球背點。E角代表歐非洲之位置，與P卽太平洋成地球背點。其第三

凸出處 $\Delta\Delta$ 代表亞澳，則與 Δt 卽大西洋成地球背點。

諸大陸成一幾乎完全之大圓環，圍於北冰洋之四周，向南縮小，成爲三角形之諸半島。是適等於地球上沿子午線之三對大陸。

模型之南部，則有一完全之海洋圈，圍於南冰洋之周圍。

故在四面稜體形上，若能因地心吸力而容留某一容量之水，覆蓋於其七分之五之面部，則其排列之狀況，將略同於地球上水陸之排列的狀況。

在地球上所成之大洲隆起地，以排列論，等於四面稜體形之隆起部分。故地球上之大陸，實可稱爲成四面稜體形的設計。其主要區別，則四面稜體形之三邊，各邊皆極相似。而大洲與海洋之形狀，則皆不同，且歐亞二洲之連絡，不如美亞二洲之中離。

雖然，北大西洋與北冰洋，在地質時期中，實顯然曾經一度被從蘇格蘭延長經非羅羣島 (Faroe Islands) 與冰洲至格林蘭之大陸所分離。此大陸在某一時期，連續不斷，已無疑義。其後分隔而成一串羣島，此羣島後因其間諸水道之擴大而消滅。然此古代大陸所在之處，今仍爲一帶較淺之海，吾人尙可從此而獲得其蹤跡。吾人苟能將此大陸回復原狀，則北大西洋亦將愈北愈小，終至於成一尖端。

斯則又合乎上述之普通規則也。

至於歐亞二洲目前之連接，亦與此相同，大半由於二者間一大塊之低地。此低地在比較的近代地質時期中，乃尚為海水所淹沒者，（如第二十二圖。）今日之波斯灣（Persian Gulf）與裏海

（Caspian Sea），苟非當時海洋之

遺留物，則至少當即位於從前分隔

亞歐二洲的大海之上。裏海、地中海、豹

（Seals）之存在，可為此海昔日經

過俄羅斯而與北部諸海相連結之

一最顯著的佐證。若俄羅斯諸低地

一旦沉沒於水中，則歐亞二洲，將僅

以裏海與波斯灣間比較近代的褶

曲山岳所成之一狹帶而連結。是以

就此二點而論，地球之成四面稜體

第 二 十 二 圖



從前亞歐二洲之分離形狀圖

根據奧茲本教授

Prof. H. E.

Osborn 所著漸

新統時代且世界

地圖

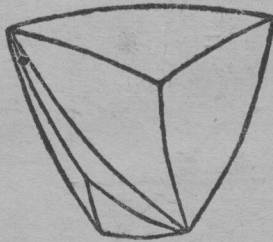
形的設計，實因近代的地球運動而晦暗不顯也。

然地球非一真正四面稜體形也。蓋四面稜體形之一種形狀，在一種類乎地球的組織，而自轉於高速率上之任何物體，固不克維持也。使地球為一固定不動之物體，則或可維持，或且必須有一種四面稜體形之形狀，亦未可知，然今則因其迅疾自轉之故，而必須變成圓形矣。

一四面稜體形，其諸邊若以鯨

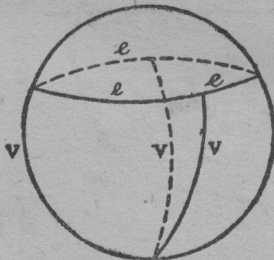
骨之薄片製成，其諸面則為富有彈性的物質所成，更入空氣於其中，則其諸邊腫起而成為凸面體（第二十三圖）。內部之空氣壓力更增大，則將使諸邊向外彎曲，而四面稜體形將因諸邊之更形凸起，而漸成球體。四面稜體形六邊之三（第二十四圖之e），將在上邊上成一圓環，

第二十三圖



凸面之四面稜體形圖

第二十四圖

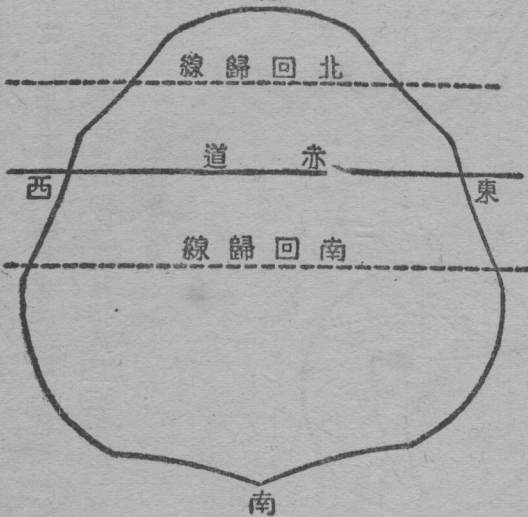


一地球體上四面稜體形之諸痕跡圖

其餘三邊（V）則成垂直之諸邊，自圓環下行，而會於最低之一角（第二十四圖之V）。若能任空氣自此球體而逸出，則其形狀之最先改變，將為圍繞四尖點而變成四面之一種變平作用。於是此球體，又將逐漸回返於四面稜體形之原狀。

四面稜體形面部之彎曲，亦將使大陸與海洋之形狀，更不整齊，而與現在地球上之大陸與海洋，則更相近似。海洋於是不復成圓形，而成為一種被許多曲線所圍繞之形狀。羅狄安·格林嘗以為在此等四面稜體形上，一海洋之原始形狀，將如第二十五圖之狀，與太平洋非常近似。一大洲之原始形狀亦然，將為六條凸線所圍繞，如第二十六圖所示，此則與非

第二十五圖



（氏林格據根）圖狀形始原之洋海

洲南美洲之形狀相同。

在羅狄安·格林氏之學說中，其視地球，

以爲與一種有四個三角形的邊之平面的四

面稜體形 (A plane tetrahedron with

four triangular sides) 不相類似，而與一種

有六面的四面稜體形之有曲面者 (A six-

faceted tetrahedron with curved faces) 相

似。此種物體，乃在此四面稜體形之各面上，各

置一個六面錐體而成者。此物體之二十四面，

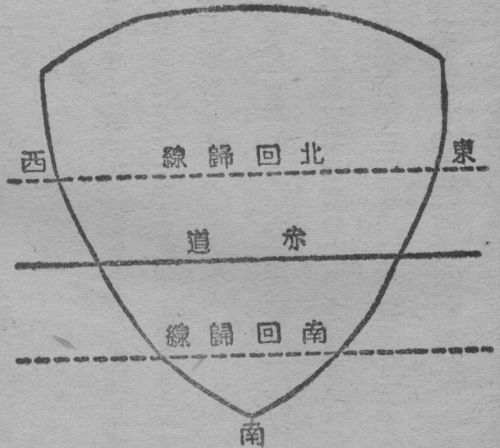
若皆彎曲適當，則將近於一球體。

地球爲一種因其內部物體之收縮作用而繼續縮小之物體。(一)然其硬殼並不依同一程度而

收縮。凡在此種情形之下之球形物體，在收縮作用時，皆傾向於變成四面稜體形。此種趨勢，前已解釋，

因在面積與體積相比上，球體在各種物體中，爲一種有最小面積之物體也。至於四面稜體形，則適相

第 二 十 六 圖



大洲之原始形狀圖 (根據格林氏)

反，四面稜體形爲一種有規則的物體，此種物體對於任何已知之體積，皆有最大的可能的面積。任何硬殼之物體，其因內部縮小而收縮者，皆負有過量之面積。一球形物體，變成一近於四面稜體形之形狀，則自易於處置此等多餘之面積。此多餘之面積，常恃一種最小之四邊變平運動而得處置。故如厚度一致之皮所成之氣球，在其破裂之時，成一四面稜體形之形狀。在氣泡與氣球，因外面壓力而破裂時之現象，亦與此種形狀相同。

(一) 地球內部之大重量 (見三十七頁) 亦有以爲由於物質因上層岩石之高壓而生的壓縮作用者。苟如是，則謂內部物體比地殼收縮較多，殊不可信。然近時之證據，對於「內部重量由於其金屬成分之一種主張，實強有力。故地球之內部物體，或大半比地殼收縮爲多。——此實爲與地質上證據相符合之一種結論。」

凡球體之成四面稜體形的破裂者，與短的圓柱形金屬細管，在外面壓力下破裂者之方法相類似。格林氏嘗引非耳貝因氏 (Fairbairn) 對於短細管向內壓碎之一種實驗以證之。在非耳貝因氏試驗中短細管常在三邊破裂，於是圓形細管，乃成一三凹邊形。所謂三凹邊形，乃一種圍有三條凹邊之形狀也。非耳貝因氏試驗中所用的細管之原來形狀，及其破裂以後之三凹邊形，如第二十七圖之所示。細管成爲此種形狀之彎曲，可以地球上高地與低窪之成地球背點解釋之。細管中若裝滿若干

比較堅硬之物質，則一部分受壓力而壓入，其對邊將因之而向外擠出。球體亦然，在一點之破裂，自能壓出其地球背點。一短的圓柱形細管，既造成三面，則一球形，自傾向於造成四面。此種四面稜體形破裂之幾率，已爲若干治測地術 (Geodesy) 之學者所承認。故如普里西敦氏 (Mr. E. D. Preston) 之說：「凡與自然律相符合之作用，未有比地球因收縮而成爲一類乎四面稜體形之更爲適合者。使有一破裂的性質一致之球體 (Spherical envelope) 於此，則在有規則的諸形狀中，此種形

狀，自將假定爲最易安排其過剩的面積者。易言之，則爲一種最易減輕切線壓力之形狀也。蓋在各種幾何立體中，能以一最小之面積，容納一已知之容量者，球體實其首選也。而四面稜體形則適相反，蓋四面稜體形乃以最大面積，容納此已知之容量者也。故從鐵管，水中上升之氣泡，橡皮氣球等等之實驗，皆將產生一種凡一致的球體，皆傾向於縮小成四面稜體形的臆斷。」

就吾儕所已知者而論，凡地球深層中之岩石，似皆比地殼岩石爲富有黏性。且地球在容積上之縮小，地殼岩石之普遍全球的扭曲作用 (Contortion)，似爲其唯一合理的解釋。故地球必須經受此

第二十七圖



已破之短管之橫切面圖 (非貝因氏)

虛線代表
原來形狀，
有影之處，
爲破裂後
之形狀。

種四面稜體形之變平作用，殆爲不可避免之事實。使地球而固定不動，則固有變成一四面稜體形之可能。然此四面稜體形之變形作用，今因被地球自轉所生之壓力所阻撓，地球乃終成一球形，在四面略爲平扁。海水即匯聚於此四低地之上，而成爲海洋。

此等四面稜體形之變平作用，使其一極區變成坦平，別一極區，則成爲一凸出之角。南北二半球乃於是不相類似。

地球之形，不但非一圓球體(Sphere)，且亦並非一精確的類似球體(Spheroid)。(1)此則今之實地研究地形之學者，皆已承認之矣。每當此輩學者談及地形，對於堅固的地殼面部之各種不整齊情形，大都皆不注意。普通天文學上或測地學上所用「地球之形狀」(The figure of the earth)之一語，實指一種假定的形狀，所謂「參證的圓球體」(The spheroid of reference)者是也。此類球體之面部，常界說爲伸入大陸的無數水道中，水所停留之平面。使地上大陸，皆已受剝削而不復存，地球爲一連合的海洋所覆蓋，苟無風浪，水面不至受影響而有變遷，則此時水平面之高度，實表示上述之「參證的球體」。此假定的形狀，以前稱爲「旋轉的類似圓球體」(the spheroid of revolution)。在參證的圓球體之上，自一極引一彎曲之帶以至於他極，而豎立之，使能在一極之旋回點(Pivot)

上繞地球而運行在其旋轉之全時期中，若此帶能與此參證的圓球體相密切接觸，而不分離，則此球形體，即爲一旋轉的類似圓球體。但地球成不規則之形狀，故此旋轉的帶，在其旋轉之中途，每與面部分離。此參證的圓球體與旋轉的帶間，因此留出之空隙，即表示地球與真確的圓球體相差之處。此點，今之知之者亦已多矣。據赫爾爾母特教授 (Prof. Helmer) 之說，地球之形狀，與一真確的圓球體間之差異，亦殊微小。此種差異之微小，常至於不能測量以求得。使地球果有此種差異，則在地球歷史上之前數時期中，其差異或更大於目前，抑且大於吾人之所推想者。

(一) 在圓球體之內，凡切面皆成圓環。在一類似球體，則僅赤道切面，或與此切面相平行之切面，成圓環。至於經過兩極之切面，則皆不成圓形，而爲橢圓形。此二種形體之區別也。

故所謂參證的圓球體，其形狀乃非一真確圓球體。以地形體 (Geoid) 說明之，實爲最佳。所謂地形體，乃一種成地球形狀之物體也。如赫瑟爾 (Herschell) 即謂地球成地球的形狀。苟謂地球與橘子之形狀不類，則可如達爾文氏 (Sir George Darwin) 之意見，以一番薯比喻之，更爲切當。地球之南極區域，視北極更爲凸出，此固信而有徵者，故地球之形狀，又不啻一木釘之頭。 (Peg-top) 然釘頭之垂直的一橫切面，成全圓形，而地球沿赤道之橫切面，則並不成真確圓形，故地球可視爲成一已扭

曲的木釘頭之形狀。(一)

(1) 瓊斯教授 (Prof. Jearn) 以梨形說明地球，此固亦一類似之形狀，然梨有一彎曲之軸，微嫌不倫。故地球與木釘頭之比較，殊更爲妥適。

此四面的變平作用，在地球之形狀未趨穩定以前，將繼續進行。其後因地球自轉所生之力，將其諸邊脫卸而破裂，地球於是又成類似圓球體之形狀。惟其體積，則較前略爲縮小。在此球體之上，四面稜體形變平作用，於是又重行開始。

關於地球縮小之速率，吾人尙未得確鑿之證據。據估計，則太陽必以每十一年直徑縮短一英里之速率而逐漸縮小。此速率乃從太陽所發熱量推求而得，自地球內部發生至於地面之熱量既極小，則地球之縮小，或亦非常遲緩，又可想見。此外有一計算，乃從侏羅紀與白堊紀之垂平的海成岩石而求得者。此等岩石，發見於美洲西部高原之巔，成爲闊而水平之地層，位於高出海平面一萬一千英尺之高度。直斯教授 (Prof. Suess) 已明白指出此等地層未有曾經上升之明證。其間之裂隙，僅表示其周圍區域之已經下降。然地層固能因褶曲作用而升高，達於離海平面二萬或二萬以上英尺之高度，如在喜馬拉耶山 (Himalaya) 者然。同時地層未經褶皺或擾亂，而自行上升，亦爲不可否認之事實，如

落機山 (Rocky Mountains) 中諸地層是也。此等水平的海成地層之成高位，解釋亦甚易，蓋謂在其沉積時，海水曾在其平面可也。圍於此西部美洲海之諸大陸，從前必有一更高之地位，在此區域以西之大陸，其平均高度，當時若離海平面二千英尺，其後下沉於太平洋中，達於一萬五千英尺之深度，則此種運動，實代表地球半徑縮短幾及五英里有半之一種作用，或直徑幾縮短十一英里也。然更佳之方法，則爲二時期所測得海中水平面間之差異。此等海成地層，若吾人假定其從前爲三千英尺深，則自白堊紀以來，海平面下降幾及三英里，換言之，則地球直徑且已縮短六英里矣。

地球之縮小率，巨大如斯之主張，與若干重要學者之結論相反。達爾文氏嘗有地球在地質時期中，未嘗明顯縮小之結論。達爾文氏之意見，在此點上，雖多少爲默想的算學推求所得之一種推論，然亦不能隨便忽略而不注意。故普遍全球之岩石扭曲作用，是即證明岩石常因邊壓力而擠聚於一較小的地位者，其爲地殼收縮作用之明顯的證據，且進而爲地球縮小之明確的證據，固無庸地質學家之再加思考也。

第十章 地球之變形與其地質史

地球因內部凝縮，於是地殼四面，俱起變形，遂成今日之狀；此種地球過去之歷史，從地質上之證據觀之，蓋最爲顯然也。地球上水陸分配之情形，吾人所知，頗多疏略不備之處，尤以太平洋一帶爲甚，是以依據地質史以爲測驗之法，尙未能完全適用。然卽就地球歷史之大概觀之，與星雲說及水陸成因由於地殼四面變形之說，亦無不合也。

地球之歷史大概可分爲太古代 (Archeozoic) 古生代 (Palaeozoic) 中生代 (Mesozoic) 及近生代 (Kainozoic) 四期。

在此四期中以太古代爲最古，其時岩石初成，變動頗劇，地球上地理的情形，所知甚少。唯今日地球上各處之太古代岩石，大率皺縮甚烈，此爲最特殊之點。按蘋果皮薄，故乾燥以後，果皮極易皺縮。橘皮遠較蘋果皮爲厚，其乾後變形，蓋以果皮縮平故也，地球幼年時代，地殼甚薄，凝縮而後，遂呈皺縮之狀。後來地殼以凝縮而日厚，於是地殼皺縮之舉，亦擇地而施；地球內部凝縮不已，則地殼平陷之處，面積亦愈廣。

在後三期中，地球之歷史大致不外乎四面平縮與還爲球體之兩種運動，交復往返不已，地質史上之重要事實，皆可藉此二者爲之說明也。如在地球史上雖絕無火山活動全行止息之一時期，然在

某某數時期中，火山之活動較他時期更甚，則亦係事實。是則普遍全球的火山活動之暴發時期，與火山之靜止時期，固在交互爲用也。

在前期太古代，普遍全球而駭人聽聞之火山之擾亂，實爲其特點。至後繼之寒武紀中，則活動之時期較疏，而區域亦較爲狹小。

第三時期即奧陶紀，又有一新興的普遍全球之火山活動。後隨志留紀，則沉積物皆平靜沉積，間略有火山之爆發。

泥盆紀爲另一大火山時期。至於石炭紀之前期，則如英格蘭與愛爾蘭有成厚層之石炭紀石灰岩之存在，故當時在許多區域，實爲火山靜止之又一時。不過在蘇格蘭之南部，則極大之火山爆發，尙在進行。

至石炭紀之後期，與二疊紀，猛烈之火山活動，又成爲各時期之特點。同時且伴有重要之地球運動，與地殼上許多區域中之成山運動。

此等大爆發之後，隨以一長期之靜止。在此時期中，中生界岩石於是沉積。下降至上白堊紀。與始新統中，略白堊 (Chalk) 與倫敦黏土 (London clay) 沉積於英格蘭之東南部時，大量的火山活動，

重復開始。在近生代第一時期之始新統中，非洲，印度，澳洲，美洲，皆有火山之爆發，而蘇格蘭之西部羣島（Western Isles）火山山岳附近之基礎，或亦即造成於斯時。

此等巨大之爆發，又隨以別一比較靜謐之時期。此靜止時期，後因中新統中普遍全球的火山爆發與地球運動而中斷。此運動即造成阿爾卑斯山系（Alpine mountain system）與環太平洋山系（Circum-pacific mountain system）者。

此種火山活動與靜止之交互作用，終地質歷史而皆然。在不列顛羣島，更可得一明顯之說明（第二十八圖）。在不列顛羣島中，最古之太古代岩石，大部分為火成岩，且附有當時伴有火山爆發之證據。在太古代之後期，則火山活動於英格蘭各區中，如察華特森林區（Charnwood Forest）馬爾汾羣邱（Malvern Hills）與蘭京（Wrekin）等。

在蘇格蘭，太古代之最後一紀，即叻利紀時，火山活動又復停止。在寒武紀時，不列顛區域中之火山活動，亦不十分重要。惟馬爾汾火山，仍在爆發，熔岩流噴出至於士諾敦（Snowdon）北麓之附近。在此時期將終了之時，爆發又開始於中部威爾斯。是即為後來造成卡得易德立（Carder Idris）之頂部者。然在不列顛大部分區域，寒武紀岩石之沈積，似在安靜之環境下，未經火山活動所搗亂者。

圖 八 十 二 第



後繼之奧陶紀，又為火山活動最繁多最頻盛之一時期。其所包括之三期，亦各有大火山之堆積物，以為其特徵。此三期之第一期，即亞倫尼期（Areniz epoch），中有一長時期之火山爆發，造成卡得

易德立之大山。二大層之火山岩層，則造成湖州 (Lake District) 之波洛對爾泥板岩 (Borrowdale slates)。在蘇格蘭南部中，則有許多熔岩流，流入於海中，即在海中凝固而成爲圓形物體，所謂枕狀熔岩 (Pillow lava) 者。

在奧陶紀之中期，即蘭地羅期 (Llandello epoch) 中，有一火山活動於布蘭克那犀 (Brecknock-shire) 之波爾斯 (Builth)。在上奧陶紀或倍蘭期 (Bala epoch)，則火山活動又重興，且視前爲加劇。於是圍繞北威爾斯火山中心之一而造成士諾敦。別一組火山則擠聚於窩脫福特 (Waterford) 之海岸，此外別一爆發區域之證據，則保存於啓爾對耳 (Kildare) 諸山之間。

與奧陶紀火山活動之適相反者，爲志留紀中之火山幾乎完全靜止。在不列顛羣島中，志留紀時造成之唯一火山，爲在西南愛爾蘭之丁革爾土角 (Dingle promontory) 上者。其地有大組之凝灰岩 (Tuffs)，與流紋岩 (Rhyolite) 之熔岩流，與海成沉積物成互層。此諸組岩石，普通定爲志留紀之中期。但據近今馬克亨利 (A. McHenry) 氏之論文，則此等岩石，當定爲志留紀之最早時期。(見自然界雜誌 (Nature) 一九一二年二月八日出版，第五〇四頁。) 英格蘭與蘇格蘭全境中，則志留紀之岩石，內有沉積岩，大都皆爲海成，且爲在無火山妨礙之處所沉積者。

泥盆紀則又有火山活動之重演。得文州 (Devonshire) 與康華爾之大部，爲一海洋所占。此海洋之面部，則爲若干火山島嶼所中斷。在蘇格蘭與愛爾蘭，其泥盆系以舊赤砂岩 (Old red sandstone) 爲其代表。此岩石乃沉積於大陸之上或淡水之中者。此種沙岩與許多火山岩相混處，包括於奧喜爾羣邱 (Ochill Hills) 與阿該爾羣邱 (Hills of Argyll) 之內，而安山岩流 (Flows of andesite) 則與安第斯之熔岩相聯合。

石炭紀之在英格蘭，則以頁岩之沉積及石炭紀石灰岩之厚地層開始。然其岩石亦每與火山凝灰岩層成互層，如在德被州 (Derbyshire) 者然。從此可見在石炭紀中，亦偶有火山之爆發也。然在蘇格蘭則此時爲一頻盛的火山活動之中心。爆發之開始，爲玄武岩層，與其附屬岩石之噴出，造成格拉斯哥 (Glasgow) 四周羣邱之熔岩高原。同時又一大火山，則造成愛丁堡 (Edinburgh) 附近之亞搭爾山 (Arthur's Seat)。是後火山活動改變其性質，造成無數小而散佈之火山隙。在蘇格蘭，其爆發繼續至於二疊紀，在此時期之火山活動，以亞爾州 (Ayrshire) 爲最重要。在同一時期中，若干較小之火山，則活動於得文州。

二疊紀以後，即爲中生代。得文州中之若干火山岩石，有一時期，曾定爲三疊紀，即中生代三紀中

最下之一紀也。然現已證明其爲二疊紀，且在中生代中，不列顛區域中之任何部分，皆不能覓得火山活動之痕跡。

中生代終了以後，爆發之事，又重見於愛爾蘭與西部蘇格蘭。在近生代中，此等爆發之真確時期，仍甚可疑，因所得與火山岩混處之化石植物，無任何之證據也。爆發或始於始新統，或始於漸新統，進行於一組火山之中心。繞此中心，造成安德靈高原 (Plateau of Antrim)，造成姆耳 (Mull) 與司開 (Skye) 二島內及亞達那滿產 (Ardnamurchan) 羣島上之火山大塊。此等大爆發，或與造成愛爾蘭基礎，及覆蓋格林蘭一部分的火山岩層同時。

在繼續的地質時期中，火山頻度之變遷，可以由於地殼上猛烈擾動時期與和緩運動時期之交互作用解釋之。當地球體積縮小之時，地殼逐漸下降。在某一時期，地殼苟容易使其自身與內部收縮作用相切合，則火山活動，隱而不顯。在縮小作用進行中，地殼隨時變形，故至不穩定。最後地球又且因其面部之偉大的重整作用，而回返於穩定。在此種運動進行時，地殼破裂，一部分因之下沉，下沉處之下層岩石，其所受之壓力，乃更爲重大。在此炎熱而富有粘性的岩石上之過度的重量，與經過裂隙以便逸出之機會，乃造成火山活動之新時期。

昔嘗有主張地球形狀之任何改變，爲不可能者。其視地球，不啻一真確的圓球體，且因其在軸上自轉之故，此種形狀皆一成而不能變易。信如此說，則如四面稜體說所必要之地球的變形作用，且爲絕不可能之事。然吾人已知地球並非真確的圓球體，地球乃一地形體，意爲地球不成有規則的幾何形，不過成地球形狀而已。其形狀似一製作窳劣之木釘頭，在北極扁平，在南極則較尖，其赤道不成一正圓形。此種與圓球體形狀之差異，謂由於崎嶇不平的高地與低地之存在，亦未始不可。此等變形作用，苟與地球直徑相比較，自微小不足道，蓋此不過在八千英里之直徑上爲十英里或十二英里之差異也。然因此微小之差異，最高山岳之平面，乃從最深海洋之平面分開。蓋卽在龐大的地球上所不能覺察之沉陷，已能使桑田陸沉成爲廣袤無際之海洋也。

故海洋乃因陸沉而造成之盆地，大陸則爲直接上升之區域。然大陸亦有因附近區域現在爲海洋所占者之下沉而孤獨高立者。

地殼並非一成而不變，乃正在繼續運動者。地殼常爲輕弱微動所震擾，且常有輕微之升高與下降。其進行普通雖皆甚迂緩，但其結果，則常能改變地球之外形。此類改變，雖殊輕微，然就總成績而論，則亦頗見重要。地殼之不穩定，常使北極往來於一極小區域之內，地球上此種變動，普通多視爲面部

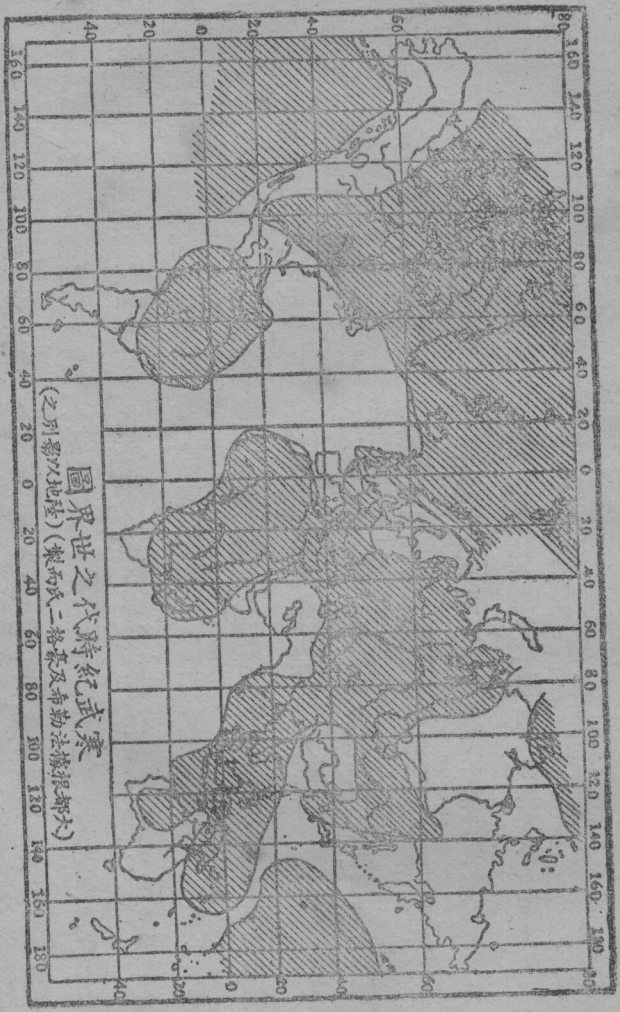
負擔不均之所致，如北極區域之一部，上蔽以極重之雨雪，而在南極區，則未有一相等之重量，以平衡之也。

米倫教授嘗利用地震儀以求得大雨後日本西岸之下沉。達爾文氏則從事於觀察英吉利海峽 (English Channel) 高潮與低潮時海水增減之重量，測得低潮時因海水重量之移去，其地層之因而上升，以反證此海峽在高潮時其地層之下降。近時赫刻教授亦表示在日月吸力作用下潮汐之升漲與退縮，爲一種可以測得之事實。

地球因其自轉與吸力之合併的影響之故，常傾向於造成一類似的圓球體之形狀。（見一百二頁，）但在今日，因其地殼不穩定之故，地球乃僅能略似此種形狀，而不克逼肖。

故引用地球形狀之微小變更，以討論各地質時期中水陸之分佈，實爲極可能之事。

昔時水陸分佈之情形，今猶未能確定。各學者所製之地圖，類亦互相矛盾。此蓋現今大洋區域在從前之情形未能確知之故也。吾人唯有以海洋兩岸所採得之化石，以爲彌補此等缺憾之最後助力。例如在地球歷史中之任何時期，南大西洋之兩岸，其陸生動物與陸生植物，苟皆相似，且此等生物未嘗生長於北半球，則吾人自可合理的斷定，此等生物皆循一南部大陸以經過現今之海洋。



寒武紀時代之世界圖
 (大郵德法勃及慕二氏之製) (之引以地)

吾人對於地球上最古之生物，已有充分之學說者爲寒武紀。當時地球上水陸之分布，吾人已發見其與今日之情形大相類似。（第二十九圖）故如北美洲爲一三角形之大洲，愈南愈小，兩岸皆爲寒武紀海洋所沖洗。其形狀如今日之北美洲，不過其位置似較現在略爲偏東。歐洲則殊一如今日，爲一大組之半島與海洋所成。然歐陸之重要區域，似亦更偏於東方，位於自波羅的以至於中亞細亞之一區。至於位於不列顛羣島之海，則向東延長至於歐洲之北，同時亦向南分散。至於東部西伯利亞之中而亞洲之大脊骨，則早已成大陸，包有滿洲或且包括北太平洋之一大區域。

就南半球而論，則據法勒希教授（Prof. Frech）之意見，全南美洲之北部，爲與大洲大小相同之巴西島（Brazilian Island）所占。非洲則東北向與歐洲相連結，向南延長至於好望角殖民地（Cape Colony），或更南向而縮小至於一尖端，如南非洲西岸所得若干寒武紀化石之所示吾人者。澳洲之數部分，亦爲大陸，但多數爲一大海所佔滿。此大海之一股，向北伸長，入於中國。其又一股則南向，或謂其經過南維克多利亞大陸（South Victoria Land）及其附近，是否真確，雖尙未定，然此股海洋入於南極，則固無疑也。

故寒武紀中世界上之大陸，似爲向南縮小的三個北半球大洲及三羣島或半島。此羣島或半島，

向南伸長而入於南半球之大海。當時之北美洲，雖亦經過格林蘭而伸長至於斯匹次北爾根（Spitzbergen），然北歐北亞及美洲之有普遍的海成岩之存在，實可爲當時有一北極海之證。且當時苟有一北極海，則其位置，似應視其現在位置略爲偏東。惟此北極海之存在，乃爲豪格氏（Haug）之所主張，法勒希氏則因反對之也。

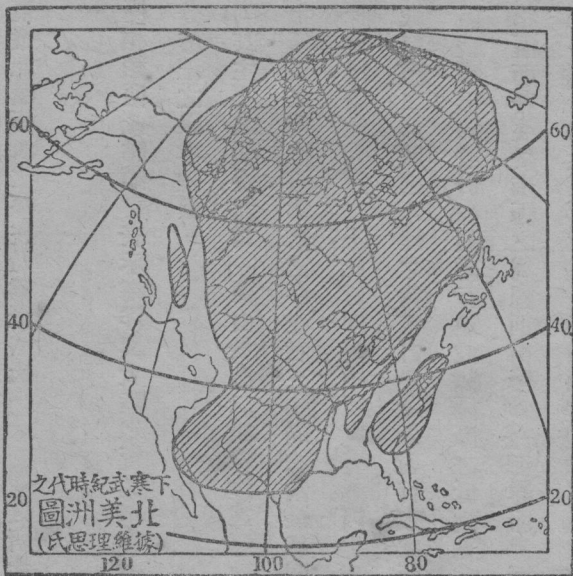
此等寒武紀時水陸之分佈，與現時之情形，極相類似。此點頗可表示海洋與大陸之恆久不變。然在其後諸時期中，則地球之設計，殊表示水陸在分佈上之根本差異。

在四面稜體形之學說上，大陸與海洋之排列，其主要之變遷，當爲一種由於沿二組線途之運動。根據此說，則沿四面稜體形之垂直的諸邊而南北延長之大陸，似爲常常存在者。在相隔約當全球圓周三分之一之諸線上，應可有地球大運動之例證，覓得於此大陸之上，此皆理想中所應有者，但地球既因其隆起的諸邊之縮小作用而回復其類似球形體之形狀，則水陸之諸帶，自必沿東西行之線而發生。故每遇一縮小作用之新時期，大洲之成四面稜體形的設計，即須重行建設。然極區之低地，則並不在北極。蓋四面稜體形之破裂，苟不發生於北極，而發生於南極之周圍，則南極爲一海洋，而北極爲一大洲，亦自可能。不過兩極之一爲海洋，則其又一極終爲大陸耳。故垂直的四面稜體形諸邊之位

置，自可永永存在，而環繞極區低地之三邊，則有時發生於北半球，有時發生於南半球，可變易而無定。

關於以前水陸分佈狀況之證據，亦與此等推想相符合。例如自寒武紀以至以後之時期，水陸之排列，即有一大變化。此等變化之完備，可從北美洲寒武紀時期地圖（第三十圖）與志留紀時期地圖（第三十一圖）見之，此二圖皆採自貝雷·維理思 (Beiley Willis) 之近作古地理圖。(一)

第 三 十 三 圖



(一)見維理思所輯之論文集注重北美之地質史綱 (Outline of Geologic History, with especial Reference to North

寒武紀時之北美洲，在志留紀時幾

完全消失。

自北美而外，在世界其他部分之變遷，其重要亦未亞於北美。例如法勒希教授所製之奧陶紀開始時的世界圖（第三十二圖）與現今地圖相較，即可見當時北半球與南半球上之水陸，與現今完全相反。當時有一北極大洲，一南極大洋，北美洲為海洋所占，僅有一阿爾袞琴羣島 (Algonkian peninsula) 為其例外，而與此海成地球背點之大陸，則占有現今之印度洋，與北部澳洲及非洲相連結。至於南美洲之形狀，則據法勒希氏之說，與現今之南美，非常相似，不過南北倒置，蓋當時南美，乃愈北愈縮，以窄狹的阿爾袞琴羣島而與格林蘭相連結也。

第三十二圖

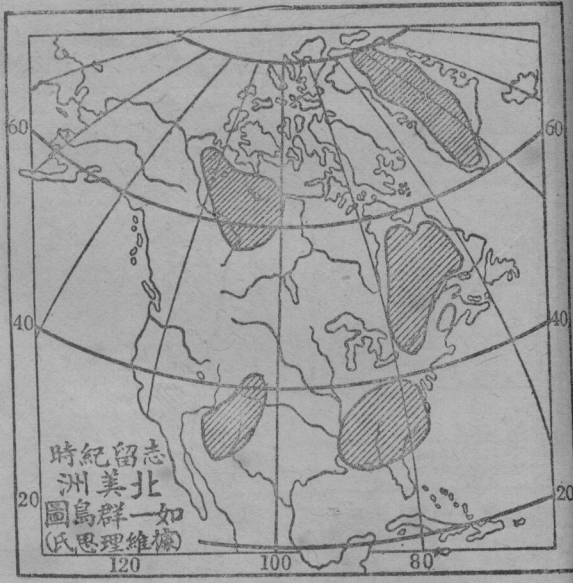


圖 二十三



法勒希氏之地圖，似有二點必須改正。第一南美洲之南部，法勒希氏所認為可疑者，今已得有強有力之證據，表示南美之南部應向西，同時亦向東引長。第二，當時在滿洲有一大陸，或向南伸長，而以許多大陸與澳洲北部相連結，此北太平洋之大陸，與當時位於南大西洋之海岸，成地球背點。使此二點改正以後，則奧陶紀開始時之世界，有一四面稜體形的對稱形，更為明顯，唯南北半球上之水陸，其相對的位置，適成倒置耳。

在前期古生代中，石炭紀之末與二疊紀之始之時期，此種下奧陶紀排列狀況之重演，更為明顯易見。蓋當時有一大洲東西引長，而橫過南半球，自澳洲經印度與非洲而至於南美，南美之大部分，亦包括於其中。此東西行之大洲，名曰公達彎那蘭（Gondwanaland），因印度之公達彎那地層而得名。此大陸上有一特殊的植物為其特點，是為滑葉鳳尾植物羣（舌芝朵 *Glossopteris Flora*），以其中最特別之植物名之滑葉鳳尾為鳳尾草之一種，或類似鳳尾草之一種植物。有大而鈍之葉，各葉有一凸出之中肋（第三十三圖），其葉略似鹿舌鳳尾（*Hart's tongue fern*）。有一匍匐地下莖，或根莖（*Rhizome*），乃從前所認為另一種植物名曰（*Vertebraria*）（第三十四圖）者。

滑葉鳳尾植物羣之分佈，自澳洲經印度至俄羅斯，又經非洲而至於巴西（第三十五圖），自俄

圖三十三第



滑葉
鳳尾
草之
一葉

圖四十三第



滑葉鳳尾之地下根
Vertebraria 圖

羅斯外。在北半球未能覓得此類植物，蓋當時之北半球，乃另一植物羣所佈滿也。此北部植物，以巨大之樹鳳尾，與巨大之蘆木 (Calamites or giant horsetails) 爲其特色。此類植物，即供給吾人以煤層之物質者也。在南半球則不能覓得此等北半球之植物，唯沿非洲伸長至於孤立的殖民地所地貳



忒 (Tate) 者即在葡屬東非內三比西 (Zambesi) (第二十五圖中之 T) 之上，此北部植物羣，乃與滑葉鳳尾同生於一處。有此共同生長之證據，則此二大植物羣，其爲同時生存，殆可無疑矣。

公達 彎那蘭 似從北美 分離，當時之北美 向北延長，而與北極大洲 相連結。據法勒希氏 之說，則同時有一南極海洋 之存在。公達 彎那蘭 自非洲 印度 間之一基點，向北凸出，而入於東部歐洲。蓋當時成南半球 特徵之植物，顯係單獨分佈於此，而入於北溫帶 者。在澳洲 之北，則有一大洲，自北極大洲 向南延長，以至於中國，而此時期之第三大陸，則占有不列顛羣島 之北部，與斯干的納維亞。下降至於地球歷史之中期，即中生代之時，則水陸之互易，據直斯教授 所首創之臆說，乃由於一種普遍全球的海水前進與退落運動，而不能視爲地殼之局部的上升與下降作用也。

於是在中生代開始時所存在之大洲，遂逐漸因海水之繼續前進而掩沒於水中。此種運動所進行之區域，當時頗不在少數。對於此等海洋成週期的擴大，海洋下盤之迂緩的上升，使海洋盆地之逐漸減淺，實爲一種最簡單之解說。在中生代中，地球歷史上最重要之事實，當首推海洋盆地之重復減淺，與夫因此而起之海洋面積的積極擴大。此等事實或即爲從古生代末期之地球成四面稜體形的變形作用，而返至類似圓球體形狀的復原作用也。

迂緩安靜之運動，終中生代而皆然。後以猛烈擾亂之新的噴發而終止。在此時期，或即因地殼岩石之下沉作用而造成北大西洋與北冰洋。此等運動且伴有強烈的火山爆發，大都沿從格林蘭至蘇格蘭之中間區域而進行。

此後又經別一比較恬靜之時期，於是繼之以造山作用。是為諸大時期之最後一期，即中新統也。

(一) 在中新統中，普遍全球的褶曲運動，將阿爾卑斯山，喜馬拉耶山及其他與此相連之山岳，自下而舉高。至於與此運動同時發生而形式不同之運動，則造成北美之西山山脈 (Western mountains) 南美之安第斯山，及另一大山脈。自日本至於新西蘭，沿太平洋西岸之島嶼，即此大山脈僅存之碩果也。

(二) 此等造山運動，自此以後，繼續至於下一期之上新統。

第十一章 現今大洲與海洋

地球上水陸之分佈，為各大陸上高低區域之結果。此等高低不同之區域，總名之曰「地形」(Land Forms)。地形為地面上均夷與沉積二種作用的合作，與因地下力而起的地球運動之結果。地形大別之為三種「正地形」與二種「負地形」。山嶺，羣邱，高原平原，皆正地形也。居於正地

形之間之凹地，則為負地形。負地形包括長而狹之河谷，與極寬或寬過於長之盆地。大多數河谷為均夷作用所造成，是曰孔穴河谷 (Valleys of excavation)，亦有為斷層運動所造成者，是曰裂口河谷 (Rift valley)。

地形之各種形狀，如第三十六圖所示。

各種地形之造成，以前大都以為由於地球運動與地震。但自地質學家對於作用於地面上之方法，經意觀察以後，已發見均夷作用能力之偉大。蓋均夷作用進行雖形遲緩，然未有中輟，其結果往往視地下深處諸原因所成之地理形狀為大也。新西蘭中之塔刺蘭懷 (Tararua) 火山，在一八八六年之爆發，於數小時之內造成一長達九英里之河谷，其作用可謂神速而偉大矣。然即在此等如新西蘭之火山區域中，此等駭人聽聞的地理突變所成之罅隙，其重要猶不及河流之迂緩的剝削作用所成之河峽也。則他可知矣，故在多次精密觀察以後，地學家以地殼上之主要地形，統歸功於均夷作用，亦良有以也。此等地形之造成，每

第三十六圖



視爲由於外部動力之單獨的刻畫，地球自身，則一無動作，一若雕刻家手中之大理石。然地殼上之最大地形實由於地球內部之動力。至於均夷作用之各種動力，則不過將地球大運動所造成之地形，加以磨擦而形成之耳。此則地質學上與地理學上之證據，固鑿鑿而不能否認也。

現在之大洲，爲一組複雜的上升與陷落運動之結果。上升運動之主軸，與主要海洋盆地之位置，乃視某種機械的情形而決定，即地球在過於龐大時，如何爲最易處置其過額之重量之一種情形也。水陸形狀之詳細情形，全視大陸形狀之構造而定。

世界上之大陸，皆爲三種主要構造所造成，即龐大隆起之岩塊（Block）褶皺複雜之地帶，與乎分佈極廣之沉積層是也。

龐大隆起之岩塊，爲地理單位中之最古者。此類岩塊，有全爲最古岩石所造成者，有以寬闊無際之極古岩石爲其基礎者。在全部地質時期中，凡此岩塊，殆皆矗立於海平面上，希有下降入於水平面之下者。是爲永久隆起之區域，稱曰「地脊」（The earth's coign）（Coign，本義爲「角」）乃結晶學上之一名詞，指每一結晶體凸出之處。（此等地脊，包括斯干的納維亞，拉布刺達（Labrador）印度半島，西部澳洲之大部，巴西東部之高地，及熱帶非洲之大部分。

自此等大地脊而外，尚有許多古代岩石之較小岩塊，此類巖塊，則造成比較穩定之區域，有副地脊之爲用。

褶皺地帶之分佈，範圍更廣。在最早地質時期中，褶皺作用，或普遍於地球各部。然其後因地殼增厚之故，皺褶作用之範圍，亦不久縮小，而限於特殊之地帶。地殼上岩塊之成垂直的運動，亦逐漸比垂直的褶皺作用爲重要。此種垂直運動，寢假且決定地球面上較大區域之地形。

褶皺地帶，現分二種，大都視其造成時年代之先後而別。後期之褶曲山岳，成長而連續之地帶。前期之褶曲山岳，則率已中斷，而不相連續，分散成爲無數之高地，其周圍每有後成沉積物所成之平原。前期山系之斷塊，造成布勒塔尼 (Brittany) 與康華爾之羣邱，亞爾德內斯 (Ardennes)，法蘭西之中央高原，哈疵 (Harz)，及其他巍然高聳於日耳曼平原上之山脈，波希米亞 (Bohemia) 之高原，及北美合衆國中之阿帕拉契安山脈 (Appalachian mountains)。

至於地球上之近代褶曲地帶，則以阿爾卑斯·喜馬拉耶 (Alpine-Himalaya) 山系之褶曲地帶，爲最重要。此褶曲地帶，因北溫帶之南部，向北溫帶北部推移之故，循一東西行之線而橫過歐亞二大洲。褶曲地帶之途線，彎曲非常，蓋在若干區域內，常有大塊堅強巖石之存在，足以阻礙褶曲，而使之

不能向前直進，褶曲運動受其阻力，於是循彎曲之途徑而進行。直斯教授名此等堅強之岩塊曰「地質的地角」(Geological Forelands) 以此等地質的地角，其阻止大地浪之功用，一若沿海岸地角之阻止海浪也。造成大洲之基礎者，即爲此等地質的地角。褶曲運動進行至此地角間，即折而向北進行，與海浪遇地角後折入海灣中者絕相似。

地球上之近代第二褶曲地帶，環繞於太平洋之周圍。此地球運動之開始，與造成阿爾卑斯山與喜馬拉耶山之運動，大致同時，環太平洋褶曲山嶺，或環繞太平洋成一完全之圓環。在南極附近，雖未知之點尚多，然從格累安大陸 (Graham Land) 所得之證據而言，則太平洋之南岸，似與其東西岸有同一之構造。環太平洋之褶曲，由於從大陸向太平洋而來之壓力，然同時並有其地地盤之下陷作用。此種下陷作用，或伴壓力而俱起，或即造成此壓力，亦未可知。地浪於是皆入於太平洋中沉沒之區。阿爾卑斯山造成時之地浪，被無數之巖石地角帶所中斷，而環太平洋之山脈，則得爲自由之發展。此實爲阿爾卑斯山脈與環太平洋山脈主要區別之一點。造成阿爾卑斯山之地浪，由於後方陸地之壓力，而環太平洋之地浪，則由於前方區域之爆裂，或即伴此爆裂而俱起。下陷作用，在環太平洋山脈之造成中，其重要遠過於在阿爾卑斯山脈之造成中。蓋在前者，下陷作用皆在造成山脈之前，而在

阿爾卑斯山系中，則常在其後也。

與此等差異相附麗者，有火山活動之差異。在阿爾卑斯山主系之後，因下陷作用而造成之盆地中，雖有無數火山之爆發，在主系之前，雖有四散分佈之火山區，然在阿爾卑斯山上，則當時實無火山之存在也。在阿爾卑斯山系自身之山嶺中，發現火山之唯一地點，乃為後成裂隙所經過的山嶺已破裂之處。與在高加索山(Caucasus)者無異，環太平洋山系則不然，其主要之火山殆皆在其高處如安第斯山分散各處之火山羣，如北美西部山嶺上之廣大熔岩區，如日本國中之若干火山，如新西蘭之北島(North Island)中高原上之火山等。沿岸則火山較少，如在阿留西安羣島(Aleutian Islands)中，與新西蘭內之班克斯半島(Banks Peninsula)上及在丹泥丁(Dunedin)者。故以此種排列而論，二山系蓋適極相反也。

就新大陸而言，則環太平洋山脈，在北美洲為自阿拉斯加(Alaska)至墨西哥之西部山脈。在南美洲則為自委內瑞拉(Venezuela)至巴塔哥尼亞之安第斯山。在太平洋之西岸，則此山系已分裂而成斷塊，是為自日本至新西蘭之一串羣島。

此等地角或古代岩塊，與褶曲地帶間之地位，則常為寬闊而比較幼年的沉積平原所占。在此

等區域間，水陸間之頻頻互易，實造成大洲在形狀與範圍上之大變。

由上所述，可見各大洲（第三十七圖）皆爲此三種物體所造成。其一爲古代岩塊，是爲古代大陸之零塊，其一爲年代較後之褶曲山嶺，其又一則充塞中間間隙之沉積物也。

先言歐洲。歐洲之西北角，卽芬蘭（Finland），斯干的納維亞，大部分蘇格蘭，北部愛爾蘭之一部分，皆爲無數極古岩塊之所成。此等岩塊，皆當時古代阿克底斯大陸（Continent of Artis）之斷塊剩屑也。此大陸從前向西伸長，包有北美之東部與格林蘭，斯匹次北爾根亦常在其範圍以內。此大陸以全部論，固未必同時皆高出於海平面上，但其中似大部分常爲大陸，且有若干部分，似永古未嘗浸沒於海中者。

歐洲構造上之第二要素，則爲阿爾卑斯山系之諸山脈。卽底里尼斯山脈（The Pyrenees），阿爾卑斯山脈，喀爾巴阡山脈（The Carpathians）及巴爾幹山脈（The Balkans）是也。此諸山脈，從前皆互相連接，又經過黑海（Black Sea）而與高加索山相連接。更從此阿爾卑斯地帶之主幹，分成二支而至於南方。其一經地中海西部，穿過巴利阿利羣島（Balearic Islands），而至西班牙南部之塞拉內華達（Sierra Nevada）。於是轉而經過非洲之北部，越亞特拉斯山脈，經西西里島（Sicily）沿

亞平寧山 (Apennines)，越意大利而迄於阿爾卑斯山。其又一支則爲巴爾幹半島西部之諸山，且其造成之時期，似略早於造成阿爾卑斯主幹之運動，換言之，則似比底里尼斯諸山爲早也。

阿爾卑斯山系之經越歐洲，成不整齊之途徑，是由於若干地球上龐大的岩塊之阻力。此類岩塊，不但阻止褶皺作用之前進，且使位於其前之阿爾卑斯山系轉而他向。其中之重要者，爲西班牙之主要高原美散太 (Meseta)，法蘭西之中央高原，日耳曼之黑森林區 (Black Forest)，波希米亞，及俄羅斯西南部之所謂俄羅斯平原 (Russian Platform)。

歐洲之其餘部分，大半爲散布於地平原或略受掀動的羣邱上之大片沉積物所成。此類巖石造成歐洲之大平原，及阿爾卑斯褶曲內緣上之匈牙利與倫巴底 (Lombardy) 盆地中之諸平原。平原中間有時偶爲較古山系即副地脊之斷塊所間隔，如在比利時之亞爾德內斯中者，如布勒塔尼之羣邱，如康華爾，如愛爾蘭以南皆是也。

亞洲之在今日，雖與歐洲接壤甚多，然在近生代之前期，亞洲與歐洲間，常有一連合北冰洋印度洋經東部俄羅斯與波斯之海洋間隔之。亞洲有四要素。此類要素，皆爲從前一古代大陸之遺跡，即直斯教授所稱爲安格拉蘭 (Angaraland) 之遺留物也。此古代大陸，造成亞洲東北部之大部分，與當

時中國南部之古代高原相連接。安格拉蘭以東，則爲西伯利亞西部之大平原。此二者之南，則爲阿爾俾斯山系之褶曲山脈。其中若干山脈，已經過此安格拉蘭之某部而中斷。其主線則自高加索延長至於喜馬拉耶。在南邊有一組支脈，與歐洲同。其最西之一支，則自高加索之南部，越波斯經俾路芝斯坦 (Beluchistan)，而迄於蘇雷曼山脈 (Suleiman mountains)。又北行經此等支脈，而重與帕米爾 (Pamir) 山結之主要山脈相連絡。主線於此，繼續東向，經喜馬拉耶而至於中國高原，因中國高原之阻力，乃被逼而南向，其中一部分，今位於孟加拉灣之下。又重見於蘇門答臘 (Sumatra)，繼續越爪哇 (Java) 經馬來羣島 (Malay Archipelago)。更東則可與新幾內亞 (New Guinea) 內之環太平洋山脈相連接。

位於喜馬拉耶山系之南者，有二古代高原，即阿拉伯與印度半島是也。是爲從前公達彎那蘭大洲之遺跡。澳洲以及非洲之大部分，皆爲此已分裂的大陸之斷片零塊也。

非洲有其他二要素。北部非洲之亞特拉斯山，大都屬於歐洲。其南部之好望角殖民地，以前雖曾與公達彎那蘭相聯結，然實爲一當時位於更南之已埋沒的大陸邊緣之一部分。

北美爲二古代山地所成。其一位於大洲之東部，一則位於大洲之西部。而以東部者爲較大。此爲

阿克底斯之西部。阿帕拉契安山脈區域與北美合衆國之東岸大陸，卽從此而重複突出，造成一南部半島。北美之西部，爲一古代大陸，占有今日落磯山之地位。在若干地質時期中，此大陸向南伸入墨西哥，向北伸入於阿拉斯加。在此東西二大陸之間，大海重複向北伸長；自墨西哥灣以至於北冰洋。北美洲之造成，由於此內陸海（Inland Sea）因沉積物之沉積而充塞。東西二大陸於是連合。然其昔時東西向擴大而得之區域，因先後沉沒於大西洋與太平洋中之故，此二大陸，其寬闊亦迥不如前矣。

北美合衆國之南，爲一古代大陸之遺跡，此大陸曰安的利亞（Antilla），因其中包有安的列斯（Antillis）之一區域也。此大陸之存在略早於英國白堊之沉積，後因重複下沉之故，已逐漸毀壞矣。在南美洲，則其最大之唯一要素，卽爲造成巴西高地與幾內亞高地之唯一要素。此要素乃古代公達彎那蘭大陸之最西斷片也。沿智利與祕魯之西岸，有若干極古之巖石暴露於安第斯山之麓。此等岩石與在東方之沉積物質皆足以表示從前向西伸長入於太平洋中大陸之擴大。蓋鄰近西岸的安第斯山中之沉積岩，多有爲礫塊之地層，自此以東，則逐漸細小而爲沙粒，是實表示此等物質之來源，爲智利現在海岸以西之大陸也。（1）

(1) Vide Burchardt, Rev. Museo de la Plata, Vol. X, 1902, pp. 177-192.

就世界上之海洋而論，關於其地質歷史，吾人已有充分之智識者，厥唯苴斯教授之所謂提替斯海 (Tethys)。提替斯海爲一內陸海，位於北歐與非洲之間，自西印度羣島經亞洲而至於太平洋，向東西二方面擴大。其北則圍有阿克底斯與安格拉蘭二大陸，其南則圍有公達彎那蘭與未被沉沒之遺留物。

地中海與西印度羣島之諸海，爲從此提替斯海而來最後之遺跡。其原來盆地之大小，已減小極多，而提替斯海則同時因產生大西洋之故，實獲得此盆地之所失。大西洋爲二大灣之所成，此二灣即自提替斯海伸張於南北二方。後因沿岸大陸之下沉，而疊次擴大，乃形成爲大西洋。

太平洋之年齡若何，更不確定。與英國新赤沙岩造成時期相同之岩石，在太平洋分佈之範圍，既廣大若是，則太平洋或開始於托斯 (Turas) 時期。然與太平洋關係密切之環太平洋山脈，實爲近代時所造成。則此二者連合之密切，殊可表示太平洋之成爲現狀，其開始時期，實遲至其四岸隆起的山脈之上升時期也。

第四編 地球預備期中之生物

第十二章 生物圈

地球之形成，凡經四大時期。第一時期，爲金屬隕星成爲固體地球之凝固時期，第二爲石質地殼從其金屬的中心物體分開之時期，第三爲地面上水分凝結成爲海水之時期，第四則爲地面之皺褶時期。地面之皺起成高地者，成爲大陸；其低下成盆地者，則爲海洋。水陸於是因地殼之變形作用，而判然不同。

然在此四時期之終了，地球尙未能謂爲完成者。蓋此時必尙不適於人類之生存。故在地球面部，必尙須有其他變易，使生物得孳養生息於其上，必有下等動植物之長期活動，以爲適於人類生存之預備。生物之遺體，增加於海中與陸上者，爲量繁多，故窩爾忒氏 (Walther) 主張在普通所承認之地球四帶外，更加一獨立之帶以位置之。換言之，則於重圈 (Barysphere) 石圈 (Lithosphere) 水圈 (Hydrosphere) 空氣圈 (Atmosphere) 以外，再添一生物圈 (Biosphere) 也。在生物圈中，動植物

之產物，爲其最重要之組成分子。

地球在未成爲高等生物居處以前，其地面必須先有原始的化學與物理的準備。經此預備，下等生物，始能生存，於是逐漸預備高等生物所必需之物質。大陸上之得爲生物所生存，必須先有各種因化學作用與物理作用而起之地面破裂。此等破裂之結果，原生岩石與次生岩石之上層，改變成爲鬆散腐敗之物質，卽所謂土壤 (Soil) 者是也。

陸生動物與陸生植物，其生存皆有賴於土壤。動物固恃植物所成之物質以爲食。然高等植物實恃土壤而生長，故唯覆有鬆散物質之地面上，高等植物乃得生根，乃得固定其自身於地上而不至移動。土壤中之物質，其鬆散者必已經過充分之腐爛。其中之植物飲料，皆爲土壤中之水所溶解而移動，以備植物滋養之需。

岩石受空氣諸動力之侵蝕，分崩而成土壤。在石宕之中，吾人常見有破裂腐化之岩石，位於新硬岩石之上，其腐爛程度，逐漸變易，此類岩石，其過於腐爛，不適於建築材料之用者，名曰下壤 (Subsoil)。其向下極限，常以植物之根所能達到之深度爲止。由下壤而上，則漸成土壤。土壤爲一層完全腐爛之物質，因有有機物之存在，故呈褐色。位於距地面最近之處。

在土壤造成中之主要動力，爲空氣中之水氣與其他諸氣。土壤中之水，含有酸性之氣體，侵入於岩石之中，則此岩石中之若干組成分子，即將被其溶解。土地在夜間或異常寒冷，則其孔隙中之水，凝結成冰，體積於是突然增大，是亦足以助成岩石之破碎，使之成爲粉末。且水與岩石之組成分子，能更進而行化學的化合，因此化學作用而起之體積擴大，亦能助岩石之分裂。

空氣中之氣體，對於岩石破壞有重大之影響者，當以氮氣，與炭氮二爲其最主要者。而以炭氮二之作用爲尤大。炭氮二與各種土質礦物及鹼類相化合而成爲碳酸鹽類，碳酸鈣爲此中之最重要者。動植物二者之體素中，其主要分子皆炭氮氫四原質所成之複雜的化合物。凡此四種原質，皆存在於空氣之中，植物大都爲水與含炭質的化合物所成。此炭質即從空氣中之炭氮二吸收而來。炭氮二分解於植物中，炭質乃成爲若干複雜的炭質化合物，而固定於植物之體素中。至於氫氣，專供動物與普通植物食料之用，最初由一種原生動物如裂殖菌(Bacteria)之類，從大氣或土壤之中吸取而得，於是大多數植物始得從土壤中之氫質化合物，取得氫氣。氫氣於是被植物所改變，而成爲適於動物食養之物質。

故動物實恃植物以爲其氫質食料。而同時動物又以氫質助土壤之肥沃。如蠕蟲與鑽孔動物工

作於土壤之中，繼續以其排泄物培肥土壤，迨其死後，更舉其遺體以爲肥田之用。

是以所謂土壤，實無異一大工廠。大氣中之氫氣與炭氮二，經生長土壤上之植物，直接或間接作用以後，在土壤中成爲供給動物取用之食料。

土壤之爲用，在清滌方面，亦頗見重要。地面上有機物質之分解作用，常發生有毒物質，且滋養足以致病之有害的微生物。此等微生物若入地下，則因黑暗與溫暖之故，生殖可以極繁，轉瞬間即能散佈於一極大之區域，而沾污其地水源之供給。土壤對此，有一種類似過濾器之作用。凡水經此土壤，則其中有害之有機物質，皆被土壤所阻止，於是水得清潔而無毒。故污穢不潔之水，若濾過一層土壤而入於地下之吃水儲蓄處，則微生物皆已中途死滅不能達此蓄水處矣。雨澤藉是面清潔，成爲取用無患之清水，以加入於地下之蓄水層中。

故土壤實爲食料供給之最終來源。同時能將地球面部，洗滌潔淨，使人生日常所用之井水，免於污濁不潔之患，則又無異一普遍宇宙之清道夫也。然土壤自身必須有永遠的重行加肥作用，蓋其中能爲水溶解之食物原料，苟皆繼續遷移，則終且被江河流入所挾帶而入於海洋，而土壤於是磽瘠矣。大抵次生岩石中所含之植物食料，類多貧乏，而原生岩則常視次生岩爲豐富。植物之最重要的礦物

質食料，爲鹼質類，鈉、氯及鉀、氯、土質的鈣，及少許他種原質，如磷、硫之類。此等物質，大都保存於埋藏深處之原生岩中。後因造成環球山脈之地殼大變動，將原生岩升高至於地面，原生岩於是受空氣諸動力之作用而逐漸破壞。其中足供植物食料之有價值的組成分子，被沖洗至於山麓之下，將低地上之土壤加肥。此等低地，其氣候狀況，率爲最適宜於農業者。

火山對於埋藏深處富有石灰燐質與鹼質類之岩石，升高至於地面以上之作用，亦頗爲重要。火山塵爲風所攜帶而至於極遠極廣之範圍。火山岩自身則在雨水空氣種種作用之下而腐蝕，其岩屑則沿火山之邊而沖下，分佈於其地較低之斜坡上。於是成爲肥沃之土壤。古代之火山大陸，多有以此等肥沃之土壤著名於世者。

第十二章 地球上之原始生物

然土壤不僅需要無機物質之加肥已也，必須更有有機物質以助其肥沃。此類有機物質或爲裂殖菌所製成，或爲蠕形動物所加入，如氫質物質之類是也。土壤自下等生物之產物中，取得高等生物所需要之物質。故在高等生物未發育以前，必須先有長時期之原始動物的活動。生物究竟最初如何

出現於地球上，至今猶爲一疑問。其唯一可能之答案，亦不過略優於不正確之猜想而已。克爾文氏主張生物可自其他世界，在孢子狀態下，被隕星攜帶以入於地球，此自爲生物入於吾人地球之一種可能的解釋。蓋孢子爲一種能維持其生機 (Vitality) 經極長時期之物，且卽暴露非常酷熱之下，亦尙能生存者也。故宇宙間之某一天體，因別一天體之「分裂之臨近」而碎裂，則其中若干碎片，自可攜帶微生物而俱去。此等生物，在其長距離之旅程上，卽經過外層之嚴寒，亦能保持其生機而不死。惟當此隕星與地球上空氣相磨擦而炙熱時，則或不免於焚燬，是實爲微生物最大之危險。然隕星與空氣磨擦所生之熱，僅足以熔解大隕星表面上極薄之一外層，至於內部，則仍可非常寒冷。故使孢子藏於一極深之裂隙中，則隕星面部雖已成白熱，而裂隙中則仍可極冷，如是則生物仍可保持其生機也。然克爾文氏之臆說，亦不過解釋普遍宇宙的生物之分佈，而未及其原始也。

阿蘭牛斯教授 (Prof. Svante Arrhenius) 之學說，則主張有生物質可無需一居間之隕星，以爲過渡，而能從一星以至別一星。然此說亦有與上述相同之弱點。氏以爲最小之孢子中，有可以被光壓 (Light pressure) 所帶在一比較高速率下自一世界而至別一世界者。光線在一極薄物體上之碰撞，能迫孢子使之後向。此類事實，在射力表 (Radiometer) 上最爲常見。射力表爲科學儀器販賣所

窗前之一種普通陳列品。其製造之法，在一真空之內包有四臂，又有極簿之標，立於一旋回點之上。當射力表暴露於強烈之日光下，則各臂旋轉不息。據阿蘭牛斯教授之計算，光波壓力之作用於一微小孢子之上，亦與上述相同，足以驅孢子經過大氣層，而至於其他相距甚遠之世界。

克爾文與阿蘭牛斯二氏之學說，皆不過將生物原始之一問題，歸源於若干其他天體耳。至於早期地球上之情形，則似已適宜於最初生物之發育，一若吾人之理解，以爲當時各處所應有者。故地球之生物，或即爲地球自身之一產物也。

自無生物以產生生物，本爲多數學者所認爲不值研究者。此等學者，皆以爲在有機物與無機物之間（一），有一種不能通過之障礙物，二者因之無由溝通。生命之原始，乃不得不歸源於一種直接的創造作用。生物死物之間，其差異雖甚大，然欲加以分別，則又極難界說。從此等難於分別之一點，已可見生物與無生物間之分別，不如普通所見之絕對的。在字典中，解釋生命之普通定義，亦至不一。或以生命爲有生之活動，或解說爲生活力（Vital force），或則即釋爲有生物與無生物區別之所在。此種解說，對於生物與無生物間之差異，是仍不能有明顯真確之界說也。一九〇七年出版之韋白斯脫字典，對於定義一項，爲其最所努力事業之一。其中「生命」之定義，謂「爲一種潛伏力。有此能力，動植

物之器官，乃得開始其各別的或合作的行爲，而繼續進行焉。至於生活力，則或視爲生理的，或視爲精神的。」然此定義，亦僅確說生命爲動植物之生活力，在其答案中，不過將其所努力界說之名詞，重述一次而已。

(一)有機之一名詞，常有二種不同之意義，此必須牢記不忘者。普通多以有機作爲與生物有關，或爲生物所成之義。有機物則爲生物活動之結果。在化學名詞上則不然，有機物爲含有炭質之物質，凡炭質化合物，無論其爲人工造成，或由組合法合成，在化學上，皆稱爲有機物。故炭質化合物在「有機」一名詞之化學的意義上論，爲有機的，而在普通意義上論，則爲無機。然化學家近已有將「有機」一名詞之特殊用法放棄之一種趨勢矣。

關於生命已有之定義，皆尙未臻完美之境。查德教授 (Prof. Judd) 於一八八七年在地質學會 (Geological Society) 之會長就職演說辭中，嘗引用大生物哲學家留埃斯 (George Henry Lewis) 與斯賓塞 (Herbert Spencer) 二氏之定義。留埃斯氏之定義，以簡單淺近之文辭出之。其定義曰：「生命爲一組確定的繼續變遷，在組織上與成分上皆然。此等變遷，進行於各個個體之內，而不改變其一致性 (Identity) 者。」據斯賓塞較爲專門之定義，則生命爲「不同性質的改變之確定結合。同時且繼續變易，與外界之共存及繼續相一致。」查德教授以爲此二定義，皆適用於主宰結晶體生長

之一種能力。複雜的結晶體之發育，亦係組織上與成分上一組確定的繼續變遷所成。此等變遷亦並不改變此結晶體之一致的性質。試舉一簡單之例以明之。當吾人用適當的光學方法，以試驗一長石之簡單結晶體時，可見其為無數之帶所成。一帶圍於他帶之周圍，而成為一組。此等連續帶，其成分既各異，而在原來構造上，差異亦復甚大。結晶體之中心部分，對於扁光 (Polarized line) 亦可作用，使之有一大的消光角 (Angle of extinction)。此消光角在各繼續帶中，愈外愈小，至於最外，則消光角可消退至於不存。此種光學試驗，普通以為此結晶體中所存之鈣氫，其比例自中心至於邊緣，逐漸減少之證。結晶體之「生機」使之在組織上與成分上，進行一長組之變遷，而不改變其一致性。是為一單獨結晶體。其後亦可完全變更，分裂而成嵌鑲他種礦物中之物質。然其結晶體，則仍保住其外部之形狀與其一致性。此等結晶體之過程，用斯賓塞氏之言，則亦一組不同的變遷，同時又繼續變遷，以與外界之共存及繼續相一致也。然則主宰此結晶體生長之能力，亦固與斯賓塞氏「生機」之定義，相符合也。

結晶體構成之步驟，在事實上可稱為生命現象中之一簡單狀態。查德教授之言曰：「所謂「生命」所謂「生機」此等名詞，不過吾人對於動植物內所進行若干複雜而難於了解之純粹的生理

作用，爲便利起見，所用之名詞耳。「生機構造」此一字果何爲可以應用於一變形蟲 (Amoeba) 或一酵母細胞 (Yeast cell) 之原子組織，而不能用於一結晶體？

赫胥黎教授 (Prof. Huxley) 早已說明，所謂生機，不過一種用於一組複雜的生理作用之名詞。而查德教授之意見，則不過重行加以解說耳。且據麥爾佗拉教授 (Prof. Raphael Meldola) 之說明，則所謂「一特殊的「生活力」之主張，在近世科學中，早已受到制命的打擊。」(一)查德教授之所謂礦物的生活力，則今已有原形質 (Protoplasm) 之一名詞代替之，原形質即原生質 (Protoplast) 是也。(二)

(一) 見麥爾佗拉教授著生機物質之化學的造成說 (The Chemical Synthesis of Vital Product) 第一卷第六頁。(一九〇四出版。) 麥爾佗拉教授除上述之文字而外，又述及尙未知悉之某種化學方法。生物即以此等作用，而造成化學家用他種方法造成之物質。

(二) 一八九三年，雅普教授 (Prof. F. R. Japp) 在布里斯它爾 (Bristol) 不列顛聯會 (British Association) 之化學組就組長職之演說辭中，贊成巴士特 (Pasteur) 氏所主張之生物與死物間的區別。巴士特氏在一八六〇年宣言，謂受生物影響而成之產物，與受其他影響而成之產物間之區別，除後者無所謂原子的不對稱之存在而外，未知更大之區別，介

乎其間也。然不對稱之化合物，在巴士特氏宣布此種觀念之一年中，亦即用人工方法造成。據雅普教授之意，則無生物僅能造成各對反對的不對稱化合物。故有生物質所成之組織，皆有一右畸模型，而無機物質，則必同時產生右畸與左畸之組織。在自然界第五十八五十九二卷中，此演說辭後，附有一有趣之討論，然此處所主張之區別，終歸於失敗。

生命一名詞之定義，既不十分明白。欲知生物之主要性質，當以從各種主要作用求之為最適當。

奧斯本 (Prof. W. A. Osborn) 在一九〇九年出版之動物生理學綱要 (The Elements of Animal Physiology) 九至十五頁中，集有生物之六大作用，是為：

- (1) 重新與修理。
- (2) 能力之吸收與工作之實施。
- (3) 適應環境變遷之能力。
- (4) 在外侮下之自衛。
- (5) 生長與生殖。
- (6) 記憶力與智慧。

凡此諸作用，在現在之生物中，其重要固為無疑。然在早期之地球上，則此等作用，恐亦不見皆為

重要，抑亦可以想見。例如上述在外侮下之自衛能力，在第一生物，殊即無需乎此。而生物開始時，亦殊未必即有記憶力。且據查德教授之言，結晶體之記憶力，更有視任何生物之記憶力爲能保留者。且生物之開始，或在地球已有一層濃密大氣之時，此大氣中所含之炭氫二及水氣既甚多，是地球面上之環境，亦或可無顯著之變遷也，即就現時而論，地球上之生物，如生長於深暗之孔穴中，或繁殖於深海底盤上者，亦尙生存於環境永未變更之若干區域中也。

然則最初之生物，殊亦可生存於此等一成不變之情形下。如是，則在其生存上，僅有三種作用，較爲重要。第一乃用爲食料等類的物質之吸收。及棄物之排洩，然此實爲生物與礦物同有之一種作用，此點亦不可忽視。凡結晶體亦有自溶液中吸收其所能用爲食料的原質之能力，遺棄其剩餘之物質而不相接觸之能力，同時並有將其剩餘物質立即重行沈積之能力也。此種礦物排洩法，在許多結晶體之包有他種物質的顆粒者，常見及之。

雖然，生物之生長，由於在體內之吸收食物，而礦物生長，則爲在外部之增加物質，此點或可視爲二者之區別。苟用專門術語以說明之，則生物藉填充作用（Intussusception）而增大其身體，而礦物及結晶體，則以增加作用（Accretion）而長大，換言之，則礦物之長成，乃其外層之增加也。普通常以

此種差異，作爲生物與無生物間之顯明的區別。然細察無生物，則此亦不足恃，蓋無生物亦有特填充作用而長成者，且亦有受制於造成植物形態之同一外部的影響，而發育成爲植物之形狀者。關於無機物成植物形狀之長成，可以勒特克氏 (Mons. S. Leduc) 之試驗，爲完美之說明，氏預備種子狀之顆粒若干，其直徑自二十五分之一英寸，至十二分之一英寸。以二份糖與一份硫酸銅相混合。將此顆粒，下於含有百分之一至百分之四之膠質 (Gelatine)，百分之一至十之家用鹽，與百分之二至四之鐵衰氮鉀 (Ferrocyanide of Potassium) 之水中，硫酸銅與鐵衰氮鉀相作用，成鐵衰氮銅之薄膜。水可以透過此膜，而糖則不能。依此情形，水乃繼續流入於顆粒中，而將糖粒逐漸溶解。顆粒於是開始擴大。自此顆粒上，突出小芽，因膜之產生內部壓力，在尖端更速於在邊上，其長度亦遂逐漸增進。此芽狀凸出物，乃成爲圓柱狀之莖。因莖之彎曲，或其他原因，邊上乃爲一弱點。於是莖發育而成植物狀之凝灰岩。一旦此莖達於水面，亦仍能向上生長。以後之成長，則進行於邊上，於是產生一薄層，散布於水上，如荷葉之浮水然。此等有種子有莖有葉之組織，在性質上，純粹爲無機的，且其從事於複雜的植物生長之模仿，實爲純粹機械的影響所左右，然從其藉填充作用而生長之一點而論，則殊未常有異於有機也。

生物之第二特性，爲具有自食物吸取能力之一種能力，與夫從事工作之能力。生物將複雜而不穩固之化合物，分裂成爲簡單而較穩固之物質，因以取得其能力之供給。然無機物亦能以純粹物理的方法，吸取能力例如冰之熔解，吸收潛熱，熔炭燃燒，則放散能力是也。

第三特性乃一種繼續上述二種作用之能力。蓋此乃一種將從事於此種作用之能力，在體積過大，必須分工之時，轉移而至於物體個別部分之能力也。生物不僅能分爲較小之物體，且能將其從適宜的食物產生能力之一種能力，移轉而入於各個較小之物體中，同時又能將此較小之物體，再行分裂。然此種方法，在無機物亦甚爲普通。蓋在岩石凝固之時，結晶體立即達於某一體積，而不能再事增長。然後來物質，可沈積於此已成之結晶體之面上。迨生長而成另一結晶體，則此結晶體，可以增加至於與前代之結晶體，同其大小。儲藏於地下廣大熔岩中之結晶體，何以不生長成一偉大之體積，此理初視殊頗不易解。古之地質學家，對於板岩質之劈開 (Cleavage)，與結晶質之劈開常苦無從分別。致有認湖州 (Lake District) 中斯啓多 (Skiddaw) 之板岩質的全山，爲一廣大之結晶體者。實則已知之最大結晶體 (綠寶石 beryls)，其重量亦不過在二三噸之間，而此等大結晶體，已爲世間罕有之物矣。即某種岩石所成之廣大深厚之地層，業已完全結晶，然組成此岩石的礦物之體積，則普通亦

尙極渺小也。結晶體之平均大小，約爲若干分之一英寸，在大多數岩石中，結晶體之直徑，稀有達於一英寸或一英寸以上者。故結晶未久，結晶體之體積，卽達一極限，於是物質之沈積，乃在小結晶體之連續的各代中，繼續進行。凡結晶體，皆有同一之普通性質。且其中年代之較幼者，與其前輩，每生長於同一線上。

故在生物簡單形式中之三種重要方法，結晶體亦具有之。

然則無機物與有機物間之區別，果何如乎？其最原始之區別，或在化學成分上之差異。普通礦物多爲硫酸鹽類及土質物質所組成。有機物則不然，爲炭、氮、氫、硫、磷、鈉、鉀、鐵、炭、鈣諸原質之所成。其中比例之最大最多者，則爲炭、氮與氫。其他重要原質，則存在之分量較少。最先造成之有機物，或僅爲一種以炭、氮、氫三種原質之所組成者。柔軟而黏滯，苟與若干水分相混合，則成一種膠質物之組織。

故所謂生物原始問題者，乃此種炭質膠質物在何種情形下造成之一問題也。在此種情形之下，膠質物之量，逐漸增加，以至於有機械的重行分裂之實現，於是各個體乃遺傳得重行生長與重行分裂之能力。然則生物原始之一問題，乃一種能自行傳代自行生殖之炭質膠質物之造成問題也。至於此問題之性質，則頗可視爲其後來全部生物演進之開始。

在早期地球之上，或即爲在若干無機物上開始進行此等方法時之情形。爾時地面溫暖而潮濕，因空氣層之厚度與密度，天空中常存之雲霞，以及碳酸成可能的高比例之故，當時地球面上之環境，其變遷或非常微小，全年中之溫度，晝夜或約略相似。在地球發育史上此等時期中，空氣之中，或富有複雜而不穩固，爲現代環境下所不能存在之化合物，如炭氮磷等等化合物之存在。此類物質，溶解於池水中者，亦必甚多。其飽和於沿海岸之汙泥中者，亦必常有。沿海岸飽含水分之汙泥，今已證明其爲適宜於最初生物生長之一種媒介物。蓋在汙泥上之自然環境，溫度與濕度必不一定，其柔軟之面部，乃成爲此等原始膠質物最適宜之立足點。在此等環境之下，一種複雜的成凡士林狀態之膠質物，可自空氣中之炭質化合物而沈積，且與各種氧氮磷之化合物相化合。在此等物質繼續生長之時，偶有使之分裂成爲小塊或小球之作用，而不穩定的化合物之吸收，則同時能使膠質物內部，蓄有能力，因此種能力之放散，大塊膠質物內部，乃起自動的運動。故在早期地球之特殊的地理環境之下，純粹的化學方法，可造成與現今僅能得諸有機物內之化學成分相同之一種炭質物。且因機械的物理力之作用，能使之有重分與運動之性質。此類物質，蓋不啻原始生物之最近似的祖先也。然此等生物之組織，比普通所視爲生物中最簡單形式之細胞，更爲簡單。近代動物中之最簡單者，爲原生動物 (Proto-

tozoa) 意爲第一動物也。然實則一謬誤之名稱。蓋所謂原生動物，實已爲比較複雜之生物。在原生動物之前，地球上必已有更爲簡單之生物，即所謂原始生物 (Protobion) 者之存在也。

原始生物 (Proto = first 原始, bios = life 生物) 蓋原始的膠質物被一種化學劑所謂接觸劑 (Catalyser) 者之作用而發育演進者也。

接觸劑爲一種化學上之藥劑，能使一混合物之分子間，開始一種作用，而接觸劑之自身，則在此作用中，始終居於旁立，而未有直接之作用。一非常微末之接觸劑，每能維持一極大之作用，而自身則未常消失或蝕耗之能力。蓋被其作用之物質，其分量之多寡，皆與接觸劑無關也。氫氮二氣相處於一處，則僅爲一簡單之混合物，然苟以一小片之海綿狀白金，投入於盛此二氣之器中，則二氣立即化合，迅速非常，且常有爆發之能力。然白金之自身，則始終未變，此微小之一白金片，其所能促成之氫氮二氣之化合，爲量蓋極大也。

許多顯著而又神祕之生理作用，昔嘗有視爲生物之特殊功用者，今已知其爲接觸劑之純粹物理作用之結果矣。接觸作用，多不過爲一種物理作用。一八四二年，麥塞氏 (Mercer) 已最先解釋之。氏乃取證於錳氫一在草酸 (Oxalic acid) 與硝酸之混合物上之作用。草酸 ($H_2C_2O_4$, $2H_2O$) 氫二炭

二氮四加二分水)奪去硝酸(HNO_3 。氮氮三)中之一份氮氣而將硝酸破壞之。然此二酸與水之一種混合物,則在硝酸尙未進行其還原作用之時,亦可成此種比例而造成。是後加以一片錳氮一(MnO) ,此作用又重行開始,硝酸於是爲所破壞,而錳氮一之自身,則未起任何明顯之變更。氏之解釋,以爲錳氮一亦有從硝酸吸收氮氣以造成錳二氮三之趨勢,蓋錳二氮三中含氮比錳氮一爲多也。硝酸於是因錳氮一與草銜之合力作用而破壞。然錳二氮三不能存在於草酸存在之時,故亦立即重返而爲錳氮一。如是重開進行,一而再,再而三,硝酸所放出之氮氣,於是皆爲草酸所獲得。故錳氮一之作用,實無異一輪制(trigger),硝酸之分解,錳氮一實開始之也。同時錳氮一因在此種試驗情形之下,不能與硝酸所放出之氮氣永久化合,故仍保其原狀,未有變更,且繼續維持硝酸之破壞作用,以至於無窮。

錳之接觸作用,並不限於無機物,如柏特龍氏(G. Bertrand)之說,(1) 酵質(Diastase)之氮化作用,亦由於錳之爲力。是與上述試驗中錳氮一促成草酸之氮化作用,爲用正相同。所謂酵質,乃一種從榕樹(banyan tree)及零陵香草類(Lucerne)取得之膠質(Laccase)也。

(1) G. Bertrand, "Sur l'intervention du Manganèse dans les Oxydations Provoquées par la Laccase,"

故接觸劑實爲一種無機的與物理的藥劑。能作用於無量數之物質。槍礮上之銅帽，(percussion cap) 能燃着火藥而使槍子爆裂，亦猶是也。故接觸劑之多寡，與其所作用物質之多寡，固無何種關係也。因接觸作用所成之物質，苟能使造成此物質之接觸劑，亦起化學作用，則此等物質之造成，當歸功於其創造能力矣。

凡接觸劑能力所起之作用，皆完全自由，不受限制。蓋接觸劑猶蓄水池之木塞也，使塞而逸出，則數千萬噸之水，皆將因輕微之擊動，而自行運動不息矣。故接觸劑之爲用，實未嘗如抽水器之逼水入於池中之作用也。

在原始世界之中，汗泥質海岸上生物之發育，可分爲二種步驟。第一爲複雜的膠質物之造成。此膠質物大半爲存在於原始空氣中各種分子所成之炭質化合物。

第二則爲造成此膠質物的接觸劑之成功。此種接觸劑，乃給予膠質物以分裂各種不適食用之複雜而不穩定的化合物，成爲簡單而穩定之物質之一種能力者也。此等化合物之還原作用，則給予膠質物以內部之能力，使之能維持一種均勻一致之溫度，造成其內部液質之流動，以及他種成迂緩

而自動的運動之能力。此內部能力之作用，猶生物之生活力。接觸劑之爲用，乃在於給予此種化學沈澱的膠質物以一種不確定的增加，分裂與運動之能力。

以上關於原始生物演進程序之論列，似皆不十分確定。此則未嘗用各種複雜的化學物質之名詞而敘述之故也。此等物質，在生物之演進中，固皆當造成者。故今當轉而探討在此種原始生物演進期中，在理論上所應發生的各種物質之化學的性質焉。

最簡單之有機分子，爲炭水化合物 (Carbohydrates)，是爲炭氫與氧所成者。因其中氫氧之比例，一如求中氫氧之比例，故名曰炭水化合物。例如澱粉 (Starch) 爲六分子之炭 (C) 與五分子之水 (H_2O) 所合成，故其成分爲炭六氫十氧五 ($C_6H_{10}O_5$)。葡萄糖 (Dextrose) 則爲六分子之炭與六分子之水所合成，故其成分爲炭六氫十二氧六 ($C_6H_{12}O_6$)。甘蔗糖則爲十二分子之炭與十一分子之水所合成，其成分爲炭十二，氫二十二，氧十一 ($C_{11}H_{22}O_{11}$)。

炭水化合物爲炭氫二與水化合而成。在化合時，若干氧氣，必須逸去。例如澱粉之成，由於六分子之炭氫二與五分子之水間之作用，此時必放出六分子之氧氣，故：



氮氣之放出，必有需於能力，此所需之能力，則得諸於電氣或日光。如一種炭水化合物曰蟻醛 (Formaldehyde) 者，即以炭氮二與水在一種電氣作用下爲人工所造成者。又如蟻酸 (formic acid) 與蟻酸鹽類 (formates) 可以用普通化學方法造成，則亦知之已久矣。一八六五年，馬累氏 (Maly) 氏以碳酸鈣造成蟻酸，一八八四年，巴羅氏 (Ballo) 用鉀與鈉使重碳酸鹽還原之作用，造成蟻酸鹽類。鎂與鈉在今日固不能覓得其成爲天然原質者，然在原始之空氣中，未有氮氣，則此二原質，自不難常保其天然狀態。故在當時，鎂鈉鉀三種原質，其可自由存在於地球表面，固無疑義。用此種無機方法造成之蟻酸，可因金屬鎂之作用，而返於蟻醛。是則一九〇七年，樊吞氏 (H. J. H. Fenton) 已證明之矣。(一) 氏又以爲蟻醛可將鎂在水中作用於炭氮二上而直接造成之，無需經過蟻酸之一步驟也。

(1) 樊吞氏著 "The Reduction of Carbon Dioxide to Formaldehyde in Aqueous Solution," *Trans. Journ. Chem. Soc.*, Vol. XCI, 1907, pp. 687-693. 此文中附有以前關於本題的文字之參考目錄。

且羅伯氏 (Löb) 亦已證明蟻醛可以炭氮二與水在一種平靜電氣作用下造成之。

苟謂此等作用，在原始之空氣中，皆不能進行，則誰能信。故在電氣作用之下，或光線影響之下，一種自然的無機方法，實可以產生大量的炭水化合物。

加氫質（所加服入之氫質置一種與氫氯化合者）於炭水化合物，則造成銓酸（Amino-acid），是即所謂生物之「基本物質」（basic substance）者是。此等銓酸，類為微弱之酸類，其造成雖多由於有機作用，然亦已有用人工方法造成者。銓酸之構造，甚為簡單，然其許多簡單之分子，（molecule）可進而組合成一極複雜之分子。（二）因此分子之組合，蟻酸乃變為蛋白質。（protein）蛋白質者，原生質中最重要之組成分子也。

（一）由單獨的分子進而成為化合的分子，此種無機的集中作用，已為科里教授（Prof. Norman Collie）所發見。醋酸（Acetic acid）屬中之若干酸類詳見 Journ. Chem. Soc., 1907, pp. 1806-1813

炭氫二與水相化合而成炭水化合物時，必須有炭氫二與水之存在，固無論矣，此外并須有若干能力之供給，如光或電氣等等之存在，據斯奈得氏（Snyder）之說，第一個炭水化合物，或為一火山之產物。蓋氏以為炭水化合物，僅能造成於有炭氫二比當時海洋上或空氣中更為濃密之處。火山當爆發之時，放出大量之炭氫二，而火山之上水汽管，則於時含有濃密之水汽，與炭氫二。在火山雲塊周圍之電氣，乃使二氣起化合作用。故炭水化合物之造成，或為一種火山作用之結果。然在火山爆發之時，化學的與物理的情形，實為一種極不適宜於生物創造之環境，至於炭氫二之分量，在實驗室中

用人工方法急促的製造炭水化合物時，雖必先有大量的聚集，然在當時之自然環境下，則或亦可從較稀之溶液中，以一種弛緩的作用而造成炭水化合物。

炭氫二之成爲足以造成一炭水化合物的濃度者，在放出炭氫二之溫泉附近，亦已可應用。

炭水化合物原始之說，其又一駁議，則爲當時之溫度太高，不適用於生物演進中之以後進行。地球上之溫度，在未達華氏一百四十度至一百六十度以下之時，生物斷不克發育，此點幾已可確信無疑。可更高於此之溫度下，有機的組成分子，有須開始凝集者。以溫度而論，則湖瀉之邊，與溫泉之旁，當遠勝於一活火山之噴出口上。且生物在此等位置發育者，可即在同一地點，進行以後之步驟，故更視火山口爲適宜。

銹酸中分子之互相組合爲蛋白質，爲一種弛緩恬靜之進程，殆無疑義。故炭水化合物即在火山環境下因電氣作用而造成，而蛋白質則斷不能即於此地發育。此簡單的原始膠質物，其獲得與蛋白質相類似之較爲複雜的成分之物質，或在若干平靜之淺瀉中，以瀉中之水，含炭質化合物及礦物鹽類甚多，而以日光爲其能力之來源也。炭水化合物成爲蛋白質之變換作用，最常見於水中，或潮潤之汙泥中，因造成生物質之主要化學分子——即五種氣體與硫磷鈉鉀鈣銹之屬，皆易於爲水所溶

解，且常爲海水之組成分子也。

炭水化合物可在日光影響之下，逐漸造成於淺水之中。其從銹吸收氧氣之吸收作用，則可將炭水化合物變成一種銹酸。其後因許多分子之混合爲一，且從水中取得少量之鹽類，此銹酸於是變爲蛋白質。

此小量的礦物鹽類，其作用或爲一種無機的接觸劑，而予原始生物以生活力。炭水化合物最初或被一種純粹機械的工作所分裂，後因外層之失去水分，面上皺成一薄膜，此工作乃受其阻礙。迨此膜之力逐漸增加，生物於是獲得分裂之能力，而當時所必需之僅爲機械的工作，至此乃無所需矣。至於此種步驟之進行，則或由於一種含有磷質的接觸劑之影響。

細胞之分裂，乃受其細胞核之影響。在細胞中最重要之組成分子爲細胞質 (Nuclein)，以磷爲其主要之組成分子。無磷之細胞，僅能生存而不能分裂。磷爲火成岩中一普通之組成分子，在火成岩中多存在於一種所謂磷灰石 (Apatite) 之礦物中。此石大都爲磷酸鈣之所成。磷酸必從此礦物溶解而來，攜帶而入於池沼中，以備造成能給予原始生物以獨自分裂的能力之接觸劑。

所謂生物發生之神祕，換言之，不過此種特殊形式的接觸劑發生上之神祕耳。吾人雖或已知有

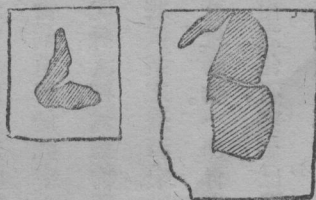
此接觸劑，然其性質則仍渺茫而可疑。蓋吾人苦無機會，得以從化石獲得當時之證據也。位於原始生物造成處之上之汗泥，即得保存而不壞，然其體素之柔軟若是，則亦不能保存而不消失。况原始生物所生長之地層，久已毀壞無餘乎。蓋生物發生之時期，其早於已知的最古化石之時期，亦猶已知的最古化石之時期之早於今日也。

古生物學 (Palaeontology) 爲地質學之一支，乃討論地球上生物之歷史者。然實際亦僅限於古代動植物之有堅硬部分或葉莖之得保存於岩石中者。其中饒有意味之證據，當爲遺留於泥中之軟體動物的足跡。然此等足跡之解釋，則殊困難而不易確定。從前生物之可特的記錄，大都爲動物所遺留之骨骼，與介殼，或植物之木質體素。保存良好之動物遺體，其最古者，乃得諸寒武系之岩石中。從此等遺體，可見即在當時，地球亦大半爲動物界中發達較高者所居住。此時尚無脊椎動物。（即有脊椎之動物。）脊椎動物之最古的足跡，乃發見於志留系中。然在寒武系岩石中所得之化石，亦幾已備具各主要種類之代表。昆蟲自不能早日出現，蓋大陸上之植物，尙未發育完備以前，昆蟲自不能出現也。然有硬骨的無脊椎動物之各門中，則大都在寒武紀時早已存在。是則寒武紀以前，生物之存在於地球上，必已經過一極久長之時期，蓋可無疑。在寒武紀以前之岩石中，多有可以希望有若干化石之

保存於其中者。蓋此等岩石，其所指示當沈積時之物理的環境，其適於生物之存在，與若干後成岩石之富有化石者，乃相同也。

且在寒武紀以前，生物之存在，亦有或種之證據，不過此等生物生存之痕跡，非常薄弱耳。蘇格蘭之叻利系砂岩中，所得之若干磷酸鈣顆粒，因德博士 (Dr. G. J. Hinde) 謂中有可以辨認之有機的構造。在北美合衆國之蒙太那省 (Montana) 有一寒武紀以前之小動物羣，以其中之重要分子爲名，而名之曰辦爾的那動物羣 (Belina fauna)。辦爾的那 (第三十八圖) 雖爲已知最古之保存良好的化石，然亦已爲一種發育良好之甲殼類。是則其前必已有一長系統之祖先矣。故從此辦爾的那與其他證據而論，在寒武紀以前之世界上，已爲一大羣發育較高之生物所居住，此類生物隸屬於各門各類，且合動植物而兼有，蓋無疑矣。至於生物遺跡之稀少，或由於其無堅硬部分之一事實。故吾人欲希望推求生物之歷史以至於寒武紀以前之時期，殊已不可能。吾人對於古生界以前生物之發育，實祇能恃一種理論的了解而已。(一)

第三十八圖



(1) 據最近高爾特博士 (Dr. Walcott) 宣布，在蘇必利爾湖 (Lake Superior) 附近之更古的岩石中，發見一種化石海綿 (Sponge) El Atikokamia lawsoni。此亦爲一種特別的發育之古生界形態的化石。

寒武紀以前之動物，何爲而無骨骼。此問題有二種解釋。其一爲化學的，其又一則爲生物的。據化學的解釋，則寒武紀以前之海水成分，乃爲動物造成碳酸鈣的介殼所不可能者。蓋寒武紀以前，石灰岩雖亦非常繁多，然類皆沈積於當時深海之下盤上，則此等物質不適於造成介殼之用，抑亦顯而易見。海水之中，所含碳酸鈣甚少。生物所需以造成介殼之物質，其鈣乃得諸磷酸鈣。蓋磷酸鈣之存在，固較碳酸鈣爲多也。動物分泌碳酸鈣，碳酸鈣作用於硫酸鈣之上，而造成碳酸鈣與硫酸鈣。如是獲得之碳酸鈣，動物於是用以造成其介殼。造成於海中之碳酸鈣，苟異常衆多，則如達雷 (Daly) 氏之意見。將作用於硫酸鈣之上而沈澱碳酸鈣。化學的方法所造成之石灰岩地層，皆聚集於海洋下盤之上，未有用爲造成介殼者。軟體生物之遺體，苟不爲肉食生物所吞噬，僅以腐敗作用而逐漸毀壞，則大量之碳酸鈣，可因軟體生物之繁殖而造成。

太古界中若干沈積岩，或含石灰極少，因其地動物甚稀少，碳酸鈣不能產生，則自不能有化學的或生物的碳酸鈣之造成也。

骨骼之不存在，其生物方面之解釋，則伊文思博士(Dr. J. W. Evans)主張之。此中更涉及寒武紀以前海中肉食動物不存在之故。外部介殼與骨骼之發育，常爲一種抵禦肉食動物侵略之用。而內部骨骼，則爲給予一種從敵手逃逸或追捕敵手時迅捷運動之自主能力。最古發生之動物，爲一種肉食動物，固可無疑。此等動物，或恃漂浮海上之微小植物以爲生。至於肉類之食用，必爲一種後起之變化。如是，則凡動物皆恃植物以爲生之時，動物自無需有堅硬的貝介，針刺，甲殼或其他反抗之具之存在。伊文思博士又有一奇巧之主張，以爲去寒武紀以前時期不遠，動物中有一種，或即變爲肉食。此可想見其所在之處，必有取食無窮之無抵抗的食物之供給。其分子又繁殖極繁，於是不久即成爲生物中之一優越者。

各種動物因受環境之壓迫而同時產生介殼。除有特殊習性或有抵抗能力之動物外，唯有曾經此種改變者，乃得生存而免於滅亡。於是在各種不同之生物中，乃有一同時期的介殼之發育。此等生物，在同一時期，皆遺留其最初紀錄於當時之砂上。

對此學說，有一反對之點。蓋動物之堅硬部分，大都爲支持身體之用而非所以抵抗外侮也。軟體動物如珊瑚之類，其生長乃圍繞一中樞骨骼之四周而暴露於外者。分支骨骼，則所以爲抵抗波濤與

碎浪，以免大羣爲所破壞之用。同時又所以使其柔軟部分，得自汗泥或砂質海底擱出以入於清水，使其面積增大，以便易於收集氫氣以及其他食物。此等對於物理力之適應作用，其當時作用於寒武紀以前之海中者，亦必一如在其後之時期。此外如鑽孔動物如蠕蟲之類，其生存於寒武紀以前之時期，亦復無疑，然當時之遺跡，亦殊稀少，其繁多蓋開始於寒武紀之始期。

故無論從何種原因而論，動物之發生介殼及石灰質支持物，其開始當在寒武紀時期之開端，蓋可了然而無疑。

爲生物原始問題之解釋起見，吾人可常依據生理學家所提議之各種可能的方法，以討論之。惜此等理論的方法，過於渺茫而不易確定，不能與岩石中所得同時代之紀錄作比較耳。

參考書目 (Bibliography)

討論本書中所論及各學科之文字，大都皆偏於專門方面，而散見於各種科學的著述之中。

關於地球最早歷史之天文學上證據，波爾氏 (Sir Robert S. Ball) 著之地球原始論 (The Earth's Beginning) (一九〇一年出版於倫敦，全書計三百八十四頁。) 中有一編通俗的總結。星

雲爲隕星的成分之學說，羅契氏 (Sir J. Norman Lockyer) 在一八九〇年倫敦出版之隕星學說 (The Meteoritic Hypothesis) 一書，實創始之。(全書凡五百六十頁。) 微行星學說，則張伯林 (Prof. T. Chamberlin) 與莫爾頓 (Prof. Moulton) 二教授，申述於一組論文中。然張伯林最完備之記述，則在氏與索爾茲巴立教授 (Prof. R. D. Salisbury) 合著之地質學——地球之歷史 (Geology—Earth History) 第二卷第一至一百三十二頁。一九〇六年倫敦出版)

關於星雲之天文學上例證，克拉克女士 (Miss A. C. Clarke) 之恆星之系統 (System of the Stars) 中有一普通的總結。(全書計四百〇三頁，一九〇五年再版。)

關於微行星學說之若干有趣問題，士發次教授 (Prof. E. H. L. Schwarz) 在一九一〇年出版於倫敦之理論地質學 (Causal Geology) 中嘗討論及之。(全書二百四十八頁。)

關於地殼上原生岩之造成，哈葛博士 (Dr. A. Harker) 所著之火成岩的自然史 (The Natural History of Igneous Rocks) 中嘗討論之。(此書係一九〇九年在倫敦出版)

地球之四面稜體形學說，格林氏 (W. L. Green) 之流體地球之痕跡 (Vestiges of the Molten Globe) 一書，實基其礎。此書第一編計五十九頁，一八七五年出版於倫敦，第二編計三百三

十七頁，一八八七年出版於火奴魯魯 (Honolulu)。此種學說，已爲許多地質學家所採取，且幾經引
申與修改。在法國地質學家中，則已故之拉巴倫教授 (Prof. A. de Lapparent) 在其所著之地質
學論著 (Traité de Géologie) (一九〇〇年四版) 第三卷一八四九至一八五三頁及一九〇〇
年巴黎科學會報告書 (Compt. Rend. Acad. Sci. Paris) 一百三十卷六一四至六一九頁地球
之對稱的四面稜體形說 (Sur la symétrie tétraédrique du globe terrestre) 一文上引用之。柏
特龍氏 (M. Bertrand) 亦在一九〇〇年巴黎科學會報告書 一百三十卷四四九頁至四六四頁地
球之四面稜體形與兩極之變位作用 (Déformation tétraédrique de la terre et déplacement
du pôle) 一文上引用之。米雪爾雷維氏 (A. Michellévy) 亦引用之於其所著地球斷裂面之排列
與分配與面部之破壞對於火山噴發之關係 (Sur la Coordination et la Répartition des
Fractures et des Effondrements de l'Ecorce Terrestre en Relation avec les Epanchements
Volcaniques) 一文上，見一八九八年法國地質學會會報 (Bull. Soc. Géol. France) 第三種第二
十六卷一百〇五至一百二十一頁。在意大利則吐林大學教授薩科 (Prof. F. Sexco of Turin)
引用之於其地球之原始說 (Essai sur l'Orogénie de la Terre) (一八九五年) 與地球原始之

基礎 (Les lois fondamentales de l'Orogénie de la Terre) (一九〇六年出版於吐林) 二書中。愛默生博士 (Dr. B. K. Emerson) 在美國地質學會會長就職演說辭中又引申之。其詳見一九〇〇年美國地質學會報十卷六十一至九十六頁上之四面稜體形的地球與大陸間海帶 (The Tetrahedral Earth and Zone of Intercontinental seas) 一文。至於此學說之主要問題，則原著者嘗有一文投皇家地理學會見一八九九年地理雜誌第十三卷二百二十五頁至二百五十一頁上地球設計與其原因 (The plan of the Earth and its causes)。

近數年來，對於此種學說有最重要貢獻之文字，當推阿爾次博士 (Dr. T. Ardt) 所著之大陸與地球之進化 (Die Entwicklung der Kontinente und ihrer Lebewelt)。(一九〇七年出版於萊比錫 Leipzig，計七百二十九頁，附圖二十三。) 在此書中，氏以大陸之進化，與地球上從前生物分佈之狀況為參證，而加以討論焉。

地球上水陸之分布，由於高地低窪成一種有規則之排列，最先申述此說者，為拉坡華士教授 (Prof. C. Lapworth)，氏在一八九二年不列顛聯會地理組之組長演說辭，及皇家地理學會在一八九四年所發行地球之面部 (The Face of the Earth) 小冊 (計十四頁) 中，皆申述之。然氏之

文中，僅及其果而未究其因。拉甫教授 (Prof. A. E. H. Love) 關於地殼之變形，有一算學的解釋。其學說係根據球體調和學 (Spherical harmonics)，以說明水陸之分佈何以可用造成交互的上升與陷落之地球變形解釋之。據拉甫教授之意，地球之所以有一種高低地成調和的分佈之情形，乃由於三種原因：

第一，地心吸力之中心，在位置上乃偏心者；

第二，地球非球形體，乃一種有三條不等軸之橢圓體，類如一個二邊略偏之鷄子；

第三，各區之密度不同，較重之部分，因地球自轉之故，常欲向外逸出，於是地面乃凹凸不平，而成爲隆起與陷落區域交互的情形。

拉甫氏以爲大陸高地與海洋低窪在此等物體上之排列，將與現在地球上分佈之情形相符合。氏在一九〇七年勒司特 (Leicester) 舉行之不列顛聯合會中就物理組組長之演說辭中，對此學說，曾有明白之解釋。其結果大致與四面稜體形學說之結果相合，不過四面稜體形學說，對於高地與低窪之分佈，其所貢獻之解釋，較爲簡單而較爲可疑。其完全報告書曰地球之地心吸力的隱定性 (The Gravitational Stability of the Earth)，發表於一九〇八年出版皇家學會之哲學專刊 (Philosophical Transactions of the Royal Society)。

sopical Transactions of the Royal Society) 第一百〇七卷一百七十一頁至二百四十一頁。

水陸分佈常如現狀之學說，華拉斯博士 (Dr. A. Russel Wallace) 在其所著之海島生活 (Island Life) 中有完美之申辯。此書係一八八〇年出版於倫敦，計五百二十六頁。

在近時著作中，附有各時代之世界地圖者，除上述阿爾次氏之著作而外，法勒希 (Prof. F.

Frech) 之巨著地質學 (Lethaea geognostica) (一八七六至一九一〇年出版於司徒嘉德

(Stuttgart) 及豪格教授 (Prof. E. Haug) 之地質學論著 (Traité de Geologie) (一九〇七年

至一九一一年出版) 亦可資參考。關於美洲，則維理思氏 (Bailey Willis) 所集論文曰注重北美

之地質史綱 (Outlines of Geological History with Especial Reference to North America)

(一九一〇年出版於芝加哥 Chicago 計三〇六頁) 可供參考。

關於地球上大陸之構造與其分類，苴斯教授 (Prof. Suess) 之地球之面部 (The Face of the

Earth) 爲最巨之著作，計共四大卷。苴斯教授之意見，其最終結論及其解釋所用之地圖，在英文譯本

中不能覓得，須求諸德文版本 (一九〇九年維也納 (Vienna) 出版之地球之面部 (Das Antlitz

der Erde) 第三卷第二編七百八十三至七百八十七頁。]

現存的山嶺系統之設計，泰羅氏 (F. B. Taylor) 之關於地球設計的原始上第三期山嶺帶之存在 (Bearing of the Tertiary Mountain Belt on the Origin of the Earth's Plan) 一文上，有所記述。此文見一九一〇年美國地質學會報第二十一卷一百七十九至二百二十六頁。

關於均衡說之最近著作，維理思氏 有一有價值之結論，即一九一〇年華盛頓斯密司孫社年報 (Ann. Rep. Smithsonian Inst., Washington) 三九一頁至四〇六頁上何為大陸均衡說現代研究之總評 (What is Terra Firma?—A Review of Current Research in Isostasy) 是也。

討論生物的定義與由來之著作中，查德教授 (Prof. J. W. Judd) 在一八八七年地質學會之會長演說辭，頗可參考。此文見一八八七年之地質學會會報 (Proc. Geol. Soc.) 三十至五十七頁。生物開始時地球上之或種情形，斯奈得斯氏 (Snyders) 所著生物開始時之自然環境 (The Physical Conditions at the Beginning of Life) (在一九〇七年之科學進步雜誌 Science Progress 第三卷五七九至五九六頁) 討論之。此中並附有關於專門學術之參考文字甚多。

微行星學說與生物起源之關係，馬克杜加爾教授 (Prof. D. T. Macdougall) 在一九一〇年出版之維理思氏注重北美之地質史綱二百七十八至二百九十九頁中自生的物質之起源與乾燥

對於其演進的發育上之影響 (Origination of Self-generating Matter and the Influence of Aridity upon its Evolutionary Development) 一文之引言中，有所敘述。

著者對於寒武紀以前無化石存在之解釋，則以為或由於無適用的石灰岩之存在。見勒司特舉行之不列顛聯會中之演說辭。(在一九〇七年之不列顛聯會報告 Brit. Assoc. Rep. 四百九十二頁。) 達雷博士 (Dr. D. A. Dalry) 之論文曰寒武紀以前之無石灰的海洋 (The Limeless Ocean of Pre-Cambrian Times) (登美國科學雜誌 Amer. Journ. Sci. 第四類，第二十三卷，九十三至一百十五頁及三百九十三頁。一九〇七年出版) 者亦同時發表，唯略早耳。

關於美洲寒武紀以前含化石之岩石，窩爾科特氏 (C. D. Walcott) 嘗為文討論之，曰寒武紀以前之化石地層 (Pre-Cambrian Fossiliferous Formations) 見美國地質學會會報第十卷一百九十九頁至二百四十四頁，二十二圖至二十九圖。一八九九年出版。