



生物地質學

杜芳城譯

上海北新書局印行

生物地質學

杜 芳 城 譯

上 海
北 新 書 局 印 行

1930, 3, 1, 付排

1930, 5, 1, 初版

1—2000

每冊實價 ^五七角

生物地質學目次

緒 言

第一章 生物地質作用之特性…………… 1

石灰岩與生物

硅石與生物

礫土與生物

鉄錳與生物

硫磺與生物。

碳質與葉綠素

磷與生物

氮與生物

海泡與蛋白質

— 1 —

08493

目次

第二章	現代生物之現出.....	31
	水圈——浮游生物——游泳生物——	
	海底生物——湖棲生物	
	大氣圈——浮飄生物——飛行生物——	
	地面生物	
	生物圈——浮游生物——遊行生物——	
	着底生物	
	三圈之聯絡	
第三章	過去時代生物之現出.....	61
	地質相與化石	
	水圈中生物之化石——浮游生物之化石——游	
	泳生物之化石——海底生物之化石，大氣圈中	
	生物之化石	
	生物圈中生物之化石	
	屬動物原之碳質物——石油——天然白蠟——	
	地蠟——地瀝青——泥火山——坑氣屬植物原	
	之碳質物——泥炭——褐炭——瀝青炭——無	
	煙炭——石墨	

目次

第四章	現代生物之作用.....	25
	岩石之生物的構成——搬積岩——動物性堆積 岩——珊瑚礁——植物性岩石——灰拓發—— 灰華——植物性堆積岩	
	生物之侵蝕——動物之侵蝕——植物之侵蝕	
第五章	過去時代生物之作用.....	119
	地質時代之區分——地球年數之推測	
	過去時代生物作用之性質——岩石之構成—— 灰質岩——硅質岩——磷灰岩——硫化岩及金 屬岩	
	過去時代生物之侵蝕	
第六章	生物現象之繼續.....	133
	海洋圈中之繼續	
	大氣圈中之繼續	
第七章	進化學說與動物.....	151
	生物進化之學說——陸謨氏說——達爾文說— 其他學說	
	有機體之趨於完全——頭足類及魚類之全盛時	

目次

期——兩棲類之全盛時期——爬蟲類之全盛時期——哺乳類之全盛時期
動物達全盛時期後之衰敗

第八章 生命之現出…………… 165

 生命現出之研究——自然發生說——
 宇宙胚種說——其他學說
 生命之由來與進化論
 生命現出地點之探索
 地球發生史中種種力之參預——物理力之參預
 ——結晶力之參預——地面水之參預——生物
 力之參預

生物地質學

凡 例

- 一、 本書之性質為討論生物之在地質一方面之工作及其在地球進化上之使命。
- 二、 本書體裁仿照法國 Stanislas Meunier 氏之『La Geologie biologique』，先論生物地質作用之特性，次論生物作用，終乃述生命之現出，循序而進，冀易了解。
- 三、 生物學與地質學有密切之關係，在非專攻地質學之學生，既無暇習地質學，自不易明瞭由生物作用所惹起之結果；在非專攻生物學之學生，既無暇習生物學，自難明瞭生物進化之跡，本書為便利一般讀者起見，對於有關生物

凡 列

之地質現象及生命，進化學說等加以必要的提示。

四、本書專供高等學校生物學系及地質學系預科之用，使讀者對於生物與地球進化之關係有深切的了解。

參考用書

Muntz——Sur la be'ecomposition des roches et la formation de la terre arrable

Stanislas Meunier——La geologie biologique

EM. Kayser——Allgemeine geologie

Dannenberg——geologie der Steinkoklenlager

Zittel——Paleontologie

Mohr——Geschichte der erde

G. Bischof——Lehrbuch der physikalischen und chemischen Geologie

C. Engler und H. Hofer——Das Erdol, seine Physik, Chemie, Geologie, Technologie.

生物學精義

生物地質學

緒 言

生物地質學 (Biological geology) 爲地質學之一分科，其目的在討論一切凡爲生物之特性的能力在地球上所惹起之變化及由是種變化所發生之結果；換言之，本科之範圍係偏於地質現象中關於生物的一方面。

在生物地質學中，生物視爲完成某一定工作之工具，而與海洋，火山，冰河等有相同之作用。在地球表面，生物一方面惹起新岩層，而一方面使舊日之岩層破壞，宛如海洋，冰河等惹起或破壞岩層然。

地質學者不但負指出生物在地質作用一方面與海洋或冰河相同之責任，且應比較昔日與今日之生物作用，

緒言

證明生物作用不依時代而有差別。

吾人若以純粹地質學者之立場而論由生物所惹起之結果，則生物實為一種有機力而與種種無機力共同維持地面之平衡狀態。生物在其維持地面平衡狀態之工作中，一方面須死亡，而一方面在其生活期間內須經營自然界所必須之物質，並同時須轉換其他亦為實現基本現象所須要之種種力。

柏德樓氏 (Berthelot) 在研究耕土之後，即斷言『此為一種具生命之物質』云。巴士特氏 (Pasteur) 稱大氣全部為真正微生物胚種之舞臺；海水近似液體生物；地球全部之表面為生物能力之接受器云云。

生物為普通地質學中之一章，因其為地球機構中之一輪。其發生也，雖較此機構中其他機件為晚，但其對於地球之演進亦有一種為維持地面平衡狀態所必須之作用。

為達維持地面平衡狀態之目的起見，在地球上必須存有各種作用，而在各種作用間，且又須合調。地質學者根據上述之情事乃斷言生物宇宙 (Biocosmism) 之

精 言

發生有其一定的使命，宛如海洋，火山，冰河之因有一定使命而發生者然；並言在生物與其環境間之所以發生密切關係者，無非證明各種作用間完全合調而已。

本書之目的為以自然學者尋常所採取之方法證明是項基本說明之正當；換言之，即根據觀察，對於生物在地球進化上之使命為有系統之討論。

第一章 生物地質作用之特性

生物無論爲植物或動物一方面使已成之地質物（如岩石）破壞或分解，而一方面使水中或地上之無機物或有機物經一度變化而成新地質物（如石灰岩）現出，是謂生物之地質作用。此作用之性質係與水及空氣相同，證明生物界亦爲一地質力(Geological force)。其重要雖不及水及空氣，但亦不許忽視，而此僅舉兩例卽足以證明之。其一爲化石燃料（泥炭石炭等）之生成作用，其他爲海中石灰岩之生成作用；此二者皆經生物之合作而實現。

生物界既爲一地質力，則其作用之性質自然與別種地質力之性質相同；換言之，卽亦分機械作用及化學作用。

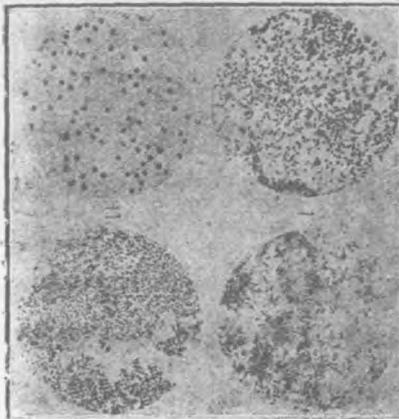
生物地質學

植物中其能惹起化學作用者，爲數極多。茲先舉地衣 (Lichens) 爲例言之。此植物有分解岩石之能力；如若附着在灰質岩之面上，則岩石之表面不久即呈多孔狀外觀，蓋地衣能分泌 CO_2 ，後者有溶解灰質物之能力。

在維蘇威 (Vesuv) 及伊的那 (Atna) 有一種名 *Pterocaulon vesuvianum* 之灰色地衣。該兩地之熔岩流迨凝固後經是種地衣之作用不久即鬆解，致近年來可於其面上培植金雀花及仙人掌；如若再經十餘年此種岩流當可化爲一種適於培植葡萄之土壤。

又藻類 (Algae) 亦能着生在岩石面上。在一八八七年時，波納孟氏 (Bornemann) 曾在某溪中之灰石上察見一種名 *Lyngbya* 之藻類生物，其絲自表面伸入岩石內部。他如波乃氏 (Bornet) 及夫拉奧脫氏 (Flahault) 曾經舉出許多關於綠藻着生在貝殼，珊瑚骸等上之情事。

若言菌類 (Bacteria) 之分解作用，則其範圍尤較前二者爲廣，而其性質亦較爲重要。此類微細生物有分解複雜有機化合物使其變爲單簡化合物(如碳酸氣及酒精)



第一圖

- (一) (二) 亞硝酸菌 (顯大)
(三) (四) 硝酸菌 (顯大)

之能力。若無此種腐爛作用，則在植物體及動物體中之物質，尤其為植物界所必需之碳酸恐無發生循環之可能。

據蒙資氏 (Muntz) 之研究，耕土之發生，強半出於

硝化菌(Nitroficationbacteria)在岩石上之作用。此種微細生物一方面迫其侵入岩石之隙縫中並在是處死亡後，遺留其從空氣中攝取之碳質及氮(成腐植質)於岩石之隙縫中，而一方面使結實之岩石分解。岩石之表面因是

(1)凡為土壤菌所攝取之 N 當初變為亞硝酸(NH₃)，後者以後變為硝酸。此硝酸作用(Nitrification)，並非為一純粹氧化作用，但為由硝酸菌所引起之生物化學的作用。在此作用中，這亞硝酸菌使 NH₃ 中之 N 變為亞硝酸(HNO₂)後，硝酸菌使亞硝酸變為硝酸。在耕土中，因此二種硝化菌恆相並存在，故不含亞硝酸而僅含硝酸。

鬆解，而發生含有機物之腐植土。職是之由，其面上有發生較高等植物之可能。

據福吉爾氏 (Vogel V.Falkenstein) 之報告，在林地中經微菌之作用發生硝酸鹽類，後者對於森林植物之營養頗有關係。

此外又有所謂淡氣菌 (Azotobacter Chnocoocum) 者 (圖二) 係存在豆科植物之根球中，亦照樣從空氣中



第二圖 淡氣菌

攝取淡氣。

他如硫磺菌分解硫質泉中或污水中之 H_2S ，而析出硫磺。在西西利 (Sicily)，加里西亞 (Galicia) 等處之第三紀硫磺層諒係依本方法發生。

硫磺菌體內含硫磺顆精。其形狀有橢圓形與線形之分。其呈橢圓形者，末端帶長毛一支，現淡紅色 (名曰 *Chromatium Weissii*) (圖三)，其呈線狀者分桃色 (名曰 *Beggiatoa alfa*) 與白色 (名曰 *Thiothrix*) (圖四) 二種。

生物地質作用之特性



第三圖 淡紅色硫鐵菌 (放大)

又有鐵細菌者(圖五)，從含鐵質之溶液攝取鐵分，而使之變成氧化鐵或水氧化鐵，並析出之，致發生褐鐵礦 (Limonite)

及沼鐵礦 (Bog iron)；是二者概成小圓形結核現出於沼澤中。又三氧化鐵經鐵細菌之作用往往能變為一氧化鐵。

鐵細菌依其種類呈顆粒狀螺旋狀線狀等。

植物之根分泌有機酸類 (根酸)，後者有溶解各種礦物質之能力。據善夫氏 (Senft) 之研究，其能力足以溶解硅酸鹽類。

水中極微細之硅藻能分解硅酸礬土，取其 SiO_2 以成半裂片 (Frustule)。在空氣中其他微生物附着於花崗岩質岩石之面上，致惹起一層水氧化礬土，名曰紅土 (Laterite)。

又植物及動物有機體腐敗時所發生之碳酸醱精等對於岩石之分解有重要之作用。

第四圖 白色硫鐵菌 (放大)



第五圖 鐵細菌 (放大)

- (一) *Leptothrix ochracea*
- (二) *Gallionella ferruginea*
- (三) *Clonothrix fusca*
- (四) *Crenothrix polyspora*
- (五) *Siderocapsa trenbui*

生物本身極似一特殊化學實驗室。此情形可舉數例以證明之：爲食草動物所食下之草在動物體中變爲肌肉。又植物體中炭酸與水經植物葉綠素之作用，互相化合而發生水氧化碳，並放出養氣。凡如是種合成能力爲生物所特具。結爾哈氏(Gerhardt)當一八四八年時講述及生活力之性質曾『化學家之所爲，

適與生物之所爲相反；前者將物質燃燒，毀壞或分析，而後者則將數物質合成爲一新物質；凡爲化學力所毀壞者，生物重行使之合成』云云。

以上係就生物之關於化學作用的一方面言之。就其機械作用的一方面言，其影響於地殼之變遷，亦不淺鮮。



第六圖 示石灰岩中之遺孔

多種海棲鑽石貝，海膽等在海岸岩壁上鑽穿孔穴（圖六）；又如鼯鼠，兔，野兔，螻蛄等動物掘地窟以爲棲所；凡是種破壞作用皆予風；水等以侵入岩石中之機會，致岩石爲之破壞或風化。

又如蚯蚓一方面使地層鬆解，而一方面吞下鉅量泥土。此動物迨消化土中所含之有機物後，復將土吐出。又在石灰岩塊上之凹紋多爲幼蟲穿鑿之結果（圖七）。此



第七圖 示石灰岩中之凹紋(鑽孔自上面淡色層以至下面黯色層)

現象多見於內湖中。

更較動物之破壞作用為重要者為植物之機械的破壞作用。植物之根侵入岩石之隙縫中，並在是中長大，惹起一種與楔同樣之作用。

石灰岩與生物 石灰岩 (Limestone) 中常見含有生物之殘留，且有時其質量之鉅竟使吾人不得不承認石灰岩有生物的由來。

海水含有碳酸鈣溶液或即含有調劑空氣中碳酸氣之碳酸鈣溶液。就表面觀之，軟體動物或其他動物在生活時攝取此現成物質為支撐其組織之材料似頗在情理之中。保羅斐西亞氏 (Paul Fischer) 曾計算幾何積之海水

足供給一貝殼之材料。然據經驗及切實之觀察，知在生活中的軟體動物其貝殼並非為碳酸鈣所成。就實際言，貝殼中含有供製碳酸鈣及碳酸之材料，但係與一羣別種物質如氮，氫，磷，鎂等聯合存在。軟體動物及類似之動物對於海中所含之碳酸鹽類其實不稍加以干預，如墨萊氏 (Murray) 及歐凡氏 (Irvine) 所示，動物貝殼中之鈣分係取自在海水中之鈣鹽類，因在生物體中所發生之碳酸鈣有分解海水中鈣鹽類 (硫酸鈣及硫化鈣) 之能力；是種鹽類之鈣分以後充成貝殼之材料。

此結論不僅對於軟體動物適用，即對於別一羣動物尤其對於甲殼動物亦無不適用之。甲殼動物之貝殼含有與灰石相同之物質，但是種物質若與有機物相比較則為量殊有限。蟹用鈣分以增長其角質胄，且此種情事常在不合灰質但含硫酸鈣之水中實現。又脊椎動物亦由一再實現此種現象始能構成其骨骼中之骨。

灰質物之發生能依種種方法。如由葉綠素作用能惹起碳酸鈣之沈澱，他如灰拓發 (Calcareous tufa) 及灰華 (Travertine) 亦有相同之由來。是種物質以含鉍量之藻

生物地質學

類苔蘚，或其類似之證跡或竟其遺骸為特性。在含碳酸之泉水中，有時發見種種顯微植物，如方藻（Diatom）即為其重要之一種。在日光之影響下，是種植物使水中之碳酸在綠色細胞中與水之元素相作用，致發生氫氧化碳及養氣，此二者係同時放出。泉水中之碳酸顯然因是而減少，致水中之碳酸鈣缺少一部分之溶解劑：碳酸鈣至是不得不沈澱。

據鮑孟氏（Baumann）斯泰孟氏（G.steinmann）等之研究，動物體中之氮質物如蛋白質及其他類似物當腐敗之際發生碳酸銻，後者與溶解在水中之鈣鹽類相作用，致惹起碳酸鈣之沈澱。

又據李倍耳孟氏（Liebermann）之證明，凡如 NaCl, Na_2SO_4 , KJ 等苛性鹽類經 CO_2 之作用分解而成碳酸鹽。該氏並以此證明許多軟體動物之嘴孔中之鹽酸。

尤其重要者，各種海生動物之灰質遺骸，逐年堆積在海底上，致年久惹起如貝殼，珊瑚，海百合等之厚大石灰岩層及泥土層。此種動物成的岩層在各時代地層中皆見之。在深海床上又有一種動物成的灰質泥，而係出

於有孔蟲類（尤其泡球蟲類）之微細貝殼之沈澱。

據晚近之調查，在熱帶及半熱帶淺海中，石灰岩之生成強半係出於一種氮菌之活動，而尤以 *Bacterium Calcis* 之活動為主。此重要說明係歸功於哈刺特魯氏 (Harold Drew)。名 *Bacterium Calcis* 之氮菌從海水中攝取氮分，並使之變為硝精，後者與碳酸相化合，使溶解在海水中之鈣鹽類成 Ca CO_3 ，而沈澱。

在浚河道時，從河底挖起之泥土有時帶有形狀完全如貝殼之孔穴（圖八）。此種泥土以久在上層之壓力下



生物地質學

第八圖 示泥土中貝殼之印痕原來之貝殼已經微生物之作用而消失且未曾經過劇烈擾動，故體質已變堅實，而足以保持其內部之孔穴。就此種孔穴其形狀觀之，顯然知其為貝殼所留下者。泥土中之貝殼因經微生物之作用，其全部分解。吾人由孔穴之大小及形狀可決定原來動物之性質。

矽石與生物 地層時常為一種在溶液狀態中之水氧化矽所浸染。吾人若將含水氧化矽團顆之白堊研成粉末後，置在水中並加蘇打或苛性鉀煮沸，次於濾液中加入酸類，則見發生一種膠質沈澱；此物迨煨燒後，完全由矽石 (Silica) 所成。對於此種矽質物之由來常成為一個重要之問題。

據今日之研究，矽石之物質係由某種生物所析出，且為量極富。動物中凡能析出矽質物者如屬原生動物之放射蟲類及矽質海綿類皆是，後者內部之構結係由水氧化矽所成，故與在尋常海綿中呈滑感者之物質不同。植物中，凡具有同樣性質者，當推矽藻。又其他無數植物貯蓄矽石質於其組織中：屬之者有禾本科植物，而尤以麥為主。其灰燼溶融後，留下矽酸鹽類。在我國及日本

用充建築材之 *Bambusa arundinacea* 及 *Bambusa Verticillata* 在間節分泌一種蛋白石質團顆，後者之外觀頗與有礦物的由來者相彷彿。生物中分泌硅石之方法今已由謬萊氏及歐凡氏從海水中細菌上之研究切實確定。如若吾人想及海水中所含之硅石不過在 1|500,000 以至 1,200,000 左右，則自當意料此區區之微量斷然不足以解釋生物中鉅量之硅質物。以是故有另覓其由來之必要。迨證實硅藻能在含膠狀硅酸之水中培養後，此二位英國自然學者即認明硅酸鈣之加入亦能惹起相同之結果。由是乃斷定藻類能分解此化合物並從是攝取氧化硅以成其半裂片。若以極純粹並經研磨之黏土供同樣之試驗，則見藻類亦興旺不已，證明菌類有攻擊自然界中最繁之黏土的能力。

上述之結果亦能由岩體中之硅酸鹽類經微生物之作用而發生，如在非洲熱帶及印度之花崗岩及片麻岩區域因經硅藻之作用，其上面蓋有紅土。在紅土中概見有無數硅藻。紅土常經巨風搬至遠處落下，如在西西利島常見有來自撒哈拉 (Sahara) 沙漠之紅土。

生物地質學

生物組織之如何攝取硅酸以成貝殼或半裂片或有時因受植物之影響以成結核，皆於上文中述之矣。茲將討論者爲一個與前相接近但能惹起完全不同之結果者之問題。今先假定有一灰石化者之貝殼埋沒在白堊中，以後滲入硅質溶液並在其中發生沈澱。白堊至是立即溶解，而其位置爲矽石所占有。至貝殼則硅化極緩，其大部分仍留爲灰質物。今若以錘擊之，則見矽石之斷面呈種種條紋，有時竟極精緻。然貝殼如若同時用鹽酸侵蝕，則不能逃避硅質溶液之作用，但逐漸爲之代替，致有結晶質團顯現出。據顯微鏡的及光學的研究之結果，是種顆粒之化學成分雖與石英無異，但其構造則與之不同；而似與石髓之構造相近似。就各方面觀之，此物質係另成一種。據一位美國學者之報告，認此物質之大部分爲石英所成者，而因其中石英呈纖維狀構造，故呈一種如石髓之外觀。無論如何，此物質結晶時必曾經受生物活動之影響。

基利神父 (Pere Kircher) 竟由集合是種標本以表示26字母，其中每一標本即表示一字母。

上述之情事雖屬意外然已足以證明生物遺體在特殊狀況下亦能硅化。就動物言，例之最著者，當推陳列在巴黎自然史博物院中而為坎拿齊氏 M-Carnegie 所贈之著名 Diplodocus，其骨骼全然變為硅石質，而在其髓孔中有紫石英晶脈之填充。

就植物言，例之最佳者，無過於在亞里桑那 (Arizona) 石化林所產之美麗而巨大之硅化木。為免除疑問起見，茲特說明其在達今日狀態以前所經歷之過程。凡產硅化木之區域，概為古代之樹林；此類樹林因地面低降或海水氾濫之故，曾一度為地上(其時變為海底)之泥土所掩蓋，迨至蓋層之厚足以惹起高度地溫時，從地面滲下之水殊為活動，而木材之硅化作用起也。以後因地面上昇或因海水退下，該區域復成為陸地，並因以後經雨水之沖滌，其上面之泥土重行沖去，致下面之石化林逐漸露出地面，如亞里桑那今日之情形是。林中之硅化木極為耐久，凡普通風化力皆不能使之溶解或敗壞。

礬土與生物 由回憶上文中之事實，吾人就可斷言當黏土中之氧化硅分為生物攝取以後，定必有某量 Al_2O_3

生物地質學

留下。此物質如若殘留在海底上者，則與泥土相混合，而在此狀況下頗易起有機的或無機的(礦學的)反應。

在多硅藻之熱帶區域如上文所述及者，礫土之釋出更爲容易。據分析之結果，熱帶區域之土壤係爲褐鐵礦(或含水氧化鐵)與紅土(或含水氧化鋁)之混合物。

紅土之產出爲在特殊氣候下生物在花崗岩或片麻岩上作用之結果。此同一岩石如若在尋常區域中或其變化作用不經生物之合作，則僅成黏土。

鐵錳與生物 海棲生物之一大羣有一種特殊的化學作用。是羣生物由吞下海中之泥土以攝取土中所含之營養料，如是惹起一種如陸上蚯蚓之作用。就表面觀之，在此作用中無非使泥土通過其軀體並再被吐出，但安知離生物體後之泥土已含有機液汁而此時就能惹起種種之反應。有機硫化金屬及鐵。錳等化合物之產生即出於是種由來。此等物質迨入海水中後，即經水中養氣之作用，變爲氧化物並成結核體堆積於海底，其中顯有指出之價值者，厥爲錳之含水氧化物，名曰錳土(Wad)，其在海中，產量愈多之處，即爲海水愈缺乏錳分之地。是

種結核體加熱時放出鉍量極精水；此事實足以表示其出於有機的由來。是種物質見於海岸泥土中，如在蘇格蘭沿岸，其產量極富；且因往往帶有爲蠕蟲所穿透之孔洞，尤足以證明其生成與生物之作用有關。

在刻馬得克島 (Kermadec island) 之高原上，有人曾搜集多數灰質砂岩塊，其中含有 *Serpule* 之孔洞而洞壁上則設有錳質物。在日本沿岸亦曾見同樣之砂岩塊。普夏南氏 (Buchanan) 謂岩孔中之蠕蟲，其體內不含錳分；但在其屍體之下常有含水氧化錳塊體發見。此又表示在錳與生物間具有密切之關係；且此種金屬礦藏就其由來言，與發生於無生時代者顯有區別。

礦物質在其變化循環之某階段時，如若經普通溶解劑之作用不被溶解，則此物質係在平衡狀態中。然此平衡狀態往往經生物之作用而破壞。例之最著者，如褐鐵礦。此礦物係由 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ 所成，爲鐵在多數液體反應中之平衡狀態。無論經變化者爲菱鐵礦 (Siderite) 抑爲白鐵礦 (Marcasite) 其末後之結果決爲使土壤現紅色之褐鐵礦。然如若在其所在之地，同時存有植物生命，

生物地質學

則此褐鐵礦仍須變化。植物之根伸入含褐鐵礦之土壤
中，溶解其中所含之染色物(即褐鐵礦)。據學者研究之
結果，植物之根分泌一種呈淡黃色(黃色根酸Crenic ac-
id)及一種呈褐色(褐色根酸 Apocrenic acid)之有機酸，
後者有使浸染在土壤中之鐵質變為可溶解之化合物。此
類物質經滲透水溶解後，即隨之而深入地中。含鐵質而
呈紅色之土壤或岩石因是逐漸褪色，致土壤(或岩石)回
復其原來之顏色。隨地下水滲下之鐵質在適當之處，自
然仍成褐鐵礦而沈澱。此種經生物作用而發生之鐵礦常
成極富之礦藏，有時有供採掘之價值。

更有言者，此褪色現象之普通常超出吾人意料之
外。在顯微鏡下觀察墟母(Loam)而尤其觀察黃土(Lo-
ess)時，見為植物細根所穿過之處顯然極缺乏鐵分，
或竟完全不含鐵分，在下層黃土中，漸見鐵分成斑點
現出。嗣後在黃土層內發見鐵質結核。吾人如若設想此
現象自有植物以來以至今日不知已繼續若干年，則對於
其結果之重要自無疑問。

硫磺與生物 自比肖夫氏(Bischof)之著作(書名

Lehrbuch der chemischen und physikalischen geologie) 出版後，學者對於有機物在硫酸鹽類上之還原作用始漸明瞭，察蘭開氏 (Challenger) 在一八七九時從洛賽 (Roasey) 海峽一五五尋深處搜得一種灰色泥土。此泥土遇酸類時，即起泡發作用，並發散硫化氫之臭氣。以水洗滌，分出動物化石糞殘留，一種硫磺質礦物，細砂及鉅量碳酸鈣粉末。據斯坦尼拉謬尼氏 (Stanislas Meunier) 之見解，以為此碳酸鈣係泥土經動物質作用之結果，因由動物質發生硫化鈣而後者立即經水中所含之碳酸之作用，變為碳酸鈣。菩夏南氏亦謂泥土因經劇烈之反應，致變為一種硫磺質礦物。該氏取泥土五〇克加熱至八〇度後，放入瓶中；次再加入硫化磷二三六克，並使溶液蒸發，二四小時後，即得百分中〇，三五之純粹硫磺。

在陸地上常發見同樣之情事。當修鋪行人道時，間或發見現天青色之人造礫塊。好奇者常取之以作標本，但一日或二日後，其色即褪，如是願使人失望。其中原因可解釋如下：在人造岩之細孔中，曾滲入硫酸鈣

生物地質學

及缺質鹽類，並又帶有機排泄物，此三者作用之結果發生過硫化鐵。礫塊中一部分之所以呈天青色者，無非因含有過硫化鐵。迨礫塊破壞後，此染色物與空氣相接觸急行氧化，致一部分變為褐鐵礦。岩石之所以未後變呈紅色者，即因發生褐鐵礦故。有時是種硫化物在地面下給生物之還原作用，變為自然硫磺。

又多數硫質泉之產生往往亦為生物生理現象之表現，在地球上生物未發生以前，地面上顯然有湧出含硫酸鈉或硫酸鈣之泉水的可能，是種鹽類被水流搬入海中後，能在適當之處堆積。在此情形下，此種物質決不致發生變化。然如若在泉水或滲水中，除含硫酸鈉外，又含有屬藻類之某種生物者，則前述之情形為之一變。生物為謀生存起見，從含鹽類之水中，攝取其生活所必需之養氣，以致硫酸鹽類變為硫化物，後者且與氧化程度不一致之氧化物類及自然硫磺相伴。據調查而知是類生物實不在少數，尋常總稱之曰硫磺菌(Sulfobacteria)，其中如Beijotes及 Thiotriches 無色，其他如 Chromates Rhabdochromates, Thioteces, Thiocystes 等則

呈鮮紅色。在此類生物之原形質中，含有硫磺球類。

上述之菌類無論在泉水滲水及海水中皆有之。在海底沉積之泥，其一大部分係由生物所成。羅素氏(M. Russel)謂在那不勒斯(Naples)灣一，一〇〇呎深處之泥土中每罐之泥含有二四，〇〇〇細菌。在同一海中，其生物自海面以至海底大約相同。其中有發磷光者，多係在魚類，輻類體動物及甲殼類之遺體上培養。海中細菌多非嫌氣菌，其若為嫌氣菌者，有時且為硫化菌。在德意志基爾(Kiel)灣中，有一種富硫磺菌之沈積層(德人稱曰白沈積層 weissen grund)，其處海生植物質經細菌之分解，發散硫化氫之臭氣而在丹麥國沿岸可覺察之。

碳質與葉綠素 在生物之化學的工作中，其能惹起重要影響者，又有葉綠素之作用。在一八七〇時，貝耶氏(Bayer)曾聲稱在植物細胞中，其經葉綠素之作用而發生者，為碳之最簡單的氫氧化物；換言之，為 CH_2O ，同時吸收顯量之熱。由同分異量作用，此化合物互相聯合，而有糖產出。

由直接的觀察，在葉綠素粒體周圍所見者，雖則為

生物地質學

糖，而非爲澱粉，然澱粉即係自糖發生。

通常因葉綠素之作用而發生者有：澱粉，糖，纖維及氮化物。準是以觀，植物一方面吸收能力而一方面製出營養料及燃料。杜克洛氏 M. Jacques Duclaux 曾根據計算以估計葉綠素中所含之力量，其估計頗爲準確。

除葉綠素外，他如紫外光能使碳酸變爲一種氧化磷及養氣之混合物；一方面鹼質能使氧化磷變爲磷酸鹽，如經柏德樓 (Berthelot) 之試驗但在使磷酸鹽變爲磷酸一碳間質之變化中非有含鈾鹽類不可，而後者在植物中顯然缺少。在植物體中或者存有隨時吸收養氣之器官，但此却未曾察見。又縱使化學家能使一分子水與一分子碳酸氣相化合，而成一分子養氣及一分子碳酸一碳間質，但如是非但與生物中作用之性質不相符合，且與礦物界之方法亦相違反。

磷與生物 凡由動物排泄出之糞隨動物之所在而分布，如爲鳥類及陸上獸類所排泄者，散在空氣中或堆積在地面上，而如爲魚類或其他水生動物所排泄出者，則散在水中。在空氣中之糞隨雨水而達地面，以後經雨水

之沖洗，其能溶解者之一部分溶解，而其未能溶解者之一部分，則往往從堅實而無植物之地表搬至多泥土或多裂隙之處，並在是處維持植物之生命。在陸上堆積之糞往往亦經地面水搬至相適之處以供植物之支配。至落在海水中之糞，其未能溶解者之一部分常隨海流移動。

無論在海中或陸上，是類排泄物皆有集中之機會。其為海棲生物所排泄出者，多集中於海岸並在是處惹起磷化反應。在基尼 (Guiner) 灣中，在剛果 (Congo) 河口周圍之海岸，堆有一種含糞之泥土，稱曰糞土 (Coprolitic mud)。此土呈一種特殊粒狀構造。

在陸上動物排泄物之集中係出於別一種原因。在南美洲西岸尤其沿秘魯，智利等海岸之島嶼自數百年以來為無數海鳥類之着陸地，因海鳥適在水上獵魚滿腹之後，即以此類島嶼為其棲息之所。其移下之糞（名曰鳥糞 Guano）逐年愈積愈厚，而因其為良好之肥料，故頗遭人之注意，並以大規模採掘之。據瑟甫勒爾氏 (Chevreul) 之調查，在是類厚層鳥糞中，發生特殊化學作用致發生一羣以銻為基之鹽類：如碳酸銻，磷酸銻，

生物地質學

磷酸銨鈉雙鹽，磷酸銨，硫酸鋁等皆是。其發生若無生物力之合作，恐不可能。至其他物質為數尚多而係為海水與鳥糞接觸之結果。海水侵入鳥糞中後，不但其成分即其構造亦發生變化。

在鳥糞層下之岩石亦常呈經侵蝕或經劇烈變化之證據。此底盤如若為灰質者（如在安地爾斯 Antilles 在鳥糞下之珊瑚質層是），則尋常概已經鳥糞中可溶性鹽類之作用，變為別一種物質，如磷灰土（Colophonite）是，但其構造仍為貝殼狀，鱗狀等，並不稍經變化。如若在基部之岩石係屬硅酸鹽類者（在如大康涅塔浦爾 Grand Connetable 島上），則發生磷酸礬土，而有工業上之價值。此物質之發生係與細菌之作用有關，蓋由後者所惹起之二銻磷酸鹽攻擊硅酸鹽類，而尤其正長石；其結果為除去硅酸鹽類中之氧化硅，鹼質，氧化鈣及氧化鎂而留下磷酸礬土。

除海鳥外，其他動物亦發生糞積物。據顏內柴拉夫氏 (Genesarth) 所稱，西班牙之訖惹起厚層鳥糞。蝙蝠全日隱藏在岩穴內亦發生同樣之糞積物。是種糞堆能在

下面之岩石上惹起與前所述者相同之反應。 卡爾拿氏 (M-Carnot) 曾經分析由哺乳動物之糞所惹起之產物，在其某一分析中，得含水磷酸礬土，含水磷酸銻及含水磷酸鈣。

氮與生物 生物化學中極重要之一章為關於氮素被生物之直接的利用。氮為空氣中分量最多之份子。在實驗室中證明其為一種不活潑之物質。其在空氣中無非充養氣之稀釋劑以阻養氣在呼吸器官上惹起腐蝕之影響，宛如攪在酒中之水為滲弱酒之醇力。

科學之進步證明空氣中之二重要份子對於生物界各有其專職。養氣供動植物之呼吸，而淡氣則為直接滿足植物在滋養上之需要。 喬治維爾氏 (Georges Ville) 由極準確之實驗，證明各種植物而尤其豆科植物從空氣中攝取淡氣以增富其氮化物。在此現象中，該氏雖不能指出細菌之工作而須有待於以後威爾法夫氏 (Wilfarth) 及 海爾利爾爾氏 (Hellriegel) 之說明，但此證明不得不歸功於喬氏之實驗。

至對於此定質 (Fixation) 學說，化學家認植物中

生物地質學

最初生成者之氮化物之一種爲天冬類 (Asparagine)。克利瑪氏 (Grimaud) 謂此物質成細胞原形質中分子之一部分。

氮素在植物中之定質既發生於由有機物與岩石碎屑合成之耕土中，故後者不啻爲無數特殊化學作用之舞臺。當漢符利台維氏 (Humphry Davy) 說：『土壤爲一個實驗所，其中預備植物一部分之滋養料』時，他未曾覺察此預備中之主要工作者卽爲生物，而正如柏德樓氏 (Berthelot) 之說明：『耕土爲一種活的物質』。耕土是含生命的宛如海是含生命的，而如海然，耕土爲一種生命之倉庫，有生命之根不但爲地下植物（如冬菇類）及地下動物（如蚯蚓）之棲所，且充滿微生物，後者不絕地惹起化學的變化，並使氮的循環無時或息。

由微生物之干預，土壤中之植物質殘留消費而發生腐植土 (Humus)。此一步工作係出於酵母，特稱曰腐植菌。在通空氣之土壤中，養化酵母惹起腐敗 (Erema causis)。普通霉菌如 *Mucor*, *Pezi, zza* *Cladosporium* 及 *Botritis* 破壞纖維；其所以有此能力者，因會有一種含

鹽類之滋補溶液供給細菌以鉅量之活動力。有種特殊細菌所謂硝化菌者，亦助長此現象。在卑濕土壤中，腐植土之產生須有嫌氣菌之干預。嫌氣菌中之主要者，為纖維醇菌；此菌惹起沼氣，輕氣及碳酸氣。

在各種情形中，成細胞外套膜之纖維質及膠質先破壞，以後蛋白質重經一度變化（稱曰硝化發酵），繼是而起者，有亞硝化發酵（Nitrous fermentation）及硝化發酵（Nitric fermentation）

細菌在是類現象中之干預，始於一八六八年經謝羅琛氏（Schloesing）及蒙資氏（Muntz）所證實。以後經威諾克拉斯基氏（M. Winogradsky）復為一度之說明。

但在耕土中，細菌之工作不以惹起硝酸鹽類而告終，因後者復須經另一種細菌之工作而破壞。當一八八二年時，特海蘭氏（Deherain）及麥根氏（Mmaquenne）指出使硝酸鹽類破壞之細菌為一種桿菌（Bacillus）。此種細菌有使硝酸鹽類脫硝化之能力，其作用之結果為使是種物質破壞而放出碳酸及淡氣。

生物地質學

桿菌中，其與某數種霉菌相共生之數種。專為製造硝精，後者經亞硝酸細菌(Nitrosomonas)及Nitrosococcus之作用，變為亞硝酸，而由此亞硝酸發生之亞硝酸鹽類以後經硝酸菌(Nitrobacteria)之作用速變為硝酸鹽類。

布蘭氏 (M. Brandt) 謂某種細菌從亞硝酸鹽，硝精等攝取氮氣而使之溶解於水中。脫氮之細菌有澄清海水之作用，因其能減少海中之含氮化合物。溫度之上昇，增加此作用之能力。在近地極之海中，浮游生物之所以比較在近赤道之海中為少者，殆緣於此。

海泡與蛋白質 海水中之蛋白質或含蛋白質之物質能惹起極重要之結果，因是類物質予海浪以某度之黏着性，而有助於海泡之發生。所謂海泡者，為水波上之白色沫狀現象，其發生原因之一種為海水浮面鉅量有機物殘留之存在。

在土壤中，細菌之定氮作用既於前數節中述之矣。氮素當初係在植物產物中，次入於動物體內，終則以鉅量在排泄物中現出，並成硝酸鹽類及硝精與土壤中各物

質相混合。此後硝酸鹽類經水之搬運而入海中，並在是處經生物之作用乃變為鹼精。海水中鹼精之一部分自海面放出，而入空氣中，以後在陸上助生物之營養；嗣後復回至硝酸鹽狀態；如是循環不已。海水中之鹼精係由碳酸鹽存在，致海水呈苛性化學反應。此情形係當一八五五年時為馬向氏（Marchand）所指出。

據瑟興氏（M. Schoessing）之研究，每噸海水含有硝酸十分之二毫至三毫及鹼精十分之四毫以至五毫；此情形適與在大陸上水中之情形相反，因生物體之分解在大陸上為產生硝石之一源，而在海中則為鹼精之一源；換言之，因大陸上之硝酸鹽類一入海中經海棲生物之作用變為鹼精。對於此問題，杜拉氏（Thoulet）曾謂：在月球之面上因無日光又無生物，故在海中，空氣及土壤中之鹼精之量不久即入於平衡狀態中；在地面上生物則單獨破壞此平衡狀態。

據瑟春浦開氏（Schatzenberger）之基本的研究，蛋白質能分解而為鹼精，碳酸，羧酸及某種有機物殘留，且易由分解而發生碳酸銣，其中惹起分解之主動者，厥

生物地質學

爲下等生物，而尤以細菌爲主。

爲明白海水中有機物殘留以後如何排除起見，對於其在水中之狀況實有切實考查之必要。第一，據杜拉氏用錳酸鉀之試驗，在海水中到處皆有脂肪而以在海水浮面者比較在深處者爲多。其低下之密度使之聚集於水之浮面，致有一部分因養化而敗壞。海水中之鹼質使海水有如肥皂水之性質，故能由擾動而發生如在肥皂水中之泡沫。此種泡沫，爲滌清海水之有效的主動者，因其在波面上所成之薄層惹起一種激烈養化作用；申言之，有一種消費有機物殘留之作用。生命之環境果有因有機物殘留堆積過速致不及發散而變污穢者，但在良好的情況下，生命亦能改良由生命所惹起之不良環境。在海面上因富有機物質而極易發生之海泡表示生命滌清爲生命所污染之環境，是區有適於呼吸之空氣，故多與綠色植物共生之動物。反之，在海水停滯之區域，如在赤道區域中，在有數河流之河口，海水腐敗而惹起傳染毒，但如若海水由擾動而發生海泡，則其所含之污穢物能由養化而消失。

第二章 現代生物之現出

生物在地質化學中干預之範圍及特性已於前章中述之矣。茲須研究者為生物之現出。生物之現出，非常散漫，是以與其他主要地質力如海洋，火山冰河等不同。在現代時吾人見生物在千差萬別之環境下生活，而在過去時代中亦然，蓋在過去各時代之地層中，發見無數之適於一種而不適於他種環境之生物之殘留，證明在過去時代之生物亦係分別生存於種種環境中。

在研究本問題時，首應注意者，即生物宇宙中之三個生物圈是。各圈雖有其特性，但亦不無相似之處。

第一個生物圈係以地面上之海水及淡水為大本營，故名曰水圈（Hydrosphere）。滲透於地中之水，如

生物地質學

若其溫度適於生命者，亦隸屬於此圈內；第二，名曰，大氣圈（Atmosphere），因其為地面上之空氣所成；至第三圈，一時似頗難說明；但其存在與其他二圈同一真確，且其中發見與別圈中相同之情形，是謂生物圈（zoosphere）。在生物圈中，一生物與其他一異種生物聯合棲息，而依棲息之情形，發生互利共棲（Symbiosis）共棲（Commensalism）及寄生（Parasitism）三種現象。生物圈與水圈及大氣圈之相似，不但決無疑義，且互相聯絡，蓋生物圈中之某數生物在一時期內能棲息於別圈中，宛如海棲及陸棲生物分別過其一部分之發育時期於空氣及水中然。

水圈 水圈之大部分為占地面全部四分之三的海洋，其一小部分為湖澤及水流，後者，包括江河溪流等以及在地表，岩穴，岩縫中之滲透水。凡如是種區域皆能為生物棲留之地，而在是中生物能惹起重要地質現象。

水圈中各部分之聯絡無論如何密切，其中所棲之生物無不隨其所在處之性質呈一種顯著的特性。茲若比

較兩種等大之貝殼，一種取自海中而一種取自湖中，乃知兩者之外觀有相反對之處，證明其所成之物質與其所在地之性質有一種相當之關係，即所謂有隨區域而異之相(Facies)是也。此點頗有加以特別注意之必要，因在以後一章中所討論者，為過去生物所呈之相。生物之相，除大別為海相(Marinefacies)及湖相(Lacustrinefacies)外，又可就其因區域不同(隨海或湖之特殊區域)而起之形態上的特點為種種之細別：生物依其所在地為海岸，水面或在深處，呈某種可認識的細別。是以可能之相有增多之傾向，如在河口者，有一相，在淡水與鹹水之交界處者，亦有一相。一方面又有在雨水中之雨相，在岩穴中之岩穴相等。凡是種種之相皆有實際存在之可能。

吾人先對於水圈中生物之分布為約略的說明並以在海洋中之分布開始。

在海洋中所棲息之生物依其所在區域之性質可分為浮游生物(Plankton)，游泳生物(Nekton)及海底生物(或稱固着生物 Benthos)。

生物地質學

所謂浮游生物者，爲海中一族極小之生物，以其無抵抗海流之能力，且因浮在水中故其游行全係被動。是類生物造死亡之後，沈於海底，而如若環境適宜，可起與海底生物同樣之變化，並與之相混合。爲確定是類生物殘留之由來起見，故對於是類殘留有尋出數個特性之必要。是處研究浮游生物之目的既爲地質的，故對於浮游生物須爲進一步之觀察。

浮游生物可區別爲浮層的與深層的兩部分，後者常稱曰深層浮游生物 (Bathyp plankton)。浮層生物在水面惹起一種黏着性，而後者之發生由於水中無數微細生物之存在。

成浮游生物者之生物，其種數極多，其中除有孔蟲類，放射蟲類，矽藻類外，又有管水母類及各種輕體動物而尤其翼步類，如蠃螺 (Limacinn) 及青螺 (Cleodora)；此外又有各種動物之蛹及卵，兩者皆能以鉅量在浮面現出。

在海水中之浮游生物隨區域而分疎密。其最密集之區，厥在近地極之區域而在是區，魚類生物爲量極富。

離極區稍遠，浮游生物逐漸減少。在南美洲西岸有人曾見在一極廣大的區域內極少浮游生物。是區鳥類幾完全不見，此即表示海中缺少魚類動物，而後者之所以離開此區域者，全因缺少充食料之浮游生物故。

在大洋中之浮游生物以含有馬尾藻為特性。此浮藻本在海岸而以後向中央較靜區集中，其四周常為海中更有規則的水流所包圍，如大西洋之馬尾藻海然。此海極富浮游生物，因是水面頗為甯靜。當哥倫布漂海時曾入此海，其水面之甯靜使哥氏及其同伴見而驚惶。

至對於深層浮游生物，吾人所知極鮮。凡屬是類生物之動物以呈深色為特性，其中有蠕蟲及甲殼類；至植物則似完全缺少。是類生物似與海底生物相彷彿，而與之有密切之聯絡。

所謂游泳生物者，皆有逆海流而游泳之能力且浮沈自如。此類生物如浮游生物然，有浮層的與深層的之分。

浮層游泳生物包括無數之魚，其數種有依時期遷移之特性：吾人知沙鰻魚之遷移有關某數海港之盛衰。

生物地質學

游泳生物中，其最有指出之價值者，如鯨魚，五島鯨 (Porpoise)，鯨類 (Cachalot) 及鯨 (Whales)，後者一類為現代生物中之最大者，長可達三〇呎，重可達二〇〇噸 (等於三千人之重)。

至所謂深處游泳生物或深層游泳生物 (Bathyneton) 者，以含紫紅十足甲殼類及有時具磷光性之黝色魚類為特性，後者之許多種呈奇異之形狀且與游泳生物完全不同；其數種如長尾類 (Macrura) 鞭甲類 (Malacostraca) 等。

海底生物係棲息在海底之生物，而不問海底之深淺凡生物之在海底上生活者統屬之。此類生物可分為兩羣：其一羣係固着在海底上 (特稱曰固着生物)，而其他一羣則能移動，移動時或爬或走或在泥土中穿孔。海底生物如游泳生物然，依其所在處之深淺亦發生差別。其在離海面數百或數千呎之深海處者，特稱曰深海底生物 (Bathybenthos)。

固着海底生物包括海底動物及植物。所謂海底動物者，除牡蠣，淡菜外，有成羣之甲殼類動物如藤壺

(Acorn shell) 及 (Barnacle) ，其貝殼廣布於岩石上。此外又有環蟲類及多足類，後者構成礁，島嶼及大陸之一部分。至海底植物概屬藻類，其一部分在下潮時現出，而其他一部分棲息海底深處，成爲植物原。又 *Lessonia* 至少就其莖枝及高(可達二呎半)觀之，不啻成一真正樹林；他如 *Macrocystis* 伸長其分枝至達二〇〇呎以至五〇〇呎之長。此外又有灰質藻如 *Floridaceae* 及 *Melobasia*。至石珊瑚藻(*Lithothamnium*) 及珊瑚有時亦成礦物質被覆，產於海底。

至在海底移動之生物有屬甲殼類之牡蠣，龍蝦等；許多能爬行之軟體動物，如 *Chiton* 及無數腹足類動物(油螺，玉介等及瓣鰓類動物江戶錦屬，*Cardium* 等)；又有屬蠕蟲類之 *Aphrodite* 屬芒刺動物之海綿類，其中某科動物名 *Psychroptes* 及 *Oneirophanta* 係存在於四〇〇〇至五〇〇〇呎深處，又有名 *Naera* 者，係存在五千呎以上之深處；屬魚類者，有閉目魚屬(*Pleuronectes*) 及海馬屬(*Hippocampus*)。此外在海底移動之生物中又有石質軟體動物，如(*pholade*)，海膽

生物地質學

(Sea-urchin) 及硅質海綿類，其數種如 *Hyalonema*, *ph*
eronema 等係在自九〇〇以至二四〇〇呎之深處泥土
中。

由綜合上述各點言之，海中之生物依所在處之深淺
而分種種。在一較深之海中，自海底以至海面之各個區
域，各有特殊的動物及植物為代表。

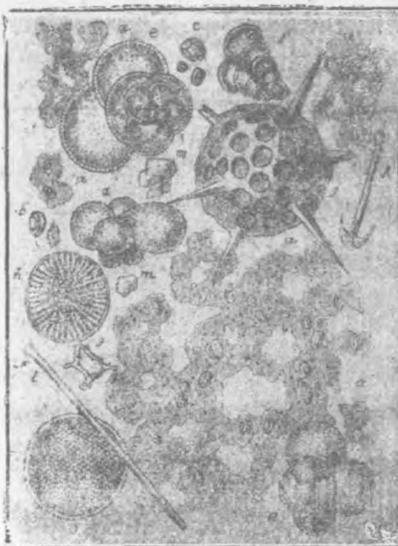
海中之生物迨死亡後，其屍體沈澱於海底，是謂
生物沈積層。其性質依其在海中之位置而有差別。尋常
從受潮水上落影響之海灘以至深達八〇〇〇呎或九〇〇
〇呎之區域可分為三個帶：各帶皆有一專名，在沿海岸
之一帶稱曰海岸帶 (Littoral Zone)，在海底最深部分之
一帶，稱曰深海帶 (pelagic Zone)，而在此二帶之間
者，則稱曰中間帶 (Middle Zone)。各帶之區分全以其所
在處之深淺為標準，至其中所含之生物的性質是否為浮
游生物的，游泳生物的或海底生物的則不問焉。

海岸帶係位在海之沿岸受潮水上落之影響，並以富
含 *Miliola* 為特性；其深可達九〇呎。此帶之一部分在下
潮時現出，其中概以食草軟體動物為主，如 *Lacuna*

及 *Rissoa* 皆有之，此區域之深度概在三〇呎以內。自三〇呎以至九〇呎深處，則為珊瑚區域，其中除含食肉軟體動物，油螺，玉介等外，概以石珊瑚蟲類為主。

中間帶以含 *Marginella* 及 *oristellaria* 為特性，此帶最深之處可達一二〇〇呎：此即為灰泥及青泥之區域。在此區域中存有鉅量海底生物（分移動及固着）之殘留。凡如鱈（Godfish）比目魚（Turbot）板魚（Sole）等皆可在此帶內捕獲之。

至在深海帶中在二〇〇〇呎左右之深處含有屬翼步類動物之無數貝殼。在二三〇〇呎以至二六〇〇呎深處存有一種呈淺黃色之泥土，特稱曰矽藻土。此土祇含百分之二五之灰質而其大部分係矽質所成，其中除有矽藻之半裂片外，又有海綿之針骨。依據自然學者之考查，是種深海層之面積為自二七方呎以至二八方呎，約占海面百分之七以至百分之八。此外有抱球蟲土層，其中極富有孔蟲類之屍體（圖九）此層為大西洋中之特性的深海層，其最深處之深度可達六〇〇〇呎。存在此層中之有孔蟲類為數極多，茲舉出其數種如次 *Globigerina bullo-*



第九圖
深海中之泥土
(450倍廓大)

- a, Bathybias
- b, Discolith 及 Cyatholithus
- c, Coccosphere
- D, Globigerina (抱球蟲)
- e, 破碎抱球蟲
- f, Textularia
- g 及 g', Radiolaria (放射蟲)
- h 及 i, 矽藻
- k 及 l, 海綿之矽質物
- m, 礦物碎片

ides, *G. equilateralis*, *G. sacculifera*, *G. dubia*, *G. rubra*, *G. conglobata*, *G. inflata*, *Orbulina universa*, *Pulvinulina*, *Menardi*, *P. canariensis*, *P. Michelinona*, *P. tumida*, *Pullenia obliquiloculata* 等。

據巴達爾氏(Pourtales)之調查，在自墨西哥灣流出之熱海流中，含有等量之抱球蟲土及深色鐵質砂。終

則在海洋最深之區域有呈灰色，青色或紅色之放射蟲

土，此土有時與抱球蟲土交換存在；但多在太平洋中而少在大西洋中發生，至在印度洋中則完全缺少。此土以含有二〇〇〇種以上之絨質微生物之屍體為特性，其中所含之屍體有抵抗反應作用之能力。據爾資氏 (Maxs Schultze) 之估計，在一克重之深海砂中，含有五〇〇〇〇放射蟲之屍體。愛爾雪杜必尼 Alcidedorbigny 謂其數在一二八〇〇〇左右。其中最重要之數種如 *Dorataspis*, *Lychnocanium*, *Petalospyris* 等皆是。

湖界 湖中生物之調查，普通比較海棲生物之調查為詳。其中生物依分布易區別為浮游生物，游泳生物及海底生物。此三者合成而為湖相。

湖中浮游生物多係浮藻，如 *Clathrocystis rubiginosa* 即為其一種。在湖之沿岸尋常能發見 *Lemna Trisulcata*, *L. minor*, *L. gibba*, *L. polyrrhiza* 等生物。上述之 *Clathrocystis* 與 *Gloiostrichia*, *Oscillatoria Anabaena* 等相集時，在海面發生現色之斑點，是謂湖之開花 (Flowering of lakes)。此現象常見於瑞士芬蘭普魯士各地之

生物地質學

湖中。許納采氏 (Schnet Zer,) 謂在某一湖中含有 Kerona Pustul ata, Anchehgs Pupa Amcha Diflu ens, Vorticella Convallaria, Trachelius Fasciata 等原始生物。

與上述原生動物聯合存在者，常又有屬蜘蛛類之動物，各種軟體動物之蛹，魚類之卵等。湖中浮游生物之多寡各地不同。依據福萊氏 (Forel) 之調查，在裕利克 (zurich) 湖中每立方呎水合一〇〇六立方呎浮游生物，在涅沙忒爾 (Neuchatel) 湖中，含九〇立方呎而在日內瓦湖中僅含二六立方呎。

在池中之浮游生物係與湖中相同，而即使在最小之湖中亦然。

在湖中之游泳生物係以魚為主；因其無特點可言，故是處不贅述之。

至湖底生物則不然，其中有數特點頗有注意之價值。有數海綿能生於湖底上如湖水海綿 (Spongilla Lacustris) 在利曼湖 (Leman) 之底上成淡綠色或淡黃色層現出；是處且有各種昆蟲之蛹而係與甲殼類動物相

伴，其中名 *Mohina bathycola* 之一種不善游泳，而尋常祇能在海底上行走。頭上祇有一眼，但極大。在該湖之深淵中，又有一種名 *Asellus Foreli* 之等腳類動物，但此動物能游泳至近水面四〇呎之處。普通現泥灰色且完全盲目。

湖底生物中包括一大羣植物，例如絲藻 (*Conferva*)，其他藻類，完全沈在水中之 *Chara* 及根在泥中而花葉露出水面之植物，如水百合 (*Nenuphar*)，蘆葦 (*Reed*) 問津 (*Horsetail*) 等。在沿岸區域之石塊及椿上，被有一種黃綠色絨狀物，名曰 *Oscillaria limosa*。其在水面下階層上之一種，名曰 *Oscillaria Fraticchi*。在春季時，此種植物成大如手掌之板塊落下，而浮於水面，後隨水流移動，成為浮游生物之一部分。在超二五呎之深處，除 *Thamnium Lemani* (此植物可深達六〇呎) 外，不再見植物。但直至八〇至一〇〇呎深處，往往有一種被覆在泥土上之氈狀生物，其主要之數種如 *Palmella hyalina*, *Zoolfea termo*, *Beggiottea arachnoidea*。在是種生物中，且夾有球狀藻 (如 *Pl.*

生物地質學

eurococcus roseo-pericinus) 及無數綠藻，如 Achnanidium microcephalum, Amphora operculata, Cyclotella operculata Navicula gracilis, N. Viridis 等。

在地球上除海洋及湖兩大式水外，且有其他不少式之水。其一部分可視為中間式，而凡半鹹水皆屬之。其發生或由於在河流入海處。淡水與海水之混合，或由於海水中鹹度逐漸的減低，如波羅的海及黑海是，或由於與大片海水隔絕後鹹度逐漸的增高。此外又有在大陸上之大片半鹹水，其鹹質物係出自在近旁之岩鹽層。在上述各式半鹹水中，有時惹起半鹹水相，並有其特殊之生物。

多數生物其由鹹水而入淡水或由淡水而入鹹水時，雖則多不免於死亡，然其能交換在兩者中生活者亦有之，如鰻及鮭魚是。在近海岸而受海水沖滌之區域，其水之鹹度在乾燥時節係與在多雨時節不同，但水中之生物似不因此而起變化，證明生物中其能適於不同環境者，實不在少數。

在噴泉之水中，時常帶出種種生物，如當一八三八

乎從法國某地之一噴泉中曾帶出鰻魚。在非洲撒哈拉沙漠之噴泉中，往往除含甲殼類動物（如*Telphusa fluviatilis*）外，又含有魚類動物（如*Chromis, cyprinodon*）等。在法國比利牛之硫磺泉中，以含有硫磺藻為特性，後者在泉中至為繁盛。此外如在北美洲之硅質或灰質間歇噴泉中，雖則能有極高之溫度，但生物仍能在其中興旺，表示生物之組織對於溫度之變遷有若干度之耐力。吾人在有六〇度溫度之間息噴泉中，猶能發見如海中之藻類。其組織中已為硅質所侵入，而其色係隨溫度而異。在泉中之藻類往往係與黑蘚（*Hypnum*）及絲藻類相伴。

大氣圈 以生物的眼光言，大氣圈誠為水界之偶，而其中之生物可依同樣方法區分之。在大氣中，吾人分生物為與浮游生物相當之浮飄生物，與游泳生物相當之飛行生物及與海底生物相當之地面生物，後者復區別為固着的與移動的兩種。

浮飄生物，凡在空氣中隨風吹動者之生物統屬之。是類生物之性質至為複雜，其某數種如是過其全部生

生物地質學

活，其他數種祇表示其進化階段中一時期之生活狀況，更有某數種無非在是中偶然停留已耳。屬動物者，如隨風吹動之大羣蚊蟲或其他生物。屬植物者，如瀰漫空中之花粉或孢子落下地上時，惹起奇異之結果；在此情形中生物在空中之停留予生物以進化上的便利。又從空中落下而名曰 *Lecanora esculenta* 之地衣，為亞洲極聞名之浮飄生物。其個體作小莖塊狀而有一立方釐之大小。

孢子多時，能遮蓋空際，並落下後，積成厚層。普羅氏 (Edonard Bureau) 及甫愛生氏 (Jules Poisson) 謂在累羽儂 (Reunion) 島上離海面一二〇〇呎之帕爾密斯脫 (Palmistes) 高原之山麓有一深一〇呎而寬六呎之洞穴。吾人如若爬入其中，則見其中有厚過一呎之土層，其物質輕而柔，現黃色，且無臭無味，但能着火燃燒；後以顯微鏡檢驗之，始知完全為某科羊齒植物之孢子。

植物之孢子能被風搬運至遠處落下。在太平洋中由珊瑚構成之島上，其最初之植物即係從空中吹來之孢子所發育。

所謂飛行生物者，凡能在空中自由飛行之生物統屬之。鳥類即其一種。此生物能在空中作長期之停留：吾人曾見軍艦鳥 (Frigat-bird) 海鵝 (Albatross) 塘鵝 (Pelican) 等在天際中極高之處安睡，其翼之自動的微微運動，支撐其軀體使其不致落下。在行動一方面，尤其與海中游泳生物相似者，當推燕，金絲雀等候鳥。哺乳動物中之能飛行者，除蝙蝠外，又有鼯鼠 (Flying-squirrel)；兩者落下時，皆以兩翼之膜為下落傘。爬蟲類中如在地質時代之飛龍亦有相同之飛行能力。空中帶翼之昆蟲則為極重要之飛行生物：蚱蜢成羣飛行於空中，而係與沙鰱魚，青魚 (Herring) 結隊游泳於水中相當。昆蟲中其非達生育時期不能有飛行能力者，為數不少：蜂蟻屬即其一羣，此羣動物當初成蛹在水中生活，故其時為游泳生物，三年後入大氣界，但不久即死。又蟻亦備翼以供短期飛行之用。

在水圈游泳生物與氣界飛行生物間，不無中間生物，如稱飛魚之某種魚類是。此類之魚以其胸部帶鰭，而其尾具強力，能跳出水面，並在空中跳遠，當高而遠

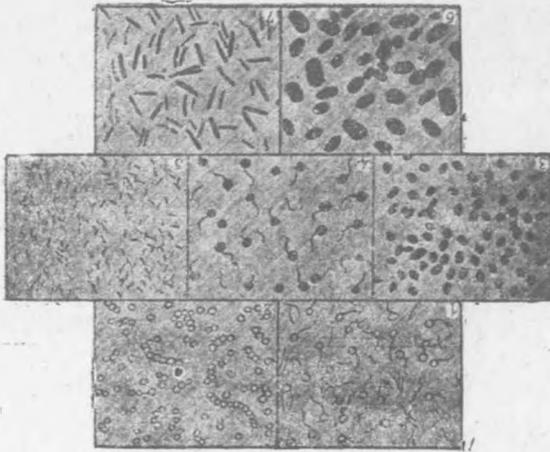
生物地質學

時，能跳過船面。又極小之生物如屬甲殼類之 *Calocalanus parvulus* 亦常出水而見於海面。又空中動物其能跳入水中者亦有之，如屬陸地動物之水獺，屬鳥類之水鴉及其他。

至地面生物包括陸地上生物之全部，而人類即為在地上能行走之一種，屬之者，又有哺乳類動物之大部分，如蜥蜴，蚊，陸地龜等爬蟲類及如蟾蜍，火蛇等兩棲類動物。在軟體動物中，有蝸牛及蛞蝓（至少一時期）；一大部分昆蟲在蜘蛛類中有蠟及蜘蛛。

生物之在地面下者（至少其生活期間之一時期），亦包括在地面生物內。是羣生物在地面下常惹起重要作用。如野兔及某種鳥類掘窟以作居或用以生育皆其顯著者也。又螻蛄在地中有一種極活潑之生活，其在地中不絕地移動之目的無非為覓食物。此外如鼯鼠，蟻等亦為常見之地下動物。至在耕土中之種種微細生物菌，（圖一〇）在是處亦有提明之必要。

植物之大多數由其根之作用使土壤鬆解，而開無機力侵入地中之途徑。地上之樹林及泥沼地係與被有藻



第 一 〇 圖

土 壤 中 之 酵 菌

- (一) 纖維之酵菌 (800 倍放大)
- (二) *Bacillus mycoides*
- (三) *Nitrosococcus*
- (四) *Nitrosomonas*
- (五) *Bacillus butyricus*
- (六) *Azotobacter chroococum*
- (七) *Clostridium Pasteurianum*

類及動植物 (Zoophytes) 者之海底區域相當。如是地上

生物地質學

之植物成大氣中固着地面植物。

如若吾人進而確定大氣中動植物之生存狀況，吾人即遇着與水中完全相稱之問題。地上之植物亦有一種依區域的分布，而係與海底生物依深度之分布相當。在同一緯度下，地面之高下常為植物聚散之決斷條件，如在同一高山中，其在山麓之植物常與在半山上者不同，而在半山上者，往往又與在山頂者相異。就在安提耳 (Antilles) 海岸之西利基 (Chiriqui) 火山言，懷克納氏 (Wagner) 分出下列各個帶：自海面以至六〇〇呎處，櫻櫚極蕃茂；自六〇〇呎處以至一三〇〇呎處。獨多喬木性羊齒類植物，再上以至一七〇〇處，最普通之植物為薔薇，更上至三三〇〇呎高之頂峯，除橡樹及赤楊外則無別種植物。

除高低之分布 (Hypsometric distribution) 外，吾人應注意一種在水圈中不甚重要而在本圈中頗有注意價值之分布，此即生物之依緯度的分布是也。多數自然學者自赤道以至兩極分為數個生物帶。翁格氏 (Unger) 即本此旨區分之如下：

一，極帶 (Polar zone) ，以絕對無樹林爲特性；在北半球中包括北美洲冰積羣島，格林蘭，斯畢斯堡西伯利亞北部。

二，寒帶 (Arctic zone) ，以帶矮小樹木爲特性。

三，半寒帶 (Subarctic zone) ，有泥沼土及松，樅，落葉松，赤楊等之樹林；包括坎拿大，俄羅斯北部。

四，寒溫帶 (Cold temperate zone) ，直伸至緯度四五度，而以有牧場及樹林爲特性。

五，熱溫帶 (Hot temperate zone) ，是區牧場較少，而樹較多並較大。

六，半熱帶 (Subtropical zone) 有椴欄及香蕉樹。

七，熱帶 (Tropical zone) 有喬木性羊齒類植物。

植物依緯度之區分未必一定真確，因緯度在植物上之影響以種種原因隨地能起變化。

堪杜爾氏 (De Candolle) 曾察見自地極以至赤道各植物區及各動物區之種數有增多之傾向。據云在斯畢斯

生物地質學

堡（北緯七六度）現下有九〇種植物，在西拉西亞（五三度）有一三〇〇種，在瑞士（四八度）有二四〇〇種；而在西西里（三六度）有二六五〇種。是種定區性不限於植物即在海中之浮游生物，游泳生物及甚至在沿岸之海底生物亦至少當有若干度；但在深處因溫度均一，而不論在地極或在赤道到處皆近一度，故在生物間無依緯度之相差。

生物圈 生物除生活於水圈及大氣圈中外，亦能與異種生物聯合棲息，其棲息時互享幸福者，謂之有利共棲，如若無甚裨益者，單稱曰共棲，又如若一生物寄生於他種生物體內或附着於體外而攝取營養物者，謂之寄生；其中聯合棲息之兩面一則享利益而一則受害。

一動物及一植物之各部分每帶各種寄生物，而除供給寄生物以棲所外，又供給營養物，或予寄生物在發育期內以適當的庇護。

一高大之樹係一生物之世界。生在樹皮上者，有蕈，地衣，蘚及昆蟲，多足類動物，軟體動物，蠅

蟲及其他。在樹內，寄生樹（Mistletoe）伸入其吸根，*Botryschus* 及 *Ceramdyx* 之蛹鑽挖空道。在葉上，五倍子蟲（如 *Cynips* 等）由刺激而惹起瘤狀體以保護其卵或供給其蛹以營養物。在根上除蕈及冬菇等外常有昆蟲之蛹。

一巨大之動物亦然，例如鯨魚之皮，龜之甲板各成一生物世界；又在是二種動物之孔穴及內臟中不少結羣之生物。

在生物圈中，如在別圈中然，生物依其分布可區別數羣。在腸液及唾液中之微生物可視為一種浮游生物。在肌肉中自由遊行之線蟲可視為一種遊行生物。又在皮上及黏膜上之生物，固着者如繸蟲，移動者如蚤皆可視為着底生物。

寄生浮游生物深入在動物及植物之組織中，無自行移動能力。微生物之大多數即屬之。

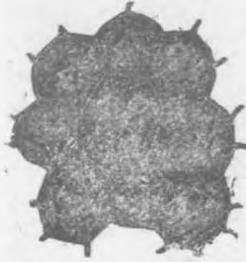
寄生游行動物在寄主上有如鳥類在空中或魚類在水中之運動。*Taenia solium* 之幼蟲穿過豚之腸皮並遊細管或穿組織而入肌肉，或其支撐組織內。是種幼蟲尋常

生物地質學

多入舌之下部，而使精神衰弱，為以後癩病之預兆。生物中之白血球能在血管中循環，並穿過毛細管之皮膜及肌肉之組織，以達其有效用之點，並在是處或使疤結合或攻擊病原微生物。

至與氣界中地底生物及水界中海底生物相當之寄生着底生物皆寄生於其寄主之固體部分上，如生在樹皮上的地底為其一佳例。又如藻類植物寄生於別種藻類植物上者亦屬之；其例甚多，如 *Elachista* 寄生於 *Himanthalia* 上，*Ectocarpus* 寄生於 *Rhodogmenia* 上，*Rhizophyllis* 寄生於 *Peyssonelia* 上，*Polysiphonia* 寄生於 *Fucus* 上皆是。此外生活在豆科植物上之細菌 (*Bacillus radicolica* 及 *Rhizobium leguminosarum*) (圖一一) 亦其例焉。生在樹根上之蕈有時在根之周圍惹起一種菌絲體套，如是發生一種奇異之寄生現象。此類寄生植物似有分解腐植質之能力，使後者易為根毛所吸收，因此，於樹之生長惹起良好之影響。

植物除寄生於植物上者外，亦有寄生於動物上者。在此現象中，動物往往犧牲。生在人類黏膜上之 *Oidium*



第十一圖

一豆科植物之根瘤的細胞組織，示定氮之細菌，其中有呈單筒桿狀者，有呈分枝形狀者

albicans為極聞名之一例。Trichophyton為一種惹起癬瘡之菌。某種絲藻及水生菌在魚上發育而終則殺死之。在淡水中之青水螅 (*Hydra viridis*) 以在面上被有一層屬 *Zoochlorella* 之藻類植物致呈一種美麗綠色。此藻以某種碳質營養料供給水螅並使水中氧分增加，是以此種綠色藻亦

能生活於缺少植物細胞之水中。放射蟲類亦同此情形：其外肉 (*Ectoplasma*) 帶有一種有相同效用之藻 (名 *Zooxanthelle*)。

動物中其成着底生物寄生於植物上者，其例甚多。為確定此觀念起見，可以蝶蛾類之幼蟲及蝶類為例，此二者攻擊種種植物；又葡萄樹上之無數寄生物，如屬半翅蟲類之 *Phylloxera* 亦屬之。

最後則有寄生於動物上者之着底寄生動物。例之最著者，為蚤，次之，為寄生於蝦屬上之 *Epizo-*

生物地質學

anthus parasiticus 。

此外生物之營共棲生活者亦不少。茲就鱒奴(Pinnot here)言之。此生物尋常成對，生於一羣瓣鰓類軟體動物之內。其在貝殼內一方面受貝殼之庇護，而一方面取軟體動物之滋養殘餘為食。他如名 *Fierasfer* 之一種小魚在海蛸類中亦與後者營共棲生活。

石珊瑚礁係為寄生物及共棲生物之世界。其上面之動物及植物各覓其生活上所必需之要素，且有時互相交換其產物。一大羣軟體動物（如 *Cypraea* 等）嚙食水螅，恰如牛羊嚙食草然；穿石綳（*Saxicaves*）及穿石貝（*Lithodomes*）鑽入珊瑚中以尋覓其貝殼中所需之物質，並以珊瑚為庇護。又灰質藻類在礁上惹起灰質結核。此外如原生動物，海綿及微生物各在礁上過其生活，並操其特殊之工作。在鳥糞上之硅藻亦有注意之價值，其中除 *Triceratium*, *Amphitetras* 外，又有 *Actynocyhis* (*A. undatus*) *Archnodiscus* 等。

三，物圈之聯絡 生物之三圈所謂水圈，大氣圈及

生物圈者，已於上文中分別述之矣。茲須添述者，此三圈雖各有其特具的性質，然其間不少相互的關係，且此關係有時密切，而方面又各各不同。茲先舉數事實言之，海底生物至少當落潮之際變為氣圈生物：其時蟹之舉動全然如同陸地生物，水藻（Fucus）一見而如牧場之草。一種名 *Birgus latro* 之海棲生物確有一種適於空氣生活之構結。在其鰓之近旁，附有一種海綿狀體，後者之效用為保持足度水分以供生物在空氣時之需要。此生物自離海岸後，不但能在海岸岩石穿鑿孔洞，且攀登樹木（尤其櫻櫚樹），而庇護於枝朶中；此生物長可達五〇厘米許，且有強力，易搬動椰子，後者之纖維絲，此生物取而構巢，其仁則迨破皮之後，取而充其食料。

然為說明各圈間之聯絡起見，務須於另一方面尋覓真確事實。某一羣生物如若當其發育之際，不變其棲所，則不能生存，換言之，昨依次利用水或寄主不能生存。其例之單簡者，如無數昆蟲是：蜻蜒在池邊停下，而在是處留下其卵。從卵不久即產出水棲

生物地質學

生物，其形狀與蜻蜓不同。是類生物在起初數月或
有時數年中，係生存在水面下，並在水中捕取生物以供
食用，一方面不時換去其過小幾層質皮膜。嗣後其最後
之蛹浮出水面，而從其裂縫爬出一種與其母相像之蜻
蜓，後者迨其翼乾後，即能完全營空中生活。此
種生物故依次生存在水圈及大氣圈中，在其在水中及
空氣中生存之性質間並無共同之點。如若此二圈中缺去
一圈，則是種生物不能生存。

生物中其示生物圈與大氣圈或與水圈之密切關係
者，其例亦多。牛蠅之卵進入哺乳動物之腸後，在是處
發育而成幼蟲，終則變成蟲營空氣生物。又如傷寒症
之病菌當初係在水中，以後與水共入寄主界而施其荼
毒。

無論在任何一界中，凡有生物之區域皆發生生物間
不絕的屠殺。所謂海洋無非為一極大之屠殺場：試想像
一尾口大三呎之鯨，其在浮游生物間流動時，每嚙一次
不知要吞下若干萬之浮游生物。米細拉氏 (Michelet) 謂
海中之生物若不相屠殺，且如若無種種使生物死亡之作

用，則海不久為生物所填滿。試就每一青魚言，此魚至少有五萬之卵。如無暴死以調劑之，則每一卵可出一青魚，而後者復可有五萬之卵，如是，若繼續不已，一青魚就能於數代後填滿一大海或使其生物化，結果，生物不再能產生而地球將變為沙漠矣。生命之保存是以有藉於死之幫助。

為求確實明瞭生命普遍之問題起見，吾人不得不對於生命所許可之最高及最低之溫度有相當之說明。

在南極，如在北極然，不少孵於冰上之鳥。據諾登斯克座氏 (Nordenshjoeld) 所稱，在某一區域，曾見一種名 *Metridia armata* 之甲殼類動物棲息於雪地之上。此動物雖長不過五耗，然因其為數極多，且因具發磷光之器官，致是處大片之雪地呈光輝景象。在韋卡書 (Waigastch) 島上，有人曾見六種鞘翅類動物；在新善不拉 (Nouvelle Zemble) 曾見九種 (*Feronia borealis*) *Amara alpina*, *Chrysomela septentrionalis* 等)。是羣生物在其成卵成蠅或成蟲時期，無不一度遇着冰點下四〇度或五〇度之溫度。

生物地質學

挪登斯克廉氏及柏克蘭氏 (Berggren) 在格林蘭之冰中曾發見屬 Desmidiaceae 科之藻類植物。此植物以藻綠素現象關係為不絕的發散養氣之源。又開拉許氏 (M. de Gerlache) 謂在南極區域有因帶某種綠色藻類而呈綠色之冰。

在極熱之區域，發見一種與上述情事相稱之情形。北美合衆國之間歇噴泉係以含鉅量某種植物著名，其水之溫度係相差在六六度與七二度之間。又在各地溫泉中往往發見屬藍藻類之生物。凡此皆證明生物能在一個高溫度環境下生存。

第三章 過去時代生物之現出

對於生物之在今日地面上種種狀況下之存在，已於前章中述之矣。茲章中所討論者係以地層中覓得之證據為設想，舊日生物力如何分布之根據。

地質相與化石 吾人由考察乃知今日許多成大陸一部分者之岩石含有屬海棲動物之化石，證明是類岩石原來係在海中生成。

在十七世紀時斯丹農氏 (Stenon) 指出某種植物化石及某種貝殼化石之特點為區別海成地層與河成地層之確實的依據。嗣後此種研究繼續發展，而至今日相 (Facies) 之研究為決定地層由來之必要的手續。今取一譬言之，在某區域中，砂岩層之上為一泥灰岩層。在

生物地質學

兩層中，各含有鉅量古代動物之貝殼化石，但在砂岩層中之貝殼呈示不少與今日海成貝殼相同之處；至在上面泥灰岩層中之化石係顯然與在今日湖澤中者相似。在此情形下，吾人乃斷定某種軟體動物係生存在海中，而某種軟體動物係生存在湖中。準是以觀，下面之砂岩層為一海中沈積層，而在上面之泥灰岩層為一湖中沈積層，其故因自砂岩層發生後，海底局部上升，而迨泥灰岩層發生時，此部分海已變為一湖。

吾人根據地層中化石之性質，決定地層發生時之狀況，或更進一步言之，吾人根據地層之化石乃推知古代水陸之變遷。

又由化石之種類可察地層之新舊，因生物起初單簡，以後漸趨複雜，故在古地層中含下等生物之化石，在新地層中則藏高等生物之化石。化石中有僅限於某時代之地層中者，可為鑑別其地層時代之標準。此等化石稱為標準化石 (Leading fossils) 如志留紀之三葉蟲，石炭紀之羊齒類化石皆是。

水圈中生物之化石 水圈中之化石分爲浮游生物的，游泳生物的及海底生物的三大類。茲分別討論之如下：

浮游生物之化石 海中之地質的浮游生物係在海面經一度浮游後沈積於海底者之生物殘留，是以與游泳生物及海底生物之殘留相混合。如欲區別之，非仔細觀察今日各羣生物之相貌不可，因如是吾人得根據生物間之不同點，決定其爲屬浮游生物的，游泳生物的或海底生物的。

在今日地層中一大部分原始生物應視爲昔日生存於深淺極不相同之動物的沈澱。由考察海中之情形，乃知在有抱球蟲，貝殼堆積物者之海底直上近海面之處，有在生活狀態中之相同的生物。吾人如若在一岩層中發見與此種有孔蟲類生物相似之生物殘留，吾人即能判定凡成此岩層之物質昔日係沈積在一多少厚之海水層下。當抱球蟲之屍體向海底沈澱之際，因其有機物逐漸減少之故，此屍體之物質逐漸趨近碳酸鈣質，換言之，其屍體沿途受海水之侵蝕，而如若經過之時間愈長，則其被侵蝕之程度亦愈深。在極深之海底，是類生物之屍體之所

生物地質學

以往往往缺少者，殆因經長途侵蝕而毀壞之故。基乎是理，在極深海底發生之岩石不含抱球蟲之化石。

在各時代地質岩系中，由浮游多孔蟲類所成之岩石為數極多；其中動物雖極不一致，但具相同的特性，故係隸屬於同科，例如古生代之鮫石蟲，侏羅紀之瓶蟲。(Lagenidal)，白堊紀之車輪蟲 (Rotalia) 等是。其所成之岩層係與今日之抱球蟲泥相當，此決無疑問者。

屬原始生物之某數羣生物，有極長之壽命，其中有經長期而迄今尚不滅亡者，如現代海中之抱球蟲及與之同伴之厭甲殼石 (Operculina)，前者始於三疊紀，而後者始於白堊紀。此二羣動物故能於自中生代以來之各時期地層中存在。

反之，幾多羣生物係限於一特殊時期之地層中，而為該地層之特性，如 Saccamina Trochamina 及錫杖蟲 (Lituola) 各盛見於石炭紀石灰岩層中。又貨幣蟲係限於第三紀地層中。此生物概較上述諸生物為大而重，是以頗難想像其單藉其假足之力而能維持其浮游狀態。

貨幣蟲之一部分恐係限於海岸區域中而呈自浮游生物過渡至游動海底生物之傾向。

就下等植物言之，矽藻在上部白堊系地層中發見，自白堊紀以後，此羣植物多見於各時期地層中。且其存在不限於鹹水層，即在半鹹水層及淡水層中亦見之。

就放射蟲類言，此生物最早之代表係發見於寒武紀地層中。堪夏氏(M. Cayeux)在法國北部蘭排爾(Laballe)附近之一種已完全矽化者之寒武紀碳質黏土中，發見一大羣屬放射蟲類之化石，其外觀頗與今日所見者相似。

此外在現代地層中，又有一特殊浮游生物之遺體，即翼步類化石是也。直至今日吾人尚未曾發見一種含翼步類化石之中生代岩層；反之在古生代地層中其含盛量之翼步類化石者，則極為常見，其中所見之化石頗與今日所見者相同。所謂輓舌螺(Hyolithes)者，係與今日之龜螺(Hyale)相當，而見於澳洲，北美及歐洲之寒武紀以至二疊紀之地層中。他如Pterotheca係與今日之Carolinia相當，為坎拿大，大不列顛等

生物地質學

處之志留紀地層中之特性化石。至 *Conularia* 係與今日之青螺 (*Cleodora*) 相當，而係見於歐洲，美洲，新格列陀尼亞等處之志留紀以至二疊紀地層中，又如澳洲之 *Canularia inornata* 其長可達四〇釐，換言之，遠大於今日在海洋中所見者。

在志留紀地層中有一羣名觸角石 (*Tentaculites*) 之動物化石。此屬約含六〇種，分見於歐洲，北美合衆國，巴西，好望角等地之地層中。保羅斐西亞氏 (*Paul Fischer*) 謂此羣動物有與屬翼步類之 *Griseis* 同樣之構結，而恐係結隊生活。

游泳生物之化石 含動物化石尤其含魚類化石之岩在證明在地質時代之海中存有真正游泳生物。此類化石多見於石灰岩，黏板岩，頁岩及泥灰岩中，而以魚類為主，如 *Palaeoniscus*, *Amblypterus*, *Lebias cephaltes* 等皆屬之。

吾人憑日常之觀察不足了解魚類之屍體在未會為泥土蓋沒以前之久長時期中不致消滅之特殊狀況，蓋據常理言之，在未會為泥土保護以前，未有不經海底無數食

食動物所吞食或經其淨水作用而敗壞者。但在泥土下，是種動物之屍體往往發生與地面下碳化作用同樣之變化，而放出氣體。

海底生物之化石 吾人憑地層中之考察，乃知在地質時代之海中除有浮游生物，游泳生物外，又有海底生物。吾人並能在是種地層中認出深淺不同之區域而尤其能認出沿海岸之區域。海底生物之生理的作用予是種地層以一種與別層不同之特性，因其在海底或沿岸之岩石中穿有不少之孔穴；而是種孔穴迨海底變為陸地時仍復保存，且有時其中並見惹起是種孔穴者之軟體動物之遺骸。據觀察之結果，是類軟體動物在多數特點上係與今日所見者相同。

在大多數情形中，吾人認是類軟體動物之時代係與其所鑽穿之岩石相同。就今日之觀察雖則現代之動物有時果能在沈積未久之泥土或泥灰岩中鑽穿孔穴，但此種形情究竟不多，在大多數情形中，其所鑽穿而為棲所之孔穴係在海底上古代或有時極古代之岩石中。

海底生物自極古之時代以來包括不少腹足類動物，

生物地質學

而在地層中有其證據。是類腹足類化石之與今日腹足類動物之相似表示其如今日腹足類動物然，爲一類食草動物，申言之，證明其時在海底上已有草本植物。

在地層中不少屬軟體動物之蝦蟹等化石，而就其成羣存在及其他各點上觀之，昔日之蝦蟹等係與今日在海中所生存者相同。在有幾區域中除有石珊瑚化石外，又有蘚苔蟲類，芒刺動物等之化石。此種情形證明今日已成陸地者之古代的海底實不啻爲一真正之動物體，如在今日在太平洋深淵中然，而此已用測海方法證實之。

以上所述者，皆就海成的地層而言，其中所含之化石指出地質時代中海洋之所在。換言之，指出海相。然在多數區域中，含具淡水性之化石，如是指示在其所在之區域，在地質時代中係爲一大陸上之湖，換言之，指出湖相。示湖相之化石係以軟體動物，甲殼類及魚類爲主。至示湖相之植物，其最特性者，有蘆葦荷及 Chana，後者曾在莫斯科殼灰統中發見，又在侏羅系及白堊系中亦見之。基推爾氏 (Zittel) 曾云“所

奇異者，凡所知之各種化石皆與現世生物完全相符，而此不但在大小上即在構造上及往往完全保存者之果實上亦然。據是則吾人能認此羣生物在其發生無限長之時期間未曾經過一度之變化。”

此外又有因含河水生物之殘留而呈河相者之地層，其時期極不一致。

在有數地層中海水生物之殘留係伴淡水生物之殘留而現見，此情形除承認其地為昔日之河口或江灣外，其他皆未能解釋之。在此區域中，當海水生物之殘留沈澱時，河水同時亦搬入陸上生物之殘留，後者一并與河水中之泥土，砂礫等沈澱，致惹起海陸相聯合之結果。陶遜氏 (M. Dawson) 曾對於北美之哈密爾頓 (Hamilton) 地層為詳細之說明；在此地層中，海生魚類之殘留係與陸上之封印木及其他植物之樹幹相伴，此外更有與今日生在樹林中者相同之昆蟲化石。

在海中或大湖中，由河流所成之三角洲 (Delta) 為一種呈二相之區域。其中呈陸相之化石係與呈海相或湖相之化石相伴。在三洲中有時因含鉅量碳化木而發生石

生物地質學

炭層。

呈湖相之層有時亦有經濟的價值，如法國奧湯 (Autun) 附近，在呈湖相之地層中，有一厚層之奇異燃料，名曰泥炭 (Boghead)。據顯微鏡下之研究，此層係由無數藻類之葉狀體所積成，其中並無其他物質。

今日在地層中所見之化石難免即為昔日一溫泉或一間歇噴泉中生物之代表，如在有幾區域，蛋白石中所含有之藻類而尤其硅藻類之化石多屬於此種情形。

大氣圈中生物之化石 大氣圈中之生物雖可有浮飄生物，飛行生物及地面生物之分，但欲依是以區別其化石，則為一極難能之事。大氣中一部分生物之屍體係落在海中而與海中生物之屍體相混合。至落在大陸上者之部分多因經地面上之作用而破壞，如就半乾燥區域言，其地表不絕地受侵蝕之作用，而其中能保持其原來狀況者祇限於有數特殊區域。因是種原因，大氣中生物之化石不但極難區別，抑且不易保存。據今日所知，含浮飄生物之化石之地層概為由飄砂積成者之砂層，其發生時空中之飄砂挾浮飄生物而落下。

至含地面生物之化石的地層則極多，其大多數含植物化石，據警言之，在波脫蘭島(PotlrandIs.)有一灰質黏土層，其中尚含有在原地之羊齒類植物之殘根，據研



第十二圖 示聖德田附近煤田層中 Arthropitus 樹根之排列

究之結果，是種古代化石土壤與今日之耕土除因次生作用而發生化學性的差別外，其他別無差別，證明耕土之性質自來即完全均一。另奉一警言之，在法國聖德田(Saint-Etienne)某處地層之剖面呈如第十二圖之情形，其中封印木，Arthropitus (圖十二)及其他植物力之根的排列與今日某數種樹木之根的排列尤其與美洲沼澤之 Taxodium 之

生物地質學

根的排列相彷彿。

植物之化石在志留紀地層中已不少發見，在石炭紀地層中則極多石炭紀之灌木；由其化石觀之，似與今日所見者不相上下。至飛行生物之化石其在地層中發見者以昆蟲為較多，且含昆蟲化石之地層中有屬於石炭紀以前之時期者。凡含爬蟲鳥類等化石者之地層其時代概在古生代以後，而如德國沙能霍芬（Solnhofen）含始祖鳥化石之地層係屬侏羅紀。

飛行動物與地上動物之化石之界限極不分明，尤其高等動物之化石為最。如許多鳥，蝙蝠等遺其屍體於一種與今日岩穴相當之地洞中；是類屍體常有誤認為屬於地面生物者之可能。

生物圈中生物之化石 在前章中吾人已指出生物圈之存在並說明寄生，互利共棲及其棲三種主要現象以及浮游生物進行生物及着底生物三分部。本圈昔日之生物就其所留下之化石觀之，雖不少與今日之生物不同之處，但多關於細目，至其要點則表示歷來完全的一貫。

就寄生言，其證據極多。歷代遺下之貝殼，其

帶有圓孔者，頗不少見。是種圓孔顯然出於寄生物之作爲，而當是類生物努力穿鑽貝殼以達動物體時發生。貝殼上鑽孔形狀之相似及大小之一致每使人見而驚異。至其如何發生今日已不成爲問題。據在化石上研究之結果，凡能鑽孔之動物概有一種帶齒之舌，如今日在有舌類中所見者然。

一方面又有爲食船木蟲所鑽通者之木，後者迨被河流搬入於一種產木蠹之海中後，能逐漸矽化，致木上之鑽孔得因是而保存。

植物化石中其曾經爲寄生之犧牲物者爲數極多。以下祇舉數特殊例言之。

勒拿爾氏 (Bernard Renault) 對於多數煤種曾在顯微鏡下研究若干年之久。在一實驗中，該氏由砥磨木片達到使木片透明之目的，而其第一種結果即完全推倒佛蘭密氏 (Fremy) 之稱煤爲均一質之斷言，而證明在煤中含有種種生物殘留。在其實驗時，弗氏 發見煤中多處組織上之變化，而尤其在侵蝕之處發見 *Bacillus amylobacter* 之生物活動之證據。在今日泥

生物地質學

炭地中，此種生物尚繼續活動。此即證明成煤之有機物質至少當初係在一種與今日泥炭地中相同之狀況下。又萊拿爾氏將產在法國聖德田之 *Arthropitus* 之一矽化木幹先於其維管束中導入一種膠水後，即於後者中發見 *Bacillus Colletus* 之存在。在此情形中以此木幹已完全矽化，故頗便於觀察。在今日之泥炭中，間或亦能發見呈鏈條狀之微生物（如 *Cladothrix Martii*）。

葉之印跡中往往呈一種被生物侵蝕之證據。在第三紀之地層中，白楊之葉示如 *Sclerothium pustuliferum* 之蕈。在法國波斯維萊（Bouxvillers）有幾上期中新世之片岩呈示一種藻類名 *Polysiphonites Koechlini* 之寄生現象；在另一片岩中，呈示別一種藻類名 *Himantalia amphisyllum* 之寄生現象。又在西里西亞之煤田中，一種名 *Calypteris conferta* 之蕈果樹之小羽葉呈示為一種屬 *Excipula* 之蕈所侵蝕之現象。

至就其棲言，其中同伴之生物係同在一種適於各個生存之良好環境下，且往往發生一種生物利用他一種生物殘留之情事（片利共棲）。在今日，是種聯合雖則極

普通，但其發生於昔日者，其大多數不能成化石而保存。雖然在某種貝殼上，呈海葵與油螺或蘚苔蟲類與各種軟體動物同伴之證跡。然凡示化石的共棲者係以在石珊瑚礁中為特甚。在為腔腸動物所成之礁中，常可發見種種動物之化石，表示各種之聯合。在今日之珊瑚礁，珊瑚蟲概與芒刺動物，水螅類，蘚苔蟲類及軟體動物類相伴，同時並發見屬灰質藻類之珊瑚玫瑰花及其他植物。他如在法國焚宜（Vigny）之一豆狀石灰岩體中發見屬水螅類之 *Astrea Ellipsomilia*, *Phyllosoenia Enallhelia* 等與芒刺動物（如 *Cidaris Forchammeri*）斧足類（如 *Lima Grassatella*, *Cardium*, *Lucina*）腹足類（*Cerithium Trochus*）頭足類（鸚鵡螺，箭石）以及石藻相伴。

所謂在共棲生物組織間有密切關係者之互利共棲可舉兩形式為例：動物中之放射蟲及植物中之地衣。放射蟲之為游泳生物與其作為已於前章中述之矣。然為明瞭其生活狀況起見，更須承認其原形質飽含司呼吸之藻類。至言地衣，此生物示蕈與藻之互利共棲，其殘留

生物地質學

多見於黃琥珀以及由樹皮變成之褐炭中。據哥貝爾氏 (Goppert) 研究之結果，生物之成互利共棲見於黃琥珀



第一三圖
示二疊紀
魚龍之鱗石(據
勒拿爾氏)



第一四圖
魚龍鱗石之
縱剖面由其螺
旋狀內部證明
二疊紀魚龍之鱗
與今日在鱗
骨魚中相同
(據勒拿爾氏)

中所含之葉及枝之上者，有次列數種：Parmelia, Sphaerophoron, Cladonia, Ramalia, Cornicularia, Usnea。又其發育於褐炭化樹皮上者之一類包括下列數灰質地

衣：Graphis Opegraphos, Lecidea, Pyrenula。

此外有須指出者，即為自來稱為糞石者之動物化石是。勒拿爾氏由研究散在黑侏羅統中之魚龍之糞石知其螺旋狀之構造係與今日在鯉骨魚排泄物中所見者相同（圖一三至一四）此情形證明在今日鯉骨魚中所有之螺旋狀腸亦生於侏羅紀爬蟲類之軀體中。

嗣後在時期較早之地層中，勒拿爾氏給與柏脫蘭氏



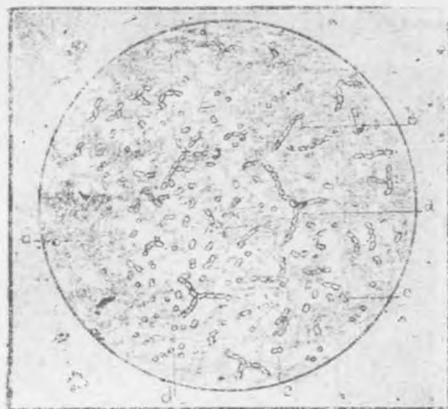
第一五圖
Bacillus permiensis
見於二疊紀魚
龍化石中
（勒拿爾氏）

（Bertrand）之合作，發見二疊紀時棲於糞石上者之微生物。此類生物係與四聯球菌（Micrococcus）及桿菌（圖一五）相近，而極似今日生於高等動物之腸內而依其種類惹起各種疾病者之數種。

又有指出之必要者，化石微生物中有專使有機物殘留變化者之一羣，其類似見於今日之泥炭地中及水面下

生物地質學

泥土中，皆使動物質或植物質分解。是羣生物可以 *Streptothryxanthracis* (圖一六) 及 *Amylobacter* 為代表，此



第一六圖

Streptothryx anthracis (顯大)

a 個體全部包括三枝部 b 成鏈鎖
之一枝部 c 孤生情形 d 在石炭中
散布之芽胞 (據勒拿爾氏)

二者，使植物之纖維敗壞，並使發生澱粉。其化石見於石炭中而在是中尚見其保持與今日生物大致相同之構結，如為勒拿爾氏所指出者是。

動物之屍

體飼養食屍生物。是羣生物與現見於骨上者之一羣各有相當之化石，而以在第四紀地層中者為最多。

在海底泥中，而尤其在閉海（與洋隔絕之一種）之海底泥中，有無數使泥中動植物質敗壞之微細生物。據

今日所知，在現世海中其發生是種情形者祇有一處，即黑海中之深淵是。在是處存有一種黑色有機物，而此已由實地測驗所證實。有數地質學者以為在過去時代中，凡有是種特殊狀況者之處定不在少數，而其深處之黑色灰質岩石概浸染動物質，至呈一定形狀者之化石則極少。是種黑色岩石名曰死物岩 (Sapropelites)。其在日光下受熱時或單受打擊時常發散一種有機物臭氣。是種岩石為海相之一特性，並為微生物作用於動物屍體上之結果。

屬動物原之碳質物 在岩石中動物質在某種狀況下有與成石炭燃燒物之植物質相同之作用。動物殘留如植物殘留然，有使周圍岩石質變化之能力。其結果可由實驗指出之。設取一小動物（如一魚）之屍體置在二頁岩塊間後加熱，迨焙燒後，岩塊之六部分為一種自動物蒸餾時所放出之碳質物所浸染。斯勃林氏 (M. Spring) 為煤田中惡臭石灰岩之當受熱或受打擊時所放散之臭氣係出於浸染在岩石中之磷氮化亞氮氫基及硫化氫氣。

生物地質學

在各處地方，吾人能遇見同樣之岩石：黑色大理石之所以呈黑色者，係因含有動物體經蒸餾而殘留之碳質；油頁岩（Oil shale）蒸餾時所發生之石油亦出於過去時代之動物。又如法國澳湯（Autun）所開掘之片岩中含有從種種動物（如魚類，兩棲類）放出之有機物。

蒲夾氏（Buquet）在其“Introduction au règne Minéral”一書中指出某種陸岩之染色物能由加熱而使其散失，致岩石完全變為白色。挪曼氏（Neumann）亦說明由蒸餾陸岩及礫礫而產出一種與石油相似之液體。著名法國礦物學者夫挪氏（Fournet）由蒸餾一大羣岩石得一種能隨環境而變色之有機物質，而稱之曰變色有機礦物（原名 Camélcon organo-minéral）。此物潮濕時呈青綠色而乾燥時呈橙褐色。凡此種種有機物質顯然有其動物的由來。

動物殘留在地層中起化學變化，而變為碳氫化合物。其中除沼氣族（化學公式 $C_n H_{2n+2}$ ）外，更有安息香族（ $C_n H_{2n-6}$ ）及呈 $C_n H_{2n}$ 化學公式之碳氫化

合物。是類碳氫化合物之最重要者有次列數種：

坑氣（即沼氣：） CH_4 ，氣體。

石油： $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ ； $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ 等液體。

天然白蠟： $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ ，在尋常溫度時半固體，容易融解。

地蠟： CH_2 ，固體。

地瀝青：為一種經氧化而發生之含氧碳氫化合物，固體。

石油（Rude petroleum）係由各種碳氫化合物混合而成。其氣體部分以鉅量流出地面，着火能燃，且放一種特殊之臭，致為人注意，如在裏海巴庫（Baku）地方在一〇〇〇年時已知有易於着火之氣泉。石油在志留紀地層中開始發現，而在第三紀地層中亦得發見。

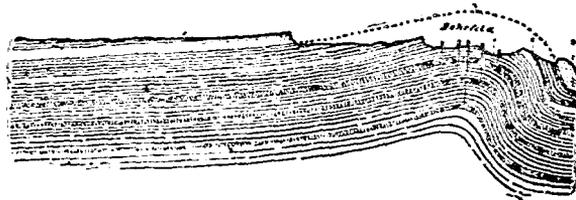
石油成浸染礦藏存於多孔或多裂紋之岩石中。在火成岩及結晶片岩中祇極偶然發見；世界上今日所知之油田幾全在水成岩中，而以在疎鬆石灰岩及多孔狀砂岩中為主。且為適於貯蓄起見，是種石灰岩及砂岩且須有不滲透的黏土，頁岩或泥灰岩岩層於其上面及下面。如

生物地質學

北美合衆國賓夕法尼亞伊里諾斯加利福尼亞之油田係在砂岩層中而俄亥俄印第安納得克薩斯一部分之油田係在石灰岩層中。又我國陝西延長縣之石油亦產於灰色砂岩中。

石油礦藏之大多數並非在其今日所見之地發生，而往往係從地中深處流入。流動時概依容易滲透之多孔狀砂岩，至遇不滲透層爲止。

據在北美，日本等處所得之多年經驗，石油及其同伴氣體多集於背斜層或褶曲之鞍部，其上層爲氣體，次爲油，而底層往往爲鹽水。貯油之鞍狀褶曲能呈種種形狀，且大小亦不一致，其大者長可達一〇〇呎，其翼



第 一 七 圖

示含油背斜層之剖面。

細點：砂岩；線紋：黏土及泥灰土；
黑：油，粗點：鹽水（據 Blumer）

部之傾斜可自數度以至一〇度或以上(圖一七)。

但產石油之地並非以在褶曲地層中爲限，而在高原中亦有石油礦藏。凡呈平坦狀存在者之石油礦其面積往往比較呈其他形狀者爲大，而有時可達數百或甚至數千方呎。

石油現出之地不少依斷層之裂縫，如在得克薩斯及路易斯安那其例極多。如地面下之油量依鑽孔而達地面，則其因在氣體之高壓下往往成噴泉噴出。

對於石油之由來今日大多數地質學者皆承認其出於有機物。當一八九〇年安格樓氏 (G. Engler) 在高壓下並用高溫度蒸餾鉅量海棲動物之屍體時得一種似石油之物質，此後之見解乃謂石油之全部或一大部係由動物之脂肪經天然蒸餾作用變成；時並經高熱與高溫之幫助。在不久的過去，安氏復由蒸餾某一種藻類 (Microcystis flos aquae) 之殘留得一種似石油之物質，於是乃決定石油能由動物及植物之脂肪殘留發生。卜多尼氏因此謂某種水生植物以往含有鉅量脂肪油之故，爲一種極適於成石油之材料。

生物地質學

克拉謀氏 (G. Kramer) 謂在淡水 (尤其在沼澤中) 及鹹水中極廣布之綠藻對於石油之生成有重要之關係。此植物在其細胞孔中含有油滴，後者易變為地蠟；此物質復經壓蒸餾作用變為石油，並發散氣體 (沼氣等)。在壓力微弱及地熱不高之處，地蠟不能變為石油。

在石油中概含有鹽水。據有數學者之見解，以為此物質係與石油之生成有關；但安氏則否認之，而其否認之理由在因蒸餾淡水中之腐植泥時亦得如石油及白蠟之物質；其實在俄亥俄及別處之石油固完全不含鹽分也。

卜多尼氏謂腐植泥對於石油之生成具有重要關係。所謂腐植泥者，為一種呈泥土狀之懸青質沈澱物，而係存在於多數停滯水 (池，湖，灣等) 之底。此物質係由動物質或植物質殘留所變成；若經壓蒸餾作用則發生石油。

世界產石油之地以北美合衆國居首，俄國次之，此二處產油總量約占世界石油總產量百分之八。

我國產油之區域大概自新疆北部沿南山北麓而至玉門，敦煌，復自甘肅東部延入陝西北部，更越秦嶺山脈而至四川盆地。

地瀝青 (Asphalt) 係當黝色黏液狀及柏油狀石油現出地面並揮發時生成。在是種區域，地瀝青常呈球狀，層狀等之外觀。在米索不達迷亞 (Mesopotamia) 及死海之地瀝青在數千年以前已爲人所注意——古代埃及人用以保存死者之屍身而巴比倫人則用以充偉大建築上之膠灰。世界最大之地瀝青產地恐當推特立尼達 (Trinidad) 島，是處一著名之地瀝青湖，大達半方畝而深達五〇呎

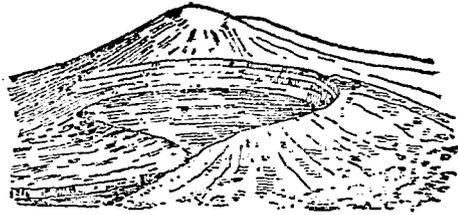
至產地蠟 (Ozokerite) 最富之地當推西里西亞之波利斯勞 (Boryslaw)。是處之地蠟係成中新世含鹽黏土層中之脈狀填充而現出。

又地面下間或聚積鉅量之坑氣，以後沿裂縫現出地面；以其着火能燒，故早已爲人所注意。此氣體之由來今日尙未明瞭，或與石油礦藏有關亦未可知。

一種與坑氣之噴出相近似之現象爲從地面下含鹽及

生物地質學

含油泥土之向空中之噴出，致在地面上現出一種與火山相似之現象，是謂泥火山(Mud Volcano)(圖一八)其噴出物除泥土及水外，又有 CH_4 及 CO_2 有時并有 H_2S



第一八圖
泥火山

及石油。

泥火山之外觀雖與火山相似，但其實並無關係，蓋據

今日所知當泥火山噴發時，決無高溫度現象發生。其發生似祇與地面下所含之碳化氫氣有關。又其與石油之同伴證明其所存多限於地面下呈鞍狀之處。

屬植物原之碳質物 在空氣中之植物質，其纖維(化學公式為 $\text{C}_m(\text{OH})_n$)經細菌之作用，分解而成碳酸氣及水。在此腐敗作用中並無固體碳質物發生。

反之，如若埋沒在泥土中或浸在水層下則因缺乏氧氣，其分解之情形全然不同。在此作用中，除發

生 CO_2 及 H_2O 外，又發生沼氣 (CH_4)；但其中因氫與氧之耗費比較碳為速，故在殘餘中，碳分隨變化程度之進步而增加，至末後僅剩碳質，此化學作用謂之碳化作用 (Carbonization)。在此作用中，並不見細菌活動之踪跡。在變化之初，纖維先分解而為泥炭 (Peat) 終則變為無煙炭 (Anthracite) 或石墨 (Graphite)。

植物之纖維依碳化程度之深淺，變為次列各種礦物炭 (Mineral coals)，其化學成分據分析之結果亦一并列入如下：

	C	H	O
植物.....5)		6	44
纖維			
泥炭.....	{ 55	6	{ 39
炭	{ 60		{ 34
褐炭.....	{ 66	5	{ 29
炭	{ 70		{ 25

生物地質學

燭炭	{ 75 80	{ 6 5	—
瀝青炭	{ 80 90	{ 6 4	{ 14 6
無煙炭	{ 94 96	3	{ 3 2
石墨	100	—	—

是種數目係減去灰分後而得。灰之含量極不一致，而在瀝青炭中約自百分之二五至二〇。其一部分原來在植物質中，而其他一部分為以後混入之岩屑物。

就表中所列之成分觀之，泥炭之碳化程度最淺，褐炭，瀝青炭次之，而無煙炭及石墨最深，其故因泥炭之生成為時不久，而無煙炭生成之時期已極遠古。無煙炭之碳化程度雖則極深，但其碳化作用在地中今日尚繼續不已，而此可由無煙炭坑中所察見之炭酸氣及坑氣

(沼氣 CH_4) 證明之。

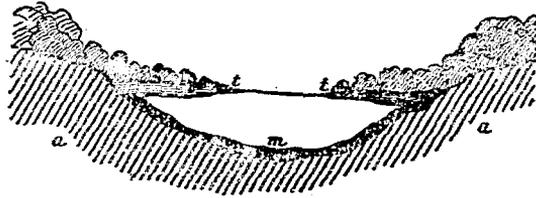
碳化之程度不僅與年代有關；高溫度與壓力能使其變化作用加速，而如是惹起與年代相同之結果。如地中之褐炭層與火熱玄武岩 (Basalt) 相接觸能變為似無煙炭之物質。又一種碳化程度較淺之炭層因受地中擾動作用 (如斷層，褶曲等) 之影響，亦能變為一種碳化程度較深之炭層。

為研究礦物炭之生成作用起見，茲先就年代最幼稚之泥炭討論之。

泥炭為從沼澤淺湖及其他相同瀦溜地之水蘚所變成。是類植物當初成一盤狀被覆層，以後逐漸由沼湖邊岸向中央推進。但當植物被覆層向上面增長時，其下層死亡，沈於水底(圖十九)。此部分以在是處溫度不高且缺少養氣，逐漸變成黑色碳質物，但仍保持其原來之植物的組織。

沼澤及泥炭之生成以在寒帶為多，在熱帶中，植物雖極蕃茂，但不適於較大沼澤及泥炭層之發生，其故因在此帶中氣候極暖致成堆積之植物殘留速於分解。

較在暖之區域沼澤並非缺少，如在北美合衆密失必河



第 一 九 圖
水 蕨 由 沼 湖 邊 岸 向
中 央 之 推 進 m 湖 底
泥 炭 層 t 湖 中 水 蕨

(Mississippi) 兩側之沼澤（特稱 Swamp）是，是處之蕨狀植物質往往積至數呎以至十餘呎之厚。至在真正熱帶中，沼澤雖則較少，但不無其例，如今日在蘇孟搭拉 (Sumatra) 爪哇 (Java) 婆尼啞 (Borneo) 錫蘭等地各有之，其大者如見於蘇孟搭拉之東部，其闊不下一二畝而深可達九呎。

沼澤有高沼與低沼之分。在此兩者間更有中間沼之別。沼澤無論為高沼或低沼雖能於各種地上生成；但極大之沼澤多限見於富硝酸之區域。

高沼之爲名也，並非謂其產於高地，但謂其產在一種呈突面之地上。其分布較低沼爲廣，但祇成於缺鈣分之硬水中，且須有一種多雨水之氣候，故多在近海及多山之區域中。其植物衆以 *Erica tetralix* 及 *Calluna vulgaris* 爲主；此外更有 *Eriophorum* *Sphagnum* 等。高沼泥炭中之灰量往往極低。

至低沼則多在呈盆狀之卑地，如昔日爲池湖者之區域頗適於是種沼澤之生成。其植物衆有 *Carex panicea*, *Phragmites Communis*, *Eriophorum*, *Juncus* 等。此種沼澤多成於含鈣分之硬水中。其泥炭中之灰量概極高（可達百分中之五〇），故火力不高。沼鐵及鐵華，黃鐵礦等之含磷結核者在低沼中不少發見。

低沼中所生成之泥炭如若超出地下水層之上，則因沼之表面逐漸乾涸，沼澤之植物衆終則死亡。其上面當初產生赤楊，以後次第產生樺，蕁及其他林木，而如是發生中間沼。但因沼炭土壤不具透水性，故往往復有如沼澤之淤溜地發生。

在上文中已說明沼澤之植物被覆層係從邊岸向中央

生物地質學

推進；是種植物層以後能被蓋全沼。在被覆層下之水以泥炭生成作用不絕演進之故，逐漸乾涸，至全個盆地為泥炭所填滿為止。

泥炭之年代概不早於洪積世。然其中亦有較早者，而此可從其所含之有機物殘留明之。

據今日研究之結果，凡洪積世以前之礦物炭，如第四紀之褐炭及更早之石炭無非為古代沼澤中之生成物，而具有低沼生成物之特性。著名植物化石學者布龍納氏 (Alex. Bron gniart)，哥貝爾氏 (Göppert) 等自早即認礦物炭為出於原地生成作用。

但以後因在北美密失失必下流之鉅量堆積物中察見有適於成厚穴炭層之條件，一時遂有舍去原地生成 (autochthone) 觀念而趨向他地生成 (allochthone) 觀念之勢，而認炭層係由搜集之植物質所成。同時並認植物質之一部分係在海岸附近集中，而其他一部分在淡水湖中集中，致發生海岸生石炭及湖生石炭之觀念。又炭層與頁岩層砂層或礫層之交換成層者，係以植物質與粘土，砂或礫交換集中解釋之。昔日地質學者大

字具此見解，即在今日亦有信仰之者。

迨庫姆倍爾氏 (Gümbel) 在其著作中：(書名為“Beiträge zur Kenntnis der Texturverhältnisse der Mineralkohle”)說明原地生之重要根據後，一般地質學者之觀念爲之轉變，而重行與勃倫尼愛氏之觀念相一致。

他地生說之弱點在其不能解釋往往數百方新大之炭層，而尤其不能解釋其厚度在一大範圍內無甚差別之情事。至其中泥土等不純物之缺少亦予此說以一大打擊。凡此種種疑問在原地生說中則極易說明。又在炭層中，炭性依層而變之情事今日亦不能有助於他地生說，因今日在泥炭中亦發見同樣之情事。又在多數石炭區域中之生物殘留除屬陸地植物及呼吸動物(昆蟲千足類等)者外，多屬淡水或半陸水軟體動物，但無海棲生物之殘留，而此足以證明其不在海中發生。

他如直立在炭層面上之殘餘樹幹如在多處產煤區域中所見者，亦極有利於原地生說。其中所以證明其爲原地生者之理由在其根鬚仍存在炭層之砂質或黏土質底

生物地質學

盤中，而此底盤顯然爲其原來之土壤。是種殘幹在屬近生代或中生代之炭層中，不少其例。其最著者，爲英吉利歐司那不魯克（Osnabruck）石煤田中直立之石松類（鱗木科及封印木）殘幹。

由上述種種理由觀之，凡廣大之石炭層及褐炭層幾乎全出於原地生植物。此說迎合含泥土或不含泥土之炭層（或厚或薄）之生成。依據是說，古代礦物炭之大部分係在石炭紀大陸沿岸而緩緩從海面露出之低地及平原中發生。在是種區域，以石炭紀氣候潮濕而熱之關係，沼地植物頗爲蕃茂，故適於發生廣大而厚之炭層。

據波多尼埃氏（Potonie）所稱，石炭紀植物衆之性質爲一熱帶沼地植物衆而與上述之見解一致。該氏謂含石炭及褐炭之區域無非爲化石低沼而當初係與今日北美之濕原及蘇門答臘或其他熱帶沼澤相同。是種沼澤既多在近海岸之區域，則其常爲海水所掩沒並發生海成泥土及貝類之沈澱，當在情理之中。在英吉利，上西里西亞等處之炭層中之所以常發見含海棲動物殘留之海成泥土層中者，卽緣於此。

第四章 現代生物之作用

生物與其環境之關係一經明瞭之後，吾人即可進而研究生物之地質作用；換言之，即其在地球演進中之作用是也。

生物地質力，如其他地面地質力然，有兩種主要並相反的作用：一種為構成岩體而其他一種為使舊日生成之岩體破壞。每一種地質力必有是種兩方面的作用，而生物不能為一例外，如舉海水為例，海水一方面碰擊海岸，使其破壞，然一方面使破下之岩屑重行堆積，且在多數情形中，此兩種相反的作用密切聯絡，而有時似係同時。

若進一步言之，凡一種地質上的功作其單由一種地質力完成者極少，如岩崖之破壞，不但與海水有關，即與雨，風，冰，凍等亦有關係。生物既為一種地質力，

生物地質學

故常見與其他地質力相合作。許多現象當初似乎完全由於非生物的機械用作，然其實一部分係出於生物的合作。

生物的地質作用可分別從地質學的觀點及生物學的觀點言之。若從前者言，依作用之性質，可分為破壞的與建設的兩種；又若從後者言，依生物之性質，有屬植物性的與屬動物性的之分。然無論以何者為觀點，在生物之作用間無切實之限界。吾人固不能完全區分其成岩作用及敗岩作用，但亦不能在植物作用及動物作用間劃出一種分明的限界。

總言之，此問題可分為兩主要部討論之：即地質物之構成及侵蝕是。各部又細分為兩項：其一為植物及細菌的作用，其他為動物的作用。在每項下吾人當注意生物之棲所：大氣圈，水圈及生物圈是。

I 岩石之生物的構成

搬積岩 生物常惹起巨量物質之堆積；是種堆積物以後呈如岩石之特性，而變為岩石。在多數情形中，並以自身之機官充洗滌之材料，如動物死後，其能保存

的部分如貝殼明角質遺骸或其骨骼皆留存於其從前所棲留之地，或經水流或其他搬運力搬移至別處，並依種種情形，形狀及重量致起天然的分離及類別。職是之故，異地動物之遺骸往往在同地發見。

當吾人在海灘上散步之際，時常見有水直向空中噴起。其時若俯視水面，則常見無數軟體動物在為水流所惹起之泥槽中皆仰然直起，而其吸管之孔適與水面同其高下。此種動物當時係在欠伸中。如若吾人走近於其地，則見此種動物無不因受驚而閉其瓣，以致有水向空中噴起。是種動物造死亡之後，顯然頗有機會留其貝殼於原地，但以後概經水流搬運之別處。

在同一海灘上，有時並見有機物的碎屑分別存在於數個區域，其大小一區與一區不同。此種情形為萬有引力與水流合作之結果，有機物碎屑各塊如若極大或極重，萬有引力之影響顯然較水流側動力之影響為大，故碎屑稍經搬運後，即行沈澱。反之，如若極小或極輕，則萬有引力之影響遠在水流影響之下，故其被搬動之距離或極遙遠。

生物地質學

吾人根據是種事實，即不難糾正一個極流行之誤解，即稱凡在同地之有機物碎屑必出於同地之動物，或謂在異地之動物殘留必出於異地之動物，而其間並無相互的關係。

細小生物或尤其細小殘留在一定區域中之堆積，勢非在此區域中存有一種使水流速度減低之原因不可，故在海岸附近最適於此種殘留之堆積。在是處常見先時在遠海區域生活之動物貝殼成海岸堆積物而現出。

在海岸砂堆中，尋常極富根足類動物。普蘭克斯氏 (Plancus) 曾經計算而稱亞特利亞的克海砂每兩含有六〇〇〇根足類動物。又如在亞歷山大里亞根足類動物之殘留成厚堤而現出，後者妨礙航路，並充塞海口。據納爾遜氏所言，在伯蒙 (Bermudes) 存有一長約四哩而厚達一・六〇呎之 *Venus penusylvanica* 堤層。他如放射蟲常亦惹起同樣之堆積層，其存在係為海底某數區域之特性。由其細小一點觀之，可知其能被水流搬運至遠處，而由其幾乎完全含低度水養化膠質物一點觀之，可知其具有比較灰質物為強之不溶解性，故在灰質物已不能

存立之區域中，此殘留能單獨成層而存立。

被水流搬運之物質其密度如若較水為小而因此能浮在水面者，則其被水之搬運特別容易。此例之最顯著者厥惟木材。其經河流送入海中後，即受海流之影響而如是被其搬運至遠極遠之處。如若海水甯靜，則其所載之木材逐漸沈下，終則為以後沈積之泥砂掩覆，致變成一種呈褐色之物稱曰褐炭；如在西伯利亞衣尼賽 (Ienissei) 河口，據羅伯脫氏 (Eugène Robert) 所稱，有極厚之褐炭層。

珊瑚礁 在屬生物源的層系中，其研究最富饒地質上的興趣者，當推珊瑚礁。就大概言，珊瑚礁可分為三種：即裙礁，堡礁及環礁是。

所謂裙礁者(圖二〇)，為密接大陸之一種。其以廣

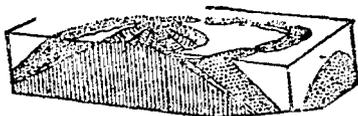


第二十圖 堡 礁

大著名者，例如佛羅里達 (Florida) 半島。此島之南端成一種連續的海岸，其外堡礁林立。

生物地質學

堡礁為離海岸之珊瑚礁，而與大陸以一極有規則之

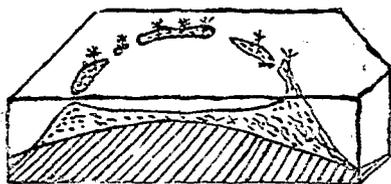


第二一圖 堡 礁

表水帶相隔（圖二一）。此種珊瑚礁有繼續依多少一直方向橫穿

海盤之傾向。新喀利多尼亞即予吾人以一個顯著的例。此大島由西北向東南呈一種縱長形，其東北及西南沿岸帶有極特性的裾礁，堡礁即以是種裾礁為起點，並常繼續至千百呎之遙。

至環礁（或稱湖礁）為在大海中呈環形之珊瑚礁，中間礁圍有一內湖即所謂潟是也（圖二二）。



第二二圖 環 礁

珊瑚礁之構造普通含有以生物所成而沒在水面下之一活的部分，一死的部分及一中央

部分，後者不但已失却生命，且自分泌此部分之生物死亡以後，已經過構造上及化學成分上的變化。如若

吾人進入其內部，則見造此部分之動物（以腔腸動物為主）的構結本不分明；昔日之機官今則已變為一種灰質物，並在無機的勢力下，呈一種礦物的外觀；此物有依菱形體面劈開之特性。

就化學成分觀之，此中央區域（可視為珊瑚礁之核）係富於碳酸鎂，不久逐漸變為白雲石質，而可竟有如白雲石之成分。

植物性岩石 植物如動物然，亦往往構成厚大之岩狀體。除在適於石化的區域中集中之植物質殘留能惹起相當大之岩體外。他如顯微硅藻能構成地殼之一部分。在後者情形中，硅藻可與原生動物相比擬。就硅藻半裂片之硅質性言之，此植物近似放射蟲，但以其分布較廣，自然較諸放射蟲尤為重要。

硅藻之所在不僅限於海中。在大陸淡水中及如在間歇噴泉以及在某數火山側邊之岩穴中亦時常見之。至放射蟲則以在海中為限。

在海中硅藻常成某一定區域之特性。所謂硅藻土者，係與放射蟲土相對待，在其生活期中，硅藻如放射

生物地質學

蟲然，亦作浮游生涯，但此爲冷海生物，而放射蟲則以在暖海中爲主。冷海中之浮游硅藻有時所集之多，幾乎彌蓋海面，致海水改其外觀。迨硅藻死亡後，其成半裂體之硅質向海底沈澱，沈澱時，往往被海流搬運至遠處。

至淡水中之硅藻見於溪水池水及沼地水層中；在是種沼地之底，積有一種爲顯微植物所成之泥土。在法國歐凡尼 (Auvergne) 曾在植物土之下發見一種灰色層，其一部尚活，而係由屬 *Gallionella*, *Surirella*, *Gomphonema*, *Synedra*, *Coscinodiscus* 等硅藻所合成。

在柏林離地面七呎之深處，存有一層飽含硅藻及原生動物之泥炭。此種生物係在泥炭中生活並繁殖，而其所以能在地中生活之由決爲地中經久不變之溫度。其存在可深達二〇呎。同樣之生物層亦見於夫藍層斯巴 (Franzensbad) 比林 (Bilin) 波希米亞 (Bohemia) 薩克思 (Saxe) 等處。

此外猶應同時指出者，卽在某數火山丘中往往極富是種生物，而此可從丘側之孔穴中見之，故當火山破裂

之際，其最初噴出之灰，大部分即由其遺骸構成。當一八四五年九月二日冰洲島上之海克拉火山爆裂時在離此頗遠之設得蘭 (Shetland) 及奧坎 (Orcaes) 島上，落下鉅量之有機物質火山灰。又在亞森森 (Ascension) 島上亦有含硅藻遺骸之鉅量火山灰。

有數種硅藻有同化鉅量氧化鐵之特性，如 *Gallione* *lla ochracea* 能惹起某種沼鐵。硅藻且能分解硅酸鹽類，而尤以分解長石為主，為空氣中的無機力所不能分解之長石經其作用之後，分解而為氧化硅及氧化鋁。在熱帶區域以鉅量產出之紅土即由此方法發生。其所在係限於由結晶質岩石所成之地上，而係由其下面岩石經硅藻之作用而發生者，如在印度，中亞非利加，東亞非利加等地皆見之。據霍蘭氏 (M. Holland) 謂惹起紅土之主力除硅藻外，又有屬 *Crenothyrix* 及 *Cladothyrix* 之細菌。

植物性堆積岩 灰拓發及灰華 在湖及其他淡水中，由植物之機械的作用，能惹起呈種種形狀之灰質堆積物。其最普通者，係在湖底之石塊上成一種波覆物，

生物地質學

稱曰灰拓發 (Calcareoustufa)。是種被覆物之厚度時常可達數呎。其發生概由於 *Rivularia homatites* *Schizotrix fasciculata*, *Phormidium incrustatum*, *Callothrix parietus* 等藻類之作用。灰拓發有時呈柱狀或樹狀外觀，其高常達數呎。現出時以多數林立，並分出細枝。其頂端則呈海綿狀，而為已死者之部分，且因其受有緩慢的變化，其構造全變結晶質。是種產出係着生在湖中沒在水面下之岩塊上。

在海中亦有同樣之產出。是處成被覆物之藻類有時與一種珊瑚蟲相合作。在地中海之大部分海岸，被有一種為 *Melobesia* 所惹起之階段，其中含有多種如珊瑚蟲等之堆積物。在是種植物性堆積物之內部，如在珊瑚礁之內部然，往往已發生化學的及構造上的變化，尤因其呈白雲化石之傾向。

除在湖海等大片水中外，在灰石質山側之溪水中，亦常見是種植物之惹起被覆物的作用之證跡。又因受葉綠素的影響，亦能發生碳酸鈣被覆物，如見於山側岩塊上者然，是種被覆物經雨水之沖洗被水搬至隣近平地，

致在地面上現出一種呈如灰拓發構造之被覆。

蘭結倫氏 (Dr. Langeron) 舉出侏羅 (Jura) 之石灰華 (Travertin) 爲一個生物共生之佳例。蘭氏謂在此區域中，賽爾 (Seille) 庫依桑斯 (Cuisance) 等河流之發源地的近旁，有一種纖維狀灰質物被覆於岩塊之上。在中見有屬 *Bryum* *Hypnum* *Brachtreium*, *Eurychium* 等之苔蘚，在後者之葉片間，有如 *Gomonitia*, *Gongrosira* *Phormidium* 及 *Rivalaria* 等藻類。在此種藻層中，藏有無數無刺蜂之蠅，後者以苔蘚爲食，並在灰質薄層中移動。迨藻類死亡之後，爲蠅挖空之溝縫變爲一種多孔狀之灰質物。

在地面上之灰質被覆物縱使其初見時的外觀有使人認其因極高溫度的關係有一個完全無機的由來，但如細察一下，即覺其發生多少由於植物之合作。如在北美合衆國黃石園之歇間噴泉中。鉅量灰石體之發生顯然由於藻類之合作。多處溫泉之熱度係由於隣近之火山現象，而其中之礦物質的沈澱，係出於植物的作用。在提華利 *Tivoli* 之石灰華即使在緻密的一種中，亦含有五〇以至

一〇〇 顯微藻類植物。

泥炭 植物除惹起珊瑚礁，石灰華等外，又構成泥炭 (Turf)。所謂泥炭藓者，即為惹起是種產出之主角，而如 *Hypnum* 或 *Sphagnum* 即屬之。是種植物係產於溫帶及寒帶，而以在潮濕之處為主。

在昌盛時期，泥炭藓有擴大其範圍之勢，使河身變狹或限止之。其如產在一湖之周圍者，則亦侵佔湖身，使其逐漸狹小，而變為一池，其甚者湖身之全部完全為苔藓所佔有。海之淺灣有時亦因受苔藓之影響而乾涸，如丹麥鄂爾敦堡 (Oldenbourg) 當初係由一海灣與霍斯丹尼 (Holstein) 相遙隔，但以後因海灣為泥炭所填沒，致互相連接。

泥炭藓發育時不一定始於底層，時常由莖葉的蕃殖而為側面的發育，致在水面上惹起一種如毛氈之植物層。

泥炭藓之壽命雖則有時極長，但並不一定。如若因地形之變遷，侵入一種含泥土之水，則其生命可隨是而停止，並讓其他位於別種植物如野草等，產苔藓之地，

如若以後為海水所侵佔，則以後所成之泥炭概為砂質，並常多動物之介殼。

據勒諾爾氏 (Bernard Renault) 由觀察泥炭地中之水，知其中含有如 *Bacillus agilis* *B. rigidus* 等植物菌。是種微細生物概為嫌氣菌 (Anoerobe)。萊氏依據其觀察之所得，乃下一結論如下：“泥炭為植物腐敗後之堆積物，後者已一度抵抗浸化 (Maceration)。其中微生物之存在為惹化植物質變化之原動力”。植物質中因起變化而失散者，有澱粉帶膜壁之細胞，本質纖維及導管，而存留者有表皮細胞，上皮，花粉粒及芽胞。

碳與氫之比例及碳與氧之比例在纖維中為 $\frac{C}{H} = 7.9$ 及 $\frac{C}{O} = 0.9$ ，而在泥炭中為 $\frac{C}{H} = 9.8$ 及 $\frac{C}{O} = 1.8$ ；由此乃指出碳素增加而氫與氧兩者則皆減少。此情形正與泥炭生成時有氫氧化碳及水放出之情事相符。

泥炭之生成有時曾經蕈 (Mushroom) 之合作。在某處泥炭中，萊氏察見 *Hyphomyces ramosus*, *Penicillium Longicaule*；此兩者皆為死物寄生，而在微菌較少

生物地質學

之處尤爲繁多。

在氣候較暖之處，有時亦發見泥炭生成之現象，如北美合衆國墨西哥灣沿海一帶之濕原 (Swamp) 然。是處之氣候高於泥炭蘚生活所必須者，在是處成泥炭之主要材料故並非爲 *Sphagnum* *Hypnum* 等，但爲如灌木等植物。在此濕原帶以北，如在卡羅來納 (Carolina) 及維基尼亞 (Virginia) 始有由真正泥炭蘚變成之泥炭層。

植物殘留之堆積亦見於近巨河口之海洋中，如在近北美合衆國密失必河 (Mississippi) 之河口，卽有是種堆積物發生，蓋當每年是河氾濫之際，達河口之急流，除搬載鉅量之泥炭沙及岩塊於海中外，並將沿途所挾載之植物一并搬入海中。岩塊因體質較重，先行沈澱，泥砂次之，而最後祇有比重較水爲輕之植物殘留浮於水面，然因在植物組織中有水侵入，故不久此植物殘留亦沈下，而堆積於海底。有時其一部分爲海流搬至遠處，其甚者穿過大西洋而達冰洲島沿岸。

此外又有須提及者，爲海底植物之堆積。是處之植物及同伴之藻類一經離其所生長之海底以後(經暴風之

作用)，恆被搬運至甯靜區域，並以鉅量聚積。丹麥沿岸之許多處及隣近沿岸常發見由是種植物質所成之海成泥炭層，其上面普通祇有大部分為風搬來之砂層。

II. 生物的侵蝕

在地面吾人隨處能見各種岩石被生物破壞之證跡。此生物侵蝕之方法可分種種，而為解釋昔日留下之侵蝕證跡起見，故不得不在是處撮要言之。

此問題可分為動物的及植物的兩部分。茲就各部分分別討論之如下。

動物之侵蝕 由動物惹起之侵蝕其最簡單者，厥為由掘地動物惹起之一種。此種動物有生於陸地者與夫生於海中者之分。屬於前項者，如兔即為其一種：野兔之地窟每使人驚詫不已，蓋其不但極長（此可由出口處相距之遠一點明之）益且迂迴曲折，野兔每示地質學者以地中化石層之所在，如在法國砂質區域中，此情形誠不少見。地面下由兔掘成之地窟常為地面一部分陷落之因，其取植物根葉為食，有害於田圃，宜其為人所厭惡。

生物地質學

他如鼯鼠其軀體雖則較小，但亦應視爲一種惹起侵蝕的動物。此動物遠不及野兔之活潑，但亦過其一部分的生活時期於地面下，並在是處求食。

除野兔，鼯鼠及其他有同樣習性者之哺乳動物外，其能惹起侵蝕現象者有蛇，昆蟲（如蟻，黃蜂，蜈蚣）其他節足動物（如蜘蛛）蚯蚓及有數種軟體動物。此類軟體動物係以蝸牛爲主，其數種能掘地至四呎深處以渡冬眠，且多因是而死，其遺殼即留在泥土中。經相當之年代多因地面水之滲入，是種介殼不難逐漸敗壞，終至滅跡。

法人康斯丹潑萊華司脫氏（Constant Prévost）在一八五四年時已指出某一種蝸牛能穿過性質極堅之灰質岩，並謂在西西利畢萊克利諾山（Mont. Pelegrino）近旁之大理石竟因被其侵蝕而呈一種如海綿之構造。

在巴黎自然史博物館內所陳列之地質標本，其中不少多蝸牛孔之美麗灰石標本。在其岩孔中，尙存有介殼之殘留。蝸牛當時似以此岩爲庇護以渡冬眠。

茲所急於明悉者，卽此種奇異之侵蝕究依何法而實

現；在是處吾人應記憶是種軟體動物係屬舌齒貝 (Glossophora)，申言之，帶有一種舌齒。

又有所謂鑽石貝 (Lithophage) 者，亦惹起同樣侵蝕現象，而如 Pholas, Teredo, Petricola Lithodomus, Gastrochaena, Saxicava, Clavagella 等統屬之。其所穿掘之岩石，分爲種種：如片麻岩，花崗岩，熔岩，玄武岩，石英岩，石版岩，侏羅紀石灰岩，白堊等。

此外如某種海膽 (如 Strongylocentrotus) 對於此種侵蝕工作頗爲活潑，此動物在岩石中穿鑿孔穴，而藏身於是中。此種現象當退潮之際，在砂灘上並非稀見。當一八一一年陸謨克氏 (Lamarck) 已搜集不少帶孔穴之岩石標本，而係爲岩石經海膽侵蝕之證據。

植物之侵蝕 植物在岩石上之侵蝕較諸動物尤爲活潑；此作用不但爲一種發生岩石碎末之原因，且爲種植土由而發生之一個源流。此種侵蝕依情形有機械的與化學的之分，且兩者亦可同時實現。

茲先就最下等之植物言之，如地衣及成地衣之蕈及藻。

生物地質學

在許多山峯上之結晶質岩石，其上面被有呈種種顏色之物質，而據顯微鏡下之研究乃知此物質係屬植物性，即地衣是也。是種生物之工作頗為隱蔽，且其進行時，中途似不致遇有力的阻礙。其工作之步驟無非先徐徐侵入於岩石之最細裂紋中，迨以後長成時其脹力足以使最結實之結晶質體破碎。

據蒙資氏(M. A. Muntz) 之研究(自一八八七年以至一八九〇年) 硝化菌對於阿爾伯斯山及比利牛山頂峯之侵蝕有一種極重要之影響。如在米地峯 (Pic du Midi) 上，凡多雲母片岩及灰質岩之處者富於是種生物，而後者係以由雪及雨帶下之物質為食。生活時使氮氫三變成硝酸，後者乃腐蝕岩石。此作用雖在灰質岩上最為劇烈，但對於長石亦惹起分解及水氧化作用。

植物而尤其木本植物生長時，惹起一種侵蝕工作，其重要吾人常未能察見。粗大之樹根有如楔之作用，不但破壞土壤，且能移動極重之物體。有時頂起鋪石至數呎之高；又能顛倒岩石或牆壁。迨其屍體分解後，留下孔洞，後者以後因地面陷下或因發生結核而填沒。

植物中其於岩石之剝蝕最爲活動者，仙人掌卽爲其一種，以其在不溫潤之土壤中亦能興旺故也。斯多萊氏稱伊的那熔岩層之上，被有一種名 *Opuntia vulgaris* 之植物；其根使熔岩碎裂，而數年後岩石碎裂如是之甚，則吾人能於其上面培植葡萄園。許多禾本植物及豆本植物係以其根入地之深爲特性。穀類常入地至二呎以上，而非洲茅(Alfa)入地至五呎，在特殊的情形下，且可達一五呎至一八呎。

灌木及樹不但依上下方向且依水平方向侵入地中，其所佔周緣之大，恆視植物種類而異。美洲黑橡樹可佔離主莖周圍九呎以上之周緣，而如若以高達一二〇呎之 *Sequoia* (產美洲西部) 爲例，則其在地中所佔地位之廣亦可想見之矣。

當一樹被風吹倒之後，近地面之土壤因是移動，而如是予尋常之地質力以侵蝕之機會。在古代樹林中，樹木殆因年老而倒，致惹起同樣之結果。

由植物根泄出之液體(根酸)能使石灰岩等岩體溶解。植物之所以能生長於石灰岩上者，卽因其根能隨時

生物地質學

在是中長大故。高大樹木在巨塊砂岩上（在砂岩上祇有一薄層之土）之生長尋常無不目爲奇異，第不知砂岩中之膠結物概爲一種灰質物，而樹根之所以能深達地中者，亦因其能隨時使是種灰質物溶解故。薩克氏 (Sachs) 爲證實此種事實起見，曾爲一度之實驗。該氏先取溼潤之砂直接置在坦平大理石（由灰質所成）板上，後於砂中置菜荳以使其發芽。迨此植物長成後，該氏查見原來之大理石板已爲不少之根所貫穿。植物枯朽後，其根處孔洞中之灰質結核卽係由如是發生之灰質溶液所惹起。

由根中泄出之液體又能使水氧化物等溶解。使岩石染成紅色者之水氧化鐵。如若爲此溶解而滲入地中深處，則岩石失其色素，而不再呈紅色。在巴黎近郊有幾極大之樹林顯然因樹根之作用而失去其鉄質成分，致樹林中之土壤變色。

植物之生長有從土壤中攝取無機溶液之必要，致土壤之地力減弱。爲維持土壤之地力起見，每迨收穫之後，（如在田圃中），務須加入礦物質肥料：甜菜除攝取苛性鉀外，又有攝取鈣之能力。在種甜菜之土壤，除

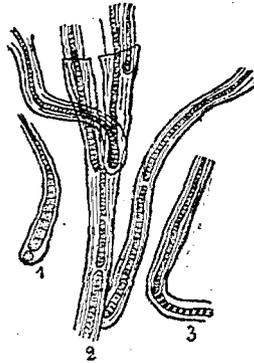
應加入某種無機物質外，且須加入含鋁之肥料。

水生植物對於在水面下之岩石有侵蝕能力。在海中藻類植物雖則無根，但由利用其副器，易使岩石粉碎，且較地衣之侵蝕為速。在淡水中發生同樣之情事，但因

淡水植物之根侵入泥土中，使侵蝕更為迅速：*Euaetis calcivora* 及其他湖藻(圖二三)侵蝕灰質岩塊，使其迅速變為可溶解之泥土質物。

土壤之發生固有種種原因，但未始不可視為生物與其他地質力合作之結果。在土壤之發生史中，岩石一方面破壞，而一方面重復構成，此二現象具密切之關係，因在岩石破壞之後，立時即繼之以復生故也。

第二三圖



1. *Rivularia*
2. *Dichothryx orsiniana*
3. *Scytonema myochrous*

(據 Dr. Langenon 麻大)

生物地質學

第五章 過去時代生物之作用

I. 地質時代之區分

地球自表面發生地殼 (Crust) 後，即入地質時代 (Geological age)。當初溫度頗高，不許生物之發生，故為無生物時代，且因其為地殼創始之時代，故一名原始代。此時代之初，空中充滿水蒸汽，地殼上不見水滴，故名無水時代。其後地熱顯然降下，而至攝氏四〇〇後以內，空氣中之水蒸氣凝結為水，滯於地殼凹處，而為原始海，乃成所謂海洋時代。此代以後，地殼上溫度復顯然下降，生物出現，是為生物時代之初，而與無生物時代相對待。

生物死亡之後，留存其遺骸於同時生成之地層中，故其發生較早者，其遺骸留存於較早時代之地層中，或即在較下層之地層中；反之，其發生較晚者，其遺骸留存於較晚時代之地層中或即在較上層之地層中。職是之

生物地質學

故，地層相互之上下，表示地質時代之先後，而此先後可由所含化石等級之高下為證。

地層依在位置上相互之關係及其所含之化石，分為數界(Group)每界代表地質時代之中之一代(Era)；界再細分為系，(System)，而每系代表一紀(Period)；系又細分為統(Series)，而每統代表一世(Epoch)。茲舉地質時代之區分以供覽查如下：

(甲) 無生物時代 [原始代] (Azoic Archaean age)

- 一. 無水時代 (Anhydritic era)
- 二. 海洋時代 (Oceanic era)

(乙) 生物時代 (Zoic era)

- 一. 始生代 (Archaeozoic或Eozoic era英國稱前寒武利亞 ProCambrian 美國需愛爾哥梗 Algonkian)
- 二. 古生代 (Palaeozoic era)
 1. 寒武紀 (Cambrian period)
 2. 志留紀 (Silurian period)

3. 泥盆紀 (Devonian period)
4. 石炭紀 (Carboniferous period)
5. 二疊紀 (Permian period)

三. 中生代 (Mesozoic era)

1. 三疊紀 (Triassic period)
2. 侏羅紀 (Jurassic period)
3. 白堊紀 (Cretaceous period)

四. 近世代 (Cenozoic 或 Neozoic era)

1. 第三紀 (Tertiary period)
 - a. 曉新世 (Palaeocene epoch)
 - b. 始新世 (Eocene epoch)
 - c. 漸新世 (Oligocene epoch)
 - d. 中新世 (Miocene epoch)
 - e. 鮮新世 (Pliocene epoch)
2. 第四紀 (Quaternary period)
 - a. 洪積世 (Diluvial epoch)
 - b. 沖積世 (Alluvial epoch)

生物地質學

地球形成後，就其迄今之年數而言，學者推測不一。排萊爾氏(Barrell)根據鈾及釷分解時，除發生氦外更變成鉛素，而此金屬在岩石中依年數而增加之原則，計算各時代火成岩中之鉛量，並由是而推求其年數。

岩 石	鉛 量	年 數 (以百萬計算)
各種石炭紀火成岩	○ • ○ 四	三 ○ ○
各種泥盆紀火成岩	○ • ○ 四 — ○ • ○ 六	三 五 ○
各種自中寒武利亞 以至前寒武利亞之 火成岩	○ • — 三 — ○ • — 五	九四○ — 一三○
坎拿大及芬蘭之 最古花崗片麻岩	○ • 二 一	一四○○

據排氏之推算，每紀平均之長為自三•五至四•五年。但其中有幾紀，其時期特長，如石炭紀為自八•五千萬以至九千萬年，志留紀下半為自九千萬以至一三千萬年，寒武紀為自七千萬以一一千萬年。

排氏又推測數個地質年代迄今之年數如下：

近世代 五•五至六•五千萬年 古生代
三六至五四千萬年
中生代 一三•五至一八千萬年 始生代及
海洋時代 一二〇至一四〇千萬年

據以上推算之結果，則地球之年數迄今當在一七〇千萬年以至二二〇千萬年之間。——其長遠超昔日所意料者之外。

II. 過去時代生物作用之性質

吾人由研究前數章中之所述，乃知現代之無數生物有其相當之古代代表，又其對於地面之影響正與由別種地質力所惹起者相同。準此以觀，吾人由考查現代生物在地質上的工作，不難約略斷定生物力對於地球演進之工作，並略示其歷史。雖然以現代如是短之生物史以與歷時如是之久之古代生物史相比擬，則為一難能之事。

就實際言，吾人若不以目前之事實為明瞭古代事實之張本，則所謂可靠之張本者，將從何而求之耶？況由過去事實所表示者，在今日同樣實驗，則今日所得之

生物地質學

經驗恆有助於明瞭古代之事實，自不待言矣。

爲了解生物之功用起見，吾人須搜集種種有關係之事實，但在此舉以前應討論生物作用之性質。

第一步應討論者，爲岩石藉生物力之構成。所構成之岩石藉其礦物的性質，可分爲灰質岩，硅質岩，磷灰質岩，黏土質岩，金屬質岩或石炭質岩。第二步應將關於生物侵蝕之情事即與前項相反之情事設法類集之。

爲研究上述之生物地質活動之兩大方面起見，不得不力求了解物質之循環及力之變遷，而在本處尤應了解其實現之道與以後之結果。

岩石之構成

舊日哲學家及自然學家多謂沈積岩之一大部分皆有生物的由來，甚至謂凡石灰岩皆爲動物之工作之結果，如薩居氏(Sage)謂石灰岩地層是由貝殼及珊瑚蟲所成。他如布賴斯克氏 (Breislak 一八一二年) 芳耶斯氏 (Faujas Saint. Fond) 等亦抱同一見解，而當時之自然學家皆聽從其說。陸謨克氏在其『Hydrogeologie』一書中亦同示此意。

吾人今日當不致再抱此見解。例如吾人已知一部分灰石之發生係由於硅質礦物(如曹灰長石灰曹長石)之分解，而後者無非為一種完全礦物性作用之結果。又黏土亦然，其發生今日亦知其由於長石之分解。

但吾人應承認生物在許多地質現象中確為一度之合作而尤其在岩石之生成中為然。

灰質岩

有灰石成分者之生物成的岩石其數頗多而依其生成方法可大別之如次：

一，由堆積而成者 此類灰質岩有屬植物性的與動物性的之分。其屬後一類者，如牡蠣礁即其一例。牡蠣當生活之際，固着在海底岩石上，死後即留其遺骸於原地；以後其後裔固着於祖先之遺骸上，如是愈積愈厚。此種厚層堆積物多見於第三紀或略早之地層中，其極厚之厚度表示一極長的堆積時期。在巴黎自然史博物館中，頗多是種標本，其中尚可見軀體動物之遺骸。至成是類堆積物之軀體動物其主要者有 *Ostrea crassissima*, *O. deltoidea*, *O. virgula*, *O. dilatata*, *O. acuminata*

生物地質學

等。

在白堊紀地層中，常見與牡蠣相似之軟體動物之遺骸，即馬尾蛤（Hippurite）及石珊瑚是，此二者亦各成厚層灰質物。由石珊瑚所成之岩層在法國常佔一廣大區域，且有經濟的價值。此岩易於磨光。其美麗者，用充裝飾石材。巴黎之聖密啓爾（Saint—michel）橋即由是種岩石構成。

在地質史中，珊瑚現象之重要，吾人不能否認。古代之珊瑚礁雖則經過去之侵蝕作用失去其一部分，但在今日所存留者分布尚極廣。歐洲北部及中部之一大部分係由是種灰質岩層所構成，在斯干的那維亞蘇格蘭皆有其極厚之地層，又亞爾伯斯山，比利牛山及侏羅山之一大部分係由本岩石構成。此外在北美合衆國及其他區域亦不少是種地層。

至植物性灰質岩有時亦成厚層構成。成此岩石之植物係以灰質藻類為主。如由前章中所述觀之，是種植物隨處留下造岩作用之證跡。在二疊紀地層中尤其在南亞爾伯斯之三疊紀地層中，自瑞士以至匈亞利有爲

gyroporella 所成之厚層岩系，而係由其結核所堆積成者。又曼陀拉 (Mendola) 之白雲石質山之一部分，亦係由 gyporella 所成。此外如在列朋 (Liban) 之南部，該植物且單獨成中部白堊紀地層。在維也納 (Vienna) 隣近有由石藻 (Lithothamnium) 之岩質物所成之堆積層。又在非洲之北部亦有其現出地。

二、由搬積而成者 此類岩石以屬動物性者為主。動物之殘留經海流及萬有引力之作用，集中於一定地點。設若在海底上散布種種動物之殘留。海流循流於此混物體間，搬運其中密度較低而體量較小之一部分；以後因受阻力，其速度或即其搬運力減小，致其中所載之物質依速度低減之程度分別沈下，大者或重者先沈，小或輕者後沈。如是者久，乃發生分明沈積層，後者，迨其膠結或變化後不復示其母體或其由來。

是種沈積層頗不少見，如在海成地層中時常發見一部分或全部分由箭石 (屬頭足類) 所成之地層。又如由貝殼堆積成者之地層亦不少，其純由貝殼所成者之一種，稱曰貝殼石灰岩，而可供如大理石同樣之用

生物地質學

途。

其他極奇異之一種稱曰骨礫。此岩石係在含動物遺骸之岩穴中發生。此岩穴本係在陸上，以後經海水所掩沒，致有各種岩質物（其中尤以灰質物為主）沈澱於其中。據亨利費霍爾氏（Henri Filhol）之調查，在法國郭西（Guercy）之骨礫含有食肉動物與厚趾類翅手類等之遺骸。厚趾類，翅手類等之所以當初在岩穴中者，因係由食肉動物所搬來，蓋後者以厚趾類等動物充作幼獸之食物。

灰石質藻類之殘留亦能同樣被海流所搬運，如在法國西北沿岸常見海浪沖洗石藻層而搬走一部分岩層之情事。此種物質以後在適當環境下，亦能堆積而成沈積層。

三 • 由向下搬積而成者 生物殘留之由搬運而成堆積層者以從水中或水面向海底堆積成者之一種為最簡單。屬之者有浮游生物（Plankton）及游泳生物（Nekton）之堆積層。其厚者可達數百呎。在許多區域，是種岩層已呈大理石狀之外觀，其中充滿紡錘蟲之遺體。

此外又有由貨幣蟲所成者之種，成一特殊的海相，其厚者常構成山脈之一部分，如在亞爾伯斯比利牛等山脈中見之，

硅質岩

一，依水平的方向搬積而成者 動物中所謂海底生物（Benthos）者，包括一羣能分泌硅酸之動物，而其中以海綿類為主。當分解之際，其針骨殘留在泥土中，以後經水流隔離，並集中於一定地點。所謂石英質磨石者，即由此物質固結而成。置在顯微鏡下視之，其中含有無數海綿類（單射海綿類，四射海綿類，六射海綿類等）之微細殘留及一種充膠結物之白色蛋白石。在磨石中並見浮游生物之跡齒，其中多為放射蟲類及有孔蟲類；是類動物之遺體在岩石中已全變為蛋白石質。

在法國亞爾丁（Ardennes）有一種與上述相同但富含放射蟲遺體者之岩石，其發生故與浮游生物頗有關係。此岩採取後，供製耐火性材料之用。又在製造爆烈藥時，常用以支撐甜油炸放（Nitroglycerine）。其中海綿係以四射海綿類之針骨為代表，此物質已變化

生物地質學

而為蛋白石或石髓。此外在地層中(以中生代地層為主)有完全矽化者之海綿，其量有時極鉅。

二，由向下搬積而成者。此類岩石亦為蛋白石質但係由顯微生物之遺骸所構成，而其堆積焉係由於遺骸向海底之沈澱。構成此岩石者概為浮游生物，而尤以放射蟲類及硅藻為主。

所謂硅拓發 (Silicious tufa) 者，係由硅藻與其他富硅質之物質如放射蟲類及海綿針骨所合成。在比利時及法國，此物質常構成厚層而現出。在間歇噴泉中之硅華 (Geyselite) 亦為具同樣成分之岩石；其中極富硅藻及其他藻類，表示雖在當地之極高溫度下是種植物猶極興旺。

堆積在岩層中而有生物的由來之硅質以後能經循環水之作用而被搬至別處。其結果乃惹起種種不同之產物，如蛋白石塊，硅華，磨石及硅石 (Silic)。

磷灰岩

在地面上之動物有機物迨起化學的反應後，能惹起一羣岩石，即所謂磷灰岩是也。舉譬言之，由動物組織

之分解乃發生磷酸銻，後者與灰石相接觸致發生碳酸銻及磷酸鈣；碳酸銻失散而磷酸鈣則留下。在大多數情形中，除發生化學的反應外，並有細菌之作用，如在糞石中，此情形得在顯微鏡下證實之。

在多動物質之處，如若同時多灰質物者，則上述之反應即有實現之機會。凡地層中一切磷灰石層皆由是發生。

所謂骨層 (Bone beds) 者，係完全由動物殘留如魚或其他脊椎動物之骨鱗及齒所成。是種殘留當初係散布於石灰岩中，以後經雨水之作用，石灰岩溶解而動物殘留則向底部集中，其成厚層者，有經濟的價值，採掘之，供農業上之用。

上述由集中動物殘骨而發生骨層之方法亦適於集中有機物團顆。如動物之糞與灰石相作用，發生一種團顆，以後灰石溶解，而是種團顆則富集。

此外又有所謂磷灰質砂層者，亦依同樣方法富集。是種砂粒當初係成微細顆粒於一種褐色灰質土中。凡此等有機物層皆有生物的由來，其在農業上頗有經濟的

生物地質學

價值。

硫化岩及金屬岩

動物質與植物質皆有強有力的還原能力。如若在是種物質之近旁存有石膏岩層，則發生硫化鈣或竟產生自然硫磺。

其他由還原而發生者，為在許多褐炭層中以鉍量產出之黃鐵礦及白硫化鐵礦。是種金屬硫化為若與潮濕空氣相接觸，則變化而為硫酸鐵，其溶液為重要工業原料。一方面同時生成之硫酸容易發生綠礬，後者為製造多種化學品之原料，如與樹皮酸相接觸，則發生一種黑色物質以充墨水及顏料之用。

所謂沼鐵礦者，為褐鐵礦之一種，其發生亦為生物作用之結果。在地中使岩石呈黃色，褐色或紅色之氧化鐵經樹根根酸之作用，變為根酸鐵而富集於一處。根酸鐵以後分解，變化而為碳酸鐵，後者復轉變而為褐鐵礦。

一，石膏質岩石 凡溶解在溫泉中之硫酸鹽經菌類之還原作用，發生硫化物及硫化氫氣，後者在空氣

中變為硫酸。此酸若與隣近灰石相接觸，則發生石膏。在沖積層中一部分之石膏能依此方法產出，故係為生物作用之結果。在較古時代，此反應之實現似較為難，但若謂其絕不可能則亦非在情理之中。

在水中硫化物之發生，有時為含石膏質之水經植物質還原之結果，同時並發生硫化氫氣，此氣體若與空氣中之氧氣相接觸，則發生自然硫磺。此現象表示在含硫酸鹽溶液之土壤中，因植物質之存在如何方能發生硫磺。在法國塔貝 Tapets 自來以產硫磺著名。是處之硫磺層除伴石膏層外，又與褐炭層同地。在是處含石膏質之水浸染褐炭層，致發生還原作用，同時因硫化氫氣之氧化乃發生自然硫磺。及在多斯干 (Toscane 亦在法國) 亦有硫磺及石膏層，是處硫磺之產出，似頗與硅藻之作用有關。

二，石炭質岩 在生物之地質的工作中，其關於化石燃料之生成者，顯然極為重要。在地殼中一大部分植物質單因其在同一處集中生成，並在原地遺下其遺體，故得不經移動而直接在原地變為石炭質物。今日

在吾人眼前正在發育中之泥炭即表示是種狀況。

爲免除誤會起見，在茲處不得不有一種說明：對於石炭之發生，自來有兩種說法，一謂石炭係由經搬移後之植物質所成。主張是說者，謂在與石炭同伴之砂層中，間或能發見未曾碳化而位置極顛倒之植物，其中枝條竟向下方而根竟向上方；一謂若完全出於搬運乃一不可能之事，蓋爲成一數呎厚之石炭層，非搬集鉅量植物殘留不可，而此似不可能。其實石炭之在原地發生與否係依局地的狀況而決定，在一處係經搬運而在別一處係由原地堆積。

至論成石炭之植物質的搬運尋常有依水平的方向與依上下的方向之別，茲分別討論之如下：

石炭質層之由植物殘留搬積而成者頗與海流有關，後者之活動常惹起顯著的結果。在冰洲島南岸有不少石炭質岩層，而係埋在火山噴出物，熔岩等之下。吾人若一度檢視其物質，則知其全由屬熱帶相之植物殘留所成。是種石炭質岩層今日尚在繼續增加中，據是，則其植物質之必由別處經海流搬運而來，自然決無疑問。

證諸事實，其植物質係由密西失必河搬入墨西哥灣中之樹木，而係經熱海流（Gulf-stream）搬渡大西洋而集中者。

石炭質岩層之由此方法發生者，其地不一而足，以上所述者，無非舉其一例已耳。

所謂沼土（Boghead）者，大部分係由一種屬原始藻類（Protococcaceae）之淡水藻所成。此藻類當生活之際，係在水面，迨其死亡後，其遺體直接向水底沈澱，故植物質之堆積係依第二種方法。此種石炭質岩石含有特殊的化學成分，而其經濟的價值在於蒸溜時放出鉅量之氣體。

在討論生物成的石炭質岩石時，吾人若忽略一種含有機物之岩層，而不稍加以注意，則吾人對於石炭質岩類之重要的觀念尚不能謂為完全。其中之有機物係出於生物，而因經地下蒸溜作用致浸染於岩石中。

至論含有機浸染物者之岩石係以頁岩（油頁岩 Oil-shale）及片岩為主。此兩種岩石當動物在地層中腐爛之際，對於其時所排泄出之有機氣體有如儲蓄器之作用。

生物地質學

其原來之性質無非皆為黏土質，但自含有機物後，其性質則變，蓋此時吾人可由蒸溜方法提取其所含之燃油也。至究浸染物之有機物概出於古代動物之遺骸，如筆石之遺骸是。

是種岩石有使某數種金屬硫酸鹽類還原之作用，故其地恆多黃鐵礦及白鐵礦。

在石灰質岩類中，其含有機物者，例如大理石是。此岩用錘打擊時或加熱時發生有機物臭氣。

III 過去時代生物之侵蝕

在各時代的岩石難免一度經過生物的侵蝕作用。此種現象之證據可惜極不易保存，其稍為多見者，恐當首推鑽石蛤在岩石中所成之鑽孔。

吾人即使在最古之地層中亦得發見，昔日為軟體動物所成而充作棲所之孔穴，其死後之遺骸當時係留存於其中。據舊日之見解，以為是種動物有與岩石相同之時代，如當吾人在屬第二紀或第三紀地層之岩孔中搜得一海筍 *Pholas* 時往往不先稍加審察而斷然謂其必屬於與岩石相同之地質時代。然據今日觀察之所得，

乃知由是種動物所成之鑽孔不限於有一定時代或一定性質之岩層，而知舊日對於是種化石之時代所抱之見解，實有更正之必要。

無論高等或下等動物皆能惹起侵蝕作用，且不限於一個時期：自今日之鑽孔蛤以至古代之動物無一不能惹起是種現象。在哺乳動物中，有屬中新紀之 *Talpa antiqua*；第三紀之鼠，海狗，野兔及屬第四紀之大懶獸 (*Megatherium*) 彫齒獸 (*Glyptodon*) 大鬣獸 (*Megalonyx*) 等。

爬蟲類之侵蝕作用，大抵限於地面下，而自第三紀以來，蛇之侵蝕殊不能忽視。

昆蟲尤其在呈蠶的狀態者，多存於各時代的地面下。鞘翅類 (*Coleoptera*) 在第三紀極繁盛；較早之直翅類 (*Orthoptera*) 其為數之多恰如今日之螻蛄相同。他如環蟲類 (*Annelido*) 其在地面下之活動係始自沖積期之初葉。至甲殼類的動物 (如蟹) 有極強的侵蝕能力。

至植物的侵蝕作用無時不在進行中，而其昔日之侵蝕情形顯然與今日一般。據在各地煤礦中觀察所得，礦

生物物質學

中極富樹根之底層土 (Under clay) 有一種與別種黏土不同之性質，即其用火焙燒時，現純白色，而其他黏土在相同情形下則概現紅色，是即證明在赭土質土壤中根之除鐵作用已早經實現。

然生物的侵蝕作用其範圍較廣者，首推由細菌惹起之一種，因其作用不僅限於地面下深處之地層，而當岩石生成之際恐已極為活動。其作用之結果為使岩石中之有機物減少，而此情形正與在第一章中所討論之情形相符合（見圖一）。在大多數情形中，貝殼分解後其物質即隨時填充於岩石之孔穴中，而其留下之空位使岩石呈一種多孔狀之外觀。在是種孔穴中，後能流入一種含灰石質或硅質之溶液，後者能惹起結核作用，至在岩孔中有結核體發生。

為完成本章起見，吾人應記憶前章中凡一切為下等生物所惹起之化學現象，如長石之因經是等生物攻擊之敗壞，紅土之發生等。

第六章 生物現象之繼續

吾人一旦卸卻不適時的舊日思想而進入於一種以公正態度觀察事實之境地後，不竟認沖積期時的現象無非為先前生物時代諸現象之繼續。自太古代以至今日祇有一種地球，且顯然又無屬兩個系統的動物衆（Fauna）及植物衆（Flora），申言之，自前寒武紀以來祇有一個生物宇宙（Biocosme）是不絕地在前進中，生物宇宙中之份子一方面死亡，而一方面以新生物填補。生物界之平衡決不因是而發生變化。

是種斷言初見之下似具多少危險性，但可完全證明，故無非為事實之解釋。

一羣由搬運而發生之動物性岩石即指示吾人其所在地沈積時之沿岸性。菊石死後沈於海底，其組織

生物地質學

分解時，即發散氣體，致遺體中之孔隙爲之充滿。飽含氣體之生物遺體因體量減輕，浮於海面。在是處乃遭遇一種爲各種浮游體所統有之命運，即如若在海岸近旁則因被風之推動送達海岸，而當海水退下後，共與泥砂堆積於海岸上。頭足類動物以其貝殼之所在逼近海岸，故凡有其貝殼之處即示昔日海岸之所在，而此證明根據吾人今日當潮水退下時所目觀之事實。

吾人由根據今日仍然現見之事實認定歷代所發生之種種相 (Facies) 而竟承認今日之相似爲第三紀第二紀或以前之相之繼續。吾人認定海曾佔一極大的面積；其岸之毀壞惹起砂礫及其他岩層；陸地之一大部分昔日爲湖澤所佔有，而河流亦較今日爲多；其上且有呈山岳狀之區域，在後者有時帶有冰河 (Glacier)，其堆石 (Moraine) 今日有時尚不少現見；又地面上向來被有一種適於草木生長及蕃茂之土壤，故已早有空氣。

吾人如若由是種純然物理的說明，進而觀察生命其遺跡，則知昔日生物種類之繁多一定不下於今日，而其每一種必與其地之某一族相親緣。

是種情形頗有提明之必要，其忽略常影響專門家對於一個狹窄問題之觀念，而其論斷於是亦不真確。如植物學者一見某數石炭紀地層中化石植物之繁富且因忘却其有極長年代之石炭紀決不能與爲期不久之現世相比擬之事實，斷定其時空氣之成分係與今日不同，並謂其有鉅量之碳酸氣。對於一切可成是種假說之理想吾人可舉一種反證以反對之，蓋若然當時植物及動物之生物機能當起變化，而據解剖上的理由却與今日生物之機能無異。

表示昔日空氣之成分與今日無甚差別之方法莫善於植物組織在顯微鏡下之研究。在法國聖德田 (Saint-Etienne) 附近曾發見在羊齒種子中之花粉室並由此乃證實昔日羊齒之花粉室完全與今日羊齒中無異。在兩者中花粉粒之大小及位置，近旁組織之狀態，花粉管侵入之方法及卵子器接合之情形皆足以推翻昔日空氣成分與今日大不相同之假說。

此種誤解不但植物學者即動物學者亦有之，因其有時認某某時期之海水的成分完全與今日海水的成分不

生物地質學

同。自然學者如若確認環境是在不絕地變化中，而以此無古代動植物與其近代相當生物相差別之原因，則其見解亦錯誤。

對於是種假定吾人有下列理由以反對之。

生物極易受環境的感動，故最適於表示其生活時環境的狀況——此情形可從其構結無不與其所在地之狀況相對照一點說明，如是證明宇宙各部間具有和諧的關係。

吾人極難想像一種生物能在一個不適於其生活的環境下生存。有人曾假定生物能澈底改換其結構以適應新環境，但由經驗知其中之情形係與此見解相反：其稍稍改換而發生變種後即行滅亡。

吾人如不欲證實生物起源時之環境則已，如欲爲之則惟求諸現世之生物。

今日之龍蝦 (Lobster) 中的器官若與志留紀三葉蟲 (圖二四) 之器官相比較，則多相同之處，如就兩者之鰓言，係極相似，因此，此兩者之生理必相同，而其所以有相同的生理者乃因共有相同的環境故：祇須有溫度上



第二四圖

Triarthrus Becki (北美洲志留紀之三葉蟲) 示其足及其他器官與現生甲殼類之器官之相似 (十部大, 據 Beecher)

較地極小之變遷此種呼吸器即能因受寒而變麻木不仁，或因受熱而解體。準此以觀，志留紀之甲殼類適應於今日熱帶海的環境，而今日之甲殼類適應於志留紀海的環境。

海洋圈中之繼續

凡海洋其礦物的性質如若自有生命以來不經若何之變化者，則其中之生物顯然仍保持其歷來之繼續性。對於此問題珊瑚蟲最適於供吾人以一個真確的觀念。吾人由研究現世

海中之珊瑚礁知其與古代珊瑚礁有許多相同的特點。古代之石珊瑚雖則以後為別一式石珊瑚所代替，但其間之相似遠多於其間之向差，且兩者之工作及成績亦復相同，故兩者間之繼續性仍不中斷。

一，原生動物土原生植物土有孔蟲土 在石炭前紀

生物地質學

以後，或自一海生植物發現以後，有孔蟲類立即發現；最初為志留紀之 *placopsilina*，此生物與今日之抱球蟲頗多相似之處。

鮫石蟲土層由其所呈之狀態，表示為一種深海沈積物；而係為海中浮游生物之遺體向海底沈積之結果。此種地層以在石炭紀時生成者最多，而與現代抱球蟲土層共表示浮游生物自古生代已一直維持到今日，但所奇異者，乃為鮫石蟲與抱球蟲之在形態上的差別雖則兩者皆有相同的地質功用也。

古生代之鮫石蟲及中生代之抱球蟲決非營單獨生活，而此可由其各層中各伴各之相同生物一點證明之。

在屬第三紀之地層中，有由別一羣動物所成之地層。是羣動物與鮫石蟲屬同其繁殖，稱曰貨幣蟲屬 *Nummulites*。所謂貨幣蟲土層者亦往往構成全個區域。

就以上所述已足以表示有孔蟲類動物之生命自鮫石蟲以至抱球蟲未曾一日中斷；換言之，是即表示浮

游生物之繼續性。在古生代地層中有孔蟲類之所以比較地少見者，其最重要之原因為其容易毀壞：在古地層中有數灰石質層經地下溶解作用全然消滅。

其他一種在多數層系中發見而極適於證明繼續說者之地層係由一種細緻岩石所成，其中極富細小而難毀壞之生物。是類生物謂之筆石 (Graptolites)。由檢驗歷代筆石質層中之筆石，知在自最古之筆石以至最新近之筆石間存有一種表示繼續性之關係。

所謂放射蟲類 (Radiolaria) 者，為別一類在海洋中極活潑之生物，其硅質貝殼今日尚繼續在海底一定區域中沈積。自前寒武紀即有與今日相同之放射蟲。最初之數種為 *Genosphaera*, *Tripocalpis*, *Archicorys Discoidea* 等，至志留紀有 *Genosphaera*, *Stanrosphaera*, *Acantosphaera* 等。以後在泥盆紀地層中有 *Xiphosphaera*, *Cyrtocalpis* 等而在石炭紀地層中有 *Carposphaera*, *Tripilidium*, *Dicytocephalus*, *Therampus* 等；沿至侏羅紀則有 *Tripodiscium*, *Dicolocaspa* 等。此時在海中並發見一種有同樣生活作用之藻類，即方

生物地質學

硅藻 (Diatom) 是。

當古生代時，除原始生物外，且多歐足類（軟體動物）其中如直角石 (Orthoceras) 鸚鵡螺 (Nautilus) 稜角石 (Goniatites) 等當時充滿海中。現今已變為大理石者之一部分沈積物其所以表面磨光後有時呈奇異景象者，一半由於石化稜角石之豐富。同時三葉蟲亦極盛，其原始數種如 *Sao hirsuta* 及 *Arethusina* 見於志留紀及泥盆紀地層中。此外又多斧足石 (Pelecypoda) 及翼足石 (Pteropoda)，前者在海中成礁現出。

在地層中不少完善保存者之化石，其故一則因包裹在細膩沈澱物中，而一則因未曾受激烈之擾動。在德意志沙能霍雲 Solenhofen 曾搜集無數屬各類動物自以魚 (Leptolepio, Gyrodus) 及爬蟲 (包括能飛舞空中之翼手龍) (Pterodactylus) 有時尚帶羽毛如始祖鳥 (Archocopteryx) 為主之脊椎動物以至有孔蟲類之化石。軟體動物如箭石 (Belemnites) 及菊石 (Ammonites) 繁多，且見良好之昆蟲甲殼類等化石。此區域為一古代海之海底，

其當日之情形與現世海之海底無甚差別。凡如是種在
古代地層中發見之化石皆證明生物現象之繼續。

又用顯微鏡檢查侏羅紀海棲爬蟲之化石囊（尤其魚
龍 *Ichthyosaurus* 之化石囊）時，往往證明自來就有細菌
寄生於動物之腸中。此種事實足以證明寄生現象之繼
續。

對於古代游泳動物與現世游泳動物間之相似，吾人
可舉深海有孔蟲岩層中（如白堊中）含有石塊（此種岩塊
尋常祇能在沿岸沈積）之事實為例。在今日沿海捕獲之
魚及其他游泳動物之肚中有時確含石塊，而諒係捕食時
與食物一并吞下者。是種動物若以後在深海處死亡及腐
爛，其肚中之岩塊即留存在深海層中。

大氣圈中之繼續

吾人由研究大陸及島嶼之特具的狀況，得到一種比
較研究海洋尤饒興趣之結果。歷代在地上生長之植物，
其今日已成化石者，皆予吾人以研究植物現象之繼續
的材料。

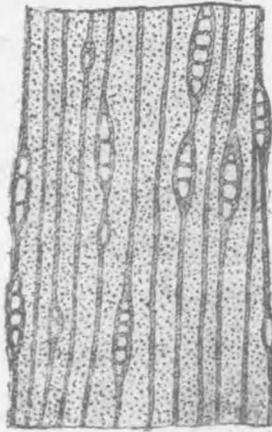
由研究植物化石之結果，學者皆公認最初之植物完

生物地質學

全爲隱花植物，其代表限於下等藻類。許多亞武紀地層各含有下等植物之印跡，而今日皆一致認爲海生藻類，其中尤以 *Oldhamia* 爲最多。迨陸地現出海面後，其上面恐即產出種植物。就實際言，在志留紀以後之地層中，除動物遺體外，即發見鉅量植物之樹枝，在美洲及英吉利曾發見名 *Xylophyton*, *Annularia Protostigma* 之化石樹枝爲該兩地最早植物化石之代表。當泥盆紀及石炭紀時，植物既然已極蕃茂，而且成森林現出，所須說者其時之隱花植物（如羊齒類）係與裸子植物同伴。據格蘭烏利氏 *M. Grand, Eury* 之研究，同時又有一種在隱花植物與顯花植物間之過渡植物。其時植物之蕃茂恐不亞於今日之熱帶區域。

在下部石炭系中，有胡留陀木，蘆木 (*Calomites*) 封印木 (*Sigillaria*) 及鱗木 (*Lepidodendron*) 現出，其中植物種類與今日不相上下。在上部石炭系及下部二疊系中，石松類植物之化石如 *Walchia pinniformis* *Metacordaites* 等極其豐富(圖二五)。更上則多證明今日之太平洋其時尚爲陸地之證據。

昆蟲及蜘蛛在古生成代時已入於興盛之境。在歌忒蘭 (Gothland) 島之上部志留系中，林斯脫倫姆氏 (Sinstrom) 一八八四年時曾發見一種與今日之蠶相同之動物，而由其互相近似一點觀之必有與今日之蠶同樣之生活。一方面陶森氏 Dawson 曾指出在新斯格脫蘭之石炭紀封印木中，發見一種與今日之千足類相近似之昆蟲，而係以 *Xylobius sigillaria* 名之。所謂



第二五圖
一石松化石之縱剖面
示其縱行細胞條紋
與現生木中所見者之相似
(據勒拿爾氏)

Meganeura Moniyi 者與今日之蜻蜓極相像，惟大(可達二呎以上)則數倍之。其時熱帶之昆蟲已不少，惟皆較今日為大。古生代末葉之昆蟲雖則極其繁盛，但最可注意者，其形式比較今日昆蟲之形式為單簡，而其大多數係如今日之蚱蜢，至今日之蝴蝶，黃蜂等則未見之見。腹足類在古生代後期亦繁盛，而與今日

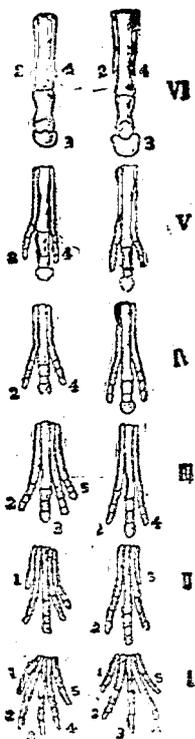
生物地質學

之腹足類頗多相同之特點。

第七章 進化學說與動物

吾人從前數章中之所述，乃知各個地質時期各有其特有的動物衆及植物衆，且知每一種動物或植物，其發現較早者，其構造亦較簡單，而與今日所見者相差亦較遠；換言之，生物非一定不變，往往自簡而繁，自下等以至高等。

各個時期之生物之遺體留存於各該時期之沈積層中，其發現較早或較下等者，留存於較古或較深處之地層中；反之，其發現較遲或較高等者，留存於較新或較淺處之地層中。向傳德國伊丹漢姆地方有人從某湖之舊址中掘出希馬拉貝。此貝本如田螺，其後由圓錐形而變化，其從下層掘出者比較從上層掘出者不同，而可從下圖明之。



第二六圖
馬腳趾之變化
I. Euprotogonia
II. Euhippus
III. Pachynolophus
IV. Mesohippus

古代之馬即所謂馬之祖先者，就其化石言之，係與現存之馬不同（圖二六）其最古者，名曰 Euprotogonia，係在第三紀下層中發見，其大如犬，四肢各有五趾。其次，名曰 Euhippus，後脚第一趾消失，第五趾退化，僅留其痕跡，前脚之第一趾亦然。其次名曰 Pachynolophus，為從始新世地層中所掘出者，其後脚第一與第五趾均消失，而前脚第一趾亦然。再次之馬名曰 Mesohippus，其前脚之第五趾亦消失。其次名曰 Protohippus，係出自鮮新世之地層，其第二第四趾亦退化，變小，至在現代之馬 (Equus) 中，此二趾

V. Protohippus
VI. Equus

1.2.3.4.5 為趾之次序
右為後脚左為前脚

僅成痕跡。第一第二第四第五趾既若是變遷，同時第三趾漸次長大，軀體亦漸變大，遂為今日之馬。凡是種各表示一進化階段之馬化石，歐美博物館均有陳列。



第 二 七 圖

1—6 示現世鹿名 *Cervuselaphus* 之角的發生順序
 a—e 示種種鹿角之化石：古者無枝愈新者則其枝愈多
 一或不多，但其在較新地層中發見者，其枝數增加。此

又如鹿角，每年棄舊換新，產後一年初生者，單簡無枝，每年新生時加一枝，但其數非無限增加者。此為個體發育上進化之事實。今就鹿角之化石言之，其出自古代地層中者，其枝數為

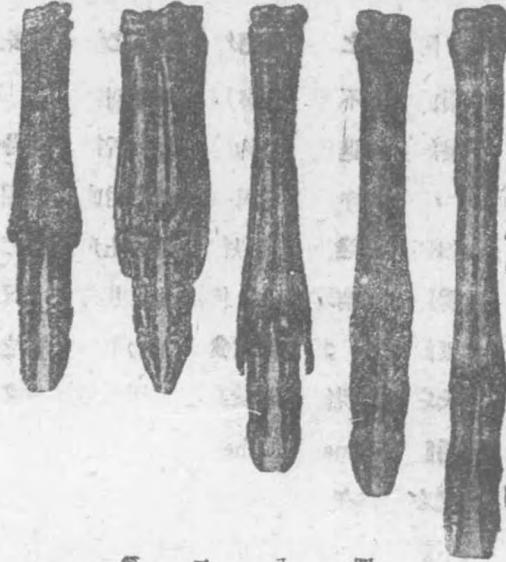
生物地質學

爲化石上進化之事實，而與個體發育上進他之事實相一致。（圖二七）

今再舉一例言之，在 *Hyaemoschus aquaticus* 中，其肢有四趾，中間二趾極大，側邊二趾較小；各趾完全分離（圖二八）；在 *Tragulus napu* 中，亦有四趾，惟側邊二趾與中間二趾相比較則極小；且與中間趾相並連接，故似合成爲一骨；在 *Cervus capreohus* 中，上述情形之更爲顯著；在 *Calotragus Campestris* 中，側趾退化而僅留其痕跡；最後在 *Ovis aries* 中，側趾之痕跡完全消失，而祇有二趾。此五種動物在今日皆得現見，如 *Hyaemoschus aquaticus* 生於加朋 (Gabon)；*Tragulus napu* 爲南洋羣島之動物；*Calotragus campestris* 生於亞爾伯斯山中；至 *Ovis aries* 則爲一尋常之羊。此例證明今日之動物其進化之程度參差不齊；*Hyaemoschus aquaticus* 自四趾減至二趾之過程中恐須費千百年之時日。

生物進化之學說 生物之能進化今已成爲一種明瞭之事實決無疑問。然對於生物如何而進化之說明，迄今

尙無公認之確論。茲舉數重要學說以觀其如何說明進化。



第 二 八 圖
示 動 物 足 趾 進 化 之
順 序 自 左 至 右 ：

Hyoemoschus aquaticuss

Tragulns napu

Cervus capechus

Calotragus campestris

Ovis aries (據 Albert yaudrg)

一、陸謨克氏說 陸謨克氏 (Lamarck) 於一八〇

生物地質學

九年在其動物哲學中備述生物之變化原因於外界境遇之變遷。何以言之，生物隨外界境遇之變遷或多用其體部或少用或完全不用；多用之部分則發達，不用之部分不發達以至退化。生物於一世中所得之獲得性遺傳於子孫，子孫亦與之在同一境遇使用或不使用，如是代代相傳；至達數十代以後，身體上起顯著之變化，例如麒麟以食樹梢之葉，代代增長其頸，又如鬚鯨之所以無齒者，為其代代食小動物不加咀嚼之結果。陸謨克氏之進化說既原因於身體之用不用，故名陸謨克之用不用說 (Lamarck, Theory of Use and Disuse)。

此說之弱點在認一代間之獲得性能傳於子孫；其實此性質不能遺傳，而此今日已為多數學者所承認；故生物之進化不能以此說概括也。

二，達爾文氏說 一八五八年達爾文氏 Charles Darwin 於 Linne，學會中發表其進化說。翌年著物種起源論一書，更詳述其見地。其所言之大要如此。

(1) 人為淘汰 (Artificial Selection) 達爾文氏為進化論之豫備，先進淘汰之事實。其要旨如下：吾人於飼

養栽培動植物之際，先定一種理想而於多數子孫中選其最近於理想者而捨去其他。其選出物所生之子，雖由遺傳而類似其親，但因有變異性，故與其親非全同；從其多數子孫中再選擇其與理想相近者，如是再三再四，累代選擇，迄於數代以至數十代，遂得理想或與種相近之物。若由此方法，多數人各樹一理想，分途選擇時，可由一種生物得多數變種或品種。此法宛如以篩篩物，其方法故係人為的，達氏故名之曰人為淘汰云。

(9)自然淘汰 (Natural Selection) 達爾文氏認人為淘汰之事實適用於飼養培養之動植物，以說明生物進化，新物形成。其說明即所謂達爾文氏進化論是也。

達氏又謂在自然狀態之生物間，以生活上之關係，發生自然淘汰云。其根據為生物之子孫以幾何的級數增加，而生活上所要求之養料地位，光線等却各有一定制限，故在同種之間固不待論，即在異種之間，以欲滿足其生活上之慾望故，互相競爭，即所謂生存競爭 (Struggle for existence) 是也。競爭而敗者，終歸

生物地質學

滅亡；至競爭而勝者，則能繼續生存，蓋即斯賓塞氏 (Herbert Spencer) 適者生存 (Survival of the fit test) 之謂也。勝者即適者生存而遺留其子孫，適者之子孫在競爭上復占優勝，而除自身能生活外，更能遺留其子孫；至不適者之子孫，則死亡，如是若積累至十百代至數千萬代之久，乃發生與祖先大不相同之生物。雖出於同一祖先者，以生活境遇各各不同故，性質上亦不一致。在自然界中之所以發生千差萬別之生物者，實由於生存競爭，適者生存之大篩淘汰生物之故。其淘汰出於自然，故名曰自然淘汰。各種生物經淘汰之力徐徐相前進化，遂生多數種；達氏又以爲自然淘汰雖爲生物進化之大原因，惟不得謂爲獨一之原因，蓋如外界狀況變化之直接影響及器官用不用之類，亦各爲原因之一，而可補助自然淘汰也。

(3)雌雄淘汰 (Sexual selection) 此淘汰爲自然淘汰之一部，而凡雌雄間發生之淘汰統屬之。達爾文氏謂動物間尋常雌少於雄，而一雄又配多雌，故雄與雄間以得雌而起競爭。又由雌之擇雄而在此關係上亦

發生一種雌雄淘汰云云。

除陸謨克氏，達爾文氏等說外，更有生物隨外界影響而異其變化之外界直接作用說 (Theory of Direct Action) 或新陸謨克說，有視自然淘汰作用為蕪能之自然淘汰蕪能說，或新達爾文說及雜種說以及偶然變異說。

進化說中之主要者，已於上文中一一指出矣。但進化之事實未能以一說賅括明其全體，進化之因果何所據，今尙未能決定，此蓋學者之觀察及研究僅限於今日之生物而未能想及生物進化久長歷史中所發生之意外變化，致不能有充分既往之事實以為今日推究之根據，然久而久之，生物進化之原因未始無解決之一日也。

有機體之趨於完全 因進化之原因，生物隨時間而增加其形式，不但此也，且新加之形式無不較以前存在者為高等，如在志留紀新發現之魚類，二疊紀之兩棲類，三疊紀之爬蟲類；白堊紀之鳥類；第三紀之哺乳類無不較各該時期以前所發生之動物為高等。新發現

生物地質學

之動物除隨時間為數量的增加外，更於體部上為不絕的演進，如軟骨魚演進為硬骨魚，歪尾魚演進為對稱尾魚皆是。

生物之不絕的增加由於生物中某羣生物進化而為新羣，但其本身不因此而滅亡之故，如魚類中一部分進化而為兩棲類，但魚類不因此而滅亡。在今日之生物中存仍有未仍進化之生物；今日之變形蟲較諸最初發現之原形質未見稍為高等。

頭足類及魚類之全盛時期 在下部志留紀即發見魚類之齒；在科羅拉多之奧陶系中，懷爾哥脫氏（Walcott）曾發見無數骨板魚之骨板。在蘇格蘭俄國斯埃拿大之泥盆紀地層中，有含 *Cephalaspis Coccosteus* 及 *Pterichthys* 之地層，有時範圍極廣，其中未曾見有較魚類為高等之動物的痕跡。

兩棲類之全盛時期 兩棲類始於石炭紀發現。其鉅量之化石見於愛爾蘭蘇格蘭等處之某種地層中；其形狀分種種，大致與今日所見者相似，但呈極特具的特性。此類動物之最早者，為太祖龍（*Archegosaurus*）；

次爲鯨龍，(Brauchiosaurus) 而於二疊紀時達其黃金時代。在三疊紀地層中多極大迷齒龍，嗣後兩棲類似逐漸衰敗，宛如讓位於爬蟲類然。

爬蟲類之全盛時期 爬蟲類始於中生代發現，由其在該時代之地層中之化石觀之，其繁盛之情形遠過於今日所見者。今日之爬蟲類動物縱使選其最大及最活動者，若與中生代之爬蟲類動物相比較，不啻爲矮小之物；觀是，則對於中生代爬蟲類之在地面上工作之浩大可思其半矣。

當其黃金時代之際，爬蟲類動物之動作隨其數目而分種種；其中名魚龍及蛇頸鱷之動物有如以後鯨魚之動作；他如禽龍(Iguanodon) 及梁龍(Diplodocus) 有如食草哺乳類之動作。此外如翼乎龍有如鳥或如蝙蝠之動作。

鳥類在白堊紀開始發現，而當初係以黃昏鳥及魚鳥爲代表，蓋始祖鳥以化石學者之觀點言之，尤近於一帶毛之爬蟲類動物。其黃金時代當在始新世之前期；其時之代表爲一種大如馬之原鳥(Gastornis)，此鳥今

生物地質學

日之相當物有在馬達加斯之龍鳥 (Aepiornis) 及在新西蘭之恐鳥 (Dinornis) 。

爬蟲類在中生代之末葉漸次呈衰敗之景象，而一入第三紀，遂漸次為哺乳類所代替。

哺乳類之全盛時期 哺乳類 雖於三疊紀地層中，已留其痕跡，但其正式化石始於第三紀地層中現出。其巨大之化石概見於第三紀初葉之地層中，其中包括兇猛獸，獾，象，海馬，犀牛，大懶獸等。

動物達全盛時期後之衰敗 各式動物在達全盛時期之後，即呈消衰之傾向。三葉蟲在志留紀之伊始已達其全盛時期；自此之後漸次減少，至石炭紀以後，即滅亡。菊石類入二疊紀即開始發現，達其全盛時期於侏羅紀中葉及末葉，嗣後消衰終至滅亡。

猶有言者，同式之動物時常分數時期現出。甲殼類之動物首次成三葉蟲現於古生代前期，次成種種形式再現於中生代及現代。他如昆蟲類亦然；此類動物當初成古形式盛見於石炭紀，後成新形式復現於中生代以至現代。又如珊瑚蟲類亦如是：四射珊瑚蟲為古生代

海洋中之特性產物；六射珊瑚蟲類則為中生代及現代海洋中之產物，

動物界或植物界中之所以能發生呈種種形式之生物者，其原因可分為下列數種：一，在同一地點能存有種種之食料；各動物視其能力之所及可分別利用之；二，因環境的要求可由多種方法應付之，如為在水中棲息起見，有種動物帶鰓而有種動物帶肺；帶肺之動物（如鯨魚然）雖於呼吸時有伸出其氣道之口端於水面上之必要而如是雖殊多不便，但其生活之需要亦未始不能以此方法解決之；三，為維持平衡狀況起見，迨平衡狀況為一生物動擾動之後，往往發生新生物，如在海洋中因產三葉蟲，原始貝殼類動物在海底上發生殘留之故，一方面即發生新動物，後者即利用是種殘留為其活動之材料。

生物地質學

第八章 生命之現出

吾人由研究地殼，知生命之現出遠在地史開端之後，是以凡惹起生物現象之環境，實為一個極有考查價值之問題。

此問題早已喚起一般世界著名學者之注意。當一八二一年時顧衛氏(Cuvier)在其『Les Ossementofossiles』一著作之導言中謂『吾人所驚奇者，即生命並非一直在地球上存在；觀察者不難認明最初生命產物沈澱之地點』云。

當一八一九年巴克蘭氏(Buckland)在牛津開講時，曾謂『地質學指示吾人以一個尚未帶有生物體之時期；生物體故有一個開端，其開端惟聽諸天意，即聽諸一無限智無限明之造物萬能之命令而已』云。

生物地質學

自此之後，觀察者接踵而起，馴至今日，吾人能明言生命之現出，為一個突然的，普遍的及自始已與今日一樣複雜的現象，故適與當初地質學者之意料相反，蓋若輩以為生命之起源為一個示弱或竟卑下的表現。

生命現出之研究

自然發生說對於生命如何現出之問題，其說紛繁，而自然發生說(Heterogenesis或Spontaneous generation)即其一種。此說普通用以解釋有幾有機體之突然的孳生：如寄生物，蠅，等。據浦風氏 (Buffon) 之見解，蟻及蕈係直接由植物質分解而發生。又海爾蒙氏 (Van Helmont) 則謂蹊鼠係由不潔淨之襯衣置在一盛麥之鉢內迨麥發酵時變出來的。

萊第氏 (Redi) 懷納斯利利氏 (Vallisneri) 等在十七世紀時，由多數實驗證明腐爛之肉若非蒼蠅預先在其表面遺下其卵，決不為帶有蛆。嗣後同樣之表現繼續增多，而迨至十九世紀中葉，世人對於由自然發生之產生方法認為祇限於微細生物。

巴士特氏對於此問題曾為一度有系統的研究，而據其所得之結果，謂在各個認為與自然發生有關係之情形中，有微生物胚種存在之必要，是種胚種浮在空中及水中而在是處成一個真正微生物胚種之舞臺。自是以後，此問題視為已告一段落，但對於地球表面生命現出之問題顯然不能視為亦連帶解決。

宇宙胚種說 在此說中稱在地球表面上初次現出之生命胚種係從宇宙中搬來。愛德華氏 (Henri Milne Edwards) 即為假定生命有宇宙由來者之第一人，嗣後附和其說者殊不在少數。李希德氏 (Richter) 當一八六五年時認定浮在空氣中上層之胚種係由隕石從外方搬來而能由其搬送至其他星體上：地球上當初之生命恐有是種之由來。當一八二一年時摩雄氏 (Sales Gugon-de Montlivanlt) 假定地球表面上之生命係從月球搬來。他如克爾文 (Lord Kelvun) 認其當星體生成之際發生。愛漢尼斯氏 (M. Arrhenius) 則謂生命之胚種在天空間經某種發光放射之推動從一星體移至別一星體。

利希德氏之學說根據其在隕石上所見之磷素，腐植

生物地質學

土及含有石油性物質之存在。他以為隕石入地球之大氣時，其因與空氣摩擦而生之熱不能將是種物質毀壞故其溫度不高，因此胚種亦得保存。他又謂是種胚種能經長時期之潛伏生活，其間毋須水分與滋養料。

此假說以後却被保羅柏克勒爾氏 (Paul Becfuere) 所推翻。其反對之根據，基於一實驗，法將細菌之乾縮芽胞置在真空及最低冷之溫度中——模仿二行星間之空間情況——並送入紫外光(即為火熱日球所射出之光)。該氏使抵抗力強的細菌之芽胞在三五度高之溫度下歷一日之久，然後鋪在已消毒之玻片上，加以考察，乃知此種細胞已失去生活能力。

其他學說 在多數學說中，其最引起吾人之注意者，為維也納大學教授本尼狄克特 (Benedikt) 所創而以化學的事實為根據之一說。據是，則需凡含有硫磺或硫磺與磷及酸性物或鹼基性物等之溶液如若含有自由的伊洪者，則發生多數氮素有機物，其中有含硫磺者，有含硫磺外又含磷者，又有含結晶質或膠質碳氫化合物者。是類有機物各有一定形狀，且大多數各帶細胞

膜或細胞核膜，其中所貯蓄之物質皆具有生命的特點。

本氏以後又綜合種種實驗以求生命之實況，但終不能達其目的。因此他又說『我們要想由人工方法去造成一種有生命之物，現在還沒有一點希望。』

吾人今日既未能以人工方法創造有繁殖能力之生物或生活細胞，又未能以自然發生說或宇宙胚種說解釋生命之由來，而一方面又須避免離開實驗科學之嫌，摒棄上帝創造萬物之神祕觀念，則惟有根據宇宙間其他物質由來之原因，認定有生命之物質亦隨階段的進化而生成；此說不但可信而無疑，實亦不可不信也。多數生物學者均謂在地球生成之之歷史過程中；於某時期有無生物得轉化為生物之偶然機會，無生物乃由進化而為有生命者；並謂如斯機會，古來祇有一度，未曾再現，而將來恐亦永不再現也。

生命之由來與進化論 自進化論為一般學者所公認以來，在最近六十年間，不獨生物學，即地質學，天文學，物理學等諸自然科學莫不面目一新。今日一般學者均公認『生』之由來亦必受此進化之大機能之支

生物地質學

配，即進步之過程決不許有突然躡進之間隙，而必依順次為連關的進步。今本此進化之一般法則，以觀察生物進化之跡，生物斷不能超自然的理法，由無生物突變而來。但係由無生命之物質先變為生物與無生物間之物質，更進而為具『生命』特徵之物質，徐徐演進而成也。故吾人研究生命之由來，不可抱由無機物而有機物由無生物而生物突然一躍而幾之觀念；其實由無機變為有機之過程中，須經若干之階段；其構結漸次增其複雜之程度而始達到所謂生活體之物質。

從地球生成之過去歷史以求如斯進化之證據，不但困難且殆不可能，蓋由生物無生物間之中間物及中間物進化之最初生物質，恐皆為超顯微鏡的生活物質細片，而為瀰蔓性的存在。假使此等細片非為瀰蔓性而為凝集體者，其固體恐亦不外為物理的膠狀黏塊；於地殼之形成決不發生影響，且絕不留何等痕跡也。又其原始生物欲如現今之下等生物由石灰質或硅質之小針狀骨骼而後復經『生』的現象以至殘留而為化石其間蓋已不知經若干億萬矣。然則溯地球生成之歷史，而研

究生活物質之進化實難乎其難也。

『生』之發生演化於地球過去之歷史中僅有一次，則於理似有未合，蓋斷定地球過去歷史中之某一時期較其他時期遙為適於生命之創造者，果有確實之理以為憑乎？再三探索終不得其理也。是故無生物進化為生物非僅一次而有幾次，亦可相像。且現時或亦行之，亦殊不能否定也。大地質學者利爾氏（Sir Charles Lyell）曾謂吾人由現在得說明過去之歷史。研究現在所起之事態，足為過去嘗起事態之說明，因之曾一度起之事態亦得推定其再起焉。進化之機能乃普遍的，地球之無機物不絕變移，新奇之化合物不絕生成，而陳腐者不絕破壞。然則無生物既然如此，生物何獨外此公例耶？生物之生成何故與無生物生成受相異法則之支配耶？又何故而只有一度永不再演耶？

對於無生物轉化為生物不止一次之觀念亦有人反駁之者，其所據之理由因為若果不止一次，則地質上之紀錄當有一個以上之『古生物系統。』是種議論驟視之頗為近理，但須說者，吾人所知之古生物系統以外

生物地質學

之其他系統，如若其進化機能未進於原生動物以上，絕不能有明白之地質學的證明，故不能在地質上無一個以上之紀錄，即非難無生物轉化為生物不止一次之觀念。要之，此觀念縱有反對之處決不能以上述之理由為理由。

生命現出之地點的探索 若於過去之時代，生物乃由無生物進化而成。然此進化生於何時？起於何地？乃極困難之問題，然不能即謂為絕對的不可解釋也。

生物成分大部分為水，且從多數地質學者之言，地上最多之有機體乃是水草。由是推知最初生物係現出於大洋之底。然此推定果當乎？地球之陸上非亦進化之適宜地乎？大陸上一切化學的變化皆得盛行，且因易受濕氣溫度，電氣及光線之變化影響，大多數物質較之溶解於海水中之物質尤易發生變化。然則生物之原始單純物或現於海底或現於陸上究不容易決定。最初之生物若為超顯微鏡之微細物，則在自然界中無生物對生物之轉化縱使運行於吾人之目前吾人亦不能察見之也。

據今日研究之結果，生物之現出須有適宜之環境。在不同的兩區域，常因環境不同之故，其生物亦不一致。動物或植物中固然不少帶普遍性者，但大多數則受環境之支配而限於一個特殊區域，至發生地理的分布。

在生物分布之重要原因中，其一為氣候之影響，但氣候之原因對於古代生物之分布不發生重要之影響，蓋當時之氣候頗為單條，而自赤道以至兩極皆有與今日熱帶相同之氣候。

利爾氏 (Lyell) 當比較北美合衆國北部之志留紀地層及歐洲之志留紀地層時，曾謂『就化石言，有幾種是相同的，但多數不與歐洲同時期及同地位之化石相一致。此二區化石間之相似固有可記載之處，但其差別足以指示在古代時地球上不同之區域發生不同之情形而其千差萬別一如今日』云。

若就第三紀之植物言，亦察見同樣之情形。臘哥克氏 (Henri Lecoq) 謂『第三紀時之各區域各變為一個帶特殊動物及植物之地點』云。

生物地質學

是種表示生物依區域獨立發生之例實不勝其數，而即在最近的過去時，亦不少其例。凡具地方性的種顯然與限於別地方者之種不相關聯，並各表示一獨立的生物區域，其進化之速度有時各不相同，故同一生物其現出之時期有時隨區域而有差別，如 Mastodonte 在歐洲為第三紀動物而在北美合衆國為第四紀動物。

在是種情形中有人好用『遷移』以解釋之，而以為是種生物先在一區域發生，以後遷移之別處。但吾人不能一定證明，且在不少情形中，所謂『遷移』者，誠為一個疑問。

在不相同之區域中，有種動物之不同時的性質亦同樣見於許多植物中：被子植物之現出在歐洲為白堊紀中部之現象，而在美洲則為侏羅紀之現象。

由是觀之，生物在一區域中之現出，先須經長時間之預備，蓋其現出焉，須有適當之環境，而此環境非待諸地球上之各種工具（如火山，冰河，河流，海洋等）之長時期的工作不能實現。

地球發生史中種種力之參預

物理力之參預 當地球開始獨立之際，萬有引力即實現，而開始施其能力。宇宙間之份子（地球亦其一份子）混合在從日球脫下之霞雲中，服從日球之引力。結果各份子皆向其共同中心凝集，後者由分子之破壞發生鉅量之熱。各份子在日球周圍之運動以後漸入於有規則之域，並發生自轉。地球繞其軸之自轉致發生有規則的形狀，是謂地球發育史中之形相階段（Morphological phase）

結晶力之參預 以後因溫度低降，地球從氣體狀態變為液體，後者當初發白色至帶藍色之光，溫度甚高（攝氏一五〇〇〇度），其次溫度更下，而放黃光（一五〇〇〇——四〇〇〇度）及紅光（四〇〇〇度——三〇〇〇度），其後成為不發光之物。嗣此之後，凡使液體變成固體之力即加入，而使其表面發生一種具結晶質構造之皮殼稱曰地殼。此力稱曰結晶力（Crystallogenetic force）。地球經此力之作用發生根本的變化，入於發育史中一個新的階段，是謂結晶階段（Crystallogenetic phase）。

生物地質學

結晶力之突然的參預使在液體狀態中之物質變成礦物，且依各處特具的狀況，其所惹起之礦物亦各各不同。是種狀況概為物理的及化學的，而如溫度，壓力，造岩物質之成分等皆屬之。

在氣體相會之處，發生下列礦物之沈澱：輝石，古銅輝石，橄欖石，長石，自然鐵，自然銅等。

在火熱之岩漿中，發生熔岩之礦物（普通輝石，長石，石英，雲母等）及噴氣孔之礦物（錫石，螢石，磷灰石，電氣石，黃玉，高嶺土等）。

在岩石之孔中，如若侵入過熱之水或氣體礦化物，則後者作用於是種岩石上，而惹起變質作用，致發生硅線石，十字石，石榴石，長石，方解石，石英，絹雲母等。

在岩石脈縫中，如若含有成分種種不同之過熱水者，則發生脈岩及金屬礦物（方鉛礦，閃鋅礦，輝銻礦，石英，方解石，重晶石等）。

有數岩石對於金屬溶液有使其沈澱之作用，而岩石之成分則溶解。在是情形中，發生交換礦藏，而

有方鉛礦，閃鋅礦，褐鐵礦，石英，絹雲母等發生。

又由溶液蒸發或凝結發生岩鹽，硝石，石膏，冰等。

吾人如若能沿有岩漿流出之岩縫深入地殼中，則定可遇見若干由變質而發生之礦物，如石榴石，綠簾石，大理石等。

當逐漸冷卻之際，地球在其表面上連續發生結晶力之種種產物。凡產生時須有高溫度之產物係產於地中深處，而須有低溫度之產物，則產於地面附近或竟在地面上。

地殼中之礦物質以後經水與熱的作用，發生花崗岩及其同屬岩石，此後經水單獨之作用，花崗岩變化而為黏土及其同屬物質。是種物質如若以後深入地中，則可變化而帶由熱力作用所惹起之特性。

地面水之參預 地球發育史中其他一特性的時期為原始大氣之滌清及周圍一部分極揮發性物質之在地面上之沈澱。此後大氣中留下之氣體易為日光所透過，後者在地面上之工作恆隨時間而增加。大氣中能凝結的氣

生物地質學

體既以水蒸氣為主，則在地面上之凝結而成液體之物質亦必以是為最重要，其在地殼凹處之聚積惹起原始海。

此海之溫度當初極高，職是之故，其中所含之鹽類亦極富。嗣後溫度逐漸低降，其中所含之鹽類一部分隨是而向海底沈澱，海水之性質逐漸趨於單簡。

自此之後，在地殼上於是發現兩種勢力，即水之循環與大氣之循環是，此二者惹起地面上區域的分化及各區域之特性，以致地面上之產物亦隨區域而有差別。

同時由不絕的自然變化，惹起地殼之變相。其中一結果為從水面下島嶼或竟大陸之崛起。

此後在地面上發生無數物理的或化學的現象。其為淡水所惹起者，不但見於溪河湖池中，即在冰河，多孔狀岩石及岩縫中亦見之。

生物力之參預 地面上自有適於生物生存之環境以後，生物開始發現。在地球之發育史中於是添入一新的勢力，即生物力是也。此力與地面上之物理力相對稱。

上文中所述之結晶力無非爲物理力之一狀態，蓋所謂物理力者，能有種種之狀態，如熱，光，電氣，分子間之攝引，化學愛力皆是。

據今日所知，吾人雖無法使生物力變爲物理力或從物理力導出生物力。但其與結晶力在癖性上之差別似未如吾人所預料之甚。生物力依地方的狀況惹起適於此狀況之生物宛如結晶力在不同之處，惹起不同之礦物然。從別方面觀之，結晶力之產物隨時間而增加宛與植物衆及動物衆隨地質年代而增加其數然。又有言者，當地殼發生之初，在地球上祇有火成礦物，其次有變質礦物，再次有脈縫礦物，後有沈澱礦物。如就動物言，在動物中，亦有相對稱之情形，其初次出現者，爲甲殼類（三葉蟲），其次有頭足軀體動物（直角石），再次有歪尾魚，兩棲類（太祖龍）更次有爬蟲類，（魚龍），後有鳥類（黃昏鳥），最後有哺乳類等。生物之趨於完善宛如礦物之趨於完善然，不棄去其低級，而繼續有其代表。

生物地質學

2022

2022