

萬 有 文 庫

第 二 集 七 百 種

王 雲 五 主 編

化 石 生 物 學

積 山 次 郎 著

毛 文 麟 譯

商 務 印 書 館 發 行





化學生物學

著者 山岡次郎
譯者 毛文麟

自然科學小學叢書

編主五雲王

庫文有萬

種百七集二第

學物生石化

究必印翻有所權版

中華民國二十四年九月初版

原著者 橫山次郎

譯述者 毛文麟

發行人 王雲五

印刷所 商務印書館

發行所 商務印書館

中C五一六

五

五

目次

一 化石生物學之目的	一
二 地質年代	二
三 古生物之保存	四
四 古生物之環境	一三
五 古生物之個體發達	三三
六 古物生之地層	五〇
七 古動物之歷史	五七

化石生物學

一 化石生物學之目的

化石生物學乃研究古生物之學問，故亦稱古生物學。古生物爲在前世界曾生存於地球上死後被保存於岩石中之動植物之一切遺跡也。古生物學之目的，欲說明古生物之構造，分類，相互之關係，系圖，生活之必要條件，時代，及地理上之分布等，並探求由此等研究所能推定之生物之變遷發育之狀況。

一如生物學分爲植物學動物學之二種，古生物學亦分爲古植物學古動物學之二種。其中古動物學因材料豐富，其研究頗有成績。故實際上古動物學即狹義之古生物學也。本書所述因篇幅所關亦僅限於動物。

二 地質年代

由地層與古生物之研究，可將前世界分爲若干時代。敘述古生物所產之時代，必須舉出此等地質年代。古生物學所通行之地質年代，名稱如下：

寒武紀	Cambrian period
奧陶紀	Ordovician period
志留紀	Silurian period
泥盆紀	Devonian period
石炭紀	Carboniferous period
二疊紀	Permian period

} 古生代 (Paleozoic era)

三疊紀 (Triassic period)

侏羅紀 (Jurassic period)

白堊紀 (Cretaceous period)

中生代 (Mesozoic era)

始新世 (Eocene epoch)

漸新世 (Oligocene)

中新世 (Miocene epoch)

鮮新世 (Pliocene epoch)

更新世 (Pleistocene)

第三紀 (Tertiary period) (新生代之大部分)

三 古生物之保存

動物體之有機物，大部分不久即形消失，殘留而為化石者，大主為骨骼。最多者為石灰質之內外骨骼。有孔蟲，軟體動物珊瑚，棘皮動物，苔蘚蟲腕足類之貝殼之骨骼，及脊椎動物之內骨骼，為人所共知之石灰質，故亦為常見之古生物。哺乳類之齒牙較其他骨部更適於保存。岩石近於地表時，即石灰質亦易為種種之酸所侵害而溶解。故象類之化石，發見時骨骼大部消失，普通僅齒牙及顎骨之一部。

岩石中所含之石灰成分往往凝結而成堅固之塊。古生物如在此塊中，則保存至為美善。此種石灰質之凝結，有方解石之網狀脈者，因其形狀酷似龜甲，世人往往誤為龜之化石，實則否也。

軟體動物之貝殼，多數集合時，雖在通水之沙層，亦能保存為化石。岩石中之鐵成分若為 ferric，則岩石之色為青色，此時貝之石灰成分，常可保存原有之白色。鐵成分若變化為 ferrous 則

岩石爲褐色，而貝殼之石灰成分殆乎全部消失，僅殘留模像 (casting) 而已。

沈積於河口半淡水中之泥土，因含有多量之有機酸，故雖爲青灰色，貝殼亦有溶解而僅留模像者。

貝殼之僅留模像於岩石中者，有內像 (internal cast) 與外像 (external cast) 兩種。泥土滲入殼內，固結後，殼雖溶解而消失，內部之形則殘露於泥土之上，此爲內像。殼之外形殘留於岩石上者爲外像。若爲斧足類之內像，大略作動物體之形像，上保有肉痕，外套線、外套彎等甚爲顯明。外型僅現貝殼外表面之形態及雕刻之陰像 (negative)，亦有能藉以判定貝殼之種屬者。岩石若爲軟泥或沙，或在堅化前失去石灰質，則外像與內像之隙被壓碎，兩者密接而爲一，此種化石，頗難識別，至於貝殼之厚薄更無從知悉矣。

石灰質之貝殼如爲黃鐵礦 (pyrite) 所置換，則化石之保存，更爲良好。例如英國 Yorkshire 之黑侏羅紀鮫石蟲之 *Hildoceras*，爲具有美麗之金屬光澤之黃鐵礦化石，細緻之雕刻及成長線均保存得十分美滿。

現今殘存於海底之有孔蟲之死殼，其中亦有海綠石 (glauconite) 或黃鐵礦之沈澱。地層中之有孔蟲，則沈澱更多，可助保存。

外骨骼散布於軟質部之動物。例如海參類，不易成爲化石。海膽類，海百合類等由許多細片而成之殼，若非僥倖埋沒適當，則破損散亂不能成爲完全之化石。又脊椎動物因連結骨與骨之物質容易分解，故全體變爲化石之例，甚爲少見。

具有石灰質之骨骼之動物，往往多類相合，成爲石灰岩。離陸較遠之海底，因無陸地流往沈積之沙泥，遂成爲抱球蟲軟泥 (Globigerina ooze)。在前世界 (即地質時代) 此種石灰質之軟泥，化爲石灰岩而留於後世，如在深海底，則因無底棲生物，故化石大多均爲蠕蠕生物。珊瑚礁能化爲石灰岩而夾入地層之間。珊瑚礁不僅由珊瑚構成。鳥巢石灰岩中既有 *Stromatopora* 及 *Circeoporella* 等之異樣的石灰質骨骼之化石，亦有石灰藻。且往往保存着棲住於珊瑚礁之其他生物。鳥巢石灰岩中，每被發見有海膽類之刺，腕足類之貝殼，有孔類菊石等物。

有人曾在海底經由石炭紀之後葉至二疊紀之前葉長期間沈積而成之石灰岩中，發見其下

部包藏許多四射珊瑚之化石，但更下則大部分爲鮫石蟲石灰岩，爲有孔蟲之集合體。若此者則不能單作珊瑚礁而論矣。

始新世之貨幣石 (*Camarina*) 石灰岩，亦復如是。此等體重之有孔蟲，決非蜉蝣生物，由形態上之類推，定與現猶生存之 *Operculina venosa* 相同，爲淺海之底棲生物。鮫石蟲類內部由多類之橫壁構成無數之小室，外壁甚厚，以全體言，形狀與貨幣石不同，爲重體量之物，決無蜉蝣生物之優美。亦定爲底棲生物，與珊瑚礁當有某種密切關係也。

石灰質之礁，不獨珊瑚類，卽由石灰藻亦可生成。後者有時與前者共存，有時繼承前者而成礁。此種石灰藻之礁，亦往往伴有大型之有孔蟲。有孔蟲有附着於礁上者，有不附着者，其內部之構造，以複雜者爲多，故有所謂高等有孔蟲之稱。

牡蠣之貝殼亦可成礁，但究不及珊瑚，與石灰藻。在第三紀層中，有時可發見長及一米突之牡蠣礁之遺跡。棲於鹹水之牡蠣，雖少集合，棲於半淡水之牡蠣，尤其在潟湖 (*Lagoon*) 之中，有繁殖至無數其形如礁者。穿孔於死殼棲住其中之貝類，遂如是而成化石焉。

抱球蟲軟泥之生成，未必與深海有關。若在有陸生碎屑 (terrigenous sediment) 沈積之範圍外，即較淺之海亦得生成。

石灰質之貝殼，縱不至造成石灰岩，但多數集合，極為常事。若此之地點有一種現象，即既沈積之砂泥為水流所洗除而海底動物之死殼為水流所流集。據馬爾 (Mart) 教授言海流河流之石灰質貝殼之流集作用 (winnowing)，有時能造成石灰岩。砂岩中之所以常有軟體動物死殼之集合體，想亦為此作用之所致也。單獨存於砂岩中之貝殼，易於溶解而形消跡滅，但多數相集合，則雖在地表面，亦能保存至久。由貝殼溶解之石灰質，若再行沈積，則在砂粒間作為膠結物 (cement)，造成堅固之岩石，化石之保存至佳。

流集作用若由激流而生，則貝殼之破壞亦劇烈。僅除極小而堅牢之底棲動物有孔蟲外，餘均成碎片，所謂貝殼砂 (shell sand) 者即此也。貝殼砂在海邊擊浪處亦可造成，又有被風吹至陸上而造成砂丘者。

生物之石灰質骨骼，偶然落於既已生成之石灰岩之空隙或洞穴，則極易於保存。哺乳類及其

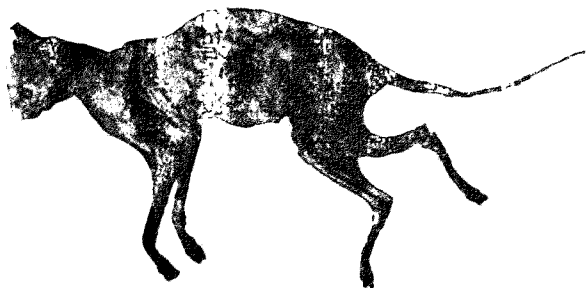
他之陸棲動物，常有被埋於石灰岩之中而被發見者。歐洲豐富之第三紀之哺乳類之遺跡，大多均在洞穴中所掘出。

哺乳類在地瀝青之中亦可保存。

西伯利亞有自更新世直至今日之冰地層即所謂石冰 (Stein eis)。在此石冰中，曾發見猛獁 (Mephias primigenius)，肉已為狼所食云。

最近據 J. Vigh 言哺乳類有成為乾屍 (mummy) 而保存之例，即在匈牙利平原所發掘之貓，言其時代並不甚古。(見第一圖) 化為乾屍，祇在極特別之情況下所可能，再成化石，則更為罕有之事矣。小兩棲類爬蟲類，以往曾略有乾屍發見，但大鳥及哺乳類之乾屍尚未發見。

少雨之地方，無化學的風化作用。溼潤之地方，雨水溶解空氣



第一圖 貓之乾屍化石

中之炭酸，流去土壤中之有機酸，易使石灰分溶解。乾燥之地方，則無此事，故雖在地表，石灰分亦可長久保存。往年某探險隊曾在蒙古發見恐龍類之卵，設非在蒙古般沙漠地方，中生代之化石，在地表保存至今，絕非可能之事。

硅酸質之骨骼，較之石灰質更易保存。古生代地層中含有放射蟲類之角岩，乃硅酸也。放射蟲類之骨骼，因過於細小，較之有孔蟲，本不易保存也。鮫石蟲時亦有在角岩中發見者。

海綿類之硅質針，海中之水成岩中甚多。

所謂化石之石化 (Petrification) 即由與原骨骼相異之礦物質所代換之作用是也。骨骼本為石灰質之古生物，其化石有為硅酸者。地下水有時能溶解多數之礦物質。此種地下水經過岩石中之小孔或裂縫，若遭逢物理的情況，即溫度或壓力之變化，或與其他之地下水相接觸，則礦物質即行沈澱。化石如有空隙則即在此空隙中沈澱。沈澱之結晶粒大時，則不能保留古生物原有之組織之形態矣。此種礦物，以方解石、硅酸、黃鐵礦為最普通。

沈澱亦有不在化石之空隙發生而與原物質相代換者。此時結晶不呈粒狀，故可保留組織之

形。

石化作用，大有助於化石之保存。如化石祇有原物質，內空無沈澱，則因上部岩層之壓力，化石被壓碎。否則亦歪斜。

即使已充分石化，若在板岩 (slate) 之中，因地壓關係，化石亦能發生歪斜。三疊紀板岩中菊石類之化石，有已變爲橢圓形者。

石灰質硅酸質之外，易成化石者爲角素 (chitin)。寒武紀之三葉蟲，卽其例也。角素若伴有若干之石灰沈澱時則更易成化石。

若祇爲印跡模像之化石則不僅堅固之骨骼，其他種種模像甚多。卽水母之模像英領哥倫比亞之寒武紀層中亦已有發見。

此種模像乃動物之屍體倒於軟泥上，其全體或一部之外形留印於泥上，僥倖被埋於潮水之界限外淺海底之砂或泥中，始得留存者也。通常不特因潮之干滿，因受水流及波浪之影響而消失，不能永久在岩石中刻以模像者也。模像不僅爲軟動物，大動物之足跡等亦留爲模像。蠕蟲匍行之

跡已爲近時古生物學所研究之一問題矣。

大動物之足跡因與骨骼之比較，有已知爲何種古生物之足跡者，但亦有未明者。研究化石學者爲便利計，對於足跡，加以獨立之拉丁名。

四 古生物之環境

古生物所棲息之時代之地理的環境之考察，如更新世鮮新世之近於現世者，其推理尙屬容易。蓋若是之新時代，現世之種屬占 *fauna*（古動物羣）之過半數也。但大形之哺乳類，因與現世相異之種屬甚多，須有特別之考察法，固無論矣。

化石發現於某處某地層之一定限之水平時，則此水平面所代表之時期之化石 *fauna*，卽此等化石之總稱也。已如前章所述，化石有保存於古生物所棲息之原位置者，亦有被由鄰接地搬運至此而沈澱者，此二者所混合者爲最普通。有時又有既已成爲化石而被包藏在岩石之中，復被水所洗出而再被混合者。此種化石稱爲 *remanie fossils*，必須慎重由化石 *fauna* 除去之。英國劍橋白堊紀下部 *Gault* 黏土層中之菊石，有侵入位於此層上之劍橋綠砂層 (*Cambridge green sand*) 而爲 *remanie fossils* 者。

縱除上述被水洗出之化石，但化石 fauna 與現生之 fauna 性質上亦略有差異。例如生成於深海底之地層所產之化石 fauna 不特在深海之底棲生物 (benthos) 外，加有大洋之浮游生物 (plankton)，更加有如鸚鵡螺般死後殼浮之 nekroplankton 及能漂流之偽浮游生物 (pseudoplankton)。

化石 fauna 之地文的分區，即陸上，淡水，半淡水，海岸，淺海，深海等是也。地文的分區之判定，由現生種屬之近緣關係，古生物之形態，及所包藏之地層之岩石等推定之。氣候上分區之判斷，亦由約略相同之方法推斷之。

具有適於步行之四肢之脊椎動物，具有適於飛翔之翼之諸動物，其為陸上之生物，固毫無設疑之餘地也。此等陸棲動物，若發見於黃土 (Loess) 般風成 (eolian) 之堆積層或洞穴之底，則其為陸棲，更明顯矣。

猛獁似棲於通得拉 (Tundra) 與現世在通得拉之動植物同被掘出。始祖象 (Elephas antiquus) 似侵入於歐洲氣候較暖時之森林帶而棲住。猛獁之上門齒即所謂象牙，甚為彎曲，白齒

之瑤瑯稜有多數皺紋，全身披有長毛。始祖象之象牙，長如直線，臼齒之瑤瑯雖厚，但稜數較少。想前者棲於寒冷之通得拉，所食之植物，雖細小然必須充分咀嚼者。後者橫行於密林之中，食樹芽及軟草，其門齒用以攻擊外敵者也。

陸上之脊椎動物，一般具有特化 (specialisation) 之形式，達於進化之絕頂。無脊椎動物，僅有軟體動物與節足動物，昆蟲之進化，雖不亞於脊椎動物，但化石甚少。軟體動物大多為有肺類 (pulmonata)，貝殼不如海之貝類堅固，故易為酸所侵蝕，成化石之機會極少。有肺類有愛住於石灰質豐富之土地之傾向。昆蟲之角素，較之石灰質之貝，抗酸性雖強，但因易於破壞，故難於成爲化石。蠟之化石曾在英國三疊紀之層中發見，此可證明該處曾爲沙漠也。

脊椎動物，因對於陸上之種種環境之感化 (adaptation)，富有變化。現存之部類中，以哺乳類之變化爲最富。由第三紀之初住於原始的沼澤之動物，變爲如今日吾人所知之有種種變化者。棲於樹上之猿，掘地穴之嚙齒類，兩棲的海狸，肉食獸，馳驅於野原之馬，傍晚飛翔之蝙蝠等等，試思其感化放射 (adaptive radiation) 之浩博，已擴至若何程度耶。雖然，此地球上又豈僅哺乳類跋

屬於今日乎，當中生代爬蟲類亦曾在地球上建過王國也。

植物之最具有特化之形式者，成爲木本，由種子繁殖。與水中之藻類對照之，此事極爲明顯矣。木本化之植物已早在泥盆紀發生，在石炭紀大爲繁盛。鱗木 (*Lepidodendron*)，*Sigillaria*，蘆木 (*Calamites*) 等已有明證可證明其爲隱花植物而會形成大樹木。裸子植物由最初之記錄已分明成爲木本，被子植物在白堊紀之初已成木樹。但木本化未必限於高等植物。種種部類無論在任何時代，因必要即能開始木本化也。

淡水之 fauna 與海相比，範圍狹小。棘皮動物珊瑚類，腕足類，頭足類，通常不發現於淡水。最普通之無脊椎動物，即某種軟體動物及節足動物之一部，屬種之數，較之海中陸上，極爲稀少。但個體之類有時甚爲夥多。二枚貝中，現代棲於淡水之蚌科 (*Unionidae*) 已發現於中生代之三疊紀，常限於淡水。白堊紀以後之淡水中，大爲繁盛。古生物學之書籍，有言棲於淡水之軟體動物，其貝殼甚薄者，但此科之貝殼亦有頗厚者。蚌科之祖先究爲何種斧足類，諸說紛紜，猶無充分之證據。

蜆科 (*Cyrenidae*) 中之某種，雖有棲於海中者，但大多均棲於半淡水或淡水中。此科之最初

發現者爲侏羅紀。

錐螺之棲於淡水者較二枚貝略多。今日之淡水錐螺科，大多發生於中生代。田螺科 (Viviparidae) 發生於侏羅紀，鱉螺科 (Hydrobiidae) 發生於白堊紀，河貝子科 (Melanidae) 發生於侏羅紀。

棲於河口半淡水之貝類，因容易變爲棲於淡水，故某屬某種之中，有棲於半淡水及棲於淡水者。蜆卽其例也。若單由近緣關係推想，疇昔地質時代之貝類，是否棲於淡水，不易判斷。淡水貝之 Conchiolin 之表皮甚厚，殼頂爲有機酸所侵蝕，如黃蜆之棲於急流之下底者，則更留有被砂所洗之形跡，此乃一般之情形也。

節足動物中介形類及甲殼類等有棲於海者亦有棲於淡水者，故不能判別其究棲於何處。故化石淡水 fauna，與其由含有特種物之事而判斷，不如由不含有單發現於海之動物之事而判斷爲通常。如英國泥盆紀之 Archæonodon 石炭紀之 Carbonicola 之二枚貝因決不伴有海棲之動物，故料爲淡水動物。又此等貝之殼頂亦被侵蝕，此顯然爲淡水貝之特色。泥盆紀之廣翼類

(Eurypterida) 及有甲之原始的魚類之所以被測爲棲於淡水或半淡水者，亦由同樣之理由也。廣翼類在志留紀時與海中之腕足類，頭足類，筆石類 (Graptolitoidea) 共同發現，故分明爲海棲之動物，但似在泥盆紀，入於淡水。然母岩之古赤砂岩，是否沈積於淡水，在地質學上，尙屬問題。

植物發現於淡水之化石，最顯者爲硅藻類，生於水邊之高等植物，亦復不少。

淡水之脊椎動物，大主爲魚類與兩棲類。棲於河海雙方之魚，如鮭等，較爲近代的動物。泥盆紀魚類之二鰭肺魚 (Diplerus)，兵魚 (Pterichthys)，骨鱗魚 (Osteolepis) 等發現於蘇格蘭之古赤砂岩中，但在德國則發現於海成之地層中。此與古赤砂岩淡水成之學說，似頗有齟齬之處。但據英國學者之解釋，赤砂岩爲近於蘇格蘭海之潟之沈澱云。

爲魚類最古之亞綱之 Anaspis，度爲最原始的脊椎動物，生於志留紀必爲淡水魚。屬於其次之亞綱 Osteostraci 之魚類，亦與前亞綱同樣生於志留紀，並同樣缺少成對之鰭，但信爲海之底棲動物。然魚類始源於淡水之說，尙未妥切證明，形態居於具有歪尾 (heterocercal) 之魚與具有正尾 (homocercal) 之魚之中間之 Lycoptera 魚之化石，曾發現於中國及西伯利亞度爲

侏羅紀淡水成之地層中。因此有人主唱「新型之魚類常胚胎於淡水或河口」之學說。

凡兩棲類動物，均與淡水有緣。屬於堅頭類 (Stegocephalia) 者，為最大之兩棲類，發現於石炭紀至三疊紀之淡水中或其近處。

淡水成之地層中，每藏有其他大形之脊椎動物，此無非陸棲動物，或因溺死或因被漂流至此而混入者也。

水中之 fauna 其主要之一半為海之 fauna。因地質時代之代表的地層大半為海成，故無論古生物學或地層學所研究之古生物，屬於海 fauna 海 fauna，實為標準 fauna 也。

陸棚 (continental shelf) 之上，常有河川所運搬之碎屑繼續沈積。陸棚狹小時，碎屑有時竟侵入陸斜面 (continental slope) 之上，或侵入據云祇因有機物的原因而沈積之深海沈積 (abyssal deposits) 之領土中。縱非深海，若為離陸甚遠之海底，則既缺少底棲生物又無沈積，故祇有浮游生物之骨骼等事，當屬可能。沿海區域為極淺之帶，其深約在離海岸線十五乃至二十尋之間。此即海藻之分布界限也。亞沿海區域，位於其外，約為至八十尋之帶，通例無植物，此帶底部之

水溫鹽分較爲一定。論地質，沿海區域，大約相當於礫、砂、泥等種種相 (facies) 沈積之區域。亞沿海區域與少量之泥沈積之泥帶相一致。八十尋以上五百尋以下爲近陸深海區域 (continental deep-sea)，水溫與鹽分更趨安定，其海底通常無沈積，岩石裸露。此區域跨互陸棚之深部與陸斜面。

河水一注入海中，則速力頓失，故已不能載負運來之碎屑，碎屑卽在此處沈積。形愈大量愈重，愈近於岸，細片則沈積於遠處。故自岸依礫、砂、泥之順序而配列，然各帶之闊狹，並不一定。泥爲最細之碎屑，能被運至極遠，故有沈積於深處之可能性。此遠方僅泥所沈積之區域，稱爲泥帶 (mud belt)。泥帶之內界線，卽近岸方面之界限，稱爲內泥線 (inner mud line) 其反對方向之線稱爲外泥線 (out mud line)。內泥線內方之帶爲種種碎屑所沈積之處，稱爲諸屑帶 (belt of variables)。外泥線之外方，大主爲浮游生物之骨骼所沈積之處，稱爲有機帶 (organic belt)。泥似膠質狀，滲水，遇海水中鹽分之伊洪 (ion)，立卽沈澱，故無論在河口或在內泥線內亦極多，不能單獨由泥之存在以推測海深。在繼續沈降之區域，海漸次向陸上侵入，故沈積之各帶，亦漸次向內

方移動。故以往粗質之沿海相之既沈積之地層，復有細質之地層重疊於其上。反此，在上昇之地域，沈積物之配置，爲向海中移動之方向。造地質圖時，若單依岩質分區着色，則結果不能表示正確之時之分區。換言之，岩質上之層面與時之層面並不一致。真正之時之層面，祇在舉出古生物之證據後始可斷定。但 fauna 依環境而變化，此亦不得不加以考慮者也。

據 Peterson 氏研究之結論，（一）有某種特性之動物羣，生存於一定的物理的情況之下。所謂有關於動物羣之變化之物理的情況之變動者，即溫度，鹹度，水之清濁，及海底之性質等是也。至於海深，其自身並不較以上之要因重要。此結論地質學者奉爲金科玉律，在考察地質時代之生物環境上極爲重要。由是觀之，沈積情況之變動，有影響於地層之岩質，往往且有影響於其包藏之化石 fauna。逆言之，化石 fauna 之大多數，對於指示其生存之時代及地域之範圍，極有重要之功用。

有許多化石，表示已完全滅亡之生物，時或表示連其分類上正確之位置亦不明者。此時若言：

「曾有某種生物生存，此種生物滅亡之所，適與近代代表者之住所相同，」則亦非可靠之假定。故對於結論不得不將 Fauna 中之其他動物一併考察，作綜合的結論。今日有柄之海百合類，雖棲於海洋之深處，但在古代，由與此同發現之腕足類軟體動物推測之，似曾生活於較淺之海中，此事由岩質上推測之亦然。

但動物形態之感化性，亦可據以推測其生活樣式與周圍之情況，至某程度。筆石類 (Graptolites) 之正確的近緣部類，在現代雖難於發見，但其形態上之概觀，有類似某種水螅水母類 (Hydrozoa)，度其生活，亦與此相同。古生代之板珊瑚類 (Tabulata) 由成礁之一點上觀之，度其生活環境與現代造礁之珊瑚相同。如此棲息情況與形態之一致，不特限於動物之某部門，即異部門（系統完全相異之部類）間，亦有此一致之關係存在。屬於軟體動物之二枚貝之馬尾蛤 (Hippurites)，在地中海地方之白堊紀，曾圍集繁盛如珊瑚，論其形，瓣之一方，成深杯形，一方成蓋形，故形態上亦似珊瑚。

Dollo 氏研究種種部類之感化的構造，所得結果頗饒興趣。屬於志留紀之廣翼類之 *Erat-*

topkerus 分明有二葉之尾，可作推進之用。特大之目，位於頭部之邊緣，可儘量觀看最廣之範圍。此種性質與 *Limulus* 作顯著之對照。*Limulus* 現世棲於亞細亞之東南部與北美洲大陸之近海岸之海底，其生活之情狀，已爲吾人洞悉。有細長之尾，以覓餌食，身體迴轉時有槓桿之功用，又可使身體停於泥中。眼甚小，集於頭部之中央，掘泥時不受妨礙。似不用以尋覓餌食，祇限於探知敵之接近。如此細長似刺之尾與位於頭之中央之眼，爲棲於海底之節足動物之代表的形態。眼尾有如 *Erettoperus* 者，爲有游泳之習性之動物之特性的形態。此兩極端之間有種種階段，在化石之腿口類 (*Merostomata*) 中，可發見中間形之例。泥盆紀之翼肢鱗 (*Pterygotus*) 眼位於頭緣，尾雖平扁，但先端細尖。*Slimonia* 之尾細纖，游泳不甚適當。志留紀之 *Eurypterus* 與海葵 (*Bunodes*) 分明爲底棲動物。但後者因無眼，故度其生活，必在泥中。此種感化性，在三葉蟲類 (*Trilobita*) 及函皮類 (*Ostracodermi*) 中亦能發見，均可藉以推測其生活樣式。

Dollo 氏更達到「進化不可逆行」的概念。生物在進化之路程中，縱使與往昔相同之環境復至，亦決不還元於與往昔正確相同之形態。生物因擇新的生活樣式而失去之器官，亦決不再發

達，如有必要，由他器官變形，而代達目的。Dollo氏雖言退步之器官不再發達，但對此有劇烈之反對。即舉極通俗之事實而言，視力既衰之眼，在進化路程中能再發達。此等問題為古生物學最重要之問題也。

生物之對於周圍之物理的情況之反作用，依種類而大異。現生之動物，對於環境之相當的變化，亦能泰然繼續生存。例如腕足類之海豆芽 (*Lingula*)，二枚貝之殼菜屬 (*Mytilus*)，即在鹹度甚小之水中亦能生存。某種蜆為半淡水亦可生存之淡水生物。具有如此強大之抵抗力之動物，其機構概較為簡單。特化至高程度之生物，一般對於小小之變化，亦起銳敏之感應。因此有僅經過比較的短時代，種屬即滅亡者，在短時代中發生之此種古生物，對於地層之對比 (*correlation*) 當然有補助處也。若如此深慎觀察化石之形態與埋積物之質，可捉住古生態學上之有力的證據。海之 *fauna* 不獨立腳於地質學言為重要之事物，即由生物學言，因較之陸上及淡水之 *fauna* 更富有變化，網羅許多大形之部類，故亦為重要之事物。且棘皮動物，腕足類，頭足類等全為海中動物，化石豐富，各時代均有發現。

古生代之前半棲於海中之動物羣，最有興味之例可於英國之奧陶紀，志留紀見之。寒武紀生成之地層褶曲而形成廣大之盆地，由於可分爲兩大別之相（即淺部與稍深部）之沈積而生成此地層，兩相中一爲貝質之相，大主由砂岩石灰岩而成，含有腕足類三葉蟲類及珊瑚之化石。一爲筆石之相，大主由泥岩頁岩而成，化石以筆石類爲多。以往以爲含有筆石類之 fauna 棲於極深之水中，但今日則推測此泥岩頁岩之地層，乃由陸邊之海之稍深部沈積而成者也。總之，此種岩石爲沈積於靜水下之物，不混有粗大之碎屑，故必係相當之深處。即馬爾氏 (Prof. Marr) 所謂泥帶之沈積是也。又有一說謂係被陸所圍之瀉狀之水之沈積。但由筆石類之分布上觀之，此說難於信任。筆石之岩石，多數爲炭質。若用筆石會附着於植物之假定解釋之則頗爲符合。總之，筆石若非浮游生物則必爲僞浮游生物，其分布不限於泥帶，往往及於貝質之相。

淺海多貝之相，當然富於地土的局部的物理的情況之變化。威爾士之 fauna 與蘇格蘭之 fauna 之所以有若是之大差者，良以此也。又威爾士之 fauna 與鄰接之 Shropshire 相較，前者一般矮小之種較多。此想爲較接近筆石之相，其境遇略不利於生物之繁榮之故也。

與此相類之矮小化之例，又可於英國之二疊紀見之，且可知其為鹹度增大之影響。因愈接近於岩鹽沈澱之方，此現象愈顯著也。此乃因接近死海之故，不特形狀減小，且有變為奇怪之形者。新成之海或勢將成陸之海亦產矮小之古生物，但地理之變化漸達常態，則此等古生物之大小亦恢復常態。英國在三疊紀，久為陸地，至 Rhaetic 時，又復化為海，此時最先侵入之 fauna 雖曾矮小化，但又漸次增大，此事有明顯之形跡可據也。士洛普細耳 (Shropshire) 之志留紀上部層之下半，含有許多腕足類及較腕足類略少之軟體動物，但上部層之上半則反此，腕足類反較少於軟體動物，其後軟體動物之大半，由類似殼菜屬 (*Mylus*) 之貝所代表，而唯一之腕足類，則僅存 *Lingula* 耳。此事實非表明鹽分之減少而何哉。在其次之泥盆紀之地層中，海產動物已完全消失。地層之岩質，指示水之清濁，甚為明白。故不必假借其所含之古生物為證據。但若檢視濁水給與生物之影響，亦可得有趣之事實。某種類之動物，絕不棲住於泥質之海底。否則必有阻害其特殊之發達。海膽類在中生代之地層，黏土質泥質之岩石中甚少，偶或發現時，亦為形狀極小之物。至第三紀泥質之地層亦可發現較多之海膽類。此種海膽類，已極度為環境所感化，砂質之處，反不能發

現。某種動物在岩屑之細泥中，殆乎不能呼吸。有謂前幅狹小之蟹，較之前幅闊大之蟹，富有澆水之力，故在泥水中亦可棲息云。一九〇六年維蘇威火山 (Mt. Vesuvius) 之降灰，附近之海之 fauna 多數被殺，海膽類全滅。有人企圖依據此種現世之事實，以說明地質時代生物之散在性分布。英國之波特蘭 (Portland) 石灰岩中，海膽稀少，而白堊紀石灰岩 (Chalk) 之中則甚多。但如比較此二種石灰岩之標本，並無大異。以稀鹽酸處理之，則前者殘留較為多量之不溶性物質，後者毫不殘留。Chalk 大主為依化學的現象所沈澱而成。波特蘭石灰岩則為沈積於濁水下而成者也。由此可見海膽類雖常羣集而成化石，但如遇濁水則移居別處。加利福尼亞 (California) 第三紀層之對比，海膽為有力之標準化石。其正否姑置勿論，所以被視為標準化石者，良因此類之化石，有散在的性質故也。海綿苔蘚蟲類，腕足類等不愛泥水，造礁珊瑚愛清水。孤生珊瑚中，有能生存於泥中者，故古來常有在頁岩泥岩中成為化石而被發見者。

水溫氣溫，因不留任何痕跡於海底所沈積之岩石，故地質時代之溫度，僅能由古生物之考察而推測之。是故溫度之變化，對於化石 fauna 究有如何影響，不易正確判知。更新世之水溫，由與

現世 fauna 之地理的分布比較而判斷之，當無大誤。但鮮新世，中新世而降，現生屬種漸次減少，則判斷之確實性，亦漸次減小。

鮮新世因現生種尚多，故比較 fauna，並非不可能之事。即已滅亡之種，亦大概有其近緣種生存。但成化石後外觀相似之 *Glycymeris yessoensis* 與 *Glycymeris vestita*，一則棲於冷水，一則棲於溫水，僅寒流與暖流會合之極小範圍中，混棲一處。又 *Macrocallista brevisiphonata* 棲於冷水，*Macrocallista pacifica* 棲於暖水，然二者因易被誤認為同物，化石上之分布，全然與此事實不符。故地質學者對於古生物判為同一物之判斷必須嚴密行之。

碳酸石灰之分泌，在暖水中多而速，併此事而思之，則珊瑚礁祇生於熱帶，似亦有理由存在焉。吾人均知二十度以上之水溫為造礁珊瑚成育所必要之條件，且水深不得超過三十尋。不特珊瑚，即軟體動物其曾在地質時代造礁者，亦似居於熱帶。此亦據上述之事實而推斷者也。貝之在熱帶者，如移至溫帶，則由於石灰分之節約，殼上往往消失其無用之花紋。寒帶之貝，質較粗，多為白垩狀，熱帶之貝，質較密量重，富有凹凸。

有人謂在陸上熱帶地方 fauna 及 flora (植物羣) 豐富而多變化，在海中則北方 fauna 及 flora 數較多。例如近北極之冷水中鯨魚等海獸甚多。不論鯨或鯨魚其最大形之種均在北海。底棲生物亦極多，浮游生物亦甚夥云。但軟體動物及珊瑚類，熱帶地方種類多。即魚類亦富於變化。寒帶地方，除北極圈極寒之區域外，如西伯利亞東部加漠查加 (Kamchatka) 等地，陸上之生物界，其繁殖在熱帶以上，但種類甚少。地質時代之考察，顯然可知其為不可靠也。

光線之強度，恐於生物所能棲住之範圍，有極大之關係。因地方與水之清濁，雖未必一定，但水深約不滿二百尋之處，可充分透入植物行 photosynthesis 作用。所必要之光線，如過此深度則光線不足矣。光線充分之範圍稱為 photic region，不足之範圍稱為 aphotic region，兩者之中間，稱為 dysphotic region。深海之魚類，較之愛棲於沿海海底之魚類，眼概大。棲於海洋之魚類，在海深約二百五十尋處，可劃一大差異線。即在此線上之魚類，眼甚發達。在此線下之魚類，眼或不甚發達，或全然消失。

化石之生物中，某屬之三葉蟲類，例如球接子 (Agnostus) 及三體蟲 (Trinucleus)，為盲目之

生物。此諒因棲於光線缺乏處故已特化者也。三體蟲發現於奧陶紀，其祖先之 *Orometops* 目並不盲。但此三葉蟲，據謂並非棲於深海，因有掘泥而居之習性，故複眼已消失云。三葉蟲之頭部，爲半圓形，有中軸之 *glabella* 及兩側之頰部二部，頰部更分爲內側之固有頰 (*fixed cheek*) 及外側之自由頰 (*free cheek*) 兩頰之面部縫合線 (*facial suture*) 始於頭之前圓形部，斜向後延，至半圓角之近處終了。沿此線之中途，生有複眼。三體蟲不特眼已消失，面部縫合線亦已消失，固定頰與自由頰雖相接合，但頭部之邊緣有弱線，便於脫皮。

盲目之三葉蟲系統中，有因更換棲所，需要光線，發生單眼者。但此單眼不甚濟事，故又復消失。名爲 *Aeglina* 之三葉蟲，具有極大形之複眼，想當有如深海之魚夜間浮行之習性，(*nocturnal* 之習性) 也。所發見者，祇限於貝殼之斧足類，目盲與否，雖非古生物學之問題，其泥中之生活，開始已甚古。概言之，貝形長，外套線有彎入部之二枚貝 (*sinuportal*)，中生代以後甚多。

大有影響於現世之淺海底 *fauna* 者，爲底部之情況。生態學上，將沿海區域之底部情況，更區分爲種種帶。附着於岩磯之生物，在軟砂泥之上，完全不能棲息。餌食除由波浪運來外，別無他法，

故此種生物大概附着於波浪所擊之岩石上。藤壺 (*Balanus amphirite*) 蠟，多數棲於近於干潮線之岩石上。錐螺 *Littorina* 亦混入其中。殼菜 (*Mytilus grassilesta*) 之集成，由絲足 (*bysus*) 附生於近于潮線之底部。由此而下之海底，棲有附生底棲生物 (*sessile benthos*) 腕足貝以腕足附生於石上，海綿，苔蘚蟲，珊瑚等種種軟體動物棲於堅硬之海底。以化石 *fauna* 之例而言，石炭紀之石灰岩，大多由於附生之動物而成。腕足類最多，珊瑚類，海百合類，苔蘚蟲類次之。自由之底棲生物 (*vagile benthos*) 除有孔蟲外極少。

海藻繁茂之帶，含有多數之生物。因有廣大之面積可供附生性之生物棲住也。此為細小之錐螺，有孔蟲隱棲最適當之所。某種動物竟有適於攀登植物之構造。有孔蟲因貝小及附着於海藻漂流，故可沈積於頗遠之處。是故用此類化石作考察之資料時當注意焉。有孔蟲於海與陸之區別上，可資參考。

近陸之深處，無沈積者多，岩石裸露。故附生生物甚多。例如海綿類腔腸動物等是也。淺深以石灰海綿，單軸海綿為最多，但深處以硅質海綿，尤其是六軸海綿為最多。海百合以局部而論雖多，但

以一般而論則不多。碎屑之堆積之深處，大多爲泥之帶。此泥中多六軸海綿之針，浮游性之有孔蟲及偽浮游性之有孔蟲亦不爲少。海綿偶或有依原形而成化石者。浮游生物中，時或更有翼足類之貝殼介形類，(Ostracoda) 等發現。因底棲生物稀少，此等生物雖甚爲注目，但漂流之海洋浮游生物，淺海之化石中亦甚多。

接近陸地之谷狀地形之深部，沈積急速，若此之部分，缺少底棲生物，僅有浮游生物埋沒。往往被稱爲無化石處。黑海之水中，空氣甚少，一百二十五尋以下即無生物棲息。

古生物之環境，已如本章所述。既知之事實，不及未知之事實多。古生態學，爲新興之科學。其前程雖遠大，但在今日，猶極幼稚。以往地層之研究，祇限於地層順序之命名或對比。化石之研究，祇限於記載，或闡明屬種之名，或記錄其形態。有志於斯者，不得不努力另辟新生面也。

五 古生物之個體發達

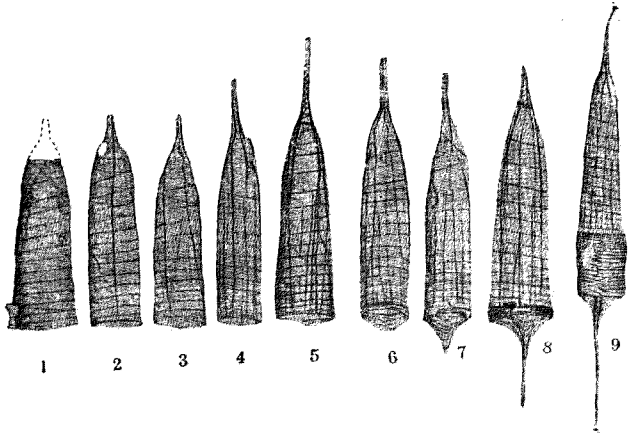
古生物現已消滅之部類，究如何發生，如何發達，乃吾人欲有所究明者也。其變態極多如昆蟲者，縱使幼蟲與成蟲同成化石，但究不能連續而成。須借假表示種種成長時期之多數標本，始得知其發生之古生物，吾人祇能滿足於窺知其漸次變化之發達。故古發生學往往祇限於研究幼期後之發達。

筆石類 (*Graptolithina*) 爲發生於奧陶紀，志留紀之腔腸動物之某一綱，其後則全然不明。分爲二目即樹形類 (*Dendroidea*) 與正筆石類 (*Graptolidea*)，前者爲樹枝形，構造較爲原始，有許多點類似於 *Campanulario-leptomedusae*。後者較爲進化，近據 *Ellis* 氏 *Kraft* 氏等之詳細研究，其發生，生活史，地層及系統之關係亦已明悉。筆石類在發生之最初，先生由角素而成一圓錐體。此爲腳盤 (*aicula*) 之上半部，或稱腳盤之胚部。其次圓錐之底部漸次成長。此增加部稱爲

腳盤之口部，成長線顯明可辨。同時腳盤之頂部即尖端延長而成中空之絲，稱爲 *nema*。腳盤之底爲口，口緣之一端，生一突起部稱爲 *virgella*。在以往，此突起部與 *nema* 被誤認爲相連之軸稱爲 *virgula*。腳盤之成長停止後，由出芽法發生多數之胞，(*theca*) 構成羣體。此羣體在筆石類特稱爲 *rhabdosome rhabdosome* 之發達有四種形式。第一種爲 *Dichograptus* 式，在發達之最初一個胞芽生於腳盤口部之某處。其位置雖依種類而不同，但在同一種中則有一定。由此最初之胞芽出發，發生二組構造。其一組在第一個胞完成後，第二個胞在其外側出芽。第二胞再生第三胞……如此連續發生配列於一線上形成第一柄。又一組，在第一胞未完成前即有稱爲橫斷管之管狀體先發生於第一胞之內側，密着於腳盤之上，越過腳盤後完成第二柄之第一胞。第二柄以此爲起點，與第一柄同樣發達，兩柄之延長，大略相等，在腳盤之軸上，成銳角而下垂，此即爲已成熟之 *rhabdosome* 矣。具有此種形式之屬爲 *Didymograptus*、*Tetragraptus*。在兩柄之第一胞之外側，更各生一柄，合計有四根。*Dichograptus* 有柄八根，*Loganograptus* 有十六根，*Clonograptus* 有三十二或六十四根。但橫斷管均以僅有一個爲通則。

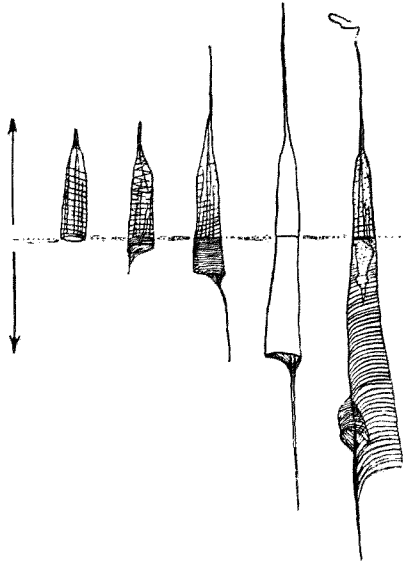
第二種形式爲 *Leptograptus* 式，橫斷管有二各胞發生於柄之下，依水平方向成長。第三種形式可於 *Diplograptus*（參看第二、第三、第四圖）等見之，無橫斷管。第一胞由最初之出芽直接發育，其位置必在腳盤口部之上，有突出部之側。第一胞始則向下成長，至腳盤之口線改爲向上成長。第二胞在第一胞未改向成長前發生於腳盤反對之側，自始至終向上成長。其次第三胞密接於第一胞，發育於第一胞之上。如此漸次發生多數之胞，發達而成一根 *Rhabdosome*，具有兩列之胞。第四形式爲 *Monograptus* 式。第一胞之發生雖亦在腳盤有突出部之側，但自始至終向上成長。第二胞密生於第一胞之上，*rhabdosome* 僅有一列之胞。

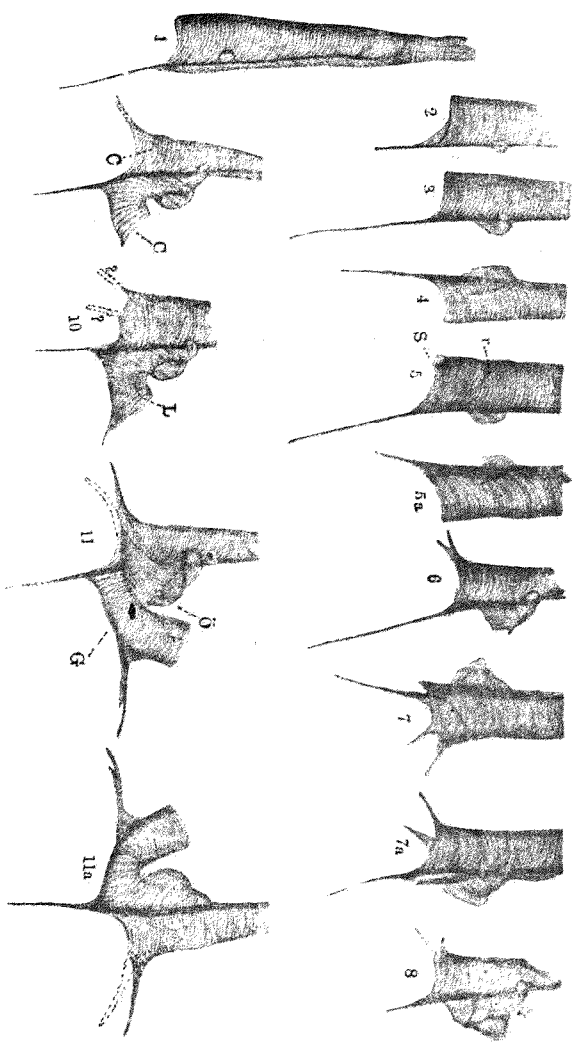
筆石類之化石，大多僅爲 *rhabdosome*，但有時可發見 *rhabdosome* 更聚集而成羣者。*Diplograptus pristis* 之 *rhabdosome* 附着於底囊 (*basal cyst*) 之下。一切之筆石類，想均爲成羣之浮游生物。此種筆石類之生活史，已最爲吾人所通曉。（參看第五圖）最初，一個腳盤之頂，有四角形之小物體，稱爲節。節之周圍增大，成爲底囊。此時腳盤上發生兩三個胞，腳盤與節之間，由 *nema* 漸漸隔離。其次，節上發生數個卵形之袋，稱爲 *gonotheca*。*gonotheca* 中含有小腳盤，一



第二圖 *Diplograptus* 之發生，係第三圖中自左起至第三爲止之詳圖。(據 Kraft).

第三圖 *Diplograptus* 之腳盤之發生，自左向右 (據 Kraft)

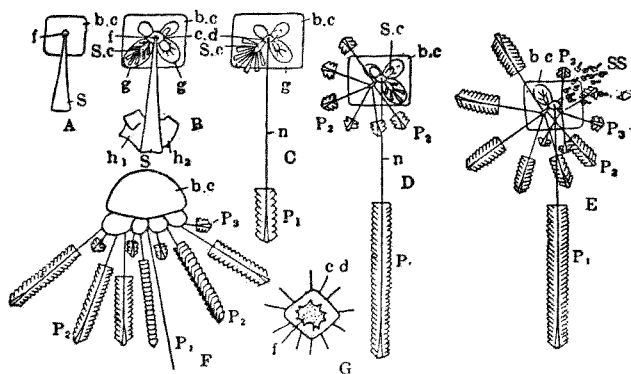




第四圖 *Diplograptus* 至第一胞完成為止之發生自左而右自上排至下排 (據 Kraft)

一成長後。即成一羣之 rhabdosome。如此，依次構成長時期各不同之數羣 rhabdosome，懸垂於底囊。浮游而生活之生物，死後下沉時，因重心在上，故底囊在下。化石之位置大多如此。但亦有因此否定浮袋說而視此為固定器之假說。依此說而論，則為底棲生物。然由筆石類一般之分布觀之，不如視為浮游生物為可靠。 gonolheca 中之小腳盤，除在其原位置成長外，更游離分散，一一成為獨立之新羣體。

筆石類，如上所述，可集許多同種之



第五圖 *Diplograptus pristis* 之生活史

A-F: 從自由浮游之腳盤起，至成為完全之羣體止之時期之順序；
 G: 節之放大； b.c.: 底囊； f: 節 g: gonotheca 生殖胞；
 s: 腳盤 ss: 既游離之腳盤； c.d.: 節之周圍之物體； P₁: 最初之 rhabdosome； P₂, P₃: 後生之 rhabdosome (據 Swinnerton)

標本而知其種種階段，故其發生較爲明白。三葉蟲亦然。發現三葉蟲之化石處常伴有球形卵形之小物體，雖宛如三葉蟲之卵，但並無確證可證明之。幼蟲稱爲 *Protaspis*，大略與理論上爲甲殼類祖先之原始的幼蟲 *Protosauplius* 一致。

寒武紀之三葉蟲 *Sao* 之 *Protaspis*，外廓爲圓形無分界之環節。三葉蟲之頭胸腹各部均縱分三部。其中部爲軸部 (*axis*)，在 *protaspis* 時，此軸部已甚明顯，始於前緣，後端以橫溝蟠於三部，軸部前端之兩側有一對眼線。 *protaspis* 與甲殼類之老布里司 (*Nauplius*) 相同，僅由頭部 (*cephalon*) 而成。

其次之時期爲 *metaprotaspis* 前後略延長，後方增加三個環節。頭之軸部 *glabella*，此時已分明由橫溝區分爲五部，其第一部（前方）形長逐漸向前分開，終於前緣，兩側有眼線。顏面縫合線自始即發生，具有後頰類 [*Opisthoparia*]。此類之縫合線，由頭部之後始，終於後緣。前頰類 (*Proparia*) 之縫合線由後角始，終於後側緣之性質。自此時期至成蟲止之階段，可參看第六圖 *glabella* 之橫溝漸次衰弱，漸趨平滑。自由頰之幅漸闊，眼沿縫合線向中央移動。胸部之環節增加

至成蟲所有之一定數為止。其增加開始於尾胸交界處。

發現於寒武紀下部之 *Mesonacis* 其 *protaspis* 略異。 *globilla*

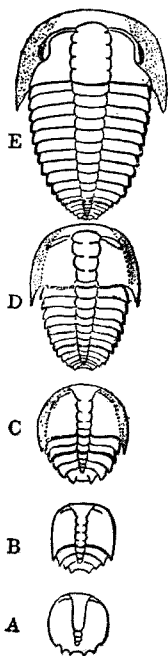
不達緣邊，周圍有幅較闊之緣帶。此屬之幼蟲，似為浮游生物，有顯明之眼。

據三葉蟲之發生觀之，其為環

形動物 (*Annelida*) 所分派之學

說，雖不甚可靠，但在環節增加之順序上，卻有類似之點。不論三葉蟲，不論環形動物，最初環節在全體中祇發生於不顯著之部分，其後在後方增加，卒至具有重要之外觀。此種相平行之現象，或係表示兩者間有某種類緣關係存在也。

動物外骨骼之成長，有僅某一端增加者。假定有一三角形，在平面上畫許多與底邊相平行之



第六圖 *Sao hirsuta* 之發達

A *protaspis* 期 B 頭部已分割之期

O 胸部二環節之期 D 同七節之期

E 同十二節之期 (據 Swinerton)

線，則成頂角共通之許多相似三角形。第一三角形之底邊，兩側邊之延長，及第二三角形之底邊所包含之部分，即所謂 *gnomon*。一枚貝因外套膜之緣邊之分泌，大多祇緣部成長。即等於相似三角形增大 *gnomon* 之成長，有共通之頂點。但生物之外骨骼成長時同時略有變其形者，亦有同時變化其表面之刻紋者。此為幼期後之發生，可稱為個體發達。由增加 *gnomon* 而成長之外骨骼，不特可見之於二枚貝，於軟體動物之各部類，腕足類，珊瑚類，有孔蟲類等亦可見之。不成長之外面，大多不平滑，殘留成長線或殘留種種之刻紋。此種生物，忠實記錄其一生之日記。讀此記錄，即可知其個體之發達。或可作種種之比較，藉以追索其系統。

古生代之珊瑚中，四射珊瑚 (*Tetraoeralla*) 具有四個第一次隔壁 (*primary septa*)。四射珊瑚據云有六個第一次隔壁。名為 *Zaphrentis* 之四射珊瑚，發現於志留紀，至石炭紀達全盛期，後又滅亡。其形為圓錐形，呈弓狀。此圓錐之頂部，指示幼小期，故造成許多橫斷面，可藉此而知隔壁之發達順序。幼期為原胞 (*protheca*) 呈杯形，小而薄。其次內腔之中央，生一垂直之板，此板又前後斷而為二，成為主隔壁與對主隔壁 (*cardinal septa*, *counter cardinal septa*)。再次兩個新

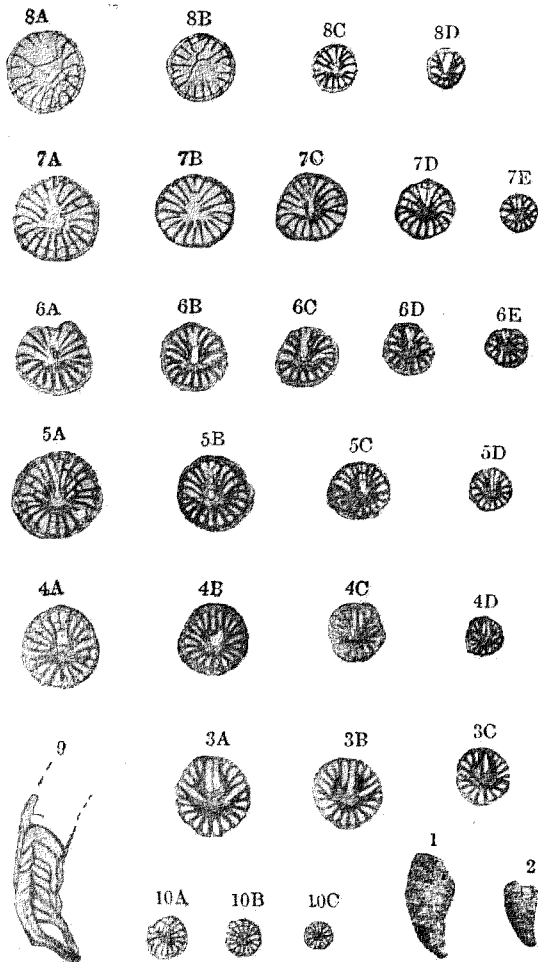
隔壁，斜生於主隔壁之兩側。此新隔壁漸次向側面移動而成側隔壁(alar septa)。在上述之經過中又另有一對隔壁發生，成爲對側隔壁(counter lateral septa)是爲六個第一次隔壁，約作放射對稱形之配置。最後一對以外之四個第一次隔壁，位於溝狀之 fossula 之中，故較之六射珊瑚，尤爲左右對稱。以 Zaphrentis 之隔壁發達順序與現生之珊瑚之隔膜(mesenteries)之順序比較之，亦頗有平行類似之點。以上之變化，發生於 nepionic stage 在 neanic stage 時更加數個隔壁，終成成熟之 ephobic。至於現在之珊瑚，二次以下之隔壁增加時爲圓圈式。

蘇格蘭石炭紀之種種帶中，均藏有 Zaphrentis，由下向上之各地層所有之化石，得窺見其進化之情形。依廣義而言，此等 Zaphrentis，可包含於 Zaphrentis delanoei 種之中。性質大體均相同，但若檢視橫斷面之薄片，則可發覺主隔壁之 fossula (cardinal fossula) 及各隔壁之長有種種差異。在最下之地層即在最古之地層者，六九%之標本，隔壁均向中央伸長，互相會合。fossula 擴張於近腔部之中央處。具有此種形式者，爲模範式之 Zaphrentis delanoei 僅某一定之範圍稍有變異。三〇%之標本，fossula 兩側平行，往往有會集於中央之傾向。具有此種形式

者稱爲 *Zaphrentis parallela*。但在 neanic stage 期，其隔壁之狀況完全於狹義之 *Zaphrentis delanouei* 相同。其餘之一%，*fossula* 之內端已顯見狹小，具有 *Zaphrentis constricta* 之性質，但在發達之中途，亦經過 *Zaphrentis delanouei* 期。此三種形式均在同一水平面，僅由亞種之程度上之差異互相區別耳。

較此地層高二〇〇〇呎之水平面，復有含有廣義之 *Zaphrentis delanouei* 之石灰岩。但在此處，狹義之（即亞種之）*Zaphrentis delanouei* 僅有〇·七%，亞種 *Zaphrentis parallela* 已減至三%，而亞種 *Zaphrentis constricta* 增至全體之六九%。

Zaphrentis delanouei 種在石灰紀下部，漸次有變化發生。如此隨時代而變異之亞種 *Zaphrentis parallela* 及 *Zaphrentis constricta*，並非變種 (Variety) 而爲變轉 (mutation)。依前例可知 *mutation* 在某水平面亦得爲變異 (Variation)。此地層中，除上述之亞種外，又有稱爲 *Zaphrentis disjuncta* 之別個 *mutation*。其發達之過程，少數雖經過 *Zaphrentis parallela* 期，但大多數先經過 *Zaphrentis constricta* 期。此亞種之隔壁，次序甚亂，珊瑚之腔之



第七圖 *Zaphrentis delanouei* 之進化 (二倍半)

1 及 2 外形； 3 亞種 *delanouei*； 4 同 *parallala*； 5 同 *constricta*； 6 同 *dijuncta*； 7 及 8 均與 6 同名而為其後世之物； 9 及 10 *Zaphrentis lawsonensis*；各號碼之右為幼少部左端 A 為成熟部之橫斷面 (據 R. G. Carruthers)

中央部全空。

更上之上部石灰岩中，亞種 *Zaphrentis delanoei* 完全消失，*Zaphrentis parallela* 甚少，（僅〇・三%）。*Zaphrentis constricta* 一六%，而 *Zaphrentis disjuncta* 增加至八三%，壓倒其他之亞種。

二枚貝（斧足類）之殼頂往往留有稱為 *prodissocoench* 之幼貝部。中生代極其繁盛之三角蛤（*Trigonia*）具有特異之三角形輪廓，齒亦非常進化。世界中分布甚廣為有用之標準化石。澳大利亞現尚有此屬之後裔 *Neotrigonia* 生存，具有強勁之放射肋，外觀與烏蛤（*Cardium japonicum*）相似。殼面刻紋之形狀與中生代之祖先，大不相同，但殼頂分明留有古時之形式。

錐螺（腹足類）因有捲為塔狀之貝，故有時殘留其發達之過程，甚為明瞭。

侏羅紀之 *Procerithium* 為塔狀之錐螺其形與今日之蟹守螺相似。有縱橫之刻紋，表面有孔格。此屬之某系統，幼期之螺層平滑，壯期之螺層富於刻紋，老後之螺層復又平滑。此為發達之一例，亦有至中途其發達加速者。通常 *Procerithium* 在螺層平滑之時期後，有發生兩條橫肋之時

期，某種 *Procerithium*，此兩條橫肋，肋長直達第四螺層，但在其他水平面所發現者，肋長僅達第三螺層，然料為 *Procerithium* 之後裔之蟹守螺，則略去此發生橫肋之時期。

系統相異之 *Procerithium* 之間，或許有異種等形 (homeomorphy)。例如黑侏羅世之下部之某種 *Procerithium* 與黑侏羅世中部之 *Procerithium* 既成熟者，兩者之刻紋，雖同樣具

有網目狀之

縱橫肋，但在

發達之初期，

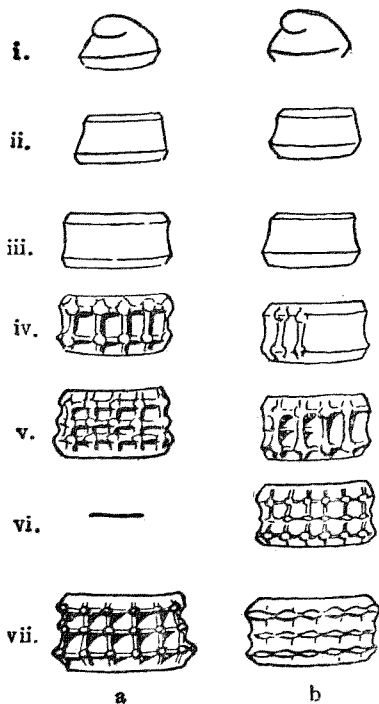
兩者相異，各

各表示其系

統不同。即黑

侏羅世下部

者，橫肋強而



第八圖 英國侏羅紀之 *Procerithium* 之螺層發達之比較

a 為 *P. ogerieni*

b 為 *P. nemismale*

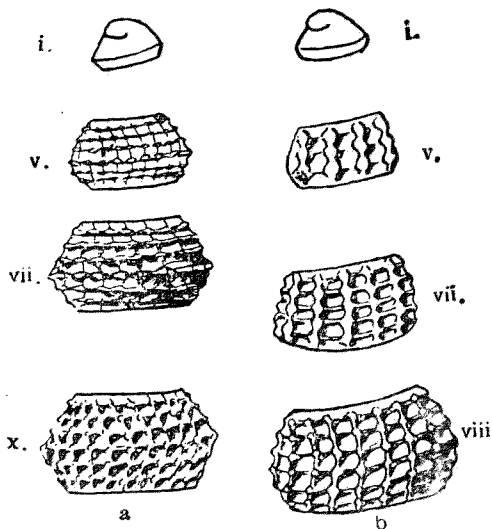
(據 McDonald 與 Treiman)

縱肋弱，而中部者適與此相反。但在老成後，兩者因刻紋衰退，又毫不相似。故此兩者僅在發達之途中，一度露相似之形也。

菊石類 (Ammonoidea)

(Tea) 中亦有種種耐人尋味之事。菊石之形，與鸚鵡螺 (Nautilus) 相似，在面平上或向內捲或向外捲，為漸次

增粗之管狀。其內有隔壁，分為許多室，最後之大室為動物所居之處。此點亦與鸚鵡螺相似，但菊石之隔壁與貝表之縫合線，具有複雜皺曲。此縫合線，古生代之菊石甚為簡單。中生代之菊石雖複雜，



第九圖 兩種 Procerithium 之 homöomorphy

a 為 *P. equireticulatum*

b 為 *P. liassicum*

均係英國黑侏羅世之物

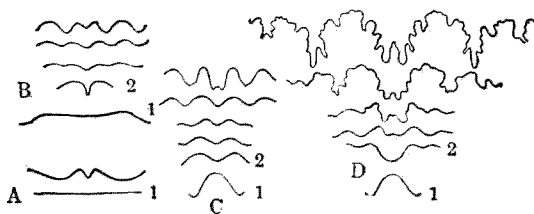
(據 McDonald 及 Trueman)

但在幼期，亦簡短，漸漸發達變為複雜。

菊石類侏羅紀之 *Dactyloceras*，其第一時期即為幼期，其 *Protococh*，為石灰質之卵形，長軸與平捲之面成直角。第二之時期即 *nepionic stage* 有三個旋乃至四個旋。表面平滑，橫斷面低而闊，一旋闊一旋，凹向螺旋之中心，成噴火口狀。此凹稱為臍第三之時期為 *neanic stage*，由兩三個旋代表之。此時期旋之高較幅大為增加。故卵形之長軸在旋面之上，臍孔甚淺。此時貝表始發生刻紋。其次之時期為成熟期，亦有再加旋之數而表示老年期 (*geronic stage*) 者。

古生代之菊石類中，有與此 *Dactyloceras* 發達

各時期之形態相似者。石炭紀之 *Glyphioceras* 之形，宛如 *nepionic stage* 之放大，縫合線亦



第十圖 菊石類縫合線之發達

A: *Anarcestes*

B: *Tornoceras*

C: *Glyphioceras*

D: *Dactyloceras*

1, 2; 第一及第二隔壁之縫合線

(據 Swinnerton)

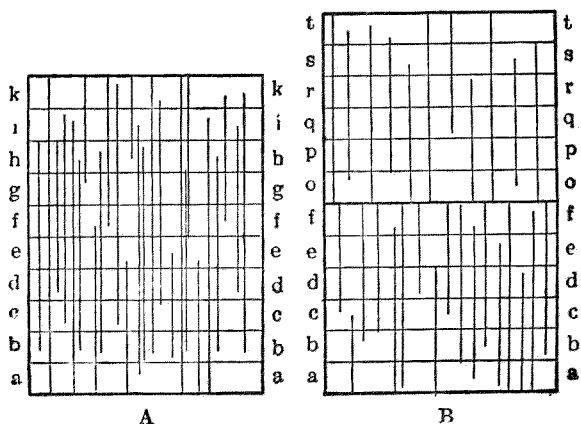
極相似。Dactyloceras 成熟後之縫合線稱爲菊石式，甚爲複雜。Glyptioceras 之簡短的縫合線稱稜角石 (goniatite) 式。有菊石式縫合線之菊石，在發達之初期，其縫合線亦爲稜角石式。「個體之發生反覆系統之發生」此說祇能在古生物上證明者也。

六 古生物之地層

第十一圖中，A圖自a至k設為一羣連續疊合之地層。以許多縱線，表示此等地層中所含之古生物種屬之垂直的範圍。種屬中有自a繼續至k者，有繼續至d而滅亡者。亦有始於d而滅於i者。B圖表示假定自g至k之地層，因浸蝕而缺損，另由後代生成之自o至t之一羣地層疊合。表示種屬在a f間所發生之線，至f線被截去。故e與f之fauna之變遷為漸進的，而f與o之間，差異為突發而顯著的。地質學者，以f線為重要之境界線，自古將地殼上碎屑岩之地層，分為三層，後又經改革，將生物時代之碎屑岩層，大別為始生代，古生代，中生代，新生代。自中生代最終之白堊紀至新生代最初之始新世之間，生物界會發生大變化。在中生代會盛極一時之大形脊椎動物爬蟲類已衰退。白堊紀以前，海中有魚龍類 (Ichthyosauria) 鱗龍類 (Saurpterygia) 陸上則有恐龍類 (Dinosauria) 能飛行之翼龍類 (Pterosauria) 等之爬蟲類，在始新世已完全消滅。菊石

發生於古生代漸漸進化，在中生代後半極為茂盛，但在新生代，已完全消滅。至始新世雖無特著之新部類增加，而哺乳類鳥類突如增多，軟體動物則與今日相同之二枚貝及錐螺之屬極多，有孔蟲中貨幣石 (Camerina) 極夥。

地史之恆久者，縱無如白堊紀與始新世之 fauna 般，有顯著之差異，但亦有類此不連續之線。此種線有普及於全世界者，有祇限於一地方者，有更狹小而僅限一地局者。生物界所見之地層間之隙，或與岩質層序一致，或不一致。此純為地質學上之問題，故不贅述，總之由上述之原理，確立地質時代，在代、紀、世之上，各冠以代表的固有名而為時



第十一圖 地質時代之間隙 (據 Marr)

代名。各地方又可分爲更詳細之時期。在來由如此之地質時代之各時期，種種地域下所沈積之地層中，各藏有代表的化石。某時期之特性的化石，稱爲標準化石 (index fossil)。若時代不明之某地層中發現數個有效之化石。則此地層可與標準的地層或與其他地方之代表的地層對比 (correlation)。

某種 fauna 隨時間之進行，全體向他處移動。此時發現最初之 fauna 之地層，與發現第二之已移動之 fauna 之地層，並非同期 (contemporaneous)。一地方之 fauna 之變化，以同樣之順序，發現於別地方相異之時代者，赫胥黎 (Huxley) 氏名之曰 homotaxis。據白蘭德 (Barrande) 研究波希米亞 (Bohemia) 古生代下部之地層，謂亦有某種生物，一時自某一地方退去，其後至某代重復歸來者。生物之移住 (migration)，所費之時間如較種之壽命即某一種所繼續生存之期間長，則同一生物，縱使在相異之地方發現，亦不能藉此作地層之對比。若所費之時間，較之種之壽命短，則可藉此作地層之對比。在吾人一生之歷史中，對於某日所發生之數事件，縱使間隔相當之時間，但事後常簡視爲同時所發生。同樣，長長之地質時代間所發生之事件，以吾人之目光觀之，

其間因有長時期之間隔，但由地球之歷史言之，亦得視爲同時代所發生。地質學古生物學上所言之時間極長，洵難以年數計算。常有人以年數問題質問研究化石者，例如發掘一象牙，最先必問其年代。對於此等質問，雖有人試欲用科學的知識將地質時代以年數表出之，但尙不能信任其爲精確之數。

由以上之見地而言，地層之對比，當以依據浮游生物爲最適當，*Nekton* 次之，底棲生物不甚有效。浮游生物有廣大之分布而底棲生物則地理的差異太多。

種種之化石帶，系由於許多觀察之結果而區分者。化石帶之價值，不論從縱言或從橫言（即從地層之厚言或從地層之闊言）均不一定。選定適當之帶，全在乎經驗。較薄而闊之帶，於對比上較爲有效。帶中有遍及極廣大之區域者。例如志留紀下部之 *Nemagraptus gracilis* 之帶，分布於歐羅巴、澳大利亞、亞美利加、三洲。通常以一帶之特性的化石爲此帶之化石，冠以此化石之學名，作爲帶之名稱。但此帶之特質，並不限於此化石。故若特性的化石數多時，設非作適當之選擇，帶之名稱往往難免有「不自然」之譏。

今日浮於大洋表面之軟體動物之 *Janthina*，為大隊之羣集物，故其死殼，自當堆積於海底各處。又因此錐螺為體輕之浮游生物，為流水所漂，其死殼亦許堆積於不適於其棲住之海底。故至其次之地質時代，棲所有二處以上之 *Taraxa* 中，亦許混有多數此種錐螺之化石。此時當然應選擇 *Janthina* 為帶之化石，不待言也。吾人選定過去之地質時代之代表的化石，均應如此。

依上述之理由，可知浮游生物之筆石類，為有效之帶之化石，但此類之存在，以志留紀為最後。幸泥盆紀以後之古生代及中生代，有頭足類之菊石類及鸚鵡螺，效用與筆石類同。

陸上之沈積物，不能如海底，構成連續之原地層。故欲正確探求化石進化之順序，頗為困難。因非綴合斷片的記錄不可。故地層之對比，不甚確實。猶幸中生代有爬蟲類，新生代有哺乳類，進化極為急速。但高等脊椎動物之遺跡，甚為稀少，不似海中之貝之化石，甚為夥多。

一系統之海成地層，通常成為堆積之圈，自海浸始至陸化至之一週，稱為一圈。故最先為海濱之沈積，漸向深處，在較深處以下，為大海成之沈積。簡言之即「相」不同也。故所棲息之 *Taraxa* 自此地層至彼地層，環境上發生變化。因此狹小地域之種羣，欲考求其變轉之順序不無障礙。然有時

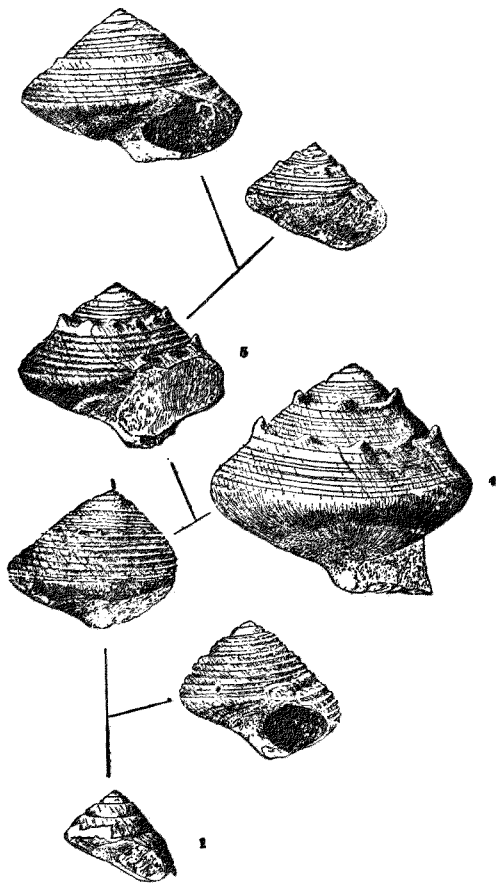
亦有頗厚之地層，繼續同爲一相者。例如英法之 Chalk (白堊紀) 是也。

白堊紀之海膽類，吾人所知者爲小蝸枕 (Micaster)，其變轉之程度極小。蓋因在同一之狀況下，生活樣式不改變，故亦不發生感化也。但若仔細檢出其微細之變化，亦可決定詳細之時期。

二疊紀石炭紀之鮫石蟲科，雖不能發見其連續的變轉，漸移的進化，但構造簡單者較古於複雜者，此乃事實也。

日本現世之海中多蝸 (Umbonium) (一種特有之錐螺)，此與南中華之真蝸有別，屬於亞屬 *Suchium* 之中。蝸之 *Nepionic* 螺層所示之性質，即日本中新世之化石 *Protrotella* 之性質。鮮新世，蝸之祖先甚多。中新世之末，有爲集合形，兼有今日各種之諸性質之原始的性質者。至鮮新世下部分爲二枝。一爲 *Suchium Subsuchiense* 系，至後世變轉爲今日之 *Suchium giganteum*。一爲 *Suchium obsoletum* 系爲今日之 *Suchium moniferum* 之祖先。在鮮新世下部之某時期，發生突發的變異，由前者產生 *Suchium suchiense*，由後者產生 *Suchium mysticum*，但此二者不久即形滅亡。鮮新世下部之蝸，貝之底部，有螺旋溝，但至鮮新世上部，此溝

消失，今日之蝟，底部平滑。但鮮新世上部某時期之某地方，曾有變種復具有祖先之性質者，例如日本三浦半島之長沼層中之 *Suchium decoratum* 是也。



第十二圖 蝟之進化

1 *Protorotella yuantaniensis* 中新世 2 *Suchium mysticum* 鮮新世大日階大日帶 3 *S. obsoletum* 同大日階方橋帶 4 *S. obsoletum conglomeratum* 同階飛鳥帶 5 *S. obsoletum arenarium* 同階天王砂岩 6 *S. decoratum* 鮮新世上部，長沼層 7 *S. moniliferum costatum* 現生及更新世

七 古動物之歷史

有孔蟲 此類最簡單之殼形，爲一室之酒壺形，原始的有孔蟲，亦必如此也。但今日之瓶蟲 (*Lagena*)，系因退化而成酒壺形，並非古時之屬。 *Hyperammia* 有膠結質之殼爲二室管狀之有孔蟲，現世棲於深冷之海水，歷史甚古發生於寒武紀。管已爲平捲之砂盆蟲 (*Ammodiscus*) 始源於志留紀直至今日。捲爲塔狀之有孔蟲 (*Turricella*)，發現於石炭紀。 *Hyperammia* 室多而有膠結質殼，故屬於錫杖蟲科 (*Lituolidae*)。此科之 *Endothyra* 爲平捲，始於石炭紀終於三疊紀。成熟後平捲展開之錫杖蟲 (*Lituola*) 自石炭紀繼續至今日。一串珠 (*Textularia*) 及此科之有孔蟲，幼期爲平捲，爾後在一直線上列成二列之室，始於寒武紀直至今日。二列之室還元爲一列者始於石炭紀，但 *Vulvulina* 始於始新世，其膠結殼轉變爲石灰殼。

古生代之末，內部之構造已複雜化形亦極大之有孔蟲，大爲繁盛。此卽鮫石蟲科也。但在三疊

紀，此科全無。此科已特化之單細胞動物，其所以有裨益於地層學者，因各種之壽命極短，即進化極速之故也。

許多具有石灰質之殼棲於現世之海中之有孔蟲之科及屬，大概均為中生代所增加之物。殼為平捲者均為較古之物，恢復舊態之捲法者卻為爾後之物，此豈非有趣之事實乎。例如 *Lenticulina* 之殼為玻璃質（半透明之石灰質）而為平捲，始於侏羅紀，而齒形蟲（*Dentalina*）之殼則展為弓形，瓶蟲則已退化為一室。瓶蟲發生於古生代之事，恐非事實。抱球蟲（*Globigerina*）之感化，尚不為古，發生於白堊紀。

自中生代之末至新生代之前半止，發生種種構造複雜之大形有孔蟲，為地層學上有效之標準化石。白堊紀下部有螺軌蟲（*Orbiculina*）白堊紀上部有圓片蟲（*Orbitoides*）。貨幣石始於始新世。曆殼石（*Operculina*）雖與此屬相似，但特化程度較小，始於白堊紀直至今日。歐羅巴有形似鮫石蟲之欖核蟲（*Alveolina*）發現於始新世。漸新世之貨幣石，其形甚小，否則亦已特化。*Lepidocyclina* 於漸新世發生，直繼續至中新世之下部。

放射蟲 此類之化石雖不爲少，但因不適於保存，故種屬之判定甚爲困難，其研究亦尙未發達。

海綿 石灰海綿 (*Calcarea*) 僅時發見其針之化石，故非重要之物。殘留海綿之形者，有無花果類 (*Sycones*) 與箭簾類 (*Pharetronas*) 之二種。此外之海綿，針皆分散。除石灰海綿外，六軸海綿 (*Hexactinellida*) 之歷史較古，始於寒武紀。在奧陶紀，其形較已進化。總之，如海綿般之動物，特化之跡甚少，故在古生物學上並不重要。歐羅巴有單由海綿化石而成之岩石，但於地質學上亦無甚大之效用。石質海綿 (*Lithistida*) 因有骨針，故適於成化石。亦始於寒武紀。單軸海綿 (*Monaxonida*) 針已分散於岩石中。亦似始於寒武紀。

筆石類 此類祇限於奧陶志留兩紀，其種種問題，前已述之矣。進化之方向有四：第一 *rhabdosome* 成長之方向之變化。第二分枝簡單化。第三胞形精巧化。第四皮殼之一部肥大。 *rhabdosome* 成長之方向，以 *nema* 爲標準，下垂或上昇。又筆石 (*Didymograptus*) 之 *rhabdosome* 成長之方向，以 *nema* 爲標準，下垂或上昇。又筆石 (*Didymograptus*) 之 *rhabdosome* 成長之方向，或下垂或水平延長。但 *Diplograptus* 則沿 *nema* 而向上延長。分枝簡單化：如對筆石

(*Dichograptus*) 本有八枝，漸次還元減少。四枝對筆石 (*Tetragraptus*) 有四枝，想為原始的與已退化的所混合。胞形精巧化：原始之筆石類為單純之圓錐形，與腳盤無甚差異，漸次伸長而成管狀。但無論如何口緣必與長軸成直角。某種叉筆石，胞之底部略微收縮，口緣斜向。此為胞形精巧化之第一步，一切之簿筆石 (*Leptograptus*)，胞形均化至此程度。至於 *Dicellograptus* 之胞為 Δ (希臘字與羅馬字之 S 相當) 形，單筆石 (*Monograptus*) 中，雖有退化而還元於原始之形者，但亦有作間隔之配列而延長者，亦有由 Σ 形更進化，口緣之外角突出，或向外捲或曲為鉤形者。皮殼之一部肥大：例如網筆石 (*Reticolites*) 皮殼之一部增厚，構造亦複雜。大多為花邊 (lace) 狀或網狀。含筆石最古之地層為 (*Tremadoc stage*)，其一部分雖為寒武紀之最上部，但通常視為奧陶紀最初之時期。樹枝狀之籠石 (*Dicyonema*) 等即此時期之物也。其次之 *Skidaw stage* 初則為對筆石及其類緣屬之時期。多枝之對筆石亦發現於此時期。至此階之後半始有四枝對筆石增加。最後為叉筆石之時代。再次之 *Ulandeilo stage* 為簿筆石之時代，此科之數屬大為繁盛，胞形亦漸見進化。此後之奧陶紀上部之階段，為筆石類之全盛紀，最後又稍露衰退之兆。至志留紀，雙筆石 (*Dic-*

Polysiphonia) 又稍見復活，新加者有網筆石及 *Dimorphograptus* 科，其他之科，均已滅亡。志留紀之後期，爲單筆石之時代，獨此科大爲繁殖，其他之筆類已全部滅亡。

珊瑚 古生代之珊瑚大多屬於四射珊瑚 (*Tetracoralla*) 板珊瑚 (*Tabulata*) 之二類。前者與後世之六射珊瑚 (*Hexacoralla*) 大同小異。因前人以其第一次之隔壁有四室，故取此名，實則有六室也。但隔壁之配置較爲左右對稱。珊瑚之產生狀況，與後世之六射珊瑚相同，故度其生活樣式，大體當無甚差異。孤生的珊瑚有水盅珊瑚 (*Zaphrentis*) 複生之珊瑚，有杯珊瑚 (*Cyathophyllum*) *Goniophyllum* 形似倒置之錐形，有四稜並有蓋。盒珊瑚 (*Calceola*) 亦與此相似，有蓋。板珊瑚在分類上，應否爲獨立之目，尚有討論之餘地，其近緣關係尚未明悉。隔壁雖不甚發達，因有板 (*tabulae*) 在等間隔中，故有此名。

多毛類 (*Polychaeta*) 窩爾科特 (*Walcott*) 氏以在英領哥倫比亞之寒武紀所發見之模像，目爲多毛類之環形動物，樹立亞目 *Nisikoa*。其他除具有石灰質之管者外，化石甚少。

原軟體類 (*Amphinura*) 軟體動物中屬於此綱者，化石甚少，奧陶紀之岩石中，留有最初

之跡。石炭紀記載較多。古生代之屬，似未繼續至中生代。最爲特化之石鼈 (Chiton) 已發現於始新世。被判定爲此類者，有蔓腳類 (Cirripedia) 鱗 (Scale) 等。

掘足類 (Scafnopoda) 此類之記類，雖亦始於奧陶紀，但判定有錯誤處。

斧足類 (Pelecypoda) 二枚貝中，無關節齒，兩個肉柱痕等大，外套膜線無彎入之種類即古貝類 (Palaeoconcha) 構造最爲原始，故爲最古之物。Solenopsis 細長，形似竹蠶 (Solen Gouldii)，

始於泥盆紀繼續至三疊紀。由形似竹蠶之點思之，生活必在泥深之所。心蚶 (Cardiola) 之形甚古，前後近於對稱，有圓形之輪廓，表面有突起之圓形同心放射之刻紋。始於奧陶紀繼續至泥盆紀。櫛

齒類 (Otenodontida) 有魁蛤 (Arca inflata) 式之齒。此類亦古，(Otenodonta) 產於奧陶志留兩紀，爲原始的動物。有絲足 (Lysusus) 營附着生活之「蝶貝」及其類緣屬，亦始於奧陶紀直至今日，其中蛞兒 (Inceramus) 在中生代之後半繁殖甚夥。白堊紀中葉以後更甚，大者長達

一米突。牡蠣屬以一瓣附着於他物，形不甚規則，肉痕僅有一個。中生代所產之螺蠣 (Gryphaea) 成熟者不營附着生活。牡蠣始於石炭紀。三角蛤 (Trigonia) 亦爲中生代顯著之化石。此系統之

關節發達至於極巔。蛤之表面有顯明之斜肋，自殼頂至後端成強度之稜狀，爲二枚貝中之變種。海扇 (*Pecten yessoensis*) 之種類，始於志留紀，形甚美，故爲人所共愛。包含於真正瓣鰓類 (*Enlame-libranchia*) 中之普通之二枚貝，種屬之類甚多，關節之進化甚爲明晰，故可作研究之材料。

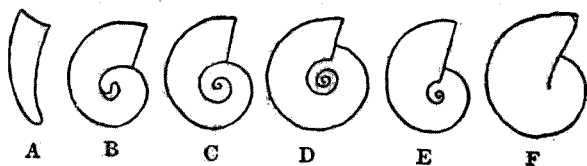
腹足類 (*Gastropoda*) 新生代以後錐螺之數，與二枚貝同時增多。二枚貝食草，或營附着生活，或埋沒於泥中。錐螺則雖因動作遲鈍，但生活並不固定於一處。錐螺之原始的形狀爲笠形，營附着生活。營二次的附着生活者，雖還元爲傘形，但殼頂殘有螺旋。原始的笠形之錐螺，始於寒武紀。次於笠形之形狀，爲錐形延長盤捲於一平面上之形。寒武紀奧陶紀志留紀，此種形狀之錐螺甚多。神螺 (*Tellerophon*) 雖亦爲平捲，但外層之中央，即對稱面之位置上，有斷口，貝漸次成長，漸次補滿此斷口，故貝之周圍，有特別之帶。此屬繁盛於石炭紀。神螺之平捲轉變而爲盤捲於圓錐面者，即爲翁戎 (*Pleurotomaria beyrichii*) 之形。古生代之貝，均無顯著之刻紋。外套膜之一定點，特別沈澱許多石灰質構成之刻紋，爲螺旋形，成長之方向，與貝之表面相平行。外套膜之邊，若全部起週期的沈澱，則可發生與成長線平行之刻紋。古生代之錐螺，此二者之配合，甚爲簡單。中生代此兩要素之

交點，變成突起，刻紋亦概較複雜。至新生代有突起延長而呈奇形者，或加以第三要素即斜行之刻紋者。捲成之圓錐增高，及新增塔形之貝，為中生代之事，口緣之前端伸長而成管狀者，亦為古生代所無。

錐螺之進化似較二枚貝為速。因鮮新世之軟體動物 fauna 之半數以上為現生種，然以比例言，二枚貝之數目多，錐螺之數目少也。種之性質固定，漸次變轉之事甚少，然在新生代，於極短之時間之經過中，有新屬新種增加，故史密斯教授視此為突發的變轉 (saltatory mutation)。

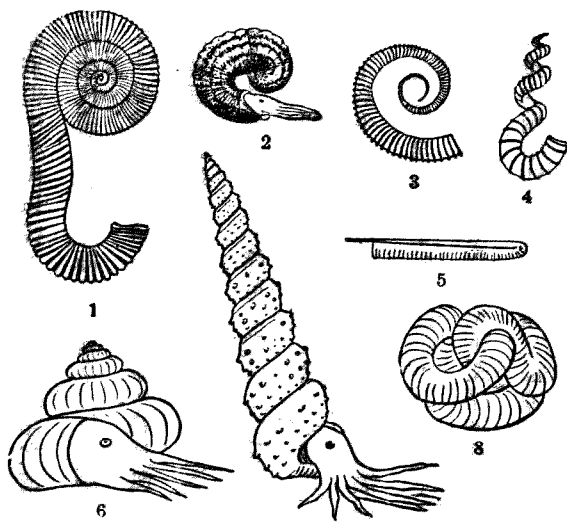
頭足類 (Cephalopoda) 四鰓類 (Tetrabranchiata) 分為二大羣。一為鸚鵡螺類。現世之鸚鵡螺 (Nautilus) 雖為內捲，在古生代，有高圓錐形之直角石 (Orthoceras) 以此二者為兩極，其間有種種之中間形。弓角石 (Cytoceras) 稍曲，形似弓。為志留紀之產。環角石 (Gyroceras) 曲度更強，殆已成環。石炭紀之 Vestimantulus 為平捲，外螺環密接於內螺環之外側。三疊紀之 Pleuronautulus 為平捲，外螺環略抱圍內螺環。此種捲法因各螺環均可由外面見之故稱為外捲 (evolute)，臍甚大。鸚鵡螺為內捲 (involute) 祇最後之螺環，可由外方見之。較直角石更原始

者爲奧陶紀之內角石 (*Endoceras*)，*Piloceras* 等，體管 (*Siphuncle*) 均爲原始形。古生代有許多屬由內部之構造可與直角石判然區別，但中生代以後又形衰亡。四鰓類之第二大羣，爲菊石類。此類較後於鸚鵡螺，發現於志留紀，至中生代達於繁盛之極巔。但新生代已全滅。古生代之菊石類有棱角石式縫合線 (*goniatitic suture*)，平捲。所謂棱角石式縫合線者，隔壁與外壁之縫合線之曲線，僅露單純之凹凸，屈曲之數不多。但最原始的菊石類，當如泥盆紀之 *Bacrites*，殼爲直管狀。*Mimoceras* 爲緩慢之螺旋形，*Anarcestes* 爲外捲，有極簡單之縫合線。*Anarcestes* 爲能變化的生物，似爲後代菊石類之祖先。此等原始的菊石類，類似鸚鵡螺之點甚多。棱角石式之菊石類，在古生代之末，縫合線亦不簡單，總 (*Lobe*) 不爲平滑之曲線而稍生曲突。臍部成皺線式之縫合線，稱爲菊石 (*Ceratic*) 式，三疊紀甚多。三疊紀又另有單葉菊石 (*Monophylites*) 縫合線之屈曲度甚大。屈曲度若更增大即爲菊石式 (*Ammonitic*)。侏羅白堊兩紀達於全盛期者，縫合線竟成樹枝狀之線畫。菊石類大多爲平捲，有外捲內捲中間形，或長，或粗之種種形。至其刻紋，產於三疊紀者，或並行於單純之波狀成長線或爲螺旋或爲二要素之交叉。至侏羅紀，漸次變爲優美之圖案，有



第十三圖 鸚鵡螺類螺旋殼盤捲之種種程度

- A: *Cyrtoceras*; B: *Vestinautilus*;
 C: *Pleuronautilus*; D: *Temnocheilus*;
 E: *Nautilus*; F: *Nautilus pompilius*
 (據 Swinnerton)



第十四圖 種種菊石類之形狀

- 1: *Macroscaphites*; 2: *Scaphites*; 3: *Spiroceras*;
 4: *Heteroceras*; 5: *Ptychoceras*; 6: 低 *Turrilites*
 7: *Turrilites*; 8: *Nipponites* (據 Berry)

發生不與成成長線平行之放射肋者，放射肋有向外方二分三分者，分歧點上有顯著之突起者，周邊有特別之刻紋者等種種。白堊紀有脫出平卷之界限而成塔形之塔石 (Turritites)，相對屈曲有如鈎形之鈎石 (Hamites)。老後反對盤捲之 *Praviloceras*，每一螺環均在相異之平面上盤捲之 *Nipponites* 等多數之變態。

二鰓類在中生代侏羅白堊兩紀有箭石 (Belemnites)，種達二百五十種之多。

三葉蟲類 關於此類，已散述於前，故不再贅述。在寒武紀以前，當已作相當之分化。在寒武紀為重要之地層化石。此類之全盛期為奧陶紀，新屬之增加多，滅亡者少。至志留紀漸呈衰退之兆。泥盆紀大滅，石炭紀僅殘數種而已。

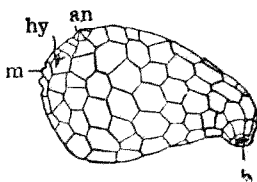
其他之節足動物 感化顯著之點，在脊椎動物之次，故有趣味之事實甚多，但化石之產出，不成系統，故不能記述其歷史的概觀。

棘皮動物 棘皮動物之歷史，始於寒武紀或寒武紀以前，但最明確之化石，形狀最單純最原始者為波希米亞 (Bohemia) 奧陶紀之 *Aristocypris*。此動物形如西洋梨，以細端附着於他物，全

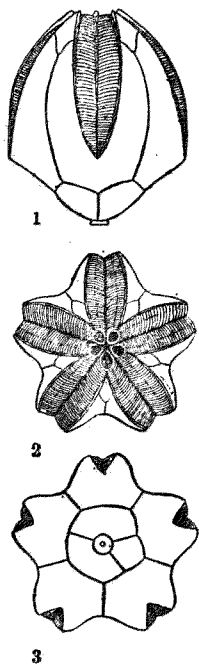
體沈於海底，粗端之頂有口，離口約在身長三分之一之處有肛門，口與肛門之中間，有水管系之門。（參看第十五圖）此種構造，與現世之棘皮動物發生之 *dipleurula* 期相似，所異者此動物之體表包有多角形之板耳。

大略以此為出發點，發生種種形式之棘皮動物。在古生代之初期，棘皮動物之一切形式，殆已齊備。因原始的棘皮類，有變化的性質，在寒武紀與陶紀之間，曾有此部類之放散時期（radiation period）故也。

海蘋果類（*Cystoidea*）在奧陶紀雖達於全盛期，但以石炭紀為最終，此後全部滅亡。此類雖多數營附着生物，但亦有柄末充分發達或全然缺少者，想其生活當非附着生活也。雖有進化為放射對稱之傾向，但亦有變形者。第二之綱海蕾類



第十五圖 *Aristocystis*
（據大英博物館指南）



第十六圖 *Pentremites*（海蕾類之例）
1 由橫視； 2 由上視； 3 由下視。

(Blastoidea) 想系由於海蘋果之雙孔類 (Diploporita) 之目所發生。海蕾類始源於奧陶紀，但真正之形態，始於泥盆紀，至石炭紀全盛，在石炭紀之末全滅。此類之壁板爲五個放射配列，有如五個花瓣之蕾柄尚短。(第十六圖)

海百合類 (Crinoidea) 之歷史甚古。其確實之記錄，始於奧陶紀。古生代之海百合，有柄，含有圓頂類 (Camerata) 可曲類 (Flexibilia) 遊離類 (Indunata) 之三日。有鉸類 (Articulata) 發現於三疊紀。

海盤車類 (Asteroidea) 化石甚少，以奧陶紀所產之 *Hudsonaster* 爲最原始。蛇尾類 (Ophiuræ) 亦發現於奧陶紀。沙蠟類 (Holothuroidea) 全無發現化石之望。

海膽類之最古者爲叢球海膽 (Bothriocidaris) 發現於奧陶紀。體爲球形，普通有步帶間步帶之配列，但板爲多角形，與海蘋果相似。Palaeodiscus 較叢球海膽稍遲，亦發現於奧陶紀。此二者各成獨立之目。其他之海膽在古生代並非顯著之部類。大概屬於舊形海膽類 (Perischoechinoidea) 始於志留紀，至石炭紀全盛，但至中生代全滅。中生代之海膽亦非此類之系統。近代海膽以

石炭紀之頭帕海膽 (*Otidaria*) 爲祖先，中生代以後大爲增加。整形者 (即略成放射對稱之形者) 較古，不整形即略成左右對稱之形者較新，侏羅紀以後始增多。

苔蘚蟲類 此類之歷史有兩度進化發展之時期。第一次爲奧陶紀志留紀，有時竟重疊而造成岩石，古生代之末，進化之勢已衰，至中生代，則僅由數種代表而已。第二次自侏羅紀之終至白堊紀，新生代爲全盛期。不成塊狀，胞極複雜。此等苔蘚蟲，胞爲管狀口爲環狀，壁細有孔，屬於環口類 (*Cyclostoma*)，此目始於奧陶紀直至今日。古生代之終，發生胞內有板 (*tabulae*) 發達之環口類，但偏口類 (*Trepomatata*) 則正規的具有此種特質。此目之胞甚長，故構造頗似板珊瑚。亦發展於奧陶紀。是否繼續至中生代，殊爲疑問，在白堊紀，有略微相似之物發現。隱口類 (*Cryptostomata*) 亦不亞於前目爲奧陶紀志留紀重要的 *fauna* 之要素，亡於二疊紀。唇口類 (*Chelostomata*) 爲苔蘚蟲中最特化之目，爲中生代新增之物。

腕足類 此類與軟體動物同樣夥多，故在古生代於地層學上，較之軟體動物尤爲重要。其歷史固有詳述之必要，但形態之術語等頗費說明，因本書之頁數關係，不容詳述。在寒武紀發現者已

不爲少故其起源當更古於寒武紀在奧陶紀志留紀其種數之多三千而有餘可謂盛況矣石炭紀二疊紀數猶不少，有 *Leptodus* 之奇形者發生。中生代露衰敗之前兆，新生代以後大滅。

魚類 脊椎動物出世於奧陶紀。最原始者，想爲似

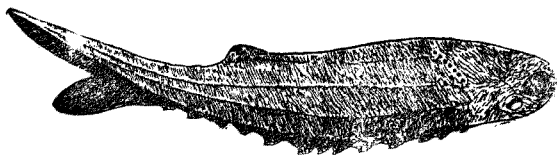
蛭蟪魚 (*Branchiostoma belcheri*) 之物，但未發見其化石。志留紀有頗明確之原始的脊椎動物發現。

第一亞綱缺甲類 (*Anaspida*) 無成對之鰭，骨骼

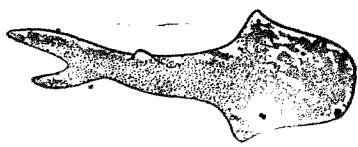
未石灰化。例如 *Birkenia* 有不等形之尾與小背鰭，棲於淡水，爲魚之類似物。(第十七圖)

第二亞綱骨甲類 (*Osteostraci*) 與前部類相同，產

於志留紀，爲特異之類似於魚之動物。缺少成對鰭，無顎亦無齒，*Thelodus* (第十八圖) 體表有密生之小突起，體平扁頭闊，有不等形之尾與小背鰭。此爲志留紀之物，



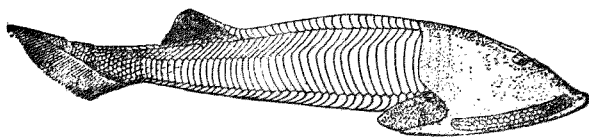
第十七圖 *Birkenia* (據 Abel)



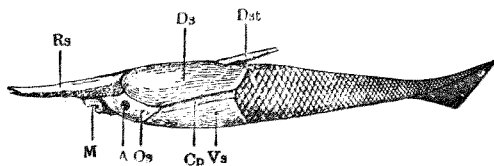
第十八圖 *Thelodus* (據 Abel)

泥盆紀所產，亦有包被堅固之甲冑者。Atelaspis 體之前半爲多角形之板，似嵌工般所圍住，Drepanaspis 之板有大小之別。較此二形稍後者進化爲 Cephalaspis 與 Pteraspis (第十九、二十圖)之二形。後者鱗狀外骨之組織已石灰化，前者此組織更似骨狀，頭部爲癒結之頭楯。此類以此二者爲最終之物。均爲海中之底棲生物。

第三亞綱爲胴甲類 (Aniarchi) 產於泥盆紀，亦無成對之鰭，但頭之前方下有一對被甲之附屬器官。此並非肢亦不知作何用，或有似蟹螯之效用耶。體之前方包以大甲板，作對稱的配列，後半包以重複之鱗，有不等尾與小背鰭。Pterichthys 爲其泥盆紀中部之一例。(第二十一圖)。



第十九圖 *Cephalaspis lyelli* Agassiz (據 Stromer 及 Abel)



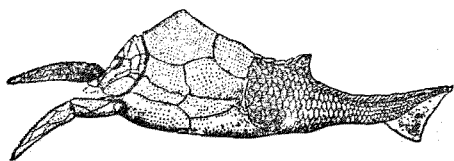
第二十圖 *Pteraspis* 之復舊圖 (據 Abel)

第四亞綱爲節頸類 (Arthrodira) 亦祇產於古生代，頭被以板之甲胃。與胸甲類相似之點，僅收斂現象 (convergence) 耳，此因生活樣式相似之故也。但系統各不相同。此類雖有細長之尾，但不成鰭。背鰭有化骨之支柱，理應爲成對之鰭之位置，有骨板。胸有一對，臀部有一枚，不作游泳之用，似爲爬行之用。無鱗，脊椎上下之弓，一部成爲化石，大部爲軟骨。有顎骨，亦有有齒者。總之，頗似魚。泥盆紀以前無此類。

第五亞綱爲軟骨類。原始的軟骨類有二目，一爲肋鰭類 (Pleuronoptera Fig. 11) 自泥盆紀上部繼續至石炭紀。三角形之對鰭爲放射狀之軟骨支柱所支持。另一目爲肋棘類 (Ichthyotomi) 自泥盆紀繼續至三疊紀，對鰭之根腳狹小能動，爲中軸與羽狀之小軟骨所支持，尾爲兩形 (diphycercal)。

軟骨魚類之骨，成化石而殘留者甚少，但其齒因質堅細，故能保存至久，常被發掘。

第六亞綱爲棘魚類 (Acanthodi) 爲泥盆紀石炭紀二疊紀之產，與軟骨類相似，但鰭之前邊



第二十一圖 *Pterichthys milleri* Agassiz
(據 Abel)

有一根棘，別無支柱。

第七亞綱爲眞口類 (Teleostomi)。此綱雖連總鰭類 (Crossopterygii) 肺魚類 (Dipnoi) 亦包含在內，但實則頗有相異之點，故在分類上之區分，不無問題也。古生代中生代之魚鱗，菱形者多，白堊紀以上圓形者漸多。從構造上之變化言，泥盆紀石炭紀者，外層爲齒質，中層爲海綿狀，內層爲骨質。但石炭紀二疊紀之大多數及中生代前半者爲琺瑯鱗 (ganoid scale) 表層有琺瑯質。中生代後半至現代者，爲薄鱗。

頭部在泥盆紀，鱗已相合，形成骨板之甲，表面有琺瑯質與刻紋，但在中生代之終骨板隱埋於表皮內，失去光澤與刻紋。

尾以兩形爲最原始，不等形次之，古生代甚多，半不等形者產於二疊紀至侏羅紀。今日之等尾形，始於侏羅紀。

對鰭，在泥盆紀爲總狀，爲總鰭類之形，但現代之形，亦始於泥盆紀。石炭紀以前，脊椎不過爲脊索耳。但漸次骨化，白堊紀以後，原索變爲算盤珠之形。頭部之內骨骼，在古生代猶爲軟骨，至白堊紀，

大部似已充分骨化

兩棲類 (Amphibia) 其中在古生物學上甚為重要之堅頭類 (Stegocephali) 為蝶螈形之兩棲類，頭蓋及頰，被以骨板。齒為尖銳之圓錐形，構造極為複雜似迷路。胸有屬於外骨骼之板三塊。由形態上觀之，其生活似與蝶螈相同。為獨立之目，自石炭紀繼續至三疊紀上部。在石炭紀二疊紀，形狀與大小，均與蝶螈相似者多。Branchiosaurus 之系統，脊索相連續，略有粗細。脊椎骨上下兩分，中空。頭略與總鰭類之魚相似。體有圓鱗，有一生以鰓呼吸之形跡。鱗鮠類 (Microsaurus) 之系統，脊索完全連續。

中生代有頗大之堅頭類發生。齒均作迷路狀。已有相當之感化，頭形變化甚多。蝦蟆龍 (Mastodonsaurus) 為最大，頭之長達一米突又四分之一。巨大如此之動物之足跡，曾在三疊紀之地層中發見。

有尾類 (Urodela) 無尾類 (Anura) 之化石甚少。德國中新世所發現之鮠魚之化石，曾被誤為人類。蛙之化石，在侏羅紀亦曾發見。蝌蚪之化石，曾在德國中新世發見。

爬蟲類 (Reptilia) 第一目之類龍類因骨近似於兩棲類之堅頭類，故爲最原始之產。二疊紀三疊紀之 *Pareiasaurus* 爲草食動物。第二目爲 *Procolophonia* 類，產於南阿非利加之三疊紀。第三目爲盤龍類 (*Pelycosauria*)，有極長之神經弓之棘狀突起，背上有似鱗之物，形似蜥，食草，產於二疊紀。第四目爲 *Deuterosaurus* 類，僅蘇俄二疊紀之 *Deuterosaurus* 及其他一例計共二例而已。第五目爲龜鼈類發現於三疊紀，侏羅白堊二紀中，數頗不少，新生代後亦未衰敗。第六目爲獸齒類 (*Theriontia*)，齒已分化如哺乳類，有偽門齒偽犬齒，偽臼齒之別。南阿非利加三疊紀之地層甚多。第七目爲喙頭類 (*Rhynchocephalia*)，形似蜥。 *Sphenodon* 之化石曾在新西蘭 (*New Zealand*) 發見。三疊紀至始新世之間，生存者似頗不爲少。第八目之 *Protosaurus* 類，即以二疊紀生存於北歐羅巴之 *Protosaurus* 一屬爲獨立之目。第九目爲 *Meosaurus* 類，包含南阿非利加二疊紀三疊紀棲於淡水之 *Mesosaurus* 及南美之 *Stereosternum* 與次述之魚龍類有近似之點。第十目爲魚龍類 (*Ichthyosauria*) 棲於海中，形如鯨或似短形魚，頸甚大，長達十五米突。目有圈，齒銳似海豚，脊椎之數，有一百五十之多。尾端向下斷，此乃與魚之不等形尾鱗相

似之鱗之下軸也。因懷胎之母體標本已被發掘，故度其爲胎生。糞之化石中有魚鱗魚骨，此類動物曾爲海中之惡怪，無異於現代之鯨魚。產於三疊紀白堊紀，始新世已不見其隻影。第十一目鱗龍類 (Sauropterygia) 亦爲海中之惡怪，但與魚龍不同，頭小，頸長，尾短，目無圈。四肢如權，有五指。亦祇產於中生代。第十二目板齒類 (Placodontia) 爲海棲動物，產於三疊紀，齒適於碎嚼貝殼。第十三目准鱈類 (Parasuchia)，形似鱈魚，產於三疊紀。第十四目爲擬鱈類 (Pseudosuchia)，棲於陸地，產於三疊紀。第十五目鱷類 (Crocodilia) 棲於河中，現猶生存。其古者生於侏羅紀。第十六目爲喙口龍類 (Rhamphorhynchoidea)，骨中空，關節甚牢固，適於飛行，前肢第四指特長，此指與後肢之間有膜卽爲翼。產於侏羅紀。第十七目爲翼手龍類 (Pterodactylidae) 亦有飛行之感化，翼骨中無指骨，不如前類之有齒。始於侏羅紀，繼存至白堊紀。第十八目爲恐龍類 (Dinosauria) 頸與尾甚長，大多棲於沼澤之地。前肢較後肢短，骨骼近於鳥類。此類中第一亞目之獸腳類 (Theropoda) 有適於肉食之爪與齒，腦甚小。祇產於中生代。第二亞目蜥腳類 (Sauropoda) 食草，含有世界最大之動物。侏羅紀上部特多。第三亞目直腳類 (Orthopoda) 食草，祇產於中生代。第十九目之蛇

類 (Ophidia) 始於三疊紀，爲新生代猶殘存之唯一陸棲爬蟲類。

爬蟲類之祖先，棲於和暖之陸地，有銳敏之感覺，細小之足，生動之尾，銳利之齒，爲活潑之動物。在中生代，因感化而發生可驚異之變化。機械的進化實凌駕於哺乳類。尤以恐龍類爲甚，軀體亦變大，想當爲溫血之動物也。草食之恐龍，尤爲巨大。與蜥腳類增固防備之武器以與肉食之獸腳類相對敵。獸齒類四肢發達，適於快速之旅行，時時易其住所。因食物之變化，腦不得不發達，故觀察力與選擇力大爲進化。此種動物，宜其爲哺乳類之淵源也。又如鰐魚還元爲兩棲類者。想因生活之類似使然也。

鳥類 化石甚少。侏羅紀之始祖鳥爲最古之鳥之化石。因可藉以知其與爬蟲類之關係，故爲有名之化石。

哺乳類 進化至哺乳類，骨之數已減少。進化之精力，有集中於特別的機能之完成之勢。尤其是齒。魚類齒多。全生涯中，新齒在舊齒間增加成長。爬蟲類之齒，數雖已大減，但舊齒不絕由新齒交代。近代的哺乳類，齒類有一定，至多四十四個。無論齒數多少，必有門齒犬齒前臼齒後臼齒等之特

質的分化。乳齒脫落成齒生成，則其齒數即告決定。齒之形狀，依食物之種類而異，富有變化。骨之中齒最爲重要，其化石亦最適於保存。

最低級之齒，爲三疊紀之飛馳獸 (*Dromatherium*) 之齒形。(第二十二圖) 全部之齒均有爬蟲類之殘影留存，作圓錐形。前後各附有一個突起，侏羅紀之環齒獸 (*Amphilestes*) 此突起增大，與主突起部相等。此爲三峯式之齒。至於 *Spalacotherium* (第二十二圖) 突起部開始移動，*Amphitherium* (第二十一圖) 下顎之齒，此三個突起，位於三角形之三角上。此三角形之基座之後方，有一平坦之階，稱爲 *talon*。與上顎之齒冠相合，可咬碎食物，三角形之基座，上下擦過，可切斷食物。此種形式之齒，至侏羅紀之上部始發現。

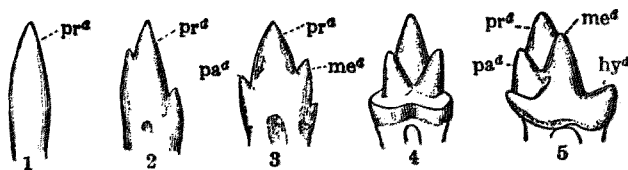
若再增加兩個突起則成五峯之狀。至新生代又發生變化。有尖銳之突起者，適於食昆蟲，此種哺乳類至後代亦無變化。肉食動物已消失，*talon* 與三角基，殘留一定數之突起，已成爲作切斷用之稜。草食之動物，成爲六個突起之形，後亦有形成四個突起者。更進化者，在齒冠之一定點加多突起而增高，或突起與突起相併合。原始的齒爲尖銳之圓錐形，特化後則成半月形之峯，或互爲連峯。

雜食或食果實之哺乳類，齒冠低，有圓錐突起，四峯。若是之變化，未必有系統，相似之形式，於相異之種類間，亦可見之。

中生代祇有斷片的遺跡。大多僅有下顎，全身無從知也。齒有二式，一為三峯式，一為多峯式。

肉食類始於白堊紀，新生代之初期其數增多。古肉食類屬於肉齒類 (Creodonta)，以與近代之裂足類 (Fissipedia) 相別。肉齒類滅於漸新世。

有蹄類為肉食類之犧牲品，故當然生存於同時代。原始的有蹄類，腦甚小，指亦僅有小小的變化。分為髁骨類 (Condylarthra) 與鈍腳類 (Amblypoda) 二部類。前者體小足輕，後者體肥足粗。均兼備後代有蹄類所有之特質。但可目為後代有蹄類直接之祖先者迄未發見。



第二十二圖 原始哺乳類之齒之進化

- 1: 爬蟲類; 2: Dromatherium; 3: Microconodon;
4: Spalacotherium; 5: Amphitherium (據 Osborn)

近代的有蹄類發祥於北歐或北美，後由北而南感化後腦亦甚大，故在始新世之末，已將原始有蹄類之天下完全奪去。漸新世發生更新之有蹄類，此時代北歐北美之氣候最佳，可食森林中之嫩芽芳草，故似無馳驅之能力。

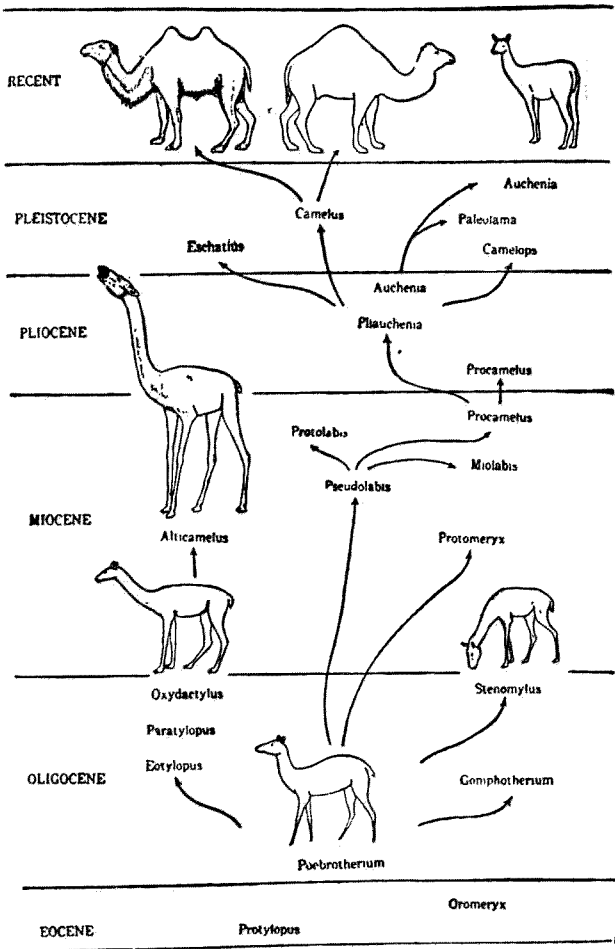
中新世原野增多，食物爲乾硬之草，又需避開肉食類之襲擊，故齒與足大爲進化。

偶蹄類以豬形爲原始者，以羊形爲特化者。野豬之祖先，有一系統，自歐羅巴始新世之 *Choropotamus* 繼續至中新世之 *Hypotherium*。反芻動物發現於始新世之末。初則形大如兔齒短無 *diastema*，各齒相連續。漸漸增大，卒成駱駝。駱駝之系統如第二十三圖。

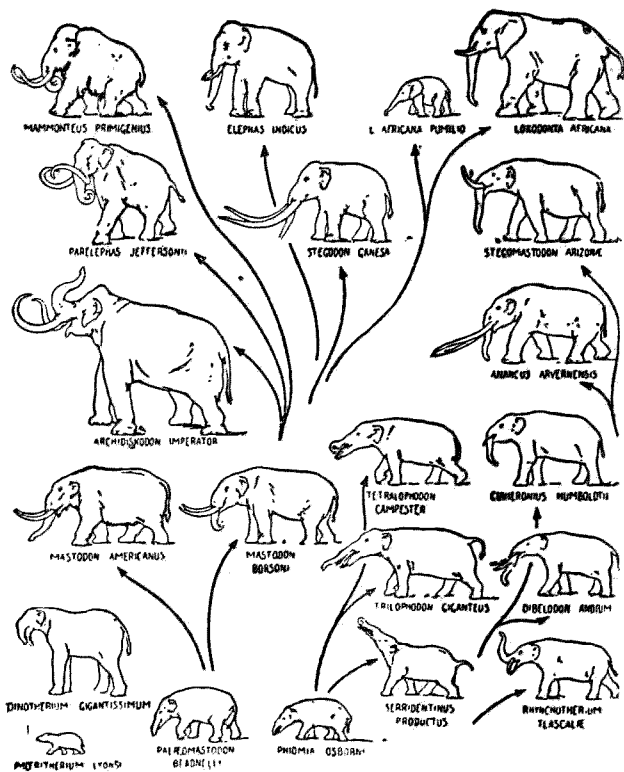
奇蹄類中馬之系統圖常被引用。長鼻類最初亦小如犬，至更新世已增大。齒進化而增長並有多數平行之稜。猛獁象之齒之進化更著。象類之進化系統，見第二十四圖。

鯨類早已爲海上生活所感化，有似中生代之魚龍。始新世以來有化石發現。並無特殊之進步。

貧齒類更新世曾在新大陸達於全盛期。



第二十三圖 駱駝之進化系統圖 (據 Berry)



第二十四圖 長鼻類之進化系統圖(據 Osborn 及 Berry)

主要參考書

- Abel, O.: Lehrbuch der Paläozoologie, (1920).
- Berry, E. W.: Paleontology, (1929).
- Swinnerton, H. H.: Outlines of Paleontology, (1923).
- Zittel, K.: Text book of Paleontology. Edited by Eastman, (1913).
- Daqué: Vergleichende biologische Formenkunde der fossilen niederen Tiere, (1922).
- Neveison, E.: Stratigraphical Paleontology. (1928)
- Abel, O.: Paläontologie und Stammesgeschichte. (1927)
- Lull, R. S.: Organic Evolution, (1925).
- Depéret, C.: Transformation du Monde Animal, (1919).

- Cushman, J. A.: Foraminifera, (1928).
- Filles, G. L.: The Graptolite Faunas of the British Isles; A Study in Evolution, Proc. Geol. Assoc., 33(1922).
- Carruthers, R. G.: On the Evolution of Zaphrentis Delanouei in the Lower Carboniferous Limestone. Quart. Journ. Geol. Soc., (1910).
- Bassler, R. S.: The Early Palaeozoic Bryozoa of the Baltic Province. U. S. Nat. Mus. Bull., 77(1911).
- Buckman, S. S.: Type Ammonites. (1909-)
- Swinnerton, H. H. and Trueman, A. F.: The Morphology and Development of the Ammonite Septum, Quart. Journ. Geol. Soc. (1918)
- Beecher, C. E.: The Larval Stages of Trilobites. Amer. Geologist. (1895)
- Macfarlane, J. M.: The Evolution and Distribution of Fishes. (1923)

Williston, S. W.: American Permian Vertebrates. (1911)

Simpson, G. G.: A Catalogue of the Mesozoic Mammalia in the British Museum
(1927)

Jaekel, O.: Die Wirbeltiere. (1911)

Abel, O.: Die vorzeitlichen Säugetiere. (1914)

Osborn, H. F.: The Origin and Evolution of Life. (1921)

Osborn, H. F.: Evolution of Mammalian Molar-teeth (1907)

横山又次郎 古生物學綱要

