

萬 有 文 庫

第一集一千種

王雲五主編

科 學 大 綱

(二)

湯 姆 生 著

胡 明 復 等 譯

商 務 印 書 館 發 行

科 學 大 綱

(二)

湯姆生 著 胡明復 等 譯

著 名 界 世 譯 叢

科學大綱

第二篇 天演之歷史

美國哈佛大學哲學博士
國立東南大學植物學教授 胡先驕譯

緒論

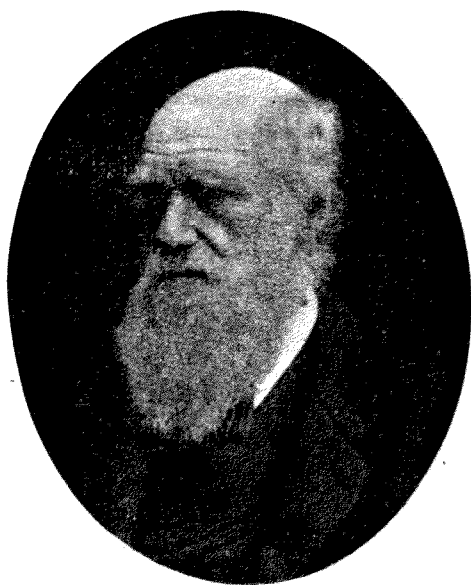
地球之起源——生物家庭之造成——最早之生物

一

天演之觀念 (evolution idea) 乃開闢多數門戶之祕鑰，其能釋宇宙之祕奧，鑑往古以知今者，亦惟此也。無論何物，自天演之眼光觀之，皆爲古物，各有一歷史在——各有一自然史在，使吾人能略知其所以演進之道。吾人祇能言『略知』者，蓋天演之事實雖已昭然若揭，然吾人僅初識其

所以致之之原因也。

天演之觀念起源甚古，希臘哲學家已有此議論；但直至近代，始成爲吾人知識之一重要部分。



達 爾 文

最偉大之自然科學家，使天演思想成爲世人之常識，其所著物種由來（Origin of Species，一八五九年出版）一書，使世界之意義煥然一新。

在今日且已成日用之常識矣。此觀念在未涉及動植物之先，卽已應用於太陽系及地球之發源；遂

漸乃從動植物推廣至語言風俗以及典章制度。至近年，則天演觀念已推及於化學之原質，蓋已發現鈾(uranium)能變銻(radium)，銻能生氦(helium)，及鈾之變化既竣，則最後所得之固定產物爲鉛。由此推之，一切原素或皆爲無機天演之結果焉。與之同等重要者，天演觀念不但推廣至外界，抑且推之於世界之內部。蓋與身體及腦之天演並行者，尙有感覺情緒，以及觀念想像力之天演也。

所謂有機天演者，意卽現在乃過去之子孫，亦將來之父母。天演非權力，非原則，乃一歷程——一形成之歷程而已。其意以爲今日之動物與植物及其間所有微妙之相互關係，皆由一種自然可知之歷程，自前此比較簡單之事態形式及相互之關係中產生而出。而前此之種類關係之所自出者，則又更爲簡單。如此繼續往後推求至百千萬年之前，直至生命起源之初，則如墮重霧，不復有跡象可尋矣。

吾人之太陽系，最初爲某種星雲(nebula)，故日與行星，吾人不妨以天演稱之。但日與行星之變化，不過變其分配與形狀，其物質未嘗變也，故不若用創始(Genesis)等一類名詞之爲適當。

同理人類之制度，昔日亦與今日有別，吾人可云都市或政府之天演。但人之行為皆有目的，其理想與觀念常有以操縱其行為，指導其成就，故宜仍用『歷史』舊名，以包括一切社會以人為主宰之



赫胥黎教授

(Prof. Thomas Henry Huxley)

最著名之動物學家之一，其教授與說理之能力一時無兩。使科學為普通教育，俾社會皆尊信之，此其大功也。其主持天演學說之勇氣與才學為一時之冠。

進化歷程。今者於太陽系之創始與文化之歷史間，復有有機天演之一大歷程。又發育一字，茲僅限

用於個體之造成，如雞雛之出於卵等，以免名詞上之混淆。

有機天演乃物種變遷之自然歷程，繼續不斷；常以一定方向，按步進行。於是有新個體起，初謀立足，繼而繁孳，與其先世族裔，時或同時生存，時或取而代之。吾人所畜養之各種雞鵠，即係今日尚生存之石鵠與林雞，幾經天演之歷程而出者；但今日大多數之禽畜，其所自出之原始族裔，久已滅亡，尚有多種且無從查考焉。天演者，一長遠之歷程，或來或往，或現或滅，悠遠不絕，一如長什之音樂焉。

二

地球之起原 吾人用科學文字，決不能言『最初』二字，蓋吾人既未嘗知見，又不能懸想一種情境，謂其前更無存在之物也。故吾人須予一限制，而後可以研討太陽系中地球之起原。若因此探討，而知日與行星出於星雲，亦祇覺得一相對的起原。此星雲之起原尚須探討，即在物質之先，或尚有一無物質之世界。若吾人取昔人之言，認『世界之最初爲心』，固未嘗不可發表一大真理，然已逸出科學之範圍矣。

星雲學說 科學家最偉大之想像之一，厥惟星雲學說。此說爲著名天文學家拉普拉斯 (Laplace) 在一七九六年所創，以爲太陽系最初爲一極大之燃燒體，向其中心緩緩旋轉。當此白熱之雲氣世界漸次凝冷，旋轉之速率漸增時，此收縮之體乃分出一旋轉之環，終則此環斷裂而凝結爲最遠之行星。中心收縮之本體繼續分裂，繼續凝結，成其他之行星與地球等。其餘留居於中部之體，卽地球是也。

拉普拉斯之說，康德 (Kant) 在四十一年前已發其端。拉氏對此，頗加以科學之審慮，猶認爲一種『猜度之辭，蓋凡非觀察與計算之結果者，皆當以懷疑態度處之也。』後日之研究成果證明其所得，知懷疑之有據，蓋此種研究最初之星雲不必盡熱，亦不必爲氣體。且拉普拉斯各環繼續自本體分裂，與旋轉氣體狀之環能凝成行星之說，皆有難通之理也。

故昔時以熱氣星雲自爲一單體旋轉之懸想，終爲他種懸想所代，羅挈爵士 (Sir Norman

Lockyer) 在一八九〇年，指明現今地球每日獲得之隕星以百萬計；在太古時代，此種之增加，其

速率與體積或遠在今日之上；地球卽以此法造成隕星之墜落固屬事實，但仍須先有一中心卽行

星之核以吸收之，此中心以何法造成，乃一大疑問也。且隕星散布無定所，四處分散，難於集合爲單體。張伯倫教授 (Prof.

Chamberlin) 有言

『隕星或爲古代星系爆裂之產物，而非太陽系所自出，』誠不誣也。此外，尚有數種學說以解釋太陽系之所由造成；但自專家之眼光觀之，則以張伯倫與毛爾登 (Moulton) 所創者

爲最合理。據此說，最初一大星雲體凝結爲日，嗣因受他星吸力之影響，各行星乃陸續被吸而出，以



在斯卡巴洛 (Scarborough) 墜落之隕石

現存自然科學館中，重約五十六磅，爲一石質之隕星。

成瘦結狀之旋渦星雲，如吾人於天空中多所觀見者焉。

此『瘦結』最爲重要，蓋卽吸收飛散質點之中心也。起初分裂部分之飛散於空中者，各循一新軌道以繞日，成『小行星』(planetesimal)。此等小行星乃逐漸爲此瘦結所吸收。

地球之生長 此新生之地球——張伯倫學說之『地球瘦結』——計其直徑約爲五千五百英里。但因逐漸吸收小行星故，至其長大之末期，其直徑乃爲八千一百英里。自後則日縮，因按期皺縮之故，乃造成各大山脈，至今日其直徑乃爲七千九百十八英里。但在其皺縮之時，地球更有多種之變動。

地球內部鎔質之煎沸，每每使之噴射出冷結之地殼以外。結果則較輕之物質浮向地面，較重之物質則沉入地下。故陸地多爲花崗石(Granite)等較輕之物質所成，而海底則爲玄武岩(Basalt)等重物所成。在有限之面積內，海常變爲陸地，陸地常變爲海；但各大洲與海洋區域之分別，當肇始於極早之時期也。

外面之石球爲大地較爲穩固之外殼，在最初時代其厚或約有五十英里。此時地上尙無大氣；

而水之積聚成今日之海洋，亦在極長之年代以後。水初自地球之本身流出，距無數年後，乃有雨水，將裸露之岩石，溶化其鹽質，而使海水變鹹，古時大陸之地殼經風與水之侵蝕，乃造成沙岩 (sand-stones) 泥岩 (mudstones) 等水成岩 (sedimentary rocks) 之原料，至今此種岩石或謂已厚至五十英里矣。

三

生物家庭之造成 試問以太古時代粗糲寂寥之世界，如何柔弱之植物得以萌發而生長，以成今之所謂生物，誠一極有趣之事也。世界固有極頑強之生物，但大多數皆不能禁耐暴烈之環境。大多數生物皆宜有溫和之氣候與和善之反應。故在古代最重要之物，即係大氣中所充滿之小行星塵，如張伯倫所云，外足以障日光強烈之輻射，內足以障地球熱力不平均之輻射。是乃為生命最初之預備；惟是時大氣中尚無游離之氮氣也。與之同等重要者，則為池塘湖沼海洋之出現。在太古之世，地球或全為水所包圍；水乃為生命之第二預備。蓋水所溶解物質之種類較任何液體為多，而其溶解度亦更大；夏日池塘之蒸發，既不易罄盡，冬日亦不至完全凍結；在各物質中，流動之運輸最

便，物質之分解最易；其所含成分，百分之八十以上皆生活物質也。

另一重要之事實，則在漸涼之地球，其大氣中，常滿儲氫氮炭三種原質（含於水氣與碳酸 carbonic acid 中），蓋此三種奇異之原質，皆具有相類之特殊性質。極易成種種之反應與關係，起極繁複極駁雜之變化。因而造成黏膩滲透之物質，於以構成生物。總之，無機世界之原料，宜於造成生物居處之家庭，其事蓋顯而易見者也。

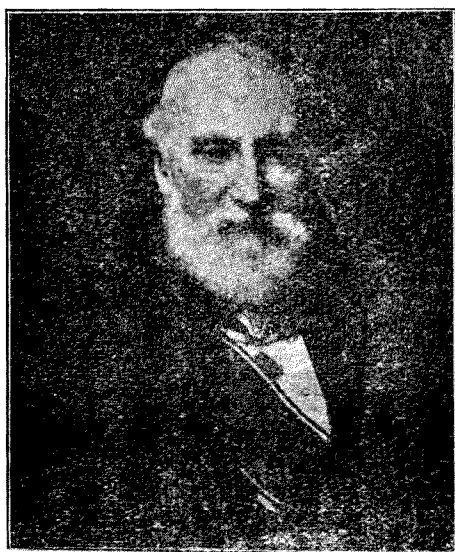
地球上生物之起原 在地球歷史之最初數期，吾人所能想像之任何生物均不能生存其上。其上溫度過高，既無大氣，亦無表面之水。直至無人能知之某一遼遠時代，生物始出現於地上。其如何出現之情形，無人知之，但若研究其所以出現之道，亦一饒味之事也。

自古以來，即有一種答案：以爲地球之質點，或自來即賦有一種爲科學所不能究詰之生命。此說固可了結問題，但不免失之過驟。第二種學說則爲赫爾姆霍斯 (Helmholtz) 及克爾文爵士 (Lord Kelvin) 諸人所持，以爲微細之生物或來自他世界，居隕星之裂縫中，或雜於大宙之微塵質點中，因而傳布至地球上。蓋種子每能生存於長期之極低溫度之下；細菌 (bacteria) 之孢子

(apore) 能耐甚高之溫度；植物之種子與動物之精與卵，在休眠狀態中能禁受長期之乾旱與養氣之缺乏。故如裴塞洛 (Berthelot) 所云，祇須分子未經解散，所有生命之活動可以暫時停頓，直至復得相當之環境時，生機始重行發動。故經過一長期之旅行，以達於大地，非不可能之事也。但克爾文學說之短處，在將生命起原之問題，由地球上推委於他處，初非解決之道也。

第三種學說以為地球上最初之時或有一種

最簡單之生物，產生於無機物中，由於半流質之炭素化合物經酵素之作用而成。此說之所以可信，



克爾文爵士

十九世紀最大物理家之一。氏估計地球之年齡為二千萬年。但彼當時無今日之發明，照今日之估計，地球之年齡當須大增云。

由於近世有機化學家，能用無機化合物以造成草酸 (oxalic acid) 藍靛 (indigo) 柳酸 (salicylic acid) 咖啡精 (caffeine) 葡萄糖 (grape-sugar) 等物之故。吾人固不知何者在自然界之大實驗室中，可代彼敏慧化學家之職，但自然界中似有一種由簡趨繁之勢。如電子造成原子，原子造成分子，小分子造成大分子是已。

關於生物之造成，有各種詳細之解說，當於另一章中討論之。就今日吾人所知生物界之情況，似無自動發生 (spontaneous generation) 之現象；所有之生物，皆出自前已存在之生物；其偶有持反對論者，多由於試驗之疎忽。但須知一初生物皆出於前已存在之生物，乃因實驗所得，並無例外，故可認為事實，此是一事；若謂此理終古不磨，則又為一事也。

即使有機化學家之技藝日進，而化合物如蛋白質一類者，可用人工造成，或吾人更能明瞭簡單之生物，可由無機化合物製造而成，亦不至使吾人通常對於生命之見解有所改變，不過使吾人平常所謂無知覺之死物更能增加其價值耳。若果地球上之微塵，在荒古之時自然產生原始之生物，若生物果真為地與日光所生，則覺全世界更為綿延，更有生氣；而無機界之呻吟痛苦，亦更易了。

解矣。

四

地球上最初之生物 吾人對於地球上或包圍地球之水中最初之生物僅能爲一臆忖之想像。但可爲吾人臆忖之基礎者，惟今日生存之最簡單生物，如數種細菌與單細胞之原生動物，尤以尙未分明變爲植物或動物之原生動物而已。今此事雖無人能下斷語，但有謂最初之生物，爲微點狀之生活物質，略似今日之細菌，能恃空氣水分與溶解鹽質而生存者，則此說殊有可信之理也。由此來源乃產出單細胞之海水中生物，能製造葉綠素或類似葉綠素之色素，因之能利用日光之能力以分解碳酸氣，及造成（即光合作用 *photosynthesis*）糖質與澱粉等炭素化合物。此微小之個體或爲纖維素（*cellulose*）之細胞膜所包圍。其所蓄之能力，可於其鞭毛搖擺之運動見之，以此能在水中迅速游泳進行。今日尙有多種此類生物，大多數居於水中，但亦有少數單細胞植物在潮濕空氣中，能使樹幹甚至隄石變爲綠色。察赤教授（*Prof. A. H. Church*）以爲地球歷史中有
一大時期，即係此無量數植物界始祖之綠色鞭毛蟲（*green flagellates*）廣集於沉浸萬物之大

海中之時也。

在另一方向，或演成一系吞噬他物之簡單生物，不能自行利用空氣水分與礦物鹽類以造成有機化合物，但能吞噬其鄰人以自生。此種生物不為纖維素之細胞膜所包圍，惟全體裸露於外，其原形質 (protoplasm) 能自由伸縮變形，狀如溝中之變形蟲 (ameba)，或吾人之白血輪 (blood corpuscles)，以及其他變形蟲狀之細胞，是為動物界之始祖。於此可知最初之植物，與最初之動物，皆自最單簡之原生物所產出。然其體皆極微小，此時若有具有科學概念之人生存其間，將慨歎地球上之絕無生物，實則海中已為生物所騰集，但目不能見耳。最簡單之生物與赫胥黎所稱為生命物質基礎之原形質，將於此書後部生物學一章中論之。

天演最初之重大步驟

最初之動物——最初之植物——身體之起原——雌雄性之天演——自然死亡之起原

動植物之比較 生物系統之所以分爲動植物兩大支者，實有機天演爲其最初之重要進階，而全部自然史中，亦惟此爲最重要之分途也。

正式之植物皆有葉綠素 (chlorophyll)，能以簡單之化合作用，從空氣、水分、與礦物鹽中取其營養之物，並利用日光之能力，以行光合作用。其細胞包裹於纖維素之胞膜內，因而其運動之機會乃大減少。其所造成之養料遠出於其所能消耗者之上，故其生活所費頗爲省儉。惟彼等體中所積聚之氮氣廢物，無排泄之方，此其所以遠較動物爲遲鈍也。

至各動物，則生長於一較高之化合物階級上。其所賴以爲生者，爲炭水化合物 (carbohydrates) 如澱粉 (starch) 與糖等，脂肪，與蛋白質 (proteins) 如麩質 (glutin) 酪素 (albumen) 等，或爲他種動物所造成，或爲植物所造成。其細胞無纖維素之胞膜，且大多皆無任何種之胞膜。大多數動物皆有無限制之運動能力。動物消耗養料之率，幾與其製造能力相等。若吾人取一種植物與其同重量之動物相較，各取其建設之營養化學歷程與其消耗之營養化學歷程之比例觀之，即見此種建設與消耗之比例，在植物較在動物爲大也。換言之，即動物攫取植物以勤苦工作所得之養

料，消費之於運動與工作之用；而動物界之全系統，皆恃綠色植物之光合作用以存立者也。

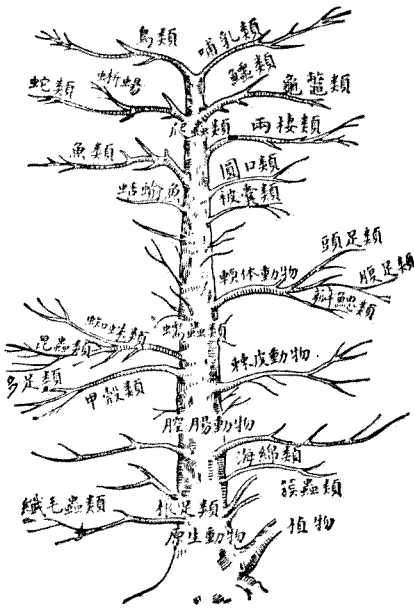
動物以其生活多含消費作用，故其體中易積聚其生活火之灰燼之氮氣廢物。其除去此項廢物之方法頗為靈巧：即以腎（俗名腰子）為濾器，以濾清全身之血，不致令此項廢物結晶或沉澱於體內，使器官閉塞，如在植物體中者然。不甚運動之動物如海參等則無腎，是為最能證明此理之特例；因其無腎以排除廢物，故運動甚緩慢也。以上所舉，實為動植物之基本區別，然例外者亦頗有之。動物有具植物性者，如附生之海綿，珊瑚，海參，沙蠟等。植物亦時具動物性如根莖葉，而花之各部分亦有時能運動是也。但最重要之事實，則為生物系統最初之分支即動植物之區分，實為一切高等生物（人類自在其內）之所倚賴焉。文化之繼續，人類與動物之營養生存，甚至吾人所吸之養氣，皆賴綠葉內之實驗室——此種實驗室能利用日光之助力，將水與碳酸氣及礦物鹽類，造成生命之養料焉。

二

陸生植物之肇始

最初之時，地球上殆曾經過極長之時期，全為水所淹沒；其時原始之植物

厥爲一般海洋中之簡單鞭毛蟲。嗣以地殼收縮之故，乃致海底有升高降下之處。中有堅硬之海底上升至極近海面，使浮飄之植物得附着其上，而同時得日光之照射。此乃察赤教授所認爲固定植



動物源流樹

表示按天演次序生物界普通所分之各區之相互關係。此圖所表示者爲吾人今日所知之結果，然仍不過暫時之排列，不得認爲確切不移者。

物之所以肇始，而爲天演史中極重要之步驟也。或在此種最早之植物中，動物得其初次之成功。當此海底繼續升高時，大陸乃漸漸出現。上說之附著植物是爲海岸所生海藻之遠祖。若吾人於落潮

之後，涉足於此種僅在此時暴露於外之叢莽中，即可見荒古時之狀況；是蓋原始之森林也。

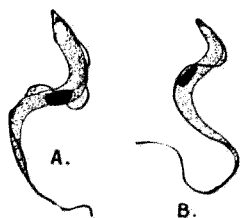
原生動物 (Protozoa)

動物之較海綿動物腔腸動物更為低下者，是為原生動物。此名固謂

『最初之動物，』實則僅指其中之最簡單者，能使吾人揣知最初之生物有若何之簡單耳。蓋今日之大多數原生動物皆極複雜，決不能認之為最初之動物。雖大多數皆非顯微鏡不能見，然每個體皆為一完全之動物，備有與人體相同之基本作用。其與高等動物異者，為非為多數細胞所組成。彼等無細胞，無組織，無器官，非平常此等字義所能指者；但其內部之構造甚為複雜，遠出於造成高等動物之普通細胞之上。彼輩乃未造成軀體之完全生物也。

在鴻濛遼遠之往古中，有一時期，其唯一之動物厥為原生動物一類。吾人可斷言天演史中之一大步驟，是為產生三大類之原生動物（甲）

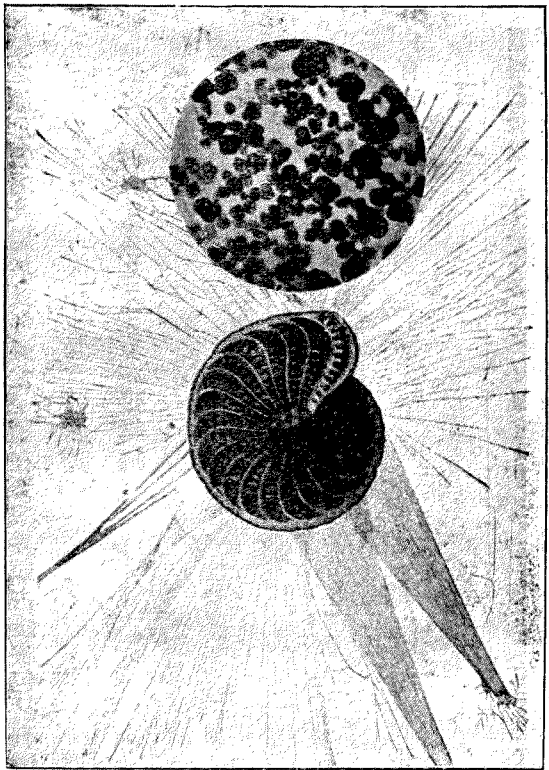
最活潑之纖毛類 (infusorians) 如拖鞋蟲，



睡病蟲
(大加放大)

此顯微動物致非洲最可畏之睡死病。此病近年來蔓延日甚，故研究益形重要。此病蟲為賊蠅所傳，人被此蠅所嚙，即得此病，病蟲居人血中。

(slipper animalcule) 如使海中夜發燐光之夜光蟲 (Noctiluca), 如致睡死病之睡病蟲



白 聖 蟲

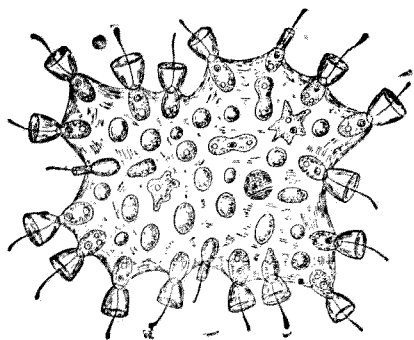
上部圓體表示一羣造白聖之白聖蟲，每蟲不過大如最小之針鼻。此種動物造成多佛及其他地方之白聖岩，乃由古時海水中升高者。

下方爲一普通白聖蟲之放大圖，表示中間之殼與四圍射出之原形質網，其中多數小顆粒繼續遊行，卽用以獵取吸收食物。

(trypanosome) 等。(乙)運動極緩慢之孢子蟲(Sporozoa)類，如寄生人類而爲蚊蟲所傳染之

瘧疾蟲 (malaria organism) 等。(丙) 不過於活潑亦不過於遲鈍之根足類 (rhizopods), 具有能伸縮之原形質者。此屬於變形蟲之一類, 在天演界頗占優勝, 包括有變形蟲與造成白堊粉之白堊蟲 (Foraminifera)。與海洋中具有極美麗之矽質殼之放射蟲 (radiolarian)。在複細胞動物體中, 亦有與此類動物相類之細胞, 名為變形蟲狀細胞。最著者為白血輪, 在體中巡行, 遇有侵入體中之細菌, 則吞噬之消化之; 若何物須毀壞而重建者, 則白血輪擔負此責任, 此外尚有種種功用也。

三



原始海綿

為最簡單之多細胞動物 (Proterospongia) 之一表示軀體之肇始。其精子細胞與卵子細胞與營養細胞有別; 外部有頸之細胞亦與內部之細胞有別。於此已如多數多細胞動物開始有分工現象。

軀體之構成 自然科學大家阿伽西 (Louis Agassiz) 曾云在有機世界中, 最大之分界, 厥

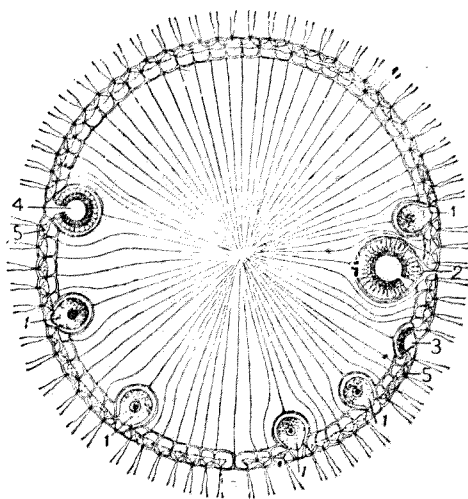
為單細胞動物與多細胞動物。但此分界至海綿, 水螅 (Hydra), 及簡單蠕蟲逐漸天演至有軀體後,

已不復存在。此種軀體之構成實爲最饒興味之事，而亦天演史中一大步驟。其所以致此者，固無人知之。但亦非絕對不能理解者。

當一普通之原生動物分裂成二個或數個，以達其生殖之目的時，其子體各各分離。但有數種原生動物，其子體不全分離，連合爲一體。故如溝渠中之團藻（Volvox）（譯者按此物植物學家認爲植物，動物學家認爲動物，今所用者爲植物名）爲一極美麗之綠色球，爲一千至一萬細胞所組成之羣體。蓋彼幾構成一軀體矣！但在此構成羣體之原生動物，或其他與之相類之種類，其各個細胞皆爲同式者。至真正之多細胞生物則有各種細胞，以行其分工作用。又有數種原生動物，其細胞核在一細胞中分成多個細胞核，此可見於浴鴨池中之大變形蟲（Pelomyxa）或居於蛙之食道後半部之美麗貓睛蟲（Opalina）中。若此類原生動物之細胞質，各以一部分圍繞一細胞核，則不啻一肇始之軀體矣。若再加以分工作用，如將生殖作用之雄精細胞與卵細胞與軀體細胞分開，則尤似肇始之軀體矣。

彼有軀體之動植物或卽由近似上述之方法演進而成。於此有兩點須注意者。第一，軀體之構

成，與動物之大小無關；不過惟以此法始能造成大動物耳。故如車輪蟲 (rotifer) 類中之錐輪蟲 (Hydrina) 共有九百餘細胞，而原生動物除如團藻之羣體外，只有一細胞，然二者之體積相若。第二，則一切複細胞動物，自海綿至人類，在最初之時皆為一『單細胞』是為受精卵，由此而分裂增加蛻變以成軀體。非謂平常任何單獨細胞皆能發達為一蚯蚓，一蝴蝶，一鷹，一人；其能如此發達者實為含有若干年代之豐富遺



團 藻

團藻生於溝渠水塘之中，為最早有軀體之生物，其體含有一千至一萬之細胞；但其細胞僅有一種。在多細胞動物，細胞有多種，各有不同之功用。每一平常細胞 (5) 有二鞭毛。子羣體常在 (3) (4) (2) 等處發生於母羣體中。生殖細胞之發達在 (1) 處表示之。

傳之細胞。但最有趣味而宜牢記者，則為多細胞動物之由常法生殖而不以發芽或他法生殖者，皆

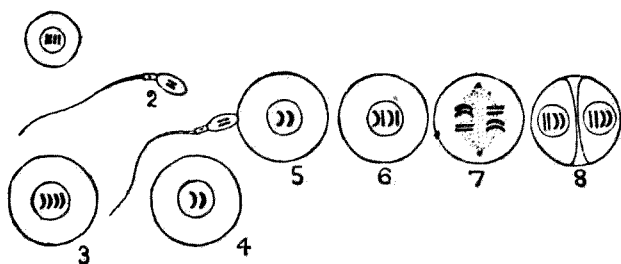
肇始於一受精之卵。由受精之卵分裂爲子細胞，子細胞復結合而成軀體，由此可以追想子細胞最初結成軀體之情狀矣。

有性生殖之肇始 生浮萍上之水螅常用發芽法繁殖。其母體上發生子體之芽，與之同一形狀；繼則營養發生障礙，而子體與母體分離。大海葵 (sea-anemone) 能分裂爲二分或三分以上之部分，而成獨立之動物，是爲無性生殖。其生殖也，以其體之分裂，而不以產生雄精細胞與卵細胞。在動物與植物，此種無性生殖，殊爲習見之事。但此法頗有不便之處，蓋在生理上觀之，殊不經濟，且至體中各器官關係極密分工極細時，此法尤爲不便。故吾人決不能設想一蜜蜂或一鳥能以分裂或發芽之法繁殖也。且若無性生殖爲惟一繁殖之方法，則母體所曾受之損傷，必至遺傳於後代也。

分裂之法乃舊式之繁殖法。天演史中之一重大步驟，在發明一較佳之新法，是爲有性生殖。此法在受精卵發達成軀體時，將一部分細胞預儲爲生殖之用，而與普通肌肉與器官之造成無關；能單獨自立，使凝縮於受精卵中之全部遺傳性，得以繼續不絕。此種細胞之保留，所以備將來成熟動物產生生殖細胞之用；而從此產生雄精細胞與卵細胞也。

有性生殖之法，有以下諸大優點：

(1) 下代之產生不甚耗費，蓋分解生殖細胞於精液，自較分裂軀體之半為易也。(2) 可同時產生多數新生命，此點在生存競爭極烈，而父母不能照料時，極為重要，否則常有滅種之虞也。(3) 生殖細胞不易為父母體所受之惡影響所侵害——除非有極烈之傷害，如毒物等，深入其體。(4) 更有一優點，即能造成兩種生殖細胞：一為卵細胞，含有多量之建造材料，且常具有遺傳於胎兒而極富營養物之卵



表示原始個體生命之圖式

(1) 未成熟之精子細胞有四染色體(chromosome)以四直線代表之。(2) 成熟之精子細胞含有二染色體。(3) 未成熟之卵細胞有四染色體，以四曲線代表之。(4) 成熟之卵細胞有二染色體。(5) 精蟲與卵配合輸入其二染色體。(6) 受精卵有四染色體，二出於母體二出於父體。(7) 染色體。排列於赤道盤，各縱裂為二，由精蟲輸入之中質體(centrosome)亦分裂為二，各居細胞核之一極。此與卵之分裂有極重要之關係者。(8) 受精卵分裂為二細胞，各有父性二母性之染色體。

黃；一爲精蟲或雄精細胞，能游泳於液體中以覓就甚遠之卵，而達其引起變異之異體交配之目的焉。

四

雌雄性之天演 有機天演之另一大進步，厥爲分成兩種生理的性別，雄者生雄精，雌者生卵。此種區分似在生殖細胞之內部組織中已有之，故使鳥巢中緊相倚傍之兩卵，一發達爲雄體，一發達爲雌體。據里德爾教授 (Prof. Oscar Riddle) 之研究，鴿卵有兩種，一種產雄鴿，一種產雌鴿。兩種之卵，其造成卵黃與其他生理上之性質，均不相同。

在海膽 (sea-urchin) 每有外狀無別之兩個體，然一爲雌體，有大卵巢，一爲雄體，有與之同大之睾丸。此處，其生理差別不影響於軀體之全部，而僅影響於生殖器官，若更從生理學深究之，則能發現其血液或營養代謝中之差別也。至大多數動物，則雌雄個體有極顯著之表面區別，雌雄孔雀雌雄糜鹿之區別，固吾人所習見者也。此處則產精胞者與產卵胞者之主要區別，乃瀰滿於全身。至足顯示其雌雄結構與習性之差別。雌雄性之表現，有時受制於合而孟 (hormones) (一名化學

使者 (chemical messengers) 此物能藉血液之流行，自生殖器以循環於全體，又能操縱角，冠，毛羽，聽音，舞蹈，技能之發達。吾人確知某種雌體亦蘊蓄雄體之性質，但卵巢中之合而孟能制止其表現，關於此種合而孟之作用，以後將詳言之。

按近日之研究證明，雖雌雄性之區別極為深切著明，然非截然分畫。故亦有雌鴿多具雄性，雄鴿多具雌性者。蓋雌雄程度之差別，而非種類之差別也。

五

一切生物何以皆不免於死亡？此大可研究之問題也。美國加利福尼亞之大稀檜樹 (Sequoia) 曾生存至二千年之久，然終亦死亡。龜有活至百歲者，海葵有活至六十歲者，亦終於死亡。軀體死亡之終不可免，究有何意義乎？

自然死亡之肇始 平常死亡可分為三大類。(甲) 大多數動物皆遭慘死，或為他種動物所

食，或因環境之重大變遷而致死。(乙) 當一動物入一新區域，或與他種生物起新接觸，每每為微生物或較大之寄生生物所侵害；對於此項未慣受之寄生生物，動物每無抵抗之能力。動物對於多種舊

有之寄生物常能任其生長而無大害；至新寄生物則常足以致命，例如非洲賊賊蠅 (Tse-tse-fly) 嚙人，則傳染致睡死病之睡病蟲，其害之烈，吾人所習知也。在多數動物，苟寄主之身體強健，寄生物爲害不大；若寄主之體就衰，則寄生物乃大得勢而能致主於死，如所謂之『松雞病』 (Grouse disease) 是也。(丙)但在慘死與微生物(或寄生物)所致之死外，尚有自然之死。此可謂爲取得軀體之代價。有取得價值之軀體，必極繁複而分工極細，且必有穩定之內部組織，久經動用，則逐漸衰耗。所衰耗者與其設爲細胞內之原形質，寧謂爲支撐原形質之軀幹——卽生命實驗室中之內部陳設也。體中固有各種返老還童之方法。如休息，補繕，變遷，重行組織，皆以抵抗衰老之影響；但最後則衰老終不能免。自然死亡之另一甚深奧義，厥爲生殖作用之生理消耗。在多數動物，自蠕蟲至鰻魚，其死亡皆發生新生命之代價也。最奇異之事厥爲最簡單之動物，如原生動物，乃無自然之死亡。其軀體比較爲簡單，能以休息補繕，抵補其消耗。彼等不積欠惡債，且其分裂軀體爲二或多數之繁殖法，在生理上消耗亦不大。永不死亡之幸福，在多種簡單之多細胞動物，如水螅扁蟲等，亦能享之。此種避免自然死亡法之演成，是爲天演史中最有趣之一章，如珊瑚礁中之大沙蠶 (patole

worm) 當放出生殖細胞時，其體開裂，但頭部固著珊瑚罅隙中，從容產出一新軀體焉。

與避免自然死亡方法之天演所宜同時討論者，為逐漸成立與本種最有利之壽命長度，與生活史之分段，使適合於各種環境焉。

六

重大之獲得 在海葵，水母等

動物，其體之對稱為輻射狀者，即無所謂左右，其體可由多數方面分為兩半也。此種對稱利於固著或飄浮之生活。但至蠕蟲，則以其體之一端，向前運動，為最有益之習慣。自蠕蟲至於人類，大多數動物皆兩旁對稱。

彼等皆有左右兩半，祇能從一平面將其體分為兩半。此種對稱，較輻射狀動物更宜於勞動之生活，



海葵之玻璃標本

一長管狀海葵，有圈精細之足環口而生。其形狀極似一花。足上生有多數可收之刺環，即用以刺取小動物而食之者。

宜於獵取食物，避免仇敵與追逐配偶。同時以兩旁對稱之成立，頭中之腦亦應運而生，蓋在數種簡單之蠕蟲，腦已開始發生也。

在其他逐漸天演之重大獲得，吾人可注意以下各種：如甚為發達而具有感覺器官之頭，內部面積之增大，如食道之消化與吸收壁之成立，收縮極速之有紋肌肉與筋肉附屬物之起源，血之造成，使為體中分布之媒介物，體中各部分皆從之取得其所需，而輸給其所造，皆此類也。

另有一種極重要之獲得，據吾人所知，僅脊椎動物所獨具者，則為內部分泌

腺如盾狀腺 (thyroid gland) 腎上腺 (suprarenal gland) 之類。此種器官製造精妙之化合物



蚯 蚓

蚯蚓始有將其體之一端永向前而進行之良習慣，而自蚯蚓上至人類其體皆兩旁對稱。

分布於血中，以達於全體，對於節制調和種種生活作用大有影響。一類謂之合而孟或名刺激液，能刺激器官與組織增加其活動。一類謂之節制液(chalone)能限制器官與組織之活動。數種能節制生長，數種能急速改變血之成分與壓力，數種能使體中之某部分之待發達者急速發達。故在適當之時期，哺乳動物母體之乳房，乃由靜伏之狀態變為活動者也。天演史中此種有趣味之結果，於此書之另一部分中當更詳細討論之。

動物行爲之斜面

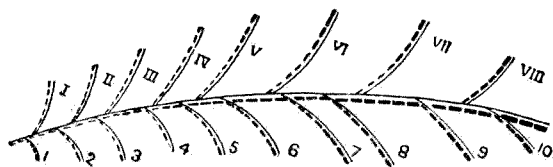
一

在吾人進行研究各世代高等動物之逐漸演化之先，宜略事研究動物行爲之天演。

心意之天演 人類肇始於一極微細之受精卵細胞，其中蘊蓄長期結果之人類遺傳性。以處

胎九月之長期，與母體生理有密切之聯絡，斯時如入睡，無人能言未誕生之胎兒心意如何也。卽至誕生之後，心意之發達雖極神奇，然亦極緩慢。最初在受精卵與胚胎之初期，完全無神經系，神經

系蓋由最簡單之起點逐漸發達而成者。但心靈不能來自外方；故無論如何，吾人不得不承認其可能性，在個體發生之初即有之。各種特別之心靈現象如思想，感情，意志，為吾人最習知之經驗，為吾人感覺以外之活動，此數者之可能性之必蘊蓄於生殖細胞中，亦猶牛頓之天才必蘊蓄於一極劣之嬰兒體中也。在個體中為然者，在種中亦然。生物之活動之一種，吾人所謂為心意者，亦有一逐漸天演之歷史。在吾人不能指定一點，云在此以前無所謂心意。實則有生命即有少量之心意，即植物亦有之也。若更為精確之解說，可云吾人所謂為生命



動物行爲之斜而圖式

正中之線表示生物之生命。上面者為有創始力之活動；下面者為幾於完全機械的活動。

上面 I. 奮力之活動。II. 簡單之試驗。III. 試驗與錯誤方法。VI. 無知解力之試驗。V. 『經驗』之學習。VI. 『聯想』之學習。VII. 知解之行爲。VIII. 理智之舉止（人類）。

下方 1. 對環境之感應。2. 記錄之反應。3. 簡單之反射活動。4. 繁複之反射活動。5. 轉應。6. 固定之節奏。7. 簡單之本能。8. 聯屬之本能。9. 受有知解影響之本能活動。10. 高階級（人類）之下意識行爲。

之一種活動，皆有少量內部或心意之狀態焉。

一最簡單之動物蓄有少量之潛能，繼乃因對付其環境而消耗之，若炸藥爆裂然。其爲此也，常能以自存之方法出之。故雖燃燒，而不至爲灰燼；雖爆炸，而不至於成齏粉。凡爲生物皆能於一長期或短期中保存其現狀——盡其壽命之限度。生物之不善消耗其能力，或消耗於有害於己之方法者，在生存競爭中，必歸於被淘汰之列。當在顯微鏡下，觀彼原生動物游行考察其區域時，恰如在望遠鏡中，觀察獵犬之巡察田野，似不能不承認在其活動中有類似於心意之企圖也。此種印象，至一變形蟲追逐另一變形蟲，獲得之，吞噬之，忽失之，重行追逐之，等等行動，尤加強固。吾人敢深信者：彼原生物之行爲，決非如鉀素顆粒跳躍於一盆水中，或兵艦上之礮開放時向側捲動之情形可比。另一特點即原生物之遊行運動常能表現個性，例如作螺旋形運動是也。

但生命活動舍由生物之本體施影響於環境外，生物尙能被外間之環境所影響。是猶盾之有兩面，生物施於環境爲盾之一面，環境施於生物爲盾之又一面。若吾人欲見生命之全體，吾人必須認明所謂生活現象之兩方面；夫所謂天演者，其意即增加有利之銳覺以對付環境，更能利用環境

之影響，避免無益之刺激，多開知識之門戶是也。若並此而不知，則忽視動物生活史之一重要部分矣。以故鳥之世界較蚯蚓之世界更大而更美；世界對於鳥之意義，亦較蚯蚓爲豐富也。

試驗與錯誤方法 (trial and error method) 簡單生物能以某程度之自動進取施動作於環境；同時亦能對環境而起有效之反應。動物對於環境每有一定之反應，有時數次，有時一次，如拖鞋蟲行近一種不適宜之環境，立將其顫毛之運動變易方向，向後退縮，略轉移一方向，仍向前方進行。若此次不再遇不適宜之環境，固佳；若再遇之，則退縮轉移如前狀，直至發見一出路，或爲此種刺激致之於死而後已。

拖鞋蟲之於各種問題，惟有此一種答案；但在他種原生動物，則有數種素具之反應。當動物有數種反應可以更番試用時，此動物即係採用試驗與錯誤之方法，是則更進一階級矣。

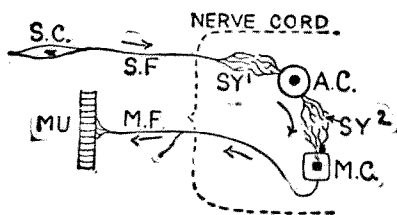
此法即求滿欲望之努力，與解決問題之試驗。當此生物受其經驗之益，至可以解決問題時，即是學習之嚆矢也。

反射行爲 在簡單之多細胞動物如海葵等，吾人初見反射行爲之肇始；下等動物大部分之

行爲，皆反射行爲也。反射行爲者，在動物正在發達之時，其體中之肌肉細胞與神經細胞有一種預定之布置，使對於常遇之刺激，爲一種適當之反應。當蚯蚓露其半體於外，而覺有輕微之畫眉足步時，立即收縮入孔穴之內，此非蚯蚓之反射行爲乎？

蚯蚓表皮之某種感覺神經細胞，爲土地之震動所刺激；此消息乃傳遞至神經細胞所連之神經纖維，而達於中樞神經。感覺神經纖維與各枝中介傳達之細胞相聯絡，此種細胞又與司運動神經之細胞相連。前項刺激之消息乃移至此處，由司

運動之神經細胞發出一種衝動，傳達於其司運動之神經纖維，復由此而轉達於肌肉，肌肉因而收



表示在無脊椎動物如蚯蚓中之單簡反射弧之圖式

- (1) 一在表皮上之感覺細胞 (S. C.) 受一刺激。
- (2) 此刺激循感覺神經纖維 (S. F.) 而進行。
- (3) 感覺神經纖維在神經中之分枝。
- (4) 其支與傳導細胞 (A. C.) 之枝密接 (S. Y.₁)。
- (5) 傳導細胞之他枝與運動神經細胞 (M. C.) 之枝密接 (S. Y.₂)。
- (6) 一衝動乃隨運動神經纖維而進行。
- (7) 運動神經纖維復與近表面之肌肉纖維 (M. F.) 接觸。肌肉纖維運動，而反射作用乃完成。

縮。此種經過，若須費上方敘述或僅言其大略之時間，則在蚯蚓將無大益。但運動反應幾於立刻追隨感覺之刺激。此種反射行爲成立之佳處在反應之能力與生俱生，不須學習而後得；即使有腦，此種反射行爲亦不須腦先受刺激，且動物亦不須起意志之作用以行之。然有時能藉更高神經中心點之節制，使自然之反射制止不行，如在嚴肅之境況中，吾人制止噴嚏與咳嗽是也。天演之方法，即在造成立能運用之反應，吾人若逐漸上溯動物界之各支，則見各種反射動作，非常複雜而勾連，拔茅連茹，有其一必牽及其二，於是而成一串之動作。如捕蠅草 (*Venus's Fly-trap*) 一類之食蟲植物之捕取昆蟲，其動作頗似反射動作，但植物無有明確之神經系也。

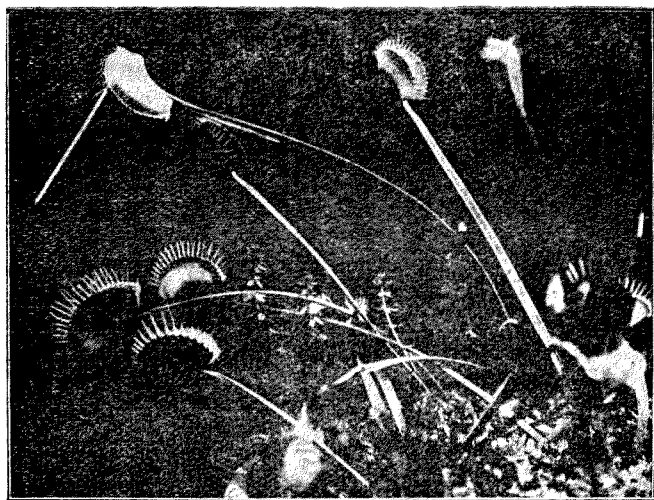
何謂轉應 (*tropism*) 在動物心意之斜面較高之階級，則有所謂轉應者，即動物對環境起一種必然之運動，使其全體對於地心吸力，壓力，水流，濕度，熱，光，電，接觸之面之刺激，得回復生理上之平衡是也。當一蛾飛過一蠟燭時，其近光之眼受光較強，因而引起一種生理上之不平衡，而影響於神經細胞與筋肉細胞。結果則蛾自動更改其飛翔之方向使兩眼皆受同等之光度。然其爲此也，每致誤投入火。

蛾之投火，固爲蛾極不幸之反應，但火燄爲其環境中純出人爲之物，固不能期其適合於蛾也。此類之轉應，乃動物行爲中重要之元素。

二

本能行爲 (instinct)

behaviour) 更上階級，則爲本能行爲。其在蟻，蜂，蜜蜂等，所達之完備程度，至可驚異。本能行爲之純正表現，全仗先天之稟賦；絲毫不須學習，與練習經驗

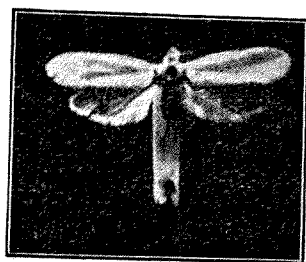


捕 蠅 草

世界最奇特之植物之一，能用其葉之一部所成之機括以捕取蟲類。圖中所表示者爲以一細莖觸之，而被捲去挾持之狀，其葉上有觸覺之毛六。若昆蟲落於葉上而與其一毛接觸，立即引起運動，葉之兩半速即閉合，其葉緣上之齒亦交絡，以免昆蟲之逸出。繼即分泌消化液以食之。

無關，惟二者亦能改進之；本能行爲爲一種中一切同性之各個體所同具（雌體之本能，每每與雄體所具者不同；）而與其生活史中之某特別情形有極重要之關係者，此種情形有時一生僅有一次。如玉加花蛾之雌蟲，自繭中生出時，正鐘形玉加花開放之候。彼飛至花上，採取少量小蕊上之花粉，揉成一丸狀之小球，藏之頷下。嗣飛至一較老之玉加花，產卵於子房中之數胚珠中，但在產卵之先，彼必將頷下之花粉球置之柱頭之上。花粉萌發成花粉管，花粉管中之細胞核乃與胚珠中之卵細胞配合，種子乃得成熟，而玉加花蛾所用以爲其子嗣之襪者，不過全數種子中之一部分。玉加花蛾出蛹之時，毫無玉加花之經驗；然能本其本能，發爲一組貫串之動作，以達繼續其種族之目的焉。

自生理上觀點言之，本能行爲，甚似一串複式之反射動作；但至少有多數例，使吾人有理由信此



玉加花蛾 (Yucca moth)

玉加花蛾由繭中出後，即在夜間飛至一玉加花，由小蕊上採取花粉，揉成一小球，銜之口中。再飛至他花而產卵於子房中。產卵後乃將花粉置之大蕊之柱頭上，庶花得以傳粉而結實。玉加花在英國不結實，蓋以無此蛾故。

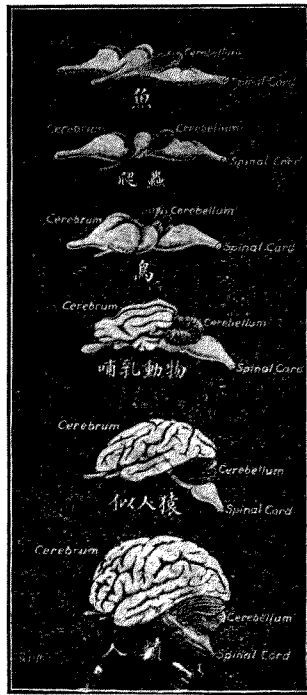
種行爲由自覺努力雜揉而成。此見解可以特種本能行爲脫離舊轍，以應付例外之情況證之。同時須注意者，即蟻蜂與蜜蜂大多數之動作，雖皆爲反射之行爲者，然有時亦遵試驗錯誤法之大概，至於鳥類與獸類之本能行爲，有時亦取智慧行爲而代之。或者本能行爲無不多少雜有智慧，亦無智慧行爲不稍雜以本能也。昔日以爲本能之行爲本導源於智慧，本能爲墮落之智慧，其說頗有可信之理。觀於平常習慣之智慧行爲可不需個人智力之控制，益可信其說之有徵，惟其說必以尙未證明之後天習性，可以遺傳於其裔族之學說爲根據，則爲其缺點耳。吾人幾可斷言本能爲天演史之另一塗徑，與知識有異，與算學家或音樂家天賦之神悟相近，而與鏗而不舍之智力鑽研相距甚遠者也。

動物之智慧

行爲之斜面更上之一階級，是爲狹義之智慧。動物行爲中，有非認定動物能從

經驗學習所得，作某種知覺之推論，不能解說者，皆屬此類。此種智慧行爲表示個體之差異者甚大；其性質極易受範，可經種種改變，非若本能有一定之軌迹，非將個體之天性澈底變更，則極難移轉者可比；且智慧行爲有領解各種關係之能力，非如本能行爲受特種情形之限制也。

至若能以普通之觀念爲試驗，除知覺的推論外，尚有相反之概念的推論，是則吾人所謂理性也。但在人類以下，尙未見有此種能力，雖在人類，吾人亦不能謂其完全有理性之行為，但人類時時刻刻有理性之可能性耳。



此圖表示自魚至人之腦之發達

前腦(cerebrum)爲智識之中樞，在天演進化程序中，逐漸較後腦(cerebellum)脊髓(spinal cord)爲大。在哺乳動物，逐漸變爲摺疊之狀，再在魚類，腦在一平面上者，乃逐漸彎曲。在鳥類，較所畫者更爲彎曲。

動物之本能智慧，在此書之他部分更將以實例明之。吾人此處所講者，不過爲行為之天演之普通問題。在智慧平面之上下，皆有一試驗行為之一大支。天演之目的，一部是使動物作有效的反應，以遺傳於後裔，其優點在使反應迅速，而生物因有餘力可以向上發展也。

在天演史中，動物行爲之繁複與技巧已漸增加，較能自制亦較能自由；至其行爲之內部，如試驗，學習，思想，感情，意志等，則日趨於重要。

三

父母保護之天演 哺乳動物爲天演趨勢之最高點，即產出已甚發達之胎兒，增加父母之保護，減少子嗣之數目等趨勢是已。英國有一種星魚名 *Luidia* 者，年產卵二萬萬枚，海鰻鱺 (*Conger eels*) 及他種魚聞產卵至數百萬之數。此等動物爲以撒卵法解決存活問題之例。多種動物生產能力極大，則撒布水中巨數之卵，可抵償幼年巨數之死亡，且可不須父母之保護焉。

但有他種動物，其生產能力較小，乃取他法解決此問題。彼所行者，爲父母之保護；能以極節省之生產量，達保存種族之目的。此即特著於高等動物之天演



櫛 蠶

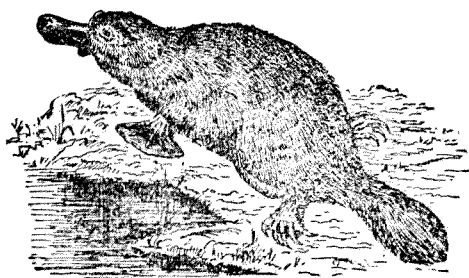
此爲一種分布甚廣之老式動物。似一永不蛻化之蠕蟲。與蠕蟲類及昆蟲皆有關係。有一絨質之皮，小鑽石狀之眼，短棒狀之足，爲一無保護無武器之動物，夜間始出，人云能由口中射出黏質以獵食小昆蟲云。

趨向。斯賓塞 (Herbert Spencer) 因之立一定律：謂動物家族之大小與額數，與此動物天演之程度成反比例云。

父母保護其幼兒使得安全，有多種不同之方法，其一法即爲胎生 (viviparity)。其幼兒已經發達至能獨立生活時，始離母體，此法爲幼兒作一完善之預備，其死亡之機會因之大可減少。換言之，即動物之向減少子嗣數之方向變異者，若同時向增加父母之保護方向變異，亦可立足於生存競爭之中。在別例則或取相反之方向。

櫛蠶 (Peripatus) 者，一古代遺留之有趣動物也；今日之世界於彼實過於嚴酷，其對付困難之方法，爲將其幼子寄之母體內至數月之久，直至完全長成，始行產生。胎兒每次祇有少數；雖其間不無特例，如夏間之綠蠅，雖亦胎生，而子嗣亦極繁多，但普通之例，則胎生者家族必小。有花之植物，另爲一例，蓋雖亦表示一種胎生現象，其種子即爲胚胎，一個體常有數之花，因而有極大之家族。胎生現象最佳之例，厥爲陸生動物，其幼兒之危險最多，至哺乳動物則胎生現象已登峯造極矣。

富有趣味之事實，厥為三種最低下之哺乳動物，如鴨獺及兩種有蠟毛之食蟻獸，皆產卵，是為



THE DUCKBILL.

澳洲之鴨獺(Platypus)

澳洲之鴨獺為最簡單哺乳動物之後裔。此物具有爬蟲類之性質，為卵生動物，其卵頗大，血亦不甚熱，甚能游泳。以水中小動物為食。亦能掘穴而居。



石袋鼠(rock kangaroo)之攜帶其幼
兒於囊中

其幼兒產生之初極無能為，甚至乳亦不能吸。其母置之於腹部外面之囊中，日後則幼兒出袋而獨立。

哺乳動物之卵生者。至再高一級之有袋類，則若尚未到期而產生者然，在大多數種類，皆藏幼兒於

一體外之袋中。至其餘之胎盤哺乳類，則胎兒處胎之時期較長，而產母與胎兒生理之關係，亦更加密切焉。

四

天演作用之莊嚴，可於另一方面見之，即駕馭一切可以生存之地域，而繼續征服其環境是已。

(一) 動物最初立足之處，當為富於刺激情況之海岸區域，其地水淺而日光充足，沿緣大陸，叢生海藻。此種海濱為一和美之環境，鹹水淡水空氣大陸互相接觸之處，具有極有刺激之變遷，充足之養氣，以及河流所攜下與海藻所供給極豐富之養料。

此種區域固非易於生活之地，但亦無害；至今所有各種動物支派，自纖毛蟲至海鳥及哺乳類，皆有代表生於此焉。

大海之搖牀 (二) 大海之住宅，包括一切距海岸淺水區域較遠之處，及大海水面有充足日光之區域。

此種區域，或為最易於生活之住所，既不擁擠，又復平均，而無量數浮於海中之微細藻類，復能

供給動物以充分之食料。此等藻類一變而爲甲殼動物 (Crustaceans)，甲殼動物乃爲魚所利用，而更高等種類如食肉鼈及有齒之鯨等復資魚類以爲生。大海或爲一切生命原始之搖牀，或如察教授所言，先有一長期之海洋生活，始有多量之淺水區域，使飄浮植物能附生其間。多種海岸動物如蟹與星魚之類，皆將其幼年時代託生於較爲安穩之海洋搖牀中，直至其體已甚強壯時，始回至其情況較勞苦之誕生地。吾人或可斷言爲動物原始之搖牀者，惟海岸與大海間之區域可以當之。

深海之處 (三) 生命之第三住宅爲深海之海底，其區域占地球面積之大半。此等區域極其寒冷，不啻永久之冬季；極其黑暗，不啻無窮之長夜；僅時有『磷光』動物不時作閃光而已。海底之壓力，非常之大，在一萬五千英尺之下，每一方寸之壓力每至二噸半之巨。此等區域，極其靜闐而無聲響，環境之單調殆不可耐；且海底無植物，必須互相吞噬；推其極則仰給於自海面下沉瀕死之原生動物。此種環境驟觀之似極不宜於生活，但亦有多數動物生於其間，於是可見動物之『頑梗』。雖如深海洋之困難，亦能征服之焉。移殖於深海一層，或爲比較爲近今之事實，蓋其間之動物界，甚

少古昔之種類也。此種移殖可斷爲海濱動物所爲，蓋追尋食物，逐漸下降，逐漸遠離海岸之斜坡而入於深海之底焉。

淡水區域 (四) 生物之第四種住宅，是爲淡水區域，包括湖河池塘沼澤等區域。其移殖也，由海濱上溯江河之支流，或直由海岸移殖於稍含鹽分之沼澤；或有時爲陸地所包圍之內海，經過久遠之時期，漸變爲淡水。淡水中之動物，亦各支皆有代表，而於其特種之環境有種種適應。淡水生活有種種危險：如有時乾涸，冬冷凍結，或洪水退後，將生物遺留於高燥乾涸之處，或沖捲入海中，此皆宜有特種之適應以爲救濟者也。

陸地之征服 (五) 陸地在各時代，數數爲海水或淡水中動物所侵入。第一侵入陸地者爲各種之蠕蟲，結果則造成良好之土壤，再則爲呼吸空氣之節肢動物 (arthropods) 之侵入，結果則造成花與昆蟲間之關係，再則爲呼吸空氣之兩棲類 (amphibians) 之侵入，結果則爲演成陸生之各種高等動物，成智慧與家族親愛之發達。在此三大種侵入以外，尙有小侵入，如造成陸生之蝸牛、蚯蚓等者，可見在水生動物中，有一極廣闊而堅忍之征服陸地之趨向焉。

遷居陸地，有種種之意義。第一、陸地上所有之養氣，較溶解於水中者為多。但空氣中之養氣，較難於獲得，尤以皮膚堅硬保護周密者更難，蓋陸居動物，必須有如是之變遷也。因之引起內部呼吸面之發達，如肺是。養氣乃由此處吸收入血中。在大多數動物，血皆行至呼吸器官之表面以吸收養氣；在昆蟲則不然：養氣被吸收而直達血液，或將養氣之大部分，達到養氣燃燒之生活組織。在昆蟲體中乃發達成一分支之氣管系，將空氣吸取，達其全身各細微之處。此種透澈之流通空氣，或即昆蟲生活極活潑之原因。蓋血液不能一刻不潔也。

征服陸地復引起一種支撐運動之重要，如撐舟然，其體之前進，必藉一槓桿撐抵於硬基之上。結果則除少數特例外，大多數陸生動物之體皆變為緊密，易為四肢所舉起，或用他種方法，使無過大之面積匍匐地上。動物如水母等，固易為水所浮起，但決不能生於陸地之上。如蚯蚓，蜈蚣，蛇等貌似例外，亦不難解釋之。蓋蚯蚓乃鑽入土中，一路食土而進者；蜈蚣之長身，有多數堅硬之足以支撐之；蛇之進行，則以多數腹部之硬鱗片，各與其多數肋骨之末端相連，故運動亦甚便也。

征服陸地生活困難之方法 侵入陸地之後，動物乃受一種大限制，即僅能在一平面上運動，

即運動於地面之上是也。此乃與水中生活大異，在水中，動物可或上或下，或左或右，能在長闊高之任何方面，作任何角度之游行。故在陸生動物危險倍多，除有他法以獲得安全外，其行動必須迅速精當，可不言而喻。此陸生動物之所以發達有極精細之橫紋筋肉，而地上爬行之甲蟲 (Beetle) 所有之筋肉遠較游泳海中之龍蝦 (Lobster) 爲多也。

陸生動物，復有遭遇旱乾嚴霜等危險，其抵禦之法亦自多門，如蠕蟲之毛，哺乳動物之皮毛，龜與穿山甲之甲殼，皆保護之具也。有時復有他種解決之方法，如蛙在冬季，擇一僻奧之所潛伏，不食不動，蟄伏一冬是也。

遷居陸上之另一結果，即爲卵或幼兒不能聽其自然，不加保護。在水居之動物，爲水所圍繞，則卵或幼兒散處水中，其害尙小。在陸地若自由散卵或產兒，則多數之卵兒必致乾枯或被其他種動物所吞食。陸生動物因之亦有多種保護之方，如埋之土中，藏之巢內，或在產生之前後，長期攜帶於母體中，如此則幼兒可免危險。而亦惟在小家族爲能行之。於此乃有逐漸演進之父母保育及慈愛之情感。



表示各種飛騰之方法

上爲鷗，有被覆羽毛之翼，爲真能飛者。次爲狐蝠，有皮狀之翼，亦真能飛者。三爲飛松鼠，有皮狀之鼓風膜，能自彼樹飛騰至彼樹，但不能真飛。下爲飛魚，用其尾跳躍時，其胸鰭卽供鼓風之用，用此法可效海鷗之狀而飛騰。

最後，則可由地上之危險，使吾人了解：何以多種動物穴居土中，而他種則居於樹上；何以有各種仍回至水中，他種乃飛翔於空中。於此吾人可發疑問：苟陸居既有如此之危險與困難，何以必須移殖於陸地乎？其答案爲好奇心與需要乃發明之父母也。動物之離水，或因池塘乾涸，或因孳乳過密，或因欲避無脊椎之仇敵，或因好奇心與冒險性有以致之，而好奇心與冒險性，從來爲進步之發動力焉。

天空之征服 (六) 生命最後之大住所，厥爲天空，征服之者爲昆蟲，翼指龍 (Pterodactyl)，鳥與蝙蝠之類。彼等之造就，可謂大成功，然須知其間頗多失敗，每每所成就者，不過鼓動於空氣中而已。此例最著者爲各種之飛魚，能自水中躍出至頗高之處，而向前飛竄至數碼之遙，祇須將其胸鰭緊張或微微扇動，卽能飛竄。復有所謂之飛蛙 (Flying frog, Rhacophorus) 能在樹上由此枝竄往彼枝。而遠東之飛龍 (Draco volans)，則飛翔較爲便利，在哺乳動物則有飛袋鼠，飛狐猿等種類，皆能鼓舞於空中。凡此皆表示征服天空之努力，而人亦新近得其解決之道。

飛翔能力之優點至爲顯明。飲啄於地上之鳥，若遇食肉動物相侵害，立可振翼於空中；追逐飲



居英屬其阿那 (Guiana) 之麝雉 (hoatzin)

初孵化之雛，翼上拇指與第一指有爪，始之能迅速在樹上攀

緣行動，直至其翼強健能飛時始已。

食可極迅速，可至極遠之地。其卵與幼兒可皮藏於安全之處。當鳥類遷徙時，以飛翔之故，時間與距離皆可減少。多種鳥類不知嚴冬之爲何物，太平洋中之金黃雕鳩 (golden plover)，其遷徙嘗自夏威夷 (Hawaii) 至阿拉斯加 (Alaska)，然非僅見之例也。

各世代之生物歷史

一

岩石中之紀載 吾人如何知各支之動植物任何時成立於地上乎？吾人如何知其出現之時期與其演進之順序乎？曰：讀岩石中之紀載可以知之。代異時移，地殼有時上升爲陸地，有時下降爲海底；而陸地之表面，復屢經掀舉爲大山脈與和緩之陵谷。陸地之高處，復屢經各種狀態之風水所剝蝕，剝蝕之結果則成爲泥土，而爲水沖洗入江海；在他處復沖積而成沙岩、泥岩、水成岩等。如是原有之地殼，幾經毀壞而重造，若按地質學家之說，將所有之水成岩合計，其厚乃至六十七英里。但在大多數地方，一處祇有一部分爲此種岩石，蓋此等沖積在一時一處祇有少量也。

化石之利用 (Fossils) 當沖積之土歷代累積時，植物動物之遺體久之每被湮埋，此等物乃變爲化石，吾人卽以之研究古代之歷史。地質學家將各種證據細心貫串之，卽能斷定各種水成岩造成之次序，如云泥盆紀 (Devonian period) 爲兩棲類發源之時代是也。同時地質學家能利用化石，將數經紊亂之岩層，研究其本來之次序。蓋無論何種簡單動物之化石，其造成必在較繁複動物之先。此非陷於謬誤之循環論證，蓋各岩層造成之次序，瞭然可見，吾人可斷言魚生於兩棲類之先，兩棲類生於爬蟲類之先，爬蟲類生於鳥類哺乳類之先。在數例如化石之馬與象，其精確之演進歷史，已研究明晰矣。

若繼承之各岩層，含有其造成時所生存各種動植物之完備遺體，則研究岩石之紀載，極爲易事；但多種動物之體過軟，不能成爲良好之化石，多種或腐蝕或融化，多種爲熱與壓力所毀壞，故岩石之紀載，不啻爲火毀盜劫及蠹朽之藏書樓也。

二

地質時刻表 地球與居其上者之悠遠歷史，平常每分之爲若干世代。故如吾人之分人類之

歷史爲上古史，中古史，近世史，吾人亦可分地球之歷史全部爲古生代 (Palaeozoic era)，中生代 (Mesozoic era)，新生代 (Cenozoic era)。

地質學家不能詔吾人以天演史確鑿之年代，但能語其大凡。其估計年代之方法，一爲估計海中所有之鹽分，須經過若干年始能積至現今之多量。此種鹽類皆由於地球上起始降雨之後，逐漸由岩石中溶解而出者也。將近今每年海水中增加之鹽分之數，以除海水中鹽分之總數，吾人考知海之壽命至少在一萬萬年以上。但近年每年鹽類積儲之量，或較在古昔多數地質時期每年積儲者爲大，故上舉之巨大年齡，或竟遠在其真實年齡之下，亦未可知。第二估計之方法，則爲考求水成岩須經若干之時期，始克造成之，如沙岩泥岩等，其總厚乃在五十英里以上。第每處水成岩之厚不過一英里，此種岩石必須經過長久之時期始克造成，可不言而喻。造成水成岩之材料，蓋由地殼風化 (weathering) 而得，而現在地殼每年風化之速率，亦可估計而得。故地球上全部水成岩造成之年代亦可估計而得也。此外，尙有他法以估計地球之年齡與各世代之長短，但皆不能得精確之數焉。

第五十九頁所示之各世代表中所稱爲在寒武紀 (Cambrian) 以前之世代，約等於三十二英里厚之岩層；而以後所有有化石之各世代，統計約等於二十一英里厚之岩層，此事本身，已爲一可怪之事實。或在寒武紀以前之世代，占有三千萬年而古生代占一千八百萬年，中生代占九百萬年，近生代占三百萬年，合成總數爲六千萬年。

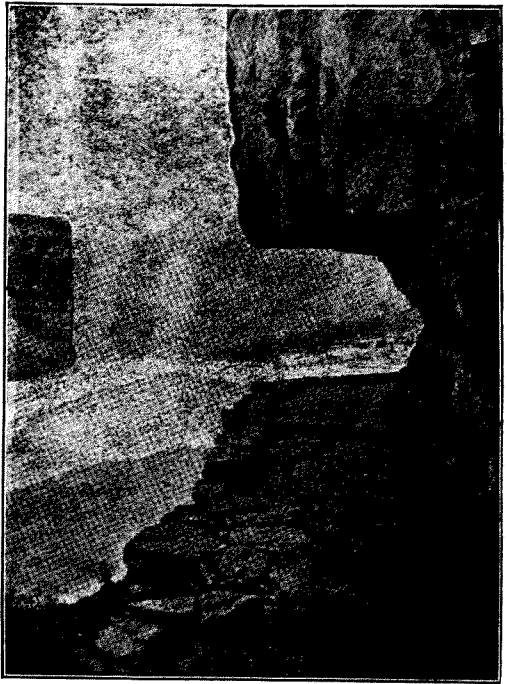
無脊椎動物之出現 最可怪之事爲至少地質時代之一半太古代 (Archaozoic era) 與元古代 (Proterozoic era) 已經過去，方有肢體堅硬可成化石之動物出現。在元古代之後期，始有單細胞之海生動物（放射蟲）之矽質甲殼，與輾轉原始泥土中蠕蟲之遺跡。故可斷言岩石之記載關於最簡單之動物者實寥寥也。

最老之岩石中，生物之直接跡象，所以甚少者，固由於原始動物體質之軟弱，但亦由於古代岩石屢次受壓力與熱力重大之變遷，即使有少量動物之遺跡，亦被泯滅矣。若問吾人既不見或偶一遇見生物化石，何以竟敢謂有生物生存於其時，吾人可指明多量石灰之積聚，可證明有石灰藻類之存在，而鐵之積聚或爲鐵化細菌活動之結果也。觀於古代之墨鉛牀，亦足證明古代植物之繁茂。

古生物之世代(古生代)

三

寒武紀爲各大支無脊椎動物如海綿(jellyfish), 水母, 蠕蟲, 海參,



石灰岩山峽

在此類岩石中發現多數已絕種動物之化石。

腕足類 (trilobites) 三葉蟲，甲殼動物，軟體動物等成立之時。海中之殖民已肇始在三千萬年以前之說，頗為可信，蓋奧茲本教授 (Prof. H. F. Osborn.) 已指出在寒武紀時之海岸海面與海底，皆



寒武紀時代之動物

海綿，水母，星魚，海百合 (sea-lilies)

水蚤 (water-fleas) 三葉蟲。

已為動物所移殖也。在奧陶紀 (Ordovician period) 則有多數當時頗為繁盛之三葉蟲一類動物，

爲有節肢，有觸角，身體分節之海生動物，有多數之附屬物與一角質之外殼。在古生代之末期，乃完全滅亡。尤有可紀者，則爲有多數肉食之烏賊魚，爲古代海中之惡物。但在此時期，最初之脊椎動物開始出現，是爲天演界一大進步。換言之，卽真正之魚類已出現，逐漸取烏賊（祇爲軟體動物）而代之，自爲海洋中之主人矣。

在志留紀 (Silurian) 海中殖民已極盛，陸地殖民亦於茲肇始。蓋志留紀岩石中有化石之蝸，是爲能用內部之面呼吸空氣之證。在志留紀之末葉，氣候變爲乾燥，是時與今之泥魚或肺鰓 (dipnoi (double breather) 兼有之兩呼吸魚等) 有關係之魚類，乃開始出現。此亦爲能利用乾燥空氣者，亦如今日之泥魚，在炎熱之時期池水乾涸後，用肺呼吸也。今日之

泥魚，或肺魚祇有三種：一生昆士蘭 (Queensland) 一生南美洲，一生非洲，但皆爲極有趣之「活



非洲肺魚 (Protopterus)

此魚能用其鰓以呼吸溶解於水中之養氣；復能用其游泳囊所變成之肺以呼吸乾燥之空氣。此兩種呼吸之動物足以表示天演進行之程序。在一年中之旱季七個月中，彼蟄伏泥中，由一通表土之管呼吸空氣。當水充滿此池後，乃重用鰓以呼吸。人每將藏有肺魚之泥巢攜至英國，至釋放之後，游泳甚爲活潑云。

化石，』爲魚類與兩棲類之連鎖。第一次之侵入陸地，或爲數種冒險之蠕蟲所爲，但第二次之侵入，則爲呼吸空氣之節肢動物，如上說之原始蠍是也。

泥盆紀包括老赤砂岩紀，爲地球歷史中最重要之時期。蓋此爲有花植物與陸生脊椎動物成立於地球上之時期。Thinopus 之泥盆紀足印，爲最初發現之兩棲類足印，可證明陸地之第三次侵入。兩棲類或導源泥盆紀之一支肺魚，但至再後一代，兩棲類始漸重要。當兩棲類發軔之初，泥盆紀海中乃發達多數似鯊魚而帶甲之魚類。

建造時期

- 太陽系之成立
- 地球之漸冷
- 大氣與海洋之造成
- 大陸與海底之造成

太古代

地球上開始有生物

元古代

多種無脊椎動物開始

寒武紀

生物始殖於海中

奧陶紀

魚類開始發現

志留紀

陸生動物開始發現

泥盆紀

兩棲動物開始發現

古生代

石炭紀 (Carboniferous period)

昆蟲之肇興

二疊紀 (Permian period)

爬蟲類之肇興

三疊紀 (Triassic period)

恐龍類之爬蟲肇興

中生代

侏羅紀 (Jurassic period)

鳥類與能飛之爬蟲肇興

白堊紀 (Cretaceous period)

原始哺乳動物有花植物與高等昆蟲之肇興

漸新紀 (Eocene time) 與中新紀 (Oligocene time)

高等哺乳動物之肇興

近生代

次新紀 (Miocene time) 與復新紀 (Pliocene time)

人類之出現

下第四紀 (Pleistocene time) 或冰期 (Glacial time) 最後之大冰期

近 今

人類之文化

陸生動物之天演

一

大兩棲類與煤層 石炭紀時，天氣甚爲平和；沼澤卑地中，植物生長極盛。無泥盆紀氣候之嚴

酷，蓋似一長夏然。其時無吾人今日所見之樹木，但有石松木賊等植物之森林，視今日存在之石松木賊，蓋不啻巨無霸之俯視僬僥人焉。在此類森林中，節肢動物之侵入陸地者如蜈蚣，蜘蛛，蝸與昆蟲等多乃無藝，原始之兩棲類即藉此類動物爲食。昆蟲之出現，乃引起一種極重要之新關係，蓋昆蟲爲有花植物異花受精之媒介；自此時起，花與其媒介乃相並而演進。致異花受精之法，蟲媒較風媒爲穩妥可靠，異花受精較自花受精更能使植物生長繁衍而多變異。或在此時，有色之花以能誘致昆蟲，故彼等於是開始破除地球上數百萬年來木賊石松等無際綠色之岑寂。在石炭紀之森林中，亦有各種蝸牛，表示侵入陸地上之小支，彼亦爲兩棲類所吞噬。有數種兩棲類極其龐大。平常每世紀皆各有其巨無霸，在石炭紀中，則兩棲類有名迷齒龍 (Labyrinthodonts) 者，其數種龐大如

驢。在此時期巨量之石松森林之孢子與枝葉等，積聚而成今日之煤礦，數百萬年之後，供吾人以絕大之能源，且憑此以追溯至數百萬年前日光之能力。可見即在彼時，動植物之生死，已非絕與他人無關者。

兩棲類之獲得 石炭紀爲兩棲類之黃金時代，於此吾人可略指明兩棲類在天演史中之獲得。（一）第一由水中遷居陸上，增加多量之困難，因而開始更高更有希望之生活。於是吾人不能不問：若遷居陸上既有如是之困難，則何爲而作此項之遷居。其答案爲：（甲）各地方水池之乾涸，或陸地之增高，有以使舊居不可安處；（乙）或舊居中生齒過密，競爭過劇；（丙）遷居陸地爲歷來動物生活史向上努力之自然傾向。人類亦因長期之乾旱或人口過繁或天賦之冒險性，使之遷徙移殖於各處。（二）在兩棲類，其魚類無指之鰭乃初次代以有指趾之手足。於此乃有攀緣把持，以手取物入口，具有長濶高三方面摸觸之各種優點。（三）吾人固不知古代兩棲類動物體中柔軟部分之狀況，但若與今日之蛙，蟾蜍，迷齒龍相類，則彼有以下列舉之獲得：如真正之胸前之肺，三房之心，能運動之舌，耳中之鼓，眼瞼是也。於此有一極有趣之事，卽蝌蚪之舌雖有筋肉纖維，但甚柔

弱，不能運用其舌，與魚類全無筋肉之舌相似。逐漸至蝌蚪變為蛙時，筋肉纖維乃變強，至完全成長時，乃能將舌射出以獵取昆蟲。此或為兩棲動物全支重演其數百萬年所經過之天演歷史。（四）

兩棲類之另一獲得厥為聲音，由於空氣迅速經過緊張於喉頭之薄膜（音帶）所致，如在吾人然。最有趣者，前此數百萬年地上乃闕寂無生物之聲音，僅有風濤之怒號，及雷震山崩之聲而已。除數種昆蟲之器械的音樂外，在石炭紀之初年，最早之聲音乃出於兩棲類。兩棲類之聲音乃最早之生活聲音，亦為有機天演重大步驟之一也。

聲音之天演 聲音最初之利用，或肇始於蛙與蟾蜍，供生殖時雌雄呼應之用。平常春間蛙聲閣閣，其用意即在此，且往往惟一雄者之聲音得完全發達。若吾人向兩棲類以上之動物觀察，則見聲音乃為母呼兒之用，以助其兒之求安全，如鳥類之母作警戒有危險之聲後，其雛即潛伏不動是也。往後，則聲音或變為幼兒之呼聲，如尚未孵出之鱷魚，在深埋土內之卵殼中作聲，一若告其母已屆將卵掘出之時者。再上，則利用聲音為表現感情之用，如鳥類之唱歌，往往在生殖期間之外尚有此種功用焉。更後，則用聲音以表示各種物體與各種感情，如『食物』、『危險』、『家庭』、『怒』

「喜」之類。最後，則語言成爲社會交際之媒介，且爲助人理想之符號焉。

二

陸生之爬蟲 在二疊紀，爬蟲開始出現，吾人或應謂之開始自奮。換言之，卽脊椎動物分出一支，完全離水，而不以鰓呼吸，此在兩棲類之幼年，猶未脫盡之積習也。未孵化未產出之爬蟲，藉卵殼下之一維管膜向外面吸收乾燥之空氣。最有趣者，此種維管膜在兩棲類爲自食道後半部生出之一不重要之小囊。此種尿膜 (allantois) 與另一供保護之用而生於細嫩胚胎上之羊膜 (amnion) 成天演史中之一大進步。於此胎兒乃完全與水及鰓之呼吸隔絕，而此兩種胎膜，羊膜與尿膜，不但在爬蟲類有之，卽鳥類與哺乳動物亦皆有之。故又稱高等脊椎動物爲羊膜 (amniota) 動物，而謂下等脊椎動物，如兩棲類魚類及更簡單之種類爲無羊膜動物 (anamnia)。

最宜注意之事，爲一切爬蟲類鳥類哺乳類之胚胎皆有鰓口 (gill-cleft)，可證明彼等皆導源於水生之遠祖。但此類胚胎之鰓口全不司呼吸之用，且全無鰓，惟最近始在數種爬蟲與鳥類之胚

胎中，發現鰓之遺跡。在高等脊椎動物，此種鰓口完全無用，僅其一口變為自耳通至口之後部之歐斯達邱氏管 (Eustachian tube)。至何以僅一口有用，且已改變其功用，而其餘三者仍復存在者，其理由舍天演學說外，實無法能解釋之。此物示知一極長世系遺留之影響，與個體發達時必須重歷本種天演之趨向。其重歷本種天演之階級也，僅能為凝結短促之表現。蓋本種數百萬年之經歷，而在個體中，僅須數星期即完全經過焉。

至二疊紀，彼石炭紀之溫暖氣候，乃一變而為嚴酷之氣候，最後乃有一大冰期，自南半球遍布於全球。於此石炭紀中，植物界乃逐漸凋落，其代之而興者包有蕨，松杉，銀杏，蘇鐵等，此類植物直至中生代之末尚極繁盛焉。二疊冰期經過數百萬年之久，在南半球遠處極為嚴酷，其時之世界與今日大異，歐洲與北美洲相連，非洲與南美洲相連，澳洲與亞洲相連。或在二疊冰期，多種昆蟲，乃將其生活史分為兩大部分：一為飲食，生長，蛻皮，未成熟之蠕蟲時代，一為較不嗜食，不生長，不蛻皮，生翼，宜於繁殖之成蟲時代。在此二者之間，則為靜闕而保護周密之蛹蟲時代 (pupa)，蛹蟲利用之以為度嚴冬之方法，蓋動物生機停頓時生存較易也。

多種古代生物之滅亡 吾人在歸結古生代之末期與其延長之冰期之先，不能不注意於此期內大部分古代生物之滅亡，尤以植物與無脊椎動物爲甚，其中多種今已完全滅跡。古代生物與現存之生物，有三種關係：（甲）有數支古代生物在今日尚有其代表，其種類或多或少，有數種變遷甚大，有數種變遷甚微。如寒武紀奧陶紀腕足類之海豆芽祖（*Lingulella*）則有其近支之海豆芽（*Lingula*）存於今日。此乃世間少數極守舊動物之一。（乙）有數支古代動物在現今已無其族類，但有幾經變形之後裔，如蠶（*Limulus*）可認爲已經滅絕而爲海蝎屬類之變形後裔。（丙）完全滅絕靡有子遺之種類，如三葉蟲，葡萄蟲（*Graptolites*）之類，在今日絕無與之相近之種族焉。

試向後觀察此數百萬年之期間，所謂爲古生代者，吾人能認爲特性者爲何事乎？在寒武紀，則爲各大支無脊椎動物之成立；在奧陶紀，則爲原始之魚類與陸生植物之肇興；在志留紀，則爲呼吸空氣之無脊椎動物與泥魚之出現；在泥盆紀，則爲原始之兩棲類之產出，由彼乃發生所有之陸生高等動物，而有花植物亦於此時成立；在石炭紀，則爲石松森林與呼吸空氣之昆蟲與其近族之繁盛；在二疊紀，則爲爬蟲類與一新植物界之肇興。

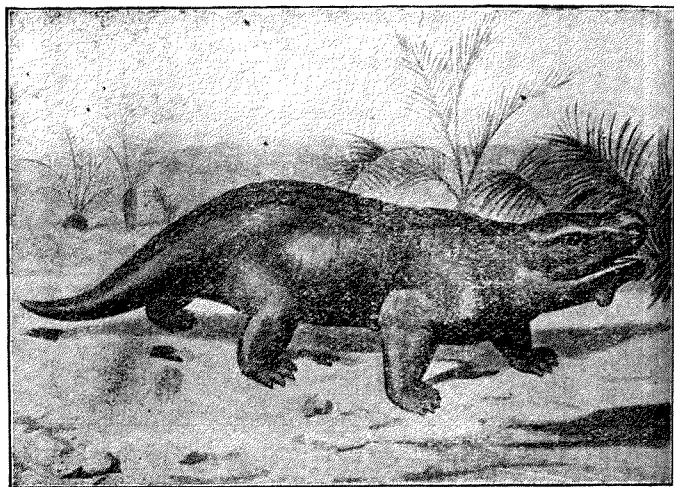
地質學之中世紀

一

中生代 自其大者而言之，中生代可稱爲爬蟲之黃金時代，亦爲二疊紀已經成立之松杉蘇鐵等植物最發達之時期。但在松杉蘇鐵間，吾人近今之有花植物亦逐漸出現，亦如大爬蟲中之有鳥與哺乳類也。

在三疊紀時，三疊時代繁盛之爬蟲，仍照常繁盛。除尙存之龜鼈外，尙有魚龍 (ichthyosaurs)，蛇頸龍 (plesiosaurs)，恐龍 (dinosaurs) 翼龍等種類，此在中古代之末期皆完全滅迹者。而此諸族中尤以在三疊紀時恐龍之發生爲重要，蓋或在此極強健而易於變遷之族裔——有數種爲兩足動物——範圍中，鳥類與哺乳動物之遠祖逐漸發生。此時無論其爲陸上或海中，皆以爬蟲類爲魁率，有多種軀體乃極偉大。若當時有動物學家目覩其盛，而彼竟能預測爬蟲類尙不能代表生物之極則，則真可謂有遠見矣。

疊紀時，爬蟲類尚能繼續其光榮。其類分爲多支，能適合於多種不同之居所。故海中有多種魚狀之蜥蜴，陸上則有多種龐大無倫之龍類，與行走迅速之鱷魚類，而三疊紀時肇興之飛龍，至是乃有多種而極爲昌盛。其翼爲其極長外指之皮所成，其小者大僅如麻雀，大者則廣逾五尺。背上脊椎之結合一如吾人之鳥類，適合於搏挐空氣之用，但胸骨僅有微突之『龍骨』(Keel)可證明其飛或不能遠。在吾人今日之鳥



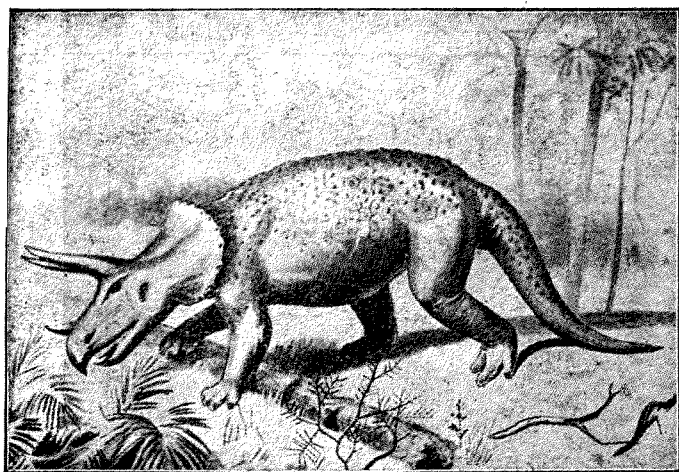
鉅齒龍 (Pariasaurus) 三疊紀時之一種食草爬蟲
現已滅種

全體長九英尺 (骨殖在南非洲好望角 Cape Colony 殖民地發現)

類，吾人知飛行之能力，以此種胸
前龍骨發達之程度爲比例，蓋此
龍骨發達，則宜於飛行筋肉之附
着也。在善走之鳥類，此龍骨乃極
不發達，如駝鳥卽其一例；在穴居
鸚鵡 (stringops) 等退化鳥類，此
骨亦爲極有趣之退化。

最早發現之鳥類 三疊紀

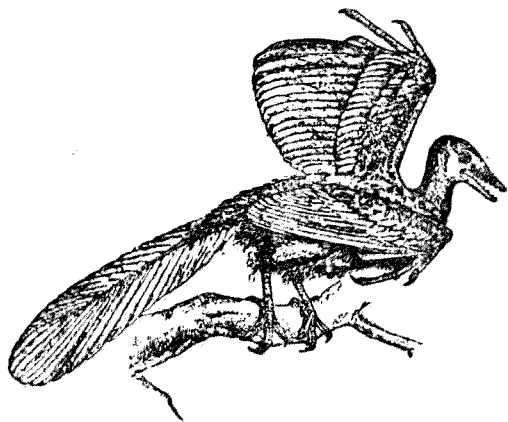
之尤足紀念者，厥爲其岩層中含
有兩具極佳而最早發現之鳥類
化石。此化石在巴威 (Bavaria)
細質之石印石礦中覓得，除胸骨



三騎龍 (Triceratops) 一種極巨之爬蟲 (骨殖在美國歪
俄明 Wyoming 之白堊岩層中發現) 久已絕種

此種恐龍大如一犀牛，有一極巨三角之骨體，與一奇特之頸間盾狀之骨。
但其頸如多種爬蟲，非常之小，可以盛入盛脊髓之脊椎管。或半因此故，此
類爬蟲動物乃至滅亡也。

外，其餘所有之骨皆存。即其羽毛亦留有極顯明之印象。此最早發現之鳥類——其構造已極進步，不得謂爲原始之鳥類——大僅如一鴉，或居於樹上。最有趣者，彼具有顯著之爬蟲之特性，使人不得不承認天演學家之議論。其上下兩顎皆有齒，今日之鳥則無之；有一甚長蜥蜴狀之尾，今日之鳥亦無之；又其三指皆有爪而其翼僅半成。換言之，非如今日之鳥將腕骨之一半與掌骨之全部合爲一體也。在多種爬蟲如鱷魚之類，其腹部皮下有一種特別之骨穿過之，謂之『腹肋』；然在此發現最早之古翼鳥，亦有此項腹肋，今日之鳥類則絕無之。

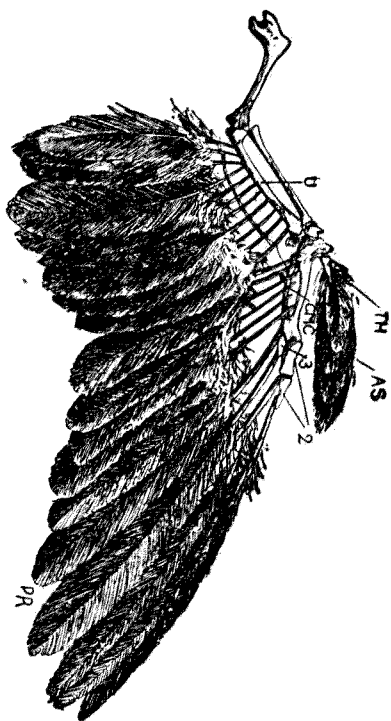


始祖鳥 (Archaeopteryx)

此爲最早發現（二疊紀）之始祖鳥重造圖。其大小略似鴉；其拇指與他二指有爪；上下顎皆有齒；有一長而似蜥蜴之尾。但彼有羽毛，可證明其爲真鳥類也。

吾人無證據可斷言飛行之翼龍爲鳥類所從出，二者乃循不同之方向進行，其翼之構造，亦絕對不同。鳥翼之神祕，厥爲毛羽。鳥類殆出於某種兩足之恐龍，其初或僅行走迅速，在地上效飛躍之運動。稍後，則有一時期居於樹上，而有頻數之枝與枝間之運動，最後，乃始能飛行。最有趣味之事，卽飛行問題曾經四次之解決：卽昆蟲，翼指龍，鳥類與蝙蝠四者；而各循迥然不同之趨向以發達焉。

在白堊紀最顯著之事實，厥爲巨大爬蟲之衰落，有花植物之趨新，小哺乳動物之繁殖。少數二疊紀之爬蟲如犬齒龍 (*Cynodonts*)，其形狀極似哺乳動物，或自此類族裔中，至三疊紀時正式之哺乳動物始逐漸演出。三疊紀初期之哺乳動物，吾人知之不詳，惟知其臼牙之上部有多數細粒，但至三疊紀之末期，哺乳動物乃逐漸繁盛，其與今日樹鼩 (*tree-shrews*) 相類之樹居小食蟲動物，至此時乃分成多支，各具有今日各支動物如肉食哺乳動物，有蹄哺乳動物與猿猴類分歧之傾向。在白堊紀之上期，哺乳動物分支益繁，能適合於征服各種之居所，此種發達，至今生代仍進行不已。在三疊紀時最早哺乳動物之遺骸，竟發現於二疊紀時最早發現之鳥類之前，此事視若甚奇，實則並不難於解釋也。蓋雖吾人平常每置哺乳動物於鳥類之上，（吾人亦哺乳動物，安有別種安



鳥翼表示其羽排列之狀

最長之羽 (PR) 生於 (2) (3) 兩指與 (CMC) 掌骨上；第二等長之羽生於前肢之尺骨 (U) 上；另有一叢羽 (AS) 生於拇指 (TH) 上。

置之理？)但關於多種構造，鳥類實在哺乳動物之上，如骨骼，筋肉，皮膚之構造，呼吸系統等是。實則鳥類與哺乳動物，完全在兩種不同之天演軌道上進行，各不相關，第共出於已滅亡之爬蟲類始祖耳。且吾人不能言二疊紀時所發現之始祖鳥為最初之鳥，不過為最初發現之鳥耳。無論如何，吾人可信鳥類之成立在哺乳動物之前。

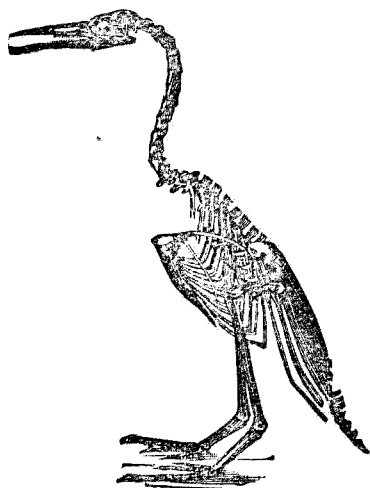
向後觀之，吾人或可以蘇闕教授(Prof. Schuchert)之言概括中生代，其言曰：『中生代為爬蟲之時代，但小哺乳動物與有齒之鳥類方蓄養其智慧與體力，以為取代爬蟲之備，而松杉與蘇鐵亦漸讓有花植物占優勢焉。』

二

近生代 在漸新紀時，大腦之近代哺乳動物乃逐漸取小腦之古代哺乳動物而代之，同時則地上生有多量之禾本科植物，而有廣漠之草原。於是藪澤乃代以草原，食枝葉之動物代以食草之哺乳動物。草原之擴充，亦所以使昆蟲與鳥類得更豐富之天演機會。

在中新紀時陸地繼續升高，氣候更為乾燥，食草動物之區域更為擴張。次新紀為哺乳動物之

黃金時代，遂有奧茲本所謂『適應分支』(adaptive radiation)之多數佳例。其時有飛翔之蝙蝠，鼓風之有袋類動物，攀緣樹上之樹獼松鼠等動物。行走迅速之有蹄類，穴居之田鼠，水居動物如鴨嘴獸，水獺，海岸邊之海獅，海牛，大洋中之鯨魚等，其中有數種能深沒入水至三十英尺之下。吾人最宜注意者，爲動物皆有征服一切環境與利用一切機會之傾向；而在各時代，各支動物皆有向此發展之經過。最著者厥爲哺乳動物重行爬蟲類所有之試驗。於是不相關之種類間起貌似作用，如鯨之似魚是；其理由則因不同之支派對於同等之環境具有同等之適應也。奧茲本教授嘗指明哺乳動物



已滅亡之有齒無翼而不能飛之
黃昏鳥(Hesperornis)

此鳥高五六英尺，頗似能游泳之駝鳥，其腿甚健。但其翼祇有些須遺跡，其口腔有利齒。今日之潛水鳥或卽此種已滅亡之古代鳥之遺胤也。

可於十二種居處帶中任擇其一，而在每一種居處帶中可有六種完全不同之食物。生物猶如大川之洪水，泛流所及，無孔不入也。

三

復新紀爲一更勞苦之時代，氣候較爲嚴酷，競爭較爲劇烈。各大陸舊日相連之處至此而斷絕，在他處則重行連接，地域上之分布乃大起變更。魯爾教授 (Prof. R. S. Lull) 謂復新紀爲一『極不寧謐之時期。』『全世界有多次動物之遷徙，新競爭因之紛起，較弱之族裔乃始現嚴酷生活之影響。在此時有一最重大之事件，即人類之似猿類始祖逐漸變爲人，而天演於以達最高點是也。』

下第四紀爲一淘汰之時代。爾時大陸繼續增高，冰期漸至，間以不甚嚴酷之中冰期時期，冰川以時向北暫退。多種動物，如毛象，毛犀牛，刀齒虎，穴居獅，穴居熊等，皆已滅亡。他種向來分布甚廣者至是乃限於極遠之北方，或散處於各高山之頂，如雪鼠是，今此物僅散處於雪線以上之高山。多種北半球之鳥或在此時學得移徙方法以避冬令之嚴寒。

向後觀之，吾人可再引蘇闕教授之言曰：『在近生代之大陸上，有花之植物愈加繁茂，生有多數偉大之硬木森林，空氣中滿載花之芳香，多種新昆蟲出現，海中陸上曩日以爬蟲為主體者，今乃爲哺乳動物所奪。因有此種競爭，乃起更高之智慧，各支哺乳動物皆然，而尤以猿猴與人類之一支爲甚。野蠻人已出現，隨以一最後之冰期，爲一切生物最困難之時期，末後則富有理想之人類而出而控制一切之生物。』

至人類與人類之社會，則天演史已登峯造極矣。

人類之上進 人類與一切動物異者，在造成普通觀念，用以指導其行爲，控制其舉止之能力。

此與發達語言爲思想之工具，有密切之關係。少數動物有單字，惟人有語言。少數動物表示知覺之推論，惟人能爲概念之推論（即理性）。多種動物有愛情而勇敢，能忘身而勤苦，然惟人能思及其責任與其所應爲，以理想指導其舉止，而其理想則因其爲社會中人，而受種種之影響焉。

人腦甚大，約三倍於大猩猩之腦，又有多種獨具之特性。人類能直立以行，將足蹠完全平鋪於地上，有一下頰與完好之足踵，復有廣額與不突出之面部，比較平均之齒，無特著之犬齒，比較裸露

之軀體。

人類與一切動物雖各有別，然其與一切動物同出一源，殆無疑義。人類與似人猿固有完全相同之構造，惟人類非出於現存之任何猿類耳。除重大之腦外，無他種解剖上之區別，可稱爲有基本之重要者。人之軀體不啻一古物之博物院，富有傳自人類以前之始祖之遺物。在其日常軀體之作，用與其患病之時，人類之世系常常呈露。如達爾文所說，即人面貌之表現，有時亦與非人類相同。且有少數化石發見後，使知人與似人猿遠祖之關係更爲連絡密切焉。

達爾文原人 (Descent of Man) 一書之末段結論極爲有理，文云：

「以余觀之，雖以人類高貴之美德，若憐憫下賤之同情心，推至他人以至最卑下生物之仁愛心，窮究太陽系構造與其運行之無上智慧，以及種種奇偉之能力，然吾人猶不能不承認，人類之軀體實載有其卑下來源之遺跡焉。」

自然界之天演系統 天演史另有一方面極爲明顯，因而每被忽略，即各種生命有互相關連之趨勢是已。如花與採花之昆蟲互相關連，互相倚賴。多種鳥類食果而爲之散布種子。淡水中之小

螺螄爲羊之肝扁蟲幼時之寄主。蚊能傳瘧疾於人，賊賊蠅則傳布最可畏之睡死病。淡水之螳若無鱗魚無意之助力，幾不能存在，而淡水中歐洲鱒魚若無淡水螳無意之合作，亦不能存在。各種生物間有多種互有利益之合作，有時則僅一方有利，如植物上之蟲癭，得利者僅爲造癭之昆蟲是也。在血統相近之動物，亦有共造殖民地村落與社會者。營養之連鎖，有時連合一大羣之動物，如鱉魚食油螺，油螺食蠕蟲，蠕蟲食海中之有機物。其間有一種不斷之輪迴，而物質乃繼續由此體而變爲彼體。此類之例，足以顯示生命之網，使知動物界互相關連之意義。林尼阿 (Tinnsens) 所謂自然界之系統，蓋指各支派部科屬種之次序之關係；但吾人得以稍知較爲活動之自然界系統，與夫生命相互關係之網者，則受賜於達爾文者爲多。天演愈進步，則此關係愈形複雜，至人類則複雜臻於極點。蓋不啻將有生命之自然界連爲一體，而以外部分方法記錄進化之步驟；此乃一種天演之淘汰機，新變種賴以淘汰，而免生物自峭拔之進化階梯墜落者也。

寄生性 有時此種生物與彼種生物間之相互影響，乃向退化之方面進行。此例見於多種之內部寄生生物，蓋生活極易，全恃其寄主以得食，不須努力，全無危險，無勉力振作之刺激，自日趨於退

化也。可見天演未必全屬於進步，全恃生命天演時所居之情況而定者也。當情況過於安樂，動物固能與之相合，如人體中之鈎蟲是，但必致滑落於天演階梯之下級焉。

此亦爲天演史中有趣味之一小章：各種寄生物或偶然，或常有，或暫時，或畢生，生於體外，或生於體內，或生寄主食道中，倚賴寄主所得之食物爲生，或寄生寄主之血或肌肉中以得食；形形色色，不一而足。如各種寄生蜂之幼蟲，在他種蠕蟲體中孵化而自內食出者，則幾不得謂之爲寄生，蓋不啻內部之食肉獸也。

但此一小章亦有其兩方面：一方面爲寄生物之天演，一方面爲寄主抵抗方法之天演，故動物體中生有一種保護之變形蟲狀細胞，即稱爲白血輪者，流轉於體中，專攻擊侵入體中之微生物，每能包裹而吞噬之。血中又能造成一種抗毒素，能抵抗外來之毒與寄生物所分泌之毒素，此亦一種保護方法也。

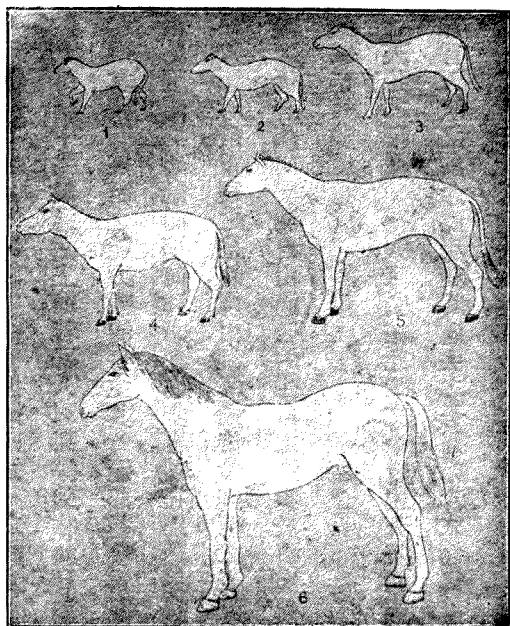
天演之證據——及天演之由來

天演中之進步 天演中固亦有墮落退化之現象，但總其全體而觀之，則進步之事實殆不可掩。數百萬年中生命逐漸上進，若吾人以高等動物如鳥類及哺乳動物與先起之動物相較，吾人必須承認其較有控制之能力，較能自主其命運，心靈較爲發達。自全體言之，天演有變爲穩固之趨向；即避免墮落與紊亂，而趨向和諧與進步也。即在鳥類與哺乳類之肇興，吾人已可辨天演順序之趨向，如人類所最重視之控制，自由，領悟，愛情諸美德之表現。各世代動物之進步常屢受挫折，但自全體觀之，仍有趨向美滿自由適合的生命之進步。於研究此種有機天演之主要事實，殊能予人類以多量教訓與獎勵也。

天演之證據 吾人可云在此論文中皆視天演爲確定之事實，但其證據何在？吾人或可坦白答言，天演之觀念，認現在爲過去之子孫，亦未來之父母，其理固不能以證明萬有引律之法證之也。所能言者，即此說猶一鑰匙，凡觀點之適合於事實者，幾無有一鎖不能以此鑰解之也。

但若取天演學說所能圓滿解釋之事實，爲天演學說之證據，則此類證據殊夥。先有歷史上之

證據；如魚出現於兩棲類之先，兩棲類出於爬蟲類之先，爬蟲類出於鳥類之先等等，單簡者先出，繁



馬之天演之六時代表示其軀體逐漸增大

(1) 馬祖 (Eohippus) 高約一英尺。在下漸新紀，產北美洲。

(2) 漸新馬 (Orohippus) 高逾一英尺。在中漸新紀，產北美洲。

(3) 中新馬 (Mesohippus) 大如綿羊。在中新紀，產北美洲。

(4) 次新馬 (Merychippus) 在次新紀，產北美洲。但每足祇有一指著地，惟其餘之二指之遺跡尚極顯著。

(5) 復新馬 (Pliohippus) 其肩部高約四十英寸。在復新紀產北美洲。

(6) 今日之馬每足皆以其第三趾馳驟。

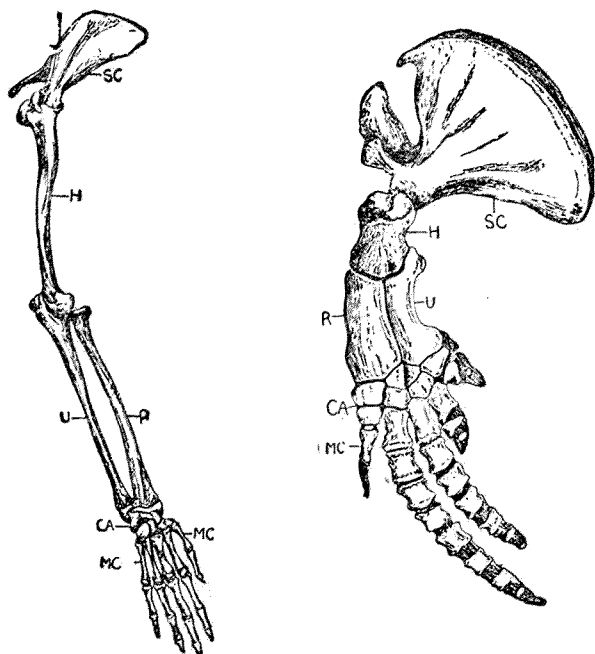
複者後出，寧非最重要明顯之證據乎？古代生物學家曾發現鳥賊魚極完備之化石系，使吾人幾能

目見天演之進行程序。馬與象與鱷魚之世系，亦足使人深信天演，但在他種動物，頗有無天演之端倪可尋者。如脊椎動物之如何發生，與何自發生，固無人能言之也。

再則有胚胎學之證據，蓋個體之發達，每似其本種天演歷史全部縮短之重現。哺乳動物之鰓口可證明其遠祖爲水居動物，而用鰓以呼吸者。鹿角之天演歷史亦曾經研究；今日赤鹿之角亦爲其往史之重現。又如比目魚一類左右不稱之魚，其個體之發達，幼時兩眼各居常魚之地位，後乃逐漸移至一半，而側身游泳或休息，亦可證明其遠祖爲左右相稱之魚也。

再則有可謂爲生理學之證據者，多種動植物日日呈示變異於吾人之目前，天演進行乃在吾人之左右，此在栽培與畜養之動物中最易觀察，然在自然界，此種現象亦極多也。有多種生物固極守舊，而既達穩固之平衡時，自可不必更有變遷，則又不待言矣。

復次則有解剖學之證據，極足以服懷疑者之心。脊椎動物之前肢，如鼈之前掌，鳥之翼，鯨魚之鰭，馬之前腿，人之臂，其主要之筋骨相同，而結果則迥異；此事舍血統關係外，豈復有意義乎？有鬚鯨之兩副牙齒，未嘗破牙牀而出；舍謂爲祖先所具完全可用之牙齒之遺迹以外，尙有何種可以更代



(A) 猴之前肢

(B) 鯨之前肢

何謂同體？即構造大致相同，而外形或大不同也。

此現象以 (A) 猴之前肢與 (B) 鯨之前肢相較即知。其外貌
 還不相侔，但其骨骼相同。SC 爲肩胛骨；H 肱骨；R 橈骨；
 U 尺骨；CA 腕骨；MC 掌骨；再下則爲指骨。

之解釋乎？總而言之，天演之說，效用多端；其能成立之理由，即在於是。

二

天演之原因 若有人問曰：『天演之事實固聞命矣，天演之原因果何在？』此答案乃至不易爲，不但此爲一切科學問題中之最大者，即研究之程度今日亦極膚淺。蓋天演之科學研究，僅肇始於一八五九年物種由來刊行之時也。

在生物體中，常有多量可以遺傳之變異，是爲天演之原料。此種變異即生殖細胞發達爲有機體時表現其變化所產生者也。但生殖細胞何以有變異？或因生活物質過於繁複，本來易於變遷；或因彼爲多數遺傳性之總匯，其中不免有排列之更張；或因生殖細胞有極易變遷之環境，如血液，體中空隙之液，與海水等；或因環境之重大影響，如氣候與居所之變遷等，達至體內之生殖細胞，而引起其變易。雖吾人於每語之前，必須加一令人厭之『或』字，但不可不顧。一切多細胞生物皆照普通方法生殖，即起於精子細胞與卵細胞配合之受精卵，此種受精方法所引起之變遷，每致遺傳性有必然之新連合與新排列。猶如吾人之抄和紙牌，第此之紙牌乃生物耳。至個體所受於後天

養育習慣環境之變遷，於個體固極重要，但不能謂直接對於本種有何等之重要，蓋此等變遷未必能遺傳也。

至已有此類起於內部之變遷，無論謂之爲變異或突變，吾人乃須研究其淘汰之方法。所謂淘汰者，即將較不適宜於環境之變異除去，而選擇較適宜之環境是也。在生存競爭進行之中，淘汰之方法不一。生物在生命之遊戲中試用其新賭具，結果或能斷定其生存之命運。較不適宜於環境之種類，寢假滅亡。若變異可以遺傳而重現，或者每經一代變異更加顯著，若再加以淘汰照一方向進行，結果則爲新種之演出。各種隔離每能減少一種中各個體之配偶機會，如地域之限制等，每能助淘汰之進行。同性質之個體交配，每能使種性固定；若與不同性質之族裔交配，則有增加變異之傾向。以上所舉之概略，卽足以窺有機天演方法之大凡。自古以來，生物繼續不斷爲新試驗，起或大小之新變異，此種試驗復加以檢查。檢查所有各物，惟佳者是擇，卽天演之方法也。

參考書目

（讀者對於此問題如願作更深之研究，下列簡短書目可備採擇之用。）

- Clodd, *Story of Creation: A Plain Account of Evolution*
- Darwin, *Origin of Species, Descent of Man.*
- Depéret, *Transformation of the Animal World* (Internat. Sci. Series).
- Gedds and Thomson, *Evolution* (Home University Library).
- Goodrich, *Evolution* (The People's Book).
- Headley, *Life and Evolution.*
- Lull, *Organic Evolution.*
- McCabe, *A B C of Evolution.*
- Metcalf, *Outline of the Theory of Organic Evolution.*
- Thomson, *Darwinism and Human Life.*
- Wallace, *Darwinism.*

第三篇 對於環境之適應

美國意大利諾大學植物學士 錢崇澍譯
國立東南大學植物學教授

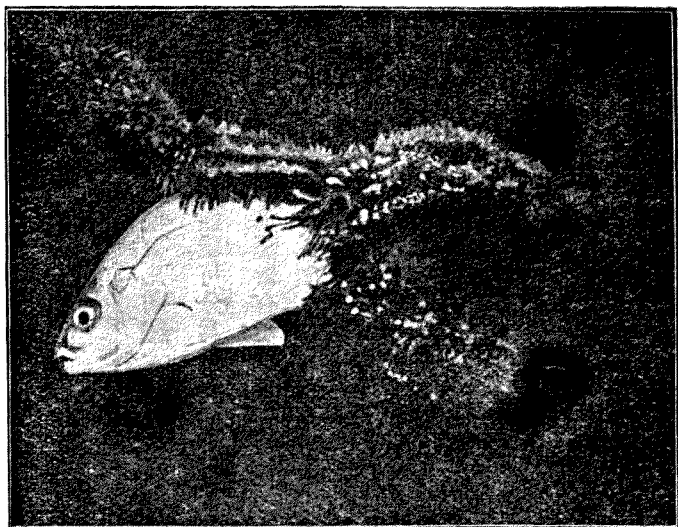
前章所論，已示天演作用如何使生物支配各種生命之居所，但對於動物之棲息處所，或動物之家，復須詳細論之，以明各處所之特別情境，及考察動物經久期競爭之後，何由而獲得及能深固成立各種自存及延種之適應。生物已分佈於全球之面及地下之水中；有戰勝於地下者，有戰勝於空氣者。如前所言生命所棲息之處，可分為六類，每類有特別動物以居之，即海灘，海面，深海，淡水，乾燥之陸地，及空氣是。海中之深處無植物；空氣中之植物僅為浮游之細菌，雖樹木亦嗜空氣，附生於枝上之蘭似更甚，然不作空氣植物論；其他四類之棲息處，則動植物兼有；且彼此協作，成有趣味及精妙之相互關係，此問題於他章論之。

一 海灘

海藻地面 動物學家所謂海灘，不僅指潮汐所及之狹帶；凡圍繞大陸及大陸島嶼之比較水淺，多受日光，及海藻生長之暗灘皆屬之。學術上謂之海岸區域，可分為數帶，每帶有其特別之生物。綠色海藻在海岸之最高帶；褐色海藻次之；紅色海藻最低。海藻皆有葉綠素，故能利用日光而行光合作用（即自空氣水及鹽類造成炭水化合物），但在褐色及紅色海藻，其葉綠素為他種色料所隱蔽。植物學家有謂其他種色料之海藻，在水深少光之處，能利用此色料，而得較多之光，無論確實與否，吾人當以海藻生長之面積為海岸動物生存之所。海岸動物之生命直接或間接為海藻所密切包護，海藻供給食物及立足之地，且緩和波浪之沖動。自海藻及大葉藻（一種眼子菜科之種子，植物學名 *Nostera*）所脫落之小塊組織，自海岸之坡緩掃而下，沉澱於稍深之靜處，成一種富於滋養之海屑。海中動物之遠離海岸而生長者，亦常有此種海屑在其胃中。

海岸生命之情境 如前節界說所定之海岸區域，是尙非生命之大棲息所；以九百萬方英里

之面積，與全地球一萬九千七百萬方英里之面積較，僅爲一小份耳。但地面甚長，約有十五萬英里，以有海灣，峽江，河口，峽口等，而曲折特甚。如深水逼近峭壁，則無海灘可言；而他處比較淺水之灘，有海藻生於其水底者，可向外推廣至數英里。海灘之性質相差殊甚，依岩石之性質，內地河流所帶下之物質，及潮汐所沖積之物質而定。海岸時有變化，其上部於潮上潮下時相異極大，又有各種變遷，由於暴風驟雨，淡水漲溢，風飄砂粒，及遲緩之水平升降者。海



攝影之魚一大捕捉車盤海

其適於吸引之管足緊握其魚。

灘爲動物之密集處所，蓋海岸比較爲狹，岩石中之隙裂孔穴無一不視爲珍貴之區。

劇烈之生存競爭 海岸生物既多，則生存競爭自烈，舉凡生物對於所遇困難及限制之反應，

皆競爭也。有食物之競爭，海岸微小之物易爲潮流冲刷而去，及順坡而下沈；以有此事實，而競爭加烈。除直接競爭（如饑餓寄居蟹之相競）外，各生物每須十分勞苦方能得食。卽遲惰之生物亦然。例如麵包海綿動物，或他種海岸海綿動物，必須拍動多量之水，經過其複雜之孔道，方能自水中獲得充量之微生物或有機小粒，以作食料。食物競爭劇烈之程度，可以動物營養之相互關係爲指標。海岸生命之關係，幾盡可以食之一字以表示之。一磅石魚需十磅油螺以成其體；一磅油螺需十磅海蟲；一磅海蟲需十磅海屑。物質之循環若此，常自一體而轉至他體。

除食物競爭外，尙有立足地及空氣之競爭。對於湖水之摩蕩及巨浪之砰擊，亦復撓拒。一旦被逐失所，則危險極大，而肢體之損斷成爲常事。至於甲冑之種類，如海膽刺蝟狀之盔，蟹之甲，蛾之殼，種種不同，其惟兵械足以勝之者，如海葵刺狀之細胞，海膽急夾之葉，寄生蟹之鉗，章魚捉捕之觸手及鸚鵡狀嘴之類。

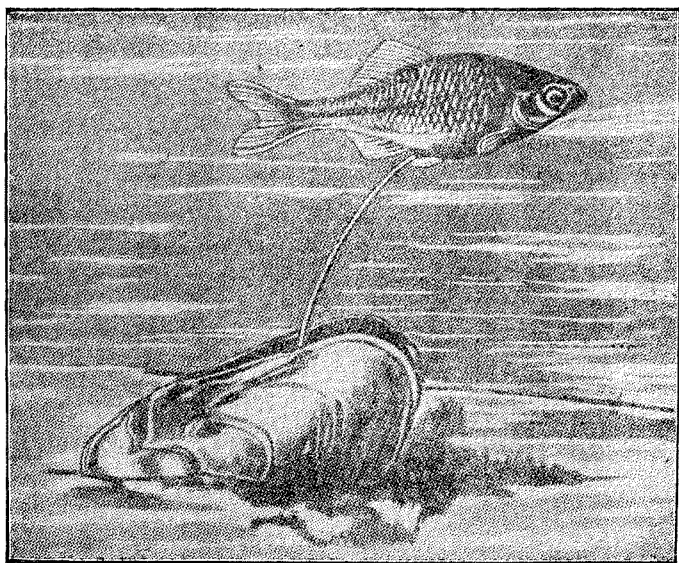
爭存之巧術 海灘之生物，因對付常遇之擾攘，其體質或行爲每起特種適應。以此類爭存巧術之屢見，吾人更得窺見生存競爭之劇烈。海盤車常被捕而有失其肢體，或失其生命之困難；遂以反射作用，棄其被捕之肢而逸其所失者，復逐漸再生以補足之。蟹足常完全毀壞；自足根易斷之處脫去其足，於預先防止出血之處復生一雛形之新足。此爲適應之法，謂之有意之反省，毋寧謂爲反射作用，此種適應名曰自毀。

此書之他處，曾討論保護作用之擬態；但在海岸則擬態尤多。但『爭存之巧術』尙有他法焉。砂蚤之數種及其相近之種類，可表示一種難解之『偽死』現象，忽然停止運動，以避其敵之目。烏賊自其墨汁囊發放黑色墨汁，能昧其敵之目。數種無擬態之海岸動物，如蟹一類之物，則熟於迷竄之戲；數種滑皮之魚，或鱒魚，逃於貌似無孔之石隙中，以其皮甚滑，故難於捕捉。最狡詐者，恐莫如寄居蟹之性習，彼與海葵爲互利之共棲，海葵掩覆寄居蟹，其作用亦如高築之礮臺，而寄居蟹則予以運動及多餘食物之報酬。所述諸例，已足示海岸生物所以爭存之巧術，千變萬化，種類至繁。

父母之愛護

依達爾文之意，生存競爭爲活動自然界經濟上之一大事實，不特包括競爭而

已，凡各種盡力於爲苗裔得幸福，使入世之始，即有一優良之起點者，均屬之。故自食物地位之競爭至父母之愛護，初無不接之跡。海蛭 (Pontohdelta) 乃一有趣味綠色有瘤狀突起之生物，喜附於扁平之魴魚，下卵於雙殼軟體動物之空殼中，作數星期之保護，且去其泥以防發育之阻礙。海岸海盤車發育之順序，通常其幼者經過一幼蟲時期，自由游行於空闊之水中；但在不列顛有一種海盤



盧特魚 (Rhodeus amarus)

大陸魚用其細長放卵管下卵於淡水軟體動物之內。其卵孵化於軟體動物鰓板內。

車，其已完全發育之幼魚爬行於其母體上。海蜘蛛之卵著於其雄之二股；海馬之雄置其雌之卵於其腹面之皮囊中，帶之游行以期安全，至孵化而止；海岸池沼中雄芒背鰓以海藻作巢，其雌下卵於巢中，而雄任保護之責；雄竹麥魚時保守其淡紅色之卵，其雌下卵於海岸池沼之隱僻處，而又奮力逐去其侵人者。雄竹麥魚時復揮動其腹鰭及尾，以供給空氣於發育之卵。一有趣味之點為海岸動物之愛護其雛，以雄者為多。但母之愛護亦不少。

海岸之動物，可以代表自單細胞之原生動物至鳥類如蠣鵲，及哺乳動物如海豹。各大類動物，幾無一非海岸上之學徒，其學習已至幾百萬年之久，且深印於機體中，故海岸當然視為一大學校，凡忍耐，堅毅，警醒諸種習性均於此學得之。

二 海面

異於狹溢，擁擠，及困難之海岸情境者，有寬廣，闊大，及比較平易之海面情境，海面云者，謂遠陸多光之水面也。多數小生物生於海面三百英尺水中者最多，故「海面」一字所包者甚廣。深至一

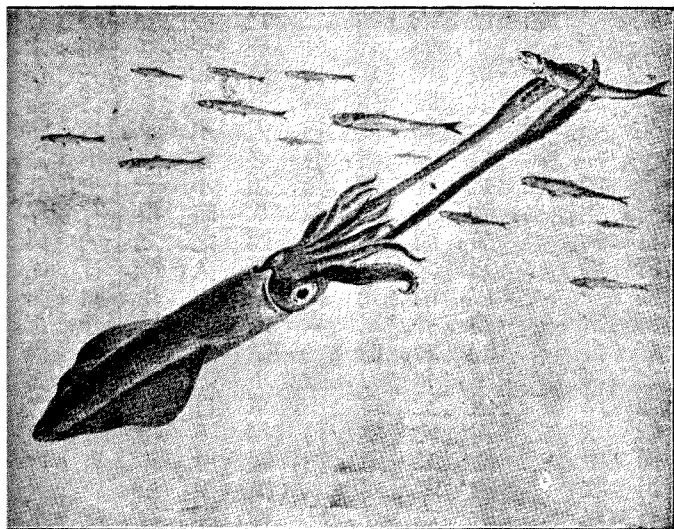
千五百英尺，光已極微，就動物所棲息之海面言之，其界與光同止。海面之植物近水面較多，深至某處則生物幾完全爲動物。動物之以時而升沈者不少；有於日間升至水面者，有於夜間升至海面者。最有趣味者，爲極柔弱之櫛水母（Ctenophores），一浪之激揚已足使其粉碎。稍有風雨之預兆，卽沈下至風雨勢力所不及之處，洋面波平如鏡，須數小時之久，方能誘之自下層平靜之處而上升。

浮游生物場 欲知海面生活之經濟，吾人必須承認無數之微小單細胞植物，蓋此等植物爲供給食料之基本物也。與之有同等之性質者，尙有無數具葉綠素之微小動物，或已與單細胞藻類共生之動物。此種綠色之植物或動物皆爲生產者，能利用日光之能力，自空氣、水分、與鹽類，而製造炭水化合物。動物之以此等生產者，或他種動物爲食者，謂之消費者。介於此二者之間，有海面細菌，能從他種細菌所腐爛之動植物死體中，取其含淡之物質，以成硝酸鹽，重爲植物所利用。此種居間之生物甚爲重要，蓋能使『物質之循環』進行無已也。

墨累爵士（Sir John Murray）所稱之『浮游生物場』常自海岸水中收取資料，蓋海岸情形適於單細胞藻類之繁殖，亦常有某量之無生命海層，自海藻海草之地域掃出者也。

游行及飄浮之生物 海面

動物，爲便利計，可分爲自動之游行動物。與被動之飄浮動物。游行者包括大小之鯨魚，如猛烈海燕一類之鳥，食魚之海龜，蛇婆，如鯖鯪等之魚，有鬚鯨類所食之有殼翼足類或海蝶，數種活動之烏賊或槍鯛，各種海面之車鰓及其同類，數種如透明毛顎類之蟲，及如夜光蟲一類之原生動物。夜光蟲在夏季黑暗時，使海浪閃光。生物中一極特異之例爲海鼈，一無翼



十足烏賊捕魚之狀

烏賊之臂有適於捉捕之吸盤，用以捉捕動物。口內有強固之顎，形同鸚鵡嘴。烏賊屬軟體動物，可視爲無脊椎動物中之最高等者。多數生息於海岸附近，亦有在海面與深海者。

之昆蟲，與溪溝中之水黽同類。常見於離海岸數百英里之外，浮掠於海面；暴風雨至時，則沒入水中，以水面之死動物爲食物。

飄浮動物或輕易之游行動物（此二者原無明確之界線）以硬殼放射蟲，數種成白堊之動



海面懸囊水母 (*Physophora hydrostatica*) 之複雜羣體與僧帽水母 (*Portuguese Man-of-War*) 同類

羣體中分工極細。其項爲浮游者；其下爲司保護或攻擊之刺狀細胞；其中爲司管養，生殖，及他種功用。體爲半透明之藍色。海中游泳或海浴之人，常被此種動物及其同類所螫刺。

物，例如抱球蟲 (*Globigerina foraminifera*)。水母，管水母，僧帽水母，櫛水母，無數之微小甲殼類，與固著不動之石勃宰同類之奇異動物薩爾帕 (*Salpa*) 及常浮水面行動遲緩之河豚魚等爲代

表。

海面動物有構造柔弱之傾向，其密度近海水，有各種適應，如突出絲狀等物之輔助其浮游是，又能依環境之情形而浮沉。多數發光，多數以其體透明或藍色，在水中甚不顯著。但二者之意義則殊難言。

饑餓與慈愛 饑餓多見之於海面，而

尤於飄浮動物稀少處為甚，飄浮動物，各處相差極甚，大部分地中海之飄浮動物，比北海為稀少。南太平洋巴塔哥尼亞 (Patagonia)

之西，飄浮動物極少，成『海中之沙漠』，故幾無漁業。北方漁業之興盛，例如大



格林蘭之鯨

示頭頂之二鼻孔及由口蓋下垂之鯨鬚板。

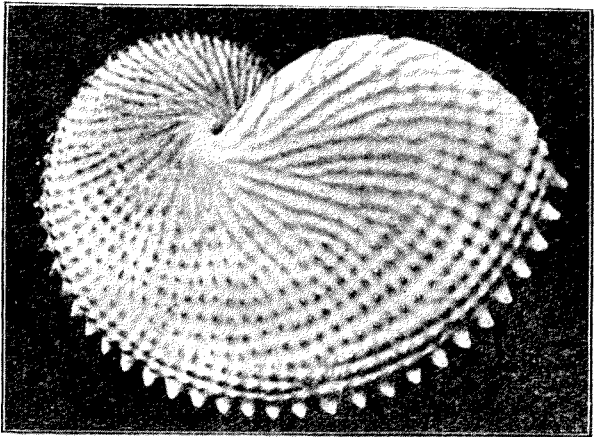
西洋鱈魚叢集之淺洲，由於浮游生物場之富饒，及飄浮動物類之微小生物衆多所致。

當鬚鯨 (baleen whale) 張口衝

過水中時，其口內懸垂之鬚板，宛如一偉大之篩，數百萬之小魚或他種微小動物盡吞入其口中，此時饑餓現象明顯可見。

海面有饑餓亦有慈愛。鯨之愛護其幼，已臻極高之程度，母缸魚 (Argonauta) 庇護其卵及其幼兒之柔弱之殼，可謂爲『世界最美麗之搖牀』矣。

海面除永久棲息之動物外，尚有海



海面動物缸魚

僅缸魚之雌者能造成此柔弱之殼，爲庇護其卵及幼兒之用。其殼由其二臂分泌而成，非似他種軟體動物之由外膜而成，殼內一室，此爲與鸚鵡螺相異之點。

岸動物之在幼蟲時期者亦暫居焉。海岸與海面動物有甚有趣味之施報關係。海岸供給營養資料及在空闊水中速於繁殖之微小生物。但事實之重要有不減於此者，開廣之水乃多數柔弱幼蟲之安全養育所：例如蟹及海盤車，藤壺及海膽之幼蟲，於海岸及淺水之粗暴戰亂之情形下，不能一日生存者也。此種幼蟲於經過根本變更及得精力後，方用各種方法回至海岸。

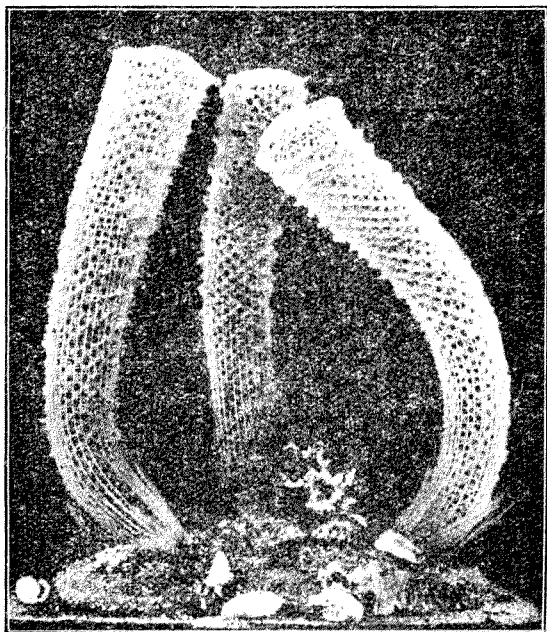
三 深海

深海包深海之底及水層之附近海底者而言，與他種生物棲息處所大異。深海所佔之地面過於全球面積之三分之一，而生物衆多。深海自鋪設海底電線後，始經慎重注意，但首令吾人對深海有一種新世界之印象者，乃察楞澤 (Challenger) 探險隊（一八七三—七六年）之結果也。

外界之情狀 海洋平均之深度約二英里有半，而多數地方比較為淺，故海中必有深度較大之部份。有數處可深至六英里，即埃佛勒斯峯 (Mt. Everest) 亦可被湮沒而無跡。在此深度壓力甚大，即深在一萬五千英尺之處，每一方英寸已有二噸有半之壓力，溫度在淡水冰點之左右（華

氏二十八至三十四度，蓋兩極之冷水常繼續下沉，而尤以來自南極者為甚。除發光動物不時發光外，深水中極為黑暗。雖極靈之感光片在三千英尺之深，稍顯光跡，但日光在一千五百英尺處幾已消滅矣。深海為一絕對安靜之世界，海底絕無景物之可言。一深，冷，黑暗，寂靜，單純之世界！

生物之情狀 雖深淵之底之數部分，其生物可較他部分為多，然生命之分佈無深度之限制。凡撈網可及之處皆有生物可發現，如原生動物，海綿動物，珊瑚蟲，海盤車，海膽，海百合，甲殼類動物，酸漿介，軟體動物，海鞘類動物，及



偕老同穴 (Venus' flower basket) 之硬骨，生於日本深海之海綿動物。

魚類等，皆可為動物分佈之代表。深海既無光，自無綠色植物，而所有動物，又不盡賴於彼此互相吞食，故食物必自外供給之。海面微生物因溫度之變更或他種原因被殺後，乃下沉於海底，而作海底動物之食料。此種多餘之食料，海層及各種之鹽類，沉澱於海底，成一種軟泥，其狀有如夏季之牛油。

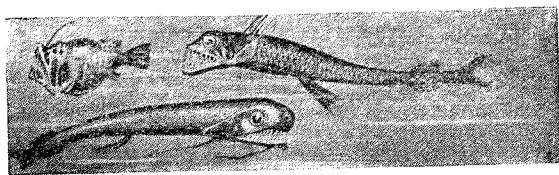
海底似無細菌，故無腐爛作用。沉下之物，即大如鯨之屍體，必為饑餓之動物咬細而消化之，而大多數之骨則溶解於水中。惟鯨之耳骨，鯊魚之齒則能永存。

深海生活之適應 為適應高壓力

計，深海動物之體常易於滲透，故水常通



深海之大腹魚，以貪食著名
有時可吞嚥魚之大於己體者，使其胃大為凸出。



深 海 魚

Melanocetus murrayi 及 *Melanocetus indicus* 之二種與不列顛之鮫鰩同類。但棲息於深淵，色極暗，甚柔弱，具甚完備之發光器管。第三種魚名蓬萊惠曾 (*Chauliodus* 好掠捕動物，口大，有可怖之齒。

過其體，例如借老同穴爲一種硬海綿，輕受一小孩之指觸，即可破碎。但內外壓力相等時，則無破裂之虞，爲防海底軟泥之局悶，多數深海活動之動物有極長高蹠狀之足。而固著不動者，則有長莖以高舉其體。莖之他端埋於泥中，對於墨暗之適應僅動物所發之光，爲目可利用；動物之觸覺則大爲發達。有趣味之發光問題將於他處論之。

深海動物之起源，似由各種海岸動物而來無疑。多數海岸動物經多數世代之時間，隨食物下沈，已至永久黑夜寒冬之世界，而適應於此奇特之情境。蓋深海動物之適宜，美麗，及強盛，與他處動物無異。自然界誠無污陋之所哉。

四 淡水

淡水之區域，以較全球則極小，約佔所在百分之一，但面積雖小，種類極多，如深湖，淺池，大河，緩澗，礁湖，沼澤及他種是。淡水所在雖遠隔，而動物則大都相同。此特殊之事實，一部份由於飛鳥之足因沾泥而帶多數小生物自一流域至他流域，一部份由於數種淡水動物溯源於自海洋或海岸動

物之侵入河流或沼澤者，惟體質相宜之數種移殖後乃得生存；一部份由於數種之湖成於古時之海，性質相同之動物於變更後仍能生存。

可以代表淡水動物者，包括數種之原生動物，如變形蟲及鐘珠蟲，海棉動物中一科之代表（淡水海綿 *Spongillidae*）通常水螅，多種無節之蟲（最著者如片蛭 *planarians* 及線蟲 *nematodes* 類）與蚯蚓同類之多種環節動物，多種甲殼類動物，昆蟲，壁蝨，多種雙殼軟體動物及蝸牛，各類之魚，一二種水蜥，小泥龜，在熱帶有大鱷魚，各類有趣味之鳥如河鳥，及哺乳動物如水鼩與水鼯。

淡水動物須抵抗數種困難，最大者為乾旱，冰凍，及大水時被沖刷而去。研究世界之事物，其趣味無有過於研究淡水動物用以解除其困難之適應。試舉少數之例於下。

（一）對於乾旱之困難，多數淡水動物有蟄伏之能力。例如非洲棲息於池沼之魚，可在泥中生存半年之久，而多數小甲殼類動物則耐旱之能力可至數年。（二）水近冰點膨脹，較冷之水浮於水面成保護之冰層，較暖之水留河底而不凍；淡水動物在池沼中以是而得逃避冰凍之危險。

(三) 動物有各種把持，鉤纜，固著之法，以減少被沖刷至海之危險，且縮短危險極大之幼稚時期焉。

五 乾燥陸地

動物生活史中，動物之圖出水而登陸者，已屢見不一；而多數動物已告成功，其尤著者爲(一) 蟲，(二) 空中呼吸之節肢動物，及(三) 兩棲類動物。

動物之得支配乾燥陸地也，端賴植物預備之功。設陸生植物而不能生於乾燥之土，以供給食物庇蔭與溼氣者，則陸地必荒冷而不堪立足。未有植物之先，不能有蚯蚓，蓋蚯蚓以腐爛植物之葉等爲食物也。但蚯蚓之報酬極速，於世界各處造成腐植土，在地中穿掘以開通土壤，用其排泄之泥糞以循環其土質，且於其食囊中磨碎物質——成世界最要之磨機。

更有一重要之意，是爲無論海洋或淡水，凡水邊之生活均爲陸地艱苦生活之必要預備及過渡經驗。凡在陸地所稱爲美滿者，皆開始於水岸。吾人試研究自水移陸之意義。前於天演篇中已約

略討論其旨，一甚有趣味及重要之論題也。

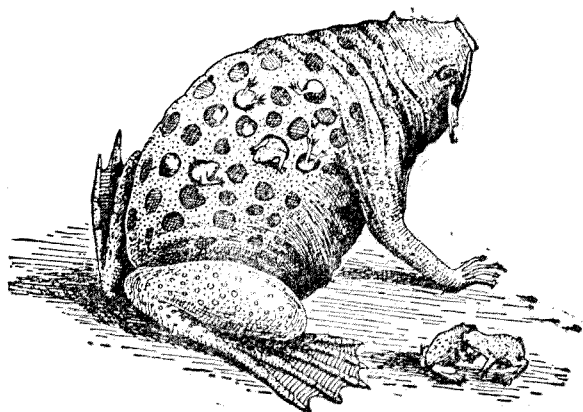
自水至陸過渡之困難及結果 離水至陸，動物失去運動之自由，蓋陸地動物之行動大都限於地面也。故運動必須極速，極簡捷；與此有關係者，為動物必須有精細橫紋及收縮敏速之肌肉，有時此種筋肉增加而成無數各別之機器。吾人於行路時，自舉起足跟至重安置於地，於半秒之時間內，已運動五十四筋肉。更進，敏捷而有節制之運動，尤需進步的神經系統，蓋腦於有思想作用之前，久已為節制運動之器官矣。自水至陸之過渡，亦含有身體更加結實之需要，以免去在地面阻力太大之弊。動物之如水母者，決不能生於陸地；數種陸生動物，如蜈蚣，蛇等，其延長之體皆有特別之適應，使走時不至蹣跚，是為陸生動物之例外。

陸地晝夜冬夏之變化，較海洋更為顯明。故上陸後對於蒸發，失熱，及他種危險，必須有保護之法。動物保護之法不一，如體外有厚皮，角質層，甲殼，或毛等皆是。多數動物於冬令之前，已預加增其保護，如加厚其毛皮，或於皮下積儲一層之脂肪。

但表皮之增厚或保護，有全部或一部分失去表皮呼吸作用之弊。陸地可用之養氣較水中為

多，但得之之法則較難。養氣吸入體之內部而入一種似肺之器官，體內吸收養氣之濕潤面積，甚爲重要。最良之解決法可於有氣管之節肢動物見之，如橈蠶，百足蟲，多足蟲，及昆蟲等，以有分枝之氣管，故空氣可流通至任何孔穴，任何部分。大多數動物以血就空氣，昆蟲則以空氣就血。桓螯前自海岸移殖內地，由叢生於鰓蓋下之脈管，吸收乾燥之空氣。

在陸地安置雛幼及卵，較水中更難。水可隨處用以養育其雛，而陸地則燥旱，有極低極高溫之變更，且有饑餓銳目之仇敵等危險，不得不避免者。以故陸地動物有種種之法，以藏其卵或



負子蟾卵孵化於其背上之小袋中

雛於穴中，巢中，或草本植物及樹上。數種動物於生育後，仍帶其幼於身上，如負子蟾 (*Pipa americana*) 及袋鼠 (*Kangaroo*)；亦有延長其妊孕之期，其幼得以在母體內安全發達，而於有胎盤之哺乳動物中，則母子之關係尤為密切。至有趣味者，有一古代動物名櫛蠶 (*Peripatus*) 者，介於蠕蟲與昆蟲之間，帶其幼於體內，幾及一年然後生育。

上文所討論者，已足示陸地之征服有極大之天演效果。自兩棲類首侵入陸地，可謂為較佳之腦力，更有節制之動作，及更高之家族生命之肇端。

六 空氣

動物無純粹生存於空氣中者，但多數昆蟲之成蟲，其大部分之生活，在於曠濶之空氣中；雨燕 (*swift*) 在夏季長日中自黎明至薄暮，除至其巢以昆蟲哺其幼蟲外，其飛行無一刻停止。蝙蝠在活動時期，亦宜名之為空中動物。

空氣為生物最後宰制之棲息所。研究此項宰制能力之意義，一至有趣味之事也。(一) 空氣

生活使生物得超越陸地生活之根本困難，蓋陸地生活限制生物，使其僅運動於一平面，即地面是也。飛行之能力，可使動物回復其普遍運動之自由無異於游行水中。當貓竊行而前，將捕殺麻雀時，麻雀忽而飛入空中，吾人以是知飛行之增加安全者不少。（二）飛行之能力，亦所以予動物捕獵，及開闢新地，與探求水源之新機會。（三）安置卵及其幼雛於大多數之敵所不能及之巢中，亦一極重要之點。白頭鶉之巢搖曳於樹頂，可以表示一有效果的試驗之頂點。（四）最大之利益，莫如能移徙，因以制勝時間（可避免乾旱之夏及嚴冷之冬）與空間（可自一處捷行至他處）之困難，有時幾有環繞地球之可能。動物之獲得其利益，能勝過飛行之能力者無幾。飛行實為開新自由門之鑰。

飛行之問題如前章所論，曾經四次之解決。但每次所解決，各異其法。四種解決可於昆蟲，及已滅跡之翼手龍，鳥，與蝙蝠見之。更進，如前所言，已有無數動物欲作飛行，雖失敗而仍為光榮者，其最著者如飛魚，緊張其胸鰭而遠躍；又如飛樹蛙指趾間之蹼張成傘狀；飛龍 (Dracorolans) 肋旁之皮，張於能動甚長之五六肋骨上；各種飛行之哺乳動物，如袋鼯 (Flying phalanger)，鼯鼠

(Flying squirrel) 等，能在樹間作突進狀之跳躍。

昆蟲之翼乃扁平空心之囊，生於身體上部名胸部處，第二第三環節之兩旁。有強有力之肌肉爲之工作，有幾丁 (chitin) 質之肋條以支持之。在肋條內可通有氣管、血脈及神經。昆蟲之構造極輕，氣體流通亦極周密，昆蟲飛行之原理乃用輕而有彈力之翼，揮擊空氣極速所致。多數昆蟲於一秒間，其翼揮擊空氣多至二百餘，故吾人所習聞之營營之聲，可比飛機推進機之翼急轉時所發之聲。於一短時間內，蜂飛之速可超於鴿，但昆蟲甚少能遠飛者，每爲風所飄蕩或吹回。蜻蜓及蜂可爲昆蟲中能飛二三英里者之例，但此爲例外。昆蟲通常僅能作短程之飛，此事於人生甚爲重要。蓋可限制有害昆蟲，如爲傷寒病及瘧疾媒介之蠅蚊等之傳佈範圍。最下等之昆蟲（跳蟲 *spring tails* 及銀囊 *bristle-tails*）無翼之痕跡，而蝨蚤等之無翼乃由退化所致。尙一有趣味之事實，爲數種昆蟲於生活中，僅在交配時飛行一次。昆蟲之翼如何演成，至今尙未明瞭，但昆蟲類於實行飛行之前，似先能跑跳及突躍也。

已絕跡的翼手龍之黃金時代，在地質學時代之白堊紀，此後其種即消滅。其翼係一摺之皮，自

身旁向外延伸甚長之指而擴展（通常視若吾人之小指）自此接連於後足乃及其尾。

翼手龍似不能遠飛，蓋至多其胸骨只有一弱龍骨突起；但中有數種，其背面脊椎骨之融合甚為顯著，此骨一如飛鳥，用以供揮翼時之支點。此種古生物之大小，自小同麻雀起，大至自兩翼尖之間，其擴張有十五至二十英尺之廣。諸飛行動物中，以此為最大矣。

鳥類解決飛行之法，以羽毛為主要，羽毛成一聯結之風車以鼓風。此問題將別論之。翼手龍及蝙蝠之翼為蹼翼或膜翼（patagium），而鳥翼之前部亦有一小蹼膜。但鳥之膜翼無關重要，而鳥翼則由另一方向之天演而來，其前肢變形以為支持羽毛之用。羽毛大體可比之於爬行動物之鱗，但僅大致相類似，二者間有何過渡關係，則未之知也。前已言之，鳥發源於二足之恐龍，鳥之能高升，極似其始不過能在地上跳躍，撲其有鱗之前肢，而用其長尾以平其體如袋鼠狀。其第二步似為樹上之學習，在此時間，得自上『溜』下之精巧技能，今日之鳩，自鳩舍滑溜至地，猶存其近似。御風之技能已臻極點者，厥惟鳥類，而信天翁及兀鷹之『帆行』空中，則尤奇異高妙，無有能及之者。彼雖不鼓其翼，而有時順風，有時逆風，帆行可至半小時之久，或繞船以行，或在天空作螺旋狀之迴翔，似

能利用各種速度之氣流，其下時變位置能力為運動能力，上升時又變運動能力為位置能力。數種蜻蜓亦能作帆行，誠至有趣味之事也。

蝙蝠之蹠翼所包不止前肢。雙摺之皮始於頸旁，經前肢之前面，越其大指，轉後接連於其延長之掌骨及指，重至體旁而連於後肢，如有尾者則接於尾。甚有趣味者，為蝙蝠之骨骼，其輕有如鳥類，其胸骨亦有龍骨突起。使胸前筋肉著於較善之地位，背之脊椎骨亦合一如鳥然，使飛行時有穩固之基礎。此種對於同狀需要之同狀適應，見於不同類之動物者謂之幅合 (convergence) 乃極有趣味之研究也。蝙蝠除與鳥同有之適應外，尚有多數獨有之適應。蝙蝠以有多數



信天翁：南海之大洋鳥

此鳥之翼擴張時，二翼端之間，其大可至十一英尺。以特強之帆行力著，能繞船環行，而不見其撲翼也。

神經之端在其翼及耳鼻四周之特別皮葉，故於薄暮飛行時，不至與樹枝及他種阻障物撞擊。有謂此係得其高音回聲之助，但蝙蝠之有極精美之觸覺固無可疑。通常蝙蝠僅產一子，其對於飛行之適應顯然可知；又食蟲蝙蝠後齒之銳利如山峯之頂點，亦爲對於咬碎昆蟲之適應。

吾人觀於鳥類飛行之勝利，在移徙一端已達極點，或則陸地動物如通常之哺乳動物蝙蝠等，亦能支配空氣，或則屢試而爲榮耀之失敗，如動物之無翼而能鼓風突躍者，由此可知生物因求福利而作特殊之奮鬥，其性至爲倔強。

上文所論，已足表示多數動物，對於其生息地所有之特別困難，各起何種之適應；但困難及阻礙之發生無時或已，故適應亦繼續而起。故吾人順自然之趨勢，將於次章論常見之自衛擬態等事焉。

參考書目

Elmhirst, R., *Animals of the Shore*.

Platley and Walton, *The Biology of the Shore* (1921).

Furneaux, *Life of Ponds and Streams.*

Hickson, S. J., *Story of Life in the Seas and Fauna of the Deep Sea.*

Johnstone, J., *Life in the Sea* (Cambridge Manual of Science).

Miall, L. C., *Aquatic Insects.*

Murray, Sir John, *The Ocean* (Home University Library).

Murray, Sir John and Hjort, Dr. J., *The Depths of the Ocean.*

Newbigin, M. I., *Life by the Sea Shore.*

Pycraft, W. P., *History of Birds.*

Scharff, R. F., *History of the European Fauna* (Contemp. Sci. Series).

Thomson, J. Arthur, *The Wonder of Life* (1914) and *The Haunts of Life* (1921.)

