

17701
17570



科學叢書

人生動物學

日本中澤毅一著
朱建霞譯
杜亞泉校

商務印書館發行

民國二十一年一月二十九日
 敝公司突遭國難總務處印刷
 所編譯所書棧房均被炸燬附
 設之涵芬樓東方圖書館向公
 小學亦遭殃及盡付焚如三十
 五載之經營墜於一旦迭蒙
 各界慰問督望速圖恢復詞意
 懇摯銜感何窮敝館雖處境艱
 困不敢不勉爲其難因將需要
 較切各書先行覆印其他各書
 亦將次第出版惟是圖版裝製
 不能盡如原式事勢所限想荷
 鑒原諒布下忱統祈 垂察

上海商務印書館謹啓

版權

所有

中華民國二十年一月初版

民國二十二年國難後第一版
 十二月印行

(二五二)

科學叢書 人生動物學

每册定價大洋貳元

(外埠酌加運費匯費)

原著者 中澤毅 一

譯述者 朱建霞

校訂者 杜亞泉

發行兼印刷者 上海商務印書館

發行所 上海及各埠商務印書館

序

本書大半根據余任職第一高等學校時所撰理科學生之講義而成；余假定社會為一種學校，此書即供其參考而作也。高等學校為教授高等普通教育者；然余以為生物學似此程度之知識，對於實際社會活動之人，最為必要。吾人之生命如何維持？所謂感覺、榮養、運動，在體內為若何之生理作用？何謂生殖？遺傳現象又何如？以及吾人之社會組織在動物界中有若干價值？對於此等人類必需之知識，生物學與以科學的說明，本書雖不過三百餘頁之小冊，欲使社會上多數之人對於此問題了解斯學之所陳示，是其旨趣。

是故本書，余以人生動物學名之。動物學與植物學之為應用科學者，以生活必需之食糧品，如動植物之栽培、飼育或採捕上斯學之知識，最為必要，自不待言。又因維持吾人之生命，關於侵害吾人肉體之寄生蟲，其知識之養成，亦為生活上不可缺少者。此等知識，顯為人生動物學所應講述者。

然關於此種應用之動物學，自有各種專書論述，佳作甚多，讀者可細玩之。本書從自然科學上動物學之立場，解說生物特有之生活現象，使讀者依據各種動物共通之生活意義，理解通種種動物所發現之生命現象，與吾人生活之生物學的義意。

夫科學之任務，在於分析解剖自然界中一切之現象，而闡明其間存在物之性質，構造及機能，而統一歸納於物質與勢力之現象，或進而為電子之現象，由分析解剖之實驗的研究，闡明真正之事實，確定其支配之理法，此等知識可為企圖社會文明進化之第一要素。

其次，統一歸納之結果，知宇宙自然之大法，因而理解吾人生存生活之目的，與吾人經營之社會之歸趨，可為思潮之泉源，科學幼稚之過去，不得而知，未來社會指導之思想，必為一致於科學之思想無疑。

本書所述殊簡，不過生物學之初步，然余以為社會中人，即此程度已足，大學預科學生中專攻生物學者，不過數百人之一，其他皆急急於磨練專門之技倆，無傾聽斯學之餘暇，對於此等欲專修多種學科而忙迫之人，不可不就應述之事項加以斟酌研究；但瑣述動物之種類而不顧及生命學之大綱，非吾所取，且科學非據實驗與觀察，則難得真實之理解，因此余在可能範圍內，以習見之動物為例證，因平常熟識該動物，說明即容易了解也，然關於生物之單位細胞，及各種機能之出發點之組織，概非藉顯微鏡不能識之，故本書增加插圖，補充記述，且望學校中學習諸君，請命教師，施行顯微鏡的觀察教授者，以本書為教科用書，講解須重實驗觀察，本書記載不周者，並望酌量補充之，又本書如開端所言，以一般社會為目標論述生命科學上之動物學，故對於多數問題，為便於通讀

計，不加定義的解釋。

近來動物學之一般的傾向，益見專攻，且生物化學，遺傳學等，自生物學者以外之方面，大加研究，而使生命科學上之動物學地位，意見增高，是故現今之動物學，其主軸之方向，蓋已轉對接觸生命之實驗的研究矣。余對於本書之讀者，深望此方面之研究者多數輩出也。

今將編輯本書時參考各書，列舉如次：

Brooks: The Foundation of Zoology

Conklin: Heredity & Environment

Delage & Goldsmith: The Theory of Evolution

Loeb: The Organism as a whole

Punnet: Mendelism

O. Hezrtwig: Das Werden der Organismen

Lang: Handbuch der Morphologie

Otto Steche: Grundriss der Zoologie

Plate: Allgemeine Zoologie

Meisenheimer: Geschlecht & Geschlechter

Verworn: Allgemine Physiologie

Wiedersheim: Vergleichende Anatomie der Wirbeltier

Winterstein: Handbereg der Vergleichenden Physiologie

於東京市外大久保之寓所

著者識

目 次

第一章 生物學概論	1
第一節 自然科學上之生物學	1
一、生物學研究者之態度 二、生物學研究之二方面	
第二節 生物與無生物	3
一、生物生自生物 二、生活力者何 三、生物之有機體制	
第三節 動物與植物之相異	9
一、動物的感覺運動 二、營養攝取法相異之根本原因	
第四節 生物之單位	11
一、細胞說 二、細胞說之發達	
第五節 原形質之物理化學的性質	13
一、原形質之化學的研究 二、蛋白質 三、碳水化合物 四、脂肪 五、水 六、鹽類	

七、原形質之物理的性質	
第六節 生物之基本的性質	19
一、新陳代謝 二、收縮及運動性 三、刺 戟與感應 四、生殖	
第七節 細胞之形態	22
一、細胞之形狀及大小 二、核 三、中心 球 四、細胞質	
第八節 細胞分裂	26
一、直接分裂 二、間接分裂	
第九節 細胞之分化與有機體制之進化	28
一、單細胞動物與多細胞動物 二、細胞 器官 三、分化細胞之有機體制 四、分化 個體之有機體制	
第二章 動物體之組織	35
組織之種類	
第一節 皮膜組織	35
一、被覆一切表面之組織 二、皮膜組織 之生理的機能	
第二節 結締組織	38
一、結締支持器官之組織 二、結締組織 之種類及性質	

第三節 肌肉組織.....42

- 一、肌肉組織之構造 二、橫紋筋與平滑
筋生理的相異

第四節 神經組織.....45

- 一、可刺激感應之組織

第五節 游離細胞.....47

- 一、體液 二、脊椎動物之血液 三、赤血
球 四、白血球 五、無脊椎動物之血液
六、血小板

第六節 器官與組織之說明.....51

- 一、組織爲器官材料或表現機能之器具
二、器官之種類

第三章 獨立保護上必要之器官.....53

- 一、動物之皮膚 二、節足動物之角皮質甲
三、軟體動物之介殼 四、脊椎動物之皮膚
五、哺乳類之毛鳥類之羽毛 六、脊椎動物
之真皮 七、海膽海盤車之甲 八、皮膚之色
及變色現象 九、色素細胞之種類 一〇、皮
膚分泌毒液之裝置

第四章 關於新陳代謝之器官.....68

第一節 動物之食物及攝食之器官.....69

- 一、食物之種類 二、食物攝取之器官
 三、食浮游生物之魚類之總紀 四、鯨類
 五、口及齒之發達 六、上顎及下顎 七、舌
 八、吻

第二節 行消化吸收之消化管……………81

- 一、哺乳動物之消化器與盲腸 二、哺乳
 動物之胃 三、鳥類之胃 四、魚類之胃
 五、節足動物之消化器 六、下等動物之原
 生動物的營養攝取

第三節 消化液與其分泌器官……………89

- 一、酵素之種類 二、營養物質之吸收
 三、節足動物之肝臟及唾液

第四節 呼吸作用與其器官……………93

- 一、生活與氧素 二、氧素需要量之差別
 三、水呼吸者與空氣呼吸者 四、呼吸器
 官之位置 五、肺之構造 六、喉頭及氣管
 氣管枝 七、鳥類之鳴器及發聲法 八、咽
 頭部之進化 九、諸動物呼吸之方法 一
 ○、鳥類之肺與氣囊 一一、昆蟲之氣管
 一二、水呼吸者之鰓 一三、魚類之鰓 一
 四、鰓弓之進化 一五、肺魚類及呼吸空氣
 之魚 一六、無脊椎動物之鰓

第五節 血液及循環系……………113

- 一、體液及血液 二、毛細管 三、血液之滲透壓 四、氧素攝取與血色素 五、脊椎動物之心臟及動脈之進化 六、脊椎動物之心臟 七、血液與新陳代謝 八、定溫動物與變溫動物

第六節 新陳代之老廢物及其排泄器…123

- 一、老廢物 二、排泄之方法 三、諸動物之排泄器 四、腎臟之進化 五、哺乳類之腎臟

第五章 動物之運動……………130

第一節 運動方法之種類……………130

- 一、受動的運動 二、運動與外圍 三、發生運動之力 四、運動方法之分類

第二節 魚類之運動及體形……………139

- 一、魚形之側扁與紡錘形 二、魚類之尾鰭 三、脊鰭臀鰭及偶鰭 四、魚之鰓 五、魚類游泳之速力

第三節 利用附屬肢之運動……………147

- 一、屈筋與伸筋 二、匍行及攀登 三、四肢及肩帶腰帶 四、節足動物之運動 五、

鳥類之飛翔 六、昆蟲之飛行

第六章 神經及感覺……………160

一、動物之特有性質 二、神經系統之分業

第一節 機械的及化學的感覺……………164

一、觸覺 二、位置覺 三、脊椎動物之位置覺 四、聽覺 五、味覺及嗅覺 六、化學的感覺 七、鼻與舌

第二節 對於光之感覺(視覺)……………181

一、陽性及陰性之趨光性 二、視覺體及視覺上必要之構造 三、脊椎動物之眼 四、網膜之構造 五、視成體之分布 六、眼之調節作用 七、節足動物之複眼 八、鳥賊之眼

第三節 神經系之中樞……………189

一、神經中樞之特長 二、本能與經驗的行為 三、神經中樞之位置 四、脊椎動物之腦脊髓 五、腦各部之機能

第七章 生殖與其器官機能……………199

第一節 有性生殖與無性生殖……………199

一、生物生自生物 二、有性生殖與無性生殖之區別 三、單細胞動物之生殖 四、

動物之自然死與永久生命	五、單細胞動物之配合與接合	六、多細胞動物之有性生殖	七、雌雄異體與雌雄同體
第二節	卵及精蟲與生殖器官	207	
	一、卵與其保護膜	二、精蟲及其形態	
第三節	生殖器官及機能	212	
	一、生殖器官之構造	二、人類之卵巢	
	三、輸卵管	四、辜丸	五、陰莖
第四節	成熟及受精現象	219	
	一、受精及其手段	二、精蟲之壽命	
第五節	卵及精蟲之成熟	223	
	一、成熟現象之三時期	二、減數分裂	
	三、雌雄相異及雌雄之接近	四、雌雄大小之相異	
第八章	動物之發達	233	
	一、動物發生之學說	二、個體發達與系統發達	三、卵之種類
	四、卵割	五、囊胚期與原腸期	六、哺乳動物之卵
	七、各種組織之發達		
第九章	動物之親子關係	248	
	一、卵之保護	二、子宮之發達與妊娠	三、

胚兒之保護 四、胎盤之種類 五、乳腺 六、
變態 七、世代交番

第十章 遺傳之一般……………263

一、遺傳之統計的研究 二、孟德爾之遺傳
法則 三、遺傳與遺傳因子 四、孟德爾遺傳
法則之細胞學的意義 五、雌雄之決定

第十一章 動物進化之一般……………281

一、動物之適應 二、千態萬狀之動物界
三、進化 四、人類社會之進化 五、達爾文之
進化論 六、達爾文與其後之學者 七、有機
體制的淘汰 八、拉馬克主義 九、戴爾里斯
之突然變化說 一〇、正統發達

第十二章 動物之種類……………299

第一節 動物界之二亞界……………301

一 原生動物……………301

二 後生動物……………302

第一門 海綿動物……………302

第二門 腔腸動物……………303

第三門 體腔動物……………305

第四門 扁形動物……………305

第五門 圓形動物……………306

第六門	環形動物307
第七門	節足動物308
第八門	軟體動物309
第九門	棘皮動物310
第十門	脊椎動物311

人生動物學

第一章 生物學概論

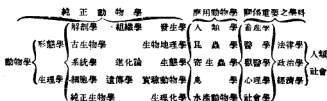
第一節 自然科學上之生物學

一、生物學研究者之態度 目之所見，耳之所聞，經感覺而留印象於腦海者，森羅萬象，是為科學之對象即自然界是也。現代科學，研究此自然界由統一歸納之結果，知無論何種現象，皆為物質與勢力(Energy)之表現，物質與勢力，互相提攜而存在。據最近之物理化學，此二者決非別物，物質之構成即勢力之所表現云。本書所述動物學，與其姊妹行之植物學，合稱曰生物學，為研究生命現象的科學之一分科。所謂生命現象者，與無生物之現象不同，特如起於吾人腦中之心理作用，從主觀的考察，祇見其為神妙不可思議；然動物植物，亦皆為自然物之一，其生命現象，從科學的客觀見地言，亦不過物質與勢力之現象而已。若以人類為本位對於動植物欲為科學的研究，則研究者之態度，不可不視此等為自然物，而自處

於客觀的態度。雖何等特異之生命現象，亦當認作物質與勢力之現象而觀察之實驗之，然後就行於自然界中之理法，努力從事統一歸納；若斯之生物學，方得認為有科學上之價值也。

二、生物學研究之二方面 研究生物學有二方面：一為形態學 (Morphology) 上之研究，就動植物所現之形態及構造行解剖學 (Anatomy) 的研究，或據顯微鏡而為組織學 (Histology) 的研究，其目標在研究生物之物質的構造；一為生理學 (Physiology) 上之研究，就生命之現象為機械的或物理化學的說明，研究生物之勢力的變化，前者為生物體構造之學，後者為生活機能之學，在根本上兩者互有密切之關係，其所以分門別科者，不過為便宜研究而已。故研究形態學者不當置生理機能於不顧，而生理學者亦不宜忽視形態上精細之特徵。至今日，生理學已不能伴形態學進步，例如關於生物之進化所謂形態隨生活機能而變之拉馬克 (Lamarck) 之進化說，因其根據薄弱，已不為當世所重視。雖然，構造與機能，亦非絕不相關者，若構造起變化，則其機能有時吾人雖不及明察，亦必有若干變化發生，反之，生理機能變異，物質的構造上亦必有其歧異之處；近以微生物學研究之進步，往往發見二生物於生理的機能上顯然相異，然因顯微鏡之力不及，在形態上不能明定區別，吾人因此得以推定其構造上亦必有某種差異在焉。如斯，生物之構造與機能，恰如物質與勢力之

不容分離；形態學之與生理學，亦如化學與物理學之互成對照，如化學，研究物質構造及物質變化之狀態，所以明物質之性質，而物理學則以研究勢力之變化為主；形態學從形態上或構造上論證各個之生物，而生理學則研究起因於勢力變化之機能。雖然形態學與生理學，僅表示生物學研究之二方面，對於生物之有機體制不過為二種見地不同之分科而已。茲將動物學中各分科及其他有關係之各科，表示於下：



第二節 生物與無生物

一 生物生自生物 存在於自然界中之物類，由生命之有無，得分為生物與無生物兩類。然則何者為生命乎？此問題以吾人現在之智識，尚不能與以明瞭之科學的說明；吾人僅能依據生命表徵之生活現象，判別其生命之有無，或努力闡發其現象，以為說明生命之地步而已。如植物之種子，動物之卵子，皆得視為某程度之死物，然亦可窺見其有微妙之生活機能，由呼吸作用之實驗或與以適當之狀況而觀其發生，皆得證明為生物，故對於生物與無生物之境界或關係，歷來

有多數之意見發表。科學幼稚之時代，學者皆信仰生物自然發生說，以爲生物亦能從無生物自然發生，無生物可以變爲生物。至十九世紀中葉，經法國生物學者巴士特 (Pasteur) 著名之實驗證明，生物自然發生說遂完全打破；爾來「生物生自生物」一語，蓋已成爲生物學研究者之基礎觀念矣。

二、生活力者何 生活現象，果依據何力爲之乎？人工製作之機械，其運轉也，必藉熱力，電力，重力，彈力等外來之動力；生物則不然，自然有運轉身體之力而表示其生活現象。如此力名之曰生活力，則吾人當念及人類生死之際，將不期然而然發生下列種種疑問：生活力或生命力與肉體爲別物，爲另外附與者，殆所謂靈的力歟？抑世代相襲受自親體者乎？生活力與自然界中其他普通之力，爲絕端相異之物乎？智識幼稚之時代，附加超自然的意味於自然現象者之一般傾向極強，因而對於吾人之生命，無待躊躇亦確信其有靈的存在。由此思想出發，遂產生一種學派，以爲生物特有之生活力，乃異於無生物界之力之特殊物，以生活現象與無生物界之自然現象相區別，此一派學說，稱爲活力說（生氣說）(Vitalism)。然一方因物理化學之進步，機械說 (Mechanism) 遂應運而起，以爲生活現象，不外生物體內外之物理化學的現象；生物體，一如試驗管內之藥品由熱力，酸類，試藥而變化，爲攝取之營養，由水，養氣及自身發生之熱，酵素，行使融解，化合，分解之一種物質；新陳代謝之現象，固不必論，即成長，受精，生殖，感應之

現象，亦為化合物之化學作用，吾人以現代科學之趨勢而論，機械說以各種生活作用為物理化學作用，不當加以否定；即現在所不能證明者，亦唯有努力從事物理化學上之研究。然生物在生活之過程中，攝取外物造作己體之機能，不經變形而成長，及產生同類之生殖現象，與感刺戟而為適合於自己之運動，此等現象，皆為無生物界所無，即生物體內種種作用，雖僅屬物理化學作用，其結果不得不產生無生物界未有之現象，蓋其中自有生物之特有性在也。生活力若加以種種分析，雖僅屬物質自然之力，論其全體，宜視為與生物之有機體制相侔之特種能力。

物理化學者研究物質之構造性質，探求構成化合物之原子數及表明此等相互關係之構造式，確定視為物質之基礎之八十餘種原子之崩壞，而謂原子之構成，由於陰電子 (Electron) 之圍繞陽核且隨其數目與配置之不同，成為種種之原子。由此陰陽電子之關係而生原子，原子則隨金、銀、銅、鐵、氧、氫等元素而各具特有之性質，各種原子，復依其親和力互相結合，構成水、碳酸氣、酒精、食鹽、砂糖等幾千萬之化合物，各示吾人以特種之性質。八十餘種之元素，幾千萬之化合物，其形態性質可謂千態萬狀，考其根本，皆得歸源於陰電子之活動；由陰電子對於陽核異其數目與配置之活動以成原子，原子形成元素之形，而於此產生勢力潛在之特種物質；原子之親和力，更與他原子結合而成化合物，於此又與其構成之各

原子相異，更產生與他化合物相異之勢力潛在之物質。

生物亦不過一種物質，然與金、銀、氧、碳等元素，水、食鹽、砂糖等化合物迥異。此等物質，各具特性，當其化合分解時，各顯示其特別之動作；生物則表示生命之特種現象，為生活物質。化合物雖為原子的集合，與原子之性質全異；生物體行化學分析時，可以分出多數之化合物，然決非化合物之單純的集合。實驗室內生物體之化學分析，不過試驗管內之死物研究，即使所得之化合物果真為生物體內所具備者，亦必非所謂生活物質其物。蓋生命之特性，並非生物體中所見各種化合物之性質之積集，恰如氫二氧一化合而為水，水之性質非氫氧二素之性質之積集也。又生物體並非多種化合物之混合，與分析所得之化合物之單純的集合，大異其趣，譬諸多種化合物與空氣一類之混合物，斷不能強同者也。

三、生物之有機體制 若斯之生物體，內中雖有複雜如蛋白質之化合物，而非多種蛋白質之積集，尤非混合，各化合物在生物體內，因特有之相互關聯的存在，始表現生活現象。具此特種關係之物體，稱曰生物；具備此種相互關聯之構造，稱為有機體制；有機體制所生之現象，為生活現象。機械論者，就生活現象之種種作用，為巧妙之物理化學的說明。例如對於變形蟲攝取食物之狀態，而謂將塗布樹膠（蟲膠片 Shellac）之細玻璃棒移近迷蒙精（Chloroform）之液滴時，迷蒙精之液滴，即吸取之而溶解其樹膠，隨後復排除玻璃棒，與

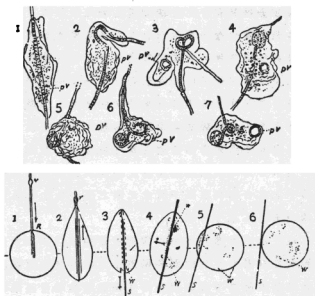


圖 1. 變形蟲與透索精液滴之新照

(上) 變形蟲伸出偽足，攝取硅藻為食物之狀態。

(下) 透索精之液滴，對於硅藻之細玻璃桿行偽足狀之變形而吸入溶解，攝取樹膠後，排遺無用之玻璃桿之狀態。

PV. 收縮胞

V. 樹膠塊

W. 分布於液滴內之樹膠

S. 玻璃桿，運動於矢之方向。

變形蟲之伸出偽足攝取食物及排出廢物於體外者，正復相類。又精蟲之趨向卵子及受精之現象，在物理化學現象上，則有用藥品人工的集合精子及指使細胞分裂之實驗；人工採集酵素闡明新陳代謝上許多酵素作用，生活機能之一端，亦得於試驗管中實驗之。雖然，生物之生活，不在此等物理化學

作用而在全體具有一定之構造，蓋生物之所以爲生物，亦以其能自營新陳代謝及表現自己保存與同類生殖等特性而已。此等特性，隨生物之有機體制而異，猶諸化合物之形態性質，因原子之構造而不同；較此複雜之生物之有機體制，至具有自營，自己保存，及生殖等機能。然則生物之有機體制，可視爲物質與勢力之關係中之最進化者，順次：由電子爲原子，由原子爲化合物，由化合物發達而爲生物。因而其生命現象，雖爲物質與勢力之現象，與無生物之現象，其歧異之程度，較諸某原子之化合物與該原子所成元素之混合物之相異，更見進深，自屬吾人意中事也。

在生物之有機體制中，有種種階級：第一，以一個單獨之細胞，獨立自營，自存，生殖，而得個體上之生存者，有單細胞生物。此類生物較諸下述之細胞爲生物之單位者，自是最原始的生物。第二，多數細胞，其始集合而爲獨立之個體，繼而細胞間行分化，由器官之分業，營一個體之自營，自存，生殖，是爲多細胞生物。凡肉眼所見之動植物皆屬之。第三，各個體相依相扶，由互相之方法，處理其團體之自營，保存，繁榮，是爲最後之階級，即羣體，社會是也。羣體社會中各員之結合狀態，隨動物之種類，又可分出種種階級；其最進化者，至進爲生物特有之有機體制之完備狀態，各員協力實現有機體制固有之性質的社會之自營，保存及成長，發達（生殖）。以生物之有機體制之特徵與無生物區別，至近來頗多異論，持純粹之機械說者，

以種種生活現象爲物理化學作用之說，現今日漸倡明，此說雖經往昔之神祕論者乃至不重科學之活力說之餘孽所排斥，有機體制決非神祕不可解者，乃生物學者從形態學上生理學上應得研究之具體的構造機能，然則在生物學研究者之一方，對於生物所現一切統一的生命現象，自當一本以前所述不知生物之構造不能闡明生活機能之成見，力求具體的闡明；而生物學者之研究，以論證有機體制之特徵及有機體制之研究爲主眼，自屬至當之辦法也。

第三節 動物與植物之相異

一、動物的感覺運動 以植物無感覺運動與動物區別，由來已久，吾人據此定義以區別高等之動物與植物，極爲明顯，然於下等之生物乃至特種之生物不能如例區別者甚多，例如植物中之含羞草，捕蟲蓋，感覺銳敏，動物中附着於海濱岩石間之牡蠣，藤壺，石物卒，海綿等，終生固定於一所，永不移動，至若單單細胞之植物，矽藻能自由運動，鞭藻則游泳自如；然則上述之定義，不能據爲動植物之明確的區別也明矣。於今伴學術之進步，在生理學上已另立兩者之區別，動物以有機物爲食物，植物以無機物爲養料，因而植物能變無機化合物爲自己之植物體，具有變無機體爲有機體之能力，而有葉綠素(Chlorophyll)，遂以動物不具此特性區別兩者，植物中營養寄生生活之種類，姑作別論，據此定義，兩者之區別，似屬一層

科學的明瞭；然葉綠素有無之一點，於吾人對於動植物之概念上不明者甚多，如動物學上稱爲鞭毛蟲類之 *Peridinium* 形之一種，有葉綠素，其近似之 *Peridinium* 則無葉綠素，在動物學上謂之鞭毛蟲類，植物學上稱此類爲鞭藻類，作爲植物記載。又細菌係植物之變形體，爲植物學中記載之生物，然無葉綠素，不寧唯是，梅毒之病原螺旋體 (*Spirochaeta pallida*)，見於細菌之記載者，同時又得列入動物之記載。

二、營養攝取法相異之根本原因 動物與植物區別困難之理由，原在此等生物本自原始生物向兩方面進化發展而來。今假定以原始生物爲能運動有葉綠素之生物，則吾人當可想見由此進化爲植物者失卻運動性，進化爲動物者葉綠素消失。或以原始生物爲具有原形質之基本的性質能自營新陳代謝，運動，感覺，生殖之生物，在植物即發達而爲從無機界攝取營養行新陳代謝機能之物，在動物則發成掠食他生物爲營養行新陳代謝機能之種類。具有葉綠素之植物，因葉面攝取之炭酸氣，根部攝取之無機鹽類，廣佈於大氣中水中，運動感覺在取食上非必要，終至個體上失卻此等基本的性質；反之動物掠取之動植物體，無論生體死體，皆爲分別散在之有形體，必須搜索之感覺其存在始得發見，個體上運動感覺之機能，因以發達；凡此皆不難想見者也。

要之動物與植物之區別，以營養攝取之生理機能爲根本以至相異。緣是植物具有葉綠素，合無機體而爲有機體；此

合成作用全在利用日光之勢力，植物體因推廣日光之接觸面，遂開展多數扁平之葉片，其根亦以溶解營養物之無機鹽類，水，求充分之接觸，分成多數細枝，於是顯示植物特有之形態。反是，動物之食物，皆有形之有機體，有機體又皆為複雜之化合物，由運動感覺攝取之，同化為己體，在合成上復有消化之必要，故攝取吸收營養分之器官發達於內部，其他內部之器官，亦相應發達，至具備動物體特有之形態；又以內部發展有一定之制限，營養攝取面亦在制限之例，故動物不如植物外形之無定，在個體上各有一定之形態。

第四節 生物之單位

一、細胞說 科學之目的，在統一複雜之自然現象，歸納推斷適用於一切之概括的法則，牛頓(Newton)之法則或分子說，及最近之電子說，皆積集自然現象之多數事實，根據事實推定之概括自然理法之法則也。生物學上概括的法則，如進化說，遺傳定律，細胞說皆是。吾人運用此等法則，以從事[研究範圍]內之學問。茲先就細胞說述之，細胞說(Cell theory)，本為一八三八年士萊登(Schleiden)單就植物，及一八三九年司旺(Schwann)單就動物立論草創之學說，後之學者，合兩者為一，定為生物界全體適用之理法，於是細胞說遂成為生物界之概括的法則，無論動物體或植物體，概從所為細胞者之基本單位所構成，是為細胞說之主張，現今動植物複雜之形

惑，複雜之生理及病理現象，遺傳現象等研究，無一不以細胞說為根據。微耳和 (Virchow) 據拾細胞說演繹生命問題，以構成細胞之生活物質（即原形質）為生命單位，訂正細胞說而稱為原形質說 (Protoplasm theory)。現今此種訂正，已非必要，生命之問題，亦得在細胞說之下論證之。蓋哲學的不可思議之生命之謎，皆因其基礎物質之原形質即形態單位上稱為細胞者為之阻梗。是故欲解決生命之謎，對於細胞及細胞之分化，不可不先養成充分之智識也。

二、細胞說之發達 關於士萊登司旺最初主張細胞說之說明，以吾人現今之智識觀之，極不完全；蓋當時關於細胞之說明，尚不充分，故難以得其體要也。今先從細胞觀念之發達述之，最初發表細胞之命名者為二百六十年前（一六六五年）英國之虎克 (Robert Hooke)，彼就木栓之薄片行鏡檢時，發見多數簇聚如蜂巢之小室，遂與以 [cell] 之名稱，意即蜂巢之小室也。故當時之細胞，其周圍之區劃即隔壁，較內容為置重，及士萊登司旺之時代，猶宥於細胞之命名而以細胞膜為立說之中心，然細胞之內容，在發表細胞說之前，已有相當之研究，二氏亦嘗就其內容而研究之；一八三四年勃郎 (Brown) 創核 (Nucleus) 之名稱，司旺亦有細胞內容之說明，一八四六年摩耳 (Moll) 名構成細胞之物質曰原形質 (Protoplasm)。至是，細胞之觀念為之一變，以核及圍繞核之小塊物質為主體，如植物細胞中常見之顯著之細胞膜，不過認為細胞之產物

而已。又一方因動物植物發生之研究，細胞說之說明益見明確，即任何複雜之動植物，最初皆為一單細胞，由此細胞分裂為二個子細胞，各子細胞不待幾回之分裂，由此產生之細胞，因積集與分化之作用，漸造成複雜之生物體；任何高等之動物及巨大之植物，皆依此方法發達而成，就其一局部而考察之，生物體任何部分，亦無一非細胞及細胞之產物也。此等研究之進步，細胞說始成為生物界顯著之法則。然於茲當注意者，生物體之單位為細胞一語，非謂複雜之生物體，為單純的細胞之集合，乃細胞所成之基礎與細胞之產物（自最初之細胞膜以至細胞內形成之脂肪、澱粉粒等）及細胞分泌之骨質、角質、纖維質等非生活物質，通力合作，實現生活機能，而後成為生物，此不能不承認者也。

第五節 原形質之物理化學的性質

一、原形質之化學的研究 細胞之內容，為生活物質之原形質，換言之，即有生命之物質也。故處理原形質，不能以處理無生物質之手段處理之。化學實驗室內分析原形質所得之化學成分，要言之，不過為無生命之物質，即原形質之死體及其產物之成分；然此種化學的闡明死體之研究所得之智識，與生活物質比較最為切近。

構成原形質之元素，由分析之結果，知無論何種動植物，常含有碳、氫、氧、氮、硫、磷、鈉、鉀等之十餘種元素。今將構成人體

之各種元素及其百分含量,表示於下:

氧.....	65.00%
碳.....	18.00
氫.....	10.00
氮.....	3.00
鈣.....	2.00
磷.....	1.00
鉀.....	0.35
硫.....	0.25
鈉.....	0.15
氯.....	0.15
鎂.....	0.05
鐵.....	0.004
鉍.....	微跡
碘.....	微跡
硅.....	微跡

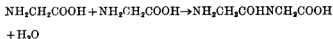
分析原形質所得化合物之種類,蛋白質已確定為其中主要物質,其他存於生物體中者,為碳水化合物及脂肪。水亦為原形質中不可缺少之物質,原形質因此常為半流動體。此外鉀,鈉,鈣等元素,作成鹽類溶解於水中。此等物質,在生活機能進行上,自屬必要之物質,而尤以蛋白質為構成原形質之主要材料,亦有認蛋白質為生活之原形質者。碳水化合物及脂肪,供生活作用之燃料及貯藏物質之用,水及鹽類,大都用為生活作用上之媒溶劑。

二、蛋白質 由生物體分析所得之蛋白質及化學實

驗上所見蛋白質之誘導體，結合體之種類，極為複雜，但普通蛋白質之分子量，概較任何化合物為大，為化合之構造複雜而不安定之物質，然其構成上之元素之種類較少，碳，氧，氫，氮，為其中主要元素，而常隨蛋白質之種類，伴有硫，磷；又多數含有鐵，銅及其他重金屬，非金屬等元素者，成為特種之蛋白質。其分子量之大，舉一例已足概見，存於赤血球中使血液呈紅色之血色素 (Haemoglobin)，亦為蛋白質之一種，據普利之分析，其分子成為： $C_{600} H_{430} N_{184} Fe_1 S_3 O_{179}$ ，一分子中，含碳六百原子，氫六百九十原子，氮一百五十四原子，鐵一原子，硫三原子，氧一百七十九原子，其原子數之多如此，蛋白質大都為一分子中含有原子數千百之化合物，當其一部分之原子失去，或原子間結合狀態變更時，一蛋白質即變為他蛋白質，為極不安定之化合物。

蛋白質用酸類或鹼類分解時，成為 Alanin, Tyrosin, Lysin 及其他之鹵基酸 (Amino acid) 等。鹵基酸，本為鹵基 (NH_2) 置換脂肪酸 ($C_n H_{2n+1} COOH$) 中之氫原子而成之酸類，例如醋酸 $CH_3 COOH$ (脂肪酸之一種) 以 NH_2 置換其 CH_3 中之 H 時，即成為甘膠 (Glycocoll) $NH_2 CH_2 COOH$ 之鹵基酸，又如同屬之丙酸 (Propionic acid) $C_2 H_5 COOH$ 中 $C_2 H_5$ 之 H ，以 NH_2 置換，即為 Alanie $NH_2 CH CH_3 COOH$ 之鹵基酸。然有機化學家 費希爾 (Emil Fischer) 使由此組成之鹵基酸二分子結合，成為一新分子，且造為多數分子之結合，成一更大之分子，有所謂合

成法之成功。此合成法之化學作用，與分解生物體之蛋白質而得氨基酸之化學變化恰正相反，即蛋白質行加水分解，成 Alanine 等氨基酸，在合成時，二分子之氨基酸，復脫水而為結合體。費希爾稱此結合體為 Peptide，由多數氨基酸合成者，則謂之 Polypeptide，例如：



費希爾所合成之 Polypeptide，與蛋白質呈同樣之反應，與自然蛋白質之加水分解生成物消化蛋白 (Albumose)，半化蛋白 (Peptone) 相比較，其擴散及沈澱現象，雖稍有差異，於彼萊得 (Biuret) 檢出或密隆氏反應 (Milon's reaction) 等之蛋白質檢出，則認為毫無分別。由此可見蛋白質乃氨基酸所合成，為綜合多數分子成一大分子之化合物；其結果一分子中含有數百數千之原子，而為狀態極不安全之化合物。

三、碳水化合物 碳水化合物與蛋白質不同，為碳、氫、氧三元素之化合物，其一分子中，氫素常為氧素之二倍，如構成水之比例，故有碳水化合物 (Carbohydrate) 之稱。動植兩界分佈最廣之碳水化合物，其一分子中碳原子數成爲六或其倍數而存在者，如單糖類 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 之果糖，葡萄糖，分解乳糖 (Galactose) 等。其次由二個單糖類分子，縮去水一分，成爲重糖類 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ，如蔗糖，麥芽糖，乳糖等是。又單糖類一分子去水一分，依此比例合成者，爲多糖類 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ ，有澱粉，糖原 (Glycogen)，植物

纖維質 (Cellulose) 等。但其中如澱粉,植物纖維質,合成於植物體中而存在,獸臟粉則合成於動物體中,特稱為動物澱粉。(上述三種多糖類,對於碘之反應各異,澱粉呈青色,獸臟粉呈赤褐色,植物纖維質雖不變色,加硫酸則呈青色)。

碳水化物,在細胞之內外及循環液中,成為生活力與營養之源,或參與身體之保護支持等生活機能。利用食物及貯藏物質中之碳水化物以為營養,常藉酵素之加水分解或氧素之氧化。

四、脂肪 脂肪與碳水化物同為碳,氫,氧三元素之化合物,為醇屬 (Alcohols) 中之甘油 (Glycerin) $C_3H_5(OH)_3$ 一分子,與高級脂肪酸三分子 $3(C_nH_{2n+1}COOH)$ 失去三分子之水合成。脂肪存於脂肪細胞中者,成脂肪球,或在乳化 (Emulsion) 之狀態下存在。脂肪雖不溶於水,可由弱鹼或酵素之作用,行加水分解,成脂肪酸與甘油,或釀化而成乳化之狀態,運往生物體各部,利用之以為發生勢力之源。

五、水 水亦為原形質生活機能上必不可缺之物質,若原形質中奪去全部之水時,原形質即不克維持其生活,故生活現象,無異行於水中。蛋白質與水共存,成半流動之膠質狀態,碳水化物溶解於水,脂肪與水釀化而存在,故生物體中任何部分富於水分。水母有體重九七%之水分,就人體論,其體重之七成為水;又水中動物普通較陸上動物多水分,脊椎動物中之魚類,節足動物中之甲殼類,所含水分,較其他之高

等動物及昆蟲類爲多。

六、鹽類 其化合元素鈉、鉀、鈣、氯、溴、碘等，除構成原形質之關係外，合成種種鹽類，溶解於水中，依其所呈一定之濃度與解離，在運搬營養物質及原形質行新陳代謝之際，行擴散滲透等物理化學作用，擔任重要之工作；或作成固形物，營生物體之保護作用。鹽類中氯化鈉即食鹽，在動物體中最爲普通，且含量亦較其他鹽類爲多；脊椎動物之血液中，含有0.7-1.0%之食鹽，然水中無脊椎動物之血液，變化甚大，隨海水鹽分之濃度而異。又此等動物之血液，可以實驗改變水之鹽分，使其中鹽分之含量變化。

七、原形質之物理的性質 原形質係膠狀半流動性之物體，爲物理化學上呈膠質狀態之物質。膠狀物質，有特殊之物理化學的性質，成爲濃厚，亦不如普通溶液之內容物爲結晶之沈澱，而凝固爲膠，稀釋時，亦有異於普通溶液之擴散性。礦物中有多數含有結晶水之種類，與同物質之不含結晶水者，呈相異之性狀。原形質亦然，其主要成分係蛋白質，蛋白質與多量之水結合而成生活物質，然並非如礦物之簡單化合物，乃極複雜之化合物與水成特殊關係而存在之生活物質。且蛋白質如前所述，係複雜不安定之化合物，與其他多數化合物共存，對於外界之變化，能起複雜特異之化學變化，因其變化無定，常常在動的狀態中；蓋僅以理化學說明行於原形質內之各種現象，則蛋白質及其他化合物起複雜化學作

用之連續，不難推測得之也。

第六節 生物之基本的性質

原形質為有生命之物質，表現複雜之生活現象，然概括言之，無非根據下述之四種性質而來，是為原形質之生理的性質。然前述細胞係生物之單位，故其原形質之生理的性質，亦即生物之基本的性質也。

- (一) 新陳代謝性 (二) 運動性(收縮性)
(三) 刺激感應性 (四) 生殖性

一、新陳代謝 新陳代謝，係指原形質由外界攝取營養物質，形成與己體同一之物質，同時又破壞己體，發生生活上必要之生活力之機能而言。改造營養物質為原形質之作用，依物理化學的解釋，為較簡單之化合物，變成複雜之原形質，故為化學上之合成作用(Synthesis)，在合成之物質中蓄積潛在之勢力，生物學上謂之同化作用(Assimilation)。植物之葉中，有葉綠素細胞，積聚太陽之勢力，以水與炭酸氣合成澱粉，此為葉綠素細胞特有之現象，生物界生命生活力之根元，全在此潛勢力之蓄積，吾人特稱之為炭酸同化作用。己體之破壞，全屬化學上之氧化作用與加水分解等分解現象，主要為從體外攝取氧素，分解原形質為簡單之化合物，變原形質之潛勢力為動的勢力。動的勢力，即生物體之生活力，為生活現象之原動力，新陳代謝，運動，生殖等現象，皆本此力以行之。

原形質，即爲此二種作用同時並行之生活物質，同化作用若優於分解作用時，原形質成長增大。取譬言之，原形質猶山谷中之溪澗，水不絕灌注其間，每瞬間水流動，各水分子之位置隨變，而溪澗幽邃之景觀，會未有絲毫之變化；然當其崩潰而爲瀑布，以非常之力，衝激岩巖，飛沫奔騰，遂顯示其偉大之作用。生活物質之新陳代謝亦然，吾人體內之新陳代謝，亦與原形質無異，吾人之身體不絕自外界攝取食物以爲營養，行細胞組織之新陳代謝，而外觀並無變化，然如人類則因工作而留偉大之業績，社會受其利益。以新陳代謝中之變化與蒸氣機關相比擬，則新陳代謝中之原形質或個體，實爲勢力變換之所。石炭燃燒，潛蓄於石炭中之勢力，一變而爲熱力，再變而動力，以運轉汽船汽車，與攝自外界之物質在原形質或體內燃燒變形而爲生活力，表示生活現象，完成生命之偉大工作，實無以異焉。

二、收縮及運動性 新陳代謝結果所現之生活力，爲總理一切生活機能之原動力，其發於外者，以運動爲最顯著。原來原形質因不絕行物質之代謝，原形質內各部，顫動不息，同時原形質流動。原形質內局部起伸縮之結果，對於外部至引起細胞之變形，或變更細胞之位置，如單細胞動物變形蟲之伸出偽足，變形，移動，攝食，卽其適例。

三、刺戟與感應 外界之刺戟，(卽原形質周圍之物理的變化及化學的物質所來之刺戟)影響於原形質，原形

質感受此等刺激，即起反應，反應之結果，遂產生運動，分泌或變形等現象，如單細胞動物之避免障礙物及捕食，皆為刺激或應之適例。凡原形質，概依此種刺激或應之性，攝取新陳代謝必要之營養，以完成其生活現象。刺激或應性適應之結果，對於外界養成適於自己保存之目的之一種或應；即履行適於達到生活目的之適應，於是建立心的行為之基礎。於無生物界，亦能對外界之變化而起變化，例如水加熱則變形而為蒸氣，火藥點火，則急激爆發，完成偉大之工作。然生物則於此種無生物之性質外，能於生物之存在上為必要之適應的或應，是為生物之特徵。

四、生殖 原形質達一定大小之容積時，有停止成長增大，而生殖同種個體之性質。生殖之機能，從物理化學的說明，為球形面積之增加，不能與其體積依同一比例增加，體積一方增加率大。蓋細胞體積之增加，即為內容原形質量之增大，量增大，其新陳代謝上必要之營養及氧素之需要，亦必隨之增加，然攝取此等物質之細胞表面，不能如例遞增，致不足以應其需要，為充分之供給，是故新陳代謝，遂不得不因細胞之增大，而得窮極之結果，所謂細胞之行分裂，得依此理由推定之；凡自成一體之生物，其成長及增殖，皆可作如是觀，概依新陳代謝與營養供給面積間之關係而成立。又細胞及個體之大小，雖各因其生理的機能之相異，大小重量有多少變化，然常有一定。

第七節 細胞之形態

一、細胞之形狀及大小 細胞之內部分核及圍繞核

之細胞質兩部。細胞之大小及形狀，差異殊甚，例如脊椎動物之神經細胞，其含核之本體，存於腦脊髓中，由此伸張之突起即神經纖維之末端，達於手足之先端，有數尺之長。又卵細胞，普通視為最大之細胞，其中如鳥卵，直徑有大至寸餘者，精蟲為最小，然有極長之鞭毛，分頭(Head)，中體

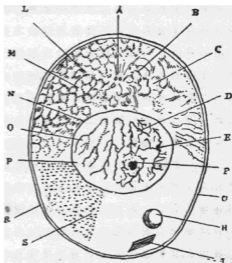


圖 2. 細胞構造模型圖

- | | |
|----------|------------------|
| A. 中心體 | D. 染色網 |
| E. 染色絲結節 | F. 核仁 |
| O. 不染色網 | P. 核液 |
| N. 核膜 | G. 細胞膜 |
| H. 油滴 | I. 結晶, 亦含有非生物物質。 |

上圖雖為細胞圖，對於細胞質之構造，有三種看法：即右上之B線狀體與C間線體，呈網狀之觀，左上之LM呈泡狀，下半透明(右下)，其中時有粒體存在(左下)。

(Middle piece), 尾(Tail)三部,呈奇妙之形態。大凡細胞之形狀及大小,各與細胞之機能相應,例如卵細胞,因卵發育為胚,多量貯藏成長上必要之養分,故其形特大;精蟲因藉自己之運動與卵會合,體小輕巧,復備有運動器官上之鞭毛。然細胞從生活單位之意味言之,因原形質之行新陳代謝,不宜過大,故普通細胞之大小,須在顯微鏡下方得窺見;就其形狀,亦以其內容為半流動膠狀性之關係,在外圍呈均一性狀態(Homogeneous state)時,常保球形。然由細胞之機能及細胞間相互之關係,至成為種種之形狀者,亦常有之。

二、核 以顯微鏡檢查細胞,普通在中央有一核(Nucleus)。核與其周圍之物質,對於光線之屈折度不同,故在生活之細胞中,每得明見其存在與外形,及多少內部之構造。又因其周圍之細胞質,為半流動之均一性物質,普通呈球形。然有時亦因其生活機能上特有之事項而顯出種種之形狀(圖3),尤在單細胞動物,某種之核,有成為細長之棒狀,念珠狀或馬蹄狀者;亦有區分二種之形狀者,如組織細胞中,肌肉細胞之核為橢圓形,在白血球之核,有多數之突起,或分割為粒狀(圖24)。又精蟲之頭,殆全為核所構成,形狀大多奇妙,核之內部形態,欲為精密之研究,於生活細胞為不可能,故第一不可不先固定細胞生活時之構造而保留之,(用鉍,飽和昇汞,鉻酸或酒精等藥品)其後再以種種之手續,使石蠟浸透其內部,且埋藏其中,用切片機切成薄片,(大抵一耗之千分

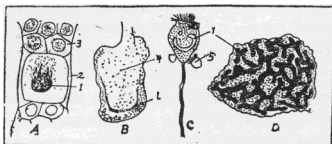


圖 3. 變形核之種種

- A. 蝗蟲之卵細胞 B. 一種蟻之分泌細胞
 C. 蟻卵 D. 澆石蠶精繭絲腺細胞之多核核
 1. 核 2. 卵細胞 3. 營養細胞 4. 分泌液 5. 芽蟲

之十內外厚薄) 張於玻片上染色,而後觀察之,由此法檢得之主要構造,略如下述:核被核膜,內部含有對於蘇木精(Hematoxyline)(紫色),曙嘴紅(Carmine)(赤色),靛精(Aniline)等色素易染之物質,此等物質,在核內大半作成顆粒狀,散佈各處,或附着於線網狀之不染色物質(Anchromatin)上,此易染色之物質,稱為染色質(Chromatin),不易染色之物質,謂之不染色質或線網(Linine)。染色質中有特大之球狀體,稱為染色仁(Chromatin-nucleolus),比較不易染色之球狀體,單稱曰仁(True-nucleolus)。仁當核分裂之際消失,普通視為一種貯藏營養之物,核之內容,除此等有形物外,充以核液,如見於細胞質中之空胞及其他,概付缺如。

核為細胞中最重要之部分,若將細胞分成有核與無核

之二部時，前者成長，再生已失之部分，後者不久即死滅，故核為支配細胞生活之中樞機關，由此發達細胞特有之性質，又從同一意味，在細胞分裂增殖之現象中，核之分裂，發起最重要之現象，核內如前述之染色質，經複雜之變化，變為一定數（隨動物之種類而定）之染色體(Chromosome)，核膜，線網及仁等消失。又雌雄生殖細胞之合體，亦為核之合體，核尤以其中之染色體，負兩親性質遺傳於下代之任務。

三、中心球 未經分化之細胞，在核之近傍（間有在核內者）有所謂中心球(Centrosphere)（圖2）者，其中含有一個或二個之中心體(Centrosome)。中心體之周圍，有稍異於細胞質之物質圍繞之。細胞分裂之際，中心體先核獨立分裂，且分派於核之兩極，作等分染色體分離力之中心，故中心體可以認為關於分裂之一種細胞器官。於茲更有足述者，精蟲之鞭毛，纖毛蟲，鞭毛蟲之纖毛，鞭毛，其基部有一中心體之同型物，一如中心體與核分裂之關係，為纖毛鞭毛活動力之中心。

四、細胞質 圍繞核之細胞內容物為細胞質，在高度顯微鏡下，現網目之狀。原形質，若僅以蛋白蛋與其他所成之膠狀體視之，則此種網目或顆粒之狀態，與食鹽液，脂肪作成膠狀性之乳化物於顯微鏡下所見之網目狀，可以等比同觀。細胞質內因適應特種生活機能，現出種種形態不同之物質，有易染色之線狀或粒狀之粒線體(Chondriosome)及 Chromidium，與蘆有色素粒之色素體(Chloroplast)等，此外細胞分化

之結果，現肌肉纖維，神經纖維等。又多種細胞中，各依特殊機能作成非能動之物質，在細胞內產生脂肪，澱粉，色素粒等。此外為細胞外之分泌物，分泌液體，固體之種種物質。細胞外之產物，因屬非生活物，即細胞之內，亦有無生命之單純化合物存在，因此複雜之化合物與具有生命之原形質之境界，極不明瞭。要之，生物體者，乃表示生命特有現象之原形質與其分化產生之物質，互相統一融合，形成有機體制之一物，與吾人之身體，由有生命之部分與無生命之部分如毛，髮，爪，牙，骨質，血漿，脂肪等一般死物之附屬，以維持吾人之生命者，正復相類。

第八節 細胞分裂

一、直接分裂 細胞為生活之單位。細胞未分化之時代，行細胞特性之生殖。細胞之生殖為細胞分裂，分裂之法有二：一為直接分裂 (Direct division) 或稱無絲分裂 (Amitosis)，核從平時之狀態，縱分為二，細胞質亦圍繞兩核，隨之而分，成二子細胞 (Daughter cell)。然此種分裂，除生活力衰退之細胞或有病的原因外，絕不經見。其他即間接分裂 (Indirect division) 或稱有絲分裂 (Mitosis)，為最普通之分裂方法。有絲分裂常開始分裂時，核內形態先起顯著之變化，其中一部分之形質如線網，仁，核膜等消失，染色質互相集合連結，如下款所述變成染色體。故核平時之狀態，與分裂期絕然不同，因此平時之核，謂之在靜止期 (Rest stage)，分裂期之核，謂之在核動期

(Karyokinesis stage)。

二、間接分裂 有絲分裂中核動之經過，如圖 5. 所示，染色質先集合連成細長之線 (Spireme)，細線漸次短縮變粗，切分為一定數之染色體。與核動同時或在核動之前，中心體亦起變動，即中心體二裂分離，各中心小體發出輻射狀之線而成星狀體 (Astar)，此二個分離之星狀體，互以輻射線連結，益益分離，終達核之兩極。各中心體既達兩極之位置，由兩極發出之輻射線愈見伸長，特稱為兩星體，兩星體間之輻射線呈紡錘狀，稱為紡錘線 (Spindel)。當兩星體形成之頃，核膜消失，核液與細胞質混合，僅染色體留於紡錘線之間。從分裂開始至此謂之有絲分裂之前期 (Prophase)。染色體，其數隨種類而定，並列於中心體所成之兩星體之赤道面上，屈曲如馬蹄形；繼而各染色體縱裂為同質同量之二個新染色體，至是謂之中期 (Metaphase)。其次即進入後期 (Anaphase)，分裂之染色體之各半，為兩極發出之紡錘線所引離，向兩極移行，此時復

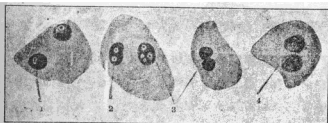


圖 4. 鼠膀胱之皮膜細胞核直接分裂之順序
1. 2. 3 核仁分裂經過之順序 4. 分裂終了

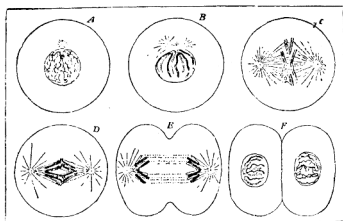


圖 5. 細胞之有絲分裂模型圖

A. 靜止期細胞 B. 前期 C. 中期 D. 後期 E. 終期

得見分裂前同數之染色體圍集於細胞兩極。迨進入終期 (Telophase), 染色體反對進入核動前期之變化, 逐漸回復原來之狀態, 而近於靜止期; 同時細胞生縱陷, 漸次分裂為二個之子細胞, 而入於靜止期之狀態。

第九節 細胞之分化與有機體制之進化

一、單細胞動物與複細胞動物 動物中, 有僅以一個細胞獨立自營者, 有多數細胞互相結合始得生存者。凡獨立自營能完成如以前所述原形質之特性之動物, 謂之個體 (Individual)。由寄生生活宿於他生物體內, 須寄附他生物始得生存之寄生動物, 或覺及運動等機能, 雖經退化, 此退化為

習於特別之食物攝取法所誘致，畢竟亦為一獨立自營之個體。故動物界中，有由一個單獨細胞得個體上的存在之單細胞動物與由多數細胞成一個體之複細胞動物之分別。

二、細胞器官 單細胞動物，因營個體上獨立自營之生活，細胞內不可不有複雜之有機體制上之構成。原形質為構成尙未能窺見其底蘊之有機體制之生活物質，其附隨於生命之特性，已如前述；關於其有機體制，吾人所知之範圍有限，不過藉顯微鏡之力而得前節所述之形態。單細胞動物，因個體上之生存對外界交涉之結果，核及細胞質尤以細胞質行生活上必要之分化，在各動物各發達為特別之構造，統稱細胞器官 (Cell organ)。例如變形蟲之細胞質，區分為多顆粒之內肉 (Endosarco) 與無顆粒之彈力性之外肉 (Ectosarco)，在單細胞之有孔蟲類，因抵抗外界保護自己，具有如甲殼類中所見之殼，放射蟲則具有針形之骨骸。較此進一步之發達，如鐘珠蟲之類，具有附着外物之柄，成為收縮性之筋絲，又因食物之攝取而具口，或因運動而發達纖毛鞭毛。單細胞動物中，又有多數相附合，或以原形質互相連絡集合，營羣體生活者，亦不在少數，如團走子羣體及放射蟲之式樣是。在此等生物，各細胞除生殖個體之分化外，無稍歧異，因未見十分組織的分化，仍視為單細胞動物。

三、分化細胞之有機體制 在複細胞動物，多數細胞互相集合分化，依相互之關聯，協力互助，維持一個體，然多數

細胞，並非以同樣之構造營同一之工作，各種細胞各具有特殊之性質，細胞始而化分基本的形態，繼而變化基本的生理機能，以至各具特殊之性質，是為細胞分化(Differentiation)，同樣分化之同種細胞，相集而成組織(Tissue)，各組織俟其他組織之補助，組成器官，於維持個體生活上營必要之機能。

於茲當說明者，為前述細胞之特性。細胞至具備特殊之性質，即漸次失其獨立自營之性質，某種細胞專向某特性之方向發達，以其所長，補他之所短，由分業之行爲，維持一個體之生命，各細胞至是亦得遂其生存。細胞分化之結果，賦細胞以特別之性質，同時細胞分裂增殖之特性衰弱，至不行分裂，因此動物體之組織內如肌肉，結締組織，神經系，在顯微鏡下檢察時，其細胞中不能窺見細胞分裂之景象。

綜以上所述，單細胞動物在一個單獨之細胞內完成生活之有機體制，而多細胞動物，則以多數細胞形成一有機體制，由細胞分化而為組織，因經營生活機能，復組合而為器官，由其機能之總和，以完成維持生命之生活現象。即多細胞動物，雖以細胞為單位，其有機體制，非單純細胞之集合，而發達為組織，器官；且此等組織，器官，亦非孤立的存在，其所成體制，各部互相關聯，一器官之構造，機能及工作量之大小，必保有影響於他器官之關係。然此種有機體制所成多細胞動物之生理機能，要言之，亦不出乎前列原形質之生理的特徵，即（一）新陳代謝（二）刺激感應（三）運動（四）生殖之四項，一

切動物，皆由此四項生理機能之運行，表示個體之生活現象。

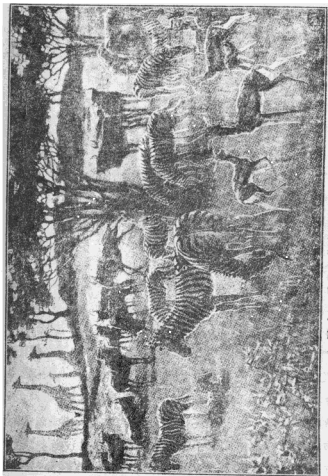


圖 6. 草原動物與異種羣棲之狀 羚羊之一種

四、分化個體之有機體制 多細胞動物，由多數分化之細胞，相附相助，以成表現生物基本的特徵之有機體制。然動物界中，尚有較此進步者，同種類之動物，多數集合，於各個體間，行多少之分化與多少之分業，相依相助，由所謂互助之作用，以完成各個體之生活，形成一種特殊之有機體制(Organization)。此種體制之幼稚者，各個體相互之關係薄弱，而為羣棲，合體(Cornus)，羣體(Colony)，如成爲複雜之有機體制時則謂之社會(Society)。

社會形成，不在動物之高等下等，僅爲一種動物向社會形成之方向進化而成，人類社會其一也。又社會進化之程度，亦與動物之等級無關，故比較社會進化之程度，當以各個體之分化與分業之程度爲依據。社會進化之完備者，恰如多細胞動物之細胞分化與分業，各動物發生變態，其機能向特殊之方向進化，遂至個體失却生



圖 7. 成合體之管水母單體

- | | |
|---------|-------|
| P. 浮囊 | S. 泳道 |
| M. 營養蟲體 | D. 笠 |
| T. 觸蟲體 | sk. 軸 |

存之自由，由他個體扶助，自己則以自己所現特殊之機能，補助他個體之不足。如下等動物中各個體由共肉共通連結，形成合體的羣體，最為顯著，其中最發達者為管水母類。此種動物，在一個合體中，有專司食物攝取之營養蟲體，執掌合體運動之蟲體（浮囊，泳鐘），具備觸覺之觸蟲體，營生殖分業之生殖蟲體，此外附屬於此等蟲體，而發達感覺細胞及具有防禦器官之長觸手，又蜜蜂及蟻，其形成社會也，各個體皆獨立以營分業，包含單任生殖之女王，雄蟲，從事營養攝取造巢之職蟲，任保護之兵蟲，及受其利用之他社會之動物，以至為增高巢內之溫度自他方運來利用之菌類等，以形成一社會。一社會之形成，由其所屬各員之變態與分業而完成，在蟻之社會，如女王僅負生殖之責，食物之攝取，幼蟲之育養，全委諸他蟲，故形態顯著變異，至失却活動之自由，而其生殖產卵之事，即為其他新社會之形成，故於此發顯社會的生命。各員分業之效果，不過期社會之繁榮，因此



圖 8. 蜜蜂之新社會形成

蜜蜂之一女王，自舊巢率領多數之職蜂營新社會；其時職蜂圍繞女王停留之所而成如斯之一團，養蜂家乘此機會，將女王於新巢而行分封。

各員始終唯自己之天性是行，例如在擔任生殖之個體，但行生殖，從事食物之攝取者，終生努力於此，不再生殖。

所謂發達之動物界之社會，一如多細胞動物由細胞之綜合發顯個體之生命，在社會不絕產生社會的生命，圖社會之維持與社會之發達，是為社會之有機體制。人類社會，亦為動物界中所見有機體制之發達者，故其中有社會的生命，自然顯現企圖社會之維持與發達之現象。然如在蟻之有蟻社會之特性，在蜜蜂之有蜜蜂社會之特性，在人類社會，亦有人類社會之特性。而在現在之社會，不如蜂、蟻有生殖個體，食物攝取個體與兵役個體之分業，在普通人類以外，未見有不能生殖之人類之分化分業。不寧唯是，如在今日個人思想發達之社會狀態，社會發達之將來，尚不知何者為其歸向之所，由個人之獨立生活，個人之享樂生活，破壞故常之社會生活，趨向新社會建設，而抵於何種新社會，現今尚難加以想像也。

第二章 動物體之組織

組織之種類 多細胞動物之體內，集合同樣傾向分化之細胞，形成各種組織。蓋所謂組織者，由形成組織之細胞之分化，應各組織之生理的機能所現極種不同之構造也。故各種組織中之細胞，無相同者，與前述細胞之一般的構造相比較，皆為具備多少特殊性質之細胞，此則吾人所當理會者也。組織所生分化之傾向，約分二端：一為細胞內原形質之變化，一為細胞外產生特種物質，至形成特殊之組織的構造。在下等動物，組織的分化，亦有不明瞭者，然此種分化之組織，普通既可分成皮膜組織 (Epithelial tissue)，結締組織 (Connective tissue)，筋肉組織 (Muscular tissue)，神經組織 (Nervous tissue) 之四種。此外在動物體內尚有成為體液 (Body fluid) 者，包含血球及其他細胞，周流體中，體液亦得認為流動性之組織，其成因與他組織不同，例如血液中之液體，並非血球所產生，乃自他組織細胞發生，在此意味下，當認為與其他組織有別。

第一節 皮膜組織

一、被覆一切表面之組織 皮膜組織，不僅限於體之表面，亦為被覆內部器官表面之組織，於原形質生產之物質，有多少之膠着力，用是互相連結，形成皮膜，是為本組織之特

微。然細胞相互之連絡，亦有顯然可辨細胞膜之境界者，亦有行細胞質之連鎖者。形成皮膚組織之細胞，有種種形狀，習見於血管表面及腹膜等處者，為扁平細胞，如在腸胃內面之皮膚組織，則為柱狀細長之細胞所組成。其次復有更列一二層之細胞，由多數細胞層形成此組織者。脊椎動物皮膚之表皮及口腔，食道，膈之皮膚，概屬多層之組織，此蓋在生理上係常受機械的化學的障礙之所故也。系統上之脊椎動物，此構造皆相同。

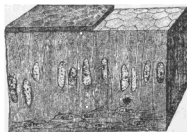


圖 9. 鼠胃之皮膚細胞(牛模型圖)
為柱狀之細胞，表面有此皮膚。

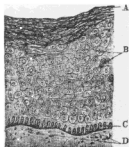


圖 10. 人類之表皮(多層皮膚組織)
A. 脫離之細胞 B. 細胞間橋
C. 胚層 D. 結締組織之毛細管

二、皮膚組織之生理的機能 皮膚組織之作用，隨被覆之表面而異，在暴露於外面之部分，所以防止摩擦損傷及有害物之侵入，保護身體；同時或受外界之刺戟，在消化管之內面消化食物，行營養分之吸收。又因行其他種種之生理的機能，不僅皮膚，且誘起種種方向之分化，今舉其重要者如次：

(一) 暴露於外者，因防止摩擦損傷或水分之蒸發，產生抵抗之物質，覆於表面，如蟹、蝦、昆蟲角皮質(Chitin)之甲，介類之甲殼等是，又吾人之腸之皮膜，亦被有多少之表皮(Cuticula)膜。

(二) 皮膜組織之細胞，其表面因分泌黏液、汗、脂肪、消化液等生理上必需之物質，及新陳代謝之老廢物，有分泌細胞之分化，如唾腺、胃腺、胰臟、汗腺、皮脂腺皆是。分泌腺，如魚類皮膚中分泌黏液之細胞，亦有成於一個單獨細胞者，但大半皆多數連結成腺狀。

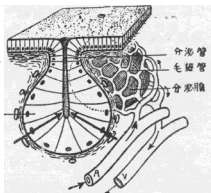


圖 11. 分泌腺模型圖

皮膜細胞陷入內部而成爲分泌細胞，自其周圍圍繞之血管受營養而分泌液體。

胞，亦有成於一個單獨細胞者，但大半皆多數連結成腺狀。

(三) 身體之表面，感受外來之刺戟，傳達於神經中樞，以知食物之存在及避免危害，或因生殖上之必要，皮膜組織細胞之某部，因此變爲感覺細胞。

(四) 小形動物或幼蟲，身體表面之細胞生鞭毛或纖毛，以爲運動之具，高等動物，因適應種種需要，體內之皮膜組織，亦有由鞭毛、纖毛細胞以構成者，如吾人氣管內之皮膜組織，爲纖毛細胞，常向外波動，排出由黏液吸取之空氣

中之不純物。

第二節 結締組織

一、結締支持器官之組織 介於體內諸組織器官間，結締之，使器官具備一定之形態，或化為硬骨而維持體形之組織，謂之結締組織或支持組織(Supporting tissue)。表現此種性質之物質，不在此組織之細胞而在細胞之產物。觀察此組織，見細胞不作層狀之集合，而散在稱為細胞間質(Intercellular substance)之底質(Grund substance)中，隨結締組織之種類，各呈特殊之形態。細胞間質，係細胞之分泌物(Secretion)，為細胞外之物，故為無生命之物質。此物質自初生以至老熟，其質與量，逐漸改變，如骨，幼年者與老年者不同，隨體液之交流及細胞分泌物之代謝，漸次變質，即其變化之由。

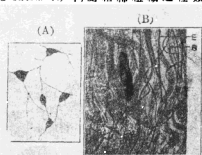


圖 12. 結締組織二種

(A)水母之間充組織，細胞為多角形，細胞間質為星花鬚狀之物質。

(B)人類橫樑性結締組織中之彈性纖維，不在自身而在動物之生活機能也。

二、結締組織之種類及性質 區別結締組織而舉其主要者，如(一)間充組織(Mesenchyme)，(二)纖維性結締組織

(Fibrous connective tissue),(三)軟骨(Cartilage),(四)硬骨(Bone)是。

〔間充組織〕係原始的結締組織,成自均勻之石花膠質或膠質,多數透明,細胞散在其間,大半為多角形,亦有呈變形蟲狀稍能運動者。下等動物海綿類及腔腸動物,體僅備內層外層二皮膜組織,由此發達各種器官,在此二組織之間,有中層之間充組織。在水母類,其間充組織含有98%以上之水分,呈石花膠之狀態。海綿在此組織中,生石灰質,硅質之骨片,如在浴用海綿所見之吸水之彈力性纖維,即為間充組織中所見之網狀角質纖維。又填充扁形動物,軟體動物第一次體腔之組織,亦稱間充組織。

〔纖維性結締組織〕細胞間質係膠質,內含幾多之纖維。膠質之物質,為化學上之動物膠質(Gelatin),煮之成膠,亦常見於無脊椎動物,在脊椎動物,除軟骨,硬骨,鬚等以外之狹義的結締組織,全以此物為主,魚類羹汁,所以易於凝固者,即以此組織之動物膠質成膠之故。又皮膚,消化管等,較筋肉部有異味,特別能引動饕餮者之食興,亦此組織之味也。哺乳動物皮膚中之真皮,因在此結締組織內,有多量之纖維特別發達,成為非常強韌之物,韃之用作靴,袍等。(靴,袍皮表面現光澤之薄層,雖屬表皮即皮層組織,其纖維織成之厚層,實為結締組織中之纖維層。)

此組織中之細胞,普通順纖維之方向,略形細長,核亦因之延長。又有具特殊性質者,尤以脂肪細胞為著,細胞中堆積

脂肪，成爲脂肪組織 (Fat tissue)。脂肪組織，廣佈於脊椎動物

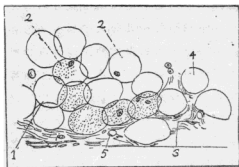


圖 13. 脂肪組織，爲圖 12 之組織中發達脂肪細胞者。

1. 脂肪細胞之側面觀 2. 正面觀，細胞質因脂肪而偏在周圍。
3. 纖維性結締組織 4. 血管 5. 毛細管

之體中，最顯著者，在水中動物之皮下，如鯨之皮脂層有五寸至一尺深厚；牛肉中視爲上等肉之嫩脯 (Roast)，肥肉，亦爲含有多量富於脂肪組織之結締組織之部分，此種結締組織，不僅肥肉，亦與牛舌，牛尾等許多筋肉部分伴生，而成爲味中之上品。此組織中最顯著之細胞分化，爲形成色素細胞 (Pigment cell)。動物之色彩中，有皮膜染色者，有着色於羽毛者，由色素細胞呈現色彩者亦甚多。色素細胞，顯著變形，大半具有多數之突起，內含黑色精 (Melanin) 及其他色素體之顆粒甚多，通稱色素胞 (Chromatophone)。(詳見後章)

〔軟骨〕 細胞間質，較前組織緻密，內含化學上稱爲軟骨

質(Chondria, 由膠與黏液素合成)之物質。軟骨中之細胞, 呈球形或略帶細長, 外被包囊, 一囊分別包藏二個者亦常見之。軟骨質為類似動物膠質之含氮化合物, 煮之亦能成爲一種之膠, 廣佈體中各部, 尤以喉頭及耳殼之軟骨爲最顯著, 在耳殼發達纖維。

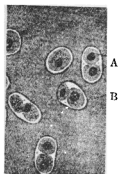


圖 14. 人類肋骨中之玻璃狀軟骨

A. 軟骨細胞

B. 囊

玻璃狀軟骨在軟骨魚類甚多, 在人類之鼻, 氣管等亦多見之。



圖 15. 彈力性軟骨

知耳殼之軟骨是, 含有彈力性纖維, 呈黃色不透明狀。

〔硬骨〕 硬骨, 質較軟骨堅硬, 此係細胞間質中含有無機鹽類(以磷酸鈣, 碳酸鈣爲主)之故。此外尚含有有機化合物骨素(Osein), 煮之亦能成膠。硬骨之表面, 常被覆粗雜之結締組織性之膜及骨膜(Periosteum), 內部有多數稱爲哈回氏管(Haversian canal)之細管, 爲血管及神經之通路。細管在細長

之骨中，縱走，且分枝多數細枝，硬骨之細胞間質，圍繞哈回氏



圖 16. 人之肋骨橫斷面多數之圓及橢圓(C)為哈回氏管，蟲狀之黑點為骨細胞，細胞間質呈層狀。

管，形成層狀之構造，骨細胞，多數分佈層間，派生幾多之根狀突起，如將硬骨磨成薄片，在顯微鏡下檢察時，不僅上述層狀之細胞間質，即哈回氏管及特殊之根狀骨細胞等形跡，皆可認識。



圖 17. 硬骨之生成

自骨之周圍及哈回氏管周圍骨髓中之成骨細胞(A)發達蟲狀之骨細胞(B)。

第三節 筋肉組織

一、筋肉組織之構造 筋肉組織，為筋肉纖維所組成，所謂筋肉纖維(Muscle fibre)者，乃皮膜性細胞或結締組織中之細胞所成之筋原纖維(Myoplast)，其細胞質(Sarcoplasm)經收縮性物質之分化而成，筋肉纖維有二種：其一質呈均一之觀者，為平滑筋纖維(Smooth muscular fibre)，其他呈橫條鑲嵌

之觀者，為橫紋筋纖維 (Striated muscular fibre)，因此肌肉有平滑筋與橫紋筋之區別。橫紋筋纖維，在高度顯微鏡下檢察時，為多數小纖維所集成，各小纖維對於顯微鏡下之光線，又分出重屈折之部分與單屈折之部分，二者交間並列，形成筋纖維之橫紋。在每個

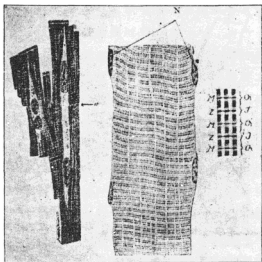


圖 18. 橫紋筋纖維之縱斷

N. 核

(右) 擴大構成筋纖維之小纖維，表明重屈折部(a)與單屈折部(J)，示各圓核(Z)與中膜(M)之存在。

(左) 人體心臟之橫紋筋，各纖維之境界顯明，並有多量之筋細胞質。

平滑筋纖維中，普通有一個細長之核，由少量之筋細胞質 (Sarcoplasm) 圍繞之，纖維兩端尖銳，略呈紡錘狀，形體細長，普通僅及一耗之數十乃至數百分之一，然橫紋筋纖維則甚長，達數寸者有之。脊椎動物之橫紋筋纖維，雖為單細胞所分化，核後分為數個，至接觸於包裹筋纖維之筋纖維膜 (Sarcolemma)。

為少量之筋細胞質所包圍。

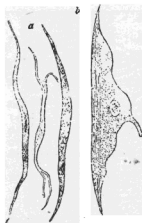


圖 19. 平滑筋纖維

- a. 示中央有核內有細胞質
b. 示細胞質之一部變為纖維



圖 20. 橫紋筋纖維之橫斷

各纖維橫斷成圓形，由筋纖維膜包圍之，小纖維在各圓內自中央列成放射狀，中央有少量之筋細胞質，亦有存在核者。

二、橫紋筋與平滑筋生理的相異 平滑筋纖維與橫紋筋纖維相較，前者，收縮殊緩慢，但能持久，且收縮度普通較後者為大；反之，後者能急速收縮，故在需要迅速運動與往復之部分，較前者為有效。如在脊椎動物，附着於骨之肌肉（隨意筋）及心臟壁之肌肉（不隨意筋）為橫紋筋，其他內臟諸器官之肌肉，則為平滑筋（不隨意筋）。在無脊椎動物，節足動物之肌肉，殆全屬橫紋筋，（營附着生活之蔓腳類及某種昆蟲之幼蟲為平滑筋，此係例外。）軟體動物之肌肉，則為平滑筋，其他無脊椎動物之肌肉，普通雖為平滑筋，在行急速收縮之器

官，其肌肉中亦見有橫紋筋或斜紋筋之變化。如海扇、牡蠣等之閉殼筋中，有斜紋筋，水母傘內之環狀筋，亦為橫紋筋，其他盛行反覆運動之各所，大抵皆有橫紋筋存在。

脊椎動物橫紋筋之中，有白肉與赤肉之別。其組織的相異，赤肉一方，毛細管之分佈較白肉多，富含血液，筋細胞質之量多。其生理的相異，赤肉之筋纖維，機械的反覆收縮，且不絕繼續工作，不易疲勞；反之，白肉感受刺激及收縮，皆極敏銳，然易於疲勞，不堪長久工作，凡此皆可實驗知之。就多種動物比較其白肉赤肉之分佈與機能而考察之，心臟之肌肉及附着於眼球之肌肉，因不絕工作，於任何動物皆為赤肉，運動活潑之野鳥之胸筋，不絕游泳之海洋性魚類之側肉，赤肉顯著，家禽之肉及根付魚或常時靜止海底之魚，以白肉為顯著。在魚類側肉中，有名為混濁肉（紫色肉）之肌肉，因保持水中之平衡，不絕運動，故所帶赤色，尤在赤肉以上。

第四節 神經組織

一、可刺激感應之組織 神經組織，為神經細胞(Nerve cell) 集成之神經中樞及感覺細胞或感覺器之組織與神經細胞派生之神經纖維束(即神經)之總稱。此組織之生理的機能，在感應外界之刺激而行動物之活動。神經細胞，大小雖無一定，在細胞中，當為較大者，內部常充實細胞質，形狀亦無一定，有一本或多本之突起，其突起中之一，延長為神經纖維，其

他突起，多數短小分枝，前者即成爲神經纖維之突起，謂之軸索突起(Nevrite)，根狀分枝之突起，謂之根狀突起(Dendrite)。

神經纖維，有有髓與無髓之別，有髓纖維，由神經細胞發出之軸索纖維，有脊髓質(Myelin substance)之髓鞘包被之，呈

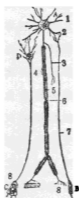


圖 21.

神經細胞模型圖

A. 脊椎動物之神經纖維爲包被髓質與照黃氏鞘之有髓纖維，在各處有結節(6)，末梢連於筋纖維(左)者爲運動神經，連於感覺細胞(右)，則其纖維爲感覺神經。

B. 感覺類之神經與A之根狀突起(2)，以末梢會合。

C. 感覺細胞，無髓神經(D)之末梢(8)連其根端。



(B)



圖 22. 神經細胞(A)與位於腦脊髓中伴神經細胞之格萊氏細胞(Glia's cell)(B)

電線絕緣被覆物之觀，其外部復被以有核之薄膜，曰照黃氏鞘(Schwann's sheath)。此照黃氏鞘，於各處縱束髓鞘，形成神經纖維之拉微耳氏節(Ravvier's constriction)，由脊椎動物之之腦

脊髓發出之神經纖維，大都係有髓纖維，交感神經為無髓纖維，又無脊椎動物之神經，普通雖為無髓神經，就烏賊，章魚，蝦，及某種之蟹等，知亦有有髓神經存在。

神經細胞與神經纖維，實為共同之一個細胞，後者當由前者養育以成，且解剖多數動物所見黃白色之線條即所謂神經者，實為多數神經纖維之束，在脊椎動物之神經，則可以相當尖細之針縷析之，在顯微鏡下得見多數之有髓纖維。

第五節 游離細胞

一、體液 以前所述之種種組織，皆在一定之場所，形成一定之形態，然動物體中，除此種組織外，尚有不絕流行體內，任營養分之運搬，氧素碳酸氣之交換，排除老廢物及有害物等職務之重要液體，普通稱為體液 (Body fluid)。其中運行於一定之循環系中者，為血液 (Blood)，在脊椎動物，更有血液與淋巴 (Lymph) 之別。

二、脊椎動物之血液 體液，血液及淋巴中之細胞，統稱為游離細胞，以與其他之組織細胞區別，此外動物體內成為游離細胞者，有生殖細胞，由生殖素 (產生生殖細胞即卵或精蟲者，總稱生殖素)。發生，始出見於體內，故亦為游離細胞，但不屬體細胞，故從略。

在脊椎動物之血液中，可以窺見赤血球 (Red corpuscle)，白血球 (White corpuscle) 兩種細胞之浮游，在哺乳動物，除上

述二種細胞外，尚見有稱爲血小板(Blood plateleta)之十分小形之細胞。

三、赤血球 赤血球，其形狀及大小，隨動物之種類而異，普通扁平，呈橢圓盤狀或圓盤狀。赤血球之大小及血液一定量中之血球數，隨動物之種類，差異甚大。大體兩棲類之赤血球最大，順次爲軟骨魚類，爬蟲類，硬骨魚類，鳥類，哺乳類。

下表，多數學者並非以一定之方法研究者，故互相比較，必不能謂爲正確。然就其大體而論，溫血動物之血球，較冷血動物爲大，數亦較多。又活動旺盛者較弱者血球大。在脊椎動物，體小者，其血球數較體大者有增多之傾向。赤血球中有血色素(Hæmoglobin)之蛋白質，任運搬氧素之工作，故赤血球數多，即氧素攝取之量多，體內之新陳代謝，因以旺盛，是爲活動盛之原因。赤血球負交換氣體之任務，可由此判定氧素及碳酸氣接觸面之大小。例如在人類之血液，平均直徑 7.5μ (千分之一耗曰 μ)之赤血球，有 125.4 平方 μ 之表面積，而赤血球在血液一立方耗中，有五百萬個，則赤血球表面積，當爲 6.32 平方厘，人體中



圖 23.

脊椎動物之赤血球比較

- 一、人類 二、美洲駝(反奇類)
三、雀 四、盲蝮(兩棲類)



圖 24.

人類之白血球及其大小之種類

全血液量 4.4 升 (Litre 即立方分) 中全赤血球表面積之總和，為二千七百八十一平方呎，即等於一邊五十二呎之正方形之面積。

	長徑(單位 μ)	短徑(單位 μ)	一立方升中(單位)之血球數(百萬)
鱧(硬骨魚)	15.0	12.0	1.10
盲螈(有尾兩棲類)	58.2	33.7	0.036
蛙	23.2	16.1	0.40
守宮	15.4	10.3	0.96
鴉鳥	14.3	9.1	1.252
鳩	13.7	6.8	2.40
象	9.4		2.01
山羊(哺乳動物血球形圓無核)	3.5		18.00
豚	5.3—7.9		6.99
犬	7.0—8.0		6.55
人類 { 男 女	6.6—9.2(平均 7.6)		4.50 5.00

四、白血球 白血球之數，遠少於赤血球，在人類一立方升中，約自六千至八千，或白血球一赤血球七百之比例。白血球能如變形蟲之伸出偽足，自由變更體形以運動，又如變形蟲之攝取食物，在體中執行滅食病原細菌及耗蝕過剩組織之工作。如蛙變態中之蝌蚪，當尾部消失時，因耗蝕尾部之

組織，白血球非常活動，又昆蟲變態中之蛹，當羽化時，因變貯藏物為新組織，白血球之活動亦盛。血液中之白血球，突破血管系之毛細管壁，混入淋巴液中。淋巴最初為組織間隙中之液體，其後順次歸合，流入一定之循環系，於腋下，頸部，鼠蹊部，形成大竇，其最終部遂注於頸靜脈。而淋巴液中之細胞，即稱為淋巴球(Lymph corpuscle)。此與白血球係同一細胞，為突破毛細管壁之白血球所形成，故二者合稱為白血球，以其能滅食細菌及其他，又稱噬細胞(Phagocyte)。白血球之大小不一，亦有小如赤血球者，但普通概較赤血球為大，內有大核，而佔最多數之白血球，大小在 12-20 耗之間，其核無定，縱束或分離為數個者甚多。

(參照圖 24, 25)

從血液中除去赤血球及白血球所得之殘液，稱為血漿(Liquor sanguinis)。血液暴露於空氣中時，存於血漿中之纖維素原質(Fibrinogen)，變為纖維狀之纖維素(Fibrin)，凝集血液中之細胞而成血餅(Clots)，遂分出透明之液體，是為血清(Serum)。

五、無脊椎動物之血液 無脊椎動物之血液，稱曰血淋巴，蓋以其兼備脊椎動物之血液與淋巴之作用也。無赤血

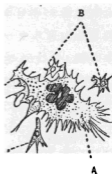


圖 25. 伸出偽足為變形蟲運動之白血球 (A) 與血小板 (B)

球，普通無色，而其中之細胞，與脊椎動物之血液及淋巴中之白球相同，且有同樣之機能，亦為喰細胞。無脊椎動物中體制之複雜者，如甲殼類之蝦蟹，軟體動物之蚌，蝸牛及章魚，烏賊等，血液呈淡青色，此因其中有所謂血綠素 (Hæmocyanin) 者，為含銅之蛋白質，其作用與血色素同，與氧素化合運搬氧素於諸組織。無脊椎動物中如蚯蚓，蠅，魁蛤等之血，亦為赤色，此等因含有血色素之故。

六、血小板 哺乳動物中所見之血小板，類於白血球，形較小，有 2-7 耗之直徑，呈板狀，或具有突起，作變形蟲狀運動，普通含有細胞核，易於解體，傷口血液凝固之際，其作用尤為迅速，因有 "Thrombuscyte" (血栓球) 之稱。

第六節 器官與組織之說明

一、組織為器官材料或表現機能之器具 上述諸組織，得用為構成器官之材料，器官為動物全生活機能中一部分分業之裝置，組織可視為構成此種裝置之材料。以吾人日常使用之時計喻之，則時計中之齒輪，彈簧，記時板，殼蓋等，可以比諸動物之器官，組立此等各部所用之鋼，銅，寶石，鍍金等，各備必要之性質與形狀，可擬諸構成器官之組織。動物之器官，大部皆複雜組立數種之組織始成全其分業之機能。其中亦有一種組織行一種機能已充分者，然此種情形，於下等動物始見之，或僅見於特種器官之一部。又由一組織之分化並

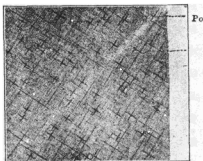
行數種機能者有之，例如被覆腔腸動物體表面之皮膚組織中，某種細胞，肌肉纖維發達，掌動物體之運動，某種細胞，變為感覺細胞，司感覺機能。在高等動物，此等運動器，感覺器，以主要組織與二三補助組織成為完全之分業器官，或更進一層，因執行一分業的機能，由數種器官之綜合，至形成器官系。由此等關係觀之，動物體內之器官，決非孤立存在者，必與他器官成密切之關聯，一器官之形態與生理機能，常為他器官所支配，此謂之器官之關聯作用 (Correlation)，為動物體制微妙之所。至於高等動物具備複雜之體制者，其關聯作用，更纖屑相通，極機微之致。

二、器官之種類 普通大別之為植物性器官及動物性器官。前者包含之器官，亦於植物體見之，如營養器官，呼吸器官，排泄器官等是；後者，為表現動物特有之官能之運動器官，感覺器官等。然本書並不置重器官之類別，而以研究動物之生理生活機能為主，間或敘述關於一定機能必要之器官之構造，故本書乃以生活機能為目標之記載也。此外尚有動植物並存之生殖器官，為生物之基本的器官，前述之器官，為維持生物體生命之器官，此則係產生後代之器官，全為特種之物。

第三章 獨立保護上必要之器官

一、動物之皮膚 動物因維持個體上獨立自營之生活，對於外界種種物理化學的障害以至敵類之襲擊，不可不有保護自體之裝置。第一皮膚 (Skin)，即為其中重要之器官。

皮膚之構造及機能上之變化，隨動物之種類，種種不一，但無論在何種動物，概以前述之皮膜組織為皮膚之主要組織，而體表面之細胞，皆為自體保護之分化。高等之動物，在此皮膜組織下，復附加結締



組織，至成為皮膚。因此脊椎動物之皮膚，復有表皮 (Epidermis) 真皮 (Dermis) 之別。

凡原形質與化學上性質相異之物質接觸時，因維持自己之獨立性，有對此作成境界以謀緩和之傾向，細胞膜亦如此發生。如完全裸體之變形蟲，細胞質內亦有內肉外肉之區別，其外肉質地較內肉為緻密。多細胞動物之皮膜組織，在此意味下見有種種之分化。在無脊椎動物，通常由其皮膚之皮膜組織，分泌物質，被覆體之表面，而作成堅固之保護，即所謂

表皮膜者是。蚯蚓之表皮膜，昆蟲與蝦蟹之角皮質甲殼，介類之介殼，石物卒之外套等，性質雖各異，皆表皮膜也。

二、節足動物之角皮質甲

節足動物中之角皮，為一種蛋白質誘導體，含氮素，有 $C_{35}H_{54}N_4O_{21}$ 或略如其半數 $C_{18}H_{30}N_2O_{12}$ 之分子式，加水分解，生單糖類之鹵基化合物 Glyoxaline 與醋酸。故角皮質可視為 Glyoxaline 之醋酸化合物。角皮質為有機物中非常強固之化合物，鹼類，弱酸，皆不能侵蝕，惟硫酸鹽酸容易溶解之，遇碘液則呈褐色。動物食昆蟲時，角皮質之表皮膜，由消化管內稱為 Chitase 之酵素分解之。角皮質之表皮膜，並非節足動物所特有，在環蟲類及軟體動物之某種，亦知其存在。節足動物之表皮膜，除角皮質外，尚含有碳酸鈣，硫酸鈣等。

(蝸蝸之甲，成自有機物 40%，

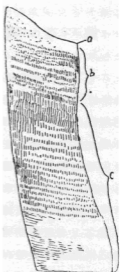


圖 27. 蝦甲之橫切面，薄蝕內脫灰而切成薄片者。

- A. 均一性外層
- B. 色素層
- C. 內部石灰量少之主層

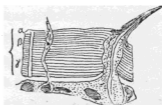


圖 28. 昆蟲之角皮質甲(括弧內)及連結皮下細胞之絲與細管(基左)

炭酸鈣7%，及其他磷酸鈣，炭酸鎂，硫酸鈣，氧化鋁與水等）。

蝦蟹之甲殼有赤色，青色或褐色等色彩。此色素在甲殼之最外層，為類似橙紅素(Carotin)之Cyanocrystallin與Crustacèrubin所生。此兩者極相接近，Cyanocrystallin遇熱或酸，酒精，即變為Crustacèrubin，蝦經煮而變赤色者，以此。

三、軟體動物之介殼 為外套膜之緣及外表面之細胞之分泌物。介殼在瓣鰓類及腹足類，皆由三層構成。瓣鰓類之介殼，分最外部之皮層(Epidermis)，中部之棱柱層(Prismatic layer)，與內面之真珠層(Pearly layer)。皮層為外套膜之

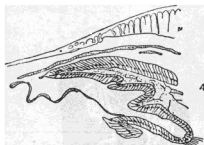


圖29. 瓣鰓類(蚌)之介殼生成部斷面圖
外套膜緣皮膚細胞中背面之柱狀細胞層(A)，分泌上棱柱層；凹入部分部殼皮層(B)。

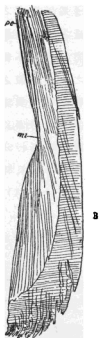


圖30. 瓣鰓類(河真珠介)之介殼斷面圖

右緣深處之(1)為殼皮層，斜線部(2)為棱柱層，分隔內外二層之(3)為真珠層。a) 外套膜之痕跡。

緣所分泌，成自 Conchiolin 及其他有機性角質，富於色素；棱柱層為近緣部之表面細胞之分泌物，除 Conchiolin 外，含有多量之碳酸鈣；真珠層在外套膜之全面由離緣之表面細胞分泌之，且因不絕分泌，隨介殼之老成而肥厚，白碁石即採取始之老成介殼之真珠層製成者。真珠貝，石決明等介殼之內面現虹彩，為真珠層之構成能干涉光線之故。又真珠離介殼而成為圓形者，為分泌真珠層之皮膜組織，一部分陷落間充組織內而仍行分泌所致，應用此理，可作成養殖的圓形真珠。腹足類(即卷貝類)之介殼，亦分三層，為皮層，中層及下層。皮層

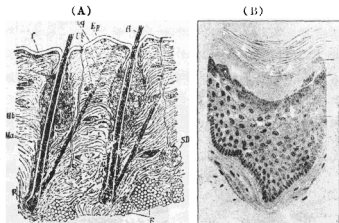


圖 31. 人類之皮膚斷面(A)與表皮(B)之擴大圖

A 之表面白色層為表皮，以下真皮。毛 H 插入真皮中，其側有表皮陷入之脂肪腺(T)。毛根之端(HZ)有真皮之結締組織毛乳頭(P)之突起。Hb. 毛鞘。Ma. 引立毛之平滑肌。SD. 汗腺。F. 脂肪組織。

與瓣鰓類同，由 Conchiolin 等有機物構成；中層，下層，甚為複雜，各層更分為數層，且以色素染色者為多。

四、脊椎動物之皮膚 顯然區分為表皮與真皮，表皮成自多層細胞，是為此類之特徵，表皮與真皮之構造，隨種類

而異，如魚類之表皮中，全面發達單獨之分泌細胞，其分泌之黏液，滿被表面，因此魚類之皮層，常呈膩滑之狀。在兩棲類，表皮中簡單之多細胞分泌腺發達，除為潤滑表面外，因皮膚呼吸，分泌黏液。在爬蟲類，鳥類，除某種特別之場所外，皮層概無分泌腺，例如石龍子類在排泄腔附近有股部分泌腺（圖 33），鳥類僅尾羽根背側有稱為尾腺之脂肪腺。在哺乳類，普通稱為汗腺，脂肪腺之二種分泌腺，最為發達。汗腺，為單一之細管，深入真皮中，纏結為球形，汗腺

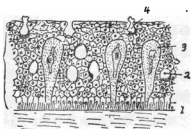


圖 32. 硬骨魚表皮斷面模型圖

1. 發生層
2. 3. 粘液細胞
3. 特稱為燒瓶形細胞之大形細胞
4. 粘液分泌之所

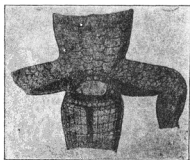


圖 33 石龍子類之股部分泌腺

爲體之保護裝置，在空氣高溫之時，盛行分泌汗液，冷卻皮膚，以保持體溫之平均。發汗在生理上更重要之機能，爲老廢物之排泄，脂肪腺接近毛囊，成房狀之發達，其分泌物能使皮膚潤滑，防止乾燥。在哺乳動物有汗腺變態之乳腺，食肉類，齧齒類之某種，例如鼯鼠，有放惡臭之肛門腺，雄性之麝，有陰莖之包皮腺，皆爲汗腺或脂肪腺之變態，或對敵類作保護之用，或作爲雌雄求偶上必要之發臭器。

脊椎動物之皮膚中，有因保護上之必要，起角質化或骨化者。鳥類及哺乳類之表皮最上層，稱爲角質層，爲角質化之體細胞所成。其他毛，羽毛，爪等，亦爲表皮細胞之角質化物。

五、哺乳類之毛
鳥類之羽毛 哺乳類之毛，爲某種表皮細胞

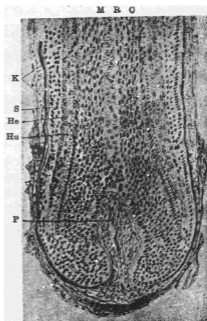


圖34. 毛根最深部之縱斷

毛自毛乳頭發達，由此生出數層，以髓質(M)與皮質(R)表皮層(C)構成毛而出現於外。K. 結締組織之玻璃膜。S. 毛根鞘。Ho. 亨利氏鞘。Hu. 糖質葉氏鞘。P. 毛乳頭。

陷落真皮中形成毛囊發達而成。毛囊之末端，有富於毛細管之真皮所成之乳頭狀之毛突起 (Hair papilla)，被覆毛突起之毛囊，由先端之表皮細胞之增生，伸長為毛 (圖 34)。毛之中軸，為多房性之死細胞所成，稱為髓質，其周圍之皮質，為含有色素之角質化細胞所成，皮質之表面，更被以表皮層，性質與表皮最上層之角皮質同。隨動物而毛之種類亦有種種 (圖 34)，同一動物，兼有綿毛粗毛者甚多，鳥類之羽毛，亦與哺乳類之毛同樣發生以成，然不如毛之單純，以稱為翹之部分深插真皮中，與毛以毛根插入者相彷彿，其發生之始，亦起自與毛突起同樣之突起，惟發達之程序則不同 (圖 35)；又透出皮膚後，與

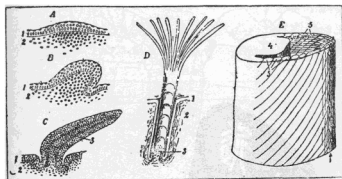


圖 35. 鳥之羽毛發生

1. 表皮 2. 真皮 真皮如 ABC 之順序，突起為羽毛隆起，其周圍陷入，復自接合隆起之表皮發生層，發達羽毛之角質化。羽翹部如在絨毛 D 之軸所見，雖真皮之隆起通過其中而中空，成為羽軸即真羽之部，如 E 所示，在一方成為羽軸 4，在他方發達多數之羽枝，結果在中央縱列於矢之方向。

單純的針狀之毛異，構造較為複雜。今就普通之羽毛述之，羽毛中心之軸，謂之羽軸，羽軸之兩側有羽枝，在羽枝之兩側，復有羽小枝，前後之羽小枝，各以鈎互相懸着。在鳥類亦如哺乳類之有綿毛，有綿羽毛，羽軸短，羽枝軟，羽小枝細長如絲，無鈎，不相懸着。爬蟲類之表皮，亦角質化，特如龜類，成爲非常堅硬之甲，稱爲鱗甲。鱗甲中有

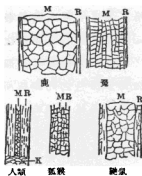


圖36. 哺乳動物毛之縱斷數種
髓質(M)與皮質(R)之比例，在人類之毛，髓者佔其大部分，諸種類而十分相異。

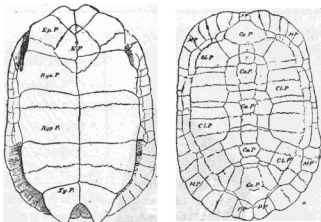


圖37. 龜之甲殼 A. 背面 B. 腹面

直線爲外甲即角質甲曲線爲內甲即骨質甲，龜之甲殼，成自二處。
(英文字爲名稱之略字)

一定之區劃，並列如覆瓦狀或作銜石狀之接合，各板上均有成長輪，蓋龜類不脫皮，惟恃增廣各板之外緣以成長也。

六、脊椎動物之真皮 亦為保護裝置，從魚類至哺乳類，見種種之分化。真皮為組織學上之結締組織，在哺乳動物，表皮，在特殊之部位如手足之平坦部，姑作別論，普通為不及一耗之薄層，而真皮則甚厚，為多量之纖維縱橫交織而成，富於彈力性。

真皮之下，又有結締組織分化之脂肪組織，可以鯨類為代表，其皮膚與其他哺乳類迥異，表皮無汗腺。（缺少汗腺之動物，哺乳類中尚有兔子等二三種）。鯨之皮脂層深達數寸乃至尺餘，此種深厚之皮脂層，能使棲息海中之鯨浮力增大，同時亦屬保護體溫之要着。真皮之骨化，在脊椎動物極多，頭骨中之前頭骨，顛頂骨，及其他多數之骨，皆為發生中發生之

鱗之斷面 粘液細胞 表皮

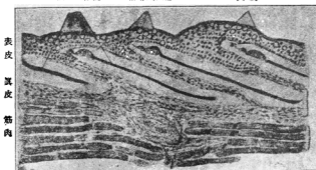


圖 38. 幼鯊之皮膚橫斷

皮膚骨，在龜類除頭部外，胴部亦有皮膚骨，與外面之角質甲（即鱗甲），共同包圍胴部，形成一重複之箱形物（圖37）。又在魚類真皮中生鱗，在硬骨魚類，鱗並列如覆瓦狀，在軟骨魚類，由真皮發生骨性之齒，頂上被覆表皮所生之琺瑯質而成槓狀鱗，作街石狀被覆皮膚。

七、海膽

海盤車之甲

無脊椎動物中，由皮膚之真皮部發達而為體之保護物者，首推海膽與海盤車所具堅硬之甲板（圖39）。海盤車，陽遂足之甲板，由多數石灰質之薄板構成，各小板寬緩

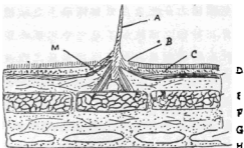


圖39. 海膽之皮膚斷面模型圖

- A. 棘 B. 神經環 C. 上皮纖毛細胞
D. 神經層 E. 石灰板 F. 結締組織層
G. 分派體腔 H. 體腔膜 M. 肌肉



圖40. 海參之皮膚模型圖

- A. 表皮細胞層 B. 石灰質骨片 C. 結締組織層
D. 環狀筋 E. 體腔膜

連結，故得屈曲。在海膽，放射狀配列之甲板，互相堅接密着，成強固之箱，不能活動。海參類雖與海膽，海盤車，同屬棘皮動物一綱，並無此種甲板，其替代物，或因與海膽，海盤車之甲板相同，在真皮中有無數顯微鏡的小骨片存在。此外海綿動物之中層中，亦見石灰質，硅質或角質之骨片及維織物，此等專視爲體之支持器官。

八、皮膚之色及變色現象 以皮膚作爲保護器官之一般的分化，既如上述，然此外在多數動物，其特殊保護之裝置可記者尚多，其中最廣見於動物界之現象，爲皮膚之色。皮膚之色，由物理化學的意味言之，爲遮斷太陽光線尤爲紫外線以保護生活細胞及行熱之調節者，然生理學上皮膚之色，於動物更重要者，爲對於生物之關係，即動物對於自己之敵及作爲自己食餌之動物之關係是也。此種皮膚色，成爲保護色，警戒色或模擬色，以警戒敵動物或模擬兇惡狀態及避去捕食動物之認識，而保護色之

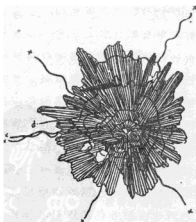


圖41. 示鱗類之大形魚皮膚中之色素細胞與神經之連結

最進步者，為變色現象，如棲於水中之烏賊，蝦，魚類中之底魚，標鮎，蝶，旗魚，及棲息於淺水河川之香魚，鱖，在陸上動物為兩蛙，避役等。普通應外圍之色變換自己之皮膚色，對於活動動物為生活上最取巧之手段。在高等之哺乳動物，雖不能如上述之動物之變色，在夏季與冬季外界顯著變異，夏期草木繁茂，冬期積雪滿地之地方如兔等，亦見褐色與白色之變色現象。動物之皮膚色如蝦之甲，鳥類之羽毛等，有

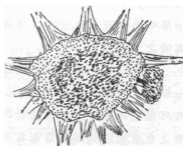


圖42. 示烏賊之色素細胞與連繫於此之筋纖維

由於存在於細胞分泌物或角質物中之色素粒者，有由於生活之色素細胞者。色素細胞，大多無定形，有伸縮自在之突起，能運動以變位置。或如某種烏賊皮膚中之色素細胞，體形極大，有多數筋纖維附着於上，由筋纖維之收縮，縮小細胞之形，復由弛緩，放出多數之突起，以廣容積，而起變色者有之（圖42）。烏賊類，魚類之皮膚色，應動物所居之外圍而變色者，皆由於各色素細胞之伸縮。若色素細胞之多數收縮，其中色素粒雖密集，因形小不辨，反褪色而成淡色，反之，如弛緩，皮膚之



圖43. 兩蛙之背皮中之黃色色素細胞(L)與白色色素細胞(G)之結合

全面，為色素被覆，遂顯示明瞭之色彩。由鳥賊之大形色素細胞，不難觀察得之。能變色之某種近似鰐鮪之底魚及兩蛙之皮膚中，有顏色不同之色素細胞三種，由一種色素細胞被覆他種色素細胞，變換體色，例如兩蛙在葉上與樹皮上之變色，其皮膚中，有附近表面之黃色色素胞，中層之白色色素胞，最深層之黑色素，由此等色素胞之調節，如黑色素胞隱退深處，則他二色素胞遂使表面呈綠色，黑色素胞浮上，伸出突起，掩覆他二色素胞時，即成暗色，此伸縮色素細胞變形易位之動機，為外界之變化，魚類訴諸視覺，兩蛙由觸覺訴諸葉、樹皮、地面等之感覺，而行變色，可以實驗知之。

九、色素細胞之種類 色素細胞，由其色之種類，有黑色素胞，(含有黑色之黑色精 Melanin 顆粒) 黃色素胞，(含有黃色乃至赤色之脂肪色素 Lipochrome 顆粒) 白色素胞 (含有發白色光輝之鳥糞精 Guanine) 等名稱。此黑色精，脂肪色素，鳥糞精等色素粒，為細胞之生產物，細胞至因此失其生活力。鳥類之羽毛，色彩之艷麗，無與倫比，最奇特者，為隨視線變易而異其色彩及發顯虹彩，此為羽小枝之構造所致。羽小枝之表皮層，組成顯微鏡的層狀構造，由其中黃色或赤色之脂肪色素，褐色或黑色之黑色精，發生白色光輝之鳥糞精等三種色



圖44. 羽小枝之橫斷面模型圖

A. 階段細胞變形為細管密集之部

B. 髓質細胞部，其周圍分布色素粒。

素粒，對此行光線之吸收及反射，及同時層狀構造之干涉光線，遂生上述之現象。

一〇、皮膚分泌毒液之裝置 其中最特殊者，為腔腸動物皮膚中之刺絲胞。在海濱游泳時，有為水母所刺者，即受此種刺絲胞之注射也。水母，海葵等所屬之腔腸動物，在其皮膚組織中，多數分布包藏刺絲胞之細胞。今就刺絲胞簡單述之，刺絲胞中有貯藏毒液之囊及由此延伸之細管，細管平時恰如向內翻轉之手套指，疊入囊中，發射之際，對觸及之外物，如彈力絲之突進，雖甲殼類之角皮質甲，人類之皮膚等，亦終能刺破之，入於真皮中，注射囊中之毒液。自包藏刺絲胞之細胞，向外簇生毛狀之刺毛，若敵類或自己之食物動物接觸於刺毛時，其刺戟立即感應刺絲胞細胞而行上述之刺絲胞發射。水母，海葵等之種類中，絕不侵犯人體者甚多，因發射力弱，不能刺破表皮也。惟對於他動物則往往有致命之危險，特如管水母類之刺絲胞，多數集合於一所，特稱為刺絲電池，得視為攻擊上有力之武器。藏於刺絲胞囊



圖 45. 腔腸動物之刺絲胞三種
A. 多刺珊瑚之隔膜中者
B. 水螅水母之刺絲胞
C. B之發射前狀態

中之液，多為蟻酸類之化合物。

昆蟲類之幼蟲，以體表面具毛者為多，而在某種昆蟲，觸其毛時或劇痛，如松姑蠶之幼蟲是。此種毛之根部，連有毒液分泌細胞。在脊椎動物，亦有許多類似之例。誤觸魚類中海黃鰻，腹之脊鰭前棘，數日間起劇痛發熱者，因猛烈之毒液棘當刺入皮膚時，棘根部毒液腺之毒液，即由此注射而出也。相傳毒蛾翅上散落之鱗片觸於皮膚時，該部因鱗片中之毒性物質，發生痒痛，同時因人而有發熱，全身起赤疹等情。其實此毒蛾之幼蟲，本具毒毛，其毛於造繭蛹化之際，落於繭內，遂附着蛾體為患也。惟此毒素尚未十分明瞭。

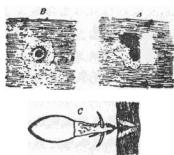


圖46. 水綿之刺熱胞擊刺蚊之皮膚所留之痕跡(A, B.)及擊刺之狀(C)

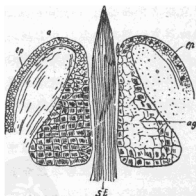


圖47. 硬骨魚之棘毒腺模型圖
st. 棘, ag. 毒腺, ep. 表皮毒腺, 自右上方分泌毒液。

等情。其實此毒蛾之幼蟲，本具毒毛，其毛於造繭蛹化之際，落於繭內，遂附着蛾體為患也。惟此毒素尚未十分明瞭。

第四章 關於新陳代謝之器官

原形質具有生物基本單位上之新陳代謝 (Metabolism) 機能，已如前述。凡動物不拘其體之簡單複雜，因個體上之獨立自營，不絕營原形質新陳代謝同樣之機能，自外界攝取可以榮養自體之食物，消化而吸收之以養體內一切之細胞，同時生活現象結果所生無用之副產物，排泄至體外，是為個體之新陳代謝機能，總稱一般榮養 (Nutrition)，各種關於榮養之器官，謂之榮養器官 (Nutritive organ)。在單細胞動物，亦成為細胞器官而認識相當於此之構造，例如淡水中之纖毛蟲類之收縮胞，作老廢物排泄之用，其口與口之周圍之纖毛，作為食物攝取器，纖毛之運動，使水起渦流，收集水中微小食物於口。多細胞動物之榮養器官，尚分種種之器官，由分業作用完成一個體之榮養。

多細胞動物之榮養器官，以消化器，循環器，呼吸器，排泄器為主，各器官更分成較小之分業器官。但在下等之動物，缺少此等器官之一二者甚多。例如水母，海葵所屬之腔腸動物，僅有作為消化器而作用之腔腸 (Coelenteron)，無他種榮養器官。二口蟲，絛蟲所屬之扁形動物，無循環器。又缺少呼吸器者，以此等下等動物為主。然節足動物中雖體制複雜如甲殼類之動物，小形者普通無之，在其他亦不乏其例。器官之缺失，並

非由於動物不營其機能，徒以體制簡單，無需特別之器官以行之，正與寄生動物住於宿主体內自己之食物液中，體制退化，失却消化器及其他器官者相同。寄生動物，由體表面吸收食物，無特別之消化器及呼吸器官者，因體表面之皮膜組織細胞營此等作用。是故甲殼類及軟體動物中無有呼吸器之種類，皆以皮膚行呼吸之一般小動物也。

其次行一完全之機能而非一種器官所能勝任者，合同數種特殊器官以行之。例如見於消化器者，有攝取食物行機械的破碎之口腔，有存貯食物消化之胃，因消化與吸收，有紆長之腸及其他有消化液分泌機能之唾腺，肝臟等，合同此許多器官以完成食物攝取與消化吸收。此種營個體上必要之榮養物質之攝取，吸收等特殊作用之器官之一團，吾人總稱之為消化系(Digestive system)，器官之分業，至複雜如高等動物，一種機能由數種器官分業營之，故器官之系統，益臻複雜，消化系，循環系，神經系等至改器官為系。

第一節 動物之食物及攝食之器官

一、食物之種類 動物與植物異，以動物體或植物體為食物而各種動物，各有其所好之食物，某種動物之食物，有限定某之一定種類之傾向，特如昆蟲類，吾人習知蠶僅取某一種植物之葉即桑葉為食物以養體，從而昆蟲種類之繁多，一如植物之種類，是故食物種類之複雜，正如動物之種類，千

差萬別。動物由食物之種類分類，大別爲動物性食物攝取者與植物性食物攝取者，更可區分爲食死物者，食生活物者，及食傾向於腐敗之物者等。今依據動物之運動性及攝取器官之特殊性，分爲下列之六種述之。

(一) 食浮游生物(Plankton)之動物

(二) 食植物之動物

(三) 食運動性動物之動物

(四) 食死物及腐敗生物之動物

(五) 寄生生活之動物

(六) 腐生生活之動物

此分類僅爲便宜說明動物之習性及食物攝取上之形態之一種分類，無顯明之界劃。且一動物一生中食物之變化尤爲普通之現象。例如蛙在幼蟲時代所營之生活，爲屬於上列之第二，第四類，成長後，主屬於第三類之生活，主食運動性之昆蟲。又在甲殼類之寄生橈腳類，食物隨雌雄而全異者甚多，雌者寄生魚體而生活，雄則反是，攝食浮游生物，營自由生活，從而形態上亦互相懸殊。浮游生物爲隨水流飄泊無定之動植物。多數水產動物，以浮游生物爲食者甚多。其中魚類，除二三種類外，一切海產魚類，在幼稚時代，殆全以浮游生物爲食物而成長，鰻，鱈，鱈終生類之，鯛，比目魚，鰈及相近之動物，成長後食較大之運動性食物，而爲屬於第三部類之動物。

二、食物攝取之器官 最先請述對於消化器官系無

直接關係之食物攝取器。凡動物，由運動以獵取食物，是其本來之性質。此動物之食物，為所謂動物或植物之個別散在於自然界之存在物，非如植物之食物，為溶解於水中之無機物及混合於空氣中之碳酸氣，為普遍的存在物。但動物之食物中，若杜鵑，蛤等瓣鰓類之食物浮游生物，亦至微細，恰如水中之塵埃，無數存在。又如第二，第四部類動物之食物，無運動性。然屬於第三部類之動物之食物，運動性極盛，自然界中存在較少。從而比較前列分類之動物各類，不特各動物之性質相異，且各備必要之特殊攝取器。人類及猿類，為聯合前列二，三，四類所謂雜食性之動物，其前肢主為食物攝取之



圖 45. 樹猴(擬猴類)用前肢捕食之狀

用，尤如人類，全不用以步行，運用於複雜之生業以獲得食物。然其生活上之原始的機能，為由手至口之動作，今日複雜之手工工作，宜視為由此演進推廣者。如吾人有食物於此，第一則以手抓取或使用器具運之入口，是為手之根本的工作。然於

多數哺乳類動物之前肢，無此種機能，直接用口捕取之，但食肉獸類以前肢攻擊食餌動物，北極地方之馬及馴鹿，掘積雪以求草苔，多少亦有食物攝取之關係，然與人類及猿運食物於口之用手則大異，無脊椎動物中，以腳為食物攝取之用之著例，於章魚之類及節足動物見之，特如節足動物口附近之附屬肢，稱為口器，細分之，又有大顎，小顎及上唇，下唇等區別，不僅能搬運食物入口，並有粉碎食物之作用，此外在蝦蟹之類，五對步足中之第一對或其後之一對，末端成鉗狀，為捕捉

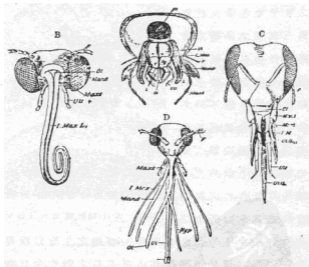


圖 49. 昆蟲之口器四種

A. 蟋蟀(自後方所見) B. 蟻 C. 蚊 F. 觸角 OL. 上唇
mand. 大顎 lmax. 小顎 maks. 觸鬚 UR. 下唇 ult. 下唇觸鬚

食物之用。蟹等之缺脚，就一般論，與其謂對敵類作保護用，寧謂攝取食物之用。彼自泥中獵取食物之糠蝦之缺脚，因是有毛刷狀之毛，食貝類及海膽，海參之松葉蟹，缺脚非常強大。

在蜘蛛類之大顎，織之胸部第一對脚之顎脚等，發達毒腺，螫食餌動物

使之麻醉而捕之。於此意味下革蜂之毒針，亦用作食物採捕之器官，此夏時散步林中，往往蹤跡苦痛之鳴聲而得日擊蟬為革蜂所刺者，可以知之。前述腔腸動物之刺絲胞及其觸手，亦共同為食物採捕之用。

三、食浮游生物之魚類之鰓耙 浮游生物中亦多大小不同之種類，由其大小之相異，浮游生物食浮游生物為生活，活動視浮游生物敏活之甲殼類之橈脚類及蝦蟹之幼蟲等，食全無運動力之植物性浮游生物如硅藻，藍藻等為生活；魚類之鰓，鰓等，復以橈脚類及其他甲殼類為食物。而魚類中在食浮游生物之種類，口中有特別之裝置，以收集之。

開張魚類之口時，在兩側各見四個裂口，是即通於鰓之

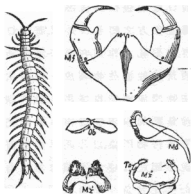


圖 50. 蜈蚣與其口器

ob. 上顎 md. 大顎 mx'. 第一小顎
mx''. 第二小顎 mf. 顎脚

裂口。魚類張口時流進之水，於閉口時自此等裂口經鰓室由鰓蓋後方之鰓蓋口外出。而由口通鰓之裂口中，有所謂鰓耙者，如篩孔之作用，在呼吸水通過之際，濾取存於水中之橈腳類及其他微生物，集成一塊，漸次向消化管送入。鰓耙之浮游生物濾過機能，自從生態的觀察動物之構造以來，曾就各種魚類加以研究。從前以為鰓耙僅濾水之不純，使鰓之表面不為污物所染，以此為鰓耙之解說。然鰓耙在棲於不潔之水之魚如鱧，比目魚，牛尾魚，鮭鯉等不食浮游生物之魚類，殆不發達；在棲於清澄之大洋之魚類食浮游生物之秋刀魚，鱈等，極為發達，狀如細目之簾。吾人更得依鰓耙發達之如何，以判斷該魚類之是否為食浮游生物之動物。反之，食運動性之大形動物之魚類，鰓耙不發達，其替代之齒極為發達。原來齒在用之把握食物之動物，正如人類之用手，雖咀嚼為其主要機能，通常因捕獲食餌毋使失事之故，在食運動性動物之種類，齒大多發達。又如哺乳動物中齧齒類鼠，兔等之齒，因削取堅硬之食物，呈鑿狀。然魚類中河豚類，亦行類此之食物攝取，故具有特有之齒，不類其他魚類，亦與鼠同樣呈鑿狀。在攝食微小之浮游生物之動物，具有



圖 61. 魚之食物濾過裝置鰓耙

圖 61. 魚之食物濾過裝置鰓耙

類於魚類鰓耙之裝置者，為石物卒類鰓囊中之龍細工構造，海槌頭 (Appendicularia) 之囊等此等動物所食之浮游生物，及作為瓣鰓類之食餌之浮游生物，大都非常微細，為普通之浮游生物網遺出之單細胞生物，稱為原微浮游生物 (Nanoplankton)。此等之研究，最好用濾紙過濾海水或用遠心機採集，然後行鏡檢。

四、鯨鬚 浮游生物濾過裝置之最發達者，為吾人習知之鯨鬚。鯨類中有鬚鯨類，體軀之大冠動物界，但無論在百

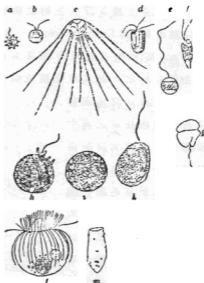


圖 52. 浮游生物之種類

- a. *Chryso-nonadine* sp. 4 μ
- b. *Chryso-nonadine* sp.
- c. *Meri gosphaera divergens* Lohm 7 μ
- d. *Cartoria* sp.
- e. *Chryso-nonadine* sp.
- f. *Rhodomonas pelagica* Lohm.
- g. *Gymnodinium* sp.
- A-i. *Coccolithophoridae*
- A. *Syracosphaera pulchra* Lohm.
- i. *Schale von Coccolithophora*.
- k. *Coccolithophora wallchi* Lohm.
- l. *Halteria rubra* Lohm.
- m. *Celcuje von Tintinnopsis nana* Lohm.

尺以上者，亦多屬食浮游生物之動物，而以浮游性之甲殼類尤以糠蝦類（屬 *Euphausiidae* 之一類）及浮游性之軟體動物 *Cavolinia* 類（如龜貝，龜螺等）等為其食物。鯨之鬚，自口蓋下垂，對生於口腔之兩側，其數隨種類而殊異，成數十對乃至四百餘對之板，由口深入，密密並列，各鬚板在口之真中狹，至側面漸廣，其游離緣即接觸於口腔床中強大之舌之部分，呈毛刷狀。鯨進入糠蝦多量浮游之所，張口收縮其強大之舌時，糠蝦類與水一同流入口中；其次，鯨闔口舒緩其舌，

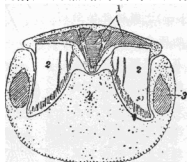


圖 68. 有鬚鯨之頭部橫斷模型
示鬚(2)與舌(4)之關係

1. 頤骨 3. 下顎

水自口裂兩側外出，此時水中之食餌動物，經鬚之毛刷狀物與舌之作用，濾集口中，而為鯨所吞食。因此鯨之胃中，常能發見浮游性之糠蝦及 *Cavolinia* 之類為數十坩之團塊。

五、口及齒之發達 口常在動物體之前端或附近，位於動物運動而採捕食物之最適合之位置。口及口腔中具備有食物攝取及消化關係之構造，動物界之各類，各不相同，一一備述，非本書所能及，今試就吾人人類與一般脊椎動物之口比較觀之，第一，吾人人類於口之開閉，具備富於筋肉之軟性之唇，此在哺乳動物始見之，為關聯於幼兒哺乳之習性而

類，概無齒。在爬蟲類，龜類無齒，石龍子類，蛇類有之，其齒僅於鱗魚類插入齒槽中，其他全在側面或底面着生於骨上，為幾度脫換發生，所謂多換性之齒。齒之發生骨，隨爬蟲類，兩棲類，魚類之各種動物而各異，除見於哺乳類之前上顎骨，齒骨以外，在口蓋骨，鋤骨，（此骨在哺乳類不現於表面）副楔骨等，亦有發生。然爬蟲類，兩棲類，魚類，亦有齒完全缺如者。齒之有無，大多與顎之角質化及食物之種類相關。

六、上顎及下顎 哺乳類之上顎，因上顎骨，顚骨之堅結於頭蓋骨而不能活動，口之開閉，全憑下顎之可動性。在一般脊椎動物，連絡上顎骨於頭蓋骨之骨，為方骨，連絡下顎於頭蓋骨者，為關節骨。然在哺乳類，此二骨均已退化，進入中耳內，為自鼓膜傳達音響於內耳之用。前者即成為砧骨，後者成為槌骨。魚類之上顎，下顎之發達，最為幼稚，成為顎弓之梅凱爾氏軟骨（Meckel's cartilage）甚大，上顎之前上顎骨，與上顎骨互相分離，各以伸長性之皮膜與頭蓋骨連絡，下顎之齒骨，關節骨亦在皮膜之中，因此隨動物之種類，如鯉，鱒，鱒等，能使口緣尖出，作吸盤狀，為吸取食餌動物之動作，構成蛇之上下顎之骨極長，自頭蓋骨延向後方，因為可動性，口之開張度異常廣大。又在蛇之胸腹部，僅以腹面連絡左右之肋骨，因無胸骨故，能吞入與本體不相稱之食物。

七、舌 口腔中之舌，或作為味覺器，或作食物攝取及咀嚼器，隨動物之種類，差異殊甚。在哺乳類大都富於肉質，反

之，鳥類，爬蟲類之舌，多為硬性者。於舌之可動性饒有興味者，為避役與啄木鳥科鳥類之舌，其支持舌之舌骨及舌之兩角，在避役平時褶疊於口腔底，在啄木鳥繞頭蓋骨之後方，自背面直達前額部。當舌伸出之時，此等部分延長，避役運用被覆

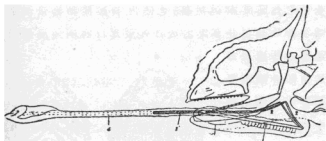


圖 55. 避役之舌伸出之狀

在口中時舌端在(3)，舌骨在(1)，骨舌前角在(2)之位置。伸出則各成爲 1' 2' 3' 之位置。(4) 拔出舌骨之狀。

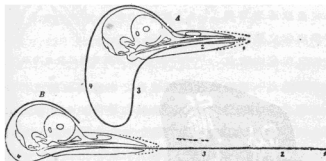


圖 56. 啄木鳥之舌

A. 收藏口中之狀 B. 突出之狀

1. 舌內骨 2 舌骨本體 3. 舌骨角

舌骨之柔軟部，急激發射，用以攻擊食餌蟲於不備（圖 55）。在啄木鳥，狀如射擊魚之魚叉，能出入具有小鈎之針狀舌，自樹間引出食餌蟲（圖 56）。

八、吻 凡消化器中口腔之部分，概凹入於外表面（為發生中之外胚葉，詳述於後。）之體內。自腔腸動物以至高等之哺乳動物，此部分多突出於口外，成為口吻。例如渦蟲類與環蟲類之沙蠶及寄生於魚類，介類，蝦類等水中生活者之皮膚中之蛭，（扁蛭，銼蛭，海龜蛭等），所謂口腔乃至咽頭之部分，概屬外出。就吻之突起最顯著者，為屬於環蟲類之蠶類相當於口前葉之吻。其

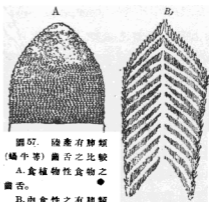


圖 57. 陸產有肺類
(蝸牛等) 齒舌之比較
A. 食植物性食物之
齒舌。

B. 肉食性之有肺類
Dardo bardia 之齒舌。後者更粗，齒長，尖銳。

稱為蠶蟲之一種。吻成纖維帶狀，較蟲之本體長逾數倍。此蟲棲於海底之砂中，僅露吻於砂上，發顯之獲得其蟲體，甚為困難，因此其正體久不明瞭。此外蠶類中吻之先端，亦有如后蠶之分叉者。棘皮動物中，在正形海膽，具有著名之亞里士多德燈之五個之齒，以筋肉附着，極適咀嚼之用。在其他蛸枕等非正射形海膽及海盤車，陽遂足，海參等，無齒之類似物。在海盤車

類代以向外反轉，攝取食物，又海參於口之周圍生觸手，能將海底之有機物，連泥連入口中。

第二節 行消化吸收之消化管

一、哺乳動物之消化器與盲腸 先就吾人人類一屬之脊椎動物，依次記述消化管各部之名稱如下。消化管始於口腔，次由咽喉而進於食道，由食道而

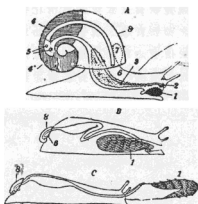


圖58. 食植物之蟻牛 A 與肉食性之 Testacella B C 之消化器比較

蟻牛之舌(1)小，顎(2)發達分泌消化液之顎腺(3)中腸腺(4) Testacella 之齒舌約占體之半，成突出口外之吻，其面粗糙，2, 3, 4 等不發達。

至胃。胃有擴張之腔所，其終末由幽門部轉入小腸，復經大腸而終於肛門。小腸之上部為十二指腸，由肝臟及胰臟輸送消化液之導管，開口於此。十二指腸後之小腸，經幾回盤曲，蟠踞腹腔之大部。由小腸轉入隸屬於大腸之結腸處，有所謂蟲樣垂者，在人類為密閉的，無消化之關係，反為盲腸炎之病因，一無用之突起而已。此實體為先端閉塞之一段腸管即盲囊狀之盲腸之遺物，隨哺乳動物之種類發達甚長。(圖 59, IV) 已消化之物質所謂乳糜者，入內，因囊之先端閉塞，停滯較久，以吸

收榮養物質。是故盲腸者，消化管之延長耳。在攝取植物性食物之動物，盲腸大抵皆長，例如馬之盲腸有二尺餘，容積達胃之二倍，兔之盲腸，容積約抵胃之十倍；然在食肉獸類，以狹如者為多。澳洲特產之有袋類，亦然，有袋類中，隨食物之種類，性

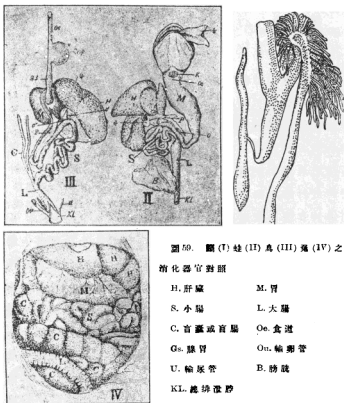


圖 50. 顯 (I) 蛙 (II) 鳥 (III) 兔 (IV) 之
消化器官對照

- | | |
|----------|---------|
| H. 肝臟 | M. 胃 |
| S. 小腸 | L. 大腸 |
| C. 盲囊或盲腸 | Oe. 食道 |
| Gs. 腺胃 | Ou. 輸卵管 |
| U. 輸尿管 | B. 膀胱 |
| KL. 糞排泄腔 | |

質迥異，盲腸之長，亦相應而不同，在攝食植物性食物之袋鼯，盲腸達體長之二倍，而在食肉類之有袋類，盲腸多缺失。

盲腸不僅哺乳動物，在鳥類及爬蟲類亦有之，惟位置與哺乳類異，兩棲類概無之，在硬骨魚類，存在與否及其數目，皆無一定，如在鯉雖無之，在鮭則多至數百。此外可附述於此者，為鮫類大腸內面之螺旋瓣，狀如盤旋之階梯，突出於大腸之內面，已消化之榮養乳糜，迴繞此階梯下降。

此種螺旋瓣及盲囊，盲腸，乃至哺乳動物最發達之腸粘膜之褶皺及絨毛狀突起等，無論何種裝置，皆所以擴充榮養分之吸收面者。腸之長短，隨動物之食物為植物性或動物性而大異，攝食植物性食物之類，腸長，家貓亦較野貓之腸為長，在相似之動物，類此之例甚多。蛙之蝌蚪之腸，由腹面觀察時，作渦狀旋繞，多回，緣此等蛙類，以水底之腐植物或硅藻類等為食，若給以動物性食物而馴養之，則腸旋卷之回數減少，長度縮短。



圖 60. 蝌蚪之腸
腸之旋卷由給
與之食物為動物
性或植物性之不
同，得顯著變化之。

二、哺乳動物之胃 先就其構造述之，胃係位於消化管前部之擴張部，為暫時貯蓄食物行消化之部分。吾人人類之胃，自左向右，在斜橫之位置，其內面粘膜（胃之皮膚）之表面，被以單層之皮膜組織，有多數胃腺之開口，胃腺為細長之單管，亦有先端多少分枝者，而多數胃腺並列之全體粘膜，謂

之固有膜 (Tunica propria)。胃腺開口附近之細胞，與其他皮面細胞同，為柱狀，僅內部分泌粘液之管，以方形細胞被覆，在各所有稱為側細胞之特殊細胞散在。由胃入腸，在幽門部之胃壁，構成多少之褶襞，而與他部之胃腺相異之幽門腺，多數發達於此。然則人類胃之此種組織的構造，於他動物為何如？與各動物之食物有若何之關係乎？茲就其顯著之點述之，第一應注意者，哺乳動物食道內面之皮膜組織，與口腔之皮膜組織同，為多層細胞組織，而人類胃之皮膜，如上所述，為單層細胞，猿及食肉類亦復如此；然在攝取植物性食物之有蹄類及齧齒類，食道之多層細胞組織，直達至胃壁內，如圖 61 所示，

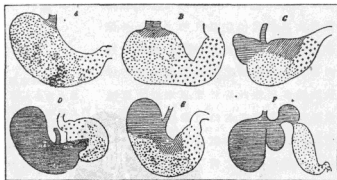


圖 61. (A) 人類 (B) 犬 (C) 鼠 (D) *Cricetus* (齧齒類之一種)
(E) 猴 (F) 食肉類

各類之胃粘膜分布比較

橫線斜線之部為人類胃之食道粘膜之多層細胞，點之部為胃底腺部，十字部為幽門腺部，各類十分相異。

此種關係極不相同，比較的雜食性者，相差較少。又反芻類之牛、鹿等之胃，分四室，（瘤胃，蜂巢胃，重瓣胃，皺胃）。與食道粘膜相連之多層細胞組織，直達第三室。反芻類之消化機能，在最廣之第一室一度攝取食物後，不由胃液，僅憑細菌醱酵，分解植物纖維質，送入第二室，將固形物攪成卵形大小之團，再吐出口中。吐出物經五十回至八十回之咀嚼，再嚥下，通過前回通路之反對側，由溝入於第三室，以重瓣之作用，將食物壓縮消化，然後入第四室。在第四室中，開始分泌含有鹽酸之胃液，殺滅消化細菌，同時分解蛋白質，化食餌為乳糜。是則直至第三室之消化，全為唾液之化學的消化，細菌的消化與機械的消化，至第四室，始與吾人之胃行同樣之機能也。

三、鳥類之胃

可供研究者甚多。在鳥類，無齒，食物係整個吞下，尤在食堅固之穀類者，食物有行機械的消化之必要。食道中途之嗉囊，僅供食物貯藏之用。胃則稱為砂囊。砂囊壁之肌肉，極為發達，然

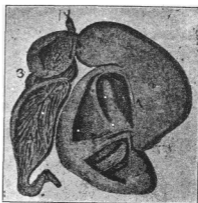


圖 02. 鹿之反芻胃內部

以探針示來自 a 之食道之食物，入有瓣之 1 之瘤胃，回至口中，再來自 b 入 3，轉移於 4 之褶路。

其內面僅為單層細胞組織，由此分泌之粘液，硬化而為角質狀之物質，砂囊之形狀，隨種類而異，普通由兩組肌連結而成，一組連結相對而發達於兩側之側筋，一組連結在兩側筋上下之中間筋，中間筋收縮，食物壓入中央，復由兩側筋之周邊壓出；此種動作，於某種鳥之實驗，大約二三秒鐘往復一次。此種肌肉胃之咀嚼力，實屬強大，在某種之七面鳥，其強固處能壓平耐四百三十七磅壓力之鐵管。如此強大之胃咀嚼力，使補助整吞之穀類介殼之咀嚼所攝進之小石陶片，與食物一體混雜消磨，而營養分則送入腸中。小石瓦片介片等，具有磨圓邊角之力，在砂囊中，成為機械的消化之補助物。此等鳥類，在攝取堅硬之食物時，必補充以新之小石等。肉食性及食蟲性之鳥類，砂囊之發達，不及前述食穀類者之強大，整吞之食物中，有不能咀嚼者，則吐出之。

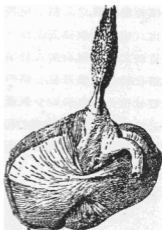


圖 63. 寓於筋肉之鳥之咀嚼胃 (砂囊)

砂囊連於 5 之前胃即分泌消化液之腺胃與 4 之十二指腸，圍繞胃之周邊而發達成對之筋肉，此一對之筋，在兩面以 3 之腸相對結合。

四、魚類之胃 其中筋肉發達類乎鳥類之砂囊者，為鱈之胃，鯉中諒稱鱈脾。然魚類中如鯉之胃，無特別擴張之部

分者有之，亦有如鰓、鰓等，作袋狀延長，實門部（與食道連絡）與齒門部（通腸）同在一端。此外就魚胃所見者，其食物當多量攝取時，顯著擴張，較食物空虛時，容積相差至數倍，就水產上之重要魚類，研究其食餌，考察鰓、鰓及其他魚類之胃，常實見之。

五、節足動物之消化器 與脊椎動物比較，於形態學上頗饒興味。其消化管之前部，與脊椎動物之口腔相同，陷入於外胚葉之內部，是故在蝦蟹，胃或稱為咀嚼胃之部分，及昆蟲不僅味

養或吸胃，直至砂囊之部分，皆相當於脊椎動物之口腔，為外胚葉所發生之消化器。因此昆蟲及蝦蟹，

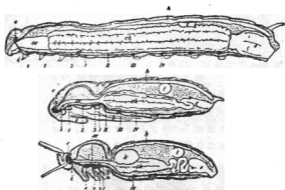


圖64. 昆蟲(蝶)之幼蟲與繭成蟲之內臟比較

oo. 食道 ch. 乳糜胃 k. 噴蓋 e. 後腸 c. 腸
Hv. 腹鏈之神經球 t. 睪丸 h. 心臟

稱為胃之部分之表面，與體表面同，被覆以角皮質膜。蝦蟹之胃中，具備多數複雜之齒，昆蟲砂囊中，亦有齒狀突起，為咀嚼食物之用。其次就軟體動物之咀嚼器堪一述者，在蛞蝓，石決

明等之腹足類，烏賊，章魚等之頭足類，口腔中具有帶狀之齒舌，其表面列生內向之細齒，石決明，文蛤，用此齒舌舐食海藻之表面，烏賊，章魚用之削食肉類，此等軟體動物，除齒舌外，具備顎者甚多，特如烏賊，章魚，顎在口之上，下，成鳥嘴狀，最為顯著。

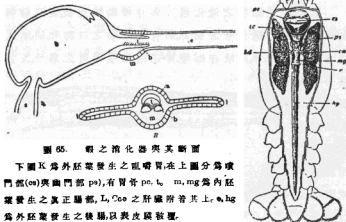


圖 85. 蝦之消化器與其断面

下圖K為外胚葉發生之咀嚼胃，在上圖分為噴門部(oe)與齒門部(ps)，有胃骨pe, te, m, mg為內胚葉發生之真正腸部，L, Coe之肝臟附着其上，e, hg為外胚葉發生之後腸，以表皮膜被覆。

棘皮動物之消化器官，隨種類而大異。僅就食物攝取之器官論，如海參，有用觸手攝取混雜泥土之有機物者，如腸遠足，有翻轉口腔於吻外，以得食者，如正形海膽，備有所謂亞里士多德氏燈奇妙之五個連合之齒。又海膽之腸，於殼內作數回卷旋；腸短縮，應五本之放射體歧生盲囊。且缺少肛門之種類，亦不在少數也。

六、下等動物之原生動物的營養攝取 下等動物之

消化器，其關於消化吸收之事項，營高等動物中未有之作用。例如多細胞動物中最下等之海綿動物，在體內有多數之鞭毛室，其室內之細胞，具鞭毛，各細胞如獨立之單細胞動物，能攝取食物。又在腔腸動物，腔腸表面之細胞，及下等扁形動物渦蟲類（肝蛭，斧蛭）。腸表面之細胞，如變形蟲伸出偽足以攝取食物，在細胞內行消化。自最下等之海綿動物以上，此等動物如斯之食物攝取及消化，稱為細胞內消化。一八七〇年麥奇尼柯夫始發見之，其後經幾多之實驗與觀察而得確定。在海綿動物，腔腸動物，以細胞內消化為普通，其中高等之海葵，雖有消化液分泌之證明，寧視為例外。

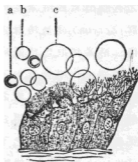


圖 66. 肝蛭之腸上皮細胞伸出偽足而攝取 a b c 之乳糜液球

第三節 消化液與其分泌器官

扁蟲類以上之動物，除寄生蟲及二三例外，皆有相對口之肛門，消化管兩端貫通外界，食物之消化，俟消化液之化學分解作用而體液化，由腸粘膜吸收，不見有變形蟲的食物攝取或細胞內消化。消化液之種類及其分泌之器官，隨動物種類，種種不一。

一、 酵 素 之 種 類 先就人類之消化液述之，爲唾液之唾液，胃之胃液，肝臟之膽汁，胰臟之胰液，腸之腸液。其消化，俟消化液中酵素之作用。酵素從前區分爲結合於細胞而存在之有體酵素或酵素生物，與存在於細胞分泌之情狀下之酵質 (Enzyme) 或無體酵素之二種，近頃隨研究之進步，酵質亦得由酵素採取之，此區別已不能成立，統稱爲酵素 (Ferment)。然酵素之化學性質，尙不明瞭。酵素係蛋白質之一種，雖可分析知之，恐僅爲某酵素之一要素，宜視爲複雜化合物之混合。酵素之促進化學作用，其效能有如化學實驗室內所用之觸媒劑，在其少量存在之下，得行莫大之化學作用。例如麥芽素 (Diastase)，極微之量，能糖化其二千倍重量之澱粉，凝乳酵素能凝固四十萬倍之乳酪素 (Casein)，蔗糖酵素 (Invertase) 有化二十萬倍之蔗糖爲葡萄糖及果糖之力。然酵素與無機化學實驗室內所用之觸媒劑異，其化學變化促進之機能，有溫度之制限，而作用於極狹之範圍內，溫度上昇，卽失其機能，爲十分有機的。

今舉酵素之種類觀之，爲唾液中之唾液素 (Ptyalin，糖化澱粉)，胃液中之胃液素 (Pepsin，變蛋白質爲消化蛋白 Peptone)，凝乳酵素 (Labferment，凝固乳酪素)，胰液中之胰液素 (Trypsin，變蛋白質爲氨基酸)，脂肪分解酵素 (Lipase，分解脂肪爲甘油與脂肪酸)。消化液中此等酵素之作用，因具有行於酸性液或鹼性液之特有性，在胃液中分泌鹽酸，而使胃

液素之作用實現，膽汁以礮性助胰液素之作用，並使脂肪分解酵素之生成物，成爲礮化狀態。

二、營養物質之吸收 食物由上述消化液之作用行化學的分解，其中所含營養分，化成能進入腸之皮膜細胞即粘膜內之水的溶解性物質，而營養物質在體內移行之路徑，則隨物質而各異，碳水化合物，直接混入血內而至肝臟，視其血液中之定量，蓄積貯藏過剩之碳水化合物，是故吾人雖食多量之砂糖，血液中之葡萄糖，常爲一定，蛋白質亦直接移行於血內，然自腸間膜中之血液中不見有消化蛋白及蛋白質分解物之一點觀之，在腸壁內蓋已化成體內所需之蛋白質矣。其次脂肪以礮化之狀態，移行於淋巴液中，隨後與血液混合，腸之後方大腸部，以吸收水分爲主，食物中之不消化物，減少亦分之量，而成糞。直腸之內面，隨動物之種類有固有之袋，直腸壁之筋肉分佈，亦各不同，因此動物各生出固有之糞形，例如牛之糞與馬之糞，顯然不同，又如鼠、兔之糞，粒粒分離，後者亦可由圖59, IV兔之大腸所現之結節以知之。

三、節足動物之肝臟及唾腺 節足動物中之蝦蟹，在咀嚼器之兩側，有普通稱爲肝臟之黃色或褐色之一對器官，在胃之後部，有細小之開口，其機能與脊椎動物之肝臟大異，爲近似胰臟之物，稱爲肝胰臟 (Hepatopancreas)，其實亦與胰臟異，爲兼有脊椎動物盲囊之作用之重要器官，亦稱爲中腸盲囊。如前文所述，節足動物之消化管前半之胃，與後半之後

腸之部分，爲外胚葉陷入所發生，以角皮質膜被覆，故食物中榮養分之吸收部，僅限於中腸，在蝦蟹甚短，所謂肝臟者，即附屬於此中腸之始部，咀嚼胃中消化之食物，移於中腸始部稍稍擴張之幽門部，由中腸分泌之消化液消化之，由此所成之乳糜，入於中腸及中腸盲囊，吸收其榮養分。故中腸盲囊，即所謂肝臟者，並非如胰臟之單純分泌腺，乃作爲腸之一部，爲重要之榮養分吸收部。中腸盲囊中有分解蛋白質，脂肪，碳水化合物之酵素，並具有使有毒物質沈澱其中阻其移入體內之作用，蓋在蝦蟹等攝食敗體有機物之動物，此爲必要之作用也。由實驗上證明以含有砒素之食物飼蝦蟹，砒素堆積中腸盲囊中，該動物絲毫不受損害云。類乎蝦蟹肝臟之物，軟體動物亦有之，亦稱爲肝臟。昆蟲與蝦蟹爲同屬於節足動物之動物，但無所謂肝臟或肝胰臟之消化液分泌器官，僅見有乳糜盲直管之發達，即所謂肝盲管者是。然昆蟲類所特有者，爲通於口腔之唾腺，此唾腺之機能，與脊椎動物大異，僅發達於攝食固形乾燥之食物之動物，爲濕潤食物之用。故在種種之昆蟲，唾液改變消化之機能，而在蚊成爲毒腺，在蛾成爲絹絲腺。在軟體動物中之腹足類及頭足類，亦具有與昆蟲之唾腺相似之腺，稱爲口腔腺，其分泌液，在蝸牛中亦爲濕潤食餌而發達。在食肉性之有肺類，（與蝸牛同類之 Testacella 等，食蚯蚓。）此腺不發達。

第四節 呼吸作用與其器官

一、生活與氧素 生物之生活上，氧素所以為必要者，因新陳代謝之半，主由於生活物質之氧化分解作用也。生物攝取氧素以分解自體，由此所得之生活力，總理活動，成長，增殖及其他一切生理機能，此關係不論動物植物，皆為一致，是故在生物若無氧素，即失卻生命之發顯。但生物之適應進化，殊屬奇妙，於此生物之根本機能，亦有例外者，二三某種生物，棲息於無氧素之處所，生活不需氧素。例如寄生吾人體內之條蟲，蛔蟲等，宿於無氧素供給之腸內，酵母菌嫌忌氧素之存在，有氧素時，酵母之作用及繁殖為之不能，是即嫌氣性 (Anaerobe)。嫌氣性生物，由其所具特別之手段，分解有機體，創造生活力，利用由此所生之熱與力以生活。蛔蟲由自己所具之酵素，分解貯藏於體內之糖原粉 (Glycogen)，發生生活力。(將榮養充分之蛔蟲體行化學分析，其乾物量之30%為糖原粉。)

二、氧素需要量之差別 如上述之嫌氣性之動物及植物之存在，係生活分化所誘起之極端之例外，其他普通之動植物，行新陳代謝，皆須氧素。但各種動物需要氧素之量，極不一致，蓋氧素需要之多少，與生活機能為比例。故生活機能旺盛者，必須多量之氧素，因而運動性盛之動物較遲鈍之動物需要更多之氧素，又具有複雜之有機體制之定溫動物，(鳥類，哺乳類)較變溫動物(即所謂冷血動物)需要之氧素為

多。定溫動物即溫血動物斷絕氧素之供給，立即斃命；反之，在變溫動物，體溫隨外界之溫度下降，中止活動，同時減少氧素之需要，因而獲得耐堪氧素缺乏之性質。蛙在充滿單純氮素之罐內，能生活至數小時，蝸牛置之全無氧素之水中，歷三十小時，尚有能復活者。

三、水呼吸者與空氣呼吸者 動物自外圍攝取氧素排除碳酸氣之作用，稱為呼吸作用 (Respiration)。營此作用之器官，謂之呼吸器官。若無呼吸之特殊器官時，動物以體表面行皮膚呼吸。蓋呼吸作用中之氣體交換，為以皮膜細胞為界即身體內外之氧素及碳酸氣，由分壓之相差而起之物理的擴散作用所發起者，故皮膜細胞稀薄時，亦得營呼吸之作用。水中生活之小形動物，其表面積與體積之比，較大形動物為大，故此種類例甚多。高等動物中在具有肺之蛙，蝶螺等兩棲類，亦行皮膚呼吸。

動物之生活於水中者，與生活於大氣中者不同，前者攝取溶解於水中之氧素 (水呼吸者)，後者攝取混合於空氣中之氧素 (空氣呼吸者)。然所能溶解於水中之空氣，對於水一呎僅 20.25 立方呎，溶解空氣之量極少，水呼吸者自較空氣呼吸者為不利；然氧素在水中之溶解量遠較氮素為高，溶解之空氣中，為氮素一百對氧素五十四之比例，(大氣中為氮素一百對氧素二十六)此點為有利於水呼吸者。其次溶解於水之氧素量，反比於溫度之上昇而減少，一呎水中之氧素，於攝氏

零度之飽和量為9.6立方厘，隨5度8.6立方厘，10度7.6立方厘，15度6.8立方厘，20度6.2立方厘而下降。惟此種數字之飽和量，在山間激流中混有多量泡沫之水則近之，沈滯之池水，其氧素之量，較此飽和量顯著減少，又氧素之溶解度常為氣壓及水壓所支配，壓力低時，溶解量減少。南美高山中有全無魚類棲息之湖水，想亦為氣壓低氧素少之故。反之水中每深33尺，增高一氣壓，故水之深處較淺處能多量溶解氧素。此外水中氧素之量，又隨繁殖水中之植物及腐植物之多少而有差異，植物多時，氧素增多，反之，腐植物多時，氧素減少。

四、呼吸器官之位置 呼吸作用，為通過被覆表面之皮膜組織以行者，皮膚之皮膜組織，如前章所述，因對於外界之保護，遂行種種分化，因此遂造就呼吸之局部限定，與血管系關聯，而大都接近心臟，發達為呼吸器官，呼吸之機能，為起源於體內外之氧素及碳酸氣之分壓所生之擴散作用(Diffusion)，因便於此等氣體之通過，行呼吸作用之部分之皮膜，以形成薄膜為必要。然空氣中生活者之體表面，已成為防止水分發散避免乾燥之保護構造，如昆蟲類角皮質之表皮膜，哺乳類表皮細胞之角質化等，故呼吸器常位於體內，成囊狀(肺)或管狀(氣管)之發達。反是，水中生活者，不虞體中水分之發散，且溶解於體液中之食鹽及其他之濃度，與溶解於外圍之水之食鹽及其他之濃度略同，在無脊椎動物，其體液更能在某程度內，隨外圍水之濃度而變化，因此生活細胞尤以呼

吸器官之皮膜及血液，接觸於外圍之水，不但無礙，較之空氣流動滯緩之水更當有多接觸之必要也。因此水中生活者之呼吸器官，恰與陸上動物相反，向外脹出發達，呈羽狀，絲狀，或繖狀，棒狀，樹枝狀。故呼吸器官部為鰓蓋所被覆之魚類之鰓，及位於鰓室中之蝦蟹之鰓或蝦蛄腹腳上之鰓，可知皆為脹出 (Exvagination) 而來之器官。此種水中生活者之呼吸器官，通稱為鰓 (Gill)。

動物界中，空氣呼吸者之屬類甚少，僅脊椎動物中兩棲類以上，節足動物中之多足類，蜘蛛類，昆蟲類，軟體動物中蝸牛屬之有肺類及其他蚯蚓，山蛭等之種類而已。然因昆蟲類形態種類之繁複，合今日所知空氣呼吸者之數，遠較水呼吸者為多。空氣呼吸之器官，如前所述因外圍上之關係，陷入 (Invagination) 體內而發達。在一方如脊椎動物，成為囊狀之肺，限定於一局所；在他方如昆蟲類之呼吸器，與肺之構造全異，成為氣管，每節均具備之，且不為組織所限，故血液循環系其第一機能之氧素運搬機能，成為不必要。

五、肺之構造 肺與魚類之鰓係相同之器官，為消化管之皮膜細胞 (自內胚葉發生) 陷入結締組織 (自中胚葉發生) 中發達而成者。此發達之肺，為囊狀，兩棲類中常棲息於水中之蝶螺之肺，內面平滑，僅為單純之囊。在蛙，囊之平面現褶壁，成蜂巢狀而形成肺胞 (Alveoli)，此外蛙之肺不過為廣闊之空囊，而連絡喉頭之氣管甚短。迨進至爬蟲類以上，如兩棲

類肺囊內面所見之蜂巢，變為複雜，囊皮顯著肥厚，遂成為海綿狀體。通於肺之氣管，中途分枝，成氣管枝(Bronchus)，爬蟲類以上，入於左右之肺而為肺內氣管枝(Innerbronchus)，其次成為第二次第三次氣管枝，分成無數細分枝，而各在其末端形成葡萄狀之肺泡是故肺之容積，雖僅得納入胸部之體腔，其接觸於外氣之肺泡面積，十分廣大，在人類之肺，具有二百平方呎即人體表面積之一百二十五倍之面積。

肺之構造，如斯分為肺內氣管枝，第二次第三次氣管枝及肺泡。接合於此者，有應氣道分枝之動靜脈分枝與毛細管，而填充於此等氣管分枝及血管之間者為彈力性纖維之結締組織。因此肺恰如浴用海綿，為內容充實之結締組織中縱橫貫通空氣之物。肺之外形，普通與動物之外形相應，體形長之鯢魚之肺，較體形短之蛙之肺細長，又龜之肺橫廣，蛇為顯

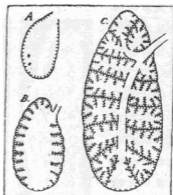


圖 67. 肺臟進化之秩序

- A. 兩棲類類蠅所見之簡單之囊。
 B. 有明確之氣管枝，肺在其壁上生區別，(肺泡)為蛙以上之動物之肺。
 C. 氣管枝在肺內成肺內氣管枝，且分生第一第二之枝，即氣管枝在肺內三次分枝而成肺泡者。

著長形之動物，故肺亦甚長，且僅備一肺，(有二三例外)又同為爬蟲類之石龍子類，左肺與右肺大都相異，在人類因心臟左偏，左肺較右肺狹小，且左肺成自二葉，右肺為三葉。

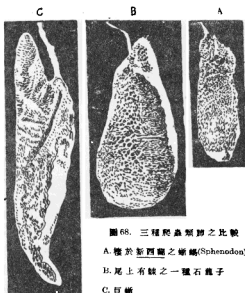


圖 68. 三種爬蟲類肺之比較

- A. 棲於新西蘭之蜥蜴(Sphenodon)
 B. 尾上有該之一種石龍子
 C. 巨蜥

六、喉頭及氣管氣管枝

氣管及氣管枝，為環狀之多數彈力性軟骨圍繞之管，成耐堪外來機械之壓力之構造。在鳥類於氣管枝之分歧點，具備特有之鳴器者甚多，在雄性尤為發達。氣管之始部，自兩棲類始，具有名為喉頭(Larynx)之特殊構造。如兩棲類之最簡單



圖 69. 肺臟內之肺胞

毛細管圍繞五個肺胞之狀

1. 動脈 2. 毛細管 3. 靜脈

之喉頭，僅具環狀軟骨 (Cricoid cartilage) 與一對披裂軟骨 (Arytenoid cartilage)。哺乳類之喉頭，除上述二骨外，於披裂軟骨有聲帶附着，

復有由腹面包圍之甲狀軟骨 (Thyroid cartilage) 及氣管之咽頭開口部之會厭軟骨 (Epiglottis)，而聲音之振動膜聲帶 (Vocal cords)，在披裂軟骨與環狀軟骨間，左右成對開張。在此等軟骨之上，自氣管外部附着數種之筋肉，由其動作緊張或弛緩聲帶，因此作用，吾人得隨意發生高音低音。

七、鳥類之鳴器及發聲法 此外可附述於此者，為鳥類之鳴器。在鳥類有上下二個之喉頭，上喉頭與他動物之喉頭相同，且在同一位置，發育不充分，不能發聲。然下喉頭，位於氣管歧分氣管枝之交叉點，隨鳥之種類而異其發達。其壁之薄膜，係富於彈力性之振動膜，其周壁之環狀軟骨，有中空之鼓室，在外面有數種筋肉附着。此鳥類特有



圖70. 蛙之喉頭軟骨

Cr. 環狀軟骨

Ar. 披裂軟骨

(可與圖71對照)



圖71. 人類之

喉頭軟骨

Ar. 披裂軟骨

Cr. 環狀軟骨

ToA. 甲狀軟骨

Cth. 環狀甲狀軟骨

v. 聲帶

Ep. 會厭軟骨

Hy. 舌骨

Tr. 氣管軟骨

之喉頭，即為鳴器，鳥用以發音，又自此以達口腔，有特長之氣管，形成共鳴裝置(Resonance apparatus)，而發美妙壯強之鳴聲。

八、咽頭部之進化

呼吸之方法，隨動物之種類而有顯著之差異，實為最堪注意者。呼吸氣之通路，普通自鼻腔經咽頭(Pharynx)而達於氣管，開口呼吸，僅屬特別之情形。此種鼻腔與消化管之連絡，於動物進化中至開始行空氣呼吸之階段始見之。在魚類鼻腔與口腔不相交通，各自獨立，但魚類中鮫、魷所屬之板鰓類，鼻口間形成一溝而達於口，由此已略見其端倪。而在魚類中之肺魚類及兩棲類，得見空氣呼吸之初期。在此等動物，鼻腔以口緣附近口蓋上之一

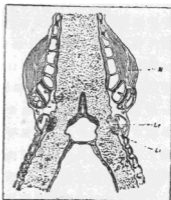


圖 72. 鳥之鳴器

下為其斷面 T. 氣管 Br. 氣管枝
M. 鳴器筋，在善鳴之鳥，此筋有數種。

Li. Le. 互相對應之聲帶或聲唇，由鳴器筋之作用，關閉其間，具有壓力之空氣通過此處，即能發聲，鳥類中如百靈亦有空氣進入時能發音者。

野開口，通於口腔。在爬蟲類以上之動物，鼻腔之通路，進入口腔益深，連絡於貫通食道及氣管之部分，即咽頭是，故咽頭有溝通鼻腔，口腔，食道，氣管各方如十字路口之觀。尤在哺乳動物，口腔之口蓋，分外口之硬口蓋與裏口之軟口蓋二部，軟口蓋柔軟，常與氣管之會厭軟骨相接。（但在人類軟口蓋與會厭軟骨不相接）

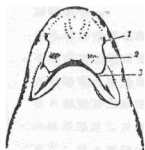


圖 73. 蛙之頭部腹面
自 1 之鼻口經 2 之流而通於
3 之口

九、諸動物呼吸之方法 肺中空氣與外界空氣交換之方法，亦以兩棲類為最原始。在此類，肺中之空氣亦藉腹壁筋之伸縮以出入，然此外尚有自外界吞入空氣之動作，即擴張口腔底，吞入空氣，送至肺中是。在爬蟲類以上，肋骨十分發達，由收縮附着於肋骨及胸骨，肩帶之肌肉，擴張胸廓以行呼

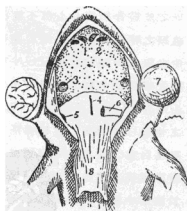


圖 74. 蛙開口之狀

1. 口蓋骨之前 2. 鼻 3. 耳 4. 氣管
5. 至發聲器之通路 6. 通 5 之管
7. 鳴器 8. 舌，其後端有食道之入口。

吸。肺由其中結締組織之彈力纖維，若胸廓擴張，肺之容積亦自然增大，從而肺內空氣之氣壓，較外界空氣之氣壓低減，由此吸進外界之空氣，而成爲吸氣。胸廓之



圖 75. 蛙之肋骨

1. 吸氣之位置 2. 呼氣之位置

擴張及縮小，主由於附着肋骨之肌肉之動作。爬蟲類中龜之肋骨，與形成內甲之皮膚骨相癒合，全然不能活動，故龜類之呼吸爲例外，由藏於胴部甲箱中之頸部，四肢之出入，以行呼吸。哺乳類之呼吸，除胸廓之擴張縮小外，同時由哺乳動物特有之橫隔膜 (Diaphragm) 之伸縮，以增減肺之容積。橫隔膜中央有現白色之腱之集合，筋纖維由此向四方擴張，其筋弛緩之時，橫隔膜隆起於胸廓中縮小胸廓，其筋收縮時，擴張胸廓增大肺之容積。但由肋骨之運動以引起胸廓呼吸之運動，與由橫隔膜筋之收縮弛緩以起呼吸，其關係於呼

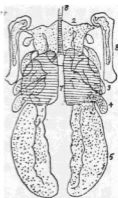


圖 76. 鳥(鳩)之肺臟(橫線之部)7與連結於此之氣囊模型圖

2. 肋骨間氣囊
3. 4. 前後胸氣囊
5. 腹氣囊 6. 氣管
8. 上肺骨氣囊分枝其中。

吸，以何者為多，則隨動物而大有差異。例如牛馬之胸廓，因結合於支持體之重力之前肢，其運動性弱，以橫隔膜呼吸為大，又如人類在背負重物時，亦因胸廓不能活動，以橫隔膜呼吸為大，妊娠之婦人，因腹腔藏大量之胎兒，以胸廓呼吸為盛。

一〇、鳥類之肺與氣囊 鳥之肺中，附有氣囊之特殊

器官。氣囊在肺之腹面有數對開口，（普通六對）使鳥體較其容積減輕，為便於飛翔之器官。氣囊與肺異，由薄膜構成，擴張於胸腔及腹腔中，自頸部之頸椎骨間肋骨間，以至胸骨隆起部，有多數附着，且生出突起，走

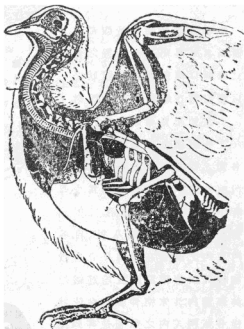


圖77. 以黑色部示鳥之氣囊分布

1. 分布頭肩間之頸氣囊 2. 肋骨間氣囊 3. 上胸氣囊 4. 下胸氣囊 5. 6. 腹氣囊 8. 跗蹠

入肌肉間，腹部之腸間及骨中。

一、昆蟲之氣管 如脊椎動物中兩棲類以上之動物以肺行呼吸，甲殼類以上之動物，棲於陸上之蜘蛛及蠍類，以肺囊，多足類及昆蟲類，以氣管行呼吸。

蛛類之肺囊，位於腹部之腹面，為自外界陷入之一對之囊，有二個開口，內部有多數膜狀之棚，以廣面積。在蠍類有肺囊四對。

多足類及昆蟲類之氣管 (Trachea) 在各體節上有氣門一對，開口於各節之側面，但在某種體節，缺少氣門，因此氣門之數，較體節為少，普通有十對內外。(在胸部有二對或三對，在腹部有七對或八對)。自各氣門入內之氣管，在體內分成多數之細枝，入於組織間隙，直達筋纖維內，神經節內，其末梢，伸張如血管狀。但從各氣門入內之氣管，並非到處獨立者，進入內部，一部與他部合併，形成縱走之氣管，縱走之氣管，在蝶，

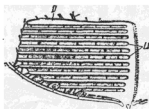


圖 78. 蜘蛛之肺囊模型圖
L. 肺囊 D. 背肺室
St. 氣口

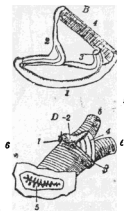


圖 79. 昆蟲氣管之開閉裝置

1. 閉管伸 2. 閉管樞
3. 閉管條 4. 閉管筋
5. 氣管濾器 6. 氣管

蛾、蜂、蟬等善於飛翔之種類，極為發達，成膨大之氣管，一如鳥類肺中之氣囊，比例於其容積，減輕體之重量。氣管為構成體表面之皮膜之外胚葉陷入體內發達而成，故氣管之表面亦如體表面，被以極薄之角皮質膜，且有肥厚之角皮質作螺旋狀圍繞其薄膜，由其彈力常時開張，恰如脊椎動物之氣管，有多數環狀軟骨者然。氣門內部，有開閉氣管之裝置，大體為三種角皮質肥厚物，有筋肉附着其上，以司開閉。（參照圖79）氣門外部之開口，有種種式樣，或由毛保護，或位於腹節之前緣，以前節之膜作被覆，此種構造，與各昆蟲之所在地相應，具有深切之生態的關係。



圖80. 蜜蜂之氣管系在飛翔旺盛之昆蟲，如鳥之氣囊然，前後之氣管共通而形成大氣管。

棲息水中之松藻蟲、龍蝨等之呼吸法，尤為特殊。此等動物，時現水面，露出腹部於水上，前者於腹部密毛間，後者於鞘翅間，吸取空氣，入於水中，由此持續呼吸。昆蟲之幼蟲中，營水中生活者甚多，其中如蚊之幼蟲子了，有具備氣孔之長氣管一對，露出水面以呼吸，在蛹之時代，胸部之背面有之，露出水面行呼吸作用。尚有較子了更適於水中生活之幼蟲，與一般昆蟲同樣在體內發生氣管，非如子了

之直通外界，而為由體面別出總狀突起，使氣管之分枝派生其中，通過薄膜以行呼吸。此種呼吸器，謂之氣管鰓(Tracheal gill)。在蛭類之幼蟲及其他，用氣管鰓呼吸者甚多。然幼蟲中亦有如甲殼類之鰓之真正之鰓者，(即具有為皮膚之膜出，而血液集注流動於中之鰓者。)如搖蚊等幼蟲之鰓是。



圖81. 蠶便中之蛆(蠅之幼蟲)之長氣管。

一、水呼吸者之鰓 鰓之發生位置，隨動物之屬類而殊異。在魚類位於口腔之兩側，甲殼類如蝦蟹等，在胸部附屬肢之附着點，而蝦蛄則以腹部附屬肢之一部分發達為鰓，海蛆，水螅之類，及糠蝦類之某種與其他，亦與蝦蛄同，鰓具於腹部之附屬肢上。在海產之環蟲類，以體之各節具備成對之絲狀，乳頭狀或櫛狀之鰓為原則，如沙蠶等是。然環蟲類中作管而生活者，各節之鰓漸次退化，在伸出管外之頭部上發達絲狀或鯨鬚狀之鰓以代之，如附着海濱水邊岩石上之毛粟，於潮集時開放美麗如花傘之冠，潮

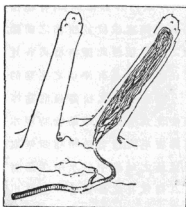


圖82. 蛭類幼蟲之後腸中之氣管與自氣管系1派生之毛細氣管

遇時摺疊，返覆開闔之鰓冠，即是。毛槳與甲殼類之藤壺等，棲息一處，開張鰓冠營呼吸作用時，同時攝取浮游水中之小形浮游生物以爲食餌。此外爲一般人所不注目之動物，然平貼管狀甲殼於水邊岩石上之動物，一見如貝類其實爲屬於環蟲類之龍介或該類之動物，若稍加注意，可見此種動物不但具備更較毛槳美麗之鰓冠，且具有縮入管中閉鎖管口之蓋。

一三、魚類之鰓 先就水中生活者中最高等之魚類之鰓述之。魚類之鰓，最初爲發生於消化管前部兩側之鰓裂(Gill slits)。在下等之魚類，即鮫，魴等之板鰓類，數對之鰓裂，(普通五對) 各作

獨立之鰓腔道，由同對之鰓裂口向外開放，而各鰓腔之隔壁，在其前後壁發達由多數鰓葉所成之鰓，以此營呼吸作用。(參照圖83)在硬骨魚

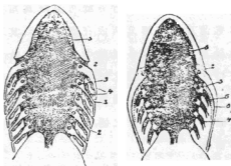


圖 83. 魚類之鰓

右爲硬骨魚類，左爲軟骨魚類。前者爲 6 之鰓蓋所被覆，後者有 2 之多數之鰓口及 3 之噴水口。之各鰓腔之隔壁 (Septum) 短縮，鰓腔共通而爲一鰓腔，其中普通藏四對之鰓，由鰓蓋被覆，在後方有一鰓口，此與鮫類之鰓裂口左右各列五個者大異其趣。是故在硬骨魚類揭開一

方之鰓蓋，得窺見其中有極易破碎之紅色弓形之鰓四個，細檢各鰓，於口腔一方，有弓形之骨，(鰓弓 Branchial arch) 鰓即附着其上。硬骨魚類之各鰓，分前列與後列，此種鰓之成爲二列，與板鰓類前後二鰓室之鰓，一發達於前室之後壁，一發達於後室之前壁者相同(Homologous)；大抵因分隔板鰓類各鰓室之隔壁萎縮，僅殘留直接於鰓弓周圍之部分，故一鰓弓遂發生前後二列之鰓也(圖83)。若更仔細檢查各鰓，可見鰓爲重疊多數薄片狀之鰓葉所成，在硬骨魚類，其游離緣互相分離，且各鰓葉中有細小之軟骨支持之。因硬骨魚類之鰓與鯨類之鰓對照，有前述之關係，在某種魚類，鯨類所見鰓室之最前或最後一壁之鰓，尙有成爲板鰓而存留者。

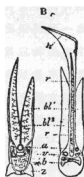


圖84. 軟骨魚(雙髻鯨)與硬骨魚(鱈)之鰓之斷面比較

右爲前者，隔壁之線條發達，bl' bl''之前後鰓葉亦發達。左爲硬骨魚，隔壁退化，僅有前後鰓葉。

a. 動脈 v. 靜脈

一四、鰓弓之進化 今既提及鰓弓之名稱，乘便就鰓弓說明之。魚類頭部之骨，分包藏腦之頭蓋骨(Cranial bone)與口之周圍及後方之內臟弓(Visceral arch)二部。後者左右共成七對，(或七對以上)其第一對爲顎弓(Mandibular arch)，自前後左右包圍口之周圍。鯨類之顎弓，因爲軟骨，保存原形，上顎成自口蓋方形軟骨(Palate quadrate)，下顎成自下顎軟

骨。(梅凱爾氏軟骨)

在硬骨魚類及硬骨魚類以上之動物,在此等軟骨上發達皮膚骨,即前上顎骨與上顎骨發達,壓倒口蓋方形軟骨,占領上顎,於口蓋發達口蓋骨,翼骨,故鯨類時代之口蓋方形軟骨,益益退化,成爲所謂方

骨(Quadrates)之頭蓋關節骨,此外顛骨發達,成爲連結上顎於頭蓋之骨;自此更行萎縮,方骨在哺乳類入於耳中,殘留爲中

耳中之一小骨(砧骨)。下顎亦同一情形,在鯨類時代之下顎軟骨(梅凱爾氏軟骨)之一部,爲關節骨所置換,並以齒骨被覆梅凱爾氏軟骨,在哺乳類此齒骨反稱爲下顎骨,直接關節於頭蓋骨,關節骨縮小,入於中耳中成爲槌骨。內臟弓之第二對爲舌弓(Hyoid arch),第三對以下至第七對爲鰓弓(Bran-

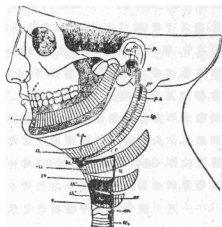


圖 85. 人類內臟弓進化之位置

I 顎弓。至鳥類成爲梅凱爾氏軟骨而存在,在哺乳類以齒骨置換而無之。ml. 錘骨(關節骨之遺物) in. 砧骨(方形骨之遺物) et. 顛骨 pa. 壘狀突起與 II 共爲舌弓之殘骨, II 與 III 同在前方成舌骨之本體(ba)。ca. cp. 舌骨前角後角。IV. V. 第二鰓弓第三鰓弓成爲甲狀軟骨(th) 披裂軟骨(ar)。於此自氣管發生環狀軟骨(cr)而形成喉頭。

chial arch)。此等之弓，成爲在腹底結合左右之結合骨(舌基骨)與舌下骨(鰓弓中之鰓骨)，次爲角舌骨(鰓弓中之角鰓骨)上舌骨(鰓弓中之上鰓骨)舌顎骨(鰓弓中之咽鰓骨)之四分節之骨。其中舌顎骨最爲發達，而延長鰓蓋(鰓蓋包含鰓蓋骨，前鰓蓋骨，中鰓蓋骨，下鰓蓋骨之四骨與數條鰓支持骨。)於後方，然其他三骨，皆細小，成爲支持鰓之骨，舌弓之諸骨，尤爲退化，在失却鰓之兩棲類以上之動物，僅於喉頭遺存此相當之軟骨(披裂軟骨，環狀軟骨)其他皆已消失，但結合骨即舌基骨，則成爲兩棲類以上之舌骨本體而存在焉。

一五、肺魚類及呼吸空氣之魚 魚類中因適應之結果而呼吸空氣者，有二三種，其顯著者，爲肺魚類。肺魚類以鰓作肺角，鰓之表面，因擴張面積故，發達重密之突起，且繞以繁複之毛細管。肺魚類中產於澳洲之澳洲肺魚，棲息泥水中，浮上水表面停止三四十分鐘，以交換鰓中之空氣。非洲產之非

洲肺魚，當水潤之際，潛入泥中，僅以鰓呼吸。其次具有攀登木樹之奇習之魚，名爲攀鱷者，鰓腔延長於

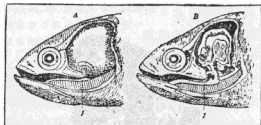


圖 86. 攀鱷之迷路呼吸器

切去鰓蓋之圖 1. 爲第一鰓弓，貫通其下之血管伴此迷路。

頭蓋部兩側，作成所謂迷路裝置(Labyrinth)之室，貯蓄空氣於其中，以營呼吸。此等尚非常見之魚類，與吾人最親近之魚而為呼吸空氣者，厥為泥鰍。泥鰍常棲於十分污濁之水中，或埋沒於水底腐植土中，水退而水底乾涸時，恆月餘掩埋泥中，此在停止稻田用水時自其水路之泥底捕取泥鰍之人，常實見之。然具有此種習性之泥鰍，置諸時常更換之清水中，即潛伏水底，但以鰓呼吸矣。若將數十尾置小桶中而不換水時，則因水中氧素漸次稀薄，露出頭於水面，嚥下空氣，立即潛入水底，少待，自肛門排出數胞之空氣，再來水面嚥下空氣，如此往復不絕，此泥鰍之行腸呼吸也。此動物之腸黏膜中，具有毛細管多數分布之處，可用以攝取氧素。

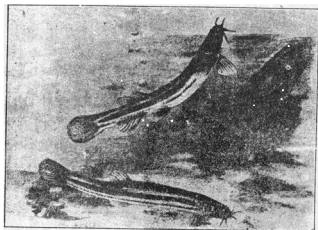


圖 87. 泥鰍之空氣呼吸圖

泥鰍於水面吞入空氣，以腸呼吸，自肛門排出氣泡。

一六、無脊椎動物之鰓 無脊椎動物中之軟體動物，皆有鰓，瓣鰓類，腹足類，頭足類等各綱，皆由鰓之構造或鰓之位置，鰓之數，各自分類。又如產於陸上之蝸牛有肺類之肺，亦發達於鰓之位置，不過其變形而已。在軟體動物有包被體之外套膜，鰓常於外套膜腔中成對存在。在腹足類即卷貝之類，大多因體之蜷曲而消失一方之鰓。頭足類及腹足類之鰓，成羽狀，有中央貫通血管之軸，由此分左右片，(或僅存一方成爲瓣狀)略如鳥類之羽毛。瓣鰓類之鰓，爲薄板狀，今略舉其構造如次。在板鰓類，各側有內外二對之薄板狀鰓，各鰓由互相平行之多數鰓絲前後並列而成。分析言之，一鰓絲起自鰓之根部，中途屈折，後振，向鰓根附着或游離。(附着時，其間形成完全之上鰓腔)。前後之鰓絲及鰓絲屈折前後之兩部，互相接近，各處有細胞之連鎖橋懸着，其狀如簾，形成一片比較的強固之鰓。鰓有左右二對，鰓如斯以鰓絲之細胞橋連續。經驗查知爲格子狀；呼吸水通過格子孔，進入由鰓絲屈折所生之中間腔而達於鰓根之上鰓腔。然魁蛤，螺蚌，殼菜等之鰓，前後鰓絲之連絡，不完全，僅如垂着之繩簾，各處有纖毛盤，前後之鰓絲由纖毛牽合；故此等介殼類之鰓，在解剖之際，易於紊亂，形成鰓絲表面之細胞爲纖毛細胞，其共同的運動，吸水於外套腔中，(有水管者自入水管)復運至鰓腔，自體之後方排出。(有水管者自出水管)以上之說明，僅就瓣鰓類中普通常見之二目，(真瓣鰓類，絲瓣鰓類)略述其大概，其中隨各種類而

鰓之特徵，亦各有不同。

節足動物中有鰓之甲殼類，不但如以前所述，隨種類而鰓之位置不定，在小形之種類，以缺少鰓者為普通，鰓之發達最完備者，為蝦蟹所屬之十腳類，其位置在頭胸部兩側，由甲被覆，構成保護鰓之安全之鰓室。鰓室內，普通有十數個之鰓。鰓之形狀，有根狀，絲狀，葉狀等區別，就其位置，有側鰓，關節鰓，腳鰓等分別，各隨其種類而異。鰓腔中水之出入，由鰓室前端之特別裝置即發達於第二顎腳基部之顎舟葉(Scaphognathite)之運動，水自後方流入，自前方排出。蟹之中，有適於陸上生活者，有於干潮時運動於陸上者，就此種生活狀態相異之各類，仔細研究鰓室之構造，頗饒興味。棲息於陸上之桓蟹，不但有鰓，鰓室內面生無數褶襞，呈粗面狀，行肺之作用。

第五節 血液及循環系

一、體液及血液 多細胞動物之新陳代謝機能，為構成該動物之細胞新陳代謝之總和，然各個之細胞，因固定於體內各部，形成組織，自身無獲得新陳代謝必要之營養與氧素之自由，排除老廢物亦不便，於是發生以消化器官攝取營養物質，由呼吸器官攝取氧素，供給於體內各細胞之必要。多細胞動物體內無一定組織之流動性之體液，其任務有下列三種：第一，供給營養物質於各組織；第二，輸送氧素；第三，排除碳酸氣及其他老廢物。而體液之中，成一定之循環的流動者，

爲血液與淋巴。(水母、海葵所屬之腔腸動物，體成自內外二細胞層，其內層作爲營養之攝取器官，在水母，枝分細枝於體內，形成胃水管系 Gastro-vascular system，以便供給營養於體內各所；在海膽，陽遂足所屬之棘皮動物，有水管系 Water-vascular system，外界之水，循環體中，故於氧素之供給及老廢物之排除，多少有效；又昆蟲類之氣管，與血管相仿，於體內分佈無數細枝，可爲氧素與碳酸氣交換之用。)在血液循環系中之一處，有發生血液循環之原動力之肌肉質之心臟。血管之壁，亦具有多少環狀筋纖維，其收縮及舒緩，僅爲伸縮管壁調節血液之運行，並無促進血液前進之能力。血液循環之方向，常有一定，(間有如被囊類之情形一時前進一時後退不定者)因不再回後，心臟及血管(特如靜脈)之瓣或活栓，自其壁突出，血液運行之壓力，在開始從發生原動力之器官之心臟出發之始發部，爲最大，由此前進，隨血管之分枝與摩擦而減低。

二、毛細管 脊椎動物之血管系，稱爲閉鎖的血管系 (Closed circulatory system)，自心臟發出之動脈，轉輾分枝，最後通過毛細管而至靜脈，次達於心臟。毛細管分佈於組織間，雖至屬微細，毛細管中之血液，仍能由薄膜與組織作成顯明之境界。然無脊椎動物之血管系，係開放的血管系 (Open circulatory system)，(有二三例外)動脈之末端，開放於組織間隙中，(在各處特別擴張爲腔所時，謂之血竇 Sinus) 血液直接調

澤細胞組織；其集合者為靜脈。

在脊椎動物，當動脈轉移為毛細管，進入組織間隙時，自一動脈分歧為多數細微之分枝，因此毛細管之容積甚廣，（在人類，計算一大動脈之直徑與毛細管總和之直徑，有一對五百至八百之差異云）。有如流水之入水池，自心臟以大力前進之血液之壓力，至是顯著減低。故毛細管內之血液，運行緩慢，組織細胞之新陳代謝，得以充分行施。例如哺乳動物心臟附近之血壓，約水銀柱二百五十耗，毛細管之血壓，僅二十乃至三十耗而已。

三、血液之滲透壓 血液如以前所述，為血漿中含赤血球，白血球及血小板之體液，而血漿溶解氯化鈉（ NaCl ），氯化鉀（ KCl ），氯化鎂（ MgCl_2 ），氯化鈣（ CaCl_2 ）等，因有一定之濃度，對於浮泛其中之赤血球，白血球，或對於組織細胞，起一定之滲透壓（Osmotic pressure）。棲息於水中之動物，血液與外圍水之間，亦起滲透壓。濃度高時，滲透壓高，而向濃度低之一方，起互相平均之流動，是為液體之物理的性質。然在含有多量水分之動物，其細胞相互間，及細胞與血漿，體液或外圍間，行細胞特有之生理的選擇，發生單純之物理的滲透壓以外之關係。血液自消化管攝取營養物質，而細胞復自血液攝取營養物質以行新陳代謝者，雖由於半滲透性之細胞膜之生理的選擇以至酵素作用之生活力，一方亦由於滲透壓之物理的作用。是故考察血壓及血液之濃度，以知血液之滲透壓，乃

動物生理研究上必要之事項，滲透壓由溶解物質之量而起，血液中之食鹽及其他含量，可據溶液結冰點之下降，約略決定之。哺乳動物血液之下降結冰點，為攝氏零下6度，(0.5—0.64與食鹽1%溶液之下降結冰點，大略相同，(蛙之血液與0.7%之食鹽水相當)故食鹽之1%溶液，稱為生理的食鹽水，學者用之於生活細胞之實驗，醫者注射1%之食鹽水於體液缺乏或細菌中毒之患者，為旺盛體內機能之用。然血液以至體液內，不僅食鹽，尚含有前述之鉀鹽，鎂鹽，鈣鹽，故僅用食鹽水，有誘起膠狀性原形質變態十分危險之情形，因此近來已於食鹽外加適度之鉀鹽，鎂鹽，鈣鹽，使用與體液較近之林哥氏 (Linger)液矣。

棲息海水中之無脊椎動物及下等之脊椎動物之血液，具有與外圍海水相近之下降結冰點，所含鹽類，較脊椎動物為多；且能應海水之食鹽濃度變更血液之濃度。例如外海之海水下降結冰點為 -2.8° ，而海參為 -2.315° ，蟹祖(海蝦)為 -2.29° ，章魚為 -2.24° ，星鮫為 -2.36° ，皆具有與外界海水略同之下降結冰點。又就蟹試驗，濃厚外圍之海水為 -2.96° 之下降結冰點時，其血液即變為 -2.94° ，稀釋海水至 -1.38° 時，血液得 -1.40° 之下降結冰點。然在高等之魚類及兩棲類，此種變化甚少。如鱈 -1.04° ，海龜 -0.61° ，鯨 -0.65° 之下降結冰點，遠較海水為少，從而滲透壓亦弱。在陸上哺乳動物，血液結冰點之下降更少，如人類為 -0.526° ，馬為 -0.564° ，犬為 -0.571° ，

縮為 -0.638° 。

四、**氧素攝取與血色素** 血液之於呼吸器中攝取氧素放出碳酸氣，為外界之水蒸氣，飽和空氣，或溶解水中之氣體，與血液中氧素或碳酸氣間所生之氣體擴散作用，而起原於兩方氣體分壓之差。血液中氧素之分壓，常較血液外圍一方之氧素分壓為低，因此得以攝取氧素。然僅賴血漿，溶解氧素之量極少，其10立方厘米中僅能溶0.27立方厘米；於是在有機體制複雜新陳代謝旺盛之動物，因需要多量之氧素，在赤血球中具備血色素(Haemoglobin)之鐵化合體血球黑褐粉(Haematin)之合成體，容易氧化為血色素，具有化學的吸取多量氧素之能力。人血中含有14%之血色素，100立方厘米之血液，能攝取18立方厘米之氧素，較血漿有60倍之攝取力。無脊椎動物中，血液中具有血色素血呈赤色者，為蚯蚓類，蚊蠅類及魁蛤，灰蛤，藻蛤等棲息淺海泥土中之介類，大概此等動物，因多數終生或在其幼蟲時代，棲息於氧素十分缺乏之地中或腐敗醱酵盛行之水中，故有氧素攝取能力強大之血色素之必要。烏賊及蝦蟹等血液中之血綠素(Haemocyanin)，亦與氧素化合而攝取之。脊椎動物動脈血，攝取氧素而成鮮紅色，含有血綠素之血液亦然，失去氧素則無色，得之則成淡青色，然其能力，對於100立方厘米之血液，僅得攝取氧素8立方厘米，遠不及前者。

五、**脊椎動物之心臟及動脈之進化** 在呼吸器官一

節，分述呼吸器之位置，隨動物而殊異，並謂心臟常接近呼吸器官而存在。例如在魚類，頭部有鰓，故心臟位於鰓之後方喉部，向鰓發出動脈幹；兩棲類以上，因胸腔有肺，心臟亦在胸腔中，接近肺臟。魚類之心臟(Heart)，分一心耳(Auricle)一心室(Ventricle)二室，心耳，其壁薄，連於靜脈竇，心室，其壁富於筋

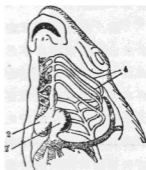


圖88. 魚類之心臟位置及照血管

肉，由此筋肉之收縮，發生血行之原動力。在鯨類，心臟與動脈幹之間，有具備數對瓣之心臟球(Cornus arteriosus)。在硬骨魚類，心臟球短縮，有稱爲動脈球(Bulbus arteriosus)之筋肉壁膨脹部，由其收縮，助心室之工作。動脈幹(Truncus arteriosus)向各鰓歧分鰓入動脈(Afferent branchial arteries)，鰓入動脈沿內臟弓即顎弓、舌弓及四對普通之鰓弓前走，於鰓弓延生之各鰓葉中派生毛細管，復集成歸合此血液之鰓出動脈(Afferent ^{ventral} arteries)。故以鰓入鰓出兩動脈爲一體，而稱爲動脈弓(Arterial arch)。至兩棲類以上，轉入空氣呼吸之生活，心臟之血液送入肺中，而魚類所見之動脈弓，通肺呼吸之動物，各對變爲同一種類之動脈。今將魚類即鰓呼吸者之動脈弓，與兩棲類以上即肺呼吸者之動脈之關係，簡單述之。鰓呼吸者之原型的六對動脈弓中之第一、第二對，爲顎弓與舌弓，在魚類

大多亦已消滅第三對成爲頸動脈，分內外二支。第四成爲大動脈，在兩棲類，爬蟲類，大動脈左右成對，鳥類失其左，而畫弧形於右，哺乳類僅存左鎖骨下動脈，與鳥類適相反，失其右，第五對亦消失，第六對在其近根處成爲肺動脈而作用，殘部變成一部分爬蟲類（龜類）及鳥類，哺乳類之幼期之波塔烈氏管 (Ductus Botallii)，連結肺動脈於大動脈(圖89)。

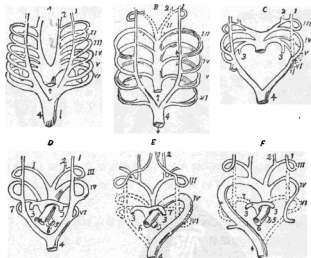


圖89. 示基本型腔動脈與脊椎動物各類心臟發出之血管之關係模型圖

- A. 基本型 I-N. 總動脈 1. 內頸動脈 2. 外頸動脈 3. 肺動脈 4. 大動脈
 B. 硬骨魚 C. 蛙 D. 爬蟲類 E. 龜類 F. 哺乳 記號均相當於前
 7. 波塔烈氏血管

六、脊椎動物之心臟 其構造在茲有一述之必要。魚類如前所述，為一心耳一心室，及營肺呼吸，心臟在兩棲類分為三室，其右心耳與心室右半，接受靜脈血而送之肺動脈中，左心耳及心室左半，自肺靜脈接受動脈血而送出於大動脈，其兩方之血液，不免混合。至爬蟲類，心臟雖分四室，心室之區劃除鱷魚外，尚不完全，可以左右交通。然鳥類及哺乳類以上，區劃業已完全。

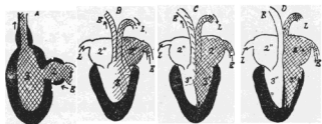


圖90. 魚類(A)兩棲類(B)爬蟲類(C)鳥類哺乳類(D)之四個心臟比較圖

1. 靜脈竇 2. 心耳 2'. 右心耳 2''. 左心耳 3. 心室 3'. 右心室 3''. 左心室

二斜線為靜脈血，空白部為動脈血，單斜線為混血或體循環。

L. 肺循環 K. 體循環

七、血液與新陳代謝 血液攝取之營養物質及氧素，使用於二種相異之目的，即使用於營造新陳代謝，與使用於經營新陳代謝是也。前者之結果，成為原形質及其分化組織之生成，及細胞之增殖；後者，產生生活力，完成生活維持，兩者之間，似無確切之區別。然隨組織細胞之種類，有以前者為盛

者，有以後者為盛者。例如吾人之身體，在表皮深底之胚層 (Germinal layer) 細胞，赤血球，白血球等細胞之增殖個所，不絕行營造新陳代謝，各種結締組織細胞，分泌細胞，因不絕生產分泌物，亦行此機能；而神經細胞筋細胞等，則以經營新陳代謝為主。

生活力之發生，從化學上之證明，由於構造組織之物質之氧化作用。生活力之用途，因營造新陳代謝，一部分復變為潛在的勢力；其他成為動的勢力，表現於生物體之外部，即熱及運動與見於發光動物之光等是也。

八、定溫動物與變溫動物 分類學之鼻祖林娜氏 (Linnaeus)，分動物為溫血動物與冷血動物。吾人應用生理學上稱溫血為定溫 (Homeothermal) 冷血為變溫 (Poikilothermal) 者以代之，謂前者為不拘外界溫度之變化，具有一定體溫之動物，後者，為受外界溫度變化之影響而變化體溫之動物也。變溫動物，亦並非與外界溫度一定同一，當其體內新陳代謝旺盛之時，發生熱力而較外界之溫度為高，此與植物界在開花發芽之際發熱，為同一意義。由實驗查知運動旺盛之金鯉魚之體溫，較水溫有高至10度為攝氏37度者；昆蟲類飛翔中之體溫，高度上昇，為吾人習知之事。而所謂定溫動物者，在食物攝取及運動後，必較平時體溫增高；在晝間活動之動物，正午後之數時間，體溫高，反之，在夜間活動之鴉，夜間之體溫較晝間之體溫為高，此等皆可考察而知之。

體形小之動物，因發散體熱之面積較廣，雖在定溫動物，體溫十分下降，尤以保溫裝置不完全之幼兒時代為甚。定溫動物中下等之哺乳動物，對於外界溫度之抵抗力薄弱，針嚴當外溫自4度至35度變化之際，體溫自20度變化為37度。然在高等之哺乳類一方，此種變化極少，在人類，變化外界之溫度，使體溫增高1度，亦屬困難。高等哺乳類之正常體溫，大多在37度與39度間，人類體溫37度，屬於最低之列。鳥類之體溫，普通較哺乳類為高，在44度至43度間。由此等關係，哺乳類中途有多數行冬眠之種類，(大多小形)並成為鳥類轉移住所原因之一。如謂及其他棲於高山之鼠類，寒地乃至溫帶圈內之蝙蝠等比較小形之動物，皆屬如此。彼等冬季穿穴地中，或潛伏於土穴木穴等，不再攝取食物，呼吸及心臟之脈搏，自然降至最低度，即體溫亦殆與外界溫度一致。就此種動物實驗，最饒興味之現象，為置之較冬季常例溫度更一層下降之環境下時，該動物反而覺醒，體溫上昇，開始活動，營較深之穴，或探索其他之場所。

變溫動物當外圍之溫度起變化時，亦應之改變體溫。體溫之上昇，雖屬外圍溫度直接之物理的現象之傳導，體內之新陳代謝機能，亦相應而變為旺盛。今將變化外圍溫度，代謝機能之產物碳酸氣之排出量之變化，表示於下。(表中數字，係單位體量1尅一時間排出之碳酸氣量，以尅 Milligramme 為單位者，如20即20尅是)。

	2 度	10 度	15 度	20 度	25 度	30 度
蚯 蚓	20	40	46	55	94	224
蝸 牛	37	75	116	164	189	182
蛙	62	80	101	139	196	548
石 龍 子	17	41	45	63	137	198

然定溫動物，此關係適相反，將免置水中，變化水溫，實驗所得之氧素消費量如右表所示。

即在兔之平常體溫之前後，若外圍溫度下降，則代謝機能反對增高，迨超過某之一定度而成為低溫時，則新陳代謝支配於外圍溫度而下降也。

39.2°	794	c.c. CO ₂
38.3°	738	"
37.8°	763	"
37.6°	839	"
37.3°	888	"
28.6°	859	"
24.0°	608	"
20.0°	457	"

第六節 新陳代謝之老廢物及其排泄器

一、老廢物 血液除供給營養與氧素於組織細胞外，同時復擔負排除新陳代謝所產生之老廢物之工作，吾人對於組織內複雜之生活物質，由氧化及加水分解行若何之變化，尚不能充分說明，今但就體內諸物質之最後狀態，自其排泄物述之。碳水化合物及脂肪，經氧化及加水分解，最後成為碳酸氣與水；如蛋白質之氮素化合物，完全氧化，則成為鹵精及水，碳酸氣。然碳酸氣及鹵精，為有害於生活細胞之物質，不可

不立即排除，或在其生成前之他形式下即排除之，於此蛋白質分解之最後產物，成爲尿素，尿酸及其他類似之化合物，一般排出於體外。尿素，哺乳動物之尿中有多量存在，尿酸在鳥類，及與此類似之鳥糞精，在鳥類，魚類，兩棲類，成爲老廢物多量產生，一部分形成皮膚之保護物質。然此等老廢物，並非在一般之組織細胞內，皆能形成者，僅在體內某種特殊細胞中產生之。例如存在於尿中之尿素，尿酸，血液運搬體內各所之新陳代謝之產物而至肝臟，由肝臟細胞之特殊機能，方始合成。又尿酸及尿酸之鹽類，製產於腎臟；鳥糞精在魚類，於皮膚中或體腔膜，鱗等處，多量沈澱，爲該部細胞所產生。凡此，皆爲血液運搬老廢物所生之現象。

二、排泄之方法 新陳代謝之最後產物，成爲老廢物而排泄於體外。（亦有沈澱於體內某部，如鳥糞精之完成其他作用者）。老廢物中，碳酸氣由呼吸排泄之，已述於前；碳水化合物，脂肪等，分解而成碳酸氣與水；蛋白質分解爲尿素，尿酸，尿酸鹽類之形而排出。在單細胞動物，棲息於淡水中之變形蟲，草履蟲等，其老廢物排除之機能，在前已有說明，在此等動物之體內，時有水胞出現，成長達一定大小後，破壞而排出其內容物於體外，再出現而漸次成長，復以前之動作為週期的返覆，謂之收縮胞（Contractile vacuole）。此即單細胞動物之老廢物排泄法也。

多細胞動物中，海綿動物及腔腸動物，體由內外二層之

細胞皮膜合成，故其老廢物排除機能，各細胞行之，已足了事。然在此以上之動物，內外二細胞層間之中層，遂行特殊之組織的分化，發生筋肉，結締組織，消化，循環及生殖等諸器官，皆此中胚葉組織所構成，故排除全體老廢物之特殊器官所謂排泄器者，亦發達於此。此器官自下等之動物，即已具備。

三、諸動物之排泄器 排泄器之構造及位置，隨種類而大有差異之點，今先就簡單者述之。位於腔腸動物之上之扁蟲動物之排泄器，稱為原腎管(Protonephridium)。

沿中層間充組織之間隙縱走，為數本乃至多數分枝之管。原腎管之末端，常閉鎖，有多角星狀之焰細胞(Flame cell)，生長向管不絕顫動之纖毛，由毛之波動，將滲入管內之老廢物運至後方，由接近體之後端之開口，排泄於外。其次蚯蚓，水蛭等環蟲類之排泄

器，稱為環節器官(Segmental organ)。此等動物，體由前後連續之多數環節合成，各節具備一對之環節器官，各獨立開口於該節之腹面，內部成管狀，多少曲折，前端開口於其前節之體腔中。節足動物，亦係體節動物，其中甲殼類之排泄器，亦與環蟲類之環節器官同，惟僅一對或二對為差異耳。其開口於觸



圖91. 吸蟲類之排泄器

顯出者示焰細胞之存在。又A為前吸盤，中央少前處有後吸盤。B相當於輸尿管注入之膀胱。

角之基底者，稱爲觸角腺(Antennal gland)，(綠腺)開口於第二小顎之基底者，稱爲顎腺(Maxillary gland)，(甲殼腺)內部成盲囊之腔。然昆蟲類雖同爲節足動物，其排泄器與環節器官全異，由另一起原發達而成，爲連接於消化管之數條乃至數十條之細盲管之排泄器，稱爲馬爾壁氏管(Malpighian tubules)。軟體動物之排泄器，開通於圍繞心臟稱爲圍心腔之體腔，因此得認爲與環節器官爲相同者，左右成對，(腹足類僅一個)大體爲囊狀，在瓣鰓類特別顯著，稱爲波劍奴氏器官(Organ of Bojanus)。

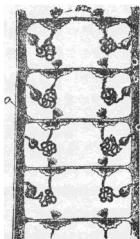


圖92. 昆蟲類排泄器(關節器)模型圖
D. 隔膜

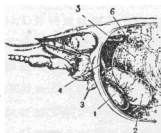


圖93. 蝗蝻頭部側面之切開
切開側面示觸角腺(綠腺)，綠腺1與連梗於此之囊2在第二觸角之基部以3通外界。
4 圍食道神經
5. 腦
6. 其索引筋

四、腎臟之進化 脊椎動物之排泄器，其出現之始，亦與環蟲類之環節器官同，為體節的。爬蟲類以上之動物，其發達中之排泄器，出現前腎(Pronephros)，中腎(Mesonephros)，後腎(Metanephros)之三段，其中營機能者為後腎，其他前腎，中腎退化，至營別種機能。又後腎自出現之始即不為體節的而成一對之球狀前腎顯現於脊椎動物之發生初期，惟在圓口類則終生作用。中腎營魚類，兩棲類腎臟之作用，為繼續前腎體節的對立於脊椎兩側而出現之細管，其始端開口於體腔中，途中中腎屈折，各腎管之末端，與前腎管相合而後走，併合一管。此縱走之共通管，即輸尿管，開口於肛門附近。至兩棲類此管復縱裂為繆勒氏管(Mullerian duct)與華爾富氏管(Wolfian duct)二管，雌者以華爾富氏管作輸尿管，繆勒氏管作輸卵管。繆勒氏管，其始端開口於體腔中，此係前腎時代之前腎管開口體腔之部分，發達開張而成，為接受卵巢之熟卵之喇叭管。然在雄者，雌之輸卵管即繆勒氏管退化萎縮，其華爾富氏管成為輸尿管，同時亦作為輸精管以代之，且中腎細管之一部，亦成為輸精小管，達於辜丸。

爬蟲類以上，後腎顯現，輸尿管亦附屬於此而發達，中腎時代之輸尿管中，僅繆勒氏管在雌性用作輸卵管，與兩棲類無異。然在爬蟲類至人類之雄，中腎之一部，仍作輸精小管使用，承繼兩棲類之形式，與雌之輸卵管之情形相彷彿。中腎前部之細管，成為輸精小管，稱副辜丸而密着於辜丸之上。

五、哺乳類之腎臟 腎臟內部之構造，類似魚類之中腎管，以管狀構造為主。此等之管，構成一對所謂腎臟形之物，面向體腔對立於脊椎之兩側，懸垂體腔中。茲就圖 94 所示人類之腎臟說明之。輸尿管起於腎臟內部之腔所腎盂。此腎盂中，有多數圓錐形之突起，該部稱為髓質部，內部並列多數之腎管，其末端，於圓錐形突起之尖端開口於腎盂。其次有包圍髓質部成為腎臟外皮之皮質部，皮質部製成切片在顯微鏡下觀察時，可窺見其中無數之小球馬爾堡氏體 (Malpighian capsule)，若增加顯微鏡之擴大度，專窺馬爾堡氏體時，見其內部有毛細管中途旋捲而成之絲球體 (Glomellus)，以二重之膜包裹之，此髓質中腎管始端部之包裹毛細管絲球體之物，稱為波孟氏囊 (Bowman's capsule)。腎管之經路，始於波孟氏囊，經數回曲折而入於髓質中，復回至皮質部，再經曲折，終入於共同之腎管，而開口於髓質部之圓錐尖端。腎臟中，此種腎管有多數存在，因此欲就一腎管尋其經路，極為困難。在魚類，兩棲類，中腎的腎臟中之腎管，其馬爾



圖 94. 人類之腎臟縱斷面

1. 皮質部，為馬爾堡氏體及由此出發之腎小管集合之所。
2. 腎小管會集而開口於其尖端之髓質部。
3. 腎盂。
4. 輸尿管。
5. 脂肪之積集處。

壁氏體之形成，亦屬相同。

腎臟之排泄機能，在前述之皮膚部中之。在馬爾壁氏體中自運行於毛細管中之血液內，由滲透作用奪取水分；並於腎管之曲折部奪取尿素、鹽類，即曲折部之細胞，可視為分泌細胞，為分泌此等老廢物者。

動物體內不由上述之腎管的構造而分泌老廢物之裝置，亦不在少數。吾人皮膚中之汗腺，亦為一種排泄器官。下等動物中則有吸收腎，如分佈於蚯蚓腸之附近之黃色細胞(Chloragen cell)，昆蟲之腎胞(Nephrocyte)等，皆吸收腎之類也。又如色素細胞之色素精，及其他營養保護機能之膜，亦為一種之排泄物。

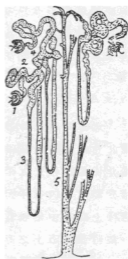


圖95. 腎臟內腎小管之模型圖

1. 腎絲即馬爾壁氏體，由毛細管之球體與包裹此之波孟氏囊所成。自1出發之腎小管，在2形成壁厚且彎曲之管，一度下降，復上昇而變為厚壁彎曲，連於集合管，由此向外開口。

第五章 動物之運動

第一節 運動方法之種類

比較動物植物，其最見差異之一端為運動。動物由此搜索食物，逃避敵類而維持生命；追求異性，探尋新生活場而廣為分佈，繁殖自己之種類。但動物之進化中，有種種之方向，某種分派，具有固着外物之特性，如植物然，有終生不變其位置者，陸上動物中絕無其例，在水中生活者中，則極夥，試出海濱一觀附着岩石上之動物，可以知之。

一、受動的運動 自己雖有多少之移動能，因其運動十分微弱，由水流潮流，受動的變更位置之動物，亦不在少數。此種動物，謂之浮游動物。其中之某種，浮游水中，因防止由自己之體重而下沉水底，具備種種之裝置，圖96示其數種。此等裝置，要為增加水之抵抗面，由水之抵抗以浮泛水中。此外浮游動物中，海魚之卵，備油球，管水母具氣囊，作為浮游裝置。一般小形之動物，表面對於容積之比大，故浮力增多。

二、運動與外圍 凡動物之運動，受動的運動不必論，自動的運動，亦須與外圍發生交涉，始得實現。無生物之運動亦然，如弓上之矢，裝於礮身中之彈丸，或投石者之石，常人僅知弓弦之彈力，火藥之爆發力而鮮有念及持弓之人及人立

足之地球,大礙所據之大地或空氣者;然此等運動,概間接與外圍之大地及空氣,由力之交涉而成立,包圍動物之外界,可分三種:即氣體之空氣,液體之水,與固體之地面是也。動物對

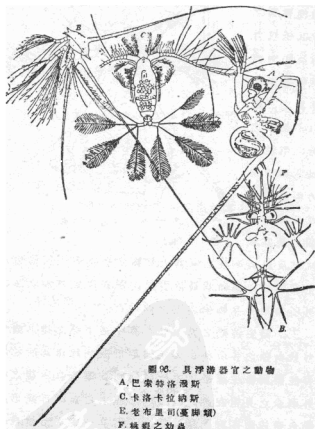


圖 06. 具浮游器官之動物

- A. 巴索特洛羅斯
- C. 卡洛卡拉納斯
- E. 老布里司(蹩脚蟻)
- F. 蠶蟲之幼蟲

於此等三體之任何體加力時，外圍各隨其物理的性質，對之抵抗，其抵抗力成爲反動力而使動物運動。此等外界之三體中，以不活動之地面之抵抗力爲最大，與所加之力同量之力，成爲反動力而發顯；水較空氣

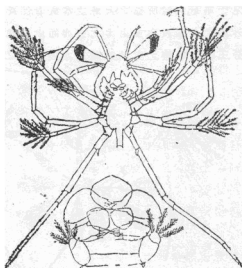


圖 97. 龍蝦之幼蟲

下、12器。

多抗抵，反動力亦較空氣爲大。然斷定發生最大反動力之地面上之動物之運動，爲最速，實屬誤解，在決定運動之速力中，不可不加幾多生物構造上之條件也。

三、發生運動之力 動物界中最下等之變形蟲，無一定形狀，由體之各所伸出偽足，變更形體，利用由此所起之原形質流動，爲發生運動之力。此種運動，在變形蟲所屬之根足類外，概未之見，但在細胞，如以前所述之白血球行變形蟲狀運動，色素細胞亦行此運動。其次體常具一定之形狀，自其一

端分泌黏性物質，由此行運動之動物，於同屬之單細胞動物孢子蟲類見之。如斯以原形質流動而運動，為運動中之最原始者。由此進步時，原形質之一部分化，形成向外界表現運動力之物質，其一為細胞表面生纖毛及鞭毛；其他為筋纖維。單細胞動物中草履蟲體表面生纖毛，綠蟲具鞭毛；此等皆由自動的動作以運動者。纖毛因為多數列生之毛，共同運動，行反對前進方向之波動，發起水之抵抗；鞭毛僅一本乃至數本，各毛因修長之故，毛自身行波狀振動，激起水之抵抗。然於此稍見不同者，為鞭毛之位置。綠蟲振動鞭毛於體之前端，反之，雙鞭蟲及其他鞭毛蟲類，鞭毛運動於體之後方，亦得進行於同一方向；此以其振動之方法相異故也。纖毛及鞭毛為環狀或螺旋狀波動時，起迴轉體之運動。在此以上之多細胞動物，亦以纖毛之運動為盛。棲息海中之海綿動物，腔腸動物，環蟲類，軟體動物等之幼蟲時代，大都由纖毛運動。惟在甲殼類，幼蟲時代及成長後，均無發生纖毛之細胞，此點與他動物迥不相同。要之，纖毛及鞭毛之運動法，因其發生之力弱，係僅行於小形動物之現象，如甲殼類具有外殼體重之動物，及一般大形之動物，概由原形質分化之筋纖維之收縮以運動。

構成肌肉之筋纖維，如前組織章中所述，係收縮於直長之方向細長之纖維短縮，由此發生動力。實驗蛙之一筋纖維，收縮72%，蚯蚓一筋細胞，收縮平時之60%。是故筋之收縮，以纖維直長方向之工作量為多。例如收縮50%，纖維之長一寸，

則須短縮五分，長五寸，則須短縮二寸五分。筋纖維之收縮力，成爲牽引連絡於此之物之力，故纖維集成之肌肉，爲牽引重物，及支持以至運動之者。蛙之腸腓筋，其最粗大之所，直徑不及一釐，而力能牽引重一妊以上之物體。就此點，如心臟之筋，不絕動作，每日之工作，實屬可驚；就人類之心臟計算其工作量，每二十四小時間，完成二萬妊舉高一呎之工作云。

筋纖維爲感受神經之刺戟而收縮者，然人工的用電力，藥品等，亦能引起收縮，是故吾人得以由人工的刺戟，試驗某種肌肉感應刺戟時之收縮量及繼續時間等。此等隨筋纖維之種類而異，橫紋筋較平滑筋收縮快，弛緩回復舊位亦快。例如蛙胃壁中之平滑筋纖維，繼續收縮至二分鐘，（參照第三章）昆蟲運動翅之橫紋筋纖維，一分鐘間使翅作數百回之振動，故一次之收縮時間，十分短暫，就蠅之翅檢察，一次之收縮，僅需百分之一秒云。

四、運動方法之分類 筋纖維由其收縮力爲某種工作之運動，運動器官爲傳達肌肉之收縮力於外界之器官。然其裝置中，肌肉以外，骨骼亦爲必要。僅肌肉動作而起運動者，爲最簡單之運動器如水母之傘，烏賊外套膜中環狀筋之裝置等屬之傘及外套膜周圍之環狀筋收縮，其圓筒內部之水，排出體外，利用外界之水之抵抗力而後退。其次體長之動物，有縱走筋，其收縮自前方波及後方，使體成波狀運動而游泳，如水蛭之運動法是。然在高等之多數動物，運動常利用硬骨，

肌肉附着於具有關聯之二骨(廣義的)間,二骨之內,常有一方具備用力於外界之裝置,由肌肉之收縮,充分運動,行游泳或步行,飛翔;作為交涉外界之運動器官者,為哺乳類之四肢,鳥之翼,魚之尾部等,在下等動物,運動器官存在於十分相異之體部,觀以下所舉動物之代表的運動法,可以知之。

〔變形蟲狀運動法〕 伸出偽足,由原形質之流動而運動。

〔纖毛及鞭毛之運動法〕 單細胞動物及多細胞動物之幼蟲,行此運動,已如前述。



圖98. 渦蟲類由纖毛之運動運動模型圖

1 纖毛運動於2之黏液中而進行地面。

其他棲息陸上濕地之斧

蛭及海產之渦蟲類,分泌黏液於其附着之所,纖毛活動其中以運動。

〔附着之運動法〕 由吸盤中環狀筋之活動,吸盤內發生某程度之真空而吸着,引起其餘之體部以前進,水蛭,章魚,為行此運動之代表的動物,在此等動物體內,常具有與環狀筋相反之縱走筋,同體之伸縮,蚯蚓,沙蠶等,各體



圖99. 蛭之運動法

節有剛毛，以其一部之剛毛附着地面，引動他部以運動者，亦屬於此種運動。蛤，馬珂等之腹足類，以其楔形之足插入地面，由地中之壓力，固着其尖端，引進其餘之體部，深處砂中，亦顯與上述之運動相同。板鰐類中棲息於砂地之介類，足亦呈楔形；反之，棲息泥地中潛入泥底之螺，竹螺等，足呈棒狀，用此潛入泥底，較楔形為適宜。打入堅硬地面之材，銳其先端；打入泥中者，具利於橫切之材，均屬一層有效，與吾人之實驗相對照，為頗饒興味之事實。瓣鰐類中烏蛤，馬珂，斧蛤等，善於跳躍水中，此等動物之足，長而中途曲折，亦為饒有興趣之事。凡軟體動物之足，在組織間隙內有血竇，血液注入，則膨大，退出則收縮，此血竇之作用，對於足筋成相反之作用。

軟體動物中之腹足類，以其扁平之足面，附着物體而運動。匍匐玻璃面之蝸牛，自其腹面觀察時，可以窺見其足面發生橫紋，自後方波及前方，此亦與匍行地面之蚯蚓同樣為足面漸次部分的前進之運動。棘皮動物之海膽，海盤車，具有此類特有之水管系，由此出所謂管足者之多數突起，管足由水



圖100. 自腹面所見蝸牛匍行玻璃面之圖

現出橫紋，順次移向前方者，乃由於縱走筋之波狀收縮，並由橫走筋之收縮及體液之前注，感道，以促前進。(蝸牛一分鐘運動二寸左右)

管系之水流入退出，作為吸盤使用，故此類之運動，亦為吸着運動。

〔環狀筋之運動法〕 如前述水母，烏賊等，在圓筒部之內壁，有環狀筋，由其收縮，使水急激排出體外，以水之抵抗作為反動力而後退。此時水不急激排出，則反動不成，故水母之環狀筋中，發達橫紋筋纖維。在游泳水中之介類著名之海扇，外套膜緣發達環狀圍繞之橫紋筋，在水中游泳時，海扇開張介殼，引張外套膜，使進入外套腔中之水，自殼頂兩側向斜後方排出，於殼口之方向，行前進運動。

〔主軸屈曲之運動法〕 游泳水中之

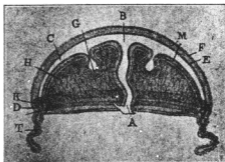


圖101. 由環狀筋運動之二種

上圖 水母之橫型圖

下圖 章魚矢示其方向

- | | | | |
|---------|--------|---------|--------|
| A. 口 | B. 胃 | C. 輻射水管 | D. 環水管 |
| E. 內層 | F. 外層 | G. 生殖巢 | |
| H. 間充組織 | K. 環狀筋 | T. 觸手 | |

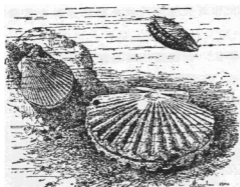


圖102. 海扇之生活狀態

左上為附著於岩石之圖，下為在地面之圖，均為介殼平坦之一面向上。

右上為向介殼開張之方向向前運動之圖，因收縮外套膜中之環狀筋，水自殼頂附近之左右斜出而前進，故外套膜引強，然避敵之時，用收殼筋而後退。

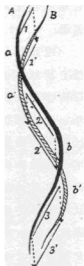


圖103. 主軸屈曲運動中力之動作方法(說明見本文)

多數動物行此運動。在陸上動物，蛇行此運動，然其着力之所為地面，與水中動物大異其趣。茲先就水中動物之運動述之，此運動法就體長如鰻之動物研究之，較易了解。觀察鰻之游泳時，見其屈曲自前方漸進於後方，夫然，則對於水發生之抵抗，可以圖103表明之。其左方振動最甚者，初為(a)之體部，瞬間後，移於(a')；右方振動最甚者，初為(b)之體部，瞬間後，移於後方(b')之體部。而屈折面(1)，同樣於瞬間後移至(1')，此時因

(1) 歸於主軸真直之位置，行壓水，然 (1) 當動物體之側面，具有某之一定面積，與舵面之壓水相彷彿。今將此舵面及於水之力，分析為直角於前進方向之力 p 與平行方向之力 a 之二力，則對於前進方面成直角之力，自次之曲折面發生。 p 力為此反對之直角方向之力所打消，殘餘之力，即為平行於前進方向而向後方壓迫之力 a ；對於壓水於後方之力所起水之抵抗，成為反動力使魚體前進。

第二節 魚類之運動及體形

一、魚形之側扁與紡錘形 主軸運動，無論其屈曲面如比目魚、鰈及蛭之游泳之情狀，為垂直於地面軸之運動，或如普通之魚類及蛇之水中游泳，為水平之運動，均屬相同，行此運動之代表的動物，為魚類。然其中體形極長如鰻鱺、海鰻鱺之魚甚少，多數魚類，僅能以體之尾部畫一曲面之長，即就其屈曲面觀之，多數魚類，在水中不過括動一波長之四分之一以內之波而已。撥水之曲面，主為尾鰭。魚在水中突進時，水抵抗魚體以阻止之；水中運動，於此點較氣中運動為困難。魚因竭力減少其抵抗，至頭部及尾部成為細小。魚體之側扁，雖係減少抵抗之形狀，然於運動為必要者，厥為側筋。游泳力強大之魚，此筋益發發達，因此在游泳迅速之魚，胸部之斷面成為圓形，又因前述兩端之尖細，至成為紡錘狀。但魚體胸部之為圓形，亦有自別種關係發生者，如居於水勢湍急之河流而

善橫渡之魚，及溯河之魚，奔弄水流，皆非成爲圓筒形不可。（如棲息於急流中之鱧類，旗魚類，圓圓，生長於湖水中之鯉，鮭，體側扁。）

魚體尾部以下之屈曲面壓水之力，當隨魚體側面之廣與屈曲之大（即振幅之大）而增大，然考諸魚類運動之實際，一定時間內屈曲回數之多少，在游泳速力上尤較此等關係爲大，運動迅速之魚類，側筋特別發達，尾部（肛門以下之部分）成圓形，體屈曲所生之力，遂集中於尾部，鯉，鮭等游泳速力大之魚，尾鰭雖比較的不大，然堅硬而後緣凹入甚深，側筋所發之力，及於尾鰭，使舵面之效力成爲最大，且減少妨礙進行之水之抵抗。

二、魚類之尾鰭 次就魚之特殊之尾鰭述之，尾鰭有

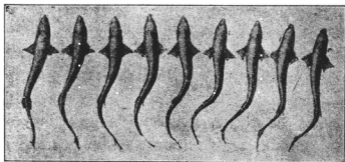


圖 104. 魚之運動模型圖

自左而右，顯次體之屈曲爲波狀之轉移。例如在最左，臀鰭之處有屈曲部之頂，至右面之第三圖，回復原來之位置，在最右，曲向右，左面之屈曲部頂，移至尾端。

原正形,歪形,正形之區別,其形態自有專書論述;其生態的觀察饒有興趣者,爲背半較大於腹半之鮫類之歪形鰭, (從外形上所見之背半腹半)與具有正形鰭之飛魚之尾鰭,腹半較長於背半,側筋及於尾鰭之力,大都偏向於面積廣及堅強之一方,因此在鮫類尾鰭之歪形,因偏向於中軸之背面而強固,

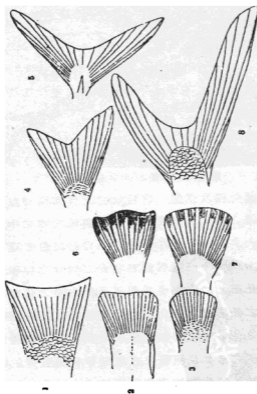


圖 105 尾鰭之種類

1. 鱈 2. 泥鰱 3. 鰱 4. 鱖 5. 鮫 6. 比目魚 7. 社父魚 8. 文圖魚

便於沈降；由此較迅速下降，具備以腹面之口捕捉食餌之習性。飛魚之尾鰭，腹半一方較背半為大，因此飛魚游泳水中，得突於然躍出於水上。

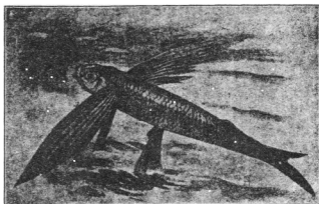


圖 106 飛魚之空中飛行

三、脊鰭腎鰭及偶鰭 脊鰭，腎鰭之作用，所以保持體之平衡。魚由鰾之機能，減輕比重而自由游泳於水之中層。然魚置之陸上，大多作橫臥狀，於保持水中自己之位置，腹部下向垂直，極為困難。因此脊鰭，腎鰭，相當舟之龍骨之作用。胸鰭，腹鰭，雖亦作此用，此二鰭主要為變更運動方向之用。是等各鰭，皆有各別之任務，然因魚之游泳中，惹起水之抵抗，妨礙進行，進行中之魚，大多將鰭自在摺疊，使密着於體，僅應體之迴轉或方向轉換之必要，而開張之。在鰻，鮪等，收藏脊鰭於溝中，胸鰭，腹鰭，巧妙的密着於體側，對於逆流之水，殆無抵抗。

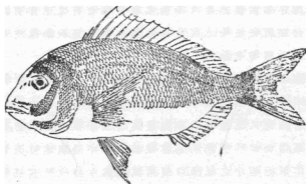


圖 107. 赤鯉圖

鯉魚背鰭之第一第二棘較此圖長，又第三第四棘之尖端，並不知赤鯉之狀，可注意此圖體形與鰭之位置而思考魚之運動。

魚類之某種，皮膚中骨質之鱗，顯著發達，行骨化或角質化，如龍落子，楊枝魚，松毬魚及鮐，河豚類是。尤在鎧河豚，因尾部之屈曲運動，全然為不可能，純屬鱗之運動。又如龍落子，楊枝魚，因尾部顯著變形而為卷繞於海藻之狀，僅脊鰭成為運動器官，在游泳時，動作非常迅速，且作波狀之運動。河豚類為吾人日常習見者，其脊鰭運動之盛，不難觀察得之。

四、魚之鰾 屬於腔腸動物之管水母類有氣囊，內藏氣體，便於浮泛水中。在魚類之卵，有油球，亦多浮於水中，與此相似之現象，在魚類有稱為鰾之特殊器官，具有相當重量之魚，居水之中層，自由游泳。飼育缸中之金魚體不少動，能十分靜止者，皆因具有鰾，由鰾中氣體之浮力，平均魚體下沉之力

故也。鰾不關於淡水產或海產，多數魚類皆有之，然亦有缺如者，在鮫類、魴類全無之，底魚以無鰾者為普通，例如鰕虎、鰻、旗魚，比目魚、鰐等皆無鰾。

鰾為消化器官分歧之囊，與兩棲類以上之肺為相同 (Homologous) 之器官。其中所藏氣體，非來自外界，乃由於鰾周圍血管內流入之血液，為細胞產生者，因而氣體之內容，與空氣稍異。但如前呼吸節所述，空氣溶存水中時，氧素較氮素能多量溶解，而鰾中之氣體，以氧素氮素為主要成分，其氧素亦較空氣中之氧素量為多，深海魚，鰾中之氣體，氧素更多。

鰾之存在，不僅為普體浮泛之用，亦助游泳之運動。魚上昇時，鰾膨脹，減少水之壓力，助上昇游泳；下降時，縮小鰾之容積，以便下降。又如鯉等，鰾中縱，分前室後室者，前室大半具有彈力纖維之膜，後室則為縱走之平滑筋，上昇時，自後室送氣體於前室，重心移至後部，使頭向上，以便上昇；又弛緩後室之平滑筋，前室之氣體回至後室時，則適於沈降。產生於鰾中之氣體量，其增減有制限，不能超越一定之程度，是故魚類不能行急激之自由深淺運動。蓋水中每下十呎，即增加等於大氣一氣壓之壓力，故在一百呎之深度，即成為大氣壓之十倍，而氣體乃易於膨脹壓縮者，魚對於貯藏此性質之氣體之鰾，若周圍之水壓如前述隨深淺急激變化，則不能即時與之相應也。海行時，容易實驗知之，將長頸之空瓶，塞上堅固之栓，與錘同繫繩端，沈至四五十尋之深處，栓被壓深入而水流入，否則

瓶破裂。因深處水壓若斯之高，故如未經習慣潛水之人潛水，胸耳感痛，潛水夫所架水眼鏡之兩端，附膠皮球以防眼鏡之壓迫眼目，對於體中具有氣體之動物，水壓能與甚大之苦痛於生體，乃必然之事。游泳深海之魚，鯨中藏有耐堪其周圍高大水壓之高壓氣體。自深海突然釣上之魚，因不自然的由人意變更魚之位置，不克行鯨中氣體之調節，鯨中氣體之壓力，應水表面之低水壓而膨脹，其結果，多有將內臟之消化管噴出於口及肛門之外者，此現象為漁人所習知。日本瀨戶內海，有著名之浮鯛所，其浮鯛之現象，亦為深處之鯛，被急速之潮衝擊，驟至淺處所起之現象，由鯨中氣體之膨脹，失卻體之自由，而浮於水表面。是故自該鯛之胸部向鯨針刺之，除去一部分之氣體，再行游泳。釣鯛者，因飼養釣鯛於船之魚槽中，常行此針刺法。

在硬骨魚類，鯨有由管通於消化管者，有不然者。前者上浮時，鯨中之氣體，可以自消化管外出，故鯨之羣游近水表面時，水表面常發生多量之水泡；然在後者無此通路。魚在自然之深淺游泳時，鯨中氣體之調節，以特別之方法行之。鯨之表面，有特別富於血管之部分，稱為圓體 (Round body)，由其中運行之血液，分泌氣體，尤以氧素，沈入深處時，分泌與其周圍壓力相稱之氣體。在不通外界之鯨，於圓體外有所謂卵圓體 (Oval body) 者，殆為吸收鯨中氣體之器官。

五、魚類游泳之速力 由航海者之實見，鯨類某種之

魚，與汽船平行游泳，或超過之，週游汽船之周圍，由此可知其游泳之速而持久為何如矣。然隱於岩陰之魚，或恐怖而為一時突進之運動，以相當之速力，趨至若干距離之前方面中止或速力減少者，亦常見之。在海底魚及淡水魚類，所見亦同。就游泳之速力，於鮭之溯河，見幾多之實例。據云，鮭有二十四小時溯河四十公里（約十里）者，若以二十四小時間不息游泳觀之，則為一秒間 0.4 呎之速力，如流水之速力作為一秒一呎時，此鮭因受此程度之逆流，故實際之游泳速力成為 1.46 呎。如吾人夏時在海濱所見，多數之魚，非用特殊之魚具，不能捕獲；然河豚，楊枝魚等，捕捉極易，在龍落子，查知一分間僅為一寸三分之速力云。

蛇之運動，如魚類由於體之屈曲，然匍行於地上，故與水中動物之體屈曲運動大異。普通蛇腹面之鱗，與側鱗異，橫廣之各鱗，以平行之後緣，重復於次鱗之上，考察鱗內部之構造，有連絡前後

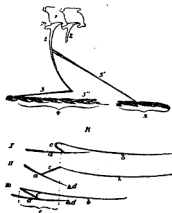


圖 108 蛇之運動器官之構造

上面示二個之脊骨(1)與附著於一個肋骨之二種肌肉，如圖所示，3與肋骨黏合於腹面之皮膚，3'與肋骨黏合於側面之皮膚。3''皮膚下之筋，運動鱗。

下面示腹面之鱗(a與b) I, II, III, 順次支持於 b 點，以 c 筋之作用，向前運動。

鱗之皮膚筋，由此動鱗。蛇之胸部直至極後方，各脊骨有肋骨附着，自各肋骨之末端向前方之鱗，又自其中途向後方側面之鱗，引張筋肉。腹鱗由鱗間筋運動，支撐於地面之抵抗物；次附着肋骨之筋肉，應體之屈曲收縮，使體前進，由此完成蛇之前進運動。蛇由此等筋肉與鱗之巧妙動作，不僅匍行，並能潛入細穴，攀登樹木，游泳水中。

第三節 利用附屬肢之運動

一、屈筋與伸筋 在槓桿有支點，力點，重點，而動物亦因此理而行槓桿運動。其運動中，第一，在關節連結之二骨間跨以筋肉，其兩端附着於二骨，本槓桿之理而動作，即筋肉收縮，屬於重的體部之骨不動，而位於體之末端之輕的體部之骨，以關節為中心而活動。第二，形成此種連絡之筋肉有二類：一屬屈筋，一屬伸筋，二者互為相反的動作。例如就人類步行或疾走言，多數之筋肉動作，然在其重要之一筋即脛部之膨脹。腓腸筋發生於大腿骨末端之內，

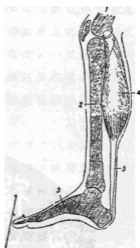


圖109. 示足骨與腓腸筋附着點

- | | |
|--------|-------|
| 1. 大腿骨 | 2. 脛骨 |
| 3. 腓骨 | 4. 筋腱 |

面，通過脛骨達於跗骨後端突起，即通過膝關節與蹠關節之二關節。因此普通步行之時，人類為蹠行，而收縮腓腸筋，因蹠骨端着地不動，牽引大腿骨，然體之運動動作，因體之前傾，以該足支持體部，而次足之伸筋動作，使體達於前方。跨二關節者，屈曲之效力更大，因此筋之收縮，蹠骨趾骨同時作用而着力於地面。跑步及疾走之際，由連結骨盤之筋之動作，以強大之勢力，運足部於前方，前述之蹠骨及趾骨，在着地之瞬間，立即與體運動之大力於地面，故足着地，體即前傾，體以所受之反動力騰空，一反動最多至數尺之前方，至再附着他方之足於地面而行同一之動作。故疾走時，以附着骨盤之大腿部之筋，工作最多。



圖110. 昆蟲脚之各關節與使之運動之屈筋伸筋

用四肢步行之獸類，亦與人類同，惟獸類步行時，前肢與後肢互相交替，即左前肢着地時，右後肢殆同時附着。疾走時，此動作加快；及至奔馳，以前肢併作一脚，同時着地，如前述有飛騰空中之時，此時附着地面之時間，成爲較久。

槓桿作用之運動，槓長則多效力，故步行似以脚長爲善，其次以關節容易活動爲要。又筋肉跨二關節者，效力較跨一關節者爲大。然一方，運動之迅速，亦不僅恃骨長，因其爲筋肉與骨關節之組織的構造及神經系統所支配，對於遺傳，練習，

皆大有關係。

二、匍行及攀登 雖係用四肢運動之動物在下等之類，如石龍子，龜或蝶螺，山椒魚等主體部附着地面，不若哺乳類之以四肢支持體重，在此種動物，因地面之接觸面大，以四肢之力，運動前進，極為困難，是故此類如蛇然，由主軸屈曲之運動，助四肢動作，而肢之運動，與主軸之屈曲相應對。(圖 111)然四肢支持體部，主軸不必運動，因而無影響及於內臟諸器官，可以營其機能之完全工作也。石龍子等之此種運動，謂之匍行，然類乎匍行而最發達之運動，為攀登樹木之動作，用前肢或後肢把握前方之枝，槓桿作用動作之關係筋之一端，與不動之樹枝結着，遂至運動重之體部前進，匍行及攀登，與人類及獸類之步行，大異其趣。

三、四肢及肩帶腰帶 四肢作為運動器官而運動，同時復支持體重，故與體部之連絡，以強固為要；因此前肢，後肢，同由三種甚大之骨，與體部連絡，稱為肩帶，腰帶。在前



圖 111. 石龍子之運動

以矢示白黑線之位置運動至點線之位置，以前肢後肢附着外物，各以 1 與 2 為軸，道體部前進之狀態。

肢之肩帶，有肩胛骨，鎖骨，(前烏喙軟骨)烏喙骨(此骨烏類十分發達，然在哺乳類除單孔類外，僅殘存細小之烏喙突起)之三骨；在後肢之腰帶，為腸骨，恥骨，坐骨。腸骨與肩胛骨相當，恥骨與鎖骨相當。後肢在多數獸類，(有例外)較前肢支持多量之體重，故腰帶較肩帶為大，且三骨

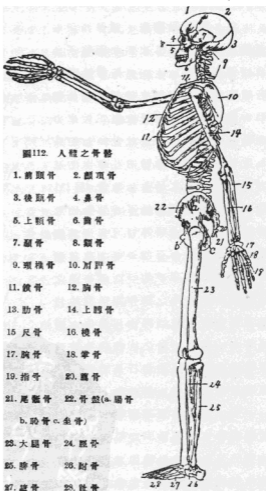


圖112. 人體之骨骼

- | | |
|---------|------------------------------|
| 1. 前頭骨 | 2. 顱頂骨 |
| 3. 後頭骨 | 4. 鼻骨 |
| 5. 上顎骨 | 6. 齒骨 |
| 7. 顏骨 | 8. 顎骨 |
| 9. 頸椎骨 | 10. 肩胛骨 |
| 11. 鎖骨 | 12. 胸骨 |
| 13. 肋骨 | 14. 上脛骨 |
| 15. 尺骨 | 16. 橈骨 |
| 17. 腕骨 | 18. 掌骨 |
| 19. 指骨 | 20. 蹠骨 |
| 21. 尾椎骨 | 22. 骨盆(a. 腸骨
b. 恥骨 c. 坐骨) |
| 23. 大腿骨 | 24. 脛骨 |
| 25. 腓骨 | 26. 跗骨 |
| 27. 跖骨 | 28. 趾骨 |
| | 29. 趾骨 |

癒合爲一，而與後部脊骨形成骨盤。在哺乳類，以缺少鎖骨者爲多。鎖骨，如人類，在前肢可以前後左右活動之動物，如蝙蝠，鼠，人類等發達，如牛馬之有蹄類及犬貓等，在前肢僅能活動於體前後之一平面之動物，退化或缺如。在鳥類，因翼之運動旺盛，鳥喙骨較其他之骨十分發達，與胸骨關節。

四、節足動物之運動 節足動物之運動，亦原於槓桿作用。其中蜈蚣及甲殼類之鼠婦等，主體附着於地面，然在其他，多數之肢支持體部，且使體部自地面浮起。高等之甲殼類及昆蟲類之步脚，概分五個關節，但在甲殼類有基節，底節之二基部，其上部五節，即坐節，長節，膝節，前節，趾節，其中長節最長，十分發達，趾節常成爲爪，但在鉗脚，趾節附着於前節之中途，與附着點以後之部分相對，僅趾節活動，爲鉗之作用。在昆

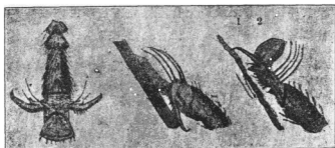


圖 119. 蜘蛛脚上之爪(1)與吸着器(2)

- A. 自腹面所見之全形
- B. 停留於如玻璃之平滑面時，爪曲向後方，以吸着器附着。
- C. 停留於粗面時，舉上吸着器，而以爪支持之。

蟲，爲與基節，轉節，腿節，脛節，跗節同樣之五節，不若蝦蟹之有基部，故兩者之各節，得認爲相同而不相對應者。且跗節分爲若干之小節，其末端備一對之爪，在蜂，蠅，甲蟲等之某種，並備有吸着器，分泌黏液於其表面，蠅止足於峻滑之玻璃面而不跌落者，以此，昆蟲之腳，隨其生活方法之不同而大異，應步行，游泳，跳躍，（跳躍者，亦如四足獸之兔，袋鼠，鼠，或兩棲類之蛙，後肢較前肢十分長大發達。）掘穴等，各備適當之形態，故就此等各類而研究之，乃極饒興味之事也。

五、鳥類之飛翔 動物進化而至擴張其生活範圍於空中，可謂動物進化史中最特異之點。如神經系統發達之最高爲人類，空中飛翔之最高爲鳥類。雖觀察其一片之羽毛，亦可知其如何適於空中生活。更進而檢察其運動器官翼之構造，視其連絡肺臟之氣囊之發達，窺知廣佈體內充滿空氣之微妙構造時，未有不更驚嘆關於飛翔之進化之奇妙者也。

鳥之空中飛翔之器官，與其他脊椎動物之前肢，爲相同之器官。其骨組與吾人人類手之骨組相對應，今就此兩者比較觀之。在手之前臂，有尺骨，橈骨之二骨，鳥亦有尺骨，橈骨之二骨；但在手，前臂二骨之大小相若，在鳥之翼，翼羽附着方面之尺骨，遠較橈骨爲大。其次掌部與前臂間之腕骨，在人類有九枚，掌部可以四面迴轉；在鳥僅有二骨，因此無迴轉之自由，僅活動於一面之極小角度間。在吾人之掌，並列五本長之掌骨，其先端關接於各指骨，指骨各分成數個；在翼之掌骨，合併

腕骨而癒着爲一本之骨，僅中央部分離爲二。手之指骨，共分十四骨；翼之指骨，第一指僅一枚，附着於掌骨之基部，第二指二骨，第三指一骨，同附着於掌骨之先端，總數僅有四枚。

鳥類之翼，主要成自發生於上述前臂尺骨外緣之一列臂撥風羽，與發達於掌指骨外緣之一列手撥風羽，呈扇狀。前臂之橈骨，較尺骨略短，且與上膊骨傾斜關節，因此前臂延伸時，橈骨牽引掌指骨，開張附着於其後緣之手撥風羽。由前臂與上膊骨之關節，摺疊扇狀之翼至一定程度，附着體上。飛翔之際，鳥廣張其翼於體之兩側，行翼打，壓迫空氣。人類之手與鳥之翼，骨之長度及關節之結合，大異其趣，故不能爲同樣之動作。今就手述鳥之翼打狀態，上膊骨漸舉至與肩成一直線，

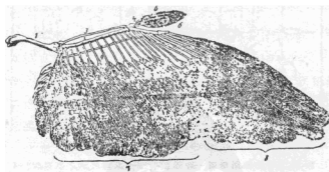


圖 114. 鳥翼除去皮膚筋肉及覆羽之圖

1. 上膊骨 2. 尺骨 3. 橈骨 4. 第一指骨 5. 附着於4之羽
6. 第二指之二骨與第三指 7. 臂撥風羽 8. 手撥風羽
9. 連結各羽之韌帶

較肩更向背方牽引，次延伸前臂及掌指部成下向之形，其時，附着尺骨之臂撥風羽與着掌指部之手撥風羽，於後方下向擴張，翼打不向下後方行之，向下方而稍帶前方撲打空氣。普通以為向前方進行，則翼必打向後方，此則空氣與水不同，其抵抗少；且鳥之進行中，因應其速度而發生反對之風，不生翼打之效。翼之前緣堅硬，翼面由空氣之抵抗上舉，由此往下方之翼打，不能為鳥體前進之力；反是，則下方幾分前方之翼打加於翼之抵抗，作用於堅硬之翼前緣，能使鳥體前進。

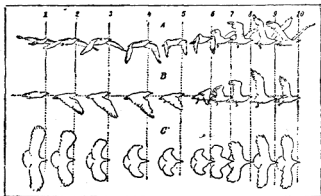


圖115. 示鳥在每一飛翔瞬間之翼之位姿圖

1-10. 之各點線，雖屬同一時間，其速力如間隔所示之不同，當2-5之翼打最速，又對於水平線如B，當翼打時體上昇，翼區體下降。

- A. 自斜前方所見者。
- B. 自正側所見者，示翼打時打翼之方向。
- C. 自上方所見者，示翼之開閉。

此研究爲馬來氏(Marais)由精密實驗之結果所得之結論。此外關於飛翔之事，可行物理學的研究者甚多，今日依據活動攝影之技術研究之。

羽之構造，在此亦有一述之必要。羽有通過中央之羽軸，其根端裸出，成羽葉之柄，

此部特稱爲翮，羽軸之內部，以髓充實，翮反是，中空。

羽軸之兩側，列生斜向前方之羽枝，自各羽枝，分別羽之先端側與基部側對生羽小枝。

一羽中羽小枝之數極夥，據干德氏之計算，在一尺二寸五分長之鶴之撥風羽，有一百五十

萬餘之羽小枝，各以數個之鈎連着，故能與木纖維之硬紙同樣強固受空氣之壓力，鳥得以此種羽集成之翼，壓迫空氣，此

外羽之翮部雖無羽枝，有上下生密毛之小羽被覆之，故決不洩漏空氣。返翼時，因

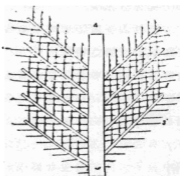


圖116. 羽之構造模型圖

4.羽軸 5.羽枝 3.羽小枝



圖117. 鳥之四片翼羽之斷面，羽對於來自矢之方向之空氣抵抗而迴轉。

A. 翼打之際，各羽互合而生抵抗。

B. 翼返時互離以減少抵抗。

避免空氣之抵抗，行羽軸之迴轉。撥風羽以彈力性之韌帶互相連結其翻部，故羽得以迴轉。羽枝之左與右，因廣狹不同，羽枝迴轉，空氣通過其間，使翼返時妨礙前進之抵抗無從發生而翼打之際，羽反對迴轉，各羽密切重合，俾翼打之力，成爲反動力而充分承受。

翼打與返翼，因前者於空氣中發生甚大之抵抗，後者不生抵抗，其所需之時間，大不相同，爲三對一或二對一之比例，翼打方面，時間較長。因翼打，返翼而運動之肌肉，約當體之肌肉總量之半。翼打筋自胸骨，龍骨突起及烏喙骨與鎖骨發生，極爲發達。翼打之回數，關係於鳥之內部構造，小鳥之翼打筋較大鳥之翼打筋短，因此一秒間所行之翼打回數極多。在鳥類中最小之蜂雀，發生如蜂飛行時所聞之音，因回數多，不辨翼上下之狀態；查知雀一秒間爲十三回，鳩八回，烏三四回云。

鳥之飛翔，與地上運動及水中運動各異其趣。鳥在地上或樹上之際，僅運動其羽，不能使自體飛翔，在飛翔之前，不可不發起飛翔中所起之風，即當鳥體之反對風（飛翔風。）鳥利用此飛翔風，由飛翔風與翼打之共同作用而前進。因發起飛翔風，鳥在樹上時，由此離開而動作，則發生反對於此之風，（空氣雖不動，鳥體動，則生反對風。）故運動其翼即行矣。在地上時，以後肢躍上空中，非然者，則不能不如飛行機之滑走，暫時疾走而後飛躍。歐洲之某處，嘗有設置不能滑走之處所，投食餌於其中，以捕鷺者。濱鷺之種，以某種不得已之原因，跌落

平地，不能上飛，每遭被捕。(哺乳類之蝙蝠與此同一情景)此種鳥類，後肢不若步行地上搜索食餌之鳥，無跳躍之力，平時住居樹上，岩壁或高處，當開始飛翔之際，自樹上或岩壁離開而展翅，即利用飛翔風而前進，其被捕因僅具此種習性故也。

鳥飛翔之速力，調查非常困難，然在軍用鳩則知之極確。日本前數年於鳥學會調查此問題，燕之渡來，在九洲與東北地方，查知相差八日；就鳩之記錄，謂一日平均88哩云，此外據調查二三種鳥之速力之記錄，燕1秒間58呎，鳩80呎，(此兩者，係距離燕，鳩營巢地安德桓夫235公里地方，縱某聯隊之兩鳥，由其歸巢之時間計算而得，其中未加入風之速度；然假定燕以此速力飛行，自中部德意志至北部亞非利加僅10小時耳。)鳥自8呎至55呎。

六、昆蟲之飛行 鳥類之次，得空中生活之巧妙者為

昆蟲。昆蟲在胸部三節中之第二節，第三節之背側角，各備有薄膜狀之翅，稱為鞘翅類一名甲蟲之昆蟲之翅，如其命名，翅為甲狀，堅硬，包覆體背部，後翅平時摺疊其下，摺疊之方法，普通如摺扇狀，以縱折痕

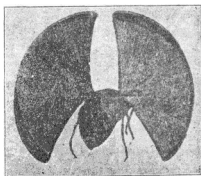


圖 118. 示大胡蝶之翅動

疊合，中途橫折，曲向內方。翅為角皮質之膜狀物，前緣堅硬，翅面由於多數縱橫走之脈，而成扁平擴張。

蜻蛉類之翅，基部之翅內有肌肉，連絡體部，可由其收縮

發起翅之運動。然多數之昆蟲，無附屬於翅之肌肉。然則昆蟲對於因飛翔而上下運動其翅，當求之別法。即在翅附着之胸部第二節，第三節中，有縱走於內部之筋與橫互腹背間之筋及自翅之附着點斜走之數種之筋，因牽引或隆起背甲及側甲，結果，筋接的使翅為上下或斜方之運動。

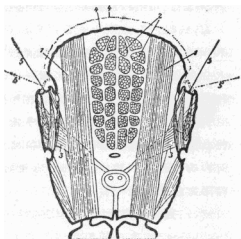


圖119. 飛蠅第二胸節斷面模型圖

1.背腹筋，其收縮變4'為4之位置。2.縱走筋，與3斜走筋一同變4為4'之位置。因此翅運動於5與5'之間。

蜻蛉前翅與後翅，交互動作，前翅舉起後翅下降而運動。然在脈翅類，鱗翅類，前後兩翅同時動作。此外尚有脈翅類之某種，後翅以鈎連絡於前翅，由前翅之運動而起運動。就昆蟲之飛翔為精密之研究者，為研究鳥類飛翔之馬來氏氏曾證

明蜂、蠅飛翔時翅之動作方法，其翅之先端作8字形之運動。即翅自上至下，並向前方動作，其次翅引向後方而進於斜上前方，迨舉至最高時，復引向後方，更自後方打向前方，故其先端，適畫成一8字。翅如斯動作之理由，因昆蟲之翅，與鳥之翼異，飛行時常開張，此方法最能利用昆蟲運動中相對的發生之風之抵抗故也。



圖 120 蜻蜓之前翅
後翅交互運動模型圖

翅上下之回數，隨昆蟲之大小，翅之大小而殊異，小形動物普通回數多，查知粉蝶為九回，蜻蛉二十八回，蜂一百九十回，家蠅三百三十回，蜂、蠅飛翔之時，翅振動極速，故發音而不辨翅之扁平形狀。

第六章 神經及感覺

一、動物之特有性質 前述刺戟感應，為原形質之生理的特徵之一。然無分生物無生物，物質受外界之變化如氣壓，溫度，濕度等變化之影響，則脹起膨脹，收縮，及崩壞，分解。生物亦為一種物質，以上固所當然；然生物除此種影響外，有以之作爲刺戟，感受之起對應之作用。植物不能運動，爲定着性之生物，故其對應之作用，不見立即引起吾人感覺之顯著之外部變化；僅由遺傳上之形態性質營生理作用，成爲生活現象而對應外界。多數之植物，如吾人室內盆栽之植物，向光開展其葉；在特殊之植物，如含羞草，有接觸之，葉即摺合者，亦有如食蟲植物，或蟲之接觸而捕之者。運動性之動物，對於外界之刺戟，能行隨機之活動，如見食物則進取，或敵來則逃避；而對於此類刺戟之感應，因維持自己之生命爲有效，行所謂應目的之感應。刺戟感應，不止於一時之隨機反應；應生存目的之對策，能形成生理的性質，影響形態。現在吾人所見之動物之形態及習性，各適應該動物之生命維持，其所以然，爲生物進化論發端之所。然爲其根本之動機者，爲刺戟感應之性質，與適應生活目的之變化性，而爲其中某種進化方針活動之結果。

刺戟感應，爲原形質之生理的特徵，故單細胞之動物，其

全體發揮此性質，適應細胞個體之自由獨立生活或寄生生活而生存。然在多細胞動物，細胞形成組織，至營分業的機能，結果，或受動物外界所起之變化，感覺細胞之特殊細胞擔任之，其他之細胞，營其他之生理機能，由此遂行生存之目的，維持生命。生物體內之各器官，營一定之獨立機能，同時復互相關聯，一器官之作用，影響其他之器官。在動物個體上之統一整備，遠較植物為強固，故在動物體不僅外界之刺戟，在體之內部亦發生刺戟，故動物以體內外之刺戟活動其他之器官，使為適當之工作而完成生存之目的。特如關於動物運動之臨機之機能，尤為強盛而必要；其中關係深之組織，為肌肉組織，及分泌消化液等之細胞組織，即分泌腺，故內外之刺戟，主向此等傳達。吾人望見青梅，因外部之刺戟分泌唾液；因腦中所起之內部刺戟，發表意見，或作漫談，運動附着下顎之筋及喉頭而發出聲音；皆得由內外之刺戟傳達於肌肉及分泌腺以解之。

二、神經系統之分業 今就廣義的神經系統述之，在神經系統中，如以前所述，有感受刺戟特如外界之刺戟之細胞（感覺細胞），與傳達感覺細胞對於外界刺戟所起之興奮，並以多少之自由意志，使肌肉及分泌腺等之結果器官，應目的而活動之細胞（神經細胞）。在下等之海綿動物，腔腸動物，無此等區別，司刺戟感應之細胞，散在體中，僅互相連絡，不形成一定之器官。在高等之動物，感覺細胞成為感覺器官，神經

細胞,多數集合而形成神經中樞,或感覺細胞與神經中樞之連絡有二:一以神經細胞發達派出之受成神經纖維 (Sensely nerves fibre),達於感覺細胞;一自感覺細胞派出神經纖維,而達於神經細胞;由此二種不同之傳達纖維區別感覺細胞,名後者為第一次感覺細胞,前者為第二次感覺細胞。

在下等動物,無神經細胞與感覺細胞之區別,現於體之外表面之感覺細胞,有直接傳達外界刺戟所起之興奮於筋纖維者,在高等動物,體內亦有多少此種之細胞,大多感覺細胞與神經細胞連絡,尤在後者,存在於一定之場所,成為神經球 (Ganglion), 腹髓 (Abdominal cord), 腦 (Brain), 脊髓 (Spinal cord) 等之神經中樞,神經中樞雖為感受感覺細胞之刺戟興奮傳達至結果器官之中樞所,於斯動物判別外界刺戟之種類,行應其種類之傳達,即就其全體觀之,實

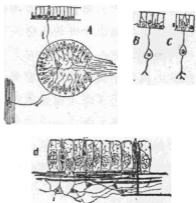


圖 121. 神經系統中之感覺細胞與刺戟傳達之關係模型

A. 中間有神經球, 矢示感覺神經至運動神經之傳達方向。

B. 神經細胞自由末梢在皮膚細胞中之分布。

C. 第二次感覺細胞與神經細胞連絡。

D. 水螅之外皮細胞下散在之神經細胞, 成多角形, 末梢有至感覺細胞者, 有成自由末梢者及至纖維中者。

執行某種
意味之判
斷，而對於
某種一定
之刺激，行
組織的一
定之傳達，
反覆行之，
其神經系
統之連鎖，

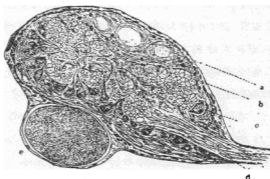


圖 122. 蚯蚓之腹神經橫斷面

爲反射的

上面三個爲三條大神經纖維。b 包圍之結締組織性之纖維。中央部爲普通神經纖維之橫斷 b。其下方之黑色部與 c。爲同樣之神經細胞。d。由此派出之纖維。e 血管。

(Reflective)，運動遂成爲反射運動。下等動物之運動中，此種反射作用最多；吾人日常之行為，亦以此占其大部分。又多種動物複雜之習性，如鳥，蜘蛛之作巢，魚因產卵而溯河等之習性，亦爲遺傳上發達構成之神經中樞之神經連鎖的一定，生殖器官之成熟或食物要求等之內的刺激興奮之而成爲巧妙之習性，即所謂遺傳的反射運動是也。

其次吾人人類，固定自己一代所起反覆之刺激於腦中一定之神經連鎖，動物亦略具此傾向。一再經驗對於同一變化爲同一感應而運動之行為，加以判斷時，下次遇同樣之刺激，即成爲行生活目的最善之道之行為；此並非習性，爲以自由意志的行為現出者。尤在人類社會，因使人類一代之經驗

多且深，以幾百代祖先之經驗的行爲，成爲習慣而存在；使衣食住容易勞作之方法，可以講義，講習，實見而習得，由言語文字，映前人之經驗於自己之腦中，吾人不僅記憶之，因具有推究自然理法而應用之能力，吾人之行爲，吾人之神經中樞之活動，得及於無限之範圍。

吾人容易觀察得知者，庭中間遊之雞，於食餌搜索中瞥見某種容易刺戟視覺之物，用嘴拾取辨味，若爲不適當之食餌時，於其他機會雖遇見之，決不再反覆前次之動作，吾人之腦，於此點行最複雜之作用，即腦細胞複雜之連絡，通視覺復通聽覺，將印象於腦中之經驗，記憶之，整理之，其間遭遇新之自然現象，社會現象，憑整理過之記憶，復本前人之斷定，發達判斷推理新現象之能力；而此種判斷推理之能力，成爲拘束 (Control) 動物行爲中最普通之反射運動之意志，而活動結果器官。故人類之行動，於反射運動及多數動物中所見之習性的運動或生殖器官之發達及其他之刺戟所起之運動等外，有由腦之神經細胞拘束反射運動之作用；由於以上所生之自由意志的刺戟之運動，其特多者成爲特長。

第一節 機械的及化學的感覺

吾人由至今人類共有之感覺器官之位置機能，分別感覺，得視覺，聽覺，嗅覺，味覺，觸覺之五種，此等之器官，謂之五官，然感覺全恃感覺細胞之能力，故隨其性質而有差異，感覺所

及復有一定之範圍；因此如味覺、嗅覺之因人而異，動物與人類間，大為相異，某種之感覺，動物一方遠較人類為發達者甚多。今隨刺激之種類，性質分別，因刺激有機械的刺激(Mechanical stimulus)與化學的刺激(Chemical stimulus)，據此觸覺(壓覺、氣流水流重力等之感覺、痛覺、溫覺、冷覺等)位置覺、聽覺為機械的感覺，味覺及嗅覺為化學的感覺。此外對於光之感覺，其刺激不能簡單謂為機械的或化學的，當作別論。

一、觸覺 為普通外界之物體觸於體而感某種異常之壓之機能。接觸之刺激中，興奮原始的細胞者甚多。多數單細胞動物，由此運動，即在單細胞生物，感應此種接觸刺激，表示接觸趨向性。司觸覺(Sense of touch)之細胞，性質上廣佈於

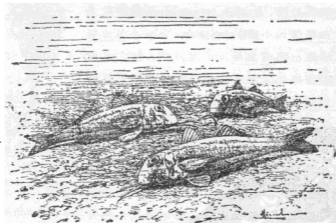


圖 128. 以觸感觸地面之魚

體之表面，尤在形成尖端之個所，多數存在；是故在無脊椎動物，觸手，觸角及觸鬚等發達，其處富於感覺細胞。節足動物，全身為角皮質之甲所被覆，故觸覺以容易活動之剛毛營之，其根部有觸覺細胞，介類匿居介殼中，故在現出介殼之部分，多感覺細胞，外套膜緣，水管等，感覺銳敏。脊椎動物之觸覺細胞，以數個集合形成感覺器者為多，且隨感覺細胞之集合狀態，種類不一；但亦有內部神經細胞之末梢，進入皮膚或眼之角膜而生痛覺者，亦有走入真皮表皮間之乳頭突起中，作成末端球或梅思南氏小體(Meissner's corpuscle)者。脊椎動物之觸覺細胞，皆為第二次的細胞，其種類甚多，今舉其主要者，除梅思南氏小體外，為呈盤狀之滿鈎爾氏小體(Merkel's corpuscle)，呈棍棒狀之伐多派信氏小體(Vater-pacini body)及海柏斯氏棒棍小體。滿鈎爾氏小體，多在人體之毛根，脂肪腺等部，其細胞之分佈，隨場所而大異，如梅思南氏小體，多在無毛之手足平坦部，在手之平坦部，總計約有一萬五千個之小體，而在有毛之所，則以滿鈎爾氏小體為多。蝙蝠之翼，鼯鼠，豚，象之吻端，感覺甚銳敏，亦有極多之滿鈎爾氏小體存在。鳥類之嘴及舌上之真皮中，有類似伐多派信氏小體之海柏斯氏小體及類似滿鈎爾氏小體之葛蘭特氏小體(Grandry's



圖 124. 梅思南氏小體
 1. 感覺細胞
 2. 通過中央之神經
 3. 神經纖維

body)甚多，鴨類由此搜索泥中之食餌。司澈倫塞氏曾實驗飼畜蝙蝠於縱橫引張麻繩之室內，蝙蝠飛躍自如，絕不觸動其繩，此因蝙蝠翼面多數存在之感覺器，感知引張之繩故也。但既無視覺之認識，亦不接觸，則其感知，當由於前面空氣流動之變化無疑矣。

〔魚類之側線〕棲息游泳於水中之魚類，對於水之流動之感覺，亦極為銳敏。蓋水吸收光線之力甚強，水深達四百呎，攝影乾片即不生影響，是故水中動物雖最高等之魚類，視覺之作用，亦極遲鈍；然游泳迅速之魚，未嘗衝突於物體也。



圖 125. 魚類之側線橫斷模型圖

1. 神經 2. 側線管 3. 鱗上之開口 4. 神經細胞與感覺細胞 5. 鱗

水中生活之脊椎動物，在兩棲類之蝶螈、鯢魚及魚，有特殊之感覺器，此器雖司壓覺，實具有感覺水之動搖之機能。蝶螈等之兩棲類及鯢類之皮膚中，有星狀或線狀之溝，其內部充滿黏液，溝底有神經之隆起末端積集(End fugile)，及具備感覺毛之感覺細胞之隆起。在硬骨魚類，體側有側線，內部如上圖所示，側線為具有開口之鱗之行列，其鱗之下面，亦有充滿黏液之管，由側線上各有孔鱗之枝管溝通之，在其管底，應鱗面有多數之末端積集，此等末端積集之感覺毛，感受水流

之變化，使細胞興奮，細胞與神經細胞派出之神經纖維之末梢連絡，由此得傳達水流之刺激於神經中樞。就中魚類之側線，感受水之振動尤為銳敏；淡水魚感地上所起之振動而逃逸者，全為此器官之作用。池中之鯉，聞人來而聚合，亦為地上之噪音或足踏之振動傳入水中之結果以為給與食餌而行動也。如後聽覺項下所述，在魚類之耳，無知音上必要之蝸牛部之裝置。魚類及水棲兩棲類關於水流之感覺器，於彼等生活上最為重要，魚於食餌流來之方向，常以頭迎向感之，又因感水流之故，不至如死物之打撞於岸上。在湖河之魚，得由此知河口，探支流。普通之水不透明，濁水無論矣，魚在此等水中游泳，不少停頓，夜間暗中，能十分活動不至撞及物體者，皆因接觸物體之前，感受游近時所起水之反動變化故也。

廣義之觸覺，為皮膚感覺。其中於普通之壓覺外，有溫覺，冷覺，痛覺，水流覺等種種區別。就人類之實驗，此等各由特殊之細胞感覺之，其分布亦各異。例如用局部麻醉劑痛覺而有壓覺之殘留，痛的失却痛覺，仍有壓覺存在。在尋常之體，眼之角膜中央及齒，僅感痛覺，在眼之角膜緣，及黏膜，陰莖之龜頭，無壓覺，又頰之內側，無痛覺，由此等事實，亦可知其有種類之差異焉。

二、位置覺 據視覺而認識外界之物體，或由觸覺而體驗物體附着之程度，則自己之坐臥直立或傾斜之狀態，似亦能感覺知之；但在此等之感覺，有制限而甚不完全，是故在

運動之多數動物，發達司位置之感覺(Orientation sense)之特殊器官。在脊椎動物，此位置覺之器官，與聽覺之器官，一體存在於耳中，因從來以聽器名耳，在多數之下等動物，對於無聽覺之位置覺之器，稱為耳者甚多，如在蝦於第一觸角有耳，在糠

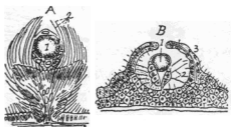


圖 126. 水母之平衡器二種

蝦尾脚有耳，水母傘緣有耳，此外其中石灰質之結晶與其他，稱為耳石(Otoliths)，由耳之名稱，易致誤解，蓋此等皆僅司位置覺，於聽覺全然無關。在魚類亦如前文所述，所謂耳者，與其他脊椎動物之耳雖在同一位置，於感覺音響，毫無關係，僅司位置覺而已。

位置之感覺，多數動物皆有之，殆出於同一構造，為興奮機械的刺戟之裝置。其構造與魚類之側線感覺器，同樣為由於激動感覺細胞突起之細毛，感覺液體之動搖或壓迫之差異，或由稱為耳石之物體之動搖壓迫，觸及毛而感知之。脊椎動物之位置覺，由複雜完備之三半規管營之，除所謂耳石之存在外，有互成直角分置三面之三管，內充液體，應體之動作而移動，刺戟感覺細胞，由此感知體在若何之位置：

耳石大多為動物之分泌物，成球形，收藏於稱為耳囊

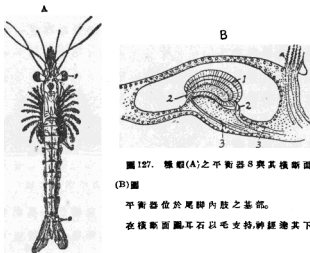


圖 127. 糠蝦(A)之平衡器8與其橫斷面(B)圖

平衡器位於尾腳內肢之基部。

在橫斷面圖耳石以毛支持神經連其下。

(Otocyst) 之囊中。在水母類,以其分泌細胞之柄,附着於體。其他動物,如瓣鰓類足上之耳石,糠蝦尾腳內肢之耳石,及浮游性軟體動物之耳石,同心環狀之球體,於耳囊內游離存在,爲由此觸動感覺毛之裝置。耳囊本爲外面皮膜細胞陷入內部而生成者,在上述之種類,無溝通外界之導管,然蝦類第一觸

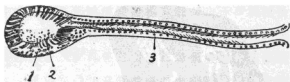


圖 128. 某種殼菜之平衡器橫斷

1. 感覺細胞 2. 感覺毛 3. 通外界之導管

角基部第一節之耳囊，貫通外界，且其耳石為來自外界之砂粒，蝦每次脫皮，耳囊亦脫皮，砂粒亦更換，其饒有興趣之實驗，為飼育脫皮之長臂蝦於水槽中，水槽底撒布鐵砂粒而放置之，蝦以鐵砂作為耳石，取入耳囊中，因磁石能牽引鐵砂，以磁石移近此蝦時，耳石為磁石所吸引，蝦變更體之位置而向磁石取水平位置，自水槽觀之，呈傾斜靜止之狀。

三、脊椎動物之位置覺 無脊椎動物之位置覺，由簡單之耳囊營之；在脊椎動物，有相當於耳囊之器官，由囊與管合成，較為複雜，且位置覺器與聽覺器連絡，呈迷路(Labyrinth)之狀，故兩者合稱為迷路，迷路本與無脊椎動物之耳囊同樣

為自外陷入者，故在魚類之某種，例如鮫類，由內淋巴管暫時與外界相通，此後概行閉鎖，內藏內淋巴液(Endolymph)，迷路以通囊(Utriculus)與小囊(Sacculus)之二部為中心，其中小囊之一隅，突起為瓜狀體(Le-

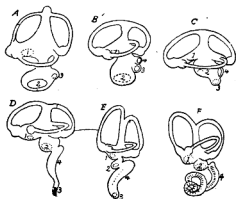


圖129. 脊椎動物各類之內耳構造模型

A. 硬骨魚類 B. 蛙類 C. 龜類 D. 鱉類
E. 鳥類 F. 哺乳類

1. 通囊處 2. 小囊處 3. 瓜狀體 4. 蝸牛殼

gena), 稱為三半規管之位置覺器, 附屬於通囊之上。在瓜狀體內, 發達蝸牛殼管, 成為聽器; 位置覺, 由通囊與小囊內之耳石及三半規管之內淋巴液, 因體之位置變化, 動搖或移動, 刺戟成覺細而起。三半規管為自通囊發生之三個半圓弧之管, 在互成直角之三平面中, 與物理學上決定物之位置之三基軸相一致。在各管之基部, 復有稱為壺腹 (Ampulla) 之膨大部, 內有具備感覺毛之感覺細胞之集合隆起。在通囊與小囊中, 有耳石, 有耳石之部分, 亦發達有毛感覺細胞, 腦之第八神經即耳神經, 分佈其末梢於此等部分及壺腹中。

脊椎動物司位置覺之內耳與三半規管之一般的構造已如上述。即三半規管內之液體, 由體之位置之變更, 異其壓迫壺腹之液壓, 經驗其感覺而記憶於腦神經中。通囊, 小囊中之耳石, 在魚類極為發達, 成大形之石灰質塊, 然在兩棲類以上之動物, 僅為細粒。魚之耳石, 在成長時期即夏期或盛食期增大, 呈同心之輪狀, 故在多數之魚類, 取其耳石磨為薄片, 得察知其年齡。在脊椎動物, 以位置覺感知體之位置, 經決定而為運動, 本具有此種微妙之作用者, 破壞此器官時, 魚類運動中不能保水平之位置, 廻轉體而運動。以破壞迷路之蛙置水中, 有時仰向游泳。吾人迷路中三半規管內液體, 因故意之體之廻旋運動, 發起感覺之錯誤, 廻旋中止之時, 感周圍如在廻旋, 或至誤認位置。此現象又成為船動搖發生暈船之原因。是故在聾啞之人, 大多無眩暈或暈船者, 此因其感官之蝸牛殼

部與三半規管同時損傷故也。但聾啞之人，非一概失去位置覺者，據某人實驗，五百十九人中僅一百八十六人不感暈船云。

四、聽覺 在魚類及魚類以下之動物，除昆蟲類外，概無聽覺音響之能。音原於空氣之波動，故感音以空氣波動中可以振動之薄膜如鼓膜者為必要。昆蟲感音之部分，如從前之傳說，在觸角，據多數研究，在蟋蟀，螽斯等，位於前肢之腿部，以角皮質膜薄之部分，或陷入內部作鼓室，於該處發生鼓膜而成鼓，為感受空氣振動之裝置。多數昆蟲之聽器，尚未十分明瞭，謂感音銳敏之動物，環節部之薄膜，有聽覺作用云。

音為空氣之振動，感音本為陸上動物之機能。脊椎動物中兩棲類以上之動物，棲息於陸上，對於音響一般銳敏，其司聽覺之器官，為耳之迷路之一部即小囊發達之蝸牛殼部(Cochlea)。在魚類僅具有小囊一側現出之瓜狀體部，自兩棲類進至爬蟲類，鳥類，與高等之動物，瓜狀體隨之發達，延長為管狀，至哺乳類，該管作螺旋狀彎曲，狀如蝸牛介殼，其長度在人類為 33.5 耗，(一寸一分)旋作三卷，故稱為蝸牛殼。(參照圖 129) 原來迷路如前述，為藏於骨內之囊狀體，內充液體，此囊為骨所包圍，然並不直接接觸；在囊之周圍為外淋巴液(Perilymph)，囊內為內淋巴液(Endolymph)，以蝸牛殼之管作成顯微鏡觀察必要之橫斷切片行鏡檢時，得察知分為三室，其中央之管，稱為蝸牛殼道或中道，充以內淋巴液，與小囊相

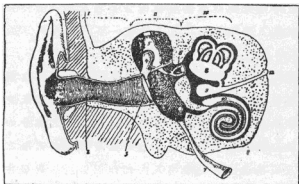


圖 130. 內耳構造 (人類之耳)

I. 外耳 II. 中耳 III. 內耳

1. 耳殼 2. 外聽道 3. 鼓膜 4. 錘骨 5. 粘骨 6. 蹬骨
7. 滲斯達氏管 8. 通竇 9. 小竇 10. 蝸牛殼 11. 圓窗 12. 內淋巴道

通,其底壁上發達具備可以感受音響之感覺毛之感覺細胞,感覺細胞之基底,分佈耳神經末梢,接觸於其游離緣之感覺毛者,有被覆膜,在蝸牛道兩側之二管,為前庭道 (Scala vestibuli) 與鼓室道 (Scala tympani),內充外淋巴液,此兩道於蝸牛道之先端相通,於蝸牛道之基部分離,前庭道與迷路全體即內耳之外淋巴液會合,並與中耳以卵圓窗為界,鼓室道單獨以圓窗為界。

在兩棲類及爬蟲類,鳥類,鼓膜接於皮膚,無外耳。在鳥類或僅成外耳道,自兩棲類以上,中耳以滲斯達氏管 (Eustachian tube) 通於口腔或咽頭,在中耳內有連結向外耳之鼓膜與向內耳之卵圓窗之骨;在兩棲類,爬蟲類,鳥類,僅有一個之柱骨

(Columella), 在哺乳類有三個之骨, 即鐮骨(Stapes), 砧骨(Incus) 與錘骨(Malleus)。此等之骨, 使外界之音所起之鼓膜之振動, 從卵圓窗傳入外淋巴液, 外淋巴液為液體, 故鼓膜之振動, 通過蝸牛殼之前庭道, 鼓室道而傳入蝸牛殼室內之內淋巴液, 至刺戟其感覺細胞。中耳內之三骨, 如以前所述, 為內臟弓之方骨, 關節骨, 舌弓之遺物, 中耳可視為第一鰓室。

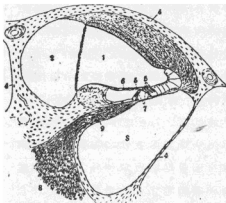


圖181. 蝙蝠內耳蝸牛殼部之橫斷

1. 蝸牛殼道 2. 前庭道 3. 鼓室道
4. 骨 5. 聽覺細胞 6. 黏膜
7. 柱狀細胞(5, 6, 7稱為科奇氏器)
8. 螺旋神經球 9. 神經

五、味覺及嗅覺 此二感覺稱為化學的感覺, 為某種化學的物質刺戟感覺細胞之感覺。小形之動物, 植物及精蟲, 對於化學的刺戟之活動, 稱為走化性(Chemotaxis)。在多細胞動物, 化學物質以揮發性成為氣體狀刺戟感覺細胞之感覺, 謂之嗅覺, 成為溶解於水之狀態而刺戟時, 稱為味覺, 此係指人類及陸上動物而言, 在生活水中之動物, 皆成為溶解性之物質之刺戟, 當然無嗅覺之可言, 然在魚類及其他脊椎動物。

有同位置之鼻，且對於嗅有相當之銳敏。又魚一經食不適之食餌即吐出，故證明亦有味覺存在。由此觀之，在魚類縱使刺戟其感覺之物質，無空氣之揮發性與水之溶解性之區別，亦當有相當於嗅覺味覺之感覺細胞存在。就脊椎動物一般而論，嗅覺如以上所述，為氣體狀態之物質之刺戟第一次感覺細胞，味覺為溶液性之物質之刺戟第二次感覺細胞，後者，特殊之感覺細感受，神經細胞之末梢受感傳達之。在魚類亦可謂為顯然具有此二種之感覺細胞，故得區別味覺與嗅覺而成之。然在無脊椎動物，無上述之第二次的感覺細胞，除陸上生活之昆蟲類外，不辨有味覺、嗅覺之區別，故單稱之為化學的感覺，方屬確當。

六、化學的感覺 為食物選擇攝取上最重要之機能，故在下等動物，十分發達。據某人實驗，海葵之觸手，於觸覺外有化學的感覺。就渦蟲類之片蛭實驗，以蛙肉置小河中，驟刺戟下流之片蛭，而自石下伸出，從暗處溯向上流，漸次刺戟至以下之片蛭，八十分鐘後，至十二步下流之動物，出發活動，其蛙肉遂集成一片蛭之黑塊。蚯蚓、水蛭等之化學的感覺，亦極



圖 132. 鼠觸角上之
味覺毛(1)與觸覺毛(2)

銳敏，其第一次感覺細胞羣，即感覺體，大抵前端多，至後端逐漸減少，蚯蚓之第一環節與上唇，共有一千九百個之感覺體，蚯蚓得由此感知地下之食物及區別植物之種類。

甲殼類及昆蟲類，在體之表面有角皮質之表皮層，然成爲化學的刺戟之物質，不可不直接接觸生活之感覺細胞，故其細胞常被以薄膜，如在水中生活者，此種部分，露出表皮外，亦無妨害，故司嗅覺以至味覺之處，有嗅毛。於蝦類，在觸角及口器中，成細管狀，其先端薄膜凹陷內有嗅毛，以此司化學的感覺；又在糠蝦類，雄之第一觸角內肢之基部，有特殊之毛，因

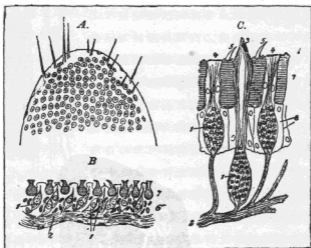


圖 133. 昆蟲之嗅覺器

A. 甲蟲之觸角表面 B. A之断面 C. 大樹幹之嗅器断面

1. 嗅覺細胞 2. 神經纖維 3. 突起 4. 管 5. 刺

雄之求偶而為雄所特有之性關係之嗅覺毛。

陸上之無脊椎動物反是，昆蟲類司化學的感覺之所，大多在角皮質膜薄之凹部，且昆蟲之化學的感覺，主為嗅覺，味覺一方不發達。關於嗅覺之感覺凹，多數分布於觸角。昆蟲嗅覺之銳敏，吾人由日常之觀察，如蜂、蝶之戀花，蟻、蠅等之趨集食物，蚊之自各處飛來等種種活動，可以知之。

據法國著名之昆蟲學者富倍爾之實見，某種柞樹上之蟻，為氏實驗之地所不經見者，一次自他處獲得其幼蟲而飼育之，化為雌蟻，放入鐵絲籠中，懸於離窗50呎之室內，三日後，自各處向該雌蟻飛來之雄蟻，凡60頭，圍繞籠之四周，此顯然為柞蟻異常銳敏之感覺所致，其銳敏之程度，竟非吾人所能想像也。彼蟻之出征遠處，而歸巢不誤，亦得認為由其嗅覺之銳敏所致。蟻由嗅覺認識同巢之蟻，較視覺為靈。駝蠅之善於鑽集食餌，其嗅覺之靈敏，亦有難以揣測者。不但昆蟲，多數甲殼類之搜索食餌，如棲息灣內淺灘之砂上食肉性之蝸，不拘運動之不活潑，亦見其羣集於腐肉之上，其嗅覺之如何指導彼等之行動，不難想像得之。特如昆蟲及其他下等之動物，雌雄求偶之動作，大多完全在嗅覺指揮之下；散在隱僻處



圖134 嗅覺粘
膜之細胞

1. 蛙 2 人類
a. 柱狀表皮細胞
b. 棒狀嗅覺細胞
c, d. 細胞之突起
e. 在蛙成為毛，在人類終於突起。

之雄雉之動物，尤在運動不活潑之動物，其雄雉善於相會之事實，令從事自然觀察之吾人，起十分奇異之感。

七、鼻與舌 脊椎動物中兩棲類以上之動物之鼻，與口以至咽頭相通。鼻之孔，稱為前鼻孔，通咽頭之口，謂之後鼻孔。今試以吾人人類之鼻為例，說明嗅覺。吾人之鼻，由鼻隔（自鼻骨發生）完全分為左右二室之鼻腔，各鼻腔之側壁上，有上中下之三個硬骨隆起，其表面以鼻粘

膜被覆，該部稱為鼻殼。在包蔽最上部之粘膜，特具發達嗅覺細胞之嗅粘膜，在鼻腔之周圍，有上顎竇，楔狀骨竇及前頭骨竇等各骨之腔（Sinus），此等與鼻腔相通，以濕潤吸進之空氣，保護嗅覺粘膜之細胞，並作為發生嗅覺刺激之準備，是故鼻腔中之構造，極為複雜。

然在生活水中全無嗅覺作用之鯨類之鼻腔，無類似鼻殼之隆起，內面平滑，鼻不過作為水之通路。鼻嗅覺粘膜中之嗅覺細胞，如前所述，為第一次的感覺細胞，由細胞發生神經纖維，與腦前端之嗅葉之神經纖維交合。

舌之機能，有食物攝取，咀嚼等種種，而成為感覺器者，因司味覺，味覺芽（Taste bud）之第二次的感覺細胞羣，分布表面，感受自食物溶解而出之化學的物質之刺激。在魚類，此種味覺胞位於體表面，尤如鰓，口邊等露出外面之部分，以此司味

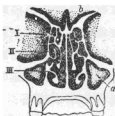


圖135. 人類之鼻腔斷面

I. 上鼻殼 II. 中鼻殼

III. 下鼻殼

a. 上顎竇 b. 眼竇

覺然在空中生活者，僅於口腔內存在，但味覺不必僅舌司之，如蛙，味覺胞在口蓋粘膜中，如鱷口蓋及舌硬化者，在咽頭部。又鳥類之舌及口腔亦硬化，故味覺細胞存在於舌根及軟口蓋粘膜中，以此司味覺。哺乳動物之舌，為司味覺之重要器官，然舌之作用，不止於此，觀其原始的機能如鳥類，蛙，石龍子等所顯著表現者，寧謂為用於食物攝取者。尤在哺乳類，齒發達，食物之咀嚼旺盛，因此舌為十分必要之器官；但哺乳動物，嚼食或嚼食之種類亦甚多，因此食物汁刺戟感覺細胞，味覺較他動物為銳敏。哺乳動物之味覺芽，不但存在於舌，口腔粘膜，軟口蓋中亦有之。

舌之表面有多數舌乳頭 (Papillae) 之小突起，味覺芽主在其突起底，因使食物汁得以直接刺戟，味覺芽貫通於外。舌乳頭突起，大別為菌狀乳頭，輪廓乳頭與葉狀乳頭之三種，在人類之舌，菌狀乳頭約計三百乃至四百個，為數甚多，其突起底具備之味覺芽之數，隨各乳頭而異，亦有完全缺如而為退化之突起者，然輪廓狀乳頭，數

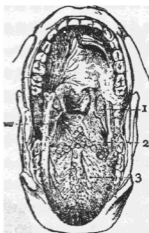


圖 150. 人類之舌

1. 扁桃腺 2. 輪廓狀乳頭
3. 菌狀乳頭。

VIII. 示舌咽頭神經

目甚少，形大，味覺芽之數，一乳頭達數百數千。葉狀乳頭，其基部有溝，分泌粘液，使化學物質溶解其中，增強刺激，且味覺芽之數亦極多。輪廓狀及葉狀乳頭，系統的及自獸類之食物關係考察之，極饒興味，哺乳類中在最下等之單孔類，有袋類及貧齒類，輪廓狀乳頭，僅備一對，無葉狀乳頭；又鯨及儒艮之舌，平滑，全無乳頭狀突起，樹懶無嚙食作用，故味覺器之發達，極不完全。

第二節 對於光之感覺(視覺)

一、陽性及陰性之趨光性 運動性之動物，普通以感光之器官為必要。動物對於光為進趨之運動者，謂之陽性(Positive)趨光性(Phototaxis)，為避光運動者，謂之陰性(Negative)趨光性；動物由此搜索食物，追求異性。通動物界觀之，視覺之機能，對於動物之行爲，似不若其他嗅覺，觸覺之密切；雖如獸類，爬蟲類，兩棲類之高等動物，亦有對於不活動之物體，不起注意者。又據種種實驗，動物活動之主因，與其在視覺，寧在嗅覺，觸覺。植物之葉，有利用光之勢力，創成生活物質之特性，故對於光為陽性，向光開展葉面。然動物無此種必要，由此點，亦與植物不同，尤如動物中因避光表示光之陰性趨光性之多數動物。

感光之視覺細胞，有特殊之構造，集合於一定之個所而存在，就中與色素細胞一起存在者，尤為普通；然視覺細胞亦

有不伴色素細胞，無眼之特殊構造而散布於體表面者。在棲息土中夜間活動之蚯蚓，不辨視覺所在，而有感光之力，又查知牡蠣及其他無眼之介類，能背光閉閩介殼。

二、視覺體及視覺上必要之構造 眼對光起興奮之部，為呈棒狀或圓錐狀之視感體(Rhabdom)。視感體因常伴有色素細胞，在下等動物亦容易確定眼之存在。在單細胞之綠蟲及其他鞭毛蟲類，亦有具備色素之視覺器，稱為眼點(Eye spot)。眼之色素細胞，可視為遮隔吸收光之某部，限定光之方向之物，此外色素細胞中發生化學的變化，能與刺激於視覺細胞。視覺器中，普通於色素細胞外，附屬收集光之裝置水晶體(Lens)。水晶體常為凸體，為屈折來自廣大之外界之光線，集於視覺細胞集合之所之用。眼之構造複雜者，如照相機，對於光之強弱，有作用如隔簾之虹彩(Iris)以加減之，由其開閉，變更光線投入之瞳孔(Pupil)之大小；因隨外界物體之遠近，定焦點於網膜上，如照相機之變更透鏡之位置，有行調節之裝置。

三、脊椎動物之眼 綜觀動物界眼之構造，種類不一其最簡單者為盤狀小眼(Ocellus)。(蝸蟲類，陽遂足，蝸牛等之眼)其次，具有水晶體之小眼，(昆蟲類及其他)各個獨立，稱為單眼(Simple eye)。在節足動物，有集合單眼共同司視覺之複眼(Compound eye)。最複雜而備有照相機之構造者，為鳥賊，章魚等頭足類之眼與脊椎動物之眼，成對的二個存在，謂之對

眼(Paired eye)。今先就高等之脊椎動物之對眼述之，此類之眼，與腦有密切之關係，其始，於胎兒發達中，外胚葉陷入而生之中央神經系之腦部，左右脹出，狀如有柄之玻璃杯，或盤狀，形成眼之基礎，由此發達眼之主要部分網膜(Retina)與色素細胞層。其次，盤面之外胚葉陷入內部，縱落中胚葉組織內，其向外面之細胞層，肥厚而形成水晶體。迨網膜，色素層及水晶體形成，此等周圍之細胞，圍繞之，而外面之表皮，成爲角膜(Cornea)，在內部，中胚葉組織成爲鞏膜(Sclera)，遂成完全之眼球(Eye ball)。此外自角膜與鞏膜之邊境，發達虹彩，而衝出通光之瞳孔，作用如照相器之隔簾。又當網膜之邊緣即圍繞水晶體之部分，發生肥厚之纖毛體(Ciliary body)，發達筋纖維而形成向水晶體作帶狀包圍之放射帶，水晶體由此安定於眼球之中央，纖毛體由其筋纖維之作用，而變更水晶體之彎曲度，行眼之調節作用。(即隨正視物體之遠近，投影於網膜之焦點之調節。)水晶體與角膜間之細胞消滅，其間充以水狀液(Aqueous humour)，成爲眼之前室；在水晶體與網膜之間，充以

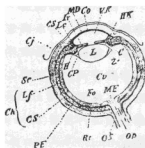


圖137. 人類左眼球之構造圖

- | | |
|-----------|----------|
| Co. 角膜 | L. 水晶體 |
| Sc. 鞏膜 | Lc. 纖毛鞘帶 |
| Cj. 結膜 | MF. 盲點 |
| Ca. 土撈密氏管 | O1. 視神經 |
| Cv. 玻璃體 | Sc. 鞏膜 |
| CP. 佩登氏管 | Go. 色素層 |
| Fo. 中心凹 | PE. 脈絡層 |
| Ir. 虹彩 | Rt. 網膜 |

成向水晶體作帶狀包圍之放射帶，水晶體由此安定於眼球之中央，纖毛體由其筋纖維之作用，而變更水晶體之彎曲度，行眼之調節作用。(即隨正視物體之遠近，投影於網膜之焦點之調節。)水晶體與角膜間之細胞消滅，其間充以水狀液(Aqueous humour)，成爲眼之前室；在水晶體與網膜之間，充以

玻璃狀液(Vitreous humour),而成眼之後室。司眼球內部營養之血管,多數由眼球之視神經通路走入,分布於網膜,色素層與鞏膜之間,形成脈絡層(Chorioidea),並自網膜之腹側,派入毛細管,以營養玻璃體及纖毛體。

四、網膜之構造 網膜並非如其他感覺器官之為感覺細胞集合之簡單構造,組織網膜之細胞中,有三種視覺細胞層,由此區分三層:最外之第一層,接近於色素層,係具備稱為棒狀體及圓錐狀體二種感覺體之細胞層,是為視神經細胞之外核層(Out nuclear layer);其第二層為具備二突起神經細胞之內核層(Inner nuclear layer);第三層稱為神經球層(Ganglionic layer),自其神經細胞,向腦發出求心的(Centripetal)神經纖維,此等各層之神經細胞,因發出神經突起相交,插入外核層與內核層間之外網層,及內核層與神經球層間之內網層。網膜在上述之三層中,以多數之細胞與作為支持組織之繆勒氏支持細胞(Supporting cell)填充之。由水晶體集來之外界之光,不在刺戟上述各層之神經細胞,而在通過此等,投影於色素細胞,開始與其刺戟於第一層外面之棒狀體及圓錐體之視感覺體,其次刺戟與奮經第二,第三層之神經細胞,而傳達至腦中。連絡腦與網膜之視神經,為自前者向後者之遠心的(Centrifugal)神經纖維與自網膜神經球細胞發出之求心的神經纖維所合成。網膜愈近中央,神經細胞集合愈密,棒狀體及圓錐體亦較他處微小,此網膜之中央,稱為黃點(Yellow

sport),其中心稱為中心凹(Fossa centrales)。中心凹之部分缺

失第二,第三層細胞而成窪陷,是故外界之光,得直達棒體層,吾人凝視物體時常投像於此黃點。中心凹,不僅人類之眼,猿之眼亦有之,哺乳類就大體而論,以缺如者為多,在鳥類普通皆有之,在某種鳥類如蒼鷹,鳶,鷂等,亦有具備

二個之中心凹者。

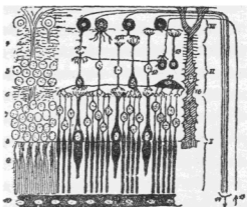


圖198. 有椎動物網膜之斷面模型圖

示中央部神經細胞之通路。I, II, III. 三層分界,有1.至9.之層號。

- | | |
|-------------|--------------|
| 10. 色素層 | 11. 垂於切線之細胞 |
| 12. 二極視覺細胞 | 13. 亞馬克令視覺細胞 |
| 14. 求心視神經 | 15. 遠心視神經 |
| 16. 穆勒氏支持細胞 | |

五、視感體之分布 網膜中棒體及圓錐體之分布,隨動物之種類而大異。在人類之眼球,網膜中之棒體,遠較圓錐體為多,約抵十八倍。獸類亦然,尤在暗處活動之蝙蝠,鼯鼠及水中動物鯨,海狗等之網膜,圓錐體完全缺如;然鳥類則反是,除夜活動之鷄,圓錐體之數超出棒體。

至網膜中棒體與圓錐體機能上之差異，據最可靠之推論，圓錐體敏於色彩之感覺，棒體無此機能，僅有區別明暗之作用。吾人網膜上凝視一物時，投像之中心凹部分，僅自圓錐體組成，不見棒體，而去此部分愈遠，圓錐體遂愈少。吾人不用凝視茫然眺望外界時，事物不明瞭，不起色彩之感者，因投影於網膜全面之故；又弱光之時，亦不能明定色別。而在夜間動物及水中動物之網膜中，缺少圓錐體，僅由棒體與色素層並列。由此體事實觀之，可知棒體為明暗識別視感體，圓錐體為色彩識別視感體。

在網膜之外有色素層，色素細胞之突起，進入棒體及圓錐體之間，應光之量，而色素細胞與棒體，圓錐體，或接或離。色素層之外，為血管之脈絡層；在某種動物，此層在色素層一面，有反射性之結晶體，呈層狀，就中以夜間動物為主，有蹄類，水棲獸類亦有之。獸類之眼，夜間所以放光者，皆因外界之弱光，受結晶體之反射，復經水晶體之集合，而入於吾人之眼也。

六、眼之調節作用 眼在明辨遠近之物體時，不可不行眼之調節作用。對於遠近之調節方法，隨動物之種類，略有不同。哺乳類，鳥類，爬蟲類，由水晶體周圍之纖毛體牽引網膜及變更水晶體之彎曲度以行之，尤以人類及猿類等前肢作為手使用之動物及鳥類，此調節作用非常銳敏。獸類則十分遲鈍，故獸類對於不動之物體，少有認識者。又纖毛體中牽引水晶體之筋，在哺乳類為平滑筋，反之，在鳥類為橫紋筋，故調

節更爲敏捷。

魚類兩棲類之水晶體，因彎曲度強，調節之方法，不在變更其彎曲度，而由水晶體接近或遠離網膜調節之。其附着於水晶體之纖毛體之上方部，爲僅僅維繫水晶體於中央之懸垂帶(Suspending band)，下方部發達牽引水晶體之筋纖維，由此移動水晶體於內方或外方。魚類兩棲類之水晶體不必論，鳥類、龜類之水晶體，當向內或向外調節之際，其位置變更，而水晶體與網膜間之玻璃體，無從改變其容積；因此在此等動物，又有特殊之裝置，即自網膜之某個所，(爲眼發生時形成陷凹之點，大多在視神經通路之附近)有突出於玻璃液內之物，(稱爲錐狀體或扇狀體)由其充血與否，如哺乳動物之陰莖然，眼大或縮小，由此與玻璃狀液之部分以容積之變化，與水晶體之內外牽引相應。在哺乳類，纖毛體之有褶皺，亦不外此故。

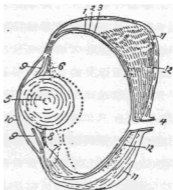


圖 139. 魚眼之垂直縱斷

點線示水晶體之牽引

- | | |
|--------------|-----------|
| 1. 網膜 | 2. 色素層 |
| 3. 懸絲層 | 4. 視神經 |
| 5. 水晶體 | 6. 水晶體懸垂帶 |
| 7. 水晶體牽引帶 | 8. 水晶體牽引帶 |
| 9. 虹彩 | 10. 角膜 |
| 11. 鞏膜, 下方厚。 | 12. 脈絡膜 |

七、節足動物之複眼 複眼之構造，可視為各個獨立之視覺裝置之集合，即複眼自其表面觀察時，有六角形或類此之區劃，是為一個之視覺器，名曰小眼 (Ommatidium)。其表面呈角質觀者，為角膜，係透明之角皮質膜，形成複眼之小眼之數，在蜻蛉類及大形之種類，雖有一萬餘，在花蜂為四千，歐洲 蠶之蠶，因雄者飛行雌者生存地上之關係，雄之複眼成自二千五百，雌則僅三百。又蟻亦由同一關係，雄一千二百，雌八百三十，職蟻不過六百。在其角膜之下，有極薄之上皮細胞一層，細胞之下，有倒錐形之水晶體即倒錐體 (Crystalline)。其次，有自最深部發出之細長之視感體，其周圍及基底，由七個之視覺細胞圍繞之，是為屬於一個視感體之細胞。在角膜及倒錐體之周圍，亦有此等之細胞，此外各倒錐體及視感體間有色素細胞，形成各小眼之隔壁。複眼無整個的認識外界物體之力，僅能辨認進入各角膜略作垂直投入之光線，合此映入多數小眼之像，始認識一物體，斜方投入之光，為色素所吸收而消滅。

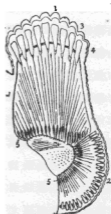


圖 140. 螞蟻類 *Stylocheiron* 之二分眼

1. 向前方之眼
2. 向側方之眼，兩者異其機能。
3. 角膜
4. 倒錐體
5. 視感體

八、烏賊之眼 頭足類眼之構造，非常複雜，其構造極類似脊椎動物之眼，具有相當之各種構造，角膜、虹彩、水晶體、玻璃狀液、網膜及其被覆之鞏膜等，悉行具備；然察其發達，與脊椎動物之眼全異。脊椎動物眼中之網膜，由中央神經系之腦而出而發達，烏賊眼中之網膜，由外胚葉直接陷入生成。網膜上刺戟興奮之細胞即視感體，亦有如下之差異：在脊椎動物，面向光射入方向之反對側，光通過網膜之神經細胞而達於棒體、圓錐體及色素層，在烏賊，則棒體向光射入之方向即向水晶體。且烏賊之水晶體，如魚類然，殆成球形，其實由二個半球合成，由所謂上皮體之境界可以識別。烏賊之眼與體重相較，異常之大：人類之眼，約為體重 $\frac{1}{40}$ %，烏賊之眼，自體重 $\frac{1}{2}$ %至最大25%，具有體重之四分之一之重量。網膜上棒狀視感體之數亦極多，在槍鱗屬，查知一平方耗中有十萬個。頭足類眼之遠近調節，由附着於水晶體之上皮膜之筋肉收縮，壓縮內容，以調節之。

第三節 神經系之中樞

外界之刺戟，感覺細胞感受之，感應其刺戟而現運動、分泌等結果，行器官之作業；因此，位於感覺器官與結果器官間而作用之神經細胞，自為必要。在水母、海葵等之腔腸動物，此作用之神經細胞，廣布於表皮下。在此以上之動物，除散在者外，神經細胞集合於某個所而成神經中樞，所謂神經球、腦、脊

髓，及節足動物之腹髓，皆係神經中樞，為神經細胞之集合所。神經中樞中之細胞，多數伸出長之突起，成為神經纖維，其中某種，達於感覺細胞而成感覺神經纖維，其他細胞所出之突起，達於運動分泌等結果器官之細胞而成運動神經纖維。此等神經纖維之束，即神經是也。此外神經中樞中，復有多數之細胞，介於上述二種神經細胞間，由其神經突起，互相連絡，由此為傳達感覺細胞中外界之刺激於結果器官，為中樞之工作。（但在下等之神經系，有以第一次感覺細胞之神經纖維，達於神經細胞，或神經中樞中缺少多數之中樞神經細胞者。）

一、神經中樞之特長 神經中樞之基本的的作用，如前所述，為刺激傳達之中樞所。然其實際之機能，極為複雜，刺激並非如電話之通話機，交換局，受話機間之照樣單純之波及。感覺之一小原因，每產生巨大之結果；且對於一定之刺激，有成為一定動作之反射作用者，在其反對，亦有拘束反射運動而惹起特殊之結果作用者。外界不起何等變化，亦能由中樞所腦中之內的刺激而興奮。特如大腦，具有拘束對於種種刺激之反射運動之機能。原來神經中樞之神經細胞，並非單獨動作，與其他神經細胞連鎖關聯存在而共同動作。其連鎖關聯，一方由遺傳傾向，於發達中次第連鎖而成，同時復應外界之刺激，而出現神經細胞之連鎖關聯；不僅行反應外界單一之刺激之反射作用，積集刺激，統一之，傳達其結果於結果器官，或由其結果，拘束反射作用。此等現象見於吾人之動作，

舉一淺近之例言之，在客之面前陳列美味之果子，若為小兒，則分泌唾液，出手以取之，知此為下劣之行為，及習於普通禮義之習慣者，唾液雖分泌，手決不伸出，或雖知為美味，由自身為客之觀念，拘束當伸手之反射運動，亦不泌出唾液；然在茶，則從容出手。由此等事實，可以推知腦之作用。

二、本能與經驗的行為 作為神經中樞而發達之腦，行刺戟之積集及反射運動之拘束作用，由是腦成為內部刺戟發生之所；更有不待外界之刺戟，僅腦中發起某種之意思，作為刺戟，成為行為而表現於外者。對於刺戟而反覆為反射運動之拘束，反覆為適於某種生活目的之行為而習慣時，雖屬多數人之模仿，遂生出腦細胞配列連鎖之一定形式，而成為習慣性行為。自然界及人類社會中所起之現象，反覆刺戟興奮，而追求其原因與結果之結果積集之而產生某種之理解力，至發達理智。在動物有非常巧妙之本能，如發達中未嘗一度經驗之鳥作巢，鮭數十里之溯河，蜘蛛張奇巧之網皆是。本能之機能，為該動物之祖先自數十百代前練習之結果，發揮此本能之腦之組織的構造，與該動物之發達，共為遺傳的發達，上述之習性，可視為

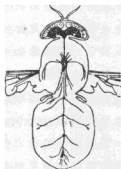


圖141. 蠅之神經系統
胸部之神經球合而為一，腦在左右分出更大之複眼神經。

由內部所起之某種刺激，例如生殖細胞成熟之內部刺激而發揮本能也。然人類之習慣性行為，理解力，及指導基於此等之行為之意識，意志等之發達，概為腦之神經細胞，由練習，教育發達之結果而發現者，在動物亦略見此等之發達；然與本能單純之遺傳的腦組織之發達相異。

三、神經中樞之位置 蚯蚓、水蛭等之環蟲類，蝦、蟹、蜘蛛等之節足動物，此等體自多數環節合成之動物與脊椎動物，統稱為環節動物。今先就環蟲類，節足動物及其他二三環節動物之神經中樞述之，此等動物，在各體節之腹面，原有神經球(Ganglion)

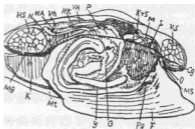


圖142. 蛭之解剖模型圖(示神經)

一對，各對及前後之各球，由神經連鎖互相連結為長梯狀，此神經球連鎖，稱為腹髓(Abdominal cord)。腹髓由位於頭部圍繞食道之食道神經而與背面上食道神經球相連絡，上食道神經球，與口邊及觸

- | | |
|--------------|-----------|
| Cg. 頭部神經球 | Pg. 尾部神經球 |
| Mg. 內臟神經球 | Ma. 唇瓣 |
| L. 肝臟 | M. 胃 |
| D. 腸 | Krs. 結晶針 |
| Ö. 生殖腺 | P. 圍心腔腺 |
| VA. 前動脈 | Hk. 心室 |
| VH. 心耳 | HA. 後動脈 |
| N. 腎臟(巴劍奴氏器) | Ab. 肛門 |
| A. 出水部 | E. 入水部 |
| K. 腮 | Mt. 外囊膜 |
| F. 足 | Va. 前閉殼筋 |
| Sa. 後閉殼筋 | |

角,眼之感覺細胞相通,又與腹髓相連結,因此成爲接受感覺,支配胸腹部之附屬肢及翅等之運動器官之重要神經球,亦稱爲腦。

軟體動物概具有頭部神經球,足部神經球,內臟神經球之三對神經球;此外亦有具備側神經球,壁神經球及頭足類之星狀神經球者,然並非如上述三對之爲一般的,頭部神經球,如環節動物之腦,位於食道之上,與感覺器連結,足神經球在足部,內臟神經球在消化管之腹面,頭部神經球與後二者,連結爲神經連鎖,腹足類體呈螺旋形,故內臟神經球,左者轉向右,其神經連鎖呈8字形,又烏賊,章魚等之頭足類,因頭部顯著發達,三對之神經球,皆集合於頭部。

四、脊椎動物之腦脊髓 其構造及位置,與無脊椎動物大異,脊椎動物亦爲一種之環節動物,然節足動物,環蟲類之神經中樞,在體之腹面成爲腹髓,而此則相反,在體之背面成爲脊椎神經中樞之成因,由於胚體原基之原條兩側之外

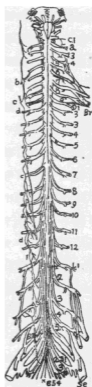


圖143. 人類之腦脊髓及交感神經(左)腹面圖

- Cl. 1-8. 頭部神經
- Dl. 1-12. 胸部神經
- Ll. 1-5. 腰部神經
- Sl. 1-6. 薦骨部神經
- Br. 前肢神經
- So. 盆骨神經

胚葉隆起，左右接合，該部陷入成爲長管而發生，其前部成爲腦(Brain)，後部成脊髓(Spinal cord)；是故神經系之管狀形態，終生存在，在腦形成腦室，在脊髓成脊髓管，如斯發達之中央神經系之腦部，未幾，前端膨大，至分爲三區，稱爲前腦 (Fore-brain)，中腦 (Mid-brain)，

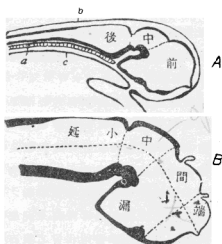


圖 144. 脊椎動物腦之發達順序

A. 三腦室時代 B. 五腦室時代

a. 管束 b. 外胚葉 c. 內胚葉

後腦(Hind-brain)，其後前腦成爲端腦與間腦(Thalamencephalon)，後腦分成小腦(Cerebellum)與延髓(Medulla oblongata)，共成五區。今就哺乳類述之，前腦之端腦(Prosencephalon)，係形成大腦(Cerebrum)之部分，分爲左右兩半球。大腦之前端，稱爲嗅葉(Olfactory lobe)，與大腦分離或附着於其前底，發出鼻神經。大腦之底壁，隆起於腦室中而成紋狀體(Corpus striatum)，背壁隨動物等級遞高而肥厚，稱爲被蓋部(Pallium)。兩半球由胼胝體(Corpus callosum)之橫行纖維連絡。間腦狹居大腦間，背面之壁甚薄，腹面成爲漏斗狀體(Infundibulum)而呈囊狀，內

部為腔，因名第三腦室，在間腦背部之上，有上松果腺(Epiphysis)附屬之，腹部有附着於漏斗狀體之腦下垂體(Hypophysis)附屬之。中腦因隨動物之等級而肥厚，腦室狹窄，成為薛爾維氏溝(Fissures of Sylvius)之狹道。至兩棲類，爬蟲類，因大腦尚未充分發達，從背面可以窺見中腦，其肥厚，成為左右二個之球狀體，謂之視葉(Optic lobe)。然在哺乳類全為大腦所被覆，其肥厚發達為四區，是為四疊體(Conpora quadrigemina)。小腦在兩棲類，發達不充分，僅為延髓前背壁之肥厚；然在善於運動之魚類，鳥類及哺乳類，小腦顯著發達，其壁肥厚，在鳥類，哺乳類，復現出橫皺，深入內部，其底稱為腦橋(Pons Varolü)，延髓直接通脊髓，並無境界，不過其背壁甚薄，內有腔所，成為第四腦室。

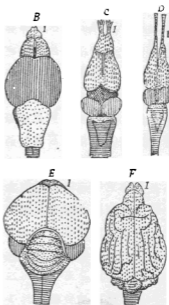


圖145. 脊椎動物各綱之腦背面圖。點線部為大腦，網紋部為間腦，斑點部為小腦，橫紋部為延髓。此圖可與圖146對照。

構成腦及脊髓之組織，分灰白質(Gray substance)與白質

(White substance) 之二種。在脊髓內部，有灰白質，其斷面略呈H形，H形向腹面之突起，謂之前角 (Anterior horn)，向背面之突起，謂之後角 (Posterior horn)，有神經細胞之部分，在灰白質內，其神經纖維由灰白質之前角，後角走出，由後角走出之神經，為求心的神經，即感覺神經，傳達外界之刺激至脊髓，由前角走出者，為遠心的神經，即運動神經，為自脊髓傳達至結果器官之用。腦中白質，灰白質之分佈，與脊髓異趣，以灰白質接近外面存在，神經細胞在表面特多，其分佈非常複雜，不能一概論定。

五、腦各部之機能 大腦，間腦，中腦，小腦，延髓之五部，各有特殊之機能，隨動物而異其發達之程度。例如前述之小腦，為作為運動神經中心之部分，在運動活躍之動物，雖係下等之種類，亦極



圖 146. 脊椎動物各綱之腦縱斷

- A. 軟骨魚(鰻魚) B. 硬骨魚(鮭)
 C. 兩棲類(蛙) D. 昆蟲類
 E. 鳥類(鳩) F. 哺乳類(犬)
 1. 漏斗狀體 2. 腦下垂體
 3. 上松果腺 4. 視神經交叉
 5. 三叉神經片
 6. 迷走神經片(點絲縱線等
 同前圖)

發達，在不活潑之動物，雖係高等之種類，其發達惡劣；如對照近似之種類而觀之，軟骨魚類中鮫，因運動活潑，小腦廣大，附着地面之黃貂魚，電魚及其他一般之底魚，小腦狹小，又在哺乳類一般十分發達，然在匍行地面及住居地中之針鼯，鼯鼠，則極小。中腦在大腦發達不顯著之動物，視神經纖維達於中腦之上壁而分布，因知此部為深於視覺關係之腦部。在視覺銳敏之鳥類，此部發達；然哺乳類之視神經，大多經間腦而分布於大腦，至行視覺之判斷而活動，因此中腦之發達，較鳥類為劣。至間腦之作用，因其發達不顯著，不能充分明瞭，僅此部背面具有上松果腺。又爬蟲類之某種，有貫通頭蓋骨達於皮膚下之顛頂眼附屬之。查知上松果腺與附着於間腦漏斗狀體之腦下垂體，共同為關係於腦之新陳代謝之內分泌腺。

大腦係智能之中心，經由大腦之刺激感應之行爲，為基於一定之經驗與理智之行爲。就大腦之部分的名稱言之，大腦前部之底，係嗅葉，其後底成為紋狀體而肥厚，背側部成為被套部，為高等動物特別發達之部分。嗅葉在感受嗅覺之刺激而活動之動物，特別發達，如在針鼯，關係於嗅葉之部分，占大腦之大部，在犬亦極發達；然在鯨，海豚等退化，在人類亦十分局限。伴腦之進化而發達者，為背側壁之被套部，在哺乳動物，延長於後方，被覆中腦，後腦，且表面現種種方向之皺紋。但亦不能由皺紋之多少，比較智能之程度，例如棲息水中之鯨及羊，鹿等，有多數之皺紋，而猿之皺紋較此為少。又腦量亦不

能作為智能之比較，人類比較其他動物，有最大之腦量，平均一千三百五十克，(三百五十九錢)為體重之2.5%，然象之腦為五千克，鯨之腦為四千七百克；(但與體重比較則僅少量)而稱為獅猴 (Midas) 之小猿之腦，比之體重為 2.7%，在蛛猴 (Ateles)，猿為 6.6%。(但因體重小形之故)今就體重與人類相同之大猩猩與犬比較其腦，人類為 1350 克，大猩猩為 430 克，犬為 135 克，大猩猩約有犬之三倍，人類約有大猩猩之三倍之腦量。

第七章 生殖與其器官機能

第一節 有性生殖與無性生殖

一、生物生自生物 凡生物遂行一定之成長，即行生殖 (Reproduction)，繁殖與自己同種類之生物，是為生物之基本的特徵。吾人現在所見之生物，無論為如何下等之生物，皆由生殖而出現，必有其親之生物，吾人不能決定生物起初如何出現於地球之

上；然一切生物由生殖自親體產生，為不能否定之事實，所謂“生物生自生物”，已成為科學上之法則，生物學之研究，一本乎此。蓋生命之為物，為附隨於生物體之特殊現象，故不能由現在之自然作用或人力以

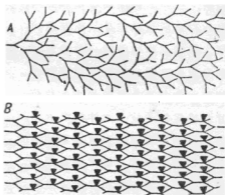


圖 147. 生命連續之二型

A 以體之分裂而增殖之單細胞動物無性生殖之情形。

B. 由生殖細胞增殖之多細胞動物有性生殖之情形。黑三角表示各個體。

新生之，亦不能以現在之智識，爲之徹底說明。而演繹“生物生自生物”之法則，復應用生物進化之理推論時，現在之全動物全植物及過去所有之一切生物之生命，可謂互相禱聯者。現在之生物，自其親之親祖先之祖先追究時，過去現在之一切生物之生命，遂成爲一大連鎖；人類，猿，空中之飛鳥，海中之魚介，以至草木，細菌各生物，不過此連鎖之一節，可以斷言者也。生殖實爲此生命連鎖之延長法。本章擬論述生殖法以明此連鎖之如何延長（參照圖147）。

二、有性生殖與無性生殖之區別 生殖者，新生同種個體之謂也。如以前所述，細胞分裂而繁殖同種之細胞，單細胞動物，一個體爲一細胞，故由自體之分裂而生殖。在多細胞生物，爲吾人所習知者，如蘆葦，甘藷，或零餘子枝上之芽，播之地上，則成新個體；在動物亦有多數類例，在水螅，珊瑚蟲或高等之環蟲類及羣生之石勒卒類等，由母體之某個所出芽（芽生 Buding）或縱分體之一部分（分生 Division）產生新個體，如新以一個體行單獨之細胞分裂，或分生，芽生繁殖新個體，謂之無性生

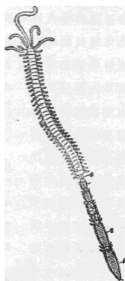


圖148. 沙蠶類之出芽生殖
1. 2. 隨遺體而成長，遂行獨立。
3. 生長中之個體。

殖 (Asexual reproduction)。然動物界及植物界中大部分之生物，發生特種生殖關係之細胞，由其細胞行生殖，吾人稱之為有性生殖 (Sexual reproduction)，生殖細胞中有二種，由其合體以行者，為正常之有性生殖。

以有性生殖與無性生殖相比較，由後者產出之新生物為親之分身；由前者產出之新生物，與二生殖細胞即產生此等之親之雌雄，並非全然同一，一部分遺傳雄親之性質，一部分遺傳雌親之性質，為其混合之物。至遺傳之現象及進化，俟後章述之。而動物種種形態上之變化，尤以親子兄弟間之差異，及動物界中千態萬狀之動物種類之變化，其根本，皆出發於生殖。吾人一代中獲得之性質，若其變化終不及於生殖細胞，則不遺傳於後繼者，僅以一代為限；然若影響至生殖細胞，則其性質亦顯現於次代。並當由有性生殖為兩親遺傳性質之合體之理，發生變化而進化。是故有性生殖為生物學上一切重要問題之基礎。

三、單細胞動物之生殖 單細胞動物之有性生殖，由於二個獨立之單細胞動物即各別之二細胞以行之。二細胞不能謂為全然同一，故縱使二動物間不辨雌雄之區別，亦當認為兩者異其性質。是故與一細胞二分裂之無性生殖比較，有性生殖，為一層進化之生殖法即後生的生殖。況二動物間認識雌雄之區別，因生殖，同種類間行二種之分化，自更屬一層後生矣。

單細胞動物，大抵由無性生殖繁殖；然亦行有性生殖，而任何單細胞動物，在某一時代是否以行有性生殖為必要，為今日多數學者所認為問題者。科爾金，赫特味喜 (Hertwig) 等有名之學者，謂此為必要，主張單細胞動物雖盛行無性生殖，達某時期行有性生殖而恢復生活力，即行數十百代無性的繁殖後，分裂之能力衰退，至失却生活機能，於是行有性生殖養蓄新勢力。然恩力克斯，(一九〇三年至一九一七年)韋特拉夫，(一九一七年)莫涅果等，主張單細胞動物未必以有性生殖為必要，雖行數千數百代之無性生殖，若外界之狀況良好，

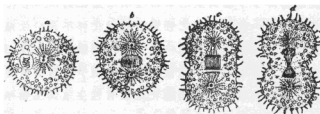


圖149. 原生動物 Acanthosysis 自核分裂至體分裂之順序

並不失却分裂之能力。韋氏曾實驗飼育草履蟲無性的六千代，確定尚益健全而有分裂力之事。又恩氏飼育 *Glauconia scintillans* (滴蟲之一種) 無性的二千七百零一代，在八個月間，未見稍有退化之狀態。單細胞動物中屬於纖毛蟲類之草履蟲及其他之動物，一個體內具有大核與小核之二核，前者稱為活動核，關係於生活，有性生殖之際消失，後者稱生殖核

有性生殖之際，分裂為數個。然韋特拉夫及愛爾特孟，發見草履蟲繼續分裂至四十回乃至五十回時，大核消失，小核分裂為八個，且所存八個中六個（或七個）亦消失，自殘存核生大核與小核之事實；又斐爾摩耳亦由鬍蟲發見同樣之事實，謂之內混（Endomixis）現象。前陳說有性生殖之必要之科爾金，亦承認此內混之現象，而謂行內混之時，無再行普通之有性生殖互混（Amphimixis）之必要云。

四、動物之自然死與永久生命 由上述單細胞動物之各種事實考察之，有性生殖係無性生殖所分

化之後生的生殖法；單純分裂之無性生殖一方，為原始的。細菌行無性生殖，在動物界單細胞動物之生殖法，亦未必以有性生殖行世代交番為必要，此說似較確當。無性生殖為分裂增殖，亦即分體的增殖，故在此類之個體，可謂無自然死（Natural death）。然一方若在無自然死之生物，以內混之現象為一般的，則內混之際，細胞內有一部分（大核）之死；是故此死與原形質之新陳代謝現象即不絕起新生與死之現象相

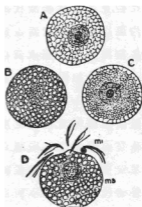


圖160. 原生動物胞子蟲類 *Coccidium schubergi* 之有性生殖

- A. 成蟲之蟲體
- B. 大胞子囊
- C. 小胞子囊
- D. 大胞子與小胞子行合體之狀

比較，死可謂爲新陳代謝之特殊情形，對於行於一細胞內之內混之現象，而成爲由於二細胞合體之生殖之互混，由此至多細胞生物，始死成爲個體之死，可瞭然矣。

在多細胞動物，死爲有生命者之必然的命運。詳細考究時，在死之一面，有生殖細胞所傳之永久生命，得承認生命之無限永續。何者，吾人之所謂生命，乃存在於一個受精卵細胞，分裂而變爲複雜，所謂身體之一個有機體制內之生命；而出現於吾人體中之卵或精蟲之生殖細胞，與體細胞之限於經營一代之生命者不同，自親體獨立，繼承次代之親之生命，即擔負生命連續之任務。比諸草履蟲之內混現象，吾人身體之生命，相當大核，吾人之生殖細胞，相當小核。有如活動核之大核，生理的活動之結果，在一定之時期內老衰消滅，生殖核再形成大核，吾人在生物上最具特長之自己之生命，實潛在於生殖細胞中，使之發達，則再爲自己之生命連續。使生殖細胞爲健全之發達，保護之完成其目的，是爲生物最須努力之所，一切動物皆注全力於此，人類當亦然。

五、單細胞動物之配合與接合 二個之細胞合體，形成一新生物之有性生殖，通行於單細胞動物間。此二個之細胞，有作爲親之二生物者，亦有在孢子時代者；二生物或二孢子之大小，有顯然相異者，有不能區別者。無大小相異之二個合體之生殖，稱爲同配(Isogamy)，相異時稱爲異配(Heterogamy)；大之生殖體，謂之大配子(Macrogamete)，小之生殖體，謂之小

配子 (Microgamete)。

其生殖法普通為二個之配子合體而成新生物之配合 (Copulation) 之方法，如此產出之新生物，為具有新勢力者，能盛行分裂，耐堪外界之變化。此外當注意者，在履行有性生殖以前，單細胞動物，大多個體行特別之分裂，某細胞增大，某細胞生多數之細胞，或細胞集合形成羣體，然後出現某種特殊細胞之配子。放射蟲中

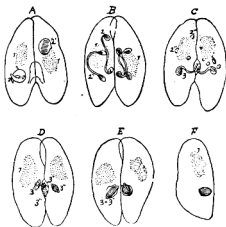


圖 151. 草履蟲接合之順序

A. 二生物之口接合密着，其中：

1. 新陳代謝之核漸次消失，故示以點紋。
2. 生殖核在 A 之右方者，開始核分裂。

B. 核經二次分裂，故成爲四個。

C. 其三個消失，尚存一個。

3. 二分裂而交換其一。

E. 交換核重合。

F. 二生物分離，適合核分裂而重新成爲新陳代謝核與生殖核。

phrys sol), 行同配, 二個體接合, 包裹於共同之膜中, 合體之前, 各出極體。團走子 (Volvox) 行異配, 球狀合體 (Cormus) 中之某細胞, 顯著分裂, 成爲多數之小配子, 某細胞, 特別增大而成大配子。其他孢子蟲類, 行有性生殖時, 亦預先各在一個細胞內,

大配子少數分裂，小配子多數分裂。

單細胞動物之有性生殖中，與前述之方法相異者，為纖毛蟲類之接合。接合與配合不同，為二個體接近，互換核之一部分而後分離，成為二個新生物之有性生殖，草履蟲為其適例。在行核之交換以前，核先起變動。今就草履蟲核動之情形，略述之，在草履蟲如以前所述，細胞中各有大核與小核二個之核。核動之際，大核消失，小核經二回連續之分裂，成為四個，其三個復消失，而殘餘之一個，縱分為二，其一個（雌性）留在細胞內，其他之一個（雄性）轉移於對方之細胞中，互行雄性核之交換，轉移之核，配合殘留之核，再分生大核小核，於分雌後成為草履蟲體內之新核。由是可知大核無生殖關係，為單司生活作用之核；小核關係於生殖，二回連續分裂之結果，其中三個消失，得認為與多細胞動物之生殖細胞，成熟之際所行之減數分裂相對應。

六、多細胞動物之有性生殖 有性生殖，其實際為細胞之有性生殖，與單細胞動物之有性生殖同，為由於二個營生殖之細胞之融合（Copulation）而起。惟多細胞動物，器官分業之結果，行生殖之細胞與維持個體生活之體細胞相異，成為僅關係於生殖之生殖細胞而出現於體內。此生殖細胞中，有原生動物異配中所述之大配子與小配子，前者謂之卵（Egg）或卵子（Ovum），後者謂之精蟲（Spermatozoa）。多細胞動物之有性生殖，嚴密言之，為此卵與精蟲之配合，特稱之為受

精(Fertilization),但有性生殖中,不行受精,僅卵發達而成新個體,所謂單性生殖(Parthenogenesis)之現象,亦甚多,與普通之有性生殖之兩性生殖各別;惟此亦原於成爲生殖細胞而存之細胞之發達,故亦爲有性生殖,與無性生殖之分生,芽生不同。

七、雌雄異體與雌雄同體 動物自一個體內產出上述二種之生殖細胞即卵與精蟲,則該動物爲雌雄同體(Hermaphrodite)。然動物界中寧以分別產生卵之個體與產生精蟲之個體之情形爲多,即雌雄異體(Gonochorite)之動物一方爲多。在植物界則反是,雌雄同株(Monoecious)以至雌雄同花之一方,較雌雄異株(Dioecious)或雌雄異花爲多。動物界之雌雄同體,大多似與動物之活動性相關聯,動物中運動不活躍者,或寄生動物,附着動物,以雌雄同體者爲多,例如甲殼類,大多雌雄異體,而在附着岩上之蔓腳類,有雌雄同體。

第二節 卵及精蟲與生殖器官

一、卵與其保護膜 卵即有性生殖之大配子,與單細胞動物之情形同,常屬大形,遠較普通之體細胞爲大,且爲不動性。人類之卵,直徑約0.2耗,肉眼殆難辨認,其他哺乳動物之卵亦皆如是,與鳥卵,魚卵比較,極爲微細,然尚較普通細胞大數百倍。卵由普通稱爲卵黃膜(Yolk membrane)之第一次卵膜包裹之,與細胞膜相與當。種種動物之卵中,有不具卵黃

膜者，同時亦有在此膜之外，復有其他之膜以爲保護者。此種之膜，爲卵產出後或在胎內發達上必要之保護膜。產卵乾燥之地者，更需一層保護。又產出之卵，因防食害之敵動物，亦屬必要。第一次之卵黃膜，在海綿、水母及棘皮動物軟體類之某種，亦間有完全缺如者，其他多數動物皆有之。魚類之卵黃膜尤爲強固。昆蟲及蝦蟹等之卵，在卵黃膜外，有第二次之保護膜，稱爲卵殼(Chorion)。卵殼爲卵巢內使卵發育之濾胞細胞(Follicle cell)之分泌物，與卵自身分泌之第一次之卵黃膜，成因不同。(在哺乳動物之胚兒膜，有Chorion之名稱，意味不同。)蛙產出之卵，包裹於石花膠狀之物質中，鳥卵以卵白與殼包裹之，此種包被物，爲卵通過輸卵管中時輸卵管壁之分泌物，爲第三次之卵膜。在魚卵第一次卵膜之卵黃膜上，及節足動物第二次卵膜之卵殼上，有受精之際可以通過精蟲之微突(Micropyle)之穴。第一次之卵黃膜，本極薄，同時亦有缺如者，故在瓣鰓類及棘皮動物之卵，不辨微突，而代以受精之際發生突起。然在第三次膜，概無微突，此因第三次之卵膜，於受精後始包裹卵子，否則如行體外受精之蛙，因精蟲得自由透入石花膠狀之膜。此外在產出之卵有更具備保護裝置者，例如蛭類、蚯蚓，由繭包卵，卷介以堅韌之袋廠數個乃至數十個之卵，昆蟲之繭爲蛹囊，螳螂以膠狀物貼附卵於外物。又二口蟲之類，於卵之外以數個營養細胞爲一體，入於包被之袋中，始行產出。是等亦可視爲第三次卵膜之一種。

二. 精蟲及其形態 精蟲以運動為其一般的性質，故具備適於運動之形態；因而構成細胞之內容，顯受限制，僅以有關生殖之遺傳物質為其要素，是故遠較普通之細胞為小，與卵子相較，尤有雲泥之差，例如就人類之生殖細胞，比較兩者之體積，卵約0.3立方 μ ，(三百萬立方 μ)精蟲一方，為12.5立方 μ ，約有二十四萬倍，而兩者之遺傳物質為同一資格，受精而發生之新個體，自母體與父體等分承受遺傳素質，係顯著之事實。

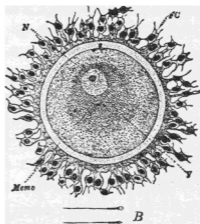


圖 152. 人類卵巢中之熟卵

卵以多數之濾胞細胞(FC)圍繞，此細胞與卵之間有透明之膜(Membrane)，其上有無數小穴，內外相通，卵有少量之卵黃(Y)，內藏大形之核。B. 略與卵同大之精蟲。同放大約五百倍。

精蟲之形狀，種種不一，類緣相近之種類，其精蟲亦隨情形而互有顯著之差異，然其一般的構造，如圖 154 所示人類之精蟲，成自頭(Head)，中段(Middle piece)，尾(Tail)之三部。頭之形狀，有球狀，圓錐狀，劍狀，或作匙狀窪陷及如栓拔之螺旋形等種種，尾部甚短，變化甚大，且有附着波動膜者，因此等種種之形狀及其所有之生殖的作用，僅同種類之卵與精蟲始能

合體，保持如鎖鑰之相適之關係，以至某種類之卵，不能與他種類之精蟲合體。與此具頭，中段，尾之一般的形狀顯著相異之精蟲，為蝦蟹等之甲殼類，蠕蟲類等之精蟲。此等不具運動

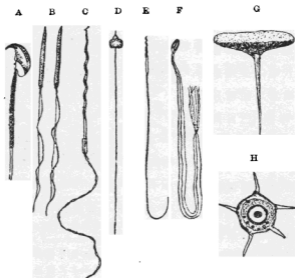


圖 158. 精蟲之各種形狀

A. 鼠(缺尾) B. 蟾蜍 C. 紅魚 D. 鰓蛤 E. F. 田螺 G. 長臂蝦 H. 蟹

器之尾，因而運動亦甚不活潑，或全不活動；蝦蟹之精蟲，伸出如變形蟲之偽足之放射狀突起，以此附着於卵，或由特別之內部構造，注入精蟲之內容(主為核)於卵中。

如前述卷介多數之卵，包藏於卵囊中，精蟲亦有多量藏



圖164. 人類之精蟲

- A. 正面圖
- B. 側面圖
- H. 頭
- N. 頸
- M. 中段
- T. 尾

入所謂精蟲囊(Spermatophore)之囊中而運入雌體者。精蟲囊於蝸牛，烏賊，章魚之類及蝦蟹類中見之，特如烏賊類之精蟲囊，成細管狀，先端有彈力性之帶與塞，精蟲固閉管中，烏賊隨種類而略有不同，交尾之雌，在眼下附近及其他之外套腔中，栽入此精蟲囊，又斑節

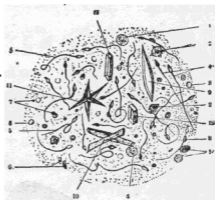


圖165. 人類之精液

- 1. 圓形無核之大細胞
 - 2. 淋巴球與同一之細胞
 - 4. 5. 精蟲
 - 6. 圓筒狀細胞
 - 7. Lecithin 體
 - 9. 10. 11. 12. 13. 精蟲體
 - 14. 澱粉狀體
- 其他為脂肪，蛋白質之顆粒。

蝦，雄以其交尾器，自雌性胸部腹面雌性門，插入精蟲囊於深處而成爲其大形之栓。龍蝦不具精蟲囊而代以精液，以顯著之膠狀粘着性，於交尾之際，塗附胸部腹面。多數動物之精液中，精蟲之外，有種種之物質。就人類之精液言，精蟲乃自辜丸之小管游離者，液體之物，爲副辜丸，攝護腺(Prostate gland)，庫白氏腺(Cowper's gland)，尿道腺所分泌，以顯微鏡觀察時，可窺見有核之球形細胞，透明球體，脂肪球，蛋白粒，色素粒及種種之結晶體。

第三節 生殖器官及機能

一、生殖器官之構造 多細胞動物中，在最下等之海綿動物，無關係生殖之特別器官，卵與精蟲出現於其中層之間充組織內，然在其他之動物，卵及精蟲必自一定之器官所謂生殖巢(Gonad)者發達；產生卵之生殖巢，是爲卵巢(Ovary)，產生精蟲者爲精巢(Testes)。卵巢及精巢，在不具體腔之腔腸動物，自外胚葉或內胚葉發生，在此以上之動物即在發達中胚葉組織之動物，生殖巢必出現於中胚葉組織之某之一定個所，且因中胚葉形成體腔，體腔與生殖巢常相關聯。

構成生殖器官者，以卵巢及精巢爲主。在多數動物，尚有數種之補助器官。最顯見者，爲輸出卵子於體外之輸卵管(Oviduct)，輸送精蟲之輸精管(Vas deferens)，發達胚之子宮(Uterus)或交接器(Copulatory organ)，雄之貯精囊(Seminal reservoir)，雌

之受精囊(Seminal receptacle);但此等皆隨動物生活方法之如何而具備,不行交接者無交接器,卵生者無子宮,因不待論,在胎生亦有缺少子宮者。生殖器官之構造,隨動物之種類而大異,於茲擬以哺乳動物為主,略述之。

二、人類之卵巢 人類之卵巢,爲附着於體腔下部骨盤中之一對之卵形體,前後之長徑約一寸二分,左右徑七分,重量各二錢弱,內充結締組織,卵細胞之發生及其時期,在下等哺乳動物,繼續至成長以後,在人類,胚兒時代已出現,至發達之幼期終了,即胚兒之卵巢出現後,生殖細胞自其表面之皮膜發生,其數個之細胞,在卵巢面成爲普夫盧干氏襞(Pflüger's egg cords)之突起而陷入,普夫盧干氏襞之某細胞,爲原卵,其他成爲包被原卵之細胞。卵巢皮膜之陷入,自胚體時代始,至二歲前後已終了;故人體之卵,在幼少時代即已確定,卵巢內之各卵,由陷入之際相伴之細胞包被之,此包被囊稱爲濾胞膜(Follicular membrane)。以女子二三歲時代之小形卵

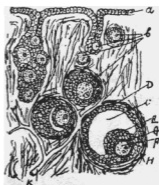


圖156. 哺乳動物卵巢之斷面模型圖

- a. 卵巢皮膜
- b. 由普夫盧干氏襞(自皮膜陷入)分離於卵巢內之卵與圍核卵之濾胞
- c. 濾胞液
- d. 濾胞細胞
- e. 核子盤
- f. 卵
- g. 透明帶
- h. 濾胞膜

巢裂為截片，計算全卵數，濾胞之數約有三萬六千，即當具有與此相當之卵，原卵隨成長排除不實者而減少，在十七八歲之頃，為數自五千至七千，其中成熟而有受精可能者，自女子十五歲至月經終了之時，每月產出熟卵一個，約計五百個。濾胞隨卵之發達而增大，生長達五耗。此種濾胞之內，有水液；卵在濾胞數層細胞壁之內壁上成為被子盤(Discus proligerus)為細胞所包裹而附着，以水液圍繞之。此濾胞在二百數十年前已發見，誤認為卵，今冠以發見者之名而稱之為格刺夫氏濾胞(Graafian follicles)。卵成熟，濾胞移行於卵巢之表面，濾胞破裂，卵遂破卵巢皮膜，經體腔而達於輸卵管。

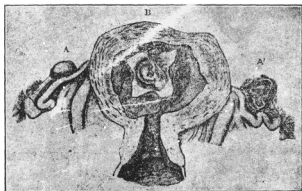


圖 157. 人類之卵巢及妊娠子宮之切開

- A. 右卵巢
 B. 切開受胎後四十日左右之子宮，並十字切開胚囊，示其中之胚兒。
 A'. 左卵巢，示排卵後形成黃體而膨大之狀。

此外熟卵脫出後，卵巢內之濾胞，並不立即萎縮，以血液之注入與濾胞細胞之陷沒而成黃體(Corpus luteum)，於卵巢中表示顯著之形態。尤在卵受精停止子宮中成長即懷孕之時，黃體更爲發達，在懷孕四個月時爲最大，呈赤肉質觀，由此漸行退化，然不懷孕則迅速退化。是故懷孕後母體之生理的變化，謂起因於黃體。

三、輸卵管 輸卵管，其始部開口於體腔，裂分數多之小瓣，此開口謂之喇叭管(Ostium tube)。輸卵管當成對存在，哺乳動物中僅最下等之單孔類，直至開通於尿道，左右分離，在其他之獸類，自中途左右相合，在人類，僅未合之部分作爲輸卵管，謂之法羅比氏管(Fallopian tube)，自合着之處成爲子宮，子宮之終末狹窄，而再爲寬闊之腔(Vagina)。腔爲尿生殖器之開口，開通於外界。(單一子宮 Uterus simplex)然在犬貓等肉食獸及牛馬等有蹄類，雖不合着之部分，亦作爲子宮作用。(雙角子宮 Uterus bicornis)又在有袋類，僅在後部合着或不合着。(重複子宮 Uterus duplex)腔除有袋類外，爲單一寬廣之管，其前方稱爲前庭(Vestibule)之部分，爲尿生殖竇，有膀胱之開口。前庭在人類，雖爲單純之凹入部，在獸類甚長，貓有腔全長之二分之一，馬有五分之二。處女時代之處女膜(Hymen)，境界前庭與其餘之腔部。此外前庭之前，有陰核(Clitoris)者，相當於雄之陰莖(Penis)，內部但見發達之海綿體(Corpora cavernosa)，腔之開口爲外陰門，其側壁有大陰唇(Labia majora)

與小陰唇(Labia minora),小陰唇為包被陰核之皮膚襞,大陰唇內部,富於脂肪組織,相當於雄之陰囊。

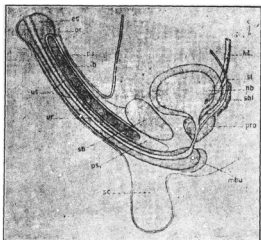


圖 158. 人類交接器官之正中斷面圖

es. 龜頭	pr. 包皮	pa. 陰莖海綿體
us. 尿道海綿體	ur. 尿道	ab. 恥骨弓
se. 辜丸囊	pr. 提隱腺	abl. 貯精囊
hb. 膀胱	al. 輸精管	hl. 輸尿管

鳥類之卵巢,雖左右成對發生,其右方之卵巢退化,僅存左方,生產卵子,因而輸卵管亦僅左方之一管發達,此為鳥卵必須多量貯蓄卵黃,顯著增大,及輸卵管必須分泌卵白及卵殼,由材料之經濟上所生之現象。

四、 睪丸 睪丸(Testes)本與卵巢在同一位置由同樣

之狀態發生者，是故在多數之動物，其發達之幼期，卵巢精巢，不能加以區別者甚多。在人類及哺乳動物亦然，出現於胚兒時代體內，隨成長而舉丸自鼠蹊溝之處下降，包被陰囊中，現於體外。但在若干種類，亦有停於體內者，如蝙蝠、鼯鼠等是。鼠之舉丸，得隨時出入。

今就哺乳動物之舉丸述之，舉丸製成切片在顯微鏡下觀察時，見內部有無數小管之斷面，是即所謂細精管(Seminiferous tubule)之管，小管自數層之細胞所成，小管之內壁，產生精蟲。無數之小管，次第集合，成為多數之小管而現於舉丸之外，通過副舉丸(Epididymis)後，遂合成一本之輸精管。左右之輸精管，由厚之平滑環狀筋與薄之縱走筋圍繞而成堅固之管，在膀胱直腸間，各出貯精囊之支囊，而後直接開口於來自膀胱之尿道(Urethra)。在其附近，有稱為攝護腺之極發達之粘液分泌



圖159. 響尾蛇之雄交接器

1. 陰莖
2. 提挿道腔
3. 平時之位置
4. 陰莖牽引筋
6. 腸
7. 輸尿管
8. 輸精管

腺，在貯精囊之直後，開口於尿道。

次就副睪丸之由來述之，副睪丸為中腎前部之遺物。脊椎動物之尿生殖器官中，如前排泄器官章中所述，在爬蟲類以上之動物，發達中出現前腎，中腎，後腎三種之腎臟，最後者作為腎臟作用；然在魚類，兩棲類，出現前腎，中腎，中腎作為腎臟而作用。在兩棲類，中腎腎臟之附近有睪丸，其輸精小管與腎臟內之小管連結；且兩棲類之輸精管與輸尿管同屬一管，為腎管縱裂之一之華爾富氏管。兩棲類之此種狀態，在爬蟲類以上之動物，發生中之中腎前部，成為輸精小管之集合管輻湊之副睪丸，至華爾富氏管，單營輸精管之作用。

五、陰莖 行交接之動物，有種種交接器及抱捉器。其中位於雄之生殖口之突起，稱為陰莖 (Penis)，雖在下等動物，如蝸牛，扁蟲類，亦有具備者。又有不在生殖口之處之交接器 (Copulatory organ)，例如蟹腹節之附屬肢，變為交接器而形成溝，在烏賊，腳之一本成為交接腳，以之運輸精蟲。又具備抱捉器者，其例亦甚多，水蚤，橈腳類，第一觸角上有之，螻蝦腹腳上有之。在脊椎動物鯨類，雄之腹鰭變形，亦為不成陰莖之交接器。雄蛙手上發達之厚皮為抱捉器。

當述及哺乳類之際，一述鳥類及爬蟲類之情形。在鳥類之某種，例如鳧類，及爬蟲類之蛇，龜，石龍子等，亦有陰莖。此等動物之生殖口與肛門，開口於一總排泄腔而通於外，陰莖為該腔外周緣之一部所發達，精液之通路為溝，其動作並不顯

著。然哺乳類十分發達，內以勃起性組織充實，即在下方以尿道海綿體之勃起組織圍繞尿道，其上方有一對陰莖海綿體，同互陰莖之全長充實之海綿體之構造，由血管之末梢，精細纏絡，彈力性結締組織，平滑筋纖維，縱橫走於其間，以支持血管。動脈之末端，終於特殊之盲管，靜脈之末梢膨大，陰莖之軟硬，即由血液之流入退出而起。又肉食獸，陰莖先端之附近，發達陰莖骨。陰莖由體之皮膚包被而留出先端之龜頭(Clitoris)。龜頭隨動物之種類，顯著不同，例如牛者極細長，在豚及野豬，其先端成螺旋狀，在貓有多數逆棘，又在某者具唇瓣。陰莖之形態，隨動物之種類而顯著相異，正如精蟲之隨種類而各不相同，所以防雜交者也；人類與類人猿已有顯著之差異。又被覆陰莖之皮膚，在人類與腹部皮膚離異而陰莖獨立，在其他多數動物，與之連合。

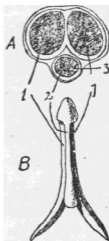


圖 107. 陰莖之斷面

(A) 示海綿體之位置

1. 陰莖海綿體
2. 尿道海綿體
3. 尿道

第四節 成熟及受精現象

一、受精及其手段 卵與精蟲之合體，常於液體存在之場所行之，精蟲自由運動其中，卵因牽引精蟲，散布某種化

學的物質於其周圍，於是始得互相接近而行受精，卵放出某種物質，利用精蟲之走化性以牽引之，係顯著之事實，吾人就放卵與精蟲於水中而行受精之動物，取其成熟之卵與精蟲使之交合，行人工的受精，不難實驗知之，恐在一切動物之卵，

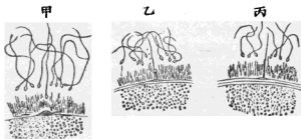


圖 161. 海盤車卵之受精

甲，精蟲集於卵之分分泌物中，其中向卵之隆起者，其直突進。

乙，突起與精蟲頭附着之狀。

丙，進入內部而露其尾，於是裸體之卵，始在周圍作卵膜。

爲有精蟲之走化現象者。受精行於液體中，故在水中生活之動物，不行交接，受精可於水中行之，以腔腸動物爲主，而棘皮動物，軟體動物中，具有二枚介殼之瓣鰓類，或石決明之類，及多數之魚類，(除鮫類及其他海鯽等二三例外)皆放出卵與精蟲於水中行體外受精，故無交接之現象，惟在此種受精，因互相合體之機會較少，此等動物，在生殖時期，多數羣集者甚多；日本北海道，常四月之頃，鱧之羣集海濱，東京近海，十一月秋刀魚之多量捕獲，瀬戶內海五月間之滿載而歸，皆原於此。

多數魚類，不但羣集，雌雄互相追求者亦甚多，鯉之雄追隨雌，鮭魚之雄作產卵場，雌產卵於其中，皆為吾人所習知者，日本敏於魚類觀察之山崎米吉氏，謂黑鯛及其他海產魚，多係雌追隨雄，其於黑鯛之觀察，謂雌在雄之後方，隨雄排出之白液之流游泳，在打魚時日擊之，所云當非虛語。

交接為使卵與精蟲在動物體內受精所行之現象，棲息陸上不入水之動物皆行交接。但兩棲類之蛙，產卵水中，卵在體外受精，而雄蛙匍於雌之背上，待產卵而放射精液於其上。就動物界綜觀交尾之



圖 162. (甲) 蛙之交接

上面為雌，示精液放射之狀，雄在雌之後方有發聲囊。



圖 162. (乙) 槍蛸之交接

b. 插入雌之外套腔之交接圖

tr. 漏斗

手段，種種不一，如舉二三奇妙之例言之，在渦蟲類及輪蟲類，蛭類之中，有栽植其交接器於雌體不定之場所者，蜘蛛類之雄，在顎之觸鬚末節，附有精蟲囊之裝置，保存自己之精蟲於其中，而運輸於雌之生殖口。烏賊、章魚之類，其腳之一本，在生殖期變為交接腳(Hectocotylized arm)，其上有貯藏精蟲之精蟲囊，而在烏賊類，大多以此栽植於頭部眼之附近，在章魚類，插入外套腔中行交接。最奇者，為僅雌具介殼所謂紅魚之動物，雄之交接腳，交接之際切斷，僅恃腳之自動，進入雌之外套腔中。其他，以蝦蟹及昆蟲為主，在爬蟲類以上之脊椎動物，各講求特異之交接手段，從事生殖。吾人日常目擊之動物中，交尾之奇者，為蜻蛉。在雄蜻蛉之腹節第二、第三節之腹面，有突起，以圖 163 所示之方法行交尾，左方之雌，插入產卵管於其間，雄蜻蛉以最後腹節之棘，把持雌之頸而飛行。然蜻蛉之某種，有雄預先運輸精蟲於腹節之第二、第三節，或其後即把持雌之後，雌屈曲自身之腹

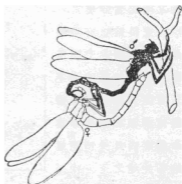


圖 163. 蜻蛉之交尾

雌(♀)腹部第二、第三節，有貯精囊與輸蟲傳送器之複雜構造。其始，屈曲自己之尾端，貯精其中，其次求雌而以尾挾持其頸，雌把握雄之腹節，屈曲之以行交接。此方法隨種類而略有不同。

部，由生殖口領受精蟲於第二、第三節所屬之交接器者。

二、精蟲之壽命 成熟之卵及精蟲，具有與母體各別獨立之生命。行體外受精之動物之精蟲，放射於水中，故不能十分長久生活，無論如何，於數十分間即行死滅。然由交接而由雄體直接注射於母體之精蟲，或收藏於精囊中之精蟲，有長久保持其壽命者。因防止注射之精蟲自母體洩出，在鼠類，排出可以作成栓之物質於陰門以閉鎖之。注入體內之精蟲，必較放射於水中者壽命久長。查知在人類，其壽命為八日，特殊之例，在歐洲之蝙蝠，秋季行交接，冬季之冬眠期中，凝集於子宮中，待春季卵成熟而行受精。即在此類，卵之成熟與熱情期，並不一致。至無脊椎動物，精蟲之壽命有極長者，蜜蜂之女王，與雄僅交尾一次，保存其精蟲，足夠三年間受精之用。

第五節 卵及精蟲之成熟

細胞之有絲分裂，始於核之分裂，而核之分裂，始於核內之染色質形成染色體而分成種類上一定之數，復各自等分而分離於兩極，置其複雜之徑路不論，細胞分裂之方法如斯。故形成一個體之無數之細胞，其核成自同數之染色體；若動物之種類相同，則其各細胞之染色體之數，亦屬相同。然在有性生殖，卵與精蟲合體之時，其合體前之卵與精蟲之染色體，若與親體之染色體數為同數，則形成新個體之細胞之染色體，當成為親體之細胞染色體之倍數，例如各具有四個染色

體,由其合體,受精卵成爲八個染色體,即成爲合體前之卵或精蟲之染色體之二倍,然實際上不見此種結果,此蓋以同種類之染色體數,常同一理由,於卵與精蟲成熟之際,行特別之分裂,半減染色體之數,合併而復舊之故,今略述其經過如下:

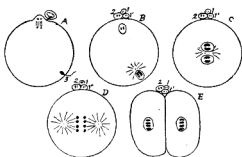


圖 164. 具有四個染色體之動物之受精模型圖
 黑色者爲卵之染色體,綵紋者爲精蟲之染色體,
 精蟲已半減染色體而爲二,那分出11'2之兩體而
 半減,經ABC之順序而至E,受精卵分裂爲二細胞。

一、成熟現象之三時期 卵巢與精巢, (舉丸) 本由同一之起源發生,僅生產物不同而已,且其生產物之卵與精蟲之前代,即盛行分裂時所謂卵原細胞 (Oögonia) 或精原細胞 (Spermatozonia) 之時代,兩者之形,無何等區別,然最後之卵原細胞或精原細胞,稱爲卵母細胞 (Oöcyte) 或精蟲母細胞 (Spermatocyte),此兩者成長而顯著異其大小之形,即卵母細胞,細胞內蓄積多量之榮養物質卵黃而成爲各動所見之卵之大小,精蟲母細胞,不見顯著增大,卵母細胞及精蟲母細胞遂行成長後,經二次與普通之細胞分裂不同之分裂,始成爲成熟卵及精蟲細胞,其中精蟲細胞,特別分化而成精蟲,此卵

及精蟲之成熟現象中，遂卵原細胞，精蟲原細胞之間，稱為分裂期 (Division period)；自此至成為卵母細胞，精蟲母細胞之間，稱為成長期 (Growth period)；至行二次特別之分裂而成卵，精蟲之間，稱為成熟期 (Maturation period)。互三時期之變化，謂之成熟現象 (Maturation phenomenon)。

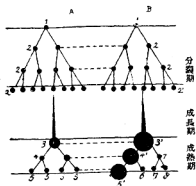


圖 165 卵及精蟲之成熟比較

A. 精蟲細胞之發達

B. 卵細胞之發達

- 2. 精蟲原細胞 2'. 卵原細胞
- 3. 精蟲母細胞 3'. 卵母細胞
- 4 4'. 第一回減數分裂
- 5. 精蟲細胞 5'. 成熟卵
- 6, 7, 8. 極體

二、減數分裂 成熟期中二次之分裂，稱為減數分裂 (Reduction division)，半減染色體之數為其特異之

所。而分裂之方法，在卵母細胞與精蟲母細胞，全然同一；然二次分裂之結果出現之四子細胞中，在前者僅一個成為卵細胞，其餘三個，稱為極體，為極小之退化細胞，反是，後者四個，共成同等之精蟲細胞，是為二者不同之點。卵行二次分裂之時期，隨各種動物而十分相異，或在卵巢內行之，或由受精，受精蟲之刺激始進入此期而行分裂。先就卵母細胞述之，但在精蟲母細胞對於下述之方法，亦屬相同，僅不生極體之退化細胞

(Degeneration cell), 細胞質等量分裂為相異耳。減數分裂, 在其第一次之分裂開始以前, 核內染色體已成對結合, 謂之聯會 (Synapsis)。此二個染色體追求其起源, 無論在卵母細胞或精蟲母細胞皆同樣, 行聯會之二染色體之一, 來自父之精蟲, 其他一個, 來自母之卵。由聯會, 染色體之數已呈半減之形; 其後聯會之染色體, 再分離, 各自等分, 成為四個染色體而集合。在具備多數染色體之卵及精蟲母細胞, 此四個之集合, 出現於各所, 是為四體 (Tetrad)。各四體

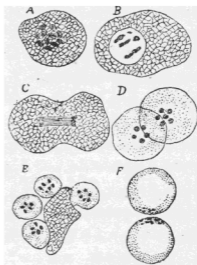


圖 166 染色體減數分裂

- A. 精蟲母細胞 (染色體數十一)
 B. 第一減數分裂之初期, 十個染色體成為聯會, 一個孤立。
 C. D. 第一減數分裂之結果, 已分成五個與六個染色體。
 E. 第二減數分裂, 即 D 之各細胞二分而成為四細胞。(染色體五個與六個之二種)
 F. 二種之精蟲細胞核偏在一方, 由此形成精蟲。

在一細胞之二次分裂中, 分派其四個染色體於四細胞, 而成為各細胞之獨特之一染色體, 如斯由多數之四體, 分出一個

集於四細胞之時，卵及精蟲細胞內之染色體數，成爲從前母細胞之染色體之數之半，以減數分裂與普通之細胞分裂比較觀之，在普通之分裂，不成聯會與四體，不必論，染色體各等分而走於兩極集合，必化爲染色質而入於靜止期，且在下次分裂，再改變而形成染色體，各自分裂，成爲倍數，其半數等分二子細胞中，故在普通之分裂，不起染色體之半減，然在減數分裂，兩生殖細胞之各染色體行等分，不入靜止期而即行二次之分裂，故結局，染色體之數半減，由此減數分裂之現象，同種類之細胞中有同數之染色體之理由，得以說明，並得解釋關於遺傳之孟德爾之數學的法則等。

三、雌雄相異及雌雄之接近 卵與精蟲因行合體，精蟲運動，卵放出某種化學物質於其周圍，牽引精蟲，此事實，可入成熟之卵與精蟲於器中，爲人工的實驗，已述於前，而多數之動物，因使成熟之兩生殖物行結合，互相接近而交接，或便於卵，精蟲合體，接近而放出兩生殖物於水中，行互相接近之運動之動機，爲由於生殖器官之成熟，卵巢或

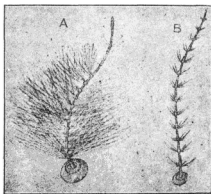


圖167. 蚊之雌(B)雄(A)之觸角相異

精巢成熟之時，卵巢及精巢各分泌特種之內分泌物(Hormone)，輸入血液，刺激神經系統，發起雌雄相求之念。雌雄相求之心，為由於內部刺激，知互相接近而起互相接近之運動之直接刺激，為由於雌雄動物之感覺器官之興奮，即外部刺激如前感覺器官章中所述，一般下等動物之感覺，嗅覺之化學的感覺，較視覺為銳敏，運動主為此感覺所支配；雌雄接近之運動，亦然，在多數之昆蟲類，甲殼類，皆可認識此事實，雌雄之相異，以嗅毛之發達表出之。然視覺銳敏之動物之雌雄接近，支配於視覺者亦甚多，且在此種之動物，形態上發生種種之雌雄變化。

在雌雄具體之動物，雌雄形態上之相異，以對於生殖有直接關係之生殖器官(生殖巢及其附屬器官)為第一，謂之第一次性徵(Primary sexual charac-

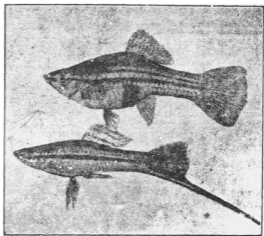


圖189. 稱為「刺四霍爾斯」之淡水魚之雌雄相異
(上雄下雌，尾鰭之突起為在雄時刺狀者。)

ter)。多數動物之交接器及雌之產卵管，例如鮪(Acheilognathus limbatum)產卵於蚌之鰓腔中之長產卵管(Ovipositor)，甲殼類中糠蝦類之動物所見之腹腳之抱捉器(Grasping organ，見於橈腳類之雄之抱捉器，及魚類中龍落子楊枝魚雌之哺育囊(Marsupial pouch)，甲殼類之糠蝦，海蛆，跳蟲等之哺育囊，亦為第一次性徵；從而哺乳動物之乳腺(Mammary gland)亦屬之；其次，於生殖機能無直接關係，如使雌雄接近，興奮異性或類此之形態的特徵，謂之第二次性徵(Secondary sexual character)。在人類，聲音，皮膚，骨骼，皮膚之分泌物等之雌雄相異，在獸類，鳥類及其他，較人類發達之此等器官，及羽毛之雌雄相異，在昆蟲觸角之相異，形色之相異，獨角仙之角之相異，糠蝦觸角上之嗅毛之相異等，皆成為第二次性徵。然亦有兩者之區別不明瞭者。

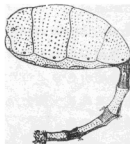


圖169. 家蠅之雌突出或為產卵管之體部圖

雌雄接近，即以此等形態的特徵訴諸感覺，惟人類意識發達，對於異性善用好愛嫌惡之情，一方人類因使異性之此種感情見好於自己，競尚技巧，以努力於雌雄接近及異性之興奮，是為吾人男女間所最盛行者。南洋之土人，於顏面及手足施行富於色彩之刺青，雖為其原始的，而文明人之修飾頭髮，粉飾顏面，暴露其肉體美顯示於異性等種種之行為，亦皆

爲性的技巧，其發顯起自精神之活動，故可視爲第三次性徵 (Tertiary



圖 170. 戀愛鳥之雌雄

sexual character). 此外在某種動物之性的行爲中，由本能性行舞蹈 (Dance)，如圖 171 所示，爲鳥之舞蹈。在一般視覺發達之動物，由色彩之相異以此眩耀，亦極爲發達，蜘蛛雌雄大小之差異殊甚，交尾之際，小形之雄，往爲雌所殘食，爲習知之事實而不張網

之蜘蛛類中，視覺銳敏之某種飛蜘蛛，雌雄色彩相異，雄對於雌，行愛情遊戲乃至舞蹈；例



圖 171. 雄鳥在雌鳥前之舞蹈

如在某種，左側之腳隨觸鬚延伸於後方，以右側之腳，竭力踴躍，反復此動作至二百回以上。又某種之雄，因顯示腹面之赤色於雌，在雌之前，以後腳站立上仰，運動前腳，長久繼續此

動作以興奮其雌，如斯之性的動作，在意識的動物之人類，最為發達，特如用人類特有之言語，努力於異性之興奮之事實，與前述技巧上之特徵，同潛在於吾人之社會生活內，成為個人生活行為中主要之要素。

四、雌雄大小之相異 人類之男，體格平均較優於女，體長亦平均有二三寸之差異，是為各國人民共同之情形。然雌較雄大，並非動物界之通例，獸類及鳥類中普通所見之雞，孔雀，雄之一方為大；然如鴉鳥類，雌較雄遠大，在魚類大多雌大於雄。又在昆蟲類，蚤之雌，較雄為大，蠶亦然。直至數年前，在蠶之幼蟲，終不辨其雌雄，蠶種製造上希望多雌之結果，漸於斯時在幼蟲之末節，決定識別之方法；在前秤量繭種，由重之雌

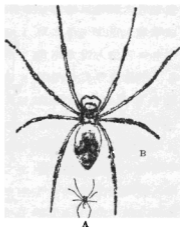


圖 172 蜘蛛之雌(B)雄(A)

繭分出輕之雄繭，以至曾發明一種特別之器械蜘蛛之雄極小，在雌所張之網之一角，構一小居，乘雌不備而行交尾之情狀，為吾人在其羅戈莫地方所時常窺見者。多數產於北海道，庫頁，堪察加方面，製成罐頭品輸出，有名之松葉蟹，雌之一方遠大，甲之幅在八寸以上，重量亦有一百五十兩，罐藏之，可得

上等之肉，雌遠小，甲幅不及六寸，罐藏亦屬劣品，甚有在罐內黑變者。南自九州，北至霞浦，在河口附近及去海數里之處，棲息於河及灣內等之長臂蝦，雌遠較雄大，為兒童時代有垂釣經驗者所習知。

雌雄大小相異之原因有種種，然據一般的觀察，肉食性之動物或活動旺盛之動物，雄大，反是，不活潑之動物，或營寄生生活之動物，以雌之一方為大。又產生多量卵子之種類，亦以雌為大。寄生生活之動物中，如寄生人體之蛔蟲，

十二指腸蟲等皆是。甲殼類中，如屬於等脚類之 *Bopyrus*, *Bopyroidus* 等，寄生於斑節蝦胸部之鰓腔中，雄極小，寄生於雌之腹面。又蠧類之后蠶，雄不但為雌之數十分之一，亦寄生於雌體之內。反是，雌終生包裹於雄之幅廣之體

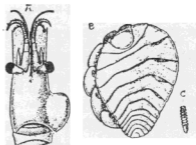


圖173. 寄生於蝦之等脚類

A. 寄生於蝦之右鰓室中而派出之狀態

B. 寄生蟲之雌

C. 為其雄，常附着於雌之腹面。

內之寄生蟲，為吸蟲類之住血吸蟲，然自其長度之點言之，雌之一方長，雄二十耗，雌為二十六耗。

第八章 動物之發達

受精之卵，不久因形成新個體之生物而開始分裂，增殖為多數之細胞，至具備類似親之形態，其間遂行幾多之變化，以漸而達於此完成之狀態；而闡明其中所起形態上生理上之變化之學問，稱為發生學(Embryology)。其一生謂之動物之生活史(Life history)。一個細胞之卵而具備可以發達為將來複雜之動物之潛在的勢力，在形態上經過其某之一定之順序而達於完成，此事實對於學者為極饒興味之問題。

一、動物發生之學說 所謂動物自然發生之十九世紀以前之生物偶發說 (Spontaneous generation)，已成為不足憑信之陳說，故從略。子之生，子之發達，觀鳥，昆蟲之卵之發達，而以爲僅屬卵之發達，或與與之相反，自注入精液之交接現象以觀，以精液為發生之根源，母體僅為育成之器，即現今一般無智之人，多作如是想，此不明受精現象故也。關於發生之疑問，自精液中發見精蟲(一六七七年)以後，久成為學界不可思議之問題。至明瞭認識受精之現象，知普通發達之卵為卵與精蟲合體之受精卵，僅五十年前(一八七五年)赫特威格(Oscar Hertwig)於透明之海膽卵，詳細報告受精現象後之事耳。

其次，對於可以發達之受精卵之構造與將來出現之復

雜之體之構造，在動物學史上有一極經典趣之議論。最初用顯微鏡研究微生物之人爲萊芬霍克 (Leouwenhock)，其門徒哈謨 (Ham) 於一六七七年自人類精液中發見活動之精蟲。然當時抽象的學說之前成說 (Preformation)，流行於學者間，以爲凡屬動物，自發生之始，即與親具同一之構造，不過在極度小形之下，縮爲幼稚體而已。故受哈謨發見精蟲之刺戟，大學者萊芬霍克及其弟子等以精蟲爲動物發生之原始，幾多之學者，鏡檢精蟲而謂亦有頭，胸，尾及四肢，畫出奇怪之精蟲圖，遺極有趣味之記錄於後世。然基於淺薄之智識之獨斷的前成說，由一七五九年名胡爾夫 (Casper Friedrich Wolff) 之青年學者之博士論文後生說 (Epigenesis) 而完全打破；但當時否定此說之學者甚多。至一千八百年之時代，由急激發達之顯微鏡的研究與解剖學，生理學，發生學之進步，多數發表肯定後生說之事實；並前述之細胞說，亦風靡於學界，益增其確證。後生說者，動物發生之進化開展說也，識者多信仰之。其意謂生物發生之始，僅爲一個之細胞，雖具備將來發達後得形成複雜之體制之遺傳的素質，斷非母體之複雜之器官構造，預成其中，此等隨發達而分化後生，爲打破前成說者。

然於茲又有可異者，近頃由實驗動物學之發達，發見極



圖 174. 哈特曼 (Hartmann) 所繪人類精蟲之想像圖

有興味之事實。實驗動物學，不在解剖動物體之研究，而為將生活之動物，在人工的支配之下飼育或施行人工的手術，考查其變化發達之學問。就中對於卵細胞或分裂後之細胞，行X線之實驗，遠心器之實驗，培養基試驗，或手術施行之實驗等，於研究本問題複雜之器官發達之起源，最為必要。於海膽

之卵，纔分裂為二個之時，分離兩者，使各細胞發達為二個完全之海膽幼蟲之第一人，為大正十二年夏赴日本各地演講之近代活力說(Vitalism)之大家杜里舒(Driesch)；

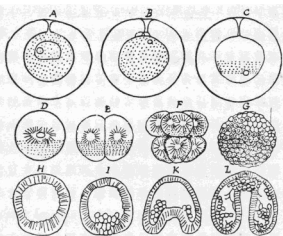


圖176. 卵之分割與器官部位之前成(海蠟屬之海蠟之一種)

- A. 未熟卵
- B. 極體之出現
- C. 受精後之卵，內胚葉部現帶狀。
- D—F 卵割
- G—H. 囊胚期
- I. 中胚葉細胞之游離
- K. 陷入之開始
- L. 原腸期。C以下之帶狀部為形成內胚葉者。

而近來曾由幾多之學者，行此種之實驗。杜氏曾使次之四分裂之細胞，亦發達為完全之幼蟲，而八分裂之細胞，終不能成功。以此種實驗動物學為根據，主張胚細胞內將來可以發達各部之根基的物質(Rudimental material)之特殊排置者，為與杜里舒之活力說對抗之機械說(Mechanism)之有力主張者勒布(Loeb)及奉培爾(Von Baer)，康克令(Conklin)，魯(Roux)，及昆(Kuhn)，摩爾根(Morgan)，威爾遜(Wilson)等之學者。此等學者，曾就蛙卵，海膽卵，卷貝卵，環蟲類之卵等多數之種類，行有益之實驗，實驗內胚葉之不成立，相稱體之破壞或畸形體之出現，證明可以成為將來之特殊器官之根基的物質之區劃的排置。如斯之事實，為胡爾夫以來於後生說上添加類似前成說之事實者，不可謂非學界之大進步也。此外就實驗動物學之將來，影響於遺傳學者甚多，殊堪屬望，今暫置不論。

二、個體發達與系統發達 研究動物發生之結果所引起之問題，為動物之個體發生(Individual development)有何表示之問題。動物中如昆蟲或蛙，有經過複雜之變態變化，始達於親之形態構造者。或則自最初一個之細胞起，經過複雜之順序而現出為親體所無有或以為無用之器官，且屬一時的出現。此種現象，果有何意味乎？是亦吸引富於研究心之學者注意之問題也。此問題之解決，在一方成為證明生物進化之事實之材料，在他方可以窺知生物如何巧妙適應外界之事實，及對於外界錯綜之變化而個體與之相應發達之情狀。

因而成爲考究生命本來之傾向之有力資料。對於此問題與以最卓越之解答貢獻於學界者，爲赫克爾(Ernst Haeckel)。彼主張個體發達史，爲縮短省略系統發達史而反復者，個體之發達中現出之種種形態，乃表示該動物自下等之動物進化之順序。生物之原始，如個體最初之一個細胞，爲單細胞之生物。又其發達中之後生動物，皆經囊胚(Blastula)時代而進入，如腔腸動物之成自二細胞層之原腸(Gastrula)時代，再經過種種之形態變化者，乃表示後生動物之祖先中有囊胚形，原腸形之動物；種種之變態，乃表示其祖先中曾有此種動物也。例如就最高等之哺乳類，鳥類言之，發生中於胚體之頭部，現數對之發溝，表示高等動物之祖先爲如魚之營水中生活者。又人類胚兒之毛，較產出後多，且胚兒有顯明之長尾，表示祖先爲獸類；鯨之胚兒，皮膚上有毛及發生後肢之事實，乃表明鯨之祖先爲此等器官之所有者。赫氏自名其說爲生物發生法則(Biogenetic law)。

達爾文之進化說發表以來，學者以闡明生物進化之系統爲最大之研究，故應用此生物發生法則，而自發生學之方面，探究系統，動物學因此大爲發展。然反察之，發生中之形態，並非一概爲其祖先所現之形態；尤如幼蟲營獨立生活時代之形態，現出適應幼蟲之生活之形態，即所謂幼蟲器官者，是故赫克爾之生物發生法則，對於胚兒乃至卵中生活時代營類於寄生生活之生活，雖無何等必要而於發達之階程上出

現之器官構造，可以承認之，不能詳細貫串而適用於個體發達中所起變化之一切。例如龍蝦之幼蟲 *Phyllosoma*，為透明之扁平體，當不能以此種形狀為親所存在者。是故生物發生法則，雖屬良好之法則，在其適用上，不可不十分注意也。

三、卵之種類 動物之卵中，如鳥卵，有極大者，如哺乳動物卵，有十分微細非顯微鏡不辨者，在下等動物，亦種種不一。然無論如何，皆有多少之卵黃，較大於普通之細胞。卵黃為卵之發達必要之榮養分，卵受精後行分裂成長之時，以此為食物。卵隨卵黃之多少，而發生大小之區別。同時其多少拘束卵之分裂；且為決定發生後直至獲得複雜之體制，長久停頓卵內，或早早出卵而成為幼蟲，營獨立之生活，否則仰育於母體等命運之條件。

卵由於卵黃之多少及其分布，得分別如下：

(一)微黃卵 (Alecithal egg) 卵黃極少量，於卵內略作均一之分布，如蛙蟾魚，哺乳動物，棘皮動物之卵是。

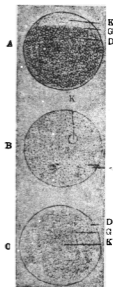


圖176. 卵之種類

- A. 微黃卵
- B. 極黃卵
- C. 中黃卵
- D. 卵黃
- K. 核
- G. 細胞

(二)端黃卵(Telocithal egg) 爲卵黃偏於卵細胞之一極之卵,在他極有圍繞核之細胞質,此端謂之動物極,有卵黃之一端,謂之植物極,隸屬於此之卵,爲鳥卵,蛙卵,魚卵,軟體動物某種之卵。

(三)中黃卵(Centrolecithal egg) 爲卵黃位於卵之中央,細胞質位於卵之周圍表面之卵,如多數節足動物之卵皆是。

四、卵割 細胞分裂(Cell division),以分成二個同大之細胞爲常規;卵細胞之分裂,則不盡然。卵細胞之分裂,特稱爲卵割(Cleavage or Segmentation)。卵割隨上述卵之三種類,十分相異;因而對於卵割方法,亦以分類敘述爲便。細胞之分裂,本爲核及細胞質之分裂;故在卵細胞之情形,其內有卵黃時,因卵黃爲無分裂關係之非生活物質,使分裂遲緩,或至分裂不能。第一種

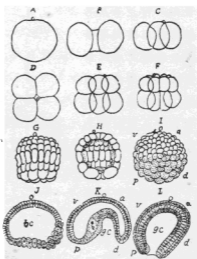


圖177. 結核魚之卵割(完全等卵割)

由A,B,C之順序進行分裂,達於H,I,J之囊胚期,L之原腸期。將來a爲前方,d爲背,v爲腹,P爲後方。

bc. 分裂腔

gc. 原腸

之微黃卵，因卵黃最少，無礙於卵割，經正當之順序而進行分裂，即第一回，第二回之分裂，通過卵球之一軸，在互成直角之面分裂，一細胞分成二細胞，再分為四細胞。第三回之分裂面，直角於前二回之分裂面，換言之，若以前二回之分裂面中軸之兩端為動物極，植物極，則隨此兩極之赤道面分裂，分成八細胞，次通過極軸分為十六，復次於緯度面分成三十二，次六十四，一百二十八，各

細胞略保同大，按倍數分裂，漸次成為小形細胞；此因微黃卵之卵黃，分佈大略平等之故，此卵割謂之完全等卵割 (Total equal cleavage)。

端黃卵，由卵黃之偏在一方，有細胞質之一方，稱為動物極，有卵黃之一方，謂之植物極，卵割因多量之卵黃，不能行如微黃卵之全等割，其中蛙卵，如前述之完

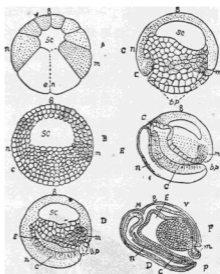


圖 178. 蛙卵之卵割與器官部位 (A B C 為發達之順序)

- | | |
|-----------|----------|
| sc. 卵割腔 | m. 中胚葉細胞 |
| en. 內胚葉細胞 | c. 脊索 |
| n. 神經系 | bp. 原口 |

全等卵割，於第一回成爲二子細胞，再分爲四子細胞，至第三回分裂，其分裂面離赤道面而接近動物極出現，八個細胞中，動物極之四子細胞較植物極之四子細胞形小，其後之分裂，亦因植物極之卵黃量多，分裂遲緩，細胞大小益甚，因謂之完全不等卵割 (Total unequal cleavage)。端黃卵中鳥、爬蟲類，及某種烏賊、章魚之卵，因卵黃量更多，分裂面起於動物極，不能全割卵細胞至植物

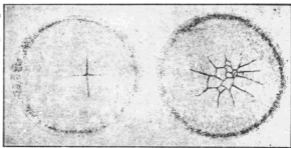


圖179. 雞卵之卵割(自輸卵管內取得之卵，左爲不完全之四分割，右爲分成十一個之狀)

極，僅在動物極出現分裂面；經第二、第三回之分裂，漸次進行而僅於動物極分成多數，遂於卵表面形成胚盤 (Germinal disc)，故此卵割稱爲不完全盤狀卵割 (Partial discoid cleavage)。魚類卵之卵割，雖亦屬此種卵割，自動物極發生分裂分成二個，四個，八個之時代，表面的細胞，已

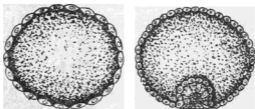


圖180. 河蝦卵之卵割模型圖(內部皆以卵黃充實)

成明瞭之細胞形，而與卵黃區劃，故屬不同。中黃卵，起始僅位於卵之中央之核，分成數個或數十個，後移行於表面之細胞質中，僅卵割卵之表面，因謂之不完全表面卵割(Partial superficial cleavage)。

五、囊胚期與原腸期 在完全等卵割，反復行等分裂如斯產生之多數細胞，以互相連續而成之一層細胞列，形成球體，至內藏液體；此球形狀態之時代，稱為囊胚期(Blastula stage)，腔名囊胚腔(Blastocoel)或割腔。多數之棘皮動物，囊胚期之各細胞，備鞭毛，已入於幼蟲(Larva)之時代而游泳水中。囊胚期之各細胞，更繼續分裂；因囊胚期有保持該動物一定大小之必要，於是發起新之變化，即囊胚期作為動物極一方之細胞分裂，較他方植物極之分裂迅速，因此動物極之細胞層，擴張而掩覆植物極，植物極遂折入內部，而使囊胚腔窄狹，其最後之結果，囊胚漸次變態，成為具備內外二細胞層之球體，在其植物極有貫通內部新生腔所之口，此謂之原腸期。原腸期內部之腔，與囊胚期之腔絕然不同，通外界，稱為原腸(Archenteron)，其口謂之原口(Blastopore)，構成原腸期之壁之二細胞層中，在外者謂之外胚葉(Ectoderm)，向原腸之內層，謂之內胚葉(Endoderm)。腔腸動物，為原腸時代變形而成成體生存之生物。

今就囊胚期成為原腸期之變化及自原腸期漸次變化而成複雜之構造等，略述其進行之方法如次。當然形態變化

之原因，爲遺傳的素質而制定於一定之發生條件下以變化者，其方法，通多數之動物，有一定之現象。即第一，爲前述囊胚期成爲原腸期時所見之陷入 (Invagination)，爲一局部細胞特別增殖之結果，被覆他部，包裹之折進而生陷凹之方法；第二，亦爲細胞增殖之結果，在陷入之反對，有向外突起之脹出 (Evagination)。此變化之兩形式，皆起因於細胞之局部的發達之不同，爲動物發達中，到處所起之現象。就脊椎動物之發生，腦脊髓之發達爲外胚葉之陷入；自腦之兩側發達眼球之網膜，及自消化管之內胚葉成肺臟、肝臟等之發達，皆爲脹出。其次，第三種之變化法，爲細胞之組織的分化，其結果，一定之組織，自他組織分離或癒合，即行組織之離合 (Separation and fusion)，以產出具有一定機能之器官。

囊胚期，原腸期之二形，爲任何動物在卵之發達中必須經過之形式；但一方面具有多量卵黃之卵，雖分裂而不成此兩模範的形態。例如行完全不等卵割之蛙卵，由其卵之外觀，黑之一方爲動物極，白之一方爲植物極；在未進入卵割之時代，因卵黃多，卵大部分帶白色，迨進行卵割，黑色之部分漸次增多，卵呈黑色，而蛙卵之囊胚期，因具有卵黃之細胞多，阻止分裂，細胞多數重合，並非完全以一系列之細胞包圍；且植物極細胞大，壁厚，形成原腸期之際，使植物極之細胞折入內部，亦屬困難，而開始在動物極與植物極之間，現出鑷狀溝 (Scythcal groove)，陷入該部之細胞於內部，此溝復左右延長，同時漸次

折入植物極之細胞，遂僅以植物極作成栓而殘留，形成原口。卵黃較蛙卵更多行不完全卵割之雞卵，在輸卵管中受精，於下降中行卵割，至排出外界時，已入囊胚時代，在卵之一方，形成通俗稱為眼之胚盤，胚盤形成，已為囊胚期，僅胚盤下有割腔，卵之大部分為不分裂之卵黃，故成充填割腔之形。當形成原腸期時，亦僅在胚盤後緣連續卵黃之個所起脹出，漸次向左右延長，同時自陷入之原口之唇之初生部，漸次癒合，成為外觀的條而出現，稱為原條 (Primitive streak)，是為胚體發生之原基。其後原條之兩側隆起，其各峰復癒合，於原條之背部，生出並行於此之腦脊髓之管，其先端成為頭部而生隆起。在卵黃部，雖不受此種變化之影響，由原腸期形成而生之內胚葉向卵黃之一面及周緣部漸次擴張，包圍卵黃，復與胚體出現同時，擴張胚體周圍之透明部。

中黃卵為表面胞割，核在卵黃內多數分裂，遂移行於具有原形質之卵之表面，以此分隔細胞，成為被覆表面之一層細胞，形成囊胚期。而相當於割腔之所，以卵黃填充。其次，原腸期之陷入，起於卵之某一點，內胚葉細胞，向卵黃伸張，隨發達之進行而吸收之。但在甲殼類，卵黃最後為肝臟部攝入。

六、哺乳動物之卵 此類之卵，除單孔類外，概屬小形。其卵割，最初雖為等卵割，囊胚期，原腸期之狀態，及胚盤，胚體之形成，與脊索動物之蛙、鱸魚及無脊椎動物，行完全等卵割之卵之發達全異，寧與鳥卵之此等形成為同一，僅以不具多

量卵黃之故，行新奇之變化而已。哺乳動物卵之卵割，幼期之時代，尚未就多數之種類加以研究，於茲擬就兔之研究之記錄，簡單述之。受精後卵行完全等卵割，而表面即圍以一層之細胞，形成分裂腔於內；但在此分裂腔中，與其他完全等割之卵不同，有自內面之一個所懸垂之細胞塊。在此種狀態下，外表之細胞漸成薄層，貯藏蛋白質於分裂腔內，直徑約增至一耗，附着於子宮黏膜，是為囊胚期。分裂腔內出現之蛋白質性液體，與鳥卵之卵黃相當。懸垂於分裂腔中之細胞塊，漸次成為扁平，呈卵圓形，是為胚盤，在其中發達外胚葉，內胚葉，內胚葉細胞，反張延長為薄層，至包圍分裂腔，胚盤上出現原條，成為胚體，與鳥卵所見相同。

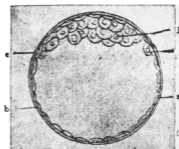


圖 181. 相當於囊胚期之兔之胚體

- a. 卵黃
- b. 一列之薄細胞層
- c. 圍繞卵黃膜之透明膜
- d. 細胞塊

七、各種組織之發達 原腸期之次出現之變化，為腔腸動物以上出現之中胚葉(Mesoderm)之形成。構成中胚葉之細胞，隨動物種類而異；有自囊胚時代之內胚葉分離者；亦有在該時代已可辨出形成中胚葉之細胞者。在脊椎動物，中胚葉起源於內胚葉細胞一部分移入外胚葉之細胞，於內外兩

胚葉間，囊狀增殖，成爲中胚葉。如斯形成之中胚葉，爲出現於原條兩側之囊，內存腔所，此腔即動物之體腔；在吾人哺乳動物，胸腔，腹腔，即爲此腔。體腔之一部，有歸入由中胚葉細胞分化而成之器官之內者；亦有由中胚葉細胞所分化之間充組織，結締組織，筋肉等填充，至體內不存明瞭之腔所者。動物發生中所見之內胚葉，中胚葉，外胚葉，爲動物體諸組織之原基，由此產生一切之組織，今就人體列舉其主要者如次：

(一)自外胚葉

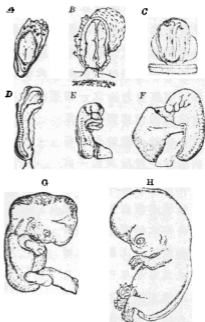


圖 182. 人類胚兒之發達順序

- A. 表示原條之胚盤
 B. 自瓶座形胚體下方中央之穴以上神經隆起，後方爲原條，左上之球狀附屬物爲卵黃，下方有將來成爲膀胱之柄，包裹胚全體之囊所稱胚囊。在此圖於下方見一部分，不顯著。
 C. 受胎約十日左右
 D. 示同上之體節
 E, F. 示頸上之裂口(約二十日乃至三十日)
 G, H. 四肢, 耳, 尾之出現。
 K. 約二個月左右

分化被覆外面之表皮，及汗腺，脂肪腺，乳腺等，次為口，肛門之皮膜，腦脊髓，諸感覺器官之黏膜及感覺細胞等。

(二)成自內胚業者，有被覆消化管內面之皮膜稱為黏膜之一層細胞層，及附屬於此之唾液腺，胃腺，肝臟，胰臟等之分泌細胞，及被覆氣管肺臟內面之皮膜等。

(三)成自中胚業者，第一，為成爲皮膜性之物包圍體腔之腹膜，肋膜，腸膜，此外體腔與外胚葉所成表皮間之諸組織（皮膚之真皮，筋肉，骨，諸器官之結締組織及消化管等。）中，除去內胚葉所發生之內表面皮膜，如結締組織，筋纖維等概為中胚葉所發生。

第九章 動物之親子關係

子與親之關係，由生存於母體內之卵之大小及其數目，已定其親疏。卵之大形者，多量貯藏卵發達上必要之營養分即卵黃，卵以此為食物，得獨立生活以迄成長。卵之多者，不直接扶助卵之發育，由其中多數健全發育者，嗣子孫之永綿。是故產生多數卵之動物，其幼蟲及早營獨立生活，經由複雜之徑路，而後成為親者甚多；一切寄生蟲類放卵數之多，為其適例，謂蛔蟲產六千萬，條蟲產二億之卵云。就產卵之多少，舉二三有趣之例對照觀之，淡水產棲於河口之長臂蝦之卵，遠較棲息至上流地方近似之條蝦為小，其數多。海蟹亦較河蟹產卵數多，而抱卵或保護幼蟲，河蟹一方較優。軟體動物腹足類之中，納卵於囊而產卵之多數種類，較僅僅放卵之石決明類，卵大，卵數少。又鳥類，因獨立發育與親之保護週到，故產卵數少。蛙普通產卵於水中，其後即棄之不顧，自行發達變態而臻複雜，故其數多。然如負子蛙，親保護之者，其數極少。動物中有卵生(Oviparous)動物與胎生(Viviparous)動物之別，盡人皆知。其中行體外受精者，為卵尚未受精之卵生動物，行交尾之種類為受精卵之卵生動物。後者之卵，因在體內受精，即開始分裂，產卵之際，若卵膜內有胚體形成或胚兒顯著發達者，謂之卵胎生(Ovo-viviparous)。雞卵產出之時，雖已分成多數之細

胞，形成胚盤，尚未形成胚體，可視為卵生。多數之昆蟲為卵生，然在某種有卵胎生者，又在圓蟲類蛔蟲雖為卵生，蛻蟲在卵膜內已現幼蟲形，為卵胎生。

一、卵之保護 貯藏多量之養分於卵內，為親保護子之生長達到生殖目的最初之手段；若卵小，養分少時，子不可不仰育於親或獨立而搜索食物。子在卵內時稱為胚兒 (Embryo)，及早自卵孵化尚未與親具同樣之形態而營獨立生活者，謂之幼蟲 (Larva)。又及早自卵化出，尚停留母體內，由親供給營養，恰如度寄生生活於母體內之子，稱為胎兒，以與胚兒區別。此胎兒並非如胚兒由卵中貯藏之養分養育，全依附母體，度寄生的生活，故二者絕然不同。

卵生之子與親之關係，第一為親對於產卵上之注意。普通親產卵於適宜幼兒育成之所，昆蟲在幼蟲食物之葉上或樹皮下產卵，或如蠅產卵於腐敗物上，其次為親保護卵之發達，某種介殼蟲之雌，有由自己之死屍圖卵之發育者。卵之保護，在鳥類、魚類之種類，知之最審，尤在魚類，保護卵之職務，多

雄任之，其著例為絲魚，雄者營巢，雌產卵其中，以後雄在巢之



圖 183. 負卵於頭部使之發育之某種淡水魚之雄

附近保護之。魚類中呈奇形之龍窩子及楊枝魚，雄之腹部有卵之保育囊，雌產卵於其中，受雄之保護。棲息於瀬戶內海稱為天竺鯛之魚，雄亦保持卵於其口中而保護之，且由呼吸供給新鮮之水。產於新基尼 (New Guinea) 之某種淡水魚，雄在頭部後方之背上有鈎，保護簇集之卵，但此種關係，與淡水產鰻之一種，產卵於蚌之鰓室中，或稱為“戈克”之魚之某種，產卵於松葉蟹之鰓室中，大抵相同，其選擇水之交流旺盛之口，鰓或頭部，乃基於產卵之雌蟻密之注意者也。類此之例，在瀬戶內海捕獲之蝦姑常見之，蝦姑把握卵塊於顎脚，關閉於近口之處。又蝦使卵附着於腹節之肢，運動之以更換水流。

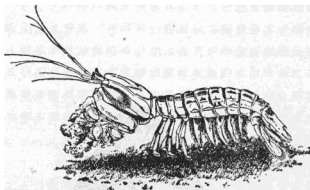


圖 184. 蝦姑抱卵卵育圖

在兩棲類中之蛙類，具有保育幼子之奇習者甚多。日本所產普通之種類，產生包裹於石花膠狀物質中之卵於水中。

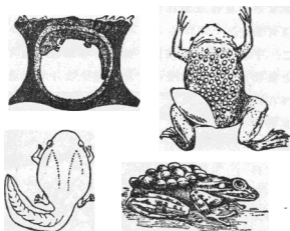


圖 185. 蛙卵之保育

右上爲孺子蟾之雌，背上有如左上之腔，以長之產卵器產卵其中，幼兒由左上之位置發達。

右下爲雨蛙之一種，背上有二十六個之囊，幼兒養育其中，以迄成長，左下爲其幼兒。

對於其發達，雖毫不顧慮，然就雨蛙之產卵及保護，於各地相異之種類間，查知奇習者甚多。如德國產之產婆蛙(Alytes)，雄負卵塊於背之後部而常棲息陸上，罕見入水，迨三週間後，入沼孵卵。產於南美之雨蛙一屬，行此種保護者不在少數，其中某種，雌之背上發生皮膚之皺褶，約保持二十六個卵於其中。



圖 186 黃蜂產卵於好蟲體內之狀(幼蟲寄生於後者而發達)

負子蟪，其皺褶更深，成爲保育囊，雌備長之產卵管，產卵於背上之保育囊中。

二、子宮之發達與妊娠 雖在下等動物，亦有子宮。昆蟲類之動物所見之子宮，受精之卵，僅暫止其中，旋即產卵，隨種類而在其中爲某程度之發達。又入於非子宮部分之卵，亦有由親供給榮養而發育者。昆蟲類中胎生之種類，傳播人類熱病



圖 187. 蜱之抱卵圖

之刺蠅 (*Glossina palpalis*) 以及其他之蠅類，其腹部行此種子宮之代用，開口其上之分泌腺，泌出富於脂肪之養液，使卵發達。僅保持卵而圖其自然發達者，在動物界中有種種之例，略如前述；如哺乳動物，受精卵停留於子宮壁，成爲妊娠，而攝取

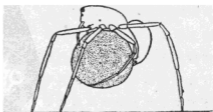


圖 188. 蜘蛛之抱卵狀態

母體之榮養以成長者，係動物界中胚兒發達上特別進化之生活手段。行變態而發達之動物，其變態中成爲與親十分相異之形態，例如蛙之蝌蚪，蝦之“紹衣亞”(Zoea)，昆蟲之幼蟲，蛹等發生中之變態，營全不依賴親之獨立生活；反是，哺乳動物之胎兒生活，直可視爲依附母體而營寄生生活者。

然如斯類於寄生之妊娠，乃哺乳動物祖先累數百代而於進化中自然間適應獲得之性質。母體不但以妊娠爲關於生殖之生理作用，且養育產兒，即直至兼備哺乳之事，故雖以妊娠爲寄生，胎兒奪取母體之榮養物，亦不致因此喪失生命。然關於生殖之生理作用，與體細胞之生理作用不同，乃饒有興味之特殊事項，雖不妊娠，亦無障害。且生殖腺及其附屬之器官，並不直接附帶身體生理之任務，是故雖切斷之，若手術奏效，亦未必影響生命，而體細胞之器官，除有代用器官時，失去之，每至喪失生命。

在魚類中之軟骨魚類，胎生者甚多。胎兒在輸卵管內，以卵囊面吸收管壁上發生之絲狀突起所分泌之液，或更行發達時，於輸卵管壁與卵囊之間，形成如哺乳動物之胎盤之狀態。又在軟骨魚類缸類之黃貂魚，鳶缸之某種，其胎兒閉閉前述輸卵管壁之絲狀突起於其噴水口，以吸收榮養。

在哺乳動物，除最下等之單孔類外，(單孔類之發達見圖192)概爲胎生；卵受精後停留於子宮壁，開始特殊之胎兒生活。今就爬蟲類以上之動物，記述包被胎兒之膜，說明此等

之膜。於哺乳動物之胎兒生活，行若何之作用。在爬蟲類，鳥類，哺乳類，概發達同種類之膜，各司特別之機能。而爬蟲類，鳥類之卵，因具有多量之卵黃，胎兒分生血管至卵黃囊中，直至最後，行卵黃之吸收；然哺乳動物，因卵黃少，營養以新生之膜行之。

三、 胚兒之保護 在爬蟲類以上之動物，隨胚體之發生而最初出現之膜為羊膜(Amnion)；胚體兩側之外胚葉，沿胚體隆起，遂於胚體之上，左右遮着，膜隆起而吊上者，則左右遮着其面消失之時，即成為內外二重之膜；內膜完全包被胚體，外膜延長於胚體之兩側，遂至包被附屬於胚兒之一切。內膜為羊膜，內藏羊液(Amniotic fluid)，胚兒浸於此液中，故對於外圍所來之衝動，無損傷之虞。外膜稱為漿膜(Serous membrane)，在哺乳動物為直接子宮壁之膜。其次，除以上二膜及包裹卵黃之卵黃膜外，復發達胚兒生理上重要之膜囊即尿膜(Allantois)，由胚體之內胚葉即消化管後部突起，以至

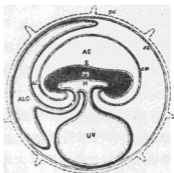


圖 189. 哺乳動物之卵膜模型圖

- | | |
|------------|------------|
| po. 脫落膜 | bz. 漿膜 |
| am. 羊膜 | AC. 羊膜腔 |
| al. 尿膜 | F. 外胚葉(綫紋) |
| M. 中胚葉(黑色) | H. 內胚葉(點紋) |
| UV. 卵黃囊 | |

發達於漿膜羊膜之間。在爬蟲類，鳥類，因營養分取自卵黃，以尿膜外面之漿膜接於卵殼，作為胚兒之呼吸器官而作用。在哺乳類，尿膜接於漿膜而擴張，後者與子宮壁形成胎盤之時，尿膜向之擴張，為營養攝取之用。

以上之三膜，為哺乳類，鳥類，爬蟲類共有之膜。在哺乳類，因隨胎兒之發達，自胎兒延長臍帶，而胚體獨立羊液中，羊膜與漿膜成為貯藏羊液之胚囊(Embryonic sac)，尿膜擴張於兩者之間，於胎盤中特別分歧，至分布血管於漿膜尿膜間之間充組織中。

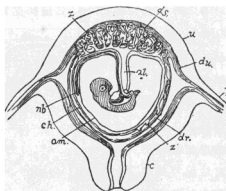


圖 190. 妊娠子宮縱斷模範圖

- a. 尿膜網
- am. 羊膜
- ch. 脫落膜之延長
- ds. 胎盤, z 為絨毛, 結合子宮, 胎兒兩胎盤。
- e. 子宮頭

四、胎盤之種類 哺乳動物中有袋類之胎兒，在子宮內浸潤於其分泌之子宮液中，由胚囊表面吸收其液；又在某種，亦有形成胎盤者。胚囊之表面，普通平滑；然在較有袋類高等之動物，胚囊之表面，發生絨毛突起，（此胚囊稱為脈絡膜 Corion）在子宮粘膜上，出現應此突起之凹部，互相密着，至循

環胚囊中之血液與子宮粘膜中之血液相接，成立此關係之個所爲胎盤(Placenta)。

胎盤分爲胎兒胎盤 (Embryonic placenta) 與子宮胎盤 (Uteric placenta)。哺乳動物中隨種類而此兩胎盤之分布及兩者之結合，各有粗密。今就其種類，簡單述之，第一，在豚，馬等

有蹄類中一部分之種類及鯨類等，其胚囊之表面，有多數同等發達之絨毛性突起，插入子宮粘膜，行榮養攝取；此等兩胎盤之結合弱，出產之際，無傷害子宮壁者，胚囊易於分離，故此

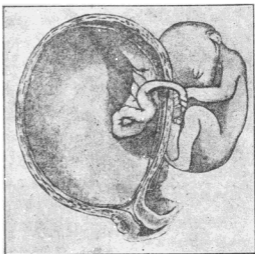


圖191. 切開五個月左右之子宮示胎兒以臍帶附胎盤謂之非脫

着於子宮胎盤之狀態

落性之散在胎盤。其次有蹄類中反芻類，雖同屬非脫落性，發達絨毛之個所爲局部的，成爲乳頭突起，胚囊全面，限於五六個(鹿)乃至數十個(牛)，其他平滑，此發生絨毛之乳頭突起，稱爲小葉 (Cotyledon)，插入子宮粘膜上相對之凹所，此突起密

着亦不強固，出產之際，如指之脫出手套，不傷害子宮壁，故同稱為非脫落性之小葉胎盤(Cotyledonous placenta)。一切非脫落性胎盤(Placenta nondeciduata)，出產之際概不出血。

上述種類之胎盤，與母體子宮壁之結合，尚不充分，在以下之種類，結合極為強固，出產之際，剝取子宮壁之一部，胎兒出產之後，成為產後，而排除於體外，因謂之脫落性胎盤(Placenta deciduata)。

脫落性胎盤亦有二種：一為犬、貓等肉食類之帶狀胎盤(Zonary



圖102. 針鼯胎中發達之胚兒

哺乳動物中針鼯與鴨嘴，由卵產子，(卵胎生)針鼯之親以口銜入腹部之囊中育之。卵之大小為二種內外，普通每產一個，孵化時，幼兒長十五耗，十週間成為八十——九十耗，以保育囊中分泌之養液養育。



圖103. 肉食獸之帶狀胎盤

placenta), 胎盤帶狀圍繞胚囊; 二以人類為主, 爲鼠, 兔等齧齒類之盤狀胎盤(Discordal placenta), 在一個所胎盤成盤狀。

胎兒在母體內之日數, 隨動物之種類而大異, 出生胎兒之發達, 進步與否, 大體可由此知之, 例如就二三之種類, 舉其大略之妊娠日數, 袋鼠僅八日而養育於母體腹面之保育囊中, 家鼠十九日乃至二十日, 兔三十一日, 貓六十一日, 豚一百十六日, 人類二百七十五日, 是等之產兒, 唯人類爲特殊的, 一般羸弱而不能直立運動。又馬三百三十六日, 鯨及海狗等一年, 象實超過二十個月, 此等產兒, 出產後能立即活動。



圖104. 有袋類中袋鼠在保育囊中之生活狀態

五、乳 腺 哺乳動物之特徵, 爲乳腺之發達; 由乳腺分泌之乳, 哺育產兒, 即親分與自體之一部分, 繼續妊娠中之工作。產兒生理的寄生於親而成長, 在哺乳動物以外之動物, 殆無此種親子關係; 僅鳥類中鳩及其他二三之鳥, 哺育孵化之雛, 僅限於該時, 自親之嗉囊分泌黃白色之乾酪或牛酪臭味之液, 親時時吐出於口, 給與孵化後一二日間之雛。乳腺在哺乳動物中卵生之單孔類鴨鵝, 針鼯, 已發達; 在後者, 如有袋類然, 形成乳腺周圍之袋, 保育孵化之仔於其中, 然乳腺並不成

爲乳頭而突起。

乳腺可認爲與汗腺相同，乳頭端有多數乳腺管之開口，在乳頭內有貯乳所，自乳腺集合乳液於其中；因而一乳頭亦

有存在一本之乳管者。吾人人類及猿，有袋類，具前者之乳頭，肉食獸，有蹄類之乳頭，屬於後者。在後者之情形，乳頭顯著脹出；在前者如人類

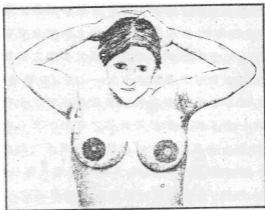


圖195. 有多數乳頭列之二十三歲之女子以示副乳頭之一般的設置

之情形，乳頭不甚延長，而代以擴張其周圍，富於色素，現多少疣狀之隆起，是爲乳輪(Areola)。在南洋土人等，此部分亦有顯著突起者。女子發育，於乳腺之周圍發達脂肪組織，在胸部形成一對之半球形。成

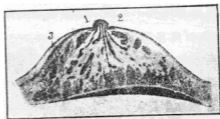


圖196. 雌猴女子乳房之斷面

1. 乳頭 2 乳頭及輸乳管 3 分泌腺

爲乳房(Mamme)。

乳頭之數及位置，隨動物之種類，差異殊甚；此等係關聯於各動物之產兒數與生活方法者，產生多仔者有多數之乳頭，或在特殊之生活狀態下者，極多變異之所。食蟲類中稱爲“森蘇特斯”之種類，有十一對之乳頭，鼠有四對乃至六對，犬四對或五對，貓爲二對，此等概爲多產之動物；特如鼠，每產十數匹，爲習知之事實，具有十一對之“森蘇特斯”多至二十一匹。又豚亦有多數之乳頭，每產有多至二十四匹者。牛僅兩對，羊一對，馬亦一對；然在此等之有蹄類，具有乳房集合之傾向，外觀上亦有不成對，或出現副乳頭而二對成爲五對者。僅備一對之乳頭者爲象，鯨，多數之蝙蝠及靈長類（高等之猿及人類等），普通僅產一匹之仔。關於乳頭之位置，與生活方法有密切之關係，如鼠多產而有多數之乳頭，故自胸部至腹部，在一面成對存在；而牛，馬，羊等有蹄類，位於下腹部，人類在胸部，然有位於十分變異之位置者，如蝙蝠肩上有之，齧齒類中稱爲“穆普塔馬斯”之肩，*Capromys* 之上膊上有之。又位於極後方者爲鯨，於陰門之兩側，成對存在。此等與生活方法之關係，可一望而知；如在人類位於胸部，在牛，馬位於下腹部，爲適當之位置，在飛翔之蝙蝠游泳水面之“穆普塔馬斯”漸次移於肩及背者，固理所當然也。游泳水中之鯨，於陰門有之，蓋不可不游泳而哺乳也。普通乳由吸收而爲受動的分泌，在水中之鯨仔，唇無吸着之能力，故鯨之乳由乳頭周圍之筋肉，爲

自動的分泌。

六、變態 自卵發達，順次進為胚體，幼體，成體，入於老體而至死，此全盤生活史經過之間，一切之動物，形狀及大小，不絕變化；就中自胚體達於成熟之變化，尤為顯著。其中含有二種之發達法，即直接發達 (Direct development) 與間接發達 (Indirect development) 是。前者發達中經過各種形態上可以區別之階級，漸行變化，發達；後者有稱為幼蟲時代之時期，幼蟲具備與成體殊異之形態，具有特別之幼蟲器官，營相異之生活。各種間接發達，普通謂之變態，昆蟲類多為變態者，其中有完全變態 (Holometabola) 與不完全變態 (Hemimetabola) 之區別，後者有可以視為直接發達者，有可以視為間接發達者。不僅昆蟲，在甲殼類，軟體動物，棘皮動物等海產之動物，行變態者甚多。又蛙，蟾蜍等兩棲類及魚類中，亦行變態。鱈產卵於海中之深處，幼魚全與親異形，扁平，體透明，血無色，血球中無血色素，此時代須經過若干時日，尚未明瞭；歐洲英國，法國等之鱈，在大西洋上至少生於一千呎以上之深海，自此向陸地進行，來至河口，而葉狀扁平之幼體，行圓而細長之變態，且短縮，至類於成體。變態之現象，作為個體之生活方法者，為最複雜最進化之變態。至達於成體，營恰如全然相異之動物之生活法。例如行變態之寄生蟲，在未成成體前，自由獨立生活而搜索寄主，或進入與成體之寄主相異之中間宿主，再待移行於最後宿主之機會。又昆蟲之蝶蛾類，其幼蟲時代，食植物之

葉而成長，不能直接成爲成體，經過所謂蛹之準備時代，行生理上之大機能，而營與幼蟲全然相異之生活法，成爲成體。是故變態現象，可謂爲最巧妙之生活法。

七、世代交番 無性生殖，如以前所述，有分裂，芽生及孢子發生等方法。單細胞動物之孢子蟲類及多細胞動物，經過無性生殖之時期，必行有性生殖，普通謂之世代交番。其中無性生殖時代與有性生殖時代行規則的世代交番者，特稱爲無性有性世代交番(Metagenesis)；其實例，如腔腸動物之水螅型之無性生殖時代與水母型之有性生殖時代交互存在是。世代交番之別一方法，爲單性兩性世代交番(Heterogony)，係不受精之卵細胞，照樣發達，即某期間行單性生殖，然後出現雌雄，入於兩性合體之有性生殖時代之世代交番，兩時代共爲有性生殖，其實例，如淡水產之水蚤是。

第十章 遺傳之一般

古來以子之似親爲一定，更無問其理由之如何者。然一方，子亦未必能與親全然相似，寧謂子各具個體特殊之性質，必多少與親相異；是故謂親產生相似之子，同時亦可謂產生較自己多少相異之子。動物形態上之相異，普通謂之變異 (Variation)。變異如何而起？親子之相似 (Resemblance) 係何故？是爲遺傳學 (Genetics) 之問題。

原來動物之各個體，係單獨無二之自然物，與某一動物全然同一之物，自然界中絕不存在，各個體爲出現於自然界之最初者，亦爲最後者；在此意味下，生物界與無生物界比較，大相逕庭矣。無生物界之一切物質，無論化合物或元素，概由於某之一定數量之原子之結合，爲數理的成立，各物質具備一定之形態性質，而分割至某限度即分子，亦不失却其性質；然生物之個體，有個體上之特徵，各個體具特有之性質，特徵而獨立，不能分割，爲所謂有機的存在物，動物界之所以呈千態萬狀者，亦在此。現代之遺傳研究，因由於生殖而起者，不僅親子類似之現象，並闡明親子變異之根本原因，從而以圖解決生物界進化之奧妙。

變異分二種：一在胚細胞之時代，已帶相異之性質而發達者，此變異稱爲突然變異或遺傳變異；其他，在發達中，因其

他外界之影響以變化者，謂之趨異或境遇變異。遺傳研究中之變異，為突然變異。自一八五九年，由達爾文之“種源論”發表動物進化之理以來，始注意遺傳之問題。然當時簡單處理遺傳之現象，例如拉馬克 (Lamarck) 之進化論可勿論，在達爾文之進化論，亦以具有較其他優越之性質之生物，因適者生存，生存競爭，由自然淘汰殘存，其殘存之優勝者，復直接遺傳其優越之性質，說明進化；而其優越之性質，為趨異之性質，抑為起於胚細胞之突然變異，不加考慮。

一、遺傳之統計的研究 英國之戈爾頓 (Francis Galton) 關於遺傳及變異，行精密之觀察調查，致力於統計的歸納其結果，為遺傳研究之第一人。戈爾頓之研究，主要為關於人類某之二三性質，如天才，智能之優越，藝術的能力，體格及目之顏色，疾病等，於祖先親族間廣行調查，作成統計，其結果，發表關於祖先之性質之遺傳法則，今略述戈氏結論之點，在子之性質中，有兩親各方性質之二分之一；因兩親亦各自其親之一方承受二分之一之性質，故子自祖父母之各方遺傳四分之一之性質，右圖即表

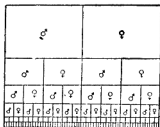


圖 197. 關於祖先遺傳之戈爾頓氏法則之圖解

全體之正方形中包含一個體之遺傳性質全部分解之，第一段之性質，成自兩親之性質各二分之一，祖父母之性質各四分之一，曾祖父母之性質各八分之一，順次遞減，隨之遺下僅少之遺傳質。

示此遺傳之法則。戈氏復根據上述之法則，主張親之極端之性質，在子孫減少之理由；是為關於遺傳及進化重要之提案。至達爾文之進化論，亦有依此訂正之必要。遺傳之現象，乃個人的現象，戈爾頓所舉個人的變異之性質，若不能決定其究為遺傳的或後生的，則其統計，於學術上亦不能與以充分之信仰也。

植物學者戴甫里斯(de Vries)，策爾馬克(Tsermack)，科倫斯(Correns)三人，為各自獨立行關於遺傳之精密究研之學者。由此等之三學者，以前有名孟德爾(Mendel)之一僧侶，於寺院之後庭，行植物之栽培實驗，曾發表關於遺傳之一法則，然此業績直至一九〇〇年，隱沒學界，上述三遺傳學者，不約而同各自發見孟德爾之報告，知附合於彼等之研究；於是孟德爾之業績，乃成為學界之大發見，因紀念其偉業，以此為孟德爾氏法則，公布於世。邇來學者因證實孟德爾之遺傳法則，互動物界，植物界，廣事研究遺傳，其法則益見明確。一方戈爾頓創始之遺傳之統計的研究亦進步，應用孟德爾之法則，特如關於人類之遺傳研究之進步，因貫徹人種改良之目的，至發達優生學(Eugenics)之分科。

二、孟德爾之遺傳法則 孟德爾為奧國布隆(Brünn)地方之僧侶，行關於植物雜種之精密研究，尤如就植物選定莖，花，種子等之性質中某特殊之形質，以其一點為目標而研究之，發見其後代現出之數理的關係為規則的；又行雜交，發

見其一形質不與其相對之形質混交，在次代分離之事實；在一八六六年發表於“布隆博物學界報告。”然此種發表，雖在今日視為生物學中偉大之發見，無一人顧及者，寧非憾事！孟德爾就豌豆行實驗，以其種子之表面，（平滑者與皺者）種子之色澤，（黃色與綠色）以及莢之顏色，（白，灰色，褐色）種子間之縱凹，花之附着，莖之性質（矮性，高性）等，一植物之種種特徵，為分解的處理；以一形質為相對的出現之二植物使之雜交，注意其變異而研究之。例如在研究豌豆之莖之遺傳性質時，採用莖不伸長之矮性之種類與伸長之高性之種類之豌豆。當其開花之際，在花未成熟之時代，切除一方（如矮性）之花之雄蕊，迨開花充分，與以他性質（高性）之花之成熟花粉於其雌蕊，而人工的使之受精結實。此時，由其種子成長之植物，即第一代植物，考查其為高性，或矮性。其次，使第一代之豌豆發生之花，純粹於該花自己之雌蕊，雄蕊間行受精，即所謂自花受精，以結實，自該實發達之第二代之植物中，考查其現出若何之現象。此孟德爾集注研究於某一形質，乃彼之成功之基礎也。

然上述方法之精細研究，得到意外之結果。第一，第一代之植物，雖屬高性與矮性之雜交，概成為高性之植物，矮性種不見一本；其次，在第二代，由自花受精所得之種子發達之植物中，其略數四分之一為矮性，四分之三為高性。（實際高性七百八十七矮性二百七十七）而此矮性豌豆，若行自花受

精，雖數代之後，不現高性種，即在此種植物中，全無高性之性質；然其餘四分之三之高性豌豆一方，行自花受精，於第三代再現矮性種。其出現證明第二代中四分之三之外觀的高性種，四分之一，實為純粹之高性種，四分之二為如第一代所見之混合種，自花受精之結果，自後者以三與一之比例，生高性與矮性，其四分之一之一方，為純粹之矮性種。曾確定以上之事實。(參照圖 198) 孟德爾不僅就莖之高性矮性，行如斯表示相對之變化之二植物之雜交，並就種子之黃色，綠色，種皮之平滑與皺性實驗之。猶如莖於第一代必現高性，在種子之色，確定必現黃色，在種子之皮，必現平滑之性質。高性，黃色，種皮之平滑，對於莖之矮性，種子之綠色，種皮之皺性，稱為優性 (Dominante) 之性質；後者之性質，存在於第一代之植物中而

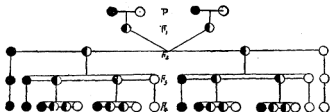


圖 198. 孟德爾之遺傳方則圖解

P 親之某性質分二種，交配之結果，生 F₁ 之二生物，此二生物雜交，成為 F₂ 之三種，其四分之一純粹遺傳親之一方之性質，個如白色，自家受精時，雖 F₃ F₄，亦不生變化。

又在他親之性質，例如黑色表示者，亦屬同樣，其餘四分之二兩親性質混合之 F₂，表現黑之優性質而無差別，但實際如此圖行分離。

不顯現者，對於優性稱爲劣性 (Recessive)，是故以第一代之花行自花受精，其結果，在第二代，隱於第一代植物中之劣性，因自花受精而分離，出現四分之一具有劣性質之植物，可如此說明之。

上述孟德爾之遺傳現象，第一，二生物間某種相對的單位性質之遺傳，表示相對之各方，成爲優性與劣性，在第一代之生物，自雌雄遺傳兩性質時優性質顯現，第二，相對性質雖存在於一植物，決不混合，其結果，在次代分離，即在胚細胞中，各自獨立存在，在動物，則卵細胞或精蟲，某者優性，某者劣性，各自孤立存在，完全保其純粹，示某卵帶優性質，某卵帶劣性質，精蟲亦優性與劣性隨各精蟲而有區別，是故此種之卵與精蟲受精之時，若優性質之卵與優性質之精蟲受精，則產純粹之優性；劣性與劣性之受精，則產純粹之劣性；優性之卵與劣性之精蟲，或其反對：帶劣性質之卵，與帶優性質之精蟲合體，則成爲如第一代所見，出現外觀的優性之動物，而在第二代優性與劣性出現之比例，與假定第一代體內出現之胚細胞有同數之優性質之卵與劣性質之卵及有同數之優性質之精蟲與劣性質之精蟲之比例相等。今數學的表出之，以優性爲 A，劣性爲 a，一卵巢中有 A 卵與 a 卵，一精巢中有 A 精蟲與 a 精蟲；若受精之機會 A 優性與 a 劣性皆爲同數，則以受精爲相乘， $\text{卵}(A+a) \times \text{精蟲}(A+a) = A^2 + 2Aa + a^2$ ； A^2 爲純粹之優性， a^2 爲純粹之劣性， Aa 爲混合，外觀表示優性，又若視 A

與 a 爲同數，則第二代之純優性與外觀優性及純劣性出現之比例，爲 $1:2:1$ 。

第三，孟德爾之法則，發見各個之性質有獨立性，至某程與他性質無關係。孟德爾之遺傳研究，注意於各個之相對性質而得達偉大之發見之原因，爲能觀破此現象之故。例如研究豌豆之高性矮性之遺傳時，不關莢，花，種子等之性質如何單獨實驗，其結果，不爲他性質所影響，達到預期之結果。

自一九〇〇年孟德爾之遺傳法則發見以來，多數學者埋頭於此方面之研究，以諸種動植物之遺傳實驗之，至關聯於此法則而發見種種之新事實。例如科倫斯因使白花之紫茉莉與赤花之紫茉莉雜交，發見第一代得紅花之紫茉莉，第二代，出現白花一，紅花二，赤花一之比例，含二種之相對性質者，產出特殊之性質紅；由此更明瞭孟德爾法則中數之關係。在櫻草中有花瓣具鋸齒缺刻之種與中央有一個之缺刻而開星狀小花之種，在此二變種間，亦求得同樣之結果，唯在第一代已獲得與兩者不一致之中間型。又一性質代以同時處理二性質而雜交之時，例如就豌豆之種子之色黃與綠之相對性質，與種皮之平滑與皺性之相對性質，同時行雜之時，孟德爾之法則，亦屬正確，二對性質，各自獨立活動。即二對性質之優性，爲種子之黃色與種皮之平滑，在第一代得種子黃色種皮平滑之植物；其次，在第二代得解釋之如次：在第一代之花粉胚細胞及胚珠之卵細胞中，因種子之黃綠，種皮之平滑

與皺性之相對性獨立，不成相對性之兩性質，形成組合而存在，故在雌卵細胞有黃滑，黃皺，綠滑，綠皺之四種，在雄胚細胞亦有同樣之四種；受精而行四種與四種之組合，在第二代即成爲十六種之植物，其中有優性質外觀出現被覆劣性者，與純粹爲優性質或劣性質者，由是結外觀黃滑，黃皺，綠滑，綠皺之種子，出現 9 : 3 : 3 : 1 之比例。今數學的表示之，以優性之黃與滑爲大寫之 A 與 B，劣性之綠與皺爲小寫之 a 與 b，(A 與 a, B 與 b, 因爲相對性，故以同文字代表。) 雌雄胚細胞之種類同爲 AB, Ab, aB, ab, 其乘合之式如次：

$$\begin{aligned} (AB+Ab+aB+ab)(AB+Ab+aB+ab) = & \underline{ABAB} + \underline{ABAb} \\ & + \underline{ABaB} + \underline{ABab} + \underline{AbAB} + \underline{AbAb} + \underline{AbaB} + \underline{Abab} + \underline{aBAB} \\ & + \underline{aBAb} + \underline{aBaB} + \underline{aBab} + \underline{abAB} + \underline{abAb} + \underline{abaB} + \underline{abab} \end{aligned}$$

由上式，知成爲優性之黃(A)滑(B)者，如單線之數，有九，綠皺者雙線，爲最後之一，黃皺，綠滑各三。此種數學的關係，與實際上實驗之結果，及其後學者實驗之結果，完全符合。

以上僅以孟德爾之普通適用者爲例。後研究進步，作爲單位性質處理之相對性質，知亦有包含二個以上可以使之發達之遺傳因子者；亦有由一性質之存在與否而出現者。又進一步就動物或植物實驗性質之獨立性，在使之發達時，與關係其他性質之因子，有連鎖之關係。例如據浦奈特(Punnett)之“孟德爾主義”中關於香豌豆(Sweet pea)之記述，原來無論動物植物，色之出現，概係色素因子(Pigment factor)與色素

發達 (Color developer) 因子之共同作用,若兩者缺一,即成白色,於鼠,兔及植物之花,均已確定。在香豌豆,使白色花之兩者一同雜交,與白花植物同時出現紫花植物。(紫色香豌豆,野生於西西利島,白色花之植物,係由此變化而來。)此因親之白花香豌豆中,一方僅有色素因子,在他方僅有色素發達因子,故其合併結出之種子,遂成紫花植物也,次在第二代,對於有色花九,出現白色花七之比例,有色花由花瓣着色之相異,分出六種,據浦奈特之說明,有五種相異之色素因子,為使花瓣之各部着色不同者。此外猶有可異者,外觀認為相對之單位性質之二變種行雜交,有出現如前述之二相對性質同數之種類者。例如於雞

之雞冠,使薔薇冠之雞與荳冠之雞雜交,成為胡桃冠之雞,而如斯產生之胡桃冠雞,使互相雜交,在第二代為胡桃冠九,薔薇冠三,荳冠三,單冠一之比例,於數目上,與二個之相對性質之第二代同樣,而此則現出單冠,為親及



圖 109 家雞雞冠遺傳之冠形

祖所不見之形質。由如斯之新事實，學者主張孟德爾就遺傳物質，於一相對性質中分優性劣性之說，代以使一性質出現之遺傳物質之存在與否，由此生出種種之形質以說明之。即薔薇冠雞，係具有成爲薔薇冠之遺傳因子而發達者，不具荳冠之因子，同時對之無優性劣性之關係，荳冠雞，有成爲荳冠之因子而無薔薇冠之因子，並與薔薇冠因子無優劣之關係；因此在第一代以兩因子爲原，而造作胡桃冠之新型，在第二代分離，出現胡桃冠與薔薇冠，荳冠，九對三對三，及單冠一。此單冠係不具薔薇冠及荳冠因子之胚細胞，卵與精蟲，由受精而發達者。

三、遺傳與遺傳因子 孟德爾之遺傳研究中開新紀元之最卓越之點，爲遺傳性質在胚細胞內獨立，因而呈分離之現象。成爲種種之形態性質而出現之遺傳的性質，其源不可不求之胚細胞中；然如卵及精蟲之一細胞中，全無現此性質之物，故吾人不得不視爲胚細胞中有可以發展將來某形質之素質，成爲不可得知之物而存在，對於此不明之物質，吾人賦以遺傳因子(Factor)或 *Datamina* 及 *Gen* 之名。在孟德爾之遺傳法則未發見以前，已對於此意味之遺傳物質，附以名稱。例如達爾文想像由體之各細胞，分泌所謂微芽(*Gemmules*)之物，各器官之微芽，皆蓄積胚細胞中，成爲遺傳物質，斯賓塞想像生理的單位(Physiological unit)，赫克爾假定 *Plastidule*，赫特味喜以 *Idioplasma*，魏司曼(*Weismann*)，以 *Biophor* 等之

名爲遺傳物質。然因孟德爾之遺傳研究，明瞭個體出現之遺傳的性質之獨立性，各形質可以分別提出付諸實驗，遂想像遺傳單位，同時與其支配之物質以因子（及 *Datamina*, *Gen* 等）之名稱；但因子並非如達爾文之穀芽爲獨立之物質，不可不注意及之。又今日細胞學發達之結果，染色體負帶遺傳物質，已經明瞭；然染色體並非遺傳之因子，固可勿論，因子亦似非散在其中者，如一生物及一細胞之爲有機體制，染色體亦爲有機體制，遺傳因子之存在其中，亦成爲有機體制之一連鎖而存在，決不能與細胞內之脂肪及其他之無生物質，同一視之。是故遺傳因子，乃有機體制之一因子；胚細胞發達之結果，成爲複雜之生物體，可視爲依據遺傳因子而組立之有機體制之發展現象。

四、孟德爾遺傳法則之細胞學的意義 由遺傳之立場想像，則胚細胞實爲複雜巧妙不可思議之有機體制，構成其體制之物質，究爲如何之物，欲化學的知之，全然爲不可能；吾人僅以有機體特有之蛋白質之分子構造，十分複雜，想像胚細胞在化學上，亦屬諸種蛋白質複雜之組立而已。據米希爾 (*Miescher*) 之發表，具有四十個碳原子之蛋白質之分子，約有十億之立方的異性體；就具有數百碳原原子之蛋白質言之，得變形於無限之境界。如以前所述，原形質係活動的物質，由新陳代謝不絕變更實質，故在化學上考知生活物質，爲不可能之事。然則在形態上研究之，而吾人之顯微鏡，畢竟不足

察其微細；僅近頃由顯微鏡之精巧與研究之進步，至就胚細胞內之遺傳物質之外輪即染色體，認識之而已。故將來能否以是等為基礎而解決生命本來之根本性質即遺傳之謎，尚在不可知之數。

可以認為遺傳之負擔者之胚細胞內之染色體，隨動植物之種類而其數一定，且各有其種種之形狀，已述於前；而胚細胞成為卵或精蟲，於成熟之際，不見普通細胞之分裂，行特殊之分裂，且有如聯會之特異現象，半減染色體之數，行所謂減數分裂，亦已述及。聯會如以前所述，染色體中形狀及大小相同之染色體，互相接近，係形成染色體之對之現象。此等之對，自細胞學的事實判斷，每對中之一，可視為自母方傳來，其他來自父方，即追溯該動物之原始受精卵在母體之卵與父體之精蟲合體之時，為自兩者承受之染色體之後裔，在其子之體內，當胚細胞成熟之際，以同性質之染色體作對。又在聯會之時代，認為奇異之現象者，其同性質之染色體接觸之時，在某種染色體之對，恰正類於草履蟲接合時行核之交換，或對之染色體，有互相交換其一部之現象，此謂之互換(Crossing over)，摩爾根始研究之。

由聯合，而來自雌雄之染色體接近成對，亦僅暫時減數

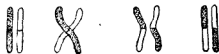


圖 200. 一對染色體之互換模式圖
二染色體為來自母方父方而互行聯會者，於減數分裂中各換入對方染色體之一部。

分裂時互相分離，對之一方，必入於別個之胚細胞，故各卵或各精蟲所有之染色體，父方與母方分離，即某卵之染色體中，某染色體自母方傳來，某染色體來自父方，在精蟲亦同樣，一個精蟲中之多數染色體，有自父方傳來者與母方傳來者；但行互換，則一染色體內有數因子代入，故發起與某形質形質之連繫。摩爾根就某種果蠅 (*Drosophila melanogaster*) 實驗，雌雄與色之間由此發生環連 (Linkage) 之現象。

此外細胞學的考察遺傳現象，負擔遺傳因子之染色體當減數分裂之際，移行於卵或精蟲內之母方染色體與父方染色體之組合，全恃機會；組合之方法，雖在二對形質亦有十六種，故形成一生物體之非常多數之遺傳因子之組合，不可不視為多至無限。是故各生物之源，受精卵，外觀上雖無何種特長，其種類當一如個體之差別，有無數之種類，從而生物之各個體，由於外界影響之變化，姑作別論，實為唯一無二之自然物，無論在過去以至將來，不再生出與一個體同一之個體。

據孟德爾法則，表現動植物之形態性質之遺傳性質，在某範圍內有獨立性；而胚細胞內之染色體，在各種類，不但其數目一定，分裂之際各以其特有之形狀，大小而出現，且如減數分裂之聯會所見，其染色體立母方父方之區別。其次在孟德爾法則，第一代發生優性，劣性；而卵與精蟲合體，認為負擔某遺傳因子之染色體，為對於一遺傳形質而來自父方，母方，成為二因子之狀而存在於受精卵中者，因此生出優性劣性。

又第二代，行遺傳質之分離；此減數分裂之際，某胚細胞負擔遺傳因子之染色體為自父方傳來者，某胚細胞之遺傳因子為來自母體者，故對於一遺傳形質，由此減數分裂而染色體之父方與母方遂生分離；對於某遺傳性質，卵之染色體，精蟲之染色體，若皆自母體來者，則其遺傳的性質，成為母方之性質。此所謂母方父方，係就第一代之動物體內出現之卵及精蟲而言，故對於其受精而發達之第二代之動物，為來自祖母之卵祖父之精蟲之染色體；從而在第二代之後嗣，分離祖母之性質而現出祖母之性質者，因造作第二代動物之第一代動物之成熟卵與精蟲，共同負帶祖母傳來之遺傳因子故也。如是固可以說明分離之現象矣，然在第二代現出祖父之性質，祖母之性質，及混交之性質之孫之數目之比例，在孟德爾法則，何以成為數學的乎？此可以視為對於某性質，具父方性質之卵與精蟲，及具母方性質之卵與精蟲，其生產數大略相同，其合體之機會大略相等之故，是時，成為數學的一對二對一之關係。

其次，關於孟德爾法則之幾多實驗中環連 (Linkage) 之現象，作何解釋乎？遺傳上之各性質，與某之他性質連鎖，一性質之變化，亦影響於他性質，此由於二三遺傳因子之相互關係之現象，謂之環連，以前達爾文曾報告具有青眼之白色雄貓為鬚之事實；在環連中，如達爾文之例，為性的環連者甚多。培德遜 (Bateson) 曾發見香豌豆之赤花之花粉，形圓，白花之

花粉形長，此支配花色之因子與支配花粉形之因子，為環連者。又摩爾根在某種果蠅，選定百餘種之遺傳性質，得自由造作具備此等性質之果蠅；此百餘種之遺傳因子，成四組環連。孟德爾遺傳現象中之環連之關係，與細胞學上前述之染色體之互換(Crossing over)之現象符合。

五、雌雄之決定 此問題由出產前決定吾人之產兒為男為女之希望，自古有種種臆說，在各地方逞想像而流佈種種之傳說，或由陰陽，或據月日之計算，此等在常識上亦全無根據。然亦有統計的由富有兒與貧兒數目之比較，或由兩親之健康狀態之比較等，根據一局部之事實而立說者；又就動物實驗由於榮養之如何之雌雄決定，查知在水螅、輪蟲、蛙等，榮養良則生雌，惡劣則為雄，在某種動物，以溫度之關係而決定性別，在少數之動物，可以實驗。但此等就人類行統計的比較，就動物行實驗的結果，不能一般適用；然一方此等研究，所以適用於人類或動物，而與事實多無乖誤者，得解釋之如次：即榮養，溫度或酒精等之外的刺激，影響於卵及精蟲或胚體，障礙其發育，由此減少可以成為雌或成為雄之胚細胞，其故當不外乎此。

七八十年前，已發表蜜蜂之雄，為單性生殖即不受精之卵所生，女王與職蜂（退化之雌），由受精卵發達，然則雌雄之決定，在於雄蜂之精蟲矣；而此種之例，不見於其他之動物。水蚤、蚜蟲等，由單性生殖僅繁生雌性，故與蜜蜂相反。

然最近細胞學之研究，由於益益精密之觀察，且探查生命現象之不可思議思界，就雌雄之決定，亦在今世紀之初，麥克倫 (McClung) 研究某種昆蟲之精蟲發達，而發見精蟲有二種，在其精母細胞中，有一個孤立之染色體，聯會之時，僅此染色體不成對，於減數分裂之際，生出此派入之精蟲與不派入之精蟲，以為視其何方與卵合體而定出性別。此意見在彼以前，亦有研究之學者，其獨立染色體，曾稱為副染色體或奇染色體，或 X 染色體，麥氏 與以性染色體 (或 X 染色體) 之名稱，作為決定性別之物。威爾遜 (Wilson) 在一九〇五年，亦確定在昆蟲精

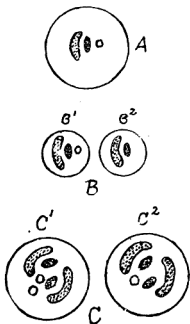


圖 201. 由於染色體之雌雄決定之一例說明圖

A. 母體產出之卵必具有 \circ 之性染色體。

B. 父體產生之精蟲有 B^1 與 B^2 之二種，前者具有與母體之卵同標之性染色體，後者無之。

C. A 與 B 受精而成 C，其中 C^1 由 AB^1 而生， C^2 則由 AB^2 ，前者成為雌，後者成為雄。

此式稱為‘魏森爾’之雌雄決定，由於雄之精蟲有二種。

蟲有此二種，且進而查究卵母細胞，知任何之卵，亦具有相對此副染色體之一對，於減數分裂之際，派入副染色體於各個之成熟卵，因而主張與彼具有副染色體之精蟲合體之受精卵，成爲雌，與不具之精蟲合體之卵，成爲雄。威爾遜又與斯提芬茲 (Stevens) 女士共同研究甲蟲擬鼓 (Tenebrio) 之精蟲發生發表精蟲之二種，起因於大小二個之副染色體，(此小之副染色體稱爲 Y 染色體) 卵之一方，必具備此大之副染色體即 X 染色體，故 X 染色體進入之受精卵，成爲雌，Y 染色體進入者，成爲雄。

近時受此等研究之刺戟，就諸種之動物及雌雄異株之植物研究此關係之學者甚多，查知在植物，二三種亦有性染色體存在，並發表在昆蟲之鱗翅類及鳥類之某種，生殖細胞之二種，不在精蟲而反起於卵。總之，性染色體之存在，已確鑿無疑，信仰由此決定雌雄性別之學者，亦逐漸加多。性之決定，亦得在人類之精蟲發達中，精密研究之。在人類，一致於前述之第一例，即已確定有一個之性染色體 (X 染色體)，而發生二種之精蟲；在人類之精蟲母細胞中，有四十七個之染色體，經減數分裂成爲具有二十三個染色體之精蟲與具有二十四個染色體之精(是爲 $23+X$)。卵母細胞皆有四十八個，減數分裂而皆成爲二十四(是爲 $23+X$)，此卵與 $23+X$ 之精蟲受精時，成爲四十八個染色體而生女，與 23 染色體之精蟲受精而生男；是故女之體細胞有四十八個染色體，男之體細胞僅有

四十七。(已有人於男之腎臟小管見具有四十七個染色體之分裂細胞)原來男女雌雄,乃該動物發達之性質,性之相異,不僅在生殖素,於種種之性質表現之;是故性染色體之為物,不過決定性之一種初因,而在各部雌雄相異之表現,當會集種種之原因,故僅由精蟲之性染色體之有無以為決定,未免早計,蓋其他染色體之關係,固未之知也。且在人類之情形,所產之兒,為男為女,在一般的,當由於二種精蟲與卵合體之機會,在特殊的,當起因於二種精蟲之生活力及二種受精卵之活力等,故此問題,不在單純也。

第十一章 動物進化之一般

一、動物之適應 觀察研究動物之生活狀態及動物體之構造，第一為吾人所感嘆者，為動物生活而運用之手段，方法及形態的構造，與外界之狀態十分調和，對於生存之目的，即維持生命，繁殖子孫之目的，異常適宜。飛行之鳥有翼，體重對體積之比例甚輕，若在鳥，非如翼之扁平有效之扇動空氣之器官，抵抗少之空中飛行，終屬不能；然與鳥類緣甚遠，形態十分相異之昆蟲，亦有似翼之薄平之翅，得翔飛於同一狀態之空氣中。哺乳動物之鯨，生活水中，對於呼吸，保溫，育兒等，無論若何不便，能十分適應其生活，可以數十分間不出現於水面。在鯨，皮下有厚之脂肪層，堪耐寒冷，有乳房而哺育水中，且獲得如魚類之體形與運動器官之配置，敏速游泳水中。如鯨之動物，如何自哺乳動物進化，姑置勿論；而呼吸空氣類屬溫血之動物之鯨，生活水中，並為達到此生存目的行若斯完全之適應之事實，不能不為之驚嘆者也。吾人往往有遇意外之事實而驚奇者，生物界中適應之事實，實驚奇中之驚奇也。雖如何不屑置意之動物，若仔細研究之，無有不發見其中關於適應之驚奇事實者，自然界誠有妙味存焉！動物之與外界，不僅如本書開端所述，以光，熱，濕度，氣溫，水溫及海水之鹽分等圍繞動物而影響動物。（此等為物理化學的影響之物質，

爲動物之無生物的外界。)在另一方面有生物的外界;若以自己之食餌動物,侵襲自己之敵類動物,供給食物及氧素之植物,供給蔭庇之植物,以及寄主動物,寄生動物等一切獨立之個體爲主而考之,皆該動物之外界也。動物之生活方法及體之構造,呈適應此二種外界之狀,捕一匹之蟲而檢其口之構造,檢其脚之關節,爪,以及翅體上所生之毛,不僅在所謂保護色,警戒色及護身裝置等特殊之形態的特長之部分,殆任何構造,得認識對於前述生物,無生物,動物之兩外界,適應之事實。

雨蛙體呈綠色,棲息水邊草間之青蛙,綠色而有縞紋,自夜分活動之土蛙,蟾蜍之土色,皆保護色也。登木之雨蛙指上吸盤之發達,善於飛躍之赤蛙,金襖子之後肢長大,皆含有不亞於保護色之生活意義。此外皮膚之分泌粘液,由握蛙於手於不知不覺間逃逸之事,亦可了解其對於達到生存目的爲如何必要者。凡此皆對於無生物,生物二界之外界適應之生活與構造也。如斯之動物之各性質,如何而具備於動物者乎?爲全智全能之神,分別賦與各個之動物者乎?

二、千態萬狀之動物界 動物之適應,無論觀察何種動物爲明瞭顯著之事實;然吾人觀察動物而以爲奇者,爲生物種類之富於變化性。動物學者,已區分動物爲數十萬之種類;生物之此種千種萬別之事實,作爲生物研究之第一步而注意之,觀察的研究之結果,行其分類。分類學之始祖林娜

(Karl von Linne),發揮天才的智能,廣行蒐集世界之動植物,而如吾人之姓名創二名法,與數千之動物以種名,定出分類之方式;自是以來,動物之種名急速增加。然此種多種多樣之動植物,爲全智全能之神個別創造於此地球之上,而遺其子孫以至今日者乎?而生物又始終遺傳親之性質,保存不變者乎?

三、進化 發表生物進化理論之學者之巨擘,爲英國之達爾文與法國之拉馬克。拉馬克適早達爾文五十年,在一八〇九年,於“動物哲學”之著作中,發表進化說;然當時法國屈費爾(Cuvier)學派極盛,排斥拉馬克,一般學者,多不加关注,因此,進化論直至一八五九年達爾文由“種原論”發表進化說,始引起學者之視聽。細察達爾文與拉馬克着眼於生物進化之動機,實由於前二項之事實即生物之適應於變化性之精密觀察有以致之;蓋單恃觀察,終不能脫林娜分類學之領域,二人曾對於適應與變化性之事實,力加思索者也。

拉馬克在法國爲有數之比較解剖學者,研究非常多數之動物之解剖的構造,爲創成林娜以上之分類方式之人;由動物體構造之比較觀察,而就各種器官之存在理由思考,尤由於當時發掘之多數之化石動物與現存動物之比較研究,益益注意於動物界之變化。達爾文在南美及其他,觀察與本國相異之自然界,注目於現在之動物植物,隨地方顯著相異富於變化之事,而思考其理由,遂得窺知適應之偉大事實。拉

馬克亦察及現存動物之器官，隨各種動物富於變化之事實，及其發達來自所謂應必要之適應性之事實。

兩學者銳敏之觀察與思索之結果，成爲達爾文之淘汰說拉馬克之用不用論。其後經多數學者深刻之批判與研究，指摘兩進化說中之正鵠與誤謬之諸點，至再加上有力之新說如以後所述者，然生物進化之理，爲兩碩學所發見，乃嚴然不能否定之事實也。

自然界不絕活動，絕對之沈靜，不能成物之體，是爲科學上確定之大原理，在所謂森羅萬象常變其態之科學的理法中，生物豈獨能持續所謂開闢以來之態，創造之舊性質乎？尤在吾人所知之生物，現存於地球之上者，而地球自所謂創成以來，亦不絕發生變化，由於現在之地震，噴火，水之侵蝕，土砂之沉澱，風之作用，熱之作用等，有陸地入海，海底上長而成山之地變，更由地球之冷卻，地球自轉之地軸變更等，陸地表面，常起溫度之變化，此種地球上之變化，係地質學所陳述者，現在吾人所見之山及平地之地層，係何世紀成立，得依地質學決定之。

自地質學所陳說之各世紀之地層中，發掘多數之化石動物，以此與現存之動物比較，顯著相異；拉馬克由比較解剖學開廣此方面之智識。又達爾文與地質學者萊伊爾 (Lyell) 及其他相友善，於化石動物與現存動物之關係，具有甚大之興味，尤以南美之貧齒類與其化石動物之比較考察，至成爲

發起進化說之最大動機。

其次，現在之地球表面，氣候，風土，隨地以異，從而在各種動植物之生活場，有各種各樣之區別。而動物之生活場，太古與現在不同，曾經歷複雜之變化；現在所見之情形，不過為暫時之狀態。此種地球上之變化，即地球創成以來，反復變遷之地球與現在地球表面複雜之地理的變化，對於以此等為外界而生活之動植物，或為發生變化之原動力。若生物之外界地球沈靜，則生物亦不至進化，然變化乃物質界之根本的性質，地球變遷，外界亦變化，於是棲息其中之生物，亦起變化，而與地球之複雜狀態同樣，動植物亦發生複雜之變化。起初，止於單細胞之生物，亦有持續以至今日者；同時進化為多細胞之動植物，於水界，陸界，氣界，進化為種種之生物。又如植物繁茂而動物因以繁榮，一生物賴他生物而生存，他生物又食其他之生物，互相支配生存繁殖。生物相互間之關係，不僅如一方為食物一方為敵類之關係，或成為寄主動物，寄生動物，亦成為共同之生活，相互扶助之生活；因此，遂由進化生出各動物之特殊之生活法，動物之形態性質，皆起變化，相互扶助之人類社會組織，亦此種進化之發展者也。

四、人類社會之進化 人類社會之社會組織，以個人獨立之生活為基礎，由個人或多數之智能，為人意的編成；因此其進化與一般動物社會之進化，大異其趣，即人類社會之進化，俟多數者之人意，輿論之意向，及使多數服從之權力之

人意動作而行。然人意並非絕對者，支配自然者；但能利用之而已。例如：

飼育家畜而造作種種之變種，能變成在自然界中終究不能生存之家畜。此等在人類之保護下，得以盛行繁殖。恰呈人類造作人類操縱生命之觀；其實在家畜自有該動物獨立之生命，左右其生存者為人意，而人意並非絕對的。人選擇食物，入於家畜之體中，消化吸收而成為榮養，呼吸空氣而攝取氧素，排除炭酸氣，血液以心臟之原動力循環等，一切新陳代謝之現象，為家畜之生命所獨立而運行者；又對於外界之溫度，濕度或寄生蟲，亦與自然動物之對於外界同樣，家畜動物各自適應而活動。是故人意不過對於家畜動物之個性的獨立生活善事利用自然法則而已，此不過一種對照之例，夫然，人類之社會組織，亦不宜輕視自然，當以人意使人類社會順應自然而編成其組織，輕視自然，夢想社會組織之進化，當知其決不存立也。

五、達爾文之進化論 使達爾文着眼於生物進化之理之第一步，始於彼二十二歲之時，搭乘英國之學術研究船“比格爾”號(Beagle)，檢察異地之生物，尤以南美及加拉巴哥羣島(Galápagos)之生物，見其與英國本國者十分相異，觀察其形態習性十分適應外界之生態的關係，開始記載於彼最初之著作“種源論”中。彼之進化論，乃比較精查生物而發端於各種變異與適應之顯著事實之感激，為顯明之事實。如彼致

赫克爾書所述，向南方旅行南美之地，見類緣近之異種，隨之漸次置換棲息，及關於此之多數事實，而遂論證互相近緣之種類，自其一或同一之祖先而來，對於相異之生活場伴起之外界狀態之變化，不適應之種類淘汰，適宜之種類殘存，是為自然淘汰。

達爾文完畢“比格爾”號五年間之航海而歸國，然關於南美旅行中已着眼之進化說，不輕易發表其意見，作為“比格爾”號探險報告者，以彼之有名之“珊瑚礁論”與“蔓腳類集”完其責任，於寂寞之田舍間度閑靜之生活，熱心忍耐致力觀察自然，研究飼養動物，培養植物，注意於當時學者全不注意之點，蒐集證明自己提出之進化說之材料。

達爾文之進化說，實胚胎於經濟學者馬爾薩斯(Malthus)之“人口論”(Principle of Population)；然彼獲得此書，全係偶然之事。彼由此注意在動植物界，亦如馬爾薩斯之就人類而言，不能不發生生存競爭。尤以自然之動植物，遠較實際可以生存之數多，產出數百數千或數十數百萬倍之子，由種種之原因，在成長中多數死滅，此種事實，隨處暴露；若此等之子，全部成長，不數年而該動物將蔽覆全世界，此乃數理上顯明之事，故其大部必死滅而其死，可謂為偶發之事；但適應外界之生物，避免敵動物之攻擊及獲得多量食餌而持續生命之生物，得以繁殖子孫，即適者生存，不適者滅亡。自然界中對於動植物之過剩生產，行自然淘汰，以此說明進化之原因。

達爾文就被熱心研究之飼養動物，培養植物，說明淘汰之現象，此等動植物，由人意自多數之後繼者中，選擇僅僅應飼育培養者之希望（即飼養之目的）之動物使之雜交而得；證明此種人意淘汰，與自然之動植物，生存自然界中，由適應與否而淘汰之自然淘汰，互相對待，生物之生產後繼者，為過剩生產，同時，此等又無一全然相同，必有多少之相異，達爾文謂之個體相異（Individual difference）。其中有生存之適者與不適者之區別，有具備利於生存之構造性質者與非然者之差異；是故於茲雖不為弱肉強食，亦現出自然的優勝劣敗，成就適者之生存。自然界所見之一切動植物，所以皆營適應之生活者，從達爾文之說，實原因於適者生存之自然現象，生物由此進化。又過剩生產中具備適應生活之性質者，由先祖之生活場，進入相異之生活場，當發達與先祖相異之性質形態而進化，即恰如人類之對於家畜動物，選擇飼育者合意之性質之動物，使生子，益加發揮其性質之人意淘汰，行自然之淘汰而進化也。

六、達爾文與其後之學者 達爾文曾據多數之事實，明快巧妙說明進化論，而當時因關於生物進化之原理為澈底之研究者，了無一人，絕無直接對於彼之著書攻擊者，理解之學者，即服膺達爾文之說，闡發解說之，而對於從來成為宗教的乃至哲學的信念而支配民衆之多數超自然的獨斷的思想，與以重大之打擊，尤以達爾文主義（Darwinism）之急先

錄，英之赫胥黎(Huxley)及德之赫克爾(Haeckel)，由進化論論及人類進化，努力打破從來之迷信，因此篤信宗教之徒，嘗以大力攻擊此兩學者。然一方，達爾文與其著作之威權，益益認識進化之理，不僅科學界，至風靡一切之學界思想界。

達爾文之進化論承繼者，而又指摘如下述拉馬克說之缺點，一代中獲得之性質，若不變化胚細胞則不能影響於次代，排斥拉馬克說，主張更強之淘汰說者，為魏司曼(Weismann)。

魏司曼發表之生物學上之研究及意見，包含其後發達之遺傳，變異及生殖，再生等研究之指南之幾多重要學理。彼就生殖細胞行精密之研究，主張胚細胞（即生殖細胞）之連續，證明胚細胞自體細胞獨立而存在卵與精蟲之二胚細胞合體，始成為新個體，此合體分裂而成多數之細胞，遂分化而為複雜之動物體。而在胚細胞中尤在核中，有遺傳物質，其中有結定成長體各種器官構造之形式之多數之結定子，稱為“Id”，胚細胞結局為組立新個體之原始的構造物，即新個體之原基，組立之者為多數之 Id。Id 尚非遺傳物質之最後物，Id 更由“Biophor”之生活物質成立。

魏司曼由此意味，而論證物種進化之理由，全基於胚細胞之內之遺傳的原因，有內的胚細胞之進化，而後其子孫生變異，對於此變異之種種動物，行自然淘汰，遂生出進化之動物。是故由於外的原因外界之影響而一代中獲得之性質，若不同時影響體內胚細胞之 Id 即結定子，則不能遺傳。達爾文

未及論此，故魏司曼學派之進化論，稱為新達爾文主義(Neo-Darwinism)。

七、有機體制的淘汰 以個人間或種類間之淘汰及競爭論證進化之意見，當十分成熟之頃，在專門研究細胞及其分化之學者間，發生所謂細胞間之生存競爭及淘汰意味之思想。此亦屬增進魏司曼之胚細胞中之結定子或Id之意見者；如一方之器官發達，他方之某器伴之發達或衰退，生物決非由遺傳一點擴張而發達，必與外界對照而發達；在成爲與親同一之體時，有經受與親同樣之外界所生之同一影響之必要。卵分裂而成多數之細胞，若其細胞之配置不與親之該時代爲同樣之配置，且不包圍於同樣之外界，則決不能成爲親之形狀，此無論何人思考而不能否定者也。然則若外界之熱，光，重力，壓力或水之性質等變更，則亦當影響於細胞之相互關係；又複雜之器官發生後，若以特別之外部作用，作用於各器官，則當促發該部分之變化，或至影響於其他。實際上若就動物體之各部考察，不當由於生存競爭自然淘汰，而當由於器官之競爭及淘汰而生之構造甚多；例如吾人某種之骨中空，其組織於荷重上爲最適當最經濟之構成。又在必要部分有必要之組織，而在不必要之部分不發達，例如在動脈無瓣而靜脈有之。又如哺乳動物之齒之構造，與其食物之性質，十分一致；脊椎動物之眼之構造，異常精緻。此等爲達爾文之自然淘汰決不能說明之構造，極言之，當視爲原因於器官

間之淘汰者也。

抱此種思想之人甚多，而尤以說明發生力學之威廉魯 (William Roux) 爲其主要者。魯假定細胞間之生物靈感主義 (Biotactism)，考察組織的構造之作用刺戟；例如就骨而言，在作用刺戟最強之處，抵抗強，在該方面之骨層厚重，在不然之部分，即不供給以材料，如以吾人之大腿骨爲例，中空，其周圍及兩端關節部之層，爲機械學上最有效而經濟之最良的生成，此種現象，在動物體中到處可以發見，無論在肌肉，在消化器，或在神經，在感覺器，莫不皆然。如鳥類之眼之構造，及其隨種類而各異，亦不能謂爲單由於自然淘汰而發生，此等皆爲造成反對淘汰說者。

八、拉馬克主義 恰正在達爾文據“種源論”發表進化說之五十年前發表之拉馬克進化說，由現今多數科學上之論法而言，並不完全，尤以拉馬克之說，因無科學上必要之實驗與正確之證據，類似獨斷的進化論；達爾文首先排斥之，後有魏司曼之反對，非無故也。然如杜拉奇 (Dualage) 所言：‘新思想決非完全發達完成於創造之人’，且科學上重大之學說，其始閃爍於天才之腦中，以想像爲原基者亦甚多；故拉馬克之進化說，亦必待深入之研究而後發顯，然學者爲達爾文說所支配之當時，拉馬克之說，固不甚顧及也。

於此就拉馬克關於生物進化之意見略述之。生活場中之生活條件變更，器官之作用變化，而動物器官之作用變化，

即發生動物活動之變化，若其作用繼續，持續對於此之活動，則動物自然至獲得新性質；故動物若進入新生活場，應此為變更之活動，即成為新動物，是即拉馬克出發於用之器官發達，不用之器官退化之事實，說明所以進化之點，略稱為拉馬克之用不用說，與達爾文之淘汰說相對存立。

拉馬克因證明斯說，列舉多數之例，彼係並駕屈費爾之有名之解剖學者，故從比較解剖學上立論；彼以為哺乳動物之齒所以隨種而殊異者，因隨各種而異其使用齒之方法，最著之鯨，食蟻獸，缺齒而代以特殊之鬚，細舌，亦各應其必要而發生耳。又長頸鹿之頸長，亦因居住非洲中部之沙漠中，由齧食高處之樹葉之必要，常習延頸之故。拉馬克復附加由於外界之影響而獲得之新性質，自然保存，（即遺傳）作為彼之用不用論之第二方則。

在拉馬克說之主旨下論證生物進化之學派，稱為拉馬克主義（Lamarckism）及新拉馬克主義（Neo-Lamarckism），此學派之主要人為帕刻德，柯普，雷唐台克等。此等之人，主張拉馬克說，亦不排斥淘汰說，而於達爾文之淘汰說上，附加有機的淘汰之組織間競爭淘汰，至與拉馬克之用不用論相一致；即所謂用之器官發達不用之器官退化者，為生物體內之器官之淘汰，器官之生存競爭，惟拉馬克於此，因鑑於自然界中多數之實例而以必要不必要或用不用為形態變化之原因，而達爾文則僅從適應之事實，自然淘汰之現象，認定種類性質

之變化在於淘汰，以說明進化而已。

達爾文及拉馬克之進化論，留與其後之學者之研究問題，為形態上及生理上變化之性質，是否為繼續至後代者，即是否為遺傳者之問題。魏司曼對此最先與以解決，即如以前所述，一代獲得之變化性質，若不與變化於遺傳物質之生殖細胞，則不遺傳。例如南洋人及日本人之足趾，拇趾與其他之趾，非常開離，此係自小兒之時登木洗足及着木屐之習慣而來，為一代獲得性，而不遺傳，較此不含用不用之意味之性質一方，反遺傳。又就達爾文之淘汰說而言，淘汰之最適之種類，未必能與同一方向之最適之種類交配，而增強其方向及性質；且所謂生存最適之種類，自個體變異中選擇淘汰，個體變異，其關係於自然淘汰之程度，是否若斯之深，尚屬疑問也。

九、戴甫里斯之突然變化說 達爾文重視動物各個之相異，而謂其間行生存競爭，行自然淘汰，動物於以進化。仔細考察之，達爾文及其學派之所謂個體變異，大多其相異僅為程度之相異，為徐漸移行之相異，達爾文推定此變異，造就適者之生存，為生存競爭優勝劣敗之原因，果如此乎？實際上個體變異，不僅由於遺傳上之相異而起，由外界之狀態，食物之多寡，氣候之變化，生活之方法等而發生者甚多，由此種原因而發生之變化，果能遺傳乎？是與拉馬克之用不用器官之遺傳，為同一疑問。又實際雖有遺傳上之個體變異，若未發見阻礙變異動物間雜交之條件，特殊性質之存續，亦屬難能。

荷蘭之植物學者戴甫里斯 (de Vries) 一八八六年以來，就動物進化之真因有所研究，就從來該處未有之野生植物，尤以與美大陸往來後，自該國渡來之月見草之一種，重複實驗；一九〇一年初，關於生物進化，發表突然變化說 (Mutation theory) 之新說。據此說，第一新之種類，無中途之階段，急速出現而且固定，即並非如達爾文所說，由個體變異之微細連續的變異，反復行生存上之優良種之淘汰，而種類變異，乃突然現出變化之新種，而成爲固定之種。戴甫里斯十數年間栽培月見草及其他，而實際上獲得幾多此種之固定變種。

生物造作突然變化之性質之子孫，達爾文早已認識之；彼以游戲種 (Sports) 之俗稱，記載於其著書中，而游戲種之成爲進化之固定種，則並未見及。然達爾文以來之有名之生物學者，如劉利卡，(一八六四年)達爾，(一八七七年)科欽斯基 (一九〇一年)等，關於進化，亦以突然變異，跳躍的變異，較個體之小變異，彷徨的變異 (Fluctuation) 更爲重視，尤以科欽斯基爲跳躍的變異之有力主張者；惟不如戴甫里斯爲基於多數實驗之學說，故結局突然變化說，成爲戴甫里斯之新說。

突然變異，並非各種生物常起之現象，生物逐代繁殖中，於某時代由內的原因，突然出現變化種，或由多數之個體出現多數同一之新種，且立即固定而遺傳其性質於子孫，此種突然變化發生之性質，有進步者，(即新性質之出現) 有退步者(即某性質之退化)。

達爾文承認同種類內之生存競爭最激烈，主張由此行淘汰，其結果，種類進化；反是，戴甫里斯不置意同一種類內之淘汰，而承認異種類間之淘汰。然則生物之進化，對於其他下等動物異常跋扈之生物界，根據達爾文之適者生存及自然淘汰而行，無待說明，可謂為新種舊種得以同時生活於同一之場所；但外界之影響，決定某種類之適與不適，此中種類間之自然淘汰，為彼所承認者。要言之，戴甫里斯於自然淘汰以外，復根本的探究生物進化之真因，而於生物之突然變化性上窺破之。

戴甫里斯之突然變化說，為關於生物進化重要之新說；然其遺憾處，為關於突然變化與其永續之實例少，實驗及實際觀察之機會不多，此為戴甫里斯自己承認者。且戴甫里斯之說，生物界中縱有適應現象之大事實，不能與之附着何等之聯絡。生物自單位之原形質即具有刺戟感應性，自己經營，（新陳代謝）生存目的遂行性，與無生物絕然不同；此等固不能單視為淘汰之結果獲得者，亦不能以為生物種之變化，由十分漠然之內的原因，任意變化，更不能單純的謂其結果成為今日複雜之生物界。要之，戴甫里斯之說，不能認為說明生物進化最上之說，較達爾文說一層追溯根本，與懷疑於達爾文主義之學者以一大光明者也。

一〇、正統發達 考動物學發達之歷史，最初興起者為觀察種種不同之種類，比較之而類集同性質之動物，隨其

類似之程度而排列之分類。達爾文注意同種間之變異，就生物界各種種類存在之理由考察之結果，主張由起原於生產過剩與個體變異之生存競爭，適者生存等之自然現象，行自然淘汰而生物進化。又拉馬克先達爾文五十年，見構成動物體之各種器官，應動物之必要而發達，認識用之器官發達，不用之器官，雖一般的存在而退化之事實；更基於各生物適應其棲息地之外界之事實，謂動物之構造，由用之與否而變化，由此種類亦變化，以說明生物進化。

此等生物進化之意見刺戟生物學者，遂發生生物之分類，在於訂正進化系統之思想。研究逐漸進步，而達爾文注目之個體變異，細察之，似不能為變化種類之大原因，自然淘汰之現象承認之，而不能以為作用於個體變異，遂出現進化之結果；於是成為戴甫里斯之突然變化說，謂種類突然急速變化而為不動之固定種，為生物進化之原因，學者多讚成之。然精查生物變化之原因，生物決非變化於任意之方向，必有一定制限；且向一定之方向進化。例如禾本科之葉無分離者，亦無具豹之斑紋之犬，無青綠色之幼雞，無青赤色之金絲雀。又其進化未必對於動物為必要，反是，亦進化於有害之方向。

化石學者嘗謂繁昌跋扈於中世代之偉大之爬蟲類，因其身體之奇偉而滅亡，所謂近世代之猛獁（Mammoth）之象，因象牙之不鈎合，大為發達，以至生存不能。現生動物中，具備必要以上之發達之器官者，當亦不在少數；昆蟲，鳥之色彩，似

皆非必要之色彩，所謂發達之勢在必要以上之是等器官，及昆蟲之色彩之發生，惹起多數學者之注意。

此種事實，使聰明如內革利 (Nägeli) 之動物學者，至謂生物之進化中，有一定之方向，此思想即正統發達 (Orthogenesis) 之見解也。正統發達之見解，隨學者而種種不一，亦有抱如內革利 於“完成之原理”中所表明之意見，以為由不可思議的及哲學的原因以定其方向者；然從純正之科學立論，生物變化之方向，不能不視為亦隨生物體之構造，組立，即有機體制而決定。外界之氣候，溫度，水質，及食物之種類等條件，作用於其體制，則變化之方向，當視為隨體制而決定；是故在進化中有一定之方向，並非如內革利 之哲學的原理支配者也。就此，以為有超自然之不可思議之力，神之攝理等支配之，為哲學者及神靈界之人之自由，科學的看法則不能，若有與以此種說明者，則已屬越出科學範圍之外矣。

由正統發達之見解力言進化之學者之主要人，為愛麥奧 (Eimeo)。愛麥奧說明生物，謂生物非他動的由外界支配，必由自己之性質反應外界，是故發達僅以某之二三方向之可能，決定體之構造及組立之方向；例如鳥之羽毛，蝶之色彩，並非由自然淘汰以具備，乃外界之色彩刺激鳥，昆蟲之感覺，因具備發達攝食物之色彩之要素，故體構造遂用此表現色彩。在介類，同種類中有種種不同之斑紋，此亦同樣，係隨個體之相異而發達為種種者。愛麥奧之次，抱正統發達觀者，為柯普

(Cope)。柯普爲置重生物之感覺意識者，以爲在生物自始即有感覺意識，在細胞有細胞之意識，其意識每次同樣動作，遂成爲自動的，反射的，此係固定之時；進化必爲某種之意識活動之時。且生物基於此種意識，必進化於一定之方向。由外界變化之發生及食物之全然變化等原因，動物意識，發生動物生理形態上之變化，應此，固定之反射的意識，亦以某種原因，改變活動之方向；由此變化生理形態，是爲論證正統發達之方法者。

第十二章 動物之種類

地球表面，有熱帶，有寒帶，有濕地，有乾地，更有山河，溪谷，平原；在海亦有深海，淺海之別，海濱與外洋之分。此等種種之地方，各具有溫度，乾濕，鹹度之特色；而我地球表面，由是現出地理上之千態萬狀。其上種種之植物，繁茂於各地，且在適地成長特別之適種，使地球表面，益臻複雜。其次，吾動物界活動於此千態萬狀之無生物界，植物界之間，亦如所謂適材適所，各適種織入各適所，使此自然界，更見變化無極。動物種之棲息於各適所，並非偶然之事，與其地之植物性狀，其地之風土，水質，皆有密接不離之關係；且同時亦未有不因緣於各動物種之祖先之繁殖，分布，進化等而存在者。一切之動植物，對於生命之連續，如一樹之枝葉果實，互有生命之連鎖。然在表面所見者，動物數十萬，植物十數萬之種類，皆各為自己之生存繁殖，盡自己所有之力，而於可能範圍內，努力分布其子孫，應地球表面之地方的變化，極度繁殖適種於適所，而保持生物界之平衡安全。

自然界如斯之狀態，如何而發生乎？如地質學中陳說地球發達之歷史，其變遷由舊向新，有幾多之生代世紀；由其山成谷，海為陸，旺盛之火山爆發，大冰河等之紀錄，可見自古地球變遷之甚。吾生物界，亦不能不視為有相應之變遷。現在多

種多樣之動物植物，羅織於此複雜之自然界，於各地呈無限之模樣圖形，此種現狀，並非偶然發生，乃閱歷進化之進程，系統之結果，而達到此地步者也。

數十萬種之動物，若不置意其構造形態之比較，一見似無何等之關係；實則掬同一生命之流而行同一目的之生理機能。即各生物因行生活基本的機能之新陳代謝，生命維持及生殖，而具備不必同一之機械裝置，種種之構造形態，能遂行同一之目的，皆可認為講求一個獨立生物種之生命運用之道以存在。無論具備如何複雜之有機體制之動物，或高達數十丈之植物，其生活，主要不過行各生物特有之生命維持與生殖而已。在前數章，曾由其器官構造上說明動物之如何行使生命維持及生殖之方法；於此擬列舉動物界中大體有如何之種類，而比較種種動物之構造及發達之歷史。即根據比較形態學，比較解剖學等之研究時，可以追究其相互間類緣親疎之關係，縱有多數缺失及不明之種類，尚不難作成一表現進化徑路之系統圖也。達爾文發表進化論以來，現在之動物分類，大體基於表示進化順序之方法；是故先自生物進化之階段上最下等之動物，順次列記高等之動物。又類緣近之動物，類集於同一名稱之下，稱最基本之類為種，更集類緣近之種而成屬，再進而為科，目，綱，門，或插入亞屬，亞科，亞目等於其間，總稱之為動物界(Animal kingdom)。

第一節 動物界之二亞界

動物界分爲原生動物(即單細胞動物)與後生動物(即多細胞動物)之二亞界;蓋此兩者在行生理機能之有機體制之構成上,有特殊之區別,前者,爲以一個之細胞成爲獨立之個體而生存之動物之類,後者,爲多數之細胞,相附相助,細胞復經組織上之分化而成器官,分業一個體之生理機能之動物之類,單細胞動物中,亦有集合多數之細胞爲一體,而互通原形質者,如羣生放射蟲及團走子是;然此等之各細胞,成爲獨立之一個體而存在,除生殖之機能外,不能認出以全體爲一個體之組織的分化,故爲一種之羣體。其次,某分類學者,於原生動物與後生動物之間,插入中生動物一類,此類不呈統一之特徵,比較後生動物,僅所謂形態十分簡單之點爲異耳,而其大半係寄生蟲,爲寄生於鳥賊,章魚腎臟之二胚蟲,寄生於蜘蛛,海盤車之 *Rhopalura*,寄生於環蟲類腸中之 *Haplozoon* 等,或視爲寄生之結果產生之後生動物之退化動物,亦無不可,正當爲中生動物,殊堪懷疑者也。

一 原生動物

〔形態〕 爲一個細胞構成一個體之動物,其原形質營個體生存上一切必要之機能;亦有全體裸露者,亦有以原形質生產之表皮質被膜,介殼覆體,及有纖毛,鞭毛,具備細胞器官

者。

〔棲所〕 亦有棲息於淡水及海水，爲自由獨立之生活者，亦有在動物體內，營寄生生活者；全體種類甚多。

〔榮養攝取〕 有自由伸出偽足捕捉食物者，有由體表面吸收液體食物者，亦有具備植物中所見之葉綠素，以構成有機體者，或則具有口，藉纖毛之運動，在一定之場所可以攝取食物。

〔運動〕 亦有伸出偽足而運動者，發達者由纖毛，鞭毛之波狀運動，或由略具收縮性之物質運動刺毛，及屈伸身體以運動者。

〔生殖〕 以無性生殖爲最普通，作爲有性殖者，有配合(Copulation)與接合(Conjugation)。

二 後 生 動 物

後生動物如以前所述，由多數細胞之組織的分化與生理的分業，與原生動物區別。生殖有生殖細胞之分化，縱有無性生殖之時代，必行分別雌雄之有性生殖。於其發生之始，現內外之二胚葉；下等之動物，雖係二胚葉發達之有機體制，其他動物，其間出現中胚葉，由三胚葉分化而生體之一切組織。

第一門 海綿動物

〔形態〕 爲附着於外物之動物，一端有口，在體表面又有多數之小口，入口則有胃腔，小口形成溝通胃腔之溝道，胃腔

發達時，多數分歧，於體內作成多數之鞭毛室，在海綿可視此為一個體。在體表面有細胞之外層，在體內有胃腔及幾多溝道之表面細胞層即內層，鞭毛室內之特殊之細胞，謂之鞭毛襟細胞。海綿體僅此等二層行組織的連續，在其間構成海綿之實質者為所謂間充組織 (Mesenchyma)，在黏液體中包含游離之多角形細胞與該細胞產生之骨片。海綿具一定之形狀，吾人普通取用之海綿，不過海綿實質內之骨幣而已。在海綿之骨幣，有三種：即石灰質，硅質，角質是。吾人沐浴吸水掃除所使用者，為角質海綿；此因角質之強韌纖維，十分微細連綿，由毛細管現象而吸水也。

〔棲所〕 主要棲息於海底，有附着於岩礁之上者，及樹立砂底者，種類甚多；於淡水及湖沼中產數種，遠較海產為少。

〔利用〕 海綿類中具石灰質骨針者，殆無利用之途；以彈力性之角質骨絲由顯微鏡的微細之連結，形成一定形狀之浴用海綿，吸水而用途甚廣。

第二門 腔腸動物

〔形態〕 腔腸動物中有二型：一為附着於外物之水螅型，其他為運動性之水母型。此門之動物，依舊具備一切後生動物在發生初期必須經過之原腸期之型式，有相當於原腸期之外胚葉之外膜與相當於內胚葉之內膜，內膜仍以原腸期之原腸為廣大之腸腔，但此動物之口，並非原口。水螅型為附着於外物者，在游離端有口，在其周圍發達觸手。水母型與水

蠅型比較，有運動器官，便於行有性生殖；與原腸期比較時，大不相同，呈盤狀或傘狀，有蓋與柄，進入開口於柄之中央之口，有內胚葉發達之胃腔，由胃腔發出放射狀之管，自胃腔之壁，發生生殖細胞（卵及精蟲）被覆體之內外之內膜與外膜間，隨種類，或厚或薄，概成膠狀性之間充組織，在本動物，發達神經細胞，感覺細胞及其器官，眼與位置覺器官。（沿水母型動物之蓋緣）又有特種之防禦器刺絲胞，此等為外膜細胞之分化物，構成動物體中層之間充組織，為富於自內外兩膜細胞游離之細胞之膠狀性物質，有時如水母含極多量之水分而成為石花膠狀，又發達於內外兩膜細胞之基底之收縮性纖維，並列於中層中而形成肌肉；如圍繞水母傘之內面之環狀筋，及構成海葵之厚壁有強大收縮力之肌肉等皆是。水蠅型之腔腸，亦有為簡單之囊狀腔者；在珊瑚蟲類，由多數放射狀之隔壁區劃。

水蠅型動物，大多芽生而無性的繁殖，成羣體，水母型動物，行有性生殖；而大都此兩型動物之無性代與有性代，互相更代，然珊瑚蟲類為水蠅型，行有性生殖，又在他類，亦有為水蠅型之變形體，而行有性生殖之動物，故並不一律。

腔腸動物以形成骨骼者為多，其骨骼為結合中層中細胞之分泌物或分化物而成之樹枝狀骨骼，如磁花及珊瑚之類是。熱帶地方形成珊瑚礁之石珊瑚類之骨骼，為外皮之分泌物。

〔棲所〕 主要為海產之動物，棲息淡水中者，僅有一二水螅水母類。水螅型有附着於海底岩礁之上者，有繁殖於海藻葉面者，亦有樹立砂上，恰呈植物之觀者。附着於岩礁之上形成石灰質骨骼之珊瑚類，多數繁殖於暖海中，至形成珊瑚礁。

〔利用〕 在下等動物，殆無實用的價值，在水母類，有二三種可供食用，然作為裝飾品者，由採自數十尋下之海底而視為珍奇之品及美觀之點言之，赤珊瑚，白珊瑚等珊瑚類，實堪珍重者也。

第三門 體腔動物

海綿動物及腔腸動物，為由後生動物發生中之原腸期立即轉入成體之動物。在中層間充組織內，無顯著之體腔，亦無器官之發達。在此以上之動物，中胚葉出現，而發達各種之器官。原來中胚葉組織發達之個所，為囊胚期之分裂腔，在其中發生器官，此分裂腔成為腔而存在時，謂之第一次體腔，或囊胚腔。在後生動物中高等之動物，中胚葉組織在第一次體腔內作腔時，此腔與前述之囊胚腔異，故稱之為第二次體腔，是即普通所稱之體腔(Coelom)。

第四門 扁形動物

〔形態〕 體左右相稱而為扁平體，消化器開口於腹面，口之周圍，形成吸盤，入口有口腔，以下為腸，分枝而缺肛門。在此類多寄生蟲，不具消化器，間充組織內，生殖器最發達顯著，雌雄同體，(有例外)於卵巢及精巢外，多附屬器，在雌性器，於卵

巢外有卵黃腺，卵殼腺，輸卵管，受精囊，在雄性器，精巢之外有輸精管，陰莖，在間充組織內，尚有神經系，排泄器官，排泄器為最原始的，成管狀，其始端起於焰細胞，集多數之小管而開口於體之後端，由焰細胞上纖毛束之振動，向開口排泄尿液，無血管系。

〔棲所〕 此門動物中第一綱之渦蟲類，附着於水底之石面而生活，於海濱之淺水石上所見尤多；亦有棲息於淡水，濕地，或枯葉，石底之下者。第二綱以下之吸蟲類，條蟲類，為寄生蟲，其成體終生寄於陸上動物，特如最高等之哺乳類，為害於人類者，亦甚多，如肝二口蟲，住血吸蟲，肺二口蟲等之吸蟲類，有寄生人體而奪取人之生命者，且條蟲類之有鈎條蟲，廣節裂頭條蟲等，亦為可恐之人體寄生蟲。吸蟲類，條蟲類，皆係寄生蟲，具有複雜之生活史，以人體為最後宿主之寄生蟲，亦生活於他動物體內作為中間宿主；肝二口蟲棲息淡水魚類之皮膚中，肺二口蟲棲息河蟹體內，條蟲棲息脊椎動物之肌肉中，故人食此肉而受寄生。又住血吸蟲之幼蟲，以宮入貝為中間宿主，其後之尾蟲（一名搖尾子）幼蟲，游泳水中而穿入人類之皮膚，寄生血液中。

第五門 圓形動物

〔形態〕 體圓形，線狀，為左右相稱體，無環節，在體內有廣大之體腔，體壁上之肌肉，十分發達，為盛行蟲狀運動之動物。且外面被以堅固之表皮膜，故對於外界之物理化學的影響，

抵抗力極強，因此此類棲息於種種之場所。雖間有寄生生活者，消化管皆十分發達，有肛門與口，與前類不同。雌雄異體。

〔棲所〕 人體寄生蟲之有名者，為蛔蟲，在多食不潔野菜之日本人，蛔蟲特多；其他寄生蟲之著名者，為十二指腸蟲，絲蟲，旋毛蟲等。

可以作為附屬之類編入此類之海產箭蟲類，體透明，外觀如魚之幼兒，善於游泳水中，其鰭在體之兩側，尾鰭復左右擴張，在口之周圍有顎毛。

第六門 環形動物

〔形態〕 體以同型構造之體節，前後反復連續，而具備環節的構造。至此門而運動器官上之附屬物發達，然大多缺少，存在者，亦不過自各體節形成疣狀突起而已。體腔廣大，循環系，神經系等十分發達。神經系成為腹髓，於各體節之腹面，有一對之神經球，前後連鎖，接近食道，其連續神經為圍食道神經，達於頭部背面之腦。排泄器官稱為環節器，各體節存在一對。

〔棲所〕 除棲息陸上地中之蚯蚓類，蛭類外，概為水中生活者。棲息淡水溝中之絲蚓，繁生於海岸之禾蟲，沙蠶等及蛭類，皆列入此門。

附屬動物有苔蘚蟲類，附着外物而營羣體生活，淡水海水中皆極多；外觀雖大都如植物之蘚苔，若注意觀察，其蘚苔狀物中，有細穴，可窺見由此伸出冠狀觸手之蟲體。其次，腕足

類，具有二枚之介殼，狀如軟體動物，亦附屬於此，有酸漿介，海豆芽等之種類，此類過去之動物，較現世之動物，種類更多。

第七門 節足動物

〔形態〕 體如環形動物，由多數環節合成，然體節不表示一樣之外形，隨位置殊異，因此體分為頭部，胸部，腹部，外部被以厚層之表皮膜，此由含有幾多石灰之角皮質(Chitin)組成。在體節上發達附屬肢，附屬肢亦由數個環節合成，能自由屈伸於種種之方向。心臟位於體之背部，由此向前後派出動脈，由動脈轉入靜脈，不形成毛細管。神經與環形動物同，由體之腹面各體節之神經球與其連鎖所成之腹髓，及由咽食道神經與腹髓連絡之腦而成。消化管縱走於上述之心臟管與腹髓間。

節足動物，種類極多，陸之昆蟲類，海之甲殼類，為其主要者，包含數十萬之種類，為動物中種之最多者，且其繁殖數亦極夥。在陸上，昆蟲類之外有多足類，蜘蛛類，種類之多亦相埒。

〔與人類之關係〕 可供人類食用之動物，有海產之蝦蟹類，具有他動物不能倫比之特殊之美味，最堪珍重。又蠶，其繭可作衣服之原料，為極有用之動物。海產之甲殼類，除蝦蟹之食用動物以外，含多數小形之種類，在魚類之食物上，極為重要。在昆蟲因食植物之種類多，大半為食害人類栽培之植物或貯藏之穀類之有害動物。生產吾人人類食糧之農業與水產業，為必須伴人口之增殖而發達之產業；而農業經營之植

物栽培，與害蟲之繁殖相密接，為水產目的之魚類，支配於其食餌之浮游甲殼類之多寡者亦甚多，是故節足動物，乃昆蟲學上及浮游生物學上，必須從事應用上之研究之部類。不寧唯是，甲殼類食浮游植物，昆蟲類食植物之葉而產出豐富，故成為由植物運送榮養於動物之連鎖。

第八門 軟體動物

〔形態〕 體不見如前門之環節的構造，腹面有筋肉發達之足，背面發達外套膜，包裹內臟諸器官，並分泌宮於石灰質之表皮膜即介殼於外，藏體其中。神經系有頭部，足部，內臟之三神經球。體腔以間充組織充實，體內不辨特別之腔。血管系雖有心臟及動脈，靜脈，血液以直接通於組織間隙之第一次體腔者為多。

此門之動物，除頭足類及二三種類外，為匍匐地底之動物，其運動不活潑，有二枚介殼之瓣鰓類，潛入砂中而生活，或固着於岩礁等，不變住居。又隨體之成長於背方形成介殼之螺旋即具有卷介之腹足類，匍行地上運動。頭足類，頭部有不見於其他部分之腳，游泳或匍行地上，並自外套腔排水於外面後退。

〔棲所〕 具有二枚介殼之瓣鰓類，棲息於淡水海水，在河口附近及灣內等處尤多，以水中多量存在之微浮游生物為食物，因此隨處多數蕃殖，其肉多屬美味，在食用水產動物上極有價值。頭足類多量蕃殖於海中，亦為水產物中重要之種

類。腹足類除蝸牛及其他二三陸上動物外，在海中尤以海岸產出甚多，且產量日豐。在沿岸食鬱蒼之海藻之石決明，螺螺，出產豐富，且大形而多肉量，具美味，在日本產類甚多。

〔與人類之關係〕此門之動物，包含供食用之多數介類，尤以住於淺海灘附近之瓣鰓類，其食料為浮游於海水中恰如微塵之多量之微小浮游生物，繞產於便利採捕之所。又集其稚貝，播諸海底，作為繁殖食料，頗多價值。軟體動物之介殼，其質可製洋服之鈕。又真珠貝之真珠，作為裝飾品，極有價值。

第九門 棘皮動物

〔形態〕此門之動物，較其他形態顯著不同，其他多為左右相稱體，而此則呈輻射形，相稱之軸有三，故體不能區別前後左右，惟由平素之位置，海膽類，海盤車類，可言腹背耳。有體腔及血管系，此外有此門特有之水管系，由穿孔體直接通外界，在內部出多數之步足，步足形成吸盤，由於水管系中之水流出流入，動作吸盤以運動。構成此門之中層，皮膚下之組織中，發達骨片，結合之形成堅牢之甲板；但海參類，骨片少，僅散在體表面之附近。

隸屬此門之動物中，海參類稍與其他不同，成為外觀的左右相稱體，前後伸長。

〔棲所〕皆為海產之動物，在海底附着或匍行，海膽類，陽遂足類，有附着於岩礁之上者，然大多係棲息砂上之種類；此等之中，有食害繁殖介類者，海參大多在砂上，食泥砂中之有

機物質，集微生物以爲營養，因而在微生物多之海底，多數繁殖；其體壁筋有特殊之味，在日本多鮮食，可乾製之運往各地。

第十門 脊椎動物

〔形態〕 如節足動物，爲左右相稱體，且得略辨體之環節的構造，普通有二對之附屬肢，中央神經系縱走於體之背面，消化管縱走於腹面，而以環節的構造之脊柱，縱走其間，心臟位於消化管之腹面，動脈與靜脈以毛細管連絡，不直接通於組織間隙之第一次體腔；但第一次體腔，以淋巴填充，淋巴相集而形成淋巴腺，徧布體中，第二次之體腔，成爲內臟腔或胸腔，腹腔而開廣，內臟諸器官懸垂其中。

皮膚成自皮膜組織與結締組織，皮膜組織爲數層之細胞層，其變質成爲角甲，毛，羽等，保護軀體。

〔棲所〕 此門之動物爲最高等之動物，在水中有魚類，及棲息水陸之兩棲類，棲息陸上之爬蟲類，哺乳類，飛翔空中之鳥類等，其變化甚多。

〔利用〕 其次，復包含動物界中最大形之種類，因肉量多可以作爲食物利用者極多。人類講求捕獲天然蕃殖之動物之方法，而以人工圖其蕃殖之種類亦極多。且不僅供食用，由親近人類之點利用之，如犬貓等，馴致之使成爲家庭生活之一員。又鳥類及哺乳類之羽毛及毛之良好者，製爲衣服，可供禦寒裝飾之用。

作為脊椎動物之原始型之動物部類，有包含石物卒，薩爾帕 (Salpa) 之被囊類，及蛤蜊魚屬之無頭類。此等與脊椎動物合稱為脊索動物，於體之中軸有脊索。神經系，消化管，心臟對於脊索之位置，與脊椎動物相同；且脊椎動物發生之初期，出現脊索，為以脊骨置換者。

(終)