

LORANDE LOSS WOODRUFF

原 著

# 生物學大綱

沈 霽 春

伍 况 甫 譯

國立政治大學圖書館典藏  
世界書局印行  
由國家圖書館數位化



56/ 570  
111 W86  
1-1 (2)

FOUNDATIONS OF BIOLOGY

BY LORANDE LOSS WOODRUFF

生

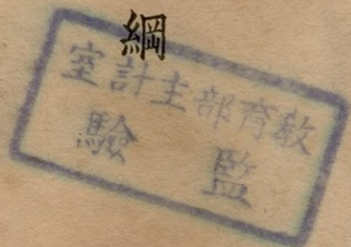
物

學

大



綱



伍沈 伍  
况霽 特  
甫春 魯  
譯 夫  
著

世界書局印行



212605

## 第一版序

本書是要將給予大學生和一般讀者的生物學的根本原理，歸納為簡明的方式。

對於示例的有機體的結構和生理學，所作的詳細的實驗工作，可以作生物學事實和方法兩方面初步知識的手段的，大家都承認，現在還沒有適當的替代物。然而作者用着不斷的努力，已經見到：學生對於每天所見的實驗室材料和他對於這事項發生的更廣大的喜好，這兩方面的聯繫，都為這些根本原理同時的『流水帳』所大大的增進了。本書材料，在每年數百個耶魯學生選讀的普通生物學（General Biology）這門功課上，對於這個目的，已經證明了極大的價值。

生命的大問題，對於動物學和植物學是共同的，因此動物和植物都引用過來，作為講解和討論的資料。這種說法，是和作者的信念相符合的，作者以為：普通生物的觀點，是達到下面兩件事項的最適宜手段：一件是對於活的現象廣大的知識，就是『自由的』教育的一部分；一件是動物學和植物學上更進步的研究，就是對於醫藥、林業等事的要件。然而為了動物的情形是自然的，又因為牠供給不可少的材料，以為解釋『人』自己之用，對於牠已是大加注重過了。因此，按普通動物學的功課而論，本書對於動物是講得很精益的，只要第八、第九關於植物的兩章，省略過去，中間就不會有什麼阻隔。

當然，作者為了所想出的事實和原理，參考了許多書籍。本書的內容是一年一年擴大而成的，差不多所有標準的專論都已引用過，



而那些最可以供參考的，則都列名於相關各章的書目中。然而在此卻應特別提起魏爾德(Wilder)教授的人體歷史(History of the Human Body)，康克林(Conklin)教授的人類發展中的遺傳和環境(Heredity and Enviroment in the Development of Men)，岡農(Ganong)教授的植物學教本(Textbook of Botany)，和庫德(Coulter)教授的植物的性的進化(Evolution of Sex in Plants)。(下略)

耶魯大學，

伍特晉夫

## 第四版序

現在乘本書第四版重排的機會，得以介紹進生物科學上許多近代的進步，和各學校用過本書的生物學家所貢獻的各種有益的意見，並且得以利用耶魯大學 (Yale University) 奧斯本動物實驗室 (Osborn Zoölogical Laboratory) 我的同事們的知識和經驗。沒有加以更改的書頁，為數很少，尤注重於語法的簡單和專門名詞的減少，務必使之恰巧足夠科學的說法而不見其辭費。然而本書內容的更改，卻又大都主張分章專論某種重要問題，以便容納更多的適當的討論，並將若干論類的次序，加以變更，以便和實驗室研究時所發生的某種限制，得以更加適合。這些增加以及其他變更，一概分外注重生物學的動物學方面，尤其是關於『人』自己這方面。因此本書用作普通動物學的教本，比了以前更為適當。

此外，所有圖表和牠們的說明，都已完全修正過。許多圖畫已重新畫過，還有許多新圖畫都已請哈禮孫先生 (R. E. Harrison) 畫好了加入，因此相信在本書這方面，卻是集了衆人之長，不可多得。下列各書的諸著作家及出版家，都很慷慨地以新的圖表，供給本書這一版之用，我們感謝非常：(中略)

貝塞教授 (Professor Baitzell) 又校讀了本書的全稿，並將他新出版的生物學教本 (Manual of Biology) 中所有必要的變更都應用了進去，意思是要供給各種形體學和生理學的材料，和實驗室中研究時的指導，這些東西也許在現在的書中是不合時宜的。

最後，所應該注意的事，是我們已用過極度的審慎，務必使本書在“將生物學的根本原理給予大學生和一般讀者”這樣的廣大的



觀察上，不會蒙蔽了本書的基本精神，而那些根本原理是大得生物學教師的贊同的。

耶魯大學，

一九三〇年四月。

伍特魯夫

# 目次

第一章 生物學的範圍	1
A 生命研究之創始	2
B 生物科學	3
C 生物學與人羣的進步	6
第二章 動植物組織上的單位	8
A 細胞	10
B 細胞之分裂	13
第三章 生命的物質基本	15
A 原生質概念	16
B 活的物質的特性	20
(1) 組織	20
(2) 化學的組成	23
(3) 代謝作用	27
(4) 生長	29
(5) 生殖	30
(6) 順應	30
C 運動	31
第四章 綠色植物的代謝作用	34



A	胸形藻的構造及其生命史	34
B	胸形藻的代謝作用	36
(1)	食物之製造	36
(2)	呼吸	39
第五章	動物的代謝作用	41
A	草履蟲的構造及其生命史	41
B	草履蟲的代謝作用	45
(1)	草履蟲的獲食	45
(2)	呼吸和排泄	46
第六章	無色植物的代謝作用	48
A	細菌	48
B	自然界原質之循環	51
C	枯草浸液裏面的境界	55
第七章	多細胞的有機體	60
第八章	植物的身體	68
A	構造	71
(1)	根的種類	74
(2)	根部的組織	76
(3)	莖的種類	79
(4)	莖的體素學	81
(5)	葉的種類	83

(6) 葉的體素學.....86

B 生理方面.....89

(1) 循環的通路.....90

(2) 循環的動力學.....94

(3) 食料之利用.....95

## 第九章 植物的生殖..... 97

A 孢子形成.....98

B 配子形成..... 100

C 性的分化..... 103

D 生殖器官..... 105

E 世代交替..... 107

(1) 蘚類植物..... 107

(2) 羊齒..... 109

(3) 高等羊齒類..... 112

(4) 種子植物..... 114

## 第十章 動物的身體——無脊椎動物..... 123

A 動物主要的種類..... 123

B 水螅..... 125

C 蚯蚓..... 127

(1) 身體的格式..... 128

(2) 體素和器官..... 129

(3) 器官系統..... 134

D 蝦..... 134



第十一章	動物的身體——脊椎動物	141
A	身體之圖形	142
B	皮膚	144
C	肌肉	144
D	骨骼	145
E	脊椎動物最顯著的特性	150
第十二章	動物的營養	158
A	口腔・喉頭和食道	159
B	胃	161
C	小腸	161
(1)	肝臟與胰臟	162
(2)	吸收	163
(3)	分布	164
D	大腸	164
第十三章	動物的呼吸	167
A	肺臟	168
B	呼吸機能	170
C	氣體之交換	172
第十四章	動物的血液循環	176
A	下等脊椎動物的血液循環	176
B	高等脊椎動物的血液循環	182

---

第十五章 動物的排泄	189
A 鰓與肺	190
B 皮膚	190
C 肝臟	191
D 腎臟	191
(1) 尿	192
(2) 腎臟的進化	192
第十六章 動物的生殖	197
A 無脊椎動物	197
B 脊椎動物	199
(1) 子宮的發育	200
(2) 尿生殖系統	203
第十七章 動物的共濟作用	205
A 化學上的共濟作用	205
B 神經系統所賦與的共濟作用	208
(1) 腦及脊髓	210
(2) 腦神經和脊神經	212
(3) 自動神經系統	217
C 感覺器官	218
(1) 皮膚感覺	220
(2) 味覺	220
(3) 嗅覺	221



- (4) 耳..... 221
- (5) 目..... 224

## 第十八章 生命的起源..... 228

- A 生生說與自生說..... 228
- B 在地球上的生命的由來..... 233
- (1) 宇宙生活論..... 234
- (2) 弗鋁氏的學說..... 237
- (3) 摩爾氏的學說..... 237
- (4) 愛倫氏的學說..... 238
- (5) 脫羅蘭的學說..... 239
- (6) 歐士卜氏的學說..... 239
- (7) 赫胥黎的話..... 240

## 第十九章 生命的繼續..... 242

- A 生殖..... 242
- B 種細胞的起源..... 254
- (1) 間接分裂..... 255
- (2) 種細胞的染色體..... 259
- (3) 雄精之成熟..... 261
- (4) 雌卵之成熟..... 262
- (5) 染色體之循環..... 265

## 第二十章 受精作用..... 269

- A 配子..... 269

---

B 配子之結合	271
(1) 合子胞核	273
(2) 受精作用的重要	274
<b>第二十一章 動物的發成</b>	<b>284</b>
A 蚯蚓的胚胎學	285
B 蛙的胚胎學及其變態現象	289
C 高等脊椎動物的胎膜	294
D 發成的問題	296
<b>第二十二章 遺傳</b>	<b>305</b>
A 變異的遺傳可能性	307
(1) 改變	309
(2) 複合	311
(3) 突變	312
B 高爾頓法則	313
C 孟德爾定律	314
(1) 單性雜交	316
(2) 雙性雜交	318
(3) 三性雜交	320
(4) 普通原則	320
D 新孟德爾定律	323
E 孟德爾遺傳律的機械性	327
(1) 性別的決定	331
(2) 染色體的連鎖性	333



F	自然和教育是相對的.....	336
G	選擇.....	339
	純系.....	341
	總結.....	343
<b>第二十三章 生物的適應.....</b>		<b>345</b>
A	對物質環境的適應.....	345
	(1) 以官能爲主的適應.....	346
	食物.....	346
	溫度.....	348
	壓力.....	349
	(2) 以構造爲主的適應.....	349
	哺乳綱的適應的輻射分歧.....	349
	動物傅色.....	353
	蜜蜂的腿.....	357
B	對於活的環境的適應.....	362
	(1) 結社的聯合.....	363
	(2) 共棲.....	364
	(3) 寄生.....	365
	(4) 免疫性.....	369
C	個體的適應性.....	370
<b>第二十四章 物種的起源.....</b>		<b>375</b>
A	有機演化的證據.....	377
	(1) 分類.....	377

(2)	比較解剖學	381
(3)	古生物學	384
(4)	胚胎學	390
(5)	生理學	392
(6)	分布	393
B	有機演化的成因	399
(1)	拉馬克的學說	399
(2)	達爾文的學說	400
(3)	遺傳學和演化論	402

## 第二十五章 生物學和人類幸福 405

A	醫藥	407
(1)	微生物和疾病	408
	瘧疾	410
	黃熱病	411
	梅毒	413
(2)	寄生蟲	414
	吸蟲	414
	條蟲	416
	線蟲	417
(3)	健康和富力	419
B	生物學和農業	420
(1)	植物與動物的食物	420
(2)	傷害動物的昆蟲	422
(3)	傷害植物的昆蟲	424



(4)	益蟲	430
(5)	傷害植物的植物	432
C	天產富源的保護	433
D	建設的生物學	436
第二十六章 生物學史上的分期		441
A	希臘和羅馬的科學	441
B	中古和文藝復興期的科學	443
C	顯微鏡派	446
D	生物學的分門的發展	448
(1)	分類學	448
(2)	比較解剖學	450
(3)	生理學	451
(4)	組織學	456
(5)	胚胎學	457
(6)	遺傳學	459
(7)	有機演化論	461
附錄	動植物分類簡表	466

560.1

111

C.2

部02317



教育部圖書室藏書

# 生物學大綱

## 第一章 生物學的範圍

科學的來源是永恆的；牠的範圍是不能量的；牠的問題是無窮的；

牠的目的是不能達的。——馮培爾(von Baer)

用一個最古也是最顯著的方法，把世間萬物類別起來，就把牠們分爲無生物和有生物兩種。由歷代的累積而成的關於無生物的知識，我們稱做物質科學(Physical sciences)；關於有生物的知識，我們稱牠作生物學(Biology)。所謂生物學，就是敘述有生命的物質的科學。正和別的科學一樣，生物學的最後的目的，也就是要用了那些基本的概念（在空間與時間中活動的物質和能力）來敘述牠的現象；但是不消說得，任何科學，都不能夠很急迫地達到這樣的一個目的，在生物科學裏，還更是這樣。一切的生物都表示一種物質與能力的狀態，非屬於現代物理學家、化學家的範圍之內。這種情況，表現到最高點的時候，就顯示出我們稱爲『生命』的這種東西來。

這個生命的謎，究竟到了最後是否可以解決呢，這的確是一個問題；每個人都想回答這個問題，但是祇有鹵莽的人，纔會嘗試去推測。就算這樣說罷，現代最進步的站在前鋒的生物學家，正企圖以有生的現象（使有生物與無生物相區別的現象），和無生物界更習



見更易研究的現象（那已有相當準確的知識）關聯起來，來闡明，來測量這些生命現象。但是生物學家之所以出此，並不是因為他們不能夠認識他們面前的大問題，也並不是因為他們不能夠充分領會有生物與無生物兩者間的鴻溝；真的，對於這區別，生物學家確乎要比別人，瞭解得更深切一點！

話雖如此，我們本書的旨趣，倒並不是要討論生物學理論方面的目的，我們祇是想把現代的生物學範圍內的知識，作一個很普通的概論，也就足够了。這些生物學上的知識都是歷來生物學家應用科學方法來解決生命問題而獲得的結果。這種方法並不是科學所特有的；牠祇是人類由觀察實驗與自省而得到的完美的結晶。用到現在，這還要算是一種很有效驗的方法；我們也沒有證據，可以說這種方法的功用，會有盡竭的一天。但是，這是當然的，『把任何事件，分析到最後，終是不可思議的；而整個的科學的目的，就是要把基本的不可思議減少到極小限度。』

## A 生命研究之創始

用科學方法研究生命問題這件事，在二千多年以前，古希臘的亞理斯多德（Aristotle）以及推亞弗來托斯（Theophrastus）已打了一個基礎。根據了許多採集、解剖、分類、思索等等的工作，他們就設立了許多生物學上的大綱；有許多他們所立的大綱，直到現在，纔用事實來證明。實際上，今日仍甚重要的一切廣汎的問題，幾乎都由他們提出了；但是從希臘時代到十五世紀相近，這中間，生物學的進步很少，值得記載的東西也不多。在這一段長久的因循的過渡時期中，對於生命問題之研究，也有許多新的發現增加進去，但因為事實與空想，糾纏在一塊，混淆不清，所以真理大大受了蒙蔽。

(參看第二百七十二及第二百七十三圖)

在文藝復興的時代，科學家常感覺到這樣的一個概念：雖則人是屬於自然界的，但是他還是遠離着這個自然界；在十六世紀及以後，他們把一切的知識，分爲自然史(或博物學)與人類史這兩大部分。自然史裏面所講的是那些不受人類控制的自然界現象的事實與因果，如礦物、植物、動物、地域及其他；而人類史裏面所敘述的，是關於人類在社會裏所發生的意志行爲。從這樣看來，當時一切事實的記載，祇有兩部分，就是博物學和人事誌(Civil history)。從這個博物學的大範圍裏，就分化出來現代的天文學、物理學、化學、地質學、生物學等等科學；因爲牠們的內容逐漸各異，所以比較地分門獨立。天文學、物理學與化學這三種，首先分離出來，因爲牠們範圍內的材料是比較容易用數學和實驗來應付的。天文學、物理學、化學離開了之後，於是博物學的範圍也就縮小：牠的內容也祇包括地質學、動物學和植物學這三種所謂觀察的科學(Observational sciences)了。

直至十九世紀的初期，到了拉馬克(Lamarck)這批人出來，纔認識動物與植物的統一——動物學與植物學的統一——而名之爲生物學。但生物學並非祇是包括植物學與動物學統一而成的總名，因爲在生物學的範圍裏面，我們除了敘述動植物的特性外，還得設法把動植物所共有的普遍原則，加以闡明。

## B 生物科學

從這樣看來，生物學家的工作，就是要研究有生命的東西——這些有生之物究竟是什麼，牠們做點什麼，以及牠們如何做法？這種種都是生物學家範圍內的問題。他還要問：這個動物，或那棵植物



是用什麼東西構造成功的，牠們的生理現象是什麼？這些都是他所要回答的問題。要是這位生物學家再繼續下去問，爲什麼這些生物如此構造，何以那些生物會發生這樣的生理現象，他就跨過了科學的範圍，而侵佔到哲學的領域裏面去了。

生物學家的這些疑問，反映出了研究生物現象的兩種基本觀點：一種是從形態學上的方法著手的，其興味集中在生物的模型及構造；別的一種是從生理學上的方法著手的，專門研究這些活動機器，所做的工作，講這些機器的各部分的機能。這是很明顯的，在形態學與生理學兩者之間，我們並不能夠清清楚楚的劃出一條界線來的，因爲分析到究竟，我們必須用機能來解釋生物的構造；反之，我們也必須要用構造來解釋生物的機能。就是這個形態學或生理學本身的領域內，爲了研究的便利起見，也分爲許多專門的小部分，我們普通稱爲形態學(Morphology)的，就是專門研究動物或植物的外面的形狀和大小的學問；解剖學(Anatomy)是專門講身體各部分的構造的學問；在體素學(Histology)裏，我們研究組成器官的許多微細的部分（每一個微細部分，叫做一條體素）。在細胞學(Cytology)裏，我們研究構成體素的細胞，以及作爲生命之物質基礎的原生質。同樣的，生理學考查動植物的活動、器官的機能、體素的性質、細胞的生活等等方面；講到最後，還得述及原生質的物理的與化學的各種特質。上述種種所研究的，都是成年動植物的個體。但是這並不是生物學的全體，因爲除了牠們之外，在生物學裏還有別種學問。譬如說，研究個體的開始與發展就是遺傳學(Genetics)與胚胎學(Embryology)；研究種族的創始與發展的就是有機體進化論(Organic Evolution)。對於這些每一門的學科，我們必須要從構造與機能兩方面同時著手，方纔能夠得到一點進益，以充





## C 生物學與人羣的進步

講到生物學原理及一般自然法則的知識，沒有誰比赫胥黎氏（Huxley）的估價更加適當的了。赫氏是發明現代生物學研究方法的第一個人，在他的論文裏面，他這樣的寫着：『假設我們每一個人的生存與命運，有某一日，要靠在這個博棋的勝負上面，那末你們想想，不是我們生平最主要的責任，就是至少也得把棋子的名稱，和移子的方法這件事學學會。你們想想，如果做父母的，讓他們的子女，治國家的，讓他們的國民，長大成人而不能夠辨別騎士與小卒，我們不是要加以輕視的嗎？但是這是一個很清楚而且單純的真理：我們每一個人的，以及與我們有關係的一切人的生存、命運和幸福，的確全靠着對於另外一種博奕的瞭解；這種博奕與奕棋相比擬，不知要難多少倍，也不知要複雜多少倍哩！這個博奕已經玩過了一個很悠久的時期，每一個男女都是兩個競技者中間的一個；他和她都有着自己的對手。這個偉大的世界，就是伊們的棋盤，宇宙間的現象，就是伊們的棋子，我們稱爲自然界的種種法則，就是博奕時所定的規則。對方面的敵手是隱藏着的，爲我們所看不到的……本領高強的奕員，結果獲得了很豐富的錦標；能力薄弱的人，則完全負了局。』

生物科學對於謀人類幸福方面的貢獻——生存博奕上的各種法則——我們隨後再要更加詳細的敘述牠們。在此地，我們祇須鄭重地申說這一點：從生物學裏，就產生了幾個隨處可以應用的原理，這些原理是非常重要的；因爲差不多每一個人類的活動領域中，牠們都曾改革了他們的想念與行動；同時也轉換了文明人對於世界的觀念。生物學是使人類生活適應其生活情況的最高無上的主動

力；而全靠了這種適應的得當，生活纔得前進。特別是對於藥物與農業這兩項，生物學打好了一些必不可少的基礎。有了醫藥，纔能夠得到健康；有了農業，纔有衣食。這兩者，確是致富之源，假使既沒有醫藥也沒有農業的話，我們委實要貧窮。

由上述，我們知道生物學滿足了人類的許多物質上的需要，因此也就在人類幸福的基礎上，增加了無量的材料。但是除此之外，生物學還有另一方面，是同等的重要，把一項『人羣進步的貢獻者』的高帽子，給生物學帶上了之後，牠的（生物學的）實際上的恩賜和審美價值上的發展，也就連合了起來。這些審美的價值，是從自然單元論、生命單元論（The unity of life）裏孕育出來的。承認了生命單元、自然界唯一之後，『並沒有把生命的神祕，奪去一點點；牠祇是把這個神祕與宇宙間的較大的神祕，連合了起來。』人類雖則也祇是與其他一切生物同樣的一個東西，可是他有一種獨一無二的力量來學習自然界的方法，來指導自然界的勢力，以期順應牠的自身。當生物學所指示的偉大的生命觀，完全領會了之後，不消說得，無論是從理智、情緒或道德上講，人都是處在足以控制其他一切的領袖地位。



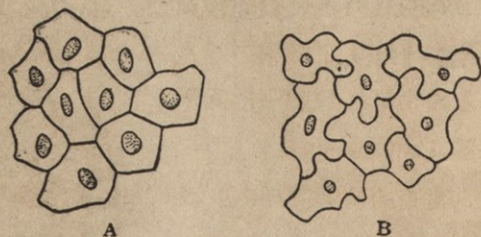
## 第二章 動植物組織上的單位

科學決不毀滅了奇蹟，科學祇是改變奇蹟的方向，使牠更高深玄妙。——湯姆生(Thomson)

很簡略的談過了生物學的範圍以及其重要之後，現在我們將掉轉頭來，直接研究生命的本身問題；在我們已經知道的唯一的生物模式——動植物體——裏，研究生命的問題。

從一隻青蛙的皮膚，或者從一枝毛茛的葉子的表面上，批下一薄片來，放在顯微鏡底下觀察，我們所看到的是一種同樣的普遍的構造。每一薄片，都是爲無數的小體所組成。即使是在同一片內，也沒有兩個小體是完全一樣的，雖則這些小體相互間類似的程度，已經足夠使牠們成爲同種樣式的單位。而且假使我們把我們的研究，推廣到毛茛或者青蛙的別的部分去，或者甚至於推廣到任何的我們所熟知的動植物的身體，或者人體的任何部分去，我們在每個例子裏，所能找到的，仍

是些根本類似的構造單位。實際上，一切生物的軀體的形成，或者祇包括一個有機的單位，或者是包括千百萬個的根本相類似的單



第二圖 細胞，異常擴大

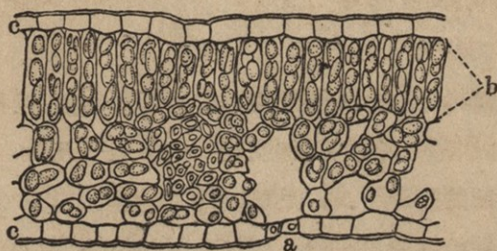
A. 從蛙皮膚的表面取下來的細胞

B. 植物葉子上的細胞

位，這些單位都稱爲細胞(Cells)。(參看第二、第三及第四圖)

每一個細胞，牠本身是一切基本生活過程的舞臺——每一個細

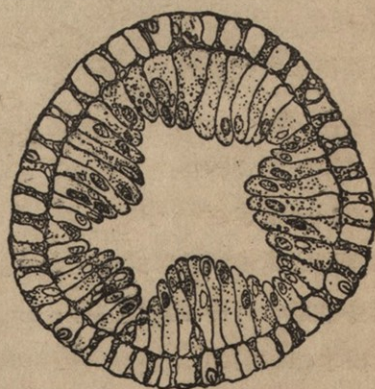
胞，都是活的。論到這一點，在單細胞的植物或動物裏，自然是很明顯的，因為牠們的全身，充其量祇不過是一個細胞。但是在多細胞的有機體裏，每一個細胞祇不過是恆河沙數中之一個，所以如要說



第三圖 十分擴大的葉的橫切面以示其細胞的構造  
a. 保衛細胞在表皮組織裏的氣孔的兩旁 b. 有綠色素的細胞 c. 上下兩層表皮細胞(由 Abbott 仿 Bailey)

牠是活的，那就不是那樣的明顯了。但是，實在說一句，整個的有機體的生命，分析到究竟，仍不過是組成這個有機體的衆細胞的生命的總和；仍不過表示這恆河沙數的活細胞的和諧的合作。於是，細胞遂成爲實實在在活的物質的基本單位了。這種活的有生命的物質，我們叫牠爲原生質(Protoplasm)。

實際的情形既如此，我們遂達到第一條生物學上的偉大的概念，就是，一切的動物與植物，均具有同樣的細胞構造，作爲牠們身體的基礎。的確的，動植物身體裏各



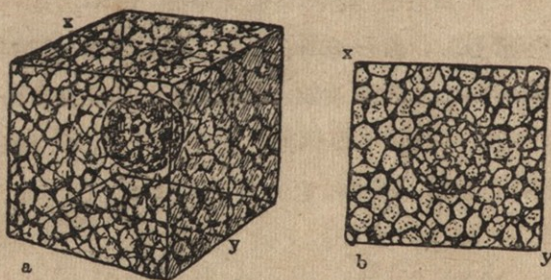
第四圖 水蟻的橫切面，異常擴大，以示其細胞的構造：外層、內層以及消化腔。



部分的活的物質，所以能够發生個別的局部的特化(Specific local differentiation)，大半還是因爲原生質是由許多極微小單位(即細胞)，湊合而成的原故。

## A 細 胞

知道了動植物身體上各部分的構造是形形色色，互相殊異之後，我們對於組成各部分的細胞相互間的差異至巨且大，亦就會覺得很平常而且無足驚奇了。事實上，整個有機體或其一部分的特性，都是爲細胞的特性所決定的。有好幾種特性是爲一切細胞所共有的；細胞之所以爲細胞，也就是因爲具有這幾種特性。關於這些特性，我們在此地要鄭重的敘述。(第五圖)



第五圖 表示細胞的圖解

a. 固體的立方形細胞 b. 經 a 細胞 x-y 這個平面切下來的切片，就是我們在顯微鏡底下觀察到的情形。

細胞的最簡單的形式，儘是一點微小的，形狀多少有些圓的原生質體而已。各種動物的卵，以及有幾種最低等的動植物的整個的軀體，都是如此；不過那些組成多細胞有機體的單位的細胞，因爲牠們在別的細胞的中間，地位常常受到了擠壓的原故，所以常常顯着一個六角形的表面。但是細胞也常常因爲某種專功與特化

(Specializations and differentiations) 的結果，而發生各種各樣的形式，成爲有機體各不同部分的特點；例如某種肌肉的紡錘形的細胞，以及動物腦裏的樹枝一般的錯綜分列的細胞。照大體說來，細胞形式的較大的差別，可以在動物裏找到；至於植物的細胞，因爲通常牠的原生質的四周，總有硬的細胞壁包圍着，所以這些細胞就常常呈現出相稱的多角的外形來。（參看第六、第七及第四十一圖）

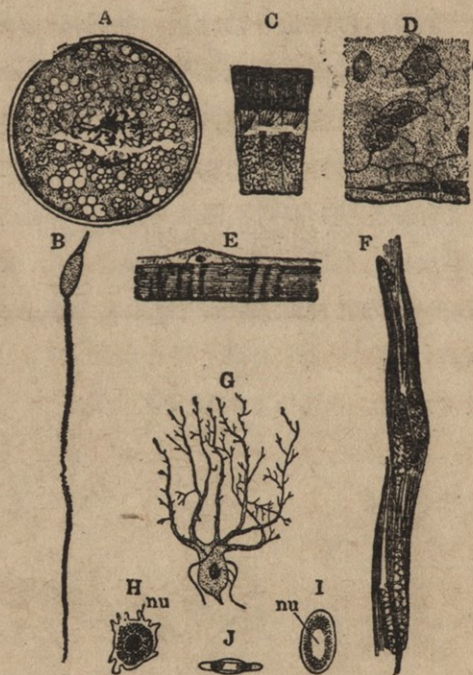
『細胞』這個名詞，可說是一個骨董的名詞。當這個名詞成立了的時候，科學者把細胞壁當作整個細胞內的重要部分。至於細胞壁裏的原生質，他們當時是注意不到的，如果不把牠當作廢物，也祇是把牠當作細胞裏次要的東西看待，到了現在，我們已經承認，有許多細胞，並沒有細胞壁；牠們整個的全體，祇不過是一小粒原生質而已。如變形蟲與白血球等等的細胞，都是如此。換句話說，細胞的真正的生活部分，乃是原生質。細胞壁通常是沒有生命的附加物質，牠的存在，可以使細胞與細胞之間各自分立，而且也使由許多細胞集合起來的總體，得到相當的硬度與樣式。



第六圖 由單一個細胞組成的簡單動物，即變形蟲 (Amoeba proteus) 牠行動時，是由原生質的暫時的突出，做成假足而前進的。



細胞裏的生活物質，經過大大的組織之後，成功各種複雜的構造。在這許多構造之中，有的是為一切的細胞所共同具備的，有些別的構造，祇是在順應特種的機能的細胞中，纔能找到。雖如此說，現在我們所要特別注重的祇是這一點：一切可以作為代表的細胞，牠們的原生質，一定特化成為兩種主要的部分：就是細胞質 (Cytoplasm)，與細胞核 (Nucleus)；細胞質是組成細胞身體的基礎的要素；細胞核通常都位在細胞質的中間，界限很清楚的圓體。



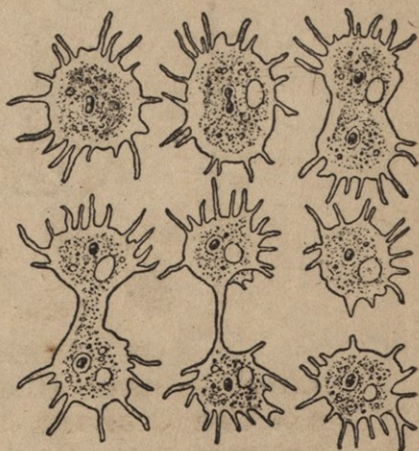
第七圖 細胞的幾個樣式，十分擴大

A. 貓的卵細胞 B. 蛇的精細胞 C. 蛤的消化道上的皮膜細胞 D. 墨魚的軟骨細胞 E. 昆蟲的橫紋肌 F. 小牛膀胱上的平滑肌 G. 人腦的神經細胞 H. 蛙的白血球 I. 蛙的紅血球 J. 蛙的紅血球的側面觀 nu. 細胞核(由 Dahlgren 及 Kepner 及 Parker)

從機能方面著想，細胞體與細胞核是表示一種在單細胞範圍之內的生理上的分工合作。實驗已經證明：爲了要保持細胞的生命起見，牠們兩者是互相必需的；除去了細胞核之後，這細胞的一切的建設的工作，如同化 (Assimilation) 修補以及生長等等的建設工作，都會停止，最後就很迅速的引導到死的路上走。照這樣看來，細胞核簡直可以認爲細胞的各種組合活動的中樞；至於細胞質呢，如果不當牠是破壞工作所喚起的發源地，也祇好把牠當作是中立區；在這裏，把有些東西，搬到細胞核裏面去；把別的東西從細胞核裏搬出來。這是很明顯的，細胞核乃是指揮細胞活動的中樞，所以細胞核是一個主要的因子；這個因子，管理生長、發展，以及細胞與細胞間，和前一代與後一代間特種性質的傳遞。

## B 細胞之分裂

至少是在現在，一切的證據，都證明了這一點：除非是接受前一代生活物質的贈與，任何的生活物質都是無從發生的。這就是說，原生質長大起來，於是細胞也長大起來；長大到了一定的程度的時候，牠們就分爲兩個本質上相等的部分。這樣一來，一個細胞就變爲兩個。所謂細胞分裂，即是生殖。而在最後的分析上，生殖亦即是細胞分裂，雖則在高等的動植物裏，這種根本



第八圖 變形蟲的二均分裂 (仿 Schultze)



的事實，往往爲生殖時所發生的許多明顯的附帶現象所蒙蔽。

細胞分裂的程序，包括細胞質以及細胞核這兩者的分裂，所以我們要擴大『細胞乃爲特化成細胞質與細胞核的一點原生質』這個概念，必須再補充一句說，細胞質與細胞核兩者的發生，是由於前一代細胞的細胞質與細胞核的分裂。

在下面，我們還有機會要詳詳細細的討論到細胞的間接分裂(Mitosis)，但是從上述的種種裏，讀者必須明白瞭解這一點；因爲細胞的產生，都是由於先一代的細胞分裂，所以現代的細胞，不管牠是經營着獨立生活的有機體，或者是組成高等動植物的身體的單位，實際上是自從地球上有了細胞生活以後，直線式的不斷轉下來的後裔。

### 第三章 生命的物質基本

在化學分子的構造上面，發生出生活物質的構造來。這生活物質即是範圍較廣，程度較高的組織。——海脫佛(Hertwig)

已經承認一切動植物都有一種根本類似的組織——就是那些公認為構造上以及生理上的單位的細胞——之後，我們就自然要把做成功細胞的物質——生命的物質基礎——充分的研究一下。因此我們現在必須要把這個實實在在做成功生命的材料——原生質——特別提出來討論一下。

古諺說過，組成人體的物質，每七年間要完全變換一次。這句話暗暗地承認了，在我們身體的影響之下，外界無生命的如食物等等的物質，也會慢慢地變成類似的生活物質的。真的，活的個體正好似噴泉一樣。噴泉雖則牠的水的分子是時時刻刻地先後更換着，可是噴泉無論何時都保持着噴泉的個性。在一個活的個體裏，情形也是如此：活的個體好似一切物質的標的一般，許多物質跑進去，住過一個時期，再重新跑出來，遺棄在外界的環境中。不過噴泉與活的個體兩者間的相似點也祇盡於此。因為跑進活的個體裏去的，乃是富有位能(Potential energy)的食物；食物在身體內經過幾次組織之後，結果得到一種特殊的分子混合體。這種混合體，後來就得締造而成爲有機體的各部分。話雖如此，要繼續生活，即須工作。須工作，就難免消費。所謂消費就是把位能轉換而變爲動能(Kinetic energy)的意思——結果祇是排出一種分子比較簡單，大半或者全部都失掉了能力的物質，歸還到無生界中來。在此地我們須留意，一個活的有機體，爲了要維持牠的生命，牠



必須繼續不斷的善用能力。一旦停止這能力之應用，牠的性命也就馬上了結。

由上所述，我們就得到一種極其重要的事實，就是所謂活的物質、原生質，推其究竟，也祇是一種普通的物質。這些普通的物質祇是在現在暫時間，占有一個特殊的構造，而且又顯示出許多奇特的現象來；這種現象我們稱之為生命現象。這種暫時具有特別的構造關係的普通物質，就是我們所謂活的物質。

但是在動植物的身體內，無生的物質是常常與活的物質連在一起的；牠們兩者間關係之密切，著實使我們感覺到區別之十分困難。在人體內死的物質也很多；譬如，頭髮、指甲、血液的液質，以及大部分的骨骼，都是無生的物質。但是無生的物質，並不是僅祇限於這些粗的構造；因為藉了顯微鏡的助力，我們還可以從活的物質內，找到沒有生命的物質。

## A 原生質概念

雖則物質與能力常常是在活的個體的軀體內，川流不息地變換；但是無論是用那一種材料來研究，用蠅或者用榆樹；用阿米巴，或者用人體，來做研究的材料都可以，——牠們在化學上及物理上的品性，在牠們基本因子上，都有一種奇異的共同點。根據了這個共同點，現代的生物學者就主張這個原生質的概念。

自從顯微鏡上透鏡的製造，得到了較大的進步之後，動植物身體上的細微的構造，也得到了觀察的機會。於是觀察的結果，就使生物學者大家逐漸的承認，生物的最後的活的部分，好像是一種多粒的膠狀液。從這樣的一個觀點出發，生物學者就頓形忙碌，他們用了單細胞有機體，以及高等動物的身體裏的細胞來作材料，作長時

期的研究。這樣研究的結果，於是在十九世紀中葉，遂把原生質的形態上與生理上的要旨都指示了出來。委實動物和植物這兩者，都有一種基本的類似的活的物質——這就是共同的，生命的物質基礎。用了這個物質基礎來解釋一切生命現象，就建築了講生命現象的科學的基礎，換句話說，這樣就締造了這個生物學。（第六圖及第九圖）

雖則我們常常談起，說這個物質基礎是共同的，但是我們必須牢牢的記着這一點：在這個地球上，沒有兩種動物或植物；在同一個動物或植物的身體裏，也沒有兩個部分，牠們的原生質是完完全全一樣的。如果原生質完全一樣，有機體的構造與機能也得完全相同，生命的本身，就是毫無差別了。這個原生質的學說，祇是著重在這一點：雖則原生質與原生質之間，也有不少的變異，但是在生命現象的表現裏，互相類似的地方，實在要比互相殊異的地方多得多。

照物理的化學家的研究，覺得原生質是一種膠狀的物質；這種膠性的狀態，化學家在無機物質的範圍內是很熟悉的了。所謂膠狀物(Colloid)就是一種物質，分裂而變為比分子還要大一點的細粒，浮沈在另外一種的溶液內。照這樣說起來，乳油(Butter)和乳皮(Cream)都是膠狀的物質；前者包括浸在油質內的微細的水粒；後者大部分是浸在水裏的油粒。講到原生質就沒有這樣簡單。原生質的膠狀物系統，比起乳油與乳皮來，要複雜得多了。在牠裏面所包括的，不祇是兩種物質；牠們包括許許多多物質；在這種物質裏，有些分子的構造很簡單；有的分子的構造，則異常的複雜；牠們都分裂得極其微小，簡直用了那種普通的顯微鏡來找，還不能夠窺探其概況。



普通說起來，膠狀物系統最顯著的特性，就是牠們的表面的活動。這是膠狀物組成分子的接觸表面的能力關係(Energy relation)的結果。又因為原生物是一種為多數不同的物質所組成的膠狀物，所以膠懸體(Suspended substances)與混懸液(Suspending media)這兩者間的面積，總計起來，是異常廣大的；從這樣異常廣大的面積裏，就產出了一個十分複雜的能力關係的系統所必須有的種種情境。加之在這種表面上，還會發生許多化學的變化，電的位能變化，與種種機械的變化，這些機械的變化都是由沈澱作用、凝固作用，以及膠懸體與混懸液間繼續不斷的重列作用(Redistribution)所喚起的。從這樣看起來，我們至少可以得到這一種觀念：原生質實際上是一個異常複雜非常精細的能力變換的系統(Energy-transforming system)。要從這樣的頭緒紛繁的現象裏，找到一個適當的解答，委實是一個艱難而且重要的問題，這問題還得放在生物學家、化學家，與物理學家的肩上。

但是僅僅是說，原生質是一種膠狀體的系統，是還沒有使讀者明白瞭解到原生質的形狀。實際上要描述原生質的形狀，也和給牠下一個定義同樣的困難。如果要鑑別原生質，必須要把牠放在顯微鏡底下，纔可以找得到。祇叫在顯微鏡底下，放大到相當的程度，原生質就會呈現出一副特殊的狀態來，看起來像是一種透明而無色的膠狀液，裏面包括無數的微粒及空泡(Vacuoles)。要是把牠放到水裏去檢查起來，牠並沒有表示與水液混合的傾向，雖則加以研究，我們即可找到原生質與水液間的滲透作用，老是繼續不斷的進行着。因為這個原故，所以不與環境相關聯，我們是不能夠討論原生質的——牠的環境的變遷以及牠的動作的變遷，直接或間接，都會從牠的形狀裏映示出來。(參看第六圖)

假使把原生質放在最高倍的顯微鏡底下來察看，那末非但是各種互相殊異的原生質，牠們的細微構造是互相不同的，就是在同一個細胞裏，祇要把牠的生理的情境，稍稍變換一下，也會發生構造上的變異



第九圖 活的星魚子的原生質(極端的擴大)，顯示出泡沫形的構造來，這種構造的出現，是由於純一基質內的微體的顯露，生長及叢集而成的  
(由Wilson)

的。在某一個時候，牠顯示出一種很確定的網(Reticulum)一般的構造來，網眼(Meshes)裏面包含比較流動的物質；在另一個時候，牠又呈現出像泡沫(Alveolar)的形狀來，這是因為比較流動的液體散播開來的結果。再在別的時候，原生質看起來好像是線(Fibers)一般的東西浸在液體裏。(參看第九圖)

從原生質的形態的觀察裏，就得到了許多學說，如網形論、線形論、泡沫論等等。主張網形論的，就把網形當作原生質的正當的構造，其他的形狀，都是第二次從網狀裏化出來的。主張線形論或泡沫論的則反是。但是最近關於這方面的研究工作是這樣的告訴我們：雖則在隨便什麼地方找到的原生質活動上普遍的類似點，很可以令我們去獲一種目力所能及的根本的構造基礎，可是，這種構造基礎，並不是祇要放大，就可以找到牠的存在。我們的顯微鏡所告訴我們的網形的、泡沫形的以及線形的構造，似乎祇是因內部的物理化學的變化而喚起的表面上的波紋。可是，這個原生質內部的物理化學的變化，卻直至今，我們還沒有什麼方法可以去窺測其究竟。



## B 活的物質的特性

一切生命的現象，既經完完全全都是由於原生質的活動的結果，所以這是很明顯的，我們如果知道活的物質的各種重要的品性，我們必定要從原生質裏去探求。絕對要在活的物質裏纔會有的性質，一共包括下列數項：特別的組織，化學的成分，代謝作用包括消耗與補充、生長、生殖能力，以及適應能力等等。

### (1) 組 織

首先我們要十分注意，一切活的物質都不是同質的，而是有構造上與生理上的組織的。動物和植物，牠們的身體都可以分析為許多不同的部分；每一個部分都有一種特別的功用。這許多各不相同的部分，一致工作着，而營成整個可能存活的個體；因此動植物和無生物界裏的如巖石、河流等等，就截然的兩樣了。由是之故，我們稱動植物為有機體。再呢，我們已經知道，一切生物的組織上的單位是細胞，細胞的構造也就是直接或間接地表示一切生命特質的東西了，爲了要領略有機體的組織，我們不得不把細胞裏的有些構造，仔細的敘述一下。

我們尚能憶及，一切模式的細胞，可大別為兩個重要的部分，就是細胞質(Cytoplasm)與細胞核(Nucleus)。細胞質是製成細胞身體的基礎物質，細胞核是在細胞質的中央附近的，界限頗清楚的球體。

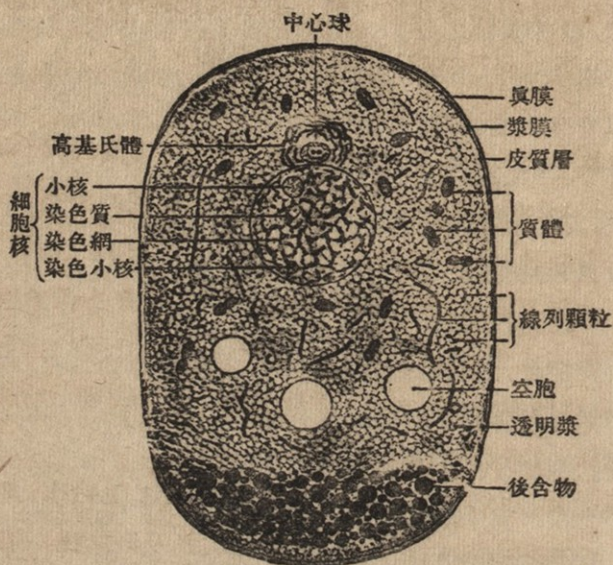
**細胞質** 細胞質是細胞內不十分專門化的原生質。關於牠的形狀和牠的特性，我們在討論原生質的時候，已經提及過，把這些知識記着，同時爲了使我們的記述比較確定的原故，我們可以說，細胞質包括一種網狀的東西作爲基礎；這個網狀的東西裏包含無量數

的微粒，這些微粒是浸在一種純粹的像玻璃一樣的基本物質裏，叫做透明漿(Hyaloplasm)的裏面的。分布在細胞質的各處，通常還有許多沒有生命的物質，如食塊、水滴或油滴，含有細胞汁的空胞、結晶體等等。在這些東西中有的將來是會變作活的物質的一部分的；還有些，在從前已經做過活的物質的一部分；換句話說，牠們是生活過程裏的副產物。這些不活動的東西，常常被稱為後含物(Metaplasm)；這是很明白的，後含物這個名稱，並不是代表細胞的形態上的重要部分，而且我們也沒有一個絕對的標準，可以用牠來區別某一種微粒是算作不活動的後含物，某一種微粒是可以算作細胞質裏活動的部分。但在細胞質裏，除了細胞核之外，確實還有好些活動的小體，其中最主要的，要算是中心球(Centrosome)與質體(Plastids)，線列顆粒(Mitochondria)以及高基氏體(Golgi bodies)。中心球在細胞生殖的時候，做着主要的角色，而後三者亦顯然為各種特殊生理活動的位置。(參看第十圖)

細胞質既經做了細胞的基礎物質，於是牠和環境接觸的機會也是特別的多，所以近着表面的那一部分細胞質，在結構上與密度上往往有些變化；這樣細胞質的本身也就可以區別而成爲內層(Endoplasm)與外層(Ectoplasm)這兩層了。外層最外面的界限，是一層漿膜(Plasma-membrane)，漿膜就是在細胞壁的下面。漿膜實實在在是活的細胞質的部分，而細胞壁是死的物質。雖則在好多的例子中，細胞壁也是從活的物質直接轉變換過來的。這些轉變爲細胞壁的活的物質，也生長着，而且和漿膜連合起來，擔負一種重要的工作以支配細胞及其環境兩者間物質與能力的互相交換。

**細胞核** 上面已經講過，在細胞質體中，有一塊分化得很清楚的物質。這物質的形狀是圓的，外面圍一層膜，所以從外表上看起來，





第十圖 模式細胞圖(由 Wilson 而稍加修改)

牠也是一個界限分明的原生質體。生物學家把這一小塊原生質叫做細胞核，細胞核裏面的構造基礎，其重要部分，多半是和細胞質裏相類似的——細胞核裏的線網(Linin meshwork)與核液(Karyolymph)很可以與細胞質裏的細粒網與透明的基礎物質相比擬。但是從外面觀察起來，好像在線網與核液上面有一種極其特別的物質，叫做染色質(Chromatin)。這染色質在細胞活動的各時期有各式各樣的形狀，但是通常牠總呈細粒的網狀，在這些組成網的細粒中，有一粒或數粒較密的染色體，稱為染色小核(Karyosomes)在細胞核之中，還常常會有一個明顯而非染質的圓體，叫做小核(Nucleolus)。隨後我們必須要講到關於染色質排列的幾種重要的變遷；這種變遷，在細胞活動的各時期，尤其是當細胞核分裂的時候，就得發現。但是在此刻，我們祇要著重這一點就已足夠：細胞核

是由細胞原生質所特化而成的。原生質便是染色質的劇場。真的，染色質大概可以代表有機體最高等的組織。

## (2) 化學的組成

要想拿了活的物質來做一次分析，那是不可能的，因為由化學的試劑(Chemical reagents)所喚起的分子組織的擾亂，簡直會把這活的物質弄死。所以我們所得到的化學組成方面的知識，都是研究死的老生質而得來的結果。話雖如是，原生質在從活的情況轉換到死的情況的當兒，顯而易見的，牠是不會損失任何的重量的。既如此，所以雖則原生質是死了，可是生命的整個物質上的基礎，還是依然存在，可供檢驗之用。

把原生質，用化學方法分析起來，牠一定是包括碳、氧、氫、氮、硫、磷諸原質；也常含有氯、鉀、鈉、鎂、鈣及鐵諸種；有時，有許多別的原質也可以在各種動植物某部分的老生質裏常常找到。下表裏所開列的是做成人體的老生質的成分：

氧	Oxygen	65.00%
碳	Carbon	18.00
氫	Hydrogen	10.00
氮	Nitrogen	3.00
鈣	Calcium	2.00
磷	Phosphorus	1.00
鉀	Potassium	0.35
硫	Sulphur	0.25
鈉	Sodium	0.15
氯	Chlorine	0.15
鎂	Magnesium	0.05



鐵	Iron	0.04%
碘	Iodine	微
氟	Fluorine	微
矽	Silicon	微

瞬視一遍之後，這個原質表也並沒有奇異的地方。這些原質都是化學家在無生物界裏弄得很熟悉的原質。人體的物質，老實說，是不值一塊錢！進一步講，以分量而論，最重要的化合物也沒有比水(H<sub>2</sub>O)更加複雜，更加神妙的東西罷，水做成三分之二以上的人體的組織。雖則組成人體的原質，都是很簡單的；但是要是這些原質互相連結起來，情形就兩樣。許多原質間的連結是極其重要而且特別的，這是由於碳、氧、氫這三種原質，或者碳與氫這兩種原質有互相拼合的力量，結果就組成了許多複雜的化合物，然後這些複雜的化合物再做了與別種的原質密切連結底基礎。實際上，原生質體祇是由碳、氧、氫、氮四種原質互相勾結而成爲種種不同的化合物的。在這些化合物之中，碳這個原質，似乎是做了很重要的工作——在有機物的結合之中，牠是拉攏其他一切原質時所必不可缺的物質。有些化合物是比較簡單的，但是大多數的化合物都包括異常複雜的原子的排列，也有好些牠們的分子，簡直是由幾百種，甚至幾千種原子所組成的。

足以表示原生質的特性的碳質的化合物分別起來，可以歸爲三大類，就是生質精(Protein)、碳水化物(Carbohydrates)和脂肪質(Fats)這三者，生質精是一定不易的有碳、氧、氫、氮和硫這五種原質，做牠的成分的；有時也常會有磷和鐵這兩種原質雜在其內的。譬如說，蛋白質、乳酪、麥膠、肌凝蛋白質(Myosin)等等都是生質精的例子。氮質是特爲生質精所必有的成分；有了這成分，生質精纔

與活的物質的其他化合物有所區別，隨後當我們講到動植物裏的化學過程的時候，我們就會看到，氮占有很重要的位置；牠是化學的中心。許許多多生物現象裏，所特別有的反應，都是繞着這中心而發生的。從氮質和生質精的別種化學原質的關係裏，我們得知，生質精的分子，全是由多個氮氫酸基(Amino acid)連接而組成的巨大的複雜體——一個氮氫酸基是一個以  $\text{NH}_2$  來代替氫的原子的有機酸(Organic acid)。氮氫酸基是含氮的單位，這些含氮的單位與有機體在生理上直接發生關係的機會，比與生質精本身發生的關係還要多。舉一個例子來說，一個動物，在食物時喫了各種的生質精進去，隨後就在身體裏面發生了許多化學的變化，把這些生質精都分解了，成爲氮氫酸基的各成分；於是再在各處取了氮氫酸基，把牠們綜合而成爲動物本身所需要的特種生質精。再，要是各別的氮氫酸基供給了這動物，牠也會把牠運用。這樣說起來，這句話好像是很可能的：有機體的特種構造是要靠託牠的生質精的化學特性。

雖則生質精的存在，與製造生質精的能力，這兩者乃是判別活的物質的最重要的化學特性，可是，用了我們現有的知識，實在還不能夠根據化學上或生理上的性質來圓滿地下生質精的定義。最多我們也祇好像生物化學家那樣的描述生質精的性質：『生質精是碩大的分子，牠的構造複雜，牠的性質易變，所以也很容易喚起化學的變化。』——這種容易引起化學變化的特性，無疑的是與原生質系統的可塑性與能反應性，有密切的關係。

碳水化物包括碳、氧、氫這三種原質的各種結合；氫和氧在碳水化物裏的比例，是和水裏的一樣，總是  $\text{H}_2\text{O}$ 。雖則比起生質精來，碳水化物的化學上的構造是比較來得簡單，可是牠們也大有簡單



複雜的分別。通常單糖類 Monosaccharids 最爲簡單，多糖類 Polysaccharids 爲最複雜，如葡萄糖、果糖等等是單糖類；而糊精、澱粉、植物纖維素等等則都是多糖類。

組成脂肪質的原質是與碳水化合物同樣的，但是牠們的原質間的排列，則截不相同，氧的成分總比較少，所以牠們易被氧化，而且因此位能也特別的豐富，脂肪是脂酸(Fatty acid)與甘油(Glycerol)的結合體。如乳油以及其他植物或動物裏的各種油，都是脂肪質。

這樣我們知道生質精、碳水化合物及脂肪這三類東西，是爲活的物質所獨有的，除非是由於原生質活動的結果，牠們是不會在自然界中尋找到的；雖則生物化學家現在已經能够用人工的方法製造脂肪、碳水化合物以及有幾種生質精的氮氫酸基的成分。生質精在原生質的組織裏，荷負重大的責任，而碳水化合物與脂肪兩者大部分的工作，則在於產生有用的能力。話雖如此，如要把牠們的貢獻，劃分得清清楚楚，卻是不可能的，譬如說，在綠色植物裏，就是用了碳水化合物來製成生質精的。關於這，隨後還要詳細講到。

生質精、碳水化合物和脂肪，常常是被人們當作食物看待的，但是我們必須要承認，要是這三種物品，可以做食料的主要部分的話，那末組成原生質的一切成分一定是都可以當作食料用的。由此之故，無基鹽類、水、氧等等也的確是食料。近年來另外又發現一大類有機的物質；這些物質對原生質活動的建設工作是絕對不可缺的。這些物質叫做生活素(Vitamine 也可以譯作維他命)，類別起來時，我們必得把牠們當作副佐食品看待的，雖則講到牠們的化學的構造以及活動的方式，我們現在知道得還是很少。最後我們還要提到一大類與食物有連帶關係的有機的觸媒(Organic catalyzers)這種接觸媒叫做酵素(Enzymes)；牠們在動植物身體內的化學的



過程中，擔負很重大的責任。但是，一切要說的都說了之後，我們關於原生質的複雜的化學成分的知識，仍未提供一個適當的概念，使我們瞭解，這種錯綜的化學成分怎樣與生命的現象相聯絡。要解決這個問題，那還是現代生物學所不能做到的。

### (3) 代謝作用

我們已經著重地敘述過，活的物質是繚延不斷的變遷的，當我們每次要去下生命的定義的時候，這個事實就會憶念到，亞里斯多德氏 (Aristotle) 把生命當作滋養、生長與毀壞這三種工作的聚集；勃萊維氏 (de Blainville) 則將生命視為一個身體內部的組合與分解的雙層活動；而斯賓塞氏 (Spencer) 則把生命當作是一種繼續不斷的內部關係對外界關係所發生的順應作用。

生命裏一切相互作用，包括許許多多化學的以及物理的過程，在這些過程中，燃燒或者說是氧化作用，負了最主要的使命。一世紀以前，人們已經理會這些事實：動物的熱量，是由於組成身體的物質慢慢地燃燒而得來的結果，在這燃燒中，把氧消耗了，而同時二氧化碳則發放了出來；而且假使在氧化的時候，動物身體所消耗的氧，和排泄出來的二氧化碳，論分量，都是和燃燒一支洋燭時相等的話，那末牠所發放出來的熱量，也是與燃燒洋燭時所發放出來的熱量，不相上下的。換句話說，在身體裏充作食物那種複雜化合物的氧化作用，是和身體裏所產生的能力，保持一定比例的；好像一部蒸汽機所做的工作與牠發放的熱量，和牠的燃料的消耗，成一定比例。

這是一個很重要的發現，因為這樣一來，至少有某種特別的生活現象，依遵着在無生物界裏所通行的法則，不過包含在生命裏的種種過程，並不是簡單得可以從上述的結果裏推測得到的。熱量祇可



以代表許多能力變換之中的一種，現在生物學家，正在設法，想應用了有生界與無生界裏都通行的名詞，逐漸地來闡明各種能力之變換。

人們免不了會這樣問：究竟活的物質有沒有一種特別的能力，與化學上物理學上的能力，完全兩樣呢？換言之，有沒有生活力(Vital force)呢？這是哲學上很重要的生機論(Vitalism)的問題。從生物學的觀點裏看起來，我們可以說我們現在還沒有一種適當的儀器，可以用來把這種生活力試探出來，而除非等到將來有某種特別的生活力可以用我們的感官證實的時候，這種生活力是不能包括在科學的範圍之內的——科學既沒有理由可以否認，也沒有方法可以證實這種生活力的存在。雖則是這樣說，生命的現象，仍是逐漸地用物質科學上的名詞來解說；可是有趣得很，這種理化的科學，倒反在發展許多公式，使生命愈加玄妙。真的，時間、空間、物質及能力，已將要鎔在一爐。

這樣看來，至少是爲了實際上的目的，我們也得把有機體當作一個變換能力的機器看待：這機器把儲藏在牠自己物質中的複雜化合物的位能，變作各種各樣的生活過程——就是說，變爲牠們所做的工作。就在這樣從一種能力變爲別一種能力的當兒，我們纔找到生物所獨有的最顯著的活動。在這些活動的過程中，許多複雜而富有位能的物質，當作食物而跑入身體的裏面，原生質就消化而且吸收了這些食物，靠了同化作用(Assimilation)而將食物製成爲新的原生質，在這個時候，這食物就逐漸逐漸的變爲單純，一直到了最後，牠們的能力，差不多或者是完全盡竭了，於是牠們就變爲排泄物而排出於體外。

很明顯的，要是想生命持續生存，這個繼續不斷的消耗一定須按

照比例加入食料，使兩方面平衡，纔可以常常供給新的能力和新的物質，這些物質經過幾個初步的變遷，隨後就變為有機體的一部分。

這樣，在活着的時候，植物或動物是繼續不斷地局部的在消耗並且重造牠的自身。這個包括消耗與建設雙重的過程，就叫做代謝作用。論到建設一部分的工作時，叫做組合作用 (Anabolism)；論到消耗一部分的工作時，就叫做分解作用 (Katabolism)。當組合作用和分解作用並駕齊驅的時候，個體大致都沒有變遷，這是成年時的普通的情形。在年青的時候，組合作用，較占優勢，生長亦因此而發現；到了老年時期，則分解作用，比組合作用更得勢。

#### (4) 生長

代謝作用裏，最明顯的一種結果，就是生長；所謂生長，就是個體體積永久的增加。通常在個體生存的早期，或者說，當年青的時候，生長的速率，最為迅速。真的，一個初生的嬰孩，論其體積，要比牠自身所由來的卵細胞，大一兆兆倍。一旦達到了成熟期，滋養料的收入和物質的消耗，已經獲到平衡；所以生長也祇限於修補，消耗和供給生殖兩件事了。

生長的意義就是這樣：有機體從牠的環境裏把食料取了來，將牠們變換一下，以期適合原生質的組織而且滿足原生質各處的需要，這種物質增加的方法，叫做套入生長 (Growth by intussusception) 也是一種足以表示生命的特性的一件事。套入生長，和無生界裏所有的累積生長 (Growth by accretion) 是截然不同的；譬如說，把一種結晶體沈浸在牠的飽和的溶液中，牠的體積，也會漸漸的長大，不過這類長大，完全是因為結晶體在牠的表面上從溶液中吸取了與牠同類的新物質。在原生質裏則不然；原生質從牠的環境裏獲



取了物質與能力，然後把牠們製造一下而成爲更多的原生質——原生質，以牠獨一無二的組織，付與了無機界的物質。由此，牠製造了更加多的原生質。倘若可以利用的物質源源不絕地很適當的接濟着，特殊組織的活的物質，也就有無窮增長的可能。

### (5) 生 殖

依照我們現在已知的知識而論，活的物質的產生必定是由於牠的前一代的活的物質活動的結果。我們已經看到，在動物或植物的代謝作用的建設期裏，這種變遷老是繼續不斷的進行着，但是祇是在生殖作用裏，個體的過分長成的結果，纔會產生出一個新的個體來。一大部分或者一小部分的原生質，與牠的前一代的母體拆離了之後，就經營獨立的生存，而造成一個新的後代。把生殖現象分析到最後，還是一種細胞分裂的現象，這是有生之物所以準備延長種族的獨一無二的辦法。（參看第八及第十六圖）

### (6) 順 應

在代謝作用的討論裏，已經著重申說過，活的有機體及其環境兩者間的密切關係，以及生命之依靠於原生質與其環境的交相和交換作用。實際上，植物或動物的所以能够保持個性而存活，完全是因爲牠有一種奇妙的力量，足以順應牠的環境的原故。這是由於活的物質有一種應激性 (Irritability) 的結果：所謂應激性，就是說，活的物質有一種固有的能力，可以變遷牠的物質與能力的平衡，以順應環境的變遷。環境足以激起有機體反應的變遷，叫做刺激 (Stimuli)。刺激的種類很多，有光的、熱的、電的、化學的、機械的各種刺激；可是反應的性質，大半由原生質根本的性質所決定的，並非完全要依恃這些刺激的種類。譬如說，肌肉細胞不管是用任何的刺激，總是由收縮而引起反應。

靠託了應激性而喚起的活的物質的反動，牠的意義，不但是包括對於某個刺激的反應(Response)，而且同時也包括傳導作用(Conduction)，有了這個傳導作用，於是由局部的細胞受到的刺激，就可以直接、間接影響到全體的細胞；有機體是以整個個體，當作一個調節的單位來反應的。牠使牠自身無論是構造上或生理上都順適牠生存時所必需的一切條件；這種適應力量，在有機體的內部與牠的外界環境兩者間所顯示出來的適應力量，簡直蒙蔽各種生命的表現。而且生物，即使是最低等的生物，所以會和無生界截然不同，大半還是因為生物有這個適應能力的原故。

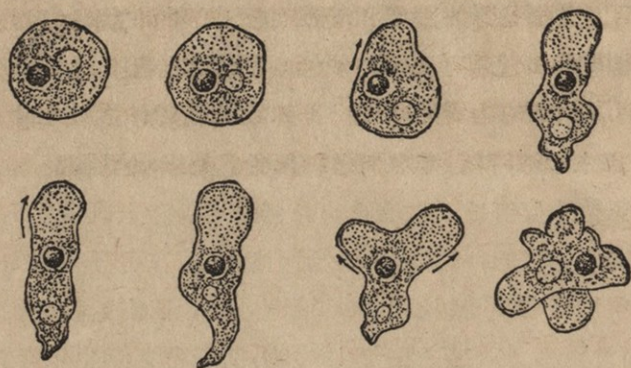
上述的各種特徵——特別的組織，化學的成分，包括消耗與修補在內的代謝作用，用套入法的生長、生殖以及適應等等——不管是個別而論，或集合而論，都是活的物質的特徵。的確的，我們有時也可以找到一兩個例外的；譬如說，我們如果把一種無機鹽溶解在水裏，這也可以說是在無生物界裏發生的一種套入法的生長；但是像這樣的形式上的辯駁，倒反使得祇有在有生界裏可以獲到的許多獨一無二的情形，加倍的明顯。

## C 運動

讀者也許會覺得奇怪，何以運動(Movement)並不當作一種生命的特徵的呢，但是祇要稍微思索一下，就會瞭解，我們目力所能够看得到的運動，並不是祇限於活的物質的領域內的。話雖如此，運動確實也是生命最明顯的表現之一種：而有機體之所以能有運動，當然是由於原生質裏面所發生的許多複雜而且即使放在顯微鏡底下都看不出的化學的變化的結果。

一切足以在動植物裏喚起眼睛所看得見的許多運動——如動物





第十一圖 變形蟲的行動

一個變形蟲，在行動時所取的幾種不同的樣式。明晰的外質先向前移動，然後具有胞核及伸縮胞的有細粒的內質隨着前進參看第六圖  
(仿 Verworn)

肌肉之收縮運動，如阿米巴 (Amoeba) 那樣簡單的單細胞的變形運動，如某種植物細胞裏面的輪轉與循環運動，和有些爲原生質所做成的纖毛運動；這些纖毛，非但可以使單細胞的動物或植物遊動，而且和高等有機體的身體內的某種部分裏，還可以做不少的效用。固然生命的現象，通常很可以用眼睛所看得見的運動來表示，但是這個運動本身倒並不是爲活的物質所專有的。(參看第十一圖及第十三圖)

討論到現在，我們盡力的要想用了生命組織上的單位——就是細胞——和生命物質的基礎——就是原生質——來描述牠的特性。但是我們並沒有嘗試要給生命或原生質以一個正式的定義：第一因爲生命與原生質都是唯一無二的東西，我們不能夠用了別的物件來做比方；第二『生命』與『原生質』這兩個名詞祇是包括範圍極廣的概念而已。所謂原生質，祇是指示我們說，一切的動植物都有一個根本互相類似的基礎；而生命這個名詞呢，卻祇指示牠

們會顯示出某種特殊的動作和反動而已。活的有機體常常顯示出一種和牠的特種行爲有關係的個性的不變與持續；當有機體把這種個性傳遞給別的物质時候，別的物质就變作這有機體自身的一部分；在生殖的時候，牠還將這種個性，傳給牠的兒孫。



## 第四章 綠色植物的代謝作用

物質和能力是一個藝術家替有生物與無生物所造作的兩個名詞。

——赫胥黎(Huxley)

因為我們祇能在個別有機體的形式上，瞭解生命，所以現在我們要拿幾個單細胞動物和單細胞植物，來做具體的例子：牠們的模式，比較來得簡單，一切的生活工作，都是從一個細胞裏面發生的；但是牠們已經把各種基本的生活過程的要素，都表現了出來。這種生活過程，到了高等的動物和植物裏，就變為很複雜的了。關於這，隨後我們就有機會談到。

單細胞的綠色植物，在地球的上面，到處都有得分布着；牠們對於各式各樣的環境情形，也都能夠適應。譬如說，牠們既可以在樹皮上製成綠衣，也可以在池塘的水面上浮着，也可以在空際中隨微塵飛揚着。從數百種的單細胞綠色植物的隊伍裏，我們特別選了胸形藻(*Pleurococcus vulgaris*)，來做解釋的例子，因為牠的身體的構造以及牠的生命史，都很簡單；而且在研究的時候，要找到牠們也很容易。

### A 胸形藻的構造及其生命史

單獨一個胸形藻是為我們這副肉眼所不能夠看見的；但是也和別的微生物一樣，牠們的軀體雖然小，牠們的數目卻是很多；很多個胸形藻聚集起來，常使磚石、樹幹、牆垣及花盆，現一種綠色的斑點。

要是把幾個胸形藻放在顯微鏡底下來觀察，我們就可以看到，每

一個胸形藻，包括一粒圓形的原生質。在這粒原生質的中間，放着一個細胞核。環繞着細胞核的細胞質，有些特化了而變為一種色粒 (Plastid)，包含在這色粒中的，是綠色的色素。這個整個的有機體，就是說，這個整個的原生粒 (Protoplast) 是為一層明顯的比較堅固的細胞膜所包裹着的。這層細胞膜（或者稱為細胞壁）是原生質自己所分泌而成的，做成這細胞膜的材料是一種為植物身體中所特有的碳水化合物。這種碳水化合物就叫做纖維質 (Cellulose)。這樣看來，我們已十分的明瞭了，胸形藻這種有機體的全身，祇是一個細胞。（參看第十二圖）



第十二圖 胸形藻，一種單細胞的綠色植物。分離獨自的胸形藻，以及由細胞分裂所形成的暫時的細胞羣。

因為胸形藻的全身祇不過一個細胞，所以牠所表現的生殖作用，也是非常的簡單：在適當的情況之下，一個母細胞，作一次分裂而變為兩個。這兩個分裂成功的子細胞，暫時互相連接着，不久就拆開而變為兩個獨立生活的胸形藻。但是在有些時候，情形就不同了：在兩個子細胞還沒有拆離的時候，好幾次的分裂已經發生了，結果就做成一個好像是暫時的多細胞的身體，但是在這些團集着的細胞間，要找到生理上的分工合作的現象，是沒有的，因為在牠們的各種生活動作裏，都是個個獨立的，這種做成暫時的細胞集體的傾向，倒令我們想到，或許在植物的演化史裏面，這就是造成多細胞植物時的一種必經的步驟。



## B 胸形藻的代謝作用

我們到此處就可以敘述到何以我們要選擇了胸形藻來作解釋的對象這一點上了；因為選擇了牠，一切為綠色植物所特有的生活過程，就可以闡明了。粗粗地一看，好像我們還是用一株樹或者是一棵木，來做例子，較為妥當；但是植物與動物兩者間最重要的差別，還是在於這個代謝問題上，我們用了單細胞的綠色植物來說明植物所特有的代謝作用，藉此讀者可以專門注意這個代謝問題而不致於因為了根、莖、葉等等旁的構造而分心。

因為胸形藻是在多陽光的潮濕之處生活，長成而且繁殖的，所以我們必須要從這樣的一個環境裏找尋出製造原生質時所需的物質和能力來。更進一步講，因為這個有機體是包括在一層細胞膜裏面的，所以跑進跑出的物質，一定是溶解在水裏的物質；物質要溶解在水裏之後，纔可以透過細胞膜而到原生質的裏面去。

### (1) 食物之製造

胸形藻所取的物質，都是從牠的環境裏來的許多簡單的混合物，如二氧化碳、水，以及各種無機鹽。這種混合物是比較穩固的，所以實際上牠們是不會產生能力的。胸形藻所利用的能力是從太陽光裏來的。胸形藻利用了從日光裏來的輻射能力，將從環境中得來的許多混合物的原質作各種的變化和結合，這樣一來，儲藏很多位能 (Potential energy) 的食物，就得產生了。胸形藻就是如此的把辨別綠色植物時最主要的特性都表現了出來。總括一句話，胸形藻以及其他一切的綠色植物，都有製造自己所需要的食料的能力。

藉了光力，來做化學上的綜合 (Chemical synthesis) 作用的這種程序，叫做光合作用 (Photosynthesis)。喚起光合作用的最關緊

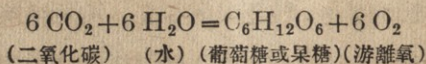
要的東西，就是綠色素(Chlorophyll)，也稱為葉綠素。綠色素是一種很複雜的有機物。(註)綠色素的存在，就使得胸形藻及其他植物的葉子，呈現綠色。在胸形藻的身體裏，有許多專門儲藏色素的細胞質體，這種細胞質體，就叫做色粒(Plastids)。中間儲藏着綠色素的色粒，我們稱牠做綠色質體(Chloroplastids)。綠色素將從日光裏來的一小部分能力捉住了，而且加以改變，於是原生質就可以靠了這一小部分改變過的能力，來作製造食物的綜合工作。

在這個建設的程序中第一個重要的步驟，就是把碳、氫、氧這三種原質聯結起來而結成碳水化物，胸形藻靠了分子裂開的過程，從二氧化碳與水裏，取得這三種原質。我們知道，每當木炭燃燒的時候，碳與氧這兩種原質就跑出來，結合而成為二氧化碳；同時熱和光這兩種能力也就產生。這是很明顯的，胸形藻在把二氧化碳裏的碳和氧這兩種原質分拆開來的時候，換句話說，在克服這兩種原質的化學親和力(Chemical affinity)，也必須要用等量的能力。而這個植物應用了來拆開二氧化碳的動能(Kinetic energy)，是從化學的位能(Potential energy)裏來的，這種位能存在於能氧化的碳質和游離氧(Free oxygen)這兩者之間，這樣一來，動能已變為位能了。用了這樣的步驟，植物就在陽光之下，繼續着把二氧化碳拆開。放出來的氧，變為游離氧；而已經與氧拆離了的碳質，則和水的原子拼合起來，製成碳水化物——葡萄糖(Glucose)與果糖(Fructose)等等。

(註)現在已找到的，綠色素的公式，很近這樣的一個公式  $(Mg N_4 C_{32} H_{30} CO)(COOCH_3)(COOC_{20}H_{39})$ 。把綠色素的化學成分稍稍的變換一下，就成為一種紅色質(Hematochrome)。這種紅色質使與胸形藻很接近的某種單細胞植物，具一種微紅的色澤。



這種的化學變化，照例可以用下列的公式來代表：



話雖如此，可是我們還得鄭重聲明，實際上所發生的化學過程，其決計不會像上述那樣的簡單的；不過講到詳細的究竟呢，也很少有確定的答案，所以上述的公式，權且作為這裏討論時的適當的解釋罷。

在食物的綜合作用裏第一個重要的步驟完畢時，就做成了糖，綠色植物隨即把這個糖變成功澱粉(Starch)，然後把澱粉儲藏起來，作為未來時燃燒之用，或者把牠當作經營第二步的綜合作用時需用的原料。澱粉是在光合作用裏面第一種為眼睛所能看見的產物。

我們已經知道，生質精之所以和糖或澱粉等等的碳水化合物不同的地方，是因為生質精裏有氮(Nitrogen)而碳水化合物裏則沒有；當第二次生質精的綜合作用開始時，這個氮質就得加入已經製造好的CHO之基礎材料裏。綠色植物不但能夠而且必須使用如氮酸鹽(Nitrates)那種簡單化合物裏的氮質；這是一個非凡重要的事實，因為隨後我們就會看到，動物以及大多數的無色的植物，都要利用更加複雜的化合物裏面的氮質。把氮加到碳水化物的基本材料上面去了之後，就製成了一種如胺(Amine)那般的簡單的氮化合物。譬如說，阿斯怕拉堇(Asparagine =  $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_3$ )就是胺的一種。復次，在這種簡單的氮化合物上面，又加上硫酸鹽、磷酸鹽等處得來的硫、磷等物質之後，就變為生質精。但在這裏，我們並沒有知道，這類生質精的綜合作用是怎樣的完成的；等到生質精製造好了之後，我們也不知道牠怎樣能夠變成功活的物質的一部分呢？但是在這種過程中，經營綜合作用的酵質，曾負着重大的責任，這是很

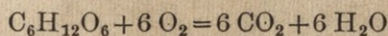


顯明的。酵質是一種化學的物質，牠是活的原生質的產物，在化學的變化裏，牠是一種接觸劑(Catalytic agents)，牠可以使化學的變化加速，但是牠本身，卻是並不參加這個化學變化的。關於酵質的化學成分和構造，到現在還沒有有人能夠決定牠出來。

總結上述，我們可以姑且這樣說：胸形藻從環境裏取了製造活的物質的原料，再由牠的綠色素捉住了日光的輻射力，纔動手製造碳水化合物、生質精以及原生質。換句話說，綠色植物是一個綜合作用的經營者，牠利用了從日光裏得來的能力，造就許多十分複雜而且不穩固的分子集合體。所以一切的綠色植物，不管牠是一個胸形藻或者是一棵榆樹，都能生產供給牠自身用的食料，而且好像偶然地，也爲了一般生物，製造了食料。

## (2) 呼 吸

我們在前面已經講過，原生質是繼續不斷的在工作着的。要生存，務必工作；而工作是包括能力的消耗的：這裏所消耗的能力，就是葉綠素從日光裏攫取了來而在植物的食料裏儲藏着的那些能力。如果要將能力釋放出來，食物就非氧化不可，換句話說，就是非把食物燃燒一下不可。爲了要經營這個氧化作用，植物就需要多量的游離氧。胸形藻有兩個可以得到氧的地方：牠可以從水裏得到溶解在水裏的氧；牠也可以在日光中得到從光合作用裏釋放出來的氧。爲了簡便起見，我們把上述的過程，用下列的公式，表示出來：



這個公式，我們可以看得出來，恰巧是和光合作用相反的一個公式。細胞把游離氧吸收進去，起了氧化作用，然後把燃燒時最重要的尾產物——即是二氧化碳和水——釋放出來，這樣一個整個的過程，我們稱爲呼吸作用(Respiration)。呼吸作用的主要的工作，



就是從食物裏去獲取能力，在這個當兒，原生質化去了二氧化碳而換得了氧來。像這樣的活的物質與其環境兩者間氣體之交易，並不是祇限於胸形藻與綠色植物的，一切有生之物沒有一個不是如此的。植物的呼吸，實實在在，是和動物的呼吸，完全一樣的；雖則講到後者，因為牠們的生活比較活動，牠們的身體的構造比較複雜（大多數的動物是如此），所以須要有一個精緻特殊的呼吸器官，纔可以使適當的氣體交換，獲得必要的速率。

這樣說起來，綠色植物簡直可以看作是一部轉換能力的化學機器，牠把從日光裏取來的輻射力變為生命的工作；可以看作是物質與能力，牠們跑進這個有機體，做成有機體的一部分，而隨後又從有機體裏跑出來，用了我們最新的知識來講，都是遵照無生物界裏的物質和能力的定律的。

現在我們已經得到了一個活的有機體的概念了，這個胸形藻是形式最簡單的綠色植物。這植物的全身充其量祇不過是一個細胞，裏面包括一點點綠色素。換一句話說，我們所謂綠色植物，並不是專門指定植物的顏色而言的（在有些例子中，植物的顏色並不是綠的；有些是紅色的，也有些是褐色的），而是要看這植物裏有沒有一種複雜的色素，牠的機能也和綠色素一樣，可以使植物變為一個食物的製造者。這種的綠色植物有一種力量，可以利用了構造比較簡單，而且大半缺乏能力的化合物，來製造牠自己的食料；同時牠還能使用氮酸鹽裏的氮質，來做牠的食物的成分。

現在我們要從自然界裏的建設者，講到破壞者；要從能力的生產者，講到能力的消耗者；要從綠色植物，講到動物，然後及於無色植物。

## 第五章 動物的代謝作用

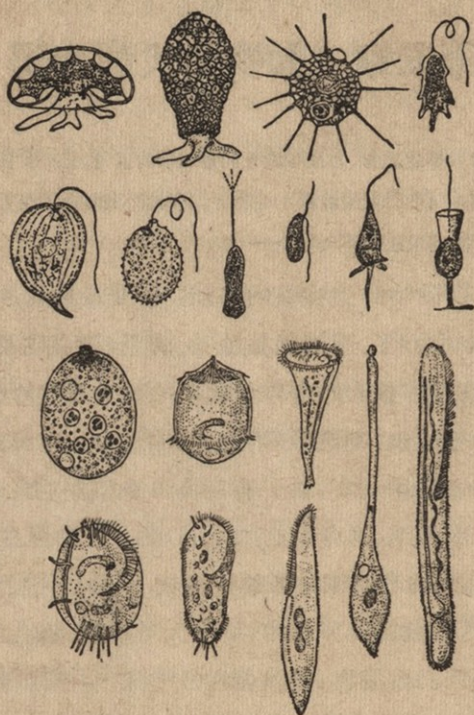
關於自然界的定律、方法和進化的最重要的發現，差不多往往是從觀察包藏在自然界裏的最微小的物件，與詢問表面上看起來好像是最不關緊要的問題裏得來的。——拉馬克 (Lamarck)

在開始講一個動物的生物學的時候，似乎最適當的題材要算草履蟲(Paramecium)了。草履蟲是池塘、溝渠，和有腐草的水裏的一種極普通的有機體。被人們當作最簡單的動物看待的變形蟲，以及此地所講到的草履蟲，都是單細胞動物的代表。這種單細胞動物，也叫做原生動物(Protozoa)，共計有一萬五千種左右。這類原生動物差不多在自然界各處，都有牠們的足跡；而且也和原生植物(Proto-phyta，單細胞植物有時候叫做原生植物)一樣，牠們雖則形體很微小，可是全體的數目計算起來，卻是大得可觀。集合起來的時候，牠們的確在牠們的環境裏，造出碩大的變化來；不論牠們是獨自生存的，或是寄居在別的有機體的身體內的，牠們都能够改變環境的面目。爲了研究上的便利起見，動物學裏分出一部分來，專門討論原生動物的，叫做原生動物學(Protozoölogy；參看第六、第八、第十一及第十三等圖)

### A 草履蟲的構造及其生命史

在原生動物的隊伍裏，草履蟲是要算大的了；把培養草履蟲的水液放在一個適當的光線之下，我們不用顯微鏡，也可以看見牠們：是小小的活動的微白的物體。但是倘若要想知牠們的詳細的構造，就非把牠們的身體放大幾百倍不可。這樣放大了之後，每一個動物

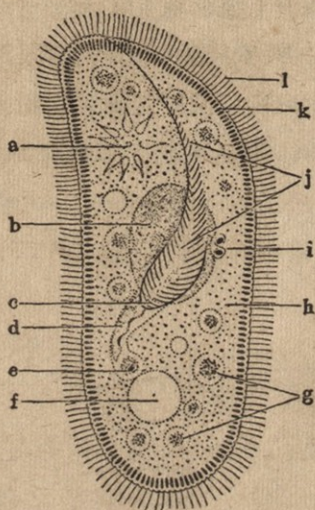




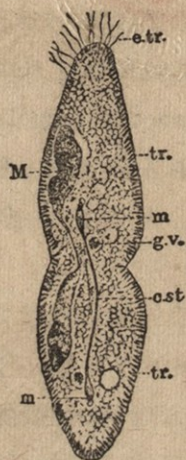
第十三圖 幾種普通的淡水裏的原生動物，極端的放大  
(由 Cu. tis 及 Guthrie)

看起來多少有點像一隻拖鞋的樣子；這種像拖鞋樣子的有機體，瞬視間，是不會把牠當作單細胞動物看待的，因為牠身體裏顯示出許多十分特化的部分來。但是祇要仔細的審視一番之後，我們就可以看到，這個有機體實實在在祇有一個原生質的單位，這個單位，也照例的分爲細胞質和細胞核這兩部分，不過每一部分都顯示出種種的特化的地方來。(參看第十四圖)

胞核的物質，在大多數的細胞裏，都是包含在單個的核體裏面



第十四圖 草履蟲的構造 (Paramecium calkinai) a. 伸縮胞, 外周為輻射的空處所包圍 b. 大細胞核 c. 口 d. 沿食道的擺動膜 e. 食物胞, 在食道的一端, 適在形成的時候 f. 大大完成的伸縮胞 g. 食物胞 h. 內質 i. 小細胞核 j. 口緣及口緣處的纖毛 k. 外質裏的絲胞 l. 纖毛



第十五圖 一個正在分裂的草履蟲 (Paramecium caudatum) M. 正在分裂的大細胞核 m. c. st. 正在分裂的小細胞核 g. v. 食物胞 tr. 絲胞 e. tr. 向外突出的絲胞 (由 Calkins)

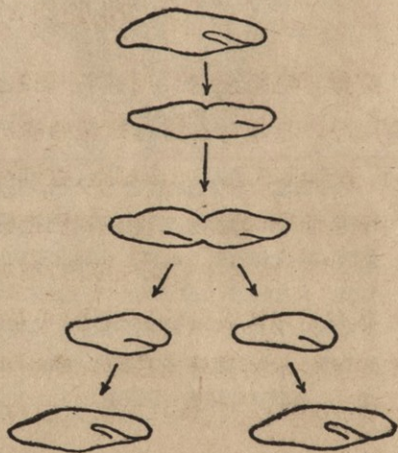
的；但是在草履蟲裏，就把牠分為兩個部分：一個大的，叫做大細胞核 (Macronucleus)；一個小的，叫做小細胞核 (Micronucleus)。嚴格地說起來，大細胞核和小細胞核合起來，纔得組成草履蟲的細胞核；牠們的分為兩部分，是表示複雜的染色質的一種分工的現象。

但是講到了草履蟲的細胞質，牠的特化的程度，是最明顯的。不但是牠的全體的細胞質可以分為內質和外質兩部分，而且在內質和外質裏面，還有許多局部的特化；譬如說，牠有幫助行動及獲得



食物的纖毛(Cilia),經營保護作用的刺毛或稱絲毛(Trichocysts),幫助吞食固體食物的口凹(Peristome),嘴和食道(Gullet),經營消化作用的胃胞或食物胞(Gastric vacuoles),以及經營排泄作用的收縮胞(Contractile vacuoles).除此之外,較近的研究又發現出來,這細胞的各部分,都有一種神經運動的工具(Neuromotor apparatus)來司調節作用的。(參看第十四、第一百三十五、第二百二十九等圖)

在優良適當的環境之下,草履蟲的生長是頗迅速的;當牠長大到了一定限度的時候,細胞分裂就開始;這種細胞分裂,叫做二均分裂(Binary fission).分裂的結果,一個母體,就變為兩個子體;這兩個小草履蟲馬上就會長大得完全和牠的母體一式一樣.大約在十個鐘頭內,牠們也照樣的分裂,所以一個草履蟲在幾天之內,可以分成無數的兒孫了。(參看第十五及第十六圖)



第十六圖 表示草履蟲二均分裂的生殖發生時的圖解

這種由分裂而繁殖的過程,在優良的環境情形之下,是可以無限制的進行着的,但是到了一定的時期,草履蟲也會進行一種內部的細胞核重新組織的過程;這種過程,叫做內部變動(Endomixis).草履蟲也時常會有一種兩性生殖的現象;兩性生殖開始時,兩個草履

蟲暫時連在一塊，牠們的原生質在口部相接，連接後，就互相交換牠們的胞核的物質。像這樣暫時拼合的現象，我們叫做接合(Conjugation)。這是包括受精作用的那種兩性現象的基本表現；論到這類生殖法，我們將來還有機會可以詳述。（參看第十七、第一百七十、第一百七十一圖）



第十七圖  
兩個草履蟲在交接  
時所取的地位

## B 草履蟲的代謝作用

這樣，草履蟲就給了我們一個觀念，覺得一個細胞做成功的動物有機體，是也會有這樣複雜的構造與機能的。原生動物是最簡單的，全體祇不過是一個細胞，雖則從這細胞的內部看起來，牠們也決不是簡單的動物。現在我們把胸形藻和草履蟲這兩種有機體來比較一下，雖則在某種程度內，前者有足以代表植物的構造，而後者亦有足以代表動物的構造，可是牠們最大的構造上的差異，也並不能夠根本的劃分出動物和植物來。動物之所以異於植物，分析到究竟，還是由於代謝作用的不同。關於這一點，我們在上面，已經提到過。也是因為要討論動物和植物這兩者間代謝作用的明顯的區別，所以我們選了胸形藻和草履蟲來做例子，藉此可以免去其他高等有機體所有的不關緊要的各種部分。

### (1) 草履蟲的獲食

草履蟲的食料，大部分都是微小得要在顯微鏡底下纔可以看見的無色植物；這種無色植物，就叫做微菌(Bacteria)。這微菌，在有腐爛的植物的水裏，是多到不計其數的。每當草履蟲用了纖毛的擺動，在水裏隨處游動的時候，有許多微菌就帶在水裏，送進牠的口，



於是就經過食道而達到牠的原生質。進了牠的身體之後，這些微菌，外面圍着一些水，就做成了一個食物胞，或稱胃胞。在這時候，原生質就分泌出許多酵質之類的化合物，到這個胃胞裏，去消化藏在微菌體內的各種複雜的食料，如生質精、碳水化物等等。消化的結果，把細菌的原生質，頃刻間一變而成爲草履蟲的原生質——就是這樣，草履蟲得到了物質和能力的供給，遂能繼續生存與生長。（參看第二百三十圖）

上述種種，已經足以表示，草履蟲的代謝作用和胸形藻的代謝作用，是完全兩樣的；在草履蟲裏，直接將固體的食物（即微菌），取入體內；可是因爲原生質的最主要的有機成分，乃是生質精以及碳水化物、脂肪等等的物質；所以很明白的，一個動物的有機體所獲得的食物，和綠色植物的食料不同，大部分都是現成的，複雜的食料。換句話說，草履蟲也和其他一切的動物相同，是需要構造比較複雜而且富藏位能的化合物的；如生質精、碳水化物，及脂肪等等。在這三種食料之中，生質精或是組成生質精的胺基酸，是絕對不可以缺少的，因爲祇有從這一個來源裏，這動物纔得獲到氮質。但是在綠色植物裏，情形就不同，綠色植物，依賴綠色素做工具，能夠將大部分是缺少能力的物質，獲得了來；然後把牠們重新安排一下，賦與牠們多量的位能；這些位能是從綠色植物由日光裏接受來的動能所轉換過來的。

## (2) 呼吸和排泄

當然，在牠生存的時候，動物也和綠色植物一樣，繼續不斷地，用了燃燒的過程，在把牠的食物以及牠的原生質分裂開來；在這個過程中，就吸收了氧質，同時把二氧化碳和水釋放了出來。含氮的許多廢物，如尿酸或尿素等等以及好些無基鹽，都排泄了出來。這樣

看起來，動物也和植物一樣，把許多原質，成爲簡單的化合物，而納還給牠的環境；這些簡單化合物，都是沒有，或者是幾乎沒有位能的。我們已經說過，在這個自然界裏，綠色植物所做的主要的工作，是在於建設方面的；而動物所幹的，是破壞一方面的工作。但是現在我們更瞭解，綠色植物能够做建設的工作，也能够做破壞的工作；而動物則祇是經營着破壞方面的事。綠色植物的種種建設的過程，都是必要的，靠了這種過程而製造出來的食物，非但足以供給綠色植物的自身，而且也足夠供給一切有生物。

把綠色植物和動物兩者所吸收進去和釋放出來的物質約略的盤算一下之後，我們就可以看出來，雖則動物靠了植物而獲得複雜的食料，可是牠們並沒有把這些食料的原質，還原做簡單的形式，還給外界的環境，而供綠色植物取用。譬如說，牠排泄出來的尿素  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ，還有些爲動物所不能夠提出的能力，剩在裏面，一定要變爲氨基酸之後，纔可以使植物應用牠裏面的氮質。

更進一步講，要是植物死了，而牠的身體不爲動物所消耗，要是動物死了而牠的屍體不爲旁的動物所吞食，這樣一來，那末就會有許許多多的物質和能力，儲藏在牠們的死體素的複雜的化合物裏面。很明白的，自然界必須要有某種方法，使原質間的循環，得以完成；要不然，我們知道，生命就不能夠長久在這個地球上持續了。充滿這個間隙而完成原質的循環的，就是那些我們所謂無色植物 (Colorless plants) 的東西。這種無色植物，因爲牠裏面沒有綠色素，而且不能夠進行光合作用，所以牠要靠了比綠色植物所需要的更複雜的物質，來當作牠的食料；雖則牠所需要的食料，並沒有動物所需要的那樣複雜。



## 第六章 無色植物的代謝作用

統治全宇宙的自然界，將把你所看得見的物件，頃刻間加以變換；而且將要用了牠們的物質，一而再，再而三地，來造成別的形形色色的東西；這樣一來，就可以使這個世界，永久常新。——馬克斯·奧利立斯 (Marcus Aurelius)

在各種各樣，形形色色的，既沒有綠色素，也沒有與綠色素機能上類似的其他色素，所以也沒有經營光合作用的能力的無色植物 (Colorless plants) 隊伍裏，我們選擇了細菌 (Bacteria, 或稱微菌) 來做例子。在此地敘述的時候，要是專門舉一種特別的細菌出來，而詳細敘述，是有點不很妥當；關於這理由，我們隨後還要提到。所以我們現在不和上面一樣，專門舉出一個動物或一個植物的例子來詳述；我們現在要討論全體的細菌的一般的現象，時或舉出特種的例子來解釋特別的地方。

### A 細菌

原生動物的分佈雖則很廣，但是細菌則可以超過牠們。細菌實實在在是隨便什麼地方都可以找到的東西：在空氣的塵埃中，在鹽水及淡水裏，在溫泉與冰凍中，在泥土的上層，以及在動植物的身體裏，都可以找到牠們的生存。細菌往往在『微生物』(Microbes) 及『病菌』(Germs) 這兩個名詞底下聞名，因為有幾種特別的細菌，能够寄生在人體內，而喚起各種的紛亂——大部分是屬於化學的紛亂；這些紛亂，我們叫做疾病 (Disease)。但是除了這些病菌之外，其他還有許多有益的細菌；要是地球上沒有這些有益的細菌的貢

獻的話，那末人類的以及一般生物的生活，將無從久長的持續。真的，細菌的確管轄了整個的世界，因為當地球還是年青的時候，細菌就在牠的上面，得到了駐足的地位。我們現在所要講的，就是關於細菌的這方面的貢獻。

在細菌的隊伍中，我們就可以找到最微小的有機體。有幾種細菌，牠們的長度，還沒有到五萬分之一吋，論其闊度，自然比長度還要短得多了。沒有一種特殊的細菌，牠們的形狀，是為我們的肉眼所能看得見的；有幾種細菌，就是在最高倍的顯微鏡底下，也是不會找得到的。真的，在一個頂針那樣大小的酸的牛乳中，可以包含幾千兆的細菌而還有餘地哩！許多種類的細菌，牠們底形體是這樣的微小，牠們的構造，又是互相類似的，所以我們在學習的時候，就會感覺到十分的困難。因此在類別細菌的時候，我們大半是用了牠們在牠們的環境所喚起的化學變化這一點來做根據，倒並不是用牠們的構造上的特性，來區別的。雖如此說，從形態方面講起來，細菌可以大別為三類：就是桿狀菌(Bacilli)、球狀菌(Cocci)、與螺旋菌(Spirilla)這三種。許多桿

狀菌，或者球狀菌往往連在一處，成一長線，或者成許多叉枝，或者成一平片，也有的集合成一團。(參看第十八圖)

每一個細菌體，是當作一個單一的細胞看待的；雖則在大多數的細菌裏，並沒有一個界限分明的細



第十八圖 微菌的幾種主要的樣式

A. 球狀菌 B. 桿狀菌 C. 螺旋菌 D. 分枝的線形菌。微菌中鞭毛的樣式。1. 沒有鞭毛的微菌 2. 3. 具着鞭毛的微菌。

(由 Buchanan)



胞核；牠們的染色質，都是成爲細粒的形狀，而分佈在細胞質的各處的。在細胞質的四周，也有一層好像是爲生質精所製成的細胞壁。有的細菌，身體上有一枝鞭毛 (Flagella)，這個鞭毛，是由細胞質的延長而營成的；靠了這鞭毛，細菌就顯出異常的活動來。譬如說，在腐草液中培養着的那種普通的球狀菌，就是用鞭毛來游動的例子。

細菌是由細胞分裂而繁殖的；通常在適當的情形之下，每十五分鐘，可以分裂一次。以這樣的速率而增殖，在不久之前，就產出了無量的細胞，將培養液中的食料吃盡，同時牠們的排泄物倒把這個培養液弄污了，於是這些細菌也不能夠繼續滋長。在這種不良的情況下，有幾種細菌，就有特別的方法：牠們把細胞壁裏的原生質，縮作球形，而在原生質裏，又分泌出一種物質，來保護牠的自身；這樣一來，這些細菌，就進了休眠的狀態之中。在這種孢子形式裏，細菌就能夠反抗乾



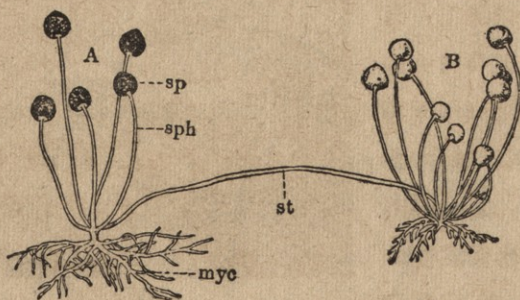
第十九圖 一種生在楓樹幹上的霧 (A Bracket Fungus, *Pleurotus ulmarius*)。孢子由傷口侵入其體素，其菌絲體使很有價值的木材，漸至腐爛，圖中看得見的傘形部分，祇是生孢子的平面而已。

(由Bergen及Davis，仿Freeman)

燥、溫度的變遷，以及其他不良的情形；在有些例子裏，這種孢子內的細菌，簡直連石炭酸(Carbohic acid)都不怕；可是，在活動時期中的細胞，一旦遇到了上述的任何一種情境，是馬上就會被克服的，就是用這種方法，有許多細胞，渡過了惡劣的環境；等到良好的機會重復降臨的時候，牠們重新再經營活活潑潑的新生活。大多數的病菌是不能夠產生孢子的；仔細想起來，這不能不算是我們人類的宏福罷。（參看第二百零四圖）

## B 自然界原質之循環

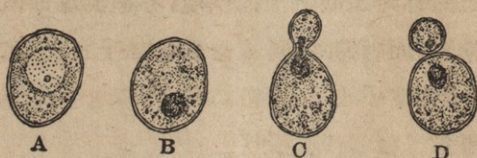
我們已經知道，綠色植物所需要的碳，是從二氧化碳裏來的；綠色植物從二氧化碳裏取了碳，而把牠綜合成爲碳水化合物、脂肪以及生質精。動物是直接或間接，都依賴了植物，做牠們的滋養料的；所以動物裏的碳的最後來源，依舊還是空氣中的二氧化碳。雖則植物和動物，當牠們進行呼吸過程的時候，繼續不斷地在把牠們的碳質，還給外界的環境（因為牠們在呼吸的時候，務必排出二氧化



第二十圖 麵包黴(*Rhizopus nigricans*)十分擴大，一種無色植物，其構造較菌的構造，更加複雜。A. 母體植物，由牠的葡枝(st)，產生新子體植物 B. 菌絲體(myc)是穿入麵包的突出；牠產生載囊體(s; h)，上有包含孢子的孢子囊體(sp.) (由 Gager)



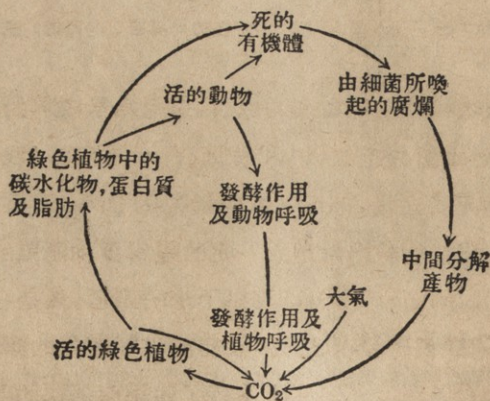
碳的原故)；可是多量的碳質，其實並沒有被血液循環所帶出，牠們還是封鎖在動植物的軀體裏。譬如說，一株乾燥的樹幹，牠的二分之一的重量，都由碳質所給與的。



第二十一圖 酵母細胞，異常擴大

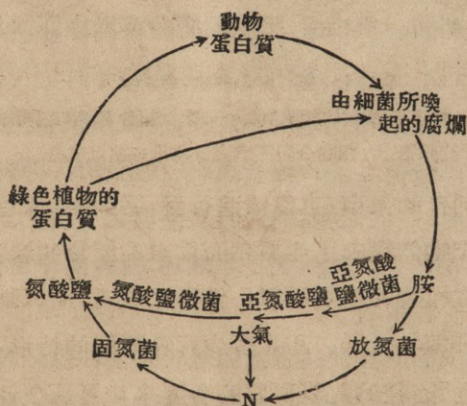
- A. 酵母，示其多細粒的細胞質，及一個大空胞 B. 示其細胞核  
C. 出芽的細胞 D. 細胞分裂完成之後的母細胞及其芽。

講到氮質，同樣的循環，也繼續進行着。譬如說，綠色植物從地上取了氮酸鹽，把牠們變成了生質精而儲藏在植物的軀體裏；動物把植物吞食了，從植物的生質精裏，獲得了氮質；所以動物的氮的最後來源，還是和植物一樣。用了多少有點類似的情形，我們可以尋出別種原生質所必需的化學原質的命運來；可是在任何的原質中



第二十二圖 碳質的循環，表示自然界裏碳質循環的圖解

間，實在要算碳和氮這兩種原質的經過最爲奇特和有趣，而且祇要把牠們的循環，理解清楚之後，我們已十分明白這個事實：雖則綠色植物和動物兩者，老是繼續不斷地從環境裏把有些原質取了來，後來又把這些原質，付還給牠們的環境，不過無論如何，結起總帳來，總是取去的多，而付還的少。（參看第二十二及第二十三圖）



第二十三圖 氮的循環，表示自然界裏氮質的循環的圖解

把綠色植物和動物所取去的原質，送還給無機界的使者，就是無色植物，例如細菌、黴(Mold)，和酵母(Yeast)等等。我們知道，每當動物或植物死了之後，牠馬上就開始腐化(Decay)；這就是說，那些構造複雜的化合物就逐漸地而一定的變爲更加簡單的物質，這些物質一點一點的簡單下去，直至剩下來的東西，祇是一些灰塵的時候纔止。雖則許多化合物確有一種自動地簡單化的傾向，可是這種物質簡單化的過程，非但是因爲有了如細菌那類的腐化有機體而促速，而且大部分的工作，也是要靠了這些有機體而得完成的。腐



化的有機體能够分泌出酵質來；靠了酵質的力量，就形成了發酵作用 (Fermentation)。於是碳水化合物和脂肪分解而變為二氧化碳及水；生質精則復元而成為二氧化碳、水及胺 (Ammonia,  $\text{NH}_2$ ) 或氮；同時如尿素等等那些含氮的動物廢物，也照樣的分裂下來。

這一連串的化學反應，實際上都是由各種不同的細菌，分頭擔任而完成的。大多數的綠色植物大部分是從氮酸鹽裏獲到氮質的，因此我們找到另外的一種細菌，叫做亞氮酸鹽微菌 (Nitrite bacteria)，亞氮酸鹽微菌的力量，是能把胺化為亞氮酸 ( $\text{HNO}_2$ )。這種亞氮酸在泥土中經過了某種化學反應之後，做成幾種亞氮酸鹽，如鉀亞氮酸鹽或胺亞氮酸鹽之類。此後復有一種微菌，叫做氮酸鹽微菌 (Nitrate bacteria) 的出來，將亞氮酸鹽氧化了而成為氮酸鹽 (如  $\text{KNO}_3$  或  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  之類)，變了氮酸鹽之後，其中所含的氮質，就為綠色植物所能利用的了。

但是，要是我們依然僅注意這個氮的時候，我們可以明顯地看到，在這樣的一個氮的循環裏，是尚有孔隙存在的，因為有些組成胺的氮質或者游離氮是漏逃到空氣中去了。氮質的最大的損失，卻是由放氮菌 (Denitrifying bacteria) 所造成的；放氮菌的活動，大半都化費在使氮酸鹽變為氣體的氮這種工作裏；變了氣體而逃脫在空氣之中的氮，就在綠色植物和動物的利用力量之外的了。真是幸福不淺，我們還有許多種類的固氮菌 (Nitrogen-fixing bacteria)，牠們能够把游離氮從空際中捉了回來，重返到活的自然界裏原質的循環。這類有機體是廣大地分佈着；有些在泥土中自由自在的獨立居住着，有些是居處在如豆類、金花菜、零陵香草 (Alfalfa) 等等高等植物的根瘤 (Root nodules) 中的。這種根瘤是由固氮菌侵入根部厚皮層而形成的。這一點很可以解說那個老早已經知道而解說

不出的事實：這種植物，耕植在地下之後，是特別地可以作肥田之用的。（參看第二十四圖）

總而言之，在自然界裏，有着一個原質間的循環，從綠色植物及動物裏出發，再由微菌及別種無色植物而回返些無機界裏。這樣就是活的有機體間的營養過程的交互性質。

這是不十分需要敘述的，這種由細菌所產生的化學變

化，是這些有機體的營養過程的直接結果，或者是附隨着這些有機體的營養過程而來的。所以某幾羣有機體（例如在蛋白質裏喚起最早腐爛變化的有機體），當作食料的物質，是比較複雜的；而別類有機體所利用的物質卻是很簡單的，因為這種有機體所需要的適當的化合物，較之綠色植物所需要的化合物還要簡單。的確的，某種細菌似乎是能夠利用二氧化碳和水，正如綠色植物一樣；但是論到能力的來源，兩者卻顯然不同：綠色植物的能力，是從日光裏得來，把牠供作綜合作用時用的；而這種細菌所具的能力是從化學能（Chemical energy）裏得來的，這些化學能是由環境中物質的氧化所發放出來的。



第二十四圖 由共生的固氮菌所喚起的根瘤（由 Bergen 及 Caldwell）

### C 枯草浸液裏面的境界



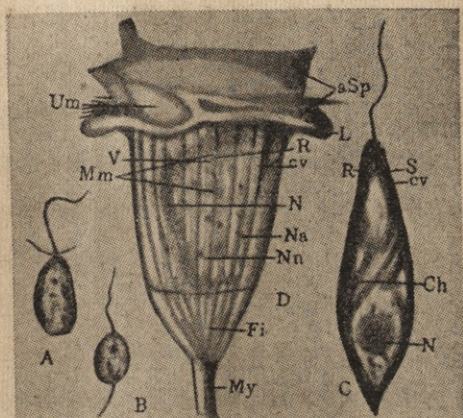
一般有機體的複雜的營養上的互相依賴，以及綠色植物的普遍的機能，這兩者，在自然界的原質的循環裏供給了一種連索。關於牠們兩者的重要，我們祇要把枯草浸液(Hay infusion)的事實，短短地敘述一下，就可以得到一個總括的概念罷。

要解釋生命之網(Web of life)這個學理的時候，大約什麼都比不上枯草浸液這個試驗那樣的便利，那樣的動聽。看罷！祇是少許幾束枯草沈浸在一杯水裏，結果就引起了許多連貫着的物理的、化學的，以及生物上的事件。很明白的，枯草浸液的主要成分是枯草和水這兩樣東西；但是這兩件東西祇是供給各種生物之間的交互作用的物質與能力而已。這種微小生物，大半是爲我們肉眼所不能夠望得到的，雖則因爲牠們的環境中每天都發生很明顯的變化，我們也可以得知一些牠們的存在。

譬如說，在普通的自來水裏，含着游離氧及各種溶解在水裏的無機鹽，在裏面也往往有許多種種不同的細菌，單細胞的綠色植物及原生動物等等。浸在水裏的枯草就貢獻出可溶鹽、碳水化合物及蛋白質等等的物質來。枯草也可以供給許多極微小的動物和植物；這些動植物在蟄伏的情況中依附着枯草，等到適當的環境一來，牠們就即刻重新活了轉來。(參看第二十五圖)

在枯草浸液最初做好的時候，要是取一滴來，放在顯微鏡底下檢驗，覺得活動的有機體是並不多。但是過了一天左右之後(時間的長短，多半是靠溫度的高低而定的)，無量數的細菌就顯示了出來，這些都是從原來存在這裏面的少數的休眠的和活動的標本分裂而發生的。最初的時候，在浸液中細菌的分佈是很平均的，但是由於牠們自身所喚起的許多化學的及物理的變化的原故，環境也就改變了；於是能夠應用化合物裏面的氧氣的那些細菌，就有在生存競





第二十五圖 在枯草浸液中所找到的幾種原生動物的代表

A. B. 兩種鞭毛蟲類的單蟲 C. 綠蟲 (*Euglena viridis*), 鞭蟲類的一種, 牠也和綠色植物一樣, 是帶着一點綠色色素的 D. 鈎鐘蟲 一種最複雜的纖毛類原生動物 aSp. 口畔纖毛區 Ch. 綠粒體, 中具綠色素 cv. 伸縮胞 Fi. 肌纖維 L. 口緣唇 Mm. 食道搖動膜 My. 柄裏的肌纖維束 N. (在 C 圖內的) 胞核 N. (在 D 圖內的) 大細胞核 Na. 食物胞 Nn. 小細胞核 R. 伸縮胞的儲蓄處 S. 眼點 Um. 口緣裏的搖擺膜 V. 在食道外端的口。

爭不甚激烈的杯底處生活的可能, 但是那種要靠託游離氧的細菌, 則在水面附近的地方聚集着, 因為在水面附近的地方, 氧氣是繼續不斷地從空氣裏供給進去。

到此刻為止, 我們這個小境界裏的生物, 大多數都是細菌——細菌單胞的死物寄生的植物 (Unicellular saprophytic plants), 牠們是取了蛋白質等等的分解後的產物來當作飲料的。這個過程多半是破壞的過程, 破壞作用發生後所產生的單純化的尾產物, 是可用細菌的比較簡單的排泄物來代表的。

但是當細菌漸向高潮的時候, 別的一個因子逐漸地, 幾乎是不知



不覺地侵入到這個演劇中去。這就是極微小動物的生活；當四周的情況變為更加佳良的時候，這些微小的動物，就很迅速的增殖了起來，而且從此以後，就在浸液中占了優越的生存的地位。這類動物中，首先發現的，乃是異常細微的具鞭毛的原生動物，叫做單蟲 (Monads)。單蟲的種類很多；有許多是吸收由細菌所喚起的有機分解的尾產物，而有些單蟲，是吞食固體的，牠們是能够吞食細菌的自身的，於是具纖毛的微細的動物，就是草履蟲的族類，也無量數地增殖了起來，而且也靠了細菌來當作牠們的食料。經過了幾天之後，當較大的纖毛蟲逐漸占了優勢的時候，這些小纖毛蟲就滅了蹤跡，因為雖則大纖毛蟲一部分還是依着那些殘餘的細菌當作食物，可是牠們的大多數的食料，乃是那些小纖毛蟲。生命的循環就老是這樣的繼續着——最初為死物寄生的生物所占据的領域，後來逐漸為食草的有機體所強占；最後牠們的地位復為食肉的有機體所奪去。（參看第二十五圖）

但是這樣連續着的事件，分明的，遲早總有一天會達到結束的地步，因為無色植物及動物的種種代謝過程都足以喚起能力的消耗的原故，儲藏在枯草的化合物裏面的位能，遲早總會有一個時期，變得幾乎或者完全盡竭——這種位能，都變為動能了。由植物及動物的生命動作，來表示這種動能的存在。

這樣經過了幾個星期之後，這個枯草浸液的境界裏，生命就達到了停頓的地步——滅絕的危險臨到了，而且總究是免不了這滅種之類事件的發生，除非是那些極細微綠色植物，就是與胸形藻相類似的綠色植物，能够得到一個機會，在這個能力行將耗盡的環境中發育，而且繼續捉獲日光的動能，把這種動能，儲藏在碳水化合物和蛋白質的裏面，這樣，位能纔重新回復到枯草浸液中去。

假使這樣情形確實發生的話，這個枯草浸液的境界，真正是一個小宇宙了——在這裏面，綠色植物、無色植物和動物，逐漸地變為互相順適，於是實際上穩固平衡的自存的情況，遂得設立；換句話說，這就是我們所說的那種均勢的水族缸(Balanced aquarium)。因為枯草和水的置在一處，就造成了許多瞬刻萬變的環境情況，於是生活在這個環境裏的繁茂的住者，遂有興亡盛衰的變遷的可能。到了後來，這種變化停止了，有一個分明和諧的有機體的互賴情況，起而代之。這種有機體獲食的情況，都是各不相同，正如我們所熟知的世界中的情況一樣。



## 第七章 多細胞的有機體

在細胞的構造之上，發生出植物和動物的構造來，這種動植物的構造，是由恆河沙數的細胞更加複雜而且精巧地拼合而成的；這無量數的細胞都是在極端殊異的方向下調節着，分化着。——海維(Hertwig)

我們在上面已經指示過，一切的有機體或者是包括單個獨立生活着的活細胞，或者是由許多細胞所組成的；而且我們已經從胸形藻、草履蟲及細菌的描述裏得到了好些關於單細胞生物的知識，這三種東西，我們是特地選擇了來解說各種營養的方式的。現在我們就要在後生動物(Metazoa)及後生植物(Metaphyta)的領域內，找得個體，來討論討論牠們的原始及組織。後生動物及後生植物，有時也可以稱爲多細胞動物及多細胞植物(Multicellular animals and plants)。

除出了下面要講到的例子外，每一個個體，在牠開始經營獨立生活的時候，總是一個單獨的細胞；這細胞或者是從親體裏釋放出來的孢子(Spore)，或者是由兩個細胞，即兩個配子(Gametes)遇合而成的（每一個配子是從各別的親體裏釋放出來的：一個是從雄動物裏來的；而別一個是從雌動物裏出來的）。前者是叫做單親生殖或無性生殖(Uniparental or asexual reproduction)，後者是叫做雙親生殖或兩性生殖(Biparental or sexual reproduction)。在兩性生殖中，雄配子及雌配子，就是精蟲及卵子(Sperm and egg)的連結而成爲合子(Zygote)。這種現象，叫做受精作用(Fertilization)。無性生殖和有性生殖這兩種方法，是在植物及動物界裏普遍地廣播着的，往往有些生物在同一種類裏，這兩種生殖的方法，很規則的先後輪

流着，這就是我們稱爲世代交替 (Alternation of generations) 的現象。

講到一個生殖細胞的最驚奇的事實，是牠的發育而成爲一個類似親體的有機體的力量。孢子及合子 (即受精的卵)，釋放了出來之後，經過許多連貫着的變化，這許許多多的變化，分明地把一個簡單的細胞，組成功複雜的多細胞植物或多細胞動物，具備着牠這種類的特殊的體素及特殊的器官。講到這裏，我們需得把完成成長個體的發育的特殊方法溫習一下。

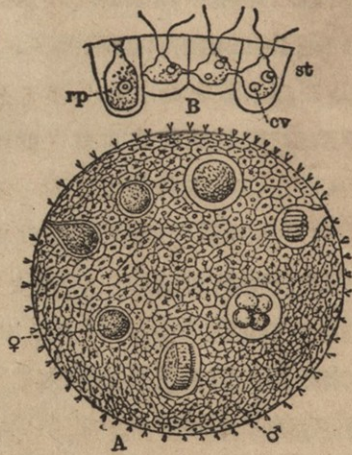
簡言之，發展的普通方法，就是隨伴着分化作用的細胞分裂。無性的孢子，或由兩性細胞接合而成的合子，就由許多繼續不斷的細胞分裂，稱爲分裂作用 (Cleavage) 的，使得這個孢子或合子，從一個細胞時期到兩細胞時期，嗣後又從兩個細胞變爲四個，從四個變爲八個，從八個變爲十六個，如此類推，以至於無量數細胞的時期；這種過程多少是有些規則的。假使這些細胞在每一次分裂之後，就馬上互相拆離，那末在原生植物及原生動物裏所看到的同樣的普遍情形就會發生了：每一個有機體祇是一個完全的獨立生活的細胞；或者，倘使細胞分裂的結果，祇是在於完成一個由這許多確實類似的細胞所組成的羣體，那末這樣發生出來的生物，並不是一個多細胞的有機體，而是由許多單細胞個體所聚集而成的羣居生物。



第二十六圖 一個簡單的羣居生物，由許多單細胞有機體 Spondylomorium 集合而成的；每一個單細胞有機體，進行着生活上的一切機能，連生殖的機能也包括在內  
(由 Hegner, 仿 Oltmanns)



這樣羣居的生物，在下等植物及下等動物的隊伍裏，是極其繁多的；牠們的構造上的複雜程度，也有各式各樣的等級，從簡單的如 *Spondylomorun* 的例子起——*Spondylomorum* 的身體是由幾個同等的細胞很簡單地組合而成的——到了極複雜的例子，牠們的軀體是由數千個細胞所做成的羣體所組合而成的，在這種的軀體裏，有些細胞是專作某種工作之用的。綠藻或稱團藻 (*Volvox*) 是一種高等複雜的羣居生物的好例子。組成綠藻的細胞，約有萬餘個；這些組成圓形的羣體的細胞的大部分，是些具鞭毛的個體；每一個個體，和牠的同伴有着有機的聯合而度着實在獨立的生存。每一個個體，對於牠的羣體最主要的貢獻，就是牠的鞭毛的氈動；這許多鞭毛的聯合的動作，推動羣體，在淡水中向前運行。但是在某種特別情形之下，有些細胞是專門分化成爲無性及有性兩種生殖之用的；這種細胞，組成許多新的羣體，這些新羣體後來遲早總被釋放出來。於是這樣看來，我們就得到了一種從體細胞 (*Somatic cells*) 裏分化出種細胞 (*Germ cells*) 來的例子，足以表示細胞與細胞之間的更進一步的



第二十七圖 團藻 (*Volvox*) 之圖解

團藻係是由多數具鞭毛之單細胞聚集而成；在這樣較複雜的羣落中，各種細胞間有一種有機的連接，某種細胞是專化爲生殖之用的。A. 異常擴大的成熟的羣落，表示在各種發育時期中的雄精與雌卵 B. 更加擴大的四個細胞，表示三個體細胞間的連結，以及生殖細胞 *rp.* 的早期分化 *cv.* 收縮胞 *st.* 眼點

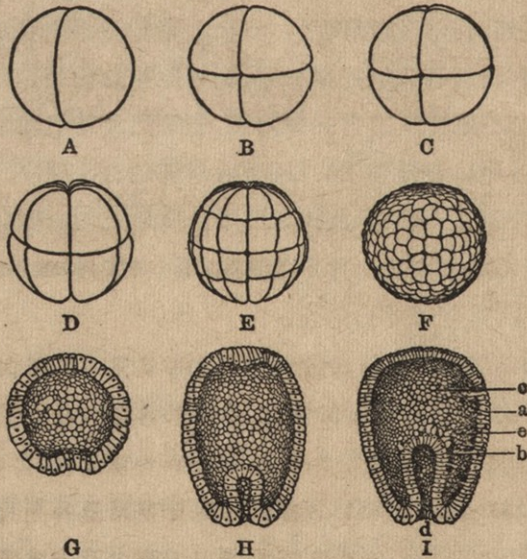
特化，以及生理上的分工合作；這些乃是後生植物與後生動物的最特別的性質。（參看第二十六圖、第二十七圖及第一百五十四圖）

的確的，多細胞有機體的複雜的軀體之可以造成，純然是由於細胞分化與細胞合作的力量。譬如說，一切原生質都有收縮的機能，但是在動物的肌肉細胞裏，我們看到收縮能力的極度的發展，而且在某種限度下，這種肌肉細胞是犧牲了別種功用而專門為收縮機能著力的。但是如果不是有無量數的同樣專門化的細胞，置在一處，引導去幹某一種機能的話，這種分化仍是統歸無效的。一條肌肉的力量，是牠的組成的肌肉細胞聯合動作的結果。有了分化作用而沒有細胞間的合作這種例子，我們在單細胞有機體裏已經看到過。草履蟲有異常專化的許多部分；別的原生動物的專化部分，或者還要多些；不過在這裏有一個困難，就是因為全體祇是由單一個細胞所組成，所以各種專化的可能性，畢竟是有限度的。到了多細胞生物裏，因為這樣的限制既取消了，所以這類的困難也就沒有一把有些特別的機能交付給某幾羣細胞去擔任，並不是託付給一個細胞裏的某些部分去擔任。

包括分化作用以及隨伴着分化作用而來的生理上的分工的細胞分裂，乃是高等動植物發展的要旨。譬如說，從分裂着的卵（即合子）裏發生出來許多細胞，安排了一下後，組成一個空球體，空球體的表面，就是這一層的細胞；在這個時期中的胚胎，叫做一個囊胚（Blastula）。最初的時候，一切的細胞看上去根本是相類似的；但是後來在囊胚一邊的那些細胞馬上向裏面凹了進去，直到那個囊胚中間的空處，即是稱為分裂腔或囊胚腔（Blastocoel）的場所，大部分消失不見的時候纔止。這樣發育的結果，就到了這個原腸期（Gastrula stage），這個原腸胚，粗粗地說起來，可比是一隻袋，牠的袋



口,叫做原口(Blastopore);這原腸胚是由兩層細胞所組成的,外面的一層細胞,叫做外胚層(Ectoderm);裏面的一層,就是包在腸腔(Enteric cavity)裏壁的上面的,叫做內胚層(Endoderm),外胚層包括許多細胞,這種細胞在牠們自己的隊伍間,爲了某種特殊的目的,是已經有些分化的了;但是由全體而論,這些細胞,組成一種原始的體素,其本身的一般的功用,大都是關於感覺與運動方面的。類似的內胚層包括着許多細胞;這些細胞,由全體而論,乃是胚胎動物的營養細胞。(參看第二十八圖)



第二十八圖 海膽(Sea Urchin)之早期發育

A.—F. 細胞分裂以及囊胚期之形成 G. 囊胚期之截面,以示原腸期之開始 H. 原腸初期 I. 原腸後期 a. 外胚層 b. 內胚層 c. 囊胚腔 d. 原口,由此導入腸腔 e. 由內胚層發生出來的細胞;將來從這些細胞,分化出中胚層來

在大多數動物的原腸期中，有第三層細胞特別是從內胚層裏發生出來，其地位是處於內胚層與外胚層之間。這層新的細胞叫做中胚層(Mesoderm)。這樣，三層原始胚細胞，或者說是三個原始的胚



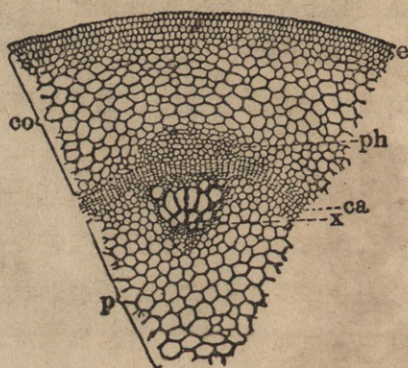
第二十九圖 蛙的小腸之橫切面之一部分，異常擴大，以示其中細胞之分化 and 體素 a. 通常的吸收皮膜細胞 b. 單細胞腺 c. 結締體素 d. 結締體素間之血管 e. 環肌肉細胞 f. 縱肌肉細胞 g. 體腔膜 h. 縱肌肉內的血管

層(Primary germ layers)就設立了；這些是為一個發育期中的動物所特有的。從這三層原始胚層裏，分化出各種的特別體素來，這些各式各樣的體素就組成成年時的動物的各種器官。譬如說，由於細胞分裂及分化作用的結果，從外胚層裏就產出外面的皮膚及中央神經系統這兩者來；從中胚層裏就產出肌肉及支持體素和血液循環系統；同時這個內胚層就組成一層細胞，這層細胞是包圍着成年有機體的消化管道的。

把多少有點類似的細胞，羣集起來，而成為有某種機能的系統或體素，是根據於多細胞有機體的建築的；因此我們在分析牠們的構



造時，已達到了另一個階段了。雖則有機組織的單位乃是細胞，許多細胞聚集而成爲體素；體素是足以代表較高階段的形態上的單位——細胞間的分工，這種分工使得多細胞體能夠有種種複雜的情態。一條體素可以說就是一羣根本上互相類似的細胞，這一羣細胞是專化了而去擔任某一種工作的。在動物裏的骨骼、肌肉、神經和在植物裏的木質和樹皮，都是很足以代表體素的例子。（參看第二十九及第三十圖）



第三十圖 植物幼莖橫切面之一部分，放大以示細胞之分化與體素 ca. 形成層 co. 厚皮 e. 表皮 p. 髓部 ph. 韌皮部 x. 木質部

多細胞有機體的互相類似的細胞成分，聚集而成爲體素；而那些整個動物體或植物體的工作的單位，即器官，乃是由體素組成的。換句話說，一個器官是爲許多不同的體素所做成的集合體，這個體素的集合體是有一定的形狀，而且幹着某種特殊的工作：譬如說，人的手是由骨、肌肉、神經等等的體素所組成的器官，而植物的莖乃是由樹皮和木質等等的體素所組成的器官。

真如我們所能想像到的一樣，在最低等的後生植物與後生動物的領域內，有好些例子，牠們的身體的構造是比較得簡單的，牠們也沒有異常專化的體素與器官，但是在多數的動物裏，專化的工作是更加向前進了一步，因爲由許多器官的集合，成爲器官系統(Or-

gan system), 專作某種很普遍的工作。一個動物有許多條肌肉, 每一條肌肉是一個器官, 但是把這許多肌肉連合起來, 組成一個工作上的單位, 就是肌肉系統(Muscular system); 這個動物又有胃臟、腸、肝臟等等的器官, 於是就組成了這個消化系統。在另一方面, 即使是在最高等的植物裏, 分化作用的進行, 並不是和動物裏同一個樣子的, 而且也沒有到動物那樣的程度, 因為植物的身體並不是由器官系統所做成的, 牠是由體素系統所做成的。如果我們把植物和動物身體的構造仔細考慮一番之後, 這一點就可以明白瞭解了。

實在的, 這個多細胞的植物或動物——整個的有機體——乃是諸器官、體素及細胞間的動作及互相作用的結果; 分析到究竟, 生物體乃是許多原生質單位的總和而已。雖如此說, 我們千萬不要忽視了這個比部分還大的全體。做成身體的許許多多細胞, 把牠們的個性湮埋在整個有機體的個性內; 要是這些細胞一直互相連接着的話, 牠們就不能夠被認為個體, 牠們祇是活的身體內, 動與反動間的許許多多專化的中樞而已; 靠了這些細胞的連合, 生理上的分工的現象就有發生的可能了。

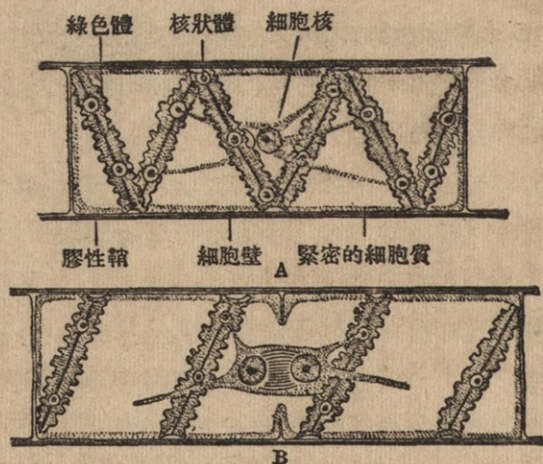


## 第八章 植物的身體

證據好像是毫無問題的顯示着，我們現在所有的植物種類，是由從前存在着的幾種更簡單更稀少的種類逐漸進化而傳下來的；這樣推算上去，我們就可以追溯到在最古遠的時代繁殖着的單一種的植物。

—Ganong

在胸形藻那樣簡單的單細胞植物，和我們所熟見的極複雜的顯花植物（用科學上的術語來講，牠們可以稱為種子植物“Seed Plants or Spermatophyta”）的中間，幾乎是一切的階段都有得存在着。最簡單的那一種，是可以用通常稱為池沫(Pond Scum)的，絲狀的綠藻來做代表。譬如說，在水綿(Spirogyra)裏，植物的身體，是



第三十一圖 水綿

A. 水綿之一個細胞放大者 B. 一個開始分裂的水綿細胞

(由 Smith 及其他)

由多數互相類似的細胞，作一直線的排列而成的，因此從一方面講，水綿可以當作一個由許多單細胞聚集而成的羣體看待；因為組成這絲藻的個個細胞，實在是獨立生活着的。在別種簡單的絲藻 *Ulothrix* 裏，牠的絲部，並不是自由自在的浮在水面的，反之，牠的身體是由一個多少有點特化的沒有綠色素的細胞固附着的。（參看第三十一及第六十二圖）

更加普通的藻類，牠們的身體，是由許多分枝的細胞絲組織而成的。這種分枝的細胞絲在有些藻類中，是互相類似的；但也有些類藻，牠的身體是由一枝主要的軸，以及許多形式不動的旁枝組織成功的。常常還有些旁枝，雖則牠也是由諸細胞連接而成的，可是牠包括着較大的綠色粒，所以牠對於光合作用，也較為活動。這就是和高等植物裏莖和葉兩者間的分工現象相同的，祇是沒有構造上的特化，將這些部分，變為各種不同的體素就是了。

第二種我們所要講的專門化的情形，是關於生長的性質的。在那些簡單的不分枝的絲藻裏，生長的方法，祇是由於牠全身的細胞

的分裂而增殖；但是在分枝的絲藻裏，分裂的現象，祇是限於在每絲上端的一個或多個的細胞的。這樣說起來，依靠了頂端細胞的生長的性質，各種複雜的厚大的分枝構造，就發生了出來。譬如說，許



第三十二圖 一種普通的海草  
(氣泡藻 *Fucus*) 褐藻類之一種，  
表示比較簡單的葉狀體構造。

(由Coulter)





第三十三圖 一種碩大的海藻(屬於昆布科 Laminariales); 牠的身體,可達到二百呎長,牠的葉狀體植物顯示出很分明的葉狀與莖狀的構造. 牠的柄,附着在礁石之下,牠的身體則由水支托着  
(由Ganong)

多紅色的海藻,就是如此. 在這些植物裏,綠包粒大部分都是在細胞裏表面上發展出來的; 這一點也足以指示上面講過的生理上的分工現象,同時牠還指示着說,就我們上面講過的例子來講簡單植物多數的,假使不是說全部的,身體上的變化都是些設備,其目的在於使光合作用的工具,最良美的展佈在日光之下.

得到同一目的別種方法可以在別的海藻裏找到,在普通的青海苔(Ulva)及石衣藻或稱氣泡藻(Fucus)裏,因為在兩個平面上細胞分裂的結果,植物的身體就成爲一塊由細胞組織成的板; 於是這個原葉體(Thallus),通常又由第三個平面上的細胞的分



第三十四圖 馬尾藻屬(Marasmius),表示莖、葉及膀胱形浮囊  
(由Coulter, Barnes 及 Cowles)

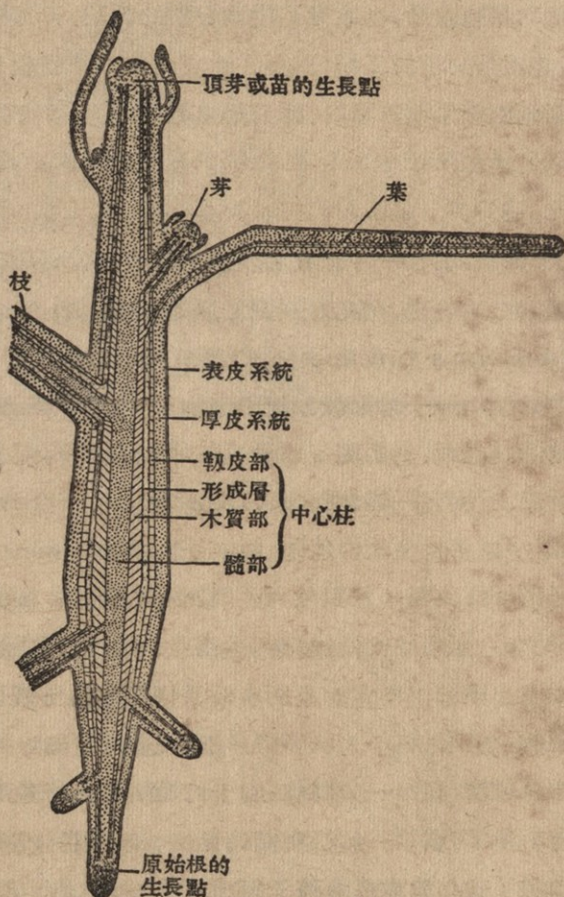
裂而增殖，遂變得很厚。再呢，由於原葉體的這樣變化的結果，牠就不像簡單的絲藻那樣祇有單一的固附着的細胞的；反之，在較大的海藻裏，有成塊的支持物，使牠們很牢固的在石塊上固附着。在組成這種支持物的細胞成分，也並沒有變為異常的特別，因為牠們所做的，祇是高等植物的根的工作；溶解在水裏的食料的吸收是由整個植物的個個細胞著手進行着的。雖則最複雜的藻類，如海草(Kelp)及潭藻即馬尾藻屬(Gulfweed)等等，牠們原葉體的形式，變成好些特殊的部分，這些部分也幹着高等植物裏的根、莖及葉的機能；可是這些根、莖和葉，沒有一件有着足以表示高等植物裏所發見的那些基本的體素上的專化。機能的類似足以喚起類似的，或者說是同功的構造(Analogous structures)。(參看第三十二至第三十四圖)

在較高等的植物——羊齒類和種子植物——的領域內，纔有最專門化的植物體發現着。我們隨後還要更加仔細的解釋，這些植物在牠們的生活史上，總有一種世代交替(Alternation of generations)的現象點綴：一個兩性生殖的植物，即配子代植物(Gametophyte)用兩種配子遇合而成為一種無性的生着孢子的植物，即孢子代植物(Sporophyte)；這孢子代植物隨即又產生一個配子代植物。這兩種世代在構造上顯示出極大的差別來配子代植物的身體是比較上很簡單的植物，全體祇包括少許細胞，牠的主要的目的，是在於發展雌雄這兩種細胞。在另一方面說，孢子代植物是由許多專門化的體素與器官所組成；這是一個很明顯的世代；在這世代裏的植物，就被人們認識了當作羊齒或者種子植物看待。由此之故，現在我們須得把注意傾向到孢子代植物那邊去。

## A 構造



一株種子植物在孢子世代時的軀體，可以很分明地分為兩個部分，這就是根(Root)與苗(Shoot)這兩者。根是一個固附的器官，同時還負着吸收溶解在水裏的食料的責任。苗也包括莖(Stem)和葉(Leaf)



第三十五圖 普通植物的理想的縱切面，表示體素系統的模式分布。中心柱包括髓部、木質部、形成層，與韌皮部。這些部分延長到根和苗的生長點裏去，厚皮系統包圍在中心柱的外面；而表皮系統則包圍着厚皮系統(由 Ganong)

兩個部分。莖爲生葉之器官，牠的作用在於使根和具着光合作用的工具的葉相連接。產生孢子的生殖器官，通常是在變相的葉上發育着的。這種變相的葉聚集起來，又加上了某種附帶的構造，於是就組織成了花(Flower)。爲了要瞭解一株高等種子植物的身體各部分的體素分布的一般的情形，我們就首先用一株很普通的植物，做一個理想的縱截面來觀察一下。(參看第三十五圖)

根與苗的系統，放在一塊，做成一個上下連貫的身體，這身體的衆細胞聚集而成功一個狹而長的圓柱體，圓柱體的底部就是原根(Primary root)的生長點；而圓柱的頂部就是苗的生長點。這個原柱(Primary cylinder)的中部，叫做中柱(Central cylinder)，中柱是由稠密的細胞所組成，中柱的外面，是圍着兩個空柱(Hollow cylinder)。這兩個空柱的中心點是同一的。靠裏邊的一個，環繞着中柱，同時牠自身又爲外面的一個空柱所環繞。外面的一個空柱。就形成原柱的表面，就是植物外邊的一層細胞。這三個細胞柱合起來。就做成了原始體素系統(Primary tissue systems)。

這個中柱，也可以爲中心圓筒(Stele)，是繼續着貫通根和莖的，同時還把牠的分支伸展開去，這種分支的一部分跑到葉子裏，就做成功葉脈(Veins)。中柱包括髓部或稱原軸體素(Pith or primary axial tissue)和維管束(Vascular bundles)這兩個部分。而維管束本身，則包括三部分：傳導食物的這部分體素，叫做韌皮部(Phloem)；傳導水液的這部分體素，叫做木質部(Xylem)，在這兩部體素之間的，是一層生長很迅速的體素，叫做形成層(Cambium)。這個形成層的體素，和在根及莖的生長點地方的體素是相接連的；這種胚質的體素，通常叫未分化的組織(Meristem)，連合起來，就組成了植物的生長系統(Growth system)。緊接包圍在堅密的中柱外邊的空



柱,做成厚皮層系統(Cortical system);凡是幼莖及葉子裏的生着綠色素的體素,以及樹皮和根部的厚皮(Cortex),都是屬於這個厚皮系統的範圍之內的。

爲最外面的這個空柱所組成的,就是表皮系統(Dermal system);幼根表面上的細毛層,和蔽蓋着莖和葉的表皮(Epidermis),都是屬於表皮系統範圍之內的。

把這樣的根和苗,以及牠們的組成的體素系統預先懂得了一個大概,然後我們就要細察高等種子植物的根、莖和葉所取的幾種普通的形式,最後我們還要在顯微鏡底下細細的察看牠們的橫切面與縱切面,藉此我們就可以分析牠們的體素系統。

### (1) 根的種類

一株年幼植物的原根,通常就是苗的向下延長的這一部分,這個原根是可以在植物的一生中,老是存在着,當作主根;而其餘的,都是從這主根裏生出來的細微的後生根。這種根就叫做圓錐根(Tap root),通常在草本植物裏是很普通的,例如蒲公英等是。在更多的

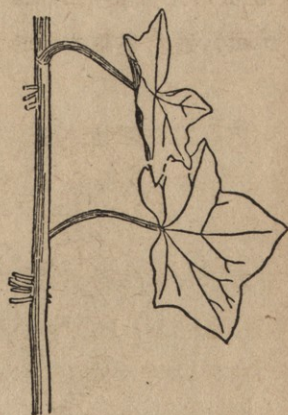


第三十六圖 A. 蒲公英的圓錐根 B. 草的鬚根 C. 天竺牡丹之聚集的多肉根(由 Bergen 及 Davis)

例子中，原根的地位，是完完全全為後生根所代替去了，這些後生根從植物的主軸出發，向各方面輻射和分支，於是牠們遂形成了一個複雜的地下的構造。從容積這方面講，這個地下的構造，和苗系統在地上所發育的那部分植物體，還可以相等哩！（參看第三十六圖）

在二年生的植物(Biennials)裏，牠們的第一個年頭，往往是化在儲藏食物這個工作裏的。在有些植物中，這個儲藏食物的工作是在根部發生的。這類根的形狀是異常的膨大；牠們是變為食料的儲藏所了。依靠了這根部的食料的營養，這株植物，在第二季降臨的時候，就很迅速地負起了開花結子的任務。這種儲藏根(Storage roots)有的是一種圓錐根，如萊菔等等是，有的乃是旁根，如天竺、牡丹和甘薯等等是。（參看第三十六圖C）

雖則植物的根和牠環境間的接觸，通常總是在地底下的，可是熱帶裏生長的植物，常有一種氣生根(Aerial roots)從牠們的根或枝條裏發展出來。從這異乎尋常的地方生長出來的根，叫做不定根(Adventitious roots)。在某種植物裏，這種氣生根是懸空的掛在空氣內，就從空氣裏吸收牠所需要的濕量。並且，這種氣生根也會發育着綠色素，因此幹着葉子的特殊的工作。在無花果樹裏的氣生根，情形又是不同了：牠們從枝條生出來，俯懸下去就碰着了地，就依附在地上，做成功一枝堅固的樹幹，經營着莖的功用。可以與這種根相比擬的，就是有些棕



第三十七圖 常長藤之氣生根，這些根攀緣於壁上（由 Ganong 仿 LeMaout 及 Decaisne）



欄，以及玉蜀黍等等的支撐根是。(參看第三十七圖及第八十一圖)

許多植物是大部分或者全部分要依靠着別的植物而獲得食物的。這種植物的根往往是生在牠們的宿主的體素裏面的，而且多少有點改了形狀，變為吸收器(Haustoria)的模樣。在菟絲子與槲寄生這兩種植物裏，牠們的吸收器穿進宿主的莖部，而在Fox glove裏，吸收器卻往往投入牠們的宿主的根部的體素。有些水居的寄生植物是沒有根的；牠們的根的功用是由別的部分，如莖或葉等等器官來負擔的。(參看第三十八圖)



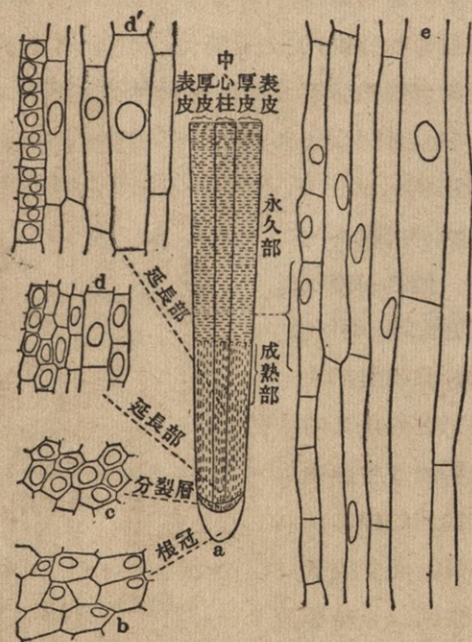
第三十八圖 菟絲子，一種寄生的種子植物，牠的身體圍繞着牠宿主的體素  
A. 宿主的莖部的橫切面，以菟絲子吸根所以插入之方法 C. 幾個菟絲子的幼苗，牠們在未曾附着於宿主之前，先在泥土上生長着 h. 宿主之莖 l. 鱗狀葉 r. 吸收器 s. 幼苗  
(由 Bergen 及 Davis)

用不着再舉更多的例子，我們已經明白了，被植物學家稱為根，固住在地上，從泥土裏吸收水和溶解在水裏面的食料的植物的那一部分，是常常會異乎尋常地改變了形態；在某種順適於特殊區域的植物裏，牠們甚而至於負起了別種器官的責任。

## (2) 根部的組織

把根部的尖端，放在顯微鏡底下查察起來，我們可以看出，這尖

端是由許許多多的細胞包裹着，這一羣的細胞就做成了根冠(Root cap).當根向泥土鑽下去的時候，這些細胞就漸漸地摩移了去；而同時在根冠上面的生長點，繼續增殖新細胞補充上去，造成新的根冠。無量數的細小而緊密的細胞，組成生長點；生長點是可以代表



第三十九圖 在剛在生長的根點裏的細胞分裂及體素分化。根(a)的圖解，以顏色深淡，以示幾個區域之辨別，這些區域放大而成爲b,c,d,d',e.等等的切面。(由 Densmore)

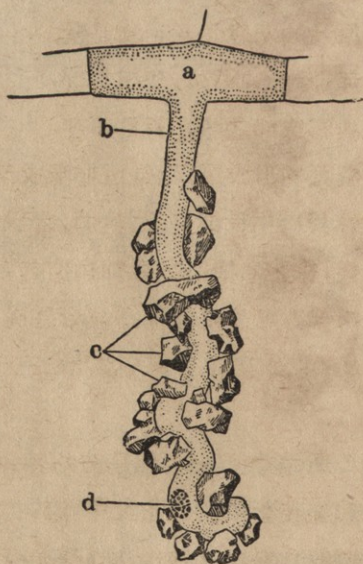
整個根尖的細胞形成的區域，因爲近生長點的中央，是一羣細胞；從這羣細胞裏，較小的細胞分裂出來，這些較小的細胞吸收了食料之後，逐漸達到成年細胞的容積。我們尚能憶及，生長點是與上面的形成層相連接的；所以牠是代表根尖處的生長系統。(參看第三



## 十九圖)

剛在生長點之上的，乃是生長區(Growth zone)；生長區包括根尖在向下生長時新近形成的細胞。在這地方，細胞迅速地增大其容積，牠們的長度增加尤速；同時牠們仍就保持着比較薄的細胞壁。這種細胞裏的細胞質，因細胞汁（這些細胞汁包括水、糖及溶解在水裏的別種物質）的發展，混合及擴大，遂僅僅占領了靠着細胞壁的那一小區域了：這種情形，是為許多植物細胞所特有而為動物細胞中所沒有的。在生長區裏，也可以很清楚地看到一層在表面上的經營保護作用的表皮，表皮的裏面，緊接着由數層細胞所組成的皮層。再朝着根的中央進去一些，就得到了中柱，中柱裏顯示出分化好的體素，就是維管束來。

再上去一點點，我們找到，這個生長區不知不覺地投入一個區域，在這區域裏，許多在根表面上的表皮細胞，改變一下而成為根毛(Root hairs)。我們已經在上面鄭重申述過，根的原始機能是吸取溶解在水裏的某種食料。這種機能幾乎全是由根毛表面所給與的廣大面積裏發生的滲透作用(Osmosis)所做的；因此這類細胞做成根與其環境兩者間最主要的接觸點。根毛顯出原生質最厲害的選擇



第四十圖 根毛，異常放大，以示與土粒密接之狀 a 充滿着細胞汁的空胞 b. 細胞質 c. 土粒 d. 在細胞質裏面的細胞核

力量。譬如說，紅金花菜植物及大麥植物所產生的代表礦物質的灰，其分量是大致相等的。但是大麥灰裏所包括的二氧化矽，比金花菜裏的，還要大二十倍左右；而金花菜的灰裏所包括的石灰質，差不多比大麥灰裏的，要多六倍。（參看第四十圖及第五十七圖）

在根毛存在的區域裏，根的中柱顯示出更加厲害的細胞特化，幼小的維管束分化而為韌皮

部體素；這種體素的特性，

是由細小而角形的導管來

表示的；而正在發育的木

質部，有了大的導管，使得

原始的基礎體素，就是髓

部，漸漸的消滅。在木質部

與韌皮部之間，就是正在

發育的形成層；但是這個形成層大約在根毛區的上部，開始牠的

特殊對於生長部貢獻。真的，當我們離開了根毛區，再向上觀察的

時候，細胞的構造也愈加類似起莖的構造來了；樹及灌木的老的木質

根部，無論是從構造或者是從機能方面著想，都是和莖一式一樣的。

（參看第三十五圖及第三十九圖）

### (3) 莖的種類

所謂莖(Stem)就是苗的軸，牠有兩種原始的功用：第一，牠支持

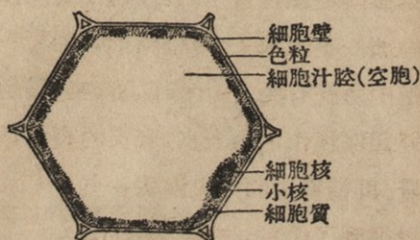
和展布葉子於日光之中；第二，牠是一種運輸的要道。有了莖，於是

吸收食料與水的根和經營光合作用的葉兩者之間，就有交通往還

的可能。但是莖也和根一樣，也可以受了環境的影響，而改變牠的

特殊的構造，而且多少做着別部分的機能。

爲了推廣繁殖的目的，匍莖就發現了，如莓的地上的匍莖枝(Run-



第四十一圖 植物細胞的擴大的切面

(由 Ganon.)



ners)與許多筍草、草類及羊齒的地下的根莖或稱為假莖(Rhizomes)等等是,有些莖竟大大的代替了根的系統,但是更常見的是,這些莖做了在地下的儲藏養料的地方;營養物質就在較短的生長時期中,



第四十二圖 莓之以匍枝而繁殖

A. 親體植物 B. 幼植物 b. 變態的葉 r. 匍莖

(由 Bergen 及 Caldwell)

儲蓄在這種莖裏,準備苗在開花的時候迅速發展植物體之用。英國早春時所發達的幾種種子植物如紅根草、Trillium (延齡草屬之植物)等等,都是可以算作這種莖的好例。(參看第四十二圖及第五十一圖)

復次,有的莖是異乎尋常的短小,形成鱗莖(Bulb)或球莖(Corm)。這類樣式的莖,在生活於乾燥泥土上面的植物,是特別的普通。生長在極端乾燥的區域的植物,如仙人掌等等,牠們的構造,愈加特別:因為要避免水分之迅速蒸發,葉子完全受了遏制,不得發育;而葉子原有的任務,則由莖來負擔了去,因為這類莖具有着有綠色素的體素,可



第四十三圖 風信子的鱗莖之縱切面,以示早前的葉的基部,以及圍繞花叢的新生的葉片

(仿 Figier)

以照常經營光合作用的原故。有時，從莖裏生出來的枝條，因為牠們作平臥狀或別種的改變，從外表上看起來，很類似葉子的，譬如刺梨(Prickly Pear 扁結多刺的仙人掌類)，所謂 Smilax (牛尾菜屬 *Myrsiphyllum*) 的明顯葉及石刀柏的絲狀葉等等都是屬於這



第四十四圖 牛尾菜屬 (*Myrsiphyllum*) 之莖  
cl. 葉狀的枝位在葉腋的地方 l. 葉 ped. 花梗

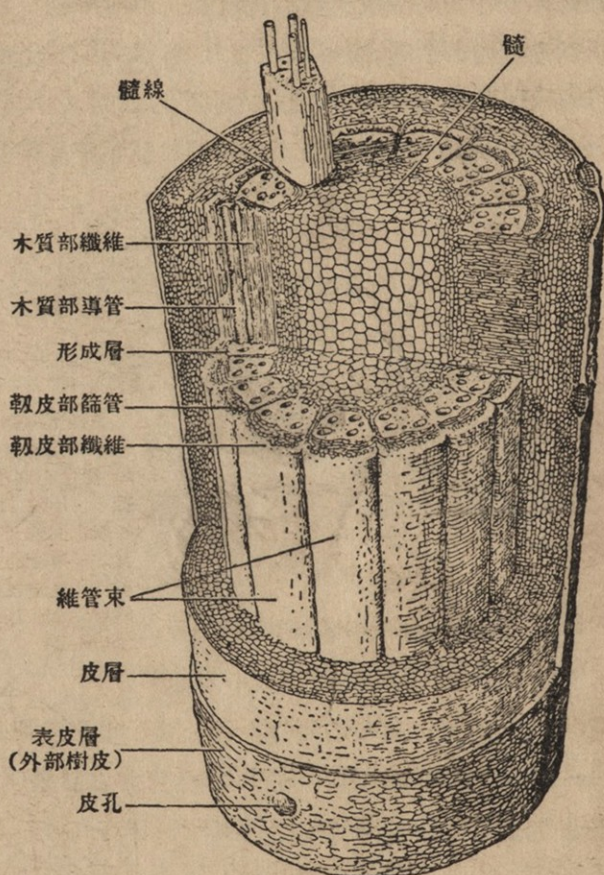
類的例子。最後，莖可以隨環境而變遷這一點，很可以用許多例子來解釋，如 Honey Locust 之莖針(Thorns)，葡萄之卷鬚(Tendrils)及馬鈴薯之塊莖(Tuber) 等等，這種塊莖實實在在是一種堆集的根莖。

#### (4) 莖的體素學

根的生長尖的分裂層體素的細胞分裂，使其生長的方面一般向下，在苗的生長點(即芽)的分裂層體素的細胞增殖，卻使其向上發展。換句話說，就根和苗兩者伸入的地方說，植物的身體是向兩個相反的方向發展的。

在根與苗這兩塊地方，胚胎體素的一般性質，根本上是同樣的；





第四十五圖 葡萄樹(一種雙子葉植物)木質莖的構造圖  
(仿 Ray 而稍加改良)

這種體素都包括着緊密的排列着的，多少具着方形的，裏面充滿着原形質的細胞。在這個時期裏，細胞並沒有因細胞質胞之形成或其他方法而變化了牠的形態，以經營特種的作用。但是莖部的一切體素都是從生長點的細胞裏發源出來的，所以在生長點稍微下面一

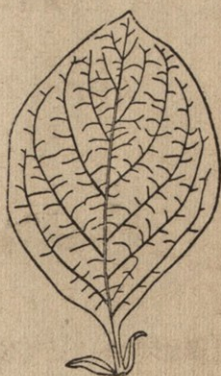
點的地方，就有三個區域可以看到，在這三個區域裏，進行着各種的分化。這種分化，是由於外柱（即表皮）、中間柱（即厚皮）和中心柱（Stele）這三者的形成的結果；中心柱裏的基礎體素，就是髓部，牠的領域，就逐漸逐漸地被剛在發展着的維管束侵佔了去。這些基本的體素系統的一般排列，是很可以用如馬兜鈴屬 *Aristolochia* 那種的蔓枝莖的橫切面來表示的，這種莖的橫切面，幾乎可以代表種子植物兩大類之一（即雙子葉植物）的莖部解剖的圖樣。（參看第三十、第四十五、第四十六及第五十六圖）

### (5) 葉的種類

葉子和根兩者做成植物與其環境之間的兩個主要的接觸點。葉子的基本的作用，乃是把綠色素的工具展布在日光之下，並且供給一種表面，以營蒸發及與環境間交換氣體之用。因此，一個具特性的葉子的最主要的部分，乃是一片面積頗闊的葉片，牠具備着展布在日光之下的一切適當的情境。葉片通常是由於葉柄（Petiole）而與莖部相連接，葉柄在與莖部相連接的地方，稍稍改變而成爲葉基（Leaf base），從葉基裏，生出一種葉狀物來，就是托葉（Stipules）。在有些例子中，葉柄是沒有的；在這種無柄葉子裏



第四十六圖 櫟樹的木本莖橫切面的一部分 m. 從中心到樹皮的體線 r. 年輪 b. 年輪與年輪之間的交界處，因具許多導管的關係，故多孔 i. 死樹皮內部的纖維層（由 Bergen 與 Caldwell）

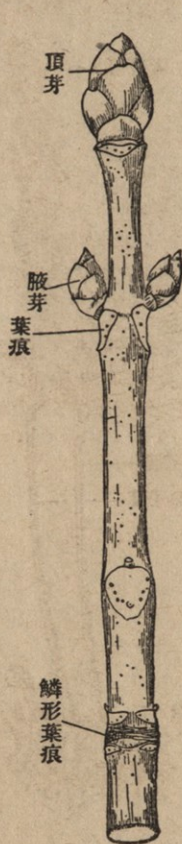


第四十七圖 種子植物的葉子表示葉片、葉柄，與在葉子基部的兩托葉。



的葉片，好像是直接從莖部生出來的。（參看第四十七、第五十五及第五十六圖）

葉子，也和根與莖一樣，可以因環境的關係而改為各種的形狀，去做別種的工作。產生綠色素的體素，是可以幾乎或者完全被掩蔽



第四十八圖 七葉樹之樹枝 表示冬季芽，由厚的鱗葉包圍着  
(仿 Smith 及其他)



第四十九圖 蔥葉之縱切面  
bl. 葉片 int. 葉片之中空的內部  
s. 葉之鞘 sca. 葉之厚的基部  
(由 Bergen 及 Davis, 仿 Sachs)



第五十圖 在消化捕獲的食物時的茅膏菜的葉子的情況。左邊的一隻，牠的觸指都已緊閉；而右邊的一隻，則祇把半數的觸指，捲在獲得物之上(由 Bergen)

遏制而不得發展的；譬如說，在冬季裏保護着芽的那些鱗葉，就是如此。這種鱗葉，在七葉樹或在胡樹類裏是很顯著的發展着的。或者這種鱗葉，除了經營保護作用之外，還可以作為一種儲藏所，食料就是在這裏面儲蓄着，我們所熟見的洋蔥，就是一個很好的例子。的確的，鱗葉和具特性的葉片這兩者間的一切變化，常常可以從一個正在發放的葉芽裏看到的。和正常的葉形相差別最顯著的要算如豌豆那種攀緣植物的卷鬚(Tendrils)，伏牛花與薊類的葉針(Spines)，囊狀植物與茅膏菜的捕蟲葉(Insect traps)等等的例子了，這類捕蟲葉裏有種種機構，足以捕獲小蟲而為食。（參看第四十八至第五十圖）

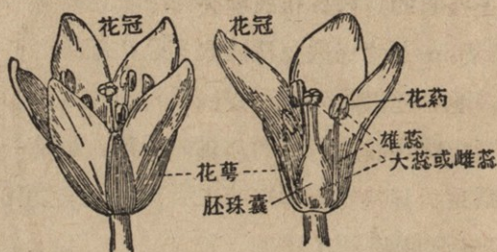
在另一方面的葉子的變形，是在羊齒類和種子植物的具備孢子的構造裏發現的。在有些羊齒類裏，孢子囊是在模式的葉子上生着的，而別的孢子囊是在特別的葉子上生長着的，這種特別的葉子的具綠色素的體素，是局部或者完全受到遏制而不得發育。這種專門充作產生孢子之用的葉子，叫做孢子葉，這些孢子葉，我們很可以在尋常的有感覺性的羊齒類裏找到的。在種子植物裏，花實在是一羣孢子葉，這種孢子葉叫做心皮和雄蕊。心皮和雄



第五十一圖 野蕨(*Onoclea sensibilis*) 以示營養葉以及從假莖裏發生出來的孢子葉。

(由 Eer\_en 及 Davis)





第五十二圖 Alpine Azalea (*Loiseleuria*)之花的部分。衆萼片的集合而組成花萼；衆花瓣集合而組成花冠。大蕊，則表示數個聯合起來的心皮。(由 Pergen 及 Caldwell 仿 Müller)

蕊大都是與某種不經營生育作用的葉狀的構造相聯接的，這種構造稱爲萼片與花瓣，專司保護孢子葉及引誘昆蟲之用。等到我們在討論生殖作用的時候，我們還要更加詳細地討論花的構造。(參看第五十一、第五十二及第七十三圖)

### (6) 葉的體素學

我們在上面已經看到過，組成苗的生長點(即是芽)的胚細胞包括莖和葉兩者的基本部分；換句話說，莖和葉兩者都是從芽裏發生出來的。莖和葉兩者的形成的方法，是在一種水居植物 *Elodea* 裏很可以看得到的。在這種植物裏，莖的圓端，是由特殊的胚體素組成的。每一片葉子，在牠第一次開始發現的時候，祇是在表面上的一個膨大的細胞，由這個細胞的分裂與分化，遂逐漸發育而成爲一平片的表皮的，厚皮的以及維管束的體素，這樣就組成了這個完全長成的葉子。(參看第五十三圖)

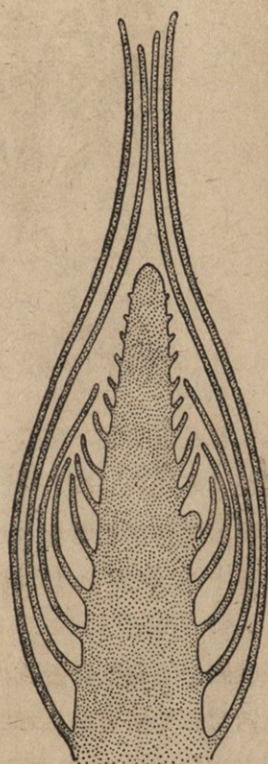
一個模範的葉片的基本構造，是很可以用一個葉子的橫切面來解釋的。牠的主要特點，包括上下兩層表皮(Epidermis)以及許多具備着綠色素的細胞(Chlorenchyma)。這兩層表皮是在葉片的邊

緣處遇着而連接着的，因此組成維管束（即葉脈 Veins）的那些支持體素和傳導體素，也都包圍在兩層表皮的裏面。具備着綠色素的細胞，牠們所負的責任，乃是在於經營光合作用的工作。（參看第五十四圖）

表皮細胞的細胞壁是不透水和氣質的，因此在表皮細胞上有所謂氣孔（Stomata）的微孔，這種微孔，可以一直導入至葉綠組織的細胞間的空間。模範葉子的表皮上的氣孔，牠的數量，估計起來，大約在一立方耗裏，總有五百個左右。氣孔的構造，是由兩個特別的表皮細胞圍之而成；這兩個表皮細胞，叫做保衛細胞（Guard cells），牠們的功用，在於自動的調節孔口之大小，以順適內部及外部各種不同的情況。

我們已經看到過，所謂葉脈，祇是莖部的維管束的延長而已。葉脈組成葉子的骨架，同時牠又分為許許多多支脈，密布於葉肉中，以為整個葉片與莖部兩者間運輸物質的通路。從葉子的橫切面裏檢查起來，在莖部維管束裏所有的一切特點都具備着，祇是缺少形成層而已。

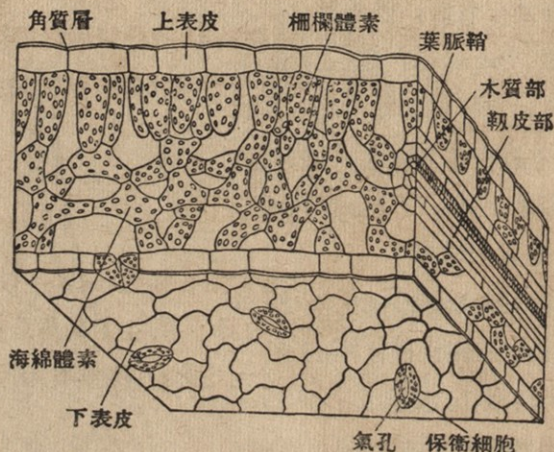
葉子的大多數的體素，是由具綠色素的細胞所組成的。靠着上表皮的下面，有細長形的細胞，密密併列如柵狀者，叫做柵欄體素



第五十三圖 經過一種水草 Elodea 的裸露的頂芽截面的圖解顯示葉子的發展

（由 Smith 及其他）





第五十四圖 葉片的一部分的圖解，表示各種體素間的關係  
(由 Smith 及其他)

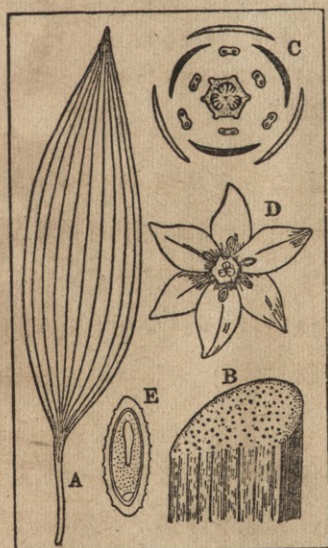
(Palisade tissue)。在這層體素的下面，有許多細胞，排列得極不規則，因此在這種細胞之間，有許多大小不同的空氣間隙留存着。這種體素，叫做海綿體素 (Spongy tissue)。這種海綿體素裏的空氣間隙，確實是互相連貫着的通道，有了這樣的空隙，又加上氣孔的啓閉，於是葉細胞與外界兩者間，關於氧、二氧化碳及水蒸氣的互相交換，遂得十二分的便利。

在葉綠細胞的薄壁裏面的細胞質，僅僅是組成狹狹的一層，在這一層狹的細胞質裏面，包含着細胞核，以及許多構造特別的，圓形的細胞質體；這種細胞質體，叫做葉綠粒 (Chloroplastids)；葉綠粒裏儲藏着葉綠素，或稱綠色素，所以牠就呈現出綠的顏色來。我們能够記憶得到，這種葉綠粒乃是經營光合作用的主動者。在這種葉綠細胞的中央，是為一個巨大的充滿着細胞汁的空胞所佔據着。空胞內的細胞汁通常是受到些壓力的，因此細胞汁就被迫而靠近細

胞壁而使細胞獲得相當的硬度；這種情形，我們叫做膨壓(Turgor)，膨壓非但為葉綠細胞所特有，而且是別種的許多植物細胞所通有的現象。(參看第四十一圖)

## B 生理方面

我們已經把一般普通的種子植物的主要構造，講過一個大概了；祇將那些充作生殖之用的諸部分，暫擱不講。花的功用是和種族有關，而並不是和個體有關係的。在提到花之前，最重要的，還是考究

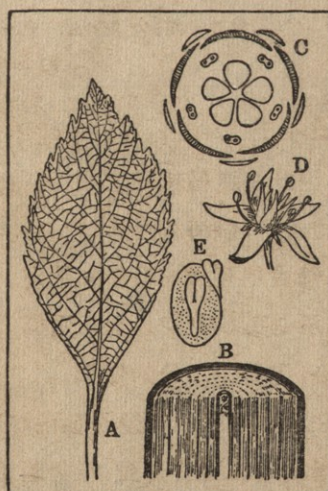


第五十五圖

單子葉種子植物特殊構造的圖解

A. 平行脈的葉子 B. 維管束散佈在髓部的莖 C. 花的部分(共有三輪，橫切面) D. 花 E. 有一個子葉的胚的種子。(橫切面)參看第五十六圖

(由 Gager)



第五十六圖 雙子葉植物的特殊構造

A. 成網狀的葉脈 B. 莖部，牠的維管束排列着，使得牠的木質，形成年輪的現象 C. 花的部分(計有五輪，橫切面) D. 花 E. 種子，牠的胚胎有兩片子葉(橫切面)參看第五十五圖

(由 Gager)

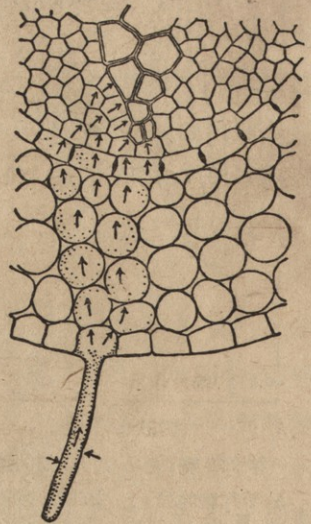


整個的有機體——各種的細胞、體素和器官怎樣的合作着，而去營養一株活的植物。講到營養，讀者還須記得，是和個體的生存，極有關係的。

關於營養方面的主要點，是很容易在胸形藻那樣簡單的綠色植物裏描述清楚的，因為胸形藻的整個有機體，祇包括單一個細胞，這細胞直接與牠的環境有着物質與能力之交換。但是等到複雜的植物體一經設立之後，成立了由數百萬極其專門化的細胞所組成的機構，植物體的各部分，對於整個有機體的營養，就發生複雜錯綜的關係。這個複雜錯綜的關係，已成為牠本身的一個極大問題了。

### (1) 循環的通路

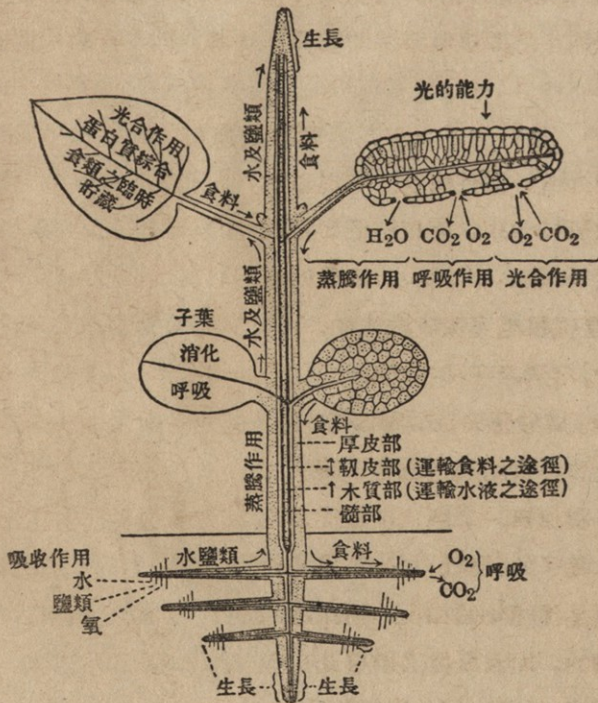
我們知道，綠色植物能夠從環境裏攝取原料進來，而把牠們製造成為營養料。在高等植物裏，多量的水分，都是從根毛裏吸收進來的。在這水分中，溶解着各種各樣的物質——硝酸鹽、磷酸鹽與硫酸鹽等等——這種物質，供給製造原生質時所必需的各種原質。二氧化碳是從氣孔裏跑入葉子的。這樣，用來製成食料的物質是從植物的相反的兩端跑入植物體的，而且好像必須要先把牠們拉攏來，拉到一個化學實驗室裏，然後這種物質纔能完成結合的工作。擔任食物的建造，這種工作的器



第五十七圖 表示從泥土裏來的溶液，經過根毛以及根的內部細胞而至木質部的途徑的圖解  
(由 Smith 及其他)

官，乃是葉子，尤其是葉綠粒；因此我們必須要考究那些將原料從根毛裏帶到葉子，把食物從葉子裏搬運到各部分去的種種通道。（參看第五十七圖）

穿入根毛的水分，由於根壓(Root pressure)的助力，遂向莖部輸送；根壓的形成，是因為根部許許多多細胞裏的滲透現象所喚起的。在春季時生長很迅速的樹裏，每一方吋的根壓，幾乎可以達到四十磅。水分從根の木質部跑上來，就跑進莖的木質部。在莖裏，運輸



第五十八圖 豆類種子植物的幾種主要生理作用的圖解  
子葉裏包含着豐盛的食料，但是對於光合作用，則貢獻甚微。

(由 Denmore)

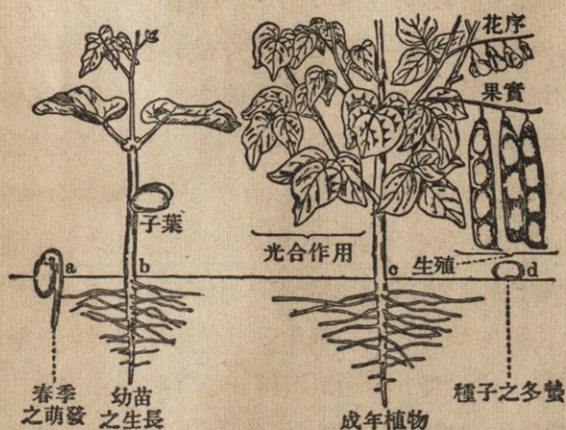


的管子，是分爲兩種：非常延長的單一細胞，稱爲管胞 (Tracheids) 及導管 (Ducts) 這兩者，導管是真實的管子，牠們的形成，是由於多數延長細胞上下相接而消失其隔膜的結果。雖則管胞和導管本來都是從活的細胞裏發生出來的，但是一經做成管道之後，牠裏面的原生質也就死了；這樣就組成一串互相連貫沒有生命的管子，從莖一直延長到葉子，復在葉裏分佈而成爲葉脈。這就是從根部到葉子的一個運輸液體的通路。（參看第五十八圖）

植物所需要的碳質是從二氧化碳裏獲得來的；而二氧化碳是從氣孔跑進葉子的。有各種鹽質溶解在裏面的水，由根部吸收了上來，就在具綠色素的細胞裏與二氧化碳相遇合；而且就在這類細胞裏面，這些原料製造而成爲食物。我們已經知道，由於日光的輻射能力，許多複雜錯綜的化學變化，也就喚起了；因爲了這種變化，於是碳、氧與氫這三種原質，纔得結合而成爲糖類。在這個過程中，氧氣即被釋放了出來；這種釋放出來的氧，也可供作呼吸時的應用，也可以由氣孔而導至外界。這樣製成的糖類，一部分是直接爲植物本身當作燃料用的；另一部分，是拿來當基礎材料用的；由這種的基礎原料，另外又加上氮質以及其他各種化學的原質，於是蛋白質和活的物質，也就能够形成了。

因此，葉子是專門化的器官，這器官把無機界的物質聚集起來，而組成新的化學混合物，這種混合物既可以作爲營造植物軀體的基礎物質，也可以當作進行生活功能的能力來源。換句話說，這種新的化學混合物乃是植物的食物——而且碰巧做了其餘一切有生界的食料。

在任何情況下，一切在葉子裏製造成功的各種食物，必須要分佈到整個有機體。這種分佈工作，大半由可溶解的碳水化物（如葡萄

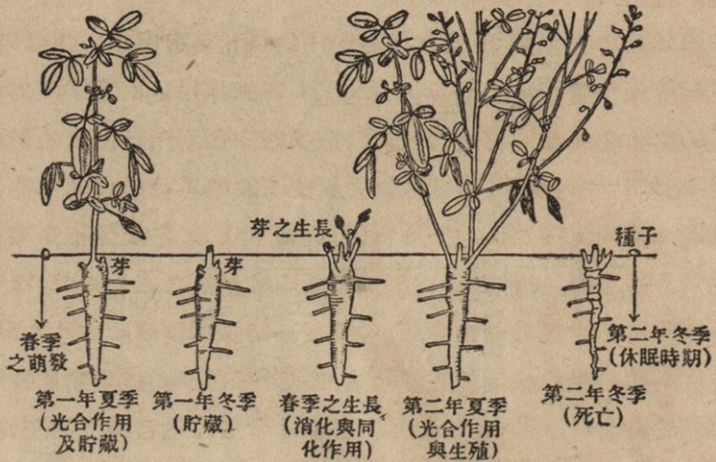


第五十九圖 一年生的豆類的四季的生命史

糖之類)，以及可溶解的含氮物(如胺基化合物及可溶解的蛋白質等)瀰散開去的結果——先瀰散到微小的葉脈，後來到較大的葉脈裏，最後則引導到莖部。

在莖部裏，食物所取的途徑，是要看植物的急切的需要而定的。這種食物，有的是在韌皮部裏向上運輸的，有的是在韌皮部裏向下行的；有的食物也可轉運到樹皮部，而攜到生長點或者怒放的花等等的地方，以供目前的需要。當生長這種過程停滯着而不甚活動的時候，大部分的食物，都在韌皮部裏向下行，而去供給形成層；這種食物後來儲藏在莖部及根部，大半是當作澱粉而儲藏着的。簡約地說起來，一切植物身上的活的細胞，都是直接或間接地吸取在韌皮部裏流動的食物而生活的，所以我們可以把韌皮部當作一種從葉子裏來的播散食物的系統；正好像我們把木質部當作把水分以及溶解在水裏的無基鹽從根部搬運到葉子裏去的系統一樣。原料的物質，在木質部裏從下面搬上去，而完成的產物則在樹皮部裏從上





第六十圖 一種二年生的植物(White Sweet Clover) 的各季生活史的圖解(由 Densmore)

面搬下來。

## (2) 循環的動力學

在植物身體裏所喚起這些液體的循環的原動力，究竟是什麼？我們已經敘述過，裏面包含着溶質的水分，所以會跑進根毛，穿到皮層細胞及木質部的導管裏去，大半是因為那物理的滲透過程的力量——從底下上來的那種推動力，我們叫做根壓。而且我們也相信，因為葉子裏的滲透作用的關係，把莖部導管裏的水液，抽到葉子的細胞裏面去；在把水液送到最高的樹的頂端去的當兒，滲透作用也做了一部分最重要的工作。但是這也是極其明顯的，在這植物汁上升的動力學裏面，另外還包括着一種頗饒興味的物理現象，這就是說，當水液禁錮在如植物莖裏那些微小的導管裏面的時候，牠總有一種異常緊張的力量——使得這種導管，強壯得和金屬的線一樣——而且在葉子裏的這種水液柱的上端的蒸發，也足以把水

從下拉上來。

因為蒸發的作用，而使水從葉子上的氣孔裏跑出來，這個過程，我們叫做蒸騰作用(Transpiration)；蒸騰作用是由葉子四周環境中的熱力所喚起的。分析到最後，假使說上面所指示出來的解釋是沒有錯誤的話，那末，這個能夠喚起葉子裏的蒸發過程的熱能，是負着水液的運動的大部分的責任；這種水液，老是繼續不斷地在植物的身體裏面運行着：從地下攜帶了許多溶質而跑入根部；後來又變為水蒸氣由氣孔而出體外。通常從一個森林裏蒸發去的水分，要比從一個同樣面積的湖裏蒸發去的水分來得多，這事實使我們獲到一種觀念：植物不但是做了一種將水分送還給自然界的工作，而且牠們也幹着消耗熱能的任務。

話雖如是，經過木質部的循環的動力學，也許並沒有像上面所說的學理那樣的簡單罷；復次，食料何以能夠在韌皮部裏面分佈的種種原因，我們至今還得不到一個滿意的解釋，我們祇得想像，大概滲透現象，在食物傳佈的事件中，也是負着一大部分的責任罷。但是依據最近工作的結果，似乎在莖部的本身是有一種獨立的固有的活動力；這種活動力是與根和葉不相關的。這個細胞的機能，是異常的敏感；牠能夠自動的順適着，以獲得植物全體的安寧。很明顯的，局部的低壓或刺激，會得使液汁向着低壓的方向流動，而離開刺激過度的區域，這樣，儲藏在一個地方的化學物質，因此也就轉運到別的地方去了。依靠了這種運水的機構，於是這個整個的植物，就變為一個有機的單位了。

### (3) 食料之利用

植物體裏的個個細胞，必須要把植物所製造而分佈到身體各部分去的食料應用了，然後遂能夠得到生活過程中所必需的物質與



能力之供給。這是重要的，我們決不要忘了組成整個植物體的衆細胞，因為雖則在這個複雜的身體裏，細胞的個性是被遏制而不得表現，但是這植物的生活，反正還祇是組成這植物的諸細胞的生活；正好像人類社會的生活是要靠託在個個公民的身上一樣。

從食料裏，細胞不但把維持細胞生活時所必需的物質選取了來，同時牠們又將爲整個植物服務而幹特種工作時所需要的物質，也取了來。但是在這樣做的當兒，就包括着工作；而工作的意義，就是能力的消耗——這能力就是葉子裏的葉綠細胞，在製造食物時，從日光裏獲取了來而儲藏在食物裏的能力。要把這種能力釋放出來的話，第一必須有呼吸作用(Respiration)的發現。碳水化合物、脂肪與蛋白質必須先讓牠們燃燒了之後，能力纔能夠釋放出來。在氧化這種食料的時候，我們第一先須使游離氧透到整個植物體的各種細胞裏去，同時還須令二氧化碳離開這些細胞。這項事件是由細胞間系統裏的空間所完成的；這種空間，在植物體內各處分佈着，大半是由氣孔的幫助而與外界相交通，在某種範圍之內，也是由莖部表面上的皮孔(Lenticels)與外界相交通的。(參看第四十五、第五十八圖)

我們現在已經把整個示模範的高等植物的構造與機能，仔細的敘述了一遍，同時我們還提出了個體生存上最重要的一種機能以及有機體如何把身體各部分都專化了而去尋求這機能的方法；這機能就是營養，也就是把物質與能力轉換爲生活與工作的作用。雖如此說，因爲個體生存的時期總是有限制的，所以如果要謀種族的延長，尚須有某種的設備纔是——這也是顯而易見的事實。換句話說，新的個體是須繼續形成的。於是生殖的作用發生了。

## 第九章 植物的生殖

有機體維持生活的組合作用，和牠因受傷而修補時，以及繁殖時所取的種種組合作用，根本上的性質，是沒有兩樣的。——般納 (Bernard)

在上面我們已經約略的敘述過，植物的身體如何的從單細胞的情況，逐漸地變得複雜，起初是許多根本上互相類似的細胞的集合體，後來更複雜一點的，要算是原葉體，最後頂複雜的，就是幾種高等植物的身體了；我們在敘述時處處都著重在描述那直接或間接與營養作用相連的許多器官。現在我們必須用了類似的態度，來把在植物界裏專作繁殖個體用的構造及其機能上的特點，重新溫理一下。

我們已經知道，在胸形藻這種植物裏，一切主要的生活過程都是由比較簡單的方法顯示出來的，並沒有明顯的複雜的機構。再呢，種族的持續，是由個體的分裂而成爲兩個新細胞而完成的。現在我們暫且把細胞分裂的機能，置之不談，我們明白知道，因爲用不着特別複雜的器官，來作生殖的工作，所以胸形藻的生殖作用是一個比較簡單的過程。

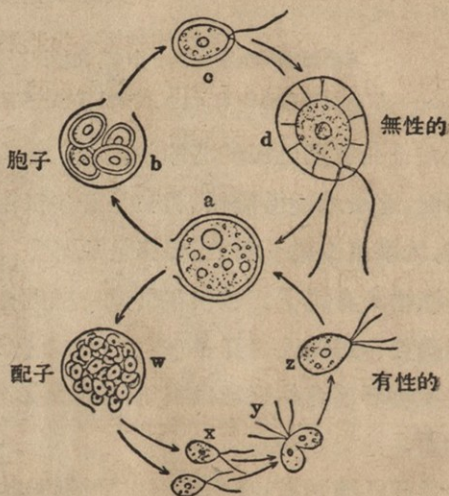
在此地，很可以帶便再提及一聲，生殖和生長這兩種現象，本質上是沒有兩樣的——兩者都是代謝作用的建設部分占優勢的結果。一個細胞，不管牠是算作整個的個體，或者還是一個複雜個體裏面的一個單位，當牠的容積增加到某種限度的時候，結果就得分裂。在前者，分裂的結果，就是把兩個子細胞，代替了一個母細胞；在後者，分裂的結果又令牠的複雜的身體，增加了一個細胞大小的容積。細胞分裂往往是一種生殖作用，雖則我們依照慣例，同時也



是爲了便利起見，總把生殖作用這個名詞，祇限於那些結果能够產生新個體的細胞分裂的範圍之內——所謂新個體就是指那些遲早總有一天會脫離母體的單個細胞，或細胞羣。

## A 孢子形成

在多細胞植物裏，細胞的分裂結果會使得個體生長一些的事實，很可用比較簡單的綠藻，來做解釋的材料。如水綿 (*Spirogyra*)，如絲水綿 (*Ulothrix*) 等等都是綠藻的例子；牠們的身體是由許許多多細胞駢列而成功的，駢列成爲一行絲的樣子。在這種例子裏，細胞分裂的結果，僅僅是增加這個組成植物體的絲狀部的長度，除非是新做成的細胞，能够和母體相分離，那就又當別論了。實際上，在有些種類，在某種情況之下，原生質物



第六十一圖 *Sphaerella lacustris* 之生命史

a. b. c. d. 無性生殖的循環 a. w. x. y. z. 有性生殖的循環 a. 一個在蟄伏時期中的細胞，由一層保護的胞殼壁圍着，這殼壁破裂之後，裏面的原生質粒就釋放了出來 b. 原生質分裂後而組成四個孢子 c. 每個孢子生長起來，發展出兩枝鞭毛來而成爲一個模式的獨立生活的成長的個體 d. 獨立生成的成長的個體，這樣的分裂，可以繼續着許多次數；但是到了最後，每一個細胞，仍就到了如 a 那樣休眠狀態的形式。但是在別種的情況之下，蟄伏時期中的細胞內的原生質粒，可以繼續着分裂而結果則形成了三十二個或者六十四個小細胞，如 (w)。這些小細胞釋放出來，成爲配子，如 (x)，因爲後來牠們成了對而混合起來，如 (y)。因受精作用的結果，就組成一個合子，如 (z)；合子後來在外面生出一層胞殼來，而重復回到蟄伏的時期

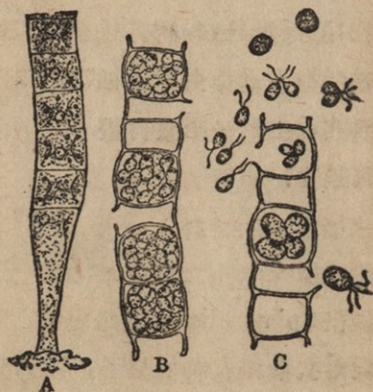
質的確會從細胞壁裏跑出來而在四周的水裏往來游泳着。這個獨立的原生質體，就是一個孢子。（參看第三十一圖及第六十二圖）

這個孢子往後就開始許多次的細胞分裂，結果就變為一條新的絲狀體，就是成爲一個新的個體。我們將來會注意得到，孢子以及在親體內繼續保持其地位的原生質體，這兩者的可能性，根本上是相同的；但是孢子的機會卻是

不同了。簡言之，孢子從親體裏分離開來的事實，好像就足以解釋孢子何以生殖的理由。所以一個孢子，可以認爲一個細胞，或者一個細胞的主要部分，即原生質體，牠從植物體裏分離出來之後，是有產生另一個植物體的能力的。這樣的說法，起初看起來，似乎是指示着，孢子的形成祇是限於多細胞的植物體纔會有的；其實則不然，在許多如 *Sphaerella* 那般的單細胞植物的生命史中，是常會發現孢子形成這種現象的。話雖

如此，我們須得注意：當這種單細胞植物細胞分裂的時候，是並不包括細胞壁在內的，祇是在細胞壁裏面的原生質體，作幾度分裂而成爲許多子細胞，然後這些子細胞再跑出母體壁外。這樣看來，上述的矛盾，也就消滅了。

所以孢子形成並不是一個多細胞身體之創設的必需有的結果，



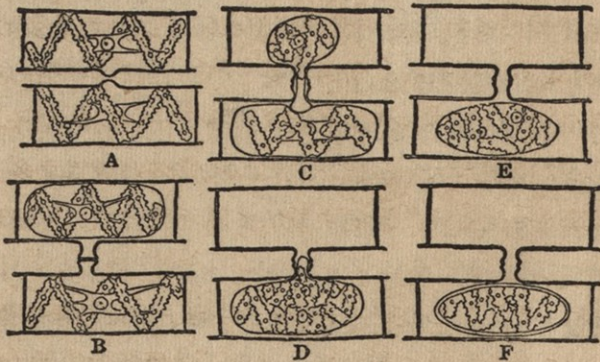
第六十二圖 絲海綿一種絲狀的海藻  
A. 變形的細胞，藉此以固附其絲的基部  
B. 已形成孢子的絲狀體細胞，從其中的三個細胞裏，牠們的孢子已被釋放了出來  
C. 在下面，一部分的絲狀體，正在釋放孢子；在上面，配子結合而組成合子  
(由 Coulter)



反之牠是單細胞生物裏傳下來的一種遺傳性，這種遺傳性，使得在後生植物裏發生兩種可能的無性生殖。另外的一種無性生殖就是部分生殖法(Fragmentation)，這種生殖法，其主要點是如此：身體上的較大部分，或較小部分，從身體裏拆離了開去，然後再各自生長，成爲幾個完整的植物體。我們是很熟悉的，在適當的環境之下，插木、芽、鱗莖，有時候幾片葉子，都會生殖而成爲一株完整的植物；這種現象，我們有時也可以稱爲是重生(Regeneration)的現象。雖則孢子祇是由單個細胞所組成，牠也顯示出這種同樣的力量。像似牠重生出一個植物體來，這個植物體是和牠剛纔離開的母體相類似的。

## B 配子形成

在 *Sphaerella* 的生命史中，在某種情況之下，一個細胞不僅是分裂兩次而組成四個孢子，牠卻分裂五次或六次而組成從三十二個



第六十三圖 水綿之有性生殖

配子之結合及合子之形成的各時期參看第三十一圖

(由 Smith 及其他)

至六十四個小細胞。這種小細胞就是配子。配子之所以異於孢子，並不是由於牠們構造的區別，而是在於牠們的行爲上的不同。從牠們的原始的觀點而言，配子也可以當作一種孢子看待，祇是這些孢子是有一種混合而組成一個合子的習慣的。再呢，配子的原始就是性的原始；所以當孢子不從事於生殖的任務，而發達了一種配偶的習慣，而變爲配子的時候，兩性的現象就在植物界裏發現了。兩個配子混合而成爲一合子的這種動作即是受精作用(Fertilization)；兩個從事於配合的細胞就是性細胞。（參看第六十一圖及第六十三圖）

我們還可以另外再舉一個例子，來著重申述這個重要點。絲水綿(Ulothrix)是一種絲狀的藻類；牠的身體由許多細胞駢列而成一絲狀；這些細胞的構造與機能方面實實在在都是同樣的。在優美佳良的情況之下，細胞分裂而使該植物的長度增加。新的個體，並不是由這種的過程所組成的，雖則因爲這種植物身體構造上的簡單，也可以因爲機械碎裂的關係而把一條絲體變爲兩條。要是環境中的情況，不是怎樣的良好，那末有些細胞就停止做細胞分裂的工作，而植物絲體也不因牠們的貢獻而增長。反之，在這種細胞的細胞壁裏面，原生質粒開始分裂，結果就做成許多大小不同的孢子，孢子的數目可以從兩個到六十四個，或者還更加多些；數目之多少是完全要看母體的原生質的分裂的次數的多寡而決定的。（參看第六十二圖）

最大的孢子具備着四條鞭毛，而最小的孢子則祇具兩條鞭毛；當孢子從親植物體裏發放出來之後，就靠了這種鞭毛的助力而在水中自由行動。雖如此說，鞭毛的數目是分明沒有多少的講究的，因爲中等身材的細胞，有些有四條鞭毛，有些則祇有兩條。反之，大小



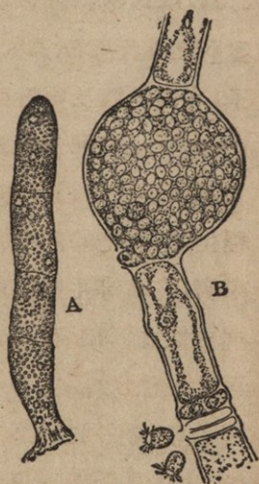
不同的孢子的行爲，是很特別而且重要的。最大的孢子不久就沈下來，由具鞭毛的一端把自身在別處固附着，隨後就開始發展出新的鞭毛來。中等身材的孢子，也同樣的會組成新的個體，但是這組成新個體的手續，並沒有像大孢子那樣的迅速。最小的孢子非但是出芽的過程，極其緩慢，而且牠所發生的絲體，也是特別的短小，而且能力薄弱。實際上很少數的最小的孢子是會發芽的。反之，牠們往往是一對對的連結起來，每一對混合而成爲一個大的單一細胞。這是很明白的，小孢子並不由微弱的發芽，而由配合，以發生兩性的行爲，所以牠們可以稱爲配子，而這個受精過程的產物就是合子。當我們在指明配子對於孢子的原始關係的時候，最明白清楚的例子，莫過於性及兩性生殖的起源了，因爲我們假設某種孢子在發芽之前，有一種配對而成爲合子的習慣。

我們現在須得注意，兩性生殖並不是一種特異的生殖，牠祇是一種生殖，在牠的前面，務必有着合子形成的這種過程先行着；這種事實，在高等生物隊伍裏，很容易使人看不見，因爲在高等生物裏，與兩性之別相連接的許多附帶現象會把這些重要的特點蒙蔽了；可是在絲水綿裏，合子的形成這個事實，是很清楚的，因爲在這個例子裏，合子並不是直接組成一條新絲體的。這個合子，即原生質粒，往往是受着一層厚壁的保護，而經過一個時期的休眠情況；在這個休眠時期中，原生質粒就在厚壁內分裂而成爲許許多多的孢子，每一個孢子後來會發芽而成爲一個完整的新個體。所以在絲水綿裏，是與在 *Sphaerella* 裏同樣的，牠的生殖的工作，是完全由孢子而行的；『兩性的生殖並不會再生產一個組成孢子的原生質粒，祇是保護這個原生質粒而已』。

## C 性的分化

到現在為止，我們已經看出，性細胞，即配子的發生，是由於兩個形體減縮的孢子，設立一種互相配合的習慣而起的。這分明是一種事實的記載，而不是關於性的解釋。雖則這兩個互相混合的細胞，並沒有顯示出形態上各別的性质來，足以供互相區別的材料，可是實在是有一種兩性的生理上的基礎存在着，以便使這兩個細胞，互相朝着而游泳，結果使牠在具鞭毛的一端，先開始混合，然後及於全體，溶成一個單一的細胞。這個細胞是一個重新組織的細胞，牠具備着複雜的構造上及生理上的由兩個細胞裏帶來的材料。從此看來，一個合子是一個把兩個配子的性質拼合而成的細胞；在植物及動物的生命史中的兩性現象的深切重要，也都是要歸於這個重要的事實上面的。

雖則兩性現象根本是一種兩配子間生理上的區別，而由這個區別，就喚起了合子形成的特殊行爲；可是即使是在低等的植物裏，也可以看到構造上的分化的發現。實在的，許許多多植物，我們可以因配子形態上的異同而排列着的；有些雌雄兩種配子，牠們形態上簡直是絲毫沒有分別的，逐漸變化下去，後來兩個配子間的差異是大得了不得，於是兩者間



第六十四圖

間生藻，一種絲狀的綠藻  
A. 年幼的細絲 B. 絲狀體的一部分，以之形成配子者（雄精與雌卵）。下面是兩個已經釋放出來的雄精，上面是一個大的雌卵，有一個雄精正在與之接觸，藉此以形成合子

(由 Coulter)

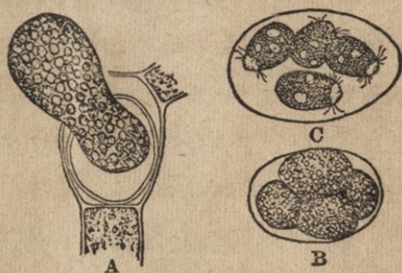


就很少有共同之點了。間生藻(Oedogonium)是另一種絲狀的藻類，很可以作為一個例子，因為牠是一種卓越的材料，可以利用牠來解釋配子分化中的過渡時期。有一種間生藻的配子，牠是代表一個膨大細胞的整個的原生質粒的，儲藏着很豐富的食料及綠色粒，老是在細胞壁內停留着而不運動。另一種配子發育時常是成對的兩個較小的細胞，牠們裏面的綠色粒和食料，都是異常的稀少。這些形體微小的配子，並不是和大配子那樣停留着不移的；反之牠們每一個細胞都具備着一圈纖毛，依靠這些纖毛的鞭動，牠們就在水液中異常靈動的游泳着，一旦遇到了一個大配子，就從大配子細胞壁的隙罅裏，鑽入大配子，互相混合而成為一個合子。（參看第六十四圖及第六十五圖）

總而言之，被稱為雌卵(Egg)的配子，務必是一個形體較大，不活動而且富藏食料的細胞；而另外這個被稱為雄精(Sperm)的配子呢，乃是一個身體細小精巧，活動靈便而體內不儲藏食物的細胞。這是足以表示植物和動物

兩界裏作為配子分化的基礎的一切情況的特性的——雄精和雌卵明白指示出是一種生理上的分工，從這生理上的分工裏，接着就發生兩個相反方向的構造上的專門化。

在間生藻這個例子裏，無論是從配子的行為方面或者構造方面講，兩性的區別都是很明顯的，所以我們也不妨把性細胞大別為兩



第六十五圖 間生藻

A. 從親絲體的細胞裏剛跑出來的合子 B 合子分裂而成為四個孢子 C. 成熟的孢子，準備着鑽出而組成新的絲狀體 注意：合子並不是直接會產生出一個新絲體的；而新的絲狀體是由孢子產生的(由 Coulter)。

類，就是雄配子（即雄精），及雌配子（即雌卵）是。在此地，我們須得注意，這一切並不是性的原始；因為要到了因行為方面的區別而孢子成爲配子的時候，兩性的現象纔會發生。換句話說，真正的兩性的動作，乃是包括在兩個細胞的混合這件事裏，這兩個細胞混合而重新組織一下之後，就變爲一個單一的細胞。凡是使這些細胞獲得配子的作用的各種各樣的改變，都是次要的，都是附帶的。

## D 生殖器官

和孢子及配子的專門化同時發生的，那些產生孢子及配子的許多細胞，或許多羣細胞，也有一個循序漸進的改變，一直到了後來，異常發達的生殖器官於是乎產生了。無性的生殖細胞，即孢子，是在孢子囊（Sporangia）裏做出來的；有些孢子囊祇是些植物的細胞，在這些細胞裏的原生質粒轉變而成爲一個孢子；有些孢子囊則是複雜的多細胞的構造，這些構造是專門爲了產生孢子這種機能而設立的。同樣的，隨着性別的開始，性細胞或者說是孢子就在配子囊（Gametangia）裏發生了；這些配子囊，到了後來可以大別爲兩者，產生雄精的，叫做藏精器（Antheridia）；產生雌卵的，叫做藏卵器（Archegonia）。復次，雖則雄和雌這兩個名詞是嚴格地用來



第六十六圖

巨褐藻類之一種 *Ectocarpus*

A. 絲狀體的一部分，具一孢子囊；牠的近旁，有一個已被釋放的孢子 B. 絲狀體的一部分，具一配子囊；牠的近旁有一個配子（由 Coulter）



區別精蟲和卵子這兩種細胞的，可是藏精器是被稱爲雄器官，而藏卵器則被稱爲雌器官；而且假使一株植物上祇有雄器官的話，我們稱之爲雄植物，反之上面生着雌器官的植物就可以叫做雌植物。總之，因爲配子的兩性之別，所以連產生配子的器官，以及產生這類器官的植物，好像都有了性別起來，雖則真正的性細胞乃是配子。假使我們能够把這一點清清楚楚的記着，到了將來討論高等植物和動物裏，因兩性之別而發生的許多異常專化的副器官的時候，也可以免去一切的混淆不清。（參看第六十六圖）

在更進一步去找尋更加複雜的情形之前，讓我們再溫理一下已經講過的許多事實。假使把許多專門化的特點撇去不講，生殖祇是些用細胞分裂來表示的生長而已。這種爲一切細胞所共有的原始的可能性，也可以和那些專門爲無性生殖而設的孢子，以及爲有性生殖而設的配子的發育，同時存在着。無論是孢子，或者配子，到了後來，總會離開了親體，而發育成爲新的個體。復次，最低等的植物裏的孢子，是從植物體裏任何那一個植物細胞裏發育出來的；在較高的植物裏，這種孢子是從無性的生殖器官，就是孢子囊裏發生出來的。反之，配子乃是從性生殖器官，就是配子囊裏產生的。跟着配子的形態上的分化而成爲雄精與雌卵，產生配子的器官也就更進而專門化了，結果就發生了雄性生殖器官和雌性生殖器官（就是藏精器和藏卵器兩者）。當孢子囊和配子囊在各別的植物體生長的時候，植物就可以大別爲兩種：生長着孢子囊的植物，叫做孢子體（Sporophyte）；生長着配子囊的植物，叫做配子體（Gametophyte）。最後，雄精和雌卵也可以在兩株不同的配子體裏生長着的，結果就有了雄配子體和雌配子體的區別。

## E 世代交替

從高等植物的演化這個觀點上著想，上述的最堪注意的事實，就是孢子囊和配子囊可以在各別的植物體上生長着的這一點，因為這事實清清楚楚的包括着兩個世代：生孢子的無性世代 (Asexual generation)，以及生配子的有性世代 (Sexual generation)。我們現在要在未描述苔蘚類和羊齒類的生命史的時候，把世代交替這種現象，大致的講一講，藉以作討論高等種子植物生殖問題時的導言。

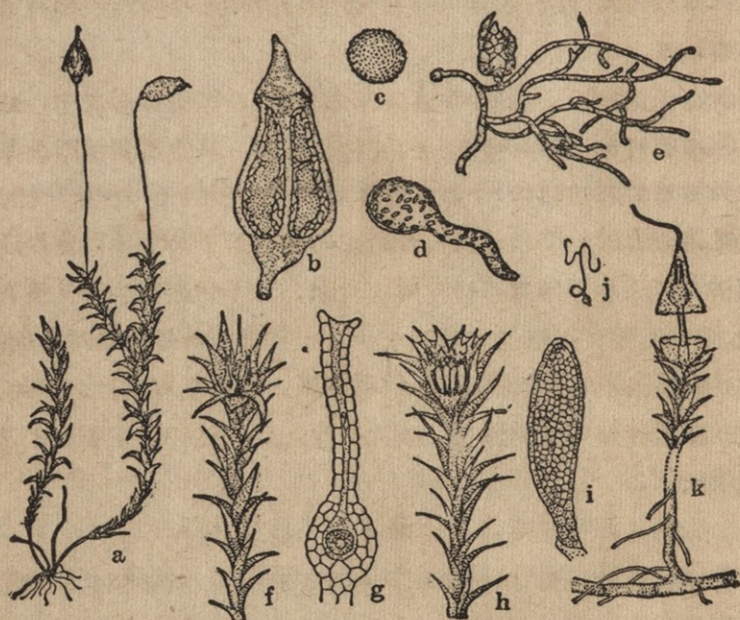
### (1) 蘚類植物

普通的蘚類，無論是在樹上，在山邊以及在田野間都有得密密的生長着；牠們是比較得不甚顯著的植物，雖則牠們在植物界裏也要算是很重要的一部分，因為牠們很緊密地和地毯一般的在泥土上固附着，可以把多量的水分吸住，這雨水隨後就浸潤到了泥土中去。雖則在苔蘚植物門 (Bryophyta) 的真蘚屬 (Bryales) 的範圍之內，植物學家可以分別出八千餘種之多，可是現在此地我們祇要提出一種很普通的蘚類植物，土馬騮 (*Polytrichum commune*) 來敘述一下，就可以滿足我們所需的目的。（參看附錄一：分類）

一株蘚類植物的苗，已分化而成爲莖和葉兩部分，這種莖和葉的構造，和種子植物比較起來，要簡單得多了。真正的根，在土馬騮是沒有的；牠們祇有一種假根 (Rhizoids)，係是絲狀的突出體，藉此以固附植物體於地上。在這多葉的蘚類植物的頂端，發育着不甚明顯的生殖器官。有幾種蘚類植物，在同一株植物上，長着藏精器與藏卵器兩者，但是在別種植物裏，每株植物祇有一種生殖器官生在上面的。這個多葉的蘚類植物，是一個有性的個體，或稱配子體。當



生殖器官到了成熟的時候，雄精就從藏精器逃了出來，在葉子上潮濕的水滴中游泳着，行到藏卵器附近，藏卵器裏分泌出一種化學物質以引誘之，於是遂投入了內儲雌卵的藏卵器。單一個跑入藏卵器的雄精，和裏面的雌卵相接合，結果遂組成了一個合子。這個受精的卵，依舊在藏卵器裏保持了牠原有的地位，而隨後就開始發芽。結果就是一個桿狀的胚胎，這胚胎不但是能夠向上生長，穿出藏卵器而達於外界，而且同時牠還向下面生長而投入配子體的體素裏



第六十七圖 蘚類之生命史，尤其是土馬騮屬 (*Polytrichum*)

- a. 蘚之全體 (配子體及孢子體) b. 孢子囊之縱切面 c. 孢子 d. 萌發之孢子 e. 孢子萌發成絲狀體，上生一芽，由此芽而發達成爲常見之蘚 f. 藏卵器之枝 g. 藏卵器之縱切面 h. 藏精器之枝 i. 藏精器 j. 單獨之雄精 k. 將發達之孢子囊，表示蘚之出於藏卵器 (仿 Ganong, Dodel-Port 及其他)

面，牠所得到的一切食料，完全是從配子體裏吸取來的。（參看第六十七圖）

這個新個體的主要的寄生性質，使得葉子的發育，異常的繁茂，牠又包括一枝簡單的長柄，長柄的頂端，生長着生殖器官。這種生殖器官就是孢子囊，因此這個新個體就是一個孢子體。孢子成熟了之後，就從孢子囊裏釋放出來，落在地上；每一個孢子組成一個絲狀的突出物，就叫做原生體（Protonema）。原生體後來馬上萌芽出一個芽來，芽長成而變為一株多葉的蘚類植物。這樣，這個整個的循環也就完全了。

就是照這個樣子，一株普通的蘚類植物，在牠的生命史中，顯示出一種有性世代和無性世代的交替現象來。具備着藏精器與藏卵器的多葉的蘚類植物，既經能够產生配子，所以是一種配子體。這個從藏卵器內的受精卵所發育而成的沒有葉子的世代，會得產生孢子，所以是一個孢子體。這樣說來，配子體在發生時是沒有兩性之別的，牠是由無性生殖而來的，但是牠本身是有雌雄之別的；孢子體是由兩性生殖而發生的，可是牠本身是沒有兩性之別的。從構造和滋養這兩方面著想，使人們想起蘚類植物的主要世代乃是配子代。

## (2) 羊 齒

普通羊齒(Ferns)包括植物界裏諸大類之一，就是稱為羊齒植物(Pteridophyta)這類的最大部分。雖則各種不同的羊齒，牠們的形態是千變萬化，各不相同，可是羊齒的種種性質，尤其牠們的葉子是十分特異的，所以當人們碰見牠的時候，總會把牠認為羊齒。有些羊齒的莖是短而且靠近地面的，有些羊齒的莖是直立的，如木本羊齒等等；雖則匍莖及地下莖（即假莖 Rhizomes）是更加常見的。



羊齒的葉子，稱爲葉狀體 (Fronds)，或者是在莖的頂端叢集生長着，或者是沿着匍莖及地下莖而分佈着。根使得莖和泥土中的食料有一個互相接觸的機會；在某種限度之內，假根也做着根的工作。我們如把 *Aspidium marginale* 那種普通羊齒的細胞構造檢視一下，我們就可以看到牠們的構造要比蘚類植物的複雜得多了，莖和葉裏的體素，根本和我們在種子植物裏看到的莖和葉的構造相類似，因此羊齒植物和種子植物，我們常常把牠當作多維管束的植物 (Vascular plants) 看待。(參看第五十一圖及第六十九圖)

這個多葉的羊齒植物，在牠們某種的葉狀體上面，生長着生殖器



第六十八圖 蕨的生命史，多取材於 *Aspidium*

a. 孢子體全圖 b. 葉子的一部分表示孢子囊羣 c. 一孢子囊，表示子囊膜與孢子囊 d. 孢子囊 e. 孢子 f. 原葉體之腹面，示假根，藏精器與藏卵器 g. 原葉體之中切面 h. 藏精器，表示釋放出來的雄精 i. 一雄精，仍與母細胞的一部分相連接着的 j. 成熟之藏卵器 k. 由受精之卵所發達而成的幼蕨。(由 Ganong)

官，這種生殖器官就是孢子囊。這些孢子囊當然是會產生孢子的，所以通常我們認為羊齒的這種植物是一個孢子體。當孢子成熟的時候，就從孢子囊裏釋放出來，墜落在地上，於是就在地上發了芽。從孢子裏就發生一個微小的植物體，論其直徑，大約有四分之一英寸長；這個就稱為原葉體 (Prothallus)；原葉體純然是由一片具綠色色素的細胞所做成的，下面由假根而固附於地上。在原葉體的下面，發育着生殖器官，即藏精器與藏卵器，由這些生殖器官製造出配子來。所以原葉體是一種配子體。(參看第六十八圖)

雄精從藏精器裏釋放出來，而在雨或露的濕處游泳着，最後就游入了藏卵器。單一個雄精，找着了路徑而跑入藏卵器，後來就與雌卵相遇而做成一個合子。當合子還在藏卵器裏留着的時候，牠就開始向前分裂，最初做成一株小小的植物，牠的葉和莖向上生長，而牠的根則朝着泥土而發展。在根和苗的發展的過程中，這個微小的植物，依然固附着牠的親體——原葉體，就是從這個親體裏，牠纔得到牠的食料。隨後當這個植物依靠了牠的根與葉的助力而與四周的環境設立了直接的交通的時候，新的世代就完全脫離了原葉體而獨立了，這個原葉體於是遂退化而死亡。這個幼植物逐漸生長而成爲特種的無性的多葉的植物，牠在相當的時候就產出孢子來。這樣，就算完成了整個的一個循環。



第六十九圖 高大之羊齒樹  
(*Alsoyia*) (從 Campbell)



這是明白無疑的，在羊齒裏，好像在蘚類植物裏一樣，也有一種世代交替的現象。從多葉的羊齒植物（即孢子植物）裏，發生出這個原葉體來，這個原葉體就是配子體。配子體的發生是由於兩性生殖，而牠自己本身是無兩性之別的；反之原葉體的發生是由於無性生殖，而牠本身是具雌雄之別的。最堪注意的事實是這樣：那些顯著而多葉的蘚植物是一種配子體，而這些碩大而多葉的羊齒類植物則是一種孢子體；或者我們也可以說，蘚是一株有性植物；而羊齒是一株無性植物。當我們把羊齒的和蘚類的生命史比較着觀察一下，我們知道植物越高等，無性世代愈佔優勢，而有性世代則愈受遏制，這事實到了高等的羊齒及種子植物裏還更明顯。



第七十圖 植物界內表示配子體漸退與孢子體漸進的圖解

### (3) 高等羊齒類

我們已經知道，普通羊齒的孢子體，或在普通的植物的葉狀體上面，或有時候在多少有點專門化的孢子葉(Sporophyll)上面，產生孢子。在任何一種例子中，都祇有一種孢子。但是在比較高等的羊齒類裏，是有兩種孢子發現着；這兩種孢子因為形體大小的異常差別，所以稱為大孢子(Megaspores)及小孢子(Microspores)。兩種大小不同的孢子的產生的，是叫做異胞現象(Heterospory)，異胞現象的存在，使得孢子葉分化而成爲小孢子葉(Microsporophyll)和大孢子葉(Megasporophyll)這兩種。復次，小孢子在發芽的時候做成產生雄精的配子體，所以稱為雄配子體(Male gametophytes)，反之大孢子發育而成爲生雌卵的配子體，所以叫做雌配子體(Female gametophytes)。



第七十一圖 高等羊齒類即蘋 (Marsilia) 的生命史中的各時期 A. 小孢子, 裏面的雄配子體, 有兩羣產雄精的母細胞, 及原葉體細胞(p.) B. 雄精 C. 大孢子, 裏面有許多食料(澱粉粒); 在孢子的一端, 是一個雌配子體, 包括一個內具雌卵的藏卵器 D. 一週大小的胚胎孢子體; 牠還是與大孢子連接着; 上有原葉(l), 下有原根(r.) (由 Bergen 及 Davis)



第七十二圖 卷柏(Selaginella) 的小孢子與大孢子; 放大而表示兩者間大小的比例(由 Coulter)



第七十三圖 花的模式圖 a. 花托 b. 花萼 c. 花冠 d. 雄蕊 e. 雌蕊, 由漿心皮混合而成

末了, 在這些異胞羊齒裏, 配子體就不是微小的獨立的植物了 (換句話說, 就是像普通羊齒裏的這種原葉體都沒有資格做了), 雄配子和雌配子的形體都是縮得異常的小, 所以牠們實際上都是永久地各自留存在小孢子和大孢子的裏面, 這些小孢子和大孢子供給牠們以一切所需的食料. 關於這一點, 我們須得注意, 是和蕨



類植物所存在的情形剛剛相反；在蘚類裏，度着寄生生活的世代乃是孢子體。（參看第五十一、第七十一及第七十二圖）

#### (4) 種子植物

現在我們要講述到種子植物，我們找到，這些種子植物也是種異胞的孢子體；牠們的花是一種極端變異的莖（即是枝），這些莖上的葉是專門化了而變為孢子葉及其他附帶的構造。因為要把這一點弄得清楚，我們必須溫理一下一朵特幟的花的構造。（參看第五十二及第七十三圖）



第七十四圖

水百合花 (Water Lily) 裏，花瓣與雄蕊間之過渡時期，由 Gray)

一朵完全花包括四層變形的葉所組成的；這四層變形的葉都是在花托 (Receptacle) 頂點的附近處出發的，花托代表花枝的膨大的尖端，牠

將花的本部與整個植物的主要的體素系統相連接。最外面而且是最下面的一層輪生變形葉，叫做花萼 (Calyx)，花萼包括幾個往往是綠色而且保留葉片形狀的部分，叫做萼片 (Sepals)。花萼之內及花萼之上的一層，叫做花冠 (Corolia)，花冠是由較大的葉狀體，即花瓣 (Petals) 所組成的，這些花瓣的顏色通常都是很顯明的。花萼與花冠連合起來而言的總名，叫做花被 (Perianth)；花被就是包圍原始的花器官（即雄蕊 Stamens 及心皮 Carpels 兩者）的外層構造。

雄蕊是代表第三輪的葉狀物的，牠們變形得異常厲害，簡直使葉的原始一時看不出來。每一個雄蕊可以包括兩部分：一部分是線形的花絲 (Filament)，另一部分是在花絲頂上的物體，叫做花藥 (Anther)。在花藥裏頭，做成許多花粉粒 (Pollen grains)。花粉粒就

是小孢子，所以雄蕊的花粉囊也就是小孢子囊，而雄蕊就是小孢子葉了。（參看第七十四圖）

最後，在雄蕊輪裏面，是第四層花的葉，即是心皮，心皮專化得更厲害了，簡直毫無一點葉狀的構造的蹤跡了。每一個心皮包括三部分：下部的擴大部分，叫做胚珠房(Ovule case)，胚珠房上面細長的柱形物，叫做花柱(Style)，花柱的頂上，叫做柱頭(Stigma)。這樣一個完全發育的心皮，叫做雌蕊(Pistil)；而且每當各種心皮混合而組成一個集合體的構造的時侯，這個雌蕊就叫做複雌蕊(Compound pistil)。在胚珠房內，發育着許多生殖體，叫做胚珠(Ovules)，胚珠實際上就是大孢子囊，因為在每一胚珠裏面，都組成一大孢子，每一個這樣的大孢子，叫做一個胚囊(Embryo sac)。所以，每一個心皮，就是一個大孢子葉。（參看第七十五圖）



第七十五圖

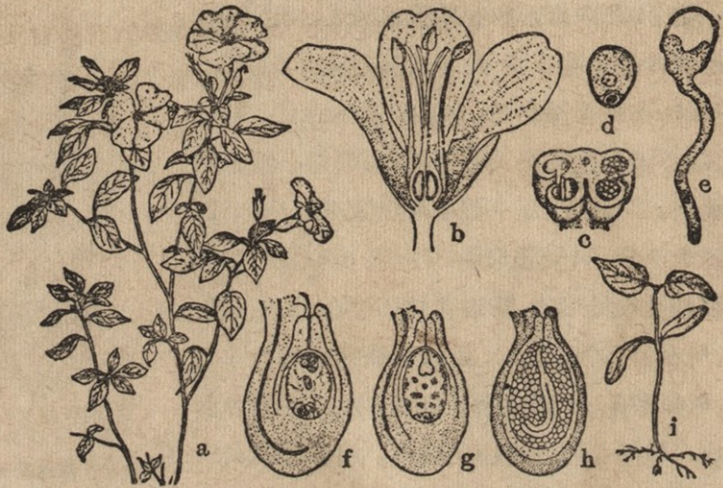
表示三個心皮（大孢子葉）之結合而組成一個雄蕊的胚珠囊連接起來的邊緣，就是胚珠固附的地方。

（仿 Gray）

講到此地，我們已經明白，原來一朵花，乃是一羣孢子葉，這羣孢子葉會產生小孢子與大孢子。雖如此講，因為這種生殖物體往往是組成雄性及雌性的配子體的，所以我們必須把牠們的發育考察一下。

第一種須得清楚記着的事實，就是這點：大孢子是決不由大孢子囊所釋放的。復次，當這個大孢子在雌蕊的胚珠房內產出了之後，牠會得老是在那個地方留着不移動的。這樣看來，大孢子是在雌蕊裏面發芽的，牠就在雌蕊裏面，組成一個由少數的細胞所做成的配子體，在這少數的細胞中，有一個是雌配子，即雌卵。由此觀之，種





第七十六圖 各種高等種子植物的生命史

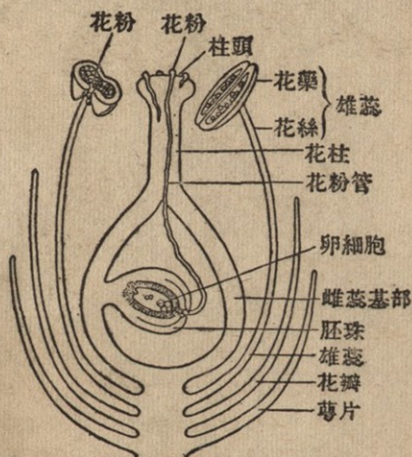
a. 麻的莖與花 b. 花的縱切面 c. 花藥的剖面，顯示四個小孢子囊和其中的花粉粒(小孢子) d. 未發芽的花粉粒 e. 花粉粒發芽後，伸出花粉管(雄配子代植物) f. 胚珠的縱切面，其中具一個大孢子，大孢子內有許多細胞核(雌配子代植物) g. 胚珠變成種子，內中有胚胎及胚乳 h. 成熟的種子 i. 種子發芽生成幼孢子代植物

(仿 Ganong)

子植物的雌配子世代是為人目所看不到的。萬一要看到牠的話，祇有把雌蕊的內容拆開來，放在顯微鏡底下來檢查。(參看第七十六圖)

花粉粒是一個特種的小孢子，就是一個包圍在一層保護的細胞壁裏面的單一細胞。當花粉依舊還是在花藥裏面的時候，發芽的程序就開始，在發芽的工作中，一個孢子核先分裂而成為兩個，這兩個之中的一個，復分裂而成為兩個。到了這地步，更進一步的發展就不會發生的了；除非是這花粉由某種方法（通常是藉了昆蟲的助力，或者由於風的力量），而能夠達到雌蕊的柱頭之上，柱頭分泌

出一些液汁來，這液汁是種很適宜的情境，可使成熟的花粉粒獲得刺激而發芽；在發芽的當兒，花粉粒的硬壁破碎了，牠的身體變成一個細胞質的長管子，叫做花粉管(Pollen tube)。這管子向下伸長，經過雌蕊的體素，隨後達到胚珠房；孢子核跟隨着花粉管而步入胚珠房，其中的兩個孢子核乃是雄精。花粉到了這時候已經完成了牠的發育；這樣花粉粒的內容物和花粉管自己，牠們就組成了一個異常縮小的雄配子體。(參看第七十七圖)



第七十七圖

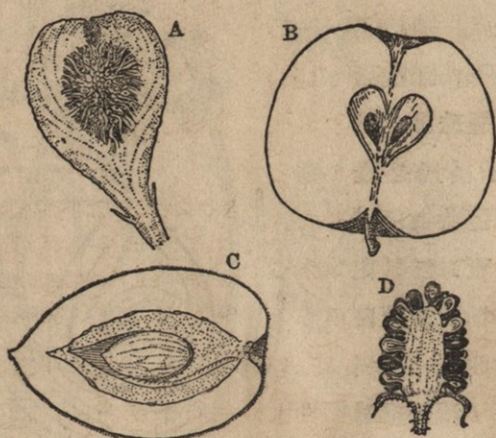
花的圖解，表示傳粉作用，及受精作用

(由 Peabody 及 Hunt)

當花粉管達到了胚珠房的時候，就在這胚珠房裏面，大孢子已經組成了具備着雌卵的雌配子體，關於這一點，我們已經於上面述及過。雄精核之一個，與雌卵相連合而組成合子，合子老是在原處留着，由雌蕊基部的體素所包圍着，繼續分裂，營成一個具備着發育不全的根、莖與葉。同時這胚珠房，以及雌蕊基部的體素，經過大大的變遷，即成熟的變遷，而變成爲一個果實(Fruit)。在裏面的年幼的孢子體，和牠的爲更進一步的發育所設備着的食料物質，很緊密地封在一個特殊的小包內——牠就變成爲一個種子(Seed)。在這個樣子，新世代是準備好了，不但可以使牠離開母體的植物而能長時期的忍受惡劣的環境情況，同時要是牠碰巧而墮落在適當的泥土之上，那末這種子



還會很迅速的繼續牠的發育而變爲一株成年的孢子體。偶然的，我們可以如此說，顯花植物之所以能够在現代的植物區系裏占有優



第七十八圖 果實之種類

- A. 無花果的果實，許多果實，包括在枝體的空穴內 B. 蘋果的果實，這種果實叫做梨果 C. 桃子的核果；內層堅硬，爲保護種子之用 D. 黑莓果

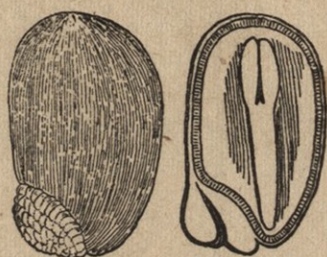
越的地位，其主要原因，或者還是因爲種子形成這種現象的設立的原故。（參看第七十六、第七十八及第八十圖）

這樣說來，我們已頗明瞭 種子植物的配子體世代，是縮小到確實是最低的界限；儘儘是少許幾次胞核的分裂，結果使配子形成之後，還有些多餘的核質而已。假使把整個的世代，鳥瞰一下，似乎整個的世代，是發生在前一代孢子體的花裏面的；但是實際說起來，委實有三個界限分明的世代，直接貢獻於孢子形成這件事的。一個種子，實在是一個異常變形的大孢子囊；牠具備着內容物及外皮。種子皮包括着些體素，這種體素是從具花的親孢子體（即第一世

代)的大孢子囊裏來的,某種的營養體素,叫做胚乳(Endosperm),是代表雌配子體的(第二世代)。受精卵的產物是一株幼孢子體(第三世代)。(參看第七十九圖)

在種子植物隊伍裏,配子世代的極大的減縮,結果就使幾種與兩性區別相關連着的現象搬移到孢子體上面去了,於是本來是無性的孢子體,第二次竟顯現出兩

性不同的品性來,特別是在花裏顯現出來。這樣,所以雖則雄蕊和雌蕊(即心皮)確實祇是無性世代的孢子葉而已,牠們是常常被認為花的雄器官及雌器官。同樣的,這個傳粉作用(Pollination),即是把花粉粒從花藥裏傳到柱頭上去這種作用,也常常被稱為花的受精作用;雖則我們已經看到過,這個傳粉作用,祇是一種預備的步驟,這步驟的存在,使得兩性的配子體可以在公共的場所遇會着,結果那個遭受到減縮而失掉了運動力量的雄精,能够達到雌卵的地方而完成受精的動作。往往這個性的分化推展到整個花的全體,因為有些花祇生着雄蕊,而別的花則祇生着心皮;因此牠們稱為雄蕊與雌蕊。復次,雄花及雌花可以在不同的植物上生長着的,在這種例子之中,植物本身也有了雌雄之別了。要而言之,本來祇能用在有性世代上面的名詞,為了便利起見,就搬到無性世代上面來應用了;這是因為許多附屬的兩性機能反映到無性世代上面來了,所以能够如此,是由於這個真正有性世代的幾乎完全被遏制的緣故。



第七十九圖

莖菜之種子,在左邊,是堅硬的種皮。在右邊,是一個縱切面,表示胚乳(即雌配子體),裏面包括着幼孢子體;孢子體的上部是幼芽,而下部是幼根。(由 Coulter)





蒲公英

卷鬚藤

槲

櫻



竊衣

山菜  
豆屬之任一

牛萼

猿巴草

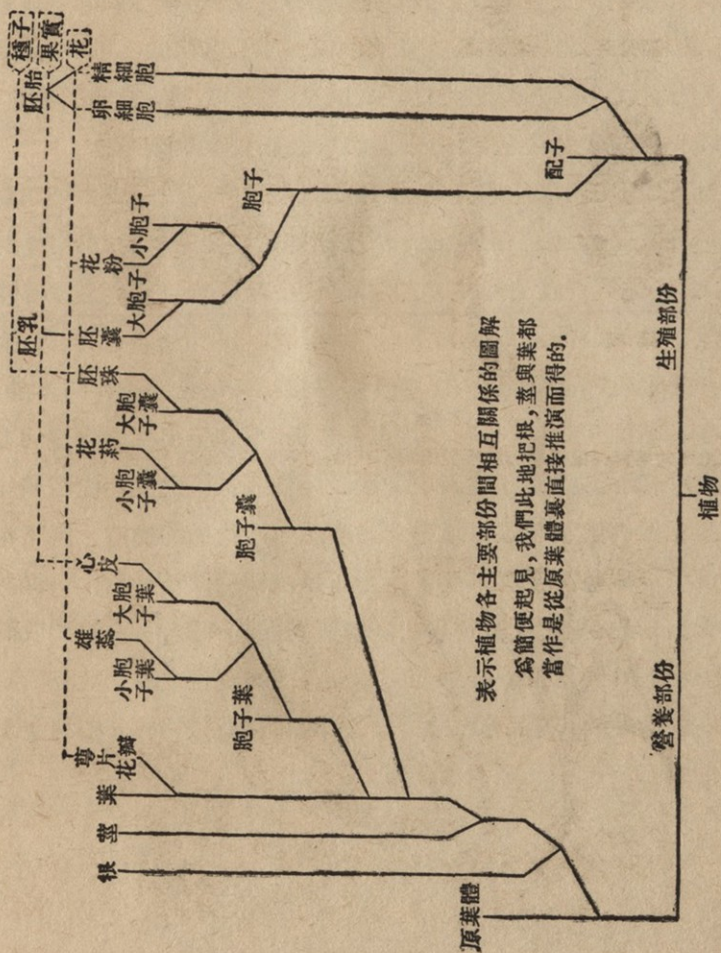
第 八 十 圖

上列的果實與種子是由風所散佈的,下列的果實與種子是由動物所散佈的



第 八 十 一 圖 玉 蜀 黍

假使我們把植物裏的生殖過程，警視一下之後，我們深深地感覺到，就大體著想，生殖作用是沒有兩性的區別的。大羣的原葉體（也稱為同節體 Thallus）植物，可以由海藻及其同類來作代表的，牠們的羣體的增大，大半是由於有生長力的細胞分裂的結果；豐盛的



表示植物各主要部份間相互關係的圖解  
為簡便起見，我們此地把根，莖與葉部  
當作是從原葉體裏直接推演而得的。

第八十二圖 植物構造之演進(仿 Ganong 而稍加修改)



新個體的形成，乃是由於節裂作用和孢子形成的關係。在蘚類植物裏，有性世代是很顯著的；牠們多量的發展，大部分是由於有性植物的無性出芽的結果，同時在個體的增加及分佈這種工作裏，孢子的形成則占了很重要的地位。在羊齒植物及種子植物裏（這種植物無論如何是些無性植物，因為牠們的有性世代，在牠們的生命史中，逐漸地貶落到一個不堪注意的地位去了），牠們的生殖，不但是靠託孢子的力量，但是也由於插木、鱗莖、葉片等等的繁殖。要之，不伴着兩性現象的生殖，是分明足以使植物繁榮延續不已。

雖如此說，我們會注意得到，當單細胞植物的孢子完成兩性的動作而變為配子的時候，兩性的分別已經有了一個簡單的原始；從此之後，兩性之別一直是持續着。當我們從低等植物一直向最高等植物觀察上去的時候，由兩性之別所喚起的生命史中的配子世代，構造上的重要性漸漸的減少；雖則情形是這樣，兩性的動作的本身，還是留存着的；而且就是在無性世代裏面，也顯示出牠的改變的力量來。很明顯的，除了在生命史中建設一個新世代之外，從受精作用裏畢竟還有幾種利益可以獲到，不然如此複雜的構造（到了花裏，構造可以說是複雜到登峯造極了），決不能因為新世代的保持而進化出來的。我們現在暫且把這個問題擱着不提，一直等到我們討論動物裏的性問題時，再來重新敘述，因為兩性之別是植物與動物間的基本品性，這品性力足以大大的影響動植物的形態與生理的兩方面。

## 第十章 動物的身體——無脊椎動物

自然界的現象，是非常的殊異，所以許多研究者必定要把他們所得的知識和所用的力量連合起來，纔能夠得到相當的瞭解。——拉撥萊 (Laplace)

從我們很熟悉的動物與植物來講，這兩者間最顯明的區別，就是動物能夠行動，而植物不能夠行動這一點；但是在最低等的動植物的世界裏，這個標準，就不能夠應用了。譬如說，像 *Sphaerelia* 這種植物，就能夠和草履蟲一個樣子的游動。從另外一方面看，也有許許多多的多細胞動物，牠們會永久的依附着環境而不移動的，如海綿、水螅、螺螄等等是。雖則行動的力量，並不能夠當作一種區別動物和植物的特徵——上面已經解釋過，動植物之不同，大半是由於牠們代謝作用之各異——但是我們現在已經承認多細胞動物與多細胞植物，牠們身體之所以殊異，是因為植物失掉了大多數單細胞所具有的簡單的行動，而動物則發展了這類行動的結果（有的是直接的結果，有的是間接的結果），大約就是基於這種區別罷，所以在植物演進的早期，就造下了一種堅硬的纖維素做的細胞壁，這種堅實的細胞壁，使得植物的身體，朝着比較固定的方向發展，從另一方面說，動物的細胞，既不受四周硬壁的限制，可以自由地對環境中的各種情境，發生多方面的反應；就是因為這個緣故，所以在動物界裏，奇形怪狀千變萬化的活動的身體樣式，也有發生的可能。

### A 動物主要的種類



在動物的範圍裏，通常可以劃分為兩大類，就是單細胞動物和多細胞動物；單細胞動物也可以稱為原生動物。就已經知道的種類而論，大約有一萬五千種單細胞動物，這些動物差不多都是極其微小而要在顯微鏡底下纔可以觀察得到的；譬如說，如變形蟲、草履蟲之類，都是為我們的目力所難以觀察得到的。講到多細胞動物，牠們的形狀就殊異到可驚的地步了：有的很小，簡直小到即使有幾百個多細胞動物也可以在一滴水裏，嬉戲終日的；有的則大得非常的可怕，例如現代的巨鯨以及地質學上所謂古代的 *Dinosaurs* 等等是。

雖則從原生動物變到多細胞動物這中間的實實在在的過渡時期的階段，我們是並不知道，但是在那種比較複雜的原生動物的集合體裏面，也有好些例子，各種細胞間的機能互相聯絡一致，藉此就成功了一種原始的身體的模樣；其中某種細胞祇是專門為生殖作用而設的，換一句話講，在一羣細胞聯合而成的集合體裏面，已經發生一個生理上的分工合作的現象，結果就造成了一個由體細胞與種細胞兩者拼合而成的個體。（參看第二十七圖）

多細胞動物本身也可以分為兩大類，即無脊椎動物與有脊椎動物是。無脊椎動物，通常也稱為下等動物，大約包括一百萬種；牠們的形式殊異，牠們的構造的複雜，真是難以言語形容的；從海綿、水螅說起，到軟體類、甲殼類、昆蟲類為止，牠們的構造是怎樣的複雜呀！從別的方面講，號稱為高等動物的有脊椎動物，牠們的構造，是比較地互相類似的，約計起來，可有五萬種，包括魚類、兩棲類、爬蟲類、鳥類以及哺乳類。鳥以及哺乳動物，和別的脊椎動物是不相同的；牠們叫做熱血動物，因為牠們的體溫，在任何情境之下，都是一定的，而且通常總比四周環境的溫度要高一些。

動物的組織，既經是這樣的複雜，而且互相殊異，所以如果要舉

出一個精確而且合式的例子來代表一切動物身體的特質，事實上是不可能；因此我們必須選出一批動物來，藉此作為學習的基礎。然後再提出幾個別羣動物的形態上以及生理上的主要特點，來和這羣動物相比較。自然，在舉例子的時候，我們開首就會選出一批有脊椎動物來，因為一則有脊椎動物的構造比較來得單純；二則因為我們人類也包括在有脊椎動物裏面。雖如此說，在我們注意到有脊椎動物之前，最好先將無脊椎動物所顯示的形態上的原理，大略的鳥瞰一下，於是等到論及有脊椎動物的構造與機能時，也可以稍微有點根底而不至於茫無頭緒。爲了這一層，我們接着就來談水螅、蚯蚓和蝦類。

## B 水 螅

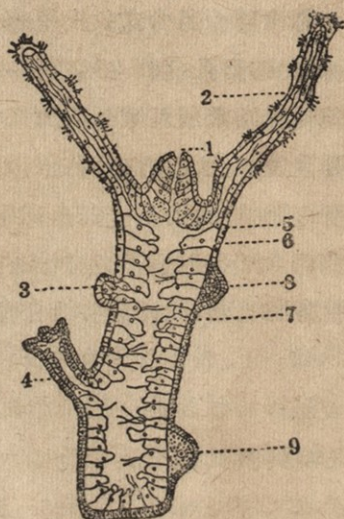
在討論動物的發育的時候，我們已經提起過，一個正在分裂的卵細胞，起先做成功一個囊胚(Blastula)，這個囊胚，隨後又分裂而成爲原腸期(Gastrula)。一個原腸期的胚胎，實際上祇是一個具有兩層細胞的袋，牠的外面的一層細胞，叫做外胚層，而裏面的一層呢，叫做內胚層。雖則沒有一個成年的動物是會保着這樣一個簡單的原腸期的模樣，可是那批號稱爲腔腸類的動物(Coelenterates)，卻是無論如何都永久的做了原腸期的胚胎了；因爲建築牠那身體的構造，充其量，祇是兩層細胞而已。這種兩層細胞的構造，可以很明顯的在水螅(Hydra)裏表示出來。水螅是一種很小的住在清水裏的腔腸類動物，往往附着在水底下的草上面，或者是在溪流及池塘裏的石頭上面。

水螅的身體，多少有點像一隻長而狹的袋，袋的底是當足用的，底的對面的孔口就是水螅的嘴。在嘴的四周，有許多爲體壁所做成

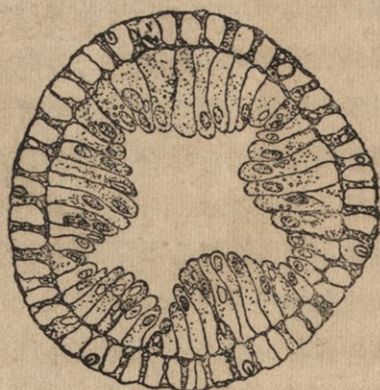


的空管圍着，這些空管叫做觸指 (Tentacles)。水螅最主要的體軸，就是從足到口的一個軸，經過這個軸的任何平面，都可以將水螅的身體剖為兩個相等部分，換句話說，在體軸四周的身體，牠的任何部分，是與其他部分相稱的；因此水螅也可以算作輻射相稱的一個例子。(參看第八十三圖及第一百五十八圖)

水螅的體壁包括兩層界限分明的細胞：即內層與外層是。這兩層的中間，隔着一層很薄的具膠狀而非細胞所製成的東西，叫做中膠層 (Mesogloea)，牠是為內外兩層細胞所分泌而成的。這樣水螅就做了一種簡單的由兩層原始體素所組織成功的多細胞動物的例子了。一切為了生活機能上所必需的特化，就祇是限於這兩層細胞之內的。內層的做成腸壁的細胞，其生理作用，是在於消化固體的食物；這些固體食物，都是從



第八十三圖 水螅的放大的縱截面  
1. 口 2. 觸指 3. 生芽的初期 4. 生芽的後期 5. 外層 6. 內層 7. 消化腔  
8. 精巢 9. 卵巢  
(由 Linville 及 Kelly 仿 P. rker)



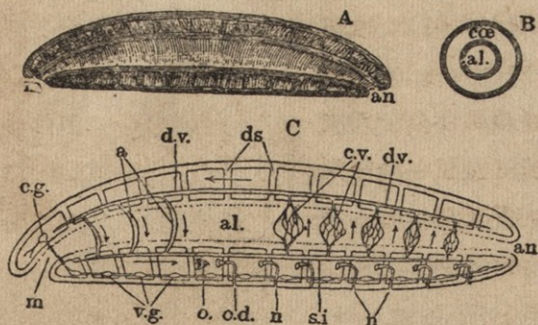
第八十四圖  
水螅的放大的橫切面，表示外層細胞與內層細胞。內、外兩層之間是中膠層，中膠層是由一條線來代表的

口腔運輸進去的。講到水螅的外層細胞，牠的作用，就比較多得多了；保護牠自身，對環境發生種種的其他反應，以及生殖等等都是水螅外層細胞所經營的工作。

要言之，在水螅這種動物的機體裏，這些原始體素（外層與內層）並沒有作第二次的特化，而變成一種專作某種用處的體素（如肌肉體素、神經體素及其他），牠們的功用，也比較得專門化了一些，以供應這種動物的簡單的生活過程。

## C 蚯 蚓

在腔腸類以上，任何動物的身體，都包括三層原始體素。這三層體素，當個體繼續發展的時候，就發生出許多後期的體素來，於是也就形成了一個比較複雜的身體。為腔腸類動物所沒有的，第三層體素，我們稱牠為中胚層(Mesoderm)。上面已經說過，這中胚層是從



第八十五圖 蚯蚓體式的圖解

A. C. 縱切面 B. 橫切面 a. 心臟 al. 消化道 an. 肛門 c.g. 咽頭口上的神經節 coe. 體腔 c.v. 至腸壁的血管 ds. 節間的隔膜 d.v. 背血管 m. 口 n. 腎管 o. 卵巢 o.d. 輸卵管 si. 腹血管 v.g. 腹神經結 (由 Selgwick 及 Wilson)



外胚層分化出來的，牠的地位是適在內胚層與外胚層的中間，用腔腸類的動物來譬喻，牠所處的地位，就是中膠層所處的地位。

中胚層的發展，委實是高等動物身體組織之所以進步的一個關鍵；因為中胚層一旦產生之後，身體的構造上，就可以引起一個極大的變化。於是體腔也就成立了，體腔發生了以後，許多重要的器官，也就跟着起來。因為腔腸類動物缺少一個體腔的緣故，所以也常常被稱為無體腔動物，反之在腔腸類之上的一切動物，也可以叫做有體腔動物。要明瞭有體腔動物，和無體腔動物，這兩者間構造上的各異，我們就用一個較高的無脊椎動物（如蚯蚓）來與水螅相比較。

### (1) 身體的格式

在上章，我們已經講過，水螅的身體最主要的部分，祇是兩層細胞，包着一支腸腔，到了蚯蚓，則其身體的建築，就比較複雜了：牠的身體包括兩個管子，很像是一個小管子，套在大管子裏的樣子——外面的一個管子，做成體壁，而內面的一個管子則組成消化道。到了牠身體的兩端，這兩支管子互相連接起來，這樣一來，於是在內管壁之外與外管壁之內這中間，就剩出一個與外界不相通的空處，這個空處，我們叫牠做體腔(Coelom)。換句話說，作為體壁的外管，包圍着一個空處，叫做體腔，經過體腔，又有第二個管子，這就是消化道。消化道的前端是口腔；而消化道的後端是肛門。（參看第八十五、第八十六圖）

蚯蚓的體腔，有許許多多隔膜(Septa)，每一個隔膜從體壁的內面伸出，而接連到消化道的外面去，這樣，就把體腔分為許許多多段落，有了這種隔膜的構造之後，結果就是如此：體壁並不是一個從頭到尾的長空管，牠祇是一串依次接連着的空處。穿過這種空處的

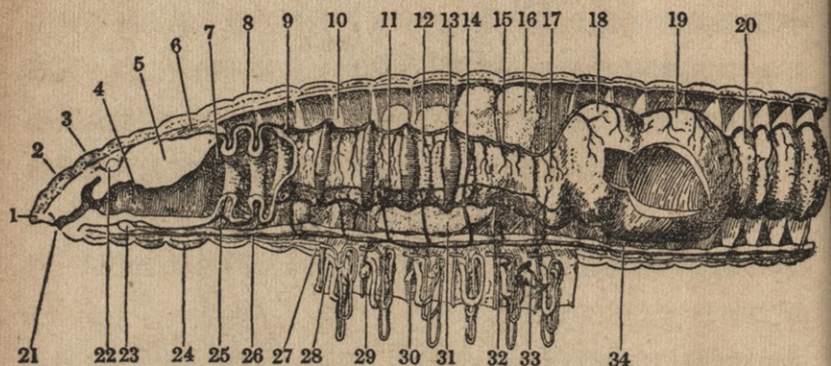
中心，就是消化道。這些空處間的界限，我們是很容易從蚯蚓身體外邊環繞着體壁的回線裏觀察出來的：每一條回線是代表一個隔膜，也就是兩個空處中間的界限。總括一句話，蚯蚓的整個身體是由許許多多個構造相似的單位，組織成功的，這些單位就叫做環節 (Segments)。蚯蚓是一個很簡單的節裂現象的例子，差不多一切的高等動物，都有這種節裂的特性，雖則牠們分節的程度是互相不同的。

蚯蚓的許多重要器官，都是從包圍體腔的壁裏生長出來的；所以如專司循環、排泄、調節、生殖等等作用的主要器官，我們都可以從體腔的裏面找到的。再呢，這些器官都是依了從頭至尾這一支長體軸的兩邊，很相稱地分佈着的，譬如說，牠身體中最主要的血管以及神經都是沿了這支體軸而分佈的；而排泄器官與生殖器官等等都是一對一對的放置在體軸的兩邊，所以我們很可以沿了體軸而將蚯蚓的身分爲很相等的兩半。從這樣看來，蚯蚓的主要的體軸是依了身體的長度而跑的，從在前端的口起，到了在後端的肛門爲止；而且要是有一塊平面將身體平分作左右兩半的話，這平面會經過牠的背面，也經過牠的腹面：這種就是兩邊相稱 (Bilateral symmetry) 的現象，在高等動物裏是常常會碰到的。(參看第八十七圖)

## (2) 體素和器官

在一個兩邊對稱的動物裏，我們可以找到身體的許多一定的部分。換句話講，這種動物，就有器官以及由許多器官組織而成的系統的存在了。這種器官與系統的建築，在蚯蚓裏，已經是十分的發達，再呢，有了器官之後，做成這些器官的體素，就不能够像在水螅裏邊的體素那樣的普通了。在水螅裏，祇是內外兩層細胞局部的改





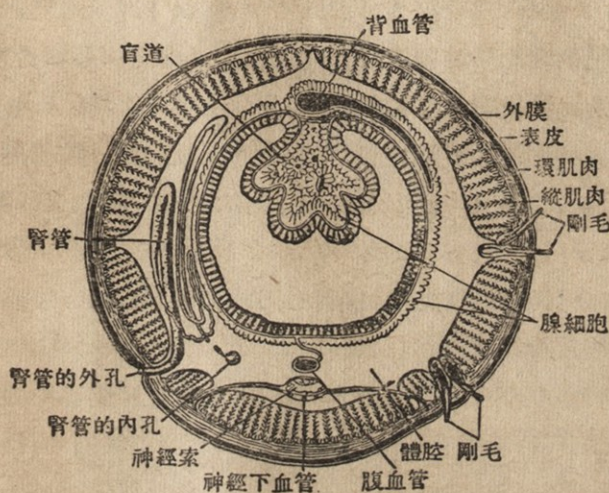
第八十六圖

蚯蚓 (*Lumbricus terrestris*) 前段之解剖(側面觀)。側體壁的一部分翻了下來  
 1. 口前部 2. 3. 第一節與第二節 4. 咽頭 5. 咽頭的肌壁 6. 咽頭的縮肌 7. 食道的開始 8. 第七節 9. 第一個心臟的地位 10. 隔膜 11. 側血管 12. 石灰腺 13. 第五個心臟 14. 壁血管 15. 背血管 16. 後精囊 17. 食道的後端 18. 嗉囊 19. 砂囊 20. 腸的前端 21. 口 22. 腦神經節 23. 食道下神經節 24. 第五節體壁 25. 腹血管 26. 神經下血管 27. 腎管之內孔 28. 腎管之外孔 29. 30. 儲精囊 31. 精囊之底部 32. 卵巢 33. 輸卵管 34. 腹神經索

(仿 Linville 及 Ke. ly 而稍加修改)

變了一下，以供其比較簡單的組織之用。但是到了一有器官之後，這些體素必需有一個較大的專門化纔足以應付，所以在蚯蚓以及一切的高等動物的身體裏，除了兩層原始的細胞之外，又加入一層中層的細胞就是中胚層。就從這外、中、內三層的細胞裏，發展出許許多多專門化的體素來。爲了研究上的便利起見，我們把身體上的體素，分爲六大類，就是：皮膜體素 (Epithelial tissues)、支持體素 (Supporting tissues)、肌肉體素 (Muscular tissues)、循環體素 (Circulating tissues)、神經體素 (Nervous tissues)，以及生殖體素 (Germinal tissues)。

皮膜體素的重要是顯而易見的，因爲包裹着身體的，就是這些細



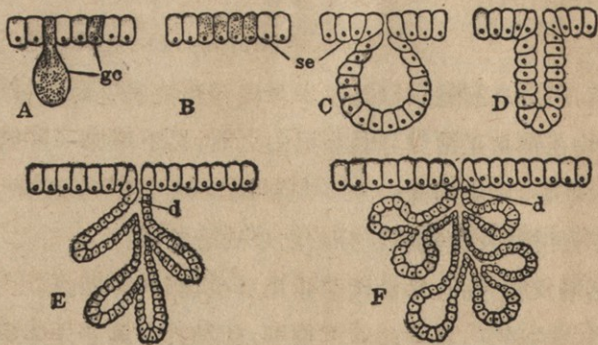
第八十七圖

蚯蚓中部的橫切面(由Hegner, 仿 Marshall 及 Hurst)

胞的胞膜，所以皮膜體素確是做了有機體和牠環境的接觸之點。譬如說，食物在牠真正跑到身體裏面去之前，必須經過一層包在食道壁內面的皮膜；大塊的食物，也不能夠馬上就可以經過這層皮膜的，必要用了從這層皮膜細胞裏分泌出來的酵質，消化一番之後，纔可以經過這層皮膜。而且每當代謝作用發生後所獲得的尾產物，要排泄到外界去的時候，也必須經過這層皮膜的。因為了分泌與排泄這兩種特殊作用，於是有些皮膜細胞，就變成腺體，有些腺體是為單個細胞所做成的，常在細胞膜的表面上到處散佈着；但是這些腺細胞也可以由許多個同時聚集在一個緊要的處所，更有些腺體是為許許多多腺細胞，聚集而成的。這些腺體通常是深藏在皮膜細胞的底下：有的做成一支簡單的管子，有的做成複雜的管子；更有的，做成具袋形的構造。這樣，就可以在一定的空間內，大大的增加分泌



的面積了。最後，還有許多特別的皮膜，做成了感覺器官裏最重要的物質，牠們竟充了神經系統的前鋒。這是非常明顯的，體積比較碩大，構造比較複雜的有機體，牠的用來支持與綁縛牠身體各部分的物質，也特別的要多點；所以當動物的模式一點一點的變為高等起來的時候，牠的支持體素也逐漸逐漸的增加。講到支持體素，情形就和皮膜體素兩樣，在皮膜體素裏，皮膜細胞的本身，就做成體素的最大部分；但是做成支持體素的，乃是支持細胞的直接或間接的產物，這些產物，名為細胞間質(Intercellular material)，這種細胞間質的特性，就做成了支持體素的特性。所以支持體素的機能大部分是為細胞間的纖維束所擔任的，隨後我們將要看到，同樣的原理也可以應用到高等動物的軟骨(Cartilage)與骨骼(Bone)上去。



第八十八圖 腺的圖解

A. B. 在表面上皮(se)內的單細胞腺(gc) C. D. E. F. 多細胞腺，由導管(d)導出體外 (仿Curtis及Guthrie)

肌肉體素所擔負的責任也很大：一切運動的力量，多數動物的行動，以及身體內生活器官進行工作時所必需的動作，都是為肌肉體素所擔任的，十分發達和專門化的肌肉細胞，牠們就有一切原生質

所有的一種基本的特性。這特性，就是收縮力(Contractility)，每當一條肌肉接受到刺激的時候（這些刺激大部分都是從神經系統裏來的），牠馬上就縮短而且變粗。每一條肌肉是由一羣合同工作的肌肉細胞，為支持體素所繫縛所連接而組成的，在牠們的中間，也有着很多的血管與神經去供給牠們。（參看第七、第八十七及第九十七圖）

講到血、淋巴(Lymph)，以及其他在身體中轉運物質的液體，人們總不大當牠們體素看待的。但是實際講起來，我們務必把牠們認作一種循環體素來討論；在這種循環體素裏，我們可以找到許多活的細胞——即是血球(Corpuscles)，牠們是浸在稱為血漿(Plasma)的這種液體內，循環體素與有機體的每條體素，每個細胞，都是很密切的接觸着的；而且將營養上的必需品，供給後者。

一切原生質，都是有感受刺激的性質的，這就是說，牠們對於外來的刺激都是能夠報以反應的。但是這是很容易明瞭的：動物的身體愈大，牠的構造愈複雜，組成這個個體的許多細胞之間的互相的反應，更加須調節到迅速，庶幾身體的各部分，纔能夠作一致的行動。這種調節的功能是為神經體素所負擔的任務。

最後我們要談到的，就是生殖體素。生殖體素雖則也許不是屬於身體的，但是牠們卻是在身體的內面。生殖體素因為牠能夠產生一種內分泌的緣故，所以牠對於個體的生理與行為，也有相當的關係，但是牠最重要的任務，卻是在於傳種接代這一方面。

由此，我們可以知道，蚯蚓以及其他的高等動物，牠們的身體，比起祇有兩層細胞而組織成功的水螅來，委實要進步得多了。這個進步包括兩個步驟：由許多體素合作着，而變為器官；許多器官合作着，而變為器官的系統。每一個系統，在全身的組織中負擔一部分



特殊的與眾不同的工作。

### (3) 器官系統

器官的系統可以分作下列的數類：皮膜以及支持系統 (Integumentary and supporting systems, 這個系統, 包括包在動物身體外面的皮膚及骨骼)、消化系統 (Alimentary system)、呼吸系統 (Respiratory system)、循環系統 (Circulatory system), 及排泄系統 (Excretory system) 等等 (這些系統, 都是與身體的營養有密切的關係); 神經系統 (當這個系統與感覺器官以及肌肉系統, 連合而一致行動的時候, 非但牠身體的各部分, 得以調劑, 同時這個對於環境的朝向, 也得因此而決定); 末了, 就是這個生殖系統, 靠了這個系統, 於是動物的種族, 纔得相繼而不斷。由這些系統所供給的基本的生活過程, 是為一切動物所必須有的; 但是各種動物的環境和其生活的方式, 都各不相同, 所以用來應付這種各異的環境之下的生理作用的方法, 也互相不同, 所以牠們的構造上, 就發生了重要的區別。

從這樣講起來, 我們已經很明白了: 蚯蚓的以及一切比較高等的動物的身體的建築, 是和水螅的身體建築是極端的不相同的; 因為在牠們的身體裏, 已加添許多緊要的花樣了: 如中胚層、體腔、兩邊對稱、節裂, 專門化的體素, 一定的器官和複雜的器官系統等等; 這樣一個基本構造的身體圖樣, 保守着, 而且逐漸發展着, 從蚯蚓起而至於人類。由生物學家解釋起來, 這是演化的一種證據。

## D 蝦

將蚯蚓的一般的體式清清楚楚記住之後, 其次我們還要再約略的談一談, 這個體式上的種種變化, 隨後會喚起各種各樣的高等無

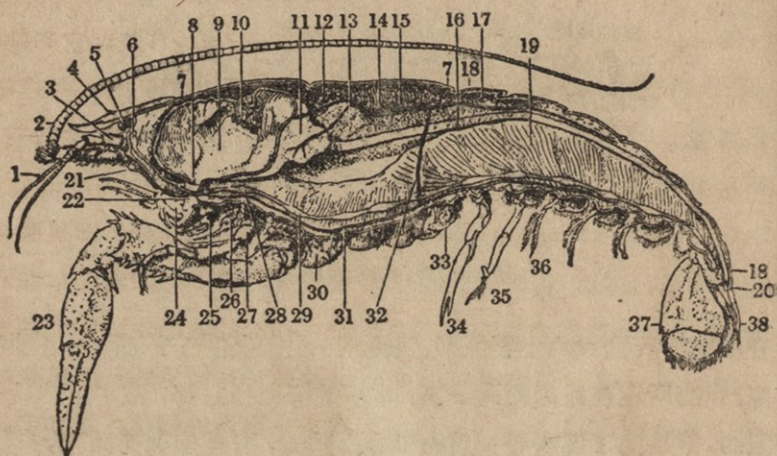


第八十九圖 表示原始節足類的構造之圖解  
這類節足類裏的節很少特化 (由 Schmeil)

脊椎動物的樣式的主要原則。這原則的主要點，似乎是限於各節的專門化；所以在蚯蚓的例子裏，本來是節與節之間，根本上都是類似的，但是到了再高等一點的無脊椎動物，有些節與旁的節，就大不相同了。而且祇是由於兩節或兩節以上的局部或者整個的混合，和節裂現象的不顯明，身體的確定部分，就得表示出來。這個原則是很有可以由一羣稱為節足類的動物來表示的，如蝦、昆蟲、多足類和蜘蛛等等。總共計算起來，節足動物包括五十餘萬種。

一個原始的節足動物的身體和蚯蚓的軀體比較起來，最大的區別，乃是前者的節數的減少，和成對的有節肢部的發展這兩者；這種肢部乃是從身體的每節裏生出來的構造。從這樣的一個原始模式裏，就能夠生出節足動物體各種不同的模式來。譬如說，在淡水中生活的蝦裏，身體統共包括二十一節；從第一節到第六節，連起來組成頭部；從第七節到第十四節，組成胸部；從第十五節到第二十一節，組成腹部。換句話說，祇是因為某種體節的連結或完全混合，身體就得分為多少有點明顯的諸部分。復次，原始的各節間的運動附件，到了高等一點的節足動物裏，竟變為做各種不同工作的器官了：在頭部裏的構造，變為感覺器官與牙牀等等；在胸部裏的構造變為握物及行走，侵略和防禦等等用的器官了；而在腹部裏的

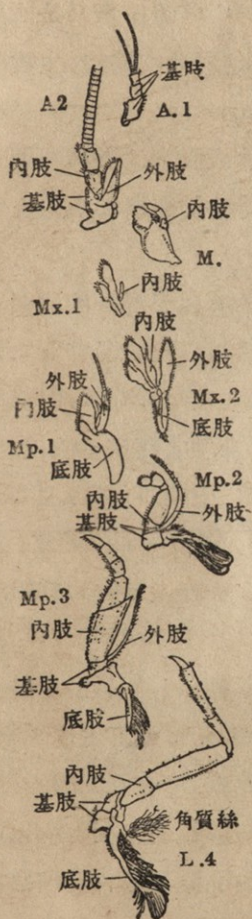




第九十圖 蝦 (*Cambarus affinis*) 之解剖

1. 小觸角 2. 大觸角 3. 聽囊 4. 劍突 5. 眼 6. 腦神經節 7.—7. 頭胸部之範圍 8. 食道 9. 胃 10. 胃磨 11. 胃之後部 12. 前端中央血管 13. 體腔 14. 心臟 15. 心腔的開口 16. 腸 17. 背動脈 18.—18. 腹部之範圍 19. 腹部之肌肉 20. 肛門 21. 絲腺之開口 22. 口 23. 螯肢 24. 大顎 25. 26. 27. 顎足 28. 食道下神經節 29. 腹部神經索裏的第一個胸神經節 30. 第二對步行之基部 31. 腹動脈 32. 胸動脈 33. 輸精管之開口 34. 35. 雄蝦裏首兩對的腹部附屬器，特化而作交接之用 36. 37. 第三對及第六對的腹部附屬器 38. 尾節

構造則變為游泳之用的器官了；其餘的例子，可以由此類推。依照這個樣子，構造上的變遷和機能上的變遷，是並行前進着的，所以雖則在蝦的牙牀及其供作游泳的足這兩者間，並沒有很明顯的類似的，可是祇要把牠們兩者的發展的過程，考查一下之後，就會毫無懷疑的顯示出來，牠們的起源，都是由一種原始的模式，作種種的改變而成的。因此，牠們的各種的附件，都是被稱為同原的 (Homologous)，這個意思就是說，構造的根本上的類似，是因為這些構造，都是從一個公共的祖先所遺傳下來的產物。（參看第八十

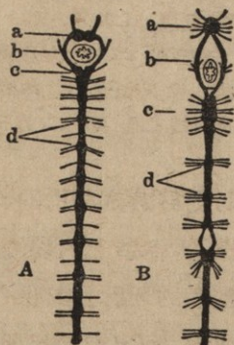


第九十一圖

蝦之附屬肢。這許多附屬都是從一個簡單的雙肢的附屬肢裏演進而來的。圖中的許多基肢、內肢及外肢都是同原的。A.1.小觸角 A.2.大觸角 L.4 第四個步足 M.大顎 Mp.1.第一顎足 Mp.2.第二顎足 Mp.3.第三顎足 Mx.1.第一小顎 Mx.2.第二小顎 (由 Hegner 仿 Ferr)

九圖至第九十一圖)

在另一方面，有些器官的構造，根本上是不相類似的，可是牠們卻有着同樣的功用，這種器官，就叫做同功的(Analogous)器官。在一大羣被稱為昆蟲的節足動物裏面，許許多多的頭部的構造和節足，和原始的節足動物的頭部構造及節足是同原的；而昆蟲的翼翅是一種新的構造，是和旁的附件沒有關涉的構造；這種翼翅也並不是由牠們祖先的原始附件變化之後而變成的。雖是這樣說，我



第九十二圖

A. 蚯蚓的以及 (B). 蝦的中央神經系統的前部 a. 咽頭上的神經節 b. 環咽頭的連接線 c. 咽頭下的神經節 d. 腹神經索裏的神經節與分出的神經



們隨後卻是要談到，一隻鳥的翼子，和人的手臂這兩者乃是同原的構造，反之鳥的翼子與昆蟲的翼翅兩者卻是同功的構造。生物學裏面專門有一部分叫做比較解剖學 (Comparative anatomy) 的，牠的最重要的工作之一，就是要去決定植物或動物的各種同原的部分，並且要去考查許多順應環境的變遷，這種變遷是和機能上的變遷隨伴着而來的。(參看第二百三十一圖)

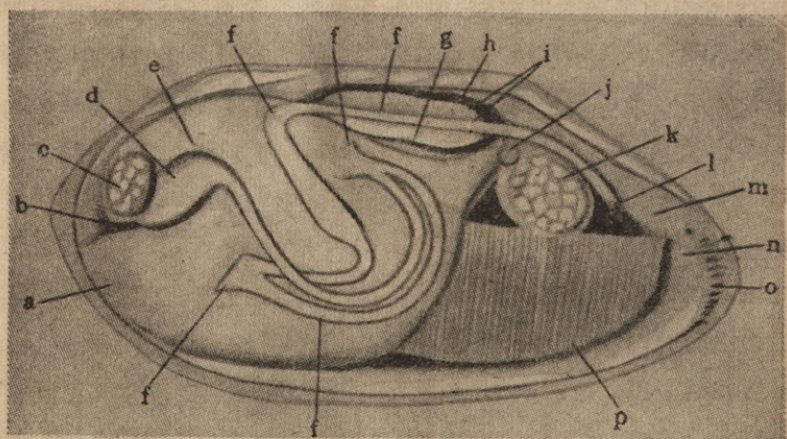
我們現在已經把高等節足動物的體節的專化與混合的原則考查一番過了，但是我們所述及的，祇是關於這種專化與混合現象之所以影響於節足動物的外部構造的這一方面；在同一時候，內部的器官，也發生許多大大的改變。第一，在蚯蚓身體裏存在着的，節與節之間的隔膜，在蝦的身體裏是消失了。復次，蚯蚓的食道，差不多是一條直的管子，牠沿着蚯蚓的身體長度，穿過蚯蚓的體腔，在某幾個體節裏，也有些比較輕微的變化，使食物在從口腔到肛門這個途中，得有一個運化的機會；但是在蝦的身體中，我們可以看到，這類改變了原來的樣子的區域，是特別來得顯著，並且沿着這個消化道一帶，還有許多腺體發展着，這些腺體，能夠分泌化學的物質，藉以消化食料物質。換句話說，這種化學物質，能夠使固體的食物，改變成爲一種能溶解的物質，因此牠就能夠經過包裹着消化道的細胞膜，而實實在在的跑到循環系統裏面去，靠了循環系統的輸送的力量，這種食料物質遂得分佈到動物的體素的各部分去。

我們最後還要用神經系統來做一個例子。在蚯蚓裏神經系統包括一條神經索，這條神經索是在消化道的下面，依了身體的中腹線 (Mid-ventral line) 而延長的。在前端，神經系統分爲兩個分枝，這兩個分枝，環繞着消化道，在牠的上面由一塊較大的神經體素裏接連着，這塊較大的神經體素就組成頭部的神經節，或者稱爲腦。在每



一個體節裏，神經索也得稍微的膨大一點，組成許多塊的神經體素，就是神經節，神經通常都從神經節裏出發而跑到鄰近的器官裏去。蝦的神經系統的一般的模式是與蚯蚓的神經系統同樣的，但是因為在胸腹部等處的許多體節的聯合的緣故，某些變遷就得喚起了。這樣的改變過程的結果，就使在這種地方的體神經節聯合而成爲較大的神經節塊，譬如說，蝦的腦包括許多聯合而成爲頭部的體節的原始的神經節。（參看第九十二圖）

我們現在已經把水螅、蚯蚓及蝦的基本的體式，考查了一下，這樣考查的主要的目的，乃是要準備一個基礎，來瞭解脊椎動物的體



第九十三圖 淡水蚌(*Anodonta fluviatilis*)之解剖圖

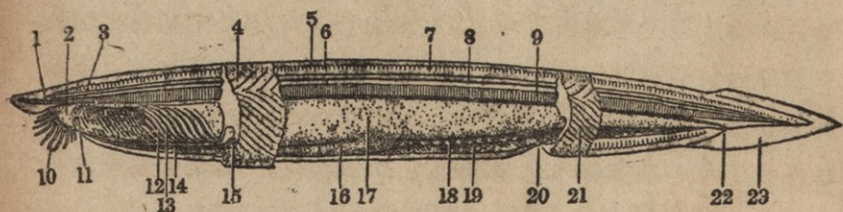
a. 足 b. 口 c. 前閉殼肌 d. 胃 e. 肝臟 f. 腸 g. 心耳 h. 圍心竇 i. 心室 j. 後收足肌 k. 後閉殼肌 l. 肛門 m. 排泄腔與水管 n. 鰓室 o. 入水管之邊緣 p. 鰓 (由 Simpson)

構。我們將會瞭解得到，水螅的身體，是由一個簡單的內外兩層細胞所組成的，這種由兩層細胞組成的身體的情形，在高等動物的早期的發展史裏，曾經有過一個暫時的顯現。蚯蚓的身體，顯示出二



邊相稱，前邊由一張嘴而後端由肛門與體外相通的消化道、節裂、中胚層、體腔、一定的器官與器官系統等等的現象。蝦，在簡單形式中，顯示出某種改變蚯蚓體式的普通的原則，這種原則包括身體各部分的專化，伴着各部分機能的變遷，藉以滿足更複雜的生活情況。

在觀察脊椎動物的體構之前，或者我們應該再鄭重的申說一下：我們上面特別從無脊椎動物的隊伍裏，選出某種模式來，這種模式是用來解釋在脊椎動物可以找到的幾種基本的構造上的原則的；此外還有許多別種無脊椎動物的種類，牠們的體式，從表面上看起來，是與上述的種類，相離很遠的。雖則我們相信，這些動物並不會把無脊椎動物的一般的演化連續性割斷的，可是如果我們把扁蟲、輪把蟲、海狷、蛤等等動物類的形態，很簡略的敘述，倒反會適當地解釋脊椎動物（包括人類在內）的構造與機能時所必需的那些原理蒙蔽了。（參看第九十三、第一百六十三及第二百五十一圖）。



第九十四圖 一種原始脊索動物，蛞蝓魚 (*Branchiostoma lanceolatus*) 之解剖模型圖。蛞蝓魚是最低等的脊椎動物的近親。

1. 腦 2. 口笠 3. 口 4. 肌節 5. 脊鰭 6. 脊鰭條 7. 體壁 8. 脊髓 9. 脊索 10. 觸鬚 11. 緣膜觸手 12. 咽頭鰓桿 13. 鰓裂 14. 圍鰓腔 15. 生殖腺 16. 肝臟 17. 腸 18. 生殖腺 19. 圍鰓腔 20. 排泄孔 21. 肌節 22. 肛門 23. 尾鰭

## 第十一章 動物的身體——脊椎動物

我們如果去默察大自然的方法，我們就可以看到，在任何地方，巨大的結果，都由於微小的活動，漸積而成。——斯賓塞(Spencer)

脊椎動物成功了動物界裏一個界限最清楚的部分，牠包括着一切較大的和同我們比較熟悉的動物——魚、兩棲動物、爬蟲動物、鳥和哺乳動物——所以在一般人的心目中，認為動物和脊椎動物根本上是相同的名詞。

任何人總知道魚是水生而有脊骨的動物，牠用鰓來呼吸，用鰭來行動。兩棲動物，如蛙，我們可以想像牠是一個魚，不過在牠的生命之早期裏——在蝌蚪時期之末了——拋棄了牠的鰓，發生了肺，發生具五趾的四肢來替代鰭，並且開始了牠的空氣裏的生活。同樣我們也可以想像一個爬蟲動物是一個兩棲動物，不過牠是把兩棲動物的蝌蚪時期移到卵的裏面，所以出卵之後就有着四肢和肺。鳥和哺乳動物可以說是爬蟲動物之演化物，牠們不過是把爬蟲動物的甲殼變做羽毛和毛髮罷了。此外，也不過是對於幼動物多了一種特別的養護的方法：在鳥類是孵卵，在哺乳動物就是把幼動物留存於雌性的體內，一直留存到生產時為止。（參觀第一百零六圖至第一百零九圖）

這也是值得我們注意的一點：脊椎動物之分類當然也要靠着其他的幾種重要特徵，這些重要的特徵有的我們以後還要很清楚的講到。在事實上，整個脊椎動物裏所有的結構上之差別是沒有脊椎動物一小部分中所有之結構上的差別來得明顯。例如節足動物門裏分出的甲殼類，蝦，就是這一類中的一種動物，在這一目中，所有

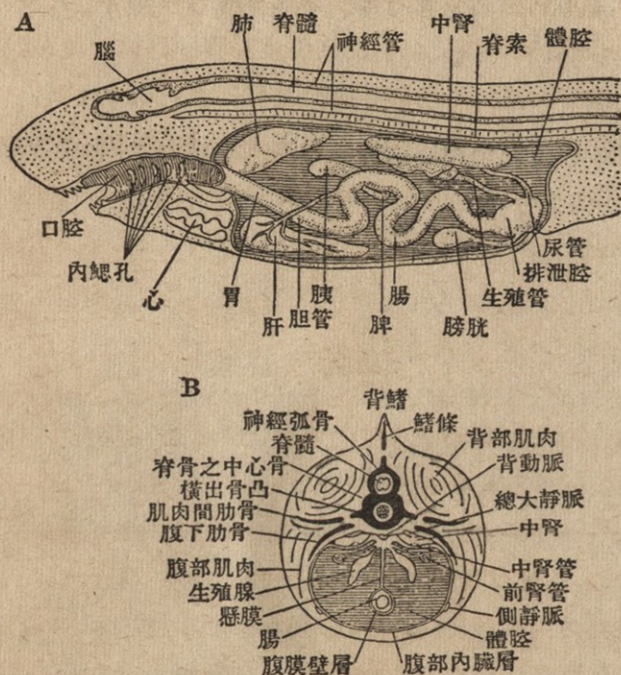


的結構上之差別就比整個的脊椎動物中所有的結構上之差別明顯得多了。因此我們如果要知道一切脊椎動物的結構和生理，我們只要集中注意力去描寫一個理想的，足以代表一切脊椎動物的特性的一種脊椎動物的結構和生理。遇着在各種不同類的動物的結構和生理與這一個理想的動物有重要變化的時候，我們也偶然地把牠們敘述出來，尤其是在人類的結構和生理上之變化我們更有敘述的必要。

## A 身體之圖形

理想的一種脊椎動物之身體的形式是帶一點圓柱形的，如果從牠的身體的前端到後端畫一根軸，在這一根軸上作一個垂直的平面，這平面的兩邊是完全兩兩相對稱着的，身體可以分為頭、軀幹和尾三部。頭部在身體之前端，包括腦、眼、耳、鼻竅、口和咽喉等等。在頭部之兩側各有一排小孔，稱為鰓孔，這些小孔一直通到咽喉，但是在那些呼吸空氣的脊椎動物，在牠們長成的時候，這些鰓孔就早已不見了。軀幹部組成身體的本部和身體裏的空腔，稱為體腔(Coelom)；軀幹部包括着大部分的消化管，消化管之後端由肛門而達於體外；此外還包括着主要的循環、排泄和生殖器官，尾部是包括體腔和肛門後面的一部。(參觀第九十五圖)

脊椎動物的體腔和蚯蚓的體腔不同，脊椎動物的體腔是包括兩個空室，較大的一個空室是腹腔，腹腔裏包括大部分的內臟(Viscera)，前面較小的一個空室是胸腔，胸腔裏有心臟。在哺乳動物(包括人類)，前面的空室稱為胸腔，胸腔內所有的不止是心臟，此外還有食道和肺。並且在胸腔和腹腔的分界處還有一層由肌肉所組成的隔膜，稱為橫隔膜(Diaphragm)，體腔之膜為體腔膜



第九十五圖 理想的脊椎動物身體的圖形

A. 身體的縱切面(雌的) B. 軀幹之橫切面

(Peritoneum), 是體壁最內面的一層膜, 牠供給出闊條的膜, 稱為腸間膜 (Mesenteries), 大部分的內臟都懸掛在腸間膜的上面。(參觀第一百零七圖及第一百零八圖)

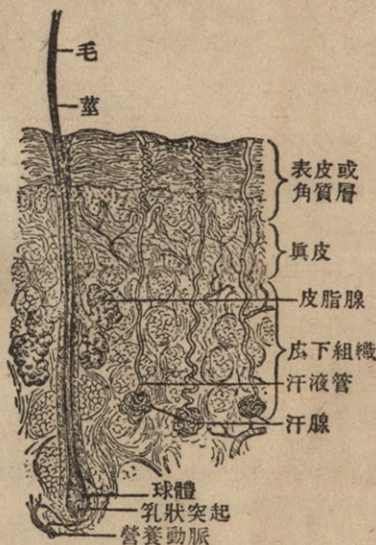
在水生動物, 軀幹部和尾部伸展出一種薄薄的物體, 這種薄薄的物體造成中間成對的鰭, 在頭部與軀幹部連結處的鰭稱為胸鰭 (Pectoral fins), 在軀幹部和尾部連結處的鰭稱為腹鰭 (Pelvic fins), 腹鰭的位置恰巧是在肛門之兩側。魚類的胸鰭和腹鰭和比魚類較高等的動物的前肢和後肢相當, 脊椎動物的這些側出的四肢 (La-



teral appendages) 可以說是脊椎動物所特有的標記。

## B 皮 膚

身體的表面直接和環境接觸的地方，有皮膜(Integument)包護着，皮膜又稱為皮膚，皮膚最初的功用也不過是保護和感覺，但是多少也能夠有呼吸、排泄和分泌的作用。鱗甲、羽毛、爪、角、蹄、指甲、牙齒等等都是皮膜之演化物。脊椎動物的皮膜和無脊椎動物的皮膜不同，脊椎動物的皮膜是兩層：外面一層表皮組織稱為表皮(Epidermis)，是由外胚葉所分化而來的；裏面一層真皮(Dermis)，是由中胚層所分化而來的。參觀(第九十六圖)



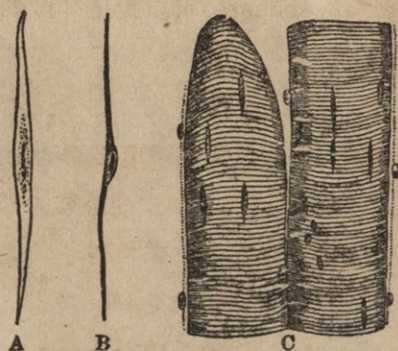
第九十六圖

人類皮膚之縱切面，用高倍放大，表示其各部之組織

## C 肌 肉

體壁之本部大部分是由肌肉組織所組成的，普通稱此種肌肉組織為「肉」，肉之厚薄在身體之各部是不一致的。在背面之中部這些肌肉圍繞着腦和脊髓（此二者得稱為中樞神經系統）以及支架組織之中軸（脊柱），而在腹部呢，這些肌肉造成了體腔之壁。在低等的脊椎動物或高等動物的胚胎時期裏，肌肉層是由一節一節的東西所組成的，此種一節一節的東西稱為肌肉節

(Myotomes但是在高等)。動物長成的時期，這種一節一節的現象大部分是不見了，因為此時大部分的肌肉體素已經成功了極複雜之長條，而伸展到四肢裏去了。（參觀第九十四圖及第九十五圖B）



第九十七圖 肌肉細胞之各種形式

A. B. 非橫紋肌肉的細胞 C. 兩小片橫紋肌的纖維(細胞), 左面的表示纖維之末端. 用高倍放大 (由 Verworn)

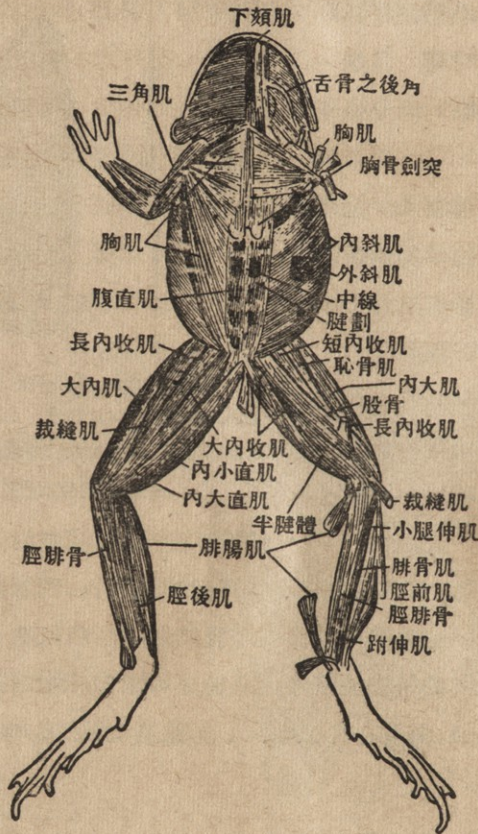
連在骨骼上的肌肉，牠的收縮可以由動物的意志而產生，這種肌肉稱為隨意肌。

能够使內臟運動的肌肉稱為不隨意肌。我們如要在顯微鏡裏區別肌肉的話，那麼肌肉細胞就可以分做三種。隨意肌肉含有橫紋肌肉細胞而不隨意肌肉是由平滑肌肉細胞所組成的。但是此地卻有一種心臟裏的肌肉是例外，心臟裏的肌肉細胞的結構和隨意肌肉細胞相近似，稱為心肌細胞。（參觀第七圖、第九十七圖及第九十八圖）

## D 骨 骼

脊椎動物身體之形式是由支架組織和保護組織的系統所維持的，這種支架組織和保護組織的系統稱為骨骼。雖說皮膜的生成物如鱗甲、羽毛和毛髮也能够造成骨骼系統的一部，稱為外骨骼，而這種外骨骼又可以和無脊椎動物的一層蔽於體外而營保護作用的皮膜相比；但是高等動物具有牠們所獨有的骨質之內骨骼，算是牠們的特點。並且牠們的內骨骼大部分是由中胚葉所變來，是這樣的



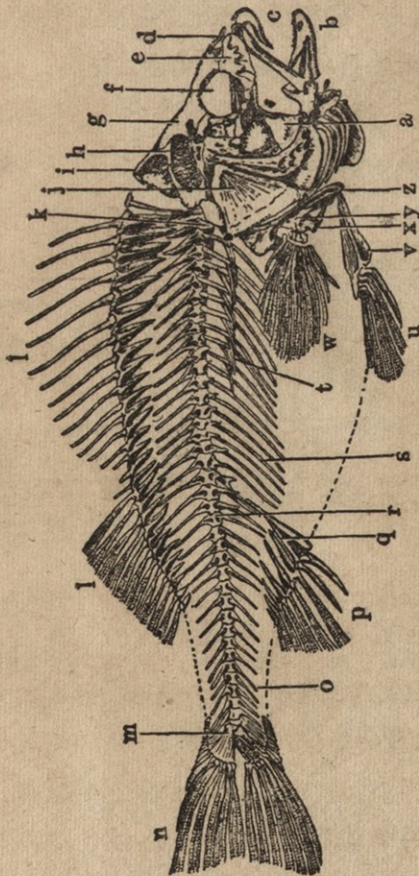


第九十八圖 蛙(*Rana temporaria*)之肌肉,腹面觀  
(由 Hegner, 仿 Parker 及 Haswell)

複雜,是這樣的互相不同,以致我們在研究內骨骼時,另外有了一種骨骼學(Osteology),而這種骨骼學居然也成功了比較解剖學裏的重要部分。

在下等的魚類,內骨骼是由堅實而有彈性的體素,軟骨或脆骨所組成的。但是從硬骨魚到人類,大部分的軟骨已經骨質化了:骨質

化的方法就是增加石灰質而變成硬骨。人類的骨骼是由二百根左右的硬骨所組成的，但是骨與骨之間，有時起初是分界很清楚的，後來卻漸漸地連在一起，不能看出分界的地方，骨的數目因此而減少，所以骨之數目在動物之生命期中不是永久不變的。（參觀第九十九圖及第一百零三圖至第一百零五圖）



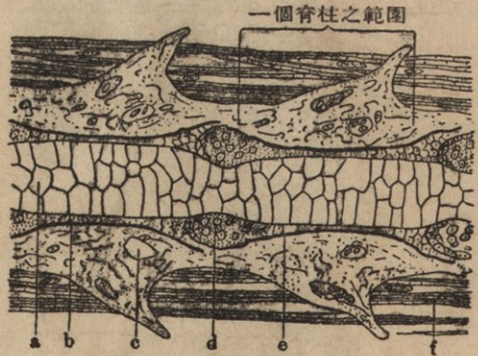
第九十九圖 硬骨魚, *Perca fluviatilis* 之骨體

a. 方骨 b. 齒 c. 門齒骨, 上頷之一部 d. 前鼻骨 e. 鼻骨 f. 視穴 g. 額骨 h. 顛頂骨 i. 上枕骨 j. 腮蓋骨, 覆於鰓孔上之骨片 k. 脊骨之中心骨 l. 中背鰭之骨骼 m. 尾鰭與脊椎柱之接連處 n. 尾鰭線 o. Haemal spines p. 肚門鰭 q. 刺間骨 r. 第一尾脊骨 s. 肋骨 t. 柱狀骨凸 u. 骨盆鰭線 v. 腹鰭之近側邊部分, 骨盆骨 w. 胸鰭線 x. y. z. 烏喙骨、肩胛骨和胸帶上之鎖骨



雖說骨頭組成身體上之主要支架，但是骨頭本身是不能把一個有機體組成一個工作着的個體的。因此我們在身體內幾個重要而必不可少的部分之間可以找到各種各樣的結締體素。這些結締體素差不多造成了大部分的器官之包膜，並且供給許多連帶，把肌肉和肌肉，肌肉和骨頭（腱），以及骨頭和骨頭（韌帶）互相連接起來。所謂內骨骼組織大部分是由硬骨、軟骨，和結締體素所組成的。內骨骼組織之特點是在細胞以內或細胞與細胞之間產生多量的無生命的物質，從這些物質之性質可以決定骨骼體素之特性。

原始的骨骼之軸是包括着一條由細胞組成的圓柱索或棒（脊索），這一個圓柱索的位置是在體壁之背面中線的地方，恰巧是在腦和脊髓之下，體腔之上。但是在大多數的脊椎動物的身體裏，這種脊索不過是暫時的組織，到了發育的時期稍遲的時候，就有一部分或是整個兒的被一種軟骨質或硬骨質的東西所替代，此種東西稱為脊椎骨，脊椎骨造成脊柱或脊骨。這就是



第一百圖 脊柱在發育時的縱斷面的圖形，表原索鞘被軟骨所侵佔，而造成了脊骨之中心骨

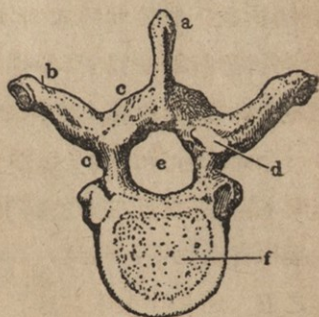
- a. 脊索 b. 脊索鞘 c. 結締體素中的血管  
d. 侵佔脊索而自身正在生長的軟骨 e. 造成脊骨之硬骨 f. 肌肉體素

脊椎動物和無脊椎動物或無脊骨動物相比較時所特有的結構。（參觀第九十四、第九十五及第一百圖）

高等動物的可以做代表的脊椎骨是由底部，叫做中心骨（Cen-

trum), 和被中心骨所支持着的神經弧骨所組成的。這中心骨和神經弧骨造一個保護脊髓神經的環。從脊椎骨的各部伸出許多骨凸 (Processes), 這許多骨凸和相近的骨造成關節, 或是做肌肉的附着處 (Attachment) 以及其他的用處。在哺乳類, 脊椎骨與脊椎骨之間, 還有由軟骨做成的墊子, 這些墊子可以減少身體的震動。(參觀第一百零一圖)

有的動物在脊椎骨的橫出的骨凸上有肋骨(Ribs)連在上面。肋骨在體壁之內向外再向下伸長而和在腹面之中線的胸骨 (Sternum) 相連。所以在長成的高等脊椎動物, 脊椎骨的中心骨完全占有了脊索的地位; 在中心骨的上面有神經弧骨環覆成神經管腔 (Neural canal), 管腔內有脊髓神經, 在下面, 有橫出的骨凸、肋骨和胸骨包圍着體腔的前部。(參觀第九十五圖、第一百零一圖和第一百零五圖)



第一百零一圖

人類脊椎骨之代表 (胸部第十根)  
a. 神經骨刺 b. 橫出骨凸 c. 神經弧骨 d. 前關節面 e. 脊髓所經之神經管 f. 替代早期胚胎時之脊索的中心骨

脊椎動物的頭包括消化管和神經管之前端, 腦, 以及主要的感覺器官。在低等的魚類, 頭是由一個軟骨之箱所保護着的。但在較高等的動物, 這種軟骨之箱就被硬骨之顛 (Skull) 所替代, 牠的下面和脊柱的第一個脊骨連成關節。顎骨或口之支架和顛骨相接。

顛骨和脊柱造成了主要的骨骼之中軸, 在這中軸上掛着四肢的骨骼, 即就是兩兩成對的四肢 (鰭和肢) 和牠們的支架組織 (繫帶 Girdles) 的支架。四肢的骨骼在魚類的前一對鰭 (即胸鰭