

大學教本

生物學綱要

FOUNDATIONS OF BIOLOGY

Lorande Loss Woodruff

黃廣祥譯述

龍門聯合書局發行

Foundations of Biology

Lorande Loss Woodruff 著

黃 賡 祥 譯 述

龍門聯合書局發行

生物學綱要



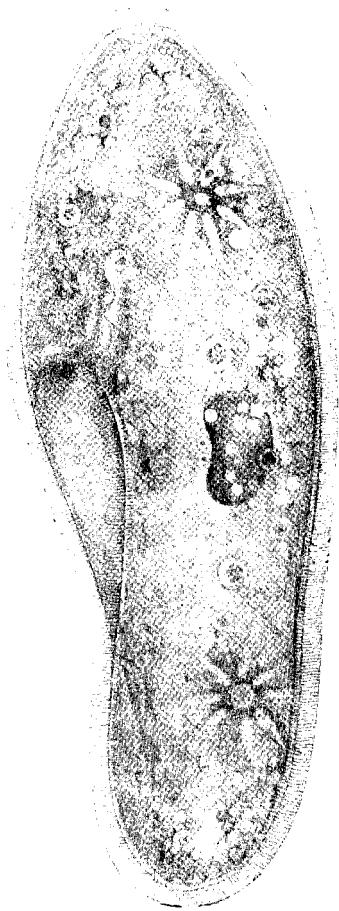
版權所有·翻印必究

著者	L. L. Woodruff
譯述者	黃 廣 祥
出版者	嚴 幼 芝 上海茂名北路300弄3號 電話 3 0 2 7 7 號
發行者	龍 門 聯 合 書 局 上海河南中路210號 電 話 1 7 6 7 4 號
分售處	龍門聯合書局各地分局 南京分局·太平路太平商場 北平分局·琉璃廠103號 重慶分局·中山一路318號 廣州分局·漢民北路204號 漢口分局·江漢一路3號 杭州分局·東坡路57號

精裝實價國幣三十六元

外埠酌加郵運費。

中華民國三十七年三月初版



Paramecium Aurelia

小 引

國內大學教師，凡留學英美者，平日講學，所採用之課本，類皆英文原版。普通一年級大學學生，英文程度既參差不齊，科學基礎又不一致，程度薄弱之人，強之用英文課本，往往杆格難入，幾有嗅而不知其味之苦，學習時間，殊感浪費。譯者歷任廈門，滬江，光華，河南，復旦各大學及東南醫學院生物學教授，凡十數寒暑，本平日之經驗，默察學生對科學缺乏興趣，並非不明其理，不達其辭，乃以英文語言作梗耳。爰譯此書，以資借鏡。

黃廣祥誌于光華大學生物室
二八年，夏

譯述第六版小言

原著第六版距前第五版已十年，此十年期間生物學界有不少新發現與新貢獻，此本書增訂之所由起也。第十八章內分泌第二十七章人之初為新編纂，其餘各章亦多修飾並補充，章節次序作更系統化之排列，插圖增加，使讀者易於理會。原著作人伍德樂夫教授年已古稀，努力不懈，精神可佩。

第五版譯本印行近十年，今日國內科學依然落後，編著徒勞，爰重譯此書。

二十年前，老師哥倫比亞大學研究院教授威爾遜博士與摩爾根博士之肖像，已呈於第二十九章生物學史上，譯者驚喜之餘，又自愧疚止此已。

黃廣祥誌于金華
三六年，春

第六版序

本書各期增訂，向例搜羅各種有關文獻。本版中新圖表與新論據多採取自下列各冊，並徵著作人與發行人之同意。

柏利：植物祖先(Berry's Plant Ancestors, Williams and Wilkins Co.) 辛挪特與丹恩：遺傳學大綱(Sinnott and Dunn's Principles of Genetics, Mc Graw-Hill), 庫諾：原生動物學(Kudo's Protozoology, C. C. Thomas), 海格尼：大學動物學(Hegner's College Zoology), 海蘭德：植物世界(Hylander's World of Plant Life) 馬維：普通生物學(Mavor's General Biology), 窩爾特：脊椎動物學(Walter's Biology of the Vertebrates, Macmillan), 沙曼吁耶：脊椎胚胎學(Shumway's Vertebrate Embryology, John Wiley and Sons), 美國國立博物館 (American Museum of Natural History), 俄亥俄州地質測量所 (Geological Survey of Ohio), 生物材料供應所 (General Biological Supply House), 威廉茲一伍德公司 (William Wood and Company), 芝加哥大學出版部 (University of Chicago Press), 耶魯大學出版部 (Yale University Press).

一九四四年伍德樂夫序

初 版 序

爲適合於大學課本，及普通學者之需要，本書集中生物學之基本原則，舉其大概，庶幾無過繁過簡之弊。

科學注重事實，對於各種生物個體之構造與生理，逐步順序解釋之，使初學者易於瞭解，知其所以然。著者深覺實驗工作，可以提高學者之興趣，故書中所採用之各種生物材料，皆經過謹慎選擇，且在耶魯大學內費了幾許年月，經過數千學生之試用，始決定之。

生物學爲動物學與植物學兩書之集成，所以本書所選用材料，皆動物植物兩界中之最普遍最切要者，庶研究生物學之高深學問者可得一基礎學識，而一班僅欲明瞭生物界之普遍現象者，亦生興趣焉。本書既爲動植物兩科之導本，故對於動物植物分章討論，不相混合，八九兩章，專論植物，凡注重動物學者，可不必讀。

書內各種材料，概選自標準書籍，凡與生物學有關係各書，無不搜羅。著者對於各參考書之著作人及發行人摯誠感謝。威爾德教授所著之人體歷史 (Wilder's History of The Human Body)，孔克林教授之人類發展與遺傳及環境 (Conklin's Heredity and Environment in The Development of Men)，伽農教授之植物學課本 (Ganong's Textbook of Botany)，及卡特爾教授之植物性之進化 (Coutler's Evolution of Sex in Plants)，諸書獲助最多，著者格外感激。

辣斐德大學孔克爾教授 (B. W. Kunkel of Lafayette College)

對本書予以有價值之評批與指導，依利諾大學卡麥郎教授 (E. H. Cameron of The University of Illinois)，耶魯大學教授赫禮孫 (R. G. Harrison)，庫 (W. R. Coe)，拍脫倫克畢克 (A. Petrunkevitch) 翁達喜爾 (F. P. Underhill)，羅凌司 (Henry Laurens)，拜司爾 (G. A. Baitsell)，司蔭吉爾 (W. W. Swingle)，及巴克寧博士 (J. W. Buchanan)，或曾閱過本書之原稿，或讀過本書之複寫版。拜司爾教授對本書各期編印中予以詳細之閱讀，司賓塞女士 (Miss Hope Spencer)當本書付印時詳為校對，內子瑪珈爾特 (Margaret Mitchell) 所給與之批評與互助，編者非常感激。

書中插圖皆擇最普遍而適於教學者，此種圖解或就原版修改，或完全重繪，皆耶魯大學赫禮孫君 (R. E. Harrison) 一人之力。一切圖解皆經原著人與出版人之特許，著者獲益不少，特表謝忱。

卡爾特等：植物學課本 (Textbook of Botany, Coutler, Barnes & Cowles);

卡爾特：植物生命與植物功用 (Coutler's Plant Life & Plant Uses);

以上為 American Book Co. 出版。

克爾可特：人類社會之演化 (Kellicotts Social Direction of Human Evolution);

佐頓等：動物生命與進化 (Jordan & Kellogg's Evolution and Animal Life);

達爾文傳與信札 (Darwin's Life and selected Letters);

赫胥黎傳與信札 (Huxley's Life and Letters);

以上爲 D. Appleton & Co. 出版。

福爾遜：昆蟲學 (Folsom's Entomology)；

伽爾：植物學綱要 (Gager's Fundamentals of Botany)；

以上爲 P. Blakiston's Sons & Co. 出版。

真寧茲：下等生物之行動 (Jenning's Behavior of the Lower Organisms)；

以上爲 Columbia University Press 出版。

卑爾根：基本植物學 (Bergen's Foundations of Botany)；

卑爾根等：應用植物學 (Bergen and Caldwell's Practical Botany)；

卑爾根等：植物學綱要 (Bergen and Davis' Principles of Botany)；

且司摩爾：普通植物學 (Densmore's General Botany)；

毫等：人體機構 (Hough and Sedgwick's The Human Mechanism)；

林維爾等：普通動物學 (Linville and Kelly's General Zoology)；

以上爲 Ginn & Co. 出版。

克爾可特：普通胎生學 (Kellicott's General Embryology)；

塞澤偉克等：普通生物學 (Sedgwick and Wilson's General Biology)；

以上爲 Henry Holt & Co. 出版。

摩爾根：遺傳之物理基礎 (Morgan's Physical Basis of Heredity)；

以上爲 J. P. Lippincott & Co. 出版。

羅孟：達爾文時代達爾文後 (Romanes' Darwin and After Darwin)；

以上爲 Open Court Publishing Co. 出版。

孔克林：人體發展與遺傳及環境 (Conklin's Heredity and Environ-

ment in the Development of Men);

以上爲 Princeton University Press 出版。

孔等:生理與衛生(Conn and Budington's Physiology and Hygiene);

以上爲 Silver, Burdett & Co. 出版。

卡爾特:植物性之進化 (Coutler's Evolution of Sex in Plants);

以上爲 University of Chicago Press 出版。

阿波特:普通生物學 (Abbott's General Biology);

巴克寧:細菌學 (Buchanan and Buchanan's Bacteriology);

坎柏爾:大學植物學課本 (Campbell's University Textbook of Botany);

伽農:大學植物學課本(Ganong's Textbook of Botany for Colleges);

海格尼:大學動物學課本(Hegner's College Zoology and Introduction to Zoology);

和模:蛙之生物學 (Holmes' Biology of the Frog);

赫胥黎:生理學 (Huxley's Physiology);

蘭加斯德:動物學總論 (Lankester's Treatise on Zoology);

羅勒:天演論 (Lull's Organic Evolution);

派克特:昆蟲學課本 (Parkard's Textbook of Entomology);

派克:神經系統 (Packer's The Elementary Nervous System);

派克等:動物學課本(Packer and Haswell's Textbook of Zoology);

派克:實用動物學 (Packer and Packer's Practical Zoology);

司科忒:天演論 (Scott's The Theory of Evolution);

士普利等：動物學 (Shiple and Mc Bride's Zoology);

維衛蒙：普通生理學 (Verworm's General Physiology);

窩爾特：遺傳學與人之骨骼 (Walter's Genetics and the Human Skeleton);

維德錫謨：脊椎動物比較解剖學 (Weidersheim's Comparative Anatomy of Vertebrates);

威爾遜：細胞論 (Wilson's The Cell);

以上為 The Macmillan Co. 出版。

一九二二年耶魯大學伍德樂夫序

目 錄

第一章 生物學之範圍.....	1
The Scope of Biology.	
甲 生命之起源.....	2
Origin of Life Lore.	
乙 生物科學.....	3
Biological Sciences.	
丙 生物學與人生.....	5
Biology and Human Progress.	
第二章 構成生命之細胞.....	7
Cellular Organization of Life.	
甲 細胞.....	9
The Cell.	
乙 細胞分裂.....	13
Cell Division.	
第三章 生命之基本物質.....	14
The Physical Basis of Life.	
甲 原生質觀念.....	15
The Protoplasm Concept.	
乙 生命物質一元化.....	18

	Unique Characteristics of Living Matter.	
一	結構.....	19
	Organization.	
二	化學組成.....	21
	Chemical Composition.	
三	代謝作用.....	25
	Metabolism.	
四	維持常狀與生長.....	27
	Maintenance and Growth.	
五	生殖.....	28
	Reproduction.	
六	激感與適應.....	29
	Irritability and Adaptation.	
第四章	生物之代謝作用.....	32
	Metabolism of Organisms.	
甲	綠色植物.....	32
	Green Plants.	
一	綠球藻.....	32
	Protococcus.	
二	營養料之綜合.....	33
	Food Making.	
三	呼吸.....	36

	Respiration.	
乙	動物.....	37
	Animals.	
一	變形蟲.....	38
	Amoeba.	
二	攝取營養料.....	39
	Food Taking.	
三	呼吸與排泄.....	40
	Respiration and Excretion.	
丙	非綠色植物.....	41
	Colorless Plants.	
一	細菌.....	41
	Bacteria.	
二	自然界中元素之環輪.....	43
	Cycle of the Elements in Nature.	
三	爛草浸液中之小世界.....	46
	The Hay Infusion Microcosm.	
第五章	複細胞生物.....	50
	The Multicellular Organism.	
第六章	植物本體.....	58
	The Plant Body.	
甲	結構.....	61

Structure.	
一	根之種類.....64 Types of Roots.
二	根之組成.....68 Histology of Roots.
三	莖之種類.....71 Types of Stems.
四	莖之組成.....73 Histology of Stems.
五	葉之種類.....78 Types of Leaves.
六	葉之組成.....81 Histology of Leaves.
乙	生理.....83 Physiology.
一	轉運.....85 Translocation.
二	蒸發.....88 Transpiration Stream.
三	養料之利用.....90 Food Utilization.
四	激感與適應.....90

Irritability and Adaptation.

第七章 植物之生殖..... 95

Reproduction in Plants.

甲 孢子之組成.....96

Spore Formation.

乙 配子之組成.....98

Gamete Formation.

丙 性之分化.....99

Sex Differentiation.

丁 生殖器官..... 101

Reproductive Organs.

戊 世代交替..... 103

Alternation of Generations.

一 蘚族植物..... 103

The Moss.

二 羊齒植物..... 106

The Fern.

三 水蕨族..... 109

Water Ferns.

四 種子植物..... 110

Seed Plants.

己 種子與葉實..... 116

Seed and Fruit.

第八章 植物界之回顧 123

Survey of the Plant Kingdom.

甲 葉狀體植物 123

Thallophytes.

一 藻族 124

Algae.

二 菌族 130

Fungi.

乙 苔蘚植質 136

Bryophytes.

一 苔綱 137

Hepaticae.

二 蘚綱 139

Musci.

丙 羊齒植物 140

Pteridophytes.

一 石松綱 141

Lycopsida

二 木賊綱 141

Sphenopsida.

三 羊齒綱 142

	Pteroksida.	
丁	種子植物.....	144
	Spermatophytes.	
一	裸子植物.....	145
	Gymnosperms.	
二	被子植物.....	147
	Angiosperms.	
A.	雙子葉植物綱.....	149
	Dicotyledons.	
B.	單子葉植物綱.....	154
	Monocotyledons.	
戊	古代植物.....	160
	Plants of the Past.	
己	植物分佈.....	164
	Plant Distribution.	
庚	植物分類.....	168
	Synoptic Classification of Plants	
第九章	動物本體 (無脊椎動物)	170
	The Animal Body (Invertebrate)	
甲	主要動物	170
	The Chief Groups of Animals.	
乙	水螅.....	172

	Hydra.	
丙	蚯蚓.....	174
	Earthworm.	
	一 身體之設計.....	175
	Body Plan.	
	二 纖維與器官.....	179
	Tissues and Organs.	
	三 器官系統.....	181
	Organ Systems.	
丁	龍蝦.....	182
	Crayfish.	
	一 外部解剖.....	188
	External Anatomy.	
	二 內部解剖.....	189
	Internal Anatomy.	
第十章	動物界之回顧（無脊椎動物）.....	194
	Survey of the Animal Kingdom (Invertebrate)	
甲	原生動物.....	194
	Protozoa.	
乙	海綿動物門.....	207
	Porifera.	
丙	腔腸動物門.....	212

	Coelenterata.	
丁	扁形動物門.....	221
	Platyhelminthes.	
戊	圓形動物門.....	223
	Nemathelminthes.	
	擔輪類，苔蘚類，腕足類.....	225
	Trochelminthes, Bryozoans, and Brachiopods.	
己	環形動物門.....	227
	Annelida.	
庚	棘皮體物門.....	230
	Echinodermata.	
辛	軟體動物門.....	235
	Molluscs.	
壬	節足動物門.....	240
	Arthropoda.	
癸	無脊椎動物分類.....	250
	Synoptic Classification of Invertebrates.	
第十一章	動物界之回顧（脊椎動物）.....	254
	Survey of the Animal Kingdom (Vertebrates.)	
甲	魚綱.....	257
	Pisces.	
一	軟骨魚.....	257

	Cartilaginous Fishes.	
二	硬骨魚.....	259
	Bony Fishes.	
乙	兩棲綱.....	262
	Amphibia.	
一	蝶螈與水蜥.....	263
	Salamanders and Newts.	
二	蟾蜍與蛙.....	265
	Toads and Frogs.	
丙	爬蟲綱.....	265
	Reptilia.	
一	龜與鼈.....	267
	Turtles and Tortoises.	
二	尖鼻鱷與短吻鱷.....	267
	Crocodiles and Alligators.	
三	蜥蜴與蛇.....	267
	Lizards and Snakes.	
丁	鳥綱.....	269
	Aves.	
戊	哺乳綱.....	271
	Mammalia.	
一	一穴類.....	272

	Monotremes.	
二	有袋類.....	273
	Marsupials.	
三	有胎盤類.....	274
	Placentals.	
己	脊椎動物分類.....	277
	Synoptic Classification of Vertebrates.	
第十二章	動物本體（脊椎動物）.....	280
	The Animal Body (Vertebrate)	
甲	身體之設計.....	281
	Body Plan.	
乙	皮膚.....	284
	Skin	
丙	肌肉.....	285
	Muscles.	
丁	骨骼.....	287
	Skeleton.	
戊	人體.....	297
	The Human Body.	
己	脊椎動物最顯著之特徵.....	299
	Distinctive Vertebrate Characters.	
第十三章	營養.....	304

Nutrition.

- 甲 口腔，喉頭，與食道..... 307
Buccal Cavity, Pharynx, and Esophagus.
- 乙 胃..... 308
Stomach.
- 丙 小腸..... 309
Small Intestine.
- 一 肝與胰..... 310
Liver and Pancreas.
- 二 吸收..... 313
Absorption.
- 三 分佈..... 313
Distribution.
- 丁 大腸..... 314
Large Intestine.
- 戊 食物之功用..... 316
Food Use.
- 己 維生素..... 316
Vitamins.
- 庚 內分泌腺..... 320
Ductless Glands.

第十四章 循環..... 321

Circulation.

- 甲 下等脊椎動物之循環…………… 324

Circulation in the Lower Vertebrates.

- 乙 高等脊椎動物之循環…………… 329

Circulation in the Higher Vertebrates.

第十五章 呼吸…………… 337

Respiration.

- 甲 肺…………… 338

Lungs.

- 乙 呼吸機構…………… 340

Respiratory Mechanism.

- 丙 呼吸輪迴…………… 342

Respiratory Interchange.

第十六章 排泄…………… 345

Excretion.

- 甲 腮與肺…………… 346

Gills and Lungs.

- 乙 皮膚…………… 346

Skin.

- 丙 肝臟…………… 347

Liver.

- 丁 腎臟…………… 347

Kidneys.

一 尿.....348

Urine.

二 腎臟之進化.....350

Evolution of Kidneys.

第十七章 生植 353

Reproduction.

甲 生殖腺..... 353

Gonads.

乙 子宮之發展..... 357

Uterine Development.

丙 腎殖系統..... 359

Urogenital System.

第十八章 調濟作用（內分泌）..... 363

Coordinati n (Endocrinal)

甲 胰腺..... 364

Pancreas.

乙 生殖腺..... 365

Gonads.

丙 小腸..... 366

Small Intestine.

丁 甲狀腺..... 366

Thyroid.

戊 甲狀腺附近腺..... 368

Parathyroids.

己 副腎腺..... 368

Adrenals.

庚 黏液腺..... 369

Pituitary.

辛 松葉腺..... 370

Pineal Body.

壬 胸腺..... 371

Thymus.

第十九章 調濟作用(神經)..... 372

Coordination (Nervous)

甲 中樞神經系統..... 375

Central Nervous System.

乙 腦神經與脊神經..... 380

Cranial and Spinal Nerves.

丙 自動神經系統..... 386

Autonomic System.

丁 感覺器官..... 386

Sense Organs.

一 觸覺..... 388

	Cutaneous Senses.	
二	味覺.....	388
	Sense of Taste.	
三	嗅覺.....	388
	Sense of Smell.	
四	聽覺.....	389
	Ear.	
五	視覺.....	392
	Eye.	
戊	一髮動全身.....	396
	The Organism as a Whole.	

第二十章 生命之起源	399
Origin of Life	
甲 生物發生說與自然發生說	399
Biogenesis and Abiogenesis	
乙 地球上生命之起源	403
Origin of Life on the Earth	
一 宇宙間起源	404
Cosmic Origin	
二 地球上起源	406
Terrestrial Origin	
第二十一章 生命之連續	411
The Continuity of Life	
甲 生殖	411
Reproduction	
乙 種細胞之起源	422
Origin of the Germ Cells	
一 間接分裂	424
Mitosis	
二 種細胞之染色體	430

	Chromosomes of the Germ Cells	
三	精蟲之組成	431
	Spermatogenesis	
四	卵子之組成	432
	Oögenesis	
五	染色體之輪迴	436
	The Chromosome Cycle	
第二十二章	授胎作用	440
	Fertilization	
甲	配子	440
	Gametes	
乙	配子之接合	442
	Union of Gametes	
一	合一胞核	444
	Synkaryon	
二	授胎之意義	445
	Significance of Fertilization	
	原生動物	445
	Protozoa	
	後生動物	450
	Metazoa	
第二十三章	胚胎發展	453

Development

甲	蚯蚓之胎生學	453
	Embryology of the Earthworm	
乙	蛙之胎生學	458
	Development of the Frog	
一	種細胞形成與產卵	458
	Germ Cell Formation and Spawning	
二	授胎作用與胚胎形成	459
	Fertilization and Embryo Formation	
三	幼蟲期與變態	462
	Larval Stages and Metamorphosis	
丙	高等脊椎動物之胎膜	463
	Embryonic Membranes of the Higher Vertebrates	
丁	胚胎發展問題之檢討	469
	Problems of Development	
一	新生論對預成說	470
	Epigenesis versus Preformation	
二	組成物質	476
	Organizers	
三	機能之實現	478
	Realization of Function	
	第十四章 遺傳	480

Genetics

甲	歧異性質之遺傳	485
	Heritability of Variations	
一	變更	484
	Modifications	
二	復合	487
	Recombinations	
三	突變	487
	Mutations	
乙	哥爾通法則	488
	Galton's Studies	
丙	孟德爾原則	490
	Mendelian Principles	
一	單性遺傳	491
	Monohybrids	
二	二性遺傳	495
	Dihybrids	
三	三性遺傳	499
	Trihybrids	
四	總論	499
	Summary	
丁	孟德爾比率之變更	50E

Alterations of Mendelian Ratios

戊 遺傳機械 508

Mechanism of Inheritance

一 兩性之判定 512

Sex Determination

二 羣聚 515

Linkage

三 交切 518

Crossing-over

四 突變 519

Mutation

己 天然與養成 525

Nature and Nurture

第二十五章 生物之適應 529

Organic Adaptation

甲 環境適應 530

Adaptations to the Physical Environment

一 生理上之適應 530

Adaptations Essentially Functional

食物 530

Food

熱力 533

	Temperature	
	氣壓	536
	Pressure	
二	構造上之適應	537
	Adaptations Essentially Structural	
	哺乳動物放射性之適應	537
	Adaptive Radiation of Mammals	
	動物體色	542
	Animal Coloration	
	蜜蜂之肢	548
	Legs of the Honey Bee	
乙	生活適應	555
	Adaptations to the Living Environment	
一	同生植物	557
	Plant Associations	
二	團聚	559
	Communal Associations	
三	共棲	560
	Symbiosis	
四	寄生	562
	Parasitism	
五	免疫	566

Immunity

丙 個體適應 568

Individual Adaptability

第二十六章 物種之起源 574

Origin of Species

甲 有機進化之證據 576

Evidences of Organic Evolution

一 分類學 577

Classification

二 比較解剖學 582

Comparative Anatomy

三 古生物學 586

Paleontology

四 胎生學 594

Embryology

五 生理學 598

Physiology

六 分佈 600

Distribution

乙 有機進化之因素 604

Factors of Organic Evolution

一 拉馬克主義 604

	Lamarckism	
二	<u>達爾文主義</u>	605
	Darwinism	
三	<u>遺傳與天演</u>	609
	Genetics and Evolution	
	選擇	609
	Selection	
	天演法則	614
	Method of Evolution	
第二十七章	<u>人之初</u>	619
	The Human Background	
甲	<u>人類之遠祖</u>	619
	The Prehuman Lineage	
乙	<u>人類進化之特徵</u>	627
	The Characteristics of Human Evolution	
丙	<u>化石人</u>	628
	Fossil Man	
一	<u>直立人猿</u> — <u>爪哇人</u>	628
	Pithecanthropus "erectus-Javaman"	
二	<u>海埤爾堡人</u>	629
	Heidelbergman—Homo Paleanthropus	
三	<u>披爾德唐</u> 人	630

	Dawaman of Pitdown— <i>Eoanthropus dawsoni</i>	
四	<u>尼安台爾塔爾人</u>	631
	Neanderthalman— <i>Homo neanderthalensis</i>	
五	<u>北京人</u>	633
	<i>Sinanthropus pekinesis</i>	
六	<u>羅迪先人</u>	633
	Rhodesianman— <i>Homo Rhodesiensis</i>	
七	<u>近世人</u>	635
	<i>Homo sapiens</i>	
	<u>克羅曼農人</u>	635
	Cro-Magnonman	
	<u>格林摩爾地人</u>	635
	Grimaldi man	
丁	人種及其分佈	637
	Human Races and Distribution	
戊	文化	638
	Cultural Development	
一	<u>曙石器時代</u>	638
	Eolithic Age	
二	<u>古石器時代</u>	640
	Palaeolithic Age	
三	<u>中石器時代</u>	644

	Mesolithic Age	
四	新石器時代	646
	Neolithic Age	
五	金屬器時代	649
	Age of Metals	
第二十八章	生物學與人生	653
	Biology and Human Welfare	
甲	醫藥	655
	Medicine	
一	微生物與疾病	656
	Microorganisms and Disease	
1	瘧疾	658
	Malaria	
2	黃熱病	661
	Yellow Fever	
3	梅毒	663
	Syphilis	
二	寄生蟲	664
	Parasite Worms	
	吸蟲	664
	Trematodes	
	條蟲	668

	Costodes	
	線蟲	670
	Nematodes	
三	健康與福利	671
	Health and Wealth	
乙	生物學與農業	673
	Biology and Agriculture	
一	動物性與植物性營養物	673
	Plant and Animal Food	
二	動物之害蟲	675
	Insects Injurious to Animals	
三	植物之害蟲	679
	Insects Injurious to Plants	
四	益蟲	685
	Beneficial Insects	
五	有害植物	689
	Plants Injurious to Plants	
丙	天然富源之保存	691
	Conservation of Natural Resources	
丁	建設生物學	694
	Constructive Biology	
一	植物與動物	695

	Plants and Animals	
二	人類	695
	Man	
第二十九章	生物學史	701
	Biological History	
甲	希臘時代與羅馬時代之科學	701
	Greek and Roman Science	
乙	中古時代與文藝復興時代之科學	704
	Medieval and Renaissance Science	
丙	顯微鏡發明家	707
	The Microscopists	
丁	生物學之分門	711
	Development of the Subdivisions of Biology	
一	分類學	712
	Classification	
二	比較解剖學	713
	Comparative Anatomy	
三	生理學	715
	Physiology	
四	組織學	720
	Histology	
五	胎生學	721

	Embryology	
六	遺傳學.....	725
	Genetics	
七	有機進化論.....	727
	Organic Evolution	

生物學綱要

第一章 生物學之範圍

The Scope of Biology

科學之材源無窮無盡，其範圍廣泛無邊，其問題渺茫無極，其目的遙遠難期。——Von Baer

亘古迄今，宇宙間萬物，不外分爲有生命者與無生命者兩種，經過千萬學者數百年之觀察與研究，乃定有生命者爲生物，無生命者爲無生物。研究生物之學問，總稱曰生物學；非生物之學問，曰物質科學。研究生物學之方法，恰如研究其他科學然，必須有一定之目標，即盡量運用科學之基本原則，藉觀察之所得，而敘述生物之現象。生物所具之生命現象，乃化學家所稱「質」與物理學家所稱「能」兩者互相合作之結果。生命固然不離「質」與「能」合作之原理，學者祇知其然，而不知其所以然。

設有人問；生命究竟如何構成，稍有學識者，應當守口如瓶；近世生物學家之埋頭研究，無非爲此不易解決之難題。生物學家盡量運用種種方法，對於一切生物之生命現象，均有極精密之研究，與詳細

之考察，結果祇能將生物與無生物之界限劃清，至其生命物質與無機物質之區分，則雖至微之原生生物，亦無從作答。

吾人之研究生物，並不亟亟欲解決生命之意義之謎，惟專神運用科學方法，集中各門學識，希望對於生命之起源問題，作一有系統有理性之分析。至於研究方法，須依賴所考察及實驗之所得，使一極複雜之問題，漸成爲簡單之答案。

甲 生命之起源 Origin of Life Lore

首創科學方法以研究與生命有關係之學問者，當推亞里士多德 (Aristotle) 與 提奧夫刺斯特師 (Theophrastus)，遠在二千年前，兩氏對各種生物，不斷蒐集，剖解，及分類；經過精密考慮，始得其大概而樹科學之基礎。前人所倡導之種種理論，經後世學者繼續之努力，已逐漸現諸事實。前人每研究一物，毫無參考材料，全賴自己之觀察，不能不欽佩其奮鬥精神也。自希臘迄十五世紀，可稱爲科學之黑暗時代，人類受宗教教育之壓迫，對科學學問，非特毫無進步，甚至以前研究之所得，皆遭埋沒，深爲可惜！

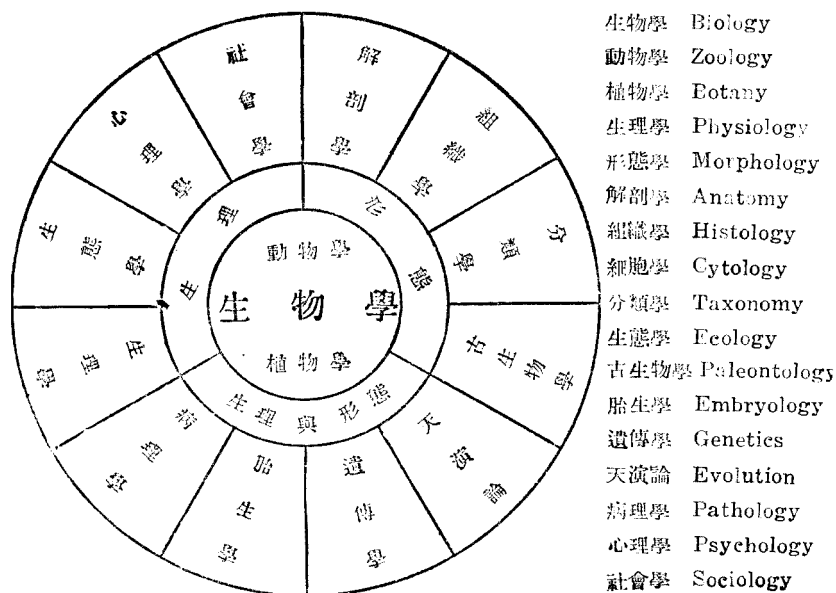
科學之復興，始自十六世紀，原因雖然不一，不過人類本性善於破壞，亦善於改造，爲好奇之心所驅使，乃有自然學史與人生史之編纂。自然科學方面，對礦物，植物，動物，及地域等，均分門研究，今之所謂天文學，物理學，化學，地質學，及生物學皆發源於此。天文學，物理學與化學三科之材料，因比較上便於實驗及估計，乃各自立門戶；動物學，植物學及地理，則總名之曰觀察科學。

十九世紀初葉，法人拉馬克（Lamarck）因生平研究有素，深悉植物與動物具有共同之現象，乃名之曰生物學（Biology）。生物學並不以包括動物科學——動物學（Zoology）與植物科學——植物學（Botany）於同一名稱之下為已足，尙須描述動物與植物之特性和揭發其共通之原理也。

乙 生物科學 Biological Sciences

生物學家之主要工作，如生物之分門別類，生物之特殊現象及習慣；至於動物與植物個體為何必需如是構成，為何具有種種不同之機能，則不在科學範圍之內，乃抽象之哲學也。

第1圖 各門主要生物科學



研究生物，必先就其個體結構，與生理機能，兩者着手。前者稱為形態學——檢查個體之形態與組成，後者稱為生理學——考研個體之機能功用。個體之生理作用，可謂化學化與機械化兩者之分工合作。形態學與生理學有不可分離之關係，個體必先由器官構成，然後發生生理作用；換言之，因生理作用之需要，個體乃不能缺少其機構。形態學與生理學之分門，因其所研究之性質不同也。形態學專論動植物之外觀模型；解剖學專論個體各部之構成；組織學專論各器官或纖維之組成；細胞學乃研究各種纖維所具之基本物質——即細胞；同時生理學則追究動植物之生命現象，如器官作用，纖維特性，細胞機能——即原生質之物質之化學向性。前述各科祇論及已成長之動物與植物，然動植物個體之發展生長，及每一個體發展之歧異與分化，尙未論及。此種學問端賴胎生學，與遺傳學之探討，乃告完成。至於物種起源，或有機進化，(Organic Evolution) 其範圍廣泛，必就生物之生理與結構同時兼顧。本上述各門之分工研究，然後對於生命始有澈底之認識。

研究生物學，猶如研究其他自然科學然，因材料之日增月積，一人之精力有限，乃不得不分門研究，使長其所長，精益求精，各成專科學問。原生質為生命之基本物質，原生質本身乃含有潛能之化合物；所以生物學家欲明瞭原生質之組成，必須追究元素及其所具之潛能。誠如是，則物理學與化學乃生物科學之基礎科學；惟不可以為併合物理學與化學而成生物學。吾人應當明白，原生質雖由化學元素組成。但此種化學物必在原生質特性之下，始克組成。

單就一方面言之，物理學與化學既為生物學之基礎科學，生物學亦可稱為生物化學 (Biochemistry)，及生物物理學 (Biophysics)。就另一方面言之，社會學與心理學乃人類獨有之動物性科學，所以生物學亦可稱為精神科學 (Psychical Science)。一切科學皆隨人類之智識而產生，一切學問皆受人類之支配。設就廣義言之，生物學乃一百科全書，亦非誇大其辭。

丙 生物學與人生 Biology and Human Progress

欲知生物界之基本原則，及自然界之普遍法則之價值，生物科學實獨佔其主要地位；赫肯黎曰：「生命與幸福間之關頭，善於運用與不善於運用，正如棋局之分勝負，棋手必須先知棋子之名稱及運用，然後方有攻守之道。父母育子，未有不盡培養教導之責者；國家對於公民，必須使人人皆任兵役之責；非然也，則無以圖存。凡屬人類，未有不謀舒適之生活，未有不為其本身幸福着想者；但欲圖存享福，其所負責任較之玩棋更為繁重。人類譬如棋手，地球譬如棋盤，自然界譬如棋局，天然法則譬如門法，無分男女，人人皆須參加爭鬥。善於門法者勝，不善於門法者敗。」

生物科學所貢獻於人類者——生存之道也——惟非一言可以蔽之，書中自有詳細討論。現在應當鄭重申明者，生物學之基本原則，有無限運用——人類之一舉一動，思想之進化，智識之發達，全由生物科學所賞賜。更有進者，人生與環境之爭鬥，亦以生物學之基本原則為準繩。至於醫藥之供保健，農業以增生產，非生物科學之指導將無所

遵循。最後，所謂生活富裕，生物亦與有功焉，非然者，將貧不可聊生。

人類受生物科學之惠，非獨享盡物質與幸福而已；人格之提高，審美觀念與思想及智識之進步，又何常不然。至於操縱萬物，啓發宇宙間之神秘，滿足人類之慾望，其價值亦不可忽視。人類雖亦不過生物之一份子，惟其所處地位獨優，所以不可自暴自棄，而推却其所應當獨負之重責。

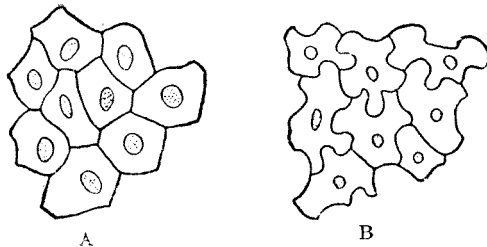
第二章 構成生命之細胞

Cellular Organization of Life

自然界中最重要定律，法則，與程序之發現，咸從微渺物質中所蘊藏探尋而來。當時目為無關輕重問題，往往成爲最有價值貢獻。—— Lamarck

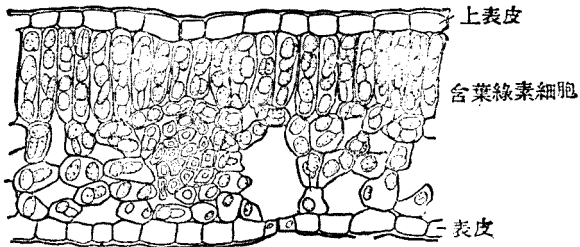
生物學之範圍，綱要，及其目的，集中於生命問題上。研究此種問題，須從動物與植物着手。（參考第2圖）

取蛙之皮，與毛茛之葉，就其上皮切一薄片，置於顯微鏡之下觀察之，其結構大概相似，每一薄片上皆由許多小體組成；但未有二小體完全相同者；換言之，小體與小體互相比較，必有若干差異。設取毛茛與蛙之他部組織，甚至人體之組織，而研究之，則亦咸由此種小體組成。蓋事實上生物之個體，不論其由單獨小體，或多數小體構成，其結構單位，皆屬細胞。



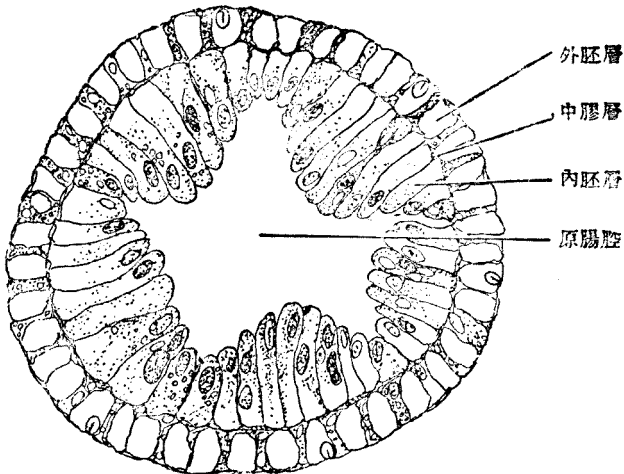
第2圖 A 青蛙之表皮， B. 毛茛葉之表皮細胞（擴大圖）。

每個細胞皆有生命，而且負擔一切生活工作——生活舞台；此種現象，以單細胞植物及動物（Unicellular Plants and Animals）爲



第3圖 樹葉之橫剖面，指示細胞之結構。上表皮，Epidermis；
含葉綠素細胞，Cells with chlorophyll.

最顯著。至於複細胞生物 (Multicellular Organisms) 之個體。既由多數細胞構成，因之乃有分工特性，諸細胞所司之職務不一，惟合作之結果，同樣為維持生命。細胞中之原生質 (Protoplasm)，乃唯一有生命之基本物質。



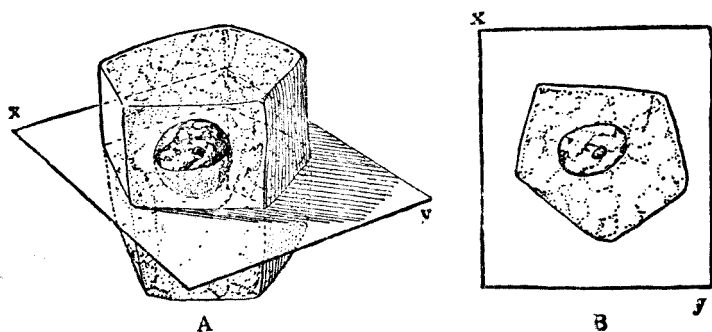
第4圖 下等複細胞動物 (水螅) 之橫剖面，指示細胞之結構 (擴大圖)。
外胚層，Ectoderm；內胚層，Endoderm；中膠層，Mesoglea；
原腸腔，Enteric Cavity。

根據上述之事實而論，生物之個體有一基本組織：一切植物及動物皆由細胞組成；動物及植物個體各部組織之歧異，則因細胞本身之組成不同，原生質之性質乃迥異也。

甲 細胞 The Cell

動物與植物體部之構結顯有區別，由此可知組成各器官之細胞必有各各不同之種類。事實上不論一個體，或個體之任何一部分之組成，皆受種種細胞之支配；但細胞之基本性質或特徵，則始終不變，學者所應當注意也。（參考第5,6圖）

細胞之基本結構，為一圓形或近似之原生質所組成，例如，各種動物之卵子，或許多原生動物及植物之整個個體皆如是，惟複細胞生物之個體由多數細胞構成，因其互相接壤與擁擠之關係，受壓迫或適應某種功用而改變其本來模型。總之，各器官或各組織之細胞皆極固定，例如，肌肉細胞為長梭形，腦部細胞為分歧性。惟因動物之器官獨多，故其細胞之種類亦繁，植物之體部結構比較簡單，且細胞壁具硬質性，

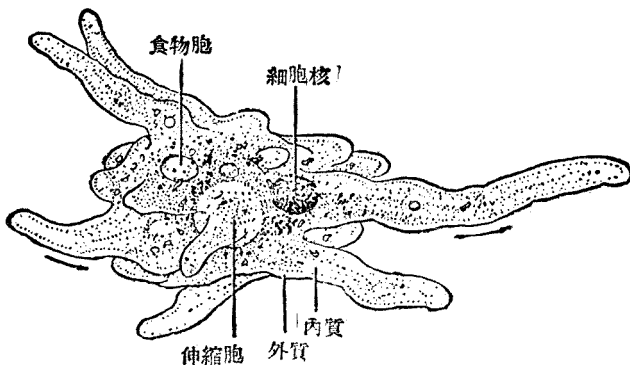


第5圖 A. 一理想細胞之立體圖， B 顯微鏡下之細胞，經過X—Y平面。

不易受環境之影響，故大都一致為方角形。（參考第6,7圖）

「細胞」之稱呼不過一紀念名辭而已，因當初所發現者祇一細胞壁，原生質（Protoplasm）或被忽視或尚未發現，故不知其重要也。時至今日，吾人方知原生質，乃生命之主要物質，許多細胞，如變形蟲（Amoeba）及血球，祇見原生質，並無真正細胞壁。細胞壁不過原生質之附屬組織，藉此將一原生質結構與另一原生質結構劃開界限而已。

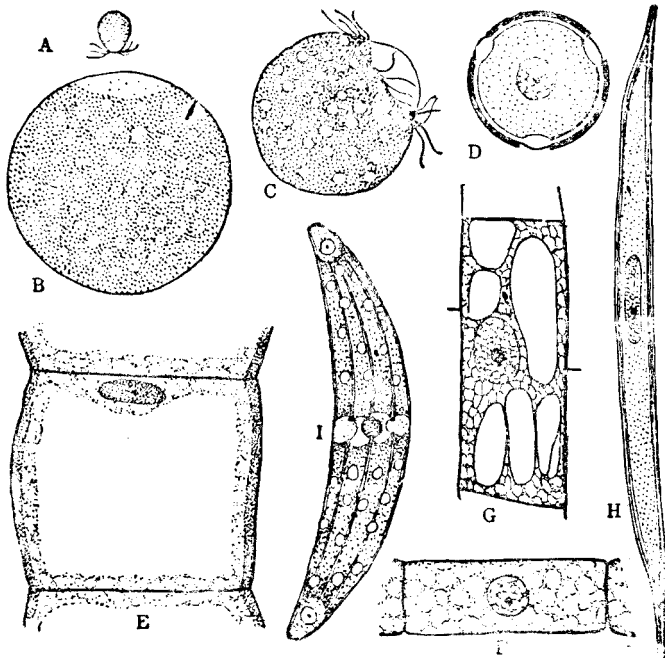
細胞內有生命之物質，乃一極複雜之組織，其中有許多組織乃各細胞所共有者；其他則由許多特別細胞，具有特別作用始得而有之。原生質本身簡分為二部：即細胞質（Cytoplasm），與細胞核（Nucleus）。細胞質成塊狀，佔細胞之大部分；細胞核位於細胞質之中央，大多數為圓形。



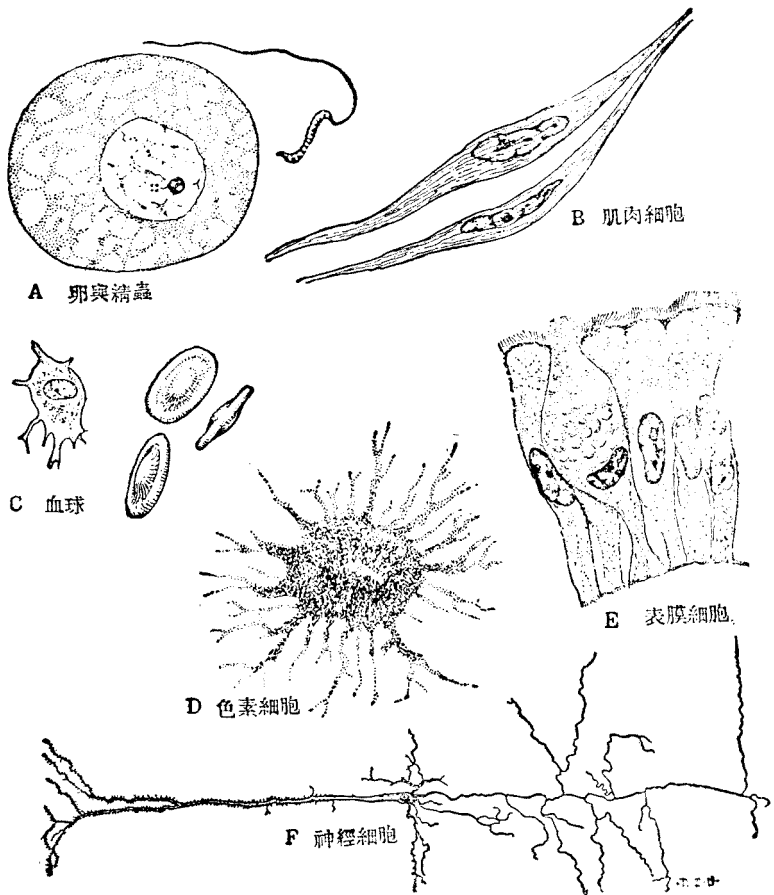
第6圖 單細胞動物——變形蟲（Amoeba Proteus）高度擴大圖。因原生質之流動而成暫時突出假體稱足（Pseudopodia）。食物胞，Gastric Vacuole；伸縮胞，Contractile Vacuole；外質，Ectoplasm；內質，Endoplasm；細胞核，Nucleus。

就生理作用論，細胞質與細胞核兩者有分工合作之機能（Physio-

logical Division of Labor). 從實驗方面所得之結果, 細胞質與細胞核乃細胞之生命基礎, 設細胞核被破壞, 則一切建設工作, 如同化作用, 填補, 生長, 及生殖, 皆停止——終至死亡。據此可知細胞核乃整個



第7圖 各式植物細胞擴大圖。A B C. 藻 (Algae) 之精虫 (Sperm), 卵子 (Egg), 與孢子 (Spore); D, 有花植物之小孢子 (Flowering Plant. Microspore); E, F G, H 有花植物纖維 (Flowering Plants, Tissue Cells); I, 單細胞植物—新月藻 (Unicellular Plant, a Desmid)。



第8圖 各式動物細胞之放大圖。A,環形虫之卵(Egg)與精虫(Sperm)；
 B,蛙之膀胱肌肉(平滑肌)；C,蛙之白血球與赤血球；D,魚皮
 內之色素細胞；E,狗腸中之表膜細胞(有纖毛),與一腺細胞；
 F,鼠腦之神經細胞亦稱神經原(Neuron)。

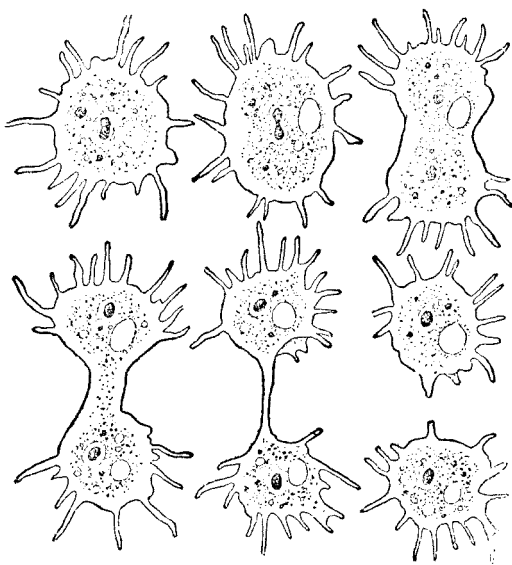
細胞活動之樞紐，操縱細胞生死之權，存則生，去則亡；此外細胞中
 物質之世代相傳，亦受細胞核之調度。

乙 細胞分裂 Cell Division

一切有生命之物質，咸由有生命之物質相傳下來，自無可諱言，所以原生質發育長大——細胞長大達到其固定限度，必均分爲二體，謂之生殖。母細胞既分成二新體（女細胞），本身自然消滅。細胞分裂卽是細胞之生殖。故高等動物或高等植物，不論其生殖現象如何複雜，事實上亦不過細胞之分裂而已。（參考第9圖）

當細胞成熟分裂時期，細胞核與細胞質同時均裂，故吾人必須承認細胞核及細胞質皆原生質之一部。分裂以後，女胞之細胞核及細胞質與母胞之細胞核及細胞質完全相同。

細胞之間接分裂稱爲 Mitosis，待後詳細討論之，但讀者應當明瞭，一切細胞皆由其母體分裂而來。由此可以推想地球上原始之生命，亦由一最簡單之細胞組成，現代之動物及



第9圖 變形虫之六個分裂期，半透明質所包圍之黑點爲細胞核。

植物，不論其個體構造如何複雜，皆從此原始細胞逐漸進化相傳下來。

（參考第292,293圖）

第三章 生命之基本物質

The physical Basis of Life

化學分子爲組成生命物質之基礎，一切生物則由有生命之物質所構成。

—Herwig

動物之個體與植物之個體皆以細胞爲基礎而構成，故細胞被稱爲生理與結構之單位。細胞所處之地位雖然如是重要，但其基本物質，則爲其中有生命之原生質。

古語云：構成人體之物質，每經七年換新一次，辭雖不敏，實則默認其所攝取本無生命之營養料，一入人體，經過改組而變成有生命之物質。譬如噴泉噴出之水，一動一靜，其原子並未常變更，但原子與原子間之關係則前後不同。吾人所攝取之物質，自然與有生命之個體接觸，受環境之薰陶，乃起生命化。生命所攝取之營養料，原有潛能 (Potential Energy)，經化合作用後，則與個體同化，因之原子之配合方式與前大不相同。夫維持生命必具生活機能，生活就是工作，有工作則有消耗，如是潛能乃變爲活能 (Kinetic Energy)，活能耗盡，有生命之複雜物質，又重返於無生命之境界。生物因保存生命，不斷消耗精力，殆消耗之工作停止，生命亦隨之停止。

吾人現在應當瞭解，原生質原不過一種尋常物質，經過一種不得而知之物理化學之合作力量，而有生機——生命之現象。

動物及植物之個體組織，並不是盡屬有生命之物質，事實上個體

內有生命之物質與無生命之物質密切合作，幾乎無從區別，例如：吾人之指甲，毛髮，血液，及骨骼等，大部分皆為無生命之物質。有生命之物質與無生命之物質之區別，不是就其外表就可以決定，必賴顯微鏡之觀察，始得知其底蘊。（參考第 218 圖）

甲 原生質觀念 The Protoplasm Concept

原生質之結構，近世生物學家有一共同之普遍觀念。不論何種生物，自最下等之原生植物以至於最高等之動物——人類，原生質皆有其基本要素。基本要素云何，即不可缺少之物質(Matter)與能(Energy)之謂也。

就顯微鏡下觀察所及，動物與植物之原生質之結構，均為一塊半透明無色之黏液，其中包含許多微細之顆粒。學者欲澈底解決此種問題，或以種種原生生物如變形蟲之類為研究材料，或就高等動物與植物之細胞比較觀察之。待十九世紀末葉，始不約而同下一共同之結論——生物之原生質，其生理現象與結構系統有同樣之基礎。生命之機能亦即由此基本物質上發生。學者得知生命之由來，乃進一步而命名有生命之科學為生物學。（參考第 6,10 圖）

當吾人提及生命之基本物質時，切不可誤解一切生物之原生質皆絕對相同；其實二個體之原生質不同，甚至同一個體之各種組織之原生質亦鮮有相同者，所謂相同之原生質，必具相同之生理機能，相同之結構系統，因之有相同之生命。原生質之觀念不過言其基本物質之類同而已。原生質與原生質之間，其細目之差異，有不可思議之複雜

也。

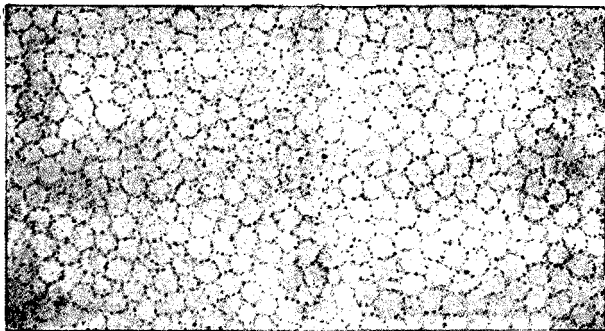
據物理化學家之觀察，原生質乃膠性物質所組成，此種現象，在有機化學上甚為普遍。所謂膠性(Colloid)物質者，為極微小之細粒，比原子稍大，不易窺見。乳油與乳酪皆稱膠性物質，前者乃水粒懸於脂肪中，後者為脂粒懸於水中。原生質為一非常複雜組織，比膠狀物猶複雜，非僅兩種物質之混合，實由不可勝數之物質之融和。諸物質中，其原子之結構，有極簡單者，有極複雜者；但膠狀粒皆過度微小，非普通之顯微鏡所可觀察。

凡具膠性系統之物質，其細粒與細粒間，因接觸之關係必產生勢力，因之其表面膨脹力極高。原生質既屬膠性組織，惟懸浮於液體上之物質，其種類繁多，各種物質各產生其應有勢力，互相合作之結果，變為極大極複雜之總勢力。原生質不斷發生化學變化，此種變化有機械性者，如凝固，沉澱，及物質細粒之重新排佈等。細粒內之電子及潛能當然亦隨之起變化。據此可知原生質擁有轉移勢力之體系(Energy-Transforming System)，千變萬化，妙不可言。此種複雜系統乃生物性，化學性，及物理性三者之總匯，近世科學家亟亟欲知尚不得而知之難題。(參考第6圖)

原生質有膠狀體系，已如上述，但讀者對於原生質之真面目，尚未認識；其實原生質究竟如何組成，尚未有正確之認識，更談不到其真正面目。就顯微鏡下觀察，原生質為無色半透明黏性之液體，中含多量細粒，與空胞，浸於水中，並不互相融合；經精密檢查，始知兩者之間，不斷發生滲透作用(Osmotic Interchange)。若就此即算已

認識原生質之真正面目，尙未可也，因原生質之活動與現象，皆非其本然，乃直接間接受環境之影響而反映也。（參考第6圖）

在最高度擴大鏡視察之下，不同種之生物其原生質之現象各異，即同一細胞，因其生理上之變化，原生質亦隨之變化；有時見蜂巢狀之組織，所以一班學者主張網形學說(Reticular Theory)，以爲一切原生質皆網形之物體所組成，其實此種網形物乃原生質之生機作用；有時現出許多微粒或泡沫之組織，學者又主張粒形學說(Granular Theory)，或泡沫學說(Alveolar Theory)，以爲一切原生質皆粒形之物體，或泡沫之物體所組成，其實此種微粒或泡沫皆原生質之生機作用；有時現出許多線形或絲形體，學者又主張線形學說(Fibrillar Theory)，以爲一切原生質皆線形或絲形之物體所組成，其實此種線形或絲形之物體，亦皆原生質之生機作用。（參考第10圖）



第10圖 活海盤車(St. arfish)之卵之原生質高度擴大圖，表示泡沫狀結構。此種現象因許多微粒叢集於一純一基質上。

吾人發現細胞之構造與原生質之組成雖是依賴遠在三世紀又半前吾人所發明之複式顯微鏡爲工具，但際茲時代吾人又進一步，發明

新工具與新技術，可藉此以觀察原生質之分子，亦即分子生物學 (Molecular Biology) 時代也。現代學者運用超顯微鏡與紫外線顯微鏡 (Ultramicroscope and Ultraviolet Microscope) 以代替古老受光波所限制之顯微鏡；電子顯微鏡 (Electron Microscope) 且能探視並擴大任何擴大鏡所不能擴大之倍數。更有進者，自有超離心器 (Ultracentrifuge) 以來，學者已能將微細散漫迄今不能控制之分子加以分離。運用分光鏡 (Spectroscope) 已證實能透視原生質中所含重要化學物之微跡，並將有機混合物加以分析。同時利用X射線 (X Rays) 之力將微小不可形容有生命物質之模型與容積予以量測。

目前生物科學已另進一階級，不再保守敘述或分析生命之現象，以研究細胞為滿足，乃着重細胞內之分子結構與分子力 (Molecular Force)。『但是吾人希望不可過奢，以為細胞之蘊藏不斷分析探尋即可以將妙不可言之生命程序全部剖露』。一株植物或一只動物之生命現象雖然是種種生機活動之總表現：有機體 (Organismal) 之底蘊仍是生物學家不斷努力研究之焦點。生命不外是機能作用，但種種機能端賴交互合作方能保存生命，且需要不斷自動調整以應付千變萬化之環境。生命現象乃整個不可捉摸之閃電式物理作用，化學作用與構造上作用及其交互作用之結果。此一欲達不能之生命問題，在自然界中仍是有機體之迷。

乙 生命物質一元化 Unique Characteristics of Living Matter

一切生命現象，皆本自原生質活動之效力，原生質為生命物質之基礎，自不可諱言。原生質有其特性，即為特殊結構(Specific Organization)，化學組成(Chemical Composition)，及代謝作用(Metabolism)包括維持常狀(Maintenance)，生長(Growth)，繁殖(Reproduction)，激感(Irritability)，及適應(Adaptation)之能力。

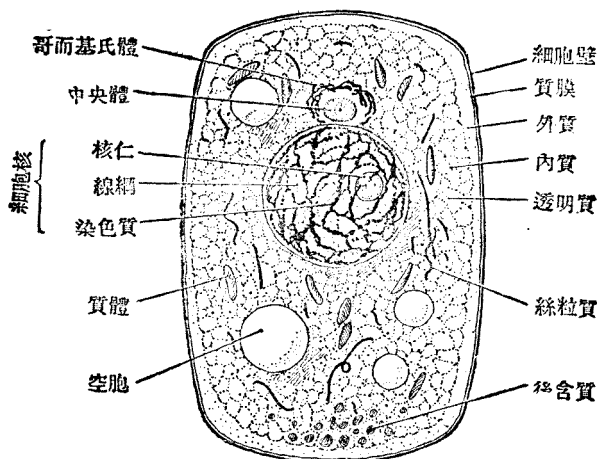
一 結構 Organization

凡稱生物，其個體同時必具備生理組成，與結構系統；惟各個體各有其獨立生活機能，因之生理與結構乃各異。動物與植物之生活迥異，所以個體之各部結構亦異；但每一個體皆代表生命之單位，稱為有生機之個體(Organism)，與無機物體如金石之類比較，截然有別。吾人稔悉，細胞乃生物個體之結構單位，生命之種種現象，當然直接或間接由細胞本身之結構所決定，欲明瞭個體之組成，必先熟識細胞之結構。

細胞中之原生質有二主要組織：細胞質(Cytoplasm)佔細胞之大部份，亦即細胞之模型；細胞核(Nucleus)一極明朗之圓物體，位於細胞質之中央。

細胞質：細胞質之組織，在原生質內其作用比較上為不甚專化之一部，其外觀與特性可作下列之敘述：以網形之組織為基礎，內含不可勝數之細粒，分佈於一種透明之基質——稱透明質(HYALOPLASM)。細胞質內通常有種種無生命之質體，如油點，水點，空胞，結晶體，及粒形之食物。上述諸種物質，或係暫時貯藏以備將來化為原生質，或屬於原生質之排洩物——稱後含質(METAPLASM)。所謂後含質與有

生機之物質，在細胞質之結構上，實無從劃開界限。有生機之物質其較顯著者，如質體(PLASTIDS)，絲粒質 (MITOCHONDRIA) 哥爾基氏體 (GOLGI BODIES)，及細胞分裂之中心體 (CENTROSOMES)。總之，有生機之物質皆參預細胞之生理作用之謂也。



第 11 圖 一模型細胞。哥而基氏體, Golgi Bodies; 中心體, Centrosome; 細胞核, Nucleus; 核仁, Nucleolus, 線網, Linin; 染色粒, Chromatin; 質體, Plastid; 空胞, Vacuole; 細胞壁, Cell Wall; 質膜, Plasma-membrane, 外質, Ectoplasm; 內質, Endoplasm; 透明質, Hyaloplasm; 絲粒質, mitochondria; 後含質, metaplasm;

細胞質既成爲細胞之基幹，故與環境發生密切關係，細胞質之外圍稱爲外質 (ECTOPLASM)，具有組織物之結構，與內部之內質 (ENDOPLASM) 有所區別。介於細胞壁之內，外質之外，有一薄膜——稱質膜 (PLASMA-MEMBRANE)。質膜有細胞質之組織，所以稱爲外質之周圍界限。細胞壁通常被視爲無生命之組織，乃原生質之產物。細胞壁與質膜之功用，爲調度並約束細胞內之「質」與「能」

向外之流動。

細胞核：上面已經述過，在細胞質之中央有一個圓形結構——稱細胞核，核之周圍有一層薄膜，稱為核膜(NUCLEAR MEMBRANE)；核膜之內包含一種液狀之基質——稱為核液(KARYOLYMPH)，核液之間有網形之組織，一易於着色——稱染色粒(CHROMATIN)，一則不易着色——稱線網(LININ)。染色質與線網雖係二種物質，但化學之成分大約無多大差異，染色質乃細胞核內最特別之物質，當細胞之生理發生變化時，染色質之結構亦隨之改觀，但通常則似乎由許多細粒組成網線，雜以一二粗大圓形之染色結(CHROMATIN-KNOTS)。此外胞核內尚有一個或數個之核仁(NUCLEOLUS)，其性質與染色結不同。當細胞分裂時期，內部之結構惟染色質發生最大變化，其所處地位之重要，就此可知。最後所當說明者，細胞核乃細胞之最複雜組織，原生質乃染色質用武之場地。(參考第292, 293圖)

二 化學組成 Chemical Composition

有生命之物質是絕對無法加以化學分析的，因被分析之物質，其生命早已被消滅，而且其原子之組織亦被分化，所以吾人所謂原生質之化學組成，乃就已死之原生質加以分析而已。有生命之物質變為無生命之物質，中間雖然不免發生種種變化，但化學之成分及分量則始終如舊存在。已死之原生質，其原然組織當然被破壞而瓦解。

許多學者將原生質加以化學分析，發現下列諸種原素：氧，碳，氫，氮，磷，硫，鈣，鎂，鈉，鉀，鐵，及氯。除以上諸種原素外，有時尚有他種原素存在。

下列表格，代表人體之細胞之化學元素及其平均分量：

氧 Oxygen	65.00%
碳 Carbon	18.00%
氫 Hydrogen	10.01%
氮 Nitrogen	3.00%
鈣 Calcium	2.00%
磷 Phosphorus	1.00%
鉀 Potassium	0.35%
硫 Sulphur	0.25%
氯 Chlorine	0.15%
鈉 Sodium	0.15%
鎂 Magnesium	0.05%
鐵 Iron	0.004%
碘 Iodine	微跡
銅 Copper	微跡

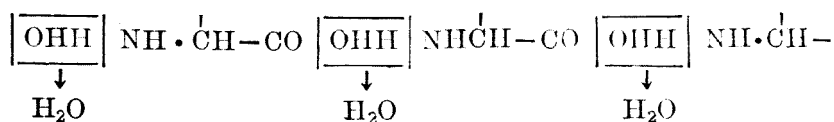
照上表所列之化學元素，皆無機化學中所熟悉者，似乎原生質亦不過一尋常物質，並無若何特點。而且原生質內之化合物，以水分最多，佔百分之七十至九十；但此極尋常之化合物，在原生質上佔極重要之地位，原生質之生機作用，非賴此物不可。原生質所含之元素，雖然列列可數，但其種種化學作用，例如：碳，氫，氧，氮，所組成之化合物，已經千變萬化，再添上其他元素，原生質乃成一最複雜之混合物。碳，氫，氧，氮可稱為原生質之主要元素，碳素且為構成有機物質之主動者。他種元素與碳素之合作，此存彼缺，結果產生不可勝數之化合物。諸化合物中，其原子結構有極簡單者，大多數則非常複雜，有由幾百個甚至幾千個之原子構成者；由是可知原生質實一非常複雜之物質，且

在任何情況之下，始終不離其基本組織，非化學分析所得而知之。

碳素混合物 (COMPOUNDS OF CARBON) 為原生質之特別產物，共有三大類即：生質精 (PROTEINS)，碳水化合物 (CARBOHYDRATES)，與脂肪 (FATS)。

碳，氧，氫，氮同稱為生質精之主要元素，硫雖非主要元素，但每混於生質精內，磷，鐵，及其他元素則較次之。生質精之種類甚多，以小麥內之麥精 (GLIADIN, $C_{685} H_{1068} N_{196} O_{211} S_5$)，卵白中之蛋白質 (ALBUMIN, $C_{72} H_{112} N_{18} SO_{22}$)，乳內酪素 (CASEIN)，肌肉之肌肉素 (MYOSIN)，及赤血球之血球素 (HEMOGLOBIN) 內二種生質精 1. ($C_{600} H_{960} N_{154} O_{179} Fe S_2$)，2. ($C_{712} H_{1130} N_{214} O_{245} Fe S_2$) 最顯著。生質精與其他有機物質之所以區別者，因其獨具氮素也。換言之，氮素乃組成生質精之軸心，同時動物與植物所發揮之種種生理現象，咸受其指使。詳細研究生質精之分子結構，及氮素與其他元素之關係，即知生質精乃自銜基酸 (AMINO ACIDS) 變相而成之複雜大分子。銜基酸又是自醋酸 (Amino-acetic Acid, $NH_2 CH_2 COOH$) 而來，銜基酸為一種有機酸，氨基 (AMINO-GROUP, NH_2) 取其一氫素原子而代之。氮素不能單獨行動，所以生質精內之氨基可以當作氮素之單位。動物攝取養料，其中所含種種生質精，皆先經分化為銜基酸，復經化合作用，將銜基酸組成個體所需要之生質精。

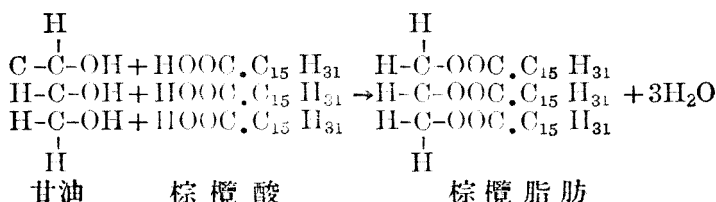
銜基酸之種類有限，不過二十多種，生質精之種類多至不可勝數，其分子結構有極簡單者，幾乎與銜基酸無異，有極複雜者，除以銜基酸為基幹外，且含其他化根 (RADICAL, $NH_2 \overset{|}{C}H-CO$



COOH), 例如: 血球素含血紅素 (HEMATIN), 核素生質精 (NUCLEOPROTEINS) 含核素酸 (NUCLEIC ACID). 生物每一個體各有其特殊結構, 似乎與生質精之化學特性有直接連帶關係, 生質精之化學特性可以左右生命物質之化學組成; 換言之, 生質精分子之複雜及其化合變化, 實構成原生質之原形, 並引起原生質變化不定之現象。

碳, 氫, 氧同稱為碳水化合物之基本元素, 氫與氧之比率且始終維持水 (H₂O) 之分子結構; 碳水化合物分子之結構, 不像生質精之複雜, 分為單式糖, 如葡萄糖 (GLUCOSE, C₁₂ H₂₂ O₁₁), 果糖 (FRUCTOSE, C₁₂ H₂₁ O₁₂), 複式糖如澱粉 (STARCH, C₆ H₁₀ O₅)₅, 肝糖 (GLYCOGEN, (C₆ H₁₀ O₅)₅), 及纖維素 (CELLULOSE, (C₆ H₁₀ O₅)₅), 糊精 (DEXTRINE, (C₆ H₁₀ O₅)₅) 等。

脂肪所含之元素與碳水化合物同, 惟分子之結構迥異, 氧素之分量少, 因之易起氧化而富於潛能。脂肪之分子係由一脂酸 (Fatty Acid) 與甘油組成。乳油, 魚肝油, 橄欖油等皆脂肪之類。所謂脂肪及其分子之結構比真正脂肪複雜, 例如: 原生質中之卵黃精 (LECITHINS, C₂ H₅ O₂ OH) 與肝液精 (CHOLESTEROL, C₂₇ H₄₃ OH)。此外三棕欖脂肪之綜合如



生質精，脂肪，及碳水化合物雖然分佈甚廣，要皆有生命物質之產物，而非天然存在者。近代生物化學家，利用科學方法已能製造數種脂肪與碳水化合物，惟不能製造生質精，祇能得幾種生質精之銹基酸而已。實際上生質精乃組成原生質之主要物質，脂肪與碳水化合物則同時給予原生質以勢能。生質精與碳水化合物等在原生質上雖各有其作用，並不是互無關係，須知綠色植物之生質精皆自碳水化合物化合而組成。

生質精，碳水化合物，脂肪，通常稱為食品原料，但原生質內尚有許多物質亦不可忽視，無機鹽，水，氧，亦同等重要。近世科學家發見除上述之食品原料外，尚有某種有機物質——稱維生素(VITAMINS)乃保持個體健康之要素，可稱之為副食品原料。現在已經發見之維生素有：A, B₁, B₂, C, D, E, K, 諸種。最後，有機觸媒(CATALYZERS)，即俗稱酵素，(ENZYMES)。脂肪酵素(LIPOLYTIC ENZYME)引起脂肪發酵，碳水化合物酵素(ANLOLYTIC ENZYME)引起碳水化合物發酵，生質精酵素(PROTEOLYTIC ENZYME)引起生質精發酵，乃動物與植物體中之混合物。雖不是食品原料，但其所處地位之重要，並不亞於食品原料，因其功能引起種種化學變化，食品原料之消化全賴酵素之作用也。現在吾人對於原生質之化合組成，已有相當認識，但原生質所引起之生命現象，則無從解釋之。

三 代謝作用 Metabolism

上面已經鄭重申述，凡有生命之物質，皆變化無窮，因其變化難測，所以對於「生命」難乎闡明其意義。亞里士多德(Aristotle)稱生

命乃營養，生長及消耗諸動作之集成；德布律維爾(De Blainville)稱生命乃內部「分化」與「專化」兩種作用之結果；斯賓塞(Spencer)稱生命乃內部變化以適應環境之變化。

原生質之自動變化，以燃燒即氧化為主要工作，具有物理性質與化學性質。當十九世紀時代，學者已經明白動物之體溫乃個體內物質燃燒之熱力；至於燃燒作用必須一方面吸進氧氣，一方面排出二氧化碳。由氧化作用而產生熱力，幾乎與燃燒一燭之熱力相等。換言之，個體內被氧化之物質，正等於其所消耗之力量，譬如：一部蒸氣機發出若干熱力，同時必須消耗若干燃料。

引用機械論為基礎藉以解釋生命，目前意見仍是紛紜。雖則已知一個有機體乃物理方面與化學方面之綜合，惟不能重建或改造一個有生命之個體，因為一個有機體經過化學分析後，不待化學組成即生命應有組合已經破壞無遺。運用物理方法與化學方法祇能解釋物理方面與化學方面之事實。『分析方法無從透視生命之整個現象，最高限度亦不過是一位精巧建築師得知種種建築材料之化學物理性質而已。設吾人譬比一個有機體為一物理性化學性機械，如何得知一部機械在工作過程上如何克服狹遇不可想像變化，為何自動調整其所產生得以應付不可思議之環境』。

因物質之消耗而產生熱力，實一重要發現，據此可知生物之生機現象，與無機物質之物理定律正相符合。代謝作用事實上並不如上述之簡單，所謂熱力不過指生物個體內所產生之能力之一種而言，生物學家正廣續研究，如何利用物理化學之原理，藉以解釋生命之現象。

學者必問代謝作用是否具有一種「活能Vital Force」，此特種之能是否與物理，化學方面之能相同；生物學家目前無從答復之，但仍不得已於言者，吾人既無儀器以測驗此種活能，自亦不必認真活能之形式，所謂活能論（VITALISM）祇可當作一種哲學理論而不在科學範圍之內。學者既然熟悉原生質乃物理——化學共同作用之組織，含有結構極複雜之分子，分子間之關係，與組成分子之原子各有其特殊行動，因之生命物質之希有現象，亦即種種行動共同之表示。尙有進者，「一個有生機之細胞，除由物質方面，分子方面，及物質與分子兩者共同所賦予之特性外，尙有種種不可思議之特性。」

單就吾人觀察所及，生命之種種現象，非引用機械原理無從解釋之。生物個體譬如一轉移能力之機器之結構，將化合混合物內所儲藏之潛能變為種種活能；不過此種能力之轉移皆含有生機特性，惟有有生命之物質始克臻此。生物所攝取之食品原料皆含極豐富之潛能，當其進行代謝作用時，最少有一部分化學物被原生質同化；有組成作用，同時必有消耗作用，因之複雜之混合物，漸漸分解為簡單之混合物，混合物內之潛能亦漸漸隨之耗罄，混合物乃變為無用之廢物，而被擠出。生物若求繼續生存，勢必重行攝取新鮮之食品原料，以填補已經排洩之廢物；如是，始有源流不斷之潛能，以供新陳代謝之消耗。

四 維持常狀與生長 Maintenance and Growth.

動物與植物，當生活過程中，一方面不斷破壞，一方面不斷構成，所以——新陳代謝有二重作用：構成工作稱——ANABOLISM，破壞工作稱——KATABOLISM。設此二種工作同時並行，效率相等，則

個體始終維持常狀，爲壯年時期之應有現象。設構成之工作其速率高於破壞，則體積必繼續增加，稱爲生長，此種現象惟童年時期有之。初生嬰孩，其體積比卵子之增大何止億倍，童年以後，生長漸限於各器官之發展，以備壯年之生殖。

個體不論保持常狀，或繼續生長，皆須攝取食品原料，使之與原生質同化，以應付各組織之需要。惟由化學綜合而累積之長大與生物之生長，其性質不同，例如：結晶體之增大，乃一飽和液體中之同類物質累積於結晶體上，此種無機物之增大完全屬於被動。生物之有機生長，則出於自動。生物所攝取之食品原料，雖然爲無生命物質，但無生命之物質漸被原生質同化而成原生質之結構。設原生質可以同化之物質，用之不竭，原生質亦可以無限長大，不過個體及細胞之長大，皆有一定限度。

五 生殖 Reproduction

凡有生命之物質必有其前生物質，已無可諱言。細察動物與植物，當其構成工作正在進行，個體不斷生長與填補，可知前言之不謬。生物之生殖，乃個體過度之生長，因之有新個體之產生。

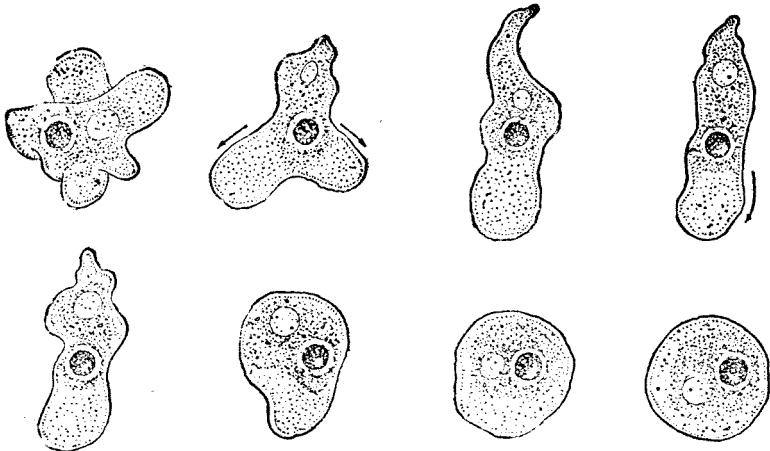
所以生長與生殖，其現象雖然各異，其本性則一，——兩者皆因構成之速率之提高之結果而然。不論單細胞生物之單獨細胞或複細胞生物之卵子生長，達到其長大限度後，必開始分裂；前者一母胞分爲二新個體，後者由一母胞之連續分裂，而成結構複雜之個體。不論一母胞分爲二個體，或一母胞變成一結構複雜之個體，皆稱生殖。細胞生殖與細胞分裂，就廣義上言之，實無區別；就狹義上言之，細胞生殖乃指女胞與

母胞之分離而產生一新個體，細胞分裂則未有新個體產生也。因生殖而產生新個體，所以生物世代相傳，種族得以繼續。(參考第9, 292, 293圖)

六 激感與適應 Irritability and Adaptation

當生物執行新陳代謝之際，必與環境發生接觸；其實原生質之生命得以維持，全賴環境與之互相合作；交換物質而然。動物與植物之能獨立生存，亦由善自調和其所處之環境——善於適應。容納刺戟乃生物之本性，所以當其所處環境變更，生物本身之「質」與「能」亦隨之變更以茲平衡。環境變更，生物即受刺戟。刺戟之性質不同，有化學性，電力性，熱力性，光力性，及機械性種種。但生物之感應性並不因刺戟性之不同而異，因原生質之基本性質不變也。例如，肌肉之細胞，不論受何種刺戟，惟出於收縮之一途耳。

生物受刺戟之反應，必有移動(MOVEMENT)，所謂移動者，並



第12圖 變形虫之行動，一變形虫逐漸變成之種種形式。透明之外質向前流動，具細胞核（黑點）及伸縮胞（淡白）而有細粒之內質在後追隨。參考第6圖。仿Verworn

不一定有形之移動，原生質所發生機械性及化學性之改組，亦即移動之表示也。原生質一經改組，勢必產生種種能力，此種能力足以催促動物及植物全身之移動，故動物肌肉之收縮，變形蟲 (Amoeba) 之流動 (Amoeboid Movement)，植物之原生質之循環移動以及許多細小動物及植物賴其原生質構成之纖毛之搖動而泳游，甚至高等生物器官上之纖毛之搖動，皆原生質之能力推動之結果。(參考第12, 15圖)

再者，草履蟲 (Paramecium) 與纖毛蟲 (Ciliates) 之行動端賴多至不可勝數延長原生質所構成之短小不輟擺動之纖毛 (Cilia) 推動力。其單細胞生物例如梭微子 (Euglena) 之行動有賴鞭狀之鞭毛 (Flagella) 之推動。最後，許多高等動物本體上所擁有之纖毛表膜 (Ciliated Epithelia)，纖毛之動作有極大作用。例如軟體動物 (Molluscs) 中之圓蛤 (Clam) 吸收營養物與呼吸端賴纖毛行動之力量，即吾人體內許多孔道多擁有纖毛幫助物質之運輸。(參考第6, 7, 8, 21, 140圖)

有生命之物質接納刺戟，非獨立刻發生反應 (RESPONSE)，且能直接或簡接傳達 (CONDUCTION) 此種刺激，澈透全身。維持生命，乃生物之唯一責任；適應環境又是生物之本性，故不論個體之結構方面，或生理方面，皆可隨時調整其機構，以應付其環境。此種機能惟有生命之物質有之，亦即其所以異於無機物質者。

原生質之特徵，如特殊結構，化學組成，與新陳代謝，包括維持常狀，生長，生殖，及由激感所引起之適應機能，——細胞單獨之行動與共同之行動，已經盡述，讀者對於生命一元化之事實，可以瞭解。

本章暢論生命之特徵，惟其範圍祇涉及生命之構成單位——細胞，

與基本物質——原生質。吾人之目的在闡明生命，亦即原生質之意義；惟不欲斷下定義，因生命實最希奇莫測，無物可以比喻之，所謂「原生質」與「生命」不過概括之形容辭而已。前者表示一切動物與植物有同樣之基本物質，後者表示動物與植物有特殊之行動與反應機能。此外每個有生命之個體，皆能獨立生存，而且世代相乘，永久不衰。總而言之，生乃希罕之現象，「能」之發生作用也。

第四章 生物之代謝作用

Metabolism of Organisms

天然操縱萬物，變化無窮，物質天然綜合，萬物由是生焉。物質分離聚合不定，萬物進化乃無止境。——Marcus Aurelius.

吾人憑肉眼可見之生物稱為有生命，實際上原生植物與原生動物體部之結構，雖然僅有一單獨之細胞，而具有生命應有之作用；如再加以精密研究，即知該單細胞生物，已十足具有高等動物之生命現象。現在吾人特別討論下等生物之目的，乃欲藉此易於解釋生物界中三類不同之生物：——綠色植物 (Green Plants)，動物 (Animals)，與非綠色植物 (Colorless Plants) 等營養料互相依賴性。生物界中設無植物，動物單獨不能存生。

甲 綠色植物 Green Plants

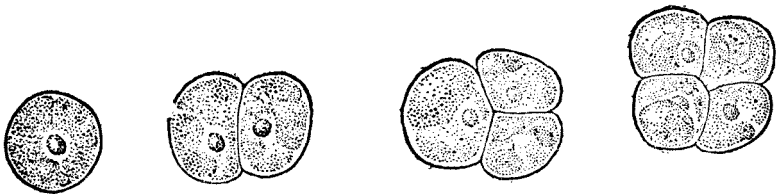
單細胞綠色植物廣佈於地球上，到處盡有，例如：附於樹皮上之綠衣；着於池沼邊之沫泡，或混於淤泥飛塵中，皆有此類植物。姑就千萬種綠色植物中選出綠球藻 (Protococcus Vulgaris) 而討論，因該植物易於採集，而且生命史與結構皆甚簡單。（參考第13, 84圖）

一 綠球藻 Protococcus

綠球藻乃一種極微細之單細胞植物，肉眼不能見之，通常磚石，樹幹，籬笆柱，及花盆外之綠衣，即千萬綠球藻之細胞羣集成。

將綠球藻置於顯微鏡下檢查之，有圓形之原生質，中央有一細胞核。包圍細胞核外之原生質，有極多數綠色之質體，因之細胞核常被此綠色隱蔽，不易見到。原生質之外，又有一種硬性之細胞壁，內含纖維素，乃原生質之產物。所謂纖維素，乃一種碳水化合物，惟植物有之。（參考第13圖）

因每個綠球藻之個體，係一孤獨細胞，故生殖乃由一個母胞直接分裂為二女胞；此二女胞暫時接合，不久復重行分裂，形成一羣細胞，但此種現象極暫，結果仍互相分離。綠球藻雖然一羣團聚，每個細胞仍維持獨立生活機能，並不分工合作；臆想及複細胞植物之進化，實肇基於此暫時羣聚性質。



第13圖 一個細胞綠色植物——綠球藻(Protococcus Vulgaris)分離之個體及分裂以後之羣聚細胞。

綠球藻之生命史已如上述，吾人現在應當討論綠色植物之生活機能。通常所謂綠色植物，似乎以喬木或灌木為宜，因其目標較大，但現在選用綠球藻，因其個體結構簡單，且具葉綠素，有綠色植物應有之代謝作用，已足與動物區別。因為高等植物有枝，葉，根之累，討論代謝作用時，反易使人轉移觀點。

二 營養料之綜合 Food Making

綠球藻之生存，生長，及繁殖，必須在陽光之下；潮濕之處，始能利用能力，將原料構成爲原生質；此特種環境亦即一切綠色植物代謝作用時所需要者。綠球藻有厚實之細胞壁，故原生質所攝取之原料，必先化爲溶液，方能透過。

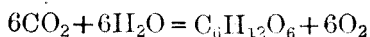
簡言之，綠球藻自其週圍所攝取之原料，皆爲簡單之混合物，如二氧化碳，水，及鑛酸鹽；此種混合物本極穩定，並無能力可以利用，但經過陽光之輻射能之作用後，簡單混合物之元素，重行支配改組爲複雜之混合物，因之便產生極豐富之潛能。由是可知綠球藻具綠色植物之固有機能，可以自製食品原料。

綠色植物賴陽光之輻射能 (RADIANT ENERGY) 與葉綠素 (CHLOROPHYLL) 之合作，所引起之化學綜合，稱爲光化作用 (PHOTOSYNTHESIS)。葉綠素爲一極複雜之化合物，含二種類似之色素，與細胞質結合而成特種質體 (PLASTIDS) 稱爲葉綠質 (CHLOROPLASTIDS)，散佈於細胞質內，綠球藻與綠色植物之葉於是乃呈綠色。葉綠素吸收陽光之輻射能，原生質更利用此種能力而綜合其食品原料。

光化作用初步組成之物質爲碳水化合物，含碳，氫，氧，三種元素。綠球藻取二氧化碳，與水，將其原子加以分解，而重新化合之。木炭燃燒，其潛能變爲光，熱，碳與氧則化合爲二氧化碳，乃吾人所熟識；綠球藻將二氧化碳分解爲碳素，與氧素，需要同量能力，自不待言。植物此時所動用之活能，以後隱存於氧素及被氧化之碳素之間變成潛能。簡言之，植物在陽光之下不斷將二氧化碳分解爲氧，碳，

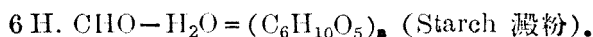
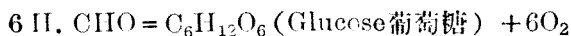
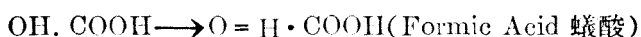
氧素自由離散，碳素則與水之分子綜合而成碳水化合物——葡萄糖 (GLUCOSE)。

化合反應之方程式如下：



(二氧化碳) (水) (葡萄糖) (氧)

實際上化合反應之步驟，並不止上述之簡單，中間尚有種種化合物，分列於下：



綠色植物自製營養料，最重要之初步產物為糖類，以後又變為澱粉，貯存於其本體內，以備將來化合為他種物質；所以澱粉可稱為光化作用之固定產物。

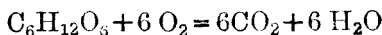
以生質精與碳水化合物互相比較，而知生質精之製造，除以 C. H. O 為基質外，尚有不可缺少之氮素在內。大氣中雖有多量氮素，綠色植物並不能直接利用之，乃另從土壤中攝取氮素之混合物——硝酸鹽 (NITRATES)，與碳水化合物合作而成生質精。動物與大多數非綠色植物則利用氮素而組成更複雜混合物。氮素與碳水化合物之合作，其初步產物為銻基酸，故各種生質精之製造，皆以銻基酸為基礎。近世學者對於生質精化學綜合之步驟，及其分子結構尚少研究，至於

生質精與有生命之物質何以發生如此密切關係，及其所佔地位何以如是重要，則無從探悉。總之，必有媒介居中週旋全局者，此乃酵素無疑。酵素乃原生質之產物，可視為活動分子或觸媒 (Catalytic Agents)，能引起原生質發生化學作用，惟本身並不受其影響。

總而言之，綠球藻所攝取之原料，必賴陽光之輻射能始能在其葉綠素中製造為碳水化合物，生質精及原生質。換言之，綠色植物可以當作一種綜合機關，受輻射能之主使，將原然之物質改組，另行製造適合於本身之複雜混合物。所以不論下等植物如綠球藻，高等植物如榆樹，其個體結構雖有簡繁之別，然自製食品原料之方則一也——即光化綜合法 (HOLOIHYTIC METHOD)。綠色植物所製造之食品養料，除供給自己消耗外，直接或間接接濟整個生物界之需求。

三 呼吸 Respiration

原生質需要維持生機，所以必須廢續工作，工作勢必耗費能力；此種能力潛伏於葉綠素所製造之食品原料中，植物欲達到消耗能力之目的，必先使食品原料氧化，因之不斷需要氧氣。綠球藻可以自水中吸收氧氣，或收回光化作用所吐出之氧氣。呼吸作用所經過之步驟，以化學方程式代表之：



上列呼吸作用之方程式，若與光化作用之方程式比較恰確相反。當綠球藻呼吸時，氧氣自細胞壁吸進，同時二氧化碳與水則自細胞壁排出；呼吸作用實際上乃植物自食品原料中提取能力之步驟——原生質中二氧化碳與氧氣之交換。有生命之物質自其環境互換氣體，不獨綠

球藻與綠色植物有之，一切生物皆如是。植物呼吸之作用，與動物呼吸之作用相同，不過動物因個體之結構較為複雜，所以需要特別呼吸器官，庶氣體得以迅速交換。（參考第 247 圖）

綠色植物如一部化學機器然，賴陽光之輻射能而轉變「潛能」為「活能」。出入於生物個體中之「質」與「能」，就吾人意料所及，與非生物界中之「質」與「能」並無分別，且是同一原則。

具有葉綠素之單細胞綠球藻，乃最下等綠色植物中之一。吾人觀察其生活機能，即知牠具有生命應有現象。同時吾人亦瞭解葉綠素乃綠色植物光化作用之關鍵，非葉綠素則不至有光化作用。通常所謂綠色植物，並不是單指綠色植物而言，植物不論色紅，或色綠，有光化作用之能力者，總稱為綠色植物。綠色植物之特點，因其能就最簡單之混合物變為極複雜之食品原料，將氮素化為硝酸鹽是也。

吾人既然賞識製造食品原料及積蓄能力之生物，現在亦需要知道消耗食品原料及浪費能力之生物；前者指綠色植物而言，後者指動物與無色素植物（非綠色植物）而言。

乙 動物 Animals

研究動物之生活如研究植物然，當先就個體之結構最簡單者着手，選擇一種變形蟲——*Amoeba Proteus*，在池沼，溝渠，爛草，淤泥中皆有之。變形蟲乃一種單細胞動物，亦稱原生動物（PROTOZOA）。草履蟲（PARAMECIUM）亦屬於原生動物，惟其個體結構則複雜多矣。原生動物與原生植物（PROTOPHYTA）種類繁多，個體多至不

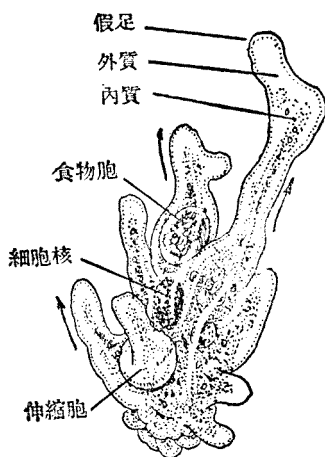
可勝數，分佈極廣，其體積雖小，但改造環境之能力甚大。（參考第 6, 12, 21, 149 圖）

一 變形蟲 Amoeba

變形蟲之體積微小，非肉眼可見，故必置於顯微鏡下，放大數百倍，始得一睹其大概。顯微鏡下所見及之變形蟲，為一不固定之黏液塊，其形狀時時變更，其位置亦隨之移動，在低倍之顯微鏡下視之，似乎一裸體之原生質，並無特殊結構；轉置於高倍之鏡頭下，加以精密研究，乃明瞭其個體為一單細胞原生質，劃分為細胞質與細胞核。

變形蟲無固定之運動氣官，原生質之外圍，有一黏性透明層——稱外質（ECTOPLASM），向某點流動；粒形之內質（ENDOPLASM）隨之前往，於是暫時成一突出體——稱為假足（PSEUDOPODIUM）。變形蟲亦無固定口腔，或消化器，或排泄器，不過當原生質向外流動時，若巧遇食物細粒，則捲進細胞內。

在適度環境之下，變形蟲迅速生長，其個體長大達到其最高限度時，乃分裂為二——稱二均分裂（BINARY FISSION），結果成二小體（女胞）。小個體長大又分裂為二，如是廣續不輟，如綠球藻然；旬日之內，由一個個體而繁殖成千萬個體。



第 14 圖 變形蟲 (Amoeba Proteus)

假足, Pseudopodium;
外質, Ectoplasm;
內質, Endoplasm,
食物胞, Gastric Vacuole;
細胞核, Nucleus;
伸縮胞, Contractile Vacuole.

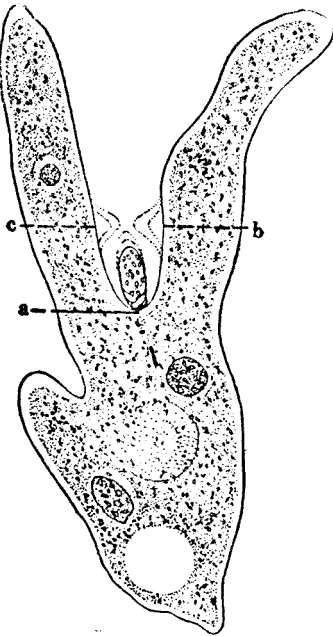
根據下述之種種生活機能，即知變形蟲為動物。動物之代謝作用，與綠色植物之代謝作用顯有區別，故討論變形蟲之代謝作用，亦即代表動物界之代謝作用。

二 攝取營養料 Food Taking

變形蟲全賴爛草或污水中之微小植物及動物（比本身更小）為營養料，當變形蟲與微小之動植物接觸時，假足立刻伸展，微小之生物

即被包圍於內質內，內質中之食物胞（GASTRIC VACUOLE）此時排出一種液體，含酵素類之化學物，漸漸將其所攝取之營養料分化，消化；將複雜之生質精，碳水化合物之類重新改組；而成本身之原生質。變形蟲由是滿足其所需要之「質」與「能」，乃得生存與生長。

變形蟲攝取食品原料之方法，及其所攝取之食品原料，與綠球藻比較，顯有區別。變形蟲可以捲取固形食物——微小動植物；而且此種植物皆極複雜之有機混合物——生質精，碳水化合物，及脂肪。綠球藻所攝取者祇無機之混合物，或僅有化學元素而已。換言之，變形蟲及一切動物皆需要複



第15圖 變形蟲 (*Amoeba Proteus*) 正在吞進一鞭毛蟲(綠鞭毛蟲——*Chilomonas*)；鞭毛蟲圖印在 a, b, c 三點間；變形蟲之假足 (*Pseudopodia*) 示向 a, b 兩處伸展，由虛線表示之。

雜有機之混合物，而富於潛能者為食物，生質精更屬首要；因就其所含之銹基酸內，可以得到所不可缺少之氮素。綠色植物則反是，綠色植物所具之葉綠素，賴陽光輻射能之助，可以將原料改造，變為有機物，同時產生潛能。

三 呼吸與排泄 Respiration and Excretion.

變形蟲如綠球藻然，生機存在，當然不斷消耗，將食品原料化為本身之原生質。此種燃燒作用，包含吸氧與呼出二氧化碳與水分；氮類廢物，如尿酸 (URIC ACID)，或尿素 (UREA)，與無機鹽，皆同時被排泄。呼吸與排泄兩種工作，當然在細胞之表面實行；伸縮胞 (CONTRACTILE VACUOLE) 之伸縮，一方面提高兩種工作之力量，流質同時由此擠出；所以動物與植物正同，將不能利用而含潛能之渣滓還元。從前吾人常謂綠色植物乃有機物質之製造者，動物乃有機物質之破壞者，實際上綠色植物既有製造之能力，亦有破壞之能力，所製造之物質，除供給本身消耗外，且供給其他生物之消耗。

就綠色植物與動物兩者所吸收之食品原料，及其排泄之廢物，略加以考慮，即知動物完全依賴植物而得複雜之食品原料，但未曾將複雜之物質還元，以供綠色植物之需要；例如，動物所排泄之物質為尿素 $(NH_2)_2CO$ ，而非氮素。尿素中尚有殘餘之「能力」為動物所不能利用者，故必分解為硝酸鹽後，植物始能吸取之。

進一步言之，植物死後，其尸體不是直接為動物所能消耗；動物死後，其尸體亦不是為其他動物所能利用；由是可知尚有極豐富之「質」與「能」被儲藏於尸體之複雜混合物內。當然自然界有他種方法，使

物質還元——使元素不斷循環；不然，則地球上之生命不能長久存在。負擔物質還元之工作，而使元素繼續循環者，乃所謂非綠色植物也。非綠色植物無葉綠素，不能實行光化作用，乃利用此複雜之廢物（為動物所棄，為綠色植物所不能攝取）為食品原料。

丙 非綠色植物 Colorless Plants

非綠色植物缺少葉綠素，無光化作用之機能，上段已經敘述。就許多種類中，現在選出最大類之細菌（BACTERIA）為代表。討論細菌有種種問題，所以不能如前段所討論動物或綠色植物之方法討論之，特別指定某某一種。吾人現在總論細菌，其中有特別作用之種類則盡量介紹之。

一 細菌 The Bacteria

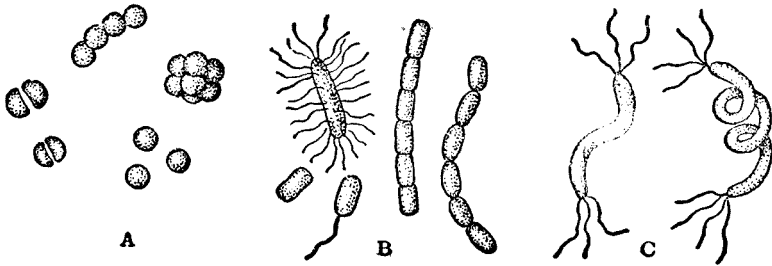
原生動物之分佈極廣，細菌則猶超過之，地球上處處皆有其立足地，空中飛塵，川流渣滓，淡水，鹹水，溫泉，冰田，及動植物軀體上皆可寄託棲身。細菌亦善寄生於人體內，使生理機能紛亂。——實則化學反應，妨礙健康，總稱疾病，吾人乃賜以惡名「微生物」（Microbes）與「病菌」（Germs）。大多數之細菌，固然有害，但其中有幾種非特有惠於人類及其他生物，設生物界無彼等之合作，則生命不能垂久。實際上當地球開始成型時，細菌即為一切生物之先鋒。進佔其間，就此一點可以估價細菌對於生物界之貢獻。

生物界中細菌之體積最小，最大之桿狀細菌，其平均長度，不過 $\frac{1}{1,000}$ 英寸，更小之種（Species），體長不及 $\frac{1}{50,000}$ 英寸，闊度之微，

自不待言；所以觀察細菌必需借重極高倍之顯微鏡，非肉眼可見。一滴醱酸牛乳中，可以發現千兆之細菌。因細菌體積微小，結構類似，專賴觀察而區別之，極感困難，所以細菌之分類，皆藉其所發生之化學反應為標準，並不注重其結構特徵。若單就其結構而分類，祇有桿狀之桿狀菌 (BACILLUS)，球形之球狀菌 (COCCUS)，及螺旋形之螺旋菌 (SPIRILLUM) 三種。桿狀菌或球狀菌，有時互相連鎖成珠串形，樹枝狀，板片狀，或羣聚結成一團。(參考第 16 圖)

每一細菌可以當作一個細胞。雖然，大多數之細菌無固定之細胞核，但具有粒狀之染色質散佈於細胞質中。細胞質有固定之細胞壁包被之。許多細菌自細胞質突出線狀體，稱為鞭毛 (FLAGELLA)，因之極為活動，爛草淤泥中之螺旋菌常如是。(參考第 16 圖)

細菌最普遍之生殖法為細胞均裂，在適宜之環境下，幾乎每隔十五分鐘即分裂一次，因其繁殖迅速，所以每一培養基中，不久即可有不可勝數之細菌在焉。惟個體過衆，營養料有限，且排洩物累積，結果不能繼續生長。細菌中有多種能成孢子 (SPORES) 者，在某種環境之下，細胞中之細胞質集為一團，被以保護囊，暫時停止活動，入於休眠時期；此種孢子，雖水分全缺，熱度變更，或在較惡劣環境之下——即置於石炭酸 (Carbolic Acid) 中，亦能抵抗，不受損害；惟在平常活動時期，則無抵抗能力。細菌賴孢子時期渡過惡劣環境，一旦重逢良好機會，立刻實行其活潑生活。幸喜寄宿於人體之病菌，大多數不能產生孢子。(參考第 344 圖)

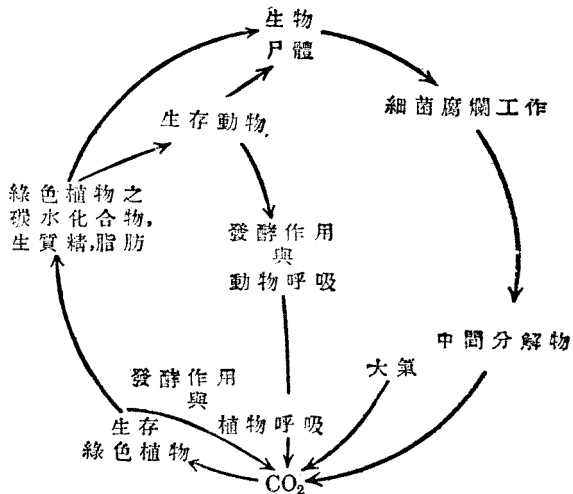


第 16 圖 各式主要細菌。

A. 球狀菌 (Cocci); B. 桿狀菌 (Bacilli); C. 螺旋菌 (Spirilla)

二 自然界中元素之環輪 Cycle of the Elements in Nature.

吾人已經認識綠色植物所需要之碳素皆取自二氧化碳。自碳素與其他元素之綜合而成碳水化合物化合物，脂肪，與生質精。動物之營養料直接或間接皆仰給於植物，所以所需之碳素，亦以大氣中之二氧化碳為唯一來源。動物與植物常呼吸時，雖然不斷排出二氧化碳，使碳素



第 17 圖 碳素環輪 (The Carbon Cycle).

自然界中碳素循環之路徑。

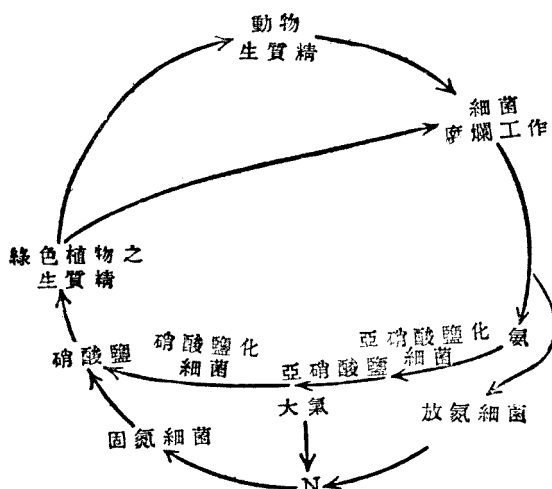
生物屍體, Dead Organisms; 細菌腐爛工作; Bacterial Decay; 生存動物, Living Animals; 大氣, Atmosphere; 中間分解物, Intermediate Decomposition Products; 生存綠色植物, Living Green Plants; 綠色植物之碳水化合物, 生質精, 脂肪, Carbohydrates, Proteins, Fats in Green Plants; 發酵作用與動物呼吸, Fermentation and Animal Respiration; 發酵作用與植物呼吸, Fermentation and Plant Respiration.

還元，實則祇有小部分得在自然界中繼續循環，其大部分則被封鎖於動物之軀體內；例如，一根乾燥之樹桿，碳素所佔之重量，幾乎一半。

氮素亦循環不息，自立環輪。綠色植物不能直接吸取氮素，乃借重於硝酸鹽。氮為生質精所不可少之元素，故綠色植物全部氮素皆儲藏於生質精內。動物攝取植物之生質精為自己生質精，其所需要之氮素當然由植物代勞，間接取自硝酸鹽；由是不難想及原生質所需要之其他種種化學元素，亦必經過一定環輪，但不如碳素與氮素之齊整耳。綠色植物與動物，一方面攝取自然界中之元素，另一方面償還自然界

中所失掉之元素，不過取進者多，付出者少。(參考第17,18圖)

將綠色植物及動物所取去之元素取回而返還於無機界中，乃非綠色植物之責任，如細菌，黴菌，酵母，等是也。吾人稔悉，不論動物或植物死後，其軀體早晚必腐爛，此乃物質分化之現象，複雜混合物逐步分解為最簡單之



第18圖 氮素環輪 (The Nitrogen Cycle)。

自然界中氮素循環之路徑。

動物生質精, Animal Proteins; 綠色植物之生質精; Proteins of Green Plants; 細菌腐爛工作, Bacterial Decay; 硝酸鹽, Nitrates; 硝酸鹽化細菌, Nitrate Bacteria; 亞硝酸鹽, Nitrite; 固氮細菌, N-Fixing Bacteria; 大氣, Atmosphere; 放氮細菌, Denitrifying Bacteria; 氨, Ammonia; 亞硝酸鹽化細菌, Nitrite Bacteria.

化合物，或僅完全還元；結果祇剩殘餘之塵灰而已。許多物質雖然有自動分化之傾向，但大多數則由細菌參加，且因此加速腐化。至於有機物質之發酵 (FERMENTATION)，(亦稱腐爛——Putrefaction) 乃酵母所引起之化學變化。通常有機物質之分化：碳水化合物與脂肪變為二氧化碳與水；生質精則變為二氧化碳，水，與氨 (NH_3)，或氮，同時動物之含氮廢物 (如尿素——Urea 等等) 亦分解還元。(參考第89,343圖)

上列種種化學反應，幾乎全部由細菌負責總其成。綠色植物所需要之氮素，大部分自硝酸鹽中提取，吾人乃發見一種亞硝酸鹽化細菌 (Nitrite Bacteria)，化氮為亞硝酸 (HNO_2)。亞硝酸在土壤中經過化學反應後，即變為亞硝酸鉀 (Potassium Nitrite) 或亞硝酸氨 (Ammonium Nitrite)。硝酸鹽化細菌 (Nitrate Bacteria) 又將亞硝酸鹽氧化為硝酸鹽 (例如 KNO_3 或 NH_4NO_3)。綠色植物既能吸收硝酸鹽，同時亦能利用硝酸鹽中之氮素。

對於氮素之環輪，其循環路線，似乎難免間斷不接之虞，例如：放氮細菌 (Denitrifying Bacteria) 專門將硝酸鹽分解為氮與氮，自由分散於大氣中，使綠色植物與動物無法直接收回；幸尚有種種固氮細菌 (Nitrogen Fixing Bacteria)，將遊離之氮素攝住，送還生物界，乃得繼續循環。固氮細菌廣佈於土壤中，或成根瘤 (NODULES)，寄生於植物根上。豆類 (Beans)，翹搖 (Clover)，紫花苜蓿 (Alfalfa)，及其他高等植物皆有之。吾人早知根瘤中有細菌，惜不知此種細菌所處地位如是之重要。若以此種植物埋於土壤中，可使土質肥沃。(參

考第 19 圖)

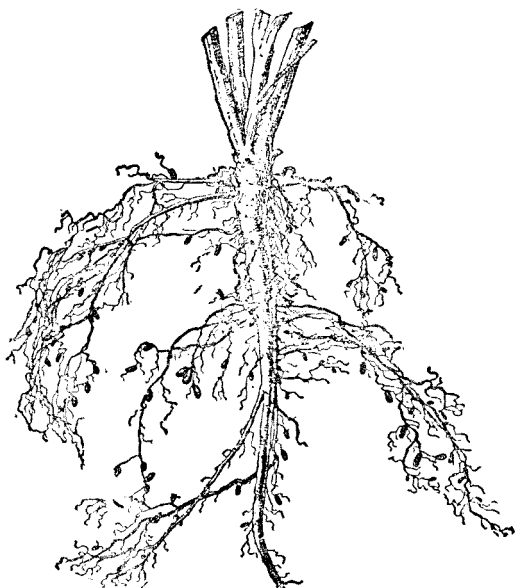
簡言之，自然界中元素之循環，先從綠色植物與動物方面出發，經細菌與非綠色植物居中連絡，進入無機界，復重返入生物界；如是週而復始，循環不斷。

細菌所掀起種種化學變化，或係此種個體進行營養工作時應有之步驟，或當營養進行時偶然隨之發生。有幾種細菌能利用

極複雜之混合物為營養料，例如：腐化生質精之細菌是也。他種細菌則取此較簡單之混合物為營養料，攝取二氧化碳，與水，如綠色植物然。所不同者，綠色植物賴陽光之輻射能將所攝取之原料綜合為複雜混合物；分化性(AUTOTROPHIC)之細菌，則分化無機物質並消耗其潛能。生物以無機物質為營養料，可稱為最原始之方法，生命在自然界中有立足地及進化，當以此為基礎。(參考第 89, 343 圖)

三 爛草浸液中之小世界 The Hay Infusion Microcosm.

生物交換營養料，養成互相依賴性，與綠色植物之自製營養料，乃自然界中元素輪流循環之因果。此種事實若就爛草中觀察，即可明瞭。

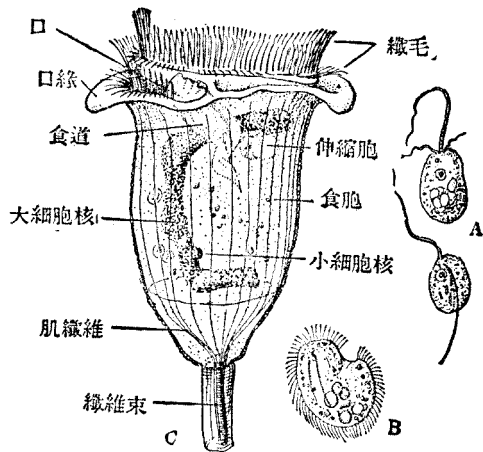


第 19 圖 共生之固氮細菌所引起之根瘤。
仿(Bergén 與 Caldwell)

吾人欲解釋生命之網 (WEB OF LIFE)，或者以最簡便之方法——以數束枯草浸於一杯之水，眼前即有驚人之事實發現，立刻發生物理變化，化學變化，與生命現象，此又何以言之？夫枯草浸於水中，勢必腐爛分化，於是產生生物所需要之「質」與「能」；生物既然獲得「質」與「能」，乃生長繁殖，爛草浸液即成微生物之小世界。

通常自來水中，不乏自由游離氧氣，與種種無機鹽，有時交含細菌，單細胞植物與動物。枯草腐爛而有無機鹽，生質精碳水化合物，種種食品原料；同時潛伏於枯草中之微生物，乘此優越環境，蠢然思動，恢復其活潑生活。（參考第 20 圖）

以顯微鏡觀察此種枯草浸液，先祇發現少數活動個體；若溫度適合，數日之內，即有不可勝數之細菌生焉。以前潛伏之孢子，現在不斷分裂，普遍分佈於全部浸液中，此時可稱為細菌世界。惟此景不長，細菌之代謝作用，漸漸引起種種化學變化，及物理變化，環境乃漸漸改變；能從化合物中吸收氧氣之細菌，被迫處於杯



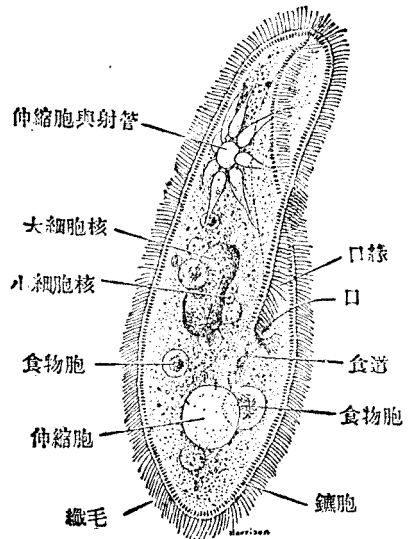
第 20 圖 爛草中常見之幾種原生動物。

A, 鞭毛蟲 (Mastigophora) 類中之二種單蟲 (Monads); B, 纖毛蟲 (Infusoria) 類中之頂口蟲 (Colpoda); C, 鐘珠蟲 (Vorticella)。口, Mouth; 口緣, Peristome; 食道, Gullet, 大細胞核, Macronucleus; 肌纖維, Myoneme Fibres; 纖維束, Myoneme Bundle; 纖毛, Cilia; 伸縮胞, Contractile Vacuole; 食胞, Gastric Vacuole; 小細胞核, Micronucleus。

底，專賴大氣中之氧氣而生存之細菌，則羣聚於水面。

截至現在，浸液中之生物，大多數皆細菌——單細胞腐生植物 (Unicellular Saprophytic Plants)。腐生植物就腐爛之枯草中攝取其所分解之生質精及其他分解物為營養料，此乃破壞工作之過程，而非組成；雖有產物，亦不過細菌之排洩物而已。

當細菌之生活現象達到其高潮時，不知不覺中另有一種生物潛進幕內，微小之動物利用細菌所造成優越之環境，加速生殖，與之競爭，終則獨佔其園地，先由種種微小而具鞭毛之單蟲 (Monads) 吸收細菌所分解之有機產物，繼以吞食固體 (Holozoic) 之動物出現，——專門吞食細菌。吞食固體之原生動物多纖毛蟲類 (Ciliata)，如草履蟲及其同類之鐘珠蟲 (Vorticella)，斜腹口蟲 (Colpidium) 頂口蟲 (Colpoda)，等等。小型纖毛蟲佔優勢時，吞食細菌為生，大型纖毛蟲處優勢時，除爭食細菌外，且吞食其同類。小型纖毛蟲出生數日之後，細菌與小型纖毛蟲之數目逐漸低降，據此可知生命有一種循環趨勢——腐生類受草生類 (Herbivorous) 淘汰，



第 21 圖 草履蟲 (Paramecium Aurelia)，爛草中最普遍之原生動物。參考第 330, 331 圖。伸縮胞與射管, Contractile Vacuole with Canals; 大細胞核, Macronucleus; 小細胞核, Micronucleus; 食物胞, Gastri Vacuole; 伸縮胞, Contractile Vacuole; 纖毛, Cilia; 口緣, Peristome; 口, Mouth; 食道, Gullet; 鑷胞, Trichocysts.

草生類又受肉生類(Carnivorous)淘汰。弱肉強食，並非自趨滅亡。

(參考第 21, 141, 147 圖)

小世界中生命之鏈索，遲早終有中斷之一天，因動物與非綠色植物之代謝作用，不斷耗用「能力」；儲藏於枯草化合物中之「潛能」有限，遲早必完全用盡，——因動物與植物之生命動作，盡變「潛能」為「活能」，以維持其生機故也。

爛草中之小世界經過數星期後，全部停止活動——末日不久降臨，一切生物皆有絕種之虞；除非單細胞之綠色植物（綠球藻之類）乘此機會，生殖其間，利用陽光之輻射能，將殘餘渣滓綜合為碳水化合物，與生質精，則此爛草浸液中，不至再有潛能之存在。

如果爛草浸液中之潛能得以恢復，則無異一小世界，綠色植物，非綠色植物，及動物互相有所依賴，造就各各所需要之環境，則可以永久維持常狀。換言之，一個均勢之水族缸(Balanced Aquarium)。水族缸中之環境之千變萬化，皆爛草與水所造成，因環境之變遷，缸中之生物乃有盛衰與亡。生物之互相依賴性，與適者生存，不適者淘汰，非獨水族缸中如是，吾人所處之世界亦何嘗不然。

第五章 複細胞生物

The Multicellular Organism.

就細胞之結構上，建述動物與植物之結構；動物與植物之個體，各含千千萬萬之細胞，雖然非常分化，但極端合作，如是乃有複細胞之生物。——Hertwig.

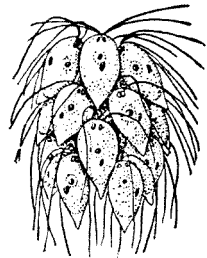
前面已經指出，生物之個體，或為一單獨活細胞，或由許多細胞所共同組成。就綠球藻，變形蟲，與細菌之營養機能上之敘述，對於單細胞生物之特徵，應當已有相當認識。本章專述複細胞動物——後生動物 (Metazoa)，與複細胞植物——後生植物 (Metaphyta) 之起源，與結構。

每個個體 (後面特別指出者例外) 之發展，皆始自一單獨細胞；此單獨細胞或為孢子 (SPORE)，由一親體產生，或由兩個細胞——配子 (GAMETES) 之結合而組成，其中一個來自雄體 (MALE)，另一個來自雌體 (FEMALE)；前者稱為單親 (UNIPARENTAL) 或無性 (ASEXUAL) 生殖，後者稱為兩親 (BIPARENTAL) 或有性 (SEXUAL) 生殖。有性生殖即雄配子與雌配子 (精蟲——SPERM 與卵子——EGG) 之結合而成之合體 (ZYGOTE)，此種現象乃稱為授胎作用 (FERTILIZATION)。有性生殖與無性生殖在動物界與植物界皆極普遍。一種 (Species) 生物可由有性生殖與無性生殖，而且互相先後輪流者，稱為世代交替 (ALTERNATION OF GENERATIONS)。(參考第 7 圖 A-C，第 8 圖 A，第 255 圖)

生殖細胞最顯著之特點，以其能與親體分離而發展為一個與其親體相同之個體之機能。孢子與合體（即受精之卵子）起初皆一單獨細胞，自離其親體後，經過有秩序之變化，而形成複細胞動物或植物，及個體所應有之特種組織與器官。至於個體發展所經過之步驟，非常重要，為學者所須知，摘要述之。

個體發展之步驟，簡言之，不外始自細胞（孢子或合體）分裂，繼以分化，孢子（無性生殖細胞）或合體（兩性生殖細胞）不斷分裂，稱為分裂作用（CLEAVAGE），從一細胞時期，而二細胞時期，此後分裂則漸形錯雜，無一定規則，為四細胞，八細胞，十六細胞時期，以至於細胞多至不可再數。當細胞分裂後，假使互相分離，每個細胞可以自由生存，則與原生動物（PROTOZOA）及原生植物（PROTOPHYTA）無異；或細胞分裂後其容積大小個個相等，雖然互相連絡，亦不過一個單細胞生物之羣體（COLONY），而非複細胞生物，但孢子分裂未嘗如是也。

羣生性之種類甚多，在下等動物與下等植物中皆極普遍。羣生之程度高低不一，有極簡單者，由數個相同之細胞聯合而成，如麥穗蟲（Spondylomorium），有極複雜者，由數百個至數千個之細胞互相聯合，其中且有幾個專門化之細胞而具特種機能者，如團藻（Volvox）是也。團藻之羣體，通常多由一萬個左右之細胞集合而成，形圓如球，細胞與細胞間雖然已經密切溶合，但每個細胞幾乎各營獨立生活，羣體內諸細胞唯一主要合作，乃各細胞之鞭



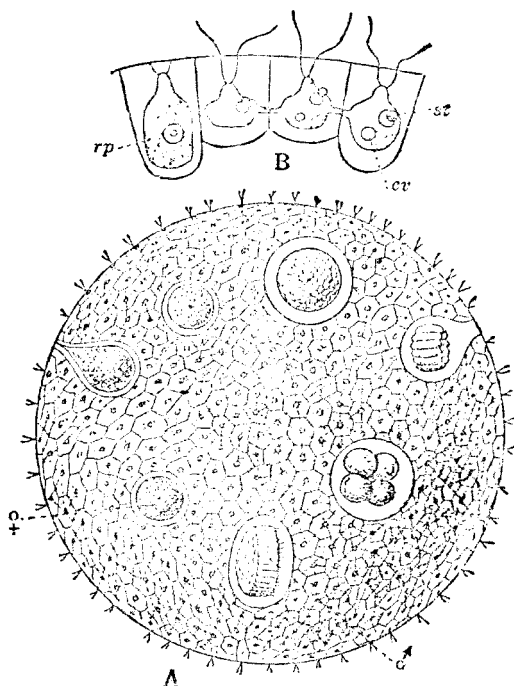
第 22 圖 單細胞生物——麥穗蟲（Spondylomorium）之簡單羣體，各營獨立生活，包括生殖。

毛之共同毛動，藉以推動其羣體。在適宜環境之下，一部分細胞特化而擔任生殖工作——有性生殖，或無性生殖，結果產生一新羣體，與其母體分離。團藻之體素細胞(SOMATIC CELLS)之分化為生殖細胞(生殖細胞)其意義至大，由是可以推想而知後生動物與後生

植物器官之特化與生理上之分工合作(PHYSIOLOGICAL DIVISION OF LABOR),團藻

已先示豫兆。(參考第13, 22, 23, 282圖)

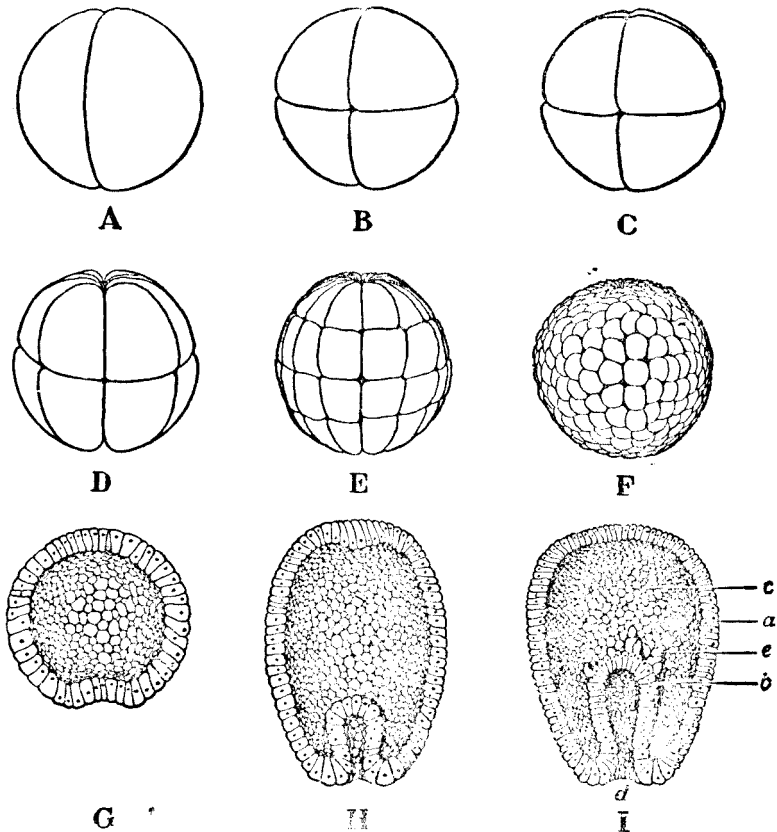
複細胞生物個體結構之複雜，事實上亦不過細胞之分化與合作所使然：每個細胞內之原生質皆有收縮機能，動物之肌肉細胞之收縮性，特別發達，當收縮時，且須耗費相當力量。複細胞生物之細胞雖然分化，若分化之細胞不分類集中，則不能發生各種機能。肌肉細胞之富於收縮能力，乃細胞之集中並共同行動而非



第23圖 團藻(*Volvox globator*)，由許多有纖毛之單細胞生物組成之一大羣體，各細胞間有或有機性之連絡，一部分細胞且重行生殖。A. 成熟之羣體(高度擴大)指示諸幼體，與幼子等，各期之發展；B. 四個更高度擴大之細胞指示三個體素細胞(Somatic cells)間之連絡，及生殖細胞，rp 之分化。cv = 伸縮泡；st = 眼點。(甘Kollike)

個別單獨動作。羣生之單細胞生物，細胞間僅起分化而缺少合作能力，所以與複細胞生物不同。草履蟲體部非常分化，尚有別種原生動物更加分化者，惟其分化範圍祇限於一個細胞內；複細胞生物體素細胞之分化重在打破此種範圍——各種細胞分類合作，共同擔任特種工作。

(參考第 21, 150 圖)

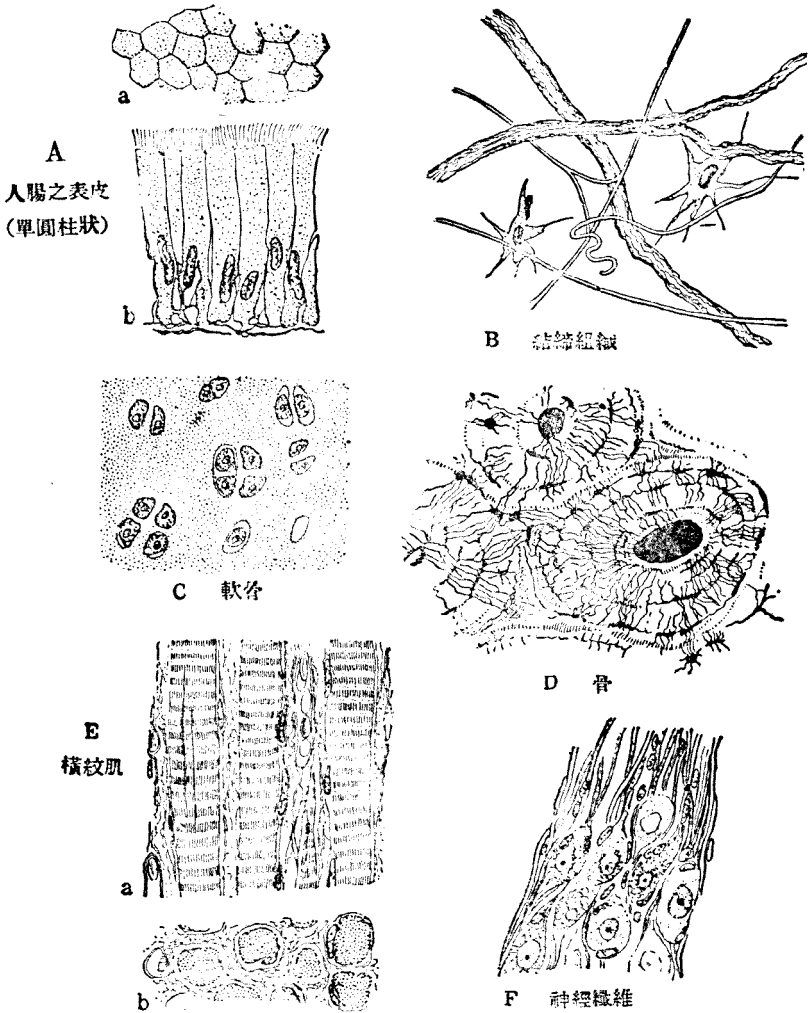


第 24 圖 海膽 (Sea Urchin) 之卵之早期發育 A—F 卵胞分裂 (Cleavage) 與胚囊 (Blastula) 之成形；G. 胚囊之剖開並指示原腸期 (Gastrula) 之開始；H—I, 原腸之早期與晚期。a 外胚層；b, 內胚層；c 胚囊腔；d 胚囊口；e 內胚層細胞，將化爲中胚層。

由是可知複細胞動物與複細胞植物之生殖細胞之分裂。(分裂作用)，其主要條件包括分化作用，與生理上分工合作，例如：動物之分裂，卵子(合體)所分裂之細胞，通常皆作有規則之排列，分佈於形似一空心橡皮球之表面，稱為胚囊(BLASTULA)。起初諸細胞大小完全一致，不久以後，胚囊之一面向內翻入，結果胚囊之中心腔——胚囊腔(BLASTOCOEL)漸被侵佔而消滅，此時細胞分為內外兩層，形似雙重之囊，稱為原腸期(CASTRULASTAGE)，囊口稱為胚囊口(BLASTOPORE)；外層之細胞稱為外胚層(ECTODERM)，內層之細胞環繞原腸腔(ENTERIC CAVITY)稱為內胚層(ENDODERM)。外胚層之細胞因生理上之需要，此時已開始分化，其原始纖維之一般機能，為感覺與運動兩者。內胚層之細胞同時亦分化而負擔胚胎動物之營養作用。(參考第24圖)

多數動物，當原腸時期，由內胚層之繼續分化，而組成另一胚層，稱中胚層(MESODERM)，介於外胚層與內胚層之間；由是三個原始胚層(PRIMARY GERM LAYERS)正式成立，為動物胚胎發展過程所應有之特徵。此後胚胎繼續發展，達至成年，三原始胚層則分別化為個體之種種組織與器官，例如：外胚層分化為外層皮膚，與中樞神經系統；中胚層分化為支柱組織，與血液循環系統；內胚層則變成消化管道之內層組織。

集合許多類似細胞始組成某種纖維(TISSUES)或系統，執行某種機能，可知細胞乃構成複細胞生物個體之基礎。細胞雖然為組成之單位，但必須分類集合始克湊成纖維，作一完備個體建築之材料——

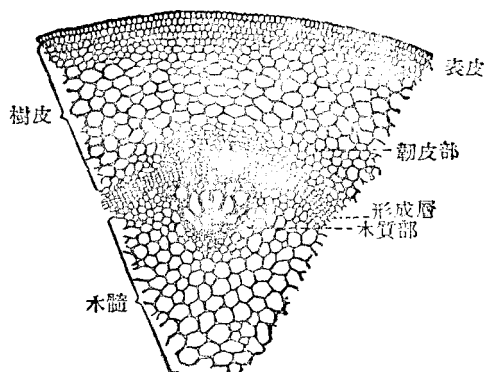


第25圖 脊椎動物各種纖維。A 人腸之表皮(單圓柱狀): a. 正面; b. 縱剖面; B 兔之結締組織(皮下部), 指示細胞與纖維(彈性纖維絲); C 軟骨(Cartilage), 指示細胞在透明之基質內; D. 骨(Bone): 人之上膊骨, (Humerus), 指示基質(Matrix)中之骨細胞; E. 人之橫紋肌(Striated muscle): a. 縱剖面; b. 橫剖面; F, 神經纖維: 貓之感覺神經之兩極神經細胞(Bi-polar nerve cell)。(皆高度擴大)

即細胞間之分工合作，以負起複細胞生物個體之全部機能。所謂一種纖維，必具一大羣性質絕對相同之細胞，專門執行某種機能，例如：動物之骨骼，肌肉，與神經，及植物之木質，與木髓，皆是也。

(參考第25, 26, 230圖)

複細胞生物之纖維，



第26圖 幼莖之橫剖面。

樹皮, Cortex; 木髓, Pith; 表皮, Epidermis;
韌皮部, Phloem; 形成層, Cambium; 木質部,
Xylem.

既由許多性質相同之細胞組成，動物或植物軀體上之器官(ORGANS)乃主持個體各種生理機能之單位，故必由許多纖維集合而成；換言之，每一種器官或由許多性質不同之纖維之集合而構成固定形狀，密切合作，發揮特種機能，人手之有骨骼，肌肉，神經等等，樹幹之有樹皮，木質等等，是此種最好之證明。

讀者或許料到許多下等後生動物與後生植物，體部之結構非常簡單，並無特別纖維，或器官，此是實在情形。惟高等動物體部之結構皆極端分化，非獨具纖維與器官而已，往往更進一步，集合多種器官成一器官系統(ORGAN SYSTEM)，專門執行一種生理工作，例如：動物有多條肌肉，每條代表一種器官，因其協力合作，乃產生肌肉之工作單位，所以稱為肌肉系統(MUSCULAR SYSTEM)；或一消化系統，必含胃臟，腸，肝臟等器官。至於高等植物體部之結構，雖然

分化達到極峯，但祇有纖維系統，而無器官系統。故植物與動物體部分化之程度不同，待詳細比較其結構後，便可瞭然。

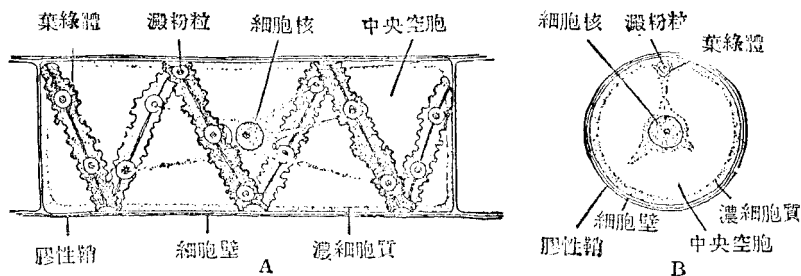
事實上複細胞動物或植物有——完備之個體——端賴各種纖維，器官，及器官系統之活動與互關作用。若詳加追究，方知細胞乃結構之基本單位也。雖然如此，但吾人仍不可忽視比部分更大之個體，個體內之細胞如果以各部分為界限，而擅自個別行動，不互相合作，則個體祇能當作各部分之活動與反動之中心，不配稱做單位個體；故一個體內之細胞，必具生理上之分工合作，生命始克永遠維持。

第六章 植物本體

The Plant Body

根據吾人所搜集之證據，可以坦白承認現存各種植物，概從互古之「原種」逐漸進化相傳下來，原種之祖先，或者為一最簡單之種。——Gacong

下自最簡單之單細胞植物，如綠球藻，上至最複雜之複細胞植物，如顯花植物，亦稱種子植物(SEED PLANTS)；根據本體之結構，其間可以列為許多階級，帶狀或絲狀之綠藻類(GREEN ALGAE)，本體之結構亦甚簡單，通常浮生池中，稱池沫：如水綿(Spirogyra)之本體，由多數互相類似之細胞連累而成，其實每個細胞各營獨立生活，無異一羣體；絲狀藻(Ulothrix)則另一例，其本體結構與水綿比較，雖無多大差異，但本體之一端，有葉綠素全缺而特化之細胞，依附於其他固體上稱支持體(Holdfasts)，所以不是自由漂流。(參考第27,61圖)

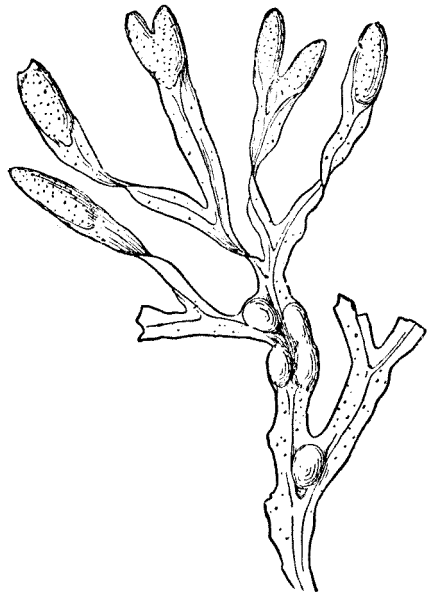


第27圖 水綿(Spirogyra)。A. 細胞之正面；B. 細胞之剖面。葉綠體，Chloroplast；澱粉粒，Pyrenoid；細胞核，Nucleus；中央空胞，Central Vacuole；膠性鞘，Gelatinous Sheath；細胞壁，Cell Wall；濃細胞質，Dense Cytoplasm。(由Smith等。)

多種下等藻類植物帶狀之本體，處處分枝，或一律大小，或有一枝最大之主軸，介於許多側枝間。帶狀之枝雖亦由許多細胞連接而成，但到處有大型之葉綠體 (Chloroplasts)，當然提高光化作用效率。此種綠藻，本體之結構雖未達到分化地步，但其分工作用則與有枝葉之高等植物無異。

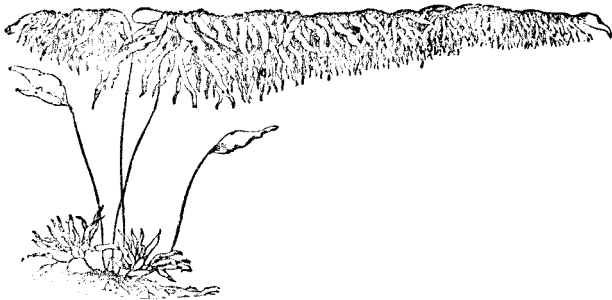
進一步之分化，最可注意者，當推本體成長之特性。不分枝之藻類，帶狀體之成長，專賴各細胞之繼續分裂；分枝之藻類，本體成長，則限於各帶之極端細胞。本體之結構既受成長之特性所支配，故各式本體必各有不同之成長特性；紅色海藻 (Red algae) 不少此例。藻類之葉綠體已經提及，多從最外層之細胞變成，故就生理上之分工合作而言，植物之簡單本體，或稱葉狀體 (THALLUS)，亦不過分化之程度提高，庶得多受日光而增加光化作用機能而已。（參考第 88 圖）

在他種藻類中，吾人可以看出更進一步之分化，石蓴 (Sea Lettuce = *Ulva*) 與石衣藻 (Rockweed = *Fucus*) 之葉狀體，因細胞向兩個平面分裂，於是形成一塊薄板，有時再加上第三個平面



第 23 圖 石衣藻 (Rockweed—*Fucus*) 一種尋常海藻褐藻屬，具帶狀而分枝葉狀體 (Thallus)。 (由 Coutler)。

之分裂，葉狀體又似一塊厚板。下等帶狀葉狀體之藻類，祇賴一極端細胞以附着，較大之藻則有塊狀之支持體 (Holdfasts) 固繫其本體於石塊上。支持體之組織，因分化之程度有限，所以祇有固繫之功用，而無吸收之能力，與高等植物之根有別；所以吸收水分與攝取營養料，仍由全體各細胞共同負責。高等海藻，如巨形海草 (Gaint Kelps)；馬尾藻 (Guifweed) 之類，葉狀體雖已高度分化，且具高等植物之根，莖，葉之一部機能，但其結構仍極簡單，不像高等植物之有種種纖維，故稱之為同功結構 (ANALOGOUS structures)。(參考第28, 29, 87, 圖)



第29圖 巨形海草(Gaint Kelp)一種鹹水昆布 (Laminariales)。

葉狀體有似葉似莖之結構，又有支持體(Holdfast) 固繫其本體於水底。(diGanong)

以上所述諸種植物，皆屬於藻類 (Algae)，與非綠色植物——菌類(Fungi)在植物分類學上總稱為葉狀體植物 (Thallophyta)。苔蘚 (Mosses)之類，其本體結構更為複雜，總稱為苔蘚植物(Bryophyta)。一株模範苔蘚植物，因本體各部之分化，於是有直立或匍匐莖，又有假根(RHIZOIDS) 以吸收營養料與固繫作用，葉負光化作用；但支

持纖維，與傳導纖維並未分別組成，所以尚不如維管束之植物——蕨類(Ferns)總稱羊齒植物(Pteridophyta)，與開花結果之植物總稱種子植物(Spermatophyta)之完整。(參考第八章)

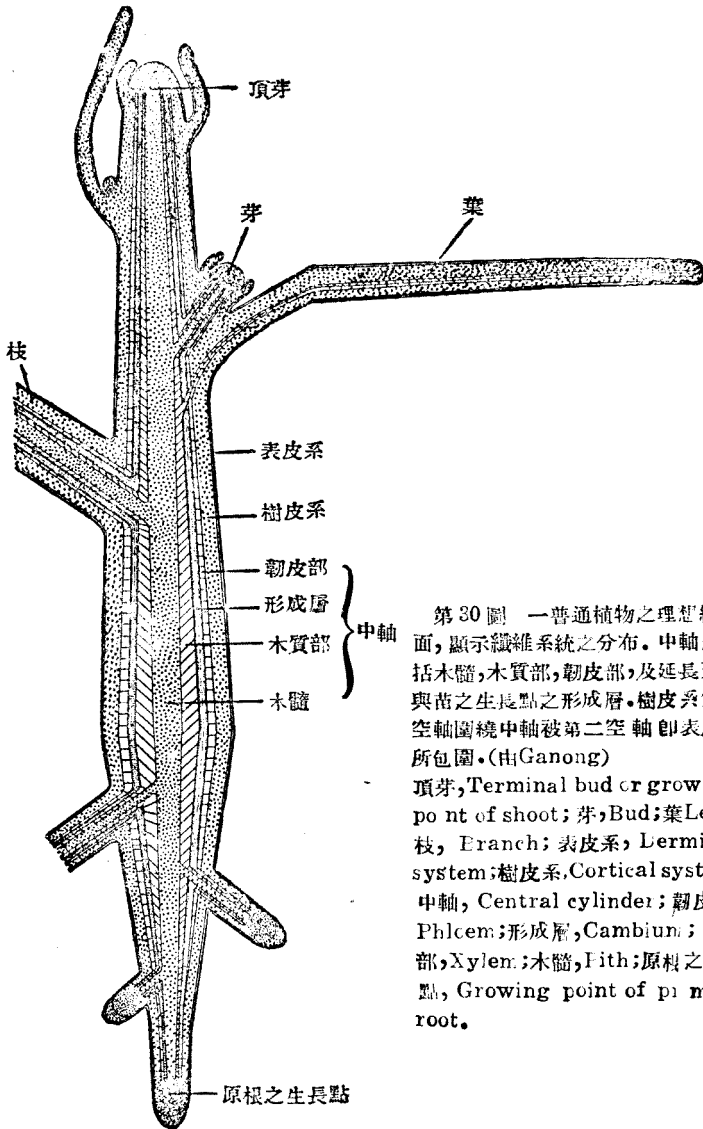
大多數植物其生命史上有世代交替(ALTERNATION OF GENERATIONS)之現象即：兩性植物——配偶體(GAMETOPHYTE)產生兩種不同之配子(GAMETES)，互相結合，而成一種單性生殖之植物——芽胞體(SPOROPHYTE)；芽胞體所產生之孢子(SPORE)發育，又成配偶體；如是輪流，有一定之秩序。配偶代與芽胞代之本體，非獨大小懸殊，而且結構各異，不獨同種之植物如是，全植物界皆然。高等植物芽胞體較為顯著，其結構亦複雜，例如：羊齒植物或種子植物皆吾人所熟識者，因是之故，先就芽胞體討論。

甲 結構 Structure

一株模範種子植物之芽胞體，分明分為二部分，即根(ROOT)，與苗(SHOOT)是也。根係一個固繫器官，同時自溶液內吸收種種營養料以維持植物之生命；苗分為莖(STEM)，葉(LEAVES)兩部分，莖之功用為支持本體與傳導溶液，介於根與葉之間。生殖孢子之器官，往往有許多附屬結構，稱為花(FLOWER)，通常皆由葉變成。

吾人欲知種子植物本體各部之功用，當先明瞭各種纖維之如何分佈，茲以雙子葉植物(DICOTYLEDON)縱剖面之理想圖解釋之。(參考第30圖)

根與苗合成一體，可以當作一根長而狹之圓柱體，由細胞重疊而

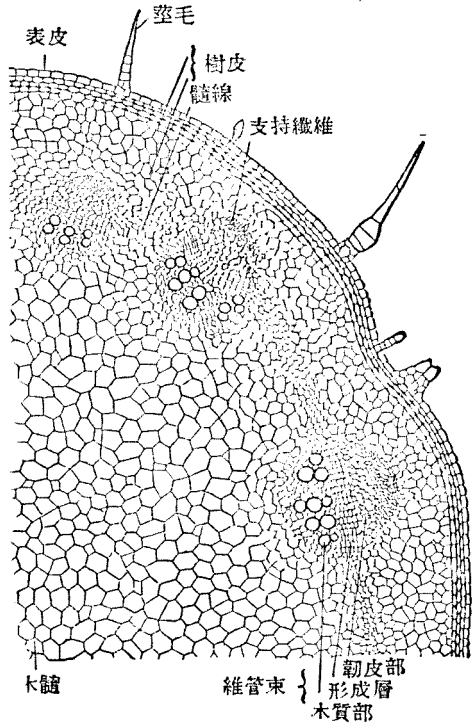


第30圖 一普通植物之理想縱剖面，顯示纖維系統之分布。中軸系包括木髓，木質部，韌皮部，及延長至根與苗之生長點之形成層。樹皮系為一空軸圍繞中軸被第二空軸即表皮系所包圍。(由Ganong)

頂芽, Terminal bud or growing point of shoot; 芽, Bud; 葉, Leaf; 枝, Branch; 表皮系, Lerminal system; 樹皮系, Cortical system; 中軸, Central cylinder; 韌皮部, Phloem; 形成層, Cambium; 木質部, Xylem; 木髓, Pith; 原根之生長點, Growing point of primary root.

成。圓柱體之基部爲原生根(Primary Root)之生長點，頂端爲莖之生長點 此原軸(Primary Cylinder)之中心有細胞密集之中軸(Central Cylinder)，中軸之外，有二同心之空軸(Two Concentric Hollow Cylinder)。此二空軸可分爲內空軸，圍繞中軸，外空軸又圍繞內空軸。外空軸在原軸之最外面，亦即植物最外層之細胞。上述三軸，構成原始纖維系統(PRIMARY TISSUE SYSTEMS)。

中軸亦稱軸管(STELE)，貫通根，莖，且延伸及枝；所以葉中之脈(VEINS)，亦軸管一部分之組織。軸管有木髓(PITH)，或稱原始軸纖維，與維管束(VASCULAR BUNDLES)；維管束分爲韌皮部(PHLOEM)



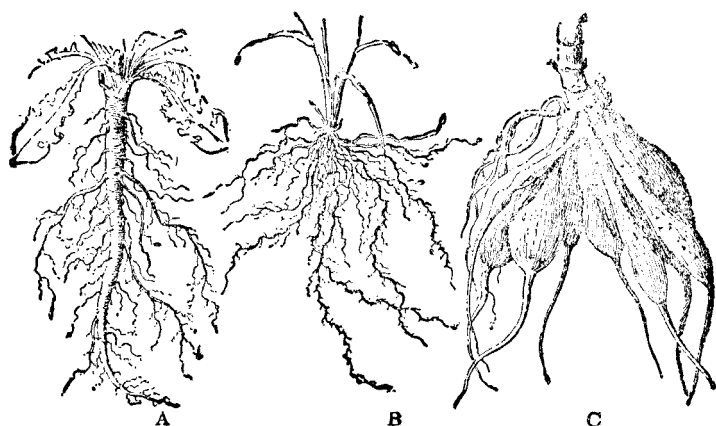
第 31 圖 向日葵(Sunflower)莖之橫剖面，指示細胞之分化與種種纖維。(由Smith等) 表皮，Epidermis；莖毛，Hair；樹皮，Cortex；髓線，Pith Ray；支持纖維，Supporting Tissue；木髓，Pith；維管束，Vascular Bundle；韌皮部，Phloem；形成層，Cambium；木質部，Xylem。

——傳導管養料之纖維：木質部(XYLEM)——傳導水分之纖維。韌皮與木質之間，有增殖之纖維，稱形成層(CAMBIUM)，形成層與莖

部及根部之生長點之纖維直接連續，與分裂組織(MERISTEM)合稱植物之生長系統(Growth System)。

直接圍繞固形中軸之空軸，分爲二部即：樹皮系統(CORTICAL SYSTEM)，幼莖與葉及根之外皮含有葉綠素之組織者皆屬之。

最外層之空軸，稱表皮系統(DERMAL SYSTEM)，莖與葉之護衛表皮(EPIDERMIS)，根部生根鬚之表皮皆屬之。(參考第31圖)



第32圖 A 蒲公英(Dandelion)之錐根；B，莖草之鬚根；C 牡丹(Dahlia)之塊根。(由Berge與Davis)

就圖中觀察三個空軸自莖部延長貫通葉部，形成網脈(Veins)，負載葉綠素之組織(柵欄與海棉纖維)及表皮。

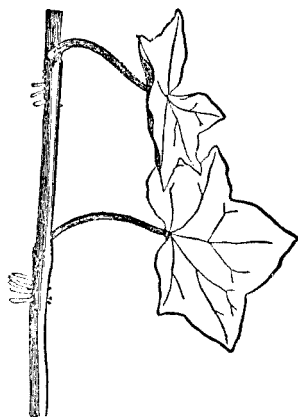
先就理想之圖解中得知苗根之纖維系統結構之大概，然後詳細考察各種高等種子植物之莖，葉，根三部。研究各種纖維之組成，須在顯微鏡下同時觀察其縱剖面與橫剖面。

一 根之種類 Types of Roots

植物之根爲一與泥土直接接觸器官，初步作用爲錨着植物，同時吸收水份與溶液運輸至莖部。幼樹之原生根 (PRIMARY ROOT) 通常自苗部向下直伸，一部份植物且成爲永久主根，自其側面再分出許多細根，此種根系稱爲錐根 (TAP root)，草本植物中甚爲普遍，例如：蒲公英 (Dandelion) 是也。惟大多數植物原生根以後全部變爲後生根 (SECONDARY ROOTS)，後生根係自植物之主軸向各方面輻射分枝，結果成一極複雜之地下根系，幾乎可與地面之苗所變成之枝葉等量齊觀。(參考第32, 49, 79圖)

植物可以繼續生存兩年者稱爲二年生植物 (BIENNIALS)，第一年往往專門製造與儲藏營養料。營養料若儲藏於根部，則根部必特別擴大，成營養料之儲藏所，待次年生長季降臨，植物迅速開花並結果。菜菔 (Turnip) 之儲根，與牡丹 (Dahlia) 及甘薯 (Sweet Potato) 之側根，皆屬儲藏根 (STORAGE roots)。(參考第32, 36圖)

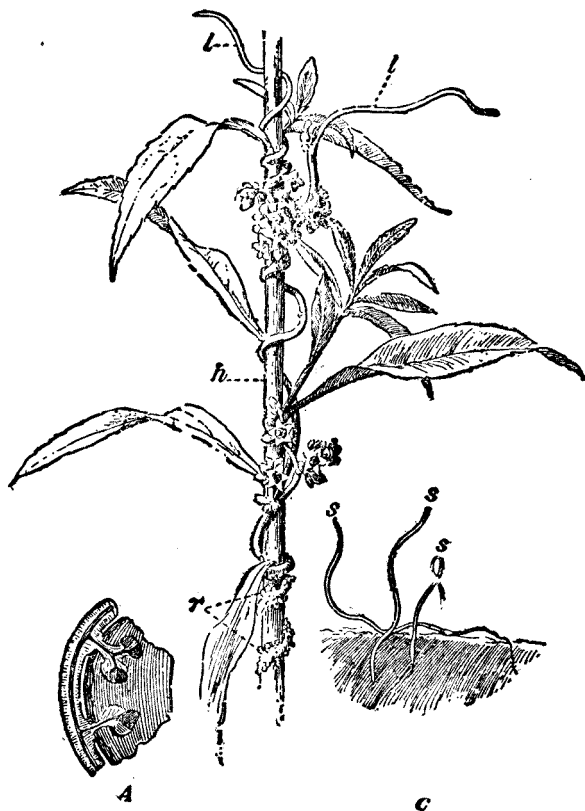
根所接觸之環境，通常皆爲地下泥土；惟熱帶植物亦有自枝部幹部生出氣根 (AERIAL roots) 者。此自異乎尋常之位



第33圖 春籐 (English Ivy) 之氣根。(由 Ganong, 仿 Lemau-ut 與 Decaisne)

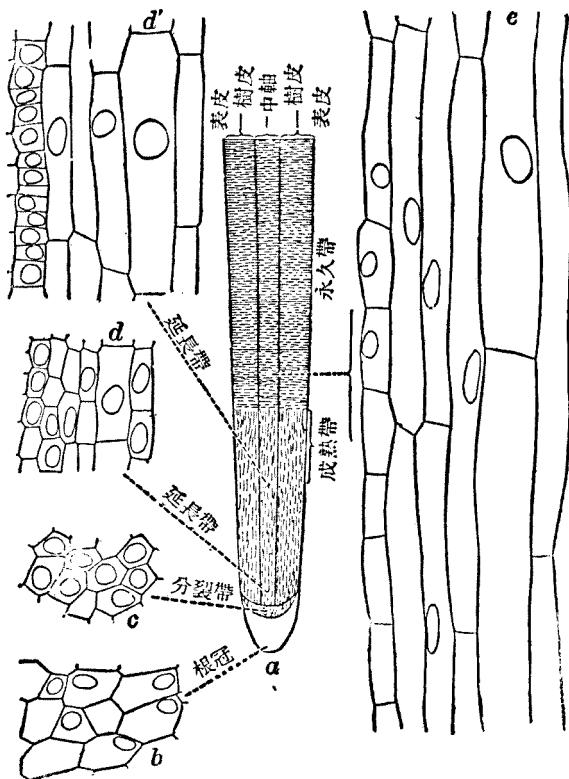
置所產生之根稱爲偶生根 (ADVENTITIOUS roots)。有幾種植物，氣根高懸空中，吸收大氣中之水分；此種氣根有時並且含葉綠素，於是分任葉之工作。無花果樹 (Fig) 之氣根自枝部生出，直垂地面，有時

並且深入泥中，形似樹幹，分任樹幹之工作。此外可以與氣根共鳴者，如棕樹 (Palms) 與玉蜀黍 (Indian Corn) 之柱根 (PROP roots) 並春籐 (Ivy) 懸於空中之纏抱根 (Clinging Roots) 是也。(參考第33圖)



第34圖 一種寄生種子植物——菟絲子 (Dodder) 圍繞其宿主即一枝黃花 (Golden Rod) 之莖。A. 宿主被菟絲子之吸根 (Haustoria) 鑽進之莖；C. 菟絲子初生之幼苗。h, 宿子之莖；l, 鱗狀葉；r 吸根；s, 幼苗。(由 Pergen 與 Davis)。

許多植物依賴他種植物爲之供給營養料，寄生種(PARASITIC Species)之根侵入其宿主(HOST)之纖維，於是根之結構形似吸管，稱爲吸根(HAUSTORIA)。菟絲子(Dodder)與冬青(Mistletoe)之吸根侵入宿主莖部之纖維；革亞爾狄(?) (Foxgloves—Gerardia)



第 35 圖 一正在生長之根冠之分裂細胞及分化之纖維。a 各式暗線指示根部各區域；b, c, d, d' e 指示根部各區域之擴大者。(由 Densmore) 永久帶, Pe manent zone; 成熟帶, Maturing zone; 延長帶, Elongating zone; 分裂帶, Meristem; 根冠 Root cap; 表皮, Epidermis; 樹皮, Cortex; 中軸, Central cylinder.

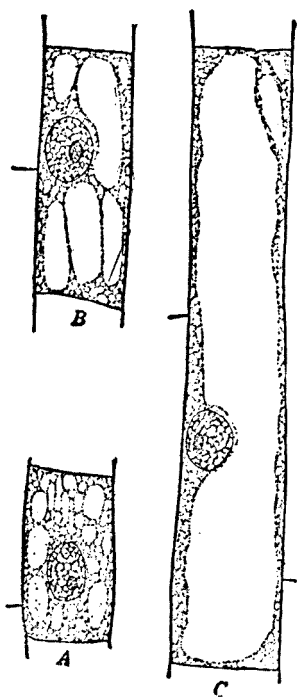
之吸根，則侵入宿主根部之纖維。有數種水棲寄生植物，根部缺如，於是吸收之工作，由葉代負其責。（參考第34圖）

觀乎以上所舉之例，即知植物學家所稱爲「根」，其主要條件爲固繫植物本體於泥土中，同時吸收水分及溶解於水中之物質。根之形狀與結構，有高度改變者，在數種植物中，因環境之需求，可以負擔他種器官之工作。

二 根之組成 Histology of Roots.

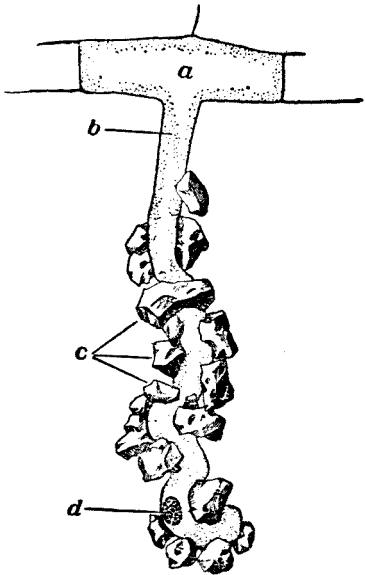
將根之尖端置於顯微鏡下視察之，立刻發現許多粗大之細胞，此部稱爲根冠 (ROOT CAP); 根冠節節鑽進土中，因摩擦之結果，根冠之細胞漸漸脫下，而由新生之細胞代之。新生細胞之位置在根冠之上，通常稱爲生長點，(GROWING POINT); 生長點之細胞細小密集，不斷分裂，根端全都賴以構成。生長點分裂而成細小之細胞，經攝取營養料後，乃長大如成年之細胞。吾人更應當回憶生長點與其上部形成層互相連接，所以代表根端之生長系，即——分裂組織。(參考第35,36圖)

生長帶 (GROWTH ZONE) 即在生長點之上，生長帶之細胞乃根端向下生長時所遺留者；此部細胞長大最速，細胞之

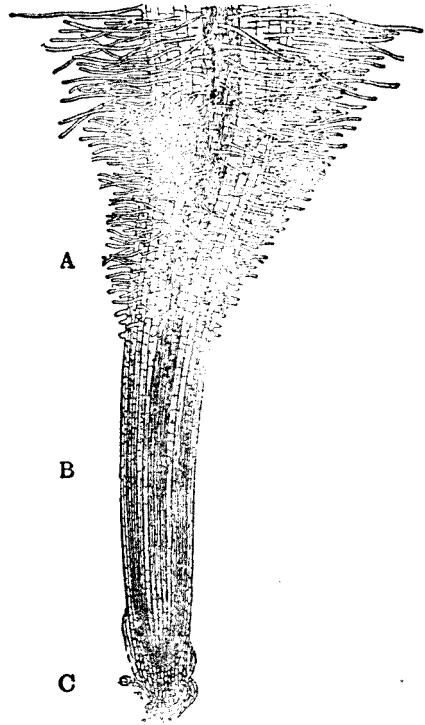


第36圖 一胚細胞發展至成熟細胞各期之狀態。(由Smith等)

長度更為顯著，細胞壁則變極稀薄，細胞內之細胞質與液體部分——多半為水，糖，鹽，及其他溶解物——漸漸溶合，於是空胞 (Vacuole) 特別擴大，所存者僅靠細胞壁之一帶而已。此種現象，植物之細胞非常普遍，動物則反是。就生長帶亦可以看出其表面保護層，



第38圖 高度擴大之根毛，指示根與其周圍沙土之關係。a 細胞液與空胞；b，細胞質；c，沙土粒；d，細胞核。



第37圖 萊菔(Rod'sh)根尖。

A. 根毛帶； B 延長帶；

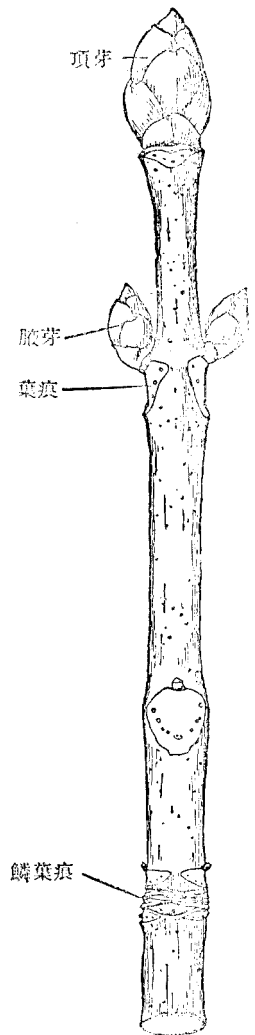
C. 根冠(由Gauoug)

或稱表皮 (Epidermis)，表皮之下有由數層細胞組成之樹皮。根之中央為中軸，有分化之維管束。(參考第37圖)

再上一點，可以看出生長帶無形無跡埋沒於另一帶內；此帶之表皮之最外層細胞生出許多根毛 (ROOT

HAIRS)。上面已經鄭重述過，根之主要機能為吸收溶液中之種種化學物。實行此種機能，又全賴滲透作用 (OSMOSIS)：即溶液沖過根毛之半滲透質膜 (Semipermeable plasma membranes) 而瀰散於原生質內。根毛之原生質富於選擇物質之力量，皆生活上所必需之行爲；根與環境之接觸，其原因亦在乎此。將紅色金花菜 (Red clover) 或大麥焚燒，餘灰中半為礦物質；但大麥之灰，所含砂土，其分量比金花菜幾乎超過二十倍；反之，金花菜之灰，所含之石灰質；又超過大麥約六倍。(參考第37, 38, 54圖)

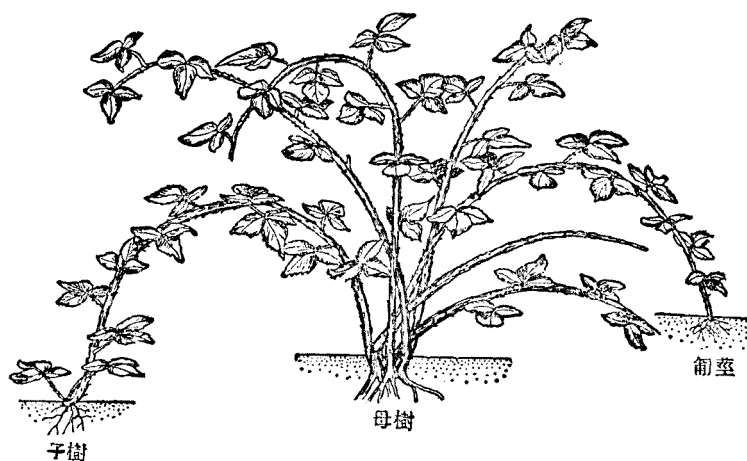
根毛所在之一帶，根之中軸細胞倍加分化，幼稚之維管束有分化之韌皮纖維，由細小之角形導管組成。正在發育之木質部，則有粗大之導管，因與其原始基礎纖維——木髓混雜，乃不甚明顯。介於木質部與韌皮部之間為形成層，此形成層正在開始生長，所造成之組織則略在根毛帶之上。實際上吾人若就根毛帶以上詳加觀察，細胞之組織則更似枝幹；所以老樹或灌木之根，其結構與機能完全與莖相同。(參考第30, 35圖)



第39圖 七葉樹(Horschestnut)之枝，指示葉和芽之冬芽。(由Smith等) 頂芽, Terminal Bud; 腋芽, Axillary bud; 葉痕, Leaf scar; 鱗葉痕, Scale Leaf scar.

三 莖之種類 Types of Stems

莖乃苗之主軸，擁有兩種機能；第一，支持樹葉，並且展布適當之方面，使其易受日光；第二，擔任傳導之責，使吸收器官——根，與光合作用器官——葉，互相連絡；但莖亦如根之有種種變態，因其本然結構受環境之影響而分化，兼任他種工作。（參考第39圖）

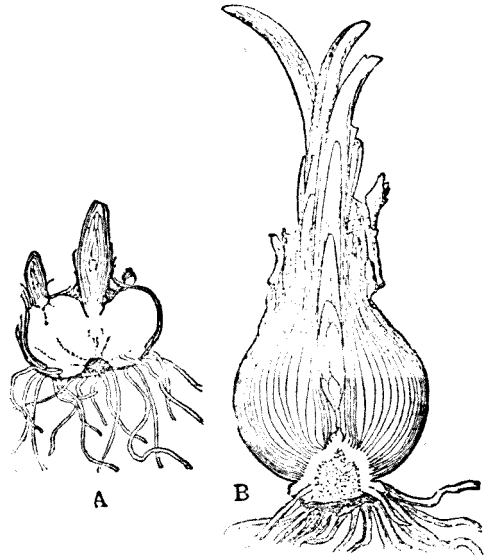


第40圖 蘆莓 (Black Raspberry) 之匍莖。(由Densmore)

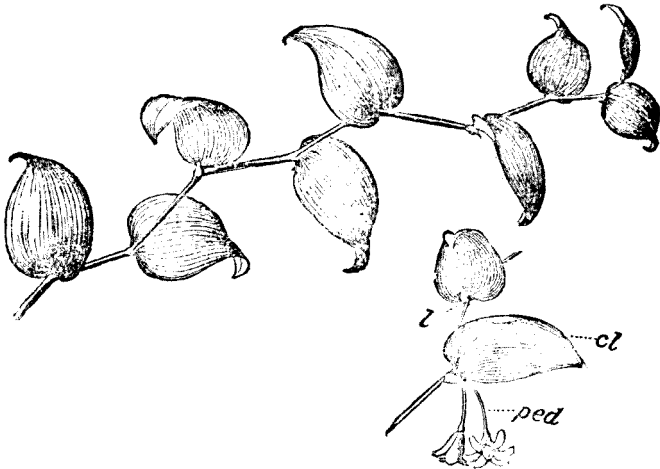
子樹, Offspring; 母樹, Parent plant; 匍莖, Rooting branch;

因繁殖之需要，莖常變為爬行性，例如：蘆莓 (Black Raspberry) 之匍莖 (RUNNERS)，蕁草 (Ferns)，羊齒 (Ferns)，及草類之根莖 (RHIZOMES) 是也。有時莖且完全代表根系，最常變為地下之儲藏器官，代根儲藏營養料以供短期而且迅速開花發展之苗之消耗。早春發展之植物，例如：紅根草 (Bloodroot)，與延齡草 (Trillium) 是也。
(參考第40,41,50圖)

再者，生長於旱地之植物，莖部極端縮短成球莖 (BULB)，或球莖 (CORM)。非常乾燥區域之植物，如仙人掌 (Cacti) 之類，綠葉完全缺如，或完全退化，以防止水分蒸發，同時莖部之葉綠素則異常發達，可以代營綠葉之機能。樹枝亦有非常分化者，扁平似葉，如刺梨 (Prickly Pear)，與牛尾



第41圖 A. 蕃紅花 (Crocus) 之地下莖即球莖 (Corm); B. 海仙化 (Hyacinth) 之球莖 (Bulb)。 (由 Smith 等)



第42圖 牛尾菜 (Myrsiphyllum) 之莖。cl 莖狀枝; l. 葉; Ped 花梗。 (由 Bergen)

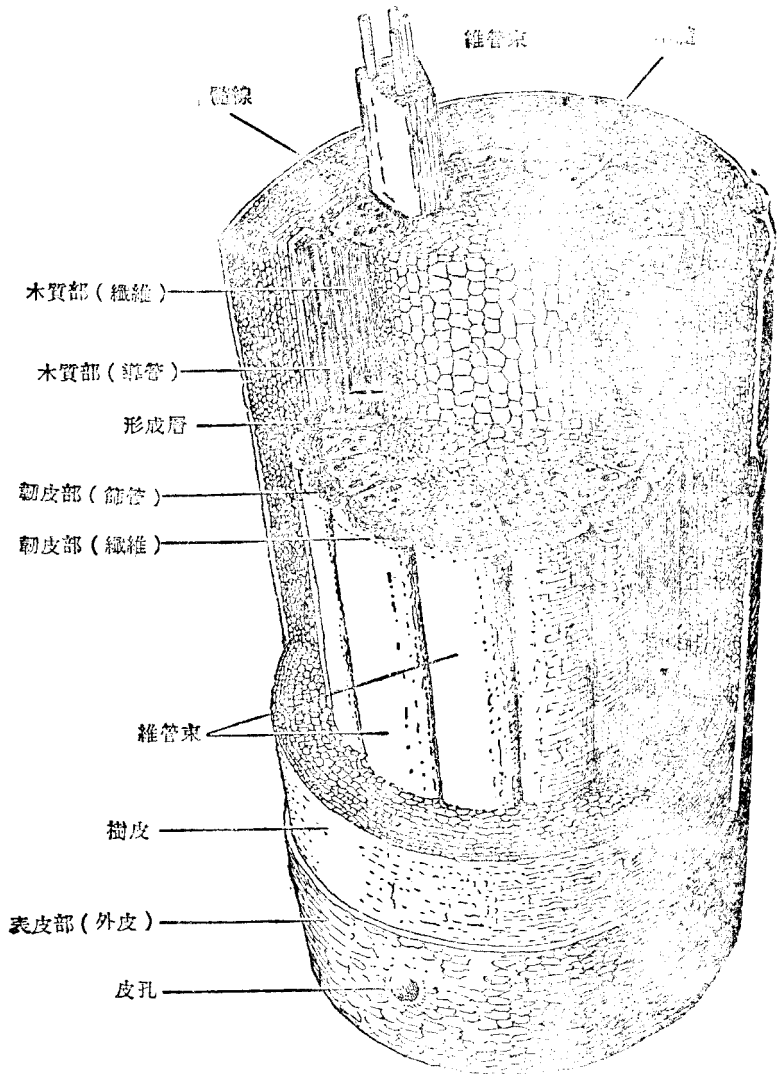
菜 (Smilax = Myrsiphyllum) 之枝，外觀極似葉，龍鬚草 (Asparagus) 之枝則化成絲狀葉。最後善於變態之莖，以刺槐 (Honey Locust) 之針莖 (THORNS)，葡萄之蔓 (TENDRILS)，馬鈴薯之地下莖——塊莖 (TUBER)，最爲顯著。(參考第 42, 111, 114 圖)

四 莖之組成 Histology of Stems

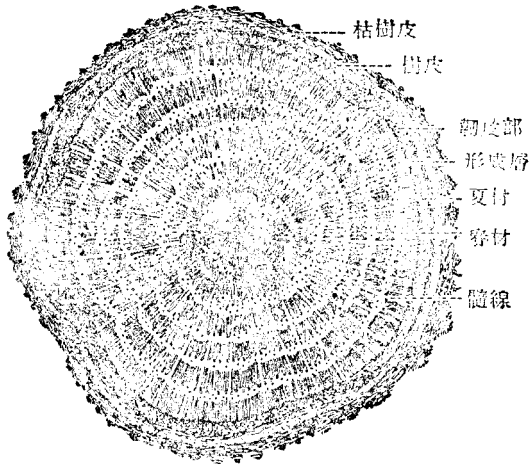
莖之生長，如根之生長然，咸賴分裂組織細胞之連續分裂。所不同者，根端生長點之分裂組織，係向下伸展；幼苗萌芽——即生長點，細胞不斷分裂，結果向上伸長。換言之，自根苗鄰接之區域，植物向上下兩方同時生長。

事實上根與苗之胚胎組織（分裂組織），其結構完全相同，各爲密集立方之細胞，充滿原生質；此時細胞尙無特殊機能，所以並未發生變化——未有具形之空胞或其他結構。但莖部之纖維，皆由生長點之細胞漸漸分化而成，故就生長點略低一點觀察，有三部不同之區域，正進行分化；結果變成外軸（表皮），中間軸（樹皮），及中軸（軸管）。中軸之基礎纖維（木髓）此時乃漸被正在發展之維管束所侵佔，此幾種基本纖維系統之布置，若就向日葵 (Sunflower) 之莖，或馬兜鈴 (Aristolochia) 之蔓，作一橫切片，詳細觀察之，即得其大概。上述莖與蔓之結構，並且可以代表大都會種子植物——即雙子葉植物 (Dicotyledons) 之莖之理想解剖圖樣（參考第 26, 31, 43, 44 圖）

老木之根維管束 (Vascular bundles) 結構大略相似。維管束分化或專門化爲三部，分司三種作用，即木質之木質部 (Xylem) 流動水分；韌皮部 (Phloem) 運輸營養料；兩者之纖維同時司機械性支持作



第43圖 葡萄樹(雙子葉植物)木質莖之結構。木髓, Pith; 維管束, Vascular bundle; 髓線, pith Ray; 木質部(纖維), Xylem (fibers); 木質部(導管), Xylem (tubes); 形成層, Cambium; 韌皮部(篩管), Phloem (tubes); 韌皮部(纖維), Phloem (bast); 樹皮, Cortex; 表皮部(外皮), Epidermis (Outer bark); 皮孔, Lenticle'.



第44圖 櫟樹(Oak)之八齡莖之橫剖面。中央黑色斑點部爲心材；外圍之木質包括交互之明帶春材與暗帶夏材（皆波材）。（出Desmorie）
 枯樹皮, Cork Bark; 樹皮, Cortex; 韌皮部, Phloem; 形成層, Cambium; 夏材, Summer wood; 春材, Spring wood; 髓線, Wood ray.

用。此外，形成層(Cambium)存在，專司莖枝之生長。當然維管束結構貫通根部與葉部成一聯係。

維管束排列（部署）在二大部有花植物間顯有區別：所謂雙子葉植物(Dicotyledons)乃擁有二子葉與網狀葉脈，單子葉植物(Monocotyledons)則祇有一子葉與平行葉脈。就種類與數量上言，雙子葉植物佔多數，普通眼見樹木與灌木皆是。單子葉植物中之重要種類如蔓草，棕櫚(Palms)，百合，蘭(Orchids)等。關於維管束之結構，現在先述雙子葉植物。（參考第103, 104圖）

雙子葉植物莖(Dicotyledonous stem)：莖在其最初發育過程即分化爲三部；表皮(Epidermis)，樹皮(Cortex)與髓(Stele)。最外層

之表皮祇擁一單層細胞，因受一種臘質物稱表皮質 (Cutin) 之飽和，所以驟視之頗厚，表皮質功用保護內部組織並保存水分不至於耗發。葉有特別構成細孔稱氣孔 (Stomata)，草本植物之莖部亦有此種細孔；惟木質莖則有皮孔 (Lenticels)。樹皮位居表皮之內，通常含二細胞層；外層稱厚角組織 (Collenchyma) 層，細胞中含葉綠質能執行光化作用 (Photosynthesis)，纖維性細胞壁上且有稜角，具機動力，功能展伸並助細胞長大 (幼稚之莖方有)。厚角組織層之下為柔軟組織層 (Parenchyma) 多由普通細胞組成，當莖幼稚時，此種細胞能產生葉綠質。分散於柔軟組織層間有成羣之厚壁枯胞，富於纖維 (Fibers) 而具剛性。(參考第 26, 31, 43 圖)

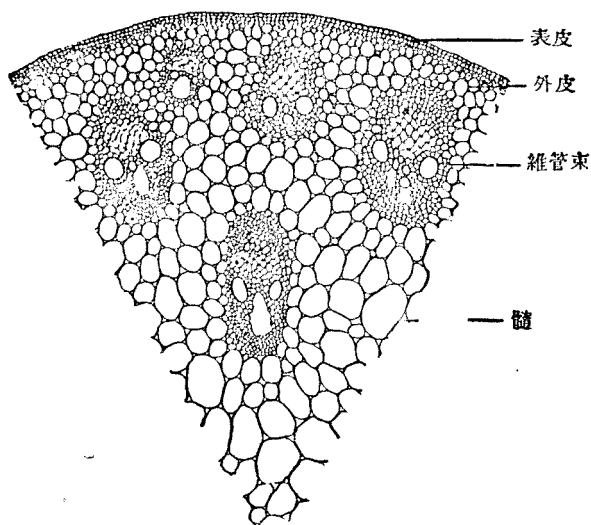
莖之中軸 (Central Cylinder) 包括二區域，中心髓 (Pith) 區與周圍之維管束區。髓芒由薄壁細胞組成，為基礎纖維。

就莖之橫切面觀察，維管束形成許多斷鍊，圍繞髓線。每一維管束擁有三不同部分：即厚壁之木質部居中，薄壁之韌皮部在外，一層至數層之分裂組織 (Meristem) 即所謂形成層介於木質部與韌皮部之間。形成層之細胞分裂率甚大，外圍續成為韌皮部組織，內圍成為木質部組織。如是形成層本身之面積不斷擴大增加，漸漸侵佔介於其間之細胞，惟髓線 (Pith Rays) 所在之部位不加以干預，以利莖部中物質之交通。各維管束間之形成層亦有互相連接者，於是形成一固閉管。因形成層之纖維生長力強所以莖之直徑不斷增加，形成層本身之直徑亦被迫增加。

木質部包含兩主要細胞羣：假導管 (Tracheal) 或導管 (Vessel) 細胞與木質纖維 (Wood Fibers)。假導管細胞為長方形枯胞，中空並

無原生質，供水分流通。導管乃一行長排之假導管細胞組成，毗連胞壁已全部消沒，故形成一直管，為莖部水流貫通之孔道。木質纖維乃許多長，細，尖形枯胞組成。因枯胞胞壁之堅實而強固木質，加上假導管部細胞成整個樹幹之木材。

韌皮部含三主要細胞羣：即篩管(Sieve Tubes), 伴細胞(Companion Cells), 與韌皮纖維(Phloem Fibers)。篩管為多數縱列之細胞，兩端之壁增厚，壁上有孔，細胞質線(Cytoplasmic Strands)即經此小孔與鄰近篩管內之細胞質通連。成長之篩管內無細胞核，其細胞質形成一薄層包圍中央大液胞之外，其間有縱行之細胞質線。篩管之左右，可見數行引長之伴細胞，與篩管並行排列，常與篩管之長度



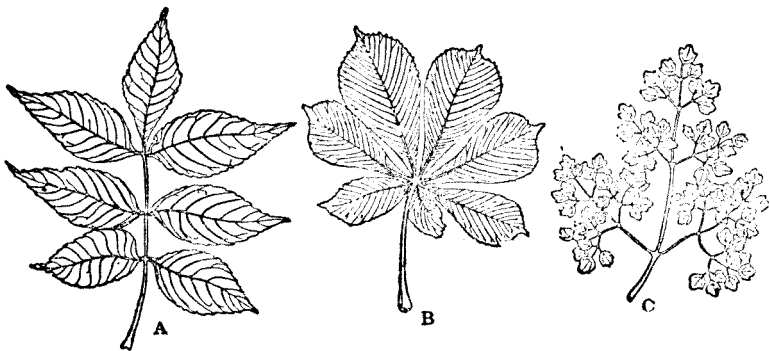
第 45 圖 單子葉植物 (Monocotyledonous) 莖之一部。
表皮, Epidermis; 樹皮, Cortex; 維管束, Vascular Bundle; 髓, Pith.

相等，或較之略短，伴細胞之直徑甚小，有濃厚之細胞質及明顯之細胞核，故易與篩管辨別。伴細胞，篩管及韌皮纖維之細胞壁皆為纖維質。分隔伴細胞與篩管之壁皆有小孔。韌皮部之主要作用為將葉部所綜合之養料作縱行之運輸。

單子葉植物莖 (Monocotyledonous stem)：單子葉植物莖與雙子葉植物莖所不同者為維管束之排佈不同。維管束不是排列有序成軸狀，乃分散於中軸 (Stele) 之間。有數種單子葉植物莖之中央並無維管束，髓部細胞亦消失，結果莖之中心虛空，例如蔓草與竹之莖。再者，單子葉植物莖與雙子葉植物莖尚有一點不同者即維管束內並無形成層。如是單子葉植物莖之結構及內部佈置與雙子葉植物比較均有區別。因其莖內缺少形成層，故莖之直徑不能無限長大；此亦即兩種有花植物主要區別之處。

五 葉之種類 Types of Leaves.

葉乃自莖之旁側長出部分，與莖不同者，其生長受限制，即是長



第 46 圖 複葉 (Compound Leaves) A. 白楊 (Ash) 羽狀複葉 (Pinnately Compound Leaf)；B. 七葉樹 (Horse Chestnut) 掌狀複葉 (Palmately Compound Leaf)；C. 黃唐松草 (Meadow Rue) 四分葉。

大至其應有大小時即停止。莖上每一枝叢成自葉腋 (Axil) 部位長出或在葉腋部位上。(參考 39 圖)

葉與根兩者為植物與環境接觸之主要部分，葉之基本機能為曝露其葉綠素器官於日光之下，藉此與環境交換氣體，同時利用葉之廣大面積以營蒸發作用。所以一標準樹葉，其主要部分乃極闊之葉片 (BLADE)，如是方有最適宜之曝露機會。葉片通常由一柄狀之葉柄 (PETIOLE) 而與枝幹連接，葉柄之起端稱葉基 (LEAF BASE)，葉基與枝交接之地方常有變狀——即生出葉狀體，稱托葉 (STIPULES)。許多樹葉並無葉柄，其葉片似乎從枝部直接生出。(參考第 46—48 圖)

貫通葉之中央有大脈稱中肋或主肋 (Midrib)，直接葉柄 (Petiole)。中肋之兩側有極多之小脈 (Veins)。在雙子葉植物網佈葉片 (Blade)，在單子葉植物與葉之中肋平行。不論中肋與脈如何分佈，實際上係一管系與莖中之維管束連通，其功用一方面為運輸物質孔道，另一方面依靠管壁之纖維以支持柔軟之葉片。(參考第 103, 104 圖)

葉片之式樣種種不一，可謂隨植物之種類而異。就大體言之，除孤獨之葉片外，複葉 (Compound leaf) 之葉片總是包括許多小葉 (Leaflets)，或自中肋分出或

自葉基 (Leaf base) 分出；例如：白楊 (Ash)，七葉樹 (Horse Chestnut) 等皆是。四分五裂複葉 (Divided compound leaf) 例如：黃唐松草 (Meadow Rue) 即是。(參考第 46, 107—122 圖)



第 47 圖 莖葉之縱剖面，bl，葉片；int，葉片之空心；s，葉之薄鞘；sca，厚實之葉基。(由 Bergen 與 Davis 仿 Sachs)



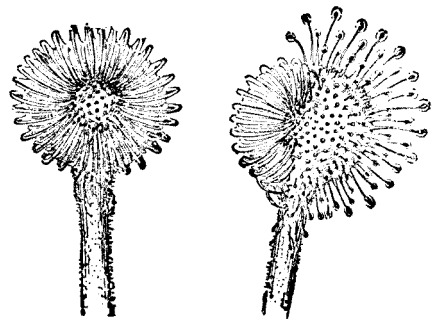
第 48 圖 芭蕉樹，表示其直立姿勢有賴長而糾繞之葉基 (Leaf Bases) 之支持。

葉 (SCALES) 是也。胡桃樹 (Hickory)，與七葉樹 (Horse Chestnut) 皆有極發達之鱗葉。鱗葉除保護冬芽之作用外，亦充營養料之儲藏器。蔥葉為吾人所熟悉者，事實上自鱗葉至完善之簇葉中間，可以分為許多階級，並且可以從正在開放之葉芽上觀其大概；與正常之葉比較，葉形尙有更顯著改變者，如攀緣性之植物——豌豆之卷鬚 (TENDRILS)，伏牛花 (Barderry) 與薊虎 (Thistle) 之針葉 (SPINES)，

日露草 (Sundews) 與豬籠草 (Pitcherplants) 之捕蟲葉 (INSECT TRAPS) (捕蟲為食) 等是也。(參考第 39, 41, 47—49 圖)

此外種子植物與羊齒植物所產生之孢子之結構，亦由葉變成；許多羊齒植物之孢子囊

葉亦如莖，根然，因適應種種不同之環境而改變其原形。葉有時亦可有根莖之功能：如芭蕉之葉基彼此緊接，成為芭蕉樹之『幹』；又如波羅蜜族植物之葉鬚吸收水分，而有根鬚 (Root Hair) 之功能。葉綠可以幾乎或完全沒跡，例如：保護冬芽 (WINTER BUDS) 之鱗

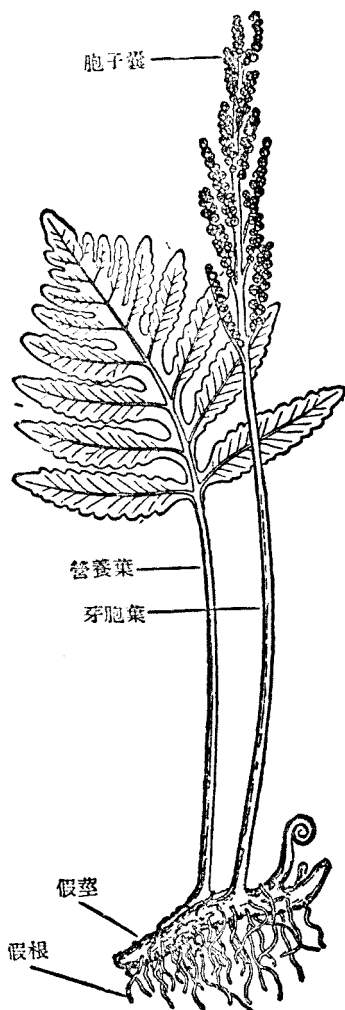


第 49 圖 日露草 (Sundew) 之葉消化掠奪物時之狀態。左圖指示觸角全部閉，右圖指一部分觸角緊閉於掠奪物上。(由 Bregen)

(SPORANGIA) 直接生在正常之葉上，有由葉綠素纖維退化之葉而祇留孢子囊者；此種葉，專生孢子，例如：尋常野蕨(*Sensitive Fern* = *Onoclea Sensibilis*)之芽胞葉(SPOROPHYLL) 是也。種子植物之花，亦不過一羣芽胞葉而已，通常分為單雌蕊(CARPELS)，與雄蕊(STAMENS)，及其附屬結構，即萼片(SEPALS)，與花瓣(PETALS)。萼片與花瓣為不生殖部分，與正常之葉比較，並無多大區別，專任保護內部芽胞葉之責；至於花之全部結構，待下章專論植物生殖時，詳細述之。(參考第50,51,72圖)

六 葉之組成 Histology of Leaves

苗之幼芽——即生長點，由胚細胞組成。苗之基本結構為莖與葉二部，所以莖與葉咸由幼芽發展而成。幼芽究竟如何變成莖與葉，若就通常之黑藻(*Elodea*)之幼芽之發展步驟觀察，即知其大概。黑藻



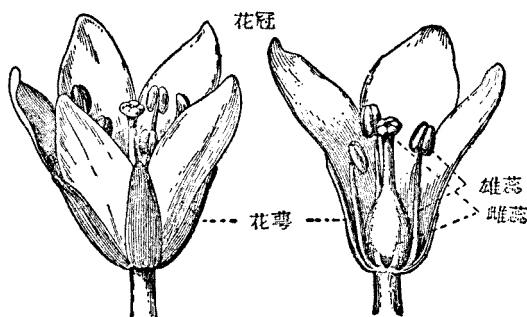
第50圖 野蕨(*Onoclea sensibilis*)，指示芽胞葉與孢子囊。(由 Bergen 與 Davis)。孢子囊, Sporangia; 營養葉, Vegetative leaf; 芽胞葉, Sporophyll; 假莖, Rhizome; 假根, Rhizoids.

莖之頂端爲圓形，由胚纖維組成，其表面擴大細胞，不斷分裂與分化，逐漸而變成各葉片之原始組織。此原始組織繼續擴展，扁平而具表皮樹皮及維管束纖維之正常葉由是組成。（參考第 52 圖）

欲知一模範樹葉之基本結構，可用葉之橫剖面解釋之，其主要部分有上下二層表皮 (EPIDERMIS)，緊接於葉片之邊緣，包圍內部之傳導纖維——即維管束 (葉脈)，與支持纖維——即含葉綠素之細胞，葉賴此以營光化作用。（參考第 53 圖）

表皮細胞所組成之膜，不能透過氣體或水分，所以特備許多微孔，稱氣孔 (STOMATA)，貫通葉綠素細胞間之氣室；約略計算，一片模範樹葉，每一立方耗表皮，平均有五百個氣孔，每個氣孔由兩個特別之表皮細胞圍繞之，稱護衛細胞 (GUARD CELLS)。護衛細胞可以自動調節氣孔之大小，使葉內與葉外之環境互相適應。

上面已經述過：葉中之脈，乃莖部維管束之延長部分。一方面成爲葉片之骨格，一方面爲複雜網狀運輸孔道，輸送原料於枝葉間。葉中較大之脈就其橫剖面觀察，有莖部維管束之種種結構，祇少形成層而已。（參考第 53 圖）

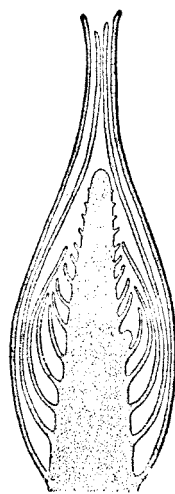


第 51 圖 峯蘇方 (Alpine Azalea 即 *Loiseleuria*) 花之結構。合許多萼片而成花萼，合許多花瓣而成花冠，合許多心皮而成雌蕊。（仿 Muller）
花冠, Corolla; 花萼, Calyx; 雌蕊 Pistil; 雄蕊, Stamen.

葉之大部分纖維，皆由含有葉綠素之細胞組成。緊靠上表皮之下面有一層排列極整齊之細胞，稱柵欄纖維 (PALISADE TISSUE)。柵欄層之下有排列紛亂之細胞，中間雜以大小氣室 (AIR SPACES)，此層稱為海綿纖維 (SPONGY TISSUE)。海綿纖維中之氣室，互相連貫，似乎有一定系統。氧氣與二氧化碳之交換，水分之蒸發，經過氣室與氣孔而循環於大氣中。(參考第53,55圖)

含有葉綠素之細胞，細胞壁甚薄，細胞質亦稀少；祇足襯裏細胞壁，並安置細胞核與許多特別盤狀結構之細胞質，稱葉綠體 (CHLOROPLASTS)。葉綠體含葉綠素，所以呈綠色。現在

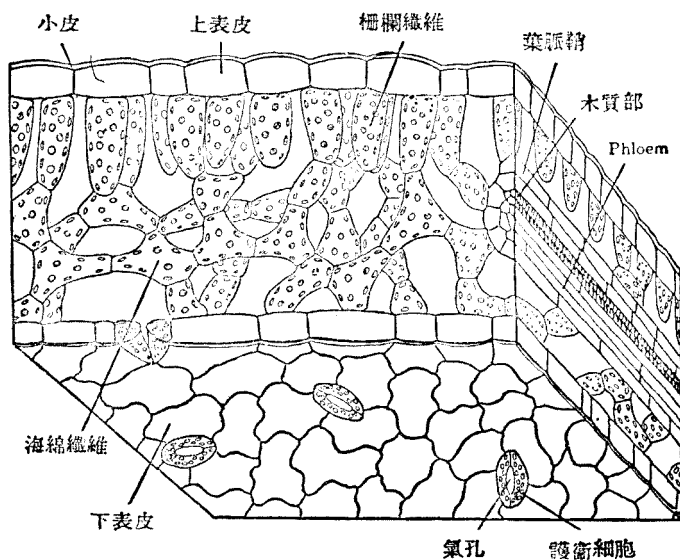
應當回憶，葉綠體乃發動光化作用之物質。細胞之中央，幾乎全部被充滿胞液之空胞所佔，胞液通常皆受到壓力，如是，細胞質乃被迫而靠近細胞壁，同時提高細胞之硬度，或膨脹 (TURGOR)。此種特性，非獨含葉綠素之細胞如是，實為一切植物之細胞共同之現象。一片切下之葉，不久即呈萎縮，乃葉中細胞之空胞所含之胞液漸漸漏出，結果喪失其膨脹性與強硬性。(參考第36圖)



第52圖 黑藻(Elodea)之頂芽之截面，指示葉之發展。(由Smith等)

乙 生理 Physiology

一株模型種子植物之全部結構，除分化之生殖器官外，已經敘述。尙未討論花之結構之原因，因生殖作用，並不是為個體而備，實與種



第53圖 一塊葉片，指示各種纖維之布置 (由Smith等)

小皮, Cuticle; 上表皮, Upper Epidermis; 柵欄纖維, Palisade Tissue; 葉脈鞘, Sheath of Vein; 木質部, Xylem; 韌皮部, Phloem; 海綿纖維, Spongy Tissue; 下表皮, Lower Epidermis; 氣孔, Stoma; 護衛細胞, Guard Cells.

族之生存有關係。茲就個體全部研究——各種細胞，纖維及器官，在一株生長植物之本體上，各互相為營養而合作，營養乃維持個體生存之唯一條件。

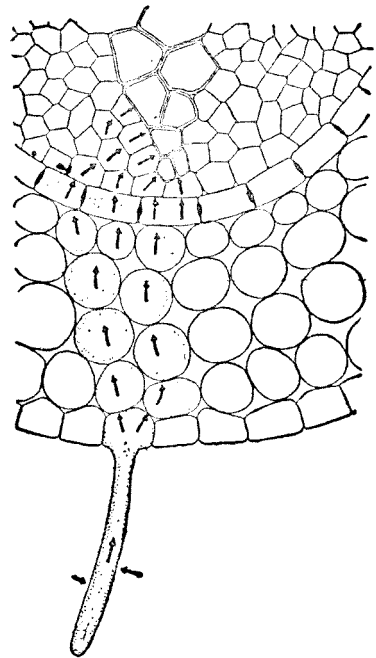
綠色植物之營養作用，吾人討論綠球藻時，已得知其大概。綠球藻之整個個體，祇一單獨細胞，所以與環境交換「質」與「能」皆屬直接；但高等綠色植物之個體，由幾萬萬分化之細胞構成，各部之關係錯綜混雜，其營養作用，應當另作一問題討論。

讀者熟悉，綠色植物攝取原料以製造食品原料。高等植物自根毛

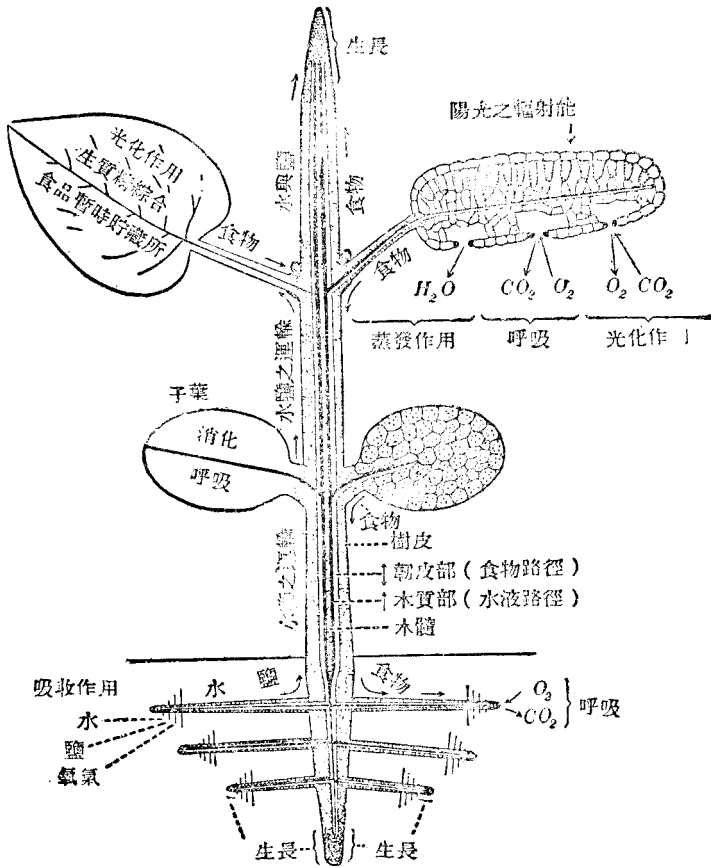
吸進多量水分，溶解於水中之物質，有——硝酸鹽，磷酸鹽，硫酸鹽，種種——此幾種物質，皆供給製造原生質。二氧化碳又從葉之氣孔進入葉內。製造食品原料之物質，既各從相反之兩端進入，集中諸物質於一化學製造所內，使之結合為種種化合物，乃所必要者。葉為製造食品原料之場地(器官)，若單指葉綠體，則更確切。製造食品原料所經過之步驟，既然如此，現在應當研究原料自根毛運至葉部之孔道，及轉運製造品至植物各部之路線，以供消耗。(參考第54圖)

一 轉運 Translocation

水分初沖進根毛，必賴根壓 (ROOT PRESSURE) 之助力，以後漸漸上升至莖。根壓之起點，則由根之全部細胞之彌散作用 (DIFFUSION)，與滲透壓力 (OSMOTIC PRESSURE) 所推動。春季之茂林，每一方寸根壓，幾乎有四十磅。水分自根之木質部上升，而至莖之木質部。木質部之結構有兩種：由長而大之單細胞連接而成之假導管 (TRACHEIDE)，與導管 (VESSELS)。導管乃真正之管，因構成導管之長方形細胞，兩端鄰接之細胞壁完全消滅故也。老而熟之假導管



第54圖 指示泥土中之溶液，入根毛經過皮部細胞至木質部之路徑。(由 Smith 等)



第 55 圖 解釋種子植物 (豆) 之主要生理機能。子葉內含極豐富之食品，但對於光化作用，貢獻甚微。(由 Densmore)

光化作用, Photosynthesis, 生質精綜合 Protein synthesis; 食品暫時貯藏所, Temporary food storage; 子葉, Cotyledon; 消化, Digestion; 呼吸, Respiration; 吸收作用, Absorption; 水, Water; 鹽, Salt; 氧氣, Oxygen; 樹皮, Cortex; 水與鹽之運輸, water and salts transportation; 食物, Foods; 生長, Growth; 陽光之輻射能, Light Energy; 蒸發作用, Transpiration; 水與鹽, Water and salts; 韌皮部 (食物路徑), Phloem; 木質部 (水液路徑), Xylem.

與導管，雖然亦由生存之細胞組成，但此時已全失其固有之原生質，結果變為許多無生命之管，自枝幹直達葉部，且就葉片中分枝而成葉脈。假導管與導管皆自根部直達綠葉，為液體之運輸孔道。（參考第55圖）

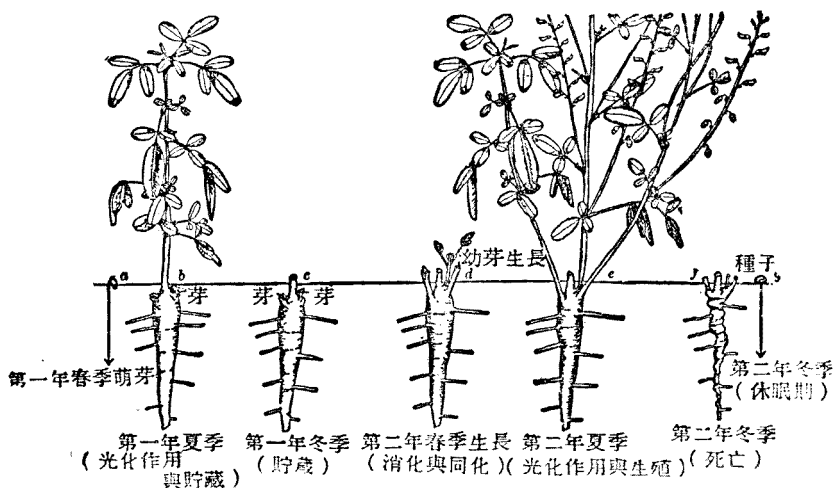
綠色植物所需要之碳素，皆從氣孔進去之二氧化碳中攝取，溶解於水中之種種鹽質由根吸收，在葉綠素細胞中與二氧化碳相遇，並且就此場地將種種原料製造為食品原料。現在應當鄭重申明，葉綠體中種種化合反應作用，猶賴陽光之輻射能方能使碳，氫，氧混合而成糖類。當陽光之輻射能引起化合作用時，一部氧氣為植物呼吸所利用，或由氣孔散出。已經製成之糖，一部分直接為植物燃料，一部分則為植物製造生質精及其他有生命之物質之基本物質，外加氮氣，及他種化學元素。

綠葉所以可稱為特別器官，擁有改組與集合種種無機物質為新化學混合物之機能。植物賴此化學混合物為建築個體各結構之材料，同時利用化學混合物所發生之能，以維持其生機；換言之，化學混合物，乃綠色植物之食料——並且間接為地球上各種生物之食料。

不論何時何刻，綠葉所製造之食品原料，必須分佈於個體各部；此種工作，一部分賴彌散作用，不能溶解之食料，則由各種酵素消化之，或分化之，而成液體。食品原料初由葉中最細微之葉脈運至漸大之葉脈，最後轉達於枝幹。

食料在枝幹中所經過之路徑，並無一定方向，隨各部之需要而輸供。運輸食料之管道，稱篩管(SIEVE TUBES)，由韌皮部長形之細胞組成。食品原料在篩管中可以上升，亦可以下降，一部分並且運至

木質部，以供迅速生長之纖維之消耗。當植物生長停頓時期，大部分食品原料，多半為澱粉，自韌皮部下降，儲藏於莖內與根中。簡言之，植物之全部生存細胞所得到之給養，皆韌皮中流動之食料，所以吾人可以視韌皮部為代綠葉分發食料之管系，恰如木質部為根運輸水分及種種溶液至葉之管系。誠如是，一株喬木所需用之原料，必由木質部上升，同時製造品由樹皮下降。（參考第56圖）



第56圖 二年生植物——翹搖 (White Sweet Clover) 之各季生命史。

(由Densmore)

第一年春季萌芽, Spring Germination; 第一年夏季(光化作用與貯藏), First summer (Photosynthesis and Storage); 第一年冬季(貯藏), First Winter (Storage); 第二年春季生長(消化與同化), Spring Growth (Digestion and Assimilation); 第二年夏季(光化作用與生殖), Second summer (Photosynthesis and Reproduction); 第二年冬季(死亡), Second Winter (Death); 第二年冬季(休眠期), Second Winter (Resting Stage); 芽, Bud; 幼芽生長, Bud Growth; 種子, Seed.

二 蒸發 Transpiration

前面已有記載，水分與水中所含之溶解物，沖進根毛，升至木質部外層之細胞與導管，端賴瀰散作用與滲透作用，——一種向上衝動力量，所謂根壓是也。但此種壓力雖大，在高大喬木尚嫌不足，是以葉部同時亦發生滲透作用，將木質部之水分吸進葉之細胞內，以補充此種缺點。此種原理非常明顯，當植物之液體上升，必具一種動力，包括饒有興趣之物理現象，即當水分被禁錮在植物莖部之微小導管內時，必有一種非常緊張之力量——使微小導管強韌似金屬之線——而且葉面之蒸發作用，自然曳引導管中之水柱上升。

當蒸發時期，水分不斷從葉之氣孔散出，稱為蒸發，或蒸發作用 (TRANSPIRATION)。引起蒸發作用之動機，乃周圍大氣中之熱力，及光合作用時綠葉所吸收之輻射能之剩餘熱力。如果上面解釋正確，可作最後分析。熱力引起葉面蒸發，勢必牽動水柱上升或溢流，繼續不斷，於整個植物個體內——自根毛進去之水分及其他溶解物變為水蒸氣，由氣孔散出。事實上一個廣大森林，所蒸發之水分，比一同等面積之湖澤所容之水量猶多。由是可知植物不但供給自然界極大分量之水分，且擔任消耗熱力之工作——使夏天空氣陰涼。（參考第55圖）

雖然，木質部循環之動力，或者並不止如上述之理論之簡單。但食品原料在韌皮內流動之原因，至今尚無滿意之解釋，祇知滲透現象，大概負大部分之責任。根據學者最近研究之心得，莖部似乎擁有一種天然活動力，獨立存在，與根葉無關。植物細胞之機構，含有高度感覺性，與自動適應性，乃植物界安全之保障。假使就植物本體施以局部壓力，或刺戟，細胞內之液體必向受壓之方位流動，或自受過度刺

激之位置流動；如是，儲藏於一區域之化合物，必向另一區域移動。根據『水壓機械 (Hydraulic Mechanism)』原理，整個植物個體變成一機械單位。

三 養料之利用 Food Utilization

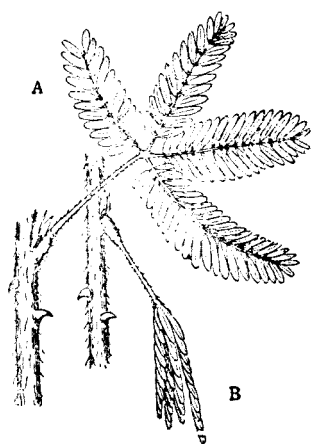
綠色植物既製造養料，又轉運至個體各部，必需由各個細胞共同消耗，當作原料以產生維持生機之「能」。一個結構複雜之個體，細胞雖被埋沒，但仍不可忽視，因植物之生命皆個體內許許多多細胞之活動與合作之表現。

細胞攝取養料，非獨選擇維持生命所必需之物質，此外凡足以構成植物個體各部組織有用之物質，亦盡量吸收。細胞或直接利用所吸收之物質，或需要由酵素所分化之生質精，碳水化合物，及脂肪；但執行此種任務，即是工作，工作必消耗能力，——此種能力，即葉綠素細胞製造食料時從日光中取得而儲藏於食料中之潛能。釋放或消耗此種潛能，又賴呼吸作用(RESPIRATION)以執行之。碳水化合物，脂肪，及生質精，必須受氧化即燃燒，由是游離之氧氣，通透植物個體各部之細胞，同時二氧化碳被運送出去，此種步驟，經過細胞間之氣室系統。氣室系統在植物個體內分歧密佈，大半由葉面之氣孔而通至周圍之大氣。枝幹之表皮，有細小之皮孔(LENTICELS)亦氣室系統之出口處。(參考第 43, 55 圖)

四 激感與適應 Irritability and Adaptation

最後重在不忽視整個有機體乃植物本體種種細胞互相合作之單位。植物本體不獨功能自動適應，並且隨機應付其遭遇種種不同環境，

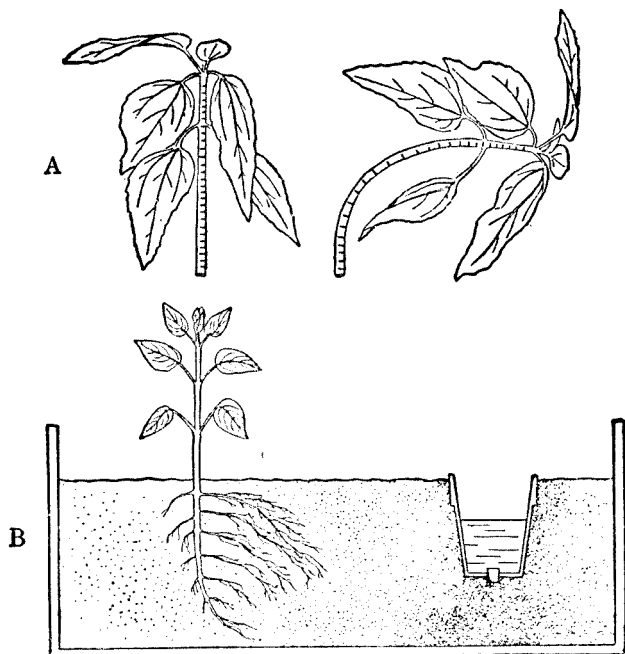
有生命者或無生命者。植物細胞內之原生質有其固有之一種機能，對外來或內部刺激而發生反應，稱為激感，不過不如神經動物之靈敏與複雜耳。因刺激所發生之反應或引起構造上或機能上或同時引起兩者，且以幼稚正在發育之植物或正在生長之部分為最。植物界中有所謂睡眠動作(Sleep movements)者例如敏感性植物(Sensitive plant)類之含羞草(*Mimosa pudica*)受刺激時其特殊細胞之腫脹力，立刻發生變化。(參考第57圖)



第57圖 敏感性植物(Sensitive Plant)之含羞草(*Mimosa Pudica*)。A. 葉原然位置；B. 受機械刺激後位置。

因刺激而引起之反應乃一種運動作用，惟此種運動甚緩，不易覺察，設以活動影片攝影機每隔十五分鐘或半小時攝取一次，數星期後則此種影片將顯示莖、枝、葉、花之運動。植物運動種類可分為自主運動(Autonomic Movement)如根尖向下生長，莖端向上生長，咸由內在因素(Internal factors)主之。至於受刺激運動(Paratonic movement)乃因外界環境變遷所引起之運動。刺激運動又分為定性運動(Nastic Movement)——外界刺激並不能決定其運動方向，例如植物器官運動位置並不朝向刺激方向。所謂定向運動(Movements of Orientation)——外界刺激決定運動之方向，例如屈地性項下之正屈地性(Positive Geotropism)如根多為正屈地性；莖多為負屈地性(Ne-

gative Geotropism). 屈光性項下之正屈光性 (Positive Phototropism) 如幼苗之莖或主莖為正屈光性，即趨向光照最強之面；幼苗之根多為負屈光性 (Negative phototropism). 向熱性 (Thermotropism), 如植物之根及其他器官或趨向高溫度或背離高溫度。向水性 (Hydrotropism), 如根趨向潮濕土壤而背離乾燥土壤。向觸性 (Thigmotropism), 如攀援習性之西瓜，葡萄之捲鬚與固體物接觸後即行捲曲，與物體接觸之一方向內凹入，捲鬚繼續彎曲，包於物體之外。向化性 (Chemotropism), 如菌類之絲狀體及花粉管為向化性，趨向化



第58圖 A. 示向光性 (Phototropism) 之向日葵 (Sunflower). 上左: 兩側之葉不平衡, 右: 朝向陽光後之趨勢。

B. 向水性 (Hydrotropism), 右示一具多孔之花盆, 內儲水; 左示一株植物植於沙床中, 右側之根趨向水份故亦比較發達。(由Smith等)

學物質濃度較高之處。(參考第58圖)

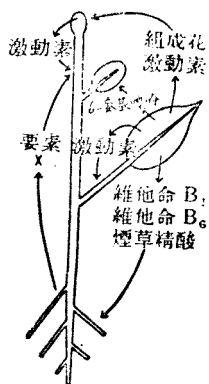
土壤中可利用之水分對於植物極重要，根據植物與水分及其他環境之關係可分為旱生植物(Xerophytes)——此類植物能抗旱生於乾燥地帶，如仙人掌屬(Opuntia)，蜀黍屬(Andropogon)等。水生植物(Hydrophytes)——此類生於水中或極潮濕地如蓮屬(Nelumbo)，苔屬(Corex)等。中性植物(Mesophytes)——此類生於水分充裕地帶，如常見之草原與森林。鹼性植物(Halophytes)——此類生於鹽沼或鹼土內，如濱藜屬(Atriplex)，鹽角草屬(Salicornia)等。

動物所擁有激動素(Hormone)之作用，學者已週知；植物激動素(Phytohormone)效用之大亦不可忽視。動物之激動素隨血液循環，植物激動素則端賴滲散作用(Diffusion)。植物體內雖有充分養料與水分，如缺少激動素則不能生長。僅有少量激動素即可促使細胞之引長(Elongation)，惟細胞分裂與激動素之關係，至今尚不甚明瞭。

吾人自菌類中發現異型激動素(Heteroauxin- $C_{10}H_9O_2N$)，高等植物中發現激動素-A(Auxin-A = $C_{18}H_{34}O_5$) 激動素-B(Auxin-B = $C_{18}H_{30}O_4$)。關於激動素之效用，激動素A與B促進生長(Growth)之效能大致相同。異型激動素之效能約為激動素A與B之一半。除異型激動素之外，其他以化學方法綜合之物質雖與激動素之功用相同，但效能遠不及植物體內天然之激動素。激動素對於植物屈光性之重要乃衆所週知。當光線自一方照射於植物時，則激動素集於其背光之一側，結果因濃度之增高，致使細胞引長，植物乃彎向光源。至於光線何以能使激動素作不平均之分佈，至今尚不明瞭。根與主莖對於激動

素之反應相反，主根通常向下生長於土壤中，倘幼苗橫置於地上，其上面細胞引長，根尖乃漸次彎曲於土中，此由於激動素聚集於根近土面之部份阻止其細胞引長，結果根尖向下彎曲。此外近年學者進一步研究主張激動素可刺激新根之生長；頂芽發育後，側芽不發育，乃因尖端之激動素往下運行阻止側芽發育所致，形成層及癒合組織 (Callus Tissues) 之細胞分裂亦為激動素刺激所致。(參考第 59 圖)

如今吾人對於模範高等植物之結構(即組成)，與生理機能，已有詳細敘述，並且闡明個體如何分化以發揮其主要機能，以維持個體生存。此主要機能，即營養作用，化潛能與物質為生機與工作。雖然，植物個體生存之時間有限，欲知種族如何永續不斷，須從另一方面研究；換言之，新個體必須產生，生殖之謂也。



第 59 圖 激動素與激動素類似物質對一株植物各器官所引起化學作用。箭線指示激動素之來源及其作用部位。激動素, Auxin; 維他命, Vitamin; 煙草精酸, Nicotinic Acid; Adenine; 腺素。(由 Went)

第七章 植物之生殖

Reproduction in Plants

生物為維持生活而執行綜合，所以為損傷而修補；為繁殖而生產，亦綜合之作用也。—— Bernard

前章列舉植物本體之結構，自一單獨細胞逐漸變成複雜組合，其間經過同型細胞組成之羣體，而葉狀體；由葉狀體更進一步化為許多模範高等植物；其主要變化為營養器官，或與營養有關係之器官。本章摘要，專論植物界生殖器官（增殖個體之器官）之結構與機能，如何逐步分化，以完成植物界進化之系統。

吾人熟悉，綠球藻並無特殊分化器官，一切生活現象統由最簡單之單細胞本體任之；再者，傳宗續嗣，端賴單細胞本體之分裂為二女胞以表示之。暫時不必關心分裂細胞之機械，惟應當注意綠球藻既無複雜分化之器官，故執行生殖，祇有此至簡單之步驟耳。（參考第13圖）

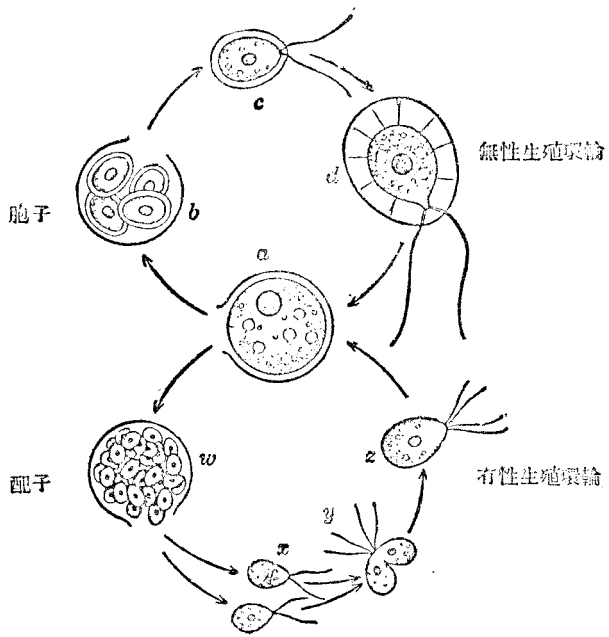
或者不繁重述生殖與生長之現象，其本性相同——新陳代謝構成局面，兩者皆佔優勢。就單一細胞論，或代表一完全個體，或僅佔複細胞個體一單位，長大至其最高限度，則開始分裂；前者由二女胞（二個體）代一母胞（一個體），後者由一細胞化成複雜個體；前後兩者皆以細胞分裂以代表生殖，所以不能不承認細胞分裂即是生殖。惟向來慣例，而且為便利分別起見，生殖名辭之範圍，專指細胞分裂以完成新個體——結果不論單獨細胞或成羣細胞，必與其母體分離。

甲 孢子之組成 Spore Formation.

複細胞植物賴細胞之分裂，以達到個體長大之目的，下等綠藻類 (Green algae) 有最明白之解釋，例如；水綿與絲狀藻 (Ulothrix) 之絲狀本體，各由許多相似之細胞駢列連系而成，因情形如此，除非新分裂之細胞與母體脫離，則細胞分裂不論達到何種地步，祇增長其絲狀體而已。

事實上有幾種綠藻，在某種情況之下，細胞內之原生質可以與細胞壁脫離而漂流於周圍水中；此獨立性之原生質結果組成一孢子 (SPORE)

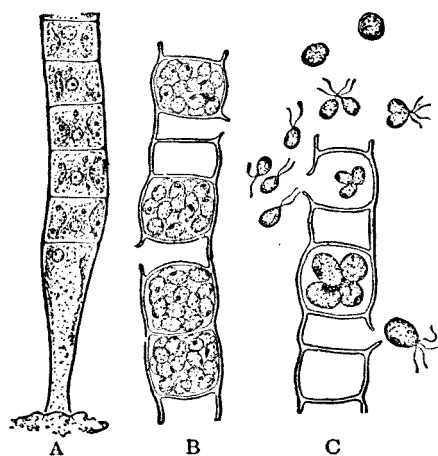
(參考第 7C, 60, 61 圖)



第 60 圖 單細胞植物——囊形藻 (Sphaerella) 之生命史。無性生殖環輪, Asexual; 有性生殖環輪, Sexual; 孢子, Spore; 配子, Gametes; a, 被保護囊圍之蟄伏細胞 (Dormant cell), 待環境破裂原生質溢出; b, 原生質分裂而成四個孢子; c, 每個孢子長大而有二鞭毛, 變為一自由活動成年之個體 (d)。成年之個體以後不斷分裂而成許許多多蟄伏之細胞 (a)。在適宜情況之下, 蟄伏細胞之原生質可以分為極多之小細胞 (w), 小細胞即配子 (x), 脫離保護囊而互相接合 (y), 成合體 (z)。合體以後又回到蟄伏期。孢子, Spore; 配子, Gametes; 無性生殖, Asexual; 有性生殖, Sexual.

再者，此胞

子本身現在又開始分裂，結果變成一新絲狀個體。所以一個孢子即是一個細胞，或細胞之一部份，因為自母體分出之原生質可以組成一新個體也。照現在說法，似乎孢子所組成者專指複細胞個體之植物，其實不然，許多單細胞植物，例如：囊形藻(Sphaerella)之生命史上亦有細胞時期。由細胞之分裂而產生孢子，讀者應當注意，祇有細胞內之原生質分裂以成女胞，且與母體分離，細胞壁則不在其列。



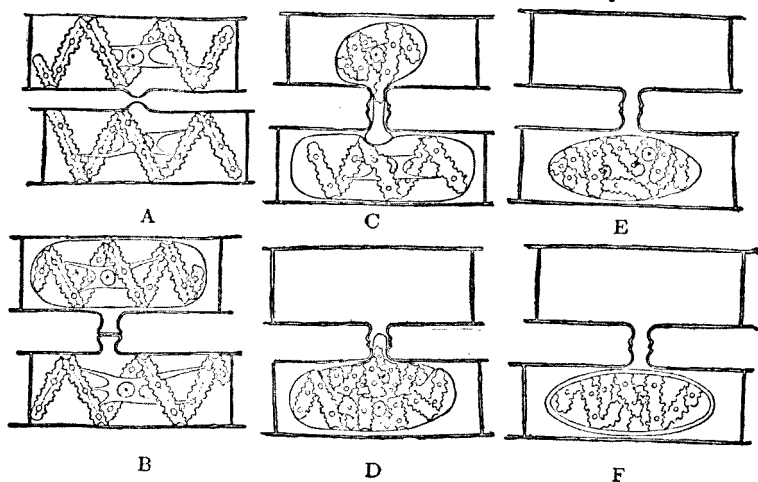
第61圖 絲狀藻(Ulothrix)。A，一特化細胞以固繫絲狀體；B，絲狀體之細胞內組成許多孢子；三個細胞內之孢子全部釋放；C，絲狀體之下段細胞釋放孢子，上段細胞釋放配子，配子接合而成合體。(由Coutler)

樹葉，皆可變成一完整植物，此種生殖法，通常稱為再生(REGENERATION)。更生現象與孢子生殖之意義相等，不過孢子生殖，僅由一細胞耳，更生可以成立一植物個體，而且與母體同樣完整。

所以孢子之組成，並不一定成立一個複細胞個體，惟孢子生殖必由單細胞生物所遺傳。根據遺傳原則，則後生植物(複細胞植物)之無性生殖，其一由孢子任之；另一種無性生殖，稱碎裂法(FRAGMENTATION)——自母體分裂下來一部分；分裂部分，以後漸漸變成一完整植物個體。吾人熟悉許多植物在適宜環境之下，插木，芽體，鱗莖，有時甚至

乙 配子之組成 Gamete Formation

單細胞植物之生命史上，如囊形藻在特種環境之下，失去產生孢子之本性，而分裂為許許多多細小之細胞，此謂之配子(GAMETES)。配子與孢子之形態並無多大區別，所不同者，配子有特殊之行動也。關於配子之起源，就大體言，與孢子同，不過配子有接合為合體(ZYGOTE)之特性，孢子則無之。再者，配子之起源，亦即兩性之起源；配子（有性細胞）之接合，實代表授胎作用(FERTILIZATION)。(參考第7A,B;60-63圖)



第 62 圖 水綿(*Spirogyra*)，指示配子接合與合體組成各時期。(由Smith等)

現在再舉一例，以解釋配子之特點：絲水綿之本體，由許多相同結構，相同機能之細胞連累構成；在適宜環境之下，個體因細胞之分裂祇增加長度，而不分出新個體；其本體結構既然如是簡單，故間或

因破碎而分裂，結果一絲狀體乃變成二個體。設環境比較惡劣，不容個體增長，細胞乃停止分裂；但細胞壁內之原生質則不斷分裂，組成二個至六十四個小體；小體之大小與多寡，各細胞各異，仰恃原生質所分裂之數額。（參考第 61 圖）

各細胞內之小體，體積大小不一，非獨非常特色，而且有深長意義在焉。大型與中型之小體，乃真正孢子，因不久各沉入水中發展為新絲狀體。在另一方面，最小之小體，各得配偶，往往由二個互相接合而組成一大型細胞。小型小體不能獨立萌芽，必須各有配偶，此種性交行動，表現配子固有特性；接合之合體亦即授胎作用之產物。所以絲水綿本體之細胞之有性生殖，似乎與孢子無異，因配子在未萌芽前，祇多一接合為合體之步驟而已。

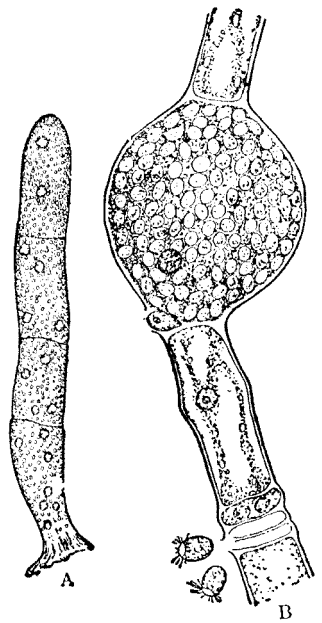
讀者應當注意，有性生殖並不是一種特異生殖，不過在生殖過程中有組成合體之必要。此種事實在高等植物因與性別有關係之附帶現象不明顯，易被忽視；但絲海綿之合體，並不直接變成絲狀體，所以甚顯著。絲水綿之合體往往為一厚壁所包蔽，經過暫時或長久之潛伏，然後開始分裂，而成許多孢子，孢子發育各成一新個體。

丙 性之分化 Sex Differentiation

截至現在，讀者已認識性細胞即配子之起源，必具有匹配接合之習慣，此亦不過申述其事實，而非解釋性之真正意義。兩個配子接合成一體，就其結構上並無可區別之處，惟性之生理基礎必有差異，如是，始能引起兩配子相向游泳，先從有鞭毛之一端接觸混合，漸漸遍及全

體，最後溶成爲一單獨細胞（即合體）。此單獨細胞經過改組，備有較複雜之結構，生理方面亦等於二細胞之總和：所以一合體乃二配子及其所有特性併合之細胞。動物與植物之生命史上，性之主要現象，皆歸納於此重要之事實。

兩性之區分，其第一要義，雖然不離配子間生理上之差異，因之有特殊行動（即組成合體）；但最下等之植物，其結構上亦有顯著之差異者，就植物界中吾人可選擇數種，按其地位排列，即可以看出結構絕對相同之配子，漸漸至結構絕對分化之配子。有一種絲狀藻——間生藻（*Oedogonium*）可作極好例案，明白解釋配子之分化性。間生藻有一特別擴大之細胞，代表一種配子，其全部原生質，充滿食品原料與葉綠體，始終靜止不動，滯留於細胞壁內；另外一個細胞，葉綠爲與食品原料皆大縮減，結果變成二小型細胞（即小配子），此二小型細胞，各具一圈纖毛，不久與其母胞分離，活潑游泳於水中，一旦與大配子相遇，即從大配子之細胞壁之裂罅進去，與之接合成爲合體。（參考第 63, 64 圖）



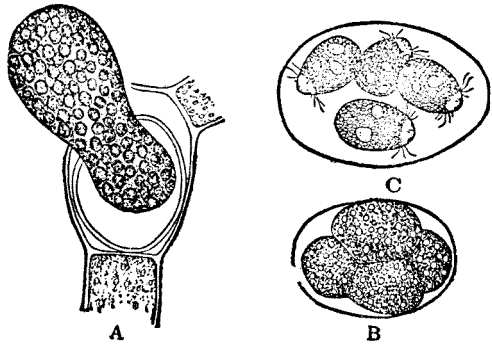
簡言之，一種配子命名卵子（EGG），乃容積甚大，富於養料而無活動能力；另一種配子稱爲精蟲（SPERM），細小精巧活

第 63 圖 間生藻（*Oedogonium*）。A，幼稚之絲狀體；B，絲狀體之一部組成配子（精蟲與卵胞）。下爲方釋放之二精蟲，上爲一卵形卵子，一條精蟲正與之接合而組成合體。（由 Coutler）

動靈敏，而不含養料；此足以代表動物界與植物界配子分化之模範基礎——精蟲與卵子十足表示生理上之分工，同時劃開結構分化之界限。

間生藻之性別，就配子之結構上與行動上觀察，皆甚顯著；由是斷定精蟲為雄配子(MALE GAMETE)，卵子為雌配子(FEMALE GAMETE)。但讀者應當注意

者，此尚不是性之原始，因性之起源乃根據某某細胞之行動特性；換言之，性之真實意義乃兩個性質不同之細胞之接合而成一改組細胞。細胞之結構之不同，雖然增加配子之作用，亦不過附屬之部分耳。

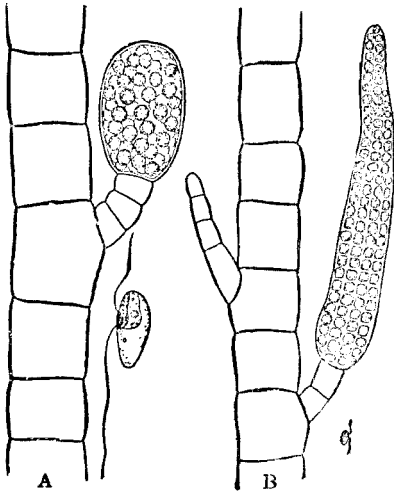


第 64 圖 間生藻 (續第 60 圖)。A, 合體；B, 合體分裂為四孢子；C, 成熟之孢子即將釋放而發展為絲狀體。(由 Coutler)

丁 生殖器官 Reproductive Organs

孢子與配子漸漸專門化；產生孢子與配子之細胞或一羣細胞，亦隨之提高分化，最後發展為生殖器官 (REPRODUCTIVE ORGANS)。產生無性生殖細胞或孢子之器官稱孢子囊 (SPORANGIA)。孢子囊亦不過一種尋常營養細胞，在特殊環境之下，由其原生質組成孢子；或另有一羣細胞組成極複雜之結構，專司生殖工作。有性生殖之植物，則由有性生殖器官——配子囊 (GAMETANGIA) 產生兩性細胞或配子。產生精蟲之器官稱藏精器 (ANTHERIDIA)，產生卵子之器官

稱藏卵器(ARCHEGONIA)。再者，雄性與雌性雖然專指精蟲與卵子而言，藏精器有時亦稱雄器，藏卵器則稱為雌器。植物本體若單有雄性生殖器官者稱雄樹，雌性生殖器官者稱雌樹。簡言之，通常提起配子之性別，令人回想生產配子之本體與器官之性別；實則配子乃真正性細胞，讀者如緊記此點，以後當討論高等植物與高等動物許多高度特化之兩性附屬器官時，亦不至與性別之意義混淆。（參考第65圖）



第65圖 一種巨稱藻——*Fetocarpus*。A, 絲狀體之一段, 具一孢子囊及一被釋放之孢子; B, 絲狀體之一段, 具一配子囊及一被釋放之配子。(由Coutler)

在未討論新問題之前，讀者不妨將舊事重習一遍，使之呵成一氣；所謂生殖，暫時不提其特殊現象，不過細胞之生長加以分裂之表示耳。一切細胞皆有此種能力，無性生殖（孢子）與有性生殖（配子）亦不過細胞之分化性之發展而已。不論孢子生殖，或配子生殖，其產物皆與母胞分離，而發展為新個體。再者，下等植物本體之每個營養細胞，皆有組成孢子之能力；高等植物孢子則由無性生殖器官——孢子

囊產生之，配子則由有性生殖器官——配子囊產生之。由於配子結構上之專門化，乃有精蟲與卵子之區別；產生配子之器官，亦更加專門化，結果有雄性生殖器官（藏精器），與雌性生殖器官（藏卵器）之發展。孢子囊與配子囊由個別個體產生，於是無性別植物即——芽

胞體(SPOROPHYTES)，與有性別植物即——配偶體 (GAMETOPHYTES) 之別。最後，配偶體上或生藏精器，或生藏卵器，於是有了雄性配偶體，與雌性配偶體之別。

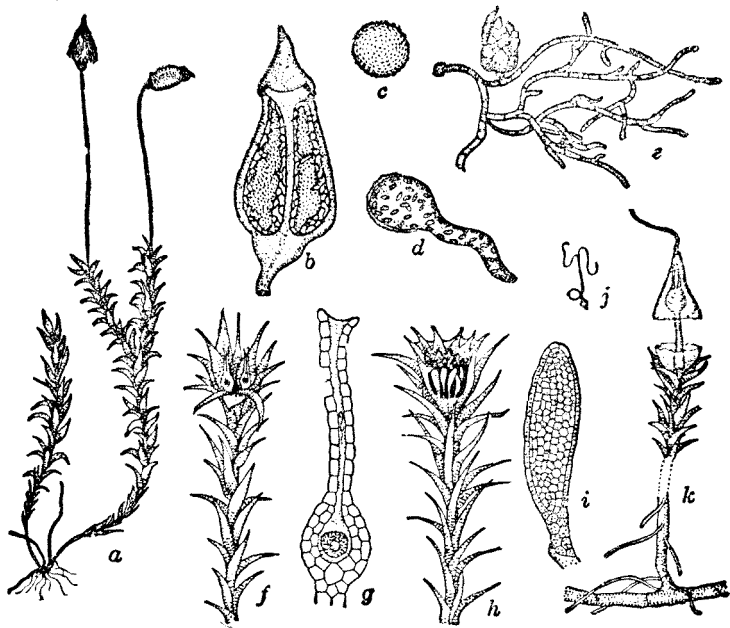
戊 世代交替 Alternation of Generations

就高等植物之進化觀點上考慮，讀者已經發現顯著之事實，即孢子囊與配子囊各從不同之個體分別產生，其間包括無性生殖代（孢子生殖），與有性生殖代（配子生殖）。此種世代交替之步驟，蘚族植物 (Moss)，與羊齒植物 (Fern) 之生命史上有極明朗之解釋，所以先行介紹，為研究高等種子植物之入門路徑。

一 蘚族植物 The Moss

蘚族植物，森林，山中，田野間，皆甚普遍；雖其個體細小不受人注意，但在植物界中實佔極重要之地位，因遍地叢生，如一幅天然地毯，保存雨水，使泥土潤濕。據植物學家之分類，苔蘚門 (Bryophyta) 真正蘚族 (Class Musci) 共有一萬四千種 (Species) 左右，現在單獨選擇一種最普通者，即土馬騮 (Polytrichum commune)，已足解決目前之需要。（參考書後附錄之分類部）

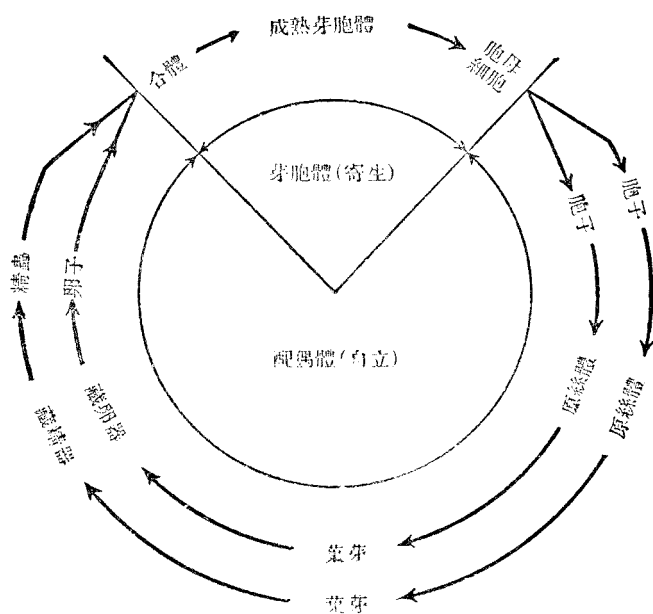
土馬騮之苗，分化為一極短之莖，與直立之枝，枝上綠葉環生。就其本體之結構言，比種子植物簡單得多，土馬騮無真根，祇有絲狀之突出體，稱假根 (RHIZOIDS)，擔任真根一部分之工作。多葉之土馬騮，頂端有不甚明顯之生殖器官，其中有幾種一株上同時生出藏精器與藏卵器；亦祇有一種生殖器官者；多葉之土馬騮，所以屬於有性



第 66 圖 蘚苔植物即十馬踪 (*Polytrichum*) 之生命史。a, 十馬踪之全體 (包括配偶體——Gametophyte 與芽胞體——Sporophyte), $\times \frac{1}{4}$; b, 孢莢 (Capsule) 之中縱剖面, 指示組成之孢子, $\times 6$; c, 孢子; d, 萌芽之孢子, $\times 300$; e, 孢子萌芽後所變成之原絲體 (protonema); 原絲體上有一芽體發展而為孢莢體 $\times 75$; f, 配偶體之頂端有二藏卵器 (Archegonia), $\times 2$; g, 藏卵器之縱剖面, 顯示卵胞 $\times 16$; h, 配偶體之頂端, 顯示藏精器 (Antheridia), $\times 2$; i, 藏精器 $\times 16$; j, 一釋放精蟲 $\times 300$; k, 配偶體及其所發展之芽胞體。(由 Ganong Dodel-port 等)

植物或配偶體。當生殖器官成熟時期，精蟲自藏精器中出來，游泳於潮濕之綠葉上；藏卵器似乎含有一種化學物吸引精蟲與之相接觸，每次由一條精蟲或者祇許一條精蟲鑽進藏卵器，與卵子接合而成合體，已受精之卵子就其原然地位發育萌芽，結果此桿狀之胚胎就藏卵器中上下生長，一方面向上伸展，穿出藏卵器，現露於外，一方面向下延長，鑽入配偶體，攝取其所需要之營養料。(參考第 66 圖)

此新發展之個體，依賴配偶體之給養以生存，可視為寄生生活。配偶體因養料意外之消耗，所以製造養料之綠葉特別茂盛。新個體乃芽胞體，狀似直立長軸，頂端附有生殖器官，稱孢子囊。孢子成熟則脫離孢子囊而出，落地發展為一絲狀突出體，稱原絲體 (PROTONEMA)。原絲體不久萌芽長大，又成多葉之土馬騮，生命史上之環輪由是完成。(參考第 67 圖)



第 67 圖 蘚苔植物 (Moss) 之生命史 (仿 Smith 等)

藏卵器, Archegonium; 藏精器, Antheridium;

芽胞體, Sporophyte; 配偶體, Gametophyte;

原絲體, Protonema; 合體, Zygote; 孢子, Spore.

普通蘚族如上馬騮之生命史上，揭示有性生殖代與無性生殖代之互相輪迴：多葉之蘚（配偶體）具有兩種配子囊，即藏精器與藏卵器

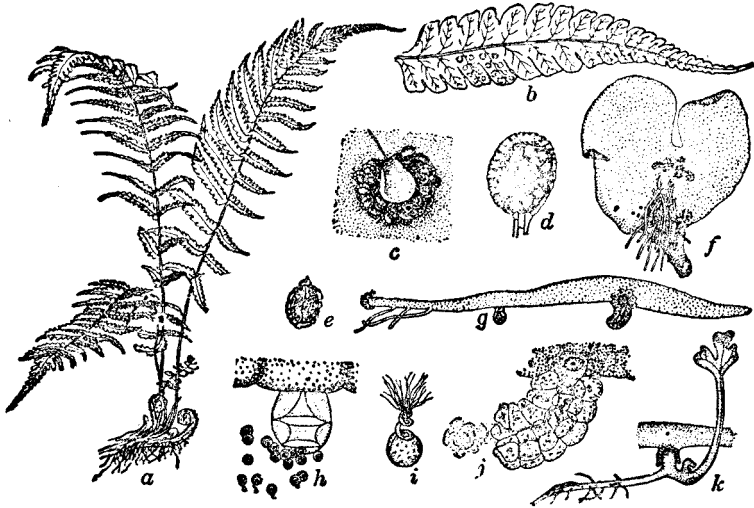
各生配子；軸狀無葉部分（芽胞體）即藏卵器中已受精之卵子所發展，產生孢子。如是，配偶體乃無性生殖之產物，但本體則執行有性生殖。反之，芽胞體乃有性生殖之產物，本體則執行無性生殖。就配偶體與芽胞體之結構上與營養上比較，前者乃獨立世代——亦即常人所熟悉之蕨族植物。

二 羊齒植物 The Fern

普通蕨族約有五千種 (5,000 Species)，屬於羊齒植物羣 (Pteridophyta)，佔植物界中一大部分。外觀形狀雖然隨種而異，但其共有特性與特色之葉則極易認識，一看即知其為蕨類。莖之形狀極不一致，有短而觸及泥土者，有直立長莖如木本羊齒 (Tree Ferns) 者，匍莖與地下莖 (假莖——RHIZOMES) 則最普遍。葉與枝部不分，所以稱為複葉或連枝葉 (FRONDS)，在木本羊齒祇叢生於樹幹之頂端，他種則分佈於匍莖或地下莖之上。根為真根，可以吸收泥土中之原料，但一部工作則由地下莖同負之。若就通常之羽葉蕨——*Aspidium marginale* 之內部結構加以研究，發現極複雜之組織，比蕨族複雜得多；與種子植物比較，莖部葉部之纖維完全相似，故羊齒植物與種子植物總稱為維管束植物 (Vascular plants—Tracheophytes) (參考第68圖)

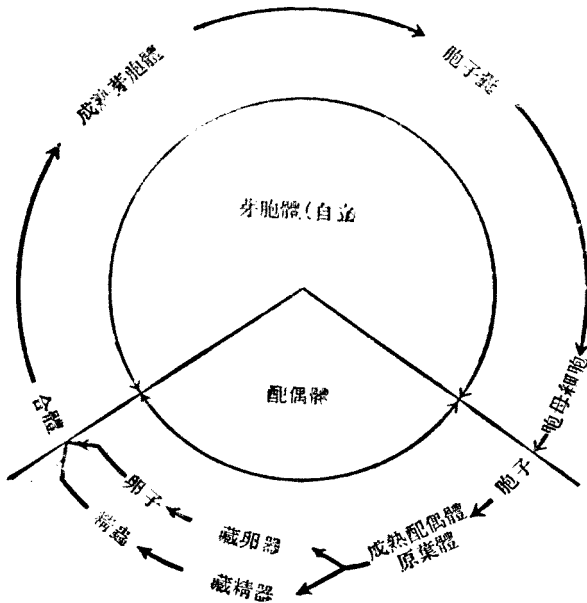
羊齒植物一部分之葉或完全變成生殖器官，或僅產生生殖器官，此種生殖器官稱為孢子囊，孢子囊當然產生孢子；羊齒植物所以咸稱為芽胞體。孢子成熟則與孢子囊脫離，落地萌芽，成一細小之個體，約四分之一寸，稱為原葉體 (PROTHALLUS)。原葉體充滿葉綠素細胞，狀似板片，下生假根，伸入泥土。原葉體下面有兩種生殖器官，

即藏精器，與藏卵器，產生雌雄配子。原葉體所以稱為配偶體。（參考第 68 圖）



第 68 圖 羊齒植物即羽葉蕨 (*Aspidium*) 之生命史。a, 芽胞體全圖 $\times \frac{1}{10}$; b, 芽胞體之葉，指示孢子囊羣 (Sori) $\times \frac{1}{2}$; c, 一孢子囊羣內之孢子囊 $\times 10$; d, 一孢子囊 $\times 50$; e, 一孢子 $\times 100$; f, 原葉體之腹面及假根 $\times 3$; g, 原葉體之側體顯示藏精器藏卵器及假根 $\times 6$; h, 藏精器釋放精蟲之情狀 $\times 120$; i, 一條精蟲固附於其母胞上 $\times 300$; j, 成熟之藏卵器及精蟲鑽進之情狀 $\times 120$; k, 由合配發展之幼稚芽胞體。(由 Ganong)

精蟲自藏精器出來，賴雨露之助，游泳至藏卵器；結果有一條鑽進，與卵子接合而成合體。合體最初逗留於藏卵器中，分裂發育。迨擴展至一小植物時，莖葉逐漸向上生長，根則向泥土下垂。當小植物發展之過程中，根苗皆暫時寄托於原葉體上，就此攝取其所需要之營養料，待根苗發育達到相當地步，可以直接與環境接觸，小植物乃獨立自給，原葉體則漸漸消滅。小植物此時繼續長大，最後變成多葉之植物，又產生孢子，生命環輪至是亦告一段落。



第 69 圖 羊齒植物 (Fern) 之生命史 (仿 Smith 等)

藏卵器, Archegonium; 藏精器, Antheridium;

芽胞體, Sporophyte; 配偶體, Gametophyte;

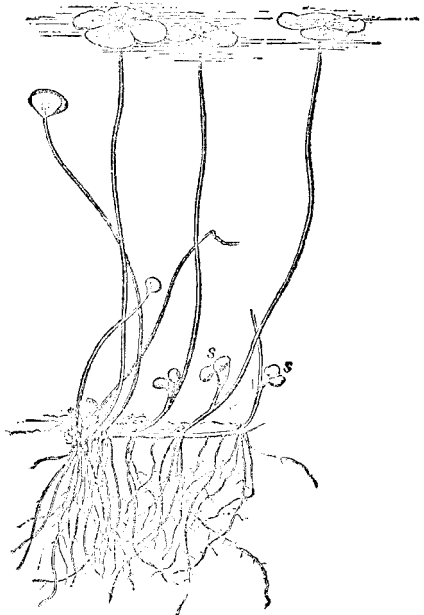
原葉體, Prothallus; 孢子囊, Sporangium.

就上面所述蕨族植物與羊齒植物之生命史，讀者對於世代交替之步驟，應當有相當之認識。多葉之羊齒植物（即芽胞體）產生原葉體（即配偶體），多葉羊齒植物乃有性生殖之產物，但本體則執行無性生殖。原葉體為無性生殖之產物，但本體則執行有性生殖。蕨族植物與羊齒植物有極顯著之區別，且完全相反，即多葉之蕨族植物為配偶體，多葉之羊齒植物為芽胞體，亦可謂蕨族乃有性生殖之植物，羊齒乃無性生殖之植物。自蕨族植物至羊齒植物，就其生命史上不難看出有性生殖代之退化，無性生殖代之進步；高等羊齒植物，與種子植物：

按其次序，且有更顯著之表現。

三 水蕨族 Water Ferns.

書中已經述過，通常羊齒植物孢子或自芽胞體上之連枝葉產生，或由特化之芽胞葉(SPOROPHYLLS)產生，或此或彼，祇有一種孢子；但在高等羊齒植物，如水蕨之類，則有兩種孢子，體積大小不一，大者稱為大孢子(MEGASPORES)，小者稱為小孢子(MICROSPORES)，因兩種孢子之產生，乃名之為異型孢子(HETEROSPORY)。孢子既然不同型，芽胞葉亦分化為大芽胞葉(MEGASPOROPHYLLS)、與小細胞葉(MICROSPOROPHYLLS)。再者，小孢子萌芽變為產生精蟲之配偶體，所以稱為雄配偶體(MALE GAMETOPHYTES)。大孢子萌芽變為產生卵子之配偶體，所以稱為雌配偶體(FEMALE GAMETOPHYTES)。(參考第70圖)

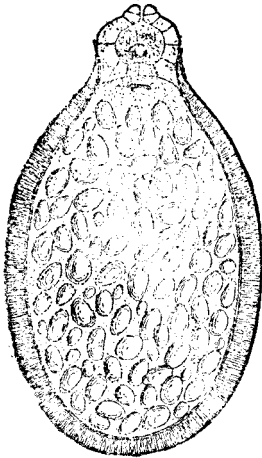


最後凡生微芽胞及大芽胞之植物，其配偶體皆不能獨立生存，遠不及普通羊齒植物之原葉體；雖雄配偶體之體積高度縮小，幾乎各各永遠寄託於大母孢子與小母孢子上，而攝取其所需要之營養料。此種現象，讀者應當注意，

第70圖 水生羊齒——蘋(Marsilea).
s.s. 大孢子囊(Megasporangia)與小孢子囊(Microsporangia).(th Bergen 與 Da is)

與蕨族植物完全相反，因蕨族植物之寄生代乃芽胞體，而非配偶體也。

(參考第71圖)



第71圖 蕨之大孢子 (Megaspore) 大部分為澱粉粒所佔，尖端為一莖卵器 (內有卵胞)。

一朶十全模範花，有四輪生體，輪生體皆由通常營養葉所變成。輪生體起自花托 (RECEPTACLE) 之上，花托則代表花枝擴大之尖端，連絡花之本部與植物本體之主要纖維系。最外最下之輪生體，即——花萼 (CALYX)，包括幾塊綠色葉狀之結構。稱為萼片 (SEPALs)；花萼之內為第二輪生體，即——花冠 (COROLLA)，花冠由許多顏色鮮艷較大之葉即——花瓣 (PETALS) 所組成。花萼與花冠兩者合成花被 (PERIANTH)，

四 種子植物 Seed Plants.

提起吾人所熟悉之種子植物，若加以審察，一定發現異型孢子，而決定其為芽胞體。植物之花乃一高度變形莖 (與枝相等)，枝上之葉專化為芽胞葉，及其他附屬結構。讀者欲明瞭此點，須就花之全部結構，詳細溫習一遍。(參考第51, 72圖)

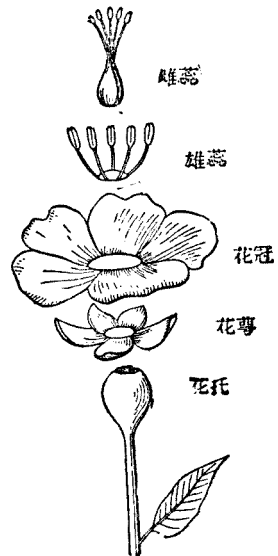
一朶十全模範

花，有四輪生體，

輪生體皆由通常營

養葉所變成。輪生

體起自花托 (RE-

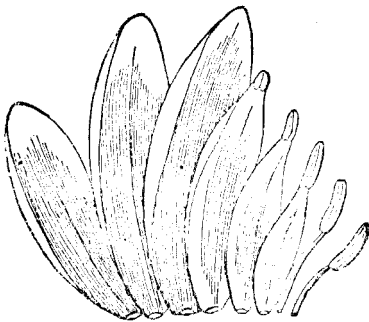


第72圖 花之模型。

雌蕊, Pistil; 雄蕊, Stamens; 花冠, Corolla, 花萼, Calyx; 花托, Receptacle.

或稱花蓋，包圍花之主要器官，即——雄蕊(STAMENS)，與心皮，亦稱單雌蕊(CARPELS)。

雄蕊代表第三輪生體，因變化已達到極點，所以已失去綠葉之原形。每一雄蕊包括一細長花絲(FILAMENT)，其頂端擴大部分稱爲花藥(ANTHER)，花藥之內生花粉粒(POLLEN GRAINS)，花粉粒即小孢子，所以花粉囊(花藥)乃小孢子囊(MICROSPORANGIA)，花絲乃小芽胞葉。(參考第73圖)

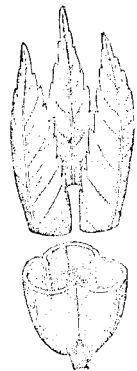


第73圖 水百合(Water Lily)之花瓣與雄蕊之發展步驟。(由Gray)

爲擴大之柱頭(STIGMA)。一枚十足發展之心皮，則稱爲雌蕊(PISTIL)，常由幾枚心皮互相結合而成一複雜結構，乃名之曰複雌蕊(Compound pistil)。胚珠房乃大孢子囊(MEGASPORANGIA)，所產生之胚珠(OVULE)，當然稱爲大孢子，每枚心皮則稱爲大芽胞葉。(參考第72,74圖)

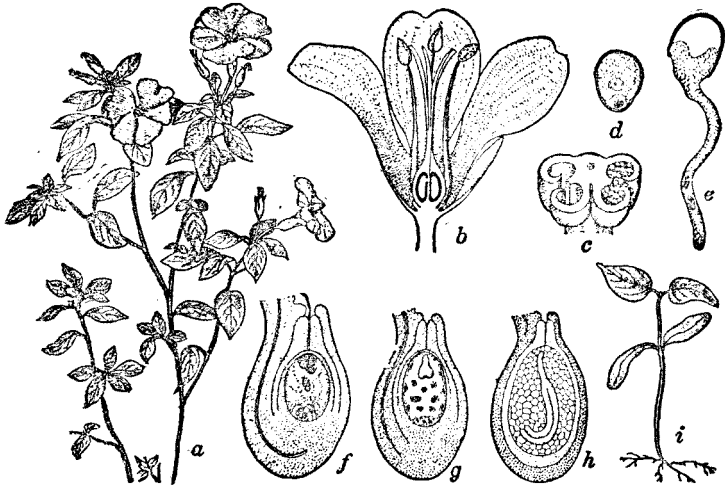
現在讀者應該明白，每一朵花乃一羣芽胞葉。芽

最後雄蕊之內有心皮，代表第四輪生體，心皮分化之程度極高，所以不復有綠葉之結構之遺痕。每一心皮包括三部分：即最下擴大之胚珠房(OVULE CASE)，縮小細長之花柱(STYLE)，頂端略



第74圖 表示三個心皮(Carpels)即大芽胞葉(Megasporophylls)合組成雌蕊之子房(Ovule Case)。(由Gray)

胞葉可以產生小孢子，又可以產生大孢子；但小孢子發展而成雄配偶體，大孢子發展成雌配偶體，所以對於發展之步驟，實有研究之必要。



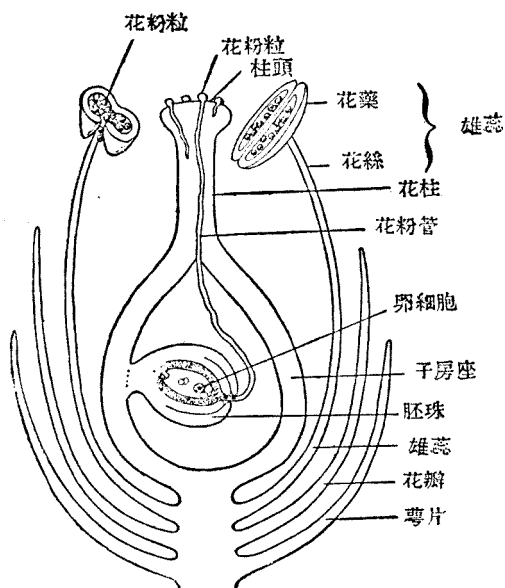
第75圖 高等種子植物之生命史。a. 亞麻(Flax)之苗與花 $\times \frac{1}{2}$ ；b. 花之縱剖面 $\times \frac{1}{1}$ ；c. 花藥(Anther)之橫剖面，指示四個小孢子囊(Microsporangia)及其所含之花粉粒(Pollen Grains)即小孢子(Microspores) $\times 6$ ；d. 尚未萌芽之花粉粒 $\times 110$ ；e. 花粉粒萌芽後延長之花粉管(Pollen Tube)即雄配偶體(Male Gametophyte) $\times 110$ ；f. 胚珠之囊剖面，其中具一個大孢子(Megaspore)，大孢子內有雌配偶體(Female gametophyte) $\times 20$ ；g. 胚珠變成種子，內有幼芽體及內胚乳(Endosperm) $\times 10$ ；h. 成熟種子 $\times 5$ ；i. 種子發芽生成之芽體 $\times \frac{1}{2}$ 。(由Ganong)

小孢子在花藥內分裂成雄配偶體，雄配偶體之結構非常簡單，非常細小，只有兩個細胞，其中一個為體素細胞，一個為種細胞。在花藥內雄配偶體發展到兩個細胞時期，即停止發育，成爲一個花粉粒。當雄蕊成熟時，花藥破裂，放出許多花粉粒，花粉粒或乘風飄散，或附在昆蟲體上，傳播至雌蕊之柱頭上。柱頭分泌一種粘液，當花粉粒

落在上面，受粘液之刺激，就萌芽滋長、變成一條長管，稱花粉管 (POLLEN TUBE)，從柱頭穿過花柱，向胚珠房延長。種細胞此時分裂一次，變成兩個細胞核，隨即進入花粉管內，此時之花粉管代表雄配偶體之藏精器，花粉管內之兩個種細胞核代表精蟲。(參考第 7, 76 圖)

前面已經述過，胚珠房內有胚珠，胚珠即是大孢子，胚珠內有一個大細胞稱為胚囊 (EMBRYO SAC)。花粉管內之精蟲不能直接與胚囊接合，因胚囊本身不是卵細胞，乃一大細胞，胚囊必須發展成配偶體，生卵子，始能與精蟲接合。大孢子未常離開大孢子囊，換言之，大孢子始終逗留在雌蕊之胚珠房內，是故大孢子就在胚珠房內萌芽發展而成配偶體。當發展之過程中，先從一個細胞核裂成爲二個，此兩個細胞核互相分離到細胞之兩端；以後，此兩個細胞核又兩度分裂，變成八個細胞核，聚在大孢子之兩端，每端各有四個；再後每端各有一個細胞核漸漸移到中央，互相併合成爲一個細胞核。此時大孢子之兩端各餘三個細胞核，中央有一併合之細胞核，此即代表雌配偶體。雌配偶體所含之八個細胞核，有一個代表卵細胞核。(參考第 75, 76 圖)

待花粉管伸進胚珠與大孢子相遇，兩者接觸之地方立刻消解，花粉管內精蟲之細胞核乃與大孢子內之卵細胞核接合。花粉管內共有兩個精蟲之細胞核，其中一個與卵細胞核接合，一個與大孢子內之中央合併細胞核接合。大孢子內之一端有三個細胞核，其中一個爲卵細胞核與精蟲之細胞核接合——等於授胎作用，其餘兩個則漸漸消滅。另一端亦有三個細胞核，以後亦漸漸消滅。中央合併之細胞核與花粉管內之另一精蟲之細胞核結合，以後分裂長大，成種子內之營養料即——

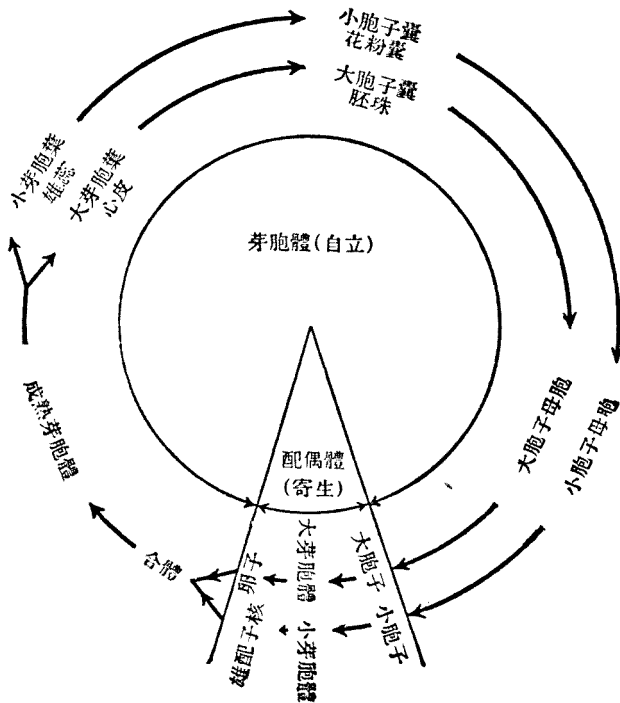


第 76 圖 解釋授粉作用 (Pollination) 與授胎作用 (Fertilization)。花粉粒, Pollen Grains; 柱頭, Stigma; 花藥, Anther, 雄蕊, Stamen; 花絲, Filament; 花柱, Style; 花粉管, Pollen Tube; 卵細胞, Eggcell; 胚珠, Ovule; 子房座, Base of Pistil; 花瓣, Petal; 萼片, Sepal.

考第 75—89 圖)

種子植物照前面所述，配偶體世代已經退化至最低限度——除維持配子之組成外，幾乎無結構可言，整個世代皆寄託於芽胞世代之花蕊中。所以就表面觀之，似乎芽胞體產生芽胞體，而非配偶體產生芽胞體；實則一粒種子包括三個不同世代，種子之皮由父母代之芽胞體上之大孢子囊纖維變成；種子內之幼穉芽胞體乃配偶世代之直接產物；種子內之內胚乳代表雌配偶體之纖維。（參考第 78 圖）

內胚乳(ENDOSPERM)，已受精之卵子，此時分裂滋長，特化而成一植物之胚胎——即幼穉芽胞體 (Embryo sporophyte)，具有不完全發育之根，莖，葉。幼穉芽胞體包藏於周圍之內胚乳內，合成爲一個種子 (SEED)，種子外之胚珠房及雌蕊基部之纖維，經過強烈變化，或稱成熟，變成果實 (FRUIT)。不妨偶然附誌數言，種子之組成，或者使有花植物今日佔其主要地位。（參

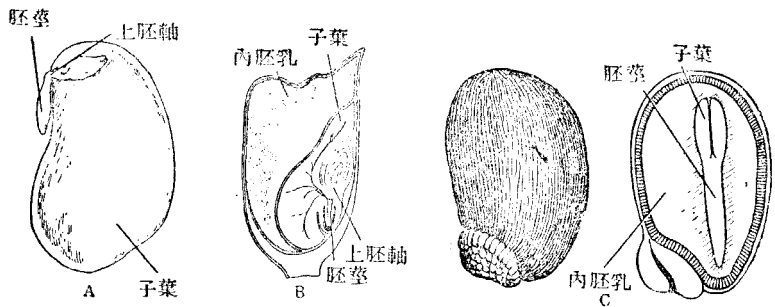


第 77 圖 種子植物之生命史。(仿Smith等)

小芽胞葉, Microsporophyl; 大芽胞葉, Macrosporophyl;
 小孢子囊, Microsporangium; 大孢子囊, Macrosporangium;
 小芽胞體, Microgametophyte; 大芽胞體, Macrosporophyte;
 小孢子, Microspor; 大孢子, Macrospore; 雄蕊, Stamen;
 心皮, Carpel; 花粉囊, Pollen sac; 胚珠, Ovule.

種子植物因配偶代之高度減縮，結果使幾種與性別有關係之現象移到芽胞體上，所以芽胞體本身雖然真正執行無性生殖，仍呈露性之附帶結構，花為主要部分。如是，在無性生殖代中，雖明知雄蕊與心皮為芽胞葉，仍慣稱之為花之雄性器官，與雌性器官，例如稱雄蕊之胚珠房為卵巢是也。此外授粉作用(POLLINATION)——即花粉粒

白花藥傳至柱頭，常慣稱為花之受胎作用，此種現象，讀者現在自然明白，乃雌雄配偶體接觸之初步；減縮而且失去活動能力之精蟲，由是得與卵細胞接近，發生授胎作用。花之結構常常呈性別之分化，或祇生雄蕊，或單有心皮，前者稱為雄花，後者稱為雌花。再者，一株植物，或祇生雄花，或單有雌花，乃稱前者為雄樹，後者為雌樹。總而言之，許多名辭本來祇適用於有性生殖世代，為便利起見，乃被無性生殖世代所借用，此種權宜辦法，亦由有性生殖世代兩性之現象完全被隱蔽有以使然。



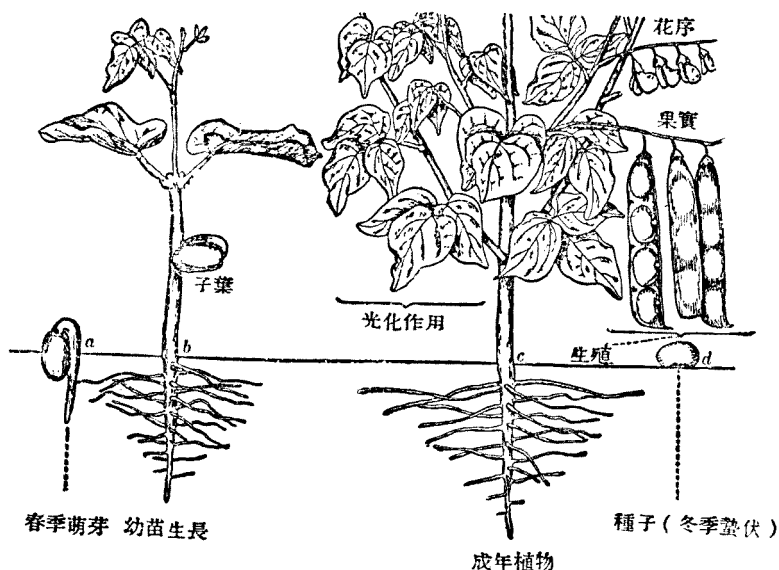
第 78 圖 種子。A. 豆，種皮與一子葉除去；B. 玉蜀黍，縱剖面；C. 堇菜(Violet)，示稃實種皮，與縱剖面。(仿Smith與Coulter)
胚莖，Hypocotyl；上胚軸，Epicotyl；子葉，Cotyledon；
內胚乳，Endosperm。

巳 種子與果實 Seed and Fruit

植物之果實為一成熟之子房，其內成一粒或數粒種子或連帶成熟子房連接之花部，例如蕎麥之果實或穀與草之果實通常皆稱為種子，但仔細觀察其發育，研究其結構，乃發現其為一果實，外為果皮(Peri-

carp) 所包被，中爲一單粒種子。豆類整個之莢爲一果實，內部所含之豆粒爲種子亦即多粒種子。關於果實發育之程序，花部受精後胚囊 (Embryo Sac) 與胚珠 (Ovule) 即起變化，漸漸發育爲種子。在正常狀態下，繼起變化者爲子房 (Ovary) 之組織，至於其他相連之花部，有時亦隨起變化，此種現象通常稱爲結果 (Setting)。由是得知受精後之刺激不僅限於胚珠即子房，甚至花之其他各部亦受影響。大多數植物非經授粉 (Pollination) 與授胎作用 (Fertilization) 之後，果實均不能形成種子，亦不能正常發育。子房壁在未發育爲果實之前，其結構上較爲簡單；大都爲柔軟組織 (Parenchyma)；由子房壁發育之果皮其結構則較複雜。果皮通常分爲三層：外果皮 (Exocarp)，中果皮 (Mesocarp) 與內果皮 (Endocarp)。雖然多數果實僅含一子房，但亦有含數子房者，此種子房可生於一花內或生於數密集之花內。根據果實所擁有子房之數目分爲三類：(1) 單生果 (Simple Fruits)——含一膨大子房，有時亦包括花之他部；例如液果 (Fleshy Fruits) 包括漿果 (Berry) 含一心皮或數心皮與種子，葡萄，蕃茄，棗子等屬之，核果 (Drupe or Stone Fruits)——由一心皮 (Carpel) 一種子構成，外果皮薄，中果皮爲肉質，內果皮堅硬，橄欖，梅，杏，櫻桃，桃等屬之；仁果 (Pome)——由數心皮構成，花托爲肉質，果皮外層爲肉質，內層爲薄膜成菓心，梨，蘋果等屬之。乾果 (Dry Fruits) 果皮乾燥，包括裂開果 (Dehiscent Fruits)，當成熟時果實裂開，例如莢果 (Legume) 之豌豆，黃豆；蒴果 (Capsule) 之百合；嬰粟；不裂開果 (Indehiscent Fruits) 當成熟時果實不裂開，例如瘦果 (Achene)——單粒種子，僅

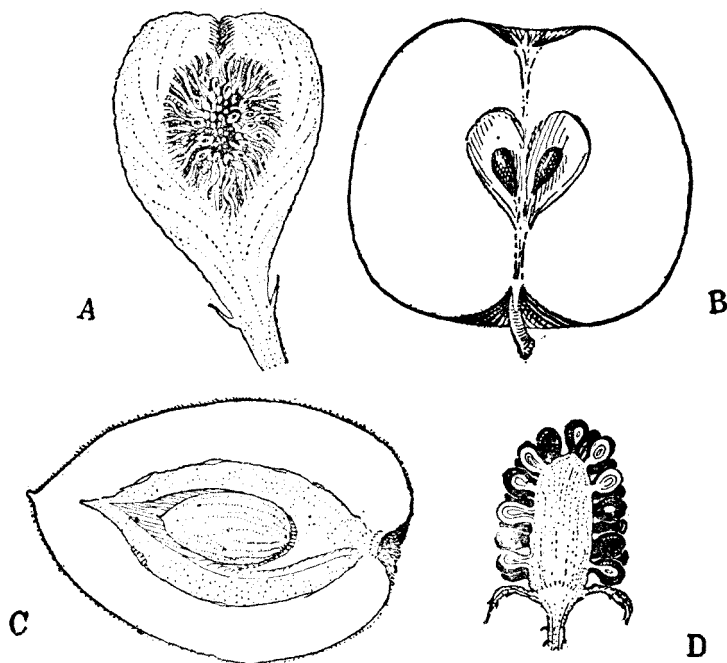
一處與子房相連接，蕎麥，毛茛等屬之；穎果 (Caryopsis) —— 單粒種子，果皮與種皮相連接，麥，黍，稻等屬之 (2)，集生果 (Aggregate Fruits) —— 為一花中有多數子房，密集或散生於一花托之上，每一子房稱為小葉 (Fruitlet) 例如覆盆子，黑莓，草莓等屬之。(3)，多花果 (Multiple Fruits)，上述之集生果為含有多數雌蕊之單生花所發育者，多花果則為多數密集之花發育而成。桑椹 (Morus)，波羅蜜 (Ananassa Sativa)，無花果 (Ficus) 等屬之。(參考第80,81,82圖)



第79圖 一年生植物——豆之四季生命史。(由Densmore)
 春季萌芽, Spring Germination; 幼苗生長, Seedling Growth; 成年植物, Adult Plant; 種子(冬季蛰伏), Seed (winter rest); 子葉, Cotyledons; 光化作用, Photosynthesis; 花序, Inflorescence; 果實, Fruit; 生殖, Reproduction.

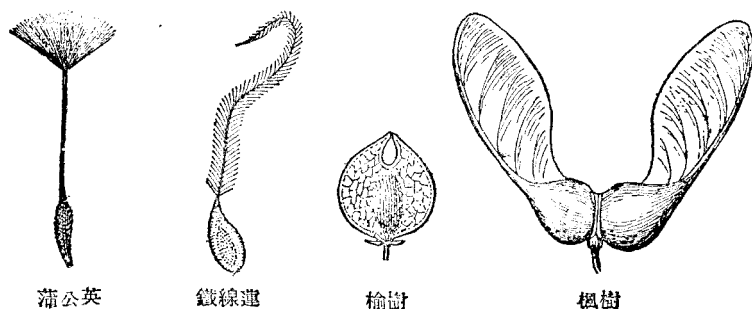
當授精作用以後，胚珠即起變化，漸次形成種子，每一種子至少包括二部，即胚 (Embryo) 與種皮 (Seed coat)，有時種子之內亦含有

內胚乳 (Endosperm) 與胚同包藏於種皮之內。胚囊內之雌核 (Egg Nucleus) 與花粉管內一雄核 (Generative Nucleus) 相結合成為合體 (Zygote)，胚即由此而發育。花粉管內之管核 (Tube Nucleus) 與二極核 (Polar Nuclei) 相結合成為胚乳核，胚乳核經多次分裂後成為內胚乳。珠被 (Integument) 則變為種皮。胚與胚乳發育時消耗珠心 (Nucellus) 之一部分組織，供作胚與內胚乳發育時之養分，故種子成熟時珠心常減退為一層細胞，是謂外胚乳 (Perisperm) 緊接於種皮之內。子房壁形成外中內三層果皮。胚珠 (Ovule) 發育為種子，種子之



第 80 圖 各式果實。A 無花果 (Fig) 之果實；B, 蘋果 (Apple) 之梨果 (Pome)；C. 桃 (Peach) 之核果 (Drupe)；D, 黑莓 (Blackberry) 之聚果 (Aggregate Fruit)。

結構可分為種皮 (Seed coat), 內胚乳 (Endosperm) 與胚 (Embryo) 三部。種皮自胚珠之珠被發育而來, 如種皮為二層, 則內層甚薄, 外層粗厚。外種皮為保護之結構。成熟種子外表可看出下列諸痕跡: 種跡 (Hilum), 種脈 (Raphe) 珠孔 (Micropyle) 及合點 (Chalaza)。種跡為種子與種柄 (種柄即珠柄) (Funiculus) 脫離後之痕跡, 大多數種子之種跡皆微小不明顯。珠孔與種跡接近處有脊狀之稜, 內含維管束, 此乃珠柄彎曲而成, 是為種脈, 此種倒生胚珠之上端, 珠柄與胚珠基部相接處稱合點。種子當成熟時有不含內胚乳者, 因當胚發育時已將其耗盡。胚為未發育之雛形植物, 雖則種子種類不同, 胚之各部發育乃不等, 其形狀且不盡相似, 大略可分為下列各部: 胚芽 (Plumule)——未發育之莖; 子葉 (Cotyledons)——種葉; 胚莖 (Hypocotyl)——連接子葉與胚根部分; 胚根 (Radicle)——未發育之根。(參考第 78, 79, 103, 104 圖)

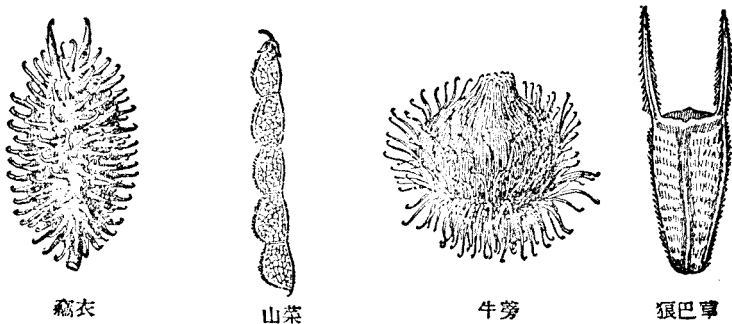


第 81 圖 風散播之果實與種子,

蒲公英 (Dandelion), 鐵線蓮 (Clematis); 榆樹 (Elm); 楓樹 (Maple);

最後若就植物界之生殖現象，全部俯瞰一下，讀者一定感覺植物之繁殖，大部分由無性生殖擔任之。綠藻一類植物，廣大之原葉體之生長，皆通常營養細胞分裂之結果。新個體之產生，則由碎裂作用，與孢子生成兩者任之。有性生殖世代在蘚類植物中雖極顯著，但有性植物之苗床，則仍賴本體之發芽（無性生殖）。新個體之增繁與傳播，獨孢子生殖佔其優越地位。羊齒植物與種子植物不論如何，皆可視為無性植物，因其生命史上有性生殖局面已降至最朦朧地步。羊齒植物與種子植物不獨由孢子傳播；斷折碎片，如插木，鱗莖，葉片，皆可構成新個體。簡言之，植物若未有有性生殖，亦足傳播繁殖。（參考第40圖）

雖然，有性生殖法自單細胞植物之配子組成，已開其源；始終存在於高等植物生命史上。不過自下等植物至高等植物，配偶體之結構，逐漸退步，降至最低限度；惟授胎作用，則繼續保存。無性生殖世代，



第 82 圖 動物散播之果實與種子。

竊衣(Cocklebur);山菜(Tick Trefoil);牛蒡(Burdock);狼把草,
(Beggar Tick)

亦受此種力量之影響。授胎作用，在植物之生命史上，不獨創造一新世代；且有更重要之作用，即：如果未有授胎作用，花之結構決不至如是複雜，植物界亦不至有進化現象。對於性別問題，以後討論動物之性別時，有更透澈之答覆；現在所欲說明者，兩性之差異，使動物與植物之結構上，及生理上，大大受其影響。（參考第 294 圖）

第八章 植物界之回顧

Survey of the Plant Kingdom

元始如此單純，因不輟之演化，終成一個最美麗最奇觀之世界。—— Darwin

植物界堪比一幅包羅萬象之巨畫，下自最簡單，最微小，顯微鏡下所觀察之單細胞個體，上至最複雜，高度分化之種子植物；因本體之結構與形態非常繁雜，應有盡有，故欲按照其天然系統而分類之，困難重重。但為適合研究之目的起見，乃大部分根據其機能與構造，將整個植物界綜覽一遍，簡分之為四大羣即：葉狀體植物(THALLOPHYTA)，包括藻族(Algae)與菌族(Fungi)；苔蘚植物(BRYOPHYTA)，包括蘚族(Mosses)及其近族，羊齒植物(PTERIDOPHYTA)，包括蕨族(Ferns)及其近族；與種子植物(SPERMATOPHYTA)，包括一切高等植物。

甲 葉狀體植物 Thallophytes

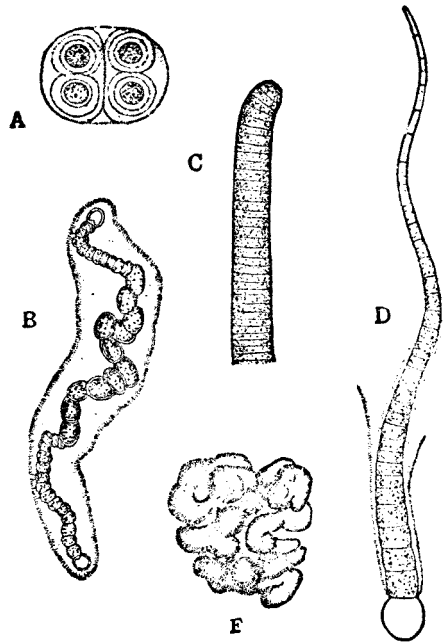
葉狀體植物包括許許多多本體形式不同，大小懸殊之種類，本體或非常微小，祇有一單獨細胞，或相當粗大，每個個體由多數細胞組成。較大之葉狀體植物，其本體，事實上即葉狀體(Thallus)，形式種種不一，有絲狀，帶狀，板狀等等，並且纖維非常分化者亦有之，但高等植物所具之根，莖，葉三部分則未之有。按照向例，葉狀體植物可分為二大族即：有葉綠素之藻族與未有葉綠素之菌族。

一 藻 族 Algae

海藻或稱海草，與其淡水中之同類合成一巨大藻族：大抵與習見之綠色植物相似，所以假定一切高等植物咸由此起源。藻族雖有其應有之葉綠素，但常被種種特別色素所矇蔽，乃有藍綠藻綱(MYXOPHYCEAE)，綠藻綱(CHLOROPHYCEAE)，褐藻綱(PHAEOPHYCEAE)及紅藻綱(RHODOPHYCEAE)之別。

藍綠藻 大部分藍綠藻生在爛泥上與濡石上，或池沼中與污水上，成一層綠色黏膜；若置於顯微鏡之下觀察之，立刻發見許許多多個別細胞，或一連串細胞，或由許許多多細胞互相連接，成一細長絲狀體。細胞之結構非常簡單，未有顯明之細胞核，葉綠素散布於細胞質上，而不組成葉綠質。再者，藍綠藻既無活動之孢子，亦未曾組成配子，所以屬於最下等之綠色植物。

黏液膜球狀藍藻(Gloeocapsa)為濡石上最普遍之藍藻，個體為單獨細胞，因細胞



第 83 圖 藍綠藻 (Blue-green Algae). A, 黏液膜球狀藍藻 (Gloeocapsa); B, 念珠藻 (Nostoc); C, 藍藻 (Oscillatoria); D, 分枝藻 (Rivularia), 絲狀體; E, 分枝藻 (Rivularia), 羣體。A—D, 高度擴大, E, 不擴大。(由 Ganong 仿 Eengler 與 Prant)

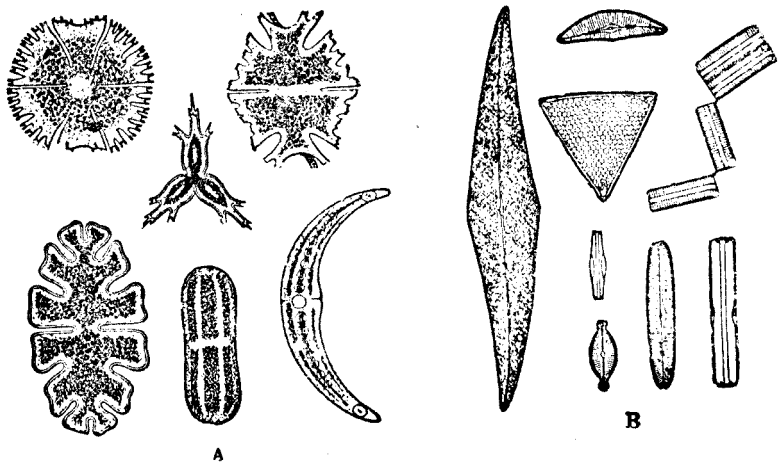
壁之膨脹而成一黏性膠狀膜，所以細胞分裂後，常常互相黏附，形似一羣體。藍綠藻因擁有一膠性保護囊，所以與他種藻類比較，雖在乾燥之地，仍能繁殖蔓延。（參考第83圖）

氈藻（*Oscillatoria*）生於淺潭或濕地上，代表最普遍之絲狀藻，祇有一條絲狀體包括許多圓片細胞而被圍於柔嫩之膠性鞘內。如前所述，則每個細胞成熟分裂，勢必增長絲狀體，每條絲狀體早晚必斷裂為二。有一點最令人驚訝者，即如此簡單之絲狀體，有移動之力量，慢性爬行或螺旋式轉動。念珠藻（*Nostoc*）與分歧藻（*Rivularia*）亦為通常之絲狀藻。（參考第83圖）

雖則大多數藍綠藻皆淡水產，其中有一種稱紅海藻（*Trichodesmium*）則生於鹹水中，除擁有的葉綠素外，並含有紅色色素，紅海（Red Sea）之得名，因此種藻密布擁擠而然。

綠藻 綠藻擁有一廣大之羣衆，與不可勝數之式樣，廣布於鹹水淡水中。淡水產之各種各式綠藻，尤特別受人注意，因常與少數藍綠藻及褐藻蔓生於蓄水池內，使城市之自來水污濁不清。綠藻之本體或為單細胞，或由許多細胞組成一細絲與一薄片。不論如何，綠藻之細胞比藍綠藻之細胞總是倍加分化，因有固定之細胞核與一個或數個具形之葉綠質。

學者相信，綠藻類應當最接近高等植物進化之幹線，所以盡量研究之。讀者或者尚能記憶，書前所臚舉之各種下等植物，如單細胞之綠球藻（*Protococcus*）與囊形藻（*Sphaerella*），與絲狀之絲狀藻（*Ulothrix*），間生藻（*Oedogonium*）與水綿（*Spirogyra*），不獨逐步



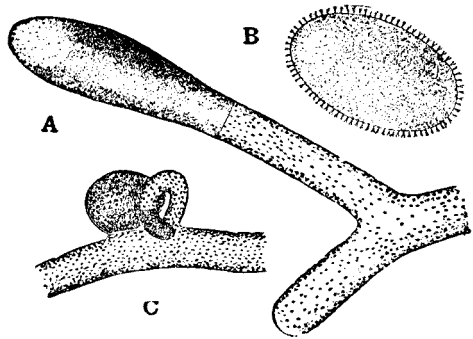
第 84 圖 A, 各式鼓藻, 亦稱新月藻 (Desmids); B, 各式矽藻 (Diatoms)。高度擴大圖。(仿 Kerner)

解釋葉狀體植物本體之成立，而且指示活動孢子之發展與配子之起源及有性生殖之實現。絲狀藻與間生藻通常在池塘中與噴水池之石塊上呈現一層極鮮明之綠色薄膜；水綿則堆積於水面，形成泡沫，滿充氣泡。此種氣泡大部份為光化作用時，水綿吐出之氧氣。（參考第 13, 22, 27, 60—64 圖）

鼓藻亦稱新月藻 (Desmids)，呈單純之綠色，似乎為水綿之近族，有極豐富之羣衆，而具種種特別之式樣。此單細胞植物之本體有幾何形對稱之體制，形形式式，在顯微鏡下觀察之，真是琳琅滿目。（參考第 84 圖）

綠氈藻 (Vaucheria) 代表另一饒有興趣之一羣，通常稱為「綠氈」 (Green Felt)，因分枝之線狀體互相交織，在淺水中，或爛泥上，或

花盆上，形成一粗糙織物。事實上綠氈藻之每一個體皆一單獨大細胞，有時長至數寸，包括許許多多細胞核與葉綠質；或由配子生殖，或由孤獨之活動孢子生殖。（參考第 85 圖）



第 85 圖 綠氈藻 (*Vaucheria*)。

A, 一團絲狀體組成一孢子; B, 孢子; C, 絲狀體上有一配子器。(由 Gadong)

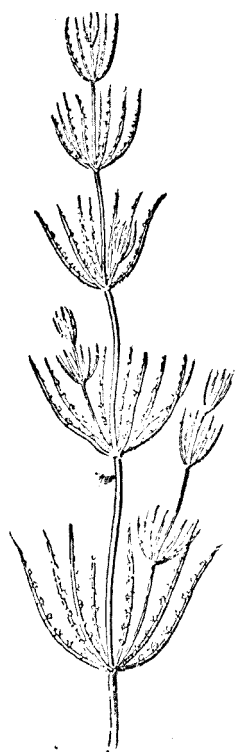
車軸藻 (*Stoneworts*) 因其藏精器與藏卵器之構造，整個植物界中未有與之相似者，通常雖列入藻類中，自立為一羣，然其確當之位置，

頗難決定。Chara 與 *Nitella* 咸稱為輪藻，即最普遍之車軸藻，體制頗進化，有根，莖，枝，葉之別；莖中有節，每節之距離略有一定，葉輪生於莖之節旁，每節五片至十二片，為線狀。枝生於莖與葉之腋間，枝與莖之頂端，生長無限。細胞膜之外，往往有石灰堆積，內部原生質，常回轉運動，以顯微鏡檢之，殊為奇觀。（參考第 86 圖）

褐藻 褐藻生於鹹水中，個體常由多數細胞組成，各細胞皆具一核，其色素體除葉綠素外，更含褐藻素，故其本體呈褐色或黃色。海岸附近所發現之巨形海草 (*Kelps*) 與石衣藻 (*Rockweeds*) 乃褐藻中之最顯著者。大半具粗糙，革質，板狀或帶狀之葉狀體，由支持體固繫於固體上，更有浮囊以漂浮其本體，藉以保持其直立位置。其中祇有少數有柔嫩之本體，例如一種巨褐藻——*Ectocarpus* 是也。本體大小不一，大者長數百尺，為海產植物中之巨魁，小者非顯微鏡不能見

之。通常之巨型海草，即昆布(Laminaria)長達二百多尺，葉狀體又非常分化，驟視之，似乎有高等植物之構造。馬尾藻(Sargassum)之本體比昆布更分化，葉狀體上且長出浮囊，密布水面，所以有「馬尾藻海(Sargasso Sea)」之稱。其生殖方法，自同形配子之接合，以至於精蟲卵子之授精，次第進化。但不論為接合或授精，其作用必起於母體之外。有性生殖外，尚行無性生殖，無性生殖時，生不動芽胞或

游走子。但石衣藻則單執行有性生殖，葉狀體分歧為許許多多帶狀之結構，帶狀體上又有擴大脹起之氣囊，使本體漂浮。葉狀體膨脹之尖端有微小之深穴，内生配子。如前所述，大多數褐藻之纖維(指本體)已經分化至相當地步，非綠藻所得而有之；但高等植物上進之路線，並不就此停止。(參考第28,29,65,87圖)



第86圖 輪藻(Chara)。
主軸之頂端。
(仿 Strasburger)

最後，藻類中尚有一大羣單細胞之矽藻(Diatoms)，究竟與他種藻類有何關係，尚無確切之認識。矽藻具褐色之色素，每個個體皆圍繞於一纖維素之壁內，充滿矽土，本體內因矽土之充塞，乃呈美麗奪目之「玻璃骨骼」，其殼面有種種斑紋，形成各式雕刻物，故有時被利用以試驗顯微鏡之透鏡品質。在中生代侏羅紀以後，其皮殼有堆積海底而成至大之地層者，即所謂「矽土」(Diatomaceous Earth)是也。此

種砂土，在工藝上，且成爲有價值之磨光粉。矽藻之本體雖然非常微小，非顯微鏡不能見之，但其種類甚多，鹹水淡水中到處皆有之，其所綜合之食品原料，爲水棲動物之主要食物。（參考第84,367圖）

紅藻 紅藻之本體由多數細胞組成，各細胞有一至多數之細胞核，又於葉綠素之外，更含有紅藻素，故常呈紅色或紫色，易與他種藻類區別。產於海中者居多，產於淡水者三四屬而已。海生之紅藻，咸有支持體以固繫其本體，其中有幾「種」且生於深海底。紅藻之紅色色素掩蔽其葉綠素，或者乃適應較弱之光線而仍能執行光化作用而然。本體纖維之柔嫩，或者因避免潮浪之沖激，乃適應其水中生活。雖然，紅藻亦不一定盡是紅色，纖維並不一定盡是柔嫩，有具綠葉狀或革質之葉狀體者；亦有充滿石灰質而構成珊瑚礁（Coral Reefs）或珊瑚島（Atolls）之種類。吾人最熟悉之海菜（Agar-agar）即紅藻之產物。實驗室內所備之細菌培養基，海菜爲用最廣。大西洋與北海之海菜俗稱「愛爾蘭苔（Irish Moss）」，常常大量採集，以製造果醬。（參考第88圖）



第87圖 馬尾藻（Sargassum）葉狀體顯示莖、葉，及漿果狀之浮囊（Floats）之結構。（由Goutler Barnes與Cowles）

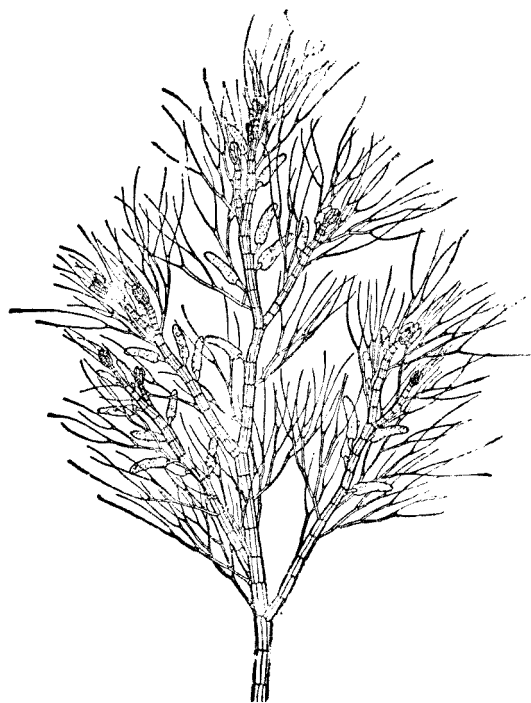
關於紅藻之一般特徵，可分述於下：大多數紅藻之葉狀體，細胞與細胞間，有廣闊之原生質橋互相貫連；配子與孢子皆無運動力，配子之接合，端賴水為媒介；有性生殖之高度發達，反使紅藻之起源問題，暗昧不明。

藻類為綠色植物之一大羣，在植物界中所佔地位非常重要，不可不追述一遍：自單細胞之個體，逐漸變化而成複細胞之葉狀體；本體

有最初分化之組織；自孢子生殖進至配子生殖，性別由此起源，且為高等植物世代交替出發之起點。

二 菌族 Fungi

凡葉狀體植物不具葉綠素者總稱為非綠色植物，即菌族，擁有不可勝數烏合之羣衆。非綠色植物不能自行製造食物，所以欲獲取其所需要之養料，或營寄生生活，蹂躪生存動物或植物之軀體；或為寄屍植物(Saprophyte)，依



第 88 圖 紅藻——羽葉藻 (Polysiphonia)。指示一部分原葉體(Thallus)與雄器(Antheridia)。
(由 Smith)

靠腐爛之有機物質爲食。一部分菌類可以寄生於生存之動植物，亦可以寄生於腐爛之有機物，或此或彼，隨其遭遇而變更其生活情況。

大多數菌類似乎皆藻類之直系卑屬，此種藻類且已失掉葉綠素；一部分菌類則有來歷不明之祖先，此種元始植物，本體一定非常簡單而無葉綠素，亦即整個植物界之始祖。菌族之分類，有種種困難，但爲實用起見，姑分之爲四綱即：裂殖菌綱 (SCHIZOMYCETES, 藻狀菌綱 (PHYCOMYCETES), 囊子菌綱 (ASCOMYCETES) 與擔子菌綱 (BASIDIOMYCETES)。

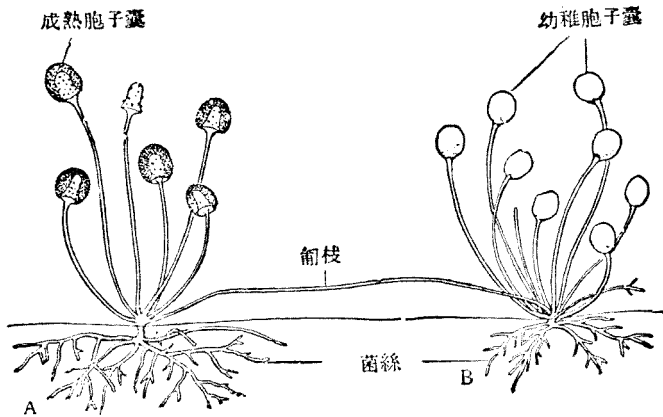
細菌 (Bacteria) 裂殖菌或稱細菌，包括最細微之個體，端賴顯微鏡以視察之。其個體雖則如此微小，但自地球成形，即爲一切生物之先鋒，進佔其間；亘古迄今，在生物界中始終爲一重要角色，所以學者特闢一門細菌學，專門研究之。有關於細菌之種種問題，如執行自然界中元素之循環，使動植物及人類致病等，書中已經暢述，現在可以不必再提。(參考第 16—20, 344 圖)

藻狀菌 (Alga-like Fungi) 最通常之藻狀菌如麵包或菓醬上叢生之黑黴 (Black Molds)，他如水生菌 (Water Molds) 與植物之寄生菌 (Blights) 使植物萎枯受傷者皆是也。藻狀菌之本體有極發達分歧之菌絲 (Mycelium)，此淡白無色之菌絲侵入有機物質，吸收所需要之養料，同時消化之，所以不啻一吸收器官與消化器官。一部份特化之菌絲，或產生孢子，或產生配子。

麵包黴 (Bread Mold, *Rhizopus*) 爲黑黴中之一種，產生不可勝數之孢子，通常廣佈於大氣中，所以到處皆有之。在某種情況之下，

麵包黴有時亦可以產生一種不活動之配子，殺蠅菌(Emypusa)為黑黴之近族，寄生於蠅之體上而斃之，自其體外分出菌絲，被覆於死骸之外，如白霜之狀。(參考第89,90圖)

通常之水生菌(Water Mold, Saprolegnia)寄生於水中之昆蟲，菌絲多分歧，其下部侵入宿主之纖維中，攝取其養料，上部在宿主體外，八面放射，寄生於金魚者居多，使其宿主體上生白斑而斃，事實上，一部份水生菌若遇潮濕之泥土，亦可以寄生於泥土中動物之屍體上，水生菌或由孢子生殖，或由配子生殖。

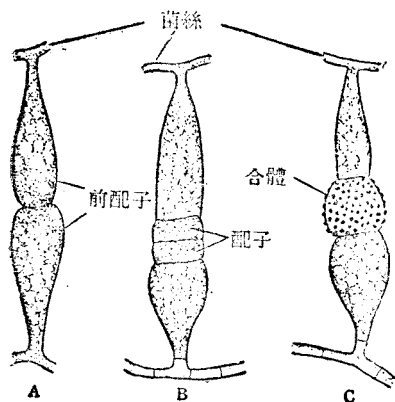


第89圖 麵包黴(Rhizopus)、A 母體植物；B 子體植物。成熟孢子囊，Mature sporangium；幼稚孢子囊，Immature sporangia；匍枝，Stolon；菌絲，Mycelium。

最通常之植物寄生菌，如薺(Shepherd's Purse)與菜菔(Radish)表皮上之胞菌(Blister Blight)，馬鈴薯菌(Potato Blight)及葡萄之寄生菌或毛茸黴(Downy Mildew)皆是也。各種植物寄生菌皆有極豐富之菌絲，侵入宿主之纖維；菌絲上生出許許多多單性孢子(CONIDIA)，

而繁殖傳播之。此種單性孢子隨風吹散，設逢潮濕之地，可以移動而覓其新宿主。有時產生配子，配子接合後所組成之合體，亦漸變成活動之孢子，迅速尋覓其新宿主。

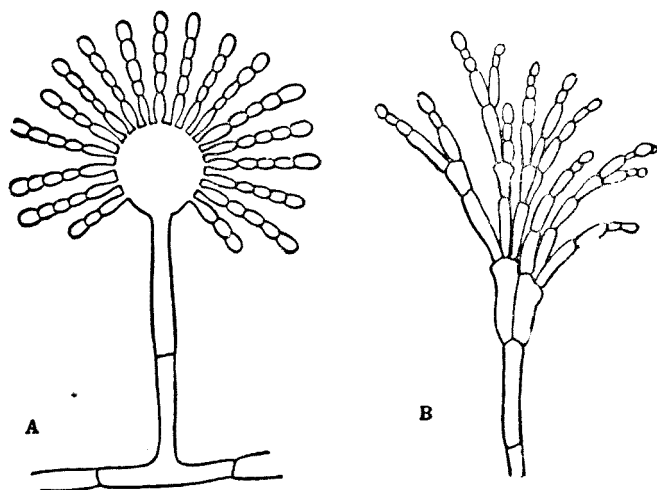
囊子菌 (Sac Fungi) 水菓，乾酪及潮濕皮革上之綠黴，藍黴與黃黴皆吾人所熟悉，紫丁香花 (Lilac) 葉上常有白色之粉黴，例如小球果菌 (Microsphaera)，皆囊子菌。囊子菌或由單性孢子傳播，或由子囊芽胞 (ASCOSPORES) 傳播，子囊芽胞生於子囊 (Asci) 之內，故稱之為囊子菌 (Ascomycetes)。一部分囊子菌在子囊芽胞生殖之前，亦呈有性生殖現象。(參考第 91 圖)



第 90 圖 菌類 (Rhizopus)。指示配子 (Gametes) 之形成與二種菌絲 (Hyphae) 之接合等於授精作用 (Fertilization)。前配子，Progametes；配子 Gametes；合體，Zygote。

食用松茸 (Truffles)，笠菌 (Morels)，及引起梅，李與櫻桃生黑瘤 (Black-knot)，裸麥生麥角病 (Ergot)，與桃樹捲縮病 (Peachcurl) 之種種病菌，咸是囊子菌。酵母菌通常總是由芽體生殖，但在不利情況之下，亦可組成子囊芽胞。酵母菌之醱酵作用與代謝作用，書中已有明白之記載，勿容贅述。

擔子菌 (Club Fungi) 擔子菌包括最高等之菌類，如鏽菌 (Rusts)，禾菌 (Smuts)，蕈 (Mushrooms) 與毒菌 (Toadstools)。鏽菌，禾菌與蕈皆寄生菌，寄生於高等植物。毒菌為寄屍植物，有時亦營寄生生



第 91 圖 A. 麩菌(*Aspergillus*), 即黃黴或綠黴; B. 青黴(*Penicillium*).
菌絲(Hphae)上有串珠之單性芽胞(Conidia)。

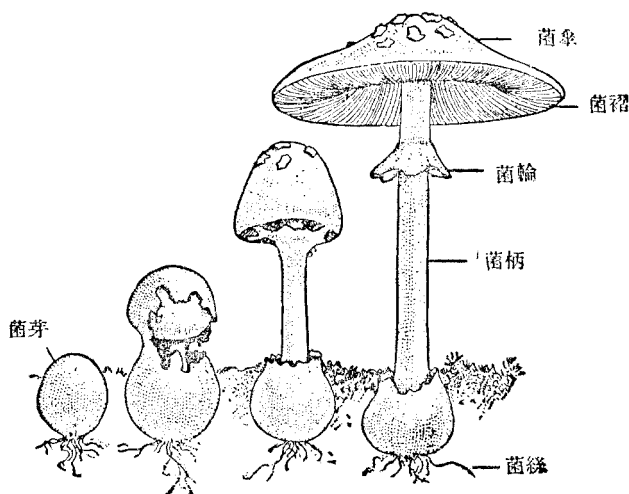
活者，對於高等植物，並不為害。擔子菌之生殖，端賴擔子芽胞(BASIDIOSPORES)，因其有特化之生殖器官，稱芽胞臺(Basidium)，故名。有性生殖，則未之有。

鏽菌與禾菌為害最烈，為高等植物最普遍之寄生生物。杉樹與蘋果樹之腐蝕，小麥與伏牛花(Barberry)之腐蝕，白松與醋栗(Gooseberry)之腐蝕，各由不同之鏽菌所引起。每種鏽菌且有極複雜之生命史，包括數式孢子。禾菌特別加害於穀類，如小麥，大麥，玉蜀黍，燕麥等等之黑穗病，皆禾菌之黑色孢子累積之現象。(參考第 438 圖)

蕈遍生田野間，大多數有毒，尤推瓢蕈(*Amanita*)為最毒，可供食用者，惟 *Psalliota campestris* 種而已，最易栽培。蕈之本體有一圓形懸垂構造之菌傘，菌傘之下面充滿分歧之菌絲，菌絲新鮮肥大，

產生孢子。食用蕈 (Psalliota 種) 之孢子生於板狀之菌褶 (Gills)，菌褶位於菌傘 (Caps) 之下；尚有幾屬蕈，孢子生於菌傘細孔之內。
(參考第 92 圖)

木耳 (Auriculariaceae) 爲真正擔子菌之一，營死物寄生，常生於樹幹之上，子實體爲膠質如耳狀。珊瑚菌 (Corals) 狀似分枝之珊瑚，



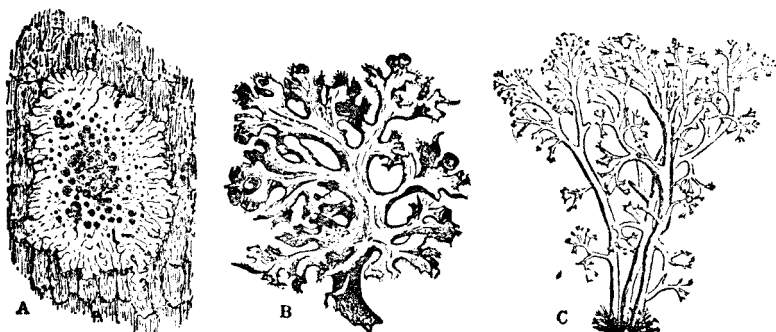
第 92 圖 蕈菌 (Amanita)，有毒之菌，指示自菌絲長出之孢子器。
(由 Ganong 仿 Gibson)

菌芽，Button；菌傘，Cap；菌褶，Gills；菌輪，Ring；菌柄，Stalk；
菌絲，Mycelium。

與塵菌 (Puffballs) 與乳團菌 (Earth-stars) 等等，皆有極大之孢子囊，而無菌絲。

菌族爲葉狀體植物之一大羣，已有詳細之檢討，但葉狀體植物中之地衣 (Lichens)，應當有更透澈之認識；地衣乃菌與藻共棲之團體，兩者有密切之關係。地衣上之菌，通常爲囊子菌，由其菌絲之交織而

成一巨塊；單細胞之綠藻，或藍綠藻被菌絲捕扼，而羣棲於此織物上。地衣之形式不一，可分為三種：固著地衣 (Crustose)，地衣之全面固著於木皮巖石等處；葉狀地衣 (Foliose)，狀如分片之葉，其下面或祇一點或數點附着固體上；灌木狀地衣 (Fruticose)，菌絲分歧，狀如樹枝，而以其假根着生於地面木皮等處。(參考第 98 圖)



第 93 圖 地衣 (Lichens)。A, 一種模型地衣 (Physcia)——匏衣式 (Crustose type); B, 乙斯蘭土苔 (Cetraria)——葉狀式 (Foliose Type); C, 石蕨 (Cladonia)——灌木式 (Fruticose Type)。 (由 Ganong) 參考第 371 圖

乙 苔蘚植物 Bryophytes

蘚類及其近族，總稱為苔蘚植物，為一小羣不甚顯著之綠色植物，介於葉狀體植物與有維管束之高等植物之間；但苔蘚植物與有維管束之植物究竟有何關係，則不得而知。小部分苔蘚植物生於水中，大多數則生於陸地；所以據此而推論整個植物界咸自最下等之藻類起源，自有相當理由。以苔蘚植物為水棲類與陸生類之過渡種族，而解釋植物界係自水中進化至陸地，可得完整之系統。

苔蘚植物與其直系祖先，即藻類，比較，所不同者，以其擁有較複雜之體制與較完備之生殖器官；並且進一步之分化，顯示有性生殖與無性生殖之世代交替，其芽胞體(Sporophyte)寄託於配偶體(Gametophyte)上。苔蘚植物之生命史上，多葉之蘚乃一配偶體，且佔優勢世代，書中已經提及，讀者應當尚能記憶。(參考第66,67圖)

苔蘚植物包括二綱：苔綱(Hepaticae)，包括許多不受人注意之地錢(Liverworts)；蘚綱(Musci)，包括種種吾人最熟悉之士馬駱(Mosses)。

苔綱 大多數苔類需要充分之水分始能生存，所以小部份漂流水面，大部份則生長於潮濕之地，巖石，或枯老之樹幹上。苔類自芽胞發生之原絲體(Protonema)，就構造一點而論，與蘚類比較，簡單許多。由原絲體發展之本體，形態雖有種種，大抵橫臥於地面或物體上；向光之一面為背面，向地之一面為腹面，腹面背面之形狀大相懸殊，其扁平而為葉狀者，自裏面生假根着生地面，謂之葉狀體。其稍進化者，則葉狀體有中肋；更進則有莖葉之分，其莖纖細，腹背兩面生葉，腹面葉小，背面葉大。至其莖能直立者甚稀。本綱中分三族即：地錢族(Marchantia)，鱗苔族(Porella)與角苔族(Anthoceros)是也。

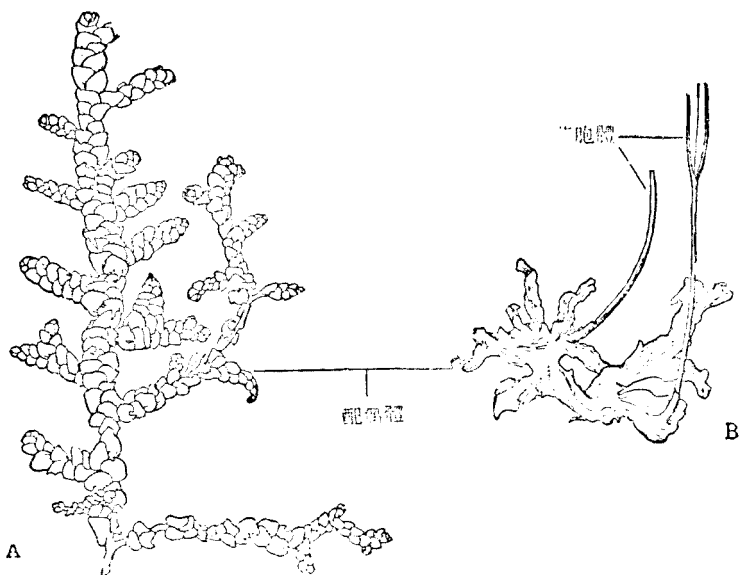
地錢及其近族之本體乃一相當複雜之葉狀體(Thallus)，因組成葉狀體之細胞已經分化為種種纖維。在無性生殖之過程上，先由芽體自葉狀體之背面發展為微小之杯狀器，不久杯狀器脫離落地，長大為一新植物。因地錢雌雄異株，雌雄器托各生於特殊之柄條上，所以有性生殖時，雄器內之精蟲釋放後，與雌器內之卵子接合而組成合體，

各合體漸漸發展為芽胞體，芽胞體所釋放之孢子，又各各發展為配偶體，如此世代交替，而完成其生命史（參考第94圖）

鱗苔及其近族為苔綱中最大之一羣，有像高等植物柔嫩之本體，生於潮濕之地，或巖石上，或樹幹上，與地錢微有相似之處。配偶體包括一莖，莖上有三排細小之葉，所以慣稱之為鱗蘇或多葉苔，易與真正蘚類混淆。（參考第95圖）



第94圖 地錢 (*Marchantia*)。指示原葉體 (Thallus) 上有一雄器托 (Receptacle)，中藏雄器 (Antheridia) 與二杯狀器 (Bad Cups)，其內生無性芽。(由 Ganong 仿 Kay)



第95圖 A, 鱗苔 (*Porella*) 之配偶體; B, 角苔 (*Anthoceros*) 之配偶體與芽胞體。(由 Smith 等)

芽胞體, Sporophytes; 配偶體, Gametophyte.

角苔種類稀少，而且本體微細不顯著，但其特別受人注意者，因與其他苔類比較，顯然有不同之處：配偶體之結構甚簡單，芽胞體之結構反非常複雜，且擁有葉綠素。

芽胞體雖然依賴配偶體始得到水分與無機鹽，但能營光化作用；此乃預示植物之進化，係芽胞體之逐漸進展而處於主動地位。（參考第95圖）

蘚綱 初由芽胞生絲狀體，謂之原絲體，原絲體多分歧，在地上者有葉綠粒，在地下者營假根之作用。其後原絲體上生芽，芽生長而成蘚之本體，其本體有莖葉之區別。莖之構造最進步者，中心有一細長之細胞，在生理上與羊齒植物之維管束相等，為水分與養料之通路。葉常無柄，配列成螺旋狀，往往有中肋。常行無性生殖，其本體之一部份分離生原絲體，即自原絲體生元形之植物體。其中有某種，將成熟之蒴切斷之，置於潤濕之砂土上，亦能發生原絲體。又有生無性芽胞者，雌雄器生於莖或枝之頂



第96圖 水蘚 (Pent Moss, Spagnum)。配偶體之頂端有芽胞體。（由 Bergen）

端，或同株，或異株，授精後生造胞體，此體爲足部與柄條及蒴所成，蒴成熟則柄條延伸。苔類之柄條，破藏卵器之腹部而出，其腹部之破片，留在柄條之底如鞘狀；蘚類之柄條，破藏卵器之腹部而出，其腹部之破片，留在蒴上如帽狀，故有蘚帽之稱。蒴成熟後，上部生輪狀之裂紋，謂之蘚蓋，脫落後，散出芽胞。本綱凡三族即：水蘚族 (Sphagnales)，黑蘚族 (Andreaeales) 與真正蘚族 (Bryales) 是也。
(參考第 66, 67 圖)

水蘚 (Peat Moss, Sphagnum) 生育於沼池，色淡綠，常密布水面，因過度擁擠之結果，下面一層，常變爲泥炭，故有泥炭蘚之名。黑蘚生於高山巖石之上，帶黑褐色，多數分歧，葉密生。真正蘚族佔蘚綱中之大部份，分爲數十科，土馬騮即其中之一。(參考第 96 圖)

丙 羊齒植物 Pteridophytes

羊齒植物即鳳尾草之類，乃一大羣植物，在植物界中最先揭示一特別管系，使本體內各種原料得以傳導流通，所以羊齒及羊齒以上一切高等植物，咸稱爲有管系之植物，與無管系之葉狀體植物及苔蘚植物截然不同。事實上，管系之發展，在植物之進化史上，可謂創一新紀元，因植物有管系之設備，本體始漸臻複雜化，纖維系統始漸趨分化。查考化石記錄，石炭期 (Carboniferous Period) 羊齒植物遍布大陸，爲陸地上最初最大之森林；羊齒植物得以如此豐茂繁盛，因擁有管系使然。今日殘存之羊齒植物，仍趨向衰落之途，一因種子植物高度發達，妨礙羊齒植物分布之機會，二因羊齒植物之精蟲必須有充分

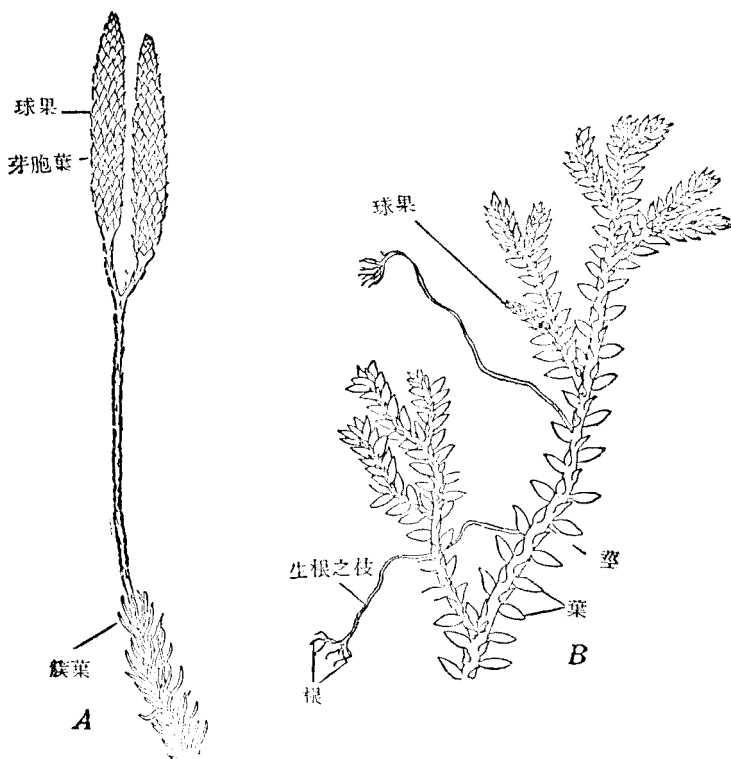
之水分方能執行授精，因之繁殖機會大受限制，種子植物授粉作用，不受水分之限制，故得制服羊齒植物，而蕃殖孳生焉。

羊齒植物如苔蘚植物然，在其生命史上，亦揭示世代交替之現象，惟有性生殖世代與無性生殖世代各各獨立，不相依賴，並且芽胞體遠較配偶體發達，佔主要地位，所以最大最顯著之羊齒植物本體，乃一芽胞體。（參考第 68, 69 圖）

羊齒植物分爲三大綱，其特徵各異，稱石松綱 (Lycopsidea) 包括石松類 (Club Mosses)，木賊綱 (Sphenopsida) 包括木賊類 (Horsetails) 與羊齒綱 (Pteropsida) 包括真正蕨類 (Ferns)。

石松綱 石松類之葉微細，多作鱗片狀，幼時不渦卷，莖分歧爲叉狀，芽胞葉團集如花，生於莖頂，每一葉著生一芽胞囊，稱球果 (Strobilus)。芽胞有大小之差者，謂之異子石松，無大小之差者，謂之同子石松。同子石松祇石松 (*Lycopodium*) 一屬；異子石松凡三屬即：卷柏屬 (*Selaginellinae*)，鱗木屬 (*Lepidophytinae*) 與水韭屬 (*Isoetinae*) 是也。聖誕青 (Christmas Greens) 乃石松中最普遍之石松。卷柏 (*Selaginella*) 乃一種較細小之石松，特別受人注意，因產生兩種孢子，所以有雄配偶體與雌配偶體之別。配偶體端賴孢子中所儲藏之養料以維持生存，與苔蘚植物處於絕對相反地位。事實上卷柏非常接近種子植物。（參考第 97 圖）

木賊綱 木賊之葉細微而輪生，幼稚時不作渦卷狀。生芽胞囊之葉，形態與尋常之葉異，所謂芽胞葉是也。芽胞葉團集，造成芽胞葉托，與顯花植物之花相類似。其芽胞囊自一個表皮細胞發生，芽胞有

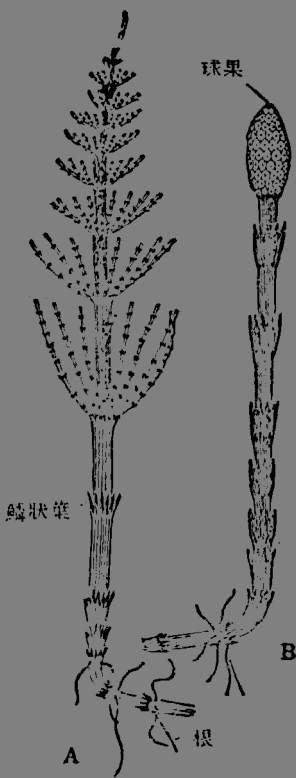


第 97 圖 A, 石松(*Lycopodium*); B, 卷柏 (*Selaginella*)。指示一部分已成胞之芽胞體。(由 Smith, 等)

球果, Strobilus; 芽胞葉, Sporophyll; 簇葉, Foliage leaves; 生根之枝, Root-bearing branch.

大小不同者，亦有無分別者。現存於地球上者，不過木賊屬(*Equisetum*)之三十餘種，其高度亦僅達二三尺；然在石炭期，其種族之多，遠過於今日，大多皆數十尺之喬木。故今日之木賊類，僅為滅亡之一大族植物中之遺孽而已。(參考第 98 圖)

羊齒綱 真正羊齒今日不獨非常豐富，而且為羊齒植物最正式之

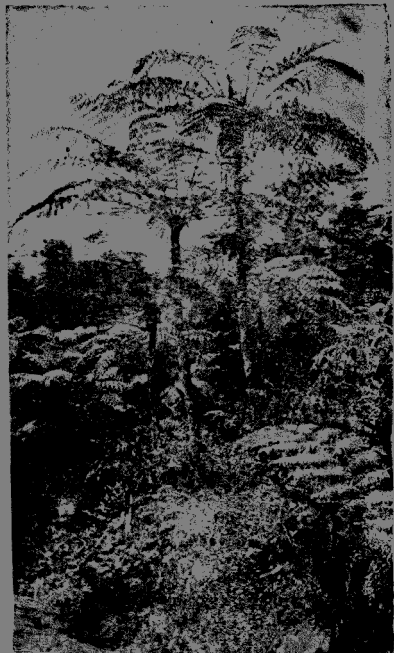


第 98 圖 木賊 (*Horsetail*, *Equisetum*)。A, 裸莖 (Sterile branch); B, 實莖 (Fertile branch), 頂端有繁殖器。(由 Smith, 等) 球果, Strobilus; 鱗狀葉, Scale leaves; 根, Root

代表。大多數羊齒植物生於溫帶區域，但最高大之種類，則生於熱帶，為熱帶地一種最繁盛之植物。羊齒之本體，大小不一，自極柔嫩與薄膜之闊葉，稱複葉或連枝葉 (Fronds) 之種類，至高達四十尺，枝葉展開闊至三十尺之種類。(參考第 50, 68, 99 圖)

羊齒本體之構造，與種子植物非常

接近，所以一部分植物學家在分類學上將種子植物包括於羊齒植物之下。多



種羊齒擁有纖維——管系之組織，形成一木質部 (Xylem) 與韌皮部 (Phloem) 之空軸，將莖部之基本

第 99 圖 高大之羊齒樹——木賊 (Alsiophila)。(由 Campbell)

組織分爲一中心髓與一外樹皮。事實上，許多高大之羊齒，且有數輪同心之維管束。有幾種羊齒，具有特別分化之芽胞葉，上生孢子。

當吾人討論植物之有性生殖與無性生殖之世代交替時，對於高等羊齒之種種特徵，已有詳細之描述，所以現在不必多贅，目前單論小羣之水生羊齒。水生羊齒表面上與尋常羊齒微有相似之處，蘋 (Marsilea) 可引爲例。此輪狀葉之羊齒 (Clover leaf Ferns) 饒有興趣，非特具異型孢子 (Heterospory)，而且雌雄配偶體成高度縮小，僅存者祇藏精器 (Antheridia) 與藏卵器 (Archegonia) 而已。藏精器與藏卵器自小孢子大孢子內分別發展。雌雄配偶體如此縮小退化，乃高等植物進化之預兆。羊齒植物中，有許多種類有極發達之芽胞體，分化之管系纖維，芽胞葉，異型孢子；凡此種種特徵，皆揭示其向種子植物方面進化。(參考第 70, 71 圖)

丁 種子植物 Spermatophytes

種子植物 (Seed Plants) 代表現代之植物，在植物界中獨佔優勢，或者因其能產生種子有以使然。事實上，俗人幾乎視種子植物與植物學爲同義，惟欲知種子植物之生命史及其本體構造，則對於下等植物不可不有明白之認識；尤其對於種子植物顯著之特徵，種子之習性：新芽胞體似乎自前芽胞體中之纖維發展而成，前代之芽胞體所產生之種子，有一種皮與豐富之食料以供正在發展之新芽胞體之消耗。(參考第 30, 48, 72——79 圖)

關於種子植物之生命史，本體之構造，花與種子之發展，種種瑣

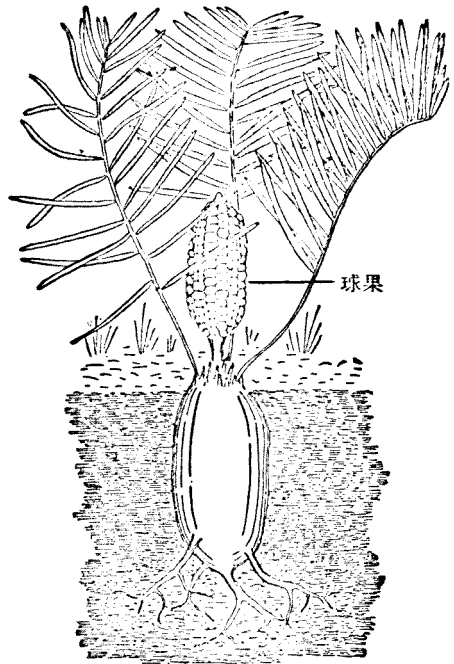
細，書中已經詳細描寫，讀者欲探其究竟，自可一讀瞭然。現在單就種子植物作一簡單之分類，目前學者所得而知者約有十四萬種 (140,000 Species)。

種子植物有兩個絕對獨立之系統，所以可分為二大類：裸子植物 (GYMNO-SPERMS)，其種子形成毬果 (Cones)，而曝露於芽胞葉上；被子植物 (ANGIO-SPERMS)，其種子包被於子房之內。

一 裸子植物

裸子植物包括熱帶產之蘇鐵 (Cycads) 與習見之松柏 (Conifers)；松柏科中之植物有松 (Pines)，樅 (Firs)，虎尾樅 (Spruces)，長青樹 (Hemlocks)，西洋杉 (Cedars)，美洲杉 (Redwoods) 等等。裸子植物在中生代 (Mesozoic Era) 乃主要種子植物，與偉大之羊齒植物共同繁盛，現在生存者，祇有五百餘種。

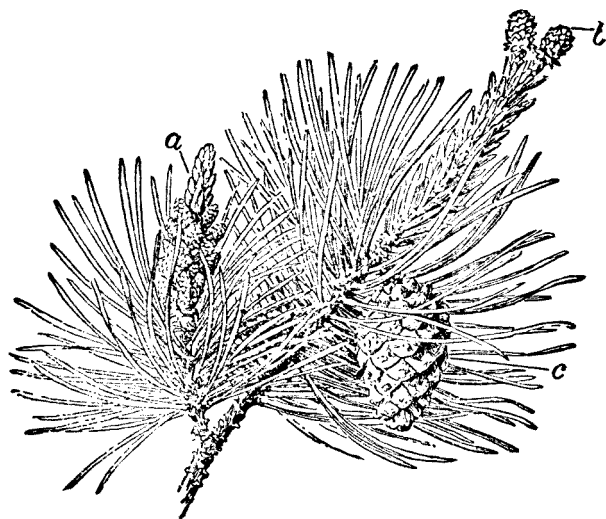
蘇鐵 蘇鐵之外表狀態與羊齒非常肖似，所以學者主張蘇鐵係自羊齒植物進化而來。蘇鐵亦曾有極發達之時代，為陸地上主要植物，



第 100 圖 蘇鐵 (Cycad. *Zamia*)。已成熟之芽胞體，上有一個有心皮之球果 (Carpellate strobilus)。(由 Smith, 等)

現在尚存者祇有九屬，最著者即蘇鐵族是也，產於熱帶及溫帶地方。莖呈柱狀或塊莖狀，葉作羽狀，花單性，無花被，雌雄異株，胚珠裸出，有一珠皮，種子有胚乳，子葉大抵為二片。蘇鐵饒有興趣，與公孫樹(Ginko) 即日本產之公孫樹或稱銀杏樹(Japanese Maidenhair Tree)極接近，精蟲能自然行動；其他種子植物，雄性配子，則全失運動之能力。(參考第 100 圖)

松柏 為裸子植物之一科，各國皆產之，而產於溫帶地方者最多，木本，有良質之木材及有用之樹脂，凡二十五屬，最著者十七屬。樹幹高大，枝細而呈水平線之射分，下部之枝較長，越上越短，形似尖塔；毬果(Cones)團集；葉為鱗狀或尖狀，葉片如此細小，顯示其

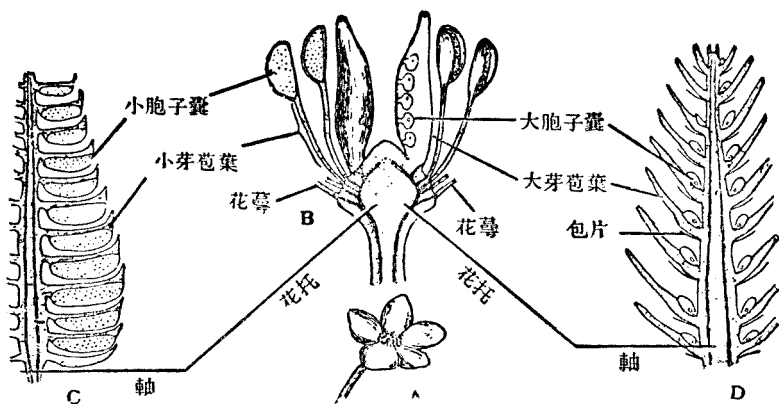


第 101 圖 蘇格蘭松(Scotch Pine, *Pinus Sylvestris*)。a, 雄蕊之球果 (Staminate cones); b, 幼稚雌蕊之球果 (Young Pistillate Cones); c, 成熟雌蕊之球果 (Mature Pistillate Cone)。 (由 Berger 等)

可以適應非常惡劣之環境。大多數松柏，無一定之落葉節季，慣稱為常青樹(Evergreen)，其中祇落葉松(Larch)與裸柏(Bald Cypress)則年年落葉。(參考第101圖)

二 被子植物

被子植物為植物界中最衆多，最顯著，最重要之一羣；比較上歷史最短，稱為近代植物，因進化最速，所以逐漸取裸子植物之地位而佔上風。被子植物包括一切有花植物(Flowering Plants)，因其本體上發展真正之花，所以與昆蟲發生密切關係，由昆蟲代為授粉，稱為蟲媒。一部分被子植物，與松柏一樣，由風為之散播花粉，稱為風媒，惟大多數皆賴昆蟲為之傳播花粉，所以昆蟲為有花植物之主要媒人。(參考第75,366圖)

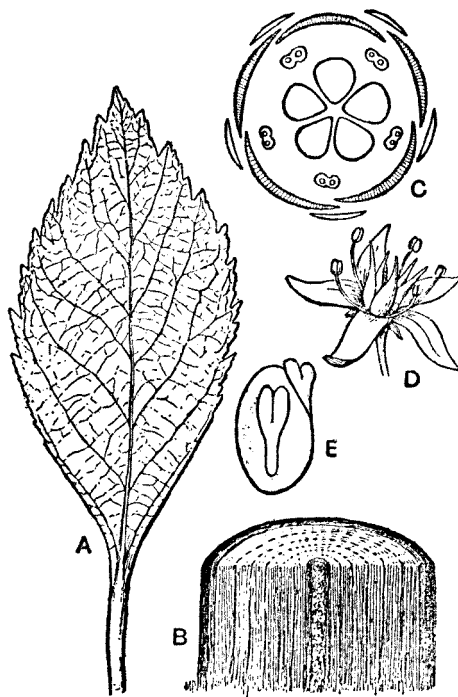


第102圖 指示虎尾樅(Spruce)之球莖(Strobili)與立金花(Marsh Marigold)花之各部正相符合。A, 立金花之花；B, 一模型花之縱剖面；C, 虎尾樅花雄蕊狀球莖(Staminate Strobilus)之縱剖面；D, 虎尾樅心皮狀球莖(Carpelate Strobilus)之縱剖面。(由 Densmore)

關於花之基本構造，不妨重提一下：一朵花乃一變態之枝叢，外有花被(Perianth)包括萼片(Sepals)與花瓣(Petals)，內爲芽胞葉(Sporophylls)包括心皮(Carpels)與雄蕊(Stamens)。羊齒植物與裸子植物祇有芽胞葉或球果，而無花被，與真正之花截然有別，不可混淆。花之構造形態百出，種種不一，常與其基本設計大相懸殊，被子植物之分類，所以根據花之構造。(參考第72—74圖)

被子植物有兩個平行而顯有區別極大之綱(Classess): 雙子葉種子植物綱(DICOTYLEDONS)包括十一萬種(110,000 species)左右; 單子葉植物綱(MONOCOTYLEDONS)包括三萬種(30,000 species)左右。雙子葉植物與單子葉植物不同之特徵，可列述於下:

雙子葉植物 種子內
幼稚之芽胞體爲兩片對立之葉子; 莖部之維管束擁

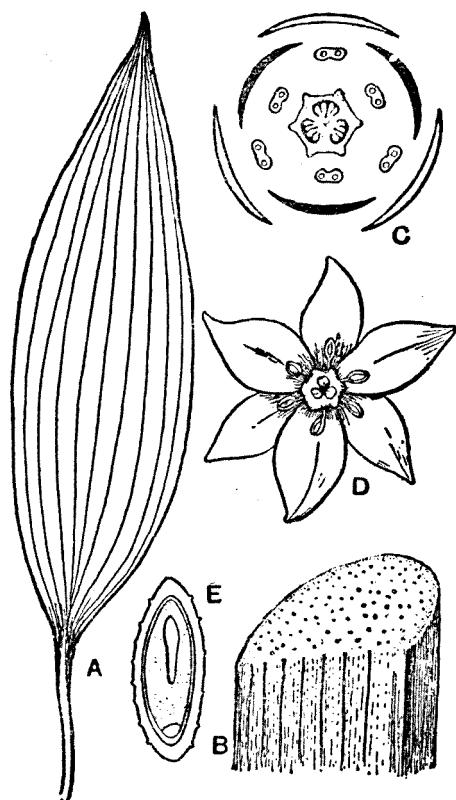


第 103 圖 雙子葉種子植物 (Dicotyledonous Seed Plants) 之特殊結構。A, 網狀葉脈; B, 輪列之維管束之莖; C, 五輪之花(5's); D, 花; E, 二片子葉之種子(縱剖面)。參考第 104 圖。(由 Gager)

有形成層，形成一空軸，所以莖之直徑年年增大且分枝；葉中之脈成網狀，非常顯著；花之部分既為四數或五數，稱為四輪或五輪之花。（參考第 43, 103 圖）

單子葉植物 種子內幼稚之芽胞體祇有一片頂端之子葉；莖部之維管束無形成層，而呈不規則之散布，所以莖之直徑並不年年增大，並且不分枝；葉中之脈互相平行；花之各部概三數，稱為三輪花。

（參考第 104 圖）

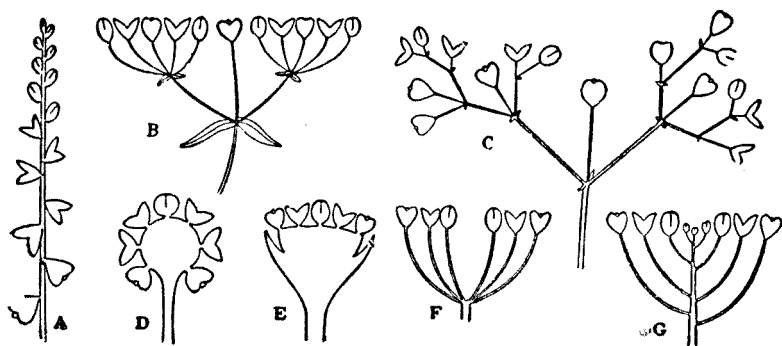


第 104 圖 單子葉種子植物 (Monocotyledonous Seed Plants) 之特殊結構。A. 平行葉脈；B, 散開之維管束之莖；C. 三輪之花 (3's)；D, 花；E, 一片子葉之種子 (縱剖面)。(由 Gager)

A. 雙子葉植物綱

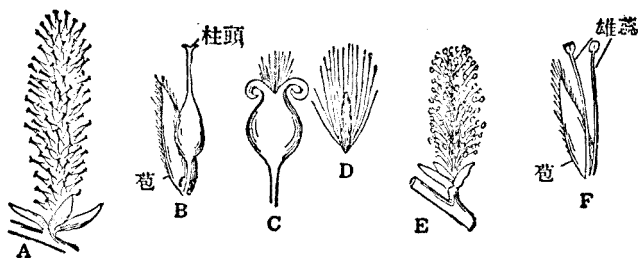
今日陸地上之植物，處於首要地位者當推雙子葉植物，包括草本植物，灌木與喬木，體積，形態及產地極不一致，應有盡有。雙子葉植物計共二百五十科 (250 families)，分為八千屬 (8,000 genera)。

就雙子葉植物之廣大羣衆中，姑選出下列數科爲代表：



第 105 圖 指示幾種普通花序 (Inflorescence) 花之佈置。A. 穗狀花 (Spike); B. 聚繖花 (Cyme); C. 密繖花 (Fascicle); D. 頭狀花 (Head); E. 頭狀花 (Head-Composite); F. 繖形花 (Umbel); G. 繖房花 (Corymb)。

柳科 Willow Family 柳與白楊 (Poplars) 皆最原始之雙子葉植物，因花之構造非常簡單，既無花冠，又少花萼，排列成穗狀花序。雄花與雌花異株，雄花有二雄蕊，雌花之子房有柄，甚短，其絮飛散如雪。與柳科相接近者，有胡桃科 (Walnut)，樺木科 (Birches)，櫟科 (Beeches) 與柞科 (Oaks)。(參考第 106 圖)



第 106 圖 柳 (Willow)。A 雌蕊之葇荑花 (Pistillate Catkin); B 雌蕊; C. 果實; D. 種子; E 雄蕊之葇荑花 (Staminate catkin); F. 雄蕊。(由 Smith, 等) 苞 Bract; 柱頭, Stigma; 雄蕊, Stamens。

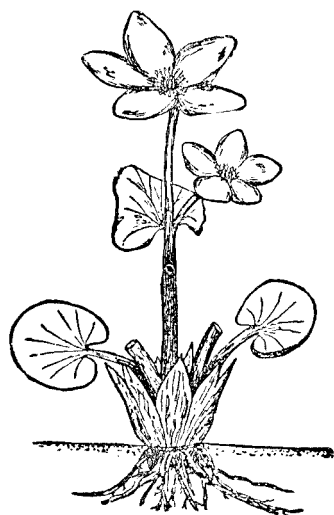
蕁麻科 Nettle Family 本科植物，頗不一致，有草本植物，亦有爲灌木與喬木者。花之構造較爲複雜，有花萼，尚無花瓣，通常雄花有四雄蕊，雌花有一雌蕊。大多數產於熱帶地方，吾人習見之榆 (Elms)，桑 (Mulberries)，無花果 (Figs)，忽布 (Hops)，大麻 (Hemp) 與蕁麻，皆是也。(參考第 107 圖)



第 107 圖 A 榆 (Elm) 枝上之花與果實；B, 亞美利加瞿麥 (Sweet William) 之花序。(由 Smith 等)

瞿麥科 Pink Family 本科多草本植物，有完整之花，萼片與花瓣兼備。常以二花集生，萼筒狀。下有數片鱗狀之苞，花冠五瓣，果實爲蒴。荷蘭石竹 (Carnations)，亞美利加瞿麥 (Sweet William) 與紫縷 (Chickweeds) 皆本科植物。(參考第 107 圖)

毛茛科 Buttercup Family 本科多草本，間或爲小木本，有毒



第 108 圖 立金花 (Marsh Marigold) (由 Densmore)

芥科 Mustard Family

之代表為許多草本植物，往往具有辛辣之質，如衆所週知之芥 (Mustard) 其花成串狀，花冠成十字形。此屬有芥，薺，蕪菁，捲心菜及花菜等。(圖 109 及 425)

薺科 Rose Family 本科植物分布極廣，各地皆產之，

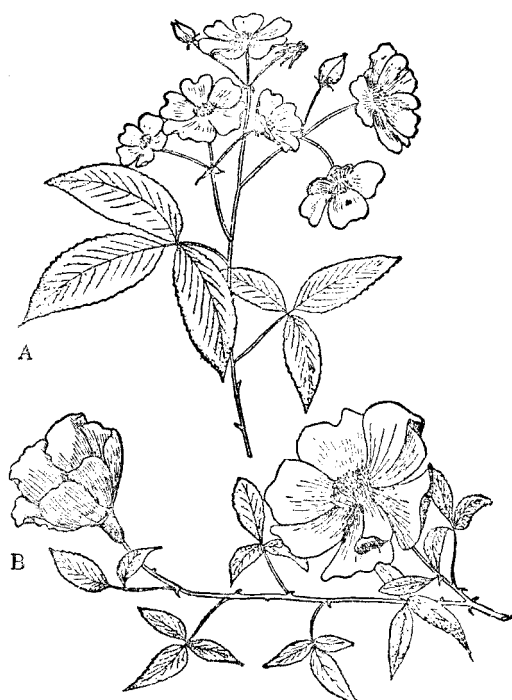
木本或草本，有果實可供食用者，有具有用之木材者，有充藥用者，

者多，凡三十五屬，最著者如白頭翁 (Anemones)，立金花 (Marsh Marigolds)，牡丹 (Peonies)，耬斗菜 (Columbines) 與黃連 (Coptis) 等。花概兩性，有花被，胚珠在內縫線。(參考第 108 圖)



第 109 圖 薺 (Shepherd's Purse) 之本體與一串狀花 (Raceme) 在上，果實在下。(由 Smith 等)

又有供觀賞用者。花與果實之式樣不一，可根據其結構而分類之。例如蘋果 (Apple) 與山楂 (Hawthorn)，草莓 (Strawberry) 與洋莓 (Cinquefoil)，蘆莓 (Raspberry) 與黑莓 (Blackberry)，薔薇 (Roses) 與梅 (Plum)，櫻桃 (Cherry) 與桃 (Peach) 是也。(參考第 40, 80, 110 圖)



第 110 圖 A 折洛歧薔薇 (Cherokee Rose);
B 茶薔薇 (Tea Rose). (由 Hylander).

仙人掌科 Cactus

Family 最能抵抗沙漠

中之酷熱苦旱，有數千種之灌木及喬木成爲美洲仙人掌屬。大部分之仙人掌屬植物無葉，而以莖及枝司光化作用，藉存水分。棘狀刺叢生，作爲保護，因在其原產地甚少多汁之植物也。大多生有美麗而雜色之杯狀花。有僅開數小時或一夜者。(圖 111)

豆科 Pulse Family 本科植物有草本與木本之別。有可供食用者，有可爲染料者，有具有用之木材者，有可供藥用者，又有可供觀賞及他用者。本科之特徵爲左右對稱之花，莢形或蒴形之果實。種類



第 111 圖 桶形仙人掌 (Barrel Cactus)
(由 Bergen)

甚多，分爲四百五十屬，最著者如豌豆 (Peas)，大豆 (Beans)，落花生 (Peanuts)，韞搖 (Clover)，紫花苜蓿 (Alfalfa) 等。(參考第 19, 79, 111, 112 圖)

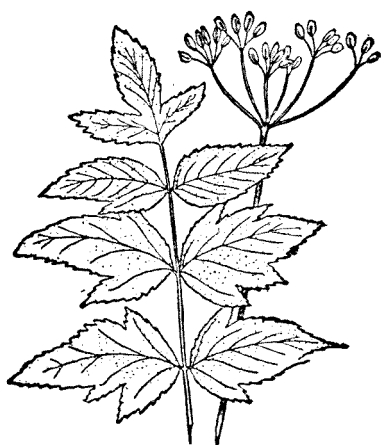
繖花科 Parsley Family 具繖形細花，爲分泌揮發性香質之草本植物。洋芫荽 (Parsley)，芹菜 (Celery)，防風 (Parsnip)，



第 112 圖 菜果 (Legumes): 黃豆 (Soy Bean)，紫花苜蓿 (Alfalfa)，與大巢菜 (Vetch)。(由 Hvlander)。

及胡蘿蔔 (Carrot) 皆爲可食者，與有毒之荷蘭芹 (Hemlock)，野胡蘿蔔及野防風大異。(第 105, 113 圖)

茄科 Nightshade Family 之代表爲似草之植物，其花輻射而對稱，其中最著名者爲菸草，馬鈴薯，番茄，及紅胡椒，多數含有可爲

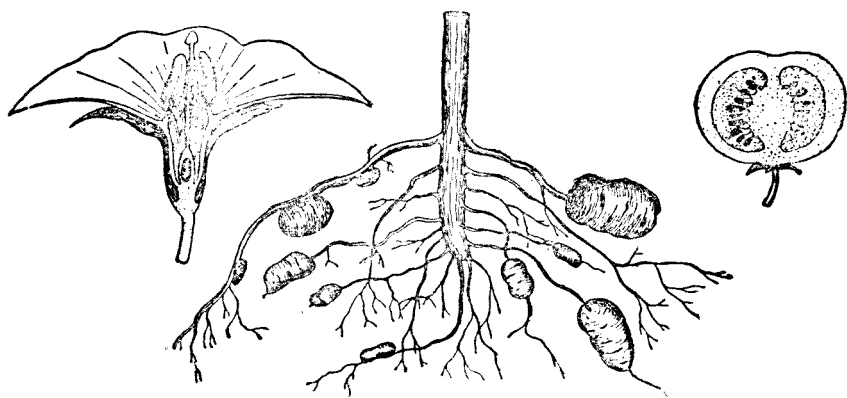


第 113 圖 野防風草 (Wild Parsnip),
複繖形花序 (Compound).
(由 Hylander)

藥物之物質，實際上有認為馬鈴薯含微毒者。(圖 114)

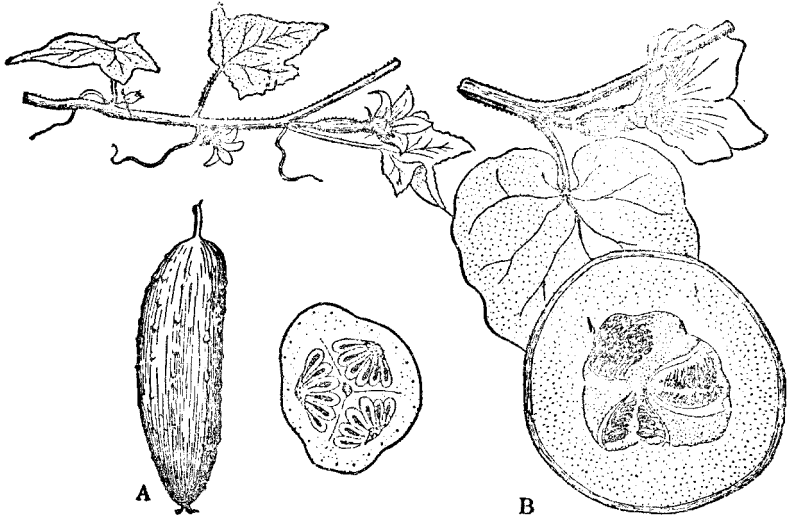
南瓜科 Gourd Family 之花與原始之柳屬同，或僅有雄蕊，或僅有雌蕊；然亦有他種特性，使其在雙子葉植物綱中佔較進步之地位。大都產於熱帶或半熱帶，然亦有許多產於甚北之地區，如南瓜，甜瓜，胡瓜，西瓜及蒟蒻 (Gourd) 是。(第 115 圖)

菊科 Composite Family 本科為雙子葉植物最大之一科，包括二萬五千種 (25,000 species)，約佔種子植物六分之一，因種子散播之機會豐富，所以分布極廣，各地



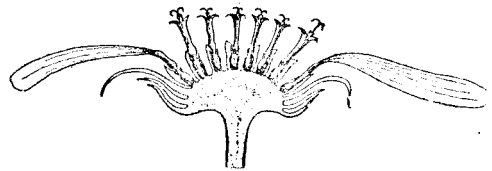
第 114 圖 馬鈴薯 (Potato), 花剖面 (Flower Section), 塊莖 (tubers), 果實剖面 (Fruit Section), (由 Hylander)

皆產之。其本體或爲木本或草本。有可供食用者，有可供藥用者，又有可爲染料者，有可供觀賞用者。最習見之菊科植物如菊 (*Chrysanthemums*)，紫菀 (*Asters*)，雛菊 (*Daisies*)，一枝黃花 (*Golden*



第 115 圖 花與果實。A. 胡瓜 (*Cucumber*)；B. 甜瓜 (*Muskmelon*)。
(由 Hylander)

Rods)，蒼草 (*Yarrows*)，
蒲公英 (*Dandelions*)，
薊 (*Thistles*) 與向日葵
(*Sunflowers*) 等是也。
本科之特徵爲頭狀花序，
聚藥雄蕊，子房皆下位，
祇有一胚珠，種子無胚乳。
(參考第 116 圖)



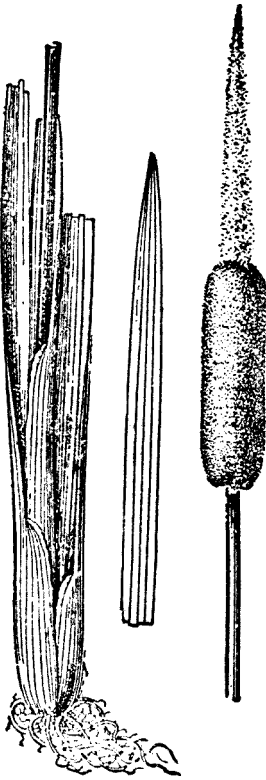
第 116 圖 向日葵 (*Sunflower*) 花之縱剖面，
表示花苞 (*Bracts*) 二花冠 (*Ray flowers*) 與六花盤
(*Flower Disks*)。 (由 Hylander)

B. 單子葉植物綱

就單子葉植物之本體結構而論，明明揭示其始祖為雙子葉植物，惟其進化程序絕對獨立，所以有非常複雜之花序，可以與雙子葉種子植物並駕齊驅。大多數單子葉植物皆草本，凡四十五科 (45 families)，一千五百屬 (1,500 genera)，其中最顯著者，概述於下：

香蒲科 Cat-tail

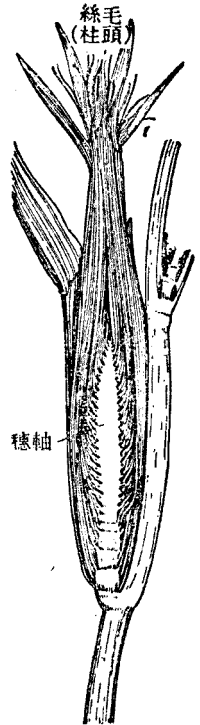
Family 香蒲產於熱帶及溫帶地方，為沼生或水生草本，有用者少，祇有一屬，即香蒲屬是也。葉線



第117圖 香蒲(Cat-tail). 指示一枝，一片葉與一肉穗花(Spadix). (由Smith, 等)

形，有根莖，花單性，花瓣萼片皆缺，可視為最原始之單子葉植物。雌雄同株；雌花位於下部，雄花位於上部，授粉以後，雄蕊漸漸全部脫落，祇存雌蕊，所以驟視之，形似貓尾。(參考第117圖)

禾本科 Grass Family 禾本為單子葉植物中最大最顯著之一科，各地皆產之；有為重要之食用植



第118圖 玉蜀黍(Corn). 指示一枚未受精之穗狀雌蕊。穗有中軸(Cob)，穗之頂端有絲毛(Silk)，即柱頭(Stigmas). (仿 Sa. gent)



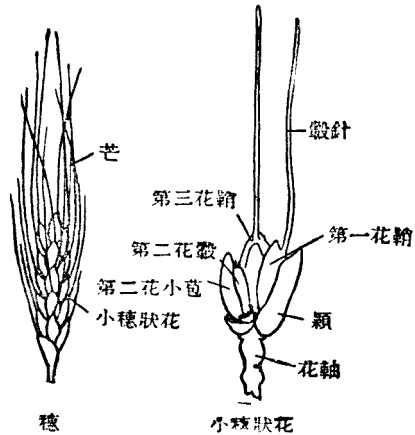
第110圖 椰子樹(Coco Palm)。圖上指示早期之花叢(Flower Cluster)，
雄花尚在。圖下指雌花已脫落之花叢，有幼嫩之椰子(Coconut，即吳實)。
(由 Bergen 與 Callwell，仿 Freeman Chandler)。

物者，有為重要之製糖料植物者，又有可為家畜之食料，可為染料，
建築料，器具料，或製紙料者。本科凡三百十三屬，最著者如大麥
(Barley)，甘蔗(Sugar Cane)，玉蜀黍(Corn)，小麥(Wheat)，竹
(Bamboo)，稻(Rice)，草(Grasses)與燕麥(Oats)等是也。本科之
特徵可概述如下：莖中空有節；葉在莖上為二列，葉柄為鞘狀而分裂，
包圍莖上，葉片葉柄間有舌狀片；花為穗狀，中有軸，常有鱗被，藥
為丁字狀，柱頭二裂為羽狀；果皮與種子癒著，胚在胚乳之外側。

(參考第118,120圖)

棕櫚科 Palm Family

棕櫚多產於熱帶地方，有直立圓柱狀之莖，葉大而叢生，葉片作掌狀，或為羽狀，葉柄頗長，基部作鞘狀。有高達數丈者，並不亞於喬木；莖部纖維大多數為真正之木質；肉穗花序，大抵有苞以包被之。本科凡二十八屬，最著者



第120圖 小麥, (Wheat) (由Mavor).

芒, Beard; 鞘, Lamma; 穗, Spike; 小穗狀花, Spikelet; 小苞, Pate; 穎, Glume; 花軸, Rachis; 穀針, Awn; 穀, Grain.



第121圖 蘭百合 (Turk's Cap Lily) (由Hylander)

為椰子樹 (Coco Palm) 與棗椰樹 (Date Palm)。藤棕 (Rattan Palm) 莖小如籐，屬於爬行植物。(參考第119圖)

百合科 Lily Family 本科植物多產於溫帶及熱帶地方，大多數為一年生之草本。有可供食用者，有可供藥用者；有為觀賞而栽培者，又有良質之纖維者，凡百九十七屬，最著者為百合 (Lilies)，山慈姑 (Tulips)，風信子 (Hyacinth) 等；玉蔥 (Onion)



第 122 圖 蘭(O. chids)。鬚蘭, Whorled Pogonia; 石竹蘭, Wild Pink; 草蘭, Grass Pink. (由 Hylander)

乃其最原始之一種。地下莖極發達，稱鱗莖，地上莖有少數尋常葉；花序頂生，而為總狀，花冠與花萼同色，所以非常鮮艷。參考第(41, 48, 121圖)

蘭科 Orchid Family 為單子葉植物中最大之一科，本體之構造亦最專門化，產於溫帶及熱帶地方，草本或小木本，多生美麗花。花呈左右對稱之狀態，花瓣與萼片式樣不一，最適合昆蟲之進出。本科蘭花雙葉草屬中之鬼督郵 (Lady's Slippers) 之花最特別，上有一大瓣，下瓣微小，兩瓣傍抱，中有人舌狀之構造，厚三四分，色深紫，花瓣皆有紫點。(參考第 122, 366 圖)

本章綜述植物界之大概，就現代植物而論，蘭科可視為最高等之單子葉植物，菊科可視為最高等之雙子葉植物；植物界自最下等之單細胞藻類逐步向上進化，至此已登峯造極。

戊 古代植物 Plants of the past

前段所列舉各種類植物，根據地質學史，事實上乃曾經繁盛一時廣佈地面，後自毀滅所留下之一部份遺裔而已。吾人自地層中發現古

植物之化石 (Fossils), 惟所收集材料實欠完全, 所以對於其化石遺跡之研究尙難滿意。惟已發現古植物之化石, 可以大膽據理承認彼等乃整個植物界 (Plant Kingdom) 進化系統上最可靠之證據。

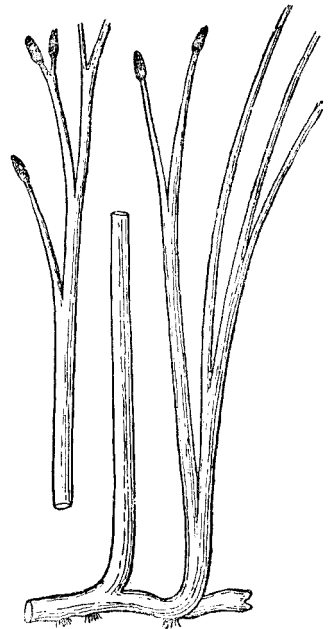
最原始植物或者稱植物界之始祖化石尙未發現, 恐亦無從發現, 一定是比原生質更簡單之單位, 自動綜合無機物質爲營養料, 有如硫磺菌 (Sulfur Bacteria) 之自力營生然。最久遠之化石植物吾人所得而知者爲藻菌植物門, 此種植物生於海水內, 根據地質年代, 距今約在五千萬萬年前, 卽原生代 (Proterozoic Era)。植物自水生進爲陸生, 其結構與發育必需經過重大變化, 如根以固着, 葉以營光作化用, 方能適應新環境執行新生活。最初之陸生植物當在幾百萬萬年前之泥盆紀 (Devonian) 時代。當古生代 (Palaeozoic Era) 之中期, 植物類皆細小, 結構殊爲簡單, 匍匐生長, 根與葉尙未擁有, 或未完全發育; 其繁殖方法與水生植物之成長於潮濕地帶者相近, 端賴孢子生殖。此種原始植物雖已確定列入蕨類植物門, 但近代生存之蕨類植物中竟無類似之品種。因此種原始植物與熱帶松葉蘭目 (Psilotales) 中之種類許多肖似, 故將其列於松葉目 (Psilophytales), 其化石代表如——*Rhynia Major*; 發現於蒙大拿州 (Montana) 之泥盆紀地層中, 與最原始之脊椎動物, 函皮魚 (Ostracoderms) 化石同在。就松葉目植物之構造而言, 或爲苔蘚植物之祖先, 介於蕨族植物與藻菌族植物之間, 其地質歷史尙不得而知。

泥盆紀之末葉與石炭紀 (Carboniferous) 時陸上最繁盛植物爲進化之蕨族, 如蘆木 (*Calamites*) 之根, 莖, 葉及生殖器官發現與煤床

相鄰近之頁岩者甚多，除其體積特大之外與現代之木賊屬最相似。蕨目(Filicales)中之真蕨，於古生代之後期中多所發現，但大多數類似蕨類植物多行種子生殖而不是孢子繁殖，故列於種子植物門，乃命名為種子蕨族植物(Pteridosperms)，石炭紀中此種化石最多。(參考第95,123圖)

二疊紀(Permian)與古生代之間，海陸分佈發生極大變遷，坎拿大東部哈得孫海峽(Hudson Bay)此時已告枯竭，北美早已成今日之旱地。石炭紀植物因所生長之池沼地已枯竭，加以冰期及乾旱之摧毀，猶以南半球為甚，所造成之環境不適合古生代植物生長，乃全部滅跡。惟種子蕨族植物與巨大之木賊並石松，尚能繼續生存至中生代(Mesozoic Era)之初期，其形態介於古生代與近代(Cenozoic Era)植物之間。古生代植物絕跡後，闊葉蕨族，松，柏與蘇鐵等植物代起，猶以蘇鐵為最繁盛，故中生代可稱蘇鐵植物世界。(參考第382圖)

古生代與中生代之前半期植物因無花之結構，故色澤極為單純。被子植物(Angiospermae)即顯花植物發現於白堊紀(Cretaceous)，亦即中生代最後之一期。最早之顯花植物多生於高原地帶，



第123圖 松葉目(Psilophytales)中之(Rhynia Major)具無葉氣枝，枝端為孢子囊(Sporangia)(仿Kustan與Lang)。

距其葉莖埋藏之地甚遠，故假定其歷史起自古代之末葉。地質學史上最近一代為新生代，亦即顯花植物 (Flowering plant) 世代，現為地球上最繁盛植物。前曾一度昌盛之蕨族植物，今則限於溫帶，其地位已由顯花植物起而代之。雖則裸子植物 (Gymnospermae) 之生長與分佈亦受限制，祇被子植物 (Angiospermae) 能倖存於變遷不定之環境中，數目之多，超出任何一族。新生代距地球形成後約一萬萬年，顯花植物之分佈變遷甚大，種類之增減則有限。草本植物因其本體柔軟，化石不易保存，不能以為無化石而埋沒其歷史。(參考第 76, 78, 81, 82 圖)

新生代初期，美洲西北部森林中植物與今日墨西哥 (Naxico) 及中美亞溫帶之植物相近，榕 (Ficus)，月桂 (Nectandra)，肉桂 (Cinnamomum) 等亦有化石發現。新生代中期溫帶森林多分佈於北半球，其中最特出品種為世界耶屬 (Sequoia)，其葉片，果實，及樹幹皆有化石埋於沈積層 (Alluvial) 中。最近於白玲 (Bering) 海之聖·羅凌士 (St. Lawrence) 島上發現紅木之化石外，且有其他種族，此島位亞洲美洲之間，更證此兩洲以往之相連。

現在亦即新生物之後期，凡需潮濕氣候植物，生長皆受限制。此時大草原已侵入以前森林所在地域，可知氣溫與乾燥使林森大受其限制。此後氣溫如何變遷，濕度之升降均無從預測。但可斷言者，古生代植物與中生代不同，中生代植物又與新生代不同，所以以後植物之演化，勢必與現代不同。

已 植物分佈 Plant Distribution

吾人飽覽植物界而忽視各種植物與環境之交互關係，不論有機界方面或無機界方面，均對植物之分佈有連帶關係。當然植物之團體或社會有比較上固定區域或地帶，惟地球上之地理面積所佈極廣。

討論植物分佈時，種種有關問題應同時顧及，例如遺傳因素與環境因素皆包括在內。特別環境因素如潮氣(Moisture)，溫度(Temperature)與氣候(Climate)有關之問題或土壤中之物理方面與化學方面成分。

一部份植物對於遺傳條件極少受其限制且有伸縮性，例如蒲公英(Dandelion)，豬草(Ragweed)，與一枝黃花(Goldenrod)生於高低經度之地或性質極參差之土壤均繁盛；惟大部份植物生長區域多受限制，即是因為一種因素之差可使其繁盛或完全消滅。例如憂越橘(Cranberries)適合於酸性鬆溫地，仙人掌(Cacti)於乾燥地，毒芹(Hemlock)種子於深蔭地，白楊(Poplar)種子於照耀地，棕櫚(Palm)於冰點以上地，美洲杉(Redwoods)於多霧高山之坡，及薄雪草(Edelweiss)於高山(Alpine)草地。此外尚有多種植物祇生於石灰質土壤，亦有生於特別高低不平凸凹彎盤之地面。

除上述各種因素外，尚有許多複雜而頗有趣味之要素為決定植物區域最後條件。以北美之植物分佈而論，有森林區，草原區，沙漠區與北極區(Tundra)。(參考第124圖)

北美最大森林區可分為北方常青森林，南方常青森林，西方常青森



第121圖 北美森林分佈區。(仿Smith)

北極, Tundra; 沙漠, Desert; 草原, Grassland; 落葉森林, Deciduous forests; 北方常青森林, Northern Evergreen Forest; 落磯山森林, Rocky Mountain Forest; 太平洋沿岸森林, Pacific Coast Forest; 南方常青森林, Southern Evergreen Forest; 熱帶森林, Tropical Forest.

林(Evergreen Forests)與落葉森林(Deciduous Forests)及熱帶森林。

「北常青森林區」橫跨大陸自大西洋沿岸直達太平洋沿岸，其最北界綫面積不平均，直達北極地域(Arctic Region)，南界綫面積比較平均。西北數州起自落機山(Rocky Mountains)至河拉斯加(Alaska)，沿冰河流域至古冰原地帶。因氣候關係所以最普遍之常青森林爲松柏科(Conifers)包括虎尾樅(Spruces)，樅(Firs)，毒芹(Hemlocks)與松(Pines)。

「南常青森林區」遍佈沿岸平原，自維基尼亞州(Virginia)東部至得克薩斯州(Texas)。包括最有名之佐治亞杉(Georgiapine)，短葉黃杉與柏(Cypress)。

太平洋之濱爲「西部常青大森林」，自河拉斯加延長至南墨西哥(Mexico)包括「落機山森林區」自英屬哥倫比亞(British Columbia)橫跨落機山山坡至南墨西哥與太平洋沿岸森林，越過濱海山坡自阿拉斯加直達加利福尼亞州。落機山森林爲西部黃杉(Yellow pine)，與屋柱杉(Lodgepole Pine)；太平洋沿岸森林有西特喀虎尾樅(Sitka Spruce)與答格刺士樅(Douglas Fir)並於一狹帶地段產生聞名之巨大美洲杉(Redwoods = Sequoia)。

由是可知北美不獨富於常青森林，在經濟上所佔地位之重要猶不可估計。

大「落葉森林」包括每年落葉樹木自北常青森林區之東北面伸出經過阿帕拉幾山脈(Appalachian Mountains)自紐約(New York)中部直達得克薩斯(Texas)西陲邊界，沿威斯康星州(Wisconsin)至俄

克拉何馬州 (Oklahoma)，其特產爲阿帕拉契山之榲(Oaks)，楓(Maples)，胡桃 (Hickories)，樺 (Birches)，黑胡桃 (Walnuts)，白楊 (Ashes) 與榆 (Elms)。

「熱帶森林」區域包括佛羅里達 (Florida) 州之南，墨西哥灣平原，中美洲並西印度羣島 (West Indies)。中美洲幾個地域熱帶森之茂盛令人驚奇不置，古樹參天，真是天篷華蓋，匍匐與藤 (Lianas)。攀繞其高大枝幹，樹下密佈地衣，蘚，蕨，蘭及寄生植物 (Epiphytes)。此外飛禽走獸，成羣結隊，優遊其間，無異世外桃源。當風雨交加季節，著者正工作於巴魯科羅拉多 (Barro Colorado Island) 之生物研究所，就運河地帶 (Canal Zone) 身歷其間，睹此奇景，引爲一生最不可忘懷之大觀。

現在提新大陸之「草原」廣大無邊，東陲自曼尼托巴 (Manitoba) 至得克薩斯州中部，西陲自亞柏撻 (Alberta) 省至新墨西哥 (New Mexico) 與落機山接壤。東部號稱原野 (Prairie)，西部爲大平原 (Plains)；兩部年間祇有毛毛細雨，所以森林種子無法生長。

「沙漠」區包括泥瓦達 (Nevada) 州大部分，亞利桑那 (Arizona) 州，加里福尼亞 (California) 州南部，新墨西哥州，得克薩斯州，墨西哥北部與上加里福尼亞州一部份地帶。此大盆地 (Great Basin) 介於落機山與塞拉斯 (Sierras) 之間，特產艾 (Sagebrush) 與灌木，因雨季多，成熟期早，生殖繁盛，漸南向伸出又熱又潮之地帶。潮濕並旱熱南部多產仙人掌，鱗鳳蘭 (Yuccas)，龍舌蘭 (Agaves) 與蒺藜 (Creosote)。

「北極」區環境殊異，氣候乾燥，暴風，嚴寒，無沃土，最厚亦不過數英寸，非耐寒耐水之植物不生焉。此區面積，在新大陸之北部，自臘布拉多 (Labrador) 至阿拉斯加僅生地衣，蕨，蔓草與矮樹。

吾人一覽北美洲各大森林區，對於廣大無邊植物地理分佈(Plant Geography)與植物生態(Ecology)得毋瞭解其萬一而生興趣焉。最後森林對於國家經濟上所佔地位之重要，所以不可不知「欲求良材，必先樹木。」

庚 植物分類 Synoptic Classification of Plants

A. 葉狀體植物 (THALLOPHYTA):

藻類 (ALGAE). (20,000 種)

- I. 藍綠藻綱 (MYXOPHYCEAE): 黏液膜球狀藍藻 (Gloeocapsa), 氈藻 (Oscillatoria).
- II. 綠藻綱 (CHLOROPHYCEAE): 綠球藻 (Protococcus), 絲狀藻 (Ulothrix), 間生藻 (Oedogonium), 水綿 (Spirogyra), 鼓藻 (Desmids).
- III. 褐藻綱 (PHAEOPHYCEAE): 巨形海草 (Laminaria), 石衣藻 (Fucus), 巨褐藻 (Ectocarpus), 馬尾藻 (Sargassum).
- IV. 紅藻綱 (RHODOPHYCEAE): 羽葉藻 (Polysiphonia).

菌族 (FUNGI). (60,000 種)

- I. 裂殖菌綱 (SCHIZOMYCETES): 細菌 (Bacteria).
- II. 藻狀菌綱 (PHYCOMYCETES): 黑黴 (Black Molds), 寄生菌 (Blights).

III. 囊子菌綱 (ASCOMYCETES): 藍黴 (Blue Molds), 小球果菌 (Microsphaera), 酵母菌 (Yeasts).

IV. 擔子菌綱 (BASIDIOMYCETES): 禾菌 (Smuts), 鏽菌 (Rusts), 蕈 (Mushrooms).

B. 苔蘚植物 (BRYOPHYTA): (20,000 種)

I. 苔綱 (HEPATICAЕ): 地錢 (Marchantia), 鱗苔 (Porella), 角苔 (Anthoceros).

II. 蘚綱 (MUSCI): 水蘚 (Sphagnum), 土馬騮 (Polytrichum).

C. 羊齒植物 (PTERIDOPHYTA): (6,000 種)

I. 石松綱 (LYCOPSIDA): 石松 (Lycopodium), 卷柏 (Selaginella).

II. 木賊綱 (SPHENOPSIDA): 木賊 (Equisetum).

III. 羊齒綱 (PTEROPSIDA): 羽葉蕨 (Aspidium), 蘋 (Marsilea).

D. 種子植物 (SPERMATOPHYTA):

裸子植物 (GYMNOSPERMAE): (600 種)

蘇鐵 (Cycads) 與松柏 (Conifers).

被子植物 (ANGIOSPERMAE):

I. 雙子葉種子植物綱 (DICOTYLEDONEAE): (110,000 種)

柳 (Willows), 蕁麻 (Nettles), 毛茛 (Buttercups), 玫瑰 (Roses), 罌粟 (Pinks), 豆 (Beans), 向日葵 (Sunflowers).

II. 單子葉種子植物綱 (MONOCOTYLEDONEAE): (30,000 種)

草 (Grasses), 棕櫚 (Palms), 百合 (Lilies), 蘭 (Orchids).

第九章 動物本體

The Animal Body

無脊椎動物 Invertebrate

自然界現象，變化莫測，必須澈底研究，集中知識，方能領悟其底蘊。

——Laplace

動物與植物之區分，動物之移動本領，似乎可當作天然界石；此種標準，在下等生物則完全失其效力，例如：單細胞植物——囊形藻游動之本領，並不亞於——單細胞動物——草履蟲。此外，複細胞動物中，亦有不少固定不能移動者，例如：海綿(Sponges)，樹蟲(Hydroids)，藤壺(Barnacles)等等，其模範時期，皆靜棲不動。移動本領雖然不足以區別動物與植物，但動物與植物之間，總有不同之處，究竟如何分別之——新陳代謝為唯一因果。動物與植物因代謝作用之不同，體部之結構乃迥異，高等複細胞動物與植物為最顯著，前者有移動之本領，後者無之。單細胞動物與植物因體構分化之程度尚低，所以皆能移動。以新陳代謝之不同為出發點，或者當進化之初，植物之細胞壁含纖維素，所以堅硬不撓，直接影響植物體部之發展，結果固定不移；動物則反是，動物之細胞壁不含堅硬物質，不受拘束，與環境接觸而感應，故有移動之本領。(參考第21,60,151,153圖)

甲 主要動物 The Chief Groups of Animals

動物界可分為二大類：第一，單細胞動物，亦稱原生動物(PRO-

TOZOA), 大約包括一萬五千「種」, 體積微小, 須置之於顯微鏡下始得見之, 例如: 變形蟲, 草履蟲及其同類。第二, 複細胞動物, 亦稱後生動物(METAZOA) 後生動物體積大小不一, 小者一滴水之分量可等於數百個體, 大者如現代之巨鯨, 與古代之恐龍 (Dinosaurs) (參考第 199, 208 圖)

原生動物如何變為後生動物, 及其進化時期, 皆不可考; 惟結構較複雜之原生動物羣體, 前面已經述過, 細胞間有機物質之互相溶合, 恰似一原始性複細胞生物之個體, 而且另有一部分細胞, 專司生殖工作。換言之, 此種原生動物羣體, 細胞間已表演生理上之分工合作, 結果創立體素細胞 (Somatic Cells), 與生殖細胞 (Germ Cells), 與一個複細胞生物之個體無異。(參考第 23, 282 圖)

後生動物又可分為二大類: 即無脊椎動物(INVERTEBRATES), 與脊椎動物(VERTEBRATES), 前者常稱為下等動物, 現在生存之「種」, 約有一百萬 (1,000,000 Species), 體部之結構, 非常複雜, 參差不齊, 如海綿動物(Sponges), 樹蟲動物(Hydroids), 軟體動物(Molluscs) 甲殼動物(Crustaceans), 及昆蟲(Insects) 之類皆屬之。另一方面, 脊椎動物亦稱高等動物, 約有六萬「種」(60,000 species), 體構則頗純一, 如魚類(Fishes) 兩棲類(Amphibians), 爬蟲類(Reptiles), 鳥類(Birds), 及哺乳類(Mammals) 皆屬之。鳥類與哺乳類有體溫, 即體內之溫度不論處於何種環境之下, 皆維持常狀, 所以稱為溫血動物(Warm-blooded Animals)。此外, 所有一切動物統稱為冷血動物(Cold-blooded Animals)。(參考第十章及附

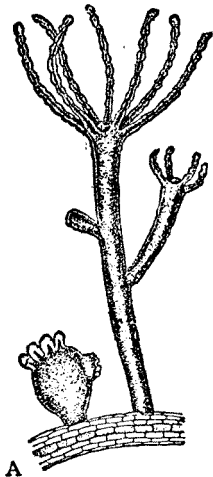
錄中之分類部)

因動物之體構綜雜殊異，無從擇一標準動物以代表一切動物身體之設計，是故需要就各類中先作一基礎研究，然後互相比較，庶不至漫無系統；且由是而得知各類之形態上及生理上之特點。脊椎動物之體構較為純一，而且包括人類在內，當然在被選之列。但未研究脊椎動物之前，吾人對於無脊椎動物之特徵，亦有考察一下之必要，現在特選水螅，蚯蚓，龍蝦，三種動物比較分析之，以為研究脊椎動物之形態與生理之基礎。

乙 水螅 Hydra

當吾人討論動物胚胎之發展時，已經明白指示，卵胞分裂，而組成胚囊，胚囊進一步發展而成原腸期。一個原腸期之胚胎，實際上形似兩層細胞之袋即：外面之外胚層，裏面之內胚層，雖然只有未成年之動物仍保留原腸狀之結構，但腔腸類動物 (COELENTERATES) 之體壁始終祇有二層細胞，與袋形之原腸無異，水螅則揭示此種形態。就其縱剖面或橫剖面觀察，自然瞭解水螅乃一種產生於淡水中之腔腸動物，肉眼不易得見，通常棲息於溪流或池塘之水草上或磚石上。(參考第 24 圖)

水螅之體態頗像一長囊，基部稱為足(FO-

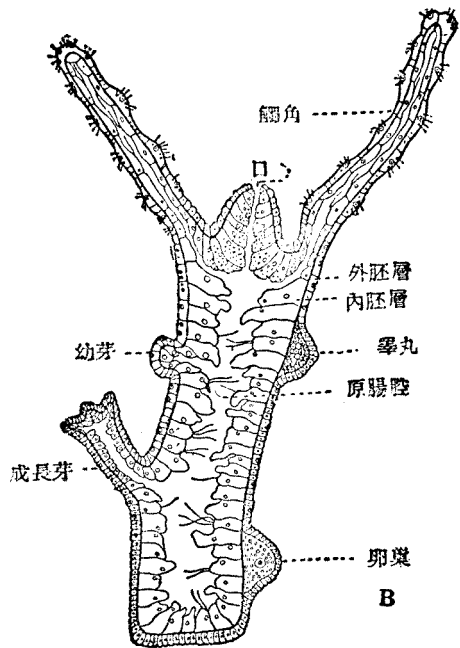


第125圖 水螅(Hydra)。二條水螅，各有芽體，一伸一縮；(由 Newman 仿 P-furtsche ler與Parker)。

OT), 對向之一端有一細孔, 稱爲口(MOUTH), 口之周圍有許多突出之空心管, 稱爲觸角(TENTACLES)。體之主軸自足部直達口部, 故以主軸爲中心, 將個體剖成任何平面, 皆輻射相稱; 換言之, 水螅之個體自周圍向主軸不論分爲幾部, 皆相等, 所以可以當作一幅射相稱(RADIAL SYMMETRY)之標準模型。(參考第126, 153圖)

水螅之體壁含二層極分明之細胞, 外胚層與內

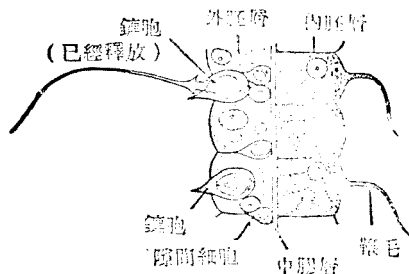
胚層之間, 由一層膠狀之物質即中膠層(MESOGLOEA) 隔離之。中膠層乃外胚層與內胚層細胞之分泌物。水螅之體構祇含兩層原始纖維, 所以可以代表最簡單之複細胞動物。水螅之體構雖然祇分化至此地步, 但兩胚層之細胞, 已勝任生活上一切機能, 內胚層之細胞大部分構成原腸腔(ENTERIC CAVITY)之壁, 且能消化自口進去之固體食物; 外胚層之細胞則比較分化, 或司生殖, 或保護與環境接觸之



第126圖 水螅之縱剖面。觸角, Tentacle; 口, Mouth; 幼芽, Young Bud; 成長芽, Old Bud; 外胚層, Ectoderm; 內胚層, Endoderm; 睪丸, Testis; 原腸腔, Enteric Cavity; 卵巢, Ovary. (仿 Kepner 與 Miller)

體壁。(參考第4,127圖)

總而言之，構成水螅之原始纖維(外胚層與內胚層)，未能進一步分化以成特化纖維(如肌肉纖維，神經纖維等等)，以執行特種機能；所以內胚層與外胚層之每個細胞，或每一小羣細胞，比較專門化，互相擔任生活過程中之一切工作。

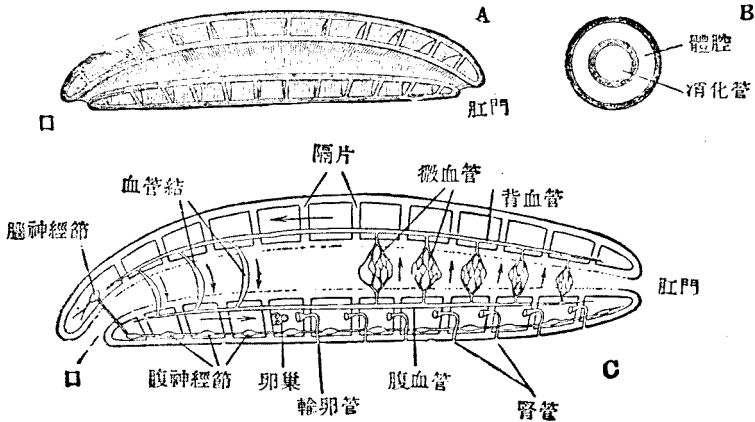


第127圖 水螅，體壁之經剖面。(由Newman仿Pfurtscheller) 刺胞，(已經釋放) Nematocyte (Discharged)；刺胞，Nematocyte；外胚層 Ectoderm；內胚層，Endoderm；鞭毛，Flagellum；中膠層，Mesoglea；隙間細胞，Interstitial Cells

丙 蚯蚓 Earthworm

腸腔動物以上之動物，體部皆由三層原始纖維構成，此三層原始纖維常調體正在發展，即進一步分化，變為較複雜之第二期纖維；個體之結構由是亦漸變複雜。第三層原始纖維即中胚層(MESODERM)前已述過，乃從內胚層發展而成，其所處之位置，介在內胚層與外胚層之間，與水螅之中膠層遙遙相對。

中胚層之發展，委實是高等動物體構進步之關鍵，因動物體部之原始設計，被中胚層根本推翻，除新創立一體腔(COELOM)外，且配置許多主要器官。如前所述，則腔腸動物未有體腔，可稱之為無體腔動物(ACOELOMATES)，腔腸動物以上之動物，因有體腔，所以稱為有體腔動物(COELOMATES)。欲知無體腔動物與有體腔動物體構之差異，可就高等無脊動物——蚯蚓之體部設計，與水螅之體部設計比較之。



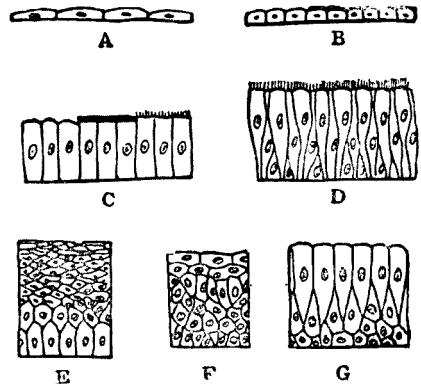
第 128 圖 蚯蚓體構之模型。A 與 C，縱剖面；B，橫剖面。(由 Sedgwick 與 Wilson)

口, Mouth; 肛門, Anus; 軀腔, Coelom; 消化管, Alimentary Canal; 腦神經節, Cerebral ganglion; 血管結, Aortic loops; 隔片, Septa; 微血管, Capillaries; 背血管, Dorsal Blood Vessel; 腎管, Nephridia, 腹血管, Ventral Blood Vessel; 輸卵管, Oviduct; 卵巢, Ovary; 腹神經節, Ventral Ganglia.

一 身體之設計 Body

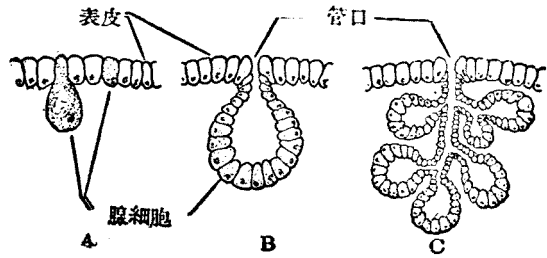
Plan.

水螅之個體，祇有二層細胞圍繞一原腸腔，蚯蚓體部之設計則比較複雜，形似一支小管套在一支大管內。——外面之大管，即體壁 (BODY WALL) 裏面之小管，即消化管 (ALIMENTARY CANAL)。大管與小管之兩端，密切溶合，

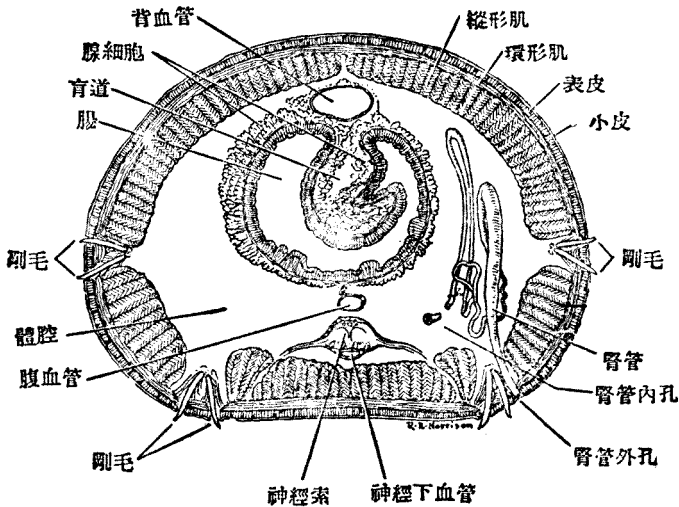


第 129 圖 表皮組織 (Epithelial tissues). A 單層扁平 (Flat) 表皮; B 單層立方 (Cubical) 表皮, 指示二細胞有上皮 (Cuticle) 四細胞有纖毛 (Cilia); C 圓柱 (Cylindrical) 表皮, 指示三細胞有上皮三細胞有纖毛; D 纖毛表皮; E 多層表皮; F 移動 (Transitional) 表皮; G 成層 (Stratified) 表皮。(由 Walter)

結果兩管之間，留一隙，此即體腔之起始也。消化管之前後兩端，各有一開口，前稱口（MOUTH），後稱肛門（ANUS）（參考第 128, 132 圖）

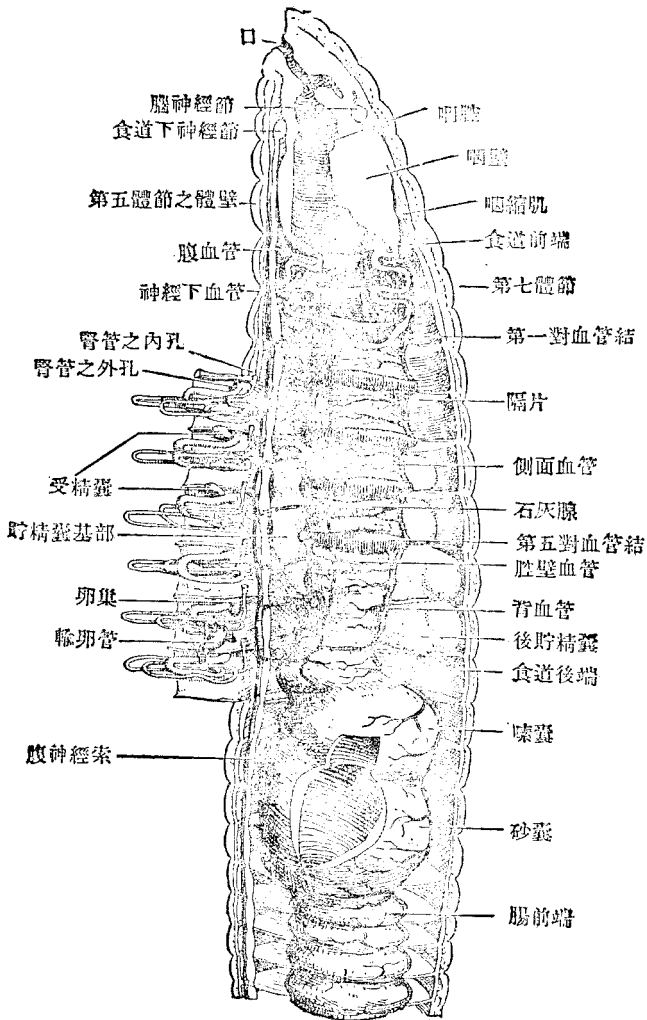


第 130 圖 腺(Glands)之圖解。A. 單細胞；B. C. 複細胞。表皮, Epithelium; 管口, Duct Opening; 腺細胞, Gland cells.



第 131 圖 蚯蚓體之中段橫剖面。

背血管, Dorsal blood vessel; 腺細胞, Chloragogen cells; 盲道, Typhlosole; 腸, Intestine; 剛毛, Setae; 體腔, Coelom; 腹血管, Ventral vessel; 縱形肌, Longitudinal muscle; 環形肌, Circular muscle; 小皮, Cuticle; 腎管, Nephridium; 腎管內孔, Nephrostome; 腎管外孔, Nephridiopore; 神經下血管, Subneural vessel; 神經索, Nerve cord.



第 132 圖 蛭類之側剖面。(仿 Linville 與 Kelly)

口, Mouth; 腦神經節, Cerebral Ganglion: Brain; 食道下神經節 Subesophageal Ganglion; 第五體節之體壁, Body Wall of Fifth Segment; 腹血管, Ventral Blood Vessel; 神經下血管 Subneural Blood Vessel; 腎管之內孔, Nephridium Internal Pore; 腎管之外孔, Nephridium External Pore; 受精囊, Spermatheca; 貯精囊基部, Basal Seminal Vesicle; 卵巢, Ovary; 輸卵管, Oviduct; 腹神經索, Ventral Nerve Cord; 咽囊, Pharynx; 砂囊, Sand Sac; 腸前端, Anterior Intestine

Internal Opening of a Nephridium; 腎管之外孔, End of Nephridium Opening to Exterior; 受精囊, Seminal Receptacles; 貯精囊基部, Basal Part of Seminal Vesicle; 卵巢, Ovary; 輸卵管, Oviduct; 腹神經索, Ventral Nerve Cord; 咽腔 Cavity of pharynx; 咽壁, Wall of pharynx; 咽縮肌, Retractor Muscle of Pharynx; 食道前端, Beginning of Esophagus; 第七體節, Seventh Segment; 第一對血管結, First Aortic Loop; 隔片, Septum; 側面血管, Lateral Blood Vessel; 第五對血管結, Fifth Aortic Loop; 石灰腺, Calciferous Gland; 腔壁血管, Parietal Blood Vessel; 背血管 Dorsal Blood Vessel; 後貯精囊, Posterior Seminal Vesicle; 食道後端, Posterior end of Esophagus; 嗉囊, Crop; 砂囊, Gizzard; 腸前端, Beginning of Intestine.

蚯蚓之體腔由許多橫隔片亦稱隔片 (SEPTA) 隔開，每一隔片自消化管之外而連接於體壁之內面，結果蚯蚓之體腔不能一貫相通，而變成一串小室。小室之界限及其所在，可憑圍繞體壁之小溝決定之；簡言之，蚯蚓之體部，實由許多相似之單位，稱環節 (SEGMENTS) 連系組成，故可以代表最簡單之節裂 (SEGMENTATION)。一切高等動物之身體，皆有分節之特性，不過分化之程度不同耳。

蚯蚓之大部分主要器官，皆從體壁向內發展，佈置於體腔內，所以在體腔內吾人可以發見循環，排泄，合作，及生殖諸器官；並且此種器官皆依身體之軸心分左右相稱配置之（自口直達肛門）。例如：主要血管與神經索緊靠身體之長軸，自前端至尾端，始終與之並行，排泄器官與生殖器官因為一對一對配置，所以分佈於長軸之兩邊；如是，若沿軸心將蚯蚓之身體剖為兩半，左右對照，恰似鏡中射影。蚯蚓體部之主軸，所以自口（即前端 ANTERIOR END）直達肛門（即後端 POSTERIOR END），身體之左邊與右邊若以一平面分之，平面必經過身體之背面 (DORSAL) 與腹面 (VENTRAL)；此種體構

顯示左右相稱 (BILATERAL SYMMETRY) 之特徵，惟高等動物有之。(參考第 131, 139, 253 圖)

二 纖維與器官 Tissues and Organs.

凡左右相稱之個體，實際上默示器官有一定之位置，此種體構，蚯蚓已全部實現，更有進者，因種種器官之存在，身體上之纖維亦需要更高度之分化，水螅之身體僅由外胚層與內胚層組成，所以分化之程度極低，如前所述，蚯蚓及其他高等動物因除兩胚層外，另有中胚層，故得以高度發展，而成種種纖維，為便利讀者起見，將纖維分為六大類即：上皮纖維 (Epithelial)，支持纖維 (Supporting)，肌肉纖維 (Muscular)，循環纖維 (Circulating)，神經纖維 (Nervous)，及生殖纖維 (Cerminal)。(參考第 25 圖)

上皮組織，僅由細胞組成，被覆體表，及各器官體外之口洞，以及閉塞於體內之腔洞，藉以保護個體與環境接觸之部分，最簡單而為原始纖維。例如：食物未進入各種組織之前，必先經過消化管之壁膜，未經過消化管之壁膜之前，已先由壁膜所分泌之酵素消化之；而且新陳代謝之廢物，亦必經過表膜始能排泄於體外。既有分泌作用，與排泄作用，則分泌器官與排泄器官又需要專門化，此分泌腺 (GLAND) 之所由起也。分泌腺或僅一特種細胞分佈於表膜之間，或處於固定之位置，複細胞腺則由多數細胞組織之，自單管或複管，單囊或複囊之壁面，向外翻展，而呈許多摺痕，以增加分泌之面積。最後，上皮細胞之分化，為組成感覺器官 (SENSE ORGANS) 之要素。感覺器官，即神經系之前哨。(參考第 129, 130 圖)

當然體積較大，體構較複雜之動物，更需要支持與連繫之物質，所以動物之地位愈高，支持纖維亦愈發達。單就上皮言之，上皮細胞乃上皮纖維之主要組織；支持纖維則為上皮細胞之產物——即細胞間質(Inter-cellular matrix)。因細胞間質之特性，所以支持纖維亦有其特性，如結締纖維 (Connective tissue) 之機能，大部分皆由細胞間纖維束執行之，高等動物之軟骨 (Cartilage) 與骨骼 (Bone) 所以成為軀體之內骨骼 (Internal skeletons) 者，其原理正同。

肌肉纖維為大多數動物行動之執行者，同時亦擔任內器官之行動，庶生活上工作得以順利進行。高度發育，高度分化之肌肉細胞，有伸張與縮短肌肉之本領。肌肉之收縮，乃接納刺戟之表現，刺戟力量則由神經傳達之。一塊肌肉，乃一羣合作之肌肉細胞，通常由結締纖維連絡之。肌肉內又有豐富之血管，與神經。(參考第 8, 25, 131, 216, 217 圖)

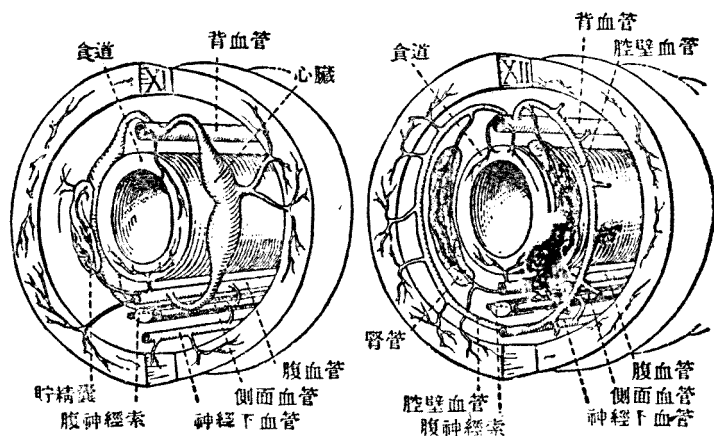
血 (BLOOD)，與淋巴 (LYMPH)，及其他體液輸送營養料至身體各部分，常人忽視其為纖維，但事實上應當當作循環纖維，因此種液體除其基質即——血漿 (PLASMA) 外，尚含種種有生命之細胞即——血球 (CORPUSCLES)。循環纖維與身體上各種纖維及細胞保持密切接觸，亦可謂循環纖維之本性。(參考第 242 圖)

凡屬原生質皆有感應力——對刺戟起反應——但動物之體積愈大，與體構愈複雜，則需要更普遍之刺戟，澈透全身；如是身體各細胞之行動與反動迅速合作，一致影響應顯示一個個體代表一單位，此種機能皆由神經纖維執行之。(參考第 265, 266 圖)

最後，身體之內——或者不是身體之一部——有生殖傳種之生殖

纖維。(參考第 291, 302 圖)

如前所述，可知蚯蚓及其他高等動物比二胚層之水螅進步甚多，因高等動物有種種互相合作之纖維，以組成器官系統。每一種器官系統，各專所司，個體之分工合作由是實現。



第 133 圖 蚯蚓 XI—XII 體節 (Segments) 循環系統 (Circulatory System) 食道, Esophagus; 心臟, Heart; 背血管, Dorsal Vessel; 貯精囊, Seminal Vesicle; 腹神經索, Ventral Nerve Cord; 腹血管, Ventral Vessel; 側面血管, Lateral Vessel; 腎管, Nephridia. (由 Hegner)

三 器官系統 Organ Systems

器官系統可作下列之分類即：皮膚系統 (INTEGUMENTARY SYSTEM), 與支持系統 (SUPPORTING SYSTEM), 前者為軀體之包被，後者為軀體之骨架。消化，呼吸，循環，及排泄諸系統 (ALIMENTARY, RESPIRATORY, CIRCULATORY, and EXCRETORY SYSTEMS) 皆直接或間接與營養作用有關係。神經系統 (NERVOUS SYSTEM) 連絡各感覺器官 (SENSE ORGANS)。司運

動則有肌肉系統 (MUSCULAR SYSTEM) 等等。上列種種系統，非獨使個體之各部互相合作，而且調度所接觸之環境。最後，生殖系統 (REPRODUCTIVE SYSTEM) 專司傳種續嗣。各種器官系統所給予個體之基本生活過程，為一切動物所共有，但各種動物自最下等種類至最高等種類，因所應付之環境不同，生理機能乃異，所以個體之結構上有種種區別。(參考第 131, 132, 133, 139, 233, 235, 265 圖)

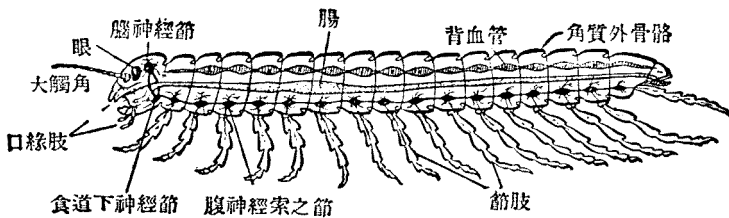
如是，吾人可以明瞭蚯蚓及其他高等動物身體之設計，與水螅所以不同者，因高等動物顯示下列之種種特點：如中胚層，體腔，左右相稱，體節，分化纖維，特種器官，及複雜器官系統。自蚯蚓至人類，個體固持此種基本設計，而且逐漸發展，生物學家根據此種事實，乃成立天演學說。

丁 龍蝦 Crayfish

吾人須牢記蚯蚓體部之設計，並且考慮此種設計如何在同一基本原則下，分化為各式之體態而配置於各種動物身上。所謂基本原則，似乎專指體節之分化而言，因個體所擁有之相似原始體節不復存在，而代以（或分化）種種不相似之體節（形狀大小皆不一律）；並且有時二體節完全或局部併合，或一體節過度發展，另一體節非常退化。凡此種種，皆足引起個體之分部，換言之，一個個體，有幾部一定部分。此種現象，可用節足動物 (PHYLUM ARTHROPODA) 解釋之。例如：龍蝦 (Lobsters)，昆蟲 (Insects)，蜘蛛 (Spiders) 等節足動物，為動物界最大之一門，約有五十萬「種」(500,000 living spec

ies)。(參考第 134—137 圖)

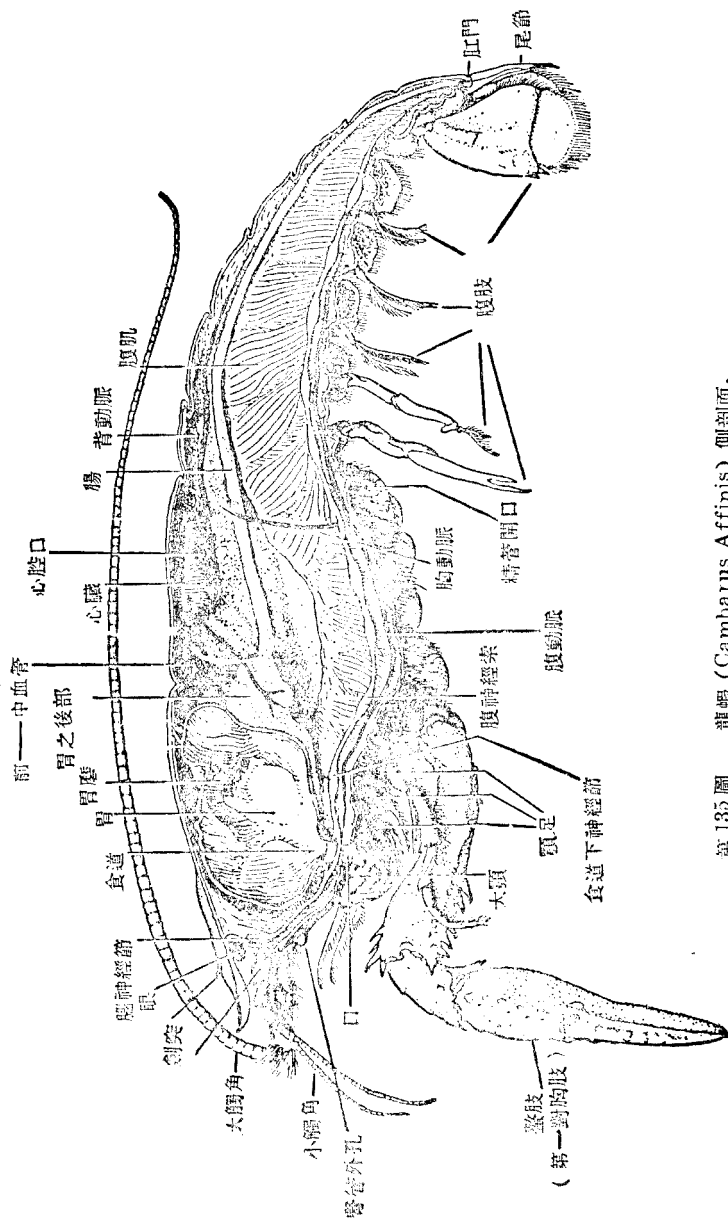
原始節足動物所以異於蚯蚓者，因體節之數目減少，同時自各體節生出一對多節之肢稱節肢。所有現存之節足動物，身體之設計皆自其始祖之體態加以分化而然，例如：淡水蝦，龍蝦即其中之一種，身體全部被一保護層即——外骨骼 (EXOSKELETON) 所包蔽。外骨骼



第 134 圖 原始節足動物 (Primitive Arthropod) 之理想體構，體節尙少分化。(由 Schmeil)

眼, Eye; 大觸角, Antenna; 節肢, Jointed Appendages; 食道下神經節, Subesophageal Ganglion; 腹神經索之節, Ventral Nerve Corp Ganglion; 口緣肢, Mouth Appendages; 腦神經節, Cerebral Ganglion; 腸, Intestine; 背血管, Dorsal Blood Vessel; 角質外骨骼, Chitinous Exoskeleton.

由二十一個體節構成，第一至第六體節成頭部 (HEAD)；第七至第十四體節成胸部 (THORAX)；第十五至第二十一體節成腹部 (ABDOMEN)；換言之，因某某體節之合併，或完全溶合，個體乃可分別為幾部。加以各體節之原始運動作用之節肢之分化，而變為種種不同器官，以執行種種機能，例如：頭部之大小觸角大小顎等，乃感覺器官；胸部之步足有行動，攬握，防禦，及攻擊作用；腹部之泳足有游泳，及其他作用。因節肢之逐漸改造。所以其機能亦改變，顎與泳足起初皆通常之節肢，因分化之性質不同，所以其結構亦異。如前所述，龍蝦體上各部之肢，可稱為異體同原 (HOMOLOGOUS)，意即



第 135 圖 龍蝦 (Cambarus affinis) 側剖面。

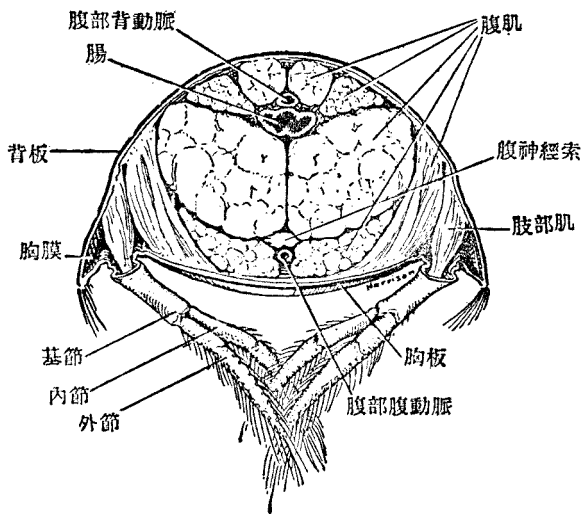
小觸角, Antennules; 大觸角, Antenna; 聽器, Ear; 劍突, Rostrum; 眼, Eye; 腦神經節, Cerebral Ganglion; Brain; 食道, Esophagus; 胃, Stomach; 胃磨, Gastric Mill; 胃之後部, Posterior Part of Stomach; 前—中血管, Anterior Median Artery; 心臟, Heart; 心腔口, Opening into heart; 腸, Intestine; 背動脈, Dorsal Artery; 腹肌, Abdominal Muscle; 肛門, Anus; 尾節, Telson; 腹肢, Abdominal Appendages; 腹動脈, Sternal Artery; 精管開口, Opening of Sperm Duct; 腹動脈, Ventral Artery; 腹神經索, Ventral Nerve Cord; 食道下神經節, Subesophageal Ganglion; 大顎, Mandible; 顎足, Maxillipeds; 螯足, (第一對胸肢) Cheliped (First Thoracic Leg); 口, Mouth; 胃管外孔, Opening of Nephridium.

凡結構之基礎相同，必自一共同祖先遺傳下來。（參考第 134-137 圖）

自另一方面言之，凡器官之結構基礎不同，雖然執行同樣職務，稱為異體同功 (ANALOGOUS)。如是，節足動物中之昆蟲，頭部之觸角，與胸部之節足，與原始節足動物之節肢皆異體同原；但胸部之翅乃一種新發展之結構，與祖先之原始節肢並無關係，不可混淆。雖然，飛鳥之翼，與吾人手臂，為異體同原；惟昆蟲之翅，與鳥類之翼，則屬於異體同功之結構；現在無需解釋，以後自可明瞭。在生物科學中有一門名比較解剖學 (Comparative Anatomy)，專門決定動物與植物體部各同原結構，

並且研究為應付不同之環境，此種結構乃如何發生分化，與生理機能之變更。（參考第 377 圖）

截至現在吾人祇討論高等節足動物體節之溶合與分化，此種變化，似乎單獨影響個體外部之結構，其實內部器官，同時亦發生高度變化。第一，蚯蚓環節間之隔



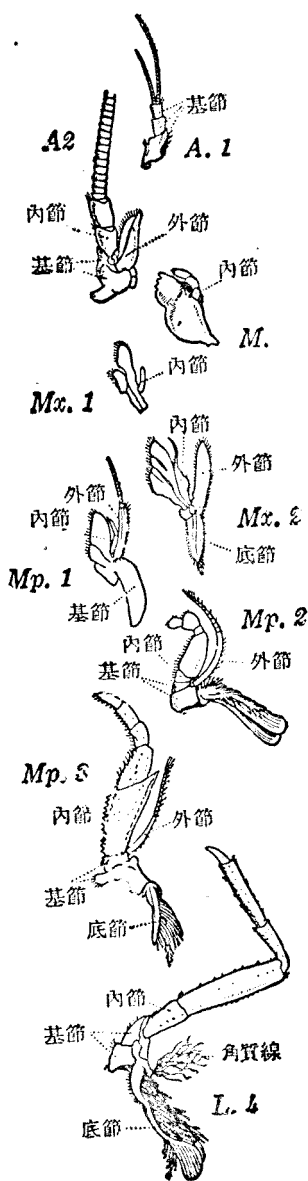
第 136 圖 龍蝦，第五腹節間之橫剖面。

腹部背動脈, Dorsal Abdominal Artery; 腸, Intestine; 背板, Tergum; 胸膜, Pleura; 基節, Protopodite; 內節, Endopodite; 外節, Exopodite; 腹肌, Abdominal Muscle; 腹神經索, Ventral Nerve Cord; 肢部肌, Muscles of Appendages; 胸板, Sternum; 腹部腹動脈, Ventral Abdominal Artery.

片至龍蝦已經沒蹟。

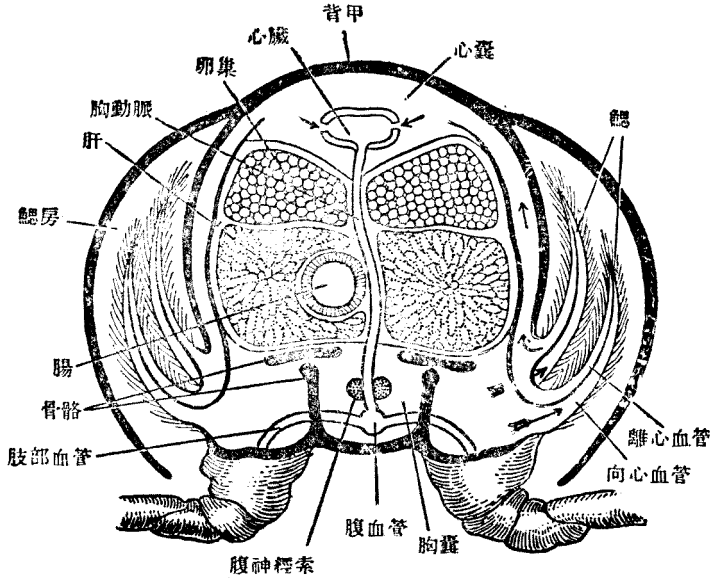
第二，蚯蚓之消化管經過各體節間極少分化，幾乎成一直管，食品原料可自口腔直達肛門；龍蝦則反是，消化管因特別分化而有種種不同部分，並且有向外翻出之囊狀腺，專門分泌化學物質，以消化食品原料。所謂消化即分解固體食物為流質，如是，流質可以透過消化管之壁膜，經過血管，而分佈於個體各種纖維內。

最後吾人可再就神經系統研究之，蚯蚓之神經系包括一條粗大神經索(NERVE CORD)，位於消



第 137 圖 龍蝦之各式節肢。節肢皆由一簡單之兩枝肢化成。基節，內節，與外節皆同原之結構。A 1. 小觸角；2. 大觸角；L. 4. 第四對步足；M 大顎；Mp 1, 第一對顎足；Mp 2 第二對顎足；Mp. 3 第三對顎足；Mx 1, 第一對小顎；Mx 2, 第二對小顎。（由 Hegner 仿 Kerr）。基節，Protopod e；底節，Epipodite；內節，Endopodite；角質線，Chitinous Thread；外節，Exopodite。

化管之下，循身體之中腹線 (Mid-ventral Line) 直貫全身。在身體之前端，神經索分為兩枝，圍繞消化管，在其上面擴大合成腦神經節



第 138 圖 龍蝦胸節橫剖面，示鰓(Gills)與內部器官(Internal Organs)。卵巢，Ovary；心臟，Heart；背甲，Carapace；心囊，Pericardial Sinus；胸動脈，Sternal Artery；鰓，Gills；鰓房，Branchial Chamber；腸，Intestine；骨骼，Skeleton；肝，Liver；肢部血管，Artery to Leg；腹面血管，Ventral Artery；腹神經索，Ventral Nerve Cord；胸囊，Sternal Sinus；離心血管，Efferent Vessel；向心血管，Afferent Vessel (仿 Hegner)

(CEREBRAL GANGLIA)，或簡稱腦 (BRAIN)。神經索經過每個體節上皆擴大成球，稱神經節，自神經節分出神經，連接附近之器官。龍蝦之神經系設計，大體上與蚯蚓相似，不過因頭部胸部體節之溶合，所以此兩部神經亦特別分化——即體節上之神經節，溶合成塊狀神經 (Ganglionic Masses)。例如，龍蝦頭部之腦亦由幾個原始神經節溶合而成。(參考第 139 圖)

一 外部解剖 External Anatomy

全體被堅甲，名外骨骼，其體可分頭胸部 (Cephalothorax) 與腹部 (Abdomen)。前者無節，覆以背甲 (Carapace)，並頭部與胸部，則無界限可分（在龍蝦則以溝為界），腹部體節明顯，能在垂直面內屈曲，頭胸部之背甲，游離於腹面之兩側而成鰓覆 (Gill-cover) 與真體壁間，隔有空隙，鰓 (Gill) 即容於其間，背甲為角質，有彈性，碳酸鈣之分量沉澱甚少，腹部有七體節，前六體節形相類似，最末者特異，上下扁平，特稱之曰尾節 (Telson)。

頭胸部背面前緣，有一劍突 (Rostrum)，上生鋸齒，其左右有兩圓柱體，基部合一，是曰眼柄 (Eye-stalk)，末端具眼（眼為複眼）。

附屬器中最顯著者為頭部之長觸角，胸部之五對步足及腹部之游泳器是。

游泳器有六對，各由前凸後凹之棒狀基部與分兩葉狀之末部所成。前者曰基肢 (Protopodite)，後者分內外兩枝，在內者曰內肢 (Endopodite)（或曰內葉，內節），在外者曰外肢 (Exopodite)（或曰外葉，外節），此等游泳器前後規律振動，動物即可向前行進，故又名蹻足 (Pleopods)。第六對游泳器，形狀特異，其內外肢呈扁板狀，在自然位置，則垂於尾部之兩傍，因名之曰尾肢 (Uropods)，外肢之外緣質地堅硬，至後部則成棘狀，不若其他游泳器之游離緣有羽毛狀者。

胸部有五對步足 (Ambulatory Legs)，第二對最長而粗，第一、第二對末節成螯 (Chelae)，因名之曰螯肢 (Chelipeds)，各步足大抵

有七節，由近體之部分舉之，曰底節 (Coxopodite)，基節 (Basipodite)，坐節 (Ischiopodite)，長節 (Meropodite)，蹠節 (Carpopodite)，前節 (Propodite)，趾節 (Dactylopodite)，而基節與坐節則互相固着，其間不能運動。

自第一步足至口間之附屬肢，共有六對，由後依次向前舉之，曰第三顎足 (Third Maxilliped)，第二顎足 (Second Maxilliped)，第一顎足 (First Maxilliped)，第二小顎 (Second Maxilla)，第一小顎 (First Maxilla) 及大顎 (Mandible)。第三顎足之形狀及部分，與步足無異。第二顎足形狀略變，第一顎足全體扁平。前二者由基節分出一柔軟外肢，後者之基節，有稍長之外肢及甚短之內肢，大顎甚堅固，內端如張開之鳥嘴，嘴之上下有齒突起。

頭胸部前端，有兩對觸角，一曰小觸角 (Antennule) 一曰大觸角 (Antenna)。小觸角之基部，有向內突之杓形囊曰聽囊 (Auditory Capsule)，其開口於外界之孔至細，孔之周圍環生細毛。

二 內部解剖 Internal Anatomy

消化器官較複雜，口在頭部腹面中央，前以楯形突起或上唇為界，兩側以大顎為界，後方則界以一對副顎 (Paragnatha)，口由短食道連於廣大之胃。胃分噴門部及幽門部。後者連接小腸，小腸至細。沿腹部背面而行，後續較闊大之腸，而終於尾節腹面之肛門。

噴門部內有若干部分，肥厚而堅固，上生一中齒及兩側齒，有兩對筋肉，起自背甲止於胃內，此筋收縮時，能令三齒彙集中央以嚼食物。幽門部作為濾器，其壁厚而叢生細毛，僅許細微分子經通於腸，

故胃無消化之機能，惟爲咀嚼及濾過之用耳。

胃旁及腸之前端，有一對黃色巨腺，由許多盲囊所成，以闊管開口於小腸，是腺名肝臟 (Liver)。但其所分泌之黃色液，能消化脂肪及蛋白質，故又有肝胰腺 (Hepato pancreas) 之稱。蝦多取腐敗之動植物爲食。

消化器官及其他內臟均圍於體腔，體腔與血管自由交通，並各容血液，故不得爲真實之體腔。

呼吸器官極發達，卽爲容於鰓室中之鰓，內觸胸壁，外觸鰓覆，各鰓由莖部與數多鰓條所成，故呈羽狀。鰓條中空，交通莖內之兩平行管，在外者爲入鰓靜脈 (Afferent Branchial Vein)，在內者爲出鰓靜脈 (Efferent Branchial Vein)。

各大觸角之基部，有名觸角腺或綠腺 (Green Gland) 之器官，營排泄作用，腺爲蒲團形，分泌之液放入膀胱 (Urinary Bladder)。再由管開口於大觸角之基節上 (甲殼類中有綠腺退化而以第二小顎基部之顎腺代之者，但發生中兩腺俱存)。

循環器官亦甚發達，心臟在胸之背部，爲多角形筋肉器官，穿有三對之孔，名曰心孔，護以向內之瓣，心臟圍於圍心竇 (Pericardinal Sinus) 內，包容血液由心臟發出數本狹管，名曰動脈 (Arteries)。運血液於體之各部，各動脈發源處有瓣，僅許血液向一方流，卽從心臟而至動脈者也。由心臟前端出五本血管，後端出兩本血管，後者基部結合，此等動脈縷分於所供養之各器官，卒至愈分愈細，以毛細管爲止境，各開口於筋肉內臟間之廣腔卽血液竇 (Blood Sinus) 內。俱直

接或間接交通於胸竇 (Sternal Sinus)，胸竇係沿胸腹縱走之中央大管，包裹腹神經索及胸腹動脈者。胸竇在胸部發出入各鰓之支管，上通鰓之外側而名入鰓靜脈。入鰓靜脈與出鰓靜脈交通於鰓條內之空隙。出鰓靜脈，占鰓莖之內側，而開口於六本鰓心靜脈 (Branchio-Cardiac Veins)，是脈走於背部，密觸胸之側壁，而開口於圍心竇。

全體之腔充滿血液，心臟收縮極有規律，其收縮時血液因心孔之瓣閉鎖，不得入圍心竇，乃逕入動脈，俟弛緩時，動脈內之血液得由基部之瓣，防其後退，而在圍心竇內血液之壓力，推開心孔之瓣，灌注心臟，故因心臟之繼續收縮與夫瓣之排列，血液能保其定向而運行，即從心臟由血管至體之諸器官，收炭養氣及其他廢物，再由血液竇入大胸竇，由胸竇循入鰓靜脈而至於鰓，在此行氣體之交換，循出鰓靜脈而入鰓心靜脈，乃入圍心竇，進心臟如前述。血液初取出時無色，觸空氣則變青灰色，因血漿內存在 Haemocyanin (血綠素) 故也。

神經系統由腦與連於食道接合神經之腹神經索 (腹髓) 所成，從腦前面出視神經及觸角神經。腹髓有神經節十二，第一神經節最大，名食道下神經節。或頭胸部神經塊，係後三頭節及前三胸節之神經結合而成者，此外體節除尾節外各有一神經節，復有一內臟神經系，分布於胃，半起源於腦，半起源於食道接合神經。

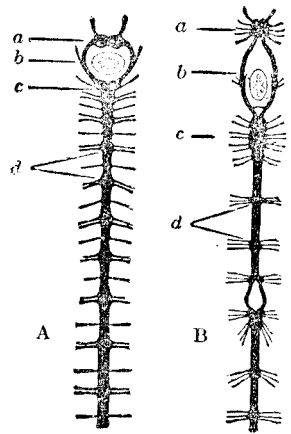
眼為複眼 (Compound Eye) 其構造似昆蟲類，由單位之小眼 (Ommatidea) 所集成，覆眼柄末端之角質表皮，為透明體，以細線分為區域而成角膜，各區域即標明一小眼之外端位置，以黑色素與其鄰接之小眼為光學上之分離。

各小觸角具兩種感覺器官，即認為有嗅覺及聽覺之機能者。嗅器官(Olfactory Organ)即生於外鞭毛上之細嗅毛(Olfactory Setae)，聽器官(Auditory Organ)即觸角基部背面之聽囊。

蝦為雌雄異體，雌之腹部較雄者為闊，雄者之第一第二螯足變為管狀交接器官，而雄者之生殖孔，則在第五步足，雌者之生殖孔在第三步足之底節上。

睪丸在胸部，適居圍心竇底下，由一對之前葉與單個之後葉所成，從各側出一紆迴之輸精管，開口於最末步足之底節。精蟲形甚奇異，生許多堅硬突起，不能游動，是即輸精管之分泌液所集成之索釘狀精莢(Spermatophores)也。卵巢亦為三葉狀體，所在位置，差同睪丸，由各側出一薄壁之輸卵管，逕向下行，開口於第三步足之底節上。卵頗大，產後藉黏液(由螯足及體節上之腺所分泌)附於螯足(第二至第五對)之毛上。雄者於雌之將產卵前，堆積精莢於雌之腹面，故卵產後，尋即受精，卵發生時經過幼蟲(Nauplius)(有一眼及三對之肢)時期，孵化為Zoëa(有二眼及具環節之腹部)。

水螅，蚯蚓，及龍蝦體部之基本設計，已經盡量描寫，現在吾人可以利用此種背景所得學識，以研究脊椎動物體部之結構。



第 13 圖 A. 蜆蟹之中樞神經系統前段；B. 龍蝦之中樞神經系統前段。a. 腦神經節 (Cerebral Ganglion)；b. 圍咽神經 Nerve Commissures Encircling the Pharynx；c. 食道下神經節；(Subesophageal Ganglion)；d. 腹神經索之節。

讀者應當尚能記憶，水螅爲二胚層動物，此種結構，高等動物惟發展之過程中有之。蚯蚓有下列之種種特徵，即左右相稱體，直形之消化管，前有口，後有肛門，體節體，中胚層，體腔，特種器官，及器官系統。龍蝦之體構可謂就蚯蚓之型式略加修改而已，此種修改包括個體各部之分化，及生理機能之變更，以滿足較複雜之生活狀態。

未討論脊椎動物之前，或者需要鄭重申明，在吾人特別選擇上述幾種無脊椎動物之原因，第一，此幾種無脊椎動物之型式及特徵，可作脊椎動物身體設計之參考；雖然尚有各類無脊椎動物，但外觀與上述幾種相差太遠；第二，吾人相信上列之幾種無脊椎動物，已足解釋無脊椎動物之進化系統。然而吾人仍保留考察餘地，庶幾已成立之原則不致被矇蔽。

第十章 動物界之回顧

(無脊椎動物)

Survey of the Animal Kingdom

(Invertebrates)

大自然得到物質及物質定律之特許，造就萬物，不論何種動作與生活，應有盡有。——Gide

植物之型式已夠錯綜繁雜，動物更遠超出之，所以動物學家對於動物之分類，更感困難。例如分類各主要之門 (Phylum)，已有種種不同見解，對於各門次序先後之排列，尤苦不得適當之標準。在我等之見解，以為最重要者應當將各主要之門，按其次序排列，但此種次序並非指示彼此間之血統關係；若欲表示彼此間之血統關係，應當製成一分枝之系統樹 (Phylogenetic Tree)，惟此種分類表之細目，往往因各生物學家之見解不同而異。如前所述，則以下論述中有許多種類在分類學上不能確定者，不得不先向讀者聲明。(參考第 183, 184 圖)

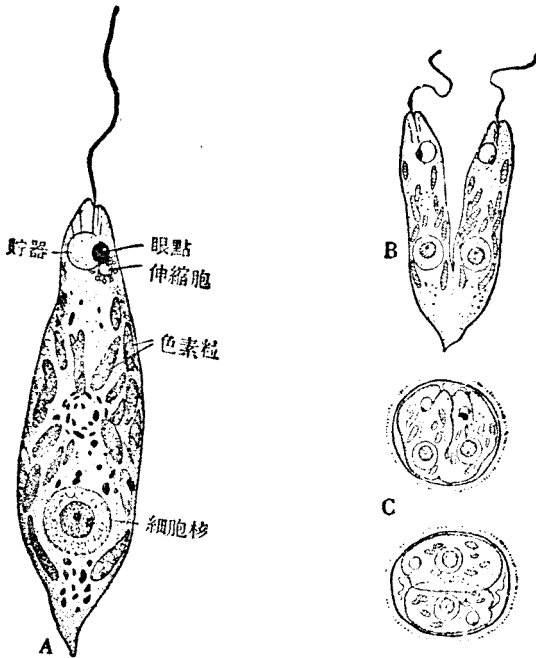
甲 原生動物 Protozoa

在分類學上原生動物排在第一門，包括一切最下等之動物，有廣大之羣衆，到處分布；每一個體代表每一有生命之物質之單位。但所謂原生動物，並不是謂其無複雜之構造者，因許多原生動物之唯一細胞，內部組織之複雜，雖高等動物之細胞內，亦未之有，故原生動

物祇可稱為最簡單之個體，並不是指細胞簡單組成之謂。研究原生動物之學問，稱原生動物學 (Protozoology)。

一切原生動物皆單細胞生物，需要相當之液體以維持活潑之生活，所以皆水族動物。各種原生動物所適應之環境，參差不齊，自潮濕之地以至於海洋湖泊，或溝渠水壑，自泥土草葉上之露水以至於高等動物體內之體液。(參考第 420 圖)

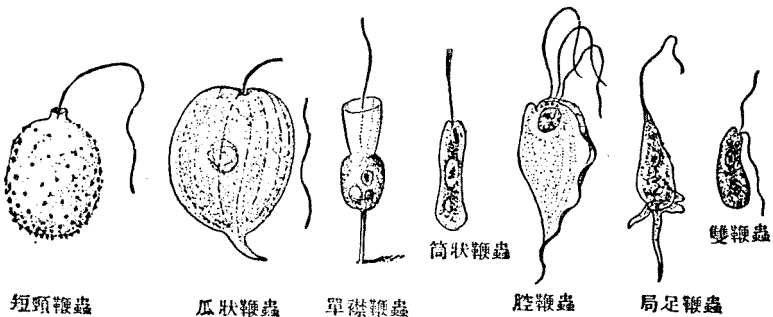
大部分根據運動器官之構造與性質，將原生動物分為四綱：鞭毛



第 140 圖 梭蠟子 (*Euglena Viridis*)。A, 自由游泳之個體，指示其內部構造。(仿 Doflein) B, 二均縱裂 (Longitudinal Binary Fission); C, 被囊 (Cyst) 內個體之分裂。貯器, Reservoir; 眼點, Stigma; 伸縮胞, Contractile Vacuole; 色素粒, Chromatophores; 細胞核, Nucleus。

蟲綱 (MASTIGOPHORA), 根足蟲綱 (SARCODINA), 孢子蟲綱 (SPOROZOA) 與纖毛蟲綱 (INFUSORIA)。就大體言之, 吾人可視鞭毛蟲為一個細胞而有鞭毛為運動器官, 例如梭微子 (Euglena) 是也; 變形蟲 (Amoeba), 代表根足蟲類, 賴假足而運動; 至於纖毛蟲可當作一個體看, 例如草履蟲 (Paramecium), 有不斷搖動之纖毛。孢子蟲皆寄生生物, 例如瘧蟲, 在其生命史上某一時期, 雖然有運動能力, 而未嘗有特別之運動器官。(參考第 12, 14, 21, 140, 146 圖)

鞭毛蟲綱 鞭毛蟲為一大羣有鞭毛之原生動物, 包括許許多多最原始之動物, 因其本體構造簡單且未分化, 所以究竟屬於動物界抑或植物界, 不易劃清。事實上, 一班植物學家有極正當之理由而堅持一部分鞭毛蟲為植物, 因許多鞭毛蟲擁有葉綠素, 且可以自行製造食品原料。此外, 有一部分鞭毛蟲雖具葉綠素, 未有日光時亦可以自液體中攝取其所需要之食物, 例如梭微子是也。此種動物與許多不具葉綠素之原生動物不獨構造方面相似, 而且攝取食料之方法亦同, 所以立



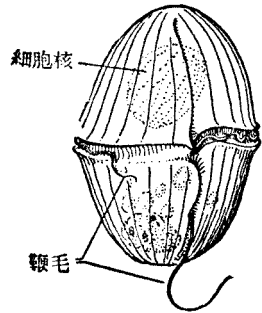
第 141 圖 各種鞭毛蟲 (Mastigophora)。短頸鞭蟲, Trachelomonas; 瓜狀鞭蟲, Phacus; 單襟鞭蟲, Monosiga; 筒狀鞭蟲, Peranem; 腔鞭蟲, Trichomonas; 局足鞭蟲, Cercomonas; 雙鞭蟲, Bodo。

於動物之列。再者，鞭毛蟲與根足蟲間亦不易劃清界限，因許多原生動物在其生命史上某一時期，既具假足又擁有鞭毛也。（參考第 140, 141 圖）

鞭毛蟲分布極廣，海洋中，池沼中及有機物之浸液中皆有之。鞭毛蟲綱內之渦鞭蟲目(DINOFLAGELLATA)有廣大之羣衆，可以與根足蟲及單細胞植物爭盛，因其「變種」與個體多至不可勝數，有時可以使海水變色或發磷光。營寄生生活之鞭毛蟲亦衆，常常寄生於高等動物之食道或血液中；在熱帶地方，睡病蟲(Trypanosomes)寄生於人類及獸類之血液中，乃一最可怕最危險之鞭毛蟲。（參考第 142, 374 圖）

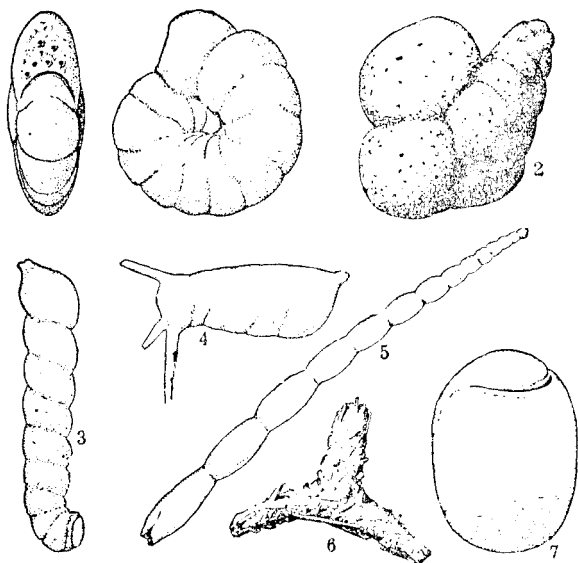
鞭毛蟲之生活狀態與營養機能之變更不定，顯示其適應能力之強與進化程度之高。事實上，鞭毛蟲及一部分單細胞藻組成許多形式簡繁不一之羣體，就進化立場而言，複細胞生物之起源問題，可以就此得一解釋。（參考第 22, 23 圖）

根足蟲綱 書中已經討論且為讀者最熟悉之變形蟲(Amoeba)，乃一模範根足蟲。事實上，就廣義言之，一切根足蟲皆能變形之蟲，變形蟲一「屬」，且有不可勝數之「種」。淡水中最常發見之變形蟲：Amoeba Proteus一種與Amoeba Dubia一種，常與許許多多其他淡水種及鹹水種共在。再者，寄生變形蟲屬(Endamoeba)亦包括不可勝數之「種」，寄生於人體及高等動物體內。此外，淡水中尚有許多極



第 142 圖 一種硬皮鞭毛蟲(Dinoflagellate)；瓜皮有澆鞭蟲(Gymnodinium)。

尋常之「屬」，例如松蕈蟲屬 (*Arcella*) 與衣沙蟲屬 (*Diffugia*)，個體外且有殼或稱保護膜。凡有殼之種類，殼上必有裂孔以利假足之伸展，庶運動，攝取食料種種機能可以自由執行。一切變形蟲，不論自由生活者或寄生者；裸體者或有殼者，其本體皆爬行性之細胞而有指狀之假足，在根足蟲綱內成立一葉足蟲亞綱 (LOBOSA)。(參考第 143, 414 圖)



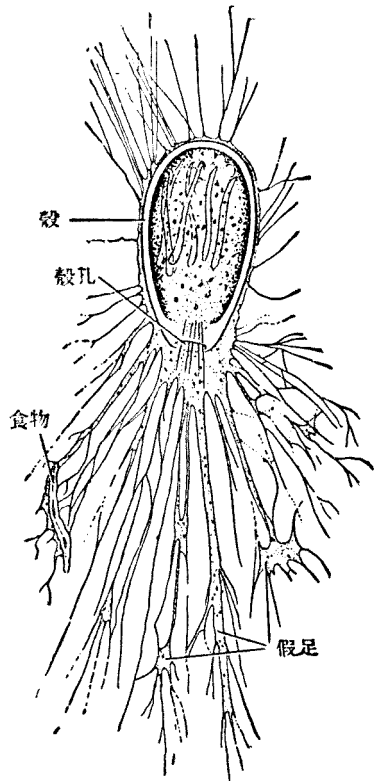
第 143 圖 幾種有孔蟲 (*Foraminifera*) 之殼，高度擴大圖。

1. *Cyclammina Pauciloculata*
2. *Globobulimina Anceps* 種，正面與側面。
3. *Marginulina Emsi* 種；
4. *Vaginulina Spinigera* 種；
5. *Nodosaria filiformis* 種；
6. *Rhabdammina Abyssorum* 種；
7. *Chilostomella Grandis* 種。

有孔蟲目 (FORAMINIFERA) 乃根足蟲綱內最大之一目，大多數生於海洋中，所以可稱為鹹水根足蟲。有孔蟲之原生質極純一，不分層次，假足非常發達，分歧密佈，狀如織網，可以自由縮入殼內；

殼由角質或石灰質構成。此多至不可勝數之有孔蟲，為鹹水中細小動物之主要食料，細小鹹水動物又為許多魚類之主要食料。有孔蟲有堅固之殼，專浮蕩於深海，或將近海面之處。主要之代表型，即抱球蟲 (Globigerina)，多產於熱帶及溫帶海中，其本體死後，外殼漸漸沉於海底，堆積在紅色或淡紅色之污泥中，便成有名之「抱球蟲土」(Globigerina ooze)；英吉利之白堊懸崖(Chalk Cliffs)亦抱球蟲之殼堆積而成。埃及之金字塔(Pyramids)及獅身女首之神像(Sphinx)，皆以抱球蟲土造成。(參考第143,144圖)

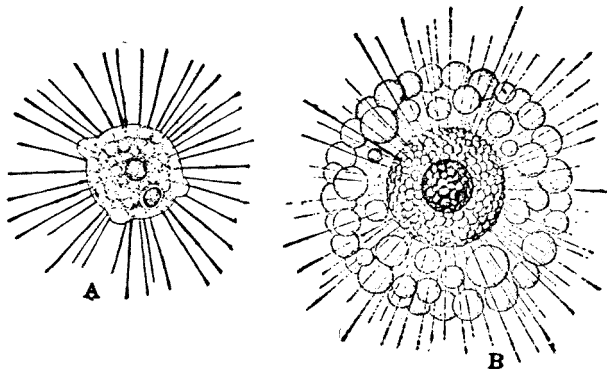
根足蟲綱內尚有太陽蟲(Heliolozoa)與放射蟲(Radiolaria)二目，其假足不分歧而放射，每條假足皆由堅實之原生質組成。大多數之「種」，其本體呈球形或星狀，漂浮水中，假足四出放射，如初出之旭日然；淡水中所發見之種類，常慣稱為之太陽蟲。放射蟲生於海洋中，其本體構造較太陽蟲複雜，最主要



第144圖 尺盤蟲(Allogromia), 淡水中一種有孔蟲(Foraminifera)。注意其甚長而且網結之假足，一部分假足圍繞殼外。(仿 Cambridge Natural History)
殼, Shell; 殼孔, Mouth of shell; 食物, Food; 假足, Pseudopodia.

之特性，莫過於其原生質中央，有一個角質構成四面穿孔之球狀中心囊(Central Capsule)，此囊將原生質分為二層：凡在中心囊以內者稱內層原生質，在中心囊以外者稱外層原生質。究其實際，內外二層原生質並無重要之區別，因雖有中心囊之阻隔，放射之假足仍可貫穿內外二層原生質。此外，放射蟲且有砂質之骨骼，由許多細棘與網形小體合組而成。放射蟲有廣大之羣衆，並不亞於有孔蟲，深海中放射蟲之骨骼堆積而成之「放射蟲土」(Radiolarian ooze)亦享盛名。古代之地層中，發見「放射蟲土」已化石者僅達數百尺之厚。(參考第145圖)

孢子蟲綱 雖則各綱原生動物中皆有寄生性之種類，孢子蟲則完全營寄生生活，一切高等動物皆被利用為宿主，妨礙宿主之生理機



第145圖 A.一種太陽蟲(Heliozoon),單核太陽蟲(Actinophrys Sol);
B.一種放射蟲(Radiolarian),無幣浮蟲(Thalassicolla Nucleata)。(由Kudo)

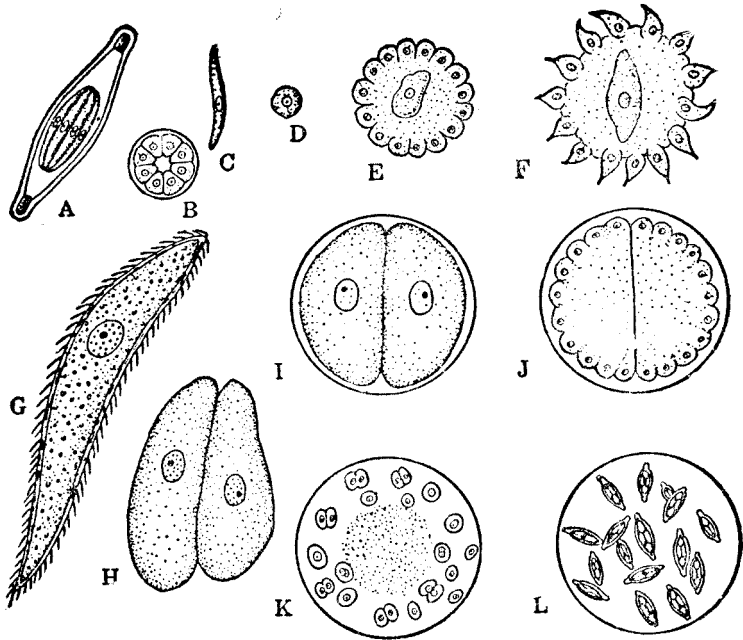
能，甚至使宿主發生病狀。孢子蟲之寄生本領極強，祇需消耗極少養之能力即可以維持生存，因此本體上許多構造為整個動物界所需要以

維持獨立之生活者，皆極端退化，惟生殖器官與生殖機能則非常發達；如是，方有廣大之羣衆，以寄生於不能自由作主之宿主身上，而保存其種族。就大體言之，每個孢子蟲總有一「種」或二「種」最適合其生活之動物，或者每「種」高等動物，最低限度，有一種孢子蟲特別適應於其本體上，而接受孢子蟲之寄生生活。

單囊蟲(Monocystis)爲一種最尋常之孢子蟲，其全部生命史在蚯蚓體上完成。已成長之單囊蟲乃一細長細胞，寄生於蚯蚓生殖器之精囊(Seminal Vesicles)內，吸收其所需要之營養料以培養本體內迅速發展之生殖細胞(孢子)。單囊蟲自蚯蚓之精囊內可以得到極豐富之養料，所以除複雜之生殖程序上消耗一部分養料外，大部分養料則被儲藏起來，供給所產生之孢子之消耗。已成熟之孢子，不久自蚯蚓體內排出，設逢他條蚯蚓，又乘機鑽進，重新開始其生命史。(參考第146圖)

吾人之瘧疾爲已患病之雌性瘧蚊所傳播；瘧疾寄生蟲屬於孢子蟲綱之瘧蟲屬(Genus Plasmodium)，自瘧蚊之唾液內傳進吾人之血液內。瘧蟲一到吾人之血液中，即在赤血球內進行其複雜之生命史。此種寄生蟲迅速繁殖，不久即有成千盈萬之赤血球被傳染，被破壞。當赤血球破裂時，亦即瘧蟲將其內部毒質(其實爲其排洩物)放棄於血漿中時；吾人因中毒而發熱，所以患瘧疾之病人，寒熱有一定時間。瘧疾寄生蟲之完成其生命史，勢必另覓一隻瘧蚊，即當瘧蚊螫病人時，又傳入瘧蚊體內。(參考第373, 415—417圖)

纖毛蟲綱 凡有纖毛之原生動物，統稱爲纖毛蟲，在單細胞動物

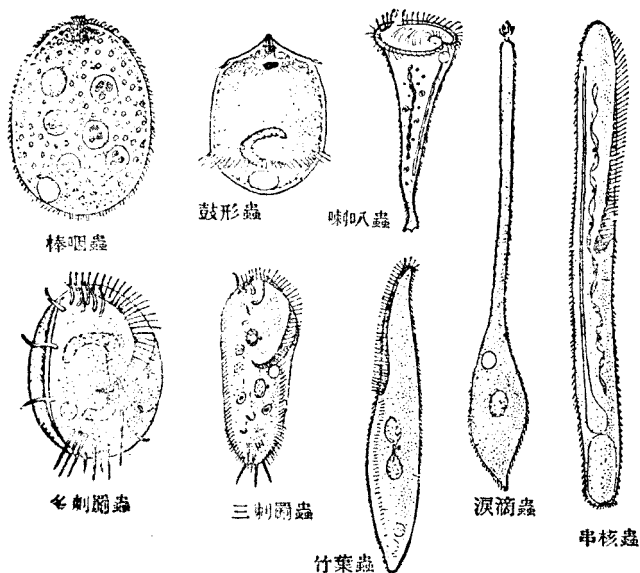


第 146 圖 指示孢子蟲(Sporozoon)之生命史,圖中為寄生蟲於蚯蚓體中之單囊蟲(Monocystis)。A, 孢子囊內有八個鎌狀孢子(Sporozoites) B, 孢子囊之橫剖面, C D, 指示已釋放之鎌狀孢子之側面與橫剖面。E 鎌狀孢子進入蚯蚓之精囊(Sperm-sphere)內; F, 正在發育長大之鎌狀孢子; G, 一條成長孢子(Trophozorte); 被精囊之鞭毛所圍繞; H, 二條成長孢子, 自退化之精囊釋出變成配子祖胞(Gametocytes), 互相結合; I, 配子祖胞包在囊內; 即被囊變形(Encystment) J, 細胞核與細胞質分裂而組成配子; K, 配子接合而組成合體, 被囊中細粒乃配子祖胞殘餘之細胞質; L, 被囊中有許許多多之梭形孢子, 孢子分泌一種物質而包蔽合體, 每個合體以後分裂, 又組成八個鎌狀孢子。(由 Curtis 與 Guthrie)

中, 或者有最複雜之結構。研究原生動物之生理問題, 纖毛蟲為最適宜, 最便利之材料, 不獨因各種纖毛蟲之細胞特別大, 完善之體制, 乃一天然試驗材料。淡水中, 鹹水中, 自由生活之纖毛蟲佔絕大多數, 營寄生活者亦不少。牲畜之消化管內有許多極複雜之纖毛蟲, 吾

人之消化管內，當然亦不能幸免。(參考第 21, 147, 148 圖)

關於纖毛蟲之體制，可以用草履蟲 (Paramecium) 解釋之。在原生動物中，草履蟲之個體最大，所以一滴草履蟲之培養液，如果在適宜光度之下，雖肉眼亦可看出許許多多白色之細粒，此即巨數之草履



第 147 圖 各種纖毛蟲 (Infusoria)。 (由 Curtis 與 Guthrie)

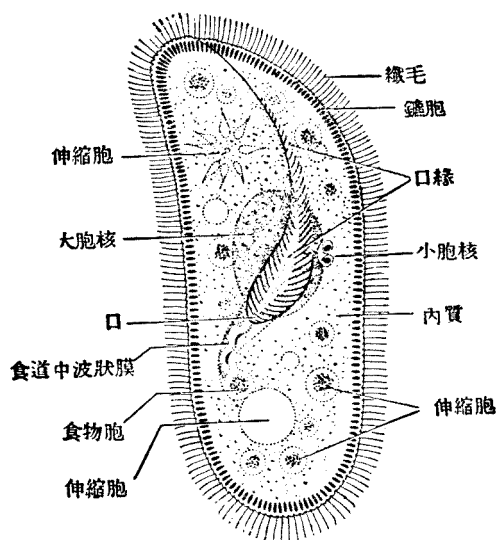
棒咽蟲, Prorodon; 鼓形蟲, Didinium; 喇叭蟲, Stentor; 多刺鬚蟲, Euplotes; 三刺鬚蟲, Stylonychia; 竹葉蟲, Lionotus; 淚滴蟲, Laclarymaria; 串核蟲, Spirostomum.

蟲也。在顯微鏡下放大數百倍，草履蟲之本體呈現一拖鞋之形狀，此草履蟲名稱之由來也；但其本體如此巨大，構造如此複雜，所以驟視之，幾乎令人不能相信其為單細胞動物。

草履蟲細胞核之物質，不像他種細胞之組成爲一體，乃分爲二

部：一個大細胞核(Macronucleus)與一個或數個小細胞核(Micronucleus)，隨種而異。嚴格言之，大細胞核與小細胞核兩者可當作一個細胞核看，因染色質生理上之分工，故一細胞核分成二部，此種特別構造，亦即一切纖毛蟲共有之特徵。

草履蟲之細胞質較細胞核更加分化，不獨分爲外質與內質，而且在細胞之外緣有成千盈萬微小之纖毛(Cilia)，不斷搖擺以捕獲食物，並推動本體前進；細胞質內有鑷胞(Trichocysts)司防禦之責；口緣(Peristome)，口(Mouth)與食道(Gullet)以攝取固體食物；食物胞(Gastric Vacuole)以消化食物；伸縮胞(Contractile Vacuole)執行排



第 148 圖 草履蟲——*Paramecium Calkinsi* 種。

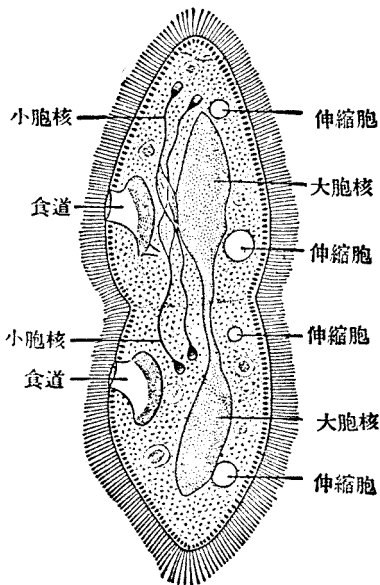
伸縮胞, Contractile Vacuole; 大胞核, Macronucleus; 小胞核, Micronuclei; 口, Mouth; 食道中波狀膜, Undulating Membrane in Gullet; 食物胞, Gastric vacuole forming; 纖毛, Cilia; 鑷胞, Trichocysts; 口緣, Peristome; 內質, Endoplasm.

洩工作。最後，根據近代學者之研究，發見草履蟲之細胞質內有運動感覺系 (Neuromotor System) 司調濟作用。(參考第 375, 376 149, 150 圖)

在尋常情況之下，草履蟲迅速生長，待其本體長大至其最高限度時即分裂，此種二均分裂(BINARY FISSION)若逢適宜之環境，可

以廣續不輟。細胞核週期性之改造，稱為胞核改造(ENDOMIXIS); 細胞核之物質之互相交換，稱為接合法(CONJUGATION), 亦常有之。當草履蟲接合時，二個體自側面相連合，隨而交換核質，此種現象，實等於授胎作用，同時表示性別之存在。(參考第 300, 301 圖)

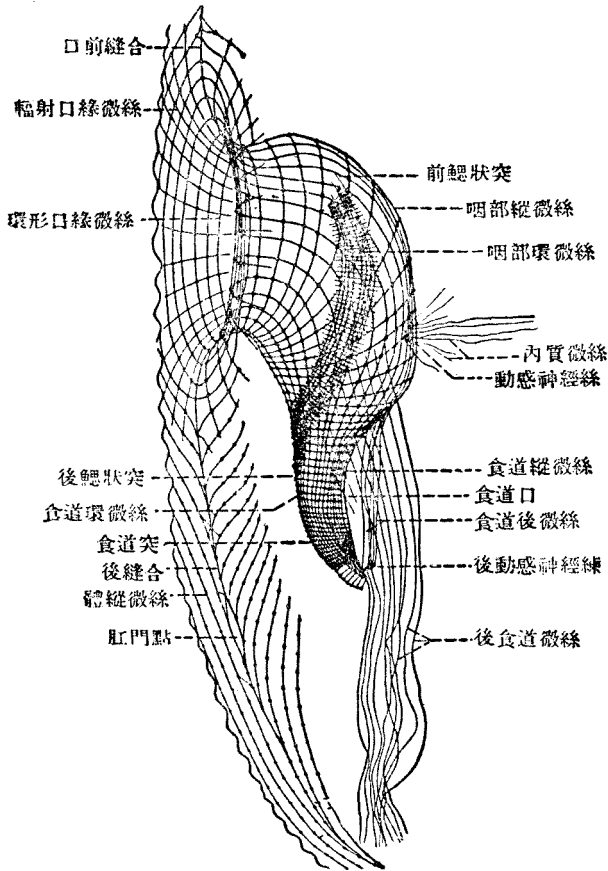
草履蟲本體之構造，可以代表大部分纖毛蟲，雖然不是最簡單者，亦不是最複雜者。各種纖毛蟲，其本體之構造，頗不一律，在某一細胞內此種構造比較複雜，在另一細胞內他種構造比較複雜，在單細胞



第 149 圖 草履蟲 — *Paramecium aurelia* 種，正在分裂。(由 Lang) 小胞核，Micronucleus; 大胞核，Macronucleus; 食道，Gullet; 伸縮胞，Contractile vacuole.

動物羣中，可謂最前進之一族。

吾人盡量檢討原生動物，尚有一非常重要之事實，必預兼顧，即原生動物揭示各式各樣體制與生理機能以適應種種不同之環境而維持



第150圖 草履蟲——*Paramecium multimicronucleatum* 種口緣 (Peristome)與食道(Gullet)區之複雜動感神經纖維 (Neuromotor System) 口前縫合, Pre-oral Suture; 輻射口緣微絲, Radial Cytostomal Fibril; 環形口緣微絲, Circular Cytostomal Fibril; 前鰓狀突, Anterior End of Penniculus; 後鰓狀突, Posterior End of Penniculus; 食道突, Esophageal process; 後縫合, Postoral Suture; 體縱微絲, Longitudinal Body Fibril; 肛門點, Cytopyge; 咽部縱微絲, Longitudinal Pharyngeal Fibril; 咽部環微絲, Circular Pharyngeal Fibril; 內質微絲, Endoplasmic Fibril; 動感神經絲, Neuromotorium; 食道縱微絲, Longitudinal Esophageal Fibril; 食道環微絲, Circular Esophageal Fibril; 食道口, Opening of Esophagus; 食道後微絲, Para-esophageal Fibril; 後動感神經絲, Posterior neuromotor Chan; 後食道微絲, Post-esophageal Fibril. (仿Lund)

其生活。然而原生動物之體制雖然非常複雜，祇能就一細胞之範圍內千變萬化，所以適應之能力到底有限，不能漫無止境。高等動物由多數細胞組成，擁有更複雜之體制，所以適應本領之強，不可思議。前者限於細胞之分化，後者則為纖維之分化，然而原生動物分化之方式，明明表示進化潛勢力之存在；如是，吾人相信，互古以來，高等動物之起源與進化，無非細胞之分化與纖維之分化有以使然。再者，細胞之分化亦即適應能力之提高，複細胞動物，即後生動物 (Metazoa) 本體之特化，亦不過各細胞分化與合作之表示耳。(考參第 183, 144 圖)

後生動物 Metazoa

複細胞動物包括一切無脊椎動物 (INVERTEBRATA) 與脊椎動物 (VERTEBRATA)。就無脊椎動物而論，種類之多，形態之複雜，已足令人迷惑。無脊椎動物到處皆有，水生，陸棲，或飛翔空中，適應種種環境；其體積比脊椎動物較大者有之，比原生動物較小者亦有之；大多數擁有運動能力，亦有固定之位置，不能移動者；寄生於高等動物體上或體內之種類亦不少。(參考附錄部分)

目前學者對於無脊椎動物所得而知者；不下一百萬「種」，或者尚有數百萬「種」未經發見，但此已發見之百萬種已足代表各「門」無脊椎動物；書中特別指出水螅，蚯蚓及龍蝦三種動物，其用意在乎解釋無脊椎動物之基本特徵。(參考第 125, 132, 135 圖)

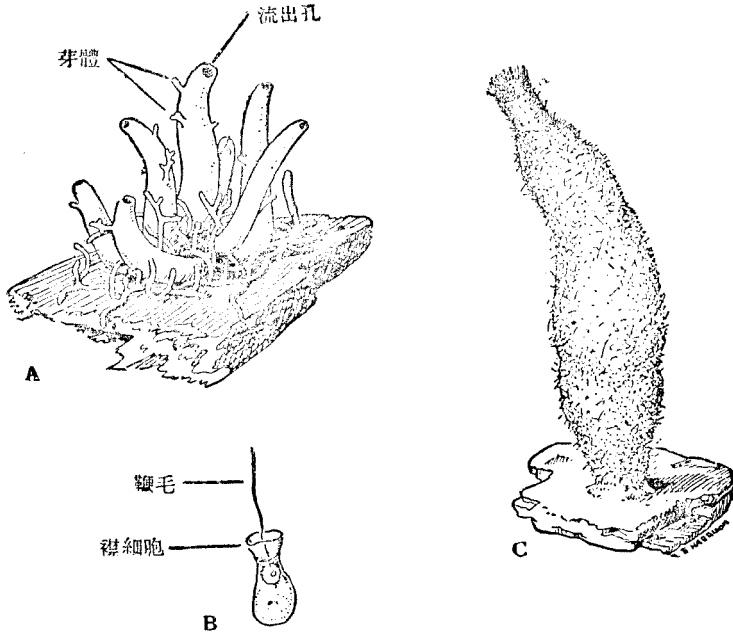
乙 海綿動物門 Porifera

海綿動物包括各種各式海綿，爲最下等之複細胞動物，與原生動物有連帶關係。組成海綿本體之細胞雖然已經特化並揭示生理上之分工，而非最複雜之單細胞羣體所可與比擬；但本體上之細胞雖已達到合作地步尚不能破除個別之界限，此又不如較高等之動物，將海綿包於絲織物內而壓榨之，海綿本體上之細胞全部被榨出，並且各各分離；若以少數細胞放在一起，可以生長爲一新個體，此種事實證明海綿本體上之細胞尚保留個別之特性。簡言之，海綿雖然爲動物個體，但本體之結構非常疏鬆，各部分並不完全合作。

驟然一瞥，令人不能相信海綿爲一種動物，舉例以證之：新英格蘭海岸所產生之萋海綿 (Leucosolenia)，狀如細管，基部緊着於石塊上，既不能運動，以指觸之，亦毫無響應，似乎未嘗擁有動物之本能；然置於擴大鏡下詳細觀察之，立刻發見其囊狀之本體，體壁上有不可勝數之皮孔 (OSTIA)，海水自此流入而至消化腔 (GASTRAL CAVITY)，復自消化腔經過頂端較大之流出孔 (OSCULUM) 流出，既具此種體制，又不能不承認其爲動物。海綿之得名，即根據此許許多多流水孔也。(參考第 151 圖)

細察萋海綿之體壁，有許許多多鈣質三射狀之骨針 (SPICULES)，互相連結，形同織網，埋置於纖維內。體壁上之纖維，分爲二層：外層稱爲皮膚表皮 (DERMAL EPITHELIUM)，內層稱爲消化腔表膜 (GASTRAL EPITHELIUM)，介於外層內層之間，有一層膠狀物，含許許多多可以變形之遊離細胞。

消化腔之表膜特別饒有興趣，因爲祇有一層襟細胞 (COLLAR

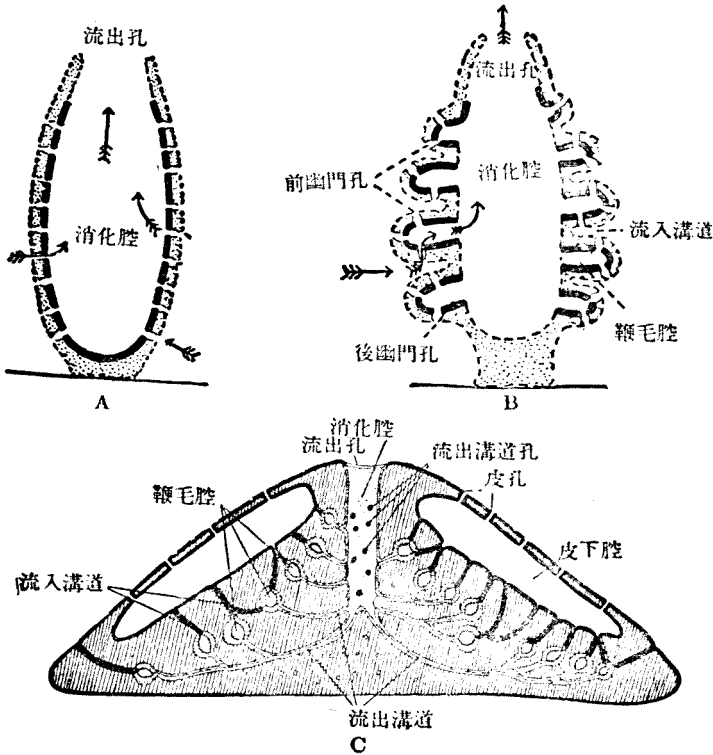


第151圖 A 簕海綿 (*Leucosolenia*) 之羣體；B, 一個襟細胞 (Collar Cell)；C, 指海綿 (*Grantia*)。芽體, Buds；流出孔, Osculum；鞭毛, Flagellum；襟細胞, Collar cell。

CELLS), 每個襟細胞具有一鞭毛, 與許多有鞭毛之原生動物細胞等相似, 因此學者推測海綿動物或者自原生動物起源。襟細胞上之鞭毛不斷鞭蕩, 使消化腔內之海水流動, 富有食品原料與氧氣之新鮮海水自皮孔流進, 含廢物之海水自消化腔通過流出孔排出, 襟細胞又能掠奪食物之細粒, 吞入而消化之。此種細胞內消化作用 (Intracellular Digestion) 與單細胞動物之消化方法一樣。呼吸與排泄亦由各各襟細胞個別執行。

上節所述為海綿最單簡之體制, 體壁薄、中央有大腔, 體間如

樽，稱樽形式(ASCON type)，尙有許多較複雜之體制者：例如瓶形式(SYCON type)，體呈瓶狀，中央有大腔，腔內滿被內層細胞，大腔與小孔相通之枝腔中途，多有纖毛室；空錐形式(LEUCON type)，



第 152 圖 海綿各式消化管系 (Canal Systems) 之模型。A. 筭海綿 (*Leucosolenia*) 之樽形 (Ascon Type)；B 指海綿 (*Grantia*) 之瓶形 (Sycon Type)；C, 淡水海綿 (*Spongia*, *Euspongia*) 之空錐形 (Leucon Type)。箭頭指示水流之方向。A B 圖中之黑線代表消化層；斑點代表皮層。(由 Minchin, 與 Parker 與 Haswell)

流出孔, Osculum; 消化腔, Gastral Cavity; 前幽門孔, Prosopyle; 後幽門孔, Apopyle; 流入溝道, Incurrent Canal; 流出溝道, Excurrent Canal; 鞭毛腔, Flagellated Chamber; 皮孔, Dermal Pores; 皮下腔, Subdermal Cavity; 流出溝道孔, Openings of Excurrent Canals.

形如圓錐，錐頂開大孔，孔內成大腔而被扁平細胞，體壁厚，壁旁不作凸凹，內有多數纖毛室，一方有入水孔通於外界，他方直通於大腔內。指海綿(*Grantia*)爲瓶形式，淡水海綿(*Spongilla*)之類爲空圓錐形式。(參考第 152 圖)

海綿之外表頗一致，不易識別其屬於何種。體積大小不一，有細如針頭者，有高達六尺以上者。其體構或分枝，或呈扇狀，或杯狀，體色或灰或白，亦有極鮮豔之色澤而鋪蓋海底者。

在各種海綿中，海綿屬(*Genus EUSPONGIA*)下之某「種」富有經濟價值，因其有纖維性之海綿質(*SPONGIN*)，柔軟易撓，洗淨污泥而曬乾之，可爲浴用海綿。此種海綿早已大量撈採，並且將撈採之新鮮海綿碎裂之而沉入海底，使碎裂之細塊長大增殖以應付市場上之需要。

海綿動物之生殖，有依無性生殖者，有依有性生殖者：有性生殖爲雌雄異體而卵生，自卵孵化之幼蟲，密生纖毛，稱爲纖毛蟲，暫時游泳水中，以後沉下附着於固體上而發展爲成年海綿；無性生殖或自本體上長出芽體(*BUDS*)，或自體中放出一羣細胞，稱爲毛胚(*GEMMULEL*)。

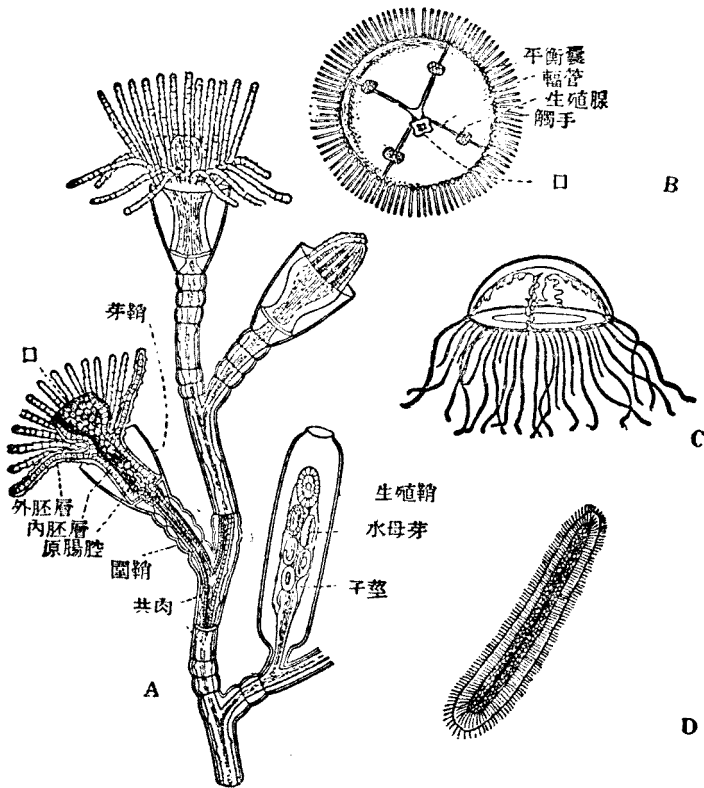
海綿動物與高等無脊椎動物間之關係乃一饒有興趣之問題。海綿本體之組織較原生動物之羣體複雜，所以絕對不是原生動物之羣體，但與他種複細胞動物比較則簡單多矣。海綿動物本體之組成與高等無脊椎動物之本體比較，截然有別，組成體壁之內層與外層細胞並非高等動物之原始內胚層與外胚層，乃另一種組織。如前所述，在動物界

之進化程序上，海綿動物或者代表動物系統樹上側枝，與其他高等動物並無直接關係，且又不再向上進化，所以始終為海綿動物。

丙 腔腸動物門 Coelenterata

腔腸動物包括芽體 (Polyps)，水母 (Jellyfish)，海葵 (Sea Anemones) 及珊瑚蟲 (Corals)，為一羣最大之水棲動物，有固定之外胚層，口貫通消化腔，又有一簡單神經系專司調濟作用；此種體制明明揭示其具有高等動物之某種特徵，並且證明高等動物本體上之種種特徵，亦以此為出發點。如前所述，則腔腸動物可視為無脊椎動物之「基本門」。遍觀腔腸動物門內各種各式個體，按其體制與特徵，可分為三大「綱」：水螅水母綱 (HYDROZOA)，真水母綱 (SCY-PHOZOA) 及珊瑚綱 (ANTHOZOA)。

水螅水母綱 本綱動物有幾種棲於淡水中，書中已經暢論之水螅 (Hydra)，即其中之一。水螅之本體為一個袋狀芽體，與一切芽體之構造相等，包括兩層細胞，稱外胚層與內胚層，介於外胚層與內胚層之間，有一漿狀之中膠層。袋狀本體尖細之一端具吸盤，他端有口，口緣輪生絲狀觸手數條，觸手中空，有多數刺絲胞 (NEMATOCYSTS)；口通於腔腸，又與觸手之中空部相通。水螅之本體圓長，顯示輻射相稱 (Radial Symmetry) 之體制，而不分左右。水螅本體未有器官，所以無器官系統可言。在夏季營無性生殖，從體面生出突出物，漸漸生長，其頂端生觸手，終離母體而為獨立固着體。至冬季寒冷時，不似夏季出芽法之無性生殖而繁生，乃由體之外層生雌雄生殖體

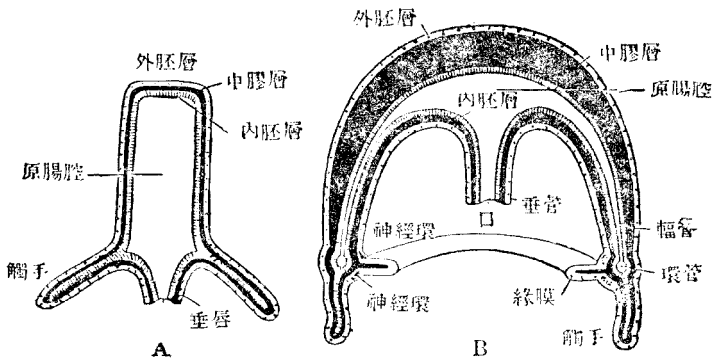


第153圖 蕨枝螅 (*Obelia*) 之生命史。A 無性生殖之羣體；B 自由游泳有性生殖之水母 (*Medusa*) 腹面；C 水母，側面；D 纖毛幼蟲 (*Ciliated larva*)。C 與 D 為接近之種 (*Species*)。 (由 Hegner, 仿 Allman 與 Hargitt) 口, Mouth; 外胚層, Ectoderm; 內胚層, Endoderm; 原腸腔, Enteron; 圍鞘, Perisarc; 共肉, Coenosarc; 芽鞘, Hydrotheca; 生吻鞘, Conotheca 水母芽, Medusa-bud; 子莖, Blastostyle; 平衡囊, Statocyst; 輻管, Radial Canals; 生吻腺, Reproductive Organs; 觸手, Tentacles.

(一個卵子與多數之精蟲) 破體壁而共出水中則為合體，乃成新動物，是為有性生殖。(參考第 126, 283, 285 圖)

水螅之生命史不足以代表一切水螅水母，因棲於鹹水中之水螅水

母有較複雜之生命史也。鹹水中之水螅水母生長於橋址及碼頭之木枕上，常形成一巨大羣體，羣體內有若干線，密附於木材，供固着之用，餘則直角射出，復互生短側枝，各終以芽體。此許多芽體組成之羣體祇代表水螅水母生命史上之一段，因一部分芽體，即生殖芽體內，產生許許多多水母芽 (Medusa-bud)，水母芽發育至成長水母時，脫離芽體而自由游泳於水中。驟然一瞥，一個水母似乎與一個芽體顯有區別，其實水母亦不過一種有性生殖之芽體，自羣體上之芽體內產生，可以自由游泳者而已。如前所述，則水螅水母之全部生命史包括無性生殖之羣體與有性生殖之水母，前後世代交替。淡水中之水螅可視為一種特化者：祇有芽體而無水母。（參考第 153, 154 圖）



第 154 圖 A. 表示水螅 (Hydra) 及蘘枝螅之芽體 (Hydranth); B. 水母。(由 Parker)

外胚層, Ectoderm; 內胚層, Entoderm; 中膠層, Mesoglea; 原腸腔, Enteric Cavity; 觸手, Tentacle; 垂唇, Hypostome; 垂管, Manubrium; 輻管, Radial Canal; 環管, Circular Canal; 緣膜, Velum; 神經環, Nerve Rings.

水螅羣體上之各個體揭示饒有興趣之生理分工，例如九重葛螅 (Bougainvillea) 擁有兩種芽體：一為營養芽體 (Feeding HYDRAN-

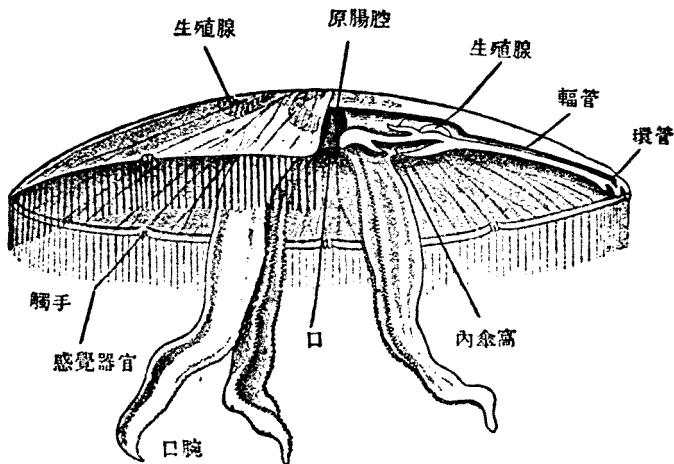
THS), 專門攝取養料, 一為水母芽體(MEDUSOID polyps), 專門產生水母芽, 水母芽生長變態而離開羣體。藪枝螅(Obelia)之羣體上, 亦有極分化之芽體, 稱生殖芽體(GONANGIA), 專門產生水母芽。此外尚有許多水螅水母, 多形(Polymorphism)之體制, 較之藪枝螅尤複雜, 例如僧帽水母(Physalia), 俗稱「葡萄牙戰士」(Portuguese Man-of-War), 其羣體上最惹人注意者為一長卵形之囊狀氣胞體, 內充滿空氣, 司全體之浮游; 其上端備隆起部, 下面懸垂無數芽體, 芽體或司營養之責, 或司感覺, 感覺芽體內且有刺絲胞者。再者, 一部分芽體且專司生殖, 稱為生殖芽體。僧帽水母之體制如此複雜, 顯示許多下等動物之個體, 着實不易決定其範圍, 雖吾人所習見之高等動物, 一個個體之範圍亦未必如此不易決定也。

眞水母綱 眞水母為腔腸動物之第二大綱, 其羣衆幾乎全部皆巨大之水母, 如大西洋沿岸碟狀之水水母(Aurelia)及其近族霞水母(Cyanea)是也。霞水母本體之直徑有達八尺者, 纖維中含水分百分之九十九左右。

水水母本體之構造, 極似藪枝蟲之水母, 所不同者, 外胚層與內胚層之間, 有較發達之中膠層, 所以體壁特別粗厚。水水母最顯著之特徵為傘部。外傘(EX-UMBRELLA)在尋常游泳位置則上向, 形似圓碟; 傘緣無緣膜, 有八處缺刻, 每缺刻有一對突出之緣垂(MARGINAL LAPPETS)與一個名緣體(MARGINAL BODY)之特別感覺器。緣垂間之傘緣飾以多櫛比之線狀邊緣觸手(MARGINAL TENTACLES)。傘緣肌肉甚發達, 藉此收縮以排出腔內之水, 而向

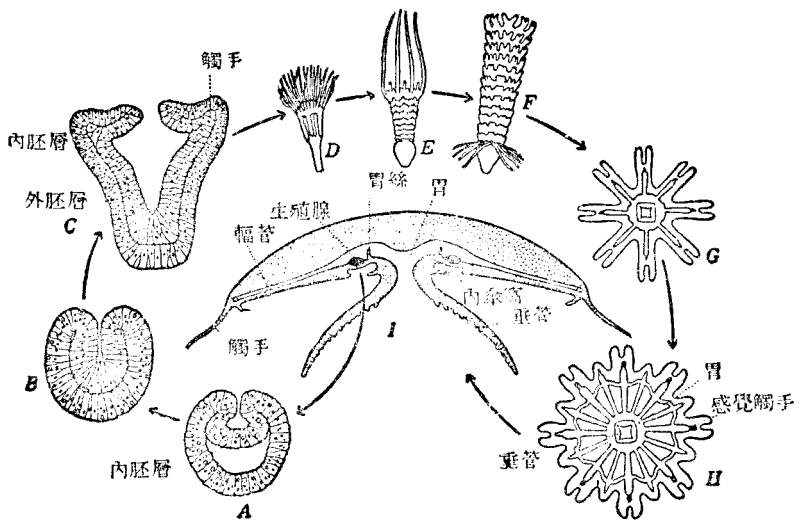
上方或側方運動。內傘 (SUB-UMBRELLA) 中央有四角形口；在短垂管之末端，口隅延長，成四口腕 (ORAL ARMS)，並融合而環抱之，腕緣內有縱溝，名曰腕溝 (BRANCHIAL GROOVE)。

距口之直邊不遠處有橢圓形窪陷一，名曰內傘窩 (SUBGENITAL PIT)，一名生殖腺下腔孔，各居豔色半環狀之生殖腺下，與生殖腺毫無關繫，或者司呼吸作用。口由垂管內之短口道 (STOMODAEUM) 通於胃 (STOMACH)；胃佔中部之中央，生成四個間輻位置之胃囊 (GASTRIC POUCHES)。約自中央達圓周之半，各胃囊外壁有三孔通數多輻管 (RADIAL CANAL)，諸管馳至傘緣會合於環管 (CIRCULAR CANAL)，管中生纖毛，常振動而循環營養液。(參考第 155 圖)



第 155 圖 水水母 (Aurelia) 之側面。 (由 Parker 與 Haswell)
 生殖腺, Gonad; 原腸腔, Enteric Cavity; 輻管, Radial Canal; 環管, Circular Canal; 觸手, Tentacles; 感覺器官, Sense Organs; 口腕, Oral Arm; 口, Mouth; 內傘窩, Sub-genital Pit.

水水母之發生，初由體腔壁內生出之卵，解落胃中，再由口排出水中而孵化為胚，胚能自由游泳於水，遇適宜之地，乃附着於物，變為盃狀體 (SCYPHISTOMA)；盃狀體經過若干時，生多數之橫裂線紋，恰如疊置之碟，稱碟狀體 (STROBILA)；碟狀體至某時順次橫裂，分離游泳於水中，謂之處女水母 (EPHYRAE)；處女水母發育長大，漸漸變成長大之水母。由生殖腺生卵，卵變為胚，此為有性生殖；由胚化為盃狀體，盃狀體分生碟狀體，碟狀體形成水母，是為無性生殖之出芽法。水母之發生以有性生殖與無性生殖迭相交代，而為



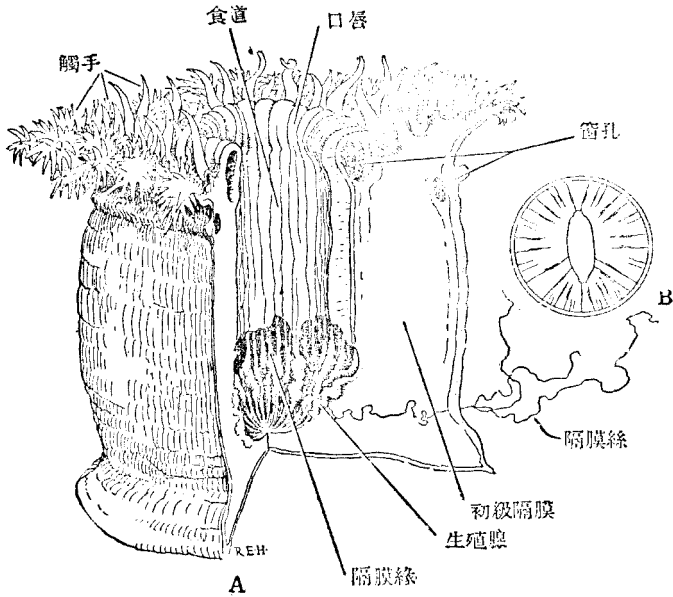
第156圖 水水母 (Aurelia) 之生命史。A B. C. 指示原腸期之縱剖面，D, 盃狀體 (Scyphistoma)； E, F, 碟狀體 (Strobila)； G, H 處女水母 (Ephyra)； I 成年個體之縱剖面。（由 Hegner, 仿 Kerr）
內胚層, Endoderm; 外胚層, Ectoderm; 觸手, Tentacle; 生殖腺, Gonad; 幅管, Radial Canal; 胃絲, Gastric Filament; 胃, Stomach; 內傘窩, Subgenital Pit; 傘管, Manubrium; 感覺觸手, Sense Tentacles.

世代交替。(參考第 156 圖)

珊瑚綱 珊瑚爲芽體腔腸動物，包括海葵(Sea Anemones, Metridium)及一切珊瑚(Corals)。

海葵常着生於海濱岩礁有波浪沖激處，體呈圓筒狀，體面有疣狀突起，彩色豔麗有條紋，可分爲足盤(BASE)，側壁(COLUMN)及口緣(PERISTOME)三部。口緣中央有裂狀口，口緣與側壁交界之處輪生許多圓柱狀觸手。觸手開放時恰如菊花，受刺激時則全體收縮。其口不直接通入廣大不分之消化腔(ENTERON)，而通於懸垂體內之扁柱形短管，管以遊離緣終，名曰口道(GULLET)；口道之內面有兩縱溝，名曰口道溝(SIPHONOGLYPHES)。口道不僅空懸於內腔，且以數多輻狀隔膜(MESENTERIES)連接體壁，此種隔膜之作用，或者可以增加消化之面積與呼吸之面積。隔膜自體壁連接於口道者曰初級隔膜(PRIMARY MESENTERIES)，其間復有止於體壁口道間之隔膜曰次級隔膜(SECONDARY MESENTERIES)，此外更有三級隔膜(TERTIARY MESENTERIES)，僅從體壁內面稍填起而已。口道下之隔膜之游離緣生有紐狀索，名曰隔膜絲(MESENTERIC FILAMENTS)，相當水母之胃絲；絲中有刺絲胞與腺細胞，故隔膜絲有兩種作用：被吞食物抵胃中時，隔膜絲緣互相接觸，圍縛其體；同時注出其細胞所分泌之消化液。(參考第 157 圖)

海葵爲雌雄異體，生殖腺生於隔膜質(內胚層)內，距緣不遠；個體成熟時，其構造極顯著。雄者之精蟲由口達外界，更入雌者之腔腸中，與成熟之卵接合；卵子在母體內發展爲纖毛幼蟲(PANULA)

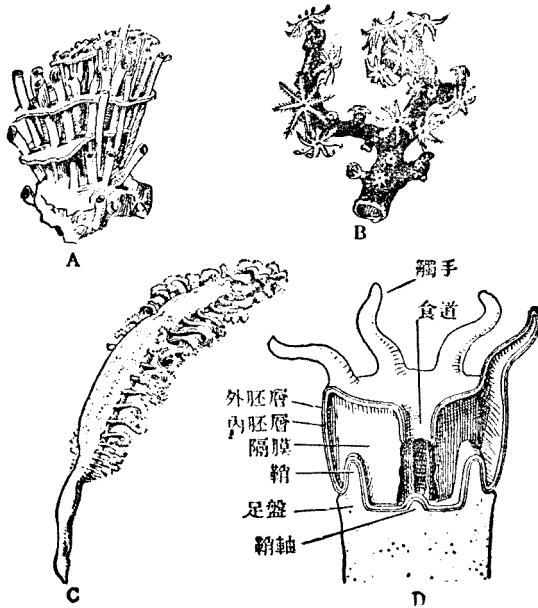


第 157 圖 海葵 (Sea Anemone, *Metridium marginatum*)。A, 指示芽體 (Polyp) 之縱剖面, 割去四分之一。B 芽體之橫剖面, 指示隔膜之排列。食道, Gullet; 觸手, Tentacles; 口唇, Lip about Mout.; 窟孔, Ostia; 初級隔膜, Primary Mesentery; 隔膜絲, End of Mesenterial Filament; 隔膜緣, Edge of Mesentery.

然後出母體，變成芽體形。除有性生殖外，復有分體發芽等無性生殖，惟未有世代交替之現象。

海葵本體之構造，可以代表一切珊瑚芽體之體制；其實所謂珊瑚乃芽體之周圍與下面分泌許多石灰質將芽體包圍於內，故驟視之，似乎有極複雜之骨骼。芽體不斷分泌石灰質之珊瑚，芽體當然逐漸被石灰隔開，乃附着於珊瑚上。當芽體繼續長大並發芽繁殖，不久即有巨形之珊瑚將更多之芽體羣體圍繞於內。芽體排列之式樣與所分泌之珊瑚之多少，各種珊瑚芽體各異。某種珊瑚經過長久之時間，累積而成

珊瑚礁 (Atolls) 與珊瑚島 (Coral Islands); 舉世聞名之澳洲大珊瑚礁 (Great Barrier Reef of Australia), 長達千里, 闊約五十里。(參考第 158 圖)



第 158 圖 各種珊瑚 (Corals)。A. 管珊瑚 (Organ-pipe Coral, *Tudipora musica*) 之幼稚羣體; B. 紅珊瑚 (Red Coral, *Corallium rubrum*), 指示活芽體 (Polyps); C. 海筆即海筆 (Sea Pen *Pennatula phosphorea*); D. 珊瑚芽體之圖解 外胚層, Ectoderm; 內胚層, Endoderm 隔膜, mesentery; 鞘, Theca; 觸手, Tentacles; 食道, Gullet; 鞘軸, Columella; 足盤, Basal plate.

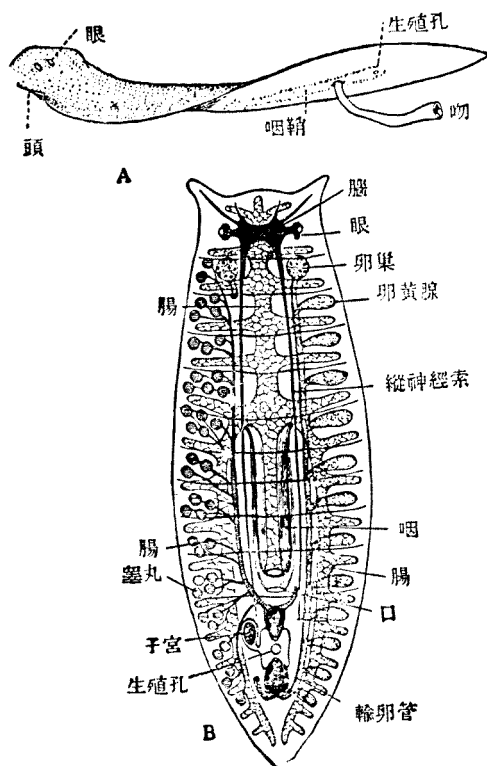
腔腸動物之個體以各式芽體為主, 已如上述, 惟吾人之目標乃欲利用其體制以闡明高等動物進化之系統, 因腔腸動物如果不是進化系統樹之主幹, 亦必非常接近系統樹之主幹。

丁 扁形動物門 Platyhelminthes

櫛水母爲一門不甚顯著之海洋動物，如瓜水母 (Sea-walnuts) 與櫛水母 (Comb-jellies) 等等，種類不多，屈指可數，其形態與腔腸動物極接近，惟三原始胚層之體制已粗樹基礎；所以現在略述其大概，爲研究真正三胚層動物 (TRIPLOBLASTIC animals)——扁形動物之門徑。(參考第 159 圖)

溝渠或池塘中磚石下面常呈黑，棕，或白色之小體，即是扁形動物類中之片蛭 (Planaria)。片蛭有左右相稱 (BILATERAL symmetry) 之體制，而不是輻射相稱之體制，與腔腸動物之芽體截然有別。片蛭之體扁長，前端廣闊，後端略小，質柔軟不透明；頭端背面有黑色圓形之眼一對；腹面中央有口，口腔短，咽 (PHARYNX) 爲圓筒狀，善運動，且突出口外而爲吻 (PROBOSCIS)，不用時縮入筋肉質之鞘中。腸分歧，遍布全體，排泄器官與雌雄生殖器官亦分歧，神經散布遍體，互相聯絡成網狀。各器官系統埋置於柔軟之海綿狀纖維內，而不是在體腔內，所以無確定之體腔。海綿狀纖維爲第三原始胚層，即中胚層所組成。因各器官系統分歧並遍布全體，所以不需要循環器官與呼吸器官；各部纖維可以直接得到給養，氧氣且能自由彌散於纖維內。(參考第 160, 284, 287, 288 圖)

片蛭自成一「屬」，列在渦蟲綱 (TURBELLARIA) 內，寄生於肝臟之肝蛭 (Liver-fluke) 列於吸蟲綱 (TREMATODA)，有鉤與無鉤條蟲 (Tapeworms) 則列於條蟲綱 (CESTODA)。吸蟲與條蟲皆營

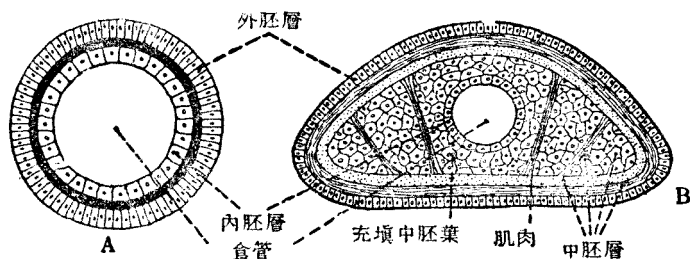


第 159 圖 A, 片蛭 (*Planaria Polychora*), 一種淡水扁形蟲; B, 指示片蛭之內部器官。(由 Hegner, 仿 Shipley 與 Mac Bride, 等)

眼, Eye; 頭, Side of head; 咽鞘, Pharynx Sheath; 生殖孔, Genital Pore; 吻, Proboscis; 腦, Brain; 腸, Intestine; 睾丸, Testis; 子宮, Uterus; 卵巢, Ovary; 卵黃腺, Yolk Glands; 縱神經索, Lateral Nerve; 咽, Pharynx; 口, Mouth; 輸卵管, Oviduct.

寄生生活, 因適應種種不同之環境, 所以體制發生重大變化, 與渦蟲比較, 不同之處甚多; 同時因其營寄生生活, 生命史亦非常複雜, 大多數皆世代交替。肝蛭與條蟲寄生於人畜身上, 使人畜發生種種疾病, 因其為害之烈, 所以學者另設寄生蟲學 (Parasitology) 專門研究

之。關於各種寄生蟲之生命史，在生物學與人生一章中已經暢述，所以不必多贅。（參考第 420—422 圖）



第 160 圖 A 指示腔腸動物 (Coelenterata) 體之橫剖面；

B, 扁形蟲 (Flatworm) 體之橫剖面。

外胚層, Ectoderm; 中胚層, Mesoderm; 內胚層, Endoderm; 充填中胚葉, Mesenchyme; 食管, Enteron; 肌肉, Muscle. (由 Hegner)

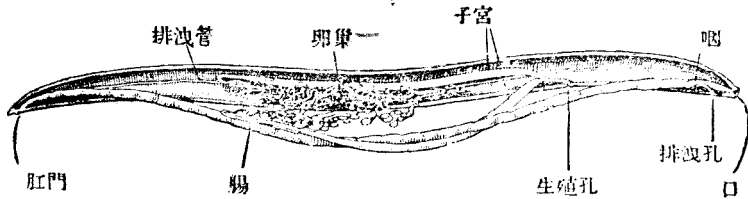
戊 圓形動物門 Nematelminthes

各門動物所處地位之重要，若以種數之多或個數之多為標準，則圓形動物，大多數隸於線蟲綱 (NEMATODA) 下，在動物界內，一定大可露出頭角。圓形動物到處可以棲身，自溫泉至冰田，自沙漠至爛泥，自池塘至海洋，此外或寄生於植物之根內，或寄生於吾人之血液中。圓形動物個數衆多，所以一撮泥土，有時可有成千盈萬之蟲。

圓形動物亦稱圓形蟲，因其本體細小，呈絲狀或圓筒狀之故；有時亦慣稱之為線蟲，髮蟲或鐵絲蟲。其體制較扁形蟲進步得多：直形之消化管有二開口，前端為口，後端為肛門；神經系統包括一神經環 (NERVE RING) 圍繞喉頭，更自神經環向前後各長出神經數條，貫通全體；排泄器系頗發達；雌雄生殖器官亦發達，通常總是雌雄異體。再者，各器官系，咸在體腔之內；惟呼吸器官與循環器官尚付缺

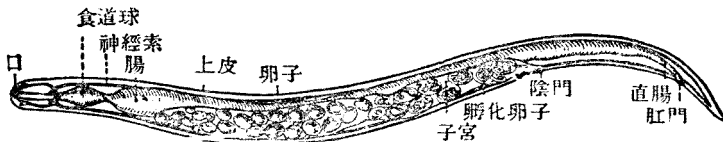
如。(參考第 161 圖)

學者最注意之圓形蟲，當然為寄生於人體或家禽家畜身上之種類，有一種絲蟲(Guinea Worm)，其成長體有時長達數尺，寄生於人



第 161 圖 蛔蟲(*Ascaris Lumbricoides*)，一種圓形蟲，指示內部器官。排洩管，Excretory Tube；卵巢，Ovary；子宮，Uteri；咽，Pharynx；肛門，Anus；腸，Intestine；生殖孔，Genital Pore；排洩孔，Excretory Pore；口，Mouth。

類皮膚之下，其幼蟲則寄生於水蚤 (Water-flea) 身上。各種蛔蟲 (*Ascaris*)，大多數寄生於人畜之大腸內，其雌體有長達一尺者，一日之間，能產生一萬五千粒卵子。最可怕之寄生圓形蟲，首推微小之旋毛蟲 (*Trichinella*)，使人患旋毛蟲病 (*Trichinosis*) 而有性命之憂，此種寄生蟲皆自不潔之豬肉傳入人體。此外，一種微小鉤蟲——*Necator* 棲於泥土中，可自足上皮膚之傷口鑽進，先到血管內，以後遍布全體，引起種種病狀。圓形蟲為害之烈，並不亞於扁形蟲，所以醫藥動物



第 162 圖 醋線蟲 (*Vinegar Eel = Turbatrix Aceti*) 指示一雌體之神經，消化與生殖器官系統。

口，Mouth；食道球，Bulb；神經索，Nerve Cord；腸，Intestine；上皮，Cuticle；卵子，Egg；子宮，Uterus；孵化卵子，Hatching Egg；陰門，Vulva；直腸，Rectum；肛門，Anus。(由 Hegner)

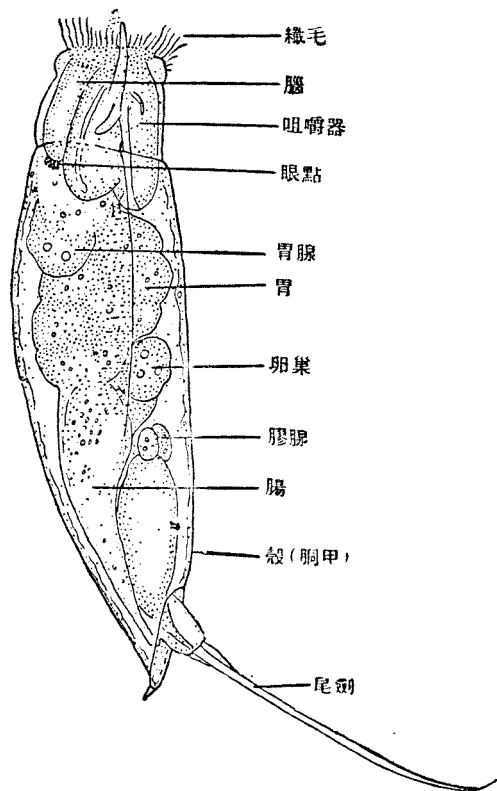
學家潛心研究其生命史及其複雜生殖程序，包括其所寄生之動物；事前設法控制，勿任其醉生夢死，入理想之仙鄉樂土。（參考第 423, 424, 161 圖）

擔輪類 Trochelminthes，苔蘚類 Bryozoans 及腕足類 Brachiopods.

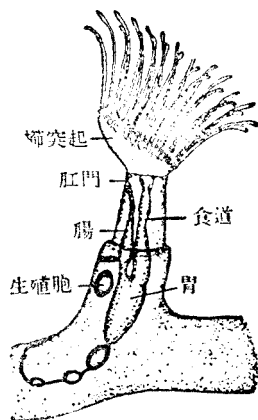
此三小羣動物，應當列於何「門」之下，學者意見紛紜，尚未確定；現在姑分別討論之。在系統分類學上，此三小羣動物所處之地位並不重要，所以不至於亂人視聽。

擔輪類包括多種輪蟲 (Rotifers) 爲後生動物之最小者，生於淡水或鹹水中，常與原生動物同在。輪蟲雖然非常微小，須置於顯微鏡下始得見之，但其體制則極端複雜，擁有內臟。輪蟲之抵抗力甚強，其所棲息泥土雖非常乾燥，甚至其本體被風吹掃，一旦重逢水分，立刻恢復活潑之生活，又孳生繁殖焉。

苔蘚類爲羣體之蟲，一名羣棲蟲 (Polyzoa)，形態雖有種種，然概似苔蘚故名。常附着於海濱岩礁間，或全被礁面，生於池塘中者亦有之。往往呈樹枝狀，例如叢匏介 (Plumatella)，驟然一瞥，一定以其爲蕈枝蟲；仔細觀察之，則不難看出複雜之內臟，與蕈枝蟲比較，顯有區別。雖然大抵有性生殖，但有時盛行發芽法而爲無性生殖，體內常生一種特別芽體稱生殖胞 (STATOBLASTS)。本體多被於石灰質之內殼，各個體甚小，爲囊狀，口緣有馬蹄狀之突起，其上出數個觸手而成列，雌雄同體。叢匏介之抵抗力頗強，雖則池水涸乾或凍結亦不至於死亡，一旦重逢適宜之環境，生殖胞可以發展爲一完整之羣



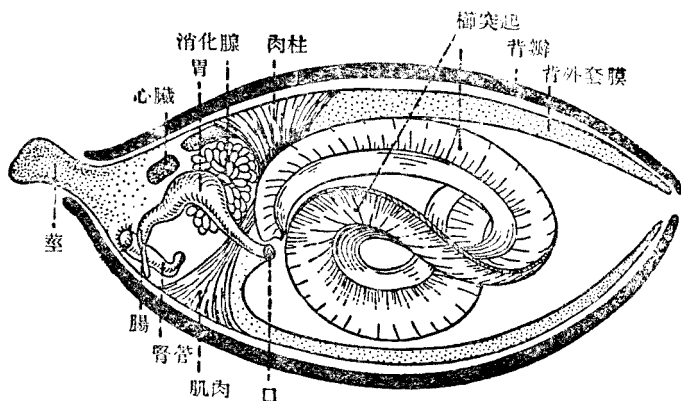
第163圖 輪蟲 (Rotifer—*Trichoerca Rosea*)
 纖毛, Cilia; 腦, Brain; 咀嚼器, Mastax; 眼點, Eye spot; 胃腺, Gastric Gland; 胃, Stomach; 卵巢, Ovary; 膠腺, Cement Gland; 腸, Intestine, 殼(胴甲), Shell (Lorica); 尾劍, Toe. (由Edmondson)



第164圖 叢匐介 (Plumatella)
 櫛突起, Lophophore; 肛門, Anus; 腸, Intestine; 生殖胞, Statoblast; 食道, Esophagus; 胃, Stomach. (仿Brown)

體。

腕足類皆海產，終身恆固附於物；體形為左右相稱，外被石灰質或角質之殼，乍見如軟體動物，其實內部構造與苔蘚類之叢匐介相接近，其介殼並不翳於體之左右而在腹背兩面，在腹面之殼曰腹瓣



第 165 圖 腕足類 (Brachiopod) 之橫剖面。

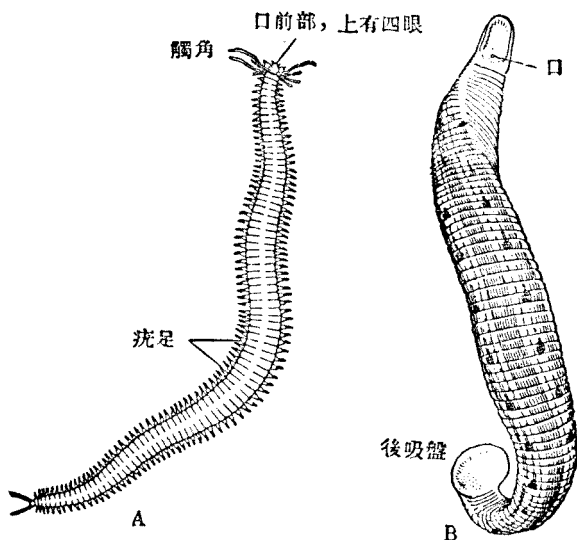
消化腺, Digestive Gland; 肉柱, Adductor Muscle; 胃, Stomach; 心臟, Heart; 莖, Stalk; 口, Mouth; 腸, Intestine; 腎管, Nephridium; 櫛突起, Lophophore; 背瓣, Dorsal Valve; 背外套膜, Dorsal Mantle. (由 Hegner)

(Ventral Valve), 亦稱腹瓣, 在背面之殼曰背瓣 (Dorsal Valve), 亦稱背殼, 腹瓣比背殼大, 一端為嘴狀, 稱瓣嘴 (Beak), 突出背瓣外。腕足類為一種極古老之海生動物, 因最古地層中亦有其介殼; 現代之殘存者, 其體制亦少有進化, 幾乎與古生代 (Paleozoic) 之種類相似。事實上腕足類中之海豆芽「屬」 (Genus *Lingula*), 體制始終不變, 可稱為: 「動物界中之最前輩」。

己 環形動物門 Annelida

環形動物之體制頗進步, 左右相稱, 狹而長, 分為多數環節; 大抵有角質剛毛, 體腔極大, 並有顯著之血管系統, 生殖腺多由體腔之壁所生, 排泄器官每節一對, 神經系統則由腦神經節, 食道連結神經及兩腹神經索所成。幼蟲大抵有纖毛環, 水陸俱棲。最習見者如多毛綱

(POLYCHEATA)中之沙蠶(Neries)與管棲蟲(Tubeworms);寡毛綱(OLIGOCHAEATA)中之蚯蚓與蛭綱(HILUDINEA)中之醫蛭(Hirudo Medicinalis)是也。醫蛭在醫學上頗負盛名，因可用之以吸收毒血也。(參考第132,166圖)



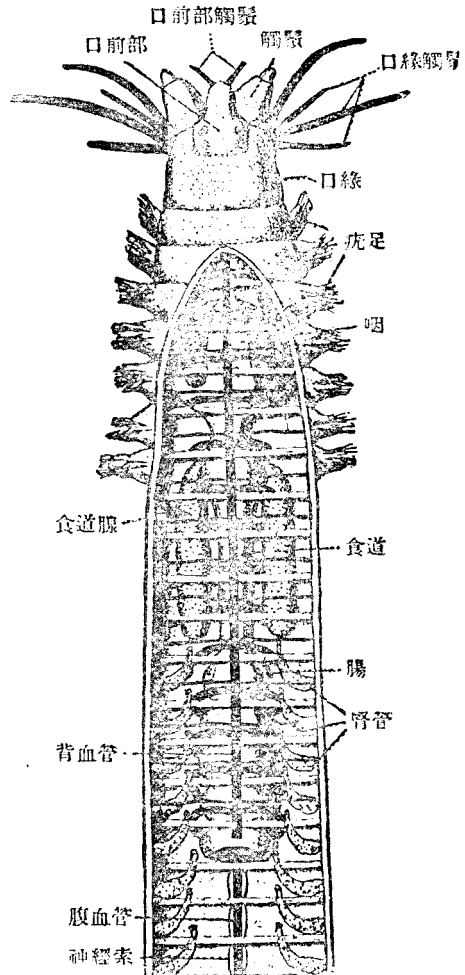
第166圖 A,沙蠶(Sandworm, Nereis Virens);B醫蛭(Medical Leech, Hirudo Medicinalis)。觸角, Tentacles; 疣足, Parapodia; 口前部, 上有四眼, Prostomium bearing four eyes; 口, Mouth; 後吸盤, Posterior Sucker.

沙蠶之本體擁有一連串之環節，大約五十節左右；最前端之數節併合組成頭部，頭上有種種感覺器官，如複眼。口與角質之顎；其餘各環節大多數有一對槳狀之肢，稱疣足 (PARAPODIA)，除掌司游泳外，兼有呼吸之作用，最後端之環節有肛門在焉。

蚯蚓之本體比較上單純化，不似沙蠶之複雜，因頭部大大縮小，而且未有粗大之疣足，祇有極微小之剛毛。蚯蚓匍匐於泥土中，此種

地下生活，當然不需要專門化之運動器官，呼吸器官，或感覺器官，所以非常退化。蚯蚓之內臟與沙蠶之內臟頗相似，同樣設計；蚯蚓之體制，書中已經暢述，自無須再提之必要，現在專論本綱之特點。

本體之有節裂，或者為本綱最顯著最有意義之特點，因為高等動物自節足動物 (Arthropoda) 至脊椎動物 (Vertebrata)，本體皆呈節裂。節裂可視為一種進化之徵象，即個體擁有節裂，始能局部特化或分化以造就種種不同之體制，而適應種種不同之環境。更有進者，環形動物乃第一擁有體腔之動物，有體腔之設備，高等動物始得有更分化之種種內臟。所以在蚯蚓體內，已有血管



第 167 圖 沙蠶 (Neries) 體之前半部，背面體壁除却。

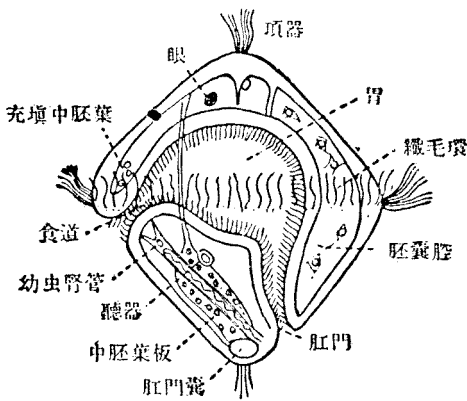
口前部, Prostomium; 觸鬚, Palp; 口前部觸鬚, Prostomial Tentacles; 口緣觸鬚, peristomal Tentacles; 食道腺, Esophageal Gland; 背血管, Dorsal Vessel; 腹血管, Ventral Vessel; 神經索, Nerve Cord; 口緣, Peristome; 疣足, Parapodia; 咽, Pharynx; 食道, Esophagus; 腎管, Nephridia. (仿 Parker 與 Haswell)

以流通血液，使營養料得普遍分配於各器官，廢物集中於排泄器官，二氧化碳與氧氣在體表交換。此外，環形動物擁有消化系統，神經系統與排泄系統，在無脊椎動物中可算為已具最完備之體制。

最後，環形動物種類之多，個體之衆，在各門動物中，雖不是最大者，亦極可觀。蚯蚓所處地位之重要，更不可忽視，據達爾文統計，一英畝之地，每年由蚯蚓疏鬆之土，將近十八噸；在農業方面，此不受人注意，反為大衆所輕視之小蟲，不知為人類省下多少血汗。

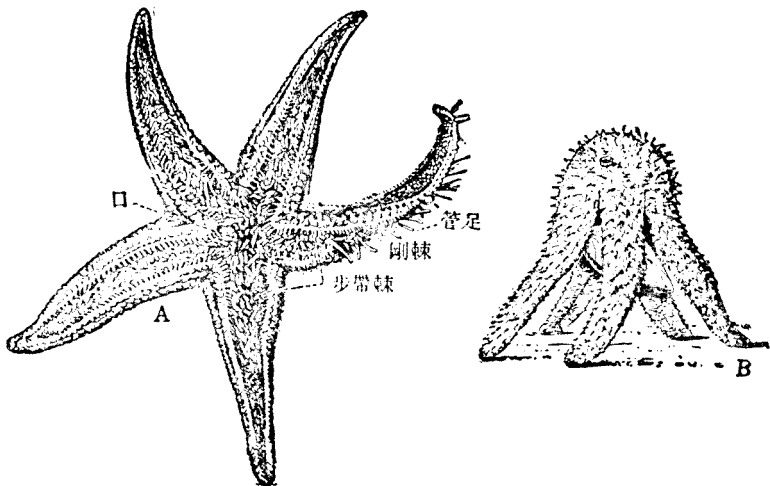
庚 棘皮動物門 Echinodermata

沿海居民，或常涉足海濱士女，皆習見海星 (Starfishes) 與海膽 (Sea Urchin)，海星與海膽亦即最尋常之海生棘皮動物。一切棘皮動



第168圖 多毛蟲 (Polychaete) 之擔輪幼蟲——Trochophore。(由 Hegner 仿 Shearer) 眼, Eye; 頂器, Apical Organ; 充填中胚葉, Mesenchyme; 食道, Esophagus; 幼蟲腎管, Larval Nephridium; 聽器, Otoecyst; 中胚葉板, Mesodermal Band; 肛門囊, Anal Vesicle; 胃, Stomach; 纖毛環, Ciliated Ring; 肛門, Anus; 胚囊腔, Blastocoel.

物皆具輻射相稱之體制，在三胚層無脊椎動物中，除腔腸動物外，惟棘皮動物而已。然而具輻射相稱之體制之棘皮動物，與腔腸動物並無直接關係，讀者不可誤會，因棘皮動物當胚胎發展之早期，其本體原為左右相稱，以後逐漸分化，待達到成蟲時，已完全改觀，而不肯見其本來面目。大自然似乎故意造出五角形之體制而試驗其效用，例如海星，果然不負所期望，自早期地質時代一直到現在，始終保存其原然體制，未曾加以修改。並且自五角形之模型繼續造就各式各樣棘皮動物。（參考第 169 圖）



第 169 圖 海星(Starfish, *Asterias*)。A, 腹面; B, 指示海星吞嚥一枚文蛤(Clam)之姿勢。(由 Cambridge Natural History)

口, Mouth; 管足, Tube feet; 剛棘, Marginal spines; 步帶棘, Adambulacral spines.

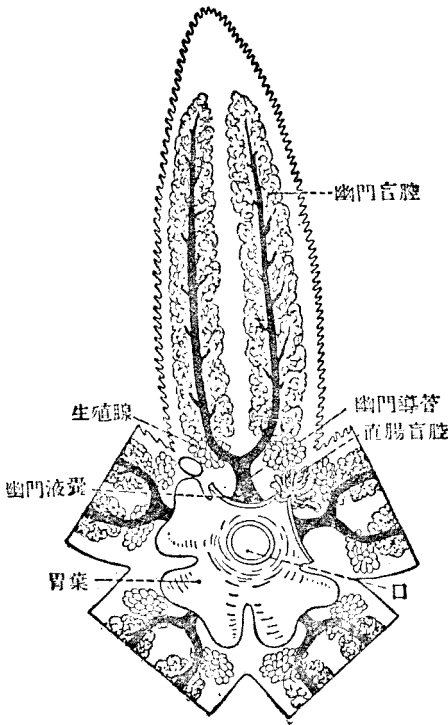
海星之本體包被於一層堅韌之皮膚內。皮膚中含無數石灰質之小板(OSSICLES),是為外骨骼。海星之本體包括一中央體盤(CENTRAL

DISK)與五個輻射分歧之腕 (ARMS), 呈星狀, 故名. 本體並且可以分爲背腹兩面, 在腹面體盤之中央有一口, 相反之一面, 即背面有一肛門; 肛門之左右有一穿孔板 (MEDEPORIC PLATE); 穿孔板爲水管系 (WATER-VASCULAR system) 之門戶, 因海水自此流入, 經過砂管 (STONE CANAL) 而至管足 (TUBE FEET); 管足充滿海水, 脹起可以移動其本體, 所以管足不啻一運動器官. 口經短食道, 開口於胃之噴門部 (Cardiac Division); 噴門部之背方, 連一小室, 即幽門部 (Pyloric Division), 復通於極短之圓錐形腸, 乃直接向上, 終於肛門孔. 幽門部呈五角形, 每角射出一對樹枝狀構造, 稱幽門盲腸 (PYLORIC COECA), 幾達腕之極端. 神經系統包括一神經環, 自本體之中央分歧至腕部, 腕之極端有眼點 (EYE), 代表感覺器官. 海星並無特別循環系統或呼吸系統, 體腔內液體 (大部分海水與少數變形細胞) 之流動, 已足浴洗全部內臟, 包括雌雄生殖器官.

棘皮動物可分爲五綱: 海盤車綱 (ASTEROIDEA), 包括海星, 海燕 (Asterina) 等. 本體扁平, 呈五角形或星形; 腕與盤部分界不顯, 其腹面由口至腕之末端有步帶溝 (AMBULACRAL GROOVE), 由此突出管足, 管足爲運動兼感覺之器官. 穿孔板在口之反面. 蛇尾綱 (OPHIUROIDEA), 包括陽遂足 (Brittle Stars) 等. 體亦具腕, 且扁平, 腕與盤部, 判然區畫; 無步帶溝, 穿孔板在口面, 無肛門, 管足爲感覺兼呼吸之器官. 海膽綱 (ECHINOIDEA) 包括海膽 (Sea Urchins), 紫海膽 (Strongylocentrotus) 等. 體爲球形, 橢圓狀或餅形, 有鈣質板之膽殼 (CORONA), 並叢生能運動棘; 口在下面, 肛

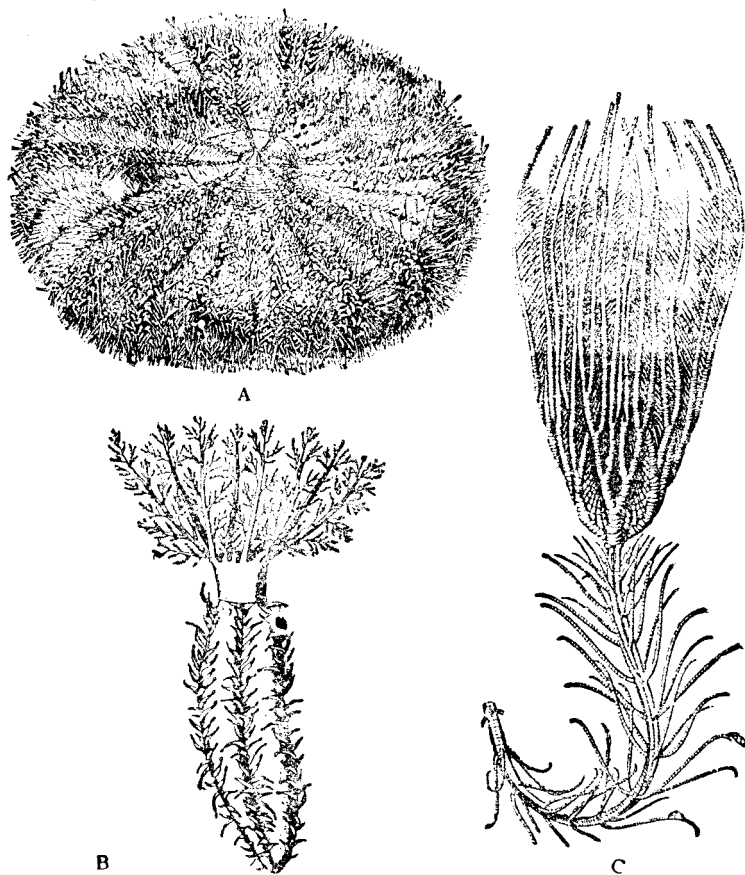
門在頂系 (APICAL system) 內，或頂系與口之間，有穿孔板與五步帶溝，以孔列表之，且延至反口極，藉管足與藉而運動。海參綱 (HOLOTHUROIDEA)，包括光參 (Sea Cucumber)，海參 (Stichopus) 等。體形圓長，乍見不似棘皮動物，然考其體制，知與其他棘皮動物，同為輻射相稱。因其體延長，橫臥於海底，致腹背二面，顯然

有別，恰如左右同形。口在前端，肛門在後端，口緣生數觸手，伸縮自如。體之表面有縱列之步帶溝五，三條在腹面，二條在背面，背腹兩面之管足每不同。皮膚如韃革，中藏石灰質之小骨無數，有穿孔板，運動藉管足。海百合綱 (CRINOIDEA) 包括海百合 (Sea Lily)，海羊齒 (Antedon) 等，有腕棘皮動物中，暫時或終身以體之反口極固着於他物者。腕分歧似羽，管足呈觸手狀，無穿孔板，肛門在口面。(參考第 170, 171 圖)



第 170 圖 海盤車 (Sta fish) 內部解剖，四臂 (Arms) 割掉，圖示有口腹之一面。(仿 Hegner)

棘皮動物之體制非常特



第171圖 A, 海膽 (Sea Urchin, *Astherosoma*), 腹面; B, 光參, (Sea Cucumber, *Cucumaria*); C, 海百合 (Sea Lily, *Metereinus*). (由 Thomson, Ludvig, Carpenter)

別，極不一致，所以一部分動物學家分類時，常排之在無脊椎動物中最後一門。其實棘皮動物當胚胎發展與幼蟲時期頗一致，其祖先一定亦為一種原始蟲形動物。

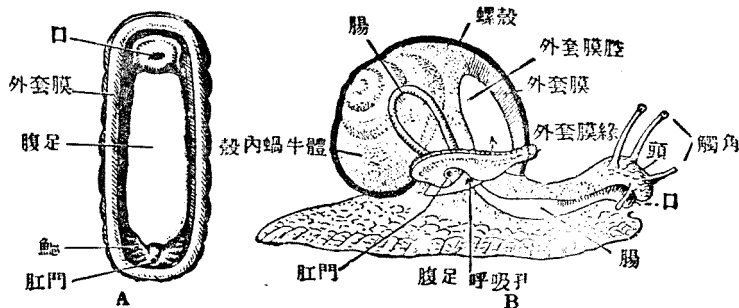
辛 軟體動物門 Molluscs

軟體動物以其本體柔軟故名。大抵左右相稱，體表被有鈣質之介殼，介殼係外套膜 (MANTLE) 之分泌物，為純粹之外骨骼。介殼形狀雖千變萬化，然詳細分析，並比較其各部，而知其有同樣之構造基礎。最重要又為吾人最熟悉之軟體動物，如各種可供食用之文蛤 (Clams)，牡蠣 (Oysters)，海扇 (Scallops)，與蝸牛 (Snails) 外，墨魚 (Cuttle-fish)，章魚 (Devil fish)，鸚鵡螺 (Nautili) 等等亦屬之。軟體動物之體制與有節裂之蟲類比較，相差甚遠，所以在無脊椎動物之系統樹上，另分出一枝。縱如上述，最原始之軟體動物，雙神經綱 (AMPHINEURA) 中之石蠶 (Chiton) 及其他各種軟體動物之胚胎發展過程上，皆揭示蟲形之體制。據此，則又不能不令人臆想軟體動物之祖先亦為蟲形之動物。不過大多數軟體動物長大至成蟲時，已失掉節裂之模型，而高度分化為特殊之個體，在無脊椎動物中，獨樹一幟。

(參考第 172 圖)

軟體動物之特徵，除介殼代表骨骼外，尚有一司運動之肌肉足 (FOOT) 與一外套膜腔 (MANTLE CAVITY)，介於柔軟之本體與外套膜之間。軟體動物共分爲五綱。現在單論腹足綱 (GASTROPODA)，斧足綱 (PELECYPODA) 與頭足綱 (CEPHALOPODA)，已足滿足目前之需要。

腹足綱 常人一定以為軟體動物皆海生動物，其實蝸牛，蛞蝓 (Slugs) 之類，棲於陸上者，近一萬六千「種」，佔軟體動物三分之



第 172 圖 A. 石蠶 (Chiton), 腹面; B. 蝸牛 (Snail), 側面之解剖。

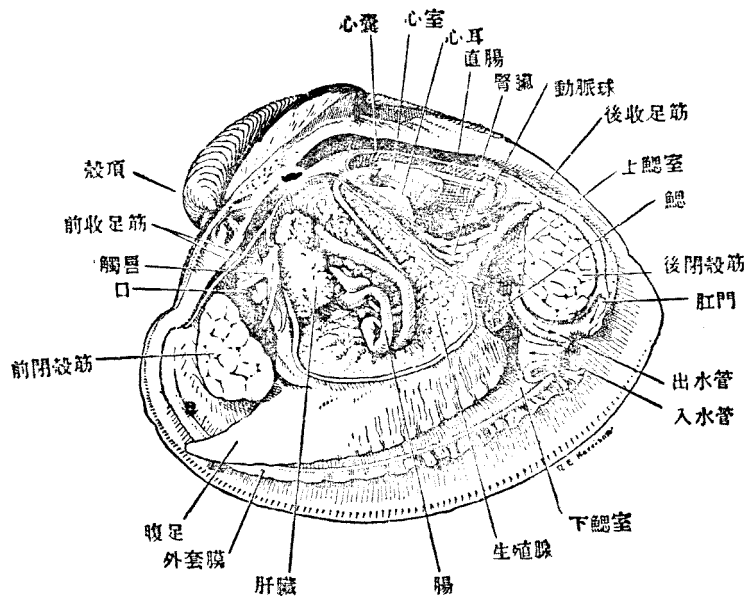
口, Mouth; 外套膜, Mantle; 腹足, Foot; 鰓, Gills; 肛門, Anus; 殼內蝸牛體, Body in Shell; 腸, Intestine; 螺殼, Shell; 外套膜腔, Mantle Cavity; 外套膜緣, Free Edge of Mantle; 觸角, Tentacles; 頭, Head; 呼吸孔, Respiratory Aperture.

一強。腹足類之殼，大抵成螺旋形，惟亦不盡然，例如蠅科 (Limpets) 之殼呈鈍圓錐形兼呈盾狀，毫無螺旋狀；蛞蝓科或完全無殼，或退化而縮小，其一部被於外套膜，或全被外套膜所蔽而隱藏不顯。蝸牛與蛞蝓之足在本體之腹面，為本體生長出之構造；個體之移動，端賴足部肌肉之收縮。海生之腹足類，足部則展張成薄膜，幫助游泳。

腹足類頭部極發達，口在頭之前端腹側，有一伸張自如之吻，與一舌狀之齒舌 (RADULA)，口通至複雜之消化管。頭之背面具兩對圓柱形或棍棒形之觸角；眼通常在觸角基部之結節上，或昇至觸角中央。腹足類除擁有消化系統外，且有排泄系統，神經系統，生殖系統，及複雜之血管系統，是故雖最下等之蛞蝓，個體受諸器官所支配，不得不俯伏地上。(參考第 172, 384 圖)

斧足綱 斧足類乃一羣最特別之軟體動物，形側扁，無頭部及軀幹之別，所以祇有常坐之生活；背部有外套膜，腹部有一斧狀足，體

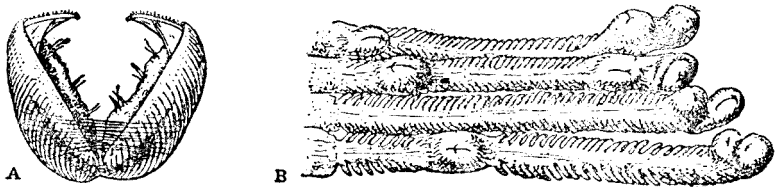
外被外套膜所分泌之介殼 (VALVES) 二片，故稱爲雙殼貝。斧足類棲息之姿勢頗不一致，例如牡蠣無足，固附於物體上；文蛤呆笨潛伏沙中；蠶船蟲 (Shipworms *Teredo*) 好穴居木中，常藉其殼穿蠶堤樁，浮木，船材等，雖木材如何堅硬，恆不免被其侵害。海扇雖常伏於沙面，然能扇動其殼，打水而斜跳水中，或有謂其能浮於海面，豎左殼如帆，趁風駛行者，此說恐屬臆造不足取信。(參考第 173 圖)



第 173 圖 圓蛤 (*Quahaug, Venus mercenaria*)。左邊之殼，外套膜，與鰓已割去以指示內部之構造。殼頂，Umbo；前閉殼筋，Anterior Adductor Muscle；後閉殼筋，Posterior Adductor Muscle；前收足筋，Anterior Adductor Muscles of Foot；後收足筋，Posterior Adductor of Foot；觸唇，Labial Palp；口，Mouth；腹足，Foot；外套膜，Mantle；肝臟，Liver；腸，Intestine；生殖腺，Gonad；心囊，Pericardial sac；心室，Ventricle；心耳，Auricle；直腸，Rectum；腎臟，Kidney；動脈球，Bulbus Arteriosus；上鰓室，Upper Branchial Chamber；鰓，Gill；肛門，Anus；出水管，Exhalant Siphon；入水管，Inhalant Siphon；下鰓室，Lower Branchial Chamber。

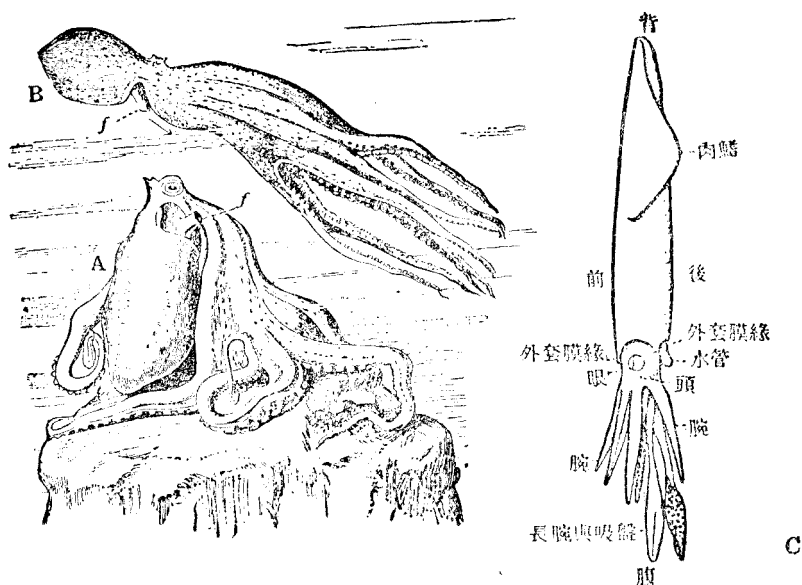
雙殼貝最特別之特徵，除擁有二片介殼外，當推攝取食物之方法；當水流沖進入水管(INHALENT SIPHON)時，鰓部(GILLS)，外套膜上及口中之纖毛，皆非常活動；流水經過鰓部時，水中氧氣即被鰓部血液吸收，水中微細動物與植物被鰓截住，送至外套腔，然後由口部之纖毛捲動攝進。體內廢物全部排泄於水中，自出水管(EXHALENT SIPHON)移出。

各種雙殼貝之生殖程序頗不一致，例如牡蠣春季下卵，卵子發展為極微小自由游動之幼蟲，數日後即沉下水中；此時幼蟲若與物體接觸，即固附其上，發展為成年之牡蠣。不過幼蟲得長大至成蟲者極少，幾乎一百萬中不到一個，因未成年之牡蠣早被採捕牡蠣之人分尸，以滿足人類之口腹。幸而牡蠣之生殖力頗強，每個個體可以產生五萬萬之卵子。



第 174 圖 A, 河珠母之幼蟲 (Glochidium); B, 淡水魚鰓絲 (Gill Filaments) 上有幾個河珠母之幼蟲寄生 (仿 Lefevre 與 Curtis)。

文蛤或殼菜 (Mussels) 生殖時期，卵從生殖孔軋出，流入鰓上腔，而至排泄腔；精蟲由入水流而內入，受精以後，藏卵於外鰓腔中，外鰓驟腫，故外鰓不啻一孵卵囊。胚在鰓中發展為一種特殊幼蟲，稱 GLOCHIDIUM。幼蟲亦有二瓣介殼，殼口有內曲之鈎，旋出



第 175 圖 A, B, 指示章魚 (Octopus) 棲息時與行動時之姿勢；C, 槍魷 (Squid) 之側面。(由 Hegner, 仿 Merculiano 與 Williams)
 背, Dorsal; 腹, Ventral; 肉鰭, Fin; 前, Anterior; 後, Posterior;
 外套膜緣, Edge of Mantle; 水管, Siphon; 眼, Eye; 頭, Head; 腕,
 Arm; 長腕與吸盤, Long Arm with Suckers.

外套腔而墜於水底。此時幼蟲若巧遇魚類，即以有鈎之軀附着於鰓，
 鰓或鱗上，殼合齒緊，堅不可脫，大約十週間，因宿主之皮膚或黏膜
 過分生長，還被於囊，不久即起變態。迨幼蚌遊離時，已具成蟲之形
 態及構造矣。(參考第 174 圖)

雙殼貝之經濟價值，尤不可忽視，美洲之牡蠣養殖場每年出產價
 值數百萬元之牡蠣；密士失必河流域 (Mississippi Valley) 所產生之
 殼菜，其介殼為製鈕之主要原料，最後，至寶至貴之真珠，亦係數種
 雙殼貝之真珠層，包圍外物體，漸漸堆積而成。

頭足綱 頭足類包括槍鰩 (Squids), 墨魚 (Cuttle-fish), 章魚 (Devil fish) 及鸚鵡螺 (Nautili) 等, 爲最高等之軟體動物, 而且有最顯著之特徵: 體呈左右相稱式, 感覺器官發達, 行動活潑而善攻擊掠奪; 介殼或隱藏體內, 如墨魚, 章魚等, 或顯露體外, 如鸚鵡螺等; 頭與足不分, 故稱之爲頭足類。(參考第 175 圖)

頭部極發達, 由八個至十個能伸能縮之長腕 (卽足) 圍繞之; 眼大, 乍視之, 頗像魚眼; 腦之容積頗大, 分出多對神經; 口具一對角質或鈣質之顎, 形似鸚鵡之嘴, 口腔內有一齒舌並一對或兩對之唾腺。循環, 呼吸, 排泄及生殖系統均備, 雌雄異體。頭足類在軟體動物中體積最大, 體制最複雜, 若與下等脊椎動物比較, 亦祇有過之而無不及。事實上, 龐大之槍鰩, 當其長腕伸展時, 個體之長度, 現生之脊椎動物中, 祇有巨鯨 (Whales) 略勝一籌。

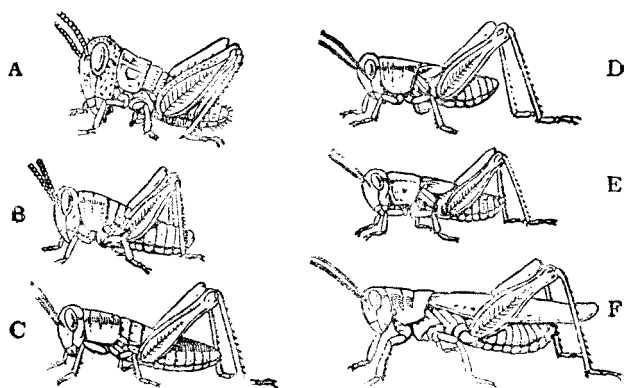
五 節足動物門 Arthropoda

節足動物爲較純正有節裂之本體與分節之肢之無脊椎動物, 且在無脊椎動物中佔絕對優勢。最重要之節足動物可分爲甲殼綱 (CRUSTACEA), 蜘蛛綱 (ARACHNOIDEA), 多足綱 (MYRIAPODA) 與昆蟲綱 (INSECTA)。甲殼綱以鰓呼吸, 所以大部分棲於淡水或海水中, 其他各綱之呼吸器官爲氣管系 (TRACHEAE), 所以皆陸棲動物。(參考第 215 圖)

節足動物之體制, 書中已經述過, 包括一連串之體節; 最前數節合併成頭, 頭上有口, 最後一節有一肛門。最原始之節足動物, 體節

與體節上之各對節肢極少分化；較高等即有較複雜之體制之種類，本體上之體節總是數節溶合為一，以構成本體之某一部分，節肢亦分別分化以司各種不同之機能；此種高度分化之體制，龍蝦已全部實現。按諸實際，節足動物之本體，不論如何分化，未嘗埋沒節裂之體制；換言之，一連串之體節，始終存在。（參考第 134, 135 圖）

各個體被以一個堅韌頑固之甲冑，稱外骨骼(EXOSKELETON)，此亦即節足動物固有之特徵：一個甲冑通常包括幾個大小不等之節片，有筋肉固附其上，所以可以運動自若。堅固之外甲確是各個體生長之大障礙，所以每隔若干時，各個體必有脫殼之時期；此時身軀脫離硬殼之束縛，稱為褪殼(MOLT)。脫殼以後，身體外面只包着一層薄膜，柔軟而又容易伸張，故在此一時期，個體迅速長大，待新殼漸漸增厚，成為堅甲時，生長立刻停止。節足動物個體之生長有一定時間，稱週期性，與其他各種動物之陸續生長不同。



第 176 圖 蝗蟲 (Locust) 局部亦即不完全變態 (Metamorphosis)
A—E. 示活動蛹 (Nymph) 順序之各期；C, 示兩翅初現；F 成蟲 (Adult).
(仿 Packard)

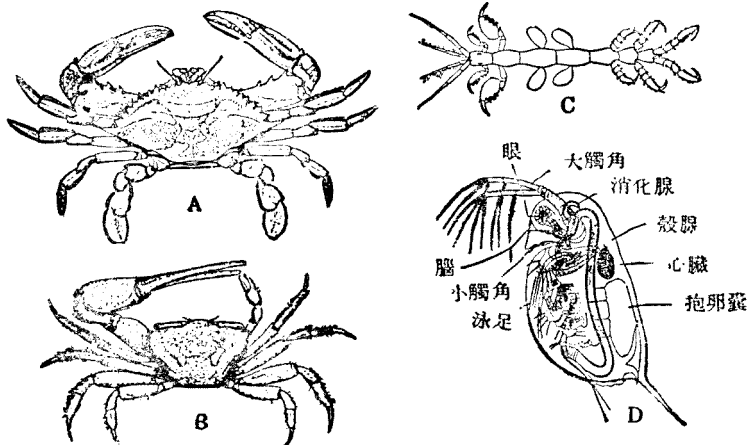
大多數節足動物之生命史，有意想不到之複雜，包括許多根本上不同之式樣，稱爲變態 (METAMORPHOSIS)。例如某種甲殼蟲之胚胎最初孵化時，爲一條不分節裂之幼蟲，脫皮後始變成有節裂之幼蟲，繼續變態，直至成蟲爲止。別種甲殼蟲，胚胎數度變態，然皆隱藏於卵殼內，待孵化後始顯現。最後，如龍蝦之類，孵化時已呈現成蟲之個體。高等甲殼類當胚胎發展程序上，經過一連串有次序之變態，在種族進化系統史上，實有研究之必要：因爲高等殼甲類之各期幼蟲恰似各種下等甲殼類之成長個體，雖則其體制不如下等甲殼類成長個體之複雜。總而言之，高等甲殼類個體之發展程序，實重溫其種族之系統史。(參考第176圖)

甲殼類之變態，已夠繁雜，昆蟲類之變態則尤過之而無不及，所以亦有並提兼論之必要。通常蟲形之蠶 (CATERPILLAR)，亦稱毛蟲，乃蛾，蝶之幼蟲；蛾，蝶發育至有翅可以飛翔時，其幼蟲必須經過靜止之蛹 (PUPA) 期，而且發生重大之變態，包括整個個體之改造。大多數昆蟲，變態之程序，與蛾，蝶比較，不相上下，祇有少數不需經過複雜變態。蝗蟲與蚱蜢，一脫化而具成蟲之體制，但必須經過數度蛻化，個體越長越大，最後發展爲有翅之成蟲。一種昆蟲，在變態程序上，不經過蛹期者，稱爲不完全變態。(參考第427-430圖)

節足動物之基本特徵，已略述其大概，現在專論各式不同之種類。

甲殼綱 甲殼綱有極大之羣衆，種類繁多，大小懸殊，或棲息於淡水，或棲息於鹹水。約略統計，全「綱」包括二萬「種」；其中尤以體積大，可供食用之龍蝦 (Crayfishes)，螯蛄 (Lobsters) 與蟹

(Crabs) 爲常人所熟悉。蟹之種類甚多，體制極一致，即細小之腹部總是向前彎曲，在頭胸部(CEPHALOTHORAX)之下。甲殼綱分爲二亞綱，蝦，蟹爲軟甲亞綱(MALACOSTRACA)中體積最大者；最細小之鼠婦(Wood-lice, Pill-bugs)，體長祇三分餘，棲於陰溼之壁角塵芥間，在梅雨時，多徘徊於稍高處，桌上偶亦見之。切甲亞綱(ENTOMOSTRACA)種類殊繁雜，體制尤無奇不有；例如蔓脚目(CIRRIPEDIA)中之藤壺(Barnacles)，常附於海岸之岩石上，木樁上，或他種動物體上，體外圍以六片或六片以上之鈣質殼板，又有由大小兩對所成之厖，由殼口伸出蔓脚六對以捕食物。此外，最微小之切甲蟲，如水蚤(Daphnia)，劍水蚤(Cyclops)等等，多至不可勝



第 177 圖 甲殼類(Crustaceans)。A, 螯蚌，一稱鱈 (Edible Blue Crab *Callinectes*)；B, 招潮(Fiddler Crab, *Gelasimus*)；C, 海藻蟲(*Caprella*)；D, 水蚤(*Daphnia*)。 (由 Paulmier 與 Claus)

眼, Eye; 大觸角, Antenna; 小觸角, Antennule; 腦, Brain; 泳足, Swimming Feet; 消化腺, Digestive Gland; 殼腺, Shell Gland; 心臟, Heart; 抱卵囊, Brood Pouch.

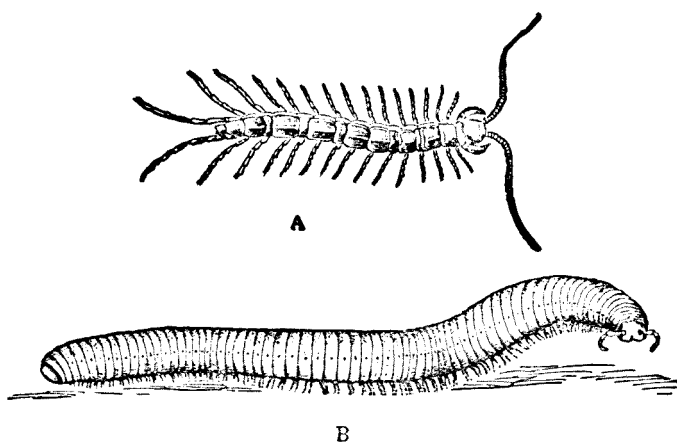
數，必富有經驗學者，用顯微鏡視察之，方能識別其種類。水蚤之體積雖然微小，而有廣大之羣衆，與原生動物及原生植物密布海洋河流中，爲高等動物，包括魚類之主要食料。（參考第135-137, 177圖）

蜘蛛綱 本綱包括蜘蛛 (Spiders), 扁蠃 (Ticks), 小蠃 (Mites), 蠍 (Scorpions) 及其近族，易與昆蟲混淆，實則蜘蛛與扁蠃等成有八肢，昆蟲則祇有六肢。（參考第 181 圖）

蜘蛛爲食肉動物，利用其所織之網以捕食，或潛近所獵取之物而攫之。蜘蛛之螯 (CHELICERA) 頂端係尖銳鉤爪，毒腺即開口於此。蜘蛛利用毒器殺害他種動物。然後吸取其血液，然此種毒液通常於人無害；惟熱帶之紅帶蜘蛛 (Malmignathes) 螫人能發生劇痛，蠍蜘蛛 (Mygales) 刺傷時亦多少有危險。蠍類大抵皆有奇毒，蠃類常爲人類之害，許多蠃蟲可以鑽入人畜之皮膚，一隻野兔之皮毛中，有時有成千盈萬之扁蠃。蠃類不獨爲人畜之害，一部分且傷及森林五穀。蠃蟲身上常有病菌及足以致病之原生動物；當此種蠃蟲侵害人畜時，同時傳播病菌，使人畜發生多種極危險之疾病。蠃蟲亦有多種不爲害之種類，例如常人熟悉之赤色——Harvest mites。

此外，蜘蛛之近族蟹 (King-crab, *Limulus*)，有悠久之進化歷史，因自古生代地層中，已經發見若干種類；此類動物在古時確曾繁盛過。蟹雌雄體積大小懸殊，雄者祇有雌者三分之一大，往往匍匐海灘上；卵，肉味甘可食，尾甲堅韌，可用作器皿。（參考第181圖C.）

多足綱 本綱皆陸棲動物，體長而蜿蜒，體節之數變化於十二至一百七十三之間。馬陸 (*Millipedes*) 之體節，背壁穹窿，蜈蚣 (*Cen-*

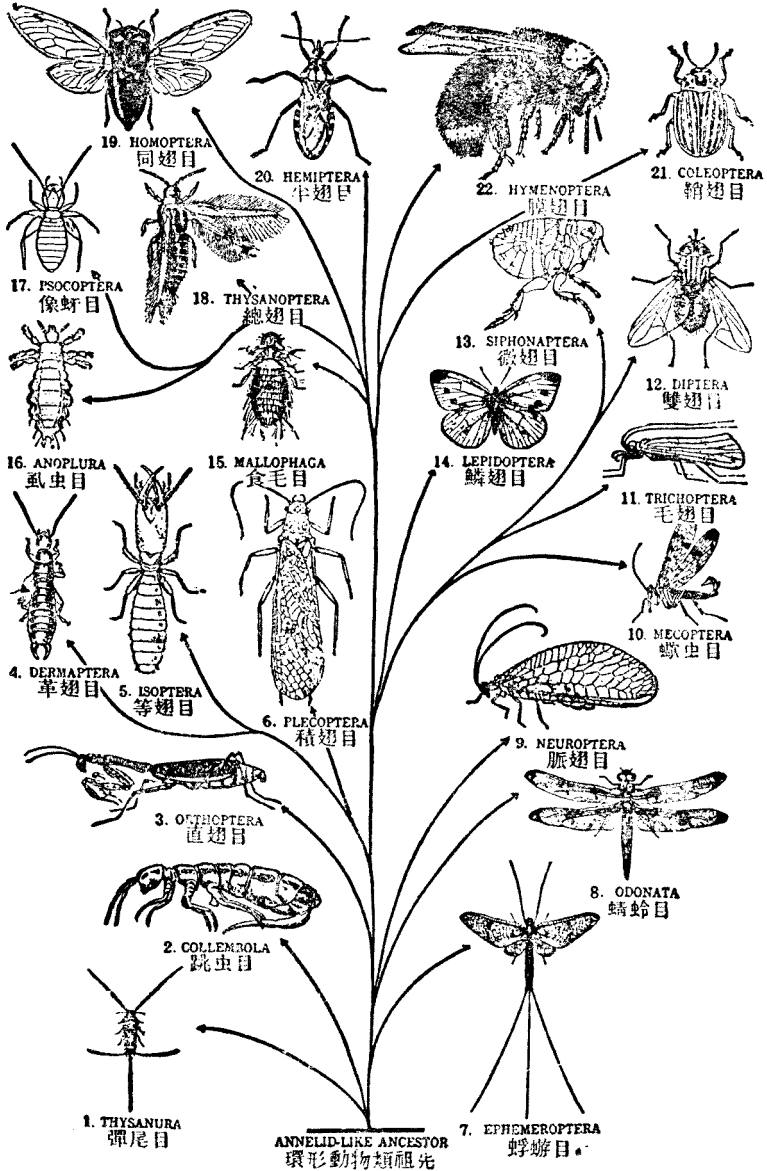


第 178 圖 多足類 (Myriapods) A. 石蛃 (Centipede, *Lithobius*);
B. 馬陸 (Millipede, *Julus*). (仿 Koch)

tipedes) 則扁坦，有明瞭之背橋及腹橋，側部介以柔軟之皮膚。實際上馬陸之每個體節皆二節之併合者，所以乍視之，似乎每個體節有四肢；一隻馬陸，有時有多至一百對節肢者。蜈蚣之第一體節有一對毒顎（顎足），專螫殺小蟲為食，可視為食肉動物。馬陸晝伏夜出，食草根及腐敗之植物，可視為食草動物。（參考第 178 圖）

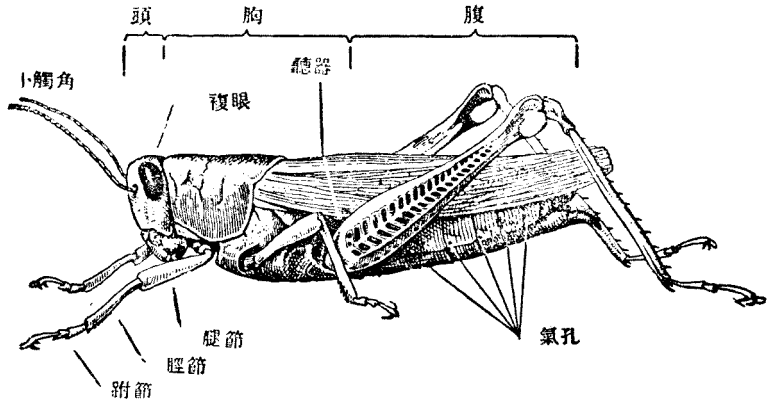
昆蟲綱 常人所熟識之昆蟲，如蚊 (Mosquitos) 蠅 (House flies)，蜂 (Bees)，蟻 (Ants)，蟑螂 (Cockroachs)，蟋蟀 (House-crickets) 與蜻蜓 (Dragon-flies) 等等，已多至不可枚舉；而未嘗想到本綱擁有之「種」，超出動物界中任何一綱之上。（參考第 179, 428 圖）

一隻昆蟲之模範體制，可分為頭，胸，腹三部分。頭上有一對複眼 (COMPOUND EYES)，一個至三個單眼 (OCELLI)，一對大觸角 (ANTENNAE) 與口器 (MOUTH)。口器包括上唇 (LABRUM)，



第 179 圖 指示各主要昆蟲之關係。(由 H'g'e)

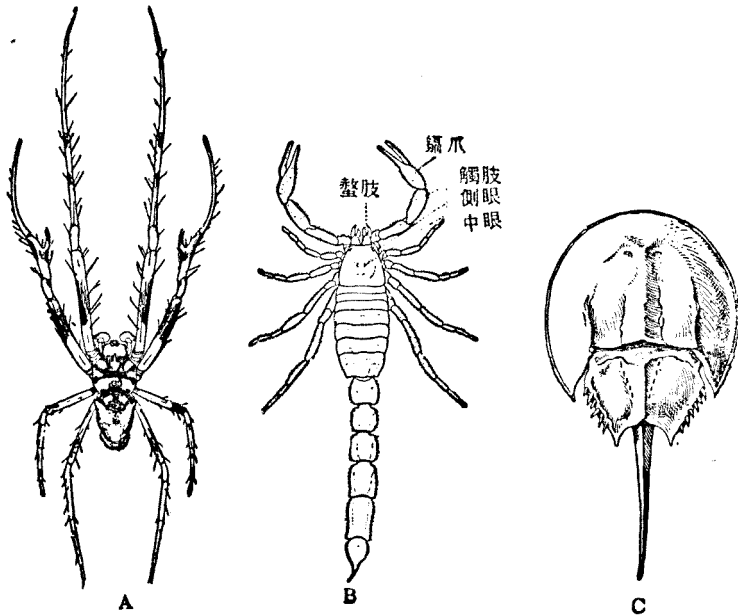
大顎 (MANDIBLES), 小顎 (MAXILLAE) 與下唇 (LABRUM) 諸部分。(參考第 180, 245, 362 圖)



第 180 圖 蝗蟲 (Locust, *Melanoplus Differentialis*)。頭, Head; 胸, Thorax; 腹, Abdomen; 小觸角, Antennule; 複眼, Compound Eye; 聽器, Auditory Organ; 氣孔, Spiracles; 腿節, Femur; 脛節, Tibia; 跗節, Tarsus.

胸部包括三個體節，每個體節上有一對節肢。至於腹部則體節數自五節至十一節，但以九節至十節者為最普通。昆蟲之節肢，除運動外，尚有其他種種作用，例如蜜蜂之節肢，不啻一套天然工具。大多數昆蟲胸部體節有二對翅，家蠅則祇有一對，蚤 (Flea) 則付缺如；惟家蠅胸部之平衡器 (BALANCERS) 亦等於一對翅。昆蟲之翅為一種新構造，與節肢之起源各異，所以與節足動物之節肢並無連帶關係，並且翅之生成，使昆蟲在節足運動中佔最優越之地位，無脊椎動物中亦祇有昆蟲能征服空間。昆蟲輻射適應之本領極強，高等脊椎動物，亦祇有哺乳類堪與媲美。再者，某種昆蟲，慣於羣居，社會組織之完善，除人類外，未有能出其右者。凡羣居之昆蟲，其體制總是特別分

化，以司種種不同之職務，爲其團體服務；例如一巢蜂或一窩蟻是也。（參考第 352, 361, 363, 366, 370, 427, 428, 431 圖）

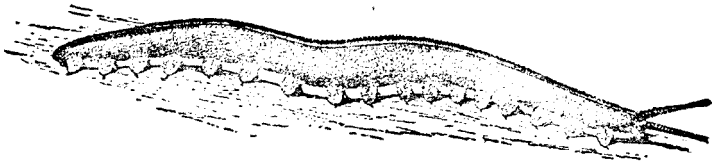


第 181 圖 A, 蛛蜘蛛 (Spider, *Epeira verrucosa*) 仿 Emerton; B, 蠍 (Scorpion, *Buthus occitanus*) 仿 Krapelin; C, 鱈魚 (King-crab, *Limulus Polyphemus*). 螯肢, Chelicera; 觸肢, Pedipalp; 側眼, Lateral Eyes; 中眼, Median eyes; 鐮爪, Hand.

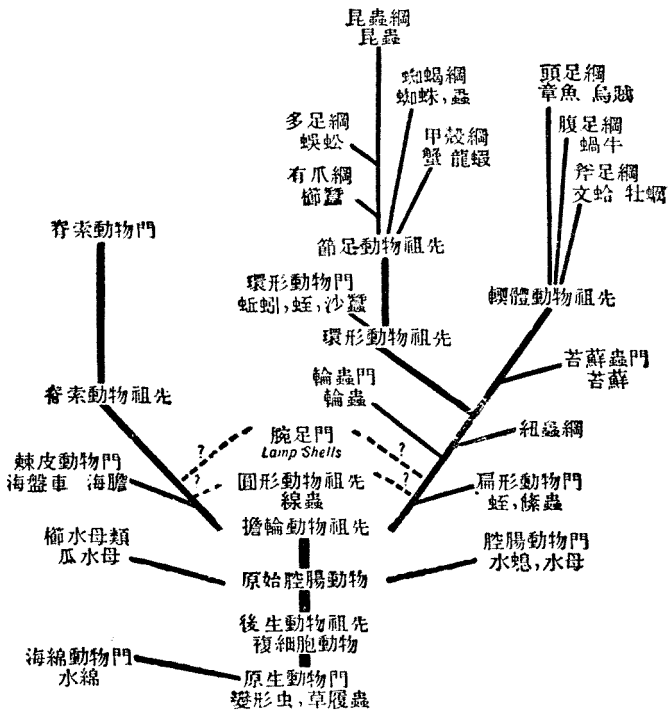
昆蟲有五十萬「種」左右，所以關於分類問題，雖昆蟲學專家，亦感棘手；通常分類，總是根據翅之有無，翅與口器之構造，及其生命史而決定之。

節足動物「種」多，「亞種」亦多，並且有如此廣大之羣衆，分佈空間，陸上，水中，到處與各種動物競爭圖存，可謂「大自然所試驗最有成就之無脊椎動物」。本體有節裂之設計，自下等無脊椎動

物，粗具基模，至環形動物，已正式成立，節足動物，則分化達到極點。(參考第182圖)



第182圖 柳蠶(Peripatus, Peripatus Capensis)。一種頗有興趣之節足動物，似乎為環節動物與節足動物之中間連絡者。(由Sedgwick)



第183圖 指示各門無脊椎動物 (Invertebrates) 可能系統樹 (Genealogical Tree)。(由Newman, 仿Sigerfoos與Allee)

節足動物在無脊椎動物中雖佔上風，到底受堅硬外骨骼之限制，無發展之餘地，所以不足與有內骨骼之脊椎動物爭長短。再者，節足動物個體細小，不能保持一固定體溫，所以亦不如溫血動物：鳥類與哺乳類，可以自動調整，以應付種種不同之環境。縱如上述，一部分學者以為昆蟲如此衆多，或者將來仍有支配整個地球之一日；

癸 無脊椎動物分類 Synoptic Classification of Invertebrates

A. 原生動物門 (PROTOZOA): (15,000 種)

- I 鞭毛蟲綱(MASTIGOPHORA): 梭微子 (Euglena), 單蟲 (Monads), 睡病蟲 (Trypanosomes).
- II 根足蟲綱(SARCODINA): 變形蟲 (Amoeba), 有孔蟲 (Foraminifera), 太陽蟲 (Heliozoa), 放射蟲 (Radiolaria).
- III 孢子蟲綱(SPOROZORA): 瘧蟲 (Plasmodium), 單囊蟲 (Microcystis).
- 纖毛蟲綱 (INFUSORIA): 草履蟲 (Paramecium), 鐘球蟲 (Vorticella).

B. 海綿動物門 (PORIFERA): (3,000 種)

- 筲海綿 (Leucosolenia), 指海綿 (Grantia).

C. 腔腸動物門 (COELENTERATA): (10,000 種)

- I 水螅水母綱 (HYDROZOA): 水螅 (Hydra), 蕨枝蟲 (Obelia), 鉤手水母 (Gonionemus).
- II 眞水母綱 (SCYPHOZOA): 水水母 (Aurelia).
- III 珊瑚綱 (ANTHOZOA): 海葵 (Sea Anemones), 珊瑚 (Corals).

D. 櫛水母門 (CTENOPHORA): (100 種)

胡桃水母 (Sea-walnuts)。

E. 扁形動物門 (PLATYHELMINTHES): (7,000 種)

I. 渦蟲綱 (TURBELLARIA): 片蛭 (Planaria)。

II. 吸蟲綱 (TREMATODA): 肝蛭 (Liver Flukes)。

III. 條蟲綱 (CESTODA): 條蟲 (Tapeworms)。

IV. 紐蟲綱 (NEMERTINEA): 紐蟲 (Nemertans)。

F. 圓形動物門 (NEMATHELMINTHES): (3,000 種)

I. 線蟲綱 (NEMATODA) 蛔蟲 (Ascaris), 旋毛蟲 (Trichinella),
十二指腸蟲 (Hookworm)。

II. 髮蟲綱 (NEMATOMORPHA): 金線蟲 (Gordius)。

III. 鉤頭蟲綱 (ACANTHOCEPHALA): 鉤吻蟲 (Echinorhynchus)。

G. 擔輪蟲門 (TROCHELMINTHES): (1,500 種)

輪蟲 (Rotifers), 腹毛蟲 (Gastrotricha)。

H. 苔蘚蟲門 (BRYOZOA): (3,000 種)

苔蘚蟲 (Bryozoans)。

I. 腕足門 (BRACHIOPODA): (130 種)

腕足蟲 (Brachiopod)。

J. 環形動物門 (ANNELIDA): (7,000 種)

I. 原環蟲綱 (ARCHIANNELIDA): 角蟲 (Polygordius)。

II. 多毛綱 (POLYCHAETA): 沙蠶 (Sandworms), 管棲蟲 (Tubeworms)。

III. 寡毛綱 (OLIGOCHAETA): 蚯蚓 (Earthworms), 水蚓 (Naiads)。

IV. 星蟲綱 (GEPHYREA): 星蟲 (Sipunculus)。

V. 蛭綱 (HIRUDINEA): 醫蛭 (Leeches)。

K. 棘皮動物門 (ECHINODERMATA): (5,000 種)

- I. 海盤車綱 (ASTERIODEA): 海星 (Starfishes).
- II. 蛇尾綱 (OPHIUROIDEA): 陽環足 (Brittle Stars)
- III. 海膽綱 (ECHINOIDEA): 海膽 (Sea Urchins).
- IV. 海參綱 (HOLOTHUROIDEA): 光參 (Sea Cucumbers).

L. 軟體動物門 (MOLLUSCA): (75,000 種)

- I. 雙神經綱 (AMPHINEURA): 石蠶 (Chi on).
- II. 掘足綱 (SCAPHOPODA): 象牙貝 (Dentalium).
- III. 腹足綱 (GASTROPODA): 蝸牛 (Snails); 蛞蝓 (Slugs).
- IV. 斧足綱 (PELECYPODA): 牡蠣 (Oysters), 文蛤 (Clams),
海扇 (Scallops), 鰓船蟲 (Shipworms).
- V. 頭足綱 (CEPHALOPODA): 槍鰩 (Squid), 章魚 (Octopus).
鸚鵡螺 (Nautilus).

M. 節足動物門 (ARTHROPODA): (700,000 種)

- I. 甲殼綱 (CRUSTACEA):
 - 1. 切甲亞綱 (ENTOMOSTRACA): 劍水蚤 (Cyclops), 水蚤 (Daphnia),
藤壺 (Barnacles).
 - 2. 軟甲亞綱 (MALACOSTRACA): 龍蝦 (Crayfishes), 螯蛄 (Lobsters),
蟹 (Crabs), 鼠婦 (Pillbugs).
- II. 蜘蛛綱 (ARACHNOIDEA): 蠍 (Scorpions), 蜘蛛 (Spiders),
小蟲 (Mites).
- III. 有爪綱 (ONYCHOPHORA): 櫛蠶 (Peripatus).
- IV. 多足綱 (MYRIAPODA): 蜈蚣 (Centipedes), 馬陸 (Millipedes).
- V. 昆蟲綱 (INSECTA): (較重要各目)

1. 缺翅目 (Aptera): 躍尾蟲 (Springtails), 衣魚 (Silverfish).
2. 直翅目 (Orthoptera): 螞蟴 (Cicadas), 蚱蜢 (Grasshoppers), 蝗 (Locust), 蟋蟀 (Crickets), 竹節蟲 (Walking-sticks), 蠶蟻 (Earwigs).
3. 等翅目 (Isoptera): 白蟻 (Termites).
4. 蟲目 (Anoplura): 虱 (Lice).
5. 蜻蛉目 (Odonata): 蜻蛉 (Dragonflies).
6. 半翅目 (Hemiptera): 臭蟲 (Bugs), 蚜蟲 (Aphids), 蟬 (Cicadas), 介殼蟲 (Scale-insects).
7. 脈翅目 (Neuroptera): 草蜻蛉 (Lacewings), 蠶獅 (Ant-lions), 魚蠅 (Fish-fly).
8. 鱗翅目 (Lepidoptera): 蝶 (Butterflies), 蛾 (Moths).
9. 雙翅目 (Diptera): 蚊 (Mosquitoes), 小蚊 (Midges), 馬蠅 (Botflies), 家蠅 (House flies).
10. 微翅目 (Siphonaptera): 蚤 (Fleas).
11. 鞘翅目 (Coleoptera): 甲蟲 (Beetles).
12. 膜翅目 (Hymenoptera): 蜜蜂 (Bees), 黃蜂 (Wasps), 蟻 (Ants), 鋸蠅 (Sawflies), 姬蜂 (Ichneumons).

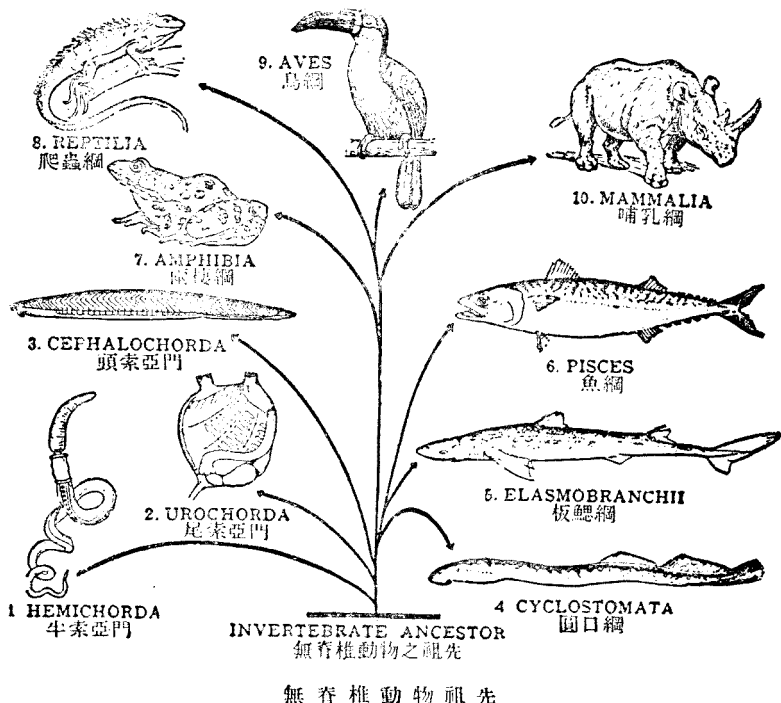
第十一章 動物界之回顧

(脊椎動物)

Survey of the Animal Kingdom

(Vertebrates)

截至現在，讀者已經綜覽各「門」下等動物，尙待檢討者爲動物界中鎮後最高等之一門，學名脊索動物(CHORDATA)；惟爲便利初讀者起見，專論脊椎動物部分。脊索動物種類不多，其體制可謂介於



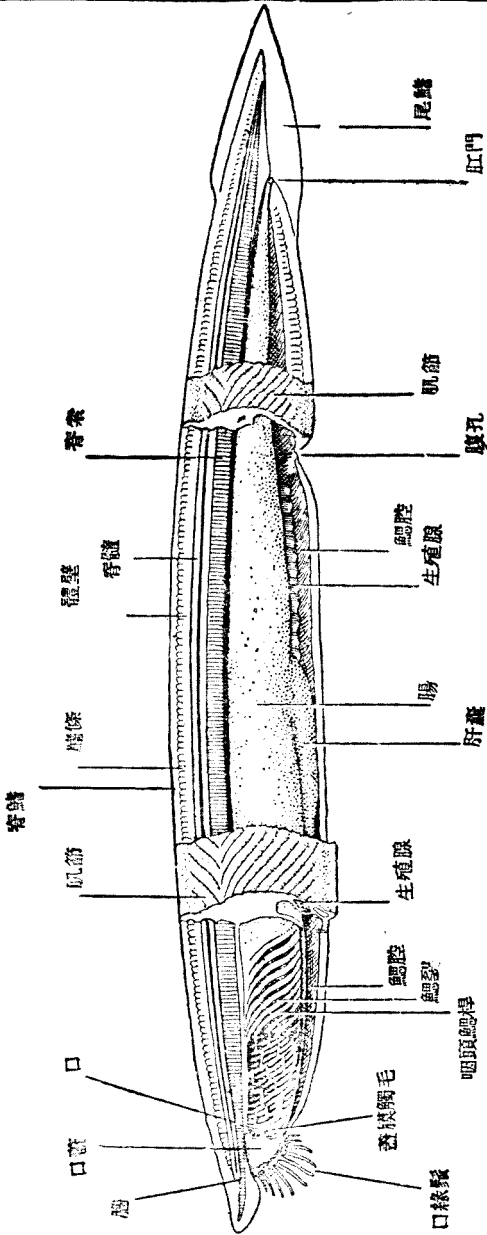
第184圖 指示各門脊索動物(Chordata)普遍關係。(仿 Hegner)

無脊椎動物與脊椎動物之間，背而祇有一條膠狀物之脊索（NOTO-CHORD），而未有脊椎動物之真正脊骨（VERTEBRA）；此外，脊索動物之背面有一神經管（NERVE TUBE），與數對鰓裂（GILL SLITS）司呼吸作用。脊索動物之脊索，可視為脊椎動物之脊椎之先驅，因脊椎動物之本體發展時，最初亦祇有脊索，以後脊椎漸漸組成，佔脊索之原然地位而代之。在原始脊索動物中，蛞蝓魚（Amphioxus）可謂最饒有興趣，因其體制與脊椎動物最接近也。（參考第184,185圖）

脊椎動物包括人類，所以書中所敘述人體之解剖與人體之生理，已足代表脊椎動物之解剖與生理，現在自無須再多此一舉，專論脊椎動物之分類，乃目前所切要。

脊椎動可分為五綱：即魚綱（PISCES），兩棲綱（AMPHIBIA），爬蟲綱（REPTILIA），鳥綱（AVES）與哺乳綱（MAMMALIA）。各綱動物之體制與生理非常一致，惟個體之外觀形態則大相懸殊。脊椎動物之主要特徵，除一律有脊索（成長體為脊椎），神經管（成長體為脊髓）與左右相稱之鰓裂外，體節之痕跡始終存在，並且擁有體腔，赤血球，一個腦裝於一個頭顱內，成雙成對之肢（鰭或足），及一條尾。（參考第184,186,212圖）

脊椎動物皆現代之動物：「動物界中最長於競爭者」，因各種族之生活狀況不同，而分佈於各種不同之環境，例如：魚類生長於水中，鳥類飛翔於空間，哺乳類棲息於陸地上，兩棲類可以生長於水中，亦可以棲息於陸地上，爬蟲類則大部分棲於陸上；兩者之繁盛時代皆已過去，幸而殘存者無幾。翻閱地質學史，即知爬蟲類曾有驚人之繁



第 185 圖 原始脊索動物即結蟪魚——Amphioxus (Branchiostoma Lanceolatus) 之解剖。

腦; Brain; 口蓋; Oral hood; 口蓋裂; Slits; 咽頭鰓桿; Pharyngeal Bars of Pharynx; 生殖腺; Gonad; 腸; Intestine; 肝臟; Liver diverticulum; 腹孔; Atriopore; 肛門; Anus; 尾鰭; Caudal fin.

盛時代，佔萬物之上風；自哺乳動物（包括人類）出世，爬蟲類即被貶於不重要之地位。

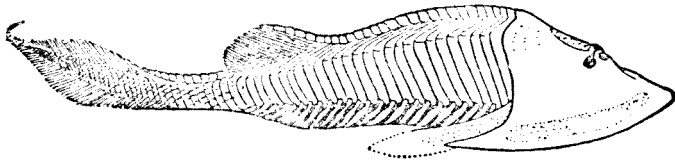
甲 魚綱

因終身棲於水中，魚類本體之設計，不如陸棲動物之完備，並且體積亦略遜。魚類有兩個主要特徵：第一，水有相當密度，魚體賴其支持，所以肌肉並不強固；成對之胸鰭，腹鰭及單獨之脊鰭，尾鰭與臀鰭之主要作用，為推進與駕駛其本體於水中。第二，有一套完善之呼吸物，惟不需要特別設備以維持呼吸膜潤濕，因水流自口腔流進，自鰓部流出，可以潤濕呼吸膜而有餘。（參考第 246 圖）

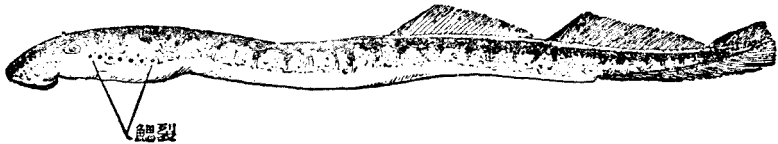
魚類未有保持體溫之機構，所以屬於冷血動物，此種情形 兩棲類與爬蟲類正相同。大多數魚類皆卵生（OVIPAROUS），產卵於水中；胎生（VIVIPAROUS）者祇有數種鮫（Sharks），卵子在母體內發育，長大為小魚後，始排出體外。

將最原始無鰭，未有上下顎，似魚之圓口類（CYCLOSTOMATA）及特殊之肺魚（Lung-fishes, DIPNOI）除外，魚類可分為兩大族：板鰓魚（ELASMOBRANCHII）與硬骨魚（TELEOSTOMI），前者之內骨骼完全為軟骨，後者之內骨骼大部分由硬骨代替軟骨。（參考第 187, 194 圖）

板鰓魚 板鰓魚為最原始之真正魚類，包括鮫，魷（Rays）兩族，過去亦曾繁盛一時，現在殘存者為數無幾。板鰓魚之異於硬骨魚者：具一軟骨內骨骼，鰓部由幾對鰓裂直接通於體外，皮膚上密佈齒質之



第186圖 一種面皮魚 (Ostracoderms) 類中之槓頭魚 (Cephalaspis), 最早脊椎動物化石。(由 Newman 仿 Patten)

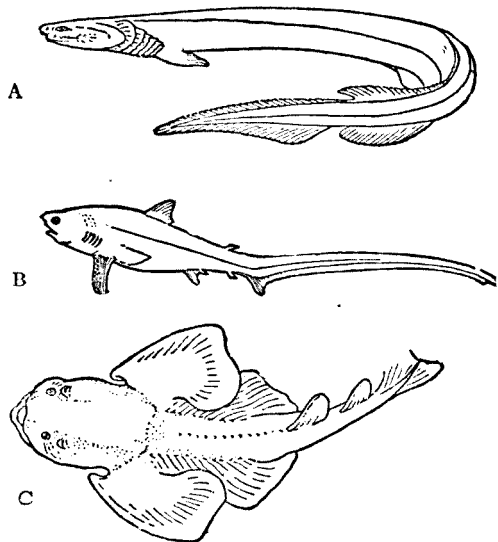


第187圖 圓口類 (Cyclostome)。八目鰻 (Lamprey, *Petromyzon Marinus*)。 (仿 Dean) 鰓裂, Gill slits.

楯鱗(PLACOID Scales).

鯊生於海洋中,以熱帶地方最多;產於沿海者,以角鯊(Dogfish, Sharks)最普通。角鯊常傷害漁人,惟其體積較小,為最合宜之實驗材料。(參考第188, 236圖)

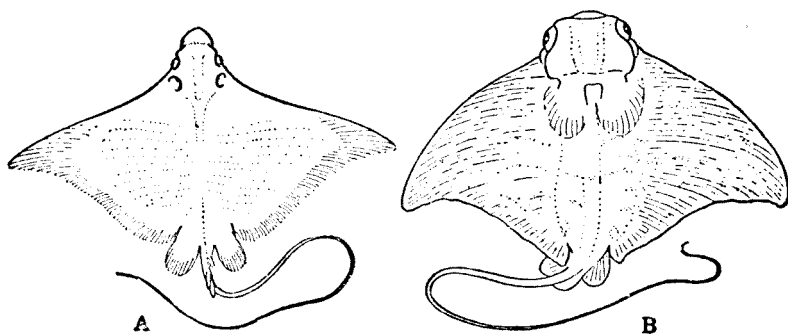
鯊有流線型之體態,游泳敏捷;鯊棲息於海底,體扁平,兩眼生於背面,口與鰓裂開口於腹面。最奇異最負盛名之鯊首推電鰩(Torpedoes),產於大西洋及地



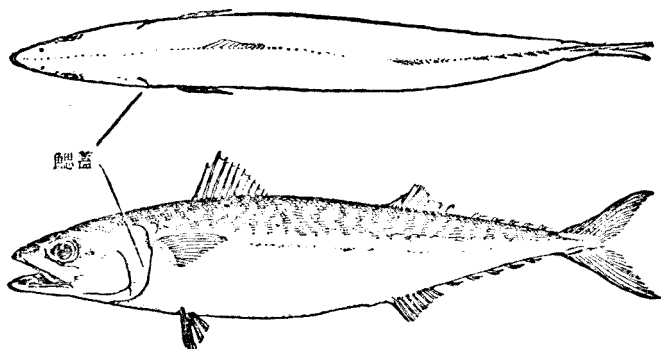
第188圖 鯊類(Sharks)。A. 鰓鯊(Frilled Shark, *Chlamidoselachus Anguineus*); B. 長尾鯊(Thresher Shark, *Alopias Vulpes*) C. 長納 (Angel Shark, *Phina Spuntina*)。 (由 Newman)

中海，皮下有六角柱形之發電器，能發生強電，掌諸手中，可受其感應而疼痛。（參考第 189 圖）

硬骨魚 硬骨魚為淡水產鹹水產動物，不論海，洋，江，河，到處皆有之；有硬骨之內骨骼，角質或石灰質之鱗被覆體表，為今日最繁盛之魚族。較原始之硬骨魚，一部分內骨骼仍為軟骨，祇有骨片而無角質或石灰質之鱗，例如產於美洲淡水中之長嘴硬鱗魚（Garpike）



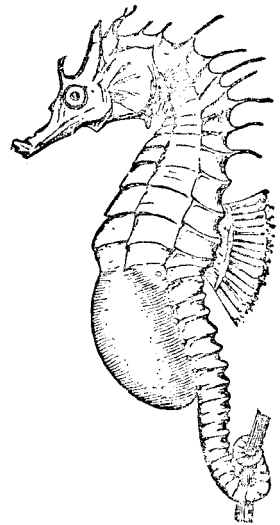
第 189 圖 A, 黃貂魚(Sting Ray, *Stoasodon narinari*); B, 鷹魷(Eagle Ray, *Mgliobatis aquila*). (由 Newman, 仿 Jordan, Evermann, 等)



第 190 圖 鯖(Mackerel *Scomber scombrus*)。 鰓蓋, Operculum.

與廣布於鹹水淡水中之鱈(Sturgeons), 惟數量甚少, 祇佔硬骨魚中百分之五。硬骨魚之鰓裂上咸蓋以一片突出之鱗(OPERCULUM), 或稱鰓蓋, 所以左右鰓各祇有一外開口, 在鰓蓋之後緣, 以排出流水。(參考第 190, 218, 225 圖)

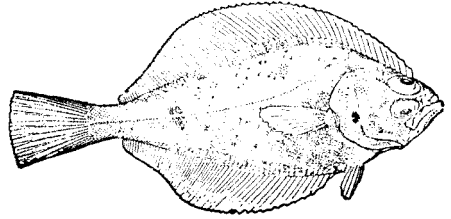
各種硬骨魚之產地不同, 而且生活情迥形異, 因此賴以迅速游泳之梭形體態大大更改, 而有種種不同之形式。例如蛇形之鰻(Eels), 怪狀之海馬(Sea-horses)與體薄而左右扁平之鱈(Flounders)與庸鱈(Halibuts)。鱈類初孵化時, 其體態與尋常之魚無異, 以後逐漸發展, 因本體過度扁平, 左側橫臥海底, 左側之眼亦漸漸移至右側, 結果兩眼均在右側, 所以有比目魚之別號。此外, 在水面跳躍滑走之種種飛魚(Flying-fishes)與隱居海底之深海魚(Deep-sea Fishes), 奇形怪式, 應有盡有。深海魚棲於深海底, 恆在數百尺深處, 陽光不能射到, 受極大之壓力與將近冰點之溫度。為適應此種非常之環境, 深海魚之體制乃發生重大變化, 或體具發光物, 或具特大之眼以攝收極微之光線, 或發光器與眼全付缺如, 而另有一種感覺器官以指示方向。深海魚之口, 腹亦特別大, 有時可以吞食與其本體一樣大小之魚類。總而言之, 深海魚適應本領之高, 真不可以言語



第 19 圖 海馬(Sea-horse, Hippocampus Antiquorum), 指示雄魚之臀鰭或抱卵囊(Brood pouch)。

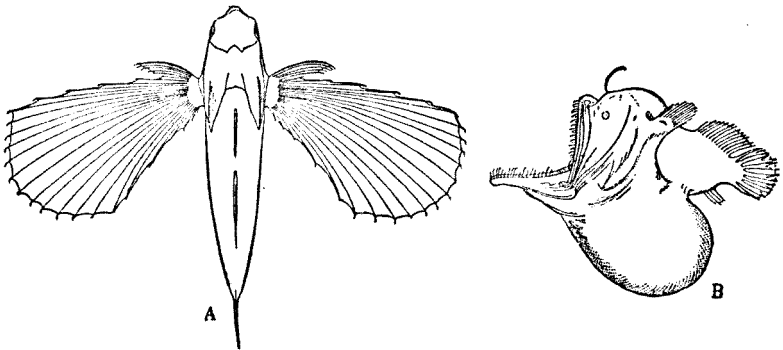
形容之。最後，硬骨魚之體態百出，體積亦大小懸殊，最小之蝦虎魚(Goby)，體長不滿四分，可算為脊椎動物中之最小者。(參考第191—193圖)

硬骨魚富有經濟價值，所以較進步之國家，不惜動用鉅額金錢以養魚，護魚，而發展漁業。可供食用之硬骨魚，大多數皆現代之種類，當泥盆紀魚類最盛時，真正硬骨魚尚未出現，大約在爬蟲時代之後，始繁殖孳生焉。(參考第383圖)



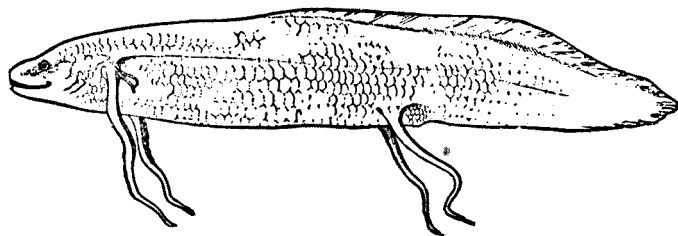
第192圖 比目魚(Flat-fish)。

肺魚 肺魚之鱗為覆瓦狀，鰓被於鰓蓋下，偶鰭如絲或如葉，鰾與食道相通，且具肺之功用，能如肺之鼓動故名。鼻腔與他魚異，通於口腔，骨骼不全化為硬骨，其他種種特徵，與兩棲類近似之處頗多；能水陸兩棲，在水中營鰓呼吸，水涸時則潛入泥中而營肺呼吸。

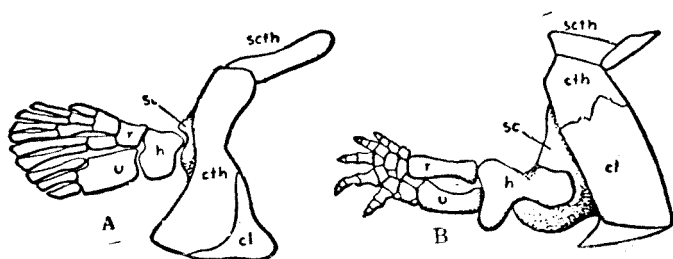


第193圖 A 文鰭魚，一稱飛魚(Flying-fish)；B 深海魚。(Deep-sea Fish)
(由 Gunther 與 Lull)

有人主張肺魚之進化階級，介於魚類與兩棲類之間，其實不然，因其大部分特徵，與下等之魚類相似也。肺魚在古生代亦曾繁盛一時，現在殘存者無幾。（參考第194圖）



第194圖 非洲肺魚(African Lung-fish, *Protopterus Annectens*).
(由 Dean)



第195圖 A. 葉鰭魚胸肢(Pectoral Limb)並肩帶(Shoulder)骨骼與
B 原始兩棲動物(Primitive Amphibia)胸肢,肩帶比較圖,相同拉丁文即是相同骨骼。(由 Newman. 仿 Romer)

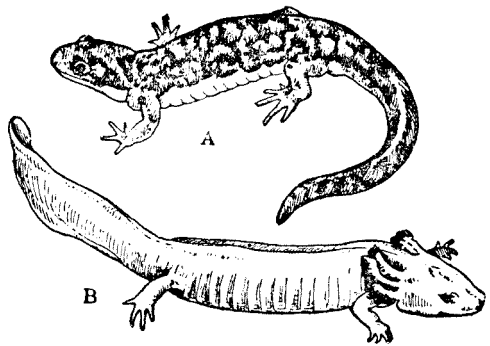
乙 兩棲綱

本綱吾人最習見之種類，如蛙 (Frogs)，蟾蜍 (Toads) 與變態 (Salamanders) 是也；若譽其在進化方面為一重要角色，亦不過度形容，因脊椎動物自水中而侵佔陸地，實以此為嚆矢也。脊椎動物在大陸上既得一立足地，因環境不同，乃發展肺以司呼吸，成對之肢代鰭

以支持體重，趾足 (PENTADACTYL limb) 之發展尤為陸棲脊椎動物最顯著之特徵，因一切高等脊椎動物咸賴趾足以支持體重而奔馳於茫無邊際之大陸。(參考第 195, 221, 222 圖)

兩棲類為冷血動物，皮膚黏滑而潤濕；大多數在其生命史上，初期有鰓，有尾，有鰓；待肺，肢發展完備，可以代替鰓鰓，始跨上陸地。按諸實際，當兩棲類之幼蟲變態至成蟲時，一部水中生活之體制完全變為陸棲生活之體制；個體之發展史重溫種族之系統史，不啻自提出其進化歷史。(參考第 306 圖)

幾乎一切兩棲動物皆有退回水中生產之習慣；當嚴冬氣候寒冷時，往往潛伏水底爛泥內渡其絕食生活，稱為冬眠 (HIBENATION)。在冬眠期內，既無從覓食，亦毫無動作。新陳代謝所以減至最低限度，體溫全受環境之支配；事實上，若置一青蛙於冰堆中，亦不至凍死。

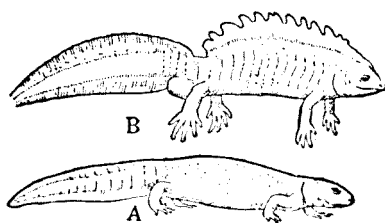


第 196 圖 A, 虎蠃 (*Amblystoma Amblystoma Tigrinum*); B, 泥狗 (*Necturus Necturus Maculosus*)。

現在生存之兩棲類，約一千四百種，凡終身有尾者列於有尾目 (CAUDATA)，幼蟲時期有尾，變態後無尾者列於無尾目 (SALIENTIA)。

有尾目 有尾目體長，皮裸出，四肢短，前後相隔頗遠，拙於步

行，幼蟲亦稱蝌蚪(TADPOLE)，無顯著之變態，並且隨種而異。有肺臟發展而鰓仍存在者；有鰓部消滅而鰓裂仍存在者；亦有鰓與鰓裂兩者均失掉者。一部分有尾類甚至失掉肺臟反而依靠潤濕之皮膚以司呼吸，此種事實顯示兩棲類並不全部進化以肺呼吸程度。

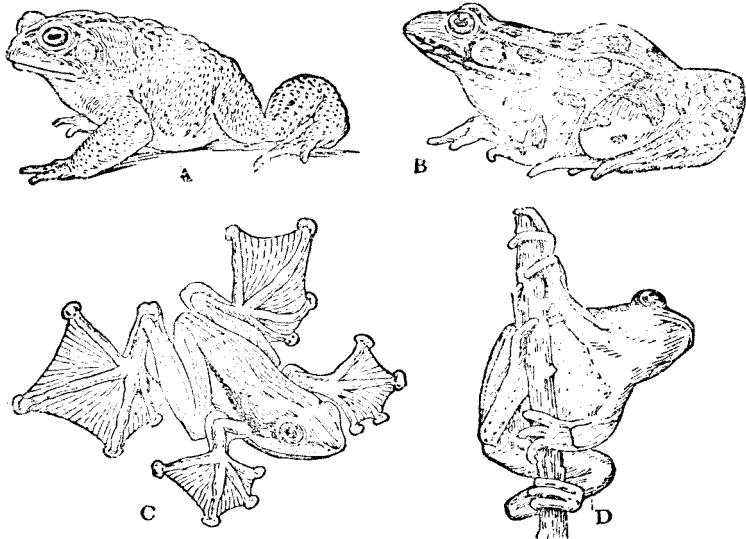


第197圖 水蜥 (Newt, *Triturus Cristata*)。A 雌體；B 雄體，皆生殖季節之姿勢。(由 Gadow)

兩棲類之有尾者包括泥狗(Mud-puppies, *Necturus*)，鮡魚(Hellbender, *Cryptobranchus*)，虎蟾(Tiger Salamanders, *Amblystoma*)與水蜥(Newts, *Triturus*)等。在實驗方面，有幾種有尾類成爲現代生物學家研究再生問題之絕好材料，因許多有尾類之本體，局部損傷，有迅速恢復原狀之能力；例如挖出眼球或割下一足，可以再生，甚至割下某「種」個體上之足，移接於另一「種」之身上，亦可以生長行動如固有者然。(參考第196,197圖)

無尾目 無尾類中之蟾蜍與蛙爲吾人所熟識，其個體自蝌蚪至生四肢，掉尾，以肺呼吸之成蟲，乃一井然有序完全變態。薄暮時，出現於塚前簷下之癩蝦蟆，卽蟾蜍——*Bufo Vulgaris* 種，吾人常見其跳躍不停，乃整隊出發捕食蚊蟲，爲人類除害；據專家統計，一隻蟾蜍，每年所撲滅之害蟲，無形中爲農夫節省二十金之損失。

樹蛙與樹蟾蜍體細小，趾端有吸盤，所以能攀緣樹木；其中尤以 *Hyla Versicolor* 種樹蛙最特別，可以改變其體色以適合種種不同之



第198圖 A 蟾蜍 (Toad, *Bufo Americanus*); B, 斑蛙 (Leopard Frog, *Rana Pipiens*); C, 飛蛙 (Java Flying Frog *Rhacophorus Pardalis*); D, 樹蛙 (Free Frog, *Hyla Versicolor*)。 (由 Newman, 仿 Dickerson 與 Lydekker)

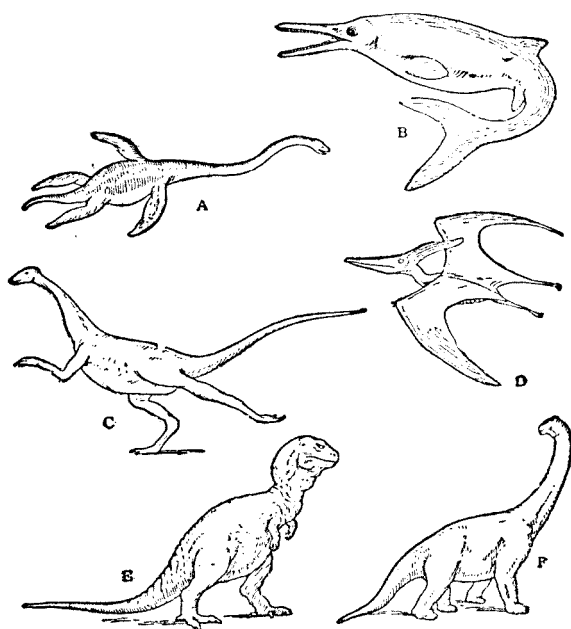
背景而避敵人之注目。(參考第 198 圖)

產於美洲之蛙多以下諸種：斑蛙 (Leopard Frog, *Rana Pipiens*)，巨蛙 (Bull Frog, *Rana Catesbeiana*)與青蛙 (Green Frog, *Rana Clamitans*)。關於蛙之生理與解剖，讀者在實驗室內已得到不少經驗，勿容贅述。(參考第 216, 222, 226 等圖)

丙 爬蟲綱

爬蟲類當然為兩棲類之直系後裔，惟陸棲之體制與生活狀況均比兩棲類進步：例如，破卵而出之個體即有四足與肺，不必經過變態之程序。所以爬蟲在中生代亦曾繁盛一時，有極大之羣衆，「種」與

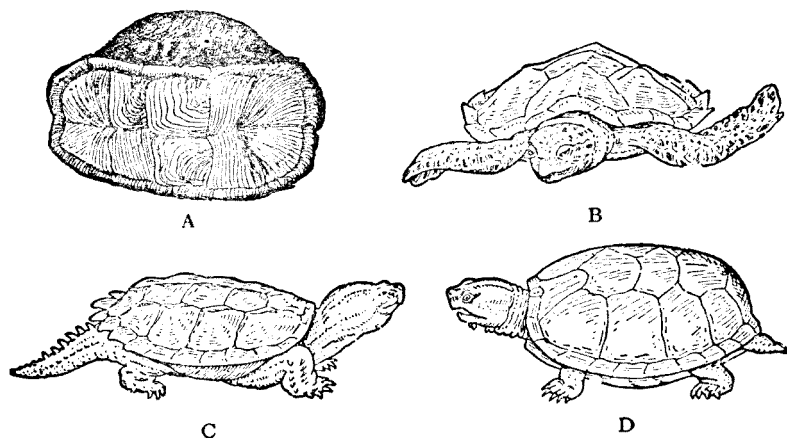
「亞種」多至不可勝數，不獨霸佔水，陸，並且稱雄空間，為萬物之王。自地層中掘出恐龍(Dinosaur)之化石，有體長達八十英尺者，體積之大，在動物界中，不獨空前，而且絕後。(參考第 199, 382 圖)



第 199 圖 中生代爬蟲。A. 蛇頸龍 (Plesiosaur); B. 海豚形龍 (Ichthyosaur); C. 駝鳥形恐龍 (Ostrich Dinosaur); D. 翼手龍 (Pterosaur); E. 食肉恐龍 (Carnivorous Dinosaur); F. 食草恐龍 (Herbivorous Dinosaur)。(由 Osborn)

雖則爬蟲之強盛時代已經過去，現在生存者尚有五千「種」，計分三目：即龜鼈目(TESTUDINATA)，包括龜(Turtles)鼈(Tortoises)類；鱷目(CROCODILIA)，包括尖鼻鱷(Crocodiles)短吻鱷(Alligators)類；與鱗蜴目(SQUAMATA)，包括蛇(Snakes)蜴(Lizards)類。

龜鼈目 體扁闊，包於兩狀之背甲(CARAPACE)腹甲(PLASTRON)內，背甲穹隆，腹甲平坦；覆以細鱗；兩顎無齒，被以角鞘；因有腹甲，故無胸骨。淡水，鹹水，陸地俱產，水棲者足成槳狀。黃龜又名箱龜(Box Turtle)最特別，其本體可以全部固封於腹甲背甲內。工業上所用之玳瑁皆鼈甲龜(Tortoise-shell Turtle)或玳瑁(Hawkbill)背甲上之骨質層。龜鼈雖無齒，惟其顎強而有力，能撕碎人畜皮肉，其中尤以齧龜(Snapping Turtle)最凶猛。(參考第200圖)

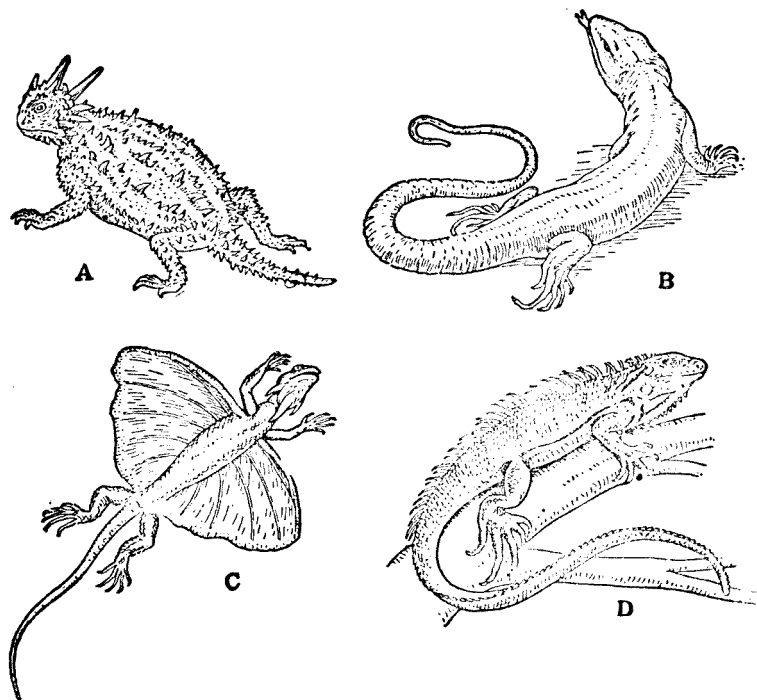


第200圖 龜類(Turtles)。A. 黃龜，一稱箱龜(Box Turtle)；B. 鼈甲龜(Tortoise-shell Turtle, *Eretmochelys Imbricata*)；C. 齧龜(Snapping Turtle, *Chelydra Serpentina*)；D. 泥龜(Mud Turtle, *Cinosternum Pennsylvanicum*)。(A. 由 Bamford；B. C. D. 仿 Lydekker)

鱷目 體延長似蜥蜴，皮厚。有堅固角質鱗；前肢五趾，後肢四趾，後肢間具蹼，覆以橫列鱗板；性凶暴而貪食，多產於熱帶河流。鱷皮用途頗廣，可以製革。

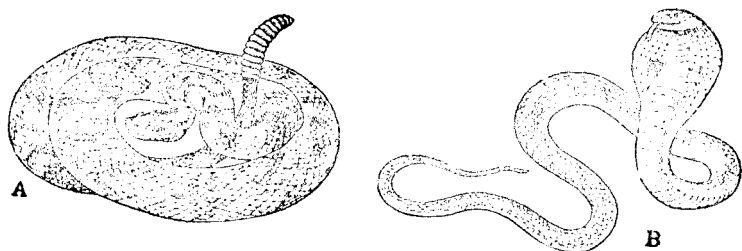
鱗蜴目 本目中蜥蜴類(Lizards)，全體被鱗，疊如覆瓦，尾長而四肢發達。形態醜陋，善捕害蟲，有鬃蜥(Iguana)，毒蜥(Gila

monster) 與角蟾 (Horned-toad) 種種。避役 (Chameleons) 可算爲最奇異之蜥蜴，體色善變化，由於表皮下有青綠赤黃之色素塊隨意伸縮，變成種種色彩，使與棲處同色，以便避敵襲食；一名十二時蟲，因其能隨時變色故也。(參考第 201 圖)



第 201 圖 蜥蜴 (Lizards)。 A, 角蟾 (Horned-toad *Phrynosoma Cornutum*)； B, 綠蜥 (European Lizard, *Lacerta Viridis*)； C, 飛龍 (Flying Dragon, *Draco Volans*)； D, 鬣蜥 (*Iguana Tuberculata*)。 (由 Newman 仿 Gadow 與 Lydekker)

蛇爲鱗蜥中一大類，體爲圓筒形而無肢，大多數卵生，胎生者亦有之。蛇爲最危險之動物，人人咸知，因許多毒蛇有毒腺，開口於毒



第202圖 A. 響蛇 (Pattlesnake, *Crotalis Durissus*); B. 眼鏡蛇 (*Cobra* *Naja Tripuaians*). (由 Newman, 仿 Lydekker)

牙，咬人而使中毒。響蛇 (Rattlesnakes)，銅頭蛇 (Copperheads)，眼鏡蛇 (Cobra) 與蝮蛇，一名五步蛇 (Moccasins) 皆最危險之毒蛇。有毒之毒蛇固然危險可怕，體長一丈餘至三丈之王蛇 (Boa) 與蟒蛇 (Python) 等，力大，善捲纏，能絞殺獸類而食之，為害亦烈。(參考第 202, 380, 381 圖)

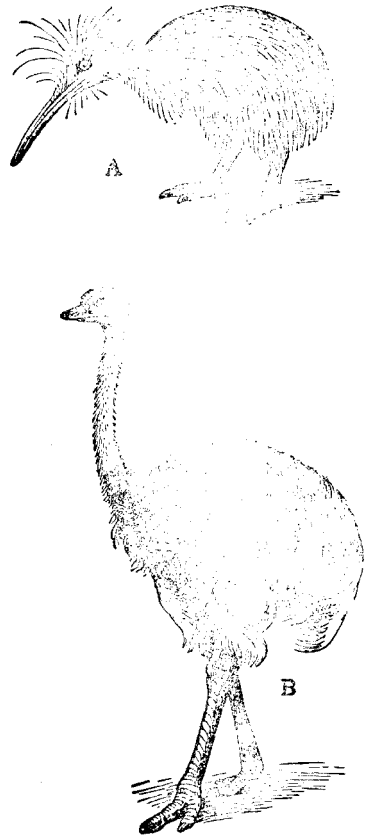
丁 鳥綱

鳥類為溫血動物 (HOMOTHERMAL animals)，適於空中生活，故本體各部構造，隨其環境而變化，體被不良導體之羽，前肢變形為翼，腰帶及後肢，支持其體重於陸上；呼吸系統極完全，故體溫較他種動物高。此等特殊之點使之適於飛翔。鳥類如此繁盛發達，端賴其善於孵卵護雛。鳥類為爬蟲類之後裔，或者為恐龍類之側支，因侏羅紀之化石始祖鳥 (Archaeopteryx) 有甚長之尾，尾羽對列，顎上之槽生齒，前肢中之三指，指端具爪，頗有爬蟲類之固有特徵。(參考第 383, 385 圖)

近代鳥之體制非常純一，或者因維持飛翔作用而有此種機構。爲保持軀體懸於空中，鳥類之心臟乃特別發達，使血液迅速循環全體各部，供給各部分所消耗之燃料；體內且有氣管系，所以肺臟中之空氣可以通至體腔內各氣囊及大部分骨骼內，以減輕體重。同時身體上之羽毛不獨保持體溫，翼羽與尾羽當飛翔時且有推進與駕駛之作用。體小而力大，所以鳥類不啻一部重於空氣之自動飛行機。

近代鳥分爲兩大部：平胸鳥(RATITAE)與突胸鳥(CARINATAE)，前者祇有極少數，後者佔大部分。平胸鳥包括鸛鴛(Apteryx)與鴛鳥(Ostriches)等，未有隆起如龍骨之胸骨以支持強有力之翼肌。

突胸鳥包括一切有「龍骨突起」(KEEL)之鳥類，約有二萬「種」。鳥類之分類，非常困難，欲求合乎理，又嫌煩瑣，大抵根據翼，足，角質喙之特徵及其生活習慣與棲地而決定之。(參考第 203, 204, 353 圖)



第 203 圖 A 鸛鴛(Kiwi, *Apteryx australis*); B, 鴛鳥(*Ostrich Struthio camelus*).

(由 Newman 仿 Evans)

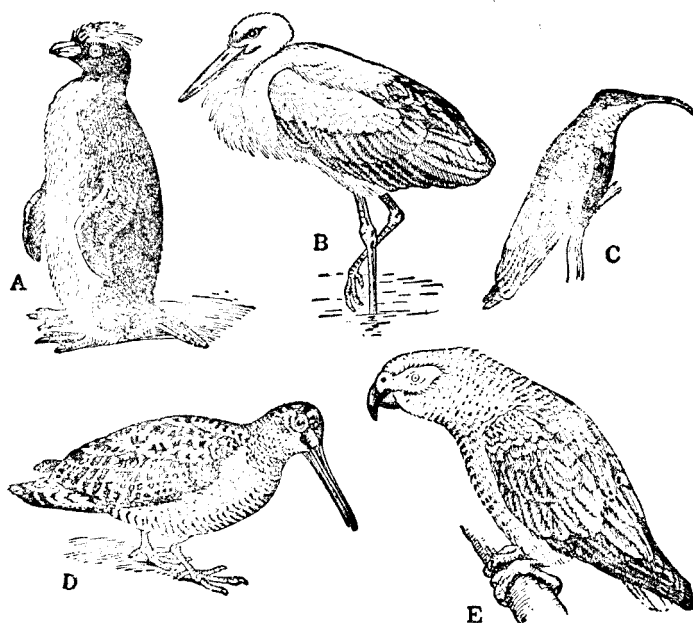


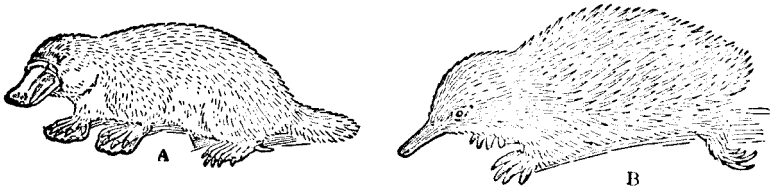
圖 20 突刺鳥 (Carnate Birds)。A. 企鵝 (Penguin, *Eudyptes Chrysocoma*)；B. 鶴 (Stork, *Ciconia Alba*)；C. 蜂雀 (Hummingbird, *Eulampis Jugularis*)；D. 山鵝 (Woodcock, *Scolopax Rusticula*)；E. 鸚鵡 (Parrot, *Psittacus Erithacus*)。 (仿 Lydekker 與 Evans)

鳥類中有常棲於同地者曰留鳥 (Resident Bird)；徘徊諸處漂泊不定者曰漂鳥 (Wandering Bird)；應氣候寒暖，年年於一定季節變易其住處者曰候鳥 (Migratory bird)。鳥類中又有益鳥，害鳥之別，食穀類者為害鳥，食昆蟲者為益鳥；後者當設法以保護之，故又名保護鳥。(參考第 389, 391 圖)

戊 哺乳綱

哺乳動物不獨為陸上最高等之種類，且為整個動物界中之最進步

者；哺乳動物包括人類在內，所以吾人亦最關懷注意。關於哺乳動物之解剖與生理，當吾人討論人體時已經領略其大概，自勿需另佔篇幅，所以現在專論其分類。

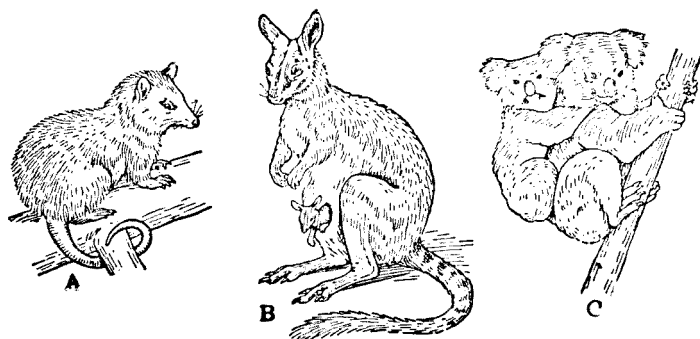


第 205 圖 一穴類 (Monotremes)。A, 鴨嘴獸 (Duckbill, *Ornithorhynchus Anatinus*)；B, 針鼹 (*Echidna Echidna Aculeata*)。(由 Newman)

哺乳類為溫血動物，體外多被毛，以肺司呼吸，除最下等之一種為卵生外，概屬胎生。當胚胎時期，在母體內自母體之血液中獲取養料；幼時必賴母體之乳汁喂之。以生殖方法為標準，哺乳類可分為二亞綱：原獸亞綱 (PROTOTHERIA) 包括卵生之一穴類 (MONOTREMES)；真獸亞綱 (EUTHERIA) 包括一切胎生之哺乳動物。真獸亞綱又分為二部：二子宮部 (DIDELPHIA) 亦稱有袋部，包括有袋類 (Marsupials)；單子宮部 (MONODELPHIA) 亦稱有胎盤類 (Placentals) 包括一切擁有一個胎盤之哺乳動物。

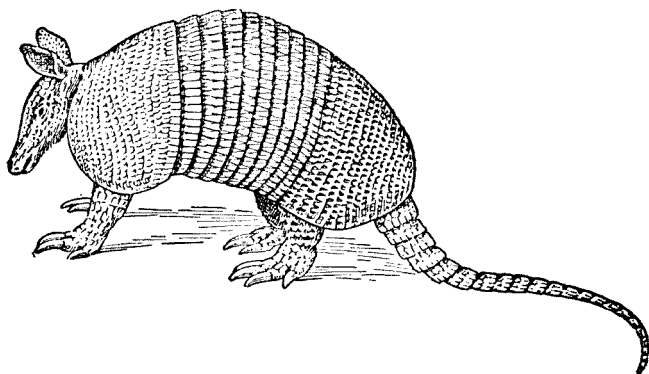
一穴類 一穴類為最原始之哺乳動物，概卵生；此種特徵顯示其有爬蟲之祖先。一穴類雖然卵生，幼時亦賴其母體之乳汁喂之。羣衆無多，祇有三「種」，體積大小與野兔彷彿：鴨嘴獸 (Duckbill) 產於澳洲及新·斯幾尼 (New Guinea)，針鼹 (Echidna) 亦產於澳洲及新·斯幾尼 兩地，長嘴針鼹 (Praechidna) 則祇生於新·斯幾尼。(參

考第 205 圖)



第 205 圖 有袋類 (Marsupials). A. 負鼠 (Virginia Opossum *Didelphys Virginiana*); B 鼯 (Wallaby, *Petrogale Xanthopus*); C, 考拉 (Koala, *Phascogale Cinereus*). B 與 C 負鼠。(仿 Vogt 與 Specht. 等)

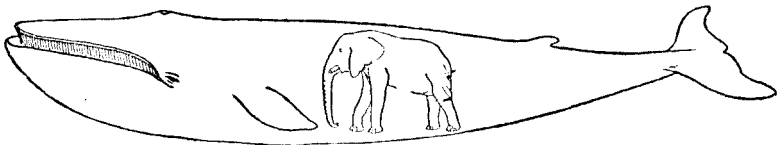
有袋類 雌者腹部有袋 (MARSUPIUM), 支以二袋骨, 雖係胎生而無胎盤, 故幼兒生產時尚未完全, 後育於袋中, 就袋中哺乳。牡者對於牝者之複瞳, 有叉狀龜頭。有袋類祇產於澳洲羣島, 不能與高等哺乳類競爭, 而且受地理之隔離, 現在逐漸減少。有袋類中最顯著



第 207 圖 負齒類 (Edentate). 九絆犛狨 (Texas Ninebanded Armadillo. *Dasypus Novemcinctus Texanus*). (由 Newman)

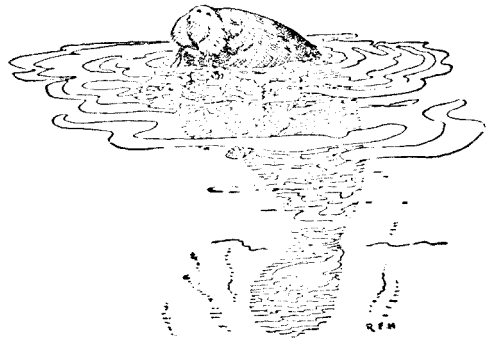
者爲澳洲之袋鼠(Kangaroos)與鴛(Wallabies)及散布於歐美之負鼠(Virginia Oposum)。(參考第206圖)

有胎盤類 有胎盤類包括其他一切哺乳動物，自下等之食蟲類(INSECTIVORA)如裸尾獸(Gymnura)與猬(Hedgehog)，至最高等之靈長類(PRIMATES)包括人類在內。凡有胎盤之動物，胎兒未產生前，咸在一極複雜之胎盤內自母體獲取給養，並受母體之保護。胎盤及胚胎之胎膜，有極重要之作用，且有深長之意義在焉，因有胎盤類擁有此種特別構造，方得而在動物界中佔最優越之地位。(參考第257圖)



第208圖 長鯨(Sulfur-bottom Whale *Sibbaldus Musculus*)，與非洲象(African Elephant *Loxodonta Africana*)大小比例。(仿 Lull)

有胎盤類輻射適應各種環境，而且有各式不同生活習慣，自水棲之鯨至飛翔空間之蝙蝠，掘地之鼯鼠至直立之人類，表示有胎盤類適應本領之強，動物界內最善於適應之蟻類，亦望塵莫及。有胎盤類之適應問題如此複雜，所以分類大感困難，爲便利初學者起見，專就



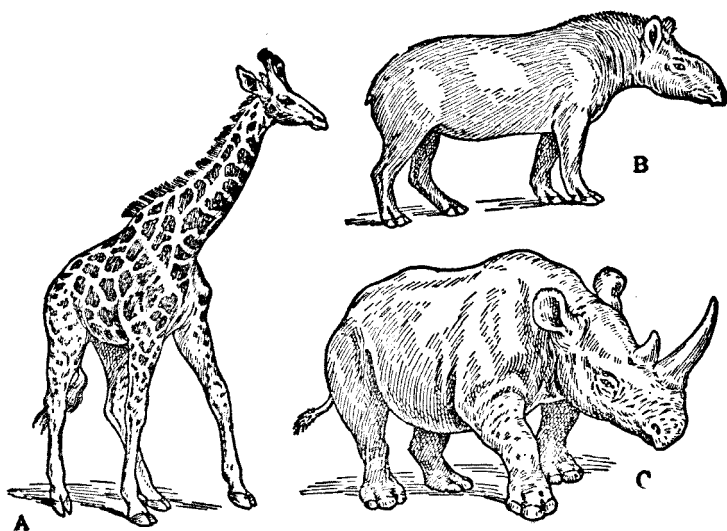
第209圖 海牛(Florida Sea-cow *Manatus Americanus*)。

齒與足之構造與生理諸要點上分之爲四組。(參考第346圖)

有爪組(UNGUICULATES)有極大之羣衆：例如食蟲目(INSECTIVORA)包括裸尾獸，獾與鼯鼠(Moles)(參考第346,349圖)；貧齒目(EDENTATA)包括樹獼(Sloths)，食蟻獸(Anteaters)與犛犛(Armadillos)(參考第207,346圖)；及食肉目(CARNIVORA)包括貓，狗，熊(Bears)與海豹(Seals)等。(參考第223圖)

游水目(CETACEA)可另列爲一組，包括鯨(Whales)，五島鯨(Porpoises)與海豚(Dolphins)等。(參考第208,350,377圖)

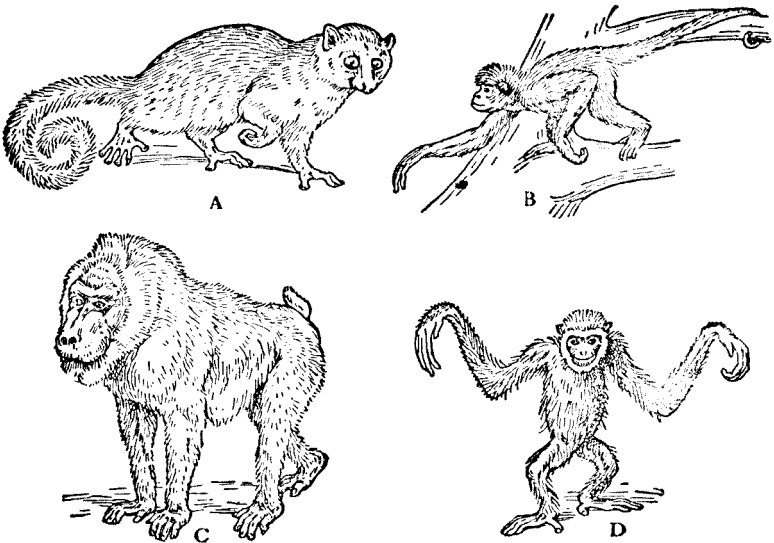
有蹄組(UNGULATES)皆食草動物，亦有極大之羣衆：例如偶蹄目(ARTIODACTYLA)包括豬，羊，駱駝，獾(Tapirs)，鹿，長



第210圖 有蹄類(Ungulates). A 長頸鹿(Giraffe *Giraffa Camelopardalis*); B 獾(American Tapir *Tapirus Terrestris*); C. 犀(African *Rhinoceros Bicornis*). (由 Newman 仿 Bedard 與 Lydekker)

頸鹿(Giraffes), 與河馬(Hippopotami)等; 奇蹄目(PERISSODACTYLA)包括馬, 犏與犀(Rhinoceroses); 長鼻目(PROBOSCIDEA)包括各種象與水棲之海牛目(SIRENIA)包括海牛(Manatees)等。
(參考第 209, 210, 386, 387 圖)

靈長目(PRIMATES)當然另列為一組, 包括狐猴(Lemurs), 猿, 猴與人。靈長類有可攪握之手, 有智識, 故稱為「有思想哺乳動物」, 為萬物之靈。(參考第 211, 378 圖)



第 211 圖 靈長類 (Primates)。A 狐猴 (Dwarf Lemur, *Microcebus Smithii*); B 蛛猴 (Spider Monkey, *Ateles Ater*); C. 狒狒 (*Mandrill Papio leucophaeus*); D 長臂猿 (Gibbon, *Hylobates Lar*)。 (由 Newman 仿 Leddard 與 Lydekker)

截至現在, 自原生動物至哺乳動物, 吾人已經綜覽動物界之全部, 雖然比較簡略, 已足提高初學者之眼界, 並且發見許多重要事

實，令人感覺而相信生命變化無窮，生物進化並無止境。似乎大自然不斷舉行實驗，製造一「門」又一「門」，有先盛後衰者，有不進不退者；亦有非常進步而仍繼續上進者，如節足動物與脊椎動物是也。大自然所造就各「門」動物，並不是皆有實用，祇有少數不屈不撓，向前奮鬥，於是在動物界中得佔優勢，而成立為較高等之「門」。如前所述，則生理與構造兩點在整個動物界內有連續不斷之趨勢，並且提示「有變傳遞」之確切。

己 脊椎動物分類 Synoptic Classification of Vertebrates

脊索動物門 (CHORDATA): (70,000 種)

半索亞門 (ENTEROPNEUSTA): 柱頭蟲 (Polychoglossus)。

尾索亞門 (TUNICATA): 海鞘 (Tunicates), 白海鞘 (Styela)。

頭索亞門 (LEPTOCARDIA): 蛞蝓魚 (Amphioxus)。

脊椎動物亞門 (VERTEBRATA):

I 圓口綱 (CYCLOSTOMATA): 八目鰻 (Lamprey)。

II. 板鰓綱 (ELASMOBRANCHII): 鯊 (Sharks), 魷 (Rays)。

III 魚綱 (PISCES): (30,000 種)。

1 硬骨魚亞綱 (Teleostomi): 鯖 (Mackerel), 鱒 (Trout), 鱈 (Cod),

鱧 (Perch), 金魚 (Goldfish)。

2 肺魚亞綱 (Lipnoi): 肺魚 (Lung-fishes)。

IV. 兩棲綱 (AMPHIBIA): (2,000 種)

1 無足目 (Apoda): 盲裸蛇 (Coecilians)。

2. 有尾目 (Caudata): 泥狗 (Necturus), 蝶螈 (Salamander).
鯢魚 (Cryptobranchus), 斑螈 (Amblystoma).
3. 無尾目 (Salientia): 蛙 (Frogs), 蟾蜍 (Toads).

V. 爬蟲綱 (REPTILIA): (6,000 種)

1. 龜鱉目 (Testudinata): 龜 (Turtles), 鼈 (Tortoises).
2. 嘴頭目 (Rhynchocephalia): 新西蘭蜥蜴 (Sphenodon).
3. 鱷目 (Crocodylia): 長嘴鱷 (Crocodiles), 短吻鱷 (Alligators).
4. 鱗蜥目 (Squamata): 避役 (Chameleons), 蜥蜴 (Lizards).
蛇 (Snakes).

VI. 鳥綱 (AVES): (15,000 種)

- 古鳥亞綱 (Archaeornithes): 始祖鳥 (Archaeopteryx).
- 近鳥亞綱 (Neornithes):
- 平胸部 (Ratitae): 鸕鶿 (Apteryx), 駝鳥 (Ostrich).
- 突胸部 (Carinatae): 尋常鳥

VII. 哺乳綱 (MAMMALIA): (10,000 種)

- 原獸亞綱 (Prototheria): 鴨嘴獸 (Duckbill), 針鼹 (Echidna).
- 真獸亞綱 (Eutheria):
- 二子宮部 (Didelphia): 負鼠 (Opossums), 袋鼠 (Kangaroos).
- 單子宮部 (Monodelphia):
1. 食蟲目 (Insectivora): 獾 (Hedgehog), 鼯鼠 (Moles),
鼯鼠 (Shrews), 裸尾獸 (Gymnura).
 2. 貧齒目 (Edentata): 樹懶 (Sloths), 食蟻獸 (Anteaters),
犛犛 (Armadillos).
 3. 翼手目 (Chiroptera): 蝙蝠 (Bats).

4. 齧齒目 (Rodentia): 鼠(Rats), 鼯鼠(Mice), 兔(Rabbits), 松鼠(Squirrels), 海狸(Beavers), 豪猪(Porcupines), 天竺鼠(Guinea-pig).
5. 食肉目 (Carnivora): 貓(Cats), 狗(Dogs), 熊(Bears), 海豹(Seals), 海象(Walruses).
6. 游水目 (Cetacea): 鯨(Whales), 五島鯨(Porpoises), 海豚(Dolphins).
7. 有蹄目(Ungulata): 馬(Horses), 獾(Tapirs), 河馬(Hippopotami), 駝峰(Camels), 牛(Oxen), 羚羊(Antelopes), 長頸鹿(Giraffes), 猪(Pigs), 犀(Rhinoceroses), 象(Elephants).
8. 海牛目(Sirenia): 海牛(Manatees).
9. 靈長目(Primates): 狨(Marmosets), 狐猴(Lemurs), 猴(Monkeys), 猩猩(Orangs), 大猩猩(Gorillas), 黑猩猩(Chimpanzees), 人(Homo Sapiens).

第十二章 動物本體

The Animal Body

脊椎動物 Vertebrates

吾人如果默察大自然之法則，一定處處發現茫茫現象，爲微妙行動所造成。——Spencer

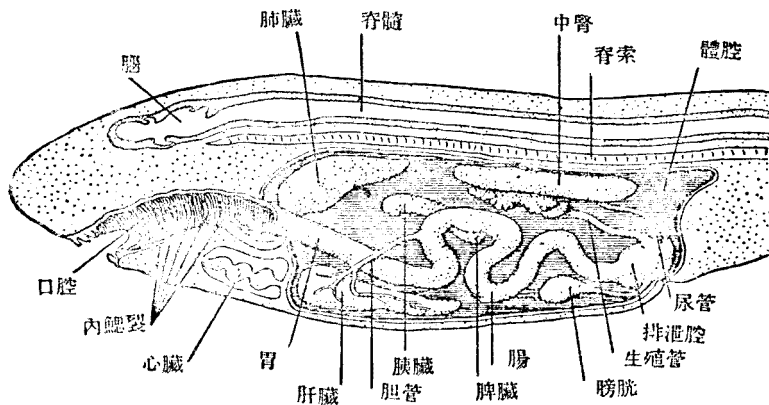
脊椎動物或稱有背骨之動物，佔動物界中一大部分，爲吾人最熟悉之種類，包括魚類 (Fishes)，兩棲類 (Amphibians)，爬蟲類 (Reptiles)，鳥類 (Birds)，及哺乳類 (Mammals)；再加入少數較原始之動物，如蛞蝓魚 (Amphioxus) 等，合成脊索動物門 (Phylum CHORDATA)。脊索動物乃動物界中登峯造極之種類。(參考第 184 圖)

人人皆知魚乃水生有背骨之動物，有鰓司呼吸，有鰭司運動。兩棲類中例如青蛙，當發展初期，狀極似魚，待蝌蚪時期 (Tadpole Stage) 告終，肺部出現，鰓即消滅，並且有五趾之肢代鰭司運動，此時個體脫離水中生活，而成陸棲動物。爬蟲動物亦可當作兩棲動物，不過蝌蚪時期已被放棄，胚胎出卵而有四肢與肺。鳥類與哺乳類皆可稱爲爬蟲類之後裔——即自爬蟲類演化下來；鳥羽，獸毛，皆爬蟲之鱗之變形——化成。此外鳥類與哺乳類皆能喂護幼小。就胚胎發展而論，鳥類由卵孵化，哺乳類則在母親體內發育，待個體成形而產生。(參考第 188—211, 225—228 圖)

當然脊椎動物亦有種種特徵可以滿足分類上之需要，待后詳細討論之。但實際上脊椎動物體部結構之差異，尚不若節足動物中之甲殼部 (Crustacea) 所屬之種類相差之巨。既如上述，現在吾人欲知脊椎動物體部之結構，與生理機能，可用一個理想個體解釋之。單就脊椎動物之共同特徵作一檢討，遇有詳細討論之特點，則分別敘述之；對於人體之結構與生理，猶不厭求詳。

甲 身體之設計 Body Plan

一個脊椎動物之理想個體，幾乎不出一圓柱狀；若用一垂直平面，將個體自前端至後端經過主軸分為二部，一定左右相稱。每個個體皆



第 212 圖 脊椎動物之理想體構模型。縱剖面。

腦, Brain; 肺臟, Lung; 脊髓, Spinal cord; 中腎, Mesonephros; 脊索, Notochord; 體腔, Coelom; 口腔, Oral Cavity; 內鰓裂, Internal Gill Slits; 心臟, Heart; 胃, Stomach; 肝臟, Liver; 膽管, Bile Duct; 胰臟, Pancreas; 脾臟, Spleen; 腸, Intestine; 尿管, Urinary Duct; 排泄腔, Cloaca; 生殖管, Genital Duct; 膀胱, Urinary Bladder.

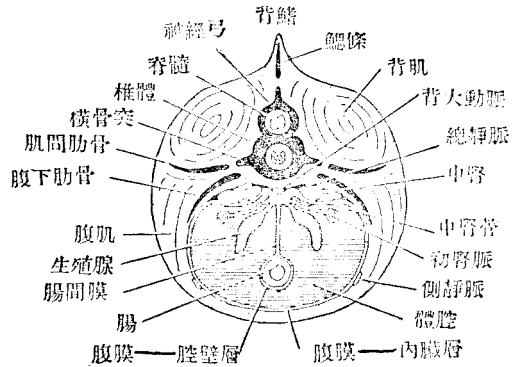
有三主要部分：即頭 (HEAD)，軀幹 (TRUNK)，與尾 (TAIL)，有時介於頭與軀幹之間，可另分出一頸部 (NECK)。(參考第 212, 213 圖)

頭位於體之前端，
 上有腦，耳，目，口，
 鼻，亦稱鼻竅 (ANTERIOR NARES)，及
 喉，亦稱咽頭 (PHARYNX)。頭之兩邊，口
 腔之後，有一排裂孔，
 稱為鰓裂 (GILL SLITS)。鰓裂直達咽頭，
 陸棲脊椎動物之鰓裂則
 在未成年前沒跡。

軀幹乃個體之本
 部，內有體腔；循環，

排泄，及生殖諸器官之主要部分，以及消化管之大部分（直至肛門之開口），皆在體腔之內。

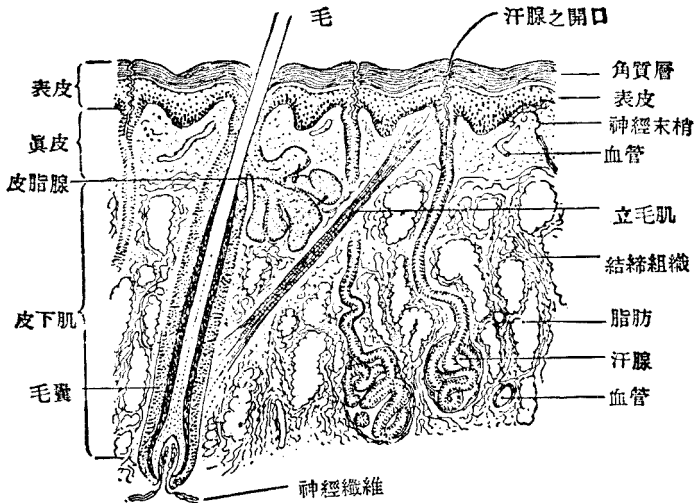
大多數水生脊椎動物，軀幹之後端，即體腔與肛門之後端，漸漸縮小而形成尻尾，如是，尻尾亦由脊骨構成。無脊椎動物之尾，則限於最後一體節，肛門之開口亦在其上；多數陸棲脊椎動物之尾，幾乎形似一不規之肢。



第 213 圖 脊椎動物之理想結構模型，橫剖面。
 神經弓, Spinal Arch; 脊髓, Spinal Cord; 椎體, Centrum of Vertebra; 橫骨突, Transverse Process; 肌間肋骨, Intermuscular Rib; 腹下肋骨, Subperitoneal Rib; 腹肌, Ventral Muscle; 生殖腺, Gonad; 腸間膜, Mesentery; 腸, Intestine; 腹膜——腔壁層, Peritoneum-visceral Layer; 背鰭, Dorsal Fin; 鰓條, Fin Ray; 背肌, Dorsal Muscles; 背大動脈, Dorsal Aorta; 總靜脈, Cardinal vein; 中腎, Mesonephros; 中腎管, Mesonephric Duct; 初腎管, Pronephric Duct; 側靜脈, Lateral Vein; 體腔, Coelom; 腹膜——內臟層, Peritoneum-parietal Layer.

脊椎動物之體腔，包括二大部——一較大之腹腔(ABDOMINAL Chamber)，與一略小之前腔。魚之前腔即心腔(PERICARDIAL Chamber)。魚類以上之脊椎動物，前腔分爲二部——一心腔包被心臟，一肺腔(PLEURAL Chamber)包被肺臟。體腔之表膜稱爲腹膜(PERITONEUM)，爲體壁最內之一層；或包被內部器官，或摺成薄膜，稱腸間膜(MESENTERIES)，懸掛體腔之內。哺乳類胸部(THORAX)之內臟，賴一肌肉組織之隔膜，即——橫隔膜(DIAPHRAGM)與腹腔隔離。(參考第225—228圖)

水生脊椎動物，軀幹部與尾部之上面，各有一伸展組織，成中間



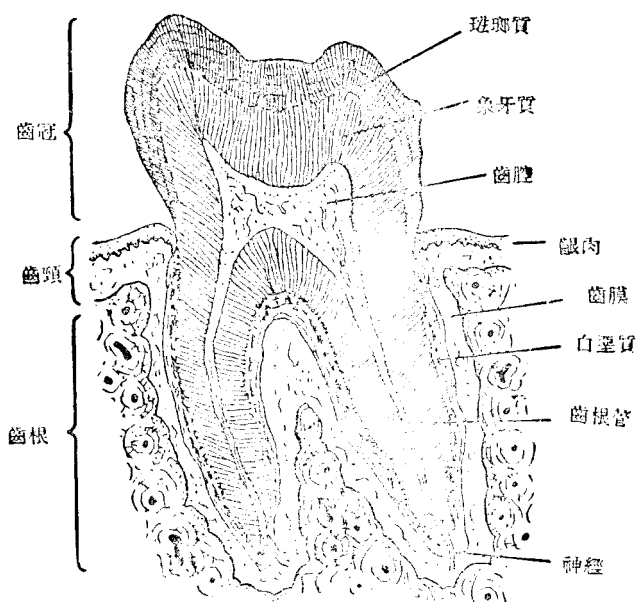
第 214 圖 人之皮膚，縱剖面。

表皮, Epidermis; 真皮, Dermis; 皮脂腺, Sebaceous Gland; 皮下肌, Subcutaneous Tissue; 毛囊, Hair follicle; 毛, Hair; 汗腺口, Opening of Sweat Gland; 角質層, Horny Layer; 表皮, Epithelium; 神經末梢, Nerve Ending; 血管, Blood Vessel; 立毛肌, Muscle to Hair; 脂肪, Fat; 結締組織, Connective Tissue; 汗腺, Sweat Gland; 神經纖維, Nerve Fiber.

鰭 (MEDIAN FINS). 介於頭部與軀幹部之間，有一對胸鰭 (PECTORAL FINS). 介於軀幹部與尾部之間，有一對腰鰭 (PELVIC FINS). 魚類以上之動物，則有前肢 (FORE LIMBS) 代胸鰭，後肢 (HIND LIMBS) 代腰鰭，亦即脊椎動物固有之側出四肢。

乙 皮膚 Skin

與環境直接接觸之體表有一層包皮即——皮膚，包蔽全體。皮膚之主要機能，為防護，與感覺兩者，但亦有多少呼吸，排泄，及分泌作



第215圖 人齒。縱剖面。

齒冠, Crown; 齒頸, Neck; 齒根, Root; 琺瑯質, Enamel; 象牙質, Dentine; 齒腔, Pulp; 齦肉, Gum; 齒膜, Periosteum; 白堊質, Cement; 齒根管, Root Canal; 神經, Nerve.

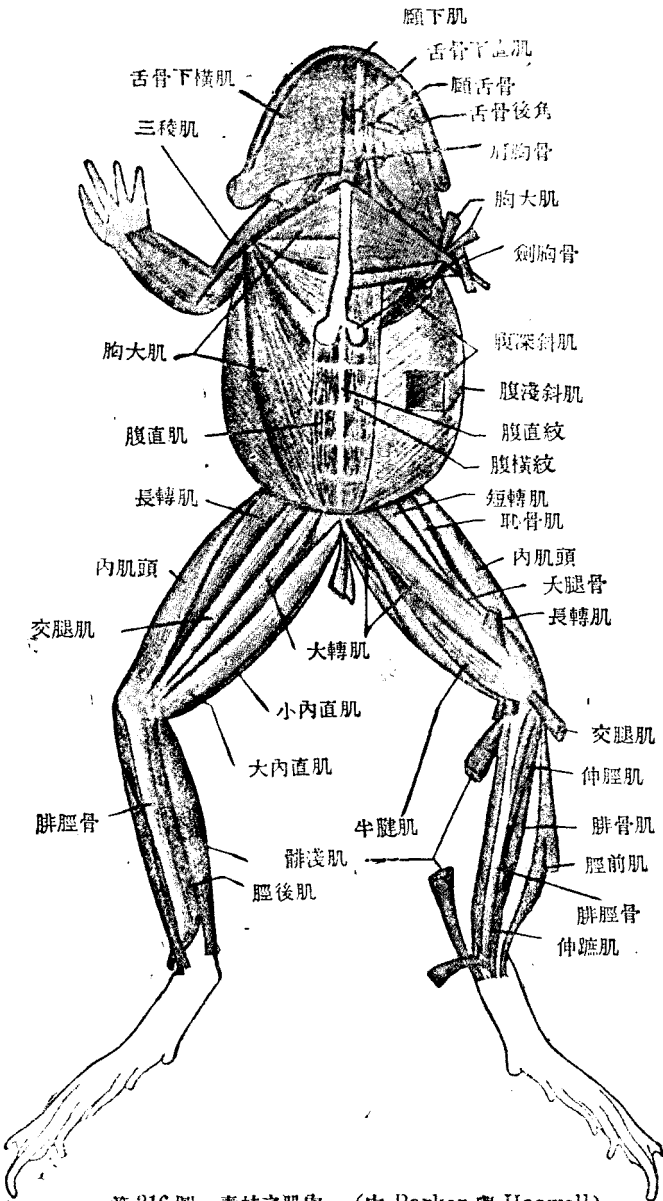
用。鱗，角，羽，毛，爪，蹄，指甲及牙齒等等皆皮膚之分化物。脊椎動物之皮膚，與無脊椎動物之皮膚不同，有二主要層，外面之上皮組織稱表皮 (EPIDERMIS) 由外胚層化成，下面之真皮 (DERMIS) 由中胚層化成。(參考第 214, 215 圖)

上皮本身實由數層細胞組成，最下層之細胞分裂能力極強，由是漸積漸多向上發展，另構成一表面層，細胞亦變扁平乾燥。表面層與小皮 (CUTICLE) 有別，所以不可與節足動物之上皮混淆。真皮為一種結締組織，內含血管，神經，及各種腺，位於肌肉層之上，上皮層之下。

丙 肌肉 Muscles

肌肉為體壁本部之主要組織，俗人常稱為「肉」。體壁之厚薄不一因位置之不同而異，在個體之內，如——背部肌肉包圍胸與脊髓（即中樞神經系統 (CENTRAL NERVOUS SYSTEM)，及支持主軸（即脊索 NOTOCHORD）。在個體之腹面肌肉則成體腔之壁。下等脊椎動物與高等脊椎動物之胚胎時期，體部之肌肉有極顯明之節片稱為肌肉節 (MYOTOMES)；待高等脊椎動物長大成年，肌肉節之界限亦逐漸消失，因肌肉纖維已經發展為極複雜之長條，延長至四肢各部。(參考第 212, 213 圖)

附於骨骼上之肌肉，可以隨意而伸縮，所以稱為隨意肌 (VOLUNTARY MUSCLES)。腑臟部之肌肉，其行動皆不受拘束，乃稱為不隨意肌 (INVOLUNTARY MUSCLES)。根據顯微鏡下之視察，



第 216 圖 青蛙之肌肉。(由 Parker 與 Haswell)

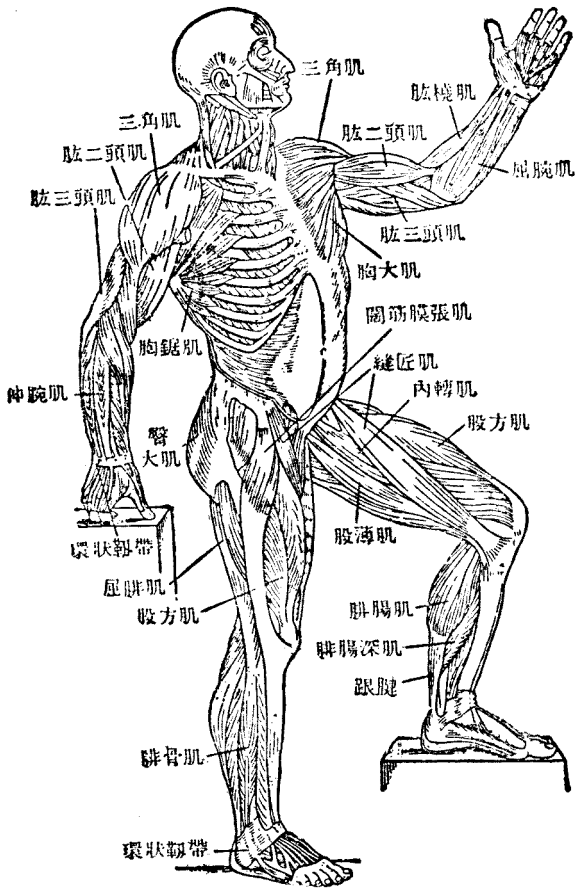
舌骨下橫肌, Mylohyoid; 肩胸骨, Ommosternum; 三稜肌, Deltoid; 胸大肌, Pectoralis; 劍胸骨, Xiphisternum; 腹直肌, Rectus Abdominis; 腹深斜肌, Obliquus Internus; 肩轉肌, Adductor Longus; 腹淺斜肌, Obliquus Externus; 內肌頭, Vastus Internus; 腹直紋, Linea Alba; 交腳肌, Sartorius; 腹橫紋, Inscriptio Tendinea; 腓脛骨, Tibiofibula; 短轉肌, Adductor Brevis; 大轉肌, Adductor Magnus; 髌骨肌, Pectineus; 小內直肌, Rectus internus Minor; 大內直肌, Rectus Internus Major; 大腿骨, Femur; 半腱肌, Semi-tendinosus; 長轉肌, Adductor Longus; 腓淺肌, Gastrocnemius; 脛後肌, Tibialis Posticus; 伸脛肌, Extensor Cruris; 頤下肌, Submental; 腓骨肌, Peroneus; 舌骨下直肌, Hyoglossus; 脛前肌, Tibialis Anticus; 頤舌骨, Geniohyoid; 舌骨後角, Posterior Cornu of Hyoid; 伸趾肌, Extensor Tarsi.

肌肉之結構實有三種：隨意肌之肌肉細胞，有橫紋，故亦稱橫紋肌 (STRIATED MUSCLES)；不隨意肌之肌肉細胞，未有橫紋，故亦稱平滑肌 (UNSTRIATED MUSCLES)；心臟之肌肉細胞，有橫紋，但不受拘束，故特稱心臟肌 (CARDIAC MUSCLES)。(參考第25, 30, 216, 217圖)

丁 骨骼 Skeleton

脊椎動物之體態，賴內部之支持結構，與外面之保護結構，共同維持；此種結構總稱為骨骼。由皮膚分化之種種結構：如鱗，爪，羽，毛等，一部分成體外骨骼，即外骨骼 (EXOSKELETON)，與無脊椎動物體外之保護層相等。但脊椎動物尚有骨質之內骨骼 (ENDOSKELETON)，亦即脊椎動物之特徵，非無脊椎動物所有者。內骨骼幾乎全部由中胚層發展而成，因其結構非常複雜，所以比較解剖學上另分出一門骨骼學 (Osteology)，專門研究之。

下等魚類之內骨骼，由彈性纖維即軟骨 (CARTILAGE) 或脆骨

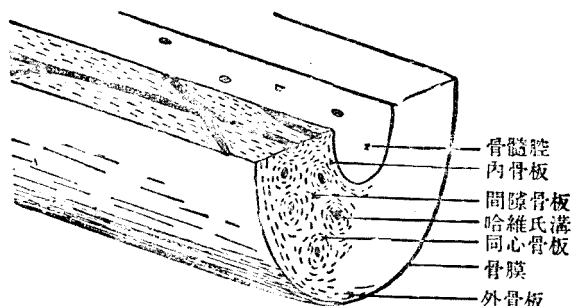


第 217 圖 人體肌肉 (由 William wood and Co)

三角肌, Deltoides; 肱二頭肌, Biceps Brachii; 肱三頭肌, Triceps Brachii; 胸鋸肌, Serratus; 伸腕肌, Extensors; 臀大肌, Gluteus Maximus; 環狀韌帶, Annular Ligament; 屈腕肌, Flexors; 股方肌, Quadriceps Femoris; 腓骨肌, Peroneus; 肱桡肌, Brachioradialis; 胸大肌, Pectoralis Major; 闊筋膜張肌, Tensor Fasciae Latae; 縫匠肌, Sartorius; 內轉肌, Adductor; 股薄肌, Gracilis; 腓腸肌, Gastrocnemius; 腓腸深肌, Soleus; 跟腱, Tendon Calcaneus.

組成，但自高等魚類至人類，大多數軟骨皆已骨化 (Ossified)，即石

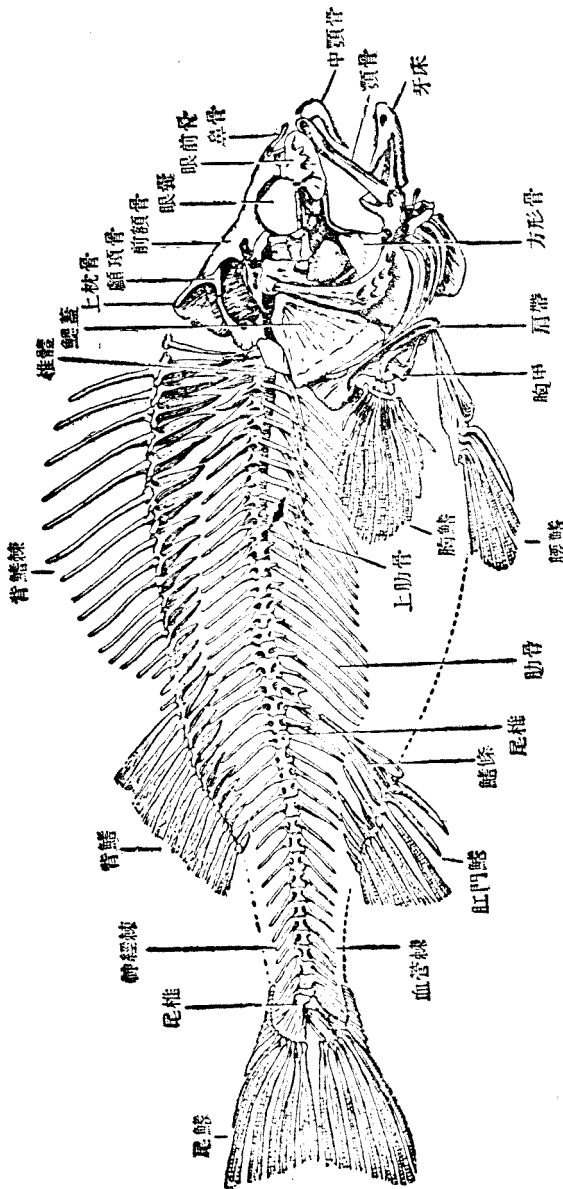
灰質侵入，結果變成硬骨 (BONE)。人之硬骨約有二百塊左右，但隨切數目，則隨人生之年齡而定，因為有幾塊硬骨，當幼年時代分開，至成年或老年則溶合。(參考第 218—224 圖)



第 218 圖 解骨之結構。哈維氏溝 (Haversian Canal) 與窩 (Lacunae) 爲黑色，骨板 (Lamellae) 無色。(由 Walter) 骨髓腔, Marrow Cavity; 內骨板, Inner Lamellae; 外骨板, Outer Lamellae; 哈維氏溝, Haversian Canal; 骨膜, Periosteum; 同心骨板, Concentric Lamellae; 間隙骨板, Interstitial Lamella。

骨質因部分而有粗密乃稱爲密質 (Compact bone) 與鬆質 (Cancellated bone)。前者強固而爲外圍，後者成於無數小骨板 (Lamellae) 爲海綿狀網，能保持其力學排列，使骨格堅強。密質成於無數骨板層，有二種小管；即哈維氏溝 (Haversian Canal) 與服爾卡門氏溝 (Volkmann Canal)；前者在長型骨與長軸並行，在短骨或扁骨與骨表平行，互相吻合，且有同心性骨板層；後者散於各處，自骨表面斜入密質中，與哈維氏溝吻合，惟無骨板層。(參考第 25, 218 圖)

骨之表面膜稱骨膜 (Periosteum)，其基質 (Matrix) 石灰化 (Calcified)，基質間間以許多有生命細胞 (即骨細胞)，所佔位置稱骨窩 (Lacunae)。骨板之圍繞哈維氏溝系者爲同心骨板 (Concentric



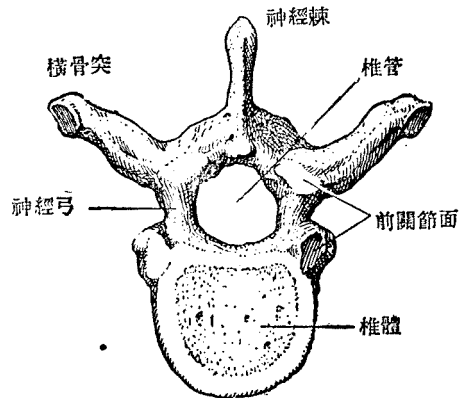
第 219 圖 硬骨魚——鱈 (Perch) 之骨骼

背鳍, Dorsal Fin; 背鳍棘, Dorsal Fin. Spinous; 椎體, Centrum of Vertebra; 鱗蓋, Opercular; 上枕骨, Supraoccipital; 鱗頂骨, Parietal; 前額骨, Frontal; 眼囊, Optic Capsule; 眼前骨, Preorbital; 鼻骨, Nasal; 中頸骨, Premaxilla; 頸骨, Maxilla; 牙床, Dentary; 方骨, Quadrate; 肩帶, Pectoral Girdle; 胸骨, Fectoral Fin; 腰鳍, Pelvic Fin; 上肋骨, Epipleural; 肋骨, Ribs; 尾椎, Caudal Vertebra; 鱗條, Pterigiophore; 肛門棘, Anal Fin; 血管棘, Hemal Spine; 尾鳍, Caudal Fin; 神經棘, Neural Spine.

Lamellae). 介於哈維氏溝系之間者曰間隙骨板(Interstitial Lamellae), 圍繞骨之直徑者曰環形骨板(Circumferential Lamellae). 哈維氏溝系內之小管貫通骨細胞與鄰區骨細胞稱小管(Canaliculi). 哈維氏溝內有血管, 神經與淋巴, 連接或源自骨髓腔(Marrow Cavity). 骨髓腔內之膜曰髓膜(Endosteum).

骨骼為個體之支持骨架, 固不待言, 但骨骼不能連絡個體, 使之成為工作單位; 所以吾人發現種種結締組織, 縫合個體內各塊硬骨. 許多纖維在器官上成一包被之鞘, 同時亦為肌肉與肌肉間, 肌肉與硬骨間連絡組織——腱(TENDONS); 硬骨與硬骨間之韌帶(LIGAMENTS). 支持纖維, 包括硬骨, 軟骨, 結締組織. 此種纖維細胞與細胞間常產生多量無生命之物質. 無生命物質(即基質MATRIX)之多寡, 決定支持纖維之性質. (參考第25圖)

原始骨骼形似一條長軸, 由圓柱狀或棒狀之細胞(脊索)組成, 位於體壁之中——背線上, 體腔之後, 腦與脊髓之下. 大多數脊椎動物之脊索不過一種暫時結



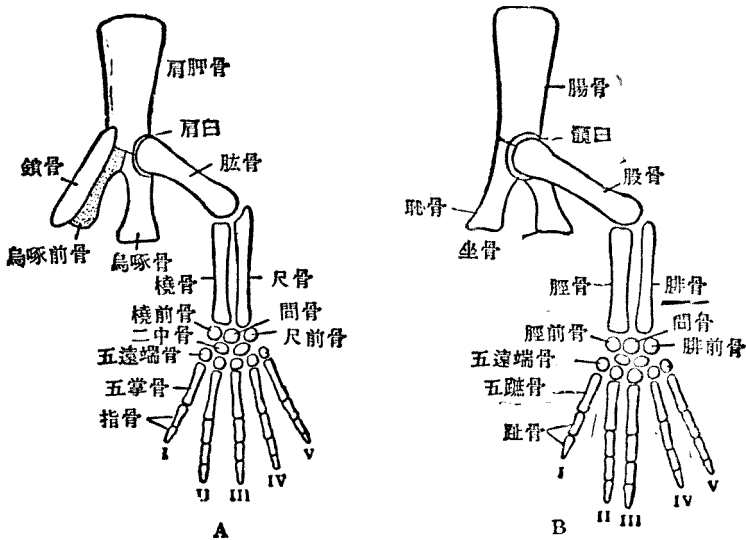
第220圖 第十胸椎。

神經棘, Neural Spine; 椎管, Vertebral Canal; 橫骨突, Transverse Process; 神經弓, Neural Arch; 前關節面, Anterior Articulating Surface; 椎體, Centrum.

構, 當個體逐漸發展, 脊索亦漸被軟骨或硬骨所侵佔; 此新發展之軟

骨，或硬骨，排列似一珠串，通常稱為脊椎(VERTEBRAL COLUMN)或背骨，此即脊椎動物與無脊椎動物或無背骨之動物相比較時最特別之結構。(參考第 212, 213, 214 圖)

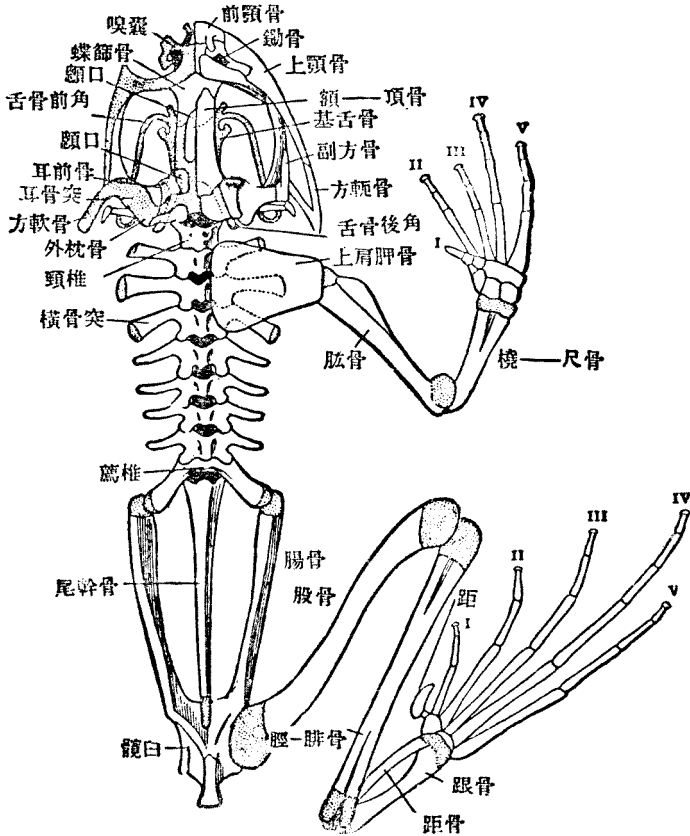
一個模範脊椎(指高等動物而言)由一基礎部稱椎體(CENTRUM)，與椎體所支持之神經弧(NEURAL ARCH)構成。神經弧係一硬骨環圍繞內部之脊髓。自脊椎各部有許多隆起之骨突(PROCE-



第 221 圖 脊椎動物之四肢。A. 前肢與肩帶 (Fore limb and pectoral girdle); B. 後肢與腰帶 (Hind limb and pelvic girdle). (由 Hegner 仿 Parker 與 Haswell)。

鎖骨, Clavicle; 腸骨, Ilium; 烏喙前骨, Procoracoid; 髌臼, Acetabulum; 烏喙骨, coracoid; 股骨, Femur; 肩臼, Glenoid Cavity; 坐骨, Ischium; 肱骨, Humerus; 脛骨, Tibia; 橈骨, Radius; 腓骨, Fibula; 尺骨, Ulnar; 脛前骨, Tibiale; 橈前骨, Radiale; 五遠端骨, Five Distals; 二中骨, Two Centralis; 五趾骨, five Metatarsals; 趾骨, Phalanges; 五掌骨, Five metacarpals; 間骨, Intermedium; 指骨, Phalanges; 腓前骨, Fibulare; 尺前骨, Ulnare.

SS: S), 與鄰骨連繫而成運動之關節, 或肌肉之附着點, 及其他作用。



第 222 圖 青蛙之骨骼。背面圖。(由 Howes)

顙口, Frontanelles; 嗅囊, Olfactory Capsule; 前額骨, Frontal; 蝶篩骨, Sphenethmoid; 鋤骨, Vomer; 上頭骨, Maxilla; 舌骨前角, Anterior cornu of Hyoid; 額—頂骨, Frontal-parietals; 耳前骨, Prootic; 基舌骨, Basi-Hyal; 耳骨突, Otic Process; 副方骨, Squamosal; 方軟骨, Suspensorium; 方軛骨, Quadrato Jugal; 外枕骨, Exoccipital; 舌骨後角, Posterior cornu of Hyoid; 頸椎, Cervical Vertebra; 上肩胛骨, Supra scapula; 橫骨突, Transverse Process; 肱骨, Humerus; 薦椎, Sacral Vertebra; 桡—尺骨, Radio-ulna; 尾幹骨, Urostyle; 腸骨, Ilium; 髌骨, Patella; 股骨, Femur; 距, Calcaneum; 跟骨, Calcaneum; 腰—腓骨, Tibio-fibula; 趾骨, Astragalus.

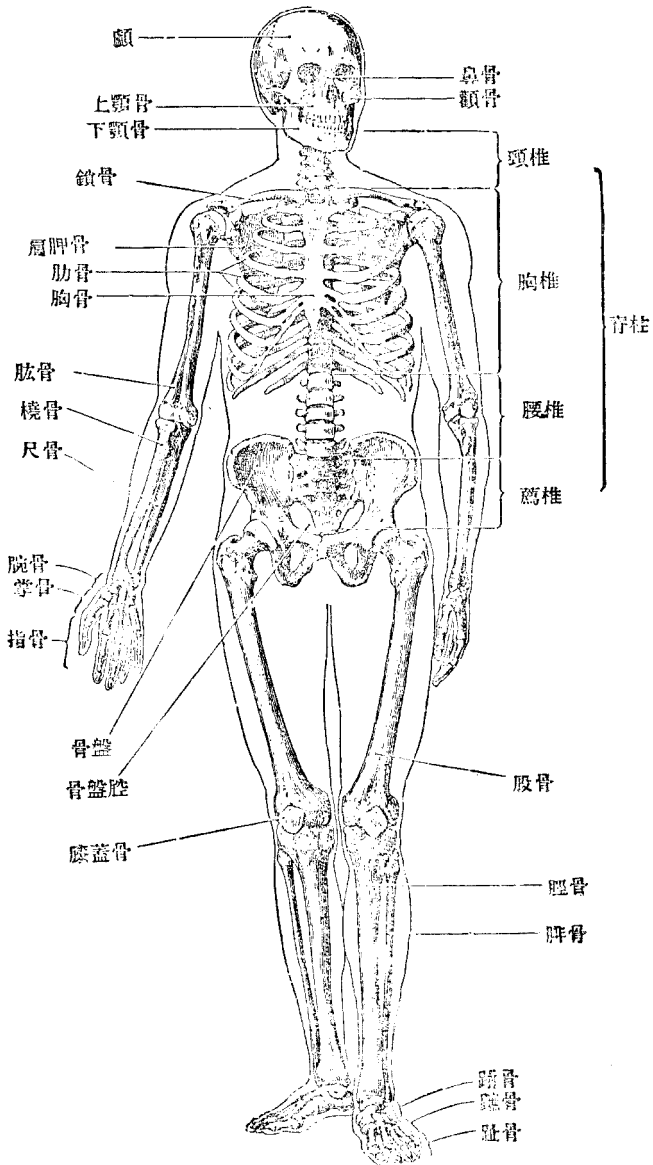
舌骨, Hyoid; 聽囊, Auditory Capsule; 三薦椎, 後有二十二尾椎 Three sacral, followed by twenty-two caudal vertebra; 顴骨弓, Zygomatic Arch; 脊椎之關節突, Articulating Processes of Vertebra; 肩胛骨, Scapula; 第一腰椎, First Lumbar vertebra; 胸骨, Sternum; 肋骨, Rib; 肱骨, Humerus; 椎體, Centrum of Vertebra; 橈骨, Radius; 上枕骨, Supra-occipital; 尺骨, Ulna; 第一項椎, Atlas Vertebra; 腕骨, Carpals; 第二項椎, Axis Vertebra; 掌骨, Metacarpals; 神經棘, Neural spine; 指骨, Phalanges; 頭骨, Parietal; 腸骨, Ilium; 副方骨, Squamosal; 恥骨, Pubis; 顴骨, Malar; 股骨, Femur; 額骨, Frontal; 坐骨, Ischium; 視囊, Optic capsule; 膝蓋骨, Patella; 鼻骨, Nasal; 腓骨, Fibula; 上顎骨, Maxilla; 脛骨, Tibia; 前顎骨, Premaxilia; 跗骨, Tarsals; 門齒, Incisor Teeth; 蹠骨, Metatarsals; 犬齒, Canine Teeth; 趾骨, Phalanges; 前臼齒, Premolar Teeth; 臼齒, Molar Teeth; 下顎骨, Mandible.

哺乳類之脊椎與脊椎間，有彈性之軟骨緊貼之，使脊椎不受震動。（參考第 220 圖）

有幾類脊椎動物，一部分脊椎上有橫突骨(TRANSVERSE PROCESSES)，與肋骨(RIBS)連接。肋骨成弧形位於體壁之內，向腹面伸展；在腹面中央互相啣接，而成胸骨(STERNUM)。如是，成年之高等脊椎動物，脊椎之椎體實佔有脊索之原然地位；神經弧之洞孔成爲脊椎管(VERTEBRAL CANAL)，脊椎管內有脊髓。橫骨突，肋骨，與胸骨，則圍繞體腔之前部。（參考第 213, 220, 224 圖）

下等魚類之頭，由一軟骨箱保護之，高等脊椎動物之頭，則由一硬骨箱即——頭顱(SKULL)保護之。頭顱與脊柱之第一個脊椎相連繫，牙牀(JAWS)爲口腔之骨架，連繫於頭顱下面。

頭顱與脊柱合稱骨骼之主軸(MAIN SKELETAL AXIS)，兩側懸掛肢部骨骼(APPENDICULAR SKELETON)或稱雙肢(鰭或肢)之骨架，及其支持結構即——胸帶與腰帶(GIRDLES)。前肢之結構比後肢簡單。魚之胸鰭與腰鰭，與槳同一作用，但陸棲脊椎動物



第 224 圖 人之骨骼

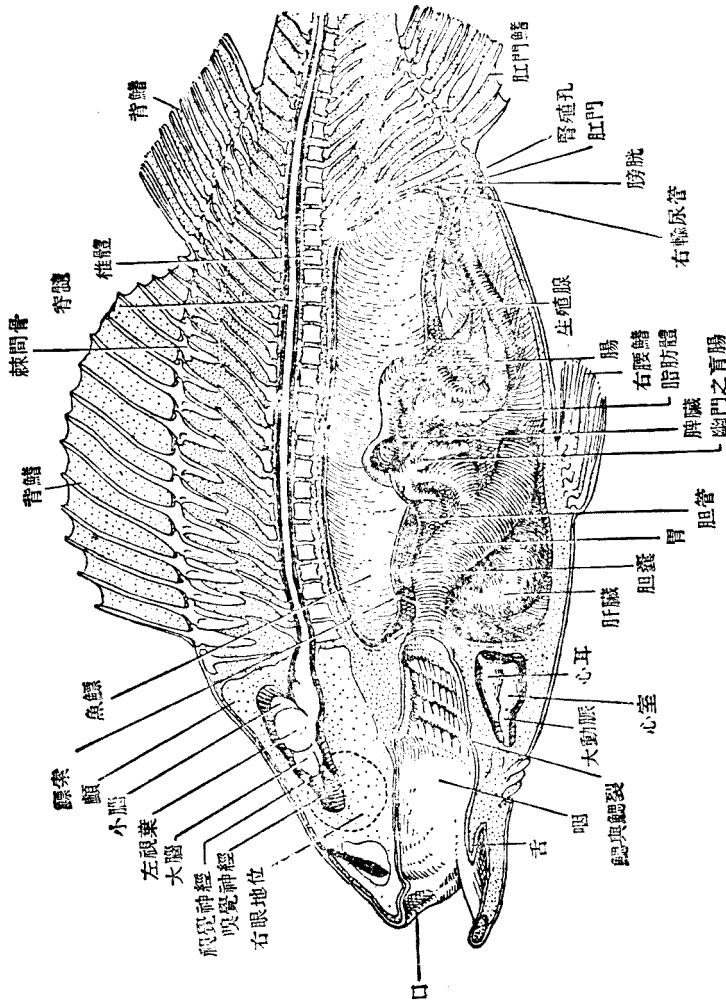
顛骨, Malar (cheek) Bone; 顛, Cranium; 鼻骨, Nasal Bone; 上顎骨, Superior Maxillary Bone; 頸椎, Cervical Vertebra; 下顎骨, Inferior Maxillary Bone; 胸椎, Thoracic Vertebra; 鎖骨, Clavicle (collar bone); 腰椎, Lumbar vertebra; 肩胛骨, Shoulder Blade; 薦椎, Sacrum; 肋骨, Ribs; 脊柱, Vertebral Column; 胸骨, Sternum; 股骨, Femur; 肱骨, Humerus; 脛骨, Tibia; 橈骨, Radius; 腓骨, Fibula; 尺骨, Ulna; 跗骨, Tarsals; 腕骨, Carpals; 趾骨, Metatarsals; 掌骨, Metacarpals; 趾骨, Phalanges; 指骨, Phalanges; 骨盤, Pelvis; 骨盤腔, Pelvic opening; 膝蓋骨, Patella.

之前後肢則高度分化，以支持身體，並且供給行動時四肢上肌肉運動之槓杆。為適應此種需要，四肢之骨骼乃特別發達，通常有一共同結構，即五趾之肢(PENTADACTYL LIMB)，此種名辭暗示肢端之五趾而言。四肢直接或間接由許多硬骨所組成之胸帶(PECTORAL GIRDLE)與腰帶(PELVIC GIRDLE)而與脊柱相連接。(參考第221, 224, 377, 378圖)

戊 人體 The Human Body.

人體之直立姿勢有許多卓異之特徵值得注意；但就個體之結構估計，並不完全適合於直立姿勢，實予上肢與下肢分工作用之便利，特別輔助上肢自由行動之機會，並且使五指之肢高度發展為手(HAND)。手上對向之大姆指可稱為最希罕之特徵，因大姆指之發展，人手乃變成一攬握器官。人手無異一天然工具，受腦部之調度，可以隨意所欲，自由運用。

人手除上述之作用外，亦可當作一極靈敏之感覺器官，特別觸覺機能；人生種種經驗，不少自觸覺得到，例如：以指觸物，立刻可以斷決。觸覺有自覺性與矇矓自覺性之分，兩者皆是提高神經作用。如



第 225 圖 鱈 (Percu flavescens) 之解剖。

前所述，可知人類有高度發達之腦，皆歸功於直立之姿勢，與敏捷之手；換言之，造成人類在四足動物中最優越之地位。

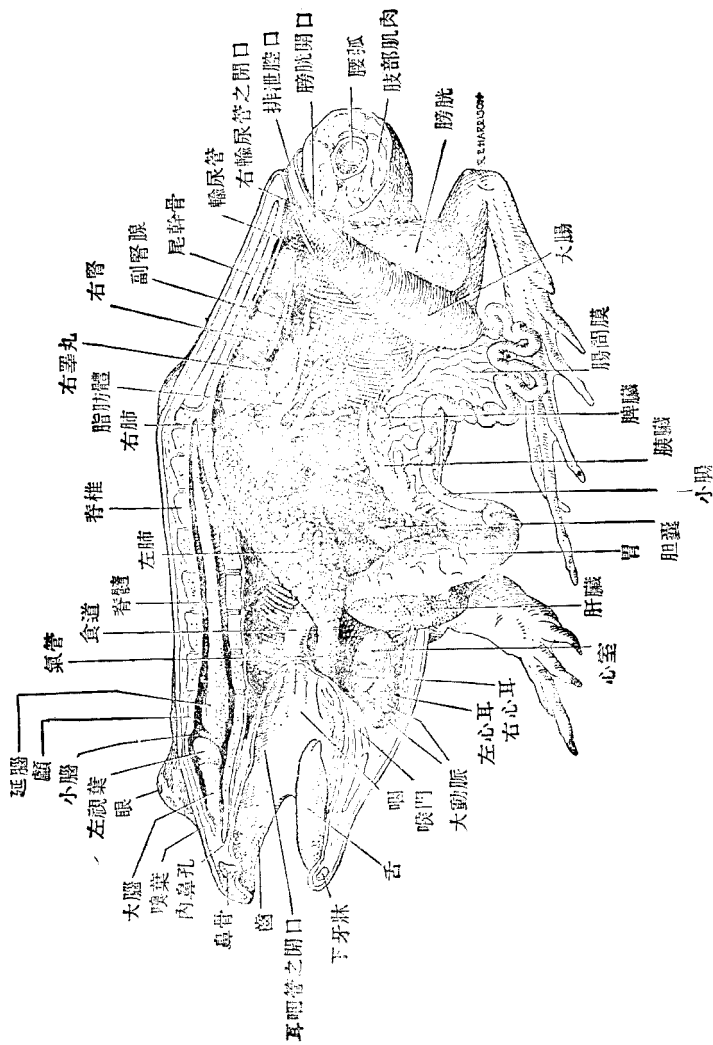
右眼地位, Position of Right Eye; 背鰭, Dorsal Fin; 嗅覺神經, Olfactory Nerve; 棘間骨, Interspinal Bone; 視覺神經, Optic Nerve; 脊髓, Spinal Cord; 大腦, Cerebrum; 椎體, Centrum; 左視葉, Left Optic Lobe; 背鰭, Dorsal Fin; 小腦, Cerebellum; 口, Mouth; 顛, Cranium; 舌, Tongue; 鰓索, Air Bladder Cord; 咽, Pharynx; 魚鰓, Air Bladder; 鰓與鰓裂, Gill Slite and Gills; 大動脈, Aorta; 脂肪體, Fatmass; 心室, Ventricle of Heart; 脾臟, Spleen; 心耳, Auricle; 幽門之盲腸, Pyloric e cum; 肝臟, Liver; 肛門鰭, Anal Fin; 胆囊, Gall Bladder; 腎殖孔, Urogenital Pore; 胃, Stomach; 肛門, Anus; 胆管, Bile Duct; 膀胱, Urinary Bladder; 生殖腺, Gonad; 右輸尿管, Right Ureter; 腸, Intestine; 右腹鰭, Right Pelvic Fin.

己 脊椎動物最顯著之特徵 Distinctive Vertebrate Characters.

最後，脊椎動物個體之結構之摘要，可參考下列三點：

第一點，無脊椎動物之骨骼之結構，例如：龍蝦之外骨骼，不過由一種堅硬無生命之物質組成，且祇有保護作用。脊椎動物之骨骼，乃有生命之內骨骼，由有機物質化成；此種內骨骼除保護身體之柔韌部分外，並且供給體積較大之高等動物之支持作用，與肌肉之槓杆作用。脊索乃內骨骼之基礎，亦即脊柱之軸心；此種脊索在動物之生命史上或始終存在，或先期存在，以後則為一種造成脊柱之材料，所以脊索乃極重要之組織，不可忽視。脊椎動物及其近族，如蛙蠓魚等特稱為脊索動物(CHORDATES)。(參考第185圖)

第二點，讀者應該尚能記憶，蚯蚓與龍蝦之中樞神經系統乃一條神經索；除最前一段分歧圍繞咽部，在背面造成腦節外，其餘大部分皆在消化管之下，體腔之內。脊椎動物之腦亦在背面，但其脊髓不似

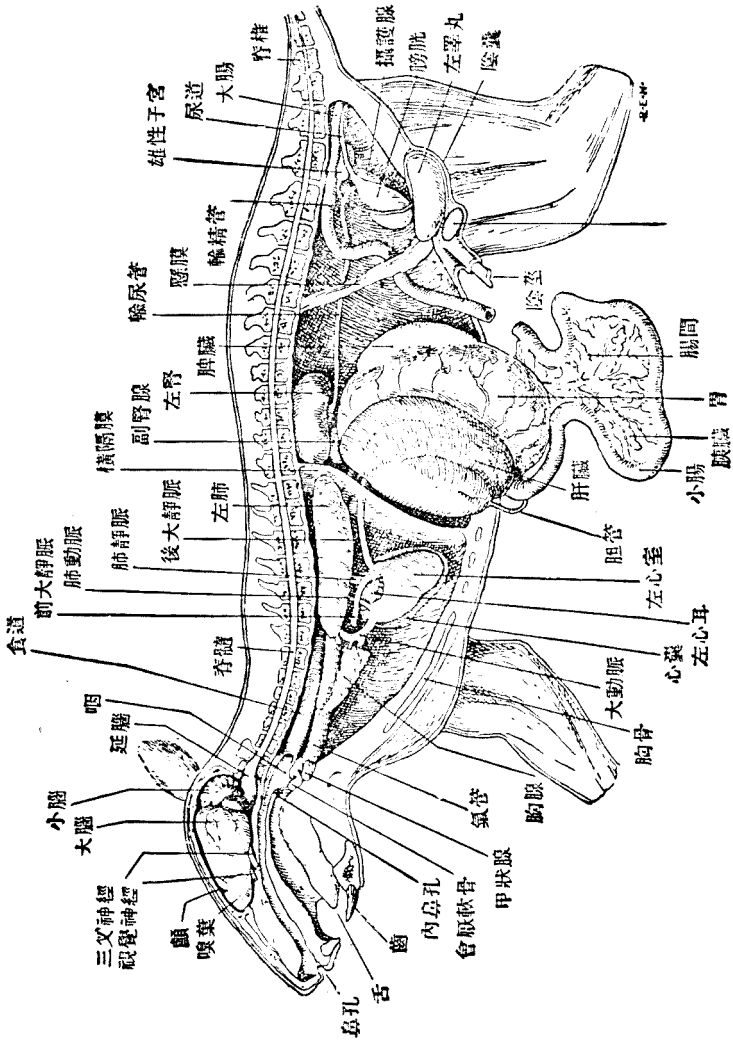


第 226 圖 青蛙 (Rana Chalmersiana) 之解剖。

右睪丸, Right Testis; 鼻骨, Nasal Bone; 脂肪體, Fat Body; 內鼻孔, Internal Nares; 右腎, Right Kidney; 嗅葉, Olfactory Lobe; 副腎腺, Adrenal Body; 大腦, Cerebrum; 尾幹骨, Urostyle; 輸尿管, Ureter; 眼, Eye; 右輸尿管之開口, Opening of Right Ureter; 左視葉, Left Optic Lobe; 排泄腔口, Opening of Cloaca; 小腦, Cerebellum; 膀胱開口, Opening of Urinary Bladder; 顱, Cranium; 腰弧, Pelvic Girdle; 延腦, Medulla; 腿部肌肉, Muscles of Leg; 氣管, Trachea; 膀胱, Urinary Bladder; 食道, Esophagus; 耳咽管之開口, Opening of Eustachian Tube; 脊髓, Spinal Cord; 下牙牀, Lower Jaw; 左肺, Left Lung; 舌, Tongue; 脊椎, Vertebra; 咽, Pharynx; 右肺, Right Lung; 喉門, Glottis; 大動脈, Aorta; 胆囊, Gall Bladder; 左心耳, Left Auricle; 小腸, Small Intestine; 右心耳, Right Auricle; 胰臟, Pancreas; 心室, Ventricle of Heart; 脾臟, Spleen; 肝臟, Liver; 腸間膜, Mesentery; 胃, Stomach; 大腸, Large Intestine.

神經索，乃一神經管，被骨質之脊椎所包圍，位於體壁之內，消化管上，體腔之外。如是，脊椎本身，及其所在之位置，皆非常特別。

第三點特徵，喉部與體壁間有一排裂孔即——鰓裂，下等脊椎動物，此種鰓裂滿佈血管；自口腔吸進之水，由鰓裂排出時，水中新鮮空氣與血液中之氣體發生互換作用。高等脊椎動物之鰓裂，祇發現於個體發展之初期——即胚胎時期，互換氣體之工作，則由肺擔任之。（參考第 212, 246, 388 圖）



第 227 圖 松鼠 (Sciurus carolinensis) 之解剖。(由 Linville 與 Kelly)

嗅葉, Olfactory Lobe; 副腎腺, Adrenal Body; 顛, Cranium; 左腎, Left Kidney; 視覺神, Optic Nerve; 脾臟, Spleen; 三叉神經, Trigeminal Nerve; 輸尿管, Ureter; 大腦, Cerebrum; 懸膜, Mesorchium; 小腦, Cerebellum; 輸精管, Sperm Duct; 咽, Pharynx; 延腦, Medulla; 雄性子宮, Uterus Masculinus; 尿道, Urethra; 脊髓, Spinal Cord; 大腸, Large Intestine; 食道, Esophagus; 脊椎, Vertebra; 前大靜脈, Anterior Vena Cava; 攝護腺, Prostate Gland. 肺動脈, Pulmonary Artery; 膀胱, Urinary Bladder; 肺靜脈, Pulmonary Vein; 左睪丸, Left Testis; 後大靜脈, Posterior Vena Cava; 陰囊, Scrotum; 左肺, Left Lung; 鼻孔, Nostrils; 橫隔膜, Diaphragm; 舌, Tongue; 齒, Tooth; 肝臟, Liver; 內鼻孔, Internal Nares; 胆管, Bile Duct; 會厭軟骨, Epiglottis; 左心室, Left Ventricle; 甲狀腺, Thyroid Gland; 小腸, Small Intestine; 氣管, Trachea; 胰臟, Pancreas; 胸腺, Thymus Gland; 胃, Stomach; 大動脈, Aorta; 腸間膜, Mesentery; 胸骨, Sternum; 陰莖, Penis; 心囊, Pericardium; 顯百氏腺, Cowper's Gland; 左心耳, Left Auricle; 齒, Teeth.

第十三章 營養

Nutrition

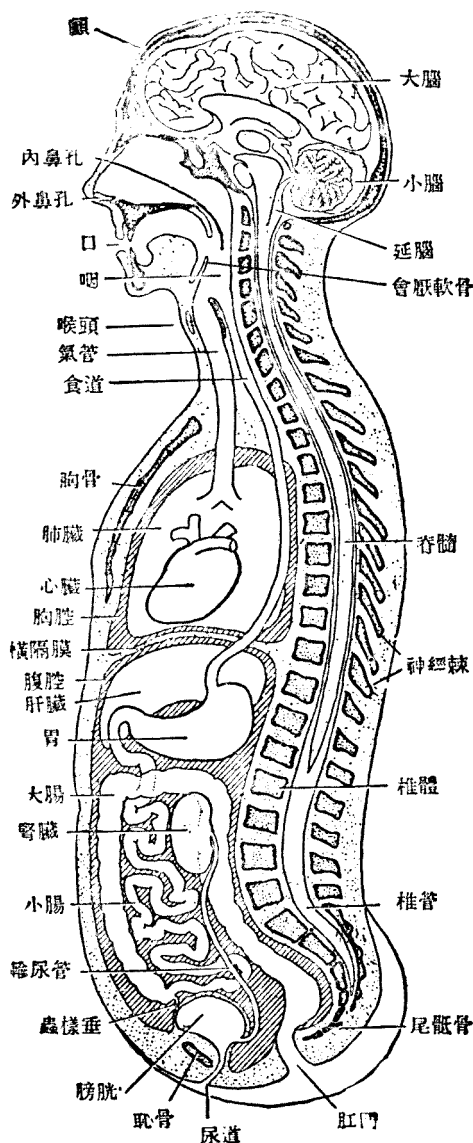
余愧無盛筵以饗嘉賓，蒙諸君不棄，實地表演一部最精緻之機器，使做主人

感激莫銘。——Dickens

單細胞動物之類，例如變形蟲，有最簡單之營養方法，食品原料一進入細胞，即受鄰近細胞質之分泌物包圍，起化學作用，或稱消化；由是食品原料即變為細胞所可利用之物質。二胚層之水螅，有一層特別細胞即——內胚層，幾乎專任消化工作；一部分內胚層細胞，將食物之細粒直接捲入，在細胞內發生化合變化稱為——細胞內消化 (INTRACELLULAR DIGESTION)；至於主要消化作用，則在腔腸內，圍繞腔腸之內胚層細胞，分泌一種化學物，將所吞下之食物分解之。消化作用在腸壁之內稱為——細胞外消化 (EXTRACELLULAR DIGESTION)，為蚯蚓及一切高等動物固有之特徵。

吾人對於模範脊椎動物體部之設計，與體壁之支持結構，已有詳細之記載，即——體壁猶如一管，圍繞體腔與內部腑臟——所以稱為外管。自口腔至肛門為第二條管，或稱內管，內管即消化管 (ALIMENTARY CANAL)，此種尋常基本體構，蚯蚓與龍蝦亦有之。

實際上消化管可當作一座化學實驗館，管壁肌肉機械式之運動，不斷將食物自一部分運送至另一部分、當食物經過時，消化管各部排出種種分泌物，無異化學試藥，立刻引起食物化學變化；一方面將固

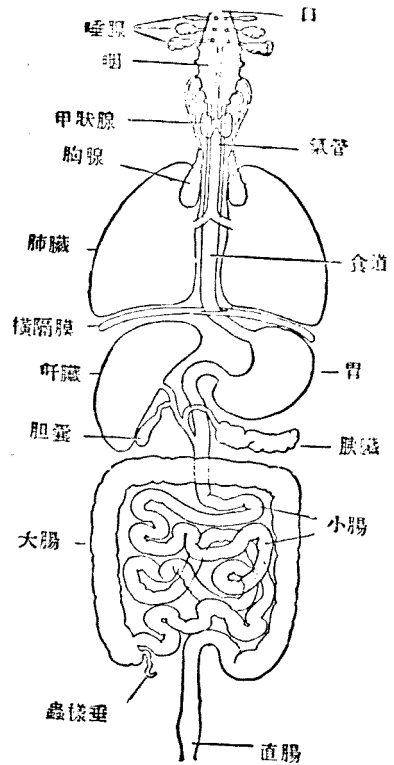


顱, Cranium; 小腸, Small Intestine; 內鼻孔, Internal Nares; 輸尿管, Ureter; 外鼻孔, Nostrils; 蟲樣垂, Vermiform Appendix; 口, Mouth; 膀胱, Urinary Bladder; 咽, Pharynx; 聲室, Larynx; 恥骨, Pubis; 氣管, Trachea; 尿道, Urethra; 食道, Esophagus; 小腸, Cerebellum; 胸骨, Sternum; 大腸, Cerebrum; 肺臟, Lungs; 延腦, Medulla; 心臟, Heart; 會厭軟骨, Epiglottis; 胸腔, Thoracic Cavity; 脊髓, Spinal Cord; 神經棘, Neural Spines; 橫隔膜, Diaphragm; 椎體, Centrum of Vertebra; 腹腔, Abdominal Cavity; 椎管, Vertebral Canal; 肝臟, Liver; 尾骶骨, Coccyx; 胃, Stomach; 肛門, Anus; 大腸, Large Intestine; 腎臟, Kidney.

第 228 圖 人體之解剖

體分解為溶液，如是，方能透過腸壁，然後分佈於個體各細胞內；另一方面，食物必須重經化合以後，始適合各細胞之需要。如前所述，複雜食品原料，一進入口腔，即受種種消化液之分解，無異一囚徒，慘受夾筴之刑罰。

動物所攝取之種種食品原料，雖然化學成分不同，但消化之基本步驟則頗趨一致，即皆經過加水分解作用(HYDROLYSIS)加水分解，當然係一種化學反應，由是物質之分子被分解而另與水之分子結合，變成一種新混合物。新混合物以後再經數度分解，結果最複雜之食品原料，乃逐步變為最簡單之物質。加水分解作用，背後必有主動者；事實上消化液中有種種酵素(ENZYMES)，其行動恰似觸媒(Catalytic Agents)，引誘食品原料與水發生特別關係，而呈分解現象。幾乎每種化學反應，必有一種酵素催促



第 22 圖 人之消化管及其轉折結構。咽部顯示胚胎早期五對鰓囊 (Gill pouches) 之位置；第二對或者變為扁桃腺 (Tonsils)；第三對與第五對變為胸腺。唾腺, Salivary Glands, 大腸, Large intestine, 咽, Pharynx, 蟲樣垂, Vermiform appendix, 甲状腺, Thyroid Gland, 口, Mouth, 胸腺, Thymus Gland, 氣管, Trachea, 肺臟, Lungs, 食道, Esophagus, 橫隔膜, Diaphragm, 胃, Stomach, 肝臟, Liver, 胰臟, Pancreas, 胆囊, Gall Bladder, 小腸, Small intestine, 直腸, Rectum.

之。再者，各種酵素使食品原料發生化合變化而成最簡單最後之化合物，祇有三種即：所有生質精皆變成銻基酸 (Amino Acids)，脂肪變為脂酸 (Fatty Acids) 或甘油 (Glycerol)，碳水化合物變為單糖 (Simple sugars)。(參考第 233 圖)

消化管之壁，包括三層主要細胞即：壁膜層，結締纖維層，及肌肉層。掩蔽消化管壁裏面之上皮，及上皮之轉來物即：——上皮之附屬組織，乃消化管之本部，亦即消化系各種機能之集中地——分泌消化液，與吸收管養料，即消化之最後產物。其他兩層，可視為附屬結構，補助壁膜所不及，擔任支持，運動，及傳達血管。(參考第230圖)

甲 口腔,喉頭,與食道 Buccal Cavity, Pharynx, and Esophagus

消化管之入口簡稱口，口形似橫竅，位於頭前，內進即口室或稱口腔，以牙牀作支柱。由口腔漸進至咽，或稱喉頭。為脊椎動物之食物與空氣經過之孔道。水生動物當呼吸時，水流經過喉頭，立刻自鰓裂（即喉頭部之體壁之一排裂孔）排出，陸棲動物當呼吸時，氣流則直達肺部，食物皆先在口腔內作相當之準備，然後嚥下入消化管。(參考第 228, 229, 246 圖)

人之口腔，裹以一層薄膜，此層薄膜事實上係皮膚之上皮翻進，故與唇(LIPS)膜相連。口腔之膜間有許多分泌黏液(MUCUS)之單細胞腺。口腔內之唾液(SALIVA)由三對唾腺(SALIVARY GLANDS)分別分泌之。唾液與黏液專使乾燥之食物潤濕，以便舌頭(TONGUE)



第23圖 青蛙之小腸之橫剖面，高度擴大，以接
石細胞之分化，與纖維之組成器官。
內吸膜，Epithelial Lining，結締組織，Connective
Tissue，血管，Blood vessel，環形肌，Circular Muscle，
縱形肌，Longitudinal Muscle，外膜皮，Peritoneal
Membrane。

一條肌肉管，穿過胸腔，與腹腔中之胃 (STOMACH) 連接。食物經過食管時，未有消化作用，立刻輸進胃中。

乙 胃 Stomach

胃形似囊，壁厚，在哺乳動物，位於橫隔膜之下面；但口腔吞下

搬移於牙齒間而咀嚼之，食物經徹底咀嚼後，始移進食道。唾液且有消化澱粉之功用，唾液內有一種酵素，名為——唾醇 (PTYALIN)，專使澱粉變糖——麥芽糖 (Maltose)。

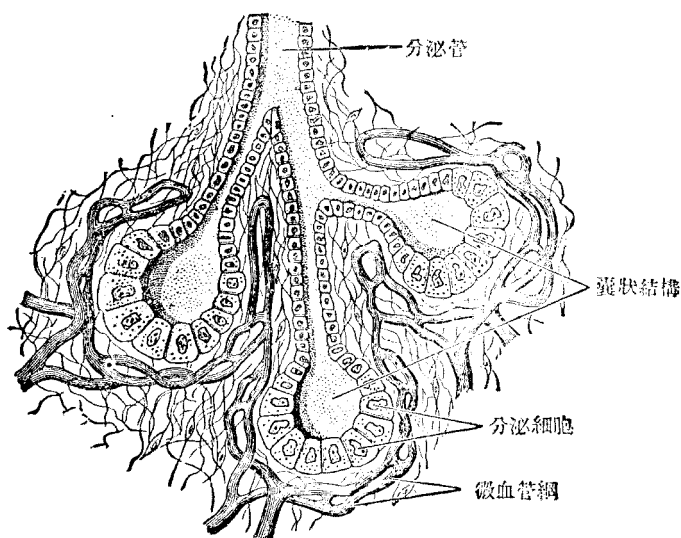
可知一口之食物，在口腔內必經過咀嚼，潤濕，且有一部分澱粉被消化後，始由舌頭搬運進喉頭，至食道。自食道以下，食物所經過之路線，皆不隨意調度，因消化管壁有節奏而不受拘束之蠕動 (PERISTALSIS)，將食物節節推進下降。食道乃

之食物，以此爲第一停留站。胃如其他腑臟然，由一闊膜即——腸間膜懸掛於腹腔中，腸間膜與裏蔽腔壁之腹膜相連接。從腸間膜間，血管，神經，及其他組織通至胃臟。（參考第 225—229 圖）

胃壁中有不可勝數之胃腺（GASTRIC GLANDS），分泌胃液（GASTRIC JUICE）。胃液中含特種化學物，與停留之食物，所以發生極大化合作用。胃腺極細小，形如陷窠，由特種腺細胞組成。人之胃液爲一種極複雜液體，含多量水分，約99%，其他主要物質；有分解生質精之酵素——胃蛋白酶（PEPSIN），凝結乳質之酵素——凝乳酶（RENNIN），食鹽——NaCl，及游離之酸——HCl。總而言之，胃液中所含各種成分，其作用不外使食物軟化，變爲酸性，使乳汁凝結，使生質精變爲簡單混合物；且賴胃壁一種攪乳運動之助，通常一餐飯量，數小時後完全變爲糜漿（CHYME）。糜漿漸漸通過幽門瓣（PYLORIC VALVE），入小腸。

丙 小腸 Small Intestine

吾人之腸，長約二十五英尺，迂迴曲折，自胃直達肛門。依腸管直徑之大小，及消化機能之差異，分爲上下兩段。上段腸徑細小，稱爲小腸。食物經過小腸時，非獨發生根本化學變化——完成全部消化作用；而且大部分消化之產物，亦經過小腸壁而瀰散於身體各部——吸收作用。如前所述，吾人並且發現各種分泌腺，分泌消化液。腺細胞自消化系中，非獨必需吸收維持自身生命之物質，而且搜集種種原料加以化學變化，以供給整個個體之需要。腸壁間之分泌腺，有單細

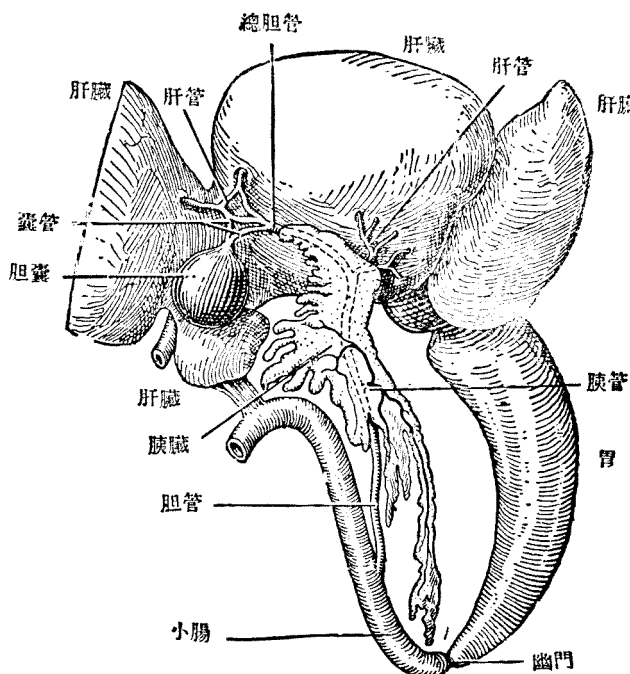


第 231 圖 腺之剖面及其周圍結締組織。 (由 Hough 與 Sedgwick)
 分泌管, Duct; 分泌細胞, Secretory Cells; 囊狀結構, Alveoli; 微血管網, Capillary Network.

胞腺 (由腸壁細胞單獨變成), 或單管複細胞腺兩種。此外尚有結構極複雜之分泌腺, 其消化液則由一長管排泄於小腸內, 但吾人熟悉, 與小腸分離之腺, 實際上亦即小腸之轉來物——當胚胎期內, 一部分細胞自壁膜下沉, 漸漸向外發展, 在腸壁之外組成腺體, 結果祇留一長管與腸壁相連。長管指示腺之本原, 管與腸連接處指示腺之起點。(參考第 130, 231 圖)

一 肝與胰 Liver and Pancreas

肝為全體最大之腺, 所處地位非常重要。與肝同等重要之胰腺, 分泌液所流通之管, 與肝腺之管互相併合為一; 故兩腺之分泌液皆由



第 232 圖 青蛙之肝臟與胰臟，指示輸管之關係。肝葉略經移動。肝管(Hepatic Duct)與囊管(Cystic Ducts)併合，最後通入總膽管。膽管穿過胰臟時又與其他肝管及胰管(Pancreatic Duct)連接，然後穿進小腸之上段。

總膽管, Common Bile Duct; 膽管, Bile Duct; 肝管, Hepatic Duct; 肝臟, Liver; 小腸, Small Intestine 胰管, Pancreatic Duct; 囊管, Cystic Ducts; 胃, Stomach; 膽囊, Gall Bladder; 幽門, Pylorus; 胰臟, Pancreas.

一單管運至小腸之上部。肝腺之分泌液稱膽汁 (BILE)，不斷由肝腺產生，但不需要時，可暫時儲藏於膽囊 (GALL BLADDER)內。肝汁之成分極複雜，乃一種混合物質。膽汁中廢物佔大部分，運至小腸後，即被排泄於體外。一部分膽汁則與胰液中之酵素合作，幫助消化；膽汁中之鹽質援助消化液使脂肪成乳劑，並且吸收各種脂酸。此外，肝腺尚有他種作用，待後再述之。(參考第 232 圖)

胰或稱脾 (Sweetbread) 雖有他種功用，仍推為椎脊動物之主要消化腺。吾人之胰腺，位於胃之下面，每天分泌約二派因脫 (Pints) 鹼性之胰液 (PANCREATIC JUICE)，運至小腸內。胰液含三種主要酵素——引起生質精發酵之胰蛋白酶 (TRYPSIN)，引起澱粉發酵之胰澱粉酶 (AMYLASE)，及引起脂肪發酵之胰脂肪酶 (LIPASE)。

器官	分泌物	酵素	被分解之物質	中間分解物	腸吸收之產物
口腔 Mouth	唾液 Saliva	唾液 Ptyalin	澱粉 Starch	麥芽糖 Maltose	
胃 Stomach	胃液 Gastric juice	胃蛋白酶 Pepsin 胃凝乳酶 Rennin	生質精 Proteins 乳汁中生質精 Protein of milk	生質精中解物 Proteoses 消化生質精 Peptones 酪素 Casein	
小腸 S. intes ine	胰液 Pancreatic juice	胰澱粉酶 Amylase	澱粉 Starch	麥芽糖 Maltose	
		胰脂肪酶 Lipase	脂肪 Fats		脂肪 Fatty acids 甘油 Glycerol
		胰蛋白酶 Trypsin	生質精 Proteins		氨基酸 Amino acids
	腸液 [intestinal juice	腸蛋白酶 Erepsin	生質精中解物 Proteoses 消化生質精 Peptones 酪素 Casein		氨基酸 Amino acids
		麥芽糖酶 Maltase 蔗糖酶 Sucrase 乳糖酶 Lactase	麥芽糖 Maltose 蔗糖 Cane sugar 乳糖 Milk sugar		單式糖 Simple sugar

第 233 圖 消化管內之主要化學變化。

(參考第 233 圖)

食物通過上部消化管時，已經受種種酵素之鞭撻，現在又受胰液之攻擊；但所遭遇尙不止此，因食物經過小腸時，腸壁間尙有不可勝數之微小腺所分泌之溶液，繼續將食物分解。腸液 (INTESTINAL JUICE) 供給數種酵素——腸蛋白酵 (EREPSIN) 引起生質精之分解物繼續分解爲銻基酸；其他各種酵素則分解複式糖爲單式糖。當食物在腸內消化時，腸壁肌肉亦像胃壁收縮而蠕動，幫助吸收作用，並排泄不能消化之廢物。

讀者現在一定懷疑，消化管之纖維，特別是分泌腺，當消化積極進行時，如何能消受酵素之沖動，吾人可解釋如下：一隻動物當消化作用正趨積極時，若被殺死，腸胃一定消耗自身之纖維以供消化；但動物生存時，有抵抗酵素沖動之力量，並且酵素在分泌腺內，未常活動，必與食物接觸，始發揮消化之力量。

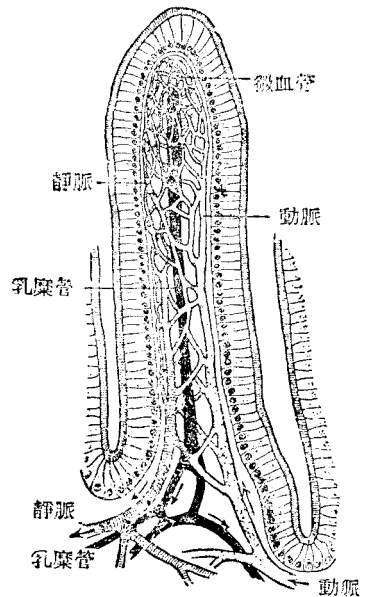
二 吸收 Absorption

消化目的所在，第一先使食物溶化，然後始能進入身體本部——透過消化管之壁膜；第二，重新經過化合變化，以適合各細胞之需要。已經化合之食物，輸送至身體本部，謂之吸收。吸收作用大部分在小腸一段，所以小腸壁中有不可勝數之突出物稱絨毛 (VILLI)。絨毛中有微細之微血管，與淋巴管，直接與腸壁之吸收膜接觸，如是吸收之面積擴大。吸收作用顯然不是單獨物理性質，如瀰散作用，與滲透作用；實賴絨毛之上皮細胞之活動機能。(參考第 234, 272 圖)

三 分佈 Distribution

絨毛內之運輸細管，包括血管，專門吸收生質精與碳水化合物之產物；淋巴管亦稱乳糜管(LACTEALS)，專門吸收脂肪之產物。水與鹽質，則自由假道於血管或淋巴管，不受限制。

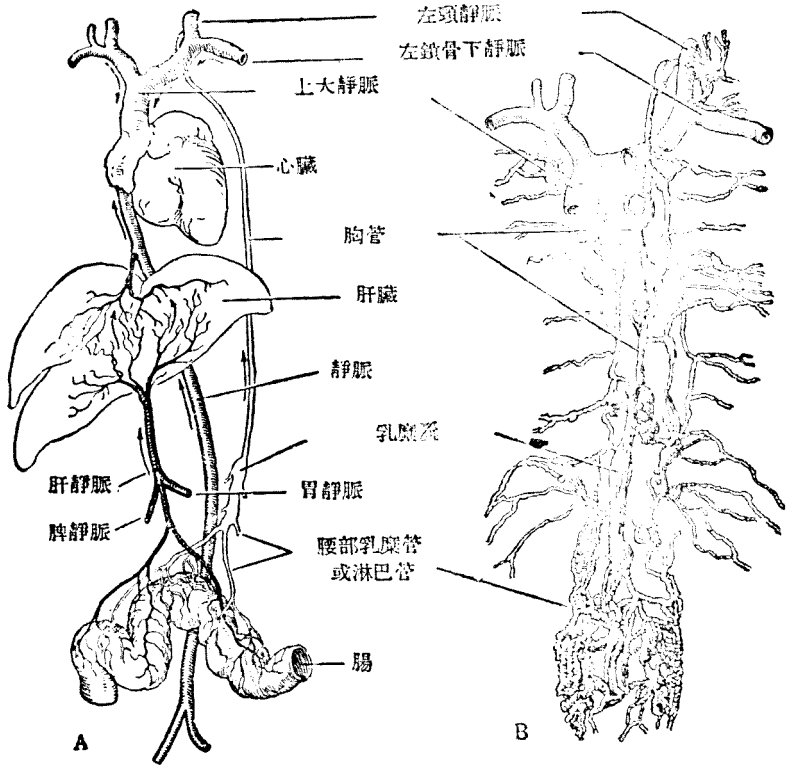
如前所述，運輸生質精與碳水化合物之孔道與運輸脂肪之孔道，一定顯有區別。腸部血管內之血流，匯合於一大血管即——門靜脈(PORTAL VEIN)，由門靜脈轉流入肝臟。肝臟為一調整血液成分之器官，對於過量糖質，暫為保存，以供給循環之血液之需要。肝臟中之糖質，特稱肝糖(GLYCOGEN)。微細之乳糜管，則匯合成較大之淋巴管，淋巴管最後併合成一胸管(THORACIC DUCT)。胸管中之液體終亦流入血管——此即運輸脂肪之路線，繞道肝臟而行，不直接進血管。(參考第 235 圖)



第234圖 小腸中絨毛(Villus)之剖面。(由 Peabody 與 Hunt)
靜脈, Vein; 動脈, Artery; 乳糜管, Lacteal. 微血管, Blood Capillary.

丁 大腸 Large Intestine

食物經過小腸後，消化工作實際上已全部完成，吸收作用亦進行不少，殘餘之物質，則由小腸之收縮，強迫入大腸。此種渣滓在大腸內因細菌之活動，又起種種化學變化，同時漸漸下降。使物質潤濕，



第 235 圖 A 消化管中之食物被吸收時經過之路線。生質精與碳水化合物經過靜脈；脂肪經過淋巴管(Lymphatics)。B 指示人體內淋巴管之分布。門靜脈, Portal vein; 靜脈, Vein; 脾靜脈, From Spleen; 乳糜囊, Receptaculum chyl; 上大靜脈, Superior Vena Cava; 心臟, Heart; 胃靜脈, From Stomach; 腰部乳糜管或淋巴管, Lacteals or Lymph Vessels in Lumbar Regions; 胸管, Thoracic Duct; 左頸靜脈, Left Jugular Vein; 腸, Intestine; 左鎖骨下靜脈, Left Subclavian Vein; 肝臟, Liver.

易於消化之水分，此時漸被吸收，留下不能消化無用之廢物或稱糞 (FECES)，自排泄腔 (CLOACA) 擠出體外，哺乳動物，則直接自肛門擠出。排泄腔乃腎殖管與消化管之總開口，哺乳類以下之脊椎動物皆有之。

戊 食物之功用 Food Use

消化作用，及分佈作用，諸事完畢後，食物乃變為身體之滋養品，供給各細胞「質」與「能」，隨意消耗（代謝作用）。常人每日平均約消耗三千卡路里（3,000 Calories）「能」。每一公分（Gram）生質精或碳水化合物產生約四·一卡路里能，每一公分脂肪約產生九·三卡路里能。依此比例，而知一人每日需要幾許食品原料，方足供消耗。氮素為維持纖維之生機所必要，當然取給自生質精。故脂肪與碳水化合物兩種物質，專門供給身體所消耗之能，生質精除供給纖維所需要之氮素外，無多攝之必要。

己 維生素 Vitamins

動物個體除需要種種營養料以維持生機外，同時需要某種副食品物質稱維生素（Vitamins）。維生素通常各種食物皆含有之，從化學方面言，係幾種有機混合物，互不相連繫，亦不是酵素，並不供給“能”（Energy），對於組織方面亦無貢獻，但原生質之代謝作用，惟此是賴，且不可或缺。身體上假如缺少某一種維生素，生理方面定發生不良結果，甚至發生病狀。維生素之化學組成並未盡知，其功用亦未完全瞭解，但對於原生質所佔地位之重要性，則已經公認。已發現之維生素，列舉於右：——

維生素——A. 為個體生長與發育不可缺少之維生素，其缺陷病為引起發育障礙；眼病，包括夜盲症，晝盲症，乾性眼炎，即角膜

(Cornea) 與結膜 (Conjunctiva) 非常乾燥，結果潰爛。此外肺癆與氣管支炎亦因維生素——A 缺少而發生。表皮變成層層，覆蓋如鱗。結果硬如角質，或因此維生素不足，皮膚傷爛。通常學者稱其為抵抗傳染之維生素，可謂名符其實。

初生嬰孩體內極少維生素——A，惟長大後此種維生素之分量則提高，且與其所消耗之營養物有直接關係。化學成分接近一種黃色素稱——Carotene；多數食物內均擁有之；乳，乳酪，卵黃，肝油，肝，水菓，青菜，胡蘿蔔等，其成分特別豐富。

維生素——B，其成分頗複雜，已知者在十種以上，各種功用與特性均不同，其中較顯著者為維生素——B₁，維生素——B₂兩種：

維生素——B₁能輔助醣類正常氧化，防止其變為丙酮酸蓄積於纖維而引起中毒。功能促進生殖與生長，並刺激食慾。食物中若缺少維生素——B₁，醣類代謝必不正常，變為丙酮酸而蓄積，結果損害神經，多發性神經炎，腳氣病，組織水腫，心臟擴張，心跳緩慢，食慾減退，惡心欲吐，發育障礙，體重減少，生殖腺失常，精囊與卵巢退化，雄者性慾消失，雌者經閉，對傳染病之抵抗力亦減。

食物中含維生素——B₁最豐富者首推酒酵，次蘿蔔，菠菜，番茄等。米糠內維生素——B₁比牛乳多含約二萬倍。

維生素——B₂，功能輔助原生質氧化提高組成，促進生長保持健康。食物內若長期缺少維生素——B₂則患癩皮病，消化障礙而下瀉，皮膚對日光敏感而發炎，神經變態精神錯亂而癲狂，智力減退而癡呆，視力減退怕光，眼生白內障，唇痛舌黑，口角破裂，體質衰弱，發育

停頓。

維生素—— B_2 爲一種複合體由核醣黃素與煙草酸合成，能溶於水與稀淡酒精中，在酸性液體中不受平常熱力破壞，易被光所分解，所以病態常發現於手臂頸等顯露部位。

食物中含維生素—— B_2 最豐富者推酵母，肝，卵，菠菜，水芹菜等，次爲乳，瘦肉，蘿蔔，蕪菁，胡蘿蔔與麥胚。新鮮植物之葉與莖中均富有此種維生素，枯萎後則全被毀滅。

維生素——C.或稱其爲抗壞血酸因其能促進粘合質之產生，使細胞與骨骼並結締組織及其他各種組織得以連絡而鞏固；提高身上抵抗力並保持體內氧化與還原之平衡。食物中若長期缺乏維生素——C則患壞血病，齒齦腫脹，出血潰瘍，牙根弛緩，骨質脆弱壞死，毛細管脆弱，全身出血；身體衰弱疲憊，或兼患貧血症，食慾不振，體重減少，容易感染疾病。

大多數新鮮水菓與蔬菜均含維生素——C.其中含量最富者猶推刺梨，柚，橘，檸檬，橙，楊梅，苜蓿，藕，辣椒，青蘿蔔，菠菜，番茄，莧菜，牛肝，葡萄，菠蘿等。發芽之禾穀，豆類含量亦多。芥菜，白菜，菲菜，大蒜，鮮玉蜀黍，香蕉，蘋果，馬鈴薯，豬肝，腎，魚，卵等亦有之。

維生素——D.功能增加並調整鈣磷之吸收與代謝，維持血液中鈣之適當分量與磷酸鹽游子，以輔助骨骼牙齒之生長，又可促進產卵機能孵育程度。食物中若長期缺少維生素——D，則引起軟骨病——佝僂病，兒童發育受妨礙，婦女分娩困難，且易罹齲齒並甲狀腺附近腺腫

大，減低對傳染病之抵抗力

各種魚肝油為維生素——D含量最豐富之食物；卵黃，釀母，蛤，鱒等含分亦高；乳粉，乳酪，油脂及禾穀類亦含少量。植物脂與綠葉植物則不含維生素——D。陽光與人工太陽燈照射，均能提高維生素——D。

維生素——E。功能維持正常生殖機能，男人之精子賴以成熟，女子胎盤之機能賴以維護。食物中若長期缺乏維生素——E，個體勢必失掉生殖力，男性生殖腺上上皮變性，女性胎盤之應有機能消失而阻礙妊娠。此外，維生素——E能治療進行性癱瘓一類神經病以及由脊髓變性所引起之貧血症。

維生素——E。分佈於各種食物，猶以麥胚油與卵黃含量最多；麥胚，棉籽油，玉蜀黍油次之，青菜中如菠菜，苜蓿，萵苣，水芹等亦有相當含量。菜籽，瓜籽，核桃油，花生油，大豆油，橄欖油，動物之乳汁，肌肉，脂肪，肝，腎均具維生素——E，惟含量不等。因維生素——E廣佈於多種食物中，且個體所需要之分量亦不大，故不虞缺少。

維生素——K。亦稱凝血維生素(Coagulation Vitamin)因其能促進凝血母原之生成，以完成血液之正常凝固作用。吾人若缺少維生素——K，嬰兒分娩後定生溢血症，成人之黃疽手術治療後溢血致傷，對血液凝固時間延長，容易出血且患貧血。

維生素——K不溶於水中，而溶於油中，易被烈性酸與氧化之破壞，惟對熱力固定。維生素——K分佈甚廣，綠葉中均有之，猶以苜

菘，菠菜，肝，魚肝油最豐富；豆油，芝麻，糠，捲心菜，胡蘿蔔，番茄，卵黃，魚肉中亦不少。魚肉，乳酪，米糠腐化後，其含量反增加。

庚 內分泌腺 Ductless Glands

最後吾人亦不可忽視幾種在個體漸漸發展時即與消化管脫離關係之附屬物；有幾種腺，起初自消化管之壁外翻，以後完全脫離消化管而變成無管腺：例如近食道之前端之盾形腺(THYROID GLAND)，與胸腺(THYMUS GLAND)。盾形腺產生之分泌含激動素(HORMONE)，直接流入血液，成一種內分泌(ENDOCRINE SECRETION)。至於身體上各種內分泌腺所分泌之激動素，及各動激素所擔任之合作機能，待將來有機會時詳細討論之。現在吾人可先留意胰腺分泌消化液之原因。小腸之壁膜中有特種腺細胞，當食物至小腸時，分泌一種激動素稱小腸精(SECRETIN)，小腸精由血液循環至胰腺，胰腺受此刺戟，立刻分泌胰液。(參考第 229 圖)

當然驟然一瞥，似乎脊椎動物之消化系統與蚯蚓之消化系統，有所不同，事實上其基本原則則一也。脊椎動物之消化管，因而積之增加，分泌面積與吸收面積當然亦隨之增加；更加消化物質之複雜，消化時間乃隨之延長，此種特點，則非蚯蚓所有。消化管面積之增加，其方法不一，或由腸壁裏面褶疊與凸出而成；或由腸壁向外翻展，組成腺體，祇留一細管與腸壁連接；或延長消化管之長度。如是，消化管乃變為一迂迴曲折之內管，與外管即——體壁之長度比較，相差甚遠。高等動物因需要較複雜之營養，故有較複雜之結構。

第十四章 循 環

Circulation

曾就觀察所得，血液由左心房之動作，迫進動脈，流行全體。別部分血液在同樣情況之下，受右心房之促迫，經過肺動脈直入肺部。身體各部血液由靜脈匯流於總靜脈，轉入左心房……此種行動，吾人稱為循環。——

Harvey 1628

原生動物及許多下等複細胞動物，營養物在個體各部往返運輸，乃一簡單問題。高等動物，構成個體之各細胞，需要給養，營養物所經過之路線，完全被纖維所隱蔽，所以問題比較複雜。事實上高等動物個體之結構非常複雜，一種複雜循環系統(CIRCULATORY SYSTEM)，實不可缺少。現在特別就脊椎動物之循環問題究研之。

高等動物與環境接觸之主要部分，關於「質」與「能」之攝取，由消化管之壁，及自消化管翻出之盲囊——肺，分別執行之。前者吸收個體所需要之物質為燃料，以產生維持生活現象之氣力；後者則有引起燃燒作用之氧氣通過。食物與氧氣必須透過消化管與肺葉之膜後，始可視為身體以內之物質，而由循環系任意配布於各器官之細胞以供消耗。

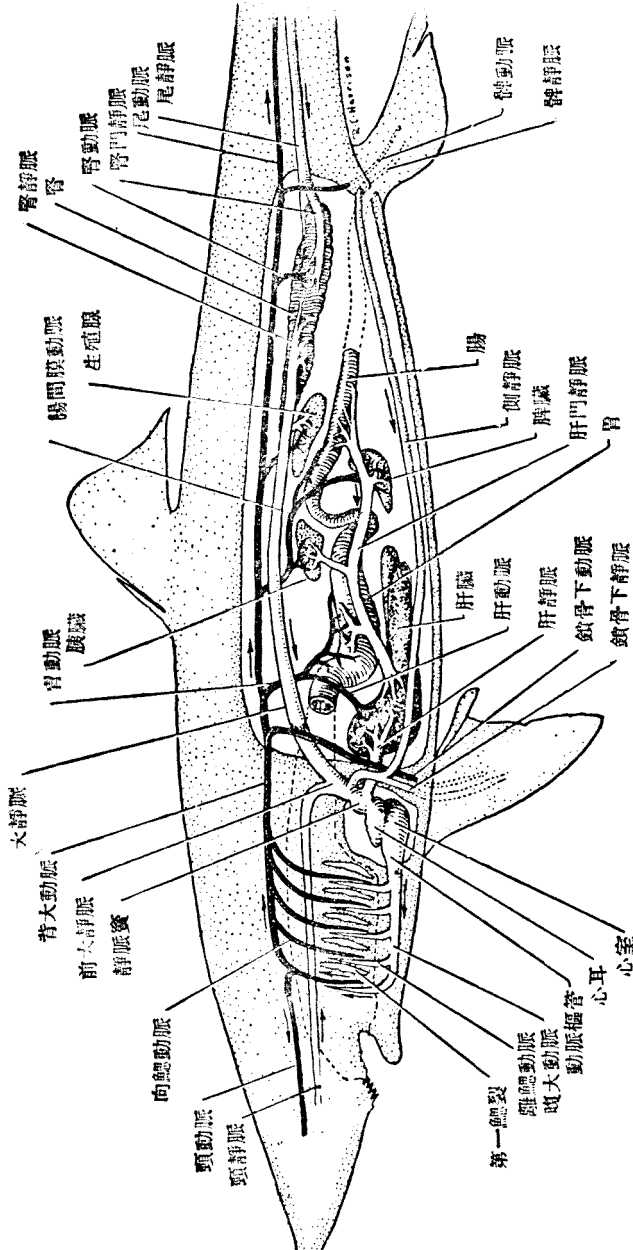
循環系除搬運燃料與氧氣外，尚須排除代謝作用之廢物：即代各細胞遞送此種廢物至正當排泄器官內，例如：肺或腎，以便移出體外。所以循環系實際上是個體所利用之物質之進口站與出口站中間連

鎖——一種配布系，與神經系合作，而連合各種器官成爲一體。

循環系之發展各時期，皆可自無脊椎動物方面追蹤之。無脊椎動物循環系之結構，有極簡單者，由一個腔穴，或數個聯絡之腔穴代表之；腔內滿貯流質，含各式細胞。比較複雜者，則腔位漸漸由確定之管，或血管代之，以傳導流質。固閉之血管，一經創立，則個體之行動，及各器官之伸縮，不能完全依賴液體之動作；由是，血管壁中有一分化之肌肉層出現，以堅固管壁，而執行有節奏之搏動，使液體流行。例如：蚯蚓之體腔中，有一種流質，稱爲腔液 (COELOMIC FLUID)，賴蚯蚓之行動，而浴浸大部分內部器官；此外，尚有一脈管系 (VASCULAR SYSTEM)，同時執行有節奏之收縮，使血液 (BLOOD) 配布於身體上各細胞。(參考第 132, 133, 135 圖)

脊椎動物血液之循環，則由兩種管系促成之，血管系與淋巴系 (LYMPHATIC SYSTEM) 是也。血管系包括大小血管散布一種漿狀之血液，血液中有浮游之赤色細胞與白色細胞。淋巴系在下等脊椎動物包括間隙，溝，與管，但在哺乳類及人類，淋巴管則連絡成網狀淋巴腺 (LYMPHATICS)，內有漿狀之淋巴與白色細胞血。管系與淋巴系兩者密切聯合，但淋巴系取守勢，處於被動角色，血管系行動敏捷，所以常獨認爲循環系。(參考第 81, 234, 235 圖)

血管系之主要部分包括：第一，一個筋肉組成之器官——心臟 (HEART) 以推進血液，心臟位於體腔之前部近中——腹線 (Mid-ventral line)；第二，搬運血液回至心臟之管——靜脈 (VEINS) 與運輸心臟中之血液至他處之管——動脈 (ARTERIES)，動脈管一分再



第 236 圖 鰐 (Dogfish) 之側面解剖圖，指示脈管系之分布。黑管表示已經氧化之清血；白管表示未氧化之汚血；箭頭指示血流。

頸靜脈, Jugular Vein; 胰臟, Pancreas; 頸動脈, Carotid Artery; 腸間膜動脈, Mesenteric Artery; 離鰓動脈, Efferent Branchial Artery; 生殖腺, Gonad; 向鰓動脈, Afferent Branchial Artery 腎動脈, Renal artery; 第一鰓裂, First Gill Slit; 腎, Kidney 腹大動脈, Ventral Aorta; 腎靜脈, Renal Vein 動脈樞管, Conus Arteriosus; 腎門靜脈, Renal Portal Vein 心耳, Auricle 尾靜脈, Caudal Vein; 心室, Ventricle. 尾動脈, Caudal Artery 肝臟, Liver; 肝動脈, Hepatic Artery; 肝靜脈, Hepatic Vein; 鎖骨下動脈, Subclavian Artery; 鎖骨下靜脈, Subclavian Vein; 腸, Intestine; 側靜脈, Lateral Vein 脾臟, Spleen; 肝門靜脈, Hepatic Portal Vein; 胃, Stomach; 髂動脈, Iliac Artery; 髂靜脈, Iliac Vein; 大靜脈, Cardinal Vein; 背大動脈, Dorsal Aorta; 前大靜脈, Precaval Vein; 靜脈竇, Sinus Venosus. 胃動脈, Coeliac Artery.

分，愈分愈小，結果分爲非常細小之微血管，篡進體部纖維；另一方面微血管又集中纖維中之血液，輸送至細小之靜脈，移轉至較大之靜脈，最後流進心臟。是故血液經過固封之血管，循環流行，自心臟出發又回至心臟。事實上吾人生命之賡續不斷，全賴血流之密佈全體，布施生命所不可缺少之「質」與「能」。一個健康人體內血液約佔體重二十分之一。(參考第 236, 242 圖)

甲 下等脊椎動物之循環 Circulation in the Lower Vertebrates

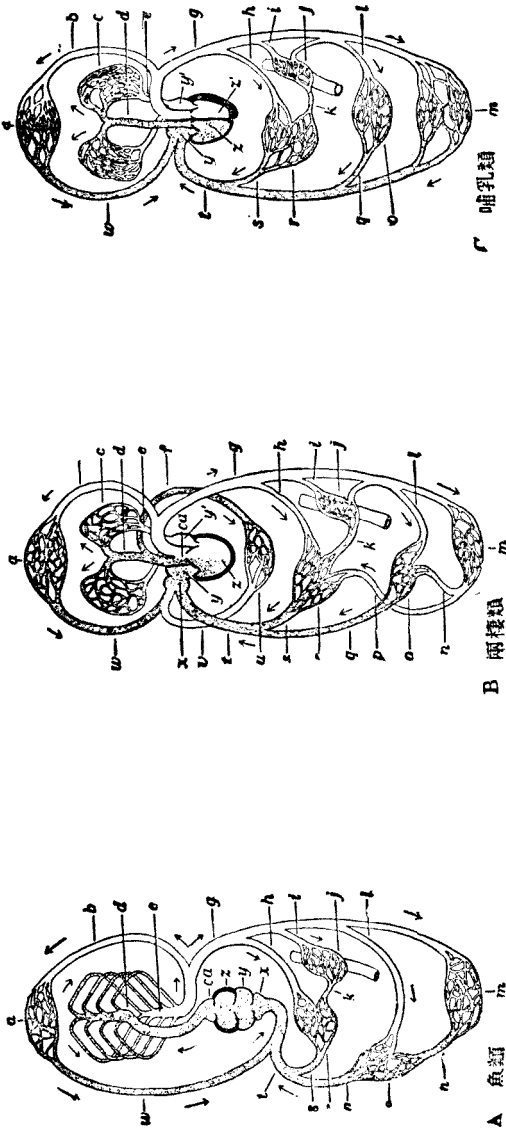
心臟代表脈管系一部分，且可視爲有節奏收縮之引擎，亦可當作一擴大血管，管壁有極發達之肌肉纖維。在最下等脊椎動物，及高等脊椎動物之胚胎時期，心臟祇分爲二窩：一稱心耳(AURICLE)，一稱心室(VENTRICLE)。心耳與心室間，配置活蓋(VALVES)，限制血液向一方向流動，即自心耳至心室。靜脈竇(SINUS VENOSUS)乃一擴大靜脈管，連絡靜脈即——靜脈系(VEINOUS SYSTEM)

與心耳。此外在動脈之一端，常有一動脈樞管(CONUS ARTERIOSUS) 連絡動脈系 (ARTERIAL SYSTEM)，與心室。如是，心臟事實上乃一串聯室。靜脈竇與心耳乃血液之貯藏室，隨時滿足心室之需要。心室恰似一吸引機，又似一壓上唧筒，汲出血液，通過動脈樞管，假道動脈系，而散布全身。為便利初學者起見，研究血液循環之路線，先就最下等之脊椎動物——魚類着手，因魚之心臟祇含一心耳與一心室。(參考第 237 圖)

動脈系乃血管之配布系，運輸血液至身體各部。水生動物，血液自心臟出發循環，因繞道至鰓部交換氣體(二氧化碳換氧氣)，所以暫時中斷。為便利氣體之交換，向鰓動脈(AFFERENT BRANCHIAL ARTERIES)，入鰓膜後，分裂為漸細漸細之血管，最後變為微血管(管壁極薄祇含一層細胞)。微血管依次併合，又成離鰓動脈(EFFERENT BRANCHIAL ARTERIES)，離鰓動脈最後導至身體上最大之動脈即——大動脈(DORSAL AORTA)。大動脈在脊柱之下面，位於體部之中——背線，分為許多小管，散布於各器官上。

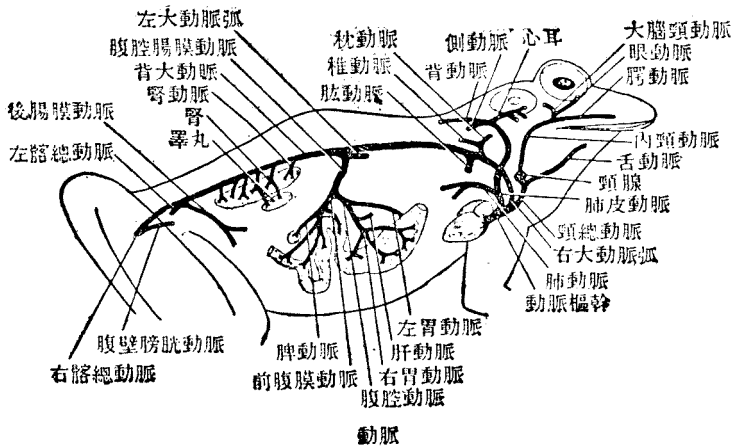
自大動脈分出之支管，達到各器官後，立刻再分枝為微血管。供給新鮮之動脈血，由是纖維獲得營養物及氧氣等。自纖維中收回之血液，含代謝作用之廢物，包括二氧化碳；但自腸部及分泌腺回來之血液，亦含所吸收之食品原料與各種內分泌物。血液流回心臟之路線，從細小之微血管，而小靜脈(VEINLETS)而中形靜脈……心臟。

雖然，逆流之血液(靜脈)，經過之路線，實際上較上述複雜；正如順流之血液(動脈)，至鰓部交換氣體時中斷；所以逆流之血液，

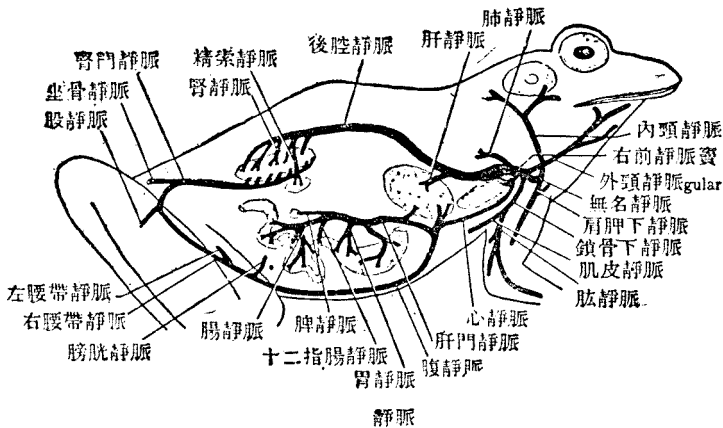


第 237 圖 A. 魚類 (Fish) B. 兩棲類 (Amphibian), 及 C. 哺乳類 (Mammal) 之脈管系。白管表示清血; 黑管表示汚血。

a. 頭部微血管 b. 導至頭部之主要動脈 c 肺部微血管; ea. 動脈脈管; d 在 A—圖), 自心臟發出之血管分
 歧為許多向鰓動脈, d 在 B—圖, C—圖), 肺動脈 e (在 A—圖), 離鰓動脈, 向鰓動脈與鰓動脈間之微血管
 不在內) 併合而成之前大動脈; e (在 B—圖), 肺靜脈; f, 自心室至皮膚之動脈; g 後大動脈; h 肝動
 脈; i. 通至胃, 腸, 等部之動脈; j. 胃, 腸, 等部之微血管, k, 門靜脈; l. 肝動脈 m 身體後端之微血管 n
 腎門靜脈; o. 腎部微血管; p 腹靜脈; q, 腹部微血管; r, 肝靜脈 t 自身體後端至心臟之主要靜脈
 血流; u. 皮膚中微血管; v. 皮膚靜脈; w 自頭部至心臟之靜脈血流; x, 靜脈; y, (在 A—圖) 心耳; (在 B—
 圖) 左心耳; y. 左心耳, z. 在 A—圖) 右心室, (在 B—圖) 右心室, (在 C—圖) 右心室, 箭頭指示血流。



動脈



靜脈

第 238 圖 蛙(Frog)之動脈系與靜脈系(Arterial and Venous Systems) 主要血管。(由 Hegner)

動脈系(Arteries): 腹腔腸膜動脈, Coeliaco-mesenteric; 背大動脈, Dorsal Aor a. 腎動脈, Renal 後腸膜動脈, Posterior Mesen eric; 左髂總動脈, Left Common Iliac; 脾動脈, Splenic; 腹壁膀胱動脈, Epigastric a-vesical 右髂總動脈, Right Common Iliac; 肱動脈, Brachial; 前腹膜動脈, Anterior mesenteric; 左大動脈弧, Left Aortic Arch, 椎動脈, Vertebral; 枕動脈, Occipital; 背動脈, Dorsalis 側動脈, Lateralis 心耳, Auricle; 膀胱動脈, Palatine; 大腦頸動脈, Cerebral carotid; 眼動脈, Ophtholmic 內頸動脈, Int. carotid 舌動脈, Lingual; 頸腺, Carotid gland. 肺皮動脈, Pulmo-

cutaneous 頸總動脈, Common Carotid 右動脈弧, Right Aortic Arch; 肺動脈, Pulmonary 動脈樞幹, Truncus Arteriosus 左胃動脈, Left Gastric; 肝動脈, Hepatic, 右胃動脈, Right Gastric; 腹腔動脈, Coeliac.

靜脈系(Veins): 肺靜脈, Pulmonary 肝靜脈, Hepatic, 後腔靜脈, Postcaval; 內頸靜脈, Internal Carotid 前靜脈竇, Anterior Vena Cava; 外頸靜脈, Ext. Jugular 無名靜脈, Innominate 肩胛下靜脈, Subscapular 鎖骨下靜脈, Subclavian; 肌皮靜脈, Musculo-cutaneous 腋靜脈, Brachial; 心靜脈, Cardiac; 肝門靜脈, Hepatic Portal; 腹靜脈, Abdominal; 胃靜脈, Gastric; 十二指腸靜脈, Duodenal 腸靜脈, Intestinal 膀胱靜脈, Vesical 脾靜脈, Splenic 左右腰帶靜脈, Left, Right Pelvic 股靜脈, Femoral; 坐骨靜脈, Sciatic 腎靜脈, Renal 腎門靜脈, Renal Portal; 精索靜脈, Spermatic.

流至肝臟時，亦暫時失蹤。自消化器官運回血液之靜脈，併合而成肝門靜脈(HEPATIC PORTAL VEIN)，門靜脈前進入肝臟，分裂為許多微血管，予肝臟以調整血液成分之機會，以後再由微血管將血液移交與肝靜脈(HEPATIC VEIN)，最後流進心臟。如前所述，流進肝臟之血液之來源有二：肝動脈搬進肝臟所應用之血液，肝門靜脈運入含多量食品原料之血液，先為之整理一番，後進心臟，以便配布於全體。靜脈血在肝臟之特別佈置稱為肝門脈系(HEPATIC PORTAL SYSTEM)。

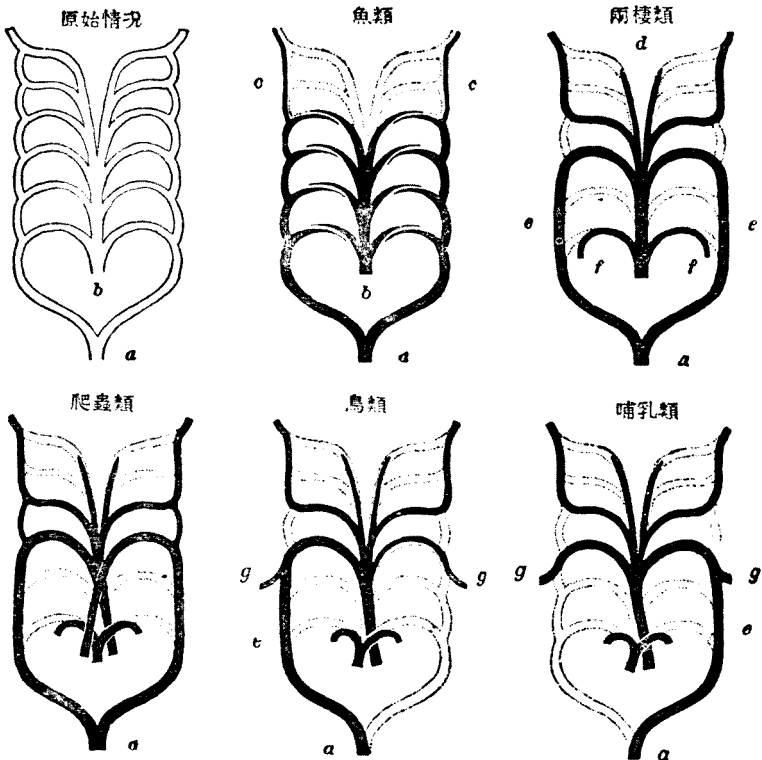
再者，鳥類以下之脊椎動物，身體後部之靜脈血，自微血管繞道先進入腎臟，然後回至心臟，此種構成，稱為腎門脈系 (RENAL PORTAL SYSTEM)。所以腎臟與肝臟有相同之處，即血液之來源有二：動脈與靜脈。尚有一特點，學者應當注意者，肝門脈與腎門脈皆由微血管併合而成，又分歧成微血管。(參考第 235, 238 圖)

以上所述，代表下等脊椎動物血管系之基本設計。高等脊椎動物血管之變狀，主要原因，乃由水生生活改為陸棲生活，因之需要游離

之氧氣，不是水中分解之氧氣；呼吸機構，於是不得不隨之變更。

乙 高等脊椎動物之循環 Circulation in the Higher Vertebrates.

吾人現在應當注意：高等脊椎動物以肺代鰓，結果脈管系統發生



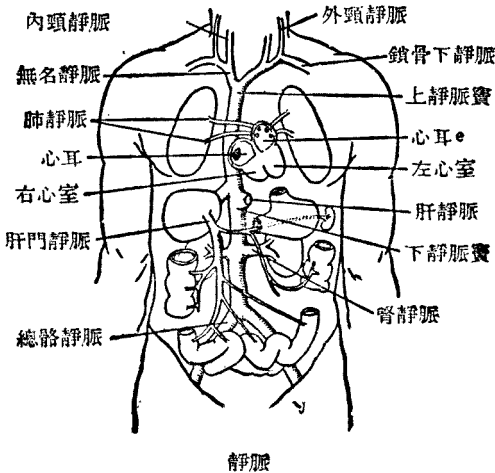
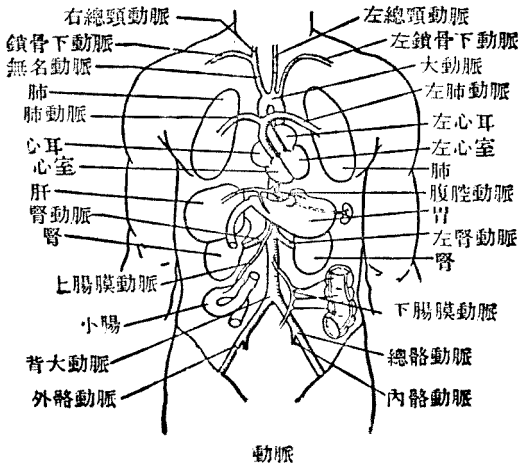
第 239 圖 解釋脊椎動物六對動脈弓 (Aortic Arches) 之演變。

a. 背大動脈；b. 自心臟出發之腹動脈；c, 內頸動脈 d 外頸動脈 e 左, 右, 動脈弓 f 肺動脈 g 鎖骨下動脈。原始情況 (Primitive) 魚類 (Fish); 兩棲類 (Amphibian) 爬蟲類 (Reptile); 鳥類 (Bird) 哺乳類 (Mammal)。

極大之變化。第一，兩排對立之鰓動脈，本來專供給鰓部之用，至高等脊椎動物，鰓動脈則不再分枝爲微血管，但直接與背部大動脈(DORSAL AORTA)連接，所以特名之曰動脈弧(AORTIC ARCHES)。如前所述，高等脊椎動物，當胚胎發展過程中，所現出之各對動脈弧，雖無何種實用，亦可視爲魚類傳下之結構。此種動脈弧，不久一部分沒跡，一部分則變爲他種結構，供成年動物之用。(參考第239圖)

爲適合初讀者起見，現在單就人體而論。一對動脈弧自心臟運出血液直達背大動脈，另一對動脈弧自心臟運輸血液至肺臟，復由肺臟運回血液至心臟，如是，心臟血液循環之第二路線成立。爲隔離此二循環路線，心耳與心室之中央，乃各由一壁膜隔開，分爲左右兩半。

由是而有四室之心臟，包括左右心耳，與左右心室。右心耳(RIGHT AURICLE)容納靜脈系中之血液，通過三尖蓋(TRICUSPID VALVE)，移交與右心室(RIGHT VENTRICLE)。右心室中之血液，隨由肺動脈(PULMONARY ARTERY)汲出至肺臟，經過微血管流遍肺臟後，又從肺靜脈(PULMONARY VEIN)流回至左心耳(LEFT AURICLE)；由此處穿過僧帽蓋(MITRAL VALVE)，入左心室(LEFT VENTRICLE)。左心室不斷收縮，復將血液迫出心臟，而入大動脈(AORTA)，再假道於較小之動脈，流至全體各部。其實，高等脊椎動物可謂有兩個心臟；一左一右，行動一致：右心臟爲全體各部缺少氧氣之血液之集中地，且擔任肺循環(PULMONARY CIRCULATION)，將未氧化之血液迫進肺臟。左心臟爲肺臟氧化之



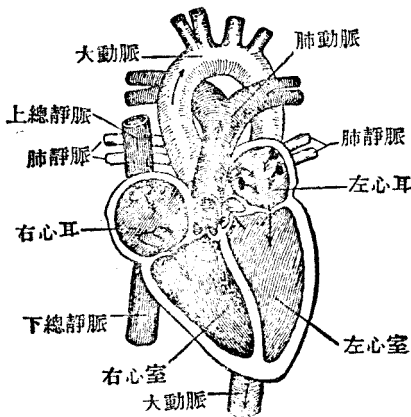
第 240 圖 人 (Man) 之動脈系 (Arterial) 與靜脈系 (V nous) 主要血管。(由 Mayor)

左右總頸動脈, Left Right Common Carotid; 內外頸靜脈, Internal, External Jugular 鎖骨下動靜脈, Subclavian; 無名動靜脈, Innominate 肺動靜脈, Pulmonary; 腎動靜脈, Renal; 上下腸膜動脈, Superior, Inferior Mesenteric; 腹腔動脈, Coeliac; 大動脈, Aorta; 脈大動脈, Dorsal Aorta 內外髂動脈, Internal External Iliac; 肺臟動靜脈, Pulmonary; 心耳,

Auricle 心室, Ventricle; 肝動靜脈, Hepatic Portal; 總動靜脈, Common Iliac; 上下靜脈, Superior Inferior Vena Cava; 肝, Liver; 腎, Kidney, 胃, Stomach.

血液之集中地，且擔任體循環(SYSTEMIC CIRCULATION)，將氧化之血液運送至全體各部。如是，水生脊椎動物之呼吸機械上之血管，由逐漸修改而變成高等脊椎動物之肺循環系統。(參考第237, 240, 241圖)

脈管系確是一個極活潑精銳之機械。吾人之心臟，自有生命起至末日止，日夜工作，未嘗間斷。心臟執行有節奏之跳動，每分鐘約七十次，若論所做工作，奚止三十萬呎磅(300,000. foot-pounds)。此



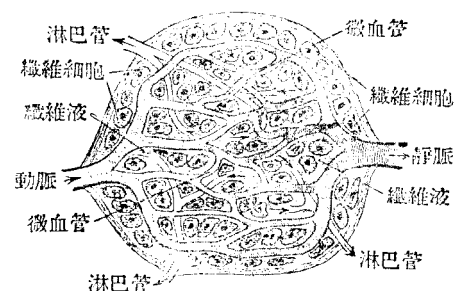
第241圖 人之心臟之縱剖面及其連接之血管。箭頭指示血流。(由 Peabody 與 Hunt) 大動脈, Aorta; 肺動脈, Pulmonary Artery; 上總靜脈, Superior Vena Cava; 左心耳, Left Auricle; 肺靜脈, Pulmonary Veins; 左心室, Left Ventricle; 右心耳, Right auricle; 下總靜脈, Inferior Vena Cava; 右心室, Right Ventricle.

種力量，用以移動血液之重量，提高血液循環之速率，維持大動脈與肺動脈中之血壓。

血液流動之速度，以方出心臟時為最高，以後漸漸降低，至肺循環系統與體循環系統之微血管時，減至最低限度。血液自微血管流回心臟，經過小大靜脈，漸流漸快，但再入心臟時，則比流出心臟時遲慢。如是，吾人之血液，每一單位，約費二十三秒鐘作一完全循環，在微血管內約費二

秒鐘——此二秒鐘時間，實際上甚長，因微血管之平均長度，尚不到一時之十五分之一。血流速率變遷之原理甚簡單，血液循環當然受同樣力量之推進——心跳——因血管直徑之大小不同，所以流動之速率亦高低不一。動脈與靜脈之直徑雖然比微血管大，但微血管之平均面積，則遠超過動脈系或靜脈系之面積。

此外一種流質，在一固閉管系中流動，必自高壓力區域流向低壓力區域；所以血管中之血壓 (BLOOD PRESSURE) 與心臟之距離，成正比例，愈近愈高，愈遠愈低。讀者現在應當注意：以微血管廣大之面積，血壓之總和，當然比靜脈高；但一單獨微血管，血壓則非常低，所以微血管之管壁極嫩薄。



第 242 圖 解釋微血管，淋巴管，及纖維細胞間之關係。淋巴管，Lymph Tube 動脈，Artery；纖維細胞，Tissue Cells；微血管，(Capillaries)；纖維液，Tissue fluid；靜脈，Vein。

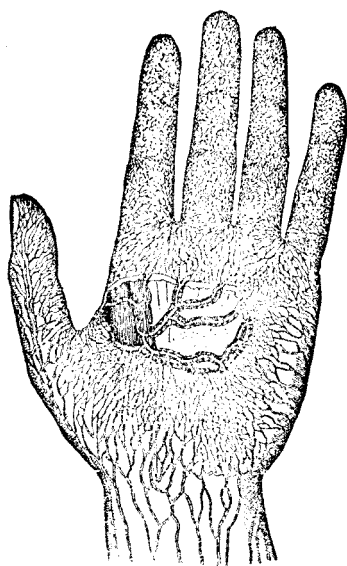
如是，微血管之血壓低，所以血液流動極慢，且因此血液得執行其工作——供給纖維液 (TISSUE FLUID)，同時與纖維交換物質。其餘脈管系——心臟，動脈，與靜脈——之佈置，乃為微血管之給養便利而設。(參考第 242 圖)

纖維液實含血漿與白血球，血漿與白血球衝過微血管之管壁，浸洗所佔有之纖維，將運來之食品原料及氧氣等，換取細胞代謝作用之廢物。如是，微血管不斷排出液體，流進細胞間空隙，空隙間之纖維液含有排泄物者，則由微血管

吸回。餘剩之混濁纖維液，則由細小之淋巴管(LYMPH VESSELS)吸收之。所以淋巴之基本物質，乃餘剩之纖維液；淋巴中之白血球，乃淋巴腺之產物。淋巴自微細之淋巴管，經過漸大漸大之管，最後流入頸部之靜脈，由是交還血液原有之物質。(參考第 234, 235, 242, 243 圖)

如此複雜如此巧妙之運輸系統，定有種種設備，以調整血液之循環，使身體上各器官在種種生理狀況之下，皆獲得所需要之給養。此種調整工作，端賴動脈神經(VASOMOTOR NERVE)衝動之力量，使接觸各器官之細小動脈，隨環境之需要而膨脹或緊縮；且由血液中之特種化合物，引起纖維中之微血管同樣之行動。吾人之血液容量非常固定，所以身體上之一部需要額外給養時，其他各部之血液，勢必被奪取而減少，此乃當然之事實；例如，飽食之後，多量血液流入消化器官，其他器官，血液之容量，則暫時減少——諺云；飽食之後，必感疲倦，此即腦部血液銳減之原因。

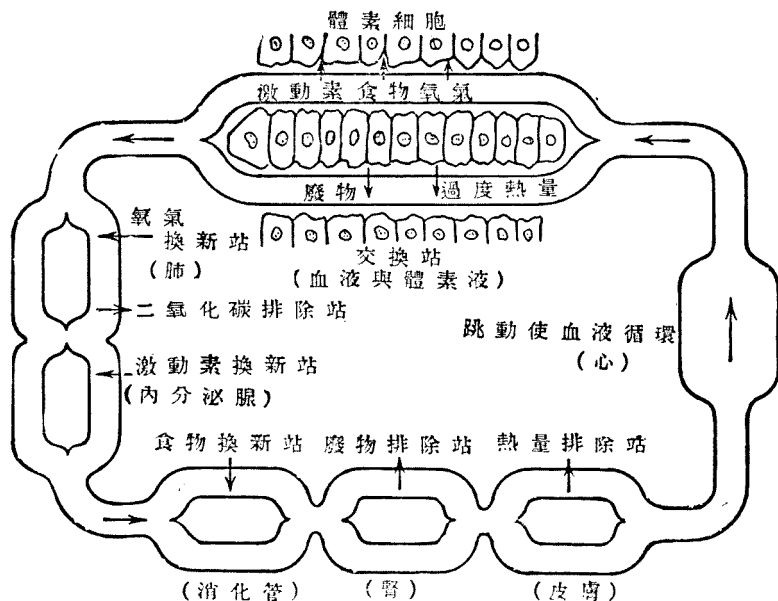
此外血液當攝取，與分發，食品原料，分泌物，及排泄物時，化學成分一定發生重大變化。再者，脈管系中赤血球之補充，皆由骨髓供給之，且由一貯血器官——脾臟(SPLEEN)



第 243 圖 人手中表面及深層之淋巴管。(由 Hough 與 Sedgwick)

穩定之。脾臟位於胃臟之後，腹腔之內。(參考第 225—227, 244 圖)

溫血動物 (HOMOTHERMAL ANIMALS), 即鳥類與哺乳類, 有精巧之機構, 以維持體溫, 在一定度數內; 大半賴脈管中之血液保存, 分配, 及消耗熱量三種作用, 其餘熱量, 則因血流在肌肉中之微血管時, 設逢劇烈運動, 心跳驟增, 血液激流, 運輸多量之營養物與氧氣至肌肉, 載回排泄之熱量與廢物。此過分之熱量由血液運至肺



第 244 圖 解釋血液之流通, 如何維持適宜之環境。(仿 Martin)

肺臟, Lung; 氧氣換新站, Renewal Station Oxygen 二氧化碳排除站, Removal Station carbon dioxide 內分泌腺, Endocrine Glands 消化管, Digestive Tract; 激動素換新站, Renewal Station Hormones 食物換新站, Renewal Station food 腎臟, Kidneys 廢物排除站, Removal Station Waste Products; 皮膚, Skin; 過度熱量排除站, Removal Station Excess Heat; 體素細胞, Body Cells; 交換站, Exchange Station 心臟, Heart; 血液與體素液, Blood and Tissue Fluid 跳動使血液循環流通, Pump to keep blood in motion.

臟及皮膚而放出。此時皮膚因血管之膨脹而發赤，亦即熱量散出之表現，有時並且發汗。由是，身體損耗熱量，但吾人反覺溫熱，實因皮膚中之神經受熱力刺激之故。當吾人感覺寒冷之時，皮膚中之血液已由內部器官收回，同時被保存之熱量乃覺低降。由是，可知受冷時反覺發熱，乃自相矛盾之謂。

吾人已經盡量敘述血液與淋巴在身體內循環之路線及作用；或者不妨鄭重申明，動物之體積愈大，體構愈複雜，運輸系統之組織亦愈臻精巧。精巧運輸系統乃漸漸分化而成，以應付體構較複雜之動物之需求，所以高等動物之進化，有此明顯之證據可憑。

第十五章 呼 吸

Respiration

有生命之個體堪稱物理與化學會操之廣場，所趨步驟，與無機界完全一致。——Thomson

呼吸作用，上面已經提及，主要因果，乃原生質與環境之互換氣體：吸進游離之氧氣，以供燃燒，呼出無用之產物——水與二氧化碳。單細胞生物：例如綠球藻與變形蟲，及下等複細胞動物如水螅；因個體之結構非常簡單，無須精巧之機械，以利氣體交換，所以呼吸步驟亦甚簡單。高等動物，因體部之結構高度分化，與空氣直接接觸之細胞逐漸減少，所以必需種種設備，庶身體以內之細胞，亦得接觸氣體之機會。

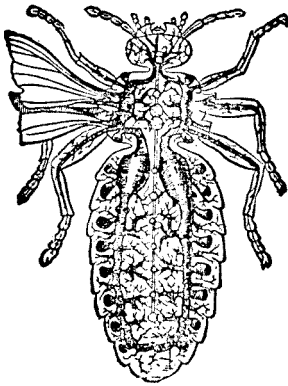
不論何種動物，皮膚皆可輔助呼吸作用。事實上，蚯蚓之皮膚潤濕且薄，下面滿佈血管，氣體不難迅速通過，互相交換，以蚯蚓不活動之生活，皮膚實一主要呼吸膜。龍蝦之呼吸問題，則由體部長出之指形結構即——鰓（GILLS）解決之：利用鰓之廣大呼吸膜浸於呼吸之傳導體內——即四圍含氣體之水。昆蟲有網狀分枝之呼吸管（TRACHEA），密佈全身，以便利空氣之輪迴而與各種纖維接觸，所以體部血液，無需透過體表。（參考第 245 圖）

吾人已經指出，下等脊椎動物，消化管之前端有兩種功用：即食物與呼吸共同之走廊。魚類常呼吸時，水流自口腔吸進，經過鰓囊

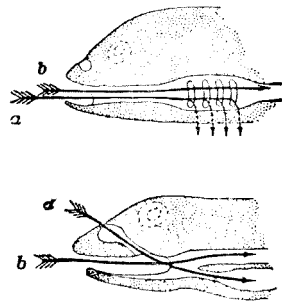
(GILL POUCHES)與鰓裂而出。鰓囊之壁膜——實際上係消化管之壁膜之轉成物，因鰓囊係消化管之凸出部——其功用則等於呼吸膜。

(參考第 246 圖)

專門呼吸空氣之脊椎動物，因代謝作用比較敏捷，所消耗之「能」亦增加，所以呼吸面積乃特別擴大，並需要維持潤濕與保護之責。如前所述，鰓裂至高等脊椎動物，不過一種過渡組織，暫時存在於胚胎身上，為進化歷史之索線而已。鰓囊之機能，已由食道之前壁翻出一巨囊安置於體腔之前部即——肺 (LUNGS) 代之；如是，即使人類



第 245 圖 昆蟲之呼吸 (管) 系統。



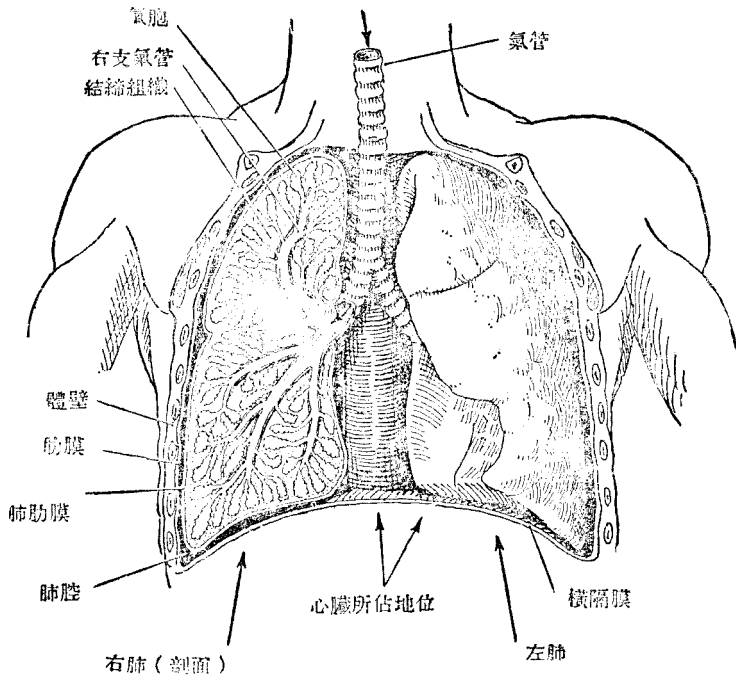
第 246 圖 上圖為水生 (魚)，下圖為陸棲脊椎動物，頭部之縱剖面，指示呼吸流與食物流之路綫。(參考第 103 圖) a 呼吸流；b 食物流。

肺部之呼吸膜，從發生史上追究，亦不過消化管之壁膜之特化部分而已。再者，肺部創就，一種複雜呼吸機構亦隨之產生，以便利肺內空氣與外界空氣常常交換。(參考第 388 圖)

甲 肺 Lungs

當吾人呼吸時，空氣所經過之路線，乃自外鼻孔 (ANTERIOR NARES) 進入，通過鼻道，至內鼻孔 (POSTERIOR NARES) 而出，傳達喉頭上部。當空氣進入喉頭，勢必沖開會厭軟骨，即喉門蓋 (EPIGLOTTIS)，通過喉門 (GLOTTIS)，直入聲室 (LARYNX)，然後跑進氣管 (TRACHEA)。聲室俗稱喉核 (Adam's apple)。(參考第 228 圖)

氣管之下端，位處胸部 (THORAX)，分為左右兩枝，即支氣



第 247 圖 人之胸腔之縱剖面，指示肺臟之位置。

氣胞, Alveolus; 肺肋膜, Pleural Covering Lung 右支氣管, Right Bronchial Tube; 氣管, Trachea; 結締組織, Connective Tissue 右肺 (剖面), Right lung cut open: 體壁, Body Wall; 心臟所佔地位, Space occupied by heart. etc; 肋膜, Pleura; 橫隔膜, Diaphragm; 胸腔, Pleural Cavity; 左肺, Left lung intact.

管 (BRONCHIAL TUBES), 支氣管直接通入肺部。每一葉肺皆由彈性之海綿組織構成, 形似袋又似囊。支氣管在肺內一乳分枝, 愈分愈細, 最後在顯微鏡下觀察, 亦祇有微細之小枝, 每一小枝之極端, 各成一細小空氣胞, 或稱氣胞 (ALVEOLI)。由是可知吾人之肺, 實含千萬氣胞, 每個氣胞皆與外界空氣相通, 並且胞壁上有密佈之微血管 (CAPILLARIES)。微血管乃極微細, 壁膜又薄之血管, 心臟中之血液由此流過, 至身體各纖維; 復假道於此而流回。微血管中之血液, 一方面將各纖維之二氧化碳, 水, 及多餘之熱氣排泄於氣胞內; 一方面吸取氣胞內之新鮮氧氣。此種交換工作, 實賴微血管氣胞之稀薄壁膜成全之, 所以氣胞乃肺部最有效之呼吸面積。(參考第247圖)

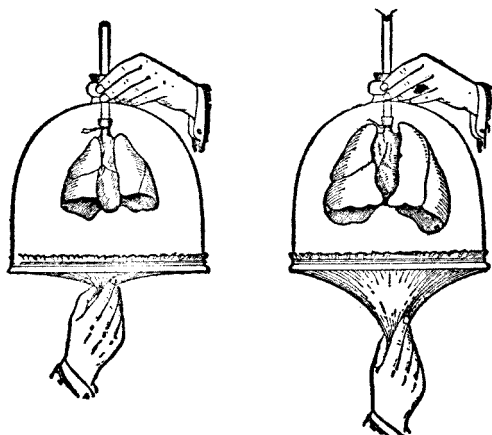
乙 呼吸機構 Respiratory Mechanism

因肺之參加呼吸作用, 故肺葉內之空氣必需接時換新, 由是遂引起有節奏之呼出 (EXHALATION), 與吸進 (INHALATION), 通常稱為呼吸。呼吸作用之方法, 及其複雜機構, 約略敘述於下。

肺葉係一羣彈性囊, 懸掛於一不透氣之胸腔內, 胸腔之周圍為肋骨 (RIBS), 底下為橫隔膜 (DIAPHRAGM); 故肋骨上升與橫隔膜下降, 胸腔即擴大。橫隔膜乃一肌肉膜, 介於胸腔與腹腔之間。通進肺葉之唯一入口為氣管, 所以外界所給與之壓力, 皆從氣管傳達進去, 每一英方寸肺葉之內壁, 大約受十五磅重之氣壓; 由是肺壁恆與胸腔之壁緊貼——若不如此, 則肺壁與胸腔壁之間, 將變為真空。所以當肋骨與橫隔膜之肌肉收縮, 致胸腔擴大時, 彈性之肺葉亦隨之漲大而與

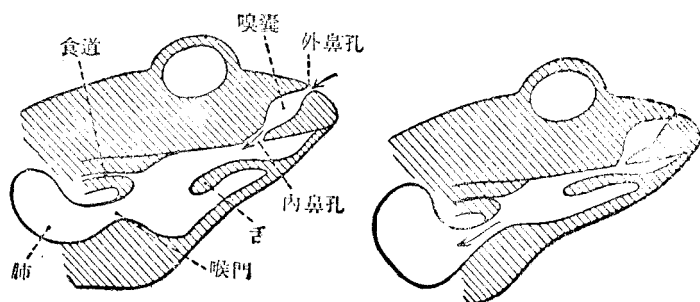
腔壁維持接觸現狀——此吸氣作用之效力也。反之，肋骨與橫隔膜之肌肉放鬆，胸腔即縮小——此呼氣作用之效力也。肺之伸縮，完全處於被動地位，當然，假使胸壁受傷穿洞，肺壁裏面與肺壁外面之壓力互等，肺葉勢必萎縮，而有性命危險。（參考第 248, 249 圖）

有節奏之呼吸運動，即賴肌肉之收縮，肌肉勢必先受神經刺戟，始能收縮。事實上吾人身體上之肌肉，除心臟部分與消化管部分可以自動收縮外，其餘皆受神經之約束。吾人現在明瞭，介於腦之下面，脊髓之前端，中間有一段稱為延髓(MEDU-



第 248 圖 解釋橫隔膜機械式之呼吸。玻璃鐘內為哺乳動物之肺。鐘下之橡皮膜代橫隔膜。將橡皮膜向下拉，空氣入氣管，肺即漲大。（由 Conn 與 Badington 仿 Tigerstein）

LLA), 乃呼吸之中樞(RESPIRATORY CENTER)。自延髓出發之神經，延長至呼吸作用之肌肉；刺戟肌肉，調度呼吸。通常含二氧化碳之血液，流至呼吸中樞（即延髓），延髓神經憑血液中二氧化碳之濃度而決定呼吸之速率。肺部神經雖然亦傳導刺戟至呼吸中樞，但其作用則為遏制延髓之過度活動，使呼吸收節奏之效。事實上身體任何一部被刺戟，呼吸中樞皆受其影響；例如，當冷水浴時，呼吸次數驟加。呼吸中樞之活動，自然大半不受拘束，當吾人熟睡時，吾人仍照常呼吸；但亦可隨意控制——吾人熟悉強制執行，可使呼吸暫停。假使



第 249 圖 解釋蛙 (Frog) 呼吸運動 (Respiratory Movements). 左圖指示外鼻孔張開，空氣通入口腔 (Buccal Cavity)。右圖指示外鼻孔閉，口腔底肌升起以壓空氣入肺部。(由 Herner)
 肺; Lung; 喉門, Glottis; 食道, Esophagus; 嗅囊, Olfactory Chamber; 舌, Tongue; 外鼻孔, External Nares; 內鼻孔, Internal Nares.

呼吸中樞被破壞呼吸神經被割斷，呼吸運動則立刻停止。

丙 呼吸輪迴 Respiratory Interchange

呼吸機構所達到之目的，即使血液與空氣在肺葉內有接觸之機會，交換氣體，移轉熱量。吸進空氣，隨環境而異，大約在攝氏二十度 (20°C) 左右，或華氏七十度 (70°F) 左右，亦即通常室內溫度。呼出之空氣，其溫度大約在攝氏三十六度 (36°C) 左右，與吾人之體溫相等。所以在正常環境之下，呼出之空氣，其溫度總比吸進之空氣高——由是血液之溫度降低。再者，吸進之空氣，所含水分分量亦不定，乾燥空氣，水分少，潮濕空氣，水分多；但呼出之空氣，水蒸氣極厚，幾乎達到飽和程度——由是血液中之水分減少。更有進者，吸進之空氣，祇含極微少之二氧化碳，呼出之空氣，二氧化碳竟佔百分之四——血液由是放出二氧化碳。最後，進入肺葉之空氣，約含氧

氣百分之二十，呼出之空氣祇有百分之十六爲氧氣——血液由是獲得氧氣。簡言之，血液在肺葉內與空氣交易之後，放出熱量，水分，與二氧化碳；換進氧氣。

讀者一定欲知血液經過肺葉時如何獲取氧氣，因氧氣乃維持各細胞之生命之要素。此種現象，最少包括兩種步驟：第一，空氣中有極豐富之氧氣，血漿 (Blood Plasma) 中之情形正相反，祇有少量氧氣；在高度壓力之下，一部氧氣被迫進血漿。但血漿賴壓力之助，所獲得之氧氣有限，實不足供給全體各纖維之需要，故另由一種特別細胞——赤血球 (RED BLOOD CELLS) 專門攝取氧氣，以補不足。吾人體內有多至不可勝數之赤血球，含一特種複雜化學物，稱血球素 (HEMOGLOBIN)。血球素對游離之氧氣，有高度化合力 (Chemical Affinity) 卽：與氧氣發生氧化作用，變爲一種不堅固之混合物，稱爲氧化血球素 (OXYHEMOGLOBIN)。如前所述，當赤血球隨血漿離開肺葉，流回心臟時，此富有氧化力 (Oxyged Affinity) 之血球素，已將所攝取之氧氣全部運回以接濟全體各部纖維。

纖維間微血管，實際上擔任運送氧氣至細胞，因爲纖維細胞所含之氧氣分量少，與肺葉內氧氣分量比較，正相反。因纖維細胞獲得氧氣之後，幾乎立刻耗盡，所以赤血球放出所含之氧氣——氧化血球素還元爲血球素——血液則接受二氧化碳，熱量，爲交換條件。二氧化碳與熱量皆纖維細胞氧化後之產物。氧化亦稱燃燒作用 (Combustion)。二氧化碳由赤血球與血漿共同運載他往，一部分二氧化碳且與鈉化合成碳酸鈉 (Sodium bicarbonate)。

血液此刻在微血管中流動，約二秒鐘後，即循環至心臟，由心臟推迫至肺葉。至肺葉時，血液中之二氧化碳，熱量，及水分，皆移交與氣胞中之空氣，隨即散佈於大氣中。此種現象，實因血液之張力(Tension)較大氣高，故血液中之二氧化碳等等得分散於大氣中，此即呼吸輪迴之路線也。

照上面所述種種，現在概括言之：高等動物與人類因個體之結構複雜，構成個體之細胞與氧氣之來源距離漸遠；惟細胞之生活過程上，需要氧氣之給養更切，故有精緻之設備，以便利氣體之交換。俟後有機會時，將討論呼吸器官之分化，如何影響及血管。現在特鄭重申明：呼吸機構，不論如何複雜，皆不能隱蔽呼吸之真正目的；因肺葉內空氣之換新，並不是為呼氣與吸氣，或血液與空氣之交換氣體，或纖維細胞與血液之交換氣體；實為身體上每個細胞之原生質攝取氧氣，以氧化食物，產生所需要之能力，與單細胞植物及單細胞動物之呼吸作用相等。氧化作用，包括耗用氧氣，排泄二氧化碳，其他種種情況，雖不能缺少，不過附帶而來。

第十六章 排 泄

Excretion

一連串已知與未知之前因與後果，用數學表示之，可得準確之答案。——Noyes

個體需要種種設備，以排除代謝作用所產生之廢物；與個體之需要攝取「質」與「能」，以維持生活機能，同等重要。大多數單細胞生物，個體之表面，全部擔任排泄職務，所以身體之表面，可當作排泄器官看；惟單細胞動物中之變形蟲與草履蟲，則另有伸縮胞以利代謝作用後之廢物之排除。事實上，下等複細胞動物，亦不過有幾種有特化之排泄器。至於脊椎動物，則有腎臟 (KIDNEYS)，鰓，與肺臟，專門供給或大部分供給排泄之用；皮膚，與肝臟，則補助排泄作用。上述各種器官，各與血管連接，由是吸收血液中之廢物，而運出體外。（參考第 18, 21, 246 圖）

所以排泄與大便兩種名稱，顯有區別；前者指生活過程中所產生之化學廢物，後者指個體不能消化之物質，經過消化管，由肛門排出之糞。不能消化之物質，當然屬於新陳代謝不能利用之食品原料，亦即食品原料之渣滓。如前所述，消化管不能排在排泄器官之列，但肝臟中之廢物，則仍不能不假道消化管與糞同時排出。

排泄器官所排除之物質，其性質與分量，當然視血液所運至排泄器之物質而決定。吾人若再加以詳細分析，而知，一方面須視個體所攝取之食物——燃燒作用之燃料；另一方面必視生活過程中原生質所

分解之物質。碳水化合物與脂肪之分解物，一定為二氧化碳與水，生質精之分解物，除二氧化碳與水外，尚有含氮之廢物，如尿素（UREA），尿酸（URIC ACID），肌酸乾（CREATININE），氨，等等。

甲 鰓與肺 Gills and Lungs.

鰓或肺可以排除二氧化碳，上面已經申述，實則鰓部之呼吸膜與肺部之呼吸膜之細胞，對於排泄工作完全處於被動地位。因血液中二氧化碳之張力較在水中或空氣中之張力皆高，根據氣體之擴散定律，當然自血液中散出溫血動物之血液，除散出二氧化碳外，並且失去大量水分與熱量。肺葉所放出之水分與熱力，則與空氣之潮濕或乾燥，週圍溫度之高低，有直接關係。自肺葉呼出之空氣溫度與體溫約略相等，並且滿充蒸氣。吾人體內之水分，幾乎有三分之一由肺葉排出。（參考第 247 圖）

乙 皮膚 Skin

有幾種下等脊椎動物，例如青蛙，皮膚實一主要排泄器官，因自皮膚排出之二氧化碳，較自肺葉排出者猶多；但在高等脊椎動物，包括人類，皮膚排泄祇限於汗腺（SWEAT GLANDS）。吾人遍體汗腺，總計不下三百萬條，腺管之開口，密布體表，若就腺管之長度計，將達數英里。汗腺自血液中除吸收大量水分外，同時搬出氮質廢物，即尿素之類，與脂酸，及鹽質；所以每當出汗時，皮膚上即有殘滓之痕跡。雖然，汗中水分，應當視為一種分泌，而不可當作排泄物，因蒸發出

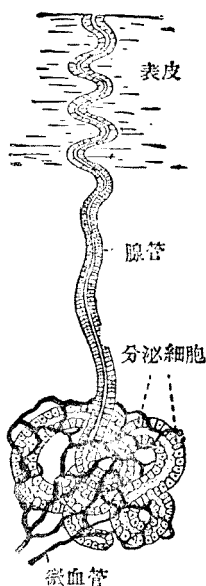
去之水分，對於身體有極大作用，即調整體溫。人人咸知，因出汗而蒸發，易使皮膚散失熱力。除汗腺之外，皮膚中尚有皮脂腺(SEBACEOUS GLANDS) 皮脂腺之開口，有一定地位，即在毛髮之基部。皮脂腺分泌一種脂液，使毛髮與皮膚潤滑，同時有保持體溫之作用。(參考第214, 250圖)

丙 肝臟 Liver

肝臟除原有種種作用外，對於排泄，有極大之援助，換言之，肝臟將血液中有毒之氮性混合物移出，轉化為尿素，以後又移回血液中，隨由腎臟排出。另一方面，肝臟收集血液中之廢物，變為膽汁。膽汁或暫時貯藏於膽囊內，或直接排泄於腸內。(參考第 232 圖)

丁 腎臟 Kidneys

通常腎臟賴肝臟之合作，而成脊椎動物之主要排泄器官，腎臟之活動能力如果受阻礙，個體即刻受本身所產生之廢物之毒化。雖然，腎臟排除身體內無用之物質，祇可視為種種機能中之一——因腎臟尚有調度血液之能力，使血漿中之化學成分平衡。大量水分，與種種鹽質，及尿素等，皆從血液運至腎球(GLOMERULI)，移入腎管(TUBULES)。自血液輸進腎管之物質，若仍屬有用者，則由腎管吸收之，

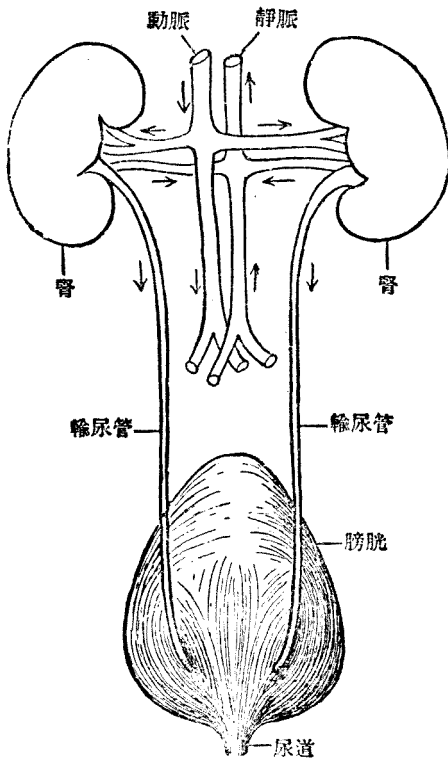


第 250 圖 汗腺(Sweat Gland).
表皮, Epidermis; 分泌細胞, Secreting Cells;
腺管, Duct; 微血管, Capillaries.

移回血液中；不能再用之物質，則由腎管流進腎盂(PELVIS)，最後排出體外。自吾人體內排出之氮質廢物，大約百分之九十，在尿素內。
(參考第 251—253 圖)

一 尿 Urine

腎臟之排泄物，總稱尿，自腎臟流出經過輸尿管(URETERS)，入膀胱(URINARY BLADDER)，暫時貯藏，隨即從尿道(URE-

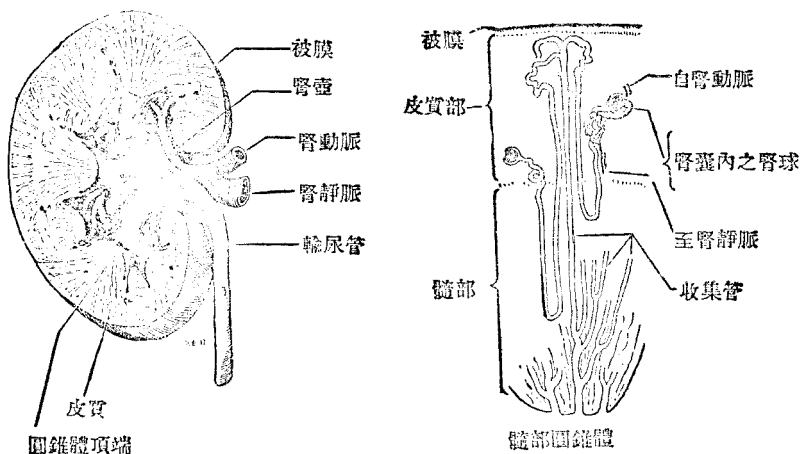


THIRA)排出體外。尿既為排泄之中間物，所以不獨含新陳代謝之正規產物，即身體所產生之不正規物質，及所攝取之不正規物質，亦大部分混於尿內；故吾人欲知個體之新陳代謝是否仍維持常態，必須檢查尿之化學成分，並用顯微鏡觀察尿中之含有物。所以患腎臟炎(Bright's disease)之病人，尿中有生質精；患糖尿病(Diabetes)者，尿中多葡萄糖，及他種不正規之物質；若患痛風症(Gout)，則尿酸之分量反常。

第 251 圖 人之泌尿系統(Urinary System)。
動脈, Artery; 靜脈, Vein; 腎, Kidney; 膀胱, Bladder; 輸尿管, Ureter; 尿道, Urethra.

檢查小便，實屬首要，因根據尿之化學成分，可以幫助

診斷各種病源。尿之成分可使生理現狀立刻發生正常變化，或反常變化，甚至神經緊張時小便中必現葡萄糖。再者，吾人排出之尿，分量之多少，有種種原因；在正常狀態之下，所飲之水與所排出之尿，其分量之多少，往往依大氣中之濕氣與溫度而定；例如：當天氣炎熱乾燥時，大量水分變汗排出。如前所述，吾人所吸進之水分，應當比所排出者多，且必須如是，新陳代謝之廢物始能順利運至腎臟。讀者一定以腎臟為一種被動器官，因腎臟不過代血液排出無用之物質而已；實則腎臟之纖維較心臟之纖維，每一哩重所耗費之氧氣單位猶多，故腎臟之排泄工作，完全出於自動。



第252圖 人之腎臟。A 縱剖面；B 解釋腎內腎管 (Tubules) 之分布。皮質 (Cortex) 中有微血管。腎管穿過髓部 (Medullary Region) 在錐體 (Pyramids) 的端開口。
 被膜, Tunic; 皮質部, Cortical Region 腎盂, Pelvis 髓部, Medullary Region 腎動脈, Renal Artery 圓錐體頂端, Tip of Pyramid; 腎靜脈, Renal Vein; 自腎動脈, From Renal Artery 尿輸管, Ureter; 腎囊內之腎球, Glomerulus within Capsule 皮質, Cortex; 至腎靜脈, To Renal Vein; 收集管, Collecting Tubules; 髓部圓錐體, Pyramid of Medullary Region.

二 腎臟之進化 Evolution of Kidneys

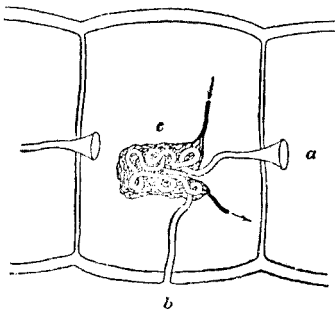
腎臟之機能固極重要，脊椎動物之腎臟之複雜進化更猶為比較解剖學家所關心。脊椎動物之腎臟結構，實以蚯蚓之排泄器為基礎，故不難從蚯蚓之排泄系探索之。（參考第 131, 132, 253 圖）

蚯蚓之主要排泄器官，包括幾對迂迴曲折之細管，稱腎管(NEPHRIDIA)。腎管位於消化管之兩邊，左右對列於各環節之體腔內。每條腎管，有一漏斗狀之開口，位於一體節內，其管則穿過一隔片，入後端之體節內；在後端之體節內捲繞幾轉之後，隨即向體壁之腹面延長，由一細孔通出體外。如是，腎管乃一種體腔與外界交通之細管，使腔液內之廢物得一排泄出路。此外，腎管之捲繞部分有特種細胞，可以吸收脈管系中之氮質廢物，各種溶解之無機鹽，等等，移至管內，待機排出。如前所述，蚯蚓之腎管，不獨排除腔液內之廢物，同時排除血液中之廢物。

原始分節之體腔，在脊椎動物體內，雖已沒跡，但分節排列之腎管，仍為腎臟之主要排泄部分。如是，最下等之脊椎動物，原始式腎臟稱——初腎(PRONEPHROS)，在體腔之背面前端，有一排連串之腎管；但此一排連串之腎管，並不是各有出口，乃由一單獨細管稱初腎管(PRONEPHRIC DUCT)，將腎管中之產物排出。比較高等之脊椎動物，初腎消沒，排泄之機能，則由另一排腎管執行之；此排腎管位於初腎之後端，組成中腎(MESONEPHROS)，此時初腎管亦變為中腎管(MESONEPHRIC DUCT)。最後，比較上更高等之脊椎動物，第二級之泌尿器官隨亦消沒，而由第三級泌尿器官代之，此第三級之

泌尿器官即腎臟本部，亦稱後腎(METANEPHROS)；後腎有一特別排泄管——即輸尿管。(參考第 254 圖)

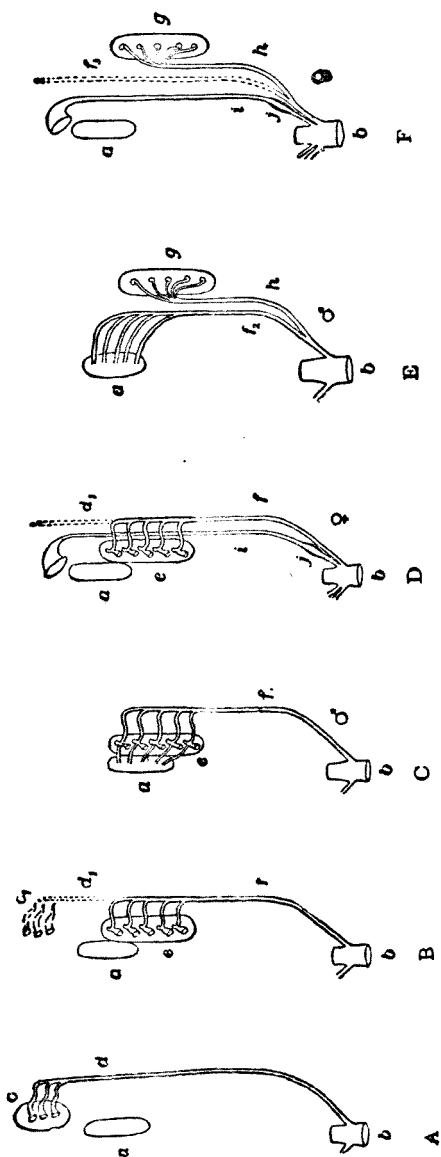
所以吾人就脊椎動物之進化程序上觀察，發見三級不同之腎臟系，每一腎臟系，皆為許多腎管狀之結構組成之確定器官。在此種情狀之下，各腎管與體腔之原始交通線喪失，但腎管之他種機能反見提高，即較高等之脊椎動物，腎臟所吸進之廢物，皆血液中之產物。因此高等脊椎動物之腎臟頗大，且甚堅實，內有不可勝數腎管狀之結構；此許多腎管，由結締組織聯絡之，包蔽於一保護層內。腎臟中之腎管專門遞送血液中之物質，即尿，至腎盂，再由腎盂經過輸尿管運至膀胱，最後自膀胱排出體外。(參考第 251, 252 圖)



第 253 圖 蚯蚓之腎管(Nephridin)構造之解釋，向右者為前端。a, 腎管內孔, Nephrostome; b 腎管外孔, Nephridiopore; c. 微血管網分布于捲繞之腎管。

如是，上述概要，就歷史之觀點上，已經解釋吾人腎臟之進化程序。實則吾人腎臟之進化，對於生理方面，雖無多大變化；惟對於解剖方面，尚有較錯綜之變化，因排泄系統與生殖系統有密切關係故也，下文將另有詳細解釋。生殖系統因與排泄系統鄰接，故一部分次要職務，常交付與排泄系統，而由排泄器官代為執行；並且強

佔排泄系統某部結構，歸為己用。排泄系統當其發展過程中，亦將被侵佔之部分放棄。



第 254 圖 脊椎動物之腎殖系統 (Urogenital System) 之基本結構。A. 初腎系統 (Pronephric System)——一切脊椎動物胚胎時期之原始模型，惟在蝌蚪 (Tadpole) 已正式運用。B. 中腎系統 (Mesonephric system)——一切脊椎動物胚胎時期應有之模型，在圓口類 (Cyclostomes) 已正式運用。C. 成長之魚類與兩棲類之中腎系統及雄 (♂) 生殖系統。D. 成長之魚類與兩棲類之中腎系統及雌 (♀) 生殖系統。E. 爬蟲類，鳥類，與哺乳類之後腎系統 (Metanephric System) 及雄 (♂) 生殖系統。F. 爬蟲類，鳥類，與哺乳類之後腎系統及雌 (♀) 生殖系統。a. 生殖腺：雄者為睪丸，雌者為卵巢；b. 排泄腔；c. 初腎；e. 萎縮初腎；d. 初腎管；d₁ 萎縮初腎管；e. 中腎；f 中腎管；f₁ 中腎管兼任輸精管；f₂ 中腎管專任輸精管；f₃ 萎縮中腎管；g. 後腎；h. 後腎管；i. 輸卵管 (Oviduct)；j. 子宮 (Uterus)。參考第 226—228 圖。

第十七章 生殖

Reproduction

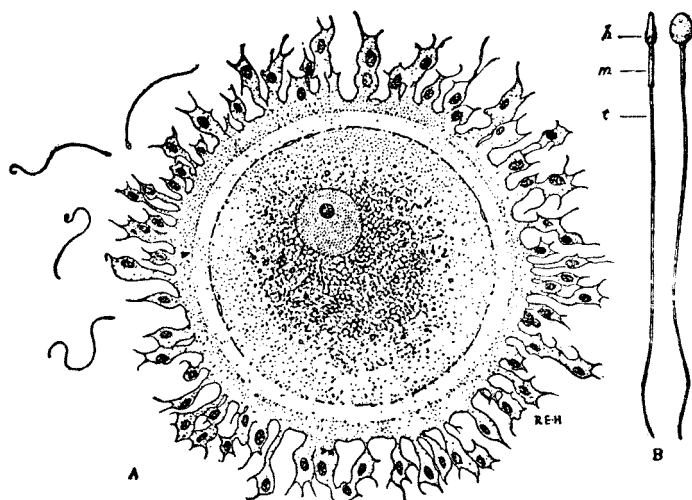
吾人須先了解事實然後追究其原因。——Aristotle

所謂生殖，不論單細胞動物之二分分裂，例如：草履蟲與變形蟲，或高等動物所釋放之細胞，進而發展特化與親體同樣複雜結構之個體；若加以最後分析，亦不過細胞之分裂而已。大多數動物，生殖之過程，起初皆有一種綜錯性交現象，即兩性細胞——雄配子（MALE GAMETE）與雌配子（FEMALE GAMETE）之接合，成一合體（ZYGOTE），或稱受精之卵。事實上，性之起原，乃配子間生理機能之殊異使然；配子之特性往往引起個體重大之變化，故有雄體特徵，與雌體特徵之別。（參考第9,63,255圖）

關於身體內種細胞（GERM CELLS）究竟如何起原，吾人可暫置之不理；但後生動物之有特別器官為種細胞寄居之地，種細胞且就此地不斷變化，準備脫離解放，乃確切之事實。此特別器官，即生殖器官，亦稱生殖腺（GONADS）；通常每一生殖腺內，祇有一種種細胞，由是產卵之器官，特稱為卵巢（OVARIES），產生精蟲之器官，特稱為睪丸（TESTES）。

甲 生殖腺 Gonads

多種下等動物，生殖腺不過一暫時結構，當最適宜之季節降臨，

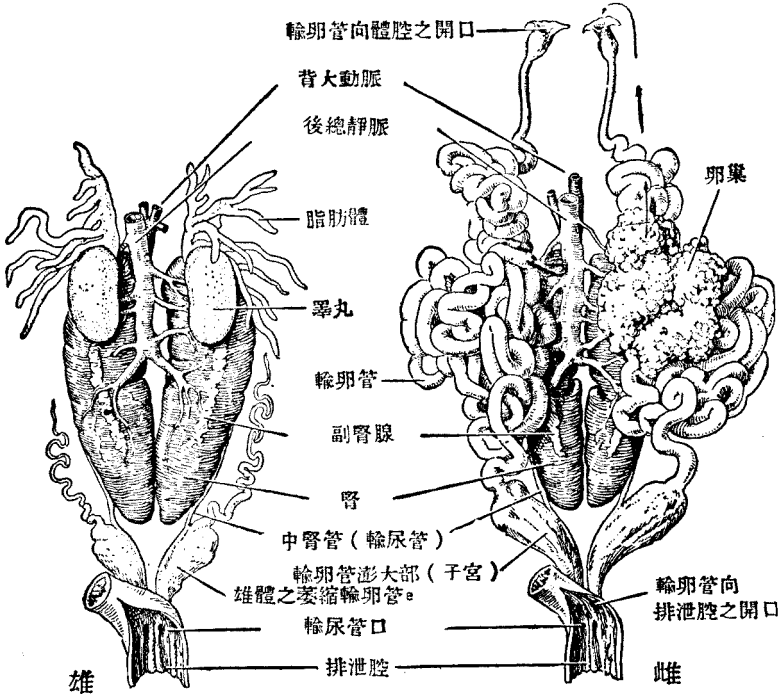


第 255 圖 人之卵與精虫。A. 四條精虫與一初由卵巢中取出之卵，卵之周圍有一層透明膜及包卵細胞 (Follicle Cells)，卵內有一細胞核及後含物。(擴大 400 倍)。B. 精虫之側面與正面圖。(擴大 2,000 倍)。h. 頭部；m. 軀幹部；t. 尾部。

生殖腺始出現，以備兩性生殖之用。有幾種無脊椎動物，同一個體可以產生卵子與精蟲，此種動物個體上並無性別之特徵，乃稱之為兩性動物(HERMAPHRODITE)，水螅即其中之一。水螅之外胚層有數個突出之小瘤，即睪丸，位於環生之觸角之下面，卵巢則祇有一個，比睪丸略大，位於軀幹之下部。水螅之卵巢與睪丸，各由外胚層之細胞堆聚而成，每個睪丸產生多數之精蟲，每個卵巢則祇生一個卵。精蟲成熟，則脫離睪丸，向水中游泳，待卵子成熟，卵巢之保護膜破裂，精蟲即乘機侵入，與卵子溶合。精蟲與卵子之溶合，當然即授胎作用之表示，已受精之卵子稱為合體，開始分裂變化，結果組成一胚（或幼蟲）。幼蟲不久脫離親體，自營生活。如是，水螅雖然有性生殖，

並無綜錯之生殖器官，必待生殖期間內，原始性器官即——卵巢與睪丸始暫時發展。(參考第126,128,138圖)

多數動物，個體之結構比較複雜，因之需要較永久之生殖腺；同時需要種種設備，將配子直接或間接搬出體外。故凡有體腔之動物，生殖腺皆在體腔之內，而不是在體外。蚯蚓亦是雌雄同體，卵巢與睪



第253圖 青蛙之腎殖器官

卵巢, Ovary; 腎, Kidneys; 輸卵管向體腔之開口, Opening of Oviduct into Coleom; 中腎管(輸尿管), Mesonephric Duct or Ureters; 背大動脈, Dorsal Aorta; 後總靜脈, Posterior Vena Cava; 輸卵管膨大部(子宮), Uterine Dilation of Oviduct; 脂肪體, Fat Body; 睪丸, Testis; 雄體之萎縮輸卵管, Vestigial Oviduct in Male; 輸尿管口, Opening of Ureters; 輸卵管, Oviduct; 排泄腔, Cloaca; 副腎腺, Adrenal Bodies; 輸卵管向排泄腔之開口, Opening of Oviduct into Cloaca.

丸各緊附於某體節間之隔片上，並且各成永久之器官。生殖腺之產物，即精蟲，與卵子，先排泄於體腔內，以後分別由輸精管（SPERM DUCTS），與輸卵管（OVIDUCTS）運出體外。雖則每一條蚯蚓有雌雄兩副生殖器官，但一條蚯蚓身體內，所產生之精蟲，並不與自身之卵子接合，必須與另外一條蚯蚓配合，互相交換精蟲，將對方之精蟲貯藏於受精囊（SPERM RECEPTACLES）內，略為等待，待每條蚯蚓將卵子排出，此僑居之精蟲即撒於其上。如前所述，交換受精（Cross-fertilization）確在此雌雄同體之動物實現。龍蝦為雌雄異體之動物，分雄體與雌體，雄體腹部之第一第二節肢特化為交媾器官（Copulatory Organs），將本體之精蟲搬移至雌體；雌體保留此外來之精蟲，直至產卵時期為止。（參考第 132, 135 圖）

遍觀各類主要脊椎動物，兩性皆分開，雖則畸形雌雄同體之個體，間亦發現，但佔極少數。脊椎動物之原始種細胞（Primordial Germ Cells），首先出現於椎柱之兩旁，腔壁之皮膜上，成一固定局部胚點。當種細胞發展，局部胚點漸漸與周圍之結締組織，神經，血管，連絡，結果組成一對生殖腺。最原始之脊椎動物，生殖現象實較蚯蚓簡單，生殖腺內之雄配子與雌配子離開生殖腺後，直接取道至一對微小之腹孔（ABDOMINAL PORES），而排出體外；惟高等脊椎動物，則有特別之輸精管與輸卵管，擔任輸精或輸卵工作，輸精管與輸卵管通常與泌尿系有密切關係。（參考第 255, 256 圖）

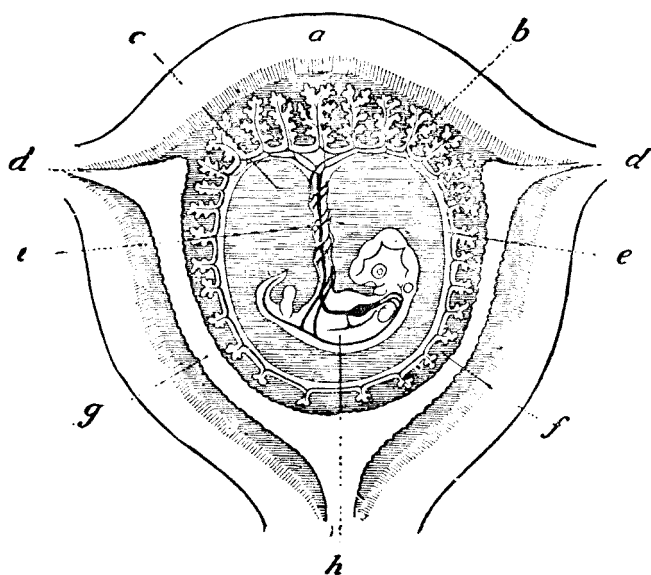
大多數陸棲之脊椎動物，當授胎作用時，卵子尚在輸卵管內，於是雄體之交媾器官將精蟲直接輸至雌體之輸卵管之末端，任精蟲自由

游動至輸卵管之上端，與下降之卵子會合，已受精之卵（即合體），不久或直接排出體外，例如吾人最熟識之牝雞之卵。牝雞之卵，自輸卵管下移時，受輸卵管所分泌之營養物與保護物所包蔽，所以卵子之外，有一營養層，與一保護層。哺乳動物，一穴類動物（Monotremes）在外，及小數下等脊椎動物，合體（即受精卵子）降至輸卵管之下端時，即緊附於輸卵管膨大部分之管壁上；此膨大部分有時因二輸卵管之併合，而成一單獨腔洞，稱為子宮（UTERUS），胚胎即在子宮內發展長大，直至誕生時為止。（參考第255, 256, 257, 299圖）

乙 子宮之發展 Uterine Development.

吾人之子宮，發展之過程，有下列種種變化：當受精之卵牢附於子宮內時，子宮壁迅速擴展一新黏液膜，黏液膜充滿血管，將正在發展之胚胎完全包圍，此即妊娠（受孕）之徵象。圍繞而保護胎兒之胎膜（EMBRYONIC MEMBRANES）此時突出，最後漸漸佔有擴大之子宮腔全部。因子宮之擴大，所加於鄰近之器官之壓力亦增加，子宮本身乘此機會，亦漸向腹腔上升。腹壁乃柔軟易撓之結構，所以從容容納此侵入之子宮。在妊娠期間內，胎兒始終度寄生生活，不斷消耗母體所供給之營養物與氧氣；依賴母體為之運出新陳代謝之廢物，如二氧化碳，與尿等等。如是，母體內各器官之負擔勢必增加，特別呼吸器官，排泄器官，及消化器官，各各加緊工作以應胎兒之需求，母體之脈管系並且特別布置，以利胎兒與母體間物質之交換。（參考第257圖）

最初，胎兒所消耗之營養物，皆從子宮壁中之血管中吸來；以後因胎兒之迅速發育長大，血管中所供給之物質，不足應其需求，由是而有一種新結構——胎盤(PLACENTA)出現。胎盤乃胎兒之纖維與子宮之纖維共同組成，藉此使胎兒與母體發生更密切之接觸，而得更豐富之給養。胎兒與胎盤間之連絡組織稱臍帶(UMBILICAL CORD)，胎兒之血液，自其本體動脈經過臍帶流進胎盤間之微血管內，即在此處利用擴散作用之力量，將運出之種種廢物，移交與母體；一方面就母體之血液中攝取營養物與氧氣，由靜脈運回。如前所述，胎兒之血



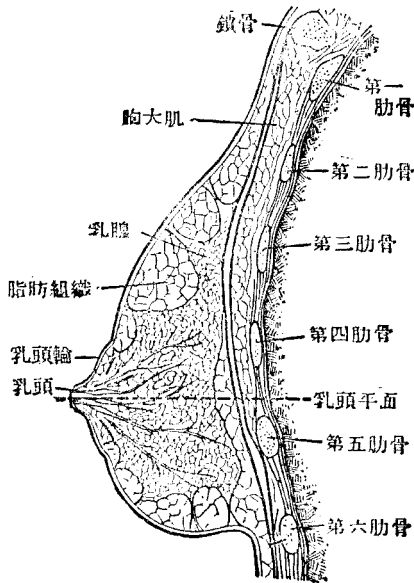
第 257 圖 表示人之子宮及子宮內正在發育之胚胎。h, 胚胎；c, 充滿液體之羊膜腔 (Amnion Cavity)；e 胎膜 (Embryonic Membrane)；f, 子宮之纖維，為胚胎與母體間血管交接處；g 子宮腔 (Uterine Cavity)；i, 臍帶 (Umbilical Cord)，胚胎之血管通過處；b 胎盤 (Placenta)；d, 輸卵管 (Fallopian Tube) 口。

液與母體之血液，並不直接混合，即胎兒起初並且根本是一個分離之個體，胎兒之血管與母體之血管之接觸，不過在胎盤中互相交換物質而已。此種暫時寄生生活，待臨盆時，胎兒終自子宮中被迫出來。

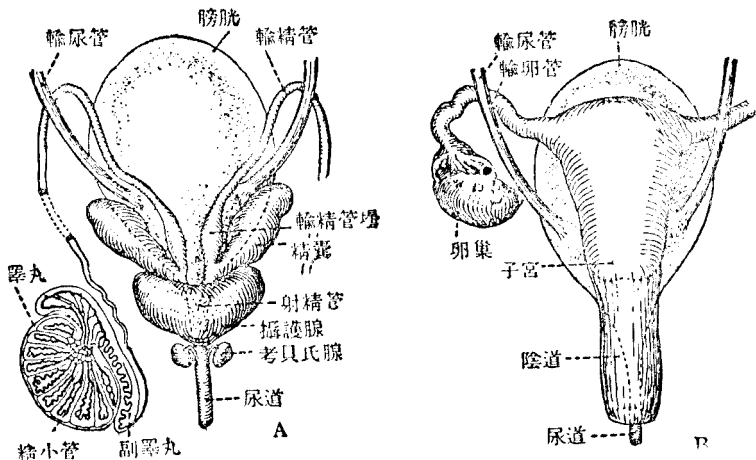
動物界中除下等之種類外，皆有一特化之生殖系統，包括一副執行生殖機能之器官。現在應當鄭重申明者，生殖腺乃真正之生殖器官，其他各部皆附屬之結構。再者，因雄體與雌體性別之區分，而有許多附性特徵(SECONDARY SEXUAL CHARACTERS)，附性特徵與生殖器官雖無直接關係，但附性特徵之發展，則受生殖腺所分泌之激動素之支配。例如，將幼稚之雄鹿施以閹割，雄鹿之附性特徵——鹿角必被遏制而不得發展；如果待雄鹿長至成年，施行閹割，鹿角亦必脫落，而由一種畸形之結構長出代之。

由是而知脊椎動物，兩性間之生活，確受激動素之支配，毫無疑點，女人之卵巢，自排出卵子後，卵子之原有位置不久即由黃體(CORPUS LUTEUM)填補之。黃體分泌激動素，功能刺戟子宮，由是子宮之生理機能與管壁結構皆發生變化；此種設備，一方面可以容納下來之卵子，一方給予發育之胎兒寄托之機會。再者，當妊娠時期，卵巢所分泌之某種激動素，直接引起黏液腺(PITUITARY GLAND)排出某種分泌物，轉而刺激乳房(MAMMARY GLANDS)，使之發展脹大。黏液腺之分泌物，最少包括兩種激動素：其一直接刺激乳房，使之發展，另外一種則暫時禁止乳腺之活動，直等胎兒下地後，始發生作用。

丙 腎殖系統 The Urogenital System



第 258 圖 人之乳房 (H man Mammary Gland) (仿 Gemish)
 鎖骨, Clavicle; 胸大肌, Pectoralis Major; 乳腺, Gland Substance; 脂肪組織, Adipose Tissue 乳頭輪, Areola; 乳頭, Nipple; 肋骨, Rib 乳頭平面, Horizontal Plane of Nipple.



第 259 圖 人之腎殖器官 (Human Urogenital Organs) A. 男 (Male); B. 女 (Female). (由 Hegner)
 膀胱, Urinary Bladder; 尿道, Urethra; 輸尿管, Ureter; 輸精管, Vas Deferens; 輸精管蟻, Ampulla of vas deferens; 精囊, Seminal Vesicle; 射精管, Ejaculatory Duct; 攝護腺, Prostate Gland 考貝氏腺, Cowper's Gland 精小管, Seminiferous Tubule; 睪丸, Testis 副睪丸, Epididymis; 卵巢, Ovary; 子宮, Uterus 陰道, Vagina 輸卵管, Oviduct.

泌尿器官與生殖器官因結構上之相互關係而組成腎殖系統，其大要現在概括於下。在幾種下等脊椎動物中，集成腎臟之腎管，始終保留漏斗狀之開口於體腔中，因之腔液內之廢物得一自由排泄之出路。較下等之魚類。腎管不獨擔任排泄工作，並且可以運輸種細胞出體外；雄體內之睪丸，因靠近腎臟，而有一排微小之短管，與中腎之腎管連接；由是睪丸中之精液 (SPERMATIC FLUID) 與精蟲，得假道於腎管，轉入中腎管 (MESONEPHRIC DUCT)，與尿同時排出體外。如前所述，則雄體當性慾發動時，腎管勢必執行兩種工作，中腎管則變為腎殖之導管。(參考第 254 圖 C)

雌體之卵巢，雖然與雄體之睪丸一樣亦靠近腎臟，但不與中腎之腎管相通；或者因卵子之容積太大，不能通過腎管之故。反之，卵巢在體腔之兩邊，各有一條與腎管等大之管，此兩條腎管，一端約略擴大變成一漏斗，懸於體腔內；另一端則直接開口於排泄腔內。如是，從雌體之泌尿系統中，另外分出一對完全獨立之輸卵管。一個卵子離開卵巢後，先至體腔內，然後投進任一輸卵管，或直接下降排出體外，或寄生於子宮內，繼續發展為胚；直至誕生時為止。子宮乃輸卵管之下端之擴大部分。(參考第 254 圖 D、256 圖)

雌體之生殖系統，雖然自中腎系推源而來，但與中腎系完全脫離關係而獨立。如前所述，高等脊椎動物由後腎 (METANEPHROS) 與輸尿管 (即後腎管) 職掌泌尿系之工作，所以中腎與中腎管亦即沒跡；惟生殖系統並不發生變化。事實上，中腎與中腎管在雌體內因已失去功用，乃完全退化消滅；惟雄體之中腎管始終存在，且被生殖系所佔

有而利用之，即雄體之精蟲直接通過此遺留下之中腎管，所以中腎管已變為輸精管。（參考第 254 圖 E, F.）

此即爬蟲類鳥類及哺乳類之生殖系統之歷史背景及其建築基礎。每類動物皆有此共同之基礎，因各各所處之進化地位高低不一，所以分化之程度與路線亦不同。自然界真是無奇不有，似乎在可能範圍之內，以現成之種種結構，任意締造各種器官；並且利用高等動物為經緯，以索引其祖先之歷史。

第十八章 調濟作用(內分泌)

Coordination(Endocrinal)

大自然之微妙，非強詞可以奪理。——Francis Bacon

感應 (IRRITABILITY) 乃原生質之主要特性——即原生質對其周圍環境之種種變化，有迅速反應之能力，此種反應機能，則由原生質本身之「質」與「能」間之平衡變異所引起；所以構成一個有機體之細胞之交互影響其動作，並不希奇，因細胞間之相互關係作用，自進化有史以來，即已成立。組成一個有機體之細胞，纖維，器官及器官系統之維持合作關係，端賴化學之居間交互動作，此所謂內分泌系統 (Endocrine System) 是也。化學方面之連絡工作全部付託於循環系統，即化合物之配布於各部，並交換各部之化合物。此外有中心之神經系統 (Nervous System)，遍布全體，連絡各部，使之互相響應，一致行動，責任之重大並不亞於化學之動作。

近代學者對於新陳代謝問題，得到一種新認識，因而發現化學之調濟工作，對於個體現狀，有重大之作用。吾人雖然正式承認各種化學調節者即——激動素 (HORMONES) 之共同合作行動所著成效，乃另列為一調濟系統；但目前吾人所得而知者，祇有個別激動素之特殊行動可以參考，所以內分泌學 (ENDOCRINOLOGY) 究研之範圍，亦祇有化學調濟之普通法則。在植物方面最近亦發現與激動素等似化學物稱植物激動素 (Photohormones)。(參考第 59 圖)

激動素皆由蘊藏於各器官內之特種細胞所分泌，例如胰臟 (Pancreas)，腸及生殖腺 (Gonad)；雖然各有其固有主要機能，亦可產生激動素。許多內部器官，專門分泌激動素，如甲狀腺 (Thyroid)，甲狀腺附近腺 (Parathyroid) 與黏液腺 (Pituitary)，亦可稱為以分泌激動素為唯一工作，例如各種無管腺，或稱內分泌腺 (Endocrine Glands) 是也。(參考第 260 圖)

甲 胰 腺 Pancreas

肝臟除其本身固有組織與執行應有機能外，尚擁有一羣特殊腺細胞稱胰島 (Islets of Langerhans) 分泌一種激動素，化學家名之曰因素靈 (Insulin 包括兩種即 Dimethyl-insulin $[C_6H_8O_3(OMe)_2]_n$ 與 Trimethyl-insulin $[C_6H_7O_2(OMe)_3]_n$)，此種化合物能將葡萄糖 (Dextrose) 氧化為肝糖 (Glycogen) 而貯存於肝臟 (Liver) 中備將來之需。(參考第 229, 232 圖)

糖尿病 (Diabetes) 之起因，衆早週知，乃胰臟內分泌之反常，不能執行化學調濟工作，個體之新陳代謝受撓，不能利用所吸進之碳水化合物以產生氣力。糖尿病之現象，初則肝臟所貯藏之糖質不受約束，自由流散，於是血液中糖之分量驟增，最後則發現於尿中。現在衆人咸知，若就羊或他種種物之肝臟中抽出因素靈，以之注射於患糖尿病者，可以恢復健康。如是，藥用之因素靈，可以補充胰臟內分泌之缺點，毫無希望之糖尿病，已得有救星矣。

乙 生殖腺 Gonads

書中經已提及雌雄動物之生殖腺均能分泌激動素，其效力能操縱附性特徵(Secondary Sexual Characters)，例如經過閹割之個體，其附性特徵如冠，角等必萎縮或變相。(參考第 259 圖)

雄性動物激動素稱——Testosterone——亦名—Androsterone ($C_{19}H_{26}O$)，自睪丸中精小管(Seminiferous Tubules)間組織分泌出來。此種激動素若試加於睪丸已經閹割之動物，能恢復其性能與因被閹割所失去之特徵。更有進者，睪丸本身之發育與機能，則又全受黏液腺(Pituitary Gland)內分泌之支配。

雌性動物之卵巢組織內分泌幾種激動素。包圍卵子之卵濾泡(Egg Follicles)所分泌之激動素稱—Estrin，最少包含三種不同化合物即 Oestrone ($C_{18}H_{26}O_2$)，Oestriol ($C_{18}H_{24}O_3$) 與 Equilenin ($C_{18}H_{18}O_3$)。此種激動素效用功能引起附性特徵之發育與子宮(Uterus)應有變化包括月經之定期性(Menstrual Cycle)。自黃體(Corpus Luteum)分泌出之激動素稱——Lutein——亦名—Luteosterone ($C_{21}H_{30}O_2$)。黃體即是一種組織當卵子排出後充填濾泡者。此種激動素之效用一方面遏止新卵子之形成，另一方面刺激子宮上組織生長準備正在發展胚胎之寄託。此外當雌性個體受孕(Pregnancy)後引起子宮上應有之變化。卵巢發育及其執行種種內分泌機能如睪丸然，全受黏液腺內分泌之支配。如上所述，可知高等動物包括人類之性生活(Sex Life)及性能乃性激動素複雜作用之效力。(參考第 261 圖)

丙 腸 Intestine

小腸內膜一部分細胞分泌一種激動素稱——Secretin。此種激動素當胃中食物消化至乳糜 (Chyle) 程度時能刺激其流通血管，繼入胰腺，引起胰液流進小腸執行消化工作。另外一種激動素稱——Cholecystokinn 能刺激肝細胞 (Hepatic Cells) 排出膽汁 (Bile)。一班學者且謂尚有一種激動素能刺激胃腺 (Gastric Gland) 排出胃液 (Gastric Juice) 乃名之曰—Gastrin。

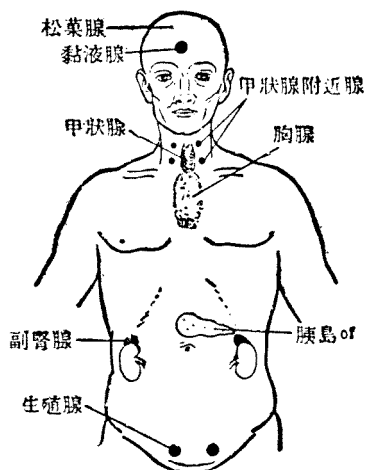
丁 甲狀腺 Thyroid

現在單就一種專門分泌激動素之腺而論，不妨以甲狀腺 (Thyroid) 為例，甲狀腺位於頸部，乃消化管之凸出組織，形似一袋，與消化管連接點完全斷絕，所以變為無管腺。

(參考第 104 圖)

甲狀腺之激動素稱 甲 狀 腺 精 (THYROXINE $C_{15}H_{11}O_4N_{14}$) 對於新陳代謝有重要作用，即調度身體氧化之速率，以應付生理上變化

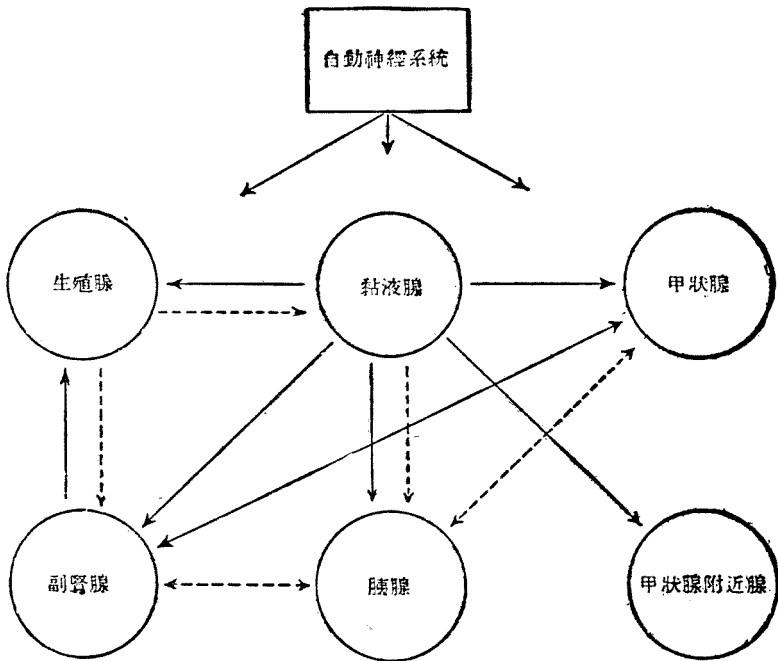
所要求。設甲狀腺精有過度之量，將引起激烈燃燒作用，燃料被消耗殆盡，不復有脂肪留於體內；甲狀腺之分泌太少時，則身體內之脂肪



第 260 圖 各內分泌腺 (Endocrine Glands) 部位。

松葉腺, Pineal; 黏液腺, Pituitary; 副腎腺, Adrenal; 生殖腺, 胸腺, Thymus; 甲狀腺附近腺, Parathyroid 胰島, Islets of Langerhans.

有充塞之虞。如前所述，以甲狀腺精注射人體，可以提高氧化效率，而減少脂肪分量，但所施分量若漫無限制，則非常危險，因全部脂肪有被消耗之虞也。當成年時代，如果缺少甲狀腺精，必發生一種病狀稱厚皮病 (Myxedema)，即一種面目癡呆言語緩慢心智魯鈍之病症。孩童之甲狀腺發育，若受阻礙，軀體必甚矮小，變為呆笨之矮子，稱癡呆病 (Cretins)；但甲狀腺過度發育，反使神經過敏，及種種神經病。患甲狀腺分泌反常之人，常服甲狀腺精，可以防止癡呆病，矯正厚皮病。將甲狀腺割除，可以療治神經病與甲狀腺精過盛所引起之病



第 261 圖 表示幾種調濟要素 (內分泌) 之主要交互作用路線。

黑箭線 → 代表刺激 (Stimulation) 虛箭線 - - - → 代表制止 (Inhibition)

狀。甲狀腺腫 (Goiter) 乃甲狀腺缺少所需要之碘質以製造含碘之甲狀腺精，所以係一種病狀而非自然脹大。

戊 甲狀腺附近腺 Parathyroid

位於甲狀腺之周圍有四個小腺稱甲狀腺附近腺 (Parathyroids)，其內分泌機能與甲狀腺完全不同，其主要作用，為調整血液中鈣與磷 (Calcium-phosphorus) 之成分；此種激動素，學者名之曰——Parathormone。若將甲狀腺附近腺割掉，血液中鈣質驟減，結果引起痙攣亦稱抽筋 (Convulsion) 與強直攣痙 (Tetany)，終至死亡。除非立刻注射鈣素或甲狀腺附近腺之激動素則無可救藥；但如果所注射鈣質分量太多，有鈣質過分中毒症 (Hypercalcemia) 之虞。(參考第260圖)

己 副腎腺 Adrenals

緊靠於兩腎旁之兩個副腎腺 (Adrenals) 最少分泌兩種激動素。一稱副腎腺精 (Adrenaline) 又名——Epinephrin ($C_9H_{17}NO_3$)；與植物性之麻黃素 (Ephedrine) 化學性質生理性質等同。此種激動素當副腎腺受神經刺戟時，流入血液；能使肌肉奮起，超過極點，加速心臟跳動，提高血壓，減少肌肉疲勞，刺戟肝臟，使之排出肝糖，緩延消化管之活動，張目，等等。副腎腺精不啻一「化學鞭」驅使各種器官總動員，各司其職。吾人就各種激動素之互關作用瞥見一下，稱之為化學調濟者，實不過甚其詞。(參考第256圖)

另外一種激動素稱——Cortin，其活動結晶混合物具方程式 C_{21}

H_3O_5 係自副腎腺之皮質 (Cortex) 分泌出來，其主要作用調整碳水化合物之代謝作用。分泌此種激動素之副腎腺皮質如毀損，將發生貧血羸弱，皮膚呈特種褐色與痙攣 (Convulsion) 等症，通常因愛迭孫醫生首先發現此病，乃名之曰愛迭孫氏症 (Addison's disease)。注射激動素——Cortin，可以減輕病人痛苦。

庚 液黏腺 Pituitary

黏液腺 (Pituitary Gland 或 Hypophysis) 夙譽為內分泌主管腺 (Master Gland) 因其所分泌激動素用途廣大，操縱並干預其他各種內分泌。黏液腺事實上包括起源不同之二葉；前葉 (Anterior Lobe) 位居咽上面，後葉 (Posterior Lobe) 位於腦之下面，形成漏斗 (Infundibulum)。(參考第 267 圖)

黏液腺前葉最少供給十種性質不同之激動素，其中且有幾種對於他種內分泌器官發揮控制力，亦有對於他種激動素之分泌操完全支配權。茲略舉數例以證之：

激動素——Somatropic 操縱個體之生長與發育。此種激動素分泌量不足時，個體發育不完變或矮子 (Dwarfism)；分泌量太多時，個體過度發育形成巨人 (Gigantism)。當成年時期設此種內分泌激增，個體將呈猩猩狀 (Acromegaly)，一種畸形發育，骨骼局部過長，且不平均，牙床過大，手足超過應有長度。

激動素——Prolan 力能控制雌雄配子 (Gametes) 之發展，特別卵子在卵巢濾泡時期，支配卵巢中激動素應有之機能。

激動素——Prolactin 當乳房完全成熟時調動其他幾種激動素使乳房分泌並排出乳汁。

激動素——Adrenotropic 整個或其一部分力量管制副腎腺皮質之發育程度及其所應該分泌激動素之分量。

激動素——Pancreatotropic 控制整個胰島(Islets of Langerhans)及其所分泌激動素。

激動素——Thyrotropic 支配甲狀腺精(Thyroxine)之分泌。

激動素——Diabetogenic 對於因素靈(Insulin)之控制血液中糖質處於敵對地位，或者刺激神經中樞，由神經主使碳水化合物行代謝作用。

黏液腺後葉之機能尙未明白斷定，目前所得而知者，自後葉分析出來之抽出物(Extracts)稱——Pituitrin 注射於個體時提高血壓，減少尿之分量並引起子宮收縮性。此種激動素或者暫稱其為化學物比較得宜，在血液中時到底是一種正常狀況抑反常狀況，無從得知。事實上黏液腺後葉之存在，對於個體健康祇有害多益少。(參考第 261, 267 圖)

辛 松葉腺 Pineal Body

中腦(Midbrain)之背面有一突出細小錐狀之小體稱松葉腺(Pineal Body)此松葉腺似乎係古代動物中眼(Median Eye)之殘存遺跡，因化石動物有中眼，現存之蜥蜴中某種亦有中眼。大約三世紀以前法國哲學大家以為此中眼乃動物“靈魂之中心”(The Seat of the Soul)，

現在學者認識其有內分泌作用，惟內分泌之特性及其作用尚未瞭解，或者功能引導黏液腺內一種激動素刺激生殖腺而已。（參考第267, 268圖）

壬 胸腺 Thymus

胸腺(Thymus)擁有二葉互相連繫，位於頸部前面。吾人之胸腺當孩童時期最發達，成人以後逐漸萎縮。胸腺所分泌之激動素稱——Thymoerescin，學者認為其能加速或提高細胞生長與分裂，如果屬實，則對個體早期之生長率有密切關係。（參考第229圖）

上面所提出種種有關於內分泌即激動素之學問以及種種激動素在個體上所佔地位之重要及其交互作用，學者當能瞭解。或者不妨認為每種纖維均分泌與激動素類似之化合物而具激動素類似之力量，亦無不可。內分泌腺之功用既然如此複雜，例如黏液腺，再加上神經系統刺激之力量；此中種種作用及其交互作用真是紛亂迷惑，惟其結果歸納於種種器官成爲一個體，更令人驚愕。（參考第261圖）

激動素之作用及其交互作用，真有不可思議之效力，例如甲狀腺精，據學者估計，每約一公分之千分之一（ $\frac{1}{1,000}$ Gram）甲狀腺精，可使一位成年人之氧化力量提高百分之二，每位成年人，一年中所需之甲狀腺精，大約二公分半足矣。每次注射之分量，則不能超過一公分之十分之二，「惟一人之懦弱癡鈍與健康伶俐皆繫於此至微一撮之物質」，此種事實，不獨使生物學家躊躇，且令社會學家疑惑。化學調濟作用又是不可否認之事實。

第十九章 調濟作用(神經)

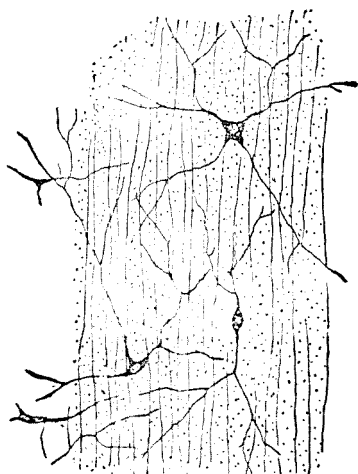
Coordination (Nervous)

自然界似乎竭盡其能，造就各式機械以應付個體之種種變化，最後又別出心裁，巧創一種法則，使種種變化皆受其節制調度——Mathews

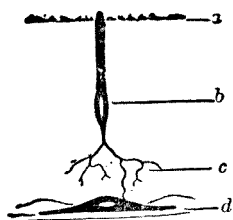
激動素對於有機體之生理機能方面雖然握有不可缺少之調濟作用，但個體各部間瞬刻之呼應及調整其所處之周圍環境，則非所長，緣是複細胞動物需要一神經系統專負其責。神經系統包括多種細胞質，有極複雜之布置，而且有極發達之感應性與傳導性。專門研究神經系統之科學稱為神經學 (Neurology)。

雖然，最下等之單細胞動物，原生質亦有特別專化部分，專門接納刺戟與傳導刺戟，或由整個細胞之收縮，以表示此種刺戟之發生效力。事實上原生動物如草履蟲及其同類皆有極顯著之動感神經系統 (Neuromotor System)。較下等之後生動物，例如水螅及其同類，已經有固定之神經細胞 (Nerve Cells)，此種神經細胞或專門接納刺戟，或專門傳導刺戟至各細胞，使肌肉細胞等收縮，如是，一簡單接納執行系統 (Receptor-effector System) 已經成立。接納執行系統可視為建立高等動物之複雜神經——運動機構 (Neuro-motor Mechanism) 之基礎。就機能一點而論，接納器與傳導器與有機體，即肌肉系統之感應性，雖然無從分別，惟自解剖方面觀察所及，接納器與傳導器實構成一確定組織，即神經系統。(參考第 262—264 圖)

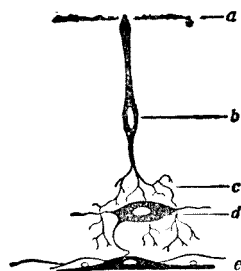
構成動物神經系統之要素，包括一種細胞，稱神經原(NEURONS)。下等動物之神經原互相聯絡而成神經網(Nerve Nets)，神經網圍繞並穿進各種纖維而刺戟之，強之行動。較高等之動物，神經之布置祇足調度許多不重要之行動，主要行動則另由主要神經系統節制之。主要神經系統包括許多成羣布置之神經原，稱神經節(GANGLIA)。神經原之延長結構，稱神經纖維(Nerve Fibers)，縛成一束，簡稱神經(NERVES)。神經節中之神經原，由結締組織組成之保護鞘包蔽之，神經原與神經原兩者之間，雖不直接接觸，但始



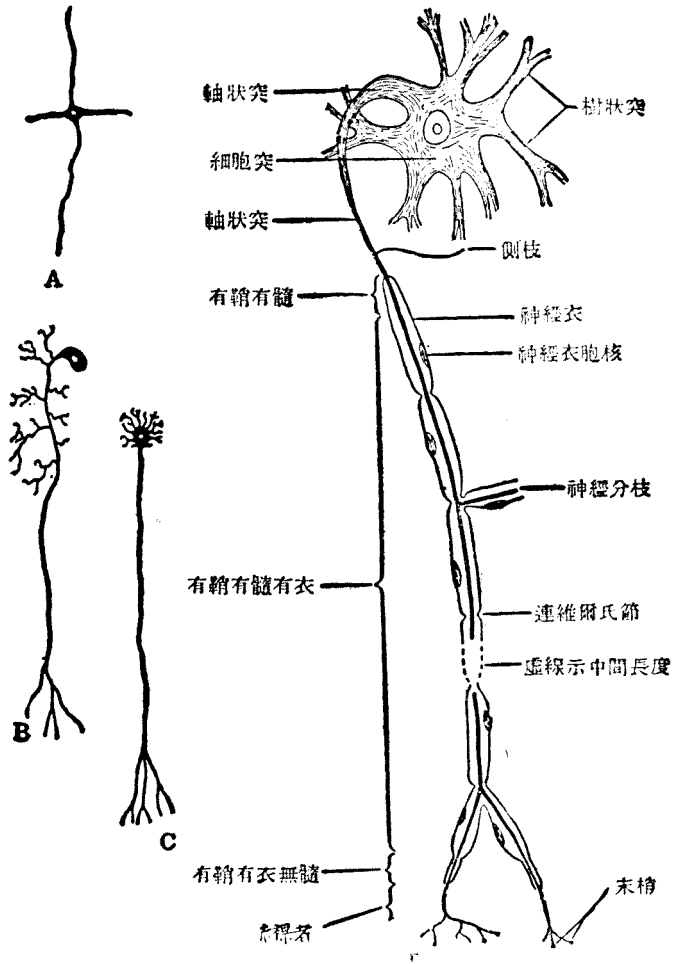
第 262 圖 水螅外胚層中之神經細胞，平行線表示肌纖維。(由 Schaeider)



第 263 圖 解釋水螅類動物中之一種單式接納執行器(Receptor Effector System)，包括接納器即感覺細胞(b)，神經網(c)，連繫肌肉細胞(d)，身體之表面細胞(a)。仿 Parker)



第 264 圖 解釋水螅類動物中之一種複式接納執行器。a. 身體之表面細胞；b. 接納或感覺細胞；c. 神經網；d. 神經節細胞(Nerve Ganglion)，為單式接納執行器所無；e. 肌肉細胞。(由 Parker)



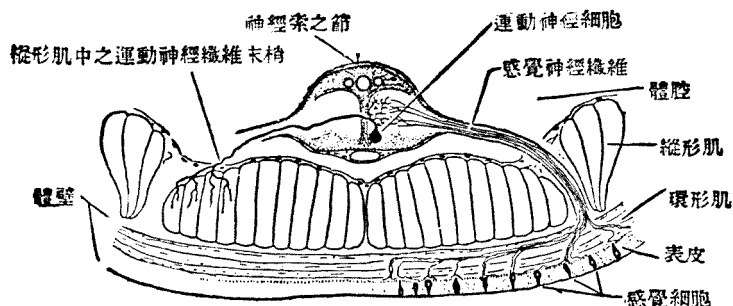
第 265 圖 神經原 (Neurons)。解釋神經細胞 (神經原) 之分化。

A. 原始神經原 (取自水螅或動物之神經網)；B. 蚯蚓之運動神經原 (Motor neuron)；C. 與 D. 脊椎動物之原始神經原。樹狀突 (Dendrites)，軸狀突 (Axon)，末梢，Terminal Branches 細胞突，Cyton；有髓有鞘，Axon Clothed with Medullary Sheath 有鞘有髓有衣，Axon Clothed with Medullary Sheath and Neurilemma 有鞘有衣無髓，Axon Clothed with Neurilemma Naked Axon；側枝，Collateral Branch. 神經衣，Neurilemma；連維爾氏節，Node of Ranvier. (D 由 Kimber, Gray 與 Stackpole)

終維持生理上之連絡關係，特稱之為新念斯 (SYNAPSES)。每個神經原，據學者所知，其構造皆維持獨立性質。(參考第 265, 266, 267 圖)

甲 中樞神經系統 Central Nervous System

學者應該尚能記憶，複細胞動物之發展過程上，第一步主要特化，即是成立一外胚層與一內胚層。因內外胚層之劃分，生理機能亦隨之分工，前者專任保護之責，及環境所引起之反應作用，後者則專司營養之職。因是外胚層必須步步特化，以為神經系統及種種感覺器官構造之基礎，乃自然之趨勢。所以一切動物，自最下等之種類至最高等之種類，神經系統與感覺器官咸從外胚層特化而來，至於脊椎動



第 266 圖 解釋蚯蚓之神經索內之原始感覺神經原 (Sensory Neuron) 與原始運動神經原 (Motor Neuron)，並且表示神經原與皮膚及肌肉之連絡而成簡單反射弧 (Reflex Arc)。(參考第 260 圖)

縱形肌中之運動神經纖維末梢, Motor fiber ending in longitudinal muscle; 神經索之節, Ventral neural cord at ganglion; 運動神經細胞, Motor neuron cell body; 感覺神經纖維, Sensory fibers. 體腔, Body cavity; 縱形肌, Longitudinal muscle; 環形肌, Circular muscle; 表皮, Epithelium; 感覺細胞, Sensory cells; 體壁, Body wall.

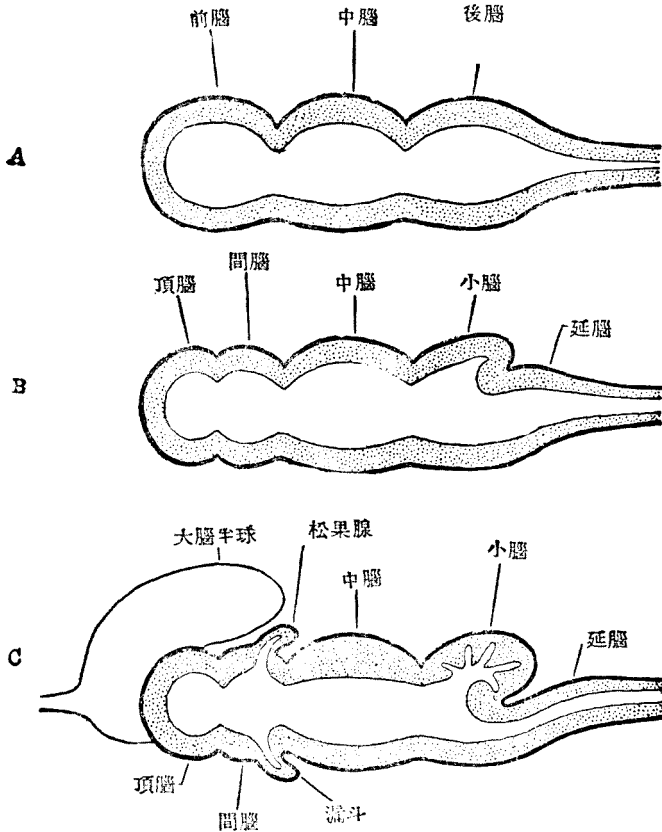
物，神經系統發展之過程，與比較解剖之事實，特別供給充分之證據，證明神經系統在發生史上有一連串進化之系統。

脊椎動物自胚胎發展變化，神經系統最先之徵兆，為背面外胚層之一條縱溝稱神經溝 (Neural Groove)。不久之後，神經溝之邊緣漸漸突出，最後互相接合而成一管，稱神經管 (Neural Tube)。神經管以後與外胚層分離，並且漸漸沉下，為外胚層所包蔽，成為中樞神經系統 (Central Nervous system)，中樞神經系統包括腦與脊髓。中樞神經系統繼續發展，向外長出之結構，分別組成外側神經系統 (Peripheral Nervous System)，與自動即交感神經系統 (Autonomic Nervous System)。神經系統雖然可以劃分為幾部分，但就生理上與構造上言之，則代表一個單位，所以可視為一單獨器官，與感覺器官，肌肉，或腺相比擬。(參考第 269, 304 圖)

中樞神經系統，結構上之變化，第一步而且最顯著者，當推神經管之前端之擴大部分呈現兩個凹進之小溝；由是三個原始腦胞 (Three Primary Brain Vesicles)，即——前腦 (FORE-BRAIN)，中腦 (MID-BRAIN)，與後腦 (HIND-BRAIN) 正式成立。如前所述、當胚胎發展之初期，神經管之一端已經模塑成腦，餘剩部分則變為脊髓。(參考第 267 圖)

三胞之腦此時繼續變形。前腦之前端又翻出一空心囊，後腦之背面亦翻出一凸囊，結果變為五胞。最下等之脊椎動物，腦之結構比較簡單，始終包括下列各部即：頂腦 (TELENCEPHALON)，間腦 (DIENCEPHALON)，中腦，小腦 (CEREBELLUM)，及延腦

(MEDULLA OBLONGATA) 五部。延腦為腦最後之一部與脊髓連接。向例，頂腦向外展出一對大腦半球(CEREBRAL HEMISPHERES)，大腦半球面積甚大，所佔地位極廣，於是其他各部幾乎全被



第 237 圖 解釋神經管之前段如何變為腦 中一縱剖面。

前腦, Fore-brain; 小腦, Cerebellum; 中腦, Mid brain; 延腦, Medulla; 後腦, Hind-brain; 大腦半球, Cerebral hemisphere; 頂腦, Telencephalon; 松果腺, Pineal body; 間腦, Diencephalon; 漏斗, Infundibulum.

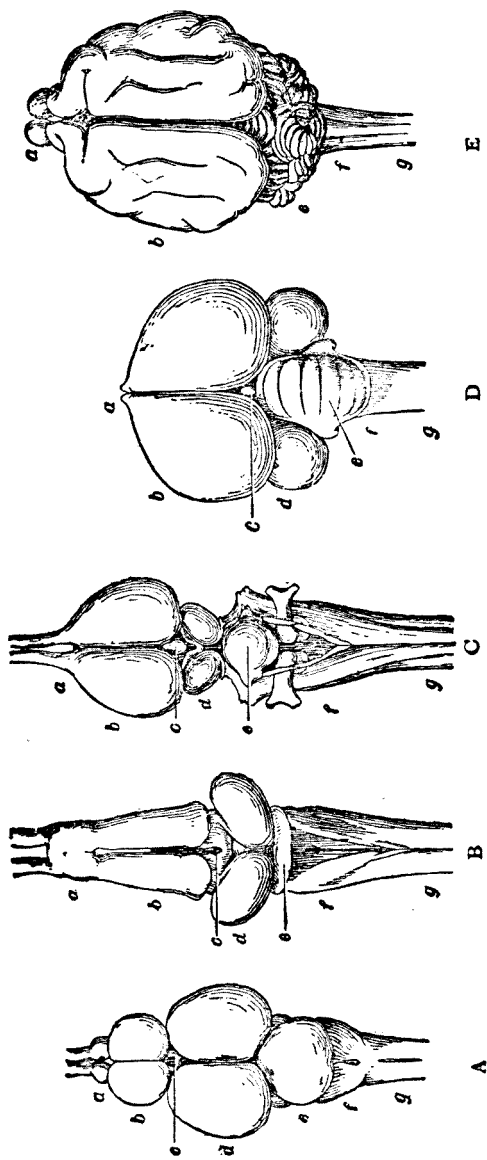
遮蔽。此時頂腦亦即頂腦所分化之大腦半球繼續發展出來一對嗅葉 (OLFACTORY LOBES)，腦之主要腦室乃全部成立。

高等脊椎動物之腦有更進步之變化，包括各腦胞之再度分化，腦室之壁增厚並突起，高低不一，結果形成許多褶曲，腦之結構亦隨之漸趨複雜，漸臻精緻。例如間腦之背面與腹面分別展出松果腺 (PI-NEAL BODY) 與漏斗柄 (INFUNDIBULUM)，中腦之背面與腹面則分別展出視葉 (OPTIC LOBES) 與大腦脚 (CRURA CEREBRI)。經此逐步不斷之變化，腦室之固有空洞漸被侵佔，但其原始管腔始終存在，與脊髓之管相通。(參考第 228, 268 圖)

大腦亦稱大腦半球，為吾人之腦容積最大之部分；因大腦為一切感覺（即五官），思想，隨意行動之中心，即有理性之自覺，亦以此為中心，所以為腦之最重要部分。吾人智識生命之進化亦發源於此地，以上所列種種活動機能，咸由大腦皮質 (CORTEX) 間之神經原執行之，所謂皮質即大腦外層之灰色質 (GRAY MATTER)。神經原之神經纖維之延長部分構成灰色質下層之白色質 (WHITE MATTER)。神經纖維之作用，即自神經原本部往返傳導刺戟於皮質間。

小腦為第二主要部分，腦質亦以神經原為基礎。小腦之神經原之機能，頗有限制，淪於次要地位，完全受大腦之神經原之節制，即大腦之神經原所發施之號令，由小腦之神經原傳達於全體各部。如此，當吾人隨意伸出手臂時，引起身體各部之共同一致行動，小腦有幫助各部維持平衡之力量。小腦可謂祇有識別之能，而無自主之力。

最後，延腦可視為神經纖維必經之公路，即神經刺戟不論自大腦

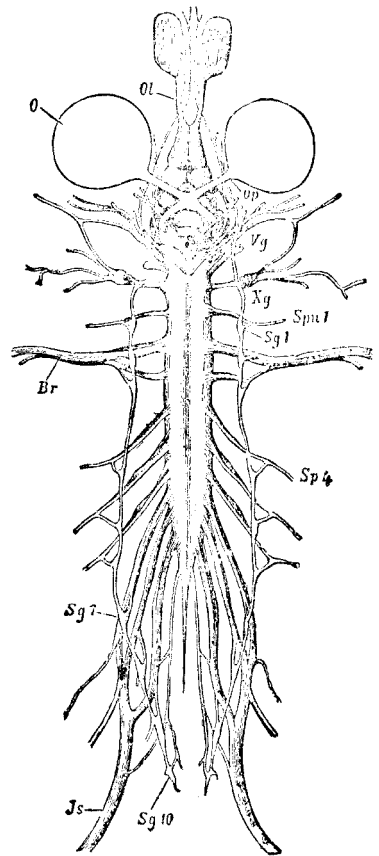


第268圖 脊椎動物之腦之背面觀。A. 硬骨魚(鱈)；B. 兩棲類(青蛙)；C. 爬蟲類(鱉)；D. 鳥類(鷓)；E. 哺乳類(貓)。a, 嗅葉；b, 大腦半球；c, 松果腺；d, 視葉；e, 小腦；f, 延髓；g, 脊髓。

或小腦至脊髓，或自骨髓至小腦與大腦，皆由延腦中之神經纖維代為遞送。大腦脚可視為神經纖維束之集中地，即自延腦至大腦之神經纖維，皆匯合於此。雖如上述，延腦中亦有顯著之神經原存在，延腦之神經原構成許多腦神經 (CRANIAL NERVES)，一部分之神經且擔任調度呼吸器官與循環器官之責，所謂呼吸中樞 (Respiratory Center)，與動脈中樞 (Vasomotor Center) 等是也，

乙 腦神經與脊神經 Craniospinal System

腦與脊髓或由軟骨或由硬骨構成之箱或管包藏之保護之，而與其他組織隔離，為吾人所熟悉。包蔽腦之結構謂之顱，包蔽脊髓之結構謂之神經弓，神經弓乃脊椎背面之凸出部分。顱與脊椎皆埋置於背面之體壁內。中樞神經系統與身體各

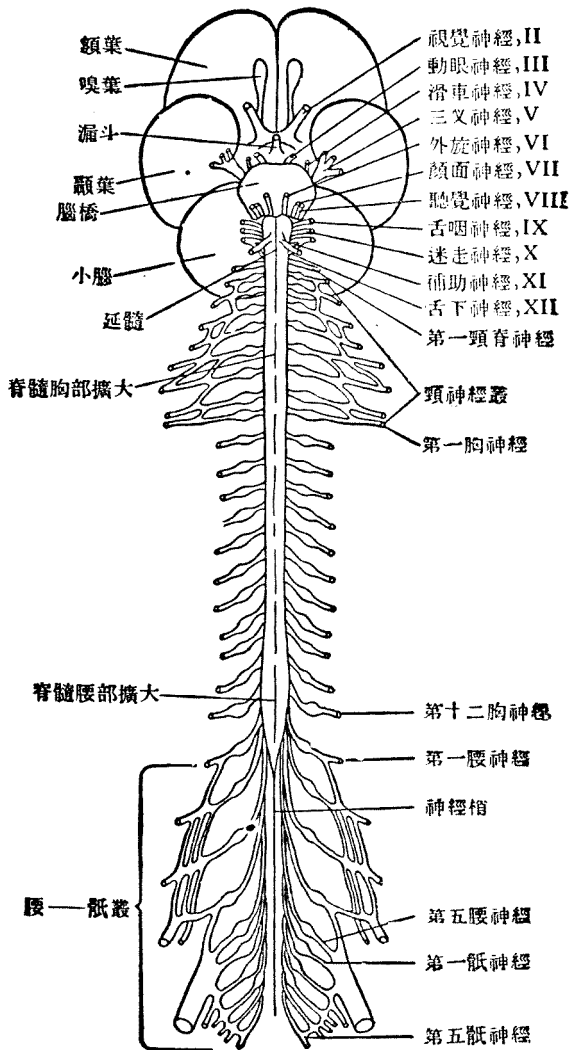


第 219 圖 蛙之神經系統(腹面觀)
Br. 第二對第三對脊神經併成之腦神經叢(Bran-
chial plexus); Js. 坐骨神經延長而成之腰薦神經叢(Sciatic plexus); O. 眼; Ol. 嗅覺神經; Op. 視覺神經; Sg 1—10, 自動神經系(Au-
tonomic system)之神經節 Spn 1, 第一對脊神經; Sp 4, 第四對脊神經; Vg. 三叉神經節(Trigeminal Ganglion); Xg. 第十對腦神經即肺胃神經(Vagus nerve). (出 Ecker)

部之唯一連絡路徑端賴各對腦神經與脊神經。腦神經發源自腦部，脊神經發源自脊髓，每兩對神經間之距離頗湊一律，極有規則，或穿過頭顱之孔隙，或穿過兩塊脊椎間之洞穴，而組成外側神經。（參考第 228, 269, 270 圖）

就腦神經與脊神經有規則之布置觀察之，不難推想脊椎動物之原始體節狀態，仍有線索可尋，即各對神經之所在地，可以表示原始體節之界限。再就腦神經之起源一點而論，可使吾人明瞭脊椎動物最初必由許多原始體節併合而成頭部。根據現生脊椎動物之體構及其所保存之遺跡，似乎其遠祖必為一簡單有節裂之似蟲動物，此種似蟲動物自背面之神經管長出各對神經，伸入各體節，雖不一定可靠，亦不妨如是假定之。似蟲動物最前端之幾節體節，逐漸向前推移連結，最後完全混合為一，遂成頭部。頭部包括腦，感覺器官，與頭顱；與軀幹部比較總有多少區別，軀幹部包括脊髓，脊椎，四肢等等。頭部成形(CEPHALIZATION)，各對神經之原始位置，勢必直接受其影響而移動，惟神經所支配之組織，若正常發展，神經位置亦不至改變；所以一條神經始終緊隨其所支配之一部纖維，纖維本身變形或移動，神經亦必隨之變態並遷移。

吾人若接納此種見解，則腦神經與脊神經始初必有相同結構之歷史。不過腦神經因與頭部之變化互相呼應，而且有多源出發點，所以與其原始狀態大相懸殊。另一方面，各對脊神經皆自脊髓出發，中間距離，大致相等，並且由肌肉節與骨骼之結構隔離之。至於一部分脊神經在體腔內互相結合而成神經叢(PLEXUSES)，藉以適合肢部之



第 270 圖 指示人體之中樞神經系統(Central Nervous System) 腦神經 (Cranial Nerves), 脊神經(Spinal Nerves)與神經叢(Nerve Plexuses)均在。

視覺神經, II. Optic nerve;
 動眼神經, III. Oculo-motor nerve;
 滑車神經, IV. Trochlear nerve;
 三叉神經, V. Trigeminal nerve;
 外旋神經, VI. Abducent nerve;
 顏面神經, VII. Facial nerve;
 聽覺神經, VIII. Acoustic nerve;
 舌咽神經, IX. Glossopharyngeal nerve;
 迷走神經, X. Vagus nerve;
 補助神經, XI. Accessory nerve;
 舌下神經, XII Hypoglossal nerve;
 第一,十二胸神經, Thoracic nerve;
 第一,五腰神經, Lumbar nerve;
 第一,五骶神經, Sacral nerve;

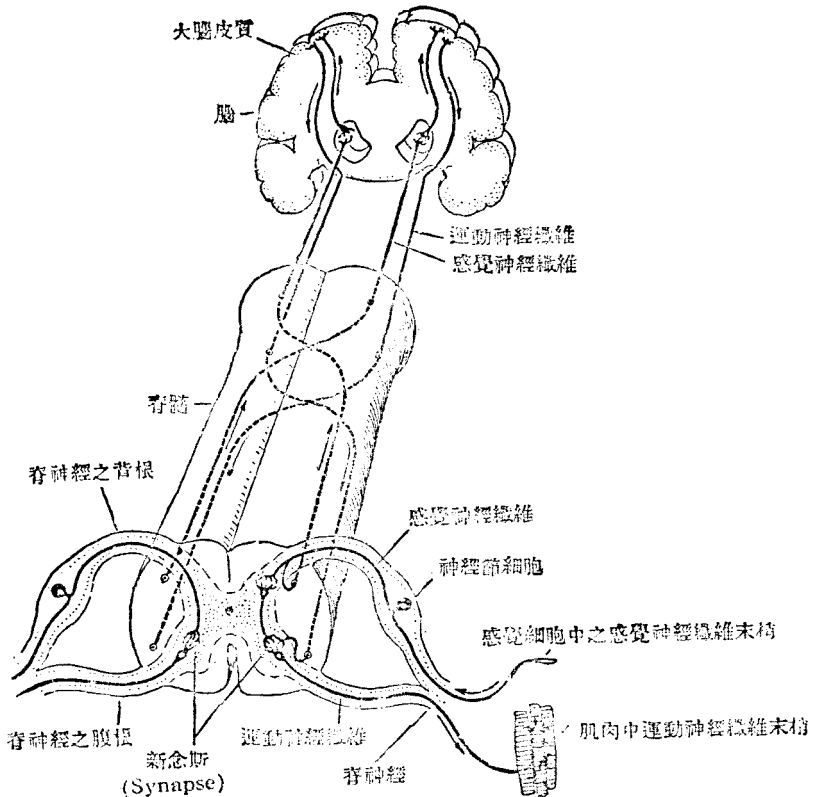
頸神經叢, Cervical plexus; 額葉, Frontal Lobe; 嗅葉, Olfactory lobe 漏斗, Infundibulum; 腦橋, Pons; 顳葉, Temporal lobe; 小腦, Cerebellum; 延髓, Medulla oblongata; 脊髓胸部腰部擴大, Cervical. Lumbar enlargement of spinal cord; 腰一骶叢, Lumbosacral plexus. (由 Mavor)

需要, 則當作別論。(參考第 269, 270 圖)

單就神經之機能而論, 可分為三種, 即感覺神經 (SENSORY NERVES), 運動神經 (MOTOR NERVES), 與混合神經 (MIXED NERVES) 是也。感覺神經為傳導外來之刺戟所引起之興奮 (神經衝動 NERVE IMPULSE) 至脊髓或腦部之唯一路徑; 運動神經為遞送自腦部或脊髓部所發出之衝動至肌肉細胞, 腺細胞, 等處之唯一路徑; 經此往返神經衝動之結果, 遂引起有機體之反應。惟大多數神經皆屬於混合神經, 混合神經乃感覺神經與運動神經之合併者, 一方面導進外來之刺戟, 一方面送出腦部與脊髓之衝動至個體各部。

對於神經一種稱呼, 讀者應當注意: 神經實際上係一束神經纖維 (Nerve Fibers) 所組成, 神經纖維本身又是神經細胞之延長部分, 神經細胞通常皆羣聚成球, 稱為神經節。再者, 神經刺戟並不是由整個神經傳導之, 祇由一神經細胞突——一條神經纖維傳導之, 此即指神經衝動經過一條神經時, 必取道於一固定之細胞路徑。至於脊髓與腦,

與神經比，並無多大區別，所不同者，脊髓與腦不過包括較多之神經纖維（細胞突）與細胞體而已。換言之，脊髓與腦包括神經與神經

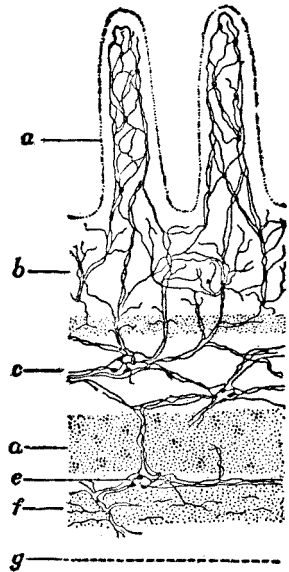


第271圖 解釋感覺神經纖維與運動神經纖維之路線。圖右下首指示一反射弧起自感覺細胞至脊髓折回至肌肉細胞。

運動神經纖維, Motor Fiber; 大腦皮質, Cortex; 感覺神經纖維, Sensory Fiber; 腦, brain; 神經節細胞, Ganglion Cell; 脊髓, Spinal Cord; 脊神經, Spinal Nerve; 脊神經之背根, Dorsal Root; 脊神經之腹根, Ventral Root; 新念斯, Synapse; 感覺細胞中之感覺神經纖維末梢, Sensory Nerve fiber ending in sense cell; 肌肉中運動神經纖維末梢, Motor nerve fiber ending in muscle.

節兩種之本質。

一條混合神經可以將神經衝動自中樞器官（即中樞神經）往返傳導，因具有感覺與運動兩種纖維或細胞導線也。所以外側神經皆屬於混合神經，因外側神經皆由兩條纖維束併成，自中樞器官向外展出。此兩條纖維束，一稱背根(DORSAL ROOT)，單具感覺（向神經 Afferent）神經纖維，一稱腹根（VENTRAL ROOT），單具運動（離神經 Efferent）神經纖維。高等脊椎動物之脊神經皆保留此種二根之結構，不過一部分腦神經因適應頭部之特別需要，所以大為改革，祇有一根，由是其機能亦受限制，例如調度各種感覺器官之神經，盡是感覺神經，調度眼球之肌肉之神經，盡是運動神經。（參考第 271 圖）



第 272 圖 脊椎動物之腸壁之剖面（高度擴大），指示神經之分布調度腸壁運動。絨毛內之兩個神經網包括簡單之神經原。a 小腸吸收食料之表面；b. 黏膜層；c. 黏膜下之神經叢；d. 環形肌；e 神經原叢；f. 縱形肌；g. 漿膜。（參考第 108 圖）（由 Parker 仿 Lewis）

一大部分感覺刺戟所引起之神經衝動，由感覺神經傳至脊髓中之運動神經而發生反應，不經過腦部，所以屬於脊髓範圍之內。例如吾人之手指被針刺時尚未自覺痛苦，已先行移動。如是，所謂反射弧 (REFLEX ARCS) 所執行不可勝數之反射作用，實代腦部分勞，減輕腦所負擔之責任，一切動物，皆有此種本能。大多數反射作用屬於先天性，一部分稱為替境反射 (Conditioned Reflexes)，則從經驗方

面得來。(參考第 266, 271 圖)

丙 自動神經系統 Autonomic System

截至現在，吾人專論中樞神經系統即——腦與脊髓，與連絡全體各部之交通線之外側神經系統即——腦神經與脊神經。就事實上言之，外側神經尚且分出一副輔助神經與神經節，此種神經與神經節幾乎調度吾人所不能控制之全體各種機能；例如；消化系統與循環系統之自由活動等，故特稱之為自動神經系統。高等脊椎動物之自動神經系統包括兩條神經索，在體腔之內，位於脊柱之下。自神經索分出許多神經，刺戟鄰近各種器官。自動神經系統與脊神經之背根及一部分腦神經啣接而與中樞神經系統相通。(參考第 269, 272 圖)

自動神經系統，如前所述，雖然遍佈全體，但追究其發生史，而知其由外胚層之翻進而成，故其本質，仍屬於外部結構。即體內之自動神經亦不能直接容受刺戟，端賴一羣孤立之感覺細胞代為傳達。感覺細胞一部分稱為外接納器(External Receptors)，仍留於體外，以接受外來之刺戟，一部分則位於體腔之內，接受內部所發生之刺戟，稱為內接納器(Internal Receptors)。外接納器即吾人所熟識之感覺器官。

丁 感覺器官 Sense Organs

雖最下等之原生動物，細胞之某一部分亦特別專門化易於感受一種或數種刺戟。此種細胞有感覺器之痕跡者佔極少數，大多數則付缺

如。雖然，原生動物中任何一種，其原生質對於環境所引起之變化，皆有普遍之接納與感應機能；例如變形蟲與草履蟲，對機械，熱力，化學，及電力之刺戟，皆發生感應，整個細胞表面感受刺戟。刺戟所引起衝動，由原生質傳導至細胞各部。草履蟲則另有「動感神經系統」專司感覺之責。一部分無脊椎動物，例如水螅與蚯蚓，尚賴體壁之表面為接受刺戟之器官，惟體壁之表面，祇有簡單之感覺細胞。大多數動物，身體上各個細胞皆具感應力量，但由環境變遷而發生之部分衝動力，則另由各種結構複雜之接納器接受之。各種衝動力，例如熱力，光力，由各種專門器官化成神經刺戟力以刺戟神經，所以感覺器官，可稱為神經系統之前哨。（參考第 262, 264, 266, 273, 375 圖）

當然，吾人需要感覺器官所鑑定之事物，始得到外界之知識；所以每當吾人決定他種動物之感覺器官之能力時，皆以吾人之感覺能力為標準而比較之。如果他種動物之感覺器官與吾人之感覺器官之結構互相符合，此乃極穩健可靠之方法。例如龍蝦之複雜感覺器官——複眼(Compound Eyes) 司視覺，耳專司平衡，最低限度，亦與吾人之耳之有平衡作用相等；至於頭部各對節肢，則特別為接納觸覺之用。嗅覺，與味覺，或者亦有之，但吾人研究尚少心得，不敢斷言。按諸實際，一部環境變遷所造成之某種力量，不能感化吾人之感覺器官，所以吾人對之毫無反應；但此種力量或者亦能刺戟下等動物之接納器。然而人類有天賦之智能，可以運用器具，以補救感覺器官所不及；例如，發明無線電收音機，乃一明證。（參考第 135, 180 圖）

脊椎動物最簡單之感覺器官，當推一種接納刺戟之單獨上皮細胞；

上皮細胞與神經纖維連絡，神經動衝即經此傳導至感覺中樞。雖然，大部分上皮細胞，常常排列成羣，佐以附屬結構，以加強外來之刺戟，而發生反應。感覺細胞之有附屬結構，亦有保護及其他作用，此即複雜感覺器官之組成。(參考第273, 278圖)

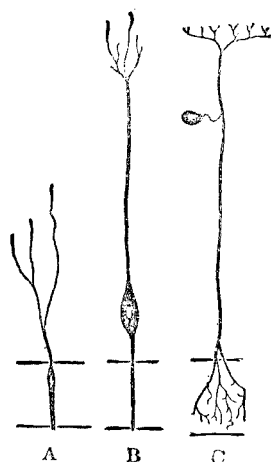
一 觸覺 Cutaneous Senses

單就脊椎動物而論，吾人一定發現脊椎動物之整個體表，皆具感覺器官，因皮膚中密佈一層感覺神經網也。皮膚之某一區域，充滿特別之壓覺接納器(Pressure Receptors)，此種壓覺接納器組成一有規則之感覺器官系統，例如：魚類與兩棲類之體旁，有側線器官(Lateral Line Organs)，及吾人皮膚中之觸盤(Tactile Corpuscles)是也。除壓覺接納器外，吾人之皮膚中，尚有痛覺，熱覺，及冷覺點(Pain, Heat, and Cold Sense Spots)。

二 味覺 Sense of Taste

高等脊椎動物之味覺，祇限於口腔內，舌部更為發達，舌上有特別之接納器，稱為味蕾(Taste Buds)。此種味蕾由兩條腦神經連接於腦部。但下等脊椎動物如魚類，雖亦有與味蕾相等之器官，則散布於全體之表面。(考參第 274 圖)

三 嗅覺 Sense of Smell.



第 273 圖 解釋感覺神經細胞之分化。A. 水蝨類動物之原始感覺神經原；B. 昆蟲動物之原始感覺神經原；C. 脊椎動物之原始感覺神經原。下面代表感覺表面，神經活動自下而上。(由 Parker)



第 274 圖 A. 人之鼻腔內之嗅細胞；B. 舌上之味蕾 (Taste Buds)。感覺細胞上各有突起之絨毛，對嗅覺或味覺之化學刺激發生反應。支持細胞，Supporting Cells 神經纖維，Nerve Fibers 感覺細胞，Sense Cells。

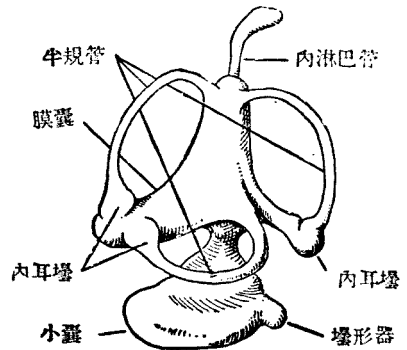
嗅覺之特別器官，或稱嗅覺細胞 (Olfactory Cell)，位於嗅囊 (Olfactory Pouches) 之膜皮內。嗅囊乃頭部之前端向內翻進之一對洞穴 (即鼻腔)。嗅覺細胞由第一對腦神經即——嗅覺神經 (Olfactory Nerves) 與腦部相通。下等脊椎動物祇有極簡單袋狀之嗅囊，呼吸空氣之脊椎動物，特別哺乳類，嗅囊之壁摺起而成許多褶曲與小囊，此種結構可以集中通進鼻腔之黏膜之空氣而導入肺臟。然而吾人之嗅覺器官，已經擯棄下等哺乳動物所保留之複雜結構，不獨成年時期之結構有此趨向，則胚胎時期之暫時痕跡，亦可證明此一點。(參考第 274 圖)

四 聽覺 The Ear

耳，即聽覺之器官，與平衡之器官，初由頭部之外胚層之內翻而成。魚類以上之脊椎動物，耳與外界已經隔離，由是而有內耳 (Inner Ear-Labyrinth) 之稱。內耳分出二主要部分：一稱小囊 (SACCU-)

S),一稱膜囊(UTRICULUS)。自膜囊發展出三個半規管(SEMICIRCULAR CANALS),橫互於三個平面上,即三個平面各互相垂直。小囊專司接納周圍媒介物所導進之震動,即吾人通常所稱之聽覺。如前所述,則脊椎動物之地位越高,小囊分化之程度愈深,哺乳動物之耳,小囊已變成一極複雜之蝸殼(COCHLEA)。(參考第 275,276 圖)

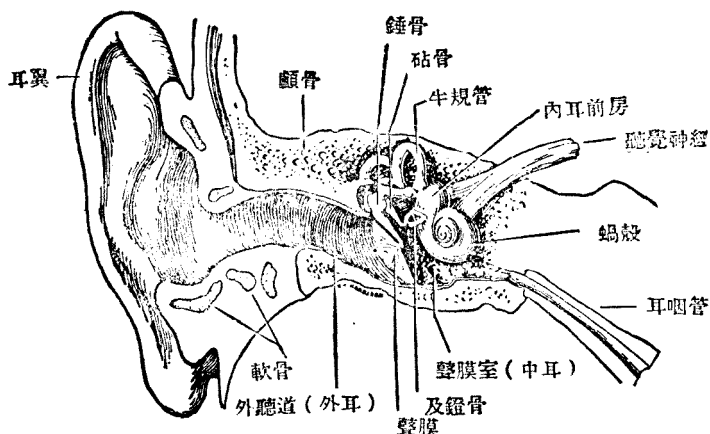
另一方面,膜囊與半規管專司平衡之喪失種種感覺,亦即指揮身體之朝向,與小囊相比較,少有變化。魚之內耳或者祇有平衡作用,如許多無脊椎動物然,例如龍蝦之有所謂聽覺器官(Auditory Organs),祇有平衡作用而已。因內耳不斷之分化,感覺細胞本身在某固定區域內亦特別發達而由第八對腦神經即——聽覺神經(Auditory Nerve)



第 275 圖 解釋下等脊椎動物膜狀之內耳(Labyrinth)壘形器, Lagena; 乃小囊, Sacculus; 之轉成結構, 在高等脊椎動物變成蝸殼。半規管, Semicircular canals; 小囊, Sacculus; 膜囊, Utriculus; 內淋巴管, Endolymphatic Duct; 內耳壘, Amupllae; 壘形器, Lagena。

接連於腦部。此種感覺細胞有聽毛之設備,聽毛伸入內耳腔,內耳腔內液體之流動,聽毛乃受刺戟。

魚類之內耳即在顛蓋之下,所以立刻接受水所傳導之震動;但高等動物之周圍媒介物已經以空氣代水,所以耳內需要較精巧之配置,以傳導,收集,並提高音浪,結果脊椎動物之地位越高,內耳亦自體表逐漸下沉。



第 276 圖 人之右耳之縱剖面。注意三塊構成之傳導機：砧骨，Malleus；錘骨，Incus；鐮骨，Stapes；耳翼，Pinna；牛規管，Semicircular Canals；內耳前房，Vestibule；蝸殼，Cochlea；鼓膜，Tympanum；耳咽管，Eustachian tube；顱骨，Bone of Skull；軟骨，Cartilage；聽覺神經，Auditory Nerve 鼓膜室（中耳），Tympanic Chamber or Middle Ear. 外聽道（外耳）；Auditory Passage or Outer Ear.

且因此內耳與體表之間展出一共鳴室（即耳室），共鳴室有可震動之鼓膜（TYMPANIC MEMBRANE）即——耳鼓（EAR DRUM）之設備，位於皮膚之下。鼓膜與內耳之間，尚有骨質傳導機設備，如是，傳導之機能亦愈進步。下等脊椎動物之骨質傳導機祇包括一塊骨，至哺乳類始另有兩塊骨加入，此兩塊骨本來之功用，乃連絡牙床與頭顱者。最後，耳室亦漸自體表下降而成中耳（MIDDLE EAR）。音浪未達到中耳之前，必先經過外耳（OUTER EAR）之管狀外聽道。哺乳動物之外耳，常有漏斗狀結構之設備，稱為耳翼（PINA）。如前所述，耳之結構，乃經過逐步細微之變化，始臻完備。（參考第 276 圖）

五 視 覺 The Eye

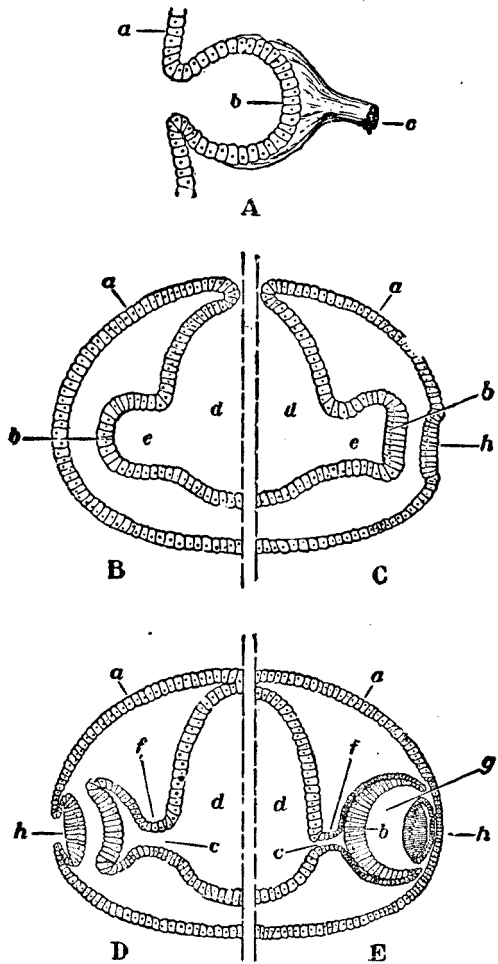
視覺器官乃動物之最複雜感覺器官，而一部無脊椎動物之視覺器，亦極高度分化。無脊椎動物之眼之主要結構，為感覺物質即——網膜 (RETINA)，網膜係自外胚層一固定之區域向內翻進而組成，此處外胚層之細胞經過分化後，可以接納光線之刺戟並且引起神經衝動，隨即傳到中樞神經系統。脊椎動物之視覺細胞亦自外胚層變成，但必須經過第二次轉化始臻完備，例如：眼胞 (OPTIC VESICLES) 乃自間腦之兩旁轉化而成之袋狀結構。(參考第 277 圖)

單就網膜而論，下等脊椎動物之網膜之視覺機能，祇能辨別光與暗，或者亦僅能辨別光之顏色之能力而已；如是，則不獨可以認識光線之強度，並且可以察出所視之物。大部分高等無脊椎動物之複眼，有種種複雜結構之設備，使外來之光線在網膜上某一點集中，而成一焦點。此種複雜之結構，以節足動物之複眼與軟體動物中之墨魚照相機式之眼最為發達，可謂已登峯造極。墨魚之眼之機構酷似脊椎動物之眼球，但此種眼球發現於軟體動物類中，所以就進化系統而論，與脊椎動物並無直接關係；不過此種事實，又多一層證據，證明不相同之有機體，如果有相同之需要，必有互相類似之結構，執行相同之反應作用。(參考第 172, 278 圖)

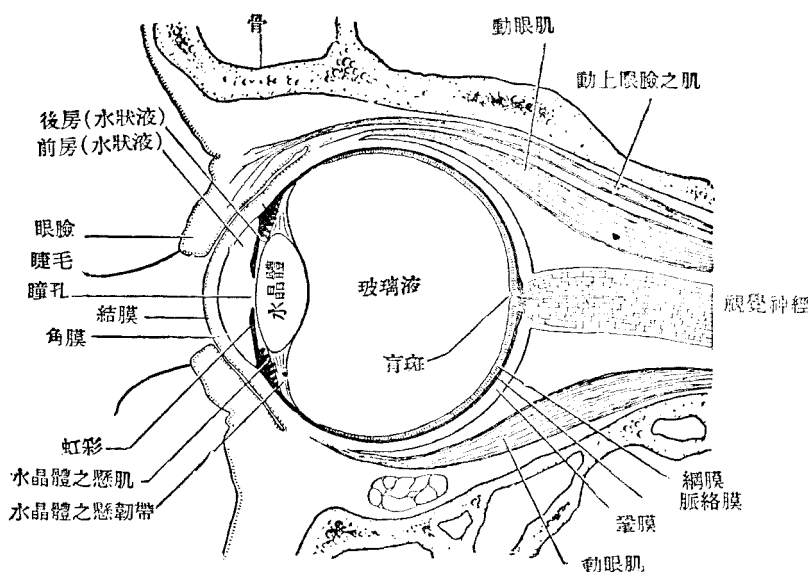
脊椎動物之眼壁即眼球(EYEBALL)，狀頗似一空心球，賴周圍幾條粗大肌肉之助，可以自由旋轉。眼球之前露出部分包括二重透明膜：一為精緻之結膜 (CONJUNCTIVA)，與眼瞼 (EYELID) 之內膜相連接，其下為一強硬之角膜 (CORNEA)。眼球之兩邊與後部亦

包括二重膜，外重為鞏膜 (SCLEROTIC COAT)，內重為脈絡膜 (CHOROID COAT)。懸於眼球之中央有一水晶體 (LENS)，水晶體將眼球分為二部，水晶體之前稱為前房 (ANTERIOR CHAMBER)，水晶體之後稱為玻璃房 (VITREOUS CHAMBER)；玻璃房之周圍有一重網膜：網膜內有神經細胞，神經細胞與第二對腦神經即——視覺神經 (Optic Nerves) 相連接。

脊椎動物之眼珠等於一架視覺機器，若與照相機比較，有許多相同之結構。不過功用方面，大相懸殊，吾人不可不注意及之，即當吾人運用照相機時，集中焦點之方法，必



第 277 圖 A 解釋無脊椎動物眼球之形成。B. C D E 脊椎動物眼球之形成。注意無脊椎動物與脊椎動物朝向光線之網膜細胞 (Retina Cells) 為反對面。a 外胚層 b 網膜區 (Retina area); c. 視覺神經之位置; d. 間腦腔; e. 眼胞; f. 眼胞柄; g. 眼盂內之玻璃房 (Vitreous Chamber); h. 水晶體 (Crystalline Lens 正在發展)。

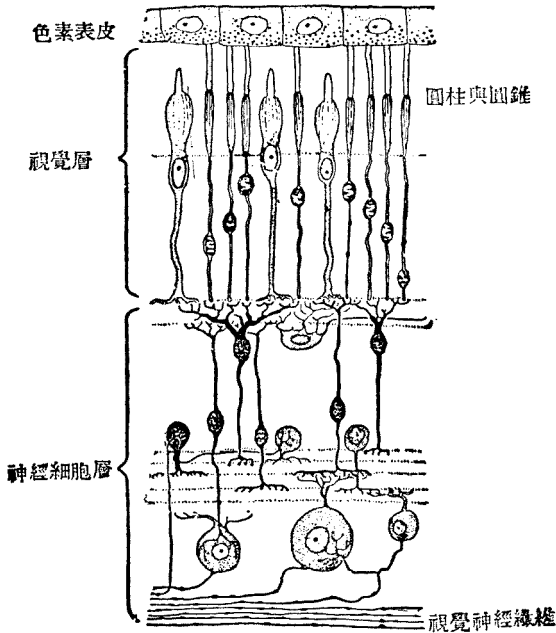


第 278 圖 人眼之結構 (縱剖面)。

前房(水狀液), Anterior Chamber (aqueous humor); 後房(水狀液), Posterior Chamber (aqueous humor); 眼瞼, Eyelid 睫毛, Eyelash; 瞳孔, Pupil; 結膜, Conjunctiva; 角膜, Cornea; 虹彩, Iris; 水晶體, Lens; 水晶體之懸肌, Lens muscle 水晶體之懸韌帶, Suspensory Ligament of Lens; 玻璃液, Vitreous Humor; 盲斑, Blind Spot; 視覺神經, Optic Nerve; 網膜, Retina; 脈絡膜, Choroid Coat; 鞏膜, Sclerotic coat; 骨, Bone; 動眼肌, Muscle to Eyeball; 動上眼瞼之肌, Muscle to upper lid.

須變更透鏡與軟片之距離，使之準確；眼珠之集中焦點，其水晶體可以自動調整其曲度，使之準確。光波透過眼珠之結膜與角膜直入瞳孔 (PUPIL)，而至水晶體。當光波經過瞳孔時，瞳孔周圍之虹彩 (IRIS)，依光波之強度自由伸縮，如吾人運用照相機之虹彩光圈然，使適當之光波集中其焦點於網膜上。網膜中之圓錐體 (CONES) 與圓柱體 (RODS) 接受光波之刺激而起感應，最後由視覺神經將神經衝動傳導

至腦部。腦本身如何判斷此種神經衝動，並何以有視物影之機能，至今尚不得而知。(參考第 279 圖)



第 279 圖 網膜之解剖 (人眼)。色素表皮, Pigmented Epithelium; 視覺層, Visual Layer; 神經細胞層, Nervous Layer; 圓柱與圓錐, Rods and Cones; 視覺神經纖維, Fibers to Optic Nerve.

綜覽脊椎動物之感覺器官，自最下等之種類至最高等之種類，令人人生無限感想：即感覺器官之進步，雖然可觀，但與高度發展之神經系統特別腦部比較之，相差甚遠，且落後多矣。自魚類至人類，腦之容積大增，腦之結構趨於極複雜化。大多數魚類之腦，容積非常細小，似乎祇由脊髓之前端稍加分化而已；青蛙之腦與脊髓之重量，幾乎相等；但吾人之腦，約三鎊重，與脊髓比較，超過五十倍，腦質內包括

不可勝數之神經原，約略計算，有十二萬萬左右。有此顯著之事實，所以吾人欲知腦之悠久進化史，感覺刺戟，必為腦部發展之主要因素，而且腦部之神經刺戟，可以造成更多之同樣刺戟，由是吾人而有較高之智能生活，及智能生活所包括之一切。當吾人之智能作用時，大腦之皮質內，祇有一撮之細胞發揮其機能，不能不令人驚奇。

戊 一髮動全身 The Organism as a Whole

綜覽動物個體上種種交互作用之程序與法則，將其要點申述如下。

第一點得以瞭解者整個個體所發揮之力量比較各部分發出力量之總和高，在機能作用立場上言，一個完整個體等於一單位。並且此一單位擁有適應本能可以隨機應付環境即在個體範圍內保留伸縮性。假如個體上某一部分被除割或損傷勢必影響別部分之機能，事實上整個個體均受影響；例如除却神經之某一部分，立刻影響其他器官系統並且引起受影響之器官調整其本來機能。再者，各內分泌腺有密切交互作用關係，設消滅或遏制某一內分泌腺之機能，則整個內分泌系統將發生不可預期之變化。當然，內分泌系統與神經系統兩者更有密切交互推動力之作用。（參考第 261 圖）

調濟作用問題就所謂補充機構(Compensatory Mechanisms)之觀點上研究；例如一個器官若一部分割掉，可能產生幾種反響，肝臟一部分毀傷可能就破壞之殘存重生並恢復原狀，破壞部分如不重生，未破壞部分能調整其機能，負擔受損部分之工作，即執行整個肝臟應有之機能。一對腎臟如一個割掉，尚存之一個能自調整而執行兩個腎

臟之工作，不過加重其責任而已。此外，間有一種器官完全失去機能或割掉，別種器官可能代執行其工作，例如胃臟割掉，所存留之消化管各部分能分別負起胃臟之大部分工作。（參考等 286—289 圖）

所有調整現象包括補充機構之特點，一言以蔽之，乃維持個體處於穩定狀況（Homeostasis）。個體內部環境實由一聯串複雜機構維持或調濟達於相當穩定之程度，例如保持血之分量與成分，體溫，體內糖質與鹽質之成分等。

個體之能保持常狀或處於穩定狀況，或者內分泌與神經處處參預其事，即端賴內分泌與神經調整之力，若譽神經與內分泌為安全因素（Factor of Safety）亦無不可。例如個體於不得已時即將大部分胰臟割掉或將兩個肺臟去其一個，仍有能力勉強維持生存之機能。有生命之個體，調濟力量之偉大，真是“可畏又可驚。”

第二十章 生命之起源

Origin of Life

生命之神祕，永遠存在，科學未嘗揭破之；而科學之勃興反是吾人所敬畏所尊崇之神祕生命之誕生。——Donnan.

凡與生物學有關係各種事實與原則，書中已經粗樹基礎，現在對於科學上之幾種廣泛問題，不妨檢討一下。先就生命之起源一點着手，因為此種問題非特有悠久之歷史，而且為大衆所關心。

甲 生物發生說與自然發生說 Biogenesis and Abiogenesis.

讀者一定奇怪，有如此繁雜之生物呈於吾人眼前，為何十七世紀絕頂聰明之人，妄作主張，以為一切動物與植物，皆從泥土中及腐爛之物質中自然而然發生出來，與今日之無知孩童，相信馬鬃浸於水中，可以變成小蟲，同一見解，而未嘗熟為之攷慮。事實上生物科學與生物哲學之創始人亞里士多德 (Aristotle)，當時尚且相信：爛泥中可以自然發生鰻魚。

不獨十七世紀之學者有此種謬想，而往後二百年中，詩人，哲學家，神學家，及科學家，亦附和自然發生之說，並且提倡猶力。例如：十七世紀時，一位負盛名之化學生理學創始人——梵·赫爾蒙忒

(Van Helmont) 且有不可思議希望特別之實驗記錄，據稱可以製造蠍 (Scorpions) 與鼠；刻耳赤 (Kircher) 稱：彼親見植物之莖以水灌溉之而生出許許多多動物。布倫 (Thomas Browne) 對於自然發生學說首倡異議，對於爛物變為田鼠一事，非常懷疑。乃有下述一段諷刺語，可以代表當代學者之意見：「吾人不能不懷疑乾酪與木材中可以自然發生蟲類，或牛糞中生出甲殼蟲與黃蜂，或腐爛之物質中產生蝴蝶，貝類，及鰻魚。吾人提出此種質問，實為理性感覺及經驗而發。如果有人對吾人之見解有所疑問，請他一遊埃及，便可飽賞結隊成羣之田鼠，使當地居民受極大之損失，皆尼羅河 (Nile River) 流域之產物。」

自學者對複雜之生物有更高深之見識後，自然發生 (SPONTANEOUS GENERATION) 之觀念乃漸受限制而應用於較下等之種類。雖然如此，吾人之記憶中，始終不忘十七世紀末葉意大利 之傑出人才 芮地 (Francisco Redi)。芮氏根據實驗，發現自然發生為不可能，反駁此種武斷舊說，力倡生物皆源出生物。芮氏證明已死動物之肉，若善為保藏，不使昆蟲侵犯，則無生蛆成蟲之患。爛肉生蛆實因家蠅產下之卵，發育變成。

當時文人學士皆譏笑芮氏肉與蛆之實驗，有科學之價值，而且夢想不到此種幼稚之工作所產生之後果：實則芮地 被人所輕視之工作確佔二十世紀之文化最重要因子。不論自學理方面，或實用方面，芮地 之工作之重要皆不可估計，因為根據此種結論，現在吾人始得知有生命之物質皆從先存有生命之物質傳遞下來，而推翻自然發生之舊說。

芮地 之重要工作以後逐漸影響及學者之著述。十八世紀時期有一

位文人在其著述中云：「前人對於自然發生之說，言之有聲有色，我不願反駁非難之，但一切動物皆各有其生身之父母，植物亦然，皆自前代之植物產生下來；所以我對於從前各位哲學家之武斷，對自然發生學說所持之成見，不敢不肅然起敬。」同時尚有一位作家有更幽默之言：「一塊乾酪，可以自然生下田鼠，則木石亦可以生出象鹿。」

但讀者不可過度興奮，以為風行一時之自然發生學說，受芮地之工作及十八世紀之作家之見解而被推翻並被貶為古代神話。事實上生物發生學說——生物源出生物——中間常有挫折，每次幾乎被淺見之實驗駁倒，自然發生學說又露頭面；待至近世，經過學者更進一步之研究，更精密之攷察，生物發生學說始認為事實，而成一堅定基礎。

生物發生學說不易成立之原因有二：第一，高等動物之因臟內常有寄生蟲發見，芮地因羊頭骨內之蛆，為之大惑不解，此種動物如非自然發生，究自何處而來，芮地無以自圓其說。解答此種難題，尚須經過極長之時間，直等學者發見寄生蟲之複雜生命史後，始知寄生於生物體內之蟲，皆由前一代傳殖下來。第二，自顯微鏡之製法逐漸改良後，極細微之生物，藉擴大鏡之助，始可一目瞭然。以爛草浸於水中，隔夜即有不可勝數之各種各式小動物出現於腐化之有機體上，引起學者極大興趣與驚奇，成為主要之謎。此種現象，似乎又須引用自然發生學說為之解釋。（參考第16, 20, 146, 147, 421, 422圖）

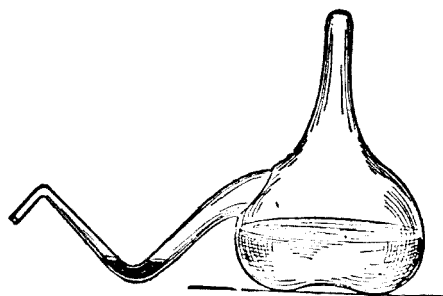
當代學者中，尼特漢姆（Needham）亦曾研究此種問題，據稱將浸液燒沸後，固封於燒瓶內，仍有細微之生物發生，於是自然發生之說又興。尼特漢姆之結論，當時大受學者之注意，因法蘭西之大博物

學家蒲風氏 (Buffon) 亦附和此種事實，力為撐持，以證明自己之學說：即一切有機體之身體，皆由許多不可毀滅之「活單位」組成，有機體之死亡，乃「活單位」之分散於自然界內，以後「活單位」重新集合，又組成第二代之有機體。(參考第 465 圖)

據斯堡冷查呢 (Spallanzani) 之意見，尼特漢姆之實驗，必因燒瓶未經充分消毒，封口不固，外物侵入，所以有此錯誤之結論。斯氏雖然有此遠見，而反對者仍大有其人，此時化學家已經發見生活過程上及有機物之發酵與腐化時所需要之游離氧氣，根據此點以反駁斯氏等所執行之實驗，以為斯氏等所用之浸液所含之有機物已經完全分解，而且缺少氧氣等，生命乃無從發生。

待十九世紀初葉，科學家就各方面研究，舉行種種實驗，證明凡經過充分消毒之浸液，如果不受塵埃之侵染，雖然空氣流通，亦不能再生生物，化學家所持之種種理由，皆不足成立異議，生物發生之說，乃重現曙光。自然發生學說始被駁倒，生物發生學說之成立，生物學家巴斯德 (Pasteur) 之貢獻獨多。巴氏之巧妙與廣博工作，非獨令人信服，而且決定爭局；同時明白指示曝露於空氣中之浸液所發生之生物之來源，當然自空氣中而來，因空氣中之塵埃，大多數含有微生物，此靜止時期之微生物，一旦意外遭遇所需要之水分及其他適宜之環境，又立刻恢復其活動生活。再者，此種微生物得到活動之機會後，開始破壞工作——引起種種化學變化：腐爛，發酵，在高等生物體內造出種種疾病。現在吾人普遍採用之食物保藏法及外科手術防毒法，祇舉出此二例，已有充足之證明。(參考第 280, 281, 450 圖)

雖然，即就目前而論，簡單之生命，在特殊環境之下，譬如大洋深處，可以自然發生，雖未必有其事，但亦非不可能；惟不能與古遠之祖先所遺傳下來而非常特化之現生原生質相匹比。事實上如果此種有生命之物質可以自然發生，與現在之原



第 230 圖 巴斯德 (Pasteur) 之自然發生試驗所用之燒瓶。試驗物倒入後，將燒瓶之頂密封。令水蒸氣凝聚於曲管內，俾將瓶口封閉，以防止微生物侵入，但氧氣仍可流通。燒瓶內不復有生命發生。

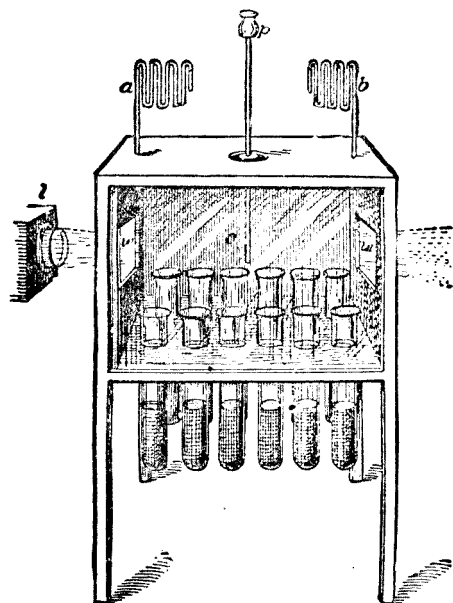
生質比較，必相差甚遠，一定非常簡單，為吾人所不認識，因吾人所認識之原生質，即最下等之生物所擁有者，亦已經過極長久之進化歷史。

所以就吾人觀察所及，及實驗之範圍內，可以斷定而言，生命未嘗自然發生，生命皆由前代之生物傳殖下來。吾人有不可勝數之事實，以支持生物發生學說；而未有絲毫證據，可以袒護自然發生學說。

乙 地球上生命之起源 Origin of Life on the Earth.

吾人如果接受天文學家與地質學家所提出之證據，在某一時期內地球上之境況（即溫度極高，數百度以上），不容生命之存在，則原始地球上本無生物，可以斷言。然根據地質之記錄，有極可靠之證

據，證明在過去幾萬萬年中，不斷有生物之遺跡（即化石）存在（發現），究竟地球上之生命在遠古以前，自何而來，如何得到立足地，乃一不可分解之問題。



第231圖 鐵達爾 (Tyndall) 之自然發生試驗，用光學試驗以檢查櫥內之器具。櫥之前窗與邊窗 (w,w) 皆配以玻璃。空氣可以自玻璃管 (a,b) 導進。至於櫥內空氣是否純淨，可自燈 (l) 放出強烈之光，自右窗通過左窗察出。當櫥內空氣已絕對純淨，不含塵埃時，將已消毒之培養液自吸管 (p) 倒入，經過玻璃管 (c) 而盛滿各細管。培養液極適合微生物之生長，但因已消毒，所以未有微生物出現。(由 Tyndall)

如前所述，吾人除非承認創造論 (SPECIAL CREATION) 之主張以闡明生命之由來——將生命之起源問題置於科學範圍之外，不在討論之列——吾人應當有以下之兩種見解：地球上之生命或由宇宙間之另一星球傳遞而來；或者此種生命在過去某一時期內，當地球及地球上之物質之進化過程中，自然而然自無生命之物質中生出。吾人抱定此種觀念，將近代學者所提倡幾種關於生命之起源學

說總檢討一遍；雖然不能完全開啓吾人之愚昧，亦可以增加吾人之知識。

一 宇宙間起源 Cosmic Origin

自生物發生之說成立，並認識一切有生命之物質皆有極複雜之結構後，一部分科學家於是主張地球上之生命，一定不是「無中生有」必由其他星球搬移過來——稱之爲宇宙學說。

此種理論乃假定宇宙間有一部分質體，生命始終卜居其上；根據此種見解，又假定自質體所分出之許多小體，在空間浮游漂泊；小體譬如滿載下等生物之乘具，將生物播散於宇宙間，此種生物若散布於適宜之星球上，而有生命所需要之種種環境，乃寄居其上，而發育繁殖焉。本此立場而言，則生命之年齡明明與宇宙一樣悠久。

似可置信之宇宙學說採自兩種假設：宇宙間到處皆有生命，或當星球環行時，生命始終與之共在。當然此兩種假設皆未有可靠之事實可資佐證，第二種假設比較上尚有討論之餘地。

吾人皆稔悉大多數細菌與原生動物，特別受惡劣環境之影響時，可以生出保護囊包蔽其本體，而處於休眠狀態中。在休眠時期，一切新陳代謝作用皆降至最低限度。當此孢子時期，或被囊時期，細菌與原生動物可以忍受非常之熱力與乾燥，而不受損害；若在活動時期，則早已死亡。例如：某種細菌之孢子，在極高溫度—— 140°C . 之下，尚可暫時忍受；或在極低溫度之下，一切化學反應皆已停止，仍能生存。有數種特殊之原生動物，賴其被囊最少可以維持其生機達五十年之久。此外尚有數種植物，其種子經過一百年後，尚有萌芽之能力。但俗人所謂：從古代埃及之墳墓內所取出之五穀，仍維持生長之能力一事，爲無稽譌言。（參考第 514, 515, 516 圖）

有生命之物質，自一星球至另一星球之行程中，所受之種種困難，

則不可忽略視之。一塊隕石下墜時，因經過地面之大氣而達於白熱程度，此種隕石若運載生命，試問生命其能生存乎？如果生命可以存在，必在隕石內部之極低溫度下，而不是隕石之表面。爲避免此種問題及其他種種困難起見，假設陽光輻射能所生之壓力可以充分克服地心吸力，於是較下等之微生物在非常細小之微粒內，及孤獨之細菌，可以環行至地球上。但照吾人之假設，一個微生物因受太陽光波之壓力而被迫近太陽系之空間，如果確實，最少須經過幾千年，始能達到地球。一部分科學家倒反相信，其所持理由：以爲宇宙之空間，溫度必甚低，並且缺少水蒸氣，在此種環境之下，孢子在一萬年內應當尚有發芽之能力，較在尋常之環境下，保持六個月之記錄猶易。

現在不必再三討論，學者一定明白，宇宙學說不過一種理論，既無從證實，亦無從反駁之。宇宙學說將生命之起源問題，安置於吾人所不能接近之茫茫空間，自非澈底之答案。當初吾人對於宇宙學說，目爲無稽之談，自吾人對潛伏時期之生命之能力漸有見識後，生命之種細胞，當其自一星球繞至另一星球時，何以不就其原始之適宜土地發育，尚有攷慮之餘地。

大部分生物學家皆抱定宗旨：即知其所知，信所可信之事實；就進化一點而論，地球上之物質，當然有發展之趨勢，但若謂地球上之生命，係自另一星球搬移而來，似難置信，若謂宇宙間之其他星球上亦有生命，亦無從否認之。如前所述，現在對於下面所列各種學說——主張地球上之生命係自無機物中起源，不妨檢討一下。

二 地球上起源 Terrestrial Origin

假定生命係自地球上起源，吾人應當保留餘地，作有理性之考慮：到底有生命之個體在何種物理狀況下方能產生。緊要關頭猶在乎原始第一個有機體所必需維持生命之能 (Energy) 從何而來，構成有生命個體之主要元素 (Elements)，特別碳 (Carbon)，氮 (Nitrogen) 如何綜合。

佛留伽學說 (Pflüger's Theory) 假設在某一時期，地球處於白熱情況之下，在此過度之熱體 (地球) 中，碳氮二種元素化合而組成氰根 (CYANOGEN = CN)；碳與氮之結合，必須吸收極豐富之熱力，所以氰根對於有機化合物，特別生質精，開始供給生命所需要之「能」。佛留伽相信生質精乃構成生命之主要物質。如前所述，並且氰根及氰根之化合物，必在極高之熱力下始能組成，所以佛留伽主張生命乃由火而產生。

佛留伽之臆想如果正當可靠，則氰根必先使有機化合物「能化」，有機化合物漸漸變為生質精，而原生質；最後，演化為現代有機生命中高度特化之原生質。

摩爾學說 (Moore's Theory) 摩爾用較雄勁之筆蹟，以描寫生命之起源，他極力主張：當地球之熱力散發殆盡時，無機物質即不斷發生化合變化——複雜化；無機物質受複雜化之力量之衝動，自然而然變為有生命之物質——生命起源。此種理論彼引用一般原理解釋之：「複雜化之原則可以適用於宇宙間之一切物質，如地心吸力定律之普遍——此種定律可稱之為複雜化定律 (LAW OF COMPLEXITY) ——物質本身在其固有「能」之範圍內，有複雜化之趨向，使之逐漸

平衡。自原子而分子，而膠狀體，而有生命之有機體，皆複雜所以使然；當複雜化更積極時，遂引起有機進化，結果而有千萬種之生物」。照摩氏此種說法，無生物與生物之間，已經建起一座橋梁，無機物質依次進展遂發生生命；宇宙間各個星球，當適宜之環境降臨時，皆能發生生命。

愛倫學說(Allen's Theory) 愛倫堅持當地球上之物理境况與現在之環境相近時，生命即開始出現。所以無須追究地球上之生命在何一時期始起源；設生命在冰點或沸點之外仍能生存，必與現在之生命不同，非吾人所得而知者。據愛倫之推測，在生命未起源之前，應當有下列各種化合反應：水中或潮濕之地所含之種種原料（物質），受陽光之輻射能之影響，勢必引起原子之分解與位置之轉換；氮素自氧素之化合物中，如碳，氫，硫之類，抽出氧氣而散於大氣中。水為一種稀薄透明之液體，不能吸收多量之「能」，但水中鐵質之化合物，或成溶液，或為一種懸浮物，皆有吸收陽光之輻射能之作用。由是堆積於水中或潮濕之泥土中之氮素化合物，碳素化合物等等，因氮素化合物之不固定，常常發生變化，受其感化，而繼續發生化合反應作用——組成與分解。自此種化合物中生出之生命，亦不過許多含有「活能」之散漫物質合作之表示，一種極低微而非固定之有機體；從此期而進化至於細胞組成之有機體，其間尚有一長久之期間。

特洛蘭學說(Troland's Theory) 酵素在有機體內所佔地位非常重要，吾人自有此種認識後，不難自此種化合物上探討生命起源之索綫。如前所述，特洛蘭以為生命之基礎必建在酵素上，其理至奧；據

特洛蘭之推測，在地球史上某一時期，有某種自動接觸作用之酵素 (Autocatalytic Enzyme)，當海洋尚有熱氣時，與溶解於水中之各種物質發生接觸作用，結果產生一種與水不相混合之油質液體。此種合作用如果實現，酵素與油質液體必生密切關係，並且加速接觸作用，經化合反應之結果，酵素必被包蔽於油質之物質中。假使與油粒結合之各種物質，可以在水中或油粒中溶解，則油粒之容積必逐漸增加，待達到其最高限度時，復分裂為許多小球狀之物。特洛蘭稱：最初與最簡單有生命之物質，應當由是發生，此種有生命之物質，有無窮盡之生長能力。

奧茲本學說 (Osborn's Theory) 奧茲本假定空氣，水，及方成形之原始地球中必含有各種化學元素及三種比較簡單而非常重要之化合物——水，硝酸鹽，與二氧化碳，並且賴各種元素合作行動之效力，而引起最原始之生命。當原始生命發生時，地面及水中之熱力大約在攝氏六度至八十九度 ($6^{\circ}-89^{\circ}\text{C}.$) 之間，此時地面被水蒸氣所罩，陽光不能直接透射。據奧茲本之推想，有生命之物質最初步之機能，祇吸收化學元素中之「電能」而變換之，此種本能，亦即原生質固有之特性。有生命之物質發揮此種力量，且必在陽光之「熱能」或地面之「熱能」情況之下。

構成有生命物質之初步工作，必先集合數種「生命元素」 (Life-elements)，以後轉成為膠狀懸浮物——「生命元素因互相吸引之關係，勢必發生作用及反作用，如是宇宙間即有一新型單位——有機單位，或稱有機體；此種有機體與地心吸力所聚合之無機物質顯有區別。」

赫胥黎之評論(Huxley's Statement) 上面所列各種學說可視為一種綱要，足以代表一班科學家最先試圖解釋地球上之元素如何變為有生命之物質之種種設想。讀者應當瞭解，除宇宙學說之外，其他各家學說有一共同主張——即組成原生質之各種元素之偶然集合；此種主張似乎有相當理由，因地球之悠長歷史與自然界之無窮變化，皆可視為可能之條件；但現代生物學家與物理學家堅持生命偶然發生乃不可能之事，因未顧及萬物之法則秩序也。

因限於篇幅，不能陳述各種學說之全文，僅摘其大要，對於各種學說之負責人，似欠公允，但如果已足解釋生物學上所關心之進化問題，並且可以集中無事實根據之科學理想，則吾人之目的已達到。現在吾人更換題目專論現代生命之種種現象，較為實際，將無可稽攷之生命之起源問題暫時擱置。在未討論新問題之前，不妨將五十年前赫胥黎之舊文章模寫於下：

「回想過去不可思議之景象，我無從尋出原始生命之記錄，所以無論如何，我不願擅自主張生命出現時之一切情況。簡言之，對科學所發言論，事體重大，非有可靠事實不可。如果毫無證據，而言我引用某種方式，相信生命如何起源，未免誤用文字。但若謂我有此種期望可也，信仰則絕對不可。設有人請我遙視地質時代之深淵或更古昔時代，當地球尚未成形而在物理與化學情況之下，如能看到，我亦願為無生命之物質進化為有生命之原生質之見證人；但事實上做不到，如成年人不能一睹嬰孩時代之情況然。不過自類比之推論結果，使我發生此種期望，但我應當向讀者聲明，至多祇可將我之意見當作一種哲學信條而已。」（參考第 454 圖）

第二十一章 生命之連續

The Continuity of Life

因術語之欠完善，所以俗稱子嗣爲一種新動物，事實上子嗣乃親體之側枝或其延長部分而已。——Erasmus Darwin.

檢討前章陳述，而知現在之一切生命，皆先存之生命之繼承者，並且自從物質擁有生氣後，此種情況永遠存在；由是可知自元古地質時代直至現在，生命皆延續不斷，一切有機體皆有其遠祖。根據此種立場，佐以近世所搜集之可靠材料，生命之連續論，已得到有理性之解釋。自今以後，吾人應當轉移視線，特別注意現存之生命之生殖問題，以揭示親體與子嗣間之關係。

甲 生殖 Reproduction

有生命之物質之主要特徵及其所以異於無生命之物質者，因其擁有生產機能，而且所產生之新個體皆肖似其親體。再者，所謂生殖，實際上即細胞分裂之表示，尤以單細胞植物與單細胞動物爲顯著，但在高等動物，因擁有特別之生殖腺及種種性之附屬器官，使吾人之視線轉移，因此細胞分裂之現象常被朦蔽。

單細胞生物之生殖，變形蟲爲極好例案，所以不妨重述一遍。當變形蟲之胞體分裂，細胞核與細胞質各均分爲二，故稱爲二均分裂 (BINARY FISSION)；新組成之二女胞與母胞完全相同。變形蟲胞

體之分裂，其步驟雖然非常簡略，實則每個女胞皆經過精密改組而有母胞之一切特徵，始能成立為新個體。草履蟲為較分化之原生動物，故當二均分裂時，改組之現象，更為顯著。(參考第 6, 9, 148, 149 圖)

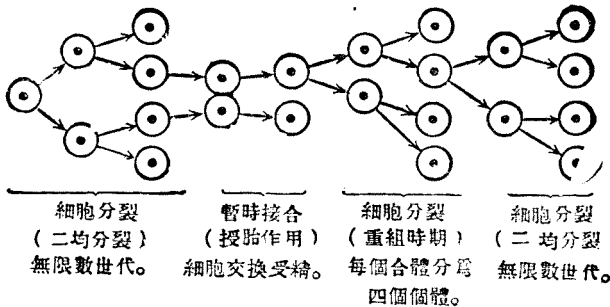
在原生動物中，孢子蟲(SPOROZOA)之母胞並不是二均分裂為二女胞，而由一連串同時發生之分裂，分為許許多多孢子，稱為複數分裂(MULTIPLE FISSION)，亦稱孢子形成(SPORULATION)。通常在孢子未形成之前，母胞不斷長大，待達到最高限度時，即被一保護膜，或稱胞囊(CYST)所包圍。胞囊一旦破裂，孢子乃奪圍而出。此外尚有他種單細胞生物，例如酵母菌(YEASTS)——無色素之植物，專門引起發酵作用——顯示一種變相式之分裂，酵母菌之母胞長出一個或數個突出體，稱芽體(BUDS)；芽體漸漸長成至母胞之模型，遲早與之分離而有親體之一切特徵。(參考第 146, 343, 373 圖)

雖然，尚有極豐富之例案，不論由複數分裂或由孢子形成而組成一大羣之細胞，並不分離，依舊維持密切聯絡或一種有機性之連接，而組成一個羣體(COLONY)。羣體中之細胞有各各相同者，每個維持獨立生活；另一部分羣體所擁有之細胞，發生分化，各有所司，因機能之不同，所以生理上之分工現象成立，由是各細胞之獨立生活不復存在，一個羣體變為一單獨個體。羣體中細胞之分化，最顯著者當推生殖機能；羣棲原生生物(PROTISTA)中(所謂原生生物乃指原生動物與原生植物而言)之團藻，擁有一萬左右之細胞，此一萬個細胞中，有十多個分化為生殖細胞，餘者皆屬體素細胞。通常每個生

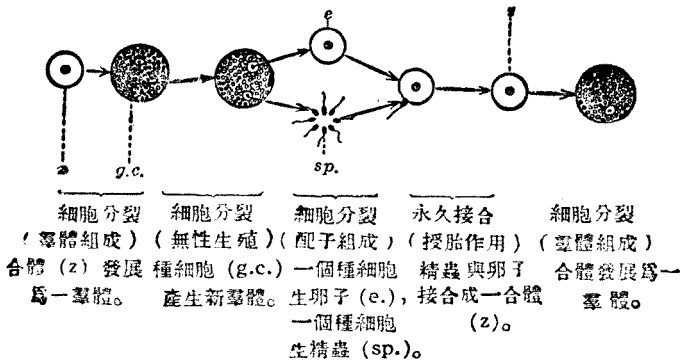
殖細胞（種細胞）分裂而成一羣細胞，此一羣細胞自母羣體中釋放出來而成一微小羣體；在某種情況之下，一部分生殖細胞亦可以變為雄配子與雌配子。通常一個羣體中之精蟲（雄配子）與另一個羣體中之卵子（雌配子）發生授胎作用，已經受精之卵（合體）發展而成一新羣體，新羣體最後自母羣體中釋放出來，（參考第 22, 23 圖）

羣棲原生物生理上之分工，包括生殖組織與營養組織之分界；

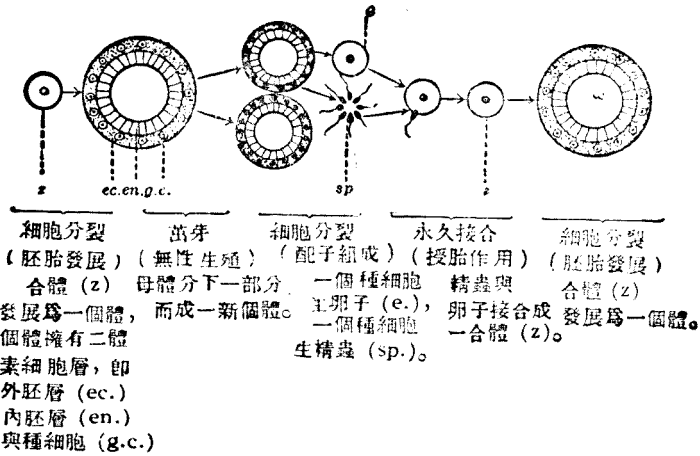
A. 草履蟲



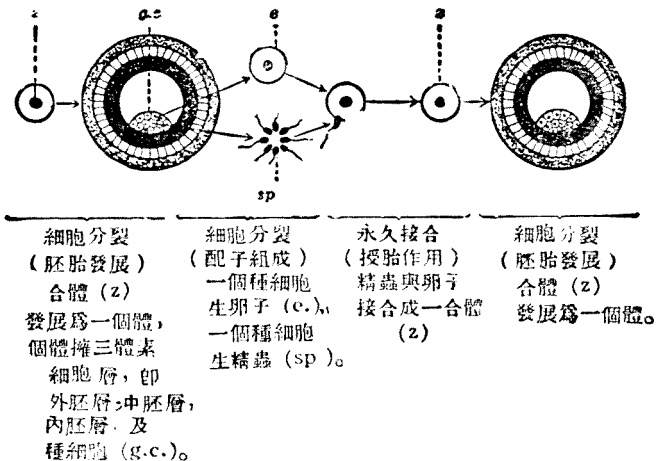
B. 團藻



C. 水螅



D. 蚯蚓



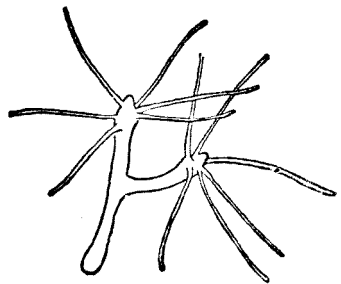
第 282 圖 解釋生殖細胞之環輪。A. 一個單細胞生物——草履蟲 (Paramecium)；B. 一個羣體——爾藻 (Volvox)；C. 一個下等複細胞動物——水螅 (Hydra)；D. 一個較高等複細胞動物——蚯蚓 (Earthworm)。 (仿 Hegner)

羣棲原生生物生殖組織與營養組織之分化，常被當作原生生物進化至於後生生物之一種過渡組成，書中已經提及。羣體之結構不論如何複雜，羣體之細胞不論如何專門化，亦不過劃開種細胞與體素細胞之區域而已，後生生物之體制，須要體素細胞（體質）進一步之分化，變成各種纖維與器官，種細胞（種質）則限於生殖器官之範圍內，無特殊之變化。

所以依照慣例，體質與種質兩者之間，應當劃一鴻溝，明分界限——體質譬如宿主，種質譬如寄生，認體質為傳種續嗣之種質之庇託所為最合理。魏思曼(Weismann)所倡導之種質連續論(THEORY OF GERMINAL CONTINUITY)坦白承認：種質擁有一種有生命之物質，此種物質自從有生命以來，總是世代相傳，綿延不斷，始終與生命共存在。換言之，體質乃種質之轉成物，亦可視為種質之支流，因每經過一代，必須換新一次，並且在每一代中，皆被種質利用為交通工具，待種質傳遞至新世代後，此種體質亦漸漸衰老，終歸滅亡。種質連續之觀念，使生物學家對於遺傳及進化問題改變其念觀，待吾人討論進化與遺傳時，自有明白之解釋。

（參考第 282, 290, 315, 462 圖）

自團藻及其他羣體生物上，雖然可以瞥見單細胞生物與複細胞生物間之關係，同時假定此種羣體乃單細胞生物進化至複細胞生物之橋樑；但就



第 283 圖 分裂(Fission)為水螅無性生殖之一。(由 Koelitz)

複細胞生物之種種生殖方法上觀察，並未全部發現成立體質與種質間之界線；換言之，種質與體質之分界，並非複細胞生物之唯一特徵。許多無脊椎動物，例如：水螅與種種蟲類，除有性生殖之有精蟲與卵子外，在無性生殖方面，賴體質之分裂(FISSION)與茁芽(BUDDING)亦極普遍事。分裂與茁芽之步驟，若與原生動物之生殖現象比較，實不相上下。複細胞組成之無脊椎動物本體，不論斷裂為二部分，或更多部分，各部分皆能再生(REGENERATES)——補充所受之損失，

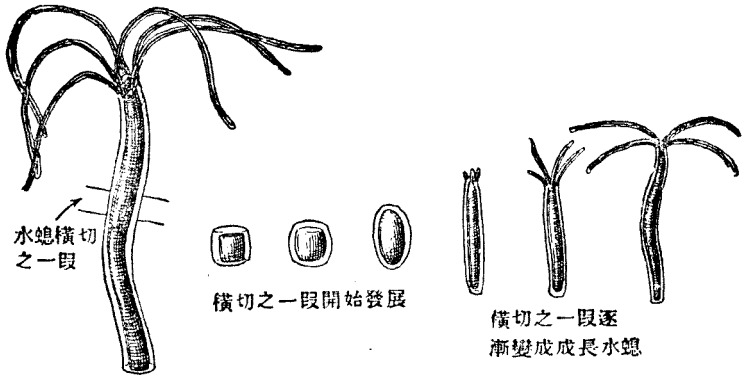
恢復其原來體構。水螅及其他多種生物，常自本體長出芽體，芽體漸漸發展至親體之形式，乃分離而獨立。(參考第 283—286 圖)



第 284 圖
一條扁蟲——
Planaria 分
裂之步驟。
(由 Child)

許多水螅之近族，在芽體長成以後，並不離開親體；而始終固附於親體之上，芽體間有機性之連接，結果變成一大羣體，稱為水螅形芽體(Polyps)。此種情況，並且引起各個芽體間生理上之分工，因生理上之分工，芽體之個體結構亦分別分化，於是營養個體，護衛個體，與生殖個體各各成立，水螅形之羣體(HYDROID COLONY)，乃揭示多形制(POLYMORPHISM)。目前吾人所關懷注意者，乃執行生殖工作之芽體，在許多水螅類之動物中，此生殖性之芽體之體構，已大大修改，再不能自立，完全依靠羣體以維持生活方面一切之需要，生殖性之芽體本身，專司無性生殖，產生許許多多小體，稱為水母(MEDUSAE)。事實上水母係一種自由游泳時期有性別之芽體，將其生產物(指精蟲

與卵而言) 釋放在水中，實行授胎作用。已受精之卵(合體)發展為活潑游行之幼蟲，不久之後，此游行之幼蟲附着於水中之固體上，又變成一水螅形之羣體。(參考第 125, 153 圖)



第 285 圖 水螅之再生。水螅橫切之一段，橫切之一段開始發展，橫切之一段逐漸變成成長水螅。

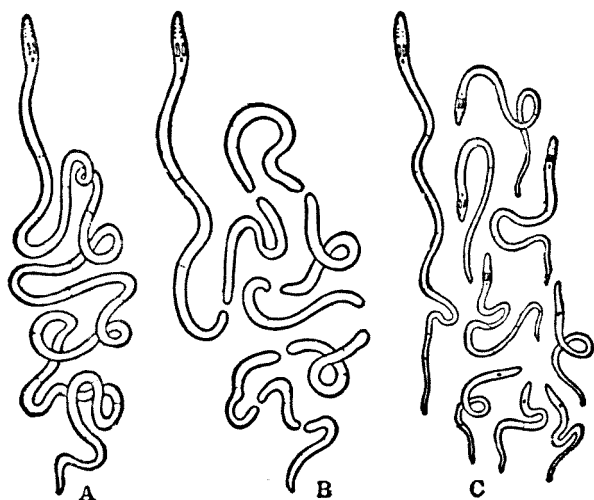
如前所述，通常水螅類之動物，蕈枝螅(*Obelia*)等等，在其生命史上，揭示兩個極分明不同之世代：即固定性多形制之芽體世代，與活潑游泳之水母世代，芽體乃有性生殖之產物，但本身則執行無性生殖，水母乃無性生殖之產物，但本身則執行有性生殖。有性生殖代與無性生殖代之互相輪流，有一定次序，揭示世代交替之現象，在植物界中非常普遍，書中已經述過。

凡生殖過程必須經過有性世代與無性世代之交替，有性世代與無性世代之個體，其構造往往不同，在無脊椎動物類中且極普遍，特別寄生性之種族，例如肝蛭(*Liver Fluke*)是也。寄生蟲因所寄託之數種宿主情況迥異，為適應不同之環境起見，所以生命史非常複雜，往往

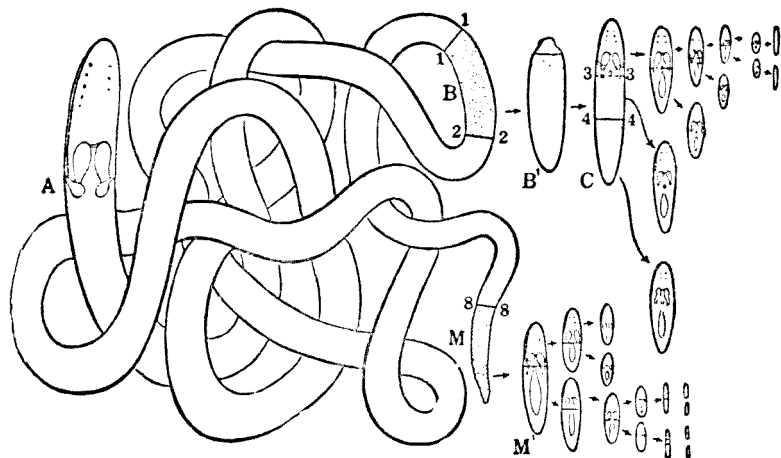
包括數種無性生殖代，有性生殖代，及處女生殖代（PARTHENOGENETIC GENERATION），繼續互相輪流。（參考第 421 圖）

吾人熟察各種生物之生命史後，自然瞭解特別之種細胞，雖然早就與體素細胞分開，但不能堅持此種成見，以為兩者毫無關係，因植物本體與動物本體皆揭示再生之力量，所以受損部分或被割部分皆可恢復原狀。其間尚有多種植物，殘莖，斷根，甚至零碎之葉片，亦可發展為完全之個體，證明生殖機能並非種細胞所獨有。當十八世紀中葉，學者以為再生力量乃植物獨有之特性，自發現水螅之再生力量後，學者乃採取種種實驗，以決定水螅之地位，植物乎，動物乎。將水螅之個體切為數節，每節皆發展為一完整水螅，當時學者根據此種現象，堅持水螅為一種植物；但水螅有動物之種種特徵，自不能列於植物界，應以動物視之。如前所述，再生力量非植物所獨有，亦動物所共享。（參考第 285 圖）

自水螅之模範實驗工作發表後，再生之力量乃公認為一切動物之基本特性。動物之地位高低不一，所以再生力量有強弱之分，下等動物再生之力量極度優越，高等動物再生之力量則非常微弱，祇能使傷痕復原，填補已衰老或被撕破之細胞，例如：修補皮膚上之表皮。再生乃原生質之固有本能，再生即生長之表示，所以不論草履蟲受損部分之復原，或扁形蟲本體之一小塊變成一整個個體，或蚯蚓回復其被截斷之半身，或蝸牛恢復所失去之頭，或龍蝦恢復所失去之爪，或蝶螈恢復所失去之肢，皆生長之實現。但學者應當認識，與生長作用有



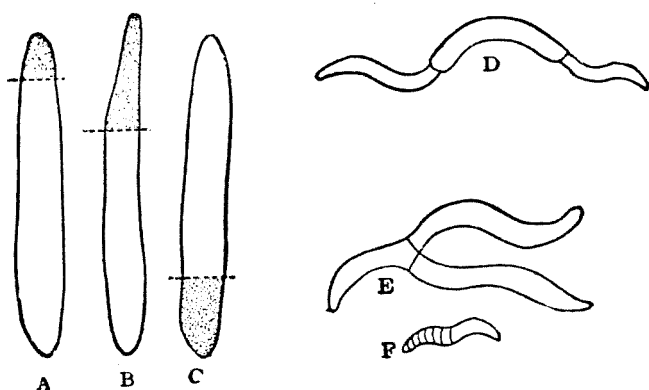
第 286 圖 一種扁蟲——*Lineus Socialis* 之分裂生殖。
A, 一條成長扁蟲；B, 成長蟲分爲九段；C,
各段更生 (Regeneration) 爲細小之扁蟲。
(由 Coe)



第 287 圖 扁蟲——*Lineus Socialis* 之再生。A, 一條成長扁蟲 B, B',
自蟲將截下之一段，經過十二日之狀態；C, 三十日後之狀態，自平面 3-3,
4-4 再截爲三段 各再生爲小蟲。M, M' 乃自蟲就尾端平面 s-s 截下之一段，
更生之小蟲。 (由 Coe)

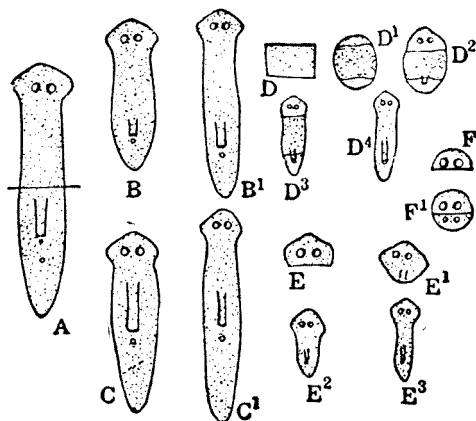
連帶關係者，包括許多複雜程序：即先使結構複雜之纖維與器官單純化 (Dedifferentiation)，以後又加以分化 (Differentiation)，如是，身體之一部，始能再變為一整個個體。有某種海生扁形蟲，若將其個體任何一部切下一節，雖極微小之一節，即等於其原體二十萬分之一，亦可發展為一微小之扁形蟲，且有與原體相同之體制。(參考第 286, 287 圖)

自採取直接實驗以鑑定再生之現象後，對於生物之調整力量已別開一新局面：即自原生動物至脊椎動物，自卵胞至成年動物，調整之力量，雖有強弱之分，然其普遍共有一點，已不成問題；並且此種發現對於生物學上之幾個基本方案亦獲得解決之門徑。外科醫生對傷痕之復原，現在有一種新認識：即纖維之再生力量，特別神經纖維，再



第 288 圖 蚯蚓之再生與移植 (Grafting)。A, 蚯蚓之後端再生前端；B, 後段在前段再生一尾，結果蚯蚓之前後兩端皆有一尾；C, 後端更生一頭；D, 三段相連所成之一條長蟲；E, 兩段同時移植，於是一條蚯蚓有二尾；F, 一段極短前端與一段極短後端接合，點線指示再生部分。
(由 Morgan)

生之力量最高。捕採牡蠣之人，爲牡蠣之安全起見，將海星撕碎，欲使之毀滅，結果徒增牡蠣之敵衆而已。如前所述，生物學家對再生現象作種種之測驗，實有不可磨滅之價值。（參考第 173, 287—289 圖）

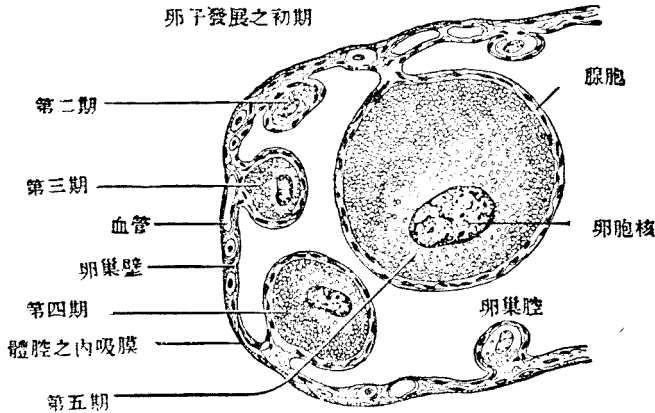


第 289 圖 扁蟲——*Planaria Maculata* ——之再生。A. 一條成長蟲；黑線指示截斷處；B, B¹, 與 C, C¹, 指示自蟲體之前端與後端再生之蟲；D, 自蟲體截下之一段；D¹, D², D³, D⁴ ——自 D 段 逐步發展之蟲體；E, 截下之蟲頭；E¹, E², E³ ——指示自蟲頭 E 逐步發展之完全蟲體；F, 亦是一個蟲頭，但不再生爲一完全蟲體，而在對方再生出來一頭 F¹。參考第 159 圖（由 Morgan）

許多下等動物與植物，雖身體之碎片，亦可發展爲一完整個體，包括生殖器官與種細胞，顯示種質之因素潛伏於體素內——體素纖維中到處有種質之給養；所以種細胞雖然不斷消耗，體素細胞內可以無限制補充。驟視之，此種事實與種質連續之理論似乎不能符合，但不論種細胞當個體發展之初期，即離開體素細胞，或以後轉變爲體素細胞，種細胞之連續特性，始終保存。此種不易解決之難點，待以後討

細胞，究竟何時始與體素細胞分別起來(何時起源)則不得而知，似乎在胚胎發展之初期，或者像某種無脊椎動物在卵胞分裂時期即實現。當胚胎繼續生長，體素纖維不斷移動，種細胞本身或者作變形蟲式之行動，達到體腔背壁之表膜上而棲息焉；此處表膜因種細胞之寄宿，乃開始變化，結果發展為生殖腺。(參考第 290 圖)

關於原始種細胞(PRIMORDIAL GERM CELLS)在睪丸內與卵巢內之遭遇，則有較可靠之觀察，學者發現此種原始種細胞起初不斷分裂，最後變為雌雄配子：即卵子與精蟲。原始種細胞分裂而組成之許許多多種細胞在睪丸內稱為精原細胞 (SPERMATOGONIA)，在卵巢內稱為卵原細胞 (OÖGONIA)。(參考第 206 圖)



第 291 圖 青蛙之卵巢，指示卵子發展之各時期，
 Early stage in development of egg; 第二期, Second stage;
 第三期, Third stage; 第四期, Fourth stage;
 第五期, Fifth stage; 血管, Blood vessel;
 卵巢壁, Wall of ovary; 體腔之內吸膜, Epithelium lining
 of the coelom; 腺胞, Follicle;
 卵胞核, Nucleus of egg; 卵巢腔, Cavity of ovary.

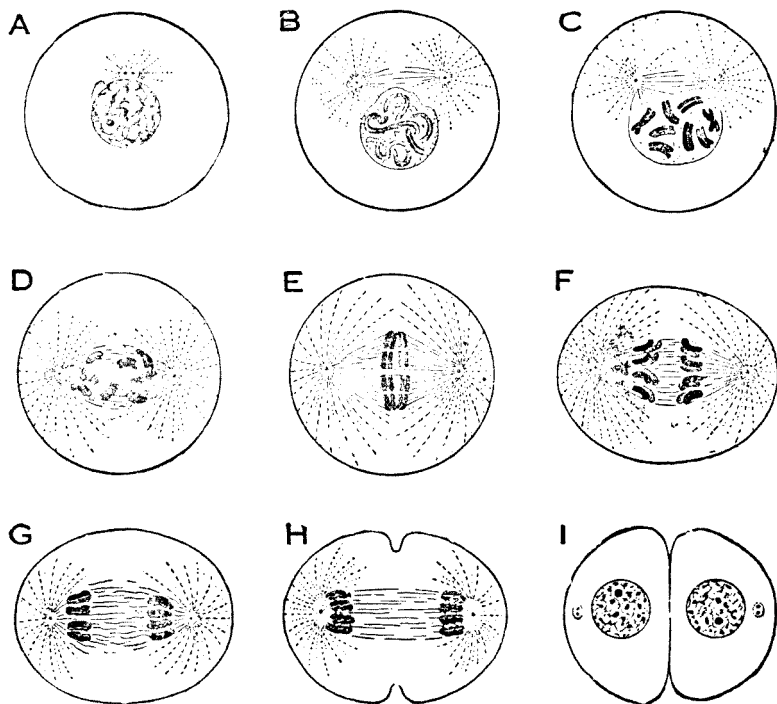
今舉一例以證之，已成長之雌蛙，卵巢內之卵原細胞，依其發育程度，可分為許多時期；最大之卵胞第一年內即行孵化，較小之卵胞必待次年始行孵化，最小之卵胞將來亦繼續孵化。並且卵巢之支柱纖維亦稱營養纖維（即包卵細胞等 = FOLLICULAR CELLS, etc.）內，尚有不可勝數之種細胞。哺乳動物之卵巢，顯示同樣之情況，不過哺乳動物每當生產節季，成熟之卵較少，所以卵原細胞亦不及青蛙之多。雖然如此，婦人之卵巢內，亦有成千成萬之卵；男人之睾丸內，情形正相似，不過精蟲之數目更為衆多，所以精原細胞分裂之速率，遠超過卵原細胞（參考第 255, 291 圖）

一 間接分裂 Mitosis

在未提及精原細胞與卵原細胞之分裂而造成雌雄配子之前，對於模範式之細胞分裂即間接分裂，必須有澈底之認識，始得而知卵原細胞與精原細胞當分裂時內部所發生之變化。當吾人敘述種細胞之起源時，未曾提起間接分裂問題者，乃欲學者特別注意間接分裂之特徵及其價值。（參考第 11 圖）

用最淺顯之措辭，將模範細胞敘述一遍。一個細胞在靜止時期，即是一個不分裂之細胞，包括一集團細胞質圍繞一粒細胞核，細胞核散佈許多染色粒，所以呈視網狀之結構。細胞核之外，細胞質之內，另有一種重要器官，稱中心體，中心體比細胞核細小，中央有一微粒，位於靜止細胞之細胞核旁。為實事求是起見，吾人應當認定細胞質為間接分裂之活動場地，中心體為發動分裂之樞紐，細胞核尤其是細胞核內之染色粒，乃被分裂之主要物質；在錯雜之間接分裂過程中，染

色粒極平均而且非常準確分配於所分裂之女胞內。吾人先緊記此點，隨後描述間接分裂之各主要時期，庶有條不紊。所謂間接分裂之各主



第292圖 體素細胞間接分裂 (Somatic Mitosis) 之各時期，假設染色體為八個。A, 初期(Prophase): 細胞方開始分裂，染色粒(Chromatin)尚揭示網狀佈置，中心體(Centrosome)已經分裂，而由星線(Aster)圍繞之；B, 初期：染色質呈不規則排列之絲線(Spireme)狀，中心體移動分開，紡錘軸(Spindle)出現；C, D, 初期之較後時候：細胞核之膜逐漸消沒，染色粒橫斷而成染色體(Chromosomes)位於絲線之上；E, F, 中期(Metaphase)與後期(Anaphase)之開始：染色體位於赤道板(Equatorial plate)上，此時每條染色體縱裂而成二個染色體；G, 後期之較後時候：染色體分成兩組，每組八個，各向星線極移動；H, 末期(Telophase): 染色體漸變模糊，不易辨別，星線與紡錘亦隨之消滅，細胞質開始分裂；I, 間接分裂完成，結果組成兩個細胞。

要時期，現在應當附帶聲明一下，細胞之式樣極多，間接分裂之情況，難免參差不齊，所以各主要時期，亦不過其基本格式而已。

就廣義言之，細胞間接分裂可分為四主要時期即：初期 (PROPHASE)，中期 (METAPHASE)，後期 (ANAPHASE)，末期 (TELOPHASE) 是也。每一時期，細胞內之細胞核，細胞質及中心體，皆有其特殊變化。(參考第 292 圖)

初期分裂正在開始，或初期之前，中心體分裂為二，每個皆有放射形之星線 (ASTER) 圍繞之，星線乃細胞質之轉成物，顯示物理——化學之力量之發作。已分裂之中心體，及其星線漸漸分道揚鑣，各向細胞核之兩極移動，一部分星線逐漸延長，貫通於兩極之間，成為紡錘軸 (CENTRAL SPINDLE)。當上述種種變化正在進行，細胞核亦開始活動，核膜漸漸消失，網狀之染色粒重新佈置而組成一條帶狀之結構 (中央有一縱溝)，稱為絲線 (SPIREME)。絲線乃染色粒之實在物，染色粒以後自動凝聚，絲線乃橫斷為許許多多短節，稱為染色體 (CHROMOSOMES)。各種生物之染色體，其數額皆極固定：每種生物，身體上各各細胞所擁有之染色體，其數目絕對一致。

迨染色體組織成型，移至紡錘軸之中央時，初期亦宣告結束。此時之染色體，其排列方向與紡錘軸成一直角形，染色體之平面，介於兩個中心體之中央，謂之赤道板 (EQUATORIAL PLATE)。

初期間接分裂此時已達到頂點，中期隨即繼之開始。中期應有之現象乃每個染色體縱裂均分為二，結果每個染色體變為二個同型之染色體，每個染色體皆由成千成萬之染色粒凝聚而成，所以每個染色體

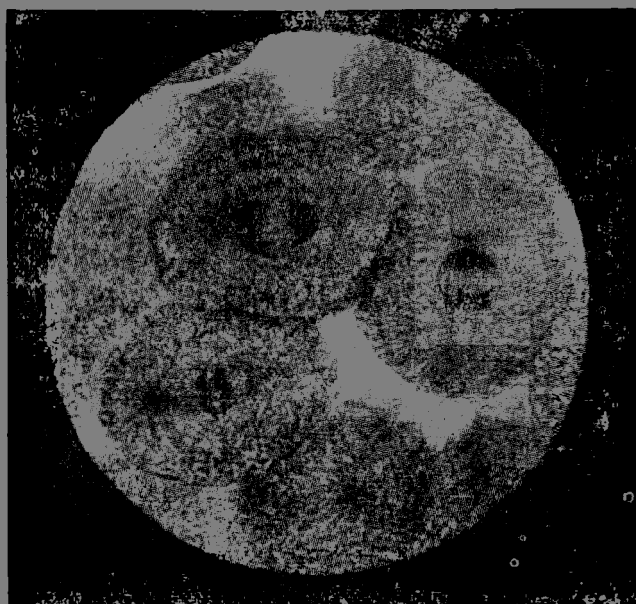
之均分縱裂，亦即每個染色粒之均分也。最後由一組染色體分成二組同類之染色體。

染色體之均分手續完結，中期亦自失蹤，後期開始出現；每組染色體各沿紡錘線向兩極移動，結果每個中心體，皆與一組染色體聯合起來。

間接分裂最後之一期，即末期，有顯著之特徵，包括細胞核之重新改造與細胞質之分裂。因細胞核之改造，染色體乃不復存在，染色體破碎分散為染色粒，每個女胞內之細胞核復呈網狀之結構；細胞核之膜同時生成，細胞核亦恢復靜止時期之球形原狀。現在應當向學者鄭重聲明者，即靜止時期之細胞核內，雖然不復見染色體，但每個染色體之個別性始終存在，因細胞開始初期分裂時，同樣之染色體，復從此複雜錯綜之細胞核內出現。

細胞核既然發生如是變化，在分裂機械，即紡錘軸與星線未消失之前，細胞質亦開始分裂。細胞質之分裂可自赤道板附近向內凹進之細胞壁觀察之，兩旁凹進之裂痕，逐漸侵入，最後在赤道板之原來地位上互相啣接，將細胞質分為二塊，每塊包括一個細胞核，一個中心體，如前所述，則間接分裂乃每一個母胞分為兩個女胞。細胞分裂，事實上亦即生殖之表現。

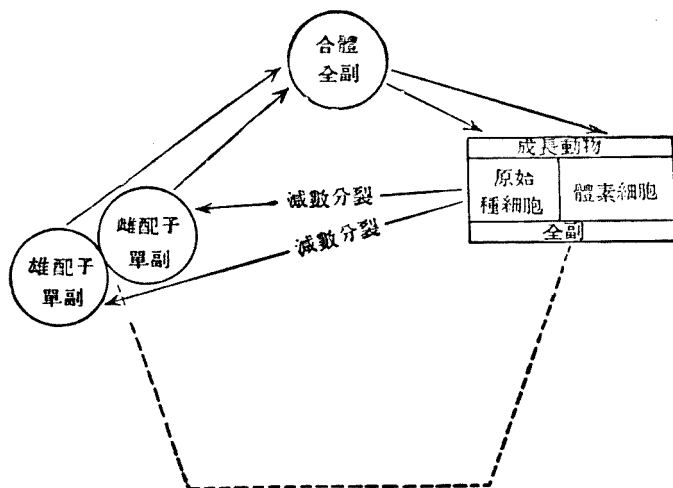
前面吾人簡略陳述間接分裂之步驟，正在吾人身體上各個細胞內不斷進行，而且此種現象，已歷經不可稽考之年代，吾人對之將作何感想？當然，就外表觀察，間接分裂之過程，似乎亦不過一塊細胞質之分裂為二而已，包括染色粒之重新排列，並重新分配，使每個女胞



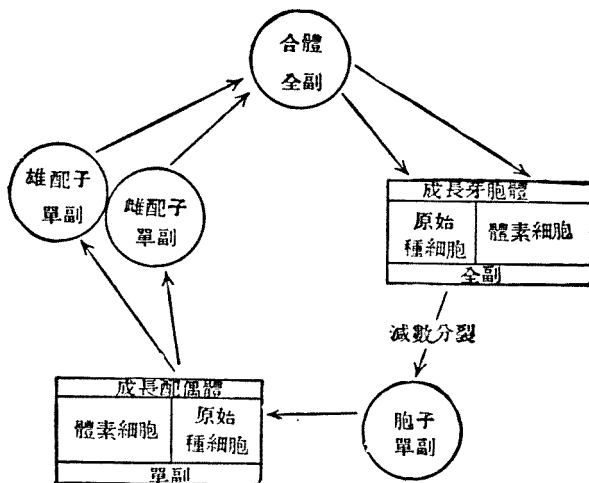
第 293 圖 白鯨 (Whitefish) 胚囊期 (Blastula) 間接分裂細胞之照片。
早, 晚後期 (Anaphase)。 (由 General Biological Supply House)

各攪分其所應得之一份。間接分裂完結，女胞之體積常比母胞略小，但每個女胞所擁有之染色體，其數目則與母胞絕對相等。事實上，間接分裂，將細胞內之染色粒作一公平準確之攪分，乃其唯一特點。

染色粒精確分配之意義，不獨表示各染色體各有其特殊性質，同時表示每一條染色體上各段各截間之性質，亦互相差異。一條染色體上各段之固有特性，稱為因子 (GENES)，因子乃決定各種性質之因素，所以當細胞分裂，此種因子亦傳遞給每個女胞。並且細胞分裂亦即生殖之表示，所以就遺傳上言，染色體乃傳遞父母之性質至子嗣之主要媒介物。關於遺傳方面，以後另有機會專題討論之，現在應當先



A



B

第 294 圖 指示一種動物 (A) 之生命史，與一種植物 (B)，即羊齒植物之生命史。解釋單副染色體 (Haploid Chromosomes) 與全副染色體 (Diploid Chromosomes) 之情況。合體, Zygote; 全副, Diploid; 成長動物, Adult Animal; 原始種細胞, Primordial Germ cells; 體素細胞, Somatic Cells; 減數分裂, Reduction; 雌配子, Female Gamete; 單副, Haploid; 成長芽胞體, Adult Sporophyte; 孢子, Spore; 成長配子體, Adult Gametophyte.

述配子之起源。

二 種細胞之染色體 Chromosomes of the Germ Cells.

雌雄生殖器官內之卵原細胞 (Oögonia) 與精原細胞 (Spermatogonia), 及構成身體本部之體素細胞所共同組織完備之個體, 乃已受精之卵胞間接分裂之轉成物, 爲學者所熟悉。至於身體上各細胞所擁有之染色體額數, 照前面之陳述, 當然與卵子內之染色體額數相等。更有進者, 所謂授胎作用, 乃兩個異性配子接合之表示——細胞核與細胞核互相接合, 細胞質與細胞質互相接合所組成之合體——兩者之間必有一種實現。一個合體乃兩個配子合併而經過重新改組之細胞, 染色體之數目所以等於兩個配子所有者之總和。合體中兩副染色體之來源, 當然一由精盞供給, 一由卵胞供給; 至於配子所擁有之染色體, 何以祇有體素細胞所有者之半數, 則必有他種方法使之實現。

事實上, 在個體之生命史上某一時期, 細胞內之染色體必經過減數分裂。在植物界中: 例如羊齒植物與種子植物, 當孢子組成時期, 染色體之減數分裂實現; 如是, 由孢子發展之配偶體, 各細胞之染色體祇有芽胞體上各細胞所有者之半數, 配子接合而轉成之芽胞體, 細胞內之染色體又恢復全數。雖然, 學者應當牢記, 吾人所熟悉之高等植物皆屬芽胞體, 並且就外表觀察之, 似乎芽胞體直接產生芽胞體, 實則其間尚有配偶體, 因已退化達到極點, 非肉眼所可見及, 所以常被忽視。親代芽胞體 (即成長之樹木) 與種子內之芽胞體, 染色體之數目相等。在動物方面亦應當喚起學者注意, 即體素細胞內之染色體數目皆屬全副 (DIPLOID NUMBER), 當配子組成, 染色體之數目

已減半，即單副 (HAPLOID NUMBER)。就染色體數目一點而論，植物之芽胞體可與動物之體素相比擬，植物之配偶體則又與動物之配子並列。(參考第 294 圖)

動物種細胞之成熟 (MATURATION)，包括兩次細胞分裂，由是每個精原細胞變成四條精蟲，每個卵原細胞變成一個成熟卵子與三個不完全細胞，稱為極體 (POLOCYTES)，不論精蟲，成熟卵子，或極體，每個所擁有之染色體，祇有體素細胞所擁有者之半數，是故種細胞二次之分裂，稱為成熟分裂 (MATURATION DIVISIONS)。種細胞成熟分裂時染色體之數目已經減去一半，但遺傳物質 (染色粒) 仍保完整，並不受影響；吾人欲知此中奧妙，應當再進一步研究。現在先敘述精蟲之起源，總稱精蟲之組成 (SPERMATOGENESIS)，以後續論卵子之起源，總稱卵子之組成 (OÖGENESIS)。(參考第 295 圖)

三 精蟲之組成 Spermatogenesis

假定某種動物之固有染色體數目為八個，其精原細胞，在初期成熟分裂之前，容積逐漸增大，此時之精原細胞，稱為初級精祖細胞 (PRIMARY SPERMATOCYTE)。當初級精祖細胞長大之時期將近終結，而準備二次分裂之前，細胞內之同原染色體互相擇偶，匹配成雙，此種現象，稱為聯會 (SYNAPSIS)；因各對染色體之聯會，所以就表面觀之，細胞內染色體之數目，減少一半。聯會之配偶，在細胞分裂期間，亦散佈於紡錘軸之赤道上，恰如體素細胞間接分裂時赤道上各孤獨之染色體然；不過在分裂初期，聯會之配偶互相分離，各

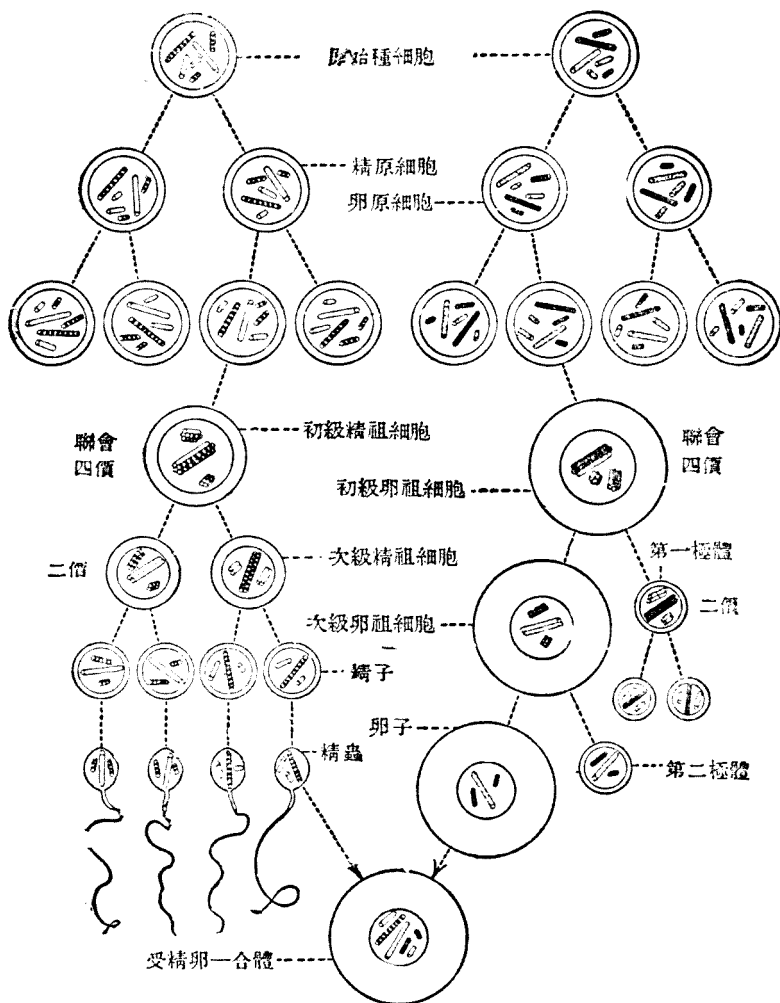
向紡錘之一極移動，而非每個染色體之分裂也。如前所述，各女胞即每個次級精祖細胞 (SECONDARY SPERMATOCYTES) 所分得之染色體，祇有初級精祖細胞之半數。學者現在應當注意，種細胞間接分裂及染色體之減數分裂 (MEIOSIS)，每個女胞各分得聯會配偶中之一，減數分裂所以包括聯會配偶之分離，即各對染色體皆被拆散而變成孤獨。

次級精祖細胞現在仿效體素細胞之間接分裂，將每個染色體縱裂為二，結果每個分下之細胞即精子 (SPERMATIDS)，染色體之數目，與次級精祖細胞相等，比精原細胞則少一半。精子以後發展為精蟲 (SPERM)，如是八個染色體之精原細胞，結果每個變成四條精蟲，每條精蟲，各有四個染色體。(參考第 295 圖)

現在不妨附載數言，次級精祖細胞內，每個染色體之縱裂，向例當染色體在初級精祖細胞內聯會時期，即行開始，如是每對聯會之染色體，實由四體合成，稱為四價 (TETRAD)。此四價之染色體以後經過兩次成熟之分裂，互相分離，於是而有四個染色體。縱如上述，目前吾人欲先瞭解精蟲之組成與卵子之組成，無暇兼顧四價染色體之組成問題，故不另討論，藉以避免混淆。

四 卵子之組成 Oögenesis

關於卵子之組成，所取步驟，前面已經默示，與精蟲之組成一樣，染色體亦經過減數分裂；不過卵子發展之過程比較複雜，因卵子儲藏多量之滋養物質，容積較大，非常蠢笨，為一被動細胞，不像精蟲之細小活潑，除細胞核外，祇有一層極稀薄之細胞質圍繞之而已。如前



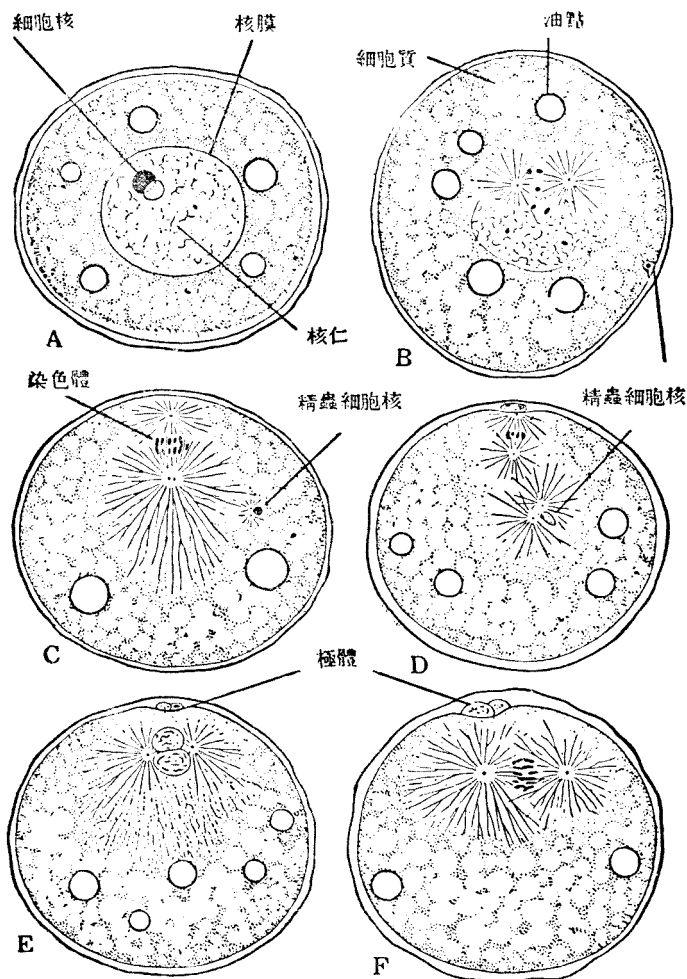
第 295 圖 解釋動物精蟲之組成 (Spermatogenesis) 與卵子之組成 (Oögenesis) 四價之染色體 (Tetrad chromosome) 不在內。假設全副染色 (Somatic or Diploid Chromosomes) 為八個。左示精蟲之組成, 右示卵子之組成。A. 原始種細胞 (Primordial Germ Cells); B. 精原細胞 (Spermatogonia) 與卵原細胞 (Oögonia), 在繁殖時期不斷產生; C 長大時期以後之初級精祖細胞 (Primary Spermatocyte) 與初級卵祖細胞 (Primary Oöocyte) 染色體呈聯會 (Synapsis) 情況; D, 次級精祖細胞 (Secondary

Spermatocyte)與次級卵祖細胞(Secondary Oöcyte);E,精子(Spermatids)具單副染色體,以後變成精蟲(Sperm),一個卵子(Egg)與三個極體(Polocytes),各具單副染色體;聯會,Synapsis;四價,Tetrads;二價,Dyads;合體,Zygote。(仿Hegne)

所述,現在必須鄭重聲明:當長大時期,卵原細胞(OÖGONIUM)所變成之初級卵祖細胞(PRIMARY OÖCYTE)較同期之初級精祖細胞容積特別粗大,並且以後兩次成熟分裂,細胞質亦不均分,一大一小,相差甚遠;如是,初級卵祖細胞分下之二細胞,一為次級卵祖細胞(SECONDARY OÖCYTE),容積甚大,一為微小之細胞,稱為第一極體(FIRST POLOCYTE)。

大型之次級卵祖細胞與微細之第一極體,兩者皆繼續分裂;前者分成一粗大細胞,即成熟卵子(MATURE EGG),與一微小細胞,即第二極體(SECOND POLOCYTE);後者分為兩個一樣細小之極體,結果有一個成熟卵子,與三個極體,各具一單副染色體,與四條精蟲遙遙相對。成熟卵子將來發生配子之作用,其餘三個極體雖然擁有成熟卵子一式一樣之染色體,皆為成熟之卵子而犧牲,因極體所可依靠為滋養物質之細胞質太少故也。極體所分得之細胞質祇足供細胞時期之消耗,故其壽命甚暫,不久漸漸退化而消滅。(參考第295,296圖)

精蟲之組成與卵子之組成,前面已略述其概要;至於組成之步驟,亦經過體素細胞式之間接分裂而略加改革而已,其特點亦即染色體之減數分裂,結果每個配子所攤分之染色體,祇有體素細胞所有之半數。換言之,體素細胞內染色體之數目,乃各種動物之固定應有數目,配子中染色體之數目,祇佔「種」之固有數目之半數。關於染色體之減數分裂,並不是單指染色粒方面物質上之分裂,實則染色體聯會期以



第 296 圖 沙蟹 (Nereis) 之成熟卵子與授胎作用。A. 將近成熟之卵子；B. 紡錘初現，精蟲方鑽入之卵子；C. 紡錘移至卵子之外圍；D. 第一極體出現，精蟲之細胞核亦呈現紡錘；E. 第二極體出現，卵子之細胞核與精蟲之細胞核開始接合；F. 已受精之卵第一次分裂及其紡錘線。(由 Wilson) 核仁, Nucleolus; 核膜, Nuclear Membrane; 細胞質, Cytoplasm; 油點, Oil droplet; 細胞核, Nucleus; 染色體, Chromosomes; 精蟲細胞核, Sperm Nucleus; 極體, Polocytes.

後之分離，包括每個染色體之本質之均分，故每個配子所分得之染色體，祇佔原有之半數。

整個動物界內，凡遇兩性生殖，細胞核之減縮，應當認為普遍現象，因就配子之組成觀察，得到事實上之證明。在原生動物方面，當細胞分裂，似乎不過一部分染色粒被擠出，但細胞內之染色體可以直接觀察，並且歷歷可數，由是而知染色粒之被擠出，實包括染色粒本質之均分，與有性生殖染色體本質之均分，同出一轍，吾人有種種理由可以斷定原生動物細胞核之減縮，不是任意胡亂塊分，實則高等動物當種細胞成熟組成配子時期，染色體呈現有規則確定之分裂，原生動物染色粒之分裂，經過步驟比較簡單耳。

五 染色體之輪迴 The Chromosome Cycle

截至現在，吾人自受精之卵子起經過成年動物之種質至配子之組成止，其間染色體之輪迴步驟已經綜覽一遍，但未詳細討論精蟲與卵子之結合——受精過程——之前，對於受精卵子內染色體開始輪迴之狀況，應當回顧一下，庶錯綜混亂之局面，得以澄清。

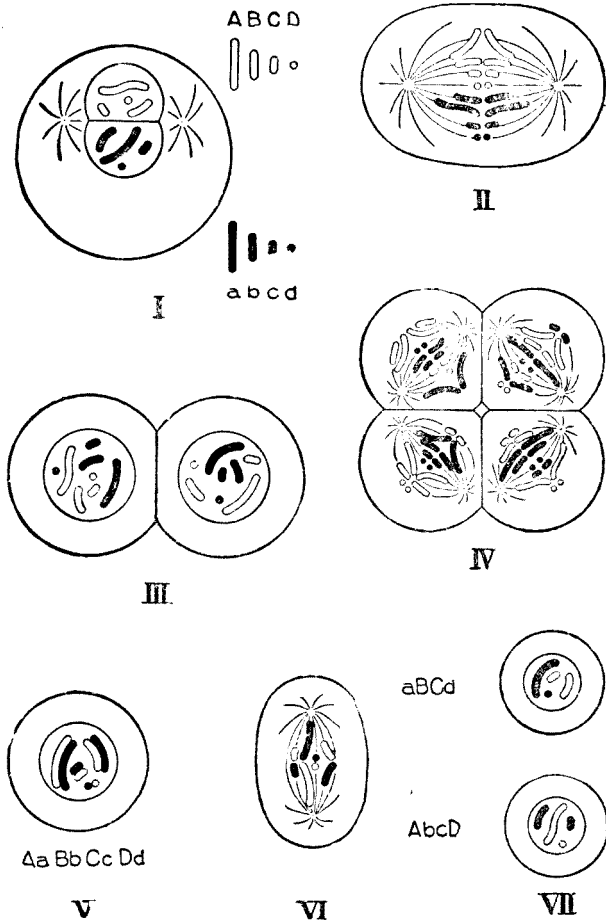
一個受精卵子（合體）包括兩副染色體，乃極明顯之事實，其中一副屬於卵子，所以被稱為母系(MATERNAL)染色體，一副屬於精蟲，所以被稱為父系(PATERNAL)染色體。合體以後經過體素細胞式之間接分裂，分別組成體質與種質；此時不論體素細胞或種細胞，各擁有兩副染色體，與合體一式一樣，而且按諸實際，體素細胞與種細胞每個所擁有之兩副染色體，其一屬於父系，另一屬於母系。換言之，此兩副染色體，乃受精卵子之產物，而連串傳遞下去。（參考第

297 圖)

故每個體素細胞皆具兩副(即全副)染色體,種細胞亦然,一直至成熟時期為止。當聯會時期,母系與父系之同原(Homologous)染色體互相匹配成偶,待種細胞成熟,染色體又起減數分裂,每個配子於是又領到一副(單副)染色體。(參考第 297 圖)

截至現在,吾人所鄭重申述者,即種細胞成熟時之混雜現象,其唯一因果乃染色體之減數分裂。惟尚有問題發生:染色粒是否平均分配,使各個配子皆享受同樣之繼承產?

前面已經述過,事實上不獨染色體與染色體之間,本質不同,即每個染色體各段之性質,亦有區別;而此種種不同之性質乃遺傳之基本物質——常稱因子,每個個體,每個種族,皆極特別,各各不同。事實如此,故種細胞當聯會以後,每個細胞核內染色體之成分,究竟如何,必須追蹤兩個配子內細胞核之成分;配子內細胞核之成分,又根據成熟之合體第一次第二次分裂時染色體之如何分配。按諸實際,各種生物在其固有染色體數目之內,染色體不論如何組合,皆無限制,祇有一特點:即每個細胞務必接受每一對聯會配偶中之一員,所以每個配子,各各配子,皆分得一完整單副染色體,極罕分得整個母系或父系之一組染色體。例如,假定某一種生物全副染色體之數目為八個,將有十六種不同配子之可能;吾人之體素細胞內有四十八個染色體,亦即全副染色體之數目,經過聯會以後,成為二十四對染色體(母系父系各佔半數即二十四個),男女兩方各有 2^{24} 或約 17,000,000 種可能之配子,並且在授胎作用時,染色體種種組合,胡亂進行,漫無限



第 297 圖 解釋動物之染色體之輪迴 (Chromosome cycle)。假設體素細胞之全副染色體為八個。自精蟲來之父系染色體 (Paternal Chromosomes) = A B C D; 自卵子來之母系染色體 (Maternal Chromosomes) = a b c d。I 雌雄配子胞核之接合, 每個配子祇有單副 (即半數) 染色體。已受精之卵子 (即合體) 則有全副 (即倍數) 染色體; II, III, IV, 體素細胞式之分裂, 亦即種細胞未成熟前之分裂, 具倍數染色體; V, 染色體聯會 (Synapsis), 包括父系與母系各對同性染色體之配合, 因之表面上染色體祇有半數, 其實染色體之數目並不減少; VI, 成熟分裂 (Maturation Division) —— 各對同性染色體 (Homologous Chromosomes) 互相分離, 每個染色體由是皆變為單獨; VII, 二個配子, 每個祇有單副染色體, 根據自由分組, 應當尚有十四種可能之配合 (即十四種配子)。參考第 329 圖。(仿 Wilson)

制，故可能之合體，將有 1,000,000,000,000,000,000 種。無怪乎一家系之子女兄弟姊妹個個不同——此即歧異之所由起也。（參考第 332 圖）

最後，不妨附載數言，授胎作用對於種族所受之影響一點談起，必待第二代所產生之配子成熟始完成其工作。此種事實須暫時延擱，待以後討論兩親遺傳之特點時再提，現在所欲鄭重申述者，生命之連續，不但包括細胞之連續，同時並指細胞核內之要素，即染色體與因子之連續。

第二十二章 授胎作用

Fertilization

整個動物個體，堪與一幅蛛網相比擬，有經有緯，即母體佈成經線，父體加上緯線。——Huxley。

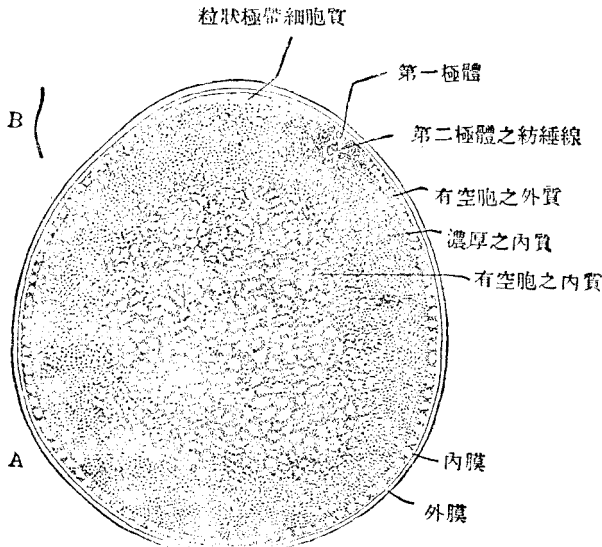
配子組成之步驟，及其所給予生命之連續作用，學者已經探悉其底蘊；現在對於配子本身之結構，及受精時期配子所引起之種種複雜現象，亦有詳細檢討之必要。授胎作用在生物科學上所佔地位之重要，及授胎作用在個體生命上與種族生命上所擔任之工作，自亞里士多德時代起，已經受哲學家與科學家密切之注意，直至最近五十年內，經學者再三考慮，將配子及其產物——合體加以分析鑒定，始得到局部之解釋。

甲 配子 Gametes.

在特殊情形之下而言，配子本身之結構，不論所屬為何種動物，皆顯示一般共同之基礎與性質。雖然如此，自下等動物至高等動物，中間可以列為許多階級，以表示配子性別之分化；從同型結構之兩性配子起，漸漸至容積粗大富於食品養料處於被動地位之卵子，與細小活潑有鞭毛之精蟲止，體積大小之區分，亦即配子分化程度之提高。（參考第 60—64, 373 圖）

事實上，就配子之容積一點而言，卵子方面大小參差極為顯著，

精蟲則比較固定，無多大變化；因受精以後，卵子必須應付各種動物不相同之特別發育情況故也。如前所述，動物卵子容積之大小，必視胎兒發展時間所消耗之食料完全由卵子供給，或有其他來源；例如浮游於海中之胎兒或寄託於親體內之胎兒是也。專靠卵胞以內之物質為滋養品者，鳥卵乃一極好例案。鳥類之卵，內有卵黃(YOLK)，因含蓄極豐富之營養物，所以容積甚大。卵黃被一營養膜——卵白(ALBUMEN)，二保護膜——殼膜(SHELL MEMBRANES)，及卵殼所包被；卵白，殼膜，及卵殼，三者皆輸卵管壁內之分泌物，當卵黃經過輸卵管下墜



第 298 圖 A. 一種原始脊椎動物——八目鰻 (Lamprey) 之卵之橫剖面。B, 八目鰻之精蟲。(由 Kellicott, 仿 Herfort) 粒狀極帶細胞質, Granular polar cytoplasm; 第一極體, First Polar body; 第二極體之紡錘線, Second Polar body Spindle; 有空胞之外質, Vacuolated Ectoplasm; 有空胞之內質, Vacuolated Endoplasm; 濃厚之內質, Dense Endoplasm; 內膜, Inner membrane; 外膜, Outer Membrane.

時，始被卵白等重重包圍。另一方面，哺乳類之卵，例如兔之卵子或人類之卵子，祇含極少量食品原料，所以非常細小，人類之卵子其容積且未曾超過一百二十五分之一英寸($\frac{1}{125}$ inch)。哺乳動物之卵如是細小，所以在輸卵管內大部分營寄生生活，即依賴親體之給養。（參考第 255, 298, 309 圖）

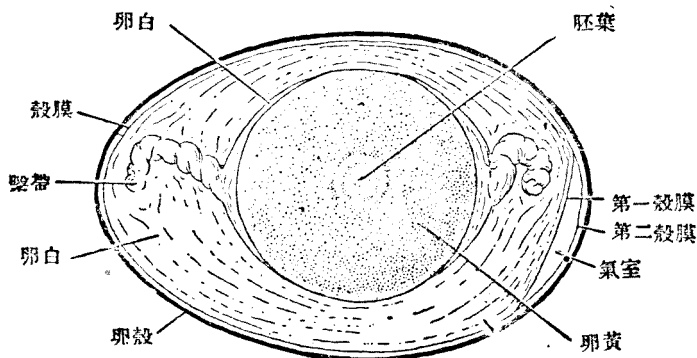
卵子因分化之程度逐漸提高，失掉活動本能，結果變為一靜止細胞，因此執行受精之工作全部讓與行動敏捷之精蟲擔任之。至於精蟲活動之本能，多半賴其鞭毛之鞭撻。精蟲必在液體中始能自由行動，故凡精蟲活動之園地，皆有此種設備；高等動物因受胎作用在輸卵管內執行，所以輸卵管每每分泌一特種液體，以應精蟲之需要。

有一種頗饒興趣問題，即是如何引起雌雄配子之接合。就大體言，雌雄配子之接合，不過湊巧相遇而已；精蟲在液體中游泳，毫無定向，但偶然與卵子相遇，而行接合。另有一種主張，以精蟲行動受卵子之牽制，即卵子具有一種吸引力。如前所述，在許多下等動物中，當卵子成熟時期，排出一種物質，此種物質顯然有吸引精蟲之可能。如果按照此種事實，則卵子排出之物質，對於精蟲必具有化學刺激性，使之與卵子接合，此謂之化學向性(CHEMOTROPISM)。化學向性乃一非常重要現象，對於自由生活之細胞，有特殊之作用。

乙 配子之接合 Union of Gametes.

一條精蟲一度與卵子接觸，必引起種種變化包括授胎作用。雖則此中種種變化不可勝述，但授胎作用，乃其唯一因果。卵子受精以後，

第一種反應，即防止其他精蟲，使之不再續進；如是，已進入卵子之一條精蟲，得享受優先自由活動之園地。已受精之卵子，常常分泌出一種膠狀物，將卵子自行包被，如果已經有卵膜存在，亦不容其他精蟲續進，有時在原有卵膜之外，另生出一重膜。設卵子原來有厚實卵殼或膜，則必有一微小細孔，備作精蟲入門路徑；第一條精蟲鑽進後，即固閉之。雖然，許多卵子有種種附屬被膜，例如鳥卵之卵白殼膜等，不過此種被膜，乃卵子受精以後，經過輸卵管時，由輸卵管壁內之腺體所分泌，而非卵子本身之分泌物，故當作另一事，不可與目前所討論之問題相提並論。（參考第 299 圖）



第 299 圖 未孵化之鷄卵之內容。卵白, Albumen; 胚葉, Blastoderm; 殼膜, Shell Membrane; 第一殼膜, Shell Membrane 1; 第二殼膜, Shell Membrane 2; 繫帶, Chalaza; 氣室, Air Space; 卵黃, Yolk; 卵殼, Shell。

當第一條精蟲鑽入卵子後，卵胞質立刻發生反應作用，於是卵子周圍之精蟲，全數被排斥，不得續進，此種最重要之反應作用，常被其他種種反應作用所矇蔽。所謂其他種種反應作用乃指卵子表面之平

衡局面被推翻而呈可滲透之趨勢，卵胞質與其周圍液體之間，不斷發生滲透作用。滲透作用通常是卵子內之水分向外透漏，於是卵子呈現皺縮狀態，有時發生收縮如變形蟲之運動然，或一部分卵胞質向一固定區域移動；以上種種現象，皆肉眼所得見。吾人可以確定，不論如何，卵胞質必有極顯著之變化，即配子性之卵子，經過一度改造，重新組成一個可以發展為一新個體之結構。（參考第 296, 312 圖）

一 合一胞核 Synkaryon.

一個受精卵子細胞核之特點，應當檢討一下。受精卵子之細胞核包括二部：一為雄配子（精蟲）之細胞核，另一為雌配子（卵子）之細胞核，雄配子與雌配子之細胞核兩個合併為一個，稱為合一胞核，即合體之細胞核。合一胞核，乃授胎作用之唯一特徵。關於精蟲之鞭形尾，可暫置諸度外，因精蟲鑽進卵子時，尾部即刻消沒，精蟲之細胞核則取固定之路線向卵子之中心移動，與卵子之細胞核會合。此時精蟲之核與卵子之核皆分化為染色體，位於卵胞質之中央；同時兩個中心體忽然在染色體之兩側出現，各具星線，此即間接分裂之預兆。在紡錘線之中央精蟲與卵子之兩副染色體共同組成一赤道板，此不獨為受精卵子第一次分裂之間接分裂機械，並且同時引起各對相等之染色體互相密切連合，將兩親所賦予之應有可能性質重新分配，組成一共同結構，即新個體之複雜錯綜細胞核。（參考第 296, 297 圖 I, II）

前節所提各點，乃授胎作用最卓異之事實，在過去六十年內，經千萬學者之努力研究，始現出此一線曙光。直至公元一八三九年士汶（Schwann）提倡細胞學說之後，學者始公認卵子為一細胞，大約又經

過二十六年，學者方知精蟲亦爲一種細胞；至於授胎作用包括兩個細胞（精蟲與卵子）有規則之鎔合，此種事實，則直至前世紀第七十年間，始領悟其底蘊。根據前輩學者重要之發現，吾人方才明白，在有性生殖之過程上，每個親體對於每個子嗣之造就，各貢獻一個細胞，同時關於性別，授胎作用，胚胎發展，及遺傳問題，咸由親體之細胞決定之。雖然，吾人專神注意於親體之生殖細胞上，並不能將諸基本問題作一簡單解釋，反之，更令吾人對於生殖細胞之複雜現象更加重視，並且此種複雜現象非尋常之術語可得而形容之。（參考第 458 圖）

二 授胎之意義 Significance of Fertilization.

當然一般最普遍之見解以爲授胎作用即生殖之表示，因爲一個成熟卵子如果未有精蟲鑽進與之合作，勢必停止發展，並且一切皆成泡影。但是吾人亦認識：生殖乃細胞之分裂，亦即一個有機體上一部分之分離，另組成一新個體；授胎作用則反是，授胎作用包括兩個細胞互相鎔合以組成一個細胞。以授胎作用當作生殖，實乃誤解，因爲吾人單就高等動物觀察，高等動物之生殖必須經過授胎作用，在其生命史上某一時期內執行生殖，親體之生殖細胞往往與其親體分離而組成一新個體。吾人認識此種事由，現在對於授胎之意義可簡略討論一遍，先就原生動物着手，使整個繁雜之授胎問題得一基礎學識。

原生動物 Protozoa.

大多數原生動物之生命史上包括授胎作用之一段，皆已經過學者精密研究。例如草履蟲在尋常情況之下，生殖作用總是二均分裂（BINARY FISSION），一日之內可以執行二三次，是故在極短期間

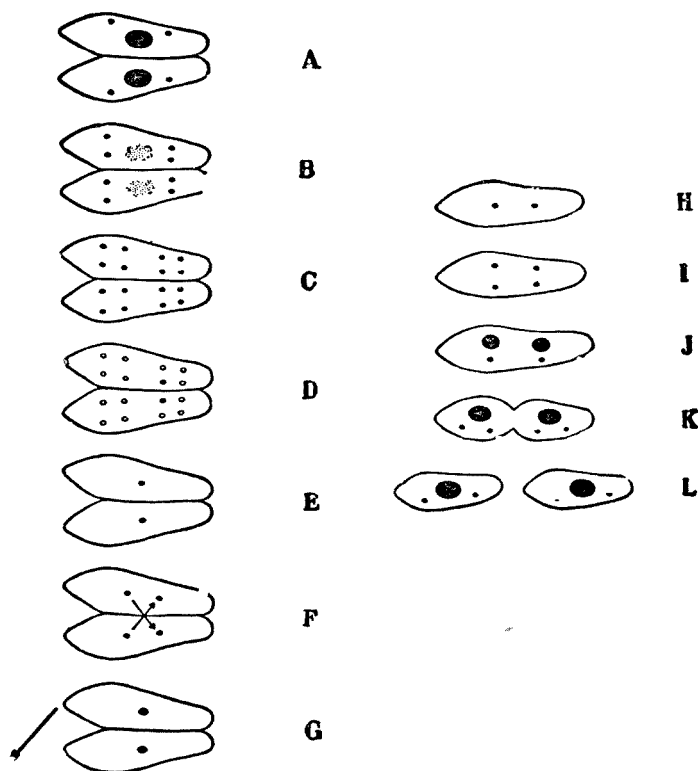
內，每個母胞皆由其女胞替換之。雖然，二均分裂法並不能永遠繼續下去，個體間遲早揭示暫時結合之傾向，即每兩個個體互相擇偶配合，稱為接合 (CONJUGATE)。當接合時期，草履蟲之細胞核發生極複雜之變化，包括每個接合體 (CONJUGANT) 內染色體之減數分裂，同時組成爲二個配子之細胞核。每個接合體內配子之細胞核，其中一個旋即移動趨向其配偶接合體，最後各與一留守之配子細胞核結合，鎔爲一個，稱為合一胞核，或稱受精之細胞核。合一胞核實現以後，兩個接合體又互相分離，重新改組其細胞核，繼續二均分裂步驟之生殖。(參考第 19, 149, 300 圖)

前段所述即是草履蟲授胎作用經過之情形。合一胞核之組成在單細胞動物方面揭示初步之特徵；而且有最顯著之事實，所以學者採取草履蟲及其近族爲實驗之材料。早期實驗所得之結論，似乎只能確定每個草履蟲可能之分裂次數，大約二百次左右，以後即呈衰老退化 (SENILE DEGENERATION)，如果未有授胎作用，必至死亡。換言之，學者公認授胎作用所引起之週期返老還童法 (REJUVENATION) 乃維持種族生命所不能缺少之條件。由是吾人得一天然結論：即原生質不能永久生長，漫無限制；原生質之代謝作用，破壞工作最終必佔優勢，超過組成能力，所以授胎作用之特點，能使原生質回復年青狀態，維持固有精力，種族得以延續不斷。

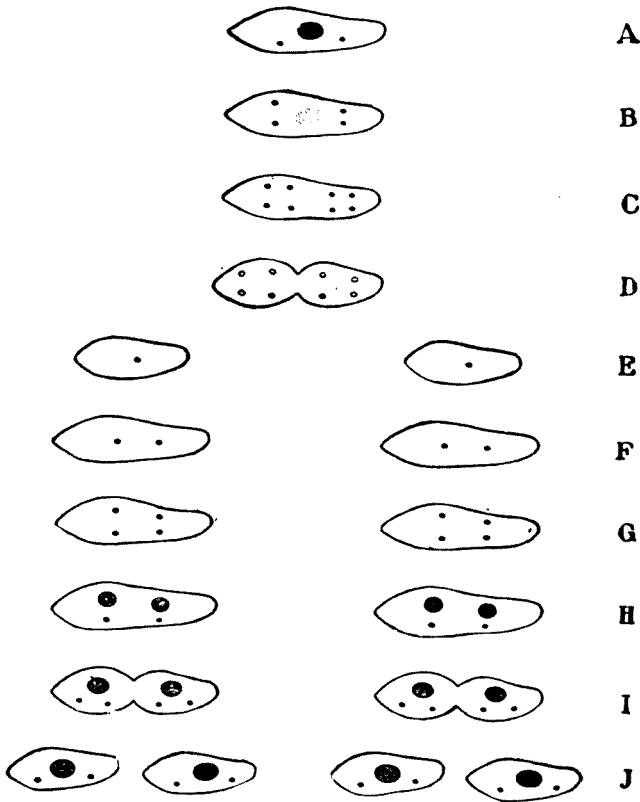
如前所述，在草履蟲之生命史上，自初期授胎作用至次期授胎作用，可比擬複細胞動物之一世生命，自卵子受精起，經過幼年時期，壯年時期，至衰老時期。所不同者，在草履蟲方面，受精以後之細胞，

即接合後體(EXCONJUGANT), 可以互相分離, 成爲許多相似之獨立細胞, 分離之細胞以後均可再行授胎作用; 複細胞動物則反是, 一個受精卵所分裂之細胞, 除最少數之種細胞擁有生殖機能, 繼續傳嗣外, 其餘體素細胞則始終連合, 成爲單位一體, 並且各部分別分化, 進行分工合作。進一步比較之, 解釋之, 草履蟲受精以後, 每個個體皆變成強大壯盛, 即年青時期, 繼之則爲成熟時期, 成熟之個體又可執行授胎作用, 如果未有授胎作用, 個體必漸呈衰老狀態, 終至死亡。不過每個草履蟲達到成熟時期, 皆能執行授胎作用, 所以在草履蟲之生命史上, 未有死亡日子之一頁。另一方面, 複細胞動物祇有少數之種細胞擁有授胎作用之能力, 體素細胞因過度分化, 難逃死亡之禍。單細胞動物真是鴻福齊天, 長生不老, 除非先妄之災, 真不知死亡爲何物, 因授胎作用, 每個細胞皆有返老還童之術, 細胞雖然不斷繁殖, 個體則始終延續也。動物界內自複細胞之個體出世, 因種質與體質之分化, 生命之死亡日子乃降臨, 複細胞之個體所應付之代價, 亦因之而死亡。(參考第 282, 315 圖)

以複細胞動物與單細胞動物對照比較, 當然非常確切可靠, 惟按諸實際, 輓近學者根據實驗, 證明草履蟲及其近族若在適宜環境之下, 可以廣續二均分裂, 生殖不輟, 最少亦有一例: 即前後歷經三十餘年, 繼續至約二萬代之多, 未曾經過受精, 仍進行生殖, 而不現衰老狀態。此外吾人考察多種原生動物, 始終不見授胎作用, 或者此類原生動物, 在其生命史上, 根本未有授胎作用。換言之, 授胎作用並不當作却除天然衰老之必要救藥, 據此而推論到許多現成例案: 多種植物,



第 300 圖 解釋草履蟲——*Paramecium aurelia* 種當授胎作用時(即接合時期)細胞核之變化。A 兩隻草履蟲自口緣部接合；B, 大胞核(Macronucleus)開始退化, 小胞核(Micronuclei)開始分裂；C, 小胞核第二次分裂；D, 每個接合體(Conjugants)之八個小胞核中有七個開始退化(以圓圈代表之)且漸漸消滅；E, 每個接合體現在祇留下一個小胞核；F, 留下之小胞核再分為二配子胞核(Gametic Nuclei), 一個為固定胞核, 另一個為移動胞核。移動胞核與其對方接合體之移動胞核交換, 而與固定胞核接合, 結果成一合一胞核(Synkary), 此乃授胎作用之現象也；G, 接合體及其合一胞核互相分離(圖中以後祇留下一個)；H, 合一胞核分裂而組成二個小胞核；I, 第二次分裂, 改組分裂；J, 四個小胞核, 其中二個變為大胞核；K, 小胞核再分裂, 細胞亦隨之分裂；L, 恢復草履蟲——*P. Aurelia* 種二小胞核與一個大胞核。



第 301 圖 解釋草履蟲——*P. Aurelia* 種當體內改造 (Endomixis) 時細胞核之變化。A, 細胞核之原狀狀況; B, 大胞核開始退化, 小胞核初次分裂; C, 小胞核第二次分裂; D, 八個小胞核中, 六個開始退化; E, 細胞分裂; F, 小胞核第一次改組分裂; G, 小胞核第二次改組分裂; H, 兩個小胞核變為大胞核; I, 小胞核與細胞再分裂; J, 細胞核恢復原狀。

可以廣續執行無性生殖，明明不受限制，並且較近學者亦發現脊椎動物體上之某種纖維，將其切斷取下，仍能生存，繼續生長，在適宜環境之下，此種纖維細胞可以分裂不輟，但附有一種條件，即原生質必須不呈衰老狀態。如前所述，授胎作用，並不是有生命之物質所切要。

生殖作用與授胎作用，根本上乃兩種不同之程序，不過通常總是互相連繫，在高等生物方面，尤特別顯著。

截至現在，吾人所討論者，皆反面之結論——授胎作用與生殖作用無直接關係，在本質上言，授胎作用不是生殖之過程上所必要，但是授胎作用，究竟有何特點呢？雖則原生動物在適宜環境之下，其生命史上並不需要授胎作用，此亦不是指示當執行受精時發生之刺激，毫無補助於原生質之活動機能——事實上在特殊環境之下，授胎作用對於原生質之活動機能，佔極重要之地位。當草履蟲接合時期，授胎作用確能直接刺激原生質，而提高其生機，包括生殖作用。但是授胎作用之價值，似乎專為刺激原生質，對於合一胞核之組成，反無關緊要。在草履蟲方面，一種週期性細胞核內部改組之程序，稱為胞核改造(ENDOMIXIS)，每個個體皆有此種本能，而且單獨進行，無需另一個個體與之合作。雖然，胞核改造實含一種生理上刺激性，與受精時期合一胞核之組成所引起之刺激有同樣之作用。如前所述，授胎作用與胞核改造有共同之因素，共同之特點，即是細胞核之改組，擔任推進細胞內「原動力」之使命。(參考第301圖)

後生動物 Metazoa

有關於單細胞動物之問題，已經告一段落，現在應當着手討論授胎作用在複細胞動物方面所發生之原動力及其所引起之反應。雖則授胎作用為每個卵子成熟分裂後更始分裂時所不可缺少之一種步驟，同時使卵子化成成年動物，不過亦有例外：即許多卵子在尋常情況之下，未經受精，亦可自動分裂。例如處女生殖(PARTHENOGENETIC)

之卵子，其分裂程序，與受精之卵子一式一樣，然有時染色體並不須減數分裂。蜜蜂之卵子，最惹人注意，受精與不受精之卵子皆能十全發展，受精之卵子發展為雌體，不受精之卵子發展為雄體。某種輪蟲 (Rotifers) 與線蟲 (Roundworms) 祇有處女生殖，而且世代相承，故整個種族盡是雌體而無雄體。對於染色體的效能問題暫置不論，處女生殖之卵子不須精蟲之刺激亦可分裂，乃極顯明之事實；按此情形，卵子發展，在構造上未有精蟲之參加，生理方面亦不須精蟲之合作。

或者不妨下一公平結論：通常處女生殖乃特別情況下之特殊適應，卵子侵奪精蟲之全部生理機能，篡為已有，所以授胎作用之固有特點，不受借重，而被放棄。如前所述，人工生殖 (ARTIFICIAL PARTHENOGENESIS)，又是一種意外之收穫。晚近學者發現許多無脊椎動物之卵子，甚至脊椎動物之卵子——如魚卵，蛙卵等，通常雖然必須經過受精，方能發展，但如果施以各種手術，例如藉化學藥品，異常溫度，機械性之震動，與針刺之刺激力量，皆能直接喚起卵子之發展，不過動物之「種」不同，故刺激力量所收之效果亦隨「種」而異。

卵子經過人工刺激之後，究竟發生何種變化，此種問題，尙無從解釋，但受刺激之卵子，可以正常分裂，已經滿足吾人研究之目的。並且同時證明授胎作用固足喚起卵子之發展，惟卵子之分裂發展，亦不專靠受精方面之刺激，乃確鑿之事實，所以授胎作用祇可當作卵子發展過程上一種偶然事件而已。

將授胎作用之意義及其特點重新敘述一遍，或者吾人可以斷言，

原生動物在適宜環境之下，授胎作用在其生命史上，並不是一樁不可缺少事件。間有某某數種原生動物，廣續生殖至幾千世代，不用接合，亦無須胞核改造。在後生動物方面，情形正相同，處女生殖與人工生殖，兩者皆摘示卵子本身擁有一種機械，可以喚起卵子之發展。根據此種事實，吾人可視授胎作用在單細胞動物方面，乃特別情況下及不適宜之環境中生殖過程上之一種副作用，在複細胞動物方面，為尋常情況下卵子發展過程上之一種刺激工具，此說或可為受精意義最適當之解釋。

既然承認授胎作用在卵子發展過程上有一種刺激力量，但其特點究竟安在？集中各種證據，可以確切斷定授胎作用之最高價值，乃改造種質之結構。當受精時期，雌雄配子互相結合，各貢獻一副染色體，於是一個受精卵子擁有全副染色體及兩親之遺傳性質。兩親之染色體一旦會合，遺傳性質有重新分配之可能性，如是則後代之新個體，可以隨機應付變遷不定之環境，在生存競爭場合上，適者獨佔優勢而生存。

所以不論授胎作用之特點何在，兩性生殖之每個個體，皆是二元構造，在遺傳原則上，為不可推翻之事實。授胎作用同時引起種質發生變化，種質變化乃物種變異之起點。無怪乎自下等生物至高等生物皆能實行授胎作用，使物種多得變異之機會。

第二十三章 胚胎發展

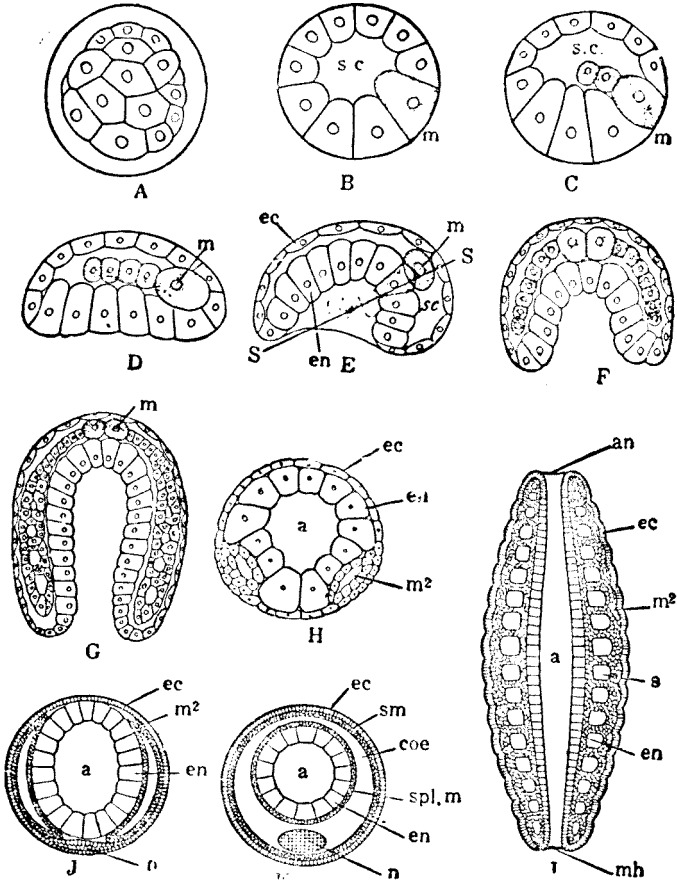
Development

學者若能澈底領悟自然法則之運用，必漸發現自然界之奧妙，而減少向來之惶惑；自然界所蘊藏之奇蹟，最值得欣賞者，當推動物與植物之胚胎發展。——Huxley.

各種有性生殖之動物，每個新個體皆為兩親生殖細胞之轉成物，並且當新個體未達到成年之前，必須經過一段複雜錯綜之發展程序。每個合體自兩親方面所承繼之遺傳物質亦不可忽視。後生動物之卵子，其發展步驟，包括分裂期，胚囊期；及原腸期；待卵子發展到原腸期，三個原始胚層已經成立，隨後個體所擁有之一切組織，器官，及器官系統，皆以原胚層為基礎而分化發展之。專門研究或描述各種胚胎發展之程序，乃有胎生學 (Embryology) 之創設。(參考第 303, 461 圖)

目前不需要，事實亦不可能，通覽胎生學全部之材料。吾人若能就各種動物之共同普遍發展程序，獲一基本認識，足已滿足目前之需要矣。各種動物之胚胎，發展之過程非常龐雜，形形色色，包羅萬象，雖最下等之後生動物，亦不易窺其全豹。或者專舉數例，使學者凝神注意，比較得體；現在先述蚯蚓之胚胎發展及其全部體構之建立。

甲 蚯蚓之胎生學 Embryology of the Earth-worm.



第 302 圖 蚯蚓發展之各期。A, 胚囊(Blastula)在一層膜之內; B 胚囊之剖面, 指示胚囊腔(Blastocoel)與中胚層之原始細胞——極胞 (Pole Cell); C, 胚囊之後期真正在發展之中胚層帶; D, 原臟期 (Gastrula) 開始; E, 原腸之側面指示內胚層向內翻進, 由是中胚層帶被置於胚層之兩邊 (用點線指示之); F, 原腸即 E 一圖之正面, 在平面 S-S 之間, 指示極胞與中胚層帶之位置, 原始腔(Enteric Cavity)之位置; G 原始之後期, 指示中胚層帶中之腔; H 與 G 一圖同, 原始之橫剖面; I, 口與肛門形成之後, 胚胎之縱剖面。J 與 I 一圖同, 胚胎之橫剖面; K, 較發展之胚胎之橫剖面。a 原腸 (Enteron); an, 肛門 (Anus); coe 體腔 (Coelom); en 內胚層 (Endoderm); m 原始中胚層細胞——極胞 (Pole Cell); m² 中胚層 (Mesoderm); mh, 口 (Mouth); n, 神經索 (Nerve Cord); s, 體節腔; (Cavity of segment); s. c., 胚囊腔 (Blastocoel); sm 體壁中胚層 (Somatic Mesoderm); spl. m. 腸臟中胚層 (Splanchnic Mesoderm)。(由 Sedgwick 與 Wilson)

蚯蚓之卵子經過受精之後，即開始分裂，先分爲兩個細胞，而四個細胞，八個細胞，繼續分裂不輟，不過以後漸呈不規則之分裂，於是分裂下來之細胞，大小不等，參差不齊，較細小之細胞，皆排列於一中腔之邊沿，此時之胚胎，稱爲胚囊期。

胚囊之各個細胞，除其一端比另一端較大一點外，大略相似。較大之細胞隨即翻進胚囊之中腔，幾乎將整個胚囊中腔塞住，此即原腸期之開始；原腸包括兩層細胞，外圍之外胚層，與內部之內胚層。內胚層細胞所包圍之部分呈袋狀，稱原腸（ENTERON），中央空洞稱爲原腸腔（ENTERIC CAVITY），原腸末端化成蚯蚓之消化管，原腸之開口將來變爲蚯蚓之口。如前所述，一條蚯蚓發展到此地步，正可與一成長時期之水螅相比擬。（參考第 302 圖）

二原胚層分別組成時，正在發展之胚胎，忽自外胚層與內胚層之交界點長出二極體細胞（POLE CELLS），此二極體細胞本是胚壁之細胞，現在長大分裂爲許許多多細胞，而組成第三原胚層（中胚層）；換言之，極體細胞所組成之中胚層當原腸正在發展而尚未完全成立之前，向殘餘之胚囊腔不斷擴張。起初中胚層形成兩串帶狀之結構，位於原腸袋之左右兩側，俟後漸漸擴大延長，結果上下分別啣接而圍繞中央之原腸。如前所述，兩串分離之中胚層細胞，現在變爲一個半圓形之結構，介於外胚層與內胚層之間。此半圓形之結構，同時增大其面積而形成一固定之中胚層。中胚層中間以後現出許許多多空隙，狀如一串連珠，此乃蚯蚓體部分節之前兆。當帶狀之中胚層完全圍繞原腸時，中胚層間之空洞各各擴大其面積，最後互相貫通，成一單獨空

洞，圍繞各個體節。(參考第 302 圖 C-H)

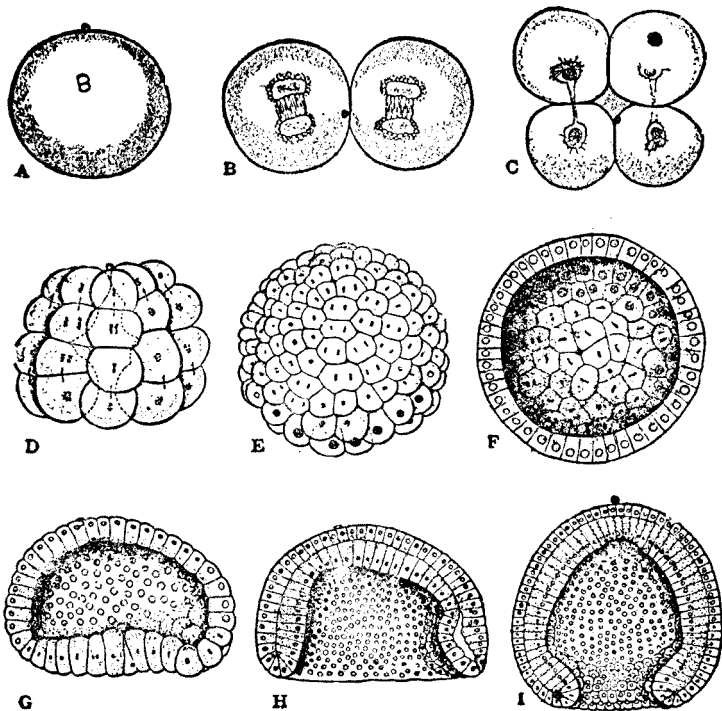
如是，中胚層實分爲二細胞層：外層稱爲腔壁層 (SOMATIC LAYER)，接近外胚層，內層稱爲腑臟層 (SPANCHNIC LAYER)，接近內胚層。腔壁層與腑臟層中間，即中胚層中間之空洞，乃蚯蚓之體腔 (COELOM)。雖然，蚯蚓之體腔，自頭部至尾端，並不是一個貫通腔洞，因中胚層細胞在每二環節之交界處，至今猶存在。中胚層細胞在腔壁層與腑臟層之間，組成一長串有次序之薄膜，將蚯蚓之體部分爲一長串互相類似之環節，環節之界限就體外觀之，乃由一串細溝圍繞蚯蚓之身體以表示之。(參考第 302 圖 I, J.)

經過以上種種程序，此二胚層之原腸亦逐漸變成一個具有三胚層之胚胎，並且揭示節裂與體腔等之組成：簡言之，具有高等動物之體構——一個細管 (即消化管) 套於一個大管 (即體壁) 之內，胚胎之體積漸漸擴大，同時向兩端伸長。口乃胚囊口所變成，留於體之一端，有口之一端所以稱爲前端，體部伸長，則向前端之相對端即後端擴展。在後端 (即原腸時期原腸袋之盲端) 亦有一個與外界相通之孔即肛門，此時形成，所以原腸袋之兩端現有兩個開口與外界相通，原腸袋亦此時變成消化管。如前所述，前端與後端之分化，已經確定成立。

正在發展之蚯蚓胚胎，若於此時將其身體截下一橫切片 (與體軸垂直)，必顯示兩個圓圈——一個大圓圈套於一個小圓圈之外。小圓圈圍繞原腸之腔，事實上亦即消化管之壁。大圓圈乃蚯蚓之體壁，在消化管之外，兩者之間，由體腔隔離之。並且大小圓圈各具二纖維

層：消化管之內壁由內胚層組成，外壁由腑臟中胚層組成；體壁之內壁則由腔壁中胚層組成，外壁由外胚層組成。如前所述，體腔完全被包圍於中胚層之內。（參考第 302 圖 K）

所以一條成年之蚯蚓所擁有之纖維與器官皆由三原胚層（即外胚層，腔壁中胚層，腑臟中胚層，內胚層）之分化，變厚，摺疊與擴大



第 303 圖 原始脊索動物 (Primitive Chordate) 蛞蝓魚 (Amphioxus) 卵子初期發育圖解。（仿 Conklin）A. 受精卵內具父系 (Paternal) 與母系 (Maternal) 細胞核接合狀，卵旁為一極體 (Polar body)；B. 二細胞時期，胞核正在間接分裂 (Mitosis)；C. 四細胞時期；D. 三十二細胞時期；E. 胚囊期 (Blastula)；F. 胚囊期切面示胚囊腔 (Blastocoel)；G—I. 胚囊內翻形成原腸 (Gastrula)，胚囊腔漸縮小，原腸 (Enteron) 形成。

種種步驟而組成。例如：神經系統自外胚層之厚實部分凹進而組成；血管系統乃中胚層之特化細胞逐漸發展而組成；至於生殖系統則先由一部分腔壁中胚層之變厚，經過特別發展之步驟，最後成為獨立之生殖器官，而懸掛於體腔之內。（參考第 131, 132 圖）

乙 蛙之胎生學 Development of the Frog.

脊椎動物之胚胎發展，現在舉蛙為例；但學者應牢記在心，蛙之胎生學與其他脊椎動物之胚胎發展程序，總有多少不同之處；如蚯蚓之胎生學與他種無脊椎動物間之不同然，不過胚胎發展之基本程序與主要特徵，則絕對一致。當胚胎發展過程中，就不相同之處仍有許多等似之點；學者一覽蚯蚓，蛞蝓魚與蛙之發展程序便瞭然。（參考第 302—304 圖）

為便利於敘述起見，將蛙之胚胎發展程序分為三時期：種細胞形成與產卵，授胎作用與胚胎形成，及幼蟲期與變態。

一 種細胞形成與產卵 Germ Cell Formation and Spawning

精蟲形成 (Spermatogenesis) 與卵子形成 (Oögenesis) 過程中包括幾個步驟。成熟卵子之第一個極體當卵子通過輸卵管 (Oviduct) 時已形成，第二極體之形成則在授胎作用 (Fertilization) 時。蛙之卵子外蔽以一層膠狀物質（色白透明），由輸卵管壁分泌出來，當下卵時，因膠狀物質之具黏性，於是互相連結成一串卵子。俟後卵子浸於水中，膠狀物質腫脹，吸收水份與熱力且保護所圍蔽卵子。（參考第 291,

295 圖)

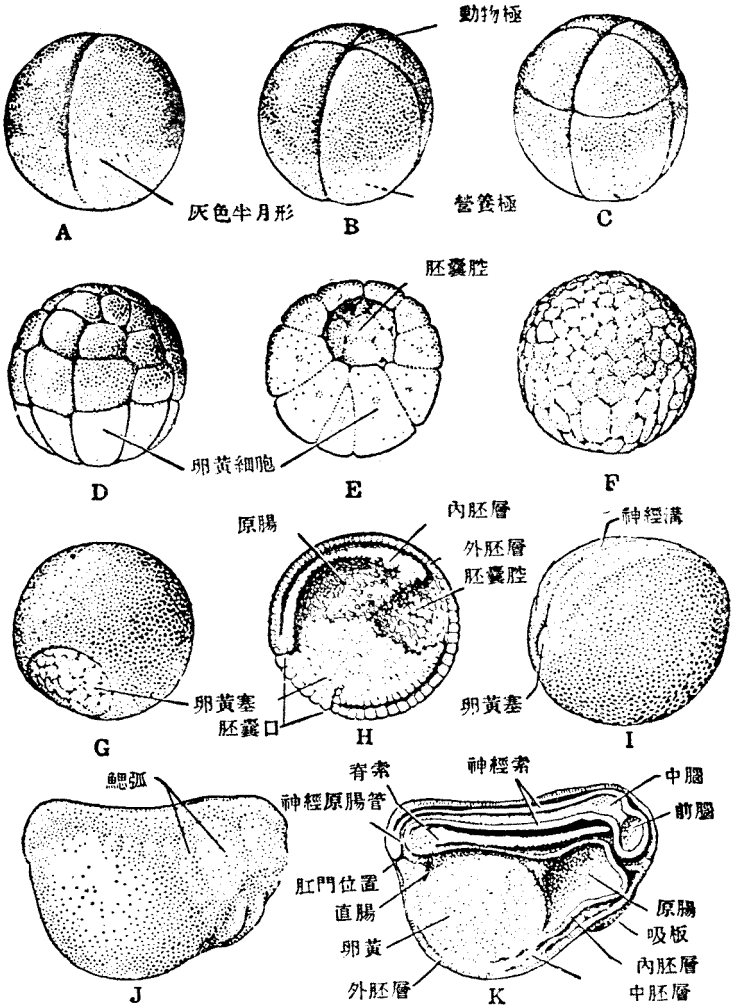
二 授胎作用與胚胎形成 Fertilization and Embryo Formation.

卵子適離開雌體時受精，精蟲似乎衝過膠狀物進入卵子，每一個卵子祇許一條精蟲鑽進，精蟲之胞核與卵子之胞核接合形成合一胞核 (Synkaryon)，此時之卵子稱合體 (Zygote)。

合體在分裂之前內部已經過一度改組，因胚胎之將來樞軸 (Axis) 已形成。此種樞軸就卵子外表之色素模型可以看出；上半球顏色暗黑為動物極 (Animal Pole)，下半球顏色淺淡呈淺黃色為營養極，內貯豐富養料，簡稱卵黃 (Yolk)。(參考第 304 圖 A-F)

一個蛙之受精卵子，內含多量食品原料，稱為卵黃，此多量之卵黃可左右卵子之分裂程序。所以卵黃較少之部分——即朝上之動物性極 (ANIMAL POLE)，細胞分裂較快，所以分裂之細胞亦較細小；下面之營養性極 (VEGETAL POLE) 因滿載卵黃，所以細胞分裂較慢，而且分下之細胞亦較大。第一與第二分裂之平面直貫兩極，故最初分下之四個細胞，大小相等；第三分裂平面，位於卵子赤道線上，略高一點，與第一第二分裂平面恰成一直角，由是赤道線以上之四個細胞，比較細小，呈暗色，赤道線下面之四個細胞，則容積較大，呈蒼白色。細胞繼續分裂，不久之後，即有許許多多細胞排列成一空心之球體，此即胚胎之胚囊期。(參考第 304 圖)

胚胎發展，胚囊順次轉化為原腸，周圍之細胞一部分向內凹進，形成將來之內胚層，內受多量卵黃之妨礙，所以朦朧不分明。實際上



第301圖 蛙之早期發展。A B. C 卵泡分裂至 2-4-8-細胞時期；D 早胚囊期；E. 胚囊即 D一圖之剖面；F. 晚胚囊期；G, 早原腸期：外胚層之細胞蔓生，幾乎將整個胚圍繞於內；H, 原腸即 G一圖之剖面，指示各原胚層等；I. 晚原腸期：指示神經系之初步組織，即神經溝 (Neural Groove) 與神經褶 (Neural Folds) 之形成；J, 較長大之胚胎，神經溝已經閉合；而具蝌蚪 (Tadpole) 之形狀；K, 胚胎即 J一圖之剖面。參考第 306 圖。灰色半月形, Gray Crescent;

動物極, Animal Pole; 營養極 Vegetal Pole; 胚囊腔, Blastocoel; 卵黃細胞, Yolk Cells; 卵黃塞 Yolk Plug; 原腸, Entero; 內胚層, Endoderm; 外胚層, Ectoderm; 胚孔, Blastopore; 神經溝, Neural Groove; 鰓弧, Gill Arches; 脊索, Notochord; 神經索, Spinal Cord; 神經穿腸管, Neurenteric Cana; 肛門位置, Anal region; 直腸, Rectum; 卵黃, Yolk; 中腦, Midbrain; 前腦, Forebrain; 吸盤, Sucker Plate; 中胚層, Mesoderm.

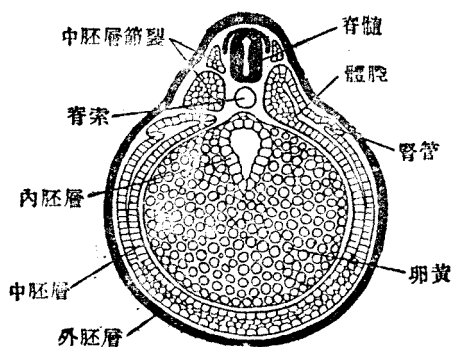
內胚層乃由許多細胞逐漸包入而組成，此種細胞皆在細小暗色之細胞之下緣；結果胚胎之表面有一半月形之溝出現，此半月形之溝亦即原口(BLASTOPORE)之邊緣。但原腸之構造並不立刻完成，必待粗大之內胚層細胞全部被外胚層細胞所包蔽，方告成立；因此外胚層之細胞逐漸向外移動，將蒼白之內胚層細胞，即卵黃塞(YOLK PLUG)盡量包圍，祇留下一細小之原口與原腸相通。

第三胚層，即中胚層之發展，端賴外胚層與內胚層中間之一層細胞沿原口之邊緣向內生長，內胚層與外胚層在原口之邊緣，亦漸漸消沒。當中胚層向前擴展而蔓延於外胚層與內胚層中間時，下部中胚層稱側板(LATERAL PLATE)同時分裂為兩層，即腔壁中胚層與腑臟中胚層；腔壁中胚層與腑臟中胚層之間，乃有體腔之形成。上部中胚層稱脊板(VERTEBRAL PLATE)，顯示原始性之節裂，因在脊索(NOTOCHORD)之兩側，各有一串分裂筋(MYOTOMES)也；此時脊索亦就內胚層之背面部分分化而成，位於胚胎之中軸。(參考350圖)

迨胚胎發展至原腸之晚期，中樞神經系統之基礎亦已成立，外胚層之細胞(胚胎之背面部分)逐漸分化而形成薄片，稱為神經板(MEDULLARY PLATE)，以後一條深溝突現於神經板之中央，神

經板之邊緣向上生長，將整個深溝完全包蔽，此時神經板之邊緣接觸銜合，裂溝乃變成神經管(NEURAL TUBE)；神經管以後又逐漸分化為前腦(FORE-BRAIN)，中腦(MID-BRAIN)，後腦(HIND-BRAIN)，與脊髓(SPINAL CORD)。(參考第304圖K.)

當中樞神經系統成立時，原腸亦分化為正式之消化管，前端有口，後端有肛門，與外界溝通；至於其他內部器官，亦發生種種變化與分化。胚胎之軀體並且迅速延長，體之長度比體之闊度幾乎超過一倍，體表密佈纖毛，胚胎由是得以自由行動。胚胎繼續發展，不久變成幼蟲，稱為蝌蚪(Tadpole)；蝌蚪之體態像魚，有一條垂直之扁平尾，得在水中任意游泳。(參考第306圖)



第305圖 蛙之胚胎身體當延長時之橫切面，與第304圖中J, K, 二時期相等，腑臟中胚層(Splanchnic Mesoderm)與體壁中胚層(Somatic Mesoderm)已成立。(仿 Marshall)。外胚層, Ectoderm; 腎管, Duct of Head Kidney; 中胚層, Mesoderm; 中胚層筋裂, Mesodermic Somite; 內胚層, Endoderm; 脊索, Notochord; 脊髓, Spinal cord; 卵黃, Yolk.

三 幼蟲期與變態 Larval Stage and Metamorphosis

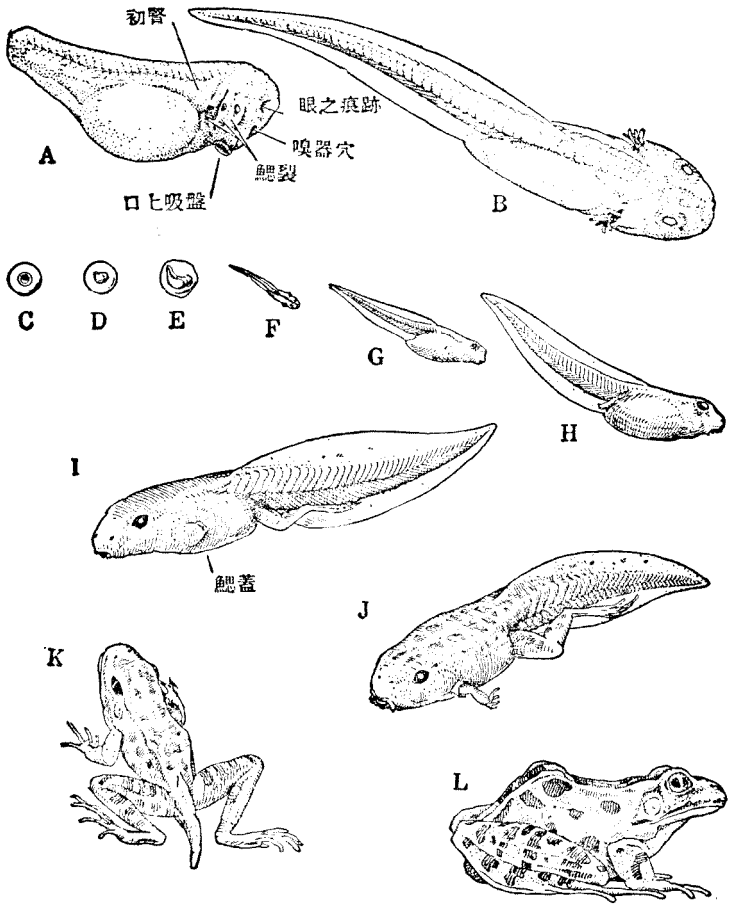
獨立生存需要感覺器官，所以在蝌蚪時期，頭部之感覺器已經發

生作用。獨立生存，當然亦必自食其力，胚胎發展至蝌蚪時期，卵黃已經全部耗盡，所以蝌蚪之口緣有一種硬實之結構，藉以刮削水生植物，而得到其所需要之食品原料。再者，提高呼吸機能，亦屬切要，所以蝌蚪頭之兩側，生出分歧之外鰓，專司呼吸作用；在蝌蚪之生命史上，此種外鰓，共有三對，先後出現，互相替代。不久，外鰓被一皮膜即鰓蓋 (OPERCULUM) 所被，最後祇留下一對細孔，稱鰓孔 (SPIRACLE)，與外界相通。迨鰓蓋發育完全時，外鰓即縮進，一套像魚之內鰓在鰓裂上同時出現，以替代外鰓。以後後肢漸漸現形，前肢遂亦在鰓蓋下成長。

現在幼蟲開始變態 (METAMORPHOSIS)——以鰓呼吸之蝌蚪變為以肺呼吸之幼蛙。當變態時期，體構發生重大變化，而且變化非常迅速：尾部萎縮，四肢長大，又長又捲之腸縮短，並且特別專門化，可以消化動物性之食物，內鰓萎縮而肺臟發展，此時蝌蚪乃不得不浮游於水面，以吸取其所需要之空氣。蝌蚪最後變為幼蛙，自水中上陸，繼續生長。(參考第 306 圖)

蝌蚪變態之期間，久暫不定，短則數星期，長則經過數年，隨種而異。不過不論何種蛙，性之成熟，在變態以後，須經過相當時期。將近第一生殖季，生殖腺迅速發育，腺管全部分化，此即成年之雄蛙與雌蛙。(參考第 256, 291 圖)

丙 高等脊椎動物之胎膜 Embryonic Membranes of the Higher Vertebrates.



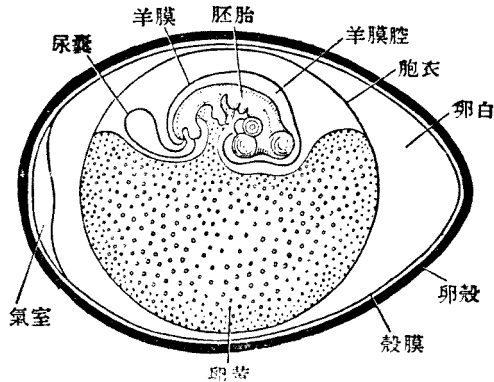
第306圖 蛙之發展與變態 (Metamorphosis)。A, B, 接第340圖 K一時期；C—L, 自卵子至成蟲, 大小按比例尺所畫。初腎 Pronephros; 眼之痕跡, Rudiment of eye; 嗅器穴, Olfactory pit; 鰓裂, Gill slits; 口上吸盤, Oral sucker; 鰓蓋 Operculum。

高等脊椎動物之胚胎發展, 在某種情況下, 與蚯蚓或蛙比較, 大有區別。如前所述, 鳥類與爬蟲類之卵子所含之卵黃分量比蛙之卵子

所有者更豐富，所以胚囊期與原腸期之固有特徵，常被隱蔽，但不被埋沒。（參考第 307 圖）

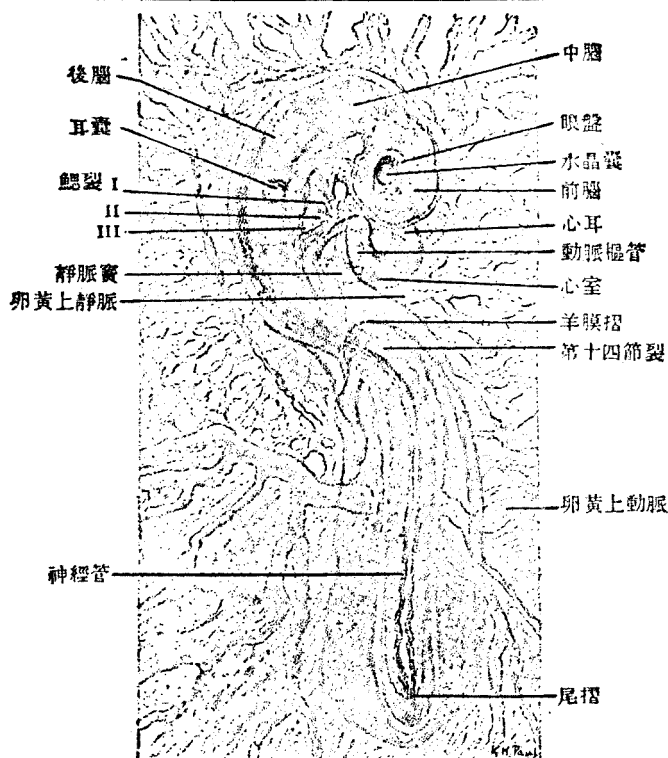
而且蛙之卵子，整個變為蝌蚪之軀體，爬蟲類，鳥類，及哺乳類之卵子則一部分變成胚胎之包膜，稱羊膜（AMNION），包被胚胎。當胚胎出世時，羊膜被脫却。與羊膜同時出現者，尚有一胎膜，稱尿囊（ALLANTOIS），當胚胎發展時，尿囊展進羊膜之內，而擔任臨時之呼吸工作，所以有呼吸膜之稱呼。高等脊椎動物之有此二種胎膜，一方面因為胚胎在新環境之下，必須賴此與周圍物質方面得更迅速之交換；另一方面因為胚胎之體構漸臻複雜，胎膜有保護之功用。

（參考第 308 圖）



第 307 圖 雞卵孵化(Incubation)五日後之縱切面模型。羊膜, Amnion; 尿囊, Allantois; 胞衣, Chorion; 羊膜腔, Amniotic Cavity; 氣室, Air space; 胚胎, Embryo; 卵白, Albumen; 卵黃, Yolk; 卵殼, Shell; 殼膜, Shell membrane。(參考第 29.) 圖)

最後，哺乳動物（包括人類）之卵子，雖然未有多量之卵黃，但正在發展之胚胎，可以自其母體之血管系中得到其所需要之滋養料；胎膜之存在，則默示其祖先之固有特徵，世襲相傳耳。哺乳動物之除

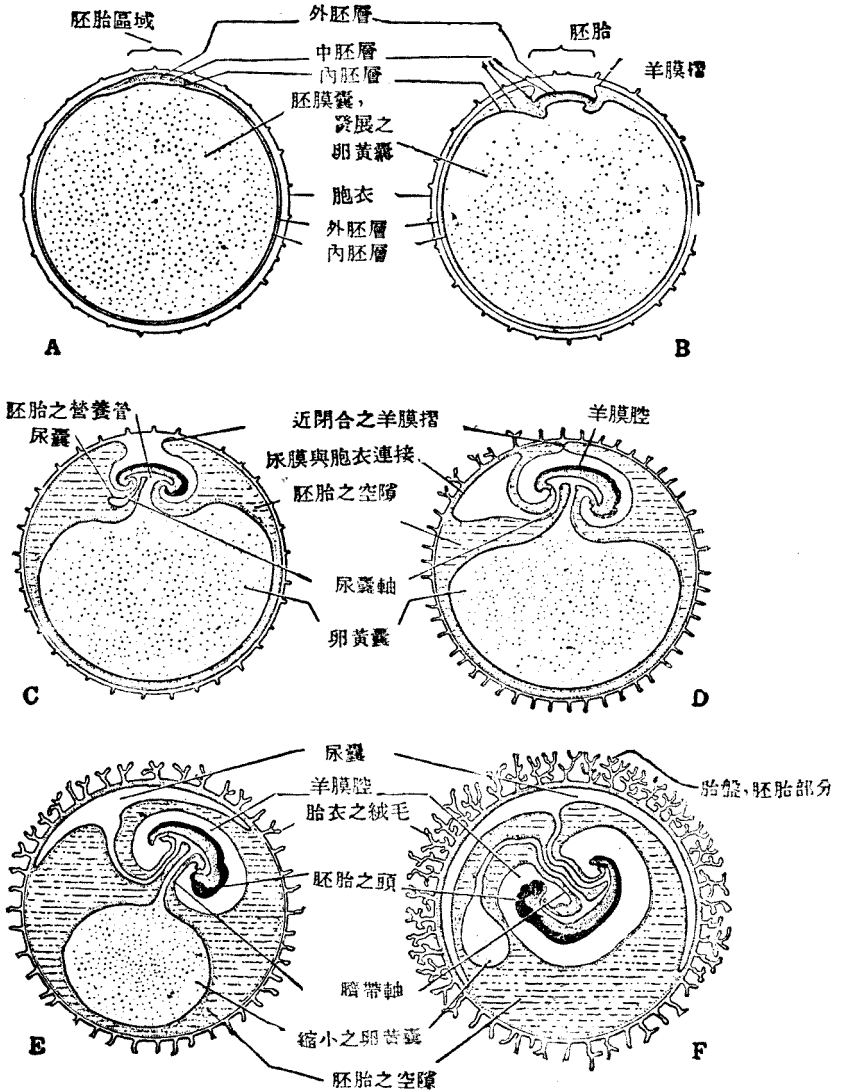


第 308 圖 鷄之胚胎孵化四十八小時後，自固定標本玻片攝影側面全圖。(仿 Shumway)

後腦, Hind brain; 中腦, Mid-brain; 前腦, Fore brain; 耳囊, Otic Vesicle; 鰓裂, Gill slit; 尾摺, Tail fold; 靜脈竇, Sinus Venosus; 動脈樞管, Conus Arteriosus; 卵黃上靜脈, Vitelline Vein; 卵黃上動脈, Vitelline Artery; 神經管, Neural tube; 水晶囊, Lens vesicle; 心耳, Auricle; 心室, Ventricle; 羊膜摺, Amnionic fold; 節裂, Somite.

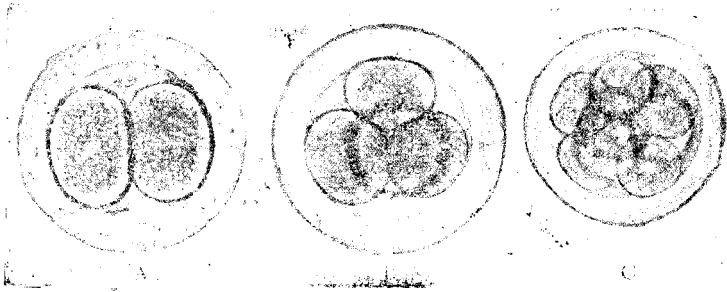
膜，以後分化而成胎盤 (PLACENTA)，使胚胎在子宮生活情況下，可以應付特殊之環境。(參考第 255, 256, 309, 310 圖)

蚯蚓，蛙，及高等脊椎動物胎生學上之主要特徵，已經略述其大概，現在吾人對於整個動物界之胚胎發展問題，應當有相當之認識，



第 309 圖 指示哺乳動物之卵子與胎膜(Embryonic membrane)之發展之圖解。A. 羊膜未發現前之胚胎；B. 具卵黃囊及羊膜正在發展之胚胎。C. 胚胎有更發展之羊膜與初現之尿管；D. 羊膜已經閉合，尿管與外膜即胞衣相連；E, F.

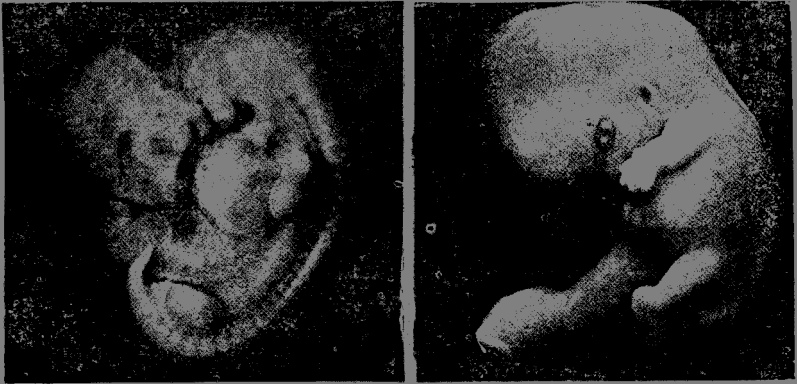
胚胎之尿囊其血管層緊靠胞衣並且伸長至胞衣之絨毛內，組成胚胎之胎盤 卵黃囊縮小，羊膜腔擴大；口與肛門已形成。胚胎區域，Embryonic area 外胚層，Ectoderm；中胚層，Mesoderm；內胚層，Endoderm；胚膜囊，Blastodermic vesicle 胞衣，Chorion；胚胎，Embryo；羊膜褶，Amniotic fold；胚胎之營養管，Gut of embryo；尿囊，Allantois；近閉合之羊膜褶，Closing amniotic folds；尿囊與胞衣連接，Allantois joining with chorionic memb.；胚胎之空隙，Extra embryonic space 羊膜腔，Amniotic cavity 尿囊軸，Allantoic stalk；卵黃囊，Yolk sac；胎盤，胚胎部分，Placenta. feta；胞衣之絨毛，Chorionic villi；胚胎之頭，Head of embryo；臍帶軸，Body stalk umbilicus；縮小之卵黃囊，Degenerating yolk sac.



第 310 圖 兔之卵子，早期發展之照片。A. 二細胞時期，在授精作用二十四小時後，為透明層 *Zona pellucida* 所包圍；B. 四細胞時期，二十九小時後；C. 八細胞時，三十二小時後，高度擴大圖。（由 Hegner, 仿 Streeter）

即動物之胚胎發展，皆經過共同之基本程序，自分裂期始，而胚囊期，原腸期，以至原胚層之組成等等，並且原胚層之分化，亦趨一致；例如外胚層組成皮膚與神經系統；內胚層組成消化管內之大部分被膜；中胚層則組成肌肉，血管，生殖器官，及襯裏體腔之膜等等。腔腸動物(Coelenterata)以上之種類，各原胚層所分化而成之器官系統，絕對相似，此種特徵，顯示高等動物(三胚層動物)體部之設計，有一共同基本構造。體部同一之設計，在胚胎之發展過程上，為最顯著；成年動物因種殊類異，體態與器官之布置，乃參差不齊。根據上述之事實，明明指示各種各類動物之間，在遺傳方面，必有連帶之關

係——各種不同之動物乃「一元」而逐漸演化下來。(參考第303—304圖)



A.

B.

第311圖 人之胚胎。A. 一個月胚胎(3.7mm), 指示臂芽(Arm bud)與腿芽(Leg bud), 尾(Caudal end), 臍帶(Umbilical cord), 心臟(Heart), 鰓裂(Gill slits), 嗅器穴(O factory pit), 與眼(Eye); B. 六星期之胚胎(19 mm), 指示正在發展之手, 足, 肘, 膝, 鼻, 口, 耳。參考第388圖。(由Hegner, 仿Streeter)

丁 胚胎發展問題之檢討 Problem of Development.

胎生學之範圍，不僅將胚胎各期之千變萬化發展程序描寫一下，即算了事，實則尚有許許多多奧妙之處，正待研究。近代學者企圖就胚胎構造以外之生理程序作一總檢討，藉以決定胚胎發展之先後程序之起因。此亦不過將胚胎之發展程序，重新考察一遍，注重實驗，而不專事敘述，將敘述之科學，改為實驗之科學。現代研究之心得，不獨對於胚胎之發展問題，得到許多重要之解釋，並且在理論方面，亦

饒有興趣。單就此廣泛之問題，作一簡潔說明，或者可以滿足吾人目前之需要。

一 新生論對預成說 Epigenesis versus Preformation

十七世紀十八世紀時代，一班首倡胎生學之學者，以簡單之擴大鏡與最初發明之複式顯微鏡觀察胚胎，對於胚胎發展問題漸漸提出兩種絕對相反不同之主張；此兩種矛盾之主張，雖因胎生學問之提高而經過多少修改，但兩派之爭點，胎生學家至今尚不能下一判決。

此兩派不同之主張，簡約言之：一派堅持整個或大部分動物之軀體，已先在種細胞（在精蟲內或卵子內）內組成，所謂胚胎發展，不過新軀體之伸張，擴展，長大諸步驟而已，絕對不承認一個完整之個體，可以自卵子發展而成，此預成說（PREFORMATION Theory）之由起也。照預成說之解釋，各新世代而未成熟之個體，恰似一套裝就之盤碟，納諸現存生物之種細胞內；若本此理論而推算，則人類之祖先之種細胞內，至少有二萬萬微小之人體存乎其間。

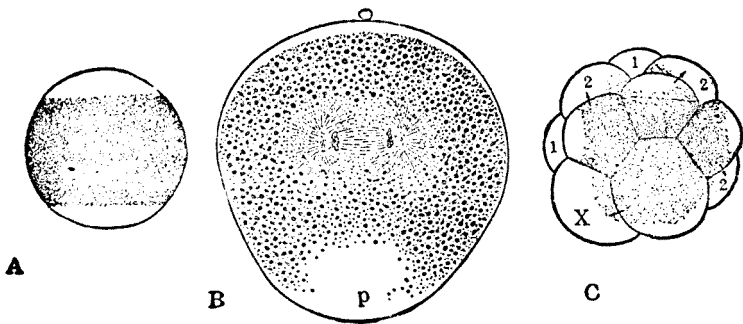
另一派之主張，則完全根據事實，精密觀察雞卵之變為小雞，於是斷定小雞不是在雞卵內預先組成，乃自極簡單毫無構造可言卵胞內之物質逐漸發展，步步分化之胚胎轉變而來。學者既認識小雞由胚胎發展而成，於是另倡新生論（Theory of EPIGENESIS）。彼一班反對預成說而支持新生論之學者，亦經過相當時間，排除困難，成立學說，因「無中生有」實乃妙不可思議之奇蹟。

用最簡潔之詞句以解釋兩派相反之主張，或者不妨如是言之：「預成說反對引用發展程序以解釋胚胎之發展，新生論堅持並且證明胚

胎乃逐漸發展而成」。最早之胎生學家運用當時所有之方法，以解釋胚胎發展之問題，仍感棘手，直至近世，學者有更明白之見識，此種難題，始宣告解決。

胚胎發展問題前進之迷途；因學者確定成年動物之體構，不是預先在卵子內組成，乃逐步發展而成，不是擴展或伸張，而是漸變而成——由有規則有次序之分化，一個極簡單之卵子，漸漸變成一個構造極複雜之個體；乃豁然開朗，而知去向。胎生學家之主要工作，乃決定卵子之真實結構，並研究其與成年個體之關係。追究胚胎之發展，對於胚胎之生命史，事前尤須有詳細之考察與認識，實際上當自卵細胞始。現在吾人研究胚胎發展問題，對於預成說與新生論之主張，應當根據最近所發現之事實，而別具一種見解。

學者已經認識，一個受精卵子亦是一個細胞，惟其細胞核擁一副複雜而且限定之原質，即染色體，此種染色體乃兩個配子細胞所共同



第 312 圖 象牙貝 (Dentalium) 之卵，指示細胞質之分化。A. 剛排出於體外之卵，尚未完全成熟，揭示三個分化區域；B. 已受精之卵之剖面，揭示細胞質之重新佈置，包括在 P 處極葉 (Polar lobe) 極明顯之隔離；C. 十六個細胞時期，極葉在 X 一細胞內。如果移去極葉，則將變成畸形胚胎。(仿 Wilson)

貢獻者。由此而知一個受精卵子之細胞核，顯示一種現成之構造基礎（此層前已提過，以後另有詳細解釋），此種構造基礎，與子嗣之固有特徵，似乎有直接關係。

提起卵胞質之構造，則頗不一致，然此點實有深意存焉，有追究之價值。第一，在受精之前，卵子明明揭示兩極性，例如細胞核與食品原料（卵黃），色素粒，及空胞等之位置皆有一定。此兩極性且有線索可尋，最低限度，卵子之兩極性係自卵原細胞之兩極傳遞下來，卵原細胞之兩極性又是自種表皮（種細胞）之兩極性傳遞下來。簡言之，卵子乃一個有組織之單位，此種組織雖無從窺其底蘊，但細胞質之基質上，有種種堆積之物質，顯示卵子之組織基礎。當卵子發展為一個新個體時，卵胞質之構造，必有強烈之變化，許多卵子在授胎作用時，即改組其內部構造，亦有許多卵子，其改組工作，稍為遲延。並且此中明明有種種理由可以解釋卵子之不同動態，即各式卵子在分裂時期，各有不同之「可能力」(Potentialities)是也。（參考第 296, 312 圖）

軟體動物中之象牙貝（Dentalium）與原脊索動物中之白海鞘（Styela）之卵子可用之以說明第一式之卵子。白海鞘之卵子在第一次分裂時，細胞質顯示五個分化之區域，為簡單起見，可稱為全白區，淡灰區，深灰區，淡黃區，與深黃區。分裂程序廣續下去，五區域內之不同物質皆有規則而各分佈於一定之細胞羣內，各細胞羣以後又分別組成個體上之特種器官，或器官系統。如前所述，全白區域之細胞組成外胚層；深灰區域之細胞組成內胚層；淡黃或深黃區域之細胞組

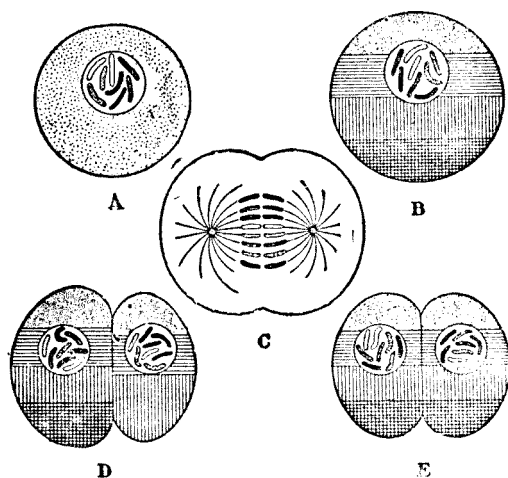
成中胚層之結構，餘可類推。更有進者，若運用實驗手術，將某羣內之細胞或整個細胞羣移去，胚胎雖然照常發展，必成畸形，因胚胎所不能缺少以組成某種構造之物質在細胞內已被移去故也。換言之，細胞質彷彿似一種組成器官之剪嵌細工物，此種物質，直接或預先造就種種基本情況，可以影響成年動物體部之結構。上面所述乃真正之事物，所以成年動物之體構，在卵子內已先畫形，而非在卵子內預先組成。

海膽 (Sea Urchin) 之卵子可以代表第二式之卵子，因所得之結論，完全與第一式相反。海膽之卵胞質雖亦有極分明之分化區域，但通常在卵子未開始分裂之前，將卵胞質取下一部；或在二細胞時期，將兩個細胞隔離；甚至四細胞時期，將細胞割去一個，亦不影響胚胎之發展與構造。並且取下之一個單獨細胞，亦可以發展為一完整胚胎，不過比正常之胚胎略小耳。換言之，當卵子分裂至四細胞時期，如任其自然發展，則各細胞可發展至正常胚胎之四分之一；如同時取下二細胞，則此二細胞可發展為一胚胎，而各細胞之大小等於正常胚胎之二分之一；若取下者為三細胞，則各為三分之一。如是，則所謂卵子之組織，究竟安在呢？

驟然一瞥，就此兩種卵子觀察所得之結論，似乎完全矛盾，無妥協之餘地——前一種十足支持預成說，後一種則擁護新生論；但如果善為之解釋，則亦不難覓一出路。兩者不同之處，前面已經提過，全在卵胞質之化學分化一點上，因分化作用之結果，卵胞質乃呈現許多區域。如果分化作用在卵子受精以前發生，早期分裂勢必成立許多不同

組織之細胞，如是，各細胞亦不能變成完全胚芽 (not TOTIPOTENT)，並且形成剪嵌細工式之發展；如果分化作用與界限化遲遲實現，或僅有輕微分化，早期分裂之細胞必有相同之組織，如是，各個細胞皆能變成完全之胚芽——整個個體乃一等勢系統 (EQUIPOTENTIAL SYSTEM)，海膽之卵子，在早期揭示之。如前所述，吾人可以下一結論：此兩種卵子雖明明有相反之動作，然兩方皆保留一共同條件，即分化之時期與物質之分界，兩者之間，物質之分化與分界遲早不一，但胚胎發展，皆以新生論為主。（考參第 312 圖）

雖然，卵胞質之分化，有早晚之區別，但卵胞質之分化性，乃鐵



第 313 圖 解釋並指示卵胞質分區之卵子其第一分裂平面將來將如何影響繼續分下來之細胞。(由 Wilson) A, 未成熟 (Immature) 卵子, 卵胞質亦未固定分區; B, 已經成熟 (Mature) 卵子, 卵胞質已分為幾個固定區域; C, 卵子第一次分裂; D, E, 均為二細胞時期, 惟型式不相同; D, 每一區域卵胞質完全在一個細胞內, 二細胞所擁有之卵胞質不同, 二細胞分開胚胎發展, 結果成畸形幼蟲 (Abnormal larva); E, 二細胞內所擁有之卵胞質完全相同, 設將二細胞隔離, 胚胎發展為正常之幼蟲。

定之事實，所以吾人不過將此種問題推進一步，並且問題中另生出問題：即卵子究竟有一種原始之分化性否？如果有原始之分化性，則從何處開始？此種問題目前吾人雖不能解答，但從細胞核方面所得到之見識，特別是染色體固定之結構，可以引導吾人留心探索。學者現在已知染色體上之因子，乃化合物所構成，若稱之為化合物包裹，亦無不可。此種因子乃預先組成，而且世代相傳，可以決定細胞質之全部特徵。關於遺傳之基本物質，即組成染色體之因子，與細胞質之組織，及細胞所表現之性質，有何關係，仍欠滿意之解釋，嚴格言之，不得而知。下章專論遺傳，屆時對於某對染色體與某種遺傳性質之關係，自有明白之解釋與事實上之證明。

截至現在，吾人祇知細胞核有一種固定構造，此種構造與細胞質之分化，組成器官之物質，及胚胎與成年動物之性質，有密切關係；但亦不妨將染色粒注意一下，因染色粒可以代表預成之結構；此種結構乃在細胞內逐漸造就——新生者，——當個體發展時，造成個體上各種性質。近世生物學家凡遇預成說與新生論相持不下時，即以此解釋之。

所以最早之胎生學家所作見解是正常不錯，因就雞卵與蛙卵觀察所得之經驗，乃堅持胚胎發展是逐漸發展而成，並無預先組成之小生物在卵子內擴展，或伸張。不過此種主張，尚費二百餘年之研究，方能證實。在廣泛之範圍內，從另一方面觀察，預成說亦有相當理由，因為個體雖然是以後逐漸造就，但組成新個體之基礎是預先組成，隱藏於細胞核之內。吾人現在不必在此悶葫蘆內自尋煩惱，不論卵子之

組織比成年動物複雜，或成年動物之組織比卵子複雜，祇要瞭解一點：即卵子之內容一定比其外表較為複雜，因若就細胞質，細胞核，染色體，因子等，加以分析，真是複雜不可言喻矣。（參考第313圖）

二 組成物質 Organizers

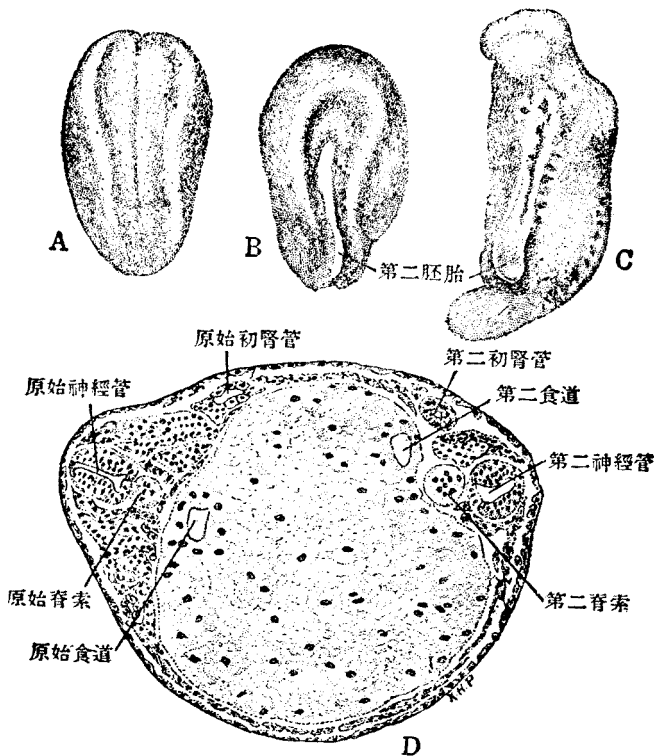
許久以前，學者已經發覺常胚胎發展進程中，各個不同部位對於不同部位之組成具互相干預或把持之力量，因此舉行廣泛試驗，猶集中於蛙之胚胎；但問題過於複雜，內中變化又不可預測，乃先就分化（Differentiation）一點上加以着手，結果初步發現“組成物質”Organizers。所謂組成物質乃種種未經斷定之化學物對脊椎動物與無脊椎動物器官與纖維之分化可發揮最有效之力量。

例如組成脊索中胚層（Chorda-mesoderm）所發射刺激力能引起正在發展蛙之卵子之胚囊口（Blastopore）於灰色彎月部分（Gray crescent region）向內翻而形成背唇（Dorsal lip）。此種刺激力引導並形成正型之延髓板與延髓管（Medullary plate and tube），建起神經系統（Nervous system）與個體軀軸（Axis）之基礎。設將背唇自一胚胎移殖於另一胚胎體上，寄生之背唇在宿主體上於新環境之下仍舊執行其原腸形成（Gastrulation），並刺激其所寄託之宿主物質組成纖維與器官，猶如未移殖之背唇然。（參考第304,314圖）

移殖之背唇，在其所寄託部位組成一個第二胚胎，與宿主背唇所組成之正型胚胎不相侵犯。移殖背唇利用宿主之筋肉組織組成脊索（Notochord）與中胚層（Mesoderm）並借用宿主之纖維構成延髓板，眼，耳，心臟等器官。在此一發展進程中，原始種胚層（Germ layers）

之固有完整區域制度被破壞，因為寄託之組成物質將外胚層化爲中胚層，中胚層化爲外胚層。

更有進者，除此所謂原始組成物質外，似乎尚有第二行動引導物，例如眼盤 (Eye cup) 能將皮膚組成爲水晶體 (Lens)。此外，不論原始組織物質或第二組織物質，皆有機能，不獨可在共同“種”之胚胎



第 314 圖 移植組成物質 (Transplanting organizer) 之效力。A. 宿主梭尾螺 (*Triton taeniatus*) 背面，神經組成期 (Neurula stage)；B. 與 A 同一時期右側面，梭尾螺 (*Triton cristatus* 種) 之組成物質——背面在宿主 (*T. Taenistus* 種) 胚胎體上組成延髓板 (Medullary plate) 呈白色；C. 晚期，原始胚胎之側面與第二胚胎之背面；D. C 圖胚胎之橫切面。(由 Shumway, 仿 Spermann 與 Mangold)

體上任意執行發射刺激力，即在不同“種”之胚胎體上亦能任意發射刺激力，例如蛙（屬Anuran）之組成物質在蠑螈（屬Urodele）胚胎體上亦能利用宿主之物質組成纖維與器官。

究竟組成物質為何物，其行動如何，此一問題目前惟有暫列於化學胚胎學（Chemical Embryology）之下。組成物質極可能為化學實在物，因雖將胚囊口之背唇纖維粉碎，燥乾或置於沸點下，仍保存發射刺激力量。即與無生氣之海菜（Agar）混合，海菜混合物亦發揮組成物質之力量。更有進者，擁有誘導機能之化學物已經自成蟲與胚胎之纖維中提煉出來。有機形態發達（Morphogenesis）之程序，似乎不是單靠化學刺激力，乃化學刺激力量與被刺激纖維之反刺激力量兩者交互作用方能引起胚胎正型發展。換言之，組成物質刺激力量引導纖維分化尚有不得而知之控制力與改革力在焉，包括組成物質與被刺激纖維反刺激兩方面之力。

事實上多種脊椎動物與無脊椎動物之纖維亦擁有刺激力量能誘導神經管之形成，由是推想此種力量或者祇負起一種有病狀之組成稱畸形動物（Teratomata）。實際上組成物質之行動現象類似激動素（Hormone）之控制力與調整力。遺傳基本物質之因子（Gene）亦可能類似一種物理化學作用而已。

三 機能之實現 Realization of Function

胚胎學家所研究之問題果然應着重於胚胎形態之發展，但機能實現問題與胚胎發展發生交錯不可分離之關係，所以亦不可忽視。康克林（Conklin）曾鄭重申述“種細胞中所蘊藏者非獨發展個體形態之

要素而已，尙有發展“智力”(Mental)之要素在焉。所謂智力要素包括不同感覺(Differential sensitivity)或接納不同刺激之容量；有機性記憶(Organic memory)或迴想以往某種器官所受之刺激；向性(Tropisms)與反射(Reflexes)或遺傳性之刺激反應；本能(Instincts)或習得之連串反應；有條件反射(Conditioned reflexes)與習慣(Habits)由連續刺激與反應所養成。當胚胎發展進程中，各種感覺亦逐漸發展為各種感覺器官，自反射，向性至本能行為與習慣；自有機性記憶，聯合記憶至學習天才。先由正誤(Trial and error)探求滿意，加上聯合記憶方作有理性之反應；經過矛盾刺激(Conflicting stimuli)與選擇反應(Selective responses)方發揮有限制，有約束之隨意行動(Voluntary action)。

整個複雜物質發展程序與精神發展程序步步成是個體反應刺激之因果。通常多是由相當簡單式逐漸提高至複雜式，中間亦有幾個急變自下層驟升至極峯，例如蛙自靜止之卵子或胚胎驟變為自由游泳之蝌蚪，哺乳動物之胚胎由寄生性產下時立刻自立營生。人類加上有機性記憶升至聯合記憶與學習；對某種事物由精神反應提高至有理性思想。再進一步聯合精神與理性執行有目的之行動。最後人類發展至運用有目的之行動，表現喜怒哀樂，學習事物並改良習慣，達到個人與人羣趨向倫理之道。

現在應該高唱研究人類卵子發展，不可單獨注意形態，理應兼顧機能。機能自胚胎之向性與反射至成人之行為，自嬰孩有條件反射至成人之習慣求是，自由思想與愛憎係一條長途。有一要點不得已於言者，“即所有發展步驟與過程均按大自然奧妙，大自然奧妙又非可言喻。”

第二十四章 遺 傳

Genetics

過分注重種類之通性，則必忽視個別之生命。——Tennyson.

諺云，「種瓜得瓜，種豆得豆」，闡明遺傳之事實也。父母與子女間，基本性質之相互肖似，為衆所共知，所謂「有其父必有其子」也。有時子女酷似父母，猶如一人，甚至舉止行動，亦惟妙惟肖，幾乎令人無從辨別之，此乃家系 (FAMILY TRAITS) 復現之表示也。俗人常云：子肖父，女像母，言一家系之內，人人皆有相互共同之特徵，而暗示個體與個體之間，並未有絕對相同者；換言之，所謂遺傳乃指有機體之肖似，端賴世代繼承也。兩親之性質，固然傳授予其子，其女，但並不全部傳遞過去，最多亦祇有一半，此個體間歧異 (VARIATION) 之由起也。事實上「歧異乃一種自然現象，亦即自然界固有之現象」，但學者不可固執，或存偏見，以為歧異與遺傳乃兩種相反之事件。「生物未嘗完全一致，或完全互異，惟殊異之間，仍有多少相同之處。歧異與遺傳並不是兩件事，乃一個程序上兩種不同之現象耳」。

現在吾人可着手研究歧異與遺傳，歧異與遺傳並不是一件過往事，亦不是一件新奇事，乃無始無終永遠與生物共存在之事件。歧異常稱為天演之資料，莫有歧異，何來進化，莫有歧異，亦何至退化。就廣義言之，物種起源與個體起源乃同一程序，且在同一原則之下。如果

吾人能分析兩親與子嗣間之關係，物種起源問題亦自告解決。事實上，就歷史方面而論，物種起源問題先問世，遺傳學問年齡尙幼稚；早在十九世紀中葉，即達爾文 (Darwin) 物種起源論出世後一世紀，「物種起源」之說已經有口皆碑。個體之性質，在兩親與子嗣間有遺傳之關係，乃二十世紀之新發現，所以二十世紀可稱爲遺傳學問時代，亦即遺傳學 (Genetics) 之誕生時代。有機進化論 (Organic Evolution) 用世代承襲以解釋一切生物之關係，而企圖成立種種普遍事實；遺傳學之目的，則專在研究各個體間之關係。

遺傳學問亦如他種學問，日增月積，乃漸進佳境，由普通之知識漸漸推廣至於專門高深之學問。現在研究中心，並不是以個體爲單位，對於個體上各種遺傳性質，皆分別追究之。爲實用起見，乃執行種種實驗，結果有意想不到之發見。即就生理方面而論，或構造方面而論，一個個體可視爲各種性質之總匯，每種性質皆甚固定，而且獨立遺傳。但學者分析之成就，並不止於此，繼復發見每種性質各有一決定之因子(GENE)，此種因子位於種細胞之染色體上。一人或一樹是否有某一種性質，全恃決定此種性質之因子，當卵子受精時，潛伏於合一胞核之內與否。是故遺傳學家現在專門研究各對染色體上各種因子所在之位置；當染色體聯會時期相等因子是否因染色體之交切而互換；兩種相等而不同之因子是否互相發生影響等問題。(參考第396圖)

目前學者已經確切斷定因子乃遺傳性質之主宰，所以遺傳學問有一日千里之進步；並且搜集極豐富可靠之材料，令人不能不承認遺傳

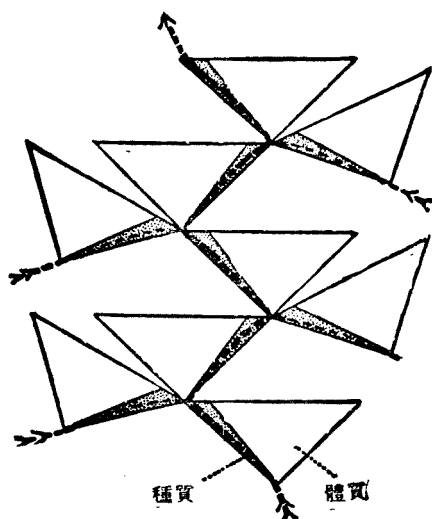
學家已經發見性質遺傳之因果，與遺傳之原理。

在未舉出實例之前，對於遺傳學之史蹟，不妨俯瞰一下，約在三十五年前，正是遺傳問題含苞待發時，大不列顛一個磨坊協會，因感麥粉質量之惡劣，思有以改良之，乃委託一位富有經驗之生物學家研究此種問題。

此位學者先搜集許許多多本土與國外小麥之亞種（各亞種各有其特殊優良品質），從事檢查品質之遺傳。利用

所搜羅之材料，與實驗之收穫，數年之後，產生一種新種，具有各亞種之優良品質；包括豐富之麩質，無芒，不生鏽菌，生產率極高；大不列顛之小麥經此改良後，乃變為最優秀之品種。以後英國在西加拿大開闢新屬地，所種之小麥因加屬之生長季節太短，大不列顛小麥皆不能達到成熟期，於是又遇着新困難。但此種困難不久即告解決，因利用早熟之品種與性質優良之品種雜交，所產生之雜種，正合於加屬之氣候地上。

此外尚有一班學者，用同樣之方法，就各種生物舉行雜交實驗，



第 315 圖 解釋種質連續之圖案。每個三角形代表一個個體，有點線者為種質，空白者為體質。每個個體生命環之開始，皆自三角形之尖端，因為尖端為種質與體質之集中地也。在兩親 (Biparental) 或有性生殖，兩個個體之種質集合為一，而產生次代之種質與體質。此種連續性用粗虛線表示之，親代所貢獻者用細虛線表示之。(由 Walter) 體質，Soma；種質，Germ。

獲得從前所做不到之效果。提高玉蜀黍之澱粉與糖質成分；用國外之棉花品種，可使纖維加長，利用早熟之特性可使棉花避免蟲害；至於羊類可用選擇方法使肉質優良之品種，羊毛豐富之品種，與無角之品種配合為一新品種；餘可類推。更有進者，如果吾人善為選擇，捨短取長，運用遺傳原則及其附屬條件，不獨可以使動物與植物不斷產生新種，並且可以養育吾人意想之品種。最後，但不是最終，人類已經開始研究本身遺傳問題，遺傳現象在進化程序上所佔之地位——檢討家族內各種性質之分布與復合，以決定個人之本質與智力之支配。

甲 歧異性質之遺傳 Heritability of Variations

當今科學育種家極端注意育種方面所應用之遺傳原則，應當抱定何種標準？欲使此種問題得一滿意之答覆，必須從長討論，因為單在遺傳原則上探索，無從窺其全豹，必另有其他條件在焉。所有種種細目，皆在純粹科學上，經學者之苦心研究始有成就——由是而知育種事業有賴於生物實驗室內之工作，生物學家所給予育種家之便利，其價值實不可估計。

原生生物 (Protista) 之遺傳問題雖甚簡單，但其程式並不簡單。讀者咸悉，綠球藻與變形蟲所分裂之二女胞，必須經過生長與改組程序，方能成立與母胞一式一樣之細胞而擁有母胞所應有盡有之一切，包括相同之原生質。同時母胞因變成女胞，本身即不復存在。複細胞生物因生殖作用必須經過授胎程序，且由特別之種細胞專任之，故其情形比較混雜，但學者如果一回想種質與體質中間兩者之特徵，則不難



第 316 圖 二亞種 (Varieties) 小麥雜交，有芒與無芒 (Bearded and Beardless) 種產生中間之雜種 (Hybrid)，中庸性質 (Intermediate inheritance)。

透視其真相，不至過度形容。爲集中讀者視聽，而使問題單純化起見，所以在高等生物方面，常推種細胞爲親與子間之唯一聯絡者；如前所述，種細胞亦即遺傳之唯一路徑。自另一方面言之，不論個體上何種遺傳性質，發展爲個體之卵子內，必有各種性質之代表，即因子是也。再者，不論個體所能遺傳於

子嗣之何種性質，種細胞內必有其代表——因子是也。（參考第 12, 13, 148, 315 圖）

一 變更 Modification

每一個體例如人體，不獨擁有遺傳下來之性質，並且自胎兒發展以後，體質受環境刺激所引起之種種變化亦包括在內。個人之環境，一方面有營養，友朋，仇敵，及一生之遭遇；另一方面爲教育，工作及應付環境所發生之反應。不論何種環境，皆可直接影響肉體與思想之發展，並牽動或決定自種質而來之可能性（遺傳性質）——所謂一人之造就，全視如何利用其天資。設有人焉，養成其健臂如鐵匠，靈敏之手指如琴師，或富有數學之天才；但不論養成至何種程度，必須依賴所遺傳之性質，與所運用之力量，兩者缺一不可。假如一人已展用

其天才，其子嗣亦具同樣之天才，且有更高度之發展，究竟爲何呢？子女是否亦跟隨父母之步驟，天才之發展，必須拾級而登呢？此乃舊事重提：「後天遺傳」問題，所謂習得性 (Acquired Characters) 是也。

長頸鹿 (Giraffe) 之長頸乃一典型而又淺顯之例案。試問長頸鹿頸部如是之長是不是因取樹上簇葉爲食而世代伸長，漸漸延長之頸是不是可以世代相傳？如果信以爲然，則自體質方面所發生之變化亦可以遺傳，毫無疑問。抑或頸部之長，乃長頸鹿羣中一部份較優秀之分子所固有——遺傳特性——使之處於較優越之地位，而獨佔簇葉爲食？如果信以爲然，則頸部之長，並不是體質變化，乃因其種族經過天然選擇之結果，種質自動發生改造。(參考第 210 圖)

近世生物學家對於第一種解釋，幾乎全體表示反對，對於第二種解釋則一致贊同；生物學家之見解，以爲體質上之變化，不論後天養成，或根據「用與不用」之理論，皆不能遺傳於子嗣，因習得性無傳遞之路徑也。此種結論之成立，一則因學者對於習得性之遺傳始終未發見正面之證據，反之有許許多多反面之證據；二則因無機構可使此種體質變化直接影響種質之組成，而遺傳於子嗣，或使子嗣受毫釐之影響。然而吾人亦當鄭重聲明：即生物學家在另一方面承認環境之刺激力量，與生物之反應作用，實支配種族之命運；直至現在，學者雖仍堅持此種見解，但終無佐證可資證明體質上之特殊變化有遺傳之可能性。(參考第 465—467 圖)

提到習得性問題，讀者一定非常關懷，疾病可以遺傳嗎？其實疾

病亦無特別處，如果疾病之原因，乃種細胞組織上一種缺陷，則不論在生理方面或構造方面，因在種質上有其基礎，當然可以與其他遺傳性質同樣遺傳；如果疾病之起因，乃個人之生命史上，肉體上一種意外之損傷，或胚胎時期或出世以後，為病菌所侵略，則不論何種疾病，皆後天之習得性，而不能遺傳。當然，人類對於病菌之感染性與抵抗力，乃個體固有之遺傳性質；此種遺傳性質，當然可以遺傳於子嗣，學者應當另眼相待，不可與習得性同日語也。雖然，吾人常常發見初生嬰孩，肉體上或精神上已經發生缺陷，應當作何解釋呢？此乃其父母所犯之罪惡，如酒毒，梅毒，及其他不正當之行為而嫁禍於子女；不過驟然一看，似乎先天遺傳，其實乃嬰孩胎生時受染，而非真性遺傳。（參考第 419 圖）

變更，或稱習得性質之不能遺傳，比較上是一種新見地，助長此種問題之成立，有三種主因在焉：第一，習得性不能遺傳因瞞不過實驗之事實；第二，因學者漸漸認識染色體為遺傳之機械；第三，因受魏思曼（Weismann）種質連續論之影響，事實上拉馬克（Lamarck）對於習得性之遺傳，深信不疑，在其天演學說上，且被選為生物進化之基石；一班習得性遺傳之信徒，尚且作進一步之解釋，以為如果習得性不能遺傳，則自然界內將永無進化之程序，然而問題並不如是嚴重，以後自見分曉；不過在生物學上，社會學上，教育學上，習得性問題，尚不失其深長意義，或者不妨附述數語，習得性遺傳之信徒，如果相信上乘之習得性可以遺傳，則下劣之習得性亦可以遺傳，將如何自解呢？得毋向大自然乞求憐憫乎！

二 復合 Recombinations

習得性問題，可暫置之不提，因在遺傳方面無價值也；遺傳學家發見子嗣之遺傳性質最普遍之差異，乃種細胞內各種因子自由聚合（因子重新復合成羣）之結果。

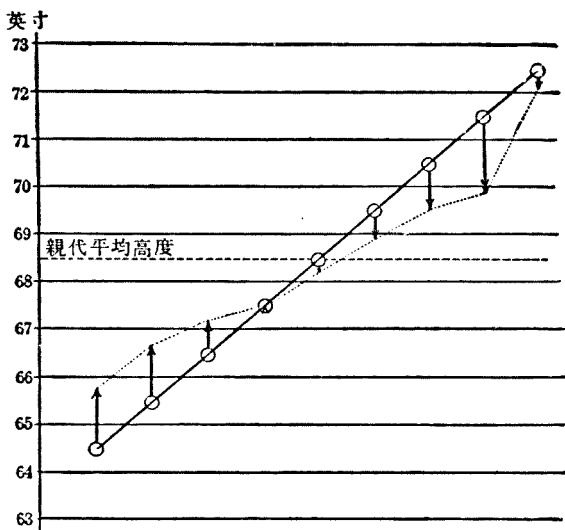
人人皆知一部份較顯著之遺傳性質，因授胎作用，卵子內與精蟲內兩親之性質有互相結合之趨勢，子嗣間始發生差異：即是，凡此種種顯著之事件，不論如何，與其祖先所保存狀態，總有連帶關係。第一，子嗣所顯示之一種性質，假定為眼色，必自其兩親中之一遺傳而來，不是兩親共同所遺傳，所以性質本身並不改變。此式遺傳稱為交替遺傳 (ALTERNATIVE INHERITANCE)。第二，子嗣所顯示之性質，亦有形似剪嵌細工物者，此乃兩親之性質鑲合而成，父母兩方之性質共同露出頭角，不是一顯一隱。第三，父母兩方性質互相混合，於是子嗣所顯示者乃一中庸性質，既不像母親，又不像父親，例如混血兒 (MULATTOES) 皮膚之色澤，介於白種人與黑種人之間，稱混合遺傳 (BLENDING INHERITANCE)。最後，祖父母之性質，或遠祖之性質，重新出現，稱為復祖遺傳 (REVERSION)。

三 突變 Mutations

自今而後，將有非常特別，不可預料之局面出現。某種性質，不是祖先所有者，突然出現於後嗣身上，並且有遺傳之可能性。有時此種種突然出現之性質，即突變性質，與兩親所維持狀態，祇有極細微之差異；有時則率爾而來，不可捉摸。但是突變之實在而最顯著之起因，乃因子組成上發生意外或根本改革之結果，於是歧異機會驟增而

現出新性質。

復合或突變與體質上之變更比較，截然不同，因變更之性質，不論在生前或生後，皆體質受環境刺激之結果，不能傳於後嗣。兩者間之區別，乃一種重要發現，有鄭重申述之必要；因為此種區別可以將從前遺傳工作上許多矛盾問題完全解決。關於此類問題，以下另有詳細討論。



第 317 圖 解釋哥爾通之子女趨平性(Galton's law of Filial regression).
(由 Walter)

乙 哥爾通法則 Galton's Studies

蒐集種種生物材料而統計其差異，簡稱生物統計學，亦研究遺傳之道也。運用生物統計法以研究遺傳，乃達爾文之表弟哥爾通於十九

世紀末葉首先提倡，現在則成爲遺傳學家之研究工作上所不可缺少之一種工具。哥爾通對於生物統計，特別注重人類之性質遺傳，例如身材，智力等。哥爾通研究工作，有極重要之價值，所以常譽爲生物學上之經典。哥爾通對於人事遺傳，制定兩個法則，摘述於下：

祖先遺傳 (Ancestral Inheritance). 每一種遺傳之能力，其得自兩親者平均佔全量二分之一，即父親母親各佔全量四分之一。祖父祖母四人共佔全量四分之一，即各佔十六分之一，更上之祖先，可依此類推。

子女趨平 (Filial Regression). 兩親之遺傳性質，雖然因各種族之標準不同而有差異，但其子嗣所表現者，始終傾向種族之標準性；偏離(傾向)其種族標準，常等於親代三分之二。(參考第 394 圖)

此兩個法則，就大體言之，確甚合理——子嗣之遺傳性質，總是近於近親，與其遠祖則漸疏遠；另一方面，凡父母之極端特性，傳至子女，便趨中庸，換言之，必傾向其種族之模範標準，所謂趨平性 (Regress toward mediocrity) 是也。實際上，在遺傳之基本原則上，哥爾通之兩個法則，均無特殊作用，因生物統計所用之材料，過於泛漫，不分皂白，不能指出歧異之實在性，亦不能澈底分析所改變之性質。生物統計所用之材料，乃吾人之外表特徵，與種質之組成(指因子)——遺傳於子嗣之實在物，大有出入。所以就動物與植物方面實驗所得之結論，顯示一羣生物內各個體之某一種外表特徵，雖然參差不齊，互相歧異，偏離其親體甚遠；但各個體之種質組成，則非常一致。外表性質之歧異，乃後天習得性，爲環境所造成，而非真

實遺傳性質。

丙 孟德爾原則 Mendelian Principles

孟德爾 (Gregor Mendel) 首先採取有節制之繁殖實驗，而運用統計方法以檢查子嗣之性質。換言之，取一定之標準以樹立生物之家系以代「祖代家世」之考查，由是每一個體之祖先與其後嗣之未知與不得而知之性質皆可發見，此則哥爾通之統計法所未顧及者。自孟德爾之偉大研究工作成功，遺傳學在生物科學中乃獨樹一幟。遺傳學問之問世，事實上遠在哥爾通提倡生物統計法二十年前，因當時學者羣趨天演學說，所以未曾注意。達爾文本人對於遺傳原理，亦矇不自知，設遺傳學問早受世人之青睞，定必多多影響達爾文之事業。現在吾人先就孟德爾之實驗工作檢討一下，以為研究遺傳原理之基礎。

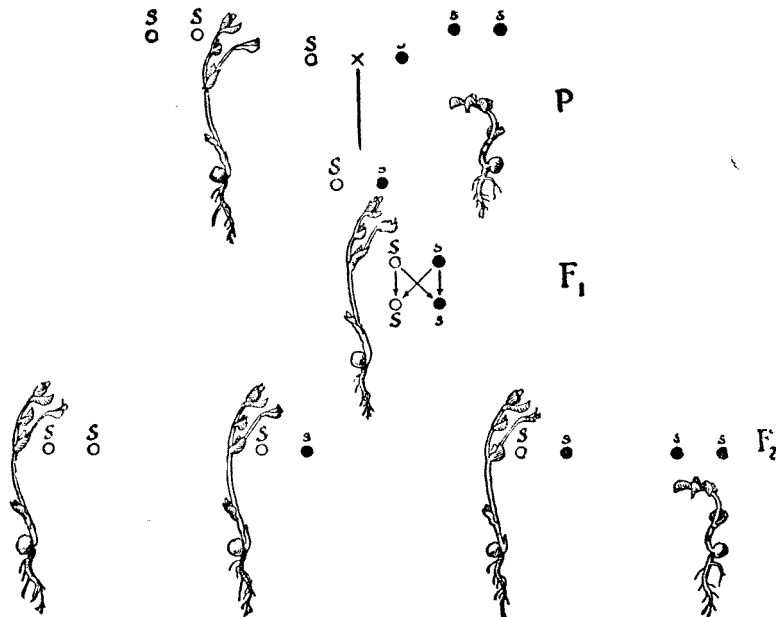
(參考第462圖)

孟德爾採用豌豆之某某亞種，特別選出七對固定而交互之性質 (Alternative Characters)，如種子之形狀，平皮或皺紋，種子之顏色，黃或綠；莖之長度，高或矮等等，互相配合，而注意其雜種 (HYBRIDS) 之性質。常人以為雜種一定是指兩個不同種之動物雜交所生之子嗣，或兩亞種之動物雜交所生之子嗣；其實不然，凡兩性生殖之生物，不論動物或植物，其子嗣皆可稱為雜種，因為兩親之種質之組成（種細胞內之性質）未有絕對相同者。是故兩親之性質雖然相差毫釐，其子嗣亦是雜種；但下面所稱雜種與純種，乃專就某種性質加以分析而言。

一 單性遺傳 Monohybrids.

孟德爾發見高莖之豌豆亞種與矮莖之豌豆亞種雜交，父母代〔PARENTAL GENERATION (P)〕之後嗣，即第一子代〔FIRST FILIAL GENERATION (F₁)〕咸是高莖，與父母代之高莖一樣高，而不見雜種性質；乃稱高莖為顯性〔DOMINANT (D)〕，矮莖為隱性〔RECESSIVE (d)〕。

孟德爾第二步之工作，即廣續世代繁殖，以追究各性質之行動；將高莖之雜種(F₁)同胞匹配，所產生之後嗣——第二子代〔SECOND FILIAL GENERATION (F₂)〕中，高莖與矮莖成三比一 (3D:1d)，



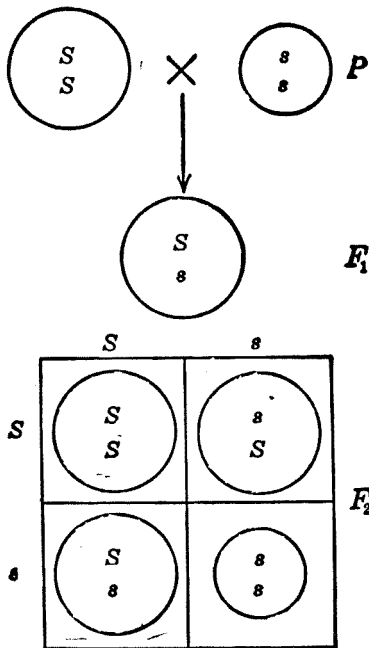
第 38 圖 豌豆之高莖與矮莖種雜交後之遺傳。圓圈代表高矮之因子。

以數目計算，高莖佔75%矮莖佔25%。當然個數如果太低，高莖與矮莖之數目比例，則不甚準確；個數愈高，數目比例亦愈準確，孟德爾所舉行之實驗，得高莖 787，矮莖 277，顯性與隱性之比例適成 3:1。
(參考第 318 圖)

運用親族繁殖法，孟德爾發見第二子代中之矮莖豌豆（隱性）自行交配，世世代代皆是矮莖，由是

而知矮莖為真正純種。另一方面，雜種高莖（顯性）與雜種高莖（顯性）配合，其後嗣分明有兩種：純種高莖（佔全數三分之一）與雜種高莖（佔全數三分之二），因前者世代繁殖，盡是高莖，後者世代繁殖，其後嗣即第三子代〔THIRD FILIAL GENERATION (F₃)〕又現出高莖（三分之二）與矮莖（三分之一）兩種。

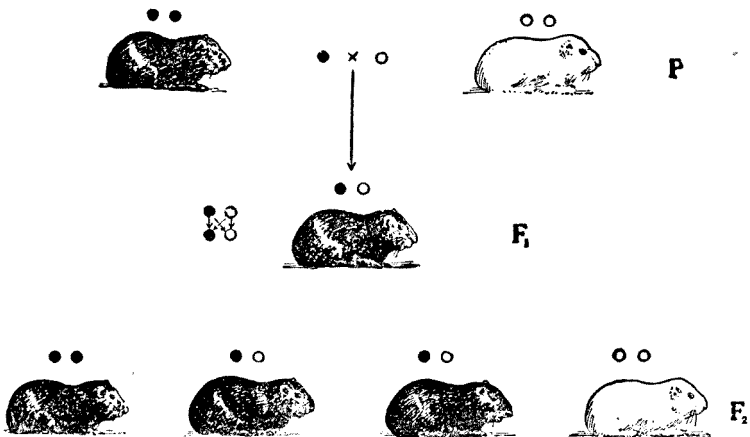
孟德爾一舉成名，一方面賴其遠見與巧妙計劃，選擇固定之交互性質，使問題簡單化；其主要貢獻在能利用簡單實驗而發見遺傳之基本原則。雜種(F₁)互相交配，其子嗣(F₂)中必有一雜種及與父母代



第 319 圖 解釋單性遺傳 (Monohybrid)。豌豆之高莖種 (S) 與矮莖種 (s) 雜交之結果。圓圈代表合體 (表型 Phenotype)；圓圈內之字母代表種質之組成 (胚型 Genotype)。方格外之字母代表配子。注意每個親體 (P) 各有其表型與胚型；第一子代 (F₁) 咸屬同樣表型與同樣之胚型；第二子代 (F₂) 則有二種表型與三種胚型。第二子代中個體之表型比例為 3:1。

(P)相似之二純種(顯性與隱性)，由此即知決定各種性質之因子，在成熟種細胞(配子)內，必具自由分離之現象。為便利解釋起見，假定每一個因子可以決定某一種性質，因子分離以後，有自由分佈之趨勢，故某某幾個配子內有決定某一種性質之因子，另外幾個配子內有決定另一種性質之因子，但一個配子不能同時擁有兩個相同之因子。設父母代之高莖因子為S，矮莖因子為s，則第一子代之合體內必具高與矮兩個因子(Ss)，並且因高莖為顯性，勢必掩蔽隱性之矮莖，故第一子代子嗣皆高莖。再者，當雜種(Ss)之種細胞成熟分裂，兩個因子必互相分離，於是半數配子內有S因子，另外半數配子內有s因子；以後此兩種配子因授粉作用而接合，各有平等接合之機會，結果組成三種不同之合體。

合體內因子結合之機會為 1SS:2Ss:1ss。但S因子為顯性，故子

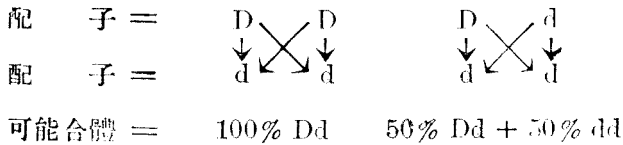


第 320 圖 天竺鼠(Guinea-pigs)毛色之遺傳。純黑即着色 (Pigmented) 毛種與全白即蒼白 (Albino) 毛種之雜交。圓圈代表因子。

嗣中有三高莖與一矮莖之比例，此即孟德爾所發見：不論動物或植物，在單性遺傳例案中，第二子代顯性性質與隱性性質之比例一定為3:1。然最重要者在能區別高莖之豌豆雖具同樣表型(PHENOTYPE)，其種質實為兩種不同之組成：其中合體，三分之一具因子SS，三分之二具因子Ss。是故表型高莖包括兩種胚型(GENOTYPES)，此兩種胚型必賴繼續繁殖，方能識別之。(參考第318—320圖)

所以由是而知純種之高莖豌豆同胞配合，所產生之後嗣皆純種高莖，純種之矮莖豌豆同胞配合，所產生之後嗣皆純種矮莖，因高莖之配子皆具S-因子，矮莖之配子皆具s-因子故也。就性質而言，純種植物即指性質相同之合體(HOMOZYGOTE)也。同時亦明白雜種同胞配合，祇生雜種，因其配子半數具S-因子，半數具s-因子故也。雜種植物皆屬異性之合體(HETEROZYGOTE)。

第二子代中之雜種(Ss)個體與純顯性(SS)個體之真正區別，乃前者為異性合體後者為同性合體。同性合體與異性合體之表型絕對相似，無從區別之，故須經過繁殖實驗，始露出真面目。大多數植物皆能自花受精(Self-fertilization)，如果運用自花受精，則每一個體之子嗣或全是純顯性，或顯性與隱性成3:1比例，皆可一試而知之；並且由是可以立刻發現兩親之配子組成。然而動物不能自身受精，故欲檢查兩親之配子組成，必先使顯性與隱性交配，如果兩親中有一純顯性合體，則所產生之子嗣必全數為顯性者，如果兩親之一為雜種，所產生之子嗣將有半數顯性與半數隱性者，即：

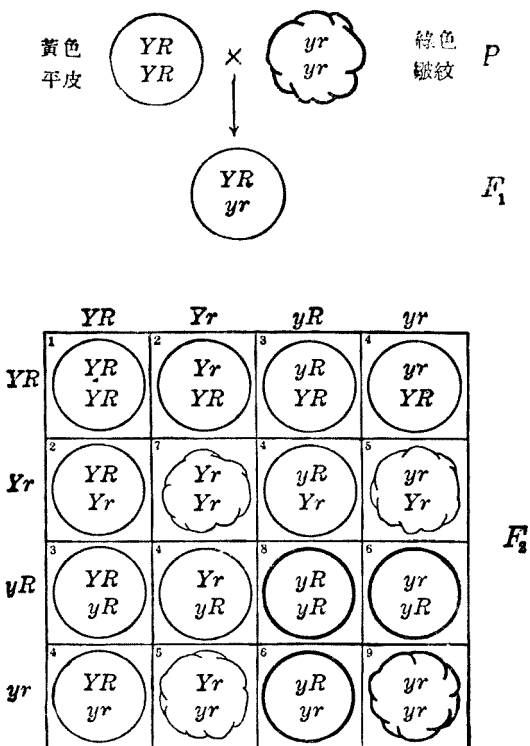


截至現在，吾人祇用一對因子以解釋一對交互性質之遺傳，此一對相等之因子(亦即交互之性質)稱為相稱性 (ALLELOMORPHIS)；但是學者如果已經瞭解單性遺傳之原理，則下面所討論之二性遺傳 (DIHYBRIDS)——包括二對因子，三性遺傳 (TRIHYBRIDS)——包括三對因子，與多性遺傳 (POLYHYBRIDS)——包括多對因子，將不至發生困難。

二 二性遺傳 Dihybrids.

孟德爾運用雜交方法，以考研具二對性質之雜種之遺傳，例如，將一株結黃色——平皮種子之豌豆與一株結綠色——皺紋種子之豌豆雜交，第一子代 (F₁) 中各株豌豆咸生黃色——平皮種子，由是而知黃色與平皮兩者皆顯性性質，其配偶綠色與皺紋兩者乃隱性性質。使第一子代之雜種豌豆自花受精，所產生之第二子代 (F₂) 植物，則結各式各色之種子，包括四種性質所可能之結合，即是不獨黃色與平皮結合，綠色與皺紋結合，此外尚有兩種新式結合，即黃色與皺紋，綠色與平皮是也；其數目比例為：9 黃色—平皮：3 黃色—皺紋：3 綠色—平皮：2 綠色—皺紋。(參考第 321, 322 圖)

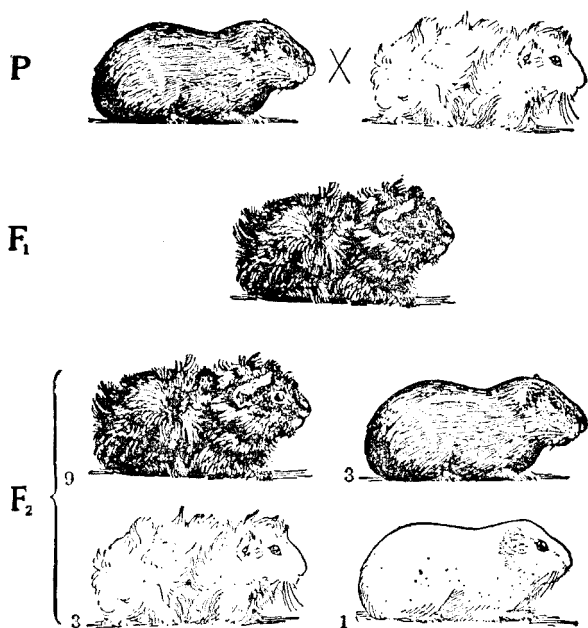
此種結論祇能解釋兩株親代植物，一個擁有黃色與平皮 (YR) 兩種因子之配子，另一個擁有綠色與皺紋 (yr) 兩種因子之配子。因兩親有此兩種配子，所以所組成之合體必包括因子 YRyr，並且其雜種



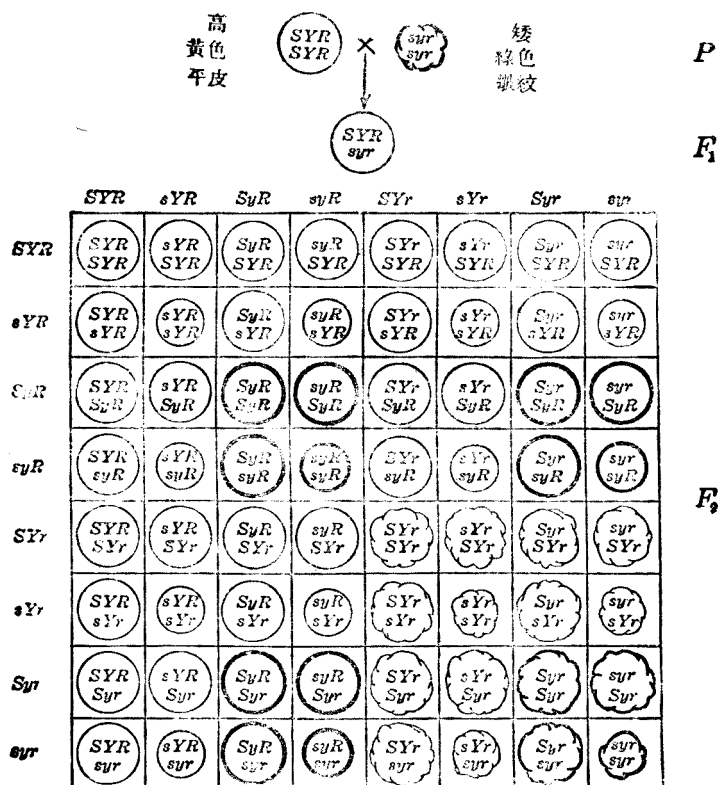
第 321 圖 解釋二性遺傳 (Dihybrid)。豌豆具黃色平皮 (YR) 種子之種與綠色皺紋 (yr) 種子之種雜交之結果。各圓圈代表合體 (表型 Phenotype)；圓圈內之字母代表種質之組成 (胚型 Genotype)。方格外之字母代表配子。第一子代 (F₁) 之種子皆呈黃色平皮因綠色與皺紋為隱性性質 (Recessive characters) 故也。第一子代 (F₁) 有四種配子，因之有十六種不同配合之可能，或稱合體；此十六種合體代表四種表型 (以各式圓圈表示之)，與九種胚型 (以數字代表之)。純顯性合體在方格 (1) 內，純隱性合體在方格 (9) 內。方格內之合體有 (4) 者與第一子代 (F₁) 相等。方格內有 (1, 7, 8, 9) 者為同性合體 (Homozygotes) 其他皆異性合體 (Heterozygotes)。表型比例為 9:3:3:1。

黃色, Yellow; 綠色, Green; 平皮, Round; 皺紋, Wrinkled.

後嗣所發展之配子將有 YR, Yr, yR, 與 yr 各式因子, 但不是 Rr 或 Yy, 因 R 與 r, Y 與 y 皆相稱性不能同在一配子內也. Y 與 r, 又 y 與 R 皆不是親代配子內所有者, 乃是兩種新式結合, 明明指示因子之自由分類(INDEPENDENT ASSORTMENT). 第一子代(F₁)之子女, 因因子之自由分類因而各有四種配子, 當授胎作用, 雌



第 322 圖 毛黑而平滑之純種天竺鼠與毛白而粗糙之純種天竺鼠雜交之結果粗糙與黑毛均為顯性性質(Dominant s), 注意每個親體(P)擁有一種顯性與一種隱性性質. 第二子代(F₂)解釋因子自由分類(Independent assortment of genes).



第 323 圖 解釋三性遺傳 (Trihybrid)。莖高之豌豆而有黃色平皮 (SYR) 之種子與莖矮之豌豆而有綠色皺紋 (syr) 之種子雜交之結果。各圓圈代表合體 (表型)；圓圈內之字母代表種質之組成 (胚型)。方格外之字母代表配子。第一子代 (F₁) 有八種配子，於是有一百六十四種不同配合之可能，或稱合體，代表八種表型 (以各式圓圈代表之) 與二十七種胚型。合體中有一個純顯性 (在方格之左上角) 與一個純隱性 (在方格之右下角)。八個同性合體 (由左邊上角直至右邊下角) 其他皆異性合體。由右邊上角直至左邊下角，在此角線內之合體與第一子代 (F₁) 相同。表型比例為 27:9:9:9:3:3:3:1。高，Tall；黃色，Yellow；平皮，Round；矮，Dwarf；綠色，Green；皺紋，Wrinkled。

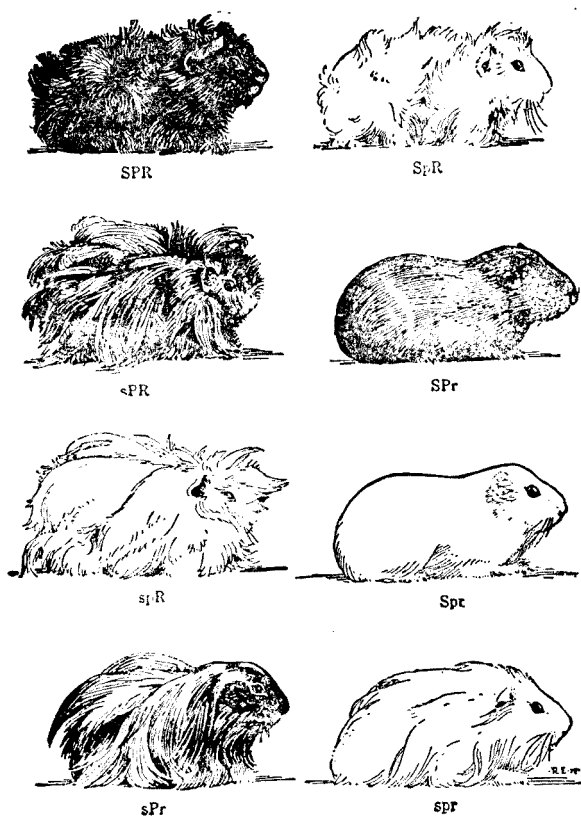
配子與雄配子將有十六種可能之結合。如前所述，第二子代 (F_2) 中之十六個合體，將有一個純顯性者 (YRYR)，一個純隱性者 (yryr)，四個同性合體 (包括一個純顯性與一個純隱性合體) 與十二個異性合體。此十六個合體代表九種胚型，惟隱性因子與顯性因子配合，祇現出顯性性質，故亦祇有四種表型 (YR, Yr, yR, yr)，數目上之比例為 9YR:3Yr:3yR:1yr。所以凡雜種個體擁有兩對交互性質者，其表型比例必為 9:3:3:1，此亦不過單性遺傳 3:1 之比例推廣一步而已。不論單性遺傳或二性遺傳皆在同一原則之下，即因子始終保持獨立，當配子組成，相稱性自由分離——相稱性始終不在同一配子內相遇。

三 三性遺傳 Trihybrids.

三性遺傳，情形正復相似，例如孟德爾所用高莖結黃色平皮種子之純種豌豆與矮莖結綠色皺紋種子之純種豌豆雜交，或以毛短而粗糙帶黑色之純種天竺鼠 (Ginea—pigs) 與長毛而平滑不帶色之純種天竺鼠雜交，其第二子代將有二十七種胚型體與八種表型體；表型個體之數目比例為 27:9:9:9:3:3:3:1。當然父母與子女間不同之性質不祇一對二對或三對，但各對性質皆互相配合而成相稱性，所以各對性質皆可單獨分別試驗之；為便利起見，所以每次試驗，祇選出一對二對或三對之性質而分析之。(參考第 323, 324 A, B)

四 總論 Summary.

在未盡量運用各種已成立之遺傳原理之前，或者不妨將孟德爾研究工作之內容真相，用另一方式審查一遍，一方面可以輔助學者對遺傳問題有更透澈認識，一方面使孟德爾之工作內容更明朗化。



第 324 圖 A ——代表三性遺傳第二子代 (F_2) 中八種表型不同之天竺鼠。

S=短毛 (Short hair), s=長毛 (Long hair), P=着色 (Pigmented coat), p=無色或蒼白 (Non-pigmented or albino), R=粗糙 (Rough coat), r=平滑 (Smooth coat)。第一子代 (F_1) 之表型為 S P R。參考第 183 圖 B。

各種個體數額	胚 型 體	表 型 體	各種個體數額
* 1	SS P RR	S P R 毛短 着色 粗糙	27
2	SS P ^o RR		
2	Ss PP RR		
4	Ss Pp RR		
2	SS PP Rr		
4	SS Pp Rr		
4	Ss PP Rr		
8	Ss Pp Rr		
* 1	SS pp RR	S p R 毛短 無色 粗糙	9
2	Ss pp RR		
2	SS pp Rr		
4	Ss pp Br		
* 1	ss PP RR	s P R 毛長 着色 粗糙	9
2	ss Pp RR		
2	ss PP Rr		
4	ss Pp Rr		
* 1	SS PP rr	S P r 毛短 着色 平滑	9
2	SS Pp rr		
2	Ss PP rr		
4	Ss Pp rr		
* 1	ss pp RR	s p R 毛長 無色 粗糙	3
2	ss pp Rr		
* 1	SS pp rr	S p r 毛短 無色 平滑	3
2	Ss pp rr		
* 1	ss PP rr	s P r 毛長 着色 平滑	3
2	ss Pp rr		
* 1	ss pp rr	s p r 毛長 無色 平滑	1
64			64

B —— 天竺鼠之三性遺傳，第二子代中各種胚型體與表型體及其數額。星標指示八個同性合體。參考第183圖，A。

短毛 (Short)，長毛 (Long)，着色 (Pigmented)，無色 (Albino)，粗糙 (Rough)，平滑 (Smooth)。

任何一個個體，每個體素細胞內，對於每一對交互之性質，皆有一對相等之因子（豌豆莖之高矮，即其一例），此一對相等之因子，包括兩個配偶，一個自雄性配子傳下，一個自雌性配子傳下，當授胎作用，雌雄配子互相接合，因子亦隨之配合成雙。如果兩個因子相同（例如 SS 或 ss ），則兩者同時表現於體質上（例如植物之高或矮），此種個體稱為同性合體。如果兩個因子不同（例如 Ss ），一為顯性（ S ），一為隱性（ s ），則祇有顯性因子表現於體質上，隱性因子無表現之機會，此種個體稱為異性合體（例如莖之高矮）。

當種細胞成熟分裂時期，染色體聯會以後而分裂，各對因子必跟隨染色體之分離而分離，由是分下之配子，每個亦祇攤分一個因子，所以已成熟之種細胞，個個皆純性，如前所述，組成每個同性合體之兩個配子，兩方所擁有之因子皆相同（例如 S 與 S ，或 s 與 s ），但組成異種合體之兩個配子，兩方所擁有之因子，一定不同（例如一個配子有 S - 因子，一個配子有 s - 因子）。

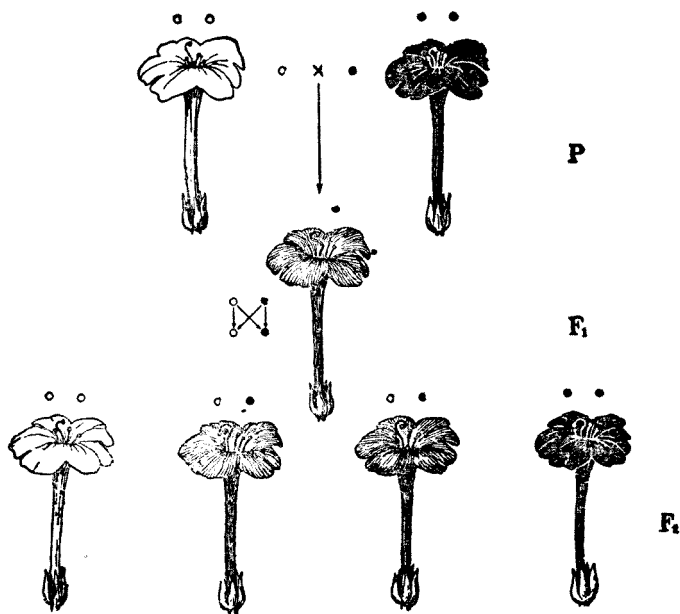
最後，代表各種性質之因子，有自由分類之趨勢，在二性遺傳與三性遺傳例案中，子代所表現之新型性質乃事實上之證明。例如豌豆莖之高矮，種子之色澤皆獨立分別遺傳。至於性質之獨立遺傳，當然因代表合種性質之因子各有其固定對偶故也，此種問題，下面另有詳細討論。

「因子自由分離」與「因子自理分類」二原則，稱為孟德爾二定律

丁 孟德爾比率之變更 Alternations of Mendelian Ratios

自從孟德爾之遺傳學問受大眾追認後，學者乃執行大規模之繁殖實驗工作，不但處處發揚因子自由分離與因子自由分類二大原則之深長意義，並且擴大範圍，加以補充，顯示不論在何種情況之下，性質始終保留顯性與隱性特點。略舉數例，以正視聽。

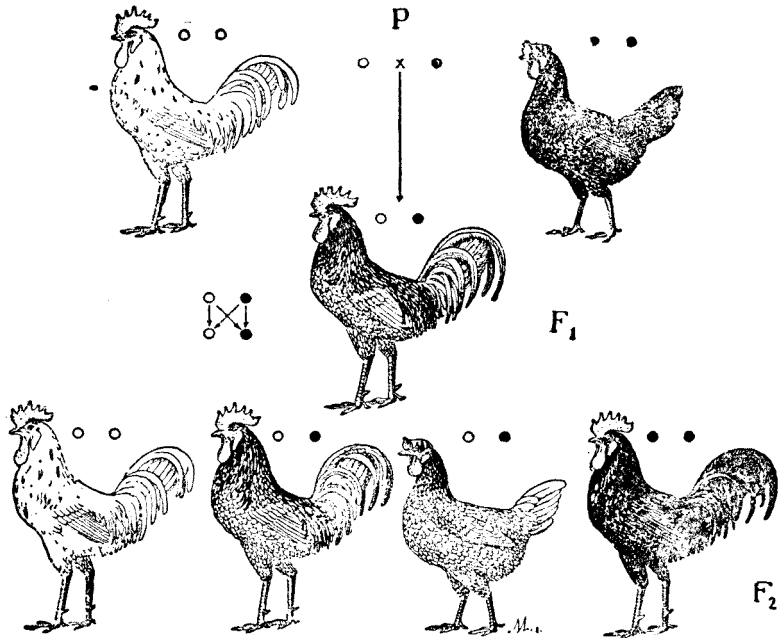
孟德爾所執行之豌豆實驗，顯示各對交互性質，必有一個完全顯性，不僅學者以後常常發現第一子代之雜種體，不一定與親體肖似，反之，與親體完全有別。例如開紅花與開白花之紫茉莉(Four-o'clock)交配，第一子代(F₁)之異性合體咸開粉紅色之花，即紅白兩者之中間色，紅花與白花皆不是顯性，結果成立一種混合遺傳 (BLENDING



第 325 圖 解釋紫茉莉 (*Mirabilis jalapa*) 之白花種與紅花種雜交之結果。外觀性質 (表型) 如圖，小圓圈代表紅白之因子。

INHERITANCE)。但繼續將異性合體同胞配合，則第二子代 (F_2) 中現出三種不同之個體：1 紅：2 粉紅：1 白。由是而知 1:2:1 之比例實際上即是單性遺傳 3 顯性：1 隱性之比例；此 1:2:1 之比例當然有一純顯體，二雜種體，與一純隱體，不過必須經過連續繁殖，原來性質方露面目。但不論如何，因子自由分離現象始終存在，因純顯體與純隱體皆與親體一式一樣，並不受混合遺傳之影響也，(參考第 325 圖)

另外有許多例案，雜種體並不現出父母之中間性質，惟同時現出父母兩方之性質，似乎並無真正顯性性質，亦無真正隱性性質：例如紅毛與白毛兩種短角牛 (Short-horn Cattle) 雜交，所生小牛有栗色 (Roan) 毛，栗色毛乃栗紅褐色之中，密雜灰白色者。如前所述，栗色毛短角牛事實上乃異性合體，因栗色毛短角牛所生之小牛，常有三種不同之毛色，即 1 紅毛：2 栗色毛：1 白毛，此明示因子自由分離之現象也。另外有一極顯著例案，即素負盛名之安達盧西亞雞 (Andalusian fowl) 之天青羽。以天青羽色之種自行配合，其子嗣總不是全部天青羽，即有 1 黑羽：2 天青羽：1 蘆花羽 (White-Splashed-with-blue) 之比例，此明示天青羽乃黑羽與白羽 (蘆花羽) 中間之雜種，黑羽為不完全顯性，黑羽或白羽各在同性合體上露出其本來面目。所以家禽飼養家欲得天青羽安達盧西亞雞，必先使黑羽種與蘆花羽種交配。再者，在以上所述種種情況之下，性質始終保留自由分離權利，故所謂「完全顯性，COMPLETE DOMINANCE」與「不完全顯性，INCOMPLETE DOMINANCE」，其間不能劃一界限。(參考第 326 圖)

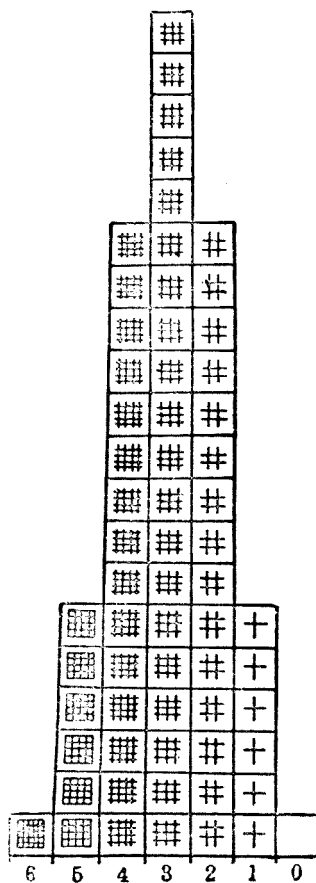


第 326 圖 安達盧西亞雞 (Andalusian fowl) 之遺傳。以蘆花羽 (White-splashed-with-blue) 種與黑羽 (Black) 種雜交，第一子代 (F_1) 皆天青羽 (blue andalusians) 第二子代 (F_2) 之表型比例為 1 蘆花羽: 2 天青羽: 1 黑羽。

現在不妨再舉出數種較複雜例案以闡明混合遺傳之程序。黑種人與白種人聯婚，女子皮膚之顏色，不像尋常混合遺傳，一對因子可以決定之，乃由數對因子 (Multiple genes) 累積之力量而表示之。白種人 (同性合體) 與黑種人 (同性合體) 結合，第一子代 (F_1) 為混血兒 (Mulatto)，因其皮色不如白人之白，又不及黑人之黑，乃介在黑白兩者之間，中等色澤；第二子代 (F_2) 及再後世代，皮膚顏色，則深淡不一，可以分為許多等級，罕有像白人之白者，黑人之黑者。照其遺傳程式，顯示有三對色素因子從中操縱，故假定黑人之黑素

因子爲 AABBCc，白人爲 aabbcc。如前所述，混血兒之因子組成當爲 AaBbCc，皮膚爲中間色，因只有一半黑色色素因子故也。再者，混血兒與混血兒配合，其子女 (F) 有深淡種種不一之皮色，可以運用三性遺傳程式以解釋之，如是則三對因子在第二子代 (F) 中當有六十四種可能之配合，黑色色素因子愈多，皮色愈黑，反之，則皮色淡白。第二子代 (F) 中罕有全黑或全白之皮膚，因人類之生產率甚低，一對夫妻未曾有六十四個子女者，卽有六十四個子女之家系，純粹黑色色素因子 (AABBCc) 之合體僅佔一個，非黑色色素因子 (aabbcc) 之合體亦只有一個；且因子分離與復合，色素因子與非色素因子亦不易完全分組，色素因子組與色素因子組，或非色素因子組與非色素因子組又不易巧合也。(參考第 327 圖)

就極豐富之遺傳材料中，隨便選出數例，此各式各樣之遺傳程序，對於因子自由分離與自由分類兩個基本原則皆有極滿意之解釋。祇有一點，學者應當牢記在心，



第 327 圖 解釋混血兒 (M-latto) 之遺傳。三對相似之因子，其合作力量產生某種性質，例如黑人與白人雜婚所生之雜種子嗣 (混血兒)，至第二子代 (F₂) 時因子之復合，當有六十四種可能之合體。方格內之十字形表示各合體內黑色因子之數目。(由 Walter)

各種性質之發展，咸受各個別因子之支配，性質本身根本無自主權；吾人同時亦明白，大多數性質，每一種之發展，實由「複數因子」共同決定之，決定某種性質之「複數因子」，其中亦有所謂修改因子 (MODIFYING GENES)，可以變更因子之本性，而影響性質之發展。此外尚有所謂夭折因子 (Lethal genes)。夭折因子不是性質之決定者，所以不能干預外觀性質之結構；但其存在，必致合體於死地。摩爾根 (Morgan) 及其同人證明葉蠅 (*Drosophila*) 最少擁有五十餘種夭折因子，此種因子設非通常因子與之對抗，使之平衡，以滅殺其威力，則足以促配子或合體之早亡；所以繁殖試驗，後來之比率往往不能完全符合孟德爾之定律。夭折因子之致配子或合體於死地，吾人無從檢查，故孟德爾之比率有時不能一致，則可歸咎於夭折因子之作祟。不過夭折因子存在與否，祇能運用間接方法以決定之，即藉交切 (Crossing over) 與羣聚 (Linkage) 試驗以探討之。家禽之爬行性 (Creepers) 為夭折因子，爬行性之家禽總是異性合體 (Heterozygote)，同性合體 (Homozygote) 不能生存。(參考第 328 圖)

親		爬行性	×	爬行性
		Cc		Cc
配子		C		c
		C		c
子孫	C	CC 喪亡	Cc 爬行性	
	c	Cc 爬行性	cc 正常	

第 328 圖 因夭折因子 (Lethal genes) 存在，家禽 (Domestic fowl) 之孟德爾比率失常。

最近幾年內，遺傳學家盡量利用「複數因子」與「修改因子」之原理，對於多種性質之遺傳，皆能在遺傳原則上覓一出路，而予以極滿意之解釋。如吾人之身材，身體各部之比例，構造，以及生理方面與心理(智力)方面之種種特徵，其遺傳程序，皆能利用「複數因子」之原理而證實之。學者根據實驗並且確定某種果蠅 (*Drosophila*) 之顏色，色澤不同，實受四十餘對因子之支配，兩翅之特性則受九十餘對因子之支配。如前所述，讀者自然逐漸明瞭，生物個體上每一種因子發展之可能性，雖然不一定需要各種因子全部參加，一方面仰恃自身之力量，一方面依賴他種因子之合作與反應作用而決定全局。再者，因子發展之可能性與環境亦有密切關係，例如果蠅在非常環境之下，即溫度低降時所養育者節足多生，並且此種畸形構造亦具孟德爾之遺傳程式；如果溫度提高，雖然同種果蠅，擁有同樣因子，而未有額外節足者。簡言之，在特殊情之下，環境對於因子行動，可以左右定局，即提高因子力量，或消滅因子力量。

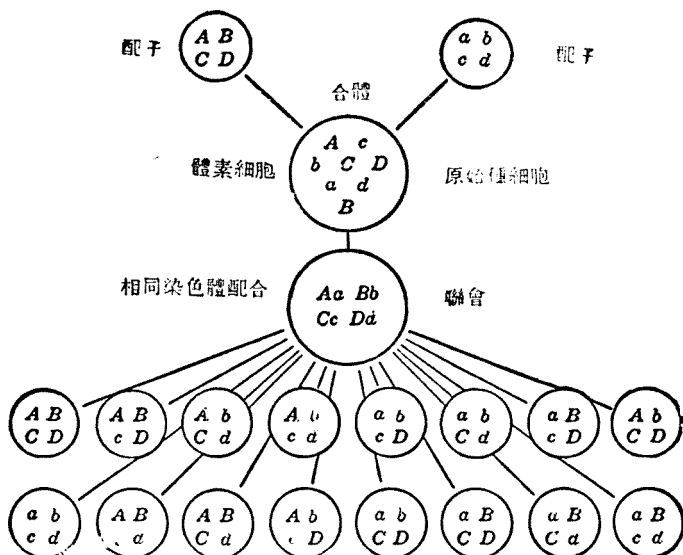
因為經過情形如斯，所以吾人對某一遺傳問題進一步研究即多一層發見，乃自然之理，近代學者對於遺傳問題可謂較孟德爾當時之典型實驗而樹立之基礎有更深長之認識，孟氏所供給之遺傳基本原則，若譽之為一切遺傳名目之本原，亦不過甚其辭。

戊 遺傳機械 Mechanism of Inheritance.

有此一遺傳原則之綱要為基礎，吾人應當將此種原則與種細胞之構造溶為一爐，使之貫通成一系統。換言之，在植物繁殖實驗與動物

繁殖實驗所得之結論，吾人已經假定因子之名目及因子分離與復合等等，吾人是否事前詳細考察細胞之內容，眼見遺傳之基本物質——因子，與分離或復合之機構呢？讀者諸君一定即刻答稱：此種問題已經有明白之解釋，因為關於種細胞之起源，與構造，及受精之現象，上面已經討論及之。既然如此，則不妨將其實在情形重述一遍，（參考第 205 圖）

當受精時期，卵子與精蟲各自攜帶一單副固定之染色體，是故受精以後，合體（即卵子）必具一全副染色體。精蟲所貢獻之每一個染色體，卵子亦必貢獻一相等或同性之染色體；換言之，合體內之染色體，各各配合成對。當合體進行分裂，每個染色體縱裂為二，所以每個女胞攤分一全副染色體，即是，其數目與母胞相等，因個體上所擁有之一切細胞皆卵細胞間接分裂之產物，即卵細胞之後嗣，所以每個體素細胞皆有兩副染色體，一單副為父系染色體，一單副為母系染色體；並且原始種細胞亦是卵細胞間接分裂之產物，所以亦有兩副染色體。待種細胞成熟，細胞內之染色體必發生聯會：即是父系與母系之相等染色體互相配合為偶。不過此成熟種細胞（精祖細胞與卵祖細胞）內之染色體，雖然聯會，時間極暫；因為當成熟之過程上，父系染色體與母系染色體互相配合之各各聯會配偶（Synaptic Pair），不久之後，勢必互相分離（父系之染色體與母系之染色體，雖然可以照舊分組，但機會極少），分別編組，遞與各女胞，此亦即因子自由分離與自由分類之機會也。所以每個成熟種細胞（即配子）各攤分每一對染色體中之一員，且其所分得染色體數額，亦祇等於合體之半數。



第 329 圖 指示配子內之單副染色體或因子，配成合體後即變為全副，於是各體素細胞與各原始種細胞成有全副染色體。當聯會時期，染色體或因子又自由分離或自由分類而成配子。圖內之四對染色體或因子 (Aa, Bb, Cc, Dd)，可以產生十六種配子。配子，Gamete；合體，Zygote；體素細胞，Body cells；原始種細胞，Primordial germ cells；聯會，Synapsis；相同染色體配合，Homologous chromosomes paired。

(參考第 297, 329 圖)

前面已經假定：代表各對交互性質之因子，當雜種體組成配子時，必互相分離，所以每個配子祇攤分每一對相稱性（因子）中之一員。即是：一個雜種體代表合體時各對相等之因子必互相會合，配子組成時，各對相等之因子又互相分離。凡此種種現象，皆從細胞方面研究所得。染色體之行動與因子之行動，兩者平行，始終一致，因為在精蟲之組成程序上或卵子之組成程序上，染色體聯會以後，每條父系之染色體皆與母系相等之染色體分離。父系與母系之相等染色體上

自然有相等之因子，（即相稱性），當配子組成，相等染色體互相分離，因子位於染色體上，當然亦隨之分離。

更有進者，在二性遺傳方面，例如豌豆之黃色，平皮因子與綠色，皺紋因子遺傳之模樣，顯示黃色因子與平皮因子各各獨立分佈——「自由分類」，因為黃色因子平皮因子與綠色因子皺紋因子有種種可能之配合也，由此可知色素因子（黃色）與形態因子（平皮）不是一對相等染色體上，乃各在不相等之染色體上。再者，隨聯會之後，各各配子祇攤分每一對相等染色體中之一員（單副染色體），但此單副染色體不需要而且極希罕全部屬於父系者或母系者。（參考第 321, 322, 320 圖）

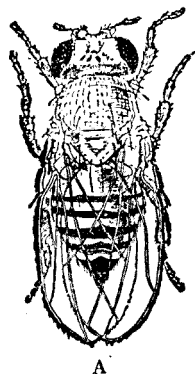
簡言之，當雌雄配子接合為一合體時，兩方各貢獻一羣相等之因子，結果由合體所發軔之個體則有兩羣相等之因子。雌雄配子同時亦貢獻兩羣相等之染色體，所以合體，即新個體有兩羣相等之染色體。是故染色體與性質（因子）兩者在配子內皆屬奇數，在合體內則變成偶數。因子與染色體既然取一致行動，此乃一正面證據證明染色體確由種種代表性質之因子組成，染色體不啻為遺傳之基本物質；分離與復合現象，亦是確切之事實。為實事求是起見，讀者可詳細參考第一六〇圖與一八七圖中之 A, B, C, D, 與 a, b, c, d, 對於因子行動或染色體行動，自有極滿意之解釋。

現在換一面討論。許多代表性質之因子皆在同一染色體上，因現在同一染色體上，所以照理應當始終羣聚在一起。並且每個個體上染色體之數目總比性質之種類少，例如吾人（男女一樣）有二十四對染

色體，吾人之性質則多至不可勝數，就此一點而論，亦足證明因子有羣聚之趨勢。所謂因子羣聚，乃指某某數種因子不分別遺傳，不自由分類，不像豌豆之黃色因子與平皮因子可以自由分離，即是兩種或兩種以上之性質始終總在一起而遺傳也，事實上，已經有極豐富之例案表示性質羣聚而遺傳。性別與伴性性質 (Sex linked characters) 之遺傳程序，可使此點明朗化，同時對於兩性之判定 (Determination of Sex) 亦得事實上之解釋。

一 兩性之判定 Sex Determination

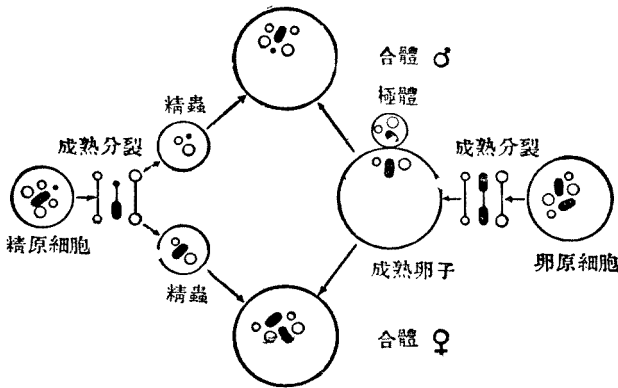
雄性動物之體素細胞內與種細胞內之許許多多染色體，在成熟分裂之前，其中常有一對相等染色體 (聯會配偶) 形態上與體積上彼此均有顯著之差異。例如，聯會配偶，假定一個為 X-染色體，與其他通常染色體大略相似，其配偶，即以另一個，稱為 Y-染色體，其形態，體積，與 X-染色體完全不同，或比 X-染色體小，在某數種動物，則完全缺如，惟雌性動物身上，不論體素細胞內或種細胞內，各有一對相等之染色體，稱 X-染色體。所以雄體各細胞內擁有一對 X-Y 染色體，雌體各細胞內擁有一對 X-X 染色體。由此觀之，兩性中間染色體之差異，X-染色體似乎大有判定



第 330 圖 A, 果蠅 (*Drosophila*); B, 雄體與雌體之染色體: X-X=雌體, X-X=雄體。(由 Bridges)

性別之權力，根據觀察事實，更證明斯言之不謬。（參考第 330 圖）

當精蟲之組成過程上，隨染色體聯會後之成熟分裂，聯為配偶 (X-Y) 實行有規則之分離，所以結果有兩種不同之精蟲：半數精蟲分得 X- 染色體，半數精蟲則分得 Y- 染色體。更有進者，在卵子組成之過程上，成熟分裂以後，每個細胞皆自 X-X 配偶分得一個 X- 染色體，所以每個成熟卵子皆有一個 X- 染色體。如前所述，吾人身

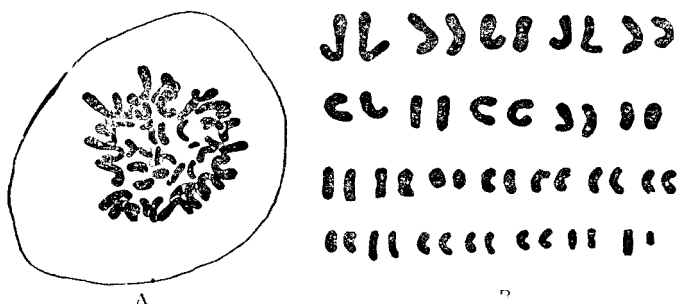


第 331 圖 解釋受孕作用時，兩組精蟲與卵子之關係。圖左指示雄配子之組成，圖右指示雌配子之組成；一個已經受精之卵子，為雄性合體或雌性合體，圖之中央表示之。假設全副染色體為六個。大黑點代表 X- 染色體，小黑點代表 Y- 染色體。合體♂，Zygote；合體♀，Zygote；精蟲，Sperm；極體，Polocyte；成熟分裂，Maturation division；精原細胞，Spermatogonium；卵原細胞，Oogonium；成熟卵子，Mature egg。

上每個細胞皆有四十八個染色體；男人有四十六個通常染色體與一對 X-Y 染色體，女人有四十六個通常染色體與一對 X-X 染色體。換言之，每個成熟卵子有二十三個通常染色體與一個 X- 染色體，精蟲則分為兩種，一種有二十三個通常染色體與一個 X- 染色體，一種有二十三個通常染色體與一個 Y- 染色體。（參考第 331, 332 圖）

因擁有 Y- 染色體之精蟲與擁有 X- 染色體之精蟲數目相等，故就大體言之，卵子與前一種精蟲或後一種精蟲發生授胎作用之機會絕對相等，結果總是半數合體具 X-X 染色體，半數具 X-Y 染色體。同時預示前一種合體將發展為雌體，後一種合體將發展為雄體，因雄體之體素細胞內祇有一個 X- 染色體，雌體之體素細胞內則有二個 X- 染色體故也。

據此而知，大多數動物，包括人類在內，雌雄性別皆在受精時期始行判定；並且判定兩性之機構，與決定遺傳之性質一樣。此外，複數因子亦參預其事，因個體性別最後決定端賴 X- 染色體上某某因子與通常染色體上之因子之連合行動。個體在尋常情況之下正常發展，及其發展步驟，X- 染色體上之因子必發揮一種平衡力量，包括激動

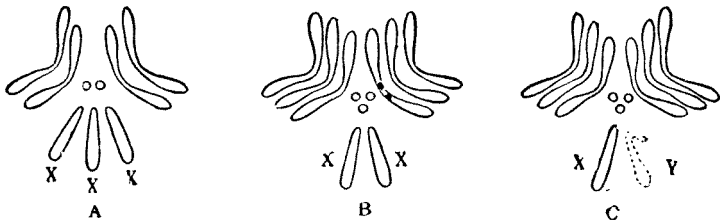


第 332 圖 A, 人類之精原細胞 (Spermatogonium) 內之四十八個染色體；
B, 染色體有規則之排列以表示二十四聯會配偶 (Synaptic mates).
X-Y 染色體在下面右角。(由 Painter)

素，營養素，及種種環境之作用，與相互作用，而決定成年個體之性別。

但非常之例案亦不少，特別在下等動物中，有正常之個體亦有畸

形之個體。例如吾人發見中性 (INTERSEXES) 動物，同一個體上顯示程度高低不一之雄性特徵與雌性特徵。此種中性個體之產生，多由遺傳之基本物質，即染色體有不正常之數目存乎其間，於是 X- 染色體與尋常染色體之平衡力量被推翻而然，果蠅乃一極好例案，予讀者以明白之解釋。有時個體內之激動素，亦能影響兩性之特徵，牛類中孿生不孕之牝犢 (Free-martin)，本係一完整雌體，染色體之程式為 X-X，當胚胎發展，其血管與其孿生雄體相通，因血液之循環，及雄體激動素之早現，乃由雄體流入雌體，遏止雌體性器官之發展，卵巢成管狀組織，近似睪丸之機構，性之附屬器官，亦隨雄體之發展而發展。兩棲類中之蛙，當胚胎發展之早期，因受環境之影響，乃發生性別顛倒 (SEX REVERSAL)。最後，成年動物，性別亦可顛倒，



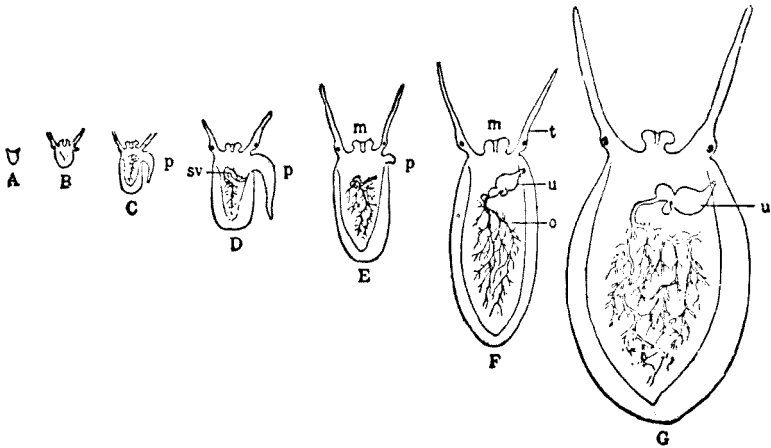
第 333 圖 果蠅之性別受 X- 染色體與其他染色體平衡所發生之影響。
A, 超性雌蠅 (Super female); B, 中性果蠅 (Intersex);
C, 超性雄蠅 (Super male)。參考第 330 圖。

例如牡蠣之性別，有時按期更換。凡此種種事實皆與性別分化之原理大相逕庭，而鄭重指摘性別最後之判定，實由多種因素共同表示之。

(參考第 333 圖)

二 羣聚 Linkage

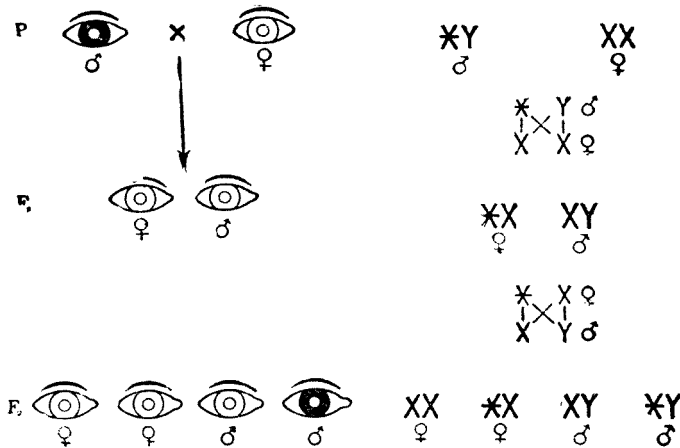
前而已經述過，調度性別之機構與決定各種性質分布之機構一



第 334 圖 軟體動物 (Mollusc) 中之舟螺 (*Crepidula nummaria*) 有性生殖代一連串，顯示雄性生殖系統較雌性生殖系統先發育並形成。(由 Coe)
 A, 孵化後幼蟲; B, 早雄性期; C, 幼穉有生殖力之雄體; D, 壯雄體; E, 變遷或轉移個體; F, G, 雌體期; M, 口 (Mouth); O, 卵巢 (Ovary); P, 陽具 (Penis); sv, 貯精囊 (Seminal vesicle); t, 觸角 (Tentacle); u, 子宮 (Uterus) 與受精囊 (Seminal receptacle)。

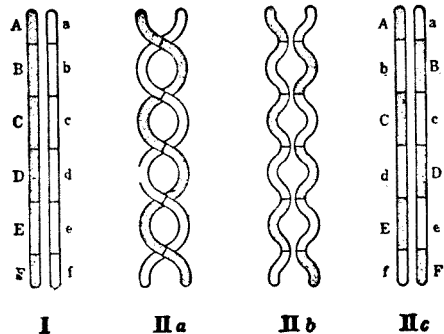
樣，據此可以推想，X- 染色體上亦必擁有發展他種性質之因子。事實上，有幾種性質，遺傳之局面，亦祇有此種假定可以解釋之。又此種性質，因假定其在 X- 染色體上，所以通常稱為伴性遺傳 (SEX-LINKED INHERITANCE)。前而所述，離間性別本題，現在不妨舊事重提，即專論性別與性別有連帶關係之因子。

吾人之伴性遺傳性質，最顯著者，當推色盲病 (Color-Blindness)，與血友病 (Hemophilia)。就病狀而言，患色盲者不能分別紅與綠兩色，患血友病者；血液不易凝固，雖輕微損傷，亦出血難止。此兩種疾病，有遺傳特性，早為眾所共知，並且具十字記號 (即 × 記號，表示 X- 染色體上擁有某種遺傳性質也)。色盲因子若自父傳至其女，



第 335 圖 解釋男性色盲(Color-blindness)之遺傳。一個患色盲之男子(以黑圈表示之)之色盲因子可以由其女傳遞)而有半數男孫患色盲。* = 帶色盲因子之 X- 染色體。

親女仍健康如常人，惟其男孫必有半數患色盲者；母親患色盲，其女不至色盲，但其子必全數色盲。設父母皆色盲，其子女亦必患色盲。按其遺傳向性，可知色盲因子必在 X- 染色體上；所以男子色盲，色盲因子必自母親傳下，女子色盲，色盲因子則由兩親傳下。如前所述，色盲男子，必具異性色盲因



第 333 圖 解釋父系與母系 (Paternal 與 materna!) 之相同染色體 (Homologous chromosomes) 當聯合時如何發生交切 (Crossing-over)。染色體上各短節表示因子之連串排列，其相稱因子 (Allelomorphs) 排在相對稱之位置。I, 一對染色體互相配合而未交切時之情形；IIa, 一對染色體互相交切時之情形；IIb, 兩個染色體在交切點或折分開後之情形；IIc, 兩個染色體聯合各對相稱因子互相交換後之情形。(由 Wilson)

子，色盲女子，必具同性色盲因子。女子具異性色盲因子，仍能識別紅綠之色，一如常人，但此女無異一色盲傳達人，因此女所產生之配子，其中有半數必含色盲性質。由是而知色盲女子總是不如色盲男子之普遍。（參考第 336 圖）

色盲病與血友病，兩者皆可運用以解釋同一染色體上有互相連帶而不同之種種因子；並且個體長大時，種種性質亦表現出來，同時亦使吾人明瞭，不論何種性質若在 X- 染色體上，皆不能自父傳於其子；在遺傳立場上，即能遺傳，其機會亦微乎其微，所以男子直屬之後嗣，伴性遺傳性質，必逐漸消滅。

三 交切 Crossing-over.

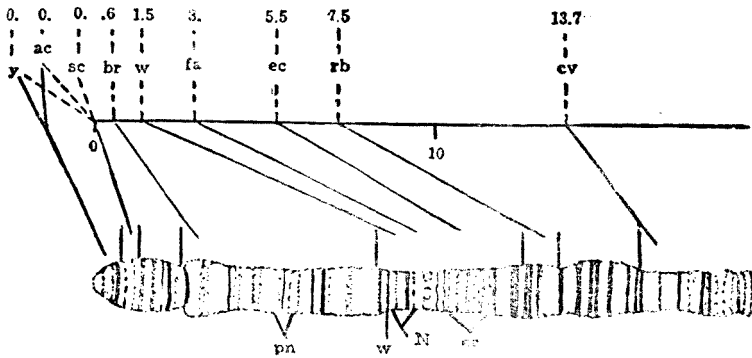
雖然，讀者應當明白，許多連累之因子若在同一染色體上，此條染色體則無異因子之羣聚地；但並不是謂羣聚之因子，永無分離之機會。相等之因子（相稱性）當聯會時，因聯會配偶（相等染色體）常常相互交切（CROSS OVER），於是本來羣聚於同一染色體上之因子，不得不分道揚鑣，而與另一聯會配偶（染色體）上之因子羣合作。染色體一旦發生交切，染色體上之因子勢必互相交換，因子又恢復其自由分離之權利；並且照此說法，可知遺傳機械，即染色體，富於撓性。（參考第 336 圖）

因子交換不獨在遺傳方面佔極重要之地位，染色體交切同時供給遺傳學家一測量機械以測定因子在染色體上所處之位置及交互距離。學者已經發見，一條染色體上兩個因子間之距離與因子之交切率成正比，因子交切或交換必在染色體聯會時期；兩個因子之距離愈遠，

交切率愈高，距離愈近，交切率愈低。如前所述，如果運用豐富之繁殖實驗，則可以構造染色體輿圖 (Chromosome maps)，根據因子交切率而決定染色體上因子之位置。最近自菓蠅唾腺 (Salivary gland) 中特大細胞檢察知菓蠅之因子，其中六百餘種已經測定而繪在染色體輿圖上，總數可能近五千種。(參考第 337 圖)

四 突變 Mutation.

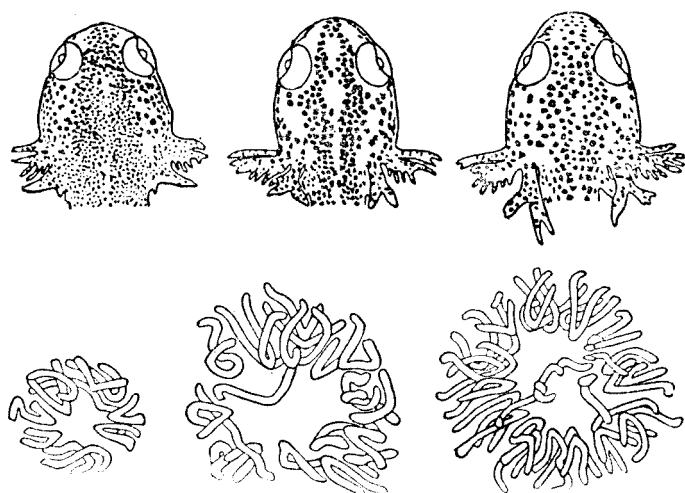
遺傳性質 (即因子) 分離之機會與復合之可能性，雖然大部分仰恃染色體之如何編組結隊與交切趨勢；但染色體上因子之越軌行動，



第 337 圖 染色體圖 (Cyto-genetic map) 菓蠅唾腺細胞 (Salivary gland) 中 X—染色體之尾段顯示幾種因子 (Genes)。ac, 無棘 (Achaete); br, 闊 (Broad); cv, 橫一無脈 (Cross-veinless); ec, 小刺 (Echinus); fa, 小眼 (Facet); N, 刻痕 (Notch); pn, 梅色 (Prune); rb, 紅玉色 (Ruby); w, 白眼 (White); y, 黃色體 (Yellow)。(仿 Painter)

不安於位，總稱突變 (MUTATION)，亦屬司空見慣。因子突變通常總是在種細胞成熟期前，或正常成熟時期，是故遺傳機構，亦即因子之原先分離程序與復合程序，被其阻撓，而發生非常變化。

就大體言之，突變可分為兩種，即染色體突變與因子突變；染色

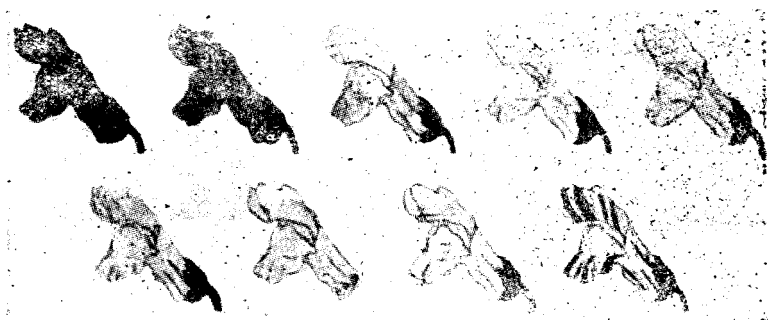


第 338 圖 水蜥 (Newt, *Triturus Viridescens*) 之單副，全副與三副 (Haploid, Diploid and Triploid) 染色體幼蟲 (Larvae) 與染色體數目。上排指示各種幼蟲體上色素模型；下排指示表皮細胞內染色體單副 = 11，全副 = 22，三副 = 33。(由 Frankhauser 與 Griffiths)

體越軌行動，配子內或合體內之因子羣自然發生改組，因子越軌行動，個體勢必發生變化。就豐富之突變材料中，隨便舉出數例，可以饜足目前之需要。

染色體異常(CHROMOSOMAL ABERRATIONS)。染色體異常即染色體突變之謂，包括三種不同狀態：染色體數額之變更，染色體之新布置，與染色體局部之更動。吾人已經發見多種事例，染色體超過正常組額(全副)，細胞中之染色體由單組遞加為多組，稱為多副染色體(PLOIDY)。多副之染色體在植物方面較為普遍，動物中雖亦有之，祇佔少數。小麥中吾人所熟識之亞種有七個，十四個，二十一個染色體者；七個為單副，十四個為全副，二十一個為多副染色體。

最近學者發見曼陀羅華 (Jimson weed = *Datura*) 有許多新種 (變種), 並追究新種之起源。其中一新種枝葉等皆比原種大, 且現出許多新性質; 細察其細胞, 而知新種不是擁有模範之十二對染色體, 而為二十四對染色體; 換言之, 原種有全副染色體, 新種有多副染色體。在動物方面, 葉蠅之模範染色體對數凡四, 新種則有十二個染色體, 比原種多一單副 (四個)。



第 339 圖 金魚草 (*Snapdragon*) 之九種花苞: 自左至右, 又自上排至下排, 花色由全紅, 淺紅, 淡紅至白地紅條紋, 受易變因子支配。(由 Sinnott 與 Dunn, 仿 Baur)

異性多副染色體 (HETEROPLOIDY) 代表染色體突變之另一式; 此種細胞通常除原有之全副染色體外, 另加一個, 有時或加兩個染色體 ($2N+1$, 或 $2N+2$)。例如葉蠅之染色體有所謂無分現象 (NON-DISJUNCTION) 者, 即聯會以後, 兩個 X- 染色體不相分離, 分下之二配子, 於是一個有二個 X- 染色體, 一個則完全缺如; 擁有兩個 X- 染色體之雌性配子與雄性配子接合, 結果合體內有九個染色體 (尋常合體祇有八個), 包括三對自動體, 兩個 X- 染色體, 一個 Y- 染色體。擁有 Y- 染色體之合體本為雄體, 因一個額外 X- 染色體之存

在，所以變成雌體，此種菓蠅，體積特別粗大，並且其遺傳程式與尋常菓蠅完全相反。（參考第 333 圖）

此外，染色體尚有種種變性，有時一條染色體突然中斷；斷折之碎片或附於其相等染色體上，或附於另一染色體上，結果一條染色體加長，一條染色體縮短，染色體上因子之位置與次序皆被推翻。例如有一族菓蠅，Y-染色體移置或轉移 (TRANSLOCATION) 於 X- 染色體上；另一族菓蠅，X- 染色體橫斷為二，其一附於另一條 X- 染色體上，此兩條 X- 染色體，乃變成長短不一，參差不齊。

染色體發生種種突變，情況雖然不一，因子復合之機會大大增加，則無可諱言。染色體突變，因子意外遇合，勢必發生種種新力量，而影響整個遺傳程序。

因子突變 (GENE MUTATION)。因子突變或由因子之排列次序更迭，或突然現出新因子，對於遺傳程序之變更，有最顯著之推動力。因子突變，大抵是物理——化學組成上之更迭所引起。通常凡遇突變，一對性質相同之因子，每次祇有一員突變，所以因子突變，位置非常限定，而且突變時間不是在種細胞成熟時期，即在成熟期前。雖則因子突變不是常有，但摩爾根 (T. H. Morgan) 及其同人埋頭苦究，十載辛勞，終自菓蠅方面發見四百多種突變性質，實驗室內所用之菓蠅，約略統計，何祇三千萬隻。此微小不受人注意垃圾桶內之菓蠅，經摩爾根及其同人研究之後，一變而成爲生物界之驕子，因其對於遺傳學問之貢獻，雖孟德爾實驗所用舉世聞名之豌豆，仍恐望塵莫及。能運用實驗方面之技術以解釋遺傳現象之原理，當推摩氏爲第一人，

無怪乎當年諾貝爾獎金 (Nobel Prizes) 委員會公推摩氏 爲受獎人。

菓蠅之白眼 (White-eye) 或可推爲最負盛名之突變因子，因白眼乃最先所被發見者。白眼菓蠅之祖先爲純種紅眼，白眼菓蠅突然出現，當然出於突變，當初祇有一隻，經過繁殖實驗，乃成立爲一新種。根據遺傳材料而推算，似乎染色體與圖上某一條染色體，紅眼因子之據點突起變化，於是發展爲紅眼性質者一變而爲白眼性質。運用所謂「變點」 (Point changes)，即因子之據點變化之意，在節制實驗生殖之下，學者又自多種植物與動物，發見同樣之事實。

學者現在明白，以上各式突變皆由種細胞之細胞核內部發生改組所引起。細胞核一經改組，遺傳物質當然隨之發生變化，遺傳物質驟變，遺傳性質勢必受其支配而變異。染色體錯列，可以輔助以推斷染色體上因子之成分，又可得而知染色體與因子關係及所發生之新關係；因因子突變，染色體之本質必有一番改造，換言之，染色體突然改



第 340 圖 羊之突變 (Mutation in Sheep) 左爲安科種牝羊 (Anton ewe) 類足，其母親在右具異性合體 (Heterozygote) 正常足。(由 Landauer)

造，染色體上之因子乃起變化。此外因因子突變而置合體於死地；其事例正不少，或者佔絕對多數；許多同性之突變因子，不可以配合，若在合體內相遇，合體早晚必夭折；所以凡同性之因子，配合而足置個體於死地者，總稱為夭折因子 (LETHAL GENES)。另一方面，許多突變性質若能在新個體上得其立足地，即可以繼續傳於後嗣，此即進化學家所盛倡之「演變傳遞 Descent with change」，藉以解釋物種之起源。

最後，應當附帶數言，突變現象並不專限於種細胞，體素細胞亦有極普遍之突變現象。體質突變 (SOMATIC MUTATIONS) 雖亦包括因子突變與染色體突變，但不論如何，終是發生於成年之個體上，故有性生殖之個體，體質上突變絕對不能傳至種質，因之無遺傳之價值；惟許多植物，專賴插木或接枝而繁殖，體質突變，當然可以傳遞於新個體。所以園藝家常利用接枝方法，選擇母樹上突變之枝幹而產生優良之菓實者，連枝折下隨意接於他樹上，以廣繁殖。

近代學者認識細胞核之改組為突變之起因，乃一重要發見，但細胞本身為何臨時發生變化，則不得而知。雖然，此種問題最近從實驗方面已經有驚人之發見，即運用人工突變 (INDUCED MUTATION)，所謂人工突變乃置某種動物或植物於非常環境之下；例如，X- 射線，鐳射線 (Radium light) 之沖刺，或加以熱力，動物與植物之種細胞皆受影響而發生意外變化。如前所述，動物與植物之突變，可以人工控制，加諸種細胞之刺激，亦可根據實驗事實而闡明之。所以學者主張，有機進化，突變乃一主要因素。

己 天然與養成 Nature and Nurture.

個體上遺傳性質之變遷，一部分雖則由突變而掀起，不可預測；但個體上大部分遺傳性質，皆有一定遺傳程序。用一種比較抽象之文字以表示之：每個個體皆擁有其種族所應有之遺傳性質，所以一個個體可比一個百色眼鏡；生物執行生殖，特別種細胞之成熟分裂，包括因子自由分離與因子自由分類，繼以授胎作用，則百色眼鏡又換一個新面目。

有機體之生命，可以隨境變遷——不斷發生反應，如是則養成力量對於遺傳性質亦可以左右一切，將個體加以修飾。事實上每一種性質之發展，一方面依靠遺傳之因素，一方面則賴環境之淘薰，兩者缺一不可。許多性質，世代相傳，極有系統，乃遺傳因素保留固有之本能，而環境亦維持常狀也。另有許多性質，潛能雖然存在，惟不能發展，除非巧逢其所需要之環境情況。

將不可分離之遺傳潛能與環境力量，加以析別，權其輕重，乃遺傳學上一種最重要而又最困難之問題。特別在人類方面，個體發展，乃一種行爲，孩兒之智力與身體，可以發展達到何種地步，不是遺傳性質可以擅自決定，亦不是環境可以支配全局，乃兩者交互作用之結果。（參考第 341 圖）

雖則吾人不能享受祖先所受之教育與處世閱歷，乃確鑿之事實，但吾人仍世襲祖先之習慣，則又無可諱言——每代皆自其祖先智力基礎上與物質基礎上建築起來——所以後代子孫，一方面繼承其先人之

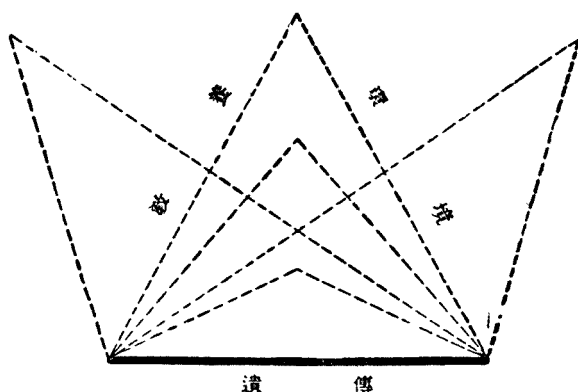
遺產，一方面增加本身之責任與機會。科學方面，已經有某種專門學問，用以鑑別各人之本能，使之盡量運用。故所謂「社會遺傳 Social heredity」提倡：人類應當克服其保守性，復不覺更天然之遺傳性。改良人生學者 (Euthenist) 特別注重養成，優生學家 (Eugenist) 則注重自然。改良人生學者與優生學家之主義雖然不同，其目標則一；但吾人一定相信，吾人通曉有機體上之遺傳物質，並不是為個人問題，吾人有更遠大之目標——卽是如何使整個人種永久進步，此種工作惟有優生學家可以擔任之，優生學卽是研究人類如何優生之科學。（參



第 341 圖 一玉蜀黍之亞種——leaning dent：左邊顯示各株間之距離稀散，右邊顯示各株間之距離過於稠密，生長乃受其影響。圖中左右兩邊之玉蜀黍為同一亞種，有相同之遺傳性質，因環境之不同，個體後長大受影響，於是生長不齊。（由 Blakeslee）

考第 342 圖)

自遺傳性與習得性明白劃分之後，使一般人皆存「達人知命」觀念，以為一切皆聽天然支配，此種思想，在某範圍之內，亦有幾分理由。「不論如何，吾人總不能離開天賦性質。就另一方面言之，遺傳機構在有機體上雖然變化極慢，但每個個體皆有變化趨勢——變化之單位；此亦即人類之特有秘密，因為人類遭受物質上與精神上之影響，無異於體外遺傳，凡此種種皆可矯正內部之有機遺傳。」由是而知人種之改良問題包括兩點：第一，個人修養之效能，雖不能遺傳，但世代經過訓練，勢必逐漸累積；第二，種族改良，採取良種而交配，乃最上乘之方法。



第 342 圖 圖示個體之成就受天然與養成兩方面之支配。圖中之三角形代表各種個體，雖有同樣遺傳性質，惟所受教養與環境不同；而互相歧異。三角形之基線代表遺傳。（仿 Conklin）
遺傳，Heritage；環境，Environment；教養，Training。

將吾人自遺傳方面所得之學問與所考察之事例，下一結論：第一，吾人有十足可靠之事實，證明遺傳基礎實建於種質上而不是在體

質上。任何一種性質之遺傳，種細胞內必有一個或數個因子代表之；環境條件對於各種性質發展之可能力量，亦不可忽視。第二，體質上之化變，即習得性，絕對不能傳遞於種細胞，所以習得性不能遺傳；即習得性遺傳之信徒，亦不能供給證據，無從解釋習得性遺傳之路徑。第三，遺傳性質之基礎，即因子，每個可以當作一個單位。染色體乃因子羣集中地，當個體產生配子時，則開始自由分離與自由分類，所以父系所貢獻之物質與母系所貢獻之物質皆經過重新調整，而有種種可能之配合。最後，突變可以使因子之組成方面增加變化，遺傳機構同時亦更趨複雜，由是生物變異之機會提高，演變傳遞之由起也。

第二十五章 生物之適應

Organic Adaptation

每個生物堪比一位適應專家，生物如果不能適應，何能稱得起生物？——

Thomson and Geddes.

生物畢生之生活現象，端賴原生質之物理化學作用所產生之「能」以維持之，所以此種「能」加諸生物身上所引起之生理變化或構造變化，皆是改變生物之新陳代謝程序；換言之，有機體之感應，實際上乃一新陳代謝問題。此種基本事實，雖則非常重要且必需明白認定，但今日之生物科學並不是運用此幾個基本名詞，即可以解釋生物之感應作用，所以吾人單舉出幾個例案，就足以解釋生物感應之事實；譬如生物個體內部，或外部，與周圍環境所接觸所發生之感應，有立刻自動調整之能力，此即謂之為適應；而且此種適應力量超過一切生命上特徵，生物有適應之本能，故雖最簡單之個體，與無機物質比較，亦有極顯著之區別。

生物如此善於應付大自然內之環境，真令人驚奇不置，惟不可為眼前之事情所矇蔽而忘却環境本身亦有其交互適應作用，引亨德孫 (Henderson) 之言曰：「不論水，碳酸 (H_2CO_3)，及碳，氫，氧三元素之種種混合物，皆各有非常純一，或幾乎純一之性質，……大自然內從未發見他種元素可以構成他種簡單成分，反言之，缺少水與碳酸，鮮能造就更適合於生物之環境，或另覓一適應路徑以推進生命之

複雜特性，耐久特性，與有機性之機構，代謝作用。」

甲 環境適應 Adaptations to the Physical Environment

生物與環境間之相互關係始終存在，並且先要明白，環境千變萬化，無固定特性。千變萬化亦即自然界之應有現象，是故生物之感應——應付千變萬化之環境——即最惹人注意最不可缺少之適應機能。

一 生理上之適應 Adaptations Essentially Functional

環境變遷有不可思議之複雜，以爛草浸液中之小世界而論，所揭示之形形式式現象，堪與一組百色眼鏡相比擬；不過儘管環境千變萬化，必有某種普遍情況，不然，生命則不能存在。所謂普遍情況乃食品原料，包括水與氧氣，及一定之溫度與氣壓。（參考第 20 圖）

食物 (Food)。吾人稔悉，食物實代表有生命物質之新陳代謝過程上所需要之「質」與「能」之惟一來源。並且生物賴此以組成原生質之種種元素必需完整齊備，不能缺少毫釐。所以凡屬原生質皆擁有十餘種主要化學元素，而且缺一亦不可；更有進者，原生質乃一膠狀混合物，故水分居中擔任要角，如果原生質內未有水分參加，則生命之程序將無法維持下去。照古諺所云：此物可為君之營養品，而在我視之，則無異一種毒素，意即各種生物因生理機能之不同，所需要之食物頗不一致也。一切生命有共同必要之「食物成分 Food-elements」，雖確是事實，但種種元素必需有廣泛無限不同之配合，以適合各種生

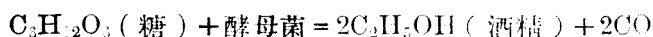
物形形色色不同之代謝作用。

動物，綠色植物與非綠色植物營養之不同，前而已特別陳述，自然界之元素如何被三大類生物利用而交互輪迴，亦曾經提過；故祇牢記此種事實，則以下所提出各種特殊事例，以說明某羣生物在特殊情況之下，如何適應而生存，不至疑惑。硫生菌 (Sulfur Bacteria) 與酵母菌所需要之環境可引為例。(參考第 17, 18 圖)

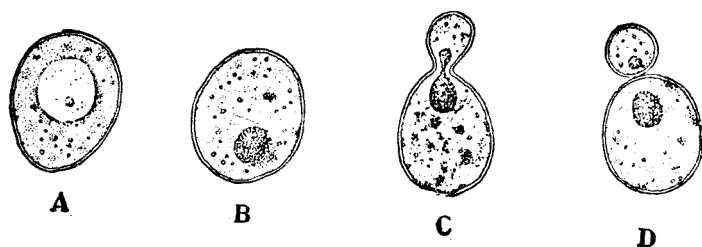
硫生菌代表「自力營生菌 Autotrophic Bacteria」類中一小部分，能自無機物質中直接取得潛能，自行製造食品原料，所以不需要陽光之輻射能。硫生菌通常生於含硫化氫 (Hydrogen Sulfide) 之水中，利用氧化力量，攝取硫化氫中之游離硫質，化爲微粒，而儲藏於原生質內。隨後再度經過氧化，微小之硫粒，又化爲硫酸 (Sulfuric acid)，硫酸最後變爲硫酸鹽，排出體外。如是，硫酸氣體幾乎爲一切生物一種有害之毒氣，但硫生菌則不獨應付自然，且爲其生活過程上所不能缺少。

酵母菌代表一大羣非綠色植物，體積微小，非在顯微鏡之下，不得見之；對於有機混合物之單純化 (Simplification) 佔一重要地位。一鎊重「啤酒酵母」大約有五十萬萬酵母菌細胞。酵母菌不具葉綠素，當然亦不能營光化作用；酵母菌雖然亦是非綠色植物，但並不自生質精中攝取所需要之氮素，乃自比生質精較簡單之有機物質中攝取氮素。吾人討論酵母菌之真正目的，乃關於酵母菌之代謝作用所引起之化學變化——將酵母菌所在之媒介物中之糖質化爲酒精與二氮化碳。至於醱酵程序 (Alcoholic Fermentation)，可用下列之方程式表示

之：



酵母菌所引起之化合變化，亦不難解釋。當酵母菌不能獲得充分之空氣給養，乃依賴糖質之分解作用，游離碳素與氧素重新化合為二氧化碳時，從中吸收所需要之「能」。就酵母菌之立場而言，糖質之殘餘分子化為酒精，祇可算為一種偶然不可避免之結果，並非其主要動向。就廣義方面言之，酵母菌之酵素活動所產生之廢物，在自然界內有機混合物之單純化作用，實佔最重要之一頁，吾人利用酵母菌種種破壞之力量及其產物——酒精與二氧化碳，供給許多用途。（參考第 343 圖）



第 343 圖 酵母細胞（高度擴大）。A，指示粒狀細胞質，與一大空胞；B，指示細胞核；C，指示芽體；D，指示母胞與完全分離之芽體。

如是，則酵母菌與大多數細菌及一部分寄生動物一致，可以不必依靠游離之氧，將含氧之物質之分子分裂，或使原子重新佈置，而攝取所需要之「能」。事實上，某某數種細菌，不獨絕對不需要游離之氧，甚至氧氣存在，而有殺身之禍。凡不需氧氣之生物，總稱為嫌氣生物 (ANAEROBES)。嫌氣生物中最顯著之例，當推 *Clostridium*

tetani; 俗稱破傷風桿菌 (*Bacillus tetani*); 破傷風桿菌在泥土塵埃中處處有之, 若鑽進人畜之纖維內, 必發生破傷風 (Tetanus 一名 Lockjaw) 病症。

熱力 (Temperature)。原生質之活動力雖然受熱力之支配, 但化學——物理程序並不完全受其限制, 不過各「種」不同生物。其生理機能皆有其最適宜而不同之溫度。大多數生物, 其標準溫度 (Optimum temperature) 皆在攝氏二十至四十度 (20°C — 40°C) 之間, 寒帶無熱帶

之生物, 則當作例外, 因其

能耐受非常之熱力也。事實

上, 生命可以生存之最高溫度,

與最低溫度, 皆無標準,

不能肯定, 因有幾種原生

動物在溫泉內仍能繁殖,

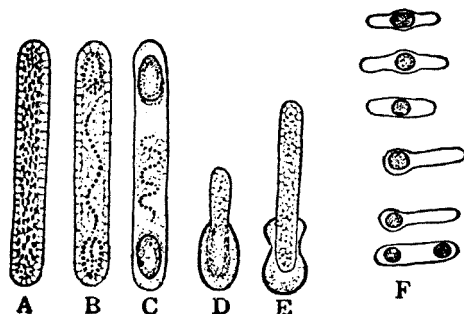
溫泉之水, 最少亦在攝氏五

十度以上; 尚有幾種原生動

物, 溫度雖降至冰點, 亦能

生存。

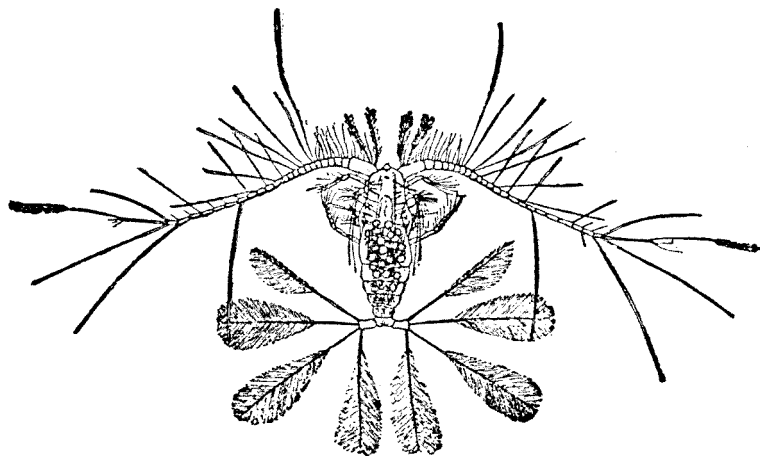
大多數下等生物, 例如細菌與原生動物, 在最不適宜之環境下, 反而特別活動; 或產生各式各樣保護囊, 將自身包藏於保護囊之內, 而暫時處於休眠狀態, 維持生命之新陳代謝程序, 則減至最低限度。當此孢子時期, 或被囊時期, 下等生物可以抵抗非常乾燥與非常熱力; 設在活潑生活過程時, 生命早已遭受其害。所以有幾種細菌, 雖



第 344 圖 A—E, 桿狀菌——*Bacillus butschlii* 種: A, 細胞結構; B, C, 孢子組成; D, E, 孢子萌芽; 桿狀菌各式孢子之組成。(由 Smith 等; A—E, 仿 Schaudinn)

在冰點二百度 (-200°C) 以下，可以活至六個月，在冰點二百五十度 (-250°C) 以下，亦可以短期倖存。一部分細菌，雖置之於攝氏一百四十度 (140°C) 之非常熱力下，亦不至有殺身之禍，仍能死裏逃生。
(參考第 344 圖)

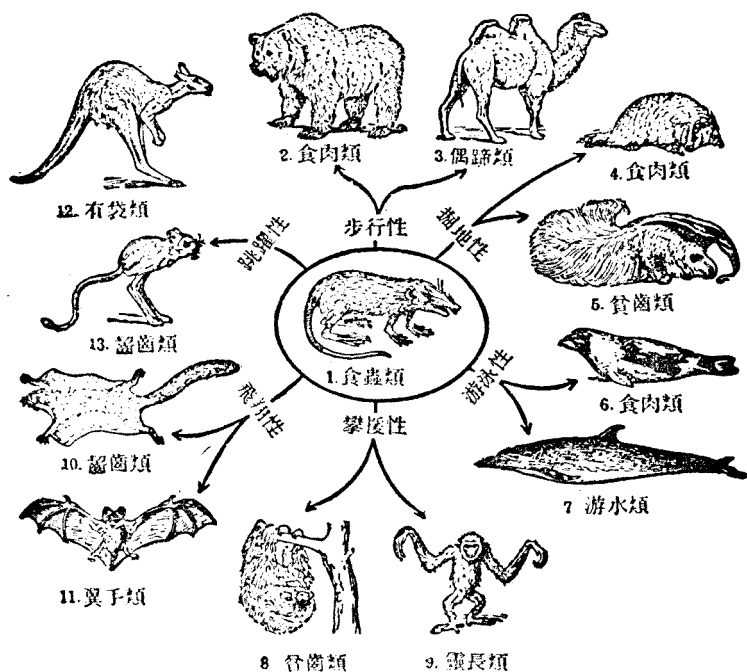
吾人亦明白，絕大多數生物之生命，完全操於周圍環境之手。最高等之脊椎動物如鳥類與哺乳類則算作例外，因鳥類與哺乳類咸稱溫血或恆溫動物 (Homothermal animals)，擁有極複雜之體構以維持一定之體溫，例如吾人之體溫為攝氏三十七度 (37°C) 或華氏九十八度六 (98.6°F)。



第 345 圖 一微小水甲殼動物 (Crustacean)，橈脚類 (Copepod)，具極發達之剛毛 (Setae) 稱漂浮芽 (Flotation processes)。(仿 Giesbrecht)

此種調度熱力之機構，可以說在脊椎動物之進化過程中，可以代表其精巧經營與最後之精華苔萃；調度熱力之機構，事實上魚類已經樹立基礎。哺乳動物之皮層中，調度熱力之機構，乃一隔離組織，即

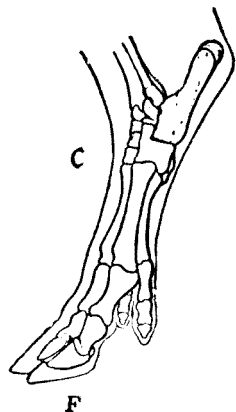
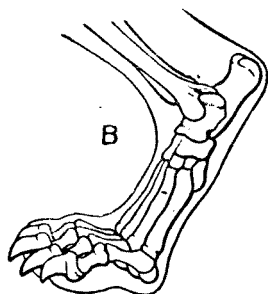
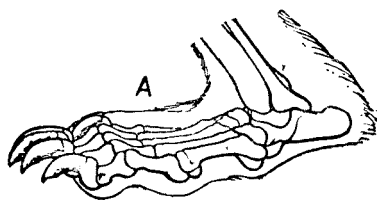
閉合之血管系，功能迅速執行氧化作用，調度內分泌及各種腺之產物，並且提高肺臟與皮膚之蒸發面積。另一方面，血管系且可當作「營養神經與調度神經『Tropic' and 'temperature' nerves』，調濟中



第 246 圖 哺乳動物 (Mammalia) 之平行進化與適應上之輻射分歧。(由 Hegner, 仿 Newman 等) 步行性, Walking; 掘地性, Digging; 游泳性, Swimming; 攀援性, Hanging; 飛翔性, Flying; 跳躍性, Leaping; 1, 踝尾獸 (Gymura), 食蟲類 (Insectivora); 2, 熊 (Bear), 食肉類 (Carnivora); 3, 駱駝 (Camel), 偶蹄類 (Artiodactyla); 4, 獾 (Badger), 食肉類 (Carnivora); 5, 食蟻獸 (Anteater), 貧齒類 (Edentata); 6, 海豹 (Seal), 食肉類 (Carnivora); 7, 鯨 (Dolphin), 游水類 (Cetacea); 8, 樹懶 (Sloth), 貧齒類 (Edentata); 9, 長臂猿 (Gibbon), 靈長類 (Primates); 10, 飛狐 (Flying Squirrel), 齧齒類 (Rodentia); 11, 蝙蝠 (Bat), 翼手類 (Chiroptera); 12, 袋獸 (Kangaroo), 有袋類 (Marsupialia); 13, 跳鼠 (Jerboa), 齧齒類 (Rodentia)。

樞等等。血管系之複雜結構，所以輔助其擁有者對其周圍熱力保留獨立態度，不受支配，由是而得自由行使其個體上種種機能，以適合生活過程上之需要。事實上，吾人居於一個又乾又熱之密室中，經過相當時間，在此種環境之下，一塊排骨幾乎亦已燒熟，而吾人仍不受傷害者，乃全賴此調度熱力之機構也。吾人之腦髓細胞，如果像魚腦或兩棲類之腦之能隨溫度之高低而變熱變冷，則吾人必絕對不能執行高等官能。

氣壓(Pressure)。生物之代謝作用，與尋常之化學程序有相似之處，亦受周圍氣壓之支配；所以不論水中氣壓或大氣中氣壓，對於生物之生活機能上，佔一重要地位。吾人發見處於深海之生物，所受壓力非常重，每一方寸面積，即等於數噸重量，因其慣受如此重大壓力；如果迅速提到水面，壓力減



第347圖 哺乳動物四肢之姿勢
A, 蹠行肢 (Plantigrade); B, 趾行肢 (Digitigrade); C, 蹄行肢 (Unguligrade)。 (由 Lull)

輕，個體勢必裂開粉碎；另一部分遠離水平面高原之生物，所受氣壓，則非常輕微。再者，高等脊椎動物因擁有應付氣壓之機構，故氣壓變更，可以不至完全受其支配。

上面所舉各例，已足使吾人重視環境情況與生物生存攸關；換言之，生物之生命，全部託付於環境條件上。並且指示在此廣泛之範圍內，生物各自適應其特別環境，自然界內可謂到處皆有生物之立足地。

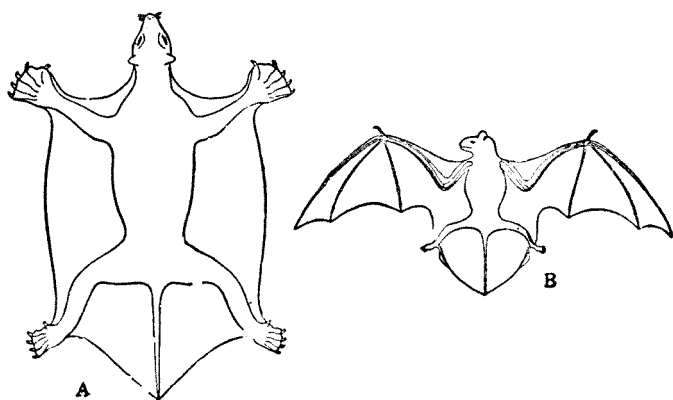
二 構造上之適應 Adaptations Essentially Structural

現在吾人應當抱遠大眼光，將生物構造方面之適應檢討一遍。假定生物個體，各各皆有天賦之可塑性。然而，生物生理上之適應與構造上之適應，不容劃清界限，因生物之生理與構造，有連帶關係，不斷交互發生作用，以維持其最適宜境遇。

哺乳動物放射性之適應 (Adaptative Radiation of Mammals).
單就哺乳動物一綱而論，因必需適應種種不同之環境情況，個體構造乃發生重大變化，以原始式之體構為中心，不難發見哺乳動物之體構，如何各要隨其生活狀況於地域分布而分別特化，形成輻射分歧。裸尾獸 (Gymnura) 乃馬來亞之特產，一種食蟲動物，與猬 (Hedgehogs) 為近族，而屬於有胎盤之哺乳動物，其體構可稱為陸棲哺乳動物之最原始式者，亦即哺乳動物輻射分歧之中心。裸尾獸具極短之五趾足 (PENTADACTYL limbs)，掌蹠全部平着地面，稱為蹠行動物 (PLANTIGRADE)；裸尾獸趾足既短，掌蹠又平着地面，所以祇適合於慢性之行動。(參考第 346, 347 圖)

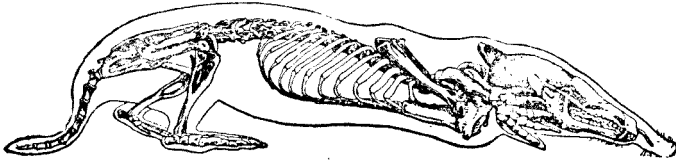
以蹠行動物為中心，哺乳類放射而適應善走善跑之向性 (走行適

應 CURSORIAL adaptations), 勢必延長其四肢。故善走善跑之動物, 如狐狸, 狼, 犬, 四肢皆高度伸長, 腕, 跟高擡, 不着地面, 行走時專用其趾(趾行動物 DIGITIGRADE); 羚羊(Antelopes), 牛, 馬, 及一切蹄足動物, 四肢主要骨骼, 極端發達, 高度伸長, 附屬肢骨則非常短小, 腕骨與踝骨比趾行動物擡起更高, 結果每肢祇有一趾或兩趾着地(蹄行動物 UNGULIGRADE)。是故走行哺乳動物, 適應程度, 可謂已經達到極點, 而且居留地方, 總是曠野平原, 此種地域, 食物稀少, 動物欲求一飽, 必須長途奔跑, 因之行動必須敏捷。(參考第 347 圖)

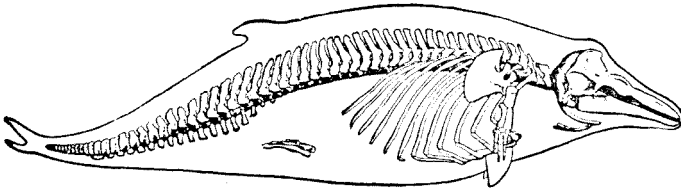


第 348 圖 A, 貓猴(*Galeopithecus volans*); B, 蝙蝠(*Vespertilio noctula*)。 (出 Lull)

樹棲動物 (ARBORAL forms) 代表另一式之適應放射。樹棲動物僑居茂林喬木之中, 獨闢一樹上世界, 優遊自在, 不知地面生活為何物。例如, 善於攀緣之樹懶(Sloths), 雖倒懸枝下, 亦可攀走, 亦

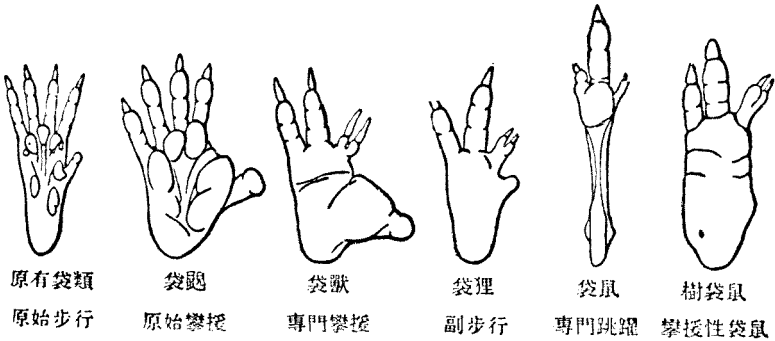


第 349 圖 麗鼠(*Macropus europaeus*)之骨骼。(由 Pander 與 D'Alton)



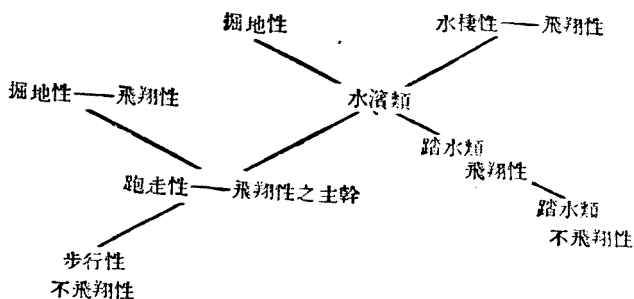
第 350 圖 海豚(Porpoise)之骨骼。指示肌肉殘餘之骨盤骨。

(由 Pander 與 D'Alton)



原有袋類 原始步行
 袋鼯 原始攀援
 袋獸 專門攀援
 袋狸 副步行
 袋鼠 專門跳躍
 樹袋鼠 攀援性袋鼠

第 351 圖 有袋哺乳類(Marsupial mammals)後足變態史。(由 Davis)
 原有袋類, *Caenolestes*; 袋鼯, *Opossum*; 袋獸, *Phalanger*; 袋狸, *Bandicoot*; 袋鼠, *Kangaroo*; 樹袋鼠, *Tree Kangaroo*; 原始步行, *Primitive walker*; 原始攀緣, *Primitive Climber*; 專門攀緣, *Specialized Climber*; 副步行, *Secondary walker*; 專門跳躍, *Specialized leaper*; 攀緣性袋鼠, *Climber Kangaroos*.

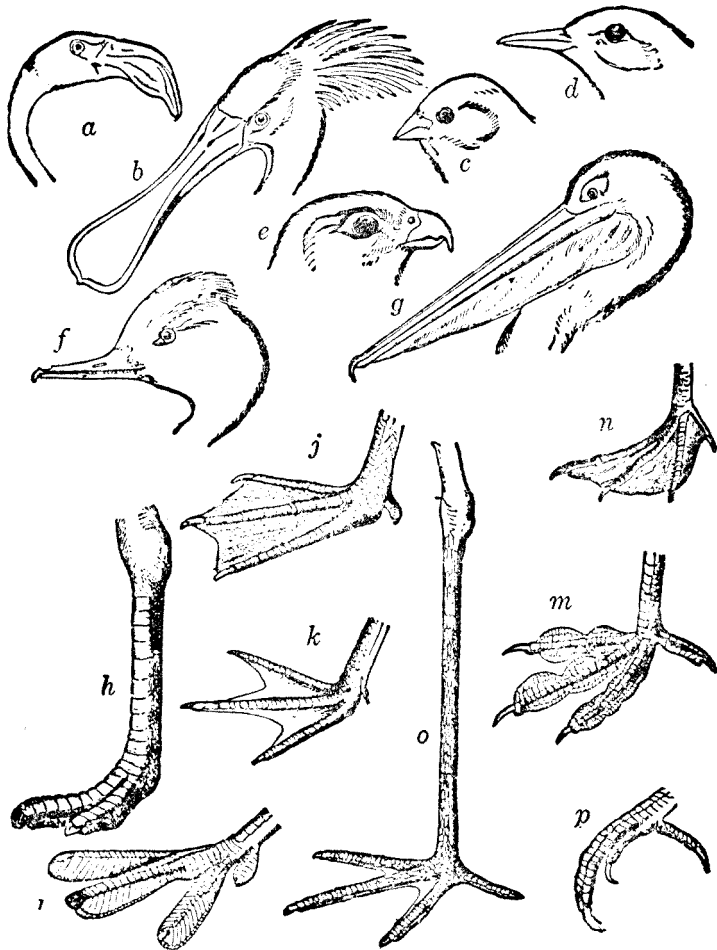


第 352 圖 半翅目 (Hemipter.); 即臭蟲類適應上之輻射分歧。
(由 Lindsey)

掘地性, Fossorial; 掘地性——飛行性, Fossorial-volant; 水棲性——飛行性, Aquatic-volant; 水濱類, Shore forms; 踏水類, Water-striders; 跑走性——飛行性之主幹, Ambulatory-volant stem; 步行性, Ambulatory; 不飛行性, Non-volant.

能睡息; 類人猿 (Apes) 賴其強大臂力, 攀附樹枝, 前後搖擺, 越林跳樹, 極其自然; 松鼠 (Squirrels) 在樹上跑走, 輕快敏捷, 如履平地。許多松鼠, 與所謂貓猴 (Flying Lemurs) 者, 體之兩側, 自頸至四肢之趾連尾端有連綴之飛膜, 展張起來, 可以跳至極遠之距離。空中雖不是哺乳動物之棲息地, 但蝙蝠前肢之指甚長, 指間且有薄膜, 不啻一種皮翼, 故能在空中飛翔, 代表真正飛翔哺乳動物 (VOLANT forms)。(參考第 348 圖)

哺乳動物在地面上之種種適應, 已經略述其大概, 尚有地下生活之動物種類, 例如土撥鼠 (Woodchucks), 類袋鼠 (Gophers), 尤其是鼫鼠 (Moles), 體構特別專門化, 善於掘穴鑿土, 總稱為掘土哺乳動物 (FOSSORIAL mammals)。再者, 陸棲哺乳動物與水棲哺乳動物中間, 有麝鼠 (Maskrats), 海狸 (Beavers), 水獺 (Otters), 海豹



第 353 圖 鳥類之喙與足之適應。a, 火烈鳥(Flamingo); b, 寬翅(Spoonbill); c, 黃道眉(Bunting); d, 鶉(Thrush); e, 隼(Falcon); f, 鴨(Duck); g, 鵜鶘(Pelican); h, 駝鳥(Ostrich), 跑走性; j, 鴨(Duck), 游泳性; k, 長足長喙水鳥(Lyret), 涉水性; l, 鸕鶿(Grebe), 潛水性; m, 大鵝(Coot), 涉水性; n, 熱帶鳥(Tropic bird), 游泳性; o, 鶴(Stork), 涉水性; p, 魚狗(Kingfisher), 攀濕性。(由 Hegner 等)

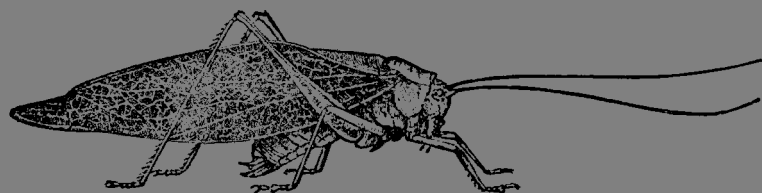
(Seals) 之過渡種類，可以代表兩棲或游泳性(NATATORIAL)之哺乳動物，因其善於水棲又善於陸棲也。(參考第 349 圖)

真正水棲哺乳動物(AQUATIC mammals)當推海豚(Porpoises)與鯨(Whales)，因兩者皆已放棄其遠祖之陸上生活，而適應水棲之習慣；並且其體態亦經過極顯著之改革，有水棲脊椎動物之稱，以其有魚身之輪廓也。(參考第 208, 209, 350 圖)

所以哺乳動物構造上之適應，始自普通化之陸棲式，如裸尾獸，而輻射分歧至水中，空中，地下等等，各各隨境變化，務使各適其所——應付各各不同之環境。構造上之輻射分歧，並不是哺乳類所專有，各種動物皆有此種趨向，特別昆蟲類，適應程度之高，較之哺乳動物，祇有過之而無不及，讀者將來自可見之。不過哺乳動物所以獨霸動物界而佔其最優越地位者，善於適應，當推為重要條件；換言之，適應即進化之潛勢力，適應與進化，兩者之間，所以有不可分離之關係。(參考第 352, 353 圖)

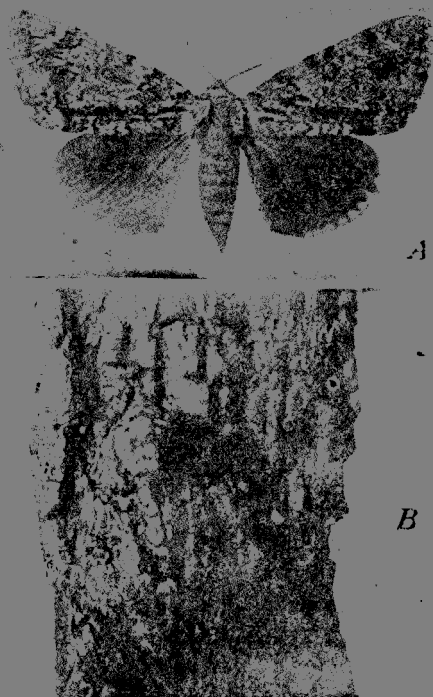
動物體色 (Animal Coloration)。生物最普遍而又最惹人注意之特徵，或者應當首推其體色與色彩之摹倣(Color pattern)。高等植物花與果實之彩色；最新豔奪目，不過整個植物界之標記——葉綠色，常被他種色澤所混淆，或完全飾以他種彩色，因之本來面目，反被朦蔽。動物本體未有光化作用之色素(指葉綠素)，但非常活動，因之體色式樣亦比較繁雜；如前所述，動物實最善於色彩適應，富有摹倣能力。許多體色與摹倣之色彩，事實上不過偶然出於動物身體全部或局部之化學組成而產生；其餘種種彩色，不獨饒有興趣，並且需要明

朗之解釋，因為各種體色之擁有者，對於本身有特殊之作用也。茲略舉數例，即可解決目前問題，並指示所包含之事實。



第 354 圖 美洲螞斯 (Microcentrum)。 (由 Riley)

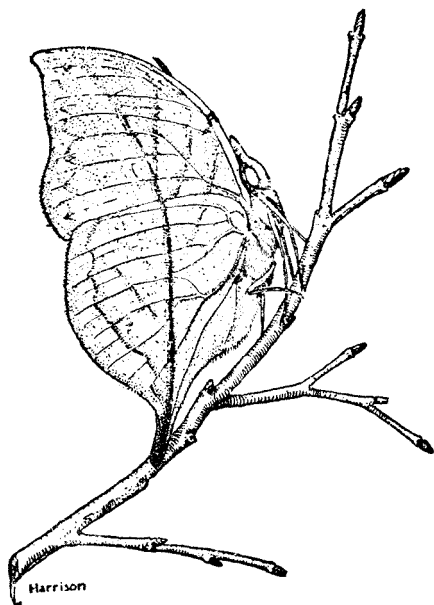
多數動物之體色及其所摹倣色彩，總是與其所處環境相調和，或融洽，幾乎令人無從分辨；凡喜野外遊覽之人，必有此種經驗。美洲所產之綠色螞斯 (Katydid)，有引人入神之鳴聲，令人立刻欲發見其所在，但螞斯棲息叢草簇葉之間，葉綠色之翅，與綠葉混淆，令人有眼前不見之概。再者，當下翅蛾 (Underwing Moth) 飛翔而誇耀其美麗色彩時，一霎之間，已不知其去向，因下翅蛾棲息樹株之上，灰點



第 355 圖 下翅蛾 (Underwing moth)。A，指示飛速時，彰之後翅；B，休息時之狀態。(由 Folsom)

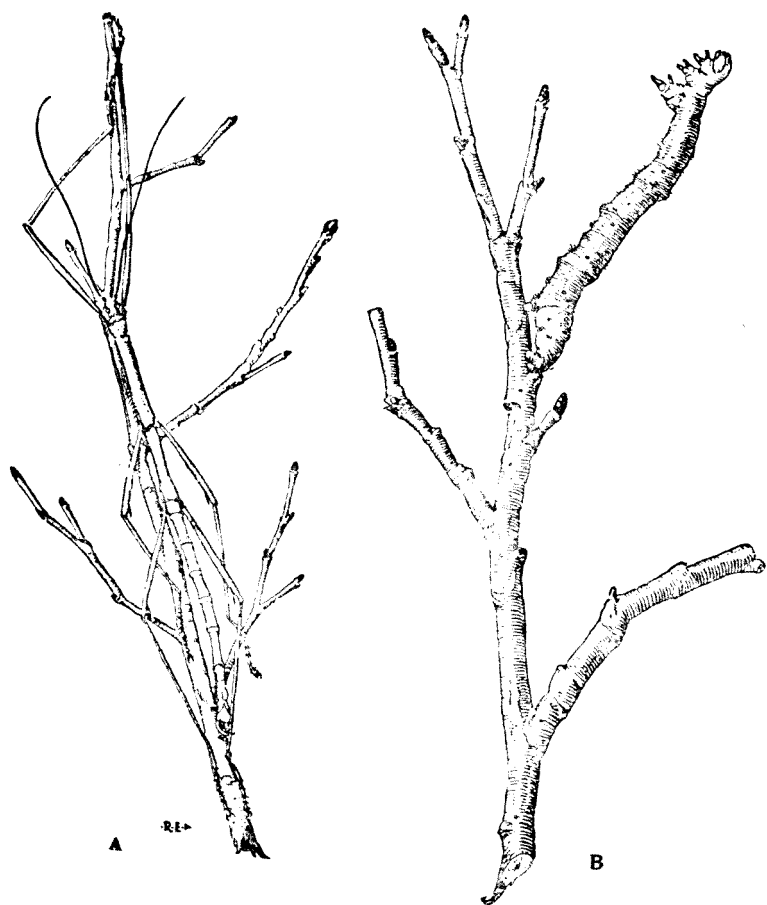
班駁之前翅一合，將其猩紅或橙黃之後翅掩蔽，與枝幹之彩色混成一片，使人無從尋覓。（參考第 354, 355 圖）

高山與北極所出產之狐，兔，與梟；羽毛皆白；簇葉茂林中之蟾蜍與蛙色綠；荒野沙漠所出產之昆蟲，爬蟲，與鳥，獸，有灰色與淡黃褐色之傾向；河澗中之魚，背面總是橄欖色；海鳥背面之羽毛呈鋼灰色，腹面之羽毛呈白色，所以自背面觀之，與青天一色，自腹面觀之，與海水一色。類此例案，實多至不可勝舉。居於火山區溶巖上之瞪羚 (Gazelles) 體呈深灰色，但居於沙漠曠野者則呈白色；同種動物，因所處之地域不同，體色乃隨境而變更。更有進者，同一個體，有時因季節之不同，體色常隨環境而更換；例如，北極狐與鼬鼠 (Weasel)，



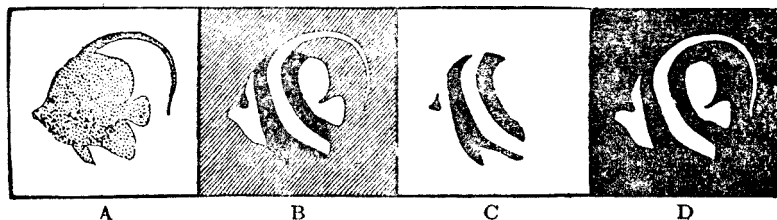
第 356 圖 葉狀蝶 (Leaf Butterfly—Kallirna)。

夏天毛呈褐色，與岩石一式一樣，冬天毛色變白，與冰田雪地相映。至於爬蟲綱中之避役 (Chameleons)，體色之善於變化，真令人驚駭不置；避役之表皮下有青綠赤焉之色素塊，能隨意伸縮，變化種種色彩，使與棲處同色，以便避敵襲食。



第 357 圖 A, 竹節蟲 (Walking-stick Insect) 在枝上; B, 尺蠖蛾 (Geometrid moth) 之幼蟲在枝上。 (仿 Gordan 與 Kellogg)

許多動物，除調和色之外，且有調和形態，更足令人迷惑，最顯著者，如東印度之葉狀蝶 (Leaf Butterflies)，習見之竹節蟲 (Walking-sticks) 與尺蠖蛾 (Geometrid Moth) 等是也。(參考第 356，

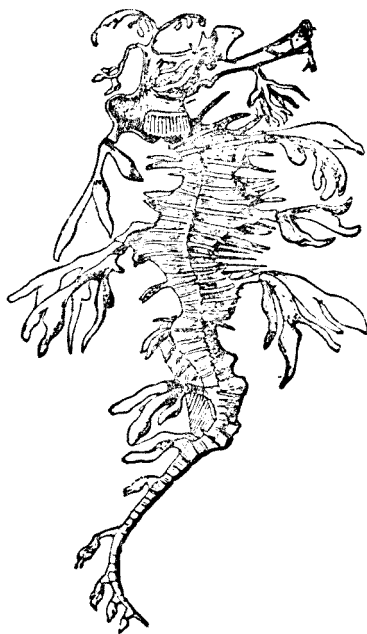


第 358 圖 魚之種種混淆色。A, 原色不摹倣; B, C, D, 破裂摹倣色。(由 Cott)

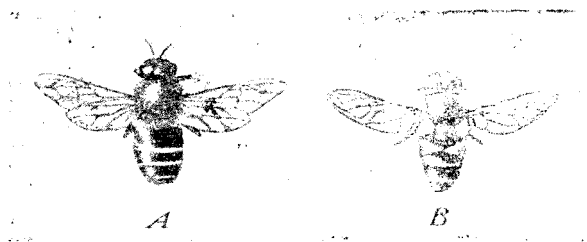
357 圖)

動物之有博色 (Sympathetic coloration)，固然是自然界極普遍之趨勢，吾人常發見動物之體色而不難推測其產地；不過亦有不少例外，一大部分動物之體色與棲息地之色澤，絕對不相溶合，不獨毫無掩護，反因背景之反映而益彰。然而有時吾人捉住一鳥，與背景比較，彩色顯然不同，但叢林中息鳥則不易發見，此乃彩色之摹倣有以使其然，即——光之影，反射之幻影，與枝葉之光，影，互相溶合而呈混淆之背景。

此外尚有一羣動物，彩色不論如



第 359 圖 海馬 (Sea-horse, *Phyllopteryx eques*)，依馬尾藻 (*Sargassum*) 爲生，所以形似馬尾藻。參考 191 圖 由 Boulenger)



第 360 圖 保護性擬態 (Protective mimicry)。

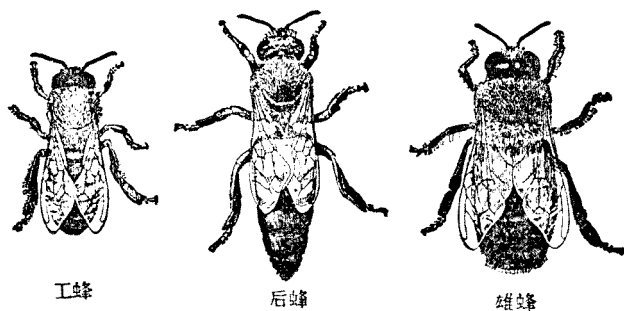
A, 雄蜜蜂; B, 花虻 (*Bee-fly, Eristalis tenax*)。 (由 Folsom)

何摹倣，始終不能與環境相調和，例如：黃蜂，蜜蜂，蝴蝶，與各種蛇，常有燦爛奪目，黃，紅之彩色，並不是以此為掩護，乃向其敵人示威恐嚇。此類動物，大部分有防身之設備，如毒腺與可怕之顎，或特別分泌液，使敵人知難而退。再者，尚有惹人注意之事件，許多動物毫無抵抗能力，而擁有顯著之保護色 (Protective conspicuousness)，使其敵人容易認識，並且含有警告性質；其實驢蒙虎皮，專門摹倣他人，狐假虎威而已。花虻 (*Bee-fly*) 之彩色及體態與蜜蜂非常肖似，徘徊樹林之間，乘蜜蜂採花蜜時，潛與之為伍，而受其保護；敵人常被其蒙蔽，吾人有時亦誤認之。(參考第 360, 365 圖)

動物之彩色與體態，已經述其大概，究竟有何特點？此種問題，在一世紀前，尚未有人顧及，惟近代學者，極端注意，且視為不是一件簡單事。近代生物學家尚不能明白解釋：某個個體之彩色或體態為「保護性 Protective」，或「攻擊性 Aggressive」，「引誘性 Alluring」，「混淆性 Confusing」，或「模仿性 Mimetic」。但如果吾人承認生物有可塑之特性，與適應之能力，則「保護性」等等或者為形容生物最

適當之名辭；就廣義言之，生物適應，不論呈何種形式，對於「物種」之生存競爭場合上，有決定終局之權。生物適應之歧異，勢必由突變所引起，不能適合於環境之變異，在生存競爭過程上，早已受淘汰。

蜜蜂之肢(The Legs of the Honey Bee). 蜜蜂(*Apis mellifica*) 一物，自有史以來，即惹人之注意與研究；學者今日討論生物之適應問題，未有比蜜蜂更感興趣者，亦未有如蜜蜂之高度社會化者——羣居生活。(參考361第圖)



第 361 圖 蜜蜂 (*Apis mellifica*)。 (由昆蟲局)
工蜂, Worker; 后蜂, Queen; 雄蜂, Drone.

關於蜜蜂之生活狀況與一般特徵，概述如下：蜜蜂又名蠶，為採集花蜜之小蜂，性好合羣，常合數千或數萬成一大羣。羣中必有蜂王（蜂王一名后蜂Queen），雄蜂（Drone），及工蜂（工蜂一名職蜂Worker）三種。蜂王每羣中祇有一隻，體大，為全羣之母而統一之，色黑有光澤，腹下茶褐色，前後兩翅短小，僅達腹部第四節，雖有刺，不妄螫，其生活期經三四年或八九年不等，雄蜂，體比蜂王小，較工

蜂稍大而短，前後翅延長，色黑，全體生細短毛，每羣中有數百隻，舉動緩慢，腹內無貯蜜之囊，肢亦無貯花粉之凹窩，舌短小，尾亦無螫針，其職分，除與雌蜂交尾外，徒貪食飛遊而已；至秋初，常被工蜂放逐於巢外或咬斃，其生存期二十日至二三個月。工蜂實爲生殖器發育不完全之雌蜂，體小，長約四分，翅健善飛，色淡黃灰，腹有黃白色橫紋，長成者漸變灰褐色，觸角分十二節，下唇之中央有伸長之舌，屈曲自如，善吮花蜜，全體密生細毛，出入花中，不致有傷花蕊，脚有收集花粉之凹窩，腹部下面具蠟板八枚，板下有蠟腺以分泌蠟質，尾端有強直之螫針，此針一用，即留在被螫者之體內；生存期凡一月至七八個月，每羣蜜蜂中，佔絕對多數，約六萬隻左右；營巢採蜜，及保護幼蟲，皆其所司，節肢之特殊構造，待下文另述。蜂巢爲貯蜜產卵及收藏花粉之處，形扁平，其中每有巢數層，層層下垂，巢之兩橫面，作無數六角形之小窩，互相毗連，構造精巧，工蜂之窩小，雄蜂之窩大而突出，蜂王之窩最寬大而堅固，形如乳房狀而垂下。每至三四月間，因工蜂繁多，將爲分封，先作蜂王之窩，產卵其中。蜂王之卵與工蜂之卵無異，因受工蜂深切看護，飼料佳美，乃成偉大強健之雌蜂，此即新蜂王也。新蜂王既出窩，不日即將分封。舊蜂王值天氣晴朗之日，率領工蜂一部，出巢暫棲於距舊巢十餘丈之樹梢或屋檐下，於是衆蜂擁王成團，休息二三小時或一二日，便轉徙於適當之地，乃營新巢。新蜂王自分封後，約十日，出巢與雄蜂交尾，交尾祇一次，其後常住巢內，專事生殖，幼工蜂，司巢內之雜務，壯者出外採蜜與花粉，歸時吐蜜於窩中，待醱酵及濃乾後，以臘封之。

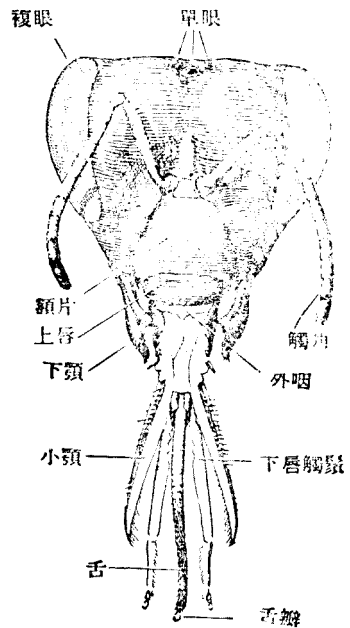
花粉爲養育幼蟲時所必需，見工蜂兩腿多附花粉時，即知其爲產卵最盛之時也。腹下蠟腺分泌之蠟，供作巢封蜜窩膠花粉及封蓋幼蟲之窩時所用。

工蜂因其所司職務特別繁重，乃有「一束適應」之稱。昆蟲原始式之節肢，至工蜂已高度分化，故可比擬一部集合多數有共同作用之器具之裝置，適合於所擔任之種種工作。工蜂之各對節肢，固然各各皆已專門化，但目前所欲討論者，乃胸部之節肢。

凡屬昆蟲，胸肢一律三對，工蜂第一對胸肢，稱前胸肢(PROTHORACIC leg)，自前端第一胸節(前胸PROTHORAX)展出；第二對胸肢，稱中胸肢(MESOTHORACIC leg)，自

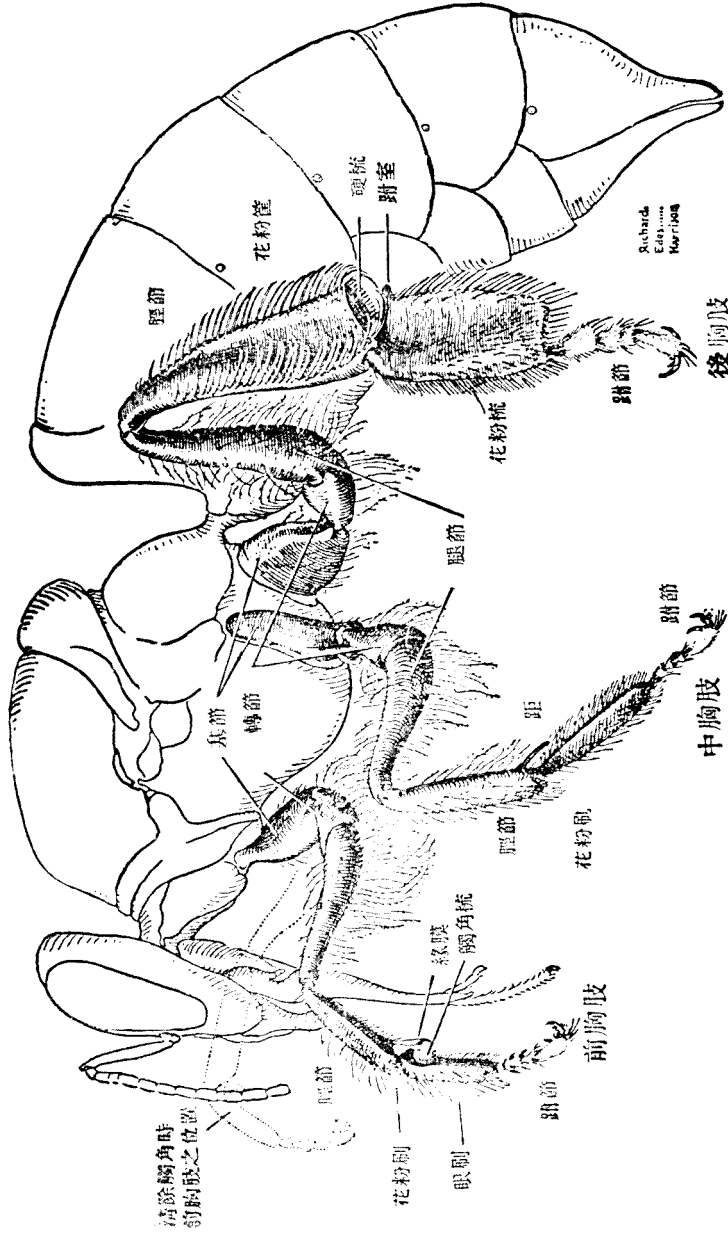
第二胸節(中胸MESOTHORAX)展出；最後一對胸肢，稱後胸肢(METATHORACIC leg)，自第三胸節(後胸METATHORAX)展出。一條昆蟲之模範節肢，包括許多節：與體部連接之節，稱爲基節(COXA)，順序而下，曰轉節(TROCHANTER)，腿節(FEMUR)，脛節(TIBIA)，與五個連串之跗節(TARSUS)，跗節即是昆蟲之足。

(參考第362, 363圖)



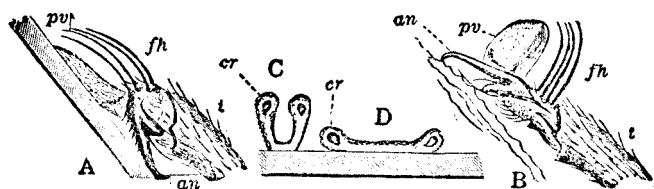
第 362 圖 工蜂頭部。

複眼, Compound eye; 單眼 Ocelli;
額片, Clypeus; 上唇, Labrum; 下
顎, Mandible; 小顎, Maxilla;
舌, Glosa; 觸角, Antenna; 外咽,
Epipharynx; 下唇觸鬚, Labial
palp; 舌瓣, Labellum.



第 363 圖 工蜂之肢。前胸肢，Forethoracic leg；中胸肢，Mesothoracic leg；後胸肢，Metathoracic leg；清除觸角時前胸肢之位置；Position of leg when cleaning antenna；腿節，Tibia；花粉刷，Pollen brush；眼刷，Eye brush；跗節，Tarsus；綠膜，Velum，觸角梳，Antenna comb；距，Spur；基節，Coxa；轉節，Trochanter；腿節，Femur；花粉梳，Pollen comb；花粉筐，Follen basket；硬梳，Pecten；跗節，Tarsus；Auricle。

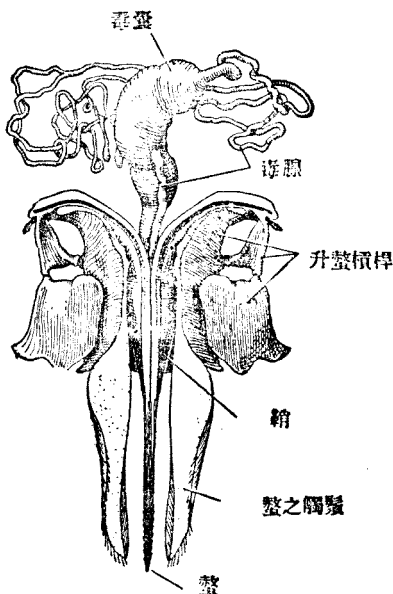
工蜂之前胸肢有下列之種種特點：腿節與脛節上有分歧之羽狀毛，幫助採集花粉；脛節上接近跗節之處，有叢集之剛毛，稱花粉刷(POLLEN BRUSH)用以掃集羽狀毛所撥下之花粉。節肢之反面乃一混合結構，稱為觸角清除器(ANTENNA CLEANER)，由脛節上一塊可轉動之圓板構成，而裝置於跗節上端一個圓缺之內。跗節上圓缺之邊緣有許多剛毛，構成觸角梳(ANTENNA COMB)之齒。大觸角(ANTENNAE)或稱「觸器」，乃蜜蜂頭部一種主要感覺器官，需要清除時，則放置於有齒之圓缺內，由圓板關起，將觸器夾於圓板與剛毛之間，一拉而掃清之。第一跗節之前面有叢生之剛毛稱眼刷(EYE BRUSH)用以掃除附着於複眼及頭上細毛之花粉或塵垢，庶視線不至受妨礙。



第 364 圖 蜜蜂之足爬行時之姿勢，並指示吸盤(Pulvillus)之自動行動。A，在光滑平面上之姿勢；B，在粗糙平面上之姿勢；C，吸盤方離光滑平面時之姿勢；D，吸盤吸着平面時之姿勢。an，爪；cr，曲桿；fh，羽毛；pv，吸盤；t，跗節末節。(由Packard, 仿 Cheshire)

每條節肢跗節之末節，有一對兩叉之爪，一塊黏墊（一名吸盤PULVILLUS），與一叢觸毛(TACTILE HAIRS)。當工蜂踏上一塊粗糙物面時，以爪尖鈎住，而不用吸盤吸着，但經過平滑物面時，爪尖失其作用，乃自動縮進，而用吸盤緊附之。應當運用吸盤或爪尖，

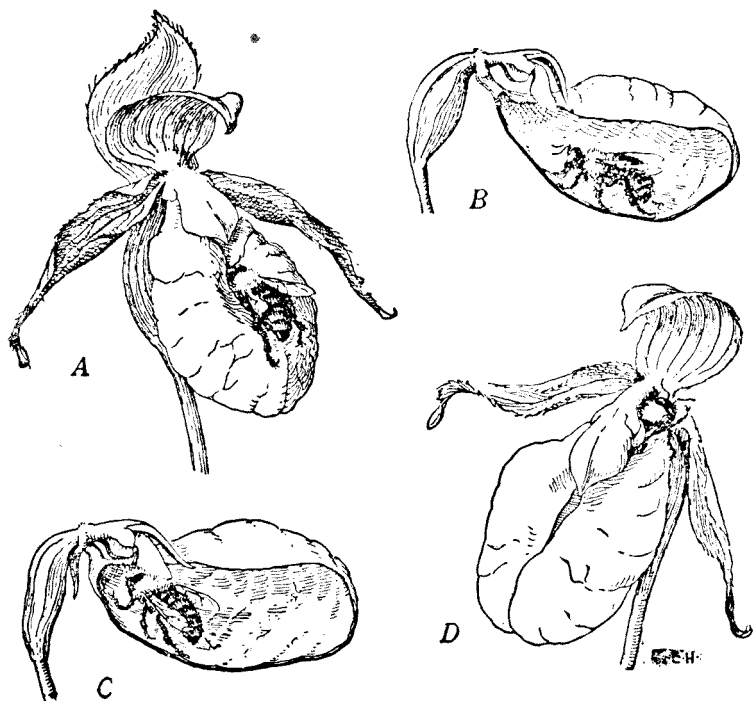
隨物面之性質而決定，可以隨機應付。尚有一種極顯著之適應：吸盤不用時摺起，接觸平滑物面時則展開；因吸盤之上部有一條彈性柱，可以隨境伸縮故也。當吸盤展開，被體重壓下而牢附於平滑之物面，若向上一拉，吸盤立刻向上捲起，如吾人自信封上拉開郵票然。蜜蜂運用此種機械性之吸法，所以每條肢咸穩固附於物面，惟一伸足，則又離開物面，約略計算，每條肢每秒鐘至少可以伸縮二十次。（參考第364圖）



第335圖 蜂之螫。
 毒囊; Poison sac; 毒腺, Poison glands; 升螫槓桿; Levers to move barb; 鞘, Sheath; 螫之觸鬚 Pulpus of sting; 螫, Barb.

中胸肢之特殊構造包括一細小花粉刷，一條又粗又長之棘，稱花粉距(POLLEN SPUR)。

後胸肢有四主要結構：花粉梳(POLLEN COMB)，硬梳(PECTEN)，跗室(AURICLE)，與花粉筐(POLLEN BASKET)，皆蜜蜂密切所需要，並且顯示其高度適應。花粉梳包括一串排列之剛毛，位於第一節跗節之前面；硬梳乃一串棘，自脛節之末端長出，與凹進之跗室對峙；跗室在第一節跗節之上端；花粉筐乃脛節外側面一回陷所構成，筐緣有一排一排弧形之剛毛圍繞之。



第366圖 野蜂(Bumble Bee)與蘭花(Lady's Slipper, *Cypripedium*)之授粉。A, 野蜂擠進花內; B, 採花蜜(Nectar); C, 掃下花粉, 將離開之姿勢; D, 飛起前再括花粉滿載而去。

如前所述，工蜂有完全之設備，所以採花採蜜，毫無顧忌，當其身體鑽進花蕊，花粉勢必與花粉刷或剛毛接觸而附着於身上。正在勞勞碌碌工作之際，一方面運用花粉梳將剛毛之花粉集合，隨後又運用硬梳將花粉梳所集合之花粉卸下，而搬進跗室內。待跗室被花粉塞滿，又轉運至密佈剛毛之花粉筐內。如是屢續不輟，直至花粉筐裝滿花粉後，始飛回巢，用中胸肢上之花粉距，將筐內之花粉卸下。（參考第365, 366圖）

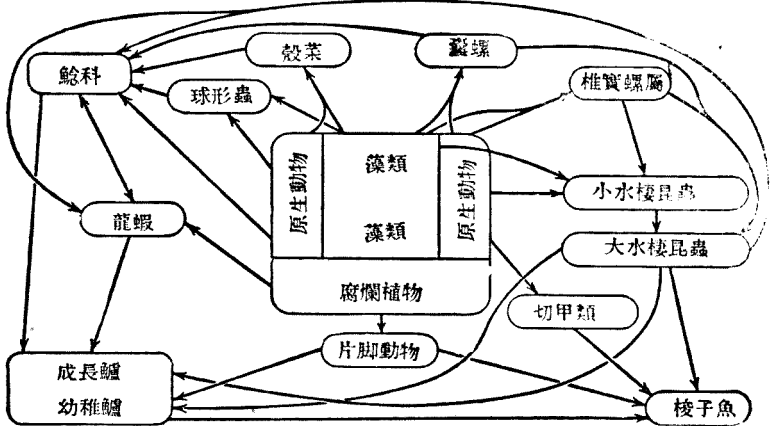
而且，工蜂構造上之適應，亦僅僅代表一種交互之作用而已，因工蜂所探訪之花蕊，大多數有精巧之佈置，以接待其訪客；並且工蜂善於搬移花粉，所以當探訪各花時花粉乃隨蜂而傳播於各各不同之花蕊上，植物乘此機會，亦遂行其異花受精工作，吾人最後舉出蜜蜂，不獨可以為環境適應之絕好例案，同時亦可以解釋生活適應之一般情況。生物適應，似乎不可嚴格分類，例如蜜蜂，乃一切適應之單位；換言之，凡屬生物，對其周圍環境，不論生物或無生物，必須全能應付，不如是，則不能生存。

乙 生活適應 Adaptations to the Living Environment

吾人現在改變論調，特別檢討生物與生物間之交互關係，將整個生物界之互助生存，迂迴曲折密切關係飽賞一下，而知構成生命網之經緯究竟如何纏結——生存競爭之道。

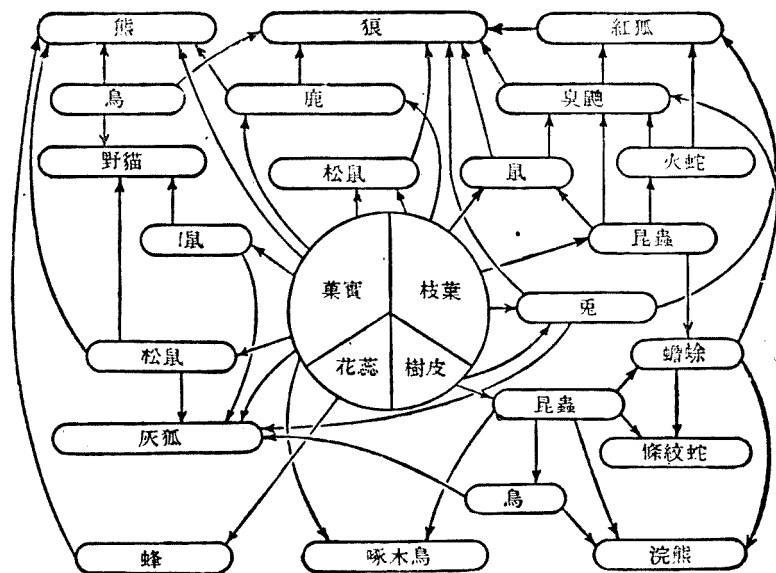
若將生物界之互助依賴性仔細分析一下，而知生物共同之基本需要，不出於食物，住所，生殖，禦敵，及應付自然界內一切不可預防之激感力，所謂生命網事實上乃個體與個體間，「種」與「種」間為生存而合作，擁擠，及競爭之表示；由上述種種活動之結果而造就自下等生物以至於高等生物生命之基礎。一塊厚不及寸，廣約二方尺之沃土內，如果詳細考察一下，將有盈千動物與數千植物呈於吾人眼前，此即生物生存競爭之場地也。

試舉一例。美洲一種食用魚，稱為銀鯪 (Squeteaque) 捕食酪魚



第 367 圖 解釋生命網與自然界之平衡，指示池沼中各種生物之食物之交互關係。箭頭自被吞食者向吞食者。研究生態學亦即生命網之解釋。（由 Shelford）
 鮡科, Bullheads; 龍蝦, Crayfish; 殼菜, Mussels; 囊螺, Physae; 椎實螺屬, Limnaea; 藻類, Algae; 原生動物, Protozoa; 腐爛植物, Decaying vegetation; 水棲小昆蟲, Small aquatic insects; 水棲大昆蟲, Large aquatic insects; 切甲類, Entomostraca; 梭子魚, Pickerel; 片腳動物, Amphipods; 球形蟲, Sphaeridae; 成長鱸, Black bass adults; 幼稚鱸, Black bass young.

(Butterfish)或槍劍(Squid)，酪魚與槍劍則捕食幼魚，幼魚捕食細小之甲殼類(Crustacea即水蚤之類)，甲殼類則利用微小之藻類與原生動物為食物。所以銀鱸之食物實際上乃一複雜成分包括許多因素；並且如此互相依賴，不啻一條營養鍊(Nutritional chain)，營養鍊之連接力，又未嘗比鏈節間之連接力強。如果海洋中情況發生變化，藻類與原生動物所需要之食品原料不足，則將影響整個海洋中魚類之產量。生物界內之情況亦在同一原則之下，不過不易暴露其踪跡而已。自然界實實在在是一條偉大營養鍊之廣場。（參考第367，368圖）



第 368 圖 森林動物食物之平衡。(由 S. elford)

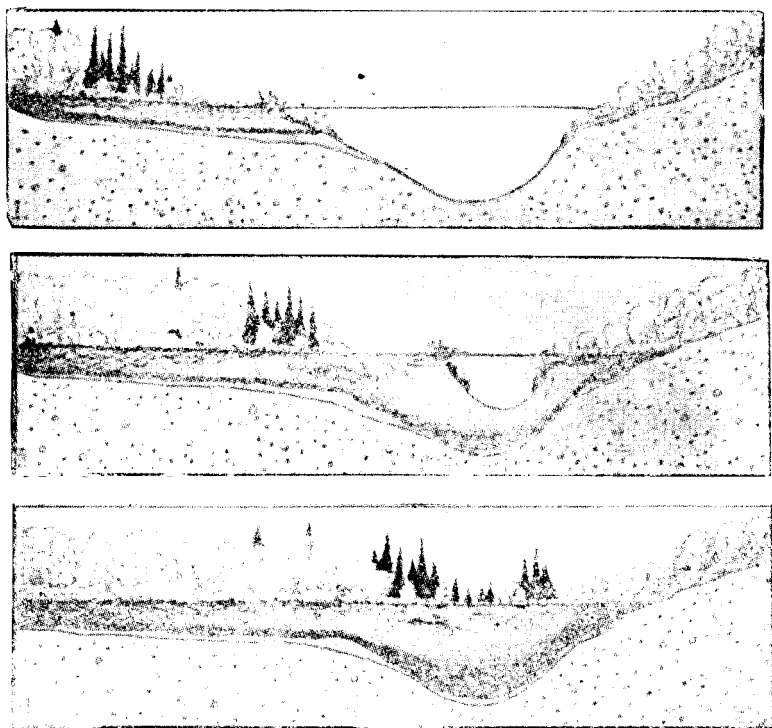
- | | |
|-------------------|-------------------|
| 狼, Wolf; | 野貓, Wild cat; |
| 熊, Bear; | 火蛇, Salamander; |
| 鹿, Deer; | 昆蟲, Insect; |
| 鳥, Bird; | 兔, Rabbit; |
| 松鼠, Squirrel; | 蟾蜍, Toad; |
| 鼠, Mice; | 條紋蛇, Gartersnake; |
| 灰狐, Grey fox; | 浣熊, Raccoon; |
| 紅狐, Red fox; | 葉, 實, Nut, Fruit; |
| 蜂, Bee; | 葉, 枝, Leaf, Twig; |
| 啄木鳥, Wood pecker; | 樹皮, Bark; |
| 臭鼬, Skunk; | 花蕊, Blossom. |

一 同生植物 Plant Associations

吾人常見完全不同『種』(Species)植物生於同一地域，此無他，彼等不論有機性方面或無機性方面適應同樣之環境故也。各式植物園如海濱，澤地，森林，或曠野地帶，在同一地域有種類不同，構造不一，大小不一之形形色色植物同生，例如菖蒲—香蒲(Sedge-Cattail)

沼澤, 槲一槭(Beech-Maple)森林區是也。(參考植物之分布節)

雖則植物羣所在地域固定, 但逐漸亦擴展蔓延。植物之蔓延至另一地帶, 其主要條件為漸漸適應新環境, 結果可佔領其地而有之。植物佔據新地域後乃連續生長並不斷生殖, 於各種植物各有區域成一固定區, 即所謂氣候性集合。一區域植物之成立需要種種適應本能, 方



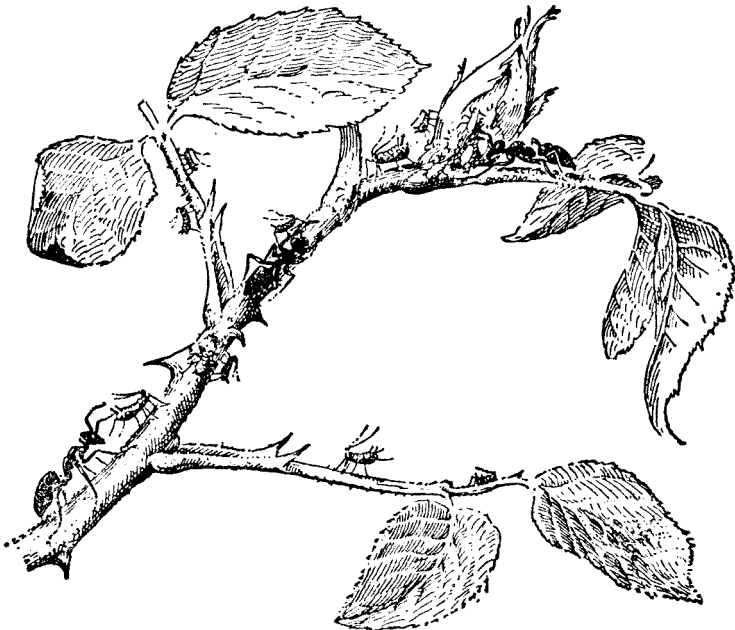
第 369 圖 植物連續生長, 繁殖, 泥炭(Peat) 分三期填平河床 最後成森林區; 順序由水生植物 (Aquatic plants); 泥生植物(Bog plants), 灌木(Sarubs), 球果植物 (Coniferous forest), 落葉森林 (Deciduous forest), 最後氣候植物。(Climax vegetation) (由Ohio Geological Survey, 仿 Dachnowski)。

能存在，此所謂植物生態學 (Ecology)。(參考第 369 圖)

二 團聚 Communal Association:

生物最簡單之結合，或者首推性好羣居之動物，例如狼之結隊出外覓食，野馬或水牛羣居而互助護衛。此種結合，係暫時性質，除推出一隻以率領羣獸外，並無分工作用可言。

結社而居之動物 (Communal animals)，各個體則揭示高度複雜之團結，每個個體皆團體中不可缺少之一員。各「種」蟻之團體，大約皆有五千左右團員，黃蜂與蜜蜂，生活情況不同，自孤獨之「種」以至於巢居之「種」可以列為許多階級。上文所述之蜜蜂，分工程度



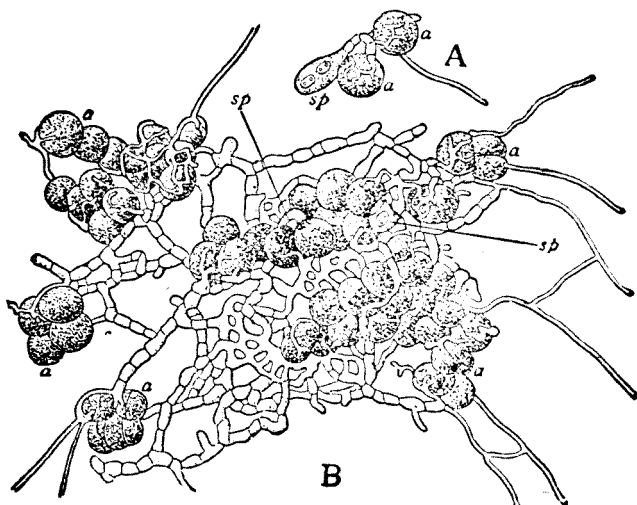
第 370 圖 蟻訪薔薇呀 (Rose Aphids)。

已達極點，蟻類之分工且猶過之；蟻，蜂之體構已經分化，所以一窩中可分為數式不同之個體，各各適合以執行所司之特殊職務。

蟻羣與蜂羣內個體之差異，乃體構上之不同，而且固定不移；人類社會之組織，則不以體構之區別為標準，乃一有理性之結合。人類賴其天賦之智慧，可以隨意造出種種器具與機械，以供給種種用途，所以不受本身體構之限制。如前所述，人類確表示最高締社合作之能力，特別因智能之增加，可以改變下等動物固定不易之生活，故人類對於各種社會生活，皆能應付裕如。

三 共棲 Symbiosis

許多生物羣聚而生，並不是同「種」中之各個體，亦不是合作適



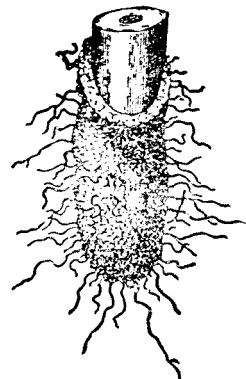
第 371 圖 指示一種地衣 (*Physcia paratina*) 之構成，包括一種藻 (Alga) 與一種菌 (Fungus)。A，菌之孢子 (sp) 萌芽，菌絲圍繞單細胞藻 (*Cystococcus humicola*) 之細胞 (a)。B，較後期之孢子已發展成菌絲網 (*Myelium*) 圍繞大部分藻細胞。(放大 400 倍) (由 Bonnier)

應之表示。種種不同之結合，自互相利用為共同利益之程度起，至於團體內出現一個為自身利益而不惜犧牲團體之福利止。

蚜蟲 (Aphids) 與蟻兩者間之關係與利益，可以代表最簡單式之結合。毫無抵抗力量之蚜蟲受蟻之保護與餵養，而以其所分泌之蜜汁任蟻吞食為交換條件。(參考第 370 圖)

生物與生物間一種最密切之結合，雖然不是兩方之生存所必需，但兩方互有利益者，稱為共棲生活。綠色水螅 (*Chlorohydra viridissima*) 因單細胞綠色植物之寄居於其內胚層細胞內而呈現綠色，乃一尋常習見事件。綠色植物有光化作用之能力，其全部產物供給水螅任意消耗，水螅則不惜以其寶貴身體任綠色植物之蹂躪，並供給相當原料，以維持綠色植物之生命。

尚有一更顯著共棲之例案，即常人習見之地衣 (Lichens)。地衣乃各種非綠色植物 (菌類) 與下等綠色植物 (藻類) 密切聯合所組成；菌類可以附着地面，供給食品原料，並擔任保護之責，綠藻則專門營光化作用。在適宜環境之下，菌類與藻類皆能獨立生存，但互相合作可以排除種種困難，為許多他種植物所做不到；所以荒山原野若復呈青綠景象，必以地衣為先鋒。(參考第 371 圖)



第 372 圖 指示山毛櫸 (Beech) 之根尖被菌絲圍繞。(由 Bergen 與 Caldwell, 仿 Pieffer)

實際上在農業方面，共棲之固氮細菌實佔最重要之地位。或者不

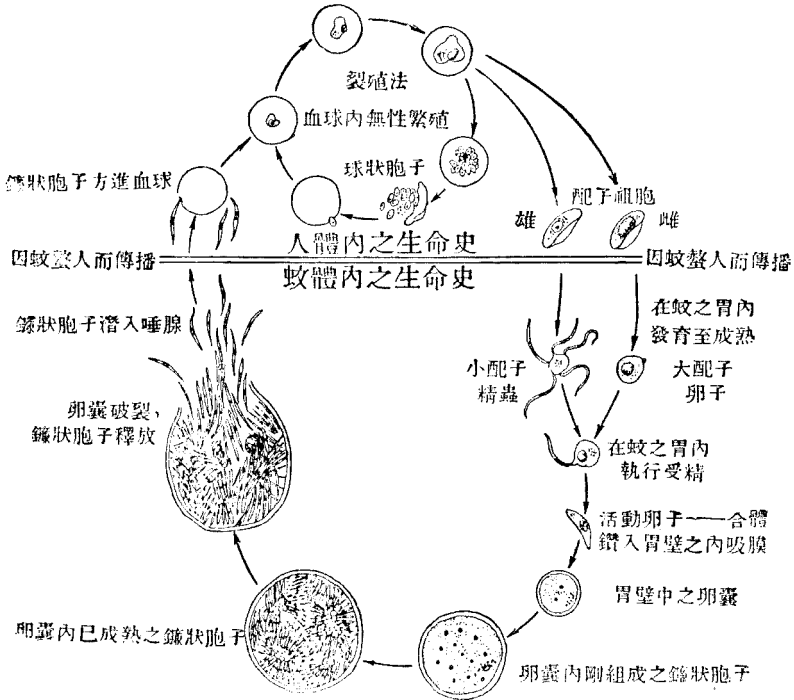
妨重述一遍，大氣中所含極豐富之氮素，為高等植物密切所需要，必賴根瘤中之細菌先化合為硝酸鹽，方能盡量吸收之。（參考第19圖）

最後可以附載數言，各種菌類之菌絲（Mycelia）與高等植物之根之共棲關係，亦有重要作用。菌絲密佈根之周圍，一部分並且侵入根之表皮內，可以提高根之吸收力量，其功用與根毛相等。事實上，共棲作用之範圍極廣，限於篇幅，不能盡述。例如某種種子非菌絲與之同在，則不易得到水分，不能萌芽。更有進者，有許多事例，共棲性質終變成寄生生活。（參考第372圖）

四 寄生 Parasitism

羣居生物，其中一個稱為寄生（PARASITE），犧牲其同伴一宿主（HOST）之血肉，而獨享利益，事例正多，將整個動物界加以統計，寄生動物幾乎佔有半數。吾人之疾病，大部分皆此種「不速之客」造成之局面，受人厭惡而給予「寄生蟲」之臭名。並且為此原因，生物科學內乃另行設置一門寄生蟲學（Parasitology），理論方面與實用方面，皆佔重要地位。就實用一點而論，學者公認寄生蟲學，不啻為公共衛生置一塊基石；理論方面，寄生蟲為維持本身之安全起見，常揭示許多極顯著之機能適應，與構造適應，而增加宿主之負擔。就一般情形言之，寄生蟲正因其營寄生生活，一部分工作已有宿主為之代勞，所以許多器官失其正常作用，例如消化器官與運動器官等等皆非常萎縮退化；獨生殖器官特別發達，生殖力極強，迅速繁殖，以保存毫無自由主權之種族，因寄託他人籬下，不易遇到適當之宿主，待其覓得可依靠之宿主，一大部分生命早已為餓殍而犧牲。事實上大多數寄

生蟲，雖然無孔不入，但不能「到處爲家」，各有其一定特別之宿主，如果不能在其活動期間內覓得宿主，必至於死亡。（參考第146, 421圖）



第 373 圖 瘧蟲(Plasmodium malariae) 之生命史。

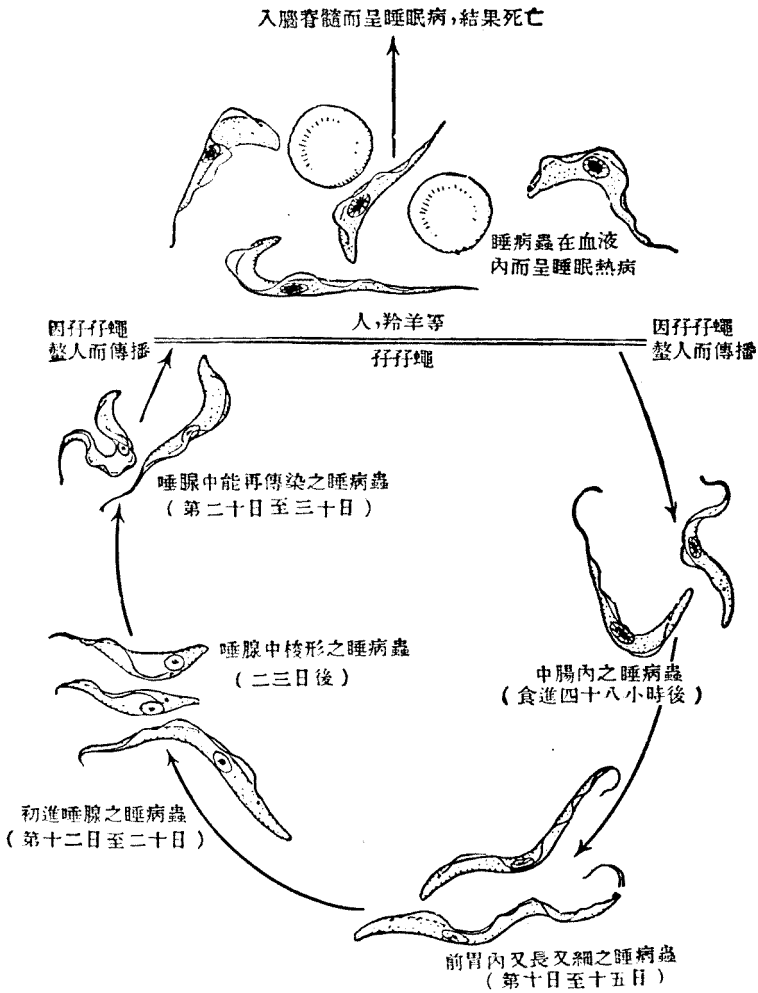
人體內之生命史, Cycle in man; 蚊體內之生命史, Cycle in mosquito; 裂殖法, Schizogony; 血球內無性繁殖, Rapid increase of animals in blood; 球狀孢子, Merozoites; 配子細胞, Gametocytes in blood; 雄, Male; 雌, Female; 鉤狀孢子力進血球, Sporozoites entering human red blood cells; 因蚊螫人而傳播, Transmission by bite of mosquito; 在蚊之胃內發育至成熟, Maturation in stomach of mosquito; 大配子, Macrogamete; 小配子, Microgamete; 卵子, Egg; 精蟲, Sperm; 在蚊之胃內執行受精, Fertilization in stomach; 活動卵子——合體, Cokinete-Zygote; 鑽入胃壁之內膜, Penetra es epithelium of stomach; 胃壁中之卵囊, Oöcyst develops in wall of stomach; 卵囊內剛組成之鉤狀孢子, Oöcyst developing sporozoites; 卵囊內已成熟之鉤狀孢子, Oöcyst with fully developed sporozoites; 卵囊破裂, 鉤狀孢子釋放, Oöcyst ruptures, releasing sporozoites into body cavity; 鉤狀孢子潛入唾腺, Sporozoites enter salivasy glands.

最饒興趣之寄生事例，大約可就瘧疾 (MALARIA disease) 之病狀中見其一斑。吾人最少有三種病狀不同之瘧疾，各由不同之瘧疾寄生蟲所喚起。隔日瘧 (Tertian fever) 由隔日瘧蟲 (*Plasmodium vivax*) 所喚起；四日瘧 (Quarten fever) 由四日瘧蟲 (*Plasmodium malaria*) 所喚起；日日瘧 (Subtertian fever) 由日日瘧蟲 (*Plasmodium falciparum*) 所喚起。瘧疾寄生蟲皆原生動物，生命史非常複雜，隨境更換宿主，以維持其寄生生活。生命史上無性生殖之一段，寄生於人類之赤血球內；有性生殖之一段，則寄生於瘧蚊之消化管內。當吾人被有病之瘧蚊所螫時，一條瘧蟲鑽入脈管，隨即進攻一個赤血球，強佔之為生殖地，待其種族蕃衍，受害與被毀壞之赤血球，已不可勝數。瘧蟲之生活過程上所產生之毒物，引起吾人畏寒畏熱，此即瘧疾之應有病狀也。(參考第373圖)

但瘧蟲必在宿主(指人類)未用毒質與之格鬪之前，即未受金雞納霜毒死之前乘機逃脫，此時如不得突圍，則盡被殺死。當然瘧蟲自有其脫身之法，因瘧蟲有某一有性生殖時期，乘瘧蚊螫吸吾人之血，混於血液中，逃進瘧蚊體內，又繼續蕃生焉。瘧蚊不獨為瘧蟲之救星，且為其新宿主。在瘧蚊之胃內，此種瘧蟲繼續執行生命史上有性生殖之一段，授胎作用開始實現，每個合體變成許許多多鎌狀之孢子，孢子移行至瘧蚊之口內，等待瘧蚊再螫人體時，又竄入吾人之血液內。

瘧疾寄生蟲之生命史上，揭示一串連續適應之寄生生活：精於保身之法而又巧妙應付環境，自人體遷居至蚊體，乃一最好之解釋；因此種寄生蟲適在有性生殖時期，始入蚊之胃部而完成其有性生殖之一

段，設無性生殖之個體進入蚊之胃部，必立刻被消化。（參考第415，416圖）



第 374 圖 睡病蟲 (*Trypanosoma gambiense*) 之生命史。非洲特有之疾病。
(擴大1,500倍) (仿Chandler)

入腦脊髓而呈睡眠病，結果死亡，To cerebrospinal fluid causing sleeping sickness and death 睡病蟲在血液內而呈睡眠熱病。Trypanosomes in human blood causing trypanosome fever; 因孳孳蠅螫人而傳播; Transmission by bite of tsetse fly; 人，羚羊等，Man, antelope, etc.; 孳孳蠅，Tsetse fly; 中腸內之睡病蟲，Form in mid gut; 食進四十八小時後，前胃內又長又細之睡病蟲; Long, slender forms in proventriculus; 第十日至十五日，初進唾腺之睡病蟲; Newly arrived in salivary gland; 第十二日至二十日，唾腺中梭形之睡病蟲 Crithidial forms in salivary gland; 二十三日後，唾腺中能再傳染之睡病蟲; Forms in salivary gland ready for re-infection; 二十日至三十日後，唾腺中待再傳染之睡病蟲，Form in salivary glands ready for re-infection.

寄生性之聯合，其最高限度，祇可使宿主犧牲血肉，而不可令宿主生理機能反常——發生病狀，乃寄生與宿主間之正常適應。故熱帶非洲之羚羊 (Antelopes) 與幾種哺乳動物，雖則原生寄生動物，稱為睡病蟲 (Trypanosomes) 寄居於其血液內，亦不受顯著之妨礙。但睡病蟲之第二宿主——孳孳蠅 (Tse-Tse fly) 如果刺入皮膚，或牛、馬之皮膚，睡病蟲一至血液，必發生不可救藥之病狀，宿主通常總是「九死一生」。自從歐人開墾非洲，此荒野之主人——睡病蟲，又新得一可寄生之宿主；歐人尚不敢侵佔斯土，睡病蟲乃一天然障礙物，睡病蟲不啻為熱帶非洲之衛國大將軍。就大體言之，凡足引起疾病之寄生生物，可以當作其未曾覓得所可適應之宿主，或寄生於不正當之宿主。並且此種不得正常宿主之寄生生物，最受人注意，其實祇極少數生物，尚無特別適合之寄生蟲——而寄生蟲本身，亦不能除外。(參考第374, 375圖)

五 免疫 Immunity

不論如何，宿主之行動，不可視為一種理想，宿主亦有種種迂迴曲折之適應。以抵抗寄生蟲，如果抵抗力量發生效果，則可以免疫。

通常高等動物，包括人類，端賴血液中之白血球活動力量，及血液中所含之特別化學物，稱為抗體(ANTIBODIES)，以抵抗可以致病之微生物之毒手。

白血球綽號為人體內之警察，因為在微生物侵略之勢力下，不避危險，衝過微血管之管壁，趕至受毒害之部位，效變形蟲式之行動，將萬惡之微生物擒住而消滅之。一個白血球實行此種消滅工作時，稱為食菌細胞(PHAGOCYTES)。食菌細胞成羣結隊而分布於腸壁時，稱為派厄氏腺(Peyer's patches)；派厄氏腺乃小腸壁淋巴囊之卵形大塊，患腸室扶斯病時為穿孔之潰瘍發生之處。

在許多種類之抗體中，有所謂抗毒素(ANTITOXINS)者，能抵消某種細菌排出之毒性產物(毒素)；沈降素(PRECIPTINS)能令細菌，蛋白質等沈澱；毀滅素(LYSINS)能消滅或溶解外來之細胞；調理素(OPSONINS)乃血液中的一種特別物質，能調理細菌使白血球易行食菌作用者。

吾人之血液中，本有種種特別之抗素——亦即遺傳性質之一部分——所以每個個體對於病菌皆有天然抵抗力。個體內之抗體，有時必先由病菌引起反應，然後隨之產生；如是，則個體必先呈現病狀，始養成其免疫性。再者，免疫或避疫之力量，有時亦可以人工調整之，例如牛痘接種法(VACCINATION)，及各種預防注射，功能刺激個體產生抗體，庶病菌傳染時，有備無患。

更有進者，直至最近，學者方發見一種神祕難解之食菌物，(BACTERIOPHAGE)，食菌物與細菌處於敵對地位，相逢便起格鬪。到底

食菌物是比細菌體積更小之生物，或為一種稀有酵素狀之物質，迄今無從鑑定之。但不論如何，似乎每種細菌皆有一種敵對之食菌物，隨時可以毀滅細菌，吾人體內；有時亦有此種神祕物。

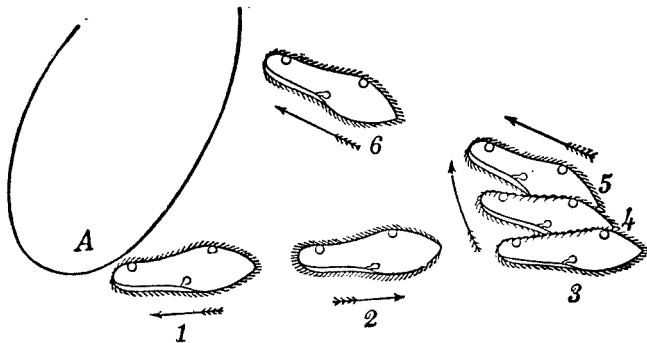
實際上，免疫問題，在過去數年中，已成為一專門科學，稱為免疫學(Immunology)。免疫學基礎之建立，完全根據學者所研究而得知原生質有稀有之適應力量，可以自動應付病菌及種種致病之寄生物；並且能抵抗超顯微鏡所不能見之致病生物，稱為通過濾器病菌(FILTERABLE VIRUSES)，如產生天花(Smallpox)，麻疹(Measles)，及狂犬病(Rabies)之神祕物是也。免疫學即是專門研究如何運用「化學戰爭以維持生命」之科學。

丙 個體適應 Individual Adaptability

現在吾人可以轉移視線，綜覽自然界如何揭示其最高適應。此種適應本領，在下等生物方面，祇有向性(TROPISMS)趨勢及行為(BEHAVIOR)要素，惟高等動物，則變為確定性與主意性，至於人類，已養成為智力與思想之基礎。人類端賴此種適應，在本質上超過適應，換言之，人類可以調度環境，而不受環境之調度。「天然既特創種種精巧機構，以應付特別變遷；似乎又集中一切變遷於一方，而由個體用同一方法應付之」——神經機構。

吾人稔悉，一切有機體皆能響應環境變遷。事實上，生命本身亦不外對環境一種川流不息之物理——化學相互作用與反應作用之結果。所謂個體行為乃特別指示每個個體之反應而言，並不是生命之內

部程序。若用遠大之眼光將動物界綜覽一下，而知動物之行爲大可識別，自最下等之種類漸漸至最高等之種類，一般體構，特別神經系，逐漸臻於複雜。變形蟲與草履蟲之行爲，乃原生質原始本性之表示——激感性，傳導性，與收縮性。所以較高等之生物，如水螅與蚯蚓之行爲，由一部分特別細胞專司其職，即神經系之調濟作用。再進至最高等之動物，包括人類，有一副極精緻之感覺器官，與高度發展之感覺中樞(Sensorium)——腦，所以行爲更加複雜。



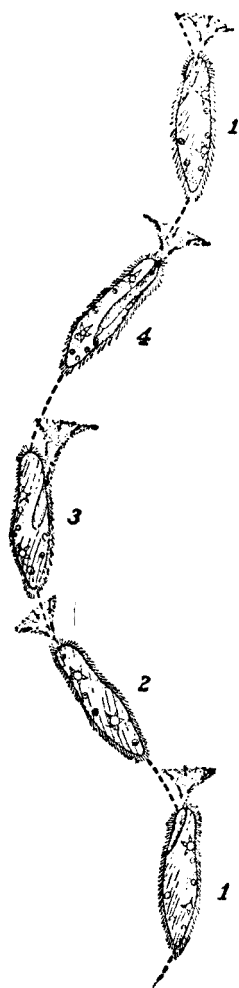
第 375 圖 草履蟲之閃避動作。A, 固體或他種刺戟物。1—6 指示草履蟲所變更之位置。軸心轉動姿勢未指出。(由 Jennings)

眞窟茲(Jennings)說：「試就草履蟲在自然情況下，描寫其一幅日常生活行爲。一隻草履蟲若不感受刺激，總是在池沼中漂游自在，略在水平面之下與之平行；但體內物質之重新分布，勢必引起感應作用，因其不在同一重力線內。此時草履蟲試行種種新姿勢，直等體之前端向上，繼續上進，升至水表面。因未有再可進展之餘地，乃不得不變更方向，揭示迴避反應作用(參考第21, 375圖)，採取一種新姿勢。在水平面之下游泳……。續向前進，待接近烈陽照耀之區域，因

池水過熱，乃躊躇不敢前進。（參考第 376 圖），此時熱水已經自體之前端沖過食道而至細胞內之原生質。草履蟲隨即在熱水區域之前繞游一周，直等發現溫度適宜之地方始向前邁進。植物之新鮮枝葉，當草履蟲左衝右竄時，有被搗碎落於水中之可能。水中之化學成分，因枝液滲出而變更；草履蟲用其纖毛排進此種新鮮之水，又停止前進，如果化學分量太強，則向後倒退一程。隨又向前繞游一周，直等發現水分適宜而無化學物之區域，始繼續向前游泳……

草履蟲之日常生活，乃依此週而復始，廢續不輟。草履蟲似乎採取一種有規則之程序，時時探索其路線，碰到有害之地方，即向後縮退。草履蟲之行爲，與一瞎聾人，或方進暗室而作摸索之狀一式一樣。此乃專靠經驗順序前進，直等獲取有益之最後目的。」

草履蟲之行爲予吾人一種印象，即此種細小動物大部分受環境之支配，而不是草履蟲對環境處於主動地位，乃確切之事實。但草履蟲亦不可以「自動物」視之，其行爲可以改變，並且經過相當時間，亦能適應素常變更之環



第 376 圖 指示草履蟲向軸心轉動及其螺旋狀路線。1—4 指示草履蟲所變更之位置。虛線指示草履蟲吸水之方向。

（由 Jennings）

境。凡環境適宜食物豐富之區域，草履蟲必成羣結隊雲集。以草履蟲之普遍，到處皆有一點而論，已足證明此種單純反應作用，對其簡單生活與生殖程序已可應付裕如。

以此種單純行為為出發點。應當隨而探討他種動物之大部分自動感應，稱為反射(Reflexes)與本能(Instincts)，完全由環境之變遷所引起。反射與本能，兩者皆在神經作用範圍之內，所以可視為遺傳性之行為。生活程序漸臻複雜，則反射與本能之種類勢必隨之增加，並且高度複雜化。水螅之觸手將所捕獲之小生物送入口內，乃原始式之反射作用與本能。蚯蚓鑽入泥土時，碰到腐爛樹葉而盡量吞食。龍蝦運用其大螯攫取其掠奪物，隨又由口部之節肢撕碎之，此乃龍蝦之適應本領。高等動物索餌之本能，已達到其最高限度，而且非常複雜。蜜蜂與蟻之非凡行為，實際上乃一種複雜本能。再者，畏懼，自衛，遊戲，及育雛等等之本能，使高等動物之大部分行為，一望而知其出於自動，而非巧合。(參考第 266, 271 圖)

恰如草履蟲及其近族之行為之可以變更，故反射與本能表面上似乎非常固定，但在特殊情況之下，仍不免多少適應性。實際上，習得之反射作用，稱為替境反射(Conditional reflexes)，可以從個人一生之經驗中獲得，此種反射作用，大有變更或改變之可能性。吾人通常稱之為「選擇作用」。選擇作用有極大潛勢力，影響高等動物之全部行為，而且為行為之主要因素；反射作用與本能反被貶黜為附屬因素，而處於次要地位。事實上，吾人所受之教育，一大部分有建立固性適應反應，稱為習慣(Habits)之力量，習慣與初步反射及本能共同

合作，緩和吾人有意識之生活上許許多多行爲之簡單因素，而留下餘力以執行最高智力程序。吾人目爲精神器官 (Organ of Mind) 之大腦，佔自動系統 (Automatic system) 之上風，而有機械式之反應作用，爲一切反射之中心，大腦對於個體一切行動之反應，掌握指揮權，並且當有次序之感應失態時加以調度或全權處置之。自「一般行爲」至「有意識之選擇感應」，中間變更程序，自本能至聯合記憶 (Associate Memory)，係逐步推進，無明白階級。聯合記憶乃習得之感應，包括最高智力程序。

在生物學意義內，對於「精神」與「智力」應當分別鄭重申說，因兩者爲完成「神經狀態」與「神經作用」之表示。吾人運用精神與智力之效能，對於環境狀況乃有極精巧之適應行爲，此亦即最超越之適應本領；但若不將人之理性與高度發展之獸性嚴格隔離之，乃一絕大錯誤。人之理性與獸性之不同，與吾人由教訓或學習而得之智識及其所養成之教育比較，有更顯著之區別。但聯合記憶或有條件之感應，應當算做人與獸間之不自然行動，人類種族史與個人一生之經驗，其中一大部分亦須藉此以解釋之。實際上，感應達到其最高峯，即吾人所體會之有意識生活，可以幫助吾人成立種種希奇想像；不獨回憶過去，並且預料將來，吾人於是有深思，調停，與理解之能力。吾人根據過去現在之經驗，以推測未來，以成就各種適應。「進化史上最偉大之事實乃生命上之心智局面漸佔優勢。」

如前所述，不論構造方面與機能方面如何發生變異，一切有機體皆擁有感應性。一切有機體皆揭示適應性之感應，所以不論環境如何

發生變化，各各皆得生存。「適應性在自然界內不啻一塊試金石，用以試驗各種進化之生物；又可當作一根碼尺，用以測量每種動物；亦可與砝碼相比擬，權衡其種種產物……進化之大道始終向適應性之增加或感應性之增加方面拓展。」個體之遺傳性乃種族適應所累積下來之產物，適應性當然亦包括在內。

第二十六章 物種之起源

Origin of Species

人類進化之前途尙有一康莊大道，吾人能進展至何疆界，繫於人類人格

修養。——Thomson

自希臘時代自然哲學家即開始運用自然主義以解釋各種各式之動物與植物之起源，並且提倡現存之物種皆爲亘古之物種經過悠久之演變傳遞 (Descent with change)——進化 (Evolution) 而來。中古時代，自然科學學問雖然重得人心，但學者羣趨於創造論，無形中承認萬物皆由唯一主宰於某一時期一手造就，反對「演變傳遞」，積極主張「物種不變」。驟然一瞥，不免令人失望，實則本書中已經述過之種種重要事實，在當時尙未發見，並且當時人所得而知者，區區千種動物而已，非如近代學者所認識之種類，數近百萬，故讀者應勿怪其然。

科學復興時代之初葉，一班自然學家工作之中心，專事蒐集各種動物與植物而描寫之，記載之；由是而有目錄之編製——着手將各種動物與植物分類——分類學此時可謂已豎其基礎。因自然學家最初即着重於分類，故後代學者繼承前人之未了工作，更趨積極，根據事實將「物種」分別決定之。所謂「物種」雖則自有限制，但其意義比個體之範圍大；換言之，每一「物種」包括許多類似之個體。

實際上，近代生物學家對於「物種」名辭之定義，仍遇許多困難，而不易肯定之。吾人當然認識，動物與植物種類繁多，並且亦明白動物界與植物界內，有極多數絕對相同之個體。就廣義上言之，一羣或一大類動物與植物可以包括許多參差不齊，形式不同之個體；惟一羣以內之個體必有其共同或主要特徵，而與另外一羣之個體比較，有顯著之區別。更有進者，一羣以內之各各個體，所產生之後嗣必與其親體相同。因一羣以內之生物，有許多絕對相同之個體，生物學家乃分別之爲一「種」。但是，「種」之規定，尚欠簡短而滿意之定義，或者除非採用：「一羣個體，個體間之差異，並不超過個體本身之應有差異性。」以表示之，恐無更合理之解釋。所以「種」乃一假定名辭，完全是學者之概括觀念，而非實在東西。自然界內真正之單位，祇有動物之個體，或植物之個體。吾人對於個體間之差異，有明白之認識，對於種與種之差異，自然明白。物種起源最澈底之分析，惟有遺傳學問可以擔任之。

種與個體似乎極易得到一種見解，實則直至最近生物學家始明白認定：動物與植物如何變成現在之形態，乃物種之變異所引起，非個體可得而決定之。事實上，十八世紀最負盛名之植物學家與動物分類大家林內氏 (Linneus)，尚且堅持，各種生物皆造物主一手所造就，分類學之目的，不過將造物主所造就之各種生物，作一有系統有規則之分類而已。此種見解，爲從前守舊之博物學家所最表同情，故古代之博學家捉住一隻甲蟲 (Beetle) 時，與其所採集之種比較，如果不十分肖像，則把牠當作不正當宗系，以足踏之，粉碎其身，算做解決一

件困難問題。現代昆蟲學家(Entomologist)將所可得而知之昆蟲清查計算，其數約在五百萬種以上，如果在古代之博物學家得見而知之，必驚駭不置。(參考第451圖)

林內氏之主張，一直到十八世紀中葉，博物學家尚抱同一見解，一致附和特別創造(SPECIAL CREATION)與物種不變(FIXITY OF SPECIES)之說；雖間有一二革新學者提倡演變傳遞(DESCENT WITH CHANGE)之理論，藉以解釋動物與植物種之起源，此種超出時代之思想，必為時人所反對，直至近代，學者始公認為物種起源之唯一答案。大約到公元一八六〇年，博物學家始改變觀念，放棄物種不變主張而採納演變傳遞學說。時至今日，凡專門研究科學者與一班有見識之人，皆相信有機進化(ORGANIC EVOLUTION)。有機進化之說，書中有數段已經直截承認，若以為此種問題尚未經精細密查而判決之，現在可給予極滿意之答覆，即遺傳原理與有機體之關係一點，可充近代生物學上最可靠之指南。祇要有人不偏不私，提出若干可作議論基礎之事實，縱有人以為解決此種問題尚嫌太早，但此種事實，已構成進化學上最有力之證據。生物學家對於引起生物演化變異之因素(Factors)，雖然意見紛紜，但對於進化之證據，則一致承認。所以為便利起見，先舉出若干進化之事實，隨後根據現代見解，討論許多進化法則(Methods)。

甲 有機進化之證據 Evidences of Organic Evolution

一位用心讀過前幾頁之學者，一定立刻覺悟，許多進化事實最好運用物種相傳之見解以解釋之，為最合理，最公道；物種特別創造論，則完全糊塗不通矣。略舉數例以證之，讀者一定尚能記憶，一切有機體皆以細胞為構造之基礎；動物之原胚層由同一方法組成，有相同之起源；凡屬脊椎動物，排洩器系與生殖器系皆有相互關係；脊椎動物之脈管系或骨骼系比較之解剖之，各有相同之模式；動物與植物遺傳之基本物質，一式一樣；在高等植物之生命史上，配偶世代逐漸退化，芽胞世代逐漸進步。總而言之，地球上生物之變異，有一變異中心，即——「組成個體者乃異分子之統一而又為統一之異分子也 (Unity in diversity and diversity in unity)」。(參考第237, 239, 254, 268, 377圖)

概括言之，上段條舉各各節目，皆維持進化學說之資料。雖則此種證據，就其性質而論，皆屬間接，却並不減少其力量，因為進化之事實本來有極複雜之淵源，但其結論，則全體一致。進化學說已達到可能性之最高程度，因為動物學與植物學以下之各專科學問所得到之論料，處處給予演變傳遞，極滿意，極合理之解釋。科學之唯一原則，在乎接受最簡單之概念以包羅所有之事實。

假使讀者對本書中所討論過，一直至目前之內容，皆明白認識，現在應當將各門生物學中所貢獻之種種最重要證據，綜述一遍。仔細一覽下列各目，一定立刻發見種種證據，惟不能將各種事實按其天然次序分別排列，因為進化之證據，彼此連累，有連帶之關係故也。

一 分類學 Classification

當生物學家嚴格執行生物分類研究有心得時，漸漸發見各「種」動物，與各「種」植物，有許多相似或類似之證據。因此不獨不能將動物或植物自簡單之種類至複雜之種類順序分級而上，並且亦不易決定某一種應當自何處起至何處止，另一種又當從何處繼之。即是，每一「種」內之個體並不一定相似，有極參差不齊者，常常與其近種之個體類似，乃假定其屬於中間種 (Intergrades)。(參考第389圖)

再者，許多互相接近之種，可以自然排列為一羣，乃名之為一屬 (GENUS)。例如灰毛松鼠代表 *carolinensis* ——種，紅毛松鼠代表 *hudsonicus* ——種，兩者同是松鼠，所以合稱松鼠屬 (Genus *Sciurus*)。如前所述，每隻動物之命名，應當包括兩個字，前一字為屬名，後一字為種名。灰毛松鼠稱 *Sciurus carolinensis*，紅毛松鼠稱 *Sciurus hudsonicus*。所以替一隻動物或一株植物題個學名，事實上即是代牠分類，因為前一字學名乃指示「屬」以內各「種」應有而共有之基本特徵，亦即生物之體構，肖像此一屬者多，肖像另一屬者少之謂也。

再者，松鼠屬內之各分子，所擁有之多數特徵，與許多他種動物，不是真正松鼠者，亦有相似地方；例如，金花鼠 (Chipmunks)，或土撥鼠 (Ground squirrels)，與松鼠比較，除許多極顯著不同之特徵外，口內且有頰囊等等結構。既有相同之特徵，又有不相同之特徵，所以將金花鼠與土撥鼠另列為一屬，稱金花鼠屬 (Genus *Tamias*)，而歸併為一科 (FAMILY)，即松鼠科 (Family *Sciuridae*)。東方熟見之金花鼠，學名為 *Tamias Striatus*。

至於海狸 (Beaver)，學名 *Castor canadensis*，與松鼠比較，不同

之特徵，比金花鼠更多，故另立一科，稱海狸科(Family Castoride)。但海狸一部分基本特徵仍與金花鼠及松鼠普遍符合，故共同歸於一目(ORDER)，稱齧齒目(Order Rodentia)。齧齒目除包括上述之三科外，尚有許許多多科，屬。此外，例如有蹄目(Order Ungulata)包括牛，馬等等；肉食目(Order Carnivora)包括虎，狼，貓，犬等等；靈長目(Order Primates)包括猩猩，人，猿等等；各各有其特別特徵，與齧齒目比較，雖有許多不同地方，但身上則一律有毛，而且以乳喂雛，因其有普遍之共同特徵，故同列於哺乳綱(Class Mammalia)之內。

哺乳動物與鳥類，爬蟲類，兩棲類，魚類比較，自然又有極顯著之區別，故各自成一綱；不過其體構則按一式一樣之基本設計，包括頭蓋與脊柱組成之骨骼，其中容納一中樞神經系統。哺乳類，鳥類，爬蟲類，兩棲類，及魚類既然皆擁有骨骼，所以總稱為脊椎動物(Vertebrata)，再加上許多有骨質之動物，併成脊索動物門(PHYLUM Chordata)；與各種無脊椎動物(水螅，蚯蚓，龍蝦)所屬之各門對比，大相逕庭，有顯著之差異。灰毛松鼠之分類法，可依照下列之系統：

界(Kingdom)——動物(Animalia)

亞界(Subkingdom)——後生動物(Metazoa)

門(Phylum)——脊索動物(Chordata)

亞門(Subphylum)——脊椎動物(Vertebrata)

綱(Class)——哺乳動物(Mammalia)

目(Order)——齧齒(Rodentia)

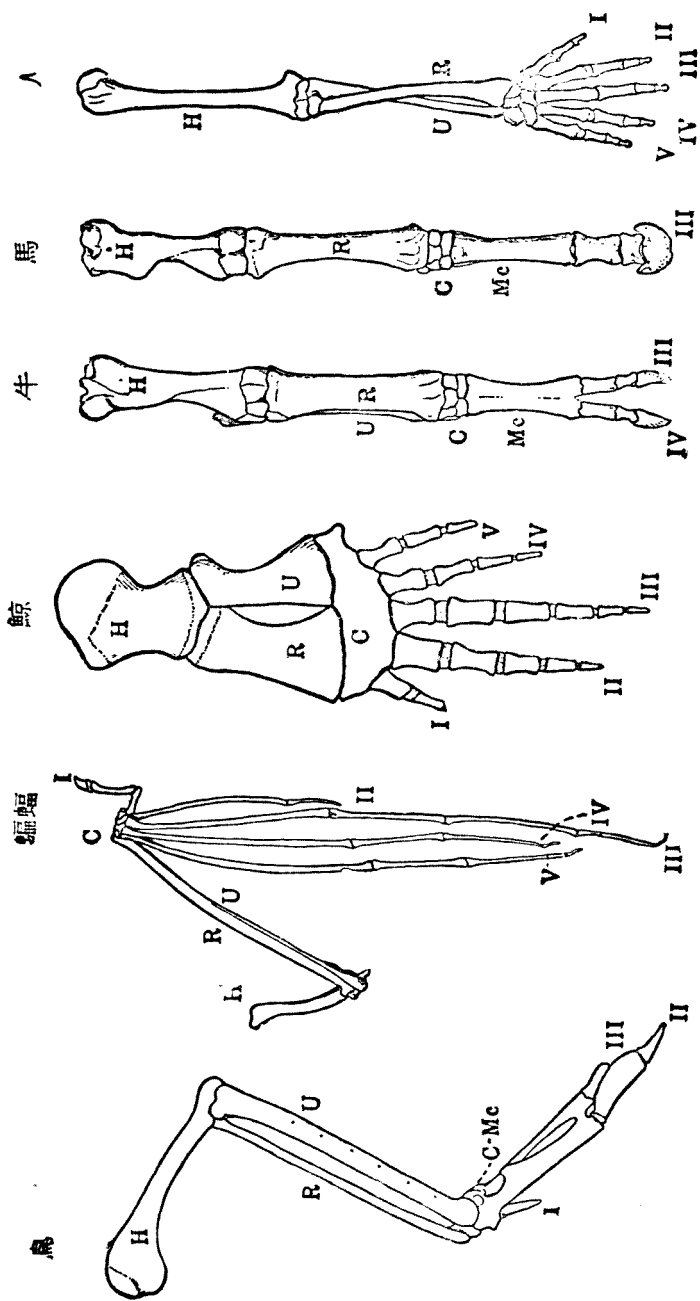
科(Family)——松鼠(Sciuridae)

屬(Genus)——松鼠(Sciurus)

種(Species)——灰毛松鼠(Sciurus carolinensis).

灰毛松鼠之分類，不過一偶然例，用以釋解並指示一切動植物所應有之基本分類法則。此種事實，非常重要，而且確切可靠，由此可以識別生物相似之特徵及其不同之特徵。簡言之，動物與植物可以按其天然特徵分爲綱，目，科，屬，種等等乃一偶然事實，但對於物種起源問題，仍不免發生疑竇。到底特別創造論所主張之「物種不變」對呢，抑或有機進化論所主張之「演變傳遞」對呢？孰是孰非，有待下文之解釋。（參考附錄下分類之一段）

演變傳遞之唯一解釋曰進化，因爲演變傳遞之原理乃根據現存之事實而闡明一大羣生物之分爲許許多多小羣，越分越精，處處以生物個體之特徵，相似與不相似兩點爲標準。以脊椎動物而論，任何一個體，皆有共同普遍之特徵，蛛絲馬跡，各種脊椎動物，必有連帶之關係，遺傳之結果也。至於脊椎動物一門內各目，各科，各屬，各種間不同之地方，乃吾人尙不得而知之種種不同條件所引起之變化，並不是創造主特別創造之。當吾人一覽地球上生物如是之衆，而且越生越多；詳細檢查各個體之特徵，愈研究愈發見種種不同之地方，在分類學上，自不能固定分爲幾個「種」，「種」之下尙須分爲幾個亞種(SUBSPECIES)或幾個變種(VARIETIES)，豈創造主時時刻刻所特別創造出來？再者，就屬，目，綱而論，各各亦有其中間形式，所



第 377 圖 脊椎動物之前肢，指示同原結構之骨骼。鳥之左翼；蝙蝠之右翼；鯨之左鰭；馬之右前腿；人之右臂。C，腕骨 (Carpals)；H，肱骨 (Humerus)；Me，掌骨或腕前骨 (Metacarpals)；R，橈骨 (Radius)；U，尺骨 (Ulna)；I—V，指骨。(仿 Scott)

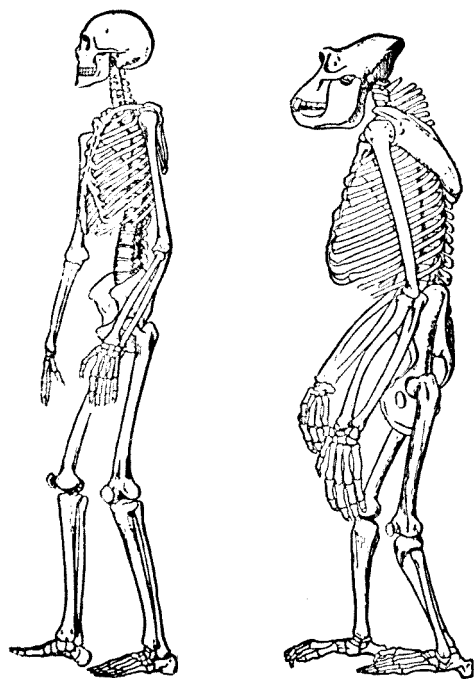
以屬下有亞屬 (SUB—GENERA), 目下有亞目 (SUB—ORDER), 綱下有亞綱 (SUB—CLASS), 餘可類推。吾人若相信亞種與變種之起源, 確由演變傳遞而來, 則不能不承認種, 目, 綱等亦必由演變傳遞而來。所謂差異, 乃相差程度, 而非種類。在進化學說未可確認之前, 生物學家寧可足踏實地。感覺目前之分類法乃一種理想而不可捉摸之編列, 無從實行表示, 祇憑吾人超越之言詞, 按生物之式樣, 隨意分配歸類之。待進化論得勢時, 分類法定可表示生物之自然族譜。(參考第 183, 184, 389 圖)

二 比較解剖學 Comparative Anatomy

上面方述過, 分類學上之證據, 實際上亦即解剖學方面之證據, 因為近代生物學家對於生物分類, 完全根據解剖方面之事實也。動物之分門別類, 例如: 綱, 目, 科, 屬, 種, 等等, 並不是單憑一點或數點不同之特徵, 乃根據大多數相似之地方。舉一例以證之, 脊椎動物所屬之五個綱, 中間雖然難免參差不齊, 但若就其主要特徵詳加比較, 一定發見基本上之相似。自不肖似之結構上探討其相同之構造乃比較解剖學之真正目的, 主要工作。不妨舉出幾種, 而且為吾人熟悉之例案於下, 以澄清比較解剖學之局面。

青蛙或蜥蜴之前肢, 鳥之兩翼, 馬之前肢及吾人之兩臂, 就構造上而論, 有一式一樣之基本設計; 至於後肢, 當然自不能例外, 亦有共同之結構。所以就大體言, 凡器官有相同之基本設計, 外觀上雖呈種種式樣, 仍屬異體同原之結構。相同器官外觀形態之差異, 大都因器官上某一構造已失其功用而萎縮或完全滅跡, 或一構造因過度發展

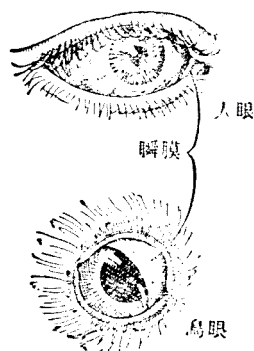
而改變其原形。總而言之。脊椎動物不論屬於何綱，何目……，前肢與後肢各主要部分，皆相同之結構。脊椎動物之前肢或後肢固有之骨骼，肌肉，神經與血管，不獨異體同原，而且有同樣之佈置；若就其他器官系統，如消化，排泄，生殖等比較解剖，亦莫不盡然。讀者若就書中所列舉之各器官系統追述一遍，一定發見自魚類至人類器官系統之外觀，難免參差不一，但其主要部或基本設計則極一致。（參考第 221—228, 237, 239, 254, 268, 377, 378 圖）



第 378 圖 人與大猩猩(Gorilla)之骨骼。
(由Lull)

現在將無脊椎動物之體構，亦比較解剖一下，不難看出許許多多異體同原之構造。龍蝦體上各部之節肢，咸以腹部泳足之基本設計為構造基礎；高度分化之步足，大螯，顎足及觸角等皆自原始式之泳足逐漸變形而成。簡言之，龍蝦各式之節肢，雖然執行種種不同之工作，其構造基礎則一也。此即異體同原中一個最顯明之實例，與脊椎動物之前肢或後肢之有相同結構，同一原理。更有進者，龍蝦之節

肢，不獨在其自體上，各各相同，整個甲殼綱內各各個體，其節肢皆異體同原之構造；與各綱脊椎動物之前肢或後肢有異體同原構造，可以相比擬。（參考第 137, 139, 377 圖）

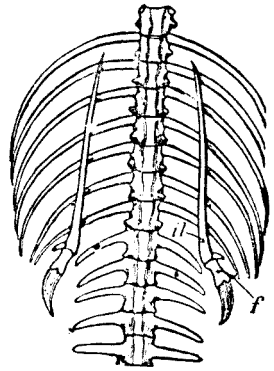


第 279 圖 瞬膜(Nictitating membrane)，一種第三眼瞼。

比較解剖學自萎縮器官 (Vestigial organ) 方面另外供給一部分可靠之材料。吾人之身體上，約略計算，萎縮器官將近百種，當然毫無用處，有時且能引起生理反常。例如蟲樣垂 (Vermiform appendix) 所發生之病症。蟲樣垂位於小腸與大腸之間，在食草哺乳動物，佔消化管一主要部分，所以不難推想吾人之蟲樣垂乃下等哺乳類之殘餘遺跡。在同一原則之下，牛，馬等之耳上筋非常發達，可以豎起耳殼，吾人之耳上筋已失掉此種作用，但亦有人能轉動其耳殼；吾人左眼與右眼之內角，有一塊細小白色之膜，稱第三眼瞼，與鳥類，爬蟲類及兩棲類之瞬膜 (Nictitating membrane) 為異體同原之結構；吾人脊柱最後端之尾骶骨 (Coccyx)，亦即下等哺乳動物之尾骨。其他各種動物亦有萎縮器官，例如：海豚 (Porpoise) 仍有萎縮之後肢在肌肉內，某種蛇尚有細小無用之後肢。馬足上之骨片 (Splint bones)，實際上乃已退化之側趾之遺跡。（參考第 228, 349, 379, 380, 386 圖）

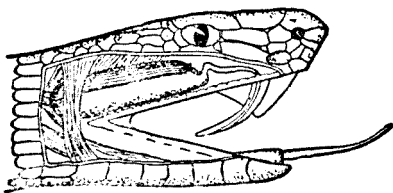
比較解剖學上另一部分之證據，即下等動物所擁有之某某器官，至高等動物或全部改造，或略加修改，以適合生活上之需要。例如，

哺乳動物之乳腺乃汗腺之轉成結構，蛇之毒腺乃唾腺之轉成結構。脊椎動物當胚胎發展過程中皆擁有數對鰓裂 (Gill slits)，除魚類至成年時期尚保留全部結構外，較高等之脊椎動物，至成年時期，祇有一對變為耳咽管，橫貫中耳與喉頭，其餘各對則完全消滅。鰓弧 (Gill arches) 為水棲脊椎動物 (指魚類) 鰓之骨架，至陸棲脊椎動物，此種鰓弧則變成舌骨與喉頭骨。最



第380圖 蟒蛇(Python)之殘餘後肢。f 股骨(Femur); il 腸骨(Ilium)。

後，高等脊椎動物以肺代鰓呼吸，六對原始動脈弓除一對變為左右動脈弓，一對變為左右肺動脈外，其餘四對皆不復存在。除此而外，身體上別部分血管，亦發生變化，以適應各式個體之需要。至於排泄器官系統與生殖器官系統，因高等脊椎動物之體構愈複雜，亦逐步分化；並且排泄器官系統與生殖器官系統有交互之關係，所以兩者有共同一致之變化。(參考第214,237,239,254,381,388圖)



第381圖 響蛇(Rattlesnake)之頭，一部分肌肉與皮已經剝下。上頰之長卵形塊即毒腺，有一條管通至彎曲之毒牙(Fang)內。(Smallwood)

根據上面所列舉之事實，學者當然可以作以下之結論：各綱脊椎動物，甚至各綱中之目，科，屬，種所屬之各各個體，皆由造物主預先設計，同時個別造就。但亦可以另下一結論即：各綱脊椎動物有共同之基本體制，所以

高等脊椎動物必自原始脊索動物逐步演化而來，不能離開「演變傳遞」之原理。時至今日，前一結論已被衆所共棄，後一結論則爲生物學家所公認。

三 古生物學 Paleontology

赫胥黎曾言：動物學家與胎生學家如果不提倡進化學說，古生物學家亦必獨自發明進化的事實。古生物學研究已經絕種之動物與植物，即動植物之化石，對於進化的事實，到底有何貢獻？

在未提出化石方面證據之前，學者須先明瞭一點。地質學家考查地層之成因，而知一層一層之間，不論牠之位置有否變動，皆可根據地層之厚度，及該層產生澱物（Sedimentation）之速率，準確斷定牠之年齡與生成年代之先後。於是綜合許多地層（Rock strata），成立一個齊整之地質年代系統（Geological chronology）。事實上有機進化問題未惹人注意之前，地層年代系統之大綱已經成立；所以吾人可以運用地層年代系統中各地層所揭示之化石爲地球上各種各類動物與植物先後出世之憑證。（參考第 382, 383 圖）

就生物學家之意見，地質年代表（Geological time-table）祇可視爲各種生物先後出世之秩序單，概括記載生物進化之階級，而不可當作各地層成形之確定長短年齡，因爲各地質學專家對於地層年齡之計算，意見參差不一，不易得到一可靠標準。現在根據守舊派所計算，假定地球成形，當在十萬萬年（1,000,000,000 years）前，古生代（Paleozoic era）以前，最少佔去一大半。就此可知地球之過去是渺茫不可推測。地質年代之劃分，最大者稱爲代（Era），由代再分爲紀

(Period), 由紀再分爲期 (Epoch)。不過地質學家所稱一代, 一紀, 一期, 不能與歷史家所稱之年代相比擬, 因爲不能採用幾年爲單位。以年爲單位, 在地質年代中價值太少。所以不問一代, 一紀, 一期有多少年, 祇要牢記一代, 一紀, 一期乃地層中古生物之化石之遺跡及其盛衰興亡之歷史而已。設代表示生命進化之階級, 紀表示在某地層

代	紀 期	佔優勢之動物	佔優勢之植物
新生代 Cenozoic	近 世 Recent 更新期 Pleistocene	人 類 Man	有花植物 Flowering Plants
	鮮新期 Pliocene 中新期 Miocene 漸新期 Oligocene 始新期 Eocene	哺 乳 類 Mammals	
中生代 Mesozoic	白堊紀 Cretaceous 侏羅紀 Jurassic 三疊紀 Triassic	爬 蟲 類 Reptiles	裸子植物 (松柏科及其近族) Gymnosperms (Conifers and kin)
古 生 代 Paleozoic	二疊紀 Permian 石炭紀 Carboniferous	兩 棲 類 Amphibians	孢子植物 (苔蘚類, 羊齒類, 及其近族) Spore-plants (Mosses, ferns and kin)
	泥盆紀 Devonian	魚 類 Fishes	
	志留利亞紀 Silurian 奧陶紀 Ordovician 寒武利亞紀 Cambrian	海生有介殼高等無脊椎動物 Shell-bearing marine animals	藻 類 Algae
太古代 Proterozoic		無介殼下等無脊椎動物 Shell-less Invertebrates	藍綠藻 Blue-green Algae
元古代 Archaean		最初出世最下等動物 (假設) Simplest animals	最初出世最下等植物 (假設) Simplest plants

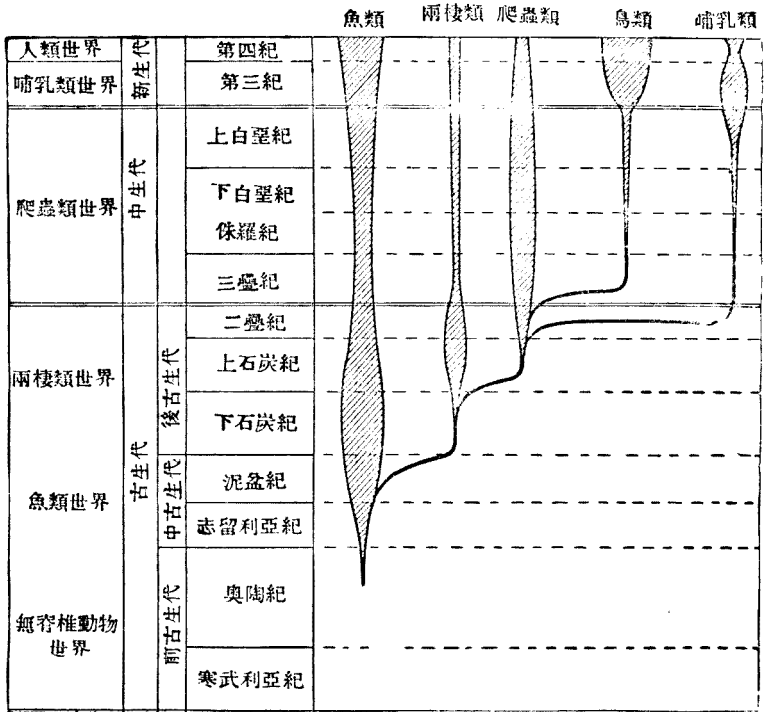
第 382 圖 A 地質年代與各類佔優勢之生物對照表。參考第 383 圖

中所找到之化石，乃以地層之名名之，期表示生物存在之年齡。

自此種地質年代表（若稱之爲地球自然史，或者更確切。）及其居留生物方面，偶然綜覽一下，不能不令人感覺所發見之事實。處處證明生物之進步與體構之漸臻複雜，實實在在係從亘古之種類廣續流傳下來。化石方面生物之家系，中間雖然難免一二斷缺之處，但舊地層之埋沒與新地層之形成，古生物亦隨之變爲近代生物，當然亦不可否認。「祇有人類因自己之生命極暫，無從一覽地球全史，始妄料物種固定不變。」無脊椎動物於太古代出世；魚類，兩棲類及爬蟲類於古生代出世。鳥類及古哺乳類於中生代出世，高等哺乳動物與人類於新生代始出世。苔蘚植物與羊齒植物比裸子植物先出世，裸子植物則較有花植物先出世。自下等種類至高等種類，順序而上，有一定之系統。吾人既然自地層中搜集相當完備化石之記錄，大可提出此種證據以保證進化學說之實在可靠，勿容再加考慮與責難。爲實事求是起見，現在就古生物學家所供給之豐富材料中，選擇二例爲學者研究化石之參考。（參考第 384 圖）

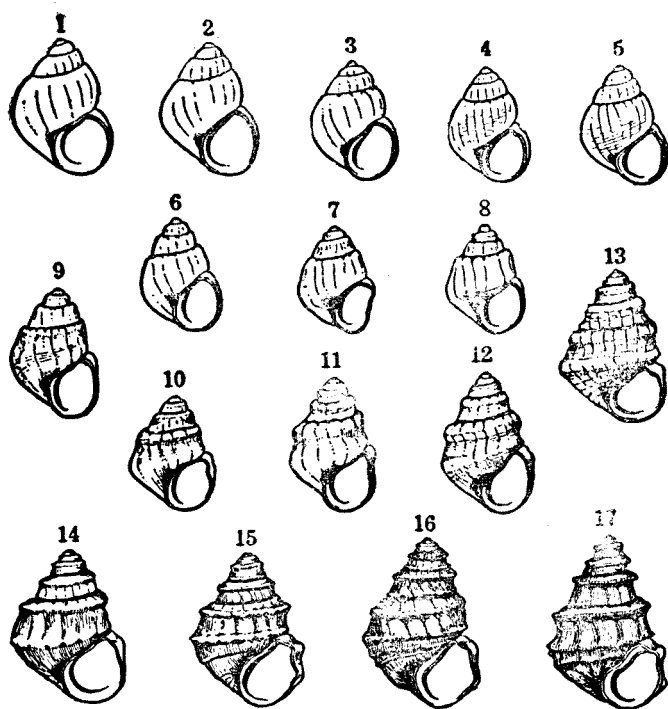
驟然一瞥，似乎一隻模範爬蟲，例如冷血多鱗之蜥蜴，與一隻模範飛鳥，例如溫血豐羽之家鴿，有顯著之區別。惟動物學家並不重視體表上外觀之差異，仔細比較飛鳥與爬蟲個體之基本構造，而知兩者有共同相似之特徵，觀察其胚胎發展程序，又發現兩者趨向共同一致之步驟，乃不容不虛懷承認鳥類係自爬蟲類之枝幹發展進化而來。更有進者，鳥類始祖之化石，稱始祖鳥（*Archaeopteryx*），其形態或體制，從各方面觀察比較，實介乎現代爬蟲類與現代鳥類之間，所以被

視爲爬蟲類與鳥類間之鏈鎖。(參考第385圖)



第 383 圖 各主要脊椎動物之起源與發展與地質年代之對照表。(仿 Osborn)
 人類世界, Age of man; 哺乳世界, Age of mammals; 爬蟲類世界, Age of reptiles; 魚類世界, Age of fishes; 無脊椎動物世界, Age of invertebrates; 兩棲類世界, Age of amphibians; 新生代, Cenozoic era; 中生代, Mesozoic era; 古生代, Palaeozoic era; 後古生代, Late palaeozoic era; 中古生代, Mid-palaeozoic era; 前古生代, Early palaeozoic era; 第四紀, Quaternary; 第三紀, Tertiary; 上白堊紀, Upper Cretaceous; 下白堊紀, Lower Cretaceous; 侏羅紀, Jurassic; 二疊紀, Permian; 上石炭紀, Upper Carboniferous; 下石炭紀, Lower Carboniferous; 泥盆紀, Devonian; 志留利亞紀, Silurian; 奧陶紀, Ordovician; 寒武利亞紀, Cambrian; 魚類, Fishes; 兩棲類, Amphibians; 爬蟲類, Reptiles; 鳥類, Birds; 哺乳類, Mammals; 三疊紀, Triassic.

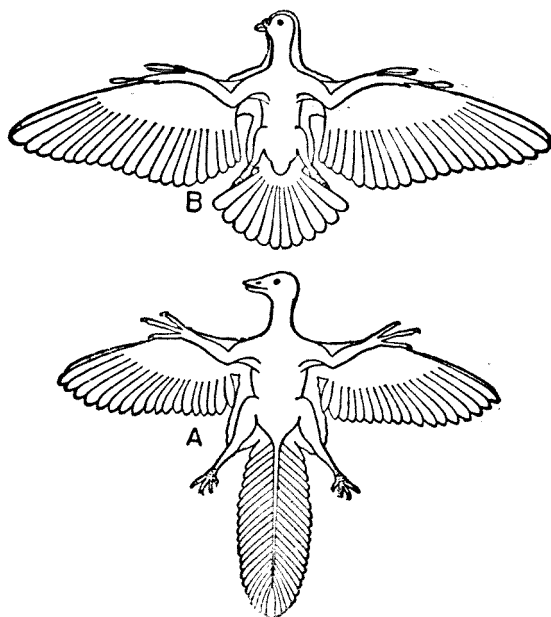
學者確定始祖鳥爲鳥類，其化石模型之大小，與家鴿約略相等



第 384 圖 斯拉窩尼亞 (Slavonia) 第三紀 (Tertiary) 地層中所見之一種田螺 (Paludina), 指示型式漸次變更之程序。(由 Lull, 仿 Neumayr)

始祖鳥之上下牙牀生許多細齒；一條與蜥蜴等長之尾，包括多塊脊骨，而且每塊脊骨展出一對剪形之翮 (Quill)；兩翼各有四指，尚未完全脫離爬蟲類之特徵。事實上自巴威 (Bavaria) 之石版石坑 (Lithographic stone quarries) 中掘出一隻化石鳥，有始祖鳥應有盡有之特徵，與天演論家所想像之始祖鳥完全符合。始祖鳥之化石屬於侏羅紀之後期 (Late Jurassic)。

現生馬之祖先乃一最動人心目之化石系統。自馬許教授 (Professor Marsh) 從美國西部搜集一整組化石馬骨後，馬之進化史在生物界內乃最負盛名，被譽為生物種族進化第一部有價值之記錄。赫肖黎



第385圖 A. 始祖鳥 (Archaeopteryx) 與 B. 巖鴿 (Columba livia) 之比較。(由Lull)

精細審查此整組化石馬骨之後，宣稱此乃生物進化一確鑿之證據。馬許教授所搜集之化石馬，現在整理成一家系，公開展覽於耶魯大學博物館中。

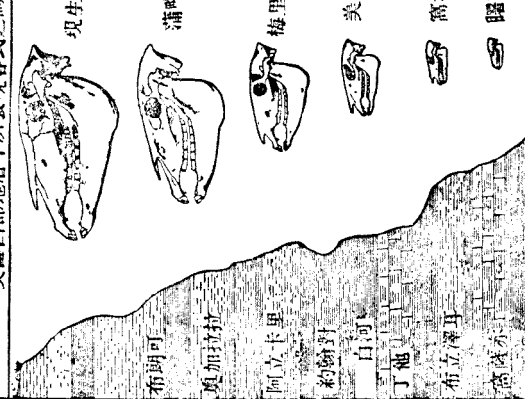
現在馬之進化事實，可概括述之。馬之始祖或者為一羣已經絕種似馬之動物，與原有蹄獸，即裸獸類 (Condylarthra) 大略相似，每足有五趾，一大部分蹠着地。馬祖之真正化石乃自北美新期地層中

(Eocene stratum) 掘出一隻細小，高不盈尺，似馬之獸，稱為曙新馬 (Eohippus)。曙新馬之前足有四個完整之趾（即第二，第三，第四，第五趾），大姆趾已經滅跡；後足有三個完整之趾（即第二，第三，第四趾，）第一趾與第五趾尚留一骨片 (Splint)。窩洛馬 (Orohippus) 出土於中曙新期，已知者十種，後足無骨片，前足之中趾最發達。美索馬 (Mesohippus) 為馬之進化第二主要階級中之第一種，大小與狼相等，前足後足各有三個完整之趾，中趾比側趾大，惟前足之第五趾尚有痕蒂，漸新期 (Oligocene) 出土，被發見者有幾千種。梅里克馬 (Merychippus) 係中新期 (Miocene) 出土，形式豐富，分佈極廣，共二十五種，側趾（第二，第四趾）縮短；不再着地，全靠第三趾之趾尖支持體重。蒲略馬 (Pliohippus) 在鮮新期 (Pliocene) 始現露頭角，共十七種，側趾比梅里克馬更縮小，又有已經退化成為簡單之骨片者，中趾則甚發達，故常稱為第一種獨趾馬。蒲略馬繼續進化，最後變成現生之馬屬 (Genus Equus)。馬屬自更新期 (Pleistocene) 一直傳至近世，包括近世馬 (Equus caballus)，每足祇留一趾發生功用，第二趾與第四趾皆已退化為骨片。（參考第 386 圖）

就馬之豐富化石中，姑選出幾個例，可以代表亦可以解釋現生馬如何自各期各化石祖先逐漸演化下來。對於體構之變化，特別注意其足趾，其他尚未論及。自曙新馬進化至現生之馬屬，中間幾乎經過一千萬代，當然身體上尚有許許多多極顯著之變化，為生物學家所公認，下曙新期出世之曙新馬乃體小有蹄，五趾四足一般化獸，其後嗣經過長久之時間而步步特化；雖則一致演化，但究竟進化之方向不

馬之進化

美國西部地層中所發現各式之馬		前足	後足	齒	
第四紀 人類 世界	近世	現生馬			
	更新期	蒲略馬			
	第三紀 哺乳類 世界	鮮新期	梅里克馬		
		中新期	美索馬		
	始新期	高洛馬			
	漸新期	隱新馬			



馬之祖先(假設)，每足有五趾，有猿猴之齒 小臼齒越變越像大白齒

第 386 圖 馬之進化。(由 Matthew)

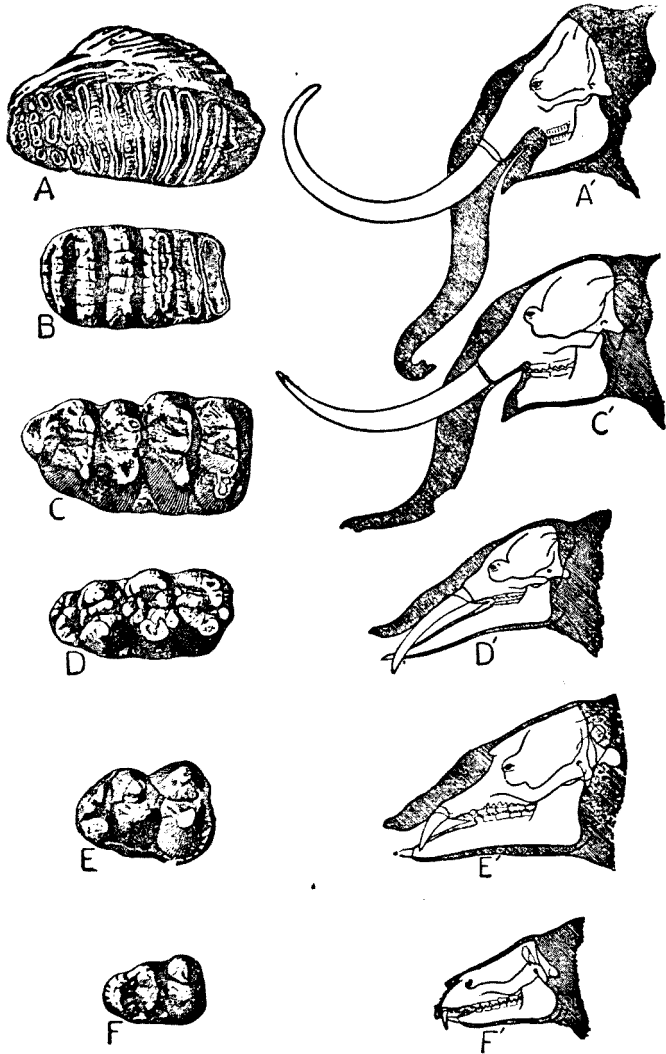
第四紀, Quaternary; 人類世界, Age of man; 第三紀, Tertiary; 哺乳類世界, Age of Mammals; 爬蟲類世界, Age of Reptiles; 近世, Recent; 更新期, Pleistocene; 鮮新期, Pliocene; 中新期, Miocene; 漸新期, Oligocene; 始新期, Eocene; 曙新期, Paleocene; 白堊紀, Cretaceous; 侏羅紀, Jurassic; 三疊紀, Triassic; 布朗可, Blanco; 奧加拉拉, Ogalalla; 阿立卡里, Arickaree; 約翰對, John day; 白河, White river; 丁他, Dinta; 布立澤耳, Bridger; 窩薩赤, Wasatch; 坡里耳與托里溫, Puerco and Torrelion; 蒲略馬, Pliohippus; 梅里克馬, Merychippus; 美索馬, Meshippus; 窩洛馬, Orohippus; 現生馬, Equus; 曙新馬, Eohippus, 前足, Fore foot; 後足, Hind foot; 單趾, One toe.

同, 所以分道揚鑣, 成立許多支系。馬類最可注意之變化乃足趾之逐漸縮小而失掉, 單留下第三趾, 身體越變越高, 行動愈活潑敏捷, 頸部延長, 牙齒結構變極複雜, 腦部發達擴大。所以自曙新期澤地上重步而行, 短趾八字脚之馬, 進化爲近世乾原上以趾尖着地奔跑馳聘之捷足馬。

事實上觸目驚心之古代生物及其豐富記錄, 並不是漫無標準, 乃因到處發見化石, 而且源源不盡, 可以成立一進化系統樹, 反映「演變傳遞」之說, 牢不可破。(參考第 387 圖)

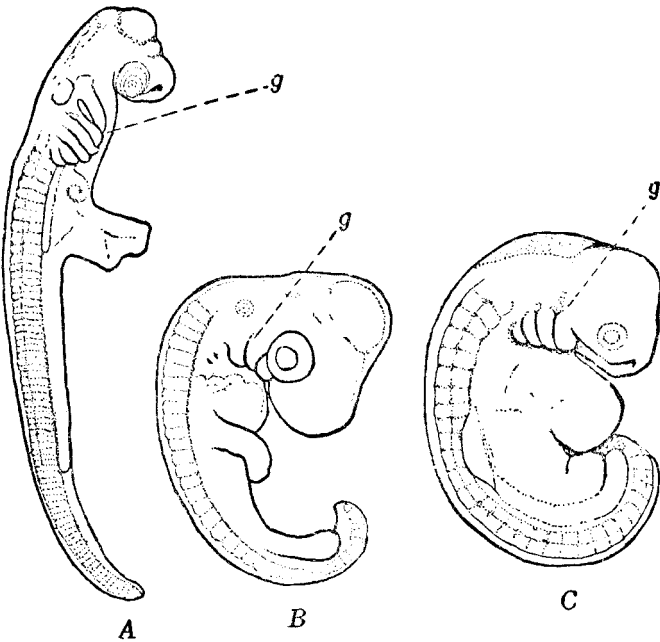
四 胎生學 Embryology

如果進化認爲是一確實論據, 吾人亦期望自生物之卵子發展至成年過程中探討生物連帶遺傳之證據。在書前各項目下, 偶然提出許多胎生學方面之論料; 當吾人討論胚胎發展問題時, 又處處顧到進化方面之事實。故現在應當慎重注意一件事, 即個體之發展史何以常常與生物之種族史互相符合, 此種事實比較解剖學有明白之解釋與佐證。讀者如果尚能記憶書中已經提出脊椎動物比較解剖之一段, 則下面所舉數例, 亦足保證個體重演種族史之理論(RECAPITULATION THEO



第 387 圖 象之頭與白齒之進化程序。A, A', 更新期 (Pleistocene) 之象 (Elephas); B, 鮮新期 (Pliocene) 之掩齒象 (Stegodon); C, C', 更新期 (Pleistocene) 之柱牙象 (Mastodon); D, D', 中新期 (Miocene) 之三峯齒象 (Trilophodon); E, E', 漸新期 (Oligocene) 之古柱牙象 (Palemastodon); F, F', 始新期 (Eocene) 之長鼻獸 (Moeritherium)。 (由Lull)

RY)或簡稱發生定律(BIOGENETIC LAW)。



第 388 圖 各種不同胚胎，而有相同發展時期。A，魚類（鮭）；
B，鳥類；C，人類；g，鰓裂。（由Scot:）

下等脊椎動物，例如魚類，其心臟祇分為兩個窩，一稱心耳，另一個稱心室。心耳乃全體各部血液流入心臟之總匯，心室乃心臟中之血液湧出之出發地，心室中之血液先流至鰓部，隨即向身體各部流動。較高等之兩棲動物，如青蛙，蟾蜍等，心耳分為兩個，心室則祇有一個，形成三窩之心臟。爬蟲類之心臟並不一致，蜥蜴，龜，蛇有二心耳與兩個不完全分室之心室；尖鼻鱷（Crocodiles）與短吻鱷（Alligators）之兩個心室完全隔離，所以形成一四窩之心臟。鳥類與

哺乳類與鱷同樣有四窩之心臟，不過在胚胎發展之過程上，心臟始初亦祇有二窩，與下等脊椎動物相似，以後經過有次序之變化，終分爲二心耳與二心室。（參考第 233, 241 圖）

再就各個脊椎動物（包括人類）之腦之發展程序而論，當胚胎初期，各各有一共同之基本型式，即成由神經管之前端擴大部分轉化而成。高等脊椎動物之腦在胚胎時期，與成年之下等脊椎動物之腦，其情況大同小異，就結構一點而論，幾乎無從區別之。惟高等脊椎動物之腦，在胚胎發展程序上，分化之程度特別提高，自魚類至哺乳類：腦之結構，越變越複雜，順序而上，最後至人類，而有最複雜最完整之腦。（參考第 267, 268 圖）

取同樣之觀念，進而考究脊椎動物之排泄器系，生殖器系，及頭部等等之發展程序，皆從原始簡單之型式逐漸臻於複雜。設就無脊椎動物之胚胎發展程序上探討一下，亦有有規則之變化系統，例如高等甲殼類（Crustacea）之幼蟲各期變態（Metamorphosis），幼蟲之結構與成蟲之下等甲殼類或下等甲殼類之幼蟲比較，形態非常酷似。（參考第 254, 388 圖）

吾人臚舉種種實例，對於天演學說究竟有何補助？生物學家之見解，以爲此乃天演極合理之佐證。各個脊椎動物心臟皆建築於同一基礎上，始自二窩之心臟，而三窩，由三窩再分化爲四窩；此即個體發展史重演生物種族史（Ontogeny repeating phylogeny）最正常之結論。當吾人想到高等動物胚胎發展各期之情況與下等物種成年之個體，偶然普遍之形影相依，此種事實，又迫使吾人承認有似之原因，

乃建在遺傳基礎上，高等動物與下等動物血統之關係，造就物動演變傳遞，或有機進化之事實。

五 生理學 Physiology

一系生物，有相同之基本構造，必具相同之生理基礎；構造與機能，一唱一和，形影相依，兩者有不可分離之關係。所謂機能可視為各構造所履行之職務，此種事實吾人根據「物種」各有其特殊體構，及生物化學之特別性質與生物化學之反應作用，更加强吾人之信心。

讀者應當尚能記憶，激動素之化學抗制力對於整個生物個體之調濟作用佔極重要之地位，特別對於消化，生長，生殖種種機能。現在吾人明瞭，脊椎動物方面，其「物種」雖然不同，各種激動素亦可以互相調換，乃係確切之事實。所以當人類缺少因素靈 (Insulin)，而需要此種激動素時，可以自魚類或羊之胰腺中抽出此種物質，加於吾人身上。此種事實暗示：至少有幾種化學抗制素在遠古之祖先起，即有普通共同之成分。

另一方面，化學成分之差異，體構上亦必有顯著之差異，因血液中血球素 (Hemoglobin) 所組成之結晶體揭示種種不同之形式也。分類上，目，科，屬及種之區別，固然以體構為標準，血液之結晶體亦因目，科……之不同而有顯著區別。以血液之結晶體為區別物種之標準，一試而知吾人熟見之白鼠乃挪威溝鼠 (*Mus norvegicus*) 之白子 (Albino)，而不是玄鼠 (*Mus rattus*) 之白子；熊與海豹 (Seals) 之血緣，非常接近，與犬疏遠。

再者，生物間血緣關係之親疏，尚有最可靠之材料，即血液與蛋

白質之表示。凡以異種動物之血液注射於另一種動物身上，血球極易溶解，而被注射之動物，往往發生疾病，甚至於死亡；反之，同種動物，或血緣極接近之動物，如馬與驢，其血液從此一個體注射於彼一個體時，結果完全不同，即在尿中未有血球素，被注射之動物亦照常健康。所謂沉澱試驗 (PRECIPITIN TESTS)，舉一例解釋之：將兔之血清 (SERUM)，曾經注射馬與鰻之血清者，重新與馬及鰻之血清相混，亦發生沉澱現象。以蛋白質代血清，其沉澱現象亦然。然而加入之蛋白質，如其種類不同，則無沉澱現象，或者沉澱之程度有種種濃淡之分。經過學者之研究，已知其與血緣之親疏之關係成比例，即血緣近時，雖則稀薄之血清，亦能發生沉澱，血緣遠時，濃厚之血清，其沉澱亦不多；或者竟完全不生沉澱。

如前所述，在化學方面，則人類之血一定與似人猿 (Apes) 之血相近，而與舊大陸猴類 (Old World Monkeys) 之血疏遠；與後者之血較接近，而與新大陸猴類 (New World Monkeys) 疏遠；與後者較接近，而與狐猴 (Lemurs) 之血疏遠，如此類推。或者降至爬蟲類，蜥蜴，蛇，鼈與鱷間，各有密切關係。至於古生物學上鳥類之爬蟲始祖 (始祖鳥) 應當與鱷，鼈較接近，而與蜥蜴，蛇疏遠。運用驗血法當然亦可以檢查出上述種種動物血緣關係之親疏。

所以除少數尚未歸系之例件外，將來再經學者澈底之研究，一定可以與目前所搜集之正當論料同上軌道。吾人歸納結論：血液之化學特性幾乎與血管之特殊情況可以媲美齊觀。實際上就各種動物血液中所含無機鹽之成分及其固有特性檢查一下，有可靠之理由而使人相

信此種鹽質與幾萬萬年前海洋中所含之鹽質有同等成分與特性。所以自亙古迄今，動物血液中之鹽即維持其共同性質；動物之各各器官系統，因動物本身不斷之演化，亦逐漸發生變化；惟血液最守舊，始終保留其祖先之情況。

六 分佈 Distribution

人人咸知地球上各處，各有其特產之動物與植物，高山，平原，海濱，深洋，池沼，沙潭，以及熱帶，溫帶，北極各區域，各有特殊之生物。但動物植物之分佈，其問題極其複雜，並不是概括數言可以描述之，因為研究生物之分佈，一方面須根據生物與其周圍環境之關係，一方面須探討物種間之交互關係而着手。研究動植物之分佈，有此種種複雜問題，所以在生物科學上，另外創立一門植物或動物之生態學(Ecology)。(參考第 367, 368, 389 圖)

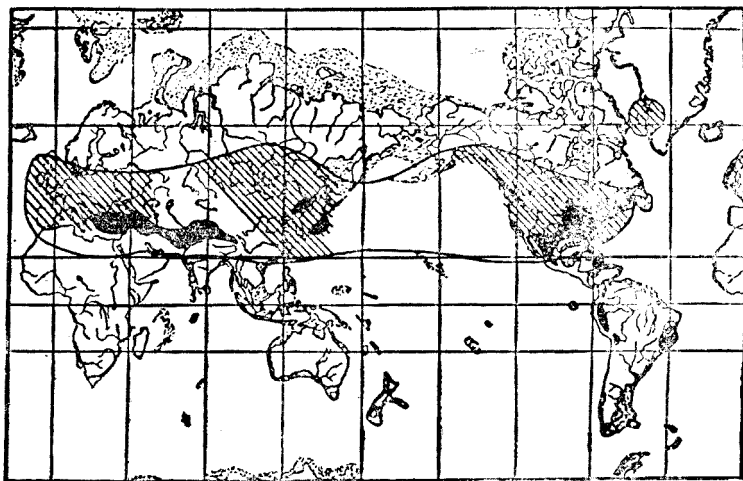
目前暫時注意動物之地理分佈，簡稱之為動物地理學(Zoogeography)。略舉一二簡潔之例而試察進化學說到底可以就此得一合理之解釋否。

哺乳綱中有一屬特別之動物，即獾屬(Tapirs)，現在祇有二個不同之「種」，一生於中美南美，一生於亞洲南部及南洋羣島。此二個不同「種」之獾，各生於距離極遠之區域，似乎不至有血緣之關係，但就古生物學上研究，而知當鮮新期(Pliocene epoch)，獾類實遍佈於歐洲，北美，及亞洲北部，隨後逐漸減少滅亡，待更新期(Pleistocene)末葉，殘存者祇有二「種」，即現在分佈於中美，南美，及亞洲南部各地。簡言之，獾類不連續隔地之分佈，實代表古代全球遍佈



第 389 圖 北美洲之籬雀(Song Sparrows)計共二十九亞種，圖中指示二十三亞種之地理分布。每一數字指示一亞種。查普曼(Chapman)謂：「籬雀之羽色澤與體積大小，顯示漸次變遷，令人無從劃界。鳥類隨氣候而發生變化，所以圖中之籬雀，堪與一種花樹相比擬，開放二十九朵花，每朵離母樹之花，可各自成立為一種。將來或者有一日，已經成立之各種，復分出許多新種；不過現在一原種，祇分出二十九新種。」

殘存之種。此二個現存之「種」，因所處之環境不同，又經過長久之地理隔離，乃各各養成特殊之體態。學者咸知，十五世紀時，一窠歐洲種野兔傳到坡托·聖托(Porto Santo)島上，至十九世紀中葉，其後嗣之體態，已經大大改變，被視為一「新種」。(參考第 210 圖)



第 390 圖 黑地指示胡桃 (Walnuts) 現在分佈區域，縱綫表示古地質時代胡桃植物原佔領面積。(由 Berry)

事實上舉世聞名，達爾文(Charles Darwin) 乘俾格爾(Beagle) 船而週遊全球三載之壯舉，在加拉巴哥羣島(Galapagos Islands) 上發見各種特殊之動物與植物，使達爾文本人十二分驚奇，以為物種起源惟有特別創造方可解釋之。加拉巴哥羣島離開南美洲西岸約六百海里。島上產生之動物，大體上與大陸之動物相似，惟比較島上之「種」與大陸之「種」，則殊出意料之外，因其中大多數並不盡同，較接近之羣島，所產之動物頗相似，距離愈遠，則物種愈差異。達爾文之記錄中有一段云：「有一件事深印我心而始終不忘者，當我檢查所採集之標本，我與俾格爾船上之同伴皆大吃一驚，因比較所射下之反舌鶉 (Mocking Thrushes)，發見屬於查理士島(Charles Island) 者為一種 (Mimus trifasciatus)，屬於亞伯馬里島(Albemarle Island) 者為一種

(*M. parvulus*)，屬於詹姆士島(James Island)及茶坦姆羣島(Chatham Islands)者又爲一種(*M. melanotis*)。介在詹姆士島與茶坦姆羣島之間尚有兩個相連之小島。並且在詹姆士島上尚有驚人之事實發見，即全球從未發見，加拉巴哥羣島特產之三十八種植物，其中三十種祇生在此島。」

達爾文自加拉巴哥羣島考察此種事實後，又在全球各處孤島上發見特產之動物與植物。例如，整個昆蟲綱內之「種」，其中半數，與整個種子植物部內之「種」，其中四分之一，全球各地，從未發見，惟聖·赫勒拿島(St. Helena)上有之。更有進者，達爾文根據此種現象以解釋物種之起源，乃各家學說中最可取者。所謂大陸羣島之生物，乃羣島未與大陸隔離前，大陸之生物，蕃生棲息其上者；海洋羣島乃火山爆發之產物，或珊瑚壘積而成，所以海洋羣島上之生物，亦即大陸上之生物。不論大陸羣島，或海洋羣島上之生物，皆大陸上隔絕之「物種」，因隔絕之期間越長，隔絕之距離越遠，「物種」越變化越與大陸上之原種不同，而各各自行演化爲「新種」。羣島與大陸隔絕，明明可以提高「物種」之分歧，因島上生物既然演化爲「新種」，又不能與「原種」雜交而繁殖；加以突變之機會，而少物種競爭之妨害，所以物種越變越多。吾人認識，生物進化，其所處之環境有極大潛勢力，所以孤島上各種生物，皆演變傳遞而來。(參考第 389 圖)

吾人已經綜括幾個具體例案，此幾種重要證據，可以證明現存各種生物皆經過長久之演變傳遞而成立。前文中所默示之證據，與目前所提出之事實，應當足爲讀者參考之資料，而自斷決進化之問題。惟

尚須提醒讀者一件事，即所有種種證據，按其性質而論，全屬間接，讀者應當了解，但進化之證據雖然不過如此，其數量不斷增加，其效力亦逐漸擴大。目前讀者祇知有限之論料，當然對於有機進化一事，不易領悟其底蘊，但有機進化之證據，已有不可抵抗感人之力。

乙 有機進化之因素 Factors of Organic Evolution

姑認定進化事實為當然，究竟何種因素引起生物進化？此乃另一問題，應當作為別論，常使初學者迷惑錯亂。雖則生物學家皆承認有機進化包括種種基本因素，惟對於基本因素之重要性及其感化力量，仍有顧慮，而發生爭論。俗人常常誤會，以為有機進化之因素之爭論不決，亦即有機進化事實之發生枝節，實在進化事實為一件事，進化因素又是一件事，兩者不可混淆。

對於進化論之歷史背景及如何發展至今日之地步，似乎不需澈底追究，且亦非本書篇幅所容許，所以概括述之足已。有機進化乃一種概括之觀念，自一門科學搬到另一門科學上，從天文學到地質學，從地質學到生物學，最後歸納為有機進化論。有機進化之觀念，不論何種形式，總是與歷史一樣古老；待十八世紀初葉，法蘭西生物學家拉馬克為實現此種思想起見，始運用種種論料，而正式宣布有機進化學說。（參考第 467 圖）

一 拉馬克主義 Lamarckism

拉馬克所提出有機進化之證據非常有限，選擇論料既嫌失當，又

未嘗發揮動聽之言論，所以當世凡夫俗子，甚至生物學家皆不能表同情，反加以蔑視。拉馬克主張動物進化之主要因素乃動物個體各部受「用與不用」之支配而發生變化；動物遇有新需要相迫不休時，必因此新需要而發展為一種新動作，新動作常需不斷，則能產生新器官，並且相信可以傳遞至後嗣。拉馬克之言論，於一八〇九年始正式發表，概括之如下：

第一定律：「每個動物對於本體上任何一種器官，如果盡量運用，並且永遠維持下去，必逐漸發展，伸張，達到其最高限度；器官動作之力量，則視器官執行其功用之輕重，與時間之久暫為比例。反之，一種器官，如果失掉其功用，必逐漸退化，萎縮，最後完全消滅。」

第二定律：「各種動物久經環境之薰陶，則身體某一部分向來不用者，亦將變為有用，或某某部分向來不作如是用者，亦將增一新作用；如是遂有新器官產生，或舊器官經損益而成新狀。如果此種變化為兩性所共有，或為產生新個體之母體所有，則可以遺傳於後嗣。」

拉馬克之第一個定律，就一般情形言之，相當穩健可靠；第二個定律力主習得性之遺傳，則大大受人質問；因吾人未見體質上之變化可以遺傳者，但當時學者反對拉馬克之學說，並不是為此一弱點而責難，實則彼時進化種子尚未成熟，時人喜唱高調而已。

二 達爾文主義 Darwinism

數十年後，英吉利之大博物學家達爾文出世，利用優越之科學背景及地質學家所發見進化之論據，造就其一生事業。公元一八五九

年達爾文出版種原論 (Origin of Species) 一書，有兩點重要貢獻：一，列舉種種事實以證明並解釋演變傳遞之說，即假定現在生存之「物種」必由先前之「種」演變傳遞下來。二，提倡自然淘汰 (Natural Selection) 之說，即種族間之競爭，適者生存，不適者淘汰，以闡明物種起源之理論。達爾文之長處，善在顧慮事實與理論，使人不能不信有機進化爲事實。有機進化學說問世以後，吾人對於整個生物界完全改變觀念，且抱無窮盡之希望。（參考第469圖）

進化論之概要到底安在？第一，不必追研生物變異之起因，達爾文之種原論一書中，已經舉出極豐富天然變異之實例。再就廣義言之，達爾文認定，一切或任何一種可遺傳之變異，皆極重要，而詰問拉馬克所主張習得性之遺傳。

自變異之說普遍認定之後，達爾文鄭重申說，生物生殖之重要性，遠超過其後裔所佔有之居留地及所需要之食物，吾人目前有許多論據足以解釋此種特點。一隻肉眼所不得見之草履蟲，擁有消化，生長，生殖種種機能，將外來之物質同化爲其本體之原生質，生殖力極強，屈指一算，五年之內，可以蕃衍三千代。假使其後裔全部存在，其總數將等於二之三千自乘方 (2^{3000})，原生質之全積約等於地球之容積十之一千自乘方 (10^{1000})！通常蚜蟲 (Aphids) 一年亦有十二世代，假定一隻雌蚜生一百隻幼蚜，隻隻又儘此量再生下去，到年底最後一代，總數將滿十垓 (Ten sextillion = 10,000,000,000,000,000,000,000)，假使排隊遊行，其長度可以從地面達到望遠鏡所能窺見最遠一顆之恆星之外。再就蚊蟲而論，平均一隻雌蚊，一個夏天可以產生

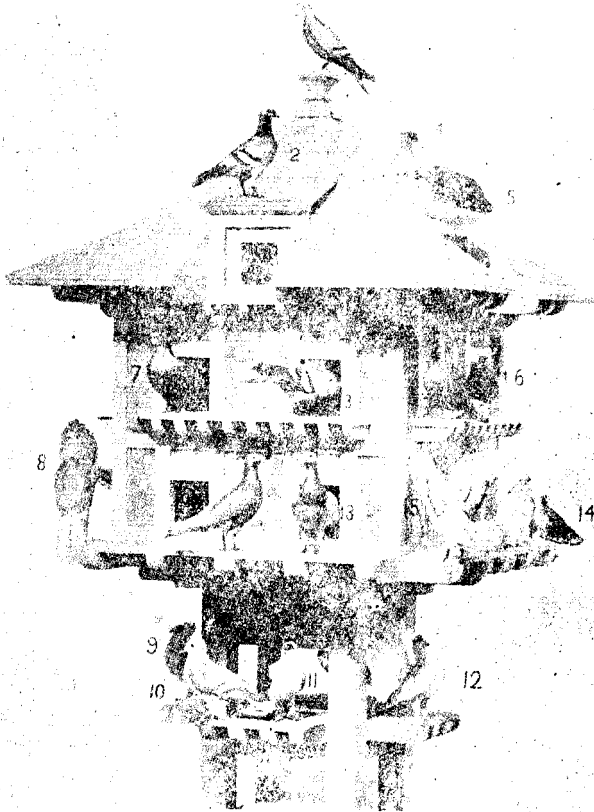
二千萬萬後嗣。生物生殖力之強，不能不令人咋舌。

地球上之生物，其數量真是無窮無限，無從算起。假定每個生物平均之壽命為一年，或祇有一日則更近情理，則一年之中，不知已經犧牲多少生命，又不知產生多少新生物，此乃確切勿容考慮之事實。生物有生必有死，生產率皆遠超過死亡率，地球上之羣衆，將有擁擠不堪設想之一日。生物生殖，勢必消耗其本體之原生質，生物攝取外來之物質而同化為其本體之原生質，又不知耗費幾許潛能。「有機進化實際上卽有機物質之變化。一切生物之本體，儘是有機物質，生物蕃殖不息，有機物質亦變化無窮。」

各種生物有天赋無限之生殖力，如果任其全部生存，則地球上終有人口過剩之一日，所以達爾文鄭重申明：種與種間，個體與個體間，有生存競爭(Struggle for Existence)之趨勢。因競爭為生物所特長，所以個體上稍有變異，卽可以幫助此一個體比別個個體更適合於其所處之環境；爲此，在競爭場上，便能多操勝算，並且此種個體容易生存，將有利之變異，遺傳於其後裔，故自然淘汰最大之作用，使適者生存(The Survival of the Fittest)，此種生存之個體，進一步言之，亦卽維持優秀之種族，且惟有優秀之種族，方能應付特殊之環境及其生活情況。同時讀者尚須注意，此種事實，明明揭示生物所呈最驚人之現象，卽生物適應之本領也。

此種景況，單就一方面觀之，似乎非常簡單，從各方面着想，則非常複雜，所以再引達爾文本人所說之幾句話以補充之：「每種生物所產生之子嗣數額，總是比生存之個體多，所以個體之間，常常爲生

存而競爭。在複雜之生活情況下，一個個體如果稍有利己之變異，即多得生存之機會，此端賴自然淘汰之法制調整之。根據強有力遺傳之



第 391 圖 家鴿之變種。野種巖鴿 (Blue-rock Pigeon) 經過人工選擇而成立一百五十餘變種，達爾文謂：「許多變種，外表有顯著之差異，幾乎可另列為一屬。」
 1, 巖鴿 (Columba livia)；鴿之祖先；2, 戀家鴿 (Homing)；3, 雜種 (Common mongrel)；4, 天使長鴿 (Archangel)；5, 翻空鴿 (Tumbler)；6, 禿頭翻空鴿 (Bald-headed tumbler)；7, 鵠鴿 (Barb)；8, 球胸鴿 (Pouter)；9, 喇叭鴿 (Russian trumpeter)；10, 仙燕鴿 (Fairy swallow)；11, 黑翼燕鴿 (Black-winged swallow)；12, 扇尾鴿 (Fan-tail)；13, 信鴿 (Carrier)；14, 15, 小藍鴿 (Bluetts)。 (自美國國立博物館)

原理，生物本其選擇之本領，將變異之新個體，繼續蕃衍下去。」

成功勝過一切，所以達爾文之學說一經成立，則逐漸掃除一切障礙。實際上，有一部分人過度擁護達爾文，將達爾文之學說過度發揮，不能符合達爾文之本意，因此難免發生反動，但亦不必追究反動之背景，以免主題受其蒙蔽，今日學者對自然淘汰問題究竟抱何種態度？此種答案在遺傳學問上已放一曙光。（參考第 389, 391, 396 圖）

三 遺傳與天演 Genetics and Evolution

天演論並不是一本博物大全，不過盡量記載過去完成之一樁大事，尚有猛進不輟之程序，正待開發。似乎天演論已經獲得一種動力以推進其急速前程。眼前之事件，或者不過一幕驚人之程序之開場語而已。「宇宙間可謂無物可以阻止勢能之溢流及其有理性之程序之瀾漫，亦無物可以如是有恆持久。」吾人且有充分之理由相信現在天演方面所包括之因素與過去所運用之因素完全一致，不必修改，亦無需補充。吾人感覺有機進化之洪流，實泛漫無邊，可比一幅鳥瞰圖，遺傳則掌握天演之樞紐，因為在生命之起源一章內，已經申述遺傳事件為天演之因素。現在着手討論遺傳方面之新發見，如何與天演問題發生關係，如何使生物發揮適應之本領。

選擇 Selection

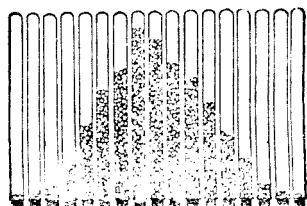
運用選擇方法以改良家畜之品種與植物之品種，早已經人提倡，如願以償。達爾文假設自然淘汰以解釋生物進化亦根據選擇作用之原理，惟偏重自動選擇程序，以決定何種種族善於適應，而多得生存之

機會。達爾文明白承認，單靠選擇，無從演化，必賴變異之材料，始收成效。但是，在達爾文時代，不知變更 (Modifications)，復合 (Recombinations) 與突變 (Mutations) 為何物，當然無從區別之。就廣義言之，達爾文深信一切變異咸受選擇之支配，惟特別看重波動變異 (Fluctuating variations)，以及此細微之變異在選擇之過程上，有世代累積之趨勢。今日學者咸知，選擇本身，大部分依靠變更，因為生物主體若不發生變化，選擇將全失其作用。

明白分析變異之原理及其特點，植物學家德·甫里斯 (de Vries) 與約翰生 (Johannsen) 有功焉。德·甫里斯發見一種不連續之變異，稱為突變，書中已經有詳細之討論；約翰生專門研究純系選擇 (Pure Line Selection)，斷定純系選擇，各個體之種質組成，必非常穩定，不能提高品種，且失掉選擇之作用。詳細情形，待下文解釋之。

一部分選擇問題，可引一例解釋之。

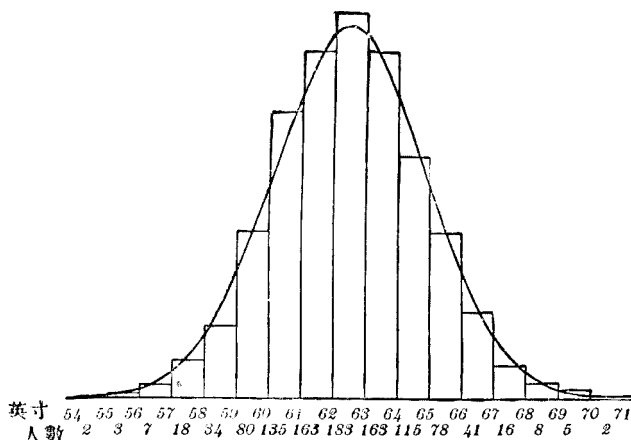
以一夸脫 (一加倫之四分之一) 蠶豆，按豆粒之輕重隨意分類之；將各類蠶豆分別裝置於玻璃筒內，順序排列成行，則各玻璃筒內蠶豆因分量不等，所以高低不一，若用一條線將豆之頂點連絡起來，必形成



第 392 圖 指示一夸脫之豆，其羣衆依重量而分類。

一有系統之曲線，稱為公算曲線 (Curve of probability, or variability curve)。運用統計方法不論將何種生物之波動性質加以調整，都成公算曲線；或取一把細沙，按沙粒之大小分類之；或打靶時，計算子彈之射程，皆可製成公算曲線。故任何一種性質之變異率，皆切近

吾人所期望數學上之或然率(Probability),並且此種有次級之波動變異,皆一大羣因子(Factors)共同表示之結果,其中各各因子雖則有

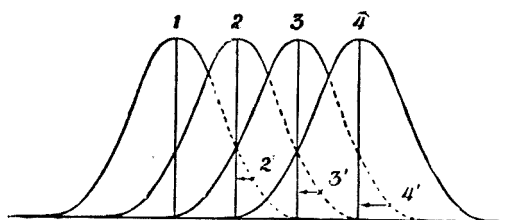


第393圖 指示1052女人之高度,其羣衆可照身材之高低繪成一常態曲線,每個長方格之高低代表各班羣衆之人數之多少。(由Kellieott,仿Pearson)

毫釐之差異,亦足影響個體上之性質。(參考第392,393圖)

現在之問題即是,假如就一大羣有波動變異之個體中,選出兩個彼此相差最多者配合之,將有何種結果?讀者一回想哥爾通之肖視減退法則,自然立刻明瞭子嗣所表示之性質,總是與父母肖似之程度較少;而與羣衆肖似之程度較多;換言之,平均計算,凡父母之極端特性,到了子女,便漸趨中庸。將曲線之頂點,即衆數(Mode)移去,幾乎等於選擇作用;假如繼續選出以下各世代中極端之個體為配偶,酌量若干退後之必然性,而無限制一步一步選拔下去,能否到了一個時期,發見一種以前各代所未有之性質?據育種家之經驗,選擇最優良動物之品種或最優良植物之種子,施以人工交配,可收相當成效。

但是，若用同樣之品種，廣續選擇配合之，則不生效力，因為優良之性質此時已達到其極峯，不再有上進之機會。（參考第394圖）



第394圖 依哥爾通之子女退行法則表示選擇之效果。1，未選擇前之模範價 (Mode)；2, 3, 4，代表自2', 3', 4'，之個體，經過選擇後，所得之新模範價，模範價移向選擇之一方 (右方)；不過每次選擇，總是退後許多，如矢之長度所示。

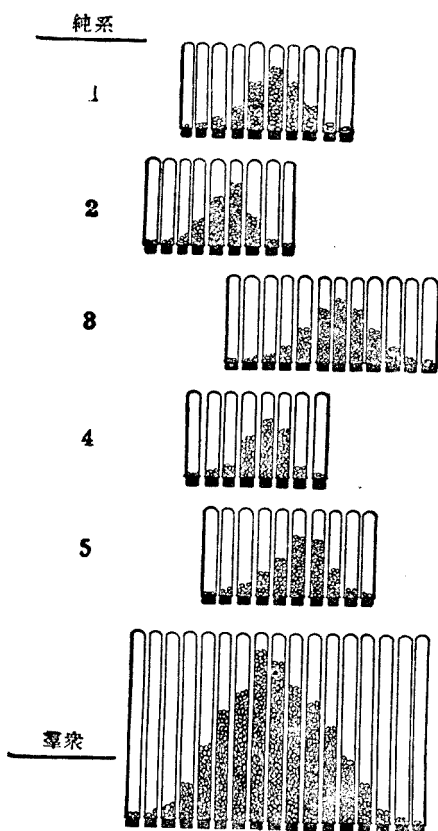
問題之難關，即是變異究竟有何價值？讀者必須瞭解，通常所謂變異，變更與復合兩者皆包括在內，加以可遺傳之變異與不可遺傳之變異混在一起，使情形變極紛亂。吾人若運用親族繁殖 (Inbreeding)，或取性質穩定之個體，使之同胞匹配 (Self-fertilization)，以排除性質之復合，則可以成立純系。由是而知一切變異皆變更所造就，同時選擇對於不可遺傳之性質，毫無作用。

有變更然後有變異，非遺傳性質選擇毫無作用，皆約翰生重要之發見。約翰生用蠶豆之棕色變種為試驗材料，始發見純系而得知選擇所受之限制。例如，將每株蠶豆所結之種子，按其輕重分別隔離之，不使混合，由是成立許多純系。如前所述，選擇作用，亦不過在種子之重量方面，分開幾種型式，或純系；每個純系各揭示一特殊變異曲線，曲線中且一定有一個衆數，衆數之兩端有重量（指種子）大小不等之數。約翰生以後再就一純系內選擇（未有復合現象），毫無結果，

因約翰生不知一純系內之變異，皆為不可遺傳之性質，故不能變動衆數。換言之，選擇作用祇能將一羣衆之幾個純系（所謂一純系即其種質有相同之組成）分開，不能再進一步，無從在純系內選出更優良之性質，並且已立之幾個純系，可以互相併合而有原來之羣衆。假使在一個純系內繼續選擇下去，而著有成效，其間必有突變現象，突變實現，則一純系已變為二系。（參考第 395 圖）

故明瞭純系之意義後，而知選擇作用須注意變異之實在性，並區別變更與變異之界限；所謂變更性質乃體質受環境之影響而起變化，雖然可以世代再現，而無遺傳之價值，真性變異乃種質組成上發生變化，所以可以遺傳。

雖然，吾人應當認識，動物育種家對於品種之改良，注重雜交，使各個體盡變成異性合體，而忽視純系；動物自由配合，雜



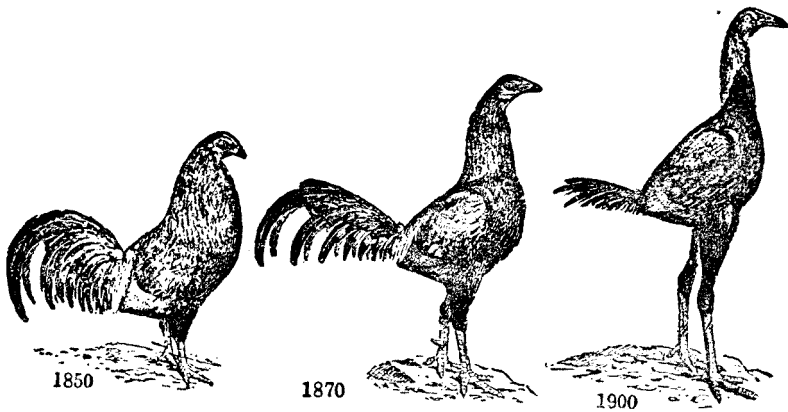
第 395 圖 解釋豆之羣衆(Population)及其五組純系(Pur lines),依豆之重量而分類,試管內重量相等之豆,列為一排,成一直線。(參考第240圖) (由 Walter 仿 Johannsen)

交機會亦佔絕對優勢。雖有純系，亦不能永久存在，因突變現象隨時可以出現。選擇作用有極豐富之材料，任其自由處置，故可以產生許多新組合（指性質而言），並且造成突變局面。選擇之步驟，如果操之過遠，將引起重大變化，因一步一步細微之變化，可以累積起來，而呈突變現象。

選擇作用雖然不能有所「創作」，仍收相當成效，吾人洞悉：選擇所受之限制，正是增強其勢力。自然淘汰可與一「自動篩」相比擬，因可以將許多新結合體與突變體篩出，保留優良品種，將下劣者加以淘汰；簡言之，適者生存，不適者遭淘汰。（參考第 391, 396 圖）

天演法則 Method of Evolution

學者欲澄清紛亂之天演局面，須先握住幾種基本事實，從各方面檢討其前因後果，此種事實乃遺傳方面有深長意義之遺傳原理。



第 396 圖 鬍雞 (Game Cock) 之進化。在遺傳機械未受人認識之前，完全由人隨意選擇而得之。（由 Metcalf, 仿 Wright）

第一，吾人咸悉，生物之變異在天演方面向來佔一重要地位，但有時亦毫無用處，此則可算做例外。吾人有種種證據，顯示種細胞變異乃有效之因素，體素細胞變異則不然。體素上之變化，稱為變更，並無路徑可輸入種質，當然種質亦無從代表變更之性質，故體素變更皆各個體之新獲得性；雖則一切變更皆每代體素所重新改造，但在種族生存立場上不無裨益，因可以養成突變。進化端賴種質組成方面之變化。即種質進化亦即個體之進化。如前所述，選擇作用必須將不正當之種質（胚型）削除，而不是不正當之體素（表型），但實際上，一個個體適應至何種程度，大部分由體素上之性質決定之。顯性因子直接為自然選擇所操縱，但隱性因子則常被逃脫，因隱性因子為顯性因子所隱匿也。隱性因子素受自然選擇之垂青，且在被選之列，因隱性因子乃「細胞核之骨幹，種族之命脈。」吾人咸知親族繁殖，例如：內表聯婚，常常洩露隱性性質，因近親之血統接近，大半有相同之隱性性質，於是復合或相遇之機會多，而表示於子嗣身上。不知表型與胚型有區別之前，選擇時祇注意外表性質，現在對於選擇作用則有種種困難，因不獨注意表型，胚型更不可忽視。個體常常不將其可遺傳于子嗣之胚型真相露出，自然選擇則可以繞道而行，惟不一定踏上正當之路線。（參考第320圖）

第二，種質到底如何發生變化？學者一回想而知，當染色體（或因子）復合與交切，及不規則之突變，使染色體錯置或因子互相交換，處處可使種質更迭，交替。種質有如此豐富更動之機會，所以新個體常表現新性質。授胎之真正作用，當然多生雜種，此種事實，不

可不重視之。授胎作用產生種種新組合，不獨包括種質之改造，並且亦能引起突變，故種質極易發生變化。（參考第 297, 329, 338 圖）

不可遺傳之體素變化，其能轉為突變性質者，實屬希罕鮮見，但學者應當牢記，不獨體素變更顯而易見，大多數突變性質常呈畸形，有時且致個體於死地。吾人亦可預料到，突變乃最複雜之有機體（生物）不定變化，此種有機體在極惡劣之環境下掙扎圖存，臨時突變，不獨不能幫助或增進有機體對外或對內適應，反使有機體受其害；自然淘汰除非環境發生重大變化，始終保守其固有狀況。

關於人為突變(Induce mutation)之基本因素，目前尚欠充分知識，不過人工實驗顯示環境條件，如X—射線（X—rays），鐳射線（Radium），熱力等等，有相當刺激力量，可使種質改造，而產生突變。外來刺激可以改造種質，似乎內外環境狀況，特別是細胞內因子，在細胞接合以後，受意外環境之影響，必自動發生變化，所以個體之變異，亦可由自然淘汰全權處置之。雖然，吾人之希望亦不可太奢，因吾人尚不知種質方面之物理——化學變化。種質之物理——化學必先有變化始能產生新性質——突變。性質可以突然出現。既不可預測，又不是因子之新結合，乃因子本身發生變化，由是而有新性質出現，新性質出現，亦即進化之表示。從理論方面而言，氫與氧化合而成水，水有水之特性，可資借鏡。

遺傳對於天演，既然有如此重大貢獻，讀者定要質問：遺傳學家於過去二十年間專心致意於實驗工作，到底創造一新種否？此種答案讀者可以自行決定之，即視讀者對於一「物種」抱何種觀念，作何見

解。平心靜氣言之，一部分生物學家堅持已經造出新種，較保守之生物學家則謂「人造物種」到底與「天然物種」有別。學者也許同意，一部分人工造就之新個體，假如其來源不明，一定認之為新種。所謂人造物種或正式物種，此類問題吾人並不重視之，不過吾人已經得知根本之事實，即個體之肖似與不肖似，不論如何，皆直接受遺傳機械與變異之支配。父母與子女之間，遺傳機械取斷然之步驟，將各個體分羣別類之，此即物種之起源也。

集合種種遺傳事實，地理分佈之豐富論料及各地層中之化石等等，而知近代學者對於天演所抱見解實有種種根據與良好背景。大多數生物學家之意見，以為自然淘汰，實構成有機體間適應網之經緯。生物進化，皆種質變異與突變兩者所喚起，雖不是完全，大部分則與環境情況不生關係。多數變異可以變更生物個體上之性質，惟並不提高或減少生物之適應本領，是故在生存競爭之局面下，處於獨立地位。變異之性質在自然淘汰方面，毫無效力。關於種質之變異，可以產生適當之性質，是故對於自然淘汰，有相當之作用。自然淘汰可以削除不正當之變異，而保存正當之變異，所以在生存競爭場上，正當變異有相當之潛勢力。「種質不斷自動試驗，自然淘汰不斷發明。」

故讀者應當注意，此種事實使達爾文自然淘汰之見解明朗化，對於變異之本質與起源亦有所認識。自然淘汰仍尊為一切生物支配適應最合理之解釋，因自然淘汰指出生物如何自動調整以適應大自然。生物進化除包括上述各種因素外，或者且極可能，尚有其他因素，為吾人夢想所不到。

湯姆遜曾云：「生物界自肉眼不見之微生物起，其全部進化史有不可形容之偉大。在進化之過程中，所必需之時間，無從談起，在過去幾千萬年間，未嘗一刻停止，亦不急進，先放下廣大之基礎，再建起堂皇燦爛之建築，雖然許多傑作已經歸於烏有，但仍有最大之收穫。其結果集中於人格方面，人類洞悉牠之偉大勝利，而千方百計探討牠之因素，學習牠之教訓，不斷試圖解釋之。似乎自然界自有其目的。」但是此種觀念又引吾人走出科學領域之外，而踏進哲學與神學之途。

第二十七章 人之初

The Human Background

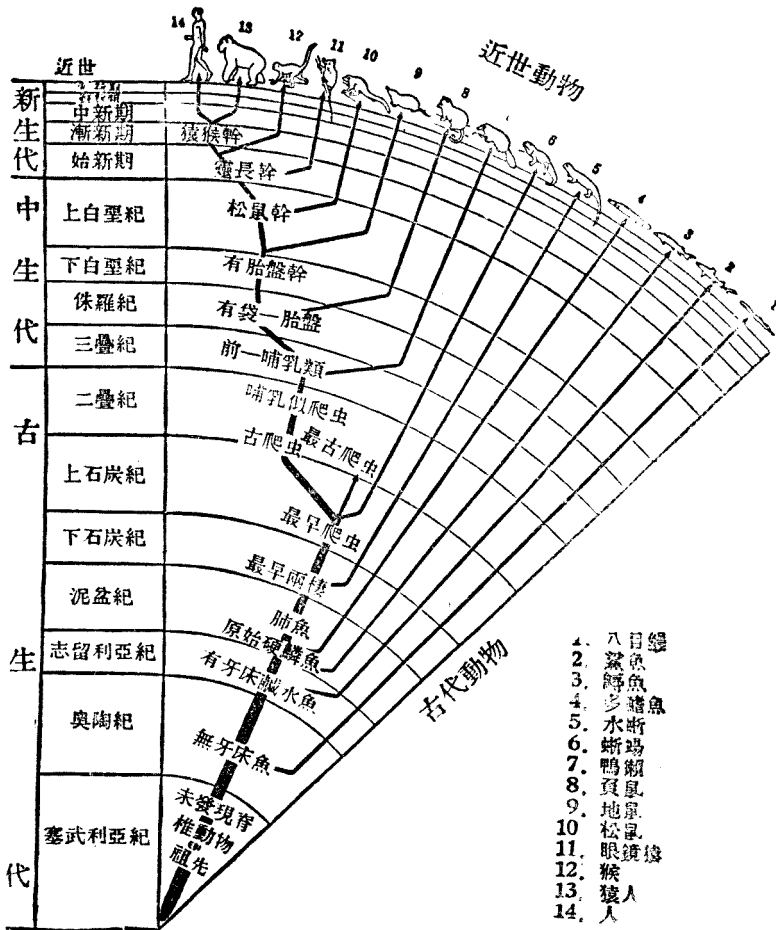
凡慎思熟慮學者，大都默認「萬物之靈」之人類，應當是自較下等之種類逐漸演化而來，人類具有豐富之智能，乃為最可靠之證據；同時在過去人類悠久之發展史上，亦有線索可尋，根據種種合理之信條，人類必有更光明之將來。——Huxley

甲 人類之遠祖 The Prehuman Lineage

人與其他靈長類 (Primates) 是不是皆從哺乳類 (Mammalia) 之宗幹傳衍下來？人類是經過何種步驟而上進；促他進化者當有何種進化力？類此問題雖未有十全滿意之答覆，但仍有相當事實可以解釋。

就哺乳類動物中觀察，許多種族由體上之結構斷定其不能當人類之祖先，如鯨魚及蝙蝠顯明是在被摒之列。其次是四肢具有甲被之有蹄類與有胎盤類 (Placentals)，有齒牙之肉食類 (Carnivora) 及齧齒類 (Rodentia) 亦當被放棄。所剩者只有食蟲類 (Insectivora) 與有胎盤類中之最原始最未分化之一屬。人類之祖先是與許多巨大無尾之猿類 (Monkey) 屬於一類，至於猴就解剖學上之證據觀察，係自狐猿 (Lemur) 之結構傳演下來，此為近代動物學家所同意者，而且更進一步，承認狐猿類與食蟲類極相似。

在狐猿類中有一種小形之眼鏡猿 (Tarsius) 比他種狐猿與人類之主幹更接近。通常之狐猿依靠嗅覺而帶狗相，眼鏡猿則靠視覺，鼻縮



第 397 圖 脊椎動物(Vertebrate) 進化系統樹 (Phylogenetic tree), 特別注重人類祖先。

近世, Recent; 更新期, Pleistocene; 鮮新期, Pliocene; 中新期, Miocene; 漸新期, Oligocene; 始新期, Eocene; 上白堊紀, Upper cretaceous; 下白堊紀, Lower cretaceous; 侏羅紀, Jurassic; 三疊紀, Triassic; 二疊紀

Permian; 上石炭紀, Upper carboniferous; 下石炭紀, Lower carboniferous; 泥盆紀, Devonian; 志留利亞紀, Silurian; 奧陶紀, Ordovician; 寒武利亞紀, Cambrian; 古生代, Paleozoic; 中生代, Mesozoic; 新生代, Cenozoic;

1, 八目鰻, Lamprey; 2, 鯊魚, Shark; 3, 鱈魚, Sturgeon; 4, 多鰭魚, Polypterus; 5, 水蜥, Newt; 6, 蜥蜴, Sphenodon; 7, 鴨嘴, Platypus; 8, 負鼠, Opossum; 9, 地鼠, Ground shrew; 10, 松鼠, Tree shrew; 11, 眼鏡猴, Tarsius; 12, 猴, Monkey; 13, 猿人, Anthropoid; 14, 人, Man;

猿猴幹, Ape-stem; 靈長幹, Primate-stem; 松鼠幹, Tree shrew stem; 有胎盤幹, Placental stem; 有袋胎盤, Marsupial-placentals; 前哺乳類, Pro-mammals; 哺乳似爬蟲, Mammal-like reptiles; 古爬蟲, Captorhinus; 最古爬蟲, Seymouria; 最早爬蟲, First known reptile; 最早兩棲, First known amphibia; 肺魚, Air-breathing fish; 原始硬鱗魚, Primitive ganoid fish; 有牙床鹹水魚, First Jaw-marine fish; 無牙床魚, Jawless fish; 未發現脊椎動物祖先, Undiscovered ancestor of vertebrates. (由 Gregory)

小帶猴相。狐猿類皆以吻取物，眼鏡猿則用手取物，且有掉頭回顧之力量，此外尚有一重事實，其腦筋能把兩只眼睛所給與之半面畫融合成爲一個。

由於腦，手，眼，三者之合作進行，靈長類中由狗頭形之樹鼯 (Tupaia) 而至猴類而之樹鼯——發生動物生活之一種新狀態，腦與手之共同作用，即是有好奇心與研究心之真實流露，視力之集中且更加改進。(參考第 397 圖)

在猴類階段巨大之類人猿 (Anthromorpha) 階段間有許多極重要之變化，有尾猴類其體甚之大者如狒狒 (Baboon) 只過地上之生活，但是一切真正之類人猿 (如猩猩，黑猩猩，大猩猩等皆是) 與小而輕靈之長手猿，比一切樹棲之猴還大，彼等無尾巴能採取一種樹上移行之新方

1, 狐猴, Lemu (*Lemuroidea*); 2, 眼鏡猴, *Tarsius* (*Tarsioidae*); 3, 捲尾猴, New World Monkey (*Cebidae*); 4, 狨, *Marmoset* (*Hapalidae*); 5, 獼猴, Old World Monkey (*Cercopithecidae*); 6, 長臂猿, *Gibbon* (*Hylobates*); 7, 猩猩, *Orangutan* (*Pongo*); 8, 黑猩猩, *Chimpanzee* (*Pan*); 9, 大猩猩, *Gorilla* (*Gorilla*); 10, 人, *Homo* (*Neanderthal man*).

法, 此種運動稱為鞦韆 (*Brackiation*) 使胸部放平放寬, 有把握之手, 且提高手與眼之協作。樹上生活之專適化所發生之變化, 證明假如人類不曾經過猿猴生活, 絕對不能達到現在之體構。更進一步, 假如人類不曾經過樹上生活之練習時代, 則不能獲得所以成立為人之特徵, 又人類如不是自樹棲回至陸地上, 則不至有唯一之直立姿勢, 兩手當步行時離開, 把握而專任操作。

關於人類之遠祖之遺骸不多, 在下曉新期 (*Paleocene*) 有一種狐猴生物自埃及之下漸新期 (*Oligocene*) 發現, 稱為 *Propliopithecus*, 乃無尾猿最始之一種。中新期 (*Miocene*) 之末葉之 *Pliopithecus* 為現代長手猿之先進, 又有 *Dryopithecus* 為其餘猿類之先進。

現存巨大之類人猿未有化石發現, 但別種之類人猿之化石稱 *Australopithecus*, 其頭蓋骨被發現於南非洲之貝匡拏蘭德 (*Bechuonoland*) 之唐沽斯 (*Taungs*), 係屬於未成熟之類人猿, 就其齒與頤之研究, 更近於人而遠於猿。

現在可以下一結論: 食蟲類之變成狐猴, 大約起自晚白堊紀 (*Cretaceous*), 狐猴而狐猴, 大約起自早曉新期 (*Paleocene*), 由猿猴而類人猿, 是在晚曉新期溫暖之森林中。類人猿之特殊化是在漸新期與中新期之間進化, 由猿之枝系派分而出, 人類不是中新期晚期之前,

而是鮮新期 (Pliocene) 中期之後(參考第 393 圖)

自晚中新期以至於鮮新期,氣候在冰河時代之下,愈變愈乾燥愈寒冷,森林漸漸縮小,惟有中亞細亞地帶之喜馬拉雅山之森林仍舊發達。似此地球上發生極劇烈之淘汰作用,惟有能改變其習性而適應新環境者始能倖存,此森林中生活之類人猿,禪變成人之由起也。所以許多權威學者皆主張中亞細亞乃人類之發源地。



第 393 圖 黑猩猩(*Chimpanzee, pan troglodytes*)。

耳大,唇長,眉脊隆起,腕長,指趾均有甲,體高 $4\frac{1}{2}$ 英尺,雄者體重達 160 鎊。
(Horsfall 繪)

一部分人不重事實而妄加推想，以為人類係多元化，白種人之祖先與黑猩猩(Chimpanzee)相近，黃種人與猩猩(Orang-utang)相近，黑種人與大猩猩(Gorilla)相近。不管人類是如何起源，人類之祖先全身被毛，黑毛或紅毛亦可能，有比現在較長之手及指，較短之身材，彎曲脚，軀幹與頭在頸上是依然曲向前面，而不是半直在上面，有類人猿之腦髓，皆屬正確。

腦髓之增長乃進化之主要動機，地上生活將兩手之攀援責任解放，可以自由操作，以木片石塊為武器而製工具，隨攀援性之減退而視力及思想與行動便佔上風。因地上之生活而促進其雜食之習慣，乃開始獵狩，同時熟練觀察，因為危險而有合作之必要，乃有語言之產生。持執武器發達，於是天然之武器——齒特別，大齒縮小，其結果上下顎不像人猿有交錯之必要。不但如是，職司咀嚼之肌肉亦漸退化，吻部亦漸縮進。(參考第 399 圖)

基於體構上所發生之變化，人類之幼弱時期為之延長。普通麥克考斯(Macacus)猴屬，性之成熟期在四五歲上，妊娠期只五月半，幼兒在三四月上便有全套牙(人類在十八個月以上)，一歲開始換牙。類人猿尚無確切之研究，但與人類極相近，像黑猩猩妊娠期為七個月，幼兒換其臼齒在五六歲，思春期在十、十一歲間，與人類居於熱帶之女孩不相上下，印度有九歲母親者。

人類與猿類不獨在其成長後，而在胎兒之發育期中(第四月以上)與成年之各種猿類比較，相似之處更多。以長手猿(Gibbon)，猩猩，黑猩猩，大猩猩，及人類(成年)本身與胎兒各期比較，軀幹與手足之長



第40圖 大猩猩(Gorilla, *Gorilla gorilla*)。

耳小,唇短,頭大,大齒粗大,眉脊大,無頤;體高5½英尺,體重500磅。(Horsfall繪)



猩猩

黑猩猩

大猩猩

人

第401圖 似人猿(Anthropoid apes)與人類之足。

猩猩, Orangutan; 黑猩猩, Chimpanzee; 大猩猩, Gorilla; 人, Man.

(由 Schultz)

度比例各期吻合。人胎與猿胎更有一點極像之特徵，即遍體有淺薄之軟毛蓋覆，月份相同之猿胎亦然。猿與人在誕生之前，淺毛悉掉，頭上發長毛，全身幾乎完全無毛。（參考第400圖）

黑猩猩之頭骨形當誕生時更與人相似，嬰兒之腳趾緊屈，暗示其祖先經過長期之樹棲生活，嬰兒在第一個月內者，手緊攀，可以弔上，不過一個月後則全失。（參考第401圖）

乙 人類進化之特徵 The Characteristics of Human Evolution

以上所述關於人獸相似之處並不是完全同一，人類與獸類相異之處並不是根本異型，不過只有比較上之價值而已。概括人獸不同之點，擇其要者，臚列於後。

其發達之大腦，表面富於褶皺。頭蓋發達顏面縮短，顏面角皆在八十度以上。下顎之前方突出而成頤。上顎骨之前部除幼小時期外，均癒合爲一。犬齒未有他種獸類之長，門齒間無間隙。脊柱成直立之姿勢，有四彎曲。上肢短，下肢長。腕骨之中央骨不甚顯著。大拇指之肌肉極發達，運動便。前膊骨（尺骨與橈骨）之構造適於腕之迴轉。下肢各部適於步行及支持體重，正扁平，全面着地。尾巴消失，但尾閭骨殘存於脊椎之下端。身上之毛大部分不發達。頭頸與頸部之肌肉消失作用，耳筋亦然。耳尖消失祇留一小窩（Darwin's point），耳垂發達。喉部有一小竇爲吼囊之痕跡（此囊在南美洲某種猴類頗爲發達）。

丙 化石人 Fossil Man

人類化石之參察必基於三種條件：地層年齡之決定，與人類化石同在之動物及石器等。根據人體解剖學(Somatological distinction)，人體化石始自第三紀(Tertiary period)，漸新期以前認為無人類之遺跡。中新期可認為人跡之發現者，為原始石器(Eolith)，不過石器之發現亦不能斷定人類之發生，因此種石器自第三紀之漸新期以至於第四紀(Quaternary period)之洪積期(Pleistocene)到處散在，所以此種石器究竟係人類之手工抑屬自然破壞石片，不易分別。

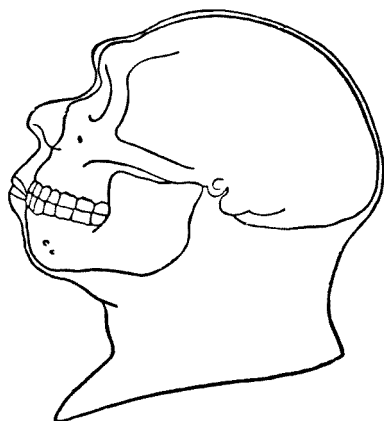
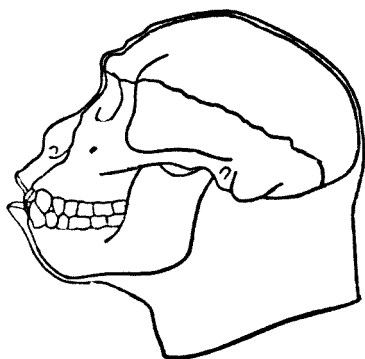
鮮新期可以認為人類生活之遺跡，有人骨，人所使用之石器，以及人類曾加以磨琢之象骨及鯨骨等之發現。直立人猿(Pithecanthropus)之遺骨現在認為最古之原人骨，亦發現於此期。

第四紀(Quaternary period)中之沖積期(Alluvial)亦稱為冰積期，此時全世界，尤其是北半球全被冰覆，本期中所發現之人骨約四十種。

沖積期亦稱冰積後期，包含最新之地層。自第三紀之鮮新期直至現在，據地質學家計算大約有千萬年，所以人類之歷史亦經幾十萬年，在此長久期間，所有之人種比現在一定較多較複雜，其遺跡之被考古學家或人類學家所發現者不過一部分而已。

一 直立人猿 Pithecanthropus "erectus-Javaman"

一八九一年荷蘭一位軍醫狄報斯(Dubois)在爪哇之屈尼爾(Trinil)之蘇羅河(Solo River)壅積處所發現，但化石極不完全，



第402圖 爪哇人—直立人猿(*Java man—Pithecanthropus erectus*)頭顱與面部像。(由 Lull 仿 McGregor)

第403圖 海埤爾堡人 (*Heidelberg man—Homo heidelbergensis*)頭顱與面部像。(由 Lull 仿 McGregor)

不過一枚頭骨三枚齒(上顎左方第二大臼齒,右方第三大臼齒,及下顎左方第二小白齒。)及一枚左方之大腿骨,散離於約二十碼之地方。有謂其屬於同一個人,有謂頭骨屬於猿,大腿骨屬於人。(第402圖)

檢 討:

就頭蓋骨觀察,頭當為長形,腦之容量約 710—11060 c.c. 人約 930—2000 c.c.. 大腿骨直形,示其有直立之姿勢,狗式齒(*Cynodont*)現代人及猿亦屬此式。與化石人同地發現者尚有二十四種絕種之哺乳動物,且亦屬鮮新期。直立人猿之年齡約自 400,000—500,000 年。

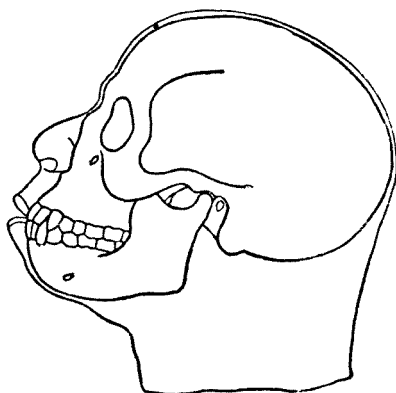
二 海埤爾堡人 *Heidelberg men—Homo Paleanthropus*

其化石只有一塊下顎骨,一九〇七年蕭頓司案 (*Doctor Otto*

Schoetensack) 在德國南部海埕爾堡城附近一小村——(Mauer)中所發現。化石所在之地層，應屬於最新世(洪積期)之下部。

檢 討：

顎骨重厚，未有頤之突起(現在人頤突出)，極原始性，顎骨中央之關接處有一突起，仍為舌筋之附着處，像大猩猩所有，故其結構實



似猿(Simian)而不似人。齒形極大，近於牛式齒(Taurodont)。岐士(Keith)以為其有牛式齒，定必草食性，故反對其為人類之祖先。海埕爾堡人之年齡約 400,000—500,000年，同時所發現之石器為原始式(Eolithic in curvature)。(參考第

第404圖 披爾德唐人 (Piltown man·*Eoanthropus dawsoni*)頭顱與面部像。
(由 Lull 仿 McGregor)

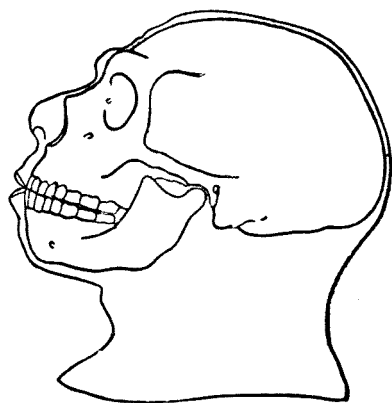
403 圖)

三 披爾德唐人 Dawn man of Piltown—*Eoanthropus dawsoni*

一九一三年為地質學家達孫(Charles Dawson)及吳德華(A. S. Woodward)在英國南部塞色克司(Sussex)之披爾德唐地方發現，所得到者為一不完全之頭骨，一下顎骨附有幾個大白齒，二鼻骨，及一犬齒而已。

檢 討：

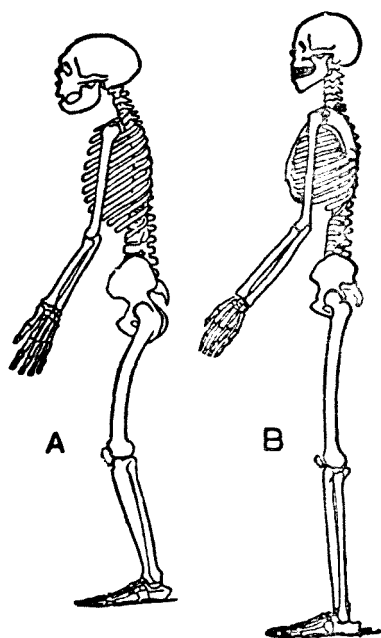
頭骨極厚，竟達 11-12 耗（現代歐人為 5-6 耗，澳人為 6-8 耗，頭蓋之容量較直立人猿稍大，約為 1070 c. c.）。眉之上部無稜突，鼻骨似人，但小而平，可以想到其鼻形之廣扁。下顎骨極像黑猩猩，下顎不發達。斯密司 (Elliot Smith) 謂披爾德唐人之頭顱半似猿半似人，疑其為人猿之雜種。（第 404 圖）化石之期間當屬下最新期，年齡約在 200,000—300,000 年之間。



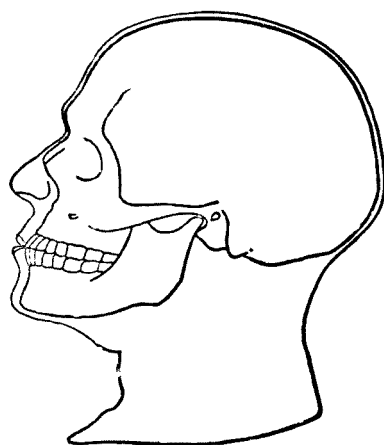
第 405 圖 尼安台爾塔爾人 (Neanderthal man—*Homo neanderthalensis*) 頭顱與面部像。（由 Lu¹ 仿 McGregor）

四 尼安台爾塔爾人 *Neanderthal or mousterian man—Homo neanderthalensis*

發現極早，所發現之化石數目亦多，所以其形質之調查最詳細。當一八五七年德國 Düsseldorf 附近尼安台爾山谷中，工人因修理道路發現許多人骨，後經福羅脫 (Fuhlroat) 搜集起來，已散失甚多，僅存一頭蓋骨，肋骨，右肩胛骨之一部分，鎖骨，上膊骨，尺骨，大腿骨，右側橈骨，脛骨，左骨盤之一部分，保存於滂省博物館 (Provincial museum at Bonn)。以後在西班牙之直布羅陀 (Gibraltar)，澳洲之克羅替 (Kroatia)，比利時之斯擺 (Spy) 等處發現同類之化石。



第406圖 尼安台爾塔爾人(Neanderthal man-Homo neanderthalensis)A 與澳大利亞人(Homo sapiens)B 骨骼比較。(仿 Woodward)



第407圖 克羅曼農人(Cro-Magnon man Homo sapiens)頭顱與面部像。(由 Lull 仿 McGregor)

檢 討：

身材極短，男子不及五尺三寸，女子則尤不及，體胖，兩肩強壯，臂短，大姆指及其餘四指之運動不如現代人之靈便，膝灣，其肩峯接近猿猴(第406圖)。頭骨甚大，腦之容量為1,600 c. c. (現代人平均只1,400 c. c.)眉之上部有稜額斜上，唇長，頤部後縮。此類特徵表示其帶有猿猴性，同時有近代人之傾向，所以歸入人類之另一屬人，是為 *Homo neanderthalensis*。與近代人到底有無血緣關係尚屬疑問，

荷蘭人中某一支係愛爾蘭西部之人種，似乎帶些尼安台爾塔爾人之血統。齒爲牛式齒 (Taurodont)，齒根短，齒腔大，當有草食性。(第 405 圖)

五 北京人 *Sinanthropus pekinensis*

其化石發現於北平西南約六十公里地西山山麓，周家口之石灰洞內。一九二〇年初丹斯奇 (Dr. Zdanaky) 初試發掘，發現在許多哺乳

類中，雜有人齒兩枚，經研究之結果，屬人屬 (Homo) 以外之種屬，暫定爲北京人 (Peking man)。一九二七年中央地質調查所作大規模之發掘，結果又發現同類之齒一枚，由布來克 (Dr. Black) 施以精細之測量及 X 一射綫之研究，更與現代中國人之幼兒及黑猩猩之幼兒之齒相比較，斷定其爲人類之齒，當是人科

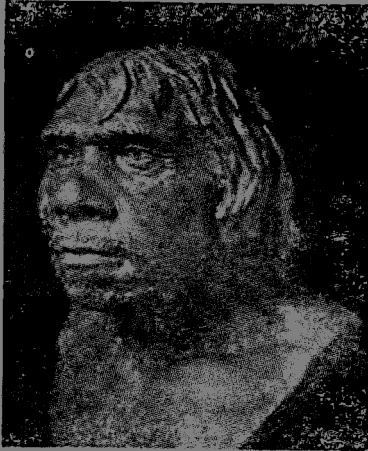


第 408 圖 北京人 (Peking man-*Sinanthropus*) 像，根據面部骨與牙床製成模型。(由 Romer 仿 Weinert)

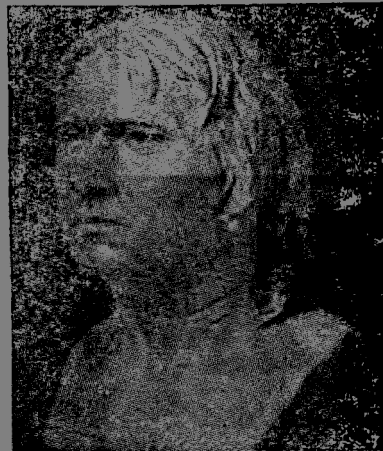
Sinanthropus Pekinensis。一九二八年重行發掘，得人齒及下顎骨。一九二九年復發掘，得頭蓋骨兩個，一屬於妙齡女子，一屬壯年男子，考其年齡，當比尼安台爾人更古，因稱之「前尼安台爾塔爾人型 (Pre-neandertel type)」或者與直立人猿可以並立。(參考第 408 圖)

六 羅迪先人 *Rhodesian man-Homo Rhodesiensis*

一九二一年在非洲北羅迪先之勃羅更礦山(Broken Hill mine)中發現，所有化石爲一具無下顎之頭骨，另一個爲一小片上顎以及幾枚如脛骨等之骨片，均埋在洞底，九十尺深之地，此外尚有許多化石之骨骼，屬於現生動物。



A



B

第409圖 A. 尼安合爾塔爾人 (Neanderthal Man) : B 克羅曼農人 (Cro-Magnon man)。 (J. H. McGregor 製模型，存美國自然博物館)

檢 討：

頭顱除動物質部分外，尙未化石，同地所發現之動物骨骼皆現代生存者，故羅迪先人最古不過最新期或近世之人類。就頭骨而推斷，頭型及容量介於近代美人及古代法人之間。就顱骨上之枕骨之位置推斷，頭似現代人之頂平，就大腿骨觀察，當爲直立姿勢。第三大白齒及慧齒退化之程度如現代人。羅迪先人之文化極低，因其用具不過灰石製成。

七 近世人 Homo sapiens

克羅曼農人 (Cro-Magnon man) 與格林摩爾地人 (Grimaldi man) 雖出現於有歷史以前，卻與現代人類為同一種，所以適用 Homo Sapiens 學名，又有認為人類之直接祖先，其時間較上述之各種略後，在最後之冰河北退時期出世，當時似乎與原人共同生活。(第 407 圖)

克羅曼農人 Cro-Magnon man

其化石早在一八五二年在威爾司 (Wales) 之高爾 (Gowes) 地方發現，共十七個骸骨，四年後在法國 之克羅曼農地 又發現五具，現藏於巴黎博物館 內 (Museum of the Jardin des Plantes in Paris)。此五具骸骨，一屬老人，二壯年人，一女人，一小孩。身材極高，平均約六尺，壯男為六尺三寸，老人為六尺八寸，女人五尺五寸，胸闊，肢長，近於黑種人，但其頭顱之姿勢則近於亞洲人，又似愛斯基摩人 (Eskimo)。頭顱甚大，而女人腦之容量比現代人猶過之。顏面軸 (Facial angle) 與最開化之近代人接近。頭顱骨長而狹，稜高，不近於近代人。文化為舊石器時代 (Late paleolithic man)。(參考第 407, 409 圖)

格林摩爾地人

格林摩爾地人 出世之時期，大約與克羅曼農人 不相上下，不過稍有不同，其化石係自法國南方 格林摩爾地 (Grotte des Enfants montone) 洞窟中所掘出，一女人，一小孩。

檢 討

頭顱長狹，鼻扁，顱縮進，接近於現代之黑奴，但齒之結構則近於澳人。最早之直立人猿乃人類與猿類之中間種。以上許多人種現代

已完全絕滅，不過就其位置之高低，出世之先後，決定人類進化之步驟，或可以斷言。若以為遠者乃近者之祖先，近者又為遠者之嫡派子孫，則不可武斷，因為許多人祇能代表人類進化之階級，斷不能謂其有直接血統關係。

至於人類真正之發源地，學者主張不一，各有意見，概述於下：

1. 印度洋中接近美洲之孤島（現已沉沒）海凱爾（Hackal）為人類發源地。
2. 印度之西北部地方。
3. 北非洲。因為該處乃猩猩，黑猩猩之棲息地——達爾文。
4. 大西洋古代稱大西洋大陸，此說乃因古代墨西哥文明之遺跡。
5. 西伯利亞。因為自該處發見古代之象類——Mammoth。
6. 北極。因為該地為現在各大陸之集合點。
7. 熱帶地。因為現生高等猿類在該處。
8. 澳洲。因為照生物分佈上觀察，其地生存競爭不烈，應為人類之發源地。
9. 亞洲東南部。因為著名之直立人猿係自爪哇島發現，當在第三紀始新期，亞洲大陸與澳洲由現今之西里伯（Celebes）及新幾內亞（New Guinea）連續期間，此時人類自亞洲東南部到澳洲，澳洲之土人軀體構造及文化程度之低，可引為證。

以上九種主張，總算第九種之理由最充足，因亞洲當第三紀氣候與環境最適合於人類祖先之生存，人類之出世時間尤適在第三紀。

丁 人種及其分佈 Human Races and Distribution

高加索種族(Caucasoid Race): 高加索族分爲四支系，即挪曼(Nordic)，阿爾卑斯(Alpine)，地中海(Mediterranean) 三支處於歐陸，及印度族(Hindus) 處於印度。自挪曼阿爾卑斯地中海順其次序，皮膚眼睛毛髮漸黑，身材漸短。阿爾卑斯族居兩者之中，頭闊，挪曼與地中海族則頭部長狹。

挪曼族現分佈於波羅的海(Baltic) 及北海(North sea) 即德意志北部，法國北部，僑居於美國者亦不少。

地中海族大多數分佈於沿地中海一帶，小部份居於亞洲非洲及歐洲(法國南部)。

阿爾卑斯族分佈於德國南部，法國中部，俄羅斯，匈牙利，美國等地。

英吉利爲以上三族之混血，已有數千年之歷史。

印度族爲高加索中皮膚毛髮之最黑者，而其長狹之頭顱，與地中海族似無多大差異。

蒙古利亞種族(Mongoloid Race): 可分爲亞洲東部，蒙古利亞族之本部，及馬來亞(東印度)，美洲之印第安人三大支。此三支系中不同之處甚多，且相差極遠，東亞蒙古利亞族(中國)或爲其中最進步之支系，具斜形之眼，馬來亞與印第安支系則處於蒙古利亞原種及東亞蒙古利亞支系之間，印第安人及愛斯基摩人當爲蒙古利亞之邊系。

尼格羅種族(Negroid Race): 可分爲尼格羅本部及海洋部(

Oceanic melanisation). 此外尚有極少數之民族—矮小黑人種 (Dwarf Blacks). 凡 格羅 本部及 海洋部, 雖有 印度洋 隔離, 但其血統仍極接近.

矮小黑人現居於 新畿內亞 (New Guinea), 菲律賓, 馬來半島, 安達曼群島 (Andaman Islands) 及 熱帶非洲.

南非洲 之游牧種族 (Bushman) 與矮小黑人族無多差異, 有人以之列為矮小黑人族內.

海洋部 尼格羅, 大多數居於 新畿內亞 及 非支羣島 (Fiji Islands).

戊 文 化 Cultural Development

丹麥人 湯姆生 (C. G. Thomson) 工作於 丹麥皇家博物院, 從一八一六年——一八六五年, 引用地質學及古生物學之方法, 繼續研究達二十年, 於一八三六年將他研究之結果, 公布於世, 成立歐洲史前三大時代; 即石器時代, 青銅時代, 及鐵器時代. 繼 湯姆生 為 丹麥皇家博物院 指導員者 華塞 (Worsaal). 他將 湯姆氏 之石器時代再詳細分為古石器及新石器時代. 以後 比利時 之 魯託 (Rutet) 又在古石器時代以前加入曙石器時代, 故現在公認人類史前之文化為五時代: 即 (1) 曙石器時代 (2) 中石器時代, (3) 新石器時代 (4) 青銅時代 (5) 鐵時代.

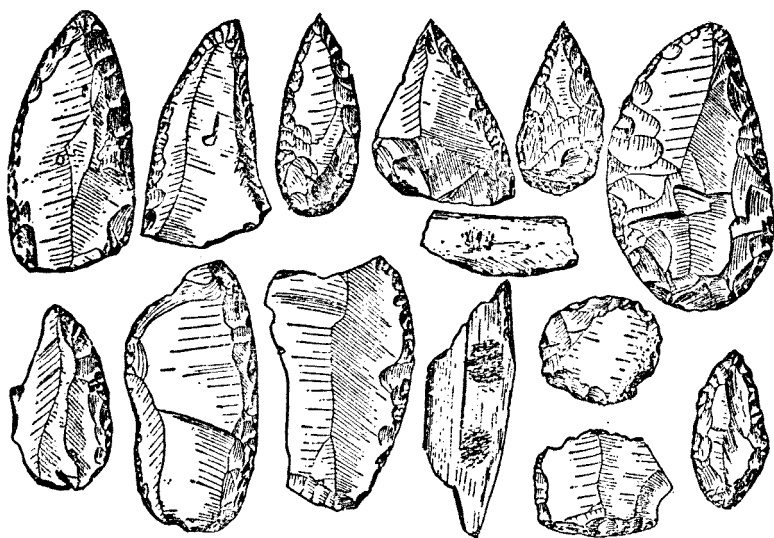
一 曙石器時代 Eolithic Age

一八七〇年 法人 波許斯 (Abbe Bourgeois) 在靠近 查利斯 (Charles) 之 聖得百勒斯 (Saent Press) 之鮮新期地層中發現許多燧石, 波許斯 認為係人類手造, 以後他又從 新黑里 (Thenry) 之中新期之地層中發現許多類似之燧石, 一八七二年萬國人類學在 百喇斯 (Brussels) 開會

波許斯所發現之燧石成爲討論之中心問題。結果贊成者九，否認者五，中立者一人。此後任麥斯 (Rames) 及維斯雷克 (Weslake) 靠近阿里力 (Aurillae) 之彼克里 (Puy Courny) 地方第三紀地層中，發現七千塊之燧石，經過專家研究，及英國東恩格里 (East Anglia) 發現之石器，共同認爲第三紀，確是曙石器時代，東恩格里之石器分析如下：

淺紅岩石之石器 Sub-Red Crag Flint:

一九〇九年英商人並考古學家磨依 (I. Reid moir) 與一地質學家在白蘭霍 (Bramford) 地方拾得一塊燧石，磨依氏認爲史前人類手造



第 410 圖 毛斯利安器具 (Mousterian implements)。法國多爾頓 (Dordogne, France) 中石器時代 (Middle Paleolithic period)。石器包括刮削器 (Scrapers)，尖石器 (Points) 與二塊骨壓 (Bone compressors)。

(由 MacCurdy 仿 Capitan 與 Peyrony)

者，經繼續搜尋，以後在紅岩石 (Red crag) 下發現幾塊，因此知其年

齡極古，乃第三紀之鮮新期，此種石器前部尖狹，後部寬大，成彎曲形如鳥嘴狀，故冷克斯脫(Lankester)名之爲鷹嘴(Rastro-carinate)。

霍斯荷石器 Foxhall Implement:

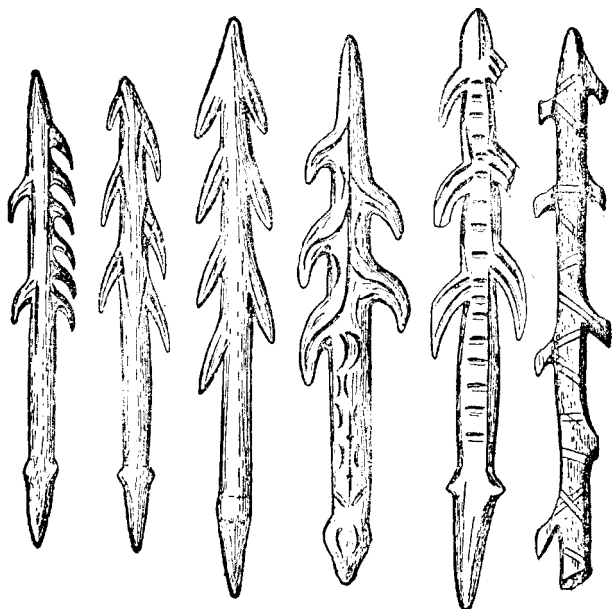
磨依於易恩威(Ikwith England)地方離開地面十六英尺之紅岩石中，發現石器及曾被火燒裂之石塊。奧茲本(Osborn)於一九二一年承認其爲人造石器。法國之名考古學家百魯里(Abbe Henri Breuil)及克皮譚(Louis Capitan)親到霍斯荷地考察，結果亦承認其爲人造石器，時間當在第三紀或即披爾德唐人所用者。(第410圖)

克洛麥之大石器 The Giant Flints of Cromer:

磨依在東恩格里之上圻靠近克洛麥地發現粗大石器，最大者重約七磅餘，長十尺，寬五尺半，基底厚四寸，頭部尖，腹部平滑，屬於第四紀第一期之洪積期(Pleistocene epoch)此時爲海埤爾堡人時期，故或即海埤爾堡人之石器。同在此時有巨獸如長牙象之化石，或者海埤爾堡人用此石器爲獵具。

二 古石器時代 Palaeolithic Age

除克洛麥之大石器乃第四紀之初期，屬於曙石器外，其餘第四紀之石器皆屬古石器代。第四紀分爲前第四紀(Pleistocene)及後第四紀(Recent)，後第四紀極短，大約僅有一萬年。一八六九年法國考古學家磨霍勒(G de mortillet)將古石器分爲四期：即(1)凱利安(Chellean) (2)毛斯特利安(Mousterian) (3)蘇榴妥利安(Solutrean)及(4)瑪達列尼安(Magdalenian)均用石器發現之地名名之，後來石器發現種類愈多，他又在凱利安後加入亞肯尼安(Acheuleans Age)，在



第411圖 後石器時代(Late Paleolithic period)自法國瑞士兩地發現之鹿角魚叉(Harpoons of reindeer horn)。(由 MacClardy 仿 Breuil)

毛斯特林後加入阿利拉枯(Aurignacian)。如是前後共六期，前三期稱爲前古石器時代(Lower Palaeolithic age)，後三期稱爲後古石器時代(Upper Palaeolithic age)。以後又發現許多石器比其林代更粗劣，似乎應在凱利安代前，因之又冠以前凱利安時代，故古石器時代分爲七期即：(第411圖)

前凱利安期 Pre-chellean Epoch:

法人康孟(Commont)在法國孫麥山谷(Somme valley)發現許多極簡單而又粗劣之石片，形狀與凱利安期之石器相似，不過較爲粗劣，因之稱爲前凱利安期。此外法比美及西班牙到處皆發現，年代或

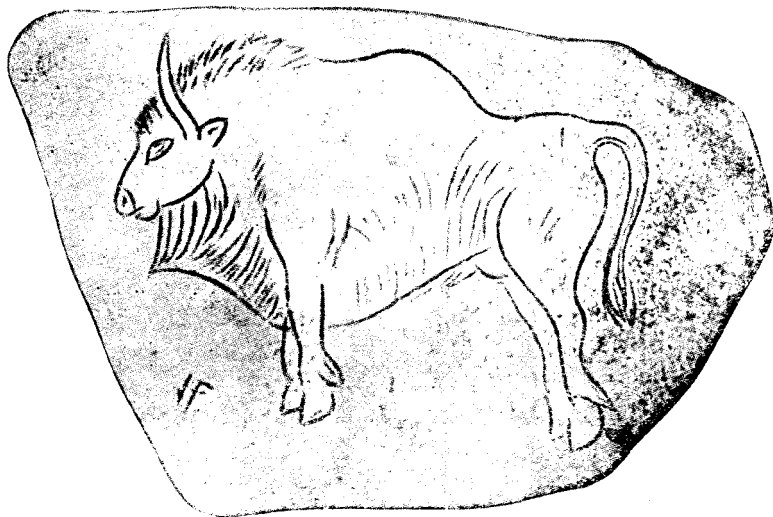
在五十萬年前，與海垓爾堡人同時，所以或者係海垓爾堡人之手工。

凱利安期 Chellean Epoch:

石器發現於法國巴黎之東部凱利 (Chelles) 地方，所在之地層約二十六英尺厚，同時發現許多象、獅、河馬等。石器狀為杏仁形，有柄可握，因之名為手斧 (Caupe-de-poing)，此種石器長約四寸至六寸，寬度稍小，重約有四分之一磅至一磅，兩面都斷成薄片，基部厚而大，上部三分之二漸漸尖細，邊緣成彎曲狀。

亞肯尼安期 Acheuleans Epoch:

粗笨之刮器，刀，鑽，手工較前期稍進步，與其前期不同處，為全體平面較光滑，邊緣成直線形，無手握之柄，其形狀大小不一，有



第412圖 後石器時代 (Late Paleolithic period) 自法國多爾頓 (Dordogne, France) 所發現雕刻於燧石上之野牛 (Bison)。 (由 MacCurdy)

槍狀，扁圓形，長圓形，最長爲十二寸，最短爲二寸餘。

毛斯利安期 Mousterian Epoch:

此期石器發現於法意德瑞士者曰前部，於法德澳比利時者屬後部。此期之主要石器有兩種(1)尖石器(point)約1—4寸長，(2)刮石器(scraper)約1—2寸寬，此二種石器皆從大石塊劈削而成。尖石器之功用爲錐斷銳利之邊緣，或兼作鋸，或刮削之用。刮削器大而且多，共有兩種，一僅一邊鋒利，一則兩邊皆鋒利可作刀或刮皮用。此期可注意者爲開始用骨器，手斧減少，主用人種當爲尼安台爾塔爾人。尼安台爾塔爾人分布甚廣，歷時甚長，所製造之石器及骨器，歐亞非三洲均有之。

阿利拉枯期 Aurignacian Epoch:

此時爲西歐文化急劇之變遷，尼安台爾塔爾人到此滅跡，代以智力高強之克魯曼農人，石器乃由厚石塊斷削下來，然後刨光，精緻之石錐及變形之雕琢器具，用以雕刻骨器之用，此外尚有骨角製成之骨器，到下部且有許多漁獵器具。(參考第411,412圖)

蘇榴妥利安期 Solutrian Epoch:

石器分兩種，皆從大塊斷削而成，工藝頗巧；(1)只一面斷削者，如尖石器，鋸錐刨光之石器，皆與毛斯利安期及阿利拉枯期相似，(2)槍頭或獵獸之矛稍爲輕細，兩者皆經削過。此外尚發現穿孔之骨針，刻凹或箭頭，雕刻之骨角器具等。但此時藝術極消沉，比不上前期阿利拉枯，又不及後期瑪達列尼安，其原因爲阿利拉枯與瑪達列尼安兩期氣候嚴寒，克魯曼農人皆穴居，蘇榴妥利安期氣候較暖，麋鹿甚多，

專事狩獵而忽於藝術。

瑪達列尼安期 Madgalenian Epoch:

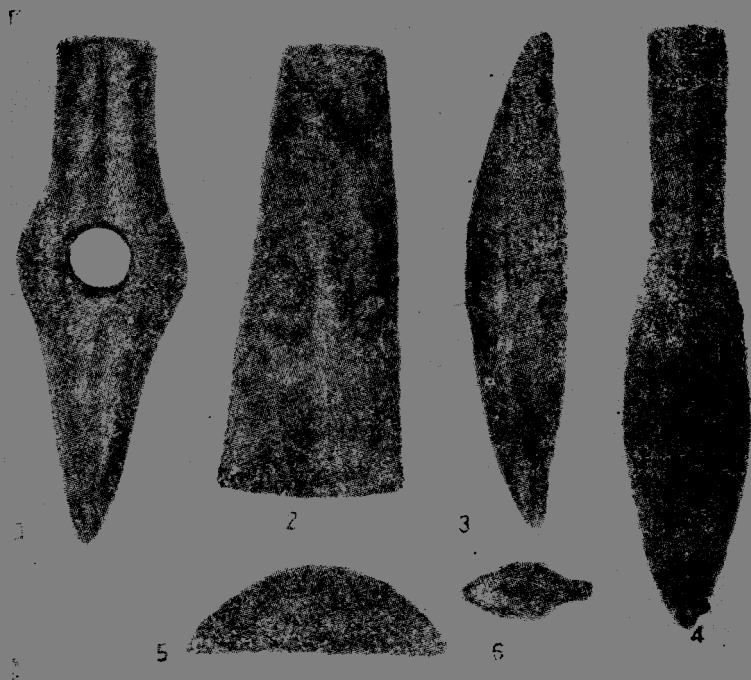
此期爲古石器時代最後之一期，氣候轉寒，克魯曼農人回進穴洞之生活，不注意於石器，而注意於骨角象牙等物之雕刻，惟所用之器具，則爲石器，故雕刻所用之石器仍多直形或斜形之刮削器，有齒之石刀當鋸用，椎斷與雕刻形狀不一，皆從穴中發現。

三 中石器時代 Mesolithic Age

古石器時代至瑪達列尼安期告終，由古石器時代到新石器時代之中間，即西曆以前一萬年至七千年之三千年中間，有一種過度文化，此時第四冰期已過，歐洲氣候轉暖，過嚴寒氣候生活之麋鹿受環境影響，而被淘汰，乃代以生活溫暖氣候之赤鹿；克魯曼農人亦全數被淘汰，而代以他種人種。據奧茲本研究之結果：此時西歐有五種不同之人種，瑪達列尼安人之藝術精華完全消滅，彫刻繪畫，不留遺跡，石器雖有，皆退化而又粗劣。（第 413 圖）

亞茲林文化(Ajilian Culture): 一八八七年彼得(Edward Piette)在法國南部之馬斯亞茲之穴洞，發掘古物，與麥則倫理期麋鹿角製成之魚叉完全不同，因之給以亞茲林名稱。

在亞茲林之地層上未嘗發現麥則倫理之彫刻物，繪畫雖有，僅簡單之幾何形，惟石器磨光，爲新石器時代之證據。在其下部則有麥則倫理之文化，證明其爲古石器之最後部，所以亞茲林爲古石器與新石器之過渡時代，且不獨在馬斯亞茲發現，在亞利居(Ariège)及海特加羅里(Haute garonne)亦發現。



第413圖 新石器時代 (Neolithic Period) 之器具。

1, 斧槌 (Ax-hammer); 2, 斧 (Ax); 3, 鋸 (Saw); 4, 匕首 (Dagger);
5, 刀 (Knife); 6, 箭頭 (Arrow point)。 (由美國自然博物館)

查登諾生文化 (Tardenoisian culture): 一八七九年維勒 (Edmond Vielle) 在法國 哀力思 (Arisue) 省之費恩查登諾生 (Fere-En-Tardenois) 地方發現許多短小之石器, 有幾何形三角形, 長斜方形, 半圓形及梯形, 稱爲查登諾生石器, 此種石器分佈於全歐, 地中海及印度等處。一九〇九年百里尼 (Brenil) 與阿伯美 (Abermaier) 在西班牙北部之惠力 (Valle) 穴洞中, 又發現許多幾何形石器, 且此洞又在查登諾生地層中, 此種石器不屬古代亦不屬新代, 乃中間石器時代。

垃圾堆文化(Kitchen midden culture): 華塞乃第一人認識垃圾堆文化之重要，一八五〇年他到丹麥之垃圾堆處考察，他之日記中記載：「從垃圾堆中所含之壺片，焦炭，動物之碎骨及石器觀察，可以猜想在遠古時代，此附近地方為人類進餐所在地。」一八五一年斯汀斯尺(Steenstrup)正式報告於科學研究會，由華塞再報告於考古學會證其為事實。

垃圾堆之重要成分，為牡蠣及烏蛤，介殼，鱈魚，鴨，鵝，鵠，海鷗等之散骨亦不少；哺乳動物則有赤鹿，熊，狼，野貓，牡鹿，海狸等；家畜中只有狗。石塊結成之爐床帶有火燒之痕跡。亦發現不少石器，骨器及鹿角器具，在垃圾堆之各層皆極豐富，不過無磨光之斧，亦無陶器，此兩種為新石器時代之特徵。

垃圾堆文化自發現於丹麥後，又在法葡萄牙日本美洲等地之海岸發現，且極豐富。

四 新石器時代 Neolithic Age

通常以為古石器時代石器不磨光，新石器時代磨光，乃二者最分明之界限。不過古石器時代中之蘇留安尼安期及瑪達列尼安期亦有磨光之骨器及象牙器；故單以「磨光」不足代表新石器時代之特徵，最重要者，乃有(1)陶器(2)紡織(3)弓箭(4)農業(5)豢養家畜等之發明。

火：人類在石器時代何時開始用火，何時發明此層，在英國東恩格里地方之第三紀地層中，曾發現被火燒裂之石塊與石器同在一處，可知人類在一百萬年或十萬年前已知用火。古石器之毛斯利安期穴洞

中發現火爐，但未發現人類用火之方法。杜朋(Dupont)在比利時靠近德福(Turfoot)地方之查若士(Choleux)穴洞中於瑪達列尼安地層發現磨有深痕紋之黃鐵塊與燧石。此外拉特(Lartet)與克利斯(Christ)在法國多爾頓(Dordogne)地方之愛茲斯(Les Ejjies)穴洞中亦發現一塊一端被刮毀之黃鐵礦。凡此種種，皆證實克魯曼農人已知生火之方法。

新石器時代火之用處更廣，不僅用以倒樹，烹飪，並用以掘木成船，陶器之發明更非利用火力不...

漁獵：到新石器時代，農業與畜牧皆經發明，人口增加，食物之來源增多，人類此時仍繼續獵獸，但所用之獵具多半是古石器代之產物，不過形狀稍為改變。據摩霍勒之研究，在古石器時代人類獵獸之哺乳動物有六十六種，到新石器時代只有半數，所用之獵具，有弓，箭及有柄之斧。

捕魚技術，古石器時代已極普遍，穴洞中常發現魚類彫刻之藝術。西班牙穴洞中之青班魚，鱈魚，鮭魚等等。意大利孟當地方之克林英第穴中亦有發現；此外在法國西班牙尚有蛙，鯉，鰈，鮫及比目魚之發現，貝類更極豐富，新石器時代海岸漁民因魚之種類不多，而以貝類為主要食品。

捕魚器具為骨或角製之魚鈎，中間有繫繩處，赤鹿角製之魚鈎，即藤製之魚網，尙有小片塊存留。

家養家畜：以獵獸所得之動物馴養於家中以便取之不竭，最要者狗，馬，牛，羊，山羊及豬。家養家畜有地方性，如雞，孔雀，水牛，

象在印度支那，羊，駝，火雞，豚鼠在美洲，騾與貓則在非洲。

農業： 史前農業以新石器時代瑞士湖邊為最顯著，黑爾 (Dr. Herr) 研究史前植物最享盛名，據稱史前新石器時代，瑞士湖邊居民栽種榛，山茶，莓，蘋果，蒺藜，山毛櫸，葡萄等。史前植物被栽種者共二百餘種，發現於瑞士者凡一百餘種。

在新石器時代之地層中，發現磨石不少，犁係何時起用，無從查考，不過最初之犁，無頭，完全木製。

藝術： 最古石器時代之地層中，未有藝術痕跡，古石器時代藝術發達最著者，當推瑪達列尼安期，對於繪畫人形，非其所長，但動物之寫生，則極盡能事。所繪之動物有馬，犀牛，麋鹿，獅狼，山羊，及巨象魚類，即植物亦有之。

瑪達列尼安期告終，藝術全部退化，新石器時代無藝術可言。

宗教： 在克林莫第之穴洞中（古石器時代）常發生死者之旁，有許多日用東西，似乎一種葬禮。

石器時代各期主要文化比較：

時代	文化特質	年 份
曙石器	天然石子	紀元前百萬——十萬年
舊石器		
前期	石片，火	紀元前十萬——二萬五千年
後期	骨工，鈎，藝術	紀元前二萬五千——一萬年
新石器		
早期	陶器，弓，箭	紀元前一萬——六千年
晚期	家畜，農業，磨，石工	紀元前六千——三千年

五 金屬器時代 Age of Metals

金屬器時代始於何時，確難判定，惟終屬於最古之時代，待述於後。茲以時代之區劃言之，普通分金屬器時代爲：

- (一) 銅時代 (Copper Age)
- (二) 青銅時代 (Bronze Age)
- (三) 鐵時代 (Iron Age)

青銅時代之前，有僅用銅之時代，此今日所周知之事實也。置青銅於金屬時代之初，則未當也。

是等古時代之銅器，雖發現於世界各地，究由何地所製造，又爲何地所初用，均不得而知。第着眼於廣布世界之點，考古學者遂指定其爲獨立發見於各地。埃及於紀元前四千年之頃，已知用銅器。巴比倫則可溯於紀元前四千五百年。或以埃及巴比倫爲銅之發見地，然最古之產地屬賽奈半島(Sinai Peninsula)，在此採掘者乃尼羅河流域(Nile Valley)之住民，爲供石材雕刻或研磨之用。惟銅軟易潰，彼等遂知其使用之不適於目的，且不能以之作切斷器，爰加入若干之錫，增其硬度，新石器時代之末，爲銅錫合金。

創造青銅爲紀元前四千年事，迄至一般使用，在紀元前三千年之後半，其時代既已於克里特島(Crete Island)用古青銅，紀元前兩千年達於西班牙之西南部，千五百年之頃達於不列顛，此種青銅恐卽合金，自此發見以來，人類之文化，遂見非常之進步。文化云者，終不外人類征服自然之謂。巴經(F. A. Parkyn)於其名著「先史藝術」(Prehistoric Art)中所言如次：

『青銅發見及使用，從藝術之立場上視之，興味極深，其形之表現，及裝飾之媒介，青銅較石與銅更爲適切不待論矣。且材料之處理亦易。青銅器時代之藝術，於青銅以外，仍有土器，黃金，白銀，珠玉及琥珀製諸器具。』如此器具之發達，恐均受刺戟於青銅之發見。青銅器中最多者，爲斧，鉞，劍，匕首，鎗類諸武器。其功力在由近距離漸及於遠距離。裝飾品如領針，襟針，腕圈等亦具備。

第一期 此期可謂之銅時代。金屬器之大部分，純銅製也，銅斧之形甚簡單，匕首亦經發見，多屬寬而平，無目釘孔，是等之銅器，仍仿石器之模型，蓋人類之智慧，不易捨去舊習慣，仍襲用舊文明所存在之石器形作銅器形，寧非至有趣味之事實。

第二期 此期已早用真正之青銅器也，爲銅九〇%錫一〇%之混合率，斧雖扁平，而穗端略寬，且附以『耳』，刃則有三角紋(Chevrons)及漩渦溝(Spiral fluting)之裝飾，匕首較前期大，青銅之鑲有目釘，間有用金針者。

第三期 此期無論墳墓，無論城寨，即不見有石器，青銅器之製法，亦漸巧妙，峯高而穗寬，有時幾等於半月形，某種之一側或兩側附有『耳』。鏃亦發見，裝飾品漸至精巧，如釧，頸圈亦能造出。

第四期 此期青銅之種類漸多，製作亦愈精巧，匕首伸長，劍附有青銅之柄，鉞有『耳』。腕圈及頸圈之種類亦繁。

第五期 此期之青銅器最示進步之狀態，斧有兩耳，拔針形之劍與鉞及喇叭，剃刀，小刀，腕圈，頸圈等裝飾品，均甚發達，就中以斧類發達之次序，最感興趣。(一)初仿石器型扁平簡單(二)次第的

兩側有高峯（三）中穿有孔附柄（四）有斧袋（五）最後於基部加以耳。通觀此階段的進步之遺物，青銅時代之人類，鑑於實際上之經驗，費種種考慮，謀武器之便利與銳利，依次改良，使人類之頭蓋增大，腦髓之活動亦自與年俱進。

青銅之次爲鐵器出現，某學者曰『鐵器恐在紀元前千年以前，地中海之東方，尙未爲一般所使用者。』以吾人考之，鐵之發見在亞細亞，何時何處何種族所發見，雖未能詳，亞細亞之某地點——大概在北由新亞細亞種(Neoasiatic people)發見於新石器時代也無疑。所謂東方最古之文明國卽吾國，在青銅時代，滿洲之邊，或西伯里亞，早發見有鐵，漢字『鎡』『夷之金』也。夷爲東方民衆之總稱（東夷），自漢族觀之，當於東方之民衆有鐵之發見，先於漢族使用。銅字亦作『鐵』有『截金』之義。比較的新由漢族所造也。與土耳其語『堅硬』（femir）之意相同。現在滿洲發見有不可知之時代古鐵製之鐮，已明示通古斯族在紀元前已從事於鐵礦製鍊。匈奴及東胡佔據東北久爲漢族之累，恐卽因鐵器早爲東北民衆所利用之故。

達文化之頂如今日，尙爲鐵器時代，其發見距今僅三千年前，其間人類之文化進化，迅速非常，視人類出現於世界以來，經過百數十萬年間之進化尤速。似此偉大可驚之進步，全基於金屬之發見，鐵礦未盡，文明不息，鐵礦儻有窮盡之一日不亦大可慮乎。吾人今日已感石炭之缺乏，發明他種燃料以代之。儻感鐵礦之缺乏，勢必代以種種之合金，且今日卽謂之已離鐵時代入『合金時代』亦無不可。是則由石而銅，由銅而青銅，由青銅而鐵，由鐵而合金。人類之器具材料逐

漸變化，因此等之材料不同，而用此等之時代的文化亦異。固考古學者所得以周知者。此後因器具材料之差異，而吾人後裔之文化生活，亦隨之而起變化，豈非勢之所必至歟。

第二十八章 生物學與人生

Biology and Human Welfare

人類爲生命網之一部分，而且不斷紡織之，各人紡織成結之優劣，全靠自己之本領。—— Thomson

生物學綱要或稱生物學上之基本原則，吾人已經約略察看過，生物學對於人生之重要貢獻，亦有值得檢討一遍之必要，生物學與吾人日常生活之關係，雖然舉世早已週知，惟其細目與要領，則係最近一世紀才估定。

如果不加思索，一定非常詫異，因科學家所發見生物學與人生之關係，並不斤斤計較其用途上之基本標準價值，乃追求其真理，以達到目的爲止。科學家研究生物學之動機，在乎提高知識，擴大眼界，希望對於自然界得一普遍賞識之機會。惟科學家在其研究工作過程上，無意中發見種種實地應用事件，不獨對於吾人日常生活有密切關係，而且爲人生處境之模範指南。「科學自爆裂之區域帶回許多種子，以爲此亦不過在其探險途上所拾得一件無關輕重之希罕東西；夢想不到此幾粒種子潛自萌芽發展爲高大之喬木，凡已開化之人類皆在其樹蔭下建起帳幕，採取其菓實，而享受人生安樂富貴。」事實上，人類至尊無上之智能生活，咸由研究得力與追求真理而收成效。如果不是吾人有最純熟之訓練與積極之研究，則不能有如此偉大之成績與可觀之報酬，甚至實用科學將不知退至於何等地步。

生物學家所執行，當初視為毫無作用之研究工作，隔夜之後，常變成工業經濟上無上至寶之發見。舉一最驚人之例以證之，原生動物中有一種有孔蟲（Foraminifera），其化石埋藏於深地層中，因石油公司鑿井汲油始發見之。不久之前，石油公司每年不知耗費幾許金錢鑿井取油，常常無一滴油可汲，每鑿穿一油井，總需耗費六萬美元左右，此巨大之代價，當然皆放在汽車主人肩上。以後因自井內抽出之澱物中發見許多有孔蟲，引起工作人員之注意，以為此種化石或者隨井之產油與否而所有不同，乃請求美國國立博物館代為試驗。博物館研究員乃將全世界各處所搜集有孔蟲之標本，分別檢查試驗之，有一位專家畢生為此問題盡瘁，結果斷定有孔蟲與油田有直接關係，而使石油公司每年省下幾百萬美元。此種有孔蟲設非由生物學專家研究有心得，而提高其身價，若落於俗人之手，必棄之如敝屣。從前人人皆以為政府每年虛耗如此成數金錢，自養一班生物學家，為國庫中之一筆無謂大開支，但現在此位生物學專家由石油公司給予極大之薪金，其所應付之所得稅，比從前國家所給他之薪俸，已超出數倍。（參考第 143, 144 圖）

所以所謂純粹科學與應用科學並不是互不相關，不可分之過於嚴格；科學有一共同目標，即專為智識，為真理而奮鬥。一切事實皆先由理論然後產生，偉大之發明，乃學者為真理而研究真理時自然之結果，故當吾人談到最高理論時，不知不覺之間，竟常與實地應用之事件，發生密切關係。

實際上，書中已經討論過，吾人所熟悉之幾個主要生物學概說，

與吾人之日常生活，有實地應用之價值，常被吾人所忽視。例如有生命之物質，皆以細胞為結構基礎，此種原則，適於整個生物界，即一切生物皆有相同之基本結構——細胞。再者，基本相似有生命之物質，簡稱為原生質，明白指示整個生物界不獨以細胞為鏈鎖，而且由原生質從中連成一氣，而發揮生命現象。更有進者，原生質將無生命之物質同化而變為有生命之物質，證明有生命之物質皆自尋常之物質純一組成。最後，有機進化，有機體皆不斷演化。整個自然界雖然有許許多多單位，仍屬一體。

以上述之種種事實為基礎，再加上其他生物學真理，不論對於何人，皆有切身關係，因為綜合起來可以下一結論，即吾人欲瞭解人類之生命，必先自各種生命着手。人為萬物之靈，佔生物界最優越之地位，惟必循生物界之自然法則而上；將人類之生活除下，人類一定曝露其獸性。人類與獸類相差者幾稀，人類有天賦之理性，因之可以任意應付其環境，不然，其與禽獸何異！所以人類欲圖存享福，必須運用其智識，以操縱自然，即人類應當如何自善其身，以適應自然。實際上，吾人所受之教育，無非為提高自己之適應起見，隨機應變，調度吾人對內對外之生活情況。如前所述，生物學乃為吾人幸福而改良吾人之生活情況，建起理論方面與實用方面之自然基礎。

甲 醫藥 Medicine

健康，乃至高至善之適應，無價之寶，不獨指個人之幸福而言，其關係於國家財富，民族前途者尤不可估計。所以就廣義言之，醫藥

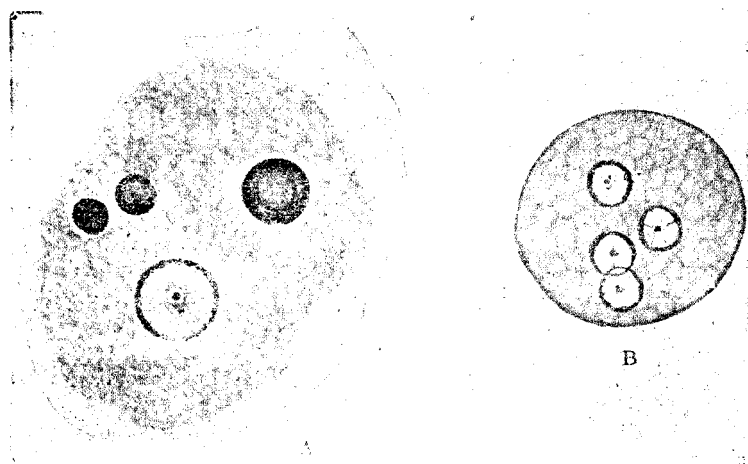
乃一門最重要之應用生物學，不論何人，皆不能否認之。人體解剖學與人體生理學，可當作爲建起醫藥之基礎，皆普通動物解剖學與普通動物生理學中之特別部分。事實上，描寫人體解剖學，非先闡明脊椎動物之比較解剖學不可；研究人體生理學若非先就下等動物之生理機能逐一試驗，探出其原理，將無所憑藉。吾人希望對於醫藥有更高深之認識，對於外科手術施更巧妙之方法，猶須犧牲下等動物爲試驗品，注射藥物，或施以麻醉劑，推物及人，收事半功倍之成效。舉一例以證之：自從在動物身上試行施用外科手術後，證明許多手術，向爲有良心之外科醫師不敢冒試於人體者，已經可以試用無礙。達爾文因不忍動物受痛苦，爲惻隱之心所驅使，乃戒絕狩獵，其言曰：「如果不用下等動物爲試驗品，則生理學將永無進步；阻止生理學問之進步，違犯人道，我不能不自承過失。」

一 微生物與疾病 Microorganisms and Disease

自從發明預防劑與治療藥物後，人人咸認此乃科學方面對人類文化最重要之貢獻，但今日醫藥有如是之進步，又不能不歸功於生物學家繼續不輟之努力。雖則巴斯德本人爲一化學家，發見一切疾病皆由微生物所喚起，所以預防疾病，或撲滅疾病，必先除去病菌。隨後又發見酒，乳變酸，皆大氣中之微生物侵入，所引起之化學變化。葡萄之果皮破裂，大氣中之微生物侵入，即起發酵作用；防止空氣通進，或加以消毒，則不至有發酵作用。力斯忒(Lister)立刻看出此種事實與外科手術有密切關係，於是有近代外科消毒手術，造福人羣，價值之重大，實無從估計之。（參考第280,450圖）

巴斯德既發見有機體醱酵皆微生物活動之結果，動物與植物所發生之許多病狀，亦因微生物之侵入體內，從中作祟而起，乃繼續研究法國患霍亂 (Cholera) 之雞，與生脾脫疽 (Anthrax) 之牛，羊。因療治得法，拯救千萬動物，死亡率驟減，二十年之內，挽回國家財富，其總額可以償清一八七一年戰敗之賠款而猶有餘裕。巴斯德且發明療治狂犬病 (Rabies) 之新法，狂犬病即一人被犬所咬，中毒後所發生之疾病。

最近五十年內，科學家仿效巴斯德之研究法，發明許多夢想不到之治療法與預防法，而有意想不到之效力，減少動物，植物及人類疾



第 414 圖 赤痢蟲 (*Endamoeba histolytica*) 寄生於人腸內而引起赤痢。A, 指示一個活動時期之變形蟲，有一細胞核與三個赤血球；B, 被囊中之變形蟲，有四細胞核，將分裂為四個個體。（仿 Loel1）

病之痛苦。吾人所患白喉 (Diphtheria)，肺癆即結核病 (Tuberculosis)，腺疫 (Bubonic plague)，傷寒 (Typhoid fever)，瘧疾 (Malaria)，

黃熱病(Yellow fever),梅毒(Syphilis),赤痢(Amoebic dysentery)及非洲之睡眠病(African sleeping sickness)等等,皆由各種病菌之傳染所掀起,一定爲讀者意料所及。或者科和(Koch)可以不愧當巴斯德事業之繼承人,因科氏盡瘁研究,於公元一八八四年正式發表肺癆乃一種特別細菌作祟之結果。人類每年因患肺癆而死者,約略計算,幾乎佔全部疾病死亡率七分之一,自此種細菌被發現,且有專門之治法後,不知已拯救多少生命。

第二步重要工作,即除防止使人致病之病菌外,亦應當撲滅家畜家禽之疾病。舉一例而言,據美國畜牧處之調查,每年美國牲口因受病菌傳染而死亡者,不可勝數,所受損失不下五千萬美元。自從學者探出此種病狀後,已經認定人類所患之摩爾太熱病,亦即此種病菌作祟所致。得到一種學識可以生出許多新學識,真是一件不可磨滅之鐵證。

實際上,生物學上一部分論料,有交互不可分離之關係,故一旦發見病狀後,即可以着手從各方面研究致病之原因;或者一覽瘧疾,黃熱病與梅毒之病狀,及其致病之因果,可以增加見識,而領悟生物學對於人生之貢獻。

瘧疾 Malaria

就「Malaria」之字義加以考慮,即知前人以爲瘧疾之病源,乃瘴氣所掀起,意即潮濕之地,污濁之空氣可以使人患瘧疾。待一八八〇年拉維藍(Laveran)自患瘧疾之病人之血液中發現寄生蟲後,瘧疾之病源,始有正確之認識,二十年後,羅斯(Ross)自一隻蚊蟲(即

種種流行性病

COMMON EPIDEMIC DISEASES

傳染病菌被發見之時間

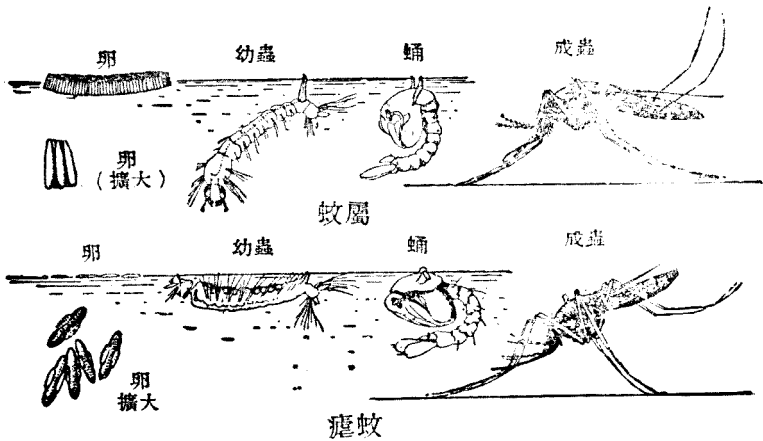
脾炭疽(Anthrax=Splenic fever)1876	摩爾太熱(Malta fever)	1887
亞洲霍亂(Asiatic cholera) 1883	腦膜炎(Meningitis)	1887
腺疫(Bubonic plague) 1894	肺炎(Pneumonia)	1834
白喉(Diphtheria) 188	再發症(Relapsing fever)	1873
(白喉抗毒體Antitoxin1890)	梅毒(Syphilis)	1905
赤痢(Dysentery) 1898	破傷風(Tetanus=Lockjaw)	1889
鼻疽(Glanders) 1882	肺癆(Tuberculosis)	1834
小兒麻痺症(Infantile Paralysis)1909	傷寒(Typhoid fever)	1884
白濁(Gonorrhoea) 1879	(傷寒防疫劑 1896)	
流行性感冒(Influenza) 1892	黃熱症(Yellow fever)	
癩瘋(Leprosy) 1892	(發見傳染病蚊 1900)	
瘧疾(Malaria) 1880		
(發見傳染瘧蚊 1897)		

|| 睡眠病由孛孛蠅傳染;腺疫由鼠傳染; ||
|| 一部分流行病由虱或他種昆蟲傳染。 ||

—美國醫藥會製—

美國醫藥會流行性病表格

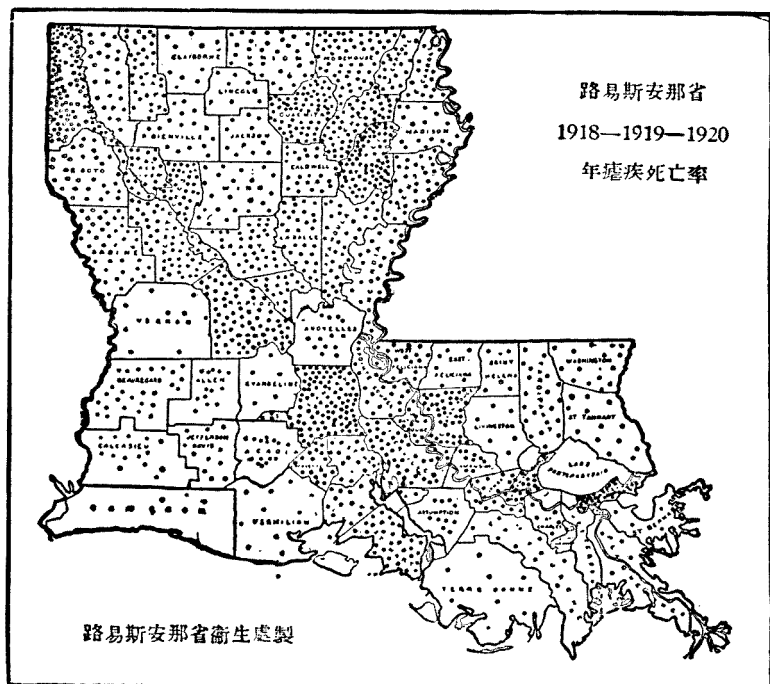
瘧蚊)體內發見與瘧疾病人血液中相似之寄生蟲,再經過各專家廣續研究,及格刺斯(Grassi)之特別努力,指示蚊屬中有一種瘧蚊(Anopheles) 螫一瘧疾病人後,瘧蚊體內即有與病人血液中相似之寄生蟲,證明拉維藍之發見正確可靠,而斷定蚊蟲為瘧疾寄生蟲之第二宿主。



第 415 圖 蚊之生命史。傳播瘧疾寄生蟲之瘧蚊，其生命史上各期與通常蚊屬顯有區別。瘧蚊棲息時，身體與物面成垂直形；通常蚊棲息時，身體則與物面平行。卵，Eggs；幼蟲，Larva；蛹，Pupa；成蟲，Adult；蚊屬，Culex；瘧蚊，Anopheles。

在瘧蚊體內，瘧疾寄生蟲有一串複雜錯綜之生命史，包括高度之生殖率。結果產生鉅萬之鎌狀孢子 (Sporozoites)，集中於瘧蚊之唾腺內，待再度螫入時，將此種鎌狀孢子放進於吾人之血液內，而完成瘧疾寄生蟲下一部之生命史。（參考第 373 圖）

照前段所述，瘧疾與瘧疾寄生蟲之生命史似乎非常簡單，實則昆蟲學家 (Entomologists) 研究昆蟲，原生動物學家 (Protozoologists) 研究原生動物，已不知費了多少歲月；再經過飽經訓練之內科醫生，從醫藥動物學方面苦心研究，始得一撲滅瘧疾寄生蟲之毒劑。約略統計，美利堅 每年因瘧疾所受之損失，不下一萬萬元，大不列顛 之損失，約三萬萬元；印度 每年患瘧疾而死亡者，奚祇一百萬人，金錢之損失，更無從估計。（參考第 415, 416, 417 圖）

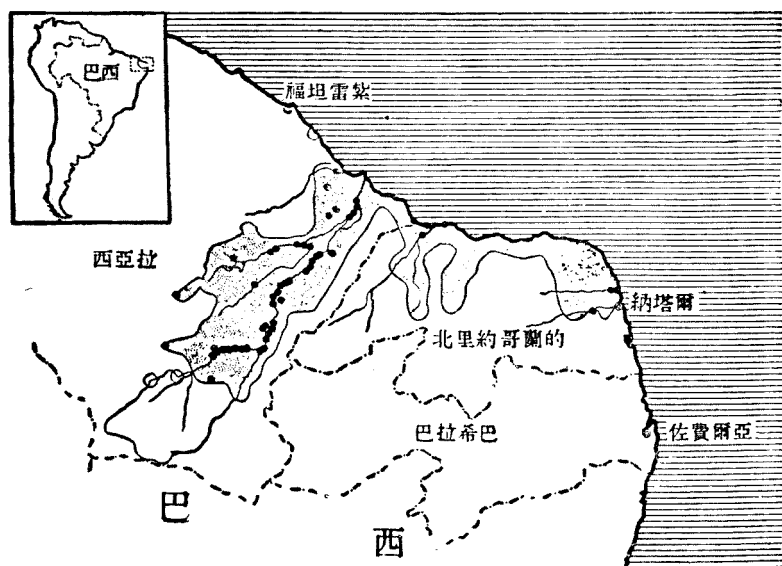


第416圖 美國路易斯安那省 (Louisiana) 驅瘧運動所用之地圖。每一黑點代表一個患瘧疾而死者。欲知瘧疾對公共衛生之重要，須計算患病之人數及其所消耗能力，比估計所喪失之人數較為得體。根據統計每一患瘧疾而死者，所受痛苦與損失，約等於2000—4000日。

黃熱病 Yellow Fever

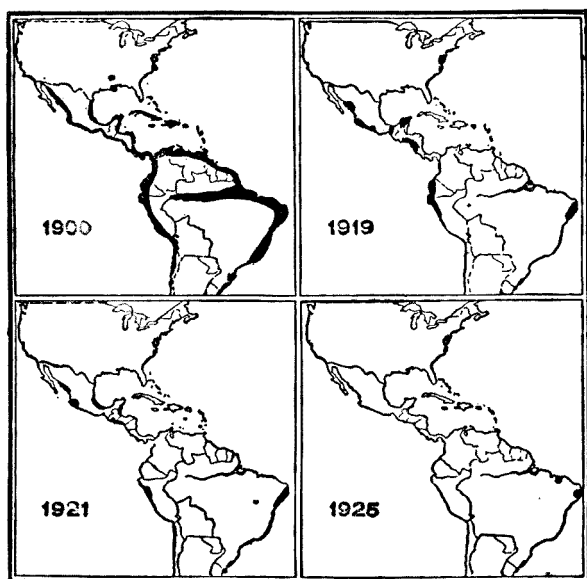
證明某屬蚊蟲傳播一種原生動物於人，致生瘧疾，此種工作，為英，法，意諸國生物學家所貢獻；惟傳播黃熱病之寄生蟲則另有一種蚊蟲，稱黃熱蚊 (Aedes)，乃一九〇〇年美國特派赴古巴調查黃熱病之專員里德 (Reed)，拉紮爾 (Lazear) 等所發見，自里德等發見傳播黃熱病之蚊蟲後，各地生物學家聞風興起，埋頭苦幹，終發見黃熱病之寄生蟲，並發明一種菌苗，可以預防此病。

拉斐爾等深入黃熱病區域，不以自己生命為憂，冒險嘗試，以完成科學家使命，有下一段之讚美辭，可以見之！「忠誠勇敢勝於軍人，不顧性命，決心偵探敵人，思有以控制之，並斷絕其來源，不幸竟以身殉。」人類之戰勝黃熱病，中間有一極長故事，科學家備嘗辛苦，不知犧牲多少性命，始完成偉大之巴拿馬運河工程，因為當初法人開鑿運河時，黃熱病正大肆其虐，不得不停止進行。過去五十年中，美國民衆犧牲於黃熱病者，不下五十萬人，一七九三年此種流行病大發，菲列得爾菲亞省 (Philadelphia) 因此而喪其十分之一人口，



第417圖 睡病蟲侵犯區 ●=1939年十二月傳染區防禦綫
○=1930年傳播區防禦綫

福坦雷黎, Fortaleza, 佐費爾亞, Joao Fessoa;
納塔爾, Natal; 巴拉希巴, Parahyba;
巴西, Brazil; 北里約哥蘭的, Rio Grande Do Norte;
西亞拉, Ceara. (由 Rockefeller Foundation)



第 418 圖 二十五年來，人力控制下黃熱病(Yellow fever)之分布情形。
(由 Rockefeller Foundation)

一八七八年密士失必河流域 (Mississippi Valley) 死於黃熱病者，亦有一萬三千人。(參考第 418 圖)

梅毒 Syphilis

經原生生物學家史歐廷(Schaudinn)與霍夫曼(Hoffmann)仔細之研究，於公元一九〇五年始正式發表一種單胞細寄生蟲——螺旋形菌(Treponema pallidum)乃喚起梅毒之生物。自十六世紀以來，梅毒已成為流行之傳染病，為人類最大之災禍。螺旋形菌可以發生種種病狀，最可怕者，使人周身癱瘓(Paresis)，精神喪失，終至死亡。自螺旋形菌被發見後，在治療學上得到一種新認識，而研究撲滅之法，

試用過一餘種化學物，皆難奏效，惟某種砒素有機化合物可以制止之。梅毒如其他疾病然，當然不能遺傳，醫生明知其不能遺傳，又稱之為遺傳病，似乎非常矛盾，實乃胎兒在母親體內，隨時有被傳染之可能（參考第419圖）



第419圖 患梅毒之初生嬰孩肝臟中之扭絲狀微生物 (*Treponema pallidum*)。高度擴大圖。

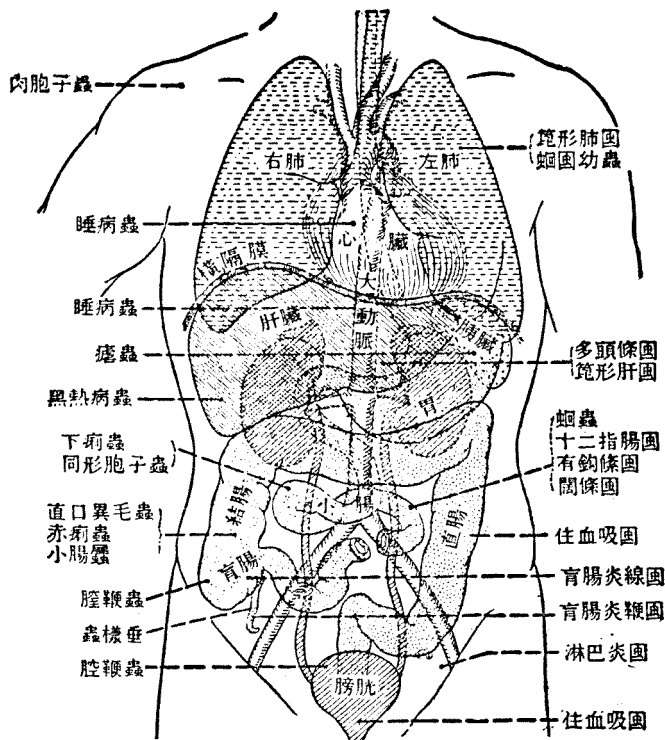
二 寄生蟲 Parasitic Worms

截至現在，吾人對於致病之病菌，俗稱微生物，已經大略討論之，此後應當自「微生物世界」轉移目光於較大之寄生蟲，因在醫藥動物學上，寄生蟲佔一極重要地位也。下列數種寄生蟲可以闡明寄生蟲世界，而且滿足目前之需要。

吸蟲 (Trematodes) 吸蟲綱包括多種扁形寄生蟲與自由生活之片蛭 (Planaria)。大部分營寄生生活之扁形蟲皆有一串複雜錯綜之生命史，生物學家費盡氣力，始揭破其秘密。在許多種扁形蟲中，肝蛭

(Liver fluke) 可算爲最饒興趣之一。(參考第 159, 284, 420 圖)

一條成長肝蛭，體長約一英寸，寄生於牛，羊，犬，豕肝臟之胆



第 420 圖 人體內各種寄生蟲寄生部位。

左示原生動物；右示蟲類。(仿 Heoner)

肉孢子蟲, *Sarcocystis hominis*;
 睡病蟲, *Trypanosoma cruzi*;
 睡病蟲, *Trypanosoma gambiense*;
 瘧蟲, *Plasmodium falciparum*;
 黑熱病蟲, *Leishmania donovani*;
 下痢蟲, *Giardia lamblia*;
 同形孢子蟲, *Isospora hominis*;
 直口異毛蟲, *Balantidium coli*;
 赤痢蟲, *Endamoeba histolytica*;
 小腸蠧, *Endamoeba coli*;

闊條圓, *Diphyllobothrium latum*;
 住血吸圓, *Schistosoma mansoni*;
 住血吸圓, *Schistosoma haematobium*;
 盲腸炎線圓, *Enterobius vermicularis*;
 盲腸炎鞭圓, *Trichuris trichuris*;
 淋巴炎圓, *Schistosoma haematobium*;
 肺臟, Lung;
 肝臟, Liver;
 橫膈膜, Diaphragm;

腔鞭蟲, *Trichomonas hominis*;
 筲形肺圓, *Paragonimus westermani*;
 蛔圓幼蟲, *Ascaris lumbricoidea*
 (Larvar);
 多頭絛圓, *Echinococcus granulosus*;
 筲形肝圓, *Clonorchis sinensis*;
 蛔圓, *Ascaris lumbricoidea*;
 十二指腸圓, *Ancylostoma duodenale*;
 有鈎絛圓, *Toenia solium*;

直腸, Colon;
 胃, Stomach;
 盲腸, Cecum;
 蟲樣垂, Appendix;
 膀胱, Bladder;
 心臟, Heart.

管中，有時亦發見於吾人之胆管中。肝蛭為兩性動物，或稱雌雄一體 (Hermaphrodite) 之動物，每條有一副雄性生殖器官與一副雌性生殖器官，繼續產生卵子，幾乎未嘗中輟。事實上，每條肝蛭，一次可以產生五十萬個卵子，暫時保存於其宿主（羊）之胆管內，俟後排洩於小腸內，漸漸混於糞中，自肛門排出。排出之卵，若巧逢潮濕之地，而發展為一條纖毛密佈之幼蟲，稱纖毛幼蟲 (MIRACIDIUM)，衝出卵殼，自由游泳。纖毛幼蟲在數小時內必須覓得某種蝸牛為第二宿主，方能繼續發展，非然也，則立刻死亡。但是，纖毛幼蟲鑽入蝸牛體內，即發生一串變態。大約在蝸牛體內二星期後，變成一囊狀動物，稱胞組子 (SPORO CYST)，胞組子繼續發展，又變成一種幼蟲，稱繁離子 (REDIAE)。每條繁離子自成熟之孢子囊中逃出，長大為第二期繁離子，最後變成第三種幼蟲，稱搖尾子 (CERCARIA)。

前面所述各期幼蟲，皆在蝸牛體內，搖尾子終則成羣結隊，離開蝸牛向水中游去，偶遇一片草葉，即棲息其上，自動包在囊內。幼蟲包在囊內時，其性命真是千鈞一髮，因為此時草葉如不蒙羊羣賜顧，草葉上之被囊則無從進入羊腸，失所憑依，必自趨滅亡。設被囊之幸運臨頭，得進羊腸，被囊內之搖尾子不久突圍而出，逃至胆管，迅速

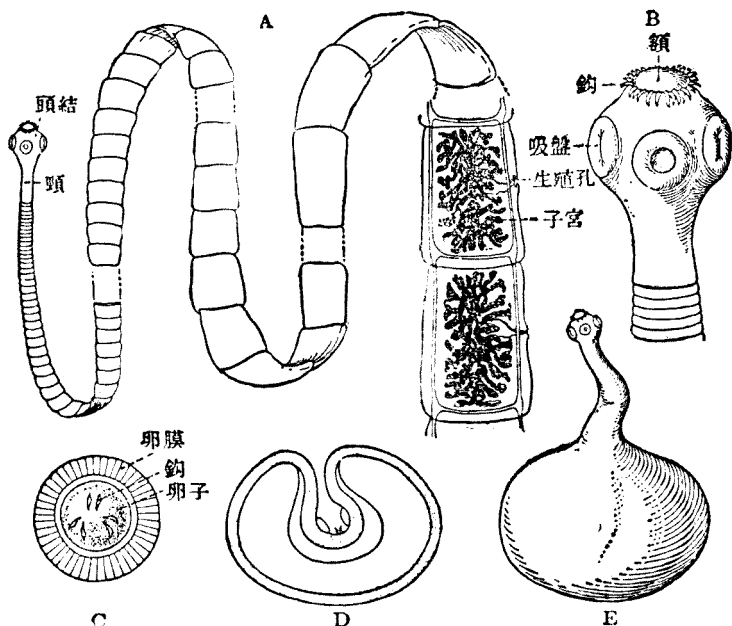
發展為成年之肝蛭，使羊患爛肝病 (Liver-rot)，肝蛭之生命史至此亦全部完成。

肝蛭每次產生如是衆多之卵子，據吾人推測，一定幫助纖毛幼蟲以覓得適宜蝸牛為宿主之機會，在蝸牛體內各幼蟲世代又蕃生更多之個體，使衆搖尾子中必有一條可以達到羊腸之機會。肝蛭之生命史非常複雜，但所取步驟則極一致，可當一大羣寄生扁形蟲之代表。因肝蛭之生命史如此複雜，無怪乎各生物學專家費盡心血，不知消耗多少光陰，始發見各期幼蟲及其與各種宿主之關係。

條蟲(Cestodes) 一部分扁形蟲屬於條蟲綱，包括多種條蟲，侵害人類與下等動物。其中最普通者如有鈎條蟲種 (Species *Taenia solium*) 與無鈎條蟲種 (Species *Taenia saginata*)，寄生於吾人之食道內，有鈎條蟲之幼蟲生於豬肉內，無鈎條蟲之幼蟲則常發見於牛肉內。

條蟲狀如一條長帶，頭細小，狀似球，通常稱頭結 (SCOLEX)，為一鈎附於吾人腸壁之器官，後有許許多多相似之體節，稱節片 (PROGLOTTIDES)。連結於頭結後之節片，最幼稚，所以最細小，越向後越大，因最末端之節片皆已成熟最老者。一條成長條蟲，有時有一千節左右節片，體長達十尺。(參考第 422 圖)

成年條蟲皆雌雄一體，每節成熟及將近成熟之節片，擁有雄性生殖器官與雌性生殖器官，最末端之成熟節片幾乎被卵子充塞。已成熟之節片一節一節脫落，與宿主之糞混合，排出體外。卵子偶然與蔬菜類混雜，一入豬口而至小腸，在新宿主腸內發展，隨即穿過腸壁，漸漸移動至隨意肌 (骨骼肌) 成囊自包之。在隨意肌內，胚胎繼續發展，



第 422 圖 條蟲 (Tapeworm *Taenia Solium*)。

- A. 體之前段與尾段約八英尺長包括 900 節片 (Proglottids)，二節片內示子宮 (Uteri) 滿充卵子。
- B. 頭結 (Scolex)，
- C 卵子 (Egg) 與胚胎 (Embryo)。
- D, 囊蟲 (Cysticercus) 頭結尚未翻出。
- E. 頭結已冲出。

頭結, Scolex; 頸, Neck; 鉤, Hooks; 吸盤, Sucker; 生殖孔, Genital pore; 子宮, Uterus; 突出額, Rostellum; 卵膜, Egg membrane; 卵子, Egg.

直至囊蟲 (CYSTICERCUS) 期爲止。染毒之豬肉 (指含囊蟲之肌肉而言) 若未曾煮熟，吾人食之，囊蟲又繼續發展，而完成條蟲之生命史。囊蟲既入人體，在食道中發育至成年，頭結鉤上腸壁，節片節節延長。(參考第 422 圖)

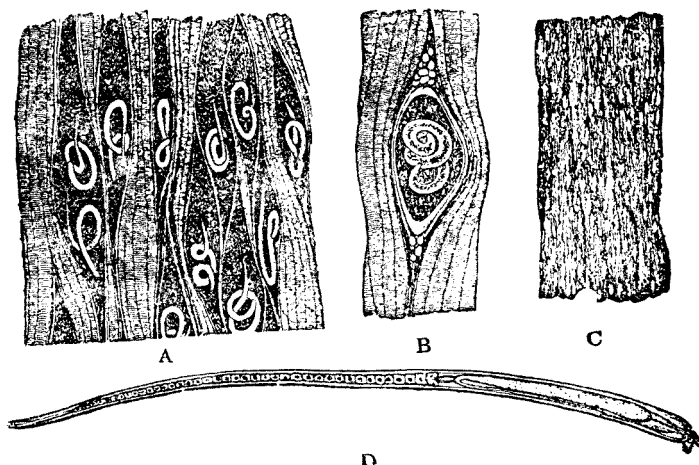
成年條蟲在人體內或高等動物體上度其寄生生活，其全部營養物，

勢必取自宿主，故大大妨礙宿主之營養，在幼蟲時期，爲害更烈，所以多頭條蟲(*Taenia echinococeus*) 通常寄生於人體內，故亦稱犬條蟲，其幼蟲若入人體，或豬，羊體內，總是寄宿於肝，腦等部，擴大爲一大液囊，稱腫胞(HYDATIDS)，而有致命之憂，犬條蟲有一段可紀念之歷史，因當自然發生說與生物發生說爭持不下時，學者發見羊腦内生蟲，不知自何而來，實則羊腦中之蟲，卽犬條蟲之幼蟲，學者當時不知犬條蟲之生命史，無怪乎有此閻胡釐也。

線蟲(Nematodes) 線蟲亦稱圓形蟲(Roundworms)，在醫藥生物學上所處地位與扁形蟲同等重要，自營生活之線蟲到處皆有，泥土，水中，及大氣中游離之塵埃，常常發見之。大多數不爲害，祇一小部分在農業經濟上有研究之價值，因植物之枝葉常被破壞。寄生於高等動物及人體上之種，單研究旋毛蟲(*Trichinella*)與鈎蟲(Hookworm)足矣。(參考第161圖)

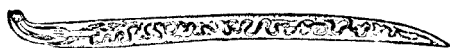
旋毛蟲在豬，鼠，或人體內發生極可怕之病狀，稱旋毛蟲病(*Trichinosis*)。吾人食下不十分烹熟之豬肉，或豬食殘餘屑肉或食有病之鼠，旋毛蟲則得到新宿主，又度其寄生生活。豬肉內幼蟲至人腸時，迅速發育成熟，每條雌蟲可以產生一萬幼蟲，此種幼蟲不久鑽過腸壁，漸漸移動至隨意肌而成囊自包之，等吾人死後，尸體腐爛，乘機逃去。幾乎每一公分肌肉中有幾千個囊體，不獨破壞肌肉纖維，且令人無從救藥。(參考第423圖)

有幾種鈎蟲，分佈極廣，微小不易察見，實爲人類之隱敵，所以有澈底研究之必要。近代學者發見此微小鈎蟲，色白，細如纖維，生



第 423 圖 旋毛蟲 (*Trichinella spiralis*)。 A 在肌肉纖維內活動之幼蟲；B，纖維內一條被囊之幼蟲；C，一塊豬肉生許多被囊體之旋毛蟲；D，一條旋毛蟲之擴大圖。（由 Leuckart）

於溫暖濕地，吾人足上皮膚若有裂痕，踐踏爛泥，此種寄生蟲即乘機侵入。俟後逃進血管，循環遍體，或至肺臟，或寄宿於腸內。成年之鈎蟲在腸內鈎住腸壁，吸收血液，產生卵子，卵子混於糞中，排出體外，又尋覓其新宿主。現在國際衛生局分設於五十餘國，積極灌輸防禦並驅除此種寄生蟲之智識，乃一極重要之貢獻。根據統計，被鈎蟲侵害而罹病者不下二百萬人，自國際衛生局灌輸消滅之法後，終有一日可以斷絕其害。（參考第 424 圖）



第 424 圖 美洲鈎蟲 (*Necator americanus*) 之擴大圖

三 健康與福利 Health and Wealth

吾人閱過上述各種例案，而知生物學家研究健康問題及其收穫，

顯示生物學對於人生福利有重大之貢獻。俗人常言，平安即福利，健康爲至寶，比喻至當。過去百年中，因醫藥智識有長足之進步，人類壽命賴以延長。特別壯年有爲時代，此乃不可抹殺之事實。吾人並不過於誇耀。現在在人類因壽命之延長，所節省之金錢，遠超出科學研究工作所動用之數目；此外延齡益壽，使骨肉團聚，造福人羣，其價值豈筆墨所能形容！

醫藥動物學又建一件大功，即自熱帶區域開闢一塊樂土，貢獻於人類，使之安居樂業，不復思念溫帶故鄉。根據最近統計，世界人口較前一世紀，已增加一倍，依此類推，再過一世紀，世界人口將移至何處！若非開闢新土地，向熱帶區域遷徙，溫帶將有人滿之患。按諸實際，文明人現在已經向荒蕪地域採取原料，所以不久之將來，勢必漸漸向荒無人煙之地疏散人口，不獨覓尋衣食，且就此解決居住問題。故生於二十世紀之大衆，應當負起未雨綢繆之責任，研究許許多多與人類競爭之寄生蟲，克服新環境，調整吾人適應之本能。

再者，智識高於一切，智識即是權力，就健康與福利一點而論，最可靠之投資，莫如贊助研究。讀者切勿忘却，以前流行性病非常猖獗，設非學者研究出蚤，鼠，微生物之生命史，地球上人類，早有被掃滅之虞。時過境遷，就目前而論，最低限度，流行性病已不能再如前之肆虐。追考耶穌紀元時，腺疫非常猖獗，人類死於非命者，應該比現在地球上之人口尤多。讀者亦不可忘却，北美合衆國每年因時疫所受之損失，不下四十萬萬元；如果早知生物學上之原理，事前預防，絕對不至有此不幸。過去人類文明因遭傳染病之攻擊大受挫折，

現在吾人欲爲更複雜之社會生活謀幸福，必須澈底研究各種病源，預防而遏制之，更進一步之努力，使此種智識大衆化。

乙 生物學與農業 Biology and Agriculture

飽食即可以生存，乃一件不可靠事，但按諸實際，吾人勞勞碌碌，一生盡瘁，亦不過爲麵包問題與生殖傳嗣耳。因吾人之智識發達，文化逐漸提高，爲複雜之生活所驅使，欲求豐衣足食，勢必另覓出路，乃有近代農業科學之設立。但研究農業，不能離開各門基本生物科學，因農業本身，事實上不過應用生物學中之一而已。現在略舉數例，而知農業所處地位之重要及其運用。

一 動物性與植物性營養物 Plant and Animal Food

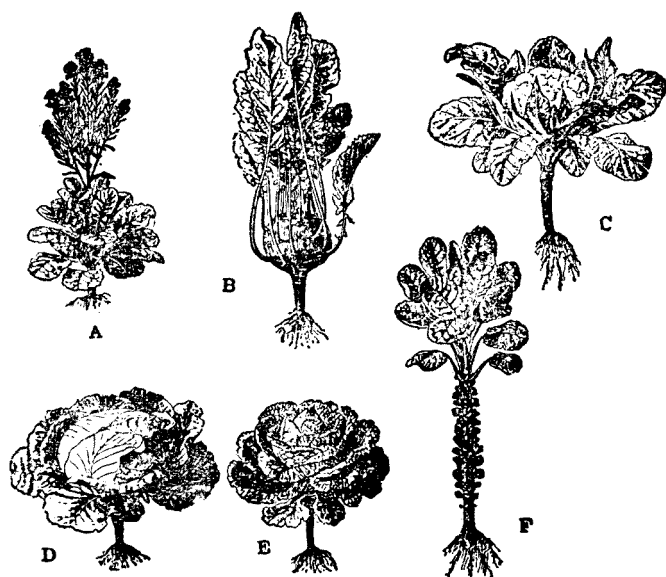
人人咸悉，一切動物，包括人類，所需用食物，直接間接取自綠色植物光化作用之產物。綠色植物必須製造充分之食物以供自己之消耗，並且省下一部分施濟於不能自立之生物，使之共享世界榮華。動物最貪食無厭，祇知有己而不顧他種生物，專門攝取現成之食物；並且食物一度經過其消化後，全部變成廢物，爲本身所不取，亦不是綠色植物所可利用。但吾人尙能憶及自然界內尙有細菌及種種非綠色植物，專門攝取廢物而調整之，使自然界內元素得完成其環輪，並且集合種種原料以供綠色之消耗。（參考第 17—20 圖）

各類生物之營養物之有互相連帶關係，皆生物化學家從種種交互論料中所得之結論，不獨在理論方面饒有興趣，在應用方面且有不可估計之價值，例如檢查土壤之肥沃性，包括土壤成分之維持與選

擇，及農場輪種法 (Crop rotation) 等等。如何使土壤肥沃，在農業經濟方面，事實上即提高植物所需要之肥料。綠色植物固然可以藉氮素固定細菌 (Nitrogen fixing bacteria) 自大氣中吸收氮素為肥料，但學者運用科學方法，將游離之氮素製造為肥粉，乃化學家最大之成就。最後，科學家埋頭於實驗室中，潛心研究，所發明之人工肥料已經大量製造，以補助植物之需要，此不獨裨益於農業經濟，而且提高生產，使人生富裕。

檢查土壤，端賴化學家與生物學家之合作，由是而樹立播種，芽床，栽植諸方法之基礎，更進一步而有移植 (Transplanting)，接穗 (Grafting)，剪枝 (Pruning)，授粉作用 (Pollination)，與雜交 (Hybridizing) 以成立新種。幾乎每種食用植物，經過人工栽植後，皆有長足之進步。自從人類有耕種以來，不知不覺中積下幾許農事常識，再經過農業試驗場，農業專門學校積極之研究，農業經濟，已較前進步百倍。

不過吾人所應當執行之工作，亦祇算有一小部分成績。人類想征服整個植物界之企圖，尙未開始，因為吾人已經改良之種，與可以改良之種，比較一下，相差甚遠。在高等植物方面，吾人所栽植者，尙不滿二千種，並且大部分皆無意中發見。有種種理由令人相信，大多數尙未採用之植物，其實在價值，並不亞於已經栽植之種類：「平時無人過問之野花雜草，假如經過植物學家之手，一定可以大加改革，而振興農業。」更有進者，植物學家之責任，不獨使許多重要植物生出新種以提高生產，且必須設法改良品種以抵抗不良氣候與蝕銹；森林



第425圖 A. 野生薺臺 (*Brassica aleracea*), 經栽培後成以下各種; B. 甘蘭, Kohlrabi; C. 花椰菜, Cauliflower; D. 椰菜, Cabbage; E. 衛爾赤椰菜, Welsh cabbage; F. 布魯塞爾菜, Brussels sprouts. (仿 Smalian)

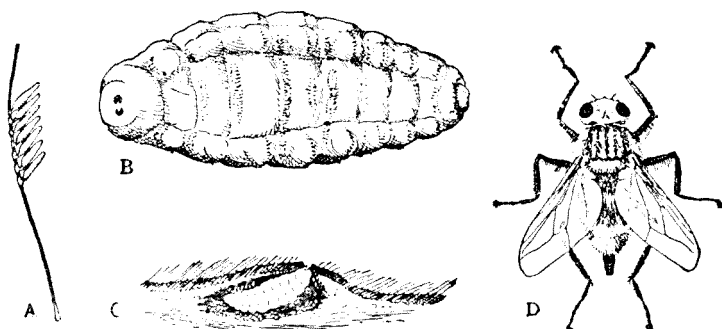
學家必須推廣林場以提高木材產量，間接方面，森林可以保存雨水，防止土壤崩裂；昆蟲學家與植物病理學家必須籌劃種種方法以消滅植物害蟲及種種微小寄生蟲。提高生產為農業經濟唯一目的，如果未有收穫，有何利益可言！（參考第 425, 439 圖）

二 動物之害蟲 Insects Injurious to Animals

北美合衆國昆蟲局有一位局長曾云：國家每年雖然付出二、三萬萬元作撲滅昆蟲之經費，仍有百萬人口被昆蟲騷擾而失去工作能力，所以人類欲繼續生存，必先戰勝昆蟲。吾人欲得最後勝利，必須組織

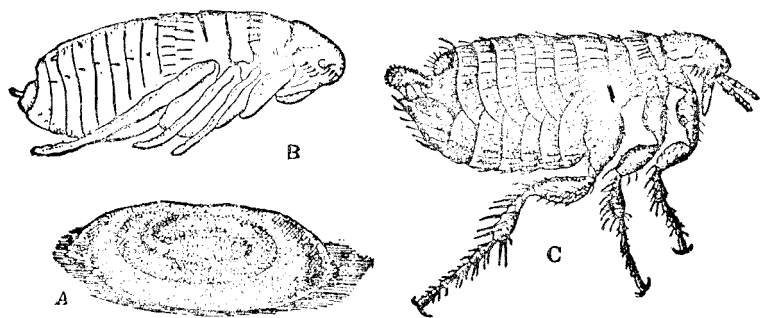
強有力之隊伍，包括病人與研究專家，積極奮鬥，惟凱旋之日尚遙遙無期。人類不易戰勝昆蟲，一方面固然因為昆蟲之種類衆多，問題複雜，大約總共有五百萬種，目前已經有詳細之記述者，尚不滿六十萬種；此外，幾千萬年前，人類尚未出世，昆蟲已經在地球上佔一重要地位，就目前而論，動物界中昆蟲或者可算為最善於適應各種環境狀況之動物，無怪乎撲滅之不易也。讀者如果以為此乃過甚其辭，請仔細閱讀以下所列數例，先明瞭數點主要事實，自然領悟所牽涉問題之重大。

在極豐富之昆蟲羣衆中，或者馬蠅，亦慣稱牛蠅 (Botflies)，蚤與虱為人畜最痛心疾首之寄生蟲。牛蠅種類甚多，通常騷擾家畜，極罕侵害及人。馬蠅產生之卵，附着於馬毛上，有一定之位置，易被馬舌舐起吞下，其幼蟲緊附於胃壁上，大約經過一年之久。若幼蟲衆多，則發生刺激，並妨礙消化機能。待幼蟲發育長大後，與糞同時排出，在土中化成為蛹，最後脫蛹成蟲。



第426圖 牛蠅 (*Hypoderma lineata*)。A. 附於牛毛上之卵； B. 幼蟲； C. 牛皮內氣孔下之幼蟲； D. 成蟲。

牛蠅產下之卵，附着於腿毛上，其幼蟲稱為「牲畜疥癬」，可以侵入牛皮，逗留於肌肉內，直至次年春。以後又潛伏於牛皮下，鑿皮成孔，以利呼吸。待幼蟲化成為蛹，始爬出皮外，落地繼續發展以完

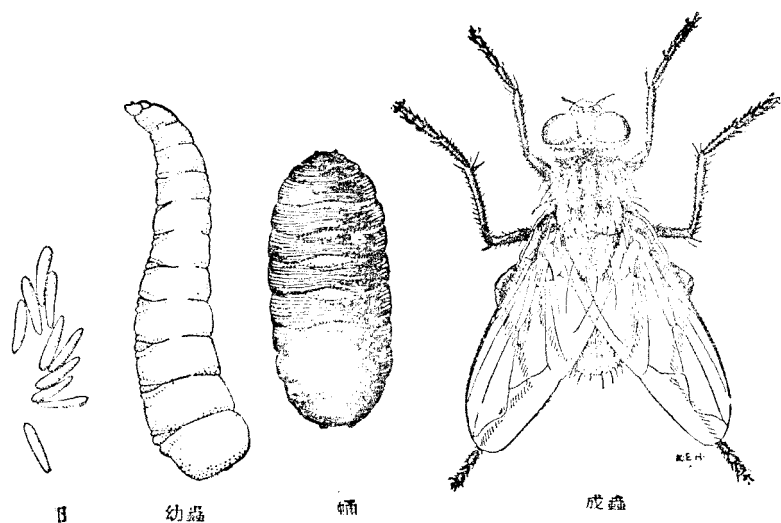


第 427 圖 狗蚤 (*Ctenocephalus canis*)。A. 幼蟲在繭內；B 蛹 (Pupa)；C. 成蟲 (Adult)。 (出 Howard)

成其生命史。根據調查統計，美國牛隻，每年被牛蠅騷擾所受之損失，將近一萬萬元。（參考第 426 圖）

各種虱，蚤，寄生於高等動物，可謂遍佈全球。溫帶地方有一種沙蚤 (Jigger flea)，為最可怕之害蟲，因雌蚤可以穿入吾人皮膚而寄生產卵焉。貓蚤，狗蚤與家蚤，最惹人厭惡，但並不重視之，實則此種害蟲善於傳播病菌，令人染病。常人一定以為耗費一生光陰，專門研究蚤，虱，有何價值！莫如創立幾種正經事業，比較得體；如果吾人回想世界大戰時，病理學專家研究出戰壕中流行之熱病皆虱蟲所傳播，又作如何感想！最可怕之腺疫，一稱「黑死病」，亦虱蟲所傳播，如果不是專家研究出，將無從得知其病源，而發明救藥。（參考第 427 圖）

吾人極早即知，每次鼠疫發作，即有成千盈萬菌鼠死亡，因此生物學家即開始研究，到底菌鼠之疾病與吾人之疾病有無關係，乃發見一種鼠疫桿菌 (*Bacillus pestis*)。菌鼠先被傳染，病鼠身上之蚤以後



第 428 圖 家蠅 (*Musca domestica*) 之生命史。
卵, Egg; 幼蟲, Larva; 蛹, Pupa; 成蟲, Adult.

跳到吾人身上，螫人皮膚，病菌隨即傳染於人，吾人欲根本殄滅腺疫，最有效之辦法，即先撲滅菌鼠與蚤。加利福尼亞省 (California) 之松鼠亦傳染此種桿菌，故對於防疫問題範圍亦漸擴大。固然腺疫已不知殺死多少人，但牠本身亦即被宣告死刑。十九世紀最初四年中，印度民衆患腺疫而死者，幾乎有二百萬人；新近舊金山 (San Francisco) 腺疫大發，幸而早被消滅，如果不是預防得法，及時制止，難免為國家大患，百姓遭殃，其後果將不堪設想。

簡言之，許許多多寄生性昆蟲，不但蹂躪宿主肌肉，並且傳播細菌與原生動物；細菌與原生動物乃真性致病之寄生蟲，例如：瘧疾，黃熱病及非洲之睡眠病，皆寄生蟲所惹起，最後，但不是最終，人人咸知餐桌上不速之客，即家蠅，傳播傷寒，結核，赤痢及其他種種病菌，尤當設法撲滅之。（參考第 374, 428 圖）

三 植物之害蟲 Insects Injurious to Plants

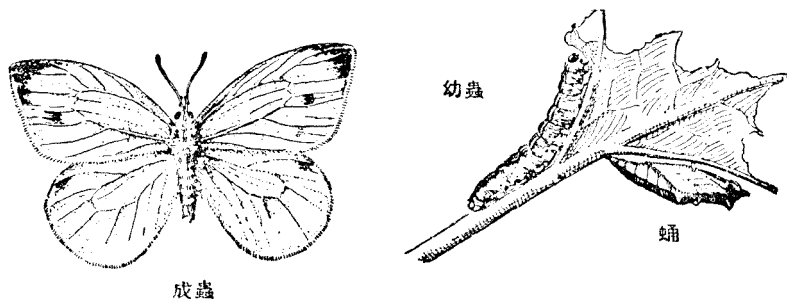
有人謂美國農夫之農作物被害蟲蠶食而受之損失，比其子女之教育費尤高，或者超過全國之教育費，比海陸軍費大二倍，比火災損失亦大二倍，此乃確切事實，而不是虛構。到底何人償還此鉅數之損失？當然為國民所共同負擔。每株樹木，總有多數害蟲，不過其中定有一種為害最烈者。樹木之害蟲，不止千種；蘋果樹之害蟲，約有四百種；金花菜與玉蜀黍，各有二百左右敵人。略舉數例，已可見昆蟲為害之一斑。

一種褐蛾之幼蟲稱軍蟲（Army-Worm），生在洛磯山（Rocky Mountains）東部，有時多至不可勝數，其毛蟲或稱蠶（Caterpillars）因所需要之食物，供不應求，不得不轉徙他方覓食。毛蟲成羣結隊遊行，所到之處，農作物全部犧牲。幸喜毛蟲本身有勢不並立之敵人，即一種寄生蠅稱鯨（Tachina Flies），專門生卵於毛蟲身上，待幼蟲化成，鑽進毛蟲體內，不久毛蟲即壽終正寢。（參考第 436 圖）

粉蝶（Cabbage Butterfly）亦饒有興趣，有相提並論之必要。公元一八六八年此種粉蝶偶然自歐洲傳入加拿大，漸漸蔓延至美國，現在已成強盜奪主，其數目比美洲種尤多。粉蝶之蠶，可以利用其天然

敵人撲滅之，即一種歐洲特產之小繭蜂(Braconid Fly)；昆蟲學家因粉蝶爲害之烈；乃自歐洲廣集小繭蜂運美以撲滅之。（參考第429圖）

大約八年以前，馬鈴薯甲蟲 (Potato Beetle) 之爲害，始受人注意。在科羅拉多(Colorado)一帶，甲蟲起初生於雜草中，漸漸蔓延至馬鈴薯，現在美國到處皆受其害，且已傳入歐洲，爲馬鈴薯最危險之害蟲。甲蟲之卵色黃，常團集附着於馬鈴薯之葉之腹面，其蠕蟲食馬鈴薯之葉，直至化蛹落地時爲止。成年之甲蟲每年下卵兩次，爲馬鈴薯之大害。

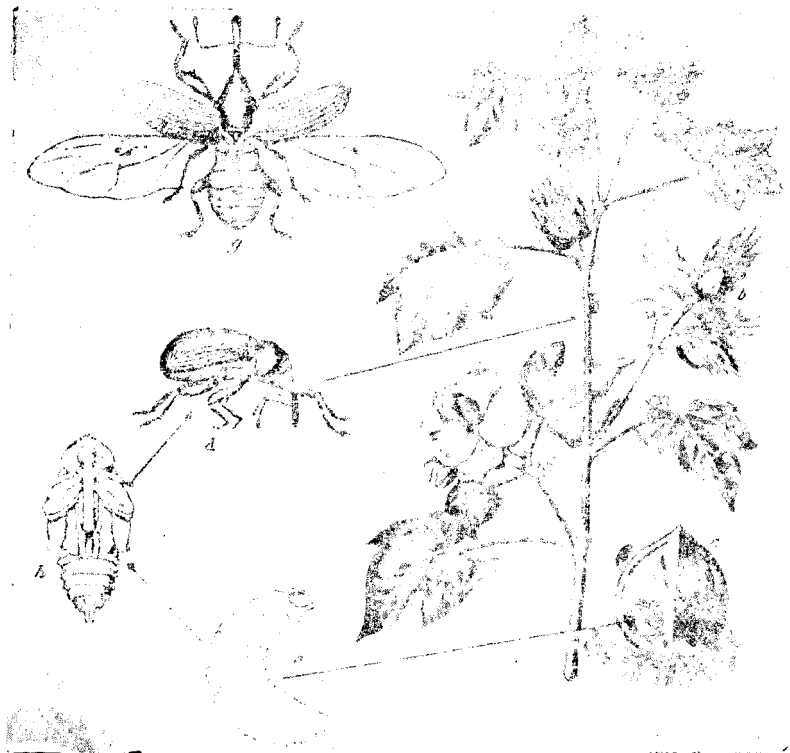


第429圖 粉蝶 (*Pieris rapae*) 之生命史。
成蟲, Adult; 幼蟲, Larva; 蛹, Chrysalis.

小麥，裸麥，大麥最猛烈之害蟲爲麥蠅 (Hessian Fly)，十八世紀末葉，始侵入美洲，現在已遍佈全球。牠之生命史特別適合於成年之麥類，每年下卵二三次。幸而牠自己有許多敵蟲，寄生於其身上，可以制止其猖獗，所以小麥等等並不多蒙不利。

歐洲之玉蜀黍鑽蟲 (Corn Borer)，在舊大陸上早已廣佈爲害，輒近始侵入美洲；初發見於新英格蘭 (New England)，迅速西移，不久即遍佈全美，爲玉蜀黍產地上之害蟲。蠶期爲害最烈，並且佔生

命史上最長之一段，蠶躲藏於玉蜀黍莖中過冬，蠶食纖維，待次年夏季，始化為成蟲。此種鑽蟲，在新芬格蘭地方，每年有二代，一代在幼蟲期內過冬，所以該地受害最烈。



第430圖 棉鈴蟲(*Cotton Boll Weevil, anthonomus grandis*)之生命史。
右示一株棉樹被棉鈴蟲所害，a. 示被蹂躪而成一乾槁方塊 b. 被害處呈露，有許多細孔； c. 一個已剖之棉蒴，中為一隻棉鈴蟲與一條幼蟲； d. 棉鈴蟲之側面； e. 幼蟲； g. 雌棉鈴蟲，兩翅展開； h. 蛹之腹面觀。（由 Metcalf 與 Flint, 仿 U. S. Department of Agriculture）

日本之甲蟲 (Japanese Beetle)，大約二十年前偶然傳入新澤稷 (New Jersey)，現在已迅速侵入東部各省，蠶食各種森林及灌木之

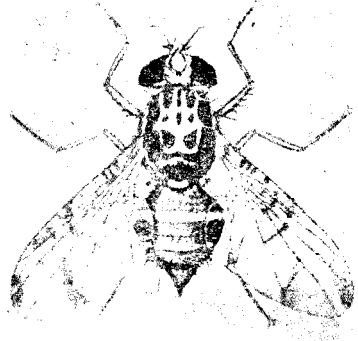
葉，毀壞草地與哥而夫球場。幼蟲潛伏地下過冬，至次年夏季始化為成蟲出土。

棉鈴蟲(Cotton Boll Weevil)久沾臭名，實則為害之烈，甚於所沾之臭名。自從墨西哥傳入合衆國後，開首三十五年中，即使國家蒙受損失達三十萬萬元，地價因之大大跌落，間接所受影響，更不可估計。自棉鈴蟲侵入合衆國後，平均每年每人在棉織物上多十元左右之負擔，但在另一方面，因棉鈴蟲之為害，可以自動制止棉花過度生產。棉鈴蟲之幼蟲與成蟲同時侵害棉樹，前者專食含苞待發之花朵，花朵受傷而不得開放，即能開花結果，棉絮亦非常稀少；後者蠶食棉樹，鑽穴產卵其中。(參考第430圖)

鱗片蟲(Scale-insects)為一種非常細小，除專家之外，常人祇聞其名而不見其影之小動物；但在農業經濟方面，為害最烈，所以在害蟲中為最受人側目之一羣。鱗片蟲不獨蹂躪喬木，並且擾害灌木，或予宿主以重大損傷，或竟致宿主於死地。在許許多多「種」中，聖蟻(San Jose scale)或者可算做最著重之一，自中國傳入加利福尼亞省後，不久即蔓延全美，已成長之雌蟲以喙緊吸樹皮，分泌一種臘質為鱗以蔽其身，此時眼，足與觸角全部退化，留下一個袋狀之體，專門吸食植物之漿液並產卵。約略計算，一隻聖蟻每季產生之卵，如果全部存在，何止三千萬粒。(參考第434圖)

約在四十年前法國之葡萄園受一種微小蚜蟲(Aphids)破壞，無法挽救，加利福尼亞地方不久也有同樣情事發生；法國政府曾懸重賞徵求撲滅之法，昆蟲學家與植物學家皆專研究此種難題。最後發見美洲

一種野生葡萄有天然之抵抗力，不受蚜蟲之害，乃運用接枝法，將野生種之枝接於所栽植之葡萄，栽植之葡萄漸漸亦發生抵抗力，蚜蟲自此絕跡，葡萄園一變而為安樂園。(參考第 70, 435 圖)



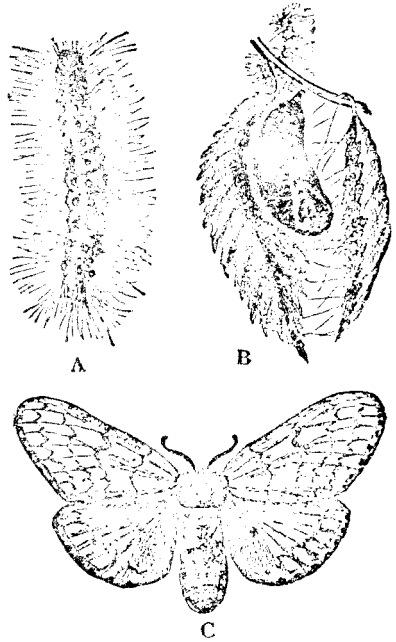
第 431 圖 地中海果蠅 (*Ceratitis capitata*)。 (由 U. S. Department of Agriculture)

地中海一帶之果蠅 (Mediterranean fruit fly) 園藝家久已不勝其擾，數年前亦發見於佛羅里達 (Florida) 之果園中，經美國之昆蟲局與植物檢疫所 (Plant Quarantine) 設法撲滅，已不如前之猖獗。沿里約大河 (Rio Grande) 一帶，亦嚴格防範墨西哥之果蠅 (Mexican fruit fly) 侵入，美國國內之果蠅，則有其敵蟲制止之。(參考第 431 圖)

美洲之森林與矮樹中亦有土著與外來害蟲，不動聲色而殺死不可勝數有用之木材，幾乎令人難以置信，在經濟方面，實一重大打擊。國家森林每年遭其破壞，幾乎佔全部產量五分之一，所受損失，甚於森林火災。目前尚未有防堵之法，因許多昆蟲乘風飛翔，速率極高，每小時可達到數百英里，高速率飛機尚且望塵莫及，所以欲求一有效防堵之法，祇有望洋興嘆。

為害於高山松材之甲蟲 (The Mountain Pine Park Beetle) 初祇損害美國西北部之森林，現在已蔓延至黃石國家公園 (Yellowstone National Park) 一帶。鞦韆蛾 (Gypsy Moth) 偶然傳入波士頓 (Bos-

ton), 不久即蔓延至新英格蘭南部, 漸漸侵入紐約省(New York state), 昆蟲學家乃潛心研究, 在紐約省一帶訪尋其敵人, 與之相見, 使之互相殘殺, 於一年之中, 亦有三百萬仇人渡美, 包括八個種, 安置於新英格蘭, 大奏功效。單就上述兩種例案而論, 學者亦可見森林害蟲之一斑。(參考第 432 圖)



第 432 圖 鞞蠶蛾 (Gypsy Moth, *Porthetria dispar*). A, 幼蟲; B, 蛹; C, 成蟲(雄)。 (由 Howard)

最後, 如果必須指出, 吾人之住屋內, 亦有不少害蟲, 例如地毯蟲 (Carpet Beetle) 與衣蛾 (Clothes Moths), 雖三尺孩童, 亦知其害而撲滅之。(參考第 433 圖)



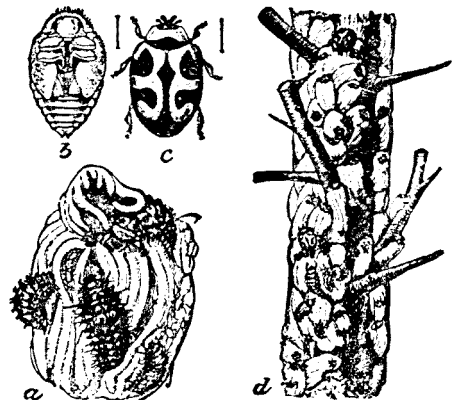
第 433 圖 A, 地毯蟲 (Carpet Beetle, *anthrenus scrophulariae*); a, 地毯蟲之幼蟲; B, 衣蛾 (Clothes Moth, *Tinea pellionella*); b, 衣蛾之幼蟲。 (由 Riley)

四 益蟲 Beneficial Insects

雖則已經暢論利害人之昆蟲及其所加諸動植物之損失，但此外尚有一部分昆蟲，非特毫不爲害，且大大裨益於人生，若不相提並論，未免失之公允。各種有益之昆蟲，亦是成千盈萬，不獨代人驅除害蟲，而且供給許多原料。有人謂：「如果昆蟲不自相殘殺，其力量足以壓服全部脊椎動物。」真是名言。科學家常常調動昆蟲，迫其遠離故土，置於生疏之地，在此種情況之下，不得不與敵人相見而互相殘殺，但科學家亦已費盡心血矣。自澳洲之亞拉昆亞護謨樹 (Acacia plants) 運至美國後，澳洲之棉蠅 (Cottony Cushion Scale) 亦接踵而來，遍佈於加利福尼亞省之橙樹及檸檬樹，因此而受重大損失。菓園主人不得已出資遣派一位昆蟲學專家赴澳，找尋其故土敵蟲渡美

與之周旋。不期然發見一種甲蟲 (Ladybird Beetle)，似乎有制止棉蠅之希望，乃帶回加利福尼亞養育之。自甲蟲就地孳生繁盛後，棉蠅乃漸絕跡。(參考第 434—436 圖)

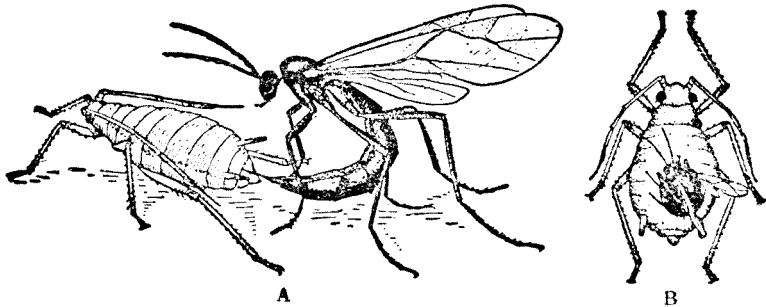
再者，吾人所象養之蠶蛾與蜜蜂，在民生經濟上，佔極重要之地位，不該忽視之。研究蠶之微粉子病 (Pebrine disease) 乃巴斯德氏之重要貢



第434圖 澳洲甲蟲 (Australian Ladybird Beetle, *Rodolia cardinalis*)，與鱗蠅 (Cottony Cushion Scale, *Icerya purchasi*)。a, 指示鱗蠅之幼蟲掠食鱗蠅。b, 鱗蠅之蛹；c, 成長鱗蠅；d, 橙枝上之鱗蠅與鱗蠅。(由 Marlett)

獻，不獨挽救法蘭西之絲業，並且開闢一條研究高等動物與人類所受之傳染病之路綫。詳細檢查蠟粉子病之病源，實由寄生原生動物俗稱蠶菌 (*Nosema bombycis*) 所惹起。(參考第 361, 437 圖)

極多數植物端賴昆蟲爲之授粉，加利福尼亞省所栽植之無花果樹 (*Smyrna Fig*) 可引爲例以解釋之。起初此種無花果樹因未有授粉之機會，不能成熟，植物學家與昆蟲學家乃悉心研究其原因，而完全領悟此種植物因運至美國時，其土著媒介，一種微小昆蟲，未曾與之共往，故不得授粉。自從此微小之昆蟲運至美國後，加利福尼亞省之無花果即蕃殖不息，爲一種最發達之果樹。(參考第 366 圖)



第 435 圖 A. 指示斑蟊 (*Ichneumon Fly*) 產卵於蚜蟲 (*Ap id*) 體內之姿勢; B. 斑蟊之卵在蚜蟲體內發展之狀況。(由 *We ster*)

事實上許許多多極重要植物，如果未有昆蟲爲之執行授粉，永遠無結果之希望。梨，橙，蘋果，桃，李，及草莓等，咸賴昆蟲爲之授粉。所以一位昆蟲學家會謂：「友愛之昆蟲如此盡心盡力爲人服務，所得報酬亦不過一飽，吾人若以爲昆蟲糟蹋寶貴之花木，寧可自認吾人尙欠牠二成佣金。吾人如果不能慷慨，亦應當爲經濟着想，因昆蟲

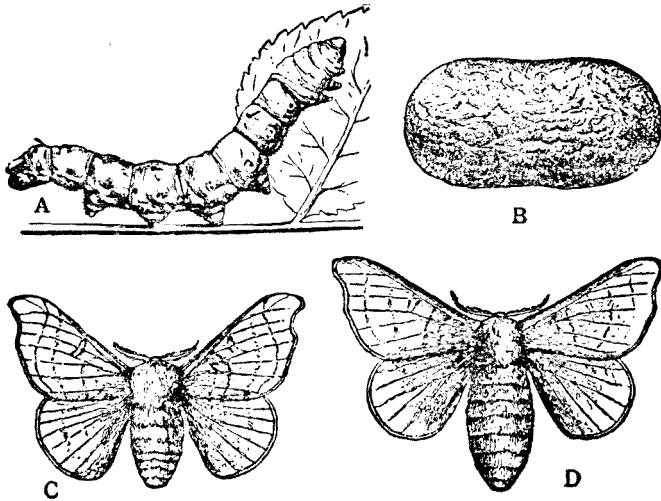


第 436 圖 美洲一種蠛蛾 (Army-worm moth, *Cirphis unipuncta*) 與各種昆蟲之生態關係。

a, 一隻成長蠶蛾 b 蠶蛾之幼蟲 c 蠶蛾之卵; d 蠶蛾之蛹, 在土中;
 e, 一種寄生蠅——*Winthemia* 產卵於蠶蛾體內; f. 樹蚊 (Ground beetle,
Calosoma) 掠食蠶蛾, 其右樹蚊之潛伏幼蟲脫土而出; g. 筒蜂 (*Digger Wasp*
Sphex) 掠奪一蠶蛾, 携入穴內; h, 蠶蛾之寄生蟲, 屬於蜂類。
 (由 U. S. Department of Agriculture)

實在替吾人省下一大筆所得稅。」

間接方面，昆蟲對於人生尚有許許多多不是筆墨可宣之價值，達爾文曾鄒重申述：蚯蚓犁鬆土壤，而且使空氣流通，不可等閒視之；尚有種種昆蟲，為吾人代勞，亦應當附載數言。穴居或掘地昆蟲分布極廣，或者比蚯蚓更普通，不獨犁鬆土壤，並且埋藏腐爛樹葉於地下，富於氮素，可以為植物之肥料。（參考第 436 圖）



第 437 圖 蠶蛾 (*Bombyx mori*)。A. 蠶即毛蟲 (Caterpillar); B, 繭 (Cocoon); C, 雄蛾; D 雌蛾。 (由 Shipley 與 MacBride)

最後，吾人並不故事誇張，如果未有昆蟲直接間接之助，植物如何能存在！事實上翻開地質年代史一看，處處指明昆蟲種族未孳生繁

盛之前，亦未有陸地植物，有花種子植物，則更不待言。

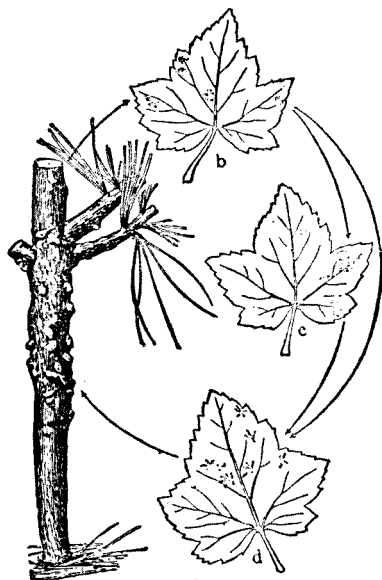
五 有害植物 Plants Injurious to Plants

綠色植物已經飽受動物敵人之害，寄生植物何必咄咄迫人，自相殘殺；無色素植物，例如細菌及高等菌類，始終不念同類之情，總是加害於綠色植物，生物學家乃不得不另設一門植物病理學(Phytopathology)，專門研究植物之病源。大多數穗病菌(Smuts)，銹病菌(Rusts)及寄生菌之生命史皆非常複雜，數百專家日夜研究，企圖搜索其底蘊，藉以保護森林與農作物。白松疱病菌(White Pine Blister Rust)乃偶然自澳洲傳入美國後，掃蕩全國森林，極難加以防範。

白松疱病菌之生活，有一時期寄生於白松上，另一時期寄生於紅醋栗(Currant)或醋栗(Gooseberry)之簇葉上。疱病菌與大多數菌類一樣，產生之孢子，皆隨風飄散。在其生命史上某一時期之孢子(第一式)如果落在白松之簇葉上，即鑽入氣孔，發育長大，穿過纖維。數年之後，被害之白松，樹皮脹起，露出孢子囊，難以勝數鮮黃之孢子(第二式)突囊而出。鮮黃之孢子得以繼續發展，則端賴風爲之颺散於紅醋栗或醋栗之簇葉上。孢子此時萌芽生長，漸漸伸入葉部纖維，大約經過二旬左右，生命史之後期又告一段落，再生孢子。此第三式孢子細如粉末，金黃色，成團結塊鋪於葉面上。

此第三式之孢子，或在紅醋栗之葉上，或在醋栗之葉上發展，迅速分裂爲許許多多同樣之孢子。照此連續傳染，平均每二星期即有一次，直至秋天落葉時。第一式孢子已經述過，祇能在白松樹上生長，所以如果紅醋栗或醋栗葉上第三式之孢子有機會飛到白松樹上，疱病

菌之生命史亦告完成。因胞病菌不是以紅醋栗，卽是以醋栗爲中間宿主，所以附近白松皆受其害。胞病菌之生命史經過兩個宿主，如瘧疾



第438圖 白松的病菌 (White pine blister rust)之生命史。
 a, 春季白松樹上之胞，至夏季傳於紅醋栗(Currant)與醋栗(Geoseberry)之葉成夏季胞；
 b, 胞病菌自紅醋栗傳於鄰近紅醋栗成第二夏胞病；
 c, 被傳染之紅醋栗第一夏晚期胞，
 d, 秋季時傳至鄰近白松樹。(由 Smallwood, 仿 Spaulding)

寄生蟲亦有兩個宿主然。

上面所述或者已夠警告吾人；吾人必須始終與智識競爭，方足以抵抗生物界之勢力，此種勢力時時刻刻掠奪吾人所應享之權利。慎思熟慮之生物學家，常常爲此種問題擔憂，謂如此競爭下去，終有成功之一日，吾人之敵人，昆蟲及其近族，當人類人口增加超過某一限度

時，又與人類搶食，使人類屈服，亦可能事。此亦不過一種理論而已，讀者不必「杞人憂天」，凡屬人類，應當作一專門家，而不可當厭世主義者。總而言之，目前唯一之辦法，即多多研究昆蟲及其他有害生物之生活狀況，探其底蘊，先下手為強。聯邦政府與各省政府應當多撥經費，資助學者研究，以完成滅蟲殺菌之方法。過去之經驗明明指示，研究工作所用之金錢，無異納諸金庫中，並且增加國富；國富而民生，一舉兩得，何樂不為。

丙 天然富源之保存 Conservation of Natural Resources

學者漸漸醒覺自己無先見之明，並未顧慮如何保存天然富源，近代生物學家方始注意；因天然富源，着實是一重大問題，如果不早為之設法保存，將來惟恐不及。天然富源受人糟蹋，不獨在美洲已十分嚴重，全球各地，正有同樣情形發生。吾人之先祖初發見此新大陸時，土地肥沃，物產豐富，森林密布，飛禽走獸，充塞其間，水中魚蝦，亦優游自在，此即吾人之財富，自然界所賞賜之紅利。吾人保留此種權利，取之不竭，用之不盡，以維持日常生活。

但此無窮無盡之富源，現在已經大量浪費，不能不為國家前途擔憂，惟有大聲疾呼，廣事宣傳，籲請各界盡量節省；猶憶數十年前，老羅斯福總統即有此遠見。羅氏之言曰：「目前國家最嚴重之問題，莫甚於合衆國之天然富源因濫用舊法開拓，將被消耗殆盡，如此危險事件，凡屬公民，不可不密切注意，而設法挽救之。」雖然言之諄諄，

而聽者藐藐，情形並未改善，所以一位著名之議員不得不再提出警告，其言曰：「保存吾人之祖先所傳下之天然產業，現在已經及時，恢復被破壞與被沾污之寶藏，實迫不容緩。」

今日合衆國之森林，祇有八分之一，尙能保全清白，未受俗人蹂躪。自命爲文明國之公民，似乎不該有此粗暴舉動，然而惡性難移，仍是我行吾素。全國森林，大約一半受政府之保護，收爲國有，其餘則任人民自由採伐，傷痕纍纍，大自然雖然竭力修補，祇恐挽救無方。世界各處森林，向來未有如美國之豐富者，現在任意摧殘，不圖珍護，將來需要時，向何處採取！除官有之森林已受保護外，國人採取木材，不應當視爲尋常農產，有四季收穫，可以隨種隨生，且且而伐之；應當以礦物看待，一經採掘，卽變爲廢墟。

就木材之用途一點而論，不必贅贅多言，讀者自可領悟森林爲無價之寶。或者吾人健忘，有天然森林，灌木及草之保障，泥土乃不易被風捲水沖；草木不生之土地，或一片沙原，定有浸蝕之危險。不久之前，美國西南部因土地乾燥，而發生旋風，飛沙走石，黃土蔽空；公元一九二七年密士失必(Mississippi)河洪水氾流，一九三一年揚子江流域水災大作，使當地居民，破家蕩產，廬舍爲墟；皆因人民不善保存森林，自召之禍災。中國之悲哀因受千餘年來所抱「國泰民安」之遺毒之害，美國之煩惱乃最近百年中任意摧殘森林之報應。無怪乎合衆國農業部已與各省政府合作而成立農林保護協會。科學養林法，將來一定有偉大之成績，可拭目以觀。（參考第439圖）

較大之動物慘遭殺戮者，已不知凡幾，細小之動物不久亦將遇同



第439圖 指示因森林全部除掉，土壤被浸蝕。(由 U. S. Forest Service)

樣厄運。例如北美之騾羣(Bison) 因當地人民之濫捕慘殺，一八七二至一八七四三年間，被殺死四百五十萬隻以上，幾乎絕種，後受政府之保護而幸存於禁獵區域內者祇有極少數；美洲麋(Elk) 幸存者幾稀，且祇限於遊牧場；象海豹(Elephant seal) 僅存一小羣；北極鯨(Bowhead whale) 與露脊鯨(Bight whale) 大受威脅，有滅跡之虞；海狸(Beaver) 時常出沒之地，現在已不常見其踪跡。據專家計算，因毛皮之供不應求，全球各地，哺乳動物每年無辜受戮於屠刀之下者，近三千萬隻，如果加上吾人所需要為原料——骨，或食物——肉類之野獸，數將倍增。當然生物之生命——一息尚存，總有希望；但除非立刻制止濫捕與任意屠殺，則有毛皮之獸類，終難逃出浩劫。

鳥類所受之待遇，比哺乳動物略勝一籌，因奧杜達護禽協會(Audubon society) 於百年前即着手護鳥運動，所以大多數鳥類倖得偷生。保護鳥類，到底有何用處？吾人若能對鳥類之用途一點加以注意，

則問題已自告解決。此又何以言之。據專家稱，如果不是有食蟲鳥與食實鳥，則農業將不復存在，因無食蟲鳥，大部分農產將被昆蟲食盡，無食實鳥，種子不能普遍傳播。一條尺蠖(Caterpillar)，雖則生存不滿二日，已經消耗四兩綠葉，若以綠葉重量與尺蠖體重比較，前後相差九萬倍；昆蟲對植物，為害之烈，可想而知。鳥類可稱為「農場中一隊插翅哨兵，」保護農產，對於「生存競爭」場合上，幫忙不少。

事實上，吾人若祇圖目前，不顧將來，任意摧殘動植物；一旦有機體間之鏈鎖被折斷，自然界之縱橫錯雜平衡局面被推翻，前途之危險，將不堪設想。退一步言之，吾人若無故將原生動物或更微小之生物任意破壞，生物之神秘命運，必有非常不幸之一日。（參考第142, 367, 368, 436 圖）

丁 建設生物學 Constructive Biology

縱使無謂消耗盡量節省，若不運用最新科學方法，將複雜錯綜天然富源之保存問題努力研究，從事建設，以挽回吾人所承襲有生命之遺產，亦無濟於事。僅僅依靠大自然名下之股息，不謀發展，雖有恆產，因人口不斷之增加，應有而不可免之消耗，勢必與日俱增，亦不能久持。似乎極少數人能自覺悟，吾人之經濟生活，全部寄託於自然；不知「人類文明之根源，自土壤中出發。」人類之得有進步及享受繁榮，全靠豐盛之天然富源，及自己開拓富源之方法。栽植五穀，飼養家畜，在原始社會時代，已算濟事，但吾人處於二十世紀，文明競爭世界，若不圖上進，即是甘自落伍。

一 植物與動物 Plants and Animals

人類尚未制服植物界，因吾人所能利用之植物其種類已夠繁雜，還不能開發者多至不可勝數。吾人目前所栽培或保護之高等植物最多未過二十萬種，大多數係偶然發現。學者相信極有價值尚未利用之植物，其種類之豐富並不亞於所利用者。蔓草荆棘素為常人所不齒，在有見識之植物學家視之，總有一日在農業上有其光明前途。進一步言之，植物學家應當開發各種重要有用植物，不獨增加數量，且顧及氣候與害蟲；森林學家應當開發木材森林，以供各種用途，同時防禦土壤浸蝕保存雨水；昆蟲學家與植物病理學家責在配合藥劑與方法掃除病蟲與病菌。總而言之，凡研究有關植物之人士應該互相觀摩。如非耕耘有何收穫。

事實上，一個民族文化之高低，可以以其改進動植物之成績為標準。吾人耳聞「新創造」之名，而未嘗審思人類所得到者，不過遵照遺傳原則，努力研究，將動植物之品種加以改良而已。近代生物學方面最重要之貢獻，首推其所發見各種性質如何世代相傳；性質之遺傳，為一切生物之應有普遍現象，由是而有遺傳學之設立。今日遍觀世界各國生物學家之主要工作，莫不運用遺傳原理，將動物，植物繁殖雜交，以促其進步。幾年前吾人所做不到之工作，經生物學家在實驗室內埋頭研究，已逐漸付諸實施。

二 人類 Man

遺傳原理之應用，不獨在農業方面佔其主要地位，吾人已漸覺悟，遺傳原理對人類亦有切身關係，種族之強弱，國家之盛衰，遺傳

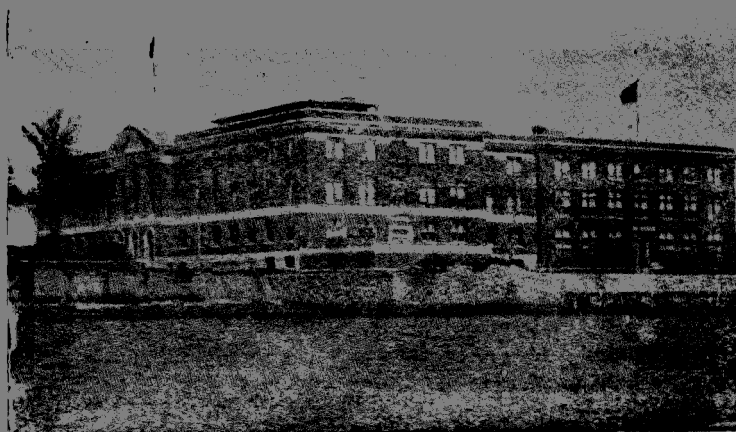
有不可磨滅之潛勢力在焉。如果自古希臘時代至現在，人類之心身特未有進步，惟有自認研究不力，自承其咎。動植物之選種交配法，人類已有研究，而且付諸實施；擇優去劣，取長補短，以達到成立優良品種之目的，就大體言之，已著相當成績。品種之改良，以種族之本質為基礎，環境所給予之效力，不過一附屬條件耳。動植物之品種，可以運用人工改良之，但人種本身，則絕對不受支配。最惡劣之人種，不獨如舊生存，反且繁殖最快，與文化之進步程度比較，太不相稱；所以改良人種之方法，不獨採用選擇，惟有調整其生活情況。平心而言，人類若不觸犯生物學上之原則，不自墜落人格，今日之人種，一定已大有進步！（參考第 391, 396, 440 圖）

此亦不過言其實際，並不是故意批評。人類總不易自動覺悟，除非由生物學方面研究出，而證明人類亦是生物之一分子，不能越出範圍，自尊「人為萬物之靈」，此即生物學所貢獻於人類最重要之事實。吾人緊記此點，以後研究動植物方面之許許多多輕微瑣細問題時，不至於目為無關於人生，而淡然置之。人類得知生物控制之偉大可能性（Potential for biological Control），且推及自己身上，乃近百年中事。所謂生物控制之可能性，尚待後代生物學家努力賡續研究，方能解決目前之嚴重問題與人口無限增加之重大問題。（參考第 335, 441, 442 圖）

保護一個健全而且最適合之種族之自然方法，當然全靠人類本身如何世代逐漸調整其所處之環境，及由環境刺激所引起之感應。人人咸知，天賦人類有意識之響應能力，非下等動物所得享受；所謂有意識之響應能力，即選擇能力。人類之決意力與一舉一動，皆可阻撓或

催迫自然界之感應力。吾人之決意力，在某種範圍內，不獨可以決定所應當取捨之環境情況，並且常常直接調整其所處之環境，使不需要之個體或種族與之互相適應。天賦人以思考能力以剖白許許多多複雜錯綜之境遇，並且洩露最意想不到之潛伏危險；但人類始終受惻隱之心所驅使，常為許多特殊個體設想，而忘却整個種族之前途利益。

優生學之範圍，即是研究人類如何優生之科學。談起優生，勿忘遺傳，並且優生問題與一切有關於人類生活之科學皆有密切關係，特別心理學與社會學兩科。吾人鼓吹優生，如果對於各科有關係之科學所探討之種種論據未有完備之基本學識，結果必至於流產，而任令危機四伏。優生學主張就自然方面求進步；改良人生學則注重養成。優生學與改良人生學各有其道，但在改良人種問題未有十全把握之前，不可偏重一方，必須虛懷接受兩家主張。生物與環境有不可分離之關係，兩位一體，不容偏重。（參考第 341 圖）



第 441 圖 馬薩諸塞省 (Massachusetts) 武容和爾之海產生物實驗館 (The Marine Biological Laboratory, Woods Hole)。

今日吾人大聲疾呼需要更多更豐富之生物學知識，但欲求此種知識，不能專靠課室內聽講，端賴實驗室內實地工作。達爾文與林肯同日而生，如果其父母將此兩個活寶貝互相對換，兩者皆不能成爲絕代偉人，達爾文對於科學不至於有如此偉大貢獻，林肯亦無從提高人類文明。丹麥有一句俗諺云：「如果汝係自鵝蛋中孵化出來，雖生於鵝巢內，於汝亦無損。」此中言遺傳之重要也。所以遺傳祇能在可能性內重現，而不是種類上之重演。吾人並不希望生下而有平等天才，吾人祇求平等機會以發展固有之天才。現在吾人並不怕俗人提出抗議，吾人可以大膽直言，人類對於自己之種族，反不如對其所飼養之家畜之擔心注意。



第442圖 華盛頓 (Washington D. C.)之國立科學院 (National Academy of Science) 與科學研究所 (National Research Council)。

歸納各方面之事實而論，吾人從事研究生物學上種種問題，所得

報酬，實在可觀；吾人之財富已增加多倍，提高健康，使生活安適，因而有無限權力，並且擴大眼界，領悟大自然之奧妙。「待人類自己確認溯所由來，確認本身織物乃祖先之麻絮所製成時，將更領會明白，更受約束。生物學積極鼓勵，務使人人注意其幕內祇有先祖而無後裔，並且自適當之方向得到許多有價值之成分。」生物學絕對不削奪生命之玄奧，乃描寫一幅燦爛輝煌之圖畫，而呈出生物界之交互關係，並且將人類之生命置於大自然內，使之難解難分。

第二十九章 生物學史

Biological History

歷史不該專論繼承，應當兼顧進化。

——New York Times

已往人類因受環境之絕對支配，所以不易向前發展，現在人類文化已逐漸提高，居然獨佔優勢，操縱一切；自太古至現在，人類歷經世故，中間可以編成一部引人入勝之科學史，此部科學史，亦即人類智能發展程序之記錄。人人咸悉，知識即是權力，此種權力高於一切，可以自由調度自然界之勢力而適應之；不過人類得而掌握此種權力，不知科學家已經消磨多少寶貴光陰，費盡多少心血，從堅苦奮鬥中得到此種報酬。平心而言：「人類自有史以來，經過許多世紀，直至現在，猶如一個人，一息尚存，總是勞勞碌碌，學而不倦」；不過吾人不可忘却，吾人皆歷代祖先之繼承人，「現在應當大聲疾呼，力圖邁進，不可中途猶豫，緘默無言。」或者暫時轉移視線，先就歷代科學偉人所貢獻於生物學之事蹟檢閱一遍。

史前人類已經開始獵狩，耕種生活，兼理家政，大約五千年前，歷史開幕時，埃及 (Egyptain) 文化與巴比倫 (Babylonian) 文化中，醫藥已露頭角。根據此種事實，則生物學已經有悠久之歷史。不過生物學被正式確認為研究一切生命之科學，則自希臘時代起。

甲 希臘時代與羅馬時代之科學 Greek and Roman Science

科學之種子自東南兩方傳入希臘，在此沃土上經希臘自然哲學家親手播種，萌芽長大，而成爲合體之系統。並且認爲大自然之一舉一動，皆按照定律；此種概念關係甚重，爲後世學者建立一切科學之基石，可惜當時東方人士之心目中未曾有之。吾人經過慎思熟慮，而推崇希臘人爲樹立各門主要自然科學之基礎，特別是生物學一門，並不過度誇張。

亞里士多德 (Aristotle, 384-332 B.C.) 爲柏拉圖 (Plato, 427-347 B.C.) 最得意之門生，却反對師道另有主張，可以代表希臘文化之最高水準，實不愧爲博物學之鼻祖。亞里士多德所貢獻於生物學者雖則非常豐富，惟其最顯著又最可稱道者，在乎博覽所有現存論料，澈底整理，成爲科學。亞里士多德主張研究各種生物端賴直接觀察，並且堅持惟有準確之考察與敘述，方能使科學進步。近代學者研究



第 443 圖 亞里士多德 (Aristotle)

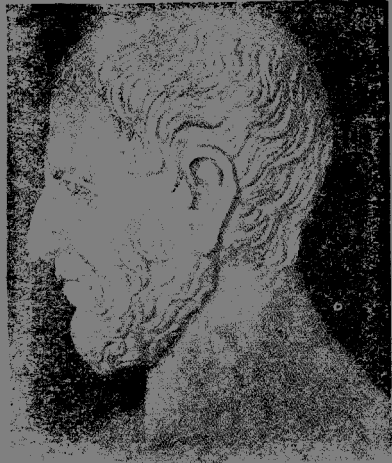
生物所採用之觀察法與實驗法或推亞里士多德爲發起人。但是，祇有觀察而無解釋，亦不能成爲科學。亞里士多德根據所搜集之種種事實，作一有系統之概括，運用哲學家之手腕而描寫生物之狀況，實不朽之傑作。(參考第 443 圖)

亞里士多德畢生研究工作，注重動物方面，其門人，亦可稱爲其同事，提奧夫刺斯特斯 (Theophras-

stus, 370-286 B.C.) 則專心致意於植物方面。提奧夫刺斯特斯不獨樹立植物學之基礎，並且發見植物之基本構造，所以被譽為植物科學之大師。（參考第 444 圖）

希臘時代學者中，尚有一位傑出人才，即希波革拉第(Hippocrates 460-370 B.C.)，常稱為醫學鼻祖。生在布里克里斯時代 (Age of Pericles)，比亞里士多德尚早百年，著書立說，歸納醫學方面之知識，獨自成立為一門科學，後世醫學之進步，多少受其鼓勵，無可諱言。

醫學史與所謂純粹科學，生物學之歷史，兩者有非常密切之關係，所以討論此一方面，不能不牽涉到彼一方面。實際上，自希臘時代至羅馬時代中間一段生物學史之得延續不斷，端賴醫生為之維持。羅馬人對實地工作最感興趣，所以醫藥



第 444 圖 提奧夫刺斯特斯 (Theophrastus of Eresus)

方面得到不少實益，並且由是而有許多重要貢獻。然而希臘此時亦偶有兩個傑出醫生，執醫學之牛耳：尼祿王 (Nero) 時代陸軍外科醫生狄奧斯考立第斯 (Dioscorides) 與奧利略王 (Aurelius) 之御醫格林氏 (Galen) 是也。

狄奧斯考立第斯 首著一部藥用植物學，此部名著完全為採取藥物而作，所以不啻一部藥用植物學；此部名著經過學者多少增益，而成

爲模範植物學，垂一千五百年之久。

格林 (Galen, 131-201) 在羅馬王時代爲最負盛名之醫生，他之卷帙繁多，可謂集其前人之解剖知識與生理知識之大成，加上許多本人之新發明，編纂極有系統。格林注重解剖與實驗，並且首倡活體解剖而描寫之，可稱爲一位解剖學實行家與一位實驗生理學家。格林之標準解剖學與模範生理學，在醫學上成爲權威著作，垂一千五百年。

談起羅馬時代之生物科學，老·普林尼 (Pliny the Elder, 23-79) 之著作不能不同時並提。老·普林尼之著作注重事實而具有抽象觀念，在生物科學前進之大道上，堪稱爲一部博物學，自發明印刷後，此部著作，重印至八十版之多。

乙 中古時代與文藝復興時代之科學 Medieval and Renaissance Science

不論如何，吾人總要承認，亞里士多德，提奧夫刺斯特斯，狄奧斯考立第斯，格林及普林尼之工作，可以代表羅馬王衰落時代前之生物學。雖然有如此偉大貢獻，至中古時代似乎並不發生多大效力，因狄氏，格林及普林尼之著述當時祇有少數文人學士加以青睞，一班常人並不以科學相視，祇當作奇聞逸事，寓言稗史，偶然援引一二成句爲閒談資料而已。原因雖然不一，大部分受神學之影響，而有自然學論 (Physiologus) 之出現，樣本種種不一，譯成數國方言，專門記載博物學之故事，涉及象徵主義與藥用動物。例如，將荒誕無稽半人半馬之怪物鷲鳳，獅，蛙混在一起，爲神學書作證示例，並牽涉許多道

學問題。但丁 (Dante)，西萬提斯 (Cervantes) 及 莎士比亞 (Shakespeare) 之文學中猶處處引喻自然學論，即中古之寺院屋頂亦以荒誕怪物為徵象。

科學沈沒到如此地步，後來能再露頭角，端賴文藝之復興，從中為之曳引有以使然；尤其是翻譯亞提，兩人之著作與重新研究狄格，兩氏之學術，獲助最多。亞氏等之學術備受尊崇，幾乎被視為神聖，壓倒當代文人，無敢論其是非，以為提出詰問，不啻等於褻瀆。始初祇敢將亞氏等之著作加以注解，俟後因根據種種新觀測，而有新認識，乃漸漸有新點綴。簡言之，直等科學復興到達最高峯時，始推翻亞里士多德及已往之舊說，惟仍保留亞里士多德觀察之方法與歸納法。

植物學最先呈復興現象，或者得助於藥用植物。「幾乎每個醫生皆可當植物學家，每個植物學家皆可懸壺行醫。」翻讀十六世紀所印行之德文植物錄 (Herbals)，可以看出當時植物之分類與描寫皆先就狄奧斯考立第斯之著作加以注釋，經過修訂而編成西歐之植物圖譜。

同時動物學亦乘機屹起，自成一科，不過動物之效用不如植物之顯著，並且採集與保存比較困難，所以大半根據旅行家之傳說而編訂，不免妨礙其前途發展。當時有一派博物學家，自命為百科全書編纂者 (Encyclopaedists)，集中一切有關於生物之知識，但事實上做不到。然而此輩學者收拾古代遺殘，加上所可搜集之簇新材料，雖不是全部事實，容有多少杜撰，然編成一部巨冊，亦已費盡心思。其中格斯那 (Gesner) 所著之動物史 (History of Animals) 猶稱佳作，使動物學成

通俗化，且在建設工作過程上為不可缺少之檢查工具。

格斯那瑞士人，生於十六世紀（1515-1565），公認為當代最有學識之博物學家，或者亦不愧為亞里士多德以後一位最高明之動物學家；不過動物學之向前邁進，亦不是格斯那一人之力，亦有一班平素未享盛名之學者協助，以竟全功。格斯那同一時代之動物學家，研究動物，有一種目標，即專門研究某一羣或一類動物；此種辦法比較得體，倡生物專論之嚆矢，在科學刊物上，最著成效。

當植物學者，百科全書編纂者與生物專論家專心致意研究博物學時，無形中產生一種自斷自決能力，自中古時代久受束縛不自由之思想得以擡頭吐氣；比利時之傑出解剖學家維薩留斯（Vesalius, 1514-1564）對於生物學舊說之解放，尤當推為第一功臣。當時解剖學之學問，可謂祇識皮毛，不知底蘊，更無解剖手術可言，專靠一班目不識丁之理髮匠手中所用之刀，剪，偶然割下一塊皮肉，即算解剖，且自命可與格林之手術媲美。維薩留斯深表不滿，主張實地觀察，乃實行人體解剖，一窺其全豹，一五四三年所著之人體構造論（On the Structure of the Human Body）即根據其實地解剖所得之結論。從此新解剖學與舊解剖學分道揚鑣，漸入佳境。樹立近代解剖學之基礎；同時解剖學家與生物學家亦漸漸脫離舊束縛，而



第445圖 維薩留斯（Andreas Vesalius）

有自主與自決之觀察力。(參考第 445 圖)

維薩留斯之主要工作着重解剖，不過生理方面亦偶然兼顧。公元一六二八生理學始正式露出頭角。哈維 (Harvey, 1578-1657) 當年在倫敦刊行其所著動物心血運動論 (On the Motion of the Heart and Blood in Animals)，可為破天荒之傑作。生理觀念如

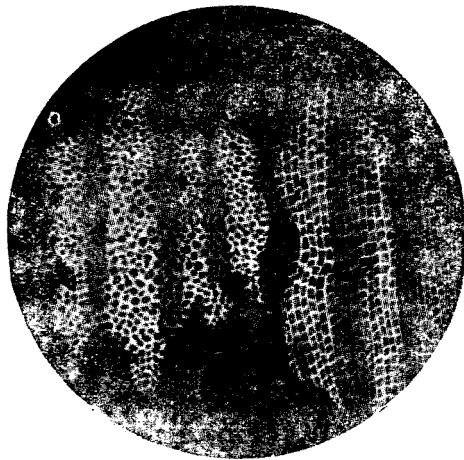
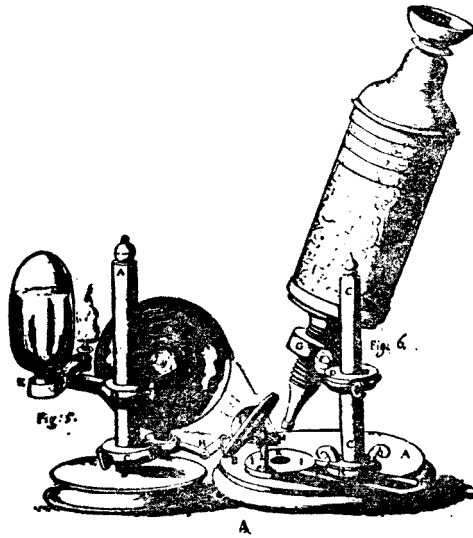


第 446 圖 哈維 (William Harvey)

果不是格林先播下種子，永遠不至有今日之發揚光大；不是哈維運用合理之方案與巧妙之文法實地舉行種種試驗，從而證明血液自心臟射出，流繞一圈後，又回至心臟，則動物個體之生理作用亦不至如此受人賞識。維薩留斯與哈維二人之重要貢獻，不獨在生物學上大放光彩，近代生物學家並且運用其所發明：觀察，實驗與歸納三種方法為研究生物不可缺少之利器。(參考第 237, 446 圖)

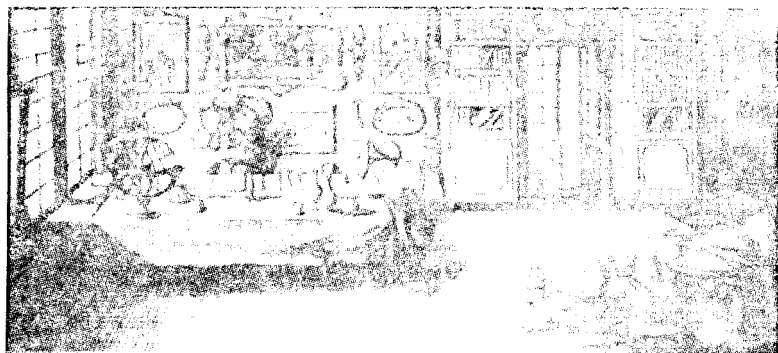
丙 顯微鏡發明家 The Microscopists

當科學復興時代，動植物標本之收集與準確之描寫，因學者對於生理與解剖已經研究有素，所以得以順利進行；近代生物學之突飛邁進，則端賴光學儀器之發明。單式顯微鏡之發明，完全根據製造眼鏡



第447圖 A 虎克(Hooke)最初發明顯微鏡；B 所觀察之軟木塞發現細胞(Little boxes or cells)。 (由 Hooke's Micrographi 1665)

之原理，十六世紀始經採用；複式顯微鏡乃逐漸自單式顯微鏡改良而



第 448 圖 十八世紀初期生物學實驗室。(由 Joblot 1718)

成，公元一六一〇年伽利略 (Galileo) 首先試用為觀察工具；待十七世紀中葉，歐洲各國眼鏡匠已開始製作單式顯微鏡與複式顯微鏡為正式商品出賣。十七世紀科學最顯著之進步，在乎認識：研究自然必須利用儀器以輔助感覺器官所不及，尤其是視覺器官所依賴之光學儀器。公元一六六五年虎克 (Hooke, 1635-1703) 在倫敦所刊行之微物誌 (Micrographia)，實一非凡著作；虎克在書中詳載如何利用其所改造之顯微鏡而清清楚楚看到生物體上之「小匣或小室」(Little boxes or cells) 狀之構造，首先倡用「細胞」(Cell) 名辭，實在細胞之意義專指原生質單位之限界而已，現代生物學上已改用原生質單位以代細胞單位。(參考第 5 圖)

虎克之偶然發明顯微鏡，乃平生所癖愛問題中之一；荷蘭人雷汶胡克 (Leeuwenhock, 1632-1723) 則幾乎畢生為顯微鏡事業盡瘁。夫顯微鏡一門工作，向來未有人提倡，惟雷氏則抱不撓精神，勇敢嘗試，所以不論其所觀察者為何物，儘是新發見。原生動物，水螅，細菌及

種種肉眼不得見之微小生物；自雷氏所構造之顯微鏡成功後，皆可一目瞭然。雷氏發見動物之精蟲，尤震動整個生物學界，乃一件最令人驚嘆事。雷氏之理想終超出觀察事實，雷氏以爲其所發見之精蟲，乃一預存生物，預先造就，祇須在雌體內孵化，即可以變成完整個體，所以積極主張先造說。（參考第 16, 141, 147, 447 圖）

算麥丹(Swammerdam, 1637-1680) 又是一位荷蘭傑出人才，精於昆蟲解剖，其毅力與耐性，若與雷汶胡克比較，祇有過之而無不及。算麥丹對於時論所主張，昆蟲及其他下等動物未有複雜之內臟，大不爲然，畢生致力研究昆蟲體部之構造及其生命史。誠不出其所預料，算麥丹運用精巧解剖手術，在擴大鏡之下，終發見昆蟲體內各種極細微之構造，不獨樹立顯微鏡下解剖之模範，而百年以後，亦未有一人能出其右者，並且時人堅持昆蟲與下等動物未有複雜之內部構造，至是亦啞口無言。算



第 419 圖 馬爾丕基 (Marcello Malpighi)

麥丹且極力贊助意大利 芮地 (Redi, 1626-1698) 之主張，反對自然發生說；自然發生說乃一種謬論，直至十九世紀巴斯德 (Pasteur, 1822-1895) 之消毒方法創立後，始被放棄。（參考第 280, 450 圖）

波倫亞 (Bologna) 人 馬爾丕基 (Malpighi, 1628-1694) 與倫敦 人

格魯 (Grew, 1641-1712)，與虎克，雷汶胡克，算麥丹，乃同一時代人物，可稱為組織學之首倡者。格魯畢生研究植物之構造，馬爾丕基一方面研究植物之構造，同時亦注重動物之組織。馬爾丕基博學而多才，研究範圍極廣，包括植物解剖，葉之機能，植物胚之發展，鷄之胎生學，蠶之解剖，與各種腺之結構。馬爾丕基既精於解剖學，又專心致意於生理學，以顯微鏡為研究工作上之工具，終使結構上問題與生理上問題同時得以解決，實一偉大貢獻。舉一例而言，利用顯微鏡而觀察肺葉上微血管之循環，不獨證明顯微鏡功用之偉大，且亦可算為最重要之發見，因哈維之心血運動論，多此一舉，獲助不少。(參考第 449 圖)

丁 生物學之分門 Development of the Subdivisions of Biology



第 450 圖 巴斯德 (Louis Pasteur)

顯微鏡發明家在生物學史上可謂新開一紀元。因科學之得有進步，透鏡實佔最重要之地位。就廣義言之，當十八世紀時代，各門生物科學之發展，尤其是十九世紀時代，生物科學獲有長足之進步，端賴複式顯微鏡之改良與精巧之檢查方法。再者，顯微鏡發明家，尤其是馬爾丕基其人，對於近世生物學之發展，開闢許多新路徑；廣泛言之，整個生物科學之進展，非顯微鏡之輔助，

難竟全功。生物學乃各種專門學問之總名辭，包括分類學，動物比較解剖學，胎生學，動物與植物生理學，遺傳學與天演論。

一 分類學 Classification

分類學之目的在乎集合類似之生物而分別不相似之生物；問題非常重大，範圍非常廣泛，就吾人所得而知者從實統計，動物約有一百萬「種」，植物約有二十五萬「種」，尚有不可勝數之古生物，不算在內。

最初之分類法，完全以生物之用途為標準，並抱多少生理觀念，如空中飛鳥，陸上走獸，或食用動物，有毒動物等等，以後因經驗之增加，學識之提高，分類重心，便趨向解剖方面而注意個體上構造之差異；並且分類學由是在博物學上佔一重要地位，猶如一條軸線，有彈性又適用，就實用方面而言，將生物排列分隊，編成一有系統之目錄，根據解剖事實以識別之；並且由是可以得到許許多多有關於動物與植物之事實。理論方面，因為採取此種步驟，動物學家與植物學家於不知不覺中，對於各種各式動物與植物，最初即有血緣關係之印象在腦海中，乃進而研究動植物之起源問題。（參考第183,184圖）

自亞里士多德力主生物之分羣別類必須依照結構上之相似程度為



第451圖 林內(Carolus Linnaeus)

標準，此後一千七百年中，幾乎無分類工作可言，祇有植物學家與百科全書派略為點綴而已。直等英人雷氏(Ray, 1628-1705)與瑞典人林內氏(Linnaeus, 1707-1777)時代，分類學始成為正式之學科。從前，「種」一名辭，隨意可用，漫無限制，經過雷氏提倡之後，「種」字始限用於一羣相似之個體，而有恆久不變之特徵，可以世代相傳者，此雷氏一人之力也。雷氏重要之貢獻，常被譽為大分類學家，林內氏被尊為分類工作之指南。（參考第 451 圖）

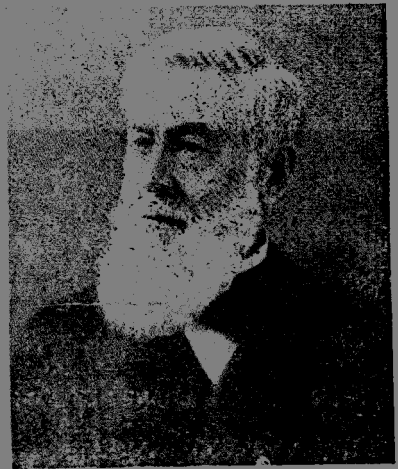
林內氏被公認為第一位最前進之植物學家，所刊行之顯花植物分類法，使後人大為興奮，而專心致意研究植物。林內氏主張描寫各種植物，須簡括而注重事實，並且運用二名法以名每一種植物，即是代每一種植物提一個「屬名」與一個「種名」，成立分類學上之雙名制(BINOMIAL NOMENCLATURE)。林內氏在植物分類學上既獲成功，乃進而分類動物，甚至礦物界亦涉及之。吾人就後一點加以考慮，不能不懷疑林內氏對於物種在遺傳互關方面尚欠認識。林內氏深信「種」，「屬」及更高更大之羣，皆分別順次創造而來，不免誤解；但其兩巨著，植物之種(Species Plantarum)與自然系統(Systema Naturae)，在生物學史上居然佔最重要之地位，並且公認為植物命名法與動物命名法最可靠之標準。（參考第 452 圖）

二 比較解剖學 Comparative Anatomy

因植物結構上之差異不如動物之顯著，所以植物之解剖，或加以比較分析，不易着手，而難惹人注意；其姊妹科學，即動物學乃得以後來居上。現在專論動物之比較解剖學。

研究比較解剖，在動物方面乃極重要工作，所以自成一門科學。比較解剖學得以自立門戶，實耗盡法人屈費兒(Georges Cuvier, 1769-1832)一生之心血。雖則前人對於比較解剖亦有相當研究，事實不可抹殺；屈費兒在比較解剖學上獨享盛名，並不是無因，屈氏工作之範圍最廣，將整個動物界內各種各式動物咸加以比較解剖，而編成系統，其工作之繁重，不獨前人望塵莫及，後世學者亦未敢問津。屈氏不獨研究生存之動物，並且進而研究脊椎動物之化石，所以亦可稱為古動物學之第一位大師。與屈氏同一時代之學者拉馬克，則專門研究無脊椎動物之化石。(參考第 383, 453 圖)

屈費兒得執解剖學之牛耳，如博物學老前輩亞里士多德然，在乎其能注重有機體上生理機能之協和一致。有機體上各器官之互相合作，因生理機能之交互作用而然；生理與結構兩者在一部活機械上，雖然各有不同局面，但極端合作，有非常密切之關係。屈費兒尊信交



第452圖 格雷(Asa Gray)

互作用之原理，故有下列之豪語：「祇給我一枚齒，即可為君製成一隻完整之動物。」機能上若發生變化，結構上亦必發生變化，所以特別注意機能並研究結構與機能兩方之互相依賴性，屈氏以為若得知一個器官之詳細狀況，即可以推測到整個個體上之各各器官。屈費兒之

原則雖然可取，但難免過甚其詞，越出事實範圍之外。

屈費兒事業之直接繼承人，當推英人歐文(Owen, 1804-1892)，所以歐，屈兩氏有相提並論之必要。歐文得享高齡，既精於解剖手術，又富於耐性，不獨解剖極多種之動物，勤而不倦，並且依照學理，並造許多化石模型。

除其所搜集之豐富事實外，最寶貴之貢獻，或者要算其所識別之異體同原

結構(Homologous structures)與異體同功結構(Analogous structures)。有此重要之發見，使學者對植物學系與動物學系，得一尋覓之索線；不過歐文本人對於有機進化並不十分瞭解，與動物學大師美人阿伽西(Agassiz, 1807-1873)可謂同病相憐，惟在同一時代之比較解剖學家，英人赫胥黎(Huxley, 1825-1895)則獨具高見，澈底認識有機進化。(參考第 377, 454, 455 圖)

三 生理學 Physiology

亞里士多德本其豐富之見識，對於生物之機能，已有評論。不過生理學之發展，完全與各門生物科學同進退，不如解剖學之可以獨樹一幟，故進步比較困難。例如格林(Galen)企圖將生理學另立門戶，分別研究，大受阻礙，因研究生理必須先有解剖之學識，且與醫學有不可分離之關係；不過格林所著之人體生理學，真是幸運，學者被囑

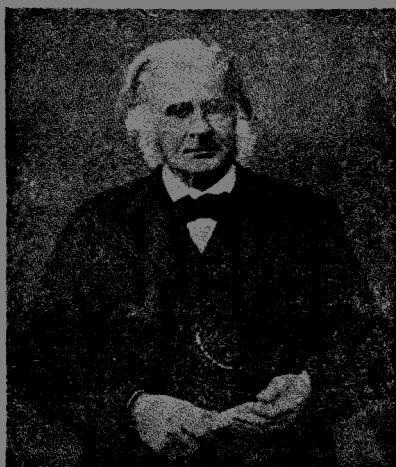


第 453 圖 屈費兒 (Georges Cuvier)

混垂一千五百年之久，未嘗加以非議。

維薩留斯與哈維兩人以為有種種理由，所以未嘗試用物理定律或化學定律以解釋人體之工作機構。事實上此時化學尚不能脫煉丹點金之桎梏，自成一合法科學，至於物理學之誕生，完全受哈維同一時代學者伽利略(Galileo)推動之力。迨十七世紀末葉，物理與化學皆已踏上生理學之途上，而分為兩派。意人波力利(Barelli, 1608-1679)主持物理學派，運用鋒利之物理法以擊破許多難題，結果非常滿意；荷蘭人西爾維斯(Franciscus Sylvius, 1614-1672)提倡化學派，不過他本人並不是一位發明家，卻當一位大師傅。

學者此時驟被喚醒，乃就此新園地耕作，日內瓦人哈勒(Haller, 1708-1777)更從中加工施肥，居然十七世紀成為收穫最豐富之一期。生理學既有一位如此盡職之主持人，謹慎籌劃，擴大研究範圍，所以



第454圖 赫胥黎(Thomas Henry Huxley)

不再為醫學之附庸，而自立門戶，在生物學科中成為重要之一門。哈勒時代生理學最顯著之進步，或者要算呼吸與營養二問題，此二問題端賴化學家為之解決，始上軌道，方得有今日。

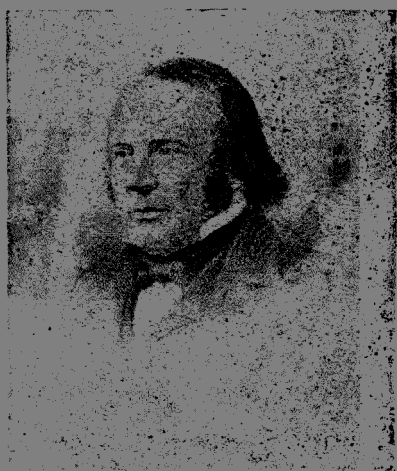
巴黎人累奧木耳(Reaumur, 1683-1757)，巴費亞(Pavia)人斯堡冷查尼(Spallanzani, 1729-1799)，康涅狄格(Connecticut)人波蒙

(Beaumont, 1785-1853), 應當爲之另提一筆。因彼等研究胃底消化, 確認食物必須經過「分解」方得謂之消化; 不過彼等對於胃底消化與通常化學變化, 究竟有何區別, 尙不得而知。此種問題不得不留給其後代學者繼續研究之, 直至十九世紀中葉始完全瞭解, 卽食物經過食道時與酵素發生一串極複雜之化學變化, 無異一囚徒, 慘受夾筭之酷刑。各種酵素皆能使食物中之某種成分變爲另一組合, 以適合個體之需要, 而通過各各細胞。(參考第 233 圖)

關於呼吸方面, 所趨步驟, 有更進一步之理解。法人拉瓦節 (Lavoisier, 1743-1794) 明白指示, 當呼吸時, 勢必發生一種化學變化, 卽燃燒或氧化作用; 但按諸實際, 氧化作用並不是在肺內, 乃在各種纖維之間, 此則非拉瓦節所得而知, 乃後代學者之新發見。(參考第 247 圖)

動物生理學之得有穩固基礎, 完全自脊椎動物方面建起。不過後人得知下等動物之生理學與高等動物之生理學, 同等重要, 兩方一致, 乃博學多才之德人繆勒 (Müller, 1801-1853) 氏所發見, 學者受此鼓勵, 乃向各種生物搜集一切有關於生理之事實, 結果成立一門比較生理學。

因植物之結構與機能均無顯著



第 455 圖 阿伽西 (Louis Agassiz)

之差異，所以植物生理學亦如植物解剖學然，前途發展，大受阻礙，歷史最長最能引人入勝者，或者要算綠色植物營養論之發展。最初亞里士多德即注意植物之營養問題，稱植物之養料完全由土壤供給之。至十七世紀時，植物之營養問題更風行一時，受一班學者密切之注意。馬爾不基研究植物組織，無意中發見一種極重要事實即：「樹液自根部吸進，上升至樹葉，在樹葉之內，賴陽光之熱力，引起蒸發作用，與某種醱酵作用，樹液漸漸變成植物可利用之食料，而散佈於全體各部。

英人嘿爾茲(Hales, 1667-1761)對於植物生理貢獻最多，素為植物學家所尊重，恰如哈維之受動物學家所尊重然。嘿氏一七二七年所刊行之植物靜力學(Vegetable Staticks)一書，可謂已奠植物生理學之基礎，因書中明明記載如何執行巧妙之試驗，使植物自行暴露其生理現象。此乃破天荒之實驗，學者由此得知綠色植物自大氣中攝取一大部分食物，更賴綠葉發揮其特種工作，使液體自莖部上升，執行蒸發作用，將多餘之水分排出。但是，植物之生理真相，並未畢露，所以生物學家仍須向化學家多多請教，始得知其底蘊。(參考第456圖)

英人普利斯特利(Priestley, 1733-1804)於公元一七七九年發見氧氣，並且證明綠色植物在某種情況之下，吐出氧氣，荷蘭人英根豪斯(Ingenhouz, 1730-1799)首先看出此種事實，並且證明當綠葉暴露於陽光之下，功能將大氣中之二氧化碳還元為碳與氧。綠色植物攝住碳氣，而排出氧；此種步驟與呼吸作用時之排出二氧化碳，完全相反。日內瓦人得·索思耳(De Saussure, 1767-1845)更進一步之研

究，證明當綠色植物在陽光之下時，不獨攝取碳氣，並且吸收水分，水分自泥土中沖進根部，中含種種無機鹽與氮素混合物。大約十九世紀中葉，學者受基森 (Giessen) 人利比喜 (Liebig, 1803-1873) 工作之影響，漸漸明瞭綠葉中之綠葉素，執行主要工作，即製造種種食品原料，以供動物之消耗。綠色植物執行化合機能一經成立，調整種種元素並且使自然界內元素得以循環不息，在生物學史上，實開一新紀元。(參考第 17, 18 圖)

前面所陳述各節或者已足使學者安心定神，踏上現代之科學軌道，不至於再受「格林派」之迷惑。近代之生理學建在「工作之隱說」上，即生命現象乃物理——化學定律方面極複雜交互作用之表示，此種定律與無機界之工作定律，根本上並無不同。關於生物之體系組織，完全依照能量不滅定律。

談到生命現象之觀念，又不得不鄭重提起「活能論」。所謂生命現象乃「質」與「能」協力合作之表示，不過此種合作程序，絕對不是無機界所有，所以其本質與無機界迥然不同：此種見解，自然大大影響生物學之發展。科學發展迅速而產生過早結論，與吾人過分重視變化莫測之複雜生命現象，皆「活能論」反應之因果。「活能論」當



第 4.6 圖 噶爾茲 (Stephen Hales)

十八世紀時代感化之力最大，幾乎成爲一種信仰，與物理化學方面對於有生命物質感應之現象，所提出不充分之解釋，處於相對地位，不過生物學家對於活能一層仍非常注意之。當時活能論派幾乎根本上放棄物理化學原理以解釋生命之程序，而假定有一種無所不能，不得而知，神祕難測，超出機械性之力，把持一切生命程序。此種假設明明不照科學方法，缺乏學理，將整個問題置於科學研究範圍之外。

當然現代之生物學家，對於活能論，並不再堅持成見；一班擁護「活能論」學者如果尚維持所謂「活能論」，一定有新見解；但目前生物學家咸自承其學識尚不足，未有方法可以引用物理化學之原理以解釋生命之基本程序。吾人現在亦不必顧慮到吾人何時方能解釋生命之程序，最少目前有幾位生物學家企圖運用科學之方法，以探尋生命現象之底蘊，希望總有一日可以綜合有生命之原生質。不論如何，吾人不可不注意一件事，即過去五十年間，有幾位生物學家以爲幾乎可以在試管內創造出生命，其實希望過奢，無異古時之煉丹家以爲可以煉成長生不死之丹；過分希望終被複雜不可言喻之原生質組成所打擊，所以即最下等之生物，到底與無機界有何不同，亦無從分析之。

四 組織學 Histology

研究動物之生理學或植物之生理學時，當然須逐步分析生命之基本物質之現象；亞里士多德當時將個體上所擁有之物質當作無組織之物體而分類之：有類似構造部分稱爲纖維，龐雜構造部分稱爲器官，此種觀念直至十八世紀初葉始被打破。事實上當十九世紀初葉，學者重新注意到胎生學問題時，始悉心研究細胞：放棄向來所看重之細胞

外表，而漸漸留意細胞內部之組成，德人士來登（Schleiden, 1804-1881），一位植物學家，司旺（Schwann, 1810-1882），一位動物學家，集合其千古不朽之研究事實，於公元一八三八年，一八三九年，分別刊行，學者對於細胞之真相，始有澈底之認識。自士，司兩人之刊物上可以看出一切有機體皆含許多單位，即細胞；細胞乃結構上之實在物，同時為一切生理機能之中心。再者，動物或植物個體之發展，咸由一個原始細胞繁殖，或不斷分裂，自然而然組成許多各種不相同之纖維，密切合作，構成一個成長個體。（參考第24, 25, 457, 458圖）

細胞觀念為生物史上最可紀念之一頁，自無可諱言，但學者必須虛懷接受：動物學家所稱動物之有生命物質為粒狀黏性質體，與植物學家所稱植物之有生命物質為黏液結構，實際上互相類似，其本質相同。此種見地乃德人許爾策（Schultze, 1825-1874）辛苦試驗出之結

晶品，於公元一八六五年歸納原生質之觀念；自其時以降，不獨一切細胞之結構分子受人認識，即原生質之基本化學組成亦為衆所共知。事實上，學者先認識動物與植物有其共同之生命之基本物質之命名，由是即得知生命之現象。生物學名辭之實現與用以表示有生命之科學，咸受原生質觀念之影響。（參考第10圖）



第457圖 士來登(Matthias
Jacob Schleiden)

細胞學說乃學者考察並研究正在發展之動物與植物及其成年個體之結構而成立，所以如前所述，胎生學亦有其悠久之歷史。事實上亞里士多德當時已經發見，孵化三日以後之雞卵，即有跳動之心臟，大惑不解；此種問題不知擱起幾時，直等十七世紀初葉伯羅亞（Prdua）人法布里齊烏（Fabricius，1537-1619）發表一篇論文，暢述小雛如何經過有次序之步驟，自卵中孵出，胚胎發展問題始見分曉。法布里齊烏可視為胎生學之奠基人，惟全部設計與建築，則由大名鼎鼎之哈維一手包辦；可惜當時科學家工作之利器——顯微鏡，絕無僅有，所以胎生學問進步極微。

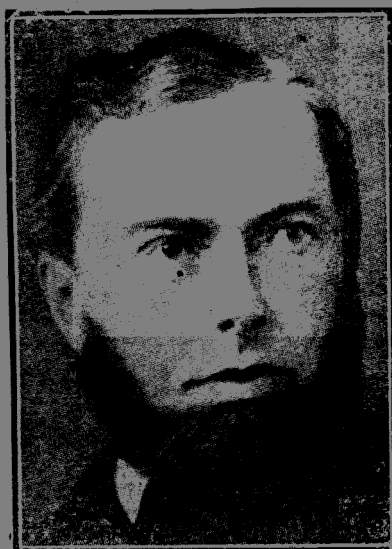
首先運用顯微鏡以解決胎生問題者，當推博學多才之馬爾不基。馬氏於公元一六七二年發表兩篇論文，對於動物之發展程序竟一躍千丈，不着實地，所以百餘年間，無人再敢問津。不過馬氏同時代之生物學家，終握住馬氏之一種結論。馬氏當時所觀察之雞卵，明明已經稍受孵化，馬氏未曾注意，乃誤為雞卵中原藏有一個未成形之個體。一念之差，鑄成先造說（Preformation theory），在胎生學上漸漸成為主要問題。（參考第312圖）

實際上，理論胚胎之發展問題，尚嫌太早，先造派固然有錯，但



第158圖 司旺(Theodor Schwann)

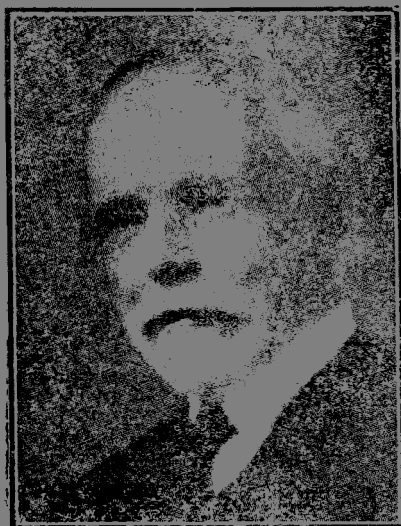
亞里十多德，哈維及一班擁護新生論 (Theory of Epigenesis) 學者亦不能無過，因為新生派極端反對先造說，絕對不信卵中已有組織，主張無中生有，自以為是。其實先造說與新生論到底孰是孰非有待後世學者之繼續研究，先從種細胞之起源與組成方面着手，逐步分析而探索其底蘊。有周密之研究後始提出：「整個未成形之個體，其實質與可能之存在，與已受精之卵胞暗



第49圖 許爾塞 (Max Schultze)

中有關係；」由是而知「先造派之主張，大錯中實有秘密奧妙之真理在焉。」

胎生學最大之進步，端賴俄之馮·貝爾 (Von Baer, 1792-1876) 又準確又廣博之研究，其實貴論據於十九世紀末葉始行問世。馮·貝爾以各種高等動物為試驗材料而創立比較胎生學。馮·貝爾成功之因果，可以概述如下：認清胚胎各主要發展時期，包括卵胞分裂，原胚層之組成，纖維與器官之分化；着重發展上之事實，以佐助分類；並發見哺乳動物之卵子。實地觀察原胚層之起源與發展，使人瞭解許多有關於個體形式之起源問題，並且鄭重申述高等動物與下等動物，當胚胎發展之過程中，有某某相同之階級。繼承馮·貝爾工作之人，後來因受天演論之影響，乃歸納其結論為原胚層論 (Germ layer theory) 與



第460圖 威爾遜(Edmund Beecher Wilson)1866-1939。二十世紀時代合衆國第一流細胞學家。

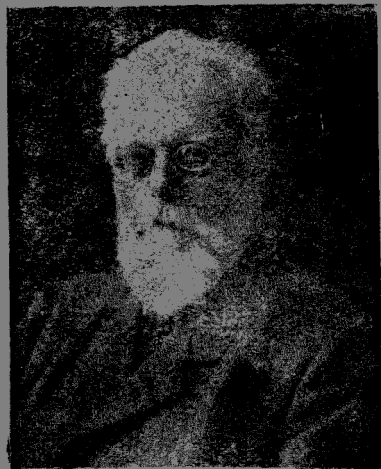
卵子代表一新個體或一新世代，因各各體素細胞及每個體素細胞所擁有之每個染色體，皆合體分裂下來之產物，所以授胎作用，包括雌雄配子之接合以成合體，經過之歷史。不過上列種種事實，皆馮·貝爾以後，細胞學上所發見。近代胎生學家之研究工作，並不注重形態之描寫，驟然轉移視線於生理方面，即根據實驗以探討授胎作用之意義，

個體重演種族史論(Recapitulation theory)。(參考第306, 388, 461圖)

自各方面觀之，馮·貝爾在胎生學上創造一新紀元時，正當細胞學說伸張其勢力於生物學之研究工作，所以胎生學家從此必須運用細胞事實以解釋胚胎之發展問題。當然大可不必費時追究：卵可與精蟲各被認定為一單獨有核細胞；授胎作用包括精蟲與卵子之接合及染色體有次序之分裂與布置；已受精之



第461圖 馮·貝爾(Karl Ernst von Baer)



第462圖 魏思曼(August Weismann)

細胞分裂之動力，分化之實在性及環境刺激所引起之變化等等。(參考等 290, 292, 312 圖)

六 遺傳學 Genetics

如果不先研究胎生學而討論遺傳問題，無異瞎子看告示，矛盾之極。自胎生學受細胞學說之影響，供給許許多多寶貴之事實，顯示惟已受精之卵子始可為各代間連絡之橋梁。事實上，遺傳學之歷史極

暫，不過數十年耳。

種質之連續特性，雖然早有幾位學者密切注意，惟徹底研究而有真正認識者，當推德人魏思曼(Weismann, 1834-1914)。魏氏發表許多有關於種質之論文，於公元一八九二年將論文集而成為一部巨著稱「種質論」，生物學家對於種質連續問題始完全瞭解。魏氏認定細胞核內之染色質為組成染色體之實在物，染色體乃一切遺傳性質之載具，自一代搬至另一代，並且鄭重聲明：「生殖細胞與體素細胞大有區別。」(參考第 315, 462 圖)

自從此種見解確定逐漸得勢時，遺傳學乃有一日千里之進步，不獨可以確切研究生殖細胞之結構與生理，而且可以統計遺傳之因果，即動植物之父系與母系所揭示之性質與其後嗣所應有之性質。運用統計法以研究遺傳乃英人哥爾通(Galton, 1822-1911)所發明，大受生物

學家之注意。十九世紀第八十年至第九十年間，哥氏蒐集許許多多遺傳論據，例如，子女之身材與父母之身材之關係等等，成立舉世聞名之遺傳定律。（參考第394圖）

不過遺傳學之得有今日，而成一專科學問，乃奧國卜郁文（Brünn）人孟德爾（Mendel，1822-1884）一手創就。孟德爾以豌豆種子之皮色及其形式為試驗材料，同時採取統



第464圖 摩爾根(Thomas Hunt Morgan)年已五旬第一流遺傳學家。



第463圖 孟德爾(Gregor Johann Mendel)

計法與繁殖實驗法，大奏功效。繁殖實驗法包括三要點：取限定之標準以樹立植物之家系，培植雜種採節制法，世代繁殖使雜種成為純系。孟氏將其實驗所得結論，於公元一八六五年在卜郁文博物雜誌上發表，尚有一短篇刊物專論蒲公英，可惜當時學者羣翫於天擇之說，未暇及此；直至公元一九〇〇年，荷蘭植物學家德·甫里斯（

de Vries) 及其他生物學家因得相同之結論，乃重復將孟氏偉大之工作，公之於世，孟氏不磨之學說，被沒埋已三十五年，卒得深印人心。(參考第 318, 463 圖)

吾人已經認識，當配子發展，因子有分離之趨勢；此種基本原則，乃孟德爾實驗豌豆時因而發見。當初學者以為此種原則並可運用，但有限制，現在不獨普遍適用於一切動物及植物，而且成為研究遺傳之基礎。此種事實現在並且為生物學家所公認，因就細胞方面研究，發見生殖細胞內染色體之與圖實與遺傳物質之基礎形影相依，即染色體確為性質自由分離與自由分類之機械，並且與孟氏之公式完全符合。此深藏不得見之要素(指性質即因子)與先成說之有奧妙真理，可以相提並論。遺傳基本物質之發現及其結構與運用之事實藉以分析遺傳性質(因子)之分佈，皆摩爾根及其遺傳學研究室內所貢獻。摩爾根及其同人不僅探得遺傳性質之如何蘊藏，且發現許多新遺傳程序。(參考第 463, 464 圖)

七 有機進化論 Organic Evolution

有機進化為大眾所關懷，亦最令人煩惱為難之問題，即地球上之生物如何得到今日之地步！人事史學家企圖探索宇宙間自亘古以來變化莫測之事件，究竟經過何種程序，



第 135 圖 蒲豐(Comte de Buffon)

並且各各有何關係。地質學家亦企圖追求地球變遷之經過，以成立一部地球史；生物學家之責任，在乎研究地球上生命之起源，以完成動植物之歷史，人人咸悉，現在之生物乃過去之續嗣，現在之生物又是將來之祖先；過去，現在與將來雖然有密切連帶之關係，但並不盡相同。此種歷史觀念，乃希臘之自然學家介紹於科學，用自然科學之眼



第46圖 伊拉斯莫斯·達爾文
(Erasmus Darwin)

光試圖解釋地球及地球上羣衆之來源。由是而有天律不變說(Uniformitarian)之興起，集思廣益，十九世紀時代，乃成立有機進化學說。

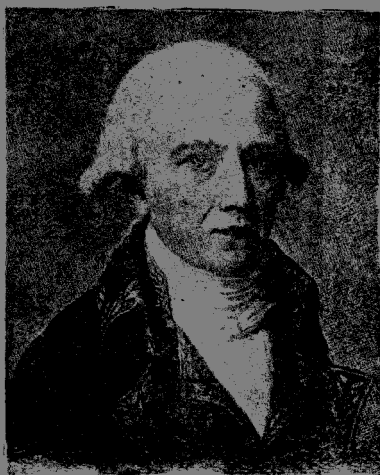
亞里士多德素抱進化之觀念，堅持生物乃自一團原形有生命之物質起源，漸漸進化至最高等種類，以爲人類乃最高等之動物，所以必須經過特別創造。其言曰：「人類有近於上帝之本性，獨具超越之思想與取捨之志向；其他動物則遠不若人，不足與人類爭長短，不過動物與人類，仍是一脈相傳，人類獨佔上峯而已。」生物仍不斷進化，猶如旭日上升，並未達到竿頭。亞里士多德對於進化問題，企求用更充足之原理以解釋之，所以極端反對恩拍多克利(Empedocles, 495-435 B.C.)之臆說，因其中涉及尚未成熟之適者生存之觀念，惟代以第二自然律之成見，以爲萬物造成，具見意匠，但冥冥中必有爲之主者。亞里士多德當時對於自然界，以有限之知識，而有如此驚人之歸

納，非常可欽；但是亞氏當時如果能接納適者生存之觀念以證明生物之適應，即稱之為「達爾文主義之先知」，亦不過甚其辭。

天演思想之潮流，自亞里十多德時代降至近世，未曾中斷，且有上升之趨勢；踏在生物學立場上而言，亞里十多德以後之天演論大家，法人蒲豐 (Buffon) 與拉馬克 (Lamarck)，英人伊拉斯莫斯·達爾文 (Erasmus Darwin) 及其孫查理·達爾文 (Charles Darwin)，乃其中之佼佼者。

蒲豐 (Buffon, 1707-1788) 乃一位負盛名之科學家與藝術家，善於辭令，又精於科學，所以其巨著博物學 (Natural History) 中涉及藝術，有生動之文字，處處可以引人入勝。蒲豐之天演觀念，其能到處受人歡迎，風行一時，不獨因學理正確，生動之文字，亦一主要因素。是故欲知書中所記載到底有多少價值，往往必須經過仔細思索；然而吾人若謂蒲豐能認清地理隔離之起因，生存競爭之道，物種起源受人工淘汰與自然淘汰，甚至變異之起源，亦不過譽之。對於物種變異一層，蒲豐主張動物與植物受環境之影響，足使體構發生變化，並且可以傳於子嗣。(參考第 465 圖)

當蒲豐之天演論深入人心，達到最高峯時，伊拉斯莫斯·達爾文 (Erasmus Darwin, 1731-1802) 又



第 467 圖 拉馬克 (Chevalier de Lamarck)

隨之繼起，其散文與詩歌中，處處表揚生物進化，所以現代生物學家認他爲拉馬克主義之豫料者，因達氏亦主張體質變異爲環境所喚起。達氏之言曰：「動物發生變異，一部出於自己之動作，如快樂與痛苦之感應，此外，習得性與嗜好，皆可遺傳於後嗣。」（參考第 466 圖）

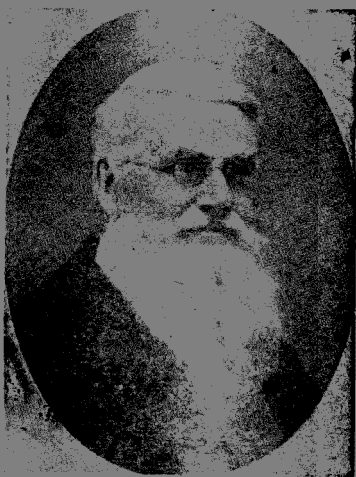
拉馬克 (Lamarck, 1744-1829) 取極穩健之態度，首先引出極完備極合理之有機進化論，拉氏乃亞里十多德以後，查理·達爾文以前，主張天律不變說最積極之學者。其言曰：「就自然方面而論，時間並不關輕重。地球及地球上一切生物之演化，自然祇須三種要素，即空間，時間與物質。」關於進化之因素，拉馬克以爲動物受環境之影響，可以發生間接作用，激發功用上之反動，且使改其故態；植物之損益，則受環境直接影響，因植物未有神經系統，無感應之作用也。拉馬克並且相信，環境所喚起之變異，即習得性，雖然自體質出發，可以遺傳於後嗣，而引起有機體進化。（參考第 467 圖）

法國自拉馬克死後，繼起無人，所以天演學問，亦日趨衰落，此時德國歌德 (Goethe, 1749-1832)，號稱最大之進化學詩人，自恩拍多克利手中接收既經調好之琴，而自運妙手以奏之。突雷維拉奴司 (Treviranus, 1776-1837) 口如懸河，「善於爭辯，但不能使人感動，」因不得其時，所以「英雄亦無用武之地。」其後，英人來伊爾 (Lyell, 1797-1875) 重倡天律不變說，所著地質學要義 (Principles of Geology)，暢論地質中之進化，不啻爲查理·達爾文 (Charles Darwin, 1809-1882) 先修棧道。爲後來有機進化擴張地盤。（參考第 469 圖）

「此時知識空氣中，充滿天演觀念，幾乎達到飽和程度，不過

尙着重學者磨盡腦汁，苦心經營，此廣泛無邊之自然問題，始透出曙光。」公元一八五九年查理·達爾文所發表之種原論 (Origin of Species)，左右天演觀念之力量，當推首屈一指。達爾文絕頂聰明，而有學者風度，且虛懷若谷，收羅種種事實，經過謹慎審察之後，而斷定生物變異，乃一種自然普遍現象，亦即變種之所由起也。關於自然淘汰一說，達氏以爲極輕微之適應變異，在生存競爭局面下，即可幫助適者生存。此種理論，說來可怪，達爾文與窩雷斯 (Wallace, 1822-1913) 分別研究，不謀而合，得到相同之結論；不過「使舊觀念在知識中，得如貨幣之流通，」乃達爾文一人之功。（參考第 153—158, 183, 184, 46S 圖）

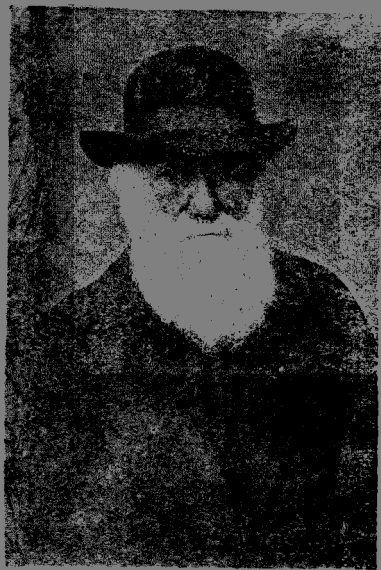
現在，吾人咸悉，凡有資格之生物學家，無不承認天演事實，「天演祇有一種異端，即不承認種質之連續論」，但所牽涉之種種事實，學者意見極不一致。當然吾人有種種理由可以將達爾文所主張爲「物種起源」之有效原則加以修改，對於達爾文本人在生物學史上所佔之地位，並不發生動搖。達爾文之長處，在乎能看重事實，「即此一點，已有不可估計之價值，啓發人心，領導學者繼續研究天演之原理。」種原論引生物學入各種歸納科學之正途，改造種種問題，使之煥然一新。達爾文破天荒之



第 46S 圖 窩雷斯 (Alfred Russel Wallace)

傑作，對於大自然又穩健又巧妙之表示，乃生物學史上最具有價值之一頁。

「吾人如果沈思默念一條錯雜之荒堤，一定饒有興趣，因為有各種不可勝數之植物叢生其上，飛鳥棲息樹頭，吟唱其得意之歌，昆蟲翱翔叢林綠草之間，到處為家，蠕蟲避敵人之鋒，甘願俯首潛伏，匍匐地上；再回想到體構不同，形形色色之生物，各各互相依賴，有不可分離之關係，似乎完全照大自然



第439圖 查理·達爾文 (Charles Darwin)

定律專為吾人造就。所謂大自然定律，就廣義言之，生長與生殖是也；遺傳幾乎完全為生殖而設；因生活狀況之不同，發生直接與間接作用，受用與不用之支配而有變異性；此皆由於生殖率過高，引起生存競爭，受自然淘汰之後，性質漸漸分歧，不長進之種類，自趨滅亡。如前所述，因自然界中之鬪爭，因飢荒與死亡之故，吾人所想到之高等動物應時而生。談起生命，勿忘其莊嚴偉大，將她當作有幾種權力，皆由造物主先吹成一個或數個形體，亦是一種妙解；並且按照重力定律，當時地球繞行太空，由一極簡單原始，因演化不輟，而成一最美麗最奇觀之世界。」

