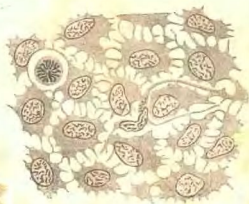


自然科學小叢書

細胞學概論

山羽儀兵著
任一碧譯

王雲五周昌壽主編



商務印書館發行

自然科學小叢書

細胞學概論

山羽儀兵著
任一碧譯

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發行

中華民國二十六年二月初版

(62771.2)

自然科學
小叢書
細胞學概論一冊

實價新法幣九元五角

——上海發行所——

* 版 翻 *
* 權 印 *
* 所 必 *
* 有 究 *

發行人	王雲五	上海河南路
印刷所	商務印書館	上海河南路
發行所	商務印書館	上海及各埠
譯述者	任 一	兵 碧 五 壽
主編者	周 昌	雲 五

序

在生物學之研究方面或領域有相異之二部門：一乃以生物構造為主之形態學(Morphology)；一乃以生物機能為主之生理學(Physiology)。生物之構造與機能乃有不可分離之關係者，此亦可謂為生物與無生物相異之一特徵。因之在以生活作用之研究為使命之生物學，則形態學與生理學猶如車之兩輪，乃應當相提攜而為進展者也。惟在今日之生物學，在形態學上，殆無關係於生物之機能，僅研究生物之構造；在生理學上，則多無介意於生物之構造，而僅研究其機能。換言之，在今日之生物學界，則為無關於機能之生物構造或無關於構造之生理之研究者，決不少也。而為此種所謂純形態學或純生理學所處理之諸項，究如何而能利用於生活現象之說明上，一般生物學者，殆有無庸考慮之觀。

細胞學乃在從來作形態學之一部門而發達者，為細胞構造之研究。因之與其他形態學之部

門同樣，以觀察為主，殆無實驗的研究或物理化學的研究；因之其構造係由如何的物理化學的作
用而與生物又細胞之如何機能有關係之問題，乃為夙昔所不曾顧及者。此種問題即所謂細胞生
理學，而對於為形態學者之細胞學者，乃為專門以外之事。然從來之所謂細胞生理學，在其研究方
法上乃與普通之生理學無何等之差異，名為關於細胞之生理學，然殆無使用顯微鏡者。例如：對同
化作用之研究，不為葉綠體之實驗；對醱酵之研究，不觀察釀母菌。即完全忽視原形質或細胞構造
之生理學也；因之從來之細胞生理學乃與從來之細胞同樣，非取形態學與生理學之聯絡者。

在所謂原形質學(Protoplasms)上，則與從來之細胞形態學不同，乃以就活生的狀態觀
察兼實驗原形質或細胞構造及機能為主者；乃究明細胞構造與機能關係之唯一之生物學部門
也。因細胞為生物之構造要素，原形質為生命之物質的基礎，故由細胞及原形質構造及機能之研
究而闡明生物構造與機能之交涉，以推察生活現象之神祕，恐為最合理的方法。在此種意義上，細
胞學為一切生物學之部門之基礎。

二十世紀之細胞學內容乃由原形質學與染色體學(Chromosomology)又核學(Kary-

Pollo) 爲代表焉。原形質學爲最近十年間所發達之新細胞學，乃欲依原形質之物理化學的研究而與生命現象以學術的解釋者也；又染色體學爲最近五十年間所發達之舊細胞學，乃欲藉染色體之研究而究明生物之遺傳、進化、系統與細胞之關係者也。然在今日，則染色體之物理化學的研究已經開其端緒，染色體學將來恐應成爲原形質學之一部門也。

本書乃以將上述意味之細胞學梗概紹介於有普通生物學之基礎知識之讀者之目的而編述者；乃儘力涉及細胞學之多方面而爲簡明的敘說者也。

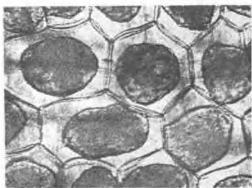
一九三三年九月三十日

著者

A

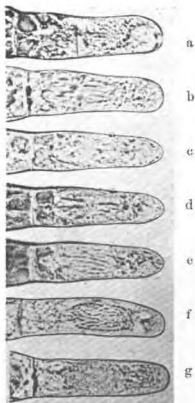


B



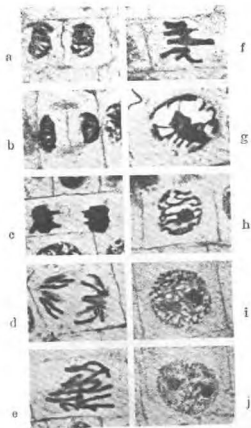
第一圖版

- A: 黏菌(變形菌)之厚形體中藏多數之核為變形蟲運動(第一三頁參照)
- B 鴨跖草之葉之表皮細胞，在尿素溶液中而為厚形質分離者(參照第一章)



第二圖版

在紫露草雌蕊之毛細胞中之核分裂 (生體觀察
 $\times 460$) (參照第七章) a 休止核, b 前期,
 d, e, f 後期, g 末期



第三圖版

在玉蕊根端細胞中之核分裂(固定,染色後者)(參照第七章) a: 中區後; b, c, d, 前期; e, f, 中期; g, h: 後期; i, j: 末期

目次

第一章	細胞學之內容歷史及研究方法	一
第二章	細胞及原形質之概念	一三
第三章	原形質之化學的性質	一九
第四章	原形質之物理的性質	二七
第五章	細胞之構造	一〇三
第六章	植物細胞含有物	一三九
第七章	細胞分裂及核分裂	一四七
第八章	染色體之個體性	一六一
第九章	減數(還元)分裂	一七五

第十章	細胞分裂·····	一八九
第十一章	核分裂及細胞分裂之異常·····	一九七
第十二章	細胞與生殖·····	二〇七
第十三章	染色體與遺傳·····	二一五

細胞學概論

第一章 細胞學之內容、歷史及研究方法



細胞學之內容 細胞學 (Cytology) 爲細胞及造細胞之物質即原形質之研究。因細胞是生物之構造單位，原形質是生命之物質的基礎，故細胞學爲生物學之基礎。

在細胞或原形質之研究中有兩個方面：其一主是研究細胞或原形質之構造（顯微鏡的構造）者；其二主是研究細胞之機能，原形質之物理化學的性質者。在細胞構造之研究中，細胞分裂（核分裂）之研究爲此世紀初葉以來學者之興味中心，而尤以染色體之研究爲代表。即染色體學 (Chromosomology, 山羽, 一九二九年) 乃代表今日之細胞形態學 (Cellular morphology) 者。細胞之機能研究即細胞生理學 (Cellular physiology) 爲原形質之物理化學的研究即原

形質學 (Protoplasmics) 乃從一九二五年頃所開始之細胞學之部門。

細胞學之歷史 細胞學之歷史，始於細胞之發見。一六六五年英人虎克 (Robert Hooke) 以自製之顯微鏡視瓶塞 (Cork) 之切片，認出蜂巢狀之構造而與以細胞 (Cell) (小室之謂) 之名稱 (第一圖)。然虎克所見的細胞實係細胞之外壁即細胞膜，重要的細胞內容即原形質，乃

在更後所發見者。



第一圖
木塞組織 (Cork) 切片之顯微鏡攝影，虎克所見之細胞，實係細胞膜 (原圖) (×200)

第一期 (一六六五——一八三五) 從虎克之發

見細胞至德人士來登 (Schleiden) 及司旺 (Swann) 之細胞說，為細胞學創設之時代。原形質流動，細胞核及仁之發見皆在此時代；細胞分裂亦能為生體觀

察焉。此期終末，士來登及司旺創出細胞為生命現象之單位 (所謂單位生物) 之細胞說 (Cell-theory)。此在以後雖有種種之反對，然直至今日，仍為生物學之基礎學說。

第二期 (一八三五——一八六五) 始於細胞之內容即原形質之發見，細胞及原形質之概

念乃確定；細胞分裂之研究亦盛行矣。

法人度札當 (Dujardin) 曾與動物細胞之生活物質以 Sarcode (原形質) 之名稱，德人馮摩爾 (H. von Mohl) 曾在植物細胞中發見生活物質而以 Protoplasm (原形質) 爲其命名。其後，生活物質之研究乃盛行，至叔爾第 (M. Schultze 1861) 動物細胞之 Sarcodae 與植物細胞之原形質被認作同一意義。自是厥後，遂呼細胞之生活物質 (Living substance) 爲原形質。

細胞決非從細胞以外之物中所新生，此亦爲本期所確定者 (Virchow 1857, Omnis cellula e cellula)。

第三期 (一八六五——一九〇〇) 爲細胞之細微的構造之研究，發明出特殊之方法 (Microtechnique)，築起今日細胞形態學之基礎。即今日所用之固定液、染色法、顯微化學的指藥之大多數，皆在此期生出者。

除受精研究、核分裂、染色體研究之外，實驗細胞學亦爲此期所開始。以原形質之固定像爲基

礎之原形質構造論（例如網狀說、絲狀說、顆粒說等）亦爲此期所發生者。

第四期（一九〇〇——一九二〇）乃因門得爾（G. J. Mendel 1865）遺傳法則之發見，染色體之研究看出新的目標而繁盛之時期，爲染色體學全盛時代。然染色體以外之研究，亦不在少數：例如 Chondriom 之發見；細胞分裂荷爾蒙說。又，次期原形質學之基礎的研究，此期亦曾爲之：例如限外顯微鏡的研究；顯微解剖法；組織培養法；生體染色法等。

第五期（一九二〇以後）乃爲以直接活生之狀態研究原形質之化學的及物理的性質之原形質學（山羽：一九三二年）所開始之時期。當然，此種研究之端緒，已在第一期開始焉。

原形質學最初所研究者，爲細胞之生體觀察，尤其爲以活生的材料觀察核分裂。做此種研究之先驅者，爲瑞士之刁達（R. Chodat 1924），德國之瑟德（Schaefer 1925）及筆者（Yamada 1926）。

原形質之化學分析從一九二一年頃開始研究。原形質之物理的性質——如粘性、彈性、電導率、伊洪濃度等之研究，皆爲至此期方引起學者之注意者。

細胞學之研究方法 做細胞學研究之基礎者為細胞及原形質構造之研究，此中包括生體觀察與固定像之研究。前者是用活生的細胞在顯微鏡下觀察其構造；後者通常應用所謂 Micro-technique 而在不破壞細胞構造之範圍內使其死滅（固定），然後對此細胞之死骸施行染色及切斷等手數以窺視其構造。

生體觀察雖為研究在活生的狀態之細胞構造之唯一方法，然根據種種理由而言，僅用此方法以闡明原形質之構造，則頗困難。例如：

(1) 在活生的狀態之原形質構造，因其光之屈折率之差過小，構造常不明瞭。

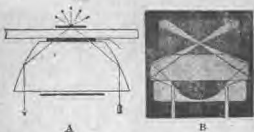
(2) 以此方法在顯微鏡下窺視細胞——一個或數個——的厚度，通常約為五——十 μ ；因上下構造相重，遂致影像模糊。

(3) 細胞放置顯微鏡下，常不易保持健全的狀態，——常在觀察中發生病的變化。

為補救此等缺點而考察出者，即所謂 Microtechnique。照此方法，則最初用適當之藥品（固定液）處理細胞，十分注意不使其構造發生變化，同時使其硬化——即固定——至某程度。

然後將材料照適合於顯微鏡的觀察而截斷之。通常是將材料用醇脫水，浸諸二甲苯或哥羅仿一類之液體之後，埋藏於石蠟中，由顯微截斷器(Microtome)切成適當厚薄——例如五 μ ——的切片。此切片在以卵白黏貼於玻璃板——物體玻璃——之後，再用二甲苯除去石蠟，隨後染色，封入於北美洲樅樹膠中。照此方法，則(1)材料減薄，便於觀察；(2)以固定液之作用，致使細胞各構造開光之屈折率之差加大，構造遂明白看出；(3)因染色而構造更甚明瞭；(4)因埋藏細胞周圍之光之屈折率高(北美洲樅樹膠)，故有可用高級之接物透鏡(N.A.之大者)觀察之長所。實際上關於從來之細胞構造之詳細研究，此方法乃為所主用者。雖然，在以此方法而製作之所謂永久標本上所見之細胞構造，顯示活生的原形質之構造，究可至如何程度，則有種種疑問發生；在大體上雖自應認此為活生時之構造，但在細微之點，所謂 Artifact，亦非少數。然由此固定及其他之處理而生出之構造之詳細說明，一經明瞭，則仍足資活生的原形質研究之參考，可無疑義。由是論之，此種研究決非無益事也。

對於活生的細胞之觀察及實驗，尚有種種特殊方法。



第二圖

用於暗視野照明(限外觀微鏡)之集光器構造(縱斷面)與光道

A Paraboloid (集光器)

B Cardioid (集光器)

細胞之生體觀察所必要的第一條件爲在顯微鏡下保持細胞之健全狀態。對此目的，須常使細胞周圍之媒液一定不變（例如常換新鮮者），以及注意不使機械之力傷害細胞，因此，從來所用之物體玻璃與蓋玻璃之法，或懸滴裝置，頗不完全，須用流液裝置（Durchflusskammer），爲將細胞長

置於一定條件之下起見，此種裝置，尤不可缺。

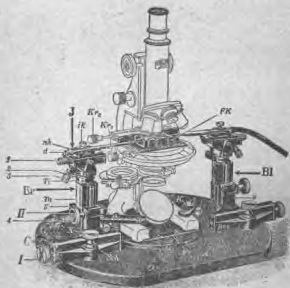
復次之必要條件爲照明法；在普通顯微鏡之照明法即明視野照明，則觀察 $\circ \cdot 1\mu$ 以下之物，常不可能；然若用暗視野照明，則物體更小，亦能知其存在。暗視野照明法乃使從光源來之光斜對顯微鏡之光軸，或藉暗視野用集光器（第二圖）遮斷通過視野中心之光以阻當與光軸成大的角之周圍所生之光。爲圖觀察較厚或不透明的物體，則有使光從物

體之斜上方照射之照明法。從來爲此目的所應用者，乃 Vertical illuminator，而在最近，德國更製有所謂 Ultrapak 者，能以半暗視野窺視數層細胞層之內部。

爲圖不切薄片以觀察細胞構造起見，可適用組織之浸潤 (Infiltration method)。此乃使材料（組織片）在媒液中活動其遠心力，或用真空唧筒減壓而使媒液浸向組織之內部（細胞間隙）。此法可使固定液或色素等迅速滲入細胞中。

將做組織之細胞爲個個的分離，此謂之離解法 (Maceration method)。乃以機械的方法利用次述之顯微解剖，或以化學的方法利用氨水、過氧化氫液、苦味酸、蒸溜水等之作用而行者。

顯微解剖 (Microdissection, Micromanipulation) 乃在高度之顯微鏡下，以顯微針 (Microneedle) (有細微的尖之玻璃針) 處理細胞者，而對於原形質之物理的性質之研究，則有取出細胞內容或切開一部，或在細胞內注射藥液及色素 (顯微注射 Microinjection)，藉顯微電極 (Microelectrode) 以測定細胞電位之功能。顯微解剖所用之裝置謂之 Micromanipulator (第三圖)



第三圖
顯微解剖器 (蔡司製，拍特爾製)

在細胞中活動遠心力之事，除能利用於爲使液體浸潤於細胞之外，並可利用於使細胞之內容轉位，或爲圖明悉細胞之局部的密度，以及爲圖測定原形質之粘率性等上。

在植物已成長之細胞，則在細胞中央，有大的液腔，細胞質爲接觸於細胞膜之薄層。在液腔中含有細胞液以溶解生出滲透壓之種種物質焉。將細胞入於比細胞液之滲透壓更高之滲透壓液

中時，僅水從細胞液外出，原形質收縮而從細胞膜分離。此乃原形質又其表面（原形質膜）水比較容易通過而不使溶解於水中之溶質通過之故。此現象謂之原形質分離（Plasmolysis）（第一圖版B。）原形質僅從細胞膜開始分離時之外液之滲透壓，因略與細胞液之滲透壓相等，故此限界原形質分離（Grenzplasmolyse）可用諸細胞液滲透壓之測定。又在原形質使溶質通過時，原形質分離，難以發生，而一旦發生之原形質分離又復合攏（Deplasmolysis）。故限界原形質分離及原形質分離之回復所需之時間，為通過原形質之難易即原形質之透過性（Permeability）之表示。

在以非常濃厚的溶液而行原形質分離時，原形質常在細胞內切成若干破片。又一切斷做着原形質分離之細胞，便可得到裸之原形質。又用原形質分離，亦可將液腔或空胞剔出於細胞之外。做着原形質分離之原形質形狀及發生原形質分離之時間因與原形質之黏性有關係，故亦能將原形質分離利用於原形質粘性之推定上。

對活生的細胞施行染色，謂之生體染色（Vital staining）。此種染色之目的雖在容易觀察

對象之本體，然對於色素之原形質透過性，苟用 pH, π H 之指示藥則亦可測定細胞內之氫伊洪濃度或氧化還元電位；且苟用有一定荷電之色素，則細胞內電位之分布及荷電，亦能藉以推定焉。

原形質之特殊研究方法有稱爲 *Plasmogony* (Herrera 1928) 者。此爲一種之模式實驗 (Modellversuch)，乃以人工所造之物質藉作類似原形質性質之研究。生物之構造往往酷似於無生物界者，從古以來，頗不乏此種事例，而將種種固定之物質置於適當之條件下時，亦可表現類似原形質之構造或性質。以人工，將既知之物質放置於既知之條件下而表現出者，與原形質有異；因其所由起之機構明顯者多，故此種 *Artifact* 之研究，頗有裨於原形質之研究。勒丟克 (Lectue 1910) 雖爲此方面之最初研究者，然其後更有屈斯忒 (Kuster 1913) 及魯姆布拉 (Rhumblor 1914) 之有名的研究。即在最近，如以浸過含水碳與油樣體之人工的細胞而爲原形質之吸水作用或透過性之研究 (MacDougal 1927, 1928) 或用油及電解質以模擬生物電；或以矽酸鈉與醇而模倣染色體之構造 (Herrera 1930) 或以混和一定數量之腦髓物質之分散系研究細胞構造及其生理作用 (Crile, Telkes & Rowland 1932) 稱爲 *Konzervation* 之分散系，表現類

似原形質之構造或作用。原形質亦被稱爲一種之 Kozzervat 系統 (Bungenberg De Jong 1932)。

第二章 細胞及原形質之概念

照前章所述，細胞一語，在其發見當時，實指今日所說之細胞膜而言，然隨原形質之發見，遂被用作其內容之意義焉。即「從外界為何等形體所區劃，所連續之原形質之一塊」(Lundegårdh 1922) 乃為今日通用之細胞定義。

細胞之外境，在植物細胞，則常多為細胞膜，在無細胞膜之細胞，則原形質為特殊之分化而造成一種細胞。此被膜雖通稱原形質膜 (Plasmalemma)，然特別厚者，更以特殊名稱呼之 (Cuticle, Pericula, Ectoplast 等)。在做組織之細胞與細胞之間有所謂原形質連絡者，此物顯著時，細胞與細胞之境界便不明瞭，終於成爲一大原形質塊 (Plasmodium, Coenocyste, Symbium) 而難以區別矣 (第一圖版 A)。實際上某種植物 (例：毛蠶、無節水綿) 其體軀非細胞而爲一大原形質所構成焉；薩克斯 (Sachs) 呼之爲無細胞植物。生物之某種發生時期，亦有僅某體

部具有此種構造者。此等皆為生物體無細胞構造之事例。

照士來登及司旺之細胞說：一切生物，其外形無論有何種差異，而其內部構造，同以細胞為單位，且細胞為生物個體表現生活作用之出發點，即生物單位。生物發生之最初（即卵）皆為單一之細胞，此在十九世紀中葉，已經明白。然生物體無細胞構造之事例，既如上述，故謂細胞為生活作用之出發點，亦無直接之證明。例如（1）在生物中有所謂從唯一個細胞生出之單細胞生物者。（2）亦有以細胞為極簡單的附屬品之細胞羣體（Cell-colony）而生出之生物（第四圖）。此



第四圖
團藻屬 (Volvox) 之
細胞羣落中這新的結
晶羣落。(×35)

與多細胞生物有異，在每個細胞中皆能相當保存其獨立性焉。蓋為單細胞生物與多細胞生物之中間者。（3）有一切斷生物個體之一部，便依再生現象而成完全的生物個體者。此生物個體之破片，依再生而成為完全的生物者，在多細胞生物，則常為組織片（即若干細胞之集團）；在單細胞生物，則亦有為細胞之破片者（例原生動物）。

此等事實僅可爲謂細胞縱係單獨亦能表現生活作用，然不能作爲細胞是生物生活作用之出發點之證明。

此處有與細胞說正相反對之議論，即細胞非生物表現生活作用之出發點。據其說：生物個體乃爲營其種種特殊機能起見，原形質生出部分的變化（即分化）之結果，即非細胞造生物而爲生物造細胞。此種學說謂之原形質說（Plasma-theory）或有機體說（Organismal theory）作此種學說之論據而可舉者，有如下之事實：

(1) 在某種生物或某種細胞（例如原生動物及動物之卵），則有全無細胞構造或在表現細胞構造（即細胞之形成開始）之前，現出原形質之分化者。

(2) 有多種生物，在其發生史之某種時期，或構成其生物體之某種組織之部分，全無細胞的構造，即以所謂 *Synzygium* 而構成者。

(3) 生物體或其一部（例如某種器官），縱有細胞的構造，又縱係單一細胞，縱係 *Synzygium*，或縱係僅以細胞形成物所構成，在其外形或機能上，多有無何等差異者。通常，造生物體之

各個細胞之形態及位置等，雖恆為生物體之形態所左右，然有與此相反即生物個體之外形決不受細胞之外形或位置之影響者。

(4) 上述之 *Synonytium* 即多核之原形質塊，亦有為細胞多數黏連而構成者；又有本係 *Synonytium* 而在以後形成細胞，成為組織者。後者，在細胞形成之方法中，有種種既成者，雖均為細胞，然其形成法未必一致。因之認此細胞皆為對生物體而具有同一資格者（單位生物），頗不合理。

(5) 在動物之卵分裂而成幼蟲之途中生出之若干細胞，皆不限於具有同一資格者。即在卵細胞又其分裂之細胞中原形質之分化早已發生時，亦有卵所分裂之各個細胞，一施人工的切離，便不成各個完全的幼蟲，而成為形成幼蟲體之一部之結果者。又有卵不全分裂而發育而成為幼蟲之事例 (F.R. Lillie 1902)。

生物體之有細胞的構造，乃為營上述特殊機能起見之原形質分化所必要者，同時為擴大生物體從外面吸收養分之面積，以及為由於隨細胞分裂之細胞膜形成而使生物體得有機械的鞏

固所必要者。

原形質一語，其發見當時，乃指今日所說之細胞質而言（在今日仍有以此意義而使用原形質一語者）。然在細胞質之外，成爲生活作用基礎之物質在細胞內亦有將原形質一語用諸此生活物質（Living matter, living substance）之意義上者，例如細胞質、核、色素體等。在細胞中，此原形質（生活物質）之外，明有可認爲原形質形成物之物質；例如細胞膜、澱粉粒、油滴。此等細胞含有物，謂之後形質（Metaplasm, Paraplasm, Deutoplasm, Ergastoplasm）。原形質又爲職司特殊機能起見，有一時的或永續的成爲特殊之構造者。此種構造，謂之異形質（Alloplasma）；如中心體、紡錘絲、生毛體、Chondriom 之類。在一個細胞中，孰爲原形質，孰爲後形質，有不易決定者。例如細胞質中所見之 Microsome 之類，某者雖明爲後形質，然其一部應屬於原形質。以從來之原形質研究結果而觀之，原形質爲特有，而在任何時際皆難見出共通之性質。卽舉出某種性質而說明原形質之爲物，乃屬不可能事。要之，生命云者，仍爲今日所難說明者也。唯以吾人之所知，原形質，決非一樣（Homogeneous）者，乃爲不一樣（Heterogeneous）而且常事活動

者 (Dynamic system) 也。據加德科夫 (Gaidukov 1929) 之說：原形質對生物，不過為基礎的單位生活現象 (Elementary vital phenomena) 所行之空間；並且原形質非生活現象所由起之原因，寧可謂為其結果。

原形質為不一樣者，且非靜的，乃為動的，此為非常重要之一點。原形質縱在同一細胞內，亦因部分而不同；在顯微鏡或限外顯微鏡之下，自不待論，在化學上，在物理學上，亦然也。原形質之不一樣性，在從來，曾用「層狀構造」或「極性」一類辭句表出，而在近時，原形質之物理化學的性質之研究進步，此不一樣性，愈被重視。在光學上，即在完全一樣的原形質中，亦因部分而異其黏性或電的性質焉。

原形質為動的物質，而時時刻刻在其內部發生物質或活動性之變化，雖為隨生活現象而當然發生者，然原形質之種種性質，尤為其物理化學的性質，乃極迅速的為可逆的變化者。此應謂為原形質之特性，吾人在如蛋白質一類之好水性膠質上，素知與此類似之性質。又假定認蛋白質為原形質之主要成分，則在原形質之研究中，蛋白質之物理化學的研究，如何重要，可想而知矣。

第三章 原形質之化學的性質

欲知原形質之種種性質，須先知其化學的成分。然原形質之化學的分析，欲求純粹精確，頗為困難；因其化學的成分尚未十分了解也。能知其化學的成分者，乃為特殊之材料；例如黏菌（變形菌）之原形體、細菌、草履蟲、夜光蟲、動物赤血球、白血球、精蟲、卵、植物花粉之類。

霍柏塞勒爾 (Hoppe-Seyler 1871) 分析人類白血球之結果：蛋白質六八·〇五%；類脂體二七·二五%；鹽類一·八六%等。來印克及羅得瓦爾特 (Reinke u. Rodewald 1881) 分析黏菌 (*Fuligo varians = Aethalium septicum*) 原形體之結果：除含水量七五%、碳酸鈣平均二九·一%之外，在乾燥物質中，為蛋白質五五%、類脂體一五%等；此蛋白質乃由含磷蛋白質化合物四〇%與真正蛋白質與酵素一五%而成。此含磷蛋白質之大部分，乃名為 *phosphoprotein* 之物質，來印克稱此為原形質之重要的基礎物質。

其後來皮休肯 (Lepeschkin 1923, 1926) 以奧來印克及羅得瓦爾特所用材料同樣之材料，試行原形質之化學分析。其結果：含水量八二·六%；乾燥物質中蛋白質三七%；類脂體七——一四%。來印克之 *Plastin*，照來皮休肯之說，為核蛋白化合物與油蛋白化合物之混合。

基塞爾 (Kiesel 1925, 1927) 以黏菌二種 (*Reticularia lycoperdon*, *Lycogala epidendron*) 分析之結果，則為蛋白質約三〇%，類脂體約二四%，含水碳約二五%；而來印克之 *Plastin*，基塞爾謂為動物之蛋白質樣的 (Albuminoide) 之蛋白質與名為 *Myxoglukosan* 之一種多糖體 (Polysaccharide) 之混合物。而來印克謂此非原形質之成分，實係原形體 (*Plasmidium*)，其中為孢子囊之骨格物質 (即原形質之形成物)。

在他種材料，例如據環蟲之一種 *Sabellaria aleeolata* 卵之分析 (Faure-Fremiet 1921)，為水七〇%；蛋白質一九·〇八%；類脂體六·八%等。而據玉蜀黍花粉之分析 (Anderson & Kulp 1922)，在乾燥物質中，為蛋白質二七%；含水碳三〇%；類脂體一·四八%等。

凡此皆認原形質為一種之一樣的物質而舉其化學的成分者，惟在原形質中，至少必有如細

胞質、核、色素體一類之區別；同時並含有後形質。其中關於細胞核之化學的成分，則有頗古之研究。

米歇爾 (Miescher 1871) 雖曾分析動物白血球之核而發見其成分為核素 (Nuclein)

的物質，然其後依據就魚精蟲、赤血球、胸腺、肝臟等而試行分析之結果，核之主成分乃名為核酸 (Nucleic acid) 之酸性物質， $73.0\% - 60\%$ ；此外則有鹽基性蛋白 (例：Protamine, Histone) $40 - 70\%$ 。此鹽基性蛋白質乃被認為在結合着者，有如核酸與鹽然。

如上所述之原形質之化學的分析結果，對原形質之一的性質之研究，果有何種意義乎？蓋此等分析之結果，僅可語及在原形質或細胞中含有如何物質，如何分量，而縱照分析表之比率以混合此等物質，自仍不成其為原形質。亦有謂此恰如為知時錶之成分，以化學方法分析時錶而得到銀若干，銅若干，鐵若干然者。即原形質之化學分析忽視其構造焉。此種議論，雖似合理，然原形質之構造，有如後述，與其構成之物質有密切關係，而因欲知原形質之種種性質，須先知其化學的組成，故此種研究，實甚有意味也。雖然，既如前述，因原形質乃不一樣且為動的物質，故吾儕從原形質之化學分析之結果所知於原形質者，仍不過為其一斑耳。即原形質乃在部分上異其化學的性質

者，因此，原形質之化學的研究，實須依據能精密洞悉物質分布之顯微化學 (Microchemistry) 之方法。原形質爲動的物質，此乃不能用化學分析之焦點；因欲爲化學分析而破壞原形質，不僅在化學上破壞其物質，且原形質能時時刻刻變化其化學的性質故也。

忽視此等情事，原形質之化學分析之結果，縱屬正確，在其分析表所顯示之物質中，除原形質之主要成分以外，區別其所含別種形成物，殆不可能也。嚴密云之：原形質乃不能以完全純粹之狀態取出者，若將生活物質完全從其周圍之物質切離，原形質便難存在矣。

次更就被認爲原形質之主要成分之水、鹽類、蛋白質、核酸、類脂體等而說明之。

水在種種之點乃爲做原形質基礎之物質；即在分量上亦占第一位焉。原形質之含水量雖以生物之種類與生理狀態（老幼）而有差異，然在大體爲六〇——九〇%。此原形質所含之水，縱依外界之變化，亦鮮受影響，即能保持非常的強力焉。此種原形質之水，有（1）溶解物質之水，（2）與他物質相化合之水，（3）使膠質膨潤之水，（4）吸着於分子、伊洪之水（參與加水現象 (Hydratation 之水) 等。

水爲原形質之主成分，此就水之特殊之物理化學的性質上推想，實爲意味深長之事。即水之種種物理的定數大（例如比熱、表面張力、不導體定數、溶解力等），又在其分子構造上，具有極性（在電上有陰陽兩極），在表面吸着其他伊洪或分子，溶解電解質時，電解率亦最大。

作無機鹽類而合於原形質之元素爲 S, P, K, Mg, Ca, Fe (時而亦有 Cl, Na) 等，其分量雖極小，然就作原形質之成分而言，則爲具有重要意義者。即鹽類成爲變化原形質之物理化學的性質之原動力，無論在其構造上，在機能上，咸有影響；又成爲原形質滲透壓之原動力以變化其透過性。鹽類更依電氣解離（伊洪化）而調節原形質之反應（氫伊洪濃度），與此關聯而成爲原形質之電及放射能之擔荷體，增大其電導率。又，鹽類能對原形質表示有毒或反毒作用，時而更有荷爾蒙、調節物、觸媒等作用。

蛋白質爲次於水之原形質之主成分。蛋白質乃所謂好水性膠質 (Hydrophilous colloid)，其水溶液常混濁而難擴散或滲透，表面張力小而易於生泡。內部之摩擦即黏性極大。在化學上雖頗爲安定，然其物理化學的性質乃由外界之變化而極易爲可逆的變化。此性質爲蛋白質做原形

質之基礎物質之重要的性質。

在蛋白質中有單純或真正蛋白質 (Protein) 與複合蛋白質或蛋白化合物 (Proteid)。前者為氨基酸之結合體，後者為此真正蛋白質與他種物質（例：磷酸、核酸、含水碳、色素、類脂體）之化合物。作原形質主成分之蛋白質，乃此複合蛋白質。

作蛋白質之構成要素之氨基酸因有作酸之原子羣 (COOH) 與作鹽基之原子羣 (NH₂)，故名為兩性體 (Ampholyte)，尤其由溶液之氫伊洪濃度而成為酸或鹽基。即比適合於其等電位點 (Isoelectric point) 之氫伊洪濃度 (IEP, I, pH) 而為酸性時，主為作鹽基而活動；為鹼性時主做酸而解離。蛋白質亦有全同之性質。

作核之主成分之核酸，為含磷酸與氮之鹽基性化合物 (Purin 或 Pyrimidin 誘導體) 與糖類之化合物，乃吸濕性之粉末，溶解於鹼而造鹽。作核之主成分之核酸，常為在動物胸腺 (Thymus gland) 之知母核酸 (Thymonucleic acid)。此酸加水分解時，有由朱紅與亞硫酸之混合物（所謂席夫 Schiff 之指示）而呈出黃色反應者。此名為核的反應 (Nuclear reaction)。

乃最重要的核酸反應也。

所謂類脂體 (Lipoid) 爲難溶於水，易溶於醇、酯一類之物質之總稱，在化學上雖包含種種物質，然就原形質之成分而言，如次三種，最爲重要：

- (1) 脂肪：爲脂肪酸與甘油或高級醇之酯，而與脂肪酸或次述之 Sterin 共存於細胞中。
- (2) Sterin：爲高級環狀醇而以游離狀態或作脂肪酸與酯而存在於原形質中；在動物膽囊或腦髓者謂之汁精 (Cholesterin)；在植物者謂之 Phytosterin。
- (3) 磷酸鹽化物 (Phosphatid)：雖爲與脂肪類似之化合物，惟爲含磷，或氮而構造更其複雜者。含氮質 (Leithin) 及 Kephalin 等屬之。

蛋白質爲原形質之主成分，此雖爲夙昔所知 (Sachs 1862)，惟認類脂體爲原形質之重要成分，尙屬新近（一九二〇頃）之事，在今日，細胞之一切部分（細胞質、核、色素體、原形質膜等）皆能證明其存在焉。類脂體通常爲用顯微鏡不能窺見之細微的分散相而被散布於原形質中。所以縱使蛋白質分解酵素（胃液素、胰液素）在原形質中起作用，其蛋白質亦不分解，非在以豫先

溶解類脂體之醇、酯類處理之後，酵素便無作用者，乃類脂體在原形質中與蛋白質同為其基礎之故；而此兩種化合物或謂為化學的結合，或認作吸着的結合。

原形質之種種物理化學的性質將在次章詳說，雖與蛋白質溶液之性質頗多極類似之點，惟單認原形質為蛋白質溶液，則有理解困難之種種事實焉。例如原形質在水中不與水混合，以及生體染色或透過性等。此等可作原形質中類脂體所表示之性質而為說明焉。

類脂體通常為表面活動性物質，而因減小水之表面張力之性質極強，故在原形質中，亦有為其表面及界面所吸着之性質。在原形質膜、空胞膜中類脂體尤多之學說，即從此種理由生出之當然的結論。類脂體又為易與氧結合之物質，故有認為與細胞之氧化作用有密切關係者。

第四章 原形質之物理的性質

分散態之一般的性質 既如前章所述：原形質為種種物質之混合。稱兩個以上之物質在種之程度相混合（散布、分散）之狀態為分散態（分散系 *Dispersoid*）。原形質亦為分散態之一種。甲、乙二種物質互相混合時，甲連續於乙之外側，乙分散於甲中時，稱甲為外相、連續相（*Outer, continuous phase*）或分散媒體（*Dispersion means, Dispersion medium*），稱乙為內相、分散相（*Inner, disperse phase*）。稱此分散相之大小為分散率（*Dispersivity*），分散率愈高，分散相愈小。稱分散相之在顯微鏡所見之大小者（ 0.1μ 以上）為 *Micron*，稱分散相之在限外顯微鏡而得知其存在之程度者為 *Submicron* 或 *Ultramicron*（ 5μ —— 100μ ）在此以下之大小之分散相為 *Amicron*，縱用限外顯微鏡亦難認出其存在（光學的空虛 *Optically void*）於茲應注意者：以顯微鏡或限外顯微鏡所見者，不僅為分散相之大小，亦與分散相與其周

圍間之光之屈折率有關係，無論有幾許之大，與周圍間之光之屈折率之差一小，則全不能窺見矣
(Optical amicroscopy)

稱有 Mieron 之分散系爲粗分散 (Coarse disperse system) 有 Ultramieron 以下之分散相者爲膠質分散系或膠質系 (Colloidal system) 稱分散相之更小者 (Amieron) 分散相個個之分子或伊洪者爲分子或伊洪分散系 (Molecular or ionic disperse system) 在此處，因僅認分散媒體爲液體之分散系即溶液，故稱膠質系爲膠質溶液 (Colloidal solution) 稱分子又伊洪分散系爲真溶液 (True solution) 又名分子或伊洪溶液 (Molecular or ionic solution)。膠質溶液與真溶液之區別，未必僅爲分散相之大小，通常，稱分散相分子之集合者爲膠質溶液，苟爲個個之分子或伊洪則名真溶液。然此等分散系之分類，在嚴密上不能成立；粗分散系、膠質分散系、分子或伊洪分散系之區別爲連續的。

縱係原形質之分散系，其分散相之大小亦有種種，因之現出以上三種之分散系；又一個分散系之分散相更爲一個分散系，即在分散相中尙可區別爲新的分散相與連續相。即多相分散系

(Polyphasic disperse system)。

分散率中等度之分散系即膠質溶液，在種種之點上表現他種分散系所不能見之特殊性質，原形質之特殊性質復能返諸做此膠質溶液之性質。原形質之主要的物理的性質乃做其膠質溶液之性質。

膠質溶液常由其分散相為液體或固體而分出兩種類別。此兩種膠質溶液，在種種之點上表現相異之性質。

膠質溶液之分散相在固體者即懸留膠質 (Suspension colloid, Suspensoid)，則分散相與連續相之關係不密切即分散相之好水性小，而因有嫌水性，故一名嫌水性膠質 (Hydrophobous colloid)；狀態之變化 (即沈澱) 發生時，此因係不可逆的，故名不可逆性膠質 (Irreversible colloid)。因其安定狀態，主為基於分散相所有之荷電又分散相與連續相間之電位差，故又名 Electrostatic colloid (Electrostaticoid) (例：金屬，金屬硫化物)。

反之，膠質溶液之分散相在液體者即乳狀膠質 (Emulsion colloid, Emulsoid)，則分散相

與連續相之關係密切，即好水性(Hydrophilic)強，故一名好水性膠質(Hydrophilous colloid)狀態之變化(沈澱)縱然發生，惟因此乃可逆的，故一名可逆性膠質(Reversible colloid)因其安定狀態較諸分散相之荷電，仍在分散相之好水性，故亦稱爲 Solvatoelectric colloid (Solventoelectric) (例：金屬之氫氧化物、矽酸、含水磷、蛋白質)。

通電流於膠質溶液時，分散相爲移行於陰極或陽極之 (Electrophoresis, Kathaphoresis, Linler & Picton 1892) 在嫌水性膠質，則分散相有陰或陽之荷電，由此荷電之種類而區別爲陰膠質(Negative colloid, 通電流時，分散相移行於陽極，例：三硫化砷、硫黃、白金等) 或陽膠質(Positive colloid, 通電流時，分散相移行於陰極，例：氫氧化鐵) 在好水性膠質如蛋白質溶液，縱通以電流，分散相亦不移向任何一極，惟於其中加酸或鹼，分散相便帶電而移行任何之一極，即苟爲酸性，則分散相有陽電；爲鹼性，則有陰電。蛋白質溶液在某氫伊洪濃度之處，則分散相之荷電便歸於無有。此點爲蛋白質之等電位點，乃蛋白質溶液最不安定(易起沈澱)之點。

通電流於膠質溶液時，若分散相之運動爲毛細管或有孔膜所妨礙，則連續相(水)便運動

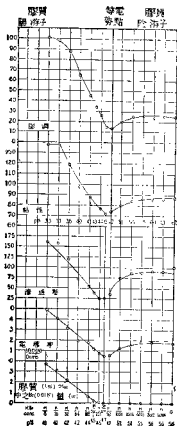
到與分散相應運動之方向相反對之方向。此種現象，名電滲透 (Electroosmosis)。

照膠質電解質 (Colloid electrolyte) 之學說：在膠質溶液中，則與普通之電解質同樣，由電解而生出具有相反之二種荷電之伊洪，在膠質溶液，則其中之一種（膠質伊洪 Colloidion）為有複雜構造之伊洪，另一種 (Gegenion) 為普通電解質之伊洪（例： Cl^- , Na^+ ）。膠質伊洪比諸普通伊洪，其大小及原子價皆大，因之與其伊洪間之相互作用亦甚顯著。膠質溶液之沈澱為膠質伊洪之荷電，以由其反對荷電之伊洪而被中和之結果，在陰膠質，則主與陽伊洪生關係；在陽膠質，則主與陰膠質生關係，以及伊洪原子價愈大沈澱力亦愈大 (Schulze-Hardy 之定律) 皆為當然之結果。伊洪之頡頏作用 (Antagonism) 亦可做膠質伊洪與有反對荷電之伊洪 (Gegenion) 及有同種荷電之伊洪 (Nebenion) 間之作用而為說明，膠質溶液之保護作用 (Protective action) 可做二種膠質伊洪間之作用而為說明焉。

通常，加電解質於膠質溶液時，電解質所有之有反對荷電之二種伊洪，同時在膠質伊洪中起作用，因之膠質伊洪與有反對荷電之伊洪 (Gegenion)，此為在加電解質之前即存在於膠質溶

液(中者)有促起沈澱膠質伊洪與有同種荷電之伊洪(Nehemion)有妨礙沈澱之作用。故縱在膠質溶液中如氫伊洪作用之大之伊洪起作用時，亦由於隨酸之殘基之差異所加之酸之種類而異其作用，即不僅氫伊洪濃度，亦與酸之種類有關係。此無論嫌水性膠質，好水性膠質，皆為同樣。

膠質溶液沈澱(凝固)時，分散相乃相合而以重力沈降，溶液全體凝固時，全體之黏性顯著增加。以限外觀微鏡觀察之，則分散相苟由沈澱相合而加大，便次第顯明；分散相表示布拉文運動



第五圖

表示膠質之種種物理化學的性質(膨潤、黏性、滲透壓、電導率、Br伊洪吸着性)與氫伊洪濃度(pH)之關係之曲線。(LobB)

(Brownian movement) 時，此振幅次第減少。沈澱之速度乃以膠質溶液之濃度即分散相之全數爲比例 (Smolachowski 1916, 1917)。

在蛋白質溶液中加酸或鹼而將其溶液之氫伊洪濃度加以種種變化時，則依其電導率、黏性、滲透壓、醇之沈澱度等，與其酸性度 (pH) 同時而爲一定之變化。即在溶液之 pH 相當於蛋白質之等電位點時，此等物理的性質乃取最小值 (表面張力、屈折率乃取最大值)，此等性質以此點爲中心而對溶液之 pH 值爲對稱的變化 (第五圖)。其最小點例如爲 pH 四·六 (pH₁)，最大點爲 pH 11——13 及 pH 10——11。照帕烏利 (Pauli) 之學說：蛋白質溶液之此等性質，皆以蛋白伊洪之游離荷電爲斷，此乃與酸之濃度同時增加者 (加水分解之減退)，而酸之過剩乃依伊洪相互之作用 (或解離度之減退) 而減小伊洪之活動度。以此二作用扣除之酸性度而生成解離度之最大點。蛋白伊洪之濃度乃其等電位點而最小 (解離之最小點)；蛋白分子之濃度最大。此等電位點乃以蛋白質之種類而有一定：例如 pH₁ 膠質四·七；血清 Albumin 五·五；乾酪素四·七；血色素六·八等。在等電位點之酸性一方，則蛋白伊洪成爲陽伊洪 (做鹽基之解離)。

在鹼性一方，則蛋白伊洪成爲陰伊洪（做酸之解離。）

冷卻好水性膠質之溶液或使溶媒蒸發，則膠質溶液（膠溶體 Sol），可成固體。此謂之凝膠體或凝體（Gallerte, Gel）。凝體亦能隨化學變化或沈澱作用而發生。在膠質或洋菜，則溶液凝體之變化爲可逆的，乃隨溫度或溶媒之增減而任意變化者，然在他種時際，亦有不可逆的。

溶液成爲凝體時，可生出分散相之大及數之增加，以及布拉文運動之停止（黏性之增加。）凝體之分散相常以結晶性而爲重屈折。關於凝體之構造，雖尙有可議之處，然要而言之，其分散相（構造要素）之排列規則，甚爲嚴正，其表面吸着溶媒，成爲難以互爲移動之狀態。

在凝體中，有以機械的作用而表示可逆的將黏性低下之性質者。此謂之 *Thixotropy*。例如加電解質於金屬氧化物（例：氧化鐵、氧化鋁，皆爲陽膠質）則生出凝體，再振盪之，則成溶液，於一定時間之後，又自然成爲凝體；在膠質凝體，亦復如是。

凝體有自然分離液體於表面者。此名分相現象（*Synaeresis*）。分散態因在分散相與連續相之間有大的表面（界面），故其表面活動性極大。表面活動性乃

以面積與表面張力之集積而表現者。通常，分散系之表面活動性有自然的、可及的減小之傾向，同時所減之活動性，則成爲熱。因之，溫度上昇，表面活動性便小。爲減小表面活動性起見，非減少表面張力即減少面積。此結果，在分散系內減少表面張力之物質（所謂表面活動性物質，例：蛋白質、類尸體）溶解時，此物質乃集於分散相之表面（吸着現象）。又爲減少表面積起見，分散相乃互爲合體而低下分散率（終於發生沈澱）。界面如分散相之表面非平面而爲曲面時，表面活動性乃變化到體積之活動性焉。即增大做毛管壓力或屈曲壓而活動之分散相之密度。此外，表面活動性，在物質狀態（固體、液體、氣體）之變化上亦受影響；電氣活動性或化學的活動性亦有密切之關係。

在爲分散系（膠質溶液）之分散相而不甚大者（五乃至一〇 μ 以下），則常能見布拉克文運動。此乃基於分子運動，分散相從平均之位置而爲無間斷的振動者。此振動之振幅與分散系之黏性率之平方根爲反比例；與絕對溫度之平方根爲正比例。布拉克文運動之速度，在膠質溶液則約爲二〇〇——四〇〇秒 μ 。從布拉克文運動之振幅能測定溶液之黏性；如利用斯托克斯（Stokes）

式，則亦能計算分散相之大小。

做液體之原形質 原形質全體常有液體之性質。所謂液體性質，例如：(1) 內部無彈性，分子自由移動；(2) 殆不能壓縮；(3) 順從毛管現象或表面張力之定律。

原形質內部有彈性否，目下雖有議論（後述），惟其內部分子能自由移動，證諸原形質流動（此亦後述）或布拉文運動之所見，以及縱使在原形質中活動遠心力而移動其分散相（Micron），原形質亦不受些微妨害等事，固甚明也。

原形質有表面張力，已由柏托爾（Berthold 1886）或魯姆布拉（Rhumbler 1914）詳細研究矣。原形質有凝集壓，有可及的減小其表面積之傾向，此乃以在休止期之細胞，或外力之活動，不少之遊離細胞常取球形；或縱係做組織之細胞，亦為採取最小面積之排列；或原形質在被用人工壓出於細胞外時又在原形質分離等時，而原形質之一部為球形，以及原形質中之液體例，如油滴等為球形，諸種情事而知之。

原形質之表面張力因顯然比水之表面張力為小，故裸之原形質（Amoeba，經分割之動物

之卵)可在水中擴散，此乃實驗所證明者。

接觸角之定律，在原形質上成立，此事亦由魯姆布拉證明矣。例如在名為 *Pelomyxa* 之有孔蟲，則在原形質之外之水與原形質主要部分與做偽足之原形質之部分(有小的表面張力)之三種液體相接處，而此三界面所成之角，常為七〇度。原形質與其他液體同樣在毛細管內亦能窺出所生之外液與液面之差。

以 *Amoeba* (原生動物之一)白血球、黏菌之原形體所見之 *Amoeba* 運動亦表示原形質為液體。

與液滴互合為一相同，原形質亦能適合，此為在生理上或實驗上之所知者。然原形質之表面性質亦與此有關係，在生理上限於同種生物之間，在實驗上限於原形質表面無形成特殊被膜之時際。

雖然，原形質恆又有不表示液體之性質者。此乃在原形質以膠質溶液而變溶液為凝體之時際，或原形質最初在局部上具有凝體性質之時際。即原形質決非一樣之液體，乃為一種之分散系

(膠質系)

做膠質系之原形質 用顯微鏡觀察原形質則在許多時際，可以區別分散相與連續相。為顯微鏡所見之原形質之分散相，乃在細胞形態學上被呼以種種之名稱而成原形質之構造者也（參照次章）。其形狀大小、化學的成分在種種之點上至少，可認其一部為後形質（原形質之形成物）。以原形質之顯微鏡觀之，一樣的部分即所謂透明質（Hyaloplasm）即連續相，縱在限外顯微鏡上亦為一樣即無 Ultramieron，此部分含膠質溶液及分子（伊洪）溶液。此原形質之分散媒體，通常，乃從對於原形質之水之性質（滲透的性質）而被認為水溶液，但在此種時際，原形質因不與水混合，故其外面必須有不溶解於水（例如類脂體的）之被膜（原形質膜）。關於原形質膜存否之議論，在後文述之，然若照斐西耶（M. H. Fischer 1908）或來皮休肯（Lepeschkin 1924）之所想，原形質之表面層與內部為完全同一性質者，則此原形質之分散媒體（透明質）必非水溶液，乃不與水混合之液體，例如為類脂體與蛋白質之化合物。此假定之主要理由如次。

(1) 原形質不與水混合。

(2) 原形質之透過性為特殊者，無論為溶解於水之物質，為溶解於類脂體之物質，皆能通過。
(3) 溶解類脂體之麻醉劑（例：哥羅仿、醚）有將蛋白質溶液脫性（Denaturalization）之作用，而對原形質亦有同樣之作用。且種種麻醉劑凝固原形質力量之大小，乃與麻醉劑溶解類脂體力量之大小為平行。

(4) 麻醉劑能增高對類脂體易於溶解之物質之原形質透過性，減小對類脂體難以溶解之物質之原形質透過性（Leposchkin 1932）。

(5) 原形質在活生時，無論為染蛋白質之色素，染類脂體之色素，亦難染色（生體染色）；死則任何色素，皆能染之。原形質死時，則類脂體與蛋白質之化學的結合遂被破壞。

(6) 蛋白質之溶液乃以機械的作用（例如強烈的振盪）而脫性而凝固者（機械的凝固），原形質亦易為機械的作用而凝固（Leposchkin 1927）。然從原形質中所浸出之蛋白質，決不為機械的凝固。

來皮休肯根據此等事實，假定原形質之基礎物質（透明質）為蛋白質與類脂體之化合物

即油蛋白化合物 (Lipoprotein)，謂此化合物與原形質以傷害時（當然包括死時）極易分解。然關於油蛋白化合物之存在，在今日猶為疑問；有假定蛋白質與類脂體乃在原形質中為吸着的結合之學者。

此原形質之分散媒體，究為如何的構造物乎？對此問題，祇有從原形質之物理化學的性質間接推論之一法。在顯微鏡上或限外顯微鏡上所見之一樣的透明質，自係膠質溶液與其溶液之混合，原形質因有好水性膠質之種種特性，故可想像為普通之乳狀膠質 (Emulsion) 構造物。即為其中有分散相與連續相之物質。此分散相，照某學者（例：塞弗利滋 Seifriz 1926）之說，乃非球形而為絲狀物；其理由為原形質有彈性。關於原形質彈性之有無，雖尚有議論之餘地，惟原形質至少在某種時際被得悉為感應不等 (Anisotrop)，由方向而異其物理的性質，因之為重屈折）之物質（例：海膽卵之原形質膜、核分裂之紡錘物質 Punnett 1929）亦可認作其分散相非球形，乃一方為長形之物質。

關於能以原形質窺見之分散相 (Mieron)，則述於次章。

原形質之凝固 原形質膠質狀態之變化即沈澱又凝固作用，亦自然的即生理的受外界條件所促迫，有可逆的（一時的），亦有不可逆的（永續的）。原形質之凝固可由限外顯微鏡而觀察，可由黏性率之測定而得悉之；在原形質流動或布拉文運動之所見時，亦可由其速度之減少而得悉焉。

原形質在其發育過程之間，或同生理過程而能為隨時的（可逆的）凝固。此乃可就 *Amoeba*，釀母菌、齒絲之細等而觀察者。

原形質之不可逆的凝固乃隨分泌作用（結締纖維、*Chondrin*、油滴之形成）或細胞膜形成而發生者。細胞膜之形成為一種之凝固作用，例如以動物之卵等而發生 *Oxytolysse* 之物質，常與受精之時際同樣促起細胞膜之形成（*Loeb* 1909），原形質發生凝固之一切條件乃由促起細胞膜之形成而明瞭焉（*Tischor & Ostwald* 1905）。

有謂原形質之老衰為原形質膠質之老衰，而連帶發生其分散率或加水率之減退，游離荷電之消失者（*Protoplastanahysteresis*, *Růžička* 1917, 1922, 1924）。即謂原形質乃與老衰同時

其氫伊洪濃度 (pH) 靠近其等電位點 (pI) 遂發生脫水 (含水量減少) 及凝固。

原形質在受機械的作用，例如壓、曲、切、刺等時，發生凝固，此事已由來皮休肯詳細研究。原形質膜，尤易發生機械的凝固，由急激的原形質分離或其回復而原形質之機械的凝固乃發生焉。

原形質之此種機械的傷害，時而亦有為顯微鏡或限外顯微鏡所不能見之程度。

試從細胞外壓迫正為原形質流動之原形質，其部分一時減少原形質流動之速度，或流動完全停止，乃為從來所共知，此即原形質之可逆的機械的凝固之結果。

使組織之一部受傷時，則其附近之細胞尤其為向於受傷方面者，亦能發生原形質之凝固

(Binning 1926)

以上為細胞質之機械的凝固，而核之原形質之機械的凝固亦然 (例: Speck 1928, Stru-

gger 1929)

原形質以高溫度而死滅時，發生不可逆的凝固。原形質之熱凝固之溫度，因生物之種類而不

同。例如次表 (溫度攝氏)：

細菌	略	四〇度
鰓母菌	略	五三度
水綿	略	四四度
石莖	四五—五〇度	
<i>Amoeba</i>	四〇—四五度	
草履蟲	四二—四六度	
輪蟲	四五—四八度	
魚類	二七—三八度	
鰓魚	略	四四度
蛙	四一—四三·八度	
人精蟲	略	五〇度

即以四〇度乃至五〇度爲最多；但特殊生物之原形質，有不能存在於過低之溫度（例：海產動物有以二〇度而死者）或過高之溫度（細菌有以一〇〇度而生者）者。

原形質之熱凝固時而爲可逆的。此乃以海膽之卵（Heilbrunn 1924）水綿（Lepeschkin

1928) 等而得悉者。

原形質之熱凝固乃被認為基於其中蛋白質之熱凝固者。其主要理由為熱凝固之速度與溫度之關係（即熱凝固之溫度係數）或波及於鹽類之熱凝固之作用，兩者乃相一致者。然蛋白質熱凝固之溫度通常為五六度乃至七五度，而比原形質之熱凝固為高，且因蛋白質之熱凝固常為不可逆的，故原形質之熱凝固顯與蛋白質之熱凝固不同。亦有根據此種理由將原形質之熱凝固歸諸蛋白質以外之物質之學者。即謂原形質所以死於高溫度者，乃其中之類脂體為熱而融解故也。實際上，原形質之類脂體在原形質熱凝固之溫度上受顯著之變化，乃為既知之事實。又能依溶解類脂體之麻醉劑而凝固，前已述之。又原形質之熱凝固乃在原形質含多量之水時即其含水量多時顯然發生者，含水量大時，類脂體亦大。今有一頗饒興趣之事實：生物之最適溫度又最高溫度（致死溫度）與其原形質類脂體（脂油、蠟等）融解點之間有密切的關係，即適應於高溫度之生物原形質之類脂體融解點高，適應於低溫度之生物原形質之類脂體融解點低。此無論動物、植物，皆然也。

原形質又能以放射線（光、X光、鐳線等）之作用而凝固。此等輻射線，通常，最初將原形質液化（減低黏性，增大流動性），後乃為不可逆的凝固。

電流亦有可逆的或不可逆的凝固原形質之作用。原形質之基礎物質雖常表示好水性膠質之性質，然原形質之狀態，極易由電流而起變化，此則值得注目者。例如豆根之原形質以0.15

——五 Milliampere 之電流而在一分乃至四分之間，為可逆的凝固 (Berta & Weber 1922) 植物之細胞核在0.1 n 氯化鉀液中，以四 Milliampere 在數秒間為不可逆的凝固。

原形質依種種物質之作用而為可逆的或不可逆的凝固。有凝固原形質之作用者，在電解質則為酸、鹼、種種鹽；在非電解質則為鐵酸、游離造鹽素、醛、醣、醚、碳化氫及造鹽素誘導體、芳香族之碳化氫、醇、配糖體 (Glycoside)、苯胺色素、植物鹼毒素等。在電解質，亦有不做伊洪，分子起作用者。

在電解質中，酸凝固原形質，最為顯著。其主要作用因自係基於氫伊洪之活動度者，故其 pH 值乃最重要者，同時存在之其他伊洪（酸之殘基）又不解離之酸分子之作用，或酸之他種物理

的性質例如類脂體可溶性、表面活動性、吸着性等，固亦大有影響也。

依筆者等之實驗，可逆的凝固紫露草之花粉母細胞之染色體之濃度，乃以酸之種類而大異；其最低濃度之 pH，亦因酸而不同。詳細如次表 (Yamaha & Ishii 1932)

酸	溫度 (GM)	pH
鹽酸	0.00011	3.4
磷酸	0.00035—0.00040	3.1
磺酸	0.0007	3.1
硝酸	0.0005	3.0
醋酸	0.0002—0.0003	3.5
尿酸	0.00045—0.00050	3.9
琥珀酸	0.0009	3.7
酒石酸	0.0018	3.4
枸橼酸	0.0030	3.4

鹼在低的濃度則凝固原形質，在高的濃度則溶解之。通常，無論為酸為鹽基，皆以比較解離度大之強酸、強鹽基，仍以解離度小之弱酸、弱鹽基之作用為大；此乃後者易入於原形質中之故。

中性鹽亦可逆的或不可逆的，凝固原形質。在 Amoeba, Opaline 等之實驗，則隨如次之伊洪序列而可逆的，凝固原形質：



照略和 (Kaho 1921, 1926) 關於植物原形質之實驗：凝固原形質之力之伊洪序列為凝固蛋白質（中性或弱鹼性）之序列之逆：

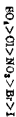
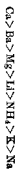


此為伊洪易入於原形質中之順序而成為易起原形質沈澱順序之逆焉。即謂沈澱力大之伊洪難入於原形質中而作用亦小。

在原形質之表面層（原形質膜 Plasmalemma）與內部（Mesoplasm）之間，伊洪之活

動方法不同，此爲以顯微注射 (Microinjection) 之實驗而極明顯事 (Chambers & Co. 1926, 1927, 1930, Kerr 1933) 卽照以 *Amoeba* 或植物根毛細胞等之實驗，則由顯微注射而使鹽類溶液直接在原形質之內部起作用時，氯化鉀、氯化鈉乃將原形質液化；氯化鈣、氯化鎂乃將原形質硬化（凝固）。然若從細胞之外使此等鹽類溶液起作用，則鹽類活動於原形質膜之此種作用，與顯微注射之際有異。卽氯化鉀、氯化鈉具有使原形質減弱或黏着之作用，且滲入原形質之內部；而氯化鈣及氯化鎂對原形質膜無作用的滲入於原形質之內部。又如鹽酸之類，亦爲施以顯微注射則縱係 pH 11·5 亦無害於原形質；惟對原形質膜，則 pH 5·5 卽已有害矣。

紫露草之花粉母細胞之染色體能以中性鹽些微之濃度之差而爲可逆的凝固，或液化（膨潤）而不見。可逆的凝固染色體之鹽類之最小濃度乃由伊洪之種類而爲 0·00001 乃至 0·1 四克分子。此際伊洪沈澱力之順序如次：



又，染色體以鹽類高的濃度亦能液化。故染色體能在鹽類某特殊濃度之範圍而凝固。例如：氯化鈉在 0.25 乃至 0.95 克分子之間見染色體；硝酸鈣在 0.75 乃至 0.45 克分子之間見染色體。

鋁 (Al) 鹽可逆的凝固原形質，乃為早年所已悉者 (Fluri 1909)，然此作用似與由加水分解而同時存在之氫伊洪之作用有關係。

凝固重金屬伊洪之原形質之作用，乃極其顯著為從古來做 *Oligodynamic action* 而彼得知者 (Nitseli 1898)。例如草履蟲、水綿之類，縱以硫酸銅或昇汞之 0.00001 克分子亦能受害。然因生物（例：水生植物之葉、絲狀菌）重金屬鹽亦有無害者；此或係因重金屬伊洪不入於此等原形質內部之故。

沈澱重金屬伊洪之原形質作用之順序與其溶解張力之順位相一致；至某程度亦與伊洪吸着性之順序相一致。在重金屬鹽之作用中，此外更與解離度、類脂體可溶性等有關係。

所謂中性麻醉劑亦凝固原形質。此中有對水可溶性者（例：醇、醣、含水克魯拉爾）與不溶

性者（甾、哥羅仿）皆為善溶解類脂體，善滲入於原形質者。此等物質之小量在原形質中發生麻醉作用（Narcosis），多量則不可逆的凝固原形質。麻醉作用之說明雖尚不十分明瞭，但有原形質之可逆的凝固之說。

照來皮休肯之說：凝固對水有可溶性之麻醉劑之原形質濃度，與凝固蛋白質之濃度相平行。對水不溶性者乃依油與水間之分布係數（類脂體可溶性之程度），對類脂體愈善溶解者滲入原形質之作用愈大。

原形質之黏性 如欲詳述原形質之膠質狀態，須就數量上測定其黏性（或流動性）之程度。在原形質之黏性率（黏性定數、摩擦係數 η ）測定法中，有（1）遠心力法，（2）墜落法，（3）磁力法，（4）布拉文運動法；在其推定法中，有（5）顯微解剖法，（6）Kataphoresis法，（7）原形質流動法，（8）原形質分離法等。

（1）在遠心力法，則活動遠心力於細胞中時，原形質連續相之黏性率 η_0 ，以原形質內球形分散相之比重為D以其半徑為r，以原形質連續相之比重為d，以遠心力之大小為K時，此分散相

以遠心力活動原形質內之速度可從用斯托克斯 (Stokes) 之式計算：

$$V_0 = \frac{2}{9} \cdot \frac{D^2 \cdot K \cdot g}{\eta}$$

遠心力之大小 K 可從 $K = 4.024 \frac{R}{t^2}$ (R 爲由迴轉之中心到材料之距離 (米), t 爲每秒之迴轉數) 式計算。

此際之必要事： v 非十分大者；分散相移動之空間皆爲同樣或十分大者；分散相爲球形者；原形質全體之黏性率 η 可從愛因斯坦 (Einstein) 哈奇耶克之式計算：

$$\eta = \eta_0 (1 + 2.5\phi)$$

η_0 爲原形質連續相之黏性率， ϕ 爲分散相之全體積與連續相之體積之比。

(2) 墜落法或重力法雖與遠心力法同一原理，惟在使分散相運動上使用重力，因之，就分散相而言，則使用相當重者例如澱粉粒之類。

(3) 磁力法乃被應用於如黏菌原形體之裸之原形質，將鐵或鎳之小片插入原形質內，在電磁場內，從使其運動所必要的電磁石中所通之電流之大小以測定原形質之黏性。

(4) 布拉文運動法，則在原形質內之分散相為布拉文運動時，從其分散相之運動計算原形質之黏性。對此目的，使用平均兩側第一通過時間 (mittlere doppelseitige Erstpassagezeit) (Pekarok 1930, 1931, 1932, 1933) 此為分散相從有接眼鏡內之一定距離 l 之 n 個平行線之一個來於右或左側之次一線上時間之平均，而假定通過 n 個之平行線之時間為 t ，則黏性率 η 得到次式：

$$\eta = \frac{R}{N} \cdot T \cdot \frac{t}{3\pi n^2 l^2}$$

R 為氣體之定數， N 為亞佛加德羅 (Avogadro) 之定數， T 為絕對溫度， π 為圓周率， a 為分散相之半徑。故

$$\eta = 0.145 \times 10^{-16} \times \frac{Tt}{n^2 l^2}$$

用以上方法所測定之原形質黏性率乃以水之黏性率為一而如次：

材 料	黏 性 率	方 法	研 究 者
<i>Arbacia</i> (卵)	γ	滲心力法	Heilbrunn (1936, 528, 530)

<i>Cantingia</i> (卵)	11	"	"
<i>Echinoecardium</i> (受精卵)	800	"	Rannström (1929)
<i>Paramecium</i>	80-7-8728	"	Fetter (1926)
<i>Vicia Faba</i>	23.7	重力法	Heilbronn (1914)
結菌 (<i>Plasmodium</i>) (18°C.)	9.0-18.5	磁力法	Heilbronn (1922)
<i>Amoeba</i> (24°C.)	6	布紋文運動法	Pekarek (1931, 1932)
<i>Chara fragilis</i> (透明質)	5	"	"
" (顆粒原形質)	8-16	{ (25°C)	"
<i>Nitella</i>	8	"	Umrath (1932)

(5) 顯微解剖法乃從觸於顯微解剖針時之原形質之狀態以推定其黏性者，萊弗利滋 (Dei-fritz 1920, 1921) 曾與膠質種種濃度之水溶液之黏性比較以顯示原形質之黏性。

(6) *Kataphoresis* 法，則在通電流於原形質而分散相以電流運動時，因其速度與原形質連續性之黏性率為反比例，故可從 *Kataphoresis* 之速度以推定原形質之黏性。

(7) 原形質流動法：原形質流動之速度，通常可從原形質內之 *Micron* 即原形質顆粒

(Microzyma) 葉綠體等流動之速度以推定，此乃關係於原形質黏性之大小者。然照拍勒拉得克 (Pelehrader 1924-25, 1925) 之說：葉綠體流動之速度與原形質流動之速度不同，乃由原形質之黏性而變化者，而原形質流動為原形質顆粒之流動速度，此乃與原形質之黏性無關係者。故以此原形質顆粒之流動速度為 V_p ，以葉綠體之流動速度為 V_c 時，則 V_c/V_p 為顯示原形質黏性率之大小之數值。

(8) 原形質分離法，則從為原形質分離之原形質表面形態 (Plasmolysis form) 及為凸形之原形質分離以前之時間 (Plasmolysis time) 以推定原形質之黏性。原形質表面若為凸形而帶圓者，則原形質之黏性低；原形質表面若為突出或凹形，則黏性高。又，原形質之黏性愈高，為凸形之原形質分離所需之時間亦愈大。

關於色素體或細胞核之黏性率，則尚未有數量的測定。細胞液之黏性率，據以遠心力法、重力法、布拉文運動法之測定。大體為水之一·九倍 (Heilbronn 1914, Pekarek 1931, 1933)。

方原形質之黏性以細胞之老幼、生理的活動力、原形質之含水量而起變化，亦以溫度、機械的

作用、伊洪及其他物質之作用、放射線之作用而起變化。

原形質之黏性乃與其發育之進展同時增高者。此似與原形質生理的活動之減退、含水量之減少相關聯焉。

原形質之黏性隨其生理作用而變化，乃為當然之事。而照次舉之數例，則隨葉之氣孔之開閉，口邊細胞之原形質之黏性乃起變化。即氣孔開時，原形質之黏性增高；氣孔閉時，黏性減低（Wolter 1925）。動物之卵受精時，原形質之物理的性質發生顯著之變化；因之原形質之黏性亦在受精之後減低（Runnström 1920）。隨細胞分裂及核分裂而原形質之黏性乃發生週期的變化。即動物卵之成熟分裂，則在星狀體之形成時或紡錘絲之形成之前，原形質之黏性增高；其後，黏性減低；在細胞分裂開始前，黏性增高（Chambers 1917, 1920, Heilbrunn 1920, 1921, 1928）。在核分裂之各期間，原形質之黏性亦起變化，例如原形質之黏性以在核分裂之中期、後期為最高（Kosloff 1930, Picon 1931）。

以機械的作用原形質凝固而其黏性增高，既如前述。惟與此相反，原形質亦有以機械的作用

而液化而黏性減低者。即 Thixotropy (參照第三四頁)。此乃從來以梭微子、菌黏之原形體、Amoeba, 海膽之卵等而被知者。最近筆者等, 更注意於植物細胞之核以機械的作用所發生之可逆的或不可逆的液化。

原形質由溫度之變化而為可逆的凝固, 既如上述, 黏性亦以溫度之變化而為可逆的變化。如照馮赫耶爾類 (van Herwerden 1927) 之說: Amoeba 之原形質以四〇乃至五〇度之溫度而為可逆的黏性之變化。

原形質之黏性與溫度之關係與普通之液體與溫度之關係不同: 如通常以某種溫度而黏性之有最小或最大點然, 黏性決無與溫度之上昇同時低下情事。例如下表:

材 料	原形質黏性漸之最大點	同最小點	研 究 者
<i>Cornigya</i> (卵)	1°, 16°, 31°C	-	Heilbrunn (1924)
黏菌 (<i>Plasmodium</i>)	20°C	-	Heilbrunn (1922)
水 綿	27°C	-	Becking 等 (1928)

Amoeba 0°—12°, 22°—36°C. 18°, 30°—36°C. *Eichbrunn* (1930)

酸鹼對於原形質黏性之影響頗為複雜，通常原形質之黏性以約等於原形質之等電位點之氫伊洪濃度而減至最小。

中性鹽之中鹼性鹽。恆低減原形質之黏性；二價三價之鹽（Ca, Mg, Al 等）恆增高原形質之黏性。

麻醉劑恆在低的濃度減低原形質之黏性；在高的濃度則增高之。此二種濃度之境界，亦由生物之種類而有差。例如：在醚為二·五——三%；在哥羅仿為〇·一——一%；在克魯拉爾為〇·〇五——一%；在醇為三——一〇%。

原形質之彈性 原形質或細胞之表面有彈性，乃為已悉之事實，在最近，更以顯微解剖及其他之方法而證明焉；然原形質內部之有彈性，似尚未有確切的證明。弗羅因德力及塞弗利滋（*Freundlich u. Seifritz 1923*）以與測定原形質之黏性之磁力法同一之方法，使原形質（黏菌之原形體）內所插入之錄球以磁力而運動，因其在除去磁力時復於元來之位置，故藉此證明原

形質內部有彈性之情形；然此時而亦有爲由於原形質表面之彈性者，且亦可認作原形質之機械的凝固，故似不能謂爲十分的證明也。

海爾布琅 (Heilbrunn 1928) 否定原形質內部之彈性。其理由爲：以遠心力法而測定原形質之黏性率時，任憑如何變化其外力（遠心力），原形質之黏性率亦恆爲一定者；故原形質內部有彈性之說，乃與實驗相抵觸。

雖然，以原形質內部特殊之構造而有明具彈性者，亦爲確切之事。

原形質之表面張力 原形質因含有減小如蛋白質、類脂體之水之表面張力之物質（所謂表面活動性物質），故其表面張力比水爲小。亦爲明顯事也。據查拍克 (Czapik 1911) 之說：浸植物細胞於種種表面活動性之有機液體或溶液時，該液之表面張力達於某一一定之值時，方在原形質中發生作用，滲出其中所含之單寧、色素、酵素之類；但在比比此值大之間，原形質中決不滲出此等物質。此限界之表面張力爲原形質本身之表面張力，在高等植物，則爲 0.685 （以對於水之空氣之表面張力爲 1 ），在菌類則爲 0.51 。此二種之值因各與中性脂肪及含氮質，Cholesterolin

之濃厚乳狀液之表面張力相一致，故查拍克以為原形質之表面層在高等植物則為中性脂肪，在菌類則為含氮質，Cholesterolin 所構成者。關於此種實驗及結論，亦有反對之議論。

瓦萊斯 (Viles 1926) 曾用如海膽卵之球形細胞從為外力（重力）所生之斜垂之大小以推定細胞之表面張力。例如卵表面張力之大小為 $10 - 140$ 達因 (Dyne) 平方厘米，而在卵受精後五〇分（中心體之分裂）及一旬半鐘（紡錘絲形成）上有顯著的表面張力之增加；從分裂溝出現之前，表面張力顯著減少。然此數值，嚴密云之，亦非為明示表面張力者。

原形質之電導率及電氣抵抗 奧斯塔和特 (Osterhout 1922) 曾注意褐藻類昆布類 (Laminaria) 之電氣抵抗與原形質之傷害同時次第減少，在達於某值之處，原形質死滅之情事，遂以電氣抵抗之大小判斷原形質之生死或生活作用之大小焉。

照勃魯克斯 (Brooks 1925) 之測定：黏菌原形體之電氣抵抗為 19000Ω ，電導率為 0.0005r 即等於 0.00145n 氯化鈉。

照姬爾芬 (Gelfan 1927, 1928) 所說：種種生物原形質之電導率，平均等於 0.05n 氯

化鉀液。

細胞內氫伊洪濃度(pH) 為原形質主成分之蛋白質之種種性質，因其氫伊洪濃度（正為氫伊洪活動度）有密切關係，故對於原形質之物理的性質，其氫伊洪濃度之測定，實甚重要也。

表示氫伊洪濃度，通常乃使用更換溶液一立中之瓦伊洪數值對數之符號者，此謂之 pH 值。例如 pH 4 為

$$10^{-4} = \frac{1}{10000} \text{ 克分子之濃度。}$$

測定細胞內氫伊洪濃度之方法雖有種種，惟其主要者，為如次之五種。

- (1) 關於榨出細胞之內容而用電氣或指示藥以知 pH 值之法。此方法有細胞之內容混合，原形質當然死滅而常變化其 pH 值，以及為碳酸氣逃出而 pH 發生變化等缺點。細胞含有物少之細胞苟在低溫度（冰凍）下，適用此法，可得悉稍正確的數值 (Vla, Reiss et Vellingor 1924)。
- (2) 因向原形質內直接插入顯微電極（氫電極、銻電極等）而在電上測定 pH 值，差誤頗多，故不正確。

(3) 將原形質或細胞浸入無毒的指示藥之淡的水溶液待細胞內容染色之法。在指示藥之

使用法上，苟能注意，能得悉相當正確之 pH 值。做指示藥用者，如 Methyl 紅，澳克列蘇兒綠，中性紅等。

(4) 以指示藥施行顯微注射之方法，若無適用之困難，則為最理想的方法。注射指示藥水溶液之替代，乃為使指示藥之結晶附着於顯微針之尖端而插入細胞表面或內部之法，以及使用裝滿含指示藥之洋菜於顯微移液管之法等，在顯微注射困難時，可適用之 (Schmidtmann 1925, J. & D. M. Needham 1925, 1926, Chambers 卷 1927, Péterfi. 1928)。

(5) 在細胞內自然存在之色素做指示藥時，能最簡單的測定細胞內之氫伊洪濃度。例如植物細胞內之花青素、海膽卵之色素 (Vlas et Vellingger 1928)

次舉做動物及植物細胞質之 pH 值而被測定之較近之報告例：

材 料	pH	研 究 者
<i>Amoeba</i>	5.5—7.0	Parfitt (1931)
"	6.6±0.1	Chambers &c. (1928)
<i>Eukamoeba</i>	5.8—6.3	Ogawa (1929)

<i>Opistha</i>	6.1—6.4	Rumjanzow & Kedrowsky (1927)
<i>Paracentrotus, Schistaria</i> 等之卵	5.0—6.0	Vlès et Reiss (1924, 1928)
“	5.3	Vlès Reiss et Vellingger (1924)
<i>Asterias</i> 之卵	6.6—6.8	{Needham(1926), Chambers & Pollack (1927)
<i>Echinocerritum</i> 之卵	5.2—5.8	Vellingger (1928)
<i>Arbacia</i> 之卵	5.2—5.0	Vlès et Vellingger (1928)
<i>Furcilia</i> 之卵	6.30	Bodine (1927)
“	6.8	Chambers (1932)
哺乳類之精液組織	6.5—7.0	Petow u. Wittkower (1929)
蛙腸上皮組織	6.9±0.1	Nasonov (1932)
<i>Staphylococcus</i>	6.1—6.3	Gutstein (1932)
<i>Bacillus coli</i>	7.2—7.6	“
<i>Saccharomyces</i>	5.6—6.0	Mahdibassan (1930)
<i>Baccharomyces</i>	6.1—6.3	Guststein (1932)

<i>Fucus</i>	6.0-6.1	Mahdhasan (1930)
<i>Chara orientalis</i>	5.4-5.8	Colla (1928)
種種高等植物之組織	5.2-6.2	Small (1929)
<i>Solanum tuberosum</i> (塊莖)	5.9	" (1929)
<i>Solanum nigrum</i> (果實)	5.8-6.0	Pfeiffer (1930)

觀此表，細胞質之 pH 值，無論動物、植物，多為五乃至七而成弱酸性。在以前，謂原生質為弱鹼性，然此似為稀有者。

此細胞質之 pH 值非常安定，極少由外界條件而受變化者。但在細胞受傷或生病時，此 pH 值恆起變化，例如發生 pH 值之減少（成酸性）。又隨生理作用，此 pH 值亦能發生變化。例如在 *Amoeba* 之運動，植物之屈曲運動，氣孔之開閉，動物、植物細胞之分裂，受精等時際。

關於核之 pH 值，有使用動物細胞之少數研究，據其說：皆在七以上而為弱鹼性。照筆者等高等植物核之生體染色之結果：核之 pH 值比細胞小，即四乃至五而為更酸性。染色體之 pH 值在花粉母細胞之異型核分裂則為極酸性（pH 4.0 以下。）

關於植物細胞膜之 pH 值，照斯摩爾 (Small 1929) 之說，多為酸性；而木質、木塞質、表皮質之細胞膜，更有為四·〇——五·四，時而為三·四以下者。

關於細胞液之 pH 值，夙有研究，普通為三·四——六·二（多為五·〇——六·二）。次舉種種植物汁液（細胞液）之 pH 值而觀之：

蘋果 (果實)	三·七 ^{pH}	橙 (果實)	三·五 ^{pH}
梅 (同)	四·三	檸檬 (同)	二·三
香蕉 (同)	四·六二	櫻桃 (同)	二·五
杏 (同)	三·四	胡蘿蔔 (根)	五·二——九·三
鳳梨 (同)	三·四——四·一	胡瓜 (果實)	五·〇八
蕃茄 (同)	四·二	馬鈴薯 (塊莖)	五·六
甘薯 (塊根)	五·八——八·七	甘藍 (葉)	五·九
糖蘿蔔 (根)	六·〇八——八·七五	大黃 (莖)	三·一

原形質之等電位點 (IEP, pH) 既如前述，原形質之主成分為蛋白質，而因此乃兩性體，故原形質能依其氫伊洪濃度 (pH) 或如鹽基，或如酸而起作用，此為由種種實驗所證明者。即在

原形質中有其等電位點存焉。然原形質中之蛋白質，在化學上決非一種，乃含有數種與其他化合物爲複合體。在此化合物中，因亦有類脂體、核酸一類之酸性物質，故原形質之等電位點決非如普通蛋白質之等電位點者。在數種蛋白質之混合物中，則混合液之等電位點因爲具有此數種蛋白質之各個之等電位點間之數值者，故原形質之等電位點，其成分亦爲蛋白質之等電位點平均單一之值。然因時際，原形質之等電位點有爲數個相異之數值者。例如 *Staphylococcus* (細菌) 之等電位點爲 $\text{pH} 3.0$ 及 6.0 及 11.0 —— 11.5 之三種 (Yamaha 1932) 高等植物 (馬鈴薯、蠶豆等) 之組織，等電位點，亦有四種 ($\text{pH} 3.2$ 以下、 4.5 、 5.2 —— 5.4 及 6.2) ——六。五) (Pearsall & Ewing 1927) 在水綿，則等電位點有三種 (Sakamura & Loo 1925)。

原形質 (細胞質) 之有等電位點，可就次舉事實而得悉焉；此亦可用作原形質之等電位點之測定方法。

(1) 在游離細胞 (細菌、精蟲、血球等) 或游離核、色素體等，則可通電流於在一定之 pH 值液中所懸留之液而得悉其 *Kataphoresis* 方向轉換時之 pH 值。例如傷寒菌， $\text{pH} 4.4$ 爲等電

位點，其中在酸性則有陽荷電；在鹽基性則有陰荷電。

(2) 兩性體乃由其等電位點而為酸性時，做鹽基而起作用，由其等電位點而為鹽基性時，做酸而起作用，在等電位點處，無論做酸做鹽基皆不起作用。故放入對原形質有緩衝能之小液（例：蒸餾水）以測定其 pH 之變化達於平衡狀態時之液之 pH 值，此即成為原形質之等電位點（洛賓 Robin 氏效果）即苛求酸性平衡點便得。

(3) 兩性體在其等電位點處所解離之伊洪濃度為最小，故陰伊洪或陽伊洪之吸着亦最小。原形質乃由其等電位點在酸性一方則吸着陰伊洪（例： Ca^{++} , PO_4^{--} ）在鹽基性一方則吸着陽伊洪（例： Ag^+ , Hg^{++} , K^+ 植物鹼伊洪）。根據同樣理由，原形質在其等電位點之酸性一方則以酸性色素（例：伊阿勝、酸朱紅）染色；在鹽基性一方則以鹽基性色素（例：Safranin, Toluidines）染色。故苟以種種 pH 值之液處理原形質以求其對伊洪之吸着性或染色性之最小點，此即原形質之等電位點。

(4) 兩性體因在其等電位點其黏性率最小，故在種種 pH 值之液中測定原形質之黏性率

(布拉文運動、遠心力法、原形質流動速度之測定等)時,其最小點之 ψ 值便成原形質之等電位點。

(5)原形質在其等電位點吸水力最小,膨潤最小。故測定原形質在種種之 ψ 液中吸收水而所受之體積或重量之增加時,其最小點即為原形質之等電位點。

(6)等電位點為膠質溶液之最不安定之點,乃最易發生沈澱之點。故從原形質所浸出之蛋白質溶液或細胞之懸留液,或以限外顯微鏡觀察細胞以求其沈澱度最大的 ψ 之點,則此即成為原形質之等電位點。

(7)原形質對於伊洪及其他物質之透過性乃與其膨潤之程度平行,膨潤最小之點即其等電位點,此透過性亦最小。苟測定向原形質內滲入伊洪、色素等之量或此等由原形質滲出之量,則其最小點即成為原形質之等電位點。

(8)原形質之滲透壓亦以其等電位點而成為最小,故可由細胞滲透壓之測定而求原形質之等電位點。

(9) 細胞之成長、發芽等，因與原形質之膨潤（吸水性）、透過性等有關，故此等生理作用以原形質之等電位點而減至最小。試一查種子、孢子、花粉粒之發芽、菌絲、花粉管、根毛等之成長與pH之關係，此等生理作用之最小點與原形質之等電位點相一致。

(10) 其他：原形質之表面張力，對於光之屈折率之最大點，因亦與其等電位點相一致，故可檢查此等物理的性質與pH之關係而得悉原形質之等電位點。

次舉做原形質之等電位點而被測定之數值之例：

材 料	pH	研 究 者
<i>Bacillus tuberculosus</i>	3.2	Michaelis (1911)
<i>Bacillus anthracis</i>	1.8, 11.0	Yarnaha (1932)
<i>Sarcina flavus</i>	5.5, 11.7	"
<i>Bacarium lycoperidii</i>	5.5	Roblins (1924)
<i>Mucor</i>	4.45	Pfeiffer (1920)
<i>Sarcinomyces</i>	4.65	"
<i>Chara crinita</i>	5.4-6.2	Colla (1929)

<i>Nicotia</i>	5.2	Pfeiffer (1932)
<i>Opuntia</i>	5.8	Uehla (1928)
<i>Ficoides</i>	9.0—9.2	Robbins (1928)
<i>Solanum tuberosum</i>	4.2—4.4	Pearshall & Bwing (1924)
<i>Vitis vinifera</i> (果實)	4.2—4.5	Pfeiffer (1932)
<i>Amorpha</i>	4.5—5.0	Pa. jin (1931)
<i>Echinus</i> (刺蝟)	2.9—3.0	Walton (1924)
人血清	6.5	Viba (1929)

觀右表，原形質之等電位點雖因生物之種類而有非常之差異，惟大多數在pH五之近邊而與普通蛋白質之等電位點相一致。

以上主為關於細胞質者。至關於核或色素體之等電位點，從來乃就固定後之細胞而推定者，此為固定液，因酸性在兩性體中起強烈的作用，故此數值不正確。筆者等曾從游離於細胞外之核及色素體之 *Katalphorase* 以測定其等電位點，得悉核在pH 三·〇或四·〇之近邊，色素體之中白色體在四·〇——四·四，葉綠體在二·八——三·二，有色體在二·二——三·一，有

其等電位點。又核之 pH 與等電位點之關係：以核之老幼而起變化，通常核之 pH 在其 pH_i 之鹽基性一方而核在活生之自然狀態則有陰荷電；核幼時其 pH 與 pH_i 相接，與核之成長同時其 pH 與 pH_i 亦相遠矣。此乃與原形質在其胚的狀態上，對於物質合成作用（為一種之凝縮作用而兼脫水）有便利的狀態即近於其等電位點之 pH 之說。Fastigial theory (Pearsall & Priestley 1923) 相一致；而與既述之原形質老衰說 (Protoplasmahysteresis) 正相反。此種學說曾被用植物之組織而就形成層（胚的組織）與其兩側之組織（韌皮部與木質部）上施以檢查，因時候亦似有成立者 (Pfeiffer 1929)。

在動物之組織上 pH 與 pH_i 之關係亦曾被檢查 (Reiss 1926)，原形質之 pH 有在其等電位點之鹽基性一方者，亦似有在酸性之一方者。

原形質之氧化還元電位 (eH) 氧化還元作用乃元素（或伊洪）原子價之增減，因之可做其所有電子之增減而為說明，氧化還元力之大小可依其電位（氧化還元電位 Oxidation-Reduction-Potential, Redox-potential）之測定而得悉其數量焉。此數值為與表示氫伊洪濃度之

r_{H_2} 同一原理而以 r_{H_2} 之符號表示之 (Clark 1923) 一氣壓氫氣體之還元電位等於 r_{H_2O} 氣化還元之中性為 $r_{H_2} = 0.5 - 1.27 \cdot 7$ 而等於 10^{-10} 氣壓之氫氣體之還元電位。一氣壓氧氣體之氧化電位等於 $r_{O_2} = 0$ 或 $r_{H_2} = 4.2 \cdot 7$ 。種種色素皆以所定之氧化還元電位而變色 (例：花青素、Methylene Blue, Indigo carmine, 中性紅、哲那斯綠 Janus Green 等) 因之此等色素可作 r_{H_2} 之指示藥用。

然而據實驗：原形質之 r_{H_2} 值無論動物、植物，在自然狀態，恆為一八——二二，而在嫌氣性 (無氧時 Anaerobiosis) 時，常約為 $r_{H_2} = 5 - 10$ 。此 r_{H_2} 值乃極安定不易因外界之條件而起變化者。核與細胞間之 r_{H_2} 值之差，不能認出。

法之喬愛耶拉維爾尼 (Joyet-Lavorgne 1926, 1927, 1931) 曾從木賊類之孢子、孢子蟲類、藻類生殖器等。顯花植物之花粉與胚囊等之染色性，以其原形質之 r_{H_2} 值之差，說明雌雄性之差異。即謂雌性之 r_{H_2} 值顯比雄性為小。最近，安部氏在黏菌之配偶子之間亦認出同樣的事實。同樣之事實亦見諸菌類 (毛黴類) 或鼠李屬 (*Rhamnus*) 而為從來所知之雌雄性化學反應 (Manoi-

loff, Bernatzki)。

原形質（細胞組織）之荷電與電位 如欲由原形質或細胞所有之荷電種類及大小而得悉電位，可通電流於細胞以測其 *Kataphoresis* 之速度，或用有荷電之色素染色以檢查對伊洪之吸着性。如欲在數量上確知細胞或組織之電位，可用銳敏的電流表或各種電位表（毛管電位表，象限電位表，真空管電位表等）與非分極電極以測定之。

照通細胞於電流之實驗：核（尤為核質）向陽極移動，細胞質或移動於陽極，或移動於陰極。即核及核質雖顯然具有陰荷電，惟細胞質之荷電，為陰為陽，猶為問題。空胞膜（原形質內層）向陰極移行，既知之矣（Weiss 1926）。此原形質荷電與氫伊洪濃度，自有關係。

如在細菌，原生動物，釀母菌，精蟲一類之單細胞中通電流時，除原形質之荷電以外，尚與原形質表面之荷電（此恆有與原形質內部荷電反對之荷電）有關係；細胞愈小，表面荷電之影響愈大。通常，此等微生物有陰荷電，但由外液之 pH 而換電，以某種 pH 而顯示等電位點。又由其他伊洪（尤其為多價者），荷電亦起變化。此電位達於某種限外電位（例如為細菌而六——二〇耗）。

時，沈澱開始。微生物之此種電位與其生理作用有密切的關係。

從染色性推定原形質之荷電，此事爲刻勒（Keller 1928）所試驗，乃既知之電氣組織學（Electrobiology）要之，乃基於具有陽荷電之細胞部分（即細胞之 Anode）以有陰荷電之色素（Anodentfarbstoffe）染色，有陰荷電之細胞部分（即細胞之 Kathode）以有陽荷電之色素（Kathodentfarbstoffe）染色之原理者。有色素之荷電種類，除其化學的組成外，尚因其濃度、溶媒、以及同時存在之伊洪而有差異，故在生體染色，則色素所有之荷電未必與蒸餾水中一樣。照刻勒從生體染色及 Kataphtrese 之所查，色素之荷電如次：

(1) 有陰荷電者：Methyl 藍；Gentianae 藍；Saffranin；孔雀石綠；中性紅；鹼性 Methyl-
lone 青；酸性朱紅等。

(2) 有陽荷電者：伊阿勝；Methyl 橙；Light 綠；Indigo-carmine；Haematoxylin（青木）爲酸性之朱紅等。

照刻勒用此法之所查，例如在蛙之皮膚，則內面爲鹼性而有陰荷電，外面爲酸性而有陽荷電。

花粉粒有陰荷電，胚珠有陽荷電。他如空胞、線細胞（蜜腺）、根之表面等有陽荷電，水孔、根之伸長部、朝陽之葉綠體、氣孔之口邊細胞等有陰荷電。

在高等植物之莖、葉、花梗等之組織，則電位之分布如次：

上皮（陽）；表皮（陰）；皮層（陰）；厚膜組織（陽）；韌皮部（陰）；形成層（陰）；木質部（陽）；髓（陰）。

此結果與直接測定電位之姬克爾和倫及窩姆拉特（Gieklhorn u. Umrath 1928）之結果相一致：

表皮（0）；厚角組織（+2）；皮層柔膜組織（-9）；木質部（+10）；髓（-12）（單位耗）。

在生物之雌性性上，有原形質或細胞荷電之差，既屢述之。在花粉與胚囊（或卵細胞）有荷電之差，亦如上述（Koller 1902）；桑田氏（1925, 1926）曾從其染色性中確定鐵樹之精蟲有陰荷電，卵細胞有陽荷電，受精後，卵細胞有陰荷電之事實。照瓦萊斯及諾耶爾（Vias et Nouel 1921）及瓦萊斯（Vias 1924）之 *Kataphorose* 之實驗：在海膽，則精蟲及卵細胞之荷電之

大小皆爲 -10^{-10} 至 10^{-6} 庫。

照直接適用非分極電極於細胞而測定其電位之結果：電位之大小，約爲 100 毫前後。細胞死處之電位則成爲 0 。

原形質及細胞之電位因其周圍之媒液及測定所用電極之種類而有差異，自勿待論；更由電解質之濃度及伊洪之種類，傷害（機械的作用）、光、放射線、電流等而變化焉。

使原形質受傷害時，其部分恆成爲陰電位 (Negativierung)。據邱姆梅爾 (Kümmel 1930) 之說：以醇、醚、哥羅仿、熱等使車軸藻細胞之一部死滅時，電位皆成爲 -120 毫。

爲光所照之植物綠色組織之部分對於幽暗部分成爲陰電位。在光之部分起氧化作用，在幽暗部分起還元作用。

細胞之電位自係與其生理作用相關而起變化。例如：同化作用；向地性運動；細胞分裂；原形質流動。

細胞電位之主要者爲基於其中伊洪之不均一之分布（透過性之差）之膜電位 (Membrane-

potential)

原形質流動 原形質中有流動，此為最初科爾奇 (Corti) 在原形質發見以前用車軸藻之細胞所觀察者；然在今日，殆可用一切植物之種類而知之。其主要者，為黏菌之原形體，水綿，車軸藻，玉葱之表皮，水草之葉（黑藻，金魚藻，石莖藻），根毛之細胞，毛之細胞等。在動物，所已知者，為原生動物，白血球等。

關於原形質流動所由起之原動力，大概有三種學說。

(1) 在原形質之構造中與肌肉之伸縮同有以吸水，脫水而伸縮之要素，此為促起原形質流動之說。

(2) 原形質流動乃由原形質內電位之差即電氣而起之說。

(3) 此原形質之部分的表面張力之差而起之說。

在原形質流動中有如次之五種類。

(1) 迴轉運動 (Rotation) 以接膜原形質而將液腔之周圍流於一定之方向者；在水生植

物者，

(2) 循環運動 (Circulation) 不僅接膜原形質，尙橫斷液腔而在細胞周圍與中心之間流動於種種方向者。

(3) 顆粒運動 (Körnchenbewegung) 如在黏菌之原形體或原生動物然，原形質顆粒 (Microzyma) 以一定之週期而往復運動者。

(4) 干滿運動 (Flutendebewegung) 爲在菌類所見者，乃潮之干滿運動樣的全細胞質 (除原形質膜) 之流動。

(5) 滑走運動 (Gleitbewegung) 乃無一定方向，個個顆粒如受壓然而運動者 (例如在加拿大藻之葉以外界條件而開始原形質流動時所見者)。

原形質流動之速度，縱係同樣植物，亦以細胞之老幼而有差，大概在細胞之幼小者則無流動與細胞之成長同時，流動之速度乃初急激，後緩慢的增加焉。原形質之黏性及含水量，亦與原形質流動之速度有密切的關係。原形質流動與原形質黏性之關係，已如前述。(參照第五四頁)

原形質流動之速度已由從來之種種學者測定矣。此雖因材料而自有大差，但通常在常溫，最大為一二五〇秒 μ （黏菌之原形體），最小為〇·一五秒 μ （眼子菜），多數為三——五〇秒 μ 。原形質流動所見之溫度範圍，恆在〇度與四〇度之間，而最適溫度為二五——三〇度。此因材料而有大差。

原形質流動速度與溫度變化之關係，照藍伯爾斯 (Lambert 1925) 及井田稔氏之說，乃直線的，即速度對溫度為正比例的增加焉。

原形質流動之速度，尚以機械的作用，重力、光、其他放射線、電流、磁力、種種之物質作用而起變化。使原形質流動速度變化之物質，例為氧、碳酸氣、酸、鹼、鹽（伊洪）色素、砂糖、麻醉劑、配糖體、植物鹼等。

生體染色 在植物細胞中之生體染色，雖為普斐亞 (Pfeiffer 1896) 最初所試行者，然在今日，除為細胞構造之觀察目的所用之外，尚被利用於原形質透過性之研究，或原形質種種之物理化學的性質例如 pH, rH, 荷電之研究上。

對細胞施生體染色之後細胞活生情事，此乃恆以原形質分離、原形質流動等而推定者，但嚴密云之，原形質之種種物理化學的性質，或生理作用由生體染色而受顯著的影響，此明爲已施生體染色之原形質乃與正常狀態相異者。

細胞質之生體染色所用之色素爲中性紅、栗梅茶色 (Crysoidine)、Methyl 紅、伊阿勝、Erythrosin 等。

核之生體染色雖最困難，然可用某種材料例如 Dahlia、栗梅茶色、中性紅、Methylene 青、伊阿勝等而行之。染色體之生體染色，亦已被用 Dahlia、Methyl 藍、酸性之伊阿勝行之矣 (Campbell 1887, Giickhorn 1930)。

細胞膜之生體染色有以剛果紅、酸朱紅等而爲之者。細胞膜之生體染色與細胞本身之生體有密切的關係。

對 Chondrium 之生體染色，可適用 Dahlia、Methyl 藍、香那斯綠 B。

對空胞又液腔的染色，中性紅爲最通用者；此亦爲 pH 之指示藥。即能以其色彩狀態而推定

細胞液之 pH 值。

在生體染色中有機械的法（注射法）與滲透法。前者乃適用顯微注射者，雖為最精巧的方
法，然技術上之困難亦不少。滲透法乃浸細胞於溶液者，有為圖色素迅速滲入，適用真空或遠心浸
潤法，為加高色素之透過性，而加高溫度，加多伊洪等工夫者。通常，酸性色素在酸性時，鹽基性色
素在鹽基性時，最易滲入，以膨潤原形質之伊洪之作用而色素透過性增高，自不待論。

生體染色之理論與原形質之透過性有密切關係，大體以如次之五種學說為有名。

(1) 以色素荷電與原形質荷電之關係而生體染色發生，既述之矣。在刻勒及姬克爾和倫等
之學說，則所謂選擇染色 (selective Färbung) 乃原形質荷電由色素荷電而被中和之現象，即
由於原形質之脫電者，而所生之物質與色素為化學的又吸着的結合焉。

(2) 吸着現象為生體染色主要原因之說，已依尼林秀坦 (Nirenstein 1920)、克勒普斯及
納哈滿 (Krebs u. Nachmannsohn 1927) 而以草履蟲證明矣。即謂種種色素之生體染色
之程度乃與色素為磁土所吸着之順序相一致。在植物細胞，最近阿爾巴哈 (Albach 1929) 亦

有此種主張。

(3) 色素之類脂體可溶性決定生體染色之說，乃所謂類脂體說，謂愈易溶解油脂愈易滲入於原形質，因之充分染色。然在此中，亦有種種之例外。

(4) 在色素溶液中之分散率決定生體染色之說，乃原形質透過性之學說，通常，粒子（分子、伊洪）愈小者愈易滲入原形質。此說早為魯蘭德 (Ruhland 1912, 1914) 所證明矣。如欲推定色素溶液之分散率，可在濾紙或膠質凝體中測驗色素擴散之速度而比較之。照本法，此擴散程度（此乃由於色素之分散率）與生體染色之程度為平行。例如擴散大之橙色 G、萘醇黃、中性紅、栗梅茶色、Methyl 青等，皆易為生體染色。

照科帕克滋威斯基 (Kopaczewski 1928) 等之研究：在動物及植物之生體染色中，色素荷電與其分散率乃成爲主要因子者，在動物，則以有陽荷電之色素（鹽基性色素）者，在植物，則以有陰荷電之色素（酸性色素）者易為生體染色，兩方皆為分散率高者（做分子或伊洪溶液者）尤易染色。

(5) 尚有色素之化學的性質尤爲其酸性抑鹽基性對生體染色重要之說 (Bethé 1905, 1916, 1922, Rohde 1917) 既如前述, 酸性色素在酸性時, 鹽基性色素在鹽基性時, 易於染色。因之在生體染色中, 細胞內外之氫伊洪濃度固甚重要, 然此亦與荷電有關係。照種種之實驗, 尤其爲動物之細胞, 以鹽基性色素而易爲生體染色, 在酸性色素則難以染色。此亦與原形質之酸性度近於中性有關係。

就促進生體染色之條件而言, 可舉出溫度、光、麻醉劑、伊洪、刺激作用等。

原形質之透過性 稱向原形質中種種物質滲入之程度(難易)爲對於原形質物質之透過性 (Permeability)。如欲測定原形質之透過性, 可用次舉之四種方法:

(1) 滲透法: 此中有五個變化:

(a) 測定原形質分離限界濃度之法: 測定透過性之透過因子或透過係數 μ , 可得次式:

$$\mu = 1 - \frac{C}{C_0}$$

C 爲不滲入於原形質之物質(蔗糖 Raffinose)之原形質分離之限界濃度(將開始原形質分

離之濃度) C' 爲將測定透過性之物質之原形質分離之限界濃度。物質入原形質愈易，愈難起原形質分離，即因其限界濃度 C' 大，故 μ 亦大（近於 1）。

- (b) 測定原形質分離回復 (Deplasmolysis) 時間之法：此時間愈短，物質入原形質愈速。
- (c) 原形質分離測定法 (Plasmometry)：以原形質分離後之原形質之體積爲 V_p ，以失去膨脹之細胞內部之體積爲 V_s 時，原形質分離之程度 G 乃以

$$G = \frac{V_p}{V_s}$$

式表出，在圓筒形之細胞而僅兩端爲原形質分離時，

$$G = \frac{1 - \frac{b}{l}}{A}$$

l 爲原形質之長度， h 爲平均之細胞內部之長度， b 爲細胞之幅。以細胞外部之液之濃度爲 C 時，細胞之滲透壓 O 爲

$$O = OG$$

此值之平均變化（增加）在單位時間，為

$$M = \frac{O_2 - O_1}{t_2 - t_1} = \frac{O_2 - O_1}{t_2 - t_1} = C \cdot G$$

此係表示單位時間之原形質分離之程度變化。以細胞液之濃度為 C 時，則

$$\frac{M}{C - C_0}$$

係表示時間的物質吸收之程度，成為測定原形質透過性之標準。

(d) 測定組織之重量又體積之變化法：例如將組織片浸入有些微高壓之溶液，就時間上測定組織體積（長度）之變化。組織最初收縮，後乃膨脹。以最初收縮之比例為 K ，以膨脹之比

例為 D 時，

$$E(\%) = \frac{100D}{K}$$

成為表示原形質透過性大小之數值。

(e) 以組織作隔膜用而測定物質擴散速度之法：此際除原形質透過性之外，細胞膜之性質亦有影響。

(2) 化學的法：定好細胞液又細胞外溶液之化學的濃度而測定原形質透過性大小之法。

(3) 物理的法：由細胞外溶液冰點之降下及電導率之測定而推定滲入於細胞之物質之分量法。

(4) 直接之方法：乃在顯微鏡下認出（以色彩及沈澱等）直接滲入於物質細胞內之法，可適用諸色素、植物鹼、酸、鹼（用指示藥）上。

次觀對於種種物質之原形質透過性。

水乃種種物質中最易滲入原形質者。其速度例如在槐葉類，一氣壓約三三 μ ，此為尿素透過率之一二〇——二四〇倍，蔗糖之一〇〇〇〇倍（Höfler 1930, 1931）。

鹽類本被認為全不滲入原形質者，但照今日之見解，亦有些微滲入原形質焉。其程度以伊洪之種類而不同，例如由於次之順序：

$Rb > K > Na > Li > Mg > Ba > Sr > Ca$

$SCN > NO_3 > Cl > SO_4$

此乃與使原形質膨潤之伊洪順序相一致。

關於酸及鹽基，則解離度小之弱酸（例：碳酸、硫化氫、青酸、有機酸）及弱鹽基（例：氮）恆比強酸（例：鹽酸、硫酸）或強鹽基（例：苛性鉀）易滲入於原形質。因之有酸及鹽基非做伊洪卻做分子而滲入之說。就植物鹼及色素而言，亦復如是。

就在非電解質中易滲入於細胞之物質而言，則為碳化氫及造鹽素、Nitro 誘導體、醇、色素等。醇之OH數愈多，愈難滲入原形質。在色素中，則 Methyl 橙、Methylene 青、Tropaeolin 等易於滲入。

尿素恆被認為絕不滲入細胞者，但原形質分離實驗之結果，認出亦有些微的滲入。糖類雖不滲入動物之赤血球，但滲入人類赤血球。

原形質之透過性乃依溫度、光、電流、伊洪及其他物質之作用而變化，並隨種種之生理作用（例：向光性、細胞分裂）而變化焉。

溫度高起時，原形質之透過性恆高。其溫度係數（由於 0° 攝氏 10° 度之上昇之變化）約為

一——五。此數值乃以細胞及物質之種類、外界之條件而變化焉。

光亦能增高原形質之透過性。此亦以鹽類與糖類而影響似全不同。紫外線、X線、鐳線等增高原形質透過性之作用尤強。此種放射線之作用，波長愈短，愈為顯著。

電流之作用往往亦能暫時增高原形質之透過性。

使原形質透過性起變化之作用之顯著者，乃為種種之伊洪。

對於鹽類之原形質透過性在單獨使用鹽類時與二種以上鹽類混合時不同，已為夙昔所知（Ringer 1883, 1895, Loeb 1900—）而如在 K, Na 之一價伊洪與 Ca, Mg 之二價伊洪之間有相互作用（顯顯作用），尤為學者所注意。通常，如 Ca, Mg 之二價（多價）伊洪有減低對於如 Na, K 之一價伊洪之原形質透過性之作用。

照喀和 (Kahlo 1921) 以植物細胞之實驗，種種伊洪增高原形質透過性之順序為



減低透過性之順序為



此伊洪序列乃與伊洪透過性之順序及伊洪有毒性之順序相一致。任意之陽伊洪之透過率，恆為在其右之伊洪所減低；陰伊洪之透過率，恆為在其右之伊洪所減低；在其左之伊洪所增高焉。此等作用以兩種伊洪之距離愈遠而愈為顯著。

同樣之伊洪序列就赤血球或動物之卵而言，亦能成立。

溶解類脂體之麻醉劑，變化原形質透過性之作用常甚顯著（例：醚。）

以高壓液對細胞施原形質分離時，原形質之透過性異常時高者，此謂之 *Plasmolyse-Permeabilität* (Weber 1932)。

欲說明原形質透過性之學說，從來甚多，其中主要者如次：

(1) 類脂體說 (*Lipoid theory*) 此乃與生體染色或麻醉作用相關聯，原形質之外層有類脂體之膜，對類脂體愈易溶解之物質愈易通過原形質膜；而透過性為一種之溶解作用 (*Overtone* 1895—) 然實際上原形質亦能通過不溶解類脂體之物質（水、鹽類），且縱係溶解於類脂體之

物質，原形質亦有不滲入者（尤其爲色素）。然若在同族化合物中思之，類脂體可溶性與透過性乃爲平行者。故類脂體可溶性，乃支配原形質透過性之主要因子，勿庸懷疑；同時，不能僅以類脂體可溶性決定原形質之透過性，自亦甚明也。

物質之類脂體可溶性因又與其化學的構造有關係，故透過率亦依物質之化學的構造。例如 OH , NH , 1類之原子羣，減低其物質之透過率。

(2) 限外濾過說 Ultrafilter theory 乃謂物質分子之大小（分子體積，分子屈折率）決定透過率，分子小者易通，分子大者難通。原形質膜對於物質有一種限外濾過作用 (Traube 1887, Runland 1912, 1914) 此說在近時，已在 *Beggiatoa mirabilis*, 赤血球、海膽之卵等而由種種物質（非電解質、有機酸及其鹽等）證明焉。例如在魯蘭德等之 *Beggiatoa mirabilis* 之實驗則種種物質之透過係數 μ 與其物質之分子體積 (MV) 又分子屈折率 (MR) 大體上爲相平行者，有如下表：

物質	MV	MR	A
水	18.8	3.78	1
尿	50.2	13.67	0.9996
乙	42.2	12.78	1
膠	76.5	16.39	0.925
甘	87.8	20.63	0.988
苯	106.2	30.58	0.963
天	134.2	39.06	0.83
Arabinose	153.4	31.40	0.81
和	183.2	37.54	0.73
嗎	321.9	76.47	0.40
乳	345.5	70.35	0.25
糖			
Radiuose	498.8	103.72	0

然細考之，分子體積之外，物質之構造，大有關係，此乃由筆者等最近之研究（關於有機酸鹽

者)而明瞭者(Ruhland, Ulrich u. Yamaha 1932)

依據鴨跖草之實驗(Pojärvi 1928, Barlund 1929)物質之透過率乃以類脂體(髓)可溶性與分子體積而被決定者。即在大體上,物質之髓可溶性與透過率爲平行者,但在分子體積小者(MB比一五小者),則較易滲入細胞,至如分子大之植物鹼一類,較難滲入。在海膽(Actinia)之卵(Stewart 1931)則種種非電解質之透過率雖爲依其類脂體可溶性而決定者,然關於不溶解於類脂體之物質之透過率乃由其分子之大而決定者。

(3)吸着說(Adsorption theory):物質之表面活動性即其吸着性,亦顯然與原形質之透過性有重要的關係(Traube 1904-)

(4)電氣說(Electrostatic theory):在對於電解質(伊洪)之原形質透過性中,原形質之荷電亦有關係。原形質恆僅透過與其表面正反對之荷電之伊洪。即原形質在有陰荷電時僅通過陽伊洪(例:肌肉),在有陽荷電時僅透過陰伊洪(例:赤血球)。既如前述:原形質之荷電因以其 pH 值而變化,故對於伊洪之原形質透過性亦以原形質之 pH 值而不同。例如赤血球以 pH

八·〇——八·三(等電位點)作境界而為酸性(普通時際)則透過陰伊洪而不透過陽伊洪;在鹼性則與此相反,透過陽伊洪而不透過陰伊洪(Mond 1927)。

斯略爾特(Borla 1927)曾從由於水綿之葉綠體之伊洪之收縮以推定其透過性,則決定對於伊洪之原形質透過性之因子乃以伊洪之種類而不同。通常,伊洪之原子價即伊洪所有之游離電子數,雖任何伊洪,亦與其透過率有關係,惟在鹼及鹼土伊洪則以原子量,在重金屬伊洪則以對於伊洪之電子引力即溶解張力為重要。

(5)伊洪之膠質活動力決定原形質之透過性之說:此就原形質之物理化學的性質上看,亦為當然之事。變化伊洪透過率之順序及透過性之順序即為霍夫埋(Hofmeister)之伊洪序列。要之,原形質之透過性乃以原形質與透過物質之種種性質而決定者,非僅以一種性質而決定者。

原形質膜 對於原形質膜(Plasmamembrane, Plasmalemma)有三種相異之概念。

(1)為以顯微鏡或限外顯微鏡在原形質外層所能認出之無分散相之透明體,乃從來在黏

菌之原形體，原生動物等動植物細胞所注意者。此為純形態學的概念。非謂所有細胞，皆能在原形質之外方窺見此種薄膜者。

照最近之顯微解剖的研究：似已確定在原形質之外方有比諸內部其黏性、彈性及伸縮性為高，且為液體性質之薄膜之存在。恐係以膠質凝體而易易的變為膠溶體者。即在細胞核之周圍亦似有同種之膜（核膜）之存在。

(2) 為決定原形質透過性之半透性之薄膜，而與以純生理的概念在顯微鏡下所見之上述之原形質膜未必相同。即非為在顯微鏡下或限外顯微鏡下所見者。然支配原形質之透過性者，實為細胞表面之原形質膜，抑為液腔周圍之空胞膜 (Tonoplast)，尙是問題。且因如欲說明原形質之透過性，縱不必假定原形質之表面為半透性之被膜，亦可作為原形質全體之加水現象解釋，故此種原形質膜之存在，自非確也。但照最近之顯微解剖及顯微注射之實驗：因從細胞外決不滲入之物質，在原形質內部則為自由擴散者，故假定在原形質之表面而有特殊透過性之被膜，似亦合理。同樣之結論亦似可從原形質之電導率與內部所含之伊洪量之比較中構成焉。

(3) 原形質因以好水性膠質為基礎而含有種種表面活動性物質，故在其表面依此等物質之吸着而生出被膜，此乃從其物理化學的性質生出之當然的結論。此意味之原形質膜（純物理化學的概念）之存在，似無容疑。然所謂原形質膜究為在蛋白質之表面自然生出之表面膜又吸着膜 (Surface membrane, Haplogen-membrane) 抑為在兩種物質相接處生出之沈澱膜 (Precipitation membrane) 猶為疑問。

從細胞壓出原形質，或使原形質分離而生出新表面時，被膜在原形質之表而構成，此為夙知之事；又如空胞膜，乃在以人工於原形質內裝入色素及其他物質時所生出，亦為既知之事實。如此而生出於原形質表面之膜，照赫爾布蘭 (Heilbrunn 1928) 之說：為一種之沈澱膜乃依所謂表面沈澱反應 (Surface precipitation reaction) 而生出者，在原形質之內部或周圍以有 Ca 伊洪之存在為必要。此說已以海產動物之卵、玉葱、水綿、車軸藻等而證明矣。

原形質膜究係從何種物質生出乎？在以前，主被認為蛋白質，但在今日，則被認為類脂體。此亦有事實上的證明（例：Runnström 1928）

關於原形質膜之厚度，則無一定之學說。當然，在顯著的時際例如在黏菌之原形體，亦有爲八 μ 者，但多數則皆極薄。作爲顯微鏡所不能窺見之生理的概念之原形質膜之厚度，能從細胞之電導率、透過性等推定者據爲謂約自 0.4μ 至 0.8μ 。此自係依細胞而不同者。

原形質分離 原形質分離 (Plasmolysis) 一語，雖始創於多甫里斯 (De Vries 1877)

但其研究已從一八五四年開端。近頃，除將原形質之研究方法用諸種種之目的上以外（參照第〇頁）更就原形質分離之形狀，原形質分離之時間，原形質分離部等而爲研究焉。

原形質分離後之原形質形狀，乃以其表面之粘性與對於細胞膜之附着性而爲決定者。苟原形質之黏性低；對於細胞膜之附着性小，則原形質帶圓形；黏性高，附着性亦強，則具有突起之輪廓而原形質分離。爲凸形之原形質分離所需之時間亦以原形質之黏性高時爲長，黏性低時爲短。因此之故，可利用原形質分離之形狀及時間以推定原形質之黏性（參照第五四頁）

急激的行原形質分離時，尤其在細長之細胞，則原形質切成若干斷片而分離。此法被用於爲獲得無核之原形質片或裸之原形質上。

第六圖 帽狀原形質分離 (Höfer)



如以氯化鉀、硝酸鉀一類之一價伊洪而為原形質分離時，原形質膨潤而向已收縮之外方形成帽狀。此名帽狀原形質分離 (Kaspensplasmolyse, Höfer 1928) (第六圖)

原形質分離有易起於一個細胞之某部分而不起於其他部分情事 (Pohliver u. Hegethvar Plasmolyseort) 此被認為由於原形質之黏性、原形質與細胞膜間之附着力、細胞膜及原形質之透過性又細胞之吸水力皆有部分的差異。此乃依細胞本身之特性與外界之條件而發生者。就外界之條件而言，則為用於原形質分離之液在細胞中活動之方向，以及從細胞之一面或受機械的傷害等；以細胞本身而發生之例，則因氣孔之口邊細胞、毛細胞、內皮細胞、硅藻、接合藻、其他海藻而得悉焉。

原形質分離亦以滲透壓高的液體作用、機械的作用、特殊之藥物、光之作用等而發生（例：種藻類）。此謂之 Reizplasmolyse (Kuster 1929)

以濃厚的溶液而爲原形質分離時，或由原形質分離而細胞受傷害時，原形質膜雖失其半透性而原形質分離又復還元，但空胞膜仍保存半透性而空胞形成收細狀態。此謂之原形質分離之空胞膜期 (Tonoplastenstadium) 或空胞分離 (Tonoplastenplasmolyse, Vakuolenplasmolyse)。同樣之現象亦因 Erythrosin 與硝酸鉀或醋酸鉀 (從原形質除去 Ca 伊洪) 與尿素之作用而發生焉 (Strügger 1931, Webor 1932)。

無細胞膜之裸細胞，以高壓液之作用而體積減少之現象，謂之 Plasmorrhysse，乃以動物之細胞、黏菌之原形體等而得悉焉。

原形質分離雖復以細胞液腔之大的原形質分量小的細胞爲顯著，而在細胞之大部爲原形質所充滿的空胞小的細胞 (細菌、藍藻、植物之胚的細胞) 亦能發見類似之現象 (原形質收縮、不完全原形質分離)。此際

明非以滲透現象而水從細胞失去者，乃原形質膠質之脫水 (膨潤之反對)。即在普通之原形質分離上，嚴密云之，同樣之



第七圖 原形質舌 (Plasmarränge) (Kustor)

作用，亦有關係 (Walter 1923)。

將玉葱之表皮細胞以硝酸鉀 (n) 行原形質分離時，能在接於原形質液腔之部分窺見原形質之細長而不規則的多數突起，向液腔之內。此謂之原形質舌 (Plasmazunge, Kuster 1927) 在水綿亦可看出同樣之現象 (第七圖)。

有細胞膜之細胞滲透壓又膨潤壓以種種原因 (在僅將細胞入水時又以醇或醋酐之作用) 而急速增高時，原形質便破細胞膜而飛出。此乃以花粉管、花粉粒、管藻類、藻菌類、細菌、硅藻等而得悉者，謂之 Plasmoptvase。

將玉葱、加拿大藻等之細胞在中性紅之溶液中行生體染色時，有原形質分離不發生而僅空胞收縮者。此謂之空胞收縮 (Vacuolar contraction) 乃在細胞受傷害時，或以高溫度之作用而發生者，亦可視為自然的老衰現象。此乃原形質膜之透過性異常的高而原形質吸水以增加其體積者，其結果發生原形質黏性之低下情事，乃由原形質流動速度之增加、原形質分離時之形狀、布拉文運動等而得悉者。空胞收縮時而有在空胞內連帶發生液滴之形成，空胞之分裂者。

細胞之滲透壓 已成長之植物細胞可認為一種之滲透系 (Osmotic system) 被覆細胞外面之細胞膜，無論為水或在水中溶解之物質（水溶液之溶質）殆皆同樣透過，而接於細胞膜之原形質層乃為包圍填充細胞中央大部分之細胞液腔（空胞）之一個囊，水雖容易透過，溶質殆不透過（即有半透性 *Semipermeability*）。在細胞液中溶解之種種物質乃應其分散相（分子、分子之集合又伊洪¹）之數（濃度）自外吸水，原形質層之張力以所生之水壓 (*Hydrostatic Pressure*) 能將細胞膜壓向外方。水之吸收乃在與有彈性之細胞膜之壓力平均時停止。細胞失水時（將細胞放入比細胞液之滲透壓高之滲透壓溶液中時），細胞液便減去體積，被扯起之細胞膜遂收縮焉。若失水更多，則細胞膜雖不能再行收縮，惟原形質乃更收縮而其表面離開細胞膜（原形質分離）。細胞膜正失其張力時即原形質分離行將開始時 (*Grenzplasmolyse*) 之細胞液濃度（助力於滲透壓之物質者）(O_2) 等於外液之濃度（但以溶質不透過細胞內為度），對於在自然狀態中之細胞滲透壓相當之值 O_1 乃在 O_2 與細胞為水所飽和時（能儘量吸收水時）之值 O_0 之間。若在自然狀態而以細胞之體積為 V_1 以開始原形質分離時之細胞體積（此常

比 V_n 小) 爲 V_s 時, 可從

$$O_n = O_s \times \frac{V_s}{V_n}$$

式計算 O_n 。又將細胞液壓出於細胞外, 從其結冰點之降下 Δ 得悉細胞之滲透壓。 Δ 與滲透壓 P (氣壓) 之關係可用次式計算:

$$P = 12.03 \Delta \text{ (氣壓)}$$

下等生物細胞之滲透壓比較的小 (蔗糖溶液之濃度 (GM) 爲 0.01—0.4) 在高等植物之組織則比較的大 (例如在葉爲 0.5—0.9)。茲舉蔗糖溶液 (GM) 之滲透壓 (氣壓) 於左:

濃度	0.1	0.2	0.5	0.6	0.8
滲透壓	2.6	5.1	12.8	15.4	20.9

乾生植物細胞之滲透壓有時爲 100 氣壓以上 (最大 172 氣壓)。

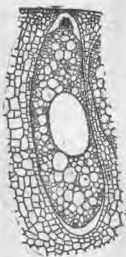
植物細胞之滲透壓與高等動物體液之滲透壓同由外界之條件而殆無變化其數值情事

(homotonic) 此乃由原形質之透過性而細胞之滲透壓遂得保持安定之故。

空胞及原形質之空胞化 原形質在其內部生空胞（液胞），乃從原形質發見當時所知之

原形質之一種特性 (Dujardin 1835) 而在植物之細胞，則空胞尤為極常見者。第八圖為植物原形質內空胞之顯著例。在植物細胞所見之空胞，在以前雖被認為與核或色素體同樣常依自體分

第八圖 銀樹類之一種 (*Ceratostoma mesoionna*) 之胚囊
中心細胞(受精前十四週)大小多數之空胞 (Chamberlain)



裂而增其數值，決無為從他部分所新成者

(De Vries 1825, Went 1838) 但在他

方，亦有認許空胞乃以外界之條件而易形成於原形質中者。例如種種之植物細胞，有孔蟲，赤血球等，皆為在水中而形成空胞於細胞內者，且被從細胞壓出於水中之原形質片，其中常亦形成空胞 (Pfeffer 1877)。

原形質亦能自然的在內部形成空胞，尤其為所謂空胞化 (Vacuolisation) 之病的現象，乃

爲夙昔所已注意者。

就原形質內生空胞之外界條件而言，則爲低壓及高壓液（因而成原形質分離之結果）、酸、鹼、種種伊洪、哥羅仿一類之麻醉劑、低溫度、電流、放射線、機械的作用等。

空胞不僅細胞質，在核質、染色體、仁等上亦可窺見。

第五章 細胞之構造

本章就做生物體構造要素之原形質即細胞而述其顯微鏡的構造。細胞之大小、形狀、內部之構造等，以生物種類與細胞種類而不同。

細胞之大小 最小的細胞為細菌。細菌乃一個細胞做一個生物體者即為單細胞生物，其大小通常長為三——四 μ （ μ 為一耗之千分之一），闊為 0.5 —— 1.5μ ；而在最小之細菌（*Pseudomonas oleae*）其大小僅 0.2μ ，乃在顯微鏡下勉可窺見者。就生物體而言，尚有比細菌小之生物，乃被稱為限外細菌（*Ultrafilarobes*）者，其存在為從生理的實驗上所得悉者，其大小例如在煙草之 Mosaic 病原體，則為 300μ 即 0.3μ 約等於血色素（Hemoglobin）分子之大小。

最大的細胞，在鳥類之卵例如駝鳥之卵者，其大小，為直徑七五〇〇〇 μ 然在一方

伸展之細長之細胞，則亦有更長者。例如：綿毛之細胞（第九圖）長為五〇耗，蕁麻之韌皮纖維細

胞長七七耗，真麻之纖維有長至二二〇耗者。至如動物之神

經細胞，突起之長，有達於數尺者。

造人肉體之細胞，大小不一，最大之細胞為卵細胞，直徑

有至二三〇 μ 者；最小之細胞約為六 μ 而平均約為一七 μ 。

此種大小之細胞為球形，其體積為二五〇〇立方 μ ，表面積

為九〇七平方 μ 。



第九圖
綿毛之細胞（原圖）
（ $\times 200$ ）

普通高等植物之幼小細胞（為胚的細胞而能分裂者）之大小約為五——二四 μ 。成長後之細胞（例如表皮細胞）約為一五——六六 μ ；更大者乃髓細胞，約為〇·一三——一耗（肉眼可見）。

細胞之大小為生物種類之一特徵。單子葉植物或裸子植物之細胞恆比雙子葉植物之細胞大；在動物則兩棲類之細胞比爬蟲類、鳥類、哺乳類之細胞大。

在生物個體大小與細胞大小之間，毫無何等關係。即大生物比諸小生物，細胞之特點並不在大，而實在多。例如象與銀鼠之體長之比為五〇對一，體積之比為一二五〇〇〇對一；然其神經細胞之大小，在長僅二對一，在體積僅八對一。細胞數之比為一五〇〇〇對一。但亦有可視為例外者，乃為在植物等之巨大型（Giant-Form）；例如蓮花、待宵草之巨大型，形體大而細胞亦大；此在染色體數上亦有差別焉。

細胞之大小雖為如上所述之相當小者，然苟比諸構成細胞分子之大小則稍大，在一細胞中所含之分子之數乃為極大者。例如據喀美倫（Cameron 1929）之說：一個赤血球中所含之種種物質分子之數如次（單位 10^6 ，即實數乃更超出此數之百萬倍者）：

水	九八〇〇〇〇
血色素	三〇〇
含氮質（類脂體）	三〇〇
膽汁精	二三〇
葡萄糖	二九五

尿素

二九五

鉀

六三〇〇

鎂

二八〇〇

氮

七〇

故吾儕作一物理化學系以考察細胞內種種之變化，自無不便之處。惟在細胞之內有更小之物質系（例：色素體、原形質膜）而在此等中所起之變化，物理化學之定律成立之確率亦小焉。

細胞之形狀本為球形。此乃作液體之原形質以其表面張力而採取之自然形狀。游離後之細胞（例如卵、游走子、花粉母細胞、細菌）往往為近於球形者。然在如變形蟲或白血球之無細胞膜之細胞，亦有自由變化而無一定之形狀者。又如細菌及精蟲，亦為有特殊形狀（例如螺旋狀）者。多數細胞密集而形成組織時，細胞堆積而成為多角形成其他之不規則的形狀。例如在近於高等植物成長點之組織，則各細胞往往為如十四面體之複雜的立體形。此立體之形狀乃為有最大體積，具最小面積，毫無間隙的多數細胞充滿時之平衡狀態。

有細胞膜之植物細胞之形狀乃以細胞膜之成長與構造而為決定者 (Lundegårdh 1922)。

因之植物細胞之形狀可分作如次之三類：

(1) 依細胞膜成長之形：

(a) 成長超於一切方向時，細胞乃成近圓形。例：貯藏器官（根、地下莖）之柔組織之細胞。
(b) 成長僅超於一方之方向時，細胞乃成細長形（例：普通柔組織之細胞、花粉管、根毛、乳

管）。

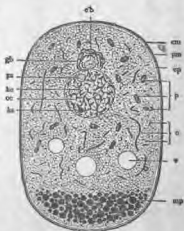
(c) 成長為特殊方向所限時，細胞乃成特殊形（例：海綿組織、星狀柔組織之細胞）。

(2) 依細胞膜之構造之形，例：表皮、內皮、木塞細胞、石細胞、厚角細胞等。

(3) 依細胞膜之成長與構造之形，例：毛之細胞、氣孔之口邊細胞、異細胞、導管等。

細胞之構造 構成細胞之要素大體如次（第十圖）。

(1) 細胞膜 (Cell wall, cell membrane) 為遮覆細胞最外方之膜，在動物之細胞，雖居少數，在植物細胞，則為普通，即多為碳水化合物（例：纖維素、膠素等）所構成者。此乃被認為屬於細胞之形成物（後形質）而非原形質其物，即非細胞其物。



第十圖 (Wilson)

細胞構造模式圖

- (1) 核 be, oc 染色質(核質), ks 染色粒(細胞核), ps 仁
 (2) 色素體 p
 (3) 細胞質 pm 原形質膜, ep Ectoplasm e Chondriom eb 中心體, gb 郭爾基氏體, v 空胞
 (4) 後形質 mp 含有物, cm 細胞膜

(2) 細胞質 (Cytoplasm) 乃接於細胞膜而為細胞基礎之物質，放諸顯微鏡下，可區別出一樣之基礎物質 (Hyaloplasm) 與其中之分散相。在此分散相中亦混有細胞形成物(後形質)，但稱其中近於較小之球形而屈折率高之粒子(滴)為小體 (Microsome) 稱屈折率低之球形、絲狀及其他不規則形者而經以特殊色素(例查那斯綠)施生體染色者為 Chondriom。其大者，有難與次述之色素體相區別者。在細胞質中恆有液胞(空胞)小者為球形，大者為不規則

形；在成長後之植物細胞，則液胞多數聚集而占細胞中心之主要部分者，謂之液腔 (Gap space) 其中之液體謂之細胞液 (Cell sap) (第十一圖) 空胞及液腔之內容皆為細胞之形成物，但在

第十一圖

蕨草維管之毛細胞(成長後之細胞)

(Strasburger) (×200)

核、細胞質(接膜層及原形質絲)、空胞、色素體、原形質流動之所見者



其他，亦有能在細胞質中見含有物(形成物)者；例如肝液素、蛋白質結晶又蛋白質粒、脂肪、其他之油滴、矽酸鈣結晶之類。在動物細胞所見之郭爾基氏體 (Golgi-apparatus) 據說即為一種空胞。

在細胞質內恆能見顆粒之流動(原形質流動) 或布拉文運動，此可利用於細胞質黏性之推定上。

(c) 色素體 (Chromatophore, Plastid)：此乃細胞質中之大的分散相，尤其為形成色素之原形質。形狀為球形或其他特殊之形狀，恆有葉綠素 (Chlorophyll) Carotin 等之色素。為限於植物細胞者。在色素體中亦有能見含有物(形成物)者；例如在色素之外，有澱粉粒、蛋白質結晶、油滴、Pyrenoid 等。

(4) 核 (Nucleus) 在細胞質中恆有比色素體稍大而近於球形之物質。在幼小的細胞則雖較大，但在成長後之細胞則比細胞之大為小。在核中可以窺見構造：最外方為核膜；中為粒狀、絲狀、網狀等之核質 (Karyotin)；其周圍之液體（核液 (Nuclear sap, Karyolymph)；特別光明之球形體 (仁 Nucleolus) 等。在核中亦有能見蛋白質結晶之含有物者。

上述之核、細胞質、色素體三者，乃所謂生活物質 (Living matter) 即屬於廣義之原形質，皆與細胞本身同樣乃依自體與同一母體之分裂而生出，決非從他種物質所新成者（關於色素體之形成在此點稍有議論。）對於此三者即原形質而在細胞中尚有異形質 (Alloplasm) 之物質，此乃原形質為營特殊機能而由原形質所形成者；例如在原生生物、游走子、精蟲之纖毛 (Cilium) 又鞭毛 (Flagellum)，作組織且作細胞間連絡之原形質連絡 (Plasmodesm)，在特殊生物細胞中暫時生出之生毛體 (Blepharoplast) 之類，而在原形質構造分化顯著之動物細胞中極為普通，時而有難與後形質區別者。此外，如既述之 Chondrion，核分裂時顯著之中心體，紡錘物質，皆為可列入異形質者也。

次就細胞構造之四要素而順次解說之。

第一節 核

核雖爲英人布拉文 (Robert Brown 1831) 在植物之表皮細胞所發見者，然在實際上在此以前已由雷汶胡克 (Laeuwenhoek) 或喀弗利尼 (Cavalini 1787) 在魚類細胞上發見矣。要而言之，此乃在原形質發見以前已惹起學者之注意者也。

一細胞中恆祇一核 (單核細胞)，時而有二個以上者 (多核細胞)。二核細胞之例，則爲如銹菌菌類之孢子世代，有纖毛之滴蟲類，某種之根足類，鞭毛蟲類，孢子蟲類等。在多核細胞則在一細胞中生有無數之核；此皆屬於下等植物 (菌類、藻類) 者。尤其爲多核之原形質塊，常比一個細胞爲稍大者 (多顯然應認爲多數細胞之合體者)，其名稱爲 *Syncoytium*, *Coenocyte*, *Plasmodium* (原形體) (參照第二章)。

在植物界曾注意細胞復爲單核者爲奈革利 (Nageli 1844)，惟彼同時亦曾舉出作例外而

正在分裂之細胞，花粉粒、花粉管、胚、胚乳、胚柄之細胞，裸子植物之前胚焉。在高等植物，在成長後之細胞，時而亦有多核者，然在胚的細胞，殆可謂無多核細胞。多核細胞之所以生出，例如（1）核之直接分裂；（2）核分裂無規則而染色體排列亂雜之結果，遂造成二個以上之核（分核）；（3）隨核分裂而細胞分裂不發生時等。

在細胞中有全不能見核者，即無核細胞；例如細菌、藍藻類、釀母菌、嗜乳類之赤血球。其中如爲赤血球時，則因最初有核，後乃消失，故在細胞中併核之物質（核酸）亦不能見；而在細菌或釀母菌，核雖不見，然核質（核酸）之存在乃爲顯微化學上所已確定者。即在原生動物中，亦有核質散布於一細胞中如粒狀者（散布核）。

核之形狀頗與細胞之形狀相關聯；細胞爲近於球狀時，核亦近於球形；細胞爲細長形時，核亦恆爲細長形。就細長之核之實例而言：在車軸藻偽根中之核有長至二八〇〇 μ 者（Linsbauer 1927）。植物氣孔之口邊細胞恆爲半月形之細胞，核亦有時爲半月形；此核之形狀乃隨氣孔之開閉運動而爲變化焉（Weber 1925, 1926）。

普通核之形狀雖爲球形或橢圓形，惟亦有不規則形者，即半月形、紡錘形、絲狀、細狀、變形蟲狀等。核在病的狀態成爲不規則的形狀，例如營養過多，種種毒物之作用等。

核之大小以生物及細胞之種類與細胞之老幼而有差異。核之大小乃與細胞之大小同樣，在各個生物，大體皆有一定者；因之由生物之種類而有較大者與較小者。例如單子葉植物尤爲百合科及石蒜科植物之核爲較大者（約 60μ ）；菌類之核爲較小者；雙子葉植物之核直徑多約五—六 μ ，亦爲較小者。

以細胞之種類而言；生殖細胞及分泌細胞之核，恆爲較大者。

細胞幼小時（胚的細胞）核乃較大，雖能隨成長而增大至某程度，然不能增大而如細胞之成長。故在成長後之細胞，核乃較小。此雖爲比諸細胞之大而爲小之意味，然時而亦有實際之大小與細胞之成長同時減小者。例如在高等植物之根或莖之細胞，核所以爲最大者乃在離成長點之某距離（例：在玉蜀黍根爲二·五耗，在豌豆莖爲二〇耗）之細胞所見者，在此以上（成長後）之細胞之核反小。通常核乃隨其生理作用之減退由大而小者。

核之大小更以外界之條件而變化；例如溫度愈高核愈小 (Hartmann 1919)。玉蜀黍核之大小與溫度之關係如次：

溫度 (°C)	核之大小 (μ)
11.5°	14.2
18.0°	12.7
26.0°	11.4
31.0°	10.9
35.5°	11.2
37.0°	11.4
41.0°	11.2
42.0°	10.5

核以在水中或伊洪之作用 (O.H. 伊洪) 而膨潤時，增其體積；反之，在脫水時（高溫度，伊洪之作用），則收縮之。

在高等植物之胚的細胞，核約為三——一六 μ (Strasburger 1898)。最大之核為在鐵樹類 (Dioon) 之卵者，直徑六〇〇 μ。

在核之大小與細胞大小之間，至少在胚的細胞（例外：形成層之細胞），則保持一定之比焉。此比名為核細胞質比 (Karyoplasmic ratio)。例如照斯特拉司波格 (E. Strasburger) 之說：在高等植物之胚的細胞，細胞與核之直徑之比為四對三或三對二。然核之大小又與染色體數

有關係，故以種種原因而染色體數起變化時，核之大小亦隨之而變化。染色體數增加時核亦加大，因之細胞之大小亦加大，此乃就龍葵、番茄、待宵草、香蕉、水綿、海膽之卵等而實驗所得之事實。然此種核細胞質比之數值，時而亦有非常變化者。例如照孔克林 (Conklin 1912) 之實驗：在動物之卵則約有七——三五·七或三·六——一二七·七之變化；此乃依據卵中卵黃之分量者。在魏斯坦 (Fr. v. Weistain 1924) 之蕈類實驗，則核細胞質比乃以外界之條件與品種特有之性質而有一·八八——三·一四之變化。

核之構造乃由核質分散狀態之變化而有種種之不同。核質在已生之核，則多如細微顆粒之集合，或於顯微鏡下視如完全同樣者（間亦有顯明之絲狀或網狀之構造）。前者為富於核質之核，乃在染色體之大者；後者為核質缺乏而在染色體之小者。前者之顆粒集合，熟審視之，實為細彎之絲 (Chromonema) 之集合 (Telezynski 1930, Kuwada 1932 等) 將此種構造之核固定時，便以固定液之酸性度 (pH) 而現出種種之構造（固定像）即在大體上：酸性強時 (pH 7.0 以下)，核質顯然表示網狀構造；酸性稍強時 (pH 12-14) 表示混交沈澱之絲狀構造（時

而爲多少網狀；酸性更弱時 (pH 6.89) 核質乃爲同一之沈澱狀所固定焉。嚴密云之，此核之固定係除 Ca^{++} 外，醋酸之分量亦與有關係；又材料之差異（此恐爲細胞內 Ca^{++} 值之差）亦大有影響。故普通固定後之核之網狀構造即所謂核網 (Reticulum) 者，明非自然的構造也。

核質缺乏之核，縱然固定，亦決無表示核網情事，多爲同一之沈澱狀而時時現出不規則的核質之小塊（即細胞核 Karyosome）；顯示前染色體之核，即爲此種核。

次於核質而在核中最顯著者乃爲仁（小核）。此恆爲光明的球體而有一個乃至數個。狀態特殊，或爲變形蟲狀，或爲變形蟲運動，或能在中間見布拉文運動，故被認爲液體；而因在細胞中活動遠心力時，核往往飛出於核外，故被認爲甚重之液體。在仁之內部，時而有空胞者。乃不含核酸，主爲由蛋白質構成者。

關於仁之機能，有如次之五種學說：

- (1) 仁爲染色體物質在休止核時之貯藏所之說。
- (2) 仁爲核之養分（貯藏物質）之貯藏所之說。

(3) 仁爲核之新陳代謝結果所生之副產物即核之分泌物之說。

(4) 仁供給種種物質(例:紡錘物質、卵黃、酵素母體等)於細胞質。

(5) 仁爲酵素貯藏所之說。

核在活生時雖難以色素染色,然爲固定後之材料時,則極易以色素染色;而在以鹽基性苯胺色素(例:番紅花染料 Methyl 綠, Methylene 青)鐵及明礬爲媒染劑之青木(例:哈頓罕 Ha. denham 氏鐵青木、德拉斐爾德 DeLaField 氏青木)、柏赫爾(Becher)氏媒染色素等,尤易染色。固定後之核之染色性之大小雖在大酸上表示其核酸之含量,然用醇、醋酸而固定後之核之染色乃最鮮明而最純粹者。

據新家及重永兩氏最近之研究:核質及染色體含有核酸、類脂體及蛋白質。

核質可在熱水中溶解,而在 80° — 90° 度之熱水中更易溶解(Milovidov 1933)。此溶解度並以植物及細胞之種類、核分裂之各時期而有非常之差異。核質及染色體乃以鹼、鹽類(硝酸銀、硫酸銅、硫酸鉀及鈉、溴化鉀、碘化鉀等)、類脂體溶媒(醚、Amyl alcohol)、發煙鹽酸、鉻酸

等之一定濃度之溶液而溶解。仁在熱水及上述之物質，則不溶解，唯在百布聖鹽酸、薄鹽酸、硼砂等之溶液而溶解。因之核質與仁，在其物質上非常不同，可想而知。

核具有如何之機能，今日尙未確切明瞭。伯爾拿 (Claude Bernard) 曾謂核乃對細胞之合作用 (Synthetic metabolism) 所必要者，後之學者曾以種種材料試證其說，其方法爲切斷細胞，造含原形質之核之部分與無核部分而比較之。對此目的，可爲原形質分離而將原形質分作二個以上之破片，或使遠心力活動，或將細胞放冷，或以麻醉劑之作用使起核分裂之異常，或直接以小刀切斷細胞而分作有核部分與無核部分，將二者加以比較。在藻類或蘚苔類等之實驗，則在有核之原形質片能於其表面形成細胞膜，於色素體內亦生出澱粉粒，而在無核之原形質片，則不能形成細胞膜，亦不能生出澱粉粒 (*Oedogonium*, *Fumarina*)。在加拿大藻或天竺葵，則在無核之原形質中，可窺見無澱粉之消費，色素體亦不分裂情事。試將如變形蟲或喇叭蟲者分作有核部分與無核部分之二種：無核部分雖亦有運動、呼吸及感覺刺激之力，然不發生成長、再生及分裂。照克勒普斯 (Klebs 1888) 之說，核關聯於種種生理作用之範圍乃以生物之高等、下等之程度

(即原形質分化之程度而有差；在下等者，則種種之生理作用能無核而運用；在高等者，則從細胞將核取去後之影響頗大。

核乃在細胞之最深處而在氧缺乏之狀態，因之有認其為氧化作用最大所在之學者。然在最近之原形質氧化還元電位測定之結果，則在核與細胞之間不能窺見 μ 值之差。

核被認為司細胞遺傳現象之器官，此在後章詳說。

第二節 細胞質

原形質 (Protoplasm) 一語原被用諸細胞質 (Cytoplasm) 之意義上者。縱在今日，仍有稱細胞質為原形質者。前章所述之原形質一般的性質，主為關於細胞質者。實際上，細胞質乃占細胞之生活物質中之主要位置，亦即細胞之基礎物質，故任何細胞皆有細胞質。

以顯微鏡窺細胞質，可區別出連續相與分散相焉。連續相乃被稱為透明質 (Hyaloplasm) 或核液 (Enchyloma) 之一樣的細胞質之部分。細胞最外方之所謂原形質膜之部分，接於空胞

之部分（空胞膜）恆為透明質所構成者。此部分在限外顯微鏡下亦可同樣見之。分散相通稱小體（*Microsome*），有特呼含小體之細胞質部分為 *Polioplasm* 以與透明質相區別者。在細胞質之分散相中，有能於 *Microsome* 之外，見 *Chondriom* 及空胞等形成物者。

在細胞質中使種種藥品（固定液）起作用時，於顯微鏡下亦可窺見種種之變化。所謂固定液者，乃含酸、重金屬鹽、類脂體溶媒等之液體，皆能使原形質（蛋白質）為不可逆的凝固者；而在細胞質中使固定液起作用時，細胞質不立即為原樣的不可逆的凝固，先在細胞質內發生種種變化。此作用為沈澱、膨潤、溶解、滴狀分離（*Entmischung*）滲出、空胞化等，而在顯微鏡下，則發生（1）在透明質中新分散相之形成（沈澱）、（2）既存之 *Microsome* 之消失（溶解）、變形（脫水、膨潤）、適合（帶分散率之低下、脫水、脫電）、（3）*Chondriom* 及色素體之消失（溶解）與變形（膨潤）等。其結果，在已固定之細胞質中能窺見與活生時完全相異之如次之三種構造要素：（1）細的沈澱樣之部分，此乃散布如網狀、雲狀等者；（2）視如空胞或全無任何隙間之部分；（3）生出絲狀、膜狀、囊狀等模樣之構造，此乃細胞質與其他細胞構造要素之接觸面，以及與在細胞質外層

所見之原形質膜、核膜、色素體膜、染色體、在紡錘物質外層之膜爲同樣者，即筆者所稱之薄膜構造 (Membrane structure)。此等構造，即在核中亦可區別至某種程度焉。此三種構造乃各以細胞之種類及固定液之種類與濃度，固定時之條件等而生出分量上之差別。例如在幼小之細胞，則(1)之要素多；在成長後之細胞，則(2)多；在色素體不顯著之細胞，則(3)少。固定液濃厚時，因對於蛋白質之沈澱力大，故(1)之要素豐富；稀薄時，沈澱力弱，同時從細胞滲出之物質亦多。(2)(3)遂顯然現出。因之在固定組織時之外方之細胞中(1)多；在內部之細胞，則(3)爲顯著。此乃在外方細胞，固定液之濃度高，在內部細胞，固定液稀薄之故。在用於固定液之物質中福爾麻林、昇



第十二圖
在睡蓮花之葯壁
細胞中之Chondriom (Meves)

汞、苦味酸、鉍酸、重鉻酸鉀等，固定時，(1)(2)多；在薄的醋酸、三氯醋酸等，則(3)顯然現出。溫度高至某程度時（在根之細胞至三五·六度爲止）細胞之滲出作用顯著，(3)亦顯然現出。

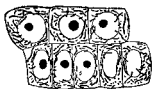
Chondriom最初之發見雖爲一八六五年 (La Valette

et George)，然在植物則以梅維斯 (Meves 1904) 在睡蓮之葯壁細胞所見者爲最初 (第十一圖)。

因學者而有種種之名稱。其形狀亦有種種，而以粒狀、短棒狀、絲狀、紐狀等為普通。

Chondriom 之大小粒狀者之最大直徑約為 1.7μ ；桿狀者以長約 $1-4\mu$ 為普通，亦有長約 $1-6\mu$ 者。照科德利 (Cowdry 1924) 之說：Chondriom 乃有以哲那斯綠 (Janus Green B) 之色素而為生體染色之特性。

Chondriom 之物質為蛋白質與類脂體。在醇及稀薄之鹼（例如 2% 苛性鉀）而溶解，在酸則不溶解。在醋酸及氨水則膨脹而變形又溶解。固定 Chondriom 之物質為硫酸（ 3% ）、硝酸



第十三圖
扁豆根細胞內之 Chondriom
(Guilliermond)

（ 3% ）、三氯醋酸（ $2-3\%$ ）、碘及碘鉀、鉻酸、福爾麻林（ 2% ）、鉀酸、重鉻酸鉀等。在染色上常用者為鐵青木、酸朱紅（第十三圖）。Chondriom 不含核酸，核質出於細胞質之學說，乃為謬誤之見 (Milovidov 1932, 1933)。

Chondriom 從來被認為一個獨立之細胞器官，依自體之分裂而增加其數，有特殊之機能者。例如：

(1) Chondrion 變化到種種細胞之構造（例如肌肉纖維、神經纖維等）上。

(2) 分泌種種物質例如類脂體、酵素母體 (Zymogen)。

(3) Chondrion 因有類脂體情事，故司細胞之氧化作用。

(4) Chondrion 爲酵素形成之中心。

(5) Chondrion 爲細胞質中之遺傳物質之擔荷體。

反之，亦有謂 Chondrion 不過爲原形質之形成物者，例如從蛋白質溶液中類脂體游離 (Entmischung) 時之特殊形狀即所謂 Myeliniform 者 (Löschkin 1913)。此外，尚有 Chondrion 爲細胞之貯藏物質，或爲白色體以固定液之作用而變形者，或爲核質向細胞質內所放出者，或爲在細胞內共生之細菌等說。

在植物學者中，有認 Chondrion 爲色素體之母體，而色素體乃 Chondrion 之成長而生出者；更有謂 Chondrion 與色素體之母體雖非常類似然爲完全兩樣者。

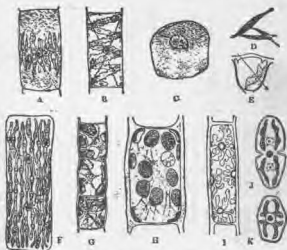
第三節 色素體

色素體除黏菌、細菌、藍藻類、菌類，乃植物細胞所特有者，爲有色素又能形成色素之有形原形質。色素體在席姆帕 (Schimper 1888) 以來，被分爲如次之三種：

(1) 白色體 (Leucoplast, Amyloplast) 無色素；因以無色物而形成顯著之澱粉粒，故名澱粉形成體。

(2) 葉綠體 (Chloroplast, Autoplast) 爲含有葉綠素 (Chlorophyll) 之綠色色素之色素體。葉綠素之外，有褐色色素者名爲褐色體 (Phaeoplast)，在褐藻類、硅藻類、雙鞭毛藻類之細胞中。又葉綠素以外有紅色色素者名爲紅色體 (Rhodoplast)，在紅藻類或紅色鞭毛藻類等之細胞中 (第十四圖)。

(3) 雜色體又有色體 (Chromoplast) 爲有葉綠素以外之色素之色素體，恆爲含 Carotin, 葉黃素 (Xanthophyll) 之黃色又赤橙色者。



第十四圖

色素體種種之例(Sharp)

A 綠藻之一種 (*Draparnaldia*), B 水蘊(螺旋狀), C 角
 苔(鈴鐘狀), D 天南星(有色體), E 地柏(葉綠體在矢頭
 所指之方面取直角之位置), F 綠藻之一種(*Oedogonium*),
 有 Pyrenoid, G 菹藻之一種 (*Leptonema*) (褐色體), H
 菹藻之一種 (*Pylayella*) (褐色體), I 紅藻之一種 (*Rho-
 dochorton*) (紅色體), J, K 接合藻之一種 (*Equisetum*)

以上三種色素體為互有關係者，恆有此一種類變為他一種類者。例如：白色體、有色體受日光時則成葉綠體（例：玉蔥之葉、胡蘿蔔之根）；青的果實成熟時，葉綠體成有色體。葉綠體苟失葉綠素則成白色體。

以類似色素體而其性質多少不明者，乃有在某單子葉植物，苔類之葉之脂油形成體 (Elaioplast, Oleoplast, Lipoplast, Walker 1888) 在藻類之游走子等之眼點 (Stigma) 花青素形成體 (Anthocyanophore, Lippmaa 1926) 等。

關於色素體之構成，則有如次之四種學說：

- (1) 色素體為似藍藻類之一個細胞乃與無色素體之細胞相共生 (Symbiosis) 者焉。
 - (2) 色素體乃由核生出。
 - (3) 色素體乃由 Chondriom 又類似之母體生出。
 - (4) 色素體乃依色素體之分裂而生出。
- (1)(2) 學說，殆無學術的根據。(3)(4) 學說乃為多數學者由事實上之根據所主張者。

色素體之分裂在如藻類之於一個細胞中有一定數之色素體者，則能確實證明，此乃唯一之色素體增殖法（例：星綠藻、水綿、角苔）。縱係高等植物，在黑藻之葉，則照清原氏（一九二六）所觀察：乃夜半分裂而增殖者。然在他種時際，色素體固明爲由 *Chondrion* 或與其相似之母體成長而生出者（例：*Cabomba*、槭、甘藍）。

在色素體之含有物（形成物）中有色素、澱粉粒、蛋白質結晶、油滴（*Leucosome*, *Pyrenoid*）等。

色素體所有色素之主要者，爲葉綠素、藻褐素、藻紅素、藻青素、*Carotin*、葉黃素等。葉綠素（*Chlorophyll*）雖爲一八一九年頃所發見者（*Carvontou & Pelletier*），但其研究乃在百年以後而主爲威爾斯忒忒（*Willstätter* 1912）所完成者。

葉綠素中有 A 與 B；其化學式爲 $C_{55}H_{72}O_6N_4Mg$ 及 $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ 。葉綠素之含量雖以植物之種類而不同，但大致爲葉之乾燥物質之 0.5—1.0%。A 與 B 含量之比，在陸生植物則爲三一對一一（約三對一）；在褐藻則爲一六對一；在綠藻則爲三一對二二。在植物體內雖共

爲非品性，僅在醇溶液中則能結晶。A 在透過光線爲綠青色，在反射光線爲血赤色；B 在透過光線爲黃綠色，在反射光線爲赤褐色；皆放螢光。

葉綠素爲一種之酯即酸（此際爲三碳酸）與醇（此際爲甲醇及（Phytyl alcohol）之化合物。葉綠素之構造如此式；



兩者其爲甲醇（ CH_3OH ）與 Phytyl alcohol（ $C_{20}H_{39}OH$ ）之酯。

葉綠素與動物血色素（Hemoglobin）有類似之構造，乃爲有興味之事實。即初用酸次用鹼以處理葉綠素時，則生出 Phylloporphyrin。此與同樣處理血色素所生之 Hematoporphrin 顯示同一之影像及構造，生出同一之分解物（Hemopyrrol）。

在紅藻類中之藻紅素 (Phycocerythrin) 及在紅藻類、藍藻類中之藻青素 (Phycocyan) 皆爲蛋白質，乃分子最大的 (100000—200000) 化合物；皆能溶解於水而結晶焉。

在褐藻類中之藻褐素 (Fucoxanthin, $C_{46}H_{64}O_6$) 爲一種之 Lipochrome 而有與葉綠素同樣之可溶性；爲鹽基性之赤褐色之色素。

Carotin, ($C_{40}H_{56}$) 及葉黃素 (Xanthophyll, $C_{40}H_{56}O_2$) 皆爲 Lipochrome 而隨葉綠素合於葉綠體中，又爲有色體之色素。Carotin 恆作菱形之結晶，爲赤色之色素，在水及醇中殆不能溶解而極易在哥羅仿中溶解。葉黃素恆不結晶，乃黃色之色素，不溶解於水而極易溶解於醇、醚、哥羅仿中。因皆易與氧結合，故在細胞內可有將氧從一個物質向另一物質媒介之職務。

關於澱粉粒及蛋白質之結晶，於後述之。

色素體所含之油滴，被認爲碳同化作用之副產物 (Meyer 1917, 1920)。此爲一種之醯，乃在羊齒類、蘇苔類以外之植物所見者。

Leucosome 爲白色體中之蛋白質粒（第十五圖。）



第十五圖

白色體 (Meyer)

- A 鴨跖草葉表皮細胞之核周圍所聚集之白色體(中有 Leucosome)
 B 越蘭之莖塊莖表皮細胞內之核周圍所聚集之白色體(有大的蛋白質結晶)

Pyrenoid 乃在綠藻類、接合藻類、硅藻、紅藻及角苔之葉綠體所見之蛋白質性粒子，亦名澱粉核或核樣體；澱粉粒常在其周圍生出（第十四圖。）

次解說三種色素體。

白色體乃在種種植物之地下部即根、地下莖、乳管、葉之表皮細胞等中（第十五圖。）易由指葉而變形，表示蛋白質之反應。雖爲粒狀，但內部含蛋白質結晶時，則爲結晶而變形。

葉綠體限於植物綠色部分之細胞；在一個細胞中有一個（例：角苔、地柏）或二個（例：星綠藻）或數個乃至數十個（第十四圖。）

葉綠體之形狀，在高等植物則爲橢圓或透鏡形（凸透鏡形）；在下等植物則以板形、圓板形、

網狀、環狀、螺旋狀、星形等爲其特徵（第十六圖）。在大多數之高等植物，直徑爲四——六 μ 。葉綠



第十六圖
黑藻葉細胞中之葉綠體
(原圖)($\times 775$)

體之大小有與細胞之大小相關者（蕁類）。其構造，外方有薄膜，內部有空胞。基礎物質爲蛋白質，葉綠素爲其中之膠質溶液。葉綠體在細胞活生時，有經硝酸銀液而發黑之性質。

在葉綠體中有澱粉、油滴、蛋白質結晶等。

有色體恆存在於植物體之黃或紅色部分。例如胡蘿蔔根，番茄（果實），瓜類，向日葵之花瓣，金蓮花之萼片等。

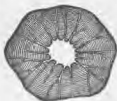
形狀：初雖爲粒狀，但內中生色素（Carotin）之結晶時，則起種種變化。即在有色體中亦生出澱粉、蛋白質結晶、油滴等。

第四節 細胞膜

細胞膜乃在植物細胞上顯著之物質，雖爲細胞形成物。然實爲植物細胞之一重要的特點，而

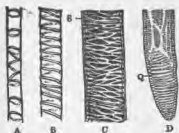
植物組織學、植物解剖學之主要研究之對象即細胞膜。

細胞膜恆在細胞分裂時分泌於分裂面所新成之新原形質膜之表面。此乃後為所謂中葉 (Middle lamellae) 的部分者，乃結合各個細胞而為組織者也。在此表面 (向細胞中心之表面) 更附加上第二次第三次之肥厚層。此成長乃所謂肥厚成長 (細胞膜厚薄之成長)，而因薄層係週期的逐次生出，故全體形成對細胞表面平行之層狀構造。此為特厚之細胞膜 (第十七圖) 時



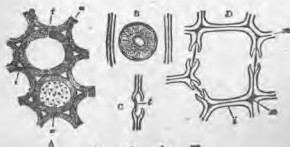
第十七圖
胡桃皮中之石細胞，細
胞膜之薄層與膜孔
(Rothert)

而亦有細胞膜之肥厚成長，非起於向細胞中心之方向 (Centripetal) 而起於向細胞外面之方向 (Centrifugal) 者。此對於求心的成長而名遠心的成長，乃限於在細胞之表面或其一部 (為其成長所發生之方面) 所游離者 (例：花粉、孢子、表皮細胞)。對於此等之肥厚成長而稱增加細胞膜全表面之成長為表面成長。細胞膜之肥厚成長及表面成長雖亦有在細胞全體同程度，同樣發生者，但在依部分而異其程度時，乃生出特殊形狀及構造之細胞膜。細胞膜之表面成長因部分



第十八圖
假導管及導管細胞膜之模樣
A 環紋 B 螺旋紋 C 網狀
D 階紋 (Strasburger)

而有異時，細胞之形狀遂無規則（例：表皮細胞，海綿組織之細胞）或在一方生長長的細胞（例：乳細胞，毛細胞）又肥厚成長在部分上發生時則在細胞膜中生有模樣或雕刻（凹凸）其顯著者為導管、假導管等模樣、模孔等（第十八圖、第十九圖）

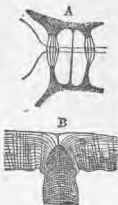


第十九圖
膜孔 (Strasburger)

A *Clematis vitalba* 莖之髓之橫斷面，乃單細胞膜孔；為其縱斷面 *w* 表面觀，*m* 細胞膜之中葉，B, C, D, 松之木質部之假導管，乃有緣膜孔，B 莖之透心層斷面，疏孔之表面觀，C 莖之切線縱斷面，D 同橫斷面，皆為膜孔作橫斷面而表現，*m* 細胞膜之中葉，*i* 同胞厚層，*t* torus

第二十圖 植物細胞之原形質連絡(Haberlandt)

- A 寓木葉之柔荑組織之細胞
B 玉蜀黍種子糊粉層之細胞



第二十一圖
動物細胞原形質連絡之
例(鮫魚之硬層上皮細胞
(Flemming))

在導管、假導管之模樣中，有環紋、螺旋紋、階紋、網狀等；在膜孔中有單純膜孔與有緣膜孔之區別。

在已做組織的結合之細胞之細胞膜中有極細的管（此名坦格爾管 Tangl's canal），通此而有原形質之細絲，乃被認為連絡比鄰同伴之細胞，傳達養分及刺激者。此連絡名為原形質連絡 (Plasmodesm)（第二十圖）。其顯著者，能在胚乳組織及篩管上見之。在動物之細胞中雖無細胞膜，然可窺見原形質連絡（第二十一圖）。試就普通之植物組織而觀之：先用氫酸或碘化鉀液固定，以濃硫酸膨潤細胞膜之後，以不染細胞膜極易染原形質之色素例如 Pyoktanin 青、Methyl 紫、龍

油青等染之。

細胞膜之物理的性質（例如彈性、熱及電氣傳導率、熱之膨脹率等）乃以其方向而不同，又因有爲重屈折之性質，故其分子之排列規則嚴正，即有結晶之構造。此亦能爲最近之X光攝影之研究所證明者。又，構成細胞膜物質之分子（例如纖維素分子）恆多數相集而爲分子之集合即 Micell。此 Micell 恆顯示一方長的纖維之構造。Micell 與 Micell 間之間隙乃爲水及非晶性之物質（例：木質果蔬熟膠質（Pectic）等）所充滿焉。

造細胞膜之物質即細胞膜質，乃以生物種類與細胞或細胞膜之部分而有差異。植物細胞之主要者爲纖維素、果蔬熟膠質、幾丁質（Chitine）、加羅斯（Callose）、木質、木塞質、表皮質、樹膠質、黏液質等；最初之四種乃造幼小之細胞膜，其他爲以後生於細胞膜之物質。此外，在細胞膜中有含礦物質（矽酸、石灰）、蛋白質、類脂體者。

纖維素（Cellulose）爲代表的植物細胞膜質，乃高等植物柔膜組織之細胞膜之主成分也。在下等植物，則存在於黏菌之孢子、某種藍藻類、雙鞭毛藻類、綠藻類、紅藻類、褐藻類、車軸藻類、卵菌

類、地衣類、蕈苔類等；大多數帶有果蔬熟膠質。

以如 $(C_6H_{10}O_5)_2 \cdot H_2O$ 之化合物（多糖體）而在稀薄之酸則不為如水分解，以濃厚的酸而僅生出葡萄糖。以氧化銅、氮化銻與醋酸、濃硫酸、鉻酸而溶解；以碘液染為褐色，或以碘液與硫酸又氧化銻與碘液染為堇色。

半纖維素 (Hemicellulose) 為以稀薄之酸加水分解而生出葡萄糖以外之砂糖之多糖體，乃種子之胚乳、纖維細胞等中之細胞膜質或貯藏物質。

果蔬熟膠質 (Pectic substances) 雖有不少種類，然為果蔬熟膠酸之 Ca, Mg 鹽與 Arabin 之化合物；而果蔬熟膠酸乃為 Galacturonic acid $(C_6H_7O_7)$, Arabinose, Galactose, 醋酸及甲醇之化合物。

幼嫩的細胞膜尤其為做中藥之物質，在下等植物則存在於藍藻類、硅藻類、綠藻類、蕈苔類等。以稀薄之酸煮之，則在鹼而溶解；在碘液或氯化銻碘而成褐色。可用釘赤、番紅花染料等之鹽基性色素而染色。

加羅斯(Callose) 乃以細胞石、花粉及花粉母細胞、菌類、管藻類等而得悉者，雖為類似纖維素之組成之物質，然易在鹼溶解，尤易以靛油青、珊瑚色而染色。

木質 (Lignin) 為木質細胞膜（羊齒類以上之植物）之纖維素中吸着或浸潤之高級石炭酸類而非單一之物質。有木質細胞膜之主要者為導管、假導管、內皮細胞、纖維細胞、石細胞、異細胞 (Idioblast) 時而為髓及毛之細胞。木化細胞膜有消失木質而成纖維素之細胞膜者。

木質為伸縮性，對水之膨潤性少，對水之附着力，對酵素之抵抗力大，細胞之內容死滅後，永作植物體之骨格物質而存在焉。

在氧化銅氮而不溶解，在濃硫酸、鉻酸而溶解。可以 Phloroglucine 與濃鹽酸染作堇色；以硫酸苯胺或氯化苯胺染作黃色；以花紺青染作青色。

木塞質 (Suberin) 及表皮質 (Cutin) 皆為高級氧化脂肪酸之重合體，不能透水及空氣。木塞質乃造木塞層之細胞膜，表皮質乃為在植物體或細胞表面之上皮 (Cuticle)。

在濃硫酸及濃鉻酸中不溶解；以染脂肪之色素（例 Cyanin 紫草、Sudan III 而極易染色。

樹膠質及黏液質 皆為細胞膜質又為細胞含有物。樹膠在植物體受外傷時所形成者謂之傷害樹膠。依植物之種類而有阿拉伯樹膠、達拉侃為樹膠、刺槐樹膠、櫻樹膠、桃樹膠等名稱。為有砂糖之有機酸鹽類。樹膠有溶解於水者與不溶解於水者；皆多顯示纖維素或果蔬熟膠質之反應者。黏液質之例，存在於石南科植物葉之表皮，車前、亞麻等之種被，紫茉莉、寓木之果實，水生植物（例：蓴）之葉柄及幼小部分，荳科植物之胚乳，花之藥之內部，根之細胞間隙等中。

幾丁質 為高等菌類之細胞膜乃含氮多糖體。 $(C_5H_7NO_2)_n$ 苟加水分解則生出 $C_2H_5NO_2$ -amine 與醋酸。就幾丁之反應而言，則用下列之反應 (van Wisselingh 1898) 此乃在六〇%之苛性鉀中放置二〇分間一六〇度之後再用醇與水洗滌，施以〇·五%之碘化鉀與一%之硫酸便成堇色之反應也。

此外，在特殊植物則在細胞膜中含矽酸或石灰。例如：在硅藻、木賊類、水韭之孢子、禾本科、茜草科、棕櫚科植物等中含矽酸；在石灰藻、虎耳草、羊齒類、細胞石（鐘乳體）等中含石灰（碳酸鈣）。

第六章 植物細胞含有物

細胞之含有物爲原形質之形成物即後形質，但以顯微鏡窺細胞時，恆有變成爲細胞之特徵之顯著者，乃植物細胞組織學上之重要事。

在作原形質之形成物而含於細胞之物質中，有作貯藏物質而爲將來營生活作用之活動力之根源者與作生活作用之副產物，形成於細胞內而對細胞本身無何等用途者（分泌物質又排泄物質）如碳酸氫化物（澱粉、動物性澱粉、砂糖等）、蛋白質、脂肪一類，恆爲貯藏物質；如某種之脂肪、礦物質結晶一類，則爲分泌物質。此等原形質之形成物乃各能在細胞質、核又色素體中現出者。例如動物性澱粉、蛋白質、脂肪、油滴等在細胞質內形成；蛋白質結晶恆在核中形成；澱粉粒、蛋白質結晶、油滴、色素等在色素體內形成。時而亦有在細胞液或空胞中形成者，例如動物性澱粉。Tan-



第二十二圖

各種植物之貯藏澱粉粒 (Tschirch)

A 馬鈴薯, B 古倫供澱粉, C 葛粉或藕粉 D 豌豆, E, G 玉蜀黍, F 燕麥, H. 花麒麟, I 蠶豆, J 米, K 小麥

澱粉粒 澱粉粒為細胞含有物中之最顯著者。在菌類、藍藻類、硅藻及褐藻類以外之植物細胞，大抵形成於色素體中。據姬耶爾蒙 (Guilliermond 1912-1) 之說：在多種植物之根細胞，澱粉粒形成於 Chloroplast 中。在葉綠體所生之澱粉粒乃碳同化作用之結果所生之同化澱粉，雖恆為極小的粒子，然被送諸貯藏器官而在白色體內所生之澱粉乃所謂貯藏澱粉，粒子較大，在植物中形成特有之形狀（第二十二圖）。貯藏澱粉中之顯著者為種子中之澱粉粒，而以澱粉種子為尤顯著。此外，在塊莖、根莖、根鱗莖、乳管等亦含有焉。在貯藏器管中之澱粉含量為二五乃至八五%。

澱粉粒之形狀千差萬別，殆可謂固植物之種類而不同。例如球形（豌豆）、橢圓又卵形（馬鈴薯）、三角形（蠶金

等。香、水仙、) 多角形 (玉蜀黍、山慈姑、) 圓板形 (小麥、) 紡錘形 (燕麥、) 棒狀又骨狀 (花麒麟、)

澱粉粒之大小：小者二 μ (菠薐菜、) 大者在一〇〇 μ 以上。例如次 (單位 μ)

檉	三——二五
粟	六——三〇
馬鈴薯	二——一〇
馬蹄	一八——一三〇
葛粉或藕粉	五——七五
山芋	一〇——八〇
天南星	三——二一
甘藷	三——五五
香蕉	四——一〇〇

在澱粉粒中有單粒與複粒：單粒乃一個粒子在散處者，即每單獨的一個在白色體內形成者；複粒為在同一白色體內生出二個以上之粒子互相附着者，更有所謂半複粒者，此乃初為複粒，後

向複粒之外方生出共通之澱粉層者也。複粒在禾木科、石竹科、藜科等居多，造各複粒之部分粒數



第二十三圖 (Meyer)

1至7 馬鈴薯之澱粉粒, 8 *Smilax* (菝葜之類) 塊莖之澱粉粒, 9 *Arum* (天南星之類) 塊莖之澱粉粒
1至5 草粒, 6, 7 半複粒, 8, 9 複粒, A 形成之中心(繪)

亦有自二個至三萬個者(第二十三圖)。

澱粉粒中恆有對表面為平行之層狀構造者(第二十三圖)；此乃澱粉粒之形成之發生為週期者，而因部分異其含水量之故。苟形成之中心(在水最多之處常幽暗不明)在白色體之中心，則層殆如同心圓然；形成之中心與白色體之中心不一致時，則顯示偏心的構造(例馬鈴薯、鵝蘭)。

澱粉粒恆含四〇——五〇%之水分，

而因具有屈折光線之強力(屈折率近於揮發油之屈折率為一·四七五——一·五三五)故能在顯微鏡下明白窺見。比重因有一·四——一·五，故能以重力在細胞內運動而沈於細胞之

下面（參照第四章「原形質之黏性」項。）

澱粉粒作重屈折之構造乃爲結晶。

澱粉粒之主成分爲碳水化合物（多糖體）之一種，等於澱粉 $(C_6H_{10}O_5)_n$ ($n > 4$) 之化合物；此外，尚有水（結晶水）、無機伊洪（矽酸、磷酸）。

澱粉粒能在五〇乃至九〇度溫度之水中或含水格魯拉爾液而膨潤而生糊；縱在鹼、酸、濃厚之中性鹽溶液中亦能吸水而膨潤焉。可以碘液（碘化鉀、碘酒）染作藍色。此種碘反應爲澱粉特有之反應。因澱粉粒，則有碘液不能染青而染爲赤者。在赤澱粉，能由澱粉粒中 Amylodextrin 之含量而成青紫或紅紫色，例如糯米、玉蔥（根冠）、曇華（胚）等。

在下等植物例如菌類、紅藻類、鞭毛藻類、褐藻類等細胞中有類似澱粉粒者，乃以特殊名稱（例紅藻澱粉、Tuchson 粒等名稱）呼之。

動物性澱粉 (Glycogen) 在動物、菌類、藍藻類、釀母菌、地衣類、細菌之細胞中，能溶解於空胞內或在細胞質中作約三μ之粒子。與澱粉有同樣之化學式，在水極易溶解。在碘液則成爲赤褐

色。

Inulin 此亦爲與澱粉同樣之碳水化合物，能溶解於特殊植物例如菊科（例：大麗花）一類之植物、薑科、某種單子葉植物之貯藏器官之細胞液中。因在水極易溶解，在醇、甘油則不溶解，故將組織浸於醇中時，則接連細胞膜爲澱粉粒樣的球晶而析出焉，在 α 萘醇與硫酸中成爲莖色。

蛋白質 蛋白質爲結晶又爲粒狀而能形成於細胞之細胞質、核或色素體內，其主要的反應：
(1)能以醇、哥羅仿、重金屬鹽（例：昇汞）無機酸、碘及熱之作用而凝固；(2)能以胃液素、胰液酵素一類之蛋白質分解酵素之作用而消化；(3)在碘化鉀液、伊阿勝、苦味酸等中極易染色；(4)以 **Myron** 指藥（將水銀溶於濃硝酸者）養之，成磚瓦色；(5)在濃硝酸中成黃色。

蛋白質之結晶殆分布於全植物界焉。在多種之被子植物，則能形成於核、色素體、細胞質又細胞液（乳液）中；在被子植物，則在糊粉粒又白色體中；在羊齒植物，則在核又細胞質中；在蕨苔類，則在角苔之葉綠體中；在藻類，則除褐藻類及有 **Pyrenoid** 者之外，能見於葉綠體又細胞質中；例如馬鈴薯塊莖之外部、椰子之果實、蓖麻、亞麻之種子等（第二十四圖），結晶之形，多種多樣；大



第二十四圖
蓖麻種子胚乳內之
糊粉粒，有蛋白質
結晶與 Globoid
(模式圖)
(Meyer)

者約一——四 μ ；長有約至二·四耗者。

不為蛋白質之結晶者為粒狀，能見於核中之仁、細胞質中、裸子植物之卵細胞、糊粉粒、色素體中。

糊粉粒 (Aleuron grain) 乃作富於脂肪之種子之貯

藏物質而存在之蛋白質粒。時而含有蛋白質結晶 (第二十四圖) Globoid (含 Phytin) 酸鈣之結晶。其大小約為一——六 μ 。

脂肪 脂肪為脂肪酸與甘油之化合物 (酯)，依其融解點而有固體與液體；在固體中亦有結晶者。常能形成於細胞質中。主要者為顯花植物之種子 (所謂脂肪種子) 莖及根之柔組織，花粉粒及孢子，特殊植物 (例：橄欖、油椰子、漆樹) 之果肉，綠藻、硅藻、苔類等。

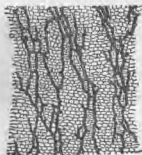
脂肪在水、醇、冰醋酸及無機酸中不溶解，在醚、哥羅仿之類中極易溶解。並能以鹼之作用而鹼化；以鉍酸而發黑；以脂肪色素 (例：Sudan III, Nil Blue, 葉綠素而染色)。

油滴 除揮發油、樹脂之外，有生於葉綠體及葉肉組織者。皆屬於分泌物質。在化學上為種種

之物質（例：松節油、有機酸、醑、醇、酮、石炭酸、酯。）

草酸鈣之結晶 在植物細胞中之礦物質結晶中乃為最普通者。在薜苔類、藻類以外之植物中，細胞質內鮮有不能形成者。以單獨之結晶又針狀結晶之集合、腺晶、砂結晶等之形狀而存在焉。

細胞液 為細胞液腔又空胞內之液體，恆為溶液而含有無機鹽類、有機酸、碳氫化合物、黏液、Glycoside、花青素、單寧、植物鹼、蛋白質、類脂體、酵素等；時而亦有含如花青素、Carotin之結晶者。乳液 主為分泌物質，乃存在於乳管又乳細胞之特殊細胞或細胞之癒合體中之一種細胞液。乳



第二十五圖
橫波羅門參根之縱斷面，成網狀之乳導管 (Sachs)

管乃在特殊植物（例：大戟科、蕁麻科、桑科、菊科、罌粟科、天南星科）中。為分枝又成網狀之長細胞又為細胞之集合者也（第二十五圖）乃一種之乳狀液 (Emulsion) 而分散相約為 $O + 1 - 5 \mu$ ；在樹膠、樹脂、脂肪等而連續相為無機鹽類、有機酸、Asparagin、Inulin、植物鹼、Glycoside、酵素、蛋白質等之溶液。分散相恆為布拉克文運動。

第七章 細胞分裂及核分裂

細胞分裂雖爲從一八三〇年頃所得悉者，然細胞乃依分裂而增其數者，而在細胞以外之物質中不能生出細胞，此乃李瑪克 (Remak 1841) 及威爾和 (Virchow 1855) 所注意者也。

在單核細胞即一個細胞中唯有一個核之細胞，則核分裂先於細胞分裂。然在多核細胞，則核分裂與細胞分裂之發生互不相關。先從核分裂說起。

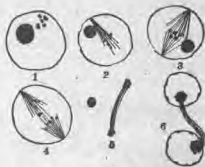
核分裂 (Nuclear division) 有直接分裂 (Direct division) 與間接分裂 (Indirect division) 之兩種。直接分裂又無絲分裂 (亦名 Amitosis, Fragmentation)，乃在內部無顯微鏡所見之變化而切斷者，恆不連帶發生細胞分裂，即在胚的細胞中亦無分裂。反而以老衰之細胞中爲多，故不認其爲正常之核之增殖法，而認其爲一種病象。在植物所知者爲紫露草之節間細胞、胚囊之反足細胞等。又如在雜種植物之生殖細胞生出時所見之直接分裂，實爲連帶間接分裂。

之異常者，嚴密云之，非直接分裂。

在核之間接分裂又有絲分裂 (Mitosis) 或核動現象 (Karyokinesis) 則能於核之內部窺見顯著之變化。卽染色體 (Chromosome) 之形成發生。稱有絲分裂中之普通者 (體細胞之核分裂) 爲定型 (的) 核分裂 (Typical division)；稱有絲分裂中之特殊者爲異型 (的) 核分裂 (Atypical division) 或減數 (還元) 分裂 (Reduction, Meiosis)。本章述有絲分裂之一般，關於減數分裂之特質，則讓諸後章。

有絲分裂就以高等生物所生之細胞觀察之，核之輪廓消失。因之從來曾認核在增殖時一旦溶解，此乃謬誤之思考；核常由核之分裂而增加其數，乃斯特拉司波格 (Strasburger 1800) 及佛萊銘 (Flemming 1882) 所察悉之事實。

下等生物之核分裂與高等生物之有絲分裂乃有種種之差異者，而總稱此等爲前有絲分裂，內中亦有全不形成染色體者。在普通時際例如在核膜通全核分裂而被保存。中心體被現出，仁取特殊行動之點等皆與普通之有絲分裂相異焉。第二十六圖及第二十七圖卽爲其例：第二十六圖



第二十六圖 (Brown)

Lachnea scutellota (蕈子菌類) 之核分裂
 1 前期, 染色體被現出, 2 中紡錘絲生出,
 3 形成紡錘絲與赤道板(中期), 4 後期, 5
 核膜消失, 兩組染色體羣以紡錘絲相連結
 (Karyodesmosis), 6 兩組核與 Karyo-
 desmosis

爲菌類之一種 (*Lachnea scutellata*)
 之核分裂; 第二十七圖爲綠藻之一種
 (*Cladophora glomerata*) 之核分裂;
 兩方之染色體雖皆明白窺見, 然核膜及
 仁則不消失。

高等植物核分裂之例在第二十八
 圖及第二、第三圖版。第二十八圖爲動物
 細胞核分裂之模式圖, 第二圖版爲在紫

露草雄蕊毛細胞中之核分裂之攝影, 第三圖版爲固定、染色後之玉蕊根端細胞之核分裂。在動物
 細胞及下等植物, 恆有稱爲中心體 (Centrosome) 之小粒子在核分裂時現出, 因來於分裂之兩
 極視如伸張染色體, 故從來認中心體爲染色體運動之力學的中心。在中心體之周圍, 見有如發光
 之放射線。此名爲極放射或星狀體 (Aster) (第二十八圖)。在高等植物, 則中心體及星狀體全



第二十七圖

Cladophora glomerata (綠藻之一種) 之核分裂 (Némes)

1 休止核, 2, 3 核絲(前期), 4 細胞核伸如啞鈴狀(後期之初), 5, 6, 7 染色體次第分到兩極, 細胞核分裂, 8, 9 兩類核以細胞之絲而連結 (Centrodemesis)

然不見；唯有時能在分裂之兩極窺見名為極原形質之原形質堆積(第二圖版)。

核分裂可分為四個時期。

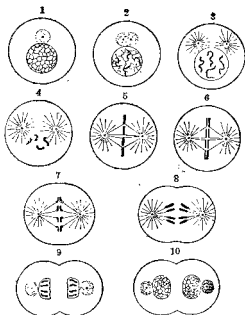
(1) 前期 (Prophase) 為在核質中名染色體 (Chromosome) 之粒狀或絲狀物以一定數而被形成之時期。核膜及仁皆恆在此時期之末消失。

(2) 中期 (Metaphase) 為染色體

在細胞中央之分裂(赤道面)平面的併列之時期, 此染色體之排列名赤道板 (Equatorial plate) 又核板 (Nuclear plate)。各染色體, 各半分作兩個部分。在細長形之染色體則必能於各染色體上窺見縱的裂紋。

(3) 後期 (Anaphase) 為各染色體各半兩分之時期, 在固定染色後之材料, 則恆能窺見連

乃在中期，則兩極尖銳，在赤道面分開而全體成紡錘狀之故。以活的細胞觀察核分裂時，此紡錘絲



第二十八圖

動物細胞核分裂模式圖 (Boveri)

- 1 休止核，2 前期，核絲之形成，中心體之分裂，3 前期，染色體明白可見，生星狀體(Aster)
- 4, 5, 6 中期，染色體散赤道，顯示縱裂，7
- 8 後期，染色體各半兩分，9 末期，10 核成爲兩個細胞

第二十九圖

Galearia (百合科植物) 在野母細胞染色體之螺旋構造 (Taylor)

A 異型核分裂後期，螺旋構造與紡錘絲之附着點

B 同型核分裂前期 (a)、中期 (b、c)、後期 (d) 之核絲及染色體之二重性



完全不見，在其位置中有一樣的
原形質。若施以固定液（常含酸
醇之類）時，則在此一樣的原形
質中現出絲狀構造。因此，此紡錘
絲能存在於活的細胞否，雖為問
題，然染色體之運動狀態，以及此
一樣的原形質即所謂紡錘物質
有在縱之方向之構造，在任何方
向亦決非同一性質之物質，此種

情事已為力學、光學所證明，故有認紡錘絲為存在於活之細胞而不能窺見之構造之學者。要之，紡錘物質雖被認為有絲狀構造者，然認在已固定之材料中所見之紡錘絲之為物，係以藥品作用生出之構造 (Artifact)，乃為至當之思考。

(4) 末期 (Telophase) 爲染色體達於分裂之兩極，兩娘核生出前之時期，可認爲與前期相反之變化。卽染色體消失而核質生出，核膜及仁亦從新生出者。

核分裂乃以如何之速度進行者？試直接就活的細胞觀察核分裂而測定其時間，或在已固定之材料，則在一個組織（例如根端）數核分裂各期之數，卽可得悉比較的速度。如欲直接就活的細胞觀察核分裂，在植物，可在紫露草雄蕊之毛及其嫩葉之表皮細胞或藻類（例：車軸藻之偽根水綿）細胞等上見之。在花粉母細胞可將藥調入液狀石蠟內而見之。又，花粉母細胞乃在一個蕾中，無論何葯，在有同樣分裂時期之材料（例：紫露草）則在一定時間，將一個蕾中之葯取出一個或一半而觀察之，亦可得悉核分裂之大概之速度。但花粉母細胞之核分裂爲減數分裂。

核分裂之速度乃因材料而不同：例如在紫露草雄蕊之毛，則前期一八一分，中期一四分，後期一五分，末期一三〇分，全體爲五小時零四〇分 (Erdt 1920)；在雞雛，則爲三九度，前期三〇——六〇分，中期二——一〇分，後期二——三分，末期三——一二分，全體爲三七分乃至一小時三〇分 (Lewis 1917)。在大體上，前期最長，中期、後期最短。

核分裂之速度乃隨溫度之上升而加大者。對其溫度上升之變化之比率，以溫度係數 Q_{10} 即由於溫度攝氏 10° 度之上升速度增加之比率) 示之，例如葉弗留西 (Ephrussi 1927) 就動物細胞之測定，則前期 2.0 —— 2.3 、中期 1.0 —— 1.2 、後期 1.7 —— 2.0 、末期 1.3 —— 1.4 ；在全核分裂則為 1.7 —— 1.8 。即由於溫度之核分裂速度之變化乃因核分裂之各期而不同，前期受溫度之影響最大；後期最小。

有謂核分裂之發生在一天中為週期者。水綿之細胞分裂夜半發生，車軸藻之偽根則早晨發生核分裂，乃為已知之事實。縱在高等植物之根細胞，核分裂亦為一日之某時刻最盛，某時刻最衰。核分裂究依何種機械作用而發生，目下尚不十分明瞭。關於染色體之運動，則從來有如次之學說。

(1) 染色體為由所謂紡錘絲之收縮而被牽引到分裂之兩極之說；此乃無何等事實上之證明之想像說。

(2) 為以電力運動染色體之假定說；此乃因紡錘絲之分布狀態恆酷似電氣又磁氣指力線

之分布而想出之說。例如假定染色體有陰荷電，極有陽荷電，以兩者之引力而染色體遂分裂焉。染色體有核酸，此雖可認為有陰荷電，然極有陽荷電，則無此證明。有同一陰荷電之染色體之各半，何故在赤道面排列，亦不能為說明。然而此學說在今日仍為有力的學說。

(3) 紡錘物質為做一種之成長以其張力而染色體為極所荷之說（支展說 *Femunkör-peritheorie*）此乃在昔年由德留那（*Diringer* 1891）在近年由柏拉爾（*Béla* 1927）所主張者。僅以細胞長短之成長便可十分說明染色體之運動，此乃斐西耶（*Al. Fischer* 1889）之主張。

(4) 因隨伴核分裂及細胞分裂恆能窺見原形質流動（多為動物之細胞），故有謂此流動與細胞分裂或染色體之運動有關係者（例：Berthold, 1886 Butschli 1892）。謂紡錘絲為原形質內液體擴散流之表現。

此外，亦有欲以表面張力或滲透壓而說明染色體運動之學說。

關於細胞分裂（核分裂）之原因，在比較的最近，有兩種名學說發表：一種為哈伯爾蘭特（*Haberlandt* 1913-）之細胞分裂荷爾蒙說；一種為姬爾威奇（*Gurwitsch* 1923-）之核分裂放

射說。前者乃認以荷爾蒙之刺激物質之作用發生細胞分裂；後者乃謂核分裂原因爲一種之放射線。兩方雖皆爲基於實驗上之學說，然關於分裂荷爾蒙及核分裂放射線之實在，尙無十分之證明。

在促進細胞分裂之荷爾蒙中有如次之三種。

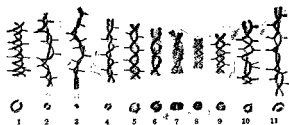
(1) 促進胚的細胞之分裂之荷爾蒙。

(2) 促進成長後之細胞分裂之荷爾蒙，乃假定從篩管部分泌出者。

(3) 細胞受外傷時所生出之荷爾蒙（所謂死滅荷爾蒙）使細胞（卵細胞等）受機械的傷害時，則開始分裂，此種事實，久已知之（作爲人工處女生殖之一例），在受精時之卵細胞或胚囊中放入雄性細胞時原形質死滅，此種情事致成卵細胞之分裂刺激，卽爲死滅荷爾蒙之說明。

核分裂放射線乃被認爲從植物之尖端（放射線例如從玉蔥鱗莖之根之基部放出）細菌、釀母菌、血液、肌肉、神經等處所放射之放射線（波長爲 $2000\text{—}3400\text{\AA}$ ）而將放射核分裂放射線（Mitogenetic radiation）者（Inductor）接觸細胞（Detector）時，則在接觸

休止核內者。在此螺旋絲之核分裂各期之狀態，如第三十圖。



第三十圖

在紫草草莖莖之毛之核分裂中染色體構造之變化(生體觀察)
(Telezynski)

1—6 前期, 7 中期, 8 後期, 9, 10 末期, 11 中間期

處發生細胞分裂，此乃實驗所證明者。

休止核之構造與染色體現出法及構造乃互相

關聯焉。據最近之學說(例: (Balat, Kuwada,

Telezynski, Sharp) 休止核之構造非粒狀亦非

網狀，乃為細微的絲之集合，而此絲乃染色體其物之

細微的伸展者也。此乃緊縮短粗如螺旋狀者，即染色

體也。此螺旋絲即所謂 Chromonema 乃埋藏於未

染色之基礎物質 (Matrix) 中者。在以青木濃染之

材料，則因此基礎物質染色，遂致不見染色體之螺旋

絲(第二十九圖)。此螺旋絲乃在前期而從各螺旋

前縱裂者，且為最初從染色體之數中分割而散布於

染色體有螺旋構造情事，雖為最初巴涅基 (Barnetky 1880) 在紫露草之花粉母細胞所注意及者，但螺旋絲連續存在於核分裂之各期情事，乃由魏德威斯基 (Vejdovsky 1912) 所主張者也。



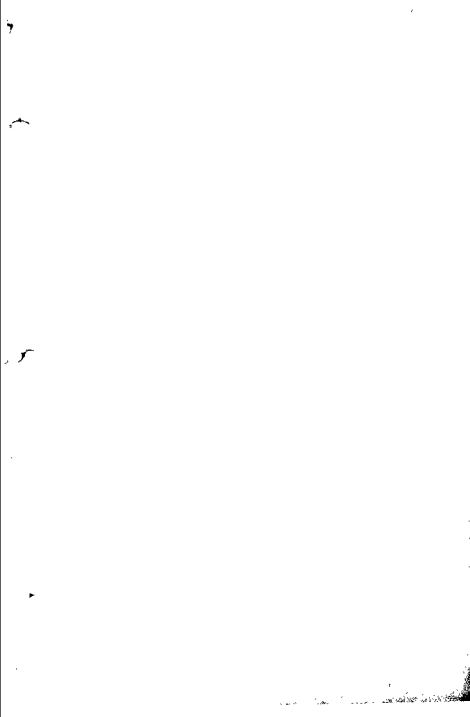
第三十一圖
百合之一種之花粉母細胞，減數分裂前期，以 Chromomere 列而生出之染色體 (Belling)

關於染色體之構造尙有 Chromomere 說。此乃染色體從名為 Chromomere 之粒狀要素生出之說，謂在此粒狀要素中係與染色體本身同樣各有其特徵者，即有個性者，在染色體內排成一列，在染色體縱裂時，各 Chromomere 乃兩分焉。Chromomere 為僅能以固定的材料所見之染色體構造，尤其為在將染色體脫水（收縮）之條件下所出現者。例如能在不含醋酸之酸性度低之固定液中窺見之（第三十一圖）。

染色體之螺旋構造無論以活的材料或固定的材料，皆能窺見；而在植物之花粉母細胞（例：紫露草、百合、紫萼）尤易見之。花粉母細胞之染色體及

核，因不能在蒸餾水或蔗糖液中窺見，故須製造中性鹽（例：氯化鉀、硝酸鈣）之一定濃度之液而在其中窺視，或放在液狀石蠟中則亦可為生體觀察焉。在生體染色雖用酸性伊阿勝、Dahlia 紫等，然皆須加鹽類也。如欲美滿固定染色體之螺旋構造，宜用醋酸（五〇%）如鉻酸、鐵酸之類，殊不適宜。

染色體在沸水中大部分溶解。此乃核酸，為染色體之主成分。在仁或核液中，恆不含核酸。



第八章 染色體之個體性

照遺傳之染色體說：染色體爲關聯於細胞遺傳現象之構造，而在染色體中具有可決定生物所有之個體的及種族的形質之某物（此名遺傳物質、遺傳子 Gene）因此種形質種類極多，故遺傳子數比諸染色體數，應可謂爲無數。即一個染色體皆有幾千幾百之遺傳子。故各染色體縱在顯微鏡下視如一樣，而在遺傳子之構成上亦爲各不相同者，即各有其個體性。關聯於一個染色體中所含之遺傳子之遺傳形質乃互相連結而爲從親向子遺傳者，此種連結，恆極堅固，不能分離焉。此一羣遺傳形質之集團，名爲連環遺傳羣（Linkage group），此數當然不比染色體數（在高等生物之體細胞則爲其數之一半即半數 Haploid）爲多，此乃可以果蠅或麝香豌豆（*Lathyrus*）證明者。又，因此連環遺傳羣之結合甚堅，故染色體若在休止核中失其個體性而盡行消失時，此連環遺傳羣將如何而爲常時的結合乎？此在目下，猶不明瞭。因此，大多數之細胞學者，從一八八三年

馮柏涅登 (van Beneden) 以來，成爲「染色體之個體性雖在休止核中失去，然能以何等形體保存之」之假定焉。例如染色體之基礎物質爲非染色性者，而染色體雖在休止核則失其染色性而不見，然其個體性能由非染色性之基礎物質而保存焉。

如次之事實可作染色體之個體性，縱在休止核亦能連續保持之假定的論據。

(1) 有時在休止核中，染色不全消失，其輪廓或排列尙能保存者。在植物成長點之組織之細胞等，則細胞有逐次分裂，從一個核分裂之末期不入於休止狀態而即轉於次之核分裂之前期者。此際恆有在核網中窺見染色體輪廓之保存者。在馬之蛔蟲亦有同樣之事實。

在染色體之小核即核質缺乏之核（格列戈阿爾所言之 *Noyau euchromocentrique*）則在休止核有見與染色體數同數之核質粒 (*Chromocentre, Prochromosome*) 者據苦恩 (Kuhn 1929) 之說此爲前期，在染色體形成之前，全部消失與染色體無何等關係；然依據赫滋 (Heitz 1932) 及杜特爾利尼 (Doutreligne 1933) 之說；此乃做染色體形成之中心者，尤爲類似附諸染色體之紡錘絲之窄狹點者。因之對此可命名爲前染色體之核質粒認爲染色體在休止核能保存者。

自無不可。

(2) 在動物之卵母細胞，則有染色體之染色性雖能在核分裂之中途失而不見，然染色體其物顯未消失者。由此事實觀之，縱在休止核不見染色體，亦非染色體其物之消失，不過為其染色性之消失耳。

(3) 在動物材料，則在核分裂之末期，染色體各以名為染色體叢或部分核之形體分別形成核樣物質，縱在休止狀態，各染色體亦能保持個體性至某程度焉。

(4) 在同一生物之某細胞中，則各染色之比較的大小及形狀，恆有一定，絕少變化。此各染色體之特徵（個體性）縱在受精時兩細胞核合為一體，亦能在新的核中保存焉。因之在受精卵及從其中所生之為高等生物體之細胞，則在核分裂時恆能窺見受精時從兩親生出之同形同大之成對染色體。此成對之染色體在遺傳子的構成上為同種（相同）而謂之對異或相同染色體（Homologous chromosome）又在染色體之大小及形狀不同之二種生物間受精發生時，在所生之雜種細胞中，則從兩親生出之染色體，各能保持其特徵，乃為既知之事實（例：魚類之雜種，雞



第三十二圖

果蠅體細胞染色體，♀雌有x二個，♂雄有x與y (Nachtsheim)

腸草、待宵草之雜種)

在果蠅 (*Drosophila melanogaster*) 則如第三十二圖，四

對染色體中，如手臂形曲而長者二對；短者（在中央者）一對；棒狀者一對。棒狀之一對（在雌）為X染色體（性染色體）；在雄則有一根彎曲者（Y染色體）。

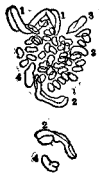
第三十三圖

本雜草之體細胞染色體 (Ohga & Shinoto)

第三十三圖為大賀、篠遠

兩氏所見之本鄉草之體細胞

之二十四對染色體，其中非常



大者二對 (1, 2) 中等者二對 (3, 4) 小者二十對 合計二十四對

大者二對；中等者二對；小者二十對。

染色體形體上顯著的特徵為狹窄(收縮Constriction)與

附屬染色體 (Trabant chromosome, Satellite chromosome, SAT-chromosome) (第三十四圖)。

染色體收縮之位置、長短、數目等，各染色體皆有一定者，而有成紡錘絲之附着點者 (Attach-



第三十四圖

有種種形態之染色體 (模式圖Kihara)
 A V形染色體, B J形染色體, C
 有二個狹窄之染色體, D 有乳首之染
 色體, E, F 有附屬染色體之染色體,
 G 在乳首尖端有角(Seta)之染色體

ment constriction) 與不然者 (Secondary constriction) 在染色體中收縮之位置為染色體之中央 (median) 又近於中央處 (submedian) 或一端 (terminal) 又近於一端處 (subterminal) 有收縮之染色體, 無論動物、植物, 皆為極普通者, 顯著之例為雞腸草、蠶豆、紫露草、狼木、鬱金香、果蠅等。在一個染色體中有多數收縮之例, 為玉簪花、桃葉珊瑚、蠶豆等。

附屬染色體乃在染色體之一定場所 (恆在一端) 附以如小形粒子者, 在植物, 所知者有三〇種。其不在染色體之一端而在中央者, 甚為稀少 (例: 蠶豆、番茄) 亦有兩附屬染色體相連者 (例: 玉蔥、桃葉珊瑚)。附屬染色體乃與染色體之其他特徵同樣, 在相同染色體之一對間, 則位置、大小、數目等, 雖完全同一, 然時而亦有大小相異或在相同染色體對之一個而他之一個則無者 (例: 吊鐘萬年青)。在此相同染色體中之附屬染色體之大小又有無, 乃以減數分裂及受精而生出種種之組合, 因之由植物個體面生出核之多型 (Polymorphism)。

此乃在外部形態亦有關係者 (Navaschin 1912)。

在同種生物之細胞，則染色體恆爲同數，此乃斯特拉司波格（一八八二）與基涅爾（一八八五）最初所察悉者，爲染色體個體性說之最重要的根據。

在普通之高等生物，則在體細胞，因同形同大之染色體（即受精時從兩親所生之相同染色體）成對，故染色體常成爲基本數（以 x 或 n 表示）之二倍數 (Diploid) 即染色體數爲 $2x$ 又 $2n$ 在卵或精蟲及其於受精前分裂所生之細胞，則與此相反，爲其半數 (Haploid)，染色體數爲 x 又 n 。從染色體方面云之，受精爲染色體數倍加之現象 (Diploisis) 若染色體數在受精後不減去一半，則在生物體之細胞內，染色體乃在每次受精而倍加者，然在實際上，乃受精後立即（以下等生物爲多）或在製造生殖細胞即配偶子 (Gamete) 時（以高等生物爲多）或在其中途之何時發生染色體減半之現象即減數分裂（還元分裂 Reduction, Meiosis）者也。因此之故，在接合於受精前之兩細胞即配偶子中，則染色體爲常有 x 數者。在高等生物（例：動物、顯花植物）則普通之生物體雖爲在有 $2x$ 之染色體細胞所生出（ $2x$ 世代）者，然在某種植物（例：羊齒類、某種藻

類)則在以有 $2x$ 之染色體細胞所生出之個體以外,尚有以有 x 之染色體細胞所生出之個體(x 世代)。在蘇苔類或許多之綠藻類,則普通之植物體為 x 世代,而 $2x$ 世代乃成爲極小的組織又少數之細胞羣焉。

表示染色體數,俛用 x 之數。次舉種種植物及動物之染色體數 x :

水	綿 (四種類)	四、五、六、一二、一四、二四、
車	軸 藻 (四種類)	一二、一六、一八、二四
馬	足 藻	三二
海	苔	三
黏	菌 (四種類)	四、六、八
正	菌 類 (大多數者)	二、四、六、八
地	錢	八
角	苔	四、八
士	馬 腺	六
獸		三二

蘇 二〇、二二

田 字 草 一六

槐 葉 關 四、八

松 露 關 四八

裸 子 植 物 (殆爲全部) 一一

柳 (因種類) 一九、三八

桑 一四

麻 一〇

苧 木 一〇

菠 菷 菜 六

糖 菷 菊 九

通 草 一六

辛 夷 玉 關 一九

薯 粟 (因種類) 七、一四、二一、三五

藟 苗 九

第八章 染色體之假體性

鴨	紫	大	小	燕	玉	菊	薑	茶	綿	蜜	香	蠶	薯	粟
跖	屬	麥	麥	麥	蜀	葵	菜				豌豆	豆	蕓	菜
草	草						(因種類)						(因種類)	
六	一一	七	二二	二二	一〇	九、一八、二七、三六、四五	六、一〇、一二、二四等	一五	一三、二六	九、一八	七	六	七、二四、三一、三八	一四

卵	剪	花	輪	蝸	水	廟	太	堤	墨	鋤	玉	百	葦	玉
	刀	蚯	轉			叭	陽	形		煤	簪			
蟲	蚓	蟲	蟲	母	蟲	蟲	蟲	蟲	半	花	花	合		液

二八	二二	一一	一〇——一四(六)	一九、二四	八	一四	三三	六	九	一一	八	一一	八	八
----	----	----	-----------	-------	---	----	----	---	---	----	---	----	---	---

人	牛	犬	山	長	家	牛	鬼	家	果
				尾			寓		
			貓	鳥	鳩	蛙	木	蠅	蠅
				(鷄)				(雙鷓鴣)	
				九	八	一三	九	六	四
			二四	一七、一八					
				一〇、一一					
				一八、一九					

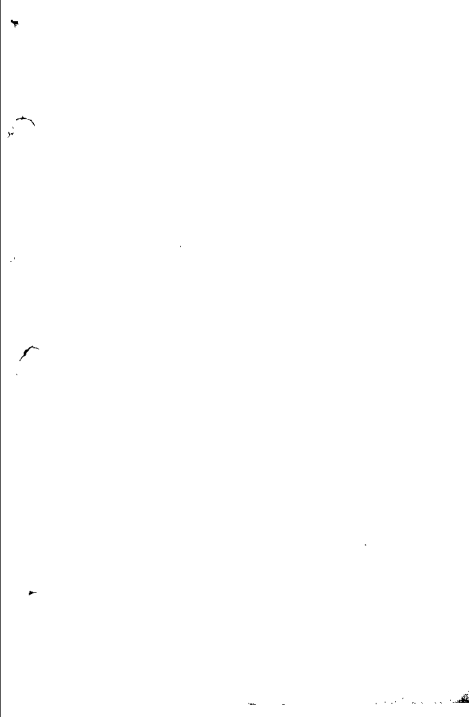
染色體數在同種類之生物間恆爲有一定者，而在異種類之生物間，少者爲一（例：馬之蛔蟲）；二（菌類）多則亦有一〇〇以上（蕁類、水蘚）者，然在大多數之生物，則爲五以上二〇以下。在顯花植物，則以一二者爲最多；最小三；最大四五。時而亦有種屬不同而染色體數則相等者；例如西番蓮科、番瓜樹科、瑞香科之植物，皆爲九；裸子植物，恆爲一二。染色體數之所以同一，雖爲系統相近，

然在系統相遠之間，染色體數同一之例，自亦甚多也。

同屬內生物種間之染色體，不僅其形狀、大小皆為相似者，且其數之變化，規則亦甚嚴正，即恆有倍數的關係（倍律性 Polyploidy）即成基本數（ n ）之整數倍；例如在小麥屬、薔薇屬則成七之倍數；在菊屬則成九之倍數。然此同屬內種間之染色體數之變化，時而亦有為非倍數者（例：果蠅（三、四、五、六）屬）；又有為倍數與非倍數之混合者（例：莖菜屬、煙草屬）；同樣之染色體數之變化，有時亦能在同種內見出，此際有隨伴生物外形上之差異者（例：車前草、莖菜、麩草、草蓆、龍葵、馬齒莧）與不隨伴生物外形上之差異者（例：毛茛、荷蘭芥子、牛欄草）；同一生物體之部分更有在同一組織因細胞而異其染色體數者（Mixoploidy），此乃在種種植物之根端細胞中者，此中亦有倍數的與非倍數的變化，在根之周圍與中心有細胞染色體數相異者（Chromosomal periclinal chimera，例為菠菜、麻）與在組織之部分（Section, Segment）染色體數相異者（Chromosomal sectorial chimera，例為番茄、鷄腸草之種類）；縱在動物之癌組織或已寄生細菌類之植物中之癌類似之組織內，亦能窺見同樣染色體數之變化。

在同一生物之體細胞中，染色體數所以爲非倍數的變化者，乃恆爲一個染色體橫裂而發生者。此染色體之橫裂乃恆在其收縮處發生者。例如在蠶豆之根端細胞，則染色體數一二者僅三五%；在其他部分者爲一三、一四、一五。即在玉蔥、鷄腸草、待宵草之種類，亦爲同樣之染色體數之變化。在染色體數（或其構造）之變化中，上述之橫裂（Fragmentation，例爲紫露草、紫羅蘭花）之外，而染色體端與端合而爲一（Fusion，例爲鷄腸草、果蠅）或橫裂與合一同時發生而一個染色體之切片與另一個染色體相合（Translocation，例爲果蠅、鷄腸草、酸葉）或一個染色體之一部消失（Deficiency, Deletion，例爲果蠅、玉蜀黍）凡此種種，無論在體細胞之核分裂上，在減數分裂上皆能見之。此等染色體數之變化皆爲基於以自然的內因又外界之條件所促起之核分裂之異常者，後章詳述之。

染色體數之變化，尚有一例，乃爲重複染色體（Multiple chromosome）。此爲若干染色體，永久的或一時的合體而成爲一個，而爲分離或合體，染色體數遂起變化者。動物（例：直翅類）植物（例：巖高蘭、石南）皆有此例。



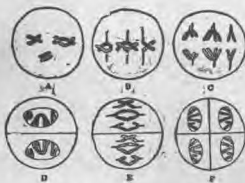
第九章 減數(還元)分裂

減數(還元)分裂 (Meiosis, Reduction, Haploisis) 又異形的核分裂 (Heterotypic division) 爲染色體數半減之核分裂，即 $2x$ 之染色體數者成爲 x 者，惟非單純的數之半減，從在受精時由雌雄配偶子生出之遺傳子之構成上言，乃爲同種之對之染色體即相同染色體之各別分離而作細胞之核之現象 (Disjunction)，而與如體細胞之核分裂時各染色體各半分離 (Separation) 者，性質全異。要之在相同染色體分離之前，對之染色體必相接合而並列焉。減數分裂之重要點乃相同染色體之接合 (Synapsis) 與分離。

受精爲 x 世代成 $2x$ 世代之點，減數分裂爲 $2x$ 世代移於 x 世代之點。在一個生物之發生史中，此兩者皆爲交互發生，故 x 世代與 $2x$ 世代即爲一個生物之發生史。然以受精與減數分裂發生之相互間時期之關係，而有 $2x$ 及 x 兩世代不在同程度發達即一方發達一方短小者。例如褐藻類之

某種以及羊齒植物， x 世代與 $2x$ 世代雖共為獨立之多細胞體，然在顯花植物，則 x 世代乃小的數個細胞之集合而為寄生於 $2x$ 世代之個體（孢子體 Sporophyte）之形態；又在下等藻類或蕨苔類，則與此相反， x 世代為獨立之植物體（配偶體 Gametophyte）而 $2x$ 世代為不獨立生活之組織或數個之細胞羣。如動物者， x 世代皆以配偶子（一個細胞）為代表焉。

減數分裂恆為二個連續之分裂，而所生之四個細胞在高等植物則為孢子或花粉，而此四個成組者，謂之四分孢子或四分子 (Tetrad, Quartette) 此二回之核分裂中，一回乃與普通之核分裂同樣：各染色體各半裂開而入於各別之核之分裂，謂之同型分裂 (Homotypic



第三十五圖

減數分裂模式圖（前減數）(Grégoire)

- A Diakinesis, B 在第一回分裂中期中之染色體之排列, C 同後期, 各染色體在第二回縱裂上應分離之前姿, D 同末期, E 第二回分裂中期, F 四分子之核

division) 另一回乃為相同染色體之接合與分離之分裂，為真正之減數分裂，謂之異型分裂 (Heterotypic division)。在植物，通常第一回分裂為異型，第二回為同型；但在動物，則多為第一回同型，第二回異型。前者謂之前減數 (Prereduction)，後者謂之後減數 (Postreduction)。時而有名為混合減數 (Mixed reduction) 而相同染色體之某者以第一回分裂而分離，在第二回單縱裂，其他相同染色體乃在第一回各個縱裂，在第二回分離者。在前減數，則在染色體之組合上，乃二種細胞雙雙生出者；然在後減數及混合減數，亦有四種相異之染色體組合之細胞四個生出者。

第三十五圖為以減數分裂而相同染色體之接合與分離狀態之模式圖；以黑與白表示相同染色體。

減數分裂之詳細如第三十六圖。此為百合之花粉母細胞分裂而成四個花粉細胞時之狀態，而第一回之核分裂為異型，第二回為同型。異型分裂之特徵為其前期而有相同染色體之接合 (Synapsis) 今說明其大體：最初在核中現出細彎之絲 (核絲) (細絲期 Leptonema)；其次為核絲雙雙平行而現出之時期 (雙絲期 Zygonema，又兩絲期 Amphinema)；此乃應為相



第三十六圖

在百合花野母細胞中之減數分裂各期之模式圖(Strasburger)

- 1 休止核, 2 細絲期, 3 濃縮期, 4 應造相同染色體之核絲之重合, 5 完全重合後之核絲(粗絲期), 6 核絲再成爲二重(複絲期) 7 第二收縮, 8 Diakinesis, 9 多條紡錘絲, 10, 11 異型核分裂中期, 12 同後期, 13, 14, 15 同型核分裂中期, 16 同末期

同染色體之對
之核絲平行排
列者(即爲相
同染色體之平
行接合 Para-
synapsis, Pa-
rasyndesis,
Parallel con-
jugation)。
在再次之
時期, 核絲全部
向核之中心方

或一方收縮成一塊（潰崩期 Synizesis）此似以固定液之作用而生出者。此集合之核絲不久又復分離而一樣的分佈核中，核絲乃較前爲粗焉（粗絲期 Pachynema）其後，核絲顯然現出二根之集合（複絲期 Diplonema）二根核絲恆有互相拗捩者（捩絲期 Strepsinema）。核絲全體有其後再在核中爲一回之收縮者（第二收縮 Second contraction）在動物卵，則亦有在其前發生核絲失去染色性而消失之時期（擴散期 Diffuse stage）。時而亦有應爲雙價染色體之對之核絲雙雙排列之各核絲縱裂而爲四重之構造（Tetrad）者。

在前期最後之時期，成對之核絲，粗短而每二個做Y、X、V、O等形態之雙價染色體（Bivalent chromosome）而分佈於核之周圍（Diakinesis）。

雙價染色體有在其後互相集合，核膜及仁消失，於原有核膜處顯示多極紡錘絲者，有以此爲因固定液之作用所生出之學者。要而言之，雙價染色體乃其後在細胞中心排列成一平面（赤道板、核板），各自分離於各別之方向（極）者；其後乃與普通之核分裂無所異也。唯以第一回分裂

與第二回分裂連續發生，核在不休止之狀態者爲多數（中間期 *Interkinesis*）。又應在第二回分裂分離之各染色體之裂痕在第一回分裂已表現出矣。

有不以在異型核分裂前期最初所現出之平行的二根核絲爲應造雙價染色體之對而認其爲一根核絲縱裂者；有以爲應成雙價染色體之對之核絲乃在各 *Diakinesis* 之前以各個端與端所接合 (*End-to-end conjugation*, *Telosynapsis*, *Telosyndesis*) 者亦有謂此在以後平行排列而成爲 *Diakinesis* 者。此例在今日似已較少有人主張矣。關於雙價染色體接合之此兩種學說乃生出雙價染色體成平行之時期與各個縱裂之時期之差異，假定雙價染色體接合時有物質的交換，則爲其時期之決定上大有關係之問題。在今日，則大多數學者之主唱爲 *Pallard-napsis* 說；亦有謂 *Telosynapsis* 爲 *Pallasynapsis* 之變型之學者。見於細絲期之二重核絲究爲一個染色體之縱裂乎，抑爲相同染色體之平行排列乎，非在特別時際則不能辨別之。卽在各相同染色體之間有形態上之區別者乃爲昆蟲、扁蟲類之某種者。在以具有三倍數染色體之核而爲三價染色體時，核絲在前期之初，成三重而現出，在半數染色體之核，則核絲不平行排列，凡此皆爲已

悉之事實。此等事實皆為對 *Pallasynapsis* 說有利者也。

雙價染色體形成之特殊之例，為在待宵草、酸模屬、鴨跖草等所見之染色體環之形成 (Chromosome-ring formation)。此為減數分裂前期所定之對數之染色體，乃在一個輪形中端與端相接而排列者也。在酸模屬，則三個或四個染色體造一個輪；在鴨跖草則六對染色體連貫於一個



第三十七圖
鴨跖草之花粉母細胞減數分裂中期，染色體環 (Kato)

輪形中 (第三十七圖)。此六對中之四對為V形，二對為J形，而J形之每一對乃挾於每二對之V形相連之間，在輪中則相對而排列焉。且每一對J形染色體之各個，乃以短腕同伴或長腕同伴而常相連繫焉。在待宵草屬中，由種類而有七對染色體中之某幾對互造定數之輪子者。例如在大待宵草，則十二個為一大輪，二個造一小輪；在待宵草，則八個為一輪，六個另造一輪。照克利蘭德 (Cleland 1922-1923) 之說：在染色體輪中之各染色體恆為相同染色體，而在中期，向於反對之極。達林格頓 (Darlington 1929) 霍堪孫 (Hakanson 1930) 等乃假定一個染色體之兩端與其他二染色之各個各為相同者，藉此以說明染色體環之形成焉。木原

氏(Kihara 1927)曾從相同染色體之放射狀排列以說明體環之形成。

相同染色體之接合時而有發生於減數分裂之前者。例如在減數分裂之一個前之分裂之後期又末期(例：蠅之一種)，減數分裂之數回前之核分裂(例：蠅蟲)又以體細胞之核分裂而相同染色體為對之排列時(例：雙翅類)。

在減數分裂之前期為對之染色體，非 $2x$ 數染色體中之任意之二個，乃受精時從兩親而來之二個；且在相同染色體即遺傳子之構成上，在同種者之間發生情事，乃與此世紀初之門得爾之遺傳定律之再發見，實驗遺傳學研究之開始同時所闡明者，而在一個細胞中之染色體中，於形狀、大小及其他之特徵上有區別時，在 $2x$ 之細胞，則雖常為同種者，然成雙之此對，必以減數分裂而為雙價染色體焉。即相同染色體在形態上亦恆為相等者。不相等之一對作雙價染色體之例，乃所謂性染色體為在XY又WZ染色體之間所見者(參照第十三章)。

在雜種或突然變種以及作單為生殖之生物，有相同染色體二個以上在一個核中者。所謂多倍數的(polyploid)生物。此際在減數分裂則因其相同染色體數而作三價、四價、五價等之染色體；



第三十八圖

石蒜之染色體 (Nishiyama)

A 花粉母細胞之減數分裂中期，十一個之三價染色體

B 體細胞之核分裂中期，三十三個之染色體

在人工所生之多倍數植物亦為同樣。當然，在多倍數中亦有種種而相同染色體僅其倍數存在者（即 Auto-polyploidy）否則亦有四倍數植物僅造雙價染色體，不造四價染色體者（例小麥）。次舉 Autopolyploidy 之例。括弧內之數為染色體之基本數。

- (1) 三倍數 (triploid) 卷丹 (12) 鬱金香 (12) 黑藻 (8) 石蒜 (11) 第三十八圖 以上野生種。酸模屬 (8) 玉蜀黍 (6, 10) 果蠅 (4) 以上突然變種。曇華 (9) 蝴蝶花 (18) 香蝴蝶花 (18) 渡硫 千葉萱草 (11) 桑 (14) 梅 (8) 蘋果 (17) 以上栽培種。番茄 (12) 白花瓣鮮朝顏 (12) 櫻草 (12) 煙草 (24) 以上人工的雜種。

- (II) 四倍數 (tetraploid) 櫻 (8) 櫻草 (12) 白花瓣鮮朝顏 (12) 番茄 (12) 龍葵 (36) 檸檬 (9)
- (III) 五倍數 (pentaploid) 鬱金香 (12) 雞腸草屬 (5)

(IV) 八倍數 (octoploid) 雞腸草屬 (5)

在以染色體數相異之兩生物間之交配而生出之雜種，則以其減數分裂而染色體之若干遺傳價染色體，其餘作單價染色體殘留而不接合者亦多（例：毛氈苔、薔薇、小麥）。此際從有少數染色體之親所生之染色體全部遺傳價染色體數多之親所生之染色體與雙價染色體，其餘之染色體作單價染色體而殘留。例如毛氈苔（染色體數

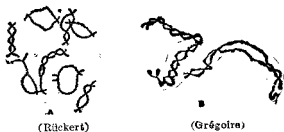


第三十九圖

在毛氈苔雜種之花粉母細胞中之減數分裂中期 十個雙價染色體與十個單價染色體（二個斷面）
(Rosenberg)

二〇）與長葉毛氈苔（染色體數四〇）之雜種有三〇染色體，在其減數分裂，則僅此三〇個中二〇個為一〇個雙價染色體，其餘之（從長葉毛氈苔生出）一〇個作單價染色體而殘留（第三十九圖）。

但在他種時際（例：指頂花屬、罌粟、菊之雜種），雜種減數分裂時所見之雙價染色體數有比少數染色體親方之染色體數之半分為多情事，此乃在過剩之染色體中相同者。即此際，雙價染色體



第四十圖

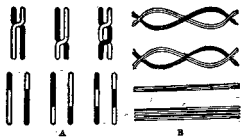
在減數分裂前期 (Diakinesis 期之初) 之雙價染色體之交叉
A 鯊魚之一種之卵母細胞, B 百合之一種之花粉母細胞

乃在從相異之親所生之染色體間生出 (Allosyndesis) 之外, 亦在從一方之親所生之二個染色體間生出 (Autosyn-

desis), 固甚明也。例如

在指頂花屬之染色體數之四八者與二四者之雜種, 則有七二個染色體; 在減數分裂, 則現出三六個之雙價染色體。

雜種之兩親之染色體數, 縱為同數, 不遺雙價染色體之例, 亦不在少 (例: 蘿蔔與甘藍 (共為



第四十一圖

雙價染色體之乘遺現象模式圖 (Babcock & Clausen)
A 完全乘遺, B 不完全乘遺。

$x=9$ 之雜種)。

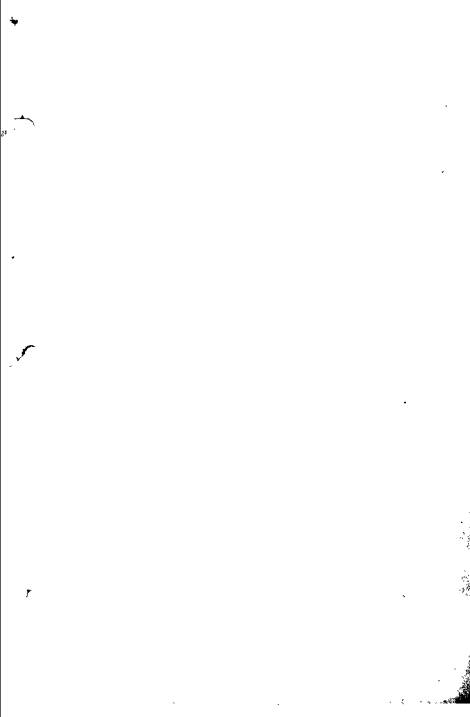
從上述事實觀之，則以減數分裂而造雙價染色體時之染色體不限於從相異之親生出者，乃限於在其遺傳子的構成上之相同(同種)者。

與相同染色體之接合關聯而有名爲染色體之乘達現象(Chiasmatty)者。在減數分裂之雙絲期應成相同染色體之核絲之一對有在排列之處所密着者，在此點非相同染色體交換物質情事，乃爲最初律刻特(Plickert 1899)所察悉者(第四十圖)，惟楊先斯(Janssens 1909, 1924)已以鮭魚或蝗類之減數分裂而顯示出染色體乘達之可能矣。即謂在相同染色體之交叉點(Chiasma)而爲部分的交換(Cross-over, Segmental interchange)者。加強此假說之種種觀察乃在其後以植物材料(例：葱、蕎麥、蠶豆、百合、鬱金香、玉簪花、白頭翁屬)所發表者。一對相同染色體間之交叉，多時有至十三個者，此數乃與染色體之長短爲比例。交叉發生時期爲減數分裂之前期、中期後期。與分裂之進行同時亦能窺見交叉數之減少及其位置之變化。第四十一圖爲相同染色體(以黑白表示之)之乘達現象模式圖。乘達雖多發生於相同染色體縱裂後(不完

全乘遠，第四十一圖 B，）然時而亦有發生於縱裂前者（完全乘遠，第四十一圖 A，）在後者，則以減數分裂而生出之四個配偶子細胞皆成具有使發生乘遠之染色體。

在染色體間之部分的交換（Segmental interchange）之他種方法中，有名為破碎現象（Rhegmatalypy）者此為從既述之染色體之橫裂（Fragmentation）或重複染色體（Multiple chromosome）所推定之學說（Prell 1921, 1923），乃兩染色體各個橫裂後如交換切片然再行癒合之假定也。

要而言之，染色體之部分的交換在核學上雖尚無確切的證明，然在以實驗遺傳學所知之連環遺傳率間為因子交換之事實，若有染色體之部分的交換，則此即為極好之說明也。



第十章 細胞分裂

細胞分裂 (Cell division) 一語，從廣義上解釋之，乃細胞為增殖而其內容全部分裂之現象，即為隨伴核分裂、細胞質分裂、色素體分裂之現象，例如在單核細胞而細胞中祇有一核時，色素體亦祇有一個時，核分裂、色素體分裂及細胞質分裂，乃為細胞分裂必要的過程。然在多核細胞或色素體為不定數而有多數細胞，則細胞分裂乃能與核或色素體之分裂獨立發生者，而細胞分裂不過為細胞質分裂更從狹義上解釋細胞分裂，乃單為細胞質分裂（即 Cytokinesis, Plasma-tomy）。在有細胞膜之細胞，則隨細胞質分裂即細胞分裂而新原形質膜形成之外，更能形成新細胞膜（隔膜）焉。

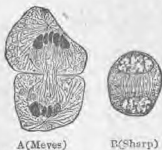
一個細胞分裂成兩個細胞時，則稱最初之細胞為母細胞 (Mother cell)，稱新生之二細胞為姑娘細胞 (Daughter cell)，亦有使用姊妹細胞 (Sister cell)，孫細胞 (Grand daughter

cell) 祖母細胞 (Grand mother cell) 之語句者。一個細胞分裂為二時，其新生之二細胞大概恆為同大者 (Equal division) 時而亦有一大一小者 (Unequal division)。此例為動物之卵母細胞分裂而生極體或極細胞 (Polar body, Poreocyte) 時；在蘚苔類、羊齒類之雌性生殖器即瓶狀體 (Archegonium) 中而中心細胞 (Central cell) 分裂為卵細胞 (Egg cell) 與腹溝細胞 (Ventral canal cell) 時之細胞分裂；在被子植物花粉粒中而生殖細胞 (Generative cell) 與營養細胞 (Vegetative cell) 生出之細胞分裂等。所謂細胞芽生 (Cell budding) 之現象，亦為一種之不等分裂，例如在釀母菌或菌類孢子基 (Basidium, Conidium) 之所見。

所謂細胞形成 (Cell formation) 或游離細胞分裂 (Free cell division) 者，乃在母細胞內部被區分而生出新的姑娘細胞，因之母細胞之細胞質全部不為姑娘細胞之形成所消費，其一部乃殘留於姑娘細胞之周圍者也。例如在囊子菌類之八裂孢子囊 (Ascus) 中生出八裂孢子 (Ascospore) 時，藻類、菌類之游走子形成時，可在胚囊、花粉粒中見之。

細胞分裂通常為一個母細胞分裂於二個姑娘細胞者，即所謂逐次分裂 (Successive di-

在多核細胞之細胞分裂上見之。在此細胞分裂之第一型式中亦有三種類。



第四十二圖

細胞分裂型式之例

- A. 鮭魚之精母細胞，換學型
- B. 松之花粉母細胞，細胞析型

vision) 時而亦有二個細胞或原形質塊 (Syncytium) 一次分裂為二個以上多數之細胞者。此名為同時分裂 (Simultaneous division) 或多細胞形成 (Multicellular formation)。此乃恆連帶游離核分裂 (Free nuclear division) 者；例如在藻類、菌類之孢子囊、藏卵器、藏精器中，或在裸子植物之雌性原葉體及胚形成、顯花植物之胚乳形成、花粉四分子形成等之所見。

在細胞分裂中有兩個型式：一為由於原形質膜之褶皺者；一為由於原形質膜之新成者。前者為一般動物細胞分裂上之所見；後者在植物則可在游離後之細胞或組織的結合不完全之細胞上見之。即以下等植物（葉狀植物）為多之型式（第四十二圖A。）所謂核分裂者乃獨立的，母細胞之原形質膜從分裂面之周圍向細胞中心求心的，打褶皺而將細胞分裂者也。因之恆

(a) 狹窄型：在裸之細胞或細胞膜薄之細胞，原形質膜之褶皺乃隨伴母細胞之狹窄（收縮）者，而不發生隔膜形成情事。例：釀母菌、菌類之外孢子。

(b) 裂溝型：此亦在細胞膜不發達之細胞中者，而亦有多少母細胞之狹窄，顯為隔膜形成之發生者；此隔膜即母細胞原形質膜之褶皺也。可在卵黃多之卵之卵割 (Cleavage) 上見之；在植物則在菌類之孢子形成等。

(c) 膜棚型：此為細胞膜發達之細胞乃由在細胞膜分裂面中之棚狀（環狀）肥厚而發生細胞分裂者；例如藍藻類、硅藻、某種被子植物（例：菊、紫蘭）之花粉母細胞。

由細胞分裂之第二型式即原形質膜之新成之方，乃與母細胞之原形質膜無關係的在母細胞之細胞質中重新原形質膜於分裂面者。此中亦有三種之區別：

(a) 空胞型：空胞集合於分裂面，而空胞膜似為新原形質膜；在藻菌類，有此例。

(b) 小體 (Microsome) 型：小體集合於分裂面而成為新的原形質膜者；在藻類，此例甚多。

(c) 細胞板型：在車軸藻類、蘚苔類、羊齒類及顯花植物，則於核分裂之後連絡兩娘染色體羣

之所謂連結絲(Connective fibres)在分裂面各個肥厚，此肥厚部相連而形成細胞板 (Cell plate)，然後生出新的原形質膜 (第四十二圖 B)。此細胞板及連結絲乃在活生的狀態所不能見者 (Yamaha 1926)；在下等植物，則因縱係固定材料亦不能現出細胞板，故與以上之 (a) (b) 型無所異也。

新生之原形質膜乃裂成二枚，在其間分泌細胞膜質焉。
同時，在細胞形成之際，以發生於其前之游離核分裂而生出之細胞板乃一時的消失而核分裂終了之後，在各核間新生之連結絲新 (與核分裂獨立) 生出細胞板而為細胞分裂焉 (例：胚乳形成、花粉四分子形成)。

以上六種細胞分裂型式皆為極代表之型式；然其中有不歸入任何一種之型式者；亦有一個

細胞之細胞分裂同時發生上舉型式之二種或三種者。

在隨孢子及花粉母細胞之減數分裂而發生之細胞分裂即四分 (胞) 子形成 (Tetrad formation) 中，有二種型式：一種為同時分裂而在第一回之核分裂，則雖有細胞板形式，然不發

生細胞分裂，第二回之核分裂後在四個核間（恆為六個）細胞板現出，細胞分裂為四。此四細胞即四分子，往往為正四面體的排列焉（例：多種之雙子葉植物，角苔、地錢、羊齒類、蕨類、裸子植物）。另一種型式為逐次分裂，而在第一回之核分裂後，細胞成二個，在第二回之核分裂，各細胞乃一次成二個而生出四分子者，此際，四分子多在將球互相交於直角之二個平面而為四等分樣之排列（例：多種之單子葉植物）。此四分子形成之二型，因恆在所生出之四分子之排列上生出差異，故在已完成之孢子或花粉之形狀上亦有影響，以同時分裂而生出之孢子或花粉，多為球形或近於四面體形，而逐次分裂者多為長形（半月形、橢圓形）。

四分子形成時之細胞分裂，縱在高等植物，母細胞亦恆為游離狀態而不作組織的結合，同時往往不發生細胞板形而發生膜糊型。此為多種之雙子葉植物（例：木蓮科、豆科、十字花科、茄科、菊科）之花粉母細胞之常事。

細胞分裂與細胞之成長有密切的關係，即細胞分裂乃在正成長之細胞上所見者。在植物之分裂組織（例：根之成長點）則在細胞之大小與細胞分裂之度數間，似有相反之關係焉（例：

(Hammett 1929) 然因有細胞縱如何成長亦不分裂者（例：乳細胞）又有細胞絕不成長而亦分裂者。故細胞之成長不能謂為細胞分裂之原因。

所謂核分裂與細胞分裂，在單核細胞，則相伴而發生，在多核細胞，則兩者之發生全無關係。根據實驗的條件，則縱係單核細胞，核分裂與細胞分裂亦有個別單獨進行情事。在高等植物，則細胞分裂因與在核分裂時之紡錘物質（紡錘絲）中生出之細胞板有關係，故兩者之關係甚為密切，而以實驗的條件在核分裂中生出異常時與其程度劇烈時，在細胞分裂中亦生出異常，惟細胞分裂之發生至某程度乃能與核分裂之異常無關係者。可知此兩者之作用乃為極相異者（參照次章。）縱係核不完全之細胞，亦有能發生細胞分裂之事例（Haberlandt 1922, 1923, McClendon 1908, Seiler 1924）。

關於由細胞分裂而生出新的隔膜之方向，在昔年亦有種種之學說。例如：霍邁斯塔（Hofmeister 1867）謂隔膜乃在細胞成長最盛之方向成直角而生出者（普通在根或莖之成長點為然）薩克斯（Sachs 1878）謂新的隔膜乃常在母細胞膜成直角相交者；柏爾圖（Berthold 1880）

葉爾勒拉 (Errera 1886)、魏爾德滿 (de Wildeman 1893) 僉以原形質因有液體性質，故以細胞分裂而生出之隔膜之方向，乃無質量之液體之膜取以其表面張力所取之平衡位置者，即能使細胞之表面積縮至最小地步焉 (Plateau's law of minimum area)。然因在任何學說中亦有例外，故欲以一種學說說明一切，殊為困難。

以細胞分裂而生出之隔膜之方向，又有為外界條件所決定者。例如在間荊胞子之細胞分裂，則隔膜方向乃直交於光之方向 (Smith 1900)；在動物之卵之分裂等，則隔膜方向乃為外方之壓力所決定者。

第十一章 核分裂及細胞分裂之異常

核分裂及細胞分裂之異常，亦有以自然的原因即在雜種或突然變種之生物上所見之不明之內因而發生者；又有爲外界之條件所促起者。以自然所無之外界條件在實驗上給與細胞時，則恆發生核分裂及細胞分裂之異常，其結果乃能見與在雜種生物等上所見相同之事；因之此種實驗乃考究核分裂及細胞分裂異常所由起之原因；因之可藉以說明核分裂或細胞分裂之作用；又查考細胞之構造尤其爲染色體之變化對生物體究具有何種影響而欲藉以明悉染色體與生物外部形態之關係，此亦爲從來所常試驗者也。

可促起核分裂及細胞分裂異常之主要的外界條件如次。

(1) 高溫度(二五——四〇度)及低溫度：生物自然生存之溫度乃因生物而不同，故溫度之影響亦以生存於較高之溫度之生物與生存於較低之溫度之生物而有異。關於其他外界之條

件亦然。

(2) 外液之滲透壓即比較細胞滲透壓高之液 (Hyperiony) 及滲透壓低之液 (Hypotony)。

(3) 蒸溜水；此做低壓液亦有作用；在無伊洪之點上亦有作用；又有其中之不純物（例：重金屬伊洪）起作用者。

(4) 電流。

(5) 放射線 (X線、鈾錠線、紫外線、陰極線等)；此等乃被認為對核或染色體有顯著的作用。

(6) 遠心力；此種作用似為純機械的。

(7) 有毒氣體（例：碳酸氣）

(8) 其他之藥物（水溶液）

(a) 酸（有機酸及無機酸）

(b) 鹼（苛性鹼、氫等）

(c) 鹽酸（重金屬鹽、鹼土鹼鹽）

(d) 麻醉劑（醇、哥羅仿、醚、植物鹼等）

(e) 其他之化合物（色素、石炭酸等）

使如上之活動力或物質之一定量在細胞中起作用時之核分裂及細胞分裂異常之程度與進入原形質之活動力或物質之量（速度）有關係，以細胞之種類或分裂之各時期而不同。生殖細胞（花粉母細胞）所受外界條件之影響恆比體細胞為顯著。關於在細胞中起作用之活動力之強度或物質之濃度，大體有三個階段，而在強度又濃度之大處，則細胞立即死滅恆有至某程度細胞之構造或分裂像被固定保存者（固定帶）。在強度又濃度稍小之處，則細胞之構造終於破壞而死滅，在此處，則能見所謂死滅像的特殊構造之變化（死滅或破壞帶）。在強度又濃度之更小處，則細胞不死而顯示構造上之種種變化（作用帶）。在破壞帶表示之細胞構造上之變化（死滅像）乃能不問外界條件之如何，以同樣之物質，隨種種原形質構造之變化而表示核分裂之異常焉。此種異常為輕度者，例如在核分裂之後期又末期染色體不分裂而兩娘染色體羣又結

娘核互相接近，在姑娘染色體之間，見有如橋之連絡（後期橋、末期橋。）

時而外界條件之影響有在外界條件復於自然狀態之後表現者。此名爲後作用（After effect），以在含水格魯拉爾、X線等爲顯著。

染色體之構造恆有粒狀（隨伴收縮）、空胞化（隨伴膨潤）、網狀等變化；在形狀之變化中，又有收縮（短粗而近於球形）、膨潤、狹窄、切斷等。在染色體排列之變化中，有染色體顯示互相接近、互相癒合之傾向者（集合的排列異常）；有染色體顯示互相離開之傾向者（散佈的排列異常）。前者乃作所謂破壞像之一種而爲恆在屬於破壞帶之物質之濃度所見者；後者尤以做某物質之作用（例：高溫度、鎳鹽、甲醇）而顯著。又，隨伴前者，則恆發生染色體之癒合，兩娘染色體羣之異常的接近，後期橋、末期橋、核分裂之退行等；隨伴後者，則以發生兩娘核形狀之不規則，兩娘核間距離之延長，部分的核形成，核之增生，多極分裂，核分裂軸之移動爲多。

染色體之縱裂有時全不發生，或前期延長則二回發生。在減數分裂，則相同染色體之全部或一部不接合，作單價染色體而殘留於赤道面。此乃恆形成小核者。要而言之，此等異常之結果乃發

生染色體之構造及數之變化。

紡錘物質在正常之時際，在含如酸（ pH 三以下）、醇、醚之類脂體溶媒之固定液，則雖顯示絲狀構造（即紡錘絲），惟因物質而將紡錘物質固定於同一之沈澱狀態者，不在少數。例如鐵酸、昇汞、硝酸銀、重鉻酸鉀、福爾麻林之類；此等皆為屬於物質固定帶之濃度。在破壞帶，則紡錘物質恆同一化而不顯示絲狀。在此時際，隨伴上述染色體之集合的排列之異常，同時表現原形質之一般的死滅像焉。在作用帶之濃度，則因物質之種類而不同；例如全不表現紡錘物質者，有硝酸、亞砷酸、氯化金、硝酸銀、硫酸銅、多種之鹼鹽等。以高溫度之作用，溫度在五〇度附近，則紡錘物質亦能一樣固定；在三五度前後則紡錘絲的現出異常顯著（在根端細胞）。此際，此紡錘物質能否成爲絲狀，與染色體排列之有無及細胞分裂能否發生，全無關係。即縱在紡錘絲現出時亦有不發生核分裂之異常者；亦有不發生細胞分裂者；更有縱在紡錘物質一樣固定時，亦全無核分裂之異常者；亦有不少發生細胞分裂之正常者（Yamashita, 1927）。根據此種事實，做紡錘絲而以核分裂之固定像所知之構造乃爲在核分裂及細胞分裂之正常的進行上無何等關係之固定像。然此非謂紡錘物

質在細胞活生時非絲狀之構造者。事實上以爲此正反對，而紡錘物質在活生之細胞雖然不見，而有絲狀構造之間接證據者，固甚多也 (Beider 1928)。

細胞分裂之異常如核分裂之異常不甚劇烈，乃恆爲全無關係的發生者，而常比核分裂之異常發生爲難。其主要者，如次：

- (1) 細胞分裂不隨伴核分裂，生出二核細胞。此在硼酸、亞砷酸、多種之鹼鹽等，乃爲常事。
 - (2) 細胞分裂型式之變化。
 - (3) 新成隔膜方向又形狀之變化。此在染色體之排列異常過甚時，多隨伴核分裂軸之移動。
 - (4) 隔膜形成非求心的，爲遠心的又從分裂面之一方進於反對之一方。
- 以上之核分裂及細胞分裂異常之結果，在應爲單核細胞者中生出二核又多核細胞，或生出染色體之組成或數之變化後之細胞。生出二核細胞者，例如：

- (1) 染色體之排列異常過甚時，細胞分裂不隨伴核分裂時。
- (2) 以染色體之異常（散布的）而分核形成即應成爲一個核之姑娘染色體成爲二個核

(分核。)

(3) 以其他之原因而細胞分裂縱在核分裂正常進行時亦不發生。

染色體數變化後之細胞構造如次：

(1) 苟核分裂之前期延長而染色體之縱裂二同發生，則染色體數乃加一倍。

(2) 在染色體縱裂之後，分離之前，核分裂退行而成一個休止核。此時，染色體數亦加一倍。在

減數分裂，則呼此為半異型分裂 (Rosenberg 1917, 1927)。

(3) 在以染色體之散布的排列異常而為分核時，染色體數乃減少焉 (非倍數的)。

(4) 如在雜種之減數分裂上常有者然：不作雙價染色體之單價染色體為殘於赤道面而不入於核中，染色體數乃減少，又苟入於一個核，則後增加染色體數。兩方皆為非倍數的變化。

(5) 苟已縱裂之染色體之各半又以減數分裂而雙價染色體之各半不行至各個之核，而走向一方之核，則染色體數乃為非倍數的變化。

(6) 以上述之方法而二核細胞生出，此二核立時或在次之核分裂所生出之姑娘核互相癒

合時，染色體數，乃倍加焉。

在同一生物之一個組織內，有染色體數相異之細胞混入者 (Mixoploidy, Nêmee 1931)。例如在番茄、菠薐菜、麻等之根端細胞，則染色體數已成二倍、四倍、八倍數之細胞分布於特殊部分（根周圍與中心或某部位）焉。在毛茛之類，則染色體數能見非倍數的變化（參照第一七二頁）。

縱係動物之癌組織或細菌及菌類在植物寄生而生出癌類似之組織，亦能見染色體數之倍數的或非倍數的變化。皆為由核分裂或細胞分裂之異常而生出者也。

自然的又實驗的雜交叉以突然變異所生之生物或在近親種又同種植物之間，染色體數所以為倍數的又非倍數的變化者，雖亦為由於核分裂及細胞分裂之異常而生出者，惟關於在生物生活史之何時，以如何的方法而發生染色體數之變化，則以生物之種類而不同，而尚未充分明瞭者，亦甚多也。以從來所知之實例觀之，則在染色體數之倍加中有以體細胞之分裂而發生者 (Somatic doubling) 與在減數分裂時發生者之區別。前者之例為在櫻草、虎耳草、白花朝鮮薊、煙草等自然得悉者；實驗上之事例，則為在番茄與龍葵之接木雜種、蘚類等所觀察者。後者，即以

減數分裂而染色體數之倍加，照達林格頓 (Darlington 1930) 之說，有如下之四個類別。

(1) 爲減數分裂之二回分裂中之一回不規則，不生有半數之染色體之四個核而生有倍數之染色體之核二個。此乃因不造雙價染色體即染色體相同之程度軟弱遂致不發生接合之故。此乃在種間雜種植物之減數分裂上所恆見者，有染色體全部不接合者（雙價染色體完全不生者，例：蘿蔔與甘藍之雜種、煙草、指頂花屬、曇華、小麥屬中之種間雜種）與染色體之一部爲雙價染色體，其他之部不接合而爲單價染色體者（例：雞腸草、罌粟、莖菜屬中之種間雜種）。

(2) 染色體有二回縱裂而分離者，此乃與染色體之接合完全不發生情事相關聯者焉；因之此僅能在種間雜種見之。其結果乃生出有二倍數之染色體之四個胞子（配偶子）（例：莖菜、醋栗屬之果實）。

(3) 有二核之胞子（配偶子）母細胞生出 (Synthiploidy) 此乃在蘿蔔與甘藍之雜種或非雜種之玉蜀黍上所見者。此主爲原因於藥之不實 (Contabescence) 者（例：桃、李、莓之類）。

(4) 減數分裂之第一回分裂全被省略者（例：細葉鼠麴草、毛蓬菜）。

此等核分裂異常之結果，乃生出染色體數倍加之配偶子（花粉、胚囊），以其受精又生出種種染色體數之植物。其例述於第十三章。

第十二章 細胞與生殖

在生物之生殖（繁殖）中有二種類，卽有性生殖與無性生殖。無性生殖卽細胞分裂。既如前述。有性生殖爲由雌雄兩性之細胞卽配偶子之癒合而生出之接合子之分裂者。其在細胞學上之重要點，爲染色體數之倍加（Diplois），在遺傳學上，乃從二生物體（已生出雌雄配偶子）所生之遺傳子以相異之組合而入於一細胞中者也。在核學上二核癒合又從二核生出之相同染色體進入一個核中，此卽受精（Diplois）之要點。

有性生殖之最原始的，爲在下等藻類或菌類所見之等配偶子（Isogamete）卽 Isogamy，而雌雄配偶子在形態上乃全同（形態、大小、構造）者（第四十三圖）。在此際，有時兩性之配偶子在其行動上現出雌雄之區別者。例如雄性配偶子爲活潑的運動，雌性配偶子靜止不動之類。在爲此種之接合者中，兩種配偶子爲完全相對的。例如 A 配偶子在對於 B 配偶子，則取雄之行動，而



第四十三圖

各種類之受精(Sharp)

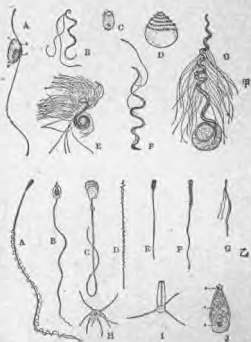
A *Ulothrix* (綠藻), B *Ectocarpus* (褐藻), 皆為等配偶子(Isogamete)之接合(Isogamy), C *Sphaeroplea* (綠藻)精蟲從細胞膜之孔進入與卵相合

對於 C 配偶子，則取雌之行動。此名為 Relative sexuality (Hartmann 1909) 乃可就藻類 (*Ectocarpus*, *Dasycladus*) 或菌類 (*Synchytrium*) 而得悉者。

在有性生殖之已進步者，則雌性配偶子成精蟲形；雌性配偶子成卵形（第四十四圖）。精蟲通常，形小，有纖毛而能為活潑的運動；卵大而圓，不能運動。時而亦有以雌性配偶子而不能自由運動者（*Spermatium*，例：紅藻類、卵菌類）。在精蟲生出時之細胞分裂，則常生出名生毛體 (*Biopharoplast*) 之特殊構造（異形質）；此時而亦有從中心體生出者（例：黏菌類、蕨苔類、羊齒類、裸子植物中之鴨跖樹、鐵樹）。

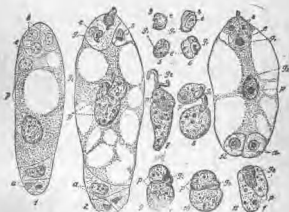
在高等植物（被子植物及裸子植物中之松柏類、麻黃類），則雌性配偶子作精核或精細胞

形通過花粉管而達於卵細胞（第四十五圖）。此精核或精細胞恆在一個花粉粒中生出二個，而在被子植物，則一個與卵核相合，另一個精核乃與胚囊內之二個極核相合而形成胚乳核。此名為



第四十四圖 (Sharp)

- 甲 植物之精蟲 A 藻類, B 車輪藻, C 絲藻之一種 (*Oedogonium*), D 鐵樹之一種 (*Zamia*), E 蕨, F *Bicardina*, G 田字草
- 乙 動物之精蟲 A 變形蟲, B 沙蠶, C 天竺星, D 鳥類 (*Phyllopus*), E 雙紋, F 蠟蟲, G 蕨蟲類, H 蟹類, I 海蝦類, J 蠅蟲



第四十五圖

在百合(1 至 11) 及 *Ranunculus acris* (12) 之受精 (×260) (Guignard)

1 右受精前之胚囊，2 受精，精核之一個 (g₁) 與卵核 (e) 相合，其他精核 (g₂) 與二個極核 (p) 相合 (二重受精)，3 至 6 卵核 (c) 與精核融合之種種時期，12 在受精瞬間之胚囊，a 助細胞 a 反足細胞

110

重複受精或二重受精 (Double Fertilization) 因之胚乳之核有三倍數之染色體。

在下等植物，則接合又受精之二個細胞即配偶子，皆完全具備細胞之各構造要素（即核、細胞質、色素體），而此等要素即作新的細胞（接合子）者也。即核及細胞質成爲一體，色素體亦在配偶子之一方缺如者，又縱在兩方之配偶子，亦有在接合子中不融合而各別存在者。在高等生

物，雌雄配偶子之分化顯著時，在配偶子中缺乏細胞之某種要素，或縱有而亦不進入接合子。例如在蘇苔類、羊齒類之精蟲，則色素體完全無有，因之接合子之色素體為卵細胞。在精蟲成精細胞，則其主要部為核質，而細胞質縱與卵細胞之細胞質相合，分量亦極少也。時而有精蟲或精細胞之細胞質之部分受精時全不進入卵細胞中者。然核質在任何時際，亦存在於配偶子中，受精時在一個細胞（接合子）中合而為一個新核（染色體數從 $2n$ 到 $2n$ ）。惟在二核適合之時期二核亦有恆在核分裂之前期者；又有二核受精時不適合或縱適合亦在次之核分裂時獨立現出染色體者。大凡受精之意義有二：一為在自然放置則應死去之卵細胞中獲得新的發育之刺激；二為雌雄兩種細胞中之遺傳物質以新的組合而進入一個細胞。此最初之作用即卵細胞受新的發育刺激，乃未必由與雄性細胞適合而生出者，例如在所謂人工處女生殖（Artificial parthenogenesis）者然，如海膽等之卵以特殊物質（例如脂肪酸、植物鹼）之作用而精蟲進入時者然，雖形成受精膜，但將其放入滲透壓高之海水或除去氧之海水時，便開始分裂焉（J. Loeb 1899）。卵細胞原形質之諸種物理化學的性質，恆因受精而大起變化。卵原形質之膠質似因受精而

增加其安定性 (Kunnetström 1929)。同時，對於卵細胞之種種物質之透過性或氧化作用、黏性、電導率亦因受精而增高焉。

卵細胞不與雄性細胞癒合而發育之現象為在自然界所知者，此總稱單為生殖 (Apomixis)。此種事例，無論動物、植物，皆居多數。在動物，則特為車蟲類、甲殼類、昆蟲類，其中有以單為生殖為正常的生殖法者。在動物之單為生殖中有二種：一名真處女生殖 (True parthenogenesis, Apomictic parthenogenesis)；名偽處女生殖 (False parthenogenesis)。在真處女生殖中，有卵為減數分裂而顯示 x 之染色體數者（半數處女生殖，例：蜜蜂、壁蝨、蠅之一種）與卵不為減數分裂而顯示 $2x$ 之染色體數者（例：蠅類）。所謂偽處女生殖者，乃卵不與精蟲相合，卵核與其他細胞（例如極體）之核相合而開始分裂，或卵核分裂而生出之二核適合者也。

在植物之單為生殖中有如次之三種類：

(1) 處女生殖 (Parthenogenesis) 乃配偶子（恆為雌性即卵細胞）不受精而生出孢子植物者。此中亦有二種：其一為卵有半數 (x) 之染色體者，此例甚少（例：白花瓣朝顏、煙草之

類；然卵細胞不受精而顯示分裂傾向之例，則居多數（例：待宵草、赤箭等。）其二爲卵有 $2x$ 之染色體者，此例亦甚多（例：田字草、蒼、細葉鼠麴草、女菀、臘梅、白花蒲公英、剪夏羅、韭、蛇菰、黃花菜、車軸藻。）

(2) 無配生殖 (Apogamy)：此爲配偶子（卵細胞）以外之配偶植物之細胞（例：胚囊之助細胞、反足細胞）不與他細胞癒合而生出胚（孢子植物）者；此中亦有該細胞顯示半數 x 之染色體數者（例：顯示多倍數染色體之羊齒類）與該細胞顯示 $2x$ 之染色體數者（例：韭、細葉鼠麴草、蒼、鹿蹄草之類）之兩類。

在爲處女生殖或無配生殖之顯花植物，則恆有從胚囊周圍之孢子植物之細胞即珠心、珠皮之細胞（有 $2x$ 之染色體）生出胚（孢子植物）者（例：蜜橘、毛蓮葉）；時而亦有與從卵生胚同時從其他細胞亦生出胚而在一胚囊內生出多數之胚者（多胚形成 Polymbyony）。

時而有以非配偶子之二細胞之癒合而生出胚者（例：羊齒類、蕨子菌類）此名爲偽有性生殖 (Pseudo-mixis, Pseudogamy, Somatogamy)。

(a) 無孢子生殖 (Apospory)：此為從孢子以外之細胞生出配偶植物 (原葉體) 之生殖法。此中亦有兩種類：其一為從有 $2x$ 之染色體之孢子植物細胞生出配偶植物 ($2x$) 者，乃多數之羊齒類、蘇類、毛茛蕪之類；另一種名無孢子生殖 (Pseudapospory)，乃孢子不為減數分裂而生出者，即從 $2x$ 之孢子生出配偶植物 (例：山字草之一種)。

無孢子生殖恆多隨伴無配生殖。

行單為生殖之生物，孢子形成即減數分裂恆多不正常、不規則者。例如異型核分裂全不發生，或縱發生而為異常者。又花粉之不實性高。從來所知之做單為生殖植物之半數，乃染色體四倍數 (Tetraploid) 者。在同屬內有做單為生殖之種與做有性生殖之種時，染色體數前者恆為後者之倍焉。

做此等單為生殖之植物之細胞學的特徵，為在雜種植物所見之特徵。因之亦有認雜交為單為生殖之原因之學者 (例：Ernst 1917, 1918)。

第十三章 染色體與遺傳

核對生物之遺傳現象有特別關係，乃為最初赫克爾 (J. Haeckel 1866) 所想像者，其後由種種之生物學者，尤其為赫爾特威 (O. Hertwig 1875) 斯特拉波格 (Strasburger 1877) 馮柏乃登 (van Beneden 1883) 等而闡明在生物發生史中之種種時期，尤其為體細胞之核分裂、減數分裂及受精中之核之行動，於是赫克爾之想像遂得到學問的基礎。尤其為赫爾特威及斯波拉司波格，確定受精時雌雄細胞之核癒合之事實，主張核含有遺傳物質。

既如前述：受精相合而成新細胞（接合子）之雌雄配偶子，其大小乃在細胞質之含量上有著明的差異，雄性配偶子尤其為精蟲，不僅其主要部為核質，且在受精時以其細胞質所構成之部分恆有不進入卵細胞情事。因之雌性細胞所貢獻於新接合子之細胞者，殆僅核耳。然在表現於新的兒童之形質上被貢獻之兩親之形質恆為父母皆完全相同者，而交換父母之雜交即相反交配

(Reciprocal crossing)之結果在遺傳學上通例亦爲完全同一者。此種事實似可作爲遺傳物質僅在核而不在核以外之細胞構造之假說之反證。

核中尤其爲染色體含有遺傳物質情事，乃從在核分裂中之染色體之行動尤其爲既述之染色體之個體性，在其縱裂及減數分裂中之相同染色體之特殊行動即接合及分離上觀之，極似事實。又在以下所述之雜種及突然變種等中之染色體之組成、數、行動等之變化，作爲染色體中含有遺傳子 (Gene) 之假定，方可爲解釋也。

做現今實驗遺傳學之基礎者，門得爾之定律也。此定律雖爲一八六五年奧國僧侶門得爾 (Johann Gregor Mendel) 新發表者，惟不獲世人之認許，直至一九〇〇年，山科林斯 (Correns)、柴馬克 (von Tschermak) 及多甫里斯 (De Vries) 三人同時發見矣。此定律乃從植物雜種實驗之結果所獲得而爲如次之三種所構成者。

(一)支配之定律 (Law of dominance) 又一樣之定律 (Law of uniformity) 在雜種第一代 (F_1) 則一切個體之性質皆爲一樣，顯示父母性質之任何一方或父母性質之中間性質；

例如以豌豆種子之圓者與有皺者爲兩親而所生之雜種 F_1 種子皆爲圓者；又紫茉莉之紅花者與白花者交配所生之雜種 F_1 花皆爲桃色。在雜種之 F_1 所現出之性質（例：豌豆種子之圓）謂之優性又顯性（Dominant character）；在 F_1 不能現出之性質（例：豌豆種子之皺）謂之劣性又潛性（Recessive character）。

(c) 分離之定律 (Law of segregation)：在雜種第一代 F_1 生出配偶子（生殖細胞即卵及精細胞又精蟲）時，從兩親所受之對之性質（例：豌豆種子之圓性與皺性）乃分離而僅將任何一方之性質傳於一個配偶子中。因之雜種之配偶子爲承受對之性質之任何一方者，而此二種之配偶子乃皆以同數生出焉。例如在上述豌豆之例，則有生圓種子性質者與有生皺種子之性質者乃以同數生出焉。即雜種乃在體細胞，則雖含有兩親性質之任何一方，惟在配偶子之細胞，則此二對之性質分離而僅有父母任何一方之性質。即縱係雜種，其配偶子亦爲純潔者（配偶子純潔之定律）。

(d) 獨立之定律 (Law of independence)：生物所有之多數形質（例：花之色，種子之形，

葉之形、莖之長短等，皆各獨立遺傳，上述之（1）（2）定律乃皆就各個之形質而個別成立者。因之在雜種，則生出形質相異之組合者，乃為必然之事。惟在此定律中有某種制限，據其後之研究，則一個生物個體之多數形質做若干之羣（連環遺傳羣，此數等於染色體數 (x) ）而遺傳，相異之連環遺傳羣間之形質乃互相獨立而遺傳；同一之連環遺傳羣中之形質皆連結而遺傳焉。然時而亦有此結合破裂者（此乃奇假定染色體之乘遠便可說明者。）

此等遺傳定律若假定染色體有應表現遺傳形質之某物（遺傳子 Gene），且應表現同種之對之性質（Allelomorphie character，例如使花之色紅或白，使種子之形圓或有皺）之遺傳子假定存在於受精時從相異之親傳來之相同染色體之對之各個，則根據在減數分裂時所述之相同染色體之行動（接合、分離）自能為說明也。即門得爾之定律，乃適成爲在遺傳學上表現減數分裂者；而減數分裂乃適成爲在核學上證明出門得爾之定律者。

上例爲在高等動物及高等植物而有 $2x$ 之染色體之細胞體者。在純粹之生物，則表現同種對之形質之遺傳子（亦可謂爲遺傳因子）乃爲相等，即有同一之對之遺傳子（同種接合子）；在

雜種，表現此對之形質之遺傳子亦為相異者（異種接合子。然在下等生物（例：蕈苔類之個體、多種之綠藻）或高等植物之 x 世代之性質（例：花粉之性質），則細胞有半數（ x ）之染色體，僅有一個代表與上等者之配偶子同樣同種之對之形質之遺傳子（無以相同染色體為對，僅含一個）。故在遺傳的性質上 x 世代之細胞又細胞體乃純粹者；縱係雜種，其形質亦分離而表現對之性質之任何一方，乃為當然而已證明之事實。

染色體與遺傳現象之關係，在雜種及突然變種時，尤為顯著。惟在雜種或突然變種，有生物之外部形質縱表現顯著的變化，在染色體上亦不能見何等變化者。此乃被認為基於在染色體中理想像之顯微鏡所不見之遺傳子其物之變化者。然因此非在核學上所應論者，故省略而在以下述說隨伴染色體變化之雜種及突然變種。

如上所已述：在染色體數之變化中有倍數的變化（Polyploidy）與非倍數的變化（Aneuploidy, Polysomy）因在一個細胞中，染色體乃外形縱同而在遺傳子之組成上則為各個相異者即有個體性者，故染色體數之變化縱相同（例如一個減去），其結果亦不相同也。即從染色體

組成上生出種種之類別。此乃在染色體數非倍數的變化上之明顯事。在染色體為倍數的變化時即成二倍、三倍、四倍時，或成半分時（對之相同染色體各別分離時），若此猶如通常然，相同染色體之各個發生僅為同數之增減，則實際之染色體數變化之大小，乃比非倍數的變化為顯著，惟在遺傳子上比諸本來者，遺傳子之互相關係乃為同樣，而染色體數之變化及於生物之外部形質或細胞性質上之影響則小。即認此際為染色體之組合間之平衡（Balance）不破壞者。然在染色體數之非倍數的變化，則縱僅一個染色體之加減，就染色體之組合全體而言，變化亦大而所以友於其生物形質之結果亦大者，或即為此。

此等染色體數或組合之變化，如前所述（參照第二〇三頁），亦發生體細胞之核分裂或細胞分裂之異常；又有為以減數分裂之異常而配偶子之染色體變化而發生者。在後者中，所知者，例如次：

(1) 以兩方之配偶子皆有倍數（ $2x$ ）之染色體者間之受精而生出之雜種，染色體數乃為四倍數者（例：蘿蔔與甘藍之雜種、小麥、煙草、指頂花屬、雞腸草屬之種間雜種）。

(2) 以有一方之配偶子爲正常(x)而他方之配偶子爲倍數($2x$)之染色體者間之受精而生出之雜種，有三倍數、四倍數、五倍數、七倍數等之染色體。

(a) 僅花粉爲 $2x$ 者(例：櫻草)。

(b) 僅卵爲 $2x$ 者(例：甘蔗、煙草、石竹屬之種間雜種)。

在倍數的染色體數之變化中所熟知者爲半數、三倍數、四倍數等。

半數之植物之例，比較的稀少；在白花朝鮮朝顏、煙草、稻、待宵草等中。其原因尙未十分了解，在某種時際似由於處女生殖。

三倍數之植物之例甚多(參照第一八三頁)；主要之例爲大待宵草($3x \parallel 21$)、薔薇($3x \parallel 21$)、果蠅($3x \parallel 12$)之突然變種。在三倍數生物之減數分裂，則恆生出三價染色體。此乃顯示相同染色體每三個進入細胞中者。

四倍數之植物，其數亦多；例如鬼待宵草($4x \parallel 28$)、櫻草($4x \parallel 36$)、薔薇($4x \parallel 28$)、磁菊($5x$)與野菊($3x$)之雜種($4x \parallel 36$)。四倍數植物，恆比普通之植物大細胞亦大。

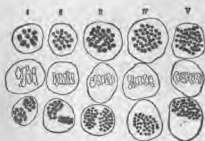
此外，在蒿薺屬中有五、六、八倍數者；在菊屬中有十倍數者。

染色體數按倍數加增時，細胞之大，恆亦漸漸加大。例如次表；數字為細胞體積之比。

	x	2x	3x	4x	6x
雜屬草之一種 (<i>Crepis capillaris</i>)	1.8	4.0	6.0	9.0	
真菊與甘藍之雜種		1.0		2.3	3.1
薺類 (<i>Fanuria Agrostoides</i>)	8.6.5	1.5.8.1	2.7.3.1	4.7.2.8	
果 樹	1.0	1.7.7	2.5.6		

次表為比較花粉粒之直徑者：

	2x	3x	4x	6
捲羽胡頹	三五.三	三七.六	四一.七	
小 麥	四四.〇		五一.一	五五.三
薺 類	六.八		八.八	一〇.〇
櫻 草	二九.四		三二.九	
五 齒	二九.〇		三五.〇	



第四十六圖

菊屬之減數分裂 (Tahara)

上列 異型核分裂極面觀，中列 同側面觀，下列 同型核分裂，I 小白菊，II 寒菊，III 野蘭，IV 千年艾，V 磯菊

在非倍數的染色體變化之例，則以比二倍數多若干者 (Hyperploidy) 為多，少若干者 (Hypoploidy) 稀有，其例為闊葉待宵草 ($2x+1=15$)，白花朝鮮朝顏 ($2x+1=25$)， $2x+1+1$ ， $2x+2=26$) 等。即在僅多同樣之一個時 ($2x+1$)，無論為染色體之某一個重複，結果亦不一樣，有種種之種類。在 白朝鮮朝顏，則以減數分裂而此餘剩之染色體，乃與另一組之雙價染色體，接

合而作三個組染色體 (Trisome)。在四倍數之變種中，亦有如 $4x+1$ ， $4x-1$ 者，各作五個組 (Pentaploidy) 一個，三個組一個。

如第八章所述：在生物之近親種例如同屬生物之種間，能見與以上同樣之染色體之組成及數之變化。在植物，則倍數之變化，在同屬之種間，極為普通。例如：在菊屬，則成為基本數九 (第四十六圖)；在茄屬，則成基本數十二之倍數。時而亦有基本數有二種者；

例如在罌粟屬，則爲七又十一之倍數。又有倍數與非倍數相混者（例：煙草屬、酸模屬）或全然非倍數的變化者（例：果蠅、雞腸草、蕨、螢蘭屬）。

在遺傳子構成上相異之種類（即互不相同）之染色體之一羣，謂之 Genom (Winkler 1916) 以 $A \cdot B \cdot C \dots$ 表示之，則半數之生物，配偶子細胞之 Genom 式爲 $A \cdot B \cdot C \dots$ ，又普通之二倍數生物，接合子細胞之 Genom 式爲 $AA, BB, CC \dots$ ，而在雜種，則亦有爲如 $AC, BC, AB \dots$ 式者。如 $AA, AAA, BBBB$ 式者，恆爲所謂 Autopolyploid；如 $AAB, ABC \dots$ 式者，恆爲所謂 Allopolyploid。此 Genom 式之決定，僅染色體之顯微鏡的觀察，則殊難能。唯有依據實驗遺傳學上之研究之一法，即須由與 Genom 之既知之生物之交配方可知之。同一之 Genom 之染色體同伴恆以減數分裂而造雙價、三價、四價等之多價染色體，而在相異之 Genom 染色體之間，則不接合，作單價染色體而殘留，故查雜種植物之減數分裂，可推定 Genom 式。然亦有在相異之染色體間顯示接合之傾向者。在同一之 Genom 則因生物之外部形態自係同一者，故生物外部形態之研究亦可藉 Genom 分析 (Genom analysis) 作參考。

依 Genom 分析之結果，例如在小麥屬，則 Genom 式如次：

一粒系 (例: *Triticum monococcum*) AA (2x=14)

二粒系 (例: *T. durum*) AABB (4x=28)

三粒系 (例: *T. vulgare*) AABBDD (6x=42)

即在小麥屬，則 A · B · D 三種之 Genom 存在，皆由七個之染色體而成。以上所述之種種事實，雖令人想及染色體為遺傳物質之自荷體，惟同時發生在染色體以外

之部分，尤其為細胞質中有無遺傳物質之問題。關於此問題，從來有種種之議論。

如前所已述：因受精時進入卵細胞者，以雄性配偶子之核質為主，細胞質縱亦進入，數量極少，故若在細胞質中亦有關係於遺傳現象之某種物質，則該物質必為以從母（雌性配偶子即卵）方為主而來者。且在實際上，誠有所謂偏母雜種 (*Matroclinous hybrid*) 者。即有僅表現母之性質之雜種（例：棘皮動物）。乍然思之，必以為此乃卵方之細胞質中有遺傳物質之結果，但熟查視之，便知不然。即對生出此種雜種者，一查視其受精時之狀態，便知精蟲中之核質事實上乃不參與

胚之核之構成者。即精蟲之核不與卵核癒合而在卵之細胞質中破壞，或縱癒合亦以其後之核分裂而精蟲之核質被向細胞質外放棄。因之此際，雜種有半數（ $\frac{x}{2}$ ）之染色體（此乃僅從卵細胞生出者），僅顯示母之性質，乃為當然之事。

以無核之卵細胞之受精即 *Merogony* 而生胚時，恆僅表現兩親一方之性質；然此種研究亦不能作為細胞質中有遺傳物質之確證。

動物卵之種種形質例如卵之原形質之分化，其分割之速度、形式等，乍然思之，似為卵中特有之性質而與父親無關係，其實乃在以前之受精時，從雄性細胞中亦遺傳有此種性質也。

唯認一個細胞質於遺傳現象有直接關係者，乃為植物斑葉之遺傳。此為葉綠體之性質，而葉綠體乃在核分裂或受精時恆直接從一個細胞進入另一細胞者，而至某程度其形質乃與染色體無關係者。實際上，在高等植物之斑葉遺傳中有照門得爾之遺傳定律而遺傳者與不然者。即在後者中亦有僅完全表現母之性質者（例：紫茉莉、葎草、繁縷、大豆）與兩親之性質共被表現者（例：紋天竺葵、辣椒）。

最後試述雌雄（男女）之性與染色體之關係。

生物之雌雄性（Sexuality）何時又如何被決定乎？此為從古以來議論紛紜之問題；但在此處所欲論述者，乃從細胞（配偶子）構造上之性之決定問題，即性染色體（Sex-chromosome, Heterochromosome, Allosome）。

性染色體之最初發見，乃為韓欽（Henking, 1891）以昆蟲類之一種而記載者。今日所已悉之性染色體在動物，則約六二二種（內昆蟲類四一八種，哺乳類五〇種）；在植物，則約六〇種（內顯花植物五一種）。

從性染色體上觀之，則在雌雄配偶子，皆為一方有二種，他方為一種。即在雄性配偶子（精蟲）有二種而雌性配偶子（卵）為一種者（因之雄性之個體成為異種接合子）與在雌性配偶子有二種而雄性配偶子為一種者（因之雌性之個體成為異種接合子）。在第一者中，有如次之四種型式：

(1) XO型：在精蟲中，有在普通染色體即 Autosome 之外有特別染色體（即性染色體

名X染色體)一個者與僅有普通染色體之二種。卵皆為在Autosome之外有X染色體一個。而在由有X染色體之精蟲而受精時乃生雌，由無X染色體之精蟲而受精時乃生雄。試以A表現

Autosome 則

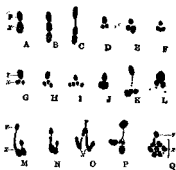
$$\begin{array}{l} \text{配偶子} \left\{ \begin{array}{l} \text{雄 } A+X, A+O \\ \text{雌 } A+Y \end{array} \right. \\ \text{接合子} \left\{ \begin{array}{l} \text{雄 } 2A+X \\ \text{雌 } 2A+2X \end{array} \right. \end{array}$$

減數分裂時，在精母細胞又花粉母細胞，則X染色體不造雙價染色體，走向某一方之細胞；卵母細胞又胚囊母細胞，則以二個X染色體同伴造雙價染色體。在動物，則為某種昆蟲(例：*Protenor* 馬之蛔蟲、蜥、蝸、犬、馬、豚、牛等)；在植物，則為綠藻類(*Cladophora subriana*)、山芋類(*Dioscorea sinuata*)。

(2) X_nO 型：此為(1)之變型而X染色體乃以數個染色體之一羣為代表者。所知者為蛔蟲($n=5$)、昆蟲之一種(*Syromastes*, $n=2$)等。

(3) XY型：在精蟲中，有於Autosome之外有X染色體者與有Y染色體者之二種；卵皆為

於 Autosome 之外有 X 染色體者。以有 X 染色體之精蟲之受精而生雌；以有 Y 染色體精蟲之受



第四十七圖
在動物中之性染色體 XY 之對
(Wilson)

A 至 N 半翅類，O 直翅類，
P 鞘翅類，Q 膜翅之類

精而生雄。X 染色體與 Y 染色體乃以其大小、形狀等而互為區別；亦可從 Autosome 上區別之。通常：X 染色體大，Y 染色體小。在減數分裂時，X 染色體同伴（卵母細胞又胚囊母細胞）或 X 染色體與 Y 染色體（精母細胞又花粉母細胞）作雙價染色體而分離（第四十七圖）。乃在哺乳類（袋鼠、猿、人）、昆蟲（例：果蠅）及多種之雌雄異株植物中之型式：

雌配子 { 雌 $A+X, A+Y$
雄 $A+X$

雄配子 { 雌 $2A+XY$
雄 $2A+XX$

在人，則有 Autosome 四六個之外，在男則有 X 染色體與 Y 染色體，在女則有 X 染色體二個，

兩性同有染色體數四八個之說（例，Winiwarter 1921）與人之性染色體為XO型而無Y染色體，因之在男則染色體數為四七個之說（小熊，木原 1922）。

(4) X_nY 型：此為(8)之變型，而X染色體乃以數個之染色體羣為代表者（第四十七圖）；所知者為蛇、昆蟲（ $n=2,3,4,8$ ）。

第二者即精蟲為一種，卵中有二種，雌性在異種接合子者，為鱗翅類與鳥類而有如次之二種：

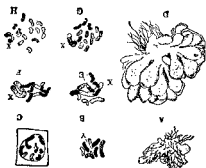
(1) ZO型：雄有Z染色體二個，雌有一個：

配偶子	雄	A+Z	接合子	雄	2A+2Z
	雌	A+Z, A+O		雌	2A+Z

(2) ZW型：雄有Z染色體二個，雌有Z染色體一個與W染色體一個：

配偶子	雄	A+Z	接合子	雄	2A+2Z
	雌	A+Z, A+W		雌	2A+ZW

Z染色體與W染色體之關係乃和X染色體與Y染色體之關係完全同樣。



第四十八圖

苔類之一種 (*Sphaerocarpos Donnellii*)

性染色體 (Allen)

A 雄性配子體, B 其半數染色體(有Y),
C 同前期之核, D 雌性配子體, E, F
其半數染色體(有X), G, H 共為配子
體之倍數染色體

性染色體有在形狀、大小、構造之外,在減數分裂之行動上亦從 Autosome 而為區別者。例如性染色體有在 Autosome 之先或後而分離者。又性染色體有時以休止核維持其個體性,作核質粒而殘留者。此名為異常凝縮 (Heteropycnosis) (例:蕈類。)

在植物,則如在動物者然,雌雄之性別不甚顯著,而性染色體亦如動物,多不明瞭。此乃被認為與植物染色體之倍數的變化顯著相關聯者。在實驗遺傳學上,以雌雄異株之植物而雄為異種接合子,雌為同種接合子,而在雄性配偶子中有二種情事,乃從一九〇七年頃所察悉者;惟植物中亦有性染色體情事,乃以亞凌 (Allen 1917) 在苔類之一種 (*Sphaerocarpos Donnellii*) 上所見者為最初。此苔乃配偶

植物 (X 世代) 以雌雄異株而雄有 Autosome 七個與 Y 染色體 (小者) 雌在 Autosome 之外有大的染色體。接合子有 Autosome 與 X 染色體及 Y 染色體, 在減數分裂, 則仍為 XY 染色體。造雙價染色體而分離焉 (第四十八圖)。

在植物中之性染色體, 從來所知者為如次之五型。其大多數為 XY 型, 主為在花粉母細胞之減數分裂上所見者:

(1) XO 型: 例: *Dioscorea sinuata*, *Cladophora sibiriana*

(2) XY 型: 例: 麻、黑藻、交讓木

(3) Y_1XY_2 型: 例: 酸模屬

配子 { 雄 $A+X$, $A+Y_1+Y_2$
雌 $A+X$

接合子 { 雄 $2A+Y_1+X+Y_2$
雌 $2A+2X$

Y_1+X+Y_2 造三連染色體。

(4) $X_1Y_1X_2Y_2$ 型: 例: 忽布

配子	{	雌 $A+X_1+X_2, A+Y_1+Y_2$
		雄 $A+X_1+X_2$
接合子	{	雌 $2A+X_1+Y_1+X_2+Y_2$
		雄 $2A+2X_1+2X_2$

$X_1+Y_1+X_2+Y_2$ 造四連染色體。

(5) ZW 型例: *Fragaria elatior*

在今日之實驗遺傳學，則雌雄性之特徵亦以與生物其他之個體的特性完全同一之方法而為決定者也。因之生物之雌雄性亦不僅以生物所有之遺傳物質（又染色體之組織），乃隨外界之條件而為種種之表現者，故非單以性染色體之有無而為性之決定者，是當然耳。又在今日，更有性之決定，非僅以 X 或 Y 之染色體之有無而發生者，實以 X 染色體與 Autosome 組數之比而決定者之說 (Theory of genic balance)。例如在果蠅，X 染色體數與 Autosome 組數之比苟為一對一，則成雌；苟為一對二，則成雄；若此比為二對三，則生出中間性 (Intersex)。若此比較一對一為大（例如三對二），則成爲雌之性質能表現到普通以上者；此比比一對二為小（例如一對三），則成爲雄之性質之過度的表現者 (Superfemale)。在酸模屬之多倍數植物及中間性植

物之研究 (Ono 1932) 亦爲同樣之結果。例如 X 染色體數與 Autosome 組數之比苟爲一對一，則爲雌；一對二或一對三，則爲雄；而在中間性植物，則此比爲一對二，二對三又三對四。