

525
162

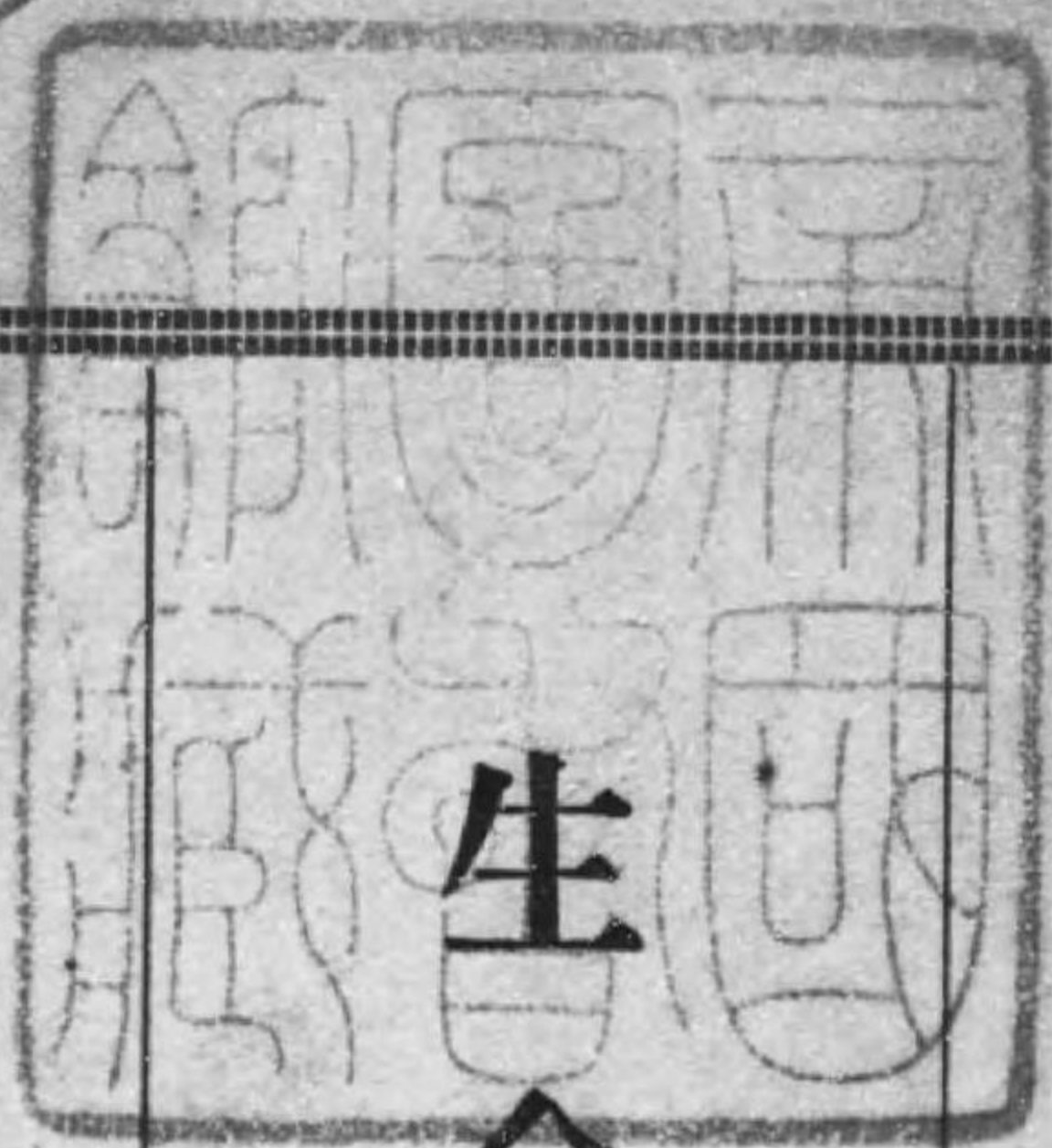


始



26. 7. 5

16000



生命の機械觀

ゼアツク・ロオエブ博士著
神田左京譯

發兌
東京
表
現
社

大正
13. 5. 7
内交

525-162

序

この本の中の論文は大部分、著者の研究の結果を通俗化して
さいふ要求に應ずるため、色々違つた機會に書いたものである
この本の名は純粹に理化學の見地から、生命の分析を試みた諸
論文の一般的傾向を特に表現してゐる。

これ等の論文は大部分、著者自身の研究から立論したので、
その材料の重複した點は止を得ないこゝであつた。しかし色々
な問題に現はれて來る専門的に難解なこゝを考慮してみるに、
この重複は却つて問題の理解を助ける仕事になるのである。

一九二二年四月四日

ゼツク・ロ・エブ

序

世の中には機械觀の色の附いた本も勿論あります。しかし赤大根が多いのです。ミいふのは高等動物の「意識」の問題になるに全く論法が違つて來ます。殊に人間の「意識」の問題は全く別物となつてしまいます。そしてその赤大根も他人が蒔いた種から生へたものです。

所がゼアツク・ロオエフ教授の「生命の機械觀」は全く物が違います。十二分に徹底してゐます。しかも空論ではありません。全く實驗的です。そしてその實驗はロオエフ教授の自身實驗だ

から特に貴いのです。他の言葉で言へば、ロオエブ教授の「生命の機械観」は、教授自身の実験の結果から割り出した獨創の卓見です。

この最も特異な點に於いて、機械論者としてのロオエブ教授は、歐米の學界でも無論第一人者です。又實驗生物學者としてのロオエブ教授は、歐米學界の覇者だ。今更いふのは野暮ですかうしたロオエブ教授の「生命の機械観」は、生物學殊に實驗生物學の専門家にも、宗教、哲學、教育、又一般の人々にも、大變に有益だと思ひますから、日本文に譯して大に紹介したいのです。これには又多少説明が入用です。

この本が始めて出版になつたのは、一九一二年の夏でした。

その夏ロオエブ教授の厚意によつて私は、米國マサチユセツ州ウヅ・ホールにある海洋生物學研究所で、實驗生物學の講釋を聞き又、實驗を行うこゝが出来たのです。ロオエブ教授に私が會つたのは、この時が始めて了。ロオエブ教授は出版になつた本に自署して私にも一冊呉れました。二三章読んで見たら中々面白い本でした。それで日本文に譯する快諾を得たのです。一九一四年の夏までに譯文を了つて、そのこゝをロオエブ教授に話したら、これも一章(第十章)にして、第九章の次に入れたがい、言つて、一つの論文を私に呉れました。

その儘一九一五年の夏、私は日本に歸つて來ました。元來不文に生れ付いてゐる上に私は、八年と二日といふ永い間、米國

の學生生活をやりましたので、私の日本語は全く物にならないのでした。『生命の機械觀』の譯本の出版等到底思も寄らないことでした。その後黒田源次(京大講師文學士)氏が同情して、始め二三章に筆を入れて呉れました。それから又残りの第九章までの加筆も、第十章は浦本政三郎(東京慈惠醫大教授醫學博士)氏が全文を譯して呉れました。

そしてこの度出版することが定つてから私は、原稿の全部を原文と對照して、一言一句嚴重に訂正しました。そして更に清書した原稿の全部をも一度原文に對照訂正しました。かやうな譯で随分手数が掛つた上に又、随分永い年月日も立つたのです。そしてやつと『表現社』の厚意で世の中に出るやうになりました。

した。

かうして出版になります譯本について、も一言附け加へて置かなければなりません。この原本は既に絶版になつてゐます。ばかりでなく前に話した通り、この譯本には原本にない第十章が入つてゐます。しかもこの第十章は理化學の見地から生命現象を説明した最も出色の名論です。この一つの論文丈けでも、ロオエブ教授の『生命の機械觀』は、他人の追従を許さないものださ合點が出来ます。だからこの譯本の方が原本よりも遙かにいゝ譯です。

この譯本を出版するについて、多大の厚意と助力を與へた黒田源次氏、浦本政三郎氏に對して、私は深厚な謝意を表して置

きます。

大正十三年四月十一日

神田左京

生命の機械觀

目次

✓ 第一章 生命の機械觀……………一

第二章 心理學上應性の意義……………五

第三章 中樞神經系の比較生理學に關する或る根本事實と觀念……………九

第四章 魚類の紋様適合と視覺の機能……………二三

第五章 生理學形態學の二三事實と原理に就いて……………二六

第六章 受精作用の本質に就いて……………二七

二

第七章 形成刺戟の性質に就いて…………… 一七四

第八章 受精作用によつて卵の死滅を豫防する法…………… 二三五

第九章 生命の保存上塩類の役目…………… 二二〇

第十章 アボガドロの法則と動物組織の結晶體及び
膠質の溶液内に於ける吸水作用…………… 二七五

第十一章 動物に對する環境の影響に就いての實驗研究…………… 三三四

生命の機械觀

第一章 生命の機械觀

第一節 緒論



この論文は今日吾々の知識が結局生命、即ち凡べての生命現象の全部を理化學上の言葉を用ひて、明かに説明するこゝが出来るといふ期待を與へるか否うかを論ずるのが目的である。もし眞摯な研究の結果に由つて、よくこの問題を肯定的に解決するこゝが出来るといふになれば、吾々の社會生活及び倫理生活は科學の基礎の上に置かれ、そして吾々の行爲の規準も亦實驗生物學の研究

究結果を調和するやうにしなければならぬことになる。

世間には往々生物學若くば一般科學上の『真理』は、精神科學の或もの、『真理』と同様のものと思つてゐる人々がある。即ち（生物學上の『直理』も精神科學のそれと同じく）たゞ一つの議論又は修辭に過ぎないもので、今日眞理であると思はれてゐることも、明日は或は非眞理となるかも知れないもの、やうに考へてゐる者がある。尤も古生物學や動物學のやうな記述的科學では、假説として提出されたことが、色々論難の末、終に捨てられてしまふやうなこともないではない。しかし近世の生物學なるものは、根本が實驗的であつて記述的科學ではない。従つて修辭的のものでなくて、必ず次のやうな二つの形式の一を採ることを記憶して置かなければならない。即ち近世の生物學は、（一）生命現象を任意に調節（例へば筋肉の收縮といふやうなこと）すること、（二）生命現象の程度のものか、或は（二）實驗上の條件を生物學上の結果との間に、（例へば遺傳學說上のメンデル則のやうに）數學的關係を見出すことが出来るか、この二つの中何れかてなければならぬ。だから生物學はこれ二つの原則を基礎としてゐる限り、進歩發達こそすれ、決して改廢

するやうなものではないのである。

第二節 實驗生物學の起原

如上の意味での實驗生物學の起原は、温血動物の身體内を燃へる蠟燭に發生する炭酸瓦斯の量が相等しければ、前者の身體内に生ずる熱量と蠟燭のそれとは、全く同じであるといふことを一七八〇年にラボウジエやラプラスが確かめたに在る。この研究は全く理化學上の言葉で、生命現象、即ち動物體熱の發生を説明しようとした最初の企である。それから近頃になつて、ベツテニコフエル、フタイト、ルブナー、ズンツ、アットウオーターのやうな研究家を輩出して、前の二人が舊式な方法で研究したものを完成するに至つた。即ち食物材料の酸化作用は、假令それが生物の體内で起るにしても又は體外で起るにしても、常に同じ量の熱を與ゆるものであるといふことを確定した。

しかしこれ等の研究にはまだ缺陷がある。それは動物の身體内で酸化する物質、即ち澱粉、脂肪、蛋白質のやうなものは、(動物の身體外に在つては)普通の温度では容易に酸化するものではない。空氣中の酸素によつて、これ等のものを急速に酸化させやうとするには、さうしても火焰の熱を借らなければならぬ。そしてこの生物體内の酸化作用は、實驗室内(體外)の酸化作用との間に見られる差異は、他の化學作用にも同じやうに現はれてゐる。例へば食物の消化作用或は加水分解作用のやうなものは、生物體外では到底生物の生命を兩立することを許さない條件の下にのみ急速に起るこゝが始めて發見された。所がこの高温度に由つて起される所の化學的反應の速度と同じ速度をもつた反應が、或る特別な物質の助を借る時は、低い温度でも可能だといふこゝが或る理化學者によつて發見され、従つて兩者の障壁が取除かるに至つた。その特別な物質といふのは所謂觸媒物である。この發見はベルゼリウスやヴィルヘルム・オストワルドの功績に歸せなければならぬ。この生物の生命を十分に維持すべく體熱で酸化作用を加速する特別な物質は、所謂酸酵酵素と稱するものである。

かやうな順序で、さきのラボウジエやラプラスの研究は、實驗生物學の起原となつたのみでなく、生命問題の中心にも觸れてゐる言はなければならない。なぜなら酸化作用は高等な生物に於ける凡べての生命現象の基礎と言はないにしても、少くもその一部をなすものであると信ぜらるゝからである。

第三節 「生命の謎」

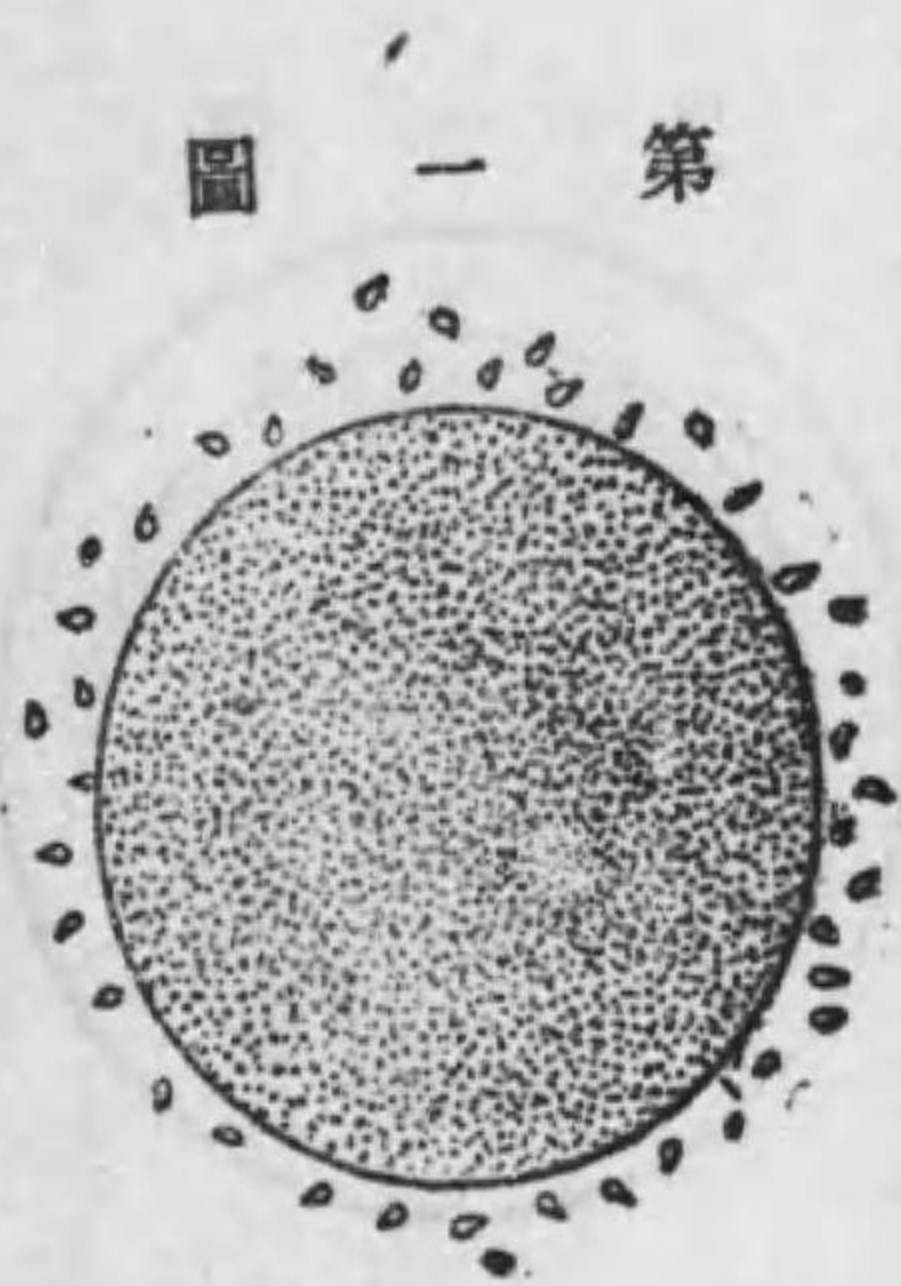
「生命の謎」といふ言葉は、人によつて色々の解釋があらう。しかし生命がさうして始まるか死がさうして來るかといふことは何人も知りたくないものはない。この疑問の解決しだいで、吾々の倫理觀にも著しい影響を及ぼすことになる。しかし吾々はまだ生命が地球上にさうして出來て來たものであるかといふ疑問に答ゆることが出來ない。生物は生命のない凡べての食物材料を生命のある物質に變化するこゝが出來るといふことを吾々は知つてゐる。そして又生物の體内

に出来る化合物は、人工的にも造ることが出来るばかりでなく、生物体内に起る化学作用を同じ割合と同じ温度で、實驗室内で繰り返すことが出来るといふことも知つてゐる。しかし所謂觸媒物或は酵素の化学的性質がまだ十分は知られてゐないことは、現代の智識の缺陷として吾々が最も痛切に感ずる點である。しかし現在でも生きた物質の人工製作は科學の企及する範圍外にあるといふやうな證據は決してないのである。

この見解は次のやうなアレニウスの意見即ち、極めて微少な胚種が放射壓によつて、空間を経て水、鹽類、酸素、適當な温度をもつてゐる新星體、例へば地球のやうなものに落ち、その胚種から生物の進化が新らしく起るといふ考に反對するものではない。寧ろ生物學は確にかういふ考を許すと思ふが、しかし吾々は是非他の方面から此の問題を追求し、研究しなければならぬのだ。私は信じてゐる。それは即ち吾々は所謂生きた物質の人工製作に成功せねばならない、もしさうでなければ、何故生きた物質は人工的に造られないかといふ理由を明白にしなければならぬといふことである。

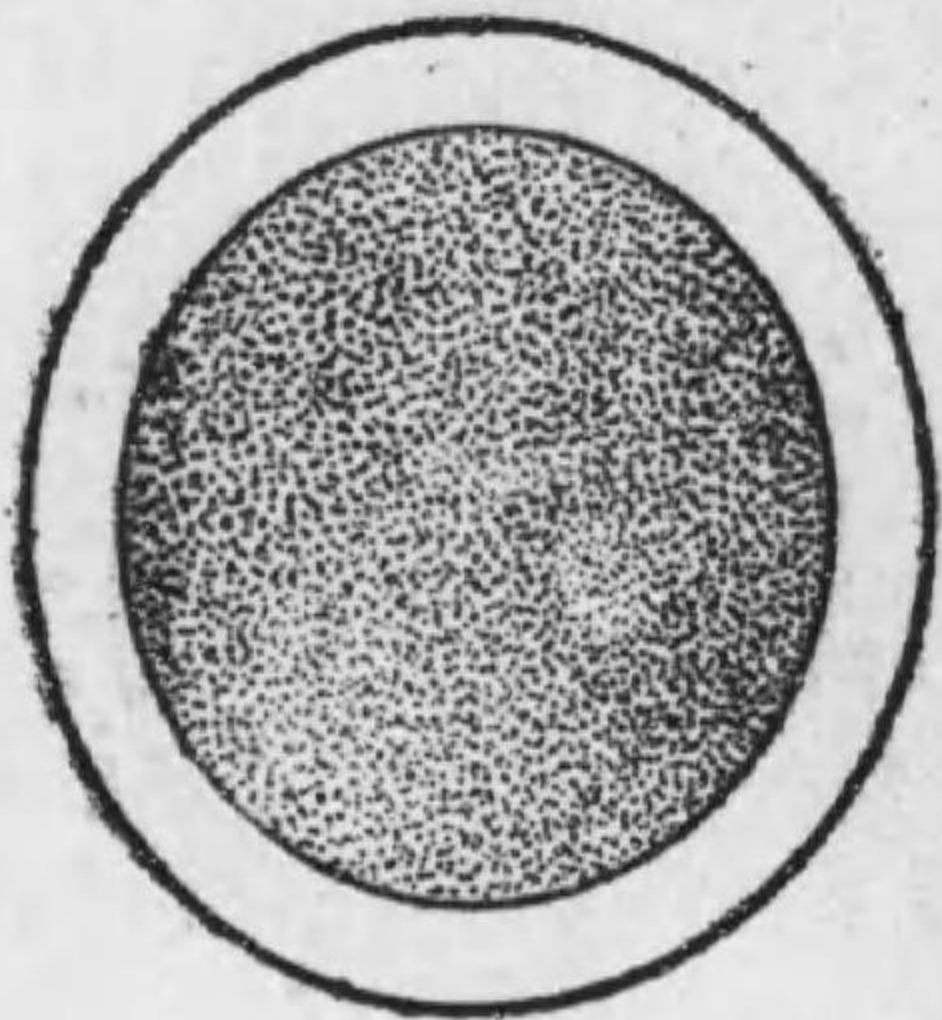
第四節 卵の活動

今日吾々は生命が一般にさうして出来たものであるかといふ問題には明答を與ふることは出来ないが、もつと手近な問題即ち精蟲がさうして卵を新しい個體に發達させるか、といふ問題は已に解決さるゝに至つたのである。動物は凡べて卵から生れる。



第一圖。精蟲に取り囲まれた海膽の未受精の卵。使用した擴大鏡では精蟲の尾は見えないから、頭丈けしか書いてない。

第二圖



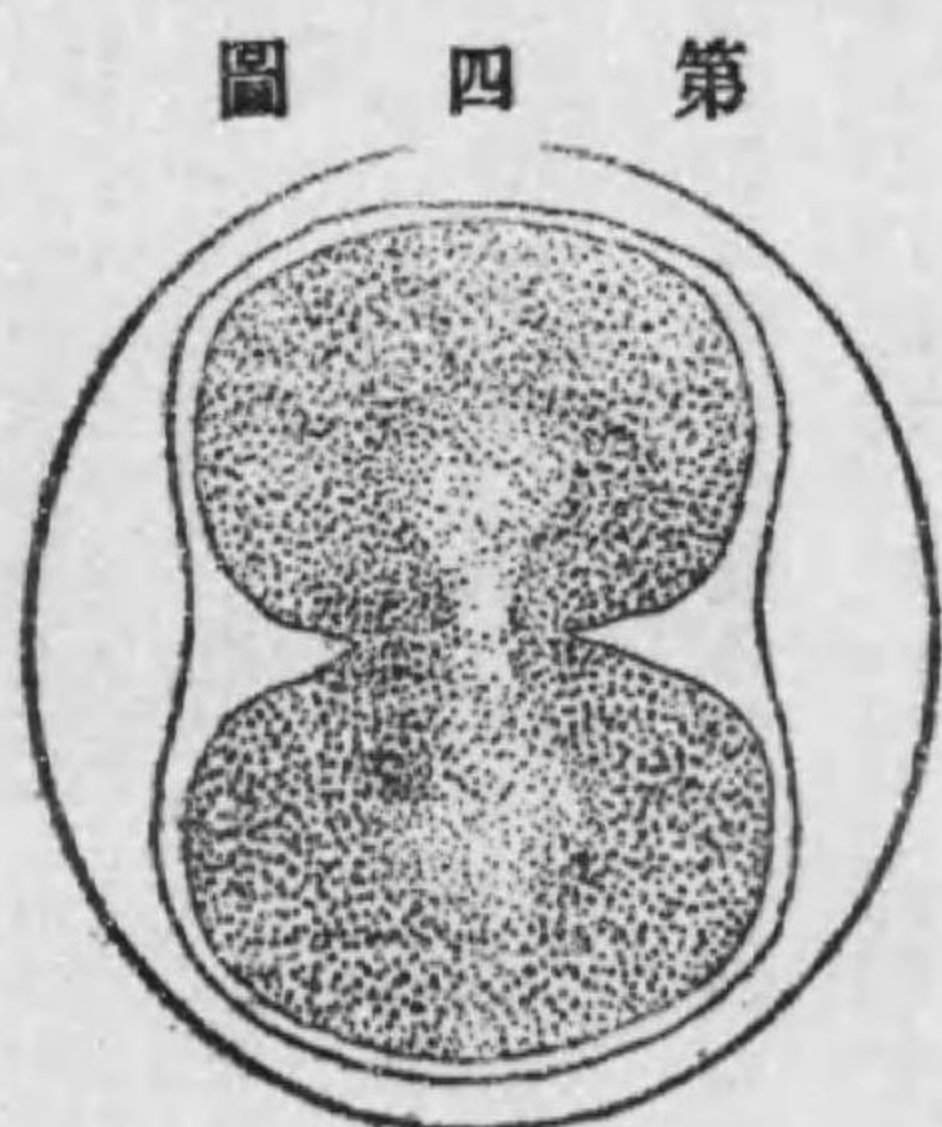
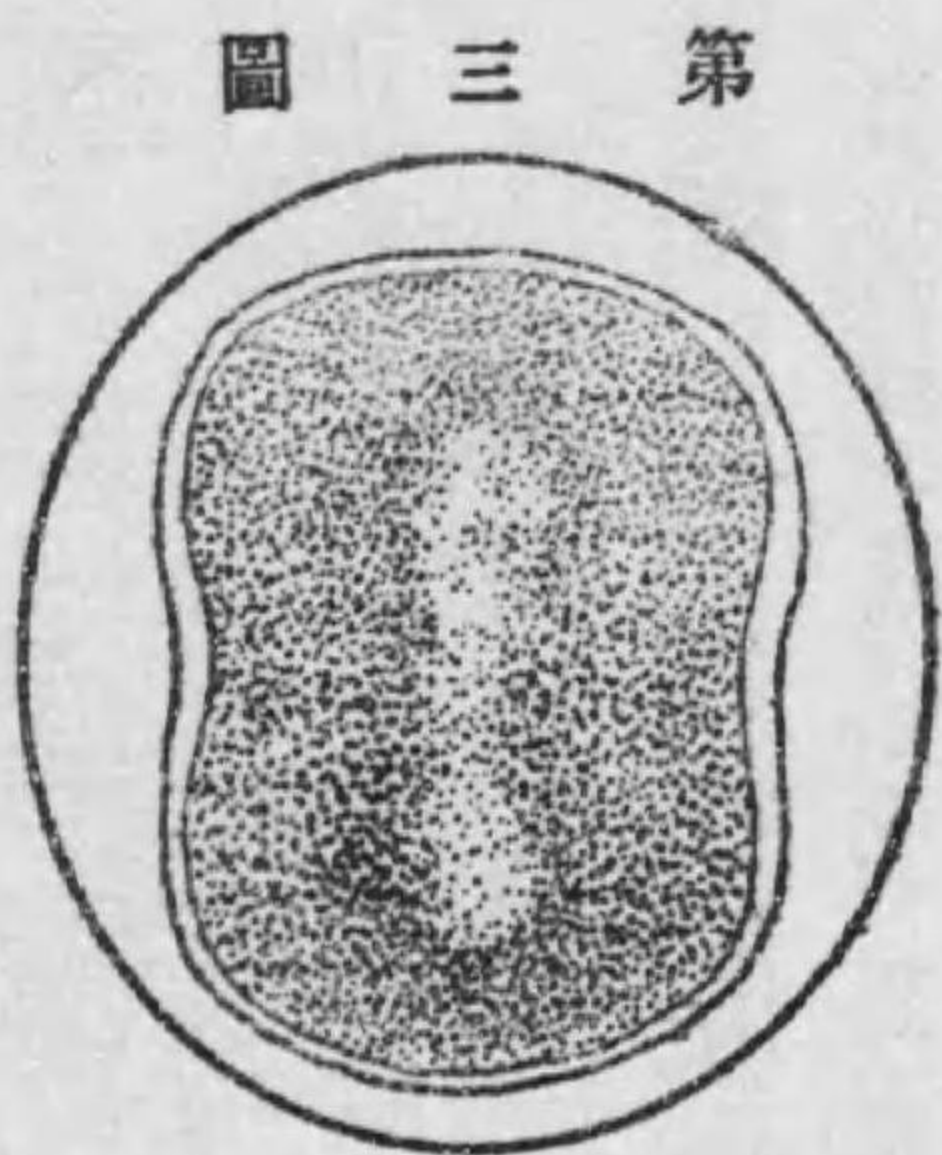
第二圖。精虫の入つた直ぐ後の海膽の卵。卵は大きい輪、即ち精虫の作用で出来た受精膜に取り囲まれてゐる。受精膜の形成は純粹に化學的に取り扱つても出来るのである。

そして多くの動物に於ては一匹の精蟲（雄細胞）が卵の中に入るこゝによつて始めて新しい個體が発達する。その精蟲がさうして卵を新しい個體に発達させるこゝが出来るかといふ問題は二十年前までは丁度生命の起原といふ問題が現在尙神秘の霧の中にあるのと同じく、まだ全く神秘の中に包まれてゐた。しかしこの卵の活成といふ問題は今は最早や神秘の域から脱して、大部分は理化學上の言葉で説明するこゝが出来るやうになつた。卵は受精前の状態では、たゞ一つの核をもつてゐる單一の細胞に過ぎない。そして精蟲が卵の中に入らなければ、ある動物では數

時間、他の動物では數日間又は數週間位な比較的短時間で死んでしまう。これに反して精蟲が入るこゝ、卵は始めて發達を始めて来る。即ち核は二個に分裂し始め、今まで單細胞であつた卵が二個の細胞となる。それからその二個の核及び細胞は又更に各々二個となり、順次に倍加してゆく。多くの卵では分裂した細胞は、卵の表皮に止まるか又は、その表皮の方に進む傾向がある。そして遂に多くの細胞からなつた空洞の球體を形づくる。そしてこの球體の外部に鬚毛が生へ、今は自由に遊動する幼虫に變化する。それからこの囊狀期の一部分細胞が發育するこゝによつて腸が出来、漸次にその他の機官、骨格、血管組織等が出来て来るのである。發生學者の研究によつて或る動物、例へば海膽類、蠕蟲或は鳥類のやうなもの、卵が未受精の儘で、時々核分裂或は細胞分裂さへする傾向があるこゝが指示された。又ヘルトウツヒ、ミード、モルガン等は如上の卵の中に、人工的に一個又は數個の細胞分裂を起させるこゝに成功した。しかしこの場合の細胞分裂は決して幼虫にならないばかりでなく、良く行つて不規則に發達した細胞の群となる位に過ぎない。しかも直ぐ死んでしまうのである。

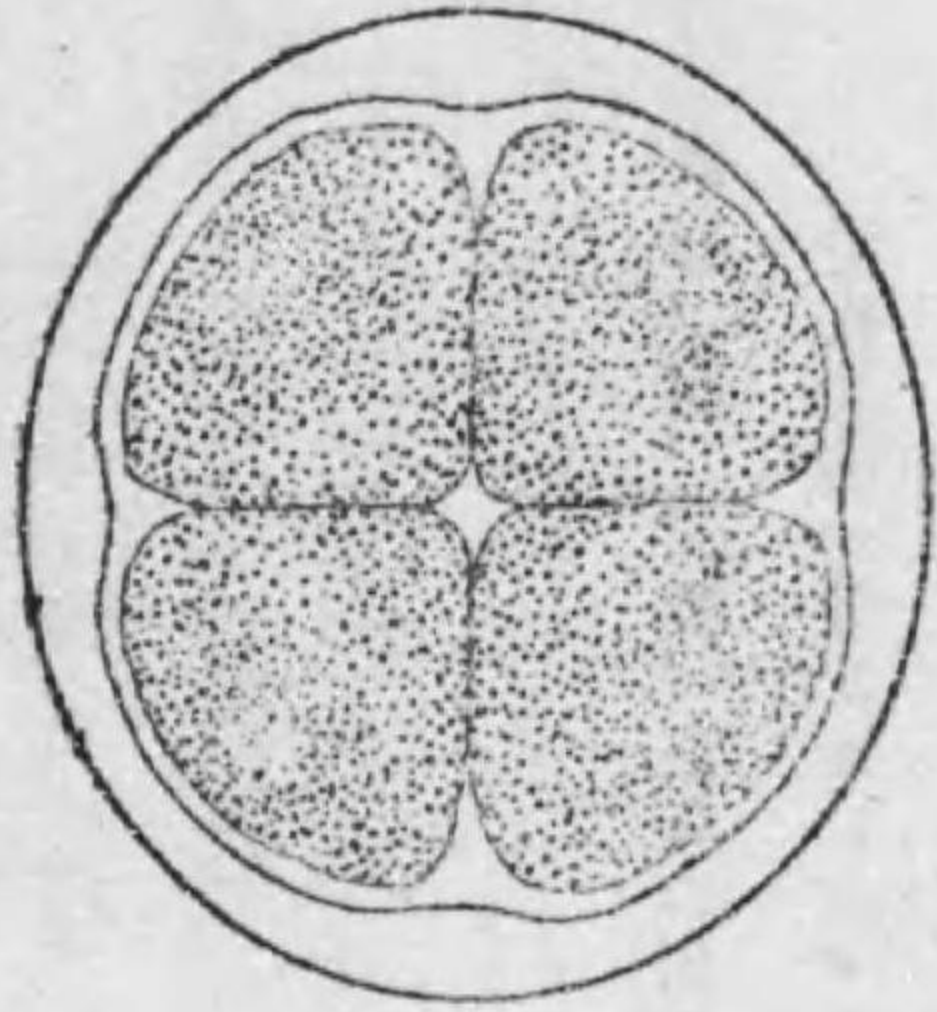
私は十二年前海水を用ゐて海膽の未受精卵を游動する幼虫に發達させたことがある。その海水は一定少量の鹽又は砂糖を加へて濃くしたものであつた。この卵は或る程度以上の滲透壓を有する溶液の中に二時間ばかり浸した。それからその卵を正常の海水に還したら、發達して幼虫になり、一部の幼虫の如きは、腸や骨格を生じたのである。この實驗は海盤車、蠕蟲、軟體動物のやうな動物の卵でも同様の結果を得たのである。この實驗は生きた精蟲の作用に理化學的物質を代用することが出来ること、またこの明かな證據となるものである。しかしこの實驗では精蟲が卵に及ぼす作用を極めて不完全に真似ることが出来たといふに過ぎないので、さうして生きた精蟲が卵の發育を起すのであるかといふ眞の原因はまだ説明が出来たものではなかつた。精蟲が卵の中に入れば、精蟲は第一に卵の表面に變化を起し、その結果所謂受精膜なるものを發生する。從來些細なこゝろ、見做されてゐたこの膜形成現象は、正常の海水よりも高滲透壓の海水を用ひて實驗を行つた私の始めの方法では現はれなかつた。六年前キヤリフォルニアの紫海膽（ストウロンギロセントウロタス・パープロタヌ）を用ゐて實驗した時、私は卵に害を與へないで、未受精卵に膜を

發生さす方法を發見することに成功した。この方法は一定量の酪酸（或は他の單塩基脂肪酸）を加へた海水に、卵を一分か二分間ばかり入れて置く。それから再び卵を正常の海水に還すこゝ、その卵には皆な精蟲がその中に入つたものさ少しも違はない受精膜が出来る。

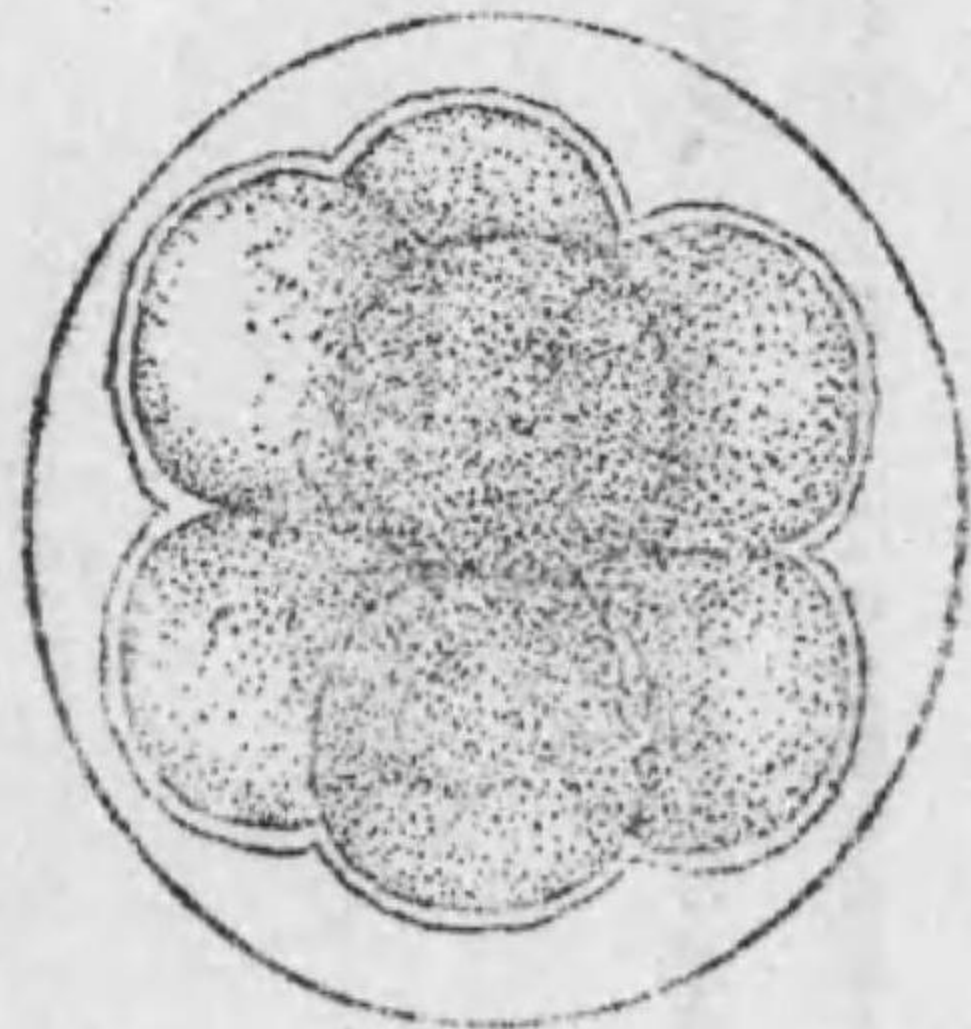


第三、四、五圖。海膽の卵の細胞分裂、その結果二つの細胞の形成（五圖）。第三圖から第五圖までの變化は約一分か或は、それ以内の時間で起る。この分裂は受精後或は、本文中に記載した如く、卵を化學的に取り扱つた後に起る。

第六圖



第七圖



第六と第七圖。四つと八つの細胞に分裂した海 slug の卵。

この膜形成或は寧ろ膜形成の基礎となる卵の表面の變化といふものが、卵の發達の出發點となるしかし室内の温度では十分に發育するには至らない。これを十分に發達させやうとするには、酪酸を用いた後、次のやうな操作で卵を取扱はなければならぬ。それは次の二つの中これを選んでよい。即ち（遊離酸素を有する）高滲透壓溶液の中に、約三十分間程卵を入れて置くか或は酸素を取り去つた海水に約三時間ばかり卵を入れて置くかである。かうして後酸素を含む正常の

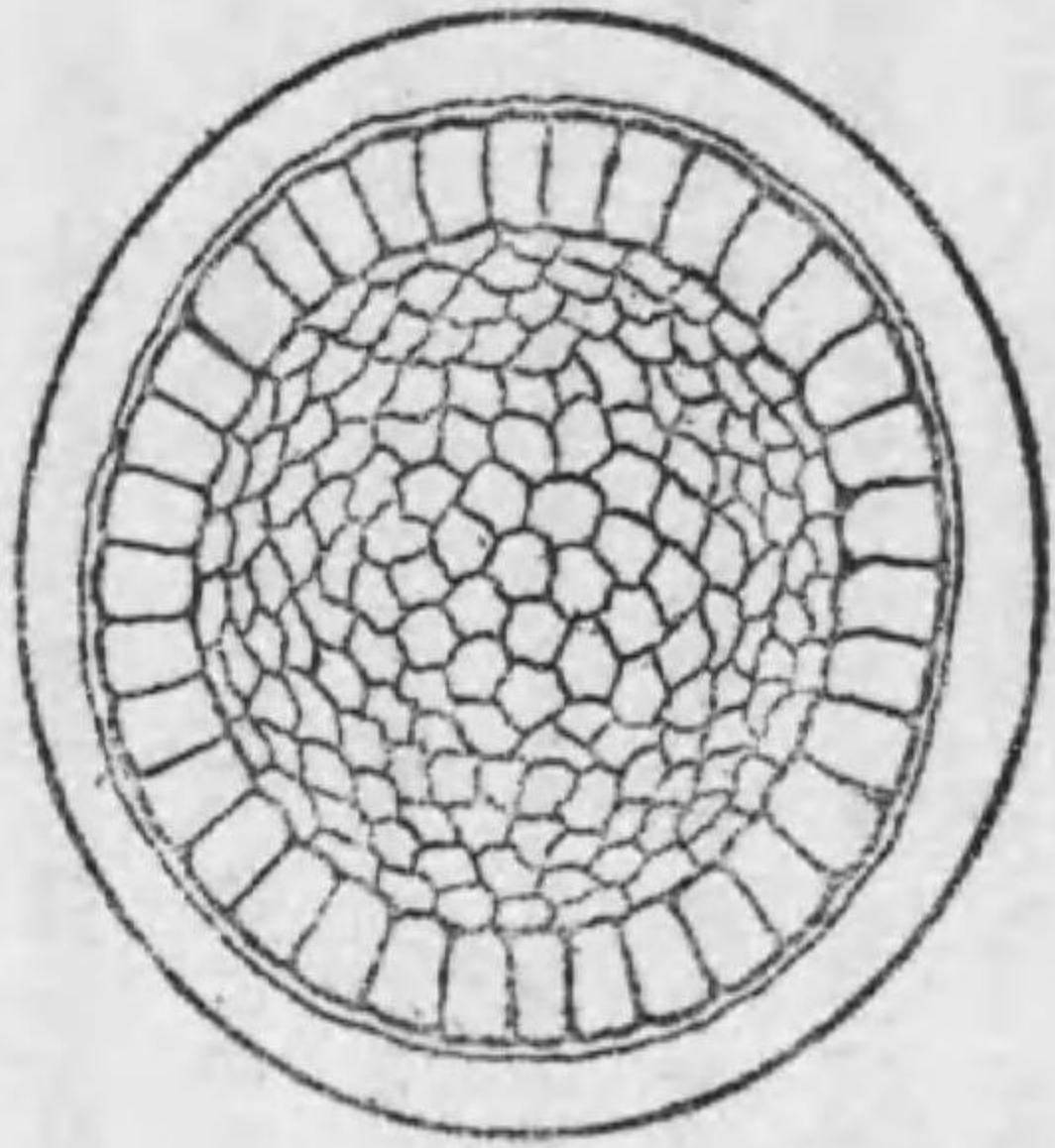
海水に入れ更ふれば、卵は皆な發達するばかりでなく、その大多數は正常の精蟲がその中に入つて發達したものと全く同じである。

かやうな譯だから、以上に述べた二つの違つた方法が卵の發達を起す最も重要な手段である。就中膜形成を起す手段は一層重要である。これは例へば海盤車のやうな或る種の動物では、人工的の膜形成が正常の幼虫の發達を起すに十分な原因であるといふ事實で證明される。尙アル、イリーが發見したやうに、第二の方法は幼虫の發達數を増加するばかりでなく、幼虫の外形をも改善するといふことは確かである。

それでは膜形成がさうして卵の發達を起すことが出来るかといふ問題が起る。今發達を起す化學物の性質、その作用の経路を分拆した結果によるに、未受精の卵は發達が出来ないやうになる前に破壊されなければならぬ表皮層を持つてゐる。この表皮層はどんな方法で破壊されようが關係しない。細胞を破壊する凡ての化學物（それは所謂細胞分解作用を起す）が細胞の表皮層丈に作用した場合には、卵の發達を惹き起さすのである。上述の未受精の卵を酪酸に浸す時は、た

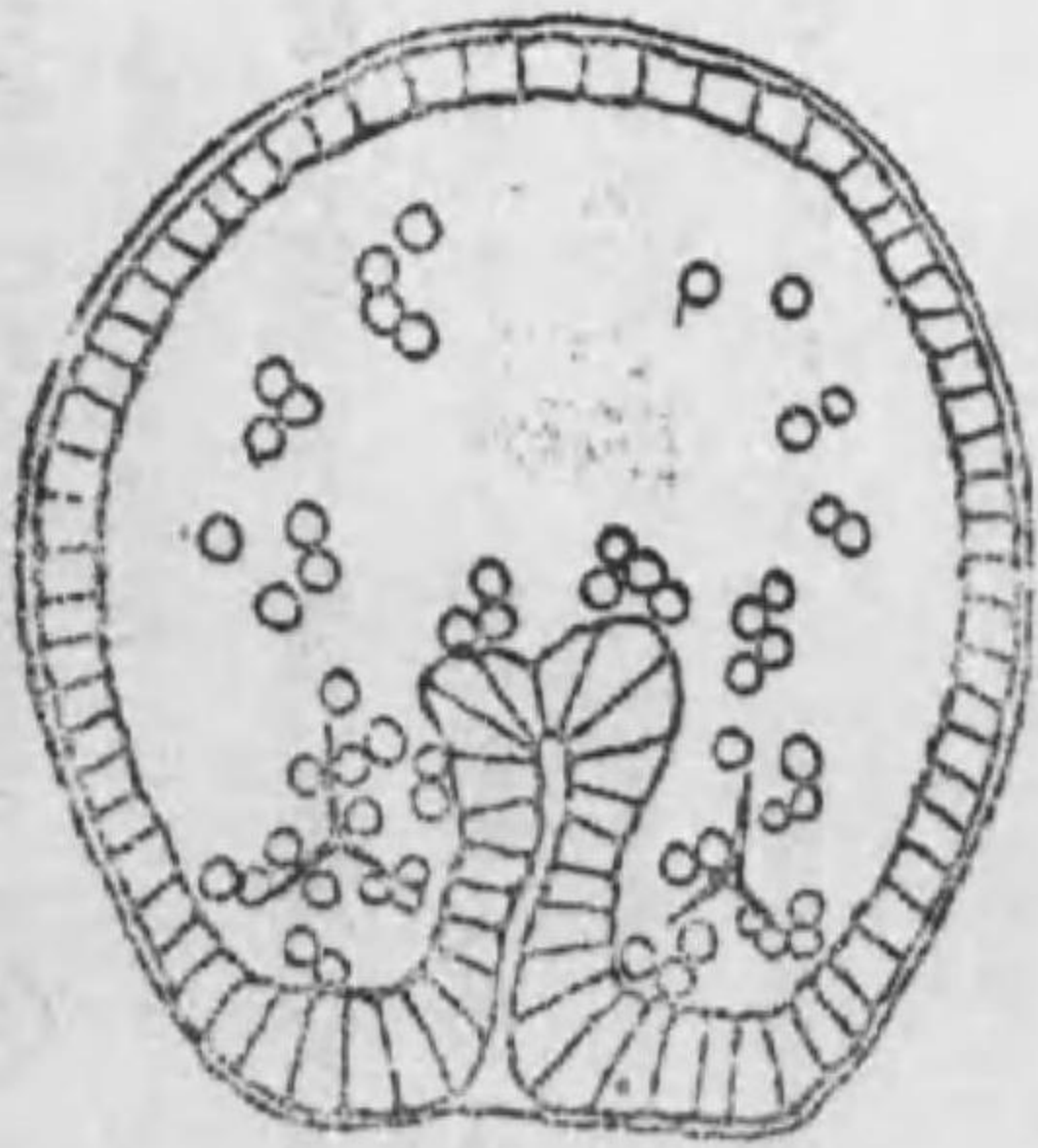
だ表皮層の破壊作用を起すのみに過ぎない。

第八圖



第八圖。胚葉ブラステマの海蛸の卵の最初の幼虫期。細胞の表面には纖毛が生へてゐる。そして幼虫は遊ぎ始めて、水面に浮び上る。

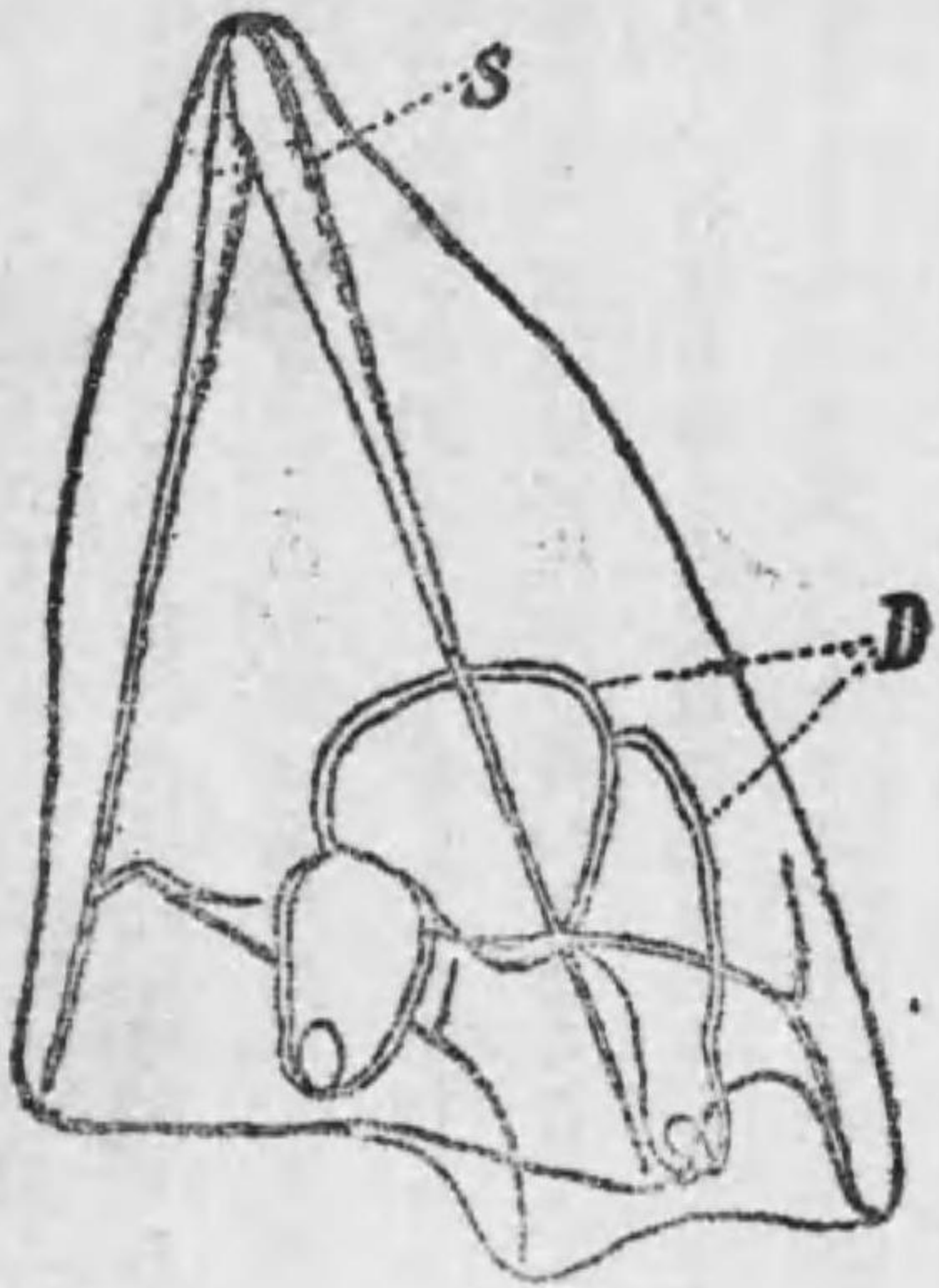
第九圖



第九圖。原腸期ゲキストユルラ。小腸が出来始めて、骨格の初期表象が小さい細晶の形で現はれる。

ある動物の卵では卵を機械的に震動する丈でも、この表皮層を破壊することゝ出来る。マスツースは海盤車の卵又、私は蟻蟲の卵について發見した場合は此である。蛙の卵のやうなものは、昨年バタイロンが見事な實驗で發見した如く針先で表皮層を破壊すれば十分である。

第十圖



第十圖。紫海蛸の疵狀期ノカシイマス。Sは骨格。Dは出腸。

(註)この方法は魚の卵には適用が出来ない。だから機械的震動で発達を起すのと同様に、その適用の範囲が狭く制限されてゐる云ふことが明かに分る) 以上の各の場合でも卵の発達を惹き起す機制は同一で、いづれも卵の表皮層を破壊するにある。これは一般に或る化學物の助けによつて行ふことが出来る。この方法は又細菌學にも適用されてゐる。この外に尙機械的方法例へば、震動又は表皮層を突刺す等の方法によつて行ふことが出来る。特に一言したいのは、他の動物の血清も亦同様に細胞分解作用を持つてゐることである。私は種々の動物、例へば家畜や家兎の血液を用ゐて、海膽の卵に膜形成作用を起さしめ、その卵を発達させることに成功した例がある。

近頃スィアーは英國(ブリモス)で、上に述べた私の方法によつて生じたる單性生殖の疵狀胚ブツクの少数を變形期以上に發達せしむることが出来た。そしてデアアジは又海膽の幼虫二匹を人工的單性生殖で、兩性成熟期まで成長させたといふことを報告してゐる。だから精蟲の與へる發達の工合をある理化學的刺戟で完全に眞似することが仕上げられると言つてよからう。

私は私の人工的單性生殖の方法と同じ仕方で、精蟲が海膽の卵の發達を起すといふ證明に成功

した。これは二つの物質を卵の中に入れる。その一は酪酸のやうな働をするもので膜形成作用を起し、他の一は高滲透壓溶液を用ひた時と同じ働きをするもので、幼虫の完全な發達を可能ならしむるものである。海膽の卵で之を證明するには、違つた動物の精蟲例へば海盤車のそれを用ゐなければならぬ。海膽の精蟲が海膽の卵の中に進入する時には、大抵いつも二つの物質が同時に卵の中に入る。しかし海盤車の精蟲を使つて海膽の卵の受精作用を起させるには、多くの場合精蟲が卵の中に全く進入し了る前に膜形成作用が起る。この膜形成の結果、精蟲は排出されてしまう。かやうな卵は恰も酪酸のやうな化學物を用ゐて人工的に膜形成作用を誘起したのと同様に振舞ふ。この卵は發達し始めるが、間もなく分散の兆候を顯はして來る。もしこれを高滲透壓溶液で處分すれば幼虫に發達する。結局精蟲は卵の内容に接觸して、その表皮層を溶解させる物質を出す機會を得、従つて卵に膜形成を起し、更に精蟲は一層深く卵の中に入り込まれないやうになる。しかし卵の膜形成作用が始まらない前に、海盤車の精蟲が全く卵の中に入つてしまへば、精蟲は高滲透壓溶液と同じ働きをする第二の物質を卵の中に入れる。この場合には卵は完全に發

達して幼虫となるのである。

近頃エフ・リリーは蟻蟲（ネリース）の卵で、以上と同じ事實を確めた。彼はゴカイの精液と卵とを混合して遠心機にかけた。所が卵の中に入りかけた精蟲は、大抵再び排出されてしまった。その結果精蟲は膜形成を始めたのみで、卵の中には進入できなかつた。この膜形成は卵の發達を始めた丈けて完全な發達には至らなかつた。だから精蟲は人工的單性生殖の場合に起るのと同じやうな工合で、卵の發達を起すものであるといふことを結論することが出来る。第一に精蟲は酪酸と同一の方法で卵の表皮層を破壊する物質と、第二には膜形成の後、海膽の卵に對する高滲透壓溶液の影響と同様な作用を起す物質とを海膽の卵の中に運び入れるのである。

さうして表皮層の破壊作用が卵の發達の端緒となることが出来るかといふ疑問が起る。この疑問は吾々をして酸化作用を想ひ起させる。數年前に私は受精した海膽の卵は、たゞ遊離酸素の存在する時のみ發達することが出来るといふことを發見した。全く酸素を取り除いてしまへば發達は停止するが、再び酸素になれば又直ぐに發達が始まる。この實驗と又これと同様な他の實驗

によつて、精蟲は卵の中の酸化作用を加速せしめしむることによつて、その卵の發達を起すものであると私は結論した。この結論は私自身の實驗ばかりでなく、オ・ヴァルブルヒやウエステアニイスの實驗によつて確證された。即ち受精作用によつて卵の中の酸化作用の速度は、四倍から六倍に増加するものであると言ふことが發見された。ヴァルブルヒは酪酸を用ゐて膜形成を起させた丈けて、受精作用と同様に酸化作用を加速する影響があるといふことを明かにした。

現在尙不明であるのは、卵の表皮層の破壊がさうして酸化作用を加速するかといふことである。この表皮層は固い外皮のやうな働を持つてゐて、酸素が卵の表面に達し或は、卵の中に十分急速に進入すること妨げるらしい。これ等の問題は尙未來の研究を積んだ上でなければ解決が出来ない。

以上見て來た様に十二年前までは、精蟲によつて卵が活動を生じて來る過程は全く闇黒の裡にあつたが、今日では先づ完全に理化學的説明を下すことが出来るやうになつて來た。まだ實驗生物學は若いといふことを考へると、現在謎のやうに思はれる尙多くの問題があるが、是等は上述

の卵の活動の問題を仕上げた。同じく全く解決の出来る日も將來必ず遠くない。断定して差支ないと思ふのである。

第五節 生死の性質

生死の性質は多分他の純理論問題よりも、世人の最も切實に興味を感じる問題である。そして人間は實驗生物學の解答を待たなかつた。こゝは良く了解出来る。科學の發達しない時代では、その解答は凡べて自然界を解釋するに獨特な擬人化の形式を採つてゐた。身體の中に「生命元素」なるものが浸入するから、生命が始まるものであると思つてゐた。従つて個體の生命は卵から始まる。こゝは、未開人又は科學の發達しない時代の人々には勿論知られてゐなかつた。そして死は此の「生命元素」なるものが身體から蟬脱するからであると思つてゐたのである。

しかしこれを科學の上からいふ。海膽の場合や又多分その他の一般の場合の如く、個體の生命は卵の中にある酸化作用の速度の増加に始まる。そしてこの速度の増加は卵の表皮層を破壊した後が始まるのである。それから大でも猫でも乃至人間でも、温血動物の生命は體內の酸化作用が停止すれば終るものである。この酸化作用が一時停止する。動物の身體に十分に水を含んでゐるか、或は温度が十分に高ければ、細胞の表皮に微菌が浸入して、身體をば微生物に破壊されてしまう。かやうに考へて來る。個體の生命の始終の問題は理化學的に明瞭である。だからこの酸化作用の加速度の外に、個體の生命の始めは卵の中に形而上學的の「生命元素」をいふやうなもの、浸入によつて決定され又、この酸化作用の停止をいふ。この外に、死は身體からこの「元素」の脱離によつて決定される。こゝは主張を繼續する必要はない。これはハックスレーの有名な諧謔を繰返す。水の蒸發の場合を説明するには「水精」の消失をいふ。こゝを考へないでも、瓦斯體の原子説で十分である。

第六節 遺 傳

〔遺傳の本統の運搬者は卵であるといふこゝが出来やう。吾々は精蟲がなくても、卵を幼虫に發達させるこゝの出来る場合があるが、卵がなくては精蟲を幼虫に發達させることは出来ない。そして卵と精蟲が近い血族の關係をもつてゐる場合にのみ、精蟲は産兒の形に影響を及ぼすこゝが出来る。〕例へば異種海膽の精蟲をもつて或る種海膽の卵を受精せしむれば、幼虫の形は明かに父親の特性を持つてゐる。しかしもし海膽の卵を海盤車のやうな極めて縁の遠い精蟲で受精させるこゝ、海膽の幼虫は少しも父親の特性を具へてゐない。これは私が始めて發見したこゝで、ゴツドレヴスキ、クウペルヴィゼル、ハゲドウム、バルツエルが、その後確證するこゝが出来た。この事實は遺傳の研究を進めるに重要な意義を持つてゐる。こゝ言ふのは卵が遺傳の主要な道具であつて、精蟲は産兒に特性を遺傳する能力が制限されてゐるこゝが分るからである。もし精

蟲と卵との血族關係が或る程度以上に遠ざかつた場合には、精蟲の遺傳的影響は止んで、單に卵の活動物として働くに過ぎない。

父親の特性を遺傳する場合を考へて見るこゝ、今日では遺傳の分子は細胞核にあるばかりでなく、核の特別な成分即ち染色體にあるこゝもポフェリイ一派の考が正しいといふこゝが出来る。この事實の證明はメンデル派の研究と並行して發見されてゐる。メンデルの根本法則即ち分離則は極めて簡単に言ひ表せば、大體次のやうに述ぶるこゝが出来る。唯一の特性だけ異つた二つのものを掛合すれば、その結果生ずる凡ての雜種は、常に同数の二種類の性細胞を作るのである。即ち雌であれば二種の卵、雄であれば二種の精蟲を作るのである。この二種類の中一種類は純粹に父親の型に屬し、もう一種類は純粹に母親の型に屬する。もし染色體が父親の特性の運搬者であるこゝいふ假定を許せば、上述のやうな雜種に於ける性細胞に分離が行はれる可能性は、細胞核の構造や行動を研究してみるこゝ、性細胞構成の一定の時期に存するこゝを容易に認むるこゝが出来る。この見解の正しいこゝいふ證據は、主に一方の性にのみ限つて遺傳する色々な特質の

研究によつて與へられた。一例を挙げれば、色盲のやうに主として一家族の男性に限つて現はるやうな事實である。

九年前にマツクラングは性の決定の問題、少くともその肝腎な點を解決した研究を發表したことがある。この研究によるに、動物は各々その細胞核に一定数の染色體を持つてゐる。或る種の昆蟲類(ピルホコリス)には、二種類の精蟲があつて、その一つには細胞仁があり、他の一つにはこれがないといふことをヘンキングは發見した。その後モントゴメリーはヘンキングの細胞仁をいつたものは副染色體であるといふことを明かにした。そしてこの副染色體が性の決定に深い關係があるといふ意見をマツクラングが始めて發表したのである、この考は極めて重要なものであるから、彼自身の言葉をこゝに引用しよう。

最も重要な事實であつて、しかも殆んど凡ての研究家の意見が一致してゐる事實は、性の遺傳の要素が精蟲の半分だけに分配されてゐるといふことである。もし染色體は遺傳には確かに細胞の大切な部分であるといふことが實際だを假定するならば、肝心な點で互に異つた二種類の

精蟲があると言へやう。従つてそれから生じた個體に二種類あつて、その数は略ぼ同じく、しかも通常の状態では、構造上に著しい差異を示す産兒を發見することを豫想する。細心に考察してみると、種の數を全く二つの部類に區分するものは、その性的特質以外にはさうしても見つかからない。従つてその特別な染色體が、この排列に何かあづかるものであると論定しないわけにはさうしても行かない。

尙こゝに私は事實として認むる價值のないことを指摘したい。それはもし成熟分裂に染色體の兩分線があることすれば、副染色體の有無に關はず、二種類の精蟲がなければならぬ。かやうな譯で特種の要素がなくても、偏重な男性は「四價原子の定質分裂」によつて生ずる精蟲の半分に結び附いてゐるであらうと思はれる。

その後の研究、特にイ・ビ・ウイルソン、ステイヴンス嬢、テイ・エーチ・モルガン等の立派な研究は、マツクラングのこの獨創的な意見の正確であるといふことを確めた。そして性の決定問題の大綱を解決し得たのである。

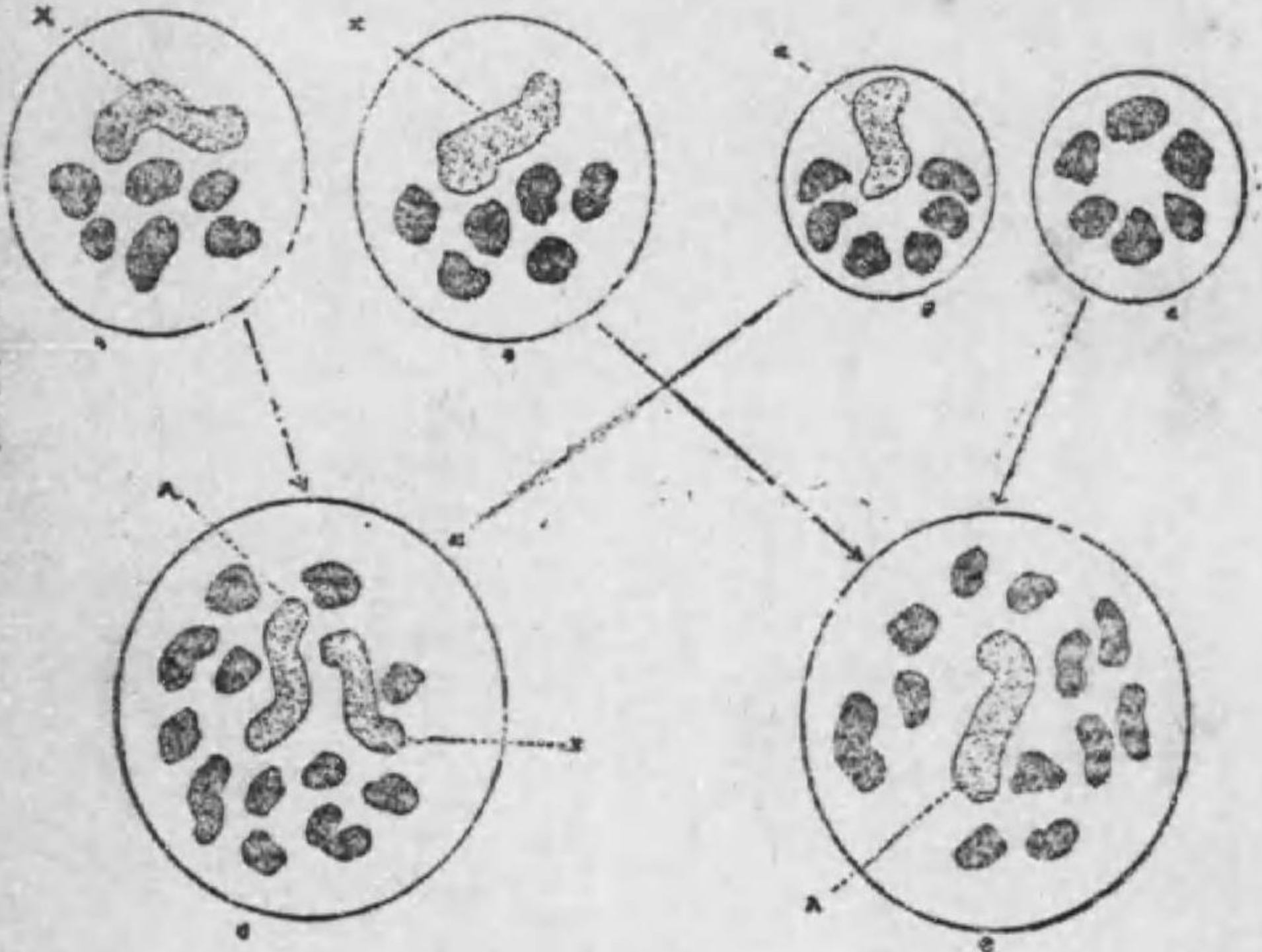
マツクラングの考によるに、凡ての動物の精蟲は同數二種で、一つの染色體が異つてゐる。その一種の精蟲は雄を生じ、他の一種の卵を生ずる。そして卵はこれ等の動物では全く同じである。最近の研究殊にイ・ビ・ウィルソンの試みた諸種の實驗は、この見解が多くの動物に適用して誤のないものであるといふことを示してゐる。

多くの動物には上述のやうに二種の精蟲を、只一種の卵を持つてゐるのに、他の動物では二種の卵と一種の精蟲を持つたのがある。例へば海膽、ある種の鳥類、蝶類(アブラキザス)のやうなものである。これ等の動物では、その性は精蟲でなくて、卵で既定されてゐるのである。ギユヤーの言ふ所によるに、人間には精蟲は二種あるが、卵は只一種である。だから人間の性は精蟲によつて決定される。これは最も興味ある問題である。

それでは性ばさうして決定されるものであるか。ウィルソンの研究によるに多くの昆蟲、ギユヤーによるに人間、即ち二種の精蟲と一種の卵がある場合を考へてみよう。ウィルソンの研究によるに、この場合には凡て未受精の卵は所謂一つの性染色體、即ちエツキス染色體を持つて

る。

第十圖から第六十圖



第十一圖から十六圖(イ・ビ・ウィルソンに従ふ)。

昆虫(プロテノール)の性決定の圖解的表現。aは未受精の卵の核である。各々×を記した一つの性染色體を持つてゐる。他の六つの黒點は性には關係はないが、遺傳の特質を運ぶと想像されてゐる染色體である。bとcは精蟲の二つの違つた型を表はしてゐる。bは性染色體×を持つてゐるが、cは性染色體は持たない。dは性染色體を持つてゐるb型の精蟲で受精してから、卵の核の成立を表はす。この卵は今二つの性染色體を持つてゐるから、この卵からは雌が生れるだらう。eは(性染色體を持たない)c型の精蟲が入つてからの受精卵を表はす。この卵は受精してからも唯一つの性染色體しか持たないから、この卵からは雄が生れるだらう。

精虫は二種類あつて、一つのエツキス染色體を持つてゐるが、一つはそれを持つてゐない。もし澤山な精蟲で澤山な卵を受精させたミすれば、この卵の半数はエツキス染色體を持つてゐる精蟲ミ生殖し、他の半数はエツキス染色體を持たない精蟲ミ生殖する。だからこの卵の半数は受精の後、各々二つのエツキス染色體を持ち又、他の半数は各々一つの性染色體を持つてゐるミになる。このたゞ一つのエツキス染色體を持つてゐる卵は男性を生み、二つのエツキス染色體を持つてゐる卵は女性を生むミいふミになる。これはウイルソン、その他の人々が證明した所である。これは二種の精蟲ミ一種の卵ミがある場合には、一般の法則ミ見做し得るやうである。

これ等の觀察は何ぞ外界の影響が發達中の胎子の性に影響を及ぼすミが出来ないかミいふミを説明する。例へば人間の場合にエツキス染色體のない精蟲が卵の中に入つたミすれば卵は男の子を生じ、エツキス染色體のある精蟲が入つた場合には卵は女の子を生ずる。この一種の精蟲は常に精液中に存するのだから、男又は女が生れるミいふのは全く偶然の出來事に過ぎない。そして大きい人口統計で、一年中に生れる男女の數は略ほ同一であるミいふ蓋然法則ミよく一致す

る譯である。(註。所が男兒の出産數は、女兒の出産數よりも少し多いミいふ説がある。これが果して眞實なら、第二の原因即ち雄精蟲は雌精蟲よりも一層活潑であるか、或は永く生きてゐるミいふミに歸せなければならぬ。要するにこの點は一層深い研究を要する問題である。)

以上の發見に由つて他の幾多の難問題をも解決するミが出来た。ある種の双兒は受精後一卵から生れる。かやうな双兒は吾々が期待するやうに必ず同性のものである。これは双兒の細胞は等しく同數のエツキス染色體を持つてゐるからである。

木虱、蜂、蟻等では、受精の有無に關はず卵は發達するミが出来た。これ等の動物の受精した卵からは、雌性のみが生れて、雄性は決して生れないミは周知の事實である。雄には二種の精蟲があつて、一種は性染色體を持ち他の種類は性染色體を持たないのに、これ等の動物の卵は唯一つの性染色體を持つてゐるミが發見された。モルガン、その他の人々の確な研究で、(フイルロキセラ) 葡萄虫、蚜虫(アフィデス)には性染色體を持たない精蟲は生存しないミいふミが證明された。そして蜂、蟻も恐らく同様であらう。だからこれ等の動物では卵が受精するミす

ればそれは常に性染色体を持つてゐる精蟲によるものである。それで受精後の卵は常に二つの性染色体を持つてゐるので、この卵からは雌のみが生れるのである。

なほ蜂や蟻の類では未受精の卵が発達するこいふ事實は久しい以前から分つてゐるが、この未受精の卵からは雄のみが生れるのである。これ等の動物の卵は唯一つの性染色体を持つてゐて、たゞ一つの染色体を持つてゐる卵からは雄のみが生れるこいふことに歸着する（少くも雄か雌には異分子である場合の動物では凡てさうである）。

かやうな次第で、性の決定こいふ問題は遂に簡単な解決を得た。それと同時にメンデルの分離則も亦解決が出来たのである。

多くの昆蟲類や人間の場合には、雌の細胞は二つの性染色体を持つてゐる。卵の發達の或る時期で、その染色体の一半は『極體』の形をして卵から離れ、他の一半丈が残ることになる。だから卵は各々たゞ一つのエツキス或は性染色体を保持してゐることになる。雄について言ふと、細胞は始めから唯一つのエツキス染色体をもつてゐるに過ぎない。そしてその元始精蟲は各々二

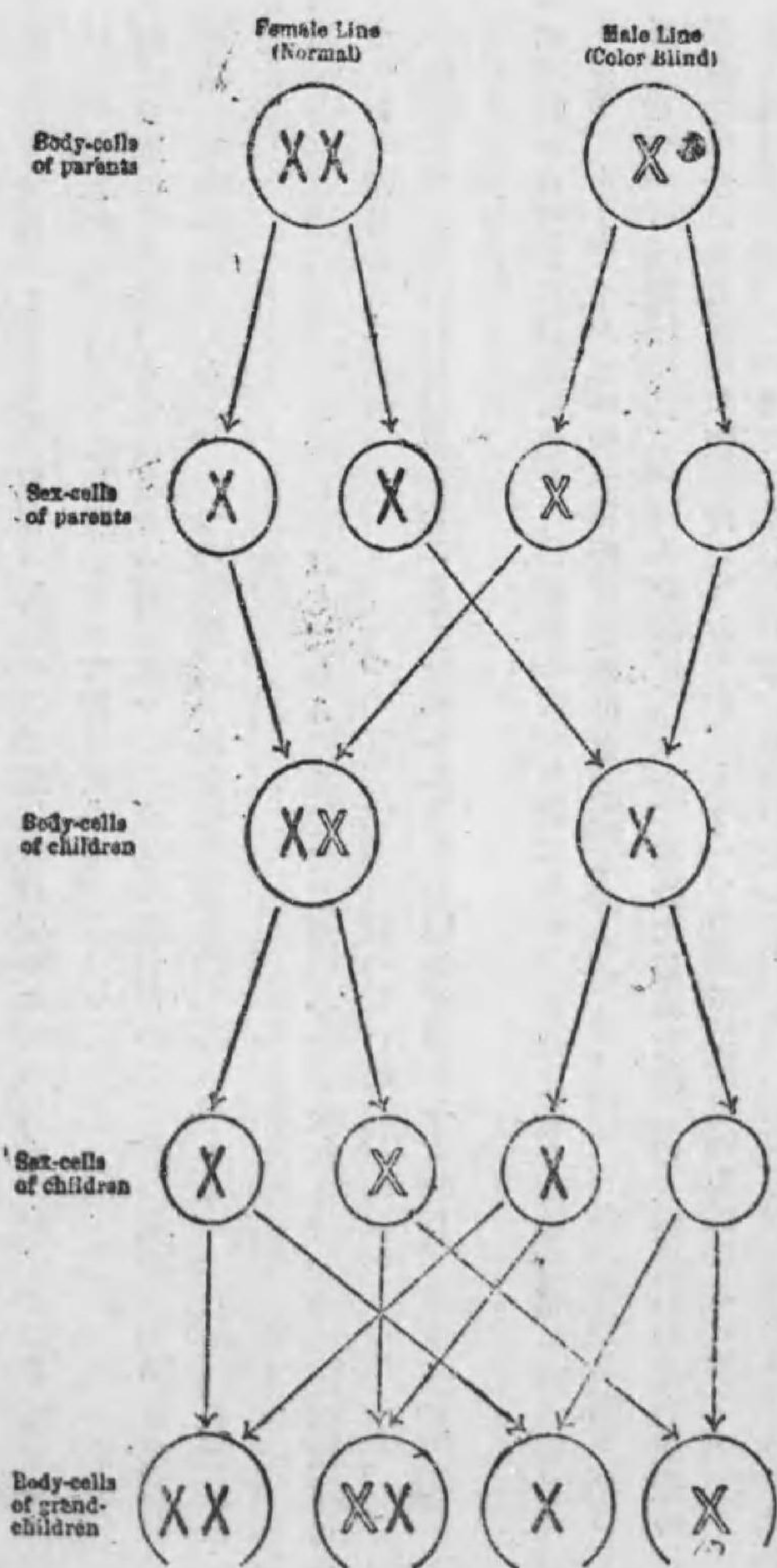
つの新しい（實は二對の）精蟲に別れ、その一對はエツキス染色体をもつてゐるが、他の一對はそれを持つてゐない。かやうな雄動物について直接に觀察の出来る事柄は又、雜種にも見るこいふことが出来る事柄である。雜種の性細胞の大切な所謂成熟分裂時期に染色体の分裂が起つて元來の二對の純粹な型は遺傳の物質が異なるため、その性細胞の一半丈だけが遺傳の物質を受けるのである。

以上述べた事が單に假想でないこいふ證據には、全く或は主に一方の性に現はる、遺傳的特性の場合例へば、主に男性にのみ現はれる色盲で示すこいふことが出来る。もし色盲の人が正常の色の視覚をもつた人と結婚するこすれば、色の視覚を決定する化學物質は性染色体に包含されるものだこいふ假定の上に、次の二代に於ける色盲の遺傳は、吾々が豫期しなければならぬ所こ数量的に一致するものである。色盲の人には正常の色の知覚を具へた人に發見するここの出来るものよりも何物か、缺けてゐるに違ひない。その色の視覺の因子明かに性染色体によつて遺傳されるに相違ない。それで受精した卵は各々色の知覺の因子を持つてゐるから、次の代には色盲が現はれるこは決してない。しかしその次の代には理論上からは男女の一半は色盲でなくてはならない譯

である。この条件は人間では証明することは出来ない。テイ・エイチ・モルガンは小蠅（デウロソ
 ファイラ）に就て眼の色素の欠乏といふことが全く色盲となると同様の働をする性別の特性
 の幾つかがあるといふことを発見したのである。この小蠅は普通に赤色の眼を持つてゐる。モル
 ガンは白色の眼が雄に遺傳する變化を観察した。白色の眼を持つた雄と赤色の眼を持つた雄とを
 交尾させた時、第一代の蠅は皆赤色眼のものばかりであつた。これは蠅の性細胞には凡て色素
 の因子を具へてゐるからである。第二代には雌蠅の全部が正確に雄蠅の一半は赤色眼を持ち、
 雄蠅の他の一半は白色眼を持つてゐるといふ原則通りの結果を得たのである。

コオレンス、ドンキマスター、殊にモルガン等の行つた如上の實驗又、その他の無數の生殖の
 實驗的事實から、性染色體は一性に限つて主に現はれる遺傳的特性の運搬者であるといふことを
 吾々は確かに論定することが出来る。吾々が主に言ふのは理論上から色盲或は白眼は雌にも現
 はれなければならぬといふ場合を豫言することが出来るからである。この理論上の豫言の誤て
 ないといふことは動植物の繁殖の實驗に實證することが出来る。

第七十圖



第十七圖(イ・ビ・ウイッソンに従ふ。性に制限ある特質(例へば人間の色盲、小蠅の眼の色素缺乏)の遺
 傳を(人間には)正常の色視覚或は(小蠅には)眼の色素形成の因子が性染色體の中にあるといふ假定

の下に説明する圖。正常の女性が色盲の男性と結婚したと假定する。

第一列は両親の體細胞。女性の體細胞は二つのエツキス或は性染色體を持つてゐる。女性は正常だと假定されてゐるのだから、各性染色體は正常の色視覺が發達すべき因子を持つてゐる。正常の性染色體は黒×で現はしてゐる。色盲の男性の體細胞は色視覺のための因子が缺けてゐる唯一つの性染色體しか持たない。そしてこれは二重×で記してゐる。

第二列は両親の性細胞。女性は各々の卵には一つの正常性染色體のある卵を持つてゐる。男性は二つの種類の精蟲を持つてゐる。一つの種類は不完全な性染色體を持ち、もう一つは性染色體は全く持たない。

第三列は子供の體細胞。この列に表はしてゐる配合では二型の子供が生れる。一つの型は性染色體を持つてゐる精蟲が入つたもので、もう一つの型は性染色體のない精蟲が入つたものである。この兩方の場合に卵は已に色視覺のための因子を備へた性染色體を持つてゐるから、生れた子供は凡べて正常の色視覺を持つてゐる。

第四列は始めの夫婦に出來た色々な性細胞を持つた圖である。女性は各々性染色體を持つた二種類の卵を持つてゐる。しかし一つの種類は正常の色視覺を作るための因子のある性染色體を持つてゐるが、もう一つの種類にはこの因子が缺けてゐる。男性に出來た精蟲の二型は一つは色視覺のための正常な因子のある性染色體を持つてゐるが、もう一つの型は性染色體を持たない。

第五列は孫の體細胞。この列ではもしこれ等の子供が結婚したならば、當然得らるべき結果を示してゐる。

る。かやうな場合に生れた女の子は凡べて正常の色視覺を持つてゐるだらうが、男の子の半数は色盲だらう。この配合は大袈裟に小蠅で行つて見ることが出来る。この圖から當然期待されるべき結果を定量的に一致するといふことをモルガンは示した。

従兄弟姉妹の間に同じ配合が人間にも出來るのである。かやうな場合に色盲は圖に示した割合の結果に出來て來るだらう。

これ等の實驗は又メンデルの分離則の謎をも解くこゝが出来た。そしてメンデルが既に豫想してゐたやうに、その分離の特殊の場合に過ぎない性の決定の問題も亦偶然解決を得たのである。

將來科學の研究すべく遺されてゐる重要な仕事は、或る特性の遺傳的送達に責任ある染色體內の化學的物質の決定、それらの化學物質が遺傳的特性を表現せしめる機制の決定の二つである。これも已にその根底が開かれてゐる。ある黒色素の作成には或る物質即ち、タイロシニンも又、その酸化作用を起す醗酵素即ちタイロシネスの共同作用を要するこゝが分かつてゐる。雄動物を通じての黒色の遺傳的送達は、タイロシニン或はそれを酸化する醗酵素又は、双方の形成を決定するものが染色體の中に存在する物質によつて起らなければならぬ。だから遺傳的謎

に對する解決は將來凡べて純然たる細胞學的、理化學的の言葉になるべく更に發達を遂ぐるまでに一部の成功を示したと言ふことが出来る。

實に十二年前までは遺傳學界は、修辭學、形而上學の遊戯場であつたのが、今日では生物學の恐らく最も正確な最も理論的な領域に化した。その範圍の事實は單に定性的ばかりでなく、定量的にも豫言することが出来るまで進歩して來たのである。

第七節 生物の調和的特性

凡ての生命現象が理化學で分析することが出来る言ふことは、短簡な議論では到底論證し盡すことは出来ない。こゝに受精や遺傳の現象のみを擇むたのは、かやうな現象は生物に特異なもので、無生物界には對比されないからである。そしてもしこれ等の徑路が理化學で説明し得る言ふ確信が出来たならば、吸収作用や分泌作用のやうな本來無生物界に對比すべきものを持つて

ゐる同様の徑路は、當然安全に理化學的説明を下し得るものであると豫期することが出来るからである。

しかし世人のみでなく生物學者に於つても同様の疑問即ち、さうして驚くべき生物の「各部分は全體に適合」して、遂にその生物の存立を可能ならしめるのを吾々は了解するかを決定しなければならぬ。この疑問に答ふるのに、形而上學者は純理化學的作用以外の或る物、即ち生命に特有な現象言ふものを立てんとする。例へば現象の「目的性」言ふか「調和」言ふか或はラインケの「優勢」言ふかやうなものである。

かやうな言葉の作者に對しては、個人的には相當な尊敬を持つてゐても、一般の形而上學の場合と同じく、全く一種の言語上の遊戯言ふしか私には思はれない。單に一部分が全體に役立つやうに出来てゐる言ふ丈けては、種が自己保存と生殖のための自働的機制を授つかりさへすれば、唯生存することが出来る又ルースの言葉を借用すれば、唯永續するに過ぎない言ふ事實の説明には不明瞭な言葉である。例へて言ふならば、もし血液循環のない温血動物が發生しなければな

らないにしても、彼等は到底生存して行くことはできない。だからそんな動物は決して発見されないのである。「適合」いふ現象が一見難解なのは、構造の不完全な幾多の生物が、自然界に現はれるといふことを殆んど知らないからである。具體的の例を採つて言ふならば、吾々が目撃する種の数は、無数に発生してゐる。又、多分何時も発生してゐるもの、中の極々少数のものに過ぎない。しかしその無数の生物は構造上永く生存を続けて行くことが出来ないから、吾々は殆んど見るここの出来ない動物である。十年前メンクハウスは先づぎんな硬骨魚の精蟲でも他種の硬骨魚の卵を受精させることが出来るといふことを発見した。しかしその幼魚は極めて短命であつた。今年私は類縁の遠い硬骨魚の間に出来た雜種の幼魚を一ヶ月以上も生存させることに成功した。だから如何なる海産硬骨魚類でも相互に生殖させることが可能であることは明かである。

現今存在してゐる硬骨魚類の数は約一萬である。これが皆な雜種を生ずることが出来るにすれば、その結果は一億種の異つた生殖が出来ると譯である。この硬骨魚の中實際には極めて少数な割合即ち約〇・一割の百分の一丈けしか生存することは出来ない。この硬骨魚類の互に異つた雜種

の中には目、腦、耳、鱗、搏動しつゝある心臟、血液、血管等が出来たが、たゞ短い時間生存したさいふに止つた。その理由はかうである。その心臟は實際幾週間か搏つてゐるが、血液は循環しなかつた。もし或は循環しても、眞の瞬間であつて永續しなかつたからである。これは私の實驗に顯はれた事實である。

この異種の幼魚が成熟期に達するのを妨げたのは果して何か。適當な「優勢」がなかつたからか。さうは思へない。私は一種の硬骨魚(フアンテユラス、ヘテロクリタス)の純粹な生殖の場合に、五〇立方糲の海水に二立方糲の百分の一の青酸ナトリウムを加へ、卵を發達させて、同型の奇形幼魚を生ずることが出来た。この青酸ナトリウムは酸化作用の速度を減ずるのである。そしてこの幼魚は縁の遠い硬骨魚、例へばクテナラプラス或はメニディアの精蟲で同種の卵を受精した時の幼魚と全く類似の幼魚が出来たのである。この幼魚は約一ヶ月間生きてゐるのだが、奇體な心臟の鼓動や血液を持つてゐるたけれども、その血液は循環しなかつた。これは異種の精蟲と卵とは互に化學上の違ひがある結果、受精した卵の化學上の徑路も亦變調であるから、異種の幼

魚は「適合作用」や永續性に何か缺けてゐる點があるといふことを暗示してゐる。

雜種生殖の可能性は、かやうに吾々が假想してゐる以上に達する。棘皮動物の卵は貝類のやうな軟體動物類、蚯蚓(クベルヴィザー)のやうな極めて縁の遠いもの、精蟲でも發達させることが出来る。しかしかやうな雜種には永く存続する生物は決して形成するには至らないのである。

だから今日存在してゐる種の數は、發生することが出来或は、多分時々發生してゐるもの、中の極々少部分に過ぎないと言つても過言ではない。さうして大部分のものは發生しても生存し又は繁殖しないから、吾々が注目しないのである。保存と繁殖との自動的機能があまり粗雑でなく調和を缺いてない極少數の種だけが生存することになつてゐる。自然界では不調和なもの、畸形なものが通則であつて、調和的に發生したもの、方が反つて例外である。けれどもこの少數の例外が永く存続するものであるから、吾々の目について「部分が全體の計畫に適合」といふことが、生物界の通則であるのみでなく特有のものであつて、これが無生物界と區別する點であるなご、いふ間違つた印象を生ずるのである。

もし原子の構造や機制が明確になつて來たなら、部分が全部に對する驚くべき調和、明白な適合の世界が又多分吾々の識見の中に入るやうになるだらう。しかしこの場合の化學的元素は可能だが永續しない化合物の大多數の中の僅少な永續系であるといふことを直ぐに承認するに至るであらう。この永續的の化學的元素は、盲目的力(自然力)の產物に過ぎないといふことは誰も疑はない。生物界の永續的系統についても、これと違つた考を持つ理由はない譯である。

第八節 生命の内容

凡そ生れてから死ぬるまで、生命の内容となるものは、願望と希望、努力と競争又、不幸にして失望と苦痛とである。この内的生活は果して理化學的分析に従はしめ得べきものであらうか。今日ではかやうな目的に達することを妨ぐる深い缺陷があるにも拘はらず、私はこれに到達し得るものと信じてゐる。生命の現象がまだ理化學的説明を發見しない間は、この内的生活の理化學

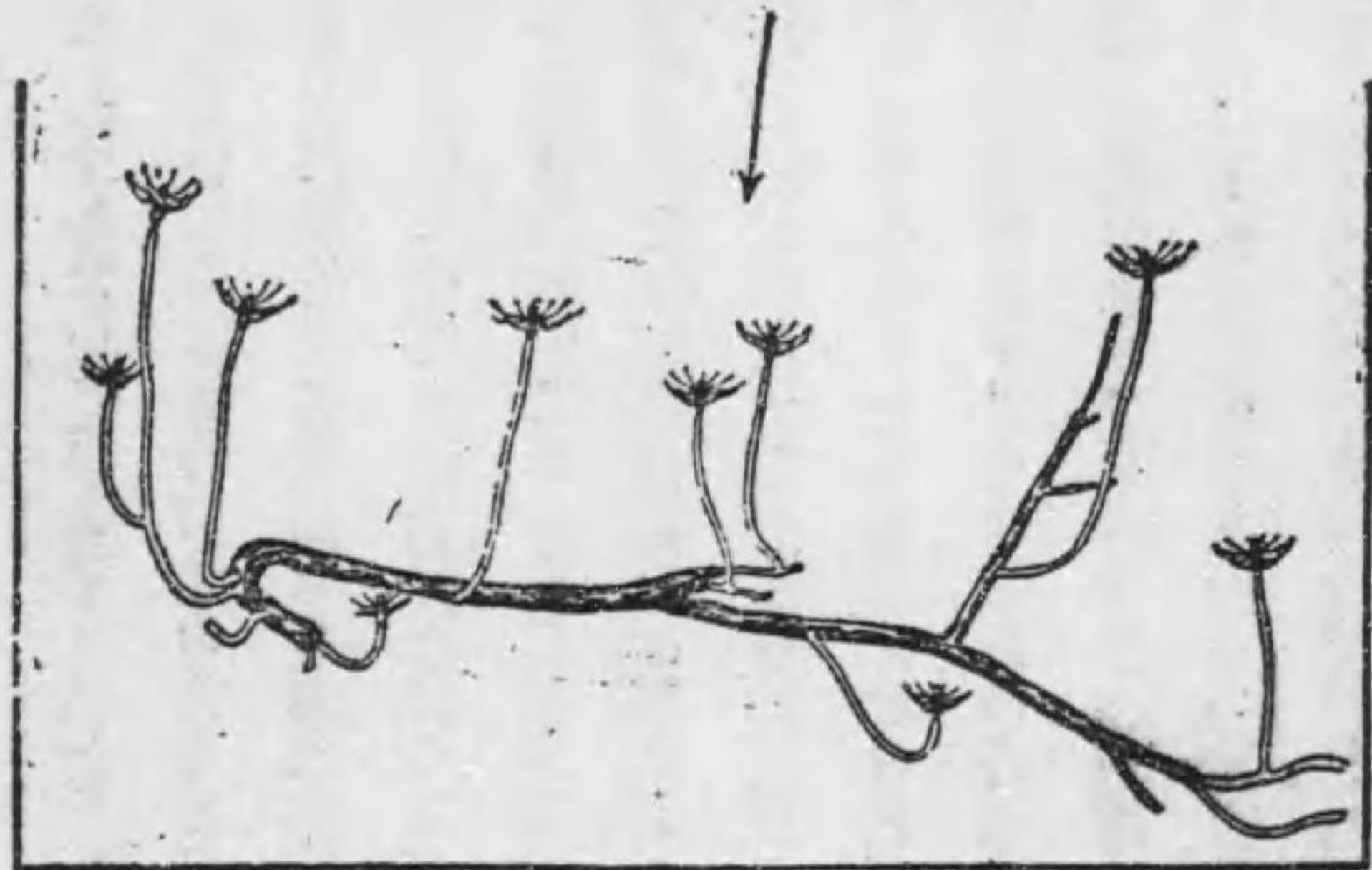
的分析も充分解決が出来ないやうに思はれるのも無理はない。しかし一旦その覆ひを取除いたなら、吾々は何故始めからその背後にあつたものを推測しなかつたかに驚くのが常である。

今日では動物の本能や意志の簡単な表現を理化學に基いて已に説明し得るに至つたといふ事實は、吾々の内的生活も亦理化學的に説明し得る範圍内にあるといふことの確證である。即ち動物の應性といふ名で、私が嘗て論述したところのある現象である。その最も簡単な實例として述べれば、蛾のやうな或る動物は燈火に向つて飛行し或は匍匐する傾向をもつてゐる。この場合には動物自身は如何にもするところの出来ない本能又は衝動の表現を指すのである。自己の生命を失ふかも知れないのに動物は、それに服従しなければならぬ盲目的本能は、恰も無生物界に於ける光化學的影響を説明するブレンゼン及びロスコーの法則で説明するところができる様に思はれる。この法則の廣い範圍内では光化學的影響は、光の強さ光の照す時間との積に等しいといふことを表はすものである。こゝではこれ等の動物の光に對する反應を細かに述ぶる譯には行かない。たゞこんな工合に光に對する動物の本能が、ブレンゼン・ロスコー則に關聯するものであるかといふことは

ミ丈けを指示したいと思ふ。

向光的動物即ち本能的に光のある方に向つて行く動物は、その眼（時には又その皮膚にも）に光によつて化學的變化を生ずる感光物質を持つてゐる。この光化學的變化によつて生じた產物は、大抵間接に中樞神經系統を通つて筋の收縮を起す。もし動物が一方からばかり光に照されるば、一定時間内に、この一方に生ずる光化學的反應の產物の量は、他の一方に生ずるものよりも多量である。その結果身體の兩側にある相稱的の筋に於ける勢力の發達は次第に不平等となる。この動物の兩側に生ずる光化學的反應の產物の差が、或る度以上に達するや否や、動物が動きさへすれば、自働的に一方に向かなければならぬやうになる。動物の相稱的兩側面が光線の方向に向けられるや否や、その表皮の各相稱的部分は同じ角度に光に照らされることになる。そしてこの場合に光の強さミ従つて動物の兩側に起る光化學的反應の速度ミは平等となる。この動物に取りては、もはや直線の運動から脱逸する理由を持たなくなる。

圖八十第



圖九十第



第十八と十九圖。ユウデン
テウリアムの水蛇の向光
性。新生の水蛇の出來た幹
は凡べて、圖に示した矢の
方向から來る光線の方に生
へる。(自然から)。この動物
は向光的植物の幹が同様の
條件の下に置かれたと同じ
方向に曲るのである。

それで向光的動物は光のある方向に直線に動いて行くのである。(この實驗には光源が唯一であ
るといふこと、動物が向光的のものであるといふことを前提とする)

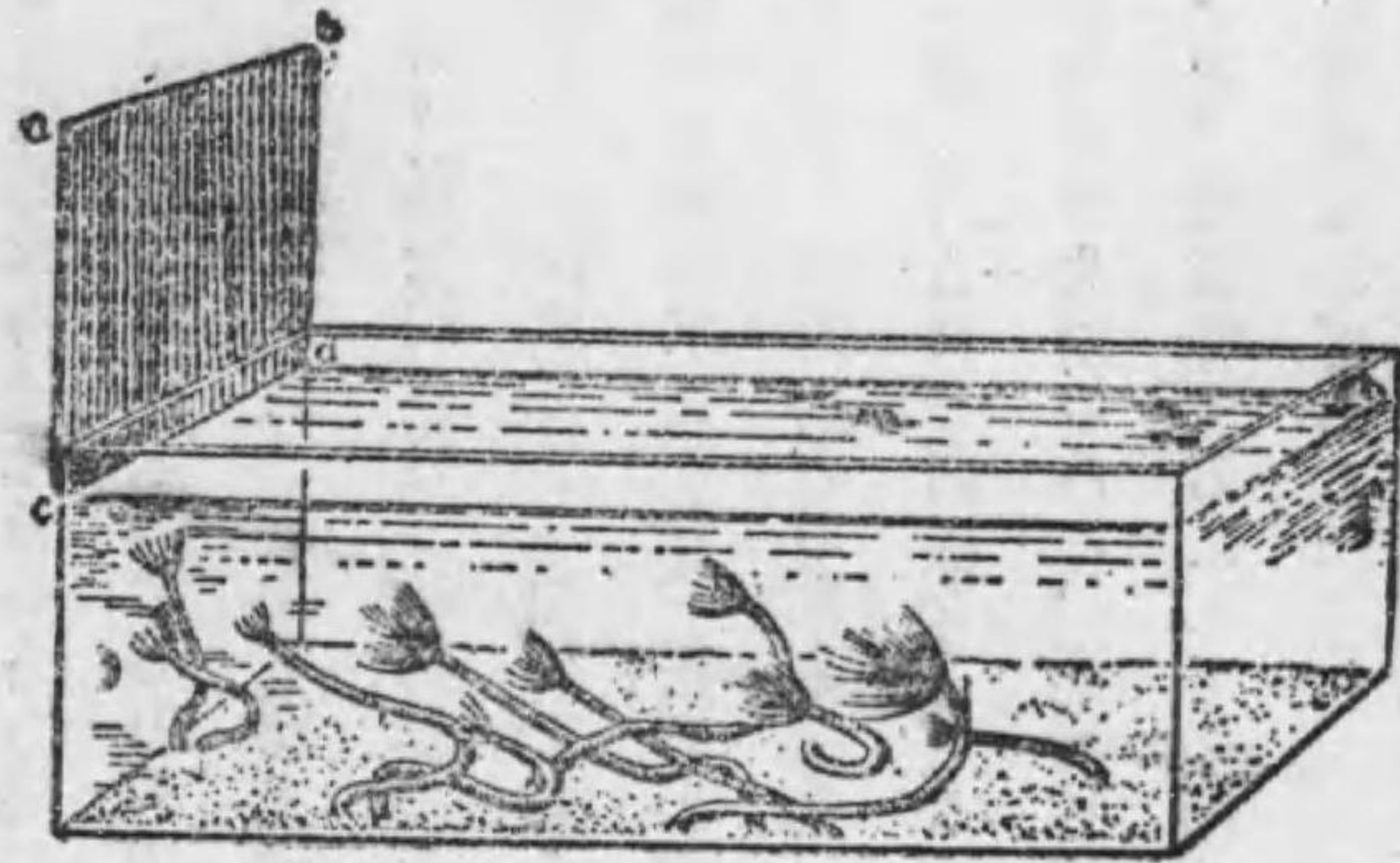
尙多くの實驗の結果、動物の應光的反應は、植物の應光的反應と同じであるといふことを私は
明かにした。應光的の定着植物は、その先端の相稱軸が、光線の方向に向くまで、莖を光のある
方向に曲ぐるといふことは知れてゐる。

私は又ある種の水蛭類、蚯蚓のやうな定着動物にも同様の現象があることを發見した。又植
物の胞子のやうな運動の出來る植物の機官は光のある方向に動く(又背光的であれば、光に反對
の方向に動く)。これと同様なことが運動の出來る動物にも觀察される。又植物には緑から青に至
る屈折率の高い光線のみは、應光性的影響をもつてゐるが、赤や黄の光線は殆んど何等の影響を
有たないか、又影響するにしても極く少い。又これと全く同じことが動物の應光的反應にも認む
ることが出来るのである。

ブラーウは植物の應光的變曲を研究して、これを起すに要する時間と光源の強さとの積は、一

定不変だといふことを明かにした。

第二十圖



第二十圖。海の蚯蚓(スマイロケラフィス)の向光性。(自然から)光は水桶の一方丈けから来る。向光的植物の幹が、同様の條件では曲がるやうに、蚯蚓は凡べて光源の方に頭を曲げる。

又同時に他の植物學者のフレシユルも同様の實驗の結果を得た。かやうにして植物の應光的反應には、ブンゼン・ロスコの法則が行はるゝといふことが證明されてゐる。吾々の網膜に及ぼす光の作用に對しても同様の事實があるといふことは既に證明されてゐることである。

動物の應光的現象にブンゼンの法則を適用することに關して直接の計算を試みたものはまだない。しかし二三の既知の事實から見て動物にも、この法則を適用することの可能性がある。この事實の第一は動植物の應光的反應が同一であることである。第二は少くも大體の觀察では、ブンゼン・ロスコの法則と一致するといふことである。ブンゼンの法則によるミ、光の強さ或は動物の表皮にある光化學的物質の分量が少ない間は、動物が自働的に光のある方向に向きを更へるまでには、比較的長い時間を要しなければならない、なぜならこの法則によれば、光化學的影響は光照の時間と光の強さとの積に等しいからである。しかし反對に光の強さが大きいか、或は光化學的物質の反應量が多ければ、動物の兩側面に生ずる應光的反應産物の量の差異が、光に對して動物が自働的に轉向(或は背向)するのに必要である丈けの度に達するまでは極めて短い時

間で十分である。この想定に動物の行動は一致する。もし光が十分に強ければ、動物は殆んど一直線に光のある方向に進む。もし光の強さへ（或は動物の表面にある感光的物質の量）が少ければ、動物は不規則に行動する。しかしその指向力が全く消滅してゐないから、結局は光のある方向に進んで行く。勿論動物に見るこの現象がどの程度までアンゼン・ロスコー法則の公式で表はせるか、直接の計算によつて確める必要がある。しかし前に述べたやうに、動物の意志或は本能といふものは、光の影響によつて與へらるゝ筋肉作用の變化に歸着せしむることが出来るものだし、いふことを斷言し得る。そしてこれらの事實によつて、形而上學上の「意志」といふ言葉に代ふるに、『光の光化學的作用』といふ化學上の術語を以てすることが安全に出来やう。

吾々の願望や希望、失望や苦痛といふものは、應光的動物の光に對する本能に比すべき本能に根源してゐる。食物に對する必要と、その爲の争闘、或は詩歌に謳はれる性的本能と、その成果、母性の本能、それに由つて來る幸福と苦痛、労働の本能、その他の本能は凡べて吾々の内的生活の展開してゆく基本である。そしてこれらの本能の少くとも或るものは、化學的基礎の上に置か

れ、機械的見地から分析するやうになるのは、單に時間の問題に過ぎないといふ希望を起さしめるのである。

第九節 倫理學

もし吾々の生存が盲目的力の活動に基づき、全く偶然の出來事に過ぎないなら、又吾々自身が單に化學的機械に過ぎないなら、さうして吾々に對して倫理學が成立つか。これに對する解答は吾々の倫理學の根源は吾々の本能であつて、吾々の身體が遺傳するやうに、その本能も亦遺傳するものだし、いふことである。吾々は飲み、食ひ、且つ生殖する。さうすることが望ましいことだ。一致した考へに人間が到達したからではなく、機械の如くに吾々はさうしなければならぬやうに強制されてゐるからである。又吾々が活動するのも、吾々の中樞神經系的作用によつて、さうしなければならぬやうに強制されるからである。そして人間が經濟的奴隷でない限りは、成功

すべき仕事、或は勞働の本能が人間の行動を定める指針である。母親は子供を愛護する。これは形而上學者が望ましいことであるといふ觀念を抱いたからではなく、子供を育てるといふ本能は、女性の身體の形態學的特性が遺傳するに同じやうに遺傳するからである。吾々は朋友を求め楽しむのも、遺傳状態がさうさせるからである。吾々が正義や眞理のために争ふのも、吾々が同人類の幸福であることを見るべく本能的に強制されるからである。經濟的、社會的、政治的狀態或は、無知や迷信が、遺傳的本能を阻止し禁壓して、虚偽又は誤つた倫理學を持つてゐる下等な文明を生ずるかも知れない。恰も動物の中に色素のない變形の個體が生ずるやうに、人間にも一二の大切な本能を失つた變形が生ずるかも知れない。そしてかやうな變形の子供が、もし澤山殖えたなら、社會の道德的狀態を卑くするやうになるかも知れない。生命の機械觀は倫理學に矛盾しないばかりでなく、倫理學の根源を理會せしむるに足る唯一の生命觀であると思ふのである。

(これは一九二一年九月十日に獨逸ハンブルヒで開かれた一元論者の第一回萬國協會の講演である)

第二章 心理學上應性の意義

生命の機械觀は精神現象の理化學的説明を包括しなければ完全でない。或る著者は精神現象の理化學的分析が今日よし充分に出来るにしても、到底「眞の精神現象」を説明し盡すことは出来ないだらうと言つてゐる。かやうな駁論に對しては、彼れ是れを議論する必要はない。なぜなら吾々の到達すべき目標の前途は、尙頗る遼遠だからである。吾々は少くも動物の或る種類の反應、即ち形而上學者が動物の「意志」といふ言葉の下に分類すべき現象が、純粹に理化學的基礎から明白に説明することが出来るといふことを示すことが出来る。

シヨペンハウエル、エ・フ・オン・ハルトマンの著書を読んで、私は意志の問題に興味を持つて来た。私は學生時代に大脳の皮質に關するムンクの研究を読んだ時、この研究は意志の實驗的分析の出発點なるに信じてゐた。ムンクは犬の脳中にある記憶心象は皆な、或る特別な細胞又は細胞群に局在するに信じてゐた。この記憶心象の各部分を任意に切り取る事が出来たと言つてゐた。五年間大脳の皮質を切り取る實驗を繰返した私は、ムンクは確かに誤謬に陥つてゐることを知つた。そして大脳の手術による研究法は、中樞神経系の神経徑路に關する知識を與へるかも知れないが、脳機能の力學に關しては、殆んど學ぶ所がない。

寧ろ記憶の機制が殆んど或は全く發達してゐない下等動物の比較心理學的研究の方が、より適當な方法であるやうに思はれた。下等動物の一見不規則な運動を支配してゐる理化學的法則を發見することは、將來不可能ではないと私は思つた。そして「動物の意志」といふ言葉は、引力が明かに諸遊星の運動を豫定するに同様に、動物の一見自發的運動の方向を豫定する力の存在を知らないことを意味する言葉に過ぎないやうに思はれた。假りに野蠻人が諸遊星の運行を直接に觀

察し又、考究することが出来るとするなら、今日動物を偶然觀察したものが、動物の動作を支配するものは、「意志」だといふ假想しようとするのと同様、諸遊星の運行を導いてゐるものは、「意志作用」であるといふ結論に恐らく到達するに違ひない。

要するに意志の問題の科學的解決は、動物の運動を定める力を發見し、且つこの力の依て以て働く法則を發見することにあり得る。實驗の上から云へば意志の問題の解決は、外部的の力を用ゐて、與へられた種類の動物の若干の個體が各自の運動機官によつて、一定の方向に動くやうに強制する形式を探らなければならぬ。このことに成功さへすれば吾々は、ある事情の下に世人には動物の意志に見える力を知り得たといふ假定しても差支はない。もし與へられた動物の一部のみが一定の方向に動き、他の部分はその方に動かないとすれば、吾々は動物の運動の方向を間違なく決定する力を發見することに成功してゐない。

もう一つ考察しなければならぬ點がある。いま雀が地上に落ちてゐる種子の上に飛び下りたことすれば、吾々はそれを意志の働きだといふ。しかし死んでゐる雀が種子の上に落ちて來たこと

ても、これを意志の働きだとは思はない。この死んでゐる雀の場合は働くものは、純粹に物理的の力のみであるが、生きてゐる雀の場合には、この外に化學的反應が、その雀の感官、神經、筋肉に起つてゐる。この複雑な働即ち運動機官の自然的運動が加はる時にのみ、吾々は意志の働きだといふのであつて、意志の心理學に於て論究しなければならぬものは、たゞこの種の反應のみである。

二

翼をもつた木虱に關する二三の實驗は、動物の進行動作の方向を豫定する方法の諸口こされやう。

この實驗材料を得るには、木虱の集つてゐる薔薇藪或はシネラリアの鉢を室に入れて、それを閉ぢたガラス窓の前に置く。この植物が乾いてしまふまで、今まで翼のなかつた蚜蟲(アライグマ)(木虱)は翼の

生へた昆蟲と變ず。この變形の後動物は、植物を離れて窓の方に飛び、ガラスの上部に這ひ上る。この時下方に試験管を支へ、上から筆か解剖刀の類で、一寸その動物に觸れば、試験管の中に落ち、容易く採集することが出来る。かやうにして十分實驗に適當な數、多分二十五疋乃至五十疋は集めることが出来る。この動物が健全で且つ光が弱過ぎさへしなければ、この動物は必ず光の方に運動するに定つてゐることを證明することが出来る。この實驗には光源がたゞ一方からばかり来る人工的の燈火を用ゐるやうにしなければならぬ。

動物は頭を光源の方に向けるのは勿論、彼等の牢獄(試験管)の中で出来る丈け光源の方に近寄れる丈け近寄つて、彼等の不完全な運動機械の許す限り、出来る丈け一直線に光源の方向に動く。光源の方に向けられた試験管の端に達すれば、一所に集つて、そこを動かさない。もしその試験管の方向を百八十度回轉すれば、試験管のガラス壁が動物の進行を阻止するまで、動物は再び眞直に光源の方に進んで行く。丁度諸遊星の運行の方向が引力によつて決定されると同じ工合に、この動物の進行動作の方向が間違なく光源の位置によつて明かに支配されることをこの動物

を用ゐて證明することが出来るのである。

光の影響によつて起る蚜蟲の強制的運動の理論は、次のやうに述ぶることが出来る。この實驗條件の下に於ては、動物の進行動作を支配する二個の因子がある。その一つは動物の構造が左右相稱であること、第二は光の光化學的作用である。この二因子につき別々に説明を試みよう。今日吾々は光の光化學的作用について、生物體の化學的反應は大部分光によつて加速される、ものだといふことを知つてゐる。酸化作用については特にさうである。動植物に及ぼす光の決定的作用は、その終局の分析では、生物の網膜或は他の光的部分の細胞に起る一定の化學的反應の速度が、光によつて變化する事實に歸着するに斷言して差支ない程、幾多の事實が已に知られてゐる。光の強さを増加するに従つて、一定の化學的反應(例へば酸化作用の如き)の割合は増加するのである。

第二の因子は動物の相稱的構造である。動物の大體の解剖に表はれてゐるやうに、動物の左右兩側は相稱である。かやうな相稱は解剖上ばかりでなく、化學的にも存在するものである。私は

るじてゐる。即ち身體の相稱的部分は、化學的にも同一であつて又、新陳代謝作用も同一である。そして身體の不相稱的部分は、化學的成分が異なるばかりでなく、一般に新陳代謝作用も亦定量的に或は定性的に異つてゐる。この差異を實證するためには、確かに相稱的である兩眼の網膜は、同じ新陳代謝作用をもつてゐるが、網膜とは何等相稱的でない皮膚の部分は、異つた新陳代謝作用を持つてゐるといふことを指摘すれば足りる。それから網膜の各部分も亦化學的に異つてゐる。視紫に關する觀察、中心窩の感色作用の相異、網膜周邊部等は、兩眼網膜の相稱的部分が化學的に等しく、不相稱的部分は化學的に異つてゐるといふことを示すものである。

さて兩眼の網膜を照す光の量が不平等である時、多量の光を受くる方の光化學的反應は、他の方に於けるそれよりも一層加速されるであらう。同様の見解は相稱的感光表面の各部分の要素にも矢張り當て嵌まるのである。なぜなれば光化學的物質は眼の中丈けに存在するもので無くして、多くの動物の表面の他の部分にも發見し得られるからである。私ミバーカーの實驗で明かであるやうに、プラナリアでは眼ばかりでなく、皮膚の部分も矢張り感光的である。しかしもし一方

の網膜よりも他方の網膜の方に多量の光が照すれば、化學的反應は一方よりも他方の網膜に
より多く加速される。だから尙一層強い化學的變化が一方よりも、他の方の視神經に起つてく
る。エス・エス・マックスウエル、シ・テイ・スナイダーは各自獨立して、神經の衝動の速度は、化
學的反應の特有性である量級的の溫度係數を持つてゐるこゝを説明した。この事實から吾
々は兩眼の網膜(或は他の相稱點)が不平等な光の強さで照される時、矢張り不平等な化學作用が
兩眼の網膜の視神經(或は照された二點の知覺神經に)起る結論しなければならぬ。この化學
的作用の不均等は、知覺神經から運動神經に、そして更にそれと關聯してゐる筋肉に通ずる。そ
こで兩眼の網膜が平等に照される時、身體の兩半側の相稱的筋の群は相等しい化學的刺戟を受
け、同時に相等しい收縮の状態を呈する。これに反して反應の速度が等しくない時は、身體の一
側にある相稱的筋は、他側にある相稱的筋よりも一層強く働く結論する。かやうに身體兩側の
相稱的筋が不平等に働く結果が、動物の上に運動の方向の變化を生ずるのである。

運動の方向の變化といふのは、動物が頭を轉回し、従つて全身が光の來る方向に向ふか、或は

動物が頭や全身を光と反對の方向に向くるからである。中樞神經系の構造は關節から成立し、就
中頭關節は一般に他の關節とそれ等の關節の從屬部の動作を決定するものである。

この關節は翼のある蚜蟲に就いて云へば次のやうになる。單一の光源があつて、それが一方か
ら動物を照すを假定する。その結果として動物の頭或は身體を光源の方向に向ける筋の働が増加
して來る。(註。もし動物から同じ距離に、同じ強さの光源が二つあるとすれば、動物は二つの光
源を接合した線に直角の方向に動くであらう。なぜか云ふと、この場合に兩方の眼が等しく光
の影響を受けるからである。機械のやうな動物の應光的反應は、二つの光源の一つに反應する人
間の行動とは違ふ。ボンが言つてゐるが至言である。人間の行動は應光性では決定されない。)そ
の結果として頭部、従つて頭と一所に全身を光源の方に回轉する。回轉するや否や、兩眼の網膜
は平等に照らされるやうになる。だからもはや動物を一方或は他の方向に回轉さす原因がなくな
る。かやうな工合に動物は自働的に光源の方に導かれるのである。この實例では光が動物の運動
の方向を決定する動物の「意志」であつて、丁度落下する石又は遊星の運動の方向を定めるもの

が引力であると同様である。たゞ石の落下運動に働く引力の作用は直接であるが、動物は光化学的反應の加速によつてのみ一定の方向に動かされるのだから、蚜蟲の運動の方向に及ぼす光の作用は間接である。

さて吾々は光源の方向に頭部を向け、或はその方向に動くやうに強制される動物を向光的のものと言ひ、光の来る反對の方向に動き、或はその方向に運動を強制される動物を背光的のものと言つける。(注)動物が向光的であるか背光的であるかといふのは、光が動物の筋の緊張を増加するか、或は減少するか原因するのである。なぜ光がこの反對の影響を及ぼすかといふことはまだ分らない。

蚜蟲はたゞほんの一例に過ぎない。同様な向光性の現象は脊椎動物にも亦無脊椎動物にも、大多数の動物について同じく正確に證明することが出来る。今これ等の總ての場合について論述することは勿論出来ない。この現象に興味を持つ讀者は、これに關する多数の文献を閲讀して貰ひたいのである。この向光性は、海産動物、昆蟲の幼虫には大抵通有であるのみか、生長した個體

にも亦ない譯ではない。

だから應光的動物は實際光度計である。光度計の法則によるに、光の強さの變化は、光が動物の表面を照す角度の正弦(或は光の投射の角度の餘弦)に比例する。動物は光によつて動物の感光的表面の相稱的要素が略ほ同角度に照されるやうな位置を取る、この條件は光源が唯一つである場合には、動物の相稱軸が光線の方向に動けば實現される。この場合に動物の兩側に起る光化学的反應の速度は同一だから、動物はその進行運動の方向から脱逸しなければならない理由はない。

光の影響は光の強さと光の照す時間との積に等しいといふことは、植物の應光性、吾々の網膜の光に對する知覺の實驗で明かである。この法則は廣い範圍内では光の化学的影響は、この結果に等しいといふブレンゼン・ロスコーの一般法則と一致するものである。このブレンゼンの法則が直ちに應光的動物に適用されるかきうかまだ明白ではない。もし適用されることしたなら、形而上學者が動物の意志と言つてゐるものには、この法則を代用すべきものである。

三

翼のある蚜蟲は一つの例外もなく、凡べて光の方に動くといふ上述の要求を實現するから、この動物は例證を見るこゝが出来ぬ。機械的科學では、同一の法則の適用には例外はない。もしあるとすれば、その例外は十分に説明されなければならぬといふのが、方法的公理である。自然の状態では當然、凡べての動物が等しく上述の實驗には適合しないこゝが直ぐ發見された。多くの動物は全く應光性を示さない。又その反應を僅かに示すに過ぎないのである。かと思へば、翼のある蚜蟲のやうに、著しい反應を呈するものもある。自然の状態では應光性を示さない動物に、人工的に應光性を起さしむることが出来るかといふ問題が生じた。日中か午後かに池や湖水にゐる小さい淡水甲殻動物類を浮游生物を捕る網で掬つて、たゞ一方からばかり光が照す水槽に入れば、これ等の動物はその中を勝手次第に動き廻つて不規則に分散する。あるものは光源の

方向に或るものは反對の方向に、そして多數のものは恐らく光に注意しない。

もし動物の細胞の中に容易く浸入する酸（炭酸の方が良い）の少量を水中に入れば、この状態は忽ち一變する。炭酸瓦斯を含む水、數立方糎の割合で五十立方糎の淡水に徐々に入れる。適當の量が加はると、動物は凡べて烈しく向光的となり、彼等の不完全な浮游運動の許す限り、出来る丈け一直線に光源の方向に突進して、容器の光を受くる側面に簇集する。もしこの容器を百八十度回轉すれば、動物は再び容器の光を受くる側面に逆行する。こんな酸類でも、炭酸水と同様に動く。酒精も同様の作用を持つてゐるが、この作用は弱くて緩慢である。前には光に冷淡であつた動物は、炭酸で處分されると、全く奴隸になつてしまふのである。

さうして炭酸は、かやうな結果を生ずるのであるか。吾々は先づ炭酸は感光化物として働くものだと假定する。蚜蟲の場合に暗示された如く、光は動物の表面、殊に眼に化學的變化、例へば酸化作用を生ずるものである。しかし光の働く光化學的物質の量は、比較的に少いこゝが多い。だから光が甲殻動物（コペポド）の半面丈けを照らす時でも、身體の兩側に起る化學的變化の差異

は、光源の方向に動物を向けるに十分な身體兩側の筋の作用或は緊張の差異を生ずるに尙少な過ぎる。しかし酸を加へるこゝ、酸は接觸物として働くこゝが出来、例へばエステルの接觸作用に於けるやうなものである。ステイヒリッツの云ふ所に依れば、エステルの接觸作用に於ては、酸は化學的變化を受ける物質の活動量を増大する範圍の働きをする丈である。いま吾々の考を確定する便宜上、酸は感光物質の活動量を増大する結果、一層強く動物を向光的にするものだと假定する。かやうに考へれば、前には少しも應光的反應を起さなかつた同じ強さの光でも、中々著しい向光的反應を起さするやうになれやう。なぜなら動物が一面からばかり光に照さるれば、兩眼の網膜に生ずる反應産物の差異は、直ちに身體兩側の筋活動の相違を自働的に起さすのに十分な量になる。だから動物は頭部を光源の方向に向けるやうになるのである。

尙或る動物、例へばミヂンコ、海産コペポドのやうなものでは、温度の低減によつても、向光性の傾向を増加することがある。もし酸を加へたのみでは、ミヂンコを向光的にするには不十分でも、同時に温度を低減することによつて屢々成功することがある。

四

著しい向光性の動物と殆んど光に反應しない動物とは、観察者には識別の面倒は少しもない。しかしこの兩極端の中間にある動物の行動については、その説明に甚だ困難を感じてゐる或る動物學者があるらしい。例へば十分に強い光には應光的方面變換の法則に當て嵌まるが、弱い光では動物は「試錯法」で光に反應するものだと主張する學者がある。化學的立場からいふと、光の弱い時に起る動物の行動は、極めて容易に了解することが出来る。向光的動物が一面から光を受ければ、兩眼に起る光化學的反應の速度の差異が、ある程度に達したときのみ、動物の頭部は光源の方向に強制的に向くやうになる。そして光度が十分強く、動物の光化學的物質の活動量が十分大きければ、動物の兩側に生ずる反應の産物の量の差異が動物の頭を光源の方向に強制的に向けるに必要な程度に達するまでには短かい、例へば一秒の何分の一といふ短かい時間を要する

に過ぎない。この場合には動物は全く光の奴隷である。言葉を換へて言へば、動物は光線の方向に迷ふ筈がない。なぜなら動物の頭が一秒にも足りない短い時間でも光線の方向に叛けば、兩眼の網膜に生ずる光化學的反應の產物の差異は、忽ち光源の方向に自働的に動物の頭を振り向ける程に強大なるからである。しかし光の強さ或は動物の感光性の微弱であれば、永い間動物は光線の來る方向から離れやう。かやうな動物は結局容器の光に照されてゐる側面に達するのであるが、も早や光の方に一直線には行かないで、千鳥足の線或は極めて不規則に運動するのである。だか、光の照明の多少といふ條件の下に於ける應光的動物の行動の差異は、定性的の場合でなくて定量的のものである。従つて強い光の下に於てのみ應光性は、動物の行動を光源の方向に決定するので、弱い照光の場合には、根本的に異つた條件が存在するを斷言するのは間違である。

尙もう一つ考へて見なければならぬ問題がある。酸は多分光化學的物質の活動量を増加して、ある動物の光に對する感受性を増進するといふことを知つた。凡べての動物はその細胞の中に斷斷なく酸類特に炭酸乳酸を生じてゐるものである。かやうな酸類は或る動物に應光的に反應する傾向を増進する。又光は多分これに反對の結果を起す物質を生じ、動物の應光的感受性を減少するところもある。これ等の物質の產出の割合に於ける變動は、又動物の應光的感受性にも變動を起して來るだらう。例へばコペポードに於ける感光的物質の活動量が比較的に少い場合に、炭酸の發生が一時的に増加すれば、數秒の間に動物が眞直に光源の方向に十分動くやうに動物の感光性を増加するところが出る。しかし次第に炭酸の產出が減少して、動物は再び光に無頓着になつて、その方向にも行動するやうになる。又再び炭酸の發生が増加して、動物は又光に向つて行動するやうになる。かやうな動物は他の方向に進む運動の代數的總量が、偶然則によつて零となるから、動物は結局容器の光の照す側面に集つて來る。しかし動物は一直線に光源の方向に進まないのは無論である。かやうな動物の行動の變化を化學的及び生理學的に解釋するやうに教育されてゐない學者は、この變化の意義を説明することは、當然出來ない。もし是非説明しなければならぬ破目になれば、一般の形而上學者の説明も何等擇む所のない化學的でも科學的でもない「試錯法」

の暗示を使つて結末をつけるであらう。

或る著者は餘り應光性の著しくない動物ばかり研究したらしい。そしてその動物の感光性は上述の工合に刺激の入口を逡巡してゐた。かやうな動物は應光性の實驗には不適當である。もしその動物に對する光の作用の法則を發見したいなら、先づ動物の感光性を増加する必要がある。

十分感光的でない動物の觀察から、應光的動物は光線（たゞ單一の光源であつたとして）の方向に直接に向ふものではなくて、先づ正しい向を學習しなければならぬものだ。多くの著者は斷定するに至つたものも信ずる。この斷定に反對する極めて有力な實驗がある。バラナス・パフ・ラタスの幼虫は、全く暗い所に育つものである。海水を入れた時計硝子に、成熟した幼虫を持つ卵巢を入れて、暗い所に置く。幼虫は忽ち孵化する。これを明るい所にもつて來ると、幼虫は直ぐ時計硝子の窓に面した側に動いて行く。だからこの幼虫は光の影響を受くる前に、已に著しく向光的であつたことが明白である。

翼のある蚜蟲の實驗で、數回應光的反應に逢つた動物は、最初よりも數回後は、一層速かに光

に反應するこゝを屢々發見した。これは『練習』の例として解釋するこゝが出来るかも知れない。しかしこれは足の粘着性を減ずるこゝか、或は特に運動の率を鈍くする或る純粹な機械的原因を取り除いた。めこかでない限り、筋の運動によつて、できる炭酸又は乳酸の影響によつて起る現象である。（註。所謂筋の刺激の『階段』現象も亦多分正しく酸の發生によるこゝされやう。即ち筋肉の刺激の場合に、新しい刺激と與へる度に收縮の量が増加するのは、上述の實驗に於ける反應率が増加するのこゝ同一のものと思はれるのである。）

五

一八八九年といふ昔、動物の生理状態が異れば、その感光性も違ふから、自然の状態では、應光性は動物の或る發達の時期か、或は特定の生理状態に於てのみ屢々發見されるものだ。私は指摘した。私は蚜蟲に就いて、この動物の翼翅が發達して、植物から離れた時にのみ、著しい應光

的反應は期待される前に述べた。動物の應光性に及ぼす化學的變化の影響は、ボルテシア、クリソルヒアの幼虫に於て一層著しい。この幼虫は秋卵から孵化して、若い幼虫のまゝで巢の中で冬眠する。春暖かになれば、巢から匍ひ出る。又冬でも温度を高くすれば、巢から匍ひ出させるこゝが出来た。この條件で巢から匍ひ出させた時の幼虫は著しく向光的であつて、自然界でクリソルヒアの若い幼虫位著しい應光的感受性をもつてゐる動物は發見したこゝがない。しかるに動物が一たび食物を攝取するや否や、向光性は忽ち消えてしまつて、再び飢餓の状態に陥れても復歸しない。(註。多くの學者は此の事實を等閑に附してゐる。)この場合に營養と直接間接に關係してゐる化學的變化は光化的反應の消滅或は永久の減少を起すといふこゝが明かである。蟻や蜂では生殖器から分泌する物質が、向光性の發生を定める因子であるやうに思はれる。生殖成熟期に蟻は、雌雄共に著しい向光性が發達し、その強さは引續き益々増加するのに反して、勞働蟻は何らの應光的反應を示さないのである。

生殖成熟期には多くの繸管に影響を及ぼす特種の物質が生ずるといふこゝは一般によく知られ

てゐる事實である。例へば卵の濾胞を破つて出る物質は、懷妊してゐない子宮に特別な感受性を與へ、どんな機械的刺激でも子宮に脱落膜を生ぜしめるこゝをリオ・ロエブが發見した。かやうにしてリオ・ロエブは、濾胞内の物質が血液の中に循環しなければ、かやうな工合に子宮は反應しないにも關はらず、懷妊してゐない子宮に幾つでも脱落膜の形成を起すこゝが出来たのである。

幼虫の或る時期には動物は向光的であるが、他の時期には光に感じないが、或は寧ろ背光的であるといふこゝは普通の現象である。こゝではこれ等の事實は委しく論じないから、讀者は私の前に著はした諸論文を参考して貰ひたい。

動物體內に於ける一定の新陳代謝の產物によつて生じた應光的感受性の變化は、生物學の上に重大な意義がある。これは上述のクリソルヒアの幼虫の生命を救ふ劬を持つてゐるものだといふこゝは嘗て著はした諸論文中に指示した。春の光に照されて、若い幼虫が冬眠から醒める時、彼等は向光的である。この向光性は幼虫に運動の自由を與へないで、樹或は枝の頂上に眞直に匍ひ上らなければならぬやうに強制する。こゝに幼虫は初めて新芽を發見する。この方法で向光性

は食物のある所に彼等を導くのである。さてもし幼虫が向光的のまゝであつたら、彼等は小枝の上端で絶食して餓死しなければならぬ。しかし既に述べた通り、幼虫は一旦食物を味へば又、再び彼等は向光性を失つてしまふ。今は樹の枝を匍ひ下りることが出来る。そして多くの動物の特性である不安靜（註）多くの昆蟲や甲殻類には、この『不安靜』が著しいのであるが、この不安靜の理化學的原因はまだ分つてゐないが、彼等を新しい葉に達するまで匍ひ下るやうに強制するのである。そしてその葉の香や觸刺戟は、この機械の進行を止めて、こゝに再び食餌作用を起さしむるのである。

蟻や蜂が生殖成熟期に向光的なる事實は、動物の生活經濟に重要な役目を務めるのである。よく知られてゐるやうに、これ等の昆蟲の交尾は、所謂婚姻飛行中に起る。巢にゐる蟻の雌雄の應光的感受性は、婚姻飛行の時期に至るまで漸次増加し、且つ、その飛行の方向は太陽の光線の方に従ふものであることを私は發見した。この婚姻飛行は單に極めて高く著しく發達した向光的感受性の結果に過ぎないといふ印象を深からしめた。ケログの記述した次の實驗によれば、

蜂についても同様であるやうに思はれる。ケログは上部の覆を突然開けると、光が上部から照らすから、蜂は實驗用の箱の口から外に群出せんばかりにしてゐた。そして蜂は光線の方向に向つて箱の中を上へ爬ひ上つて、肝腎の婚姻飛行が出来なくなつたほゞ蜂の應光的感受性は猛烈であつた。かやうな觀察によれば、婚姻飛行の時期には蜂は全く向光的機械である。

これ等の觀察は一定の動物の生活現象を分析して、應性はこれ等の現象の要素であるこゝを示す方法の實例とするに足るものである。同様の性質の多くの觀察は、ジオジ・ボン、バーカー、ラドル及び私の諸論文に發見することが出来る。

六

自然淘汰説の影響を受けて、多くの動物學者や心理學者は、動物の行動は凡べて動物にまつて最善の利害關係があるといふ見解を持つやうになつた。メンデルが創説して、更に千九百年に系

統的科學の位置に進んだ精確な遺傳學は、この見解の價值を適當な程度にまで引き下げたのである。種の繁殖や保存を不可能にするやうな應性を持つてゐる種族は死滅しなければならぬといふことだけは眞理である。

この事實を應電性は遺憾なく説明してゐる。水を入れた桶に電流を通じ、その中に動物を入れるれば、多くの動物は電流の方面によつて向を定め、積極か消極かに向つて動くといふことを觀察することが出来る。この現象を應電性 π 吾々と呼ぶ。應電性では電流直線或は電流曲線が、應光性での光線と同様の役目を持つてゐる。電流曲線が細胞に入る個所（註。或は細胞内部のイオンの運動が妨げられた個所）では、細胞の中のイオンの集注が起つて、化學的反應に影響を及ぼす。典型的に應電的反應を示す動物の種の數は、典型的に應光性を示す動物の數程澤山はゐない。この違は思ふに光 π 電流 π の作用に物理的違があるからであらう。光は主に動物の外面に働くが、電流は凡べての細胞や神經に影響する。だから皮膚に働く電流の作用は神經分枝や中樞神經系の上に同時に起す影響によつて複雑になり又變化も受ける。だからその結果は主に皮膚や網膜だけ

に限つて影響する光の作用の結果よりも餘程複雑である。この理由によつて應電性は脊椎動物にも例證されるが、明瞭な應電性は脊椎動物よりも單純な構造を持つた動物、例へば單細胞動物に屢々發見するのである。

しかし應電性は純粹に實驗室の產物である。近頃應電性を研究し始めた生理學者の手に入つた少數の動物の外は、電流の影響を受ける機會を持つた動物は全くない。しかも應電性は動物には極めて共通な反應である。動物の反應は必要 π か或は、自然淘汰によつて決定される π いふ見解に對して、これ以上に直接な矛盾は發見されまい（要するに必要がなくても、自然淘汰がなくても、動物の反應は存在するのである。譯者註）。

應電性 π 應光性 π は比較すべきものでないと思ふ人があるかも知れない。しかし光は普通に皮膚の表面だけに働くが、電流は身體の細胞の全體に影響する事實の外は、事實 π して兩者は同一の範疇に屬する現象である。前に述べたやうに、單細胞動物を用ゐて研究する時は、應電性の事情から生ずる複雑な障礙の大部分は消滅する。もし兩方の感受性を共有してゐる動物で實驗すれ

ば、この場合には應電的反應も應光的反對も殆んど互に似て來ると思ふ。これは期待した通り實現された。ヴルヴツクス種の藻は應光性も應電性も持つてゐる。このヴルヴツクスの應光性について行つたホルムスや私の研究並に應電性について行つたバンククロフトの研究は、ヴルヴツクスでは兩者の反應の機制は同一で、この應光性及び應電性反應の運命度も亦同じく大きいこゝが分つた。

應電的反應は純粹に脅迫的であるが、應光的反應は「動物の利害關係」に支配されてゐるミクラバレードは反對してゐる。しかしかやうな見解は事實上の根據がない。已に述べた如く、應電性は生物學的意義がないのに、なぜ應光性は時々有用であるかといふ理由は、電流は自然界には存在しないからである、しかし應光性も應電性も同様に、多くの動物には不必要だといふこゝを明示するこゝが出来る。例へば樹皮の下に住んでゐる山羊蛾の幼虫の如く、全く明るい所に住んでゐない種々な動物が向光性を示すこゝがあるこゝを私は二十年前に指摘した。更にキール灣の泥の中に住んでゐる蟹（キユマ・ラツキー）は明るい所に出して泥を取つてやれば、向光性を示すこ

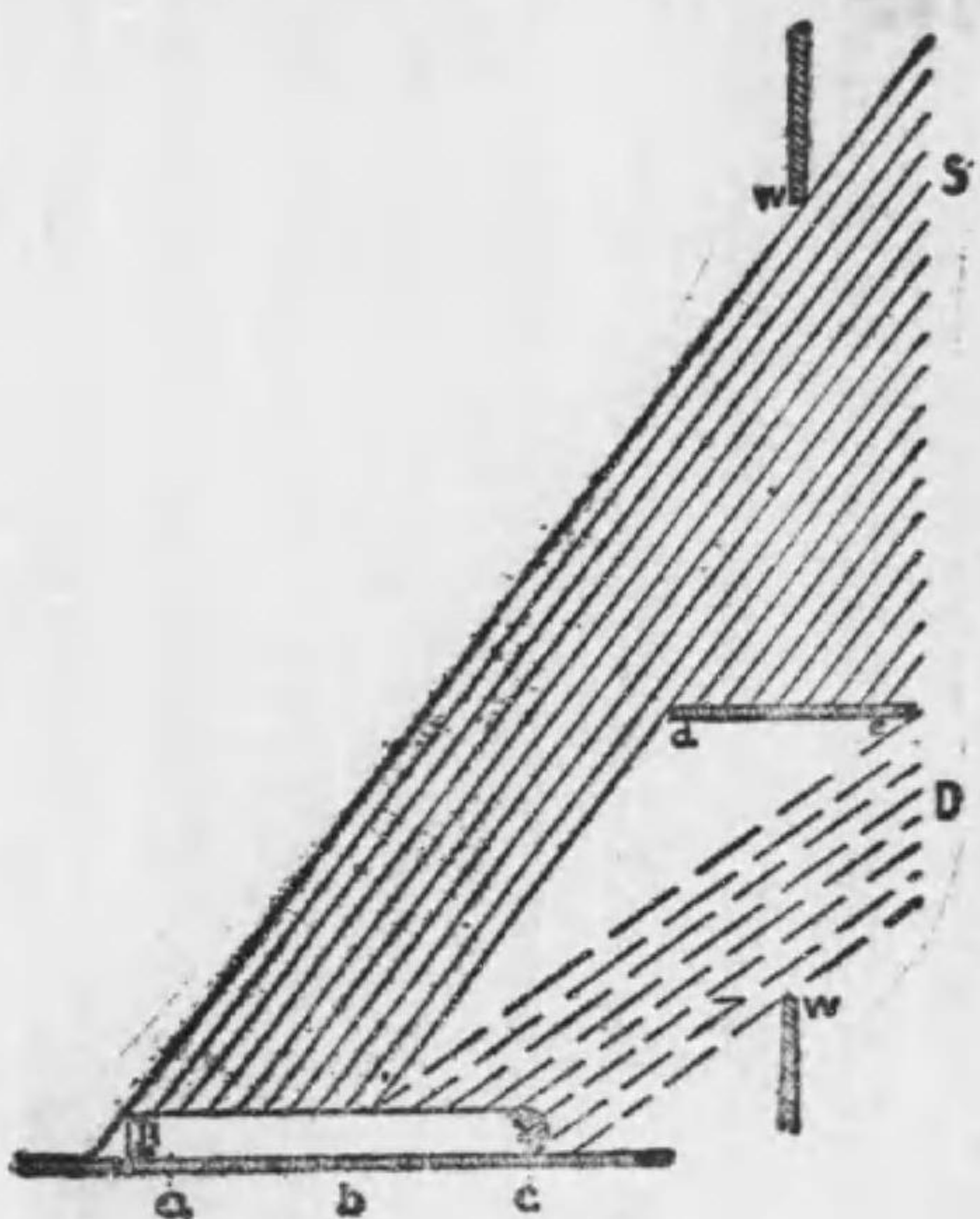
ゝを私は發見した。だから向光的反應は動物の生物學的利害に支配されてゐるからこゝを定めるのは、應電性は生物學的利害があるからこゝをこゝに同様に間違である。だから吾々は自然淘汰説を買ひ被らないやうにしなければならぬ。そして、動物は個々獨立の遺傳質の凝集であるこゝを見做すメンデル遺傳説の結果を採らなければならぬ。

七

生物は或る強さの光に調節し、その生活状態に一番良く適した強さの光の方に必ず移轉するやうに應光性を加減するものだといふこゝを證明しやうと努めた人がある。これも又自然淘汰説を極端に適用しやうとする研究家に強制された暗示だ。私は信ずる。私は實驗の物理的條件を明白に配列して、随分多くの動物について實驗を行つたが、かやうな適合の一例をも發見するこゝが出来なかつたのである。この場合にも向光的動物は刺戟閾より以上の光の強さに對しては積極的

であることを示してゐた。

第二十二圖



第二十二圖。例へ動物が日光から日影の所に行くやうにされても、向光的動物は光源の方向に進行することを証明する装置。w w は窓で、そこから日光 s が室内に入る。板片 d e で、日光が窓の近くの机の上の b c 部を照さないやうに妨げてある。この机の b c 部は日影になつてゐる。唯この机の部分には光（直射でない）D が照らしてゐるだけである。

試験管 a c は窓側に對して直角に机の上に置いてある。實驗の始めには動物（例へば翼のある蚜蟲）は皆な a の所にある。動物は直ぐに窓の方に進むが、b の所に止まつてゐないで、直射の日光の所から、光源のある日影の方へ進んで行つて、窓の近くの日影の中の試験管の端 c に達し、そこに全く止まつてしもう。

例へば翼のある木虱、或はクリソルヒアの翼のない幼虫、或は酸類で應光的になつたコペギードは、反應を起すに必要な光の強さの刺戟閾値が十分でありさへすれば、光源は直射の日光でも、空中の反射光でも、或は弱い燈火でも、光の來る方向に進んで行く。よし動物が明るい所から暗い所に行くやうに装置がしてあつても、矢張り向光的動物は光源の方向に進むといふことを證明するところが出来た。（註。屢々少しも止まらないで進んで行くところがある。光の強さが少しでも違つてゐるのを感別の出来る動物は、明るい所を通つて日影の所に行くべきこの實驗では立ち止まるところがある。しかし光源の方向に直ぐに進んで行く。この實驗の委しいところを読み取れば『生物の力學』といふ私の本に書いてある。）私は適當な光度の「選擇」をいふところを観察したところは決してない。

この『適當な光度の選擇』をいふ解釋の背後に伏在するものは多分、ある條件の下では光の光化學的作用から生ずる反應の産物は向光性を止めるかも知れないといふ事實である。今解つたばかりで向光的であるパラナス・バアフオレタスの幼虫に、この種の極めて明瞭な明例を私は發見し

た。大變に紫外光線の多い石英水銀燈(ヘラウスの)光の中に置く、向光的である幼虫は直ぐに背光的となる。この實驗を行ふには海水の這つた極く浅い底のものに幼虫を入れなければならない。水銀燈のやうに紫外光線の多くない強い光でも、時には向光的動物を背光的にするこゝが出来。例へばこれはポリゴディアスの幼虫のやうな場合である。しかしこの場合を一定の光度に動物が適合したさいふのは間違であらう。新陳代謝の産物が光化學的作用を變更するか、或は光によつて起る網膜の興奮が筋の強直を強めないで却つて弱くするやうに、中樞神経系に影響する場合に過ぎないと思ふ。

又(色々文句をいふ)學者達は簡単な實驗條件でなく複雑なものを用ひて研究したから、多分他の色々な間違が起つたらしい。例へば光度は漸減するために、インキを入れた空虛の三稜鏡を用ひた等もさうである。かやうにして生じた薄暗さでは光度は屢々刺戟閾の附近か、或は以下に止まつてゐる。だから前に弱い程度の影響について述べたやうな誤謬に陥つた人々もあるのである。

八

應光的現象は動物の相稱的表面要素に同時に起る化學的反應の相對的速度によつて決定される。又同じ表面要素に起る化學的反應の速度の急速な變化によつて決定される別の現象がある。この光度の速急な變化に對する反應は、總を光に露出してゐる海産管蟻に最も明かに現はれてゐる。もし容器の中の光度が速急に減すれば、この蟲は直ぐに管の中に引き込んでしまう。光度が急に増加しては、かやうな影響はないのである。他の動物、例へばプラナリアンでは光度が急に減れば、運動は減少して來る。かやうな動物は光度が比較的弱い場所に多く集る。この反應を應性 \pm 正別するために、私は刺戟度の變化に對する感受性の表現 \pm して、この反應を辨別感受性 \pm 名づけた。

光度の速急な變化が極く著しい時には、その影響は複雑になり易く又、應光的現象を全く不明

瞭にするこいふこゝを此所に指示する必要はない位である。ヒポトリカや他の原生動物では、不意の觸接或は、速急な化學的變化に對して、この辨別感受性が著しく働く。彼等は管蟻蟲のやうに急に引き込む。しかし彼等の運動機官は左右相稱的でなくて、特別な非相稱的の形になつてゐるから、次の進行運動をやつた後では、元の運動方向に戻らないで、それから横道に反れる、だからかやうな動物は特に少しの光化學的感受性しか持つてゐないので、應光性の法則を説明するには最も都合の良い材料を與へないこいふこゝが直ぐ分るのである。しかしゼニングスは應光性説に反對するために、かやうな動物を特に擇んで觀察に用ゐてゐる。筋や神經では不斷的電流の作用は斷續的電流の作用と違つてゐると同様に、吾々は光の作用にも類例を發見する。もし動物の凡べての反應を理化學的法則に歸着しやうとするなら、應性の外に辨別感受性の事實ばかりでなく、反應の上に影響を及ぼす他の總ての事實をも考察しなければならぬ。「聯想的記憶」を呼んでゐる機制の影響も亦この中に屬するのだが、こゝでこのこゝを委しく論ずるこゝは出來ない。讀者は私の『頭腦の比較生理學』比較心理學』並にボーンの『知能の出生』及び『新動物心理學』

を參考して貰いたい。酸類が或る動物の應光性に働く如く、即ち或る刺戟に對する感受性を増して、目標の方向に應性的運動或は行動が向けられると同様に、「觀念」も亦働くこゝが出來るこいふこゝを注意しなければならぬ。

九

光や電流の外に引力も亦ある動物の運動方向を定める影響を持つてゐる。かやうな動物の多くは頭部を地球の中心から反むけて上方に匍ひ上るやうに強制される。地球の引力の中心に對する細胞の方向決定こいふこゝが、さうして體內の化學的反應の速度に影響するかこいふこゝは永い間分らなかつた。しかし反應する表面の擴大或は移動こいふこゝが（この問題の解決のための）主要な聯鍵を作るこいふ暗示があつた。もしかやうな應地的に敏感な細胞の中に、比重の違つた二つの相（例へば全く或は容易に混合しない二つの流動物質、或は一つは固形體で一つは流動物質）

があつて、互に反應するを假定すれば、反應は兩者の觸接する表面が擴大すればする程、反應する分子の量が増加する。表面の移動も同じやうに働いてあらう。最後に多分植物の根や幹に實現されてゐるらしい第三の可能性がある。もし應地的に敏感な要素の中に違つた比重の二つの物があつて、唯その中の一つは幹の中央或は外面に流動する液汁に反應するをすれば、横になかしてある幹の上部の細胞は、その下部の細胞とは違つた反應の速度を要するだらう。なぜならこの上部では特に重い物質が幹の中央の方に向けられ、下部では特に軽いものが中央の方に向けられるからである。この結果一面の側が他の側面よりも速かに生長して應地的屈曲が出来るのである。蛙の卵では實際比重の違つた二つの物質の存在を直接に例證することが出来る。この場合には二つの物質の色が違つてゐるから、その行動を研究することが出来るのである。

動物の内耳を切り去れば、地球の重心の方向に振り向く強制力が屢々弱くなることが觀察されてゐる。これには耳石が關係してゐるらしいといふことをマツハが始めて指摘した。耳石が知覺神経の末端機官を壓し、その壓力が變ずる毎に、動物の位置を立て直すやうにするらしいミマツ

ハは考へた。この見解は實驗で證明されたものも一般に假定されてゐる。私も曾てマツハの耳石説を確證するやうな實驗を記したことがあつたが、この説に全く同意することは出来ない。鱧の内耳石を鋭い匙で掻き出した時には、動物の正常な向を定める作用は害されるが、海水を弱く流して耳石を内耳から洗い出せば、この向を定める作用は前の場合のやうに容易に害されないことを私は發見した。

この後の場合には耳石粉が耳から全く取り除けられたかどうか疑はしい。この問題は比目魚の實驗で解決された。比目魚は耳から容易に取り除くことの出来る唯一つの大きい耳石を持つてゐる。ライオンはこの實驗を行つて、この手術の結果、向を定める作用は少しも妨げられないといふことを證明した（この實驗には疑はしい點がある。譯者註）。だから耳石を掻き出した私の實驗で向を定める作用が妨げられたのは、手術のために耳の中の神経の末端が害されたからだを結論する。かやうな譯で地球の重心に關して動物の向を定める作用は、神経の末端の上に耳石の壓力によつて調制されてゐるを斷言することは出来ない。しかしこの調制は神経の末端自身に起るの

であつて、多分互に反應する比重の違つた二つの異相が末端神経に存在するからだらう。地球の重心に關して細胞の向の變化により二相は移動を起し、それから反應の速度の變化が上述の方法の一つによつて起る。それ以來私は耳石或は安定石の機能に關する文献を通讀してみた。耳石を取り去れば動物の應地的向の作用が害されること斷言してゐる人々は、私自身も同様の誤謬の犠牲になつてゐることを結論に私は到達した。彼等は末端神経を害し或は取り去つた。末端神経を破らないか、或は何の障害も與へないで、耳石を取り除いた場合丈けに限り、向を定める作用の攪亂が起らなかつたことを正當に假定することが出来る。

私の研究では動物の反應を植物の反應の如き單純なものに分析し、終には理化學的法則にまで歸納しやうと努めてゐるのに、近頃この反對の傾向が勢力を得て來つ、ある。例へばハーバランド、ネメツク、エフ・ダーウインのやうな植物學者は、植物の比較的單純な反應が動物に發見するやうな一層複雑な反應に追及することが出来ることを證明しやうと努めてゐる。彼等は定量作用の法則或はブレンセンミロスコーの法則から、出来る丈け直接に植物の應性的反動を演繹しや

うことはしないで、植物の細胞に感官があることを示さうとしてゐる。殊にフランセーは植物に「靈魂」や「智能」があるとしてゐる。(これ等の人々の議論が合理的であるためには、分子やイオンに感官、靈魂、智能があるといふ假定の上に定量作用の法則を置かなければならぬと思ふ。科學の進歩のためにも簡單な成分から一層複雑な現象に遡る方が、その反對の途を採るよりも一層良いといふやうなことを主張する必要は多分ない。なぜなら總べて「説明」は決定さるべき變數の定函數として一つの現象を代表するに過ぎない。そしてもし自然界に二つの變數の函數を發見すれば、この斷言のために十分の證明を與へないで、二つの變數よりも多い函數の場合だに斷言するのは、何の進歩も與へないといふのが私の意見である。

これ等の人々は動物の耳石と同じ働をする澱粉粒が、ある細胞にあると言つて、植物の應地的反應を説明してゐる。この澱粉粒が植物の細胞にある感官或は末端神経を壓し、そこで植物の「壓覺」が應地的變曲を起すものだに信じられてゐる。細胞の位置に變化が起れば、澱粉粒の位置も變化するといふ假定を設けることには別に反對はない。又澱粉粒が細胞の中にある二つの相の一

つみなつてゐるこいふ見解も當分看過して、こ私は思ふ。しかしこの外には澱粉粒の壓力を知覺する細胞内の感官の存在を假定する必要は認めない。これは簡単な關係を猥りに複雑にするのこいふのが私の意見である。

十

自然科学の進歩は合理的要素或は單純な自然法則の發明によるのである。かやうな單純な法則或は合理的要素に對する態度によつて分類するならば、生物學界には二派の研究者があるこを發見する。一派はかやうな單純な法則の存在を否認するこを目的とするもので、かやうな法則の下に直ちに適當しない新しい場合は、この法則の不十分であるこを指摘する絶好の機會になつてゐる。もう一派の研究者は法則を否定するこでなく、發見するこを目的としてゐる。かやうな研究者は一般に適用される單純な法則を發見した時には、外觀上の例外は必ずしも法則

を轉覆するものでなく、多分新しい發見や古い法則を補足する機會を與へるこを知つてゐる。メンデルの法則は多くの場合を見事に確證した。しかしこの法則に一見適合しない場合でも、その適合しない原因を直ちに察知するこは中々出来ない。一派の研究者はこの反則はメンデルの法則の不確實を表明するのではなく、單に二次的結果及び屢々些細な錯綜に過ぎないものだと認めてゐる。その見地から、この派の研究者は一層有益な發見をした。所がこの場合他の一派の研究者の役目は、第一にメンデルの法則の價値を減少し、従つて科學の進歩を遅らせやうこ努めてゐる。

應性説の場合でも同様である。應性及び應性に類似な反應は、動物の心理學的反應の合理的概念を作るに肝心な要素である。だから動物の應性説を一層發達させるのは、科學の進歩を助けるものだと私は信ずる。同一の動物が電流に對しては光の影響の下に行動するのこは屢々違つて動くこいふ事實は、理化學に通曉する觀察者なら、光の化學的作用は主に表面に限られてゐるが、電流は表面の内外にイオンの濃度に變化を起すこいふ事實に説明を發見する。しかしある著者は

光と電流との作用の違を考察しないで、一般法則によつて支配されてゐるものとして應性は認容されない。断言すべく、光と電流とに對して反應するある動物の行動を利用してゐる。換言すれば應性は有意義ではないと言ふのである。一般に動物は左右相稱に出來てゐて、身體の左右兩側の運動要素は普通に相稱的に働くのである。その結果例へば應光的向の決定作用は前に述べたやうな工合に起る。しかし動物の中には例へば蟹(招潮子)のやうに横に匍ふものがある。これ等の甲殻動物類は又光の來る方向に横に匍つて行くといふことをホルムスは發見した。この事實からゼニングスは次の結論を下してゐる。『相稱的位置は反應には偶然なことで、その本質ではない』。換言すれば彼は相稱に價值のある役目は應性説には重要でないといふことを示すべくホルムスの觀察を利用してゐる。しかし私は他の結論を下さうと思ふ。即ち招潮子(蟹の一種)では第一に網膜と運動筋との連結が他の甲殻動物とは全く違つてゐる又、第二には兩眼網膜の機能が特殊であつて、相稱的表面要素の作用とは同一でないのである。こゝから新しい發見が出るだらう。私は信ずる。(註。だから更に研究してみたら招潮子は應光性の法則を一層確證するだらうと思ふ。)

この期待は比目魚と類似の關係があるからである。しかしそのことは精しく論ずることは出來ない。しかし多分比目魚の存在は相稱的身體構造に關する總べての法則を無効にするを考へる人はないだらう。

十一

上述の材料は私の見地を説明するに十分であらう。私の問題は心理學上の事實を理化學的分析に近寄せやうとするに過ぎない。かやうな工合に已に一部の反應即ち應性は單純な合理的關係に減低することが出來た。多くの動物は身體の構造が形態學的にも亦化學的にも相稱的であるから、力の或る中心例へば光線、電流、地球の重心或は化學的に對して一定の法式に身體を向けなければならぬのである。この向決定の作用は自動的に定量作用の法則に上つて調節されてゐる。かやうな工合にして、この一部の反應には定量作用の法則を適用すること出來るのである。

私は『比較心理學』といふ言葉を捨てる必要はないと思ふが、比較心理學の内容は上述の研究的努力の影響の下に空想的心理學の内容とは全く違つたものであらうといふのが私の意見である。しかし又心理學の將來の發達は心理學或は動物學の専門家よりも、理化學の知識を持つ一部の生物學者の手に落つるゝ私は信じてゐる。なぜなら理化學の素養の無い動物學者及び心理學者は一般に應性の問題に興味を持つことは望まれないからである。

終りに臨んで應性の研究を適用することの出来る二三の注意を附記して置きたい。

應性を起す條件の研究は精神病學に重要だゝ私は信じてゐる。光に無頓着である動物を酸を用ゐて不可抗的に火の中に飛び込むやうに應光性を起すことが出来るなら、同様なことが生殖腺の分泌物によつて惹き起すことが出来るなら、精神病學に必要な此論が實驗に起すことが出来又、研究することが出来るといふ多くの事實を提供したゝ信ずる。

この實驗は又倫理學上にも同様の價值を與へると思ふ。倫理學の最高の表現即ち人類が或る觀念のために生命を犠牲にする状態は、功利的立場からも亦、無上命法の立場からも理解されない。

ある觀念の影響の下に化學的變化例へば身體内部の分泌物が發生して、丁度コペボドが炭酸瓦斯の入つた水の中では光の奴隷となるのと同様に、極端な程度に或る刺激に感受性を増加することゝ出来るらしい。バヴロフや彼の弟子が視覚や聽覺の相圖を使つて犬に唾液分泌を起させることに成功したから。哲學者が『觀念』と言つてゐるものは、身體内に化學的變化を起すことの出来る作用であるといふことは最早や不思議ではないのである。

(これは千九百九年セネヴァに於いて開かれた第六回萬國心理學會での講演である。)

第三章 中樞神経系の比較生理學に 關する或る根本事實と概念

複雑な現象を了解するには、その現象を單純な原素的成分に分解する分析法によらなければならぬ。もし生理學では何が中樞神経系の原素的成分であるか尋ねるに、反射と呼ばれてゐる一種の作用を想ひ起す。この反射は外界の刺激によつて生ずる反應である。例へば結膜が他の物體に觸られた時に眼瞼を閉ぢ、或は光の嚳影によつて瞳子が收縮するやうな共伴運動に生ずる反應である。このいづれの場合にも、知覺神経の末端に變化が生ずれば、従つて神経の状態に變化

を來すのである。この變化は中樞神経系に達し、それから運動神経を経て、筋纖維に至り、その收縮を生ずる。刺激を受けた部分から中樞神経系に至り、再び末端筋に歸る徑路が反射作用と呼ばれてゐる、生理學では反射作用を中樞神経の作用を分析する基礎とする傾向が漸次に生じて來た結果、反射作用に伏在する徑路、それに必要な機制が肝要なものであるとされてゐる。

反射作用といふ名は、鏡と脊髓間との比較を默示してゐる。感覺刺激は脊髓から筋に反射するものと想像されてゐた。この考へによれば、鏡を破壊すれば光の反射を妨げると同じく、脊髓を破壊すれば反射も不可能となるだらう。しかし中樞神経系の反射の徑路と光の反射の比較は随分前から無意味になつてゐる。今日では反射といふ言葉を原の儘の意義で用ひる生理學者は少い。その代りに反射といふ言葉の概念の中に、他の特徴即ち多くの反射運動の故意的性質といふことが著しくなつて來た。眼瞼を閉ぢること、瞳子の收縮等は、著しく故意的である。なぜなら眼瞼を閉ぢて有害な外物の角膜に觸接するのを防ぎ、瞳子の收縮によつて網膜は強い光の有害な影響を防ぐからである。かやうな反射に於ける他の著しい特性も亦力説されてゐる。その起された運

動には、恰もある智能があつて、その運動を工夫し或は、それを仕遂げるやうに働くかと思はれる程、巧に計畫もされ又、それに共伴もしてゐる。しかし首を斬られた蛙ですら、その皮膚に一滴の醋酸を落せば、それを足で拂除ひける事實は、これ以外に何等かの説明が必要であることを暗示するのである。ある有名な心理學者は反射作用は過去時代の意志の働きの機械的結果であると思はる言つてゐる(註。それに對する實驗的證明は別に何も無い)。かやうな機械的結果が蓄積される場所は、神経節細胞の外にはないやうに思はれる。だからその反射機制の一番主要な原素は神経節細胞であつて神経纖維は單に反射の傳達者として考へられてゐるが、恐らく間違ならう。

反射作用は故意的である主張してゐる學者も亦、その作用をたゞ物理的であると思ふ學者も等しく神経節細胞は、反射作用に於ける複雑な共伴運動のために主な構造の維持者として見做してゐる。

所が光に對する動植物の反應が等しいといふことが確立され、この見解は到底維持されないこ

いふことが證明されたので、私は他の生理學者と違つて、この概念の確實性を疑ひ、同時に反射作用に對して別の概念を持つに至つた。蛾が火の中に飛び込むのは典型的な反射作用である。光が外部(末端)の感官を刺戟して、その刺戟が中樞神経系に達し、それから翅の筋に至り、こゝに蛾は火の中に飛び込むやうになる。いづれの點に於ても、この反射徑路は植物の機官に於ける光の應光的影響と一致する。植物には神経及び神経節がないから、動物と植物との應光性が等しいといふことは、先づ次のやうな推論を下さなければならぬ。即ちこの應光的影響は、動物及び植物に共通な條件に依らなければならないと言ふことである。應光性に關する私の著書の終りに、この考を次のやうに述べた。「神経を持つてゐる動物、光の方に向ひて行動するのは、神経を持たない植物の場合と全く同一の外部の條件に支配され、且つ身體の外部の形態によることも同一であるといふことが分つた。だからこれ等の應光的現象は、中樞神経系の特性には依らない」。又一面には神経節細胞を破壊すれば、反射徑路を妨げるといふ反對説が起つた。しかしこの議論も健全ではない。なぜなら高等動物では神経反射弓は、身體の表面の感官と筋とを結びつける唯

一の原形質的橋梁となるからである。もし神経節細胞及び中樞神経系を破壊すれば、身體の表面と筋との間に原形質的傳達の連絡を妨げるので、反射作用は最早や出来ない。神経及び神経節細胞の軸筒は原形質的構造に外ならないから、その現象は唯原形質の一般的性質では説明することは出来ないと言ふことを發見するまでは、その軸筒中に原形質の一般的性質のみを求めるときは正當である。

二

かやうな反對説も起つた。神経系を持たない植物にも、これ等の反射作用が起る。しかも神経節細胞を持つてゐる動物では、その神経節細胞の存在が、動物に特別な反射機制を與へるものではない。だから中樞神経系が破壊された後に、共伴的反射作用が尙存する動物がなにかさうかといふことを見出す必要が起る。かやうな現象は、刺戟が反射弓を通じて傳達する以

外皮膚から直接に刺戟が傳達し、或は筋の直接刺戟が出来る場合にのみ求めることが出来る。例へば蟻及及び海鞘に於ける場合はそれである。中樞神経系を取り除いた後にも、なほ複雑な反射作用が繼續することをレオナ・インテスタイナリスで證明することが出来たのである。(註。この動物は口孔に觸ると、それを閉ぢる。この反射は角膜に觸ると、眼瞼を閉ぢるのに比較すべきである。この動物の中樞神経系は一つの神経節で出来てゐる。この神経節が取り去られても尙、機械的に刺戟される口孔を閉ぢるのである。)

かやうな譯で比較生理學の研究では、刺戟性及び傳達性は反射作用に最も肝要な唯一の性質であつて、何れも總ての原形質の通有性であるといふ事實が明になる。身體の表面にある刺戟的構造、筋の排列は反射作用の性質を決定する。中樞神経系、神経節細胞は反射機制の特別な維持者であるといふ假定は維持されない。しかし神経は贅澤無用物である結論しなければならぬが決してさうではない。神経の價値は無分化の原形質よりも一層迅速又、一層敏感な傳達者であるといふ事實に存する。かやうな性質が神経にあるから、神経を持たなくても出来ることは出来る

が動物は尙一層變化的状態に自分をよく適合するこゝが出来ゝる。かやうな適合力は自由に運動をする動物には是非も必要である。

三

ある著者は心理的基礎から總ての反射作用を説明するのに、多くの研究家は反射作用の或る群所謂本能丈けを心理的に説明してゐる。本能は色々に定義をされてゐるが、たゞへ如何やうに定義が下されても、その本能は智能や經驗が足りなければ生ずるこゝの出来ない程、その性質は故意的で又複雑な遺傳的反射作用であるこゝいふ意味らしい。將來孵化する幼虫の食物なる物體に卵を産みつける習性を持つてゐる一種の昆虫は、この反射作用の種類に屬する。雌蠅は卵を産みつけた後では、その卵には更らに注意を拂はないこゝいふこゝを考へて見る時、自然が種の保存のために企てたらしい注意を怪しまざるを得ない。神經節細胞にのみあるこゝの出来るやうな神秘

的な構造によらなければ、さうしてかやうな本能の行動を定めるこゝが出来やうか。神經節細胞のみが刺戟の唯一の傳達者であるこゝ信ずれば、さうしてかやうな本能の遺傳を説明するこゝが出来るか。舊式の立脚地では單純な方法で本能の力學を發達させるこゝや、或はその遺傳を説明するこゝは出来なかつたが、吾々の考てはこれを説明するこゝが出来ゝる。これ等の複雑な本能が成立する要素の中には、應性（應光性、應物性、應地性、應觸性）が最も大切な部分を占めてゐる。これ等の應性は動植物共に同一である。應性の説明は第一には身體の表面にある要素の特別な刺戟性による。第二には身體の左右相稱の關係による。身體の表面にある左右相稱の要素は、同じ刺戟性を持つてゐて、左右相稱でない要素は異つた刺戟性を持つてゐる。口頭に近い要素の刺戟性は、後尾に近い要素の刺戟性よりも一層強い。これ等の状態は動物をして身體の表面上の左右相稱の點が等しく刺戟されるやうな工合に刺戟源の方向に身體を向けさせる。かやうにして動物は知らず識らず刺戟源の方向、或はその反對に導かれるのである。神經節細胞は刺戟を傳達する外には何事もないのであつて、これはどんな原形質にでも出来るのである。本能の遺傳には卵が

或る物質に（單に異つた應性を定めるもの）胚子の兩側の左右相稱を生ずる條件を持つてゐる。このみが必要である。神経節細胞を取りまいてゐる神秘は、以上の徑路に一定の見識を立つる。こゝが出来なかつたばかりでなく、寧ろそれ等の説明を發見しやうとする企圖の妨になつたこゝを證明してゐる。

反射作用に本能を區別する明確な分界線のないこゝは明である。多くの著者は動物の一局部或は機官の反應が外界の刺激に關係する場合には反射作用といひ、（應性の場合のやうに）動物の反應が動物全體にして關係するものを本能といふこゝを吾々は發見する。

四

數種の本能の力學が動植物に共通である應性によつて説明され、又凡べての反射作用に於けるやうに、神経節細胞の意義が刺激を傳達するのみに力を制限されてゐることをすれば、どんな状態が

反射作用、特に一層複雑な反射作用に於ける共伴運動を決定するかを尋ねべく強制されるのである。神経節細胞の中の未だ知られてゐない、或は到底知るこゝの出来ないやうな複雑な構造の假想は從來この方向の凡べての思想のためには便利な終點として役に立つたのである。今日この假想を棄て、どんな條件が反射運動の共伴的性質を決定するこゝが出来るかを示すべく促がされてゐる。動物の應電性に於ける實驗は、中樞神経系の或る運動要素の向に、これ等の要素の活動によつて起された身體の運動の方向との間には、單純な關係が存するこゝを暗示してゐる。これは恐らく、共伴運動の一層深い研究のための合理的基礎を生ずる。（註。これを書いてからフォンス・エクセルは共伴作用の機制を説明するのに一層深く進むこゝの出る法則を發明してゐる。即ち收縮した筋は興奮性を減少するのに、伸びた筋は興奮性を増加するといふのである。一群の筋の收縮は、それと拮抗する筋の伸張を要するから、移動作用の共伴的特性は了解ができるやうに思ふ。）

五

單純な反射作用も本能の場合に行つたと同様に、自發的運動に於ても總ての神経節細胞の特別な意義を剝奪しなければならない。自發的運動といふのは、一見生物組織の内部の状態で決定される運動を指すのである。嚴密に云へば運動は全く内部の状態のみで決定されるものではない。なぜなら空氣の中の酸素、一定の温度は短い時間の外は活動を保持するために常に必要であるからである。

單純な自發的意識的自發性とは區別しなければならない。單純な自發性では、二つの徑路を考へねばならない。即ち不定期的自發性、律動的自發或は自動性である。この律動的徑路は、吾々の考察に大切である。呼吸作用や心臓の鼓動は、この種類に屬する。呼吸運動は自動的活動が神経節細胞に起るのであるやうに思はれる。そしてこれから總ての自動運動は神経節細胞の特別な構

造によるといふ結論が生れた。しかし近來の研究では、律動的自發收縮の問題は組織學界から理化學界に移つてしまつたのである。各々の組織の特質の一部は、その中にナトリウム、カリウム、カルシウム等のイオンを一定の割合で含むてゐるといふ事實に歸する。この割合を變ずることに依つて、普通に持つてゐない組織に特性を與へることが出来る。もし骨格筋にナトリウムイオンが増加し、カルシウムイオンが減れば、筋は心臓のやうに律動的に收縮することが出来る。人間の骨格筋が體內で律動的鼓動を妨けてゐるのは、單に血液の中のカルシウムイオンがあるからである。筋には神経節細胞が無いから、律動的自發收縮の力は、神経節細胞の特別な組織的性質にはよらないで、神経節細胞に必然的には制限されてゐない一定の化學的條件に依るといふことは確かである。

自動的運動の共伴的特性は、それと異つた要素の上に一種の巡査的監視役を持ち、この要素が正しい順序で動くやうに監督するを想像された「共伴の中心」を假定して説明されてゐる。しかし下等動物を観察すれば、自動的運動の共伴は、最も早く鼓動する要素が、その律動に従つて

鼓動するやうに他の要素にも強ゐるこいふ事實によつて起されるものであるこを示してゐる。不定期的自發性は律動的自發性よりも神経節細胞の特種な作用は尙一層少いのである。神経節細胞を持たない藻の游子は、神経節細胞をもつてゐる動物のこ同様な自發性を示すのである。

六

生理學で一番大切な問題即ち心理的或は意識的の云はれてゐる複雑な現象を起す機制には未だ論及してゐない。吾々の論法の順序は、本能や反射作用の場合に同じやうでなければならぬ。吾々は先づ意識の複雑な現象に伏在する單純な生理學的徑路を發見しなければならぬ。ある生理學者や心理學者は心理作用の故意性を主な要素だこ考へてゐる。もし同様な状態にあつて動物或は機官が合理的人間がするやうに反應すれば、これ等の著者は意識作用の現象を取り扱ふのだこ主張するのである。かやうな譯で多くの反射作用特に本能は、心理的作用として見なされてゐる。

る。脊髄の作用の多くは故意的であるから、意識は脊髄にもあるこされてゐる。これ等の反應の多くは單に植物の全く同じ型起に應性に過ぎないこが以下の章に於て分るこ思ふ。さうすれば植物も心理的生活を持つてゐなければならぬ。そして議論の行きが、り上から、應性は單純な機械的排列に過ぎないから、機械にも亦起る心理的生活があるこしなければならぬ。そこで最後の分析によつて、分子や原子にも心理的性質があるこいふこことになる。反射或は本能又は意識作用のいづれにも優つて、發生學上の發達や構成一般の現象は、故意性の度を示す事實のみにても、この見解を破壊するこが出来ぬ。(故意的であるこいふ點では遙かに優つてゐるけれども)この發達現象は意識作用によるものこは考へられないのである。

これに反してかやうな形而上學的空想を許すこが出来ないこを悟つた生理學者は、意識に伏在する機制の研究を捨てるか、又單に腦髓に於ける手術の結果の研究のみを採るか、この二つの内一を採らなければならぬこしてゐる。これは粗殼の一所に夢を棄てるやうなものであらう。形而上學者の間違は、根本問題の研究に腐心するこいふのでなく、間違つた研究方法を用ゐる、し

かも事實によつて説明する代りに、徒らに言語を弄するといふのにある。脳の生理學者がその根本問題即ち意識作用を起し得る單純な徑路を發見する問題を捨て、顧みなければ、この生理學の最善の可能性を棄てると同じやうな譯けになる。良い結果を得るには、形而上學者の誤謬を避け言葉でなく事實によつて説明しなければならぬ。動物心理上の研究法も、脳の生理學と同様の方法を用ゐなければならぬ。その方法は要素的成分として總ての心理現象に去來する根本的徑路を正しく理解して成立するものでなくてはならない。この徑路は聯想的記憶或は聯想の活動である。私は思ふ。意識は聯想的記憶に依つて決定された現象に用ひた形而上學的の言葉に過ぎない。その聯想的記憶といふのは、或る刺激がその性質に刺激され易い機官の特別な構造が要求する影響を起すばかりでなく、他の刺激が以前に問題の刺激に殆んど或は同時に生物に働いた影響を再び起す機制をいふのである。もし動物が訓練されるべきが出来、その動物が學ぶべきが出来れば、その動物は聯想的記憶を持つてゐる。この標準によつて滴虫、腔腸動物、蠕蟲は聯想面記憶の痕跡も持つてゐないといふことを示すことが出来る。ある種の昆蟲例へば蟻、蜂、胡蜂

のやうな動物には、聯想的記憶があるといふ説明が出来る。多様な動物の何づれの代表者が、聯想的記憶を持つて居、何づれのものが持つてゐないかを發見するのは比較的易いことである。だから吾々の標準は比較心理學の發達には大なる助けになるものである。

七

この標準は總ての物質、従つて總ての動物が意識を持つてゐるといふ形而上學上の考に止を刺すのである。ある種の動物のみが聯想的記憶を持ち、隨つて意識を持つてゐる、そしてその意識は動物が彼等の一代の發達の或る時期に達した後にもみ顯はれるものであるといふ學說に到達する。聯想的記憶は機械的配置に依るもので、その配置は唯ある種の動物だけにあつて、その動物が一定の發達をした後のみに表はれるといふ事實から見て明である。或る脊椎動物は大脳半球を破壊すれば、總ての聯想的記憶の力を失ふといふ事實、聯想的記憶が全く發達してゐないか、或

は幼稚に發達してゐる脊椎動物例へば蟻又は蛙のやうなものは、大脳の半面を失つた後にも、彼等の反應は違はないか又は唯僅かの違ひに止まるかといふ事實は、この見解を維持するものである。たゞ或る動物のみが聯想的記憶、随つて意識に必要な機械的配置を持つてゐるといふ事實はたゞ或る動物のみが照光の點から網膜の上の一點、光線を集中するための機械的配置を持つてゐるといふ事實よりも不思議ではない。瓦斯の液體化といふことは一種の變り易いものが變化した時に生ずる状態の突然な變化の一例である。膠質は容易くその實狀を變ずることが出来るのを考へた時、又變化し易いものが非常に澤山あるのを見た時、生物の個體的及び種族的の發達に突然の變化がなければならぬといふことは別に驚くに足らないのである。

聯想的記憶の機制の解釋は脳の生理學、心理學界に於ける大發見であるといふことが明である。それと同時に、この機制は組織學的方法、腦の手術、反應時間の計算では、解釋されないことも明である。總ての生命現象は結局膠狀物質の中に起る運動や變化によるといふことを記憶して置かなければならない。そこで問題は膠狀物質の何つれの特徴が、聯想的記憶の現象を起すこと

が出来るかといふことである。この問題を解決するには、理化學と原形質の生理學との經驗を結合しなければならぬ。その同じ根原から腦の生理學の他の根本問題即ち刺戟の傳達の徑路の解決を期待しなければならぬのである。

(これは私が千八百九十九年に出した『腦の比較生理學と比較心理學』から取つたものである。)

第四章 魚類の紋様適合と視覚の機能

脳の働の機制は少しも分つてゐない。吾々は活動してゐる脳を覗くことは出来ない。そして脳の働の客觀的結果は性質に於いて、その働を起す外界の刺激は一般に違つてゐる。この刺激は腦の中に起る徑路の性質については全く何等の結論を下すことの出来ない場合が最も多い働になるのである。

數年前ムンクは犬の實驗で得た結果から、腦の皮質部に網膜の投射があつて、それを視覚域と名づけ、この領域の一定部を根絶すれば、網膜の一定部が盲目になつてしまふと言つた。私はこの實驗を繰返して見たが、ムンクの説を確むることは出来なかつた。しかし近頃ヘンシエンは人間に就ての拔群の病理學的觀察の根據から、かゝる投射は全くあるが、ムンクが投射のあると信

じてゐた場所、即ち線條面とは違つた他の皮質部にあるといふことを確證した。ヘンシエンの結論に就てはミンコヴスキーも犬の實驗で確めることが出来た。如上の觀察や實驗は視覚の映像が單に網膜の上に出來るばかりでなく又、皮質部にも出來る可能性を暗示するのである。

視覚は腦に映像が出來るからだといふ可能性は幾多の事實で保證されてゐる。しかし私の知つてゐる所では、この視覚に連絡してこの事實は未だ曾て考察されてゐない。

多くの動物特に或る種の魚類は、棲む地盤の色彩、紋様に適合することは前から知られてゐる。この事實は自然淘汰説に廣く利用されてゐる。この事實は又外物の映像が腦の中に出來るといふことの證明になるらしく思はれる。數年前ブーシェーは魚類の眼球を剔出するか、或は眼の屈折媒體の混濁によつて、網膜映像を遮斷する時は、地盤に對する魚類の適合作用は止むといふことを示した。この事實(多くの觀察者に因つて確められた)は魚類の皮膚の色や紋様と彼等の環境に於ける調和は、網膜の映像によつて傳達されることを證明する。換言すれば所謂魚類の環境に對する適合作用なるものは、唯網膜の映像が皮膚に傳はつたに過ぎないといふことを證

明するのである。

更に腦の視神經纖維や視神經節の破壊は、兩眼の根絶と同様に働くといふことが分つてゐる。皮膚の色素細胞に分布する交感神經纖維を切断しても、皮膚に地盤の模様を形することを妨げるといふことが證明された。だから網膜の映像が魚類の皮膚に傳はる経路が分る。その経路の一つの停留所は腦の中の視神經纖維の末端である。外界の映像が魚類の網膜上に存すること又、その皮膚の上の映像(紋様)は網膜の映像の描寫であつて、外界の映像ではない(此場合には地盤)ことも證明され更に、又皮膚の上に網膜の映像を傳達するには視神經を通過するのだから、映像が皮膚に傳達する間には視神經の中央停留所を通過しなければならぬといふことになるのである。

一つの映像は異つた光度の多くの點が成り立つもので、その相互の排列は外界に一定特異である。サムナーは或る魚類では水槽の底にある中々複雑なる紋様(例へば將棋盤)を皮膚に複寫し得ることを示した。この紋様の複寫は多少不完全ではあるが、もし二次的障害となる因子を除けば、實際皮膚の紋様は可なり實正の地盤の紋様である。だから網膜の上には地盤の種々の照光點

の映像の一定排列が在り又、魚類の皮膚の上には照光點の映像の同一排列がある。吾々は網膜映像の各點を照光點又は刺戟點と見ることが出来る。そしてこの點は視神經節と聯絡する神經纖維の働によつて、第一の視神經節に相對應する映像點を作るのである。同じやうに第一の視神經節にある各映像點は特種的神經纖維を介して皮膚にある一個の色素細胞、又は色素細胞の小群に影響を與へる照光點或は刺戟點であることが出来る。網膜は寄木細工であるといふ事實を考へるに、網膜映像の各點の相對的排列が視神經纖維や視神經の末端神經節に保存されてあるに假想するより外には、皮膚の上に網膜映像の傳達作用が他にあらうことは想像されない。この假想の下に刺戟の強さの關係的分配が網膜にある映像點の分配に相當する第一の視神經節に起らなければならぬ。それは又一個の映像と稱し得るものでなければならぬ。魚類に就ての如上の觀察を本文に引用した結論は、視覚が一種の電氣寫眞であるといふ考を暗示するのである。

(これは千九百十一年に『中央生理學雜誌』に出したもので、單に或る腦の徑路に伏在する機械に關する暗示を示したのである。)

第五章 生理學的形態學の二三事實と原理に就いて

一 變態作用

高等動物の諸機官は一定の配列を持つてゐる。肩から腕、臀から脚が出てゐる。しかし脚が肩から、腕が臀から出るこいふやうなこゝは決して見ない。同様な一定の配列が下等動物の諸機官にもある。

第二十二圖はネブル灣に澤山棲息してゐる水蛇ハイロウガイ(アンテナニユラリア・アンテナナ)の略圖である。

第二十二圖



一束の根或は匍枝から六吋以上の高さの眞直な幹が生へる。この幹からは規則正しい系列で、短かい細い枝が生へる。その枝の上側には水蟻カサネが生へてゐる。

この動物では根が頂上或は枝の所にあつたり、或は水蟻が枝の下側に着いてゐるこいふやうなこゝは決してない。

これ等の現象を観察してゐるこゝ、次のやうな疑問が起る。どんな條件が唯一種の機官丈けを身體の一定の場所に生へるやうに決定するのか。この疑問の解決は動物に欲しいと思ふ機官を欲しいと思ふ所に生やすこゝが出来るかどうかこいふこゝを先づ發見するにあるこゝ私は思つた。これ

第二十三圖



第二十三圖。もしアンテナマリアのa b片を水中に真直に吊り下げて置けば、正常に再生する。この幹片は下端のbの所に根wが、上端aの所に新幹sが生へる。かやうにして機官の元の配列が再生作用で正常に復舊される。

第二十四圖



第二十四圖。アンテナマリアに變態的再生の圖。幹から切り取つたa b片は逆の位置即ち根端bを上、幹端aを下に吊り下げてある。この場合に頂端aの所に根wが出来、下端bの所に新しい幹sが出来て上の方に生長する。

が出来た場合に、更に解決すべき疑問は、機官の配列を實驗的に變へることが出来る同じ條件が又、自然の發達に於ける機官の配列をも決定することが出来るかといふことであつた。上述の水蛇は、この問題を解決する爲めの實驗に適當な材料であると思はれたから、次のやうな單純な實驗を行つたのである。

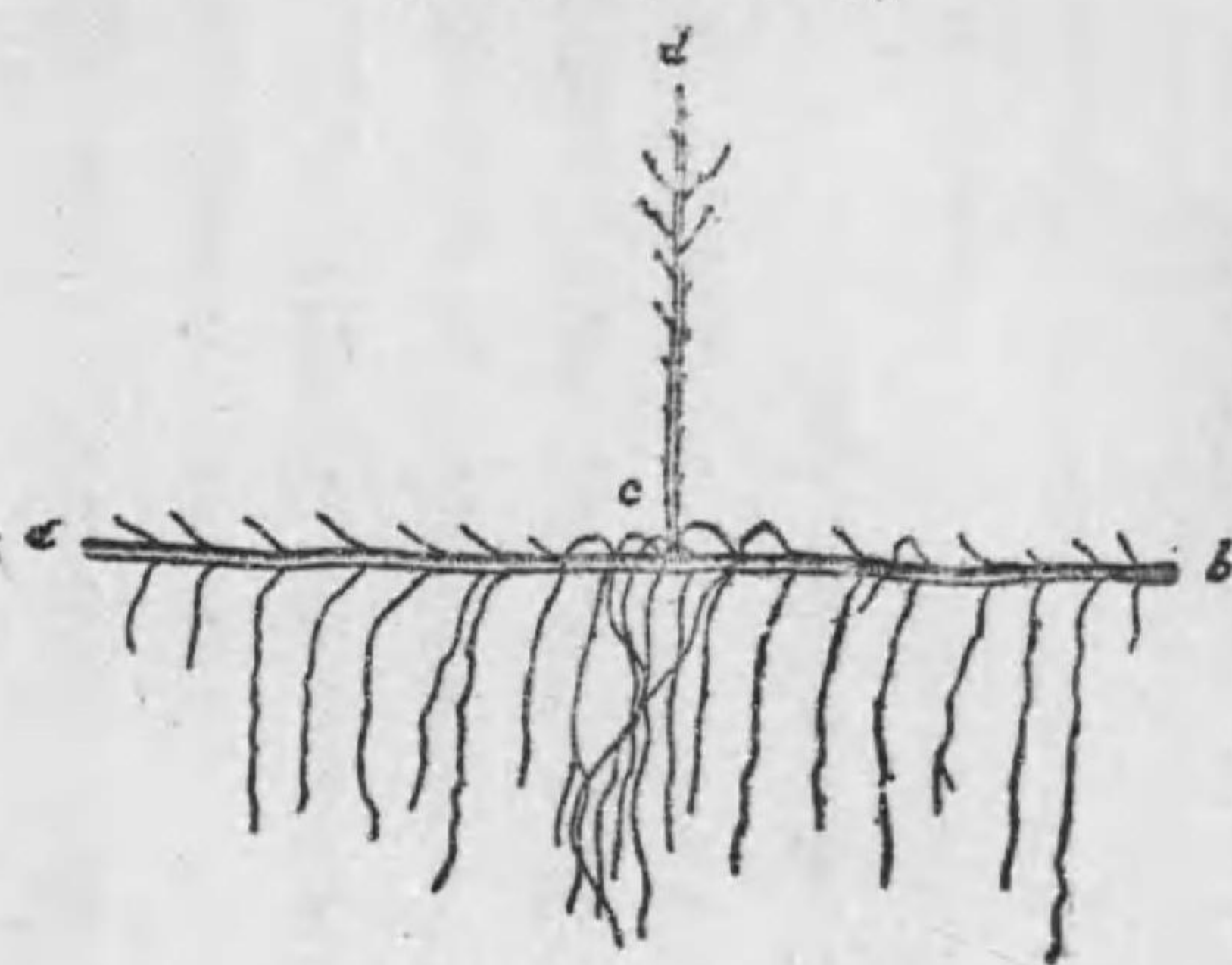
水蛇の一部分a b(第二三圖)を切り取つて、頂端aを上、根端bを下にして、水槽の中に垂

直に釣り下げた。二三日立つと、根端bに小さな根wを生じて下向きに伸び、上端のaには新しい幹sが出来てゐたことを發見した。

別の標本から同じ様な一部を切り取つて、倒に水槽に釣り下げた。(第二四圖)今上になつてゐる根端bには、新しい幹sを生じ、下になつてゐる頂部aには根wを生じた。新しく出来た幹の機官配列は、正常の動物に於けると同じで、斜に上方に生長した枝の上側には、水螅を生じたのである。この實驗でみるに、幹の代りに根、根の代りに頂部を代用することも出来るといふことが分つた。一つの機官に他の機官を代用することの出来る現象を私は變態作用と名づけた。もし切り取つた水蛇の一部を垂直に置かずに水平に置けば、尙一屬著しいことが起つた。即ち下になつた側の枝は、急に真直に下方に伸び、この下方に伸びた成分は、最早枝ではなく根であつた(第二五圖)。この事實は彼等の生理學的反應によつて證明することが出来る。なぜなら根は固形體の表面、例へば水槽のガラス面に附着するが、幹は決してかやうな反應を示さない。幹の下側の枝から生長した新しい部分は、接觸する所の固形體に附着した。更にその新しい部分は向地的(即ち

ち地球の中心に向つて生長する)であつたが、その上側の枝は決して向地性を示さなかつたのである。上側の枝は根に變形されなかつた。

第二十五圖



第二十五圖。自然から。アンテンヌラリアの幹から切り取り水の中に水平に置いたa b片の再生。生長の止まつた下側の枝から根が下向きに生へて、固形體に密着する。この枝の上側には新しい幹c dが眞直ぐに向上きに生へた。

この枝は枯死するか或は、垂直に上方に生長する細長い眞直な幹になつてもふからであつた。これ等の幹は普通に枝を生ずるには細過ぎるのであつたが、主幹の上面に新しい幹(c a 第二五圖)が垂直に上方に生長し、水蛭を持つた典型的の小枝が生へた。

もし頂端aを上方にして幹を斜に置けば(第二六圖)、主幹の各部分からは新しい幹や根が生えて来た。しかし幹は常に上側から生じ、根は下側から生ずるこいふ點丈けが違つてゐた。もし逆に根を上方にして幹を斜に置き、下側の枝は根として生長し、上方には必ず幹が出るのであつた。

これ等の實驗に共通な條件は何であつたか、幹は常に各部分の上端、或は上側から生じ、根は常に同部分の下側、或は下端から生じた。これ等の事實は地球の引力が機官の發生の場所を決定するこいふ假想説によつてのみ説明するこいふことが出来る。

さてこの引力の作用は果して、この動物の機官の自然的配列例へば、根は幹の下端にのみ生じ、決して頂端或は枝の所には生じないこいふこいにも關係するかさうかこいふ疑問が起る。

第二十六圖。水の中に斜に置いたアンテンヌラリアの幹 a b 片の再生略圖。

幹 a b の上側には新しい幹 $s_1 s_2$ が真直ぐに上向きに生へるのに、a 片の下端には新しい幹の反對の方向に根 $w_1 w_2$ が生へる。

この引力の影響は唯アンテンヌラリア・アンテンニナに發見するだけで、他のアンテンヌラリアの種類には發見されな



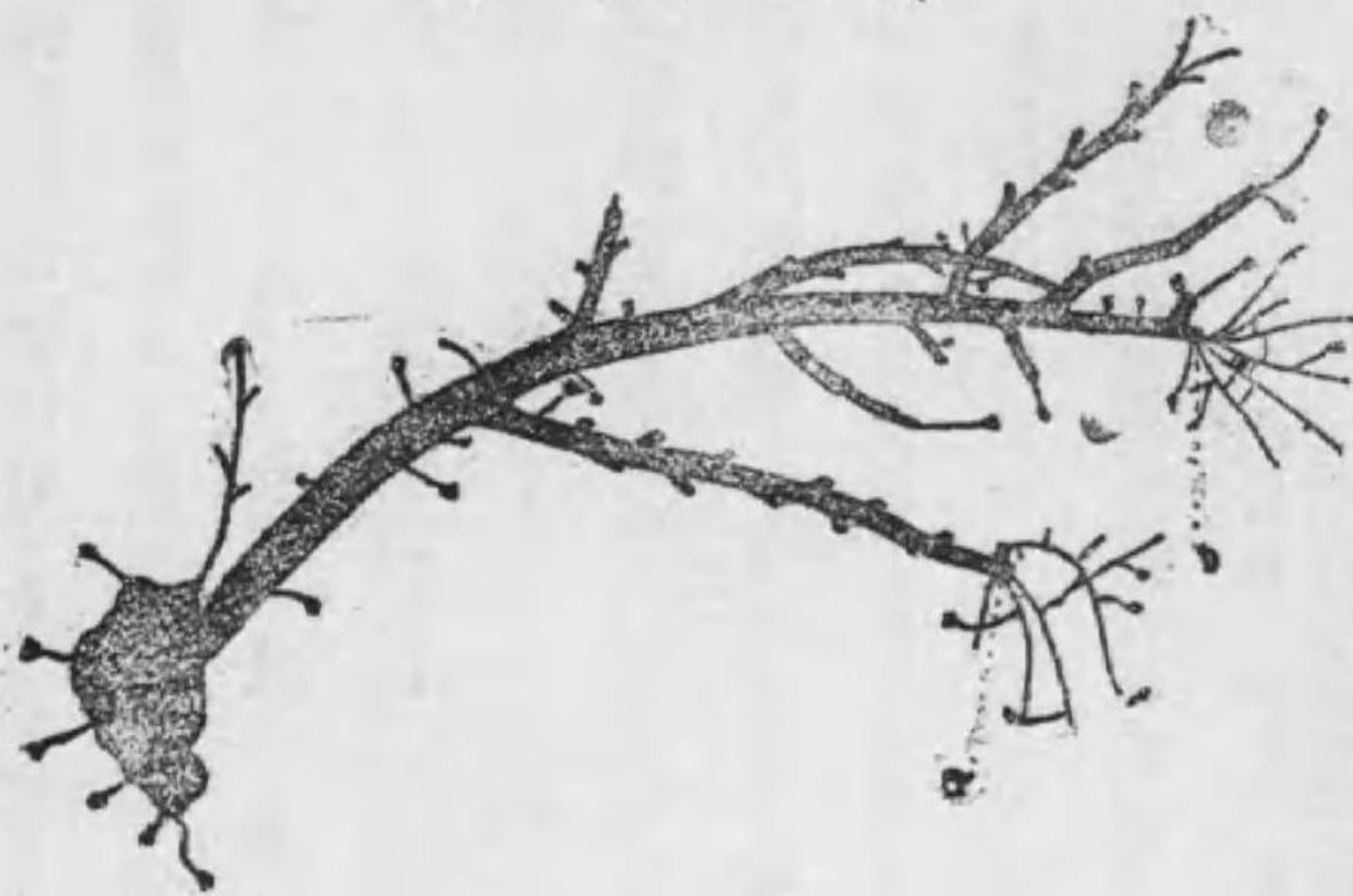
第二十六圖

此關係がある。私は信ずるものである。その背地性に由つて幹は垂直に上方に向つて生長する。引力は根が各機官の下側以外、何れの所にも生ずることを許さない。即ち正常の状態では幹の下端にのみ限られてゐる。水蟻が枝の上側にのみ生ずることが出来るのも引力のためである。かやうに機官の一般的配列は引力に由つて定められるのである。しかし引力は果して如何にして幹は上方に、根は下方に生長するやうに決定するのであらうか。この問題は後廻しにしたいと思ふ。

第二十七圖はウツツ・ホール(夏期のロエブ研究所の所有地で臨海實驗所もここに、譯者註)に多い水蛇類の一種、マールゲリス變態用の一例の圖である。この動物で次のやうな實驗を行つた。この水蛇の幹或は、幹の小枝を切り取つて、それを少しも動かさないやうに注意深く保護して、海水の入つたガラス皿に入れて置く。この動物に奇體な變化が起るのである。それはガラスに接觸してゐる幹の殆んご全部、或る場合には全部から、根が生え擴がり、やがてガラス面の大部分を蔽ふやうになる。かやうにして幹の頂端は全く違つた機官、即ち根として生長するのである。固體に接觸しない機官には凡て水蟻が出来る。主根でも固形體に觸れなければ、最早根

して生長しないで、長い幹の端に生ずる小水蟲が澤山出来るのである。

第七十二圖



第二十七圖。水蟻マルゲリスの變態作用。水桶の底に觸つてゐる幹のaとbの點で新しい根が生へる。

第二七圖はターウアー氏が私の爲めに親切に描いてくれた圖であるが、かやうな工合に、枝の頂部に根を生じ、その根に水蟻が生じたのを示す。幹の頂端aとbは皿の底に觸れてゐた。この端には皆な根が生えた。ガラスに觸れてゐなかつた元の根の上側からは、後に小さな水蟻が出来た。固形物に接觸してゐた部分には皆な根が生じ、海水に觸れてゐた部分には、皆な水蟻が出来たのである。

かやうな變態を生ずるこゝの出来るのは。唯ウツツ・ホールで發見された特種の水蛇に限る譯ではない。他の動物例へば、ペンナリヤでも同様な實驗が出来るのである。私はペンナリヤで水蟻を持たない小さな幹の兩端に、根を生やすこゝに、幾度も成功したこゝがある(第二八圖)。「註。トウビュリアンでは丁度反對の結果即ち兩端の切口に水蟻が生じて、根の生えない動物を得るこゝが出来た。原種質論に於てワイズマンは次の如く假想してゐるらしい。即ち動物の切口に水蟻が生じて、根が生じないこゝは、自然淘汰の原理に由つて説明が出来る。こゝは水蟻がなければ、動物の生存は不可能であるから、兩端の切口に根が生ずるこゝは行かない

こいふのである。ペンナリヤでは不可能だこ想像されたこが實現されたのである。

第 二 十 八 圖



第二十八圖。ペンナリアの變態作用。この水嶋のa b片を切り取つて、海水の入つてゐる甕に入れた。aとbとの端は甕の底に觸つてゐた。兩端に新しい根が生へた

ペンナリヤに於て、これ等の兩端の根には後で水嶋が生へるかも知れないこいふ人があるかも知れない。私の觀察した特別の場合には、さうでなかつたが、一般にはさうなるのが普通である。しかしトウビラリヤに於てもこれこ同様で、根から水嶋が生えたのである。恐らく何等かの理由で、ペンナリヤでは根の形成が絶対に必要であるこ言へるかも知れない。しかしその根が生えるのは、兩端に水嶋が生えるこ同様に至極容易である。これ等の事實が自然淘汰の原理こ一致するこが出来たこしても、生理學的形態學にはそれによつて得る所はないのである。こ云ふのは動物物の形態を決定すべき環境は、物理學者の所謂異なる勢力の一形式に過ぎないので、自然淘汰こは何等の關係を持たないものである」

以上マーゲリスやペンナリヤの實驗では、固形物に接觸してゐる機官は、生へれば必ず根こして生長を續ける。四方水に圍まれてゐる機官は、生えれば必ず水嶋の形で生長を續ける。マーゲリスでは固形物この接觸は、引力がアンテナラリヤに對して働くのこ同じやうな働をする。こんな工合にその接觸影響するかは後に述べるここして、ここでもう一つの點について述べなければ

ばならない。それはアンテナリアアでは引力は、色々の機官の發生の位置を定めるばかりでなく又、その機官の生長の方向をも定める。上方に向つて生長する幹は背地的で、下方に生長する根は向地的である。ペンナリヤでも接觸の性質は、色々の機官の發生の位置を決定するばかりでなく、その機官の生長の方向をも定めるのである。もしペンナリヤの生長した水蛭を固形物に接觸させるに、水蛭はその固形物から離れて生長し始め、やがて新しい幹は接觸してゐる表面の部分に殆んど垂直になる。

この種の刺戟性を私は應觸性ミ名づけた。根の場合を向觸性、水蛭の場合を背觸性ミ言ひたい。こゝに又これ等の實驗で外物との接觸が、色々の機官の配列を定めるやうなことは、生物の自然の發達に於ても同様の影響を持つてゐるのではないかといふ疑問が起る。私は實際さうだミ信ずる。背觸性は水蛭を地から離れて水中に生長するやうにする。だから水に浸つてゐる部分は水蛭丈けを生ずるのである。向觸性は根が地盤ミ接觸して、それに附着するやうにする。だから地盤に接觸してゐる部分は根丈けを生ずる。それで普通の状態では、この動物は地盤に接觸してゐる

る底部丈けに根を發見する譯になる。他の水蛭では種々の機官の發生の位置は、光線の工合で定められるものがある。そして他の或ものでは一層複雑な關係を發見するのである。

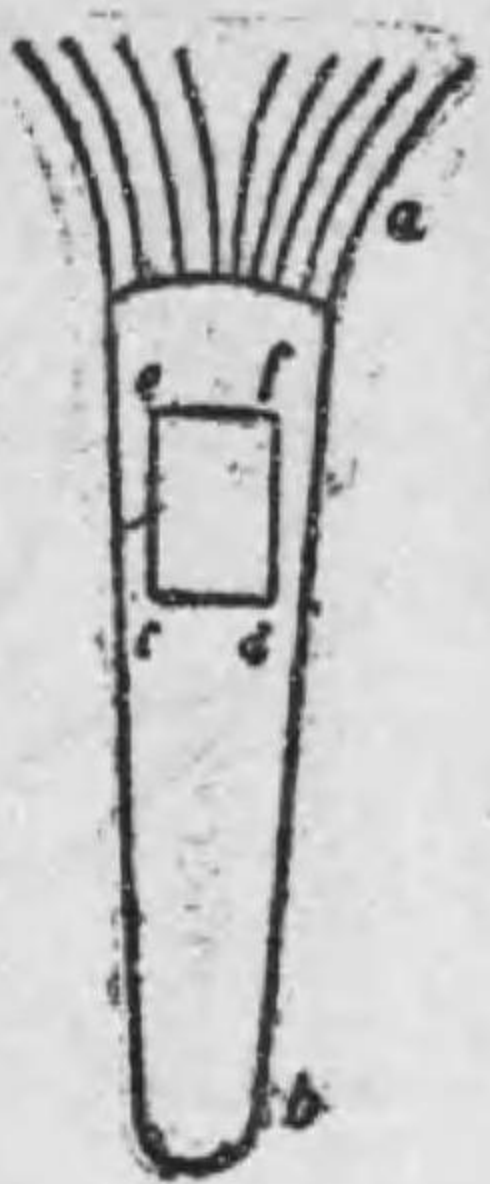
以上述べた所丈けでは、かやうな變態の場合は水蛭に限られてゐるやうに思はれるかも知れないが、決してさうではない。被囊類にも同じ場合を發見する。獨居して居る海鞘、即ちシオナ、インテステイナリスは咽頭腔内にある二つの孔口の周圍に眼點を持つてゐる。吾々は或る切口を作れば、切口の兩側に眼點が出来るのである。(註。これを書いてから變態の現象は幾多の動物に實驗された。ヘルプストは甲殻動物に於て、切り取つた眼の個所に、觸角が成長する事を發見し、ファン・ドワン、バーデーシ、モルガン等は又プラナリヤに於ける變態現象を觀察して居る。千九百十二年)

二分區作用

以上の實驗をしてゐた間に、多くの動物には何の變態も作ることは出来ないといふことを私は觀察した。機官の形成に關して、かやうな動物では、恰かも磁石に見るやうな現象を表はした。磁石を細く碎く各片は、碎かれる以前に磁石が北を指してゐた同一端に北極を持つのである。これと同様に或る動物では各片が一端に於て、正常の状態で向けられてゐた方向に、その機官を生ずるものがある。かやうな場合を分極作用と名づけた。この最も著しい例は海鞘(セリシアサス・メンブранаシアス)に發見した。

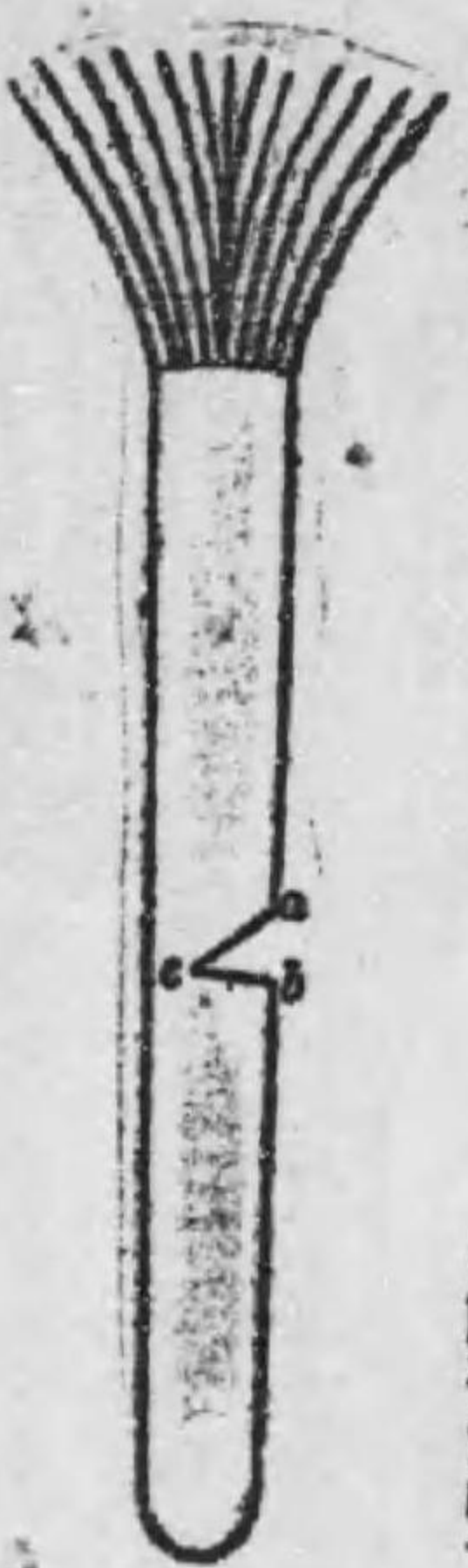
もし海鞘の體壁から短形の斷片c d e fを切り取る、この斷片から新しい觸手が直ぐ出來始める。しかし觸手の出來始めるのは、動物の口端に向つてゐた側c f(第二九圖)からばかりである、c e或はd e或はd cの側からは觸手は新生しない。

第二十九圖



第二十九圖。略圖。もし莖莖著セリアンサスの體壁からc d e f片を切り取れば、新しい觸手が唯切口の上部e fの所だけに出る。

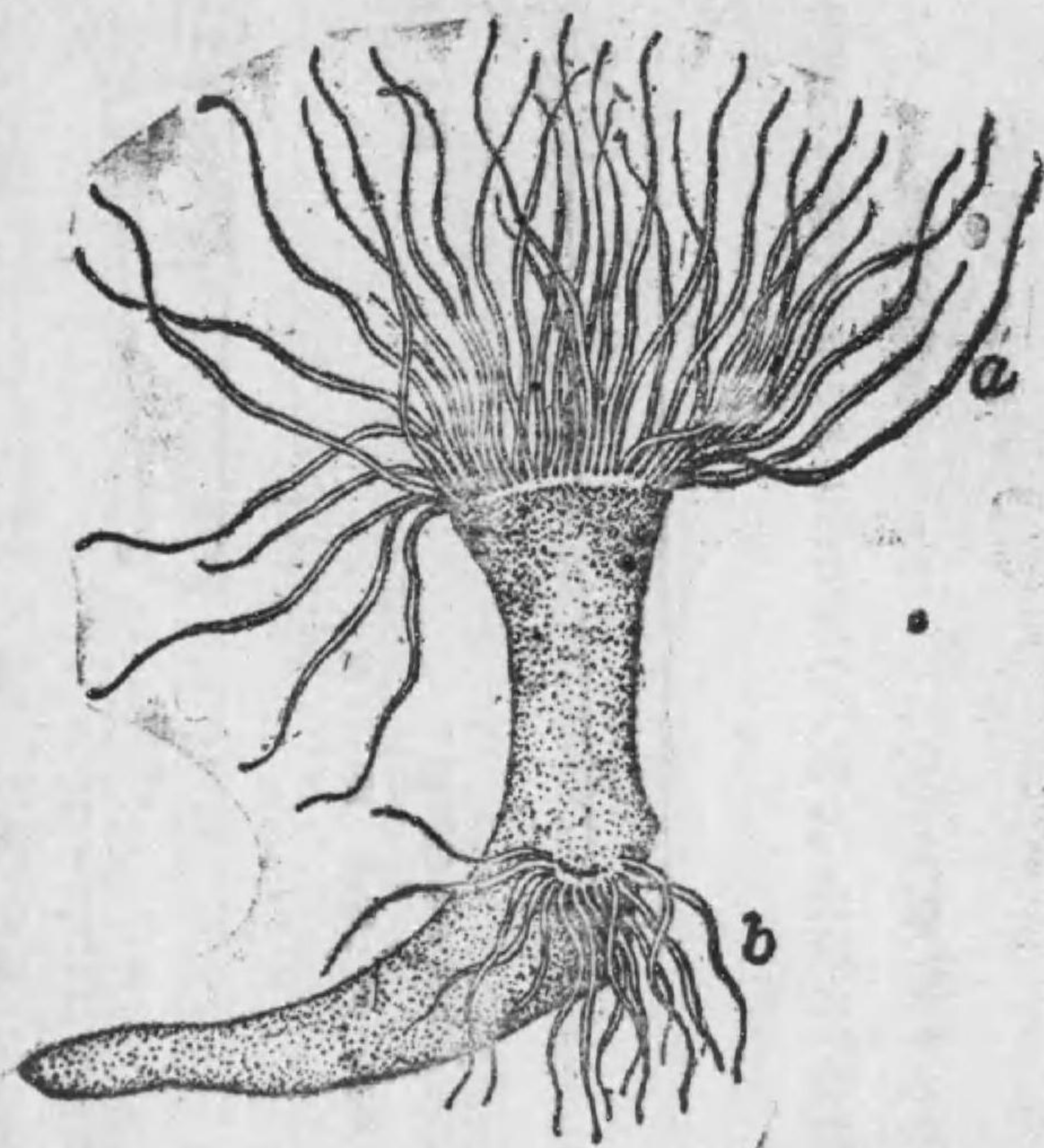
第三十圖



第三十圖。略圖、もし莖莖著の體にa c bの切口を作れば、新しい觸手が唯下端のc bから生へる。

觸手の發生は他の部分の再生に先立つて起る。尙以上の實驗を次の様に更へても同様の分極作用が表はれる。海鞘の體壁に切り口c b(第三〇圖)を作る、觸手は唯下唇s cにのみ新生し上唇a cには少しも出來ない。

第三十一圖



第三十一圖。自然からbの所で莖莖著に横の切口を作つてから第二の頭の形成、觸手は正常の數に比べると切口に出た末端の小部分に相當した少數のものが出來たに過ぎない。新しい口は出來なかつたが、bの所の觸手に肉の片を與へると、觸手は肉片を捕へて口があるべき筈の場所に肉片を押し付ける。これ等の反應は凡べて全く機械のやうな性質のものである。

そして切口の半分はその周圍に觸手b(第三一圖)が出來るやうな工合になつて、切口の兩端は一所に直つてしもう。この觸手に肉片を與へて、觸手が何んな働きをするかを見るのは面白い。これ等の觸手は口である筈の新口盤に、その肉片を取り入れやうと努力する。そして數分間骨折つてみた末、遂にその無益な計畫を止してしもう。私は切り取つた尾端にも觸手を作らうと色々試みたが不成功に了つた。

ヒドラは分極作用に關しては、セリアンサスと少しく違つた働をする。もし幹に切口を作れば、全體の新口端が出來るか、てなければ又分極作用を示すのである。

吾々の知つてゐる範圍では、可なり多くの動物は失つた機官丈けを再生するが、何の變態をも示さない。だからある動物には變態作用を生ずることが出來るのに、他の動物には非常に規則正しい分極作用があり、そして正常な動物に存するやうな配列の仕方にてのみ失はれた部分の再生を生じ得ることが分る。この場合には未知の内部的條件が肢の配列を決定するものであると假想しなければならぬ。

第三十二圖



第三十二圖。テヌアラリアの變態作用。自然から。正常のテヌアラリアは一つの端は根、もう一つの端は頭になつてゐる。もしa b片を切り取つて水の中に吊して置けば、新しい頭c dが両端に出来る。かやうにして吾々は體の兩端に頭の付いた動物を作ることが出来るが、第二十八圖では動物の兩端に根の付いたのを代表した。

變態作用は分極作用が、別々に起る實例の外に又、兩現象が同一の動物に現はれる場合がある。ツアラリヤ・メゼンブリアンデマムの幹の十分大きい一片を切り取つて、揺れないやうに注意して保護し、それを水の入つてゐる硝子皿の底に置けば、その一片の前端には新しい水蛭を生じ、後端には根を生ずる。しかしもし後端をガラス面に接觸しないやうに、幹を釣り下げて置い

て、十分に酸素を供給すれば、この後端にも亦水蛭を生じ、全く眞の變態作用を呈する(第三十二圖)。凡ての場合に水蛭は最初口端に生じ、下端に生ずる迄には、比較的長時間(一二週間)を要するのである。しかし或る條件の下に水蛭が、その口端に新生するに同じ位の速さで、下端にも水蛭を作らすことが出来た、即ち上端の水蛭形成を制止或は遅延せしめて作らすことが出来たのである。これは口端に酸素の供給を減ずれば容易に出来る。かような場合には下端の水蛭は全く上端の水蛭と同様に早く發生する。(註。この頃ゴルテヴスキーが私が別々に發見した所に由る。トウアラリヤの幹を結紮して置けば、兩端に同時に水蛭を生ずることが出来る)

三 動物生長の力學

構成の現象を説明せんがためには、何んな物理的の力が新しい機官の構成を決定するものであるかを考へてみなければならぬ。生物體の總ての機能に對して、エネルギーの最終の源は、化

學的作用であるといふことは知つてゐる。これ等の化學的の力が、新しい機官の形成に起る見易い變化を、さうして連關せしめることが出来るかといふのが疑問である。この疑問の解答は生長の力學の知識に求めなければならぬ。動物の形態學及び生理學史に於て、この生長の力學が殆んど何等の記載を見ないのは實に注意すべきことである。この問題に關聯しては私が行つた唯二三の實驗しか述べられない。しかし幸にこの問題は極めて精密な研究が植物に行はれてゐる。さうして動物の生長の條件は少くも或る程度まで、植物の生長の條件と同じであるといふことは、私の實驗でも明らかであるから、吾々はこの研究の起原的基礎をもつてゐる譯である。

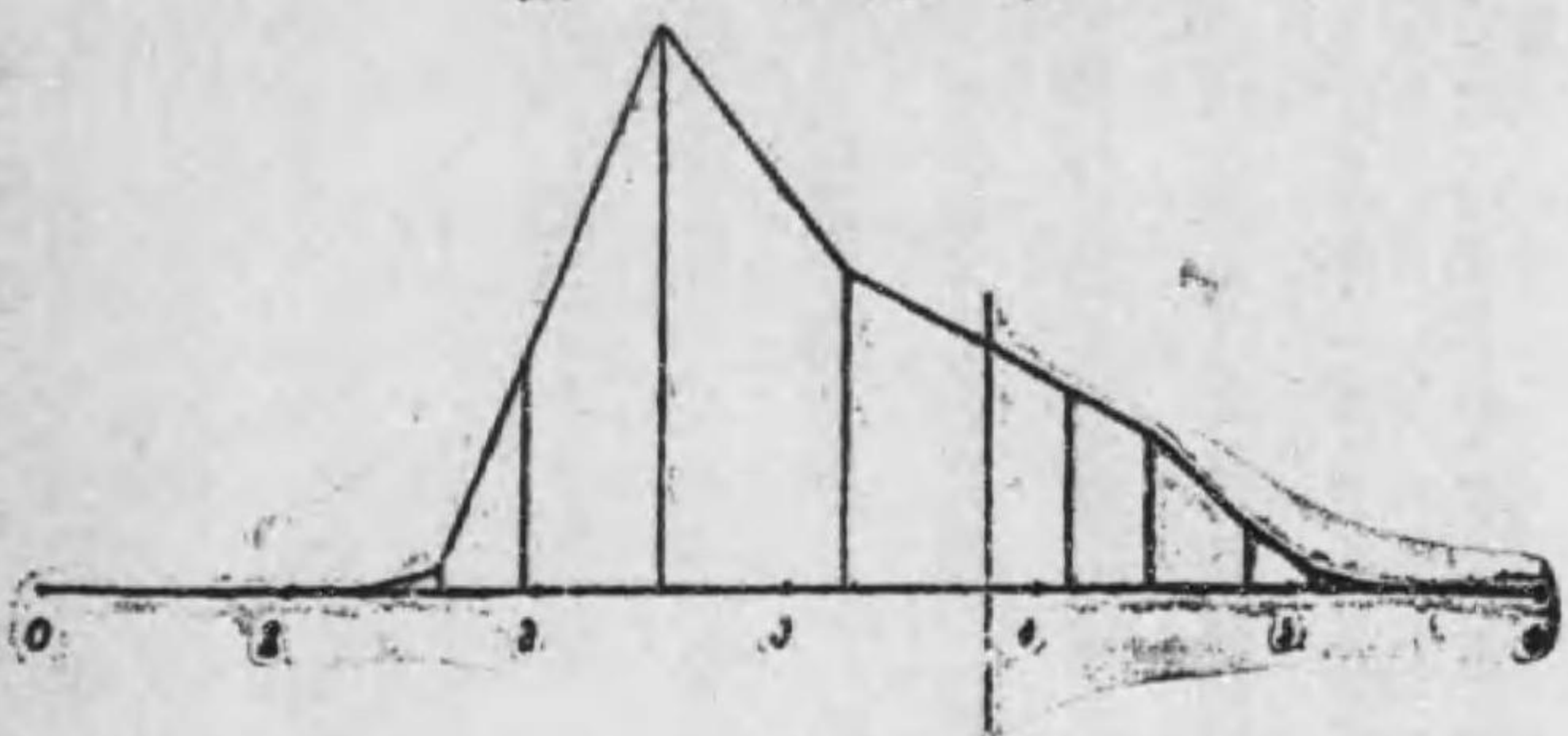
植物の生長する有様を簡單に要點を撮んで言つて見れば次のやうである。細胞が生長する前に、細胞は周圍から水分を吸収する物質を作る。或は物理學者の言葉を借りていふと、この物質が持つてゐるのから生ずる以上に高い浸透壓を細胞の中に決定する物質を作るのである。細胞壁或は寧ろ細胞壁を裏づけてゐる原形質層は特種の浸透壓を持つてゐる。その結果水の分子には自由に通過を許すけれども、水に溶解した多くの塩類の分子の通過には抵抗する。結局一層高い浸透壓

を持つた物質が細胞内に出來た時、水は内部の壓力より外部の壓力が再び一樣になるまで外部から透入して來るのである。トラウベの説によると、かくて細胞壁が膨脹し、その膨脹したる間隙に、新しい物質が沈澱して永久の生長を持續するのである。多分この生長の方法は發芽状態の種子に最も著明である。次第に暖たかくなる春の氣温は、原種子を構成してゐた物質よりも、尙一層高い浸透壓を持つた物質(即ち尙一層水に對して吸収力を持つ)を細胞内に生ずる。その結果水は種子内に浸入し、細胞壁は細胞内の水の壓力に由つて膨脹し、種子は生長するのである。化學的浸透的變化が生長に對する一切の抵抗に打勝つべきエネルギーの源である。(註。構成された、或は膨脹を引き起す物質は酸であるかも知れない。私は酸類が筋肉の膨脹を生ずることを發見してから、これは一般の現象として示されてゐる)

動物の生長の機械的原因が果して何であるかを決定することが出来るか否かを確めるために、私はネブルでトウブラリヤ・メゼンブリアンテムムに就いて、二三の實驗を始めた。先づ同一聚合體に附いてゐる長い幹を撰んで、順次これを濃度の違つた海水を入れた皿に配置した。ある皿

には食塩を加へて濃度を増し又、ある皿には蒸留水を加へて濃度を薄めたのである。滲透作用の法則によるミ、テユブウリアンスの細胞内に吸収された水量は、海水の濃度ミは違つてゐて、一番稀薄な溶液に浸されたもの、水量が最も多く、一番濃厚な溶液に浸されたもの、水量は最も少い。もし實際に生長の力學が動物に於ても亦植物に於ても同様のものであるミすれば、如上のトブラリヤの幹は海水が稀薄になればなる程一層速かに生長すべき筈である。勿論終りには水は有害な結果を現はす限界に達する。實際濃度の一定限内では、同一期間内に於て幹の長さの増加が、最も稀薄な海水中で最大であり、最も濃厚な海水中で最小であるミを發見したのである。この生長の最大極度が正常の濃度の海水では起らず、却つて一層稀薄な海水中に於て起るミいふことは大に注意すべきことである。尤もこれは一切の動物を通じて行はれるミいふ譯ではないかも知れない。次の曲線(第三三圖)はトウブラリヤに於て生長ミ海水濃度ミの相互關係の考を示すものである。海水一〇〇立方種中に於ける食塩の全量は横軸に、生長の増加率は縦軸に示されてある。

第三三圖



第三三圖。稀釋にした海水の影響を表はす曲線。横線は海水の濃度、縦線は一定の時間内に相當した生長を表はす。最大限度の生長は、二と三%の間の濃度であるが、正常の濃度は三と四%の間の垂直線で示してある。

これ等の実験も、紙數に限りがあるから此處に消略した同様の多くの實驗は、動物の生長も植物の生長を決定する同じ機械的力によつて支配されることを示してゐる。かやうな結論に邪魔になるのは多くの植物細胞は固體壁を持つてゐるのに、動物の細胞では多く此がないといふ事實に基づくかも知れない。しかし固體細胞壁は生長の特性を決定しない。生長の特性は第一に一層高い滲透壓に結果すべき細胞内の化學的作用によつて決定され、第二には原形質外層の滲透性によつて決定されるのである。この滲透性は水だけは自由に通過することを許すが、溶解した塩類に對しては同様の働を許さないのである。以上の兩性質は固體細胞壁は全く没交渉である。従つて動物の細胞がこの二特徴に關して植物の細胞と一致しない理窟が分らない。

動物細胞生長の機制に關する如上の説明は、全く既知の作用に基かなければならないから、生長の場合に果して始めに出來てゐた舊物質よりも、尙一層高い滲透壓を持つ新物質を作るやうな特種な化學作用が起るか否かを確める必要が起つて來た。運動によつて吾々の筋肉が太さを増すといふことは周知のことである。この事實に關しては未だ満足な説明がないのである。もし私の

生長方法に就ての解釋が正當であるとするれば、筋肉内にはその活動の間に於て、舊物質よりも尙一層高い滲透壓を決定する新物質が出來なければならぬ筈である。事實確にさうである。既にラシケは強直を起した蛙の血液は水分を失ひ、その失はれた水分は筋肉に吸収されたといふことを發表してゐる。又私の實驗所が行つたイ・クウク嬢の實驗では、細胞壁内側の滲透壓が運動する間に高くなつたことを確證したのである。吾々は食塩の溶液或は、寧ろ所謂リンガー混合液に於て蛙の腓腸筋が水分を失はず、同時に又吸収もしないやうな濃度を決定することが出來た。運動しない腓腸筋に取つては上述の濃度は〇・七五乃至〇・八五%位であるのに、約二十分乃至四十分間強直をした腓腸筋に於ては、一・二乃至一・五%の濃度に變つて行くことを發見したのである。(註この滲透壓の増加は多分酸の形成が原因となつたのである。この論文を發表してから二年後に、筋肉は酸性の同等滲透液内でも膨大するといふことを私は示した。ハウリト、ハンドヴスキートの最近の實驗による。是の如き筋肉の膨大は、酸と弱塩基(例へば蛋白質の如き)との間に塩を形成するからだといふことを示してゐる。この蛋白質塩は蛋白質塩基よりも分解が一層強烈なも

のである)

筋肉細胞内の滲透壓の増加は正常の活動の間では、血液、淋巴液から水を攝取するやうに働く。その結果が容積の増加である。活動を中止するに直ぐ、同一の筋は容積が減少し始めるのであるから活動は温度が種子の生長に與へるのと同じ役目を筋の生長に於ても演ずる。

一般生長の如く分裂作用は細胞内に含む水量に影響するか否かを決定するべく試みた。もし海膽の卵内の水量を減ずれば、分裂作用は遅れる。そしてもし十分に高い濃度の海水を用ふれば、分裂作用は全く止んでしまう。だから細胞内に含む水量は、構成作用の徑路に於て、尙別種の役目をなし、そして細胞分裂の徑路にも影響を及ぼすものである。

四 海膽の二重と多量の人工的時形々成

脊椎動物胎兒の形成が生長の作用であるといふ考は、ヒスの胎生學的實驗の根底をなしてゐる。

ヒスは巧妙な方法で、如何にして生長の不均等が機官の分化を決定するものであるかといふことを示してゐる。例へば雛の胚盤では胎兒形成の第一歩は褶を作る作用である。頭部の褶、尾部の褶、脊髄溝、或は羊腸褶の系統が出来る。ヒスの説によると、これ等の總ての褶を作る徑路は、單に生長の不均等に起因する。即ち胚盤の中心がその外部よりも一層速かに生長するからである。かやうな不均等生長の徑路は、實際雛の胚盤に見る褶の系統と全く同様に、極めて簡単に示すことが出来るのである。もし薄い平つたい弾力性の護膜板を圖引板に載せて、真中に少しく間隔を置いて二個の鋏を打ち着け、その鋏を反對の方向に引張つて見るに中心點の生長が一層強い工合を真似ることが出来る。この方法で吾々は中心が周圍部よりも一層早く生長するといふ不均等生長を真似ることが出来る。もし護膜板の真中が伸びたまゝ、圖引板に鋏着けにするに、丁度雛の胎兒の示す褶と同じ様な褶を得る。ヒスの考は今尙二三の形態學者の疑ふ所となつてゐるから、特に不均等生長の結果を説明する爲めに如上の方法を述べた譯である。

ヒスは何故に胚盤の違つた部分では生長も異なるのであるかといふ質問を提出してゐる。さう

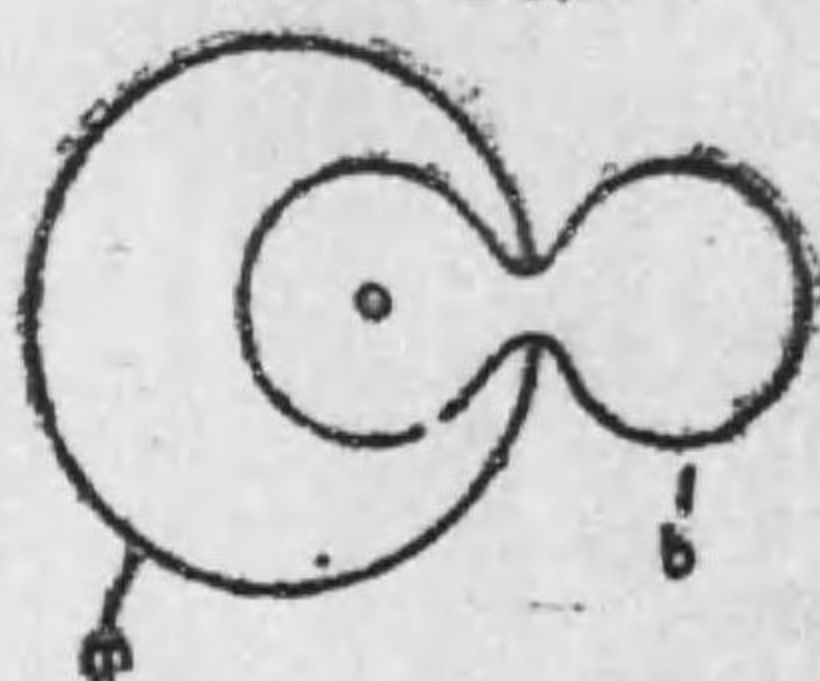
して彼は生理學的立場からこの問題に解答しないで、解剖學的見地から解答してゐる。それによつて、まだ分裂しない卵の相異部分は、分裂した胎兒の相異部分に相當するといふのである。しかし所謂この豫成原質區分説なるものは、何故に胎兒のある一部が、他の部分よりも早く生長するかといふ疑問には解答を與へない。しかし又この説必ずしも前節に述べた生長説と相容れない譯ではない。ヒスの考へから出發するに卵の相異區分は化學的に多少違ひがあり、この原質相違區分の化學的差違が胚盤の部分的生長の遲速を決定するものであるといふことが容易に想像されるのである。かやうに變態作用の現象は少くとも或る種の動物では、豫成原質區分の配置が、重力、光、附着といふことの爲めに變化されるこゝが分る。

原因形態學の立場から、何が卵の原質相異區分の配列を決めるかといふ疑問が起るのは當然である。もし『遺傳』であるに答へるなら、原因形態學は最早如上の説明に對して何の役にも立たないのである。吾々の血の溫度は約三十七度であるが、兩親が同様の溫度を持つてゐるからして、血の熱が遺傳した譯ではない。全く吾々の身體組織の化學的作用の結果である。尙卵では化學的

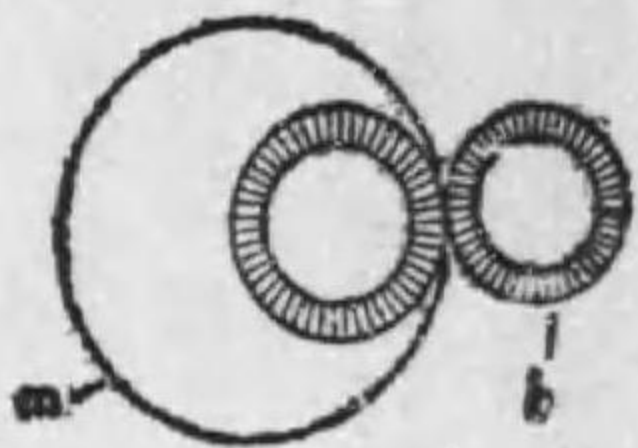
に異つた物質の分子力が、これ等の物質の分裂を定め、それによつて將來の胎兒の主要な方向が生ずるといふこゝが出来やう。

ドウリーシユは海膽の卵の四個細胞分裂期に震倒するに、四個の細胞が分離して、その細胞片の一個は唯太さが正常の胎兒と異なるばかりで、全く完全な胎兒に發育させられるこゝを示してゐる。もし豫成原質區分説(その後の修正を入れて)が眞理であるにすれば、分離した各細胞片は胎兒の四分の一部分が出来る筈である。しかし一つ分裂細胞の人工的分離法では、再生現象或は後生現象を起すと言はれてゐる。尙ドウリーシユは卵の一侧だけに壓力を加へて、第一分裂の法式を變へるこゝが出来た。この方法では細胞核は正常分裂の場合に存すべき筈の個所と稍異なつた所に出來る、しかも正常の胎兒が出来たのである又原質區分の豫成は原形質にあつたので、核内にはなかつたのだと反對する人があるかも知れない。私は到底それ等の反對説の出来ない結果を得る實驗を澤山行つた。その實驗はまだ發表してないから、精細を盡すといふこゝは出来ないが多少精しく次に記載しやう。

圖四十三第



圖五十三第



第三十四圖。稀釋した海水の中に入れた海膽(アルメシア)の受精卵。膜mが破れて、原形質の一部分bが流れ出るまで、原形質は漲れるのである。二つの粒滴の各々は胚葉に発達する。だからかやうな卵からは第三十五圖に示す如き二つの幼虫が出来るのである。

私は受精後十分から二十分以内に、蒸留水を加へて約百倍に薄めた海水の中に海膽の卵を入れた。この液の中で卵は膜(m第三四圖)が破れて、原形質の一部分が滴状(b第三四圖)になつて膜外にはみ出る程澤山な水を吸ひ入れた。しかしこの滴状部分は卵が正常の海水に戻された後も、膜内側の原形質を連結して屢々残つてゐたこともある。これ等の卵では原形質のはみ出した部分(b)を皮膜の内側に残つてゐた部分とは相連着した雙子となつて、完全な正常の胎兒に發育したのである。最初二滴連結してゐた原形質の部分は、雙子となつた儘一所に残つてゐた部分を作つ

てゐた。勿論偶發的或は急激な運動の爲に雙子は離れてしまふことも屢々であつた。そして離れた部分は別個に完全な正常の胎兒に發育したのである。いづれの場合にも原形質の同一部分からはみ出すものは假想されないから、原形質のどの部分でも豫成の原質區分を關係なく、十分發育した胎兒になることが出来るに結論しなければならぬ。(註。最近の實驗に由るに、上述の各片は結局違つた原質區分を持つてゐる正常の胎兒に發育することが出来るといふことが分つた)。多くの卵では原形質は繰返して流出することがある。かような場合に流出した原形質の各滴は胎兒となる。私は二重の胎兒ばかりでなく、一所に發育した三重或は四重の胎兒を得たことがある。

これ等の畸形體は一樣に十分酸素を供給し、微生物、原虫類の害毒の豫防さへすれば、正常の胎兒と殆んど同様の發育をするといふことは注意すべきことである。多くの卵の發育は恰かも或る種の豫配があると思はれる程、正則な典型的方式で行はれる。しかしこの豫配は卵の中の違つた液状物質の分子的性質に由つて分離が出来るに全く斷言することが出来る。勿論かやうな分離は原質區分の豫成を言つてい、かも知れないが、これは今日原質區分の豫成をいふ字義で理解さ

る、事柄は全く異つた別種のものであらふ。

五 理論上の注意

(一)。一切の生命現象は化学的経路によつて決定される。これは筋の収縮、分泌の作用或は胎兒或は一機官の形成にせよ、いづれの場合にも等しくさうである。さて生理學的形態學の取扱ふ階段の一つは、さの場合にも、化学的経路と機官の形成作用との間の連絡環を示すべきである。私は少くも二三の場合では、この連絡環は發育しつゝある機官に起る化学的變化に決定される滲透壓の變化に因るべきものであることを證明しやうを試みたのである。

しかしこの事實だけでは、なぜ機官の形態には相異があるかといふことを説明は出来ない。これを了解するには、吾々は發育の徑路例へば、根、幹等の形成に於ける如く、異なる機官では必然的に生長も變つて來るまいふことに留意しなければならぬ。生長は生長作用に抵抗する障礙に打ち勝つためにエネルギーを使つてしもう徑路であるから、生長の違は單に發育しつゝある機官

に放出されるエネルギーの量の違か或は、抵抗力の違かその何れかによつて決定されるべきものである。この勢力の違は生長の遲速を決定する化学的變化の違から生ずる成果に外ならない。だから機官の形態の差異は、その化学的組織の差違によつて決定され或は、もし化学的組織が同一であれば、生長に抵抗する障礙の相違によるべき筈だといふ考が起つて來る。形状の異つてゐる機官が屢々化学的に異つてゐることはよく知られた事實である。肝臓に尿素の形成、腎臓に馬尿酸の合成は、共に化学的差異の結果である。

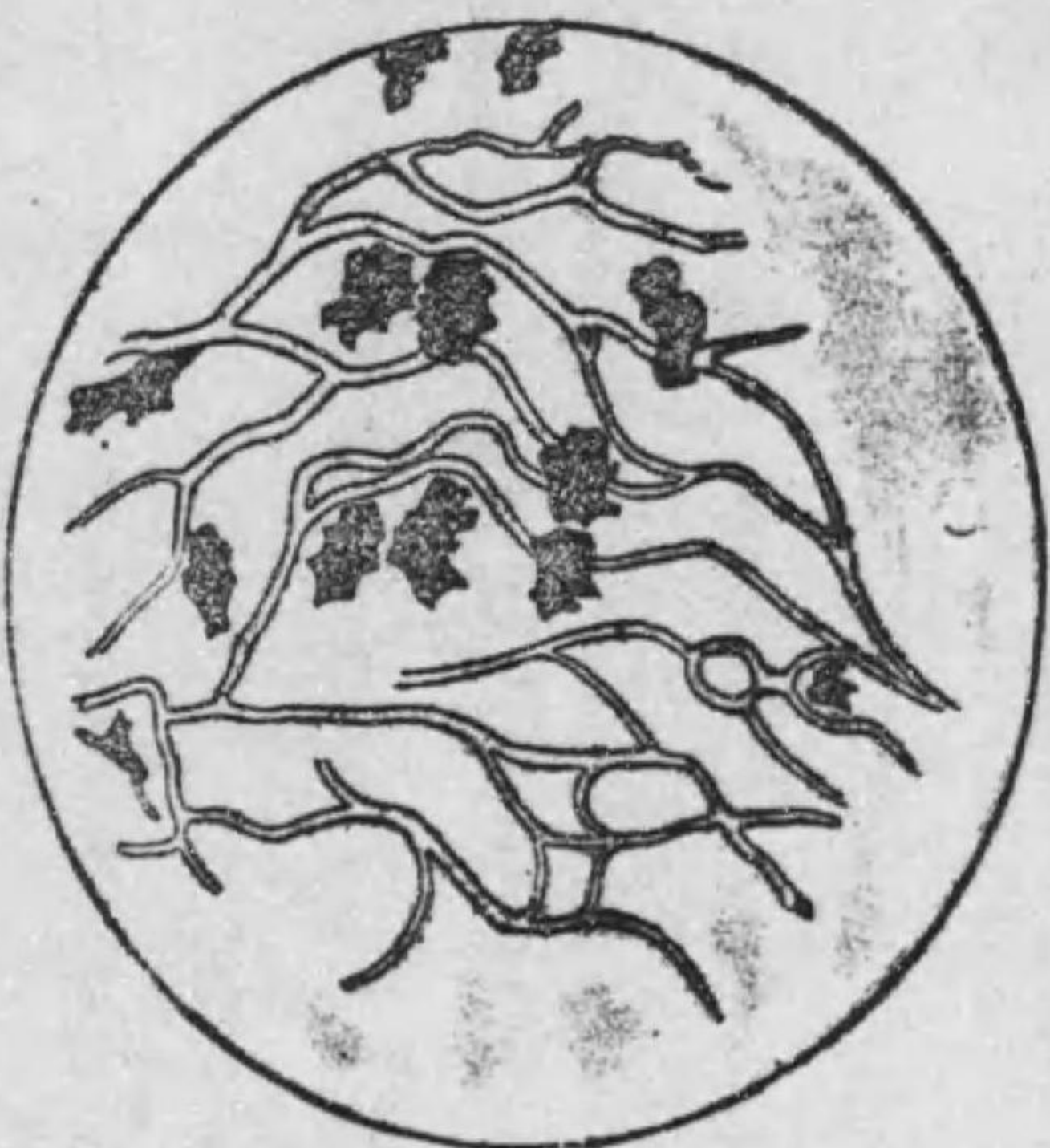
かやうな工合に吾々は、生長の力學からザックスの構成説の核心をなす結論、即ち「機官の形状の違は化学的構造の差違に伴ふ。そして科學の原理によれば、前者は正に後者から由來すべきものである」といふ結論に達した。ザックスによれば、少くも植物では違つた機官があるだけ、多くの「特種構成物質」があるのである。

(二)。ザックスの學説を採用して、動物形態學の説明に適用する時、吾々は根柢ある學説の場合でも、屢々陥り易い誤謬、即ち未知の條件によつて特に複雑になつた場合を無理に説明しやうと

する誤謬を避けなければならない。ヒイシンは彼の光の學說で屈折現象を説明してゐるが、彼は色彩感覺に就いては説明し得なかつたし又、説明しやうしなかつた。これ等の屈折現象に對しては尖の波動説は依然として眞理である。しかし色彩感覺はエーテルの波動に依るばかりではなく網膜の化學的物理的構造に基づくものである。凡べて動物は特種の原物質を持ち、違つた動物の原物質は化學的に違つてゐるといふのは全く安全だと思ふ。その化學的性質の違が、鶏の卵からは雞雛のみが生れるといふことを決定するのである。しかし今さうして原物質の未知化學的性質が、各種族に固有な違つた機官、特性の總べてを決定するかを説明しやうとするのは誤謬であらう。例へばフアンデユラスの胎子の卵黄囊は虎に似た着色を持つてゐる。この斑色は後に卵黄囊の着色部分となる化學分子或は複雜分子(決定素)の一定の配置に基づくのだと言ひ得るかも知れない。しかしこの着色は遙かにもつゝ簡單に出来ることを發見したのである。この色素細胞は卵黄の表面に不規則に出來て居る。色素は化學的にヘモクロビンと密接な關係をもつてゐる。その形成は最初から血球の形成と關係あるのかも知

れない。しかし發育の始めの間は、色素細胞の配列は何等確定した斑色を生ずるやうな事はない。

圖六十三第



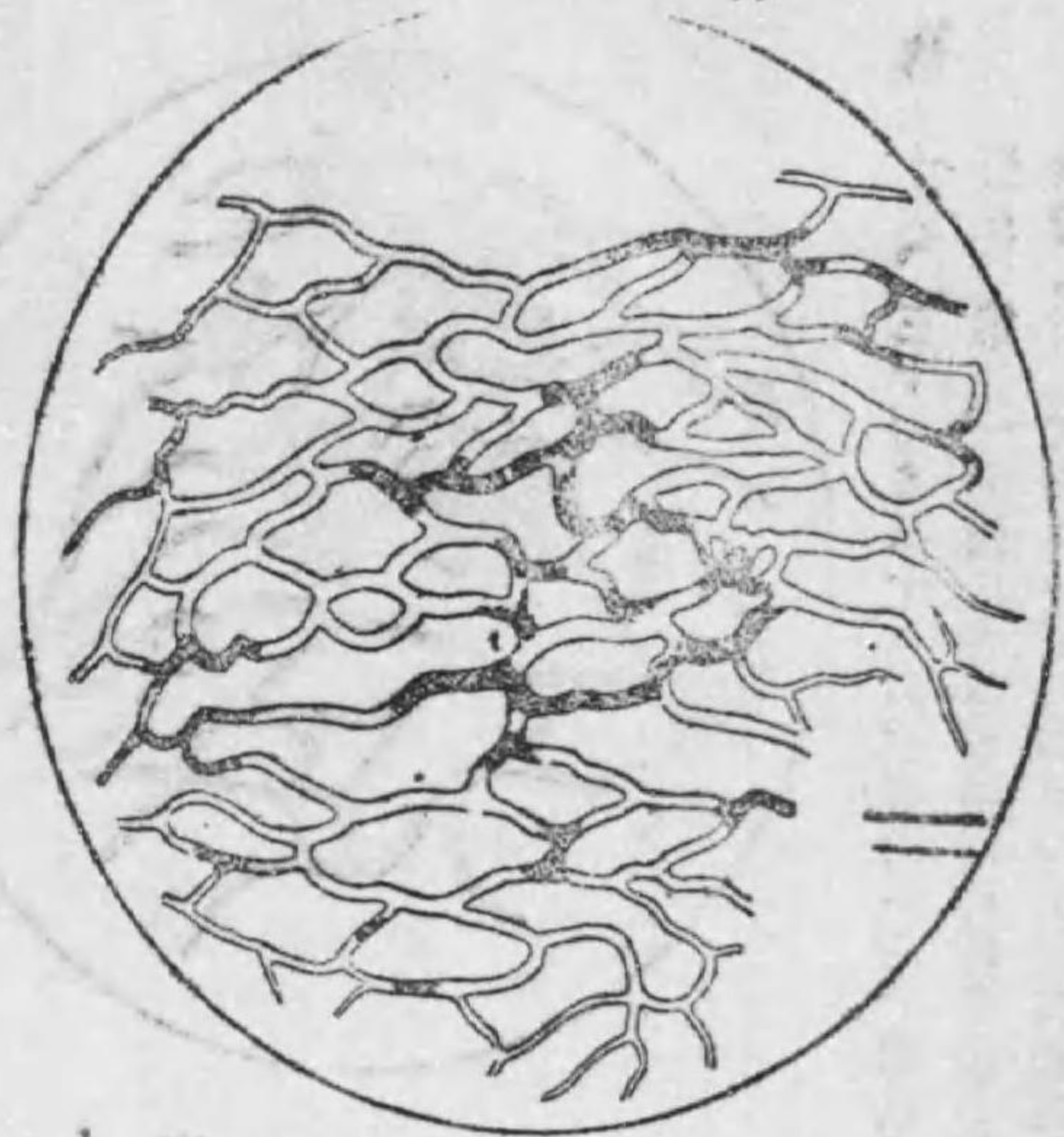
圖七十三第



第三十六、三十七、三十八圖。自然から。幼魚(フアンデユラス・ヘテロタリタス)の卵黄袋上の紋様の發生。第三十六圖は發達の初期に卵黄袋の表面に於ける血管を畫いたものである。黒い色素細胞は血管に對して別に一定の向きを示してゐない。第三十七圖は同じ卵が數日を経たもの。こゝで吾々

第五章 生理學的形態學の二三事實と原理に就いて

第三十八圖



は或る色素細胞が血管の上にはひ上る傾向があるのを見る。第三十八圖は同じ卵が尙數日を経たもの。黒の色素細胞は全く血管の上にはひ上つてしまつて、血管の周圍に鞘を作つてゐる。赤い色素はこの畫にはかいてない。これは身體の機官の配列に應性が役目を持つてゐることを證明する最初の觀察であつた。

色素細胞は血管壁の上や毛細管と毛細管との間に介在してゐる(第三六圖)。しかし後には色素細胞の全體が血管の表面に纏り着いてしまふ(第三八圖)。私は多分血の中にある物質の或る物が、

如上の反應を決定するらしいといふことを實驗的に示すことが出來た。もしこの特種物質は血管から滲出し、色素細胞に觸るれば、表面張力の法則によつて、色素細胞の原形質を血管の方に流し、終に血管の上に至つてその周りに鞘を作り、血管と血管との間隙には全く色素細胞をなくしてしまふものである。かやうな工合に色素細胞は縞形になつて配列され、そして原質液配列の爲めではなく、多分表面張力の變化が斑色を決定すると思はれる。吾々には如何なる徑路が動物の着色は反對色に斑點を着けるやうに決定するかは分らない。しかし成魚の着色が原形質の同一の分子配列から來るものと推論するのは、ヒイシンの如き天才でも少なからず頭を悩ましたことであらう。そしてかういふ推論が不可能だと思すれば、上述の學説は何の役にも立たないのである。

(三D)。かうしてアンテメラリヤの根は幹の下側に、幹は上側に出來るかといふ理屈は、この動物の幹の内部にある特別な化學的條件が明瞭になつた時初めて解決がつくのである。今は唯その可能性を考へる丈けである。ザツタスの假設的根物質は、幹なる物質よりも一層比重が大きいかも知れない。だから細胞中の最下位を占めるのである。枝條は幹や枝の遊離表面だけに出來るか

ら、この假定では根は要素の下側に、幹は上側丈けに發生するといふ譯になる。しかし尙他の可能性があるが、こゝには省畧することとする。マーゲリス、其他の水蛇類では、固形體との接觸は特種の根物質を持つてゐる場合には、觸れた要素の表面が増大して來るし又、水蛭物質を持つてゐる要素の場合には反對の現象が起る。根が固形體と接觸する結果、根の表面が増大となり、水蛭は反對の方面に發育するだけである。私は實際ネブルスで自由に何物にも觸れないで水中に育つた或る水蛇の根は、固形體に接觸するやうにしたら、生長は益々迅速に、枝は益々多く出來始めたこゝを發見した。しかしこれ等の場合に尙この動物の物理化學的條件が闡明なる迄、吾々は説明を待たなければならぬ。同様の理由の下に私は、何がセリアンサスの如き動物の分極作用を決定するかの問題にも論及しまし。唯分極した動物では其の組織或は細胞は特種の形成的物質が一方方向のみ移動し、又配列するやうな特殊構造をもつてゐるかも知れないかといふ可能性を暗示するに止める。又變態現象の場合では、この移動或は配列は、如何なる方面或は多くの方向にも自由に出來るのであらう。

(四)。正常の條件の下には海膽の卵では、胞子はたゞ一つしか出來ない。これは單に正常の状態では原形質の幾何學的形狀が球形であるといふ事情による。卵を破つた時、その膜の外部に出た原形質や、内部に残つた原形質は、共に表面張力の原理によつて球形になる。この場合に離れた二つの分裂腔が出來れば雙子となり、もし相連絡した分裂腔であれば胎子は唯一つである。この第一或は第二の場合が起る理由は、二つの滴粒を連絡する原形質部の分子條件如何によるのである。だから卵から出來る胎子の數は、原形質或は細胞核中の原質區分の豫成作用で決められる。でなく、卵の幾何學的形狀や原形質の分子的條件が胚葉の數を定めるような事情の下にある時のみ決定されるのである。私の實驗では卵が二つ或は三つの球狀滴になつた時、各球滴は各々胚葉となるから、二重或は三重の胎子となつたのである。ドウリーシユの實驗では四個細胞分裂期の各細胞片は、分離した後必ず一個の胎子となつた。これは各細胞片が何れも球形或は橢圓形になつたからである。一個の卵から出來る胎子の數は勿論一定の限度がある筈である。しかしこの限度は豫成作用によるのではなく他の事情によるのである。その主な一つは原形質の量が少な過ぎ

ぐれば、胚葉の形成が出来ないことである。單なる幾何學的理論から推すに、分裂細胞には極限小形がなければならぬからである。(註。極限小形は海膽の卵の全量の約八分の一大だと言つたことがあるが、恐らくこれは極限の太さ大した相違はなからうと思ふ)。胚葉の形成がなければ勿論、胚葉によつて決定さるべき後期は得られない譯である。

私が以上の研究に於いて、生理學的形態學といふ名稱を撰んだが、その理由は本研究の目的が、總ての生命現象即ち細胞の化學的活動の共通源から、構成作用の法則を誘導するにあつたからである。これは如何なる方法で行はれるかは、生長の力學を論じた所に記載してある。

しかし生理學的形態學の目的は唯分析的でない。それには他にそれ以上の目的がある。それは物理學者や化學者が無生物質の要素から新しい化合物を作り出すやうに、生物質の要素から新しい化合物を作り出すといふ合成的或は構成的な目的を持つてゐるのである。

(これは千八百九十三年ウツツ・ホールの海洋生物學研究所での講演である。)

第六章 受精作用の本質について

實驗生物學は極めて新しい科學である。近頃まで生物學者は適當な實驗によつて驗定され、確證されない結論が不確實であるとは思つてゐなかつたのである。

千六百七十七年に、ルーヴェンホークは精液の中に運動する要素、所謂精蟲の存在を證明した。この精蟲が將來の胎兒を代表するものと思つてゐた。彼の同時代の多くの人々は精蟲は受精作用には何の役にも立たない寄生生物であると思つてゐたのである。精蟲が寄生蟲だといふ考は約百六十年後に、精蟲は墨丸の細胞から出来るものであるといふことが證明されるまでは消え失せ

なかつたのである。

卵の受精を行ふには、精液が必要であつたといふことは、實驗をしたことのない生物學者でも逃れられない程明かな事實であつた。しかし精蟲が精液中の主要素であつたといふことは、實驗以外には確定されない事實であつた。受精作用には、精液と卵とが直接に接觸することは必要でなく、精液中にある揮發性の或る物、想像上の「精液氣」があれば十分だといふ一般に假想されてゐた。精液と卵との接觸が、受精作用には實際必要であるといふことは、ジャコビが(一七六四年)魚類の卵と精液とが直接に接觸さしてのみ卵が受精せられるといふことを實驗的に證明してから確定したのである。又スバランザニーが交尾中の雄蛙を囊に入れて、「精液氣」は卵に働くことを妨げないやうな状態に置いたが、その時代でも卵は未受精の儘であつたことを自覺してからであつた。「精液氣」説は全くこれで終つたのである。

精蟲が精液の主要素であるといふことの證明は、ブレボストミデユマス(後者は有名な化學者)との二人の實驗家に残してあつた。彼等は精液を濾過する單簡な實驗を行つた。そして精蟲を濾

過紙で取り除いた精液は、卵を受精さす力を失つたといふことを證明した。しかしこれでも記述的生物學者の多くは承認しなかつた。そして九年後にケ・イ・フォン・ベヤは尙精蟲は受精には何の役にも立たないといふ意見を述べた。一八四三年にベリーは精蟲が卵に入ることを直接に觀察した。そしてこの事實は以來無數の研究者によつて、各種の動物の卵について確證された。斯様に精蟲が精液の主要素だといふ單純な事實を確定するのに何世紀もかゝつた程、生物學に實驗法が一般に認容されるまでには、約同様の長い歳月を多分要するだらふと言つても或は誇張の言てはあつない。

受精を行うには精蟲が卵に入らなければならないといふ事實の單純な觀察は、卵の活動の機制について何の理解も與へなかつた。事實はさうだが四つの學說或は寧ろ暗示を提供された。

第一の受精學説は形態學的説である。この學說によるに、受精作用に責任があるのは、精蟲の形態學的構造である。

第二の學説は化學的學説である。この學說によるに、卵の發育を起すものは、精蟲の形態學的

或は構造上の一定の要素ではなく、その化学的成分であるといふのである。この第二説に對してミツシヤールは卵と精蟲の中には同じ化合物があることを實驗的に證明したといつて反駁した。この反駁は正當だといふ私は思はない。分子配置の些細な違は、生命現象に甚大な影響があるといふことを吾々は知つてゐる。就中これは糖類の分子の配置と、その酸酵性の間の關係についてエミール・フホツシヤールの研究によつて證明されてゐる。ミツシヤールが實驗を行つた時にはかやうな可能性については何も知つてゐなかつた。更にミツシヤールは精蟲が酸酵素を持つてゐるかどうかといふことは説明することが出来なかつたのである。

第三の學説は(ビシヨッフ)の物理説である。この學説は精蟲には特殊な運動條件があつて、これが卵に傳はつて、その發達を起すのだといふ。しかしこの考は化学的の見解と全く違つたものではない。なぜならリービツヒが酸酵素を假想したと全く同じことを精蟲に假想するからである。リービツヒは酸酵素が酸酵を起す力は一定の原子又は原子群の運動によることを考へたのである。

第四の學説はヒスの創設した刺戟説である。この考によれば、卵は一度刺戟された一定の方向に働きをする機械として考へられてゐる。精蟲は卵の發達を起す刺戟である。この刺戟説に關聯して、その精蟲の起した刺戟は果して物理的か或は化学的かといふ所説の主要點が略してある。云はなければならぬ。だからこの刺戟説は當然受精作用の化学的或は物理的假説の形を變へた反復に過ぎないのである。

上述の諸學説はいづれも甚だ不確實であつて、更に一步を進めた發見に到達してゐないのは怪しむに足らない。もし生物學上の新發見をしやうと思ふなら、不確實な空想を捨て、的確な事實を観察から出發しなければならぬ。かやうな觀察の中で最も大切なものは、單性生殖作用の觀察である。蠶の未受精卵は單性生殖的發達することは昔から觀察されてゐる。更に木虱は受精しないで、數代續くといふことはよく知れてゐる。尙動物の單性生殖作用に關する最も著しい事實は、蜂の未受精卵が發達し、そして受精した卵は雌を産むが、未受精卵は雄を産むといふことをチイルゾンが發見した^{Chailson}ことである。同じことが胡蜂^{Chalcid}にもあるらしい。更に二三の甲殼類には單性

生殖をするものがあることも確である。

単性生殖による發達の初歩は、雌の體外の海水の中で發達する多くの海産動物の場合にも觀察されたのである。かやうな卵は海水に長く入れて置けば、二つか三つの細胞に分裂することもあ
るが、それ以上には發達しない。又一方では哺乳類の卵巢の内でも時々少數の細胞に分裂した卵
を發見することがある。これ等の事實及び卵巢にテラトマタミと呼ばれてゐる一種の瘤が出来るこ
こは、哺乳動物の卵にも少くも一部の單性生殖作用の可能性を暗示する。しかしこれ等の現象
は凡べて病的のものだまされてゐる。しかし受精作用の學説には如上の事實を確實なものとして
利用することは出来ない。この場合に確實性は實驗によりてのみ得られるからである。かやうな
實驗が實行されるやうになつたのは實に最近のことである。

二

八年前に私は中性の塩を加へて濃厚にした海水に受精した海膽の卵を入れるこ、その卵は分裂
できなかつたが、同じ卵を約二時間ばかり上述の海水に入れて置いた後で、正常の海水に戻して
みたら、二四八十六細胞といふ順次に分裂しないで、忽ち多くの細胞に破裂することを觀察し
た。勿論この實驗には海水の濃度増加を正確にするこいふこが肝心である。この實驗の事實は
次のやうに説明することが出来る。濃厚な海水は卵の中の染色素の分裂や分布を許す細胞核の状
態に變化を起す。卵が正常の海水に戻されるや否や核或は一定の染色質が卵中で豫成したこ同じ
やうに忽ち多くの分裂細胞に破れる。モルガンは海膽の未受精の卵に同じやうな實驗を試みた。
そしてもし未受精の卵は濃厚にした海水に數時間浸せば、その卵は正常の海水に戻された時、分裂
の初歩を示すこが出来ると云ふこを發見した。この少數の卵は二個或は四個の細胞に分裂し

二三の場合には約六十個の細胞にまで分裂した。しかしこれ等の卵からは決して幼蟲は發達しなかつたのである。モルガンはノルマンや私が以前の實驗に用ゐたものと同じ濃度の海水を用ゐた私は百立方糶の海水に、約二瓦の食塩を加へた。ノルマンはこの代りに百立方糶の海水に、三・五瓦の鹽化マグネシウムを用ゐた。モルガンは同じ濃度を用ゐた。ミードはキトブテルスについて、略モルガンに似た觀察を行つた。彼は海水に極めて少量の鹽化加里を加へれば、キトブテルスの未受精の卵から、極體が強制的に拋出することを發見した。そして塩化加里の代りに食塩を使用しては同じ影響がなかつた。私は塩類の生命現象に及ぼす影響について研究を續けてゐる間に、特殊な原形質の作用が細胞を取り圍んでゐる溶液の中のイオンによつて大に影響されてゐるこゝいふ事實を注意するに至つた。周知の如く、塩の溶液例へば食塩を用ゆれば、溶液の中に食鹽分子があるばかりでなく、その分子の幾何かがナトリウム・イオン(ナトリウム原子で一定量の陽電氣を荷電したもの)ミクロール・イオン(クロール・イオンで上記ナトリウム・イオンと同量の陰電氣を荷電したもの)に分離する。卵が海水の中にある時、種々のイオンが卵の滲透壓や原

形質の透過によつて決定された割合で卵の中に浸入する。これ等のイオン中の或るものは、原形質の蛋白質と化合するこゝが出来らうらしい。兎に角原形質の蛋白質の物理的性質(物質の形態及び水を含有する力)は原形質或は蛋白質と化合して存する色々なイオンの相對的比例で決定されるのである。これ等のイオンの相對的比例を變ずれば、原形質の生理學的性質も變ずる。かやうにして普通に持つてゐない性質を組織に附與するこゝが出来るのである。例へば骨格筋に含んでゐるナトリウム及びカルシウム・イオンの量を變じて、その筋を心臓のやうに律動的に收縮さすこゝが出来るとこゝを私は發見した。この場合には單に筋にナトリウム・イオン數を増すか或は、カルシウム・イオンの數を減するか或は、同時に兩方を行ふこゝを必要とするだけである。(註)我々の骨格筋が心臓のやうに律動的に收縮しないのは、血液中にカルシウム・イオンがあるからである)この觀察及びこれに似た觀察に基いて、私は海水の成分を變化すれば、卵に初步の發達を起さすばかりでなく、受精した卵から生じた胎子と全く同一な生きた胎子にまで發達さすこゝが出来らうと考へたのである。

このことを確定するには三つの方法があると思はれる。第一には浸透圧を増さず海水の成分を變へることである。第二には或る一定量の塩を加へて海水の浸透圧を増すのである。第三には第一と第二とを併用する方法である。第一の方法は私の希望したやうな結果を與へなかつた。(註しかしその後に行つた實驗では積極的結果を得た。後節参照)。私の準備した人工的溶液の種類では、未受精の卵を少數の細胞に分裂させることだけの影響はあつたが、胚葉を生ずることは出来なかつた。次に鹽化マグネシウムの一定量を海水に加へて浸透圧を増す影響を試みた。この場合にモルガンより以上の好結果は得られなかつた。極少數の卵は分裂し始めたが、分裂の第一期以上に發達したものはなかつた。そこで兩法の併用を試みた。通常海水の浸透圧は大體の見積りでは、鹽化ナトリウムの八分の五正規液或は塩化マグネシウムの八分の一の正規液と同じである。數回實驗を試みた後、海膽の未受精の卵を鹽化マグネシウム八分の二〇正規液の六〇・〇立方厘米海水四〇・立方厘米の溶液に二時間入れて置いて、正常の海水に戻した時、卵は發達し始めることを發見した。そしてその卵は胚葉期に達した。これ等の未受精の卵から、かやうな胚葉が出来た

のは未だ曾て見た人がないことは私は思はない。これ等の卵は膜を持たなかつたから、分裂細胞のアミバ的運動は屢々同一卵の多くの部分の分離を起し、卵の輪廓は非常に不規則になつたのである。その胚葉は一般に桑椹期に於ける卵と同様の輪廓を示した、しかし卵全體が一個の胚葉に發達するのは稀だつた。普通各分裂細胞の分離は一つの卵から一つ以上の胎子を作るやうになる。その結果は或る點では私が海膽の受精した卵を破裂させた時得た結果に似てゐる。かやうな場合には原形質の一部は卵から流れ出たが發達することも出来たのである。これ等の過剰卵は膜を持つてゐなかつたから、その輪廓は勿論多少不規則であつた。しかしこの不規則は私が最近の未受精の卵の實驗で觀察したのよりも遙かに少なかつた。海膽の未受精卵を胚葉期に達するのを認めるまでの私の希望は満足させられたが、これ等の卵が疵狀期に生長するまで十分永く生かして置くことは出来なかつた。彼等は正常の卵よりも發達が遅く、大抵翌日には死んでしまつた。卵が疵狀期に達するまで發達する溶液を發見するのが私の次の仕方であつた。これは鹽化マグネシウムの量を減じて、海水の量を増せば出来るといふことを發見した。未受精の卵を鹽化マグ

ネシウム八分の三〇正規溶ミ海水との同量の混合液の中に約二時間入れて、正常の海水に戻せば卵は胚葉期に達したばかりでなく、更に有陽期や疵狀期までも發達したのである。かやうな卵から生じた胚葉は鹽化マグネシウムをより多く含んだ前の溶液の胚葉よりも遙かに健全で又一層正常に近いものであつた。勿論これ等の未受精の卵は膜を持たなかつたから、卵全體が一個の胎子に發育することは稀であつた。單一の胎子よりも雙子三ツ子四ツ子の方が多く出來た。各胚葉の輪廓は前の實驗に於けるよりも一層球狀をしてゐた。これ等の卵は第二日目になつて疵狀期に達した(受精した卵に比して遙かに遅い)。かやうに受精した卵を實驗用の水族器で育てることが出来る。同一程度まで、海膽の未受精の卵を發育さすことに私は成功した。まだ私は實驗皿の中で受精した卵を疵狀期以上に發達さすことには成功してゐないのである。

私は實驗装置等の餘り細かい所まで立ち入ることを欲しないが、海水中に精蟲の存在を警戒するために私の取つた二三の注意を述べて置く必要がある。(註。こんな反駁に遇つたことはいふことは今日不思議に思はれるが、私が未受精卵の人工的生殖法に關する最初二三の論文を發表した時に

は、私の記述を承認した生物學者は極めて少かつた。最も不合理な誤謬源が暗示されたのである。(この種の實驗の専門的方面に興味を持つ讀者は、米國生理學雜誌に發表した私の論文の中に必要な材料が発見されやう。こゝには次の諸點を述べるに止むる。

一、これ等の實驗は産卵期が先づ過ぎてから行つたのである。
二、精蟲の這入つてゐる實驗用の皿や用器や手を決して汚穢しないやうに微菌學上の豫防をしたのである、

三、ゲミールの研究によるミ、海水中の精蟲は多量の海水中に散布されるれば、五時間以内に生殖力を失ふものである。

四、卵が受精したか否かは膜の形成によつて知ることが出来る標準がある。受精した卵は膜を生ずるが、未受精の卵は一定の膜を持つてゐない。人工的に發達した未受精卵も膜を持つてゐない。(註。これ等の實驗に用ゐた方法は、受精膜が出來なかつただけに舊式であつた。その後二三年してから受精膜を作る方法が見附かつた。このことは次の章に記載してある。最初の實驗で

は受精膜は出来なかつたが、卵の表皮層には溶液中の酸化水素イオンを増加せる浸透壓の兩作用の爲めに一の變化が現れてゐた。

五、凡ての實驗に對照實驗を行つた。未受精の卵の一部は發達した卵のために用ゐた同一正常の海水の中に入れて置いた。これ等の卵は極めて少數のものが約二十四時間の後、二個の細胞に分裂した外、膜も出来なかつた。又全く發達もしなかつたのである。

六、別に次のやうな對照試驗を行つた。これには未受精の卵も胚葉或は疵狀體の形成を生ずるに至つたものよりも、正常の海水に近い溶液の中に同じ雌の一組の卵を入れたのである。これらの卵は發達したものと同じ海水を受け又、發達したものよりも害され方は少かつたのに唯の一つも膜を作るものもなく又は、胚葉に發達するものはないことが分つた。もし海水の中に精蟲がゐるならば、これ等の卵は胚葉に發達した筈である。(註。尙他の對照試驗から塩化マグネシウム八分の二〇正規液と海水との等量の混合液で卵或は精蟲を取り扱へば、間もなく卵の受精力は減少し、そして精蟲の生殖力は消滅してしまふことを確信するに至つた。)だから違つた九

種の實驗で、これ等の結果が確信されたから、吾々は塩化マグネシウム八分の二〇正規液と海水との等量の混合溶液の中に二時間卵を入れて置く、其卵を單性生殖的に疵狀體に發達さすことが出来ることを假想するのである。

三

上述の結果から如何なる結論を下すことが出来るか。もし亂暴で不毛な空想を避けやうと思ふなら、次の疑問に限局すべきだと思ふ。塩化マグネシウム八分の二〇正規液と海水との等量の混合液に二時間浸して置いた卵には如何なる變化が起るか。しかしこの疑問に關しても、實は極めて不確實な次の形式の解答を與へるに過ぎないのである。それは原形質の大部分は膠質で出來てゐることをいふことである。この物質はその形態や水を含有する力を容易く變化する。この二つの性質の變化は筋の收縮又、多分アミパー運動にも大關係があるらしい。この物理的性質の變化を起

す動作力の中で特に有力な三つのものがある。第一は特殊な醗酵素（トウリブシン、ブラスメー
ス等）の働である。第二は一定濃度のイオンの働である。この濃度はイオンの種類によつて違ひ
がある。第三は温度である。吾々の実験では唯第二の可能性丈けが働いてゐたことが明白である
この論述以上に理論的討議に立ち入るのは妥當でないを信ずる。次に起るべき疑問は精蟲が果し
て同じ方法で働くかさうかといふことである。精蟲は多量の鹽類特に磷酸加里を含んでゐるこ
は確であるが又醗酵素或は上に述べた三つの働のやうに膠質の物理的性質に對して同様の影響を
持つ物質を含んでゐるかも知れない。

前章に於て私は卵の唯一の同一條件から遺傳の成り立つ要素全部を推論することは不可能だ
と摘示して置いた。吾々の最近の実験は卵の違つた成分が、受精の徑路や雄の遺傳性質の傳達に關
係があるといふ可能性を暗示する。或る濃度の鹽類で未受精の卵を取り扱つて受精の徑路を起す
ことは出来るが、どんな取扱をしても雄の遺傳性質の傳達を起すことは望まれない。だから雄の
遺傳性質の傳達に受精の徑路を起す動作力は必ずしも同一のものではないと推論しなければな

らない。人工的單性生殖の實驗の主な價値は、受精作用の問題を形態學の範圍から理化學の範圍
に移すといふ事實にあるを考へる。（註。この論文は私が未受精卵から幼蟲をうることに成功した
直ぐ後て書いたものである。後年人工的單性生殖法を改良したため、精蟲が卵發育の原因となる
機制が明白になつた。この仕事については次の二章で精しく演べる。）

（これは千八百九十九年にウウツ・ホルでの生物學講演である。）

第七章 形成刺戟の性質に就いて

(人工的單性生殖)

緒言

本題はウイルヒョーの『刺戟と刺戟性』といふ論文(ウイルヒョー文庫一四卷一、一八五八年)を引照して擇んだのである。彼は該論文中に刺戟を形能的、營養的、形成的の三つに分つてゐる。形成的刺戟では核及び細胞の分裂を起す刺戟をいふ。彼は卵の受精作用を形成刺戟の古典的實例として考へてゐる。そしてこの作用と病的生長作用の原因とに關し彼の引證した對比は、その全文を引照するに足る程獨特のものである。

假に病的新生作用と胎生的新生作用とが同一であるを許せば、卵は病的母細胞の類似體として、受精作用は病的刺戟の類似體として考へるべきであらう。精蟲は卵の一部分の發達には直接に形態的出發點を見るべき理由がないから、精蟲が卵の中に入ることを發見しても如上の見解は根本的には變らない。實際さう思はれるが、もし精蟲が卵の中に溶解すれば、精蟲は卵の原子に新らしい化學的形態學的配列を起す、特別な刺戟として働く或る化學的物質を卵の中に運び込むに過ぎない。特種の傳染質は皆これと同じ可能性を持つてゐる。

精蟲は卵の中に全く溶解してもうしウイルヒョー時代に流行してゐた推測は間違つてゐた。しかし精蟲が卵の發達のために刺戟となる化學的物質を卵の中に運び込むといふウイルヒョーの見解は全く正確である。これと同様に精蟲が卵の發達の原因となるといふウィルヒョー、病的生長の原因となるといふウィルヒョーの對比論も亦正確らしい。だから私は人工的單性生殖と精蟲が卵の發達を起す原因についての私の實驗の梗概を述べるのは醫學界に興味あることを信ずる。

細胞生理學は組織や機官が核及び細胞の分裂によつて只細胞から發達するといふことを示してゐる。細胞に分裂を起し正常或は病的な新組織に發達する條件は、ウイルヒョー以來形成刺戟と名けられてゐる。第一にこれ等の刺戟の性質は何、第二に形成刺戟徑路に如何なる變化が細胞に起るかといふことを確めることが近世生物學の仕事である。ウイルヒョーは既に卵の受精作用が一切な形成刺戟現象の軌範であり又、この場合の精蟲は形成刺戟として考察すべきものだといふ力説したのである。

病理學者は腫物の場合に形成的刺戟の理化學的性質は何であるか、或はかやうな徑路では細胞は如何なる變化を受けるかを確定することにまだ成功してゐない。しかしこの仕事は動物の卵に最もよく成功してゐる。だからかやうに成功した研究の主要點を知るには病理學者や一般醫學者

にも面白いだらう。

少數の例外を除けば、動物の卵は精蟲が入つて始めて發達することは知られてゐる。精蟲が入らなければ、通例卵の分裂は起らないで、比較的短かい間に死んでしまう。私が解決を試みた疑問は次のやうなものであつた。第一には如何なる理化學的動作力で精蟲が卵に分裂を起し、そして胎子に發達させるか。第二にはこの精蟲で卵の形成刺戟に如何なる變化を受けるかといふことであつた。換言すれば未受精の卵が分裂を起し發達する機制は何であるかといふことである。

この疑問に對する解答には二つの方法があつた。第一は精液の越幾斯^{エツキス}で未受精の卵の發達を起さうと試みることであつた。この仕事を成就するため私は多大の日時を費したのであるが、最初に卵を取つたのと同じ動物の精液から越幾斯を探つたから全く不成功に了つてしまつた。漸く近頃精液の越幾斯は異種から取れば効果があることを發見した。この不思議な事實は後廻にして、それが人體内のリジンに對する細胞の免疫性の問題と關係してゐることを示さう。

第二に形成刺戟の性質に關する疑問を解決する方法は人工的單性生殖、即ち精液の越幾斯でな

くて、直接に理化學的動作力で、動物の卵の發達を起す原因の方面である。この處分法は特に利益がある。この場合には使用の動作力の性質が分つてゐるから、卵の發達を起す機制を容易に洞察することが出来る。しかも精液の越幾斯を用ひて研究すれば、活動的物質の化學的特性に關しては暗黒である。

二

人工的單性生殖の方法はキャリフォルニア産の海膽の卵で全く完成したから、この海膽の卵の人工的單性生殖法の記述から始めやう。多くの動物の卵では精虫の入つた結果、殆んど速時に特殊的變化、即ち所謂受精膜の形成を表現する言はなければならぬ。これを簡単に言へば、この作用は多分海水が卵の表面膜と原形質との間に入つて來るため、その膜が卵の原形質から押し上げられ、多少廣い空間に引き離されるものらしい。第一圖と第二圖とは海膽の卵の上述の變化

を示す。第一圖は未受精の卵を表はし、第二圖は精虫が入つた後ちの同じ卵を示すのである。

千九百五年に私は卵を著しく損害しないで、受精膜の形成を起すことの出来る方法の發見に成功した。この方法は海水の五〇立方糎と下級單鹽基脂肪酸（例へば醋酸、プロピオン酸、酪酸或はヴァレリアン酸）十分の一正規液の三立方糎の混合液（攝氏十五度の温度）に約二分間卵を入れるのである。この混合液では膜形成は起らない。しかも卵を正常の海水に入れ換へれば、卵は皆な完全な受精膜を作る。この實驗で膜の形成が卵を發達させる主要條件であることが分つた。これ等の卵には凡べて膜形成後數時間内に細胞分裂の變化が起る。もし温度が極めて低くければ、細胞分裂が始まるばかりでなく又、卵は遊ぶ幼虫に發達し、所謂胚葉期に達する。しかし室内温度では脂肪酸で卵に人工的膜の成作は核分裂や恐らく細胞分裂を起すに過ぎない。この後卵は次第に崩壊し初めるのである。

だから脂肪酸で人工的膜の形成は發達徑路を促すが、普通の温度では、その徑路は進行しないことが分る。完全な發達を起すには、第二の影響が必要である。これは後で分る。

この第二の影響について記載する前、解決すべき他の疑問、即ちこの場合に酸の他の作用、例へば接觸作用のやうなものでなく、さうして膜形成が形成刺戟だといふことが分るかといふ疑問がある。この疑問に対する解答は、もし膜形成を起す變化を妨ぐ酸を用ひれば、核及び細胞の分裂は起らないといふことである。一面では膜形成を起すものは脂肪酸類ばかりでなく、色々な試薬でも出来又、これ等の方法は凡べて形成刺戟として働くといふことは後述べやう。

だから脂肪酸で膜形成を起せば、海膽の卵の發達を起すが、この發達は變態であつて、卵は病的になり、温度が高ければ高い程早く死んでしまうのである。さうしたらこの病的傾向を防ぎ、卵に正常の發達を起すことが出来るかといふ疑問が起る。

私は上記の疑問の解決の目的には二つの違つた方法を發見した。されども任意である。この間違ひのない第一の方法は、人工的膜形成後卵を約二十分間、高滲透壓の海水(或は他の高滲透壓的溶液例へば砂糖溶液)、或は溶液の滲透壓が正常の海水より五〇%高い他の溶液に入れて置くのである。卵は溶液の中の温度及び水酸イオンの濃度加減によつて、約二十分から六十分間この溶液

の中に入れて置く。この時間の後正常の海水に入れ換へるに、卵は精液で受精した卵と同様に室内温度で發達するのである。(註。もし幼虫が養はれなかつたら、精虫で受精した卵から出来る幼虫は、人工的單性生殖で發達した卵から出来る幼虫よりも永く生きてゐない。これ等の幼虫を養ふのは實に面倒な仕事だから、その仕事をしたことがない。しかしドウラージはさういふ幼虫を二つ生殖期に達するまで養つた。)

人工的膜形成後室内温度で卵が正常に發育する第二の方法は、酸素を含まない海水或は、青酸加里の痕跡を加へた海水に約三時間入れて置くことである。卵は正常の海水に入れ更へられてから何時もさういふわけではないが屢々發達する。だからこの方法は前に述べた第一の方法程全く確かではない。

だから海膽の卵の人工作用の形成刺戟には二相あることが分る。即ち第一は膜形式の人工的誘因、第二は短期間高滲透壓的溶液で卵の二次的處分である。(或は酸素を含まないか或は青酸加里を含んでゐる等滲透壓的溶液で永い間の處分)。

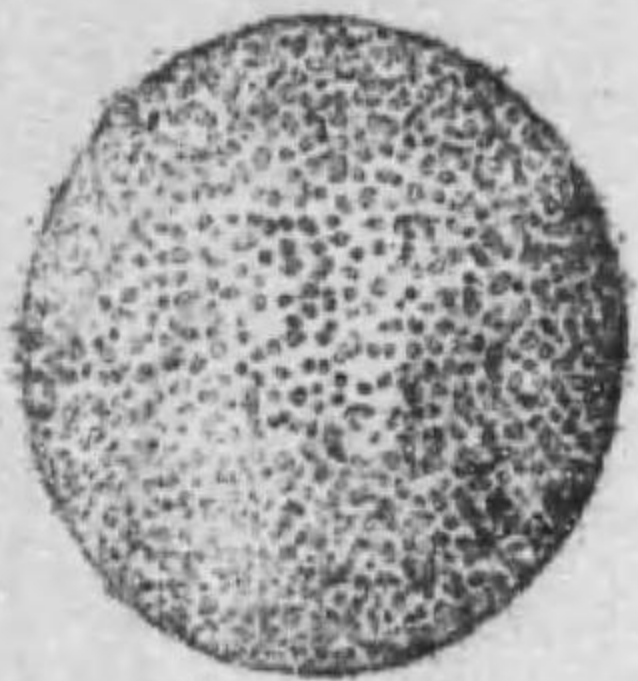
これ等の観察は只海膽の卵丈けに可能ではないと附言したい。同様な観察は環蟲類(ポリネ)や海盤車(アステリア)の卵にも行はれた。これ等の動物では人工的膜形成は卵を幼虫に發達させるに屢々十分である。しかしアル・リールが海盤車で、私がポリネで發見した如く、もし卵を上述べの方法の一つで二次的に取り扱へば、卵の幾分は分裂の状態も幼虫期に達することも改良されるのである。だから環蟲類と海盤車類との實驗は次の二つの事實を確めた。即ち第一に膜の誘因は形成刺戟に最も主要なものである。そして第二に高滲透壓的溶液(或は酸素を含まない等滲透壓的溶液)で卵の二次的處分は、只矯正的影響を持つといふ事實を確めた。これは多分膜形成に關聯した二次的有害影響を中和するらしい。

三

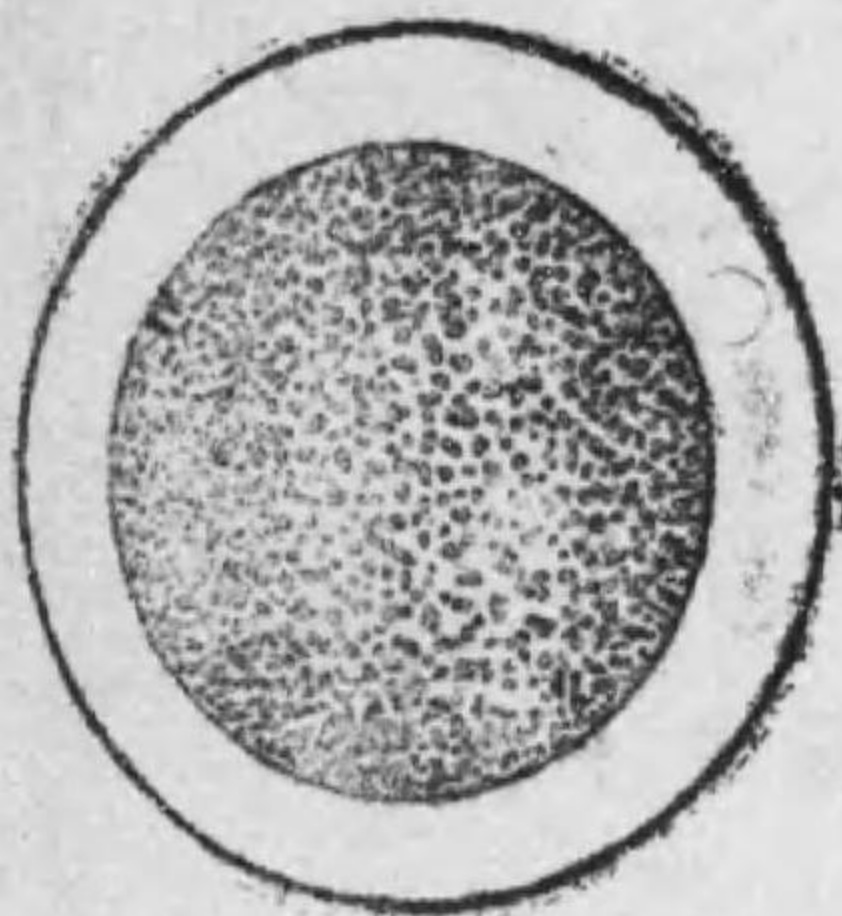
さて吾々は上述の二つの試藥物の機制に就いて少しく立ち入つて研究してみやう。さうして脂

肪酸は膜の形成を起すこも出来るか。この疑問の解答を得るには先づ脂肪酸と同じ働きをなす他の試藥物が存在するか否かを發見しなければならぬ。細胞分解を起す總ての試藥物は、又膜形成を起すこも分つてゐる。例へば先づサポニン、ソラニン、デイギイタリン、胆汁塩類、石鹼等の如きは特に細胞分解的試藥物である。これ等の試藥物、特にサポニン、ソラニン、デイギイタリン等を用ひて行つた實驗には奇妙な結果が表はれてゐる。海水にサポニンを溶かした弱い溶液に、未受精の卵を入れるれば、先づ第一に受精膜が出来る。

圖九十三第



圖十四第



圖一十四第

