

圖二十四第

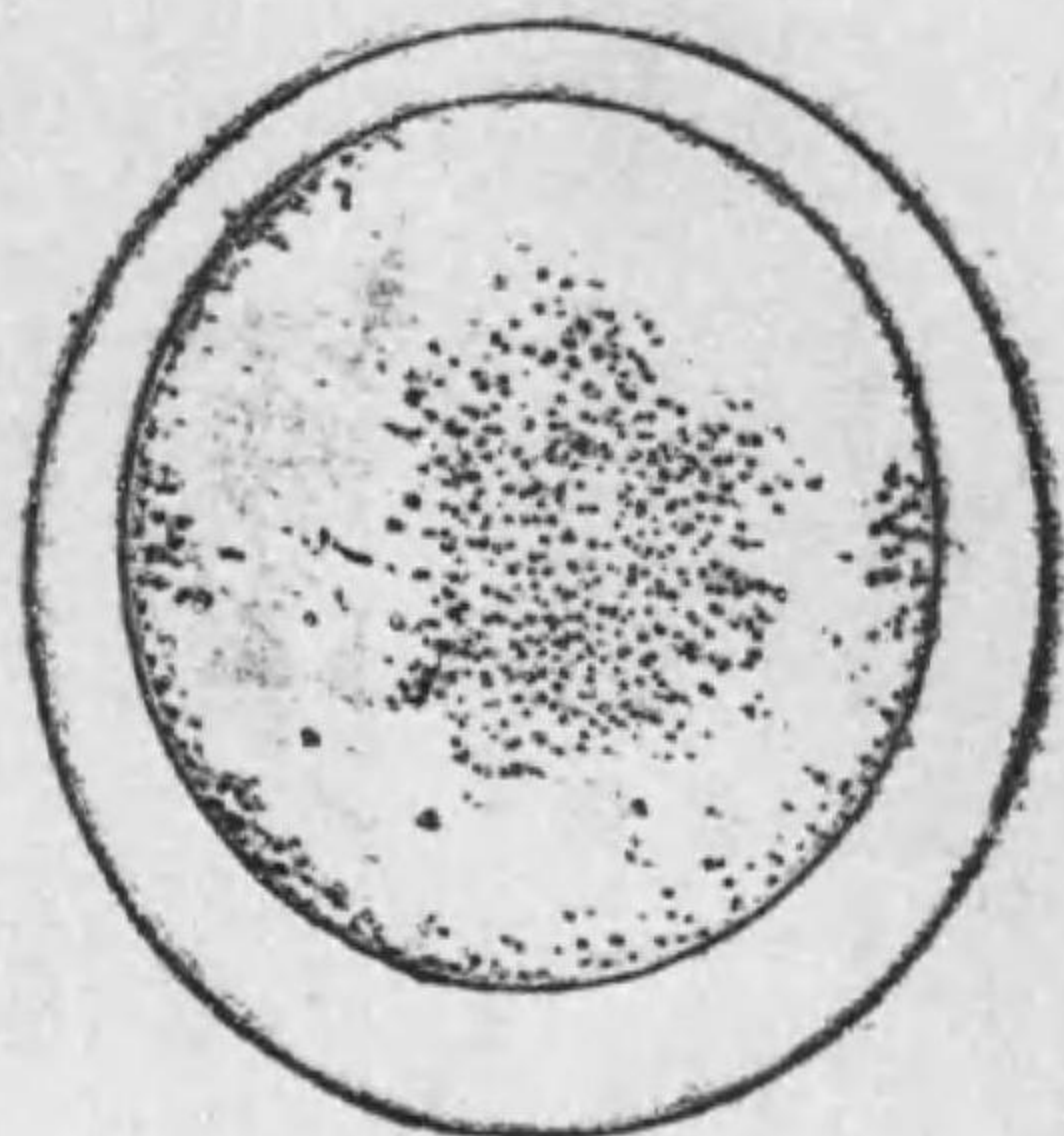


Fig. 42

圖三十四第

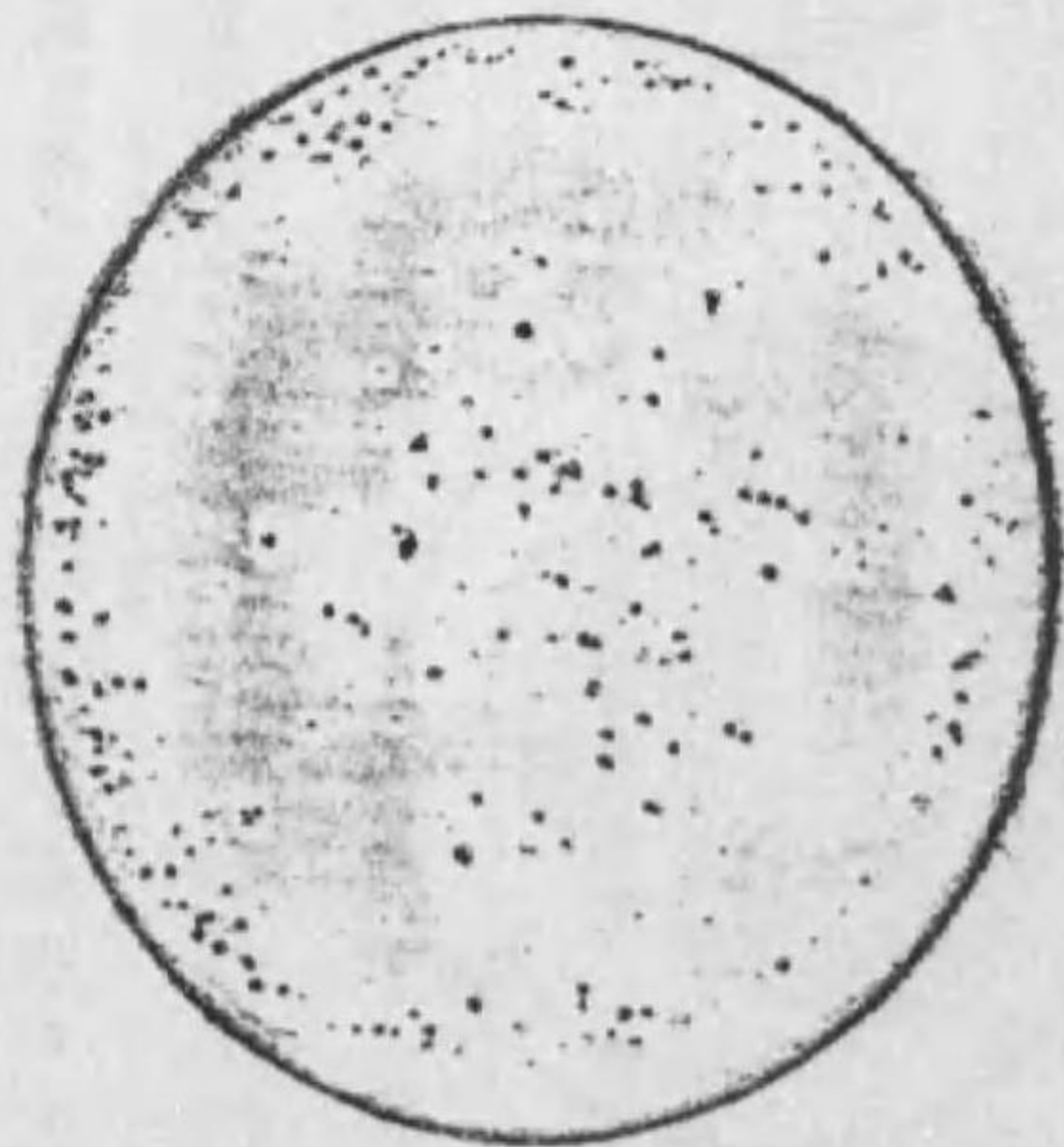


Fig. 43

第三十九から四十三圖。海水の中の弱いサポニン溶液の中で海膽の卵の膜形成をそれに續いて起る細胞分解。自然からの寫眞畫。第三十九圖は實驗の始めの未受精卵。この状態で卵は少量のサポニンの入った海水の中に入れられた。次下の圖はこの溶液の中で起つた卵の變化を示すものである。第四十圖は八分後サポニンの影響を受けて膜形成。もしこの時期に卵をサポニン海水から取り出し、洗つて約半時間高滲透壓的液に入れて置くと、正常の海水に入れかへてから、卵は幼虫に發達するだらう。しかしもしサポニン溶液に入れたまゝにして置けば、第四十一、四十二と四十三圖に示したやうな細胞分

解が直ぐ起る。上の繪では卵の細胞分解は膜形成五分後に第四十一圖の所の所から始まる。第四十二と四十三圖に示した階段は又數分後に起るのである。

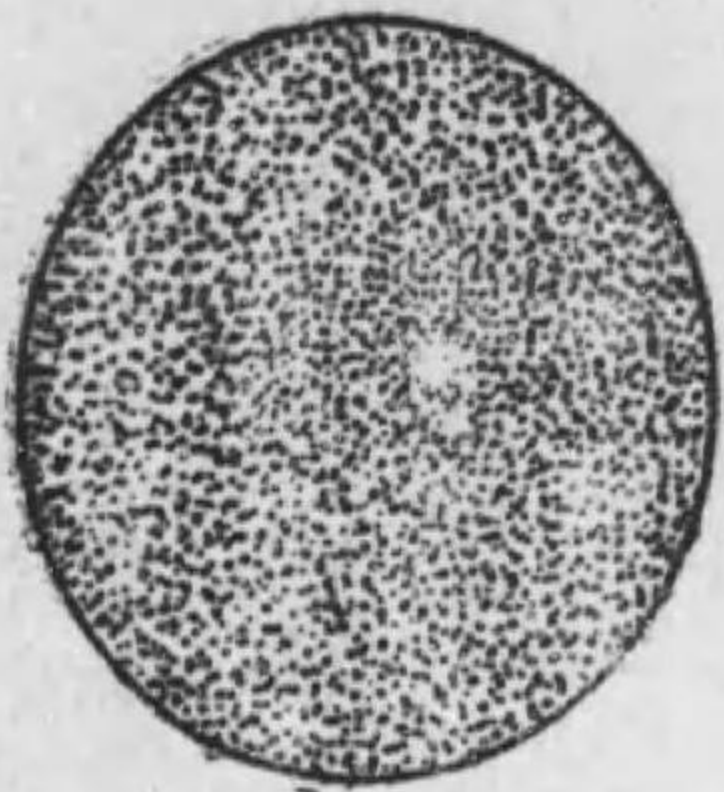
次には時として數分間休息が起る。この休息後突然卵の全體の細胞分解が起る。この休息中に(即ち膜が出来た後、しかし卵の細胞分解が未だ起らない前)サポニンを含む海水から卵を取り出し、卵を數回海水で洗つて、全くサポニンの痕跡を去れば、卵は恰も脂肪酸で膜形成を起したと同様に成る。かやうな卵は發達し始めるが、室内温度では最初の核分裂以上には發達しない。しかし卵を高滲透壓的海水に三十分間入れて置けば、正常の疵狀體即ち骨格を持つ幼虫に發達するこゝが出来る。

細胞分解を起す試薬物の第二群はアミレン、ベンゾル、トリユオル或は比較的弱功のクロロフオーム等の如き脂肪を溶解する特殊の炭水化物である。ヘルトウイヒは已にクロロフオームが膜形成を起すこゝを觀察してゐた。又ヘルプストはベンゾール、トリユオル等でも同様の効果を生ずるこゝを見た。しかしこれ等の物質は膜形成後殆んど即時に卵の細胞分解が起る程激しく働ら

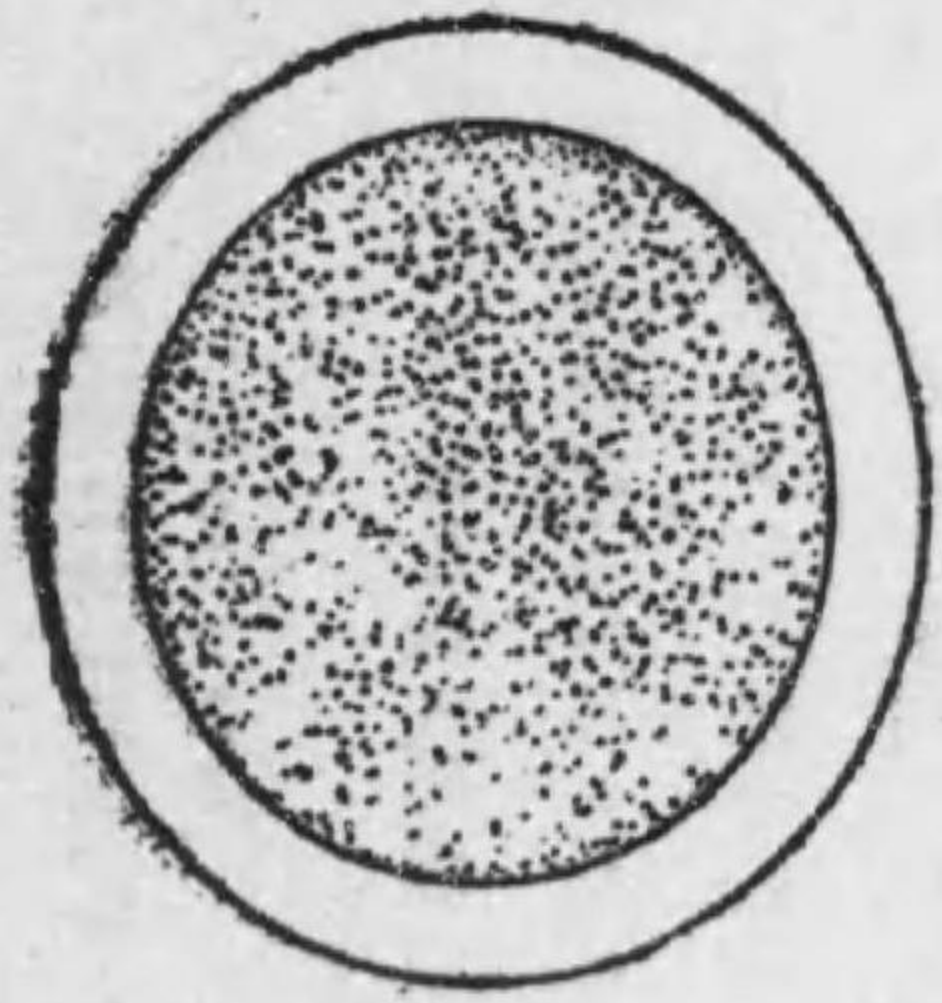
くのである。この理由から上記の著者達は膜形成が卵の發達に相伴ふことを確證し得なかつたのである。しかしもしアミレン或はベンゾールを唯の一瞬間働かせ、それから直ぐに卵を正常の海水に移せば、或卵には二次的細胞分解が起らないで、膜形成が出来る。私は確信するに至つた。もしかやうな卵がその後高滲透壓的の海水に浸さるれば卵は幼虫に發達する。

尙他の細胞分解を起す試藥物ではエーテル或は酒精等である。これ等の試藥物では又卵の細胞分解を起す前に膜が出来る。

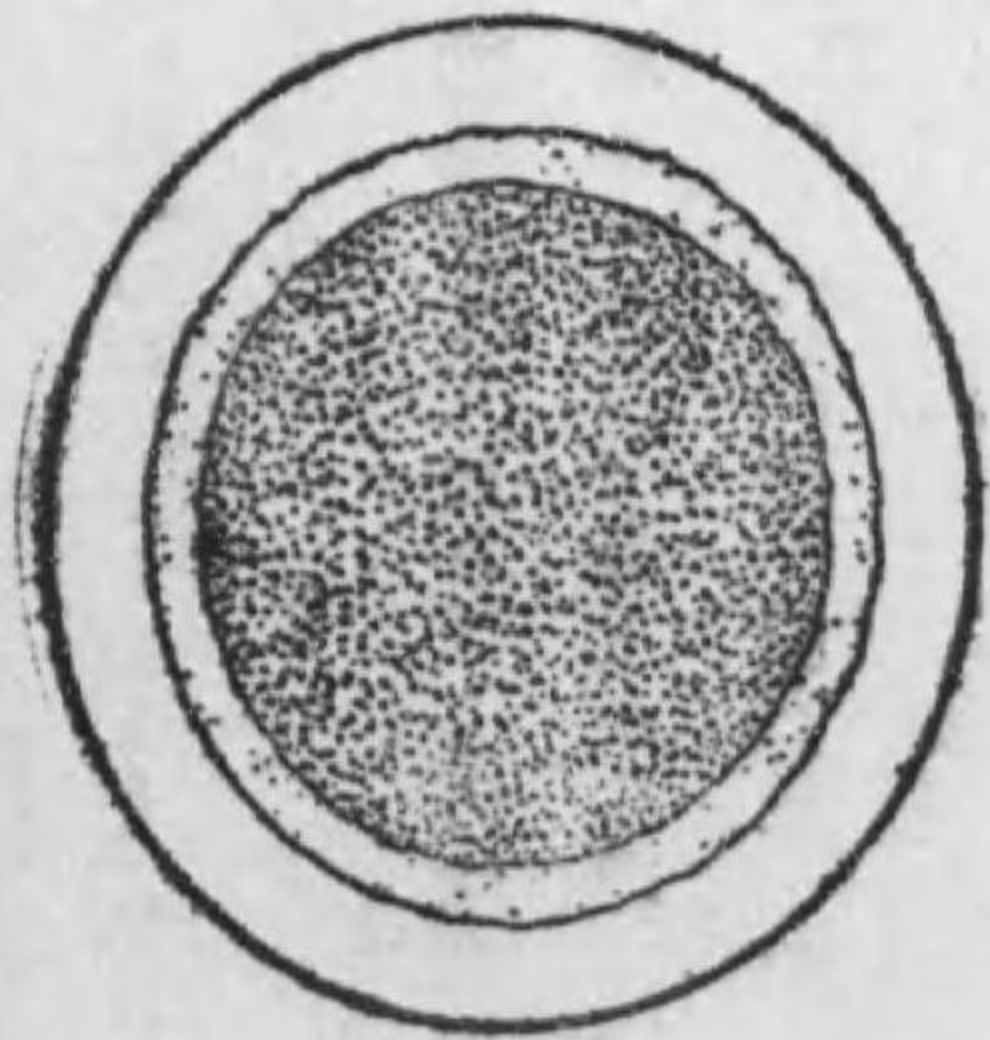
圖四十四第



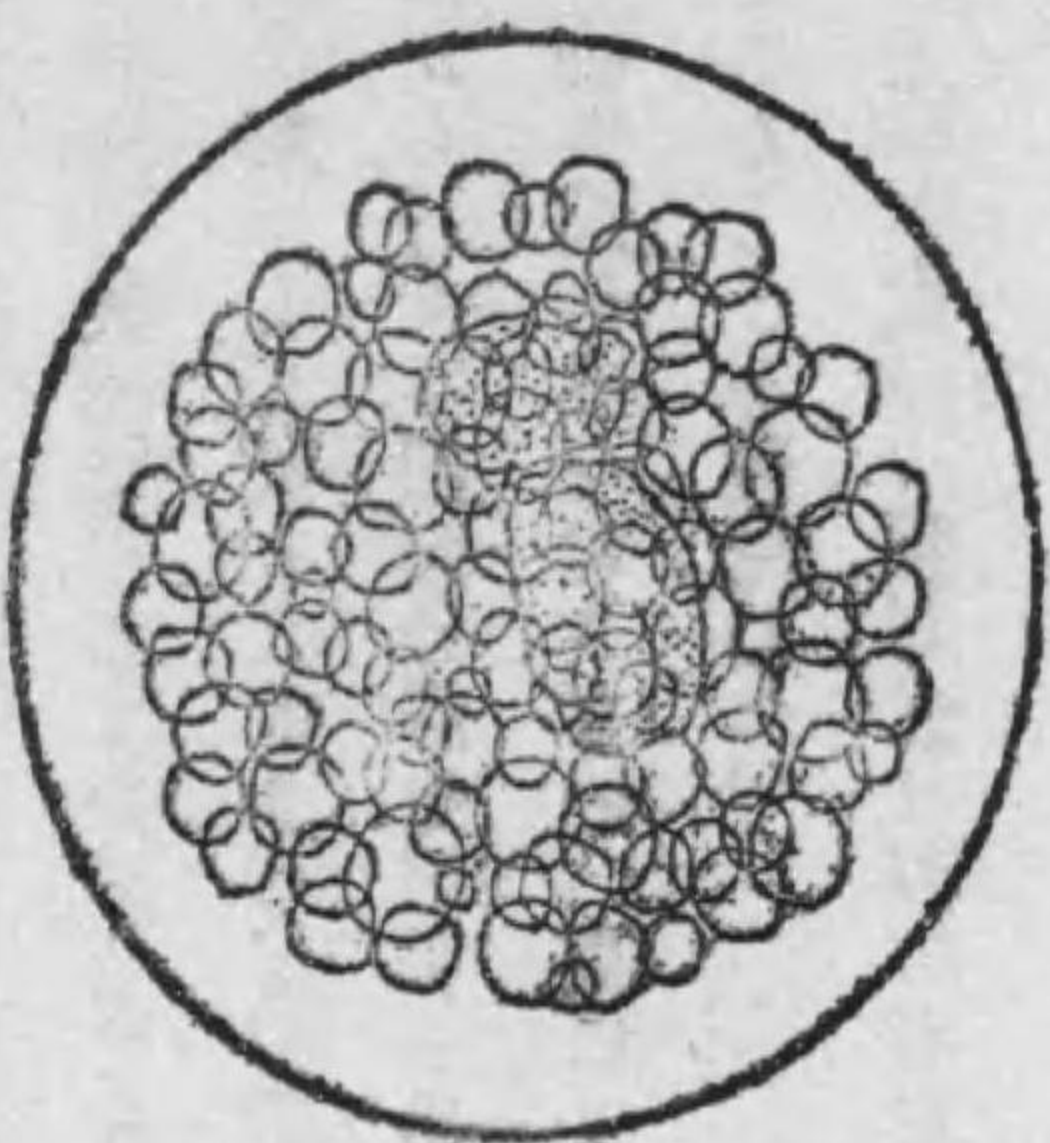
圖五十四第



圖六十四第



圖七十四第



第四十四から四十七圖。海水に極少量のサリシルアルデハイドを加へた結果、卵の膜形成とそれに續いて起る細胞分解。寫眞畫。第十四圖は實驗の始めの未受精の卵。第四十五圖はサリシルアルデハイド海水の中で膜形成。第四十六圖は細胞分解の始め。第四十七圖は細胞分解完成。この場合に細胞分解した卵はサボニンの中で細胞分解した卵の外観とは全く違つた外観を持つてゐる。

もし卵の膜形成後直ぐに上述の溶液から取り出せば、細胞分解は起らないですむ(第四十四圖から第四十七圖参照)。

塩基類でも亦膜形成が起るが、その働きは寧ろ遅いし又、遊離酸素がなくては駄目である。この場合にアルカリは只酸化作用を加速するものとして働くもので、酸化の産物が膜形成の眞の原因であるこの印象を受ける。この後暫時卵を高滲透壓的溶液に入れた丈けて、大抵膜形成が出来

る。この方法では卵は幼虫に發達するのである。

温度の増加も亦細胞分解を起すこゝが出来ぬ。紫海膽の卵は何時でもこゝいふ譯ではないが屢々攝氏三十四五度で受精膜を形成するこゝを私は觀察した。この温度では殆んど直ぐ卵が死ぬからこの處分を施せば、卵は最早發達が出来ない。しかし海盤車、アステリア、フォルベスシの卵は膜が出来た後さう俄かに死ぬものではない。そしてアール・リリーは温度を増して膜形成を起すこゝ卵は幼虫に發達し得るこゝいふこゝを示した。又フオン・クナフルは暫時高温度を働かするこゝ、卵は細胞分解をして死んでしまつて、『幽霊』に變形するこゝいふこゝを示した。

だから吾々は細胞分解を起す一切の試薬物は又膜形成を起すこゝ確信する。逆に細胞分解を起さない物は膜形成を起さない。更に又これ等の試薬物の細胞分解力は膜形成を起す力と並行するものであるこゝを發見した。

以上の事實から膜形成は卵の表皮層の細胞分解に依るこゝいふ推論を下す。尙未受精の卵の表皮層と中心部とを區別しなければならぬこゝについては後に述べやう。この卵の表皮層は極めて

薄いものである。發達刺戟の主要點は卵の表皮層の細胞分解である。そしてこの細胞分解は精蟲によつて起されるのである。

## 四

膜形成に伏在する細胞分解は卵の發達を起すが、通例この膜形成後卵は病的であるこゝに述べた。吾々の考を統一するために、卵が正常に發達する前に、廢滅するか或は破壊するかしなければならぬ物質が、膜形成によつて出来るこゝ先づ假定する。もし卵が上に假定した有害物を澤山含んだ儘發達し初めるこゝすれば、卵は病的で且つ早く死んでしまう。この假定的物質の破壊は次の二つの方法で出来る。第一は卵を暫く高滲透壓的溶液に入れる法である。私がこの事實を見出した當時は、高滲透壓的溶液の作用に就いて推論を下すこゝの出来るやうな類似の事實は知れてゐなかつた。かやうな溶液は人工的單性生殖では遊離酸素がある時だけ効力があるこゝを示すこゝ

こに私は成功した。高滲透的溶液から酸素を取り除けば、この溶液は何の影響も起さない。又この溶液に青酸加里を少し加へても、この溶液の影響は十分ない。青酸加里は細胞中の酸化作用を妨げるから、高滲透的溶液は唯酸化経路の變更によつてのみ働くこに分る。

卵の生命を助ける第二の方法は、膜形成後殆んど酸素のない海水に約三時間入れて置くか、或は卵の中の酸化作用を妨げる青酸加里の痕跡を入れてもいゝ。その後遊離酸素を含む正常の海水に卵を移せば、卵は屢々正常に發達した。(註。これ以下の事實の討議は、次の章「受精によつて豫め卵の斃死を防ぐ法」の論文中にある。)

## 五

これ迄は人工的單性生殖のここ丈けを論じた。これから精蟲が卵を發達させる原因を論じやうと思ふ。精蟲によつて起る卵の形成刺戟は果して人工的單性生殖のそれと同特性のものであるか

この疑問には確答が出来る。精蟲は少くも二つの物質で卵の正常發達を起す。この一つは人工的單性生殖に於ける酪酸或はサボニンのやうに働くので、卵の薄い表皮層に細胞分解を起すのである。第二の物質は高滲透的溶液のそれと同様の影響を持つてゐるものである。この見解の確實性は精蟲の二つの影響を分離するこに私が成功した事實で證明出来るのである。

もし上述の精蟲の二つの試薬物を分離しやうと思へば、卵を取つた海膽と同種類の精蟲を用ひるこには出来ない。なぜならこの同種類の場合には精蟲が卵と接觸すれば、直ぐに精蟲は卵の原形質の中に入つてしまう。かやうな工合に精蟲の兩物質、即ち一つは膜形成を起す細胞分解的物質、『矯正』的物質が殆んど同時に有効なる。しかし他種類の精蟲例へば海膽の卵に海盤車の精蟲を加へれば實驗の結果は違つて來る。通常の條件では海盤車の精液は海膽の卵を發達さすこには出来ない。しかし少量の水酸化ナトリウムを加へて少しくアルカリ性にした海水では有効になる。海水の五〇立方糎に水酸化ナトリウム十分の一正規液の〇・六立方糎を加へ、この混合液に生きた海盤車(アステリア・オクラシア)の精液を少し加へるこ、海膽の卵は皆な受精膜を作る

しかし生きた海盤車の精液がこんな結果を示す迄には、時としては十分間から五十分かゝるが、海膽の精液を加へた後では、一分間で同じ結果が生ずるのである。

生きた海盤車の精液を加へて、膜を作つた海膽の卵を正常の海水に入れ更へ、その後の経過を観察すれば、卵が二群に分れることに気が付く。その一群には恰も二つの試薬物の一つ、即ち細胞分解的物質が起したと同様に働く。これ等の卵は室内温度では唯核分裂の初期を現はす丈けて死んでしまうが、低温度では少し發達するかも知れない。しかし海盤車の精液で膜を作つた後、その卵を三十分から五十分間程高浸透壓的溶液に入れば、卵は全體室内温度で大抵正常の精蟲に發達する。第二群の卵は高浸透壓的溶液で二次的處分をしないで正常の精蟲に發達するのである。

この二群の卵の動作の違は何に原因するか、この點は卵の組織學的試験が解決する。私の助手エルダー氏は卵に海盤車の精液を加へてから、二次的に高浸透壓的溶液に入れなくて正常の幼虫に發達したものには精蟲が卵の中に入つてゐた。しかし單に人工的膜形成が起つた丈けの卵には精

蟲は入つてゐないことを發見したのである。

卵、異種類の精液による卵の動作は、精蟲が二つの試薬物によつて卵の發達を起すに假想すれば良く解る。この二つ物質の中の一つは細胞分解的物質、所謂リジンである。この物質は多分精蟲の表面にあるらしい。このリジンは膜形成を起す丈けである。そして人工的、性生殖法に於ける尿酸のやうな働をするのである。第二の物質はもう少し精蟲の内部にあるかと思はれる。そしてこの物質は暫時高浸透壓的溶液、取り扱つたと同様の影響を卵に與へるものらしい。卵の正常の發達は精蟲が卵に入つて始めて起つて來る。なぜならこの場合には細胞分解的物質と矯正的物質との二つの試薬物が卵に入るからである。異種類の精蟲は徐々に卵に入ることは既に述べた。もし精液が全部原形質に入らないで、一部分卵の表面に入れば、精蟲表面に附着してゐるリジンは膜形成を起すべき卵の表皮の細胞分解を起すに足る丈け十分溶解するのである。かやうな卵は精蟲からリジン丈けを受け取る。だから卵は恰も尿酸を用ゐて膜形成を起したやうに働く。これは精蟲が膜の形成に除外されたからである。

一般に紫海膽の卵では、生きた海盤車の精液を入れるだけでも膜形成が起る。しかし死んだ海盤車の精液の越幾斯では同じ濃さにしても卵に影響がない。この事實は以上の実験での膜形成は精液を一所に加へた海盤車の血液が起したといふ可能性を否定するに大切なものである。

リジンを精液から分離し得るこいふ事は、海膽の他の種類の紫海膽の卵で證明するこことが出来る。この卵はリジンに大變敏感なものである。これ等の卵は攝氏六十度或は以上に熱して殺した海盤車の精液の極く稀薄な水分の多い越幾斯で膜の形成を起すこことが出来る。かやうな卵は膜を作つてから暫く高滲透壓的海水に入れ、ば庇狀期に發達さすこことが出来る。海盤車の精液の代りに他の異種類の精液を用ひるこことも出来る。私は生きた鮫の精液或は牡雞の精液でさへ、海膽の卵に膜形成を起すこことが出来た。かやうな卵は恰も酪酸の助で膜形成が出来たやうに働く。室内温度では卵は發達し始めるが病的で直ぐに死んでしまう。しかしもし後で高滲透壓的の溶液に入れば正常の庇狀期に發達する。この場合にはリジン丈けが卵に入つたので、精虫は入らなかつたのである。だからかやうな卵は室内温度で正常の發達を起さすやうにするには、二次的に高滲

透壓的海水に入れる必要がある。

## 六

精虫の中にあるリジンが卵を發達さす形成刺戟だこいふ考は實驗的に試験するこことが出来る。吾々は血液の中には異種の血球を破壊するリジンがあるが、血液は同種の細胞は破壊しないこことを知つてゐる。もし精虫は膜形成を起すリジンの作用によつて卵に働くこいふ考が正しければ、未受精の海膽の卵は異種の血液で膜形成を起すこことが出来る筈である。事實は確にさうである。私は三年前に蠕虫、即ちシブンキユリテエスの血液は海水で百倍或は以上に薄めても海膽の卵に膜形成を起すこことが出来るこことを示した。しかしこの影響は海膽の卵の約二割にあつた丈けて、凡べての雌の卵には生じなかつた。この違はリジンに對する卵の透過性の差異によるこ思ふ。そしてその透過性の度合は違つた雌の卵には多少の不同があるらしい。

私は無脊推動物の血液の影響の試験に時間を費す代りに、温血動物の血清の影響を試験した。

(註。この論文を書いてから、數種の無脊推動物の血液及び機官の越幾斯を用ゐて、海膽の卵の膜形成を起すことを成功した)。私は牛、羊、豚、兎等の血清で紫海膽の卵に膜形成を起すことが出来た。かやうな卵は生きた牡雞の精液或は酪酸で取り扱つた卵のやうであつた。この卵は發達し始めたが、室内温度では病的になつて直ぐ崩壊した。しかし膜の形成の後、暫らく高滲透壓的溶液に入れて置けば、室内温度でも發達した。だから血液はリジン丈けを含んでゐるが、尙十分發達するに必要な第二の物質は持つてゐない。この理由から血清で取り扱つた卵に正常の發達を起すには、高滲透壓的溶液で第二物質の作用に代用する必要があるのである。

血液のリジンは精虫のそのやうに熱に對しては割合に抵抗力がある。血液は攝氏六十度或は六十五度で暫く熱しても膜形成を起す力は失はない。(註。膜形成を起す物質はアセトンで沈澱するところ出来る。)塩化ストウロンチウム及び塩化バリウム(原書には *BaCl<sub>2</sub>* になつてゐるが、これはシソ分變化バリウムの誤植であらう。譯者註)が血液の膜形成力を増すのは不思議である。

血液ばかりでなく異種の機官の越幾斯も亦海膽の卵に膜形成を起す。海盤車の越幾斯は殊に有効である。

異種例へば海盤車、一種の貝類、一種の蠕虫、蟻、雞の死んだ精液が、紫海膽の卵に膜形成を起すといふ事實は既に述べた。紫海膽の同種の卵に同種の死んだ精液の越幾斯で行つた實驗は失敗した。又この種の組織からの越幾斯に對しても同じく失敗であつた。(註。もし卵を塩化ストウロシテニウムで麻酔すれば、幾分かは海膽の越幾斯で發達させることが出来た。しかしこれは例外的に過ぎない。)何が同種からの異種からのリジンの作用に違を起すのであるか。吾々の血液のリジンは吾々の細胞を害さないが、異種族の細胞を害することを知つてゐる。だから卵及び卵以外の細胞はそれ等と同種の血液或は組織等のリジンに對して免疫性がある。

吾々の實驗はこの免疫性の性質を明かにするものである。吾々の血液の中にあるリジンが吾々の細胞を害しないのは、それは只二つの事實の中の何れかによるのである。吾々の血液にあるリジンは異種の細胞には透過するが、吾々自身の細胞には透過しないかである。或は細胞は身體

のリジンに對しては抵抗素を持つてゐるが、異體のそれに體しては持つてゐない。血液のリジンのこゝに關しては上述の二つの可能性の何れも確定するこゝは出来ない。しかし精虫のリジンに對しては決定するこゝが出来ゐる。海膽の死んだ精液からの越幾斯は、海膽の卵の中に透過するこゝが出来ないといふ單なる理由から、海膽の卵には効果が無い。なぜならもし海膽のリジンが生きた海膽の精虫（リジンのために動力<sup>モーター</sup>として働く）によつて海膽の卵の中に入つたこゝすれば、そのリジンは大變に活動的で、多分異種のリジン以上に活動的である。もし海膽の卵が海膽の精液リジンに對して抵抗素を含んでゐるなら、海膽の精液は海膽の卵に入つた時でも膜形成を起すこゝが出来ない譯である。

吾々は今異種の精液で海膽の卵の膜形成及び發達を起すのに二つの異つた方法があるといふ矛盾した事實を了解する。即ち第一は生きた精液、第二には死んだ精液の越幾斯である。しかし同種の精液は只生きてゐる時丈け卵を發達せしめる。吾々は今本章の初めに仄めかしたこの理由、即ち精液の越幾斯で卵を發達させやうとした私の最初の實驗が、なぜ失敗したかといふこゝが解

る。これは卵を取つたのこゝ同種族の精液越幾斯を用ゐるこゝが必要だこゝ早合點したからであつた。この最初の實驗ではリジンは卵の中に透過するこゝが出来なかつたのである。

同種の血液及び組織中に溶解したリジンに對して、卵細胞の免疫性を一層深く解釋するのは、或る種のリジンは同種の卵に透過するこゝが出来ないといふ事實の説明によらなければならぬ。もし卵細胞の免疫性を説明した同じ原理が、同種の血液の中のリジンに對して身體細胞の免疫性にも適用されるこゝすれば興味があるだらう。

だから吾々は精液に生殖力のある物質はリジンだといふこゝが出来ゐる。そして從來は只微菌に對する防禦の試藥物としてのみ知つてゐたリジンは、生命現象の機制にも生理學上肝心な役目を持つてゐるらしいといふ考を述べて置きたい。吾々の精虫の發達作用の學說をリジン説と名づけやう。これによつて卵の發達の衝動は精虫の中にあるリジンが附與するといふこゝを示す。人工的單性生殖では吾々は天然のリジンの代りに細胞分解物質を代用する譯である。通例（始終てはない）卵の正常の發達にはリジン作用の外に尙人工的單性生殖に於て高滲透壓的溶液が興へる如



き第二の矯正影響が必要である。

## 七

異種動物の人工的單性生殖の實驗によつて違つた動物の卵は、單性生殖的發達に對し違つた傾向を持つてゐることが分る。或る卵では實驗者が用ひた物質で發達を起したのであるか或は、實驗の際の偶然な條件のために發達したのであるか、全く區別が出来ない程容易く發達することが出来る。蠶や海盤車、或る蠕虫の卵等はこの種類に屬する。海盤車の卵の研究中に往々少數の卵は正常の海水の中で、説明すべき何の原因もなく浮遊の幼虫に發達するのを觀察することが出来る。一方にはキヤリフォルニア産紫海膽の卵は、單性生殖的に分裂する傾向は少しも持たない。唯上述の特殊な定期的方法だけが彼等を發達させるのである。この理由の下に私は同一刺戟が同一結果を與へることが何時も確實なつたから、特に實驗的刺戟の性質の研究にはキヤリフォルニ

ヤ種の卵を選んだのである。それは例へば海盤車の卵では卵の或る内的條件或は、實驗中に氣付かなかつた些細な二次的條件のために發達を起したのでないか全く確でない。海盤車の卵のやうに自發的發達の強い傾向を持つてゐる卵は、發達の刺戟の性質の研究には最も良い材料ではないが、尙何故に或る卵は他の卵よりも一層單性生殖的發達の強い傾向を持つやうになつたかといふ疑問に解答する。

マシウスは海盤車の卵を靜に震倒すれば「自發的に」發達する卵の數を増加し得ることを觀察した。私も環蟲類の卵に就いて同様の觀察をした。海膽の卵では誰も未だ上述の結果を得ることは出来ない。もし自發的に發達する一層強い傾向を持つてゐる海膽の卵を發見することが出来れば、震倒に依つて自發的に發達する卵の數を増加し得ることが發見されるだらうと私は信じてゐる。

私は更に果して機械的に海膽の卵に細胞分解を起させ得るか否かを試みた。指先で海盤車の卵を少しく壓すれば、後で卵を離れた卵の多くが細胞分解を起してゐるのを發見した。この細

胞分解は卵膜を破つて生じたのではない。反對にこの場合には卵の細胞分解は何時でも受精膜形成後に起る。そしてこの機械的壓迫のために細胞分解を起した海盤車の卵では、この膜は損傷しないで残つてゐる。しかし海膽の卵では軽く壓して細胞分解を起すことは出来ないのである。

自發的に發達する海盤車の卵は始めに膜を作る。もし震倒作用が先づ膜形成を起せば、震倒した丈けて海盤車の卵の發達を起すのである。だから海盤車の卵の自發的に發達する強い傾向は、この卵に細胞分解を起すことが一層易いといふことによるのである。

震倒或は壓迫丈けて如何して膜形成や細胞分解を起すことが出来るか。この事實は最初ブツチユーリーが細胞質は乳狀液であると言つた假説によつて極めて容易に了解されるやうに思はれる。それでは膜形成及び細胞分解は、この乳狀液の破壊によるといふことにならう。吾々は異つた乳狀液は各々異つた度合の持続性を持つてゐることを知つてゐる。軽度の壓迫のために細液分解を起す卵は、壓迫がかやうな影響を持つてゐない卵よりも、一層弱い持続性の乳狀液を持つてゐるのである。先づ膜形成並に細胞分解は乳狀液の破壊によるものだを假定する。この場合には膜形

成は唯卵の外皮層にある乳狀液の破壊によるのである。卵のリジンは卵の外皮層にある乳狀液丈けを破壊し、それによつて發達を起すのである。自發的單性生殖の發達のために或る動物の卵の強い傾向は、卵の外皮層を組織する乳狀液の持続性が比較的に少いからである。しかしこの假説は卵の活動のリジン説にまつては肝心なものではないと言はなければならぬ。

## 八

膜の構成は單に卵の外皮層の細胞分解であるといふ假定は、卵の外皮層は他の部分の細胞質とは違つてゐることを豫想する。ブツチユーリーは己に組織學上の觀察を基礎として如上の結論に達した。私は未受精の卵に對する細胞分解的試薬物の作用の觀察に基いて、この見解を是認するやうな傾向になつてゐる。この上受精の卵に對する試薬物の作用は常に二つの段階で起る。この段階は互に屢々可なり長期間相離れてゐるのである。第一段は卵の表皮層の細胞分解で、第二段

卵の全部分の細胞分解である。これは海水の中でサポニン或はソラニンの入った弱い溶液で實驗すれば最も明白に表はれる。この場合では最初に膜形成が起り、それから屢々數分間の休息をなし、そして卵全體の細起分解が起る。もしサポニンの代りにベンゾルを用ひても、膜形成は卵全體の細胞分解との間に休息を觀察する。しかしこの休息は時間が極めて短く、一秒の何分一或は永くて二三秒間に過ぎないのである。

原形質の表皮層と他の部分との間には定性的差異があることは直接に示すことが出来る。もし人工的膜形成のために蟻酸からキャプロニック酸までの間の下級脂肪酸類を用ゐれば、表皮層の細胞分解即ち膜形成だけは觀察されるが、卵全體の細胞分解は觀察することが出来ない。しかしもしヘプトイリツク酸以上の高級脂肪酸類を用ひれば、常に短い休息の後に卵全體の細胞分解が膜の形成に引續いて起るのである。

血液や精虫にあるリジンは、私の現在の經驗に依れば、細胞質の表皮層丈けには働かぬが、卵の他の部分には働かない。そして膜形成を發達させるが、膜全體の細胞分解は起らないのである。

もし原形質は乳狀液構造を持つといふブツウチュウリーの考に立ち歸つて見れば、吾々は卵の表皮層の乳狀液は他の部分のそれとは違ふといふ見解に達するのである。凡べて一般の細胞分解的試薬物は、卵の表皮層並に他の部分も破壊するのであるが、他に卵の表皮層丈けを破壊する細胞分解的試薬物もある。

## 九

如何にして卵の表皮層の細胞分解は膜形成になるか。この點に關してフオン・クナツフルは次の意見を述べてゐる。『原形質はリポイドに富んでゐる。原形質は多分主にリポイドと蛋白質との乳狀液である。リポイドを分解する物理的及び化學的試薬物は、凡べて卵の細胞分解を起すものである。もしリポイドの状態を化學的或は物理的手段で變更すれば、卵の蛋白質は只膨脹するか或は溶解するかである。細胞分解の機制はリポイドの溶解並に二次的に蛋白質の吸水による膨脹

或は液解に依つて起るものである。……これは膜形成に脂肪質の溶解によつて生ずるこいふロオエプの見解を確めるものである。』

フホン、クナツフルの結論は乳状液の性質に關して、多少の修正を加へた上承認するこいふが出来る。乳状液は彼が假定する如く、唯この二物質或は二相を要するばかりでなく、更に第三の物質を要する。第三の物質は乳状液を一層長く持續する役をなすものである(レイライフ卿の説)乳状液の小滴は其の小滴と第二相との間の表面張力を減ずる物質の薄層で圍まれてゐる。この安定を起す物質だけはリポイド、特にコレステリンから出来てゐるこ私は假想する。乳状液を組織する他の二相は必ずしもリポイドでなくてもいゝのである。假りに吾々の考を綜合するために、これ等の相の第一は水氣の少ない蛋白質で、第二は蛋白質の少い水であるこ假定する。これ等の二相の存在はハーデイによつて確立された。この見解によれば、卵の表面の乳状液はリポイドの安定なる薄皮(コレステリン或はレシテイン)で圍まれてゐる水氣の少い蛋白質の小滴系から出来てゐる。もし海膽の卵がベンゾールのやうなりポイド溶媒で取り扱はるれば、コレステリンの

安定な薄皮は溶解されて、蛋白質の小滴は水を吸収するこいふが出来る状態になる。もしサボニンを用ゐれば、サボニンの作用で起つたコレステリンの沈澱によつて薄皮は破壊される。水の吸収は卵を圍んでゐる表面の薄皮を押し上げて来る。(註。こゝでは受精膜は未受精の卵に既成されてゐて、その膜の下層の細胞分解のために押し上げられてゐるこ假定しての話である。私は自著「動物の卵の化學的發達刺戟」の中に述べた如く、受精膜は又海水成分(カルシウム?)のために、表皮層が分解した成分の反應によつて形成される沈澱膜であるかも知れない。暫くさちらの見解を採用しても、本文に論ずる問題には差支はない。)

吾々の問題には直接關係してゐないものだが、この表面皮の性質に關して二三の注意を加へて置きたいこ思ふ。オヴァトンやケエペーによれば、細胞の表面皮はリポイドで出来てゐる。尙ケエペーに依れば、細胞分解は、この表面皮の溶液或は破壊によつて決定されるこいふ。しかしこの見解は維持するこいふが出来ない。何故なら受精膜の形に押し上げられてゐる表面皮は、蛋白質で出来てゐるので、リポイドでは出来てゐないからである。これは受精膜は如何なるリポイドの溶

媒でも、絶體に溶解しないといふ事實によつて暗示されてゐる。尙又卵が「幽霊」に變形した時でも、この膜は全く害はれないで残つてゐるのである。

## 十

靜かな震搖或は只の壓迫で海盤車の卵に受精膜の形成を起すこゝが出来らるから、この膜は未受精卵に明かに豫成されてゐるものである。もしこれが眞實であれば、膜形成の徑路はこの表面皮と細胞質との間に海水が入つて、下にある細胞質から豫成皮を押し上げるので出来ると言はなければならぬ。この徑路では表面皮が變化を受けるのである。なぜなれば精虫は膜形成後でなく前に卵に入ることが出来るからである。表面皮の性質の變化は單に膜形成後に精虫が卵に入るのを妨げるといふこゝは、膜を機械的に破れば精虫が卵に入ることが出来るといふ事實で證明するこゝが出来らる。これは表面皮が豫め未受精の卵に出来てゐても、この皮が海水層によつて細胞質

から押し上げられる時より更に一層細胞質と接近する時には、この表面皮は違つた性質或は違つた構造を持つものであるこゝを證明する。

膜形成は卵の表皮層に於けるリジン或は細胞分解的試薬の作用で決定され、その結果この層にある蛋白質は海水を吸収し、それがため溶解するといふこゝを吾々は假定した。この假定には二つの重要點がある。第一に受精膜には海水や結晶體性物質は透過するが、膠質は透過しないこゝである。この見解の正しいこゝは證明が出来らる。もし受精膜を持つてゐる卵の入つた海水に溶解した卵の蛋白、タンニン、或は血清の一定量を加へれば、膜は陥落して細胞質の周圍に堅く附着してしまふ。この理由は膜と細胞質との間にある液體の殆んど全部が周圍の海水に出してしまふからである。もし上記の卵は正常の海水（蛋白質のない）に入れ返せば、海水は再び膜と細胞質との間に入り、受精膜は細胞質と元々の巨離に離れ、固有の圓形に戻る。だから膜には海水に溶解した膠質は透過しないこゝが分るのである。

もし海水に鹽類を加へるか、或は海水に蒸溜水を加へて薄くしても、膜の張力や直徑は變らな

い。これは膜に鹽類を透過するが膠質は透過しないし、又受精膜を押し上げるのは膠質の膨脹と二次的液解によつて決定されることを證明する。この溶解した膠質は滲透壓と或膠質壓とを起す。そしてこの膜の張力が溶解した膠質の滲透或は膠質壓に平均する迄、海水は卵の受精膜の下に外部から入らなければならぬ。これは又受精膜が通常何故に常に球状をなすかといふことを説明するのである。

さて何故受精の凡べての場合に著しい受精膜が出来ないかといふ理由が解る。これは表皮層の膠質の膨脹度が違つた状態では又違つて来るといふ事實によるのかも知れない。

## 十一

「形成刺戟」の場合即ち卵が發達するやうになつた時、卵に如何な事が起るかといふことについて稍完全な想像が出来る。表皮層の一定物質恐らくリポイドは、リジン或は他の細胞分解

的試藥物によりて溶解し或は沈澱する。その結果表皮層の蛋白質物質は吸水して膨脹する。従來は精蟲は卵に酵母或は醱酵素を運んで卵の發達を起し、そしてこの酵母が發達の機制を活動させるのであると考へられてゐたのである。或る人は精液核或は中心體が入つて發達を起すといふ意見を持つてゐた。しかし吾々は二三時間後に正常の星狀體或は紡錘狀體の形成を觀察するためには未受精の海膽の卵に人工的膜形成を起せば十分だといふことが分る。これは卵と精液核との融合が卵の發達に肝心だとの意見を否定するのである。(註)核の融和は父親の性質の遺傳には勿論大切なことである。精蟲により卵の活動の醱酵説も亦間違つてゐる。もしそれが正しかつたら、一つの精蟲の代りに二つの精蟲が卵に入るか、或は同じ卵に精液での受精作用と人工的單性生殖法とを併用すれば、卵の發達の速度は二倍にはならずとも加速しなければならぬ譯である。しかし實際さうは行かない。何れの場合にしても相繼續した分裂の二期間を経過する時間を短縮するといふことは出来ないのである。(註)これには尙精蟲の性質が何うであらうとも、分裂速度は純粹に卵によつてのみ決定されるといふ他の理由もある)

それ以上の發達は卵の表皮層の細胞分解は如何して卵の發達を起すことが出来るかといふ疑問に關係してゐる。私は表皮層の細胞分解は卵の中に發達に必要な酸素或は水酸化イオン(塩基性)或は、他の物質の擴散を容易ならしめ得るといふ可能性を述べて置く。

## 十二

茲に卵の活動或は形成刺激に關する吾々の結果を摘録しやう。正常の發達には少くとも二つの試藥物が必要である。その一は卵の薄い表皮層の細胞分解である。この細胞分解(他の部分の細胞分解を起さないで)を起す試藥物は發達を起す。精蟲並に血液や組織等は表皮層の細胞分解を起す物質(リジン)を持つてゐる。蟻酸からキヤプロリツク酸までの下級脂肪酸類は表皮層の細胞分解を起すのである。大部分の細胞分解的試藥物は卵全體の細胞分解を起すから、もし卵の表皮層が破壊された後、まだ卵の残りの部分が崩潰されない前に、卵が試藥物の影響から

脱出することが出来れば、これ等の試藥物を用ひてもいゝのである。

表皮層の細胞分解は始終てはないが屢々受精膜形成を起すのである。

凡べての細胞分解的物質はリポイドを溶解するから(或はリポイドを破壊する)、まだ證明は出來ないが、卵の活動に於ける形成刺激は多分卵の表皮層の膠質の吸収或は溶解に落着すべき表皮層の脂肪質の液解或は沈澱或は或る他の變化かによるものらしい。もし細胞質が乳狀液の構造を持つてゐるから、レイリフ卿によれば、リポイドは乳狀液の持續性のために必要な小滴粒に安定化した包皮を作るのであらう。

卵の表皮層の細胞分解は卵の發達を起すが、この發達は屢々病的で早熟的に停止する。發達状態を一層正常にするには屢々第二の試藥物が必要である。その試藥物の作用の法式は、酸素を含む高滲透壓的溶液に卵を暫らく入れて置くか、或は酸素のない正常の海水の中で卵の發達を永く間停止する細胞分解的試藥物の作用程には明かに分つてはゐないのである。精蟲はリジンの外に人工的單性生殖法の高滲透壓的溶解と同様の働をなす第二物質を水の中に運び入れるのである。

(これは千九百九年にブタベストで開かれた萬國醫學大會での講演である)。

## 第八章 受精作用によつて卵の 死滅を豫防する法

受精作用は少くとも理論上永久に續くべき子孫の連系を生ずるが、未受精の卵は比較的短時間で死滅してしもう。だから受精作用は卵のためには救生の働をするものである。そこで精蟲は如何な方法で卵の生命を救ふのであるかといふ疑問が起る。

海盤車の卵巢を海水に入れば卵は脱出する。これ等の卵は一般に未熟だから、この状態では精蟲で、も或は、化學的手段で、も受精させることは出来ない。しかし暫時海水に入れて置けば



その全部或は一部は次第に成熟する。即ち彼等の核は二つの所謂極體を押し出すから大きさが減少する。極體を出してから直ぐ精液を加へれば卵は發達する。その時期には卵は同様に或る化學的及び物理的試藥物で、も發達を起すことが出来る。

十年前に私は次の觀察をした。卵は精液或は理化學的試藥物で發達を起さなければ直ぐ死滅してしまふ。夏の温度では約四時間から六時間内に死んでしまふ。死なずにゐる間は澄明な卵が、暗黒になるから形態學上から卵の死滅は分つて来る。酸素を除くか或は少量の青酸加里を加へて卵の酸化作用度を減ずれば卵の死滅を防止することが出来ることを私は發見した。酸素缺乏のため卵の生命を救ふ作用は色々な方法で示すことが出来る。卵自身の成熟も亦酸化作用によるのである。もし未熟の卵から酸素を除くか、或は未熟の卵の酸化作用を青酸加里で妨ぐれば、卵の成熟作用は起らない。だから成熟も亦酸化作用によるのである。雌の未熟な卵を二つの群に分け、一つの群を酸素に觸れてゐる海水に他の群を水素を通じて酸素を取り除いた海水に入れて置いた。この第二群の卵は生きてゐたが、第一の群は二三時間で死んでしまつた。

水素で空気を排出することも全く必要でない。未受精卵の生命は底を封じた小さい硝子管に澤山入れて保存することも出来る。卵は管の底に沈み、その最上層にある卵が空気中から海水に擴散した酸素を吸収するから、管の底に近い卵は酸素を受けない。酸素が缺乏してゐるから、管の底の卵は成熟もしなければ死滅もしない。だから未熟の卵から酸素を取り除く、未熟卵の成熟死滅は豫防されるのである。

卵が成熟した後直ぐ酸素を卵から除けば、卵の生命は救ふことが出来る。エ・ピ・マスウスはこの實驗を繰り返して同一結果を得た。これは成熟の未受精卵の死滅は酸化作用で決定されることを證明する。この酸化作用を差止めれば卵は死なない。この實驗が始めて發表された時には反對があつた。この反對は實驗の一部に青酸加里を用ひたさいふ事實に根據を置いた。これ等の實驗では青酸加里は唯細菌の發達を妨げる作用をするだけださいふ批難であつた。しかしこの反對を主張した著者は酸素の缺乏は青酸加里を加へたのと同じく同様な働きをする事實を見逃してゐる。この酸素の缺乏は注意して純化した水素で、酸素を排出するか、或は上層にある卵だけが酸素を

十分受けるやうに卵を澤山一所に積み重ねて置くか、如何なる方法を用ゐても全く問題でない。

上述の反駁は不正當だといふことは直接に示すことが易い。海盤車の卵は細菌の感染のない消毒海水の中に入れて置くことが容易に出来る。私は次の實驗を試みた。海盤車の卵を三つの部分に分けた。第一部は消毒した海水の入つてゐる幾つかの壘に防腐的に入れて入れた。第二部は消毒しない普通の海水に入れた。第三部は海盤車の死んだ卵に發生した細菌の腐敗培養物の多量を加へた海水に入れた。凡べて以上三つの場合に成熟した卵は同じ期間内に死んだことを發見した。正常の海水の中で死んだ卵は、細菌の作用で數日の間に全く破壊されてしまつたのに、第一群の卵は死んでから、二ヶ月間元の形體の儘を保持してゐた事實は、第一群の卵の消毒が完全であつたことを示すのである。

だから受精してゐない海盤車の卵の死は、細菌の作用ではなく、卵内の酸化作用のためだといふことは確かである。精虫が卵に入らないか、或は化學的に發達させられない限り、卵は極めて速かに死んでしまう。

圖八十四第

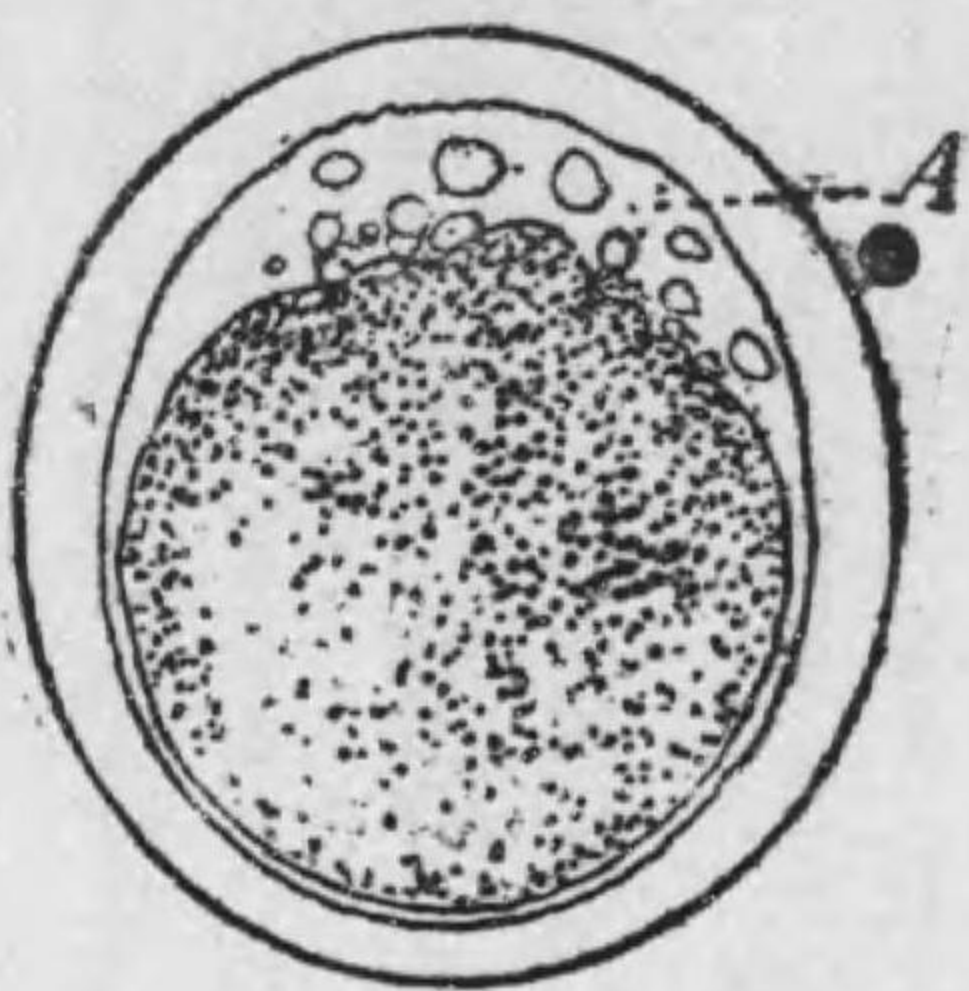


Fig 49

圖九十四第

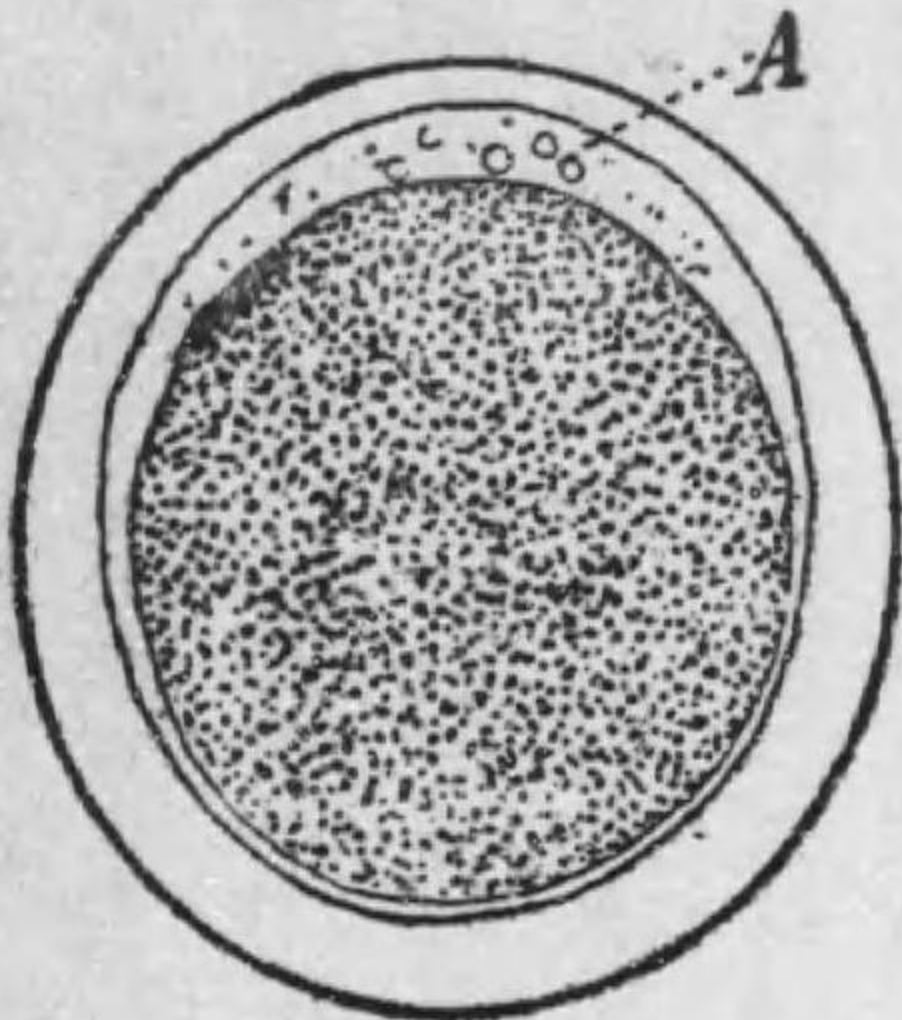


Fig 48

圖十五第

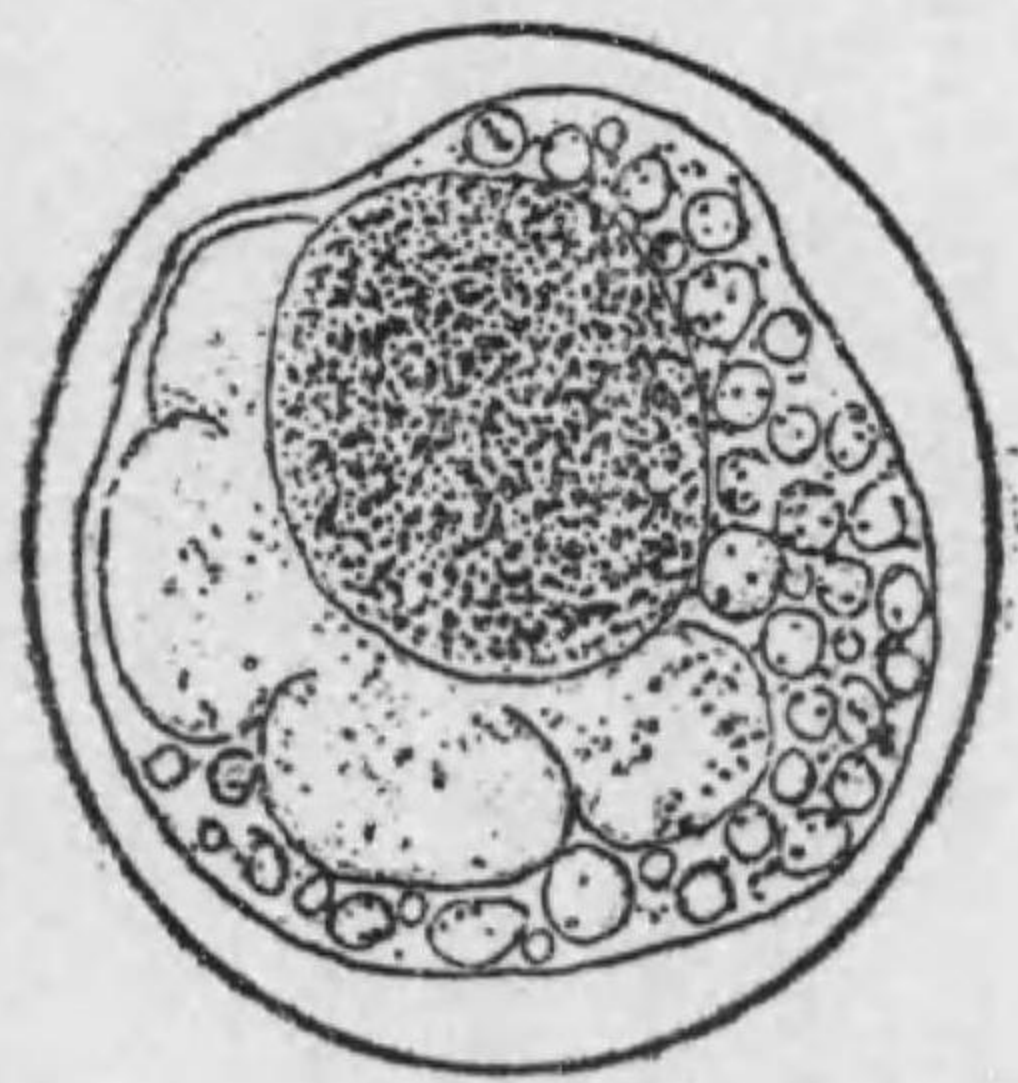


Fig 50

第四十八から五十圖。醋酸、他の動物の血清、血清のエツキス或は他の動物細胞のエツキスで膜形成後海膽の卵の分解。もし卵は膜形成後高滲透壓的溶液で取り扱ふか或は、酸化作用を防げなければ、A分解の始まる場面を示す。

第八章 受精作用によつて卵の死滅を豫防する法

しかし精虫が卵に入れば、酸化作用を加速するのに、卵は依然として生きてゐる。ヴァルブルヒはネプルスに産する海膽の卵の受精作用は酸化作用の速度を正常のものより六倍も増加することを發見した。ウエスタニス私は受精作用はウツヅ・ホール産の海膽の卵の酸化作用の速度は未受精の卵に於ける割合の凡そ三四倍に増加することを發見した。

受精の卵の生命を救ふといふ事實を如何したら説明することが出来るか。先づ吾々は次の豫備的假定を設けてみる。未受精の卵には毒素がある。或はもし酸化作用が起れば、卵の死を起す缺點のある色々の條件が結合してゐる。成熟した未受精卵には酸化作用が起る。精虫は卵の中に運び入れる物質は色々あるが、特に精虫は酸化作用の致命的影響に對して卵を保護し又、危険なしに卵の中に加速度で酸化作用を行ふことの出来る或る物を卵の中に運び入れる。成熟した未受精の卵は酸化作用が致命的に働く酸素不要性生物に比較することが出来、精虫は卵を酸素要性生物に變ずるものだといふことが出来るかも知れない。

もし違つた動物の卵を比較してみると、上述の條件には大變な違を發見する。或る蠕虫（ポリ

ネ）の卵では發達しないやうにして成熟さすれば速かに死滅してしまふ。海膽の卵も成熟した後ちても可なり永い間生きてゐる。何がこの違を起すかといふ問題はまだ研究されてゐない。

## 二

精虫による受精作用の徑路を分析して見るに、遺傳の結果に活動或は發達の結果との二つを區別しなければならぬことが分る。人工的單性生殖の實驗は父親の特性の遺傳を決定する物質の卵の發達を起す物質との二群は全く違つてゐるものであることを證明するやうである。本章では卵の發達を起す第二群の物質のことにだけ論ずる。

精虫による卵の發達の原因を分析すると、精虫は少くとも二つの物質或は物質の二群を卵の中に運び入れる働をするこゝが分る。これ等の物質の第一のものは膜の形成を起す。第二のものは酸化作用の致命的影響に對して卵を免疫性にするのである。

多くの場合に卵の發達原因の主要點は膜の形成を起すべき卵の表面の變化であることは已に屢々述べた。未受精の海膽の卵に人工的に膜形成を起せば、卵は發達し始めるが直ぐ死滅してしまふ。その死滅は他に何等かの處分をしなければ尙一層速かである。人工的膜形成後海膽の卵の速死を豫防するには、卵から酸素を取り除くか或は、少量の青酸加里を加へて卵の酸化作用を妨げるか二つに一つであることを示すことが出來た。だから膜形成は酸化作用の速度を増すから卵の速死を起すのである。近頃ヴァルブルヒは未受精の海膽の卵の人工的膜形成は精虫が卵に入つた時と同様に酸化作用の速度を増加するものであることを證明した。

もし膜形成後未受精の卵を疵狀期に發達させやうと思へば、第二次的處分をしなければならぬ。これは膜形成後一定の滲透壓を持つてゐる強滲透壓的溶液（例へば海水五十立方糎十二分の五正規液（鹽八立方糎）に半時間から一時間入れて置くのである。この時間後卵を正常の海水に戻せば、卵は最早死な、いで、正常の幼虫に發達する。私は次の假定を敢へてした。それは人工的膜形成は卵の酸化速度を増加して、卵の發達を起すのである。しかし酸化作用があれば、卵の

速死を起す毒物或は、條件の有毒的結合が卵の中にあるから、上述の酸化作用は室内温度では卵の速死を起すまいのである。第二次の處分は酸化作用の有毒な影響から卵を免疫性にする目的を達するのである。

前章に記載した色々の方法の中何れかの方法で、先づ未受精の卵に人工的膜形成を起し、その後卵を暫時強滲透壓的溶液で取り扱へば、卵は正常の海水に移された後、恰も精虫が卵に入つた時と同じ状態に發達する。これ等の卵は遂次に幼虫期に達し、胚葉期、原腸期、疵狀期に發達し精虫で受精した卵から出來た幼虫と同様に永く生存するのである。

だから海膽の未受精卵の理化學的活動は二様の取扱によることが分る。その一つは所謂膜形成を起すか或は起さないかも知れない卵の表面の變化である。私の考へは、この第一の變化は受精作用の主要點である酸化作用の加速度を起す。第二の處分は卵に致命的に働く酸化作用を起す有害條件を消滅さすことである。この第二の處分は殆んど半時間或はそれ以上少し永く卵を高滲透壓的溶液に入れることである。しかしこの處分の代りに他の處分、即ち溶液から酸素を取り除く

か、或は溶液に少量の青酸加里を加へて、約三時間卵が酸化作用を起さない處分を代用することが出来る。半時間高滲透壓的溶液で取り扱つた後、或は約三時間酸素缺乏で取り扱つた後、卵を正常の海水に移せば、卵は正常の幼虫に發達することが出来るのである。

精虫も亦上記の化學的受精法に用ゐた試藥物の作用に比較し得べき二つの違つた試藥物で卵の發達を起すことが示される。

この目的のためには次の理由によつて、海膽の卵を異種の精虫で受精させなければならぬ。なぜなら同種海膽の精虫では、二つの違つた物質で卵の發達を起すことが分らない程速かに卵の中に入るからである。

しかし海膽の卵を海盤車の精虫で受精させるに、卵に膜形成を起すまでには十分から五十分間を要する。これは海盤車の精虫は極めて徐々に海膽の卵の中に入れることが出来るからである。

通例正常の海水の中では海盤車の精虫で海膽の卵に受精させることは出来ない。しかし私は八年前に正常の海水よりも少しくアルカリ性を強くすれば、海膽の卵は海盤車の精虫で受精させら

れるこゝを發見した。それから海盤車の精液でキヤリフオルニヤ産の紫海膽を受精させるには、海水の五十立方寸に十分の一正規液の水酸化ナトリウムの〇・六立方寸を加へた時最も良い成績を得た。この場合に活動的の精液では卵は悉く約五十分間で典型的受精膜を作るのである。

もし海盤車の精液で受精した海膽の卵の發達して行く状態を観察すれば、二つの違つた種類の卵があるといふこゝに直ぐ氣が附くのである。その一理は恰も同種の精液で受精した卵のやうに働く。即ち正しく分裂して胚葉期及び原腸期に發達する。しかし他の一種は恰も未受精の海膽の卵に膜形成を起す試藥物の一つで處分したやうに働く。これ等の卵は分裂し始めるが、室内温度では細胞が分解して徐々に死んでしまう。しかしこの卵は約半時間高滲透壓的溶液で取扱へば、幼虫に發達するのである。

尙アルカリ性の液の中で海盤車の精液で取扱つた海膽の卵を見るに、これ等の卵の幾割か丈けには精液核がある。この歩合は幼虫に發達する卵の歩合と同一であるらしいこゝを發見する。その他の卵は唯膜を作つた丈けて、間もなく崩壊し、その内部に精液核を發見するこゝは出来ない。

い。これ等の観察から海盤車の精虫は海膽の卵の表面皮には極めて徐々に入るものであるといふことを結論しようと思ふ。精蟲が一部の表面皮に着いてゐて暫らく入らなければ、精虫の物質の一つは卵の表皮層の中に溶解して膜形成を起す。受精は受精膜には透過しないから、膜形成作用は精虫が一層深く卵の中に入ることを妨げる。この膜形成は酸化作用の速度の増加及び卵の發達の端緒となる。しかし卵は一種の毒物或は有害な條件の結合を持つてゐる。この有害物は發達に必要な酸化作用が起つて卵を破壊しない前に取り除かれなければならないものである。精虫は酸化作用の致命的作用に對して卵を免疫性にする第二の物質を卵の中に運び入れる。精虫の膜形成(卵)する物質は精虫の表面或は少くも上部にあるらしいが、卵を酸素不要性から酸素要性に變ずる。第二の物質は精虫の内部になければならない。なぜならこの第二の物質は精虫が卵の中に入らなければ働かないからである。海盤車の精液で海盤の卵の受精に關する上記の観察から吾々は精虫による卵の活動は又、二つの違つた物質から起るこいふ説明を得た。その一は酸化の有毒作用に對して、卵を免疫性にするが、他の一つは膜形成を起すものである。これ等の材料は何れ

も精虫の生命救助作用は酸化の有毒作用に對して、卵を免疫性にする物質を卵の中に運び入れるこいふ事實によるこ上に述べた假定を支持する。

## 三

七年前に私は色々な試薬物は未受精卵よりも受精卵を一層速かに破壊するこを發見した。例へば純粋な塩化ナトリウムの溶液の中では、キヤリホルニヤ産紫海膽の未受精卵を數日間生かして置くこが出来るが、かやうな溶液の中では受精した卵は、二十四時間以内で破壊されるのである。塩化ナトリウムの弱いアルカリ性溶液を用ゐるこ、未受精卵の大なる抵抗力は多分尙一層著しくなる。大平洋産海膽の未受精卵は中性塩化ナトリウム溶液の中では大變永く生きてゐるがその受精卵は同液の中で二三時間内に細胞が分解する。又受精卵を未受精卵を強透壓的溶液に入れる時、受精卵は未受精の卵よりも一層被害するのを發見する。一體何が受精卵を未受精卵

この感受性の違を起すのであるか。多分受精卵の透過性は未受精卵のそれよりも一層大きいのであらう。これは或る程度までは眞理であるらしいが、まだ二種の卵の行動の違の全い説明ではない。私は有毒溶液から酸系を取り去れば、その溶液の影響を全くなくすることが出来るか、或は少くとも減ずることが出来ることを色々な有害溶液で説明することが出来た。例へば純粹の塩の溶液類、或はナトリウム十カルシウムの溶液、又はナトリウム十バリウムの溶液の中では、直ぐ死んでしまう海膽の受精卵でも、もし注意してその溶液から酸系を取り除くか、或は青酸ナトリウムの少量を加へて卵の中の酸化作用の度を減ずれば、同じ溶液の中でも可なり永い間生かして置く事が出来る。この場合に酸化作用が自由に進行する時には、卵には致命的である溶液でも卵に對する酸化作用を停止すれば、完全にか或は少くとも一部分的に無害にするといふ直接の證明がある。卵の中の酸化作用を抑制して受精卵に對する塩溶液の有毒作用を防げるばかりでなく、又糖溶液、或は海水に酒精を 入れた溶液類、又は泡水クロールの溶液等の有毒作用を防ぐことが出来るのである。(註。或はフェニールウレタンでもよい。この觀察は上記の物質の麻痺作用は酸

化作用の遅延に起因するといふ假定には十分よく一致しないのである)

これ等の觀察は或る有毒物質或は毒物の混合物が存在する時は卵の中の酸化作用は卵を速かに破壊するが、酸化作用の抑制は卵の生命を救ふことを直接に證明するものである。

だから或る種の未受精卵が速かに死ぬのは、これ等の卵の中にする酸化作用により、又卵の生命の救済作用には精虫が膜形成物質の外に、酸化作用の有害なる影響は結果に對して卵を免疫性にする第二の物質又は物質群を卵の中に運び入れるに因るのであると結論することが出来ること信するのである。

(これは千九百十一年に英國ハーヴェー會での講演である)

## 第九章 生命の保存上塩類の役目

動物體に於ける塩類の役目については、三つの主要な營養物即ち食水炭素、脂肪、蛋白質等の役目の如く良く知られてゐない。以上の三者に關しては吾々は少くも酸化作用によつて熱及び他の勢方<sup>エネルギー</sup>を供給し得るものだといふことを知つてゐる。しかし中性塩類は酸化すべきものではない。何んな動物でも灰分のない食物だけでは永く生きてゐられないのは事實であるらしい。しかし何故さうだといふことは誰も確答することは出来ない。塩類の役目について研究すべき點は、吾々身體の細胞は三つの塩類即ち塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化カルシウムが一定量の割

合（塩化ナトリウム一〇〇分子、塩化カリウム二〇二分子、塩化カルシウム一〇五分子）に含まれてゐる溶液の中に、最も永く生存するといふ事實にある。この割合は海水がこれ等の塩類を含む割合と同一である。しかし三つの塩類の濃度は二者同一ではない。海水は吾々の血清よりも約三倍程濃いのである。

生産學者は早くから大洋には淡水湖、河川等よりも比較にならない程、澤山の動物群が棲んでゐるといふことに氣がついてゐる。そして吾々の地球上の生命は大洋に發生したといふことが屢々假定されてゐる。吾々の血清中にも大洋にも殆んど同一の割合にナトリウム、カルシウム、カリウムの塩類が存在するといふ事實から、或る著者は吾々の先祖は海洋の動物であり、遺傳の一種として矢張り吾々の血液中に稀薄な海水が流れてゐると論結してゐる。この種の議論は主に比較的價値があり又、塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化カルシウムの三つの塩類が大洋にあると相對的同一割合で、吾々の血液の中に存在してゐる、そしてその塩類が生命の維持に重大な役目を持つてゐるらしいといふ二つの事實を力説するのである。



私は生きた細胞を取り圍む溶液が、生命の持續に影響する機能を明かにすべき色々な實驗を讀者の前に提出してみやうと思ふ。

## 二

私は多くの動物の生命は三つの種類の協力的な協力によるといふ概念を興へるために、桑港灣に棲む小さな甲殻動物ギャンマラスに行つた實驗を述べよう。この動物は突然攝氏二十度の蒸溜水の中に入れると、呼吸は約半時間止つてしまう。呼吸の止まつた後、直ぐ海水に戻せば、再び元氣を恢復する。海水に戻す前に十分間内外を經過すれば、生き還ることは出来ない。この場合に動物の死は明かに蒸溜水が動物の組織の中に入るからだから、もし蒸溜水に蔗糖を十分加へて溶液の滲透壓を海水のそれと等しくすれば、蒸溜水の致命的影響は防止されるだらうと考へる人があるかも知れない。しかしもし動物が海水と同一滲透壓を持つ蔗糖の溶液の中に入れらるれば、動物

は蒸溜水の中で死ぬるのと殆んど同一の速さで死んでしまう。同様に糖溶液の滲透壓が海水のより高くても低くても結果は同じである。だから蒸溜水の場合に水は動物の組織の中に入るが、糖溶液の場合には入らないけれども、糖溶液は矢張り蒸溜水と同じく動物には有毒である。

もし一つの場合には同量の蒸溜水で海水を薄め、他の場合には等滲透壓的の糖溶液で薄めること兩者何れも生命の持續期は約同量に短縮する。

もし甲殻動物は海水と同一滲透壓の塩化ナトリウム純粋溶液に入れば、動物は又約半時間内に死んでしまう。もしこの溶液に海水の含む割合で塩化カルシウムの少量を加へても、動物は矢張りそれを加へなかつた場合と同じ位な速さで死んでしまう。しかしもし塩化ナトリウム溶液に塩化カルシウムと塩化カリウムとの兩者を加へれば動物は數日間生きてゐることが出来る。唯塩化ナトリウムに塩化カリウムを加へた丈では、動物の生命は少し永められるに過ぎないのである。

もし海水と等滲透壓的糖溶液に塩化カリウムと塩化カルシウムを加へると、動物は純粋糖溶

液中に於ける場合も殆んど同程度或はそれよりも早く死んでしまう。

もし上記の三つの塩類の代りに他の塩類を代用しても動物は死んでしまう。唯塩化ストウロン、テリウムが塩化カルシウムに代用される丈けてある。吾々はナトリウム、カルシウム、カリウムの三塩類が溶液中に存在する割合は少しでも變更されないことも發見した。これは凡べて甲殻動物ギャンマラスの生命を保存するには、溶液が一定の濃度或は一定の滲透壓のものでなければならぬばかりでなく、その滲透壓は一定の塩類即ち塩化ナトリウム、塩化カルシウム、塩化カリウムが海水（及び血液中に）の中に存在する割合に割當てなければならぬといふことになる。この事實は又甲殻動物以外の多くの海産動物についても實證することが出来る。しかし不正常の塩溶液類に對する色々の細胞或は動物等の相對的耐久力は同一ではない。この點は後で論じやう。

## 三

上記の場合に於いて何が塩類の役目であるか。植物學者は塩溶液を營養溶液だに何時も考へてゐる。植物は營養物として一定の塩類例へば硝酸塩類、加里塩類を要することは周知の事實である。それでは動物の生命保存に必要な三つの塩類、塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化カルシウムは營養的塩類の役目をするかといふ疑問が起る。私が海産の小魚ファンデラスに行つた實驗はさうではないと明かに否定する。もし海水に含む濃度の塩化ナトリウムの純粋溶液中に孵化したばかりの幼魚を入れるれば直ぐ死んでしまう。しかし溶液に正しい割合で塩化カリウムと塩化カルシウムを加へれば、動物は永久に生きてゐることが出来る。だからこの魚はこの點ではガンマラスや高等動物の組織と同じであるが、この魚が蒸溜水、淡水、確かに鹽化ナトリウムの極めて薄い溶液の中に永く、或る場合には永久に生きてゐるといふ點ではガンマラスや海産動物の多

くのものとは違つてゐる。この事實から私は塩化カリウム、塩化カルシウムは、これ等の動物の營養物として働くものでなく、唯塩化ナトリウムが濃過ぎる場合に上記の二つの塩類は、塩化ナトリウムを無害にする丈けだに結論した。私は塩化ナトリウムの溶液が極めて薄く、八分の一モルを越えない位の範圍では、塩化カリウムや塩化カルシウムを加へる必要がないことを確證した。唯塩化ナトリウム溶液が八分の一モル以上の濃度になる時丈け有害となり、塩化カリウムと塩化カルシウムを加へる必要一起るのである。

だからファンデュラスの實驗は塩化ナトリウム十塩化カリウム十塩化カリウム十塩化カルシウムの混合物は營養液として、なく、保護液として働くことを證明するのである。唯塩化ナトリウム丈けが溶液の中にあり、その濃度が高過ぎれば、有害な影響を起すから、それを防ぐため塩化カルシウムと塩化カリウムは必要であるに過ぎない。換言すれば吾々は塩の拮抗作用、即ち一方は塩化ナトリウムと他方は塩化カリウムと塩化カルシウムとの間の拮抗作用の場合を論じてゐる譯である。塩の拮抗作用を發見したのはリンガーである。彼は心臓に働くカリウムとカルシウム

との間には或る拮抗作用があることを發見した。彼は蛙の心臓を塩化ナトリウムと塩化カリウムとの混合液に入れた時、その心臓の收縮は正常ではなかつたが、それに少量の塩化カルシウムを加へると、正常になることを發見した。塩化ナトリウムと塩化カルシウムとの混合液も亦心臓の不正常の收縮を起すが、塩化カリウムを加へると正常になる。リンガーはシュミット、デベルヒが心臓に有害な違つた毒物例へばアトロピンとニコチンとの間に見出したと同様の拮抗作用があることを結論した。ピーダーマンはアルカリ性塩溶液は筋の變縮を起すことを發見し、リンガーはそれにカルシウムを加へれば、筋變縮を防ぐことを發見した。これ等の實驗が行はれてから、塩類の拮抗作用の多くの例が知られて來たのである。

一般に二つの塩の拮抗作用は、各塩が單獨に用ひられた時、一方の塩が他の塩の逆働くことなる事實によつて假定されてゐる。鹽の拮抗作用のある場合には少くもこの見解は事實と合致しないことを示す。

## 四

塩の拮抗作用の機制は何であるか。この疑問はファンデユラスの卵に行つた次の観察によつて解答されるに信ずる。ファンデユラスの卵は受精後直ぐに海水と等滲透壓的の純粹食塩溶液の中に入れると、通例幼魚にならずに死んでしまう。しかしカルシウム塩の少量或は二價の金屬(水銀、銅、銀を除く)を持つ他の塩の少量を二分の一モル食鹽水に加へれば、その溶液の毒性は減少するか或は全く消滅するのである。バリウム、亜鉛、鉛、コバルト(原書には $\text{Pb}$ になつてゐるが多分 $\text{Co}$ の誤植だと思ふ。譯者)ニッケル、マンガン等の如き極めて有害な鹽類や他の二價金屬類とさへ、鹽化ナトリウムの純粹溶液を無害、少くも卵が幼魚に解へるまで十分永く生きてゐることが出来る程度にすることが出来る。亜鉛や鉛の如き有害な物質が、鹽化ナトリウムの如き中性の物質を無害にするといふ事實は、説明を要する程矛盾してゐるらしく思はれる。この説明は

鹽類の保護的或は拮抗的作用の本性を明にするものである。なぜなら鹽化ナトリウムの有毒作用に對する鉛鹽、亜鉛鹽の拮抗作用は、單に鹽化ナトリウムの有毒作用から幼魚を保護する鉛鹽の働きに過ぎないからである。さうしてこの保護作用が出来るのであるか。

もし孵化したばかりの幼魚を二分の一モル純粹食鹽溶液の中に入れると、魚は直ぐ死んでしまうが、もしそれに鹽化カルシウムと鹽化カリウムとを加へると、魚は永久に生きてゐるといふことを述べた。さうして幼魚が卵殻内に居る間は、鹽化ナトリウム溶液に鹽化カルシウムの一つを加へて十分であるのに、幼魚が殻を出ると鹽化カルシウムだけでは不十分で、更に鹽化カリウムを加へる必要があるのであるか。尙又もし流酸亜鉛或は醋酸鉛を加へた二分の一モル食鹽溶液の中で、卵から出たばかりの幼魚の生命を保存しやうとすれば、加へないよりも尙一層速かに幼魚は死んでしまうことを發見した。(註。アル・リリーはアーニコラの幼虫では鹽化ナトリウムと流酸亜鉛との間に極めて僅少の拮抗作用があるといふことを發見した。これは二つの鹽類の拮抗作用の一般法則は、生きてゐる生物と死んでゐる魚卵の殻とでは、原則としては違はないが、度合に於

て幾分か違つてゐるこいふことを示してゐる)

もしこの違の原因を探究するならば、魚が卵の中にある間は、卵膜によつて周囲の溶液から隔てられてゐるこいふ事實に氣が附く、この卵膜には精虫が卵の中に入っている小さな孔、所謂珠孔こいふものがある。二分の一モル食鹽溶液の中では受精したばかりの卵は、受精後一二日を経たものよりも一層早く死ぬから、受精後直ぐには卵の珠孔は受精後程経たもの程固く閉ざれてはゐないこいふ印象を受けた。卵が海水に残つてゐれば卵の珠孔は次第に革のやうな硬さ位に固まつて來る膠質の小塊を備へるものらしく思はれる。固くなる作用或は鞣皮的作用で卵は食鹽溶液に對して一層不透過性になるのである。この固くなる作用は鹽化ナトリウムの二分の一モル溶液にカルシウム、シリウム、バリウム、亜鉛、鉛、マンガ、コバルト、ニッケル等の二價金屬鹽の痕迹を加へるこ極めて早く現はれて來る。又同様の變化が多分膜全體に起るらしい。だから二分の一モル鹽化ナトリウム溶液が幼魚に無害なる徑路は二價金屬を加へれば、加へない場合よりも卵の珠孔或は多分膜全體が鹽化ナトリウムに對してより不透過性になるこいふ事實によるこ思は

れる。

しかしこれ等の現象は唯鹽類の保護的或は拮抗的作用を明にする事實の一部に過ぎない。私がギース教授に一所にファンデュラスの卵に行つた實驗の結果は更に一步を進める材料となる。ギースに私は二價金屬類は單に鹽化ナトリウム溶液を無害にするばかりでなく亦、逆に塩化ナトリウムは多くの二價金屬類、例へば硝酸亞鉛の溶液を無害にするに必要だこいふことを確めたのである、(この結果には硫酸イオンは何の關係もないこいふことは前に硫酸ナトリウムの實驗で明かにした。)

もしファンデュラスの卵は受精後直ぐに蒸留水に入れるこ、卵は大部分時には全部が發達する。この蒸留水の中で出來た幼魚は孵るこが出來るのである。しかしもし一〇〇立方糎の蒸留水に鹽化ナトリウム溶液を無害にするに必要な程度の硫酸亞鉛を加へれば、卵は全く急速に死んで一匹も胎子を作るこが出來ない。又鹽化ナトリウムの一定濃度から始めて漸次その濃度を更へて見るこ、この食鹽は硫酸亞鉛の有毒作用を防ぎ、多くの卵は胎子は作るこが出來る。これは次

の表で説明することが出来る。

第一表

溶液の性質	胎子を作る卵の%
1.0立方厘米蒸溜水	49
同	+8立方厘米12分の1のモール硫酸亜鉛
同	0
同	六十四分の1のモール食鹽
同	0
同	三十二分の1のモール食鹽
同	3
同	十六分の1のモール食鹽
同	8
同	八分の1のモール食鹽
同	44
同	四分の1のモール食鹽
同	38
同	八分の1のモール食鹽
同	87
同	二分の1のモール食鹽
同	94
同	八分の1のモール食鹽
同	29
同	六分の1のモール食鹽
同	8
同	八分の1のモール食鹽
同	6
同	一分の1のモール食鹽
同	1

この表は鹽化ナトリウムの濃度が或る極限、即ち八分の1モールを越れば、溶液の中の硫酸

亜鉛を比較的無害にすることが出来るといふことを表はすものである。

今もし硫酸亜鉛が鹽化ナトリウムに對し卵膜を比較的透過性にして、八分の五モール鹽化ナトリウムを無害にすることが出来る。と假定すれば、鹽化ナトリウムが硫酸亜鉛に對して卵膜を比較的透過性にするといふ逆の結論が出来なければならない。だから吾々は二つの鹽類相互の拮抗作用に對し新しい概念を得た譯である。それは少くも上記の場合では拮抗作用は卵膜が二種の鹽に對して全く或は比較的透過性になるべき二つの鹽の共通的協働的作用に依るといふのである。この事實からは更にこれ等の鹽類の各自が單獨に溶液の中にあると、その鹽が比較的早く卵膜中に透過して、卵の原形質に直接に接觸するやうになるから有害であるといふ結論を更に得るのである。

二つの拮抗的鹽類の各自は單獨に用ひられると、その拮抗物と反對に作用するといふ假定だけでは、以上の實驗を了解し或は同様の例證を膠質化學に見出すことは出来ない。しかし鹽化ナトリウムだけでは卵膜を透過性にし得ないから有害であり、又硫酸亜鉛だけが溶液の中にあれば

同一理由の下に有害であるが、共用した兩者は有害でない（卵膜の「柔化」のために、この二つの塩類の作用が必要である）といふことが分れば、上記の實驗は明了になるのである。

以上の意味を完全に理解するために、かやうな拮抗的影響は塩類丈けが持つてゐるもので、グリセリン、尿素、酒精は、かやうな作用を持たないといふことを述べる必要がある。他の方では硫酸亜鉛は塩化ナトリウムを無害にするばかりでなく、塩化リチウム、塩化アンモニウム、塩化カルシウム等を無害にする。そしてこの逆も同様である。

ファンデュラスの卵に行つた實驗は、理論上重要である。なぜなら少くもこの場合には、塩類の「拮抗的」作用は兩塩類の共同作用によつて卵膜の變化を起し、その結果膜は兩塩類に稍不透過性になるといふことは疑ふ餘地がないからである。

## 五

塩の拮抗作用の特性に關して、以上の如く明瞭な實驗例を文献中に發見することは容易でない。しかし近頃オスターハウトが行つた實驗は、この要求を満足させるものだと思ふ。

細胞は塩類に對して全く透過性であるかないかといふことは久しい間の疑問であつた。塩類は水よりも一層緩漫に細胞内に入るといふことは誰も否定しない。しかしある著者特にオバートン、ヘエバーは塩類が細胞内に入ることは絶対に否定してゐる。オバートンの見解は一部植物細胞の中の原形質分解作用の實驗に基いてゐる。植物の細胞例へばスパイロジャイラの細胞は、塩化ナトリウム或は他の十分高い滲透壓の塩溶液に入れば、細胞の容積は水を失つて縮少する。そして原形質は特に硬い纖維性細胞壁の角から收縮する。この原形質分解作用は永久的である。オバートンは主張してゐる。この點から彼は細胞壁から透過するのは水だけで、塩は入らない

と結論してゐる。さうでない塩は溶液から細胞の中に漸次に透過する筈である。そしてこの細胞の滲透壓の増加のために、塩は終に細胞内に逆入して、細胞の正常の容積を回復しなければならぬ。オバートンによること、これは起らない。

最近オスターハウトはオバートンの観察は極めて肝心な點が不完全であつて、實際細胞が高滲透壓の溶液に入れられた場合に起る原形質分解作用は、溶液の中の塩の性質が變つてくる時に再び消えてしまうことを實證した。オバートンはこの原形質分解作用の可逆的階梯を見落してゐる。しかし細胞が高滲透壓的塩化ナトリウム溶液に永久に残つてゐれば、細胞の内容は再び收縮する。これは外觀上原形質分解作用に似てゐるけれども、實際は何の關係もない唯死の現象に外ならぬのである。オスターハウトが第二の「虚偽的原形質分解作用」と名づけるこの現象は、溶液の高滲透壓性とは何の關係もないことは、有毒物質の低滲透壓的溶液が同じ現象を起す事實で證明された。

オスターハウトの一つの實驗の中に次の記述がある。スパイロジャイラの纖維の一部は、〇・

二モル塩化カルシウムの中で原形質が分解されたが、〇・一九五モル塩化カルシウムの中では分解されなかつた。〇・二九モル塩化ナトリウム溶液は〇・二モル塩化カルシウム溶液と略ぼ等滲透壓を持つてゐる。しかし〇・二九モル塩化ナトリウム溶液の中に同じメバロジヤイラの纖維の他の部分を入れると豫期した原形質分解作用は起らない。そして細胞が〇・四モル塩化ナトリウムの中に入れられるまでは、原形質は分解しないのである。

オスターハウトは塩化ナトリウムが塩化カルシウムより一層早く細胞内に透過するといふ假定から、上記の違は原形質分解作用を起すに必要な塩の濃度によることを説明してゐる。私も亦前に動物に行つた實驗から同様の結論に達してゐるのである。

オスターハウトの實驗も亦塩化ナトリウムと塩化カルシウムとの拮抗作用の一部は、二つの塩類が互に細胞内に透過するのを妨げ合ふといふ事實によることを示してゐる。この結論は數ある實驗の中で次のものから出てゐる。

スパイロジャイラの纖維を幾つにも分けること、〇・二モル塩化カルシウムと〇・三八モル



塩化ナトリウムミの中では原形質分解が起るが〇・一九五モール塩化カルシウム或は〇・三七五モール塩化ナトリウムでは原形質分解は起らない。〇・三七五モール塩化ナトリウムの百立方糎ミ〇・一九五モール塩化カルシウムの十立方糎の混合液を作り、その中に同繊維の他の一部を入れるミ、直ぐに極めて著しい原形質分解が起つた。

この現象を説明してみるミ、塩化ナトリウムミ、塩化カルシウムミの混合液では、兩方が細胞内に透過するミを互に一層六づかしくするからである。もつミ永く置くミ、原形質の分解した細胞は、再び塩化ナトリウムミ塩化カルシウムミの混合液の中で膨脹する。しかしこれはその細胞が塩化ナトリウム純粋溶液の中にあるよりも一層遅く起るのである。

これ等の實驗はファンデユラスの卵の胎子の場合に似てゐる。即ち單に硫酸亞鉛の純粋溶液は直ぐに卵膜或は胚孔を透過するが、兩塩があれば透過作用は制止されるか或は大變遅延する。

オスターハウトの觀察は、オバートンが中性塩類は細胞内に透過し得ないミを證明すべく原形質分解作用について行つた實驗を用ゐたのは誤だといふミは示すが、尙彼の觀察は兩塩類が

正常の状態でも細胞内に透過するミを證明しない。オスターハウトの實驗では大變強い滲透壓的溶液に細胞を入れたが、かやうな溶液は等滲透壓的、完全な平衡的溶液の如く働くミは限らな

## 六

近頃ウエスターネースミ私はファンデユラスに對する酸類の有毒作用は塩類で減却し得るミを證明した、もし百立方糎の蒸溜水に十分の一正規液酪酸の・五立方糎を加へるミ、ファンデユラスは二時間半或はそれ以内に死んでしまう。〇・四立方糎或はそれ以下の酸を含む場合には、ファンデユラスは一週間或はそれ以上も生きるミが出来る。しかし色々の濃度の塩化ナトリウム溶液の百立方糎に〇・五立方糎の酪酸を加へるミ、或る一定極限の濃度以上では、塩化ナトリウムは酸の働きを無害にするミを發見した。これ等の實驗に用ひた塩化ナトリウムは嚴密に中性の



なかつた。百立方糶溶液中に十分の一正規液酪酸の〇・五立方糶を加へたものを無害にするためには、二分の一モル鹽化ナトリウムの十立方糶を加へなければならなかつた。又〇・八立方糶の酪酸は鹽化ナトリウム溶液の二〇立方糶を要し、一・〇立方糶の酪酸は二分の一モル鹽化ナトリウム溶液の二八立方糶を要したのである。

酪酸ばかりでなく、どんな種類の酸でも、中性塩類で無害にするこゝが出来ゝる。例へば塩酸の有毒作用を食塩によつて中和する如きである。

溶液の中で魚が、酸を吸収する割合は、鹽の有無に關係なく、同じであるこゝをウエストネミ私は示すこゝが出来た。この場合には鹽は酸の透過或は吸収を防げるのでなく、吸収された酸の有毒影響を變更するこゝを證明するものである。

酸のための死の原因についても、少し確定的説明が出来ゝる。もし魚が一時間から二時間位で死ぬ程度の強い酸性の蒸溜水（例へば五百立方糶の水に二、立方糶の十分の一正規液塩酸の中に魚を入るれば、平常は透明な魚の表皮が酸の作用で不透明になる。暫らくして表皮は細片になつて

脱落するのを見る。しかしこれは多分死の直接原因ではないが、酸の同じ働きが鰓に窒息を起したから魚が死ぬと假定したい。

身體の表皮並に鰓に對する酸の作用は、中性塩類を加へて防ぐこゝが出来ゝる。

蛋白質に對する酸の作用は中性塩で止まるこゝは良く知れてゐる。（註。著者は酸と塩との拮抗作用に就ての最初の實驗をプアルガーの雜誌三〇八頁一八九九に記載したらしい。）或る蛋白質溶液の内部の摩擦は酸を加へると増加するが、中性塩を加へると、その影響を止めるのである。（ボリー）。酸のために膠が膨脹するのは、塩で止められる（プロクター）。（註。アル・リリーの見事な滲透計的實驗も亦以上と關聯して述べなければならぬ。）

酸を用ひた實驗では魚は、次の様にして死ぬものらしい。即ち酸は鰓の上皮細胞及び表皮の表層の或る蛋白質を膨脹させ、その結果この表層は酸に對して一層透過性となる。そこで酸は上皮細胞内に透過し、原形質に働き、その結果細胞は死んでしまうのであらう。もし塩が適當の濃度で存すれば、酸と塩との共力作用は恰も膠の實驗の場合或は獸皮を鞣す場合に、酸と塩との溶液

が共同して作用するやうに、これ等の細胞の表面の薄皮に脱水を起す。この鰓の上皮細胞の表面に對し酸と塩との共同的脱水或は「鞣皮」作用は酸に對する表層の透過性を減じ、酸が細胞内に透過して原形質を破壊する作用を防ぐのである。かやうにして鰓は安全に保存され、魚の生命は救はれるのである。

酸の量が少い間は、その吸收される量は塩があつても大して減じない。しかし塩が在る場合には、酸は細胞表層の鞣皮的作用に使はれるか、或はその表層に吸收されるが、もし鹽がなければ酸の一部は上皮細胞に透過して細胞を殺すのである。

## 七

これまでは單に二つの電解物間の拮抗作用の場合だけを考察した。三つの電解物の間の拮抗作用の場合にもつゝ複雑である。

吾々は塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化カルシウムの間の拮抗作用を例證として選ぶ。この拮抗作用は生命現象に最も主要なものである。もし一方に塩化ナトリウム。他方に塩化カリウムと塩化カルシウムとの拮抗作用の機制が、ファンデユラスの卵の場合の塩化ナトリウムと硫酸亜鉛との拮抗作用と同じ性質だすれば、塩化ナトリウムだけが單獨に溶液の中にあれば有毒であり又、他の二つの塩（塩化カリウムと塩化カルシウム）で無害にされるばかりでなく、その逆も亦眞實であるといふことが證明されるべき筈である。これは塩化カリウムの場合で證明することが出来る。海水の中の塩化カリウムの濃度は極めて低いから、周囲の溶液の滲透壓には廣い範圍で關係のない生物について行つた實驗で再び證明しなければならぬ。この實驗はウエスタネー氏が私がファンデユラスについて行つた。その方法は六尾の魚を蒸溜水で二回洗つた後、五百立方糶の溶液の中に入れた。毎日生きてゐる魚の數を確めた。

塩化カリウムが海水の中にあるのと同じ濃度（百立方糶の溶液の中に二分の一モール塩化カリウムの二・二立方糶）の塩化カリウムの純粋溶液の中に魚を入れるれば、多くは二日以内で死んでし

よう。しかし魚は塩化カリウムが海水の中にある濃度と同じ濃度の塩化ナトリウムの純粋溶液の中では、永久に生きてゐることが出来るのだから、海水の濃度の五十分の一に當る塩化カリウムの濃度では低く過ぎるから魚が死ぬるのではないのである。

もし塩化カリウムの有毒な分量に塩化ナトリウムの量を次第に増加して加へれば、溶液が塩化カリウムの一分子に對して塩化ナトリウムの一七或はそれ以上の分子を含むやうになるに直ぐ、塩化カリウムの有毒作用は全く相殺されないまでも著しく減少されるのである。次の第三表は一例として役立つものである。

第三表

経過日数	100立方糎に二分の一モル塩化カリウムの2.2立方糎中に魚の生きておた数						塩化ナトリウム
	水	百分一モル	二十分の一モル	八分の一モル	四分の一モル	八分の三モル	
1	2	1	3	4	6	6	6
2	0	0	0	0	6	5	6
3	0	0	0	0	6	4	6
4	0	0	0	0	5	3	5
5	0	0	0	0	5	3	4
6	0	0	0	0	5	3	1
7	0	0	0	0	5	3	0
14	0	0	0	0	4	3	0

猶一層正確に決定したものは、十六分の三モル塩化ナトリウム溶液は、百立方糎の溶液中

の二分の一モル塩化カリウムの二・二立方種の溶液を無害にすることが分つた。

次に塩化カリウムの濃度が違つて來れば、塩化ナトリウムの濃度も違つて來なければならぬか否かを決定した。塩化カリウム對塩化ナトリウムの拮抗作用係數には略定數價がある。即ち次の第四表が示す如く、凡そ十七對一であるこゝを發見した。

第四表

二分一モル 塩化カリウム100立方種を無害にする塩化ナトリウム100立方種	六十五分の三モル 六十四分の四モル	拮抗係數
07 同	六十四分の四モル	同.....1/18
09 同	六十四分の五モル	同.....1/17
1.0 同	六十四分の五と六モル	同.....1/16—1/19
1.1 同	六十四分の六モル	同.....1/17
1.35 同	三十二分の五モル	同.....1/19

2.3 同	三十二分の六モル	同.....1/17
2.75 同	三十二分の七モル	同.....1/16
3.3 同	三十二分の九モル	同.....1/17

もし上記の率を變へれば、どんなこゝが起るか。もし塩化カリウム溶液に塩化ナトリウムの極めて少量、即ち塩化カリウムの一分子に塩化ナトリウムの一分子から十分子を加へれば、溶液は塩化カリウム丈けが單獨に溶液の中にあるよりも一層有毒性となる。もし塩化ナトリウムを十七分子よりも多く、例へば塩化カリウムの一分子に塩化ナトリウム五十分子を加へるこゝ、溶液は再び有毒性になる。そして塩化ナトリウムの濃度が高ければ高い程有毒の度も益々加はるのである。これは拮抗作用の影響には二つの塩の一定比率が必要であるこゝを物語る。これは二分の一モル塩化ナトリウム溶液は通例塩化カリウムを加へた丈けでは完全に無害にする事は出來ないで、塩化カルシウムを加へて始めて出来る理由が分る。

塩化カリウムと塩化ナトリウムとの比率が一七〇になるまで、二分の一モル塩化ナトリウムの百立方糎に塩化カリウムを十分加へれば、塩化カリウムと塩化ナトリウムとの拮抗作用は不完全になることを發見した。もし百立方糎の溶液の中に塩化カリウムの量が二分の一モル塩化カリウムの二・二立方糎を超過すれば、拮抗作用は尙幾度か出来るが、塩化カリウムの濃度が高くなればなる程、この理由は次第に不完全になる。この理由から單に塩化カリウムを加へる丈けては、二分の一モル塩化ナトリウム溶液を無害にするには不可能である。

塩化カリウムに對して塩化カルシウムは、塩化カリウムに對して塩化ナトリウムが働くのと同じであるが、塩化カルシウムは一層強烈に働く。即ち塩化カリウム對塩化カルシウムの拮抗作用係数は、次の第五表が示す如く、塩化カリウム對塩化ナトリウムの係数よりも數百倍或は一千倍も大きいのである。

第五表

100立方糎水中		二分の一モル1.1立方糎は百分の一モルを要する		塩化カリウム
同	同	同	同	對
同	同	同	同	塩化カルシウムの拮抗の係數
1.65	同	0.5	同	.....165
2.2	同	0.3	同	.....366
2.75	同	1.0	同	.....137.5
3.3	同	1.6	同	.....103

以上の係数は塩化ナトリウムと塩化カリウムとの拮抗作用の場合程規則正しくない。これは塩化カリウムを無害にする塩化カルシウムの極小價は、塩化ナトリウムの極良の如くの確に決定することが出来ないからである。なぜ塩化ナトリウムよりも少い塩化カルシウムを要するのであるか。これにはロバートソンが始めて試みた暗示で解答することが出来る。即ち塩化カルシウムは比較的不溶解性化合物（この場合には動物の鰓或は表面の他の部分に）の形成によつて保護的影

響を起すが、塩化ナトリウムは比較的溶解性の化合物の形成によつて働くといふのである。この見解はストロンチウムの塩化カルシウムに對する拮抗作用は塩化カルシウムのやうに有効であるがマグネシウムの効力は少いといふ吾々の觀察によつて確證された。これは多くのストロンチウム塩はカルシウム塩よりも溶けにくいといふ程ではないが、同程度に溶けにくいのに、マグネシウム塩例へば硫酸マグネシウム塩の場合の如きは比較にならない程溶け易いといふ周知の事實一致する。鹽化バリウムも又塩化カルシウムに強く拮抗する。しかし多分動物の表面或は蟻に出來た化合物は、細胞内に徐々に透過する結果、バリウムを用ひれば、バリウムより害の少ないカルシウムミストロンチウムを用ひたよりも魚は永く生きてゐない。

二分の一モル塩化カルシウムが六・六立方糎以上では駄目だが以下なら、どんな濃度で百立方糎の溶液中にあつても、塩化カルシウムは塩化カルシウムを無害にするこゝは大に注意すべきことである。この極限は塩化カルシウムに對する塩化ナトリウムの拮抗作用の場合に發見したのこゝ全く同じである。塩化ナトリウムに塩化カルシウムの配合でも、百立方糎の溶液中に二分の一モル塩

化カルシウムの六・六立方糎以上あつては無害にするこゝは出來ない。

もし塩化カルシウムに塩化カルシウムと塩化ナトリウムを無害にしやうとすれば、塩化カルシウムは塩化ナトリウムの八分の六モルに八分の七モル溶液に對して拮抗するこゝが出來るが塩化カルシウムでは塩化ナトリウム溶液が二分の一モル或は八分の五モル以上になれば、全く拮抗的影響はなくなつてしまふ。

塩化カルシウムの純粋溶液を用いた實驗の結果、この塩が海水の中にあると同濃度の溶液の中では、塩化カルシウムは無害だに分つた。百立方糎の中にある二分の一モル塩化カルシウム一・五立方糎の溶液の中にはフアンデユラスは永久に生きてゐるこゝが出來る。植物學者も亦塩化カルシウムの薄い溶液は、比較的有毒作用が少ないこゝを發見してゐる。これは塩化カルシウムが原形質の表層に働く影響は、原形質の保護の上に特別に重要であるといふ印象を與へる。この結論はヘルプストの有名な實驗で間接に支持される。彼はカルシウムを取り除いた海水の中では海膽の胚子の分裂細胞は胚子を取り圍み、細胞を一纏めにしてゐる外皮の崩潰或は液化によつて



落離するところを發見した。かやうな卵はカルシウムのある溶液の中に戻せば、外皮は再び元に還り、細胞は密着するやうになるのである。

だから塩化カリウムと塩化ナトリウムとの間の拮抗作用の機制は、塩化ナトリウムと硫酸亜鉛とに發見されたのと同じであるといふことは不可能でない。塩化カリウムと塩化ナトリウムの外に塩化カルシウムが必要であるといふのは、單に海水や血液の中の塩化ナトリウムの濃度が高いから、しい。しかしこの場合は前に述べた唯二つの電解物の拮抗作用の場合の如く明かではない。

## 八

塩類の生命保存作用を理解するには、單に實驗から得た結論丈けに拘泥しないで、直接に正常の塩溶液が如何な工合に細胞の死を起すかを觀察すべき必要がある。この解決の機會は海膽の卵の觀察によつて提出されてゐる。もし海膽の受精した卵を不正常の塩溶液の中に入れば、細

胞は徐々に破壊される。この破壊は通例原形質の表面に始まり、屢々小粒或は滴狀體の形成と脱落を起す。この徑路は卵全體が崩潰されるまで、漸次外部から中心に向つて繼續する。違つた塩溶液では崩潰の有様は少し違つてゐる。しかし一定の溶液では非常に特徴が著しい。だからもしこれ等の状態に慣れて來るに、或る程度までは細胞が崩潰する有様から溶液の性質を推測することが出来る。

もし卵を塩化ナトリウムと純粋溶液はナトリウムと塩化カルシウムとの混合液、或は塩化ナトリウムと水化カリウムとの混合液に入れば細胞の崩潰する徑路を觀察することが出来る。しかし三つの塩を海水の中にあると同じ割合で用ふれば崩潰は起らない。そして卵の表面は全く滑かで正常と變らない。卵の原形質は恰も一定の組織の連續した表面皮で結合されてゐるかといふ印象を得る。もし卵を不正常溶液に入れば、卵の表面皮は變る。そしてこの表面皮の變化に續いて、屢々細胞の他の部分が漸次に崩壊を始める。

だから上記の海膽についての觀察は一定の割合と一定の濃度で三つの塩の配合は各細胞の原形

質の周圍に一定の構造或は組織の表面皮を作る機能なることを暗示する。かやうにして出來た外皮によつて原形質は周圍の媒質に對して保護され又、隔離されて一纏めになつてゐるのである。前に述べたヘルプストの觀察は又、この徑路に於けるカルシウムの大切な役目を示すのである。

## 九

上記の三つの鹽の有益な作用は、一定の割合の鹽化ナトリウム、鹽化カリウム、鹽化カルシウムの混合液に『適合』してゐる言はれてゐる海産動物、或は高等動物の組織に就てのみ證明が出来るのだといふ反駁が起るかも知れない。一定の割合の鹽化ナトリウムと鹽化カリウムと鹽化カルシウムとの混合液に對する『適合作用』は主張されない。淡水産生物に施した實驗は如上の反駁説が確實でないといふことを立證してゐる。オストワルドは淡水産の甲殻動物を色々な鹽の混合

液に入れて研究した。これ等の動物は同一滲透壓の鹽化ナトリウムの溶液或は鹽化ナトリウムと鹽化カリウムとの混合液或は鹽化ナトリウムと鹽化カルシウムとの混合液よりも、鹽化ナトリウムと鹽化カリウムと鹽化カルシウムとの混合液の中では、一層永く生きることを發見した。

オスタハウトはヴァウチエリヤの或る種の胞子は三十二分の三モールの鹽化ナトリウムの百立方糎と三十二分の三モールの鹽化カルシウム一立方糎との混合液中では、二週間から四週間、そして三十二分の三モールの鹽化ナトリウムの百立方糎と三十二分の三モールの鹽化カルシウムの一立方糎と三十二分の三モールの鹽化カリウムの二、二立方糎との混合液の中では、六週間から八週間生きてゐるのに、三十二分の三モールの鹽化ナトリウム純粋溶液中では、十分から二十分間以内で死んでしまうことを證明することが出來た。この溶液の反應は勿論嚴密に中性で鹽化ナトリウムは最純なものであつた。しかもこの結果は鹽化ナトリウムが六回も再結晶した後でも全く同じであつた。スパイロジャイラで行つた實驗も矢張り同じ結果であつた。溶液は凡べて三十二分の三モールの鹽化ナトリウムの中ではスパイロジャイラは十八時間で死んだ。鹽化ナトリウムと

塩化カリウムの中では二日間、塩化ナトリウムと塩化カリウムの中では六十五日間生きてゐた。それからオスタハウトはかやうな溶液の中に小麦を生長させて根の全長を計つた。

溶液の性質

四十日後の根の全長の長さ

水.....	740 ㄱ
二十五分の三モールの 塩化ナトリウム.....	59 ㄱ
同	同
同 + 二十五分の三モールの 塩化カルシウム.....	254 ㄱ
同	同
同 + 同	同
同 + 二十五分の三モールの 塩化カリウム.....	324 ㄱ

この外同じ例證を澤山加へることが、出来るのだが、以上の場合は一定の割合で塩化ナトリウムと塩化カリウムと塩化カルシウムとの配合の生命保存の影響は、生物がこの混合液に生物してゐるこいふ事實によるのではなく、細胞に對する三つの塩類の配合の特種的保護作用に因るこいふことを證明するものである。

+

だから組織或は動物(吾々の組織のやうに)が比較的高い滲透壓の媒質を要する場合には、彼等の生命は血液や大洋にある塩分と同じ割合での塩化ナトリウムと塩化カリウムと塩化カルシウムとの混合液中で、他のごんな滲透壓的溶液例へば塩化ナトリウムの純粋溶液よりも遙かに永持するこいふことは一般の事實であるらしい。しかし讀者は不正常の溶液に對する色々の生物の抵抗には、著しい違があることを知つた。海産ギャンマラスは塩化ナトリウムは蔗糖の等滲透壓的溶液では半時間で死んでしまうが、赤血球球は蛙の筋肉でも上記の溶液の中では一日或はそれ以上保存される(勿論塩化ナトリウム溶液の中に塩化カリウム或は塩化カルシウムがあれば、蛙の筋肉でも遙かに永く生きる)。この違は何うして起るか。

六年前紫海膽の未受精の卵は攝氏十五度の温度で、塩化カルシウム或は塩化ナトリウムの純粋

中性液の中に數日間全く害されずに生き残つてゐるが、同じ雌の受精卵は塩化カルシウムの純粋中性液では二三時間内に死ぬことを發見した。同じ雌が他の塩類にも發見された。何がこの違を起すのであるか。多くの著者は受精の卵は未受精の卵よりも塩類に對する透過性が強いといふ事實による言つてゐる。近頃ハアベールが確證敷衍したワールブルヒの行つた實驗では、脂肪に溶解しない塩類が果して受精した卵に全く入ることが出来るかぎうかといふことが疑問となつてゐる。この違の説明は極めて單純であるに信ずる。未受精の卵は表皮層で圍まれてゐる。この皮層は受精の徑路で破壊されるか或は變形されるのである。この變形の結果の一つは受精膜の形成である。この膜は塩類には極めて透過的であることは己に證明することが出来た。未受精の卵の表皮層が害されない間は、それは周圍の塩溶液が原形質に觸れないやうに防ぐか、或は少くもこの徑路を遅らすのである。しかしもし表皮層が受精作用によつて破壊されるれば、周圍の塩溶液は原形質に直接に觸れるやうになり又、もし溶液が不正常であれば、原形質の表面層の崩壊を起すことが出来る。

不正常の溶液液に對して色々の細胞或は生物の抵抗力の違は、先づ第一に動物或は細胞の保護的包皮の構造の違によるものと私は信じてゐる。強度の有機酸或は高濃度の塩溶液中に捷むここの出来る微生物は、多分上記の溶液に對し原形質を隔離する表面層を持つてゐる。筋の原形質には粗雜な筋纖維鞘が絶擦的ではないが兎に角、周圍の溶液に對して有効な壁を作つてゐる。

しかしこの種の違の外に、色々の溶液に對して細胞の抵抗力の度合に影響する他の條件がある。海膽の受精卵は酸素を取り去るか、或は青酸加里か青酸ナトリウムを加へて、卵の中の酸化作用を止めれば、不正常の塩溶液の中に一層永く生きてゐることを私は發見した。ワールブルヒやマイヤホーフは塩化ナトリウムの純粋溶液の中では、紫海膽の卵の酸化作用の速度が増し、この結果卵が死ぬのであると結論してゐる。しかしこの酸化作用の増加は大西洋岸産海膽の卵が塩化ナトリウム純粋溶液の中に入つてゐる時には觀察することは出来ない。更に酸素が缺乏してゐるに、塩化ナトリウムと塩化カルシウムと或は、塩化ナトリウムと塩化バリウムとの溶液の中でも受精卵の生命は永くなるのであるが、上記の著者は如上の塩類が卵の酸化作用度を増すことは

主張してゐない。細胞分裂中或は以前に、細胞の内部の流動現象の外に、原形質の表面層に變化が起り、その結果外皮は一層塩に害され易くなるのである。私は信じてゐる。もし酸化作用を抑制すれば、同時に細胞分裂を起す徑路を抑制することになり、その結果卵の原形質の表面層に働く不正常の溶液の有毒作用を遅らすのである。

## 二

何故に塩類が細胞の生命保存に必要なかといふ疑問を起してみろ、この解答が闡明になると思はれる幾つかの場合を指摘することが出来る。各細胞は化学工場を考へられる。物質の通過が細胞壁で制止されるればこの工場の中の仕事はづ相當な方法で行はれる。この透過は細胞の表面層の性質によるのである。オバートンや他の人々は表面層は脂肪或はリポイドの連続した膜から出来てゐるを假定してゐる。しかしこの假定は次の二つの事実と一致しない。第一は水は極めて速かに細胞の中に透過する。第二は生命は細胞と周囲の液體との間の水に溶解して、脂肪に溶解しない物質の交換によるのである。上述の酸類と塩類との拮抗作用の事實は、細胞の表面皮は全く或は主に或る種の蛋白質から出来てゐることを暗示してゐる。

本章に述べた實驗は生命の保存上塩類の役目は、塩類が細胞の表面皮に對する「棘皮的」影響にある。その結果細胞の表面皮は持続性と比較的不透過性の物理的性質を得るのである。この性質がなければ細胞は生存することが出来ないのである。

如上の假定の下に中性塩類はエネルギーを供給することは出来ないが、生命保存に必要なことを了解することが出来るのである。

塩類の力學的影響については、その影響の或ものは本章に論じた種類に屬することは不可能でない。塩化ナトリウム塩化カルシウムを加へれば、筋が塩化ナトリウム純粹溶液中で起す攣縮を防ぐといふ事實は、塩化カルシウムが塩化ナトリウムの筋纖維鞘を通じて透過するのを妨げるといふことを暗示してゐる。しかし塩類の他の影響（例へば筋の攣縮は塩化ナトリウムの存在或は

磷酸基の役目に關係があるといふことは、ここに論じた事實では説明出来ないのである。

(これは千九百十一年十月十九日ニュー・ヨーク醫學校での講演である。)

## 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

### 一 問題の述明

十五年前、今日と同様の會合があつた際に、もし物質の構造が物理學者の主要問題であるなら、生物の構造は生物學者の主要問題であるを述べた。今日私は物質の構造に伏在する根本法則の一つであるアボガドロの法則が生命現象の一部、即ち動物の細胞及び組織の水量調節の作用に適

用されることを論じてみたいと思ふ。アボガドロの法則によれば、同温度・同圧では同じ容積の瓦斯體には分子数が同一である。或は換言すれば、瓦斯の状態では同じ温度で同一容積内に封じ込まれた同一の分子数は如何んな分子でも同じ壓を持つものである。この法則はヴァント・ホフによつて次の形式で溶液にも適用された。凡べて溶解した物質は自身の透過を防ぎ、水の透過を許す膜に對して、同一容積の中に同一分子数を持つてゐる瓦斯體が起すのと同じ浸透壓を起す。アボガドロ・ミヴァント・ホフの法則を聯合すれば、同温度・同容積では、物質の如何なる種類の同一分子数は、分子自身の透過を防ぐ壁に對して、同一壓を起すといふことになる。

プフェファアが素焼圓筒の孔が鐵青酸化銅の沈澱で埋まつて、この圓筒壁は水の透過を許すが鹽類、砂糖類は許さないものを作つたことは良く知られてゐる。かやうな半透過壁の筒に鹽類或は砂糖類の溶液を入れ、蒸溜水の入つた大きな器に入れて置く時、鹽は筒内に入り、靜入壓が溶液の浸透壓と等しくなるまで、溶液を押し上げるのである。だからかやうな筒は筒壁を透過することの出来ない如何な溶解物の分子量の測定にも用ひることが出来るものである。

もし生きた細胞が半透過壁で圍まれてゐる、浸透壓が細胞(或は組織)と動物の體液との間の水の交換を調節するにすれば、砂糖或は鹽類の分子量の測定に浸透壓計として生きた細胞を用ゐることが出来る筈である。

この可能性は已にド・フリースが植物(トウラディスカンテイヤ)細胞で實證したことは讀者も知つてゐる。これはヴァント・ホフガアボガドロの法則は液體にも適用することが出来ることを發見した以前で、ド・フリースの觀察が上記の問題にヴァント・ホフの興味を起したのである。ド・フリースの研究の當時にはラフィノース糖の分子構造に關する意見は區々であつた。そして三つの違つた分子式が主張された。第一説では糖の分子量が三九六だと言ひ、第二は五九四、第三は一、一八八だといふのであつた。

原質分解即ちトウラディスカンテイヤ細胞の原形質收縮を起すべき蔗糖及びラフィノース糖の濃度を決定して、ド・フリースは三、四二%蔗糖の蔗糖及び五、九六%ラフィノース糖の溶液は、同一の生理的影響があることを發見した。水に對して同等の引力を持つ溶液は、同じ容積では同一分子

数を持つといふ假定に基いて、蔗糖の分子量が三四二であるから、ラフィノズの分子量は五九六  
 $([5.96 + 342] \times 342 \div 5.96)$ であるべき筈である。この方法でドブリースはラフィノズの分子  
 量は五九六であり、その分子式は改めて炭素十八ニ水素三十六ニ酸素十六ニ水五ニ定めたので  
 ある。

## 二 アボガドロ法則が動物組織の滲透行

### 動に適用可能な例證

動物細胞ニ周囲の液體との間の水の交換はアボガドロの法則に決定さるゝ事實の最も古くて  
 多分最も良い例證は、ヘーデンが赤血球に行つた實驗に如くものはない。彼の方法は種々の溶液  
 の中で赤血球の容積の變化の測定である。この容積は遠心機で決定したのである。

もし物質が細胞の中に入らないものであれば、その溶液の性質は何んなものであつても血液と  
 同一の分子濃度の溶液の中では、血球の容積は變化しないといふことをヘーデンは始めて確定  
 した。

### 次の溶液中での血球の容積

0.15モル液	硝酸加里	食塩	醋酸ナトリウム	鹽化カルシウム
34.4		34.4	34.3	34.3

凡ての溶液は0.15モル硝酸加里の溶液と同一滲透壓を持つてゐた。溶解した物質の分子  
 量の測定には、赤血球は滲透壓計として用ひても正しいだらうと思へる程上記の結果には一致が  
 ある。

次の表は硝酸加里と鹽化ナトリウムとの等滲透壓の中で赤血球の容積の變化結果を示す。



濃度	赤血球の容積		違 %
	酸加里硝	食糖	
.03	48.6	50.2	-1.6
.10	46.3	48.2	-1.9
.12	43.2	44.2	-1.0
.13	42.5	43.4	-0.9
.14	41.4	42.2	-0.8
.15	40.2	41.0	+0.8
.16	39.9	40.4	+0.5
.17	39.7	39.6	+0.1
.18	39.4	39.2	+0.2
.20	38.1	38.0	+1.1
.22	39.2	37.3	+1.9
.24	38.7	36.8	+1.9
.26	28.3	31.5	+1.8
.30	31.2	36.8	+0.4

この場合に用ひた血液と同一分子量であつた〇・一七モル硝酸加里が最も良く一致してゐる。後で論ずるが、赤血球の濃度は大變に違つた溶液は、細胞の透過性の變更を起すことこの事實又、この有害な作用は大に物質の化學的性質に影響されることこの事實を考察すること、血液の分子

濃度は違つた濃度でも、如上の一致は矢張り驚く程満足なものである。

だから鹽の等分子溶液は赤血球の容積の中に實際に同一の變化を起すといふことが出来やう。赤血球は生てゐるものと死んでゐるものと區別が良く出来ないから、赤血球についての實驗は不利である。この點では筋についての實驗は尙一層満足である。鹽化ナトリウム（及び他のナトリウム鹽類）の八分の一モル溶液の中では、蛙の筋は重さが變らないといふことはナツスの實驗によつて知れてゐる。十六年前に鹽化ナトリウムの八分の一モル溶液と等分子の鹽化リチウム、鹽化カリウム、鹽化マグネシウム、鹽化カルシウム、鹽化ストロンチウム、鹽化バリウム（溶液一定時間の中では）でも矢張り同様であるといふことを私は證明した。しかし低濃度の溶液の中では筋は水を吸収し、高濃度の溶液の中では筋は水を失ふ。そこでこの事實から私は筋の水吸収はヴァント・ホフの法則によつて決定されること結論した。溶液の中の分子の数は、その化學的性質でなく、筋の周圍の溶液との間の水の交換を決定するのである。

私は何の程度の正確さでアボガドロの法則が筋の水の交換を決定するかといふことを發見す

ることに興味を持った。この目的のために等滲透性の點より少し低か或は高い濃度の塩化ナトリウム及び色々の砂糖を用ゐて一組の實驗を行つた。

一時間以内に蛙の筋の元重量の%から重量の變化

1. 1.25 .150 1.75 モール食鹽 + 3.0% 0% - 1.9% - 1.9%

塩化ナトリウムの〇・一モール溶液の中では、筋は水を吸収する。〇・一二五モール溶液では、水の重さは變らない。〇・一五モール溶液では水を失ふ。この場合に〇・一七五モール溶液で失ふ水は、〇・一五モール溶液よりも少ないのは偶然的であつて、多分違つた筋は例へば多少活動してゐたさがるなかつたさかいふやうな實驗前の來歴に起因して、その滲透壓か幾分が違つたさかいふ事實に因るものだと思ふ。これ等の不等一の影響は實驗數を多くすれば取り除くこゝが出来るのである。

しかし筋は滲透壓計としては赤血球のやうに十分正確ではないが、筋の水の交換は元來アボメ

ドロの法則によつて決定されるさかいふ事實は次の實驗で説明されるのである。

塩化ナトリウムの八分一モール溶液では、分子の八十五%はイオンに電解するのである。もし八分の一モール塩化ナトリウムを同一滲透壓の非電導體溶液(例へば砂糖類)を作らうと思へば、〇・二三一モールの濃度を選ばなければならない。〇・二〇〇モールの砂糖溶液の濃度では、筋は水を吸収しなければならない。しかし〇・二五〇モール或は以上の濃度では、筋は水を失はなければならない。この實驗を單糖(葡萄糖)、複糖(蔗糖)、多糖(ラフィノス)の三種の砂糖で行つた。次の表は以上の溶液の中で一時間内に筋の重さの變化を示すものである。

	.2モール	.25モール	.3モール	.35モール
葡萄糖	+2.6%	-1.6%	-4.1%	-7.7%
蔗糖	+3.8%	-1.2%	-1.8%	-9.1%
ラフィノス	+1.7%	-2.3%	-5.3%	-8.9%

重量の減少或は増加との間の分離點は、以上の三糖類では分子濃度の同一極限内、即ち0・2ミ〇・二五モールの間にあるのである。そして三異種の砂糖のための價値は、筋ミ周圍の溶液との間の水の交換が、アボガドロヴァント・ホフの法則によつて決定せられるといふ假説で計算した極限界内にあるといふのは最も重要な事實である。吾々が生物學で單に定性的の結果を扱つてゐる間は生命現象に對して、かやうな法則の適用可能について何時も多少の疑があるが、もし結果が計算した結果ミ定量的に同一であるならこれ等の場合にも法則が適用できるといふことは確實である。

クツク嬢は私の實驗室で、塩化ナトリウムの低高滲透壓的溶液の中で、筋の重量の増減を實驗した。等滲透點の近くで、水量は始め極めて徐々に殆んミ稀薄度ミ直線になつて増加するのである。しかし溶液がもつミ稀薄になるミ、吸収した水量は溶液の稀薄度よりも遙かに大きな割合で増加するのである。これは稀薄な溶液或は水が筋肉に、入つた、め、或る二次的變化が筋に起つたからだミクツク嬢は指摘してゐる。高滲透的溶液では多分實驗前に各筋肉が休息してゐたミか

或は活動してゐたミかといふやうな違つた條件に伴う變化の不規則がある。

次の表はアル・ウエブスターの塩化ナトリウム及び蔗糖の等分子溶液の中で決定した一組の實驗を示すものである。

塩化ナトリウム及び蔗糖の等分子溶液の中で一時間後筋の排筋筋の重量の變化

食	鹽	蔗	糖
	%		%
モール	-17	1.67モール	-40
$\frac{1}{2}$ モール	-18	.87モール	-27
$\frac{1}{4}$ モール	-7	.45モール	-12
$\frac{1}{8}$ モール	+0	.23モール	-1
$\frac{1}{16}$ モール	+18	.12モール	+11
$\frac{0}{32}$ モール	+25	.05モール	+26

等量分子の低滲透的溶液では筋の重量の増加は、先づ塩化ナトリウムと蔗糖の中では同一であるが、蔗糖の高滲透溶液の中では、塩化ナトリウムの等量分子溶液でよりも重量が減ずる。これは多分蔗糖の溶液は不正常の高滲透壓を持つてゐる、そしてこの變則は濃度が高ければ高い程一層著しくなるらしいといふ事實に因るのである。

アボガドロの法則の適用を試みるこゝの出来る動物機官の數には際限がある。なぜならこの目的には周圍の溶液が附着するこゝの出来る細孔或は毛細的空間のない組織が必要だからである。海綿質構造の組織は正確な計算には用ひるこゝは出来ない。近頃シーベックは蛙の腎臓で一組の實驗を行ふこゝが出来た。この計算は赤血球や筋の場合程満足なものではなかつたが、大體の結果には何の疑を残さない程度に於いて十分正確であつた。その結果は次の通りである。〇・七%のリンガー液と等量分子の塩化ナトリウム、臭化ナトリウム、塩化リチウム、臭化リチウム、塩化カリウム、塩化カルシウム、塩化マグネシウム、蔗糖の溶液の中では、腎臓は水を吸収もしないし又失ひもしない。これ等の溶液には同分子數であつた外には何の共通性もないから、滲透

壓と腎臓と周圍の溶液との間の水の交換を決定するこゝをシーベックは指摘してゐる。マシウスの實驗は生きた神経にも同一事實があるといふこゝを示して居る。

メーグスによるこゝの平滑筋の標本は半透過的膜に包まれてゐるやうには行動しない。しかし彼の實驗に用ゐた胃の平滑或は横紋筋或は血球或は腎臓が有効であるやうな自然の状態を得るこゝは出来ない。例へば横紋筋或は腎臓或は赤血球の如く少しも自然的表面の變化を起さないで得るこゝの出来る平滑筋で、如上の實驗を繰返してみたら面白いだらうと思ふ。

### 三 膠質溶液の水吸収

動物の組織を取り圍んでゐる自然の媒質は、一定塩類の外に溶解した蛋白質を持つ溶液である。或る著者はかやうな蛋白質の溶液或は一般の膠質溶液が水を吸収する力はアボガドロの法則では決定されないものこゝきめてしまつてゐるらしい。又或る人は細胞と血液との間の水の分布

の調節は塩類によつてではなく、全く蛋白質によつて決定されるまで主張してゐる。かやうな考は理論にも又實驗にも矛盾してゐる。吾々は生きた細胞を滲透壓計として、膠質溶液のアボガドロールやヴァント・ホフの法則が要求する如く、正確に行動するといふことを證明することが出来る。

アボガドロール、ヴァント・ホフの法則は或る溶解したる物質の瓦分子溶液には、同一の分子数があるといふことを要求する(電離的事實は一時的に除外して)。そして分子の數エヌ(N)はアボドロールの恒數である。よく知られてゐる如く、このエヌの價は全く異種の方法で驚くべき一致度をもつて分子に決定されてゐる。例へばラサフォードは一秒毎にラジウムの一定量から出るアルファ(a)微粒子を計算して $N \approx 62.10^{18}$ であるといふことを發見した。

デュワア並にボルトウフドも同じ方法で $70.10^{18}$ といふ同一の價を得たのである。ローレンツの學說によるに、熱放射恒數からエヌを計算する方法では $N \approx 60.10^{18}$ になつた。レイリー卿は空からの光の擴散から瓦分子に於ける分子の恒數Nを決定した。そしてNは約 $70.10^{18}$ であ

ることを發見した。

果して膠質溶液の浮泛微粒子が分子と同様に行動するかしらないかといふことは元來疑はしいことに思はれる。ペランはこの問題を解決しやうと試みた。ヴァント・ホフの法則は分子の大小輕重に關係なく(適當に稀薄な溶液には)適用することが出来ることをペランは指摘した。

これ等の状態の下では、この法則に従ふ微粒子の太さには極限がないといふことは想像し出されないか。ブラウン運動で動搖された小粒は、分子の進行を妨げる壁に分子の起す衝突作用については、普通分子と少しも違はないから、見へる微粒子でもこの法則に正確に従ふといふことは不可能でなければならぬか。或は言葉を換へて言へば、完全な瓦斯の法則は見へる小粒で出来てゐる乳狀液にも適用することが出来るか假定されないものか。

ペランが直立體器に入つたマステイツクスの乳狀液の浮泛微粒子の相對的分布の計算からNの價を定め $N \approx 62.2 \times 10^{18}$ であるといふことを發見したことはよく知られてゐる。三つの他の方法でも殆んど同一のNの價を彼は出してゐる。これは滲透物の關係を以ては乳狀液の浮泛微粒子は瓦

斯の分子を全く同様に行動するといふことを證明するのである。

蛋白質の滲透壓を直接に滲透計ではかつたものは、蛋白質の高い分子量から期待された如く極めて少い数を出してゐる。アル・エス・リリーは2%のアルブミンの溶液では三十から四十耗水銀壓、スターリングは血清の蛋白質では四十耗水銀壓であるこゝを發見した。

さて果して溶液状の蛋白質には、その滲透壓よりも水を引く力のある他の性質があるかないかといふ疑問が起つて来る。この疑問は滲透計をして生きた細胞を用ふれば容易く解答が出来る。吾々は已に塩化ナトリウムの八分の一モール溶液或は0.231モールの砂糖溶液は蛙の筋(腓腸筋)に等滲透壓であるこゝを知つた。砂糖溶液或は水銀の三九三三耗滲透壓を持つてゐる。又滲透計をして蛙の腓腸筋は、0.03モールの砂糖液以内の等滲透壓の點では正確だを考へるこゝが出来ること分つた。だから血液の蛋白質の滲透壓は滲透計をしての筋の感受性の極限以上である。或は言葉を換へて言へば、もし血液の水を引く力は單に血液の滲透壓だけ決定されるものだとすれば、血液の全滲透壓の中で蛋白質の與へる部分は無視すべきものでなければならぬ。

い。事實は全くさうである。私は私の助手ビュウトナー博士に蛋白質のある或は無い種々の溶液の中で蛙の筋の重量の變化を比較して貰つた。

同一の蛙の二つの腓腸筋の重量の變化

	$\frac{1}{8}$ モールリッガー液中の筋【イ】	$\frac{1}{8}$ モールリッガー液+2%ゼラチン中の筋【ロ】
1 時間後	—1.6	—2.5
3 同	—3.5	—4.3
8 同	—3.2	—4.7
22 同	—4.4	—3.8
29 同	—4.2	—3.8

(上表の)二行の數字の違は實驗誤差に比べて少ない。又ゼラチンを加へても水の吸収は餘り影響しない。

第二の實驗では、パーチメント紙の中で四十時間透折して、塩類の大部分を除いてしまつた血清の中で、筋は同一滲透壓を持つてゐる塩化ナトリウム溶液の中を全く同様に、量が増加するこゝ

を確めたのである。透折法を行つた後の血清は〇・〇三度の結氷點降下がある、之は殆んそ百二十分の一モールの塩化ナトリウムの濃度に相當するものである。

同一蛙の二つの肺筋の重量の變化		透折した血清中の筋	
	%		%
半時間後	+22.3	半時間後	+24.7
一時間後	+34.0	一時間後	+35.0
二時間半後	+51.0	二時間半後	+53.6

この二組の實驗の結果は誤差の範圍で同一であるを考へていゝのである。上記の結果は溶液狀の蛋白質は單に滲透壓によつて筋から水を引き、他の實在的の或は假定的の性質にはよらないことを證明する。又血液の塩類が組織の水の交換を決定するもので、蛋白質ではないといふことも證明するのである。

アル・リリーは酸を加へるに蛋白質溶液の滲透壓が増加するが、この増加は透折した血清でも水の吸収の速度を影響するのは少な過ぎるといふことを確證した。これは次の表に示す通りであ

二つの肺の重量の變化		透折した血清五十立方種+十分の一正規鹽酸一立方種の中の筋【イ】	
	%		%
1時 間 後	+33.0	1時 間 後	+35.0
2 同 間	+43.0	2 同 間	+46.0
4 同 間	+52.0	4 同 間	+49.0
6 同 間	+45.0	6 同 間	+43.0

これ等の實驗は(一)膠質溶液は單に滲透壓丈けて組織の中の水の吸収に影響し、(二)この滲透壓は身體液の中の塩類のそれに比較べるに、その影響は一般に殆ん無視される程少いといふことを決定的に證明するに私は思ふ。(註。血清の水を引く力は蛋白質で決定されるといふ間違つた考は、固體膠質に發見された浸入の現象が液狀膠質にもあるといふ獨斷的假定から出發したものであらう。しかし固體膠質では水の吸収作用の條件が存在するかも知れないが、膠質が溶解した時にも存在しなくなるから、上記の理屈は受け取れない)。

## 四 透過的及び非透過的溶質

水は透過するが溶質は透過しない半透性壁の存在は、滲透壓の表現についての必要條件である。細胞内に容易く透過する溶解物質は滲透的影響を起さないミオヴアトンは確證したのはよく知られてゐる。アルカロイドに對する細胞壁の透過性は細胞のタンニン酸の反應によつて直接に證明が出来る。アルカロイドを滲透壓的溶液質に加へた時は、水の平衡は變らないといふことをオヴアトンは證明した。細胞壁内に容易に透過する物質にはアルコール類、アルデハイド類の外に他の澤山の化合物がある。これ等の物質はリポイドに對して比較的強い溶解性を表はすのである。(アルコールの如く)細胞壁内に溶解する物質(砂糖の如く)溶解しない物質の行動の違は、オヴアトンの行つた次の實驗で説明するこゝが出来る。

○・二%塩化ナトリウムミ二・六六六%マンニット(○七%塩化ナトリウムミ等量同分子ミ一所

に)この混合液の中では、九時間の間蛙の腓腸筋の重量は變らない。二%の塩化ナトリウムミ二%のメチル・アルコールミの混合液の中では(殆んこ一・六%の塩化ナトリウムの溶液に等量分子である)筋は○・二%塩化ナトリウムの純粹の溶液の中と同様に強く水を吸収するのである。細胞内に透過するこゝの出来ない物質だけが組織ミ身體液ミの間の水の交換を助けるこゝが出来るのである。これは正確にアボガドロの法則が要求するが如くである。

一般に半透過膜には水は透過するが、中性鹽類、砂糖類は透過しないといふ唯一つの型だけが存在する。或る膜は水并に鹽類、砂糖類には透過的であるが、膠質には透過的でない、紫海膽卵の受精膜は、この型に屬する。他の方では鹽類にも水にも透過的でない膜がある。この型の膜はファンデユラスの卵が代表するのである。明かにファンデユラスもさうで、多分水棲脊推動物の多數はさうであらう。

しかしこれ等の膜は凡て水に溶解した瓦斯(酸素瓦斯、炭酸瓦斯)には透過的である。



## 五 塩類の生理的能率と細胞壁半透過性との間の外觀的矛盾

今吾々は細胞の塩類に對する非透過性の考が逢遇する難點について論じよう。蛙の筋は塩化ナトリウムの純粹溶液では痙攣するが、この影響は少量のカルシウムを加へるに止まるのである。塩類が細胞内に入らないで働くものゝ假想するのは困難である。しかし又等透過性の現象は塩類や砂糖類に對して、細胞の實際的非透過性を假定しないで理解されないことである。この困難は生きた機官と周囲の電解質溶液との間の境界に於ける電壓差違に關するロエプ並にピウトナーの研究によりて明かに取り去られたのである。もし電解質の濃厚な溶液と生きた機官と電解質の稀薄な溶液とから出來た型の電池を作らざれば、稀薄な溶液は濃厚な溶液に對して陽性であり、この度合は溶液が稀であればある程大きいのである。これは生きた組織の大部分には事實で

あるらしい。この事實から生きた組織は陽イオンに對して可逆的のものであるといふことになる。猶更にかやうな電池の電動力はネルンストの法則即ち、電動力は濃度の對數に正比するといふ法則に従ふものであると確證することが出来るのである。しかし吾々が發見した中で最も驚くべき事實は、生きた細胞が先づ如何な陽イオンにも可逆的であるといふことである。所が今まで物理學者が觀察した二相の境界の電壓差は只一の陽イオンにしか可逆的ではないといふのである。これ等の結果は次の二つの假定の中のされかて理解される。即ち總て生きた機官の表面が已に凡ての金屬の痕跡を持つてゐる(頗る怪しいが)か、或は電解質の痕跡が生きた機官の表面に反應するからである。もし後者が眞だますれば、電解質が生命現象に影響し又、生きた機官の壁上には理論的に計算した浸透壓が起るといふことが分るのである。

十三年前に電解質と「原形質」の或る部分(蛋白質或は脂肪化合的)との間に化學反應が起り、その結果イオン或は金屬蛋白質或は石鹼様化合物が出來、そしてこれ等の反應は筋痙攣、心臟の鼓動等に電解質の影響を説明するといふことを私は暗示した。塩化ナトリウム、塩化カルシウム塩、

塩化カリウムの如き塩類の心臓鼓動、筋痙攣に對する作用は、(一定濃度と一時間の限界内では)完全に可逆的であり、この可逆性はこの作用の特性であるといふことは良く知られてゐる。而してかやうな化學的反應の完全な可逆性は塩類の僅の痕迹が生きた機官の中にある物質と一所に反應に加はるゝすれば分るのである。

ヒウトナーは熱力學的計算を基として、生きた機官と周圍の溶液との境界で、吾々が觀察した電解差は、電解質の痕迹と生きた機官の表面との間の化學反應を假説せなければならぬといふ結論に達して居る。

## 六 電解質に依る細胞壁半透過性の變更

プフエファー創作の半透性圓筒を用ゐて研究した人々は、圓筒が理想的半透過性の状態を保持

するところは困難であるを報告してゐる。生きた機官は不正常の濃度或は不正常の構造を持つた溶液或は兩性質を備へた溶液に曝らせば、生きた機官の半透過性も變化するらしいのである。吾々の身體細胞の正常な媒質は、塩化ナトリウムと塩化カリウムと塩化カルシウムとが、大洋に表はれてゐる割合と殆んど同一の割合で、三つの塩類が入つてゐる液體である。かやうな液體では濃度が正しければ細胞壁が生きてゐる間は、その特種の半透過性を保存することが出来るかも知れない。しかし細胞或は機官は他の塩類の溶液或は上述の三つの塩類の一つだけ入つた溶液の中に入るれば、半透過性は早晩なくなつて死んでしまう。多分この場合では塩類と生きた機官の表面との間の交互作用は、生きた機官の表面の物理的性質に變化を來すを説明する外に仕方がないのである。

一八九九年に海産魚フアンヂユラスの受精したばかりの卵は、蒸溜水の中で正常に發達し、幼虫が孵るといふことを私は發見した。しかしもし卵は受精後直ぐに二分の一モール或は、尙一層いゝのは八分の五モールの塩化ナトリウム溶液の中に入ると、彼等は幼虫と成らないで死んで

しもうのである。もし一定の少量の二價金屬鹽を鹽化ナトリウムの溶液に加へれば卵は幼虫を形成する。これ等の事實に對する説明は次の如くである。

もし受精したばかりの卵が八分の五モール鹽化ナトリウム溶液の中に入れらるれば、鹽化ナトリウムは卵に膜を作る。この膜は元來鹽類には頑強であるが、漸次に透過的になる。鹽化ナトリウムが卵に入つて、原質は殺されてしもう。もし少量のカルシウムを鹽化ナトリウムに加へれば、この膜の變化は制止され、鹽化ナトリウムは卵の中には少しも入らないで原質は生きて發達するのである。又蒸溜水の中では膜は鹽ミ水ミには非透過的のまゝであり、幼魚は同様に發達するのである。

近頃私はこの假定を證明する一組の實驗を發表した。こゝにはこの證明の一般性質だけを記載する。フアンヂユラスの卵は(八分の十一モール鹽化ナトリウム溶液に相當する)、一・〇五八〇より少し高い比重を持つてゐる。もしかやうな卵を受精後數日してから、鹽化ナトリウムミ鹽化カリウムミ鹽化カルシウムミが海水の中にある割合ミ同様にして、この三つの溶液の三モール溶液

の中に入らるれば、卵は溶液の表面に四日或はこれ以上の間浮いてゐる。それから卵は收縮して試験管の底に沈む。膜は水ミ鹽類ミには不透過的で、鹽化ナトリウムミ鹽化カリウムミ鹽化カルシウムミの三モール溶液の中でも、數日の間そのまゝになつてゐる。遂には水に透過的ミなり、鹽類にも水に對するよりは幾分少い度合で透過的ミなり、卵は收縮して底に沈むのである。しかしもし鹽化ナトリウムの三モール溶液の中に卵を入らるれば、始めは浮いてゐるが、透過性の増加ミ卵の收縮は三時間内で始まるのである。もし卵を八分の十から二分の五モールの鹽化カルシウム溶液の中に入らるれば、始めは浮いてゐるが、二十分内に收縮が始まつて卵は底に沈む。もし三モール鹽化ナトリウム四十八立方糎ミ八分の十モール鹽化カルシウム二立方糎ミの混合液の中に卵を入らるれば卵は收縮して底に沈み始める前に三日間浮いてゐる。これミ又他の同様の實驗では動物膜の特有の半透過性は動物膜を取り圍む溶液の性質に影響されるこゝが分る。生理的に平衡した溶液即ち鹽化ナトリウムミ鹽化カリウムミ鹽化カルシウムミが海水に於けるミ同一の割合になつてゐる溶液では、この特有の半透過性は永久でなくても最も永く保存されるのである。唯一つ

丈の塩の溶液では、通例溶液の中の鹽の濃度が一定極限を超へるに直ぐ膜の透過性は増加するのである。この極限は違つた塩類でも變る又、違つた動物では同じ鹽でも變るのである、だから塩化ナトリウムの純粹の溶液が一つの生物には他のものよりも一層急激に有害であるといふ理由はこのためである。讀者は以上の現象界では、溶液の化學的性質が最も重要なものであるといふことに氣がつくだらう。

半透過性の保存は周圍の溶液の化學的性質に左右されるといふことは、細胞壁に半透過壁の化學的物性的特性が、變更さるべき周圍の溶液との間に化學的共働作用があるといふことを暗示するのである。

## 七 生きた細胞と死んだ細胞との吸水作用の方式相違

吾々は上述の材料から、周圍の溶液中の塩類は細胞の表面の膠質に反應し、それから出來た産物は細胞壁の透過性或非透過性の割合を決定するものであると結論するこゝが出来よう。

これ等の變化は塩の化學的性質に従つて變る。或る溶液では透過性は他の溶液より永く保たれる。例へば筋は塩化カリウム或は塩化カルシウムの溶液でよりも、塩化ナトリウム或は塩化リチウムの溶液の中で、より永く正常の機能を保持するのである。筋が興奮する間丈は興奮しなかつてから暫くの間は、塩類の純粹な溶液の中ではアボガドロの法則に従ふのである。しかし十八時間を過ぎた後には筋は、塩化カリウム并に塩化カルシウムの等滲透壓の純粹溶液の中では殺されてしまうが、塩化ナトリウムと塩化リチウムとの溶液では尙生きて居る。その時には筋は塩

化ナトリウムと塩化リチウムとの溶液の中では、アボガドロの法則に従ふが、塩化カリウムと塩化リチウムの中では最早従はないのである。

八分の一モール食塩と等量分子の溶液の中で十八時間後に蛙の腓腸筋の重量の変化

	%		%		%
塩化リチウム	-1	塩化ナトリウム	+6	塩化カリウム	+45.7
臭化リチウム	-1	臭化ナトリウム	+1	臭化カリウム	+41
沃度リチウム	-3	沃度ナトリウム	+10	沃度カリウム	+45
				鹽化カルシウム	-20

筋の重量はナトリウムとリチウム塩類の等浸透的溶液では、極めて少し或は少しも変化を起さないのに、塩化カリウムの中では水を可なり吸収し、塩化カルシウムの中では水を失ふのである。その後以上の結果を繰返して確定したオザアトンは、正常な筋は塩化カリウムには透過的であるが、他の塩類には透過的でないといふ假定の下に説明した。鹽化カリウムの純粋の中では、塩

は次第に筋の中に入る。その結果筋の浸透圧は増加して腫脹するのである。しかし鹽化カルシウム溶液の中では、元來筋の中にある塩化カリウムが筋から出て、筋の中の分子数が減少する結果、元は等浸透圧であつた周囲の溶液が、筋には高浸透的にあるのである。かやうな假定の下では何ぜ塩化ナトリウムの溶液の中では、筋は水を失はないかといふ理由が分らないかも知れない。蛙の正常の腓腸筋は少し或は少しも塩化ナトリウムを持たないが、塩化カリウムは比較的澤山あるのに、血液の中では全く逆であるといふことが説明された。そこで血液中の塩化ナトリウムは筋の中には鹽化カルシウム以上には入れないといふ頗る穿つた議論がある。

しかしこの假定の下では鹽化ナトリウムの純粋な溶液の中では、塩化カルシウム溶液中と同様、カリウム塩類が筋から出なければならぬから、鹽化ナトリウム或は塩化リチウムの純粋な溶液の中では筋は重量を保持してゐるか或は少し増加するが、塩化カルシウムの中では可なり重量が減るといふ事實をさう説明するか理解に苦しむ。

總べて高浸透的溶液の中では筋は水分を失い、溶液の濃度が高ければ高い程失ふ水の量は大き

いのである。これはアボガドロの法則に従ふ所以である。しかしもし高滲透的溶液の中では筋は一定時間後に吸収を始め、濃度が高ければ高い程始める時間が早く、終に筋は瓦分子の塩化ナトリウム溶液の中でも膨脹し始めることを私は觀察したのである。

この矛盾した行動は私がフアンヂュラスの卵の觀察で説明される。この實驗では鹽類と砂糖類に對する膜の非透過性は、溶液の濃度が高ければ高い程速かに破壊されることが分つた。この非透過性が破壊されるや否や、細胞は最早アボガドロの法則には従はないが、固形體のゼラチンの一片と比ぶべき状態となる。ミイフのは水は滲透壓の爲めに吸収されるのでなく、「浸入作用」で扱はれるのである。この浸入作用度は周圍の鹽の性質によりて變化する。この假定から私は鹽化カリウムと鹽化カルシウム溶液の中で死んだ筋の行動の相違を説明したのである。

## 八 鹽類と酸類との拮抗作用

浸入作用に影響する周圍の溶液の化學的特性は次の觀察でよく説明される。

私は十六年前に鹽酸(或は他の酸)を加へれば、筋は塩化ナトリウムの八分の一モール溶液から水を吸収することを證明した。この場合には一見アボガドロ・ヴァント・ホフの法則は違犯してゐる。この場合は酸が筋の半透過性を破壊し、二次的に水の吸収作用は單に浸入作用だミオゾアトンは指摘してゐる。水の中で固形體のゼラチン板は酸を加へると、その膨脹度が増すといふことは已に確證されてゐる。

その後の論文で私は鹽類と酸類との間に妙な拮抗作用があるといふことを示した。もし八分の一モール塩化ナトリウム溶液が酸性にされること、その中で筋は脹れるが、溶液中の鹽化ナトリウムの濃度が十分高い時には酸性溶液の中でも筋は脹れない或は却つて脱水するのである。所が高

濃度の中性塩化ナトリウム溶液の中では筋は終に水を吸収するといふ事實があるのである。これは次の表で分る。

中性	食鹽	食鹽中の百分の一モール	
食鹽の濃度 %	18 時間中 重量増加	食鹽の濃度 %	重量 増加 %
4.9	+ 6	4.9	- 36
1.22	- 2	1.22	+ 22.2
0.7	+ 7	0.7	+ 40

十八時間内に四・九%塩化ナトリウムの中性溶液の中では、筋は重量を増加するが、百分の一モールの酸ミ四・九%ナトリウムこの溶液の中では、重量は可なり減るのである。

私は又この現象には塩の化学的性質が非常な影響があることを指摘した。脱水を起すには塩化ナトリウムこの濃度が高くないといけませんが、この脱水は随分弱い硫酸加里溶液でも起る。

硫酸加里の中性等滲透的の溶液の中で、筋肉は十八時間に四%を失つたが、硫酸加里の等滲透的の滲透百立方糎に十分の一モール塩酸十立方糎を加へた時には、筋は重量二十二%を失つたのである。だからこの酸の膨脹作用を止める硫酸加里の濃度は、塩化ナトリウムの濃度より遙かに低かつたのである。

硫酸を加へて二百分の一モール酸性にした〇・四モール硫酸ナトリウム溶液中に筋を入れた時には、筋は始め水を吸収し、後では水を失つたのである。これはピウトナーが行つた次の實驗で示す通りである。

0.4モール硫酸ナトリウム——二百分の一正規硫酸正規液中で筋の重量の変化

1 時 間	..... + 9.9.
3 時 間	..... + 12.3
6 時 間	..... + 1.8
24 時 間	..... — 19.3
32 時 間	..... — 25.2
96 時 間	..... — 13.2

この結果の解釋は困難でない。ピウトナーが指摘した如く、筋は生きてる間、もつこ正確に言へば、筋の膜の半透過性が保存されてゐる間は、ヴァント・ホフの法則に従ふのである。

硫酸ナトリウムの〇・四モール溶液は低透過的であるから、かやうな溶液の中では筋は水を吸収せなければならぬ。筋の半透過性がなくなり、酸が酸の中に透過するや否や、筋はゼラチンの一片のやうに全く違つた作用をするのである。プロクターは固體がゼラチンは塩溶液并に

酸溶液の中で脹れるが、ゼラチンは酸溶液と塩溶液との混合液の中では水を失うといふことを證明した。そしてこれは死んだ筋にも同様である。

### 九 筋の内部の變化

クツク嬢は蛙の疲勞した筋は塩化ナトリウムの八分の一モール溶液には最早等透過的でなく、その十六分三モールと等透過的であることを證明した。だから疲勞は筋の透過壓を増加するものである。(註。誤解を避けるために、疲勞筋の等透過性が増加した時だけ、疲勞筋はアボガドロの法則に従ふといふことを言つて置かなければならない)。この場合には乳酸が出來て、この乳酸が等透過的溶液の中の筋が水を吸収する原因であることを私は暗示した。或る反應では乳酸は觸媒物として働くらしい。この結果筋の中の透過壓が増加するのであらう。或人は筋の中の或る膠質が乳酸のために脹れると假定してゐる。これは或る固體膠質丈けに關しての話である。し



かしこれではさうして筋が更に水を吸収するやうに強制するか了解するのは六づかしい。プロクターは固形膠質が水を吸収するばかりでなく、(酸が存在しても)塩類も吸収することを証明した。もしこれが事實なら筋の中の固形膠質の膨脹は、もし水が比較的塩より多く吸収されるれば、筋細胞の中にある液體の滲透壓が唯増す丈けである。この點については定量的の材料は手に入らないから、この問題を議論するは無益なことである。

## 十 結 論

この論文の中に述べた事實は次の事柄を證明するに信ずる。滲透的變化の正確な測定に用ひられる動物細胞或は、機官は正常或は生きてゐる間は、アボガドロ・ヴァント・ホフの法則に従ふ。即動物細胞或は機官は血液と等量分子である砂糖或は中性塩類の如何なる種類の溶液の中に入れられても水を吸収しないし又失はないのである。しかし動物細胞或は機官は低滲透壓の溶液

の中では水を吸収し、高滲透壓の溶液の中では水を失ふのである。もしアボガドロ及び、ヴァント・ホフの法則が(誰も疑ふものはないが)正しいとすれば、この組織の行動は組織と身體中の液體との間の水の交換に、この法則を適用することが出来ることを表すものである。

組織と身體中の液體との間の水の交換に、アボガドロの法則を適用したやうな工合に、定量的にも定量的にも實驗の結果を豫言することが出来る程度に、理化學の根本的法則に生命現象を當はめることが出来るといふ事は生物學には屢々あることではない。

もしアボガドロの法則を取り除けやうと思ふ人があるなら、その人は動物細胞或は組織によつて水を吸収する場合よりも、計算した結果を觀察したこの間が、尙一層接近すべき學説を提供しなければならぬ。かような學説はまだ提出されてはゐないのである。

(これは千九百十二年十二月クリザラントで開かれた植物學會での講演である)

## 第拾壹章 動物に對する環境の影響 に就いての實驗的研究

### 一 緒 論

生物學者が動物の自然的環境といふのは、物理的見地から寧ろ一定諸力の嚴重な結合である。實驗室で或る目的の系統系に一定の諸力を適變し、又他の諸力を適用して研究しては、自然的環境の下には現れない結果を得なければならないのは勿論である。これは動物生活上に環境の影響の研究の最近進歩に基いた推論である。ダーウインの大膽な意見が、實驗生物學者の勇氣を刺戟して、動物の生命現象を隨意に調節し、自然界では到底期待されない影響を起さうとするに至つ

たのは、多分科學に對するダーウインの偉大な功績であつた。

動物の形態や反應上、外力の影響の系統的の理化學的分析は、又單なる細胞學的研究によつて得られる結果以上に、遺傳の機制を闡明し得る唯一の方法である。吾々は勝手に遺傳的特性を變更し調節するまでに成功しなければ、原質細胞が何故に成熟してから或る特性の上に強制する場合は到底了解されない。そしてこれは單に生物に對する理化的力の影響の組織的研究に基いて始めて成就することが出来るのである。

紙面の制限があるから、この論文は必然的に不完全である。だからこの論文中に述べない研究は不必要だに早合點してはいけない。先づ私の希望は環境の影響に關して行はれた實驗的分析の例證を二三列記することだ。この例證は吾々が生命現象の性質これを調節する程度を示し、又ダーウインの仕事に或る關係を持つてゐるのである、これ等の例證の選擇は、一般の讀者には餘り専門的でない問題に限つたのである。

力(その影響に就いてこゝに論じやうとする)は化學物、温度、光、引力の順序である。形態

や本能的反應に及ぼす上記諸力の影響も亦別々に論じてみやうと思ふ。

## 二 化學物の影響

(1) 異種的交配作用。近頃まで交配作用は近縁の種の間でなければ不可能であり又、この近縁の種の間でも常に好結果の交配作用が起るを期待することは出来ないと思はれてゐた。この見解は經驗に基いたのである。例へば多くの海産動物は、未受精卵を大洋の中に生み落し又、雄も海水の中に精虫を射出するといふことは良く知られてゐる。海水の中に精虫の数が卵の数よりも著しく超過してゐるといふことは、卵が受精する唯一の保證となるのである。なぜなら精虫は偶然卵のある場所に運ばれるので、卵が引つけらるゝ譯ではないからである。この説明は一般の人々が信じてゐる所は矛盾だが、各方面の著者が多くの實驗によつて確めた結果である。通例一定の場所では、同種類の全部の個體或は少くも大多数は同日に産卵するものである。それで産卵が

行はれる時には、海水は實際精虫の浮泛状になつてしまつてゐるのである。近頃實驗で分つた所によるに、新鮮な海水の中では精虫は數日間生きてゐて、その受精力を保持することが出来る。かやうな譯で或る時期には、一種以上の精虫が海水の中に浮遊してゐるといふことは避けられないことである。だから異種の交配作用が常に起らないといふことは全く驚くべきこと、言はねばならぬ。この理由は成熟した卵と同じやうに成熟して活潑な異種の精虫を一所にすることを明瞭になるかうしても卵は通則として一つも受精しない。海膽の卵は同種のもの、精虫で受精することが出来る。或は小數だが他種<sup>の</sup>海膽の精虫で受精することが出来る。しかし海盤車、陽遂足、沙蠟或は海百合等のやうな刺皮動物の他種<sup>の</sup>精虫では決して受精することがない。更に縁の遠い動物の精虫では、一層受精しないのである、輿論の一致する所は、精虫が狭い小孔或は管所謂胚孔<sup>マイクローピル</sup>から卵の中に入らなければならぬが、胚孔は同種或は近縁の種族の精虫丈けが入れるといふのらしい。

この交配作用の制限の原因は、上述とは違つて、海水の成分を變へて、正常の海水では出来ない

い異種の交配作用が出来るかも知れないやうに考へた、この推定は正當であつた、海水には微かにアルカリ性反応がある(物理化學者の用語で云へば、海水の水酸イオンの濃度は、キャリフォルニアの大平灣では殆んど〇、〇〇〇〇〇一正規(10-6n)で、マサチューセッツのウウヅ、ホールでは殆んど〇、〇〇〇〇一正規(10-6n)である)。一定少量の水酸化ナトリウム或は他のアルカリを海水に加へて、アルカリ性を少し高めるに、海膽の卵は大變違つた種族の動物の精虫でも受精するこゝが出来た。一九〇三年に、五〇立方糎の海水に殆んど十分の一モール水酸化ナトリウムの〇、五から〇、八立方糎を加へれば、(キャリフォルニアの海岸に發見される)紫海膽は海盤車、陽遂足、沙嚙のやうな各種の動物の精性で澤山受精さすこゝが出来た(こゝを證明した。しかし正常の海水或は餘り少しの水酸化ナトリウムの海水では、高アルカリ性の海水の中では有効であるこゝを證明した同じ雌の卵でも、唯の一つも海盤車の精虫で受精させるこゝは出来なかつた、海盤車の色々な種類の精虫は、これ等の交配作用には等しく有効ではなかつた海盤車の一種キャピタやオクラシアの精虫が一番よかつた。これでは海膽の卵の五十%から百%

受精するこゝが出来たからである。しかしビクノボディアミアステリナの精虫は、海膽の卵の一〇%或は二%位しか受精しなかつた。

ゴトレウスキは海百合アンテドン、ロザシアの精虫を使つて、海膽の卵の交配作用に同じ方法を用ひてゐる。その後クーベルヴァイサーは貽貝(ミテイラス)の精虫で、紫海膽の卵に受精させるこゝが出来ららしい結果を得た。近頃私は貝の一種クロロストマの精虫で、紫海膽の卵に受精させるこゝが出来た。この結果は海水に唯アルカリ性を増加(五〇立方糎の海水に十分の一モール水酸化ナトリウムの〇、八立方糎を加へて)した丈けて得られるのである。かやうな工合に海水のアルカリ性を増加して、現在これ等の動物の自然的環境では不可能な異種の交配作用を生ずるこゝが分る。

しかし地球の歴史の前世紀では、かやうな異種の交配作用は可能であつたこゝが考へられる。海水のやうな溶液では、空氣の中の炭酸瓦斯の量が減する時には、アルカリ性の度が増加しなければならぬこゝは知られてゐる。アレニウスが想定してゐるやうに、氷河時代は空氣中の炭

酸瓦斯の量が減じた、めか或は、それに繼いで起つたといふことが眞實だすれば、かやうな減少は又海水のアルカリ性を増加したに違ない。そしてかやうな増加の結果の一つは、大洋の今日のアルカリ性の状態では、實際に出来ない異種の交配作用を起したに違ないのである。

しかしかやうな交配作用が出来たことしたら、それはフアナ動物群の特性に影響を與へたかどうか、換言すれば海膽と海盤車の雜種或は、一層縁の遠い海膽と軟體動物との間の雜種は發育するこゝが出来るかどうか、もし出来たことしたら、彼等の特性はさうであるか。異種の交配作用の總ての場合に、卵或は胎子の生活力は弱くなるやうである。そして異種の雜種が成熟期に達するこゝが出来るかどうかは矢張り疑問である。まだ實驗の数は極めて少いから、この説明はまだ決定的ではない。

遺傳問題に關しては、海盤車、陽遂足、海百合や軟體動物の精虫と、海膽の卵との異種の交配作用に就いての實驗は皆な同じ結果を示してゐる。即ち幼虫は純粹に母親の特性を持つてゐて、それは卵を取つた種類を純粹(同種間)に、掛け合したの少しも違はない。この説明としては海

膽の幼虫は、三日目位或はそれより早く(種類と温度によつて)、典型的骨格(第十圖)を持つ所謂骨格期フルアキスに達する。しかし海盤車の幼虫も軟體動物の幼虫も、同じ時期には骨格が出来ない。だから海盤車或は軟體動物の精虫と海膽の卵を受精して出来た幼虫は、果して正常な典型的の骨格を作るかどうかを發見するのは、多少興味のあることであつた。これはゴルデウスキー、クーベルヴァイザー、ヘーケードルンや私の實驗でも不變的であつた。これ等の雜種の幼虫は全く母性的であつたのである。

異種の交配作用の場合では、精虫の核は卵の核と融合しないから精虫は、その遺傳物質を幼虫に與へるこゝが出来ない論じられるかもしれない。しかしこの抗議はゴルデウスキーの實驗で破れてゐる。こゝいふのは海膽の卵が海百合の精液で受精するこゝ、卵の核と精虫の核には正規の状態で、融和が起るこゝを確證したのである。

(ロ) 人工的單性生殖、多分生物學の他の方面では、生殖作用の方面に於ける程度に、外界の状態で生命現象を調節するこゝの出来るこゝを證明したものはない。最大多數の動物の卵は精虫

が入らなければ、發育することが出来ないのは讀者も知つてゐる。この場合には生きて能動物が發育の原因となる。それで既知の理化學的能動物を適用して、同様の結果を得ることが出来るかどうかといふ問題が起る。これは實際出来る。過去十年間に生きた幼虫が、海膽海盤車二三の蠕虫及び貝類の未受精の卵から、化學的能動物で出来た。實際これは先づ各種の動物の卵に十分永く試みられた實驗で、も同様である。各種類毎に實驗の方法が多少違つてゐる。そして成効的方法が発見されるまでには、屢々色々な實驗を重ねてみなければならぬ。

卵の化學的生殖或は活動と言はれてゐる如く、人工的單性生殖の事實は、多分進化の問題にも多少關係してゐる。もし進化の徑路の心象を作らうと思ふなら、單性生殖的繁殖が兩性生殖に先き立つてゐたらしい可能性を考へなければならぬ。これは又この時代には現在精虫が供給してゐるやうに外界の力が、卵の發育の條件を供給してゐたらしいといふ可能性を暗示する。もし他の理由でなければ、この理由で人工的單性生殖の方法を簡單に考察してみるのには、進化論者に興味のあることだと思ふ。

この實驗では卵に對する精虫の影響を化學的能動物で、出来るだけ完全に眞似する必要があると思はれた。精虫が海膽、或は海盤車、或は蠕虫類の卵に入る時には、殺那の影響として卵の表面に特殊な變化が起る。即ち所謂受精膜が出来る(第一、二圖)。この膜は未受精の卵に一定の酸類、特に脂肪類の單塩基酸類、例へば蟻酸、醋酸、プロピオニク酸、酪酸等で作ることが出来るといふことを私は発見した。炭酸瓦斯も亦この作用には頗る有効である。高級酸類は低級酸類よりも一層有効であることも発見された。精虫は卵の中に高級脂肪酸、即ちオレイック酸或は、その塩類の一つか或はエステル類を運び入れて、膜形成を起すらしいのである。

膜の形成に伏在する理化學的徑路は、卵の發育の原因であるらしい。かやうな工合にして膜を作るやうに取り扱はれた未受精卵の場合には發育を始める。ある動物の卵では膜形成は未受精卵、例へば海盤車及び或る蠕虫類では完全な發育を起すに必要な全作用である。他の動物の卵では、二次的取扱が必要である。例へばキヤリフォルニア海岸の紫海膽の未受精卵は脂肪酸、例へば酪酸で取り扱つて膜形成を起した時に發育を始める。しかし發育は直ぐに止まつて、分裂

の初期或は第一核分裂後に死んでしまう。しかしもし同じ卵の膜形成の後、三十五分から五十二分間（攝氏十五度で）、一定量の或る塩或は砂糖を加へて濃度（滲透壓）を高めた海水に入れて置いて、正常の海水に戻された時に卵は正常に分裂し發育するのである。もし特に注意すれば、先づ總ての卵は骨格期に發育さすこゝが出来る。この骨格期の幼虫は全く正常であつて、精虫で受精した卵から出来た幼虫と同様程度に永く生きてゐる。

海膽の卵は膜形成の徑路で害するこゝが出来る。原形質分解即ち赤血球の破壊を起す能動物、例へば脂肪酸類或はエーテル、アルコール或はクロ、ロホーム等或はサボニン、メラニン、デイジタリン、胆汁塩類及びアルカリ類は又、總て未受精卵に膜形成を起すこゝを發見された時、この障害の性質は明了になつたのである。人工的單性生殖の現象は目下免疫作用の研究に重大な役目を持つてゐる原形質分解と相關聯してゐるこゝが分る。細胞分解（或は原形質分解）と生殖との間の違は、單に後者は卵の表面の細胞分解によつて起るが、もし細胞分解的能動物が卵全體に働く時間があれば、卵は全く破壊されるこゝが分る。もしサボニンの痕

跡ある海水に海膽の未受精卵を入れば、數分後に卵は總て典型的受精膜を作るこゝを見るのである。それでもしサボニンの入つた海水から卵を取り出して、幾度も正常の海水で洗つてサボニンの痕跡を全く除いてしまつて、三十五分から五十五分間高滲透的海水に入れば、卵は幼虫に發育する。しかしもしサボニンの入つた海水に入れた儘にして置けば、膜形成後二三分で卵は細胞分解を起すので、病理學に知られてゐる分解を起すのである。だから膜形成は表面或は不完全な細胞分解を起すのである。この表皮層の細胞分解の破壊的影響を一部分に制するには、高滲透性海水で二次的に卵を取り扱うのが必要であるらしい。

多くの病理學者は原形質分解或は、細胞分解は細胞の中の或る脂肪或は脂肪のやうな化合物、所謂リポイドの液化だを假定してゐる。もしこの見解が正しければ、卵の生殖も同じ作用に依るものゝ必要があらう。

多分原形質分解と生殖との間の此論は、奇妙な觀察に何かの光明を與へる。血球は通例違つた科に屬する動物の血の中に注入すれば、細胞分解が起るこゝは良く知られてゐる。昨年哺

乳動物、例へば兔、豚や牛の血は、紫海膽の卵に典型的受精膜を作らせることを私は発見した。もしかやうな卵は後で高滲透的海水で暫らく取り扱へば、卵は正常の幼虫（骨格期）に發育するのである。多分血の中の或る物質が卵の表面の細胞分解を起して發育が始まるのであらう。

吾々は又膜形成なしに海膽の卵の發育を起すことが出来る。私の初期の實驗は上述の方法で行つたのであるが、多くの實驗家は今尙かやうな方法を用ひてゐる。この場合には細胞分解的影響は、受精膜が出来ない時には少いといふ違があるばかりで、受精の機制は膜形成が起つた場合に全く同一であるらしい。この推論は雄牛の血で海膽の卵の生殖作用を起した觀察で確證される。この作用では卵は全部、膜は作らないことが屢々ある。膜を作る卵は發育を始めるが、もし高滲透的海水で取り扱はなければ死んでしまう。しかし膜を作らない他の卵は、唯二三分間血の中に入れて置けば、高滲透的海水で取り扱はないでも直接に正常の幼虫に發育する。多分血・卵の中に入つて膜形成に必要でない程度であるが、卵の發育を起すには十分な程度に細胞分解的影響を起すらしい。細胞分解的影響が少いことが、高滲透的海水で取り扱はないでも、卵の發育を許す

のである。

精虫の這入は膜形成を始める程度の細胞分解を起すから、細胞分解的或は膜形成的物質（多分高級脂肪酸）の外に、精虫は膜形成に伏在する或は徒に起る有害な影響に逆ふ他の物質を卵の中に運び入れるらしい。

人工的單性生殖で出來た幼虫は、成熟期に達することが出来るかさうかといふ疑問が起るかも知れない。ドラジは變形期を越へて成熟期までに單性生殖的海膽の幼虫を育てることに成功したし又、私の行つた實驗では總て、單性生殖的骨格期は受精卵から出來た骨格期と同じく永く生きてゐるから、この疑問は肯定的に解答することが出来やう。

(ハ) 海水の化學的成分を變じて一つの卵から雙子を作る方法について。多分讀者は人間の雙子には二つの違つた型がある事實を知つてゐるだらう。一つの型では雙子は違つた時期に同じ兩親から生れた二人の子供程違つてゐる。この雙子は同性か異性である。第二の型では雙子は必ず同性であつて、互に最も良く似てゐる。この第一の型の雙子は二つの違つた卵から生れたのであるの



に、第二の型のは同じ卵から生れたのである。

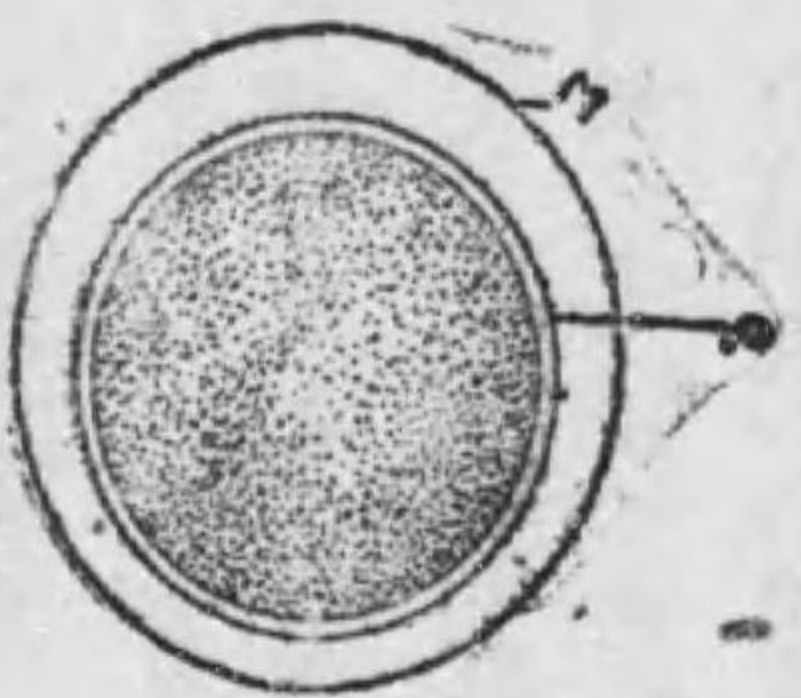
ドウリツシユや他の人々の実験は、雙子が一つの卵から上述の方法、即ち卵が受精後に分裂して出来た最初の二つの細胞が、互に分離して出来たといふことを教へた。この分離は海水の化学的成分を變じて起すことが出来る。ハーブストは海膽の未受精卵をカルシウムを除いた海水に入れると、卵が分裂して出来た細胞は互に分離する傾向があることを観察した。その後ドウリツシユは石灰を除いた海水中で、海膽の卵を取り扱へば双子にある傾向があるといふことを見た。近頃私は石灰がなければ双子が出来るばかりでなく、ナトリウム或はカリウムがなくても出来るといふことを発見した。換言すれば海水の中の三つの重要な金属の一つか二つかがなくなるこ出来る。しかし双子の發生に用ひた溶液は中性が、少くともアルカリ性の反應のないものでなければならぬといふ第二の條件がある。

海膽の卵から双子を生ずる方法は、單に次のやうにすればいい、正常の海水の中で普通のやうに卵を受精してから、中性の塩化ナトリウム溶液（海水の濃度の）で幾度も洗つて、塩化カリウ

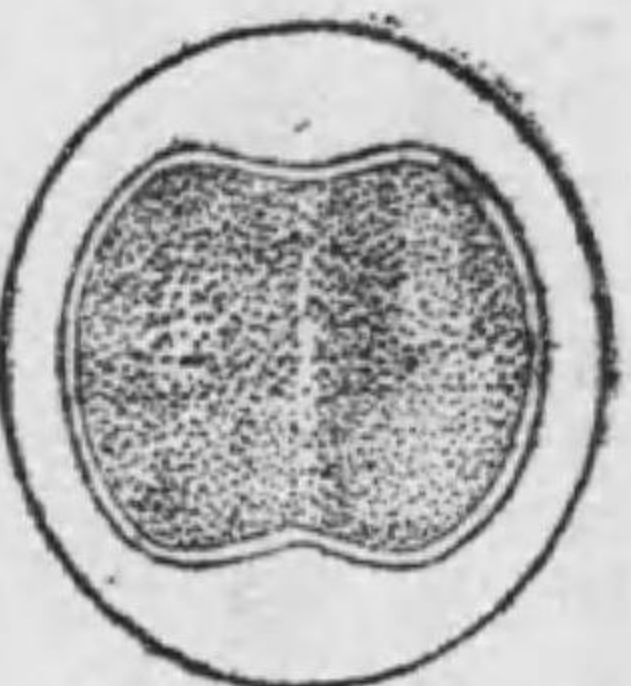
ムと塩化カルシウム、或は塩化ナトリウムと塩化カリウム、或は塩化ナトリウムと塩化カルシウムと塩化ナトリウムや鹽化マグネシウムの中性混合液の中に入れる。卵が二つの細胞期に達してから、半時間或は一時間この溶液の中に入れて置かなければならない、それから卵を正常の海水に移して發育さすのである。この方法で取り扱つた紫海膽の卵は、五〇%から九〇%までは、双子に發育するのである。この双子は離れたまゝであるか、或は一部丈くつゝいて生長して、双生畸形見になるか、或は雙子の一部を以て個體の生活を始めた程、極めて少し或は不完全な所がないほゞ全く完全に癒着してしまふ。又海水の成分を變化して、かやうな双子が一所に生長する傾向を調節することも出来る。もし双子發生溶液として鹽化ナトリウム、マグネシウム、カリウムの混合液（この鹽類が海水の中にある割合で）を用ゐれば、單に鹽化ナトリウムと鹽化マグネシウムの混合液を用ひたよりも、一所に生長する双子の傾向は一層著しくなるのである。

海水の成分を變ずる結果として、双子の出来る機制は、これ等の溶液の中で卵の最初の分裂を観察すれば良く分る。この細胞分裂は最初の二つの細胞が離れるやうな工合に變へられてゐる

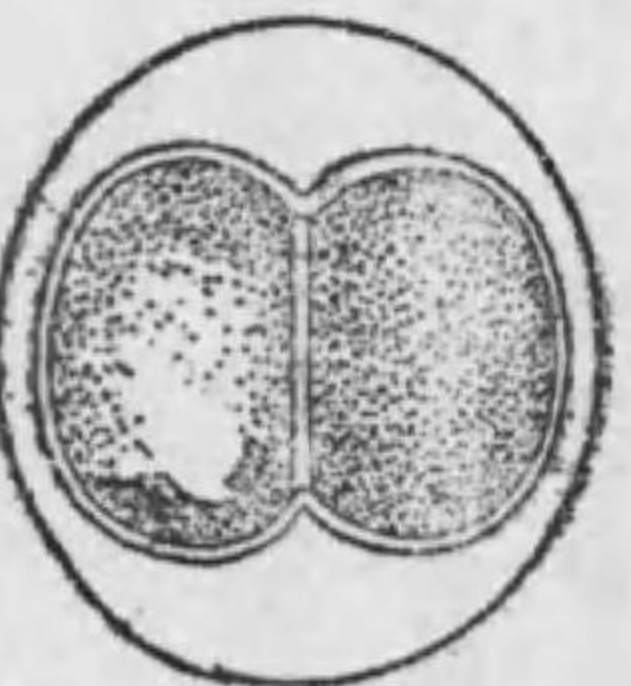
(第五十五から五十七圖参照)。もしその後正常の海水に戻す、この二つの細胞は各々獨立した胚子に發達する。正常の海水にはナトリウム、カリウム、カルシウムの三種の金屬があるし又その外にアルカリ性反應もあるから、なぜ正常には一つの卵から双子が出来ないかといふ理由も分るのである。以上の實驗は哺乳動物類の一個の卵から双子或は二重畸形の發生には化學的原因があるらしいといふことを暗示する。もし何かの理由で、人間の卵の周圍にある體液が、最初の細胞分解の少し前後に少し酸性になり、それと同時に三つの重要な金屬の一角が缺けたとすれば最初の二つの細胞の分離に似た双子の形成の條件が備はるのである。



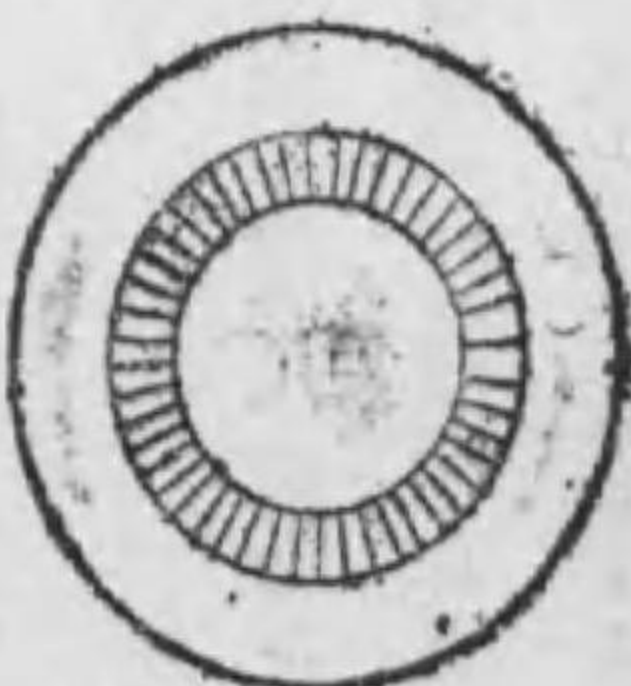
第五十一圖



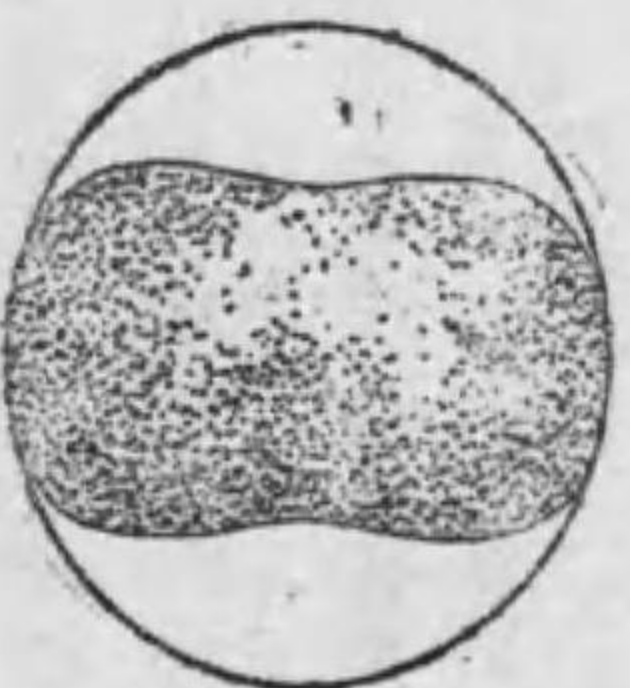
第五十二圖



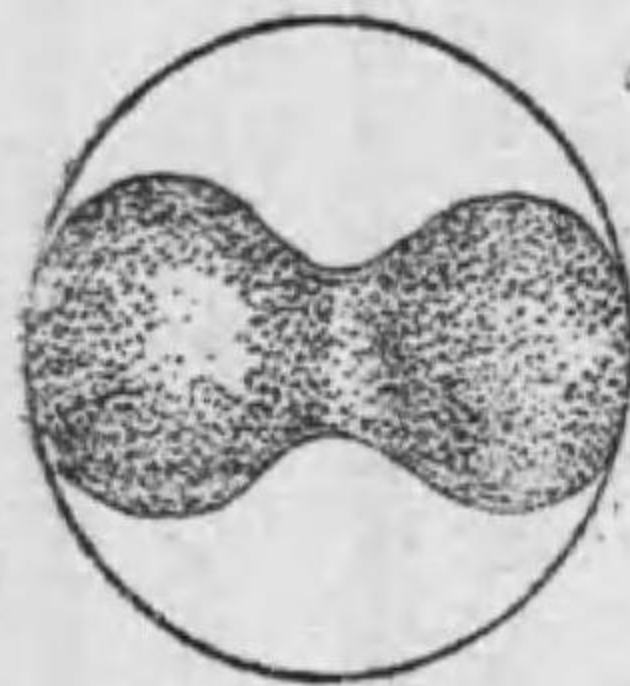
第五十三圖



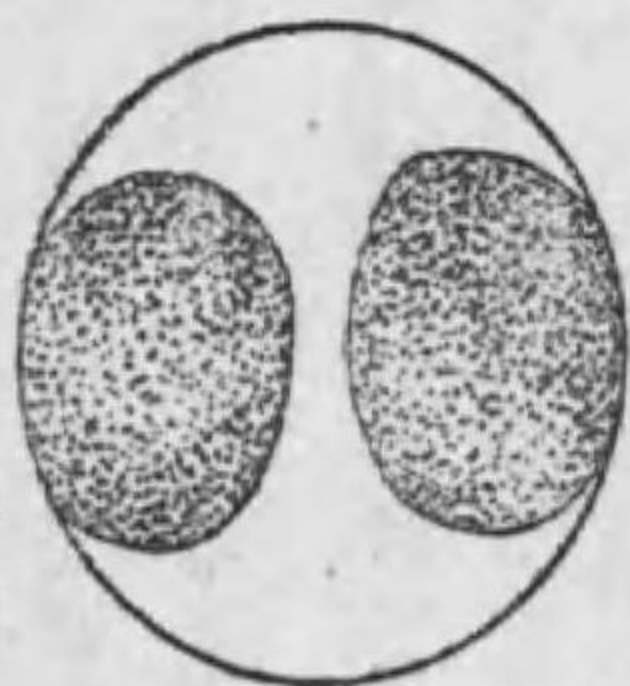
第五十四圖



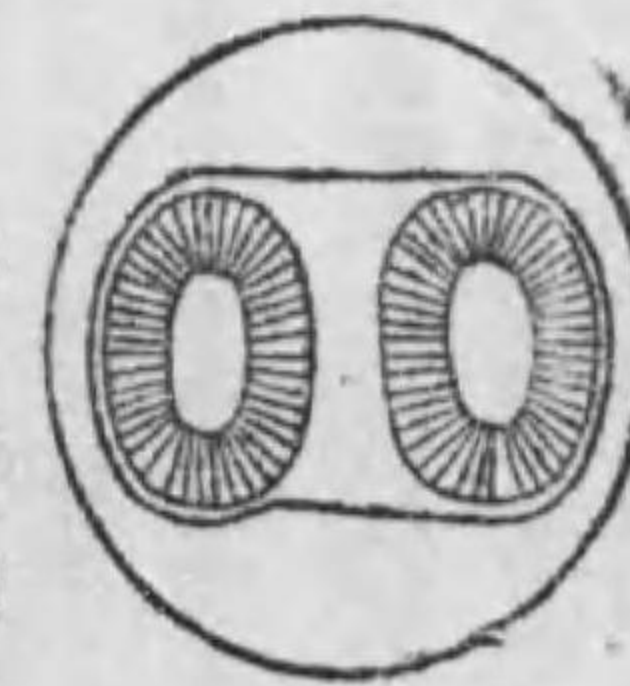
第五十五圖



第五十六圖



第五十七圖



第五十八圖

第五十一圖から第五十四圖。正常の海水の中で紫海膽の細胞分裂。この細胞分裂の型は一つの卵から一つの胚子が出る。Mは受精膜である。Pは膠質の層であつて、卵の細胞を一所に纏めて置く目的をすらしめる。第五十五圖から第五十八圖。双子を形成する紫海膽の卵の細胞分裂。この細胞分裂は受精後塩化カリウムが塩化カルシウムが塩化ナトリウムが一つ缺けた塩類の中性混合液に入れば観察することが出来ない。

かやうな中性溶液の中では、弾力性の層「第五十一圖のMやP」が溶解してしまふ。細胞分裂の間に、その長軸が受精膜に觸れるまで、卵の原形質が擴がる。正常の細胞分裂では、二つの接着した儘なのに、「第五十三圖」出来た二つの娘細胞は「第五十七圖」は別々に離れてしまふ。もし一時間後に正常の海水に戻せば、その別々の細胞は胚子に發達する。(第五十八)そして卵は一つの胚子の代りに二つの胚子となる。

終りに逆の結果即ち、海水の化學的成分を變へて、正常では二重である機官の融合を實驗的に生ずることが出来るといふことを指摘して置きたい。ストカードは鹽水に鹽化マグネシウムを加へて、魚類フアンデイラス、ヘテロクリタスの胚子の二眼を一個の巨大な眼に融合することに成功した。百立方糶の海水に約六グラムの塩化マグネシウムを加へて、その中に海精卵を入れたら

約五十糶の卵のは一眼胚子になつた

胚子を研究してみると、一眼の出来る條件は、二眼の「原位」の結合或は融合の結果であることが發見された。この融合に色々の階級がある場合も觀察した。眼囊の位置が餘りに後腹部に過ぎたらしかつた。だから彼等の前、腹、中の表面は融合した。これは一個の大きな眼窪となり又、この場合でも多少二重の性質の證據となるのである。

吾々は海水の成分を變じた、めに發育上に對する影響の寧ろ單純な例を論ずるに止めた、しかし元來海水の濃度や成分の變化によつて、無數の病的變形が出来るといふことは明かだ、經驗が確證するのである。一例として海水にリチウムを加へ、海膽を發育させて畸形を作つたハーブストの觀察を紹介し置く。しかし今日ではこの場合及びこれと同様な場合に出来た結果を畸形を作る原因を合理的に連結するといふ。これは出来ない、そして又その出来た變化の特性を簡單に定義するといふことも出来ない。

## 三 温度の影響

(1) 海洋動物の密度と寿命に温度の影響。南北極海では全くその部分海に限って繁昌する種類の動物は、通例大洋の適度或は温い部分に棲むよりも更に大きい密度に棲んでゐる。こいふこいは違つた氣候の所で動物群を比較する機會のある探險家が屢々實見した。これは表面か表面に近い所に棲んでゐる動物群数の話である。なぜならこの群数丈けが統計的に比較するこいふこい出来るからである。ヴァルデイヴィア探險隊記中に、クンは違つた部分の表面動物群と植物群との定量的相違に特別な注意を引いてゐる。「攝氏零度以下の温度の南極洋の結氷水の中に、吾々は驚くべく動植物が繁昌してゐるこいふこいを発見する。吾々が北極海で知つてゐる同一状態が、南極洋にも繰返されてゐる。即ち浮游生物の量は適度な温い海の量よりも多い。」又カーギュレン島の地方の大洋動物群に關して彼は、「この大洋には透明な水母、クチノフォアス(ボリナミカリアニラ)

アガルナ屬のスィフオーフオア群が棲んでゐる」と言つてゐる。

この一般的觀察の似て非なる特性は、低い温度が發育を妨げるこいふ事實にある。だからクンが言つてゐるこいふこいは、反對の影響を期待しなければならぬ、近來の研究では生命現象は化學的反應の速度と同一の意味で温度の影響を受けるこいふ結論になつてゐる。化學的反應ではヴァント、ホフは温度が十度下れば、反應の速度は一半か或はそれよりも少くなるこいふこいを證明した。そして同様の温度の影響が、生理的作用の速度にも發見された。スナイダーミロバトソンは温度が攝氏十度下れば、龜ミジンコの心臓の鼓動度は約半分になるこいふこいを発見した。そしてマックスウエに、キイス、ルカス、スナイダーは神經の刺戟の傳達度にも温度の同じ影響があるこいふこいを発見した。ピーターは(一定限度内では)温度が十度下れば、海膽の卵の發育は半分以下になるこいふこいを觀察した。コレンミピータがヘルトウツヒの實驗から計算した通り、蛙の卵發育度にも同じ温度の影響がある。私はロテティア介の卵の成熟度にも、同じ温度係數を發見した。如上の事實から温度は水の結氷點に近い北極地方で、動物生命の發育度は、大洋の温度が約十

度である地方よりも二倍から三倍少くなければならない。そして海の温度が攝氏二十度の海洋では、四倍から九倍少い筈である。だから南北極地方の大洋の表面には表面に近い所の生物の密度は、一層温い地方よりも遙かに大きい。人々が言つてゐる。ここから期待すべきものは全く逆である。

この謎は近頃私が冷血海産動物の壽命上に、温度の影響について行つた實驗で説明が見出せると思ふ。この實驗は海膽の受精卵と未受精卵とに行つた。そして温度を攝氏一度下げれば、壽命は約二倍になる。こいふ結果を得た、だから温度を十度下げると、卵の生命はこの十倍即ち千倍以上に永くなる。そして二十度下げれば、生命は約百萬倍永くなる。この生命の伸長は温度を下げて發育を妨げるのよりも遙かに大きいから、北極海では發育は妨げられるけれども、動物の生活は温帯或は熱帯地方でよりも遙かに多くなければならない。これは明かである。南北極での壽命の法外の増加は、温帯或は熱帯地方でよりも、同種のもものが幾代も同時に一所に存在する譯になる。(註。壽命の高温度係数は多分生物の生命のためには、温度の高限度の近くだけに發見されるか

も知れない。しかし吾々の學説にはこれで十分である。)

これ等の結果は進化論に重大な役目を持つた問題、即ち自然の死の原因に何かの關係があるやうに私は思ふ。分化作用と發育作用とは又個體の自然の死ともなる。言はれてゐる。(註。ヅプスマンは原生動物或は單細胞生物は、一般に不滅である。こゝを證明したが、原生質の外は總て他の生物は生滅する。こゝを假定した。癌の移植は幾代も際限なく繰返す。こゝが出来る。こいふ。こゝにリオ、ロオエプが始めて注意を引いた。そして始め癌細胞を移植して、その細胞から繁殖して出來た細胞が生存するから、不滅の原則は又癌細胞にも許さなければならぬ。こいふ。こゝを彼は指摘した。(一九〇一)。その後この見解を一般化して、ウィズマンが單細胞生物に主張した。こゝの意味で他の細胞も不滅。こゝを考へなければならぬ。彼は言つてゐる。皮膚の同一片は二十日鼠に幾代でも際限なく移植する。こゝが出來て、その移植された片は癌細胞がするの。こゝ全く同じ工合に、二十日鼠に幾代でも生存する。こゝは誰でも良く想像する。こゝが出来るのである。

多細胞動物の自然の死は多分、呼吸運動或は心臓の鼓動が止る。こいふ。やふな二次的現象である。

この二次的現象は酸素がなくなるから細胞の死を起す。もし呼吸運動と血液循環とが永久に保たれるれば、多細胞動物でも不滅であることが發見されるかも知れない。もしこれを化學の言葉で言へば、發育に伏在する化學的作用は、又自然の死を決定するといふ譯になる。この状態の一部丈けが知れてゐるにしても、この二つの化學的徑路は同様であるといふことが物理化學で分る。この同定の方法の一つは溫度係數である。二つの學路的徑路が同一である時には、もし溫度を同じ程度に下げれば、その速度は同量にならなければならない。しかし冷血動物の壽命のための溫度係數は、その發育度のための係數とは大變に違つてゐるらしい。攝氏十度の溫度の違では、壽命は發育度に比べて五百倍も變つてゐる。そして攝氏二十度の違では、壽命は十萬倍も變つてゐる。以上の事實から少くも海膽の卵と胚子では、自然の死を決定する化學的徑路は、その發育に伏在する徑路とは、確かに同一でない結論することが出來やう。ロバトソンも亦老衰の徑路は、生長や發育の徑路とは、全く違つてゐるといふことを全く他の見地から結論してゐる。

(ロ) 溫度の影響によつて出來た蝶の色の變化。蝶の時候的同種二形と色の異常について、ドルフ

マイスター、ウイズマン、メリフィールド、スタンダフス、フィスシャーの實驗は、生物學的文献で屢々論じられてゐるから、短い紹介で十分であらう。時候的同種二形といふのは、同一種のものが一年の違つた時候には、多少違つた形或は色が現はれるといふことである。ヴァネスサ、プロルサは夏の形で、ヴァネスサ、レヴァナは同様の冬の形である。ヴェネスサー、プロルサーの蛹を攝氏零度から一度の溫度に數週間置いて、ウイズマンは夏の蛹標本から、冬の異形ヴェネスサー、レヴァナに似たものを得ることに成功した。

もし蝶の色や紋様の變異の原因を的確に了解しやうと思ふなら、これまでの研究者よりも一層極端な溫度で研究したフィスシャーの實驗に注意しなければならない。フィスシャーは極端に高い又極端に低い兩溫度で、殆んど同一の色の異常を生ずることが出来るといふことを發見した。これは彼の觀察の結果を次の表に作つたのを見るに良く分る。表の各欄の頭にはフィスシャーが蛹を置いた溫度が書いてある。そして下の豎の欄には出來た異形が發見される。豎の欄(イ)には正常の狀のものが書いてある。

攝氏〇度から 20度まで	攝氏〇度から 10度まで	【イ】 【正常形】	攝氏+35度から 37度まで	攝氏+36度から 41度まで	攝氏+42度から 46度まで
イカヌソイヂス 【ニガリタ】	ボラ ヲ ス	ウ ル チ イ ケ	イ カ サ	ホラ ヲ ス	イカヌソイヂス (ニガリタ)
ソソチイゴホ 【イホカチス】	ソ イ セ ヲ	イ	.....	ソ イ セ ヲ	ソソチイゴホ イホカチス
チヌチロ	ソチイクセイ	イホリクロ	エリトロ	チイクセイ	(チヌチロ)
ロセ	ソチイソ	ソソチイオ	ホセ	ソチイソ	ヒギエチ
ヒ	ソチイソ	カ	.....	ウチヌソ	ヒ
カ	ソチイソ	カ	.....	ウチヌソ	ヒ
ソチイニ	ソチイニ	ソチイニ	.....	ウチヌソ	ソチイニ

大變低い温度（攝氏零度から以下二十度まで）で出来た異形は、極端に高い温度（攝氏四十二度から四十六度まで）に蛹を曝して出来た異形と、全く同一だといふことが讀者に分るだらう。

更に可なり低い温度（攝氏零度から十度まで）で出来た異形は、可なり高い温度（攝氏三十六度から四十一度まで）で出来た異形と同一である。

以上の觀察からフィスシャーは、高低温度の特殊の影響を主張するのは間違であつて、高低の兩温度の極限に發見される異形には、共通の原因がなければならぬと結論してゐる。この原因は發育に對する極端な温度の障害的影響だといふフィスシャーは考へてゐるらしい。

もし理化學的立場からフィスシャーのやうな結果を分析すれば、所謂生命は垂曲線的に連關した化學的反應の系で出来てゐるといふことが分ると思ふ。例へば一つの反應或は反應群（イ）（例へば加水分解作用）は、第二の反應或は反應群（ロ）（例へば酸化作用）に材料を供給するか或は原因となるのである。生理作用のための温度係数は、目盛の色々な部分で少し違ふことが、分つてゐる。通例この係数は零度の近くでは高く、三十度の近くでは低い、しかし又温度係数は生理作用が色々變るに同様には變らないことも分つてゐる。だから（イ）型の反應群のための温度係数は全目盛を通じて、（ロ）型の反應のための温度係数は同一でないことも期待すべきである。

だからもしある物動が動物の正常の温度で、垂曲線の反應（ロ）に必要な量の量が出来れば、この反應の完全な均衡は極端に高い或は極端に低い温度のために維持されなければならないことは到底望めないことである。更に反應の一群は他のものよりも優勢で、その結果異常の化學的影響を起すらしい。フィスチャーや他の實驗家が觀察した色異常には、この影響が伏在するらしいのである。

フィスチャーは又麻酔剤を用ひて、異常を作ることが出来たのは大に注意すべきことである。オストワルドは温度を變へて、ミジンコに同種異形を實驗的に作つた。

#### 四 光 の 影 響

今日では光の作用は元來化學的性質の一つであるといふことを眞面目に疑ふ人はない。この化學作用は葉綠素の作用で、營養物を作る生物（植物）には物も大切であるが、葉綠素のない生物

（動物）には餘り大切ではないらしい。しかしある動物には光に曝らさなければ、機官の再生作用は起らないものがある。ウツズ・ホールで水螅（ユウデンデリウムラセモズム）の水蛇の再生について、私が行つた觀察をこの例證として述べて置く、普通に水螅が出来てゐる水螅の幹は、水桶に入れば水蛇は直ぐに落ちてしよう。もし晝開光の當る所の桶の中に水螅の幹を入れて置けば二三日の中に澤山な水蛇が再生を始める。しかし水螅の幹を暗い所に永く置けば、二三週間後でも水蛇は出来ない。しかし同じ幹を暗い所から明るい所に移せば、二三日中に水蛇が出来る。この影響には日光の直射でなくても十分である。この實驗を繰返したゴールドファブは、比較的短い開光に曝して置けば、この影響を生ずるには十分だと言つてゐる、光は水蛇の發生と生長とに前以つて必要な物質を作る働きをするらしい。

この觀察よりも更に有意義なのは、多くの動物はある程度まで、住んでゐる地盤の色に似て來る事實である。ブセーは地盤が動物の色を感化するの、眼が中介物となつて出来るといふことを甲殻動物や魚の實驗で發見した。もし眼を取り去るか、或は、他の方法で動物を盲にすれば、



この現象は止んでしまおう。プセーが発見した第二の一般的事実は、動物の色が變るのは、皮膚の色素細胞の上に働く神経の作用が原因となつてゐるといふことであつた。この神経の作用は眠を介して起るのである。

着色の變化のための機制と條件とは、甲殻動物の色の變化について、キープルトとギャンブルの見事な研究で明瞭となつた。この著者によるに、通例色素細胞は中央體から出來てゐるらしく考へられる。この中央體から多少複雑な分枝系或は徑路が各方面に擴がつてゐる。通例細胞の中心は多少違つた色素を持つてゐる。この色素は神経の感化の下に別々に或は、一所に分枝の中に擴がるこゝが出来る。色素細胞の分枝の中に或はそれから色素が擴張引込む現象は、全體に環境の感化の下に色の變化の基礎となるのである。マクロミシイス、フレキスウオサは砂の地盤の上では、無色透明或は灰色に見へる。黒い地盤では黒色になる。この動物は染色色素細胞の中に、二つの色素を持つてゐる。一つは褐色素であつて、一つは白或は黄色素である褐色素は黄色素よりも遙かに多い。動物が透明に見へる時には、色素は總て細胞の中央にあるが、分枝には色素は

全くないのである。動物が褐色に見へる時には、兩色素は分枝の中に擴がつてゐる。最大限度の擴散では動物は黒く見へて來るのである。

これは比較的單純な場合である。キープルトとギャンブルは他の甲殻動物、例へばヒポリテ克蘭キでは、尙一層複雑な條件を發見した、しかしこの動物の着色作用について、環境の感化は彼等によつて、十分に分析されてゐるのである。

多くの動物は環境の感化の下に、一時的變色をなすが二三の場合では永久に變化するものもある。色々な蝶の蛹、特に小さな龜甲について、ボルトンが觀察したのが最も良い例である。この實驗は良く知れてゐるから、一寸紹介すれば十分である。鍍金或は白い環境では蛹は薄色になつては屢々無数の黄金斑が出来る。「だから多くの場合では蛹の全面は一見金屬の光澤で輝いてゐる。私の蛹を見た物理學者は、私が手品を使つて、金珀を塗つたと言つた程、その外觀は著しいのである」。黒い環境を用ひた時には、「通例蛹は極端に黒くて、薄色の蛹では著しい黄金斑があるのに、この黄色斑が屢々全くなくなつてしまふか、或は唯極めて小さい痕跡があるだけであ

る」。この環境の感化に動物の感受性の一番大きいのは、蛆が蛹期に變形する一定の時期に發見するこもが出来る。私が知つてゐる範圍内では、多分機械的色適合では色寫眞について、ヴィナの暗示の外、理化學的説明は、ポルトンが觀察した型の結果のためには發見されないのである。

## 五 引力の影響

(1) 蛙の卵についての實驗。引力は唯間接に生命現象に影響するこもが出来る。即ち細胞の中に比重の違つた二つ融和しない液（或は液と固體）がある時には、細胞或は機官の位置の變化は二つの物質の位置の變化に追跡するこもの出来る結果となるのである。これは極めて濃厚な原形質の二層、その一つは黒、もう一つは白の層を持つてゐる蛙の卵で實によく説明される。この黒い層は正常では卵の上部を占めてゐる。だから白い物質よりは軽い比重を持つてゐるこも考へられやう。白い部分を上向けにして卵を廻轉すれば、又白い原形質は下の方に流れる傾向を示す。し

かし水平の硝子板の間に卵を押しつけて、大變粘質の原形質の廻轉を妨げ、或はにぶらすこもが出来る。スユルツエが始めて指摘した通り、この押し附ける實驗は中々面白い結果になるらしい。ブツルーガーは已に受精した蛙の卵では、分裂の最初の面は直立であるこもを示した。そして分裂の最初のは後の胚子の左右相稱と同一だといふ事實をロースは確立した。もし蛙の卵は分裂の最初の時期に、二つの硝子板の間に押へつけて上部を下に向け、約二十時間この變態のまゝにして置けば、少數の卵は双子になるこもがあるといふこもをスユルツエは發見した。この場合には卵の黒い部分は卵の表面に沿うて上部に廻轉しやうとする傾向は、最初の細胞の分離となり、この分離が双子を作るこもになるらしい。

以上の外にモルガンは面白い觀察をした。彼は第一分裂後卵の一半を破壊した。そしてこの一半は生きてゐるに單に一半の胚子になつたこもを發見した。かやうにしてルースの古い觀察を確定したのである。しかしモルガンは最初の二つの細胞の一つを破壊した後、上部を下向けにして二つの硝子の間に押へつけて置けば、生きてゐる卵の一半は半分の大きさの完全な胚子になつた（

以前の如く正常の半分胚子ではなく)。この場合では明かに正常の位置に歸る原形質の傾向は一部の成功して、死んだ部分から生きた部分の一部分的或は全く分離したのである。その結果生きた部分は完全な胚子になるこゝが出来た。勿論この胚子は單に卵全體から出来た胚子の半分の大きさであつた。

(ロ) 水螅の實驗。引力の著しい影響はネーブル灣の水螅アンテヌラリア、アンテニナで觀察するこゝが出来た。この水螅には上向きに直立して生長する永い眞直な本幹がある。この本幹は一定期間に極めて細い短い硬毛のやうな枝が横に生へる。この枝の頂上には水蛇が生へる。この本幹は脊地的である。即ちこの頂上は水桶の中に斜にして置けば、眞直に上向きに生長を續けるが根は眞直に下向きに生長する。幹は水の中に水平に置けば、暫らくして横枝は下側に全く違つた種類の機関、即ち根になるこゝを私は觀察した。そしてこの根は際限なく長くなつて、固體に附着してしもう。しかしもし幹は正常な位置のままにして置けば、横枝になる生長は最早や起らない。水平の幹の上側に、大概本幹から直接に新しい幹が生へる。又時々短い横枝から生へるこゝ

もある。かやうにしてこの水螅には、遺傳的配列は全く違つた機関の配列を強制するこゝが出来た。私は外力で機関の遺傳的配列の變化或は機関の變化(變形作用)を起すこゝが出来た。これは遺傳の問題に關して面白いのだが、今この問題を委しく論ずる譯には行かない。

もし蛙の卵の觀察から得た推論をアンテヌラリアの行動に當てはめるこゝが正しいとすれば、アンテヌラリアの細胞の中にも亦互に融和しない比重の違つた物質があつて、特に軽い物質が海水に接觸してゐる(或は細胞の表面の近くに出る)所では、幹の生長が良くなり、特に重い物質が海水に接觸するこゝ、根の形成が良くなるこゝ結論されるかも知れない。

## 六 動物本能の實驗的調節

(イ) 動物の應光的反應の機制の實驗。動物の本能的反應は形態的特性と同様に遺傳的であるから、動物の本能的反應の理化學的特性についての實驗の討議には、この論文中に全く省く譯に

は行かない。本能の實驗が何か有効の結果を得ることを期待するなら、かやうな實驗は本能の最も單純な型のもので始めなければならぬのは分つた話である。そして又この目的には反應が聯想的記憶或は寧ろ聯想的ヒステリシス名くべきもので複雑にならない動物を選ばなければならぬのも分かつてある。

最も單純な型の本能は光源、例へば光源から或は光源の方に、動物の目的ある運動で代表されてゐる。そしてこゝに述べやうと思ふのは、この種のあるものに就いてある。翼のある蚜虫（植物から飛び去つてから）、ボルテシア、クリソルヒアの若い蛆虫（冬籠から醒めた時）或は、海水淡水のコペポト及び多くの動物を窓から入つて来る光に曝した時、これ等の動物の中には光源の方に動く傾向を見るのである。もし動物が自然に敏感であれば、もし或は後で話す能動物で敏感にさるれば、そして又もし光が十分に強ければ、動物の不完全な特異の運動機官が許す範圍で、出来るだけ真直ぐに光源の方に動くのである。この場合では鐵砂が磁力界で、その配列に選擇力がないのと同様に、動物は運動の方向には何の選擇力も持たない強制的反應のこゝを論ずる

のも明かである。これは飢へてゐるボルテシアの蛆の場合で良く證明するこゝが出来た。かやうな蛆を硝子管に入れて、この硝子管の軸は窓に直角に私は置いた。この管の中には蛆の食物となる植物の葉を蛆の直ぐ後に入れて置いても、蛆は管の窓側に行つた儘止まつてゐた。かやうな状態では動物は實際餓死した、それは食物の方に行くのを光が妨げてゐたからである。勿論食物の方に行くのを光が妨げなければ、その食物を動物は熱心に喰うのである。吾々が向光的だこいふ如上の動物は、光に引きつけられてゐるこゝは言へない。なぜならもし動物が光源に行くのには、明るい場所から暗い場所に行かなければならぬやうにされても、動物は光源に行くこゝを示すこゝが出来るからである。

この本能的反應に對して、私は次の學説を主張した。上述の型の動物は網膜（或は皮膚）の左右相稱的要素の、同一角度で光線を受けるやうな工の自動的に向を定める。この場合には光度は兩眼網膜或は皮膚の相稱的部には同一である。

この自動的向の作用は二つの因子で決定される。第一は網膜（或は皮膚）の特異な光感受性で

第二には網膜と筋機械との間の特異な神経關係である。相稱的筋が運動に等しく關係するやうに身體が相稱的に出來た應光的動物では、兩眼の光化學的作用が同一である間は、相稱的筋が平等の力で働くのである。しかしもし一つの眼が他の眼よりも強い光に照さるれば、相稱的筋は不平等に働くのである。そして向光的動物では相稱的筋は、相稱面を光線の方向に頭を光源の方向に向けるやうにする一層大きい力を一所に働かせてあらう。兩眼が同一角度で光線に照らされる間は、この方向を變へる理由は最早動物にはない。だから動物は直線的に動くであらう。これは動物が唯一つの光源に曝らされ又、光に極めて敏感であるを想像してのみ通用するのである。

この學説が正しいといふことについて、バーカーとホルムスは實驗的證明を附け加へた。バーカーは蚊、ヴァネスサ、アンテイオプ。ホルムスは他の節足動物を研究した。この動物は總べて大變に向光的であつた。この動物では一つの角膜を暗くして、一つの光源に曝せば。動物は連續的に廻轉すること二人共發見した。そしてこの廻轉運動では、ペンキで被はれない方の眼は、廻轉の中心に向けられてゐる。だから動物は恰も暗くされた眼が、日影にあつたやうに行動する

譯である。

(ロ) 酸類その他の方法で向光性の發生を海洋動物の定時的深淺移住。淡水から採集したコペポトドの大群を観察する時、或るものは光の來る方に行く傾向があり、他のものは反對の方向に行き又、多くは(もし大多数でなければ)光には冷淡であることに氣がつく。動物の入つてゐる水に炭酸水の形にして一定少量の炭酸瓦斯を加へて、春光或は光に冷淡なコペポトドを殆んど速に向光的にするのは造作ない。もし動物が五十立方糎の水の中に入つてゐるすれば、全部のコペポトドを烈しく向光的にするには、三から六立方糎の炭酸水を加へれば十分である、この應光性は約半時間程持つ(多分炭酸瓦斯が再び空中に發散するまで)。他の酸を用いても同様の結果を得ることが出来る。

他の淡水甲殻動物、即ちミジンコでも同様の實驗を行ふことが出来る。しかしこの場合には通例水の温度を下げる必要がある丈けが違つてゐる。もしミジンコの入つてゐる水を冷して、同時に炭酸瓦斯を加へれば、前には光に冷淡であつた動物が、今は最も著しく向光的となる。海産コ

ペボードは温度を下けた丈、或は海水の濃度を急に増加して、向光的にするこゝが出来るのである。

この材料は海洋動物の深さの移住に關係があるこゝを四五年前にグルームは指摘した。大洋或は淡水の表面の近くに棲んでゐる多くの動物は、朝と晝の間は下の方に、晩には上の方に、移住する傾向があるこゝは良く知られてゐる。この定時的運動は大部分、もし全くでなければ、この動物の應光性で決定されてゐる、緑の植物は炭酸瓦斯の使用が晩には止まるから、水の中の炭酸瓦斯の量は多くならなければならない。そしてこれは向光性を起し或は、その度を増加する影響を持たなければならない。同時に表面の近くの水の温度は下つて来る。これが又生物の向光性を増加するのである。

向光性の強い動物を光の来る上直面に動かせるには。空中から来る弱い光で十分である。これはコペボードのやうな大洋動物の實驗で證明されてゐる。朝になつて緑の藻が炭酸瓦斯の吸収を始め、水の温度が昇つて来るミ、動物は向光性を失ひ、段々下に沈み或は脊光的ミなつて、下の

方に移住するのである。

この實驗は又本能の遺傳問題にも關係する。この場合に遺傳した特性は定時的に上下に移住する傾向でなく向光性である。この移住する傾向は定時的變はる外界の状態が、定時的に感覺ミ動物の應光性の強度ミに變化を起すからである。勿論炭酸瓦斯或は他の酸が外部から動物の中に透過するか、或は酸が動物の組織細胞の中に出来ても、その結果には別に違はない。ミジンコは光に對して實驗も初めには遅く反應するが、二三度の光の方に行くやうにされてからは尙一層速かに反應するやうになるこゝをダベンポートミキヤノンは發見した。この結果は動物が運動した、めに動物の中に出來た酸類、例へば炭酸瓦斯の影響によるものミ私は思ふ。刺戟に對して神經が反應する場合にも、同様の酸類の影響があるこゝをエ・デイ・ウオラーが證明した。

數年前に翼のある雌雄の蟻は向光的であつて、この應光的感受性は増加して、交尾飛行期にはその極度に達するこゝは私は觀察した。働蟻は應光性を持たないから、この雌雄の蟻の應光的感受性の原因は、生殖腺の内分泌物によるらしい。蜂も亦結婚飛行期には觀察箱の上部から光を入

れるやうにするこゝ、箱の下端にある出口から蜂が出るのを妨げられるまでに向光性が強くなるこゝをエ・ケログは観察した。

この反対の現象もある、即ち動物の中に化學的變化が起つた、めに應光性が壊されるこゝがある。ボルテシア、クリソルヒアの蛆は冬籠から醒めた當時は大變に向光的である。この應光的感受性は食べない間丈けに止まるのである。もし食物なしに永く生きてゐれば餓死するまでは、永く光向的のままになつてゐる。この動物は食物を取れば、直ぐに身體の中に物質或は物質群が出來て、その應光的感受作用を減少或は消滅さすらしいのである。

動物の應光的應光性も同一である。コペボードの應光性に酸類の影響に関する實驗はボルボツクスロも同様の結果を繰返すこゝが出来るこゝを證明した。だから植物には發見されない特性(例へば視覚)で、動物の應光的反應を説明しやうとするのは間違である。

應光性を根據として性細胞によつて本能の遺傳問題を簡單に論じやう。この問題は單に性細胞が應光性を幼虫或は成虫に遺傳する方法の問題なるのである。この遺傳に必要であるものは動

物の眼(或は皮膚)の中に光感的物質の存在であるこゝいふ見解を私は主張してゐる。この遺傳のためには性細胞は動物體の中の光感的物質の組合のための酵素の外には何物をも持つてゐる必要はない。動物の應光性に關して述べた事柄は、もし紙數が許せば、應地性、接觸にも(必要な變更を加へて)擴張するこゝが出来るのである。

(ハ) ある組織細胞の應光的反應とその反應の形態的影響。植物細胞の應光的反應は動物のそれと同様であるから、ある組織細胞も亦應性の種類に屬する反應を持つてゐるのは不思議でない。この組織細胞の反應は特に形態的時性の遺傳に關係するから殊に面白い。この種の一例にはフアンデユラスの胚子と幼魚との卵黄囊の虎紋様がある。胚子のは全部、幼魚のは少くも一部分、血管の上に染色素が附着するからだこいふこゝを私は發見した。始め染色素は卵黄囊の上に不規則に散在してゐて、その特殊な分枝作用を現はしてゐる(第三十六圖)その時には血管と染色素との間にも別に一定の關係はない。染色素の分枝作用が血管と接觸するやうになるこゝ直ぐ、染色素の全部が血管の上に漸次に附着する(第三十七圖)。そして終に染色素全體が血管の周圍に輪を

作つて、最早や色素細胞が血管の間の目網に発見されないまでに、血管の周圍に完全な鞘を作るのである。(第三十八圖)。血管の上に染色素の附着する徑路を實際に観察しない人は、發育の後期に卵黄囊の虎紋様が上述の工合に出来ることは豫想しないだらう。胚子の最初の着色にも同様の事實を観察することが出来る。これは應物性の場合に關係するもので、血の酸素が血管の周圍に染色素を擴げるのが原因であるらしい。私は信じてゐる。成魚では少くも或る魚では、染色素には一層硬い構造があつて、上述の方法で働くことを妨げられてゐるらしい觀察もある。このファンデユラスの觀察は或る着色の遺傳性の問題を簡單にするやうに思はれる。

海膽の骨格期の幼虫では應性が骨格の配列に伏在してゐることをドウリツシユは発見した。この骨格の位置は間胚葉細胞の配列で豫定されてある。そしてこの細胞は、或る化學的物質の影響によつて實際導かれて落つべき場所に移住することをドウリツシユは證明し。ドウリツシユはこの移住前に機械的に問題の細胞を放散したが、矢張り細胞は落つべき場所に到着したのである。

發育中の昆虫の核は或る細胞質に一所に、卵の末端に移住する。これは卵を取り巻いてゐる酸

素で起つた應物性の一種だ。ハーブストを指摘した。胚葉期の形成は一般に胚葉素が卵の表面に擴がるやうに、外界の影響に強制される應性的反應による。いふ見解を私は主張してゐる。

この例證は細胞の一定群の配列、その結果から来る形態的影響は、細胞の外部にある力に決定されてゐることを示すに十分であらう。この力は潛在的不變的であるから全く配偶體の影響に關係してゐるらしい。しかし實際遺傳すべき配偶體に必要であるものは、ある種の興奮性である。(二) 産卵の時、所を決定する因子。幼虫が食物を発見し發育する場所に卵を産むのは、種の保存上極めて大切なことである。この本能の單純な例は普通の蠅が幼虫の食物となる腐つた物に卵を産みつける事實である。同じ動物の肉の片、脂肪の片を並べて置く、蠅は幼虫が食つて生長する肉に卵を産みつけるが、幼虫が餓死する脂肪には産みつけない。これは雌蠅に卵を産むために反射的蠕動を起す蒸發的窒素含有物の影響に關係してゐる。

カンマラアはサラマンダ塩化サトラミサ、マキエロサミの二種について、卵を産む状態を研究した。兩方とも卵は身體の中で受精して、子宮の中で發育し始める。子宮の中には唯二三の幼虫



が入る場所がある丈だから、多くの卵は死んでしまう、この死ぬ卵の数が多ければ多い程、妊娠期も永い。動物が永い間卵を持つてゐる時には、極めて少数の幼虫が生れるやうになる。生れた幼虫は受精してから立つた時間が永いので、寧ろ發育の度合は進んでゐる。動物が交尾して後比較的早く卵を産む時には、多くの卵（十二から七十二）を産んで、勿論幼虫は發育の初期である。初期には幼虫は鰓を持つてゐるから、水の中で呼吸することが出来るが、後期には鰓がなくなつて、肺で呼吸するのである。サラマンダの兩種共、その環境の物理的状态によつて、早くても或は遅くても卵を産ませることが出来ることをカンマラアは示した。もし水の中或は水の近くで、濕氣の多い空氣の中に置けば、早く産卵する傾向がある。そして比較的高い温度では、妊娠期を短かくする傾向を増す。もしサラマンダを比較的乾燥して置けば、寧ろ遅く産卵する傾向があつて、低い温度はこの傾向を増すのである。

サラマンドラ、アトラは寧ろ乾燥した比較的低い温度の高山地、にサラマンドラ、マキユロサはの水多い温度の高い低地に發見されるから、サ、アトラは已に發育して、水棲生活期を越へ

た。幼虫を産みマキユロサは初期の幼虫を産む事實は、適合作用だといはれてゐる。しかしカンマラアの實驗は一定外力の直接影響に關係してゐることが分つてゐる。反應作用を決定する變數の全部或は一部が分らない時には、適合作用だといふかも知れないが、吾々の智識が許す限り直接に原因と結果とを聯絡するのは、科學の進歩に一層興味があることは言ふまでもない。

## 七 結論的注意

新種は偶然變異によつて起るらしいといふデブリスの發見も、特にベートソンとその弟子等が示した如き遺傳現象にメンデル法則の廣い（もし一般的でなければ）適用は、暫らく（もし永くなくては）進化論の基礎となる。これ等の發見は理化學的方法で、偶然變異を起す一定の仕事を実際生物學者の前に提供する。ある著者は實際この事に成功した主張してゐるが、現代では彼等の主張の功力に説服されないことを私は辯解したい。幾代も續けて掛合して偶然變異のもの

のを繁殖したら、その主張に説服させる確證を與へることが出来るので、こゝでは偶然變異のものを論じてゐるので、寧ろ單に病的の變化についていふのではない、(註。この論文を書いてからカンマラアの見事な實驗并にターワの實は、外驗界の状態が動物に遺傳的變化を起すことが出来るといふ説明を與へたやうである。

理化學的方法で新種を作ることに關して話したことは、變形作用の第二の問題、即ち死物から生物を作ることに關して、尙更に正當な理由として、繰返して話しても差支ない。時々物理學者が人工的に生物を作つた主張するバクテリア或は細胞の純粹な形態眞似或は、例へば壞された結晶の再生と甲殻動物の失つた肢の再生とは同一だ主張するやうな言葉の上の遊戯生物學者には感服されないだらう。動植物の生長と發育とは複雑だが、しかも一連定系の化學作用で決定されることが分つた。この化學作用の結果は一定の化合物、或は化合物群、即ち核質の合成となるのである。

核質は自體の合成に酵素或は酵母として働く特種を持つてゐる。かくして一定型の核は自體の他の核質の合成を續ける。これが種の持續を結定する。各自一種は多分自體特獨の核質を持つてゐるからである。死物から生物を作ることに成功した主張する人は、核自體の合成のための酵母として働き、自體を繁殖する核質を作ることに成功したといふことを證明する必要がある。このことにはこれまで誰も成功してゐないが、この仕事は科學力を超越したものと許すべし何物もないのである。

(この論文は英國ケンブリッッジ大學のダーウインの『種の起源』百年祭に招かれ、(一九〇九)講演したものが『ダーウインと近世科學』中の一文となり、それをミカアード教授の許を得て轉載したものである。

26000  
7

大正十三年四月二十五日發行  
大正十三年四月二十五日第二版

生命の機械觀

定價金貳圓七拾錢

不許複類



譯者 神田左京

發行者 後藤亮一  
京都市上京區北野白梅町三十二番地

印刷者 伊藤一郎  
京都市岩上通五條上ル柿本町五八二番地

發兌

京東  
都京

表

京都市一條通衣笠園

現

振替(限)二一五五七番

社

一行印所刷印堂誠一

525  
162

10

終