

769-52

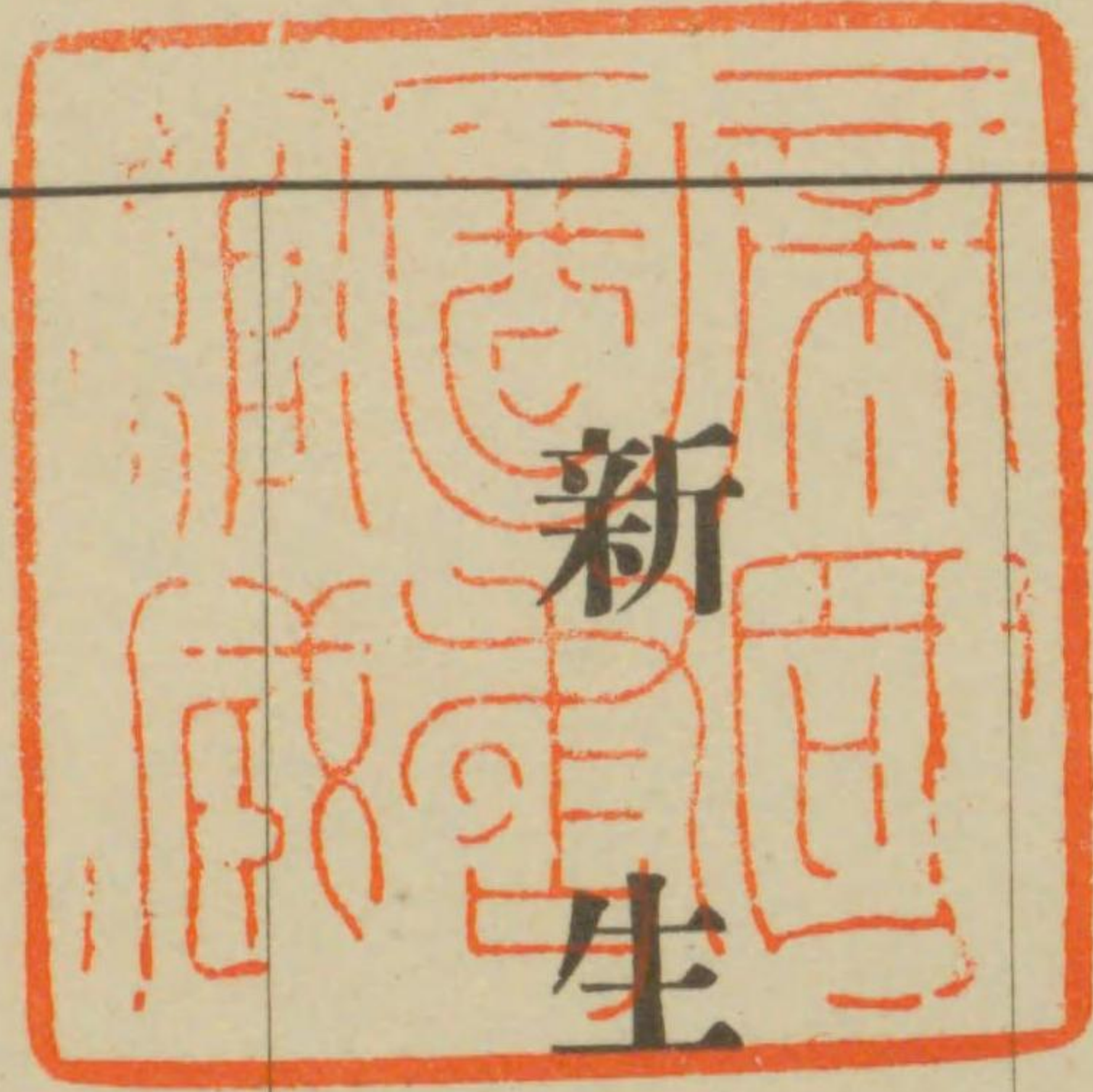


1200501598885

9

52

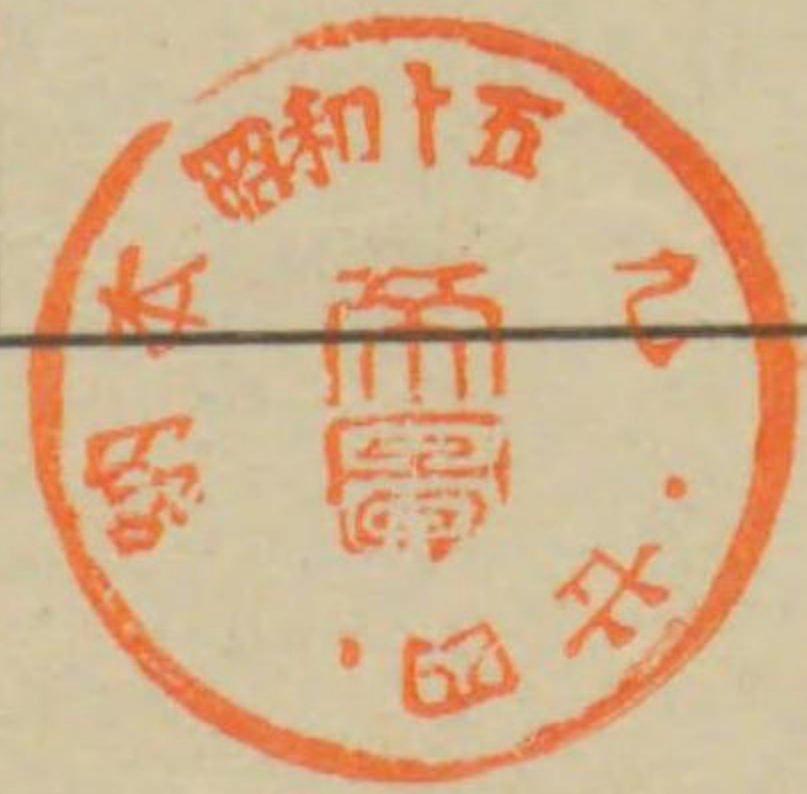
357



醫學博士 永井 潛 著

命 論

春 秋 社 版



769
52

春
焯
血
魂

目次

第一章	生命と自然科学……………	三
第一節	自然科学とは何ぞや……………	三
第二節	科學的生命觀の否定と肯定……………	七
第二章	生命に關する思想史……………	二
第一節	太古原始人類の二元的生命觀……………	二
第二節	希臘自然哲學者の機械的生命觀……………	四
第三節	希臘理想學派の主心的二元論……………	九
第四節	希臘末期に於ける生命觀……………	二
第五節	中世紀に於ける神祕主義……………	三
第六節	近世紀に於ける生命觀の變遷……………	四
第七節	近代に於ける生命觀……………	三

第八節	科學的生命觀を支持する主要なる事實	一八六
第三章	生活體の理學的性狀	一六〇
第一節	生活體の聚合狀態	一六〇
第二節	膠質	一六五
第三節	滲透壓	一九〇
第四節	細胞の透過性	一九八
第五節	イオン	一九九
第六節	イオンの解離	二二三
第七節	酸性とアルカリ性	二一七
第八節	イオンの生理作用	二一六〇
第四章	生活體の化學的成分	一七七
第一節	有機化合物と無機化合物	一七七
第二節	蛋白質	一七六

第三節	含水炭素	一八四
第四節	脂肪及び類脂體	一八六
第五節	生活體の無機性成分	一九〇
第五章	酵素及び其の作用	一九四
第一節	生活機能の調節と酵素	一九四
第二節	加水分解酵素	二〇〇
第三節	酸化酵素	二〇六
第四節	アルコール酵素	二一九
第五節	酵素の理論	二三二
第六章	生活の一般條件	二三三
第一節	生活の內的條件	二三三
第二節	生活の外的條件	二三六

新
生
命
論

永
井
潛
著

来

第一章 生命と自然科学

第一節 自然科学とは何ぞや

謎の謎 愛らしい幼女が、愛らしい人形とともに眠つてゐる。其の艶々しい髪、其の福よかな頬、其の蕾の様な唇、何れを夫れと分けがたいのである。が併し、其處に非常に相違のあることを、誰しも疑ふものはないであらう。一には命があり、一には命がないのである。

一粒の種子、一粒の砂、土に散らばつて居る時、殆ど見分けることは出来ないのである。さりながら、天日輝き、慈雨潤す時、其處に非常な違ひが起つて来る。見よ、可憐な双葉、練絹の様な白ら根、刻々に延びる、太る、臆て目も覺めんばかり美しい花が咲く。枝もたわわに實が結ぶ。彼は實に命なき土から命あるものを造る。終に枯死する。さりながら再び種子を造つて自らを若返らすことによつて、永遠に活き延びる。一粒の種子、摩尼寶珠の夫れよりも尊い力を有つ

て居る。夫れは命の力である。

おゝ命、なぜ少女は生きて居るのに、人形は生きて居ないのであらう。なぜ砂に宿つて居ないものが、種子に恵まれて居るのであらう。此の問題位、最も明白で同時に最も不可解であり、最も平凡で而して最も高遠であり、最も舊うして且つ常に最も新しい問題は、他にないのである。「命」、此の一語こそ、實にあらゆる謎の謎であり、あらゆる中心の中心である。科學も、哲學も藝術も、宗教も、あらゆるものは皆此の命の太陽を旋つて動きつゝある一遊星に過ぎないのである。萬物悉く皆偉大なる太陽の徳を顯現するやうに、吾等は一齊に限りなき生命の力を稱へなければならぬ。宗教家はよろしく宗教の立場より、藝術家はよろしく藝術の見地より、哲學者はよろしく哲學の立脚點より、科學者はよろしく科學の本義より、而して今私は茲に自然科學の一學徒として、科學者の直面せる生命觀を述べんとするのである。

自然科學とは何か 自然科學の見地より生命を論ぜんとするに當つては、先づ自然科學とは如何なるものであるかを明かにして置く必要がある。自然科學研究の對象とする所は、自然界・現象界であつて、客觀的に忠實に冷靜に事實を體驗し、多くの體驗を基礎として通有不變の法則を歸

納せんとするのである。而して又此の法則に依つて萬有の諸現象が如何にして起るかを説明せんとするのである。其の際科學者は一定の假定を設けて、其の説明を容易ならしめんとする。即ち物質・力及びエネルギー等の實在を想定し、時間・空間並びに因果律の約束の下に、宇宙間に於けるあらゆる現象を、牽引・反撥に依つて惹き起さるゝ微小體の運動に導いて、數理的に之れを解析せんと力める。そこで科學の解説は極めて的確明瞭であるが、而かも究極の知識とは云へない。科學に於ける學說の基礎をなして居る「物質とは何ぞし」、將た「エネルギーとは何ぞし」と云ふに、所詮一つの概念である云ふ外、せんすべがないのであつて、其の本質に至つては、到底科學に依つて明かにすることは出来ない。かのデュボア・レーモンの有名な「自然界認識の限界」と題せる講演に於て、這般の關係は最も明白に説かれて居る。

斯く科學が、客觀的・物質的・經驗的・分析的であるに反して、哲學は主觀的・精神的・思辨的・綜合的である。科學が個々の事實を基礎として、歩一步歸納的に理法を明かにせんとするの安定性に對して、哲學は動もすれば單に冥想直觀の力に任せて、一躍演繹的に事實を律せんとする危険性がある。而も斯くの如きは多く過去の事に屬し、今日では哲學的思索も亦確實なる事實

を基礎として、其の思想の系統を組織し、諸科學に依つて得られた知識を、大局に立ちて批判し統一せんとするに至つた。此の意味に於て、哲學も亦一つの科學であつて、所謂「諸科學の科學」と稱すべきものとなつた。

自然科學の對象とする所が、物質的現象的であることから、自然科學なるものは單に事物の皮相に觸れるだけで、所詮其の真相に洞徹することは出来ないと言ふが如き考を懐く人も少くないのである。併しながら斯る考へ方は、決して正當とは云へない。抑斯る考の根柢をなすものは、本體てふ觀念である。そして此の本體てふ觀念の起るのは、變化の中に不易を認め、幻影に對して實在なるものを規定するからである。而も翻つて考ふるに、變化と云ひ、不易と云ひ、幻影と云ひ、實在と云ふ、何れも相對的の者であつて、斷じて絕對的のものでない。思ふに變化あればこそ、茲に初めて不易と云ふことが云へるのである。幻影を考へることに依つて、初めて實在を想定することが出来るのである。随つて世に絕對の變化もなければ、絕對の不易もなく、將た全然幻影を超越せる實在なる者も、あるべき筈がない。恰度夫れは靜止なき運動を考へることも出来なければ、運動なき靜止を考へることも出来ないのと同じである。其の意味に於て宇宙は、運

動であつて同時に靜止であり、變化であつて同時に不易であり、幻影であつて同時に實在であり物質であつて同時に精神であり、我であつて同時に外界であらねばならない。凡ては相對的關係の下にあるのである。又其の意味に於て「差別なければ思考はない」と云ふことは疑なき眞理である。随つてポアンカレの云つたやうに「あらゆる學問は相互關係の系統に外ならない」のである。自然科學と云ひ、哲學と云ひ、何れも此の相對的關係を論究するものであつて、唯々其の立場を異にせるに過ぎないのである。随つて其所に高下のあらう筈がない。自然科學が因果律に依つて、宇宙の事象が Warun 「如何にして」起るかを説明せんとするに對して、哲學は其の意義、其の價值、換言すれば Wozu 「何の爲め」と云ふことを啓示せんとするものである。斯くて科學と哲學と相待ち相助けて、始めて圓滿なる宇宙觀・人生觀を期待することが出来るのである。

第二節 科學的生命觀の否定と肯定

生理學の目的及び其の研究方法 以上述べ來つた所の意味に於て、吾等は生命に關する自然科

學を建設し、主張すべき十分なる理由を有つ。生命に關する自然科学是れ即ち生理學である。随つて其の研究に當つて取るべき方法も亦、一般自然科学の取る可き方法と等しいのである。即ち一面に於ては忠實に生活體の表はす現象を、自然の儘に觀察すると同時に、一面に於ては人爲的に實驗を行つて、其の觀察せる事實を十分に立證する。そして多數の事實に基いて、歸納的に確實なる法則を見出して、之れに據つて生活體に於ける働を理解せんことを勉めるのである。

今一般自然科学の法則を考ふるに、其の根柢をなしてゐるものは、物理學及び化學の研究に依つて得られた所の法則である。生理學は是等の精密なる自然科学の原則を生活體に適用して、生活現象の成り立つ因果關係を明かにするのである。換言すれば生活體に理化學の法則を適用することが、生理學研究の基礎をなして居る。其意味に於て生理學は、一面生物物理學 *Biophysik* であり、一面生物化學 *Biochemie* である。而も生理學が、斯かる方針に依つて其の研究の歩を進めることが果して正當なりや否や、之に關する見解は、由來區々として歸着する所を知らなかつたのである。蓋し物理化學の研究は、専ら生命なき世界に於てなされたのである。此生命なき無機界に於て適用さるべき法則を、直ちに生命ある有機界に推し及ぼすことが、果して正當なりや

否やと云ふ疑が起つて來るのである。

機械説と生氣説 斯かる理由の下に、一派の學者は、生命の自然科学を否定した。彼等は有機界と無機界とに於て、打越すべからざる嚴格なる境界を設けて、物理化學の法則は、無機界では眞理であるが、之れに依つて有機界を律することは不可能であつて、生活現象の成立には、無機界に見る可からざる、随つて物理化學の研究に於て到底測り知る可からざる、靈妙不可思議の力に待たなければならぬと主張する。斯かる力を呼んで、或は生氣 *Lebensgeist* 或は活力 *Lebenskraft* 或は自然力 *Natura* 或はエンテレキア *Entelechia* と云ひ、其の云ふ所は異なつて居るが、而かも一種の神祕なる超自然力を想定して、之れに依つてのみ生活現象を根本的に説明し得べしとする點に於て、其の揆を一にして居る。之れを生氣説 *Vitalismus* と云ふのである。之れに反して、他の學徒は、生命の自然科学を肯定する。彼等に依れば、生活體の表はす諸現象は、悉く自然科学の理法に依つて説明し得らるゝもので、恰度機械の働く譯を、理學の法則で説明することが出來、分子やイオンの間に行はるゝ離合集散を、化學の研究に依つて理解することが出來ると同じ様に、各般の生活現象を、理學及び化學の法則に依つて機械的に説明することが

出來ると主張する。是れ即ち機械説 Mechanismus と唱へらるゝ所以である。

極端から極端へ 古往今來、人類が生命に關して懷いて居た考は、終始此の二つの極端の間に彷徨して居た。實に生命に關する思想の歴史は、此の機械説と生氣説との絶えざる論争によつて、其の頁が満たされて居るのであり、而して又、此の論争の歴史は、或る意味に於て、人類思想展開の歴史でもあると云ふことが出来る。私は今新しき科學の見地より、生命問題に論及せんとするに當つて、以下、暫く、生命に關する人間思想推移の歷程を、振り返つて見たいと思ふのである。

第二章 生命に關する思想史

第一節 太古原始人類の二元的生命觀

振子の如き人間の思想 確かに人間の思想は、振子の如きものである。一の極端から他の極端に向つて絶えず運動を繰り返して居る。否、更に細かく其の展開進化の歷程を辿つて見ると、螺旋の階段を登りつゝあると云つた方が、一層適切である。一側から他側に向つて同じ運動が行はれ、同じ位置を繰り返しつゝ、而かも歩一歩、段一段、一轉化を見る毎に必ず向上進歩を伴つて居る。生命に關する思想變遷の歴史を回顧する毎に、特に此の感を深うする。

温・脈搏・呼吸と生命 抑太古の原始人類が、生活現象に對して、どういふ考を懷いて居つたかといふと、一種靈妙不思議なる力に依つて、生活現象が惹き起さるゝものと思つて居たのである。何故さう思つたかと云ふと、知識の幼稚な太古の人間は、事物を感ずることは出來なければ

も、考へることは出来なかつた。即ち目や鼻や耳の人であつて頭腦の人でなかつた。彼等が生活體に對して見る所のもの、或は感ずる所のものは、何であるかといふと、五官の到達する範圍内に於て知り得るものに過ぎぬ。そこで生きて居る所の動物に觸れて見ると、身體の何所に觸れても温がある。又た其の物が生きて居る間は、始終温い氣が、鼻や口から出たり這入つたりする。又身體の或る部分に觸れると、そこに一種の運動を感ずる。即ち左の乳房に觸れると心臓が搏つて居る。或は手の拇指側及び顚顚のあたりに觸れると、始終脈が搏つて居る。加之、夫れ等の温であるとか、搏動であるとかは、人が驚いたり、或は運動したりすると、自分の意思に無關係に亢進するのを見る。茲に於てか、何か生活體を支配する不思議の力が、外から體内に宿つて居て之れを活かして居ると考へたのは無理もない次第である。

死と心身二元 而已ならず、一朝人間が死ぬと、生時に比して著しい變異が起る。夫れは何であるかといふと、其の手、其の足、其の顔、依然として生きて居た時と變らないが、併し觸れて見ると今や温が無い。是まで出入して居た呼吸の氣は何處にか去つて其の影をも止めない、盛んに搏ちつゝあつた心臓は、最早全く停止して居る。温、呼吸、搏動、此の三者が身體にある間は

身體を活かすが、併しそれが去れば、身體は忽ち死んでしまひ、其の手、其の足、其の顔は依然として生時に異ならないにも關らず、其の人は今や語りもせず、見もせず、聴きもせず、動きもしない。さあ、さうなると、何か特別に身體を活かして居る精靈の氣があつて、其の物が身體は宿つて、初めて生活の現象が起るのであるとの考は、一層深い根柢を有つことになる。茲に於てか身體に對して、之れを主宰すべき精神なるものの存在が認められるやうになる。斯の如くにして、精神對身體てふ二元の考が、初めて人間の頭に湧き出たのである。就中心臓の如きは、之れを身體から切り出して見ても、依然として動いて居るから、之れを以て精神の宿る坐位となし、埃及人の如きも、之れを感情及び思考の中樞と考へ、後世に至つても、情の標徴として、心臓を用ゐるに至つたのである。尙ほ又温かき呼吸氣を以て、一種の精靈と考へたことは、希臘語のプシーハ Psyche フノイマ Pneuma 羅甸語のアニマ Anima の如き英語のスピリット Spirit 獨逸語のガイスト Geist 佛蘭西語の Esprit 其の他梵語、ヘブリュー語、スレーブ語に於て、何れも皆精神なる語は、空氣、息氣、蒸散性等の語に、其の語源を發するのを見ても明かである。而かも身體は從で、精神が主であり、身體を活かすものは、精神であると考へたのである。

斯くて最初は心身二元の考を有ちつゝ、而かも其の精神なるものは、痛く物質的色彩を帯びて居たのである。

夢と二元 尙ほ又身體を離れて、別に精神でふものが存在するとの考を、大に助長せしめたのは夢及び夢魘であつた。身體は、まさしく牀上に横臥せるにも關らず、心は全然時空の束縛を超越して、一瞬千里の遠に遊んだり、或は死せる故舊と面晤したり、或は目に見えぬ鬼神に苦しめられたりする。茲に於てか精神と身體とは、全く別物であると思ふのは無理からぬことである。就中亡者と相見る如きに至つては、形骸は既に土に歸するも、魂魄は長へに世に留まり、時に相逢ふ者と考ふるの外はない。茲に於てか勢ひ靈魂不滅説を信するやうになる。又已に靈魂を以て不滅の者とする、其の不滅なる靈魂の始末を附けねばならないから、茲に靈魂輪廻の説が起つて来る。而して是れ實に宗教思想の胚胎である。

第二節 希臘自然哲學者の機械的生命觀

萬物の唯一本源 然るに人間の智慧が段々進歩して來た結果、茲に初めて感ずるのみでなく、

考へる力が起つて來た。其の代表者は希臘人であつた。希臘には、今から二千七八百年前に、既に自然哲學者と云ふものが現れたのである。此の自然哲學者は、大自然の研究を其の目的としたのである。即ち、宇宙は、どうして出來たか、どう變化するかが、其の研究の問題であつた。人類の思想も此の時代になると餘程進歩したものである。そこで夫れ等の人々の學説を調べて見ると、最も早く起つた思想は、何か唯一の萬物生成の本源たる物があつて、その物が變化して萬物を造ると云ふ考であつた。其の本源とは何であるかといふと、或は空氣であると考へ、或は漠として四方に瀰漫して居る所の氣であると考へ、或は水であると考へ、人々に依つて考は違つて居たけれども、兎に角何か本源たる唯一物があつて、其變化に依つて、萬物が出來るものと思ふたのである。其時代には、また考が單純で、何か眼に見える物、或は感知し得るものを捉へて、それが本體で、それから萬物が出來たと信じた。それから一層智慧が進んで來て、初めて、抽象的の考を起すやうになつた。即ち澤山の現象の中から、通有性を引き出して考へる作用が行はれるやうになつた。斯くの如き時代に在つて、萬物の根源として、どう云ふことを考へたかといふと、「有」と云ふことであつた。何となれば、萬物の本體たるべき者は不變不滅でなければなら

ぬ。「有」と云ふことは、始も無ければ終も無く、生ずることもなければ滅することも無い。此の物こそ、眞の本體となるべきもので、萬物に就いて其の差別相を除けば、唯一「有」なる者に歸着するのである。随つて之れから萬物が出来ると考へたのである。其の結果はどうなるかと云ふと、我々が日常目で見、或は耳で聞き、所謂五官に依つて個々物に於て生滅轉化の現象を認めるのは實は誤である。是れは單に我々の目我々の耳が、生滅轉化の現象あるかの如く感ぜしめるのみで、實は萬物の本源に遡ると、變化しないのである。變化する物では、萬物の本源となれないと考へたのである。

パンタライ 所が、我々が實際宇宙間に見る所の變遷流轉の現象を、單に我々の五官に基く誤謬であると云ふのは、餘りひどいと云ふので、それに正反對の意見を持つた自然哲學者が出て來たのである。それはヘーラクライトスと云ふ人であつた。其の人の考に依ると、一體、萬物は絶えず變遷しつゝ在るものである。遷り變ればこそ萬物が其所に在るのである。變化すると云ふことが事實で、若し一見變化しないと見ゆる事實あれば、夫れこそ間違である。斯くて前人が唱へ出した學説と、正反對の説を唱へ出したのである。ヘーラクライトスは「パンタライ」 *Pantalei*

と云ふ一語を以て、之れを喝破して居る。「パンタライ」と云ふことは、希臘語で「總てが流れる」と云ふ意味である。何故斯の如く萬物が流轉するか、我々が目で見、耳で聞くやうに時々刻刻、宇宙間の萬物が變り行くのは、果して何に基くかと云ふと、萬物には悉く反對の傾向があるからである。例へば今、「白」といふことがあれば、それに對して「黒」といふことがある。「若」といふことがあれば、それに對して「老」と云ふことがある。斯様に萬物には、反對の傾向があるから、「白」から「黒」、「黒」から「白」へ行き、或は「若」から「老」と云ふことに遷り行くことが起り、かくて時々刻々遷り變はるのであると考へたのである。

萬物多元説 所が、それに續いて、エンペドクレスと云ふ人が出て、更に一生面を開いた。此の人の考に依ると、本體は變らない。併し夫れかと云つて、我々が目で見、耳に聞き、實際遷り變りつゝあるものを、悉く誤謬であると云ふのは餘り酷い。其の點は、ヘーラクライトスの説に賛成せねばならぬ。そこで此の二つの相容れぬ所の考を調和して、一面に於ては、不變不滅なる本體の存在を許容し、一面に於ては、生滅流轉の現象を誤謬にあらずして事實と認め、一新説を出したのである。夫はどうかと云ふに、無始無終、不生不滅なる萬物の本源を、一つと見すし

て、之れを多數と見たのである。即ち、萬物の本源たるべき者は四つある。地水火風が夫れである。此の四つが、萬物を造り上げる元素であつて、此の元素たるや、始めも無く、終も無く、何時までたつても變化しないものである。此の元素なるものが、愛と云ふ力で、互に相引き合ひ、憎と云ふ力で、互に反撥して、離合集散するのが、變遷流轉の現象として、我々の五官に映るのである。換言すれば、愛憎の二力は畫工で、之れが地水火風と云ふ四つの繪具を配合して、いろいろの畫を描く、其の畫が、即ち日常我々の見る變遷流轉の現象である。是が元素或は原子なる考が、人間の頭に浮んだ初めである。

原子説と生命機械説 此の考を推し極めて、地水火風の四元素に代ふるに、無数の元素を以てして、希臘の自然哲學者中に、「アトミステン」なるものが現れた。「アトミステン」とは、原子説を唱へる所の學派である。晩近萬有科學の骨子たる原子説は、十九世紀の初に於て、ダルトンが初めて造り上げたやうに思はれるが、實は、今より一千五百年の昔に於て、希臘の哲學者が夙に之を唱へたのである。斯くて萬物を造つて居るものは無数の原子である。さうして其の原子が寄つたり離れたりして、萬物に生滅轉變の現象が起つて來ると主張した。而も原子説の唱へる所

に依ると、斯く原子が相寄るに際しては、其の間に空隙がある。此の空隙があればこそ、原子がいろいろ活動して、初めて運動と云ふ現象が起つて來る。されば原子説に依つて獨り萬物の成立を考へ得るのみならず、變遷流轉の根本たる運動と云ふことを説明し得るやうになつた。斯様にして大宇宙の成立・轉化を、十分解釋し得るやうになつたのであるから、無論、大宇宙間の一現象たる生活の現象をも、機械的に説明することが出來ると考へるやうになつたのである。茲に於てか、太古の心身二元的生氣説は、一轉して、一元的機械説に傾くに至つたのである。

第三節 希臘理想學派の主心的二元論

人事研究時代 次で、希臘が、文化の絶頂に立ち、波斯戰勝の餘威を挾んで、一躍世界の中心勢力となるに至るや、希臘民衆の最高の名譽は、權勢を掌握して政治の舞臺に活躍することであるに至つて、人々の眼孔は、今や自然界より一轉して、人間社會の上に注がれるやうになつて、自然研究時代は去つて人事研究時代に入り、さうしてプラトーン、アリストテレースによつて、理想主義の哲學が組織せられるに至つて、生命觀は、茲に三轉して、機械的・物質的説明を捨て

て、主心的・非物質的説明を求めることになった。

理想哲學と目的論 蓋し人々の眼孔が、自然界より轉じて人事の上に注がれるやうになり「人間」なるものを深く觀察するに至つて、哲學的思索は一段と深刻になり、精神と身體との區別が明瞭になつて來て、自然哲學者が、宇宙の本源を物に求めたるに反して、之を心に尋ね、精神を主となし、身體を従となした結果、唯心主義・理想主義の哲學が組織せられ、そして此の理想主義の哲學にあつては、物質を超越せる靈妙なる力の存在を認め、此の力が或る目的を追うて物質界を左右することによつて、宇宙の萬象が惹き起さるゝものと見たのであるから、事象を説明するに當つて、冷靜に因果の關係を探求する代りに、目的即ち原因であると見做す所の目的論に陥らざるを得なかつたのである。そして此の際、醫道の鼻祖たるヒッポクラテースが出て、プノイマ説を立てたのであるが、而かもプノイマなるものも、理想主義の哲學によつて影響せられ、痛く非物質的色彩を帯び、一種不可思議なる力を有する精靈の氣と解釋されるやうになつた。斯様な關係で、太古の生氣説は、自然哲學者によつて一旦機械的となつたが、三轉して再び生氣説の方に逆戻りをした。

第四節 希臘末期に於ける生命觀

倫理時代に於ける機械説の復活 希臘の政治的局面が一轉化を來し、之に伴つて唯心的生命觀も亦一轉化を起さねばならなかつた。歴山大王の武力的統一によつて、希臘自由都市の獨立が失はれたと共に、人心の活動は頓に挫折し、人々の眼孔は小我の外に出づる能はず、ひたすら自己の安心立命のみ是れ求め、足るを知り、己に克つて、主觀的幸福に達せんとし、所謂倫理時代なるものを起し、更に宗教に依頼して安心の境地に入らんとして、宗教時代なるものを現出するに至つたのであるが、倫理時代に於ては、ストア學派の物理説、エピクロース學派のアトム論に依つて、機械的生命觀の再燃を見たのである。殊にアレキサンドリアの新興の國土に於て、舊き希臘の文化が培はれ、燦然たる精華を開いて、アルキメデスの如き大理學者や、アリストアルコスの如き大天文學者が出て、自然科學は非常なる隆盛を來し、醫學に於てもエラジストラーツスの如き偉才を出し、プノイマ説を改竄して、生命の機械的説明を復活した。

ガレインの生命觀 斯くて一面には機械的生命觀が復活せられんとしたが、而かも生氣的生命

觀の勢力は、牢乎として容易に抜くことが出来ないで、終にこの兩説を折衷綜合して、一新學説を建てる者が出て來た。これがガレーン其の人であつたのである。彼はプノイマ説に於ける物理的生命觀と、理想主義に依つて擁護された目的論とを巧妙に結び附けて、打つて一丸となし、一貫せる生理説を樹立したのである。彼の生命觀に於ける目的論に於て、彼は造物者の全智全能を認め、其の手によつて創造された萬物は、一として善美でないものはないが、特に生活體に於て最もよく夫れが顯現されて居ると説いた點に於て、耶蘇の教義やコラーンの教義とよく相容れ相助け、中世紀を通じて、一千數百年の間、長く墨守せられ、學壇を獨占するに至つたのである。

第五節 中世紀に於ける神秘主義

教權の跋扈 古代の晝と、近世紀の晝とを、中世紀と云ふ長い暗い夜がつかないで居る。此千年以上の暗黒な夜に於て、あらゆる人心の活躍は、教權の鐵鎖に依つて縛られた。哲學の如きも知識を面縛して信仰の前にひれ伏さしめんとするスコラ哲學に依つて、時代精神が代表されて居た。若し自然に對する知識が要求されるなら、夫れは唯、神を尊嚴ならしむる意味に於てのみ許

された。斯る状態の下に、學術技藝が殆ど全く影を没したのは云ふ迄もないことで、唯アラビヤ人の手によつて、將に消えんとする學術の燈火が保たれ、耶蘇寺院の窓下に、辛うじて其の餘喘をつないで居たに過ぎない。ガレーンの學説は、長い暗黒時代を経る間に、全然宗教の奴隷となつて、腐敗し糜爛した。斯くて神秘的生命觀は、一層熾んに火の手を擧げた。

學壇の荒廢 斯くて神聖なるべき學術の壇上は、徒にあらゆる非科學的妖魔の跳梁するに委せられた。或は天體は最も神様に近いものであつて、其の天體の影響を受けて、人間が地上にいろ／＼活動してゐるのであると云ふ考から、人が生れると其の人を支配すべき星の位置を見て、其の人の運命を豫言することが出來ると云ふ占星術とか、或は所謂「賢者の石」を求め、其の力に依つて、鉛の如き卑金屬を變じて金となすことが出來、更に進んでは長壽財寶一切の慾望を滿たすことが出來ると説く煉金術とか、其の他いろいろな迷信が盛んに起つて來た。さうして斯様な時代が紀元後三四世紀より、十五世紀に互れる中世紀の千餘年間も續いたのである。之れを學問の歴史から言へば、最暗黒の時代であつたのである。而かも長い夜も、終には曙の光に輝く時が來る。眞理を求めて止まない人の心の流れは、何時迄も堰き止めらるべきものでない。ダンテ、

ペトラルカを先頭として、人道學派の人々の撞き出す曉鐘の音に、長夜の夢は破られた。プレルネッサンスの光は、今や刻一刻、茜色に人の世を染め始めた。

第六節 近世紀に於ける生命觀の變遷

ルネッサンス 十六世紀になつて、ルネッサンスと云ふ時期が來たのである。ルネッサンスと云ふのは、人間の「再生」と云ふ意義である。即ち此の時期に於て、これまで暗黒なる長夜の眠を貪つて居た人の心が喚び醒まされて、教權の鐵鎖を斷ち切つて、敢然として自由の天地に自在な羽叩きを始めたのである。人の心の此の雄々しい活躍は、先づ人道學派に依つて、其の第一聲が叫び出されたのだ。人道學派では、人をして人たらしむる所以の道を、理性と情操との修養に求め其の第一着手として、古代の文藝を復興して、其の目的を遂げようとしたのである。斯くて人道學派は、直接自然科学の建設に努力したのではないが、併し此の運動に依つて、久しく窒息した呼吸の自由を恢復し、一新更始の氣運を思想界に鼓吹して、以て間接に科學の建設に大なる助を與へた。斯くて人間の思想が茲に再び活躍を始めて、學術技藝が進歩し來つたのである。其の

結果、コペルニクスであるとか、ケプレルであるとか云ふやうな、豪い天文學者が出て、或は藝術家で云へば、レオナルド・ダ・ヴィンチであるとか、ミケランジェロであるとか、ラファエルであるとか云ふやうな天才が出たのである。

新しき解剖學の建設 斯様にして段々學問技藝が正しい道を辿つて發達して來たと同時に、生活現象に對する解釋も亦、大に面目を改めて、これまで生物學に於て、無上の權威を有つて居たアリストテレスやガレインの學說には、幾多の誤があることが解つて來て、此の舊き學說の誤を匡し、新しき眞理を捉へんとする努力が起つて來た。其の第一着手は、解剖學に於て行はれたのである。是は自然の勢で、論より證據、舊說で言つて居つたことが、果して眞か偽かと云ふことは、人體を解剖して、眼で見れば直ぐ解るからである。斯くて十六世紀に於ける新しき解剖學の建設に依つて、中世紀に於て蟠居せる生命神祕説は、再び機械説に一轉するに至つた。

哲學及び科學の進歩 續いて十七世紀に至つて、登り登つた人の心は、遂に偉大なる近代哲學を産み出した。即ちデカルトであるとか、ライブニッツであるとか、スピノツアであるとか、或は又ベーコンであるとか、ホッブス、ヒューム、ロックであるとか云ふやうな、豪い哲學者が續

々出て、人間思索の根本たる哲學の大なる系統が組織された。斯くして近代哲學の二大潮流たる唯理學派と經驗學派の源泉が、一は佛蘭西和蘭を中心とし、一は英國を中心として流れ出たのである。随つて學問上の進歩も亦、實に目覺しいものがあつた。學術の帝王と稱へられたガリレオを首として、偉大なる科學者が出た。トリツェリ、ボイル、マリオット、ダリケ、メーヨー、ラポアシエー等、何れも古今を通じて第一流の學者であつた。

大宇宙を一貫せる理法 殊に忘るべからざるは、偉人ニュートンに依つて、萬有引力の法則が確立せられ、林檎を地上に引く力は、即ち天體相互の間に働きつゝある力であつて、地上に於て確立された機械學の理法が、全宇宙を通じて行はれるべきものであることを明かにしたことであつた。此の學説が、科學界に及ぼした影響の重大なることは云ふも更なり、思想界に及ぼした影響も亦實に偉大なるものであつた。蓋し天上界には、下界と全く趣を異にし、人力を超越せる神の力が働いて居るものであるとの考は、何人も信じて疑はなかつた所であつたのである。然るに今やニュートンの力ある鐵槌に依つて、此の想像は破碎せられ、大宇宙を通じて、自然科學の威力の及ばない所はないことが實證されたのである。斯く大宇宙の研究が、望遠鏡の發明に依つて

進歩させられたと同時に、人體と云ふ小宇宙の微毫を析つべき顯微鏡が、又此の世紀になつて發明されたのである。

血液循環の發見 斯様に學術思想が發達するにつれて、生活の現象に對する研究も亦面目を一新し、ここに不朽の一大發見が行はれるに至つたのである。血液循環の學説が即ち是れである。經驗學派の發祥地であり、またニュートンを産んだ所の英國の、キリアム・ハーベールが、此の發見者たる榮光を荷ふたのである。今日では、血液が循環しつゝあると云ふことは、苟くも生理學の書物の第一頁を読んだ人の知つて居ることであるが、人類が此の真相を發見するに至る迄には幾千年と云ふ悠久なる歲月と、そしてハーベールの如き、偉才を待たなければならなかつたのである。ハーベール以前に、血液の運動に關して、一般に信ぜられて居たのは、ガレーンの舊説であつた。之れに依ると、心臓は、一方は靜脈、一方は動脈に關係を有つて居るが、此靜脈と動脈とは各々別個の役割を演ずるものである。動脈内には、血液は流れて居ないで、外界から肺によつて取り込んだ所のプノイマ、即ち生命と密接の關係を有する生氣なるものが、其の中を通うて居て身體の各所に赴き、之れを活かして居るのである。それ故に、呼吸が止んで、此の大切な生氣を

取る事が出来なくなると、人間は死ぬのである。之れに反して、靜脈は、取り込んだ食物を肝臓が處置して造り、右の心臓で精製されて出来る所の血液を、諸方に送るものと考へたのである。是は無理もないことで、死んだ動物を剖見すると、靜脈には血液が澤山あるけれども、動脈は毎も空虚になつて居るのである。此の事實は、死ぬる際に動脈が強く縮む爲に、其の中にある血液を、悉く靜脈の方に押しやるから起るものであることは、今日ではよく知られて居るが、其の當時にはまだ解つて居なかつた。夫れであるから、動脈の空虚な事實を見て、其の中には血が流れないと思つたのは、無理もないことである。然らば靜脈に依つて體の諸方に向つて送り出された血液はどうなるかと云ふに、夫れは悉く體の周圍で、使ひ盡くされるものと考へて居つたのである。此の説は、ハーベー以前には、何人も信じて疑はなかつた所である。ハーベーが出て、初めて、血液は、動脈に依つて心臓から體の諸方に運ばれ、靜脈に依つて、體の諸方から再び心臓に歸流し、斯くて循環して止まないことを證據立てたのである。血液循環の發見が、醫學生物學の上に及ぼした影響は、非常なものであつて、其の後に續々大切な生理學上の發見が起つたのである。斯くて十六世紀に於て新しき解剖學を知つた人類は、十七紀に入つて一躍して生理學者となつたのである。

ヤトロフィジカーとヤトロヘミカー 斯くて振子は今や、一の極端から、他の極端に動いた。

學者は、中世紀以來の生氣説を捨てて、全然機械説に復歸せざるを得なかつた。さうしてヤトロフィジカー Jatrophysiker とヤトロヘミカー Jatrochemiker なる、二つの學派が現はれた。「ヤトロ」と云ふのは「醫學上」と云ふ意味で、即ち醫學的理學派、醫學的化學派とも云ふべき學派が出たのである。即ち此の學派の一では、主として物理學の知識を以て生活現象を説明しようとし、他の學派では、化學の知識を以て、生活現象を解釋せんと努めたのである。

今二三の例を挙げると、ヤトロフィジカーは、生活の現象を研究するに當つて、秤とか寒暖計とか云ふやうな、物理學者が使ふところの道具を應用して、それに依つて凡ての生活現象を、一も二もなく、物理的に解釋しようとした。例へば我等の身體に溫熱が發するのは、血液が循環して居る間に、血球と血管とが觸れ合つて摩擦する際に起る摩擦熱である。又身體の運動は、全然槓杆の理に依つて行はれるのであると考へた。ボレリと云ふ學者は、此の問題に就て研究をして今日でも模範とすることの出来る位、立派な著書を公にして居る。或は又胃液が出るとか、涙が

出るとか、唾液が出るとか云ふ一般の分泌作用なる者は、壓力の爲に血液の成分が濾されて起るのであるとか、或は又食物を消化吸収するのは、腸胃の管が運動して、其の爲に食物が磨りつぶされるのであるとか、或は血液の循環は、心臓でふ唧筒の働であるとか、斯様に一も二もなく物理的の力で以て、生活の現象を説明し得ると考へたのである。

茲に面白い挿話がある。ヤトロフィジカルの元祖とも謂ふべきサントリオ・サントロと云ふ學者は、身體の重量の變化と云ふことに重きを置いて、自分で以て其の事を體驗する爲に、三十年の間、絶えず秤の上に坐つて居つたと云ふことである。達磨の面壁は九年であるか、此の人は三十年の靜坐を致したのである。此の人の考に依ると、人間の身體の周圍から、知らない間に一種の氣が立つて行くのである。此の氣の發展が十分であるか否かに因つて、病が起るか起らないかが定まるのである。例へば今五匁の食物を取る、さうして糞と尿になつて外に出るのが二匁五分である。そして體重は食前食後共に變りないとすると、差引き二匁五分は何處へ行つたのであるかと云ふと、我々の知らない間に、體の周圍から發散したのである。これが旨く行くと健康であるが、これが體內に滯ると病氣になるのである。さうして其の考の正否を確める爲に、三十年

間一日の如く秤上に坐つたと云ふ熱心は、實に驚くに堪へたることである。

ヤトロヘミカーは、當時の所謂醱酵作用、即ち現今の語で云へば一般化學作用なる者に重きを置いて、生活現象を説明せんとした。斯様な有様で、其の當時まだ比較的幼稚であつた科學の知識を以て、生活現象と云ふ甚しく複雑した事實、而已ならず、心の働迄も遮二無二解き明かさうとしたのであるから、其の結果、往々にして、いたく牽強附會に陥つたのである。そこで其の結果として、當時眞面目に物事の真相に心を潜めた人々は、ヤトロフィジカル、ヤトロヘミカー等の云ふ所に依つて、到底満足することが出来なくなつたのである。かゝる所に一人の天才が出て、批判的態度を取つて、輕率なる機械的生命觀を駁撃し、一段高い見地から、新しい學說を樹て、以て生命觀に一大轉換を與へた。其の人こそ、アルブレヒト・ハルラーで、史學者で、文豪で又生理學者であつた。

ハルラーの刺戟性說 ハルラーは、生活の現象を仔細に研究して、生活體には、生命なき物に於て見るべからざる二大特色を備へて居ることを確めた。其の一は感覺性であり、其の二は刺戟性である。感覺性とは、外から刺戟が加はる場合に、それに感應する性質である。又刺戟性とは

外から刺戟が働くと、其の刺戟に應じて活動する性質である。感覺性を代表する者は神經であるが、併し神經のみならず、其の他の組織にも感覺性がある。刺戟性を代表するものは、筋肉である。併し筋肉の外にも尙ほ之を有する者がある。兎に角此の感覺性と刺戟性とは、獨り生物に於て見ることが出来るもので、無生物には絶えて無いものである。さうすると生活の現象を説明するには、單なる無生物に於ける法則以外に、獨特の理法を應用しなければならぬと説いたのである。是がハルラーの刺戟性説なるものである。

生氣說學派の勃興 斯くの如くにして、ヤトロ學派に依つて、一旦極端なる機械説となつた生命觀は、茲に再び其の方向を一轉して、生氣說に傾くに至つた。そして此の傾向が漸次勢力を得て、十八世紀の初に至つて、遂に極端なる生氣說を唱へるやうになつたのである。即ち生活體を造り、之れを動かし、之れを活かす所のものは、一種不可思議なる力、即ち到底我々の窺ひ知るべからざる力であると説くに至つた。醫學史上之れを名附けて生氣說學派 Vitalisten と呼ぶのである。其の中には、佛のビシャー、ピネー等と云ふ豪い學者も數へられて居る。

第七節 近代に於ける生命觀

カントの生命觀 十八世紀に於ける哲學科學の目覺しい仕事は、佛蘭西を中心として行はれた啓蒙運動に依つて、廣く民衆の間に、唯物的世界觀・人生觀を植ゑつけたことであつた。斯くて放棄なる唯物論・無神論が、到る所に擡頭した。思想界の專制君主であり、神の尊嚴と、靈の全能とを教へる基督教徒の、之れに對する憎惡と迫害とは、實に甚しいものであつた。ヤトロ學派の唯物的生命觀を、最高度に強調せる "L'Homme machine" の著者ラ・メトリーと、ハルラーとの間に於ける論戰は、實に激烈なるものであつた。獨り生物學のみならず、政治に、道徳に、隨所に唯物論者と理想論者とが鎬を削つた。根本的革新主義と、妥協的保守主義とが、火花を散らして争つた。曠世の哲人インマヌエル・カントは、斯る際に世に出た。さうして爲すべき時に、爲さざるべからざる仕事を成したのである。

カントは此の混亂の渦中に立つて、徐ろに知識の成立を考究し、平靜なる批評的態度を以て、近世哲學の二大潮流たる唯理學派と、經驗學派との説く所を檢討して、其の盡くさざる所を指摘

し、長を取り短を捨て、知識の大本に關して一大發揮をなした。是れ即ち、彼れの認識論 Erkenntnisstheorie である。彼は之に依つて、知識の成立を明かにし、自然科学に依つて得られた知識に、確乎たる哲學的基礎を興へて、自然科学を壓迫せんとする凡ての力に對して、之れを擁護した。而かも彼に依れば、吾人の外界に關する認識が眞なりと云ふは、吾人の經驗し得る範圍、換言すれば現象界なるものに限るのであつて、現象界を超越せる「物自體」なるものに洞徹することとは出來ない。随つて此の領域に於ては、知識は退いて信仰に讓歩しなければならぬものであると説いて、知識に一定の限界のあることを教へ、以て知識と信仰との調和を圖り、此の狂瀾を既倒に回さんと力めた。是れ即ちカント哲學の偉大なる所以である。

カントに依れば、自然科学の目的は、現象界に於けるあらゆる經驗的事實を、マテリア、エネルギー、時間及び空間の概念の下に、牽引と反撥の法則、及び因果律に従つて起る物體の運動に導いて、之に明瞭なる解釋を下すことである。随つて自然科学の學説は、常に機械説でなければならぬ。凡ての自然現象の説明は、因果律に従ふ必然的の者であつて、目的論の如きは、全然之を排斥しなければならぬ。

然るにも關らず、カントは、生活現象の説明に向つては、機械説のみでは到底不十分であると考へて居た。彼に依れば、生活體なる者は、現象界に於ける一の奇蹟である。何となれば、生活體に於ては、驚くべき調和作用があつて、全體が一局部に依りて、反對に又、一局部が全體に依りて、其の性状が決定せられるからである。換言すれば、各部分が全體の原因であり、又同時に結果でもあり得るのである。而して、斯の如きは、到底、自然科学的・機械的に説明することが出來ないのである。

生活現象に對するカントの此の解釋は、彼の學説に於ける一大矛盾である。何となれば、生活現象も亦、疑ひなく自然界に於ける一現象である以上、他の自然現象と等しく、自然科学の法則に依りて、機械的に説明せられねばならぬ筈である。然るに此の必然來らねばならぬ結論に來らずして、却て生氣説に陥つたのは、抑如何なる理由に基くかと云ふに、一面に於ては、其の當時の生物學の進歩が、未だ不十分であつたことと、尙ほ又、一面に於ては、ラ・メトリー一派の如き、極端なる唯物論者に對する反動の爲とであつたらうと察せられる。若し此の事無かりせば、彼は屹度機械説の主唱者であつたであらうと思ふのである。



果然彼は『判定力の批判』と題せる著書の一節に於て、生活現象に對して、機械的解説を下し殆ど進化論の先驅をなすが如き説を述べて居る。曰く、比較解剖學の示す所に依ると、多數の動物の間に、種々通有なる型式を示すものである。而て此の事實は、臆げながら、生物界の成り立ちに向つても亦、自然科学的・機械的解釋を下し得ることの冀望を懐かしめる。即ち各自が變化を示せる中にも、其の間、自から一脈の類似を認め得ることは、あらゆる生物が、恐らく、同一の先祖から出發進歩せしものならんとの推定を下すべき、十分なる理由とすることが出来る。果して然らんには、之れによりて、各動物種族の間に縁の親疎あることを十分に了解することを得て、最高級に位せる人類より、降つて下級の水虻に至る迄の階級的連續を辿ることが出来、更に降つては、蘚苔類の如き物より、最下級の自然物に達すべき順序を明かにすることも可能であつて、斯くて、恰も複雑せる結晶の生成を、よく機械的・物質的に説明し得るやうに、全生物界の成立を、純機械的・物質的に解釋し得るであらう。

斯く、カンド自らは、一面生氣説に傾きつゝも、一面に於て、彼に依つて樹立された認識論は必然、彼をして機械説に來らしめずには止まなかつた。そして彼の偉大なる哲學系統は、今猶ほ輓近に於ける最も進歩せる生命機械説の根據となり、科學的生命觀の燈明臺として光り輝いてゐる。

近代自然科学者と生命神祕論 カントの末流にシェリング、ヘーゲル等の自然哲學の一派が出來た。其の學徒の説く所は、生氣説と最もよく相容れる所の學説であつた爲に、此の兩者が相呼び相應じて、生氣説を極端まで持上げたのである。其の結果として十九世紀の初頭に於ては、種々なる非科學的思想が跋扈した。例へばガルに依つてフレノロジなるものが唱へられたのであるが、是は頭の骨相を見て、其人の性質を一々判斷することが出来ると云ふのである。或はメスマルに依つてメスマリスムスと云ふものが創められた。是は磁氣を應用して、遠隔の人の病を診察することが出来ると云ふのである。其の他酸素療法であるとか、或はホメオパチーであるとかいろいろの迷信が起つて、一時は極端なる生氣説の暗雲が學界を掩ふた。

勢力不減則の發見 然るに十九世紀の後半に於て、科學が長足の進歩をなした結果、一旦神祕なる生氣説に沈まんとした思想界も、再び活氣を帯ぶるに至り、科學的に生活現象を説明せんとして、生氣説より轉じて再び機械説の方に傾かしむるに至つた。其の轉回の動機を與へた學術的

進歩の中、殊に注意すべきは、勢力不滅の法則の明かにされたことであつた。此の説はロベルト・マイヤーと云ふ瓜哇に駐在した醫官が初めて唱道したのである。次で英國のジャウル、及び其の當時僅かに二十六歳の青年であつた獨逸のヘルムホルツが之れを研究して、勢力不滅の法則が總ての方面に於て當て愼まることを證明したのである。尤も哲學の歴史から云へば、勢力不滅と云ふことは、舊くはアリストテレス、近くはライプニッツ、デカルト等に依つて已に唱へられて居たのであるが、科學的に確實な證據が與へられたのは、此の三者の力であつた。

進化論の建設 次で又最も大切な科學上思想上の一大改革が、ダーキンの進化論に依つて與へられた。此の進化論の歴史も初めに遡れば頗る舊い。即ち今を距る二千五百年前に、希臘の哲學者エムペドクレスは、太初簡單にして奇異なる生物體が生じ、是が相寄つて漸次完全なる者に移り行き、そして不完全なる者は悉く死滅して仕舞つたことを説いて、生物進化の説を述べて居る。勿論一の空想に過ぎなかつたのであるが、併し進化論の骨子は之れに依つて既に出來たと云つてもよい。爾來アリストテレスの進化哲學に於て、降つてはデカルト、ライプニッツ等の唯理哲學に於て、進化の思想は屢々繰り返されて居たのであるが、確實なる生物學上の事實に基

いて、之れを實證したのは、近代のことに屬する。就中ダーキンの先驅者として最も尊敬を拂ふべきは、佛のラマークであつた。ラマークは、夙に下等動物の比較解剖や、貝類の化石等に就いて一意専心に研究を積み、從來の學者が固守せる生物種屬不變説は、全然誤であつて、生物は悠久なる歲月を閱する間に、徐々は變化を起すもので、そして其の變化を起す原因は、外界の變動に伴つて生活體に異なる需用を喚起し、爲に或る器官が屢々使用されて、益よく發達するに反して、使用を廢した器官は漸次に退化し、一代に得たる此の傾向は、代を重ねるにつれて、遺傳に依つて後代に於て一層強められ、終には一種の簡單なる生物から、幾多の複雑なる生物は進化し行くものであるとの信念に到達し、一八〇九年齡六十五歳の時に、初めて其の意見を一部の書に纏めて世に公にした。かの有名な『動物哲學』*Philosophie zoologique* が即ち夫れである。然る所ラマークと時を同じうし國を同じうして、キュヴィエーと云ふ博學で、且つ位置勢望遙にラマークを凌げる生物學者が居たが、キュヴィエーが、生物種屬不變説を墨守して、固く執つて動かなかつた爲に、ラマークの卓説も之に壓倒されて、可惜暗中に葬らるゝやうな次第であつた。併し事實は無言にして而かも最も雄辯なる證人である。キュヴィエー自身も、化石の研究を

續けた結果、ラマークの唱ふるやうに、現代の生物と、古代の生物とは、大に形應の異なること而かも其の相違は、地層が古ければ古い程、益々著しいことの事實を否定する譯には行かなくなつた。そこでキュヴィエーは、生物不變の學說と、變化する事實との間に横たはるヂレンマを切り抜けて、自分の信條を固守せんが爲に、天變地異說なる者を擔ぎ出した。其の説に依ると、生物は何れも皆、在るが儘に神様の創造に依つて出來た者であつて、全然變化しないものである。而かも此の創造たるや、決して開闢以來、唯一度だけに限らないで、度々行はれたのである。即ち一度創造が行はるゝや、地殻形成に際して、天柱折れ地維裂くる計りの大變動が行はれた爲に其の生物は悉く絶滅して仕舞ひ、再び創造が繰り返されたのである。随つて地層の異なるにつれて、生物も亦相違を來たしたのである。併しキュヴィエーの此の牽強附會な臆説は、間もなく英國の地質學者ライエルに依りて全然顛覆されて仕舞つた。ライエルの研究に依ると、地殻の形成は、決して天變地異說の想像したやうに、激變があつて出來た者でなく、悠久の歳月を重ねて徐徐に出來上つたものであることが立證されたのである。

ダーキンの生れたのは、一八〇九年の二月十二日で、偶然にも進化論の先驅者たりしラマーク

が、其の名著『動物哲學』を公にしたと同じ年であつた。そして其の後正に五十年を経て、一八五九年十一月二十四日に、彼が不朽の業績を永遠に語り繼ぐべき『種源論』Origin of speciesの出したのは、實に奇縁とするに足るのである。ダーキンは、青年時代にビーグル號と云ふ探險船に乗つて、六年の久しき間、南洋南米等の各地を漫遊して、其の際注意深き觀察眼を以て、進化に關する數多の事實を蒐集し、解剖學上、發生學上、分類學上、分布學上、古生物學上の諸事實を基として、進化が生物を支配すべき確固不動の理法たることを明示し、尙ほ此の進化の事實を惹起すべき原因を求めて、生存競争に基く淘汰作用にありと論じた。此の淘汰説のみで、果して進化の事實を、遺憾なく説明し得るや否やは、現代の見知に於て考ふる時、大に疑なき能はずであるが、兎に角ダーキンに依つて初めて、進化説が一大系統を有つ學說に組織されたのであるから、其の名譽の爲に、之れをダーキニスムスとも唱ふるに至つたのである。又ダーキンと時を同じうし國を同じうして、ウォレスが出て、殆ど同時に進化の大法則に心附いたのは、是れ亦奇縁と言はなければならぬ。而かも此二人者の間に互に推讓して、毫も功を争ふが如き態度のなかつたのは、學界の美事として眞に敬服に堪へぬ次第である。此の二者に後れて、同じく英國にハ

ックスレーが出て、進化論を提げて、人間の自然界に於ける位置に論及し、その他ヘッケル、ヴ
イズマン等の大家が出て、愈之れを完成し、進化論は、獨り生物學のみならず、哲學、倫理學、
宗教學、教育學、社會學等、あらゆる思想界の大革命を惹き起すに至つた。

細胞學說の創製 更に又、生物學に一新紀元を劃せる第三の大なる出來事は、細胞學說の建設
であつた。是は十九世紀の前半の終りの時期になつて、初めて明かとなつたのであるが、併し是
も初に遡ると、餘程昔に其の源を發して居る。即ち今より二百五十年前、英吉利の學者のフック
と云ふ人が、既に植物に就て之を見てゐる。併し立派に此の細胞學說を打ち建てたのは、一八三
七年のことで、獨逸のシュライデンであつた。即ち植物體を顯微鏡下に照らすと、無數の小さき
袋、或は小さな部屋が寄り集つて、其の狀恰も蜂巢の如く見ゆる所から、之に細胞 *Zelle* なる
名を與へた。動物に就て其の事を確めたのは、シュワンで、一八三九年に、初めて動物細胞說が
世に公にされたのである。

細胞病理學と細胞生理學 斯様に續々科學上の不朽の大發見があつて、爲に生活現象の解説は
一時非常な極端の迷信まで進んだ生氣說から逆轉して、再び機械說の方に傾くに至つた。殊に細

胞學說を病理に應用して、醫學に於て忘るべからざる一大新說が現はれた。それは細胞病理學と
云ふ學說で、醫學者として、人類學者として、政治家として、獨逸の誇とせるウイルヒョウに依
つて唱へ出されたのである。古は病を論ずるに當つて、唯漠然と身體に病があると云つて居つた
のである。所がそれではいけない。病の原因を明かにするには、先づ以て身體の何處に病がある
かを知らなければならぬ。其の「何處」と云ふ考を初めて病理學に入れたのは、伊太利のモル
ガニーと云ふ學者であつた。モルガニーに依つて、病の座位は、心臟とか、肝臟とか、夫々一定
の器官にあることを明かにするやうになつた。それから佛國にビシャールと云ふ天才が出て、單に
心臟や肝臟が悪いと云つても、夫れでは未だ座位を定めることが不十分である。臟器に病がある
と言つても、其の全體が病的に變化して居るのではない。臟器の或る部分が悪いのである。換言
すれば、臟器を構成せる組織の何れかに病があるのであると言ふ所まで漕附けて來た。然るに其
の組織なる者は更に多數の細胞から出來て居るのであるから、病のある最奥の座位は、細胞であ
る。この細胞に於ける變化を研究することに依つて、初めて病の本質を明かにすることが出来る
と説いて、ウイルヒョウが細胞病理學を打ち建てたのである。夫れと同じ理由で、生命てふ炎の

燃えつゝある最奥の窟は細胞である。随つて、細胞の機能的研究に依つて、生活現象の根本的説明を期すべきであると云ふ考から、細胞生理學なるものが起つた。而して其の建設に多大の功績のあつたのはフェルウォルンであつた。

ネオウィタリスムス 新生氣説の出現

斯る破天荒の科學的研究が、如何に深甚なる影響を生命觀の上に及ぼしたかは、問はずして明かである。機械的生命觀は、今や最も堅實なる基礎の上に築き上げらるゝに至つたのである。而かも微妙幽玄極りなき生活現象は、之れを知ること愈深うして、之れを解くと益難き幾多の問題に逢着するのである。現代の最も進歩せる自然科學の威力を以てしても、尙ほ且つ打ち越すこと能はざる幾多の障壁を見るのである。斯くて機械説の到底爲す能はざること嘆じて、再び甲を脱いで生氣説の軍門に降る者が、有力な科學者の中にも少からず出來た。さうして新生氣説なるものが、一派の學徒に依つて樹立せらるゝに至つた。

吾等は今や生命に關する思想變遷の歷程に就いて、其の大綱を辿つたのである。如何に人間の思想が、振子の如く、極端より極端に動き動いて止まないものであるかは、之れに依つて十分に看取することが出來たのである。而かも動いて止まない振子も、何時かは正しい中心に落ち着く時が來る。さうして今や漸く其の機運に際會したのである。

生氣説が正しいか、機械説が正しいか、之れを論議することは容易なことではないが、一面に於て最近の自然科學の長足の進歩、他面に於て哲學に於ける認識論の進歩に依つて、昔から争ひ來つた此の兩極端に立てる對立的意見が、互に歩み寄つて、漸く圓滿なる解決を見んとするに至つた。振子は將に中心に靜止せんとして居る。

念ふに生活體と雖も、宇宙間に於ける「物」として外的・客觀的に觀察するに當つては、自然科學の研究に依つて出來た一般の理法を適用して、それが表はす處の諸々の生活現象を説明し得るのである。之に反して、若し生活體を內的・主觀的に觀察して「心」と云ふ關係に就いて之れを考察するに當つては、最早自然科學の研究の範圍を出たもので、哲學或は心理學の如き、所謂自然科學以外の者の支配すべき領土に屬するのである。随つて生理學の取扱ふ處の研究の對象たるべきものは、生活體を一個の物質として、其の物質が表はす所の働を、外的或は客觀的に觀察して知り得る所の、各種の現象に外ならないのである。今斯る立場より生活體を觀察するに當つては、理化學の原則を適用することが、正當であると云ふことに關して、主要なる立證を述べて

見よう。

第八節 科學的生命觀を支持する主要なる事實

生活現象の三方面 抑も生活體の表はす生活現象は、複雑極りなきものではあるが、而も之れを總括すると、物質の代謝、エネルギーの轉換、形態の變更なる三つの方面に歸着する。物質の代謝とは、外界の物質が、生活體內に攝取せられ、一定の變化を受けて、再び外界に捨てられることを云ふのであつて、此の絶え間なき化學反應の連鎖、是れ即ち生活現象である。是は化學の立場から生活現象を考察する場合に外ならないのである。次に生活體は絶えず外界に向つて、熱とか、運動とかの形に於て、エネルギーを發現して居る。そして已にエネルギーを出しつゝある以上、其の資源たるものがなければならぬ。夫れは食物中にある潜在的エネルギーであつて、生活體は此の潜在的エネルギーを取り、之れを現的エネルギーに轉換して居る。是れは理學の見地より觀察せる生活現象である。而して已に物質の代謝あり、同時にエネルギーの轉換が行はれつゝある以上、其の形態も終始不變であることは到底許されないことであつて、一個の混沌たる卵か

ら、一匹の完全な鶏が化生するやうに、生活體の形態は絶えず移り變つて行く。是れ即ち形態變更なる現象である。而して此の三つの出來事は、決して個々分立して行はれつゝあるのではなく所謂三位一體とも云ふべきもので、唯一生命なる本體を、三つの異なる立場から考察せる結果に外ならないのである。

物質代謝と科學的生命觀 先づ物質代謝の方面に就いて、一般科學の理法が、生活體にも適用さるべきものであることに關して述べて見よう。

第一に生活體を取つて之れを分析して見ると、それは C. O. H. N. S. Fe. P. Cl. Na. K. Ca. Mg. J. 等の如き種々の元素から成り立つて居る事が解る。是等の元素は、嘗に有機界のみならず、無機界にも存在して居るもので、即ち有機無機兩界を通じて共通な元素が、其の組成成分をなして居ることが解る。唯有機界に於ては是等元素が相寄つて構成する分子が、無機界の夫れに較べて複雑であると云ふに過ぎない。斯く構成の材料が共通である上に、更に又是等共通の元素が離合集散して、化學作用を行ふに當つて、如何なる理法に従ふかと云ふに、是れ亦同一の法則に従ふことが明瞭にされたのである。

生活体内に於ては、絶えず複雑なる化學反應が行はれ、其の結果として生成された不用物は、體外に棄てられつゝあるもので、之を排泄物と云ふのである。そして其の排泄物の中、最も大切なるものは尿であるが、此の尿に在る成分中、最も多量で、最も大切な關係を有するものは尿素 Harnstoff である。若し生活體に於て行はるゝ化學反應が、一般の化學の理法に従つて居るものであるなれば、吾人は其の理法に従つて、試験管内に於て尿素を人造し得る筈である。而して其の人造は、今を去る約一世紀の昔即ち一八二八年に、獨逸の化學者ウェーラーに依つて成功したのである。

ウェーラーは靑酸アンモニウムなる無機物質を試験管に入れ、之に高熱を働かす事に依つて尿素を造り得たのである。そして夫れ以來、化學者が、生活體に於て見らるゝ種々なる有機化合物を一般化學の法則を應用することに依つて、續々と人造するに至つたのである。殊に獨逸の生物化學の泰斗たるフィッシャーの努力に依つて、現代に於ては、最も複雑なる有機化合物であり、隨つて集成に最も大なる困難を伴ふ所の蛋白質すらも、アミノ酸を結合さすことに依つて、試験管内で人造出来るやうになつた。

勿論生命ある蛋白質を、試験管内で人造出来ることは未だ不可能であるが、併し若し吾人が、生活現象の成立に必要なあらゆる條件を明かにし得て、之を満足に充し得るならば、生體の人造必ずしも不可能に非ずと信するのである。斯の如くして生活體を構成せる元素が、無機界構成の元素と共通であり、又それ等元素の集散は、有機無機兩界を通じて、同一の法則に従ふものとしたならば、生活體の表す現象を、化學の立場より研究するに當つて、一般の化學の理法を適用することに對して、何等躊躇する必要はない筈である。

エネルギー轉換と科學的生命觀 然らば理學の立場から生活體を觀察するならば、如何なる結果に到達するであらうか。由來、理學者の取扱ふものはエネルギーである。此のエネルギーに関する大法則は二つある。エネルギーの第一法則はエネルギー不滅の法則と呼ばれるものである。此の法則は二つの定律から成つて居る。一は等價律 *Aequivalenzprinzip* であり、他は不變律 *Konstanzprinzip* である。前者は一定のエネルギーが、他のエネルギーに變化するに際して、量的に等しき値を保つて損益することがないことを云ふのである。隨つてエネルギーなるものは新しく造られることもなく、又現に有る處のエネルギーが、無くなることもなく、一定不變であ

り、宇宙間に於て、エネルギーは彼方に消えても、此方に形を變へて現はれるもので、其の總量に於て増減することはないと云ふのが不變律である。

エネルギーの第二法則では、エネルギーが強度の大なる方より、小なる方に移行行き、逆のことは不可能であることを示すのである。熱に於ても、又瓦斯體、液體の運動に於ても常に此の事實が見られるのである。

今若し理學に於ける此の根本法則が、生活體に於ても亦、宛てはまるものであることが立證されるならば、生活體を理學的に觀察する場合に於て、一般理學の法則が適用せらるゝことを確信することが出来るのである。

科學者はエネルギーの量的關係を論ずるに當つて、之れを計る爲に一定の單位を設けてゐる。其の單位としては一定量の熱が選ばれる。何となれば、熱は容易く他のあらゆるエネルギーに移り變り、又反對に、種々なるエネルギーは凡て容易に熱に變り得るからである。エネルギーを計る單位は、1000c.cm 即ち一坩の蒸溜水を、攝氏一度丈高むる爲めに要する熱量を用ひる。是をカロリーと云ひ、エネルギーを計る單位とする。更に小さい單位としては、1.ccm の水を攝氏

一度だけ高めるに要する熱量を用ひて、之れを小カロリーと云ふて居る。

そこで、生活體に於て、エネルギー不滅則が適用されるや否やを檢せんとするには、生活體に於て、入り來たる所のエネルギーの量を、カロリーとして測り、同時に、身體の外に排出さる所のエネルギーの量を、カロリーとして計つて、此の兩者を比較すればよいのである。

若しエネルギー不滅則が生活體にも亦眞理であるならば、體内に入り來れるエネルギーの總量は、排出されるエネルギーの總量と等しかるべき筈である。

而して斯る大切な研究に著手した最初の人は、佛國のラポアシェーであつた。氏は化學の研究に、天秤と云ふ有力な武器を導き入れることに依つて、定性的の領域に彷徨しつゝあつた從來の化學を、一躍定量的のものに進歩せしめ、燃焼の眞相は、其の當時、プリーストレイ、シェーレ等によつて發見せられた所の空氣中の酸素と、燃ゆべき物質との、化學的の結合に外ならないことを明かにし、進んで、動物體に於ける溫熱、即ち太古人類以來、生命の現示として、最も重要な意味を有つて居た所の現象を、科學的に闡明せんと力めた。さうして一七七一一一七八〇年に互る不斷の研究に依つて、此の大問題を解決した。

ラボアシエーは、其目的に向つて、簡単な氷カロリーメーターを創作し、其の中に、或る時は蠟燭を燃やし、或る時は鼠を入れて、其の熱の爲に、同一量の氷が溶かされる際に、幾何の炭酸瓦斯を發生するかを調べて見た。所が其の量は常に等しいことを見たのである。此の實驗成績に基いて、生活體に於て熱を發生するのも、生命なきものが燃えて熱を發生するのも、全く同一の理法に従ふもので、即ち酸化作用に外ならないことを結論し得たのである。そしてラボアシエーの此の實驗的研究が動機となつて、近代に至つて、完全な熱量計が造られ、生活體に於けるエネルギーの收支を精密に測定し、之れを比較して、エネルギー不減則が、生活體にも適用せらるべきものであることを明かにするに至つた。

生活體に入り来るエネルギーの總量を計るには、一定時間に取る所の食物が、何れだけのカロリーを表はし得るかを計ればよい。それには、其の食物を熱量計 *Kalorimeter* に入れて、之れを完全に燃焼し、其の際幾カロリーの熱を出すかを測定するのである。

實際に於ては、食物の成分中、エネルギーを出し得るものは、蛋白質、含水炭素、脂肪等の有機化合物に限られて居るのである。多數の實驗の結果として、平均

蛋白質の一瓦は 四・一カロリー

含水炭素の一瓦は 四・一カロリー

脂肪の一瓦は 九・三カロリー

だけのエネルギーを體内に於て出すことが分つて來たのであるから、一日の食物に就き、食品の分析表に基いて、當該食物中に、幾瓦の蛋白質、含水炭素、脂肪があるかを定め、其の各瓦數に蛋白質、含水炭素では四・一を乗じ、脂肪では九・三を乗じて其の和を求めると、是れは即ち、一日中に食物に依りて體内に取り入れたエネルギーの總量を示すものである。

次に夫れと同時に、動物體から體外に出されるエネルギーを計らんとするには、其の動物を其の目的に向つて作られた生體熱量計 *Biokalorimeter* に入れて、發生する熱量をカロリーとして測定するのである。勿論生活體が外に出すエネルギーは、單に熱のみではない。例へば運動のエネルギーを出した場合には、其の仕事即運動のエネルギーを、熱のエネルギーに換算し、夫れだけのエネルギーを、更にカロリーメーターで捉へたカロリーに加ふることが必要である。即ち一カロリーの熱量は四二六粒米の仕事に當るのであるから、此の關係によりて換算するのであ

る。斯様にして、同一時間内に食物として体内に入り來たれるエネルギー總量と、體外に出す所のエネルギー總量とを比較すると、兩者の價が等しいことが、動物のみならず、人間に於ても亦、確かめられたのである。

之に依り生活體內に於けるエネルギーの轉換は、機械に於けるエネルギー轉換の場合と同じくエネルギー不滅の法則に従ふことが明瞭になつたのである。

エネルギーは、其の型式に於て、潜在的より現的に、又其の反對に轉換し、其の種類に於ても、種々轉換する。即ち水力のエネルギーが、タービンに依りダイナモを動かして、電氣のエネルギーに變じ、電氣は電燈に導かれて光と熱のエネルギーに變ずるが如きである。そして是等の種類並びに形式上の轉換に際しては、エネルギー不滅則があてはまるのであるが、之は無機界のみならず、有機界に於ても等しく適用されるのである。即ちダイナモや、タービン等の如く、生活體も亦、一種のエネルギー轉換器 *Energietransformator* である。要するに食物に含まるゝ潜在的化學的エネルギーが、體内に入つて、或は熱、或は運動、或は電氣、稀には光の様な、各種の現的エネルギーとなつて外に出るのである。そして其の際エネルギー不滅の法則が、等しく之れを

支配してゐるのである。

斯くて吾人は、理學の立場から生活體を観察するときに見られる所のエネルギー轉換に當つても、化學の立場から生活體を見ることに依つて知られる物質の代謝と等しく、共に自然科学の法則に従ふべきものたる事を知り得たのである。

形態變更と科學的生命觀 更に轉じて生活體を見るに、其の形態は終始不變のものでなくて、時に應じて變化するものである。之れを名附けて形態の變更と云ふのである。已述の如く一個の卵から、時を経るに従て、一羽の鶏が出來、或は悠久の年月を経過する間に、簡單な生物から複雑な生物が、進化に依つて現はれる如きは夫れである。而して前者は個體發生なるものであり、後者は系統發生なるものである。抑斯る變化は、如何にして起るのであるか。之れに關する解釋は頗る困難で、隨つて昔は之れを説明する爲め、一種の測り知る可からざる神祕靈妙な力、例へば神又は生氣の如き超自然的の働きを呼び來る外に道がなかつたのである。然るに現今に於ては自然科学の進歩の結果として、此の困難なる謎を、合理的に解き得るに至つたのである。今之れに關する二三の例證を擧げて見よう。

試に一杯の新鮮な水を取つて、之れを検するに、其の中には、何等の生活體をも見ることがない。又更に確實に生活體の存在なからしめん爲に、此水を煮沸する。さうして數十日間室内に放置した後、其の一滴を顯微鏡下に検査する。さうすると、其の中に多數の微生物を認むるのである。即ち生命なき水の中に、新しき生命が呼び起されたのである。然らば如何にして生命なき所に生命が生れたのであるか。是れ實に不可思議千萬である。此の事實を説明する爲に、昔は自然發生 *Generatio Spontanea* なる考を喚び來つたのである。即ち宇宙間には神祕なる力があつて、之が水に宿つて、初めて生命なき處に、新なる生命を呼び起し、微生物を發生させるのであると考へたのである。然し此の不思議なる力の存在は、進歩せる現在の科學の助に依つて、今や全く不用のものとなつた。即ち細菌學の研究に依つて、空氣中に浮動せる塵の中には、多數の微生物體の芽胞 *Sporen* が附着し、其の種子が水中に落ちて、其處に發育すべき適當なる條件を與へられたものに外ならないことに依つて、合理的な説明が與へられたのである。そこで試みに煮沸した水を入れた器に綿の栓をして、其の綿の纖維に依つて芽胞を捉へて、水中に入ること妨げる場合には、何時まで經つても、水の中に微生物を發生することがない。斯くて一見是に不

思議に考へられる所謂自然發生なる現象を、今や全く論理的に説明し得るに至つた。更に又胎生學が進歩して、生活體の種子から、如何なる順序を経て、一個の複雑なる個體が完成されるかと云ふことも、明かになつて來た。即ち細菌の如き下等動物に於けるのみならず、高等動物即ち人間に於ても亦種子のあることが解つた。一八二七年にベールに依つて、初めて人間に於て卵のあつることが明かにされたのである。また夫れより以前に、ハムに依つて、人間の男子の精液中に、精蟲が発見され、そして卵と精蟲とが合一して、受精せる卵から、規則正しき順序を追ふて、一個體が完成されるものであることが明かにされた。

斯の如くにして、個體發生の謎が解かれたと同時に、系統發生に關しても亦注目すべき大発見が行はれたのである。夫れは已述の如く、ラマークやダーキンに依つて見出された進化の事實であつたのであつて、生活體が、悠久なる歲月を經過する間に變化を起し、此の變化に依つて、簡單なる原始的状態より、順次に複雑なる高等なものに進化して、今日見らるゝが如き種々多様な生物が出來上たのであつて、其の有様は、恰も大樹が、初め一本の幹から枝を分けて、終に無數の枝を生じ、さうして其の大部分が地中に埋没して、唯其の梢のみが地上に現はれてゐるやう

新

なもので、太古に出来た少数の原始生物は、其の幹に相當するものであり、夫れが各種各様の方
向に變化し發達して、種々なる生活體を現出し、現代地上に生息せる無数の生物は、無数の地上
の梢に匹敵するものであることが明かにされた。斯くて、類縁關係を辿つて分類を行つて見ると
現代見らるゝ無数の種類の生物も、共通の祖先たる少数の古生物に纏まるもので、年代を遡つて
古い地層になればなるだけ、其の所にある生物の化石も種類が少く、且つ現代のものとは愈々甚
しい相違を示すもので、其のことは恰も梢を去ること遠くして地中に埋没してゐることが深けれ
ば深いだけ、枝の数が少く、且梢との縁が遠くなるのと同様である。斯くて古生物學の研究の進
歩に依つて、確實なる生物の系統樹なるものを造ることが出来るやうになつたのである。斯くて
生物變遷の跡を辿ることが、出来るやうになつたのみならず、更に進んで、如何にして生物が變
化し、そして其の變化が動機となつて進化するに至つたかを、理論的に説明せんとして、ラマー
クの直接順應説や、ダーキンの淘汰説が出て、更に近代に至つては、ドフリースの變移説が唱道
せらるゝやうになつた。此等の學説には、一長一短があつて、未だ驟かに其の是非を判定し難い
が、兎に角、生物進化の事實は、今や、一點疑を挾む餘地のないもので、神祕なる造物者や、叙

智ある神の創造説を斥けて、嚴正なる科學的論理を進めて、此の大問題を解決すべき道が開かれ
たのである。そして又、遺傳と云ふ大切な生活の現示に關しても、メンデルの破天荒の研究に依
つて、數理的の確實さを以て之れを説明し得るに至つたのである。

斯く考察し來ると、生活現象の何れの方面にせよ、之れを物質的・客觀的に「物」として研究
する場合、自然科學の理法は、行くとして適用せられざるなしと云ふ確信を得ることが出来たの
である。

私は斯る確信を以て、これより進んで科學の俎上に於て、生活現象を解析したいと思ふ。特に
最近に於ける物理的化學の進歩が、生命問題を科學的に解釋する上に、如何ばかり重要な進歩
を齎したかを示すべく、生活體の理化學的性狀に就いて、先づ筆を起して見たいと思ふ。

第三章 生活體の理學的性狀

第一節 生活體の聚合狀態

理學的性狀と化學的性狀 總て何者に限らず、理學的性狀と、化學的性狀とは、別々に考へなければならぬ。何となれば理學的には同一物であり、隨つて同一の理學的の法則に従ふべきものでありながら、化學的には全く異なるものがある。例へば窒素瓦斯、水素瓦斯、炭酸瓦斯は總て瓦斯體で瓦斯に共通の法則を適用する事が出来る。併し化學的に論ずれば、是等の物は皆別物で、本性を異にせるは云ふを待たない。同じ關係に於て、化學的には同一物でありながら、理學的には全然性狀を異にせるものがある。例へば水蒸氣、水、氷等は云ふ迄もなく化學的に云へば、皆 H_2O の式で表はされるもので、同一物である。併し理學的に考へれば、水蒸氣は瓦斯、水は液體、氷は固體である。故に水蒸氣は氣體の法則に、水は液體の法則に、氷は固體の法則に依つて、色々の理學的現象を表はすのである。又水素瓦斯、炭酸瓦斯、空氣等は、化學的には別

物であるが、理學的には何れも瓦斯體であつて、等しく瓦斯體に通有な法則に依つて支配されて居ることは已述の通である。隨つて生物體に就いて、其の表はす生活現象を、理學の立場から論ずるに當つては這般の關係を忘れてはならない。

生活體は固體か液體か 先づ大切な事は、生活體は如何なる聚合狀態であるか、液體か、固體か、それとも瓦斯體であるかと云ふ問題である。何となれば、若し生活體が液體であるとするれば生活現象を理學的に觀察するに當つては、液體の法則を之れに適用しなければならぬ。之れに反して、若し生活體が固體であるとするれば、固體に共通な理學的法則を以て、諸の生活現象を説明しなければならぬからである。生物體が氣體でないことは云ふ迄もないから、此の問題は、要するに生活體は液體であるか、固體であるかと云ふことに歸着するのである。而かも此の大切な問題を解決することは、一見容易なるが如くにして、實は頗る困難なるものである。

隨つて多くの學者の間に、從來之れに關して種々の論議があつたのである。是れ畢竟、生活體は、一面に於て液體であるかの如き性狀を示しつゝ、又一面に於て固體でなければならぬ條件を具へてゐるからである。さりながら現在の最も進歩せる理學的化學の研究に依つて、生活體は

明かに一種の液體であつて、而かも其の液體は普通の單純な液體でなく、固體になり得る性質を具へたる一種の液體、即ち膠質液であることが明かにされたのである。

最小表面の法則 生活體に於て、本來の生命を擔へるものは細胞である。細胞は原形質 Protoplasma と、核 Nucleus とから成り、そして此の原形質及び核の本來の性状を検すれば、明かに液體に共通なる法則に従つてゐることが解る。

元來液體は最小表面の法則に従ふものである。例へば H_2O に「アルコール」を加へて比重を軽くし、油と等しからしめて、一滴の油を其の中に入れると、此の油は全く完全なる球形を取るるのである。是れは油と水との境の表面に於て、或る力即ち表面張力が働く結果である。

凡て物體は、他物との境にある表面に於て、力を現はすものであつて、之れを「表面張力」と云ふのである。如何にして斯る力が現はれるかと云ふと、例へば水が空氣に接して居るとする。水の内層にある水の分子は、上下左右、悉く水の分子に接觸し、互ひに水分子の力に依つて牽引して居る。随つて其の牽引力は互に打ち消されて諸分子は自由に動き得るのである。然るに水の表面にある水の分子は、内方からは水の分子に依つて牽引されるが、外方には、空氣の分子に依

つて牽引されて居る。そこで若し、此の空氣の分子と水の分子との牽引力よりも、水の分子同志の牽引力が大であると、其の差だけの力で、表層の水の分子は、内方に牽きつけられる。此の力が即ち表面張力なのである。管の端にシャボン液を附けて、吹いて、シャボン球をこしらへて見ると、空氣と石鹼水との接觸して居る兩表面に、表面張力を現はすから、恰も薄い護膜球でもあるかのやうな觀を呈するのである。斯の表面張力があるが故に、滴球は、出來得る限り表面を小さくせんとするものである。そして油滴が、夫れと比重の等しい水中にあつて、重力の支配から自由になると、表面張力のみが働くから、絶對の最小表面を示し、完全な球形を取るのである。蓋し物理學上、同一の質量が種々なる形を取る場合に於て、最小の表面を示すのは、それが球形をなす場合である。斯くて液體は與へられた事情の下に、出來得る限り最小の表面を取らんとするのである。之れを「最小表面の法則」と云ふのである。

而して此の法則は液體に於て明かに表はれる。是れ液體に於ては、分子と分子とが極めて自由に位置を換へることが出來、其の形を變へ得るからである。然るに固體では分子の位置が固定して居て形を變へることが出來ない。斯く液體は、他の液體が媒間體 Medium をなして居る場合

出来るだけ最小表面を取るものである。そして又斯の如き關係が、細胞體にも見られるのである。單細胞生物である「ゾーリ」蟲を見るに、體内に食胞や搏胞等の圓い小體を認める。其の小體の内容物を見るに液體である。して見ると、細胞體自己も液體であることが分る。

或は又細胞膜を破つて、原形質が直接水に觸れると圓い形を取る。これも亦、細胞原形質の本來の性狀が、液體であることを立證するものである。更に又細胞原形質を顯微鏡下に檢すると、絶えず流動して居ることが見られる。是れも亦、夫れが液體であることを物語る。

併し一面から見ると、細胞原形質は唯の液體ではない。何となれば、細胞は色々の状態に於て色々の構造を取るからである。卵は一個の細胞であるが、夫れが漸次に發達して、色々の構造と機能とを具へた組織器官を造り上げる。其のことを「分化」すると云ふのである。斯く細胞體が分化し得ることは、固體にして初めて可能のことで、等質なる液體では出来ないことである。斯様にして生物を構成する細胞の原形質、核の如きものは、一面液體であつて、一面には又固體の性質を具へて居るものでなければならぬことになる。而かも生活體は、單純な固體たることを許されぬ。何となれば、液體にして、初めて活潑な化學反應が起り得るからである。全然乾燥し

て居るものには、化學的變化が起らない。此の事から考へて見ても、生活體に於て活潑な化學作用が行はれることは、生物體が液體であると云ふことでなければ、到底説明が出来ぬ。生命が成り立つ爲には、必ず多量の水を必要とする。水のない處には生命はない。黴菌の發育さへも水なしには不可能である。

斯くて生活體は、一面に於ては固體であつて、一面に於ては溶液でなければならぬのである。然らば此の二つの相容れざる性狀を具へて居るものは、抑も如何なる物質であらうか、生活體の示す斯くの如き特殊の理學的性狀を有し得る物の類例があるであらうか、以下之れを説かう。

第二節 膠 質

膠質と晶質 液體で同時に容易く固體たり得るものは「膠質」と稱へられるものである。膠質とは、希臘語で *κόλλα* (膠) と云ふ語から導かれた名稱であつて、膠が其の代表者である。膠を見るに、溫度の變化に依つて、容易に液體ともなれば又固體にもなる。即ち外界の有様が變化するに隨つて、其の理學的性狀が容易に變化する性質を有して居る。

元來溶液を取つて、其の理學的性狀を調べて見ると、明かに二つに大別することが出来る。此のことは一八六一年にグラハムが已に唱へ出したことである。其の區別としては、

- 1、溶解せる物質が、溶劑から分れ出づる際に結晶をなすもの。
- 2、其の際に結晶を作らずして、無定形 Amorph をなすもの。

結晶して分れ出づるものを晶質 Kristalloid と云ひ、それに對して結晶しないものを膠質 Kolloid と呼ぶのである。

晶質と膠質との差別は、單に結晶すると、しないとの相違のみならず、其の他尙ほ種々なる相違を示すものである。今其の重なる性質上の相違を擧げると、晶質の溶液に於ては、溶劑と溶解物との混り方が、極めて細やかで、隨つて其の溶液は、嚴重な意味に於て等質 Homogen である。然るに膠質に於ては、其の混り方が、晶質に於ける如く親密でなくして、種々なる方法で溶劑と溶解物とを、別々に認むることが出来るのである。隨つて其の溶液は不等質 Heterogen である。

例へば、晶質に於ては、如何に高度の顯微鏡を以て之れを検査するも、溶劑中に、溶解物の粒

を認むることは出来ないが、膠質では、特殊の裝置を有する擴大力の大なる所の、顯微鏡、即ち限外顯微鏡 Ultramikroskop を以て見ると、明かに、溶劑中に溶けてゐる處の溶解物の粒を、小點として認むることが出来るのである。限外顯微鏡では、検査せんとする溶液を、小さな暗箱に入れ、夫の一面の小さな窓から、強い光線を液中に通じて、顯微鏡で窺ひ見るのである。さうすると、不等質である膠質では、光線が溶液内の微粒子に當つて、枉屈と云ふ作用を受け、微粒子が光つて見えるのである。恰も暗室の一方の隙間から強い光が來ると、今迄見えなかつた塵埃の浮游して居るのが見えるのと同じ理である。又光線を通じて見ると、等質なる晶質溶液では、光は少しも妨を受けずして通過し得るが、不等質である膠質では、妨げられるのである。隨つて光線が膠質を通過する場合には、一種の濁濁を呈し、或は一種の反射現象に依つて、光道を現はす、之れをチンダル氏の現象と云ふのである。また往々色を呈することがある。次に晶質溶液では、如何に細かな濾過裝置で之れを濾しても、溶劑と溶解物とを分つことが不可能であるが、膠質では特別なる濾過裝置即ち所謂限外濾過裝置 Ultrafilter を以てすれば、溶解物を捉へる事が出来る。限外濾過裝置では、濾紙の表面に醋酸コロジウムの如きものを塗つて、濾紙の小孔を塗

りつゞして細かくしたものが用ゐられるのである。

又晶質は動物性植物性の膜を通過し得るが、膠質は之れを通過しない。此のことを應用して、晶質と膠質との混合物がある時、此の兩者を分離することが出来る。之れを透析法と云ふ。

次に晶質の溶液は電流を通し得るが、膠質溶液は電流を導かぬ。又膠質溶液は甚だ不安定で、僅かな變化を興へることに依つて状態變化を起し、溶けた状態から溶けない状態に移りゆくもので、例へば溫度を變じたり、或は少量の鹽類、「アルカリ」、酸等を加へることに依つて沈澱を起すが、結晶質溶液では、かゝることがなく、比較的に安定である。

膠質と晶質との差別を起す原因 かゝる相違は如何なる關係から説明さる可きものであるかと云ふに、元來物が溶けるに當つては、其の溶解の難易の程度に色々の移行がある。極度に溶け難き物に在りては、其の物質は殆ど大きさを變じない。例へば「ガラス」、砂、石を水に入れた場合と同じである。

然るに溶解度が増大するに従つて、其の物質は微小體に分散して、溶劑中に擴がるのである。此の微小體を、一般に「散子」Dispersoid と呼ぶのである。

散子は、上に述べた關係に依つて考へられる如く、種々其の大きさを異にすることが解る。容易く溶解するもの程、其の散子は微細のものと成つて、溶劑中に擴がるのである。

溶液に於て、散子の直徑が 0.1 「ミクロン」迄であると、一般に之れを容易く見ることが出来る。即ち粗大なものは肉眼で見ることが出来、微小な物は顯微鏡を用ゐて見る事が出来る。これが溶劑中に擴つてゐるときに、夫れを浮游體 Suspension と云ふのである。浮游體であると、之れを靜かに放置すれば自から沈澱する。散子が比較的小なる時は、之れを遠心器に掛けることに依つて沈澱させることが出来る。 0.1 迄の大きさの散子をミクロン Micron と稱へる。

夫れよりも溶け方が容易で、散子の大きさが、 0.1 — 0.001 μ (1μ) の間にあるときは、之れを膠質又は膠態と名附ける。其の大きさの散子をサブミクロン Submicron と云ふのである。

サブミクロンであると、普通の顯微鏡では見ることが出来ぬ。普通の顯微鏡で見得る限度は、散子の直徑が、 0.2 μ 即ち最も波長の短い莖色の光線の波長の $1/2$ の長さを有するものであるから、サブミクロンは、限外顯微鏡でなければ見えない。

散子の大きさがもつと小さくなつて1 μ m以下の直径の微小體になると、最早や限外顯微鏡を以てしても見ることが出来ない。其の散子をアミクロン Amicron と云ひ、其の状態になつたものが眞正の溶液である。蓋し散子が1 μ m以下になることは、其の物が、分子又はイオンに分散することになるのである。随つて等質を形成するのである。試みに一二の分子の大きさを擧げて見ると、
 水素 = 0.0067 - 0.159 μ m 食鹽 = 0.26 μ m 蔗糖 = 0.4 μ m 澱粉 = 5 μ m となる。

散系の種々相 元來あらゆる物質は、固體、液體、瓦斯體なる三様の状態を取るものである。そして此の何れかの状態にある微小體が、他の何れかの状態にある物質の中に分散して存在する時、其の混合物を、「散系」Disperses System と云ひ、其中にある微小體を、「散相」Disperse Phase と稱へ、此の微小體を包圍する連続せる物質を、「散媒」Dispersionsmittel と呼ぶのである。そして散相と散媒との状態の如何に従つて、種々なる散系が出来る。次表は其の關係を總括したものである。

第一表 散系の種々なる場合を示す

散相 (内的非連續性微小體)	散媒 (外的連續性圍繞物)	散系種類	例
瓦	液	泡	沫
液	瓦	霧	
液	斯	乳化物 (Emulsion)	
液	液	膠化物 (Jelly)	
固	固	ゾール或は浮游物	
固	液	ソルゲル	
固	固	ゲル	

散相と散媒との量的關係は、或は前者が後者より少きことあり、或は多きことあり、必ずしも一定してゐない。生物學上大切であるのは、乳化物、膠化物、ゾル等の状態である。而して一般に溶液と稱へられるものは、液體が散媒をなし、其の中に固體なり或は他の液體なりが、微細なる散相をなして分散して居るものをいふのであつて、散相をなせる微粒子即ち散子の大きさの如何

に従つて、換言すれば溶け方の如何に従つて、已述の如く、浮游状態、膠質、眞正溶液なる三様の別を生ずるのである。そして膠質は、粗大な塊から、分子或はイオンに迄分散せる眞正溶液にならんとする中間の状態に位して居るのであるから、不安定であることを免れないのである。

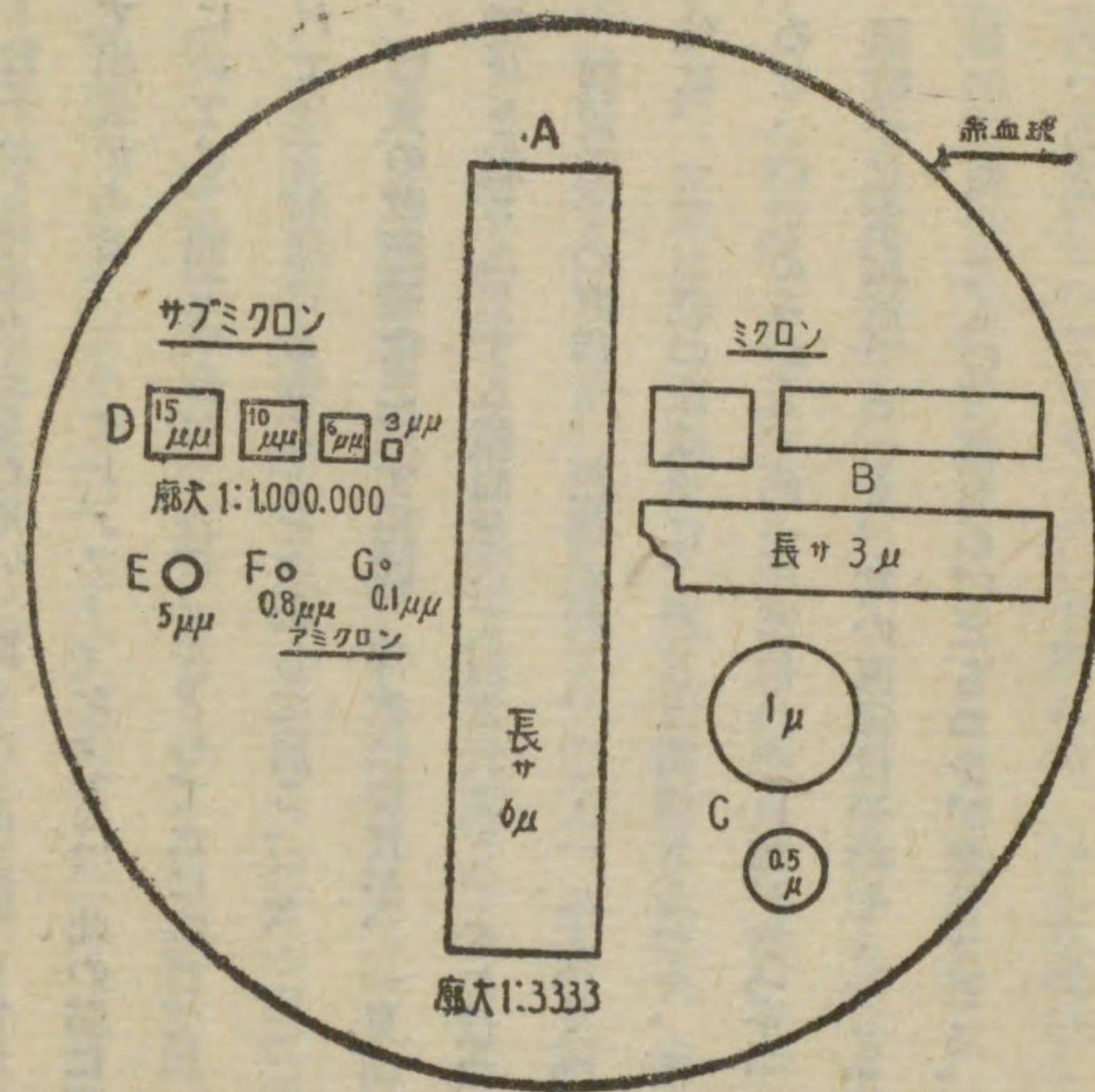
膠質の状態變化 已述の如く、膠質が晶質と異なり、不安定のものであることは、今述べたやうに、膠質が、眞正溶液と粗大なる固形状態との中間にあるものであることから了解されるのであるが、然らば膠質に於ける此の不安定な状態は、何れの方向に状態變化を起さんとする傾向が強いかと云ふに、専ら粗大な塊をなす所の、浮游状態の方向に逆戻りせんとする傾向を示すものである。即ち微細な膠質散子が多數相集合して、粗大なる塊を造つて沈澱を起し、甚しきに至つては、一つの大なる塊をなす場合も起つて来る。斯る場合を「膠質の凝固」と云ふのである。斯くして溶液である膠質即ちゾル Sol が、固體の膠質即ちゲル Gel に移行行くのである。

而して膠質が水に溶けて、ゾルをなして居る時には、非連続的散相が膠質散子であり、連続的散媒が水であるのであるが、ゲルの状態に於ては、關係が一變して、膠質が外的連続的散媒をなし、水が内的非連続性散相として、其の中に閉ぢ込められて居る様になる。随つて水は容易に斯る散系からは奪ひ去られない。斯く水を保持する性質は、膠質の種類及び其の状態の如何に従つて相違がある。マルチン・フィッシャーは、此の點に關しては特に慎重なる觀察を行ひ、生活體に於ては、固成分が、膠質ゾルとして水に溶けて居ると云ふよりも、寧ろ水が膠質中に溶かされて居る状態にあることを主張して居る。

膠質の状態變化を起す原因 何故に膠質が、一見溶けた状態から、溶けない状態に向つて状態變化を起さんとする傾向を示すかと云ふと、夫れは次の如く説明されて居る。

膠質散子の直径は、已述の如く、 $0.1\mu - 10\mu$ で、非常に小さいものである。赤血球は、一立方耗の血液中に、約五百萬個もあつて、而かも夫れで血液の容量の約 $1/2$ しか占めてゐないのであるから、約一千万個の赤血球が寄つて、一立方耗の容積を占めることになる。夫れ程微小な赤血球でさへも、其の直径は平均 7.7μ であることを考へると、膠質散子の大きさが、如何に微小なものであらねばならぬかが想像される。第一圖は其の關係を示すべく掲げられたものである。

斯く膠質散子は、非常に微細なものとなつて分散して居るから、其の散子の示す全表面積は、



(第一圖) 赤血球に對する各種微小體の大きさの比較を示す

- A. 脾脱桿菌 B. 陶土末 C. 乳香末の浮游散子
D. 黄金膠質小體 E. 澱粉分子
F. クロロホルム分子 G. 水素分子

非常に大なるものとなる。蓋し一定質量を有する物體は、大なる一塊となつて居る時に、其の表面積は最も小さく、之を細かく碎けば碎くだけ、其の全表面積は、増大するのである。是れは碎けば碎くだけ、今迄隠れて居た表面が、益々多く現はれて來るからである。そこで今、假りに一瓦

の蛋白質が、一個の正立方體である時の表面積を見ると、六平方cmに過ぎないが、一瓦の蛋白質が、 0.001μ の散子となつて居る時の全表面積を算定して見ると、六〇〇平方mとなつて一個の大なる塊である場合に比して、一百万倍も表面積が増大する。若し 0.001μ の散子となるなら、一千万倍の増加を起すのである。斯く驚くべき表面積の増大は、又膠質散系に於ける表面エネルギーの驚くべき増大を來たすことになる。何となれば、表面エネルギーは、一面には表面張力と、一面には表面積とに依つて決定せらるゝもので、随つて

表面エネルギー = 表面張力 × 表面積

なる式が成り立たねばならないからである。

膠質散系に於て、表面エネルギーの驚くべき増大を起すことは、夫れをして不安定ならしめ、ゾルよりゲルに向ふ状態變化を起さしめる原因をなすものである。蓋し宇宙間に於けるエネルギーは、不平均を平均して平等に歸せんとする傾向を有するもので、所謂エントロピーの法則が支配するものである。そこで膠質散系に於ては、常に此の驚くべく大なる表面エネルギーを減少せしめんとする傾向を帯びるものである。此の自然の傾向は、二つの事に依りて實現される。其の



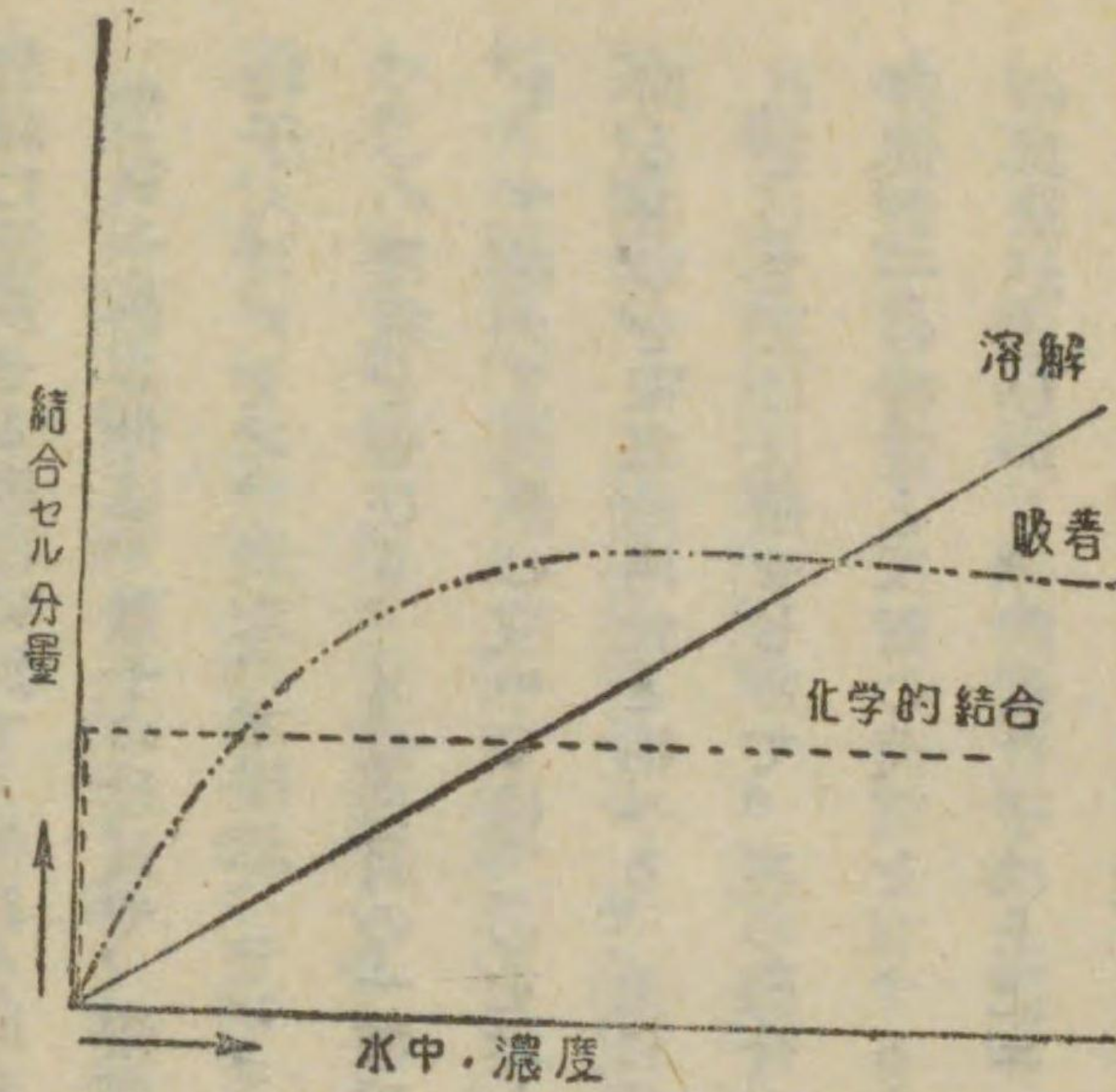
一は全散系の表面張力を減少せしめることであり、其の二は表面積を減少せしめることである。そして前者が、後に述べんとする「吸著」なる現象の原因として大切なものであり、後者が、膠質に於ける状態變化即ち「沈澱」乃至「凝固」を喚び起す原因をなすものである。蓋し膠質散系に於て、表面積を減少せしめんとせば、多數の微細なる散子が相集つて、少數の大なる塊になればよいのである。

斯く膠質は本來不安定のもので、時々刻々状態變化を起さんとしつゝあるものであり、そして其の變化が、一定度迄進めば、生活現象は成り立たないのであるから、「今日の膠質は、最早や明日の膠質」でなく、誠に果敢ないものである。換言すれば、膠質は、時と共に老い去るものである。此の事が、膠質を主要なる成分とせる生活體をして、年と共に老衰せしめ、「死」と云ふ避くべからざる最後の運命を辿らしむる原因をなすのである。

膠質に安定性を與ふる條件 斯く自然の傾向に委せて置くならば、膠質は頗る不安定たるを免れないのであるが、而かも實際に於ては、膠質が、或る程度の安定性を有つて、「ゾル」の状態を維持して居るのは、此の自然の傾向を阻止すべき何等かの力の存在を推定せしめる。然らば、

其の力は何であるかと云ふに、其の主要なるものは、膠質散子の荷電である。膠質散子は、其の散媒に接觸せる表面に於て、何れも同名の荷電を示すものである。其の荷電が、(十)であるか、(一)であるかは、散子の性質や、溶媒の性質に依つて決定される。水中に在つては、多くの微粒子(カロリン、炭末、木繊維、コンゴロト等)は、(一)の荷電を呈するが、水化鐵の如きは(十)の電氣を帯びる。又蛋白質の一種である血清グロブリンの如きは、酸性反應の液中では(十)を、アルカリ反應の液中では(一)を示し、中性の水中では、何等の荷電をも示さないのである。斯るものを電氣的兩性と稱へる。兎に角、膠質散子が、斯く同名の電氣を帯びて居ることは、夫れをして互に反撥せしめて、其の融合を阻止することになる。そこで今、或る膠質溶液中に當該膠質散子の荷電と反對の荷電を有するものを入れて、膠質散子の荷電を中和すると、散子相互間の反撥が止むから、膠質散子は上記エントロピーの法則に従つて集合し、忽ち沈澱乃至は凝固を起すことになる。斯様な關係から、膠質は一般に鹽類イオンの如き荷電物(所謂電解物)に對して、敏感であつて、其の爲に膠質の状態變化が、喚び起されることになるのである。又蛋白質の如き電氣的兩性のものであると、之れに或る電解物の一定量を加へて、恰度其の散子の荷電が中

和された時、最も完全に沈澱を起すが、其の際更に夫れ以上、餘計の電解物を加へると、其の餘計の電解物の爲に、再び蛋白質散子が荷電せられて、沈澱を起さなくなる。



(第二圖)

溶解と化学的結合と吸着との比較を示す線

で造つた濾水器を通過する際に、水が清浄になるのも、同じ理由に依るのであつて、決して不純物が

單に砂や炭の間に機械的に引懸つて留めらる爲ではない。其のことは間隙の大きさよりも遙に微細な物質が、濾過に依りて十分に除かれることを見ても、よく解かる。又一定の色素(例へばナフトブラウ)を、水に溶かしたものの中に、吸墨紙を浸すと、色素は吸墨紙の表面に密集して、水は殆ど脱色するのである。

吸着作用の特色は、如何なる點にあるかと云ふに、元來、物質が相互に結合する場合に、三様の形式を區別することが出来る。其の一は理學的溶解であり、其の二は化学的結合であり、其の三は理化學的の吸着である。今、アルコールが、同一量の水と油とに溶解する有様を見ると、例へば水の中にある量が三〇瓦であれば、油の中には一瓦が溶ける。若し水中のアルコール量が、六〇瓦であると、油の中には二瓦が溶けて居るといふやうに、アルコールの水中の濃さと、油の中の濃さとの比は、恒に3:1の比を保つて居る。随つて第二圖に示すやうに、水中にある分量を横軸に取り、溶解に依り油と結合せる量を縦軸に取つて見ると、溶解の關係を示す線は、直線となるのである。(一一二頁麻酔の原理の條参照)

次に水中に炭酸石灰が溶けて居る時に、夫れに硫酸を加へて、化学的結合を起させて見ると、

最初には、加へられた硫酸は悉く炭酸石灰と結び附いて、水中には少しも遊離せる硫酸はない。即ち水中に於ける硫酸の濃度は零であるが、段々と硫酸を加へて、水中の炭酸石灰が悉く皆硫酸と化學反應に入り込んで、炭酸瓦斯となり、硫酸石灰となつた後 $(CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + CO_2 + H_2O)$ には、新たに加へられる硫酸は悉く皆水中に遊離して来る。そこで其の關係は第二圖に於て點線で示す様になる。而して此の單純な理學的溶解と、化學的結合との中間に位する経過を取つて結び附を行ふのが、吸著の型式である。今水中に硫化炭素が比較的小量しかなく、其の濃度が低い場合、之れに炭末を入れて、炭末に依つて硫化炭素を吸著させて見ると、比較的餘計の分量が吸著される。然るに今水中に於ける硫化炭素の量を甚しく増して見ると、吸著せられる量も増すが、併し其の増し方たるや、甚だ微々たるものである。

フロインドリッヒは、吸著が、次のフロインドリッヒ氏式によつて行はれることを確めた。今 m を以て、水中に浮遊せる炭末の量とし、 x を以て、この m 瓦の炭末によつて吸著された硫化炭素の量とすると、 $\frac{x}{m}$ は、一瓦の炭末の吸著量である。次に C を以て、水中に在る硫化炭素の量、 n を 1 より大なる或る數とすると、 $\frac{1}{n} \frac{x}{m}$ なる關係が成り立つ。次に k を以て或る恒數とする

$$\frac{x}{m} = k \times C^{\frac{1}{n}}$$

と、

なる關係が、吸著の場合に宛て嵌まるのである。今 $n=3$, $k=20$, $C=1000$ とすると、 $\frac{x}{m} = 200$ となつて、水中の量の $\frac{1}{5}$ しか吸著されないことになる。然るに、 n, k を同様の値として、 $C=1$ の場合を考ふる時は、 $\frac{x}{m} = 20$ となつて、水中の量の二十倍に相當する量の吸著が行はれることになる。即ち水中の硫化炭素の量が千倍増加しても、吸著量は僅に十倍しか増さない。フロインドリッヒ氏式が如何に確實に宛て嵌まるかは、次の實驗によつて十分立證される。

氷醋酸を、水溶液中で、血炭によつて吸著させる場合、攝氏 25 度の下に於ては、 $K = 2,606$, $\frac{1}{n} = 0.425$ であるが、今氷醋酸の種々なる濃度の下に行はるゝ吸著量を、直接實測したものとフロインドリッヒ氏式から計算したものとを比較して見ると、第二表に見る様に完全なる一致を示すのである。

第二表 吸着の測定値と算定値との一致

C (醋酸ノ濃度) 1cc中の milli-mol量	$\frac{Y}{m}$ (測定値)	$\frac{X}{m}$ (算定値)
0.0181	0.467	0.474
0.0309	0.624	0.596
0.0606	0.801	0.728
0.1259	1.11	1.08
0.2677	1.55	1.49
0.4711	2.04	1.89
0.8817	2.48	2.47
2.7185	3.76	4.01

斯る関係があるから、吸着の経過を示す線は、拋物線の形を取るものである。斯くて吸着の型式に依つて物が取られるに際し、吸着せらるべき物質が、水其の他一般媒間體中に少量しかない

時でも、割合に餘計に攝取せられ、之れに反して、媒間體中に非常に多量含まれてゐる時でも、其の割合に餘り多くは取られないのである。換言すれば、取られるべき物質の媒間體中に存在する量の大小に關せず、常に少な過ぎず又多過ぎざる分量が取られて、攝取量の調節が行はれるのである。

實際斯る微妙なる調節的關係は、生活せる細胞が、外界との間に、物質を取り遣りする際に、よく示されるのである。例へば細胞原形質が、鹽類を取る有様を見るに、食物として多量の食鹽を取り、血液中の食鹽の濃度が甚だ高まつても、夫れに應じて過剰の鹽類を細胞體内に取込まない。随つて血中にある過剰の食鹽は、腎臓の働に依つて、尿の成分となつて外に捨てられるのである。之れに反して、食鹽を食用する事が甚だ僅かで、血中の食鹽量が少い時でも、細胞は、依然として比較的多量の食鹽を保持して居る。随つて此の際尿中に出る食鹽量は甚だ僅かになる。

細胞蛋白質と鹽類との結合、毒素と抗毒素との結合、類脂體と蛋白質との結合の如きは、其の量的關係や、其の他の關係を調べて見ると、單なる溶解作用に依るものでもなく、又た化學的に結合して居るものでもなく、専ら吸着作用に依つて居ることが明かにされたのである。

吸著の原因 已述の如く、表面エネルギーなるものは、エントロピーの法則に従つて、出來得る限り減少せんとする傾向があるのである。随つて、若し或る物が、其の存在に依つて表面張力を引き下げる場合には、其の物質は必ず表面に集中する。多くの有機化合物、就中類脂體の如きは、此の性質が著しいものである。之れに反して、其の存在に依つて、表面張力を引き下げないものであると、吸著を起さない。此の關係は又次の如く考へることも出来る。物體の内層では、分子と分子との間に凝集作用が行はれて、相互間に其の牽引力を満足させて居るが、表層では夫れが満足されずに居る。これが表面張力を起す原因である。随つて此の餘力に依つて、他の物質と結合せんとして、吸著作用を喚び起すのである。そして吸著が行はれて、此の餘力を満足さすにつれて、表面張力が減るのである。一般に凝集力は固體が最も強く、次いで液體であり、瓦斯體が最も弱い。固體の中でも、炭末の如きものが最も強いのである。實際凝集力の強いもの程吸著作用が著しい。而して斯る原因に依つて起される吸著を「機械的吸著」と呼ぶのである。

吸著を起す第二の原因としては、荷電關係を考へなければならぬ。一般に或る微小體が(+)の荷電を有つて居ると、(-)の荷電を有する他の微小體を、自己の表面に牽引する。之れを「電

氣的吸著」と云ふのである。

更に吸著の第三の原因としては、化學的親和力を考へなければならぬ。「化學的吸著」が夫れである。斯る場合には吸著する物と、吸著せらるゝものとの間に、特殊的關係が見られる。故に之れを「特殊性吸著」とも稱へるのである。

吸著と觸媒 或る物體が、甲乙二物を吸著して、夫れをして親密に接觸せしめる結果、此の兩者間に化學反應を促進することがある。之れを觸媒作用と云ふのである。一例を挙げれば、白金海綿に酸素瓦斯と水素瓦斯とを通ずると、此の兩瓦斯體が、白金の表面に吸著せられ、其の間に化學反應を起し、水素は酸化して高熱を發生する。其の際白金は、化學反應の渦中に投ずることなく、單に之れを媒介促進する働をするのみである。斯る働を「觸媒」Katalysation と云ふのである。

一般に酵素なる者は、生活體內に於て行はるゝ化學反應を促進しつゝ、而かも自分は化學反應の終局產物に移り行くことなく、随つて極めて微量さへあれば、繰り返して促進作用を営み、驚くべく多量の物質の反應を促進することが出来るものである。而して酵素の斯る大切な作用は、

全く吸著に基く觸媒作用に外ならないのであつて、實際また酵素は膠質状態をなすものである。又一般膠質と同じく、熱に對して不安定で、多くの酵素は攝氏七〇度以上に熱すると、働を停止するものである。

吸著と生活作用 吸著の作用が、生活現象と密接の關係を有つことは、ワールブルグによつて成された次の實驗によつて明瞭に示指されるのである。チュスチンなるアミノ酸は、比較的安定の化合物であつて、容易に酸化されないのであるが、併し之を炭末の浮游して居る液の中に入れて見ると、酸化が行はれる。夫れは炭末が、其の表面に酸素とチュスチンを吸著して、この兩者の結合を觸媒する結果に外ならぬのである。細胞がチュスチンを酸化するのも、同一の理法によるものと云ふことが出来る。

次に麻酔劑は、上記のチュスチン酸化作用を妨げるものである。そこで今、各種の麻酔劑を炭末浮游液の中に入れた後、チュスチンを加へて見ると、今度はチュスチンの酸化が行はれなくなる。其の理由は如何と云ふに、麻酔劑が、盛んに炭末に吸著される結果として、チュスチンの吸著が妨げられるためである。其の考の正しいことは、各種麻酔劑が、炭末のチュスチン酸化作用を麻

酔せしめる能力を比較して見ると、正確にトラウベの法則に従つて居ることによつて、確實に立證されるのである。

トラウベの研究によると、同列に位する所のアルコール類 (メチールアルコール CH_3OH 、エチールアルコール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、プロピールアルコール $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ 等)、アルデヒド類、脂酸類、エステル類等に於ては、其の表面張力を引下げる能力、随つて又吸著され得る程度の大小は、 CH_2 の差を以て分子が大きくなるにつれて、規則正しく増加するものであつて、このことを「トラウベの法則」と云ふのである。第三表は其の關係を示すものである。

第三表 吸著とトラウベ氏法則

被吸著物	0.1Mol液 の被吸著量 (milimol/g)	$C_{n+1} + C_n$
HCOOH (蟻酸)	0.79	1.26
CH_3COOH (醋酸)	1.00	1.55
$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$ (プロピオン酸)	1.55	1.56
$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ (バレリオン酸)	2.43	

而して各種麻醉劑が、炭末の酸化作用を妨害する程度の強弱は、上述の如く、トラウベの法則に従ふものである以上、其の直接の原因が、吸著にあることは疑ふ餘地がない。

以上炭末に於て見られたと同様の現象が、細胞に於ける酸化作用に對する各種麻醉劑の妨害作用に於ても亦、見られるのである。是に由つて考ふれば、細胞に於ける化學反應の促進及び麻痺作用が、吸著の理法によつて、如何に著しく左右されるかが、よく分かるのである。

生活現象と膠質 生活體の主要成分が、膠質状態であることは、生活現象の成立と膠質との間に、種々なる點で、密接の交渉を保たしめるもので、膠質化學の知見に基いて、生活體の示す各般の性状を、根本的に理解し得るに至つたのである。已述の如く、生活體が、液體で同時に固體たるの性状を兼ね併せて居ることは云ふも更なり、生活體が必要に應じて、あらゆる割合に大切な水を保ち得ること、又微細な散子となつて、非常に其の表面を擴張することに依つて、外界との間に活潑なる物質の交換を行ひ、而かも其の際、表面エネルギーの働に由來する吸著作用に依つて、攝取と排泄の量的關係を微妙に加減調節すること、又吸著作用に基く酵素の働に依つて、活潑な化學反應を促進すること、竝に上述の如く生活體の酸化及び麻痺作用と、吸著との間に於

ける密接な關係の如き、又後條に述べんとするやうに、細胞體をなせる膠質が、其の表面に薄き膜を形成し、此の膜の存在に依つて、「細胞の透過性」が決定せられ、無秩序に外物が細胞内に侵入しないやうに、選擇性と保護性とが賦與せられること、凡て此等の大切な生活現象は、何れも膠質化學に依つて初めて其の謎を解き得るに至つたのである。而して又細胞體內には、膠質と共に、各種の晶質が含まれて居るもので、此の晶質に依つて、膠質が複雑なる影響を蒙るもので、或る意味に於て、生活現象は、膠質と晶質との間斷なき交渉であると、云ふことも出来るのである。又生活體に見らるゝ熱や藥物等の爲に起る侵害變性、乃至は老衰死滅と云ふが如き現象も、膠質の状態變化に關する知見に依つて、初めて之れを理解することが出来るのである。

要するに細胞體は、膠質を基本成分として、之に晶質を混淆せる複雑なる不等質系 Hetero-genes System とあつて、斯る不等質系に於て、初めて生活體に見らるゝ様な、理學的及び化學的の絶えざる反應の生起を豫想し得るのである。

第三節 滲透壓

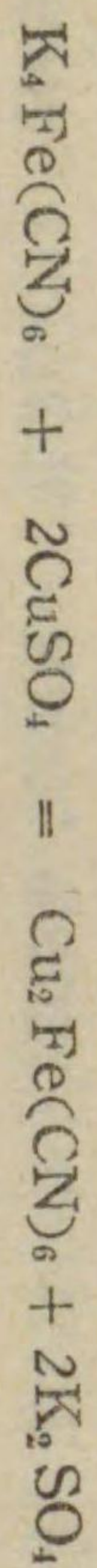
鹽類の濃度と生活機能 今此處に、一つの生活せる細胞を取つて之れを種々なる濃度を有する鹽類の溶液中に入れると、其の濃度の如何に依つて細胞體に著しい相違を惹き起す。人間及び高等動物の血球は、之れを〇・九%乃至一・〇%の食鹽の溶液に入れる時には、其の血球は、少しも容積の變化を起すことはないが、若し之れを〇・四%又は夫れ以下の濃度を有つ食鹽溶液中に持ち來たすと、赤血球の容積は、濃度の減するに従つて益々増加し、甚しきに至ると、膨大せる赤血球は終に破れて、其の内容物たる血色素 Haemoglobin が、溶液中に溶解するやうになる。此の現象を名附けて溶血 Haemolyse と云ふのである。

之れに反して、三・〇%又は夫れ以上の濃度を有せる食鹽溶液中に血球を入れると、血球は萎縮して、濃度の高まるに従つて、愈々其の容積を減少する。斯く食鹽の濃度低きに失するも、高きに失するも、血球の容積は變化して、爲めに其の生活を危険に陥れ、或は全く其の生活機能を停止するに至るのである。

然るに適度の濃度を有せる食鹽溶液中に於ては、血球は其の容積を變化することなく、永く其の機能を保つ事が出来る。斯る關係は、獨り血球に於て見られるのみならず、あらゆる生活體に於て見られる所の現象で、例へば神經の如き、筋肉の如き、適度の濃度を有せる食鹽溶液中にあつては、長く其の機能を保ち、其の興奮性は久しく衰へることがないが、併し若し之を入れる鹽類溶液の濃度が、過大又は過小に失すると、暫時にして其の興奮性を失ふのである。

滲透壓とは何ぞ 然らば如何なる理由に依つて、斯くの如き現象を呼び起すのであるか、是れ全く滲透壓なる理學的關係の如何に依つて起るものである。滲透壓とは如何なるものと言ふのであるか、又如何なる條件に依つて、之れを呼び起すのであるか。

今此處に、稀薄な硫酸銅液を「ビーカー」に盛り、其の中に比較的濃厚なる「フェロチアン加里」の一滴を落すと、「フェロチアン加里」の球滴が、硫酸銅と境せる表面に於て、一種の薄い褐色の膜を形成するのを見る。即ち其の膜は「フェロチアン銅」である。



フェロチアン加里 硫酸銅 フェロチアン銅 硫酸加里

上式に示す反應が行はれて出来る此の「フェロチアン銅」の膜の如きものを、一般に沈澱膜と稱へるのである。

此の「フェロチアン銅」の薄い膜は、水の分子に對しては、自由に、其の通過を許すが、硫酸銅の分子、及び「フェロチアン加里」の分子に對しては、通過を許さない。斯く或る膜が、或るものに對しては透過性を有し、他のものに對しては不透性を示すときは、之れを名付けて半透過膜 Semipermeable Membran と云ふ。即ち「フェロチアン銅」は、一種の半透過膜である。斯くの如き半透過膜に依つて、二種の溶液が隔てられるに際して、甲の溶液の濃度が、乙なる溶液の濃度より高いときには、透過性を有する水は、此の膜を通過して、乙より甲に向ふべく、之れに反して、甲の濃度が乙より低いときには、水は、甲溶液より乙溶液に向つて移行するのである。即ち水の立場から云へば、多い方より少ない方へと移行行くのである。今上述の例に於て「フェロチアン加里」の濃度が、硫酸銅の濃度よりも大であると、水は「フェロチアン銅」の薄膜を通じて、硫酸銅から「フェロチアン加里」の液中に闖入し、其の結果として、「フェロチアン加里」の球滴は、漸次に其の容積を増加するのである。之れに反して若し硫酸銅の濃度が、「フェロチ

アン加里」の濃度よりも高い時には、反對の現象を呼び起し、「フェロチアン加里」の球滴の容積を減するのである。其の状恰も、稀薄なる食鹽水溶液中に入れた赤血球が膨大し、濃厚な食鹽液に入れた血球が萎縮するのとよく似て居る。

滲透壓の起る理由 斯る現象は、畢竟、溶液内にある溶解物質の分子若しくはイオンが、非常に活潑なる運動を行ひ、此の運動に依つて、一種の壓力を半透過性の膜に與へる結果である。

今濃厚なる硫酸銅の溶液を器に盛つて、其の上に靜かに蒸餾水を重疊すると、重い硫酸銅液は下層に位し、軽い水は上層にあるのであるから、長く其の状態を變じないやうに考へられるが、實際は然らずして、暫時にして此の二液の明瞭なる境界は失はれ、硫酸銅の綠色は、漸次上層の水に行き互るのを見るのである。是れ全く溶解せる硫酸銅の分子又はイオンが、活潑に運動して地球の引力に逆らつて、其の場所を移すが爲である。此の現象を擴散 Diffusion と云ふのである。

今斯る際に於て、二液の接觸せる境界に、半透過膜を張つたと假定すると、運動しつつある硫酸銅の分子又はイオンは、此の膜に衝突して、而も之れを通過することが出来ないから、其處に

一種の力を及ぼす。是れ即ち「**滲透壓**」 Osmotischer Druck と稱せらるゝもので、其の際若し此の膜が容易に其の位置を移し得るものとする、滲透壓の爲に膜は移動し、同時に透過性を有する水は、膜を通じて硫酸銅溶液内に進入し、其の液の容積の増加を來たすのである。前例の硫酸銅溶液内に入れた濃厚な「フェロチアン加里」の球滴が、其の容積を増大するのは全く此の理に基くのである。

随つて赤血球が、稀薄なる食鹽溶液内に於て、其の容積を増大し、甚だしきに至れば、溶血を來す所以も亦理解することが出来る。又同じ理に依つて、何故に濃厚なる食鹽溶液中に入れられた赤血球が、水を失ひ、其の容積を減少するかの理由も、自から明かになるのである。

元來生活せる組織又は細胞は、種々なる物質を溶解せる溶液に依つて取り囲まれ、此の溶液の中から、榮養物を攝取し、又夫れに向つて老廢物を捨て、所謂代謝作用を營んで居るのである。随つて組織液と細胞とは、絶えず滲透壓の關係によつて支配せられて居るもので、若し組織液の滲透壓が、細胞の滲透壓より高いときには、細胞は萎縮すべく、之に反して、組織液の滲透壓が細胞内の滲透壓より低いときには、細胞は膨大するのである。何れにしても、此の状態が永く續

くと、組織及び細胞は早晚著しき變化を受け、其の機能を停止しなければならなくなる。

生理的食鹽水 夫れ故に生理的狀態に於ては、細胞内の滲透壓と、組織液の滲透壓とは、常に相等しきもので、斯る場合に於てのみ、細胞は長く其の生理的狀態を係ち、其の機能を障碍なく遂行することが出来るのである。斯く相互に滲透壓の等しい状態を、互に「**等滲壓**」 Isotonie であると云ふのである。

例へば1%の食鹽水は、人類を初め、高等動物の細胞と等滲壓であるから、此の内に入れられたる組織及び細胞は、長く其の生理的狀態を係ち、興奮性を失はない。故に斯る濃度の食鹽水を「**生理的食鹽水**」と稱するのである。

組織、細胞の滲透壓は、生物の種類に依り異なる物であるから、生理的食鹽水の濃度も亦、生物の種類に従つて異なる物である。即ち高等の温血動物にありては、1・0%の食鹽水（詳しく云へば0・96%）、蛙を初め冷血動物の組織、細胞に對しては、0・6—0・7%の食鹽水が夫れである。生物の組織及び細胞の滲透壓よりも、低き滲透壓を有する溶液は、之れを細胞よりも「**低滲壓**」 Hypotonie であると云ひ、高いときは、「**高滲壓**」 Hypertonie であると稱するの

である。

例へば〇・四%の食鹽水は、多くの生物體に對して低滲壓をなし、二・〇%の食鹽水は高滲壓である。斯る關係があるから、若し人體内に食鹽水を注入し、若しくは剔出せる組織及び器官を鹽類溶液中に蓄へて、長く其の生活機能を保有せしめようとするならば、必ず其の組織及び器官と等滲壓なる、生理的食鹽水を選ばなければならない。然らずんば、組織及び細胞に對し少からぬ害を與ふることになる。

定規液 今種々なる鹽類溶液に於て、其の滲透壓を比較するに、其の濃度が相等しい時には、滲透壓も亦等しい。此の場合に濃度が相等しいと云ふのは、同一容積の溶液中に、同一數の分子を有することを意味するもので、決して互に一・〇%若しくは二・〇%であると云ふが如きことを意味するものではない。

例へば、食鹽溶液と鹽化「カリウム」溶液とがありとせば、其の兩者の共に一・〇%のものを取つて、其の滲透壓を比較すると、決して等しくはない。等滲壓である爲には、溶液の同一容積中に、同一數の分子がなければならぬ。斯る等分子數を有つ溶液を造るには、食鹽の分子量に匹

敵せる瓦、即ち五八・五瓦の食鹽を取り、次に鹽化加里の分子量に匹敵せる瓦、即ち七四瓦の鹽化加里を取り、各之れに水を加へて、一立の容積を有する液を造ればよい。斯る溶液の同一容積中には、同一數の食鹽或は鹽化加里の分子が存在する。そこで斯る溶液は其の滲透壓が互に相等しい。斯く一立中に、或る物質の分子量に相當せる瓦、即ち一瓦モル (Eq. Mol) を含める溶液を、「定規液」Normallösung と名づける。随つて又各種定規液を同様に薄めたものは、等分子液であり、等滲壓である。

溶液の理論 滲透壓を直接に測定して、夫れに關する重要な事實を突きとめた最初の人は、フェッファーであつた。氏は蔗糖液を取り、一定の方法に依つて、汞計壓器に其の滲透壓を働かせて、直接之れを測定した。そして(1)滲透壓は溶解せるものゝ濃度に正比例することを確めた。

第四表は濃度と滲透壓に關するフェッファーの實驗成績を示すものである。

第四表 濃度と滲透壓

C (蔗糖液濃度)	P (滲透壓)	$\frac{P}{C}$
1 %	535	535
2 %	1016	508
4 %	2082	520
6 %	3075	512

次に温度と滲透壓の關係に就いて、フェッファアは、次の事實から(2)滲透壓は絶対温度によつて規則正しく影響されることを見た。今1%の蔗糖液を取つて、攝氏零度の滲透壓(P_0)を見ると、○・六四九氣壓である。然るに温度が高まるにつれて、漸次にその滲透壓は増大するのである。今温度 t に於ける滲透壓を P_t とすれば、若し温度の上昇による滲透壓の増加が、瓦斯の定律に従ふものであるならば、 $P_t = P_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right)$ なる關係が成り立つ譯である。第五表は、各温度に於ける1%蔗糖液の滲透壓の實測値と、上式による算定値との比較を試みたもので、兩者

が完全なる一致を示すことを見る。この事實は、滲透壓が瓦斯の定律に従ふものであることを如實に立證するものである。

第五表 温度と滲透壓との關係 (1%蔗糖液の各温度に於ける滲透壓) $P_0 = 0.649$ 氣壓

t_c	P_t (實測値)	P_t (算定値)
6.8	0.664 氣壓	0.665 氣壓
13.7	0.684	0.681
15.5	0.691	0.686
22.0	0.721	0.701

次いで、ド・フリースは、植物細胞に就いて、其の原形質剝離を起す爲の最小限濃度を、各種の鹽類や糖類の溶液に就いて決めて見たのであるが、其の結果として、(3)同一容積内に同一数の分子を含む液、即ち等分子液は、等滲壓であることを確めたのである。

植物細胞は、木纖維より成れる鞏固なる細胞膜で取り囲まれ、細胞膜の内面には、半透性の原

形質膜なるものがあつて、原形質を包んで居る。そこで植物細胞を高滲液の中に入れると、水が細胞内から外に出て、原形質の容積は減るが、鞏固な細胞膜は、依然として其の大きさを變化しないから、原形質膜は、原形質と共に細胞膜から剝離することになる。其の事實は、ムラサキツユクサの葉の細胞の如く、原形質内に色素を有つて居るものでは、容易く顯微鏡下に認めることが出来る。そこで一定の植物細胞、例へばムラサキ

第六表 各種鹽類溶液のムラサキ
ツユクサ上皮細胞の原形質剝離
を起す爲の限界濃度

NaCl	0.13	定規液
KCl	0.13	〃
NaNO ₃	0.13	〃
KNO ₃	0.13	〃
蔗糖	0.22	定規液
葡萄糖	0.22	〃
果糖	0.22	〃

ツユクサの葉の上皮細胞を取り、之を、或は食鹽液、或は鹽化加里液等、種々なる鹽類の溶液に入れて、各液に就いて、恰度原形質剝離を起すに足る最小限度の濃度（限界濃度）を定めて見れば、該各液の滲透壓は、互に等滲壓であらねばならぬ。第六表は、ドフリースの各種鹽類及び糖類溶液に就いて、之れに關して成された實驗成績を示すものである。

即ち鹽類同士、若くは糖類同士では、等分子液は、常に等滲壓を示すことを立證する。但し注目に値することは、此法則は、鹽類同士若しくは糖類同士では的確に當て嵌まるが、鹽類と糖類とでは當て嵌まらないで、等滲壓を有つ爲には、糖類は鹽類よりも濃くなくてはならない。随つて若し両者が等分子液であると、等滲壓ではなくして、鹽類の方が、糖類よりも高い滲透壓を示すことになる。此の事實は、後條に述べんとする「イオン」學說の建設に、有力な基礎を與へるものである。

兎に角、以上三つの滲透壓に關する法則は、瓦斯の三つの法則に一致する者であつて、(1)の事實は、瓦斯に於けるポイル、マリオットの法則に一致し、(2)の事實は、ゲールサックの瓦斯の定律に匹敵し、又(3)の事實は、瓦斯に於けるアボガドロの定則に一致するものである。滲透壓と瓦斯の壓力との間に見られる此の大切な一致に基いて、バント・ホフは、溶液中にある分子或はイオン等の微細な散子は、恰度、瓦斯の分子の様に、活潑な運動をなしつつあるもので此の運動に依つて、瓦斯の張力乃至は溶液の滲透壓が喚び起され、全く同一の理法に従ふものであると結論した。是れが有名な「溶液の理論」と稱せらるゝ學說である。

滲透壓測定法(ベックマン氏法) 或る溶液の滲透壓を測るには、次の方法に依るのが最も簡便である。此の方法は氷點降下測定法 Gefrierpunktniedrigungsmethode と稱せらるゝものである。其の原理とする處は、或る溶液は、其の溶解物の濃度の高さに従つて、之れを氷結せしむるに要する溫度が、益々下降すると云ふ事實である。例へば蒸餾水は、勿論攝氏零度で氷結するが、海水は氷結しない。海水は攝氏零度以下に位せる低溫度に於て、初めて氷結するのである。是れ海水中には、種々なる鹽類が溶解して居るからである。既述の如く、或る溶液の滲透壓は、其の濃度に比例して高まるものであるから、滲透壓と氷點降下度 Depressionsgrad (通常 Δ なる符號を以て言ひ表はす)との間には、互に並行せる關係がある。即ち氷點降下度が愈々大なれば、滲透壓は益々高いことが分る。そこで一定の裝置を用ゐて、或る溶液を氷結せしむべき爲の溫度が、蒸餾水を氷結せしむる溫度よりも幾ら低いか、即ち氷點降下度を測定すれば、此の氷點降下度を標準として、其の溶液の滲透壓を算定することが出来るのである。

氷點降下度を測定するに用ゐる裝置を、ベックマン Beckmann の裝置と云ふのである。之に依つて氷點降下度を知れば、次の原理に基いて、夫れに相當する滲透壓を算定することが出来るのである。

其の原理とは何であるかと云ふに、アボガドロ Avogadro の法則に依つて、或る氣體の分子量に匹敵せる瓦斯を取り(例へばHにては二瓦、Oに於ては三二瓦)、之れを攝氏零度に於て一立の容積を取らしめると、其の物の示す氣壓は二二・四氣壓に當るのである。而してバンド・ホフの溶液理論の研究に依つて、溶液内に於て、溶解物が滲透壓を示すのは、恰も氣體の分子が、盛に活動して壓力を呼び起すのと、全く同様の關係に基くものであることが明かになつた。随つて各種の定規液に於ける滲透壓は、二二・四氣壓即ち一七〇二糎汞柱に相當するのである。何となれば、定規液では、溶解物の分子量に匹敵せる瓦を取り、之れに蒸溜水を加へて其の容積を一立ならしめたのであるから、其の關係は、恰度、瓦斯體の一瓦モルを取り、それをして一立の容積を取らしめたのと同様である。らである。

今蔗糖の一定規液の Δ を求めて見ると $\Delta = 1.85^\circ\text{C}$ である。即ち 1.85°C の氷點降下度は、滲透壓の二二・四氣壓に相當するのである。随つて 1° の Δ は二二氣壓に、 $\frac{1^\circ}{1000}$ の Δ は 0.01 二度即ち九・一糎汞柱に相當する。

各種生活體の滲透壓 今若し吾人人類の血液の滲透壓を知る爲に、其のΔを測定すると、其の値が平均 0.56°Cなることを知るのである。かゝる場合、血液の滲透壓は、幾氣壓に相當す可きかは、次の比例に依つて容易に之れを算定することが出来る。

$$1.85 \quad 22.4 = 0.56 : x$$

$$x = \frac{22.4 \times 0.56}{1.85} = 6.7 \text{ 氣壓} = 560 \times 9.1 \text{ mm. 汞柱} = 5096 \text{ mm. 汞柱}$$

次に葡萄糖で、人間の血液と等滲壓の液を造らんとせば、次の如くすればよし、 $\frac{0.56}{1.85} = 0.3$ 定

量 葡萄糖の分子量は、180 であるから、 $180 \times 0.3 = 54$ 即ち五十四瓦の葡萄糖を恰度一立の蒸溜水に溶かしたものを、換言すれば五・四%の葡萄糖液を作ればよい。

即ち吾人の血液の有する滲透壓は、約七氣壓（六・七氣壓）であることが分る。随つて又人類の組織細胞の有する滲透壓は、七氣壓であることが分る。何となれば、吾人の血液と組織細胞とは、生理的狀態にあつては、常に等滲壓でなければならぬからである。

多くの哺乳動物に就いて、其の血液のΔを測つて見ると、人類と等しく、約攝氏0・六度前後である。随つて哺乳動物の組織細胞は、人類と等しく、約七氣壓に相當することを斷定すること

が出来る。(第七表)

第七表 各種哺乳動物のΔ

動物	Δ 平均
馬	0.580°
牛	0.601
豚	0.625
犬	0.599
家 兔	0.578
猫	0.615

海水に棲む下等動物の示す滲透壓を測定して見ると、海水の滲透壓と同一であつて、海水の濃度の大小に従つて、其の生體の滲透壓も亦上下するものである。然るに龜、海蛇等の爬蟲類や、鯨の如き哺乳類になると、陸棲の高等動物と等しく、七氣壓に相當する滲透壓を示すのである。

第八表は、ボタッチーが、ネアーベルの臨海實驗所で

調査したもので、其の海水のΔは、2.3。(118氣壓)であつたのである。

斯の成績は、軟骨魚に至る迄の階級では、其の滲透壓は、海水の夫れと全く相等しく、陸棲動物たる爬蟲類になると、一般陸棲動物と同等に、0・六度となつて居ることを示すのである。下等動物の滲透壓が、其の環境の滲透壓によつて左右されることは、ロヂエーの調査によつてよく立證された。ロヂエーは、佛國のアルカシオン灣で、前記下等動物のΔを調べて見た所が、ネア

第八表 海棲の各種動物の Δ

動物の種類	Δ
腔腸動物 (珊瑚の体液)	2.196°
棘皮動物 (ヒトデ)	2.312
蟲 (ブクチャガマ)	2.310
甲殻類 (蝦の類)	2.290
頭足類 (軟動物章魚)	2.240
軟骨魚類 (サメ)	2.260
硬骨魚類 (鯛の一種)	1.040
爬虫類 (ウミガメ)	0.610

一ベルに於ける者よりも、遙に低くして一・九度前後であることを見た。然る所、調査の結果、アルカシヨンの海水も亦、ネアールルの海水よりも薄められて居て、其の Δ は一・八九度であることが分かつた。

然らば、何故に、陸上動物の Δ が〇・

六度(約七氣壓)であるに反して、海棲の下等動物の Δ は、其の約四倍二・三度(二十八氣壓)と云ふ高い滲透壓を示すのであらうか。其の説明は、多分次の如くであるだらうと、マツカラムは云つて居る。

古生物學上、陸棲動物の祖先と見做すべきもの、化石が出るのは、カンブリアン紀である。そして此の時期に於ける海水は、現代の海水よりも薄くして、其の Δ は〇・六度前後のものであつたであらう。そして其の海水中に順應して居た現在の陸棲動物の祖先も亦、夫れと同じ滲透壓を

有ち、そして海を見捨て、陸上生活を始めた後にも、滲透壓調節器官の發達によつて、今日に至る迄、依然として其の値を維持し來つたのであらう。然るに海水に残れる動物は、悠久なる歲月を經過する間に、海水が漸次に約四倍も濃厚となり、夫れに順應して、動物の滲透壓も亦、同様に高まつたものと見做すべきであらう。

要するに滲透壓の調節作用が、高等動物では完全に行はれて、外界とは獨立せる一定の價を保ち得る結果である。然るに下等動物の滲透壓は、その調節が不完全で、外界(海水)の爲に左右されるのである。夫れと同様の關係が、體温に於ても見られるのである。

滲透壓の調節 高等生物に於て滲透壓を調節する主なる器官は、腎臟、肺臟、皮膚等である。

そこで若し是等排泄器官の疾病の爲、血液内より排出せらるる老廢物が外に捨てられないで、夫れが血液内に鬱積すると、血液内には、健康人に比して多量の老廢物が溶解せられるから、血液の Δ は高くなるのである。

斯る關係は、病氣の診斷にも大切なことで、例へば腎臟病の場合には、尿の成分として血液より排泄せらるべき物が、腎臟の機能不十分なる爲に、血中に滞り、血液の Δ をして大ならしめる

のである。

第四節 細胞の透過性

細胞の選擇的透過性 以上滲透壓の條下に於て述べた所に依つて、細胞は其の表面に薄膜があつて、「フェロチアン銅」等の沈澱膜と等しく、半透性を示し、夫れに依つて滲透壓を維持して居ることは、疑ふ餘地がないのである。然らば其の半透性は、如何にして惹き起されるのであるかと云ふ、大切な問題が起つて來るのである。

元來細胞の内部では、絶えず新陳代謝が行はれて、其の成分の化學的變化が行はれつゝあるのである。随つて其の失はれた成分を補給し、且つ不用の老廢分を外界に排除する爲に、細胞と外界との間に、絶えず物質の交換が行はなければならないのであるが、而かも同時に又、細胞の成分は、略一定せる化學的、理學的性状を具へて居ることが必要で、然らざれば生活現象は成り立たないのであるから、無秩序に自由に外界との間に物質が出入することは、許されないのである。即ち細胞の滲透性には、一定の選擇性が附隨して、半透性を示して居るのである。

半透性と篩説 然らば此の選擇的透過性は、如何にして起るか云ふと、細胞の表面に沈澱膜と同様の膜があつて、其の膜の働に因るのである。此の膜に依つて、細胞は外界に對して、用心深く自己を保護し、漫りに外界から物質の侵入しないやうに、取るべきものを取り、捨つべきものを捨て、居るのである。斯る膜が、半透性選擇性を帯びる理由として、最初トラウベに依つて篩説なるものが唱へられたのである。夫れに依ると、元來、膜なるものは、多數の小孔を備へて居るもので、恰も篩の目がある様になつて居る。そこで溶液内にある散子の中で、其の直径が、此の孔の大きさよりも小さいものと、自由に膜を通過し得るけれども、其の直径が、此の孔よりも大なるものは、通過が許されないと簡単に説明したのである。所で斯る簡単な機械的篩説では、満足に説明出來ない事實が續々見附かつたのである。一例を挙げると、血球に於ては NaCl 、 KCl の如き小さい分子や或は夫れから出來るイオンが、殆ど通過し得ないのに反して、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ や $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ の如き、其の他各種の「アニリン色素」等、比較的大きな分子が、極めて自由に透過し得るのである。

脂肪溶解説 そこで更に他に説明を求めんとして、脂肪溶解説なるものが起つたのである。元

來活きた細胞體內に容易く透過し得るものは、「アルコール」「アルデヒド」「ハロゲン水化物」(クロロホルム)等、何れも脂肪若しくは類脂體に、容易く溶解し得るものである。之れに反して、脂肪に溶け合ふ性質の少ないものは、細胞に入り込むことの困難なものが多いのである。そこで此の關係に著目して、研究が進められたのである。先づ細胞の表面にあつて、大切な働をする膜は、何から出來、居るかと思ふに、類脂體が主要なる成分である。即ち此の膜が、細胞と外界との間に置かれた關所であるのである。之れを理論上から考へても、類脂體は、細胞と水溶液と接觸する境の表面張力を、減少させるものであるから、前に述べた吸著の法則に従つて、類脂體は、細胞の表面に集まるのである。又實際、細胞の表面に、類脂體が集まつて、薄い膜を形造成つて居ることは、次の事實に依つて證明されたのである。

赤血球を取つて、之れを水の中に入れると、已述の如く溶血現象が起つて、赤血球の内容物は溶け出すものである。さうして其の細胞膜が剥がれた皮の様になつて残るのである。そこで溶血の起つた後遠心機にかけて、其の殘留せる細胞膜を集めて、それを分折して見ると、其の重さの四〇%に上る所の多量の「レチチン」や「コレステリン」等の類脂體が見附かるのである。

斯く細胞膜の主なる成分が、類脂體から出來て居ることは、細胞の有つ微妙なる透過性を説明する上に、有力な手がかりとなるのである。類脂體の中、「レチチン」は、水には溶けないが、併し水と一定の親和性を有する膠質散子となつて、よく水中に擴がるものである。之れに反して「コレステリン」は、堅固な蠟の様に、水には全然親和性を有つて居ないのである。そこで「レチチン」と「コレステリン」との混和の割合如何に依つて、血液や淋巴液等の組織液乃至は海水等、生活細胞を圍繞せる水溶液の細胞に對する透過を、種々なる程度に加減することが出来るのである。

類脂體が、細胞膜の主成分として、細胞の透過性を決定する上に、重大なる意義を有つて居ることは、最初に、マイヤー及びオーベルトン等の研究に依つて、證明されたのである。其の證明の一二を擧げて見ると、實驗上、細胞に、容易く出入することの出来る化合物は、よく類脂體に溶解する性質のものであり、之れに反して、類脂體に對して、溶解性を有たない成分は、多くは細胞に對する透過性を有つて居ない事實である。例へば、等しくアニリン色素であつても、「ノイトラールロート」の如き、類脂體によく溶けるものでは、容易く、生活せる細胞原形質が染色

するが、然るに、類脂體に溶けない他の色素は、細胞内に入り込まないのである。「メチレン青」の如きは、純粹の「クロロホルム」には溶けないが、併し類脂體を含んで居るクロロホルム溶液中には、可溶性を示すのである。又 NaOH の稀薄な溶液は、動植物の細胞に不透過性を示すが、之れに反して、 NH_4OH の同濃度の溶液は、透過性を有するのである。元來「ノイトラールロート」なる色素は、「アルカリ」反應の下には黄色を呈し、中性乃至酸性反應の下では紅色を示すものである。そこで、今、藻類を取り、「ノイトラールロート」を加へた水の中で、其の細胞が紅く染まつた際、之れを稀薄な NaOH 液中に移して見ると、依然として紅色を保つて居るが、之れに反して、其の藻類を NH_4OH の中に入れると、忽ち黄色に變はるのである。而して NH_4OH は、類脂體に溶けるが、 NaOH は夫れに溶けないものである。

麻醉の原理 マイヤー及びオーベルトンは、斯る見地から、麻醉作用に關する一新學説を樹てたのである。元來「エーテル」にしても、「アルコール」にしても、「クロロホルム」にしても、**麻醉劑**は、何れも脂肪或は類脂體とよく溶け合ふものである。そこで**麻醉劑**が、容易く細胞内に侵入するのは、細胞膜にある類脂體と、親和性を有つて居る爲であり、又細胞體内に入つて**麻醉**

の働をするのも、原形質内にある類脂體と、結び附く爲であらうと推定されるのである。而して若し此の推定が正しいならば、脂肪乃至は類脂體に溶解する性質が、愈々大なる程、其の**麻醉力**は、益々旺盛でなければならぬのである。マイヤー及びオーベルトンは、此のことを、次の様にして實驗的に證明したのである。

各種の**麻醉劑**を取つて、其の**麻醉力**の強弱を比較する爲に、蛙の^{オタマジャクシ}蝌蚪を試験動物として、夫れを**麻醉**せしめるに足る、各種**麻醉劑**の最小濃度、即ち所謂**限界濃度**なるものを定めた。云ふまでもなく、**限界濃度**が小なる程、其の物の**麻醉力**は強いのである。

而して一面には、各種**麻醉劑**の水に溶ける量と、其の水と同一量の油に溶ける量との比例、即ち所謂「**配分率**」 $\left(\frac{\text{油に溶ける量}}{\text{水に溶ける量}} = \text{配分率} \right)$ を定めて見たのである。若し、**麻醉劑**の作用が、上記の如く、脂肪或は類脂體に溶け合ふ爲に起るものであるならば、**配分率**の大なるもの程、**麻醉力**は強く、随つて**限界濃度**は低い筈である。而して實際上、其のことが確められたのである。第九表は其の成績を纏めたものである。

第九表 各種麻醉劑の麻酔力と其の配分率

化合物	限界	濃度	配分率
	稀釋倍数		
メチールアルコール	1 : 50 - 60	0.52 - 0.62	油の溶解量 = 1 : >50 水の溶解量 = ∞
エチールアルコール	1 : 70 - 80	0.27 - 0.31	1 30
プロピールアルコール	1 : 150	0.11	1 8
ブチールアルコール	1 : 350	0.038	油の溶解量 = ∞ 水の溶解量 = 1 : 12
カプリールアルコール	1 : 20000	0.0004	油の溶解量 = ∞ 水の溶解量 = 1 : 2000

麻醉劑が類脂體と溶け合ふことが、麻酔作用を惹き起す基であるとしたならば、何故に、神経細胞の如く最も多く類脂體に富むものが、麻酔劑に對して、最も過敏であるかが、よく理解される。且つ又一旦麻酔したものが、どうして再び容易く覺醒するかの理由も、明白になつて來るの

である。蓋し已述の如く溶解に際しては、絶對量の如何に關らず、其の配分率は常に一定せる値を有つて居るものである。夫れであるから、今「エーテル」を吸入して居て、血液に於ける「エーテル」の濃度と、神経細胞の類脂體に溶けた「エーテル」の濃度との間に、配分率に従つて、平衡が保たれて居る場合に、「エーテル」の吸入を止めると、「エーテル」が、肺から呼氣につれて段々と外に吐き出されて、血液中の「エーテル」の濃度が下ると、今迄、神経細胞の類脂體に溶けて居た「エーテル」は、血液中に逆戻りして、細胞と血液とに於ける「エーテル」の量の比をして、配分率に従つて、一定の價を取るやうにさせるのである。即ち溶解作用は可逆性のものである。斯くして神経細胞内の「エーテル」の濃度が、一定程度以下に降ると、一旦麻酔したもので、容易く覺醒し得るのである。

新しき説 斯く細胞の透過性を決定する上に、類脂體は、重要な役目をなしつゝあるのであるが、併し脂肪に對する溶解性のみで、凡ての透過性を説明することは出來ないのである。例へば一定の鹽類や糖類や「アミノ」酸等は、榮養上非常に大切なもので、確かに細胞内に入り込むものである。而かも是等の成分は、脂肪溶解性を具へてゐないのである。是れに由つて觀ても、脂

肪溶解性以外、何等かの轉機が透過性を支配し居ることは疑ふ餘地がないのである。其の轉機の一つとして、近時に至つて、再び機械的の篩説が復活されるに至つたのである。蓋し各種半透性沈澱膜の中、最も透過性の少いのは「フェロチアン銅」であり、最も透過性の大であるのは「タンニンゼラチン」の膜である。而して「フェロチアン銅」を通過し得るものは、悉く皆「タンニンゼラチン」の膜を通過するが、之れに反して「タンニンゼラチン」を通過し得るものは、必ずしも「フェロチアン銅」を通過し得ないのである。其の有様は、恰も、小さい目の篩を潜る物は、勿論大い目の篩を通過し得るが、之れに反して、大い目の篩を通過し得るものは、必ずしも皆小さい目の篩を潜り得ないのと同様である。

又篩説に一致する事實は、膜の表面に物質を沈著せしめて、膜孔を塞いで小さくすると、之れ迄通過してゐた物も通過し得なくなることである。例へば「タンニンゼラチン」に「硫酸バリウム」を沈澱させると、夫れ以前に透過して居た物質も、通過しなくなるのである。又「フェロチアン銅」の膜に對して、「モノメチラーミン」は容易く通過するが、夫れに今一つ「メチール」の附いた「デメチラーミン」は透過が困難となり、更に今一つ「メチール」が加はつた「トリメチラーミ

ン」になると、全く透過しなくなるのであつて、斯く分子が大きくなるにつれて、透過性が悪くなるのである。

細胞膜の構成 細胞の透過性が、單に類脂體のみに依つて、決定されるものでないことは、細胞膜形成のことから考へても解るのである。凡て表面張力を下げるやうな物質が表面に集まることは、吸著の條下に於て述べた通りである。細胞内にある成分で、表面張力を下げる働があるものは、獨り類脂體のみでなく、蛋白質石鹼等も、之れに屬するのである。蛋白質や、石鹼を溶せる液の泡沫が容易く消えないのは、此の泡の壁に、一種の膜が出来る爲である。随つて細胞膜は、類脂體以外に、是等の成分の混合せる物から、出来て居ると云はなければならぬ。即ち蛋白質の固まつて出来た膜の孔の大きさが、透過性に影響を有つことは、當然のことと云はなければならぬ。但し孔の大きさと、通過すべき散子の大きとの關係は、單純な篩説の云ふ如く、篩の目と、夫れを潜る物質の大きとの如き簡單なものではなく、恐らく孔の表はす表面張力が、大切な働をするのである。

元來一定の厚さを有し、且つ多數の孔を有つ膜は、壁に澤山の細管を貫いた者と同様に考へる

ことが出来るのである。そして、其の細管の表面は、表面張力を示し、吸著の働を行ふものである。ピゲロフ及びバルテルの實驗に依ると、膜孔の直径が、 0.5μ であれば、已に毛細管現象を示し、立派に半透膜たる資格を備へて、滲透壓を起し得るものである。然るに溶液中にある分子及び「イオン」の直径は、之れに比すると遙に少いもので、 0.001μ 以下であるから、單なる篩説では、到底此の微小なる散子が、どうして此の大なる孔を通過し得ないかを説明することは出来ないのである。「フェロチアン銅」の如き透過性の最も少い膜でさへ、猶ほ其の孔の大きさは、 $0.1-0.2\mu$ の大きさに達して居るのである。是に由つて考へて見ると、透過に際して見らるゝ選擇性なるものは、一面、類脂體可溶説の云ふ如く、膜をなせる成分に對し、可溶性を有するか否かで夫れが決定せられる外に、膜の多孔性に基く表面張力に依つて喚び起される吸著作用の如きも、甚だ大切なものと云はなければならぬ。而して斯る膠質から出來た膜は、「イオン」に依つて著しく影響を蒙り、透過性が變化するものである。そして其のことが、「イオン」をして細胞の生活機能に對して、重要な意義あらしめるのである。

第五節 イオン

「イオン」とは何ぞ 或る物質は、溶液内に於て甚しく解離して、其の散子が非常に微小となり、分子となるか、或は更に進んで、分子よりも尙ほ小なるものとなる。斯く分子が壊れて、更に微小となつたものを名付けて「イオン」Ionと云ふのである。

例へば食鹽が水に溶解すると、其の分子は、一部食鹽分子の儘の狀を呈するが、大部分の分子は更に分解して、 $\text{Na}\cdot\text{Cl}$ なる微小體となる。此の Na 及び Cl は、即ち「イオン」である。

斯く「イオン」は、分子の分解に因つて生ずるもので、其の或る物は陽電氣、他の物は夫れと同量の陰電氣を帯びて居る。食鹽の場合には、 Na は陽、 Cl は陰の帶電を有つて居る。そして又、「イオン」は、溶液内の分子と等しく、活潑に運動しつゝある。そこで若し異性の帶電を有する「イオン」が近づくと、相互に引き合つて、其處に新たな分子を形造つて、其の電氣的平衡を恢復する。之れに反して、活潑に運動しつゝある分子と分子とが、互に衝突すると、壊れて、新たに「イオン」に分解する。故に晶質溶液中に於ては、盛に活動しつゝある分子及「イオン」の

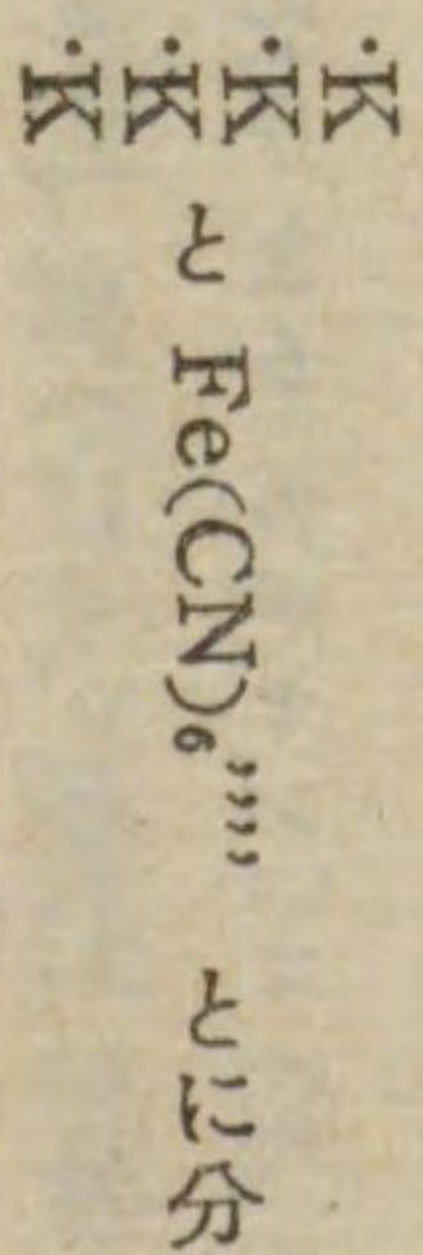
絶間なき生滅を考へなければならぬ。又分子が解離して「イオン」になると、夫れだけ溶液内に於ける活動しつゝある微小體の數が増加するから、分子の儘で残つて居る場合に比して、滲透壓は高くなる。此のことが、鹽類の如く、容易く「イオン」に分れるものと、糖類の如く、「イオン」に分れないものとは、たとひ等分子液であつても、等滲壓にはならないで、鹽類の方が、糖類よりも高滲壓を示す所以をよく説明するのである。

「イオン」と電導性 今晶質溶液に電流を通ずると、電流は之れを通過するが、膠質溶液内に於ては、電流は通過しない。其の理由は、晶質溶液では「イオン」が形成せられて居るから、電流を通ずると、陽電氣を帯びた「イオン」は、陰極に向つて動き、陰電氣を帯びた「イオン」は、陽極に向つて動き、かくて「イオン」が一定量の電氣を持ち運ぶから、電流を通ずるのである。然るに膠質は、「イオン」に分解しないから、電流に對して不導體であるのである。約言すれば「イオン」は電氣を乗せて渡る渡船に比す可きものである。

カチオンとアニオン 此の際陽電氣を荷へる「イオン」は陰極即ち Kathode に向ふから「カチオン」Kation と云ひ、陰電氣を有する「イオン」は、陽極 Anode に向ふから、「アニオ

ン」Anion と云ふのである。多くの化合物中、金屬及びそれに匹敵する「イオン」は陽電氣を帯び、「カチオン」となるのである。食鹽ではNaは「カチオン」で、Clは「アニオン」である。而して Na^+ と書く代りにNaと書き、 Cl^- と書く代りに、Clと書いて「カチオン」「アニオン」であることを表はすことになつて居る。

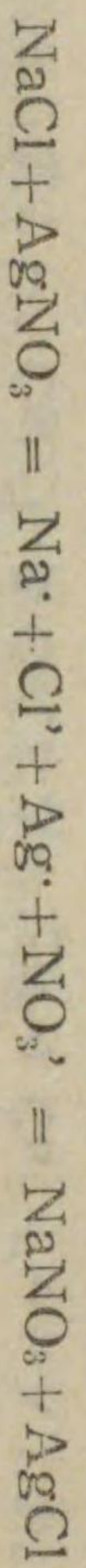
硝酸「カリウム」 KNO_3 では、Kは「カチオン」、 NO_3 は「アニオン」となる。又帯電の如何に依つて、「イオン」に一價或は二價三價等の名稱を附ける。例へば Na_2SO_4 が「イオン」に分解すると、二個のNa「イオン」と一個の SO_4 「イオン」とを生ずる。一個の SO_4 は二個のNaと結び附らて電氣的平衡を保つのである。それで SO_4 を名附けて二價の「アニオン」と云ひ、同じ理由に依つて、 CaSO_4 や CaCl_2 から出来るCa「イオン」を、一價の「カチオン」と云ふのである。又 K_3PO_4 から出来る PO_4 は、三價の「アニオン」又 $\text{K}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ から解離する $\text{Fe}(\text{CN})_6$ は、四價の「アニオン」である。何となれば



れるからである。

「イオン」と化學反應 總て化學作用は、溶液内に「イオン」があると、「イオン」と「イオン」

との間に惹き起さるゝ反應で、分子と分子とが直接に行ふものではない。例へば今、NaCl 溶液中に硝酸銀を入れると、直ちに白色の沈澱を生ずるが、これは食鹽が Na⁺ なる「カチオン」と Cl⁻ なる「アニオン」とに分れ、硝酸銀は Ag⁺ と NO₃⁻ とに分れ、其の間に反應が生ずるのである。



斯く電氣の異性相引く關係から、Ag⁺ + Cl⁻ と Na⁺ + NO₃⁻ なる結合を起すのである。

次に硝酸銀に、鹽素酸曹達を作用させて見ると、白色の沈澱を生ずることはない。何となれば鹽素酸曹達 NaClO₃ は、「イオン」に分るゝとき、Na⁺ と ClO₃⁻ に分れ、此の ClO₃⁻ が硝酸銀の Ag⁺ と結合して、鹽素酸銀 AgClO₃ を生じ、此の AgClO₃ は水に可溶性であるからである。此の例に依つて見ると、化學反應は、分子と分子、若しくは原子と原子との直接の反應に基づくものではなくて、「イオン」と「イオン」との間に成り立つ反應であることが分る。

更に他の例に就いて之れを見るに、青酸 HCN は非常に劇しい毒作用を呈する。是れは HCN が「イオン」に分るゝ際、H⁺ と CN⁻ とを生じ、而して CN⁻ が、生物體に對して劇しき毒作用を有する爲である。

今「フェロチアンカリ」K₄Fe(CN)₆ の分子を見るに CN なる根が六個ある。されば一見すれば K₄Fe(CN)₆ の毒作用は、非常に劇烈であらうと云ふ感を起さしめるが、事實は之れに反し、其中毒作用は極めて少い。是れは K₄Fe(CN)₆ が、「イオン」に分れると、已述のやうに、四個の K⁺ なる「カチオン」と、四價の Fe(CN)₆⁴⁻ なる「アニオン」一個とに分れ、遊離せる CN⁻ なる「アニオン」を生じないからである。

又 Fe₂Cl₆ の如き鐵化合物を見るに、Fe³⁺ 「イオン」に固有なる種々の反應を表はすが、K₄Fe(CN)₆ にありてはさうでない。何となれば K₄Fe(CN)₆ 溶液中には、遊離せる Fe³⁺ 「イオン」を生じないからである。

第六節 イオンの解離

解離度 凡て分子がイオンに分かれることを、「解離」Dissociation と云ふのである。この解離が起ることは、どの場合でも、同一程度に於て起るのではなく、色々相違するのである。此

解離を起す程度の大小を、「解離度」と云ふのであつて、夫れを的確に云ひ表はすために、溶液中にある分子の總數と、其のイオンに解離した分子數との比を以てする。例へば分子の總數が1000で、其中500だけの分子が解離すれば、解離度は $\frac{1}{2}$ であり、若し900だけの分子がイオンに分れるならば $\frac{9}{10}$ である。一般に解離度を表はすに α を以てし、分子の總數をMとし、解離せる分子數をNとすれば、 $\alpha = \frac{N}{M}$ となる。随つて若し分子の總てがイオンに分かれた時には、 $\alpha = 1$ となるもので、然らざる場合には、 $\alpha < 1$ でなければならぬ。解離度は主として次の事柄によつて影響される。

(一) 化合物の性状の如何による。一般に分子の大きな有機化合物は、解離度が少なく、就中膠質であると、殆んどイオンに解離しないが、分子の小さい無機化合物で、晶質をなすものは、容易くイオンに分解する。

(二) 同一の化合物の溶液でも、其の濃度の如何によつて、解離度を異にするもので、濃厚なる時は、解離度は低く、稀釋すればするだけ、其の解離度は増進し、稀釋度が一定程度に達すると、終に其の分子が残りなくイオンに分解する。即ち $\alpha = 1$ となる。

(三) 同一化合物が、同一濃度で溶けて居る場合でも、温度が高ければ、解離度は大であり、低ければ小である。

(四) 同一化合物が、同一温度、同一濃度の下にあつても、其の溶剤の如何によつて、解離度は甚しく相違するものである。其の點に於て、水は、アルコール、エーテル等の他の溶剤と趣を異にして、一般に溶解物をして、最も良く解離せしめる性質を具ふるものである。水が溶剤として大切な値を有つて居るのは、畢竟、斯る性質あるがためであつて、水はよく萬物を溶かし、其の溶解物をしてイオンに分解せしめ、相互の化學反應を活潑ならしめる媒をするのである。

解離度測定法 解離度の測定法には、次の二つの主なるものがある。其の一つは、分子が解離して、イオンを生ずれば、解離せぬ場合に比して、より高い滲透壓を示すことになる。随つて夫れを土臺として解離度を測定するのであり、他の一つは、イオンを生ずることによつて、始めて該液に於て、電流を導く性質が現はれるものである。従つてこの傳導性の大小を測定して、夫れから解離度の大小を算定する方法である。以下之れに就いて述べる。

等滲壓率 (i) 鹽類の如き晶質は、イオンに分れるが、膠質や糖類の如き有機物は、容易く解

離しない。そしてこのことが、前記滲透壓の條下に於て述べた所の、鹽類と糖類とでは、等分子液であつても、等滲壓を示さないで、鹽類は、糖類よりも、高滲壓を示す事實を、明白に説明する。前記ムラサキツユクサを用ひてなされた原形質剝離法の例に於ては、鹽類の〇・一三定規液と糖類の〇・二二定規液とが、等滲壓を示すのである。(第五表参照) 随つて、此の二つの濃度の比率を、「等滲壓率」Isotonische Koeffizient と云ひ、通常「 i 」として之を表はす。即ち

$$i = \frac{0.22}{0.13} = 1.7 \text{ となる。}$$

随てこの場合、糖類溶液をして、鹽類溶液と等滲壓ならしめん爲には一・七倍丈け、鹽類よりも濃厚ならしむることを示すものである。或は又、鹽類と糖類との等分子液を造る場合、鹽類は、糖類に比して i 倍丈け餘計に滲透壓を表はすことを示すものである。そこで、今、 i の意義を考へて見るに、糖類と鹽類の同一濃度即ち等分子液があるとして、糖類では、其の分子は解離しないで、分子の儘であるが、鹽類では、其の分子の一部は解離し、残り分子の儘で残つて居るとする。今、解離度を α とし、全分子数を m とすれば、解離せし分子数は、 αm であり、未解離の分子数は、 $m - \alpha m$ である。そして n を以て、一分子の解離によつて生ずるイオン數とせば、 $n\alpha m$ は、解離によつて出来る全イオン數に相當する。随つて鹽類

溶液の中にあつて、活潑な運動に因つて、滲透壓を惹起すべき微粒子の總數を M とすれば、

$$M = \frac{n\alpha m}{\text{イオン總數}} + \frac{m - \alpha m}{\text{未解離の分子數}} = m [1 + \alpha (n - 1)]$$

なる關係式が成り立つ。所で、 M と m との比は、 i を示すものであるから、

$$i = \frac{M}{m} = \frac{m [1 + \alpha (n - 1)]}{m} = 1 + \alpha (n - 1)$$

$$\alpha = \frac{(i - 1)}{(n - 1)}$$

となる。そこで、何等かの方法で、 i を知り、且つ n が分つて居れば、容易く α なる解離度を算定し得るのである。

i の測定による α の算定 i を測り知る方法としては、上述の原形質剝離法もあるが、最も簡單便利で、而かも正確なる方法は、氷點降下測定法を應用することである。已述の如く、或る液の滲透壓の値、随つて Δ の値は、該液中にある微粒子の總數に正比例するのである。そこで、或る液に於て、夫の分子が、全然離解しない場合を考へ、其の氷點降下度を、 Δ_0 (Δ_0 は已述の如く一定規液では一・八五度である)とし、解離状態に於て實測せる氷點降下度を Δ とすると、

$$\frac{\Delta}{\Delta_0} = \frac{m [1 + \alpha (n - 1)]}{m} = i$$

なる關係式が成り立つ。そこで、或る液に於て、 Δ を實測し、且つその Δ が分かれば、直ちに i を求めることが出来る。斯くて i が分れば、 $\alpha = \frac{i-1}{(n-1)}$ なる式によつて、 α の値を定めることが出来る。

簡単な二三の例を擧げて見ると、食鹽の定規液の Δ を實測して見ると、三・一となる。然る所
 $\Delta_0 = 1.85$ であるから、 $i = \frac{3.1}{1.85} = 1.67$ $\alpha = \frac{(i-1)}{(n-1)} = \frac{1.67-1}{2-1} = 0.67$ となる。即ち食鹽水は、定規液の濃度では、分子の六七%即ち $\frac{2}{3}$ は解離して「イオン」となり、 $\frac{1}{3}$ は分子の儘に留まつて居ることを示す。次に食鹽の〇・一一七定規の Δ は〇・四二四であり、其の Δ_0 は〇・二一七であらねばならぬから、 $i = \frac{0.424}{0.217} = 1.95$ $\alpha = 0.95$ となり、この濃度では、食鹽分子の九五%は解離することを物語る。

次に〇・一一定規液の硫酸では、 $\Delta = 0.817$ $\Delta_0 = 0.37$ であるから、 $i = 2.2$ となり、
 $\alpha = \frac{(2.2-1)}{(3-1)} = 0.6$ となる。即ちこの濃度の硫酸では、六〇%が解離し、四〇%は未解離である。然るに硫酸の〇・一一定規液では、 $\Delta = 0.465$ であら、 $\Delta_0 = 0.185$ であるから、 $i = 2.5$ $\alpha = 0.75$ となり、七五%が解離することを示す。以上の例によつて、食鹽にせよ、硫酸にせよ、

何れも之を稀薄することによつて、其の分子の解離度が増大すること、随つて或る程度迄稀釋が進むと、分子の凡てが解離すること、即ち $n=1$ となることが分かる。以上が、 Δ 測定法を土臺とせる解離度測定法である。

傳導性に基く α の算定 次に與へられたる液の傳導性を測定して、夫れから解離度を決定する方法の原理を述べる。

已に述べた所によつて明かなる如く、或る液が、電流を通ずることは「イオン」の存在を待つて始めて行はれるのであるから、傳導性の大小と、解離の程度との間には、一定の關係がある。そこで可檢液の傳導性を測定すれば、夫れから該液の解離度を定めることが出来るのである。所で、液の傳導性を測定することは、なかなか容易のことではない。一般に傳導性と抵抗とは、逆關係を有つものであるから、或る液に就いて、其の抵抗を測り (Ohm)、其の逆數を以て、該液の傳導性とする ($\frac{1}{\text{Ohm}} = \text{Mho}$)

抵抗と比傳導性(k) 液の抵抗を測定するには、ホイートストン氏橋を應用する。所で液の抵抗は、同一の液であつても、其の量(液柱の斷面積と其の長さ)によつて、無論一樣でないので

ある。そこで此點を考慮して、斷面積 1 平方 Cm、長さ 1 Cm の液柱で、其の抵抗が、1 Ohm の物を

單位として、同一量の可檢液柱が、斯の單位に比して、幾倍（若くは幾分の一）なるかを定めて之を「比傳導性」Spezifische Leitfähigkeit（通常之を希臘文字の「κ」で表はすことになつて居る）と呼ぶのである。さうすれば、各種の液の傳導性の大小を、容易く比較することが出来るのであつて、夫れは恰度、蒸溜水の 1 立方 Cm の重さを 1 として、各種の物質の同一量が、之に比して、幾倍（或は幾分の一）重いかを定めて、之を比重と呼び、之れによつて容易く各種物質の輕重を精確に比較し得るのと同様である。

比傳導性を定めんとせば、先づ「比抵抗」Spezifische Widerstand (R で表はす) 即ち 1 Cm の液柱の抵抗を測り、其の逆數を求めればよい。斯の比抵抗を定むるには、可檢液を抵抗器の中に入れ、ホイートストン氏橋の輪道の一部となして、抵抗器中の二枚の白金板の間にある可檢液の、實際の抵抗 Aktueller Widerstand (r で表はす) を測定する。

今、抵抗器中の白金板の表面積を S とし、二枚の白金板の距離を l とすると、抵抗は、液柱の表面積に逆比例し、液柱の長さに正比例して増減するものであるから、當該液の表面積 1 平方 Cm

長さ 1 Cm の抵抗、即ち比抵抗 R は、表面の関係からすれば、S 倍増加し、長さの関係からすれば 1/l だけ減する譯である。そこで次の関係が成り立つ。

$$R = r \times \frac{S}{l}$$

而して比傳導性 κ は、比抵抗 R の逆數であるから、

$$\kappa = \frac{1}{R} = \frac{1}{r} \times \frac{l}{S}$$

なる式が成り立つ。斯くて r を測定し、S と l とが分かつて居れば、比傳導性を算定すること

第十表 各濃度の食鹽水の比傳導性と當量傳導性

食鹽水の濃度 (規定)	比傳導性 (κ)	當量傳導性 (A)
0.312	0.00356	114.1
0.0156	0.00183	117.4
0.0078	0.000938	120.1
0.0039	0.000476	122.0

が出来るのである。所で、實際問題としては、SやIを正確に定めることは困難であるから、一之を測定する不便を除く便法もあるが、餘り専門的になるから、夫れは省略することにする。斯くして決定された比傳導性をみると、液の濃度を薄めるにつれて、其の値が減少するもので夫のことは、食鹽水に就いて成されたる第十表の成績によつて、明かに見ることが出来る。當量傳導性(A) 斯く比傳導性が液の稀釋と共に減少するのは、薄めることによつて、鹽類イオンの濃度が少なくなるからである。

若し併しながら、一定せる量の鹽類があつて、夫れが、稀釋度の如何によつて、全體としての傳導性の上に、如何なる變化を示すか、随つて又、其の解離度が、稀釋によつて、如何なる影響を蒙るかを知らんとせば、各稀釋度に於て、常に、一定せる同一量の鹽類がある様にして、稀釋による結果を見なくてはならない。

今、食鹽の一定規液の濃度のものを取り、之れを抵抗器に容れ、抵抗器の白金板の面積は、一〇〇〇平方Cmであり、二枚の白金板の距離は、正確に1Cmであるとすると、恰度1立の食鹽定規液が、二枚の白金板の間に在ることになる。随つて其の液中に含有せられる食鹽量は、1瓦モル

(1瓦當量)である。又たこの際、二枚の白金板の間に在る液は、一〇〇〇個の1立方Cmの液柱から成る故に、此際の一瓦當量の食鹽の傳導性即ち「當量傳導性」Aequivalent Leitfähigkeit (Aで之を表はす)は、1立方Cmの食鹽液の傳導性即ち比傳導性をの千倍となる。

若し食鹽の一定規液の代りに、 $\frac{1}{2}$ 定規液を用ひるとすると、一瓦當量の食鹽を含む爲の液量は、二〇〇〇CCmとなり、随つて當量傳導性は、其時の比傳導性の二千倍となる。

斯くて一般に、各稀釋度に於ける一瓦當量の鹽類の傳導性、即ち當量傳導性(A)は、當該稀釋度に於ける比傳導性(κ)に、當該稀釋度に於て、一瓦モルの鹽類を含有する爲の液量(φ)を乗じたるものに等しいことになる。

$$A = \kappa \times \phi$$

斯様にして、Aの値を算定して見ると、第十表第三欄及び第十一表に示す様に、稀釋度が進むにつれて、κが減少すると反對に、Aは却つて増大して來る。

由是觀之、同一量の鹽類も、之を稀釋するにつれて、始めは急速に後には徐々に、其の當量傳導性を高めるもので、是れ明かに稀釋が進むと共に、解離度の高まることを物語るものである。

第十一表 各種化合物溶液の各濃度に於ける當量傳導性

濃度 (定規液)	傳導性					CH ₃ COOH
	KCl	CH ₃ COONa	HCl	NaOH	(M)	
1.0	98.3	41.2	301	160	1.32	
0.5	102.4	49.4	327	172	2.01	
0.1	112.0	61.1	351	183	4.60	
0.05	115.9	64.2	360	190	6.48	
0.01	122.4	70.2	370	200	14.3	
0.005	124.4	72.4	373	203	20.0	
0.002	126.3	74.3	376	206	30.2	
0.001	127.3	75.2	377	208	41.0	
0.0005	128.1	75.8			57.0	
0.0002	128.8	76.4			80.0	
0.0001	129.1	76.8			107.0	

そして稀釋の度が、或る程度迄進むと、當量傳導性は、最大限度に達し、夫れ以上稀釋を進めても、傳導性は最早や高まらなくなる。是れ即ち完全に解離が行はれて、 $\alpha = 1$ となれることを示すものである。之を「最大當量傳導性」と云ひ、「 Λ_{∞} 」で表はすことになつて居る。今攝氏一八度に於ける、各種の液の Λ_{∞} を求めて見ると、次の如くなる。

KCl	NaCOOCH ₃	HCl	NaOH	CH ₃ COOH
129.9	77.2	383.3	217.5	351.7

Λ より k の算定 扱て、當量傳導性 Λ は解離度 α に比例するものであるから、 $\Lambda = K\alpha$ (K は恒數)なる關係が成り立つ。然るに Λ_{∞} の時は、 $\alpha = 1$ であるから、 $\Lambda_{\infty} = K$ である。そこで

$$\frac{\Lambda_{\infty}}{\Lambda} = \frac{K\alpha}{k} = \alpha$$

なる關係から或る溶液の或る稀釋度に於ける、 Λ 及び Λ_{∞} が分かれば、直ちに或る溶液の、當該稀釋度に於ける α を算定することが出来る。斯くて第十二表の結果が得られる。

斯の成績によつて見るも、各種溶液の解離度には、非常な相違があるもので、醋酸の如きは、甚だ大なる稀釋度に於ても、猶ほ解離度が非常に少ない。然るに鹽酸其他多くの鹽類の如きは、

第十二表 電導性より算定された解離度 (α)

濃度 (規定液)	KCl	CH ₃ COONa	HCl	NaOH	CH ₃ COOH
1.0	0.76	0.53	0.79	0.73	0.004
0.5	0.79	0.64	0.85	0.79	0.006
0.1	0.86	0.79	0.91	0.84	0.013
0.01	0.94	0.91	0.96	0.92	0.041
0.001	0.98	0.97	0.98	0.96	0.117

一般に解離度が甚だ高い。即ち化合物の種類に随つて、解離に甚しく難易の差があることが分かる。

異なる算定法による α の一致 以上述べた二方法の外、上述の如く、原形質剝離法によつて當滲壓率 (i) を求め、夫れから α を算定することが出来る。

扱て、同一溶液に就いて、以上の三方法によつて、 α 算定の基礎たる i を求めて見ると、次表

に示すやうに、何れもよく一致するのである。このことは、アレーニウスによつて唱へ出された所のイオン學説が、如何に正當であるかを、十分に立證するものである。

第十三表 各種測定法によつて得られた i の比較

鹽類	濃度 (規定液)	當滲壓		原形質剝離法 により
		Δ 測定により	Λ 測定により	
KCl	0.14	1.82	1.86	1.81
	0.18	2.47	2.46	2.48
Ca(NO ₃) ₂	0.38	1.20	1.35	1.25
	0.184	2.67	2.42	2.78
CaCl ₂	0.184	—	3.07	3.09
	0.356	—	—	—

第七節 酸性とアルカリ性

イオンと酸度及びアルカリ度 凡て酸と稱するものは、解離してH⁺を出すと云ふ通有性を有つ

て居るもので、酸をして酸たらしめる直接の原因は、解離せる水素イオン即ちH⁺にあると云はなければならぬのである。随つて同一濃度（等分子液）の各種の酸に於て、甚しく酸度に強弱を見るのは、一に夫れ等の酸の解離度の大小によるものである。一般に硫酸・硝酸・鹽酸の如き無機酸は解離度が大きであつて、H⁺を出すこと多く、強酸となるが、醋酸・乳酸等の有機酸は解離度が少なく、随つて弱酸である。

酸度が直接H⁺の存在に基くものであることの明瞭な證據として、次の實驗的事實を擧げることが出来る。鹽酸の少量を水に溶し、之れに炭酸曹達の結晶を入れて見ると、云ふ迄もなく、強酸たる鹽酸の爲に、弱酸たる炭酸が追ひ遣られて、盛んに炭酸瓦斯を發生する。然るに無水クロロホルム液中に、鹽酸を溶かしたものに於て、同様の試験をして見ても、炭酸瓦斯は發生しない。是れはクロロホルム液中では、HClが解離しないで分子の儘であつて、H⁺を出さないからである。

同様にアルカリとして作用するものは、NaOHにしても、KOHにしても、何れも其の解離に際して、OH⁻なるイオンを出すことの通有性を示すもので、アルカリ性の強弱を起す直接の原因は、遊離せるOH⁻イオンの濃度であると云ふことが出来る。そして苛性曹達や苛性加里の如き強ア

ルカリは、解離度が大きであり、之に反して水酸化石灰や、水酸化バリウムの如き弱アルカリは、解離を起すことが少ないのである。

水の解離 水の分子が解離すると、 $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ となつて、同数のH⁺及びOH⁻を出すものである。併し其の解離度は極めて少ないもので、其のことは、蒸溜水の傳導性が甚だ小なることからも、よく分かる。一定規液食鹽水の一立方Cm.液柱の示す比抵抗は、一三・四オームなるに反して、普通の蒸溜水一立方Cm.液柱の示す比抵抗は、約二〇〇・〇〇〇オームに達して居る。而かも普通の蒸溜水なるものは、往々不純物例へばCO₂瓦斯の如きものが溶けて居て、その爲に傳導性を高めて居るのである。

コールラウシユは、あらゆる注意を拂つて、出来る丈純粹な水を造つて見た所が、其の比傳導性は、 $k = 0.04 \times 10^{-9}$ なることを見た。

所で、コールラウシユの研究によると、溶液の最大當量傳導性 Λ_0 は、其の中に在るイオン傳導性の相和である。随つて、H⁺のイオン傳導性を U_{H^+} とし、OH⁻の夫れを V_{OH^-} とすると、

$$\Lambda_0 = U_{\text{H}^+} + V_{\text{OH}^-}$$

となる。そして攝氏18°に於ける $V_H = 318$, $V_{OH} = 174$ なることが分かつて居るのであるから、

$$V_8 = 318 + 174 = 492$$

となる。然る所、一面に於ては、已述の如く、 k を比傳導性とし、 ϕ をイオンの一瓦當量を含む爲の液量とすると、

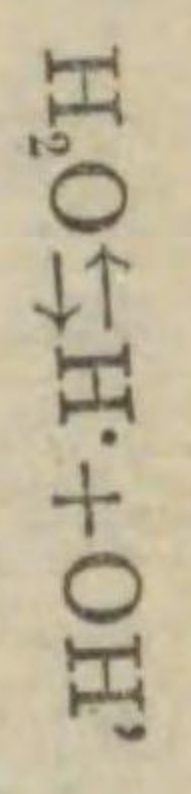
$$A_{\infty} = k \times \phi$$

となる。そして至純の蒸溜水では、 $k = 0.04 \times 10^{-6}$ であり、 $V_8 = 492$ であるから、次の關係が成り立つ。

$$\phi = \frac{A_{\infty}}{k} = \frac{492}{0.04 \times 10^{-6}} = 12.3 \times 10^9 = 12.3 \times 10^9 \text{ リーター} \approx 1.0 \times 10^7 \text{ リーター}$$

斯くHの一瓦當量、即ち一瓦を有つ爲の蒸溜水の量は、約 1×10^7 リーターに相當することになる。換言すれば、一リーターの蒸溜水に在るHの量は、 1×10^{-7} 即ちHの一瓦當量（一瓦詳しく云へば一・〇〇八瓦）の一千萬分の一 $\left(\frac{1}{10,000,000} \right)$ となるのである。随つて蒸溜水のOHの濃度も亦、一瓦當量（一七瓦）の一千萬分の一にしか當らないのである。

水素イオンの濃度を表はすには、 C_H 又た OH イオンの濃度を表はすには、 C_{OH} なる符號をもつてする。そこで蒸溜水では、 $C_H = 1 \times 10^{-7}$ として、其の酸度を表はし、 $C_{OH} = 1 \times 10^{-7}$ として、そのアルカリ度を表すのである。今



なる式に於て示す如く、 H_2O 分子は、解離して H^+ 及び OH^- なるイオンに分かれんとし、之れと同時に H^+ と OH^- とは相寄つて再び H_2O にもどらんとし、此の二の相反對せる逆反應が、同一の速度で行はれて居る時、 H_2O と、 H^+ と OH^- と三者の分量は變化しなくなる。さうすると、一見すれば化學反應は最早停止して仕舞つたかの様に考へられるが、其の實↓の方向と、↑の方向に行はれる化學反應は依然として繼續しつゝあるのであつて、唯同一時間内に、水が H^+ と OH^- とに分解する分量と、反對に H^+ と OH^- とが相寄つて水を集成する分量とが、恰度相等しくなるから、一見變化しない様に感ぜられるのである。斯る場合、相逆行せる二様の化學反應は、平衡を保つて居ると云ふのである。そして斯る釣合が保たれて居る時には、 H_2O と H^+ 及び OH^- の量との間に、一定の割合が見られるのであつて、随つて

$$\frac{H \times OH}{H_2O} = k \text{ (恒數)}$$

なる關係が成り立つものである。此のkなる恒數を、化學反應の「平衡恒數」と唱へるのである。

所で水の場合には、解離度が非常に小であつて、 $H^+ OH^-$ の量に比して、 H_2O の量は非常に大なるものであるから、水の量は殆んど動きなない恒數と見做すことが出来る。そこで

$$H^+ \times OH^- = k \text{ (恒數)} \times H_2O \text{ (恒數)} = K \text{ (恒數)}$$

なる關係が成立する。そして上記の理由から、室溫に於ける蒸溜水の場合では、

$$K = 1 \times 10^{-7} \times 1 \times 10^{-7} = 1 \times 10^{-14}$$

となるのである。そこで若し蒸溜水に酸が加はり、其の結果 H^+ イオンの濃度が高まつて、 $C_{H^+} = 1 \times 10^{-6}$ となつたとすると、 OH^- イオンの濃度は減じて、 $C_{OH^-} = 1 \times 10^{-8}$ とならなければならない。之に反して、若しアルカリが加はつた結果、 OH^- の濃度が高まつて、 $C_{OH^-} = 1 \times 10^{-4}$ となつたとすると、 H^+ イオンの濃度は減じて、 $C_{H^+} = 1 \times 10^{-10}$ とならなければならない。

中性酸性アルカリ性の定義 嚴格に云へば、 C_{H^+} と C_{OH^-} の等しい所の蒸溜水の示す酸度、即ち、 $C_{H^+} = 1 \times 10^{-7}$ のものを中性と云ひ、夫れよりも H^+ イオンの濃度が高い時、之れを酸性と云ひ、

之に反して、蒸溜水よりも H^+ イオンの濃度が低い時、之れをアルカリ性と云ふのである。約言すれば、次の通になる。

$$H^+ > 1 \times 10^{-7} \dots \dots \dots \text{酸} \quad \text{性}$$

$$C_{H^+} = 1 \times 10^{-7} \dots \dots \dots \text{中} \quad \text{性}$$

$$C_{H^+} < 1 \times 10^{-7} \dots \dots \dots \text{アルカリ性}$$

水素イオンの濃度を、上記の如く、 C_{H^+} にて表はすことの代りに、ゼンゼンは、PH (或はPh) にて表はすことを提唱した。PHとは、10を基數とせる C_{H^+} の對數を求め、其の(一)の符號を取り去つたものである。即ち

$$PH = -\log_{10} C_{H^+}$$

である。例へば $C_{H^+} = 1 \times 10^{-7}$ として表はす代りに、10を基數とせる其の對數を求めて見ると、云ふ迄もなく-7であるが、其れから(一)の符號を去つて、PH=7として表はすのである。又 $C_{H^+} = 2 \times 10^{-6}$ に於て、其れに相當する所のPHを求めて見ると、先づ10を基數とする2の對數は、0.3 ($2 = 10^{0.3}$)であるから、 $2 \times 10^{-6} = 10^{-6+0.3} = 10^{-5.7}$ となり、 $2 \times 10^{-5.7}$ の10を基數とせる

對數は、 1.57 となる。そこで、夫れから(一)の符號を取り去つて、 $\text{pH} = 5.7$ として表はすのである。次に、 C_H と PH との関係並びに、其の反應を表示する。(第十四表)

第十四表 C_H と PH の關係

C_OH'	C_H	PH	
10^0	10^{-14}	14	(強) ↑アルカリ性 ↓(弱)
10^{-1}	10^{-13}	13	
10^{-2}	10^{-12}	12	
10^{-3}	10^{-11}	11	
10^{-4}	10^{-10}	10	
10^{-5}	10^{-9}	9	
10^{-6}	10^{-8}	8	
10^{-7}	10^{-7}	7	中性
10^{-8}	10^{-6}	6	(弱) ↑酸性 ↓(強)
10^{-9}	10^{-5}	5	
10^{-10}	10^{-4}	4	
10^{-11}	10^{-3}	3	
10^{-12}	10^{-2}	2	
10^{-13}	10^{-1}	1	
10^{-14}	10^0	0	

酸度(アルカリ度)の測定 酸度及びアルカリ度が、遊離せる H^+ 乃至 OH^- イオンの濃度によつて決定せられるものである以上、或る與へられた溶液の酸度の測定は、當該液に現存せる C_H 乃至 C_OH' を標的としなければならぬ。然るに、從來、酸度(乃至アルカリ度)の測定に際して、専ら使

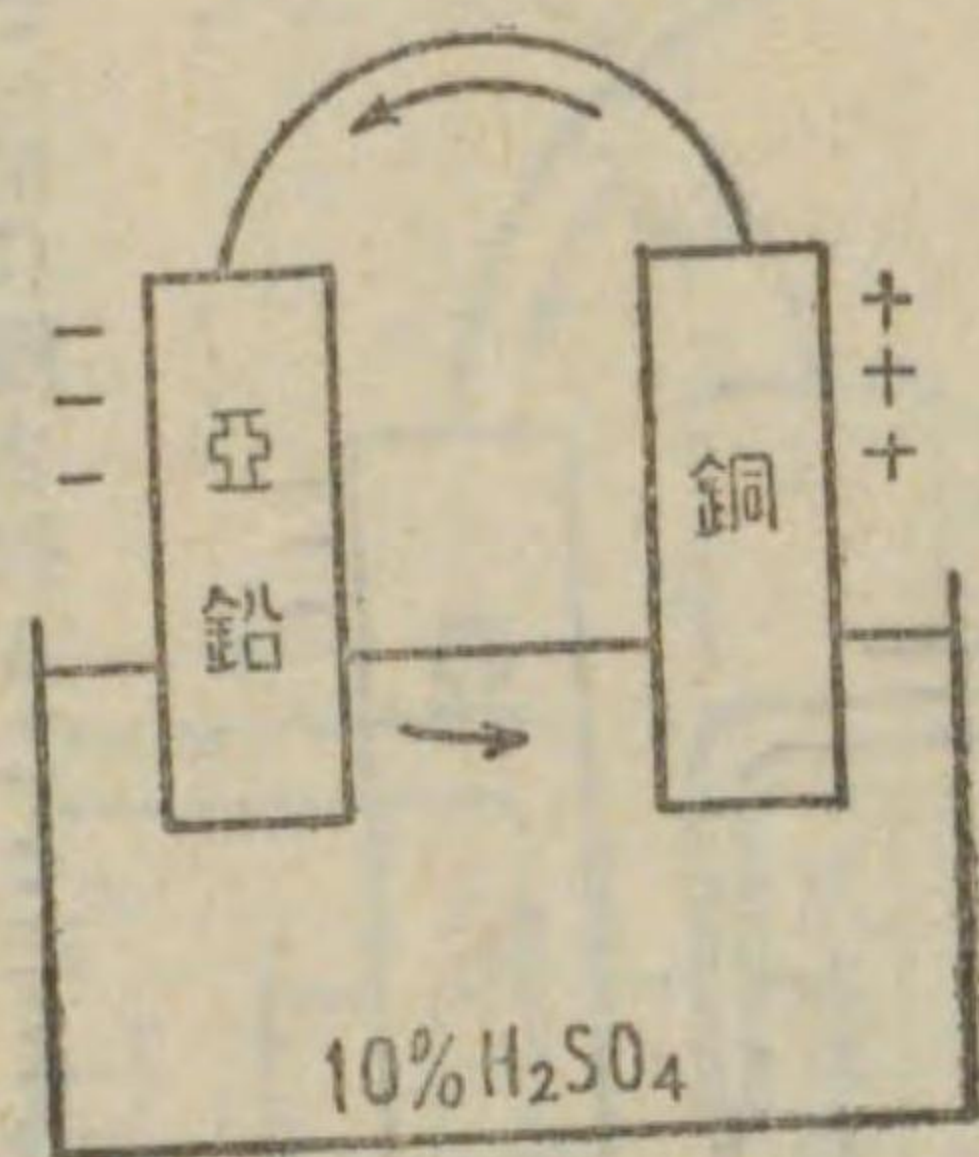
用され來つた滴定法なるものでは、與へられた儘に於て現存せる C_H (乃至 C_OH') を、確實に測定することは出来ない。なぜかなれば、滴定法では、可檢液の酸度を測定せんとするに當り、已知のアルカリ度(例へば苛性曹達の $1/10$ 定規液)を有つアルカリ液を、可檢液中に滴下して、其の中に未知の酸を、恰度残りなく中和せしめる爲めに要するアルカリ液の量を測り、夫れから酸度を算定するのであるが、斯る方法を行ふと、可檢液中に現存せる H^+ が、アルカリ液の OH^- によつて一部中和せられると、今迄解離して居なかつた酸の分子が、新に解離を起して、 H^+ を遊離する。斯くて可檢液中の H^+ が中和され、ばされるだけ、次から次に、未解離の酸分子が解離して結局全體の酸の分子が、悉く解離しなければならぬ。そこで滴定法では、可檢液の「全酸度」を測定することは出来るけれども、可檢液中に、與へられた儘に現存せる C_H 、即ち厳格な意味に於ける現實の「酸度」を測定することは、到底出来ないものである。そこで現今では、斯る缺點多き滴定法を廢して、直接 C_H 其のものを測定し得べき他の良法が考案されるに至つた。夫れには標示藥法と、濃淡電池法との二がある。次に此の二法の原理を述べる。

標示薬法 此の法では、適当な標示薬を使用して、遊離現存せる水素イオンの濃度を定めるのである。標示薬とは、一定の C_H に逢ふて、變色反應を呈する物質を云ふのである。例へばラクムス（リトマス）の如きは、 $C_H = 3.1 \times 10^{-5}$ 迄の酸度の液では赤色を呈するが、 $C_H = 5 \times 10^{-9}$ のアルカリ液になると、青色に變ずる。それで $C_H = 3.1 \times 10^{-5}$ と $C_H = 5 \times 10^{-9}$ との中間に立つ液では、酸度が減するにつれて、漸次に、赤から青の方に移り行く所の赤と青との中間色を呈するのである。即ち上記兩つの酸度の間が、「變色範囲」である。又フェノールフタレインは、 $C_H = 5 \times 10^{-9}$ 迄は無色であるが、之れより酸度が少しでも減すると、忽ち薄赤色を現はし、酸度が減すること益々大なれば、赤色は愈々濃厚となり、 $C_H = 1 \times 10^{-10}$ になると、赤色は極大の値を取る。即ち C_H が 5×10^{-9} から 1×10^{-10} に至る迄が、フェノールフタレインの「變色範囲」である。

斯く各種の標示薬に就て、豫め其の性状を審にして置いて、可檢液の酸度が、恰度變色範囲にある様な標示薬を選定し、可檢液の10ccを試験管に入れたものゝ中に、この標示薬を二三滴加へて現色せしめる。次に數本の試験管を取り、各管に C_H の値が、少許の差を保ちつゝ序列を造つて

居る所の既知の C_H の値を有する「標準液」の各10ccを入れ、夫れに、同一標示薬を二三滴加へて現色反應を起させ、夫れを C_H 値が未知である可檢液の色と比較して、可檢液の色と、最も近似せる色を現はせる標準液の C_H を以て、可檢液の C_H の値とするのである。

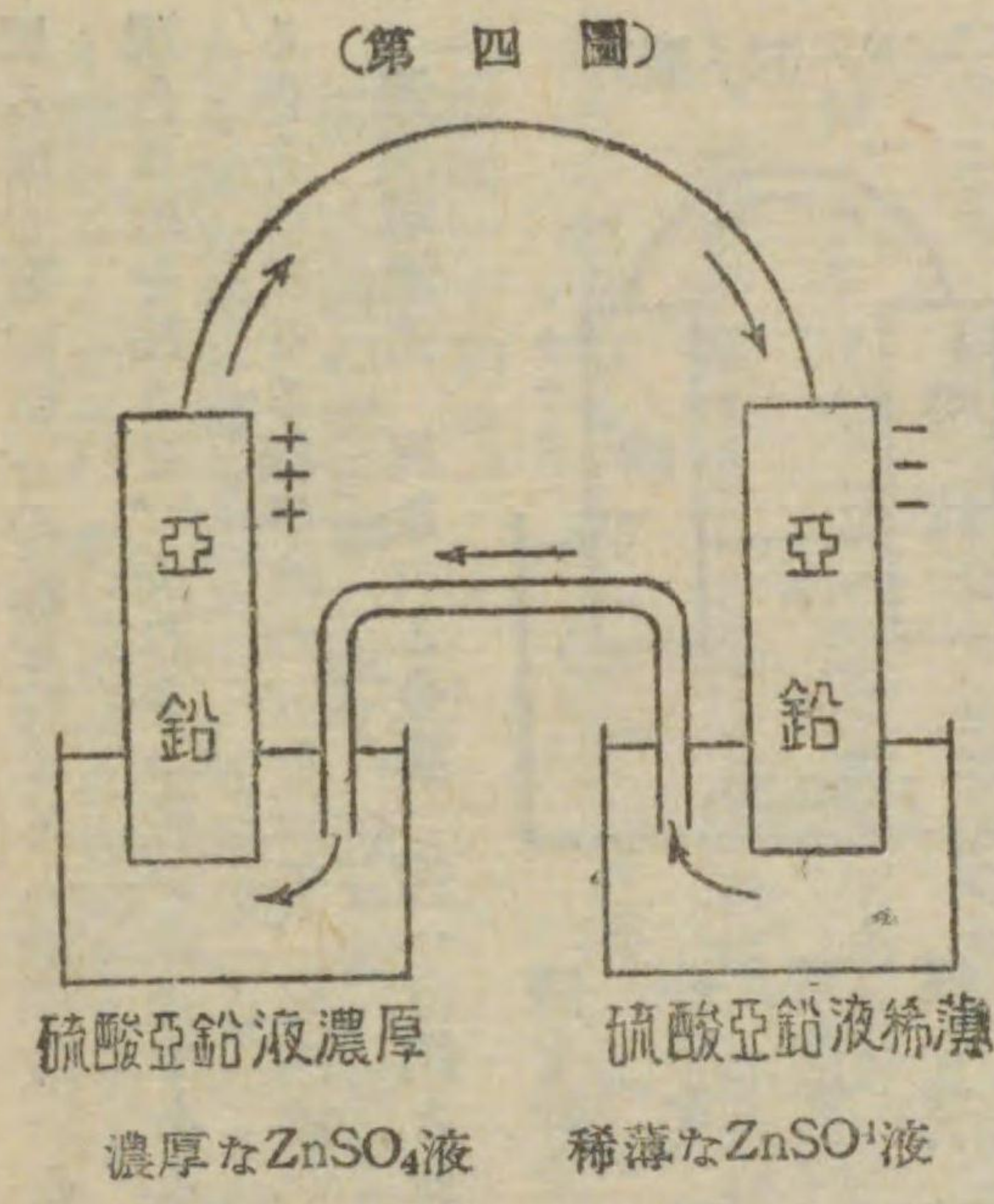
濃淡電池法



異なる金属、例へば銅と亜鉛とを、同一溶液例へば稀硫酸に浸し、其の兩金属間を針金で接続すると、針金の中を、銅から亜鉛に向ひ、液の中を、亜鉛から銅に向つて流れる所の電流を發生して、簡単な電池が出来ることは、周知の事實である。是れは亜鉛と銅とで、硫酸に溶解する程度、即ちネルンストの所謂「溶解張力」なるものが違ひ、亜鉛は、銅よりも、より容易く硫

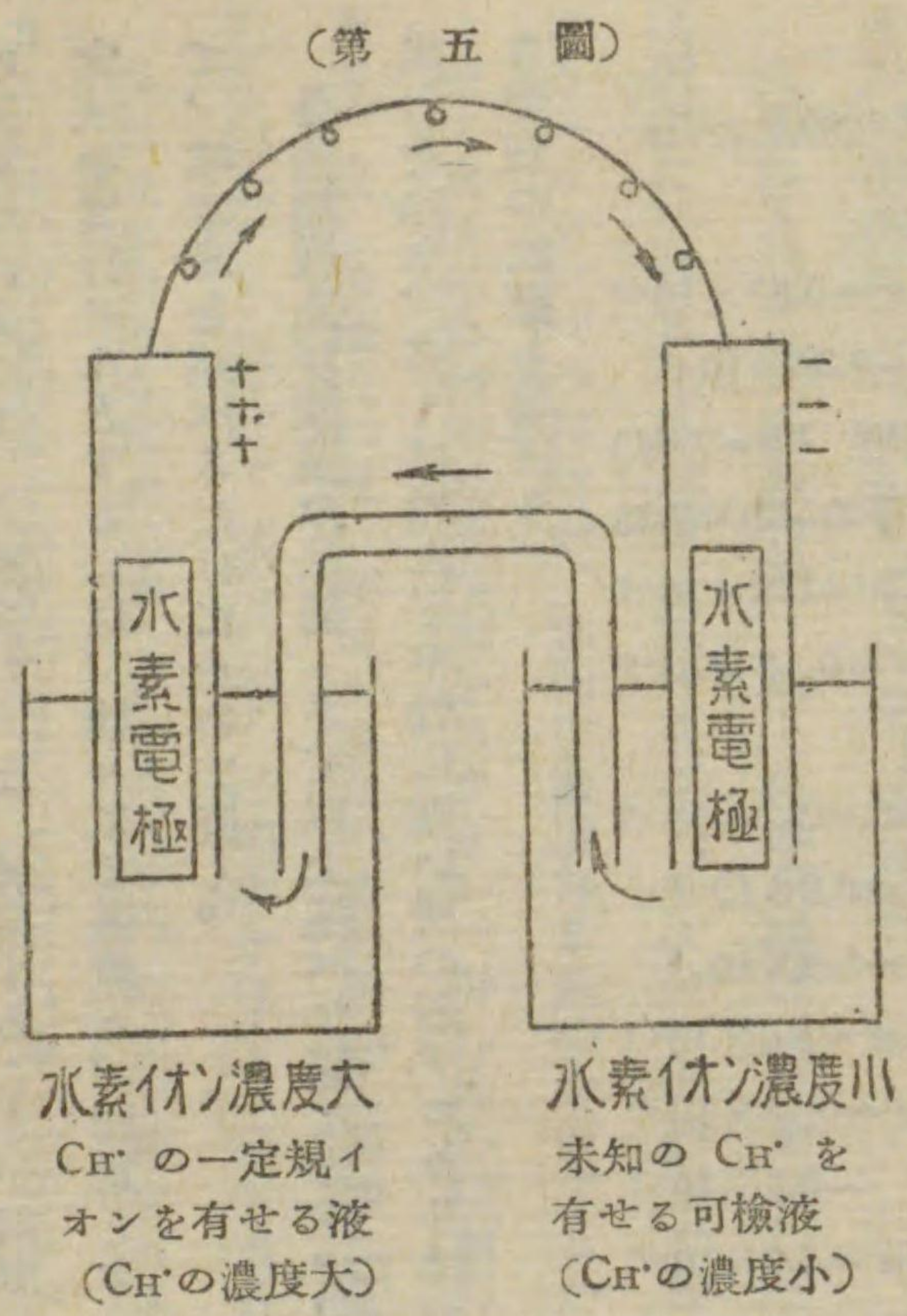
酸に溶けるため、 Zn^{++} なるカチオンは、 Cu^{++} なるカチオンよりも、餘計に液中に送り出されるから、亜鉛板は、銅板よりも、陽電氣を失ふことが多く、随つて亜鉛は(+)となり、銅は亜鉛に比すれば(-)となる結果である。

そこで、同様の理由から、同一の二枚の金属、例へば亜鉛板を取り、之れを Zn^{++} の濃度を異にせ



る二つの溶液内に一枚宛浸して見ると、此の二枚の亜鉛板に電位の差を生じ、 Zn^{2+} の濃度小なる液に浸せる亜鉛は、他に比して、より容易く溶け、 Zn^{2+} を送り出すこと多き故に(+)となり、之に反して、 Zn^{2+} の濃度大なる方の液に浸した亜鉛は(-)となり、其の間を針金で連結すると、電流が流れる。斯くて一種の電池が出来るが、其の電池は、同一金属が、該金属イオンの濃度を異にせる二液に浸されることによつて、電流を発生するのであるから、之れを「濃淡電池」と云ふのである。

濃淡電池の出来る理由も、前述の如く、二金属の溶解度を異にする結果である。即ち同一の亜鉛でも夫れが Zn^{2+} のカチオンを餘計に有つ液に觸れて居る時よりも、 Zn^{2+} の濃度の小なる液に觸れて居る時の方がより容易く Zn^{2+} を送り出して溶解する。換言すれば、その溶解張力が大である。随つて陽の電氣を失ふことが大である爲に、自己は陰極となり、之に反して



規イオン液)を有つ液中加入れ、他の一つの水素電極を、未知の C_H を有つ可検液中に入れて、其

の Zn^{2+} 濃度大なる液に浸された亜鉛板は、溶解張力が小さく、陽電氣を失ふことが、前者に比して少ないから、陽極の位地に立ち、此の兩者の間に電位の差を生ずるのである。

夫れと同じ理によつて、 C_H の値を異にせる二つの溶液中に、水素瓦斯を飽和せる白金板、即ち所謂「水素電極」を浸すと、 C_H の濃度

大なるものに浸せる水素電極は(+)となり、之れに反して、 C_H の濃度小なる液に浸せる水素電極は(-)となつて、電位の差を生じ、其の間に電流が発生する。そして其の電位の差の値は勿論二つの水素電極を浸せる液の C_H の差に正比例する。そこで一方の水素電極を一定の已知の C_H (例へば H^+ の一定

の二つの水素電極間に成り立つ電位の値を、適當な方法で測定すれば、其値を基礎として、一定の計算法によつて、可檢液のPHを、算定することが出来るのである。以上の原理に基いて、PH測定法を實行せんとするには、種々なる装置と、注意とを必要とするが、夫れは茲では一切省略して、唯原理を述べるだけに止めて置く。

各種組織及び體液の反應 さて以上述べた様な方法で、生活體の反應を調べて見ると、特別な場合を除き、多くは殆んど中性に近い所の弱アルカリ性であることが分る。第十五表に、主要なる體液の反應を掲げる。

(血液)	
動脈血	$C_{H^+}=0.27 \times 10^{-7}$ -0.36×10^{-7} (平均 Ph=7.44)
靜脈血	平均 Ph=7.35
血清	$C_{H^+}=0.8 \times 10^{-7}$
淋巴	$C_{H^+}=0.15 \times 10^{-7}$
(消化液)	
胃液(大人)	$C_{H^+}=1.7 \times 10^{-2}$
胰液	$C_{H^+}=0.2 \times 10^{-8}$ -5.0×10^{-8}
膽液	$C_{H^+}=5.0 \times 10^{-8}$
膽汁	$C_{H^+}=0.13 \times 10^{-7}$ -0.3×10^{-7}
唾液	$C_{H^+}=1.0 \times 10^{-7}$
乳汁	$C_{H^+}=1.0 \times 10^{-7}$
尿糞	平均 $C_{H^+}=1.0 \times 10^{-6}$ $C_{H^+}=1.0 \times 10^{-8}$

一般に新鮮なる各種組織の水抽出液では、 $C_{H^+}=1.7 \times 10^{-7}$ — 1.0×10^{-7} である。死後時を經過すると共に、酸が出来るから、組織の酸度が高まる。筋肉の如きは勞働時には、分解によつて酸が生成するから、靜止時に比して、酸度が高まる。蛙筋では、靜止時には $C_{H^+}=3.7 \times 10^{-6}$ であるが、勞働時には $C_{H^+}=1.4 \times 10^{-7}$ となる。

生活體と「イオン」の作用 斯く化學反應は「イオン」と密接な關係を有するもので、隨つて生活體內に於ける化學反應に於ても亦「イオン」の作用を檢することが大切である。今生活體に於ける「イオン」の作用が、如何に重要な意味を有するかに就いて、二三の例を擧げて見よう。

總て水銀化合物は殺菌作用を呈するが、併し其の殺菌力は、水銀化合物の種類に依つて強弱がある。最も殺菌力の強い物は、水銀の鹽化物即ち昇汞 $HgCl_2$ で、之れに次ぐのは $HgBr_2$ 、 $Hg(CNS)_2$ 、 HgI_2 、 $Hg(CN)_2$ の順序をなすものである。

是れは如何なる理由に基づくかと云ふに、殺菌作用を行ふ物は、是等水銀化合物の分子其の物でなくして、化合物分子の解離によつて出される「イオン」に外ならないからである。即ち何れの水銀化合物からも出る共通の Hg 「イオン」が、此の際大切な作用を営むのである。然るに是等種

々の水銀化合物に就いて、其の解離度即ち分子が「イオン」に分解すべき程度の大小を計つて見ると、 HgCl_2 は最も強 HgBr_2 、 $\text{Hg}(\text{CNS})_2$ 、 HgI_2 が順次之れに次ぎ、 $\text{Hg}(\text{CN})_2$ が最も弱 Hg 。随つて殺菌作用は、其の解離度の序列に従つて強弱を示すのである。又た水銀化合物であつても毫も殺菌作用を示さないものがある。例へば、 $\text{Hg} \left\langle \begin{array}{c} \text{S} \\ \text{---} \\ \text{S} \end{array} \right\rangle \text{So}_2\text{K}$ (Kaliumquecksilber thiosulfat) の如きものは、「イオン」に分れる際、二個のKなる「カチオン」と一個の $\text{Hg} \left\langle \begin{array}{c} \text{S} \\ \text{---} \\ \text{S} \end{array} \right\rangle \text{So}_2$ なる二價の「アニオン」とに分れる。随つて、毫も遊離せるHg「イオン」を生じない、故に殺菌力を表はさないのである。

獨り殺菌作用の問題ばかりでなく、あらゆる生活體の化學反應には、イオンが關與して居るのである。随つて大切なイオンが缺乏するときは、生活現象は、非常なる故障を受ける。例へば蛙の筋肉を取り、之を蛙の血液と滲透壓を等する蔗糖液の中に、暫次入れて見ると、直ちに其の興奮性が減退し、後には全然刺激に應じなくなる。是れは大切なNaイオンの缺乏する結果である。其の證據には、蔗糖液の中に入れて麻痺した筋肉を、生理的食鹽水の中に移すと、速かに興奮性が恢復する。又イオンの存在する量的關係が、大切な意義を有つもので、たとひ必要なイオンでも、夫れが、餘りに過剰にあると、却つて害を及ぼすものである。

各種イオンの生理作用 今、生活體に對して大切な意味を有つ所の、主なるイオンの生理作用を見るに、 Na^+ は、組織液中に最も多量にあるものであるが、而かも細胞原形質内には、比較的小量にしか存在して居ない。 Na^+ は原形質に對して、さしたる烈しい働を及ぼさない物であるから、組織液中に多量の Na^+ 鹽があることは、専ら之れによつて、組織液をして、適當な滲透壓を保たしめることに役立つのであらうと主張する學者もあるが、併し、其の説の誤れることは、前述の如く、血液と等滲壓の蔗糖液を以て、生理的食鹽水を代用することが出来ない事實に照らしても明らかである。このことは、神經の興奮性に關しても、同様に確められた事實である。恐く Na^+ は、生活體の興奮性を支持する所の、基本的條件をなすものであらうと考へられるのである。

Kイオンは、一般に、神經末梢や、心筋・骨格筋等を麻痺させる。Kイオンが缺乏すると、心臟を抑制すべき働ある迷走神經(副交感神經)を刺激しても、其の抑制作用が無効となる。然るに平滑筋に對しては、Kは興奮作用を及ぼす。又一般新陳代謝に對しては、Kは Na^+ と同様に、之を高める働がある。

Ca⁺⁺イオンは多くの二價のカチオンが、細胞に對して烈しい毒性を有つて居るに反して、比較的其の働が緩やかである。後に述べるやうに、一價のカチオンと二價のカチオンとは、其の生理作用が相反するものであるが、特にK⁺とCa⁺⁺とに於けるこの反對作用は、注目すべきものである。Ca⁺⁺は心筋の興奮に缺くべからざるものである。又神経と神経との接觸、或は神経と筋肉との連絡はCa⁺⁺ある時、始めて緊密に保たれるもので、隨つて夫れを通じて興奮が傳播する爲には、Ca⁺⁺イオンの存在を必要とする。そこでCa⁺⁺が缺乏すると、神経系の反射作用が減退する。又アミーバや、白血球の運動、水母の律動的收縮等も、Ca⁺⁺ある時は促進される。Ca⁺⁺は斯く一般に、筋肉神経の興奮に缺くべからざるものがあるが、其の濃度が高くなると、之れを鎮靜する作用がある。且つ一般新陳代謝に對してCa⁺⁺は之を低める働がある。Ca⁺⁺の此等の性質が、治療上屢々神経筋肉の鎮靜を期する爲めに應用されるのである。

Mg⁺⁺は一般に神経筋肉に對して麻痺作用を表はすものである。隨つて少量のMg鹽を、靜脈内に注射しても、呼吸中樞の麻痺を起して、死を起すことがある。Mg⁺⁺と共に、Ca⁺⁺イオンがあると、此の害を防ぐことが出来る。

アニオンも亦、大切な働をする。一般にカチオンの有つ(+)の電氣量と、アニオンの有つ(-)の電氣量とが、良き釣合を保つことが生活現象の成立に必要なものである。

アニオンの中、血液や組織内に最も多いのは、Cl⁻イオンであるが、このものは、一般生活機能に缺くべからざるものである。次にHCO₃⁻なるアニオンは、平滑筋の運動に對して、又PO₄⁻なるアニオンは、心臓の運動に對して、NO₃⁻なるアニオンは、植物の生長に對して重要な意義を有つて居る。

H⁺及びOH⁻イオンの生理作用 各イオンの中、H⁺イオン及びOH⁻イオンの生理作用は、特に注目し値する。一般にH⁺イオンの働によつては、膠質は膨化性を増し、OH⁻イオンによつては、膨化性を減じて凝縮に傾くものである。あらゆる生活機能は、溶液の反應即ちH⁺イオン乃至OH⁻イオンの濃度の如何によつて、著しく影響されるものであつて、ヘンダーソンによればPH=7.3-7.5が、一般に生活體に取つて、最適度の酸度であり、PH=7.0-7.8が耐へ得る反應の範圍である。蛙の心臓の如きは、PH=7.7-8.0が最適で、PH=6.5となれば、著しく衰弱し、PH=6.0となれば全然停止する。

凡て生活體の化學反應は、後條に於て述べる様に、酵素によつて促進されて活潑に行はれる者

であるが、この生活作用の發現に重大な關係をもつ酵素の働きは、 H^+ イオンの適當な濃度に於て始めて十分に行はれるのである。此點から考へても、各種細胞組織の生理作用が、 H^+ イオン濃度によつて著しく影響されることは、怪むに足りないものである。血液中の C_{H^+} が少しく變化しても、忽ち各般の生理作用に變化が起る。一般に神経細胞は、 C_{H^+} の變化に對して過敏であるが、就中呼吸中樞は最も敏感であつて、炭酸が餘計に出來て、之れが血中に滯つたり、或は酸素不足の爲に乳酸等が発生する結果として、少しでも血中の C_{H^+} が増せば、直ちに興奮が高まつて、呼吸作用を増進し、之れによつて炭酸を排除し、酸素を補給し、血液の酸度を正常状態にもどさんとする。之に反して、血中の C_{H^+} が餘り減少すると、呼吸中樞の興奮が減退して、無呼吸の状態を示すのである。

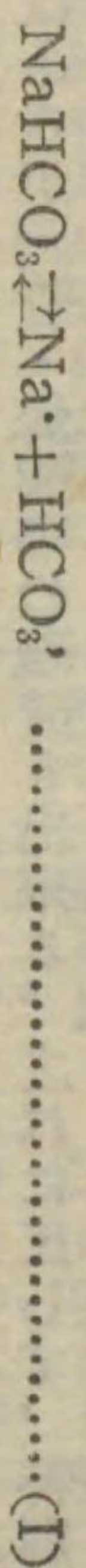
その他、筋肉・心臓・腸胃の運動や、白血球及び細胞の運動等も、 C_{H^+} の濃度が一定の値を有つ時、最もよく行はれ（最適濃度）夫れより上下すると、何れも不利に陥り、甚しきに至れば、其の機能を停止するのである。又或る程度迄 H^+ が減じて OH^+ が増加すれば、酸化作用を促進して、各般の生理作用が増進するが、過度にアルカリ性が強くなると、勿論生活作用に故障を起すのである。

又 H^+ は、細胞體の透過性を高め、 OH^+ は之を低くする働がある。

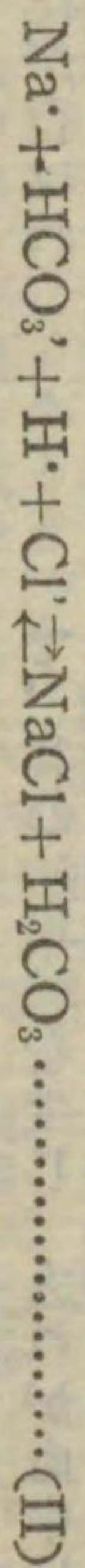
生活體に於ける酸度アルカリ度の調節（緩衝物） 上述の如く、生活體は、 C_{H^+} 乃至 CH^+ の變化に對しては、甚だ敏感であつて、其の變動は、常に生活機能の安定を脅すものであるから、生活體は出来るだけ PH の變動を調節して、生活の安定を維持せんとするのである。此點に於て殊に大切であるのは、あらゆる組織細胞と交渉を保ちつゝある血液の PH の調節である。元來動物體では、絶えず分解酸化が行はれつゝあるもので、其の結果酸を生じ、之れが血中に入つて、その酸度を高めんとする傾向がある。新陳代謝の結果最も多く出來るものは炭酸である。炭酸は弱酸ではあるが、其の出來る量が多いから、酸度を高める上に有力である。又乳酸・牛酪酸等の如き有機酸、及び少量ではあるが硫酸・磷酸等の礦酸も出來る。之れに反して、特別な事情の下には、血液のアルカリ度を高めんとすることも起つて來る。斯る場合には、よく之を調節して、血液の PH の値を一定に保たんが爲に、如何なる手段が講ぜられて居るかを見ると、先づ第一には、血液中にある一定の化合物が、其の爲に役立て居る。此等の化合物は、弱酸乃至は弱アルカリとしての性質を有つもので、酸が血中に入り來つて、 H^+ が増さんとする、其の H^+ を取つて之れと結び付き、ア

ルカリの爲に OH^- が多くなるとすると、其の OH^- を取つて之れと結合して、 C_H 及び C_OH の變化を起させない様にするのである。斯くて血液の反應の變動を緩和せんとするのであるから、此等の物質を「緩衝物」Puffer (獨) Buffer (英) と呼ぶことになつた。

血中の緩衝物としては、先づ重炭酸曹達 NaHCO_3 を挙げなければならぬ。



重炭酸曹達は、(I) 式の如くイオンに解離するものであるが、そこへ例へば鹽酸の如きものが來ると、



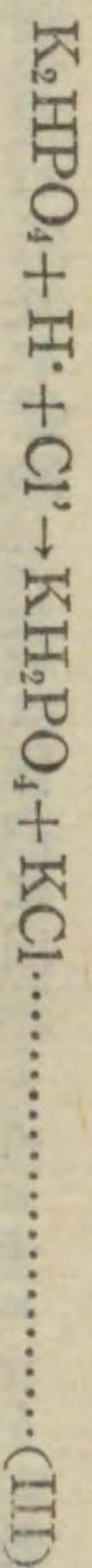
(II) 式に示す如き反應によつて、鹽酸からの H^+ が、 HCO_3^- なるアニオンに取られて H_2CO_3 となる、而かも斯くして出來た H_2CO_3 は、弱酸で、解離度が甚だ少いから、殆んど H^+ を出すことがなく、又一面に於て、 H_2CO_3 は、血液が肺を通過しつゝある間に、 $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ となつて、その CO_2 が排泄される。斯くて血液中に HCl が入り來つても、重炭酸曹達が十分にあると、 C_H が高まらずに濟む。斯くて重炭酸曹達は、血中に入り入る酸を調節する爲に貯へられて居るアル

カリ鹽類であるから、之に「豫備アルカリ」Reserve Alkali なる名を與へるに至つた。

炭酸鹽類よりも量は遙に少いが、併し第二の豫備アルカリとして、PH 調節作用に與かるものは

磷酸鹽類である。第一次磷酸鹽類例へば KH_2PO_4 の如き物は、弱酸性であり、第二次磷酸鹽、例

へば K_2HPO_4 は、弱アルカリ性である。今強酸例へば HCl が血中に入り來ると、第二次磷酸鹽が緩衝物として働かす。



III 式に示す反應によつて、鹽酸の解離によつて出來る所の H^+ を取つて、第一次(酸性)磷酸鹽となり、 C_H の増加することを防ぐ。そして其際出來た酸性磷酸鹽は、腎臟から、尿の成分として外に捨てられる。若し又アルカリ例へば KOH が血中に這入ると IV 式の反應によつて、第一次磷酸鹽が緩衝の任に當る。



次に血中にある第三の緩衝物は、その蛋白質である。蓋し蛋白質は、各種アミノ酸が集まつて出來て居るものであり、其のアミノ酸のアミノ基 NH_2 は、アルカリとして働いて、酸が血中に入り

來ると、そのH⁺を取つて之れと結び付き、之に反して、アミノ酸の酸根は、アルカリが血中に増す時、そのOH⁻を捉へてアリカリ度の増加せぬ様にする。

斯く種々の緩衝物がある爲めに、血液は、酸乃至アルカリが加はる時に、之に抵抗して、PHの變動を來さない様にする力が、蒸溜水に比して遙に大であつて、酸では、蒸溜水に比して三百二十倍、アルカリでは四十倍乃至五十倍の多量を加へる時、始めて蒸溜水に見ると同一程度のPHを示すに至ると云はれて居る。

尙ほ以上の緩衝物による中和作用の外、肺臓・腎臓・肝臓等の働によつて、PHの變化を惹起せんとする過剰不利の成分を排除し、或は體內に出来るアンモニヤを利用して、酸の中和作用を行ひ、PHの安定性を保持せんとするのである。

第八節 イオンの生理作用

イオンの生理作用の原理 さて生活體に對して、どうして各種のイオンが大切な影響を及ぼすかの原理を尋ねて見ると、畢竟するに夫れは、生命を荷へる主要なる物質が膠質であり、そして

此の膠質の状態は、荷電物たるイオンによつて、著しく影響されるものであることに歸著する。

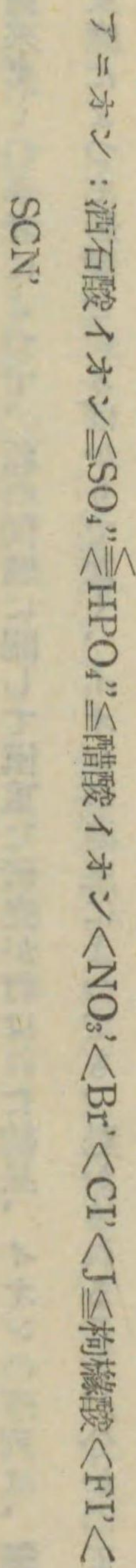
イオンが膠質に影響するに當つて、次の三つのことが問題になる。第一はイオンの荷電が(+)であるか(-)であるかの問題である。若しイオンの働を受くべき膠質が、(-)の荷電をして居ると、(+)の荷電をせるカチオンが、當該膠質の(-)の荷電を中和して、状態變化を起さすことに直接働くのである。之に反して、膠質が(+)の電氣を荷つて居るときには、(-)の荷電をなせるアニオンが、状態變化の直接の産婆役をする。そこで膠質の荷電と反對の荷電をなせるイオンを、「働的イオン」と呼ぶのである。そして此の事實を組織的に研究した最初の人、ハーデーであつたから、「ハーデー氏法則」と唱へるのである。

第二には、單に荷電の性質のみならず、其の數量が問題になる。働的イオンが、一價である時よりも、二價である時には働が強く、又た二價である時よりも、三價である時が、より有效に膠質の状態變化を惹き起さすものである。これを「シユルツエ氏法則」と呼ぶのである。

第三には、荷電の性質及び數量と云ふ理學的關係を超越して、イオンの化學的性質が問題になる。等しく一價のカチオンであつても、Na⁺なるか、K⁺なるか、Li⁺なるかによつて、膠質に對して

蓋し沈澱性なるものは、溶解せる物質と、溶液とを引き離して、その親和を妨害するものであるから、溶液と溶解物とを結び付けて、その親和を高めんとする膨化性とは、正に相反するものである。随つてホーフマイスターの序列に於て、膨化性最も弱い SO_4^{2-} や Li^+ は、沈澱性最も強く、これに反して膨化性の最も強き SCN^- 、 NH_4^+ の如きものは、沈澱性が最も弱い。斯くて蛋白質に對する各種イオンの沈澱力は、確かにホーフマイスターの序列に従ふことが分かる。

次に各種イオンが生理的機能に及ぼす影響を見るに、茲にもホーフマイスター氏序列があてはまる。例へばゲルホルンが各種イオンの、蛙の精蟲の鞭毛（尾）の運動に及ぼす働を見た成績は次の通になる。

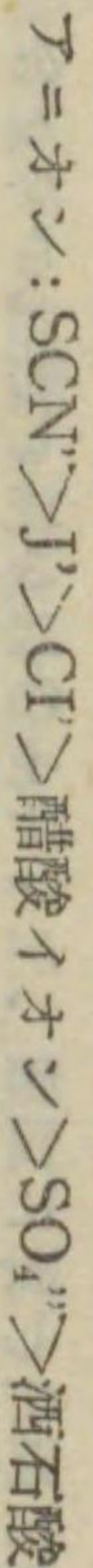
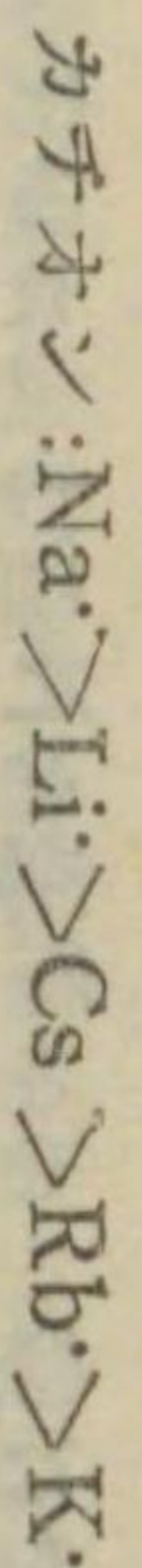


次に蛙筋の興奮性に對する各種カチオンの働を、オーベルトンが研究し、アニオンの働を、シユワルツが研究した成績を見ると、次の通になつて、是れも亦ホーフマイスターの序列に一致し

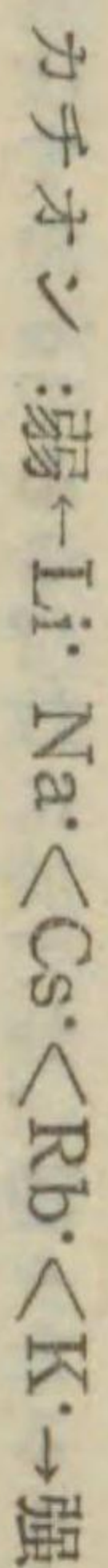
て居る。

興奮性の存続

→興奮性消失



次にホエーベルが、牛の赤血球を、少しく低滲壓を示す液に入れて、溶血を起すことの強弱の序列を見た所が、次の如き結果になつた。



斯等の實驗によつて、ホーフマイスター氏序列は、獨り、構成なく生命なき膠や蛋白質に當て嵌まるのみならず、構成があり、生命を荷つて居る所の蛋白質にも適用されるもので、即ち膠質の通有な理法が、廣く生活體を支配して居ることが首肯されるのである。

生活體の外表にあつて、外界との間に物質の交換を媒介しつゝある膜の透過性も亦、イオンによつて著しく影響を蒙るもので、一般に、膨化性を高めるイオンは、透過性を高め、之に反して

凝縮性を増すイオンは、透過性を減退せしめる。

多数イオンの聯合作用 生活せる細胞に、直接接觸せる組織液（血液淋巴）や、海水等の如きものを見ると、多種の鹽類を溶かして居り、随つて其の中には種々なるイオンがあるものであるが、是れは決して偶然でなく、大切な意義を有つて居るのである。蓋し如何なる種類のイオンでも、唯單一なイオンを有つ溶液内では生活現象は成立しないのである。なぜかなれば、單一なイオンのみであると、當該イオンの働きのみが餘りに偏重して、細胞原形質に變状を起させて、害を及ぼすからである。茲に於てか、種々なるイオンが同時に存在して居て、その聯合作用が、生命に取つて大切な問題となるのである。

已述の如く、イオンの生活體に作用する原基をなすものは、イオンの膠質に對する影響であるのであるから、若し或る二のイオンが、膠質に對して互に反對せる影響を及ぼし、例へば一は之を膨化させ、一は之を凝縮させる様なものであると、其の生理作用も亦、互に相反對することになる。斯る場合、之を「イオンの拮抗作用」と云ふのである。一般に一價のカチオンと、二價乃至多價のカチオンとは、其の生理作用が拮抗し、又同じく一價のカチオンの間にも、拮抗作用が

見られるのである。一般に前記ホーフマイスター氏序列に於て、兩極端に位せるイオンは、膠質に對する影響が著しく相反對せるもので、随つて互に拮抗作用をなすものである。そして此の拮抗作用あるが爲に、各種イオンの作用が、宜しき釣合を保ち、何れにも偏重しない時に、生活機能が故障なく進展するのである。

イオンの拮抗作用 蛙の心臓を取り、生理的食鹽水（0.9%）を入れた「ビーカー」中に入れると、其の運動はよく行はれるが、之れに極めて微量の、鹽化加里 KCl を加へると、暫時にして其の心臓は、擴張せる状態に於て運動を停止する。此の停止せる心臓を取り、生理的食鹽水に少量の鹽化石灰 $CaCl_2$ を加へた溶液に移すと、暫時にして心臓は再び運動を開始するのである。是れは、如何なる理由に依るかと云ふに、生理的食鹽水に、微量の鹽化加里を加へた時には、 Na^+ 及び Cl^- なる「イオン」の外に、 K^+ なるイオンを有するのである。随つて、其の溶液中に於て、心臓が擴張状態に於て、運動を停止するのは、 K^+ の心筋に對する作用に外ならないのである。次に、食鹽水中に微量の $CaCl_2$ を加へたる溶液の特徴は、 Na^+ 及び Cl^- の外に、 Ca^{++} なるカチオンを有することである。そこで、其の溶液中に於いて、 K^+ のために一旦運動を停止した心臓が再び運動を開始するの

は、此のCa⁺なる二價の「カチオン」の作用でなければならぬ。換言すればK⁺の有害作用はCa⁺に依つて打ち消されるのである。

今又心臓を取り、初めに生理的食鹽水中に、微量の鹽化「カルシウム」を加へたる者の内に置くと、暫時の後に心臓は收縮状態を取つて運動を停止する。其の際、該心臓を取つて、之れを微量の鹽化「カリウム」を含んだ生理的食鹽水に移すと、心臓は再び運動を開始する。此の實驗に依つて、Ca⁺の有毒性は、K⁺なる「イオン」に依つて消毒されることを知るのである。

種々なる「イオン」は、かく生活體に對して、相互に反對の作用を及ぼすもので、之れをイオンの拮抗作用と云ふのである。そして其の原理は、前に述べた通である。

ロイプの實驗 亞米利加のロイプは此の問題に關する次の有益なる實驗をした。

海水中に住する魚類を淡水中に入れると、短時間にして其の生命を絶つことは周知の事實である。海水に棲む魚の卵を取つて淡水中に置くと、死滅して孵化しない。是れは如何なる理由に因るかと思ふに、一見すると海水と淡水との滲透壓の著しき相違に因るやうに見えるが、實はさうではない。何となれば純食鹽のみを以て海水と等壓の溶液を作り、之れに海の魚又は卵を入れて

見ると、短時間で死亡し、そして其の死亡する迄の時間は、淡水に入れた時よりも却つて早いのである。即ち滲透壓の變化が原因をなすのではないことは明かである。ロイプは海水と等壓の食鹽水中に、少量のCa鹽やBa鹽やMg鹽等を加へると、生物はよく其の中に生存することが出来ることを見た。

ロイプの意見に依ると、「イオン」の拮抗性は、其の荷電の價に基くもので、一價の「カチオン」と、二價或は夫れ以上の多價の「カチオン」とは、互に反對せる作用を生活體に及ぼすものである。随つて一價の「カチオン」の毒性は、少量の二價或は多價の「カチオン」に依つて打ち消され、又少量の二價或は多價の「カチオン」の毒性は、比較的多量の一價の「カチオン」を加へることに依つて打ち消されるのである。此の意見には一部の眞理があるが、併し凡てを之れに依つて、律することは出来ない。何となれば、一價の「カチオン」同志例へばNa⁺及びK⁺との間、若しくは二價「カチオン」同志例へばCa⁺とMg⁺との間にも一定度の拮抗性が見られるからである。

リンガールの實驗 今、蛙の心臓に對して試験せられた處に依れば、生理的食鹽水のみを以て之れを灌流すると、數時間を経過すれば、心臓の作用は大に衰弱する。然るに此の生理的食鹽水に

少量の「鹽化カルシウム」・「鹽化カリウム」及び重碳酸曹達を加へると、遙かに長時間心臓の力を維持することが出来る。此のことは英人リンガーが初めて實驗上確めた事實で、リンガーは多數の實驗的成績に徴して、次の如き割合の溶液を以て、理想的のものであることを確めた。是が「リンガー氏液」と呼ばれるものである。

第十六表 リンガー氏液組成分

蛙心臓に對するリンガー氏液	哺乳動物心臓に對するリンガー氏液
NaCl 0.65%	NaCl 0.9%
KCl 0.014%	KCl 0.042%
CaCl ₂ 0.012%	CaCl ₂ 0.024%
NaHCO ₃ 0.02%	NaHCO ₃ 0.02%

ロックはリンガーの液に、0.1%の割合に葡萄糖を加へると、一層成績が良好となることを見た。斯く葡萄糖を加へたものをリンガー、ロック氏液と唱へるのである。斯の如き配合を有する鹽類溶液は、獨り心臓のみならずあらゆる組織、器官の興奮性を最もよく保續し得るのである。

リンガー氏液に於て、Ca⁺⁺は心筋を收縮に傾かしめんとし、K⁺は心筋をして擴張に傾かしめんとし、Na⁺は心筋をして興奮状態にあらしめんとするもので、是等三種の「イオン」の拮抗作用が良き釣り合を保つと、心筋をして長く其の運動を持続せしむるのである。斯くて鹽類の配劑、酸素及び葡萄糖の供給、溫度の調節、無菌的にあらしめること等の適當な注意が拂はれると、剔出した蛙の心臓が、三十日以上も生き存らへて搏動を續けたと云ふ報告もある。

タイロイドの實驗 多くの動植物は、體液中にNa⁺・K⁺・Ca⁺⁺の外、Mg⁺⁺を含んで居る。然るにリンガーロック氏液には、Mg⁺⁺が含まれて居ないのは、一見奇異の感を懐かしめるのである。蓋し心臓の機能には、Mg⁺⁺は必要なのであらう。然るに他の組織細胞に向つては、Mg⁺⁺が大切な意義を有つて

第十七表 マーロー氏液

NaCl 0.8%	NaH ₂ PO ₄ 0.005%
KCl 0.02%	NaHCO ₃ 0.1%
CaCl ₂ 0.02%	葡萄糖 0.1%
MgCl ₂ 0.01%	

居るのである。タイロートの実験に依ると、剔出した猫・家兎等の腸管は、リンガー、ロック氏液中では、温度や酸素供給に注意しても、速に其の運動を停止するのであるが、今此の液の中に、少量のMg鹽を入れると、數時間に互つて活潑に保たれるものである。タイロートは、實驗的に、第十七表の液を以て最も適當なものと斷定して居る。

海水の「イオン」と組織液の「イオン」 海水の中には、無数の生活體が其の生命を享樂して居る。海と云ふ語は、萬物を「産み」と云ふ意義を有つて居ると云ふことが出来る。其の意味に於て、海水は生命の成立に向つて理想的の鹽類溶液であることを、何人も否定することは出来ないのである。そして現代「イオン」學説は、其の然る所以を吾等に教へる。海水は約三・七%に相當する鹽類を有つて居て、其の絶対濃度隨つて其の滲透壓は、高等の生活體の組織液に比して約三倍も高いのであるが、而かも此の兩者の中にある主なる鹽類「イオン」の比例を見ると、少からず一致して居る。又た下級に位せる海住の動物では、已述の如く、其の滲透壓も海水の滲透壓と等しく、鹽類の絶対濃度及び「イオン」相互の比例も、全く海水に一致して居る。第十八表はマッカラムに依つて其の關係を示すべく作られたものである。

第十八表 海水及び體液に於ける各種イオンの割合

	Na	K	Ca	Mg
海	100	3.6	3.9	12.1
水母の組織液	100	5.2	4.1	11.1
鰻魚の血清	100	3.7	4.9	1.7
犬の血清	100	6.9	2.5	0.8

即ち水母の如き下等動物では、鹽類の絶対濃度及び其の比較的濃度が、海水と全然一致して居る。高等動物血液の鹽類の濃度は、約一・二%で、海水の濃度の $\frac{1}{3}$ にしか當らないのであるが、それでもNaの重さを100として、K及びCaの比較的の重さを求めて見ると、Kが多い外、大體に於て海水の夫れに一致して居る。這般の關係は、リンガー氏液に於ても略同様である。

次に比較的の「重さ」でなく、Na・「イオン」の數を100として、K・「イオン」Ca・「イオン」の比數を求めて見ると、海水・高等動物の血液、リンガー氏液は、共にKの數も2、Caの數も2となつて一致を示すのである。又海水を稀釋して、其の滲透壓を血液の滲透壓に等しからしめると、

それは理想的の生理的鹽類溶液として役立つのである。但しMgの濃度だけは、海水では高等動物の組織液よりも遙に高いのである。

斯る事實は、之れを偶然の出來事として看過するに於ては、餘りに重要である。マッカラムは之れに關して次の説を述べて居る。地球發達の歴史に於て、生物が最初海水中に發生したことは十分なる理由を以て推定される。而して太古の海水は、現代の海水に比して、濃度の稀薄であつた事は想像するに難くない。蓋し悠久なる歲月を閲する間に、海の表面から水分が蒸發して、之れが雲となり更に雨となつて地上に落ち、地上の鹽類を溶かして、之を海中に持ち運ぶのであるから、海水が時と共に濃度を増加するのは當然のことである。而して當初海水中に發生し、隨つて其の細胞は海水に順應しつゝあつた生物の中、或る種類のもものは、或る時期に於て、又他の種類のもものは他の時期に於て、海水を見捨てて、或は陸上生活を始め、或は河水に溯つて淡水生活を營むやうになつても、其の生活體の細胞は、それを見捨てた當時の海水に順應しつゝあつたのであるから、假令新しい環境に移り行つても、直接其の細胞を洗ひつゝある組織液は、依然として其の當時の海水と等しい理化學的性状を保つやうにする。そして其のことは、腎臟肺臟の如き

血液の性質を調節すべき器官の發達に依つて實現される。然るに何時迄も海水中に留まつて、且つ腎臟肺臟の如き完全なる調節器官の發達しない下等動物では、時と共に海水が濃厚となるにつれて、細胞も亦其の變化に順應し、斯くて現代の海棲下等動物の組織液は、其の滲透壓の點に於ても、其の鹽類の絶對及び比較の濃度の點に於ても、全く現代の海水に一致するに至つたのである。

太古哺乳動物の祖先が、海水を見捨て陸棲を始めたのは、カンブリアン紀である。即ち現代哺乳動物の血液の濃度、隨つて又其の滲透壓は、カンブリアン紀の海水の、夫れに等しいものである。然らば哺乳動物の血液と、現代海水とに於て、其の鹽類の濃度が甚しく異なるにも關らず、主要なる各種鹽類の比較的分量は相等しく、唯獨りMg鹽類だけは、比例を失して、現代の海水に於て頗る濃厚となつて居る事實を、如何に説明すべきかと云ふに、元來海水の鹽類の由來する所を尋ねて見ると、多くの人の考ふる如く、海水は太初淡水であつて、之れに陸上の鹽類が河水に溶けて持ち運ばれたのではなく、太初から一定の鹽分を有つて居たのである。このことは、河水の鹽分が大部分炭酸鹽類であるに反して、海水の鹽類の大部分は鹽化物・硫化物であることから

見ても明かである。海水の鹽分は、蓋し地球の中心から爆發せる瓦斯に依つて持ち來たされたものと信ぜられて居る。

此の海水中に、河水に依つて鹽類が持ち運ばれるが、其中Ca鹽類は、海水に棲息せる生物の貝殻や、珊瑚礁等を造る爲に大部分消費せられ、溶液として残るものは比較的少い。K鹽類は植物の生育に非常に大切なるもので、植物が頑強に之れを自己体内に攝取せんとするから、地上に植物が繁茂するにつれて、河水に溶け海に運ばれる量は僅少となる。そこで結局Mg鹽類だけが、歲月と共に比率を失して、著しく増加するに至つたものと説明することが出来るのである。

第四章 生活體の化學的成分

第一節 有機化合物と無機化合物

生活體構成の元素 化學の立場より生體の組成を考へて見ると、分析の結果、炭素(C)、水素(H)、酸素(O)、窒素(N)を初めとし、磷(P)、鐵(Fe)、硫黄(S)、ナトリウム(Na)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)、鹽素(Cl)、沃度(J)、硅素(Si)等の元素から出來て居ること、そして此等の元素は、勿論獨り生活にのみ特有な物ではなく、無生物界にも亦廣く分布されて居るもので、唯動物界に在りては、此等の元素が一般に有機物と稱せらるゝ複雑せる化合物の形を取りて存在するに反して、無機界では、比較的簡單なる無機物の状態を取つて存在して居るの相違があるのみであることは、已に述べた通りである。

有機化合物の特色 有機物は一般にCを中心として、夫れに種々なる原子が結び附いて出来る

ものである。C原子は—C—の如く、四つの力を以て、或は—C—C—C—の如く長い鍵の様に

つながり、或は—C—
C=C
C—C—C—
C—
化合物を形も造ることが出来るのである。そして是等
有機物に於て、(一)蛋白質、(二)含水炭素、(三)脂肪

及び類脂體なる三様の主なる物を區別することが出来る。

第二節 蛋白質

蛋白質の特色 蛋白質は有機成分中最も複雑なものであり、且つ苟も生物たる以上、必ず之れを有つて居るもので、最も大切な成分である。此の物は重量百分中、

C	五〇・〇—五五・〇% (約 $\frac{1}{2}$)
H	六・五—七・三% (約 $\frac{1}{15}$)
N	一五・〇—一六・七% 平均一六・〇% (約 $\frac{1}{6}$)
O	一九・〇—二四・〇% (約 $\frac{1}{5}$)

S	〇・三—一・四%
P	一・〇%以下

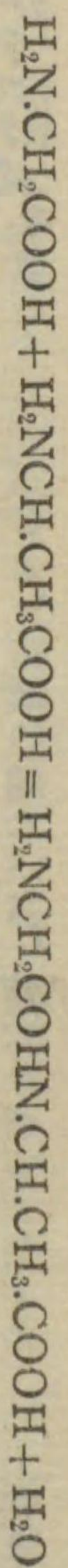
CHONの四元原素は、どの蛋白質にもある。Sは多くの蛋白質が有つて居るが、P Feは極めて少數の蛋白質に見られるのみである。CHOは含水炭素や脂肪にもあるが、Nを有つて居ることとは蛋白質の特色で、他の有機物たる脂肪及び含水炭素には、窒素が含まれない。それであるから、體内に於ける新陳代謝の結果として、體外に排出される物の中、窒素を含んだ成分は、殆んど皆體内蛋白質の分解に依つて出来た物であり、且つ此等含窒素性排泄物は、殆んど皆尿中に現れ来る者であるから、一定時間内に造られた尿を集め、其の中にある窒素の全量を測定し、そして蛋白質の有つNの平均價は一六%であるから、之れに $\frac{100}{16}$ 即ち六・二五を乗ずれば、該時間内に於て、幾何の體蛋白質が分解されたかが明かになる。尙ほ又斯様にして分解された體蛋白質を、完全に補給する爲には、必ずや窒素を含有せる蛋白質の一定量を、食物として攝取せねばならぬのである。されば理論上、CHON等、有用な諸元素を悉く有つ蛋白質は、有機成分を代表して居るもので、之れに水や鹽類を加へて、よく榮養を營むことが出来るが、含水炭素や脂肪だ

けでは、如何に多量に之れを取るも、窒素の缺乏の爲、到底生命を維持することは出来ない、蛋白質は此等の點に於て、他の二つの有機物に對して、優越せる地位を占めて居るのである。

蛋白質分子の構成 蛋白質に於て、炭・酸・水・窒等の諸元素が、如何なる數と、如何なる排列を取つて居るか、換言すれば、蛋白質分子の化學的構成を知ることが、生物化學に於て最も大切であるが、併し是は非常に困難なことである。何故かなれば、第一に、蛋白質は一般に結晶しない物で、隨つて純粹に之れを分ち出すことが頗る六ヶ敷いのと、第二には、蛋白質は吾人の知つて居る化合物中、最も複雑せる者であるからである。蛋白質分子の構造が、如何に驚くべく複雑な者であるかは、次に示す如く、結晶をなし、隨つて純粹なる形に於て元素分析を施すことが出來た蛋白質の分子式を見ても明かである。近時犬に就いて、その血球の成分で、血液に紅色を賦與せる色素なる者に就いて $C_{758}H_{1903}N_{95}O_{213}S_2Fe$ なる成績を得た。隨つて其の分子量は一六六六九となる。馬の色素の結晶では、 $C_{712}H_{1800}N_{91}O_{255}Fe_2S_2$ なる成績が報告されて居る。一般に蛋白質の分子量は一五〇〇〇—一六〇〇〇であらうと云はれて居る。蛋白質は斯く複雑な構造を取つて居るのであるから、今試みに種々なる無機物の分子を、賤が伏屋に例ふれば、蛋白質の分

子は、實に雲表に聳ゆる堂々たる大宮殿が、幾百の室、幾千の房から成れるに比すべきである。

さて斯様な大建築物の構成を明かにしようと思へば、之れを組み立てて居る房や室に分けて、其の結び付き方を研究せねばならぬと同じ様に、蛋白質分子の構成を知るにも、先づ此の大分子を組み立てて居る所の通有の成分に解いて見る必要がある。そこで蛋白質を酸や「アルカリ」で煮たり、或は消化作用を行ふ酵素を働かしたりして、其の分解産物を調べて見ると、常に其中に種々なる「アミノ酸」が見附かるのである。「アミノ酸」とは、種々なる脂酸分子の中の、水素原子の代りに、一個若しくは數個の「アミノ」根 NH_2 が入れ換つて出來た者である。そして是等種々なる「アミノ酸」分子は、二個若しくは夫れ以上相寄つて、水の分子を失ふことに依つて互に結合して、容易く大なる分子を形成する性質を有つのである。そして斯くして出來た大なる分子を、一般に「ペプチーデ」Peptide と云ふのである。例へば、「アミノ醋酸」即ち「グリシン」なる分子と、「アミノプロピオン酸」即ち「アラニン」なる分子とが相寄つて、一分子の水を失つて、「グリシールアラニン」なる一種の「ペプチーデ」を形成する如きは、最も簡單な一例である。



グリシン

アラニン

グリシールアラニン

此例の如きは、單に二個の「アミノ酸」分子が結び附いて、一個の「ペプチデー」分子を造つたのみであるが、最近の研究に依ると、同じ原理を應用して、三個四個より進んで十四個の種々な「アミノ酸」を結び附けて、非常に複雑せる化合物を、人工的に合成することが出來た。斯様な物を「ポリペプチデー」と稱へ、其の性質を調べて見ると、種々の點に於て、よく天然に生物界に來たる蛋白質と類似するのである。して見ると蛋白質なる物は、畢竟複雑せる一種の「ポリペプチデー」に外ならぬ物であつて、そして其の人工的合成は、決して望なき者ではなく、化學の進歩に依つて、吾人は現に其の道程に立ちつゝありと斷言することが出来る。昔ゲーテは其の不朽の名著たる「ファウスト」に於て、藥品の働に依つて、レトルトの中に、ホムンクルスなる侏儒を造つたことを述べて居る。是は固より詩人の空想的産物に過ぎないのである。併し現代の科學者は、上述の理法を根據として、少くとも生體成分人造の希望を起すことが出來たのである。そして化學に於ける此の大なる進歩は、生物化學の泰斗たる、エミール フィッシャーの功績に歸

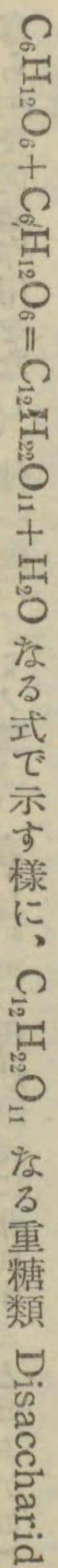
せなければならぬ。

蛋白質が斯く各種のアミノ酸から合成されて居ることは、其のアミノ酸の種類や、數や、配列の關係から、蛋白質に色々の性状を帶ばしめる土臺をなすものであつて、隨つて最近では、各種アミノ酸の生物學的性状の研究が、熱心に行はれる様になつた。例へば、或る種のアミノ酸は、専ら生長促進作用をなし、他の種のアミノ酸は、専ら體重の現状維持に關與すると云ふが如き關係が見られる。又た人體の蛋白質を補給し、或は生長せしむる爲には、人體蛋白質の構成に與かる所のアミノ酸と、同様のアミノ酸を有てる蛋白質の方が、然らざる者に較らべて、値が高い譯である。隨つて同じ、一〇〇瓦の蛋白質でも、其の構成に與かるアミノ酸の性状の如何に従つて、人體營養價に相當著しい相違を示すものである。一般に各種蛋白質の一〇〇瓦が、幾瓦の人體蛋白質に成り變り得るかの値を計測して、この値を「蛋白質の生物値」Biologische Wertigkeit des Eiweisskörpers と呼ぶことになつて居る。一般に動物性蛋白質の方が、植物性蛋白質よりも生物値が高い。但し日本人の主食品たる米の蛋白質が、例外的に高い生物値を示して居るのは、誠に意を強うするに足るものがある。

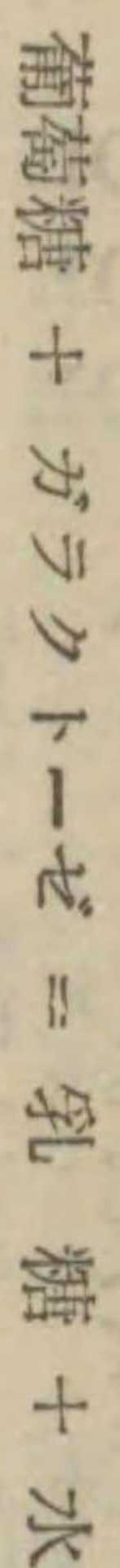
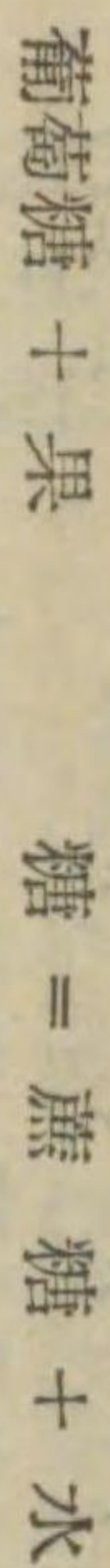
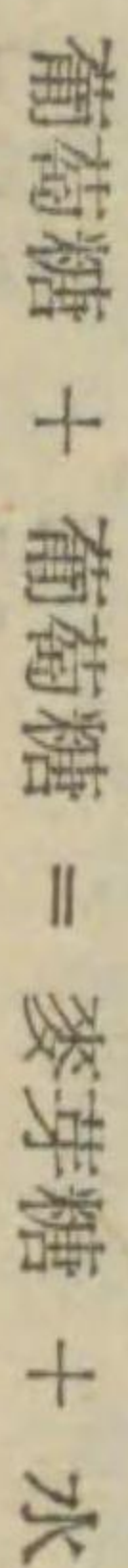
第三節 含水炭素

含水炭素の構成と分類 三種の有機成分中、含水炭素は、比較的簡単な構造を有し、一般に、 $C_nH_{2n}O_n$ の式をもつて居て、水素、酸素の元素の数の割合が、水を作る割合、即ちOの原子数の2倍だけの数のH原子が存在するのである。含水炭素の中、生活體の成分として最も大切なものは $C_6H_{12}O_6$ なる式を有するもので、之れを單糖類 Monosaccharid と云ふ。之れに屬する主なるものは葡萄糖である。

次に二個の單糖類が相寄つて一分子の H_2O を失つて、相互に結合すると、



が出来る。之れに麦芽糖、蔗糖、乳糖の三通がある。麦芽糖は二分子の葡萄糖が寄つて、一分子の水を失つた後出来るものであり。蔗糖は、一分子の葡萄糖と一分子の果糖とが寄つて出来、乳糖は、一分子の葡萄糖と一分子の「ガラクトーゼ」とが寄つて出来るのである。即ち



麦芽糖は、麦芽の中に餘計含まれ、蔗糖は甘蔗甜菜中に多くあつて、通常砂糖と云ふて食用に供せられるものであり、乳糖は、乳に甘味を與へる糖類である。

次に又一分子の單糖類が一分子の水を失ひ、 $C_6H_{12}O_6 = C_6H_{10}O_5 + H_2O$ なる反應に依つて出来る $C_6H_{10}O_5$ が、數個相寄つて出来た物を、多糖類 Polysaccharid ($C_6H_{10}O_5$) $_n$ と云ひ、澱粉が其の代表者である。

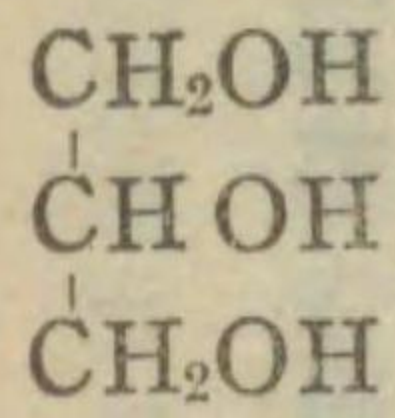
含水炭素の合成 含水炭素は、生活體が無機物を變じて有機物を作るとき、最初に出来る物である。即ち植物は、空中より取つた炭酸と、根より得た水とを以て、太陽の「エネルギー」を利用して、恐らく先づ「フォルムアルデヒド」 CH_2O を生ずる。そして此の「フォルムアルデヒド」が六個結合して、 $6CH_2O = C_6H_{12}O_6$ となつて、單糖類即ち葡萄糖を生ずるのであらうと云はれて居る。そして此の單糖類から更に重糖類、多糖類が合成されるのである。

一般に植物は、養分を澱粉の形で貯藏し、之れに富んで居るが、動物體は、體成分として之れ

を有することが極めて少い。併し動物は、食物として含水炭素を要求すること、頗る大なる者であつて、現に人間に就いて見ると、大人は平均一日に約一〇〇瓦の蛋白質と、二〇瓦の脂肪と、五〇〇瓦の含水炭素とを食物として攝取しつゝあるものであるが、而かも蛋白質及び脂肪に比して、遙に大量を取り込む所の斯の含水炭素は、體成分の形成に關與することの甚だ僅かである點より考へると、含水炭素なるものは、體内に於て「エネルギー」を造るべき根源として、最も必要な物であつて、随つて攝取すれば、随つて消費されつゝあるものであることがよく解る。

第四節 脂肪及び類脂體

脂肪分子の構成 脂肪を分解すれば、脂酸と「グリセリン」Glycerinとなる。「グリセリン」は、元來一種の「アルコール」で、上の式で示す構造を有つて居る。



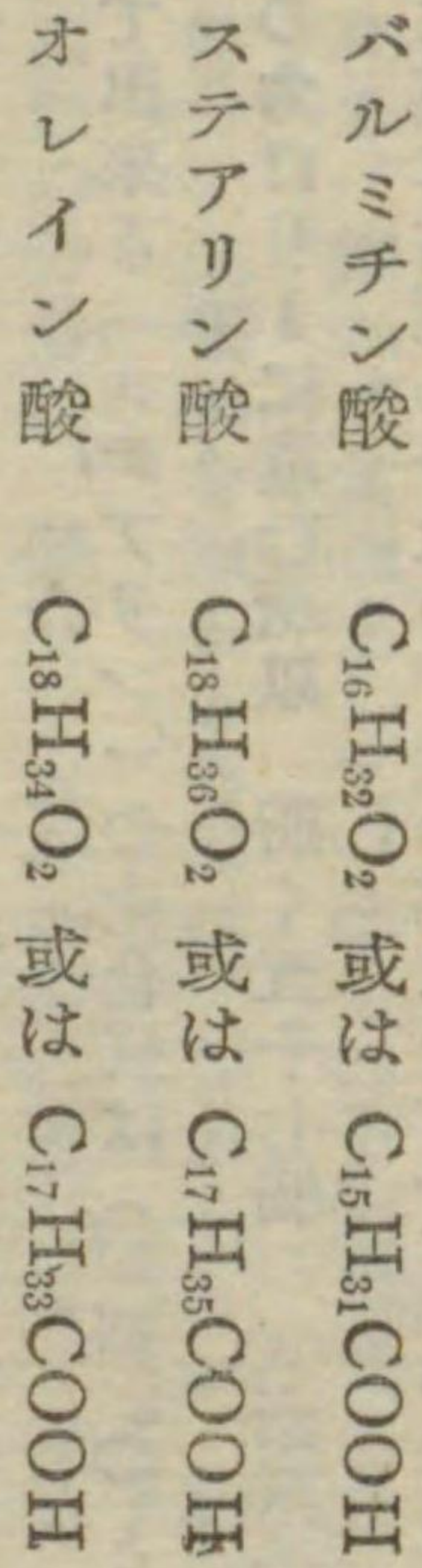
而して一般に「アルコール」と酸とが結合して、「エステル」なるものが生ずるのである。例へばエチールアルコール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ と醋酸とが相寄つて「醋酸エチールエステル」を作るが如きは其の一例である。



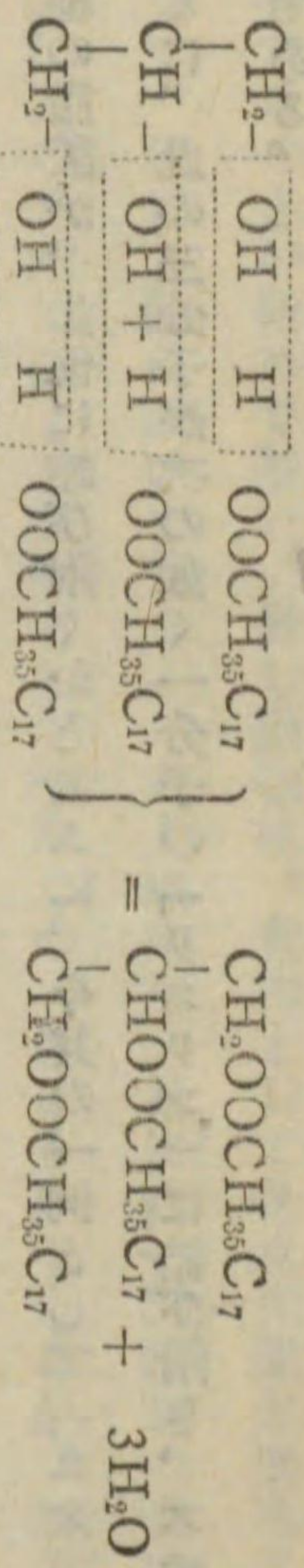
エチールアルコール 醋酸 醋酸エチールエステル 水

脂肪は、「グリセリン」なる「アルコール」と、脂酸とが結合して出来る一種の「エステル」である。脂酸は如何なるものであるかと云ふに、一般に $\text{C}_m\text{H}_{2m}\text{O}_2$ なる式で表はすことが出来るものと、 $\text{C}_m\text{H}_{2m-2}\text{O}_2$ として表はすものとの、二様がある。

普通に脂肪を作る脂酸は



なる三通であるが、其の他各種の脂酸が、「リスリン」に結び附いて脂肪を造るものである。此の三種の脂酸が、如何に結び附くかと云ふに、今其の一例として「ステアリン酸」に就いて考へて見るに、此の三分子が次の如く一分子の「リスリン」に結び付き、ステアリンなる脂肪が出来るのである。



グリセリン ステアリン酸 ステアリン 水

かくして出来る「ステアリン」の化学式は $\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_2$ となるのである。

脂肪のカロリーに富む所以 斯く五十七個の炭素原子と、百十一個の水素原子とに對して、酸素原子は僅に六個しかない。此の點に於て、上述の含水炭素分子が、比較的少量の酸素を含んで、其の水素原子を完全に酸化して水となすに足るべき酸素をもつて居るのは、大に趣を異にして居る。斯く脂肪は、酸素と化合してよく燃えるべき性質を有つ水素や炭素の原子に富んでゐて、而かも其の分子は、酸素を以て飽和されてゐないのであるから、其の燃焼するに當つては、頗る多量の熱を出し得るのである。随つて脂肪は、體温の根源として頗る大切な者である。即ち含水炭素の一瓦は僅に四・一カロリーの熱量を出すに過ぎないのに、脂肪の一瓦は、九・三カロリーの熱量を出すのである。脂肪は其の成分たる脂酸の如何に依つて、種々異なる性質を表はす。即ち

「オレイン酸」と「グリセリン」とから出来る「オレイン」Oleinなる脂肪は、其の熔融點が低く常温に於ても液體である。所謂「油」なる液の主成分が夫れである。之れに反して「ステアリン酸」と「グリセリン」から出来る「ステアリン」Stearinは、熔融點が高くして硬い。白蠟の成分の如きものが夫れである。

脂肪と含水炭素の通有性 脂肪と含水炭素とは、分子結合状態の簡單と複雑との差はあるが、炭素、水素、酸素の三元素よりなることに於ては、共通である。故に含水炭素が變化して脂肪の分子になる。例へば食物として、多くの含水炭素を取る時は、身體の内で脂肪に變るのである。斯くて餘分の榮養物を取るときには、含水炭素が、脂肪の形に變じて、體内に蓄へられる。随つて體内脂肪の分量は、榮養状態の如何に従つて、一定しない。

普通の人では、脂肪は體重の約 $\frac{25}{1000}$ 即ち二・五%である。脂肪は、動物體に於ては、恰も植物體に於ける澱粉と同じく、過剰の養分があると、多くは脂肪の形として貯藏される。即ち榮養状態の良い場合には、一般に脂肪が増すが、不良の場合には、一旦貯藏された脂肪も消費されて仕舞ふ者である。下痢等に罹つた後、急に眼が陥ち込むのは、眼窩内に貯へられた脂肪が、消耗さ