

の現はれることは既にフラーデーによつて注料せられたのであるが、一八五九年にドイツのブリュッカ
ーはガイスターによつて造られた所謂ガイスター管なる真空管を用ひて實驗し、次でヒットルフ(獨)、
クルックス(英)らによつて盛に研究せられ、當時極めて不思議な現象として喧傳せられてゐた。と
ころがこの放電において陰極から發する陰極線と稱するものは、高速度を以て飛動する陰電氣を帯べ
る微粒子であることが、一八七四年クルックスによつて明かにされ、後に同じくイギリスのJ. J. ト
ムソンにより、この微粒子の有する電氣量は一定であり、またその質量は物質原子の質量に比べて非
常に小さく且つ種々の陰極物質から放射されても、物質の種類に關係なく一定であることが知られ
た。そこで、この微粒子をすべての物質原子に共通な構成要素であるとする假説が生れたのである。

この微粒子が即ち電子で、物質の究極的構成要素(所謂素粒子)の一つであることは、一八九六年
以來ベックレルやキューリー夫妻によつて發見された驚異すべき放射能の現象によつて益々確實にされ
た。放射性物質の放射線には α 線 β 線 γ 線の三種があるが、 α 線は陽電子を帯びる粒子で、後にヘリ
ウム原子核そのものなることがわかり、 β 線は電子であり、 γ 線はX線よりも更に波長の短い電磁波
である。

かくして舊時の力學的・自然觀に代るものとして、いまや電磁的自然觀が高調せられるに至つた。

物理學方面(中)

相對性理論 十九世紀の物理學は電子に關する幾多の新事實の連續的な發見によつて極めて多事
中に終末を告げたが、二十世紀に入つては劈頭において理論的に偉大な展開が始まつた。先づアイン
シュタインの相對性理論によつて、ニュートン以後當時に至るまで引きつづき順調な進展の徑路を辿
つた全理論は根本的な修正を受けることとなつたのである。

既に述べた通り、一八七三年マクスウェルは光も亦一種の電磁波に外ならぬことを結論し、次で一
八八八年獨のヘルツは實驗的に電氣振動による電磁波を發生して、それが光と全く同様の性質を有す
ることを確め、以來光學理論は全くこの電磁論の上に建てられることとなつたが、なほ問題として殘
されたのは光、及び電磁場の媒質として考へられたエーテルの本質であつた。

オランダのローレンツはマクスウェル、ヘルツの電磁方程式を電子論の立場から導き出し、更に運
動する物體の場合にまで擴張して、種々の實驗的事實と一致する式を得たが、根本的假定としては、

空間のなかに静止エーテルを標徴する一つの立場が存在すると考へられてゐた。そこで何らかの實驗によつて、かやうな静止エーテルにたいする物體の運動を實際に觀測せんと試みられたのである。

その場合に第一に取り上げられたのは光學的現象であつた。そして運動速度の比較的に大きいと見られるのは地球の軌道運動であり、地球の太陽にたいする運動速度は平均凡そ光速の一萬分の一である。そこで地球上における光學現象に及ぼす地球の運動の影響がいかに現はれるかが考究されたのである。十九世紀の末に近づいたころ、實驗物理學者の努力は、遂にこの微小な影響の存否を檢査し得るだけの精密な實驗を遂行せしめた。即ち一八八一年に、アメリカのマイケルソン A. A. Michelson (一八五二—一九三一年) は精密な光波干渉計を製作して最初の實驗を試み、更に一八八七年にモリー E. W. Morley と共に、再度のより精密な實驗を行つた。それは地球の軌道運動の方向に一定の距離を往復させた光と、これに垂直な方向に同じ距離を往復させた光とを互に干渉させることによつて、光が兩者を往復するに差異を生ずるか否かを檢したのである。もし静止エーテルの理論が正しいならば、明かに多少の時間の差を生じ、従つて干渉の有様はその影響を見なければならぬ筈であつたのに、事實はこの豫想を裏切つてしまつた。その後もモリーその他の人々によつて度々實驗が繰返されたが、結果は殆んど常に否定的であつた。即ち地球上で觀測される光學現象には、地球のエーテルにたいする運動の影響が少しも現はれないことが示されたのである。

このマイケルソン、モリーの實驗にたいして前述のローレンツは理論的説明を試みたが、それは主として事實との一致を目的として立てた形式的關係に外ならず、絶対静止のエーテルの假定の上に立つてゐたのであつた。

ところが獨のアインシュタイン A. Einstein (一八七九—) は、前記の實驗結果にたいして全く別の解釋を下し、エーテルにたいする運動の影響を見出すことが出来ないとすれば、光を傳へる媒質としてエーテルを考へることは無意味であると考へたのである。この否定の思考は一九〇五年(明治三十八年)に初めて彼の理論の中に取り入れられ、そこに有名な相對性理論が生れたのである。後に述べる量子論の開祖プランクは、アインシュタインの論文を読んで構想の卓抜非凡なるに驚嘆し、當時無名の著者に書を送つて激勵したといふ。

この思考の要點は、空間において絶対静止として意味づけられるやうな基準座標系の實在を認めることが出来ないといふことにある。即ち空間にたいする物體の運動といふものは物理學的には無意味であり、物體の運動は常に他の物體にたいする相對的な意味でのみ認識されねばならない。これが相對性理論の根本觀念である。例へば汽車が東に走るといふのは地上に居る人の見方で、汽車中に座する旅人から見れば地上の萬物が西に向つて走つてゐる。そしてその瞬間の地面、即ち地球の絶対運動は知られないから、この兩人の何れの見解が正しいかは判定することが出来ない。

相對性理論においては時間及び空間の絕對性を否定し去つて、これらを相對的なものとして考へたが故に、從來の時間空間の概念に根本的な變革が齎された。舊力學においては、空間は吾々の周圍にあるが、時間は吾々を越えて流れてゆくものの如くに考へられ、従つて空間と時間とは別個の性質を有するやうに取扱はれてゐた。しかしながら、自然現象は空間的位置の變化の外に必ず時間的變化を伴ふものであるから、吾々は時間を離れて空間を認知することはできず、また空間を除外して時間のみを認識することも不可能である。そこで相對性理論においては、時間と空間とは密接に結合せられた一連續體の二つの斷面に過ぎないと見做すのである。

なほアインシュタインは力學をも相對性原理と一致するやうに立てようとし、エネルギーと質量とはその本質において同一であると解した。この解釋によれば、物理學上の根本原理と見做されるエネルギー恆存原理と、質量恆存原理とは同一の起原に歸することが出来るのである。

最初相對性理論は一直線上の等速運動の場合に限られてゐたので、特殊相對性理論と呼ばれてゐるが、後年彼は加速度運動を研究し、ほぼ十年の後、一九一五年にいたつて一般相對性理論を展開した。この理論においては、有名な重力論が取扱はれてをり、その思想の根柢をなすものは、重力の場を加速度運動の場と同等なものとなし、兩者は全然區別し得ないものと考へたことにある。一例をあげるとエレベーターに乗つて昇り初めに加速度をもつ間は、自己の體重が増した如く、即ち重力の大きい

世界にあるやうに感じ、降り初めの時には反對に、重力が小となつて體重が減じたかの如くに感ずる。即ち加速運動の場は重力の場に相當するものである。

アインシュタインは一般相對性理論から三つの實驗的事項を結論した。即ち、(一)重力の場における光線の屈曲、(二)惑星近日點の移動、および(三)恆星のスペクトル線の赤方變位である。その第一に關しては、一九一九年に初めて有名な天文學者エディントン、A. S. Edington (一八八二—)等を含むイギリスの日食觀測隊により、アフリカ及びブラジルにおける皆既日食に際して、太陽の附近にある星からくる光線が太陽の近くの重力の場を通過する際に屈曲せられて、星の位置が、太陽がその附近に存在しない時とは變つて觀測せられることが確められ、ほぼ満足すべき結果が得られたのは著名な事實である。

第二については、水星の近日點移動が實際の測定とかなりよく一致し、第三の問題の研究のためには、ドイツのポツダムに觀測塔が建てられ、アインシュタイン塔と名づけられた。これについては議論が區々であつたが、通常の星にあつてはその變位も極めて小さく實測に困難な程度のものであるが、シリウス(天狼星)のスペクトルでは大體豫期の赤方變位が認められてゐる。以上の諸事實は一般相對論の妥當性を示すに十分であると一般に認められてゐる。

アインシュタインによつて提唱され、エディントンその他によつて更に大成された相對性理論は、

われわれの科學的展望に深刻な修正を施した。この理論は根本的には時間と空間とを一つの概念の中に結合したものであるが、しかし非常に大きな速度或は力が集中しない限り、相對論によつて從來の古典的自然法則が修正さるべき部分を取るに足らない程度のものである。従つて同理論の主要な重大さは恆星および原子の物理學に存するのであり、また何よりも重要なのは質量とエネルギーとは轉換できるといふ觀念である。

その後一般相對性理論は宇宙論へ應用された。ニュートン力學の成立のためには無限遠方における條件が假定されねばならなかつたが、實際上に無限遠方なるものは吾々のあらゆる觀測を超えたものであるから、アインシュタインはこの無意味な要素を理論から取り除かうとした。之がために、最初の萬有引力の場の方程式に新たな一つの項を附加して、空間の廣がり有限なものとし、すべての物質が空間に一樣に分布してゐると假定して、理論的に宇宙を球狀對稱を有する靜的なものとした。

この球狀宇宙説によると、宇宙は球狀をなす有限のものであるが、その内部に住む者には無限と感ぜられるのである。即ち時空の彎曲のため或る方向へ限りなく一直線に進んでみても、球狀宇宙の中で何時までもぐるぐると廻つてゐて際限がない。それ故、宇宙は有限にして無限であるといふことになる。勿論その形は空間のみを取扱つた普通の幾何學でいふ球とは同一のものではなく、時間を取り入れた四次元の世界でいふところの球で、これを具體的に形に表はして説明することは不可能である。

かくて宇宙は有限なる體積と質量とをもつが、この宇宙の内部では到るところが宇宙の中心であること考へて差支ない。それは恰も地球の表面は有限であるが、これを旅行すれば限界點に到達することのない際限のないものであり、また到る處をその中心と考へ得るやうなものである。

宇宙の形態に關しては、この球狀宇宙説の外に、同じ假定から出發してなほ種々の解釋が可能である。そのうちフリードマン A. Friedmann (一九二二年) 及びルメートル G. Lemaitre (一九二七年) の論じたものは、形體が時間的に變るもの、即ち動的宇宙であつて、物質が一樣の密度をもつ場合に球狀對稱を示すことはアインシュタインの解釋と同様であるが、ただその半徑が増減するのである。ところがカリフォルニアのウィルソン山天文臺におけるハッブル E. P. Hubble は銀河系外の星雲が吾々から大なる速さで遠ざかつて行くことを發見した。光源が觀測者の方に近づきつつあるか、或は遠ざかりつつあるかは、所謂ドップラー効果によつて判るので、遠ざかりつつあるものは、そのスペクトル線が赤方に偏倚して現はれるのである。この理論によつて計算すると、星雲の遠ざかる速さは遠方にあるものほど大で、銀河系からの距離に比例した速さで遠ざかりつつある。かくてエディントンによつて膨脹宇宙説が主張され、一般に認められるに至つた。

原子構造論 物質元素に關する近代的知識の始まりは十八世紀の後半であつた。十九世紀の初頭に於いて今日の酸素・窒素・水素など既知の元素の種類は凡そ二十餘に達し、爾後漸次に新らしい種類

の元素が発見せられ、特にスペクトル分析の方法が知られるに至つて、元素の数は益々増加した。
ドルトンの原子説によれば、物質元素はすべて相等しい原子から成つてをり、化合の法則から種々の元素の原子の質量の比を計算し、質量の最も小さい水素原子を基準として他の原子の質量をいひ表はさうとした。これが所謂原子量で今日では、水素を1とする代りに通常酸素を基準とししこれを16にとつてゐる。

最初には種々の元素の原子量は多くは整数に近い値として見出された。この事實は、當時において既に種々の原子の構造の間に何らかの關聯が存するであらうことを豫想せしめたのである。そして英の醫師ブラウトは夙く(一八一五年)一論文を發表して水素原子が他の原子の構成要素であることを説いたのであつた(第一五〇頁参照)。併しその後発見せられた多くの元素において原子量が必ずしも整数でないといふ事實は、このブラウトの假説を忘却せしめ、今世紀における同位元素の発見に至るまで約百年間そのままに過ぎたのである。

一面においては、十九世紀の末に電子がすべての原子に共通な構成要素として発見せられた(第一八五頁参照)。そこで原子の内部に電子がどんな有様で入り込んでゐるか为主题として原子構造論が試みられた。

さて原子構造論を立てるためには、先づ種々の原子の性質上の關聯を知つて、これに適應するやう

な理論を求めなければならぬ。かやうな關係上最も重要なものは、第一に元素の週期律であり、第二には元素スペクトルの系列規則である。

元素の週期律とは、異なつた元素の種々の性質を比較すると、原子量の増す順に週期的に同様のものが繰返されてゆくことを示すもので、主として一八六九年ロシアのメンデレーフによつて発見せられたのである(第一五六頁参照)。爾來各元素の化學的性質、特に原子價の値が週期的に變り、また原子容・原子熱・沸騰點・融解點及びその他の物理的常數や、光學的性質などが、すべてこれに伴つて週期的に變化することが明らかにされた。元素の週期性を檢べてそれに従ふやうに排列したものを週期表といふ。

週期律の発見から少しく遅れて元素スペクトルの系列の発見があつた。各々の元素が氣體の状態でそれぞれ固有なスペクトル線を發することは、ブンゼン及びキルヒホッフの研究によつて知られ、この事實を利用して所謂スペクトル分析の方法が始まつたことは既に述べたが(第一四一頁参照)、各元素の發する多數のスペクトル線の間に一定の關係の存することは、初めてスキスのバルマー(J. Balmer (一八一五—一九八年))によつて水素の場合に確認された(一八八五年)。即ち彼は水素のスペクトルの中に、赤から始まつて綠・紫と順次に波長が短くなり、且つ次第に強度の弱くなる一群のスペクトル線の存在を認め、この波長が非常に規則的であることを確めた(バルマー系列)。次で他

の元素についても同様な系列規則が見出され、また原子のイオン化状態に應じてそれぞれ固有な系列が現はれ、更に原子にたいする電場及び磁場の影響の如きがいづれも特殊な効果を示すなど、種々複雑な有様が窺はれる。これらに關して今日までに得られた知識はかなり豊富であつて、何れも複雑な原子機構を探るための有力な資料となるのである。

これらの事實に基いて原子構造の問題を最初に論じたのは英のJ・J・トムソンで、一九〇四年陽電氣の一樣に分布せる球體の内部で、或る一平面内に數箇の電子が周廻運動をなすものを考へて、これを原子模型とした。それと殆んど同時に長岡半太郎（一八六五—）は、陽電氣を帯びる微小な核の周圍を周廻する電子群を考察して、同じく一つの原子模型を案出した。

この間に原子に關する知識は、放射能現象の研究を通じて著しく深められた。放射性物質は α β γ 線などそれぞれ一定の放射線を出して次第に原子量の小さい他の元素に變脱してゆくものであるが、英のラザフォード E. Rutherford（一八七二—一九三七年）は、物質による α 線の散亂を研究して、それより原子内の陽電氣を帯びる核の極めて微小でなければならぬことを結論した（一九一二年）。またこの原子核の有する陽電氣量については、イギリスのソッディー F. Soddy（一八七二—）及びポーランド生れのファヤンズ M. Fajans（一八八七—）は各獨立的に、放射性元素の變脱によつて生ずる元素の化學的性質を研究し、その結果一九一三年、原子核の陽電氣量が一電氣素量づつ増減する

毎に、週期表上の位置が一つづつ原子量の大きい方または小さい方へ移ることを示した。それ故に、週期表の各位置にたいして順次に原子番號を附するならば、この原子番號は同時に原子核の有する陽電氣素量の數を現はすわけであり、之はまた核の周圍に散在する電子の數をも示してゐるのである。

しかし、既知の各元素にたいして具體的に原子番號を決定するためには、なほ原子番號と共に最も規則的に變るやうな元素の性質を検査する必要があり、このことはX線のスペクトルによつて果された。一八九五年レントゲンによつて發見されたX線は、一九一二年にラウエが結晶の薄板を通してその美事な廻折像を得たことにより、光よりも波長の短い電磁波であると思はれるにいたり、更にブラッグ父子は一九一三年、結晶面による反射を用ひて結晶格子の分析を行ふと共に、X線の波長の測定をなし、各元素が固有のX線スペクトルを發することを明かにした。ここにおいて、これまで普通の光について行はれてゐた諸研究が悉くレントゲン線の使用の下に再實驗されることになり、かくしてX線分光學なる新分野を生じ、注目すべき多くの發見がおこなはれた。イギリスのモーズリー H. G. J. Moseley（一八八七—一九一五年）は初めて多數の元素についてX線スペクトルを検べたが（一九一三年）、その後更に精密な實驗によつて、各元素のX線の一定の系列を測定して既知の諸元素の原子番號が決定せられ、週期表上で水素からウランに至るまで九十二箇の位置が確定された。

原子構造の理論は茲に第一歩を踏み出すことができたのであつた。即ち一九一三年デンマークのボ

ーア N. Bohr (一八八五) は、その卓抜な思考により後に述べるプランクの量子假説を應用して次のやうな水素原子の模型を作り、これによつて水素のスペクトル線系列を極めて巧妙に説明することに成功した。彼の考によると、電子は核の周りに第一、第二、第三などの圓軌道を轉移しながら回轉し、その際エネルギーの一塊を吸収し、或は輻射線として送り出すとするのである。ボーアの劃期的な理論が發表されて後、次で獨のゾンマフェルド A. Sommerfeld (一八六八) は、水素原子における電子の軌道には楕圓形のものもあり、その場合には楕圓の焦點に原子核が存在することを巧みな考察によつて導き出した(一九一五年)。

かくてボーア・ゾンマフェルドの原子模型による原子構造論は種々の事實の説明に成功したが、しかし原子スペクトルの複雑な關係を説明するために漸やく困難を感じ始め、ここに何らかの新らしい理論體系を求めようとするに至つた。

その後、原子核外の現象は量子力學の發展によつてよく説明せられるに至つたが、原子核の構造に關する研究は、近年の核破壊の實驗が成功するまでは殆んどその手掛りを得なかつたのである。

物理學方面(下)

量子論より量子力學(新量子論)へ 量子論の起りは熱輻射の理論からはじまる。種々の物質の示す固有スペクトルの問題が原子構造論の發展にたいして有力な資料を與へたことは前に述べたが、普通に輻射論と稱するのは、連続的なスペクトルをもつ輻射において各波長にたいするエネルギー分布を熱力學的に考究することをいふ。蓋しマクスウェルの光の電磁論が確認せられてからは、輻射はすべて電磁波として考へられるが、しかし、これが物體に吸収せられる場合には熱エネルギーに變化し、また逆に物體を熱すると輻射を多量に發するやうになるから、輻射は物體と物體との間に熱エネルギーを運ぶものと見做すことができるのである。

前世紀における熱力學や、氣體分子運動論の發達につづいて、熱輻射の理論が次第に發達し、獨のプランク Max Planck (一八五八) も亦、他の人々と同様にして、スペクトルの諸種の波長間におけるエネルギーの實際的分布を研究してゐたが、いかに理論を嚴密に適用しても従來の理論以上に

出で得ず、實驗の結果に合致するところの輻射式を導き出すことが出来なかつた。ところが一九〇〇年（明治三十三年）にいたり、遂に彼は輻射エネルギーの吸収・發散には舊思想における如きエネルギーの連続性を許さぬものであるとなし、エネルギーの不連続性を假定することによつて完全なる輻射式を誘導することに成功した。これが即ち量子説である。

言ひかへると高温度の所謂完全黒體（輻射を悉く吸収して少しも反射しないやうな理想的な物體）からエネルギーを發散する場合、或は黒體が他からの輻射エネルギーを吸収する場合に、從來の思想ではエネルギーは任意の量で授受され得るものと考へられてゐた。しかるに彼は、輻射エネルギーの發散並びに吸収は任意量で行はれることは許されず、或る素量を以て不連続的に授受が行はれるものであるとの假定を設け、かくして正しい輻射式を導き出すことができた。このエネルギー素量を量子と名づけ、従つてこの理論體系を量子論と呼んでゐるのである。

プランクは現代理論物理学の創始者として第一人者であるばかりでなく、科學批判家としても佛のボアンカレ、塊のマッハ Mach（一八三八—一九一六年）亡き後の現代隨一の權威者であり、物理学の目的を以て單に經驗の整理となすが如き考へ方を排して、經驗の背後に潛む實在の探求把握を以て終局の目的と考へ、常にこの思想を強調してゐる。

彼の理論は今日の量子物理学の理論に最初の一步を踏み込んだもので、輻射論に導入せられた量子なる概念は實にわれわれの物質現象にたいする從來の概念に一大變革を持ち來したものであつた。即ち從來思考せられてゐた物理現象の過程はすべて連続的であるのに反し、プランクの理論はそこに一つの不連続性を導入したもので、かやうに輻射エネルギーの遷移が不連続的の量たる量子を以て行はれるとの假定は、その後物理学の各方面に應用せられて多大の成果を收めた。これに基づいて立てられたのは特にアインシュタインの光子説である。

元來光の粒子的性質は既に古くニュートンによつて假定されたのであるが、それは本質的には波動として見るべき現象を粒子の假定によつて解釋しようとする一つの試みに過ぎなかつたので、従つてそれは後に波動説によつて換へられたのであつた。眞の粒子的性質は量子現象において初めて現はれたので、即ちアインシュタインは、光の現象の説明に量子的の考へを應用して所謂光子説を提言した。これによれば光のエネルギーは常に一定の量子から成り、波として無限に擴がるのではなくて、却つて空間的にも限られた一體として進行し、且つ一體としてのみ物質に吸収され、また放出されるのである。光の化學的作用や、螢光における法則の如きはこの假説によつて最も自然的に説明せられ、なほ光子假説を最も有力に證明する事實がアメリカのコンプトン A. H. Compton（一九二三年）、インドのラマン S. C. V. Raman（一九二八年）等によつて見出された。

光子説が多くの事實において證明されるに従ひ、これと光の波動性との間の矛盾をいかに解くべ

きかといふ問題が切實となり、何らかの思考革命が必要となつた。この時にあたり、闕らずもフランスのド・ブローイー L. de Broglie (一八九二—) は、一九二五年に物質粒子と波動との間に實に思ひがけない關聯の存することを示し、この波動を物質波と名づけたが、この思考は獨のシュレーディンガー E. Schrödinger (一八八七—) により數學的に展開せられて、遂に量子の祕密を解く一つの有力な鍵が與へられた(一九二六年)。この理論は波動力學と呼ばれ、波動の連続性に據りながら、しかも量子條件を導き出したところにその特長をみるのである。

ところがその後驚くべきことには、電子が實際に波動性を有することが實驗的に示された。それは運動する電子、例へば陰極線を結晶體に投射して、X線を投射した際と同様な干渉または廻折現象を認めたことによつて確認されたのである。菊池(正士)も、一九二八年に雲母の薄膜を用ひて陰極線の美事な干渉寫眞を得た。かくして物理學における非常な難問であつたところの粒子性と波動性との間の矛盾が排除かれ、却つてそれは相補性の表現であり、それぞれ實在的對象の或る一面のみを見てゐるに過ぎないので、實際には同一の性質に歸せらるべきことが知られるにいたつた。

この波動力學においては、普通の力學で論ぜられる個々の粒子の運動徑路、従つてボーア・ゾンマーフェルドの原子構造の理論にも現はれてゐる電子軌道の如きは全く姿を隠してしまひ、單に波動の集束のみが時間空間的に追隨せられるに過ぎない。そして原子内の電子については、波動方程式の固有

値として見られるエネルギーの値によつてのみ、その安定状態が規定せられ、従つてそれがどんな軌道を描くとか、軌道間の轉移がどうであるとかいふやうなことは、全くそこに現はれてゐない。

以上は新しい量子論にとつて最も重要な點であり、新量子論の成功は、電子の個々の運動の記述を見棄てて之に代るべきものを探り上げたところにその核心を見るのである。何故にかやうな記述轉化が必要であつたかに關しては、獨のハイゼンベルグ W. Heisenberg (一九〇一—) がその理由を最も明晰に説明し、抑も電子の軌道運動の如きは、原理的に完全にはわれわれの觀測することの出来ないものである。例へばこれを觀測するための一つの具體的な方法として、電子に光をあて、それからの散亂によつて電子の位置を見ようとする場合に、位置測定をできるだけ精密ならしめるには充分に波長の短い光を用ひねばならず、かやうな短波長の光にたいしては電子は光の衝擊により動かされてしまふ。従つてこの場合に位置及び運動量の測定上、いかにしても避けることの出来ない不確定の範圍がある。これは測定の方法や、器械の不適當な故に起るのではなくて、却つて操作そのものに伴つて對象の上に現はれる變化に歸せられるのである。ハイゼンベルグはこの事を不確定性原理と稱へたが、これは量子論における最も重要な新しい概念と見做されてゐる。

量子現象におけるこの不確定性は、觀測される對象と、觀測手段として用ひる對象との間の交互作用に由來し、これは、對象が共に究極的な要素であることによつて如何にしても避けることが出來な

いやうになるので、かやうな對象の純粹に客觀的な状態は觀測不可能であるといはねばならない。従來われわれが物理学上で因果律を話す場合に、或る過程の時間空間的進行の確定性を因果關係として解してゐた上からいへば、量子現象にたいしてはかやうな古典的な狭い意味の因果律は成り立たず、これに代る確率的法則が成り立つのである。しかし微視的對象（直接觀測し得られない對象）にたいして古典的な因果律が成り立たないからといつて、巨視的現象（觀測し得る大きさの現象）における通常の因果律が影響を受けるといふことは全くないのである。

かくの如く要素的な微視的對象に關しては、巨視的な物體におけると異なつて、常に不確定性を免れないのであるが、それは吾々がかやうな對象の状態にたいして或る確率をしか知ることが出来ない故に起るのであると解せられるやうになつた。そして電子の粒子性といふのは形體的にこれが粒子であることを意味するのではなくて、單にそのエネルギー及び運動量を考へる場合に、これが粒子において見られるやうな恆存則に従ふことを表はすのであり、また電子の波動性といふのはエネルギー及び運動量の空間的分布の確率が波動的にいひ表はされることを意味するのである。

新量子論においては、シュレーディンガーの波動力学の他に、ハイゼンベルグによつて提唱せられ、獨のボルン M. Born (一八八一) 及びヨルダン P. Jordan (一九〇二) の協力によつて完成された他の理論、即ちマトリックスと名づける數學に據つたマトリックス力学なるものがある。しかし

ながら、この兩者は數學的表示法が異なるのみで、物理的内容においては同一であることが明らかとなり、イギリスのディラック P. A. M. Dirac (一八九九) はこの兩形式を包括する一般的の理論體系として、一九二七—八八年の頃に量子力学を建設することに成功した。量子力学では、電子の旋廻を理論に取り入れようとするに當つて、シュレーディンガーの波動方程式を更に擴張する必要に逼られ、そこでディラックの相對論的電子論（相對性量子力学）を生むにいたつた。

ディラックの電子論は種々の成果を收めたにも拘はらず、この理論に従へば、電子が負の運動エネルギーを有する状態が許容されるといふので、このことは理論上の一つの困難と見られてゐた。ところがその後一九三二年にいたり、アンダーソンが後に述べる宇宙線のウィルソン霧函による研究に圖らずとも陽電子（ポジトロン）を発見したので、ディラックは却つてその理論を以て陽電子の發生を説明したのであつた。この陽電子は、一般に原子核または他の電子の附近においてのみ發生し、普通には短かい壽命をもつに過ぎないとせられてゐる。

今日の量子力学は多くの問題にたいして實に異常な成果を收め、初期の量子論に含まれた多くの矛盾を一掃することができた。かくて一九二七—八年（昭和二—三年）を境として量子力学より以前の物理学を古典物理学それ以後を新物理学と呼ぶにいたつた。しかし之によつて理論上の困難が全く解消したわけではなく、物質と其の場との相互作用に關する問題は最大の困難として残されてゐる。

原子核の物理學 物質の構造に關しては、既に分子より原子に入り、原子核外の電子の現象は量子力學によつて本質的に説明された以上、最後に原子核内の構造にまで立ち入る必要があり、最近においてその研究は顯著なる發達をみるに至つた。

先づ原子核の重要な要素としてその質量について考察すると、電子の質量は非常に小さいから、原子の質量即ち原子量は全體において原子核の質量に關するわけである。しかし從來元素の原子量として測定せられたものは、元素を形成するすべての原子の平均の質量であるから、もし同一元素の原子が悉く等しくないとしたら、個々の原子の質量は原子量とは異なるわけである。故に、同一元素の原子がすべて互に等しいか否かが重要な問題となるのである。

古くは同一元素の原子はすべて等しいことが殆んど當然の如くに假定せられてゐたが、この假定の正否を實證することは非常に困難であつた。原子の實在は漸次に確認せられても、個々の原子の質量などを檢することは到底不可能であつたのである。そこで多數の原子の平均ではなくて、個々の原子が別々に示すやうな現象を捉へて之にたいする判断を得なければならぬわけである。

かやうな現象として知られたものは前にも述べた放射能現象であつた。元素が變脱してゆくのは、個々の原子がそれぞれ一定の放射線を出して崩壊してゆくのによるので、この現象の研究から、多くの放射性元素の中に所謂同位元素なるものの存在することが知られた。放射性元素にはその變脱系統

に従つて、ウラン・ラヂウム系、トリウム系、アクチニウム系の三種類が分たれてゐるが、これ等のものの最後の生成物は何れも鉛の同位元素であつて、即ち鉛と同一の性質を有し、しかも原子量はそれぞれ二〇六、二〇七、二〇八で、相異なつてゐる。この事實は、化學的に同一の元素と見做されても、原子量の異なるものが存在し得ることを示した最初のものであつた。

放射性元素以外における同位元素の發見としては、一九一二年にJ・J・トムソンは始めて陽電氣線分析の方法により、ネオンに原子量二〇および二二に相當する原子の存在を示した。この研究はそれ以來英のアストン F. W. Aston (一八七七一) によつて續けられ、すべての元素にたいしてそれぞれ數個の同位元素が知られるに至つた。かくて一九三二年アメリカのユリー H. Urey は、水素の同位元素たる重水素並びにその化合物としての「重い水」を發見したことは有名である。

同位元素の各々の原子量が一般に整数に近いことは頗る注目する事實で、百年前のプラウトの假説、即ち水素原子が他の原子の構成要素であるとの説(第一九四頁参照)を復活させることが可能となつた。この假説を困難ならしめたのは、普通の元素の原子量のうちに整数から著しく外れるもの多くあるためであつたが、今日から見れば、それは種々の同位元素の原子量の平均を示すに過ぎないからである。この平均原子量が常に殆んど一定してゐる事實は、自然界において各同位元素が一定の割合に存在してゐることを示すもので、これは原子核生成の問題にとつて重要な事柄であるが、同

時に「すべての原子の核が水素原子核から成つてゐる」といふことは疑ひを容れ得ないやうになつた。ここにおいて原子核の構成要素として、陽電氣を有する水素原子核が考へられ、これを陽子（プロトン）と名づけたのである。

さて核の構造理論が未だその緒につかない間に、原子核破壊の實驗が漸次に成功して種々の新事實が発見されるに至つた。元來化學において元素の考へが確立して以來、元素は決して變らぬもの、従つて原子も不變のものと信ぜられてゐたが、この考へは放射性元素が放射線を出して他の元素に變ることが知られて以來改めなければならぬこととなつた。そしてこの放射性元素の變脱は原子核の自然的に崩壊する現象と見做されるが、これには溫度その他の影響が殆んど見られないので、人工的に原子を破壊することは全く不可能とせられてゐた。

人為的に原子破壊を行ふには非常に強力な手段を必要とするのであるが、最初にその實驗に成功したのは、ラザフォードである（一九一九年）。彼は窒素・酸素・弗素・ナトリウム・アルミニウムなどの軽い原子に高速の「 α 線」を衝突させて陽子の放出を見ることができた。この實驗は α 粒子の速度を大にすればするほど有效となるが、それには實驗的裝置の進歩が必要なので、そのために十年餘の時日が費された。そして一九三一年にいたりボーテ W. Bothe は數百萬ヴォルトの電場を用ひて α 線を加速し、ベリリウム原子を爆撃して超 γ 線の放出を認め、且つ爆撃後にベリリウム原子は質量

數一三の炭素原子に變ることを確めた。

この現象に關しては、引つづきパリのラヂウム研究所においてジョリオ Joliot 夫妻（夫人はマリ・キュリーの女）の精密な研究が行はれ、ベリリウムから放出される超 γ 線を更に水素原子核に衝突させると、これに大きなエネルギーを與へる事實が明かにされた。ところが英のチャドウィック J. Chadwick（一八九一）はこの際ベリリウムから放出されるものは、原子量がほぼ水素原子核と同様な、しかも帶電しない中性の粒子、即ち所謂中性子（ニュートロン）であることを示した。この中性子の発見は、原子核の構成要素として陽子の外に、更に一つの要素を追加した點で甚だ重要である。

その後、原子核破壊の實驗は益々盛んに行はれるやうになつた。その一つの方法は「高速イオン」による核の人工破壊である。初めて直流高電壓を作り、陽極線を加速して核の人工破壊に成功したのはケンブリッジの Cockcroft 及びウォルトン E. F. S. Walton である（一九三二年）。氏は最初二十萬ボルトの變壓器を用ひ、六個の蓄電器と六個の整流器とを用ひて高電壓を得、これで陽子や重水素の陽極線を加速して人工破壊をすることが出來た。イオン流を加速するもう一つの方法は、米國加州の壯年學者ローレンス E. O. Lawrence の始めたもので、一回に加速する電壓は割合に低く、何度も繰り返して加速することによつて高速度を得ようとするものである。その

ために最も便利な方法は、巨大な電磁石を使ふ「サイクロトロン」の方法で、イオン流の粒子としては、通常陽子及び重水素核が用ひられるが、これによつて破壊される物質は非常に多い。かやうにして、二十餘年來の元素轉換なる錬金術の夢が實現しつつあるのは全く驚異的なことといはねばならない。

α 粒子及び高速イオンによる核の人工破壊の外、「中性子」による核の轉換を初めて試みたのはフェザー N. Feather である。軽元素核は中性子に衝擊されて α 粒子または陽子を出すものが非常に多いが、原子番号の比較的大きい核は、單に中性子を捕へて質量数の一つだけ大きい同位元素の核となる場合の方が多く、その際餘分のエネルギーは γ 線となつて射出される。なほイタリーのフェルミ Fermi (一九〇一) は一九三三年パラフィンのやうに水素を澤山に含んだ物質を通過した所謂緩中性子は核に變化を起す確率が非常に大きいことを見出し、この緩中性子を用ひて六〇種以上の元素を人工的に轉換させることに成功した。その後、ウラニウムやトリウムに中性子をあてると、その原子核が大きく二つに分裂することが、ドイツから報告されてゐたが、かの悲惨な原子爆弾は、これらの知見に基づいてつくられたものである。

原子核の人工的破壊によつて生じた核には、天然に存しない同位元素が多いが、その中には或る放射線を出して自ら崩壊するものがある。かくの如く核の人工轉換で出來た放射能を人工放射能といひ、ジョリオ夫妻が最初に発見したものである。即ち一九三四年ジョリオ夫妻は α 粒子を以て Al・Mg など

を爆撃する際に、 α 粒子をあてることをやめても尙暫らくのあひだ陽電子を放出して安定な核となることを見出した。

この人工放射能の現象は、最初は軽い元素についてのみ知られたが、爆撃に用ひる α 粒子や、重水素核 (二重子) や陽子はいづれも帶電粒子であるに反し、荷電を有しない中性子を用ひると遙かに有効であることがフェルミによつて示され、遂に大多數の元素について人工放射能を生ぜしめることに成功した。特にウランにたいして之を行つた結果は、從來自然的に見出されない原子番号九三および九四の元素を得るにいたつた。

これらの實驗により多數の新らしい放射性元素を人工的に作り出し得たのみでなく、之によつて核の構造に関する知識は少なからず進歩させられた。今日においては、核は「陽子」と「中性子」とより成り、電子は核内には存在しないと一般に信ぜられてゐる。陽子及び中性子の質量は實驗的によく知られてゐるから、この陽子と中性子とが何個か集まつた核の原子量は計算で豫測できるのであるが、實際測つてみた原子量は計算値より常に小さい。かやうな差は一般の原子について見られ、質量缺損と稱せられてゐるが、このことは陽子と中性子とが結合する際にエネルギーが發散して質量の減じることがを意味する。このために核は安定なのであつて、この核を破壊するためには、少なくとも結合のエネルギー以上のエネルギーを加へなければならぬのである。

核の中には電子はないと考へられてゐるが、それにも拘はらず核からはβ線即ち電子が出る。これは核を出る瞬間に創造されるものと認められるのである。そして中性子は電子を出すことによつて陽子に變り、陽子は電子を吸収して中性子に遷移するものと考へられ、即ち陽子と中性子とは同じ粒子（重粒子）の異なる状態と見られてゐる。しかし陽子と中性子との間の引力は、電子の位置交換の力ではなくて、それには更に中間子なるものの存在が考へられるのである。その名の起りは質量が陽子と電子との中間に位するといふ意味で、この中間子の位置交換によつて陽子と中性子との間に強い引力を生ずるものとされてゐる。中間子は、湯川（秀樹）の理論により一九三五年にその存在が豫言せられ、二一三年の後に宇宙線の中に見出されたものである。

なほ核内ではエネルギー及び運動量の恆存が必ずしも常に成立しないといふことが屢々推察されたが、現在では中性微子（ニュートリノ）の假定のもとに、漸次その恆存の成立が證明せられるに至つた。

以上述べた如く、原子を構成する要素には、電子・陽子・中性子・中間子・陽電子などの素粒子があり、分ち得ないと考へられた原子は現代ではその意義を失つたわけで、なほ將來この研究がいかに發展するかは豫測し難いところである。

しかしながら、既に物質とエネルギーとは本質において同一であり、他方、鉛も金も、窒素も炭素

もみな共通の素粒子から成立することが示されたとすれば、現代の物理学は、東洋古來の「色即是空、空即是色」なる思想を科學的に實證しようとする方向に向つてゐるといふことが出來よう。自然科学は物質文明をのみ齎らすと考へられたのは既に過去のこととなり、今や自然界の神祕は科學の力によつて逐次われわれの眼前に啓示せられつつあるのであつて、今後の人々にとつてはむしろ「科學即宗教」ともなるであらう。

宇宙線の問題 宇宙線とは地球外から晝夜の別なく絶えず降りそそいでゐる放射線をいひ、その研究は最近原子核の問題と關聯して盛んになつてきた。宇宙線發見の端緒は、地上において空氣の自然イオン化がいかにしても防げないことにあつた。これは地殻中に含まれてゐる放射性物質の影響と考へられ、従つて大氣の上層においてはこの自然イオン化はなくなるであらうと思はれた。そこで一九一一年のころ奥國のヘッス J. F. Hess (一八八三—) は氣球によつて上空大氣の自然イオン化の率を測つた。ところが地上約三「キロメートル」の邊までは實際漸次に自然イオン化が減じたが、それより上では豫想に反して却つて段々にイオン化率が増したのである。この結果、地球外から非常に貫徹力の強い、イオン化能力のある放射線が來てゐることが見出された。これは初め高空放射線または超透過線などと呼ばれてゐたが、一九二〇年の頃から米國のミリカン Millikan (一八六八—) が盛んに研究し始め、宇宙線なる新しい名稱を與へたのである。宇宙線を測る方法は、原子核の實驗の際

に放射線を測る方法と大體同様であるが、特に宇宙線獨特の装置は、大きいイオン化槽で出来るイオンを自働的に記録する装置で、その他、計數管や、ウィルソン霧函は盛んに宇宙線の研究に用ひられてゐる。すべて新事實の發見には新らしき研究方法が要望されるのであるが、ここでもこれ等の新しい科學器械の應用によつて自然界の實相が判明しつつあるのである。

宇宙線の本質が何であるかは永い間の問題である。この問題を解決するために各地における統計的研究、或は上空・水中・地下などにおける測定など、いろいろの方法によつて研究されてゐる。その結果判明したところによると、地球外からの一次宇宙線は陽子であるらしく、エネルギーは頗る大きく、とにかく一定のものではないやうで、その強さ、即ち粒子の數も上層大氣の中ではそれほど多くはないらしい。このやうな粒子が空氣の中に入つて空氣の原子核にあたると、それより大きなエネルギーの電磁波を出し、その電磁波が核にあたつて陰陽の電子を出し、その電子がまた核にあたつて電磁波を出す。かやうにして電磁波と電子の數とは急激に増加して、地上十四—五「キロメートル」では宇宙線の強さは極大に達するが、それより下になると、このふえた電子や電磁波は次第に空氣に吸収されて減じつつ地表に到達する。

さてこの宇宙線に關聯した實驗中最も重要な發見が二つあつた。それは陽電子並びに中間子の發見である。就中陽電子（ポジトロン）は一九三二年米國のアンダーソン C. D. Anderson が巨大な電

磁石の中に霧函を入れて宇宙線の電子の寫眞を撮つてゐる中に發見されたもので、この粒子は電子と同質量且つ等量の陽電氣を帯びてゐる。

また中間子（メソトロンまたはメソン）は、一九三八年（昭和十三年）に宇宙線の霧函寫眞の中に發見された新しい粒子である。これは大空の上層においてエネルギーの大きい電子や電磁波が空氣の原子核にあたつて發生するらしく、その質量は電子の二百倍位で、陽子よりも小さく、電荷は電子と等しく、陰または陽電氣を帯びてゐる。ただ安定なものではなくて、自然に崩壊するが、その貫徹力は頗る強く、地上に達するのはもちろん、地下相當の深さにまで達する。地上で觀測される宇宙線はこの中間子か、或は中間子が更に原子核に衝突して出した電子や電磁波が多いと考へられてゐる。仁科（芳雄）らが上越線清水トンネルの中で測定したところによると、地下千五百「メートル」位の所にまでも宇宙線が地表の約三千分の一來てゐる。

最後に宇宙線が宇宙の何處で、いかなる過程によつて出來たかについては種々の説があるが、これ等はすべて將來に残された問題である。

— 物理學の應用 —

蒸氣の力は既に古代においてヘロンの實驗により知られてゐたが、イギリスのニューコメンは一七

一二年に一つの機關を動かすことに成功し、この蒸氣機關は十八世紀の半ば以後までイギリスの炭坑で忠實に役割を果した。この間グラスゴウ大學から機械類の手入れを委囑された若年のジェームス・ワットはニューコメンの機關を改良するやう依頼を受けたのであつたが、彼はブラックの潜熱に関する科學的研究に基づいて、一七六五年改良された蒸氣機關の製作に成功した。これは忽ちにして工業熱を刺戟する最も重要な手段となり、やがて全文化を進歩せしめるための最大の力となつた。

またワットが生存してゐた一八〇七年に、アメリカ人フルトン Fulton の蒸氣船がニューヨークのハドソン河に浮び、一八一四年にはスチフソン Stephenson (一七八七—一八四八年) の最初の機關車が煙を上げて走つた。次で一八三〇年には蒸氣機關車が初めて鐵道としてリバプール—マンチェスター間に使用され、わが國はそれより約四十年の後、即ち一八七二年(明治五年)に京濱間に鐵道が施設された。ワットやスチフソンと同様に、物理學の原理に立脚して技術的基礎を創造した多くの人々の手によつて、商工業及び交通が著しく振興し、更に科學を隆盛ならしめる間接の原因となつた。

電氣の研究は、西曆一六〇〇年のころ、電氣磁氣學の父と呼ばれたギルバートによつて行はれ、十八世紀の終りにおけるガルヴァニ及びヴォルタによる電池の發明となり、更にファラデー、マクスウェルをへて今日の如き電氣時代を招來し、日常生活の上に一大變革を齎らしたのである。一六〇〇年

は關ヶ原戰爭のあつた年であるから、電氣磁氣學はわが江戸時代と共に始まつたといつてよい。

わが國における電氣學の先覺とせられるのは平賀源内であるが、安政元年(一八五四年)にはベルリが、アメリカにおいて十數年前から用ひられ始めた電信機を携へて、幕府の役人たちを驚かした。その後まもなく邦人の手でその實驗が行はれ、明治に入つて直ちに電信局が設置された。

次で一八七六年(明治九年)には、アメリカでグラハム・ベル Alexander Graham Bell (一八四七—一九二二年) が電話機を發明し、翌年わが國に輸入せられて、明治二十三年には東京及び横濱の市内電話並に兩市を連ねる市外電話が開始せられた。一八七八年には同じくアメリカのエヂソン Thomas Alva Edison (一八四七—一九三一年) が効率の高い最初の發電機をつくり、同じころ炭素線電球をも發明した。電車は明治三十年代から開通し始めた。かやうに電氣の應用として先づ數へられる電信・電話・電燈・電車などは、電信の外はいづれも明治九年以後の發明・發達にかかり、すべて物理學の應用に外ならないのである。

電氣學の根本理論の發達に一大時期を劃したのはマクスウェルで、その著電氣學の出版せられたのは一八七三年(明治六年)、創唱した理論の實證はそれより十五年の後、一八八八年ヘルツによつて與へられた。やがてその理論の上に、イタリアのマルコーニ Guglielmo Marconi (一八七四—一九三七年) は、一八九五年の頃から漸次に無線電信を完成し、世界の通信に莫大なる貢獻をなすに至つ

た。これこそ机上の理論の輕んずべからざる適例として常に顧みられるのである。わが國でもその研究が開始せられたが、明治三十七八年の頃には木村駿吉氏が率先實用化に努め、世界の通信史に光輝を残したのであつた。しかしながら、その後の無線界の發達、無線電信・ラジオ放送（一九二〇年）・短波・超短波などの利用が急速な進歩を示してゐることは、全く驚異といふの外はない。

明治時代の中葉西曆一八九五年のレントゲンによるレントゲン線の發見は、物理學界と醫學界とに一大時期を劃したが、その由來は四五十年前から物理實驗室の一隅で行はれてゐたものが、一八七八年のクルックスによる所謂クルックス管の實驗に端を發したのであつた。キュリー夫人によるラヂウムの發見は一八九八年で、ボヘミア産のピッチブレンドなる從來全く利用價值のなかつたものから、この貴重な物質が分析せられたのである。レントゲン線及びラヂウムの、共に今日醫療上に缺くべからざる重大な役目を果しつつあることは、周知の事實である。

物質の構造に關しては、分子、原子を分析して原子核と電子とに達し、今や核の組成成分並びにその組成の法則の發見に學者の努力が集中せられ、核の變脱、元素の轉換も漸次に實證せられてきた。鉛を金に變換しようとする古代の鍊金術者の夢が實現せられる時期が到來したのである。

飛行機を飛ばすことは以前から可能であると考へられてゐたが、完全な飛行機は一八九七年（明治三十年）ワシントンの物理學者・天文學者ラングラー Langley（一八三四—一九〇六年）の製作した

のが初めてである。一九〇九年には人間に操縦し得る飛行機が出來たが、今日では世界の交通上、飛行機は一日も缺くことのできないものとなつた。廣大な大陸を抱擁してゐるアメリカ合衆國が成立したのは、河蒸汽船と鐵道と電信との力によるといはれてゐるが、更に地球上の距離が飛行機によつて著しく短縮された結果は、今後の世界は果していかに改造されてゆくであらうか。今次世界大戰の終局においてアメリカ・ソ聯の如き廣大なる面積を有する國が、最後の勝利者たり得たることは決して偶然ではないであらう。

いづれにしても、天は科學の力によつて自然界の眞理を探究するところにのみ榮冠を授けるのである。今やわれらは、いかなる時代にあつても、全精神力を擧げて絶えず科學の研究に邁進しなければならぬ。科學的研究の成果は、出來得る限り日常生活の實際に應用して人類の福祉を齎らすやう努むべきであり、それが爲には充分なる資源・資材を要することも決して忘れてはならない。しかし、單に應用方面のみでなく、一見人間生活と何らの交渉もないやうな根本原理の研究を一日も忽せにしてならぬことは云ふまでもない。

二、生物學方面（上）

遺傳と進化 前世紀における生物學の顯著な發達を促したものは、ダーウィンの進化論であつた（第一六二頁参照）。そのころ検査法、殊に顯微鏡技術の進歩に伴つて生物學の著しい發達が可能となり、一方、探検と航海とにより世界は開拓されて廣範圍にわたる生物の觀察採集が行はれ、その結果多くの生物學者は夥しく多數の業績をなし遂げた。この生物學的研究の旺盛であつた最初の時代より今日にいたるまでの間は、ダーウィンの思想によつて最も大なる影響を受けたのである。

かくして比較形態學・細胞學・發生學・分類學・生物地理學・生態學は、諸學者たちの手で驚くべく充實して構成せられたが、同時に、特に進化思想の影響を受けた領域では、かなり淺薄な模倣時代が始まつた。進化の系統に關しては空想的に最も明瞭な徑路を混亂せしめんとし、進化論の基礎に關係のある「種」の變異性の問題に關しては誤れる假定の濫造に導いた。ために進化論そのものが崩壊しようとする危険をさへ生じたのであつた。

しかしながら次で覺醒が起り、新らしい批判的方法が生物學のあらゆる分野に入り來つたのである。それは特にダーウィンの思想の影響を受けることの最も尠なくて發達した領域、即ち生理學的研究からきた方法で、あらゆる部門において觀察材料を整理し、特に疑問點が明かにされた場合には、實驗によつて新らしく批判的に處置するやうになつた。かくして今日は、生物學のすべての領域に、實驗的研究の新らしい路が開かれつつある。

今日生物學上、諸學者の最も努力しつつある問題の一つは遺傳研究であり、それは近時漸く重要視せられるに至つた體質問題と最も密接な關係にある。體質は、主として遺傳によつて得た素質に後天性の影響が加はつて出來上るからである。この遺傳研究においては、植物と動物とについての研究成績が密接で、事實上稍々共通なものが得られた。すなはち、凡ての生物にあつては細胞分裂に際して細胞核内に所謂染色體が現はれ、いかなる形状の染色體が幾つ生ずるかはその生物の各種類によつてそれぞれ一定してゐる。例へば人體のすべての細胞に於ては分裂に先だちて四十八個の染色體が現はれ、或る種の蝶の細胞には六十二個、或る百合の場合は二十四個の染色體が現はれる。これらの染色體は一つの組に結合されてをり、細胞分裂に際し平等に縦の方向に分裂して不變のまま新細胞へ與へられる。染色體内には最初アメリカのモルガン（T. H. Morgan）（一八六六—）が證明した如く、一定の場所を作つて遺傳因子（遺傳子または遺傳單位）が配置されてあつて、染色體と共に細胞より細胞

へ、世代より世代へと次々に傳へられるのである。遺傳因子の位置及び分布については、あらゆる可能な實驗的交叉分析を適用することにより、詳細な點にまで解明せられたが、遺傳因子の数は頗る大で、最もよく検査された果實に止る猩々蠅では略一〇〇〇〇を算するらしい。この數量は他の生物にたいしても適用せられ得るものか、或は簡單に見える生物より複雑な生物にいたるに従つて増加するものであるかは、未だ確實でない。

かやうに遺傳因子は、染色体内に縦に並んでをり、細胞分裂に際して染色體が縦に分割されるので、それにより娘細胞に平等に與へられるのであつて、且つ凡ての生殖に際してかの有名なメンデルの法則（第一六四頁参照）と唱へられる一定の分配法則の行はれるのもこのためである。各々の生殖細胞は一組の染色體を含有し、このやうな二つの細胞が受精によつて結合すると、二組の染色體をもつ一つの融合細胞を生じ、それより新しい生體が發生し生長するのである。かやうにして染色体内に坐する素質は受精作用により組合せられ、その際もし同種類の生殖細胞が融合する時は同一の素質内容を含んだ生體を生じ、さうでない場合には雜種ができて、個體生活を通じて保持せられる。後になつて、再び生殖細胞の形成が始まる際にも分配が規則正しく行はれて、常に完全な一組の染色體が生殖細胞内に含まれ、しかも組の内部で母方の染色體と父方の染色體とからの任意の組合せが行はれ得る。同時に、母と父とに由來せる染色體の素質内容も亦自由に組合せられるわけで、實際上あらゆる算出

し得べき組合せが現はれる。

しかし、各々の染色体内には夥しい數の素質が存在するから、素質は組の中の染色體と同數の群に繋ぎ合はされて、所謂リ。ン。ケ。ー。ヂ（聯關）群として遺傳することが知られてゐる。一面では、同じ染色体内にある素質も分離して分配せられ、または組合せられ得ることが觀察されてゐるから、従つて染色體の個々の部分をその遺傳因子と共に交換せしめるところの或る現象が存しなければならぬ。かかる作用を一般に乗換または交叉と呼んでゐるが、恐らく染色體は生殖細胞形成の一定の時期に斷片に分れて、同種の染色體の相當せる斷片が一對づつ交換せられるものらしい。この交換現象の行はれることは實驗によつて證明せられたのであるが、詳細な分析は、今日の生物學者に課せられた問題の一つである。

遺傳因子は何であるかは未だよく分つてゐないが、それは極めて微量で、しかも驚くべき作用を有する特殊な物質である。最近レントゲン線やその他のものを遺傳因子に作用せしめる實驗により、分子構造を有する細かい部分であることの根據が得られたが、この方面の研究には、なほ多大の收穫を期待し得るであらう。

遺傳の染色體説は、今世紀の初頭、殊にドイツのボヴェリ T. Boveri (一八六二—一九一五年) の研究によつて事實らしくなり、長いあひだ他の研究者によつて激しく攻撃せられたのであつたが、今

日では既に否定する餘地のない確固たる定説となつてをり、われわれに遺傳質の位置及び分配を明かにした。しかし、遺傳因子は、細胞の核内にあつて如何に作用するのであるか、いかにして遺傳因子はその驚くべき影響を與へ得るのであるかは未だなほ大なる疑問の一つである。この問題については多くの研究者が實驗してゐるが、就中ヘンメリング Hammerling の「かさのり」についての優れた實驗によると、恐らく遺傳因子から細胞内に有効な物質が出て、種々なる現象にたいし操縱的に作用を及ぼすものらしい。しかしながら、各細胞内に存在するすべての遺傳因子が、すべて同時に作用しないで、常に相前後して最も精密な規則正しさを以て作用を操縱するのは、抑もいかなる理であらうか？ それは各々の發生效象における所謂「決定」の問題であり、ここでは遺傳の方面からこの疑問に遭遇するのである。その闡明こそは、實に遺傳なる現象の完全な理解を意味するのであつて、今後の研究によつて解決せらるべき問題に屬する。

遺傳現象の基礎は、いふ迄もなく受胎及び生殖細胞の形成であるが、前提となるものは、性的分化、即ち生物の「性」であり、それ自らも亦遺傳現象によつて次の世代へ分配され整理されてゐるのである。この性遺傳の現象は、ドイツのコレンス、ゴールドシュミット R. Goldschmidt (一八七八—) 及びハルトマン M. Hartmann によつて最もよく研究せられた。性の一般學說によれば、各々の細胞内または各々の生体内には兩性を生ぜしめる素質が存在し、そして、いつれの性が外面に現はれる

かを決定するものは、或る場合には個體發生の行はれた外的條件がいつれかの素質を發展せしめるためであり、他の場合にはこれらの素質の比較的の強さであつて、それが共に働く際にいつれかの一つが優勢を示すによる。しかし多數の動物及び高等植物並びに人類にあつては、一對の特別の素質が形成せられて、このものが性分化についての最後の調節を行ふことが示された。この素質對のうち或る一つの性（多くは女性）においては二つの同じ素質が存し、他の性（多くは男性）にあつては一は男性、一は女性の素質が含まれてゐる。それ故に、前者の生殖細胞は女性を決定する素質のみを持ち、他の生殖細胞は、半分は男性、半分は女性を決定することとなり、かくして自由な組合せにより、次の世代には再び五〇%の女性と、五〇%の男性とを生ずるわけである。これは決定性の根本原理であるが、しかし、生物現象によくある如く、ここにも様々な變更が起り得るものである。なほこの點に關して、最近ヴィタミン研究で有名なハイデルベルヒルカイザーウィルヘルム醫學研究所のクーン R. Kuhn (一九〇〇—) は雌雄の性を決定する化學的特殊物質について報告してゐるが、頗る注目すべきこととはなければならぬ。

遺傳研究と密接な關係にあるのは發生生理學である。植物と動物とではその體制の異なることと關聯して、發生效象の相違が特に顯著であるから、發生生理學構成の徑路も亦非常に分れてゐたが、遺傳研究の進歩につれて漸次に植物及び動物の發生に關する根本問題が研究されるやうになつた。その

主要な問題は分化現象の原因に關する探究である。

「植物」にあつては、發生の方法が動物と異なつて、分化は外部に向つて行はれる。即ち外に表面があつて絶えず外方に向つて生長し、古い部分は分化を終り、常に幼若な生長器官から新しい部分を生ずるのが特有である。そして植物の發生は外的條件によつて特別の影響を受けるから、從來、植物發生生理學では、外的條件の作用に關する研究が常に大なる範圍を占めてゐたが、遺傳との關聯が示されて以來は、遺傳因子にたいする外的條件の作用が研究の前面に立つに至つた。

植物における發生生理學的研究は、同時に全く別の方面からも鼓舞され、既に獨のザックス J. Sachs (一八三二—一九七年) は、所謂器官形成素なる特殊物質の概念をもつてゐたが、ハーバーランド Haberlandt は初めて分裂を起す物質の作用を説明し得て、やがて最近における植物學の最も輝かしい領域の一つたる特殊物質の研究へと導いた。就中發生現象にとつて特別の意義があるのは生長素の研究である。

一般に植物の發生はもちろん生長を伴つてゐるが、特にウェント Went 及びその學派は、極めて微量に生長點に存し、それより下方に移行して生長に影響を與へる特殊物質の證明に成功し、オランダのコーゲル Kögel はこれを結晶として化學的に闡明した。この場合に見出された特殊物質はアウキシンと呼ばれ、植物細胞の延伸生長を促すが、果していかに作用するのであるかは未だ明かでない。

この生長素の外に、コーゲルは細胞分裂に影響を與へる他の物質を捉へ、ウェント Went jr. は根を形成する物質を分離しようと試み、また フィッティング Fitting は細胞内における原形質の流動を決定する物質を見出さうと努めた。なほ植物の生長は屢々運動現象を伴ひ、これによつて器官が光や、重力や、その他の外的條件に適合するのである。植物の刺戟生理學はこの運動の分析を意味し、この方面も亦特殊物質の發見によつて解釋せられるに至つた。

「動物體」における發生生理學的研究は別の徑路を歩んだ。一般に動物では、植物と異つて分化は主として體内面の構成を意味し、全生體が完全に分化し終るまで體内の到る處で形成と變形とが同時に行はれる。この現象の分析は、特に兩棲類の胚や、海膽などについて行はれ、實驗的に、發生しつつある胚から個々の細胞群或は組織片を早期に切り離したり、或は違つた部分に排置したりしてその發生能力を検査するのである。さうすると、或る場合には、胚の各部分は別々に獨立して體の定まつた部分に發育してゆくが、しかし多くの場合には、複雑な調節作用があつて、各々の部分が相互に影響し合ふことが見られた。そして或る部分は組織化中樞或はシュベーマンの所謂組織形成體 (オルガニザトール) としての機能を發揮し、「分化を起す流れ」が他の組織に波及して發育を一定の方面に向けしめることが知られた。

從來はかやうな動物體内の調節現象は、植物の如く外的條件から著しい影響を受けるものとは或る

程度まで異なつてゐると考へられてゐたが、最近の研究によると、この二つの領域においても問題は再び著しい接近を示すにいたつた。即ちホルテレーター Holtereter 等の組織形成體の作用の本態についての詳細な研究によると、恐らくこの組織化中樞からも一定の物質が近接組織中に侵入するらしいことが示された。動物の發生機構に關する詳細な研究は、特にシュペーン H. Spemann (一八六九—) によつて行はれ、分化現象の本態について多くの事項が明かにされたが、今後の進歩はこれらの有効な特殊物質の發見に求めねばならない。嘗て一九〇一年に高峰讓吉 (一八五四—一九二二年) が牛及び羊の副腎よりアドレナリンなる内分泌物 (ホルモン) を結晶形で抽出することに成功して以來、特に動物體内では、器官の形成や、種々な作用を調節するための各種のホルモンが知られてゐるが、成長した生體内の一定の腺から大量に産出されるところのホルモンより、組織形成體としての作用を呈する特殊物質をへて、細胞内において作用する遺傳因子に至るまでの間には、實に各生體の發生を支配するところの多數の物質の列が存在するのである。

次に地球上の生物が特有な分布を示す原因の探究は、既にダーウインの時代以來最も盛んに行はれた問題の一つである。或る一定の産地においては、統計的測定法によつてその特有な代表者を見るべき主型と、多少とも偶然的な隨伴型とを知り得るが、かかる植物及び動物群落の保存せられるのは、特にその地方の氣候的關係・物質代謝生理學的條件並びに群落をなせる個々の生物相互間の影響によ

つて決定せられるのである。かかる群落には往々一つの均衡状態が現はれて比較的永く保存せられるが、他の場合には一定の期間存続して次々に遷移してゆく。

しかし或る地方において、一定した型の植物及び動物を見るのは全く他の原因、即ちその地方に起つた地質學的變化によることがある。例へば中央ヨーロッパ地方では、地質學でいふ第三紀の終りには、比較的温かい往々亞熱帯性の氣候であつたから、全くこの氣候に適應する型の植物及び動物が繁殖生存してゐた。しかるにその後、週期的に氷が増加し、氣候の著しい悪化が起つて、氷期の襲來する度ごとに温暖を好む生物は減少し、ただ僅かの残りが所謂遺留生物として當時からアルプス、及び中央ヨーロッパの或る地方に残存したのみである。この氷期の間に元の極地型とアルプス型との混合が行はれたが、次で氷の減退後は、各地に遺された種々の型のもが移住し始め、氣候が再び温暖になつてからは、今日の温和なる中央ヨーロッパの平野においては極地及びアルプスの生物は大部分再び淘汰されてしまつた。

かやうにして或る一地方の生物は、時代を経過する中にその地方に起つた各種の氣候的條件の結果として存在するのである。すなはち、氣候的條件は生物の減少及び再興・混合または孤立を決定するもので、現に働きつつある産地の環境状態と生物相互の影響とが加はつて、今日われわれの見るやうな動物及び植物の群落が形成されたのである。それ故に、長いあひだ孤立してゐた島や高山に、特有

な地方的植物及び動物が生存するのは當然のやうに思へる。中央ヨーロッパが氷期の荒廢作用の後に頗る僅少な地方的植物を有し、一方、長い時代を通じて生物の發生が毫も妨げられなかつた中部支那の山岳地帯や、或はアフリカ南部の草原地方では非常に種々な型に富んでゐることは少しも不思議ではないのである。

ここにわれわれは再びダーウィンの進化思想に到達した。この自然淘汰による進化の思想は、動物及び植物型の分布についての多數の經驗によつて特に支持されるのであるが、もし吾々が生物界の系統發達（フィロゲニー）を認め且つ「種」の變異性を前提し得るならば一層理解し易いのである。故に、今日の生物學における最大の問題の一つは、生物の種の變異なる現象を闡明することであり、従つて、分類學者及び細胞學者・生態學者及び生物地理學者・遺傳學者並びに發生生理學者の努力はこの問題に集注され、今日彼らのすべては、實驗的方法によつてダーウィンの進化説を確認すべき根據を得ようとする努力を爲してゐる。

そこで「種」なる概念そのものも最近になつて往々再び激しい討論の對象となつた。種とは普通にいふ生物の種類のことである。分類學者は秩序ある系統を立てる必要から、生物分類の基礎たるべき嚴格な定義をもつ種概念を求め、進化論に立脚せる生物學者たちは、生物の多種多様さを種の變異性によつて理解しようとしてゐる。いづれにしても今日の種の象徴は、二つの全く異なつた原則の共

同作用から生じたもので、一つは遺傳的であり、他の一つは外的生活條件の作用である。

前に述べた通り、生物の遺傳的體質を形成する素因は遺傳因子であるから、種の考察に當つては先づこれを考へなければならぬ。遺傳因子の組合せは染色體の分配に伴つて行はれ、この機構によつて常に際限のない多種多様な新しい組合せが用意されてゐる。他方すべての外的條件は、遺傳現象によつて生ずる非常な多種多様さの中から、個々の生物を保存或は絶滅せしめ且つその分布を左右するものである。それは恰もダーウィンの思想中に取り入れられたやうな生存競争における自然淘汰であり、これによつて極めて種々な變種の中から選擇が行はれるのである。ダーウィンはこの變種を初めから與へられたものとして取扱つたが、いまや遺傳研究によつて初めてすべての種形成の基礎たる變異性を精細に分析し得るに至つたのである。

發生生理學的觀察によれば、各々の生體は發生の間に絶えず外的條件から影響を受け、そのために性質が一定の範圍内で各個體毎に變化することがわかつた（彷徨變異）。その範圍は遺傳した素質内容によつて定められ、この限界内の變化は遺傳しないことが示された。従つて生體の永續的變化を起すのは、ただ遺傳的素質それ自身の變化のみである。しかればこの遺傳的素質内容の變化はいかにして成立するか、之にたいする解答はただ實驗的遺傳研究によつてのみ與へられるのである。

前述の如く、染色體内に坐せる遺傳因子は、既知の分配機構により凡ゆる可能な組合せで結合せら

れるから、多くの異なつた遺傳因子をもつ二つの型からでも多數の新らしい組合せを生ずるわけで、既にこの事のみによつても非常な多種多様さが現はれ得るのであるが、この他に遺傳因子そのものの變化によつて起る所謂突然變異（偶然變異）なる現象が知られてゐる。これは突然に新らしい遺傳し得る性質の現はれるのをいひ、この現象が未知の原因によつて、野生型或は實驗的飼育栽培中に時々または屢々出現することは既に古くから知られてゐる。例へば、羊を飼養する中に突然肢の短かい曲つた個體を生じたり、また特に植物では一個體中の或る枝だけに所謂「枝變り」なる變化が起る場合が屢々ある。人類の遺傳性疾病たる血友病の如きも突然變異によつて發生したものである。この突然變異はいかにして起るのであるか？ その原因を闡明することは一つの問題で、今日種々の方面から研究されてゐるが、アメリカ・テキサスのミューラー（H. J. Muller (一八九〇)）の研究以來、外部からの各種の作用、特に短波線・紫外線・放射線並びに特にレントゲン線による照射が考慮され、その他の影響、例へば種々なる化學藥品・麻醉劑・溫度の急變・老衰なども突然變異を誘起せしめるものとして見出された。なほ最近には自然状態における突然變異の原因として宇宙線の影響が可能であると認められるに至つた。かかる研究の結果、今日はこれらの方法を用ひて種々な目的の下に、隨意に突然變異を起すことが出來、このことは遺傳の實驗にとつても頗る必要となつてゐる。

遺傳因子に突然變異が起れば、それを基礎として更に新たな組合せが行はれ、従つて多種多様な

變種が益々増加するわけである。加ふるに、植物では特別な意義ある一現象として、染色體の組を増加し或は一般に染色體の數を變化せしめるところの現象が知られてきた。元來染色體の數は各生物によつて一定したものであるが、多くの植物群にあつては、或る基本數の染色體をもつた一種類にたいして二倍、四倍または數倍の染色體數をもつ種類がある。例へば、邦産並びに外國産の「きじむしろ」屬の多數の種類を調べて見ると、染色體の基本數は7で、他はそれの整數倍になつてゐる。この倍數性は小麥や稻などについても認めることが出来る。ところが最近には特にイヌサフランなる植物中に含まれ、古くから醫藥に使用されてゐた植物鹽基なるコロヒチンを用ひて人爲的に染色體の數を變化せしめる實驗が外國でもわが國でも盛んに行はれてゐる。二倍或は數倍の染色體數をもつ生體は、特にすべての器官の増大並びにその他の重要な差異を示すものである。それ故、特に大型の栽培植物を作る際、または穀物・甘蔗・木棉果物などの品種改良にとつて實に大なる役割を演ずるものである。

上述の如き遺傳の實驗によつて解明された變異性は、方向のない、無秩序のものであり、この無方針な突然變異及び偶然的な組合せによつて、或る素材を生じ、それに外的條件が働いて型を分離し、目的に適つた體制が出現するのである。ダーウィンの根本的な構想は今日にいたるまで眞であるが、ただ遺傳研究によつて一次的の變異性が分析せられ、最初彼の學說中に「與へられたもの」として取り入れられた要素の本態と原因とが闡明されたわけである。しかし、かくの如き實驗的研究の進歩に

もかかはらず、未だ完全に理解されない多くの事項が残つてをり、その解決にはなほ幾多の實驗的研究が必要なことはいふまでもない。殊に物理學及び化學から來た新しい研究方法は、生物學に大いなる進歩を齎らすであらう。

生物學方面 (中)

物質代謝生理學 生物學の特殊な分野、例へば發生理學或は植物の刺戟生理學には、化學がその進歩の上に決定的な役割を演じたことを既に述べたが、同様に、物質代謝の領域においても久しい以前から生物學と化學との境界が無くなつてゐる。ここでは生物學者の研究によつて化學上の問題の基礎が明示され、彼らから提出された問題が、化學者の手によつて研究解明されたことが決して稀でない。

生物は外界より物質を吸収してそれを自個の體に同化し、他方、體内の物質を酸化・分解してエネルギーを出しつつ生活し、老廢物を體外に排泄する。この全過程を「エネルギー物質代謝」と呼ぶ。

物質代謝に関する多くの主要な問題は、多細胞より成る生物におけると同様に個々の細胞についても與へられ、特別に物質代謝生理學方面からの細胞研究が發達した。そこでは物質の吸収・同化作用及び呼吸・細胞の物質代謝とエネルギー代謝との關係・異化作用及び分泌など、あらゆる基礎的な問題が課せられた。従つて屢々單細胞よりなる藻類・酵母菌・細菌などのやうな生物が研究の對象として選ばれるのである。

先づ個々の細胞の物質吸収については、今日頗る詳細に分析され、殊に植物細胞の滲透作用に関するドイツの植物學者ベッファー Pfeffer (一八四五—一九二〇年)の研究に基づいて、細胞膜の透過性及び原形質の滲透性が物質吸収の原因として詳細に研究された。限外濾過説——物質分子の小さいものは通り易く、大きなものは通り難いとする説——や、リポイド説及び表面張力説の如き最初相反せるものと思はれた意は、久しい以前からその反對性を失ひ始めた。個々の研究は集積して比較原形質を構成するに至つたが、結果は、われわれをして原形質の組成の極めて複雑なること及び多様な物理化學的性状を豫想せしめるのである。物質の吸収がイオンの形で行はれるか或は全分子として行はれるかの問題は、激烈な討論の内に徐々に解決されんとしてゐるが、最近ルンデゴールド Lunde-gerdt は、イオンの攝取を可能ならしめるところのエネルギー源について考察しようとして試みた。

原形質を通じての物質吸収の問題にとつて重要なのは、一般に細胞の滲透壓のその時の大きさで、こ

れは更に水分の吸収とも関係がある。成長した植物の細胞は一つの透滲系と見做すことが出来る故、近年特に植物細胞について進歩を示し、細胞の一般及び比較滲透學は、特によく研究せられた領域の一つに算へることが出来る。

物質の吸収と密接な関係にあるは、生体内に含有せられる極めて種々な元素が細胞成分として缺くべからざるか、否かの問題である。生物に絶対に缺くことのできぬ元素として知られたのは、炭素・水素・酸素・窒素・硫黄および燐並びに鹽素・ナトリウム・カリウム・カルシウム及びマグネシウム。傍ら頗る僅少量ではあるが、沃度・鐵および銅も疑ひなく一定の機能を有する必要な成分であり、なほプロム・硼素・亜鉛・マンガン・アルミニウム・砒素その他の元素も、最も精密な方法によつて調査すると、種々な生物の体内に見出されない元素といふものは殆んど一つもないことが知られた。以前にはこれらの元素の多數は、單に偶然的な随伴者と認むべきものと考へられてゐたが、その後漸次に、稀に或はただ微量にのみ生体内に見出される元素でも、多くは缺くべからざる役目を果してゐると認められるに至つた。しかしその一々については、それが如何なる作用に與るかは明かでない、且つ種々な生物についての比較研究によると、各々の生物は、この點に關してそれほど平等でないこともわかつた。

物質吸収の研究よりも更に困難なのは、本來の物質代謝、即ち生体内の物質の合成及び分解現象で

ある。生体内では同時に多數の代謝現象が行はれてゐるが、中でも糖質(含水炭素または炭水化物)は比較的最も簡単な有機物質であるから、糖質代謝についてはこれ迄に最も顯著な進歩が見られた。植物体内においては周知の如く、葉緑素の働きにより日光のエネルギーをとつて空氣中の炭酸から糖質の合成が行はれ、このことは地球上における有機物合成の根本現象であるから特別の意義がある。従つてこの炭酸同化については種々の方面から研究が遂行された。ドイツの有機化學者ウィルシュテッター R. Willstätter (一八七二—) によつて行はれた葉緑素の構造についての有名な研究に次で、スター R. Stoll や、ハンス・ライツシャー等の研究があり、今日ではこの重要な色素の微細構造が詳細に闡明された。但しこの色素の合成は未だ成功しない。炭酸同化現象の研究は、特にエミール・フィッシャー門下の逸足なるワールブルク O. H. Warburg (一八八三—) に負ふところが多く、この現象のエネルギー論的方面、すなはち光化學的過程を量子力學的に洞察し得るに至つたことは彼の功績である。しかしこの大なる進歩にも拘はらず、現象そのものは未だ完全に闡明されたわけではない。糖質が合成されて最後に澱粉になるまでの經過、及びその中間階級については、それぞれ根據のある多くの假説があつて、互に論議してゐる。

この關係においては、むしろこれら化合物の分解作用に關する知識の方が進歩してをり、澱粉或はグリコゲンよりアセトアルデヒド及び炭酸の如き最も簡単な物質にいたるまでの間に、若干の中

間物質が實驗的に見出され確定せられた。しかし個々の分解作用の進行には種々な酵素が關係してゐて、順序正しく次々に作用するのであるから、これらの酵素の知識こそは、初めて完全な解明を意味するのである。それ故糖質合成の経過中にも、酵素の作用によつて類似の中間階級が生成せられることを想像せしめるのである。

分解現象の中で呼吸作用はエネルギーを得るための最も根本的な生活現象として特別な位置を占め、主として糖質が酸素供給の下に分解・燃焼して最終に炭酸を生ずることは、久しい以前から確認せられた事實である。しかし、今日ではこの現象がいかなる徑路をとるかが特に問題となつてをり、この點に關しては、ドイツのウィーランド H. Wieland (一八七七一) は呼吸の際における脱水素作用及び遊離した水素が酸素によつて過酸化物に變化することについて研究し (二次的水素活賦説)、またワールブルクは重金属の觸媒の下における酸素の酵索性酸化作用について特に研究し、遂にその際作用する含鐵性の酵素を分離した (一次的水素活賦説)。この兩説は、最初は全然反對であるやうに見えたが、次第に相寄りて統一的な意義をもつにいたつた。そして屢々あるやうに、方向の異なつた二つの研究が検討された結果、現象の完全な説明が期待されるのである。

糖質代謝の分析はなほ他の領域にとつても特別な意義をもつ。筋肉運動の原因並びにそれと關聯したエネルギー代謝は、高等動物の身體にとつて頗る重要な問題であるが、これに關してはドイツのマ

イヤーホーフ O. Meyerhof (一八八四—) はグリコゲーンの乳酸への變化およびその可逆的過程について研究し、一方、イギリスのヒル A. V. Hill (一八八六—) は筋肉の興奮時における熱の發生を探究した結果、最も重要な物質代謝生理學的結論を得たのであつた。しかしながら近年各國の學者が相連絡して研究したところによると、筋肉の收縮・疲勞及び恢復の際、殊に筋肉内において化學的エネルギーが仕事に變化する際には、恐らくその他の作用も複雑な關聯で同時に作用するらしいことが知られてきた。現今、筋肉收縮のエネルギーを與へるのは主として磷酸原が磷酸とクレアチンとに分解する變化であつて、乳酸の發生は磷酸原の復舊のために行はれるものと考へられてゐるが、これにてすべてが闡明されたわけではなく、更に種々の新しい問題が提起せられてゐる。

その他注目に値するは、ワールブルクによつて行はれた癌細胞の糖質代謝についての研究で、腫瘍細胞は他の體細胞と異なり、糖質を酸化しないでその代りに醗酵 (酸素なくして分解) することを見出した。悪性腫瘍の場合には嘗て何十年間も分裂しない状態に止つてゐた細胞が、組織中に向ひ急速な繁殖を起してあの恐ろしい病状を呈するのであるが、ワールブルクの研究は、この謎に包まれた現象を理解するための第一歩を進めたものといひ得るであらう。

他の物質代謝、即ち脂肪及び蛋白質の合成及び分解作用を多數の副徑路及び終産物と共に解明することは、糖質代謝の研究よりも更に一層の困難を伴ふものである。糖質代謝にあつては、屢々徑路は

不明であつても物質の構造は良く知られたのであるが、蛋白質の合成に際しては異常な複雑さと多種多様さを示すために、分析的研究は殆んど不可能である。そしてもし細胞内において行はれるこれ等の複雑な経路を展望しようと思ふならば、それには恐らく二つの主要な見地がある。その一つは特殊物質に關する知識であり、他の一つは基礎的な代謝相互間の關聯を究明することである。

既に糖質代謝はあらゆる觸媒作用ある特殊物質殊に酵素に結びついてをり、従つて細胞内において行はれる代謝は、化學者が合成或は分析に際して應用する方法とは非常に異なつてゐることが知られてゐる(生化學の部参照)。従つて特殊物質たる酵素・ビタミンないしホルモンとその作用とに通曉することは、取りも直さず物質代謝生理學の眞の進歩を意味するのであり、化學者は一步一步その闡明に向つて前進しつつあるのである。

次に、糖質代謝の如き個々の物質代謝を闡明することは、分析にとつて先づ第一に絶対に必要ではあるが、しかし、これらの合成及び分解作用は各細胞内または各生體內において互に獨立的に經過するものではなくて、むしろ相連結して互に影響を與へつつ行はれることが、次第に知られてきた。そしてもし個々の物質の合成及び分解時における錯綜せる經過を闡明することが最大の困難に遭遇するとせば、それは恐らく物質代謝の經過が錯雜せし相互的關聯をなす時に殆んど捕捉し得ない複雑さが始まるのであつて、この困難に打勝つためには偉大なる思想の飛躍を必要とするのである。

この點に關して注目し値するは、最近人工放射能を有するナトリウムまたは磷、ないしは窒素または水素などの同位元素を用ひて、その體內における移動の狀況を追求しようとする企てである。

なほ物質代謝の行はれ方は、生體の種類によつても多少の差異があることを注意しなければならぬ。例へば蛋白質代謝の體內における終産物は、人間では主として尿素であつて、本來の蛋白質から尿酸を生ずることはないが、これに反して鳥や蛇では、蛋白質代謝の終産物として尿酸が生成せられる。

次に多細胞より成る生物にあつては體內を通じての代謝物質の運搬が必要となる。従つて植物にあつては、水分及び營養鹽類の運搬並びに同化産物の他の場所への移動に關して問題があり、動物體においては、血液の循環と共に種々なる合成物質及びホルモン・ビタミンなどの如き特殊物質の供給が夫々特別の問題をもつ。植物の蒸散作用及びこれに關聯する水分供給の機構に關しては疑問があり、例へばユーカリ樹やマンモス樹の如く一〇〇メートル以上にも達する高樹の梢にまで水液の上昇する事實は實に驚異に値するのである。この植物生理學上における最難解なる根本問題の一つが力學的分析によつて解決せられ、且つ同化産物の運搬なる困難な問題にたいして少くとも一つの促進作業假説を有するに至るならば、それは植物生理學の一つの重要な進歩を意味する。また後に述べるやうに、ハンス・フィッシャーによつて動物血色素の分析並びに合成が行はれ、これによつて血液循環現象に關する知識が進められたことは、確かに物質代謝生理學の一大進歩といはねばならない。

最後に特に重要な一つの問題は、動物の刺戟現象に際して起る神。經。内。の。興。奮。現。象。についての物質代謝生理學的分析である。動物の感覺器は、信じ得ないほどの多種多様さと、敏感な構造をもつてゐるために、これに關しては殆んど無盡蔵な事實材料が蒐集されたが、しかし生體內において行はれる刺戟現象の経過が完全に闡明されたことはない。ヒル及びマイヤー・ホーフらは、神經興奮現象の際における物質代謝の證明として實熱量を測定し、微量の酸素消費より糖質燃焼についての結論を得ようとしたが、それは動物における感覺生理學のこの不可解な現象を理解するための第一歩であり、全く重要な試みである。

なほこの方面については、最近に至り人間及び動物の腦に起る電氣的變化の波（所謂腦波）を記録して、これにたいする精神作業の影響、睡眠による變化、または外部から刺戟を與へた場合などの研究が行はれてゐることをも注意すべきであらう。

種々な條件の下における生物の態度の研究は植物學上にも頗る大なる意義がある。野外または實驗室室内で、あらゆる可能な外的條件の下に、或る現象がいかに變化するかを明らかにするならば、それより現象そのものの本質的な経過を研究するための手がかりが得られるであらう。

生化學の諸問題 生化學は生物に關する化學的研究をいふ。往時は動物及び植物體内の物質は特別な生活力によつてのみ生成し得るものと信じられてゐたが、一八二八年にウェーラーが尿素の人工的

合成に成功したことによつて動搖を受け、生活體內において生成せられるものは、試験管の中ではこれを模倣し得ないといふ考へが初めて打破せられたのである（第一五三頁参照）。かくて天然に存する多數の色素・香料・風味料・藥品などの人工的製造が企てられ、有機化合物の合成が當時から始まつたのであつた。今日では茜草根の色素・ワニラ莢の香料・その他の天然物は工業的に合成によつて製造せられてゐるが、しかしその場合の條件は、これらの物質が植物體內で生成せられる際の條件とは頗る異なつてゐる。即ち人工的合成に際して用ひられるやうな高温度や、苛性アルカリや、發煙酸などの應用は自然界には決して見られないのである。故に以前には生活現象に特有な點は、それを構成せる物質の種類が化學的に特有なのみでなく、主として化學作用の行はれ方が特有であると想像されたのであつた。

ところが、近年になつて、特に植物鹽基（アルカロイド）の領域では、殆んど中性の水溶液中で通常の温度の下に合成を行ひ得るやうになつた。例へば呼吸中樞にたいして作用するロベリア草のアルカロイドの如きは今日では前記の如き方法によつて容易に得られるのである。今後はかやうな合成の數は著しく増加するであらうが、それは主として反應を起す溶液の水素イオン濃度によつて支配せられるのである。かくして化學者は、種々なる藥理作用を有する植物鹽基や、阿片などの製造に關しても自然界と競争し得ることを期待するに至つた。

しかしながら生活体内における多数の化学現象は、水素イオン濃度のみならず左右されて行はれるものではない。あらゆる細胞及び組織内における化学作用の方向とその速度とを決定するものは、むしろ今より約百年前にスウェーデンの醫師にして化学者たりしベルツェリウス（第一五〇頁参照）が觸媒力と名づけた物質の共働作用に歸せなければならぬ。即ち一定の物質は他の物質と接觸することによつて化合物を破壊し或は新しき物質を生成せしめるが、該物質自らはその際ただ存在するのみで、毫も化学的變化そのものには與らない。かかるものを觸媒力と呼ぶのであつて、酵素の作用の如きはその適例である。ベルツェリウスは、生活せる植物または動物体内においては、組織と體液との間に數千の觸媒作用が行はれるものであらうとの想像を抱いてゐたが、爾來生化学は全くこの概念に基づいて發達して來たのである。

十九世紀の初め頃ベルツェリウスの時代には、自然界に存する觸媒現象を探究することは、殆んど不可能であつた。それは最も重要な細胞成分の化学的組成が未だよく知られてゐなかつた故である。この點に關しては、われわれはドイツの化学者エミール・フィッシャー Emil Fischer（一八五二—一九一九年）に感謝しなければならぬ。彼は含水炭素・プリン・蛋白質および糖質の構造に關して基礎的の見解を明らかにした。

凡そ生体内に存する有機物質の數は非常に多數であるが、その量に従へば、主として蛋白質・糖質

（含水炭素）・脂肪・プリン體・ステリン及び磷脂質が主なるもので、その傍ら若干の色素がある。今日の生化学的研究上では、これらの物質が体内において合成または破壊せられる際に生ずる極めて僅少量の中間物質並びにビタミン・ホルモンの如き所謂微量作用物質に特別の注意が向けられてゐる。既に蛋白質のみについても、恰も星の數にも比較すべきほどの無数の種類があるものと考へられ、従つて中間物質の數も亦測知し得ないほど多數であるらしい。分量は僅少であつても非常に重要なものであることは、無機物質と著しく異なる點で、例へば、いま或る種の稀有な礦物が缺如してゐたとしても地球の外観と歴史とはそれほど大した變化を示さないであらうが、これに反して中間物質や、ビタミン・ホルモンが缺如してゐたら、全生體は非常に重い障壁を受けるのである。

先づ糖類については、糖または配糖體を分解する酵素は、特に吸着法及び溶解法によつて純粹に分離せられ、その特異性が一そう明らかにされたが、一面には、酵素の助けによつて二糖類及び多數の配糖體の合成が行はれるに至つた。しかし二糖類に屬する蔗糖や、澱粉・ツェルローゼの如き多糖類の人工的製造はなほ將來の問題として殘されてゐる。

糖類と密接な關係にあつて顯著な作用を呈する物質としては、ビタミンC（アスコルビン酸）及び黄色呼吸酵素の構成成分なるビタミンB₂（ラクトフラヴィン）が發見された。新鮮な果物や、青い野菜の中に含まれるビタミンCは、古くより海洋航海者または極地探検者から恐れられたあの壞血

病を防止し且つ血液の凝固を促進する作用をもつのみでなく、ビタミンCに缺乏する時は一定の傳染病に罹り易くなる。また酵母などの中に含まれるビタミンB₂は發育を促進する作用があり、兩者はいづれも可逆的に酸化または還元し得る化合物であるが、しかし作用は單に酸化還元電壓によつてのみ決定せられるものではなくて、その傍ら糖殘基の構造と形とに關するのである。

ビタミンは食物と共に攝取せられ、ホルモンは體内の腺臓器から血液中に溢出する微量作用物質の總稱であるが、兩者の間には劃然たる區別は存しない。例へばビタミンCの如きは白鼠の副腎皮質ではホルモンとして合成せられるらしい。これらに關する知識は近年著しい發達を遂げたが、作用は未だ充分に知られてをらず、それに關する今日のわれわれの知識がいかに不十分であるかは、糖尿病の治療劑として今日廣く用ひられる膵臓ホルモンなるインシュリンの例によつてもわかるのである。インシュリンは一九二二年カナダ・トロント大學のバンチング F. G. Banting (一八九一—一九四一年) 及びベスト C. H. Best (一八九九—) の發見にかかり、糖代謝を支配する作用を有することは確實で、體内においては恐らく細胞内のコロイド構造を變化せしめて糖よりグリコゲンを生成するものと考へられてゐるが、試験管内では未だ一定の作用を實證し得ない。インシュリンは極微量の金屬の存在において結晶となし得べく、硫黄を含有せる一種の蛋白質なることが明かとなつた。われわれの身體には皮下に多量の脂肪(脂質)が蓄積されてゐるが、蓄積脂肪の一部は、食物中の

脂肪に由來し、一部は食物内の糖より體内において生成せられるのである。しかし糖類よりいかなる徑路をへて脂肪が生成せられるのか、その順序は未だ完全に闡明せられてゐない。

肝油の中に大量に含有せられるビタミンAは、化學的に見ればカロチンなる黄色色素の一分解産物で、構造式も闡明せられてゐる。これは身體の發育にたいして絶対に必要であり、缺乏すれば夜盲症が起る。

磷酸を含める所謂**磷脂**に屬するレチチン及びケファリンは、動物及び植物細胞の成分であり、特に腦及び神經物質の基質として知られてゐるが、これらは既に合成的に得られた。物理化學的に觀察すれば、兩性イオンで、特別な兩電氣性の性質を示す。それ故に、この物質についての今後の研究は、細胞の透過性を理解する上において、また一方、腦及び神經中における電氣現象に關して頗る重要であるらしい。

プリン體の梗概は、既にエミール・フィッシャーによつて明らかにされたのであるが、この領域においては細胞核の特有な基質たるヌクレイン酸(核酸)の研究が主要な位置を占めてゐる。なほ抗神經炎性作用を有し脚氣の治療に用ひられるビタミンB₁は硫黄を含有する一化合物で、ピリミチン誘導體としてこの屬の物質と化學的に關係がある。初めてビタミンBを米糠より分離し、その作用を動物試験によつて證明したのは、わが國の農藝化學者鈴木梅太郎(一八七四—一九四三年)である。

それは一九一〇年（明治四十三年）のことで、實に今日のビタミン學說の先驅をなしたものでいつてよい。

ステリン屬のものは最近の生化學における最も驚嘆すべき部類に屬し、その代表者は既に久しい以前より知られた膽汁中の痘脂（コレステリン）である。コレステリンは血液中に侵入した物質を解毒する作用があり、物理化學的關係においてはレチチンと拮抗的に作用し、細胞核の滲透性についても兩者は反對の作用を呈する。これより生ずる膽汁酸は膽汁の成分として腸内に出で、脂肪の消化を助けてこれを吸収され易くする任務をもつてゐる。他方、或る種の植物、例へば心臟病の特効薬として廣く醫藥上に應用せられるデギタリス葉の中には、特に心筋にたいして所謂強心作用を呈する有効物質が含まれてゐるが、これも植物中においてコレステリンより生成せられるのである。コレステリンの構造の一部を一そう破壊する時は、女性ホルモンの一つなる黄体ホルモンを生じ、これは妊娠を持續するために必要缺くべからざるものである。更に構造の一部を完全に破壊すれば男性の性ホルモンのなる。いま一つの女性ホルモンなる卵胞ホルモンもこれに類似の構造をもつてゐる。

しかし作用の多様なことは未だ以上で盡きない。或るステリン、即ちエルゴステリンにあつては、紫外線を作用せしめるとビタミンDを生じ、これは小兒の佝僂病を豫防する作用がある。なほ癌を増殖せしめる作用ある所謂發癌物質の構造も膽汁酸及び性ホルモンに近似してをり、これは石炭ター

ルより分離し得べく、且つ合成的にも製造し得られる。かくの如く分子を比較的僅か變化することによつて、極めて多様な特殊作用を發揮することは頗る興味あるといはねばならぬ。

蛋白質の研究は、あらゆる生活現象と密接な關係があり、頗る重要な問題である。蛋白質の構成要素は種々なるアミノ酸であるが、特にドイツの生化學者アブデルハルデン E. Abderhalden（一八七七一）及びベルグマン M. Bergmann は、エミール・フィッシャーによつて創始せられた方法により、アミノ酸を系統的に結合せしめて多數の新らしいペプチッドと呼ばれる物質を製造し、このペプチッドにあつては蛋白分解酵素の特異性が明かに現はれ始めた。しかしながら最近英國 オックスフォードの女流數學者リンチ Winch は、從來化學者ないし生化學者の夢想だもしなかつた方面、即ち幾何學的方面から蛋白質の構造を考察し、蛋白質分子中におけるアミノ酸相互の結合様式に關して一九三六年以來所謂サイクロール説を提唱してゐることは頗る注目に値する。

なほアミノ酸の中には特殊な作用を呈する種々のものがあり、それによつて新らしき問題が提供された。例へば、甲狀腺のホルモンなる沃度を含有せるサイロキシンや、硫黄を含有せるグルタチオンの如きがある。グルタチオンは細胞内における種々な酵素の活賦體として廣く存在し、生體内の酸化作用に關與する物質である。またβインドルル醋酸は、植物の細胞を延伸せしめる一つのホルモンで、ヘテロアウキシンと呼ばれ、不思議にも無窒素性の生長素なるアウキシンと同様な作用を呈する。

次に色素群を有する所謂色素蛋白質は自然界に廣く播布されてゐる。最もよく知られた代表者は赤血球中の血色素（ヘモグロビン）であるが、その化學的研究はハンス・フィッシャー Hans Fischer（一八八一—）によつて大なる進歩を示し、色素成分なるヘミンの合成によつて最も顯著な劃期的の發達を遂げた。これと同様の方法を用ひて色素成分を再び特殊蛋白質と結合せしめることにより、血色素および黄色酵素を得ることも成功した。この兩成分より構成せられた血色素は、天然の血色素と同様に酸素を結合する能力を有し、且つ人工的に得た黄色酵素は天然のものと同様な觸媒作用を呈する。

嘗てウイルシュテッターは、酵素は化學的に反應する部分と、膠質（コロイド）性を有する部分とより成るとの想像を抱いてゐたが、この考へは次第に確實さを増してきた。そして膠質性を有する部分分は、或る場合には恐らく作用を失ふことなしに交換し得るらしい。一般に酵素はそれぞれ一定の物質にたいしてのみ作用し、所謂特異性を示すものであるが、酵素の化學的に反應する色素成分と、他方、膠質性を有する蛋白成分との一定の化學的變化が、酵素作用の特異性にたいして果していかなる影響を及ぼすものであるかは頗る大なる意義ある問題であり、これは將來の實驗的研究によつて闡明せらるべき領域に屬する。

以上述べた如く、生活現象に特有であると豫想されたところの觸媒作用中の多數は今日既に闡明せ

られたのであつて、實に驚くべきものがある。しかしながら忘れてならぬのは、物質の複雑極まりなきことで、生物學的對象は見極めのつかぬ複雑さをもつてゐることである。今日化學者はそれと戦ひつつ一歩一歩と前進してはゐるが、生體內における現象は最も複雑なもの、最も複雑な組合せである。それは恐らく、捕捉し得ない複雑さであり、そのことは吾々により生命の遂に捕捉し得ないことを意味するのもかも知れぬ。しかしこの複雑さの終局の柵に達するまでには、なほ廣大なる領域が未開のまま横たはつてをり、學者は今日生涯をその開拓のために捧げつつあるのである。

生命の問題と關聯して、肉體と精神との關係も古來不可解な最大の謎の一つとして残されてゐるが、恰も今日の量子物理學において電子の粒子性と波動性とが互に相補的關係にあるが如く、この兩者も亦恐らく相補性の表現として把握すべきであらう。つまり「物心一如」の思想に歸着するわけである。

生物學方面（下）

免疫生物學 人間でも動物でも病原微生物の侵入をうけると一定の傳染病に罹るが、どの傳染病に

も罹るわけではない。例へば、人は牛疫に感染せず、動物は麻疹や猩紅熱には罹らない。加之、動物の種類によつても夫々罹る疾病に相違があり、反芻動物は馬鼻疽を病まず、犬は豚丹毒または脾臓疽に罹らず、馬は肺疫に感染しない。また或る種の動物は、一定の毒物にたいしても先天的に抵抗力が強く、例へば鼠はチフテリア毒素によつて侵されず、鶏は破傷風毒素に不感受性である。これらの場合は従来先天性免疫と呼ばれてゐたが、むしろ先天性抵抗力といつた方が適當であらう。原因は、主として組織の細胞そのものの感受性の如何と、加ふるに白血球の喰作用並びに血漿・淋巴の如き體液の殺菌作用も関係があると思はれてゐるが、その本態に關しては未だ不明の點が多い。

これと區別すべきものに後天性免疫なる事實がある。人間が一定の傳染病を経過すると、その後長いあひだ或は一生涯を通じて再び同じ傳染病に罹らないのをいひ、痘瘡・猩紅熱・百日咳の他、麻疹・腸チフス・コレラ・ペストなどはこの種の傳染病に屬する。後天性免疫の本態、または免疫成立の機轉に關しても今日まで種々の學説があるが、未だ完全に闡明されたとはいひ難い。

免疫の本態に關する從來の學説は二大別することが出来、その一つはメチニコフ Metschnikoff (一八四五—一九一六年) の唱導したフランス學派の喰細胞説であり、他の一つはドイツ學派の特異性抗體または免疫體説である。前者は白血球が體内に侵入した病原體を呑喰するによるものである。後者は傳染時に血液中出现する所謂抗體(免疫體)の作用に歸するのである。この抗體(免

疫體)には、抗毒素の外に溶菌素・凝集素・沈降素などが試験管内で證明せられ、いづれも恐らく後述の網内系より産出せられて血液中に送り出されるものと認められてゐる。抗體の發生ないし免疫反應に關しては、エールリッヒの唱へた有名な側鎖説により、所謂抗元(抗體を發生せしめる作用の物質)と抗體との關係が極めて理解し易く説明せられたので、爾來抗體の作用に關する方面のみが著しい發達を示し、その結果、一般に免疫は血液における抗體の出現によつて成立するが如き觀念を生じ、血清學即ち免疫學と解せられるに至つたのである。しかるに、近時ドイツの病理學者アショッフ Aschoff の門下が主として生體染色法の應用により喰作用を營む網内系(網狀織内被細胞系)と呼ばれる一つの組織系統の存在を明瞭にするに及び、喰作用は免疫現象にとつて再び重要な意義を有するにいたつた。

しかしながら、後天性免疫の本態は未だこれらの學説によつて完全に説明し盡されたわけではない。例へば、腸チフスの經過と血液中の抗體の量とは必ずしも平行せず、且つ疾病の恢復後一定の時日を経過すると、血液中の抗體は消失しても、免疫は十年ないし數十年も存続する。その原因は、再度の病原菌侵入に際して急速なる抗體の發生をみるに因るものとして説明せられてゐるが、これのみでは未だ動物試験上の事實を完全に説明し得ない。そこで病原菌侵入部における組織の局所免疫説も唱へられるのであるが、動物實驗上の事實によれば、恐らくなほ一つの重要な因子として、組織細胞

の特異性變調による防衛力の増進を認めるべきであらう。

さて、かやうな免疫生物學的現象は、疾病の豫防または治療にたいして今日いかに應用せられつつあるかといふに、先づ天然痘（痘瘡）にたいする豫防としてはジェンナーの發見に基づいて種痘が行はれてゐる。毒力を減じた牛痘の病原ウイルスを人の皮膚に接種するのである（第一三〇頁参照）。狂犬病の豫防も亦、發見者バスターの方式によつて行はれ、弱毒せる病原ウイルスを含む感染家兎の脊髓の乳劑が注射される（第一六九頁参照）。これらの場合には何れも毒性の減弱した生きた病原ウイルスを接種して、しかも充分なる免疫の發生が見られ、その効果は殆んど確定的である。かかる經驗に倣つて、腸チフス・コレラ・またはペストなどの豫防の目的にも、それぞれの死滅した病原細菌が屢々ワクチンとして用ひられ、或る程度の效力が認められてゐる。しかし麻疹や猩紅熱にたいしては、天然痘におけるやうな豫防接種は未だ成功しない。

チフテリア菌や破傷風菌は、他の細菌と異なつて頗る強毒な毒素を産出し、この毒素にたいしては生體內において抗毒素が生成せられるので、毒素の少量より注射して多量の抗毒素を含有するに至らしめた動物（多くは馬）の血清は、所謂血清療法として現今広く實際に應用せられてゐる。ベルリンのコッホ研究所にあつて破傷風菌の純培養に成功し、次でその血清療法を創始したのは北里柴三郎（一八五二—一九三一年）であり、チフテリア血清療法を完成したのはベーリングで、それは一八九

〇年、明治二十三年のことである（第一七一頁参照）。但し動物の血清、殊にその新鮮なものの人體內注射に際しては屢々不快なる血清病を起し、殊に注射後一定の時日を経て再び同種動物の血清を注射すると、所謂アナフィラキシーと呼ばれる危険症候を呈することが知られてゐる。これらの過敏症の本態に關しても未だ完全な説明は與へられてゐない。

人類の最大の強敵は結核で、年々このために斃れる者の數は死者の大部分を占めてゐる。一八八二年（明治十五年）コッホによる結核菌の發見は、近代における實驗的結核研究の基礎を樹立したもので、極めて重大な事件であつた（第一七一頁参照）。彼は更に一八九〇年に結核菌體のグリセリン・エキス（ツベルクリン）に關する發表をなし、一九〇一年には人型結核菌と牛型結核菌との區別を確定した。既に結核に罹れる人或は動物に更に結核菌またはツベルクリンを注射すると、健康な生體と異なつた反應を呈するもので、この事實もコッホによつて示されたのである。かかる際における異常な反應は近時一般にアレルギーなる名稱を以て呼ばれてゐるが、結核に感染せる生體は過敏性と同時に、一面において或る程度の抵抗力の増進を示すものである。原因は組織の變調に歸せられてゐるが、この兩現象の相互的關聯に關しては未だ確實なことは不明である。ツベルクリンについては最初はその治療的効果が期待されたのであつたが、却つて之にたいする結核感染者の過敏性を證明することはよつて今日では診斷上に広く應用せられるに至つた。所謂マンロー Mantoux 氏皮内反應の如き

はこれに屬する。これはツベルクリンの稀釋液を皮内に注射するとき、結核感染者にあつては注射部に腫脹及び潮紅が現はれ（反應陽性）、未感染者にあつては反應の現はれない（陰性）のをいふ。

未だ結核の流行を見たことのない地方の住民が一度結核に罹ると著しく悪性の経過をとるが、これに反して既に結核の蔓延せる地方の住民は、結核にたいして或る程度の抵抗力をもつてゐることが知られてゐる。文明國において結核による死亡率の漸次に減少せる事實には一般衛生状態の改善の傍ら、これが與つてゐると認められるのであるが、しかしこの事實は果して何によるかは今後の研究を要する問題である。この場合に全住民についての一定の遺傳の影響を考慮することも出来るが、動物試験の成績は必ずしもこの考へに一致しない。また自然に淘汰されて先天的に抵抗力のある者のみが生残り、結核にたいして感受性の強い者は漸次に斃れたのであるとも説明し得るけれど、この兩説にたいしては未だ確證がない。

いづれにしても既に結核に感染せる生體は結核にたいして或る程度の抵抗力をもつてゐることは確かである。そこで弱毒せる結核菌を用ひて結核の發病を豫防しようとする試みが行はれるのである。その代表的なものはバストール研究所のカルメット Calmette によつて創始せられた所謂 B、C、G なる生きた毒性の弱い牛型結核菌で、マンロー氏反應の陰性な、結核未感染者の皮内に接種して、結核の發病を防がうとするのである。わが國における近年の報告によると多少の効果は期待し得るらしい

が、これのみによつて結核の發病を豫防することはたうてい至難である。

今日においては結核菌の體内侵入を受けてゐる者の非常に多數であることはツベルクリン反應による過敏性の證明によつて知られるのであるが、發病する者の數はこれに比して遙に尠いことも事實である。インフルエンザや、コレラ・ペストなどのやうな若干の傳染病にたいしては殆んどすべての人間が同様な感受性をもつてゐるが、これに反してデフテリア或は猩紅熱の際には接觸者中の一部の者が罹病するのみで、特に結核についてもかやうな事實が認められるのである。元來、結核の感染はそれぞれ動物の種類によつて頗る狀況が異なるもので、例へばモルモットは最少量の結核菌の感染により進行性の結核を起して死するのが常であるが、これに反して犬に實驗的に結核を起すには頗る大量の菌を以てしなければならない。同じ人間のうちでもこれと同様に、結核にたいする感受性および抵抗力はかなり異なるらしく、従つて傳染の危険は非常に屢々あるにもかかはらず、一部の者のみが結核に罹つて死するのである。それ故、結核の發病にたいしては體質が主要な役割を演ずることがわかるので、今後いかにしてこの體質を改造すべきかが重大な問題であり、この方面にも學者の努力が集中されてゐる。

人生における最も悲惨な疾病たる癩病の病原體なる癩菌は、夙く一八七二年ノルウエーのハンゼン A. Hansen (一八四一—一九一二年) によつて發見せられたのであるが、ノルウエー語で報告された

ため、長いあひだ一般に知られなかつた。癩菌は、結核菌に類似する抗酸性の桿菌で形態學上兩者を鑑別することは困難であるが、その純培養は今日のところ未だ成功せず、動物への感染試験も多くの人々によつて試みられつつある。露國オデッサにおいて發見された鼠癩はわが國においても發見されたが、人癩との關係は明かでない。癩病の成立にも體質が重要な要素をなしてをり、今後の研究によつて解明せらるべき重大なる問題に屬する。

實驗的に動物に病原體を感染せしめ、これに各種の有機化合物を系統的に應用することにより初めて現代における化學療法の基礎を確立し、不滅の功績を留めたのはエールリッヒ Paul Ehrlich (一八五四—一九一五年)である。青年時代に肺を病み、一時エヂプトにおいて靜養してゐたが、そのとき、一度毒蛇に咬まれて回復した者は再び咬まれても何らの症狀をも呈しないといふことを聞いて免疫の事實に想到し、ドイツに歸つて免疫現象に關する有名な側鎖説を唱へ、後には化學療法建設に専念した。蓋し化學療法とは、生體を傷害することなく、しかも體内に侵入せる病原微生物を化學的藥劑によつて死滅せしめる方法をいふのである。かかる目的を達するには、藥物が體組織によつて結合または沈着せられることなしに病原體に達するか、または體内における病原體の生活條件を著しく不良になすやうに體内に分布することが必要であり、しかも使用量にては生體そのものに對して無害でなければならぬ。經驗によるに、體外で有効な消毒劑も必ずしも體内では効力があると限らず、

これと反對に、試験管内では全く殺菌作用のない物質も體内において有効な物質に變化することが屢屢ある。

「生活細胞は各々その生活に必要な物質にたいして特殊の親和力を有し、これによつて生活作用を営むものである。いま動物體内の微生物も亦各々特殊の物質にたいして親和力を有し、これを攝取して榮養となし生活作用を営むものとすれば、獨り病原體にたいしてのみ作用する化學的物質も存在する筈である」といふのがエールリッヒの信條であつた。かくて一八九二年メチレン青なる色素の體内における作用を研究してこれをマラリアの治療に試みた。一八九九年にはフランクフルトに實驗治療學研究所が設立せられ、その後、化學療法の研究はトリパノゾーマなる病原性原虫の發見に促されて更に發展を示し、これを接種した南京鼠にたいしてトリパン赤、その他の諸種の色素を以てする治療が試みられた。それよりの砒素の化合物たるアトキシルも試用されたが、一九〇五年エールリッヒは化學者ベルトハイム Berthelm と共にアトキシルの構造を明かにし、これより種々の化學的誘導體を製出する基礎を作つた。この間にあつてアトキシルに注目する者多く、これを微毒の治療に試みる者もあつたが、當時恰も微毒の病原スピロヘータを家兎の瘰癧に接種することに成功した報告があつたので、これについて廣汎な動物治療試験が行はれたのである。即ちエールリッヒはベルトハイムと協力して幾百種の砒素化合物を製造し、秦佐八郎は一々これを接種微毒について試験し、遂に六〇六

號に至つて初めて有効なものを發見し得たのである（一九〇九年、明治四十二年）。これがサルツァルサンである。このものは三價の砒素を有する誘導體で、試験管内では作用はないが、生体内では病原體を死滅せしめる作用がある。それ故、體内において有効な形に變化するものと考へられるが、作用の詳細な點は今日も不明である。

化學療法に當つては、中毒を起さない範圍において成るべく大量を用ひて病原體を一舉に死滅せしめるやうに努めねばならない。これがエールリッヒの理想たる所謂強滅菌療法で、然らざれば、病原體が藥劑に耐えるやうになる恐れがある。熱帯病の一つなる熱帯毒腫や再歸熱の病原體も共にスピロヘータであつて、これらの疾病は、多くはサルツァルサンの一回の注射にて治癒せしめ得るが、微毒にたいしてはさうはゆかぬ。殊に脊髄癆及び進行性麻痺の如きも同じく微毒スピロヘータによつて起る疾病ではあるが、これに對してはサルツァルサンは殆んど効を奏しない。それ故、これらの病狀にたいしては寧ろ人工的マラリア接種の如き所謂發熱療法が行はれてゐる。このマラリア療法は一九一八年ウィーンのワグナー・ヤウレグ J. Wagner von Jauregg（一八五七—一九四〇年）により臨床上の經驗を基として創始せられたものである。

アフリカの睡眠病の原因はトリバノゾーマなる原虫で、これにたいする化學療法劑としては、その後バイエル二〇五號なる複雑なる尿素誘導體が知られ、蒼鉛劑はフランスのルワヂッチ Levaditi に

より微毒に治療的效果のあることが明らかにされて、今日臨牀上に廣く應用せられてをり、恐らく肝臓内にて有効な物質に變化するものらしい。以上はスピロヘータにしてもトリバノゾーマにしても、いづれも動物性の病原微生物であつて、細菌の化學療法としては、從來僅かにキニーネ誘導體の肺炎球菌にたいする作用、アクリチン系色素の化膿菌にたいする作用などが認められてゐるに過ぎなかつたのである。

しかるに驚異に値するは、最近における細菌性疾患にたいする化學療法の劃期的進歩である。ドイツの I. G. エルバーフェルト研究所のドマック (Domagk) (一八九五—) は、二人の若き化學技師—殆んど同時に父親を敗血症で亡くしたのを動機に、この方面に一生を捧げようと決心した—の協力の下に、僅か三年にしてスルフォンアミド基を結合させたアゾ系色素（赤色プロントジール）が、實驗的に連鎖狀球菌を感染させた南京鼠にたいして治療的效果のあることを發見し、人體實驗にも成功して一九三五年（昭和十年）に發表した。ところが、次でバスターール研究所の化學者、生理學者、細菌學者は協力して前記藥劑の研究に取りかかり、赤い色素劑は動物の體内で毒性の弱い、しかも殺菌力の著しい白色の物質に變化することを證明した。次でその構造式が明かにされ、分子中にスルフォンアミド基の存在が必要なることがわかり、爾來研究方針は一變して色素の研究は捨てられたのである。この報告は一九三五年に生物學會報告書に掲載され、内容は僅か二頁足らずの簡潔なものであつた。

それにつづいて各國の學者は種々な新製劑を作り始めたが、殊にイギリスの學者たちは一九三八年（昭和十三年）にスルファピリヂンなる化合物について動物試験を行つた結果、肺炎球菌にたいし特効的に作用することを認めた。かくしてこの方面の研究は各國において今なほ盛んに續行せられ、最近には、これと關聯して或る種の微の產物、例へばペニシリンの抗菌作用が研究の對象となり、すでに肺炎その他の化膿性疾患の治療に廣く應用されてゐる。

この驚嘆すべきスルフォンアミド劑を中心として最近クーンらは細菌にたいする多數の發育促進性物質と發育阻止物質との化學構造式を比較して、その間には極めて僅少な構造の差異のみが存することを示した。これによつてみれば、これらの藥劑の作用の本態は、恐らく細菌が自己の發育に必要な物質と誤まつて發育阻止物質を攝取するためであるらしい。エールリッヒがスピロヘータの化學療法に成功した頃には彼自らいつてゐるやうに、感染にたいして作用を及ぼす物質を見つけることはなほ偶然的範圍を出でなかつたのであるが、今や前記の如き意想に従へば、醫師と化學者との共同の下に、組織立つた新しい化學療法研究の途が拓かれたといひ得るであらう。

かくして第十九世紀の後期より現代にわたり、醫學はあらゆる領域において理論上にも實際上にも長足の進歩を遂げた結果、人類の平均死亡年齢は長命となり、日常生活の能率は増進し、不健康から受ける生命の浪費は著しく減少した。醫學の目標は、今日では治療醫學より豫防醫學へ、更に進んで

體力の増強へとその重點をおくに至つた。

最後に今日の生物學における興味を中心はウイルスの本態である。これは細菌よりも遙かに微細で從來の顯微鏡を以てしては認知し得ず、従つて不可視性、超顯微鏡的または濾過性病原體と呼ばれたものである。このウイルスに關する最初の報告は、一八九二年ロシアのイワノフスキー Iwanowski がモザイク病に罹れる煙草の葉の壓搾濾液を用ひて、健常煙草に本病を感染せしめたのを以て嚆矢とする。今日は、人にあつては痘瘡・麻疹・インフルエンザ・狂犬病・デング熱などはすべてウイルスによる疾病として知られ、哺乳類・鳥類・昆虫などにも多數のウイルス疾患があり、のみならず世界各地の植物、例へば煙草の外、甘蔗・馬鈴薯・トマト・ユリなどについてもウイルス疾患は大なる注意を惹いてゐる。植物にウイルスが侵入すると、果實や葉や地下莖に黄色または褐色の斑點ができ、或は壞死に陥り、または矮生状態・莖の叢生などが見られる。この他、動物に見られる腫瘍の健康動物への移植に關しても濾過性ウイルスの意義が認められてゐる。

ウイルスの本態は何であるか。あらゆるウイルスが生ける微生物であるか否かは、なほ不明であるが、今日のところでは、ウイルスを以て生活有機體と生命なき物質との境界にある物質と見做さうとする傾向にある。殊に一九三五年にスタンレー Stanley 等が煙草モザイク病のウイルスより病原蛋白質なるものを結晶形として分離し、これがウイルス自身であると認められるに至つて、ウイルスを

重蛋白質と見做す傾向が強くなつた。即ち現時においては、ウィラスは微生物と既知蛋白質分子との中間的存在であつて、粒子の大形なるものは生物的色彩が濃厚であり、粒子の小さいものは蛋白質分子と共通の性質が顯著であると解せられ、新たな研究領域が展開されつつある。従つてこの方面から生命の謎を解く鍵が與へられないとも限らないであらう。最近に製作された真空管中における電子の放出による所謂電子顕微鏡が、これら微生物の研究にたいして何程の貢獻をなし得るかは、全く將來に残された問題である。

以上古代より今日にいたる自然科学發達の跡を尋ねるに、科學の進歩は駁々として一日も止まることがなく、殊に十九世紀より現代にいたるに従つて益々顯著なる進展を示しつつある有様は實に驚嘆すべきものである。これは自然の趨勢であつて、今後科學がいかなる發見・發明を齎らすであらうかは全く豫測の限りでない。これを大局より通觀する時は、大自然の動向に一致して宇宙の眞理を探究し、人類文化の建設に努力する民族は榮え、國家は興隆するを知るのである。さればわれらは今後相携へて益々科學の研究に勵み、自然界の神祕を探求すると共に、得たる原理を日常生活の實際に應用して文化日本を建設し、人類の福祉を圖るよう努めねばならぬ。自然の探究に携はる者は、時に宇宙の微妙なる現實に接し、時に自然の麗しい調和を感じつつ、いつしか大自然の妙理にうたれて隨喜

的境致に達するを得べく、このことは文藝復興期前後における幾多の學者が自然研究のために生命を捧げた歴史の跡を顧みるまでもないであらう。これまでの自然科学は一般に物質文明のみ齎らすものと考へられてゐたが、それは應用方面のみをみた偏見であつて、いまや宇宙の眞理は科學の力によつて逐次われわれの眼前に啓示せられつつあり、今後の人々にとつては、むしろ「科學即宗教」ともなるであらうことが豫想せられるのである。

人名索引

A

Abderhalden, E.249
Abel136
Abu-Musa-Jabir-ibn-
 Haiyan..... 34
Adams, J. C.....136
Alchimedus 16
Alcuin 74
Al-Hazen..... 34
Alkarismi 34
Ampère, A. M.....138
Anaxagoras..... 7
Anaximander..... 5
Anaximenes 5
Anderson, C. D.214
Apollonius 18
Aquinas, Thomas..... 38
Aristarcos 18
Aristoteles 11
Arkwright, Sir Richard.....132
Arrhenius, S. A.156
Aryabhata 32
Aschoff253
Aston, F. W.....207
Averroës..... 3₅
Avicenna..... 35
Avogadro151
青木文藏(昆陽)108

B

Bacon, Francis 71
Bacon, Roger..... 39
Baer, K. E. von.....163
Balmer, J. J.195
Banting246
Bassi, A.167
Becher, Johann 88
Becquerel, A. H.147
Beheim 45
Behring171
Bell, Alexander Graham.....217
Bergmann, M.249
Bergman, T.119
Bernard, Claude165
Bernoulli, Daniel109
Berthelm259
Berzelius, J. J.150
Best246
Bhaskara 32
Bichat, F. Z.128
Biot, J. B.154
Black, Joseph.....116
Boerhaave, Hermann 89
Bohr, N.198
Boltzmann, L.145
Bonnet, C.127
Borelli, G. A..... 98

Born, M.204
 Boveri, T.223
 Bothe, W.208
 Boyle, Robert 85
 Brahe, Tycho..... 60
 Brahmagupta..... 32
 Bragg, W. H.....184
 Bragg, W. L.....184
 Briggs, Henry 72
 Brown, Robert161
 Bruno, Giordano 70
 Buffon125
 Bunsen, R. W. von.....141
 Bürgi, Justus..... 72

C

Caesar, Gaius Julius 25
 Calmette256
 Camper, P.....126
 Cannizzaro152
 Cardano, Girolamo 59
 Carnot, N. L. S.142
 Cauchy.....136
 Cavendish, H.119
 Cayley136
 Chadwick, J.209
 Charlemagne 36
 Chladni118
 Clausius, R. J. E.....144
 Cockcroft, J. D.....209
 Colbert, I. B..... 75
 Columbus, Christopher 45
 Compton, A. H.....201

Copernicus, Nicolaus 48
 Correns, C.....164
 Crookes, W.146
 Curie, Marie147
 Cuvier, G. B. de127

D

d'Agyr, F. V.....127
 d'Alembert.....111
 Dalton, J.....150
 Daniell.....133
 Darwin, Charles Robert162
 Darwin, Erasmus.....159
 Da Vinci, Leonardo..... 50
 Davy.....139
 de Balboa 45
 De Beaune, F. 81
 De Broglie, L.202
 De Chancourtois155
 Descartes, René 79
 Delsaux183
 Demokritus..... 8
 De Vries, H.164
 Diaz, Bartolomeu..... 45
 Diophantus 20
 Dioscorides, Pedanios..... 27
 Dirac, P. A. M.....205
 Domagk261
 Dufay114

E

Edington191

Edison, Thomas Alva.....217
 Ehrenberg, C. G.167
 Ehrlich, Paul258
 Einstein, A.189
 Erasistratus 21
 Erathosthenes 18
 Euclid (Eukleides) 16
 Euler, L.110
 Eustachius 57

F

Fabricius..... 76
 Fahrenheit, G. D.116
 Fajans K.196
 Fallopius..... 57
 Faraday, M.138
 Feather, N.....210
 Fermat, Pierre de..... 82
 Fermi, E.....210
 Fischer, Emil.....244
 Fischer, Hans250
 Fitting227
 Fontana 59
 Framsteed 75
 Franklin, Benjamine114
 Fraunhofer, J. v.140
 Fresnel, A. J.....140
 Friedmann, A.193
 Fulton216

G

Galen 27

Galenus, Claudius..... 27
 Galilei, Galileo 67
 Galois136
 Galvani, L.....132
 Gassendi, Petrus 82
 Gauss136
 Gay-Lussac, J. L.....151
 Geber 34
 Gerbert 52
 Gesner, Conrad..... 58
 Gibbs, J. W.157
 Gilbert, William 58
 Goethe160
 Goldschmidt, R.224
 Graham, T.....157
 Graunt 75
 Gray, S.114
 Gray, Asa163
 Grew, Nehemiah 91
 Guericke, Otto von 84
 Gutenberg, Johannes 52

H

Haberlandt226
 Häckel, E.163
 Hämmerling224
 Hahnemann, Samuel129
 Hales, Stephen 89
 Haller, Albrecht von127
 Hally, Edmond107
 Hansen, A.257
 Hartmann, M.224
 Harvey, William 76

Hawksbee117
 Heisenberg, W.203
 Helmholtz, H. L. F. von144
 Henry, Prince 44
 Herakleitos..... 5
 Hermite136
 Heron 20
 Herophilus 21
 Herschel, Fr. William112
 Hertz, H. R.139
 Hess, J. F.213
 Hill, A. V.239
 Hipparchus..... 19
 Hippokrates (Chios)..... 10
 Hippokrates (Kos)..... 8
 Hoffmann172
 Hittorf, J. W.148
 Holtereter228
 Hooke, Robert 91
 Hubble, E. P.193
 Hufeland, C. W.131
 Humboldt, A. v161
 Hunter, John.....127
 Hutton, James124
 Huxley.....163
 Huygens, Christiaan 98
 秦佐八郎259
 平賀源内133

I

Ingen-Houss, Jan128
 Iwanowski263
 伊能忠敬158

飯沼慾齊161

J

Jacobi136
 Jenner, Edward.....130
 Joliot.....209
 Jordan, P.204
 Joule, J. P.143
 Jussieu, B. L. de..... 78

K

Kant, Immanuel112
 Kelvin, Lord145
 Kepler, Johannes 63
 Kirchhoff, G. R.141
 Koch, Robert170
 Kögl226
 Kuhn, R.225
 貝原益軒 79
 木村 榮137
 北里柴三郎254

L

Lagrange, J. L.111
 Lamarck, Jean de.....160
 Langley218
 Laplace, P. S.111
 Laue, M. v.184
 Laveran, C. L. A.171
 Lavoisier, A. L.121
 Lawrence, E. O.209

Le Bel.....154
 Leeuwenhoek, Antony van... 96
 Legendre.....136
 Leibniz, G. W.105
 Lemaître, G.193
 Leukippos 8
 Levaditi260
 Leverrier.....137
 Liebig, J. F. v.152
 Linné, Carl.....126
 Lister, L. J.170
 Lobatchevskii136
 Lorentz, H. A.148
 Lucretius, Titus Carus 25
 Ludwig165
 Lundegårdh235
 Lyell, Sir Charles157

M

Maclaurin, C.109
 Magellan, Ferdinand 46
 Magendie165
 Magnus, Albertus..... 38
 Malpighi, Marcello 92
 Mantoux255
 Marconi, Guglielmo.....217
 Mariotte, Edmé..... 86
 Maxwell, J. C.139
 Mayer, J. R. v.142
 Mayow, John 87
 Mencke106
 Mendeléeff155
 Mendel, J. G.164

Metschnikoff252
 Meyer, Lothar155
 Meyerhof, O.238
 Michelson, A. A.188
 Millikan213
 Morgan, T. H.221
 Morley, E. W.188
 Morton, W. T. G.172
 Moseley, H. G. J.197
 Muller, H. J.232
 Müller, Johann 47
 Müller, Johannes164
 Murdock, W.132
 前野良澤131

N

Napier, John 72
 Newcomen, T.131
 Newlands155
 Newton, Isaac100
 長岡半太郎196
 中野柳園112
 野口英世172

O

Occam, William..... 41
 Oersted, H. C.138
 Osiander, Andreas 49
 Ostwald, F. W.155
 小野蘭山160
 大槻玄澤131

P

Paracelsus	54
Pascal, Blaise	84
Pasteur, Louis	168
Pavlov, I. P.	166
Petrarca	44
Pfeffer	235
Philolaus	7
Planck, Max	199
Platon	10
Plinius, Cajus	26
Plücker, J.	148
Poincaré	136
Priestley, J.	120
Prout, W.	150
Ptolemaios, Klaudios	20
Ptolemy	20
Pythagoras	6

R

Raman, S. C. V.	201
Ray, John	78
Redi, Francesco	95
Regiomontanus	47
Reymond, Du Bois	165
Rheticus, G. I.	49
Riemann	136
Röntgen, W. C.	145
Ross, Ronald	171
Rumford, B. T.	142
Rutherford, D.	120

Rutherford, E.	196
李時珍	58

S

Sachs, J.	226
Santoro, Santorio	98
Saussure, N. T. de	129
Sauveur	117
Schaudin	172
Scheele, K. W.	121
Schleiden, M. J.	167
Schoenlein, J. L.	167
Schrödinger, E.	202
Schwann, T.	167
Scotus, Duns	41
Servetus	57
Siebold, P. F. von	160
Smith, W.	124
Socrates	10
Soddy, F.	196
Sommerfeld, A.	198
Spallanzani, L.	127
Spemann, H.	228
Spencer, H.	163
Stahl, G. E.	88
Stanley	263
Stephenson	216
Stevinus, Simon	60
St-Hilaire, G.	160
Stoll	237
Strabo	26
Stromeyer, L.	131
Swanmerdam, Jan	94

Sydenham, Thomas	90
Sylvester	136
Sylvius, F.	98
關孝和	106
志賀潔	171
澁川(保井)春海	107
志築忠雄	112
杉田玄白	131
鈴木梅太郎	247

T

Tartaglia, Nicholas	59
Thales	4
Theophrastus	13
Theophrastus v. Hohenheim	54
Thompson, Benjamin	141
Thomson, J. J.	146
Thomson, W.	145
Torricelli, Evangelista	83
Tschermak, E. von	164
Tyndall	118
高峰讓吉	228
高野長英	166

U

Urey, H.	207
宇田川榕庵	157

V

Van-Helmont	86
Van't Hoff	154
Vasco da Gama	45

Vesalius, Andreas	56
Vespucci, Amerigo	45
Virchow, Rudolf	167
Vitruvius, Macrus Pollio ...	24
Volta, A.	132

W

Wagner von Jauregg, J.	260
Wallace, A. R.	162
Walton, E. F. S.	209
Warburg, O. H.	237
Watt, James	132
Weierstrass	136
Weismann, A.	164
Wells, H.	172
Went	226
Went jr.	227
Werner, A. G.	124
Wheeler	114
Whittney, E.	132
Wieland, H.	238
Wiener, E. C.	183
Willstätter, R.	237
Willughby, Francis	78
Wöhler, L.	153
Wrinch	249

Y

Young, T.	140
山極勝三郎	168

1192

昭和二十二年一月廿五日印刷
昭和二十二年二月一日發行

定價 四十五圓

著者 額田晉

東京都京橋區銀座七ノ四

發行者 山形初太郎

東京都神田區錦町三ノ一

印刷者 (重三) 井關好彦

東京都神田區淡路町二ノ九

配給元 日本出版配給株式會社

東京都京橋區銀座七ノ四

自然科學の發展



發行所

株式會社 北光書房

電話銀座(7) 六四五〇番
三五三五一番
三二七四番

振替東京四七七五三番
會員番號A一〇八〇一八番

印刷所 大同印刷株式會社



年 月 日 304

A large grid table occupies the central portion of the right page. The grid consists of 13 vertical columns and 10 horizontal rows. At the top of the grid, there are several circular stamps: a large '1' on the far left, followed by three stamps containing stylized characters (possibly '天', '地', '人'), and a fourth stamp with a character that is partially obscured. On the right side of the grid, there is a vertical handwritten date: '十一年六月廿五日'. In the center of the grid, there is a rectangular stamp with the characters '月' and '濟' arranged vertically.

終

