

# 自然科学の趨勢

石原 純

## 一 自然科学研究の三大分野

大体自然科学の研究と云いまして、その中にいろいろな部分がありまして、一つはその根本的な理論を研究するもの、次にはその理論を確める為の実験的な研究と云うこと、もう一つはそれを実際の役に立たせるようにするためのもの、詰り応用方面の研究、こんな風に大体分けることが出来るのであらうと思ひます。近頃に於きましては殊に自然科学の実用と云うことが甚だ重大な問題になつて居ることは、私が申す迄もないことではありますが、併しこの実用的な事柄を研究するには先ずその本になる理論を確に拵えて行かなければならないと云うことは明かなのでありまして、実用実用と云つて先の方の細かい問題ばかりに取付いていたのでは、決して大きな仕事は出て来ないのであります。御承知のように今日電氣の応用は非常に盛で、どつちを向いて見ても電氣が使われて居るのが眼にとまる程の有様であります。しかしそれ程電氣の応用が盛になつたというのは、結局それ以前に電氣に関する理論が段々に出来上つて来まして、イギリスの有名なファラデーやマクスウェルなどという偉い学者によつて完成されたので、その理論を使つて有らゆる種類の応用がそこから抽出されて来たのであります。これはほんの一例ですが、ともかくそう云うような訳でありますから、実用を進める為には、やはりそれ以前に理論と云うものがちゃんと出来上つて来なければならぬのであります。

その一々の実用方面のことは実は私も余り精しくないので、その本になる理論的な事柄に付て一つ二つお話しして行きたいと思うのでありますが、兎も角そう云う方面に於ては今日では著しく進歩して居るのであります。先ず今世紀になりましたから、まだ四十年位の間であります、その間に於きまして私共の關係して居ります物理学の方面では、御承知のように例のアインシュタインの相対性理論と云うものが出て総ての人を驚かしました。それに続いて近頃非常に重要な問題になって居る量子論と云うものが出て、之も亦相対性理論に劣らない程の非常に新しい考え方を持出して来たのであります。そう云うような理論は、そうやたらに出るものではないのであります、偶々今世紀になってから、この二つの驚くべき理論が出て来たことと云うことは實際著しい事柄であると思うのであります。そう云う理論はそれだけでは純粹に抽象的のものであります、それでもやはり既にいろいろ実用方面に役に立って居るのであります。尤も相対性理論や量子論に於きましてはそれ以上に吾々の自然に対する考え方に多く影響して居るのであります、併し相対性理論からの一つの大切な結果がやがて量子論に用いられたので、その結果がなければ量子論も決してすらすらと發達して行かなかつたとも考えられるので、しかもこの量子論からは次にお話しするように、いろいろな実用がもう起り始めて居るのであります。そう云う工合でありますから、このような根本的な純粹な理論といえども、それが段々發展して来ると、色々な実用が又そこから起つて来ると云うことが考えられる次第であります。

ざつと申しますと、相対性理論は、昔のニュートン以来問題になって居つた万有引力の謎を解いたと云うことが、その主な功績なのであります。併し引力の謎を解く為には、吾々の考えて居た時間とか空間と云う概念を一層精密にして行かなくてはならなかつたのでした。このようにそれが時間とか空間と云う概念にまで影響を及ぼしたもので、この理論が哲学方面の人などにも非常な反響を呼んだのであります。それで哲学者たちの中には、最初そう云う事柄を聞いて之に大いに反対したのもあつたのです。時間とか空間とか云う概念は實際の自然現象を考える以

前に吾々が頭の中に持つて居なくてはならないものである。つまりそれは経験以前のものであり、その時間、空間の概念を借りて、初めて実在の現象がどう起るかと言うことを言い現わして行く筈のものである。所が実際に起る自然の事実の方から、反対にその時間とか空間と言ふ概念に立ち入つて議論するのは順序が逆である。斯う云つて之に強く反対したのであります。実はこの事は重大な問題なのであります。要するに科学の立場から云つて、斯う云う意味に帰着するのです。時間とか空間とか云う概念は最初から吾々人間が持つて居るものでありますけれども、そう云うものを数量的にはつきりと規定して行くのには、どうすれば宜いかと云うと、その中に起る所の有らゆる自然現象に対して、それらを吾々が、うまく論理的に解釈が出来るように時間、空間と言ふ概念内容を規定して行かなければいけないのです。それですから実際の自然現象の法則を論理的に矛盾のないように立てる為に、時間、空間と言ふものは斯うでなければならぬと云うことが、そこから結論されて来るのであります。そのように適当に規定して行かなければ自然現象の中に法則を見つけ出し、自然現象を論理的に旨く解釈して行くことが出来なくなつてしまうので、それでは困るのです。時間、空間を自然科学で論ずる意味は、要するに斯う云うことに帰着するのであります。これと同様な事柄はいろいろな処に出て来ます。例えば普通の世の中の出来事に対して、法律やその他の規則が作られてそれで秩序を立てて行かなければならないのですけれども、併しその法律や規則の本当の意味は実際の世の中の事柄が旨く合理的に運ばれるように定められなくてはならないという点にあるわけです。頭から斯う云う法律を定める、斯う云う規則をつくと、その方を勝手に定めて置いて、実際の事柄がそれで旨く運ばれなければ、之は不適當な法律や規則だと云わなければなりません。自然現象に対する時間、空間と言ふ概念は恰度その関係と似寄つたことになるのであります。ですから、最初に哲学者などが反対したと云うのはこの意味がよくわからなかつたからで、時間、空間の方を先に定めてしまつても、それで總て自然の事柄が解釈出来なければ、無理を押し通すことになります。要するに時間や空間の概念を適当に定めてゆかなくては、自然現象の法則や

理論をうまくつくることができませぬ。このようにして相対性理論から万有引力の謎も解かれるようになったのであります。

## 二 相対性理論の天文学上への応用

その関係から、又一方では時間、空間に対する驚くべき結論がいろいろ導き出されて来ることになりました。その一つは御承知のように吾々の宇宙空間は何処まで行っても端がないけれども、併し空間全体と云うものは或る限りのある大きさを持つて居ると云うことなのです。それは恰度地球表面の上で、一方の方向に進んで行けば何処まで行っても端にゆき当ることはないのですが、いつの間にか元の処へ戻つて来るので、之は勿論地球の表面がまるいからで、その結果、表面全体の大きさは有限であります。宇宙空間が有限であると云うのも之と同じ意味であります。之は実に驚くべき結果だと云わなければなりません。地球の例で云えば、地球はこの場合にまるい球でありますから、そこには一定の半径が考えられます。丁度それに相当して、宇宙空間はやはり有限の大きさを持つて居るので地球の表面のまるいのと同じく、空間以外の或る第四次元の方向に一定の半径をもつことになるのです。之は直観の上ではどうにも考えにくいのですけれども、地球の場合に類推して考えるより外はありません。地球は二次元の表面をもつのですが、空間は三次元の表面になるので、それで考えにくくなるのです。併しともかくも相対性理論から宇宙の半径と云う概念がつけられるばかりでなく、それが大体この位の大きさであると云うことをも勘定することが出来るのです。

近頃では、その相対性理論を尙お発展させて議論して行くと、この宇宙空間の半径は或る一定の大きさを持つていないで、それが時間的に變つて行くと云うことが、本当らしいということになりました。時間的に變ると云つても、その際には半径が大きくなる場合と小さくなる場合とがあり得る訳ですが、実際の事実を見ると半径が大きく

なって行くことになるのです。それが宇宙の膨脹と云う問題で近頃喧しい議論の一つになって居ます。どうして、そんなことが言われるようになったかと云いますと、それにはおもしろい事実があるので、宇宙の中には非常に遠方にゆくと、たくさんに星雲と云うものがあります。星雲と云うのはまだ普通の星に固まらない以前の状態にある、ぼうつとした気体の塊まりと考えられています。それらは何れも非常に大きなものです。吾々が夜空を眺めますと、天の河と云うものが見えます。この天の河と云うのは非常に沢山の星の集まりで、その一つ一つの星は吾々の太陽と同程度の大きさのもので全体では十億程も算えられるのです。この天の河は恰度楕円の帯みみたいな形をしているので、天文学では之を銀河系と申していますが、一つの星雲はこの銀河系の全体に相当するものだと見られています。つまり星雲が段々変化して来ると今吾々の見て居る天の河みたいな星の粒に固まって来るのだと考えられています。そこで、そう云う星雲が宇宙には幾つあるかと云うと、現在発見されて居るものだけでも何十億という数に上っています。アメリカのウィルソン山天文台にある世界第一の望遠鏡で写真を撮ると、その写真の中にこのような星雲が撮影されます。それで之等の星雲の地球からの距離を測って見ると、現在知られている一番遠い星雲は地球から五億光年という遠方にあります。一光年と云うのは光が一年の間に行く距離ですが、光の速さは御承知のように非常に速い。一秒間に三十万光年というのですから、それを六十倍して復た六十倍すると一時間に走る距離になる。その復た二十四倍が一日の距離、それを更に復た三百六十五倍すると大体一年の距離になるので、それを一光年と言う。この一光年を単位にして、それを五億倍するのですから、とても直観的に想像する訳には行かない程遠いのです。つまり現在見ている光は、その星から五億年前に出たものになる訳です。そう云う遠方の星まで望遠鏡で写真に撮ることが出来る。勿論、この望遠鏡をつかっても眼で一瞬間見ただけでは光が少くないから見えません。写真では同じ星の方向に長い時間曝して置くことができますから、すると、その写真が撮れるのです。そこでウィルソン山天文台のハッブルと云う有名な天文学者がそう云う星雲の研究を沢山やって居たのですが、そう

すると茲こゝに不思議なことがわかつて来たのでした。つまり距離の遠い星雲はこつとどれも非常な速さを以て吾々の地球の方から遠ざかるように動いて居る。而もその動く速さは星の距離の遠い程大きいと云うのであります。これは、いかにも奇妙な現象です。沢山の星雲が不規則に宇宙のなかに散らばって、それぞれ動いて居るものなら、中には遠くに行くものもあるし、中にはこつちへ近づいて来るものもあるに違いない。所がそうでなくて、どれもこれも皆遠方に行く。而も遠い星ほど速い速さを以て遠ざかって行く。之はいかにも不思議なのですが、さてそれが相対性理論から出て来る宇宙の膨脹を示すのだということに気がついたのでした。例えばゴム玉を拵こしらえてそれを一様に膨脹させると、中心に近い所は僅かしか動かないけれども端の方は大きく動くわけですから、それと同じように宇宙空間全体が拡がって行くとする、遠方の星は距離に比例して速く遠去とほざかって行くことになるのです。星雲の観測でこう云う事実がわかつて来たというのは、之は実に面白い事柄なのであります。併しこの問題に関してはまだ色々異論もあるので、実は本当に確定してはいないのですが、一つの非常に面白い見方として現在盛に研究されて居る次第であります。

### 三 原子核の発見と量子論の成立

斯こう云う種類の問題になりますと、それは相対性理論の根柢こんていに関係した問題なわけではありませんけれども、実用からは聊いさか遠いのであります。併し先程も言ったように、相対性理論からの結果も、もつと実際に近い問題とも色々な繋がりを持って居るのです。その中で一番大切なのは、物体の持つて居るエネルギーとその物体の質量とが一定の関係で結びつけられると云うことであります。之は相対性理論で初めてわかつた事柄であると共に、いろいろな場合に応用され、殊にそのおかげで現在の量子論の中で、波動力学と呼ばれているものが出来上つたのでした。量子論と云うと、これまでお話しした宇宙空間などという非常に大きいものと正反対に、今度は我々の考えられる一番

小さいものを取り扱うことになるわけです。つまり總ての物質を拵えて居る所の要素である原子が、どう云う風につくられて居るかと言う問題からして之が発展して来たのであります。色々な物質の種類を吾々は知つて居る訳であります、それぞれの物質の原子は何時いつも一定の性質を持つて居ます。金の原子はいつでもちゃんと金の性質を持つて居るし、鉄の原子は鉄の性質を持つて居ます。このように原子が一定の性質を持つて居るから、その大きな塊りがやはり一定の性質を示すことになるのです。ところで、それなら、その各々の原子がどんな風に作られて居るかと言うことが重要な問題なのであります。

簡単に申しますと、どの原子にも總て中心には原子核と云う非常に小さな粒があつて、その周りに電子が廻つて居るのです。この原子核と云うものが謂わば原子の主体を成して居る訳であつて、原子核の性質の如何に依つて、その周りにある電子の数や有様ありさまがすべて決つて来るのであります。ですから普通に原子の性質はその原子核の性質と、同時にその周りにある電子の有様に依つて變つて来ると云つてよいのです。所がその間に色々不思議な事実が見つけ出されたのであります。最初には核の周りを電子が廻つて居る有様は、恰度太陽の周りに地球とかその他の星——水星、金星、火星、木星と云うような色々な星が廻つて居るのと似ているように考えられたのでありますけれども、太陽の周りに地球なり他の星が廻る場合には、太陽とそれ等のものとの距離がどの位離れていなければならぬと云う制限が少しもないのです。地球が現在よりもっと近い所に廻つていても、やはり引力の法則に従つて廻ることが出来る訳であります。他の星でもその通りです。所が原子の中で核の周りに電子が廻るのは、電子が核に対して勝手な距離にいたのではいけないと云うことが先ず判つて来ました。どこか、きちんと定つた距離でなければならぬと云うわけです。其処から外されると、別の一定の距離まで動いて、そこで又新しく廻る。詰りその廻る場所は何段階もある訳ですが、ともかくその段階がちゃんと定つて居る。その中途の所ではいけない。そこでこのように一定の距離の所で廻ると云うことは、結局その場合に電子の持つて居るエネルギーが一定に定まつて居

ると云うことなのです。エネルギーと云うものは、だからこの場合に勝手な大きさを取ることが出来ない。一つの段階では或る一定の大きさのエネルギーをもち、次の段階へ行くと今度は次の段階のエネルギー、又その次の段階のエネルギーというように、きちんと各段階が定つて居るのです。つまりエネルギーは単に数量的に考えれば勝手に変換することができる。所謂連続的いっしゆるに変換することが出来るわけで、今まではそう考えていたのですけれども、実際の原子の場合にはそうは行かないので、或る量から次の量へと一跳びにポンと跳び、それから又次の量へ一跳びに跳ぶのです。その跳ぶところの量の差を見ますと、それは何時いつでも一定の大きさを持つて居ると云うので、それを量子と名付けるのです。量子と言うのは一般にそう云う数量の或る単位と云うような意味であります。つまりそういう或る単位が定つていて、それ以外の中途半端の量では変換することが出来ないのです。一寸見ると、これは非常に不思議な現象のようでありますが、併ししかそう云うことがあるからこそ、先にも言いましたように金の原子はいつでも金の性質を持つことができるわけなのです。こんなうまい関係がなければ、すべての物質の性質も現に見られるように定つたものにならないでしょう。これだけでも自然がいかに巧妙に出来て居るかがわかる訳であります。

#### 四 電子のスペクトル実験と人工放射

所で電子などという要素的な粒子は非常に小さいもので、大体の大きさを云えば、一センチメートルの $10^{-10}$ 、 $10^{-10}$ 、 $10^{-10}$ 、 $10^{-10}$ 分の一程です。数学の記号で書けば、 $10^{-13}$  センチメートル 糶ありさま となりませう。

それ程小さいのですから、之を調べるにしても、直接にその有様を見るわけにはゆきません。ですから、電子が他の物に対する自然現象を使つて、その色々な変化の有様を見て行くより外はないのです。所でそれを見ると云いまして、電子の対手あいてになるものも電子と同等な程度のものでなければなりませんから、事柄はなかなか難しいのです。一方が馬鹿に大きくて他方が非常に小さければ、そこへ何かの作用が起つても、その働きがはつきり



と見えないわけです。ともかく、それだから実験にしても、理論にしても中々難（むずか）しいのです。所が今日に於きましても、そう云う小さな粒に関する色々な事柄を見付け出すことが出来るようになりました。それにはいろいろ巧妙な方法が工夫されているので、一つの例を申しますと、電子の通（も）つて行く道筋を写真にとることが出来ます。勿論（もちろん）電子が通る道筋などは直接に見ることも探（た）すこともできないのですが、或る函（はこ）の中へ水蒸気を一杯詰めて置きます。そして、それを膨脹させると水蒸気が飽和して、水粒をつくるのですが、この水粒の出来るのには電気（イオン）が中心となるので、そこで、この際函（はこ）の中へ一方から電子を跳び込ませると、電子の通る道筋に沿うてイオンが並んで出来ますから、それらを中心にして水粒が出来、それをはつきりと、写真に撮ることが出来ます。つまりこの写真に現われている水粒の線は電子の通つた道筋を示していることになります。そしてこの電子が分子や原子に衝突して之（これ）を打ち壊して、そこから別の粒子を飛び出させることもありますが、そうすると、この線に岐（わか）れ路が出来るので、それで此（こ）処（こ）から別の粒子の飛び出したこと、またそれが、どう進んだかも判るのであります。之（これ）は非常に面白い実験で、直接には判らなくても間接にそう云う方法で電子の通る道筋が判るのです。そう云うような巧妙な方法を色々工夫して、電子のような小さい粒の作用を観察するのであります。また原子の構造を検（しら）べるには、その原子から出て来る光を分析して現われる光のスペクトルというものを研究して、その有様（ありさま）に依（よ）つて検（しら）べて行くのです。この意味で、スペクトルは原子の有様（ありさま）を吾々に物語（ありさま）つてくれる言葉だとも云われて居ります。

ともかくそう云う色々な方法を使いまして、原子の有様（ありさま）が段々に判つて来たのでした。同時に今のような実験的な研究が非常に進んで、今日では色々な原子に外から電子のような小さい粒をぶつつけて、それを打ち壊し、今まで天然には見られないものを沢山につくることが出来るようになりました。またそれらを段々（く）検（く）べて行きますと、その粒には放射性的の元素も沢山現われて来ます。例のラヂウムとかウランウムとかさう云うような種類の元素は天然に存在する放射性元素で、それから絶えず放射線を出しています。それを今では医学上やその他に使っている訳で

ありますが、今度は天然に放射性をもたない普通の原子でも、之を打ち壊すと、それからラヂウムと同じように放射線を出す原子がいくらも造られて来るのであります。そう云うのを人工放射性と申して居ります。ここで人工と云つても何も放射性を人工的に造り出すという訳ではありません。そう云う原子が天然にはないのだけれども、或る原子を打ち壊して、それを拵えることができる云う意味なのであります。

このような人工放射性の原子は今では非常に沢山出来るようになって、色んな種類のものがありますが、近頃では之を色々面白いことに使っています。例えばこの人工的につくった放射性の物質を、ごく少量でいいから食物に混ぜて色々な動物に食べさせます。するとそれが体の中へ入って、呼吸されて体の中をだんだん循環して行くのですが、その時にこの物質から放射線が出て来ますから、少量でも、どこにあるかということを検出することができます。それでつまり、かような物が体の中をどんな風に循環して行くかと云うことが調べられるのであります。普通には生きて居る儘で、食べたものが何処に循環して居るか検べる訳に行きませんけれども、人工放射性を使うと放射線が出て来ますから、ごく僅かの量でもその存在が直ぐ判る。それで色々な生理学上の実験に今日では盛に使うようになりました。これで、すばらしい実用性が以前にはまるで予想しなかつた所から出て来ることがわかりましよう。つまり今まで原子を打ち壊したり何かするのは理論的研究の為に行われていたのですが、それをやっている中に、この人工放射性のようなものも生物学の方に役に立つて来るというのは実に面白い事柄だと思われまます。斯う云うことがありますから、何処に何が出て来るかと云うことは、とても最初からはわからないのです。純粹に学問的に研究して居る内に、いつの間にかすばらしい実用がそこから出て来る訳であり、まして、ここに学問の尊さがあるのです。

## 五 電子の波動性

さて話が外れましたが、そう云うような風にして原子の二々の細かい性質を段々研究して行つたのでありますが、原子核の周りに電子が廻つて居る場合には、之を量子と云うような関係で定めることができるので、今度はそれから進んで、何故そう云う風に之が量子的に定つて居るのだろうかと云うその根本の理論が立てられなければならぬのでした。この根本の理論が即ち今の量子論と云うものになつて初めて出来上つて来た訳ですが、その量子論が出来た迄には非常な苦心が必要であつたので、その間の困難は非常なものでありました。最初にはそう云うことは一寸想像も付かない事柄であつたのですから、どう手を着けて宜いかわからなかつたのでした。それで色々な理論的な研究が進められ、又一方では色々な実験的な事実が段々と現れて来て、それらを互いに対照させて行つて、初めて量子論と云うものが出来上つたのであります。今日そう云う新しい部分を量子力学と言つて居りますが、量子力学で原子核の周りの電子の有様が先ず理論的には殆ど解釈が付くようになったのです。実際上の計算を行うのは、それでもまだ難しい問題がそこに沢山残つて居るのですけれども、併し原理の上では大体量子力学で總ての問題が解けると云う予想が付いて居る訳であります。

その量子力学では又妙なことが出て来ました。それは、今までは電子と云うものは一つの小さな物質的な粒でみると云う風に見られて居つたのであります。併しその電子の一粒を取出して吾々が実験することは大概の場合に出来ないで、普通にはそう云う電子の幾つかの集りとか、平均の有様とか云うものを取扱うことができるだけなので、そうすると、それは全体としての作用が恰度一つの波動と同じように受け取られるということがわかつたのです。以前には光が一種の波動だと言われて居ました。所が量子論の範囲で取扱つて行くと、光も一種の粒のような性質を持つて居ると云うことが段々に考えられなければならぬようになりました。それで、この光と電子との二つの場合を対照して見ますとどちらにも時には粒に見えたり、時には波動になつて現れると云うことになるので、この間に何かお互に關係がなければならぬと云うことが段々に判つて来たのであります。この考えが波動力学という

ものの基礎になつて、それから一般の量子力学が発展したのでした。簡単に云えば、電子や光が粒として現れるか又は波として現れるかと云うことは、それらの作用を受取る方法によつて、違つてくるのです。つまり見方に依つて變つて見えると云うことにもなります。この考え方は実は一寸難かしいのですけれども、詳しいことはここでは省くとして、ともかくこう云うことから、電子も波動の性質を持つて居ると云うことが言われるようになったのであります。

## 六 電子顕微鏡の發明と応用

このように電子の波動性ということとは、勿論今お話しましたような量子論と云う純粹な理論から出て来たのであります。おもしろいことには、近頃ではそれが又すばらしい實際上の役に立つようになったのであります。それにも色々あるのでありますが、一つの例を挙げますと、電子顕微鏡と云うものが只今非常に問題になつて居ります。御承知のように顕微鏡と云うのはレンズに光を当てて物の像を作らせ、それで極く小さいものを見る役をさせる訳ですが、こういう顕微鏡では、それを幾ら精密に造つても、その倍率には限度があつて、それ以上大きくすることは出来ないであります。その限度は凡そ二千倍位とせられています。それ以上にすることも勿論出来ないわけではないのですけれども、それでも別にその小さいものがはっきりと見えて来ないのでから、實際の役には立ちません。何故そういう限度があるのかと云うと、それは光をレンズに通して像をつくるのですから、その際に光の波の長さが定つて居るので、それでこの限度が定められてしまうのです。光の波の長さは、やはりかなり小さく、一ミリの幾らと云うようなものなのですけれども、ともかくそれに限度があるから、幾ら顕微鏡の倍率を大きくしようとしても、それは不可能になります。

そこで、もっと小さいものを見ようとするには、どうしたら宜いかと云いますと、それには光の波よりも、もつ

と小さな波の長さを持ったものを使わなくてはならないということになります。所で今お話した電子の波の長さは、電子の走る速さに関係するのであります。ですから、電子を速く走らせさえすれば、その波の長さはずっと小さくすることができなのです。ですから光の波の長さに較べて、その又何千分の一というような極く小さなものにすることも出来ます。そこで電子がこのように波の性質を持つて居るなら、光の代りに電子を使つて、一層倍率の大きい顕微鏡を拵しつえることができるわけです。斯う云う訳で、電子顕微鏡というものがつくられるようになったのですが、この電子顕微鏡では、勿論硝子もちろんガラスのようなレンズを使うのではありません。電子を非常な速さで沢山たくさんに飛ばして、其途中に磁石の極とか、又は電気の場合を適当に置きますと、恰度光ちやうどがレンズで一つの所へ集まると同じように、電子がそれで曲つて一つの所へ集まります。そうすると電子が全体として波の性質を持つことから、恰度光ちやうどを通したのと同じことになるので、その中途に物を置くと、その像が現われます。この場合には、中途に置かれた物を電子が突き通つて来るのでありますから、その時に中々突き通らない密な所と、そうでない容易に突き通る所とがあつて、こつちへ通らない所からは電子が余計来ないから影が暗くなる。容易に通る所からは電子が沢山来るので明るくなるといふわけで、そう云う工合にして物の像が出来るのであります。このような装置を電子顕微鏡というのであります。

この電子顕微鏡は最初は今から八年位前に試みられたのでありますが、その良いものが出来るようになったのは、ほんのこの二、三年來のことです。ともかく、それで非常に小さなものがはつきりと見えるようになりました。例えば極く小さな黴菌ばいじんなど普通の顕微鏡では倍率がせいぜい二千倍というので、或る程度までしか見えません。ところが電子顕微鏡になると、もつとずっと倍率を大きくすることが出来、現に倍率三万倍程のよいものが出来ていて、今まで見えなかつたものが、かなりはつきり見えるようになっています。一、二三年前にドイツで非常に精巧なものが出来て、日本でも今日色々な人が研究して居るのでありますが、それがなお進んだ上では黴菌ばいじんは勿論もちろん、物質

の小さな組織、例えば結晶たじの非常に細かい排列など迄も、それで詳しく研究することができるようになると考えられています。そう云うわけで、将来はこの電子顕微鏡の役目は非常に大きなものであると思われれます。物質の性質、殊に色々な金属その他の資材の性質など、なかなか複雑で現在ではいくらもわかっていません。今でも金属の組織は顕微鏡写真をとって、いろいろ調べられていますけれども、その倍率がまだ十分でないのですから、それより一層細かい部分を、この電子顕微鏡で研究することができるとあります。ですから、之これは今後非常に重大な役目を持つものです。そう云う素晴らしいものが、量子論などと云う飛んでもない難しい理論から出て来るといふことは、実に意味深い事柄です。先程も言いましたように、それ程抽象的な理論など何の役に立つかわからないと迂闊うかつには言つて居られないわけでありませぬ。電子顕微鏡のおかげで、将来細菌ばいきんの研究が進んで来れば、これはまた医学の上で非常に役立つに違いありません。細菌ばいきんの種類は沢山ありますが、今日では顕微鏡で見えないものも沢山あるので、そういう小さな細菌ばいきんは、之これを分けるのに、その細菌ばいきんが他のものに作用する仕方分けて居るのですが、これを電子顕微鏡で見ると、その細菌ばいきんの形だの何かはつきり判つてくると、今度は直接にそれで細菌ばいきんの種類を見別けることができるのですから、是は非常に有力な研究の方法にもなると考えられるのであります。

## 七 ヴィールスの研究

近頃その方面で殊に問題になつて居るのは、普通にヴィールスと言われて居るものであります。之これは病毒とも、或は濾過性病原体とも言われています。濾過性ろかと云うのは、細菌ばいきんを或る薄い膜を通して濾すこと、大きなものは止つてしまふ。小さいものは濾されて出て来るので濾過ろかされてしまふ性質を云うのです。ともかくそれは非常に小さなもので、ところが、この濾過性病原体が色んな病毒のものになるのですが、その研究が今日まで十分に出来ていないというのは、顕微鏡でもよく見えないからです。尚なおこのヴィールスが殊に重大である点は、元来普通の細菌ばいきんは生

物と見られて居るのですが、このウイルスは一体生物か無生物かと云うことが従来屢々問題にされても居るからであります。之は抑々生命と云うことが、どう云う現象を云いあらわすものであるかと云う根本を突止めるに非常に重大な関係を持つて居るからであります。ウイルスと云うものは一面から見るとどうも生物のような働きをする。併し又他面から見ると無生物とも似ている。無生物と云つても、生物体の主要な要素をなす蛋白質の分子などは、非常に大きく且複雑な構造をもっているのですが、ウイルスも大体それと同じ程度のものに思われる。蛋白質の方は普通の物質の一種と考えられて居るのでありますが、ウイルスがそう云う単なる物質か、或は生命を持つたものか、斯う云う判断がなかなか厄介な問題なのであります。之は研究がもつと進めば非常に面白い問題であるに違いありません。つまりその場合に生きて居ると云うことは抑もどう云うことを意味するのかと云うことが先ず解決されなければなりません。ところで併しウイルスは或る意味では生きて居ると言われているのです。それはウイルスが最初僅かでもあると、そこへ同じものが段々に殖えて来る。所謂生物体の著しい特徴の一つは同化作用をやると云うことでありまして、之は生物自身の作用によつて、段々他の物を自分と同化し同じ物を拵えてゆく。之が生物の育ち且つ繁殖する所以であります。之には勿論環境の適当な条件も必要なわけではありますが、何れにしても他の物質を自分と同性質に変えて行くということです。ところが、そういう同化作用をウイルスはともかくも行うことができるらしいので、そう云う意味では之は生物と考えられる。そうかと思うと蛋白質の分子と同程度のものであり、それにも似ている。だから、恐らく最も単純な生命体と見られるわけで、このように、その研究は生命の根源にまで遡る非常に興味のある問題なのであります。多分これも電子顕微鏡の発達によつて一層明らかになつて行くかも知れないのです。

これらはほんの一、二の例であります。何れにしてもそんな訳で純粋な根本的な理論を研究して居る内に、この理論がわかつて来ると、それからいろいろ予想されない実用上の役に立つ手段がやがて現われて来ると云うこと

は、実に意味の深い面白い事柄であります。總ての科学的研究は実はそう云う性質のものなのです。それでありま  
すから、どんな場合にも本当の根本的な研究と云うものをつかりとやって行かなければ、決して大きな仕事は出  
来ないと云うことが之等の例でも十分にわかるだろうと思つてあります。自然科学の全範囲を見わたせば、そう  
云うような沢山の面白い問題がいろいろ出て来るのでありましようが、ここでは極く目立つたほんの一つ二つを申  
上げたに過ぎないのであります。

## 八 政治に制約せられる科学

さて、今日色々な国々を見渡しますと、自然科学の研究がどこでも盛に奨励されて居ることは勿論でありますけ  
れども、その間に色々特殊な事情も見られるのです。殊に著しいのは、近頃国際的競争が激化して来た結果とでも  
云いましょうか、色々な政治上の問題などまで絡み合ひまして、自然科学の上に政治的な影響と云うようなものが  
漸く現れて来たのです。それらの最初は御承知のように、ソヴェエトに於きまして、先年プロレタリア科学と云う  
ことが頻りに主張されたのでありますが、そこでは何事もプロレタリアの為に役に立つようなものでなくてはなら  
ぬと云う訳で、自然科学も勿論その目的で発展させなくてはいけないと云われました。そうなると、やはり実用の  
みが主になってしまい、例の数次の五ヶ年計画と云うようなものと相俟つて、実用を専らとなし、その結果は直接に  
実用の役に立たない抽象的な理論などはブルジョア階級のやる仕事であると言つので、その意味で近代の理論、特  
に相対性理論を一種の観念論として排斥するものがありました。之はつまり、政治が近代に於て自然科学に影響を  
及ぼすようになった第一歩でありました。ところが、その後になりました、ドイツのナチス政治が始つてユダヤ人  
排斥と云うことが——それは勿論政治上の必要からでありましようが、——極端に行われ出しました。そして自然  
科学者の中でもユダヤ人を排斥しました。御承知のように例のアインシュタインなどは一切の財産を没収されて真



先にドイツから追出されてしまいましたし、その外そう云う程度の多数の学者が追出されました。殊にひどいのは、前世界大戦に當つて、空中窒素固定法による爆薬製造を行つて、ドイツに戦争を続けさせることのできるようにしたという点で、ドイツ国の大恩人と呼ばれた物化学者のハーバーと云うような人にまでもこの災禍が及んだことでした。之も併し政治上の絶対的な必要からで、まずどうにもならないことであつたのでありましようが、恐らく一国にとつて之れ以上の不幸はないと思われるのであります。それで、その結果として殊に理論的な研究をやつた沢山の学者が国外に去らなければならぬようになり、アインシュタインを初め、量子力学の上での物質の波動性を明らかにし、波動力学を立てたところのシュレーディンガーと云う人その外第一流の理論家学者が続々と自分の国を去つて行きました。ところで、それは今申しましたように政治上仕方がないとしまして、問題はドイツではそれのもう一步先まで進んで行つて居るといふことです。つまり、そう云う学者を追出したばかりでなくて、そう云う学者の唱えた学説はユダヤ人の作つたユダヤ的学説であつて、之はドイツ的のものではないと云う訳で、今度はその学説をも排斥しているのです。そしてドイツ人でも之等の学説を称えるものは怪しからぬと云うのです。斯う云う程度にまでなつて来ると、実に甚だしく度を過して思われます。自然科学の理論と云うものはともかく自然の事実に即して出来上つて行くのでありますから、それにユダヤ的もドイツ的もない筈のものであります。併しそれでもドイツではそう云う主張が行われて居るのですから、実におかしいのです。併し又そうかと云つて、ドイツに於て決して自然科学そのものを排斥する訳ではないので、それらの民族主義者たちは、寧ろ自然科学と云うものが、昔からドイツ民族の作り上げて来たものであると誇稱し、勿論外の国の学者の貢献もあるだらうけれども、その主要なものは殆どドイツ民族に依つて作られたのだと云い張り、それがドイツ的な科学であるとも言つて居るのであります。そう云う意味に於て科学と云うものを、まるで自分の国に取入れてしまおうという程に考へて居る訳であります。

ところが一方では、ユダヤ人の作った学説だけはいかぬと言つうのだからおかしいのですが、そこは、さすがにドイツ人で、それをやはり理論づけようとしているのです。それで例えばアインシュタインの相対性理論とかシュレーディンガーやハイゼンベルグの量子力学の理論とか云うものは何故いけないかと云うと、それらは自然の事実を離れた独断的な理論だからと云うのです。つまり自然科学と云うものは唯事実を説明してさえ行けば宜いので、それ以上に独断論をやるのはユダヤ学説であると云つて、いろいろな実例を挙げて攻撃し且つ非難しています。我々から見ると、その諸説などは実に勝手至極なもので、ドイツ人もどうしてそれ程血迷っているかと思われるのですし、またそれらの理論を排斥したにしても、それに代るべき理論を立てるわけにはゆかないのですから、おかしなものなのです。自然科学の理論は決してそう幾通りも出来るものではありません。また一つの理論がいけないと云つてそれを排斥するなら、それに代るべき満足な理論を立てなければならぬ筈です。そうでなければ理窟も立たないのですが、それを唯ユダヤ人が作ったのだから独断論的でないかと言つのは、恐らく現代のドイツにしか通用しない議論でありましょう。

## 九 科学の人種禍

併し之は一面からは思想と科学との関係として重要視せられるので、恰も非常に古い時代に於て宗教的に科学を排斥したのと似ています。御承知のように昔コペルニクスの地動説が、キリスト教の聖書に反するからいかぬと云つて排斥せられたことは有名な事実であり、又もつと新しいものでは、生物の進化論で人間の先祖が低級な動物から進化して来たと言つても、やはり宗教的に怪しからぬと云うことで排斥されました。何れも之等は宗教上からの自然科学への反駁なのでありますが、今日ではそれが趣を変えて政治的な意味での影響が現われて来たのです。之は今日の国際的な競争が如何に激烈であるかと云うことの一つの現れであるとも見られるのでありますが、とも

かくその結果としてドイツの純粋な科学と云うものが、今日では以前に較べて甚だ寂しくなつて居ると云うことは確かであります。世界の一流と称せられた学者は殆どいなくなつてしまいました。今日残つて居ります人と云えば、量子力学の發展に非常な貢献をしたハイゼンベルグ一人位なもので、之は今日でもライプツヒの大学に居るのですが、そのハイゼンベルグに対してもやはりユダヤ学説の信奉者であると言ふ攻撃が盛にやつて来るのです。そしてこの間ドイツから歸つて来られた人の話によりますと、このハイゼンベルグ教授に対して今では種々の方面から色々な厭がらせをやつて居ると云うのです。ハイゼンベルグは八年前にノーベル賞を貰いました。所で、一九三六年度のノーベル平和賞がドイツの有名な平和主義者で当時政治犯收容所に監禁されていたオシエツキーと云う人に与えられたことがあつたので、ドイツではそう云う人間にノーベル平和賞を贈るとは怪しからぬと云う訳で、それ以後ドイツ人は一切ノーベル賞を貰つてはいかぬと命令を出し、その代りに自分の国では、ドイツ国民賞と云うものを作らうと云うので、その以後はノーベル賞と縁を断つた形になっています。併しノーベル委員会の方では、ドイツでそんなことを言つても、それはそちらの御勝手で委員会としてはどこ迄も公平に、あらゆる人に学問上の貢献に依つて与えるのだから、何もドイツ人だからと云つて取除ける必要はないと云う訳で、その後もドイツ人にノーベル賞を与えています。現に昨年の暮に於てもドイツの物化学者に与えました。併し勿論ドイツ人としては、ドイツに居る限り之を受け取るわけにはゆかないので辞退してはいますが、受取るか受取らないかは、その国の政治状態に依つて決るので、ノーベル委員会の關係する処ではないと云う立場を委員会としては守つて居るわけです。そう云うような事件があつたのと關聯して、ハイゼンベルグに対しても改めて、以前に貰つたノーベル賞金を國家に献納しろと云う難題をもちかけたと言ふことです。もうそれから何年も経つて居るので、賞金は研究費などに使い果して、疾うになくなつてしまつて居るのに、それを返せと云うのだから、たまりません。或は何処かへ講義に行こうと云う場合には殊更に他の人をそこへ向けてハイゼンベルグをやらぬ、と云うような色々な妨害をやるそ

うです。一方で、外国の方からは、ハイゼンベルグがそう云う攻撃を受けながら何時までもドイツに留まって居るのは、ナチス主義者への盲目的な降伏者だと云う批難も来るそうで、どちらを向いてもその立場は非常に苦しいわけです。多くの親友も寧ろ国外に出て心おきなく研究を続けた方が学問の為にもよいと云って薦めてくれるのですが、ハイゼンベルグはそれを退けて、依然としてドイツに止まっているのです。なぜかという質問に対しては、どうも自分のような者でも今日ドイツに残っていないければドイツの将来の物理学の責任を誰が負うことが出来ようか、誰が若い人たちを指導してゆくのであろうか、之を思うと個人的には非常な不愉快があつても、それには堪えて自分だけは何時までもドイツに留まって居なくてはならないと考えていると云うのです。斯う云う非常な決心を以て今日でもドイツに留まって居る、その心のなかは実に涙ぐましい程に尊いものだと言わねばなりません。ここに本當のこの上もなく深い愛国心を見ることが出来るわけです。

## 十 アメリカに於ける科学興隆の気運

併し何れにしてもこの有様でドイツの学界は非常に寂しくなつて居るのは確かであります。併しまだまだドイツに於ては以前から相当な学者として立つて居った人が多少でもあるのであります。之から先はどうなるかと云うことは非常に問題だと思われれます。現在は政治的に仕方がないとしましても、そう云う状態を何時までも続けて居たのでは、今まで世界に誇っていたドイツの科学もどうなるかわかりません。現にその影響は既に夙く學術雑誌の上などに明らかに現われています。

そう云う人達がドイツを出て何処へ行つて居るかと言つと、多くはアメリカに行つて居ます。そのお蔭でアメリカに於ける学問は近頃非常な進歩をして実にすばらしい程であります。御承知のようにアメリカは非常な金持の国ですから、そう云う学問に対する研究費用が凡ゆる方面から豊富に与えられています。そう云う便宜が一方にある

所へもつて来て、偉い学者が沢山に集まつて来ます。尤もそれ以前からもアメリカでは毎年そう云う学者を招んで、方々の大学で講演して貰い、直接にそう云う人々に接して指導してもらおうと云うこともやって居ったのでありますが、今ではそれらの学者がアメリカに落着いて研究して居るのです。ドイツばかりでなく、他国からも集まつて来ます。イタリヤの学者で一昨年ノーベル賞を貰った物理学のフェルミと云う人もやはりアメリカへ行つて居ます。この人などは自分はユダヤ人ではないのですが、奥さんがユダヤ系なので、それ迄が差障りになつて、一昨年以來アメリカに留まつて帰国しないのです。ドイツとオーストリーとの合邦以來はオーストリーからも偉い学者が沢山行つて居ります。そう云う有様でアメリカの学界は今日では非常に盛になつて来まして、學術雜誌などでも實にたいしたものを見せています。その昔世界大戦前にはアメリカの學術雜誌などは余り見なくても、ヨーロッパ、特にドイツなどの雑誌を見て居れば、それで學問の進歩には跟いて行けると云う有様であつたのですが、それが今日ではアメリカの雑誌が殆ど世界第一の立派なものになつてしまいました。そしてアメリカ人ですぐれた若い学者が続々と育つてゆくようです。

そう云う状態を続けて行けば、アメリカの今後の學術上の進歩は實際恐るべきものがあると思われれます。之は凡ゆる自然科学の部門でそうであると言われて居るのではあります、ともかく非常なものであります。この間も或る雑誌にありましたが、アメリカに於きまして工業の學術的研究に使われて居る費用は、之を確に見積ることは困難であります、大体見積つた所で毎年一億弗を超えて居る。それは、工業とは云え、純粹な基礎的研究に対してでありまして、この外にそれを実際の工業に移すための研究に対しても、少なくとも同等以上の額が費されて見ると見られています。また工業の基礎的な研究をして居る研究所の数は二千以上に及んで居ると云う有様であります。更に之等の外に純粹の自然科学的研究があるわけですが、その研究費も恐らくそれ以上の額に上つて居るだろうと言われるのであります。それを見て、いかに沢山の研究費が科学全体に使われて居るかがわかります。こ

の豊富な費用と沢山の学者とを備えているのですから、之を見てもアメリカの将来は実に驚くべきものがあるに違いないと考えられるわけです。

## 十一 我が国に於ける科学研究の奨励

翻つて我が国に於ても、近頃は自然科学の研究が是非とも進められなければならぬと云うことが盛に唱えられて居るのでありますが、之も実際の問題になると云うと、まだまだ余程骨を折らなければならぬのが感ぜられます。御承知のように昨年も文部省から学術研究の費用が特別に出されましたが、それは三百万円に過ぎません。勿論日本では今までそれだけの額さえ出されたことはないのです、その点ではともかく結構なことには違いないのですが、その中には純粹の自然科学も応用も一切を含めてあるので、今お話ししたアメリカでの研究費用に較べれば、ほんの言うに足りないものであるのは勿論です。また従来日本では全体の額がこのように十分でないのです、研究者からの補助金の申請に対して全部を満足させるわけにゆきませんし、そうかと云つて或るものだけを選び出すのは困難であることも多いので、全体に対して少しずつ万遍なく振撒くと云うような方法をとるのですが、そうなると、どの研究者も十分な費用を得られないことになってしまいます。之は一つの大きな欠点であるとも考えられます。研究費を与える以上は、適当なものを選んで十分に研究の出来るだけの額を与えなければ本当の仕事は出来なと思われれます。それに現在ではたとえ費用があつても資材が得られなくて困っている研究者が沢山にあるので、之も何とか便宜を図るようにしなければ、せつかくの科学奨励も何にも実効を得られないことになります。それに近く科学研究の統制と云うようなことが行われるようでもあります、之には一層適切な方法をとらないと、却て色々とまずいことが起るだろうと心配されるのです。この間もそれについてこんな話が伝えられたのでした。先程申しました電子顕微鏡の研究をやりたいと云うので、その研究費の申請を行いましたところが、企画院の或るお役人がそれを

見て、ここに電子と書いてあるが、この電子と云うのは、どうも電視の間違いじゃないかと問い返して来たそうです。電子を電視の間違いだなどと考えている人たちが、科学研究の統制をやるうと云うのだから、どうも困ったものだと評判されているのですが、兎も角我が国に於きまして、自然科学の研究の必要は今誰しもが口では言っている、そこに適当な方法が具体的に実行されなくてはいけないので、之が是非とも望ましい次第であります。そうではなくては、今日の国際的競争に打ち勝つことなどは到底出来るものではありません。

(昭和十五年四月) (講演速記)

- 底本には、『科学のために』（科学主義工業社、一九四一（昭和十六）年一月二十五日）を使用した。
- 読みやすさのために適宜振り仮名を追加した。
- 旧漢字は新漢字に、旧かな使いは新かな使いに変更した。
- PDF化には $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}_{2\epsilon}$ でタイプセットを行い、 $\text{d}^{\text{v}}\text{i}^{\text{p}}\text{d}^{\text{f}}\text{m}^{\text{x}}$ を使用した。

科学の古典文献の電子図書館「科学図書館」

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/sciencelib.html>

「科学図書館」に新しく収録した文献の案内、その他「科学図書館」に関する意見などは、  
「科学図書館掲示板」

<http://6325.teacup.com/munehiroumeda/bbs>

を御覧いただくか、書き込みください。