經濟倶樂部講演

最近に於ける物理學の發展

仁科芳雄君

—110—

昭和十一年一月三十日發行

最近に於ける物理學の發展

仁科芳雄君

經濟倶樂部講演第百十輯　目次

最近に於ける物理學の發展

仁科芳雄君

緒　言……一
物理學と今日の文明……四
原子物理學……八
量子論と自然哲學……一四
元素の變換並に人爲的ラヂウム……二六
宇宙線……三七
我國に於ける研究の現狀と其將來……四三

最近に於ける物理學の發展

昭和十年十一月十五日經濟倶樂部定例午餐會に於て

理化學研究所研究員
理學博士　仁科芳雄君

緒言

唯今御紹介に預りました仁科でございます。三浦さんから『自分の專門の方では歐洲大戰を機として、非常な變革があつた。科學の方にもさう云ふことがあるか、あればそれを話して呉れ』と斯う云ふ御話でございました。處が吾々の方では、成る程大戰以後は、從來の研究の速度が非常に增したと云ふことはございますが、何もそれを契機として、それから急に變つたことが出來たと云ふことはないやうに存じますので、別にそれを機としてどう斯うと云ふことを申上げる譯では御座いません。それで唯『最近に於ける物理學の發展』と題しまして、私の直接携はつて居

ります物理の方のことだけを今日御話申上げます。

そしてさう云ふことが、今日の此文明にどう云ふ關聯があるか、と云ふやうなことの話を御希望のやうに存じますが、吾々からさう云ふことを申上げると云ふことは、なか〳〵困難なことでございます。吾々は實驗室の窓から、小さい視角で以て此世の中を眺めて居るものでありまして、日常携はつて居る事柄が、此廣い世界にどう云ふ位置を占めて在るかと云ふことを、公平に判斷すると云ふことは、これに沒頭して居ります吾々に取つては、中々難しい話であります。これは寧ろ世の中を廣く公平に見渡し得る立場に在る方々にして戴くべきでありませう。唯私が玆で申上げますのは、さう云ふ事をせられる方々に、其材料を差上げる事が出來れば幸であるといふ譯なのであります。從つて私の申上げますことは、結局我田引水に流れる事と存じます。吾々の平日やつて居りますことに關聯して世の中に起つた事物は、これを重大視致しますし、重大な問題であつても、吾々に關係の薄いものは、全然之を見逃がしてしまふと云ふことを毎日やつて居るのでありますから、私の申上げますことは、公平な見方とは申されないと存じますが、其點は御諒解を願ひます。

それから先程御話がございました紹介者の畠山君からは、『御前の云ふことは解らないから、解るやうに話をしろ』と、斯う云ふ御注文でありますが、是はなか〳〵難かしい話であります。一體物事が解る解らないと云ふことは、餘程難かしい問題でございまして、初めちよつと聞いた時には何の事か全然解らないでも、それを何度も何度も聞いて居りますと、解つたやうな氣がする。どうしたことが解つたのかと聞かれますと、唯解つたと云ふやうな氣がするだけで、どれが解つたんだか解らない。さう云ふ譯でございまして、結局新しい事物を始めて吾々が聞きますと、どうも解らないやうに思はれます。處で少くとも皆さんの大部分は、吾々のやつて居ることには、緣の遠い御方のやうでございますから、私の申上げることは御解りにならないのが當然だと思ひます。解るやうな事と申せば、先程の御話の、文明にどう云ふ關係があるかと云ふ位なことで、實際吾々がやつて居る事柄の內容に立入つて御話すると云ふことは、無益なことのやうに存じます。從つて私自身の方と致しましては、御話申上げることが、深い根本に觸れてない樣で、大して面白くないと云ふやうな氣がするのでございますが、其邊は出來るだけ妥協致しまして、其中間が巧く話せます樣に努めます。どうか此邊の御諒察を願ひます。

物理學と今日の文明

先づ色々な例を擧げまして、物理學者の貴重な研究の成果で、今日吾々の日常の生活に關係の深い事柄を御話申上げませう。

先程食卓でもラヂオの御話がありましたが、是は吾々の生活に最もファミリアーな、今日では殆ど必要缺くべからざるものゝ樣に考へられるものであります。これはマルコニーの發明に其源を發して居ります。所で其マルコニーがやつたことは、今日の世の文明と云ふことからは、非常に重要なことでございませうが、吾々科學者の純學術的見地より申しますと、基本的に重要なもの(fundamental importance)ではありません。寧ろ電波の存在を認める。是が最も基本的な事柄でございまして、それを廣義の通信に應用するといふこと、即ち一つの所から他の所に電波を送つて、それを廣い意味での通信に應用すると云ふことを始めたのがマルコニーの功蹟であります。然し此電波の存在を認めたと云ふ基本的なことは、マルコニーよりも前に行はれたことでありまして、吾々の方と致しましては、さう云ふことが最も重要なことである、斯ういふ風に私は

いつも考へて居ります。それでは其電波の存在を發見する前に、どう云ふことがあつたかと申しますと、英吉利の物理學者のマクスウェル(Maxwell)は、それより前に理論的に之を導き出して居りまして、斯う云ふものがある筈だと云ふことを、ちやんと論文で發表致して居ります。それから後に獨逸のヘルツ(Hertz)と云ふ人が、これは嘘か本當かやつて見ようと云ふので實驗して見て、實際電波と云ふものはあると云ふことが解つた譯であります。ですから其元はマクスウェル(Maxwell)にあつたといふべきであります。さう云ふ風なことが吾々の方では、非常に重要性を持つて居るのでありまして、それが結局今日のラヂオの放送になると云ふ道行なのであります。

さう云ふと應用の方面を輕んずる樣に聞えますが、吾々は決してこれを重要視しない譯ではありません。色々な新しい現象とか、深遠な原理が發見されても、之を應用する人がないと、直接吾吾の物質的文明(精神的文明は別として)とは、緣の遠いものになつてしまふのであります。斯う云ふ意味で應用といふ事は非常に重要なことであります。然し吾々の方と致しましては、それよりももつと基本的な事柄がある。それは詰りさう云ふ原理であるとか、現象であるとか云ふものを發見する、若くは理論的に導き出す事で、斯う云ふことに同じだけの重要性を持たせる譯であ

ります。否同じだけではなく、吾々の立場としましては、それに我々の努力を傾倒して居るものであります。これは應用といふ立場から云つても、其根源を培ふといふ意味で、貴重な努力と云ふべきであります。

斯樣な例はまだあります。ラヂオの話の序に申上げますが、山口さんの方で出しておいでになる眞空管でございます。是がなくては、今日の放送は出來ません。其眞空管に致しましても、皆さんの御存知のエヂソンが、其基礎になるべき現象は發見したのでございます。處がエヂソンは之をラヂオの方に使ふと云ふことにまでは應用しなかつた。エヂソンのやうな應用的發明を盛にやつた人にしては、ちよつと不思議なことのやうに思はれますけれども、併し是は私達は當然だと考へて居ります。詰りそこが從來のエヂソン時代の發明と、今日の發明とが全然趣を異にして居る所であります。即ち今日は未知の原理を新しく研究してそれを應用する、エヂソン時代には既にあつた原理を應用するといふ差があります。つまり今日ではさう云ふ風な原理は殆ど應用し盡されて居ますから、新しい應用方面を開拓するには、先づ新しい現象、原理を見出してそれを使ふ。斯う云ふ時代になつて居る譯でございます。處がさう云ふ原理の研究と云ふことに餘り興

味を持たなかつたエヂソンとしては、眞空管の原理を摑み乍らこれを深く研究せず、從つて應用は其究明を俟つて、今日始めて行はれたといふのも無理のないことであります。それではエヂソンの發見した眞空管の基礎現象は何であつたかと申しますと、電球に於て始めて認められました。其當時はカーボンランプであつたのでありますが、其電球の硝子の方に電氣が溜まる。依つてそれに電極をくつ付けて見ますと、カーボンのフイラメントから、マイナスの電氣が四方に流れ出て居るといふことが解つたのであります。

此エヂソンの發見は當時は顧みられずして埋もれて居たのでありますが、其後物理學者が、唯科學的な興味から、これがどう云ふ性能を持つて居るのか、又之をどう云ふ風に變化さすことが出來るかと云ふやうなことを、はつきり研究して、然る後に應用が始まり、遂に今日の眞空管になつた次第であります。これは物理學者の、只學術的興味を追窮するといふことが、斯う云ふ風に吾々の文明と、重大な關係をもつと云ふことの一つの例であります。

こんな例はまだ澤山ございます。例へばラヂウムの發見、之も基本的な重要性を持つて居ります。前回に中泉さんから御話があつたさうでございますが、是が醫療に應用される。又最近には

さう云ふラヂウムを澤山使ひまして、色々な鐵の熔接箇所などが、巧く行つて居るかどうかと云ふことも透視出來ます。さう云ふ風な色々な應用はありますが、其最も大切な根本は、結局キューリー夫妻のラヂウムの發見と云ふものに基礎を置いて居る譯であります。

其他同樣な例は隨所にこれを求める事が出來ます。其結果として今日の工業に於ては、只應用だけを目指して行ふ研究は近眼的であつて、劃期的の發明はそれからは生れて來ず、寧ろ科學的興味本位の基本的研究結果を應用することによつて、始めてこれが達成せられると考へる人が多くなりました。さう云ふ風に考へますと、唯物質的文明と云ふ立場から致しましても、根本的な斯う云ふ研究と云ふものは、非常に重要な意味を持つて居るのであります。のみならず吾々の研究結果は、後にも申上げます樣に、精神文明の方にも相當の影響を及ぼすものなのであります。

原子物理學

唯今まで申上げましたのは、吾々の立場から見ますと『最近の發展』ではなくて、餘程前の話でございます。勿論應用としては新しいものでありますが、其原理は四十年とか六十年とか以前に發

見せられたものであります。次に本題に移りまして物理の方の最近の進展、即ち歐洲大戰後どんな事が原理的に行はれたかを申述べます。

其一つとしまして、戰前から行はれて居つたことでございますが、戰後益々盛んになつたのは、物質を形作つて居る構成單位、及びそれがどんな法則に從ひ、どう云ふ風な組合せに依つて、此物質を構成して居るかと云ふことの研究でありまして、これは前世紀の終頃から着手された問題であります。

物質は御存知のやうに、色々な元素から成つて居ります。詰り物質をだん〳〵分解して行くと、遂に分解し得ない一つの特性を持つた物に到達する。これを元素といふのであります。これは中學校で敎はつた事でありまして、さう云ふ元素から吾々の此物質界が出來上つて居るのであります。而して其元素の數は今日九十ばかりあります。

さて其元素は何か、これが當面の問題であります。それは多くの人々の研究した所でありまして、其結果として元素と云ふものは、原子から出來て居るといふ事が解りました。其原子とはどんなものであるかと申しますと、元素を採つてこれを段々と細分して行きます。さうすると遂に

はそれ以上細分する事の出來ない極限に達します。これが其元素の原子であるといふ樣に中學校の教科書に出に居ります。

此原子は元は一つの假定でありまして、英國のドルトン(Dalton)の提唱したものであります。其存在を假定致しますと、化學上の色々な實驗事實が、統一的に能く說明し得られるといふので重んぜられたものであります。然し直接其存在を實證した人はありませんでした。所が千九百十二年頃、獨逸のラウエ(Laue)はX線の手段に依りまして、原子の嚴然たる實在を如實に證明致しました。即ち結晶を通したX線が、寫眞板に生ずる模樣を調べると、なるほど物質は原子によつて出來上つて居るといふ事が、一目瞭然と解つて參りました。

斯樣な原子は小さなもので、其質量は僅かなものであります。最も輕い水素の原子の重さは、一グラムの一億分の一を取りまして、それをもう一遍一億分の一にし、其一つを取つて來て、又それをもう一遍一億分する。即ち一億分の一を三遍繰返して得たものと同程度のものであります。重い原子でも其百倍とか二百倍とかに過ぎません。こんなに小さなものを、今日では一つ〳〵數へる事が出來る樣になつて參りました。數へると云ふのは、例へば原子が一個來ると擴聲器を働

かせ、音を立てゝこれを耳で聞くとか、若くは電話の計數器を動かせて、一分間に幾つ來たと數へる、といふ樣なことが出來るやうになりました。尤もそれには原子が相當にエネルギーを持つて居るといふ事が必要であります。十分なエネルギーを持つて居りさへすれば、之を數へることが出來ます。或は他の方法によりまして、一つの原子が走つた其足跡をはつきり目に見える樣にし、又は寫眞に撮ることも出來る樣になつて居ります。斯う云ふ譯で、原子及び其結合によつて出來た分子の實在と云ふものは、もう吾々としては、何等疑を容るゝ餘地のないものとなつて了ひました。勿論實在と申すことが非常に難かしい問題でございまして、結局何を實在といふかといふ事になりますが、これは吾々の認識の手段、即ち科學的實驗に依つて認識出來るものを實在と申して居ります。是が哲學の方の實在と、どう云ふ關係があるか、それは又別の問題で、吾々としては、さう云ふものを實在と申して居ります。それで從來の實在の觀念が、今日の原子物理學と云ふものに依つて、どう云ふ變革を受けたかと云ふことは、後に申上げ度いと思ひます。これは吾々のやつて居ることが、相當に形而上の文明に影響を及ぼすものであるといふ事を知つて頂き度い爲であります。

話が少し岐路に入りましたが、以上の通り兎も角、原子の實在は確立された譯であります。それでは其原子は何で出來て居るかと云ふ問題が次に起つて參ります。研究の結果、色々な實驗事實からして、原子は少くとも其一つの構成要素と致しまして、電子を持つて居ると云ふ事が解つて來ました。電子とはどんなものかと申しますと、是は陰の電氣を持つて居り、其質量は、唯今申しました、原子の中で一番輕い水素原子の質量の、又二千分の一位な小さなものであります。吾々の日常取扱ふ電氣は、此電子の與かる現象でありまして、例へば針金の中を電流が流れると云ふのは、此輕い電子が澤山、非常な速度を以て電線の中を走つて居る事であります。原子はさう云ふ電子から成立つて居ると云ふことが解つて來ました。それでは原子は全部電子から出來て居るかと申しますと、さうではありません。色々の研究の結果と致しまして、原子の中心には電子に圍まれて核があり、而かも原子の殆ど全部の質量は、此原子核が持つて居ると云ふ事が明になつて來ました。そして前に述べました樣に、核の周圍にある電子は陰電氣を帶びて居りますが、此原子核は陽の電氣を持つて居ります。それで原子全體として、電氣的には中性を保つて居るものであります。これは恰度果物が其眞中に核を持つて居るのと似て居ります。只果物と異る處は、

其核が質量の殆ど全部を持つて居る事で、物質の重さといふのは此核の現はす性質であります。そして果物の肉のある所に、電子があると考へれば好いでありませう。

先程元素には九十ばかり異つたものがあると申しました。斯様な性質の差は何處から出て來るかと云ひますと、それは直接には原子の外側にある電子の數によるのであります。即ち一つあるものが水素、二つのものがヘリウム、三つのものがリチウム、といふ風に數が一つ宛增して、ウランの九十二までであります。但し其中にまだ發見されない元素が二つ殘つて居ります。さう云ふ風に元素の物理、化學的の性質は、其原子の外側の電子の數に依つて決まるものでありますが、それでは其外側の電子の數は何で決まるかと申しますと、それは原子核の持つて居る電氣の量で支配されるものであります。唯今述べました様に原子核は陽電氣を持つて居ります。そしてそれと同量の陰電氣を外側にある電子の總和が持つて居り、それで原子全體としては電氣的に中性となつて居るのであります。從つて外側の電子の數と云ふものは、中央の核の持つて居る電氣の量に依つて決まる譯であります。これによつて見ますと、物性の根源は其窮極を原子核に有するものと云つて好いでありませう。そして斯様な原子が集つて分子を作る。更にさう云ふ分子が又集つ

て、目に見る樣な色々の物質を作つて居る譯であります。

量子論と自然哲學

次に此原子の中の電子がどう云ふ運動をして居るか、といふ問題が起つて來ます、これを矛盾なく云ひ表はす爲には、從來の吾々の概念を根本的に變へなくてはいけないと云ふことが、最近になつて解つて來ました。即ち原子とか、分子とか、所謂微視的(microscopic)な世界に行はれる物理學は、從來の物理學、即ち砲彈とか飛行機とか水など、所謂巨視的(macroscopic)の運動を律する物理學とは、餘程異つたものであるといふことが明となりました。つまり從來の物理學は、原子分子の世界には適用せられないのであります。此微視的の物理學は、一九一〇年頃から物理學者の頭を惱ました問題でありましたが、それが一九二五—一九二七年に至つて遂に解決せられ、原子、分子內の物理學を摑み得たのであります。處で成程摑むには摑みましたが、これが本當に解らない物理學であります。解る解らないと云ふ事は、前にも申しました樣に、吾々の經驗に照して類推(analogy)を認め得るや否やといふ事であります。つまり新しく見聞することが、從來の

經驗で律し得るや否やといふ事で定まる問題であります。所で吾々の物理學上の從來の觀念、例へば、エネルギーとか運動量とか、又は位置であるとか時間であるとか申すものは、巨視的な大きな物體について抽象して形作つたものであります。斯樣な觀念によつて築き上げられた物理學が、小さな原子、分子などの微視的な世界に、其儘通用しなくてはならないといふ理由はないのでありまして、それが役に立たなくても何等不思議はない筈であります。事實微視的の世界は從來の物理では律し得ないもので、從つて其處に行はれる事象は解らないのが當然であります。所が吾々の頭はさうは行きません。一度這入つた概念は中々脱けないもので、原子の中でもやはり從來の物理でやつて行けるものと考へて、多くの物理學者が苦んだのであります。散々苦しんだ揚句、遂に原子、分子の中で通用する新しい物理學が發見されました。此物理學は一つの數式で表はされるものでありまして、これを吾々の實驗事實に照し合せ樣とすると、當然吾々の巨視的觀念に訴へるより外はありません。從つて其數式の一斷面だけを見ることになります。そして從來の物理で律せられないから解らないといふ事になるのは極めて自然の話であります。斯樣な微視的物理學の體系を量子論と唱へて居ります。

それでは量子論とはどんなものであるかと云ひますと、只今申した樣に一つの數式で表はす事が出來ます。そして此數式を如何に解釋すべきかといふ事が明確に指示せられて居ります。それに從へば、如何なる實驗に際しては如何なる結果が出て來るといふ事が、此數式から導き出す事が出來まして、それは實際の實驗事實と完全に一致します。でありますから凡ての基礎は此數式と、其解釋の仕方によつて支配せられて居ります。而して色々の實驗の結果は、從來の物理學によれば一見矛盾の樣に考へられますが、然し此量子論に從へば何等撞着があるのではなく、云はばそれは此數式の異る斷面を見て居るのであります。さう云ふ異る事相を、從來の物理學に從つて、互に因果的に結び付け樣として苦しんだのは、全く方針を誤つたもので、それは新しい量子論の數式の正しい解釋からは、何の不自然もなく出て來ることであります。

今例を擧げて此事情を說明致しませう。先づ吾々によく知られた光を採つて來ます。これはラヂオの電波と同じ本質を有つもので、電磁氣の波即ち電磁波と呼ばれ、空間を速い速度で傳播するものであります。此事は中學校の敎科書にも戴つて居まして、光は橫波即ち傳播の方向に直角に振動するもの、音は縱波で傳播の方向に振動するもの、とあつた事を御記憶と存じます。こん

なに光を波であると考へますと、光の示す現象、例へば水の上に浮んだ油の色であるとか、光學器械の示す所謂干渉作用は全部説明せられます。でありますから光の波動説はニュートン(Newton)時代の微粒子説を倒して、決定的に間違ひのないものと考へられて居つたものであります。所が今世紀に入つて光の新しい現象、例へば光電効果(photo-electric effect)と云つて、金屬に短い波長の光を當てると、電子を飛び出させるといふ作用などが發見せられてからは、光は波でなくて、小さい彈丸の樣な微粒子でなくてはならぬといふ事も云はれる樣になりました。つまりこんな現象は、光を波動と考へては、到底説明出來ないのであります。然し前に云つた光の干渉現象などになると、どうしても波動説でなくては説明はつきません。でありますから、光は或る場合には波の性質を示し、他の場合には微粒子の性質を現はすといふ事が明になりました。依つてこれを從來の物理學に從つて、どんなに因果的の關係を付けるべきかといふ事が盛んに議論せられた譯であります。然し一つの實在が、同時に波動と粒子であることは不可能なことでありまして、解けぬ謎として物理學者の頭を苦めたものであります。

これが量子論の樹立によつて解決せられました。といふ譯は、量子論に於ける光の運動を表は

す數式の正しい解釋に從へば、光は或る場合には、當然從來吾人の經驗した波の性質に似た振舞をなし、他の場合には、從來吾人の知つて居る粒子に似た斷面を現はすものであるといふ事が知れました。でありますから此數式を基礎として、光はどんな實驗には波動性を示し、どんな實驗には粒子性を示すかといふ事は、一目瞭然と解る樣になりました。これは要するに吾人の持つて居る巨視的觀念に訴へて、量子論の數式を解釋しようとする爲めに、其式の異る斷面を見て居る譯でありまして、云はゞ盾の一面だけを見て居る樣なものであります。

それでは此數式の全面を摑む事が、どうにかして出來るかといふ問題が起ります。これは吾々の觀念が、凡て巨視的事象から抽象して得られたものである以上、到底不可能な事であります。吾々が原子の中に入つて、其處に行はれて居る現象を見る樣なものに生れ變りでもしなければ、此事態を變へる事は出來ません。恰度群盲が從來の經驗より得た觀念を基礎として、象なる新しい動物に一面的解釋を加へて居るのとよく似て居ります。盲人である以上はこれより外の記述は不可能でありませう。此意味から申しますと、波動も光の實在的性質であり、粒子も亦同樣であります。共に物理的實驗によつて認識せられる存在なのであります。

以上は光に就いての話でありますが、先程申しました物質の構成單位、例へば電子についても全く同樣の事態が存在します。電子は前にも述べた通り小さな質量と陰電氣とを持つて居て、恰度小さな彈丸の樣な微粒子の性能を示すものであるといふ事は、其發見當初から知られた事でありました。處が最近になりまして、此電子が波動の性質を持つて居つて、光と同樣な干渉現象を表すといふ事が明示せられました。こんな意味から云ふと物質は凡て波動であるとも云ふ事が出來ます。然し光の場合と同樣に、微粒子と考へなくては說明の付かぬ現象も澤山あります。これはやはり量子論に於ける電子の運動を與へる數式の異る斷面を、吾人の巨視的觀念で見て居ることに外ならないのでありまして、これを從來の物理學に從つて、何等かのカラクリにより、因果的に說明するといふ事は無益な試みであります。

それでは從來の物理學は、此量子論の立場からはどう見られるものであるかと申しますと、これは量子論の特別な場合と考ふべきものでありまして、其極限に於ては兩者は一致した結果を與へるといふ事が知れます。此意味から申しますと從來の物理學は、量子論の中に含まれて居ると考へて好いでありませう。然し兩者の結果が一致しても、其解釋は全く異る場合があるといふ事

は注意すべきであります。

以上述べました事によりまして、物理學の研究といふものが形而上學の問題に、相當密接な關係を持つて居るものであるといふ事が解ります。殊に上述の量子論の數式の解釋に從ひますと、因果律に基礎的革變を及ぼすものである事が明にせられました。これは哲學上重大な問題であります。因果律はカントの哲學に於ては先驗的思惟形式の一でありまして、從來物理學に於ては、自然現象を因果的に說明するのが、其使命であると考へられたものであります。即ち自然現象は凡て原因と結果との連鎖であつて、偶然性なるものはなく、其連結の法則を見出すのが物理學の仕事であると考へられました。例へば玆に一つの彈丸があつたとしますと、ある時刻に於ける其運動狀態、即ち位置、速度が明に解つて居れば、それから後の運動は、運動の法則に從ひ、全部殘りなく決定豫告せられるものであります。處が量子論の出現により、此因果律の信條に搖ぎを生ずる事となりました。

此事態を一つの具體的な例についてお話致します。今玆に一個の電子がありまして、ある時刻に於て其位置を定めたとします。それには今日吾人の持つて居るよりもズツト進んで、電子をも

見る顯微鏡が必要でありますが、そんなものは今日存在しません。然しそれと同等なことを吾々は他の實驗でやつて居る譯でありますから、そんな顯微鏡があつたと假定しても差支ない事になります。さうしますと、これによつて電子の位置は如何樣にでも正確に求める事が出來ます。處が今日の量子論によりますと、そんな位置の測定をすると、其測定作用が電子に影響を及ぼして、其時電子の持つて居る速度は不明になつて了ひます。たとへ電子の速度が豫め知れたものについて位置の測定をやつても、其速度は全く變つたものとなり不明となつて了ひます。これが從來の巨視的物理學と異る處でありまして、例へば前の彈丸の例をとつて見ますと、或る時刻に於ける位置、並に速度は、彈丸の運動と無關係に、如何樣にも同時に正確に求める事が出來ます。それが量子論では原則的に不可能なのであります。これは觀測裝置の不完全によるのではなく、電子などの微視的實在の本質として、如何に完全な裝置を用ひても斯樣な事になるものであります。其結果どんな事になるかと申しますと、今電子の位置を正確に求めたとしても、ある時刻經つた後の位置は、因果的には解らないといふ事になります。即ち前に申した彈丸の場合と異り、電子の運動には從來の意味での因果律は適用せられなくなります。これは位置とか速度とか云ふ巨視

的觀念に訴へて、微視的現象を記述する事から來る當然の結果であつて、從來の物理學に照して奇異の感を生ずるのは、今更驚くに及ばない事、既に述べた處であります。

尤も彈丸の運動などが因果的に定まるといふのは、ある時刻に於ける狀態、即ち其位置と速度とが同時に求められるからであります。所が電子などでは位置は求められても速度は不明でありますから、ある時刻に於ける狀態が、巨視的物理學の場合の樣に與へられない事になります。從つて其後の事が決定的に與へられないのは、因果律の否定を意味するものではなく、只其適用範圍外にあると云ふべきだと主張する人もあります。これ等の事に關しては色々の議論もありますが、兎も角從來の形の儘の因果律は、微視的現象の個々の場合には適用せられいと云ふ事は明であります。そして量子論は此場合何を吾々に豫告し得るかと申しますと、或る時刻に電子が或る位置に居つたとして、其後一定の時間を經た後に、同じ電子が色々の場所に來る確率を正確に與へる事が出來るのであります。即ち從來の物理學の樣に一度の測定結果を豫知しないで、多くの實驗の統計的結果を豫言し得るといふ事が、本質的に量子論の異る所であります。從つて統計的結果については、因果律が成立すると云ふ事が出來ます。

只今申しました様に一つの測定作用が、測定せられるものに影響を及ぼして、其狀態を變化させるといふ事が量子論の特質でありますが、これに似た事は心理學などにはよく經驗せられる所であります。例へばある心理現象の實驗をしようと致しますと、其實驗其ものが實驗せられる人の心理狀態を變化させます。從つて實驗しなかつた前の心理狀態とは異つたものとなります。勿論實驗しなくては心理現象を摑むことは出來ない、然し實驗をすれば狀態が變つて了ふといふ事態の存する事は、よく知られた所であります。

斯様に申しますと、物理學に於ても實驗によつて其對象が影響せられるのであるから、對象の實在といふ事を疑ふ人が出て來ました。然し前にも申しました様に、實驗によつて認識し得るものはこれを實在するものと致します立場から云へば、實驗で認めた對象は凡て實在であります。只實在なるものが從來の様に固定したものではなく、一定の規則に從つて其表現を異にするものと見るべきであります。

實驗が對象に影響を及ぼすといふ事態に似た事が、やはり生物の科學にも存するであらうと考へられて居ります。例へば生命とは何ぞやといふ問題があります。これを科學的に解かうとする

と、先づ生き物を小さく分けて行つて細胞を捕へる。更に此の細胞を分解して其の中の原子、分子の作用を明にしようとするでありませう。斯様にして始めて生物の微視的世界が見られる様に考へるのが、從來の科學の行き方であります。然しこんなことをすると生物は死んで了ひます。從つて生きた儘の生命といふものはそんな方法では捉へ得ません。勿論科學の方法によつて、相當な深さ迄は細胞の作用なども明にせられました。又將來も益々此方向に歩を進める事によつて、色々解らなかつた事も知れて來るでありませう。然し其窮極の生命を、さう云ふ風な方法によつて摑むことは出來ないであらうと考へる人があります。つまり從來の科學の方法によると、凡てを分解することによつて其窮極を究めて行つた。然し此分解といふ事は生命の存在と兩立しない。でありますから生物の科學に於ては、生きて居るといふ事は恐らく分解すべきものではなく、これを一つの存在として、そこから出發するより外はないであらうと考へる物理學者がある様になりました。これは前述の原子界に於ける事態の類推を生物界に求め、量子論の考へ方とか、態度とかいふものを生物學に適用した結果であります。つまり物理學進展の副産物と云へるでありませう。

これに類似な實用的の副産物が更に一つあります。それは吾々物理學に携はるものの、實用と

いふことを全然念頭に置かない研究の方法とか態度、又は物の考へ方といふ樣なものが、實用方面にある人々の、各專門の問題に對する態度とか、技術上の方法に相當重要な影響を及ぼして居るといふ事であります。

吾々はある物理學上の問題の解決に對して、ある方法を用ひ、特有の態度を以てこれに臨んで居ります。處が此方法、態度といふものが實用方面、例へば工業であるとか農業であるとかに移し用ひて、其面目を一新するといふ事があります。これは最初に申述べました、物理學上に發見せられた新原理の應用といふ樣に、直接鮮明な影響ではありません。然し其及ぼす所は相當大きなものがあると思はれます。勿論逆に吾々物理をやつて居るものが、實用方面から啓發せられる所も多大なものがあります。これは文化史上に於ける相互作用の適例であつて、一の原因が他を結果し、其結果が又原因をなすものであります。今日物理學の繁榮する國に於ては、同時に工業などの應用方面が旺盛であるといふのは、色々の原因もありますが、こんな關係も大切な要素の一と考へられます。

今日工業に携はる營利會社が、だん〳〵純學術的の問題を取扱ふ研究所を持つ樣になつて來ま

した。例へば日本では東京電氣であるとか、米國ではG・E・會社であるとかいふ樣な所でありま す。これは勿論新原理、新現象を發見し、これを直接利用して新方面を拓くといふ事に其使命はあるものでありますが、又只今申しました樣に吾々の頭の働かし方とか、物事の見方を改革するといふ事に與つて力あるものと思はれます。こんな意味で吾々のやつて居ります仕事も、一見實社會と緣が遠い樣で、案外密接な關係をもつて居るものであります。

元素の變換並に人爲的ラヂウム

次に御話致しますのは、古くから多くの人の試みた問題であつて、玆數年來異常の進展を示し、人の耳目を聳動せしめて居るものであります。それは一つの元素を變へて他の元素とする、即ち元素變換の問題であります。此問題はエジプト、支那などの太古から試みられた事でありまして、銅や鐵を變へて金とするといふ所謂錬金術(alchemy)であります。然しこれ等の試みは悉く失敗に歸し、一として成功したものはありませんでした。處が最近原子物理學の進歩の結果として、遂にこれが實現せられる樣になりました。斯樣になりますと、元素といふものの定義を變へなくて

はなりません。從來は前にも述べました樣に、他のものに變へ得ないものを元素としたのでありますが、今日では或る程度の自由さを以てこれを變へる事が出來る樣になり、元素といふものに對する吾々の概念を根本から覆した譯であります。

それではナゼ鍊金術士はこれに失敗し、今日の物理學者は成功したかと申しますと、其鍵は原子物理學の發達にあつたのであります。前にも述べました樣に、原子は其中心の原子核と、これを圍む電子とから出來て居ります。そして元素の物理的並に化學的性質を直接支配するものは、此電子の狀態並に其數であります。然し此狀態及び數を定めるものは原子核であるから、物性の根源は原子核にあると申しました。

原子核の外側にある電子の數及び狀態を變へるといふ事は、比較的容易に出來ます。例へば化學反應であるとか、ネオンサインなどの放電現象であるとかいふのは、斯樣な變化によつて起るものであります。こんな風に外側電子に變化を與へることに依つて、其原子の性質は實際變化します。例へば水は水素と酸素とから出來て居りますが、此水素に結合した酸素と、遊離した酸素とは全く其性質が異つて居ります。これは核外電子の數並に其狀態が異るからであります。然し

性質は變つても酸素はやはり酸素でありまして、水を分解して得られる酸素は元の性質を表はします。それは核外電子の變化は、中央の核が變らぬ限り、すぐ元に還す事が出來るからであります。それでありますから一つの元素を他の元素に變へて了ふには、どうしても原子核を變化せしめなくてはなりません。こう云ふ意味で物が變化するにも二通りあります。水素と酸素とが結合して水となるといふのは、鐵を金に變へるといふのと全く意味が違ひます。前者は原子核外の電子のみの與る變化であつて、後者は原子核その物の變化であります。即ち前者は化學反應であり、後者は元素の變換であります。處が原子核を變化させるといふ事は、核外電子の變化に比べて其困難は同日の論ではありません。從來の化學反應を起させるに用ひた手段では到底不可能であります。從つてこんな手段以外を知らなかつた錬金術時代の試みの失敗したのは當然であつて、今日の物理學者の成功は其手段を實現し得たによるものであります。

それではどうすれは此核の變換を行ひ得るかと申しますと、大きなエネルギーを持つた微粒子を核にブツけて壞すのでありまして、恰度砲彈によつて爆破する樣なものであります。處が原子核の直徑は僅に一糎の一兆分の一位に過ぎない小さなものであります。そしてこれに大きなエネ

ルギーを與へてやる必要がありますから、其エネルギー密度は莫大なものであります。只エネルギーが大きいといふならば、其實現はさして困難ではありません、例へば大砲から發射する砲彈にしても其全エネルギーは大きなものです。然しエネルギー密度にすれば、原子核破壞用の砲彈に比べては物の數ではありません。これが元素變換の實現困難な點でありました。

これに最初に成功したのは英國のラザーフォード(Rutherford)で、一九一九年の事でありました。それにはラヂウムの放射するアルファ線を用ひました。これはラヂウム原子の核から出て來るもので、ヘリウム原子の核でありますからやはり小さなものであります。これが驚くべき大きなエネルギーを以て飛び出して來ます。そこでこれを色々の輕い元素にブツケて見ると、それ等のものの原子核が壞されて水素の原子核を出し、自分は他の元素の原子核になつて了ふといふ事が明にせられました。例へば窒素は水素を出して酸素となり、アルミニウムは水素と硅素とに變るのであります。これが元素變換の最初の成功でありました。

然し此方法は色々の點で制限せられて居ります。第一に使ひ得るラヂウムの量は限られて居り、從つて變換し得る量は極めて僅少であります。次にラヂウムから放射する原子核破壞用の武器は、

主としてヘリウム核であります。所が後でも申上げる通り、水素原子の核即ち陽子、並に重い水素（原子量二の水素）の核は、原子核變換用の砲彈としては、エネルギーさへ充分であれば、アルファ線よりは有効である事が知れました。それでありますから多くの物理學者は斯様な砲彈によつて、原子核の破壞變換を行ふ事を企てました。そしてこれに充分なエネルギーを與へる方法として先づ考へられましたものは、非常な高壓電氣を起しまして、これによつて陽子であるとか、重い水素の原子核とかを加速するものであります。其場合どれだけの電壓が必要かと申しますと、アルファ線の場合から推して、大體百萬ヴォルト級のものであらうと最初考へられました。吾々が電燈などに使つて居りますのは先づ百ヴォルトですから、其約一萬倍以上の電壓を用ひなくてはならぬと一般に云はれて居りました。

所が約三年前に、英國ケンブリッヂのラザフォードの研究所の、コックロフト（Cockcroft）とウォルトン（Walton）との二人は、場合によつては百萬ヴォルト迄もなくて好いといふ事を發見しました。即ち十萬ヴォルト餘の電壓で水素原子核を加速し、これをリチウムといふナトリウムに似た元素にブツケまして、ヘリウムに變へる事に成功しました。然し總てのものが十萬ヴォル

トで變換し得ると云ふのではありません。これは寧ろ特別の場合でありまして、普通は百萬ヴォルト、少くとも五十萬ヴォルトを必要とするので御座います。こう云ふ高い電壓を起すこと、更に此電壓によつて水素原子核を加速する爲には、隨分大きな裝置を設備しなくてはなりません。從來物理、化學の實驗と申しますものは、極めて小さな裝置で出來たものでありまして、所謂試驗管の中でやる仕事だと、斯う一口に云はれて居つたものでありますが、今日はまるで別な時代になつて來ました。工業上にも實際百萬ヴォルト、二百萬ヴォルトの電壓を使つて居る所は、さう澤山はありませぬ。日本でも大きな電氣機械製造所とか、絶緣碍子製作所などの試驗室に之を取扱つて居る位であります。處が吾々はさう云々ふものをフンダンに使はなくては仕事が出來ない、といふ樣な事になつたのであります。勿論直接そんな高壓電氣を用ひない方法もありますが、其裝置の大仕掛な事は全く同樣であります。

こんな方法によりまして今日は相當の自由さを以て、一つの元素を變へて他の元素とする事が行はれる樣になりました。例へば只今申しました樣に水素原子核にエネルギーを與へまして、之をリチウムとか硼素とか云ふ元素に當て、ヘリウムといふ別の元素とするといふ風であります。之

で見ても從來の樣に、變へる事の出來ぬものを元素と云つた觀念は捨てて了はなくてはなりません。斯樣に一つの元素を變へて他の元素とする科學を、原子核の化學と云つて居ります。今日は物理も化學も之を判然と區別する境界は無い譯でありますが、從來物質の變化を取扱ふ科學を化學と云つた關係上、原子核の變化を取扱ふから之を核化學と云ふのであります。化學では化學方程式といふものがありまして、化學反應を明示します。例へば水素と酸素とが化合して水を作る場合は

$$2H_2+O_2=2H_2O$$

で表はされます。此式では左邊にある元素及び其原子數は、右邊にあるそれ等と常に等しいのでありまして、つまり元素なるものの不變不滅を表はして居ります。處が核化學の反應で、例へばリチウムに水素核をブツケてヘリウムを作る場合は

$$Li+H=2He$$

なる化學方程式で表はされます。此式では左邊の元素と右邊の元素とは全く別物でありまして、從來の化學反應と趣を異にして居る事が御解りでありませう。そして此反應には非常に大きなエネルギー密度が必要であるといふのが著しい特異の點であります。

次に述べて置き度い事は、アルファ線（ヘリウム原子核）や陽子（水素原子核）の外に、元素變換用の砲彈として極めて有効なものがあるといふ事であります。それは前にも一寸申しました最近發見の重い水素の原子核であります。重い水素とは原子量二の水素であります。即ち從來の水素の二倍でありまして、斯樣な水素で出來た水は。從來の水に比べて一割ばかり重いのであります。普通の水は此重い水を大體五千分の一位含んで居りまして、今日ではこれを純粹に分離する事が出來ます。そして此重い水の中では魚類も死んで了ひ、植物も發育しないといふ事が解りました。尤もこれを微量含んだ水は却つて發育を進めるといふ場合もあります。ともかく水素は生物を構成する最も重要な元素でありまして、從つて重い水素の發見者にノーベル賞を授けられたのも當然といふべきでありませう。斯樣な大切な且つ珍しい元素が、水といふ樣な極めて手近な物質に含まれて居つて、それが今日迄氣が付かなかつたといふのは興味ある事と思はれます。

それではこんな重要なものがどうして發見せられる樣になつたかと云ひますと、これも唯單なる科學者の眞理を追ふ欲求の結果に外ならないのであります。即ち吾々の有つて居る原子量といふ常數の、精確度を小數點以下一桁進めるといふ研究を何處迄も正直に押進め、其結果を忠實に

吟味して得られた收穫であります。玆にも純科學的興味が、革新的の實用結果を齎す事の一好例が示されて居ります。

此重い水素の核が又大切な原子核破壞用の武器でありまして、これにエネルギーを與へて、種々の元素に叩き付けますと、割合容易に他の元素に變ります。吾々も現在此方法を用ひて中性子と唱へる全く電氣を帶びない物質を作つて居ります。前にも申しました樣に、凡ての原子は陽電氣を帶びた核と、陰電氣を帶びた電子とから出來て、全體として中性を保つて居るものでありますが、中性子は初めから全然電氣を帶びない微粒子でありまして、其重さは普通の水素原子と同じ位であるといふ珍しいものであります。其他重水素を用ひて行ひ得る核反應は、色々面白いものがありまして、米國などでは盛んに使用せられて居ります。

以上によつて一つの元素を變へて他の元素とする方法を述べました。それでは此方法を發展させて、工業的に稀有の元素を普通の元素から多量生產し得るかといふ問題があります。例へば我國にないヘリウム瓦斯を、リチウムから多量に生產して飛行船に用ひるといふ類であります。然しこれらは今日の所では原理的に不可能であります。僅に一立方センチ(常溫、常壓に於ける)のヘリ

ウムを作るにも數十年を必要とすることが解ります。でありますから此點では錬金術時代の夢は今日でも矢張り夢として殘されて居る譯でありまして、何か全く新しい原理でも發見せられない限り望みはありません、然し玆に實用に供し得る元素の變換作用があります。

それはラヂウムなどと同樣な放射能を持つ新しい元素を、普通の元素から作るといふ事であります。例へばよく知られて居る一例を擧げますと、普通の食鹽を採り、これに百萬ヴォルト以上の電壓で加速した(又はこれと同等のエネルギーを與へた)重い水素の原子核を當てると、食鹽中に含まれて居るナトリウムが、普通のものと異つて、重さが約四パセントばかり重いものとなります。此物の多くの性質は普通のナトリウムと變りはありませんが、其原子核の構造が異つて居りまして不安定であります。其爲にラヂウム同樣にベータ線、ガンマ線を放射して他の元素(マグネシウム)となります。ラヂウムの壽命は長いものでありまして、千六百年ばかりで其量が半分に減ります。處が斯樣にして出來ました放射性のナトリウムの壽命は短く、十五六時間で半分に減ります。然しラヂウムに比べて注目すべき事は、其放射するガンマ線の人體に對する透過力が、ラヂウムの場合の二倍以上であるといふ事であります。こんなガンマ線が生物に對してどん

な作用があるかといふ事、例へば癌の治療などにどう云ふ影響を有するものであるかと云ふ様な事は、今後の研究によつて明かにせられる問題であります。

斯様に人工的に與へた放射能を人工放射能と云ひ、そんな物質を人工ラヂウムと呼ぶ人があります。人工と云ふと模造といふ様な意味に採る人もあるかもしれませんが、然し只今申しました様に、ラヂウムの持つて居ない貴重な性質を持つて居るもので、將來實用上重要なものになるであらうと吾々は考へて居ります。現に米國などでは、既に七ケ所の大學や研究所で、各々多額の費用を投じ、斯様な物質を作る計畫を立てゝ着々其歩を進めて居ります。そして人工ラヂウムの量も、數グラムのラヂウムに相當する強度のガンマ線が得られるだけ作る事を目指して實驗を進めて居ります。ラヂウム數グラムと申しますと、三井報恩會から癌研究所へ寄附せられたもの（五グラム百萬圓）に匹敵するものでありませう。でありますからこれは確に實用に供し得る元素の變換であります。つまりラヂウムは極微量でも其目的を達し得るものでありますから、錬金術の場合の様に多量を必要と致しません。從つて人爲的にも實用に供し得るだけの量が製造し得る譯であります。でありますから此方は實用といふ點から云つても將來がある様に思はれます。

只今述べたのは一例に過ぎません。未だ色々の人工ラヂウムが作られ居ります。殊に先程申しました中性子を用ひますと、殆ど大多數の元素に放射能を與へる事が出來ます。但し此方は中性子の量が少いので實用になるかどうかは不明です。然しこれを動物、植物の生理學上に應用すると、解決せられる問題は夥しいものであらうと思はれます。又同じ裝置によつて中性子を多量に作り、これが醫療上の効果につき試驗することも重要な急務であつて、ガンマ線以上に有効であれば、其應用も貴重なものとなるでありませう。

宇宙線 (Cosmic-Rays)

次に先程三浦さんから御話の、宇宙線の事を申述べて此講演を終ることに致します。宇宙線と只今述べました原子核と何か關聯があるかと申しますと、今日の所では直接の關係はありませぬ。唯兩方とも非常に大きなエネルギーを持つて居ると云ふ點に於て共通であります。然し宇宙線のエネルギー(或はエネルギー密度)は、原子核で取扱はれるものに比べますと更に大きく、多分百倍乃至一萬倍もあります。さう云ふエネルギーの大きなものが、何處からか解りませぬが、此地

球に向つてやつて來て居るのであります。是は間斷なく降り注いで居るもので、夜でも晝でも差はありませぬ。でありますから恐らく太陽からは來て居ないもの、或は來て居ても非常に僅かであると考へられます。それでは何處から來て居るかと申しますと、これは全く解りません。恐らく此宇宙に瀰漫して居るものであらうと思はれます。

宇宙線の持つ最も著しい性質は、物を突通す力の極めて大きい事であります。物質を透過する力のあるものと申せば、從來はX線とか、先程述べましたラヂウムのガンマ線でありました。勿論光線は水を透します。例へば太陽の光線は隨分深い海底に達します。然しこれは水だけでありまして、外の多くの物質は透しません。所がX線とかガンマ線になりますと何でも透します（勿論通し方の難易はあります）。然し吾々の使つて居るX線、ガンマ線は、先づ水一メートルも通せば大抵止まつて了ひます。それは水に吸收されて先へ進まないのであります。所が宇宙線はそんな話ではありません。最近の研究に依りますと、恐らく水を五六百メートル通すであらうと云ふことになつて居ります。それはどう云ふ事で解つたかと云ひますと、鑛山の坑道に這入りまして、二三百メートルの深い所に下り、測定器を置いて試驗したのであります。さうすると其邊にも矢張

り來て居るといふ事が示されました。尤もそれはやつて來て居る宇宙線の僅な部分でありまして、強度は普通使用するガンマ線やX線とは比較にならぬ小さなものであります。宇宙線は地上に到達する迄に大氣を通つて來ます。其大氣の厚さは、水に直しまして約十メートルあると云ふことになつて居ります。其十メートルの水で、宇宙線の大部分は吸收されてしまひ、地上にやつて來て居るのは、僅な一部分であります。其一部分が斯んな風に物を通す力が非常に強いと云ふことが解つたのであります。

そこで此宇宙線は一體何だらうといふ問題が直ぐ起つて來ます。これは今日迄色々の研究が行はれたにも拘らず、未だ決定的の解決は與へられて居りません。これが發見せられた頃、即ち約二十三、四年前から最近（數年前）に亘る迄は、恐らくガンマ線と同樣の本質を持つものであらうと考へられて居りました。即ち光やラヂオの電波と同樣に電磁波であつて、只其波長の極めて短いものとせられて居たのであります。といふのは其頃物質を最もよく透過するものがガンマ線であつたからであります。ガンマ線がX線より透過力の大きいのは其波長が短いからで、それと同樣にガンマ線より更に波長の短いのが宇宙線であらうと考へられたのであります。

所が最近の研究の結果によりますとさうではなく、物質を構成して居る電子であるとか、或は水素の原子核であるとか、さう云ふ物質が非常なエネルギーを以て飛んで來て居るのであらうと考へられる樣になり。今日では此說を支持する人が大多數となりました。然しこれとても未だ決定的ではなく、或は其一部分はガンマ線型のものかも知れません。これに關する決定的な斷定を下し得る迄には、尙ほ相當の實驗研究が必要でありませう。それは兎も角少くとも宇宙線の相當な部分が、物質微粒子の莫大なエネルギーを持つたものから出來て居るといふ事は間違ない樣であります。斯樣な微粒子がボツリ〳〵と飛んで來て居りまして、吾々は今日それを一つ宛數へることが出來ます。その頻度は一平方センチの水平面積を、色々の方向から一分間に平均一個位の割合で通つて居ります。でありますから吾々の身體の中を、そんなものが一分間には數百通つて居る譯であります。これが生物にどんな作用があるかといふ事は、今日未だよく解つて居りません。全然影響のないものかも知れないし、又相當に重要な役を務めて居るかも解りません。

それから又今日の實驗技術によつて、斯樣な宇宙線が通つた跡とか、又それが物質に衝突した際どんな作用を起すかといふ事を、一々目に見える樣にする事が出來ます。これによつて明にな

つた事で非常に面白いのは、宇宙線が物質に當りますと、時にはそれから陰陽の電子を非常に澤山出すと云ふ事であります。其數は數百にも達する事があり、それが一時にパツト飛び出して來ます。吾々の身體の中でも、時々そんな事をやつて居る譯です。然し幸なことには、それは彈丸の樣に大きなものでありませんから、何の害もしないで通つて行きます。否或は藥になつて居るのかも知れません。

斯樣に不思議なものが果して何であるかといふ事を研究致しますには、どうしても地上に到達して居るものだけ見たのでは解りません。前にも申した通り其大部分は空氣に吸收されるものでありますから、出來るだけ高い所に昇つて、其吸收されない元の儘の姿を見なくてはなりませぬ。新聞紙上などで御承知の成層圏の飛行といふのは、色々の目的がありますが、其一つは確に宇宙線の研究であります。ピカール教授が十六キロ米上昇したとか。又最近には米國で廿二キロ米も飛昇したとか云ふのは即ちこれでありまして、どうかして宇宙線の全貌を摑まへ樣とする努力の表はれであります。又高山の頂上に色々の測定器を運んで觀測したり、人の乘らない小さな風船に自働記錄器だけを載せ、これを高く飛ばせたりなどして居るのは、凡て同樣の目的を持つて行

はれる研究であります。

以上で解ります様に、宇宙線は未だ其一端を認められただけであつて、其解決は將來の問題であります。例へばこれがどうして發生されるかといふ様な事も全くの謎であります。或る人は新しい星から出るのだといふ説を出しました。即ち此宇宙の光が集つて物質となり、玆に新しい星が出來る。其處にはラヂウムよりはもつと放射性能の强い未知の元素が出來て、それから出す放射線が宇宙線であるといふのであります。若しそれが事實だとすると、そんな星が吾々の頭上に來た時には、傾いた位置に居る時に比べて、通過する空氣の層の厚さが薄いから、其吸收が少く、從つて强度は大きいであらうと考へられます。そこで實際これを實驗して見ると、果してアンドロメダの星雲が吾々の頭上に來た時、宇宙線の强度が增したといふ人がありました。然しこれは誤であるといふ事が後に解り、此説は捨てられて了ひました。又ある人は、星があんなに光を絶えず出して居る、其エネルギーの根源は何處にあるかと云ひますと、それは只今の星の出來るといふ説の逆でありまして、物質が消滅して光となるといふのであります。そして其時宇宙線を出すといふのでありますが、これも確實なことは解りません。

又昨年の暮ヘルタリス星座に一つの新星が現はれました。之は星が爆發して急に光を增す種類に屬するものであります。處が此星が現はれた時、それが恰度頭上に來ると、宇宙線の强度が增したと、報告した人がありました。つまり宇宙線は左樣な星の爆發する時發生せられるものであるといふのです。然しこれも確定的ではなく、其頃少しも宇宙線の强度は增さなかつたといふ觀測者もあつて、全く何とも解りません。從つて宇宙線が何處でどうして發生するかといふ事は、未だ何等解決の緒をも見出して居ないものと見るべきであります。

以上が宇宙線に關する吾人の認識の現狀でありまして、未だ雲を摑む樣な話であります。其處に吾々研究者の興味も繫がつて居る譯でありませう。然しともかくこれは宇宙の鍵を握つて居る存在であつて、宇宙の構成とか宇宙の進化とか云ふ事と、重要な關係を持つものであらうと考へられ、其研究結果は色々の方面の人の注目の的となつて居るものであります。

我國に於ける研究の現狀と其將來

以上述べました事に依り、吾々のやつて居ります研究が、精神的並に物質的文明に、相當の影

響を及ぼすものであるといふことが御解りになつたと存じます。所で先程も申げました樣に、今日の此方面の研究には、多額の費用を必要と致します。從來は物理の研究と云へば、只頭腦にのみよるものであると考へられたものでありますが、今日は全く事情が變つて參りました。寧ろ研究裝置の大小によつて結果の如何が決定せられるかの感があります。少くとも研究所の消費し得る資力が、其成績を左右する重大な因子の一である事は否み得ない事實であります。此意味から申しますと、只今申述べました方面の業績は、直ちに一國財力の反映であると見られます。現に米、英、佛など經濟に餘裕のある國では、こんな研究に費す金額が多いと見えまして、吾々の到底企圖し得ない樣な、思ひ切つた大きな裝置を用ひて實驗を行ひ、立派な成果を擧げて居ます。不幸にして吾々はさう云ふ風な資力がない爲に充分な事も出來ず、これ等の國の後を後をと追ふといふ結果に終つて居ります。從つて以上述べました物理學上の最近の新發見には、日本人の名前が殆ど出て來ないと云ふ始末であつて、洵に遺憾の至りであります。

現在吾々の消費し得る金額が、これ等の國の研究所に比べて、國の財力に比例して少いのであるか、若くは吾國の方が特に比率が少いのであるか、其邊の事は私には判斷が出來ません。只事

實として非常に少いといふのは明であります。時々英米などの吾々の仲間と話をして見ますと、先方の使つて居る費用は驚くべき額に達して居る樣に思はれます。斯う云ふことが將來の研究にも非常に重大な影響を及ぼすことでありませう。殊にこれ等の國では、政府並に一般の人達が、非常に興味を以てさう云ふ研究に力を入れて居るやうに見えます。此點は吾國と差があるのではないでしようか。

一體に今日の樣に交通、通信の發達した時代には、人の智力といふものは大體平均されて來ます。從つて色々の人の考へは大凡決つたものとなります。ある研究は斯うすれば好いといふ樣なことは誰しも考へるものでありまして、唯財力に從つてこれを實行に移すかどうかで、物事が決定される場合が澤山ある樣に思はれます。例へば吾々が一つの實驗を思ひ付いて始めます。そして其結果が出る頃になると、方々で同じ樣な實驗を獨立にやつて、同じ樣な結果に到達して居るといふ報告を見ることは度々であります。これで見ても人間の考といふものは、大體に於て同じであると思はれます。勿論優劣はありますが、從來のやうに非常な差があるとは考へられませぬ。唯それを實行に移すかどうかと云ふことに依つて、差が出來て來る場合が少くない樣に思ひます。

此事は吾國の此方面の研究の將來に重大な問題でありまして、今後どうなるでありませうか。これは畢竟一般の御方が、斯う云ふ研究に對して御興味があるかどうか、といふ事で決まる事であります。私が今日此處に參りまして御話申上げるのも、なるべく吾々のやつて居る事を知つて戴いて、御興味があつたら、さう云ふ空氣を日本の國にも作つて頂き度いといふ、一面から申せば利己的の立場からであります。然し今日の樣な狀態では、何時迄經つても我國の科學、惹いては工業も、他國の糟粕を嘗むるのを域を脫し得ないであらうと思はれます。

以上は初め申上げましたやうに、實驗室の小さい窓から此世の中を見て居る一人の男の話として御聞取を御願致します。

東京市日本橋區本石町三丁目二ノ一

經濟倶樂部

振替口座 東京壹貳四六壹番

電話 日本橋(24)〈八一番 八二番 八三番 一四八七番 二七八五番