

原子核の秘密

石原 純

原子の機構

総ての物質が一定の種類すべの原子から構成せられていると云うことは、今日では誰でも知っている常識となっている。それで物質の性質を根本的に明らかにするためには、先まず原子に就ついて知らなければならぬのであつて、従つて現在では原子の研究は物理学及び物化学にとつて最も基礎的な中心的な問題とされているのである。

さて原子を研究するといつても原子は非常に小さいもので、その個々のものを捉とらえて普通の物質のように顕微鏡で細かに検するということさえ出来ない。だからもつと間接的な方法で調べるより外はない。そういう方法としては、第一には個々の原子の呈する諸現象を観測し分析するもの、第二には原子の結合とか変化とかを詳しく研究するもの等がある。第一は従来物理学でなされた方法で、そのなかで最も効果のあるものは原子スペクトルの研究であつた。スペクトルこそは原子の蔵する謎を我々に物語つてくれる有力な言葉であつたが、唯々その翻訳を完成するために物理学者は非常な苦心を費した。第二のうち原子の結合に関し

ては、物化学上の多くの研究がこれを明らかにしたが、それらは原子自身の機構に対してはやや間接的に物語るに過ぎなかった。

之これに反して原子の変化はより多く直接的にその機構の秘密を暴露するものであるが、之はイオン化の現象が僅かにその一端を示し、又放射能の現象において自然的に見られた外は、最近に原子破壊の諸実験が成功する迄は人為的に自由に実現せしめることが不可能であった。

ともかくも之等これらの実験的な研究に頼つて原子の構造が論ぜられ出したのは今世紀に入つてからであつた。當時において原子の構成要素として確められていたものは、陰電気素量を有する電子のみであつた。そこで電子の陰電気と中和するだけの陽電気を有するものを原子の本体と見做みなして、之これに適当な数の電子を配せるものを原子として思考した。陽電気体が極めて小さな核をなすことが確められたのは、一九〇九年におけるラザフォードのアルファ線散乱の実験的研究以後に属する。

そこで最初の原子模型としては、原子核の周囲を電子が周廻すると考える長岡説が採用せられた。併しかしここに多数の電子がいわゆる量子状態を取らねばならないことが明らかにされる迄には、幾つかの困難な階段を踏み上らねばならなかつた。それは最初は一九一三年にニールス・ボーアの劃期的な理論において始まり、一九一五年におけるゾンマーフェルトの一般的な拡張によつて甚だ有力なものに形作られた。

かくてこの原子模型は原子スペクトルに関する多くの事実や、原子の物化学的性質、特にメンデレーフ以來知られたその顕著な週期性をも或る程度までよく説明することに成功したけれども、併しかしこの理論の根柢をなす量子仮説が古典的な電磁場の理論と相容れないという困難を奈何いかんともすることができなかつた。理

論が包容するかのような矛盾を取り除いて、それ自身完璧なものにしようとする試みは一層の苦心の下に置かれた。この事は同時に、光が種々の事実において現わすところの波動性と粒子性との間の矛盾を理論的に調和させるといふことと密接に關聯していた。多くの物理学者の撓たわまない努力は遂にこの空前ともいふべき困難に打ち勝つて、一九二五年以後非常な速さで今日の量子力学の理論が我々の前にみごとに展開された。

それはド・ブローイー、シュレーディンガー、ハイゼンベルク、ボルン、ヨルダン及びディラック等の若い物理学者の手によつて完成された。今では我々はこの優れた理論によつて、少なくとも原理的には原子核外の電子の機構を完全に知ることができるようになつたといつてよいであらう。

原子核の構成要素

原子の光学的性質や物化学的性質やイオン化現象等は核外の機構を知るに役立つたけれども、之これに反して原子核それ自身の機構を明らかにするためには、核の性質状態が関与するような現象を取り扱わねばならない。そのうちで最初に研究せられたものは放射能であつた。

放射能は一八九六年ベックレルによつてウランに於て発見せられ、次いでキュリー夫妻によるラヂウムの発見によつて著しく注目を惹ひくに至つたことは周知であるが、之等これらの物質が発する放射線の研究はラザフォードによつて進められ、それが原子核の自然的崩壊によつて結果するものであることが示された。

放射線のうちアルファ線はヘリウム原子核に外ならぬことが知られてからは、之これが多くの原子核の構成要素の一つでなければならぬことがわかつた。又ベータ線は電子であつて、之これも核内に含まれていることは事

実である。

この外にもう一つの重要な発見に、殆んど総ての元素の原子が幾つかの同位体を示すと云うことである。同位体と云うのは、物化学的及び光学的性質が互いに同じく、従つて物化学的方法では互いに分析することのできないもので、それにも拘わらず原子量を異にするものである。

従来我々が単一の元素として取り扱っていたものが、実はすべて同等な原子から出来ているのではなくて、原子量を異にする幾つかの同位体の集まりであり、唯々各々の同位体の之に含まれる数の割合が常に一定であるから、その結果として一定の平均原子量が現われていたのに過ぎないことがそれで明らかになった。

同位体という名称はそれらが元素週期表において同一の位置を占めるといふ意味から由来している。この発見は最初ソッデイー及びファヤンスにより放射性元素に就いてなされたが、次いで一九一二年J・J・タムソンの陽電気分析によりネオン及び塩素の如き普通の元素に就いても見出だされ、爾後アストンの精細な研究により大多数の元素の同位体が知られるようになった。しかも個々の同位体原子の質量は常に大体において水素原子の質量の整数倍に等しいことが示されるに及んで、総ての元素の原子核が水素原子核から成ると考えられるようになった。

この仮定は更に一九一九年以後ラザフォードによつて原子の人工的破壊の實驗が行われるようになってから、種々の元素の原子から水素原子核を放射する謂わゆる水素線の実際に出ることが確かめられたことによつてその実証を得たのであった。そこで総ての原子核を構成する要素として一般に水素原子核と陰電子とが認められるようになった。水素原子核は一箇の陽電気素量をもつから、これを普通に陽子と名づけている。

人工的に原子破壊を行ふには、最初には総て加速されたアルファ線を原子に衝突させることによつてその目的を達するより外はなかつた。この実験は装置の拡大完備と共に漸次進んだが、特に一九三一年ボーテによつてベリリウム原子の破壊が成功して以来、著しく進歩し、同時にチャディックによる中性子の発見を結果せしめた。中性子は陽子と同等の質量を有する粒子であるが、電氣的に中性である点で、陽子と陰電子との密接な結合体として仮定された。しかも之もまた原子核の構成要素の一つとして総ての原子に含まれると推定される。

他方で一九三二年にはアンダーソンが宇宙線の研究を行つていた際に、そのなかに現われる帯電粒子のなかに、陰電子と同等の質量を有し、陽電氣素量を帯びる陽電子なるものを発見した。そこで之もまた原子核の構成要素の一つとして存在し得ることが知られた。今日ではある人々は、中性子を陽子と陰電子との結合体と考える代りに、却つて陽子を中性子と陽電子との結合体と見做そうとすることもあるので、之等のうちの何れが果して窮極的な要素であるかは確かでないが、ともかくも之等が原子核内に含まれることは事実であらう。

核物理学

さて原子核がどんな構造をもっているかということ、今日の物理学において最も尖端的な問題で、多くの物理学者がその解決に努力しているけれども、まだその時期に達していないようである。というのは、事実の上においてもなお不明の点が沢山にあるし、理論の展開も種々の困難に妨げられている。併し之に關す

るものを核物理学と称して現時盛んに研究せられているのは一つの壯観でさえもある。

実験的方面においては、一九三二年にコッククロフト及びウォルトンによつて始めて陽子の衝撃による原子破壊の実験が行われて、種々の原子の破壊に伴う多数の事実が見出だされ、更に一九三四年にはフェルミによつて中性子の衝撃による破壊実験が行われ、遂に人工放射能なる新現象さえ発見されるに至つた。

人工放射能というのは、^{これら}之等の原子破壊の際に生ずる原子が或る不安定な状態にある結果として更に放射線を出して安定な他の原子に変脱する現象であつて、最初ジョリオ夫妻がアルファ線の衝撃により^{ほうそ}硼素及びその他の軽い原子を破壊して得られたのであるが、特にフェルミの中性子衝撃による破壊に伴つて多数の原子において見られるようになった、ウランは我々に知られた最も重い原子であるが、フェルミはこれを破壊して更にこれよりも重い数種の原子を実現し得たことは、大いに注目を惹く結果である。

理論的方面に於ては、ディラックの陽電子の理論の如き、最も深い興味を感じしめる。陽電子はその性質に於て全く陰電子に対立するものであるに拘わらず、従来我々が多くの実験に於て陰電子の存在のみを経験して、陽電子に就いては全く知らなかつたと云うのは、一見奇異に思われる。ディラックの理論はこの理由をも解く点でおもしろいのである。

彼の理論は最初から陽電子のために用意せられたものではなかつた。却つて量子力学に対して相対性理論からの要請を満足せしめようとして立てられたのであつた。ところが^{ほか}図らずもそこでは電子に対して負の運動エネルギーをもつ状態を許容せねばならない困難に遭遇した。運動エネルギーが負であると云うのは普通には意味をなさないから、最初は^{これ}之が理論の^{かんせい}陥穽として非難されたのであつたが、これこそ陽電子の秘密を

解く鍵となったのはその不思議な運命と云わねばならない。

ディラックの説によれば、空間に於て存在すべき負のエネルギー状態は普通は総て電子によつて一様に占有せられているので、その儘では観測に入らないのに反し、十分大きな正エネルギーを有する他の電子が原子核の附近にのみ現われる適当な条件のもとでは負エネルギー状態の電子を正エネルギーに移すことができるから、その結果として負状態の場処に空孔を生じ、この空孔が我々に陽電子として観測せられるのである、従つてこの際には陽電子は常に陰電子と一對をなして発生し、又他の陰電子と結合して消失する。即ち陽電子の寿命は一般に短く、少なくとも原子核外で普通に観測されないのも之に依ると考えられている。

最近にガモフは陰電子と陽電子との対立と同様に、陽子と対立する陰子なるものの存在をも仮定した。併しこの場合には電子に比べて陽子の質量が非常に大きく、従つて古典理論上から推してもその空間的拡がり極めて小さいと考えられるから、ディラックの理論をその儘移して陰子を陽子の空孔と見做すことはできないであろうと論じている。そこで陰子は単に陽子と対称的な存在であるとして、それが原子核内に含まれると推測される事実をも挙げてゐる。

更に原子核からのベータ線放射の事実に關聯してパウリによつて電氣的に中性で且つ固有質量の極めて小さい中性微子（ニュートリノ）なるものの存在が仮定せられ、ド・ブローイーによつては之と同等の負質量を有する反中性微子が仮定された。之等の仮定と共に核内でどんな機構が成り立つかについては、その後種々の説が現われてはいるが、結局今日ではなお確定的でない。またそれと同時に完全な相對論的量子力学の樹立の如きも将来の重要な問題として懸案とされている。

（中外商業新報、昭和十年十月）

-
- 『自然科学的世界像』（岩波書店、一九四〇年二月、第四刷）所収。
 - PDF化するにあたり、旧仮名遣いは新仮名遣いに改めた。
 - 旧漢字は新漢字に改めた。
 - 読みやすさのために、適宜振り仮名をつけた。
 - PDF化には`LaTeX 2ε`でタイプセッティングを行い、`dvipdfmx`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。