

の意味をもつてあらはれ、それが太陽に對する地球運行に基づくがために亦太陽曆に於ては重大な役目をもつたものでなければなりません。併し私たちは一日の始めをちのづから曉の黎明に於て感ずることによつて、黎明の極致としての夜半を一日の初更とする理由を見出すことが出来ることと異なり、一年の始めをどこにおくかは幾分の考察を要するところでありませう。なぜならそれは決して純粹に天文學的には決定されない事柄であるからです。

一年の最初たる謂はゆる元日を何れの日に選ぶかは、夜半を一日の始刻とするよりは、もし複雑な考察を要します。なぜなら私達が曉の黎明を感ずる如くに、單に太陽を眺めることによつて元日を感ずることは出来ないからです。之がためには私たちは人間自ら

の代りにその周圍にある自然を見つめなくてはなりません。それは恐らくは私たちが原始的な生活から既に多く遠ざかつてゐるために一年を週期とする生理的變化を減失してしまつてゐるからではないかと思はれます。併し私たちが眼を多くの草木に向けるときに私たちは直ぐにそれらが春に於て芽を出して新らしい生長を著しくすることを見出すでせう。昆虫が生れ出たり、冬籠りの動物がその棲居を出るのも春です。春があらゆる自然的活動の始原期であることは云ふまでもありません。それならば私たちは一年の始めを春に求めることを至當としなければなりません。併し私たちは尙ほ春の最始の時期をどの日として決めるかと云ふことにもう一度考察を費さなければなりません。



春と云ふやうな氣候は勿論天文的、氣象的並びに地象的原因の重なつて起るものですから、たゞ私たちに感ぜられる結果だけでどの日を春の始めとしていゝかはわかりません。私たちは數日間の氣候の模様を見て大體に於て春がもう來たなと感ずるのです。併し然う感ずる場合には實はもう春は始まつてゐるので、その最初の日を之によつて豫め決めることは出來ません。その上に氣象の變化によつて春らしい日の次にまたひどく寒い冬のやうな氣候が逆戻りして來ることもあります。ですから春の始めを定めるには、たとへ實際の氣候とは多少の齟齬を來す事があるにしても、私たちは寧ろ天文學的方法をとらなくてはならないのです。そして長い年數の平均に於て之は誤りのない結果を持ち來すでありませう。

天文學的方法と云ふのは、晝夜の長さの變化によるものです。之は地球の南北極を結びつける軸が地球運行の軌道平面に對して傾いてゐるために起るのであつて、之は亦同時に太陽光線が地球の或る表面を照らす角度を定めるのですから地面に達する太陽熱の多少は専ら之によるのです。従つて地面上に於ける複雑な氣象的變化を取り除いたなら之は氣候の變化を起す主因としてはたらくのです。併し晝間の最も短い日、即ちこの主因だけから云へば太陽熱をうけることの最も少なく、従つて最も寒い筈の謂はゆる冬至なる日は實際には必ずしもさうではなく、却つて氣候の上で最も寒いのは地球面の種々の物體の熱的效果のためにずつと之よりも遅れてあらはれることは私たちの經驗するとほりです。冬至から晝間



がだん／＼長くなつて夜間と同じ長さに達する日を春分と名づけます。そして冬至と春分との中間の日が謂ゆる立春です。

冬至、立春、春分などと云ふ名をこゝに書くともうそのなかに私たちは冬とか春とか云ふ概念の含まれてゐるのを感じますが、勿論今述べた純粹な天文學的な定義のなかにそんな意味がはひつてゐるわけではありません。天文學的には之等は只地球の軌道上の位置を示してゐるに過ぎないのです。さて私たちが春の始めをどこにおいたらよいかと云ふ問題に移りますと、之は地方によつて多少の氣候の相異を生ずる種々の原因があるわけですが、大體に我が國のやうな緯度のところでは、最も寒い時節が立春の少し以前に来ることが經驗せられます。そこで支那で曆をつくる場合には立春を春

の始めと見做し、之に立春と云ふやうな名をつけたのでした。又支那では太陰曆を用ひて、太陰(月)の缺け終る日、即ち晦日を月の終りとし、その翌日たる太陰の満ち始める日、即ち朔日を月の始めとしましたから、立春を最初として一年を二十四節に分ち、之を順次に、立春、雨水、啓蟄、春分、清明、穀雨などと名づけ、そのうちの一つづつ隔てたもの即ち雨水、春分、穀雨などを含んでゐる月をそれ／＼一月、二月、三月と名づけて行つたのです。それですから一月は大體に立春の日の近くから始まりますが、太陰の關係によつて或はその以前にもなり、又はその以後になることもあります。古今集の最初に載つてゐる『年の内に春は來にけり、一とせを去年とや云はん、今年とや云はん』といふ歌は、元日の以前に立春の來た場合を述べた一種の洒落です。併



しともかくこの曆では大體に於て一年の最初たる元日は立春に近い日となつてゐるのでした。

立春を春の始めと定めましても、之はまだなか／＼寒さの去らない氣候をもつてゐますから、私たちが本當に春の感じをうけるのはそれよりもつとずつと後であつて、先づ春分を過ぎてからのことに屬します。それですから現に歐洲では春分を春の始めと定めてゐるので、私たちの通常の感じは寧ろ之に近いでせう。ところで歐洲で採用してゐた現在の太陽曆に於ける一年の始め即ち元日が之と稍々隔たつた冬の最中におかれてゐる事實については、古歐洲における曆法の不完全さと、その數度の改正が與かつてゐるのであるらしく思はれます。支那の太陽曆が太陽と太陰との關係をもつて

つくられた甚だ完全な曆法であつたのに反し歐洲の太陽曆はその起原を回々教國の純太陰曆に發したものであつて、之は最初は太陰の朔望のみによつて日を數へ太陽には全く關係のないものであつたのでしから、熱帶に近い氣候の變化の少ない地方では不便はなかつたでせうが、歐洲のやうな地方へ來ると一年のうちの同じ月日に氣候が同じに戻らないで、ずつとゆく不便がありました。ローマ人がこれから改用した曆では一年を十ヶ月に分ち、その最初の月の名は現時の歐洲太陽曆が三月に對して用ひてゐる名の基づいてゐる *Martius* といふ軍神の名でありました。その事實は既に當時の一年の始めが現在の三月頃、從つて春分に近い日に相當してゐたものでないかを想像させます。その後紀元前七百年頃ローマのポンピリ



ウスが更に二ヶ月を補足して再び純太陰曆に改めましたが、月日が氣節と一致しないで、紀元前五十年頃のジュリウスの時代には春分が六月半ばになつてしまつたと云ふことでした。そこで一年の日數を改めてこゝに始めて太陽曆が行はれるやうになつたのでしたが、現在の二月が他の月に比べて特に日數の少ないのは、これが一年の終りであつてそこに端數を置いたからでありませう。現在の一月を一年の始めとしたのは、ジュリウスが之に次いで再び曆法改革を行つて完全な太陽曆をつくつたときに、冬至後に起つた最初の太陰の朔が偶々新曆法のこの月の一日に相當してゐたからに依ると云はれてゐます。そしてこの月の名の起原 *Janus* は門戶の守護神であつて、一年の最初を意味するものでありませう。それ故このジ

ユリウス曆では春分が三月二十一日に相當する事になつたのです。私たちが現に用ひてゐる太陽曆の元日はこんな理由で定められて來ましたが、今日私たちは元日がこの日であつては不都合であると云ふ生活上の特別の理由をもたない限り、既に幾ばくかの習慣に従つて之を保存することは不可ではないでせう。尤も我が國に於ては太陽曆採用後五十年を経たに止まるので、習慣性の強い田舎では、まだ舊の太陰曆を用ひてをり、又農業、漁業などの生活上で後者の元日を用ひる方が多少の便利を見出すこともないではありません。まいが、併しそれは太陽曆の他の便宜に比べて寧ろ僅小なものであると思はれますから、暫らく太陽曆によつてその元日を一年の始めとすることは適當であると思はれます。



一年の始めとしての元日は、私の曩に述べましたやうに、寧ろ思想的に最も多くの意味をもつやうです。勿論經濟生活などの上にも多少の意味はあるかも知れませんが、之は私にはそれ程重大な事柄とは考へられませんか、又實際上にも四月をもつて始まる會計年度が行はれてゐることなどによつても、元日の意味の幾分がそこに分割されてゐます。之と同様に教育年度も今では多く四月に始まつてゐるので、學生生活などではそこに寧ろ一年の始めが移されてゐるやうですけれど、併し一般にはやはり曆面の元日が一年の始めとして思想的に多くはたらいてゐる事は疑ひのないところです。私はこの元日に對して最初に述べたやうな、すべての習慣を新らしく考へなほす時機としての重大な意味をもたせたいと思ひます。こ

のことは實に私たちの人生に取つて嚴肅なるものであつて、私は之がために元日を最も靜肅なる氣分を保ち得るやうな日にしたいと思ふのです。そしてこの目的に對しては既に寒い氣候のなかに見出される現在の元日は必ずしも不適當ではないと信じます。より多くの理想を云ふならば、元日を極寒の時節に置いて、かやうな意味の日に當て、それから漸次新らしい思想のもとに仕事を手始めするに従つて氣候もゆるんでゆき、暖かさが芽ぐんで來るやうになつたなら、尙ほ適當であらうと私は考へてゐます。

昔からの我が國の習慣で、年始は華美をさそつて楽しく遊びますといふことが行はれてゐますが、私は之に賛することを躊躇しませぬ。元日を『よろこび』の象徴とすることは、私は單に曆年の改新とい



ふことに基づくものであると思ひます。恐らくは昔はこの曆年なるものを遙かに重要視したのであります。それは支那の古代の星占なるものが行はれてゐたと同様な意味で、すべての天文學的事象を何か人生と深い意味のある關係で結ばれた神秘的現象であると解した一種の遺物に過ぎないと私は思ひます。之と連關して年號改稱といふことにさへも或る意味が歸せられ、大地震があるとか、彗星があらはれるとか、若しくは饑饉その他の天災があつた場合には、何等か天の人生に對する譴誡であると云ふやうに解して、年號改稱を行つて之から免れようとする祈願の意味に當てたのであります。それです。から曆年が改まると云ふことも之等の人々には自然的な、且つ神秘的な意味をもつて解され、そこに含まれた人爲的な

規約的な意味は全く忘れられてゐたのでした。現在多くの人々は新年を祝賀すると云ひ、新正を慶ぶと書き、おめでたうと云ひ交して少しも不思議がらないのを見ます。私は之をすべて上の迷信的思想に基づくると云ふのを憚りません。子どもたちは元日の朝、家族のみんなから

『新年おめでたう』

と言ひかけられながら、恐らくは何が故に新年がめでたいのか、その理由を解するものはありますまい。たゞ皆がきれいな着物を着更へて、おめでたうと繰返すから、元日はめでたいものだと思ひ込むに過ぎないでせう。否、幾たりの人がこの習俗的な「おめでたう」の本當の意味を思考してゐるでせうか。



今日では私たちは既に天文的迷信に捉はれてはゐません。曆は單に私たちが日を記録するための便宜的な形式的な規約に過ぎないものであつて、それ以上の神秘的な思想を含んではゐません。尤も或る一部の舊思想に怩んだ人たちはすべての日にその干支なるものに依る神秘的意味を歸して、自分たちの生活行動の吉凶判断を占はうとしてゐるものもありませうけれども、之等が頑冥なる迷信に過ぎないことは、識者の既に承知してゐるところであります。それにも拘らず私はひとり元日に關する迷信的思想の一般に行はれて、之を怪しむもののないことを不思議に感ぜずにはゐられません。

『元日 早々からそんなことを言つては縁喜がわるいぢやないか』  
然う云つて多くの無邪氣な子どもたちが叱責されるのを私は餘り

に屢々見うけます。抑も何が故に元日はそれにとつて相應はしくないのであるからと云ふ真正な意味を説き聞かすことの出来る母親が幾たり在るであらうかを私は疑ひます。單に習俗に反すると云ふ逃避的理由は、眞理を求めようとする子供の心に何の光明をも與へないでせう。

元日をよろこびの象徴としようとする思想のうちには、曆年の経過を意識して生長と云ふ觀念に到達すると云ふことの含まれてゐるのをも、私は勿論認めます。そしてこゝには上の迷信から離れた自然的な理由を見出すことが出来るでせう。我が國では年齢を數へるのに、通俗的には幾たび新年を経験したかと云ふ數をもつてする習慣は之と密接に關係したものです。この謂はゆる數へ年なる



ものは年齢を示すための最も簡単な方法として便利ではありますけれども、併しそれが原始的であるだけに多くの缺點をもつてゐることは云ふまでもありません。

『今晚一つ寝ると明日はあなたは四歳になるの』  
と教へられて、子どもは益々不思議な眼を見張らずにはゐられないでせう。それが元日である代りにお誕生日であつたなら、子供の頭には何ものがより多く響いたかも知れずまい。併しながらともかく生長を意識すると云ふことは、暦年なるものの存在する以上、之れの改まるに伴れて自然に起ることに相違ないかも知れませんが、そのためのよろこびと云ふものは、現に元日に歸せられてゐる祝賀の意味の幾部分をも荷つてゐないことを私は信じます。若し元

日に對する迷信的部分が取り除けられてしまつたなら、私は元日を、生長の喜びの象徴とするよりは、之を單に新しさの象徴として思想的反省の機會とすることに、遙かに人生に取つて重大の意味をもたせることが出来ると思ひます。人口に膾炙してゐる一休和尚の門松の狂歌は前者に對する一種の皮肉とも見られませう。

私はこの意味で、元日を單に祝酒に酔ひつぶれる日とすることを廢したいと思ひます。祝賀のための日は他の之に相應はしい意味のある紀元節や天長節に見出すことが出来るでせう。楽しく休養するための日は春分や秋分の美しい時節に之を求めることが出来ます。私は元日を最も嚴肅な靜思の日とすることに於てより多くの意味をもたせたいと思ひます。一年に一度は、そしてそれが始ま



る日に於て、すべての人が同時にさう云ふ機會をもつてもよいではないかと私は思はずにゐられません。

先年私は獨逸のベルリンで新年を迎へたことがありました。ジルヴェスターの夕べと呼ばれる大晦日の夕方からすべての人々は街路に出て夜の更けるのを待つてゐるのです。どこの街々も一杯に人が充ちてゆるやかに歩いて居り、料理屋のなかもカフェーのなかも少しの空椅子もないくらいです。みんな五色の長い紙切れをもつてゐて、その先端を行き交ふ人や向ひ側の人たちに投げやつては、あちらこちらに絡まるのを興じ合つてゐます。丁度今まであつたすべての争ひが忘れられて、お互ひに親しい結合を形づくるかのやうに。やがて夜半に近づくともみんなが緊張して時刻を待ちます。

寒い歐洲の冬の夜もこの夜ばかりは人々の外套がすれ合ひ揉み合ふほどの人混みで、押されながらに歩くと暖かさを感じるのでした。丁度十二時にジルヴェスターの鐘が鳴り出すと、誰も彼もがそのすぐ傍の人たちと握手をかはして『幸なる新年』をお互のために叫ぶのです。さうしてめい／＼が歸途に就くのです。翌くる元日はみんなどの家も戸を閉めてひつそりとしてゐます。日本の正月に慣れてゐる私たちには、それが何となく寂しく物足りない氣がしましたけれども、併し少しく考へなほして見ますと、私にはそれが却つて新年にふさはしいものに思はれ出してなりませんでした。そのなかで人々はどれ程落ちついた氣もちで新しい心を芽ぐませることが出来たでせう。



私は大地震後の第一年を同じ新らしい心で始めたいと思つてゐます。迷信の亡ぶべき今の世にもはや災變による年號改稱は行はれないことになりましたけれども、私たちはたゞ形式的な曆年改新をよるこぶ代りに、もつと思想的に内容的に眞摯なる新らしさをもちたいと思ふのです。固より單なる新らしさではありません。舊時代的慣習を逸脱して、事物の本來の意味を反省しようとする努力に外ならないのです。そこにあらゆる進歩向上が芽ぐみ、生長があらはれるのでありませう。そして元日がかやうな思慮反省の機縁を興へることにその最も重大な意味があるのです。この意味に於て幸福なる元日が私たちに興へられんことを祈つて止みません。

## 水銀から金へ

—

なんと云ふ奇蹟的な、併し望ましい題目であります。すべての人間は、いまその生活に必要な金のために齷齪としてはたらいてゐます。或るものはたゞに必要な故ばかりではなく、自らの利慾の念を満足せんがために金を求めてゐるのです。これがために相争ひ、相背くことの、私たちの世に、どれ程おほいかは恐らく測り知ることもしできないばかりです。

水銀から金へ。

なんと云ふめぐましい事實でせう。



つかひ古された水銀燈の底にたまつた一つの黒ずんだ沈澱物のなかに、若し私たちが蒸溜して硝酸で洗ふなら、あの燦然としてかゞやく金の結晶が見出されると云ふのです。

まことに驚ろくべく、併し世にも幸な発見ではないでせうか。

水銀から金へ。

それは果して本當の出來事でありませうか。

昔は幾千年も前のエヂプトの一僧が煉金の術を創め、長命の薬を索めました。けれどもその術を傳へたアラビア人にもまたそれがスペインを経て北歐に擴がつてから後も、遂に人々は鉛を化して金とすることに成功しなかつたのでした。却つてそれは現時の化學を生んで、いろ／＼な元素をお互に變化し得ないものとして見出す

に過ぎませんでした。

いま私たちは水銀と金とをそれぞれ斯様な元素として學んでゐます。

水銀から金へ。

それが果してどうして可能なのでせうか。

一九二四年七月の末に獨逸からの一飛電が新聞紙上にあらはれました。ベルリン・シャルロットンブルヒの工科大学の光化學及び天文學の教授アドルフ・ミーテ氏が高壓電流を用ひて水銀から金を得たと。更に九月の末には我が長岡博士が助手杉浦、三島兩氏と共に同様の實驗に成功されたことが理化學研究所で發表されました。水銀から金へ。



それは今既に私たちのまへに明らかに展げられた科學史の卷物の上の文字です。二人の科學者によつて獨立に經驗された事實として、私たちはもはやそれを疑ふには及びますまい。

だが、多くの通俗者は之によつてその羨望する金が眼のまへに湧出するかのやうに思ひ誤つてはなりません。黄金の渦はいつの世になつても一つの夢に過ぎないことは確かです。

成功された金の人工的製出は、之が値ひする經濟的價格の數百倍を費して始めて可能なのです。若しまたこの製金が他日安價に且つ多量に實行し得られるやうになつたとしても、金が私たちに物質として、より多く役立つ途が求められない限り、それは恐らくすべてのものゝ經濟的價格の標準を變化する以上に、どれ程の影響をもつ

でせうか。

水銀から金へ。

併しそれは科學的には極めて興味ふかい元素變化の一つの實例なのです。金に幻惑された人たちが、せめてこの題目に心惹かれて、科學の世界に近づく緒口になるでもあらうならば、それも亦この金の功德であるかも知れません。

私は、なぜ水銀が金に變ることが出来るかをこゝで、少しお話して見ませう。

二

物質をごく小さく分てば、最後に原子といふ粒になることは今は誰でも知つてゐる事です。元素の原子はそれぞれの特質をもつて



ゐて、どんな化學的の作用を加へてもお互に變ることはありません。この意味で、水銀はどこまでも水銀であり、金はどこまでも金であるわけです。

若し原子が最後の單體であるなら、水銀の原子はどうしても金の原子に變りやうはありません。どんな煉金術も、それが一つの魔術でない限り、之に施しやうはないわけです。

だが原子はそんな單體ではなくて、もつと小さな粒に分けられることが判りました。しかもその粒はどの原子にも共通な一定のものであつたのです。

十九世紀の半ば以後に真空放電と稱へられる現象が盛んに研究せられました。硝子管のなかから空氣を抜いて真空に近い状態に

なし、管壁に嵌め込まれた二つの金屬に夫々針金をつないで、一方を陽極とし他方を陰極として之に電流を通すのです。電流の電壓を適當に加減すると、硝子管内で放電を起しますが、そのとき陰極の面から真直ぐに放射する陰極線と云ふものがあらはれます。これは陰電氣をもつた極めて小さな粒であつて、どんな金屬から放射するものも、みんな同一のものであることが確められました。この粒を私たちは電子と名づけるのですが、それはすべての物質の原子を組成する一つの要素であることがだん／＼に明らかになりました。

十九世紀の終になつて、あの不思議な放射性元素が発見されました。ラヂウムと云ふ元素や、その発見者であるキュリー夫妻の名は恐らく誰もご承知であります。この元素の原子からは、始終アル



ファ線とか、ベータ線とか名づけられる放射線を出して、自分でだん／＼に崩壊し、異つた元素に變つてゆきます。いろ／＼な段階を経て、終ひには鉛になることも見出されました。これが化學的に變らないと信ぜられてゐた元素の變化を私たちが經驗したところの最初のものでありました。

元素も互に變ることが出来るものだと言ふ考へが、この時始めて私たちの頭に押し入れられたのでした。けれどもラヂウムなどがこの様に一定の割合で自分では崩れ變つて行つても、私たちは人為的の手段で之を促進することも遅滯させることも少しも出来ませんでした。

放射性元素から出るベータ線はやはり電子に外ならないこと

が直きに判りました。之に反してアルファ線は等しく小さな粒ではあります、陽電氣をもつたものであつて、その質量はヘリウムと云ふ元素の原子のそれに等しいことが漸く明らかになりました。つまり私たちはこの様な粒も電子と共に、ラヂウム原子のなかに含まれてゐると考へなくてはならなかつたのです。

物質の最後の小さな世界——原子——のなかに、まだ／＼複雑な構造が含まれてゐることが、この様にしてだん／＼に知られて來ました。之を闡明することは併し、物質を最も根本的に知ることではなければなりません。水銀の性質も金の性質もみんなこの原子の構造に依つてあらはれるのです。今までの物理學や化學の法則は、それが物質に關する限り、悉く之に基づいてゐなくてはならないので



す。そして私たちがこゝで尋ねようとしてゐる問題、即ち水銀がどうして金に變り得るかと云ふことも、やはりそれらの原子の構造の關係によつて解かれなくてはならなかつたのでせう。

三

今世紀になつてからの物理上の一つの大きな問題として、この原子の構造が論ぜられました。

化學的の性質や、光のスペクトルの關係から見て、之等の現象に與かる電子は、原子の周邊を廻つてゐることが先づ推定されました。それは丁度太陽のまはりを周廻する多くの惑星のやうな有様を呈してゐます。太陽のやうに中心に在つて原子の主體をなすところのものを私たちは原子核と名づけました。原子は全體として電氣

的に中性であり、そして周邊を廻る電子が陰電氣をもつ以上、原子核は之を打ち消すだけの陽電氣をもつてゐなくてはなりません。

これが今日私たちに知られてゐる原子の世界の有様です。しかもこの微細な終極的世界が一方に博大な宇宙天體の世界と似てゐると云ふことは、科學に於けるまことに美しい對照ではありま

すまいか。

この對照は併しその大體の關係だけに止まつてゐるので、私たちが更に精細に原子の内部を覗ひますと、そこにはもはや宇宙太陽系の上にはあらはれてゐない眼新らしい關係を見出すのでした。即ち太陽をめぐる諸惑星は恐らく單に萬有引力の法則に従ふだけではありませんが、之に反して原子核をめぐる電子は、核からの引力を受け



る外に一つの不思議な量子法則を満足しなくてはならないのでした。量子法則については、こゝでそれに立ち入つて説明することは出来ませんが、實に原子に關する諸現象に於て特別にあらはれるところの一つの極めて幻妙とも云ふべき法則なのです。

この外に、なほ原子核そのものは決して單純な一つの塊ではなくて、更に一層複雑な構造を之に含んでゐるのです。放射性元素の崩壊はこの内部で行はれるのであつて、その際放射されるアルファ粒子やベータ粒子は即ち原子核のなから飛び出すものとして考へられてゐます。

私の想像する處では、多分核内で或る軌道を描いて運動してゐるアルファ粒子が偶々核に最も近い周廻電子と衝突を起すことによ

つて、原子核の一部の自然的崩壊が起るのではないかと思はれるのです。なぜ斯様な崩壊が原子量の最も多い放射性元素の原子でのみ行はれるかと云ふことは、核の構造の複雑な之等の原子ではその周廻電子の軌道に甚だ近接したところの、若くは之と相交錯するところのアルファ粒子の軌道があらはれるからであるとして説明することができませう。そして實際にこれ以上の原子量をもつ元素は餘りに不安定のもので、もはや現實的に存在し得ないので

す。

原子のうちで一番簡單なものは水素の原子です。私たちは之を一つの單純な原子核と、その核をめぐる唯一個の電子とから出來てゐるものとして、いろ／＼な性質を非常に能く説明することができ



ました。これだけはもう誰も疑ふことは出来ずまい。

水素に次ぐものはヘリウムです。之には二個の周廻電子があると思はれます。ところがヘリウムの原子量は水素に殆ど四倍するものでありますから、且つ電子の質量は勘定に取らなくてもよい程小さいのですから、私たちが若しヘリウム原子核を、より單純なものから構造させようとするなら、之が水素原子核四個と電子二個とから成り立つてゐるとしてはなりません。

事柄が少し面倒になつたと、讀者はこゝでお感じになるかも知れません。私はこゝで數量的な精密科學の内容をお目にかけるつもりではありませんから、この上の説明を省きませう。私はたゞ水銀から金への變化がどうして出来るかを、幾分でも明らかにすればよ

かつたのです。

ですが、それまでにもう一段の準備をお話しなくてはならないと思ひます。理論の上での私たちの錬金術は、やはりそれ程容易いわけにはゆきません。

理論だけの錬金術で、あなたがたは金を手に捉むわけにもゆかぬと失望されてはなりません。恐らくは、金よりも遙かに尊とい科學理論の一端がそれによつて、あなたがたの頭のなかに這入るのでから。

#### 四

原子がだん／＼複雑になる毎に、核をめぐる周廻電子の数が一つ宛増します。原子をその順に並べて行きますと、最初から數へた番



號は即ち周廻電子の數に等しくなるのです。

この意味での水素の原子番號は1であつて、ヘリウムのは2であります。さうして私たちの問題にしてゐる金は原子番號79であつて、水銀はその次の80であることが、種々の關係から知られてゐます。つまり周廻電子の數は水銀に比べて金の方が唯一個少ないと云ふだけの違ひです。

けれども一方で原子核の相違はさう簡單にはゆきません。すべての原子の核は上に説明しましたやうに、多分水素原子核と電子とから出來あがつてゐると考へられてゐます。(放射性元素の原子核から出るアルファ粒子は實はヘリウム原子核であつて、それは再び水素原子核と電子とに分れるものです)。ところで水素原子核は—

—水素の原子を電氣的中性にするために——一個の電子の陰電氣量と等しいだけの陽電氣量をもつてゐます。私たちは電子に對照して之を陽子(陽電子)と名づけませう。さうすれば、一般の原子が電氣的に中性になるためには、核内にある陽子の數と電子の數との差が丁度核外の周廻電子の數に等しくなりさへすればよいのです。それですから、之れだけでは核内の陽子及び電子の數が夫々に決定されるわけにはゆきません。

實際に放射性諸元素の化學的性質の研究によつて、放射性の異つて居り、従つて原子量をも異にしてゐる原子が同一の原子番號をもたなくてはならないことが判り、又逆に近ごろ英國の物理學者アストンの研究によつて、これまで單一の元素として知られてゐるもの



即ち之に一定の原子番號が附せられてゐるものなかに、實は原子量を異にしてゐる數種の原子が混在してゐることが見出されました。かやうな原子は原子量は違つてゐても、化學的性質や光のスペクトルなどに於て一致してゐるために、從來之を分析することが出来なかつたのであつて、私たちは之を同性體と名づけてゐます。

多くの元素のなかに同性體が存在すると云ふ事實は、これまで解決の出来なかつた原子量に關する一つの謎を私達のために明らかに解いてくれました。若しすべての元素の原子が水素原子核即ち陽子と電子とからばかり成り立つて居り、そして電子の質量は無視してもいゝ程小さいとすれば、なぜ之等の原子の總質量は水素の原子量の整數倍にならないであらうか。之れがその謂はゆる謎であ

つたのです。

たとへば、水銀の原子量は通常200.6として知られてゐます。水銀の原子核内に陽子が整數だけ含まれてゐるとするならば、この原子量の端數0.6はどこからも出やうがありません。けれども水銀の原子が實は一定のものでなくて、數種の同性體の混合してゐるものであることを考へれば、之は必ずしも不思議ではなくなるでせう。

アストンは水銀を分析して、原子量が夫々198, 199, 200, 201, 202, 204であるところの六種の同性體があることを見出しました。之等が或る適宜な割合で混合して、全體としての原子量が200.6になると同時に、一方では之等の同性體の核内には夫々118, 119, 120, 121, 122, 124個の電子と、前記原子量に等しいだけの陽子とを含んで、その差が悉



く80となつてゐるのです。

元素が單一なものであると云ふ考へは、それ故今日ではもう棄てなければならなくなりました。之に含まれる同性體の混合の割合によつて、その原子量は時々變ることさへあるのです。只原子核に關係のない性質だけが、元素に取つていつも一定であるに過ぎません。

物理學特にそのなかでこの原子構造論の如きものが、近ころどれ程著しく進歩發展したかは、之等の事實によつてその幾分を推察することが出来るでせう。昨日學んだところのものを私たちは今日は最早補ひ正さなくてなりません。そして私たちは自然の神秘の扉を一つ／＼に押し開いて、どこまでも奥ふかくゆくことが可能に

されるのです。

五

元來のお互の變化が可能であると云ふだけの根據は、この短い説明でも、もう十分與へられたことと思ひます。

私たちは原子核内の陽子並びに電子の數を適當に増減すればそれでよいのです。

たゞ破壊は建設よりも、恐らくいつも容易いものでありませう。放射性元素の原子は既に自然的にその崩壞の過程を行なつて居ります。獨り人爲的に之が不可能であるとは云はれませう。

併しながら、放射性元素の放射線が非常に多大なエネルギーを運ぶといふ事實は、同時に之が崩壞に對して同様に多大なエネルギー



を費す必要のあることを語るものです。人爲的に斯様なエネルギーが供給されない限り、原子の破壊は成功するわけにゆきません。

水銀原子を破壊して金に變へようとする場合に、私たちが或る利用價值をもつエネルギーを之に用ひる限り、その必要な費用が金の偶然的な經濟的價格を遙かに超えなくてはならない理由は、實にこれに在るのです。若し金の經濟的價值がその原子内に含むエネルギーのそれと同等であるやうな關係が實現されたなら、そのとき始めて費用は贏得を償ふことが出來たでもありません。

人爲的な原子破壊が最初に實現されたのは、英國のラザーフォードがアルファ線を用ひて種々の元素の原子から陽子を逸出させた實驗に於てです。この場合は勿論異つた元素を之によつて結果す

ると云ふための目的ではなく、陽子がどれ程のエネルギーを荷つて逸出するかを見ようとしたのでした。彼は現時之をすべての元素について秩序的に試みようとしてゐます。放射性元素のアルファ線のエネルギーに對する既知の結果と併せて、之等の實驗は、やがて原子核構造に關する新たな理論の曙光を私たちに與へるものであらうと私は思ひます。

水銀から金への實驗も、單に元素變化の事實に對する興味の外に、若しこの方向に何等かの結果を示すことが出來たなら、更により深い意味をもち得るでありませう。私は私たちの科學のためにそれを切に望んでゐます。

科學へのかやうな感興をもたない人たちに取つては、そしてまた、



『水銀から得られた黄金』を、一つの詩の章句として味ふことをさへ知らない人たちに取つてはそれは遂に一つの皮肉であるより外、何の利慾をも満足するに値ひしなかつたでせう。

水銀から金へ。

それは彼等にとつて餘りに滑稽な言葉です。

## 元素の人爲的變化と鍊金術の意味

### 一 元素の原子構造

自然に於て私たちが見るところの物質は極めて多種多様ではあります。その間に多くの相互的變化が行なはれてゐると云ふ事實は、すべての外見的に異つてゐる物質が悉く獨自的な單體ではなく、寧ろ或る數種の斯やうなものに歸せられ得ることを示してゐるのでした。

何があらゆる物質を形成する根本的要素即ち獨自的單體であるかと云ふ問題は、それ故に夙くエヂプト及びギリシヤの古代文明の時代に既に存在してゐたのでした。そしてそれがエムピドクルス



の地、水、空氣及び火を物質最後の要素とする謂はゆる四元素説となり、更に進んでデモクリトスの原子説にまで達しました。けれども之等は何れも十分なる經驗的證明をもたない單なる形而上學的想像であつて、近代科學の以前に屬するものです。かやうな思想は併しずつと後までも續いてゐたので、近世紀の始めに至るまで尙ほ硫黃、水銀、鹽を物質の三要素とするやうな説が屢々見出されました。單なる好奇と利慾とから、卑金屬を變じて貴金屬をつくることに成功しようとする謂はゆる鍊金術がエヂプトの古昔時代から常に人々の求めるところであつたのも之等の事情から推察することができらるでせう。

火の原態としての『熱素』が一つの物質ではないと云ふ事實が明らか

かにせられてから、始めて之を動機として酸素、水素及び空氣などの氣體の研究が行はれ、こゝに近代の化學が生まれました。そして漸次、私たちが知るやうに、多くの元素なるものを相互に化學的に變化し得ない單體的物質として確かめるに至りました。

元素として見出された物質の數は、最も軽い原子をもつた水素から、最も重い原子から成るウラニウムに至るまで、實に八十餘に達してゐます。なほその外に未知のものがあるとしたなら、果して全體に於てどれ程な數が存在するでせうか、抑もまた之等の元素が獨立に成立する所以は果して何によるのでせうか。昔の形而上學者は世界を自分の頭腦のなかから創り出さうとのみ焦燥りましたが、併し私たちは只自然の事實のなかにこの解釋を求めなければならな



いのでした。

幸にして物理学の近時の異常な發達は、すべての物質の原子を悉く同一な陽子(プロトン)及び電子(エレクトロン)の集合體として見出すことを可能にし、之等が一定の量子法則によつて結合する場合に、先づ最も簡單なる原子としての水素から始まつて、順次既知の元素を結果することを明らかにしました。水素からウラニウムに至るまでの間に、異なつた可能な元素の数は九十二個あつて、そしてその外には最早存在しないことも今日私たちに知られたのです。ウラニウムより尙ほ重い複雑な原子は或は可能であるかも知れませんが、恐らくは極めて不安定であつて、放射性を示してそれ自身崩壊するため、現實的に存在し得ないのでありませう。

この原子構造の理論は、それ故に或る適當な方法によつて、各の原子が含む陽子の數を變化せしめ、若くは電子の構成を變化せしめるならば、元素の變化が實現することを示すものでありました。昔時の煉金術者の夢も斯やうにして再び或る程度まで現實的に可能であることは、誰しもこの理論を肯定するものに取りて疑のないところであつたのです。

只原子内の陽子若くは電子は非常に大なるエネルギーをもつて原子を構成してゐます。之を逐ひ出し若くはその構成を變化するには外部から之にまさるエネルギーを與へなくてはなりません。しかも單にエネルギーの總量の多いと云ふだけでは不十分であつて一つのエネルギー量子として強勢なるものでなくてはなりません。



ん。従つて原子の崩壊なる現象はそれ自身の構成に不安定さをもつてゐる放射性元素の外、他の場合には通常の物理學的又は化學的手段をもつてしては容易に可能でなかつたのです。

## 二 原子の人爲的破壊

以上説いた如く、元素の自然的若くは人爲的變化が可能であることは、既に現時の原子構造論から當然ゆるされ得るものでありましたが、さて實際に人爲的にかやうな變化を實現せしめるにどうしたらよいかは、先づいろ／＼な試みを経なければなりませんでした。

併しその第一歩は實に英國のラザーフォード教授によつて一九一九年以來漸次に踏み出されたのでした。彼は放射性元素から出るアルファ粒子の放射線の前に種々の物質を置いて、この原子への

アルファ線の衝突によつて之を破壊せしめ、どんな粒子が原子から飛び出すかを検しました。最初は窒素について實驗を行ひましたところ、之の原子はアルファ粒子の衝突によつて陽子即ち水素原子核を放出することが確められました。次いで硼素、弗素、ナトリウム、アルミニウム及び燐が同様に陽子を放出することも見出されました。更に最近の實驗に於ては、ネオン、マグネシウム、硅素、硫黄、鹽素、アルゴン、カリウム等も多少同様の効果を示しましたが、ヘリウム、リチウム、炭素及び酸素に對してはいつもその結果が否定的に終りました。尙ほまた重い元素、ニッケル、銅、亞鉛、セレン、ウラン、クリプトン、モリブデン、パラヂウム、銀、錫、クセノン、金及びウラニウムでも十分な陽子の放出が觀測されません。



ラザフォードは之等の場合に、原子から飛び出す陽子がどれ程のエネルギーを荷なつてゐるかを測定しました。この數量的な結果は恐らく私たちの原子構造の理論に對して甚だ重要な資料を與へるであらうと思はれます。

私たちの原子構造論によれば、原子内にあるすべての陽子並びに或る數の電子は先づ密接に凝集して極めて微小な核を構成し、残りの電子は太陽に對する惑星のやうに核の周圍を廻つてゐるのです。陽子は一定の陽電氣を、電子は之と等しい陰電氣をもつてゐますから、一つの原子内にある陽子と電子との數は、常態に於ては互に相等しいわけです。之に反して電子の質量は陽子のそれに比べて殆ど無視し得る程小さいのですから、原子全體の質量は陽子のそれの

總和に等しいと見て差支へありません。それですから原子の質量若くは原子量は主として原子核のなかにどれ程の陽子が含まれるかに依つて定まるのであつて、之に反し原子のその他の多くの物理的又は化學的性質は核をめぐる電子の數並びにその配置に關してゐるのです。

私たちが一定の元素として他と差別するのは殆どこの最後に述べた原子核外の關係する諸性質に依るので、核内の構造は暫らく置いて、核をめぐる電子の數が一つ宛増す毎に異なつた元素を得る筈です。それ故この周廻電子の數は大體に於て最も簡單な元素から漸次にその他の元素を並べた順序數と一致するわけであつて、私たちは之を原子番號と稱へてゐます。



一方で併し或る元素の原子に於て、たとへ周廻電子の數は同一であつても、核内に於ける陽子及び電子の數が異つたものがあり得るのでせう。なぜなら、核内の陽子と電子との數の差が周廻電子の數即ち原子番號に等しくなつて居りさへすれば、全體として電氣的中性となることが出来るのであつて、核内の陽子と電子とを同數だけ増減しても原子番號には變りはないからです。けれどもかやうなものは同じ元素に屬するとは見做されながら、しかも互ひに陽子の數を異にしてゐますから、従つて原子量をも異にするわけです。私たちは之を同性體(イソトープ)として差別するのであつて、既に多くの元素に於て實際に種々の同性體の存在することが實驗的に知られてゐます。

私たちは今日まで多くの光及びエックス線スペクトルの研究によつて、核外の周廻電子の配置を或る程度まで推知し、之に基づいて種々の原子の性質特に化學的性質の週期性などを理解することが出来るやうになりました。けれども之に反して核内の陽子及び電子の配置構造に關しては、それが外部的にあらはれることの少ないだけ、まだ殆ど闇黒のなかに置かれてゐます。上に述べたラザフォードの研究の如きは、この核の構造理論に對する一つの準備的資料として極めて重要なものにちがひないのです。

放射性元素の放射線はやはりこの核内から放出されるものとして知られてゐるのでありますが、そのうちアルファ粒子はヘリウム原子核に等しく、又ベータ粒子は電子そのものであることが確め



られてゐます。ヘリウムは原子番號に於て最も簡単な元素たる水素に次ぐものであつて、その原子核は多分四個の陽子と二個の電子とから構成されてゐると信ぜられてゐますが、之が放射性現象に於て分解されずにその儘飛び出すことから考へますと、よほど安定な結合をつくつてゐるので、種々の原子の核内に孤立した陽子及び電子と共に、恰も準單體であるやうに存在してゐるらしいのです。ラザフォードの實驗で陽子の放出があらはれないところの、且つ原子量が4の倍數であるところの物質、即ち炭素及び酸素のやうなもの、は、原子核が純粹にヘリウム核から成立つてゐるのであらうと想像されてゐます。

その他の原子に於てもヘリウム核は恐らく核の主成分をなして

ゐるのでせうが、之と以上の實驗で放出される陽子とがどんな關係でこゝに入つてゐるかは明らかではありません。陽子が比較的強勢でないアルファ線によつても放出せられる處から見れば、それは核の周邊に近く緩く結びつけられてゐるかとも思はれます。そしてまた斯様なものは他の方法によつても取り離し得る可能性を多くもつてせう。

### 三 水銀から金の採取並にその經濟的價值

元素の人為的變化は第二に、近く獨逸のミーテ教授並びに我國の長岡教授によつて成功されました。即ち水銀から金を得る實驗として世に喧傳せられてゐるところのものです。

ミーテは最初彼の助手スタンムライヒと共に或る改良された水



銀燈を用ひて透明な礦石及び硝子が紫外線によつて、色づけられる事を実験してゐた際、電流が強過ぎると水銀燈の光が變つて、燈内に黒い沈澱物の附着するのを發見し、之と同様な殘溜物のなかに偶然金を含むことを見出して、更に實驗を繰返したのでした。そして十分強大な電位差(百七十ボルト以上)の電流を長時間(二十乃至二百時間)通ずることによつて金の微小な量が燈内に生ずることを確かめました。この實驗が一九二四年七月發表されたときに金の析出に關して世人は異常な眼を見張つたことでした。

長岡教授が同様な實驗に成功されたことは九月末に理化學研究所に於て公けにされましたが、その方法についてはアルファ線に依るのではなく、又ミューテ教授のとも異なると云ふことの外、何等かの

事情のため十一月初旬の同研究所講演會の際まで内密にせられてゐるやうです。その後尙ほ長岡教授が、更に水銀から析出せられた金に極度に強い水銀燈電力を加へた結果、白金屬性の未知の元素を得られたことが傳へられました。私たちは之等の實驗の詳細が早く發表せられんことを期待してゐます。

併し之等の實驗はともかくも元素變化の新らしい一つの手段を與へたものであつて、將來この方法を漸次發展せしめて、種々の物質の變化を人爲的に可能ならしめ、更に私たちの原子核構造の理論に何等かの光明を持ち來すことが出来るかも知れません。

世人は通俗的に水銀から金が得られると云ふ結果のみを聞いて、それが直ぐに金の工業的製出に導かれるであらうことを想像し、ひ



たすらに利慾のこゝろからのみ之に對して好奇の眼をはたらかせるのです。私はそこに昔の鍊金術者の夢が尙ほ少しも醒まされることなしに多分に残つてゐることを感じないわけにはゆきません。

抑も或る物理的又は化學的變化の現象に際しては、そこに何等かのエネルギー移動若くはその變態が伴はなくてはなりません。しかもエネルギーの量は常に保存せられて、不生不滅のものであることを私たちは知つてゐます。それ故に或る現象に應じてあらはれるところのものを私たちは必ず外部から供給しなくてはなりません。供給するところのものと生成するところのエネルギーとは常にお互に相等しいのです。けれどもエネルギーはそれが種々の形態にあるに従つて、私たちの生活に對し利用の度を異にし、又之が隨

伴して自然に存在する物質の量の多少と共に、相俟つて種々の經濟的價值を生むものです。そしてこの經濟的價值の少ないものを費消して、その多いものを獲得することに於て、すべての工業生産の意味が成り立つものであるのは云ふまでもありません。

一方で私たちは今日金を標準として、すべて物質又はその他のエネルギー乃至は人間の労働工作の價格を決定してゐます。物價が勝貴すると云ふやうなことは、種々の經濟原理に支配されるものでもあります。併しその最大な要素として、金以外の物質が金それ自身よりもより多く私たちの利用に供せられるやうになるからであると云ふ事實を見遁がすわけにゆかないでせう。若し金が現時のやうに裝飾としてより以外にもつと多く日常の實用に供せられる用



途を見出したであらうならば、そこに始めて金それ自身の經濟的價値は他の物質に比べて高まつたでもありません。之れなしに徒らに他の物質を金に變へ得たところで、その變化の過程にエネルギーを多く費消せねばならない限り、金の工業的産出は成立し得ないわけであり、又決して望ましいものでもありません。

それでも世人は恐らくなほ鍊金術者の夢を全く捨て切ることに躊躇するかも知れません。現在の實驗ではたとへその費用が遙かにその製産の價格を超えてゐるとは云へ、將來何等かの方法によつてもつと廉價に金を製造することが出来はしないであらうかと。けれども彼等は元素の人為的變化によつて之が容易に望み得られないことを知るために、次の事實に注目する必要があるとせう。

原子内部に於ける電子又は陽子のもつてゐるエネルギーは非常に大きなものです。私たちが一つの陽子を放出せしめるためにどれ程なエネルギーを要するかを假定し、例へば之れを放射性元素のアルファ粒子のエネルギーと同程度の物であるとし、物質の一グラム又は一グラム分子について、そのなかに存在するすべての原子にかやうな變化を起さしめるのに要する全エネルギーを計算するならば、それがいかに莫大な量となるかは思ひ半ばに過ぎるであります。しかも單にこれだけのエネルギーを私たちの利用價値をもつてゐる電流エネルギーの費消によつて補償しようとするならば、それが驚くべき高價なものを必要とするであらうことは餘りに明らかであります。この變化の際に放出せられるであらうところの



陽子のエネルギーを利用することが出来ない限り、それは遂に經濟的利得であることは不可能なのです。こゝに産出せられるものが金であらうとも鉛であらうとも、その價格の相違は云ふに足りませぬ。畢竟、私たちが個々の原子から放出せられる粒子の荷なふエネルギーを、他の電流のやうな場合と同等に實用に供することが出来ないうちは、金の工業的製出は經濟的に成立するわけにはゆきましますまい。

若し併し原子の放出するエネルギーが利用せられる曉に至つたならば、私たちの望ましいものは寧ろこの莫大な原子エネルギーの放出であつて、金それ自身の製出は之に比べて全く云ふに足りない價值をしゑもたなかつたでありませう。鍊金術者の夢は、この術の

成功し得た曉に、かやうにして破られなければならなかつたのです。

元素の人爲的變化は今日ともかくも既にその端緒を開かれました。それが物理学及び化學の理論の上に極めて重大な意味をもつてゐることは云ふまでもありませんが、併し偶々水銀から金を得られたことは、單に外見的に昔の鍊金術を實現したものに過ぎないのであつて、その精神に於てやはり之れではなかつたのです。なぜなら、鍊金術とは恐らく手を勞すること少なくして金を鍊ると云ふ意味に外ならなかつたからです。



## 元素の同性體

一

自然に於ける多くの物質を分析すれば、遂には最早分析し得ない元素に到達するといふことは、私たちが今日までの化學に於て學んで來た事實です。即ちドルトンが一八〇三年始めて原子説を立て、化合の法則を説明して以來、元素なるものは化學的に一定の性質をもつた單體として信ぜられてゐたのです。

ドルトンの原子説の後凡そ十年、即ち一八一五年にブラウトはすべての元素の原子が水素原子の集成せるものではないかと云ふ説を述べたことがあります。けれども之は何等の事實的根據に立



つたものではなく、單に物質を一元的に假定しようとする一つの想像に過ぎなかつたのです。しかも間もなく多くの化學的事實がこの假説への反證を呈するやうにさへ見えしました。なぜなら、若しすべての元素の原子が水素原子からばかり成り立つてゐるなら、その原子量はいつも水素の原子量の整数倍でなければならなかつたからです。そして實際に化學者は或る元素の原子量が、水素のそれを1とした場合に、必ずしも整数ではなくて、却つて時には鹽素のやうな  $\frac{35.5}{16}$  と云ふ端數のある原子量をさへ見出したのでした。

それにも拘らず、一方に之等の極端な少數の場合を取り除けば、尚多くの元素の原子量は、正しく整数ではないとしても、甚だ之に近い値をもつてゐると云ふ事實は、そこに何かの理由が隠れ存在するやうに見えました。併し之は遂に化學的には解くことの出来なかつた問題です。

そればかりではなく、若し私達が更に立ち入つて考へるならば、そこに次のやうな一つの重大な疑問さへ起るのでした。即ち化學的に私達は一定の元素が含むすべての原子を同一の重さをもつものとして假定してゐますけれども、之は果して正當であるでせうか。若しそこに異つた重さの幾種類かの原子が存在するであらうならば、その各の原子量は整数であつても、之等の混合した元素の平均原子量は端數をもつことが出来るわけです。重さを異にしたそれらの原子が化學的性質を等しうするならば、それらは化學的分析によつては單一のものとしか見えないのであつて、只その他の性質、例へ



ば擴散現象などによつて或る程度まで分析し得に過ぎないかも知れませんが。勿論斯様な事實を示し得る何の現象も他には見出されなかつたに拘らず、實際に斯様な疑問が學者の頭腦の中に起された事を見るのは、寧ろ驚くべき事ではありませんまいか。十九世紀の終りに近く、先づ獨逸のシュッツェンベルグによつて、次いで亦英國のクルークスによつて之が論ぜられ、遂に後者をして稀土元素の立ち入つた研究にまで導きました。

今日知られてゐる<sup>も</sup>稀土屬元素のうちの數者は其化學的性質の甚だ類似してゐる點で、當時はすべて一つの元素イットリウムとして知られてゐたのでした。クルークスは之を取つて其燐光スペクトルを検し、其中に異なつた種類を分ち化學的に同一なる原子も亦

ベクトル並に重さを異にする事の實例を見出したと解しました。彼は之を準元素(Meta-element)と名づけ、一般に他の元素も同様に準元素をもつてあらう事を想像しました。

併しながら、其後の精細な化學的研究は、クルークスが稀土元素中に準元素として區別したものを實際に亦化學的性質を異にした眞の元素として見出し、其各がやはり一定の原子量と特有のスペクトルとを示す事を確めました。クルークスの準元素の説は斯様にして影を潜めねばならなかつたのでした。

ところが今世紀に入るに及んで、元素のなかに特殊な性質を示すところの放射性元素の多數が續々と見出されて來ました。そして之の研究が最後に圖らずもシュッツェンベルグ及びクルークス



の想像したところのものを事實として認めしめるやうになり、他方に原子構造論の異常な發達と、化學分析よりも遙かに精密な陽電氣線分析の應用によつて、遂に昔時ブラウトの稱へた假説さへも裏書されるに至つたことは、私達に取つて甚だ興味あるものでなければなりません。

かくてクルークスの準元素は再びソツデイーの同性體(同位元素)として私たちの前にあらはれるやうになりました。私は之について次に少しく説明を試みませう。

二

一八九六年に佛國のアンリー・ベクレルが始めてウラニウム(U)に於て驚くべき放射性なるものを見出し、次いで二年後にキュリー夫

妻が放射性の一層強大なラヂウム(Ra)なる新元素を發見してから後、之が研究はいかに私達の眼を見張らしめたでありませうか。なぜなら、從來知られてゐた元素には少しも存在しなかつた不思議な性質がそこに續々とあらはれて來たからです。即ち之等の放射性元素はその特質たるアルファ線及びベータ線の如き放射線を放出する毎に、異なつた程度の放射能力を有する物質に變遷してゆきます。即ち或る放射性元素の原子が一個のアルファ粒子又は一個のベータ粒子を放出するに従ひ、之は當然異なつた原子に變化するので、そこからそこに新しい元素を生成するわけです。私達はかやうにして先づ多くの放射性元素の變系列なるものを見出しました。ところが一方に、アルファ粒子はヘリウム原子と同一の質量をも



つてゐることが見出されたので、一個のアルファ粒子を失ふ放射性變化は、原子量が4だけ少ない元素を生ずるのに反し、ベータ粒子は一つの原子に外ならないのであつて、その質量は水素原子に比べてさへ千八百分の一に過ぎないものですから、放射性變遷に於て一個のベータ粒子を放出して生ずるとせられる新元素の原子量は之を生む舊との元素の原子量と數量的に殆ど異なることがないのです。原子量の差が互のその數千分の一にも足りない二つの異なつた元素と云ふものは放射性元素以外には從來知られてゐなかつたのでした。併しかやうなものが既に放射性元素にあらはれる以上、他の場合にも全くないとは限りませぬ。私達は斯様な元素を同重體(Isobare)と名づけます。(ステワート、一九一八年)

更に種々の放射性元素の科學的並びに光學的性質が研究されるに及んで、再び新らしい事實が見出されたのでした。即ち最初にマルクワルド(一九〇二年)はポロニウム(Po)がテルリウム(Te)と、またアクチニウム(Ac)がランタン(La)と化學的に同種屬のものであることを見出し、週期律の表のなかにそれらの下方に位置することを示しました。之等は尙ほ化學的に明らかに異つたものであつたのに反し、一九〇六年にポルトウードが新たに見出した放射性元素イオニウム(Io)は全くトリウム(Th)と同じ性質を有し、之等兩者の鹽類を彼が實驗中に誤つて混じたのを、どうしても再び化學的に分離することが出来ませんでした。その後マルクワルド及びキートマン(一九〇九年)は非常に苦心してこの兩者の差異を見出さうと努めました



が、遂に少しの化學的相異をも觀察し得ないのでした。翌年アウエル・フォン・ウェルスバッハも亦之を確め、こゝに二つの異つた元素と考へられるものが、全く化學的に同性質をもつことのあるのが明らかになりました。この化學的性質を同じうすると云ふことは理論的に、云つて絶對なものではありませんが、併し私達の最も精密な化學的觀察方法をもつてしても尙ほ見分けることの出来ないものであつて、それは以前に稀土屬元素が互に化學的に類似してゐると云ふのは、程度に於て遙かに異なつたものなのです。かやうな元素を私達は同性體 (Isotope) と名づけます。 (Isotope は一九一〇年英國のソッデイヤーによつて云ひ表はされた名であつて、語義から云へば同位置と云ふことです。蓋し之等の元素が週期律の表に於て同

じ位置を占めることを示すのです。)

同性體はその後に續々と見出されました。マルクワルド(一九一〇年)及びソッデイヤー(一九一一年)はメソトリウム I (MeTh I) がラヂウムと化學的に全く分離されないのを實驗し、マックコイ及びロックス(一九〇七年)はラヂオトリウム (RaTh) がトリウムと同性體であり、パネス及びヘヴェシイ(一九一三年)はラヂウム D (RaD) が鉛 (Pb) と同性體であることを觀ました。

同性體は化學的に分離することが出来ないばかりでなく、亦その光學的性質即ちスペクトルをも同じうすることが、始めてラッセル及びロックスによつて(一九一二年)實驗されました。彼等はトリウムとイオニウムとの混合物のスペクトルを純粹のトリウムのそれと



比較したのでしたが、少しもその間に差別を見なかつたのです。即ちイオニウムに特有なスペクトル線は既にトリウムに存在する以外に少しも新らしく現はれなかつたのでした。

一九一四年になつて、ラザーフォード及びアンドレイドはラヂウムBのエックス線スペクトルを検しましたが、之は丁度鉛のそれと同一であることを見ました。ラヂウムBが鉛の同性體であるのを考へれば、エックス線スペクトルも亦同性體に於て同じであるのが判ります。

併し之等の同性體元素は、放射性の異なるによつて容易に分つことの出来るのは既に知られてゐた處でした。そして亦之等の元素變遷の系列が明らかにせられるに従ひ、アルファ粒子を發する毎に

原子量を減ずることも確かです。従つて同性體なるものが一般に原子量を異にすることが考へられるわけです。

現に放射性元素のうちにはラヂウム系列、トリウム系列、ウラニウム系列が差別せられますが、それらの最後の生成物は何れも鉛として知られる同性體であつて、しかも各原子量を異にしてゐます。ラヂウムから生ずるものはその間に五個のアルファ粒子を失ふのであつて、アルファ粒子の原子量をヘリウムと等しく4とし、ラヂウムの原子量を226とすれば、この生成物としての鉛(Pb)は凡そ

$$226 - 4 \times 5 = 206$$

なる原子量をもつ筈です。之に反し、トリウム(原子量232.15)から來るものは六個のアルファ粒子を失ふので、端數を除けば凡そ



232-4 x 6 = 208

なる原子量をもたなくては成りません、ところで實際に通常の非放

射性の鉛は原子量 207.20 をもつて居り、上の兩者の中間にあります、が、ウラニウム、鉛、リウム、鉛、石から得た鉛は實際に夫々上に計算された値に近い原子量をもつことが實際に示されたのはまことに著しいことです。其の結果は即ち上の表に記す通りです。

算した上で、純粹のトリウム鉛(ThD)の原子量として 207.97 を得まし

ウラニウム 鉛の原子量	観測者 及び年號
226,05	ヘーニグシュミット及び ホロウィツツ (1917)
226,06	リチャーズ及びワツ ヅウオルス (1916)
206,08	
206,12	
トリウム 鉛の原子量	観測者 及び年號
207,694	ソッディー及びハイマン (1914)
207,77	ヘーニグシュミット (1917)

この最後の値は尙鉛石中に幾分のウラニウムを含有することからして之を取り除いて計

た。之等が上の理論的の値と能く近似することが判りませう。

三

放射性元素の同性體が何故に放射性と原子量とを異にするだけで、その外の物理的及び化學的性質を同じくするかと云ふ問題は、原子構造論の發達によつて漸次に解くことが出来るやうになりました。

今日の原子構造論の基礎は一九一三年にボールに依て開かれた水素原子のスペクトル理論にあるのでした。そこでは一般に原子は中心にある原子核と之を周廻する電子の群とから成り、夫々の電子は一定の量子法則に従つて種々の軌道を周廻してゐます。多くの周廻電子が存在する原子では、之等の電子は核に最も近いものか



ら順次數群に分たれ、その各の群に於て主量子數なるものが順次1  
づつ増すのです。そして最外部にある一群に屬する電子の數によ  
つて、先づ原子の化學價が決定せられ、化學的並びに多くの物質的性  
質は斯やうな電子の軌道配置に關係して定まります。之に反して  
放射性元素の放射線は原子核の内部から放出せられるものであつ  
て、従つてその放射性は核の構造に關するものであることが知られ  
ました。又電子の重さは原子全體の重さに比べて殆ど無視しても  
いゝ程小さいのですから、元素の原子量の相異は核に於ける相異を  
示すものでなければなりません。それ故にこれだけの考察からし  
て元素の同性體は核の構造を異にし、しかも周廻電子の數及びその  
配置を等しうするものであることが歸結されます。かやうな有様

は果して理論上可能であるでせうか。私たちはそこで核と周廻電  
子との結合が何によつて起されるかを見なくてはなりません。

電子は陰電氣をもつに反して、原子核は陽電氣をもつてゐるので  
す。即ちその間に引力の作用すること、丁度太陽と之を廻る惑星と  
の間に萬有引力が作用するのと全く同様です。只原子の場合には  
天體運動に於て恐らくは現はれないところの量子法則なるものが  
存在して、電子の軌道を更に限定して居ますけれども、原子核の起す  
電氣力の場が一定するならば、周廻電子の軌道も之に依つておのづ  
から決定されるであります。そして原子が全體として電氣的に  
中性を保つためには、核の陽電氣と電子の陰電氣の總和とはお互に  
打ち消さなくてはなりません。即ち周廻電子の數と軌道配置と



は主として原子核の陽電氣量にのみ關して定まるものであつて、核の内部の構造には殆ど關係しないであらう。

一方に併し、原子核は、放射性元素の原子核からアルファ粒子並びにベータ粒子を放出する事實から見て、陽電氣と陰電氣とを含むことが明らかです。なぜなら、ベータ粒子は電子に外ならないものであり、又アルファ粒子は陽電氣をもつたヘリウム原子核と同一者であることが實驗的に示されたからです。つまり原子核の全體としての陽電氣量は之等の組成粒子がもつ陰陽兩電氣の代數和に等しいのですから、たとへその組成成分が異なつても、結果に於て陽電氣量は同一になることが可能であるわけです。かやうなものは明らかに原子量に於ては相異するであらう。又その構造と共に放射性

をも異にするであらう。けれども全體として陽電氣量が同一であることと云ふことの爲に、周廻電子の數とその軌道配置とを等しくし、從つて化學的及び光學的性質等を同じくすることが出来ます。之れが私達の觀察した同性體でなくて何であらう。

この理論の結果として私達は次の事柄を導き出すことが出来ます。同性體が化學的性質を同じくし、週期律の表に於て同一の位置を占めるものならば、この表に於ける各の位置は、理論的には原子核の示す陽電氣素量の數、即ち亦周廻電子の數が順次一個づつ異なるものに相當しなくてはなりません。それ故私達が之等のすべての可能な位置に最初から順次番號を附するならば、それは單なる番號ではなくて、理論的に重要な意味をもつた數でなければなりません。



い。私達は之に對してファンデン・ブレーク(一九一三年)の名づけた處に従ひ、原子番號なる名稱を與へます。

實際に放射性元素の化學的性質の研究が進んで、週期律表に於けるそれらの位置が確定されるに及び、ソッディ並びに同時にフアヤンス(一九一三年)によつて、次の規則が示されました。即ち放射性元素がアルファ粒子若くはベーター粒子を放出して變化する際、新たに生成されて元素の週期律に於ける位置は舊のものに比べて夫々二つだけ前に若くは一つだけ後に移されるのです。之は取りもなほさずアルファ粒子を失ふことによつて原子番號が2だけ減じ、ベーター粒子を失ふことによつて1だけ増すのを云ひ表はしてゐるのに外ならないのです。

すべての元素の原子番號は、同じく一九一三年に行なはれたモーゼレイのエックス線スペクトルの測定以來、全く確實に決定されました。私達は今日知られてゐる放射性元素の原子番號と、之に屬する同性體並びにその大體の原子量とを次の表に示すことが出來ます。

原子番號	代表的元素名	同性體(並に其の原子量)
81	タリウム	[Tl](204), AcC'(207), ThC'(208), RaC'(210)
82	鉛	{RaG(206), AcD(207), [Pb](207), ThD(208), RaD(210), AcB(211), ThB(212), RaB(214)}
83	蒼鉛	[Bi](209), RaE(210), AcC(211), ThC(212), RaC(214)
84	ポロニウム (Po即ちRaF)	{RaF(210), AcC(211), ThC(212), RaC(214), AcA (215), ThA(216), RaA(218)}



- 86 エムナチオン AcEm(219), ThEm(220) BaEm(222)
- 88 ラヂウム AcX(223), ThX(224) Ra(226), MsThI(223)
- 89 アクチニウム Ac(227), MsThII(228)
- 90 トリウム  $\begin{cases} \text{RdAc}(227), \text{RdTh}(228), \text{Io}(230), \text{UY}_1(235), \\ \text{ThI}(232), \text{UX}_1(234) \end{cases}$
- 91 プロトアクチニウム Pa(231), UY<sub>2</sub>(235), UX<sub>2</sub>(234)
- 92 ウラニウム UH(234), AcUH(235), UI(238), AcUI(239)

註(一)この表の中に□で囲んだものは非放射性のものです。

(二)アクチニウム系列の原子量は通常 Ac を 226 と假定してゐます。之はアクチニウム系列をウラニウム系列から分岐せるものとして解してゐる結果ですが、こゝではピカード(一九一七年)アダムス(一九二〇年)及び後に述べるラッセル(一九二二年)の説に従つて之を一つの獨立系列となし、その原子量を上記の如く假定しました。

四

以上に述べた放射性元素の同性體の外に、通常の元素に於ても同様に同性體の存在するであらうことは漸次想像の範圍内に置かれましたが、ジエー・ジエー・タムソンが一九一三年に始めてネオン・ガスの陽氣電線分析に於てその同性體らしいものゝ存在を認め、爾後之が研究に従事してゐたアストンによつて遂に一九一九年に至つて確實に同性體を分析することが出来るやうになつたのは、私達の元素に關する一般的知識に一大革命を興へたものであります。

陽電氣線分析なるものは、もとジエー・ジエー・タムソンによつて始められた極めて精緻な物質分析の一方法であります。眞空管中の陽極に對する位置に細かい孔隙(カナル)をもつた金屬薄板を置く時



は之を通り抜けた後部に陽電氣をもつた微粒から成る放射線(カナル線)を得ます。之に一定の電氣力の場を作用させれば粒子はその力の方向に軌道を屈曲するでせう。そこで更に之に同時に磁氣力の場をはたらかせ、前者と垂直な方向に軌道を屈曲させるならば、一定の速度をもつてゐた粒子は、その後方におかれた寫真板の上の一定の點に達して之を打つわけです。ところが放射線のなかには種々の速度をもつた微粒子がありますから、之等は屈曲の度合を異にして、寫真板の上では或る抛物線の上にその跡を印します。私達は即ちこの實驗によつて一定の陽電氣線微粒子による抛物線を寫真に撮る事が出来るのです。併し微粒子の屈曲の度合はその速度に依る外に尙ほまたその電氣量と質量との比、即ち謂はゆる比電氣量

にも關係します。それ故真空管中に比電氣量を異にした微粒子が存在するならば、之等は夫々異なつた抛物線として寫真に印されるでありませう。私たちはこの抛物線の形狀を測ることによつて、その他の實驗的數量材料と相待つて、微粒子の比電氣量を推知することが出来、従つて亦或る推定のもとにどんな物質がどんな帶電状態に於てどれ程な割合でそこに存在するかを判断することが出来ま

す。これが即ち陽電氣線分析なるものゝ要點であるのです。タムソンはこの方法で最初真空管中にある稀薄な空氣を分析して、ヘリウム、ネオン、アルゴンなどの線を見出した外に、原子量が16に相當する抛物線を見出したのでした。彼はこの線を炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)が二個の陽電氣素量を有したもので、若くはネオンと水素との化合物



(NeH)に相當するものとも考へましたが、種々の事情から見ても之を確に推定する事が出来ませんでした。そして、若し之等の物質に歸し得ないとすれば、恐らくネオンに附帶して原子量 $20$ なる他の元素が存在するのではなからうかと想像したのでした。たとへ週期律の表のなかにかやうな元素の位置は見出し得ないにしても、鐵、ニッケル、コバルト群の様に一群をなしてネオンと共に存在するかも知れないとしました。しかもかやうなものはその儘私達の言葉で云ふところのネオンの同性體に外ならないことは上來の説明を讀んだものの誰しも肯くところでありませう。

タムソンの陽電氣線分析の實驗的裝置に關しては、その後アストンの多くの苦心によつて著しく改良されました。そして之が彼に

よつて多くの元素の同性體の發見を成功に導いた所以をなしてゐるのです。今日私たちに質量スペクトログラフとして知られてゐる處のものは即ち之れであります。

彼はネオンを分析して確實に原子量 $20$ 及び $22$ の線を得ました。酸素の原子量を $16$ として基準にしたとき、之等が判然と整数の値に出るのは著しいことです。線の強さの割合を測ると $1:0.1$ であつて、之は兩者の分量がこの割合で存在することを示すものです。それ故兩者の混合物の平均原子量は $20.2$ であつて、實際にそれがネオンの原子量として通常知られてゐるものに等しいことは更に驚くべきことでなければなりません。

一九一九年以來、アストンが専心にこの同性體研究に没頭し爾後



今日に至るまでに既に多くの實驗的困難に打ち勝つて豊富な結果を私たちの前に備へてくれたことに對して、すべての科學者は深厚な感謝を捧げずにはゐられまいと思はれます。アストン並びに他の人たち(デムスター、トムプソン)が今日までに見出した同性體を表示して見ますと次の通りです。

原子番號	元素符號	平均原子量	同性體の數	同性體の原子量
1	H	1,008	1	1
2	He	4,00	1	4
3	Li	6,94	2	6,7 <sup>a</sup>
4	Be	9,018*	1	9
5	B	10,9	2	10 <sup>b</sup> , 11 <sup>a</sup>
6	C	12,00	1	12
7	N	14,008	1	14

8	O	16,00	1	16
9	F	19,00	1	19
10	Ne	20,20	2	20 <sup>a</sup> , 22 <sup>b</sup>
11	Na	23,00	1	23
12	Mg	24,32*	3	24 <sup>a</sup> , 25 <sup>b</sup> , 26 <sup>c</sup>
13	Al	26,93*	1	27
14	Si	28,3	3	28 <sup>a</sup> , 29 <sup>b</sup> , 30
15	P	31,04	1	31
16	S	32,001	1	32
17	Cl	35,45	2	35 <sup>a</sup> , 37 <sup>b</sup>
18	A	39,9	2	36 <sup>a</sup> , 40 <sup>b</sup>
19	K	39,10	2	39 <sup>a</sup> , 41 <sup>b</sup>
20	Ca	40,07	(2)	40, (44)
21	Sc	45,1*	1	45
22	Ti	48,1	(2)	48, (50)
23	V	51,0	1	51
24	Cr	52,0	1	52

第二篇 元素の同性體



25	Mn	54,93	1	55
26	Fe	55,84	2	54 <sup>b</sup> , 56 <sup>a</sup>
27	Co	58,97	1	59
28	Ni	58,68	2	58 <sup>a</sup> , 60 <sup>b</sup>
29	Cu	63,57	2	63 <sup>a</sup> , 65 <sup>b</sup>
30	Zn	65,37	(4)	(64 <sup>a</sup> , 66 <sup>b</sup> , 68 <sup>c</sup> , 70 <sup>d</sup> )
31	Ga	69,72*	2	69 <sup>a</sup> , 71 <sup>b</sup>
32	Ge	72,60*	3	70 <sup>a</sup> , 72 <sup>b</sup> , 74 <sup>c</sup>
33	As	74,96	1	75
34	Se	79,2	6	74 <sup>a</sup> , 76 <sup>b</sup> , 77 <sup>c</sup> , 79 <sup>d</sup> , 80 <sup>e</sup> , 82 <sup>f</sup>
35	Br	79,92	2	79 <sup>b</sup> , 81 <sup>a</sup>
36	Kr	82,92	6	78 <sup>a</sup> , 80 <sup>b</sup> , 82 <sup>c</sup> , 83 <sup>d</sup> , 84 <sup>e</sup> , 86 <sup>f</sup>
37	Rb	85,45	2	85 <sup>a</sup> , 87 <sup>b</sup>
38	Sr	87,63	(1)	88
39	Y	88,9	1	89
40	Zr	91,4*	(4)	90 <sup>a</sup> , 92 <sup>b</sup> , 94 <sup>b</sup> (96 <sup>d</sup> )
47	Ag	107,89	2	107 <sup>a</sup> , 109 <sup>b</sup>

48	Cd	112,41	6	110 <sup>a</sup> , 111 <sup>c</sup> , 112 <sup>b</sup> , 113 <sup>d</sup> , 114 <sup>e</sup> , 116 <sup>f</sup>
49	In	114,8	1	115
50	Sn	118,7	(3)	116 <sup>a</sup> , 117 <sup>b</sup> , 118 <sup>b</sup> , 119 <sup>c</sup> , 120 <sup>a</sup> , { (121 <sup>b</sup> ), 122 <sup>b</sup> , 124 <sup>d</sup>
51	Sb	121,77*	2	121 <sup>a</sup> , 123 <sup>b</sup>
52	Te	127,5	3	126 <sup>a</sup> , 128 <sup>b</sup> , 130 <sup>a</sup>
53	I	126,92	1	127
54	X	130,2	9	{ 124 <sup>a</sup> , 126 <sup>b</sup> , 128 <sup>c</sup> , 129 <sup>a</sup> , 130 <sup>a</sup> , 131 <sup>c</sup> , 132 <sup>b</sup> , 134 <sup>d</sup> , 136 <sup>e</sup>
55	Cs	132,81	1	133
56	Ba	137,37	(3)	136 <sup>b</sup> , (137 <sup>c</sup> ), 138 <sup>d</sup>
57	La	138,91*	1	139
58	Ce	140,25	2	140 <sup>a</sup> , 142 <sup>b</sup>
59	Pr	140,92	1	141
60	Nd	144,27	(4)	142 <sup>a</sup> , 144 <sup>b</sup> , 146 <sup>c</sup> , (145 <sup>d</sup> )
80	Hg	200,6	6	198 <sup>a</sup> , 199 <sup>b</sup> , 200 <sup>b</sup> , 201 <sup>c</sup> , 202 <sup>a</sup> , 204 <sup>d</sup>
83	Bi	209,0	1	209



(註) 同位體の原子量は殆ど整数であつて、只水素、錫及び鐵に於て多少外づれてゐるやうです。表にはすべて整数として記してあります。アストンは之を質量 (Mass-number) と呼んでゐます。

(二) 右の質量数の右肩に附したアルファベットは線の強さの順序をあらはすものです。

(三) 元素の平均原子量のうち\*を附したものは、原子量の國際表に於けると異つた値で、最近時の測定に據つたものです。

(四) 圓括弧を附した数はまだ確實と見られないものです。

五

元素の同位體が見出され、その各の原子量が測定せられた結果はこゝに一つの重要な事實が明らかになつてゐるやうになりました。それは今日まで知られた殆んどすべての同位體の原子量が酸素の原子量を16とする基準のもとに整数としてのみあらはれることで

す。只この整数則から稍々著しく外づれるやうに見える場合は、既に前表の註に記したやうに水素、錫及び鐵に於てあらはれるに過ぎません。即ち水素では化學的方法で見出された1.008に近似した値を陽電氣線分析に於ても與へるやうに見え、鐵では56に對する線の位置を精測してアストンは55.94なる數を見出し、又錫の諸線は相互的には殆ど前表に於ける數の割合を保つてゐるに拘らず、他の基準線と比較すると、之等がすべて千分の二乃至三ばかり小さな値をもつやうに測られるのでした。

之等の少數の除外例若くは疑點を暫らく別にしますと、この著しい整数則からして、私たちははやすべての元素の原子核が或る單一な要素の整数個から集成せられてゐることを疑ふわけにゆきま



せん。陰電氣をもつた最小の要素が電子であるに對して、陽電氣體の最小なるものは一個の陽電氣素量を荷つてゐる水の原子核そのものです。しかも電子の質量が後者に比べて僅かに千八百三十分の一に過ぎないと云ふ事實は、私達の質量の計算に於て電子を無視してもいゝことを示します。それ故に私達はすべての元素同性體の原子の質量が常に整数であらはされると云ふ事實からして、少なくとも之等が水素原子核の整数個を含んでゐると結論することは必ずしも不當ではないであらうと思はれます。若し然うであるならば、即ちすべての原子核は陽電氣素體としての水素原子核と陰電氣素體としての電子との集合によつて成るとすることが出來ます。この意味に於て水素原子核は電子と共に物質の構成要素であつて、

私達は之を陽子 (Proton) と名づけます。(Protonなる名は一九二〇年英國のラザフォード卿によつて提唱されたものであつて、其の語義は要素的物質といふことです。)

この結論は物質構成の理論上極めて意味深いものでなくてはならないのであつて、丁度百年以前にプラウトの想像したところのものを端なく事實として證明するに至つたものです。そして今は多くの元素の原子量が整数であらはされないと云ふ困難さを同性體存在の事實によつて全く解釋し盡すことが出來たのは驚くべきことと云はなければなりません。

併しながら上に示したやうに、同性體の原子量といへども、亦常に精確に整数ではなくて、多少之と相異した場合が必ずしもない譯で



はありませぬ。之が果して何によつて起るかば原子核の構造を論ずるに當つて見通がす譯にゆかない事柄です。

私達は之を明らかにするために、先づ水素に次いで簡単な元素ヘリウムを考へて見ませう。之は同性體をもたない單一のものであつて、その原子量は4、原子核の陽電氣量は陽子の2倍であることが知られてゐます。それ故私たちはこの原子核が四個の陽子と二個の電子とを含まなければならぬのを見ることが出来ます。このヘリウム原子核が丁度放射性物質から出るアルファ粒子に外ならないことは、後者の質量と電氣量とを實驗的に測ることによつて確かめられました。つまり放射現象に於て放射性元素の原子核から、陽子そのものでなくて一つの集合體たるヘリウム核が放出されるこ

とは、之が既に極めて密着した安定な集合體であることを意味するわけです。ヘリウム核の大いさはその推定に依れば電子の直徑の漸く十倍位の程度に止まるのです。しかも核がこれ程密着してゐることはそこに何を結果するのでありませうか。

例へば一つの陽電氣をもつた小球と、陰電氣をもつた小球とをお互に遠く離しておけば、之等はそれ／＼電氣を帯びてゐることのため、或るエネルギーを所有してゐるのです。ところがこの兩球をその引力に従つて或る距離まで接近させれば、全體としてのエネルギーは最初の状態よりも減少することが電氣學の理論から容易に計算されます。接近の後にそこに運動があつて、例へば兩者が重心のまはりに周廻してゐるときに、この運動のエネルギーを計算に入



れても、尙ほ最初に於けるエネルギーには及ばないので。そして  
兩球が近く接近すればする程この減少は増すのです。それ故ヘリ  
ウム原子核が四個の陽子と二個の電子とから成り立つてゐる私達  
の場合に於ても、之等の陽子と電子とがたとへどんな力學的運動體  
系を形作つてゐたにしても、その全體系のエネルギーは、それらが個  
々に獨立に離れてゐるときの總計よりも減じてゐるのであつて、且  
つ異常に近く密着してゐるといふ事實はこのエネルギー差額をか  
なり大きくならしめてゐるに相違ないのです。

ところで相對性理論の教へる處によれば、すべてのエネルギーは  
之に相應する一定の質量をもつてゐるのです。現に陽子や電子そ  
のものの質量も、私達は之等の粒子が電氣的エネルギーをもつてゐ

るために之に應じて起るものとして解釋してゐます。それですか  
ら上に述べたエネルギーの減少額も或る質量減少に相當しなくて  
はなりません。言ひ換へれば、電子の質量を無視したところで、ヘリ  
ウム原子核の質量の四倍よりも夫だけ小さくなければなりません。  
之がヘリウムの原子量を  $4000$  としたときに、水素の原子量はその四  
分の一よりも大きな値をもつ所以と見なされるのです。

この考察を一般の原子に擴張すれば、それらの原子量が寧ろ精密  
に整数としてあらはされない方が當然なわけになります。或る原  
子を基準として取るならば、原子核の内部により緊密な集合が存す  
るものはそれだけエネルギーの減少を來し、従つて質量をも整数か  
ら多く減少した數であらはされるやうにするに反し、その集合のよ



り緊密でないものは却つて之に反することもあり得るのです。同性體分析の實驗に於てもつと精密に原子量を測定することが出来るやうになつたならば、各の原子に於ける之等の事情がより明らかになることでせう。

けれども今日までに到達した結果からも私達は既に恐らく次の關係を見ることが出来ると思はれます。即ち酸素の原子量を16とする基準に於て、ヘリウムの原子量が殆ど精密に4であり、亦その他の多くの複雑な元素の原子量がやはり整数であることは、酸素並びに之等の元素の原子核内に主としてヘリウム核が要素として含まれて居り、各の陽子及び電子間の他の同程度の緊密な結合が存在しないのであらうと云ふことです。

例へば酸素原子は質量が16であつて、原子番号は8です。原子番号が丁度核の陽電氣量をあらはす數に等しいことは、既に述べたやうに、放射性元素に於てアルファ粒子を核から失ふことによつて原子番号2を減じ、ベータ粒子を失ふことによつて原子番号1を増すと云ふ事實から結論されたのでした。なぜならアルファ粒子はヘリウム核と同一者であつて、陽子四個と電子二個とから成り、従つて陽電氣量に於て差引2を有するものであり、ベータ粒子は電子と同一者であつて、之を失ふことは陰電氣量1を減じ、従つて核の陽電氣量に於て亦差引1を増すことになるからです。それですから酸素核の陽電氣量は差引8であるわけで、その核は多分純粹に四個のヘリウム核の緩い集合體と見られるのです。さうすれば全體と



してこのなかに更に16個の陽子と8個の電子とを含むわけであり、しかも質量に於ては依然として丁度ヘリウム核の質量の4倍に止まり得るのでありませう。

又例へば酸素に次ぐ弗素は原子番号9、質量19ですから、その原子核は四個のヘリウム核の外に、更に三個の陽子と二個の電子とを緩い集合として含んでゐると思はれます。

かやうな假説は原子量の整数則を能く説明するに足りるばかりでなく、放射性元素が常にアルファ粒子即ちヘリウム核をその儘放出する事實、並びにラザーフォードがアルファ線を用ひて多くの元素の原子を破壊する實驗を行つた際に、原子量が4の倍数でないやうな元素に於てのみ陽子の放出を見ることが出来たといふ事實と

も能く合致することが出来るでせう。

ヘリウム核の外に、三個の陽子と二個の電子との結合せる假説的單位が原子核の要素として存在するであらうことを假説する人たちもありますが、その當否は事實の上に於てまだ明らかでありませぬ。

## 六

元素同性體の發見はともかくも原子核の構造を論究するため、非常に大切な事柄です。私達は先づ種々の元素の同性體がどんな規則を持つて現はれるかを知ることが必要です。

アストンは實驗の結果から最初に次の三つの著しい關係を引き出しました。



一、原子の核内には、各の二個の陽子に對して必ず一個以上の電子が存在します。

即ち最も軽い同性體の原子量も原子番號の二倍より少なくはありませぬ。

この規則は除外例なしに成り立つのであつて、軽い元素では原子量が丁度原子番號の2倍になつてゐるのが多いのですが、重い元素になるとだん／＼に2倍を超える事が大きくなつて行きます。

二、元素の同性體の數、並びに原子量の範圍は一定の限界を持つ様に見えます。

上に掲げた表の内で、最も複雑な同性體を持つてゐるのはセレンウム( $\text{Se}$ )、クリプトン( $\text{Kr}$ )、錫( $\text{Sn}$ )、クセノン( $\text{Xe}$ )などです。その原子量の

最大のものと最小のものとの差は始めの三つに於て何れも8であるのは注目すべき處です。放射性元素の同性體はかなり多く現はれてゐますが、それでもこの差が同じく8を超えないことは著しいことです。只だクセノンの場合には最大が $\text{I}36$ であり、最小が $\text{I}24$ です。すからその差が12に及びますけれども、最も弱い線として現はれる $\text{I}24$ 及び $\text{I}26$ が果して其の同性體として確かに存在するかどうかは稍々疑はしい點もないわけではないので、暫らくこの二つを除外すれば、最小原子量たる $\text{I}28$ は最大のものから、やはり8だけ異なることになりませぬ。8なる差は或は後にラッセルの假定したやうに核構造上に重要な意味をもつのかも知れませぬ。

三、核内に於ける電子の數は偶數に傾きます。



この規則は即ち多くの場合に、奇數原子番號は奇數原子量と、又偶數原子番號は偶數原子量と結びついてゐることをあらはします。併しなから之はその後加へられた材料を参照した上では次の二様に區別して云ひ換へた方が適當です。

三(A)奇數番號の原子は單一であるか、又は唯二つの同性體を作るだけであつて、而かもその質量數はすべて奇數です。

この除外例は只軽い元素に於て、即ちリチウム(Li)、硼素(B)に於て兩同性體の一方の質量數が偶數であり、窒素(N)に於て單一な偶數質量數があらはれるに過ぎません。

三(B)偶數番號の原子は主として偶數質量を持つてゐます。奇數質量數が之に混じて現はれる場合にはその數は單一であるか又は

質量數に於て2だけ異なる二個のものに限ります。

偶數番號のものが奇數質量數のみを持つのはベリリウム(Be)だけであつて、之はやはり軽い元素として例外を作る様です。

この外に私達は尙ほもう一つの著しい規則を附加することが出來ます。

四、原子番號を異にして、而かも質量數を同じうするもの、即ち同重體(Isobares)は偶數番號の原子に屬する偶數質量數にのみあらはれます。

以上の諸規則はかなり目立つたものであつて、核の構造が極めて複雑であるに拘らず何等かの單純な法則に基づくものであることを既に暗示してゐると云つてよいのでせう。



英國のラッセルはなほアストンの見出した同性體を放射性元素の同性體と比較し、その間に存する種々の規則を論じて、まだ測定せられない物質の同性體を推定しようとした。私はその考察のうち興味あるものをこゝに記して見ませう。

彼は即ち放射性元素の自然的崩壊が常にアルファ又はベータ

アクチニウム系列	42+3
ウラニウム・ラヂウム系列	42+2
トリウム系列	42

粒子の放出を以て行はれ、従つてその一つの系列の生成物の質量数が單に4の倍數のみによつて異なると同時に、崩壊

の順序が大體同様な規則で起ることを注意しました。nを或る整數としますと、各系列の質量数は上記の如くなります。

そこでラッセルは之と同様に質量数が $4n+1$ で表はされる様な一

つの假説系列が存在するであらうと想像し、その崩壊的變化をも既知のものと同様に假定して、その最後の生成物を蒼鉛(原子量209)及びタリウム(原子量205)として考へたのでした。そして之等の放射系の諸元素の崩壊的變化に伴つて起る粒子の放出は常に $(\alpha, \beta, \alpha, \beta)$ 、 $(\alpha, \beta, \beta, \alpha)$ 、又は $\alpha$ のみの或る連続であるとなりました。(但し最初の變化は恐らく奇數系に、次のは偶數系に特有であるらしく見えます。)

ラッセルはかやうな變化に相當するものが非放射性元素にも現はれはしまいかを檢しました。この場合に勿論放射性元素のうち壽命の短かい不安定なものは無視してもいゝと思はれます。之は多くベータ放出體であつて、普通の元素で同重體の多く現はれないのは即ち之によるのでありませう。



一つの系がアルファ粒子によつて異なるとすれば、その質量数の差は常に4の倍数であるわけです。しかも原子番号が夫々  $Z$  と  $Z+1$  なる二つの系を取り出して比べるならば、同一の變化が兩者の間に存する事を見られます。

$Z=$ $4n+1$	A	$\delta A$	A	$Z=$ $4n+3$
85	215	12	209	83
81	203	12	197	79
77	191	8	185	75
73	183	12	177	71
69	171	12	165	67
65	159	12	153	63
61	147	8	141*	59
57	139*	12	133*	55
53	127*	12	121*	51
49	115*	12	109*	47
45	103	8	97	43
41	95	8	89*	39
37	87*	12	81*	35
33	75*	12	69*	31
29	63*	8	(57)	27
25	55*	8	(49)	23
21	(47)		41*	19

此内で\*を附せるものは観測の結果と一致せるもの、括弧を附せるは一致を缺くもの、其他は未測定のもので、観測と一致しないものが單に軽い元素だけに現はれるに過ぎない。

いのは注目すべき事であつて、且つ之等も弱い線として存在しないとは云はれないものです。

軽い元素でも二通りの質量数の何れかを取ればやはり殆どこの

雛型に當てはまります。

$Z=$ $4n+1$	A	$\delta A$	A	$Z=$ $4n+3$
33	75	12	69, 71	31
29	63, 65	8	59	27
25	55, (57)	12	51	23
21	45	8	39	19
17	35, 37	8	31	15
13	27	8	23	11
9	19	8	(15)	7
5	11	8	7	3

次に最も驚くべき關係は同性體の安定性に對して現はれるものです。放射性元素では原子核の安定度の大きなもの程長い壽命を持つわけでありませう。それ故之等の元素の同性體をその壽命(週期)の順序に並べて見ますと先づ次の様な結果が得られます。

この表で現はされた事實の中には次の規則が行はれてゐます。



原子番号	壽命の大きさの順に並べた同性體の質量數
92	238, 235, 234
91	231, 234,
90	232, 230, 228, 234, 227, 231
89	227, 228,
88	226, 228, 227, 224,
86	222, 220, 219,
84	210, 218, 216, 215, 214, 212
83	209, 210, 221, 214, 211.
82	{ 206 } { 207 } 210, 212, 211, 214 { 208 }
81	{ 203 } { 205 } 207, 208, 210

沿うて右廻りに増すものは「上昇級數」で左廻りに増すのは「下降級數」です。

(b) 上昇級數の中にある奇數質量數は之に續く又は之に先だつ質量數より3だけ大です。

(c) 下降級數の中の奇數質量數は之に先だつものより1だけ小

さいか、又は最高質量數のすぐ後に續きます。

この規則の第二について説明しますと、例へば91に於ては奇數質量數のものを除けば

232, 230, 228, 234.

となり、234を最初にして232へ續けて見ると之は下降級數になることが判るでせう。そしてこゝでは奇數質量數227及び231は最高234の次に並んでゐます。又84では偶數質量數が

210, 218, 216, 214, 212

であつて、終から始へ續けて見ると、218を頭にしてやはり下降級數を作りますが、奇數質量數215はその大いさの順に216の次に入つてゐます。又88, 83及び82は上昇級數であつて、奇數質量數は(b)で述べ



た處に従つてゐます。

ところで非放射性元素では安定度の大きな同位體は分量多く含まれてゐると解しなければなりません。それ故質量スペクトログラフに於て強さの順に並べて見ますと大體やはり右の規則に従つてゐることが判ります。其内規則第一は殆ど取り除けなくなり立つてゐるのが

原子番号	上昇級数 強さの順に並べた 同位體質量數	下降級数 強さの順に並べた 同位體質量數
60	142,144,146,145	202,200,199,198,201,204
54	(129,132,131,134,136, 128,130,(126),(124))	138,136,137
30	64,66,68,70	(120,118,116,124,119 117,122,121)
28	58,60	90,94,92,(96)
22	48,50	(84),(86),82,83,80,78
18	40,36[38]	80,78,76,82,77,(74)
14	28,(29),30	74,72,70
12	24,(25),26	56,54
10	20,22	40,44,[42]

表を一目して知られます。第二に對するものを取り出しますと上表

の通りです。

即ち規則に外づれるものは括弧を附したもので、存外に僅少であり、これ程複雑な關係が能く當てはまるのは寧ろ驚くべきことです。

七

以上に述べた諸事實は原子核の構造並に同位體生成に關する理論に取つて恐らく重要なものでありませうけれども、私達はまだ之を具體的に論ずる階段に到達してゐません。只同位體の種類が一定に制限せられることや、種々の化學的物質の中に同位體が常に一定の割合をもつて混在してゐる事實は核の安定性に關して或る理論的基礎の存在することを證して餘りあるものです。



實際に同性體の多くの種類が発見された上は、通常の物質の中に夫等の混合せる割合の如きは一つの偶然であつて、物質の所在又は生成の模様によつて或は異なるであらうとも想像せられました。そして之に對して從來之等の同性體混合よりなる元素の平均原子量が化學的に一定に結果することは却つて不思議の觀がないでもなかつたのでした。

例へば鹽素が海水から取り出されるならば、それはいかなる場合にもなぜ一定の原子量を與へねばならなかつたでせうか。鉛が通常の鑛石から得られたものと、強い放射性元素を含む鑛石から得られたものと、既に原子量を異にしたと同じやうに、鹽素もその原産所在によつて或は異つた原子量を與へるかも知れません。しかも今

日まで鹽素の原子量は化學的に殆ど一定に測定せられてゐたのでした。

若し明らかに海洋的根源をもたない鹽素があつたとしたならば、その原子量はどうかでありませうか。この疑問に答へるために、イレ・ヌ・キュリー嬢は(一九二一年)海洋に産すると考へられない三つの鑛石から鹽素を取つて之が原子量を檢しましたところが、カナダ産のソーダライト(鹽化硅化ナトリウム・アルミニウム)についても、ノルウェー産の鹽化燐化カルシウム鑛石についても、通常の海水から得た鹽素に對すると全く一致した値を得、只中央アフリカ産の鹽化ナトリウム鑛石からのものが僅に異つた値  $35.50$  を與へただけでした。なほバックスター及びパーソンス(一九二一年)は通常の鑛石から



のニッケルと隕星から取つたものと比較しましたが、原子量を夫々 58.70 及び 58.68 と測定しました。萬國原子量表の 58.69 と比べて兩方とも測定誤差の範囲内で一致してゐると云はなければなりません。

更にデムスター(一九二一年)は質量スペクトルにあらはれる線の強さを精密に比較して、複雑な元素に於ける同性體混合の割合を測り、その平均原子量を計算しましたが之れまた通常知られた原子量と幾ばくの相異も見出しませんでした(上表)。

この間に存する多少の差に對しては尙ほ説明を要するわけですが、今は略します。

ともかくも種々の場合に、一つの元素が多くの同性體を有するに

元素	原子量	質量スペクトルからの平均
硼	10,90	10,75
クリプトン	82,92	83,5
クセノン	130,2	131,3
セシウム	132,81	133

拘はらず同一の原子量をもつ事は、核の安定性に對して一定の法則があり、他に特殊な原因のない限り安定の度に應じて之等の同性體が存在してゐると見るのが最も至當な解釋であらうと思はれます。鉛の場合は此特殊な原因として放射性の原子崩壊が働いてゐるからであるとしなくてはなりません。

私がこゝで注意したいことは、同性體發見の結果として、従來用ひられてゐた「元素」といふ言葉が頗る曖昧にされてしまつたことです。元素とは果して何を意味するものであるか。私たちは少なくとも簡單に之に答へることが出来ません。

昔は元素なるものゝ定義として、もはや何等の手段によつても之を分割する事の出来ないものと云ふ事を一般に認めてゐました。



けれども「何等の手段によつても」と云ふのは、人間の能力に關する言葉であつて、「その當時に於て可能な」と云ふ事が附加されなければならなかつたのです。従つてそれは必ずしも絶對的な意味を持つ譯にゆきません。現に電子の發見以來、元素とせられた物質からも私達は電子が分割し出される事を明かにしました。即ち單に化學的手段によつて分割されないものとして元素を解しなくてはなりませんでした。そして元素はもはやその語義通りな單元的要素でなくなつたのです。

けれども暫く電子の如き要素まで立ち入らないで、尙ほ最も簡單な物質として元素を見做さうとする意向を私達はもつてゐました。それですから放射性物質に於てその自然的崩壞の結果としてアル

ファ若くはベータ粒子を放出したものはやはり異つた「元素」に導くと云ひ表はすやうになりました。この意味でラヂウムBと鉛とは明らかに異なつた元素です。ところが同性體の發見は更にこの關係を混亂に導きました。

私達は今多くの同性體が混在するにも拘はらず、從來等しく同一の名を與へてゐたもの、例へばマグネシウムとかセレンウムとか云ふものを、やはり元素として定義すべきであるか、又はその同性體の個々に新らしく元素なる言葉を歸すべきであるか、之等の何れかを決定しなくてはならないのです。前者の定義によれば、元素は單に化學的に又は分光學的にのみ區別し得るものであつて、之に一定の原子番號を附すべきであります。さうすればラヂウムBと鉛とは、



そして亦トリウムBとかアクチニウムDとかの如きものも悉く同一の元素として見做さなくてはなりません。若し又後者の定義を取るならば、之等の放射性元素はお互に異なつた元素とすることは出来ませんが、併し非放射性物質の同一原子番號に屬する同性體群の名稱としてのマグネシウムとかセレンニウムとか云ふものに何等か簡単な言葉を歸する必要も起るでせう。

私達はこの際嚴格ではなくとも便宜に従ふことが適當であるかも知れません。即ち非放射性物質では暫らく從來通りに元素の意味を解し、例へばマグネシウムを一つの元素として云ひあらはし、その同性體をば  $Mg^{24}$ ,  $Mg^{25}$ ,  $Mg^{26}$  のやうな符號で區別し、之に反して放射性物質では個々の同性體を各一つの元素として云ひあらはしてお

くことです。兩者の明らかな限界が存する以上、元素の定義に對するこの二様性は必ずしも不都合を生じはしないでせう。

但し放射性物質をも一般的に非放射性のものと綜括して論ずる場合には原子番號によつてのみ元素を區別することも必要になります。例へば水素からウラニウムに至る元素の數は92であると言ふ様なのは之に従つたのです。要するに、物理學の進歩に應じて新しい事實が私たちのまへに現はれるのですから、之を云ひ表はす便宜上から適當に言葉の定義を変更することは至當の事であると思ひます。

元素同性體に就ては尙ほ其のスペクトルについて、又分離方法等について述べなくてはならないものがありますけれども、それらの



問題は他の機會に譲つてこゝには筆を擱きます。

大正十五年一月十二日印刷  
大正十五年一月十五日發行

【定價金貳圓】



生人と學科

著者 石原純

發行者 東京大森不入斗一二八一番地  
犬伏誠一

印刷者 松平末五郎  
東京市麴町區飯田町二ノ六八番地

發行所

東京大森不入斗一二八一番  
振替東京六〇六二三番

興學會出版部



京都帝國大學教授  
理學博士 新城新藏 著

◇ 迷

信 三版

四六版特製函入  
定價二圓五十錢  
送料十八錢

理學博士 石原純 著

◇ 科學の根本問題

新刊

四六版特製函入  
定價一圓八十錢  
送料十八錢

理學博士 石原純 著

◇ 科學と人生

新刊

四六版特製函入  
定價二圓  
送料十八錢



547
73



終

