

謹呈

人工放射能

理化學研究所
博士

仁

科

芳

雄

人工放射能

理化研究所 理學博士 仁科芳雄

放射能の威力

ラヂウムの威力は癌の治療とか、鑄物^{（金銀等）}或は鎔接箇所^{（接合部）}の透視などと云ふ醫學上並に工業上の應用は勿論、純學術上に於ても色々の方面に於て益々重要視せられる様になつて來た。只それが極めて稀有の物質であるがために、其用ひられる範圍も止むを得ず限定せられて居るといふ状態にある。であるから若しそれが自山に且つ多量に得られると、今日夢と考へられて居る様な事柄も實現せられる様になつた曉には、今日夢と考へられて居る様な事柄も實現せられる様になるかも知れない。殊に目の前に澤山轉がつて居る普通の物質に勝手にラヂウム同様な放射性能を能へる事が出來たならば、それは學術上にも應用上に於ても、正に一大センセイションを捲き起すべき事件であるに相違ない。處が昨年（一九三四年）の頭初に於て、或はさう云ふ大發見の端緒ではなからうかと思はれる様な事實が、佛國のジヨリオ夫妻によつて始めて發表された。

これが既に述べ様とする人工放射能である。此發見が果して今日の夢現實に化せしめる迄に發展する運命を有つて居るか、或は只學術上の一つの重要な現象たるに止まるものであるか、それは一に今後の研究に俟つより外はない。

自然界に起る凡ゆる現象は原子に其源を發するものであるが、これを二種に大別する事が出来る。其一つは原子核の直接與かる現象であつて、他は核外にある電子が直接これを惹き起すものである。よく知られて居る通り、物質を構成する原子はZなる電氣量（Zは整數で原子番號と呼ばれ、凡ての元素を輕いものから重いものの順に並べた時の番號と大體一致する。元素の週期律の位置を定めるもの即ち元素の物理、化學的性質を定めるものはZである。eは電子の有つ電氣量の絶対値）とMなる質量とを有する原子核と、其周圍にある名箇の電子とから出來て居る。而して電子の質量はMに比べて非常に小さいから、原子の質量の殆ど全部は核に存するものである。それで普通的化學作用とか物理的變化などは、凡て核外電子並に其狀態の變化によつて起るものである。勿論此電子の數や狀態を定めるものは核であるから、間接に云へばこんな現象も核に支配せられる云へやうが、然し此場合核には何の變化も起らないのであるから、それは直接これに關與しないと考ふべきである。處がラヂウムなどの放射性現象はこれと全く趣きを異にするもので、それは原子核其物が自然に崩壊する現象である。從つてこれ

は自然放射能と唱へて好いであらう。自然放射能を有する物質の原子核が崩壊する際に出す放射線に三種類ある。アルファ線、ベータ線及びガンマ線がこれである。アルファ線はヘリウムの原子核が莫大なエネルギーを以て核から射出されるものである。

ヘリウムの原子核が2だけ小さく、原子量は4だけ少い全く別の元素の原子となつてしまふ。例へばラヂウム($Z=88, M=226$)はバリウムと類似の性質を有つ元素であ

るが、これがアルファ線を出すとラドン($Z=86, M=222$)となつてしまふ。これ

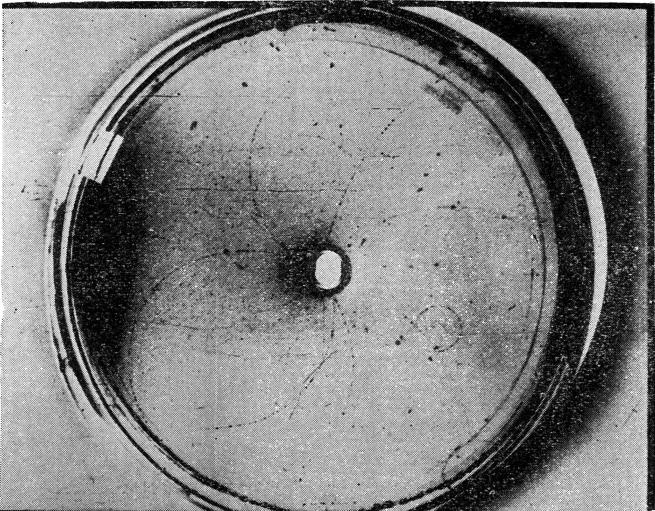
はヘリウム、ネオン、アルゴン等の稀有瓦斯と同族の瓦斯である。茲に特に注意すべき事は、核外の電子數を變化させてもそれは直ぐに元に戻り得るから、永久的に元素を變へて了ふ事にはならない。元素を變換するには、どうしても原子核の有つ電気量即ち原子番号を變へなくてはならぬ。

次にベータ線であるが、これは陰電子でそれが非常なエネルギーを以て核から飛び出すものである。其有する電気量は一であるから、これが核から出ると、負の量を引き去るので、残りのものは原子番号 Z が一だけ増した元素になる。例へばラヂウムB($Z=82, M=214$)は放射能を除いては鉛と全く同じ性質を有する元素(同位元素)であるが、それがベータ線を出すとラヂウムC($Z=83, M=214$)となり、これは蒼鉛の同位元素

である。電子の質量は極小さいからベータ線を放出しても、其核の質量は殆ど變はぬものと見て好い。

其波長が普通の短いX線に比べて十倍乃至百倍も短いものである。従つて物質の透過力が大であつて應用方面に利用せられるはこれである。これは別段電氣を有たず中性的のもので、固有質量も無いから、これを放射しても核の状態が變化するだけで元素は元の儘である。

人工放射能の發見



第一圖 放射性燐の出す陽電子の飛跡(理化研究所仁科研究室の嵯峨根、竹内、富田諸氏の撮影)

アルミニウム管より出るアルファ線を當て、得られた放射性燐より出て来る陽電子の飛跡をウイルス霧菌で撮つたもの。陽電子は中央の薄壁のアルミニウム管に入れた管から出で壁を通して霧菌に入り時計の針の動く方向に弯曲して居る。逆に弯曲した様に見えるものは他の場所から出でて一回轉し元に戻る所が現はれたものである。

一般に原子核の變化を起すに必要なエネルギーは非常に大きなものであつて、核外電子の與かる物理、化學現象に於て取扱はれるエネルギーの十萬乃至百萬倍の程度である。従つて實驗室内で核に變化を與へるといふ事は一般的に困難である。それ故に上述の自然放射能を勝手に制御するとか、又は放射能のない物質に放射能を與へるとかいふ事は從來度々試みられたものではあるが、それは今迄の手段では到底行はれ得ないものとせられて居つた。處が近來高電壓其他的實驗技術が進んで来て、原子核をドシ^シぐ人工的に變化させる事が出来るといふ事が實證せられた。従つて普通的元素も其原子核に人工的變化を加へる事により、放射能を附與し得るものではないかといふ事は其道の人には考へられて居つたのであるが、これを實現せしめたのは前記ジヨリオ夫妻であった。

夫妻は其頃色々の軽い物質例へばアルミニウムとか、硼素とかにボロニウムから出るアルファ線を當てるとき陽電子が出て来るといふ事を發見して其研究をして居たのであるが、偶然にも其アルファ線を出して居るボロニウムを取り去つて後も、是等のものが尙數分間陽電子の放射を續けて居るといふ事を發見した。これが即ち人工放射能である。陽電子は始めガンマ線の透過力の非常に大きいものを使つて、原子核の附近から創造されるのを發見したものであるが、今の場合ボロニウムを取り去つても尙出て來るといふ事は、其發生の機構が全く異つたものである事を意味するものである。これは是等の原子核がアルファ線のために變化を起されて不安定となり、自然放射能に於けるベータ線崩壊と同様に陽電子を出すものである。ベータ線と異なるのは出るもののが陰電子ではなくて陽電子も陰電子も陰電子を出す事が判つた。

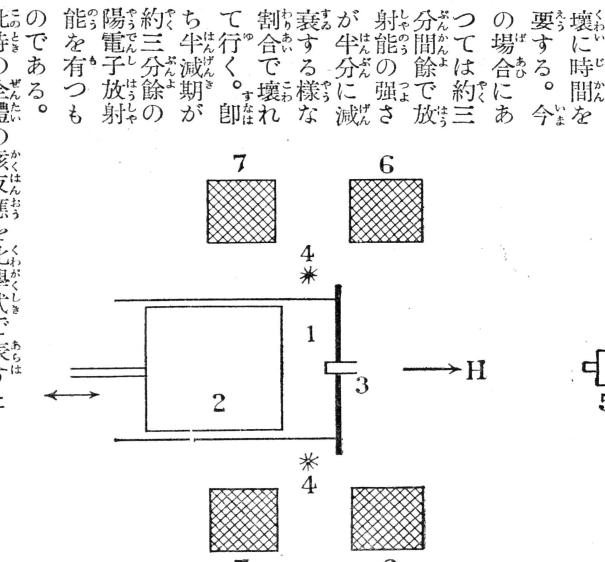
人工放射能の機構

少しく是等の人工放射能がどんな風に出來るものかを述べて見やう。先づアルミニウムの場合を取る。これにボロニウム又はラドンから出るアルファ粒をぶつけると、約百萬箇の中一つといふ割合で、それがアルミニウム原子核に捕へられて中にはいる。さうするとこれは燃の原子核となるものであるが、エネルギーが過剰である爲に崩壊を起す。此際に二つの壞れ方がある。一つはそれが陽子（水素原子核）を放出して硅素となるもので、其化學式を示せば

$$Al^{27} + He^4 \rightarrow Si^{30} + H_1$$

である。茲に各元素の化學記號の右肩にある數字は質量番號（其原子の原子量に最も近い整數）を、右下のものは原子番號を示すものである。此型の崩壊は既にラザフォードが十五六年も前に認めた處である。處が工能を生ずるのはこれと異つた別の方をするもので、先づ中

性子を放出して残りが質量番號30、原子番號15の燐の核となる。普通の安定な燐の質量番號は31であるから、前記のものは質量に比べて有つて居る電氣量が多過ぎる。其爲に不安定であつて或る時間を経過すると、陽電子を飛び出させて過剰の電氣を去り、安定な別の元素珪素となつて了ふ。此最後の階梯が問題の人工放射能を形成するものであつて、自然放射能を要する。今まで同様其崩壊に時間を要する。今



第二圖 ウィルソン雲室略図

- 1 陽電子飛跡の現はれる處
- 2 1の空気中に断熱膨脹を起させこれを冷却さすピストン
- 3 放射性構を入れる薄壁のアルミニウム管
- 4 光源
- 5 寫真機
- 6, 7 磁場を作るコイル・Hは磁場の方向を示す

出までの

すと考へなくてはならぬ。 P_{315} をジョリオ夫妻は放射性燐と呼んで居る。

第一圖に示す寫眞は P_{315} より放出される陽電子の通つた跡を、ウイルスン霧函によつて撮つたものである。霧函とはどんなものであるかといふことは省略するが、其原理は陽電子などによつて其通路に作られた空氣の陰陽イオンには、急に冷却される時水蒸氣が凝着するといふ性質を利用したもので、其霧の微滴を強い光で照して陽電子の飛んで行つた跡をちゃんと撮る所である。

第二圖に示す様に霧函は圓筒形で、そのガラスの硝子の天井の中央には薄壁のアルミニウム管を挿入し、これにアルミニウム箔にアルファ線を當てて作った P_{315} を入れる。これから出る陽電子が薄壁を通して飛跡を表す。それを圓筒の軸の上に据付けて後には残らぬ。其瓦斯を集めて見ると放射性を示す。これは放射性燐が燃焼酸によつて燃焼されると放射性は其沈澱の方に行つて後には残らぬ。其瓦斯を一箇全體が圓筒の軸の上に據り得る。例へば今アルミニウムの場合ジョリオ夫妻の行つた方法を述べて見ると、アルファ線により放射能を與へたアルミニウムを鹽酸で溶かせ、これを蒸發乾燥すると放射能は瓦斯と一緒に飛び去つて後には残らぬ。

これは放射性燐が燃焼酸で作つて飛去る爲である。又これにデルコンの鹽類を溶かし磷酸によつて燃焼酸を沈澱させると放射性は其沈澱の方に行つて後には残らぬ。其瓦斯を一箇全體が圓筒の軸の上に據り得る。例へば今アルミニウムの場合ジョリオ夫妻の行つた方法を述べて見ると、アルファ線により放射能を與へたアルミニウムを鹽酸で溶かせ、これを蒸發乾燥すると放射能は瓦斯と一緒に飛び去つて後には残らぬ。

第一圖で見る様に圓形の圓筒の軸の上に據り得る。これにより出来たものは放射性燐である事が知れる。此最後の方法は人工放射能を有つてあるが何であるかを決定するに極めて有力な手段である。即ちそれが何であるかといふ見當をつけ、その正否を確かめる爲に其元素と同族又は同位の元素を加へ、これを沈澱させた際に放射性がこれに着いて行つてふ様であつたら、其見當が正たとすれば、其元素を示すものである。これで其元素が決定せられる人と人工放射性元素を作る時の核反応が判明する。

以上はアルファ線を用ひて人工放射能を輕い元素に與へたものであるが、其後プロトン(陽子)及びデウトン(重い水素の原子核)に大きなエネルギーを與へ、これを輕い原子核にぶつけても、やはり人工放射能を起し得る事が判つた。例へばプロトンを炭素に當てて放射性燐を得たり、デウトンを硼素や炭素に當てて大それべく放射性燐と放射性燐を得たりなどして居る。其半減期は大體十分間の程度のもので、皆陽電子を放出するものである。

人工放射性元素の化學的決定法

是

等の放射能を得た原子の驗出は、其放射能により利用する事により、射能を示す。此の事は、今日は放射される陽電子を出す場合と陰電子を出す場合とがある。即ちそれと並んで、半減期はいつでも二分乃至三分である。

$Mg^{25} + He_3 \rightarrow Al^{28} + H_1$, $N_{13} \rightarrow C_{13} + e^-$

$Mg^{25} + H_2 \rightarrow Si^{28} + e^-$

で表はされる、此時の放射性元素 N_{13} は約十四分の半減期を有つ陽電子放出する場合と陰電子を出す場合とある。

$Mg^{25} + H_2 \rightarrow Si^{28} + e^-$

マグネシウムの時はそれが同位元素の混合である爲、次のように陽電子を射能を示す。

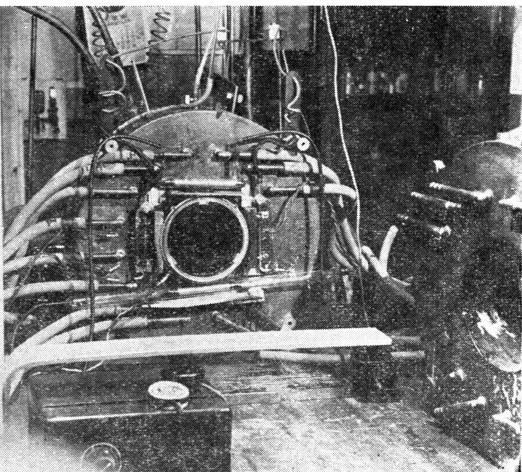
上述べた所ではアルファ粒子、デウトン、プロトンなど電気を帶びた粒子を用ひて原子核に變化を起させ、人工放射能を與へた

中性子による人工放射能

ものである。處が今日の技術では筆帶電粒子の有するエネルギーは約百萬電子ヴォルト（一電子ヴォルトとは一ガラントの電位差により加速された電子の有つエネルギー）の程度を越えさせる事は難しい。其爲に作り得る放射性元素は軽いものに限られて居る。何故かと云ふに重い元素即ち原子番號の高い元素の原子核では、有つて居る電氣量が大であつて、是等帶電粒子に対するクーロンの斥力が大きく、上述のエネルギーでは核に近く事が困難で、従つて其變化を起させる事が不可能となるものである。處が最近見せられた中性子は突然電氣を有たないから、是に作用するクーロンの斥力といふものはなく、従つて元素の輕重の差別なく其核内に飛び込んで行き、これを變化させる事が出来るものである。

イタリーのフェルミはこれを利用して多くの元素に人工放射能を與へることに成功した。即ちラドン管にベリリウムを入れ、これから出て来る中性子を水素からウランに至る迄の約六十の元素にぶつけ、其中四十九ばかりのものに放射能を起させた、此時に放出されるものは一様にベータ線であるが、其半減期は様々である。例へば硫黄の様にそれが十三日といふ長いものがあるかと思ふと、ナトリウムは僅に四十秒に過ぎない。又強度に於ても強弱非常な差異がある。最も興味ある事はウラン（U）から得られた放射性物質は原子番號がウランより高く、93か94又は95であるといふ事が化學的に證明せられた。これで從來自然界に存する最高の原素番號を有するものと考へられたウランよりも高い原素番號の、新しい元素が人工的に作られた譯である。

上述べた人工放射能は更に微に入つて研究せられつゝあるが、ついにしても是は皆陰陽電子即ちベータ放射能である。勿論これが放射能も出来て居るといふ事は疑ひの無い事であつて、是が



第三圖 第一圖の寫眞を撮つた裝置。磁場を作るコイルの一方を取り去つた所。

現在の處未だ發見せられないが、これも何んかの方法で可能となるかも知れない。現にショヨリオ夫婦は燐中に中性子を當てた時に中性子を放射する様な人工放射能を得たと云つて居る。萬事は今後の研究が解決するであろう。アルファ人工放射能はアラウダの廣い土地が残されて居る。只これを拓くには從うらぬ様な方法や技術では駄目である。凡てが大規模の設備を要し、莫大な費用を投じなくてはならぬ様になつた事は、識者の方々の反対であるといふ事は、從うらぬ事に對照して、餘程趣を異にする。

今後十分研究せられるところは、医学上、工業上等の應用に重大な意味を有つものが發見せられるかも知れない。最近の報道によると百七十萬ヴォルトで加速したデウトンをナトリウムに當てて、ラヂウムのガシマ線よりも透過力の大なる物質が得られたといふ。其半減期は約十五時間であるから用途も廣い事と思はれる。

以

結

話