

仁科芳雄著

ローレンス

Ernest Orland Lawrence

科學知識

昭和二十五回
年第一月號

所載

一九三九年ノーベル物理賞受賞者

ローレンス Ernest Orland Lawrence

仁科芳雄



米國加州大學のローレンスが今度サイクロトロンの考案に對しノーベル賞を貰ふことに

工放射性物質の生物理學上の應用に於て、輓近サイクロトロンの活躍が廣しつゝある

大きな貢獻を思ふとき、この授賞は當然のものであらう。

元素の變換

前の歐洲大戰直後即ち今から約二十年前、英國のラザフォードが始めた元素の人工變換をアルフア

粒子を用ひて行つた時から、ラザフォー

ド自身は固より、その方面に携はつてゐたものは、自然に存在するアルファ粒子ではなくて、人工的に加速した帶電粒子を使って元素の變換を行はせようといふ考へを抱くやうになつた。といふのは放射性元素から得られるアルファ粒子は其量に於て限度がある。例へば一グラムのラヂウムから一秒間に出すアルファ粒子の數は 3.7×10^{10} 個である。ところがヘリウム原子核は陽電氣を帶びてゐるから、これを電場に入れると陰極の方に引かれて加速される。そこで電流にして「マイクロ・アンペア」のヘリウム・イオン流を作つたとすると、その時のヘリウム原子核即ちアルファ粒子の數は一秒間に 3×10^{18} 個飛んで來るのである。これはラヂウム百トンの出すアルファ粒子の數に相當するものであつて、到底ラヂウムを用ひては實現不可能の數である。どうしても、人工的の加速を必要とする所以である。ヘリウム・イオンを「マイクロ・アンペア」得るといふことは出來ないことではない。

その上にヘルiumだけでなく陽子（水素原子の核）や重陽子（重水素原子の核）もやはり加速出来るとなれば、これを同様に他の元素の原子核に衝突させて、アルファ粒子では

出来なかつたやうな變換を行はせることが可能であらうと考へられた。たゞ問題となるのはこれ等のものの加速方法である。アルファ粒子のエネルギーから推して考へると、どうしても百萬ボルト程度の電壓によつて加速する必要のあることが解る。ところで百萬ボルトの電壓を發生させることは、その當時非常に困難な仕事であつた。世界で有數の電氣器械や絶縁碍子の製造會社に、百萬ボルト級の變壓器はあつたが、これで得られるのは交流であつて、イオンの加速に必要なのは直流であるから、これを整流しなくてはならぬ。これは又同じ様に絶縁といふことで困難な問題であつた。それで獨逸でブラッシュ及びランゲなどは、獨伊國境の山の中で雷を捕へて實験を始めたものであるが、それは結局物にならなかつた。

百萬ボルトの電壓を發生させると同様に困難なことは、これを用ひてイオンを加速することである。それには百萬ボルトに堪へる高度の眞空と絶縁が必要なのであるから、私はそれ以上の骨の折れる仕事であつた。しかしともかく電氣工學の進歩と眞空技術の發

展とを基礎として、實驗物理學者は努力した結果、一九三二年にはラザフォードの實驗室に於て、コッククロフトとウォルトンとの二人は、遂に人工的に加速した陽子を用ひて元素の變換を行ふことに成功した。そして今日では百萬ボルト級のイオン加速裝置が方々に出来て、元素變換の研究が盛に行はれるやうになつた。

殊にヴァン・ド・グラーフの考案になる靜電發電機を高氣壓のタンクの中に密閉する方法があつて、イオンの走る路に沿つて繰り返しが、米國に於て發達するに及んで、現在ではワシントンのカーネギー磁氣研究所のチュー

ヴの處では五百萬ボルトの加速裝置が出來て働いており、又ウエスチングハウスマの研究所では更に一千萬ボルトの加速裝置の完成するのも遠からぬことであらう。

サイクロトロンの原理

かやうに驚くべき高電壓の加速裝置が段々と發達して來てはゐるが、結局は絶縁の問題でその限度に達するであらう。殊に一千萬ボルトとなると、高さ數十尺のタンクを必要とするから、裝置は龐大なものになつてくる。此方の問題はなくなる。これがローレンスの着想の根柢である。

それではどうしてこれを實施したかといふと、詳細は省くが、要するにイオンの走る路に沿つて高周波電壓を加へて反覆加速を行うのである。最初に作つた裝置ではイオンの走る路が直線的のものであつたが、これは速度が大きくなると裝置の長さが大變なものとなつて實用にならない。

サイクロトロンではイオンの加速を行ふの方法を案出して絶縁の困難を避けた。これがサイクロトロンである。この方法では既に殆ど二千萬ボルトに相當する加速を實現し、今後の限度が何處にあるか未だ不明である。

サイクロトロンではイオンの走る路に、一氣に百萬ボルトとか千萬ボルトとかいふ高電壓を加へるのではなくて、一度の加速は五萬とか十萬或は二十萬ボルトに過ぎないが、これをイオンの走る路に沿つて繰り返して與へるのである。例へば十萬ボルトの加速を二十回行へば、その結果に於ては二百萬ボルトで一度加速したと同じ速度をイオンに與へることが出来るし、百回行へば一千萬ボルトの加速と同じことになる。しかも絶縁は十万ボルトに對するもので済むのであるから、

そこでこの長い走路を比較的小さな空間に収めるために、イオンを磁場の作用によつて圓を描いて走らせることにした。これがサイクロトロンである。その構造の詳細は述べないが、ともかくイオンが加速せられるに従つて走路の半径は増してくる。従つて充分大きなエネルギーを與へるために、マグネットの磁極の半径は大きなものとなり、且つ磁場も相當強いものが必要となる。例へば五百萬ボルトで加速したと同等の速度を重陽子に與へるには、磁場の強さ一萬六千ガウスで

磁極の直經は七十極に近いものを必要とし、マグネットの重さは二十數噸にも達し、装置は相當大きなものになつてくる。これがサイクロトロンの缺點といへば缺點であるが、しかし他の方法に比べると割合に小さくて済むわけである。そして前にも述べた通り未だ何處まで發達するか解らぬといふ現状である。

サイクロトロンの發達

ローレンスがこの巧妙な着想を大膽な實行に移したのは恰度十年前の一九三〇年であつた。この時ローレンスには優秀な部下が三人あつた。それはエドレフセン(Niels Edlefsen)

リヴィングストン(Stanley Livingston)、スローン(David Sloan)である。

サイクロトロンの最初のものは直徑約十極位、今日から見れば全く模型的のもので、エドレフセンと協力して作つて見たのであるが、その性能は前途を保證するものであつた。これに力を得てリヴィングストンと一緒に作った第二のサイクロトロンは直徑十一吋で、これによつて陽子に百萬ボルト餘の加速を與へることが出來て愈々その能力が解つてきたり(一九三二年)。そこでフェデラル電信會社

から、元無線電信のパウルセン電弧發振器を使はれた八十五噸のマグネットを寄贈して貰つてこれに改造を加へ、二十七吋半の直徑をもつ當時としては大きなサイクロトロンをリヴァイングストンと共に完成した(一九三四年)。これによつて陽子に五百萬ボルトまでの加速を與へることが出來て、元素の變換、人工放射能の研究に目覺しい成果を擧げ、物理學界驚異的となつた。

スローンは直接サイクロトロンの設計には携はらなかつたが、加速用の發振器その他の技術に多大の寄與をしたのであつた。これ等の人々が去つた後はクックセイ(Donald Cooksey)が主として設計を擔當することになり前記のサイクロトロンに多くの改良を加へて重陽子に六百萬ボルトの加速を與へ(一九三六年)、更にサイクロトロンの直徑を三十吋に増加して重陽子を八百萬ボルトに加速し(一九三七年)、原子核反應ならびに人工放射性元素を、生物學並に醫學に應用することを始めたのであつた。これに關しては更に後に述べることにする。

二十七吋半のサイクロトロンの偉力が一般に認められるや、米國內は固より世界各地にサイクロトロンの建設が計畫せられた。ローレンスはこれ等の設計及び建設に當つては、國の内外を問はず吾がことのやうに凡ゆる斡旋助力を惜まないのであつた。そして或は設計圖の青寫真を、或は製作上の明細書を希望者に配ち與へて建設の便に供した。これがローレンスを偉大にする一つの素地である。

これ等の計畫は着々として進められ、今日では建設中のものを合せると、世界を通じてサイクロトロンの數は卅個を越えるやうになり、大きいものは重陽子の加速一千萬ボルト

前後のものが諸所に運轉してゐる。我國でも理化學研究所に二個、大阪帝大に一個ある。

歐洲で現在動いて居るのは、コペンハーゲンとケンブリッヂとに過ぎないやうであるから、サイクロトロンでは我國は米國に次いで世界第二位にある。

三十七時のサイクロトロンの設計製作の頃から、ローレンスは約二百馳のマグネットをもつ大サイクロトロンの建設に具體的に着手し始めた。その設計が進んで出來上つたものは直徑六十吋で、重量約二百十馳のマグネットを有つてゐる。この設計ならびに製作は從來の經驗を基礎とし、更に多くの新味を加へたものである。そして計畫を始めてから殆ど二年半に近い歲月を費して、一九三九年六月に完成した。これによつて一千九百万ボルトの加速を重陽子に與へ、又三千二百萬電子ボルトのエネルギーをヘリウム核に與へてゐる。これはラヂウムなどの天然放射性物質から出すアルファ粒子のエネルギーを遙に凌駕するもので、それを蒼鉛、鉛などに當てたところが、アルファ粒子を出す人工放射性物質が得られたといふことである。從來の人工放射能はベータ線とガンマ線に限られてゐたの

であるが、こゝに始めてアルファ放射能が人目的に得られたわけである。

我國にも日本學術振興會の事業として、理

化學研究所に上記のものと同じ大きさの大サイクロトロンが完成に近づいてゐる。このマグネットの購入については、前にも述べた通り

ローレンスは國境を越えて學術の進歩のために出で得る限りの助力を與へて呉れたのであつた。

物理的理學者のペー^テは曩きに理論上から、サイクロトロンにも加速の限度があつて、二千萬ボルトが止りであるといふ結論を導き出したのであつたが、ローレンスの大サイクロトロンでは二千萬ボルトに近い重陽子を數十マイクロ・アンペアを得たのであるから、實驗的にペー^テの理論を否定したことになつた

ローレンスはこの經驗に自信を得て、更に一桁大きなサイクロトロンの建設を企てる。即ち重量三千馳、磁極の直徑十二呪のマグネットを持つもので、これによつて重陽子に一億ボルト級の加速を與へる計畫であるといふ。これが完成すれば宇宙線の二次粒子に等しいエネルギーの粒子を人工的に作ることに

來て、物理學を更に新しい段階に進めるであらう。

ローレンスと生物學並に醫學

嘗て物理學に於て發見せられたX線やラヂウムが、生物學ならびに醫學に劃期的變革を齎したと同様に、中性子及び人工放射性元素の發見は、また新しい道をこの方面に拓くかも知れないといふことは誰しも考へること

であるが、ローレンスは早くからこの點に着目して、醫學者である弟のジョン、ローレンスと共同して、中性子の癌に對する効果を研究し、X線やガンマ線に比べて有利であるといふ結果を發表してゐる。

またローレンスの所では、そのサイクロトロンから出る中性子を小麥の種子に當てたり、廿日鼠に照射したりして、生ずる變種の研究を行つてゐる人もある。その他、中性子の生物學上の研究はローレンスの所で益々盛になつて居る。

嘗て我々の實驗室で行はれた中泉教授、村地學士の、中性子を照射した廿日鼠に對する組織學的研究の報告をローレンスに送つたところが、これは日本に於ける生物學者と原子

面の權威であるが、ローレンスはその實驗に放射性燐を供給してゐる。その他の人々へも同様に種々の放射性元素を送つて、その研究を促進してゐる。今後これ等諸方面の成果は期待すべきものがあるであらう。前述の大サイクロトロンも、その主な目的は生物學上への應用であるといはれてゐる。

人としてのローレンス

核物理學者との協力を劃する最初の仕事であるといつて喜んで呉れたことがある。

放射性元素のこの方面への應用も、ローレンスの所では色々と試みられてゐる。例へば放射性燐を白血病患者に與へて好結果を得てゐる。即ちこれを常用することにより白血球

の增加を抑へ得てゐるといふことである。

また放射性元素を指示劑として用ひて、動植物體内の元素の動きを明にするといふことは、既に多くの人々によつて研究せられてゐることであるが、ローレンスの所でも行はれてゐる。コペンハーゲンのヘヴェシイはこの方

自分はローレンスに會つたことはない。しかし文通により又業績を通して想像すれば、學術に對する燃ゆる熱意と、米國式の大膽な着想と、これを實行に移す能力と、倦まずる努力性との調和的結合の持ち主であらう。これ等の素質のあるものは互に相補的な關係にあるものであつて、これを兼ね備へてゐるといふことは科學者として非常な強味である。これは天分にもよるであらうが修養の然らしむるところも大であらう。その上に廣い心を持つて人を容れ、衷心から人を助けることを楽しむ風のあるのは、前述の通りその人を偉大ならしむる所以である。歳は未だ不惑に達しないといふのであるから、今後の努力は更に大きな實を結ぶことであらう。