

原子力への展望 (承前)

坂本信太郎

一 建設的利用における原子力

科学と技術の密接な結合は十九世紀以降人間を益々深く自然現象それ自身の中へ導き入れ、蒸気力・電力・爆発力等の利用し得る有効なエネルギー源を手に入れることを可能にし、これらの基礎の上に近代文明のけんらんたる舞臺を展開して今ここに二十世紀のなかばを迎えた。この時において求めて飽くことを知らぬ人間精神は、今世紀における科学及技術の最大の成果である原子爆弾を、米・英・佛・加・獨等世界的規模において動員し完成した。

しかしその強大なる破壊力に接し人類は再び一八六七年スウェーデンのノーベル (Alfred Nobel 1833~96) がダイナマイトを發明した時に抱いたのと同じ恐怖を覚えたのであつたが、「Oの隣」が一九四五年七月一六日ニューヨークのアラモゴルドの静けさを破つてより數年にして早くも破壊力としてではなく、建設的な新しい動力源として原子力を征服する希望を見出すことが出來た。即ち原子力發電及原子力エンヂン等の輝かしい可能性を確立し、漸次その實現を見るものが出來るに至つた。

一九五一年十二月八日米國原子力委員會のゴードン・ティン委員長は、ニューヨーク市立大學に於ける講演に於て、原子力の建設的應用の研究に就て言及し、席上一九五二年六月までには最初の本格的な原子力發電所が完成し、發電を開始する豫定であることを發表した。そして事實はそれより早く一九五一年十二月二九日アメリカのアイダホ州

アーロ (Arco) 原子力試験場で五〇〇萬ドルの費用を投じ、出力一〇〇キロワットの世界最初の原子力発電に成功したのであつた。

亦一九五一年二月には原子力飛行機の理論的可能性が確立したと發表され、同年九月にはその骨組がコンソリデーテッド・ヴァルティール航空機会社に、その動力装置がジェネラル・エレクトリック会社に契約されたということが傳へられており、一九五五年には人類はその雄姿を仰ぐことが出来るであろうと考えられている。^(註) 續いて本年六月ニュースはトルーマン米大統領が原子力エンヂンによる潜水艇の完成を世界に告げたことを報じた。

このように原子力を新しいエネルギー源として利用しようとする努力が続けられている一方、その核分裂の際の副産物である放射性元素 (Radio Isotope、略して R. I.) のもつ多様な放射能の利用は既にいち早く科學・技術の研究の強力な手段として種々考案され用いられてきた。放射性を利用した天秤は百萬分の一グラムという微量をも充分検査し得るし、放射性測微尺は百萬分の一インチの誤差の中で測定可能である。ホトレーサー (Tracer) 即ち追跡元素として、生物體における新陳代謝の經過の研究や人間の病氣の診斷の研究、化合物の構造の研究等の種々なる經過を追跡し、科學及技術を全く困惑させて居りそれに對してどんな他の方法でも満足な解決が見出されていなかつたこれらの多くの問題を解決するのに頗る有効で、研究を便ならしめている。つまり人間はこれによつて新しい科學の眼を手に入れたといえるのである。

R. I. の工業への應用は、工程管理及質を改良し、勞働や材料を節約することによつて價格を低下させ亦これらの工業に特有の有毒物等の健康障害から人間を守る警戒機構 (Guard) に利用しても、効果的な仕事をなしうる。更にはいまだに、死の猛威を縦横によるいつつある癌腫瘍系の病に對しても、吾々に大いなる希望を抱かせてくれている状態である。

この様なこれらのあらゆる發展と共に實行されなければならない問題は、原子反應器 (Reactor) 及び R・I からの有害な輻射から人間を護ることである。この危険な輻射の眼に見えない性質、輻射の存在を検出しうる感覺を吾々が持たないことは大なる障害である。このため Reactor には周圍に重い遮蔽を必要とし、R・I の取扱には特にこれについて教育され指導を受けた人に限らねばならない。

更に研究者及工場作業員は、健康調節としての定期的血液計算とか、醫學的検査、さらに輻射の累積的效果を最少にするために必要な従事者の輪番制交代などにより肉體的に充分保護される必要がある。亦一般市民は放射性の塵埃、放射性ガス及び装置からの放射能をもつた廢物で空氣や水等がよごされないよう護られねばならないのは勿論のこと、同時に心理的にも充分保護されていることを確信させなければならぬのはいうまでもない。さもなければ、輻射の害についての無根據な誇大視がヒステリックな妄想の種となり、原子力の工業化の發展を妨げるであろう。新たな問題として産業衛生を見直すことも原子力の工業化を一層活潑にするために必要なことである。

(註) 一九五二・七・二九米原子力委員会はアイダホ州に原子力航空機實驗工場を三千三百萬ドルの費用で建設する旨を發表した

二 動力源としての原子力の利用

原子力を動力源として利用するには

- (1) 直接的利用による方法
 - (2) 間接的利用による方法
- の二つの方法がある。

利用法としては(1)の方法は最も望ましい型であるが、現在なお研究中のものであり、米國原子力委員会においても目

下原子力を直接電気力にかえる方法を研究テーマとしてとりあげていふことを發表してゐる。(6)
 普通に考えられているのは(2)の方法で、これは原子エネルギーを Reactor の中で一たん熱の形にかえて、この熱を有効且つ経済的にとり出して熱機関に導きこれを原動力として用いる方法である。

Reactor の最初の目的はプルトニウムをつくることであつて、熱を得ることではなかつたので爐は乾燥空氣或は水の冷却管により常に比較的低温度に保たれるようにつくられていたが、動力をうるためには、高温で操作するように設計しなければならぬわけである。

本爐の設計も、その爐の主要な目的・使用する減速劑 (Moderator) の種類及び原子燃料として天然ウラニウムを用いるか、又は U^{235} を濃縮したウラニウムか、 Pu^{239} や U^{233} (1) のような特別のものをを使うか、により非常に違つてくる。

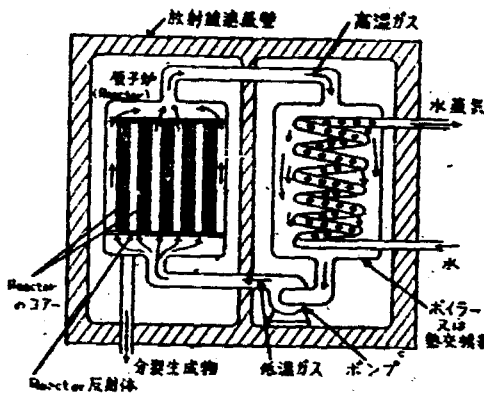


図 1

圖 1 は標準的な動力設備の原理圖である。Reactor は澤山の平行に配置された Moderator から成り、原子燃料はその蕊 (Core) に挿入され、この爐は更に反射體で囲まれている。この反射體のために Co_0 から反射體の中に洩れて来た中性子は反射體の原子に衝突して方向を換え、再び Co_0 の中に入つて来る。このために核分裂をおこしやすい物質が自然發生的に連鎖反應をおこすのに必要である最小量即ち臨界質量 (Critical Mass) を小さくすることが出来る。但この部分で天然のウラニウム原子核等が連鎖反應を起して莫大な熱エネルギーを發生するが(2)この部分はヘリウムとか炭酸ガス、亞硫酸ガスのような、おそい中性子を吸収する能力の小さいガス、或は壓力をかけた水、又は熔融鉛・ナトリウム・カリウム合金

等の金属液體等を循環させて取り去り、ボイラー又は熱交換器を通して蛇管内の作業流體 (Working fluid) につたえられる。作業流體としては、動力輪 (Power cycle) が蒸気タービン装置であれば水が、氣體タービン車の場合には空氣又は氣體が用いられ、その他別な型の場合にはそれに適した他の流體が用いられる。

處でこのように熱交換器を使用せずに直接 Reactor の中に作業流體を循環させるならば、熱の交換能率は良くなるが、この場合放射性汚染が大問題となる。即ちどんな適當な作業流體を選んでも、全然それが放射性を帯びないということは不可能で、このため動力輪は勿論全装置が汚染を受けて放射性を帯び甚だ危険となり、この危険を防ぐため全動力装置を遮蔽しなければならなくなる。このため装置は重量を増し、凡ての操作は不便となり、經濟的にも不利となるのを免れない。

一般に熱機關が有効に働くためには熱源が高温でなければならぬ、このため初めに記した様に Reactor 自身がより高温であることを必要とするわけである。従つて Reactor 及び動力輪全體の材料について考えると第一に耐熱性が問題となる。又第二の問題としては中性子の吸収である。多くの元素が中性子の吸収體であるので、耐熱性物質をつくるための元素の種類は全く嚴重な制約をうける。例えば耐熱性物質として好んで爐の建設に用いられる煉瓦もその素材である礮物性陶土 (粘土) が不純物を含んでいたので用いられなくなる。これに代つてその純粹性が容易に統御出来更にその組成が中性子を吸収する元素を含んでない特殊な酸化物等を用いねばならなくなり、この結果は鑛業家が器物の形をこねて造るといふ仕事に大なる困難を生ぜしめ、ここに新なる問題が提供されてくる。又第三には、中性子の衝突による材料物質の構造の變化である。この高エネルギー粒子に叩かれると、物質の原子が結晶格子から移動してしまい、材料の物理的性質の變化が生じることである。例えば炭素の熱傳導度・電氣抵抗・彈性などは、何れも變化することが知られている。

このように新しい多くの困難が、單に建設材料の面のみに於てさえおこつてきている。

水原子燃料のウラニウム自身についても

(1) ウラニウム金属は高度に化学的に活潑で、空氣により容易に酸化され、水で腐蝕される。

(2) 放射能の強い核分裂の生成物が作業流體を逃げるのを防がねばならない。

という問題がある。これを解決する方法としてはスマイス報告⁽⁴⁾にもあるように、ウラニウムを罐詰にすることである。即ち燃料の包装 (Fuel Canning) という極めてむづかしい問題である。最初のプルトニウム製造用の高温でない Reactor では、ウラニウムの塊はアルミニウムで包装されていた。しかしこの現象は温度の昇るほど激しくなるものであり、高温の要求される動力用 Reactor においては他の適當な金属がさがされなければならないが、これには原子番号40のジルコニウム⁽⁵⁾が見出されている。

更に考えねばならないことは動力用 Reactor の構造は、燃料通路の確實なまた恒久的な配置に備えたものでなければならぬし、分裂可能物質や燃料を選択して容易に入れたり除去したり出来る機構でなければならぬ。これらの取扱いは重々しい遮蔽物を通じて行われ、しかも操作する機械が局部的にも遮蔽の効果を中断することのないよう完全に行われる必要がある。亦すべての装置は酸や其他の溶媒で容易に完全にきれいにする事が出来てたびたびの検査や操作に便ならしめねばならないし、これらの操作はすべて完全に自動的に、遠隔で安全に出来るよう電氣的、機械的設計をしなければならない。

このように原子動力装置の建設は總ての科學及技術を綜合し驅使してはじめて可能であり、そしてこれに要する經費は可成り莫大となる。そして主としてこの後者の理由により原子動力は、終極的には工業に於て大きな役割を占めるだろうということは疑いないことであるが、現在既に充分確立している他の動力源との競争において、その優劣如

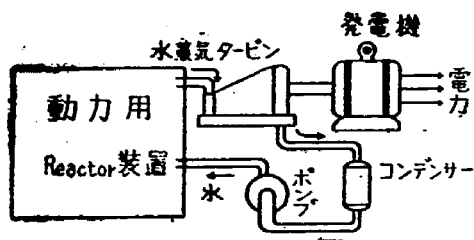


図 2

何となると、これはむづかしい問題である。現在のところ何時頃或はどんな条件の下で原子動力が勝利を得るかを確
 實に豫言するにはまだ時機が早いようである。アメリカにおいては原子動力の利用による原價の切下げは僅かである
 が、経済構造に重大な變化が起るであらうと *Cortles Commission* は結論している。しかし燃料の供給地から遠く
 はなれた地點にある動力装置や、積載物の重量が大して問題にならない船舶の機関としての應用には競争出来る見込
 が得られている。

原子動力の最初の實現として原子力発電が完成されたが、その原理は原子動力装置の熱交換器から高温度の水蒸氣
 となつて出てくる作業流體を蒸氣タービンに導き、これに直結する発電機を高速回転
 して、從來の火力発電と同じ操作にて電力を得るのである。

米國の學者が左表の如き數値を擧げて、火力発電施設と原子力発電施設とを比較對
 照して示した。これに基いて今各發電所の施設の平均負荷率を五〇%として一キロワ
 ット時の原價を求めてみると、

火力発電	$33.4 \times 10^4 (\$)$	$= 7.6 \times 10^{-3} \$/\text{k.w. h.}$
$4.38 \times 10^4 (\text{h}) \times 10^4 (\text{k.w.})$		
原子力発電	$12.2 \times 10^4 (\$)$	$= 7.6 \text{ mil}/\text{k.w. h.}$
$4.38 \times 10^4 (\text{h}) \times 5 \times 10^4 (\text{k.w.})$		
		$= 5.6 \times 10^{-3} \$/\text{k.w. h.}$
		$= 5.6 \text{ mil}/\text{k.w. h.}$
		$(365 \times 24 \times 0.5 = 4.38 \times 10^4 \text{時, mil} = \$/1000)$

	火力発電 (1939年)	原子発電 (1947年)
容量(キロワット)	10,000	500,000
敷地面積(エーカー)	10.0	(10,000)
気室(立方呎)	1,500,000	2,000,000
タービン室(立方呎)	900,000	3,500,000
スイッチ室(立方呎)	500,000	2,000,000
熱効率(%)	35	40
操作人員	60	200
建設費(ドル)		
敷地、基礎工事物	600,000	2,000,000
建屋	3,000,000	8,500,000
原子爐及附属物	—	(24,000,000)
原料運搬施設及貯蔵所	2,000,000	200,000
復水装置	250,000	1,500,000
除灰装置(除分裂物質装置)	100,000	1,000,000
気室	1,500,000	7,500,000
排気設備	200,000	—
給水装置	400,000	2,000,000
配管その他	500,000	2,500,000
復熱装置	250,000	1,000,000
タービン発電機及び補助機	2,400,000	10,000,000
スイッチギヤその他	2,000,000	8,500,000
合計	13,200,000	68,700,000
運轉費(ドル)		
原料費	1,000,000*	100,000*
俵給	240,000	800,000
補修費	120,000	1,000,000
固定資産税	1,980,000	10,300,000
(建設費総額の15%)		
年間合計	3,340,000	12,200,000

※(石炭1トン6ドル, 天然ウラニウム, 1ポンド
(0.5kg) 10ドルで計算)

また建設費は一キロワット當り火力において一三二ドル(四萬七千圓)原子力において一三七ドル(四萬九千圓)・これは經本統計によると昭和廿三年における實績平均値火力發電所建設費一キロワット當り四萬三千圓に近い値である。亦我國の發電能力は昭和廿五年の統計によると火力で三九八萬キロワットである。従つて表にあげられた原子力発電施設が八個あれば日本の火力發電に代りうるわけであり、これに要する天然ウラニウムも四〇〇トン年間に補給すれば足りるわけであるが、我國においてはウラニウム資源はきわめて貧困で、Reactorの運轉には原料を殆ど全部輸入しなければならぬことは大きな弱點である。しかし水力發電においても既にエネルギー資源の限界に突當つてゐる我國にとつて歓迎すべき動力源であるといえる。

原子力の出現はその偉大さにおいて動力に大きな影響を与えはしたが、いまだ眞の動力革命までは至っていない。それは原子力の直接的利用が完成するまで待たねばならない。(6)

(1) トリウム²³²Thが一個の中性子を吸収して二段の核變化を経て生ずるもので原子燃料として適する。

(2) 早稻田商學第九四號八九頁、一↓六行參照

臨界質量をもつU²³⁵或はPu²³⁹を子つに分離しておくこと各々は連鎖反應を起さないでいるが、今これを外部から急激によつて一つの塊にすると、ここに連鎖反應が起り原子爆發を起す、これが原子爆發の機構である。

(3) 早稻田商學九四號九百八行目參照

エネルギーの原理により、熱はエネルギーの一態である。しかも力學的エネルギーの變化をWエルグ、これに對應する熱の發生消滅をQカロリーとすると $W = JQ$ $J = 4.18 \times 10^7 \text{ kcal/kilowatt}$ の關係がある。

(4) H. D. SMYTH「原子爆發の完成」岩波書店
杉本・田島・川崎譯

(5) ジルコニウム⁹¹Zr比重、六・五二、融解點攝氏一八五七度の中性子の吸收が小なる金屬

(6) 最近RCA社の物理研究員E・G・ランダー博士が、放射性格體から電氣エネルギーを發生する方法と手段、という特許を得たと傳えられる。これは原子エネルギーから直接に電氣エネルギーを發生する方法である。

三 原子力航空機

近年航空機はスピードと航続距離の増大に益々窮を感いあつてゐる状態である。このためエンジンはプロペラエンジンからジェットエンジンに移りつつあり、機體は愈々大となつてゐる。

しかし化學的燃料即ちガソリンを用いた航空機にあつては、これらの性能の間に或る一定の關係があつて、共に無

關係に増大させることは出来ない。

ある一定のスピードにおいて、航続距離のより大きな飛行機を設計しようとしても、これに必要な燃料が距離と共に増すので、全体の重量は急激に増加する。これは目的とする飛行機の製作を不可能にする。亦ある一定の航続距離に對しては、スピードが増すにつれて重量が増し、單位推力當りの重量と速さの關係から見るとプロペラエンジンではスピードが毎時一〇〇〇キロメートルを超すと、重量の制限から、燃料は一切積込めなくなり、これ以上のスピードは不可能であることが分る。更に重要なことは速さが増すにつれて、達しうる最大の航続距離が減少することである。

これらの難點の大なる原因は、その重量しかもそれが燃料の重量にあることは明らかで、吾々は、そのために他の燃料を求める必要に迫られているわけである。

これに對してガソリンの一七〇萬倍の熱量を持つ U^{235} 等の原子力エネルギーを用いるならば、その量は少なくて済み更にこの燃料はその消費が無視出来るほど小さく、従つて重量が常に一定して供給されるので、航続距離は速度に無關係となり理論上無限に近い航続距離を持つた超音速航空機を飛ばす望みを吾々は期待出来るわけである。

航空機用原子動力装置も前に述べた動力装置と原理的には、差はないが出来るだけ輕量でなければならぬという條件によりそのタイプは制限されてくる。

先づ考えられるのは閉塞タービン (Closed Cycle turbine) 装置のエンジンを用いるもので、タービンの軸の廻轉を齒車で落してプロペラを廻す装置である。(圖3) これはエンジンとしては原子力發電における装置と同様のタイプで、同様の缺點と考えるべき問題を含んでいる。亦航空機用動力としては可成大なる重量を持ち、しかもプロペラを用いているので非常な速度は期待出来ないが、しかし航続距離については満足出来るだろう。いづれにせよこのタ

Closed cycle turbine Engine

図 3

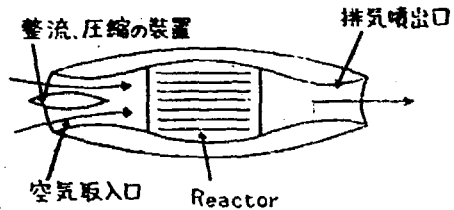
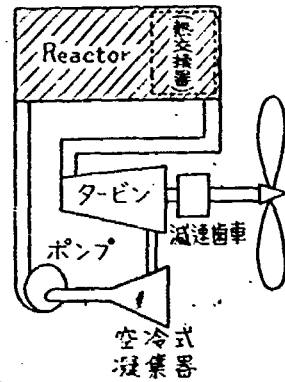


図 4 原子力 Ram-jet Engine

させて推進力を與え高速度を得るのであり、原子力ジェットではこの燃焼器の代りに Reactor を置いて空気を熱しさせるのである。

これは最も簡単に遮蔽も餘り要らず重量も小さくてすみ、しかも高速度が得られるが、原理から分るように空気を壓縮するのに、飛行機自身の動圧を用いており、しかも 800 km/h 位の速さで走っていることが必要で、このため始動するに他の補助動力が必要である點並に必要な空気の温度が極めて高い必要があり Reactor や燃焼室内部の壓力降下に極めて敏感であること更に放射性汚染をエンジン自身が受けると同時に通過した空気をイオン化し、面白い影響を周囲に迄およびず點は大きな缺點である。

これらの缺點のうち、初めの二點を除いたのが turbo-jet である、取入口からの空気が壓縮機で壓縮され Reactor

イプのエンジンは他の應用におけるようには、ここでは實用的とは思はれない。實用的と思はれるものにジェット(Jet)エンジンの應用がある。これにはラム・ジェット (ram-jet) とターボジェット (turbo-jet) の二種がある。普通の ram-jet は空気を擴散器 (diffuser) に吸込み、飛行機の進む速さで壓縮し、壓縮されたこの空気に燃料を加えて燃焼させて高温度に熱し排気噴出口に膨脹噴出

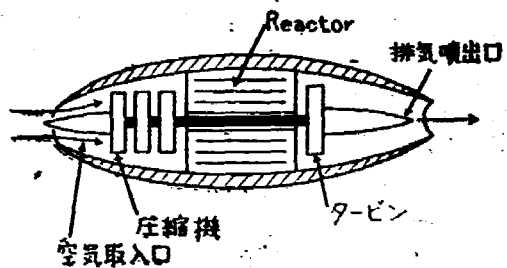


図5 原子力 Turbo-jet Engine

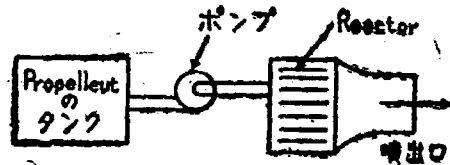


図6 原子力 Rocket

ける、この時の反動でロケットは動かされる。この場合にはプロペラエンジン・Ram 及び Turbo-jet の場合と異り外氣の存在は不要で、地球の大氣圏外でも動作出来るので、宇宙旅行の際の唯一の機関となるであろう。

このタイプに於ては Reactor からエネルギーは無制限に供給されるが、しかし Propellant には制限があるのでその持久力は限られてしまう不利があるが、それを超して尙 Reactor からの高温度は毎秒用いられる燃料から得られる最大の衝動推進力において従来の燃料よりも有利なのである。

以上の原子力航空機において共通の大きな特徴は、その重さが常に一定という点であるが、これは離陸着陸時の重量が同じであることを意味し、このことは機體設計技術において、難しい問題を提供している。つまり安全着陸とそ

を通じて熱され、タービンを抜けて膨張し、この際壓縮機を動かすに必要な動力をタービンに與えて噴出口から噴出して推力を生ずるのである。この場合においても Ram-jet におけると同様に第三番目の缺點は除けないが、このタイプのエンジンが原子力の航空機の應用に最も有力であると考へられている。最初に實現するかも知れない原子力航空機は恐らくこのタイプであらうと思われる。

最後に考へられるタイプはロケットである。液體水素等の推進物 (Propellant) がタンクからポンプで Reactor に

である。尙亦従来のエンジンと違ひ、Reactor においては瞬間的な調節が不可能で、このために何か補助手段が必要であるといつたような問題である。

いづれにせよ、原子力航空機が完成された時には、廿世紀の人類の歴史に更に輝かしい偉業の一駒を點することになるであらう。

四 放射能の工業的應用

Reactor からの副産物として R・I が大量に生産された結果、従前からのラジウムの用途に代り、その利用は今や非常に多くの工業にとつて技術的にも経済的にも有力なものとなつた。R・I から發した放射線には、X線と同様に大氣を十・一の電氣をもつ粒子即ちイオンに分離する電離作用・硫化亞鉛等の螢光物質に當ると螢光を發する螢光作用更に寫眞乾板えの感光作用及び α ・ β ・ γ 線各々能力に違ひはあるが物質を透過する性質がある。これらの各性質の利用法によつて工業えの應用もそれぞれのグループに分けることが出来る。

(1) 放射の電離能の利用による應用

R・I からの α ・ β ・ γ 線のうち最も電離度の高いものは α 線で、一ケの α 粒子が空氣中を 1cm 走る間に五萬個のイオン對をつくる。(しかし透過性は最も短かく紙一枚程度で吸収され停められてしまう。)

故に α 粒子源の近くの空氣は (この電離効果は粒子の飛程内に制限される。長いものでも 7cm 位) 電氣的絶縁性を失い傳導體となり、近くにある物體に靜電氣がたまることを防ぐ。

この放射靜電氣エリミネーターは放電管中の有害な火花電壓を低くしたり、空間電荷を消すことが出来るし、本ガンリオン貯藏所、火藥貯藏所其他容易に爆發燃燒する商品の貯藏所等に對しても災害豫防に大變有用である。

そしてこれは、商品に有害な温度の影響を與えないこと、高電圧がいらぬ、スパークが飛ばぬことの利點がある。

更にこの性質は、従来の電氣抵抗器のような偏極や温度による缺陷の全くない理想的な放射性レジスターとして利用され、このレジスターは電源から僅かな電流しか取り得ないような場合の高電圧の測定に特に有効な放射性靜電電壓計を作ることが出来る。

電子の流れである β 線は、電荷を運ぶので、真空管の加熱陰極の代りとして β 線を發するR・Iが役立つ。しかも電子放射の不變性とエネルギーの均等という利益がある。更に亦、これらの輻射線を螢光化合物に當てることによつて電池・電源のいらぬ様々の色の光源が得られるようになるだろう。

(2) 透過性を利用した應用

R₂B
R₂C
R₂Cからの β 線は薄膜の均質性や厚さをその生産中に精密に試験出来る。 β 線より透過性の強い線 γ を用いると、金屬工業において、厚い鐵鑄物の巢の存在や鋼鐵板熔接部組織等の缺陷の検査に有力である。

α 線は吸收されやすいため物質の厚さを調べることは不可能であるが、この性質を逆用して、空間に極微量の固體でも存在するかしないかをその空間におけるはじめと終りの α 線の強度を測定することにより検出することも出来るし、この原理を用いて不規則な面積を測定する装置も出来る。

亦 β 線の物質による吸收係数は α 線に比して高いので、物質の密度のかすかな變化をも容易に識別しうる。

(3) 運動や偏位を放射性物質と結びつけて検出する方法

R・Iを一つの系の運動している部分に結びつけ、これの位置變化による電離電流或は光効果の變化を、増幅装置に導いて、充分に大きな精度・感度で偏位や運動を検出することが出来る。これの應用として放射性電流計・放射性振り

計、放射性秤・放射性マイクロメーターがある。

(4) 追跡法 (Tracer)

今 R・I の一つである放射性過磷酸塩を土壤に施しクローバーを成長させて、これを牛に食べさせ、この乳で懐を育てることが出来るが、この場合放射性懐はこの元素固有の半減期で崩壊してゆく時輻射を發する。そしてこの放射能はこれが作物を通つて土壤の中又は動物の中の何處にあろうと、ガイガー計數管或は寫眞フィルムを用いることにより檢出し追跡することが出来る。これによつて放射性の目印をつけた元素の分布状態や新陳代謝を研究出来る。或は亦一定の期間この食物を與えてから懐の骨の全體の懐と放射性懐とを分析し懐の骨のうち過磷酸塩から來た懐の量を求めることが出来、肥料や飼料の有効な計畫を樹てるのに便ならしめ得る。

この一般的な方法は「トレーサー技術」といわれ多くの研究分野で廣く用いられている。R・I を生物學の研究に「Tracer」として初めて用いた「Robert」は重水を用いて水の「新陳代謝」に関する基本的研究を行い、人體内で水の分子がついやす平均時間は十四日であることを發見している。

亦醫藥方面においても錠劑やカプセルが動物體内の何處で何時破れるかを正確に定めたり、様々なカプセルの相対的效果を決定するのに重要な役を演じている。更にはどんな型の調劑の場合に醫藥は一番よく吸收され利用されるかも正確に決定し得る。

「Tracer」の化學工業への應用も頗る有効である。例えばレーヨン工業において脱硫槽を出てくる糸の脱硫状態を連續的に、自動的に檢査しコントロールするのに放射性硫黄を用いて行うことが出来る。亦この硫黄が、工程の途中で

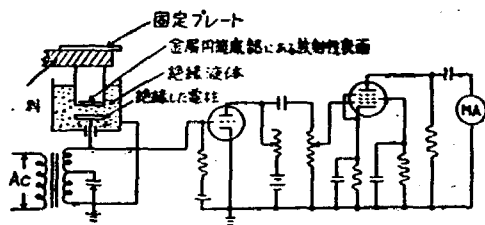


図7 放射性マイクロメーター

加えられる硫酸ナトリウムから来るのであるか或は二硫化炭素から来るのか、この機構をも放射性硫酸を「Tracer」とすることにより決定し得る。

冶金研究の面においても鐵の自己擴散・鐵のさびの機構、金屬と鐵滓間における硫酸の遷移係數・カルシウム遷元恒數を求め問題に用いられている。

このように「Tracer」技術は今やあらゆる方面に用いられ始めたが、この方法には

(一) 追跡される物質の運動は適當な檢出方法により容易に跡をつけられる。

(二) 追跡される物質は極めて少量で足りる。

(三) R・Iの存在及含有量の決定にその器管や組織や器物を切つたりこわしたり、或は生きた物を殺したりする必要がない。

(四) 放射能による元素の檢出は、從來の化學的物理的檢出法に比して百萬倍も敏感である。(しばしば 10^{-18} 或は 10^{-20} グラムの物質が容易に檢出される)

などの利點がある。

(五) 其の他の應用

ハーヴァード大學醫學部のW・スウィート博士は癌素のR・Iの B^{10} を血管に注射した際これが腫の腫瘍に正常部分に比して3倍も集中することを發見し、更に「Reactor」から中性子をこれに當てて B^{10} を爆發させ、腫瘍を潰滅させても、正常部には何の害も及ぼさないであろうと考え、58例の患者にこの治療を加えたと傳えられている。尙博士はまだこの方法が有効であると斷定するわけにはゆかないが有望であると述べたと傳えられている。このように病氣の治療への應用に現在腫瘍や癌に對して研究されており、將來は輝かしい希望をもちうるであろうが、いまだ決定

的な勝利は得られていない。

亦應用の一つとして考古學的試料の年代測定に當つて、從來のように間接的なものでなく、絶對時間を測定するの
にR・Iが用いらればじめた。

大氣中には僅かであるが半減期五六〇〇年の放射性炭素 C^{14} が含まれており、酸素と化合して炭酸ガスとなつてい
地上の植物は大氣中から炭酸ガスを取つて同化作用をしているので植物體內にある炭素も空氣中の炭素と同様の割合
で C^{14} を含み僅か放射性を示しているわけである。植物が枯れるとかして同化作用が止むと C^{14} の補給もとまり固有
の半減期で減衰して行くわけであるから、考古學的資料の炭素中の C^{14} の量と今日生きている植物體內の C^{14} の量を
比較して何年前に枯死したかを測定出来るのである。しかし現在 10 ~ 20% の誤差をもつており、改良の餘地が残さ
れている。

(註) Geiger-Müller Counter ガイガー・ミュラー計數管。金屬性の圓筒の中心に細い針金を張り、内部に適當な氣體を詰め、圓
筒と針金の間に約一〇〇〇ヴォルトの電壓をかけてある。放射線が管を透過すると放電が誘發されるので放射線の存在を検出
出来るわけである。亦これが一定時間に何回起るかにより放射線の強度を測ることが出来る。

五 結 言

今世紀原子力を手に入れてから吾々人類はいささかヒステリックな状態に落ち入つてい
るかのようである。現在の
世界政治が二つに分かれているその溝の深さに呼應して建設が破壊か、繁榮か滅亡か、この兩者の深い谷間で原子力
の大きな重さに押されながらもがいてるように見える。

しかしこの状態は、原子力に責任があり原因があるのではない。吾々人類自身にあるのである。或る人は、原子力

をこの世の中にもたらしたということで科学者を技術者を責める。そして再び中世期におけるような精神的世界に戻れという。

吾々の人類文明は常に進歩しなければならぬし亦進歩させねばならない。そこにはあの時のようないささかの遅滞も許さるべきでない。しかしながら人類は現在まで餘りにも幼児でありすぎた、發育不全でありすぎた、がむしやらに唯物物のみ慾しすぎたとは言えることのようにだ。オーストリアのハンス・ティリング (Hans Thirring) 博士の言うごとく、科學的進歩はすでに廿一世紀にあるのに倫理的進歩のほうはまだ十二世紀の状態にあるのであろう。

長い間の宿命である「物質と精神」との調和が今こそ切に要求されるときである。吾々は一層常識から教知えの長い階段を、大なる努力と勇氣をもつて上り、「十分に發達した人間」になるよう努めなければならない。

そして人類が自からの力で得た寶である原子力を充分に育て、後世の人類をして益々その光に浴せしめることを願いたいものである。