原子核ト放射線

仁科芳雄
〔理化學研究所〕

日本レントゲン學會雜誌第十三卷第五號別刷
(昭和十一年一月二十五日發行)

原子核ト放射線

理化學研究所
仁科芳雄

Atomkern und Strahlen.

von Prof. Dr. phil. Y. Nishina.
Aus der Institut für physikalische und chemische Forschung, Tokio.

(本論文ハ第13回日本レントゲン學會總會ニ於ケル特別講演ノ速記錄ヲ著者自身訂正サレタルモノナリ)。

緒言

今日皆樣ノ前デ御話申上ゲルト云フコトハ私ノ非常ニ光榮ト存ズル所デゴザイマス．一體吾々ノヤツテ居リマスコトハ生命ヲ有ツテ居ナイ所謂無生物ヲ相手ニシテ居ルノデゴザイマシテ．是ガ皆樣ニ御興味ガアルカドウカト云フコトハ疑問デゴザイマス。併シ吾々ノ目指ス所ハ自然現象ノ基礎ヲ明ニスルト云フコトニアル譯デアリマス．隨テ自然現象ノ一ツデアル生命現象モ恐ラク幾分カ吾々ノヤツテ居ルコトニ觸レル所ガアルデアラウト存ズルノデアリマス。ソレカラモウ一ツハ．皆樣ノヤツテオイデニナルコトニ對シテ吾々ハ殆ド知識ガゴザイマセヌカラ．此處ヘ參リマシテ御話スルト云フ機會ヲ得マシテ．皆樣ノヤツテオイデニナルコトカラ色々教ヘテ戴クト云フコト．斯ウ云フ二樣ノ意味ヨリ致シマシテ．中泉サンカラ講演ヲ御依賴ガアツタ時．快ヨク承諾致シタ譯デアリマス。

今日ハ此處ニ書イテアリマスヤウニ「原子核ト放射線」ト云フ題目ノ下ニ御話申上ゲマス。

原子構造

先ヅ自然界ニ存在致シマスル總テノ物質ヲ小サク分ケテ行キマスト．窮極ノ單位トシテ原子ト云フモノガアルト云フコトハ從來考ヘラレテ居ツタ所デアリマス。併シ其ノ疑フベカラザル事實デアルト云フコトガ實證サレタノハ．最近ノ物理學ノ發展ニ依ツタノデゴザイマス．今日デハ此ノ原子ヲ一ツ一ツ數ヘ．若クハ其ノ通ツタ跡ヲ觀ルト云フコトガ可能ニナリマシテ．最早原子ノ實在ト云フモノハ疑フベカラザル事實トナツタノデゴザイマス。

ソレデハ此ノ原子トハドウ云フ構造ヲ有ツテ居ルカト云フコトガ．直グ問題トナツテ來ル譯デアリマス。前世紀ノ終リ頃カラ澤山ノ物理學者．化學者ノ努力ニ依リマシテ．此問題モ色々ト攻究セラレ．今日デハ其ノ構造モ殆ド明ニナツテ參リマシタ。其大略ヲ述ベマスト．各元素ノ

原子ノ中心ニハ原子核ガアリマシテ．其ノ周圍ヲ澤山ノ電子ガ取卷イテ居リマス。澤山ト申シマスガ．ソレハ元素ニ依ツテ色々變リマス。最モ少イノハ水素ノ原子デ．是ハ核ノ周圍ニ唯1個ノ電子ガアリマス．最モ多イノハ．今日知ラレテ居ル所デハ「ウラン」デアリマシテ．是ハ92個アリマス。此ノ原子ノ有ツテ居ル電子ノ數ヲ其元素ノ原子番號ト呼ンデ居リマス。是ハ水素カラ原子量ノ多イモノヲ順次ニ竝ベマスト．大體ニ於テ(中ニハ例外モアリマスガ)其ノ番號ト一致シテ居リマス。ソレヲヨクZト云フ字デ現シマス。今電子ノ有ツテ居ル電氣ノ量ヲ $-e$ ト致シマスト．Zト云フ原子番號ヲ有ツテ居ル元素ノ原子ハ．原子核ノ周圍ニ $-Ze$ ダケノ電氣量ヲ持ツテ居ル譯デアリマス。ソシテ原子核ハ此ノ全體ノ電子ノ有ツテ居ル電氣ト．逆ノ符號ノ電氣量 Ze ヲ有ツテ居ルノデアリマシテ．原子全體トシテハ電氣的ニハ中性ニナツテ居ルノデアリマス。

第 1 表

電子ノ電氣量	$e=4.8\times10^{-10}$	靜電單位
電子ノ質量	$m=9\times10^{-28}$	「グラム」
陽子ノ質量	$M=1.66\times10^{-24}$	「グラム」

次ニ原子ノ質量ハドウ云フ風ニ分配サレテ居ルカト申シマスト．電子ノ質量ハ核ノ質量ニ較ベテ非常ニ小サイモノデアリマシテ．核ノ中デ最モ輕イ水素ノ原子核ニ較ベマシテモ．一ツノ電子ノ有ツテ居ル質量ハ約2000分ノ1ニ過ギナイノデアリマスカラ．隨テ原子全體ノ質量ハ原子核ニ集中サレテ居ルト見テ宜イ譯デアリマス。今電子ノ有ツテ居ル電氣量ト質量トノ數値ヲ示スト．第1表ノ通リデアリマス。又水素原子核ノ質量ヲモ揭ゲテ置キマシタ。コレハ色々ノ原子核ノ中デ特ニ基礎的ナ存在デアリマシテ．コレヲ「プロトン」(proton)．譯シテ陽子ト云ツテ居リマス。陽子ノ電氣量ハ電子ト同ジデ只其符號ガ逆デアリマス。

原子核ノ構成

原子核ノ周圍ニアル外側電子ノ問題ハ．量子論ニ依ツテ今日少クトモ其ノ基礎ハ明ニ解ツテ居リマス。隨テ此ノ原子ノ外側ニアル電子ノ與ル現象ハ．大體ニ於テ吾々ハ理解スルコトガ出來ルト考ヘテ居ル譯デアリマス。勿論定量的ニハ猶ホ爲スベキコトガ澤山殘ツテ居ル譯デアリマシテ．從來ノ古典力學ガ吾々ノ巨視的(macroscopic)現象ニ就テ說明シ得ル程度ニハマダ參ツテ居リマセヌガ．大體定性的ニハ是ガ理解セラレルモノト吾々ハ考ヘテ居リマス。ノミナラズ色々ノ現象ニ就テハ正確ニ定量的ニ說明スルコトガ出來ルモノモアリマス。

所ガコレカラ申上ゲマス原子核ノ內ノ構造ト云フヤウナモノニ就テハ．マダ吾々ノ知識ハ非常ニ不足デアリマシテ．第一ニ實驗的ノ事實ガ割合ニ今日迄少カツタノデアリマス。最近ニナリマシテ．原子核ノ內部ニ起ル現象ノ研究ガ目覺マシク進メラレ．其ノ扉ガ開カレタヤウナ氣ガ致シマス。併シサウ云フ澤山ノ事實ガ日一日ト增加シテ行クニモ拘ラズ．吾々ハマダソレヲ統一シテ．一ツノ完全ナ體系ヲ有ツタ理論ニ作リ上ゲルト云フ所マデハ參ツテ居リマセヌ。隨テ只今述ベマス原子核構造ト云ヒマシテモ．今日解ツテ居ル所デハ斯ウデアルト云フコトヲ申上ゲル譯デアリマシテ．或ハ明日ニモ此ノ話ハ根本カラ覆サレルカモ知レマセヌ．ソレハ科學ノ

第　2　表

單位粒子	陰電子	陽電子	陽子	(陰子)	中性子	「ニウトリノ」	「アンチニウトリノ」
電氣量	−e	+e	+e	−e	O	O	O
質量	m	m	M	M	M	O	O

進歩ノ辿ル經路テアツテ．當然ノコトヽ思ハレマス。

先ヅ原子核ノ構造ト云フモノヲ申上ゲマス前ニ．原子核ノ構成ヲシテ居ル窮極ノ單位ト云フモノニ就テ申上ゲマス。吾々ガ今日知ツテ居リマス物質構成ノ基礎的單位ヲ第2表ニ掲ゲテ置キマシタ。即チ只今申シマシタ電子．是ハ正確ニ云ヘバ陰電子(negative electron)ト云フベキデアリマシテ．其電氣量ハ前述ノ通リ−e，質量ハmデアリマス。所ガ最近ニ至リマシテ陽電子(positive electron)ガ發見セラレマシタ。ソレハ陽電氣+eヲ持チ．質量ハ同ジmデアリマス。以上ハ輕イ方ノ單位粒子デアリマスガ．重イ方ハ只今申シマシタ水素ノ原子核陽子デアリマシテ．其ノ電氣量ハ+e．質量ハMデアリマス．最近ハ第2表ノ樣ニ陰子(negative proton)ト云フモノガアルダラウト想像サレテ居リマス．併シ是ハマダ發見セラレタ譯デハナク只ダ單ナル想像ノ範圍ヲ脱シナイモノデアリマス。サウ云フモノガアルトスルト說明シ易イ事實ガアルト言ハレテ居ルニ過ギマセン。此物ノ電氣量ハ−e デアリマシテ．陰電子ト同樣デアリ．質量ハ陽子ト同ジクMデアリマス。

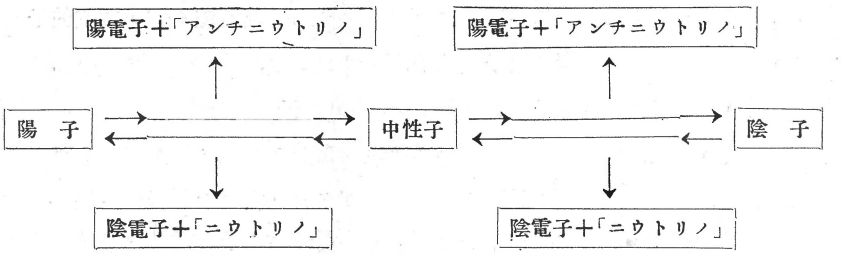
以上ノモノハ皆電氣ヲ帶ビタモノデアリマスガ．最近(1932)ニナリマシテ．電氣ヲ全然有タナイ物質ノ窮極單位ガアルト云フコトガ解ツテ參リマシタ．ソレヲ中性子(neutron)ト呼ンデ居リマス。其ノ質量ハ大體水素ノ原子核ト同ジデアリマス。(正確ニ云ヘバMト等シクハアリマセヌガ)。又最近ニナリマシテ．電氣ハ中性子ト同樣ニ有ツテ居リマセヌシ．其上質量ハ電子ノ質量ニ較ベテ非常ニ小ク．殆ド零デアルト云フ樣ナモノガアルデアラウ。ソレガアレバ後述ノ β- 線ノ現象ガ都合ヨク說明サレルト云ハレテ居リマス。ソレヲ「ニウトリノ」(neutrino)ト呼ンデ居リマス。

斯ウ云フモノガ全部物質構成ノ窮極ノ單位デアリマスガ．然シ此レガ全部獨立ノモノデ全然關係ガナイ譯デハアリマセヌ。例ヘバ陰電子ト陽電子ニツイテ見マスト．Dirac ノ理論ニヨレバ電子ハ其ノ運動「エネルギー」ガ+デモアリーデモアリ得ルノデアリマス。從來ハ運動「エネルギー」ハ皆+ノモノト考ヘテ居ツタ譯デアリマス。ト云フノハ質量ガ+デアルカラデアリマス。所ガ新シイ理論ニヨリマストサウデハナク．一ノ運動「エネルギー」ヲ有ツタ狀態ノ電子ガアルト云フコトガ理論上出テ來マシタ．ソコデ此空間全體ハサウ云フ一ノ運動「エネルギー」ヲ有ツ電子ニ依ツテ．一定ノ法則ニ從ヒ充滿サレテ居ルト考ヘル。併シサウ云フ充滿ハ吾々ニハ觀測シ得ナイノデアツテ．其充滿サレテ居ル所カラ1個電子ヲ取除クト孔ガ出來ル。其ノ空虛ナ孔ヲ吾々ハ觀測スル．ソレガ陽電子デアルト考ヘル。又運動「エネルギー」ガ+ノ狀態ニアルモノハ觀測ニカヽル。ソレガ從來ノ陰電子デアル．ト云フノガ Dirac ノ理論ノ內容デアリマス。是ハ今日實驗ニヨツテ確メラレマシタ。從ツテ此ノ理論ハ正シイト云フコトニナツテ居リマス。勿論是ハドウ云フ風ニ解釋シ更ヘラレルカモ知リマセヌガ．今日ノ所デハ陰電子ノ空孔ガ陽電子

デアルト云ハレテ居リマス。

ソレカラ前ニ述ベマシタ「ニウトリノ」ノ外ニ「アンチニウトリノ」(anti-neutrino) ト云フモノガ考ヘラレテ居リマス。此兩者ノ關係ガ恰度陰電子ト陽電子トノ關係ニアルモノデアリマシテ．一ノ「エネルギー」ヲ持ツ「ニウトリノ」ニ依ツテ充滿サレタ空間ニ於ケル空孔ガ「アンチニウトリノ」デアリマス。從ツテ「アンチニウトリノ」モマダ實驗デ確證サレタ存在デハアリマセヌ。又此兩方共電氣ヲ帶ビテ居ナイシ．質量モ殆ド零デアリマスカラ陽電子．陰電子ノ樣ナ差ハナイデアリマセウ。

第 3 表



次ニ質量ノ大キイ單位ノ間ノ關係ハドウカト云ヒマスト．第3表ニ示ス通リデアリマシテ．陽子カラ陽電子ト「アンチニウトリノ」トヲ出シマスト中性子トナリ．中性子カラモウ一度陽電子ト「アンチニウトリノ」ヲ出シマスト．今度ハ陰子ニナル。是ガ逆ニ陰子カラ出發スルトキハ今出シタモノガ入レバ宜イ譯デアリマス。若シクハサウシナイデ今度ハ陰子カラ陰電子ト「ニウトリノ」ヲ出シマスト．中性子トナリ此ノ中性子ガモウ一度陰電子ト「ニウトリノ」ヲ出セバ陽子ニナルト云フ風ニ吾々ハ考ヘテ居リマス。尤モコレハ實驗的ノ確證ガアツタ譯デハアリマセン。斯樣ニ考ヘルト後ニ述ベル β- 線ノ現象ガ說明シ易イト云フノデアリマス。卽チ第3表デ右カラ左ニ移ルノガ．β- 線ノ放射ニ相當スルト云フノデアリマス。此時ニ出ス電子．「ニウトリノ」ハ陰子．中性子ノ中ニアツタモノデハナク．創造サレテ放射サレルモノデ．恰度原子ガ光量子ヲ放射スル場合ト似テ居リマス。

第2表ニ示ス單位粒子ノ中．原子核ヲ構成スルモノハドンナモノデ．ソレガドンナ構造ヲシテ居ルカヲ述ベル譯デアリマスガ．其ノ前ニ元素ノコトヲ申上ゲル必要ガアリマス。物質ヲ段々分解シテ行クト．ソレ以上分解シ得ナイモノニ達シマス。之レヲ元素ト申シマス。各元素ハ原子量ト云フモノヲ持ツテ居リマシテ．其原子ノ質量ヲ現シテ居リマス。原子量ヲ現ハスニハ大體水素ヲ1トスルノデアリマス．精確ニ云ヘバ酸素ヲ16トスル尺度ニヨツテ他ノモノヲ測ツテ居リマス。サウシマスト．原子量ガ大體整數デアルモノト整數デナイモノトノ二通リアリマス。例ヘバ水素 (1.008)．「ヘリウム」(4.002)．「ナトリウム」(23.00) ハ大體整數デアリマスガ．「マグネシウム」(24.30)．鹽素 (35.46)．銅 (63.55) ハ整數デハアリマセン。昔 Prout ガ「總テノ物質ハ水素カラ成ル」ト云フ假說ヲ立テマシタ。所ガ此ノ假說ハ整數デナイ原子量ヲ

持ツ元素ガ存在スルト云フ事實カラ覆サレマシタ。若シ他ノ元素ガ水素カラ成立ツテ居ルトスレバ．水素ノ原子量ハ1デアリマスカラ．他ノモノヽ原子量ハ整數デアル筈デアリマス。

所ガ今カラ十四五年前ニ英吉利ノ Aston ガ．原子量ニ小數ノ附イタモノハ純粹ナ元素デハナクテ．多クノモノヽ混合シタモノデアルト云フコトヲ發見シマシタ。コレヲ同位元素ト呼ビマス。例ヘバ「マグネシウム」ノ 24.30 ト云フノハ原子量ガ 24. 25. 26 デアル三ツノ同位元素ノ混合デアル．又鹽素ノ 35.46 ト云フノハ 35 ト 37 ノ二ツノ同位元素ノ適當ナ混合デアリ．銅ハ 63 ト 65 ノ混リデアルト云フコトガ解ツテ來マシタ。隨テ Prout ノ假說ガ蘇ツタ譯デアリマシテ．原子ノ有ツテ居ル質量ハ酸素ヲ 16 トスルト．大體ニ於テ整數ニナルモノデアリマス。此整數ヲ質量番號ト呼ビAヲ以テ表ハスコトニシマス。卽チAハ各同位元素ノ原子量ニ最モ近イ整數デアリマス。

斯樣ナモノガ適當ナ割合ニ混合セラレテ．小數ノ付イタ原子量ガ出テ來ルモノデアリマス。而カモ其ノ混合ノ割合ハ地球上ニ於テ．ドンナ所カラ出テ來ル元素ニ致シマシテモ．僅カナ例外ヲ除イテハ同一デアリマス。否地球ノミナラズ星ニ於テモ同ジデアルト云フコトガ知ラレマシタ。是ハサウ云フ物質ノ出來上ル時ノ狀態ガ何處デモ同ジヤウデアツタト云フコトヲ示シテ居ルト思ハレマス。斯ウ云フコトニナリマスト．Prout ノ假說デ表ハサレタヤウニ大體水素ガ原子核ヲ作ル單位デアルト云フコトガ解リマス。

ソレデハ更ニ進ンデ原子核ノ構造ハドウデアルカト申シマスト．Z ト云フ原子番號ヲ有チ，A ト云フ質量番號ヲ有ツタ原子ノ原子核ハ．Z個ノ陽子ト A−Z 個ノ中性子トカラ成立ツテ居ルト云フコトニナツテ居リマス．陽子モ中性子モ其原子量ハ大體1デアリマスカラ．此核ノ原子量ハ大體Aトナリ．有ツテ居ル電氣ノ量ガ丁度 Ze トナリマス。併シ此ノZ個ノ陽子トA−Z個ノ中性子ガドウ云フ風ニ組合ツテ配列サレ．ドウ云フ「エネルギー」狀態ニアルカト云フコトハ今日充分ニハ解ツテ居リマセヌ．後ニ申上ゲマスヤウニ．放射性元素ノ原子核カラ α 線卽チ「ヘリウム」原子核ヲ放射シマス。隨テ或ル人ハ原子核內デハ出來ルダケ澤山ノ α- 粒子ガ存在シテ居ルト考ヘテ居リマスガ．必ズシモサウデハナイト云フコトガ色々ノ實驗ノ結果カラ解ツテ居リマシテ．今日マダ原子核ノ構造ハ判ツキリ解ツテ居リマセヌ。

今上述ノ陽子．中性子ノ數ヲ實例ニツイテ申シマスト．「ヘリウム」ハ Z＝2 デ A＝4 デアリマシテ2個ノ陽子ト2個ノ中性子トカラ出來テ居リマス。又鹽素デハ Z＝17 デアリマスガ A＝35 ト A＝37 トノ2種類ノ原子ガアリマス。前者ハ17個ノ陽子ト18個ノ中性子トカラ出來テ居リ．後者ハ中性子ノ方ガ1個ダケ多ク19個デアリマス。同位元素デZガ同ジク．質量ガ變ツテ居ルト云フノハ．陽子ノ數ハ等シク中性子ノ數ガ異ルタメデアリマス。斯ウ云フモノハ非常ニ能ク似タ性質ヲ有ツテ居ルノデアリマシテ．化學的ニ之ヲ分ケルコトガ出來ナイノハドウ云フ譯カト申シマスト．核ノ有ツテ居ル電氣量．從ツテ外側ニアル電子ノ數ハ兩方共同ジデ．核ノ質量ダケガ變ツテ居ルタメデアリマス。一體元素ノ化學的若クハ物理的ノ大部分ノ性質（重サ

ト云フコトヲ除ク)ト云フモノハ．外側ノ電子ノ數ト其狀態トニ依ツテ決メラレルモノデ．ソレハ核ノ持ツ電氣ノ量卽チ陽子ノ數ニヨツテ支配セラレルモノデアリマス。原子核ノ重サ卽チ其中ニアル中性子ノ數ハ是等ノ性質ニハ直接ニハ關係ナク．只間接ニ與ルニ過ギマセン。ソレ故同位元素ノ樣ニ原子核ノ構造ハ違ツテ居ツテモ．核內ノ陽子ノ數從ツテ外側ノ電子ノ數ト狀態トガ同ジデアル限リ．其性質ハ非常ニヨク似テ居ツテ．之ヲ化學的方法ニヨリ分離スルコトハ非常ニ困難ナノガ當然デアリマス。只質量ノ差異ガアル爲ニ間接ニ生ズル性質ノ差ヲ利用シテ分ケルコトガ出來ルノデアリマスガ．コレモ完全ニ分離スルコト多クノ場合困難デアリマシテ．混合ノ割合ヲ變ヘル位ノ所デアリマス。尤モ物ニ依ツテハ完全分離モ出來ナクハアリマセン。例ヘバ水素ニ於テ．最近原子量2ノ所謂重イ水素ガ發見サレタノデアリマスガ．コレハ完全ニ分離スルコトガ出來マス。

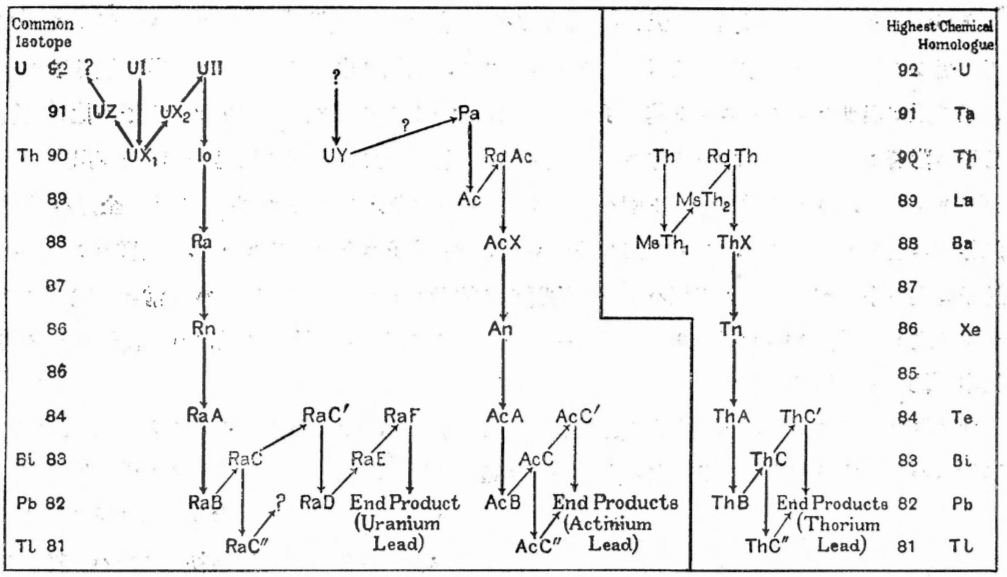
原子核ノ崩壞ト放射線

以上述ベタ樣ナ構造ヲ有ツテ居ル原子核ハ．非常ニ安定デアリマシテ．之ヲ普通ノ物理的竝ニ化學的現象ノヤウニ．勝手ニ人工デ變化サセルト云フコトハ非常ニ困難デアリマス。最近ニナリマシテハ．ソレガ相當ノ範圍デ行ハレルコトニナリマシタガ．ソレトテモ非常ナ「エネルギー」ヲ要スルノデアリマス。所ガ妙ナモノデ．自然ニハサウ云フ安定ナ核バカリデハナク．不安定ナ核ガアリマシテ．コレガ自然ニ壞レテ居リマス。ソレガ放射性元素デアリマス。

斯樣ニ原子核ガ崩壞スル際ニドウ云フ事ガ起ルカト申シマスト．所謂放射線ヲ出シマス。其放射線ニハ御存知ノヤウニ α- 線．β- 線．γ- 線ノ3種ガアリマス。α- 線ハ「ヘリウム」ノ原子核デアリマシテ．前述ノ通リ $Z=2$．$A=4$ デアリマス。從ツテコレヲ原子核ガ出シマスト．原子番號ハ2單位．質量番號ハ4單位減少スルコトニナリマス。次ニ β- 線ハ大キナ「エネルギー」ヲ有ツタ陰電子デアリマシテ．是ガ出マスト．核ノ Z ハ一ツ增シテ來マス。ト云フノハ一ノ電氣量ガ減ルカラデアリマス。併シ其質量ハ非常ニ小サイカラ質量番號ハ變リマセン。次ニ γ- 線ハ光ト同ジ本質卽チ電磁波デアリマス。電磁波デ物質ヲ能ク透スモノニ X- 線ガアリマス。然シ γ- 線ハ X- 線ヨリモ波長ノ短イモノデアツテ．從ツテ其透過力モ大キイノガ普通デアリマス．尤モ今日デハ γ- 線ト同ジ位ノ波長ヲ有ツテ居ル X- 線ヲ出スコトモ出來マス。唯ソレ等ノ發生スル機構ニ於テ兩者ニ差ガアリマス。卽チ原子核カラ出スモノハ γ- 線デアリマシテ．原子核外ニ於テ電子ノ作ツタモノハ X- 線デアリマス。γ- 線ヲ放射シテモコレハ電磁波デアリマスカラ．原子番號 Z ニモ質量番號 A ニモ變化ハアリマセン。

以上述ベマシタ規則ニ從ヒマシテ．α- 線．β- 線ヲ放射スルト原子核ノ Z 卽チ電氣量ガ變ツテ來マス。從ツテ核外ノ電子ノ數ガ變リ．全ク異ツタ元素トナリマス。例ヘバ第4表ニ示ス樣ニ「ウラン」($Z=92$) ノ同位元素 UI ガ α- 線ヲ出シテ「トリウム」($Z=90$) ノ同位元素 UX_1 トナル。ソレガ β- 線ヲ出シテ UX_2 ($Z=91$) トナリ．更ニ β- 線ヲ一ツ出シテ「ウラン」ノ同位

第 1 圖 放射性元素ノ崩壞變換



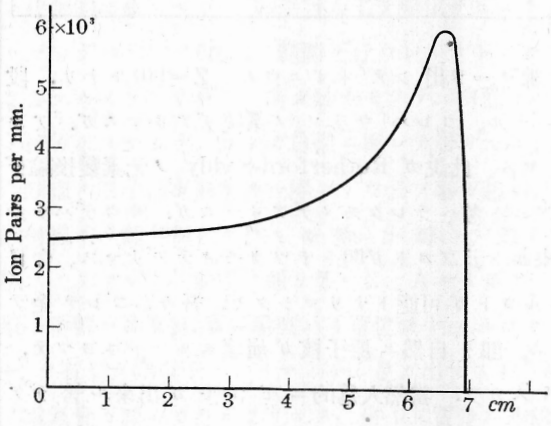
元素(Z=92)ノ UII トナル. ソレガ又 α- 線ヲ一ツ出シテ「イオニウム」(Z=90)トナリ. 段々ト變化シテ「ラヂウム」トナリ終リニハ鉛トナル。コレハ「ウラン」ノ系統デアリマスガ.「アクチニウ」竝ニ「トリウム」ノ系統モ同樣デアリマス。此說ガ Rutherford-Soddy ノ元素變換論デアリマス。從來元素ハ永劫ニ不變ノモノデアルト考ヘラレタモノデアリマスガ. サウデハナクテ此說ノ樣ニ一ツノ元素カラ他ノ元素ガ出來ルト云フコトガ明トナツタモノデアリマス。今日デハ人爲的ニ一ツノ元素ヲ他ノ元素ニ變ヘルコトガ可能トナリマシタガ. 吾々ニコレヲ企テル動機ヲ與ヘタモノハ放射性現象デアリマス。卽チ自然ニ原子核ガ崩壞スルコトニヨツテ. 一ツノ元素ガ他ノ元素ニ變ハルノデアリマスカラ. 當然人爲的ニモコレガ出來ル筈デアルト云フ考ヲ. 吾々ノ腦裡ニ生ゼシメマシタ。コンナニ新シイ著想ニ人ヲ導クノガ總テ事ノ起ル始メデアリマシテ. 其ノ意味ニ於テ元素變換論ハ非常ニ重要ナ理論デアツタ譯デアリマス。

次ニ斯ウ云フ風ニ原子核カラ放射サレル α- 線. β- 線. γ- 線ガ. 物質ニ對シテドウ云フ作用ヲ生ズルカト云フコトヲ述ベマス。先ヅ α- 線カラ申シマスト. コレガ核カラ飛ビ出ス時ノ「エネルギー」ハ非常ニ大キナモノデテリマス。放射性元素ノ出ス α- 線ノ中デ今日最モ「エネルギー」ノ大キイノハ. ThC′ カラ出テ來ルモノデ 876 萬電子「ヴォルト」. 次ハ RaC′ カラノ 768 萬電子「ヴォルト」ノモノデアリマス。但シ 1 電子「ヴォルト」ト云フノハ. 1「ヴォルト」ノ電位差デ加速セラレタ電子ノ有ツ「エネルギー」デアツテ. 吾々ノ用ヒル單位デアリマス。コンナ大キナ「エネルギー」ヲ有ツタ粒子ハ. 後ニ述ベマス宇宙線ヲ除イテハ他ニ存在ガ知ラレテ居リマセン。ソレト比較ノ爲ニ. 例ヘバ吾々ノ化學反應ニ於テ. 1 分子當リニ出入スル「エネルギー」ハド

ノ位ノモノカト云ヒマスト．1乃至10電子「ボルト」ノ程度デアリマスカラ．斯ウ云フモノニ對シテハ數十萬倍乃至數百萬倍ト云フ「エネルギー」ヲ有ツテ居ル譯デアリマス。サウ云フモノガ飛ビ出シテ來ルトドン作用ヲ生ズルカト云ヒマスト．空氣ノ中デアリマスレバ其空氣分子カラ電子ヲ飛ビ出サセマス。スルト其分子ハ＋ノ「イオン」トナリマス。ソシテ出タ電子ハ他ノ空氣分子ニ附著シテ－ノ「イオン」ヲ作ルカ又ハ遊離シテ居テ．玆ニ1對ノ陰陽「イオン」ガ出來ル譯デアリマシテ．コレヲ電離作用ト唱ヘテ居リマス。α- 粒子ノ「エネルギー」ノ殆ド全部ハ此電離作用ニ費サレルモノデ．ソレガ用ヒ盡サレルト α- 粒子ハ止ツテ了ヒマス．斯樣ニシテ α- 粒子ガ空氣中デ到達シ得ル距離ハ．一定物質カラ放射サレル α- 線ニ於テハ．常ニ一定デアリマシテ之レヲ飛程ト呼ンデ居リマス。例ヘバ RaC′ カラ出ル α- 粒子ノ飛程ハ．常溫常壓ノ空氣中デ約7糎デアリマス。

此7糎ヲ通過スル間ニ α- 粒子ノ起ス電離作用ヲ示スト．第2圖ノ通リデアリマス。此圖ノ横軸ニハ α- 粒子ガ核カラ出テ空氣中ヲ通ツタ道程ヲ採リ．縱軸ニハ其道程ノ各點ニ於テ作ラレタ「イオン」ノ1糎當リノ對ノ數ヲ採リマス。圖デ見ラレル樣ニ初メノ內ハ1糎當リニ2400對位ノ「イオン」ガ出來マスガ．「エネルギー」ガ失ハレテ段々遲クナルト．作ラレル「イオン」ノ密度モ大トナリ．停止スル少シ前ニハ急ニ增加シテ1糎當リガ6000ニモナリマス。

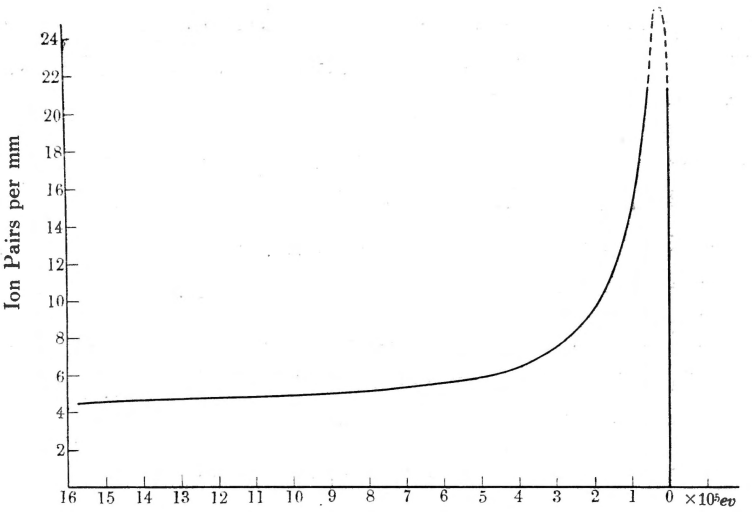
第 2 圖



以上ハ空氣中ノ話デアリマスガ．例ヘバアルミニウム」ニナルトドノ位貫通スルカト云ヒマスト．約100分ノ4糎ニ過ギマセン。又 α- 線ヲ人ノ身體ニ打込ンデモ大體10分ノ1糎以上ハ入ラナイト思ハレマス。併シソレガ作ル「イオン」ノ總數ハ空氣中ト同樣ニ非常ニ多數デアリマシテ．此點デハ α- 線ハ β- 線．γ- 線ニ比ベテズツト勝レテ居リマス。コレハ α- 線ガ他ノモノニ比ベテ「エネルギー」ガ最モ大キイカラデアリマス。又作ル「イオン」ノ密度モ α- 線ガ最大デアリマシテ．β- 線ニ比ベテ100倍程度．γ- 線ニ比ベテ10,000倍程度デアリマス。

次ニ β- 線ノ電離作用ハドウ云フモノカト申シマスト．第3圖ニ揭ゲマシタヤウニ「エネルギー」ノ大キイ處デ「イオン」密度ガ少ク．其停止スル前ニ急ニ增スコトハ今申上ゲタ α- 線ノ場合ト似テ居リマス。唯「イオン」密度ハ前述ノ通リ α- 線ノ場合ヨリモ非常ニ少ク．「エネルギー」ノ大キイ所デ1糎當リ4對トカ5對トカデ．「エネルギー」ガ少クナルト次第ニ增シ．其停止スル前ニハ1糎當リ20對乃至30對トナリマス。β- 線デ「エネルギー」ノ最モ大キイノハ RaC カラ放射セラレルモノデアツテ300萬電子「ヴォルト」ニ及ンデ居リマス。β- 線ニ特有ナコトハ其「エ

第　3　圖



ネルギー」ガ一定デナク．例ヘバ RaC ノ場合ニハ零カラ 300 萬電子「ヴォルト」ニ亙ツテ連續的ノ値ヲ採ツテ居リマス。コレガ從來説明困難ト考ヘラレタ現象デアリマシテ．「エネルギー」不滅則ガ成立シナイノデハナイカト疑ハレタノデアリマスガ．前述ノ「ニウトリノ」ヲ同時ニ放射スルモノト考ヘレバ説明サレルコトヽナリマシタ．此際「ニウトリノ」ハ觀測ニ掛ラヌモノデアリマス。

上述ノ樣ニ何百萬電子「ヴォルト」ト云フヤウナ β- 線ハ．空氣中ノ飛程ガ恐ラク數米以上ニ及ビマセウ．「アルミニウム」ニシテモ何糎カヲ貫クコトガ出來マスカラ．人體ニ叩キ込ムト恐ラク數糎モ入ルデアリマセウ。

次ニ γ- 線ニナリマスト「イオン」ノ密度ハ更ニズツト減リマシテ．β- 線ノ $^1/_{40}$ 乃至 $^1/_{50}$ 位ニ過ギマセヌ。隨テ ThC カラ出ル 260 萬電子「ヴォルト」ノ「エネルギー」ヲモツ γ- 線ハ．普通ノ强度ノモノハ鉛 7 糎ト云フヤウナモノデヤツト止メルコトガ出來マス。然シ γ- 線ハ理論的ニ申シマシテソレヲ全部止メルコトハ出來マセヌ。ツマリ α- 線．β- 線ト異リ飛程ナルモノハナク．强度ガ充分强ケレバ何處迄モ到達シ得ルモノデアリマス。

以上ニヨツテ放射性元素ノ出ス放射線ノ作用ヲ述ベマシタガ．序ニ中性子ノ物質ニ對スル作用モ述ベテ置キマセウ。中性子ハ佛國ノ Joliot 夫妻ノ發見シタモノデアツテ．初メハ元素「ベリリウム」ニ α- 線ヲ當テヽ發生セシメタモノデアリマスガ．今日デハ重水素ニ重水素ヲ衝突サセテ比較的容易ニ多クノ中性子ヲ發生シ得ル樣ニナリマシタ。此物ノ「イオン」ノ作リ方ハ上記ノモノトハ一寸變ツテ居リマス。α- 線．β- 線．γ- 線ノ電離作用ハ．原子カラ核外電子ヲ飛ビ出サセテ「イオン」ヲ作ルモノデアリマスガ．中性子ハ電子ニ直接「エネルギー」ヲ與ヘルト云フコ

トハ非常ニ困難デ殆ド行ハレマセン。ソノ代リ原子核ニ衝突シテコレニ「エネルギー」ヲ與ヘ．其ノ原子核ガ非常ナ速度ヲ以テ飛ビ出シテ．空氣其他ノ物質ヲ電離スルモノデアリマス。ツマリ中性子ガ直接「イオン」ヲ作ルノデハナク．中性子カラ「エネルギー」ヲ受ケタ原子核ガ「イオン」ヲ作ルト云フ譯デアリマス。

以上デ御解リノ樣ニ．物質ヲ直接電離スルノハ孰レノ場合ニ致シマシテモ皆電氣ヲ有ツタ粒子デアリマス。α-線．β-線ハ勿論左樣デスガ．電氣ヲ持タヌγ-線ニ致シマシテモ．γ-線其ノ物ガ電離ヲ行フト云フコトハ極メテ稀デ．ソレガ原子若クハ分子カラ電子ヲ飛ビ出サセ．此電子ガサウ云フ作用ヲスルノデアリマス。中性子ニシテモ直接ソレガ電離ヲ起スノデハナク．核ニ「エネルギー」ヲ與ヘ．其ノ電氣ヲ帶ビタ核ガ電離作用ヲスルモノデアリマス。從ツテ例ヘバγ-線ニヨツテ細胞ヲ壞スト云フ樣ナコトハ．γ-線ニ依ツテ出來タ電子ノ電離作用ニヨツテ行ハレテ居ルノデアルト考ヘラレル譯デアリマス。

ソコデ吾々ノ考ヘ付クコトハ．γ-線ヲ使ハナイデ初メカラ電子ヲ使ツタラドウカト云フコトデアリマス。先程申上ゲマシタ樣ニβ-線ハγ-線ニ比ベテ電離密度ガ多ク．ソシテソレガ停止スル前ニ殊ニ著シイモノデアリマスカラ．治療ノ局部ガ體內ニアルトスルト．恰度其局部デ停止スル位ノ「エネルギー」ヲ持ツ電子ヲ使ヘバ．都合ガ好イ譯デアリマス。今日ハ高壓電氣技術ガ進ミマシテ．200萬「ヴォルト」トカ300萬「ヴォルト」トカヲ．瞬間的デハアリマスガ發生サセルコトガ出來ル樣ニナツテ來マシタ。此電壓ニ依ツテ加速サレタ電子ハ．恐ラク體內數糎ノ深サニ達シ得ルデアリマセウカラ．素人考ヘデハアリマスガ．皆樣ノ方デ何カ面白イ利用ノ道ガアルノデハナイデシセウカ。此點ニツイテ御注意ヲ喚起シタイト思ヒマス。

モウ一ツ皆樣ニ申上ゲテ置キタイコトハ．中性子ノ問題デアリマス．中性子ガ發見サレタ當時ハ．γ-線以上ニ色々ナ物質ヲ透スコトガ出來ルト考ヘラレテ居ツタノデアリマスガ．最近ノ實驗結果ニ依リマスト．其ノ樣ナ透過力ヲ持ツノハ中性子ノ「エネルギー」ガ多イ時デ．非常ニ遲イ中性子ニナリマスト．色々ナ元素ノ原子核ニ衝突スル確率ガ著シク增シテ來マス。ソシテ相手ノ元素ガ輕イ場合．殊ニ水素デアル時ハ．中性子ハ之レニ「エネルギー」ヲ澤山與ヘテ．自分ハ熱平衡ノ狀態ニ於ケル分子ノ「エネルギー」ヲ持ツ樣ニナリマス。例ヘバ「パラフィン」トカ水トカヲ中性子デ衝射スルト．直グ此狀態ニナリマス。ソシテ衝突ニヨリ叩キ出サレタ陽子ハ周圍ノ原子．分子ヲ電離シマス。從ツテ身體ノ樣ニ水素ヲ澤山含ム物質ニ中性子ヲ叩キ込ムトドウナルカト申シマスト．中性子ノ「エネルギー」ノ大キイ間ハ殆ド素通リシマスガ．衝突ニヨリ段々「エネルギー」ヲ失ツテ遲クナルト．益々衝突スルコトガ頻繁トナリ．ソレニヨリ盛ニ電離ヲ起シ遂ニハ衝突シテモ電離ヲ起サナクナツテ了ヒマス。此電離ヲ起サナクナル少シ前ノ中性子ヲ利用スレバ．治療ナドニモ效ガアルノデハナイカト考ヘテ居リマス。ツマリ適當ノ「エネルギー」ヲ持ツ中性子ヲ用ヒ．目的ノ局部ノ所デ恰度水素ノ原子核トヨク衝突シテ電離ヲ起ス樣ニスレバ好イノデハナイカト思ヒマス。尤モコレモ素人考ヘデアツテ實際ハソンナ簡單ナモ

ノデハナイカモ知レマセンガ．試ミルベキモノデアラウト考ヘマス。

尙ホ今一ツ中性子ニ就イテ申上ゲタイコトハ．コレガ水素ニ衝突スルト．其核ノ陽子ト結合シテ重水素ノ核ヲ作ル樣デアリマス。ソシテ其時 γ- 線ヲ出シマスカラ．其 γ- 線ガ利用出來ルノデハナイカト思ヒマス。卽チ目的ノ局部ノ位置ニ近イ處デ停止スル樣ナ「エネルギー」ノ中性子ヲ身體ニ叩キ込ミマスト．コレガ其邊ニアル陽子ト結合シテ γ- 線ヲ生ジ．ソレガ局部ニ作用スルダラウト思ハレマス。尤モソレガドノ位有效デアルカト云フコトハ．實驗シテ見ナケレバ何トモ申サレマセン。

次ニコレハ單ナル想像カモシレマセンガ．前ニモ申シタ樣ニ中性子ハ β- 線ヲ出シテ陽子トナリ得ルト考ヘラレテ居リマス。今日中性子ト陽子トノ質量ヲ比ベテ見マスト．未ダ確實デハアリマセンガ．ドウモ中性子ノ方ガ少シ大キイ樣デアリマス。若シサウダトスルト．中性子ハ不安定デアツテ．自然ニ β- 線ヲ出シテ陽子ドナルモノデハナイカト思ハレマス。ソレデスカラ目的ノ局部ノ邊デ靜止シ得ル樣ナ「エネルギー」ヲ持ツタ中性子ヲ身體ニ叩込ンデ置クト．ソレガ自然崩壞ヲシテ β- 線ヲ出シ．之レガ局部ニ作用スルダラウト思ハレマス。尤モ此 β- 崩壞ノ壽命ガ非常ニ長イモノナラバ役ニ立タナイカモシレマセヌ。トモカク之レニハ中性子ガ不安定デアルカドウカト云フコトヲ定メルコトガ先決問題デアリマス。

以上中性子ノ醫學上ノ應用ト云フ樣ナ意味デ申上ゲマシタノデアリマスガ．コレハ未ダ全ク解ラナイ問題デアリマシテ．コンナ可能性ガアルカモシレナイト云フコトヲ述ベタニ過ギマセン。コレハ皆樣ノ方デ解決シテ頂キタイ問題デアリマス。

元素ノ人工變換

ソレカラ次ニ元素ノ人工變換ニ就テ御話申上ゲマス。前ニ申シ上ゲマシタヤウニ．原子核ノ自然ニ崩壞スルモノガアツテ．其結果トシテ一ツノ元素ガ他ノ元素ニナルモノデアリマス。ソコデコレヲ人爲的ニ行ヒ得ナイカト云フコトヲ試ミ．始メテ成功シタノガ英國ノ Rutherford (1919年) デアリマシタ。ソレハ大キナ「エネルギー」ヲ有ツタ α- 線ヲ．輕イ元素ノ原子核ニ衝突サセテコレヲ破壞シ．他ノ元素トシタモノデアリマス。自然ノ原子核崩壞ニ於テ放射サレル α- 線ハ．非常ニ大キナ「エネルギー」密度(單位面積當リノ「エネルギー」)ヲ持ツテ居リマス。唯「エネルギー」ノ大キイト云フモノハ他ニ澤山アリマスガ．「エネルギー」密度ガ α- 粒子以上デアルモノハ宇宙線ヲ除イテハ稀デアリマス。之レガ核ノ自然崩壞ニ出テ來ルノデアリマスカラ．核ヲ人工的ニ破壞スルニモ．矢張リコレト同ジ位ノ「エネルギー」密度ヲ必要トスルデアラウト云フコトハ．大體考ヘラレルコトデアリマス。昔カラ銅ヤ鐵ヲ變ヘテ金トスルト云フヤウナコトヲ試ミタ人ハ．孰レノ時代ニモアリマシタガ．ソレガ一トシテ成功シナカツタノハ．普通ノ物理的竝ニ化學的現象ニ使ハレル位ノ「エネルギー」密度ヲ用ヒタ爲デアリマシテ．ソンナコトデハ到底成功シナイト云フコトハ當然デアリマス。所ガ Rutherford ハ「エネルギー」

密度ノ非常ニ大キナ α-線ヲ使ツテ遂ニ成功シマシタ。即チ RaC′カラ放射サレル α-線ヲ色々ナ輕イ元素ニ衝突サセルト．陽子ガ飛ビ出ルト云フコトヲ確認シタノデアリマス。斯樣ニシテ變換サセタ元素ハ．B, N, F, Ne, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, A, K ナドデアリマシタ．其場合ノ變化ヲ二三ノ例デ示スト次ノ式デ表ハスコトガ出來マス。

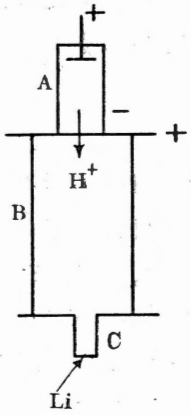
$$_{5}B^{10}+_{2}He^{4} \rightarrow {}_{6}C^{13}+_{1}H^{1};\ _{7}Ne^{14}+_{2}He^{4} \rightarrow {}_{8}O^{17}+_{1}H^{1};$$
$$_{13}Al^{27}+_{2}He^{4} \rightarrow {}_{14}Si^{30}+_{1}H^{1};\ _{12}Mg^{24}+_{2}He^{4} \rightarrow {}_{13}Al^{27}+_{1}H^{1}$$

此式ノ化學記號ノ左下ニアル數字ハ原子番號Zヲ示シ．右肩ノモノハ質量番號Aヲ現ハシマス。玆ニ注意スベキコトハ式ノ左邊ノZノ和ハ右邊ノソレニ等シク．又ニAツイテモ左邊ノ和ハ右邊ノ和ニ等シイコトデアリマス。コレハ電氣量ト質量トノ不滅ヲ表ハシテ居リマス。上式デ見ル樣ニ硼素ニ α-線ヲ當テルト．水素ト原子量 13 ノ炭素トニナリ．窒素ニ當テルト水素(陽子)ヲ飛ビ出サセテ酸素(原子量 17)トナリマス。又「アルミニウム」ヲ α-線デ衝射スルト硅素ト水素トヲ生ジ．「マグネシウム」カラハ「アルミニウム」ト水素トガ出來マス。孰レノ場合モ出テ來ル陽子ニヨツテ是等ノ核反應ヲ確カメタ譯デアリマス。

此元素ノ變換ハ自然ニ存スル α-線ヲ利用シタモノデアリマスガ．此方法ハ色々ノ點デ制限セラレテ居リマス。第一ニ α-線ノ源デアル「ラヂウム」．「トリウム」ノ使用量ハ限ラレテ居ルタメニ．變換シ得ル量ハ極メテ僅カデアリマス。第二ニ次ニ述ベル樣ニ．元素變換用ノ武器トシテ非常ニ有力ナ陽子竝ニ重水素ノ核ハ．放射性元素カラハ出テ來マセンカラ．コレヲ用フルコトガ出來マセン。ソコデ考ヘラレタノハ．水素又ハ重水素ノ原子核ヲ高電壓ニヨツテ加速シ．充分大キナ「エネルギー」ヲ與ヘ．コレヲ色々ノ元素ニ叩キツケテ．其原子核ヲ破壞スルト云フコトデアリマス。所デコレニ要スル電壓ノ問題デアリマスガ．α-線ノ「エネルギー」ガ 100 萬電子「ヴォルト」ノ程度デアリマスカラ．矢張リ陽子ノ加速電壓モ 100 萬「ヴォルト」程度ノモノガ必要デアラウト考ヘラレ．歐米各國デ 100 萬「ヴォルト」程度ノ電壓發生裝置．又ハ之レト同等ノ裝置ノ建設ヲ目指シテ多大ノ努力ガ拂ハレテ居ツタノデアリマス。

所ガ 3 年前(1932年)英國ケンブリッヂノ Rutherford ノ實驗室ノ Cockcroft ト Walton トノ 2 人ハ．必ズシモ 100 萬「ヴォルト」ヲ必要トシナイト云フコトヲ示シマシタ。コレガ日本ノ新聞ニハ『12 萬 5 千「ヴォルト」デ水素カラ「ヘリウム」ヲ作ツタ』ト報道セラレマシタ。コレハ恐ラク水素ヲ用ヒテ．他ノ元素ヲ「ヘリウム」トスルモノデアラウト想像シタノデアリマシタガ．12 萬 5 千「ヴォルト」ト云フノガドウモ低過ギテ不可解デアリマシテ．恐ラク 125 萬「ヴォルト」ノ誤報サレタモノデアラウト考ヘタノデアリマシタ。所ガ其後詳細ナ報告ニヨルト矢張リ 12 萬 5 千「ヴォルト」デ水素「イオン」ヲ加速シ．コレヲ「リチウム」ニ當テ、「ヘリウム」ヲ作ツタノデアリマシタカラ．吾々ハ驚キマシタ。何シロ豫期ヨリ 1 桁低イノデアリマスカラ．他ノ多クノ人々モ驚イタニ相違ナイト思ヒマス。ノミナラズ其後ノ報告ニヨレバ數萬「ヴォルト」デモ此變換ガ行ハレルト云フ事デアリマス。ソコデ 100 萬「ヴォルト」ヲ目指シテ進シデ居ツタ實驗物理學者

第 4 圖



ハ．一齊ニ此種ノ元素變換ニ著手シ．日一日ト新シイ結果ガ報告セラレテ居リマス。

Cockcroft トWalton トノ行ツタ實驗ノ原理ハ．第4圖ニ示ス通リデアツテ．Aナル放電管デ作ラレタ水素ノ陽極線ガ．Bナル加速管ニ入リ．此處ニ加ヘラレタ數十萬「ヴォルト」ノ電壓ニヨリ加速セラレ．Cナル管ノ底ニアルLiニ衝突シテ．次ノ核反應ニヨリ「ヘリウム」ヲ作ルモノデアリマス。

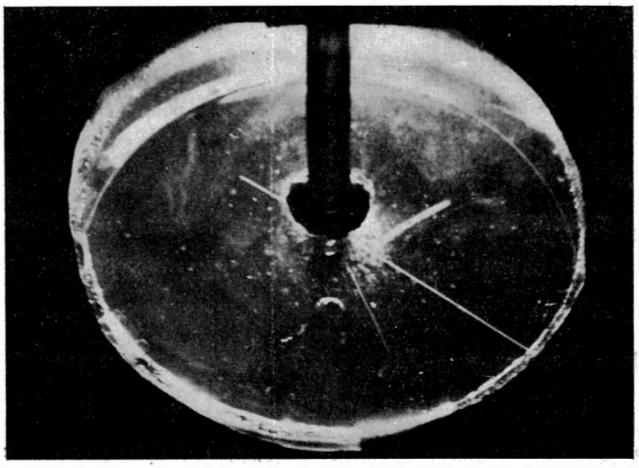
$$_3Li^7 + _1H^1 \rightarrow _2He^4 + _2He^4$$

此二ツノ α-粒子ハ各約860萬電子「ヴォルト」ノ「エネルギー」ヲ以テ．互ニ反對ノ方向ニ向ツテ飛ビ出シテ來マス。此大キナ「エネルギー」ハ何處カラ出テ來ルカヲ明ニシマセウ。今 Li, H, He ノ各原子ノ質量ヲソレゾレ M_{Li}, M_H, M_{He} デ表ハシマスト．上ノ反應式ノ左邊ノ質量ガ右邊ヨリ少シ大キク

$$M_{Li} + M_H - 2M_{He} = \Delta M > 0$$

デアリマス。然ルニ相對性原理ニヨリマスト．質量ハ「エネルギー」ト同等デアリマシテ．ΔM ダケノ質量ノ剩餘ハ「エネルギー」ニ直スト ΔMc^2 トナリマス(但シ c ハ光速度)。コレガ $_2He^4$ ノ運動「エネルギー」トナツテ表ハレテ來ルモノデ．「エネルギー」不滅則ヲ滿足シテ居ル譯デアリマス。又二ツノ α-粒子ガ略〻180°ノ角ヲナシテ反對ノ方向ニ飛ビ出スノハ．運動量ノ不滅則ヲ滿スモノデアリマス。吾々ノ實驗室ニ於キマシテモ約15萬「ヴォルト」ノ電壓ヲ用ヒテ．此核反應ヲ起サセテ居リマス。第5圖ニ示スノハ．其際生ズルα-粒子ノ通過シタ足跡ヲ．Wilson 霧函ノ方法ニヨリ寫眞ニ撮ツタモノデアリマシテ．二ツノ α-粒子ガ互ニ反對ノ方向ニ出ルコトガ見ラレマス。

第 5 圖



以上ハ Li 核ノ破壞デアリマスガ．更ニ同ジ方法ニヨリ色々ノ元素ノ變換ガ行ハレマシタ。例ヘバ硼素ノ場合ニハ次ノ核反應式ニ從ツテ．三ツノ「ヘリウム」核ニ分解スルコトガ知ラレテ居マス。

$$_5B^{11} + _1H^1 \rightarrow 3\,_2He^4$$

又「アルミニウム」ニ當テルト次ノ核反應ニヨツテ「マグネシウム」ト「ヘリウム」トニ變リマス。

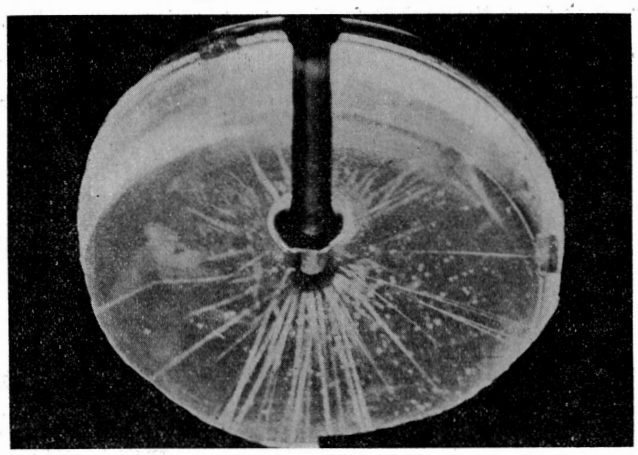
$$_{13}Al^{27} + _1H^1 \rightarrow _{12}Mg^{24} + _2He^4$$

以上ハ陽子ニヨル元素ノ變換デアリマスガ．重水素ノ原子核 ${}_1D^2$ ガ又元素變換ニハ極メテ有力ナ武器デアツテ．今日デハ盛ニ用ヒラレテ居リマス。其二三ノ例ヲ擧ゲマスト．重水素核ヲ重水素核ニ叩キツケルト．次ノ式デ示ス樣ニ二通リノ反應ガ同ジ位ノ頻度ヲ以テ起リマス。

$$
{}_1D^2+{}_1D^2 \begin{cases} \nearrow {}_1H^3+{}_1H^1 \\ \searrow {}_2He^3+{}_0n^1 \end{cases}
$$

即チ一方ハ普通ノ水素ト原子量3ノ水素トニナルモノデ．コレニヨツテ更ニ重イ水素ノ同位元素ノアルコトガ知ラレマシタ．他ノ反應ハ中性子ト原子量3ノ「ヘリウム」ノ同位元素トナルモノデアリマス。之レハ比較的小サイ「エネルギー」デ行ハレルモノデアリマシテ．加速電壓2萬「ヴォルト」デモ出來マス。從ツテ中性子ノ源トシテ極メテ便利ナモノデアリマシテ．將來ハコレヲ用ヒテ中性子ノ醫學上．生物學上ノ實驗ガ可能ニナルト思ハレマス。吾々ノ實驗室デモ此方法ニヨリ．「ラヂウム」數「グラム」ヲ用ヒテ得ラレル位ノ强度ノ中性子ヲ得テ居リマス。第6圖ハ Wilson 霧函ノ方法ニヨリ．此反應デ出來タ ${}_1H^1$ ノ空氣中ヲ通ツタ足跡ヲ示スモノデアツテ．中央ノ管ノ中デ出來タ．云ハバ原子核ノ破片ノ散亂スル狀ヲ示シタモノデアリマス。

第 6 圖



其他「リチウム」ヲ重水素核デ變換スルト．コレハ二ツノ同位元素ヲ有ツテ居リマスカラ次ノ反應ヲ起シマス。

$$
{}_3Li^6+{}_1D^2 \rightarrow 2\,{}_2He^4;\quad {}_3Li^7+{}_1D^2 \rightarrow 2\,{}_2He^4+{}_0n^1
$$

即チ前者ハ「ヘリウム」トナリ．後者ハ「ヘリウム」ト中性子トニナリマス。又硼素．炭素．「アルミニウム」ハソレゾレ次ノ變換ヲ生ジルコトガ明ニセラレマシタ。

$$
{}_5B^{11}+{}_1D^2 \rightarrow 3\,{}_2He^4+{}_0n^1,
$$

$$
{}_{13}Al^{27}+{}_1D^2 \rightarrow \begin{cases} \nearrow {}_{12}Mg^{25}+{}_2He^4 \\ {}_{13}Al^{28}+{}_1H^1 \\ \searrow {}_{14}Si^{28}+{}_0n^1 \end{cases}
$$

$$
{}_6C^{12}+{}_1D^2 \begin{cases} \nearrow {}_6C^{13}+{}_1H^1 \\ \searrow {}_7N^{13}+{}_0n^1 \end{cases}
$$

但シ ${}_7N^{13}$, ${}_{13}Al^{28}$ ハ後ニ述ベル樣ニ不安定デ．β- 線ヲ後カラ放射スル所謂人工放射性元素デアリマス。

以上ノ水素．重水素ノ核ヲ用ヒル變換ノ際ニ生ズル α- 線ハ．從來知ラレテ居ツタモノヨリ

モ「エネルギー」ノ著シク大キイモノガアリマス。又場合ニヨツテハ γ-線ヲ出スモノモアルト云フコトガ知ラレテ來マシタ。而カモソノ「エネルギー」ハ.「ラヂウム」ナドノ放射スル γ-線ニ比ベテ數倍ト云フモノガアリマス。從ツテ是等ノ變換ハ錬金術(alchemy)ヲ少クトモ原理ニ於テ實現シタト云フコトニ於テ重要ナモノデアリマスガ. ソレノミナラズ各種ノ放射線ノ「エネルギー」ノ範圍ヲ擴張シタト云フコトニ於テ大切ナコトデアリマシテ.各方面ニ大キナ影響ヲ與ヘルモノデハナイカト考ヘラレマス。醫學上ニ於テモ將來コレガ皆樣ノ役ニ立ツ樣ニナルカモ知レマセン。又中性子ト云フ樣ニ新シイ放射線ヲ吾々ノ手ニ與ヘタト云フコトモ. 諸方面ニ新シイ武器ヲ供給シタモノデアリマシテ. 革新的ノ結果ガ期待セラレテ居リマス。

只元素ノ變換ヲ多量ニ工業的ニ行ヒ得ルカト云フ問題ニナリマスト. コレハ今日ノ原理ト方法トヲ以テシテハ不可能デアリマシテ. 銅カラ金ヲ作ルト云フ錬金術士ノ夢ハ其儘ニ殘ツテ居ル譯デアリマス。例ヘバ「リチウム」カラ常溫常壓ノ「ヘリウム」1立方糎ヲ作ルノニドノ位ノ時間ガ掛カルカト云ヒマスト.今日ノ良イ裝置ヲ使ツテモ恐ラク10年乃至100年掛カリマセウ. デアリマスカラ錬金術ガ實現サレタト云フノハ. 只原理ニ於テノミノ話デアリマシテ. 實際コレヲ應用シテ多量ニ元素ヲ作ルト云フコトハ出來マセン。ソレヨリモ只今申述ベマシタ樣ニ. 新シイ放射線ガ變換ニ際シテ得ラレルト云フコトガ. 實用問題トシテハ大切デアリマス。

人工放射能

所ガ茲ニ實用ニ供シ得ル元素ノ變換ガアリマス。ソレハ普通ノ元素ヲ變ジテ「ラヂウム」ニ似タ放射性元素トスルコトデアリマス。

以上述ベマシタ原子核ノ反應デ出來タモノハ. 殆ド凡テ安定ナ元素デアリマスガ. 場合ニヨツテハ其新シク出來タ原子核ガ不安定デアツテ. 放射能ヲ示スモノガアリマス。之レハ佛國ノ Joliot 夫妻ノ發見シタモノデ. 其時ノモノハ次ノ式デ表ハス核反應デアリマシタ。

${}_{5}B^{10}+{}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{7}N^{13}+{}_{0}n^{1}$,	${}_{7}N^{13} \rightarrow {}_{6}C^{13}+\varepsilon^{+}$,	T=11分
${}_{13}Al^{27}+{}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{15}P^{30}+{}_{0}n^{1}$,	${}_{15}P^{30} \rightarrow {}_{14}Si^{30}+\varepsilon^{+}$,	T=3.2分
${}_{12}Mg^{24}+{}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{14}Si^{27}+{}_{0}n^{1}$,	${}_{14}Si^{27} \rightarrow {}_{13}Al^{27}+\varepsilon^{+}$,	T=2.5分
${}_{12}Mg^{25}+{}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{13}Al^{28}+{}_{1}H^{1}$,	${}_{13}Al^{28} \rightarrow {}_{14}Si^{28}+\varepsilon^{-}$,	T=3分

第1ノ反應ハ硼素ニ α-粒子ヲ當テマスト. 原子量13ノ窒素ト中性子トニナリ. 此窒素ガ放射能ヲ有ツテ居ツテ. 陽電子ノ β-線ヲ出シテ原子量13ノ炭素トナリマス。此物ヲ放射性窒素ト云ヒ. 其放射能ハ約11分デ强度ガ半分トナリマス。次ニ「アルミニウム」デハ原子量30ノ放射性燐ヲ生ジ.同樣ニ陽電子ノ β-線ヲ放射シテ硅素トナリマス。此半減期ハ3.2分デアリマス。次ノ「マグネシウム」デ原子量24ノモノハ.放射性硅素(原子量27)トリ陽電子ヲ出シマスガ. 原子量25ノモノハ放射性「アルミニウム」(原子量28)トリ. 陰電子ヲ放射シマス。

其後 α-粒子ノミナラズ陽子. 重水素核. 中性子ニヨツテモ色々ノ物質カラ.人工放射能ヲ發生サセ得ルコトガ明トナリマシタ。例ヘバ陽子ニヨルモノハ

$$_5B^{10}+{}_1H^1 \rightarrow {}_6C^{11} \rightarrow {}_5B^{11}+\varepsilon^+, \qquad T=20\text{分}$$
$$_6C^{12}+{}_1H^1 \rightarrow {}_7N^{13} \rightarrow {}_6C^{13}+\varepsilon^+, \qquad T=11\text{分}$$

又重水素核ニヨルモノハ

$$_5B^{10}+{}_1D^2 \rightarrow {}_6C^{11}+{}_0n^1, \qquad {}_6C^{11} \rightarrow {}_5B^{11}+\varepsilon^+, \qquad T=20\text{分}$$
$$_{11}Na^{23}+{}_1D^2 \rightarrow {}_{11}Na^{24}+{}_1H^1, \qquad {}_{11}Na^{24} \rightarrow {}_{12}Mg^{24}+\varepsilon^-, \qquad T=15\text{時}$$

此方法ニヨツテ Lawrence ノ實驗室デハ．銅ヤ白金ニ放射能ヲ與ヘルコトニ成功シマシタ。又上記ノ $_{11}Na^{24}$ ハ同時ニ γ- 線ヲ放射シ．其「エネルギー」ハ 500 萬電子「ヴォルト」デアツテ．人體ニ對スル透過度ハ「ラヂウム」系ノ最モ硬イ γ- 線ノ 2 倍以上デアラウト思ハレマス。玆デ皆樣ノ御注意ヲ惹キタイノハ．斯樣ニ透過力ノ大キイ γ 線ガ生理學上ドンナ作用ヲ有スルモノデアルカト云フコトデアリマシテ．研究ノ結果有利ナモノト云フコトガ解レバ．色々ノ事ニ應用セラレルデアラウト思ヒマス。現ニ米國デハ斯樣ナ放射性「ナトリウム」ヲ．「グラム」ニヨツテ算セラレル「ラヂウム」ノ出ス γ- 線ト．同等ノ强度ダケ放射スル量ヲ製シ得ル見込デ．7 個所ノ大學ヤ研究所デ其裝置建設ノ計畫ヲ進メテ居ルト云フコトデアリマス。

人工放射能ヲ作ルニ最モ有力ナ武器ハ．何ト云ツテモ中性子デアリマシテ．Fermi 一派ノ人々ノ發見デアリマス。之レハ電氣ヲ持ツテ居ナイノデ．凡テノ元素ノ原子核ニ近クノニ「エネルギー」ヲ要セズ．從ツテ原子番號ノ高低ヲ問ハズ．大部分ノ元素ニ放射能ヲ附與スルモノデアリマス。殊ニ速度ノ遲イ中性子ニ此作用ガ著シイト云フコトハ注目スベキコトデアリマス。其際中性子ハ原子核ニ捕ヘラレテ中ニ入リ込ミ．原子量ノ 1 ダケ高イ同位元素ヲ作ルモノデアリマス。今二三ノ例ヲ擧ゲルト次ノ通リデアリマス。

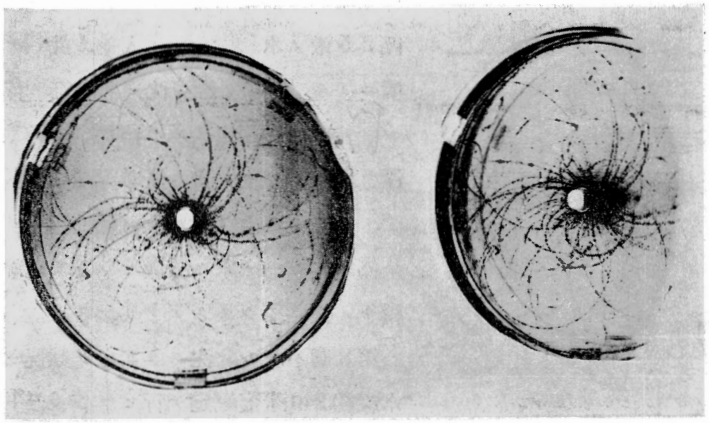
$$_{13}Al^{27}+{}_0n^1 \rightarrow {}_{11}Na^{24}+{}_2He^4 \qquad {}_{11}Na^{24} \rightarrow {}_{12}Mg^{24}+\varepsilon^- \qquad T=15\text{時}$$
$$_{16}S^{32}+{}_0n^1 \rightarrow {}_{15}P^{32}+{}_1H^1, \qquad {}_{15}P^{32} \rightarrow {}_{15}S^{32}+\varepsilon^- \qquad T=13\text{日}$$
$$_{29}Cu^{65}+{}_0n^1 \rightarrow {}_{29}Cu^{66} \rightarrow {}_{30}Zn^{66}+\varepsilon^- \qquad T=6\text{分又ハ}6\text{時}$$
$$_{47}Ag^{109}+{}_0n^1 \rightarrow {}_{47}Ag^{110} \rightarrow {}_{48}Cd^{110}+\varepsilon^- \qquad T=20\text{秒又ハ}2\text{分}$$

此場合ノ放射能ハ陰電子ヲ出スモノデ．場合ニヨツテハ同時ニ γ- 線ヲモ出スモノガアリマス。未ダ α- 線ヲ出スモノハ知ラレテ居ナイ樣デアリマス。

今後ノ研究ニヨツテ更ニ半減期ノ長イモノガ發見セラレルデアリマセウ。現ニ「ハフニウム」ナドハ半減期二三個月デアラウト考ヘラレテ居リマス。コレガ γ- 線ヲ出スカ．出セバ其硬度竝ニ强度如何ト云フ樣ナコトハ今後ノ研究問題デアリマス。勿論半減期ノ長イモノハコレヲ作ルニモソレニ相應シテ長時間ヲ必要トスル譯デアリマス。

前ニ述ベマシタ放射性燐 $_{15}P^{30}$ カラ出ル個々ノ陽電子ヲ．磁場內ニ置イタ Wilson 霧函ノ方法デ目ニ見エル樣ニシタノガ第 7 圖デアリマシテ．中央ニ置イタ $_{15}P^{30}$ ノ源カラ出ル陽電子ガ．磁場ノタメニ曲ゲラレ圓形ノ路ヲ描クノガ示サレテ居リマス。磁場ノ方向ト彎曲ノ方向トカラソレガ陽電子デアルコトガ解リ。其彎曲度カラ「エネルギー」ガ出テ來マス。此放射性燐ニツイテ

第 7 圖



實驗ヲ御目ニカケルコトガ出來マス。極薄イ硝子壁ヲ有ツタ「ラドン」管カラ出ル α-線ニ「アルミニウム」箔ヲ當テ．之レヲ Geiger ノ計數管ニ近ケルト．增幅器ト擴聲器トノ助ケニヨリ出ル陽電子ガ1個宛數ヘラレマス。ソシテ時間ガ經ツニ從ツテ其數ガ半減期通リニ減少シテ行クコトガ解リマス。(嵯峨根．竹內兩氏ノ組立テタ裝置ニヨル實驗供覽)。

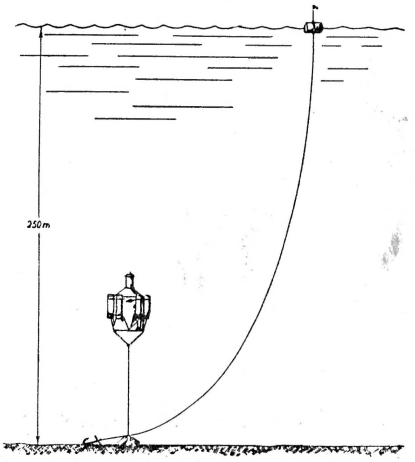
宇宙線

次ニ御話シマスノハ宇宙線デアリマス。コレハ約二十二三年前ニ發見セラレタモノデアリマシテ．外界カラ地球ニ向ツテ晝夜ノ別ナク．不斷ニヤツテ來テ居ル一種ノ放射線デアリマス。其著シイ特性ハ．物質ニ對スル透過度ノ非常ニ大キイト云フコトデアリマス。X-線ヤ γ-線ニ致シマシテモ．水數十糎乃至1米位モ通セバ殆ド吸收サレルモノデアリマスガ．宇宙線ハ最近ノ研究結果ニヨリマスト．地下200乃至300米ノ所ニ置イタ測定器ニ感ズルト云ヒマスカラ．水ニシテ500乃至600米ヲモ透過スルモノデアルコトガ解リマス。之レハ獨逸デ鑛山ノ坑道ニ入ツテ行ツタ實驗結果デアリマス。勿論宇宙線ハ其成分ニヨツテ透過力ニ非常ナ相違ガアリマシテ(1:160 ノ範圍)．只今申シマシタノハ其最大ノモノデアリマス。

斯樣ナ宇宙線ノ存在ヲ何デ知ルカト申シマスト．其一ツノ方法ハ．コレガ空氣其他ノ氣體ヲ電離シマスカラ．其電離度ヲ測定シテ宇宙線ノ强度ヲ求メルノデアリマス。勿論宇宙線ノ强度ハ小サナモノデアリマシテ．常溫常壓ノ氣體ノ1立方糎中ニ作ル「イオン」ノ數ハ．每秒約2對程度ノモノデアリマス。從ツテ鋭敏ナ測定器ヲ用ヒ．又電離槽モ高氣壓ノモノヲ用ヒ．其中ノ氣體モ適當ナモノヲ選ビマス。

宇宙線ノ物質ニ對スル透過力ヲ研究スルニハ．色々ノ方法ガ用ヒラレマスガ．從來ヨク行ハレタモノハ．湖水ナドノ水ヲ吸收物質トシテ用フル方法デアリマス。卽チ水中ニ電離槽ヲ沈メテ．色々ノ深サニ於ケル宇宙線ノ强度ヲ求メルモノデ．多クノ人ニヨツテ行ハレマシタ。其中デ模範的ノモノハ獨逸ノ Regener ガヤツタモノデアリマス。之レハ電離槽，電位計及ビ宇宙

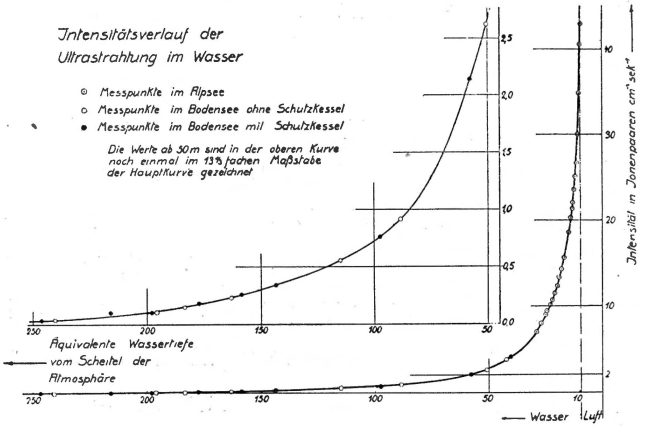
第 8 圖



線强度ノ自働記錄器ナドヲ一纏メニシテ．之レヲ直徑2.5米ノ水「タンク」ニ入レ．此「タンク」ヲ獨瑞國境ニアル Boden 湖ニ沈メテ測定ヲ行ヒマシタ。「タンク」ノ役ハ，湖水ノ水ニ溶ケテ居ル放射性物質ガ．深サニヨリ濃度ヲ異ニスル場合ノ影響ヲ除クタメデ．湖ノ水ノ中ニアル放射性物質ヨリノ放射線ハ．全部「タンク」ノ水ニ吸收セラレテ電離槽ニハ到達シ得ナイ樣ニシタモノデアリマス。

第8圖ハ之レヲ沈メタ場合ノ狀況ヲ示スモノデ．水深約240米迄測定ヲ行ヒマシタ。其操作ハ凡テ自働的デアリマシテ．得ラレタ結果ハ第9圖ニ表ハシテアリマス。横軸ノ水ノ深サハ大氣ノ厚サヲ水ニ直シテ10米トシ．大氣層ノ頂上ヲ基準トシテ與ヘテアリマス。又50米ヨリ下ハ尺度ヲ增シテ上ニ示シテアリマシテ．之レニヨルト250米ニ於テモ尙强度ガ下ツテ居リマス。コレハ此邊ニ未ダ宇宙線ノヤツテ來テ居ルト云フコトヲ示スモノデアリマス。

第 9 圖



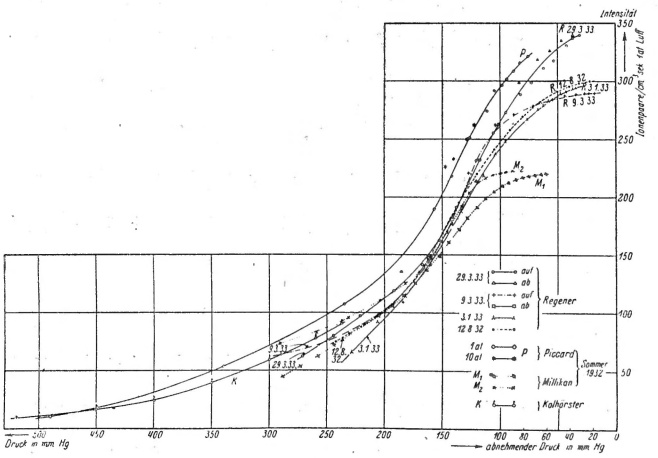
以上ハ平地以下ノ宇宙線强度ノ事デアリマスガ．今度ハ平地ヨリ高イ所ノ話ヲ致シマセウ。

前述ノ樣ニ宇宙線ニハ非常ニ透過力ノ大キイ成分モアリマスガ．其大部分ハ大氣ニ吸收セラレ．地上ニ到達スルモノハ僅ナモノデアリマス。從ツテ宇宙線ノ全貌ヲ知ルタメニハ．空氣ノ吸收ヲ受ケナイモノヲ見ル必要ガアリマス。ソレニハ高山ノ頂ニ登ツテ測定ヲスルノガ一方法デアリマシテ．從來多ク人ノ行ツタ事デアリマス。又皆樣モ新聞．雜誌上デ御承知ノ通リ．Piccard 教授ガ輕氣球ニ乘ツテ16粁餘モ上昇シタトカ．又露．米諸國ニ於テモ同樣ノ飛昇ガ實行セラレタトカ云フノハ．色々ノ目的ガアリマスガ其重要ナ項目ノ一ツハ宇宙線ノ測定デアリマス*。

然シコレハ多額ノ經費ト危險トヲ伴フモノデアリ．又其高サニモ限度ガアリマス。ソコデコ

* 最近米國ニ於テハ Stevens, Anderson ニヨリ22粁ノ氣球飛昇ガ行ハレタ

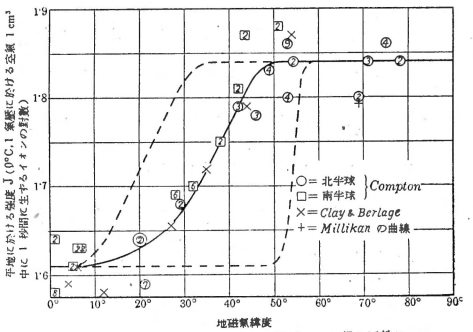
第　10　圖



レヲ避ケルタメニ風船ニ電離槽.電位計.自働記錄器等ヲ乘セテ上昇サセル方法ガ用ヒラレマス。只今申シマシタ Regener ガ矢張リ此方ニ於テモ優秀ナ結果ヲ得テ居リマス。其方法ハ水中ノ場合ニ用ヒタト同樣ナ自働記錄測定器ヲ.風船2個ノ助ケニヨリ高ク上昇サセ.アル高サニ到達スルト1個ノ風船ガ破裂シテ下降スル樣ニシテアリマス。ソシテ其間ノ宇宙線强度.氣壓.溫度ヲ自働記錄スル樣ニ裝置シタモノデ.Regener ハコレニヨリ高サ二十七八粁迄ノ測定ヲ行ツテ居リマス。今其結果ヲ示シマスト第10圖ノ通リデアリマシテ.宇宙線强度ハ高サト共ニ著シク增シマスガ.約20粁ヨリ上ハ殆ド增加シナイデ一定ノ値ニ達シマス。其値ハ地上ノ約150—180倍ニナツテ居リマス。

コンナ珍シイ宇宙線ト云フノハ何デアルカ。コレガ直グ問題トナル譯デアリマス。初メハ γ-線ト同樣ニ電磁波デアルト考ヘラレ.其波長ガ更ニ一層短イタメニ透過力ノ大キイモノデアルトセラレタモノデアリマシタ。所ガ近來色々ト研究シテ見マスト.ソンナモノデハナク寧ロ電子トカ陽子トカ云フ電氣ヲ帶ビタ物質デアラウト考ヘラレル樣ニナリマシタ。コレヲ實證スルノニ色々ノ手段ガ用ヒラレマシタガ.其中デ最モ明ナ方法ハ.地球緯度(磁氣)ト宇宙線强度トノ關聯ヲ究明スルコトデアリマス。若シ宇宙線ガ帶電粒子デアルナラバ.地球磁氣ノ爲メニ其進路ヲ曲ゲラレテ南北兩極ノ方ニ集ツテ來ル筈デアリマス。之レハ極光ガ南北極地ノミニ出現スルコトノ說明ト同樣デアリマス。後者ノ場合ニハ帶電粒子ハ太陽カラ放射サレ.ソレガ極地ニ引キ寄セラレソノ上空ノ大氣分子ニ衝突シテ發光サセルモノデアリマス。勿論宇宙線ノ「エネルギー」ハ極光ノ場合ニ比ベテ比較ニナラヌ大キナモノデアリマスガ.ソレデモ其通過スル路ガ長イ爲メニ相當ノ影響ヲ受ケルモノト考ヘ

第　11　圖



Compton 並に Clay. Millikan の得た平地に於ける宇宙線强度と地磁氣緯度との關係

1·605 J は地球磁氣に影響せられぬ 4×10^{10} e.v. 以上のエネルギーを有する電子.又は中性のものによつて作られると考へ,0·235 J は 5×10^{9} e.v. と $1\cdot3\times10^{10}$ e.v. との間のエネルギーを有する電子により 50° 以上に於て作られ,それは赤道には達せぬものとして計算したものが實曲線.點曲線は某兩端エネルギーに對するものを示す.此結果より 7×10^{9} e.v. のものが地球磁氣の影響を受けるものの大部分を占めて居る事が判る.

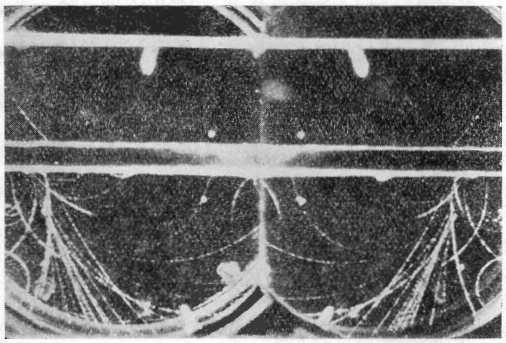
ラレマス。從ツテ赤道地方ハ兩極ニ比シテ宇宙線强度ガ小サイデアラウト豫期セラレマス。

ソコデ之レヲ色々ノ人ガ實驗シテ見マシタ。其結果ハ最初ノ間ハ議論區々ト云フ形デテリマシタガ．和蘭ノ Clay, 米國ノ A. H. Compton 其他ノ人々ノ測定ニヨリ．緯度ノ影響ノアルコトガ確證セラレマシタ。卽チ兩極地カラソレゾレ南北緯度(磁氣) 50度迄ハ宇宙線强度ニ變化ハアリマセンガ．ソレカラ赤道ニ近クニ從ツテ强度ガ減少シ．赤道地方ト50度以上ノ地方トノ差ハ平地デ12—15％デアリマス。第11圖ハコレヲ示シテ居リマス。高イ處デハ更ニ其差ガ著シク．4粁ノ高度デ30—40％ニ及ンデ居マス。此實驗結果カラシテ少クトモ宇宙線ノ相當ナ部分ハ．帶電粒子デアルト云フコトガ確認セラレタ譯デアリマス。人ニヨツテハ宇宙線ノ全部ガサウデアルト申シマスガ．又他ノ人ハ其或部分ハ γ-線型ノモノデアルト云ツテ居リマシテ．此點ハ未ダ決定的ナ解決ニハ達シテ居リマセン。ソシテ帶電粒子ト云ツテモ色々アリマシテ．陰電子．陽電子．陽子．陰子ノ中孰レデアルカト云フコトハ．コレモ未ダヨク解ツテ居リマセン。或ハソレ等ガ全部混合シテ居ルノカモ知レマセンシ．又電氣ヲ帶ビナイ中性子ノ樣ナモノモ混ツテ居ルカモ知レマセン。斯樣ナ帶電粒子ノ「エネルギー」ハドンナモノカト申シマスト．驚クベキ大キナモノデ 10^9—10^{11} 電子「ヴォルト」ノ範圍ニアルト云ハレテ居リマス。之レハ吾々ノ知ツテ居ル粒子ノ中．最大ノ「エネルギー」ヲ有ツテ居ルモノデアリマス。

玆ニ「宇宙線ハ何カ」ト申シマスノハ．地球外カラ來ル一次的ノモノガ何カト云フ問題デアリマシテ．地球大氣ニ入リマスト二次的ニハ．帶電粒子モ作レバ γ-線モ作リマス。ソシテ吾々ノ凡テノ測定器ニ直接作用スルノハ主トシテ二次的ニ出來タ帶電粒子デアリマス。而シテコンナ帶電粒子ヲ個々ニ數ヘル方法ガアリマス。ソレニハ Geiger-Müller ノ計數管ト云フモノヲ使ヒマス。コレニヨツテ數ヘラレル粒子ノ數ハ幾干デアルカト申シマスト．平地デ1平方糎ノ水平面積ヲ凡テノ方向カラ通過スルモノ、和ガ．1分間ニ約1個ト云フ割合ニナツテ居リマス。

最近ニナリマシテ宇宙線ガ重イ物質ニ特殊ノ電離作用ヲ起サセルコトガ解リマシタ。ソレハ Wilson 霧函デ最モ明瞭ニ示サレタコトデアリマシテ．鉛ナドノ金屬カラ非常ニ多クノ陰陽電子ヲ一時ニ嵐ノ樣ニ飛ビ出サセル現象デアリマス。第12圖ハコレヲ示スモノデアリマシテ．

第 12 圖



霧函ノ中央ニ置イタ6粍位ノ鉛板カラ飛ビ出タ電子ノ足跡ヲ寫眞ニ撮ツタモノデ．左右二ツアルノハ鏡ヲ用ヒテ「ステレオ」ニ寫シタニ過ギマセン。又場合ニヨツテハ電子デハナク．γ-線ヲ無數ニ出スコトモアリマス。ソシテ斯樣ナ作用ヲ起スモノハ帶電粒子ノ場合モアリ．γ-線ノ場合モアルラシイト云ハレテ居リマス。コンナ現象ハ吾々ハ從來全ク知ラナカツタモノデ．コレヲ如何

ニ解釋スベキカト云フコトハ今日全ク見當ガ付キマセン。ソレノミナラズ電離槽ノ測定ニヨルト．Wilson 霧函デ見ラレタモノヨリハ更ニ桁ノ違ツタ澤山ノ「イオン」ヲ作ル場合ガアルト云フコトモ知ラレテ居リマス。

兎モ角斯樣ニ不思議ナ宇宙線ハ．四六時中寢テ居テモ起キテ居テモ．吾々ノ身體ヲ貫通シテ居リマシテ．上ニ述ベマシタ色々ノ現象ヲ體內デ起シテ居ル譯デアリマス。コレガ吾々生物ニドウ云フ影響ヲ與ヘルモノデアルカト云フコトハ興味アルコトデアリマスガ．臆測以外ニハ未ダ殆ド何モ知ラレテ居リマセヌ。コレハ將來ノ問題デアリマシテ．其解決ニハ種々ノ困難ヲ伴フモノデアラウト考ヘラレマスガ．當然研究セラルベキデアリマス。ドウカ此方面ニモ皆樣ノ御注意ヲ向ケテ頂キ度イト存ジマス。

終ニ臨ミ御淸聽ヲ煩ハシタコトヲ感謝致シマス。