



## 東大核研160cmシンクロ-サイクロトロン運動ビームに伴う放射能

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2012-11-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 中野, 嘉弘 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.32150/00000472">https://doi.org/10.32150/00000472</a>

## 東大核研 160cm シンクロサイクロトロン 運転ビームに伴う放射能

中 野 嘉 弘

北海道学芸大学札幌分校物理学教室

YOSHIHIRO NAKANO : On the Nuclear Activities produced  
by the 160cm Synchro-Cyclotron of Institute for Nuclear Study,  
University of Tokyo

Nuclear activities produced by the 160cm synchro-cyclotron of Institute for Nuclear Study, University of Tokyo are reported. This paper consists of the  $\gamma$ -ray spectroscopy by NaI(Tl) crystal, neutron monitoring by plastic scintillator and neutron flux density measurement by  $BF_3$  counter. The  $\gamma$ -ray pulse-height analysis reveals the induced nuclear activities which may be considered to be responsible to Tc 96, Zn 65 and others. Proposed active nuclei are summarized in Table 8. Neutron flux density distribution around the cyclotron room is described in Fig. 6.

### § 1 序 言

サイクロトロンは世界中には大凡50台、日本には科研 (アイソトープ製造用)、阪大 (44", 53トン  $p$  6 Mev,  $D^+$ ,  $H_2^+$  11.7 Mev)、東大物性研 (16", 加速エネルギー可変、最大 4 Mev)、京大 (63", 72トン  $D^+$  15.3 Mev) の 4 台があつたが何れも余り大きくはない。今回東大原子核研究所に大型のシンクロサイクロトロンが建設される事になり、東京芝浦電気株式会社の手で建造が進められていたが、その原子核研究所に於ける組立調整の共同建設に筆者は北海道からは唯一人の参加者としてお手伝いした。参加期間中に幸運にも試運転ビームの廻り初めに逢着したので、それによる誘導放射能を調べる機会も得たので結果の一端を報告する。あらまし第一表の如きものを測つた。この中、中性子線束の測定は放射線衛生的のものであるから末尾に述べる。

第 1 表

測定対象	測定器	被測定箇所	測定機会
$\gamma$ 線 スペクトル分析	NaI (Tl) 結晶	i プローブ先端試片	サイクロトロンビーム休止中
		ii 加速電極	
iii サイクロトロン室コンクリート隔壁			
中性子線	i プラスチツクシンチレーター	サイクロトロンモニターとして	
	ii $BF_3$ カウンター	i サイクロ室周囲	サイクロトロン運転中
	ii 測定室		
	iii ホットラボラトリー		
	iv 屋 外		

測定器の光電子増倍管はサイクロトン運転中にはその電磁石の影響で機能が止り、又試運転中はビーム条件が斉一でなく、 $\gamma$ 線量も甚だしく多過ぎるので $\gamma$ 線スペクトル分析はサイクロトンの運転休止期間を縫つての測定である。従つてはつきりしない点（特に半減期の正確な決定等）もあるが大凡10種のフォトピークを見出し、又それらに対応する放射性元素の同定乃至は候補者を一応あげる事が出来た。特にプローブ尖端及び加速電極からは確実に  $^{90}_{43}\text{Tc}$  (4.3 d,  $E_{\gamma}$  0.81, 1.12 Mev) 及び  $^{69}_{30}\text{Zn}$  (245 d, 1.12 Mev) が検出された。又加速電極とサイクロ室コンクリート壁とでは $\gamma$ 線スペクトルが異なる事が判つた。

中性子線束の測定は勿論サイクロトン運転中であるが、これも試運転の為ビーム条件は一定でなく矢張り多少の曖昧さの入るのは止むを得なかつたが、サイクロトン室コンクリート壁のダクト内のプラスチックシンチレーターは中性子モニターとして有効であつた。又核研野中教授等と共に  $\text{BF}_3$  カウンターを用いての中性子線束の測定ではサイクロトン室のコンクリート壁及び水タンクは中性子線のシールドとしては極めて有効であり、普通扉背後、測定室銃眼及びコンクリート壁ダクト附近では速中性子、熱中性子共にスケールアウトの  $10\text{K}\mu\text{e}/\text{cm}^2/\text{sec}$  の線束を示した。此のサイクロトンのあらましを第2表に与えておこう。

第2表 核研シンクロサイクロトン定格

電 磁 石	磁 極 直 径	160cm (63吋)
	重 量	300トン
	最 大 磁 場	20000ガウス
サイクロトン発振器	周 波 数	8.6~12.9 Mc (可変)
	出 力	120 KW
シンクロサイクロ トロン発振器	周 波 数	26.5→21.5 Mc (F.M.)
	変調くりかえし	1500 c/s
	出 力	30 KW
加速エネルギー (サイクロトン)	陽 子	7.5~17.5 Mev
	重 陽 子	45~21 Mev
	$\alpha$ 粒 子	30~42 Mev
加速エネルギー (シンクロサイクロ)	陽 子	65 Mev

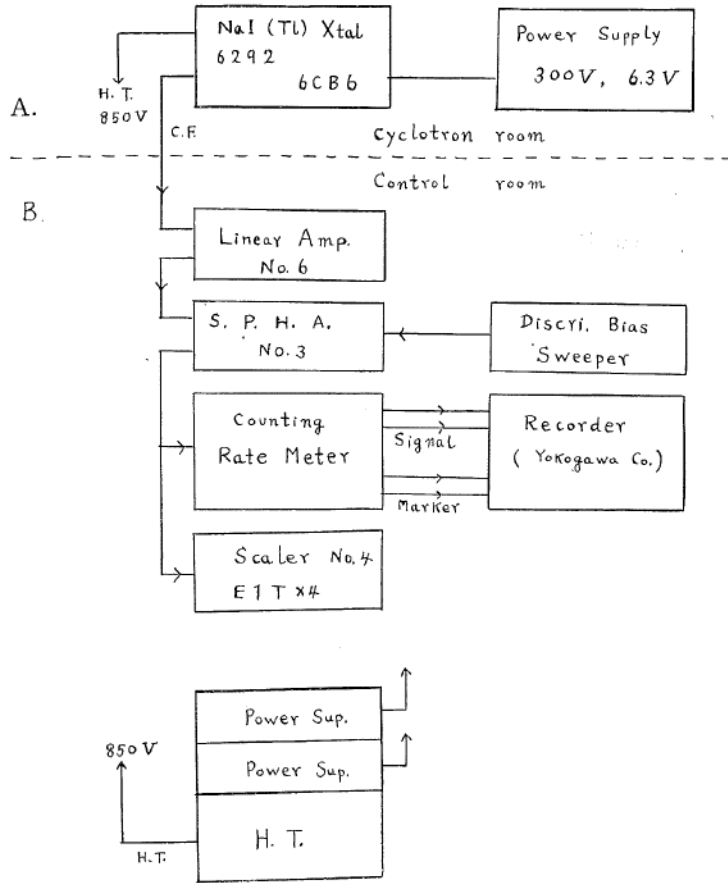
## § 2 測 定 装 置

測定装置は二部分  $A$  と  $B$  とに大別される。 $A$  は測定ヘッドに相当してサイクロトン室にあり、 $B$  は分析装置及び記録器でサイクロトン室にあり、 $B$  は分析装置及び記録器でサイクロトン制御室にある（第1図）。この間は  $125 \Omega$  インピーダンスの同軸ケーブル2本（信号用及び高電圧饋電用）で連絡されている。但し中性子線束測定用の  $\text{BF}_3$  カウンターは可搬型、米国の Nuclear Chicago 社製 Nemo, Model 2715 で、電気試験所から借用のものであつた。

さて測定器  $A$  (ヘッド) は  $\gamma$ 線分析と中性子モニターリングの時とはシンチレーター、光電子増倍管、プリアンプ、同じく電源共に同軸ケーブルの先で交換して使つた。光電子増倍管用の  $H. T.$  (高電圧) は  $\gamma$ 線分析の時には  $+850\text{V}$ 、中性子線測定では  $+1250\text{V}$  を制御室の測定器  $B$  の高電圧電源から供給した。その他には変りは無いから $\gamma$ 線スペクトル分析の場合についての測定装置ブロックダイヤグラムを第1図に示した。

測定ヘッドからの信号パルスはカソードフォロワーで制御室の測定器  $B$  の先ずリニヤアンプ

Fig. 1. Block-diagram of the system for  $\gamma$  ray spectroscopy.



(核研製 No. 6) に入り、次いでシングルチャネル・パルスハイトアナライザー (核研製 No. 3) に入る。但し并別バイヤスは電圧自動掃引装置 (昭和電子工業製、B 003 型、昭和32年9月28日製造) により掃引されている。きれいな $\gamma$ 線パルスハイト分布をとる為に掃引速度は最低速 (歯車組合せ②E-③F) とし、チャンネル巾は 0.5 V (計数率が特に低い時には適時に 1 V 乃至 2 V とした、但し本報告での結果はチャンネル巾 1 V に規格化してある)、又カウンティングレイトメーターの時定数は長くしてある。

自動掃引式シングルチャネルパルスハイトアナライザーからの信号は一つはカウンティングレイトメーターを経て記録器 (横河製、電子管式ペン書きレコーダー) に、他はフリップ・フロップ回路を経て E1T 4 段スケラー (核研製 No. 4) に入っている。

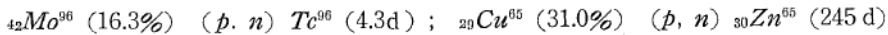
レートメーターの時定数は計数率倍教 $\times 1$ では最も長く、倍教 $\times 100$ では最も短い処を用いた。記録紙の送りは 2.2min./Div. である。尚核研製パルスハイトアナライザーの使用知見については後述する。

### § 3 測定結果 ①プローブ尖端試料

1957年9月28日夕6時過ぎ日本最大の核研サイクロトロンは初めて陽子ビームを 9.2 Mev, 約 2 mA で出した (当時はプローブ電流の読みから 1 mA と考えられたが、後にカロリメトリック

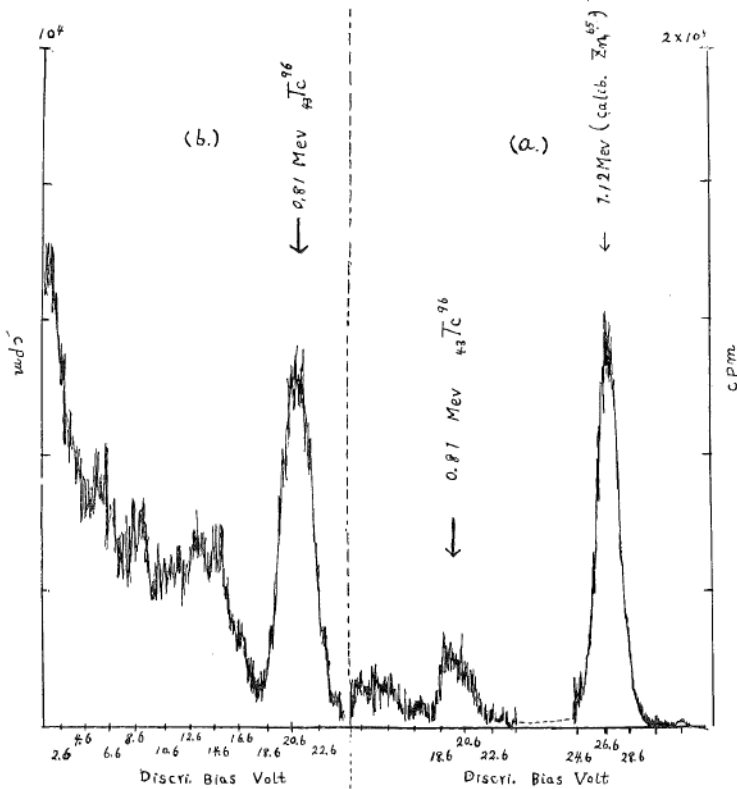
な校正で大凡 2 倍のビーム電流であつた事が判つた)。その後ビームを 100  $\mu$ A 程度にしほりつゝ同じエネルギーで毎日数時間宛運転が行われ、10月5日夕には水素分子イオン  $H_2^+$  を 18 Mev 迄加速して一たん休止し、10月7日に真空を破つて加速函内を点検する事になつた。ビームを受けて電流を測るプローブ尖端は銅にモリブデンを張つてあるが、そこから、やすり落した細粒試料についての  $\gamma$  線スペクトログラムを第 2 図に与える。第 2 図 a. の右はエネルギー較正用に入れた  $^{30}Zn^{65}$  の 1.12 Mev の  $\gamma$  線フォトピークで、左の稍小さい山附近を詳しく分析したものが同図 b. である。明らかに 0.81 Mev のピークが見られ、そのエネルギー及び親核からして  $^{43}Tc^{96}$  と推察される。Tc である事は核研化学部門の化学分析からも確められた。

又強力なビーム電流の熱の為に熔融、合金状をなしたプローブ尖端試片からは同様に  $^{43}Tc^{96}$  ( $E_\gamma$ : 0.81 Mev) の他に  $^{30}Zn^{65}$  ( $E_\gamma$ : 1.12 Mev) が明らかに検出され、且それ等以外にはなかつた。これらは夫々核反応



によつて生じたもので、プローブ尖端の他の試片からも検出された。又これらは加速電極の放射能測定からも検出され、その一部はモリブデンがスパッターして附着したものであろうが、 $\gamma$  線エネルギーの校正の目安になつて便利であつた。

Fig. 2  $\gamma$  ray P. H. Distribution of the sample taken from stem probe.



#### § 4 測定結果 ②加速電極

測定点は加速電極 *Dee* のセパタムの根元で、*Dee* の下面の下約 10cm に *NaI* クリスタルが位

置している。この点での  $\gamma$  線程度は10月7日午前大凡25ミリレントゲン/hであつた。そのスペクトル分析の結果では約8種のフォトピークが見出され、その放射能の減衰の様子を測定時日と共に第3表に与えた。但し0.81及び1.12 Mevのピークは $^{43}\text{Tc}^{96}$ 及び $^{30}\text{Zn}^{65}$ と確定したと見られるから放射線計数値は省いた。記入してある計数値はcpmでチャンネル巾1Vに規格化してある。又この値はパルス高分布曲線の中、単調変化分を引き去つた残りのピークについての計数である。

第3表 加速電極下の放射線スペクトル (cpm/C.W. 1V)

No.	$E_\gamma$ (Mev)	Oct. 7 16.30→	18.00→	19.30→	21→23	Oct. 8 0.9—10.30
1	0.5	20 K	20K	19K	16K	11K
2	0.81	$^{43}\text{Tc}^{96}$				
3	1.12	$^{30}\text{Zn}^{65}$				
4	1.7	?	2.4K	1.4~1.5K	?	?
5	2.05	?	?	?	120	110
6	2.2	480	400	360	320	80
7	2.5	640	520	290	(800?)	80
8	2.7	?	?	56	?	?

No.	~11	13~14.30	Oct. 9 11~14.30	Oct. 12 10→	崩壊核(推定)
1		6.4K	4.8K		$^{31}\text{Ga}^{67}$ (78 h, 0.496 Mev)
2					$^{43}\text{Tc}^{96}$ (4.3 d, 0.81 Mev)
3					$^{30}\text{Zn}^{65}$ (245 d, 1.12 Mev)
4		?	?		$^{27}\text{Co}^{56}$ (77 d, 0.85 Mev 1.75 Mev)
5	?	?	?		?
6	56	40	16		$^{31}\text{Ga}^{66}$ (9.4 h, 2.2 Mev)
7	76	72	16~20	} ~14但しルサ イト窓前 1m	$^{27}\text{Co}^{56}$ (77 d, 2.6 Mev)
8	96	?	?		$^{31}\text{Ga}^{66}$ (9.4 h, 2.75 Mev)

§ 5 測定結果 ③コンクリート隔壁

10月3日、4日の加速函近傍での $\gamma$ 線測定及び10月7日以降の加速電極下のそれで2.6 Mev, 半減期~15 hと見られる $\gamma$ 線フォトピークが見出され、対応するものとして $^{11}\text{Na}^{24}$  (2.758 Mev, 15 h;  $^{11}\text{Na}^{23}$  (100%)の(n,  $\gamma$ )反応)が考えられた。当初の測定器のNaIクリスタル自身が活性化されたのかと思われたが、それ自身をサイクロトロン室から充分離れた実験室で測ると異常はない。

ジークバーンの著書によれば\*)コンクリートの成分中にNaが数%は存在し得るとの事であつたので、それを確める為にサイクロトロン室のコンクリート隔壁のダクト(人がくぐり抜けられる位の大きさ)内に測定器を設置して測つて見た。結果は第4表の如くで新しく~1.4 Mev, ~1.07 Mevに加速電極には見出されないフォトピークが発見された。数日間の測定では減衰の無い事から対応する放射核として先ず $^{20}\text{Ca}^{47}$  (1.30 Mev, 4.7 d)が考えられる。

①  $^{20}\text{Ca}^{47}$  に就て

$\text{Ca}^{47}$ からの $\gamma$ 線は1.30, 0.81, 0.496 Mevの三本があるが、これらは凡て本測定のコンクリート

\* 野中教授の御注意による。

第4表 サイクロトロン室コンクリート隔壁ダクト内での $\gamma$ 線スペクトル (cpm/C.W. 1V)

No.	$E_\gamma$ (Mev)	Oct. 9 14-15.40	Oct. 10 16-17	17-18	Oct. 11 10-14	Oct. 11 19-20	20-21	21-22.30	Oct. 12 19-20
1	0.5	10			25~30 12		60		40
2	0.81	?			4		24	22	10
3	1.07	?	5		5	ビーム	6	5	4
4	1.12	?	?	?	?	ム	?	?	6
5	1.4	10	14	12	16	ム	20	20	14
6	1.7	3	?		4	回転	12		5
7	2.05	?	?			直後	10	5	5
8	2.2	?	?				?	4	3
9	2.5	?					?	?	?
10	2.7	?					?	5	?

ダクト内で見出されている。次の第5表にポルトランドセメント成分表と第6表に  $Ca$  の同位元素表を与えた。

第5表 ポルトランドセメント成分

$CaO$	66~68%	$Fe_2O_3$	2~4%
$SiO_2$	18~24%	$MgO$	1~2%
$Al_2O_3$	5~8%	$SO_3$	1~2%

第6表  ${}_{20}Ca$  の同位元素

安定核		不安定核			
$Ca^{40}$	96.97%	$Ca^{39}$	0.9 s	$\beta^+$	
$Ca^{42}$	0.64%	$Ca^{41}$	$1.1 \times 10^5$ y	$\epsilon$ (電子捕獲)	
$Ca^{43}$	0.145%				
$Ca^{44}$	2.06%	$Ca^{45}$	164 d	$\beta^-$	no $\gamma$
$Ca^{46}$	0.0033%	$Ca^{47}$	4.8 d	$\beta^-$	$E_\gamma$ 0.150 0.234 0.495 0.80 1.30 Mev
$Ca^{48}$	0.0185%	$Ca^{49}$	8.5m	$\beta^-$	$E_\gamma$ 3.0 Mev

但し難点として  $Ca^{47}$  は  $Ca^{46}$  の ( $n, \gamma$ ) 反応で出来るであろうから、親核  $Ca^{46}$  の存在比 0.0033% は余りに少い事である。然し  $Ca$  はポルトランドセメント中の主成分であり、 $Ca$  の同位元素中適当な半減期で  $\gamma$  線放射するものは  $Ca^{47}$  しかなく、且その  $\sim 1.30$  Mev の  $\gamma$  線は加速函近傍では見出されない事を注意したい。その他の候補者として

- ②  ${}_{27}Co^{55}$  (18 h,  $E_\gamma$  (Mev) 0.253 (3+\*), 0.477 (28+), 0.935 (156+), 1.41 (26+) 1.84 (0.6+), 2.17 (4+))

があり、これは  ${}_{26}Fe^{54}$  (5.9%) の ( $p, \gamma$ ) 反応で出来る。コンクリート壁内には鉄筋が通つて居り、鉄材は測定点近傍にも少くない故尤もらしくもある。然し  ${}_{27}Co^{55}$  よりの  $\gamma$  線中最も強力な 0.935 Mev のそれが検出されていないのは致命的困難である。

\* ( + ) の数字は  $\gamma$  線相対強度を示す。

③  $^{24}\text{Cu}^{64}$  (12.8 h,  $E_\gamma$  1.34 Mev)

これは  $^{29}\text{Cu}^{63}$  (69.1%) の (n,  $\gamma$ ) 反応  
 $^{28}\text{Ni}^{64}$  (1.16%) の (p, n) 反応

で出来得る。この候補者には半減期が稍短い筈なのに測定では数日に亘つて減衰が無いと云う以外には余り困難はない。半減期の決定は本測定が単一エネルギーの $\gamma$ 線にのみ着目している訳ではないので稍不確実である点を考慮すれば有力な候補となれる。但しその際は 0.5, 0.8 Mev の $\gamma$ 線の対応放射核を別に探さねばならない。この点  $\text{Ca}^{47}$  は好都合である。又  $\text{Cu}$  や  $\text{Ni}$  の材料が加速電極近傍には多量に存在するに拘らず、加速電極下の測定では  $\sim 1.3$  Mev の $\gamma$ 線が検出されていない事は合点がいかない。

何れにしてもコンクリートダクト内の測定で著しい事は  $\sim 1.4$  Mev の $\gamma$ 線が非常に強い事であり、これは加速電極附近では検出されない事である。

④  $^{24}\text{Na}^{24}$  の事：

$\text{Na}^{24}$  の放射能らしいものが検出された事から発展してサイクロトロン室コンクリート壁と加速電極では $\gamma$ 線スペクトルが異なる事が判つたが、肝心の  $\text{Na}^{24}$  の放射能はどうなつたか？ その点を確かめる為に10月12日夕サイクロトロン運転中に、食塩を少量ビニール袋に入れてサイクロトロン電磁石コイル冷却用オイルタンクの上においた。遅中性子捕獲を容易にする為である。この附近の中性子線束は測定器がスケールアウトして仕舞うのでよくは判らないが少く共  $10\text{K}/\text{cm}^2/\text{sec}$  である。約30分照射を続けてから食塩のみのパルス高分布を測定したが  $^{24}\text{Na}^{24}$  の  $\sim 2.7$  Mev の $\gamma$ 線ピークは全く見当らなかつた。今後もう少し実験を続ける必要もあろうが今の処、 $\text{Na}^{24}$  のアクティベーションは余り尤もらしくはない。

§ 6 ま と め

以上の $\gamma$ 線スペクトルからそれに対応する放射性核を探さねばならない。その際考慮すべき条件としては

- i) 親核がサイクロトロンビームの影響を受ける程度の近傍に材料として使われている事
- ii) 半減期は時間のオーダーより短くはない事
- iii) 核反応の入射粒子はプロトンか中性子であつて、重陽子や $\alpha$ 粒子は関係しない事、又光反応も無いと仮定する。

次に上の条件 i) に該当する材料としては

元素では  $\text{Fe}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Mo}$  (プローブ尖端)

合金では、真鍮 ( $\text{Cu}$  70~80%,  $\text{Zn}$  20~30%), ステンレススチール ( $\text{Cr}$  13~18,  $\text{Mn}$  0~0.5,  $\text{Fe}$ ), シルミン ( $\text{Al}$  86~88%,  $\text{Si}$  12~24%,  $\text{Mn}$  0.3~0.4%,  $\text{Mg}$  0.5%) 及び銀鍍である。その成分を融点毎に第7表に示す。但し核研サイクロトロン加速函内に使用したのはどの銀鍍かは不明。

第7表 銀 鍍 の 成 分

Ag	Cu	Zn	Sn	Pt	融点 ( $^{\circ}\text{C}$ )
53	32		15		670 $^{\circ}\text{C}$
50	28	22			677 $^{\circ}\text{C}$
80	16	4			733 $^{\circ}\text{C}$
72	28				779 $^{\circ}\text{C}$
5	58	37			857 $^{\circ}\text{C}$
73				27	1160 $^{\circ}\text{C}$



金属材料以外のもものではポルトランドセメントの成分は既に第 5 表に示した。

次に前記 ii), iii) の条件を考慮して、結局本測定に於て検出されたとされる放射能は第 8 表の如くなる。

第 8 表

放射能核				親核			
番号	核種	半減期	$E_{\gamma}$ (Mev)	核種	存在比%	中性子 $\sigma_{cap}$	反応
1	$^{30}\text{Zn}^{65}$ $\beta^+$	245 d	1.12	$^{60}\text{Cu}^{65}$ $^{30}\text{Zn}^{64}$	31.0% 48.9%	$\sigma$ 0.5 b.	( $p, n$ ) ( $n, r$ )
2	$^{43}\text{Tc}^{96}$ $\epsilon$ $^{96}\text{Nb}\beta^+$	4.3 d	$\left\{ \begin{array}{l} 0.81 \\ 1.12 \end{array} \right.$	$^{42}\text{Mo}^{96}$	16.3%		( $p, n$ )
3	$^{27}\text{Co}^{56}$ $\beta^+$	77 d	$\left\{ \begin{array}{l} 0.85 \\ 1.75 \\ 2.60 \end{array} \right.$	$^{56}\text{Fe}^{56}$	91.6%		( $p, n$ )
4	$^{29}\text{Cu}^{64}$ $\beta^+$ $\epsilon$	12.8 h	1.34	$^{29}\text{Cu}^{63}$ $^{28}\text{Ni}^{64}$	69.1% 1.16%	$\sigma$ 4.3 b.	( $n, r$ ) ( $p, n$ )
5	$^{31}\text{Ga}^{66}$ $\beta^+$	9.4 h	$\left\{ \begin{array}{l} 1.05 \\ 1.7 \\ 2.2 \\ 2.75 \end{array} \right.$	$^{30}\text{Zn}^{66}$	27.8%		( $p, n$ )
6	$^{31}\text{Ga}^{67}$ $\epsilon$	78 h	0.496	$^{30}\text{Zn}^{66}$ $^{30}\text{Zn}^{67}$	27.8% 4.1%		( $p, r$ ) ( $p, n$ )
7	$^{20}\text{Ca}^{47}$ $\beta^-$	4.7 d	$\left\{ \begin{array}{l} 0.150 \\ 0.234 \\ 0.496 \\ 0.81 \\ 1.30 \end{array} \right.$	$^{20}\text{Ca}^{46}$	0.0033%	$\sigma$ 不明	( $n, r$ )
8	$^{27}\text{Co}^{55}$ $\beta^+$	18 h	$\left\{ \begin{array}{l} 0.253 \\ 0.477 \\ 0.935 \\ 1.41 \\ 1.84 \\ 2.17 \end{array} \right.$	$^{26}\text{Fe}^{54}$	5.9%		( $p, r$ )

この第 8 表の中、確実なものは  $^{30}\text{Zn}^{65}$ ,  $^{43}\text{Tc}^{96}$  で、その他は候補者を挙げたものである。然し次の事ははつきりしている。即ち

i) 加速電極の下では検出されるが、コンクリート隔壁ダクト内では検出されなかつたもの

$$E_{\gamma} \quad 1.12 \text{ Mev} ; \quad ^{30}\text{Zn}^{65}, \quad ^{43}\text{Tc}^{96}$$

ii) コンクリート隔壁ダクト内では検出されるが、加速電極の下では検出されなかつたもの

$$E_{\gamma} \quad \sim 1.4 \text{ Mev} ; \quad \text{恐らく } ^{27}\text{Co}^{55} \text{ \&/or } ^{29}\text{Cu}^{64} \text{ \&/or } ^{20}\text{Ca}^{47} \\ \sim 1.07 \text{ Mev} ; \quad \text{恐らく } ^{31}\text{Ga}^{66}$$

然し上の中  $\text{Ca}^{47}$  を除けば  $\text{Co}^{55}$ ,  $\text{Cu}^{64}$ ,  $\text{Ga}^{66}$  が共に半減期が時間の程度であるのに数日間に亘る  $\gamma$  線測定で余り減衰を示していないのは不思議である。然し減衰に就てはパルス波高分布から単調変化分を差引いてピークのみを計数値を求める時の曖昧もある為であろう。これらの点は今後の問題であろう。尚  $\sim 2.05 \text{ Mev}$  のピークに対応する核は不明である。

### § 7 測定器使用知見

使用した核研製パルスハイトアナライザの使用知見を述べて見よう。概して良好であり便利に

出来ていたが動作に稍不安定な点があつた。然しそれらは致命的なものではなく直ちに改善出来るものである。即ち

- i) リニヤアンプのゲインが何時の間にか変動し、その為にディスクリバイアスが変動して困つたが、それはリニヤアンプのゲインコントロールの中 Fine の方のつまみが入力コンセントに隣接するためのケーブル着脱の際に知らず知らずにつまみが廻転する結果である事が判つた。つまみの位置の変更が望まれる。
- ii) 同軸ケーブルのコネクターに2種類 (*M* 型、*N* 型) が使われているので慌て者はとり違えて無理に押し込み接触不良を起した例及びケーブルの芯とコネクターが半田付けされていないので同じく接触不良を起した事があつた。簡単に改善される筈である。
- iii) カウンティングレイトメーターの時定数を切替える際にメーターが振り切つて仕舞い暫らく旧に復さない不便がある。回路的にも改良の余地もあろうが、筆者は次の様な取扱い法によつて防止した。それは時定数を切替える前にカウンティングレイト切替を最高位置に移しておいて次いで時定数を切替え、最後にカウンティングレイト切替を復位するのである。
- iv) レイトメーターが振り切ると連結せるレコーダーも振り切れ同様に仲々復位せず且暫らくその後の動作を不円滑にするのが注意が要る。
- v) 電圧自動掃引装置は完成したばかり (昭和32年9月28日完成) であるが概ね良好に動作した掃引をバイアスの高低及びその逆でも動作は変らない。但しマーカーの位置は変る。又電動機による掃引である為にメカニカルな部分に多少の遊びがある様である。リニヤアンプのゲインの変動もあるのであろうが、フォトピークの位置が使用中に僅かながらずれて来る。これが  $\gamma$  線のエネルギー値を決める際に多少のあいまいさをもたらした。
- vi) 最も確実に動作したのは *E1T* 4段の10進法スケラーであつた。
- vii) Techtro. 社のシンクロスコープでパルスを監視してからバイアスをセットするのが有利である。出来ればパルスハイトアナライザー、レートメーター、スケラーと並行してシンクロスコープ監視する事が望ましい。筆者はケーブルをつなぐコンセントの個数不足の為に並行運転は出来なかつた。

## § 8 中性子線束分布

サイクロトロンで陽子ビームを廻した時に (*p*, *n*) 反応で中性子が多量に発生する。その線束を二方法によつて測つた。

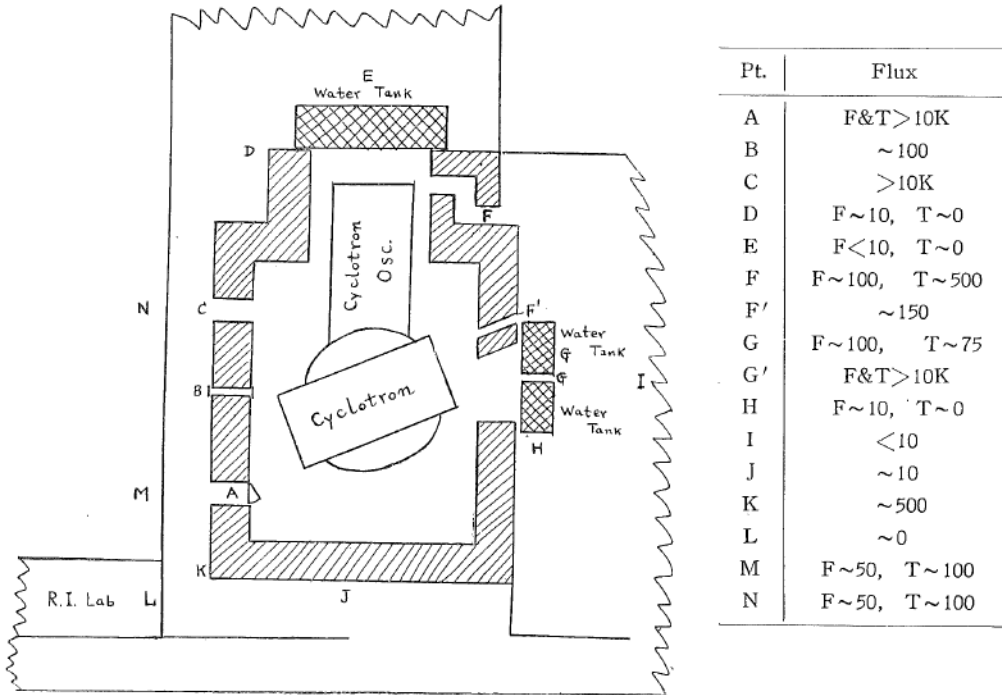
### ① プラスチックシンチレーター法

核研宇宙線部門及び松下電工の製作になるプラスチックシンチレーターをサイクロ室コンクリート壁ダクト内において中性子線束を測つた。真田博士の経験式によればこの測定器では  $\text{cpm} \times 0.05$  が中性子線束 ( $\text{cm}^2/\text{sec}$ ) を与える。それをを用いるとパルスハイトが  $5V$  以上、の線束は  $3K\text{ケ}/\text{cm}^2/\text{sec}$ 、 $25V$  以上は  $1K\text{ケ}/\text{cm}^2/\text{sec}$  程度であつた。然しこの値は次に述べる  $BF_3$  カウンターによる中性子線束の測定値 ( $10K\text{ケ}/\text{cm}^2/\text{sec}$  以上) に比べて低過ぎるようである。

### ② $BF_3$ カウンター法

測定器は既に § 2 で述べたが Naclear Chicago 社製 Nemo, Model 2715 で電気試験所から借用のものである。核研野中教授、熊谷教授と共に測定して廻つた結果を第3図に示した。シールドの不完全な処は簡単に速中性子 (*F*)、熱中性子 (*T*) 共に  $10\text{ケ}K/\text{cm}^2/\text{sec}$  のスケールアウトになっている事及び、シールドの有効さが判る事と思う。この測定は10月12日午後5時30分よりの15分間でビームは陽子で  $9.2\text{ Mev.}$ ,  $60\ \mu\text{A}$  程度であつた。

Fig. 3 Neutron flux density ( $/\text{cm}^2/\text{sec}$ ) at the proton beam condition 9.2 Mev, 60  $\mu\text{A}$ . F means fast neutron and T means thermal neutron.



§ 9 結 語

本報告は筆者がサイクロトロン共同建設の為に東大原子核研究所に滞在中に得た知見に過ぎず又核研サイクロトロングループ全体の仕事であるが、内容に対する責任は筆者が負うものである。

色々御指導、御配慮下さった核研野中到教授、熊谷寛夫教授、真田順平助教授、磯矢彰氏、鈴木草氏、林巖雄氏、石橋可秀氏他サイクロトロングループ、エレクトロニクスグループの諸氏、又測定最初と一緒にやつて下さった京大化研山下佐明助教授に感謝致します。更に北海道から唯一人共同建設に参加する事を御許可下され、且御激励下さった菊池正士核研所長に厚くお礼申し上げます。

文 献

Am. Inst. Phys. Handbook, 1957 McGraw-Hill Co.