

理研 1.6 m 普通形サイクロトロンによる医用 R I の製造

理研・ 唐沢 孝・ 野崎 正・ 医用 R I 研究グループ

(1) 過去十数年以内、われわれのサイクロトロンで製造された医学診断用の R I を表 1 に示す。(2) 医用 R I は、第 2 次大戦後、原子炉によって、大量に廉価に生産された。しかし原子炉製 (Reactor Made) のものは、ほとんど大部分が (n,  $\beta$ ) 反応で作られるので、中性子が多量 R I であり、またその半減期も必要以上に長く、人体に、不必要な放射線被曝を与える。

Radio-isotopes produced by ICPR Cyclotron for Medical Use

Nuclide	Half-life	Main production reaction	Incident energy (MeV)	Practical yield *
N-13	10 m	$^{16}\text{O}(p, \alpha)^{13}\text{N}$	13	5 mCi/m (A)
F-18	1.8 h	$^{16}\text{O}(^3\text{He}, p)^{18}\text{F}$ $^{20}\text{Ne}(d, \alpha)^{18}\text{F}$	14 10	0.8 mCi/m (A) 1.2 mCi/m (A)
Mg-28	21.2 h	$^{27}\text{Al}(t, 2p)^{28}\text{Mg}$	24	50 $\mu\text{Ci/h}$ (B)
K-43	22.4 h	$^{40}\text{Ar}(\alpha, p)^{43}\text{K}$	23	1 mCi/h (B)
Fe-52	8.2 h	$^{52}\text{Cr}(^3\text{He}, 3n)^{52}\text{Fe}$	42	1 mCi/h (B)
Ga-60	78 h	$^{66}\text{Zn}(d, n)^{67}\text{Ga}$	22	3 mCi/h (B)
In-111	68 h	$^{109}\text{Ag}(\alpha, 2n)^{111}\text{In}$	42	4 mCi/h (B)
I-123	13.3 h	$^{123}\text{Sb}(^3\text{He}, 3n)^{123}\text{I}$	38	9 mCi/h (A)
Hg-197m	24 h	$^{197}\text{Au}(d, 2n)^{197\text{m}}\text{Hg}$	22	7 mCi/h (B)
Pb-203	52 h	$^{203}\text{Tl}(d, 2n)^{203}\text{Pb}$	22	4 mCi/h (A)

\* 1. For the target material of natural isotopic composition.  
2. (A): without chemical treatment; (B) after chemical treatment.

たとえば、甲状腺の診断および治療に用いられる  $^{131}\text{I}$  は、近年になって、たまたま患者個人に与える影響のみならず、公害のおそれも指摘されていり、これに反して、サイクロトロン製の  $^{123}\text{I}$  の半減期は、診断

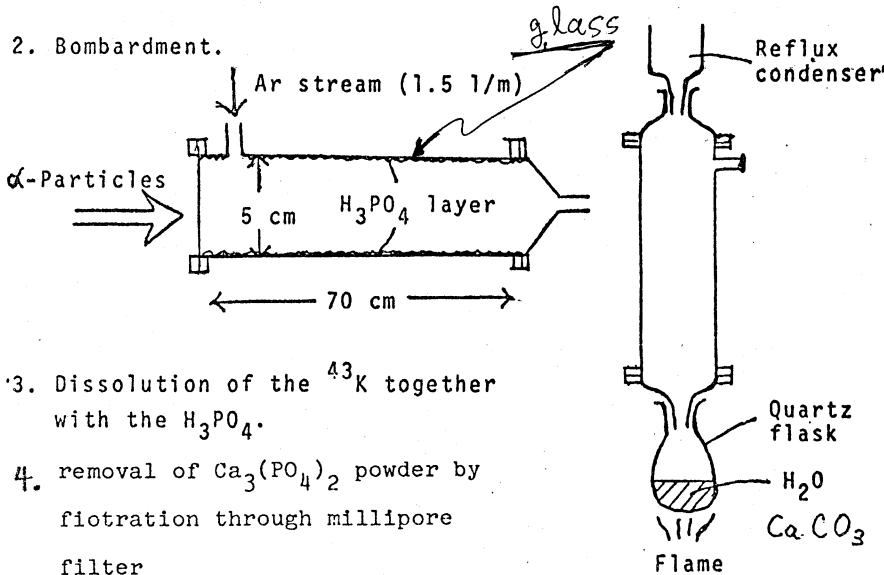
には十分であり、不必要に長くはない。原材料の生産原価では、Reactor Made に比べて、Cyclotron Made のものは、数百倍も高価であるにもかかわらず、世界各国では  $^{131}\text{I}$  を用いる  $^{123}\text{I}$  を用いる風潮がある。Cyclotron Made の R I は適当な化学操作により、無担体 (Carrier Free) で得られる利点、あるいは、その R I が多くは、陽電子を放出するので、消滅放射線 (Annihilation) を約 0.51 MeV を陽電子 (positron) を用いて捕えることで、精々のよい像が得られると期待されている。(3) 正式に医薬品として認められている Cyclotron Made の R I は  $^{18}\text{F}$  等しかないのであるが、医学的に使用するためには、数多くの制約がある。経口投与の場合には、あまり多くの制約は無いが、静脈注射の場合には、注射液が生理的食塩水に近い pH を持つていなくては、10<sup>6</sup> 倍の pH 差があることは、おまじの静注には、数 ml の溶液中に必要とする R I (数 mCi) が含まれていなくては、各種の厳しい制約がある。(4) もちろん、製造された医用 R I は、まず、ネズミやウサギ等の動物に投与して、その効用と、無害であることが確かめられた後、慎重に、人体に試験的に投与される。表 1 に示されている R I の

大部分は、現在では、人体に医用に用いられているが、何等の異常も認められていない。(5) 第一表と示される下の中、化学操作は、 $^{43}\text{K}$  の場合を説明し、動物実験については、 $^{13}\text{N}$  を示し、例示する。

Production of  $^{43}\text{K}$  by the  $^{40}\text{Ar}(\alpha, p)^{43}\text{K}$  Reaction

1.  $\text{H}_3\text{PO}_4$  coating of the inside wall of bombardment vessel

2. Bombardment.



3. Dissolution of the  $^{43}\text{K}$  together with the  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

4. removal of  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  powder by flotation through millipore filter

(6)  $^{43}\text{K}$  の場合は、当初は、ガラスのターゲット箱の内側にステンレス製の筒を用い、また、化学処理の際も、 $\text{CaCO}_3$  を用いず、イオン交換樹脂によって、リン酸を除去したが、現在では左図のような化学処理法を用いている。(7)  $^{13}\text{N}$  で標したアルミニウムが、心臓に集積するに下表で

理解される。これから、アルミニウムが、心疾患の診断に広く利用されるに期待される。

(8) 医用 RI の製造の手順について、正常の場合の例を、以下に項目別に列挙する。

- (a) 診断に利用する医学面からの核種の決定 (元素の種類, 半減期, 放出する放射線の種類)
- (b) 核反応の決定 (励起状態と、それに基づく核子のエネルギー) あるいは照射時間の決定
- (c) ターゲットの選択 (機械的, 化学的形態・おもに熱的安定さおよび、照射後の化学処理の容易さ等)

(d) 照射後の化学処理法  
簡便 (作業者の被曝量の軽減, あるいは短半減期の RI については、短時間の化学反応の終了等)

(e) 動物に投与し、適当な時間 (生理的) 後の各臓器への集積の実測。(シンチスキャナー)

(f) 測定法の選定 (アンガマックス・positron camera等)

Distribution of  $^{13}\text{N}$  in Mice 5 min after Intravenous Injection of  $^{13}\text{NH}_3$

Organ	Weight (g)	$^{13}\text{N}$ Uptaken (%)	$^{13}\text{N}$ Uptaken (% per gram)
Heart	0.12	4.9	40
Kidney じん臓	0.53	10.2	19
Lung	0.14	2.2	16
Liver	1.16	12.4	11
Spleen 脾臓	0.11	1.0	9.3
Intestine 腸	2.02	13.0	6.5
Blood	0.51	2.7	5.2
Whole Body	27.3	100.	3.7