

超小型サイクロトロン（ベビーサイクロトロン）

研究者	理化学研究所 サイクロトロン研究室	副主任研究員	唐 澤 孝
開発企業	株式会社 日本製鋼所	代表取締役社長	館 野 万 吉
	（推薦者 株式会社日本製鋼所	専務取締役	樫 原 昌 夫）



唐 澤 孝 氏



館 野 万 吉 氏

1 技 術 の 背 景

サイクロトロンは、電荷を持った粒子（陽子や α 粒子など）を電場と磁場で加速しながら、うず巻き状に回転させて光の速度近くまで加速する装置で、原子核や素粒子など、物質を構成する基本粒子を研究する手段として、専ら核物理学の研究に利用されてきたが、同時に、短寿命でしかも陽電子を放出する放射性同位元素（RI）を作るのに適しており、このRIを用いれば放射線被ばくによる影響がなく安全なことから、医療への利用が期待されていた。

近年、病巣の形状や病変部の形態異常を的確にとらえるX線CT（X線断層像撮影装置）が目覚ましい普及を遂げ、病気の診断、治療に効果を發揮している。しかし、こうした形態異常をきたす前に起る患部の機能異常や代謝異常をとらえることができれば、さらに早期に的確な診断ができ、適切な治療も可能となるためその実用化が望まれていた。

これを実現するのがポジトロンCT（陽電子断層像撮影装置）で、この装置には短寿命のRIが必要であり、装置に近接してすみやかに所望のRIを作る必要がある。このためには病院内に設置ができ、しかも取扱いの簡単なサイクロトロンの出現が望まれていた。

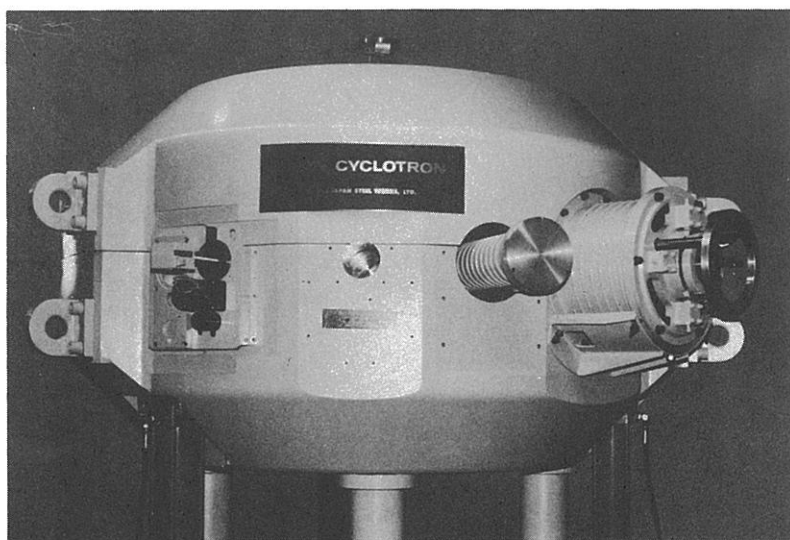
2 技 術 の 概 要

本技術は、ポジトロンCT等に用いる短寿命RIを、病院等の現場で簡単に製造できる超小型サイクロトロンに関するもので、次のような配慮がなされている。

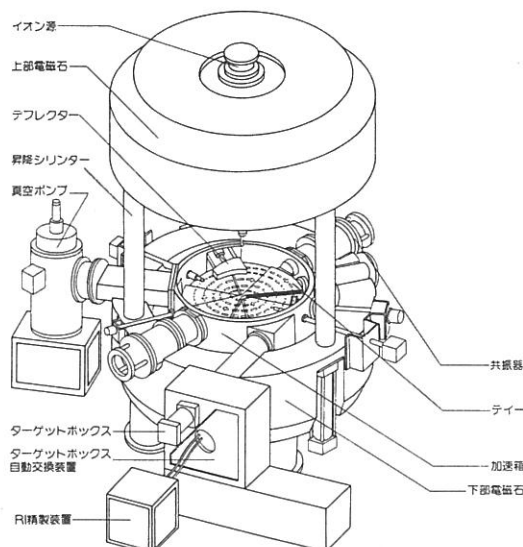
- すなわち、① 短寿命RIを人体の構成元素である4核種（ ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F , 寿命は2~110分）に、また、加速粒子をプロトン、デュートロンの2種に限定し、最適加速エネルギーをあらかじめ設定、固定化することで基本機能を簡素化し、加速箱、電磁石、イオン発生装置等を小型化することによって、サイクロトロンの超小型化（本体の直径、高さともに約1.8m、重量約20トン）および操作の簡便化を実現した。
- ② 装置の運転によって発生する中性子、 γ 線等の放射線を遮蔽するため、イオン粒子を加速箱内に封じ込めるための電磁石で、放射線の発生源を包み込む自己遮蔽構造とすることで安全性を確保した。
- ③ 装置の超小型化、機能の簡素化により消費電力の低減、真空復帰時間の短縮化を図り、経済性を確保した。

以上により製造される装置の本体写真、構造及び動作は、次のとおりである。

装 置 の 本 体



装置の構造図



図は上部電磁石を持ち上げた開放状態を示す。運転時は上部を下げて上部下部一体とする。

装置の動作説明

- ① イオン源でイオン粒子（陽子または重陽子）をつくり共振器・デューにより電氣的に加速する。
- ② 加速粒子は、真空ポンプで排気された加速箱内をらせん軌道を描いて回る。上部・下部電磁石は粒子が遠心力で飛び出さないよう、その磁場で封じ込める働きをしている。
- ③ 最大半径に達した粒子は、デフレクターにより直線軌道に偏向され、ターゲットボックスに打ち込まれ、内部の標的物質と衝突し核反応を引き起す。
- ④ 核反応により、短寿命R I が生まれ、R I 精製装置を経て無機R I ガスまたは有機のR I 標識化合物となる。

3 経 済 効 果

短寿命R I を用いたベビーサイクロトロン医療診断システムにより、がん等の早期診断のほか従来解明し得ない精神疾患、代謝性疾患における機能面の診断が可能となった。

また、本ベビーサイクロトロンは医療以外にも、半導体中の微量不純物の分析（放射化分析）、宇宙ロケットの火薬信管などの非破壊検査（中性子ラジオグラフィー）、核融合炉材開発（照射クリープ試験）、公害物質の分析といった用途にも利用されている。

このように本技術は、従来専ら研究用としてしか製造されていなかったサイクロトロンを、医療、工業等の産業用として使用できるようにした我が国はじめての試みであり、高く評価される。

なお、本装置は、国内だけでも84ヶ所の病院が施設の導入を計画しており、全世界では相当量の数に達するものと期待されている。