

STUDY OF IH TYPE LINEAR ACCELERATOR FOR ACCELERATE DEUTERON AND TRITON

Toshiyuki HATTORI, Yoshiyuk OGURI, Masahiro OKAMURA, Yoshijirou SIDA<sup>1)</sup>,  
Takashi FUJISAWA<sup>2)</sup>, Seiji SEKI<sup>3)</sup>, Haruhiko MORINAGA<sup>4)</sup>, H. SCHUBERT<sup>4)</sup>,  
E. IVANOF<sup>5)</sup>, V. ZORAN<sup>5)</sup> and D. DUDU<sup>5)</sup>

Research Laboratory for Nuclear Reactors, Tokyo Institute of Technology,  
2-12-1 Oh-okayama, Meguro-Ku, Tokyo, 152 Japan

1) Institute for Nuclear Study, University of Tokyo

2) Denki Kougyou, Ltd.

3) Nihon Shinkuu, Ltd.

4) Technischen Universitat Munchen

5) Institute for Atomic Physics, Rumania

ABSTRACT

We are studying IH type linear accelerator for application as international co-operative research. Acceleration of deuteron and triton by IH linac were planned for making of medical effective isotopes. First plan is accelerate triton to 7 MeV by two IH linacs at Institute for Atomic Physics in Rumania. 2nd plan is accelerate deuteron to 3.2 MeV by an IH linac at Research Laboratory for Nuclear Reactors, Tokyo Institute of Technology in Japan.

3 MeV重陽子実用型IH線形加速器の研究

1. はじめに

IH型線形加速の可能性は1948年森永により基礎研究が行われ、IH型線形加速器は1970年代半ばにドイツミュンヘン工大、大型タンデム型静電加速器の後段加速器として森永等により建設されイオン加速に初めて成功した。[1] このタイプが基礎研究用に、日本の筑波大学タンデム加速器センターやデンマーク、ニュールス・ボーア研究所等に建設され長時間安定に運転されている。

IH型加速構造は既成構造に対して数倍以上加速電力効率が高く非常に低い電力でイオンを高エネルギーに加速することを可能にした。

さらに1980年代初めから日本、東大原子核研究所で服部等により、低エネルギー領域から加速可能なIH型加速構造の基礎研究が行われ、東工大・原子炉工学研究所に1980年半ば2台の実用機が建設され重イオン加速に成功した。[2.3] そして

高周波四重極収束(RFQ)を組み合わせたIHQ型の中エネルギー領域でのイオン加速に実験機で1989年成功した。[4]

格段に加速電力効率が優れた、IH型線形加速器の基礎研究から高、中エネルギー領域のイオン加速が、ドイツ及び日本で成功し、基礎研究用のIH型イオン線形加速器がほぼ完成した。これら基礎研究用で大電流加速が可能なIH型線形加速器の医療用や半導体生産用など産業のための小型で信頼性の高い実用機に発展させる研究を行い完成させることを目的とした。

医療、産業用のイオン加速器は技術的に確立した静電型加速器とサイクロトロンが現在使用されているが、比較的エネルギーが高く、イオンの高電流化のためには、電子加速用の静電加速器やベータートロンが電子線形加速器に置きかわったと同様に実用型のイオン線形加速器が有利となる。この完成により真の民生用の加速器利用形態が完成することになる。

## 2. 医療用有効アイソトープ製造用 IH 型線形加速器

実用型線形加速器の象徴として医療用有効アイソトープ製造用重陽子、3重陽子加速の実用 IH 型線形加速器を設計、製作し加速特性テストを行い、実用機を完成させることを考え日欧の共同研究行っている。

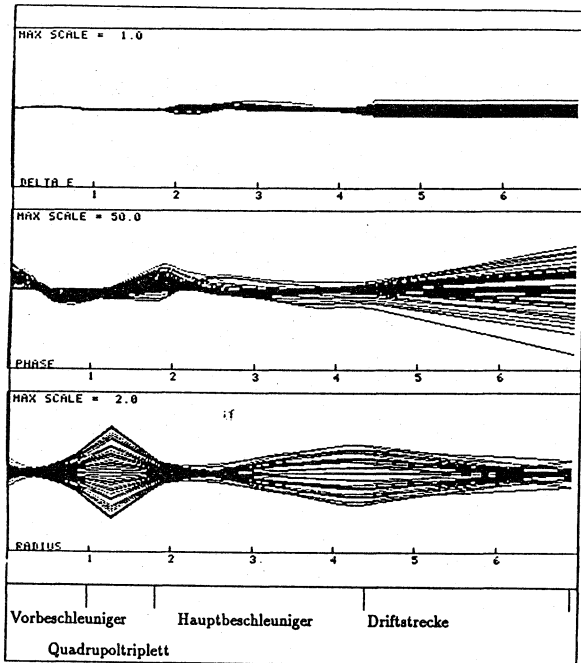


図1 3重陽子軌道シミュレーション結果

2-A) 3重陽子加速 IH 線形加速器計画  
 $^{42}\text{Ar}$  等のアイソトープ製造用 7 MeV  
 3重陽子加速の IH 型線形加速器の計画を立て、日本とドイツの資金を得て製作を開始した。加速器システムはミュンヘン工

大が設計し日本とドイツで製作し、第1加速空洞による加速テストの後、他は未完成のままルーマニアの原子物理研究所内のサイクロトロン研究所の実験室に設置した。

イオン源はデュオプラズマトロンで入射器としては 400 kV のディスクトロンを採用した。第1 IH 加速空洞と2倍の共振周波数の第2 IH 加速空洞で3重陽子を 7.2 MeV まで加速する設計になっている。3重陽子加速第1、第2加速空洞の主要パラメータを表1に示す。

軌道の収束は第1加速空洞に入る前の2台のバンチャーとアインツェルレンズと第1と第2加速空洞間の3連4重極電磁石のみで、線形加速器中のドリフトチューブの位相を変えることで行い、APF 収束を駆使することで 7.2 MeV まで安定に加速出ることが計算された。

粒子の軌道シミュレーション結果を図1に示す。また全体のレイアウトを図2に、ルーマニアに移設した第1加速空洞の写真を図3に示す。

しかし3重陽子加速テストは第1加速空洞以外未完成であること、ルーマニアの原子物理研究所で未完成の部分の完成するための資金の困難さ、及び研究環境が悪くなりつつあるのを鑑みて一部共同研究を休止することにした。

Table-1 Parameters of IH Linacs for Accelerate Deuteron and Toriton

	1st IH Linac	2nd IH Linac	IH Linac for d
Charge-to-mass ratio	$\geq 1/3$	$\geq 1/3$	$\geq 1/2$
Energy Input (MeV/amu)	0.1	0.57	0.1
Output (MeV/amu)	0.57	2.4	1.6
Cavity Inner D. (cm)			56, 64, 70
L. (cm)	100	260	216
Operation Frequency (MHz)	84	168	96
Synchronous Phase	$\sim 0^\circ$	$\sim 0^\circ$	$\sim 0^\circ$
Shunt Impedance (M $\Omega$ /m)		270	250
Acceleration Voltage (MV)	1.4	5.5	3.0
RF Power (wall loss) (kW)		43	4.2

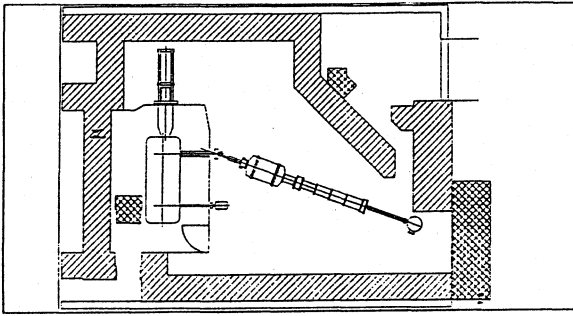


図2 3重陽子加速システムのレイアウト

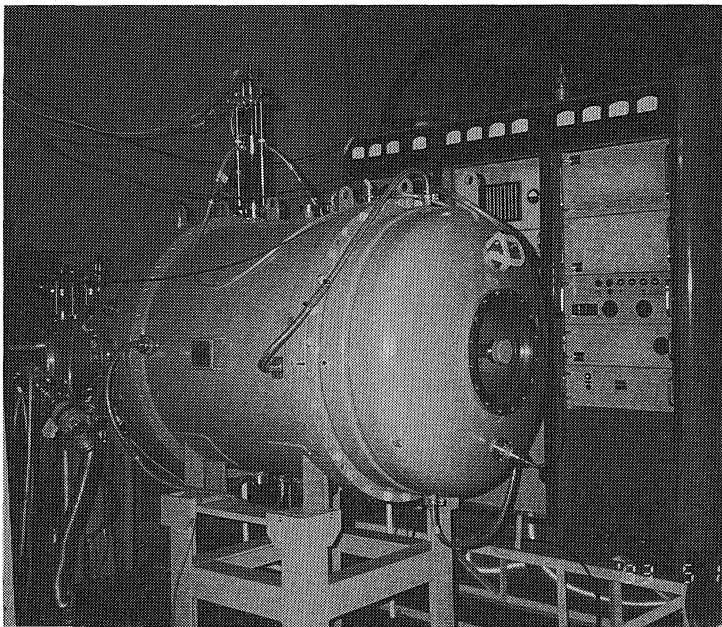


図3 第1加速空洞の写真

2 - B) 重陽子加速 I H 線形加速器計画

一方PET用アイソトープ製造のための3.2 MeV重陽子を加速するIH型線形加速器は東工大・原子炉研で加速テストがおこなわれることが決定した。

加速空洞はミュンヘン工大が設計し、ルーマニア原子物理研究所と共同でルーマニアで製作して93年秋に日本へ輸送する。

表1に3.2 MeV重陽子加速IH線形加速器の主要パラメータを示す。日本側はイオン源、入射系、加速後のイオンの分析系を設計、製作する予定で設計が進んでいる。

輸送された加速空洞の電磁特性試験後東工大・原子炉研の重イオン加速器システム

の高周波電源、各種電源及び冷却系等を用いて実用型IH線形加速器の加速特性試験（日本では軽水素によるテストのみを行う）をミュンヘン工大、ルーマニア原子物理研究所の人間が来日して日本側研究者との国際共同研究を展開する予定である。

2 - C) 重陽子加速 I H Q 線形加速器計画

今回3.2 MeV重陽子加速IH線形加速器はミュンヘン工大が設計したが、これを東工大が開発したIHQ型線形加速器にすれば、ビーム収束が優れていることからより高性能が期待される。そこで東工大側が3.2 MeV重陽子加速のIHQ型線形加速器を設計しルーマニア原子物理研究所と共同でルーマニアで加速空洞を製作する。そして日本に輸送して、同じ加速テストベンチを利用して加速特性試験を行い両線形加速器の比較を94年に行うことを計画している。

REFERENCES

1. E. Nolte, G. Geshonke, K. Berdemann, R. Oberchmid and H. Morinaga; Nucl. Instr. and Meth. 158(79)311
2. Y. Oguri, E. Arai and T. Hattori; Nucl. Instr. and Meth. A235(85)7
3. T. Hattori, K. Sato, H. Suzuki, Y. Oguri and E. Arai.; Proc. 1986 Intn. Conf. of Linear Accelerator, Stanford, 1986 p377-379.
4. T. Hattori, H. Suzuki, H. Muto, T. Fukusima and N. Ueda; Proc. 1989 Particle Accelerator Conference, Chicago, USA, CH2669-0(1989)944