

[1 p - 1]

DEVELOPMENT OF HIGH INTENSITY PROTON ACCELERATOR FOR NEUTRON SCIENCE RESEARCH PLAN

Mizumoto M., Kusano J., Hasegawa K., Ito N., Oguri H., Kinsho Y., Touchi Y.*1, Mukugi K.*2, Ino H.*3, Kaneko H.*4 and Akaoka N.*5

Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI)
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan

ABSTRACT

A research plan has been proposed in JAERI aiming at exploring new basic researches and nuclear energy sciences based on a high intensity proton linac with about 1.5GeV and 5-10mA. The research complex will be composed of facilities such as the Neutron Facility for neutron scattering experiments, the Nuclear Energy Related Facility for engineering test of nuclear waste transmutation etc. The R&D has been carried out for the components of the low energy part of the accelerator; ion source, RFQ, DTL and RF source. For the high energy portion, the conceptual design work on a superconducting accelerating cavity has been performed. The paper will present the summary on a long term development plan to build the accelerator, conceptual design study and the R&D work.

中性子科学研究用大強度陽子加速器の開発

1. 開発の概要

原研では、中性子を中心とした先端的基礎・基盤研究の推進と原子力分野への新たな利用を目的として中性子科学研究計画構想を提案している。この構想の中核となるのは、加速エネルギー1.5GeVクラスで平均加速電流5-10mAの大強度陽子加速器である。

2. 加速器開発の考え方

中性子科学研究計画では、計画を2つのステップに分けて建設を進める⁽¹⁾。第一期では、加速器はパルスモードで運転し、平均加速電流は1mAを目指す。第二期では、CWモードで運転

し、平均加速電流5-10mAを得る。また、高βリニアック部については超電導加速構造(SC空胴)を第一の選択とする。SC空胴技術については様々な課題が残されているものの、(1)総延長距離の短いリニアックの建設が可能である。(2)ビーム口径を広く取り、ビームの漏れを少なくすることが出来る。(3)加速器運転用の電力が節減できる等の利点がある。しかし、一方で、超電導加速器の場合、第一期のパルスモード運転の際の高周波の安定性について課題を残している。加速器の基本仕様を表1に示す。

表1 大強度陽子加速器の基本仕様

・エネルギー :	1.5GeV
・加速粒子 :	負水素イオン、正水素イオン
・平均加速電流 :	第一期 1mA、第二期 最大 5-10mA
・低エネルギー加速部 :	常電導リニアック (200MHz)
・高エネルギー加速部 :	超電導リニアック (600MHz)
・パルス構造 :	第一期はパルスモード運転、第二期はCWモード運転
繰返し	50Hz
マクロパルス幅	2ms (1mA 運転時) ~ CW、中間パルス幅 1 μs 以下
・チョッピング効率 :	60%
ピーク電流	16.7mA (10mA/0.6)

中性子科学研究計画用施設の中でも主要な研究施設となる中性子散乱実験施設等については、強力なパルス中性子の利用が計画されている。この用途では、ビームをチョップすることによって 1μs 程度の間幅パルスを形成し、高エネ

*1Sumitomo Heavy Industries, LTD.
*2Mitsubishi Electric Corporation
*3Mitsubishi Heavy Industries, LTD
*4Toshiba Corporation
*5Nippon Advanced Technology, LTD

ルギーに加速された後にビーム蓄積リング（整形リング）を用いることによってビームを重畳し、

強力な短パルスを形成する。図1に中性子科学研究用加速器の概念図を示す。

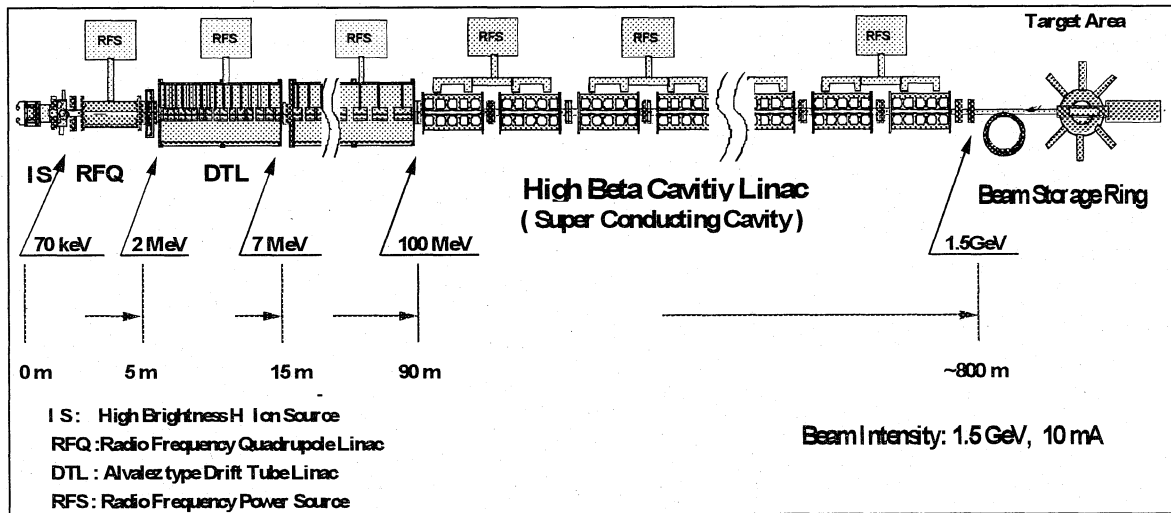


図1 中性子科学研究用加速器の概念図

原研では平成3年度以来、主要な加速器要素についての要素技術開発と、加速器システムの最適化検討を実施してきた。開発では、加速器システム設計を実施すると同時に、要素技術開発として3つの主要な項目、①低エネルギー加速部、②高エネルギー加速部、③高周波源の開発を実施している。

3. 低エネルギー加速部

低エネルギー加速部の開発の第一ステップとして各加速器要素（高輝度イオン源、RFQ、DTL、高周波源）のR&Dを進めてきた⁽²⁾。

3.1 イオン源の開発

大強度陽子加速器用イオン源はバケットタイプのマルチカスプ型を採用し、水素イオンプラズマの生成にはタングステンフィラメントをカソード側、チャンバーをアノード側とするアーク放電を利用する。現在、加速電圧100kVにおいて、引き出し電流140mA以上（パルス幅1ms、デューティー10%）、陽子比の測定では80%以上、また、規格化エミッタンス $0.23 \pi \text{ mm} \cdot \text{mrad}(\text{rms})$ 、 $1.0 \pi \text{ mm} \cdot \text{mrad}(90\%)$ を達成した。また、ビーム蓄積リングへの入射のために負イオンの加速試験を開始した⁽³⁾。

3.2 RFQの開発

試作したRFQは、周波数201.25MHzの4ベーン型であり、ビーム加速試験を実施している⁽²⁾。

現在加速電流は、50~60mAを安定に加速することが可能であり、最大で70mA以上、最大デューティー7%、規格化エミッタンスは $0.7 \sim 0.8 \pi \text{ mm} \cdot \text{mrad}(\text{rms})$ 、90%で $3.1 \sim 3.4 \pi \text{ mm} \cdot \text{mrad}$ である。

高エネルギー加速部で超電導加速構造を想定した場合、RFQはCW運転が可能でなければならない。そのため、新たにCW-RFQの設計検討を開始した。ビーム電流は20mA~30mA（R&D機は100mA）、最大電場強度はキルパトリック値の1.43倍（同1.63）である。同期位相をRFQ入口部分でR&D機よりも緩やかに変化させ、透過効率を高めており、設計計算ではビーム電流20mAで透過率が97%、0~60mAの範囲で90%以上が得られている。

3.3 DTLの開発

DTLのR&Dでは、内蔵Qマグネットの開発、RF特性試験、熱特性試験を目的として、最上流部分の1m長さのモデルタンクを製作した⁽⁴⁾。周波数はRFQと同じ201.25MHzを選択し、磁場勾配80T/mのホローコンダクター型Qマグネットを上流部の2つのドリフトチューブ内に組み込んだ。ハイパワー試験、平均加速電場2MV/mに必要なRFパワー128kW、デューティー20%のRF入力時のDTL内各要素の発熱量の測定では、各コンポーネント（上流端板、各DT、チューナー、下流端板）については、測定値と計算値の一致は良好である。タンク自体については、タ

ンクから大気側に熱が逃げているため計算値よりも測定値がやや低い結果が得られた。

4. 高エネルギー加速部の開発

現在、原研では KEK との共同研究により、高エネルギー領域のビーム軌道計算と超電導加速空胴の開発を実施している。また、加速空胴の超電導試験のために東海研リニアック棟にテストスタンドの整備を進めている。電磁場計算コード SUPERFISH を用いて暫定的に決定された空胴の構造定数を基に構造計算コード ABAQUS を用

いた強度計算を実施している。最大の開発課題は低 β 領域で空胴の強度を充分に取るため、構造設計上での効果的な補強策を検討することにある。

計算によって決定された空胴を組み合わせた構成(クライオモジュール)について、その概念図を図2に示す。これは電子加速器 TRISTAN の経験⁽⁶⁾を下に暫定的に決定されたものであり、これらの構成を基礎としビーム軌道計算を進めている。

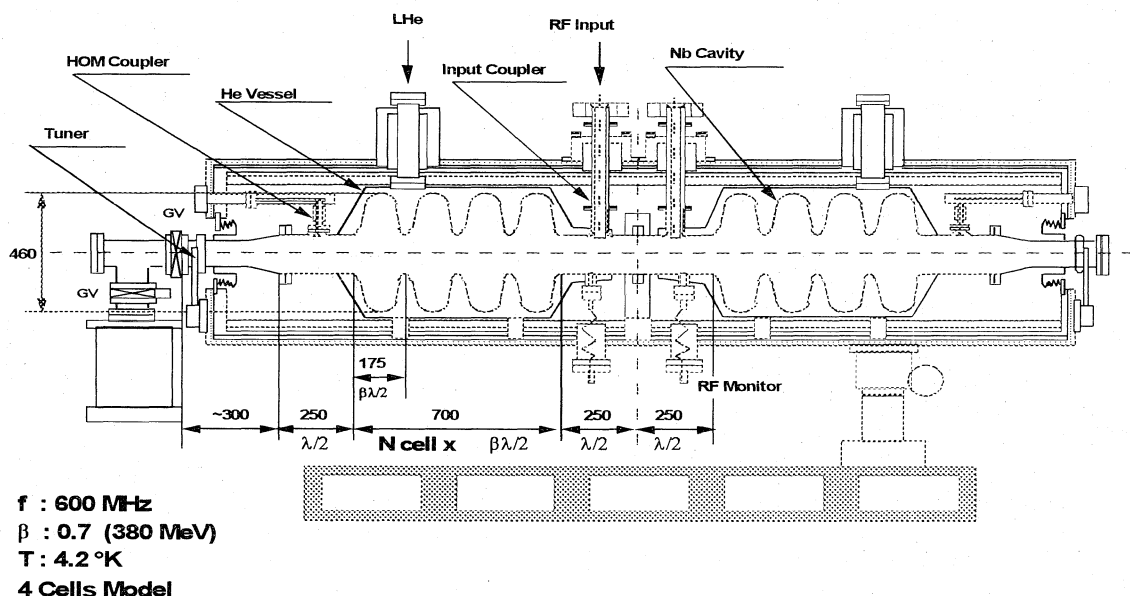


図5 陽子加速器用超電導加速空胴の概念図

7. まとめ

平成3年度から実施している大強度陽子加速器のR&Dでイオン源、RFQ、高周波源、DTLの試験、RFQまでの2MeVのビーム加速試験を実施した。さらに高エネルギー領域での加速空胴についてはビーム加速時の漏れが少なく、かつ経済性に優れている超電導加速空胴を使用することを想定し、CWモードでの運転が出来る加速器の開発を進めている。今後、利用施設の検討が進む中で、高エネルギー領域のビームの収束、ビーム蓄積リングなどのビーム輸送系も含めた加速器のシステム検討、概念検討をより詳細に進めていく。

参考文献

(1)水本元治、「大強度陽子加速器技術開発の現状」、第1回「大強度陽子加速器の利用」に関するワークショップ、1995年2月7日~8

日、原研東海、p9

- (2)K.Hasegawa et al., R&D Status on the High Intensity Proton Accelerator in JAERI, Proc. of the 10th Symposium on Accelerator Science and Technology October 25- 27, (1995), Hitachinaka, p233.
- (3)H.Oguri et al., Development of a high brightness negative hydrogen ion source, Rev. Sci. Instrum. 67 (3), p1051 (1996)
- (4)N.Ito et al., Fabrication and Test of the DTL Hot Model in the R&D Works for the Basic Technology Accelerator (BTA) in JAERI, 1994 International Linac Conference, Tsukuba, Japan, p119 (1994)
- (5)Y.Kojima et al., Upgrading of TRISTAN by Superconducting RF System, Particle Accelerator Conf. Chicago, p1789-1791 (1989)