

DEVELOPMENT OF THE JAERI BASIC TECHNOLOGY ACCELERATOR (BTA)

M. Mizumoto, K. Hasegawa, H. Yokobori, H. Oguri, H. Murata, K. Sakogawa,
M. Kawai, J. Kusano and Y. Okumura

Accelerator Engineering Laboratory
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan

ABSTRACT

The development works of the Basic Technology Accelerator (BTA) have been carried out for the purpose of the accelerator-driven nuclear waste transmutation. The mock-up test for the low energy portion of the Engineering Test Accelerator (ETA, 1.5 GeV, 10 mA) will be made by the BTA with a beam energy of 10 MeV and a current of 10 mA. The R&D works for main accelerator components such as high current ion source, radio frequency quadrupole (RFQ), drift tube linac (DTL) and RF power source are currently in progress.

原研技術開発用加速器 (BTA) の要素技術開発

1. はじめに

放射性廃棄物の消滅処理を主要な目的とした大強度陽子加速器の開発研究が実施されている (OMEGA計画)。このシステムでは超ウラン元素を主体にした消滅処理が行われ、1.5GeV、40mA級の陽子加速器が必要となる¹⁾。原研では炉心の模擬試験、プラント実証試験、材料照射試験などを行うために工学試験用加速器 (ETA: Engineering Test Accelerator、エネルギー1.5GeV、平均電流10mA規模) の建設を計画している。この加速器開発では高エネルギー部におけるビームの漏れを少なくすることが重要であり、初段加速部における大電流化とビームの質の向上が不可欠である。現在、開発の第一歩として、10MeV、10mAの技術開発用加速器 (BTA: Basic Technology Accelerator) の要素技術開発 (R&D) を実施している²⁾。

2. BTAの基本仕様

BTAの基本仕様を表1に、概要を図1に示す。加速周波数は、大きなボア径、冷却の容易さ、高周波 (RF) 源の入手性から、200MHzを選択した。加速エネルギーは10MeVとし、平均電流はETAと同様10mAである。運転モードは、デューティー10%のパルス運転とし、予め高いピーク電流値 (100mA) の加速実績を得ておくことで、将来の大電流化への布石とする。DTL出口のエミッタンスとエネルギー精度は、それぞれに $0.1\pi\text{ cm}\cdot\text{mrad}$ (規格化rms) と1%を目標に開発を進めている。

現在、要素技術開発を実施している加速器要素は、①大電流イオン源、②RFQ、③DTLおよび、④高周波源 (RF源) である。各要素の主な仕様を表2に示す。

3. 要素技術開発の現状

イオン源の開発では、マルチカスプ型のイオン源のプロトタイプを製作し、60kVのテストスタンドで56mA加速を達成した。加速ビームのエミッタンスは $0.045\pi\text{ cm}\cdot\text{mrad}$ (90%) で陽子比80%が得られている³⁾。現在、100kVの高圧電源を製作中である。

RFQの開発ではSUPERFISHによる電場分布やRF発熱、CURLI、RFQUIK、PARMTEQ⁴⁾でのビーム軌道計算を終了した。また、図2に示すようにベーンの2次元加工による影響を計算

し、ベーン構造の補正值を評価した⁵⁾。さらに、エンド領域の影響による周波数のズレを合わせるために3次元コードMAFIA⁶⁾による電磁場計算を実施した。図3にギャップ部と切り欠き部の長さが周波数に及ぼす影響を示す。更に、PARMILAを改良しスペースチャージを考慮したLEBT系でのビーム軌道を評価した。

DTLでは、SUPERFISH、PARMILAによる設計計算を終了し、加速構造を決定した。出口の電流値とエミッタンスはほぼ所定の値が得られる見通を得た。また、ドリフトチューブ内には、図4に示すようにホローコンダクター型の4極電磁石（直流電源による駆動）を採用することとし、3次元熱計算コードを用いて温度分布、熱変形を計算し、SUPERFISHにより周波数のズレを評価した。さらに、DTLのホット試験を実施するために、9つのセルよりなるモデルタンクを製作する。

高周波（RF）源はBTAでは1MW（ピーク値）級のものが3ユニット必要となる。R&DではDTLホットタンクのホット試験、RFQのホット試験とビーム試験のために1ユニット作成する。最終段増幅管としてはEIMAC-4CM2500KG（4極管）を採用し、基本回路、共振空洞、制御系等の設計を行っている。

4.まとめ

平成3年度から5年度までの3カ年の予定でR&Dを実施中である。現在、ほぼ設計を終了し製作の一部を開始した。一方、加速器を収納する建家の基本検討や、電力、給排水設備などのユーティリティーに対する検討も行っている。また、並行して、1.5GeVの工学試験用加速器（ETA）に関しての最適化検討や、消滅処理用のターゲットやブランケット系の工学的設計検討も行われている。

参考文献

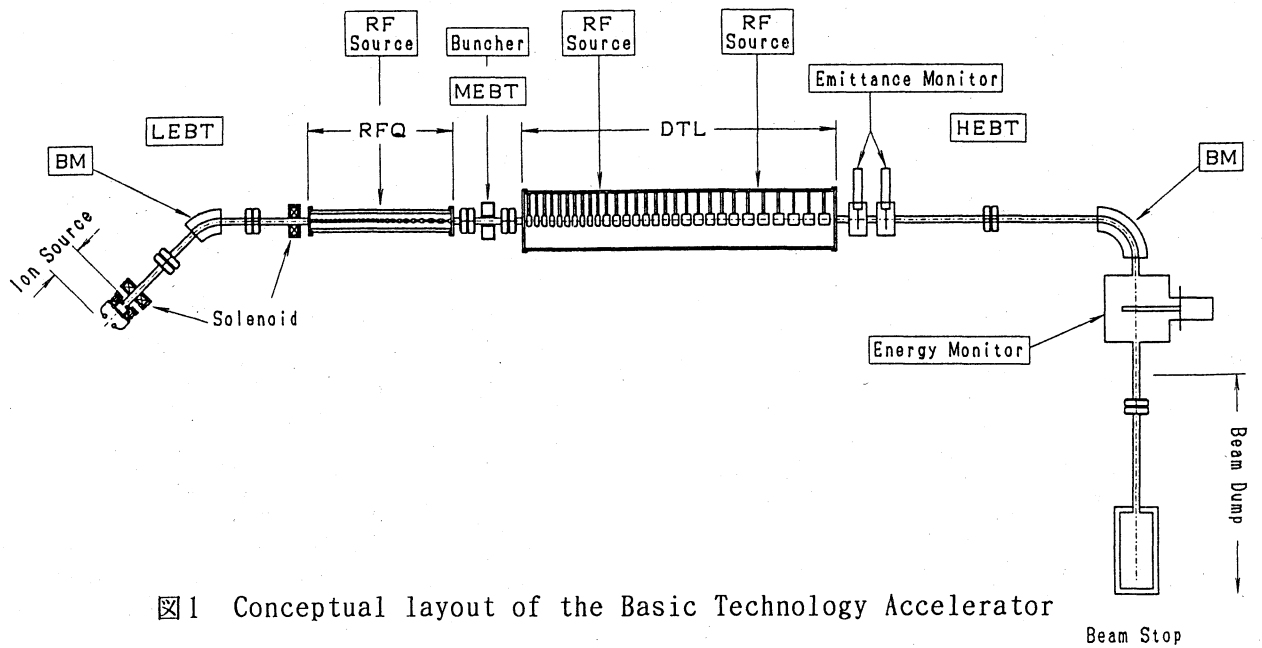
- 1) Y. Kaneko et al.: "The Intense Proton Accelerator Program", The 2nd Int. Symp. on Advanced Nuclear Energy Reserch, Mito, 1990, p25
- 2) M. Mizumoto et al.: Proc. of the 16 Linear Accelerator Meeting in Japan (1991) p206
- 3) Y. Okumura et al: Proc. of this meeting
- 4) Los Alamos Accelerator Code Group: "Computer Codes for Particle Accelerator Design and Analysis", LA-UR-90, 1766 (1990)
- 5) K. R. Crandall: "Effects of Vane-Tip Geometry on the Electric Fields in Radio-Frequency Quadrupole Linacs", LA-9695-MS (1983)
- 6) T. Weiland: Particle Accelerator Conference 17 (1985) p227

表1 BTAの基本仕様

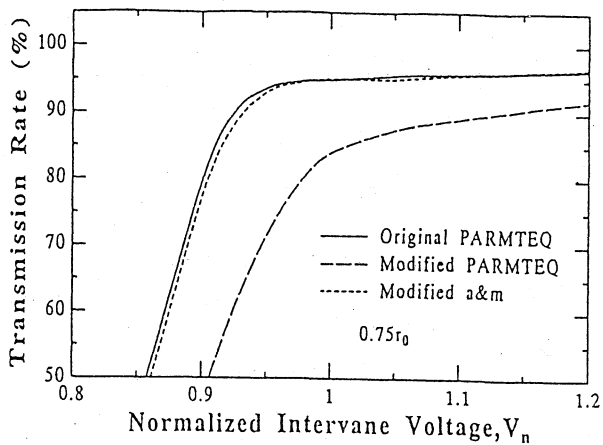
加速粒子	陽子
運転モード	パルス
デューティファクター	10%
エネルギー	10MeV
平均電流	10mA
ピーク電流	100mA
エミッタンス（規格化RMS）	0.1 π cm \cdot mrad
エネルギー精度	1%

表2 主要加速器要素の仕様

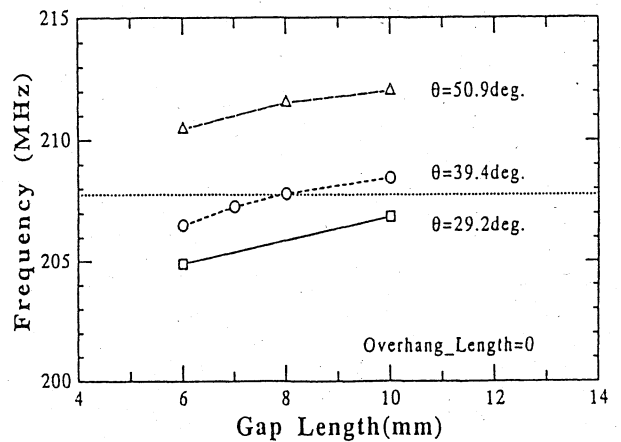
イオン源	マルチカソード、100keV、120mA 規格化エミッタンス 0.05 π cm \cdot mrad
RFQ	4ベーン型、201.25MHz、100keV~2MeV ベーン間電圧0.113MV、加速位相-90°~-35°、加速管長3.3m
DTL	電磁石、201.25MHz、2MeV~10MeV 平均加速電場2MV/m、加速位相-30°、加速管長5.6m
RF源	4極管(4CM2500KG)、ピーク 670kW (RFQ) 1520kW (DTL)



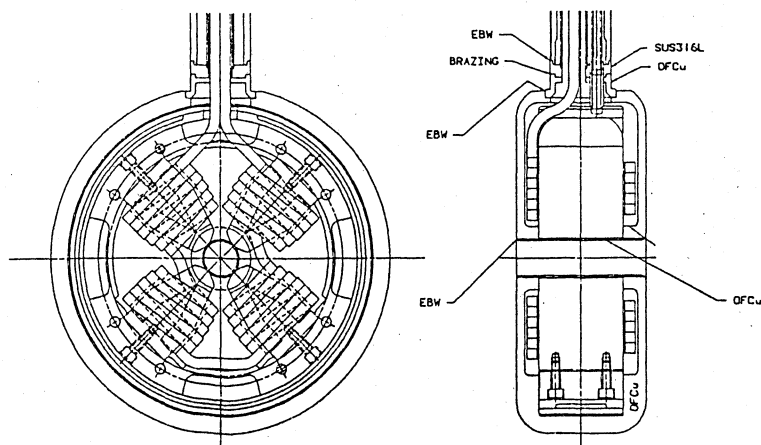
☒1 Conceptual layout of the Basic Technology Accelerator



☒2 Transmission rate of the RFQ as a function of normalized intervane voltage



☒3 Resonance frequency as a function of gap length for vane slope angle of 29.2, 39.4 and 50.9 deg. calculated with MAFIA



☒4 Cut away view of the quadrupole magnet and drift tube