

R&D WORKS OF THE DTL FOR THE BTA IN JAERI

K.HASEGAWA, K.SAKOGAWA¹⁾, Z.KABEYA¹⁾, Y.SATO¹⁾, H.YOKOBORI²⁾,
H.OGURI, J.KUSANO, H.MURATA³⁾, M.KAWAI⁴⁾ and M.MIZUMOTO

Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-11

ABSTRACT

Development work of a Drift Tube Linac (DTL) for the Basic Technology Accelerator (BTA) is being continued. An electromagnetic quadrupole using a hollow conductor was chosen for the focusing magnet. Two quadrupole magnets were fabricated and examined. A 9-cell model tank is being fabricated and the high power test will be conducted. In this report, status of the R&D for the DTL is described.

原研BTA用DTLの要素技術開発

1. はじめに

原研では、加速エネルギー10MeV、平均電流10mAの陽子加速器 (Basic Technology Accelerator, BTA) の建設に向けた要素技術開発 (R&D) を実施している^{1,2)}。BTAに使用されるDTLは、エネルギー2~10MeV、加速周波数201.25MHz、デューティ10%のものである。この加速器の設計においては、その高いデューティから、加速器要素からの除熱が重要な課題となっている。このため収束用のQ磁石には、将来のCW化への可能性も考慮し、DC励磁が可能なホローコンダクター型を採用した。構造設計は、3次元構造解析コードによる温度や変位分布の結果に基づき行った。また、DTLの初段部分9セルに相当するハイパワーモデルタンクを製作し、高周波による発熱や放電に関する試験を実施する予定である。ここでは、製作したQ磁石の特性試験の結果や、モデルタンクの製作状況について報告する。

2. Q磁石の磁気特性

表1にQ磁石の主な仕様を示す。5mmx5mmのホローコンダクター5.5ターンに励磁し、80T/mの磁場勾配を得る。今回は2個のQ磁石 (#0および#1と呼ぶ) を試作し、その特性を測定した。

測定はホール素子による励磁特性と磁場強度分布、サーチコイルによる磁気中心位置について行った。

表1 Q磁石の主な仕様

ホローコンダクター	5mmx5mm (1mm ^t)
ターン数	5.5
磁場勾配	80 T/m
ギャップ半径	11.1 mm
磁極長	50 mm
励磁電流	780 A
コア材質	FeCo合金
冷却水流速	3.4 m/sec
冷却水温度上昇	25 °C

図1は磁石中心から5mmの位置において励磁特性を測定した結果である。700A付近から飽和が認められるが、780Aの励磁電流で仕様値である80T/mの磁場勾配が得られた。

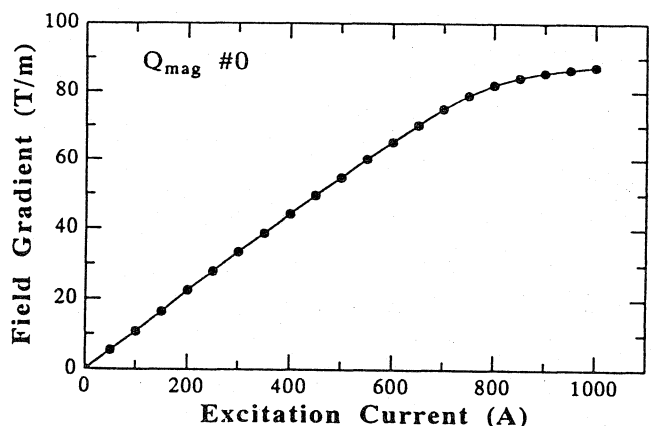


図1 励磁特性

1 三菱重工業、2 三菱原子力、3 住友重機械、4 東芝

図2は3次元の駆動装置を用いて測定したY軸上の磁場分布である。±15mmの範囲で直線性を持つ特性が得られ、ビームのボア半径である10mmを十分にカバーすることが確認された。

Q磁石の磁気中心位置は、ビーム軸を中心に回転するサーチコイルを用いて測定した。製作したサーチコイルは、コイル部長さ200mm、回転中心からの幅が7.3mmと6mm、巻き数20ターンのものであり、図3に測定時の写真を示した。サーチコイルに発生した起電力をFFT解析することにより、図4に示すような周波数スペクトルを得た。Q磁石の位置をX方向、Y方向に変化させ、2極成分(n=1)の励起電圧が最小となる位置(磁気中心位置)を探した(図5参照)。今回製作したQ磁石の磁気中心位置と機械中心位置のズレは、#0のQ磁石で13μm、#1で27μmであった。

3. ドリフトチューブの熱試験

ホローコンダクターの励磁電流による発熱や、RF発熱の影響を知るために、ドリフトチューブの熱試験を行った。製作したQ磁石をドリフトチューブ内(#0は端板用、#1はドリフトチューブ用)に組み込み、Q磁石の通電、および、RF加熱を模擬した電気ヒーターにより加熱を行った。温度測定は、ドリフトチューブの表面と内部の熱電対により行った。図6は設計検討の段階で得られた3次元有限要素解析計算(ABAQUS)の結果と測定値とを比較したものであり、両者の一致は概ね良好である。なお、表面に取り付けた熱電対は、電気ヒーターの影響を大きく受けたため、内部から表面近くの温度が測定できるように製作したドリフトチューブ(Q磁石は組み込まれていない)の測定結果(37°C)を採用した。また、冷却水流量と出入口温度の測定から、励磁電流による発熱はホローコンダクターの冷却水が、また、RFを模擬した発熱はドリフトチューブ冷却ジャケットで、それぞれ除熱できることが判明した。

ドリフトチューブのビーム軸方向変位測定の結果、Q磁石通電による変位量は40μm以内であることが確認された。この変位に伴うタンク共振周波数の変化を予め見込んでおくことで、チューナによる周波数調整量が軽減される。

4. ハイパワーモデル試験用タンク

試作したQ磁石を組み込んだドリフトチューブを取り付け、RFのハイパワー試験を行うための9セルモデルタンク(図7)を製作中である。タンクの内径は89.3cm、長さは100.55cm、SSのタンク内面に銅をクラッドした構造である。このタンクを用いて、高周波による発熱や、放電、電場分布、Q磁石通電に伴う周波数への影響、チューナーの効果などを測定する。現在はクラッドした銅の粗加工が終了した段階にあり、今後、仕上げ加工の後にドリフトチューブの取り付けを行う予定である。

5. まとめ

試作した2個のQ磁石の磁気的な特性測定、ドリフトチューブの熱試験を実施し、設計検討で予測された値をほぼ再現する結果が得られた。

現在製作を進めているモデルタンクを使用し、93年末~94年初頭には、1MWの高周波源を用いてハイパワー試験を実施する予定である。

参考文献

- 1)M. Mizumoto et. al, 1992 Linear Accelerator Conference Proceedings, pp749-751, (1992)
- 2)M. Mizumoto et. al, Proc. of the 17th Linear Accelerator Meeting in Japan, pp121-123 (1992)

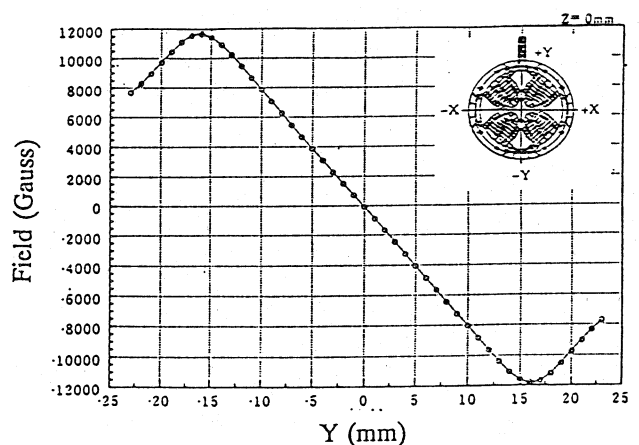


図2 Y軸上の磁場分布

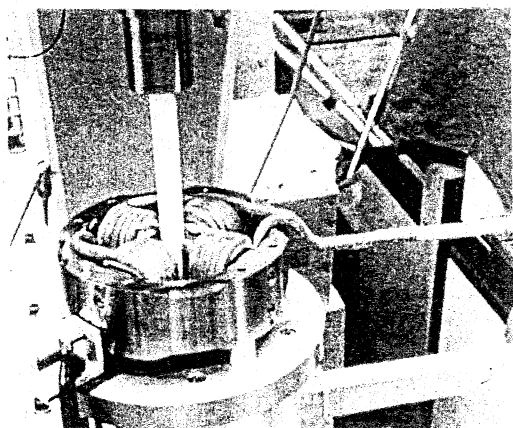


図3 サーチコイルによる測定の様子

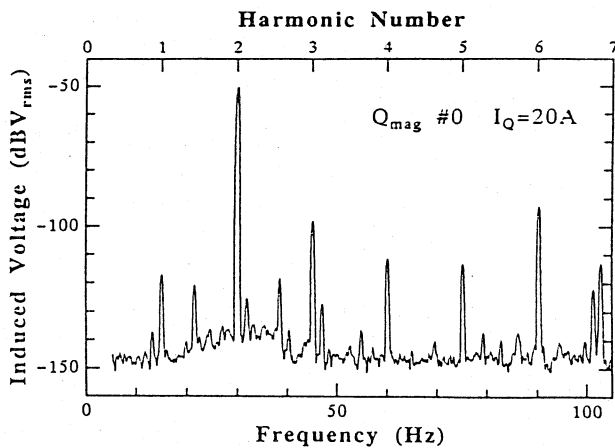


図4 サーチコイルで測定された周波数スペクトル

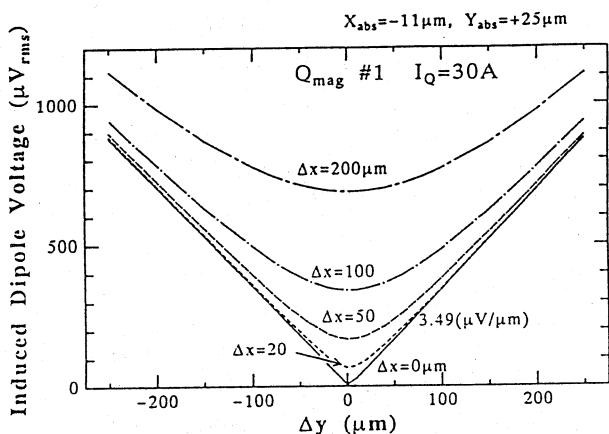


図5 磁気中心位置からの偏差と2極成分励起電圧の関係

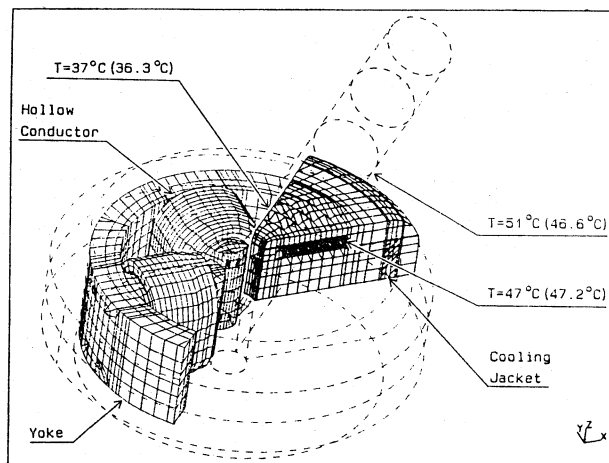


図6 ドリフトチューブ熱試験の測定結果とABAQUSによる計算値(括弧内)の比較(表面温度37°Cは、Q磁石を組み込んでいないドリフトチューブの結果である。詳細は本文参照。)

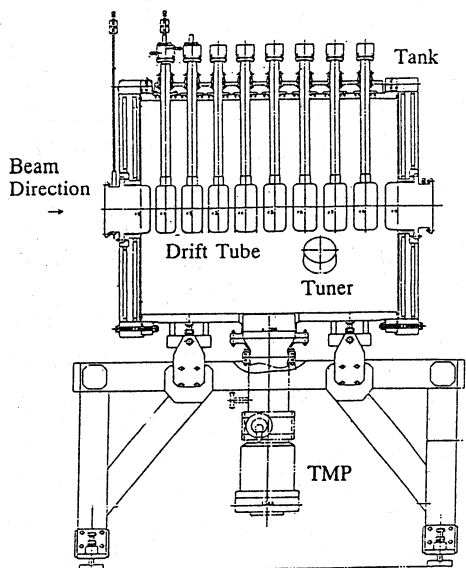


図7 ハイパワーモデルタンクの断面図