

## FIELD MEASUREMENT OF A DSM MODEL MAGNET

Toshinari TANAKA, Kineo TSUKADA, Kazuo SATO, Ken HAYAKAWA, Osamu TAKEDA\*,  
Motoyuki TAGAWA\*, Masayuki MIYAHARA\* and Katsuhisa YOSHIDA\*\*

Atomic Energy Research Institute, Nihon University

\*Dept. of Physics, College of Science and Technology, Nihon University

\*\*Faculty of Science, Tohoku University

### Abstract

A model case for a double-sided microtron (DSM) sector magnets has been tested. The field distribution is fairly in agreement with the TRIM calculation except the effect of shimming. Excessive inverse field has been found outside the active field clamp. Some improvements to suppress such a field is needed in order to use as a sector magnet.

### 1. 序

35 MeV 小型ダブルサイドッドマイクロトロン(DSM)のセクター電磁石の試験用モデルが1984年秋に完成した。磁場測定器の製作が遅れ、今年5月からようやく磁場測定が可能となり、データの蓄積を行なっている。これまでの測定から、一部手直しが必要であることがわかり、モデル電磁石そのものの変更可能部分については手直しを行ない、再度測定を行なう予定である。本報告では、これまで測定した結果と磁場測定器について述べる。

### 2. 磁場測定器の構成

ホールピース間の対称面におけるギャップ方向成分のみを測定し、そのマップをとることが、この測定器の使用目的である。プローブとしてはシーメンスのホール素子 SBV525 を用いている。磁場の絶対値較正は NMR で行なうため、ホール電圧の直線性には特に留意していない。しかし、ホール電圧の温度依存性が大きい(-0.1%/°C)ので、我々の測定で要求する  $1 \times 10^{-4}$  程度の精度を実現するためには、プローブの周囲温度変化を  $0.1^\circ\text{C}$  以下に抑える必要があった。プローブ部分の構造を図1に示す。ホール素子は直径4mmの銅製孔棒をけずってさらに1/4部分に固定されている。また、ホール素子の温度を測定するための白金抵抗とともに、外径6mm、内径4mmの亚克力パイプに孔棒ごと封入されている。亚克力パイプには温度を  $42^\circ\text{C}$  付近で一定にするためのエナメル被覆銅線(0.2mmφ)が巻いてある。銅線がヒーターの役を果たす。ヒーターと亚克力との間にも、白金抵抗を入れてある。単にホール素子部分で温度を検出してヒーター電流をオン/オフあるいは、上下させるだけでは熱伝導にかかる時間のために10秒~数十秒の周期で  $\pm 0.2^\circ\text{C}$  程度変動し、さらに周囲の温度変化に対応し切れない。これに対し、ヒーター温度を一定にするように

ヒーター電流を制御しながら、ホール素子部分での温度を一定にするようさらにヒーター電流を制御する二段階の制御を可能にすることによって、ホール素子部分での温度変化をほぼ $0.1^{\circ}\text{C}$ 以下にした。ホール素子の制御電流に付随熱を減少させるために、制御電流はパルスにし、商用50Hzに同期させ、25Hzでプラス、マイナスのパルス電流を交互に供給している。ホール電圧は16ビットにAD変換されるが、S/N比を改善するために1パルスで16回AD変換を行ない、さらにプラス、マイナスのパルス電流それぞれ4回分を加え、合わせて128回のAD変換の平均値を最終データとしている。このためデータは約0.3秒ごとに得られる。データはGP-IBを通してマイクロコンピュータに取り込むことができる。回路は全てNIMモジュールに収めた。プローブは新日本科学製作所製の光学用X-Y駆動台(1m×1m移動可)に取り付けられた20mmφのアルミニウムパイプの先端部分に固定されている。駆動台はRS-232Cでマイクロコンピュータによって制御でき、磁場測定は自動で行なっている。

### 3. モデル電磁石

図2にモデル電磁石の形状を示す。製作は東北金属(株)に依頼した。この電磁石は35MeVまで加速可能な寸法にとっている。4台用いられるセクタ電磁石のうち、 $120^{\circ}$ 偏向によって5MeVで入射するためのものと同一の形状をしている。次回転以後は $90^{\circ}$ 偏向される。ポールエッジ付近は図3の断面図に示すような形状となっており、アクティブフィールドクランプが取り付けられている。設計では、このアクティブフィールドクランプを利用して、フィールドクランプより外側に磁場が生じないようにした。前回<sup>1)</sup>の報告ではフィールドクランプは分離してはなかったが、製作の容易さのため分離したもので試験することにした。また、図2のポールエッジのうち右側面の部分は、加工が困難であったためシムを含むエッジ部分を別個に加工してネジ止めしてある。

### 4. 磁場分布

電磁石は所謂C型であるが、ヨークが薄いため生ずる歪みを小さくする目的でギャップの2ヶ所にスペーサーを入れている。このスペーサーを避けるために磁場分布は2つの測定範囲で求めた。平たん部に必要な磁場は2053.9ガウスなので、それに近い値に磁場を設定し、フィールドクランプによる最大逆転磁場も設計時の-210ガウス付近に設定した。得られた等磁場曲線を図4と図5に示す。図4では0.5ガウスステップで描かれている。TRIMで計算した値との比較では、シムの効果が大きく、計算より0.1%エッジの磁場が強い。また、エッジの曲がり角の部分でさらに0.1%強くなっている。TRIMとの違いはまだ検討していないが、シム部分のメッシュを細かく取り直して再度計算する予定である。磁場の

-様性は  $1 \times 10^{-3}$  程度であるが、ホールピースに補正コイルを取り付ける必要があるかどうかを今後、軌道計算を行なって検討する。

図5には、フィールドクランプ周辺と、平たん部にかかる部分の磁場分布が示されている。後者は図4と同じ0.5ガウスステップ、前者は10ガウスステップで描かれている。設計ではフィールドクランプの外側のホールエッジから10 cm以上離れた場所では0.1ガウス程度になるはずであったが、測定ではホールエッジから40 cmの点で-6ガウスも残っていた。これは用いた鉄材の透磁率がTRIMに内蔵されたデータより小さかったため、用いた鉄材に近い材料(SAE1012)の透磁率をTRIMに入力して計算し直した結果、測定値によく一致する値が得られた。しかし、この磁場の存在はセクター電磁石として使う場合問題がある。フィールドクランプの外側での磁場を打ち消す方法としては、①フィールドクランプとヨークの間に設けたギャップを大きくする、②図2のA点とB点に補正コイルを巻く、③A点とC点に補正コイルを巻く、④磁石外部のビームダクトにシールドを施す、等が考えられる。④の方法は最後の手段であり、①の方法である程度磁場を弱めた後②または③の方法で微調整するのが妥当と考えられる。簡単に試すことのできる②と③の方法で、どの程度改善できるか調べたが、どちらの方法でもホールエッジから40 cmの点で-0.8ガウス程度にまで改善できるがそれ以上には改善できないことがわかった。また、③の方法では、フィールドクランプコイルの電流が少なくてすむが、フィールドクランプに近い場所での磁場の改善はあまりない。図6に②の方法を採用したときの磁場分布を示す。0ガウスから-10ガウスまでは0.5ガウスステップで描かれている。図5と比較するとフィールドクランプの外側で顕著に磁場が弱くなっているが、補正コイルの電流値が最適でなかったためまだ十分補正されていない。現在、①の方法で磁場を打ち消すためにフィールドクランプとヨークの間のギャップを今の0.8 mmから1.8 mmに変更する準備が進められている。これによって、補正コイルとの組み合わせでフィールドクランプの外側の磁場を0.1ガウス以下に調整することを目指す。

## 参考文献

- 1) T. TANAKA et al., Proc. of 9th Meeting on Linac, 50(1984).

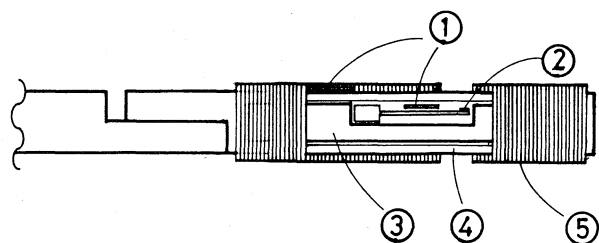


図1. 磁場測定プローブ。

- ① 白金抵抗、② ホール素子、③ 銅丸棒  
④ アクリルパイプ、⑤ エナメル銅線。  
アクリルパイプは、同じ外径6 mmのアルミニウム棒に固定されている。

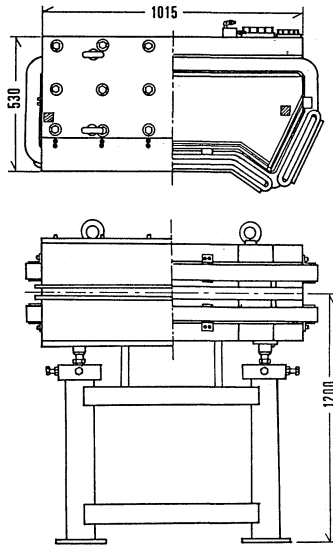


図2. 試験用モデル電磁石。斜線部分はスペーサー位置を表わす。

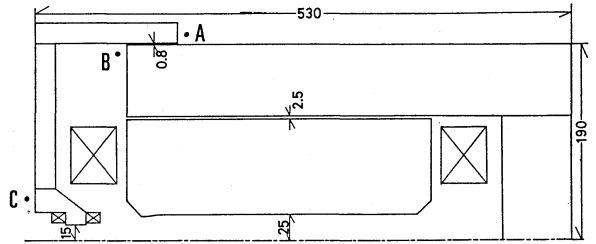


図3. 電磁石断面図。A, B, Cはそれぞれ試験的に巻いた補正コイルの位置。

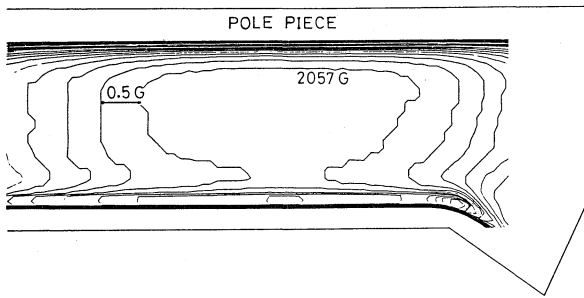


図4. ホールピース部分の磁場分布。0.5ガウスステップで描かれている。

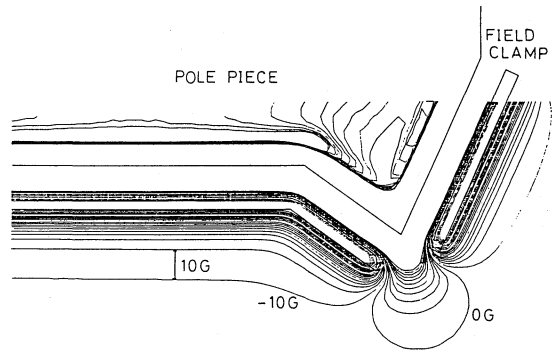


図5. フィールドクランプ周辺の磁場分布。10ガウスステップで描かれている。

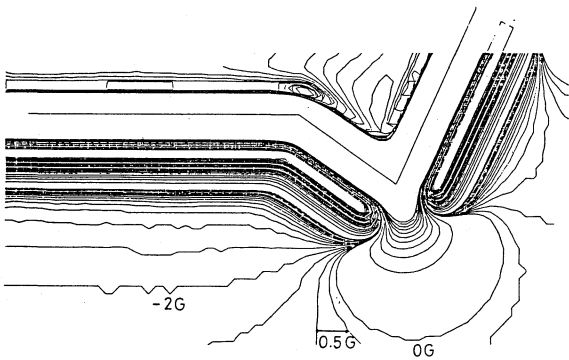


図6. 補正コイルを図3のA点とB点に巻いたときの磁場分布。0~-10ガウスの間を0.5ガウスステップ、-10ガウス以下を10ガウスステップで描いた。