

バブルチェンバー用超電導マグネットについて

山本 充義 大崎 治 (東芝 重電技術研究所)

1. まえがき

高エネルギーの粒子を精度よく測定するためには、泡箱の磁界を高める必要がある。このような背景のもとに、泡箱用電磁石の超電導化が各所で実施または検討中である。第1表にはその代表例として、現存する世界最大のものとしてCERNのBEBC、高磁界では計画中だがRutherford (RHEL)のもの等を示す。我が国でも12 GeVの大型加速器が近く運転の運びにあり、さらに180 GeVのTRISTAN計画があり高性能泡箱の開発の必要性が高まっている。

我々は超電導発電機の開発を行ったが、同様に使用する超電導マグネットは泡箱のそれと類似のものであり、この製作経緯をベースに泡箱用超電導マグネットの設計上の問題について述べたい。

2. 超電導マグネットの試作例

前記3000 kW超電導発電機用超電導マグネットについて述べる。

このマグネットは、内径1,570 mmφ、外径2,040 mmφ、長さ1,020 mmの円板巻ソレノイドコイルであり、各円板巻線は2.2 mm × 6.0 mmの超電導線、ターニ絶縁、および超電導線の応力を緩和するためのステンレスリボンで構成されている。超電導線は、OFHCサブストレート中に約0.2 mmφのNb-Ti線を約30本埋め込んだコンポジット線であり、液体ヘリウム浸漬冷却により完全安定化領域で使用される。第1図にマグネットの外観を示す。

このマグネットは30Vの電源により約30分で最大電流600 Aを励磁され、平均磁界約40 KGを発生した。実験完了後に常温とヘリウム温度との間のヒートサイクルを3回、合計通電時間1000時間以上の運転を行ったが、この間何ら異常はみられず非常に安定なマグネットである事が示された。

3. 泡箱用超電導マグネットの設計例

予想される最大級の泡箱として直径2,000 mmφ、長さ1,000 mm、中心磁界65 KG程度を想定すると超電導マグネットは内径3,000 mmφ、外径4,500 mmφ、長さ2000 mm × 2ヶとなる。線材の最大磁界は70 KGであるのでNb-Ti線が使用できるが、高電流密度、低損失、高精度の磁界を得るには極細多芯線を使用する必要がある。また強大なフープ力および圧縮力による超電導線の変形、特性劣化を防ぐため前記試作マグネットのようなステンレスリボンの巻き込みも必要である。冷却構造としては液体ヘリウムによるエッジクーリングを基本とするが、高電流密度を得るためには3K程度の過冷却液体ヘリウムの循環が望ましいだろう。このマグネットの様子を第2表に、概念図を第2図に示す。

参考文献

- (1) CERN, European bubble chamber, CERN Courier, vol 10, Feb. 1970
- (2) J. Purcell, The superconducting magnet system for 12 foot bubble chamber, ANL
- (3) RHEL, Design for a high magnetic field Hydrogen bubble chamber for use on NIMROD

第1表 泡箱用超電導磁石

電流 (A)	ANL	CERN	RHEL	3000kW 発電機
インダクタンス (H)	2,200	5,700	7,500	600
蓄積エネルギー (MJ)	40	48	11.9	130
中心磁界 (kG)	80	800	300	24
最大磁界 (kG)	18	35	70	38
内径 (mm)	25	51	79	52
外径 (mm)	4,816	4,720	1,900	1,570
長さ (mm)	5,280	5,976	3,400	2,040
長さ (mm x mm)	1130 x 2	1505 x 2	1075 x 2	1020 x 2*
導体寸法 (mm x mm)	50 x 2.5	61 x 3.0	56 x 9.0	6.0 x 2.2
空間電流密度 (A/cm ²)	10.6	10.5	12	26 ^{*)}
導体重量 (t)	45	92	95	14 ^{*)} (34) ^{**}

* 3000kW 超電導発電機用電磁石を泡箱用に換算.

*) 高電流密度であることを注目する.

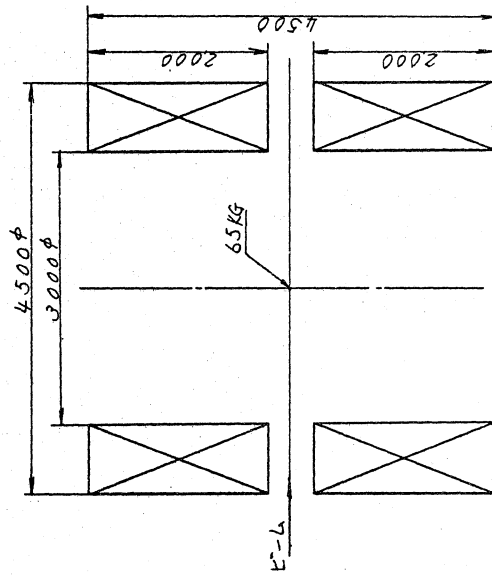
** ANL等の電流密度とした場合の換算重量.

第2表 泡箱用超電導マグネットの仕様例

電流 (A)	5,000
インダクタンス (H)	80
蓄積エネルギー (MJ)	1,000
内径 (mm)	3,000
外径 (mm)	4,500
長さ (mm)	2,000 x 2
超電導線	Nb-Ti fine multi
サブストレート	OFHC
安定化	動的安定化
冷却	本質的安定化
	3K液体ヘリウム
	による強制冷却
導体重量 (t)	140



第1図 3000kW 超電導発電機用超電導マグネット



第2図 泡箱用超電導マグネット概念図