

## 4 K冷凍機を用いた伝導冷却式超電導磁石および高温超電導磁石の開発 Developments of Conductive-cooled Superconducting Magnet with 4K-Cryocooler and High Tc Superconducting Magnet

○栗山 透 (株式会社東芝)

○Toru Kuriyama (Toshiba Corp.)

E-mail: toru.kuriyama@toshiba.co.jp

1990年代初めに磁性蓄冷材を用いた4K冷凍機と高温超電導電流リードという2つのブレイクスルーにより、冷凍機のみで超電導コイルを冷却する伝導冷却式超電導磁石が実現した<sup>[1]</sup>。北澤先生には研究室で複数台使用していただき、液体ヘリウムを使用する煩雑さから解放した点を高く評価いただいた。磁性蓄冷材開発では、前田先生のグループにもお世話になった。北澤先生、前田先生に哀悼の意を表し、伝導冷却式超電導磁石と高温超電導磁石の開発について述べる。

Er<sub>3</sub>Niなどの磁性蓄冷材は、従来の鉛蓄冷材に比べ低温領域で高い比熱を持ち(図1)、液体ヘリウム温度での冷凍を可能とした。しかしながら、冷凍能力は1W程度であり、超電導コイルの冷却には不十分であった。超電導コイルへの熱負荷は銅製の電流リードが大部分を占めるが、高温超電導電流リード(図2)の適用により、銅製リードに比べて熱負荷が10分の1以下に低減し、1W以下の冷凍能力でも超電導コイルの冷却を可能とした。図3に東芝が1993年に開発した直径180mmの室温空間に最大6Tの磁界を発生する伝導冷却式超電導磁石<sup>[2]</sup>を示す。

石では冷却温度が約20Kとなるが、冷却構成や考え方はほとんど同じである。2001年に東芝では、住友電工、信越半導体と共同で高温超電導としては世界最大の蓄積エネルギー1MJを持つ単結晶引き上げ用高温超電導磁石を開発した<sup>[3]</sup>。冷却温度を20Kとしたことで、消費電力は従来に比べて約3分の1となった。その後当社では、熱的な擾乱に強く、高磁界に対応できる高温超電導の特徴を活かし、主に研究用として種々の高温超電導磁石を開発してきた。使用する線材もBi系からY系へと移りつつある。北澤先生、前田先生が蒔かれた種が、確実に芽を出し育っていることが実感される。

### 参考文献

[1]栗山 透他、低温工学、Vol.36, No.1, 2001, pp.18-26.

[2]T.Kuriyama et al., "Cryogenics, vol.34, ICEC Suppl., 1994. p.643,

[3]Ono M. et al., IEEE Trans. Appl. Superconductivity, Vol.12, No.1, 2002, pp.984-987.

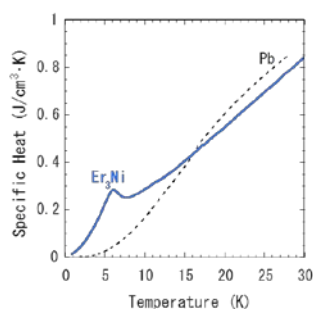


図1. 磁性蓄冷材の比熱

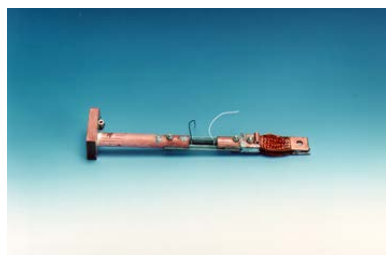


図2. 高温超電導電流リード



図3. 伝導冷却式超電導磁石