

# 高 Tc 超伝導線材を用いた電力貯蔵に関する基礎実験

## Basic Experiment on Power Storage using High Tc Superconducting Wire

拓殖大学大学院 工学研究科 機械・電子システム工学専攻 吉森研究室

北川 周平

指導教員 教授 吉森 茂

キーワード：高 Tc 超伝導線材, 電力貯蔵, 磁気回路, 時間依存 GL 方程式, 臨界電流

### 1. まえがき

超伝導現象の発現には、1 つには液体 He を使用する方法があるが、現在は全量を米国など海外からの輸入に頼っている。2 年後には米国からの輸入ができなくなることから、安価で製造可能な液体窒素を冷媒に使用できる高 Tc 超伝導体の応用が今後益々活発になると予想されている。

本研究では、Bi 系高 Tc 超伝導体を使用して小型の電力貯蔵磁気回路を試作し、磁気回路に設けた空隙内の磁束密度を測定し、貯蔵できる磁気エネルギーを見積り、理論と比較した。

試作した磁気回路が小型であることから、実験的に得られた貯蔵磁気エネルギーは mJ の程度であったが、1 J 程度の磁気エネルギー貯蔵が可能であるとの見通しを得た。

### 2. 実験方法

超伝導臨界温度 110[K] の Bi 高 Tc 超伝導線材（住友電工製）を用いて磁気回路を作製し、直流電流を流して磁気エネルギーを貯蔵する実験を行った。横 30[cm]、縦 30[cm]、厚さ 1.6[mm] の鉄板を加工し、6 枚を重ねて作製した磁気回路の写真を図 1 に示す。上部中央に見える空隙中にガウスメータのプローブを挿入し、室温及び液体窒素温度で磁束密度を計測した。高 Tc 超伝導線材の巻き数は 12 回とし、直流電流を 2[A]、5[A]、10[A] と変化させて実験を行った。

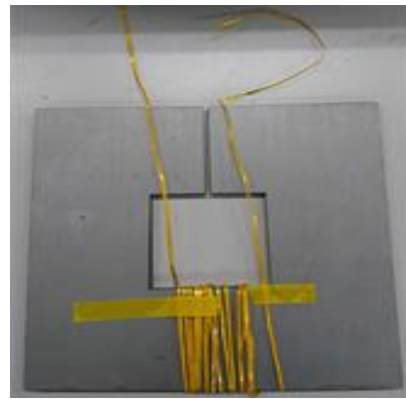


図 1. 試作した電力貯蔵用磁気回路

### 3. 理論

作製した電力貯蔵用磁気回路に貯蔵できる磁気エネルギーは次式で与えられる。

$$W_m = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{N^2}{\frac{l-\delta}{\mu_0 \mu_r S} + \frac{\delta}{\mu_0 S}} \cdot I^2 \quad [J] \quad (1)$$

ここで、 $N$  は Bi 系高 Tc 線材の巻き数、 $l$  は磁気回路に流した直流電流値、 $l$  は磁気回路の中心回路長で 80cm、 $\delta$  はギャップ幅で 5mm、 $S$  は磁気回路断面積で 9.6cm<sup>2</sup>、 $\mu_r$  は鉄板の比透磁率である。

### 4. 貯蔵磁気エネルギー

電流  $I$  と空隙内の磁束密度の関係の実験結果を図 2 に示す。この結果から、使用した鉄板の比透磁率は、常温で 60、液体窒素温度で 70 であることが明らかになった。

図 3 は直流電流  $I$  と貯蔵磁気エネルギーの関係の実験結果である。

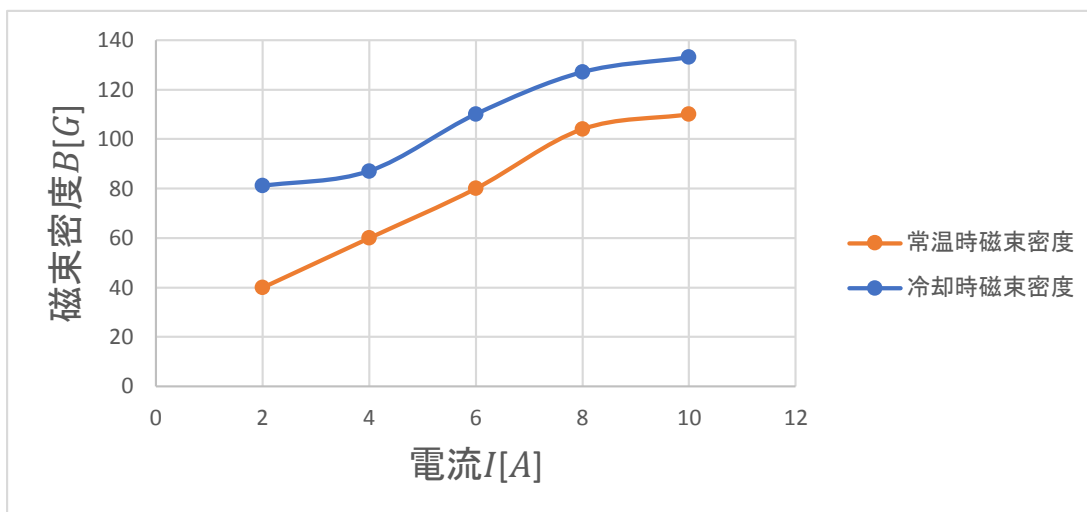


図 2. 直流電流  $I$  と空隙内磁束密度の関係

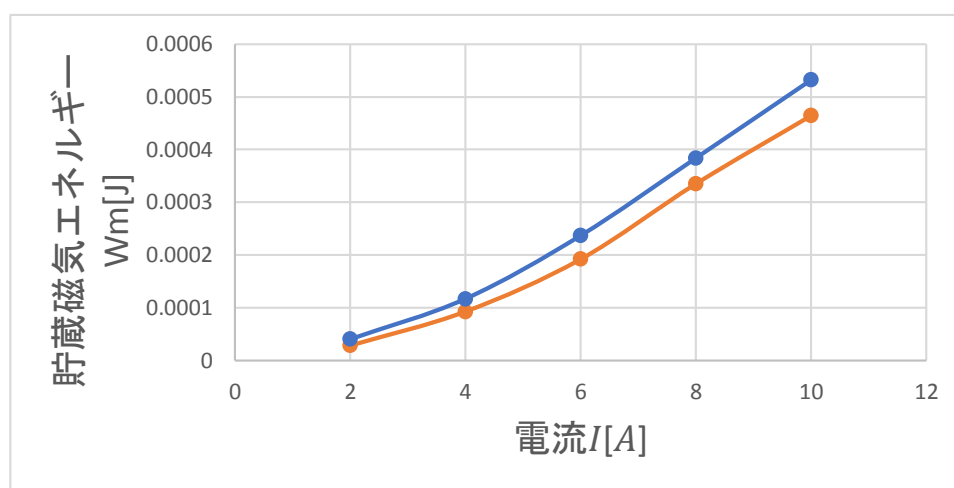


図 3. 直流電流  $I$  と貯蔵磁気エネルギーの関係

図 3 より、貯蔵磁気エネルギーは、室温及び液体窒素温度において、直流電流が 10[A] のとき、それぞれ、0.464[mJ]、0.531[mJ]であることが分かる。

試作した磁気回路が小型で、電力貯蔵としては小さい結果となった。

#### 5. 貯蔵磁気エネルギーの改善の検討

実験結果を踏まえて、1[J]程度の磁気エネルギーを貯蔵できる磁気回路について検討を行った。

磁気回路の貯蔵できる磁気エネルギーは、式(1)より巻き数  $N$  の二乗及び電流  $I$  の二乗に比例することから、

巻き数：50回

直流電流：100[A]

と改良すれば 1[J]程度の磁気エネルギーを貯蔵で

きる。Bi-系高  $T_c$  超伝導線材の臨界電流は、液体窒素温度で 100[A]以上であることから、実現は十分に可能と考えられる。

#### 6. まとめ

Bi 系高  $T_c$  超伝導線材を用いて磁気回路を作製し、電力貯蔵実験を行った。

その結果、10[A]の直流電流を流したとき、室温で 0.464[mJ]、液体窒素温度で 0.531[mJ]を貯蔵できることが分かった。

巻き数 50 回、直流電流 100[A]の磁気回路を作製すれば、液体窒素温度で 1[J]の電力を貯蔵できる見通しを得た。