# 格子断面形状を持つ高温超伝導コイルの高性能化に関する研究

日大生産工(学部) 〇関口直樹 日大生産工(学部)牧野賢 日大生産工 石栗慎一

### 1 まえがき

超伝導とは、金属等の物質を超低温にしたと きに、電気抵抗がゼロになる現象である。

高温超伝導とは、一般的に、-195.8℃(77K) を超える温度で起こる超伝導現象である。一般 的な超伝導よりも臨界温度が高く、冷却コスト が低いといった利点がある。しかし、材料コス トが高いといった欠点がある。

そこで、より少ない使用線材で、大きな蓄積 エネルギーを発生させるコイルを創成するこ とを目的として、研究解析を進めていく。

## 2 新型コイルの設計思想

通常の高温超伝導コイルでは、図1のよう に、コイル端部の磁界印加角度が大きくなっ てしまう。これにより、コイル端部に電界が 発生しており、臨界電流が減少する<sup>1)・4</sup>。こ ういった欠点を補うため、新型の格子断面形 状コイルを設計した。

図2のように、まず半径の異なるリング状 のコイルを同一中心に置き、3つ並べた。更 にそれらを3つ、上下に置いた。基本コイル うとの性能を比較するため、基本コイルと体 積が同じになるように設計した。新型コイル 断面図(図3)を見てもわかるとおり、r軸方 向の磁界 Br が相殺され、z軸方向の磁界 Bz だけが残り、磁界印加角度が緩和する。これ によって、臨界電流が向上すると考えられる。





図2 新型格子断面形状コイル



図3 新型コイル断面図

### 3 高温超伝導コイルのI-V特性の解析

まず、コイル断面内の磁界分布を、ビオ=サ バール則を用いて解析する。これにより、各線 材における磁界印加角度θと磁界 | B | がわかる。 次に、テープ線の臨界電流Icとn値の近似式 に解析結果を代入する。これにより、各線材の Icとn値がわかる。

次に、  $V=Vo\left(\frac{l}{lc}\right)^n$  式 (1-1) を用いて、各線材つまり、各ターンの電圧をそ れぞれ求める。

Performance Improvement and Optimization of lattice-shaped High Temperature Superconducting Coil

## Naoki SEKIGUCHI, Ken MAKINO and Shinichi ISHIGURI

-947-

次に、求めた各ターンの電圧をコイル断面で 全て加える。これにより、コイルの端子電圧が 求められる。

ここで、通電電流を変えて、最初に戻る。 これらの計算を繰り返すことにより、コイル のI-V特性が求められる。

### 4 実験結果および検討

実際に解析したところ、基本コイルに比べ、 臨界電流値が25%ほど上昇し、蓄積エネルギ ーが33%ほど上昇したことが確認できた。

次に、格子断面のコイル間の距離X(図4) を変えて解析した。図5、図6に解析結果を示 す。

検討したところ、臨界電流においては、X=60[mm]あたりから飽和状態になり、蓄積エネルギーにおいては、X=60[mm]のときが最も大きくなった。

このことから、**X**=60[mm]の時に、最も性 能が向上していると判断した。



図4 新型コイル断面図(数字の単位は mm)



図5 コイル間長を変えた際の臨界電流



図6 コイル間長を変えた際の蓄積エネルギー

## 5 まとめ

コイルを格子形状に変えて、端部に印加され る磁界角度を小さくしたところ、臨界電流値の 向上がみられた。

正方形の格子間長を変えていくと、ある一定 の距離のときに、臨界電流値や、蓄積エネルギ ーが最大になった。

こういったことから、当初の目的であった、 より少ない使用線材で、大きな蓄積エネルギー を発生させるコイルを創成することができた といえる。

#### 「参考文献」

- J. Pitel, P. Kovac, Supercond. Sci. Technol. 10 (1997) 847.
- M. Yamaguchi, S. Fukui, l. Muta T. Nakamura, Physica C, 372-376 (2002) 1406
- 3) A. Honma, S. Ishiguri, S. Fukui, M. Yamaguchi, I. Muta T. Nakamura, National Convention Record I.E.E Japan, No-5-045, 2002, pp. 57.
- S. Ishiguri, M. Yamaguchi, S. Fukui, T. Sato, IEEE Trans. Appl. Supercond. 14 (2) (2004) 1858.
- 5) M. Yamamura, M. Sugawara, O. Tsukamoto, M. Yamaguchi, M. Yamamoto, technology of Superconductivity, Institute of Electrical Engineers of Japan, Tokyo, 2001, pp. 147.