

医療用 MRI および加速器のための高温超伝導コイルシステムの 特性評価と設計

Evaluation on characteristics and design of HTS coil system for medical MRI and accelerator

早大先進理工 石山 敦士

Waseda Univ. Atsushi Ishiyama

E-mail: atsushi@waseda.jp

1. まえがき

筆者らは、高磁場 (9.4T) 全身用 MRI およびがん治療用加速器 (スケルトン・サイクロトロン) のための REBCO 高温超伝導コイルシステムの開発を行っている。特にその実現に向けた基盤技術として、5-High : **高機械強度・高電流密度・高熱的安定・高磁場・高精度磁場** を可能とするコイル化技術の確立を目指している (図 1)。本発表では、5-High 基盤技術開発の中で行っている数値解析に基づく特性評価・設計について紹介する。

2. 5-High 統合・コイル化技術

1) 高機械強度化：より高電流密度の設計ができるため、高磁場化・小型化が可能となる。筆者らは「YOROI コイル (Y-based Oxide superconductor and Reinforcing Outer Integrated coil) 構造」を提案し、耐フープ応力 1.7GPa (世界最高値) を達成した。そして数値構造解析に基づいてコイル変形と発生磁場精度について YOROI コイル構造の効果を評価している。

2) 高熱的安定化と高電流密度化の両立：両者は本来二律背反の関係にあるが、これらを両立させることのできる技術として REBCO 線材に電気絶縁を施さずに巻線する「無絶縁コイル技術」に注目しその有効性について、
i) 無絶縁コイル内の複雑な電磁的・熱的振舞いを解析するための数値解析プログラム

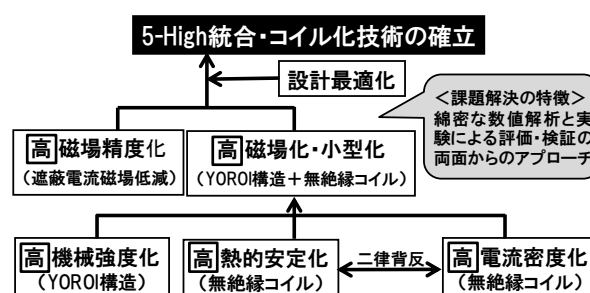


図1. REBCO高温超伝導コイルシステムの開発

の開発、ii) 線間接触電気抵抗の制御技術の開発、iii) 無絶縁コイルのための常伝導転移検出・保護法の開発などを行っている。

3) 高磁場精度化：加速器や MRI 用コイルの発生磁場には、高い空間分布精度と時間安定度が要求される。従って励磁時の変動磁場によって REBCO テープ線材内の超伝導層に誘導される遮蔽電流 (渦電流) により発生する不整磁場 (遮蔽電流磁場) の影響は深刻である。筆者らは、遮蔽電流磁場を精度よく解析するための三次元非線形過渡電磁場解析プログラムを開発した。これにより線材およびコイル巻線内の遮蔽電流分布を可視化・把握できるようになった。現在、遮蔽電流磁場の低減法 (細線化や通電電流制御法など) について検討を行っている。

(4) コイルシステム設計最適化：Simulated Annealing 等を適用した設計最適化プログラムを開発し、MRI 用および加速器用コイルシステムの設計最適化を行っている。