

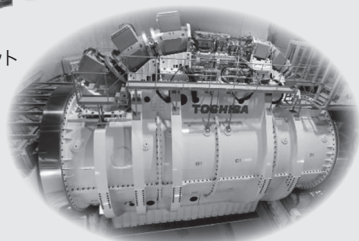
大電流・高磁場を実現する超電導マグネット技術

Technologies for High-Current, High-Magnetic-Field Superconducting Magnets

低温超電導



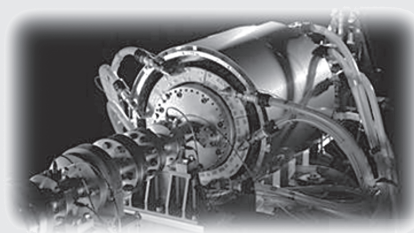
単結晶引き上げ用マグネット



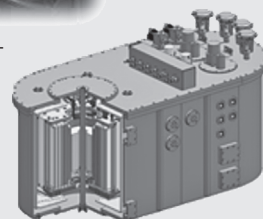
重粒子線治療装置の回転ガントリー
(写真提供:QST)

QST:国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

高温超電導



航空機向け超電導モーター



研究機関向け高磁場マグネット

超電導マグネットの多様な応用機器

Examples of devices using superconducting magnets

超電導は、特定温度以下で電気抵抗がゼロとなる現象であり、抵抗損失を伴わずに大電流を流せることから、高磁場の発生に適している。超電導マグネット技術は、この特長を利用して高磁場を小型でかつ高効率に発生させる技術であり、核融合や、産業機器、輸送機器、医療機器など幅広い分野で、機器の高出力化・小型化・省エネルギー化に貢献している。

超電導マグネット内部のコイル(超電導線材を巻いたもの)の冷却は、従来、液体ヘリウム中にコイルを浸漬(しんし)する方式が一般的であった。

東芝は、これに対し、液体ヘリウムを消費しない伝導冷却方式を実現するため、冷凍機とコイルを低熱抵抗で接続し、かつ、樹脂含浸構造を採用してコイル表面から内部の超電導線材まで連続した伝熱経路を構築した。この伝導冷却方式により、コイル全体を安定して冷却できる構造を実現できた。伝導冷却方式は、これまでに、従来の金属系超電導線材(低温超電導線材)を用いた超電導マグネットへ適用し、重粒子線治療装置の回転ガントリーや単結晶引き上げ用マグネットなどで実用化してきた。

一方、研究機関向け高磁場マグネットや航空機向け超電導モーターは、更なる高磁場化・高出力化が求められるた

め、高磁場下でも高い電流密度を維持できる、銅酸化物系の超電導線材(高温超電導線材)への適用が重要になる。しかし、高温超電導線材はテープ形状であるため剥離に弱い。コイル通電時に生じる電磁力による剥離は、線材損傷や特性劣化の原因となるので、その防止が課題であった。この対策としてコイルを樹脂含浸すれば機械的強度は向上するが、線材と樹脂の熱収縮差に起因する熱応力が新たな劣化要因になる。

そこで、樹脂含浸構造における接着状態を制御する設計・製造技術を開発した。線材配置及びコイル構造を最適化し、加えて接着部と非接着部を適切に設計することで、機械的支持と応力緩和を両立させ、電磁力・熱応力の双方に起因する特性劣化の防止に成功した。

今後は、この技術を基盤として、更なる高磁場化・高出力化に対応した機器開発を推進し、多様な分野への応用展開を図る。これにより、世界に先駆けた新たな機器の創出を通じて、カーボンニュートラルの実現に貢献していく。

宇都 達郎 UTO Tatsuro

総合研究所 エネルギーシステムR&Dセンター
原子力システム・量子応用技術開発部