

【基盤研究(S)】

理工系(工学)



研究課題名 革新的核融合炉実現へ向けた分割型高温超伝導マグネットの実証と普遍的接合法の創成

はしづめ ひでとし  
橋爪 秀利  
東北大学・大学院工学研究科・教授

研究課題番号：26220913 研究者番号：80198663

研究分野：核融合学

キーワード：高温超伝導、電磁・マグネット

【研究の背景・目的】

ITER計画が進むなど、次世代エネルギー源として期待されている核融合炉の開発は着実に進展している。一方で、莫大な建設コストの低減、保守・点検の合理的なシナリオの構築が工学的課題として残っている状況にある。そこで核融合炉の重要な構成機器の1つである超伝導マグネットを高温超伝導体で製作し、かつ分割化することにより、1) 高コストな超伝導マグネットの製作・保守の合理化、2) 超伝導マグネットよりも内側に位置する炉内構造物へのアクセス性向上、を同時に図る分割型高温超伝導マグネット(図1)を提案している。この方式ではマグネットの接合部での抵抗発熱は不可避であるため、従来の低温超伝導体ではなく高温超伝導体を用いることこそがこの方式を実現させるための解となり、建設コストの劇的な低減と容易な保守・点検ができると我々は考えている。

本研究は、これまでの研究で得られた世界最高性能の高温超伝導体の機械的接合技術(100kA導体・抵抗値2nΩ)と液体窒素による除熱技術(金属多孔質体の使用により0.4MW/m<sup>2</sup>の除熱性能)を基に、1) 接合部極限性能予測手法の開発、2) 超伝導物理に基づく機能分割構造導体の設計、3) 多孔質体を利用した冷却システムの性能予測と分割流路設計、4) 100kA級のモックアップマグネット製作による分割型高温超伝導マグネット総合設計と実証、を行ない、学術的視点に基づいた分割型高温超伝導マグネットの飛躍的性能向上により核融合炉実現に向けた工学的ブレイクスルーを確立することを目的とする。

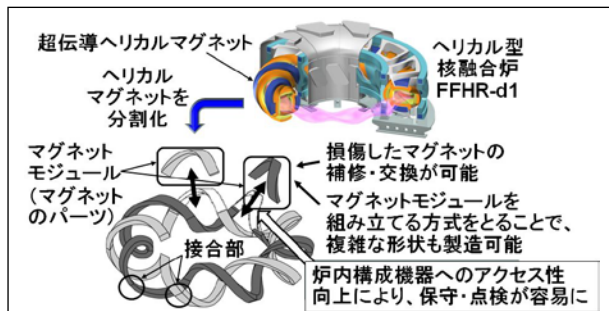


図1 分割型高温超伝導マグネット

【研究の方法】

超伝導マグネットは極低温、強場環境下で使用されるが、このような環境でのマグネット接合部の性能向上を図ることに加えて、接合部施工時(冷却前)に接合性能を予測できることが重要となる。そこで、

「1) 接合部極限性能予測手法の開発」として、接合性能を予測することが可能となる非破壊検査手法の確立を目指す。続いて、第二種超伝導体の電流輸送モデル(超伝導体の物理モデル)を用いて「2) 超伝導物理に基づく機能分割構造導体の設計」を行い、マグネットを構成する導体の性能向上を図る。さらにマグネット接合部の冷却システムの最適化のために「3) 多孔質体を利用した冷却システムの性能予測と分割流路設計」を実施する。これらの成果をもとに「4) 100kA級のモックアップマグネット製作」を行い、分割型高温超伝導マグネット総合設計とその実証をする計画となっている。

【期待される成果と意義】

本研究の成果は、経済性・信頼性のある魅力的な核融合炉を成立させるためのブレイクスルーとなりうる。さらに、低温超伝導体を単に高温超伝導体に置換えるのではなく高温超伝導体を必ず用いる必然性があり、核融合炉研究が中心となって高温超伝導の研究・開発を牽引して行く可能性も秘めている。同時に、高温超伝導線材の最大長さがマグネットの周長程度のものを多数製作すればマグネットを完成させることができるなど、現在のkmオーダーでの高温超伝導線材の品質保証が不要となり、高性能な高温超伝導線材を使用することにより、マグネットの性能自体も飛躍的に向上させることができる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- S. Ito, H. Hashizume, et. al., Bridge-Type Mechanical Lap Joint of a 100 kA-Class HTS Conductor having Stacks of GdBCO Tapes, Plasma and Fusion Research, vol. 9, p. 3405086 (2014).
- H. Hashizume, S. Ito, Design prospect of remountable high-temperature superconducting magnet, Fusion Engineering and Design, in press.

【研究期間と研究経費】

平成26年度-30年度  
144,400千円

【ホームページ等】

<http://afre.qse.tohoku.ac.jp/>  
[hidetoshi.hashizume@qse.tohoku.ac.jp](mailto:hidetoshi.hashizume@qse.tohoku.ac.jp)