

次世代核融合装置への適用をめざした大電流高温超伝導導体の開発 Development of large-current high-temperature superconducting conductors to be applied to next-generation fusion experimental devices

*柳 長門¹, 小野寺優太¹, 成嶋吉朗¹, 寺崎義朗¹, 平野直樹¹, 濱口真司¹, 力石浩孝¹, 高田 卓¹,
宮澤順一¹, 伊藤 悟², 筑本知子³, 川越明史⁴, 田村 仁¹, 橋爪秀利², 高畑一也¹

Nagato Yanagi¹, Yuta Onodera¹, Yoshiro Narushima¹, Yoshiro Terazaki¹, Naoki Hirano¹, Shinji Hamaguchi¹,
Hirotaka Chikaraishi¹, Suguru Takada¹, Junichi Miyazawa¹, Satoshi Ito², Noriko Chikumoto³, Akifumi Kawagoe⁴,
Hitoshi Tamura¹, Hidetoshi Hashizume², Kazuya Takahata¹

¹核融合研, ²東北大, ³中部大, ⁴鹿児島大

¹NIFS, ²Tohoku Univ., ³Chubu Univ., ⁴Kagoshima Univ.

1. はじめに

次世代の核融合装置のマグネットに高温超伝導 (HTS) 導体を適用することをめざし、内部構造の異なる 3 種類の大電流導体を並行して開発しており、STARS、FAIR、WISE と名付けている。いずれも、80 A/mm² という高い電流密度の達成を目標としている。

2. 3種類 HTS 導体開発

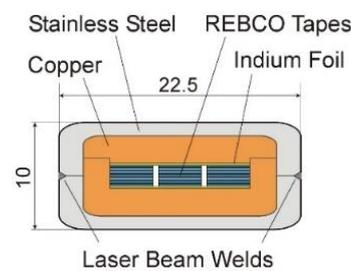
STARS (Stacked Tapes Assembled in Rigid Structure) 導体は多数枚の REBCO 線材を単純に積層して安定化銅に収納し、外側をステンレスジャケットで補強した構造である[1]。ヘリカル型核融合炉 FFHR への適用をめざして開発を行ってきたものであり、以前に予備試験体を製作し、温度 20 K、磁場 5.3 T において電流値 100 kA を達成した。現状、20 kA 級で実用となる導体を開発するにあたり、ステンレスジャケットにレーザービーム溶接を施し、良好な製作性を確認した。断面図を Fig. 1(a)に示す。

FAIR (Friction Stir Welding, Aluminum alloy jacket, Indirect cooling, REBCO) 導体は、積層した REBCO 線材をアルミニウム合金に入れて、導体全体を緩く撚った構造としている。断面図を Fig. 1(b)に示す。アルミニウム合金に施す摩擦攪拌接合 (FSW) について最適化を行い、製作方法を確立した。

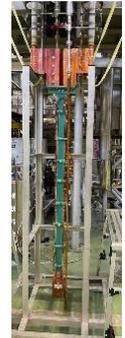
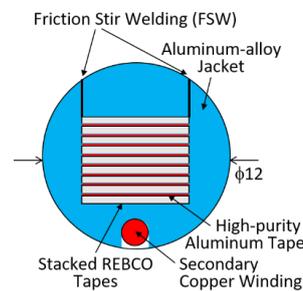
WISE (Wound and Impregnated Stacked Elastic tapes) 導体は、ステンレス製のスパイラルチューブの中に積層した REBCO 線材を挿入して導体を構成し、その状態における柔軟性を活用してまずコイル巻線を行った後に低融点金属で固めるという製作方式である。構造図を Fig. 1(c)に示す。

上記いずれの導体についても長さ 1-3 m のサンプルを製作し、まず液体窒素冷却 (温度 77 K)、自己磁場における通電試験を行い、性能確認を行うとともに、必要に応じて改良を進めた。その結果をもとに長さ 2 m の試験用サンプルを製作し、NIFS 大型導体試験装置に装着し、ヘリウムガスを用いた冷却により温度 20-50 K において、最大磁場 8.5 T を印加した通電試験を行った。最大電流 20 kA までにおいて、温度、磁場を変えて臨界電流特性を調べた。

(a)



(b)



(c)

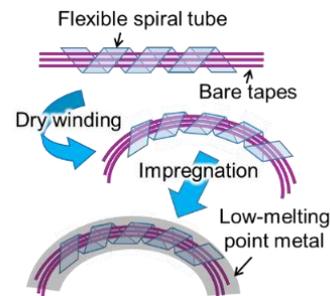


Fig.1 Three types of HTS conductors: (a) STARS, (b) FAIR, and (c) WISE with schematic drawings and photos of 2-m long samples tested in the superconductor testing facility at NIFS.

参考文献

- [1] N. Yanagi et al., J. Fusion Energy **38** (2019) 147.
- [2] T. Mito et al., J. Phys. Commun. **4** (2020) 035009.
- [3] S. Matsunaga et al., IEEE Trans. Appl. Supercond. **30** (2020) 4601405.