

核融合炉応用を目指した高い照射耐性を有する

ハイエントロピー型銅酸化物超伝導体の開発

山下 愛智

東京都立大学 理学部物理学

核融合発電は、発電時に二酸化炭素 (CO₂) を排出せず、投入したエネルギーよりも取り出せるエネルギーの方が多いため、エネルギー問題を一挙に解決できる夢のテクノロジーである。近年、銅酸化物高温超伝導体 (REBCO) を使用した超伝導マグネットの実用化によって、核融合炉の小型化が可能となり、最大の要因であった建設コストが大幅に下げられるようになった。しかしながら、遮蔽できない中性子による超伝導性能の劣化が核融合炉全体の寿命決定因子となるため[1,2]、REBCOの耐照射性能を高めることが必須である。特に、商用化に向けたコンパクトな核融合炉開発のスタートアップ企業が国内外で多数立ち上がっているが、中性子やイオン照射によるREBCO超伝導マグネットの超伝導特性の劣化という未解決課題を抱えている (図1(a,b)の青矢印)。

講演者らは、核融合炉の安全で安定した長期稼働実現に向けた高い照射耐性を有するREBCOの開発を目指し、ハイエントロピー (HE) 合金の概念をREBCO (RE = Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Ho, Er, Tm, Lu) へと拡張した材料開発を推進してきている[3-5]。HE型REBCOの多結晶および薄膜の作製に世界で初めて成功しており、薄膜試料に対してイオン照射実験を実施した結果、HE化したREBCOにおいてイオン照射後の超伝導転移温度 T_c の劣化が抑制されることを発見した (図1(a)の赤枠) [6]。一方で、照射後の臨界電流密度 J_c は大きく低下するという課題も浮上した。ごく最近では、元素選択等によって、照射後の T_c のみならず J_c も高い値を示す材料の開発にも成功している。本研究では、HE型REBCOのイオン照射前後の超伝導特性などを中心に、HE型REBCO開発の現状と展望について講演を行う。

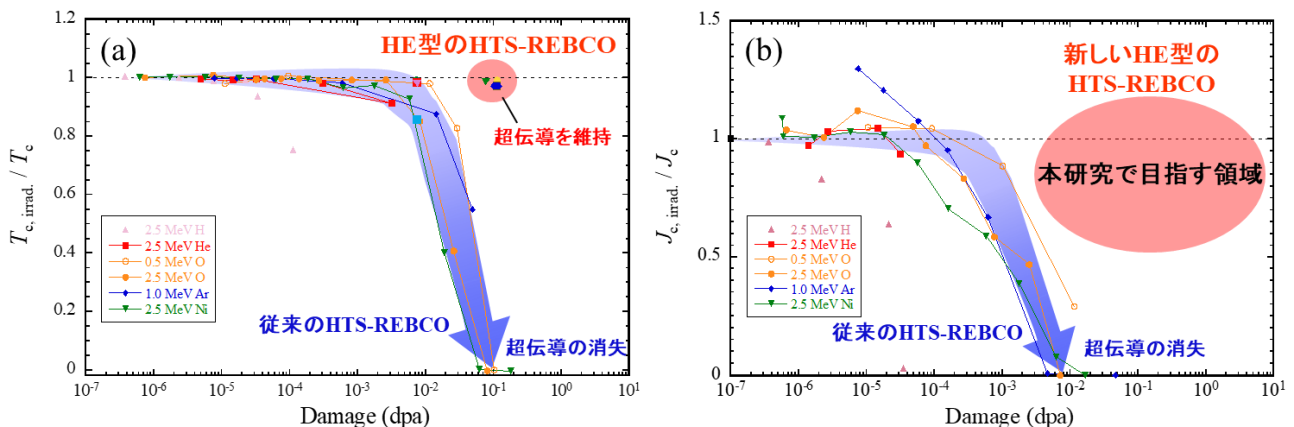


図1. イオン照射前後のHTS-REBCOにおける超伝導転移温度 T_c と臨界電流密度 J_c の低下率の比較図

参考文献

- [1] F. Moro et al., Fusion Eng. Des., 160, 111833 (2020).
- [2] J.W. Bae, E. Peterson, J. Shimwell, Nucl. Fusion, 62, 066016 (2022).
- [3] Y. Shukunami et al., Phys. C Supercond. Appl., 572, 1353623 (2020).
- [4] A. Yamashita et al., Jpn. J. Appl. Phys., 61, 050905 (2022).
- [5] A. Yamashita et al., R. Soc. Open Sci., 9, 211874 (2022).
- [6] A. Yamashita et al., Patent: 2023-087946, Date:2023/5/29.