

## 総合論文

ハイエントロピー型  $REBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  高温超伝導体の物性と機能性

† 山下愛智\*

Physical Properties and Functionality of High-entropy-type  $REBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  High-temperature Superconductor

by

† Aichi YAMASHITA\*

(Received Aug. 14, 2023; Accepted Sep. 14, 2023)

## Abstract

High-entropy alloys (HEAs) are typically defined as alloys containing at least five elements with concentrations between 5 and 35%, resulting in high configurational mixing entropy. So far, we have extended the concept of HEA to compounds, wherein one of the crystallographic sites is high-entropy alloyed. We introduce our recent activities of development of high-entropy-type cuprate  $REBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  ( $RE$ : rare earth elements) superconductors with bulk form and thin films. Superconducting properties and He-ion irradiation were investigated for HE-type  $REBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ .

**Keywords:** High Entropy Alloy, High-entropy-type compounds, Cuprate superconductor, Ion irradiation resistance

## 1. 緒言

ハイエントロピー合金(High-entropy alloy: HEA)は、狭義には、「5種類以上の構成元素から成る等原子分率単相固溶体合金」を指し、混合エントロピー( $\Delta S_{\text{mix}}/R = -\sum c_i \ln c_i$ )が1.5を超える高い値を有する合金である<sup>1)</sup>。ここで、 $R$ は気体定数、 $c_i$ は構成元素の存在比率である。近年ではその定義は、等原子分率から外れた高濃度固溶体合金や多層合金にまで研究対象が広がりつつある。HEAにおいては、従来の固溶体合金に見られないような優れた力学特性や耐酸性を有するものが多数報告され、世界中で精力的に研究がなされている<sup>2)</sup>。これまでに提唱されているHEA効果としては、高い混合エントロピーに起因して、不規則固溶体相が熱力学的に安定化する効果(ハイエントロピー効果)や、原子サイズが異なる多元素が固溶したことによる大きな格子の歪み効果などが知られている。その他にも近年、HEA構造材料

において、格子乱れや原子スケールでの応力に起因した照射耐性の向上も報告されており<sup>3)</sup>、新たな機能性の付与も大きな魅力の一つとなっている。筆者らは、これまでの合金から、より大きな枠組みとして層状物質などの“化合物”へとHEAの概念を取り入れた超伝導体や熱電変換材料などの機能性材料の開拓を世界に先駆けて推進している<sup>4)-14)</sup>。化合物へとHEA概念を拡張した物質をハイエントロピー(HE)型化合物として、多様なHE型超伝導体や熱電材料の探索と物性解明を実施してきた。以下では、合金としてのHEAと化合物へHEA概念を拡張したHE型化合物を区別して表記し、主として筆者らの研究を中心にHE型化合物超伝導体開発の現状を紹介し、将来展望を述べる。

## 2. ハイエントロピー型化合物超伝導体の開拓

ハイエントロピー(High-entropy: HE)型超伝導体の話しに移る前に、ハイエントロピー合金(HEA)超伝導体について簡単に触れる。2014年にHEA超伝導体としてTi-Zr-Hf-Nb-Taが報告されたのを皮切りに研究が始まり<sup>15)</sup>、高圧下での超伝導特性の堅牢性が報告され、大きな注目を集めた<sup>16)</sup>。また、筆者らはHE型化合物超伝導体においても、ロバスト

令和5年8月14日受付

\* 東京都立大学理学研究科物理学専攻 : 東京都八王子市南大沢1-1  
Department of Physics, Tokyo Metropolitan University: 1-1  
Minami-Osawa, Hachioji, Tokyo 192-0397, Japan

† : 連絡先/Corresponding author