

フラクタル構造を有する Mg/MgO/MgB₂ ナノコンポジットの超伝導特性

Superconducting properties of Mg/MgO/MgB₂ nanocomposite with fractal architecture

内野隆司¹・瀬戸雄介¹・櫻井敬博¹・太田仁¹・

坂口佳史²・大石一城²・幸田章宏³

¹神戸大, ²CROSS, ³KEK

フラクタル構造は、ニューラルネットワーク、結晶成長過程や海岸線など自然界の多くの場面で観測される[1]。フラクタル構造によって作られるネットワーク（フラクタルネットワーク）は、外場によって揺動を受けにくいので高い安定性を保持できる。このように、フラクタル構造は、その自己相似性、階層性に由来する独自の巨視的なネットワーク秩序を形成しうる。

近年、超伝導体においても、フラクタル構造が巨視的な超伝導秩序の形成を促進し、かつ、超伝導転移温度の上昇の要因となり得ることが、実験、理論の両面から提案されている[2]。そこで、本研究では、超伝導体である MgB₂ ナノ微粒子が常伝導相である MgO/Mg マトリックス中に希薄に、かつフラクタル的に分散した系（Mg/MgO/MgB₂ ナノコンポジット）の超伝導特性を、電気抵抗率、磁化、磁気抵抗、ミュオンスピン緩和（ μ -SR）の観点から解析した[3]。その結果、本ナノコンポジットは、MgB₂ 体積分率が 16 %程度と低いにも関わらず、第2種超伝導体的な超伝導特性（ゼロ抵抗、完全反磁性、強い磁束ピンニング特性）を示すことがわかった。これは、フラクタル的に分散した MgB₂ 微粒子間でジョセフソンネットワークが形成され、系全体に巨視的な超伝導秩序が形成されたことを意味している。しかし、 μ -SR 測定から得られた内部磁場分布は、一般的なバルク第2種超伝導体とは異なり、非常に対称的であり、かつその磁場分布の極大が温度の低下とともに、外部印加磁場よりプラス側にシフトする傾向を示した。このような、磁場分布の常磁性シフトは、ジョセフソンネットワーク内に侵入した磁束分布が磁束ガラスのように乱れているのみならず、 μ -SR の測定時間スケール内で大きく揺らいでいることを示唆している。

参考文献 [1] 例えば M. Schroeder, *Fractals, Chaos, Power Laws: minutes from an infinite paradise* (Freeman, New York, 1991).

[2] M. Fratini *et al.*, *Nature* **466**, 841 (2010); G. Campi *et al.*, *Nature* **525** 359 (2015); M. V. Feigel'man *et al.*, *Ann. Phys.* **325**, 1390 (2010).

[3] T. Uchino *et al.*, *Phys. Rev. B*, in press.