

# YBCO-coated 線材の不可逆磁界の厚さ依存性

02674078 小田部研究室 山内 浩太郎

**研究背景** 超伝導体はある温度  $T_c$  以下に冷却することで完全反磁性と電気抵抗ゼロという特異な性質を示すことから、その応用が期待されている。超伝導体の応用に際して重要なパラメータとしては2つあり、それは超伝導体にゼロ抵抗で流すことのできる最大の電流密度(臨界電流密度)  $J_c$  と  $J_c$  がゼロとなる磁界である不可逆磁界  $B_i$  である。YBa<sub>2</sub>Ca<sub>3</sub>O<sub>x</sub>(以下YBCO)-coated 線材は液体窒素温度(77.3 K)以上の高い  $T_c$  を持つ上、磁界中における  $J_c$  が高いために現在最も注目を集めている超伝導線材であるが、一方でその  $B_i$  はこれまでですでに実用化されているものに比べると十分に高くない。  $B_i$  を向上させるためには超伝導体の特性向上の他に膜厚を厚くすることも有効であることが知られている<sup>1)</sup>。しかし一方で低磁界領域における  $J_c$  は膜厚が薄いほうが高いことが知られているため<sup>2)</sup>、これら  $J_c$  と  $B_i$  の膜厚に対する関係を調べることは大変有意義である。特にYBCO-coated 線材では膜厚の変化によって輸送電流特性がどのように変わるかがあまり明らかになっていない。そのため本研究ではYBCO-coated 線材における膜厚の変化に対する  $J_c$ ,  $B_i$  の変化を調べ、その結果をピン力の分布を考慮した磁束クリープフローモデルにより考察する。

**実験** 試料は超電導工学研究所名古屋研究所より提供されたIBAD(Ion Beam Assisted Deposition)/PLD(Pulsed Laser Deposition)法により作製された膜厚の異なるYBCO-coated 線材を用いた。ここでIBAD法は特性向上のために無配向基板上に二軸配向中間層を成膜する手法であり、またPLD法はその配向基板上に超伝導層を成膜する手法である。なお各試料の超伝導層の厚さと  $T_c$  は表1に示すとおりである。

測定は直流4端子法で行った。この際、磁界は試料面に対して垂直、すなわち  $c$  軸に対して平行に最大7 Tまで印加した。その後、4端子法の測定結果である電圧-電流密度特性 ( $E$ - $J$  特性) に対して電界が仮想的にゼロであるとする電界基準  $E_c$  を  $1.0 \times 10^{-3}$  V/m として  $J_c$  を決定した。また  $J_c = 1.0 \times 10^8$  A/m<sup>2</sup> となる磁界を仮想的に  $J_c$  がゼロとなる境界として  $B_i$  を決定した。

解析はピン力の分布を考慮した磁束クリープフローモデルを用いて実験値と理論値をフィッティングさせ、ピンニングパラメータを抽出することにより行った。

**結果及び検討** 図1には各試料の77.3 K, 82 K, 85 Kにおける  $J_c$  の磁界依存性を比較したものを示す。図から微かにではあるが#3の試料の特性が  $B_i$  近傍において他のものより優れた結果を示していることが分かる。一方で低磁界側では試料の膜厚の違いがあるにも拘らず特性に違いが見られていない。

表1. 試料の諸元

Sample	Thickness(nm)	$T_c$ (K)
#1	270	86.8
#2	360	87.3
#3	520	88.4

図2には  $B_i$  の膜厚依存性を示す。なお図中の実線は磁束クリープ理論による理論曲線であり、試料がバルクな場合を仮定したときの  $B_i(=B_{i,max})$  と縦方向弾性相関距離  $L$  はこの理論曲線から決定された。図から  $d/L$ 、すなわちピン力の影響を除いた膜厚の因子が大きくなるにつれ、  $B_i$  の値が大きくなっているのが分かる。これらに関する詳しい解析結果、更なる考察に関しては当日発表する。

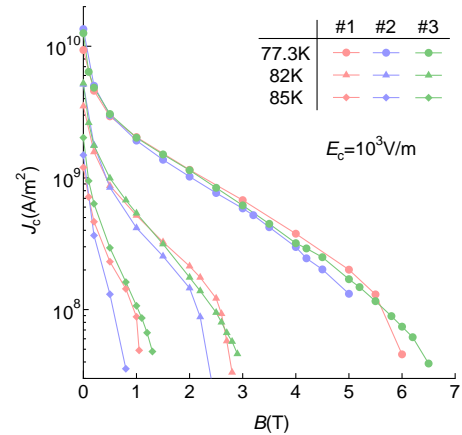


図1：各試料における臨界電流密度の磁界依存性。

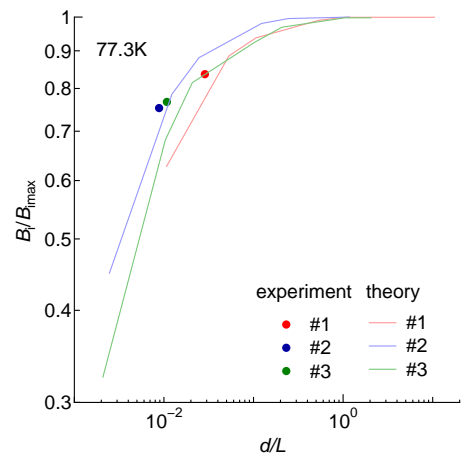


図2：規格化した  $B_i$  の膜厚依存性。

**【参考文献】**

- 1) T. Matsushita, H. Wada, T. Kiss, M. Inoue, Y. Iijima, K. Kakimoto, T. Saitoh and Y. Shiohara: Physica C **378-381** (2002) 1102.
- 2) R. Wördenweber: Supercond. Sci. Technol. **12** (1999) R86.

**研究業績**

- (1) 低温工学超電導学会 2002 年秋, 2003 年春, 2004 年春, 2004 年秋
- (2) 応用物理学会, 2002 年秋, 2003 年秋, 2004 年秋
- (3) Int. Sympto. on Supercond. 2002
- (4) 電気学会九州支部, 2002 年, 2004 年
- (5) 応用物理学会九州支部 2002 年, 2004 年