

磁気顕微法による REBCO 線材の局所臨界電流の均一性評価と その空間スケール依存性

Characterization of Local Critical Current Uniformity in REBCO Coated

Conductor Based on Magnetic Microscopy and Its Dependence on Length Scale

九大¹, 昭和電線², ISTE³, 〇片平 健太¹, 東川 甲平¹, 井上 昌睦¹, 木須 隆暢¹,
木村 一成², 小泉 勉², 青木 伸夫², 吉積 正晃³, 和泉 輝郎³, 塩原 融³
Kyushu Univ.¹, SWCC², ISTE³, Kenta Katahira¹, Kohei Higashikawa¹, Masayoshi Inoue¹,
Takanobu Kiss¹, Kazunari Kimura², Tsutomu Koizumi², Nobuo Aoki²,
Masateru Yoshizumi³, Teruo Izumi³, Yuh Shiohara³
E-mail: katahira@super.ees.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

希土類系高温超伝導 (REBCO) 線材の機器応用に際しては、特性低下部の局所発熱による焼損を防ぐため、均一性の確保が重要な課題となっている。一方、長尺線材の臨界電流 (I_c) 分布は、四端子法や TAPESTARTM によって評価されるが、空間スケールも電界基準も異なるため、均一性に関する統一的な指標が得られていないのが現状である。そこで本研究では、磁気顕微法によって得られた局所 I_c 分布に基づいて、 I_c の長手方向分布の空間スケール (四端子法における電圧端子間距離) 依存性について考察した。

2. 局所 I_c 分布と大域的 I_c の関係

厳密には欠陥の形状やその程度まで考慮する必要もあるが^[1], 1次元直列モデルでも定量評価に成功している例もあり^[2], 本研究もそれに習う。まず, TFA-MOD 線材を対象として, リール式磁気顕微鏡 (RTR-SHPM)^[3] によって局所 I_c 分布を評価した。その結果を Fig. 1 に示す。なお, 本結果の長手方向の分解能は 0.8 mm であり, 電界基準が 2×10^{-8} V/m, 四端子法による測定から n 値が約 30 であることがわかっている。そこで, Fig. 1 で得られているデータポイントのそれぞれに n 値モデルを仮定し, 電圧端子間に発生する平均電界が一般的な電界基準 (1×10^{-4} V/m) となる電流値によって大域的 I_c を評価した。電圧端子間距離を 750 mm と想定した結果を Fig. 2 に示す。Fig. 3 には同様の電圧端子間距離を用いて四端子法によって測定した結果を示しているが, 両者は定量的によく一致していることがわかる。これは, 磁気顕微法によって非破壊・非接触で得られる局所 I_c 分布から通電特性を予測できる可能性を示している。

3. 電圧端子間距離依存性

また, 四端子法によって得られるような大域的 I_c は局所 I_c 分布よりもかなり均一に見えることに注意を要する。この傾向を詳細に把握するため, I_c の頻度分布の電圧端子間距離依存性を評価した。その結果を Fig. 4 に示す。電圧端子間距離が大きくなるほど均一に見える, 局所的に低下した I_c 値を検出することが困難となる様子がわかる。すなわち, REBCO 線材の均一性の評価に際しては, 単に分布の標準偏差のみで判断することは困難であり, 電圧端子間距離の影響を含めて議論されるべきであることが示された。

謝辞: 本研究は, イットリウム系超電導電力機器技術開発の一環として ISTE を通じて NEDO からの委託を受けて実施するとともに, 日本学術振興会の科研費 (24360122) の助成を得て行ったものである。

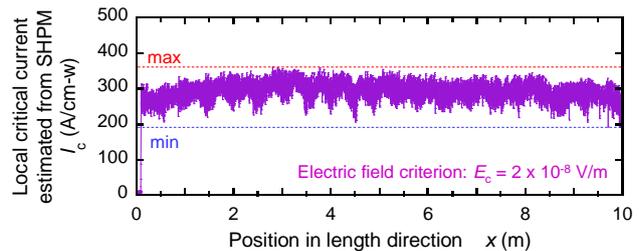


Fig. 1. 磁気顕微法によって得られた局所 I_c 分布

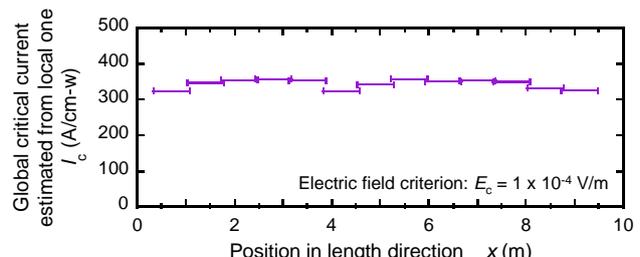


Fig. 2. 局所 I_c 分布 (Fig. 1) から見積もった大域的 I_c 分布

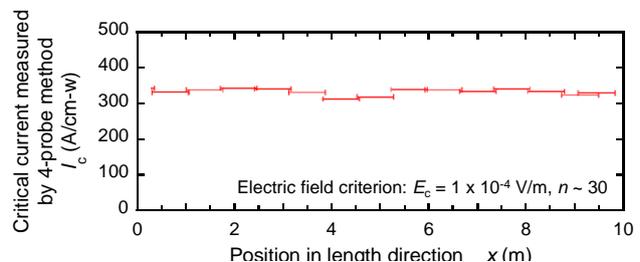


Fig. 3. 四端子法によって得られた I_c の長手方向分布

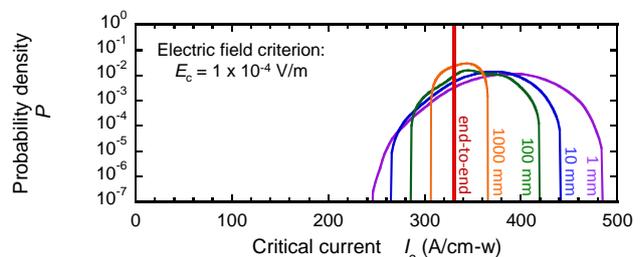


Fig. 4. I_c の頻度分布の電圧端子間距離依存性

文献

- [1] M. Friesen and A. Gurevich: Phys. Rev. B 63 (2001) 064521.
[2] T. Nakamura et al.: CSJ vol. 48 No. 4 (2013)
[3] K. Higashikawa, et al.: 4MB-01 presented at ASC 2012.