Bi-2212 超電導線材の電流 - 電圧特性のスケーリング

九工大・情報工　○木内 勝, 野口 和輝, 田籠 美貴, 松下照男
昭和電線電纜　　長谷川 隆代

1. はじめに　酸化物超電導体の電流 - 電圧曲線が、適当な温度関数で規格化することにより二つの曲線にスケーリングすることが知られており、このことから磁束線系のガラス - 液体転移の機構が提唱されている。しかし、同様なスケーリングが磁束クリープ・フローの機構からも得られている。特に、Bi-2223 テープ線材についての実験結果は、臨界指数を含めて、ピンニング力の分布を考慮にいれた磁束クリープ・フローの機構によって大体説明することができた。この場合動的臨界指数 z の値は、二次元磁束線系についてのガラス - 液体転移機構の予測値より小さいことが報告されている。したがって本研究ではこのことを確認するために、Bi-2223 超電導体よりもさらに二次元性が強い Bi-2212 テープ線材について電流 - 電圧特性のスケーリングを調べ、その結果をピンニング力の分布を考慮した磁束クリープ・フローの機構の理論結果と比較検討する。

2. 測定　試料はディップコート法により作製した超電導 Bi-2212 銀テープ線材で、臨界温度 T_c は 93.0 K、4.2 K, 1 T での臨界電流密度 J_c は 1.7×10^8 A/m^2 である。測定は四端子法で行ない、試料にパルス電流を通電して電圧端子間 1 cm に生じる電圧を測定した。磁界は c 軸に対して平行に加えた。温度は 18 ~ 64 K の範囲で変化させ、磁界は 0.3 ~ 3.0 T の範囲で変化させた。

3. 結果及び検討　図 1 に一定磁界 1.5 T での電流 - 電圧特性をスケーリング理論の手法を用いてスケーリングさせた結果を示す。これによれば三次元の磁束系として転移温度 T_g は 28 K、動的臨界指数 z は 3.3、静的臨界指数 ν は 2.6 となった。磁界の増加とともに z の値はやや増加し、一方で ν の値はやや減少した。またこの臨界指数 z の値は、二次元磁束線系について予測される値より非常に小さく、Bi-2223 テープ線材の結果よりもさらに小さい値となっている。このように臨界指数が磁界とともに変化し、z の値が二次元磁束線系として予測されている値よりかなり小さいことから、不可逆磁界近傍での電流 - 電圧特性の変化がガラス - 液体転移で予想されるような磁束線系の相転移ではないことが示唆される。

また図 2 はピンニングの強さの分布と磁束フローの影響を考慮した磁束クリープ・モデルを用いた電流 - 電圧特性の数値計算結果をスケーリングさせたもので、z の値はやや大きいものの、測定結果に似ている。なお磁束クリープ・フローの機構から見た場合、極めて低い z の値は磁束ピンニングの強さの不均一さが著しいためであると考えられる。

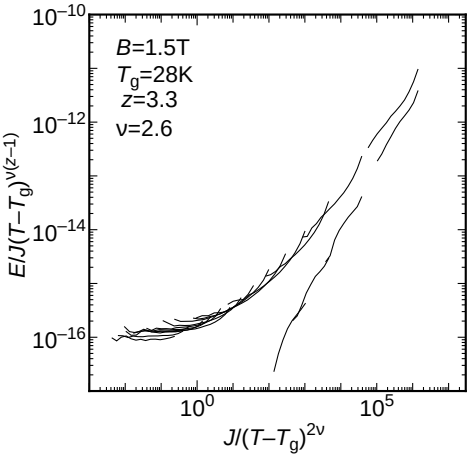

図 1.　一定磁界 1.5 T での電流 - 電圧特性をスケーリングさせた結果。

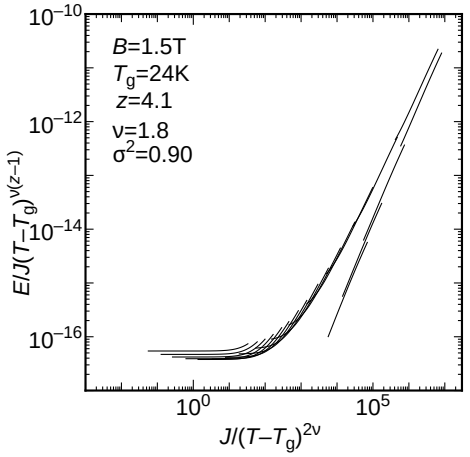

図 2.　磁束クリープ・フローの機構から導かれた、一定磁界 1.5 T での電流 - 電圧特性をスケーリングさせた結果。