銀シース法 Bi–2212 超伝導テープの電流 - 電圧曲線のスケーリング

古賀 康史 (91232029) / 松下研究室

1. はじめに　超伝導体の工学的な応用が可能なのは、臨界電流密度がゼロでない不可逆領域においてのみであり、この領域を拡大することが望まれている。また、超伝導体の電流 – 電圧特性のスケーリングから、磁束線のグラス – 液体転移の機構が提案されており、不可逆領域の境を与える不可逆曲線は、この転移曲線近傍にあることが知られている。一方で、電流 – 電圧特性のスケーリングは磁束クリープの立場からも説明されている。したがって、今後の特性改善のためにも転移曲線近傍の磁束線の振る舞いを決定する正しい機構の解明が必要である。今回の研究では応用が期待されている Bi–2212 銀シーステープ線材の電流 - 電圧曲線のスケーリングを調べ、その測定結果を磁束クリープや磁束線のグラス – 液体転移の機構と比較検討し、磁束線の振る舞いを議論する。

2. 実験　測定に用いた試料は、高磁界用インサートマグネット及び冷凍機冷却で使用できるマグネット用の線材として作製された Bi–2212 銀シーステープ線材で、c 軸はテープ面に垂直に配向しており、臨界温度は $T_{\rm c} = 86.0$ K 程度である。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 1cm 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 8 ~ 62 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。尚、通電による温度の揺らぎは低電流密度の場合で ±0.1 K、高電流密度の場合でも ±0.8 K 以下程度だった。

3. 結果及び検討　グラス – 液体転移機構のスケーリング理論の手法にしたがって各磁界の下での銀の影響を削除した電流 – 電圧特性をスケーリングさせた。これより、転移温度 $T_{\rm g}$、動的臨界指数 z、及び静的臨界指数 ν を得た。尚、磁束線系は 3 次元系と仮定した。各磁界において転移温度の誤差は ±2K 程度であった。また、電流 – 電圧特性のスケーリングより得られた各磁界での z、ν を同等な試料で超伝導層の厚さが 2 倍の線材及び Bi-2212 ディップコートテープ線材の結果と比較したものを図 1、図 2 に示す。一般に z は磁界に対して増加、ν は減少の傾向があり、また試料によって大きく変化していることが分かる。このことは何らかの転移があるとしても、グラス – 液体転移機構が予想するような超伝導体に固有なものではないことを示している。逆に z の値はピン力の分布の広がりに強く依存し、ν の値はピンニングの相関距離の温度依存性から説明することができる。こうしたことから電流 – 電圧特性の二つの曲線へのスケーリングは、ピンニングされた磁束線系の相転移に似た状態の変化によってもたらされていると考えられる。

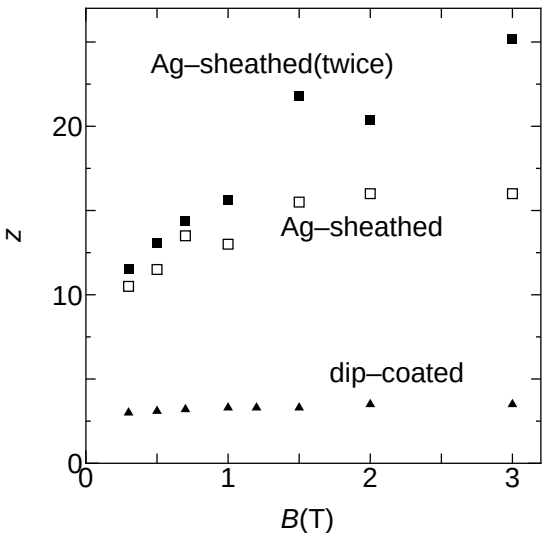

図 1.　Bi2212(Ag–sheathed,dip–coated) における動的臨界指数 z の比較。

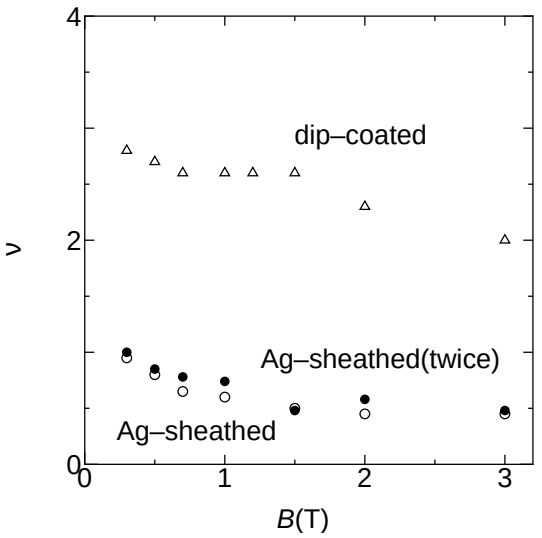

図 2.　Bi2212(Ag–sheathed,dip–coated) における静的臨界指数 ν の比較。