

# Bi-2212 超伝導体の不可逆磁界と G-L 転移磁界に及ぼすピン力の不均一さの影響

高瀬 奈津子

**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。この領域の境界が不可逆曲線である。一方で、超伝導体の電流-電圧特性曲線を適当な温度の関数で規格化することにより二つの曲線にスケールリングすることが知られており、二つの曲線に分ける境の温度を磁界の関数として表した曲線を磁束線のグラス-液体転移 (vortex glass-liquid transition、以下 G-L 転移とする) 曲線という。不可逆曲線と G-L 転移曲線はピンニングの強さ及び超伝導体の次元性に依存し、互いに近い関係にあることが知られているが、定義の違いのために多少の違いが見られる。一般に電流-電圧特性を  $E \propto J^n$  と表したときの  $n$  値はピン力分布の影響を受けることから、両者の違いもまたピン力分布の影響を受けていると考えられる。本研究では、Bi 系 2212 超伝導体の銀シース法テープ線材の不可逆曲線と G-L 転移曲線について、ピン力の分布を考慮に入れた磁束クリープ・フロー・モデルを用いて評価し、その結果からピン力の分布が両曲線にどのような影響を及ぼすかについて検討する。

**2. 実験** 試料には超伝導層の厚みが  $5 \mu\text{m}$  の銀シース法による Bi 系 2212 テープ線材を用いた。尚、銀シース法線材については以前測定されたデータ<sup>?)</sup>を用い、ディップコート法線材でのみ測定を行った。ディップコート法線材の臨界温度  $T_c$  は  $84.9 \text{ K}$  である。測定は四端子法で行い、通電時の発熱を抑えるために試料に 1 秒のパルス電流を通電して電圧端子間  $1 \text{ cm}$  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  $6 \sim 62 \text{ K}$  の範囲で変化させ、磁界は  $0.3 \sim 3.0 \text{ T}$  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  $\pm 0.1 \text{ K}$ 、高電流密度の場合でも  $\pm 0.6 \text{ K}$  以下程度だった。

**3. 結果及び検討**  $0 \text{ K}$ 、 $1 \text{ T}$  のときの磁束クリープの影響が無いとした仮想的な臨界電流密度の値  $A$  がピン力の強さを表すパラメータであるとし、ここではこの  $A$  が以下のように分布すると仮定する。

$$f(A) = K \exp \left[ -\frac{(\log A - \log A_m)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (1)$$

ここで  $\sigma^2$  は分布幅に対応したパラメータ、 $A_m$  は  $A$  の最頻値、 $K$  は規格化条件によって決定される定数である。ここで銀シース法 Bi 系 2212 テープ線材における検討を示す。上に示すようなピン力分布を考慮に入れた磁束クリープ・フロー・モデル<sup>?)</sup>を用いることにより電流-電圧曲線を求め、不可逆曲線と G-L 転移曲線を求めた。

尚、解析に必要なピンニングパラメーター等は臨界電流密度の磁界依存性が実験結果と一致するように調整して決めた。こうして得られた不可逆曲線と G-L 転移曲線の実験結果と解析結果は一致することがわかった。この結果から磁束クリープ・フロー・モデルが現象を正しく記述しているといえる。

図 1 に  $B = 1.0 \text{ T}$  の場合に  $A_m$  を一定として  $\sigma^2$  を  $0.05$  から  $0.50$  まで変化させたときの転移温度  $T_g$  と不可逆温度  $T_i$  の理論結果を示す。この結果からピン力の分布幅を大きくすると  $T_i$  と  $T_g$  はともに小さくなり、 $T_i$  と  $T_g$  の相対的な違いが大きくなり、やがてそれぞれ一定の値に近づいて行くことが示される。両温度が小さくなるのは分布しているピン力の最小値が小さくなるためであると考えられる。また  $T_g$  の減少に比べて  $T_i$  の減少が遅いのは、有限のしきい値を用いるために  $J_c$  が真の値から過大評価されるためであると考えられる。これより、ピン力の分布幅を十分に小さいときのみ  $T_i$  と  $T_g$  の相対的な違いは小さくなる。したがって、超伝導体の応用において不可逆曲線をより信頼性のある境界にするためにはより厳しい基準を用いて不可逆曲線を決定することが必要である。

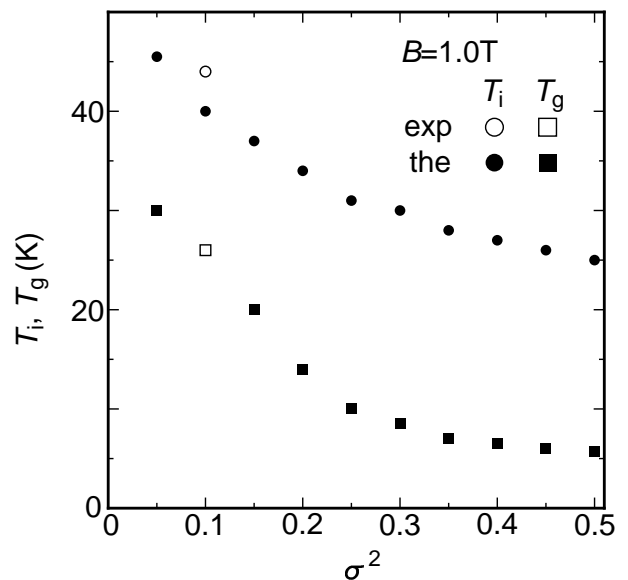


図 1.  $\sigma^2$  の変化による転移温度と不可逆温度の変化。

## 【参考文献】

- 1) T. Matsushita *et al.*: *ICMC* (Portland, Oregon, USA, 1997) to be published.
- 2) T. Matsushita, T. Tohdoh and N. Ihara: *Physica C* 259 (1996) 321.