# Y-123 超伝導体のピーク効果と磁束ピンニング機構

右田 稔 (97232074) / 松下研究室

**1.** はじめに　酸化物超伝導体において臨界電流密度 $J_c$ がある温度・磁界領域でピークを持つということが報告されており、溶融法により作製された Y-123 バルク超伝導体も中磁界でブロードなピークを持つことが知られている。現在 Y-123 超伝導体のピーク効果は酸素欠損などの低 $T_c$ 相により起こることが明らかにされてきたが、そのメカニズムについては、磁界誘起型の引力的なピンニングと、近接効果の下での運動エネルギー相互作用による反発的なピンニングの立場からさまざまな議論がなされている。今回は溶融法 Y-123 で観測されるピーク効果の機構を明らかにするために製作条件の異なる 4 つの試料について、磁化測定から臨界電流密度を評価した。また測定の結果は磁束クリープ・フローモデルによる理論結果と比較検討する。

**2.** 実験　試料は溶融法 Y-123 超伝導体であり、試料の製作条件は 211 相も白金も添加しないもの (試料 00)、211 相のみ 25 wt% 添加したもの (試料 01)、白金のみ添加したもの (試料 10)、および 211 相を 25 wt% と白金の両方を添加したもの (試料 11) である。211 相は磁界誘起型と同じ凝縮エネルギー相互作用をするので、低 $T_c$ 相のピンニングを調べる目的で添加するものであり、白金添加は 211 相を微細分散させて、211 相によるピンニングを強くするためである。サイズは 4 つとも $3.14 \times 2.09 \times 0.82$ mm$^3$ 程度であり、$c$ 軸は試料の長手方向に配向している。臨界温度 $T_c$ はすべて 89 K~91 K 程度であった。測定は SQUID 磁力計を用いて $c$ 軸方向の磁化に対して行った。

**3.** 結果及び検討　図 1 は 77.3 K で得られた磁化のヒステリシスから評価した臨界電流密度 $J_c$ の磁界依存性を示す。一般にピーク効果は 40 K 程度から現れ、211 相により試料のピンニングが強くなるに従って小さくなっている。また、試料 00、01 を比較すると、211 相の添加により、低、高磁界では臨界電流密度は大きくなるが、中磁界では小さくなっていることがわかる。したがって低 $T_c$ 相のピンニング機構は運動エネルギー相互作用による反発的なピンニングであると考えられ、中磁界領域での $J_c$ の低下はこれと、211 相による引力的なピンニングの間の干渉によるものと考えられる。なぜなら、低 $T_c$ 相のピンニングが同様に引力的であるなら、中磁界領域でも臨界電流密度が上がらなければならないからである。運動エネルギー相互作用の要素的ピン力は磁界の増加とともに単調に減少することから、ピーク効果は disorder 転移のような磁束線系の相転移に起因していると考えられる。

また、図 1 の実線は試料 00、01 において 211 相によるピンニングを仮定したときの磁束クリープ・フローモデルによる理論結果である。これより低、高磁界領域ではほぼ実験値と一致していることがわかる。一方、試料 10、11 については、さらにピンニングが強くなっているので、臨界電流密度は上昇するがピーク効果は観測されなかった。図 2 に試料 00、01 の不可逆磁界 $B_i$ の実験結果と 211 相によるピンニングを仮定した磁束クリープ・フローモデルによる理論結果との比較を示す。これより、試料 00、01 ともほぼ不可逆磁界が理論結果と一致していることがわかる。図 1、2 の理論結果との比較より、低、高磁界領域においては 211 相が主にピンニングに関与しており、不可逆磁界は 211 相によって決められると考えられる。

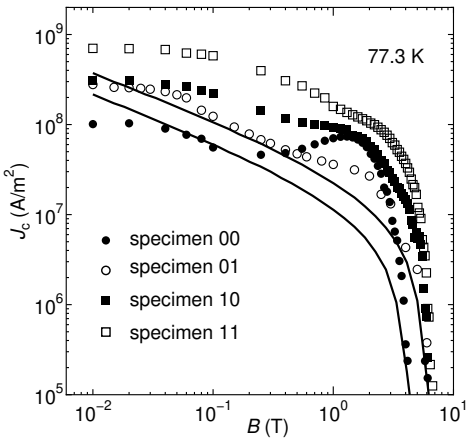


図 1　77.3 K における臨界電流密度の磁界依存性

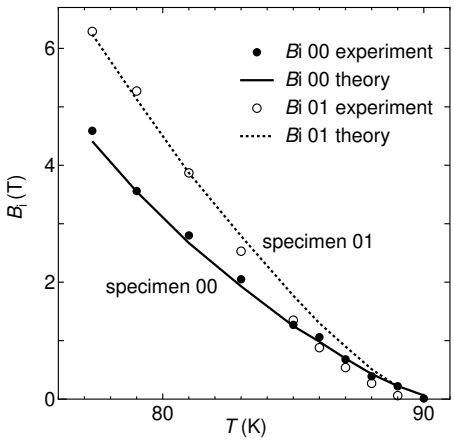


図 2　試料 00、01 における不可逆磁界の温度依存性