

QMG法によるY-123バルク超伝導体の交流電損損失測定

松下研究室 B4 00232036 桑原 貴

1. はじめに 現在日本の電力需要は伸び続けており、電力供給の信頼度の向上が求められている。しかし電力システムの複雑化により事故は増加傾向にある。事故発生に伴い事故を除去する電力機器の取り替えやシステムの構成の変更が必要になってくる。この問題の解決のために様々な限流器の開発が行われている。それに用いられるQMGバルク材は常伝導状態の抵抗率が高く、臨界電流容量も大きいことから、抵抗型限流器への応用が期待される。

QMGバルク材を限流素子として使用する場合、限流器の定格電流を決めるためには平常運転時の交流損失を明らかにする必要がある。また超伝導体の冷却には今のところ液体窒素または過冷却窒素による浸漬冷却が有力であるが、目的によっては冷凍機による伝導冷却も考えられることから、幅広い温度範囲での交流損失測定が必要となる。そこで限流素子として使用が考えられるY-123バルク超伝導体の交流電損損失を40 K～77 Kの範囲で測定した。また、今回測定するような矩形断面の形状をした試料の電磁現象を理論計算によって見積もるためには、自己無矛盾の磁束分布解を求める必要があり、非常に困難である。このような場合の電磁現象を見積もる方法の一つとして、有限要素法(以下FEM)¹⁾が挙げられる。これを用いて J_c の磁界依存性、試料の形状依存性を考慮し、交流電損損失の評価を行なう。磁界依存性には(1)式のようなIrie-Yamafujiモデル²⁾を仮定しており、 α, γ はピンニングパラメータである。

$$J_c(B) = \alpha B^{\gamma-1} \quad (1)$$

2. 実験 本研究に用いた試料は新日本製鐵株式会社がQMG法によって作製したY-123バルク超伝導体である。試料のサイズは0.8 mm × 2.2 mm × 20 mmであり、77.3 Kにおける臨界電流 I_c は700 A前後³⁾と想定される。今回測定したQMG試料は I_c が大きいため、大電流源が必要となる。そこで、本研究室の伝導冷却型1000 A級超伝導トランスを用いて測定を行った。温調はサンプルホルダー直下に配置したヒーター線の電圧を調整して行った。温度測定にはCGRおよび熱電対を試料直上に配置し、この温度を試料の温度としている。各部での温度勾配の有無を確認するためにこれらの温度計をサンプルベッド、銅ブロックにも配置した。

3. 結果及び解析 得られた交流電損損失を図1に示す。今回の測定では各温度における周波数依存性は確認されなかった。これより今回発生している交流電損損失がピンニング損失であることが分かる。また、ある電流値に注目すると損失は温度の上昇とともに大きくなっている。これは温度が上昇すると臨界電流密度 J_c が小さくなるからである。

次にFEMを用いた結果と比較する。この場合のピンニングパラメータは $\alpha = 7.0 \times 10^7$, $\gamma = 0.1$ であった。その結果を図2に示す。これらのパラメー

タから見積もられる I_c は715 Aであることから解析結果は妥当であると考えられる。さらに試料の形状依存性を調べるため、今回得られたピンニングパラメータを用いて、円断面を仮定した場合の理論結果との比較を行った。図2より円断面の場合は矩形断面に比べ、通電電流が小さい領域で損失が小さくなっていくことが分かった。これは円断面では表面からの磁束の侵入の割合が同じであるのに対して、矩形断面では磁束の侵入量が端の部分で大きくなっていることに起因する。つまり、今回のQMG試料のような矩形断面の場合、低電流領域では反磁界係数の影響で端の部分の磁束が密となり、その部分で強いローレンツ力および、磁束の侵入距離の増大によって損失が増加すると考えられる。したがって損失軽減のためには断面を円形にすることが望ましい。

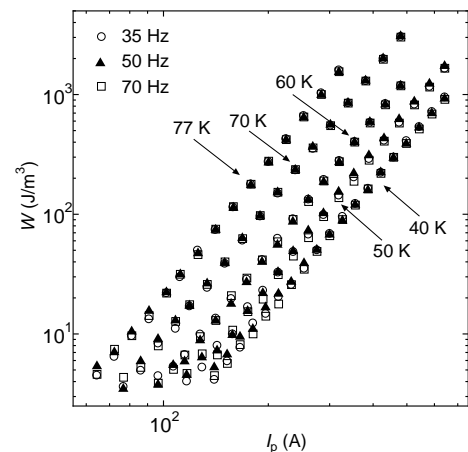


図1: 各周波数における損失の温度依存性

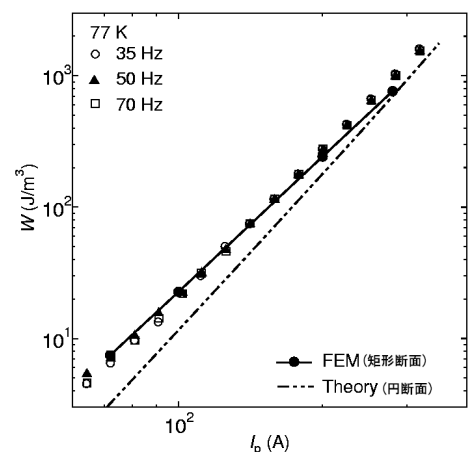


図2: 77KにおけるFEMと実験結果の比較

【参考文献】

- 1) E. S. Otabe, M. Migita, M. Watanabe, T. Matsushita, M. Morita, *Physica C*, **382**(2002)172.
- 2) 松下 照男:磁束ピンニングと電磁現象(産業図書)P. 87.
- 3) 森田 充, 私信による