

学生番号	09232066	氏名	廣川 愛生
論文題目	焼成時間を調節して充填率を変化させた <i>ex-situ</i> 法 MgB ₂ バルク超伝導体の磁束ピンニング特性		

1. 背景と目的

MgB₂の臨界温度 T_c は金属系超伝導体の中で最も高く、そのため 20 K 近傍での応用が有望視されている。この MgB₂ を線材として使用する場合の作製法としては、MgB₂ 粉末をシース材に入れ、圧延加工等を行う Powder In Tube 法がある。この手法には Mg と B をシース材に充填し、熱処理を加えることにより MgB₂ を生成する *in-situ* 法と、MgB₂ 粉末を直接入れる *ex-situ* 法がある。特に高い臨界電流密度 J_c を得るためには、充填率が高い必要があるが、この点において *ex-situ* 法の方が優れている傾向にある。したがって、*ex-situ* 法の最適化により J_c 特性の更なる向上が期待できる。また、MgB₂ バルクは焼成条件の違いにより特性が大きく変わることが報告されている^[1]。そこで本研究では焼成時間を調節して充填率を変化させた *ex-situ* 法 MgB₂ バルクの磁束ピンニング特性の測定・評価を行い、焼成時間の変化による磁束ピンニング特性への影響について議論を行った。

2. 実験

本研究において使用した試料は、自製MgB₂粉末をSUS316管に封入して線材加工を行った後に石英管に真空封入し、一定温度900°Cで焼成時間を調節し充填率を変化させた*ex-situ* 法MgB₂である。このMgB₂は、磁化測定を行うためにSUS316管から取り出したバルク体である。これらの試料は東京大学で作製された。試料諸元を表1に示す。MgB₂粒子間のコネクティビティ(有効な電流パスの割合)は次式のRowellの解析^[2]を用いて評価した。

$$K = \frac{\rho_{\text{crystal}}(300\text{ K}) - \rho_{\text{crystal}}(40\text{ K})}{\rho(300\text{ K}) - \rho(40\text{ K})} \quad (1)$$

ここで $\rho_{\text{crystal}}(T)$ はコネクティビティが1である理想的なMgB₂結晶粒内での電気抵抗率で、 $\rho(300\text{ K})$ は試料の室温での電気抵抗率、 $\rho(40\text{ K})$ は試料の T_c 直上での電気抵抗率である。焼成時間が48 hの場合の充填率 P が最も高く、それ以上の焼成時間では充填率 P は減少している。 J_c - B 特性はSQUID磁力計を用いた直流磁化法から評価した。また $J_c=0$ となる不可逆磁界 B_i は便宜的に $J_c = 1.0 \times 10^6\text{ A/m}^2$ となる磁界で決定した。

表1: 試料諸元

試料	焼成条件	充填率 P	コネクティビティ
3 h	900°C, 3h	0.64	0.015
12 h	900°C, 12h	0.68	0.159
48 h	900°C, 48h	0.71	0.238
150 h	900°C, 150h	0.69	0.281

3. 結果及び検討

図1に20 Kでの各試料の B_i の充填率依存性を示す。充填率が一番高い48 hの試料の B_i が一番大きく、充填率と B_i の間に正の相関があることがわかる。

図2に20 Kにおける各試料の J_c - B 特性の実験結果を示す。3 hのゼロ磁界近傍の J_c 値は他の試料よりも2桁近く小さく、更に磁界依存性も下に凸の特

性を示す。この低い J_c 値及び磁界依存性の原因は3 hのコネクティビティの低さに起因するものと考えられる。一方で、12 h、48 h及び150 hの高い J_c 特性は、高温焼成により有効な電流パスが増加したためである。更に高磁界特性に注目すると、48 hの試料が特に優れている。これはこの試料の不可逆磁界 B_i が高いためである。これらの結果に対し、磁束クリープ・フローモデル^[3]を用いてその妥当性を検証した。図2に磁束クリープ・フローモデルを用いた理論値を示す。実験値と理論値で良い一致が得られた。

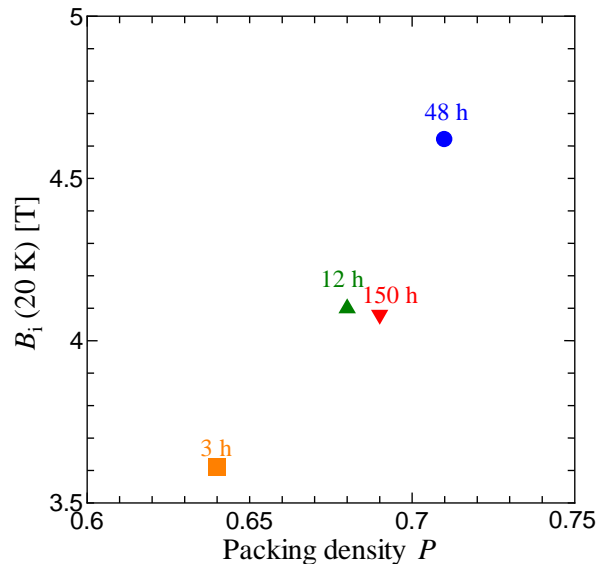


図1: 20 Kにおける不可逆磁界 B_i の充填率依存性

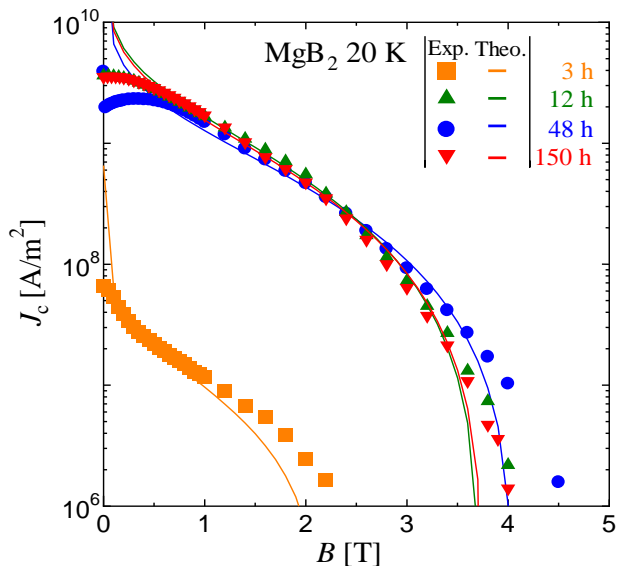


図2: 20 Kにおける J_c - B 特性の実験値と理論値

[参考文献]

[1] Y. Katshura, et al.: 低温工学 41 巻 11 号 p.497-p.504.
 [2] J. M. Rowell: *Supercond. Sci. Technol.* **16**, R17-R27 (2003).
 [3] M. Kiuchi, et al.: *Physica C* **278** (1997) 62.