

(Ti,Ta)または(Ti,Ga)を添加した Nb₃Sn の上部臨界磁界及び臨界電流密度特性

田邊 裕也* 木内 勝* 小田部 荘司* 松下 照男* 文珠 義之** 水田 泰次** 太刀川 恭治*** 長村 光造****

(*九工大・情報工) (**大阪合金) (***)物材機構,東海大) (****応用科学研)

1. はじめに

Nb₃Sn は国際熱核融合実験炉：ITER 計画におけるトロイダルコイル、セントラルコイル作製材料で、優れた J_c特性を持つ。この Nb₃Sn 線材作製には様々な手法があり、特に高磁界で優れた特性を有する線材加工としてブロンズ法がある。

そこで本研究では、さらなる高特性を有する材料開発のために、Nb₃Sn 用ブロンズ(組成：Cu-15Sn-0.3Ti)に、Ta または Ga を添加した Nb₃Sn 材を作製し、これらの添加が上部臨界磁界 B_{c2}や臨界電流密度 J_cにどのように影響を与えるかを調べた。

2. 実験方法

測定に用いた試料は、ブロンズ法によって作製された Nb₃Sn である。ブロンズ Cu-15Sn-0.3Ti に Ta (+0.08mass%) または Ga (+0.5mass%)を添加し、拡散のために 700℃で 100 時間または 200 時間の熱処理を行った。さらに、添加の影響を調べるために無添加の Nb₃Sn も準備し、本研究に用いたのは全体で 6 種類である。試料の諸元を表 1 に示す。試料サイズは縦 5 mm ×横 5 mm×厚さ 2 mm である。

上部臨界磁界 B_{c2}(T)及び臨界電流密度 J_cの測定には SQUID 磁力計を用いた。上部臨界磁界は直流磁化率の温度依存性から、臨界電流密度は直流磁化測定から求めた。

表 1：試料諸元

名称	組成	熱処理条件
ST-1	Cu-15Sn-0.3Ti	700℃, 100h
ST-2	Cu-15Sn-0.3Ti	700℃, 200h
Ta-1	Cu-15Sn-0.3Ti-0.08Ta	700℃, 100h
Ta-2	Cu-15Sn-0.3Ti-0.08Ta	700℃, 200h
Ga-1	Cu-15Sn-0.3Ti-0.5Ga	700℃, 100h
Ga-2	Cu-15Sn-0.3Ti-0.5Ga	700℃, 200h

3. 結果・考察

各試料の B = 0, 1, 3, 5, 7 T におけるゼロ磁界冷却 (ZFC)と磁界中冷却(FC)の磁化率測定から求めた B_{c2}(T)の温度依存性を図 1 に示す。ここでは B_{c2}(T)は ZFC と FC の磁気モーメントの差が 1 × 10⁻⁶[A · m²]となる温度で決定した。図 1 より ST-1 の B_{c2}(T)が一番低く、他の試料は同程度である。なお、わずかであるが元素添加試料の臨界温度 T_cが無添加試料に比べて高くなっている。この結果から WHH 理論[1]を用いて 0 K の B_{c2}を求めた。結果を表 2 に示す。この結果より ST、Ta 添加試料では熱処理時間が長いほうが B_{c2}が高く、Ga 添加試料は熱処理時間が短いほうが B_{c2}が高くなった。

表 2：WHH 理論を用いた B_{c2}(0 K)

	ST-1	ST-2	Ta-1	Ta-2	Ga-1	Ga-2
B _{c2} [T]	22.4	24.5	22.8	23.5	23.3	22.9

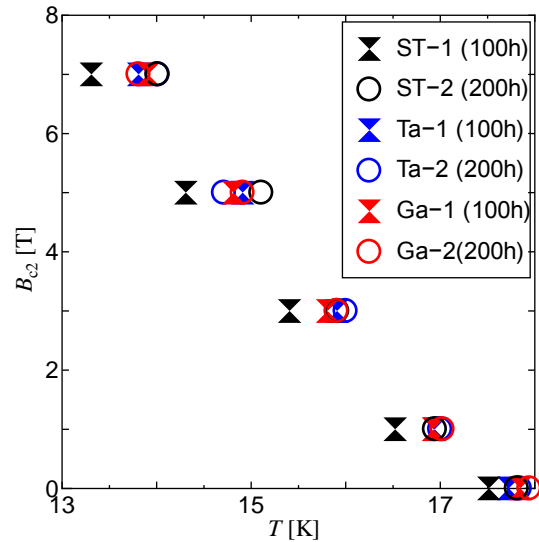


図 1: B_{c2}(T)の温度依存性

図 2 に 14 K における自己磁界 J_c(0)で規格化した J_cの磁界依存性を示す。元素添加に関係なく 200 時間の熱処理を加えた J_cが高い傾向を示し、特に ST-2 で J_c特性がよいことがわかる。一方で、100 時間熱処理試料では、無添加試料の ST-1 に比べて、添加試料の方が高磁界領域での J_c特性がよいことがわかる。この向上は B_{c2}の違いと共に、磁界依存が変化していることから、Ta、Ga の添加が磁束ピンニング特性に影響を与えている可能性がある。ピン力密度のスケール則については当日報告する。

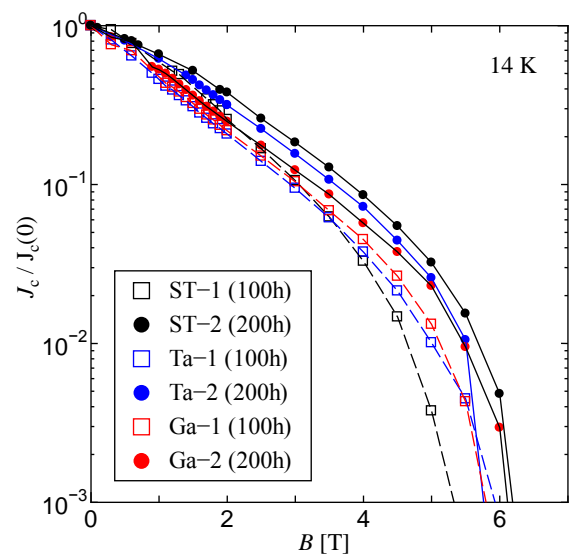


図 2：14 K における J_c(0)で規格化した各試料の J_cの磁界依存性

4. 参考文献

[1] N. R. Werthamer, E. Helfand, P. C. Hohenberg: Phys. Rev. **147** (1966) 295