

## 磁気熱量材料と超伝導材料の開発

研究代表者 理工学研究部(工学) 西村 克彦

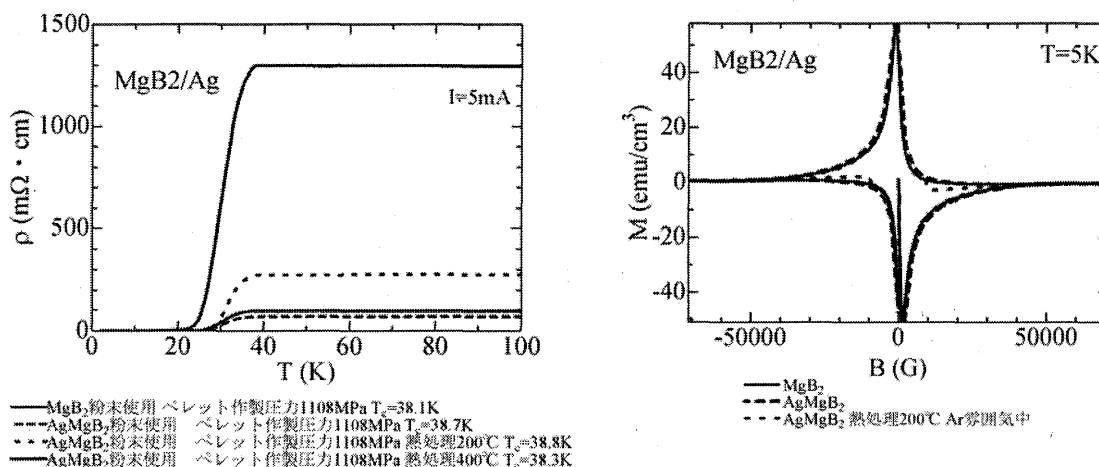
### ○プロジェクト成果報告

#### (1)プロジェクトの背景・目的

超伝導を利用した高速鉄道輸送システムの建設が計画されている。医療機器の分野でも、超伝導を応用した精密診断機器 (MRI) が益々普及している。今後、超伝導を応用した機器は広範囲に利用されると思われる。しかし、寒剤として使われているヘリウムガスが戦略物資として輸入困難になってきていることは、我が国にとって大きな問題である。解決策は、超伝導臨界温度が高い線材料を開発することである。 $MgB_2$ は金属系として非常に高い超伝導転移温度約 40K を持つ。本研究では、 $MgB_2$ 超伝導線材の製造プロセス開発を1つのテーマとしている。また、これまで低温の製造は、気体の断熱圧縮と膨張により行われてきたが、近年磁性材料を用いた磁気冷却や蓄冷材の開発が注目を集めている。本研究では、超伝導利用のため室温と 40K 付近で磁気熱量効果の大きな磁性材料の探索も行う。

#### (2)研究成果

$MgB_2$ 超伝導線材の製造プロセスの開発に関しては、他のプロジェクト研究グループ (松田教授) と共同研究を推進している。今年度は、Mg金属中に $MgB_2$ を分散させた複合材料の作製を行い、その超伝導特性を評価した。特に、種々の添加元素を加えて、超伝導臨界電流密度に対する効果を評価した。また、バレルスパッタ法によりAgを $MgB_2$ 粉末にコーティングし、Agをバインダとし、冷間圧延により $MgB_2$ 薄膜を作製するプロセスを研究中である。圧縮温度や熱処理温度をパラメータとして、高い臨界電流密度を持った $MgB_2$ 薄膜作製の最適条件を検索している。

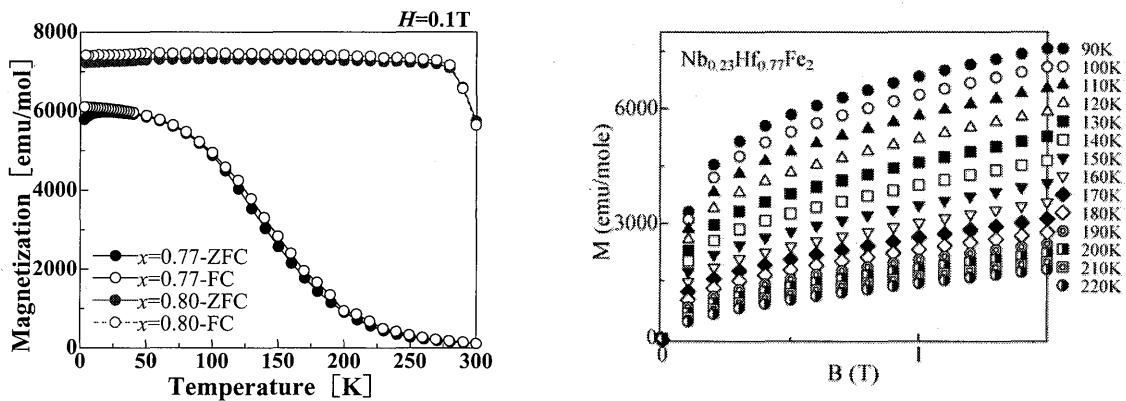


また、磁気熱量材料の研究では、 $GdCo_2B_2$ や $Dy_{0.9}Tm_{0.1}Ni_2B_2C$ が実用材料レベルの磁気熱量効果を示すことを発見し、その結果を公表している。特に、 $GdCo_2B_2$ は、30K付近で大きな磁

気熱効果を示し、 $\text{MgB}_2$ 超伝導材料を冷却する装置のワーク物質として有望である。 $\text{GdCo}_2\text{B}_2$ の有効温度領域を上昇させるために、Co元素をFe元素で置換して、効果を調べた。Fe置換とともに有効温度範囲が上昇することを確認しており、この磁気熱量材料の応用範囲を広げるために有効な手法である。

室温付近で大きな磁気熱効果を持つ物質として、 $\text{Nb}_{1-x}\text{Hf}_x\text{Fe}_2$ に注目している。 $\text{NbFe}_2$ は、ネール温度15Kの反強磁性体、 $\text{HfFe}_2$ はキュリー温度590Kの強磁性体であり、それらを複合することで磁気相転移温度を制御できる。よって、Nb置換が、磁気転移温度や磁気構造に及ぼす効果を調べている。

研究から、Nb濃度33%~40%の範囲で、大きく磁気転移温度や磁気構造が変化することを見いだした。下図は、 $\text{Nb}_{0.33}\text{Hf}_{0.77}\text{Fe}_2$ と $\text{Nb}_{0.4}\text{Hf}_{0.6}\text{Fe}_2$ の磁化の温度依存性を比較したものである。Nb濃度3%の違いで、磁気転移温度が約150Kも変化している。これは、Feイオンの磁気モーメントの揺らぎに起因する現象と推測するが、まだ明確ではない。この領域の磁気構造や磁気特性をNb濃度で制御して、広い範囲で有効な磁気熱量材料の開発を目指す。



### (3)プロジェクト成果

今回はFe置換により $\text{GdCo}_2\text{B}_2$ の磁気熱効果の特性を制御したが、今後は元素組成範囲を拡充してより高い磁気熱効果を見だし、特許申請を目指す。特に、水素吸蔵による特性変化に注目している。 $\text{MgB}_2$ 超伝導線材の製造プロセスに関しては、新たなプロセス構想しており、研究を推進するための種々の研究助成金を申請している。

### (4)プロジェクト成果の応用・効果・構想

$\text{GdCo}_2\text{B}_2$ 磁気冷凍は、液化水素燃料の製造などに多に活用されることが期待できる。Agをバイндаとした $\text{MgB}_2/\text{Ag}$ 超伝導薄膜の作製プロセスは、通信システムへの超伝導応用において重要になると考える。

### (5)利用施設

極限環境先進材料評価システムにより、超伝導複合材料や磁気熱材料の特性評価を行っている。作業は、週平均3日、年間90日程度である。