

二国間交流事業 共同研究報告書

平成23年4月28日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

共同研究代表者所属・部局 東北大学大学院・工学研究科

職・氏名 (ふりがな) 教授・貝沼 亮介 かいぬまりょうすけ

1. 事業名 相手国（アメリカ合衆国）との共同研究 振興会対応機関（NSF）

2. 研究課題名 高加工性を有するニッケル-マンガン基メタ磁性形状記憶多結晶材料の開発

3. 全採用期間

平成21年4月1日～平成23年3月31日（2年0ヶ月）

4. 経費総額

(1) 本事業により執行した研究経費総額 4,792,860円

初年度経費2,500,000円、 2年度経費2,292,860円、 3年度経費 円

(2) 本事業経費以外の国内における研究経費総額 円

5. 研究組織

(1) 日本側参加者（代表者は除く）

氏名 (ふりがな)	所属・職名	研究協力テーマ
石田 清仁 いしだ きよひと	東北大学・教育研究支援者（名誉教授）	合金設計および組織制御
及川 勝成 おいかわ かつなり	東北大学・准教授	粉末原料の作製
大沼 郁雄 おおぬま いくお	東北大学・准教授	焼結材の作製
大森 俊洋 おおもり としひろ	東北大学・助教	機械特性評価
梅津 理恵 うめつ りえ	東北大学・助教	磁気特性評価
伊東 航 いとう わたる	東北大学・日本学術振興会特別研究員	組織評価
伊藤 恒平 いとう こうへい	東北大学・大学院生	組織評価
許 晶 きょ しよう	東北大学・大学院生	磁気特性評価
大久保 亮成 おおくぼ あきなり	東北大学・大学院生	電子顕微鏡観察
長迫 実 ながさこ みのる	東北大学・特別教育研究教員	示差走査熱量測定
石川 博康 いしかわ ひろやす	東北大学・大学院生	電子顕微鏡観察

(2) 相手国側研究代表者

所属・職名・氏名 テキサス A&M 大学・准教授・Ibrahim Karaman

(3) 相手国参加者（代表者は除く）

氏名	所属・職名（国名）	研究協力テーマ
Haluk E. Karaka	University of Kentucky・助教	磁場-応力-温度特性の評価
Mariah S. Hahn	Texas A&M University・助教	磁場下における変態特性の評価
Ji Ma	Texas A&M University・助手	応力下における変態特性の評価
Burak Basaran	University of Kentucky・博士研究員	磁場中における機械特性評価

6. 研究実績概要（全期間を通じた研究の目的・研究計画の実施状況・成果等の概要を簡潔に記載してください。）

近年、Ni₂MnGa合金等において強磁性形状記憶効果が見出され世界的に大きな注目を集めている。申請者らは、最近室温近傍で強磁性母相から常磁性相へとマルテンサイト（M）変態を生じる新種の磁性形状記憶合金（NiMnIn基合金）を見出し、この現象を利用して磁場誘起逆マルテンサイト変態に起因する形状記憶効果（メタ磁性形状記憶効果）を始めて確認した。メタ磁性形状記憶合金では、従来の形状記憶合金とは異なり、温度と応力以外に磁場により変態を起させることができることから、これら3種類の外場を組み合わせた変態制御が可能である。しかしながら、通常の溶解法で得られた多結晶試料は結晶粒界があまりに脆いため、多結晶での利用は考えられない。しかし最近、申請者らが粉末冶金法を用いてバルク多結晶試料を試作したところ、多量のポイドを有する試料でさえも数%以上もの圧縮変形を付与することが出来、しかも1%以上の形状記憶歪が得られることを確認した。NiMnIn基メタ磁性形状記憶材料では、磁場誘起変態により歪、ヤング率、制振特性、導電性を大きく変化させることが可能なので新しいアクチュエータやセンサーへの応用が期待される。

そこで、本研究は、磁性形状記憶合金の機械特性評価の分野で世界をリードする米国テキサスA & M大学・Karaman教授のグループと共同で、日本チームが合金開発および焼結合成に成功したNi基メタ磁性形状記憶多結晶合金の機械・磁気・形状記憶特性を調査する事を目的とする。得られた成果は、以下の通りである。

●合金設計と（ポーラス）焼結材の作製

焼結材料の作製を行うために、NiCoMnIn, NiCoMnSn, NiCoMnAl等ターゲットとなる合金のマルテンサイト変態温度、キューリー温度等を調査し、実験に適正な合金組成を決定した。米国への出張により検討した合金組成について、アトマイズ法で粉末を作製した後、種々の圧力下で固体焼結して多結晶試料の作製を行った。

●焼結材の組織評価

作製した焼結試料の組織を光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡で調査し、結晶粒径、ポイドの形状や体積分率を定量組織学の手法で解析した。また、マルテンサイト変態温度をDSCにより決定した。

●焼結材の特性評価

マルテンサイト変態が確認された試料に関して、圧縮歪試験を用いた機械特性を評価すると共に、低温で圧縮変形を加えた後に加熱することにより形状記憶特性を評価した。その結果、焼結材は数%以上の塑性変形を示し、形状記憶特性が得られることを確認した。

貝沼、大森、石田、Karamanは、平成21年11-12月にボストンで開催された国際会議に参加し、共同研究の成果を発表するとともに、その後の研究計画について討議した。

●焼結材の組織評価と用途の検討

温度-磁場-応力特性を評価し、種々のポイド組織を有するポーラス焼結材と種々の粒径を持つ緻密な焼結材との性能を比較した。その結果、空隙率が高いほど延性が劣るが、逆に優れた形状記憶特性が得られることを確認した。また、予め数%の歪を与えたポーラス材に磁場を印加することでメタ磁性形状記憶効果を得ることが出来た。この結果を踏まえ用途の検討を行った。

貝沼、伊東、Karamanは、平成22年6月にトルコで開催された国際会議に参加し、共同研究の成果を発表するとともに、その後の研究計画について討議した。また、11月には、伊東と大久保が東北大学で新しく作製したポーラス試料をカレッジステーションに持参し、米国側で行われた実験を補助した。