

課題番号	GR104
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)  
実施状況報告書(平成24年度)**

研究課題名	スピンによる磁気と熱のエネルギー変換機能を有する磁性機能材料の開発研究
研究機関・ 部局・職名	株式会社東芝研究開発センター 機能材料ラボラトリー 主任研究員
氏名	齋藤 明子

**1. 当該年度の研究目的**

本研究では、原理的に高効率期待できる磁気冷凍技術を、民生用途の汎用の冷凍技術に適用することを目指し、これを可能にする鍵となる高性能な磁性機能材料の開発研究を行うことを目的とする。具体的には、(1)高性能現候補材である LaFeSi 系物質の量産対応が可能な作製方法の提案に向けて作製プロセスの簡便化を行うと共に、(2)磁性材料の物性と冷凍機能の相関を明らかにし、この知見を物性設計に反映させて、更に(3)高性能な磁性機能材料の探索と提案を目指す。平成24年度の目的は次の通りである。

(1)La(Fe,Si)<sub>13</sub> 系物質について、量産を見据えた高温長時間の熱処理プロセスを必要としない新規な作製方法により中量試作を行ない、量産に向けた課題を抽出する。(2)Gd 合金系や La(Fe,Si)<sub>13</sub> 系物質をモチーフ材料とし、磁性材料の相転移温度の近傍での物性不連続性と熱サイクルとの整合性が冷凍機能に与える影響について考察し、実用での総合的なパフォーマンスを物性にブレークダウンする。(3)前年度までに得られた物性的な知見と、実用形状加工および量産プロセスとの整合などの製法の観点から総合的に検討し、これに基づいて試作した材料の物性評価を進めて冷凍機能試験への適用課題を抽出する。

**2. 研究の実施状況**

(1)常温域を対象とした磁気冷凍材料として有望視されている La(Fe,Si)<sub>13</sub> 系物質は、その作製が容易ではなく、1000℃以上で1週間程度の長時間の熱処理を行う方法で作製されており、このままでは実用材料として不向きである。本研究では、La(Fe,Si)<sub>13</sub> 系物質の作製プロセスの見直しを進め、前年度までに、高温長時間の熱処理プロセスを必要としない放電プラズマ焼結法によって数時間のプロセスで本物質を作製できることを実験で確認した。本年度は、更に進めて、外部機関の大型の放電プラズマ焼結装置を用いてスケールアップすると共に、La(Fe,Si)<sub>13</sub> 系物質の生成と同時に実用に近い形状への加工を併せて行うことに成功した。また、この短時間のプロセスで、大型試料の全ての部位で均一な組成を得るためには、原料粉の適正化が重要であることが明らかとなった。次年度の作製プロセスにフィードバックする。本結果については論文投稿予定である。

(2)磁性材料の物性と冷凍機能の相関の明確化及び(3)高性能な磁性機能材料の探索については、Gd 合金系および La(Fe,Si)<sub>13</sub> 系物質をモチーフ材として、相転移温度近傍での比熱や磁気エントロピーなどの熱力学的物理量の不連続性が、磁気冷凍の熱サイクルにおいて冷凍機能に与える影響につい

### 様式19 別紙1

てモデル計算により考察した。この結果、望ましい物性プロファイルは熱サイクルの運転条件とも密接に関わることが判り、冷凍性能の期待値が明らかになった。これらの知見を踏まえて、熱サイクルの高速運転に適した試料形状加工や熱伝導性の向上の手法も検討し、試作・評価を行った。詳細結果については論文投稿予定である。課題は次年度にフィードバックし、冷凍性能向上に向けた高性能な磁性機能材料の提案を目指す。

### 3. 研究発表等

雑誌論文 計1件	(掲載済み一査読有り) 計1件 齋藤明子、加治志織、小林忠彦、中込秀樹、“磁気熱量効果を応用した磁気冷凍技術の常温域への展開”、日本AEM学会誌、2013年、21巻、1号、4～9頁 (掲載済み一査読無し) 計0件 (未掲載) 計0件
会議発表 計5件	<p>専門家向け 計3件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. IEEE International Magnetics Conference (INTERMAG 2012), Vancouver, Canada, 2012.5.7～5.11, Organizer; IEEE Magnetics Society, Akiko T. Saito, Shiori Kaji, Tadahiko Kobayashi, “Magnetocaloric Effects and Magnetic Properties in <math>Gd_{1-x}Y_x</math> and their Applications”</li> <li>2. International Cryogenic Engineering Conf. 24-International Cryogenic Materials Conf. 2012 (ICEC-ICMC2012), Fukuoka, Japan, 2012.5.14～5.18, Organizer; Cryogenics and Superconductivity Society of Japan, A. T. Saito, S. Kaji, T. Kobayashi, R. Yagi, N. Tomimatsu, H. Sakamoto, D. Monma, H. Nakagome, T. Numazawa, “Study of active magnetic regenerative refrigeration at room temperature”</li> <li>3. International Cryogenic Engineering Conf. 24-International Cryogenic Materials Conf. 2012 (ICEC-ICMC2012), Fukuoka, Japan, 2012.5.14～5.18, Organizer; Cryogenics and Superconductivity Society of Japan, D. Monma, H. Nakagome, R. Yagi, T. Kobayashi, S. Kaji, N. Tomimatsu, A. T. Saito, “Numerical analysis of magnetic refrigeration at room temperature with multi-layered magnetic refrigerant”</li> </ol> <p>一般向け 計2件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 東北大学 市民公開講座‘12夏 “最先端・次世代材料の研究最前線”(仙台、東北大学材料科学総合学科、2012年7月30日～31日、主催:東北大学工学研究科、金属材料研究所、多元物質科学研究所、共催:日本金属学会)、齋藤明子、“磁力で熱をあやつる不思議な世界”</li> <li>2. Women in Engineering “女性が拓く未来のテクノロジー”(東京、機械振興会館、2012年10月20日、主催:IEEE JC WIE、共催:ICTMT 研究推進委員会)、齋藤明子、“スピンによる磁気と熱のエネルギー変換機能を有する磁性機能材料の開発研究”</li> </ol>
図書 計0件	特になし
産業財産権 出願・取得状況 計0件	(取得済み) 計0件 (出願中) 計0件
Webページ (URL)	特になし
国民との科学・技術対話の実施状況	<p>2012年7月30日～31日に、東北大学にて、最先端・次世代材料の研究最前線と題した市民公開講座が実施され、一般市民や理工系志望の高校生などを対象に、本研究の紹介を行った。</p> <p>2012年10月20日に、東京、機械振興会館にて、IEEE JC WIE 主催の Women in Engineering “女性が拓く未来のテクノロジー”(後援:内閣府男女共同参画局、日本 MOT 振興協会、日本経済新聞社、電子情報通信学会、情報処理学会)が実施され、一般の方々を対象に、本研究について紹介を行った。</p>

様式19 別紙1

新聞・一般雑 誌等掲載 計〇件	
その他	

4. その他特記事項

とくになし

## 実施状況報告書(平成24年度) 助成金の執行状況

## 1. 助成金の受領状況(累計) (単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	77,000,000	57,360,000	11,220,000	8,420,000	0
間接経費	23,100,000	17,208,000	3,366,000	2,526,000	0
合計	100,100,000	74,568,000	14,586,000	10,946,000	0

## 2. 当該年度の収支状況 (単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	10,846,322	11,220,000	4,408	22,070,730	11,799,742	10,270,988	0
間接経費	3,250,323	3,366,000	0	6,616,323	3,539,922	3,076,401	0
合計	14,096,645	14,586,000	4,408	28,687,053	15,339,664	13,347,389	0

## 3. 当該年度の執行額内訳 (単位:円)

	金額	備考
物品費	10,638,004	実験試薬、液体ヘリウム等
旅費	862,157	学会参加(研究成果発表、情報収集)旅費等
謝金・人件費等	0	
その他	299,581	学会参加費(INTERMAG, ICEC-ICMC, THERMAG)等
直接経費計	11,799,742	
間接経費計	3,539,922	
合計	15,339,664	

## 4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
材料作製用の原料	ランタン-鉄-シリ コン合金の原料 粉末	1	504,000	504,000	2012/12/21	株式会社東芝 研究開発センター
化合物の組成分析	原料粉末(3種)に 関する含有不純 物元素(22種)の 定量分析	1	528,000	528,000	2013/1/30	株式会社東芝 研究開発センター
材料作製用の原料	ランタン-鉄-シリ コン合金の原料 粉末	1	504,000	504,000	2013/3/22	株式会社東芝 研究開発センター