

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25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25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、量産を見据えて、高温長時間の熱処理プロセスを必要とせず、実用形状への加工プロセスとマッチした量産対応可能な作製方法を提案する。(2)Gd 合金系や La(Fe,Si)<sub>13</sub>系物質をモチーフ材料とし、磁気冷凍サイクルにおける実用での総合的なパフォーマンスの観点から物性との相関を明確化する。(3)前年度までに上記(2)の計算手法で得られた高性能材料の物性指針に基づき、製造プロセスとの整合を考慮して物質設計を行い、材料試作および物性評価を行って、高性能な新規磁性機能材料の可能性を検証する。

**2. 研究の実施状況**

**(1)高性能候補材 La(Fe,Si)<sub>13</sub>系物質の作製プロセスの簡素化**

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、図1のように相分離した母合金に1000℃以上で1週間程度の長期間の熱処理を施す方法で作製されており、実用への大きな課題となっている。本研究では、本物質の作製プロセスを見直し、放電プラズマ焼結法を採用して、出発原料、原子拡散パスを変えることによって、4時間程度のプロセスで La(Fe,Si)<sub>13</sub>系物質を作製できることを実験的に確認した。また、物質の生成と同時に実用に近い板形状への加工を併せて行うことにも成功し、La(Fe,Si)<sub>13</sub>系物質の簡便な製法を確立した。本結果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**

Gd 合金系や La(Fe,Si)<sub>13</sub>系物質をモチーフ材として、格子比熱と磁気比熱のバランスや、相転移温度近傍での物性不連続性が冷凍機能に与える影響等を計算手法と冷凍試験により検討し、磁気冷凍サイクルにおける冷凍性能(生成温度差 ΔT、冷凍能力 ΔQ)と物性との相関を明らかにして磁気冷凍材料の物性設計基礎技術を確立した。本結果は論文投稿予定である。

(3)高性能な磁性機能材料の探索

上記(2)の材料物性と冷凍機能の相関に関する計算手法および冷凍試験による考察から、磁性材料の格子比熱／磁気比熱の比は、磁気冷凍サイクルにおける生成温度差と冷凍能力にトレードオフで効いていること、冷凍性能向上にはサイクル高速化も有効であること等が明らかとなった。Gd 合金系、La(Fe,Si)<sub>13</sub> 系物質の熱伝導率は何れも10W/m・K 程度であり、熱伝導率を高上できれば磁気冷凍サイクルの高速化による性能向上が図れる。そこで、熱伝導率が数十～数百倍の高熱伝導材との複合化を試みた。素材の相性、プロセスを適正化すれば、数%の複合化により熱伝導率を2倍以上に高上できる可能性が検証され、冷凍性能向上への物性制御指針の1つが得られた。

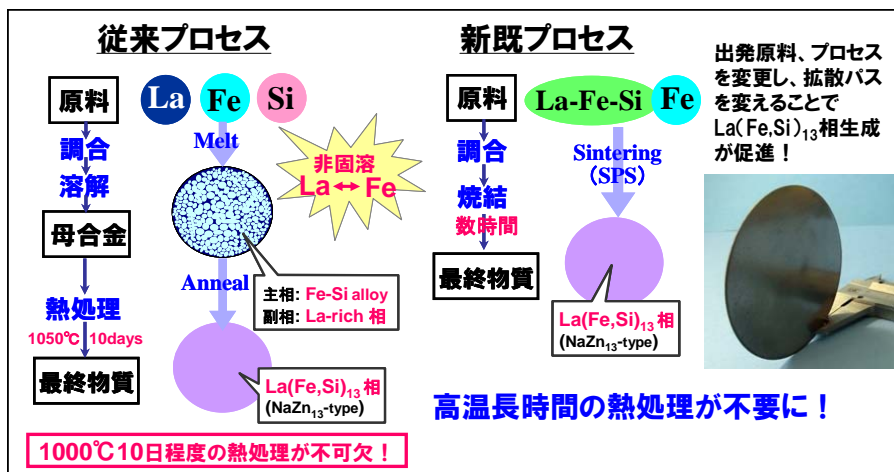


図1. La(Fe,Si)<sub>13</sub> 系物質の作製プロセスの模式図と新規プロセスによる作製試料

3. 研究発表等

雑誌論文 計2件	<p>(掲載済み－査読有り) 計1件 齋藤明子、加治志織、小林忠彦、“磁気冷凍技術の常温応用を目指して”、日本電子材料技術協会会報、2013年、44巻、24～30頁</p> <p>(掲載済み－査読無し) 計0件 (未掲載) 計1件 S. Kaji, T. Kobayashi, and A. T. Saito, Adv. Cryogenic Engineering,</p>
会議発表 計1件	<p>専門家向け－招待講演 計1件</p> <p>1. The 2013 Materials Research Society Spring Meeting (2013MRS Spring), A. T. Saito, S. Kaji, and T. Kobayashi, “Development of Magnetocaloric Materials for the Active Magnetic Regenerative refrigeration”, San Francisco, USA, 2013.4.1～4.5, Organizer; Materials Research Society,</p> <p>一般向け 計0件</p>
図書 計0件	<p>特になし</p>

様式19 別紙1

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	2014年2月28日～3月1日に、ベルサール新宿グランドにて実施されたFIRSTシンポジウム「科学技術が拓く2030年」へのシナリオ(後援:内閣府、文部科学省、独立行政法人日本学術振興会)にて、NEXT研究ポスター展示に参加し、一般の方々や理工系研究者などを対象に、本研究の紹介を行った。
新聞・一般雑 誌等掲載 計0件	特になし
その他	特になし

4. その他特記事項

とくになし

## 実施状況報告書(平成25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	68,580,000	8,420,000	0	0
間接経費	23,100,000	20,574,000	2,526,000	0	0
合計	100,100,000	89,154,000	10,946,000	0	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	10,270,988	8,420,000	3,740	18,694,728	18,694,728	0	0
間接経費	3,076,401	2,526,000	0	5,602,401	5,602,401	0	0
合計	13,347,389	10,946,000	3,740	24,297,129	24,297,129	0	0

## 3. 当該年度の執行額内訳 (単位:円)

	金額	備考
物品費	12,881,934	実験試薬、液体ヘリウム等
旅費	405,294	学会参加(研究成果発表、情報収集)旅費等
謝金・人件費等	5,307,905	研究補助員
その他	99,595	学会参加費(2013MRS, 低温工学・超伝導学会)等
直接経費計	18,694,728	
間接経費計	5,602,401	
合計	24,297,129	

## 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	液体ヘリウム・ 300L	1	570,150	570,150	2013/9/30	株式会社東芝 研究開発センター
材料作製用の原料	LaCoSi・500G	1	519,750	519,750	2014/1/31	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	2014/1/31	株式会社東芝 研究開発センター