

課題番号	GR015
------	-------

**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)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	フロン類温室効果ガス削減と省エネルギー化を両立する磁気冷凍実現のための材料開発
研究機関・ 部局・職名	東北大学・大学院工学研究科・准教授
氏名	藤田麻哉

**1. 当該年度の研究目的**

25年度は全体の総括に向けた研究として、全体計画中の大項目の中で、a) 最適な磁気熱量プロファイルを得るため設計指針 b) 相転移履歴損失の低減のための合金調整 c) 相転移カイネティクスと磁気冷凍サイクルのマッチングについて、検討を行う。a)は異なる動作温度の試料を直列に使うカスケード方式において重要な指針を与える。b)は熱量特性評価において表に出ない相転移固有の履歴熱損失に関係しており、低減すべき問題である。c)については、従来、静的特性だけが特性指標として注目される一方で、システム開発では熱効率上昇のために、冷凍サイクル速度増加が試行されており、相転移進行時間のシステム速度への適合性を確認することが必要であるので実施する。

**2. 研究の実施状況**

磁気熱量プロファイル、すなわち等温磁気エントロピー変化の温度変化( $\Delta S_M-T$ ) 曲線は、転移温度が異なる材料をカスケードに使用して温度幅を拡充する上で重要な因子である。熱力学からは、磁場  $B$  による転移温度  $T_c$  の変化度 ( $dT_c/dB$ ) が  $\Delta S_M-T$  曲線の半価幅に強く影響するが、逆に  $dT_c/dB$  が大きいと  $\Delta S_M-T$  の最大値が低下する。複合部分置換を用いると、電子状態変化と体積変化の2種類の制御を利用できるため、温度幅と最大値に対して自由度が生じる事がわかった。具体的には La サイトを Pr により、また Si サイトを Al により複合置換する事で、 $\Delta S_M$  最大値を大幅に低下させず温度幅が 1.2 倍程度に広がる事を確認した。また、この複合置換は履歴低減にも、そのまま有効であり、Al 添加が履歴の原因である電子構造由来の磁気状態間の障壁を低下させ、一方、Al 添加により低下した  $\Delta S_M$  の最大値が、磁気体積効果によりほぼ元の大きさまで回復できる。すなわち、熱移動能力を保持して、履歴による熱ロスを抑制できる事を実験的に実証した。併せて、バンド計算を遂行し、履歴低減に有効な電子状態変化の考察を行った。相転移カイネティクスについては、前年までに確立した磁気的ギブストムソンの概念より、磁気と熱（静磁気相互作用と相転移核界面における潜熱散逸）が結合したマクロな磁気-熱現象が相転移進行を支配している事を議論した。

さらに本年度においては、La(Fe, Si)13 の特性向上を諮るため、Fe 高濃度試料の作製法の開発を行った。従来の溶解法とは異なり、新たに反応性焼結を用いることで、Fe 高濃度試料作製が確実かつ容易に行えるため、大きな磁気回路が不要な 0.6~0.8 T 程度の磁場で従来通りの特性を発揮できるようになった。

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 5 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 4 件            1. 藤田麻哉、矢子ひとみ、狩野みか、”固体における磁気自由度と磁気相転移の冷凍への応用”, 日本 AEM 学会誌,(2013,) 21 巻 52-57.            2. 藤田麻哉、狩野みか、矢子ひとみ, “Contribution of paramagnetic entropy to magnetocaloric effect in <math>\text{La}(\text{Fe}_x\text{Si}_{1-x})_{13}</math>” Journal of Applied Physics, (2013), 113 17A924:1-3            3. 藤田麻哉、狩野みか、松波大地、”スピン協調現象による巨視的熱変化と磁気冷凍” 日本磁気学会研究会資料 (2013) 193 巻 pp.1-6.            4. 藤田麻哉、松波大地、矢子ひとみ、”Realization of small intrinsic hysteresis with large magnetic entropy change in <math>\text{La}_{0.8}\text{Pr}_{0.2}(\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.10}\text{Al}_{0.02})_{13}</math> by controlling itinerant-electron characteristics” Applied Physics Letters (2014) 104, 122410:1-4.            (掲載済み一査読無し) 計 0 件            (未掲載) 計 1 件            1. 藤田麻哉、中山吉之、狩野みか、松波大地、”Improvement of low-field magnetic entropy change by increasing Fe concentration in solid-state reactive sintered <math>\text{La}(\text{Fe}_x\text{Si}_{1-x})_{13}</math>” Journal of Alloys and Compounds (2014) 601 in press.</p>
<p>会議発表 計 9 件</p>	<p>専門家向け 計 9 件            1. 藤田麻哉、矢子ひとみ、”Kinetic Features of Phase Transition in <math>\text{La}(\text{Fe},\text{Si})_{13}</math> Magnetocaloric Compounds” (招待講演) サンフランシスコ(米国)2013 年 4 月 2~3 日 Materials Research Society:Spring Meeting 2013            2. 藤田麻哉、狩野みか、松波大地、”Magnetostatic Influence on Kinetics of Magnetic First-Order Transition in <math>\text{La}(\text{Fe}_x\text{Si}_{1-x})_{13}</math> Compounds”(招待講演) カンクン(メキシコ) 2013 年 8 月 11~15 日 XXII INTERNATIONAL MATERIALS RESEARCH CONGRESS 2013            3. 藤田麻哉、狩野みか、”Influence of Magnetic Field on Nucleation of Thermally-induced Phase Transition in <math>\text{La}(\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.12})_{13}</math>”(招待講演) デルフト(オランダ) 2013 年 10 月 28~29 日 Delft Days on Magnetocalorics.            4. 松波大地、矢子ひとみ、藤田麻哉、”<math>\text{La}(\text{Fe}_x\text{Si}_{1-x})_{13}</math> 化合物における温度誘起 1 次磁気相転移のアバランチ挙動” 2013 年 9 月 17~19 日, 金沢, 日本金属学会(第 153 回講演大会)            5. 藤田麻哉、狩野みか、矢子ひとみ、”<math>\text{La}(\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.12})_{13}</math> における自己静磁場による転移停止状態の交流磁場応答” 2013 年 9 月 17~19 日, 金沢, 日本金属学会(第 153 回講演大会)            6. 藤田麻哉、矢子ひとみ、狩野みか、”<math>\text{La}(\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.12})_{13}</math> の遍歴電子メタ磁性転移における潜熱と転移進行速度の関係” 2013 年 9 月 3~6 日, 札幌, 日本磁気学会(第 37 回学術講演会)            7. 藤田麻哉、”遍歴電子磁性の磁気体積効果に関わる諸現象”(シンポジウム講演) 2013 年 10 月 25~28 日、徳島、日本物理学会 (2013 秋季大会)            8. 藤田麻哉、中山吉之、狩野みか、”焼結法により作製した Fe 高濃度 <math>\text{La}(\text{Fe}_x\text{Si}_{1-x})_{13}</math> の弱磁場エントロピー変化”, 2014 年 3 月 21~23 日、東京、日本金属学会 (154 回講演大会)            9. 松波大地、狩野みか、藤田麻哉、竹中康司、”Mn3GaN におけるフラストレーションにより増大された巨大圧力熱量効果”, 2014 年 3 月 21~23 日、東京、日本金属学会 (154 回講演大会)             一般向け 計 0 件</p>
<p>図書 計 1 件</p>	<p>1. 藤田麻哉、Jian Liu、齋藤明子、Oliver Gutfleisch, ”<math>\text{La}(\text{FeSi})_{13}</math> - from fundamentals towards application” in <i>Magnetic Cooling: From Fundamentals to High Efficiency Refrigeration</i>, John Wiley &amp; Sons Inc (2014) ISBN 978-1-119-97529-8 印刷中</p>
<p>産業財産権 出願・取得状況 計 0 件</p>	<p>(取得済み) 計 0 件             (出願中) 計 0 件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>「NEXT プログラム 藤田麻哉」 <a href="http://www.material.tohoku.ac.jp/~kotaib/fujita/NEXT/NEXTtop.html">http://www.material.tohoku.ac.jp/~kotaib/fujita/NEXT/NEXTtop.html</a></p>

様式19 別紙1

国民との科学・技術対話の実施状況	宮城県古川黎明高等学校 SSH 研修夏期研修 Labo Tour (NEXT 代表者 4 名 合同企画) 高校生全 12 名 2013 年 8 月 13 日 東北大学 研究室見学および関連テーマ実習
新聞・一般雑誌等掲載計 0 件	
その他	

4. その他特記事項

特に該当なし

## 実施状況報告書(平成25年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されません

## 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	98,000,000	87,185,000	10,815,000	0	0
間接経費	29,400,000	26,155,500	3,244,500	0	0
合計	127,400,000	113,340,500	14,059,500	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	7,653,378	10,815,000	0	18,468,378	18,468,378	0	0
間接経費	0	3,244,500	0	3,244,500	3,244,500	0	0
合計	7,653,378	14,059,500	0	21,712,878	21,712,878	0	0

## 3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	7,372,322	実験機器、実験試薬、液体ヘリウム
旅費	1,783,920	研究成果発表旅費(国際会議@オランダ・デルフト、国内学会)
謝金・人件費等	7,629,003	派遣研究員人件費、博士研究員雇用費
その他	1,683,133	論文英文校正
直接経費計	18,468,378	
間接経費計	3,244,500	
合計	21,712,878	

## 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
3GHz リアルタイム・シグナル・アナ	榊TFF製 RSA5103A	1	2,659,650	2,659,650	2013/12/8	東北大学
キセノン光源	林時計工業(株)製 LA-410UV-3	1	741,300	741,300	2013/12/25	東北大学
ターボ分子ポンプ	榊島津製作所製 PT-50	1	705,600	705,600	2014/2/17	東北大学
ターボ分子ポンプ	榊島津製作所製 PT-50 空冷 ICF114	1	518,940	518,940	2014/2/26	東北大学