

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24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**

磁気相転移を利用する磁気冷凍材料の実用的開発において、本年度は冷凍サイクルと相転移カイネティクスに関連解明・制御および履歴損失の低減を材料的に実現するため、相転移挙動の中でこれらに結びつく機構解明を行う。前年度までの結果からは、進行速度は、核生成・成長に伴う局所的な熱変化に加え、磁気的な双極子相互作用の影響を受ける。また、転移の時間経過は実効的な相転移履歴による効率損失に関わることが明らかになった。

これらを踏まえて、本年度は具体的項目として、 1) 相転移カイネティクス（動的挙動）の組成依存性 2) 磁場変化に対する応答性と損失 3) 転移履歴のカイネティクスとの関連性 4) 常磁性モーメントの振幅および揺らぎの評価 の各項目に関する解明を行い、転移の制御とエントロピーの源になる磁気的な乱れに関する情報を得る。

**2. 研究の実施状況**

前年度残された相転移進行モードの具体的把握については、カイネティクスの組成依存性に含めて調査を行った。手法として新たに、磁気ノイズを磁化率および熱変化から検出する方式を工夫し、当初目論んだよりも高精度に情報を得ることに成功した。特に磁化率ノイズ測定において、相転移の界面（一般の例として、水の中の氷の境界）が進む際、本系の場合は強磁性の核が常磁性母体の中で進行するため、アバランチと呼ばれる磁化率スパイクが現れた。熱測定における同様のスパイクと比較することにより、界面同士の相互の影響は小さく、主に粒界などを通過する際に発生すると判断でき、一定温度あるいは磁場中では、自発的に転移が進み続けることが判った。Fe濃度を増加した試料では、転移が鋭敏になるが、スパイクの発生数も増加する。これは転移途中の準安定な状態が増加することを意味するが、依然として自発的進行を妨げるものではないため他の相転移で言われているような停滞は生じないことが確かめられた。一方、磁場中においては、反磁場と呼ばれる、磁化自体の静磁作用による外部磁場と逆に働く磁場が、相転移の進行速度に作用することを実験的に明らかにした。これは前年度実施したシミュレーション結果と対応しており、これまで熱交換だけから決められてきた試料形状について、静磁気の観点からも注意が必要であることが提言できた。なお、本研究では、逆にこの効果を利用して、磁気熱量効果を伴うプロセス速度が、スピン-格子緩和時間と呼ばれる物理量と密接に関わることを明らかにした。上記に加え、水素吸収およびCeあるいはAl部分置換において、常磁性モーメントの値に大きな影響はないが、常磁性揺らぎの温度発達に顕著に差が現れ、エントロピー変化への影響が元素ごとに異なることがわかった。

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 4 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 2 件  藤田麻哉、矢子ひとみ, "Stability of metallic, magnetic and electronic states in NaZn13-type La(Fe<sub>x</sub>Si<sub>1-x</sub>)<sub>13</sub> magnetocaloric compounds", Scripta Materialia, 2012, 67 巻 6 号, 578-583.  藤田麻哉、近藤貴紀、狩野みか、矢子ひとみ, "Shape-anisotropic heterogeneous nucleation and magnetic Gibbs-Thomson effect in itinerant-electron metamagnetic transition of La(Fe<sub>0.88</sub>Si<sub>0.12</sub>)<sub>13</sub> magnetocaloric compound" Applied Physics Letters, 2013, 102 巻 4 号, 041913:1-5.  (掲載済み一査読無し) 計 0 件  (未掲載) 計 2 件  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 印刷中  藤田麻哉、狩野みか、矢子ひとみ, "Contribution of paramagnetic entropy to magnetocaloric effect in La(Fe<sub>x</sub>Si<sub>1-x</sub>)<sub>13</sub>" Journal of Applied Physics, 2013, 113 巻 印刷中</p>
<p>会議発表 計 12 件</p>	<p>専門家向け 計 12 件  1. 藤田麻哉、矢子ひとみ, "Magnetic susceptibility avalanches in thermally-induced first-order phase transition of La(Fe<sub>0.88</sub>Si<sub>0.12</sub>)<sub>13</sub> magnetocaloric compound" 2012 年 7 月 8~13 日 韓国, The 19th International conference of magnetism, International Union of Pure and Applied Physics  2. 矢子ひとみ、藤田麻哉, "Balance between the growth rate of ferromagnetic phase and demagnetizing fields in itinerant electron metamagnetic transition of La(Fe<sub>0.88</sub>Si<sub>0.12</sub>)<sub>13</sub>" 2012 年 7 月 8~13 日 韓国, The 19th International conference of magnetism, International Union of Pure and Applied Physics  3. 藤田麻哉、狩野みか、矢子ひとみ, "CROSS-OVER OF KINETIC CHARACTERISTICS BY A MAGNETIC FIELD IN THERMALLY INDUCED PHASE TRANSITION OF La(Fe<sub>0.88</sub>Si<sub>0.12</sub>)<sub>13</sub> COMPOUND" 2012 年 9 月 17~20 日, 仏, 5th IIR/IIF International Conference on Magnetic Refrigeration at Room Temperature, International Institution of Refrigeration  4. 矢子ひとみ、藤田麻哉, "STATIC AND DYNAMICAL HYSTERESES OF THE ITINERANT ELECTRON METAMAGNETIC TRANSITION IN MAGNETIC REFRIGERANT La(Fe<sub>x</sub>Si<sub>1-x</sub>)<sub>13</sub>" 2012 年 9 月 17~20 日, 仏, 5th IIR/IIF International Conference on Magnetic Refrigeration at Room Temperature, International Institution of Refrigeration  5. 狩野みか、矢子ひとみ、藤田麻哉, "ELECTRICAL DETECTION OF PARAMAGNETIC DISORDER SCATTERING IN MAGNETOCALORIC COMPOUND, La(Fe<sub>0.88</sub>Si<sub>0.12</sub>)<sub>13</sub> UNDER PRESSURE" 2012 年 9 月 17~20 日, 仏, 5th IIR/IIF International Conference on Magnetic Refrigeration at Room Temperature, International Institution of Refrigeration  6. 藤田麻哉、狩野みか, "Asymmetric kinetics in forward and reverse evolutions of thermally induced phase transition in La(Fe<sub>0.88</sub>Si<sub>0.12</sub>)<sub>13</sub> magnetocaloric compound", 2012 年 10 月 2~5 日, 奈良, International Conference of the Asian Union of Magnetic Societies 2012, Asian Union of Magnetic Societies  7. 藤田麻哉、狩野みか, "Exploring Attempts for New Magnetic Phase Transition as Functional Materials", 2012 年 9 月 23~28 日, 横浜 International Union of Materials Research Society (IUMRS Symposium)  8. 藤田麻哉、狩野みか、矢子ひとみ, "La(Fe<sub>0.88</sub>Si<sub>0.12</sub>)<sub>13</sub> 化合物の温度誘起 1 次相転移における核生成・成長の次元性" 2013 年 3 月 26~29 日, 広島, 日本物理学会(第 68 回年次大会)  9. 狩野みか、藤田麻哉, "遍歴電子メタ磁性化合物 La(Fe<sub>0.88</sub>Si<sub>0.12</sub>)<sub>13</sub> の圧力中磁気相図と電気伝導特性", 2013 年 3 月 26~29 日, 広島, 日本物理学会(第 68 回年次大会)  10. 藤田麻哉、矢子ひとみ、狩野みか, "La(Fe<sub>0.88</sub>Si<sub>0.12</sub>)<sub>13</sub> の温度誘起 1 次相転移における磁気核生成への磁場の影響" 2013 年 3 月 27 日~3 月 29 日, 東京, 日本金属学会(第 152 回講演大会)  11. 狩野みか、矢子ひとみ、藤田麻哉, "La(Fe<sub>0.88</sub>Si<sub>0.12</sub>)<sub>13</sub> 磁気熱量化合物における常磁性揺らぎの圧力依存性" 2013 年 3 月 27 日~3 月 29 日, 東京, 日本金属学会(第 152 回講演大会)  12. 矢子ひとみ、藤田麻哉, "La(Fe<sub>x</sub>Si<sub>1-x</sub>)<sub>13</sub> 化合物における動的および静的転移履歴への Fe 濃度の影響" 2013 年 3 月 27 日~3 月 29 日, 東京, 日本金属学会(第 152 回講演大会)   一般向け 計 0 件</p>

様式19 別紙1

図書 計0件	
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)	NEXT プログラム 藤田麻哉 “固体の相転移が拓く新しいグリーン冷凍材料” <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>
国民との科 学・技術対話 の実施状況	1. 市民公開講座:「'12 夏 最先端・次世代材料の研究最前線」“磁力が拓く新しい冷凍材料” 2012/7/30-31 東北大 マテリアル・開発系 共同研究棟2F リラクゼーションスペース、一般市民 15 名、市 民向けテーマ解説と質疑応答 2. 出前講義:「磁力で冷やす - グリーンな冷凍技術への金属材料の挑戦」, 2012/9/15, 長野県立屋代高 校, 高校生 40 名、高校生向け講義
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24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す

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	51,270,000	35,915,000	10,815,000	0
間接経費	29,400,000	15,381,000	10,774,500	3,244,500	0
合計	127,400,000	66,651,000	46,689,500	14,059,500	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	5,798,191	35,915,000	0	41,713,191	34,059,813	7,653,378	0
間接経費	0	10,774,500	0	10,774,500	10,774,500	0	0
合計	5,798,191	46,689,500	0	52,487,691	44,834,313	7,653,378	0

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	23,163,613	磁気刺激装置、イメージ炉、電流増幅器、ホットステージ、液体ヘリウム再凝縮ユニット、ヘリウム寒剤、母材金属、試薬等
旅費	1,433,442	成果発表旅費(磁気に関する国際会議@韓国、国際室温磁気冷凍会議@フランス、アジア磁気学会連合会議)等
謝金・人件費等	5,750,506	博士研究員1名×12ヶ月
その他	3,712,252	市民講座遷宣材費、英文添削等
直接経費計	34,059,813	
間接経費計	10,774,500	
合計	44,834,313	

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
磁気刺激装置	MagventureA/S製・9086E0852	1	2,822,925	2,822,925	2012/9/4	東北大学
IR用イメージ炉	米倉製作所製・IR-QP1-4	1	2,643,375	2,643,375	2012/10/4	東北大学
日立卓上顕微鏡	日立ハイテクノロジーズ製・Miniscope TM-3000	1	10,111,500	10,111,500	2012/10/11	東北大学
電流増幅器	DLインストルメント社製・1211	1	655,200	655,200	2013/2/5	東北大学
ホットステージ&温度コントローラ	INSTECH社製・HCS302MK1000-TF	1	1,985,760	1,985,760	2013/3/22	東北大学
PPMS用液体ヘリウム再凝縮ユニット	カンタムデザイン社製	1	2,154,600	2,154,600	2013/3/6	東北大学