

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23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

冷凍機においては、被冷却体から熱を汲み上げて自然放熱する温度幅が 30～40 度程度は最低必要となる。1 次相転移の急峻な変化の利用には、動作温度が異なる材料を組み合わせる必要がある。La(Fe_xSi_{1-x})₁₃ 材料では、水素吸収により静的な熱特性を変えずに出現温度を制御できるが、熱活性などの影響で、動的な磁気あるいは熱変化の時間挙動は変化していることが予想され、サイクル運行に影響する可能性がある。以上を踏まえ、本年度は以下の項目について複合的に調査を行う。

- i) 磁気相転移の動的性質および磁気熱量効果の時間変化について明らかにする。
- ii) 1 次転移の進行形態である核生成－成長について、磁気系の特徴と時間軸の観測手法を開拓する。

2. 研究の実施状況

本系の熱変化の源となる磁気状態の変化（磁気相転移）は、熱力学の上では「氷－水」の変化と同じく 1 次相転移と呼ばれる変化であり、水の中に氷の塊が生じて共存しながら進行するように、磁気の無い常磁性状態の試料の一部が磁気を帯びた強磁性に変化し増大する（核生成・成長）。したがって、強磁性核が成長する速度によって相転移の動的性質（カイネティクス）が決まる。試料に一定磁場を印加して試料全体の磁気の強さ（磁化）を測定すると、1 次相転移の場合は、磁化の変化は強磁性状態の体積増加を直接反映するので、種々の一定磁場下での磁化の時間変化を調べた。この結果、多種の 1 次相転移と同様に、Johnson-Mehl-Avrami による核体積の重なりを考慮したモデルに従うが、磁気転移ならではの電磁氣的性質に影響されることがわかった。磁性体の自身の磁気による反磁場と呼ばれる減磁効果が試料形状に影響されるため、相転移進行も試料方位に応じた磁場印加により様相が変化する。また、例えば氷は氷点の 0℃ではなく余計に冷却しないと生じない現象（過冷却）が存在するが、本系の磁気の転移にも過冷却が現れることを示し、さらに磁場に影響されることを明らかにした。

一方、有限要素法と呼ばれる物理量の空間・時間変動を計算する方式により、磁力が作用する条件下での核生成・成長を、電磁気学と熱力学の諸法則に則り計算した。この結果、通常はマイクロな欠陥や不均一が核生成の中心になるのに対し、磁極が N 極だけや S 極だけの単極になれず、磁力線が連続であることなどを反映して、マクロな試料形状が核生成に影響することが説明された。

以上の結果は、今後、試料形状を考慮するうえで、熱交換に加えて磁氣的な性質を考えあわせなければならないことを示しており、実用上の設計にも重要な結果である。

3. 研究発表等

雑誌論文 計4件	<p>(掲載済み一査読有り) 計2件 藤田麻哉、藤枝俊、深道和明、"Influence of Supercooling on the Thermally Induced First-Order Magnetic Transition in Magnetocaloric Compound $\text{La}(\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.12})_{13}$"、IEEE Transactions on Magnetics, 2011, 47 巻、10 号、3387-3390 矢子ひとみ、藤枝俊、藤田麻哉、深道和明、"Influence of Demagnetization Effect on the Kinetics of the Itinerant Electron Metamagnetic Transition in Magnetic Refrigerant $\text{La}(\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.12})_{13}$"、IEEE Transactions on Magnetics, 2011, 47 巻、10 号、2482-2485 (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、"Kinetics of thermally induced first-order magnetic transition in $\text{La}(\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.12})_{13}$ itinerant electron metamagnet"、Journal of Alloys and Compounds, DOI 10.1016/j.jallcom.2012.01.069 藤田麻哉、矢子ひとみ、"Stability of metallic, magnetic and electronic states in NaN_{13}-type $\text{La}(\text{Fe}_x\text{Si}_{1-x})_{13}$ magnetocaloric compounds"、Scripta Materialia, DOI 10.1016/j.scriptamat.2012.03.033</p>
会議発表 計7件	<p>専門家向け 計7件 ① 藤田麻哉、矢子ひとみ、「$\text{La}(\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.12})_{13}$ における温度誘起磁気相転移の定速降温過程での進行挙動」、沖縄、2011年11月7~9日、日本金属学会(第149回講演大会) ② 矢子ひとみ、藤田麻哉、「$\text{La}(\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.12})_{13}$ 遍歴電子メタ磁性化合物における相転移進行時間の温度変化」、沖縄、2011年11月7~9日、日本金属学会(第149回講演大会) ③ 藤田麻哉、近藤貴紀、矢子ひとみ、「遍歴電子メタ磁性 $\text{La}(\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.12})_{13}$ 化合物における強磁性核成長の電氣的観測」、横浜、2012年3月28~30日、日本金属学会(第150回講演大会) ④ 矢子ひとみ、藤田麻哉、「$\text{La}(\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.12})_{13}$ 遍歴電子メタ磁性化合物における転移履歴の時間変化」、横浜、2012年3月28~30日、日本金属学会(第150回講演大会) ⑤ 藤田麻哉、藤枝俊、深道和明、"Influence of Supercooling on the Thermally Induced First-Order Magnetic Transition in Magnetocaloric Compound $\text{La}(\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.12})_{13}$"、台湾、2011年4月25~29日、Intermag 2011 Management Committee & IEEE ⑥ 矢子ひとみ、藤枝俊、藤田麻哉、深道和明、"Influence of Demagnetization Effect on the Kinetics of the Itinerant Electron Metamagnetic Transition in Magnetic Refrigerant $\text{La}(\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.12})_{13}$"、台湾、2011年4月25~29日、Intermag 2011 Management Committee & IEEE ⑦ 藤田麻哉、矢子ひとみ、"Kinetics of thermally induced first-order magnetic transition in $\text{La}(\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.12})_{13}$ itinerant electron metamagnet"(招待講演)、大阪、2011年9月4~9日、The International Conference on Martensitic Transformations(ICOMAT) 2011 Management Committee 一般向け 計0件</p>
図書 計0件	
産業財産権 出願・取得状況 計0件	<p>(取得済み) 計0件 (出願中) 計0件</p>
Webページ (URL)	<p>NEXT プログラム_藤田麻哉、"磁力が拓く新しい冷凍材料" http://www.material.tohoku.ac.jp/~kotaib/fujita/NEXT/NEXTtop.html</p>
国民との科学・技術対話の実施状況	<p>① 市民公開講座:「東北大ブランドの最先端・次世代材料を語る」" <磁力が拓く新しい冷凍材料>" 2011/12/28、仙台メディアテーク、一般市民、80名、市民向けテーマ解説および質疑応答とアンケート ② 出前講義:「磁気で冷やすー省エネ・温暖化防止への金属材料の挑戦」、2011/9/17、屋代高校(長野県)、高校生、40名、高校生向け講義によるテーマ説明</p>
新聞・一般雑誌等掲載 計0件	
その他	特になし

4. その他特記事項

優秀ポスター賞(於:日本金属学会 149 回講演大会一上記会議発表④の内容)

実施状況報告書(平成23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	0	46,730,000	0
間接経費	29,400,000	15,381,000	0	14,019,000	0
合計	127,400,000	66,651,000	0	60,749,000	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 (未取利息を除 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	50,990,000	0	0	50,990,000	45,191,809	5,798,191	0
間接経費	15,297,000	0	0	15,297,000	15,297,000	0	0
合計	66,287,000	0	0	66,287,000	60,488,809	5,798,191	0

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	42,996,794	X線解析装置、アーク溶解炉、熱量計、電流源、顕微鏡、測定端子、気密部品、金属管、有機溶媒等
旅費	450,050	成果発表旅費 (インターマグ国際会議@台湾、日本金属学会講演大会等)
謝金・人件費等	0	
その他	1,744,965	装置移動費、英文添削
直接経費計	45,191,809	
間接経費計	15,297,000	
合計	60,488,809	

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
全自動多目的X線 解析装置	(独)フルカー・エイ クス社製D8 ADVANCE/L	1	25,399,500	25,399,500	2011/12/21	東北大学
高純度雰囲気アーク 溶解炉	大亜真空(株)製 ACM-S01F	1	6,187,671	6,187,671	2011/12/27	東北大学
磁場中示差走査型 熱量計	(株)プレスト製 DSC6100FPV	1	7,098,000	7,098,000	2012/2/29	東北大学
AC・DC電流源	ケースレーシスツルメ ン(株)製6221	1	709,800	709,800	2012/3/15	東北大学
偏光顕微鏡	(株)ニコン製エク リアス LV100TP-M62	1	1,876,392	1,876,392	2012/3/16	東北大学