La-Co 置換 CaM 型フェライトの単結晶育成 和氣剛, 宇治克俊, 岡崎秀祐, 田畑吉計, 中村裕之 (京大院工)

Single crystal growth of La-Co co-substituted CaM-type ferrite T. Waki, K. Uji, S. Okazaki, Y. Tabata, H. Nakamura (Department of Materials Science and Engineering, Kyoto University)

1 はじめに

マグネトプランバイト型フェライト (M型フェライト; AFe₁₂O₁₉, A = Sr, Ba, Pb) は永久磁石材料として重要な化合物であり、 長年置換効果が研究されてきた。現在主流の製品の母材は La-Co 置換 SrM であり、Co²⁺ が保持力の向上に寄与していると考えら れているが、微視的磁気プローブ毎に Co の置換サイトの見え方が異なり、Co の電子状態について統一的な見解が得られていな い。これはプローブの特性のみならず、Co の電子状態が合成条件などにも依存する可能性があり、被測定試料の曖昧さも問題で あった。我々は組成と磁性の対応を明らかにするため、La-Co 置換 SrM の単結晶育成に取り組んできた。そして、組成について 従来の設計前提が成立していないことを明らかにした¹⁾。組成の曖昧さの解消は La-Co 置換 SrM に限らず重要である。最近我々 は、高性能磁石 La-Co 置換 CaM²⁾ への展開を念頭に、Co を導入していない La 置換 CaM の単結晶育成を行い、組成について、 La にはある程度の固溶域があること、Fe サイトへの Ca の侵入が考えられることを報告した³⁾。本研究では、La-Co 置換 CaM の 単結晶育成、その組成及び磁性について報告する。

2 実験方法

La-Co CaM の単結晶試料は CaO フラックス法により合成した。出発原料は CaCO₃, La₂O₃, Fe₂O₃, Co₃O₄ を用い、所定の組成 で混合した後、白金ルツボ中で単結晶を育成した。1400°C で 12 時間保持の後、2.5°C/h で 1200°C まで冷却、その後炉冷した。 得られた単結晶試料は一部を粉砕して粉末 X 線回折を行い M 相であることを確認した。組成分析は波長分散型 X 線分析装置を 用いて行い、強度補正用の参照物質として CaF₂, LaAlO₃, SrFe₁₂O₁₉, Co 単結晶を用いた。磁性は SQUID 磁束計を用いて評価し、 飽和磁化、異方性磁界を見積もった。

フラックス法による単結晶育成により、La 及び Co 量の異なる単結晶の合成に成功した。組成分析の結果、 $Ca_xLa_yFe_zCo_wO_{19}(x+y+z+w=13)$ としたとき、 $z+w \simeq 11.9$ となり、Co 非置換系と同様、遷移金属サイトへの Ca の同 等程度の侵入が考えられる。また、La の範囲は本実験では 0.37 $\leq y \leq 0.59$ で、Co の最大置換量はw = 0.36 であった。

Fig.1 は T = 5 K における、磁化曲線である。磁化容易軸方向 の磁化はすみやかに立ち上がり飽和する一方で、磁化困難軸方 向には、組成に応じて非線形な磁化の増大が観測された。w = 0の試料では不連続な磁化のジャンプが存在するが、NMR 測定 の結果よりスピンフリップ転移であることがわかっている⁴⁾。 Co 置換量が増加するにつれ初期磁化率が小さくなり異方性が 増大している。また高磁場側では上に凸の振る舞いが見られ、 飽和する磁化が上昇している。磁化容易軸と磁化困難軸の磁化 過程が囲む面積から異方性磁界 H_A を見積もった所 (Fig.1 内 挿図)、Co 濃度の上昇に従い単調に H_A が上昇する振る舞いが 見られ、w = 0.36の試料では La-Co SrM 系の最大値 (25 kOe, w = 0.27)を超える 27.5 kOe と言う値が得られた。



3 結果および考察

Fig.1 磁化曲線

References

- 1) A. Shimoda, K. Takao, K. Uji, T. Waki, Y. Tabata, and H. Nakamura: J. Solid State Chem., 239, 153 (2016).
- 2) Y. Kobayashi, S. Hosokawa, E. Oda, and S. Toyota: J. Jpn. Soc. Powder Powder Metallurgy, 55, 541 (2008).
- 3) 宇治克俊, 和氣剛, 田畑吉計, 中村裕之: 第 39 回日本磁気学会学術講演概要集, 9pA-4 (2015).
- 4) 高尾健太, 宇治克俊, 和氣剛, 田畑吉計, 中村裕之: 第 39 回日本磁気学会学術講演概要集, 9pA-1 (2015).

超高圧酸素雰囲気下における LaCo 置換 SrM フェライトの合成

 岡崎秀祐、和氣剛、田畑吉計、加藤将樹*、廣田健*、中村裕之 (京都大、*同志社大)
Synthesis of La-Co co-substituted SrM ferrite under high O₂ pressure
S. Okazaki, T. Waki, Y. Tabata, M. Kato*, K. Hirota*, H. Nakamura (Kyoto Univ., *Doshisha Univ.)

1. 緒言

永久磁石の一種であるフェライト磁石の母材には、化学式 SrFe₁₂O₁₉で示される SrM フェライトが主に用いられている。この物質は La および Co による元素置換を行うことで磁気異方性が向上することが知られており、化学式 Sr_{1-x}La_xFe_{12-x}Co_yO₁₉に示す形で LaCo 置換を行ったものが工業的に生産されている。

LaCo 置換 SrM フェライトに関するこれまでの研究では、大気圧下での合成ではx > yとなり、 Fe^{2+} の発生 が Co^{2+} の置換を阻害していると考えられる。フラックス法による単結晶育成の結果、(x = 0.47, y = 0.27)が上 限であった^[1]。高酸素分圧下で合成することで、 Fe^{2+} の発生を抑制し、 Co^{2+} 置換量が増加することが期待される。そこで本研究では、HIP 法を用いた超高圧酸素雰囲気下での LaCo 置換 SrM フェライト多結晶の合成 を試み、単相が得られる組成の領域や得られる M 相の La, Co 組成について調べた。

2. 実験方法

原料粉 SrCO₃, La₂O₃, Fe₂O₃, Co₃O₄ を、仕込み組成 x_{nom}, y_{nom}に対し Sr:La:Fe:Co = 1-x_{nom}:x_{nom}:12-y_{nom}:y_{nom} となるよ うに秤量しメノウ乳鉢を用いて混合した。混合粉をペレ ット状に成形し、900 ℃で1時間仮焼結を行った。これ を HIP 装置を用いて、酸素濃度 20 %のアルゴン・酸素 混合ガス 2000 kgf/cm² のもとで 1200 ℃で1時間本焼結 した。その後 600 ℃/h で室温まで炉冷した。

得られた試料の一部をメノウ乳鉢で粉砕し、粉末 X 線回折(XRD)による相同定を行った。また、試料を樹脂 埋めして研磨し、WDX による M 相の元素分析を行っ た。

3. 結果と考察

HIP 法により焼結した試料の XRD パターンを図1に 示す。仕込み組成 $x_{nom} = y_{nom} = 0.4$ では M 相の単相を得 ることに成功した。一方で La 仕込み組成 $x_{nom} = 0.7, 0.9$ では、いずれも不純物として Fe₂O₃, (SrLa)FeO₃を含んで いることが分かった。SrFe₁₂O₁₉が室温で安定であるのに 対し、Sr をすべて La で置換した LaFe₁₂O₁₉は平衡状態 図上で高温域のみ安定となることから、La 高濃度試料 は炉冷時に M 相の一部が分解してしまったと考えられ る。

参考文献

1) A. Shimoda et al. J. Solid State Chem. 239 (2016) 153.



La-Co 置換系 M 型 Sr フェライトの ⁵⁹Co 核 NMR 酒井宏典,服部泰佑,徳永陽,神戸振作,下田愛子*,和氣剛*,田畑吉計*,中村裕之* (原子力機構,*京大)

⁵⁹Co NMR study in La-Co substituted *M*-type Sr Ferrite H. Sakai, T. Hattori, Y. Tokunaga, S. Kambe, A. Shimoda, T. Waki, Y. Tabata, and H. Nakamura (JAEA, *Kyoto Univ.)

1 はじめに

M型フェライト SrFe₁₂O₁₉ は、六方晶系マグネトプランバイト型 (M型) 結晶構造を有し、Srの一部をLaで、Feの一部をCoで同時に置換すると磁気異方性が大きく向上し、飽和磁化も大きくなることが見いだされ、磁気応用上、有用な材料となった。しかしながら、この共置換系において、磁気異方性が向上する理由についてはよく分かっていない。M型フェライトには、5つの結晶学的に異なる Fe サイトが存在し、Co が Fe のどのサイトと置換しているのか、価数はどうなっているのか、中性子散乱¹⁾、Mössbauer 効果²⁻⁴⁾、核磁気共鳴 (NMR)⁵⁾ などの微視的磁気プローブ毎に、見解が異なっているのが現状である。本研究では、⁵⁷Fe 核 NMR 及び⁵⁹Co 核 NMR を行い、他の微視的実験結果や第1原理計算結果などを相補的に考慮しながら、整合性のある解を目指している。本講演では、主に⁵⁹Co 核 NMR の実験結果について発表する。

2 結果および考察

SrFe₁₂O₁₉ 及び、La-Co 共置換系 Sr_{1-x}La_xFe_{12-x}Co_xO₁₉ の粉末試料、フラックス法で育成された単結晶を用いて、ゼロ磁場 NMR 実験を行った。⁵⁷Fe 核は、自然存在比 2.2% で核スピン I = 1/2 をもち、強磁性体中の各 Fe サイトにおける内部磁場に呼応して、 外部磁場ゼロで NMR を行うことが出来る。核磁気回転比が $\gamma_n = 1.4$ MHz/T と低いため、NMR 敏感核ではないが、強磁性体で は巨視的磁気モーメントが高周波に対して大きく応答し NMR 強度が増強する効果があり、実験可能となる。一方で、⁵⁹Co 核は 自然存在比 100% で核スピン I = 7/2 をもち、NMR 感度が高いため、Co 置換量が少なくても充分観測可能である。Fig. 1 に、温 度 4 K で測定した粉末試料 x = 0.3 の Sr_{0.7}La_{0.3}Fe_{11.7}Co_{0.3}O₁₉ における、ゼロ磁場 ⁵⁹Co 核 NMR スペクトルを示した。低周波側 50-100 MHz と高周波側 300-400 MHz に ⁵⁹Co 核 NMR 信号を観測した。スペクトル強度は、低周波側の方が強い。従来、La³⁺ と 電荷補償の結果、Co イオンは 2 価となっていると考えられており、⁵⁹Co 核 NMR が低周波域と高周波域で同時に観測されている ことは、(i) 共置換試料で Co²⁺ の低スピン状態 ($S = \frac{1}{2}$) と高スピン状態 ($S = \frac{3}{2}$) とが共存、していることを示唆しているように思 える。一方で、電荷状態に関して確定的な情報がないことから、(ii) 2 価 Co²⁺ (高スピン S = 3/2) と 3 価 Co³⁺ (低スピン S = 0) との共存、というシナリオでの解釈も可能となる。現在、妥当な解釈を探るため、各 Co イオン状態における超微細磁場の大きさ の検討や、他の微視的実験手段における解釈妥当性、第一原理計算による Co イオン状態安定性などを検討している。

References

- Y. Kobayashi, E. Oda, T. Nishiuchi and T. Nakagawa, J. Cer. Soc. Jpn. 119, 285 (2011).
- G. Wiesinger, M. Müller, R. Grössinger, M. Pieper, A. Morel, F. Kools, P. Tenaud and J. M. Le Breton and J. Kreisel, *physica status solidi (a)* 189, 499 (2002).
- A. Morel, J. M. Le Breton, J. Kreisel, G. Wiesinger, F. Kools and P. Tenaud, *J. Magn. Magn. Mater.* 242-245, 1405 (2002).
- J. M. Le Breton, J. Teillet, G. Wiesinger, A. Morel, F. Kools and P. Tenaud, *IEEE Transactions on Magnetics* 38, 2952 (2002).
- M.W. Pieper, F. Kools and A. Morel, *Phys. Rev. B* 65, 184402 (2002).



Fig. 1 温度 4 K で測定した Sr_{0.7}La₀.3Fe_{11.7}Co_{0.3}O₁₉ の粉末試料におけるゼロ磁場 ⁵⁹Co 核 NMR スペクトル.

Coのみ置換 M 型 Sr フェライトの⁵⁷Fe-NMR

高尾健太、和氣剛、田畑吉計、酒井宏典*、中村裕之 (京都大、原子力機構) ⁵⁷Fe-NMR study of Co-doped M-type strontium ferrites K. Takao, T. Waki, Y. Tabata, H. Sakai*, H. Nakamura (Kyoto Univ., JAEA)

【背景】

M型フェライトは組成式AFe₁₂O₁₉(A = Ba, Sr, Ca等)で表され、Fe 原子が磁性を担う鉄系酸化物磁石である。 結晶構造は複雑でFe サイトは5種類(2a, 2b, 12k, 4f₁, 4f₂)あり、添加元素により保磁力や残留磁化が大きく 変化する。M型フェライトの基礎研究では、組成と磁性およびFe や Co の電子状態の対応を正しく評価し、 製品開発の指導原理を得ることが重要である。これまで実用材に近いLa-Co 置換 M型 Sr フェライトの研究 が多数行われているが、磁気異方性増大に大きな影響を及ぼす Co の置換サイトの同定や、Fe と Co の電子状 態の解明に至っていない。一方、La を添加せず Co のみ置換した系の多結晶試料合成の報告がされている(例 えば[1])。Co のみ置換 M型 Sr フェライトでは Sr-La の disorder がなく、Co 占有サイトの微視的情報を得や すい。また、置換 Co は主に 3 価であると期待され、Co³⁺の情報を選択的に抽出できると考えられる。一方で、 多結晶試料による研究では粒界の効果を排除できず、組成と磁性の対応付けを正確に評価できない。そこで 当グループでは単結晶試料を用いた磁性研究を行っている。

フェライト磁石の磁性発現機構の解明には微視的磁性の情報を得る必要がある。Feの微視的磁性評価手法 としてはメスバウア分光が良く用いられているが、本研究では分解能が高く四重極効果の影響もない ⁵⁷Fe-NMRを用いてCoのみ置換M型Srフェライト単結晶試料のCo占有サイトと微視的磁性の評価を行った。

【実験方法】

Coのみ置換 M 型 Sr フェライト(SrFe_{11.93}Co_{0.07}O₁₉)の単結 晶試料を Na₂O フラックス法により作製した。⁵⁷Fe-NMR 測 定を 4.2 K、ゼロ磁場下で行った。各 Fe サイトの測定結果 を非置換系と比較し、Co 置換に伴う 5 つの Fe サイトの内 部磁場の大きさの変化を調べた。その結果をもとに Co 占 有サイトを議論する。

【結果・考察】

図1は2aサイトのスペクトルを示す。2aサイトのメインのピークとそれより少し低周波数側に2本のサテライトを観測した。このサテライトは2aサイトの近傍のFeサイトにCoが侵入したことにより2aサイトの内部磁場が分裂したことを示している。2aサイトに隣接したサイトは12kサイトと4f1サイトであるが、強度比の計算からCo³⁺占有サイトとしては12kサイトが最も有力である。

参考文献

[1] T. Xie et al., Powder Technol. 232 (2012) 87.



図 1. Co置換 Sr フェライトの 2a サイトの NMR スペクトル

La 置換 M 型 Sr フェライトの 57Fe メスバウアー分光法による研究

大浦桃子,永澤延元,池田修悟,下田愛子*,和氣剛*,田畑吉計*,中村裕之*,小林寿夫 (兵庫県立大,*京都大)

⁵⁷Fe Mössbauer spectroscopies studies on La-substituted M-type Sr hexaferrite

M. Oura, N. Nagasawa, S. Ikeda, A. Shimoda*, T. Waki*, Y. Tabata*, H. Nakamura*, and H. Kobayashi

(Univ. of Hyogo, *Kyoto Univ.)

<u>はじめに</u>

M型SrフェライトSrFe₁₂O₁₉は、室温で六方晶 $P6_{3}/mmc$ (空間群 No.194)構造をとり、また、磁気モーメントが c軸に平行なフェリ磁性体 (T_{c} ~730 K) である。結晶学的に異なる 5 つの Fe サイトを持つ Sr フェライト材料において、室温での保磁力が上昇するため永久磁石材料としての性能が向上することが知られている。しかし、Co が置換される Fe サイトは分かっていない。La 置換がフェライトに与える磁気的影響は Co 置換と比較して小さいと考えられてきた。しかし、ここではLa 置換の影響を実験的に確かめる意味で(Sr,La)Fe₁₂O₁₉を用いる。La イオンが各サイトの Fe イオンに与える影響を調べると共に、La-Co 置換系フェライト(Sr,La)(Fe,Co)₁₂O₁₉の Co イオンがそれぞれ Fe サイトの Fe イオンの電子状態にどのような影響を与えるかを

解明することを目的として、磁場下で⁵⁷Feメスバウアー分光測定を行った。

<u>実験方法</u>

測定には、Na₂O フラックス法により作製された単結晶 Sr_{1-x}La_xFe₁₂O₁₉ (x=0.31)¹⁾を、磁化容易軸 (c 軸) 方向に厚さ 100 μ m に研磨し直径 8.0 mm の円形上に密に配置し貼り合わせたものを用いた。c 軸に対して平行にな るように γ 線を照射し、また垂直方向に外部磁場 H_{ex} を印加して 150 K で ⁵⁷Fe メスバウアー分光測定を行った。

<u>実験結果</u>

Fig. 1 に Sr_{1-x}La_xFe₁₂O₁₉ (x=0.31) に対する 150 K での磁場下 ⁵⁷Fe メスバウ アー分光測定結果を示す。 H_{ex} =0 kOe でのスペクトルの解析において Evans のモデル²⁾を参考にした。その結果、5 つの Fe サイトに対応した 5 成分で合わないピークが存在する。Fig. 1 に示すように 6 成分を用いると 良いフィッティング結果が得られた。これは電荷補償のために 2*a* サイト のFe³⁺の一部が Fe²⁺に変化すると言われている成分に対応すると考えられ る。また、Fig. 2 に Sr_{1-x}La_xFe₁₂O₁₉ (x=0.24) の 150 K で磁化曲線の結果を示 す。これより有効磁場 H_{eff} =17 kOe 付近で飽和磁化 M_s に達することが分 かる。Fig. 1 より H_{ex} の印加と共に Δm =0 (m: 原子核磁気量子数) のメスバ ウアー遷移によるピーク相対吸収強度が増加しているが、すなわち磁場印 加に伴って内部磁場 H_{int} (磁気モーメント) が c 面へと回転していることを 示している。これは 30 kOe 以外の H_{ex} の測定で得られたスペクトルと比 較して、Fig. 2 から求められる M_s に至る磁化過程とほぼ一致している。こ れより H_{ex} =30 kOe では、 H_{int} と H_{ex} の向きが平行であると考えらえる。

講演では、Sr_{1-x}La_xFe₁₂O₁₉の他の組成の試料での零磁場下メスバウアースペクトルの温度依存性を調べた解析結果、測定で得られた各 Fe サイトにおける超微細相互作用について詳細に議論する予定である。

<u>参考文献</u>

- 1) A. Shimoda, et al., J. Solid State Chem. 239, 153-158 (2016).
- 2) B. J. Evans, et al., J. Magn. Magn. Mater. 67, 123-129 (1987).



Fig. 1 ⁵⁷Fe Mössbauer spectra of the single crystal $Sr_{1-x}La_xFe_{12}O_{19}(x=0.31)$ at 150K, with and without magnetic fields.

($\gamma\text{-ray}$ // c-axis)



Fig. 2 Magnetization curves on $Sr_{1-x}La_xFe_{12}O_{19}(x=0.24)$ at 150K.

Feの価数制御による Sr 系六方晶フェライトの作製

Preparation of Sr-based hexagonal ferrite by controlling the oxidation state of Fe

M. Meguro, K. Kakizaki, K. Kamishima

(Saitama Univ.)

<u>1. 緒言</u>

2 価の遷移金属イオンが Fe^{2+} である Sr 系六方晶 フェライトは、R=(SrFe₆O₁₁)²⁻と T=(SrFe₄O₇)^{0±}、 S=((2FeFe₂O₄)^{0±} or (2Fe₃O₄)²⁺)といったブロックの 積層で表される。W型、Y型、Z型、U型六方晶 フェライトの単位胞はそれぞれ RSSR*S*S*、(TS)₃、 TSR*S*T*S*RS、(TSR*S*RS)₃ である。

SrFe₂**W**の作製報告¹⁾によると、Fe³⁺を還元させ るための雰囲気調整を必要とし、価数制御が困難 である。また、Tブロックが入る組成の二価鉄 **Sr** フェライトは作製が困難であり、**Sr**₂**Fe**₂**Y**の結晶相 は未だ観測されていない。²⁾そこで本研究では **Fe**₃**O**₄を用いて事前に価数制御し、作製を試みた。 **2. 実験方法**

SrFe₂W および Sr₂Fe₂Y の原料として SrFe₁₂O₁₉、 Fe₃O₄、Sr₄Fe₆O₁₃、 α -Fe₂O₃を用い、湿式混合した。 混合粉末を加圧成型し、ロータリーポンプで真空 引きしながら 900°C で 5 時間仮焼成した。仮焼成 後、微粉砕し、試料を真空中もしくは真空引き下 で、各温度条件のもと 5 時間焼成した。各試料の 結晶構造は粉末 X 線回折法により解析した。

<u>3. 結果と考察</u>

図1は、組成がSr:Fe²⁺:Fe³⁺=1:2:16の試料を真空中で1200℃~1400℃で焼成した試料のX線回折図である。焼成温度が1350℃以上の試料でW型が主相となった。

図2は組成がSr:Fe²⁺:Fe³⁺=2:1.5:12の試料を真空 引き下で1150°C、1200°Cで焼成した試料のX線 回折図を示す。1200°Cで焼成した試料ではY型の ピークが現れた。また、U型由来のピークが1150°C、 1200°C焼成の試料ともに確認できる。

原料に Fe_3O_4 を用い、真空下で試料を焼成する ことにより、 $SrFe_2W$ 、 Sr_2Fe_2Y および報告のない Sr_4Fe_2U の生成に成功した。

<u>4. 参考文献</u>

山元洋他,粉体および粉末冶金47 (2000) 789.
S. Ram, J. Magn. Magn. Mater. 72 (1988) 315.



Mg²⁺-Ti⁴⁺置換 BaFe₁₂O₁₉の作製と磁気特性

神島 謙二, 江刺家 侑典, 柿崎 浩一, 酒井 政道 (埼玉大)

Synthesis and magnetic properties of Mg²⁺-Ti⁴⁺ substituted BaFe₁₂O₁₉

K. Kamishima, Y. Esashika, K. Kakizaki, M. Sakai

(Saitama Univ.)

1. 諸言

 $BaFe_{12}O_{19}$ は、六方晶フェライトの中でも永久磁石として広 く知られている。この $BaFe_{12}O_{19}$ の Fe^{3+} は Mg^{2+} と Ti^{4+} で置換 でき、 Fe^{3+} を完全に置換できるという報告がある。^{1),2)}しか しながら、その作製条件ならびに磁性は未だに明らかではな い。本研究では広い範囲で $BaFe_{12}O_{19}$ の Fe^{3+} を Mg^{2+} と Ti^{4+} で 置換し、結晶構造の同定および、磁気特性の調査を行った。

2. 実験方法

原料として BaCO₃, α-Fe₂O₃, MgO, TiO₂を用いて、目的の化 学量論組成になるように秤量した。これらを湿式混合した原 料粉を 900°C で仮焼成した。仮焼成後、遊星ボールミルで粉 砕し、加圧成形し、1100~1400°C で 5 時間本焼成した。試料 の結晶構造を X 線回折(XRD)によって同定した。磁気特性は 振動試料型磁力計(VSM)を用いて調査した。

3. 結果と考察

図1に本焼成温度 1250°C の BaFe_{12-2x}Mg_xTi_xO₁₉(x=1~6)の X 線回折図を示す。x=6 では MgTiO₃ との混相になっており、 Fe³⁺イオンが置換されたときに生成する M型構造の化合物の 組成が BaMg₆Ti₆O₁₉ と異なることを示唆している。

図 2 は室温で磁性が観測された BaFe_{12-2x}Mg_xTi_xO₁₉(x=0.25 ~1.5)の飽和磁化を示す。置換に応じて、飽和磁化は単調減少 した。しかし、1200~1400°C の x=1.25, 1.5 で減少していない。 これは、x=1.25, 1.5 間で Mg, Ti が下向きスピンサイトに入る ように変わった可能性を示している。

図3はBaFe_{12-2x}Mg_xTi_xO₁₉($x=0.25\sim1.5$)の熱磁気曲線を示す。 BaFe₁₂O₁₉のキュリー点は450°Cであるため、置換量が増える ことでキュリー点が低温側にシフトした。しかし、x=1.25, 1.5 は、ほぼ同じ温度となった。これもx=1.25, 1.5 で Mg, Ti の入 るサイトが異なり、Fe イオン間の相互作用の妨げ方が異なる 可能性がある。

以上より、広い範囲での Mg, Ti 置換した BaFe₁₂O₁₉の作製 に成功し、置換によるキュリー点の変化を観測した。

参考文献

- R. S. Roth *et al.*, "National Measurement Laboratory Office of Measurement for Nuclear Technology Annual Report 1981", pp. 42-49 (1981).
- 2) S. Alablance et al., Mater. Res. Bull. 24 (1989) 475.





図2 BaFe_{12-2x}Mg_xTi_xO₁₉の飽和磁化



図3 BaFe_{12-2x}Mg_xTi_xO₁₉の熱磁気曲線