

杉本 諭

東北大学大学院工学研究科  
教授

結晶構造制御による Fe 基新規磁性化合物の探索

## § 1. 研究実施体制

### (1)「杉本」グループ

① 研究代表者:杉本 諭 (東北大学大学院工学研究科、教授)

(注:亀川 厚則 (東北大学大学院工学研究科、准教授)は、平成 24 年 7 月まで研究項目 II-(3)「超高压合成法による Fe-Co 基化合物・合金の探索」の主たる共同研究者。その後、杉本グループの研究参画者に登録変更し、同研究項目を継続。)

② 研究項目

II. 材料ならびに作製技術の開発研究

- ・II-(1)薄膜技術による新規 Fe 基化合物の開発に関する研究
- ・II-(2)微粒子・粉末技術による高磁気異方性の発現とナノコンポジット化に関する研究
- ・II-(3)超高压合成法による Fe-Co 基化合物・合金の探索

### (2)「大谷」グループ

① 主たる共同研究者:大谷 博司 (東北大学多元物質研究所、教授)

② 研究項目

I. 計算科学を用いた状態図計算

### (3)「山内」グループ

① 主たる共同研究者:山内 美穂 (九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所、准教授)

② 研究項目

- ・II-(2)微粒子・粉末技術による高磁気異方性の発現とナノコンポジット化に関する研究

## § 2. 研究実施の概要

本研究チームでは、Fe、Co などの遷移金属基材料を中心に、結晶構造を制御して高い磁化と高い結晶磁気異方性を両立した新規磁性材料の探索を目指している。そのため、I. 状態図研究を中心とした計算科学と、II. 種々の材料学的手法を用いた開発研究((1)薄膜技術、(2)微粒子・粉末技術、(3)超高压技術)を連携させて研究を推進している。平成 25 年度は、これまでの研究を継続するとともに、さらに発展させることを目的とした。得られている成果をまとめると以下のようなになる。

### I. 計算科学を用いた状態図計算(大谷グループ):

Fe 基新規磁性材料開発における合金元素選択のクライテリアを確立するために、電子論と熱力学を基盤にした研究を実施した。具体的には Fe-Co 系合金における磁気特性向上のメカニズムを調査した結果から、結晶格子の軸比  $c/a$  を変化させられる可能性のある結晶構造(ホイスラー構造とペロブスカイト構造)を選択し、その磁性発現の可能性について計算科学の立場から検討した。

### II. 材料ならびに作製技術の開発研究

#### II - (1). 薄膜技術による新規 Fe 基化合物の開発に関する研究(杉本グループ):

Rh 下地層上に  $N_2+Ar$  混合ガスを用いて成膜した  $FeCo-X$  ( $X=$ 金属元素)において、膜面直方向に  $10^5 J/m^3 (=10^6 \text{ erg/cm}^3)$  程度の磁気異方性が発現した。

#### II - (2). 微粒子・粉末技術による高磁気異方性の発現とナノコンポジット化に関する研究(杉本グループ):

高磁気異方性の合金系を探索するため、水素プラズマ反応法により  $FeCo-X$ 、 $Fe-X$  系微粒子を作製し、それを窒化することによって高異方性の発現の有無を検討した。また、ナノコンポジット磁石の検討では、 $Fe-Co$  粒子と  $MnBi$  粒子、 $Fe-Co$  粒子と  $CoFe_2O_4$  粒子などのナノコンポジット化について検討を行った。一方、前年度希土類磁石並みの高保磁力が得られた  $Mn-Sn-Co-N$  系合金では組織観察を行い、高保磁力が得られる試料では、ペロブスカイト型  $Mn$  窒化物相中に双晶が多数存在することが明らかとなった。

#### II - (2). 微粒子・粉末技術による高磁気異方性の発現とナノコンポジット化に関する研究(山内グループ):

H24年度までに整備した粉末 XRD 用反応チャンバーを用いて、アンモニア雰囲気下における Fe および  $FeCo$  ナノ合金の構造変化の観察を行った。400°Cにおいて Fe ナノ粒子の窒化を試みたところ、 $NH_3$  導入後 1 時間以内に  $Fe_3N$  と  $Fe_4N$  に変換することが明らかになった。 $Fe_{100-x}Co_x$  では、 $x=10, 25, 50$  では窒化物の生成が確認された。今後、最も飽和磁化が高い  $Fe_{75}Co_{25}$  の窒化条件を探るつもりである。また、保磁力  $H_c=432 \text{ kAm}^{-1}$  (5.4 kOe)を示す Co フェライトの合成に成功した。

II – (3). 超高压合成法による Fe-Co 基化合物・合金の探索 (杉本グループ):

NaAs 構造を有する MnSb 磁性化合物に Al を添加し、6GPa, 1373K, 2 時間の条件で  
高压合成したところ、格子定数の a 軸が増加し、c 軸が減少した。一方で MnAl 相の生成  
により試料全体の磁化は低下した。リチウムアミドの加水分解反応が不可逆な高压内部ア  
ンモニア源として新たに開発した。

### § 3. 成果発表等

#### (3-1) 原著論文発表

##### 論文詳細情報(国際)

1. Keita Isogai, Keita Shinaji, Tsuyoshi Mase, Masashi Matsuura, Nobuki Tezuka and Satoshi Sugimoto, “Microstructure and Magnetic Properties of Mn-Sn-N and Mn-Sn-Co-N Alloys”, *Materials Transactions*, Vol. 54, No. 7, pp. 1236-1239, (2013). (DOI:10.2320/matertrans.M2013113)
2. Keita Isogai, Masashi Matsuura, Nobuki Tezuka and Satoshi Sugimoto, “Magnetic Properties of MnBi Fine Particles Fabricated Using Hydrogen Plasma Metal Reaction”, *Materials Transactions*, Vol. 54, No. 9, pp. 1673-1677, (2013). (DOI: 10.2320/matertrans.MAW201306)
3. Keita Shinaji, Tsuyoshi Mase, Keita Isogai, Masashi Matsuura, Nobuki Tezuka and Satoshi Sugimoto, “Influence of Heat Treatment on the Microstructure and Magnetic Properties of Mn-Sn-Co-N Alloys”, *Materials Transactions*, Vol. 54, No. 10, pp. 2007-2010, (2013). (DOI: 10.2320/matertrans.MAW201312)
4. Itsuki Matsushita, Atsunori Kamegawa, Masuo Okada, Satoshi Sugimoto, “Development of Novel Compounds in Co-Sb System by High Pressure Synthesis”, *IEEE Transactions on Magnetics*. Vol. 50, No. 1, 2102004, (2014). (DOI: 10.1109/TMAG.2013.2272799).
5. Masashi Matsuura, Keita Shinaji, Keita Isogai, Nobuki Tezuka, and Satoshi Sugimoto, “Microstructure and Coercivity of Nitrided Mn-Sn-Based Alloys”, *Journal of Alloys and Compounds* (Accepted).
6. Miho Yamauchi, Kazuya Okubo, Tatsuya Tsukuda, Kenichi Kato, Masaki Takata, Sadamu Takeda, "Hydrogen-induced structural transformation of AuCu nanoalloys

probed by synchrotron X-ray diffraction techniques", *Nanoscale*, Vol. 6, 4067-4071, (2014).

### (3-2) 知財出願

CREST 研究期間累積件数(国内 2 件)