

(1) 元素戦略研究拠点紹介

永久磁石の産業応用のための学理創出

01

Laying out the basic science for industrial development of permanent magnets

広沢 哲 HIROSAWA.Satoshi@nims.go.jp

物質・材料研究機構／元素戦略磁性材料研究拠点 代表研究者

1. これからの永久磁石

永久磁石材料はモーターや発電機の高効率化のために使用されることから、これからの持続可能な社会の創出に欠かせない基板材料の一つとしてその重要性がますます増大している。特に、都市部の大気汚染軽減とCO₂量削減のための重要技術であるハイブリット及び電気自動車(HEV, EV)の需要は今後も急速に増大し、それらに使用されているネオジム磁石においては、性能の究極的な最大化のみならず、セリウムなどの余剰希土類の活用技術も求められている。また、ドローンや産業用並びに医療・介護分野での補助ギア、さらには、電動航空機などの新規応用分野も今後成長すると考えられ、希土類元素濃度がさらに低い化合物を用いた新規な永久磁石の実用化が産業応用に寄与すると考えられる。それらには HEV, EV 用磁石とは異なった低伝導度や3次元形状自由度などの性能指数が重視される可能性があり、永久磁石材料の多様化がますます進むと考えられる。

2. 永久磁石材料創出のための学理

永久磁石材料は典型的な多元系金属または酸化物材料であり、焼結や熱処理工程を経た材料組織は熱力学的非平衡状態にある微細組織を有している。永久磁石材料創出のためには、主相が既存化合物であれ新規化合物であれ、微細組織が保磁力発現に必要な粒界副相などの要件を満たす必要がある。我々が目指す学理は、材料組織と残留磁束密度および保磁力との関係を理論予測できるものであり、さらに、材料組織の生成過程を記述し予測できるものでなければならない。我々が考えている体系を右図に示す。

3. 磁性材料研究拠点 ESICMM が生み出した成果

・熱力学データベースと状態図計算

ESICMM では Nd-Fe-B 系永久磁石材料の多元系合金状態図を CALPHAD により計算できるデータベースを NIMS 内に構築している。これは不可避かつ重要な不純物元素である酸素を含む Nd-Fe-B-Cu-Co-Al-Dy-Ga-O 系であり、内部ユーザーと NIMS 磁石パートナーシップ会員企業に対して状態図計算サービスを開始した。Sm-Fe-Co 系1-12型化合物を主相とする新規磁石開発のためのデータ蓄積も実施している。

・磁石材料の微細組織、および、局所磁性の計測と解析

ESICMM 解析グループは産業界と連携して開示可能な先端磁石材料の微細組織解析および局所磁性計測により組織と保磁力との関係を解明するとともに、それらに必要な計

測技術の開発を行っている。大型施設との連携では、SPRing-8 と共同開発した元素敏感・高解像度の XMCD 磁気顕微鏡による Nd-Fe-B 磁石の超高真空下破断面の磁区解析[1]、試料酸化を徹底的に抑制した in-situ 回折装置による Nd-Fe-B 磁石材料中の相変化の追跡[2]などを実施し、それら設備は産業界からも利用されるようになっている。

・学理の適用による新規低希土類磁石材料の開発

ESICMM が初めて安定化元素 Ti を含まず高磁化を有する NdFe₁₂N および Sm(Fe-Co)₁₂ の単結晶薄膜の磁性を公表して以降、1-12型化合物を永久磁石材料として利用するための研究が活性化している。ESICMM では多結晶異方性薄膜で保磁力 0.84 テスラを得た[3]。電子論計算に基づく多元化による相安定化、熱力学平衡実験と電子論計算に基づく粒界副相探査など、Nd-Fe-B 系でこれまでに構築した研究手法を駆使して、新物質発見からバルク磁石化までに要する開発時間を従来型研究よりも短縮できると考えている。

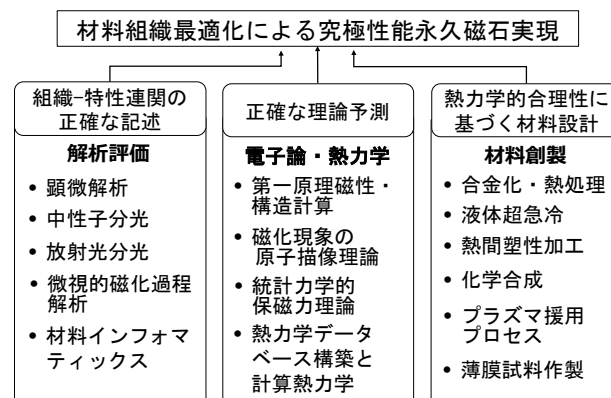


図 永久磁石材料創出のための学理体系と研究実施内容

【関連プロジェクト】

高効率モーター用磁性材料技術研究組合(MagHEM)

【参考文献】

- [1] K. Miyazawa et al., Acta Mater. 162, 1 (2019).
- [2] H. Okazaki et al. Acta Mater. 181, 530 (2019).
- [3] D. Ogawa et al. Scr. Mater. 140 (2019).

【関連 WEB】

- [1] ESICMM ホームページ <https://www.nims.go.jp/ESICMM/>
- [2] MagHEM ホームページ <http://maghem.jp/>