

茨城県材料構造解析装置 iMATERIAによる磁石材料研究

KEK¹、NIMS²、トヨタ³、豊田中研⁴、茨城大⁵、ISSP⁶
斎藤耕太郎¹、上野哲朗²、矢野正雄³、宮本典孝³
庄司哲也³、真鍋明³、加藤晃³、金子裕治⁴
石垣徹⁵、阿部太一²、土居抄太郎⁶、小野寛太¹
kotaro.saito@kek.jp

永久磁石は現代の高度な科学技術社会を支える重要な製品であり、特に強力な磁石は省エネルギー社会の実現には欠かせない。現在最強の磁石であるNd-Fe-B磁石は30年以上前に佐川らによって発見されたNd₂Fe₁₄Bを主原料としており[1]、製品化以降は企業や大学・研究機関による膨大な数の性能向上を目指した研究が積み重ねられてきた。しかし、強い磁石に対する産業界の旺盛な需要と永久磁石特有の材料的複雑さから、磁気特性の改善を目指す研究が圧倒的な主流になり、なぜ強いのかといった基礎的な理解を目指した研究はあまり行われてこなかった。我々は、元素戦略磁性材料拠点において、中性子及び放射光といった大型実験施設を活用してこれまで欠けていた永久磁石の基礎的理解を深めるべく研究を行っている。本発表ではJ-PRAC/MLFの中性子回折装置iMATERIAで行った実験を紹介する。

強磁性体Sm₂Fe₁₇N₃は熱的に不安定なため焼結磁石には加工できないものの、粉末を樹脂で固めるタイプの磁石として製品化されている。しかし、Smが巨大な中性子吸収断面積を持つため中性子回折による磁気構造の報告が皆無であった。我々はiMATERIAにおいて通常よりも長時間の測定をすることで同位体置換等を行わずに比較的Smの濃度が低いSm系化合物の磁気構造解析が可能であることを示した(図1)。

耐熱性を上げるためにNd-Fe-B磁石にはDyがよく添加されるが、Dyが主相のどの結晶学サイトにどれだけ分布しているかはきちんと検証されていない。我々は元素ごとの散乱断面積が周期表と無関係であるという中性子回折の特徴を活用して、Dy置換Nd₂Fe₁₄BにおけるDyのサイト占有率を明らかにし、CALPHAD法による熱力学的計算との比較から、計算値と実験値がよく一致することを示した。

永久磁石の性能の一つである保磁力は、主成分の強磁性体の磁気的性質よりも数wt%程度の副相の種類や分布に強く左右されるが、これまでの副相の研究は表面の顕微観察がほぼ全てを占めており、実際にバルク焼結磁石の中でこういった割合でどんな副相が含まれており、熱処理によりそれらがどう変化するかといったことは明らかではない。我々は中性子の透過性を利用して、バルクNd-Fe-B焼結磁石中の副相を検出し、高温でのdhcp-Ndの融解、副相の格子定数と主相格子手数との結合を観測した(図2)。

[1] M. Sagawa *et al.*, J. Appl. Phys. 55, 2083 (1984).

[2] S. Sugimoto, J. Phys. D: Appl. Phys. 44, 064001 (2011).

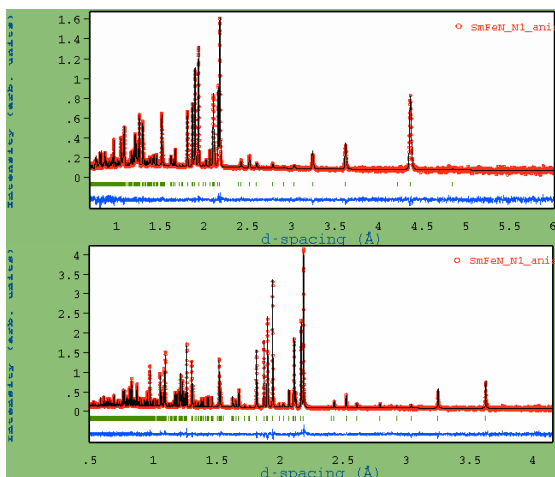


図1 Sm₂Fe₁₇N₃の強磁性相におけるリートベルト解析結果

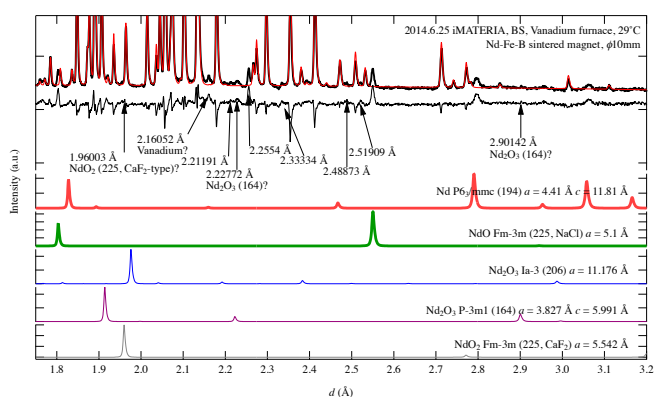


図2 Nd-Fe-B焼結磁石の中性子回折結果