

# 高性能磁石の実現にむけた SPring-8 の元素戦略活用 ～磁石組織と磁性の可視化による課題解決～

高輝度光科学研究センター/SPring-8<sup>1</sup>、ESICMM<sup>2</sup> 中村 哲也<sup>1,2</sup>

naka@spring8.or.jp

磁性材料研究拠点では、高性能永久磁石を希少元素フリーで創製することを目標とする。その解析評価においては、SPring-8 で即座に利用可能な既存計測技術の活用と並行し、保磁力機構を磁石組織と関連づけて解明するため、新たに走査型軟X線 MCD 顕微鏡 (SXM: Scanning X-ray Microscope) を開発し、その利用研究が始まっている。

ネオジウム焼結磁石は、粒径 3~10  $\mu\text{m}$  の  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  結晶を主相とし、その粒間を Nd 合金や Nd 酸化物が粒界相として充たす微細組織を有する。 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  結晶の異方性磁界 ( $H_A$ ) は約 7.5 T であり、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  結晶の磁化の初期状態に関わらず、 $H_A$  以上の外部磁場印加により磁場方向に完全に磁化するため、ネオジウム磁石の保磁力限界は約 7.5 T となる。したがって物性値 ( $H_A$ ) からは、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  の巨大単結晶こそが究極の永久磁石であるように思えるが、実際の単結晶の保磁力は非常に小さく、磁石として使い物にならない。ネオジウム焼結磁石は現在最強の永久磁石であるが、その保磁力は微細組織を形成してはじめて実用的な値 (市販磁石で約 1.2 T) となることが知られている。したがって、保磁力を最大化する微細組織の形成が材料開発の直接的な課題と位置づけられる。

保磁力機構 (磁性) を微細組織 (空間) と実験的に関連づける磁区観察では、保磁力の「弱点」である逆磁区発生箇所を微細組織中に見出すことや、逆磁区の拡大過程からピニング機構を明らかにすることが求められている。しかし、ネオジウム焼結磁石試料の研磨面や薄片では保磁力が顕著に低下するため、試料条件として平滑面や薄膜を必要とする従来の磁区観察法では、本来の保磁力と微細組織の相関を議論することが出来なかった。一方、我々は軟X線 MCD 測定により、同じ磁石表面でも粒界破断面では保磁力が良好に保たれることを見出した[1]。そこで、破断面の磁区を磁場印加条件下で観察可能な放射光計測技術として、最大発生磁場 8 T の超伝導マグネットを備えた SXM 装置を開発した[2]。図 1 に装置概観と観察例を示す。本装置の利活用により、我が国の産業と学術が取り組む永久磁石材料研究が一層加速することを期待し、本シンポジウムにおいて計測技術の特徴と、その利用を通して見てきた磁区変化の様子を報告する。

破断面の磁区を磁場印加条件下で観察可能な放射光計測技術として、最大発生磁場 8 T の超伝導マグネットを備えた SXM 装置を開発した[2]。図 1 に装置概観と観察例を示す。本装置の利活用により、我が国の産業と学術が取り組む永久磁石材料研究が一層加速することを期待し、本シンポジウムにおいて計測技術の特徴と、その利用を通して見てきた磁区変化の様子を報告する。

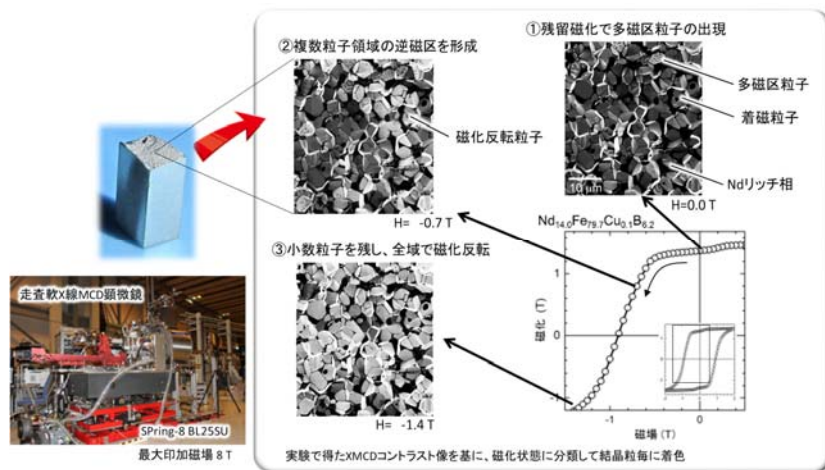


図 1 BL25SU に設置した SXM 装置 (左下) とネオジウム磁石破断面における磁区の磁場変化観察例 (右)。

[1] T. Nakamura; Appl. Phys. Lett. **105**, 202404 (2014).

[2] Y. Kotani; submitted.