

量子ビームを用いた構造及び磁性解析に基づく 希少元素フリー高保磁力永久磁石の開発

Toward Dy-free High-Coercivity Permanent Magnets Standing upon Structural and Magnetic Analyses Using Quantum Beams

広沢 哲¹、小野寛太²、中村哲也³・元素戦略磁性材料研究拠点(ESICMM)

¹物質・材料研究機構、²高エネルギー加速器研究機構、³高輝度光科学研究センター

元素戦略磁石材料研究拠点(Elements Strategy Initiative Center for Magnetic Materials; ESICMM)は、希少元素を用いない永久磁石材料の研究開発を遂行し、磁性材料研究の工学的基盤となる材料科学の深耕と人材育成を目指すプロジェクトであり、(1)「先端解析・計測プラットフォーム」、および、材料組織予測を含む保磁力理論研究プラットフォームとしての(2)「磁石シミュレータ」の構築を掲げ、理論、計測解析、材料創製各グループ間の連携研究を推進している。(1)には、量子ビームを用いた結晶及び磁気構造解析 (KEK/PF, J-PARC, JASRI/SPring-8)が含まれ、XMCD 計測による元素選択的磁化測定と磁区解析、高温環境下での in-situ 構造解析とプロセス解析、中性子散乱および回折による磁気物性値ならびに構造の解析などを遂行している。これらの研究は、磁性電子論、保磁力理論、材料組織制御に必須の生成自由エネルギーや状態図等のデータ基盤整備、フェーズフィールド・シミュレーションなどの基盤的研究とも連携している。Dy フリーの高保磁力化を目指した微結晶異方性磁石の研究では、中性子小角散乱強度解析を用いて、低融点 Nd-Cu 合金を粒界に拡散処理した材料における結晶粒子間磁気結合の変化をとらえることに成功し、保磁力向上メカニズムを明確にした。Nd-Fe-B 焼結磁石については、粒界相制御に向けた更なる材料科学の深化が必要であり、これまでに、厚さ約 2nm のアモルファス粒界相のソフト X 線 MCD 解析による磁性の決定、in-situ 高温 X 線回折を用いた副相生成分解過程の解析と基本系状態図改訂への展開、中性子回折による磁気構造およびサイト内 Dy 置換率解析と、それと対比した第一原理熱力学計算結果の検証、ハード X 線ナノビームを用いた走査型 X 線顕微鏡による組織と磁区挙動の関連解析、中性子非弾性散乱による交換ステイフネス定数の決定などの研究成果を得た。新磁石材料の探索研究に対しても既存磁石化合物を用いて結晶構造及び磁気構造解析の準備を整え、第一原理電子論計算の妥当性の検証に用いるとともに、最近 ESICMM で合成に成功した NdFe₁₂N 等の解析にも着手している。