

産学共創基礎基盤研究プログラム 平成 28 年度事後評価結果

1. 研究課題名：磁気構造可視化に基づく保磁力モデルの構築

2. 研究代表者：小野 寛太（高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所
准教授）

3. 研究概要

本研究課題は、放射光の特性に着目し、永久磁石内部の磁気構造を可視化する技術を開発すると共に、大規模な計算機シミュレーションと組み合わせることにより、Nd-Fe-B 磁石の新しい保磁力モデルを構築し、以て、次世代高保磁力磁石の設計指針を得ることを目標としている。

永久磁石内部の磁気構造を可視化する技術の開発においては、まず、Swiss Light Source の X 線顕微鏡を用いて、(Nd,Dy)-Fe-B磁石の Nd、Dy、Fe元素それぞれの化学マッピングおよび元素識別磁区観察を10ナノメートルオーダーの空間分解能で行うことに成功している。また、放射光科学研究施設において、新たな X 線顕微鏡装置を立ち上げ、40 ナノメートルの空間分解能を達成し、国内での元素識別磁区観察を可能にしている。X 線顕微鏡を用いた研究においては、産学共創の場合およびプログラムオフィサー (PO) の指摘に基づき、研究対象を熱間加工Nd-Fe-B磁石に絞り研究が進められ、後述するマイクロ磁気学に基づくシミュレーションを組み合わせ、静磁気エネルギー分布等と磁化過程の関係が明らかにされている。

また、保磁力機構解明を助ける手法としてマイクロ磁気学に基づく磁化過程の大規模シミュレーション手法の開発、非平衡物理のドメイン形成理論に基づく現象論モデルの構築とシミュレーションなどを行っている。さらに、X 線顕微鏡による観察結果、中性子小角散乱によって得たバルク磁石の逆磁区あるいは反転結晶粒の体積と密度磁気微細構造の平均サイズなどの解析結果に基づき、大規模マイクロマグネティクスシミュレーションなどを融合利用して、Nd-Fe-B 系磁石の磁化過程の明確化が進められている。

4. 事後評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

本研究課題において、X 線顕微鏡を用いて、永久磁石の構成元素それぞれの化学マッピングおよび元素識別磁区観察を 10 ナノメートルオーダーの空間分解能で行う技術を開発したこと、および、中性子小角散乱の実験データからバルク磁石の磁気微細構造の平均サイズなどを定量的に求めるための手法を開発したことは、放射光を利用した新しい永久磁石評価技術の開発として高く評価できる。また、放射光科学研究施設において新たな X 線顕微鏡装置を立ち上げ、国内で磁石の元素識別磁区観察を可能にしたことも、我が国の永久磁石に関する

る研究を加速する観点から評価できる。

X線顕微鏡による元素識別磁区観察は透過X線を使用するので、試料厚さは100 nmレベルに制限されるが、極微細結晶で構成される熱間加工磁石などの磁化過程解明に極めて有効である。産学共創の場およびP0の指摘に基づき、研究対象を熱間加工Nd-Fe-B磁石に絞り研究を進めて磁化過程に関する知見を得た点は、産学共創の場が有効に機能したと評価できる。

保磁力機構解明を助ける手法としてマイクロ磁気学に基づく磁化過程の大規模シミュレーション、非平衡物理のドメイン形成理論に基づく現象論モデルの構築とシミュレーションが進められている。磁気構造可視化技術との組み合わせにより、保磁力発生機構がより明確となることを期待したい。

4-2. 今後の研究に向けて

本研究課題では、X線顕微鏡を利用して、高分解能で元素識別磁区構造を観察する技術が開発された。また、X線顕微鏡・中性子小角散乱から得た観察結果を基にした保磁力発生機構へのアプローチが示された。いずれも大型研究施設を利用する必要がある。産業界との共同研究を加速すると共に、開発技術・手法の利用に対するハードルを下げ、産業界の研究者が利用しやすい環境を作るように努力して頂きたい。

極めて大規模なマイクロ磁気学シミュレーションおよび非平衡物理のドメイン形成理論に基づくシミュレーションが進められている。放射光を利用して可視化された磁気微細構造とシミュレーション技術を融合利用し、早急に新しい保磁力モデルが構築されることを期待したい。

4-3. 総合評価

総合評価 A

本研究課題は、放射光の特性に着目し、永久磁石内部の磁気構造を可視化する技術を開発すると共に、大規模な計算機シミュレーションと組み合わせることにより、Nd-Fe-B磁石の新しい保磁力モデルを構築し、以て、次世代高保磁力磁石の設計指針を得ることを目指している。

本研究課題で提示された高保磁力磁石の設計指針は従来の枠組みを超えるものではないが、X線顕微鏡を用いて、永久磁石の構成元素それぞれの化学マッピングおよび元素識別磁区観察を10ナノメートルオーダーの空間分解能で行う技術を開発したことは、放射光を利用した新しい永久磁石の評価技術の開発として高く評価できる。また、今後、永久磁石の保磁力発生機構の解明と次世代磁石創製に大きく寄与すると期待できる。

以上