

産学共創基礎基盤研究プログラム 平成 30 年度中間評価結果

1. 研究課題名：ネオジム磁石の超微結晶化による高温磁石特性の飛躍的改善
2. 研究代表者：宝野 和博（物質・材料研究機構 理事／磁性・スピントロニクス材料研究拠点 拠点長）

3. 研究概要

革新的次世代磁石の開発に向けて、高保磁力・高残留磁化バルク磁石の創製及び高保磁力化のための保磁力メカニズムに関する基礎研究を実施する課題である。具体的には以下の研究を実施する。

高保磁力・高残留磁化バルク磁石の創製については、液体急冷粉の熱間加工法ならびに HDDR 法で超微結晶ネオジム磁石を作製し、粒界エンジニアリングにより室温保磁力を 2.5 T 以上に高める。微結晶化による保磁力の温度依存性の改善を活用し、160 °C で 0.8 T 以上の保磁力を維持できる Nd-Fe-B 系磁石を重希土類元素なしに実現する。さらに、結晶配向と非磁性粒界相の体積分率を最適化することにより、室温での残留磁化 1.35 T、保磁力 2.5 T のネオジム磁石を実験室レベルで実現すると共に 160 °C で 0.8 T を越える保磁力を有する磁石を重希土類元素なしに達成する。

上記目標を達成するための保磁力メカニズムに関する基礎研究に関しては、SEM、収差補正 STEM、3次元アトムプローブを相補的に活用して、マイクロ-ナノ-原子レベル分解能で試作磁石の微細構造を詳細に解析し、保磁力と微細構造、特に結晶粒界における界面構造と試作磁石中の第2相の分布状態との関係を明らかにする。これらの結果に加えて、マイクロマグネティクス理論に基づく計算機解析の結果も参考にしながら、高保磁力化に必要な微細構造を明確にする。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

高保磁力・高残留磁化バルク磁石の創製に関しては、まず、室温での高残留磁気分極化を進め、Nb 添加重希土類フリーの熱間加工磁石で、1.54 T の高残留磁気分極を得ることに成功している。さらに、Nd₆₀Tb₂₀Cu₂₀ 合金を用いた熱間加工磁石の拡散処理により、磁石サイズが 4×4×2 mm³ と小さく、1.57 wt.% の Tb を含有しているものの、室温において保磁力 2.5 T、残留磁気分極 1.38 T、160 °C において保磁力 1.3 T を達成している。また、これらの磁石の微細構造が解析され、高残留磁気分極及び高保磁力を可能とした微細構造等が示されている。

保磁力メカニズムに関する基礎研究については、Nd-Fe-B 磁石の微細構造のマルチスケール解析及び Nd-Fe-B 磁石の磁化反転シミュレーションと動的観察が行われている。Nd-Fe-B

磁石の微細構造のマルチスケール解析においては、Dy 拡散焼結磁石の磁気特性と微細組織を詳細に調べ、Dy 拡散焼結磁石における高保磁力化メカニズムを明らかにすると共に、Nd リッチ Ga 添加熱間加工磁石の磁気特性と微細組織の関係を調べ、高保磁力 Nd リッチ Ga 添加熱間加工磁石が得られる微細組織を明らかにしている。磁化反転シミュレーションと動的観察においては、マイクロマグネティクス理論に基づく計算機解析と磁気光学カー効果 (MOKE) による磁区観察を組み合わせ、粒界相と結晶配向が保磁力に及ぼす影響を明らかにしている。

4-2. 今後の研究に向けて

高保磁力・高残留磁化バルク磁石の創製については、所期の目標である、室温において保磁力 2.5 T 以上、残留磁気分極 1.35 T 以上、160 °C において保磁力 0.8 T 以上の磁気特性は達成されているが、現時点では、1.57 wt.% の Tb が含有されている。重希土類フリーあるいは更なる Tb 量の抑制に向けての研究進展を期待する。

詳細な微細構造の解析、磁区構造観察、計算機シミュレーションを相補的に利用した保磁力メカニズムに関する基礎研究が展開されている。その研究成果が革新的次世代高性能磁石の創製に、更には、我が国の産業競争力の強化に繋がることを期待する。

なお、元素戦略磁性材料研究拠点 (ESICMM) と本研究の研究成果の棲み分けに留意して頂きたい。

4-3. 総合評価及び研究継続の可否

総合評価 S、研究継続 可

マイルストーンとして設定した高残留磁気分極バルク体が作製されている。高保磁力、高残留磁化超微結晶バルク磁石についても、サイズが小さいものの、目標を上回る特性が得られている。作製された磁石については、その微細組織が詳細に解析され、目標達成に寄与した微細構造が明らかにされている。

保磁力発生機構に関する基礎研究については、Dy 拡散 Nd-Fe-B 焼結磁石および Nd リッチ Ga 添加熱間加工 Nd-Fe-B 磁石を対象に、微細構造のマルチスケール解析と磁化反転シミュレーションおよび磁区観察を組み合わせ、保磁力発生機構が総合的に研究され、高保磁力化の指針が示されている。

複数の研究手法を相補的に利用して保磁力の発生機構に迫っている点、および高保磁力化の具体的提案がなされている点から、計画を上回って進行しており、継続可と評価する。

以上