

研究代表者	宝野 和博（物質・材料研究機構 理事・フェロー）
研究開発担当者	大久保忠勝（物質・材料研究機構 磁性・スピントロニクス材料研究拠点 磁性材料解析グループリーダー） Amin, Sepehri Hossein（同 主幹研究員） 佐々木泰祐（同 主幹研究員）
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
研究概要	液体急冷／熱間加工法ならびに水素吸蔵分解反応法で微細化したNd-Fe-B系超微結晶異方性磁石を試作し、それらの結晶粒界を改質することにより、従来のネオジム磁石よりも優れた磁気特性・耐熱性を実現するための原理検証を行う。微結晶化により保磁力の温度依存性を改善し、重希土類元素を使わず160°Cにおいても保磁力0.8Tを確保できる磁石を試作する課程で、微細化による保磁力・耐熱性改善のメカニズムを理解しその結果を公表することにより、産業界における開発研究の指針を示す。

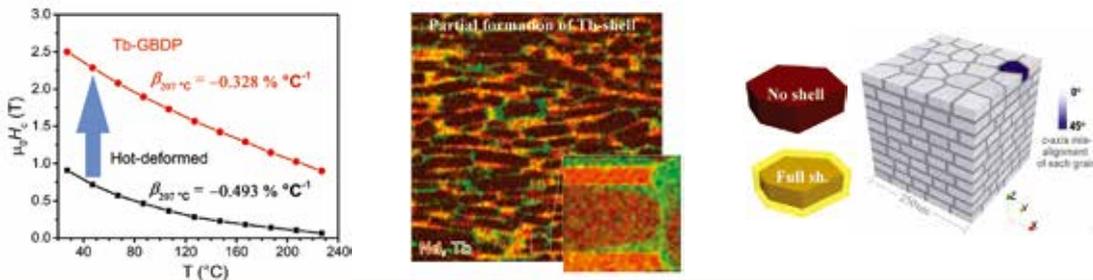
研究目標・成果

高保磁力、高残留磁化バルク磁石の創製

超微細結晶Nd-Fe-B磁石の試作と粒界エンジニアリング

Nd₆₀Tb₂₀Cu₂₀低温共晶合金を用いて熱間加工磁石の粒界拡散処理を行った結果、室温で保磁力2.5 T、残留磁化が1.38T、160°Cで1.3 Tの保磁力を達成した。組織解析の結果、個々の粒子を取り囲む粒界相と、Tbリッチシェル組織の形成が確認され、保磁力向上に貢献したことが明らかになった。

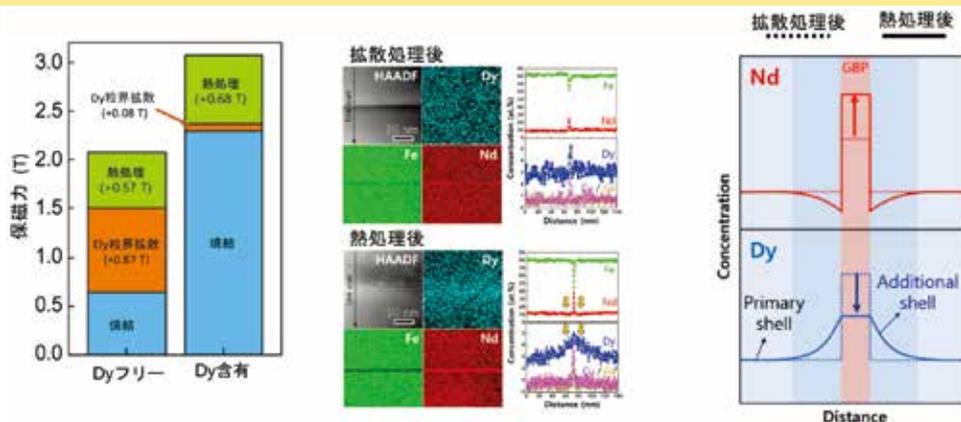
J. Li et al. Acta Mater. 161 (2018) 171.



Nd-Fe-B磁石の微細構造のマルチスケール解析

Dy粒界拡散処理を施した焼結磁石の微細組織を解析したところ、拡散処理とその後の低温熱処理によって、Nd₂Fe₁₄B相の表面付近で、2層のDyリッチシェルが形成することが、保磁力向上のキーポイントであることを明らかにした。

T-H Kim et al., Acta Mater.172(2019)139.

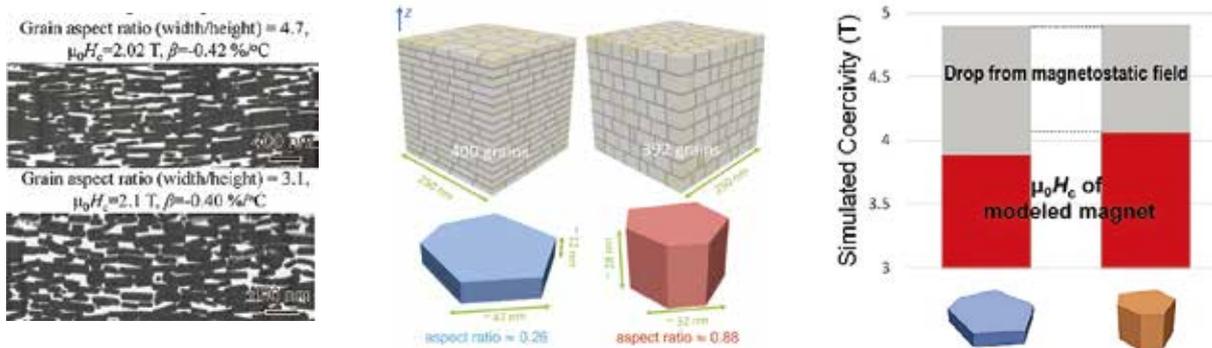


高保磁力化のための保磁力メカニズムに関する基礎研究

Nd-Fe-B磁石の磁化反転シミュレーションと動的観察

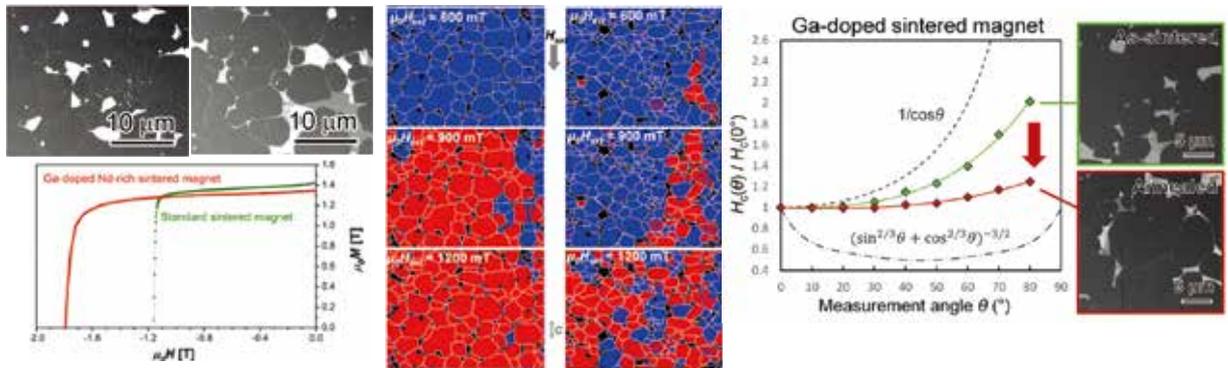
熱間加工磁石の微細構造をモデルとしたマイクロマグネティクスシミュレーションにより、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 結晶粒の形状が保磁力とその温度依存性に及ぼす影響を調べ、耐熱性に優れたネオジム磁石設計の指針を示した。

X. Tang et al. Acta Mater. 183 (2020) 408.



焼結後の熱処理により大きく保磁力が変化するGa添加Nd-Fe-B焼結磁石の、残留磁化状態から外部磁場印加による磁区像の変化を光磁気力一効果顕微鏡で動的に観察した結果、最適化熱処理後に形成される非強磁性の粒界相により磁化反転挙動が磁壁のピンギングから核生成タイプに近づくことが確認された。その後の保磁力の磁界印加角度依存性から、粒間の磁気結合は完全には切断されていないことが判明、結晶粒の完全な磁気的分断によりさらに高保磁力化が可能であることを示した。

M. Soderznik et al. Acta Mater. 135 (2017) 68. J. Li et al. Acta Mater. 287 (2020) 66.



想定する分野・用途

- 電気自動車、風力発電、ドローンなど動作温度が上昇する応用での省希少元素高性能磁石

最終目標

- 産業界での高性能磁石開発に資する保磁力メカニズムと耐熱性に関する基盤研究
- Nd-Fe-B系磁石で、室温残留磁化1.4 T, 保磁力2.5 T, $\mu_0 H_c > 0.8 \text{ T}$ @ 160°C同時達成

産業界への要望

- Nd-Fe-B系磁石の高性能化のために解決しなければならない基盤研究ニーズの提供
- 保磁力メカニズム解明のために適した試料の提供

お問合せ つくば市千現1-2-1 物質・材料研究機構 E-mail : kazuhiro.hono@nims.go.jp