



磁性材料研究拠点

(ESICMM: 物質・材料研究機構)

代表研究者 広沢 哲 Satoshi Hiroswa

ESICMMの到達目標

- ▶ 希少元素によらずに大量生産可能な次世代永久磁石材料の創製
- ▶ 産業界での開発研究および生産技術に必要な基礎学理と技術基盤の構築
- ▶ 次世代につなぐ磁性材料研究を担う人材の育成

研究体制

これまでの主任研究員、アドバイザー

<p>統括・企画運営</p> <p>代表研究者 広沢 哲</p> <p>企画マネージャー 三俣千春</p>	<p>電子論グループ</p> <p>GL: 三宅 隆 (AIST) 新材料理論予測</p> <p>常行真司 (物性研) 共通基盤、理論構築</p> <p>小倉昌子 (大阪大) 磁性理論計算 (2012FY)</p> <p>古月 暁 (NIMS) 新規磁気現象磁石機能 (2012-2013FY)</p> <p>合田義弘 (東工大) 大規模計算構造解析</p> <p>土浦宏紀 (東工大) 保磁力理論の祖視化</p> <p>宮下精二 (物性研) 保磁力の熱統計力学</p> <p>只野央将 (NIMS) 第一原理格子ダイナミクス (2019FY~)</p>	<p>解析評価グループ</p> <p>GL: 宝野和博 (NIMS) ナノ組織解析</p> <p>中村哲也 (東北大SRIS) 放射光解析</p> <p>小野寛太 (KEK) 中性子・X線解析</p> <p>岡本 聡 (東北大多元研) 微視的・動的磁化挙動の解析</p> <p>袖山慶太郎 (NIMS) 画像インフォマティクス (2019FY~)</p>	<p>材料創製グループ</p> <p>GL: 杉本 諭 (東北大) 複合組織材料の創製</p> <p>高梨弘毅 (東工大) 非希土類磁石 (2012-2015FY)</p> <p>寺西利治 (京大化研) 磁性ナノ粒子の合成</p> <p>高橋有紀子 (NIMS) 薄膜による新材料探索</p> <p>大久保忠勝 (NIMS) パルク磁石材料の創製</p> <p>中村裕之 (京大・工) 酸化物磁石物質 (2019FY~)</p>
<p>アドバイザー (50音順)</p> <p>石坂 力/鈴木健一 (TDK) 入山 恭彦 (大同特殊鋼) 加藤 晃/庄司哲也 (トヨタ自動車) 北村正司/榎本裕治 (日立製作所) 佐川 真入 (大同特殊鋼) 中村 元 (信越化学工業) 西内武司 (日立金属) 三嶋千里 (愛知製鋼)</p> <p>赤井久純 (東大物性研) 小口多美夫 (阪大基礎工) 尾崎公洋 (AIST/MagHEM) 佐久間昭正 (東北大) 鈴木淳市 (J-PARC) 高田 昌樹 (東北大PhoSIC) 常行真司 (東大) 寺倉清之 (北陸先端大)</p>	<p>熱力学サブグループ</p> <p>阿部太一 (NIMS) CALPHAD 熱力学計算</p> <p>小山敏幸 (名大) Phase-field 応用解析</p>		

ロードマップ

永久磁石の基盤学理を創出し、サイエンスに基づく究極性能永久磁石の開発を先導してきた。

年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
A. 課題解決 (材料開発)	"2-14-1系Dy-フリーNd-Fe-B磁石"					"R-Fe-X系究極高性能磁石の実現"				
B. 物質探索、実験検証	新磁石物質探索					新磁石物質および副相物質探索				
C. 基盤研究	保磁力機構実験解析					保磁力理論の実験検証				
産学連携準備	学振147委員会 (磁石分科会)					NIMS磁石パートナーシップ				

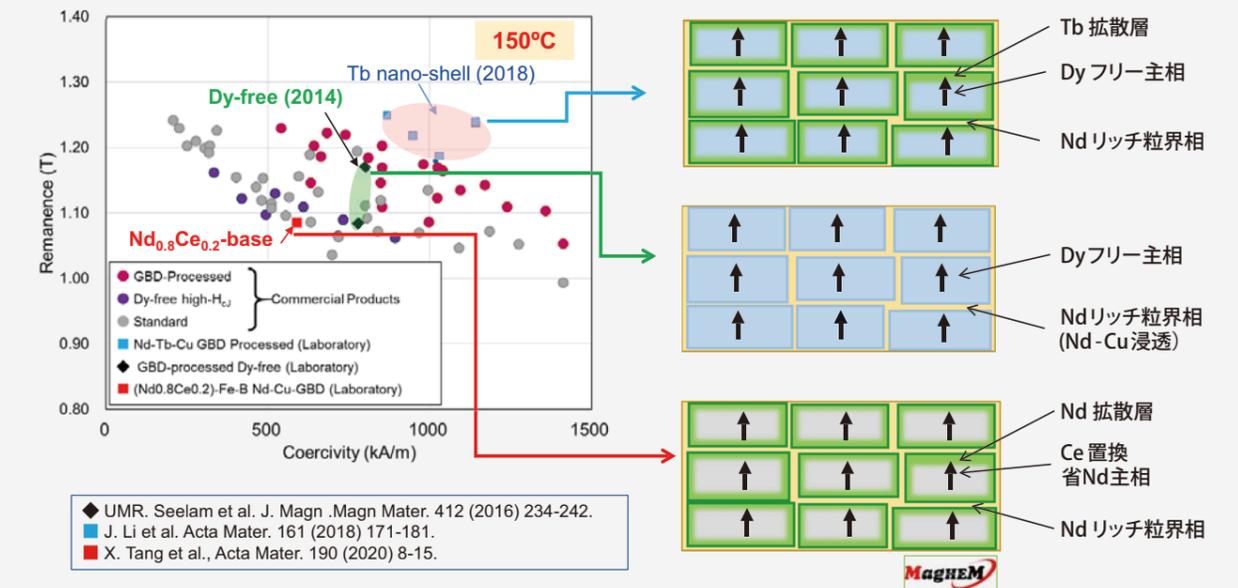
産業界の磁石研究開発を先導する 世界最高の磁石研究拠点

新しい基盤学理の創出

究極の高性能磁石を実現させた多面的組織解析と理論から汎用的な指針を導出

Nd-Fe-B磁石の高性能化は粒界の組成および磁性の解明と低融点Nd合金の粒界拡散を用いた新しい手

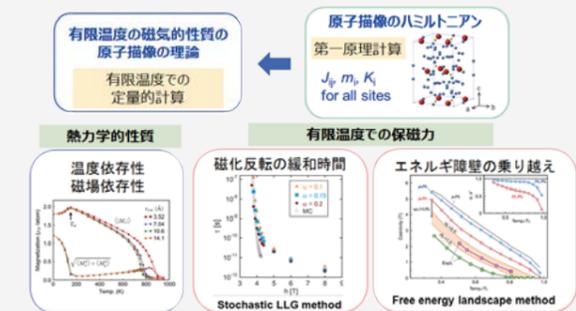
法の開発により実現した。この解析過程を基に導いた汎用的な指針は、省ネオジウム磁石や1-12型などの新規磁石の高性能化指針として企業における研究開発の中でも用いられている。



基盤的研究から導出した材料組織設計のコンセプト(右)と、ESICMMの高性能Nd-Fe-B系磁石例(角型記号)の150°Cでの磁気特性(左)

マイクロマグネティクスの新展開

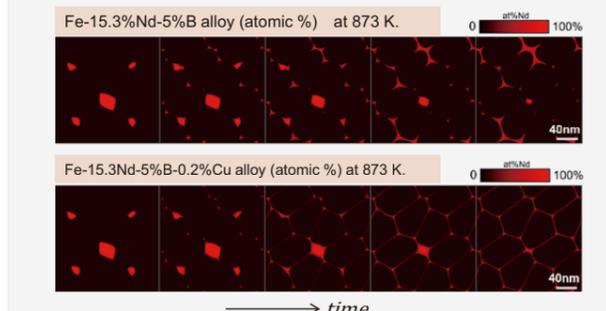
保磁力理論における温度効果のサイエンスを明確にした。これにより、材料組織に基づいたシミュレーションと実測を用いてシミュレータを学習させる、データ駆動型マイクロマグネティクスによる磁石開発への道を開いた。



結晶構造と元素種の情報だけを使って熱ゆらぎのある有限温度の保磁力を計算する種々の手法を開発し、温度効果のサイエンスを明確にした。S. Miyashita et al., STAM 22 (2021) 658

永久磁石材料の熱力学データベースを構築

熱力学データが凝集されたCALPHADデータベースをNIMSに構築。10年前にはできなかった多元系ネオジウム磁石や新規な1-12型磁石の組成設計や、フェーズフィールド法による組織形成過程の解析に威力を発揮している。

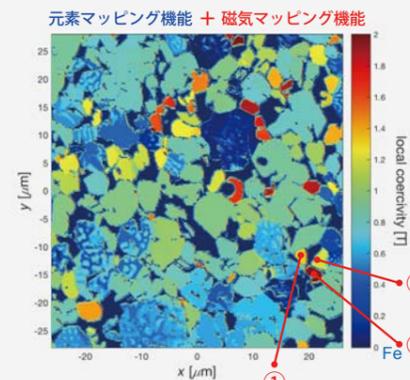


整備された熱力学データを使って、Nd-Fe-B磁石における必須微量元素 Cu の粒界相形成機能を明らかにした。T. Koyama et al., STAM 22 (2021) 1

社会実装につながる成果

中性子や放射光磁気顕微鏡による磁石内部の粒界副相の元素分析磁気構造解析技術の開発

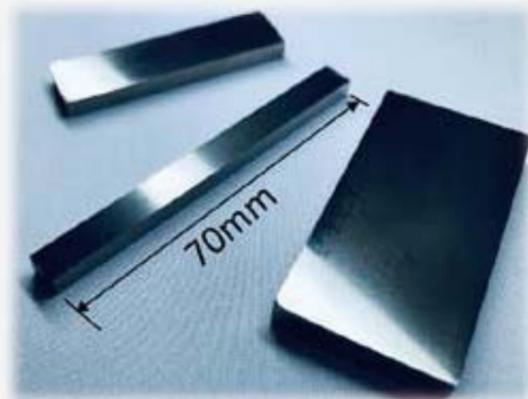
アトムプローブなどの3次元元素マッピングと結晶粒ごとの磁化過程との対照が可能となり、機能発現原理の解析が飛躍的に進歩した。これらの技術は磁石材料の研究開発に有用であり、企業からの利用も進んでいる。



Nd_{13.7}Pr_{0.02}Fe_{77.9}B_{5.97}Al_{0.12}Cu_{0.09} (at%) 焼結磁石中の結晶粒子ごとの保磁力分布カラーマップ (放射光磁気顕微鏡: JASRI)
D. Billington et al. Phys. Rev. Mat. 2, 104413 (2018)

耐熱Nd-Fe-B磁石(Dyを4から8%添加)のDyフリー化に成功

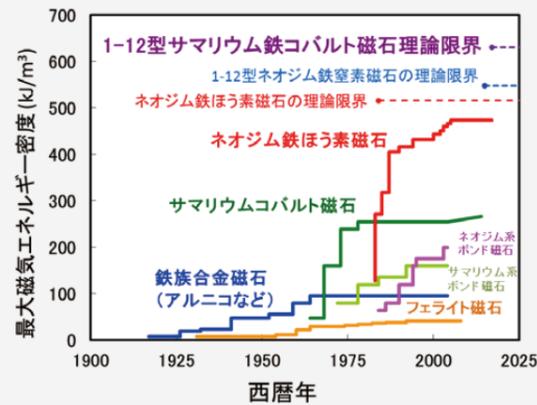
熱間加工磁石を基材として粒界相ナノ組織を制御し機能発現元素を局所配置。その指針に基づいて企業が実用化研究を進めている。



NIMSの熱間押し出しNd-Fe-B磁石
MI活用により高性能化達成。Dyフリー基材として用い、粒界拡散処理を用いてナノ組織を形成することにより、世界最高レベルの高性能を実現した。

Nd-Fe-B磁石を超えるSm(Fe-Co)₁₂を創出

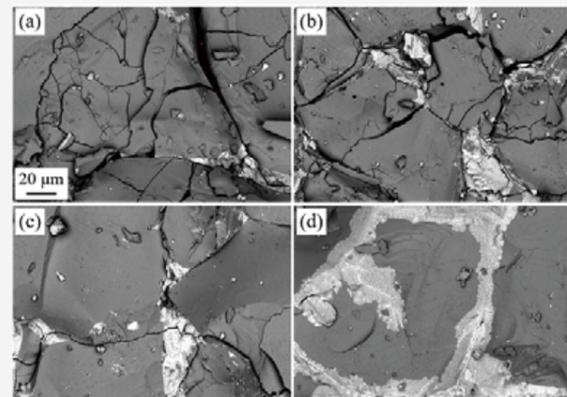
薄膜技術により創製した1-12型化合物はNd₂Fe₁₄Bを超える理論限界を示していた。組成改良により安定化し、磁石粉末と焼結磁石の開発が企業でも進められている。



永久磁石の発展史における1-12型新化合物の位置づけ
Nd-Fe-B系磁石はすでに理論限界近くに到達しているが、新規な1-12型化合物はさらに高い理論限界を持っている。

粉末磁石の高性能化に成功

プロセス原理の解明に基づいて原料工程にさかのぼってプロセスを改良し、Nd-Fe-B系異方性磁石粉末、および、Sm₂Fe₁₇N/Zn複合磁石で世界最高性能を実現した。



Nd-Fe-B系HDDR粉末(東北大-愛知製鋼)
原料粉末のクラック低減と副相分布最適化により高性能化を達成。高性能異方性ボンド磁石としての展開が期待されている。
T. Horikawa et al. STAM 22 (2021) 729

プロジェクトのバトンをつなぐ

新しい産学連携プラットフォーム

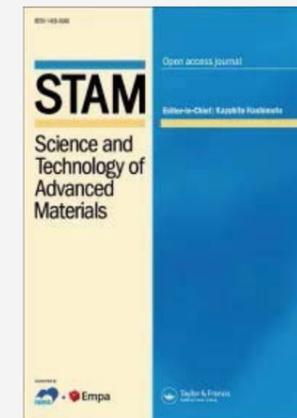
ESICMMの成果である基盤的学理と多分野にわたる研究ネットワークをプロジェクト終了後も継続していくことが産業界からも求められている。

磁石製造各社の共通基盤研究を共同実施する枠組みとして、NIMSのマテリアルズオープンプラットフォームに「磁石MOP」を設置する構想をたて、発足に向けた準備を進めている。

磁石産業界の実情に沿った学術成果の発信

ESICMM成果を中心とする論文特集をオープンアクセス誌STAMに企画掲載した。

また、磁石関連企業を会員とするNIMS磁石パートナーシップを設置し、最新の研究成果を定期的にわかりやすく発信することを考えている。



NIMSとEmpaが共同主催するオープンアクセス誌STAM (IF値 8.090)



磁石パートナーシップ研究会風景 (2019年4月)

