

「次世代自動車向け高効率モーター用 磁性材料技術開発」 (事後評価)

(2012年度～2021年度 10年間)

※2012-2013年度は経済産業省直執行

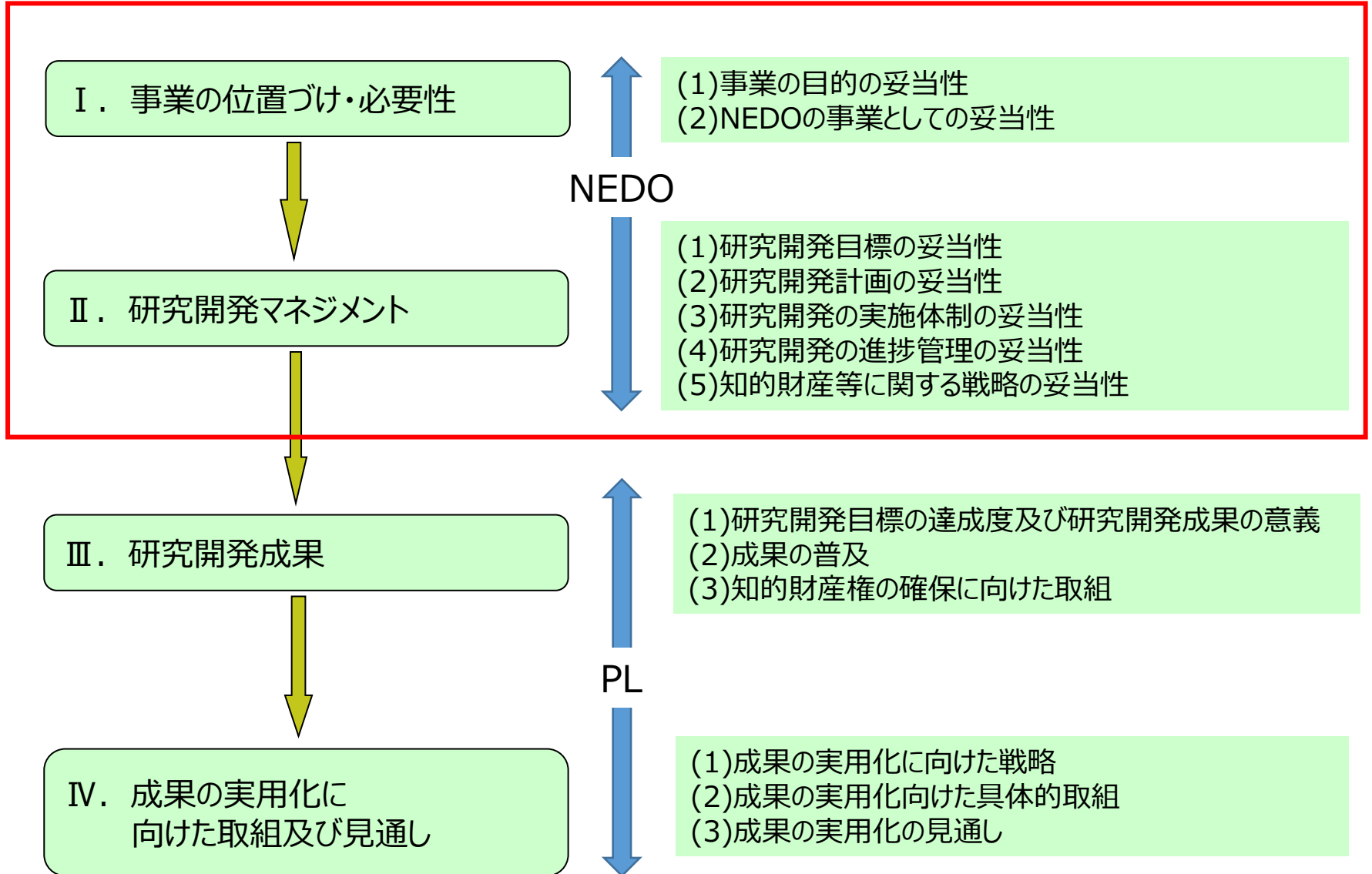
プロジェクトの概要 (公開)

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

材料・ナノテクノロジー部

2022年11月18日

発表内容



◆事業実施の背景

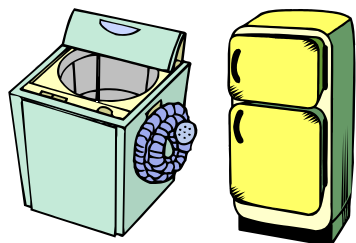
HEV / EV



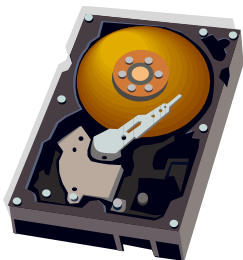
自動車電装



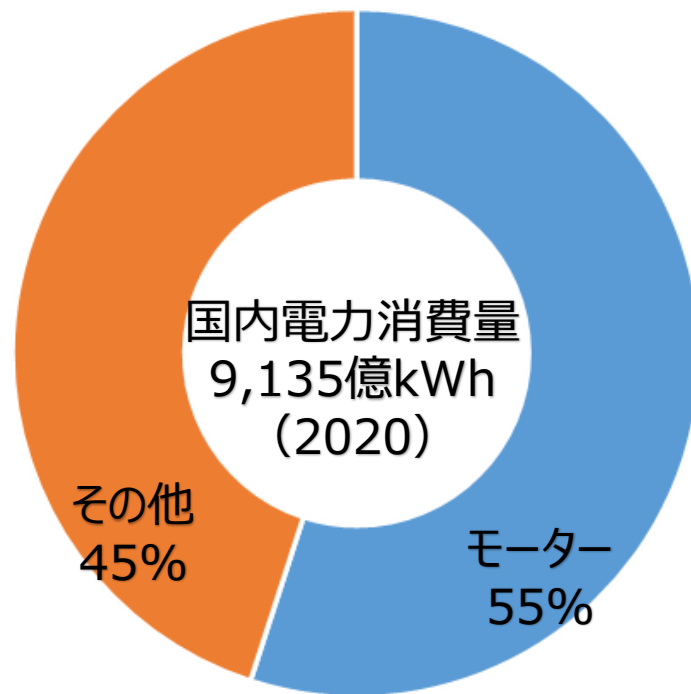
家電・エアコン



ボイスコイル
モーター
(VCM)



産業用
ロボット



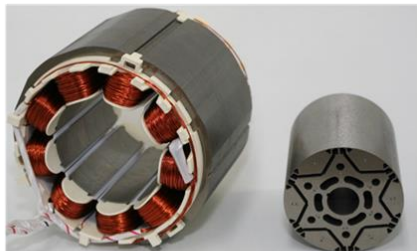
- 家庭用・業務用・産業用を合わせたモーターによる年間の電力消費量は、国内電力消費量の約55%を占めると推計される。
((一財)「地球環境保護・省エネルギーのために トップランナーモータ」2021年版)

省エネルギーにはモーターの高効率化が有効

1. 事業の位置付け・必要性

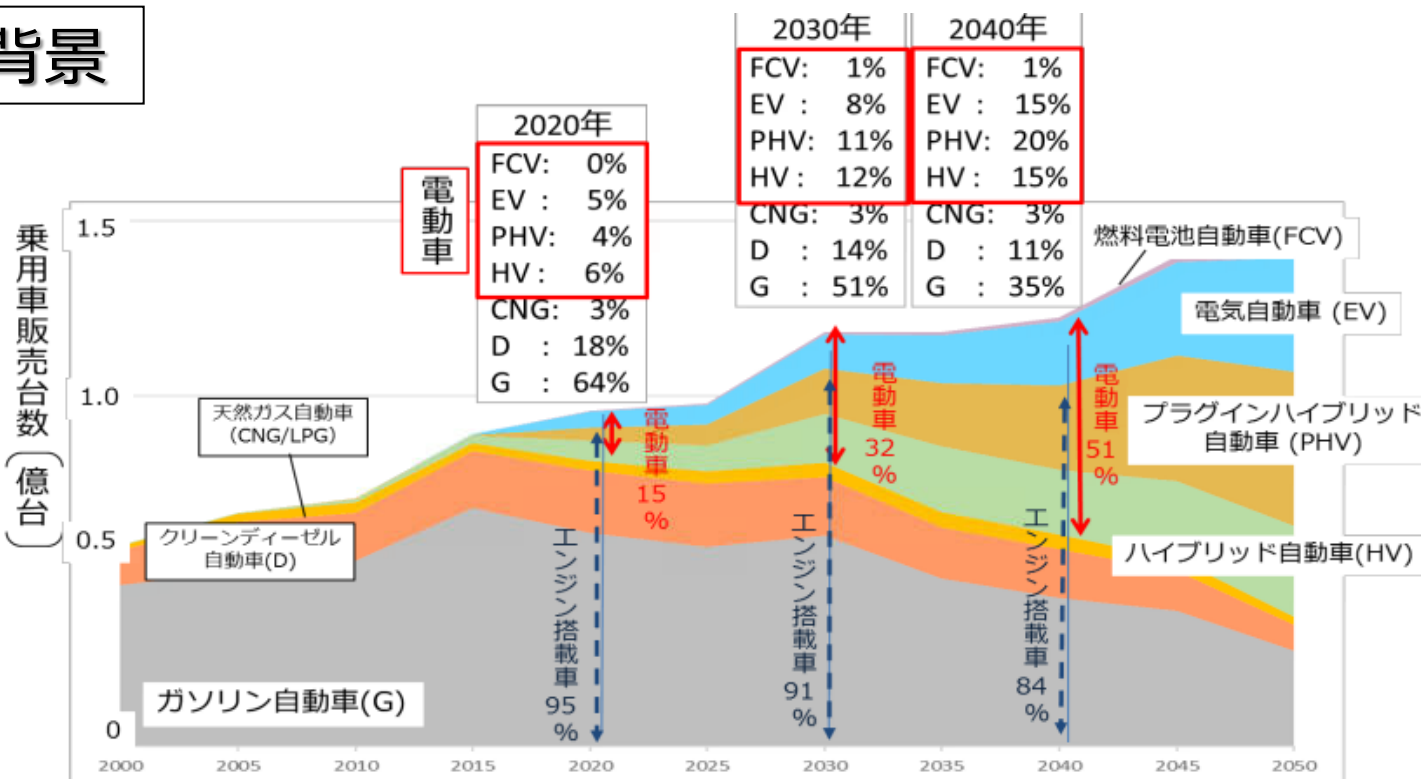
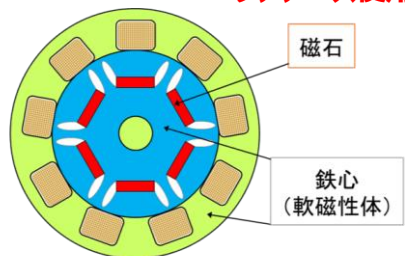
(1) 事業の目的の妥当性

◆事業実施の背景



モーターの構造例

レアース使用



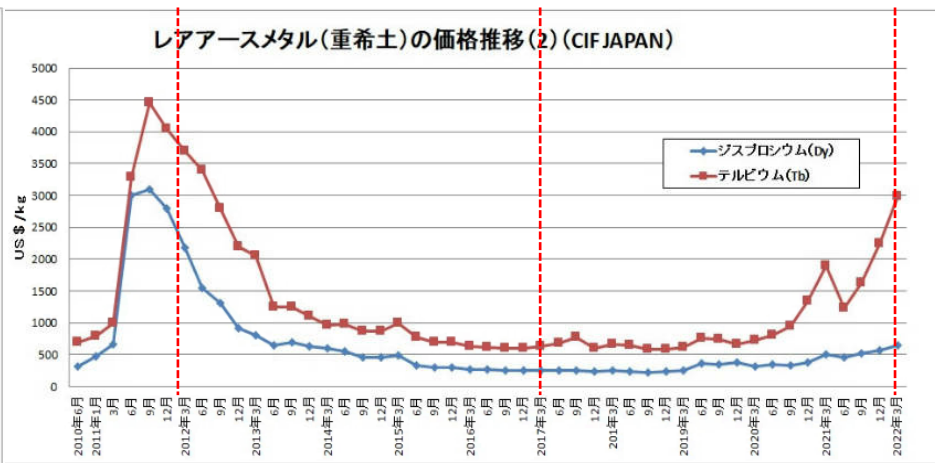
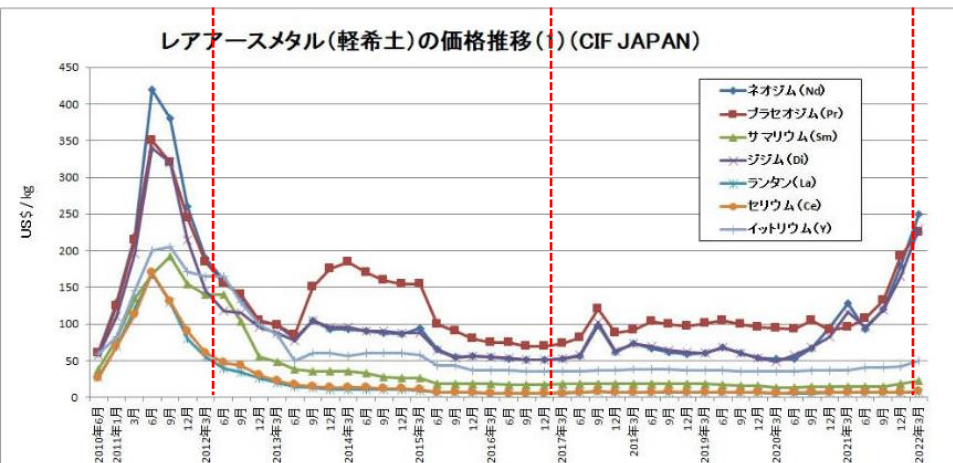
H30年4月 経済産業省 自動車新時代戦略会議 (第1回) 資料より引用。IEAが示した技術普及シナリオ (平均気温上昇の▲2℃達成ケース)。

- EV用などの強力なモーターには、レアアースのネオジウム (Nd)を用いた磁石が使われる。また、耐熱特性を高めるためにジスプロジウム (Dy) 等が添加されている。
- 現在1千万台/年であるxEV (燃料電池車, バッテリー電気自動車, プラグインハイブリッド車, ハイブリッド車の総称) は**2050年には1億2千万台/年**になると推計される。
 - xEV一台あたり2kgのNd磁石が使われるとすると、現在の世界生産量の**約4倍がモーターに必要**と言われている。

高性能モーターにはレアアース資源の問題

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆ 事業実施の背景



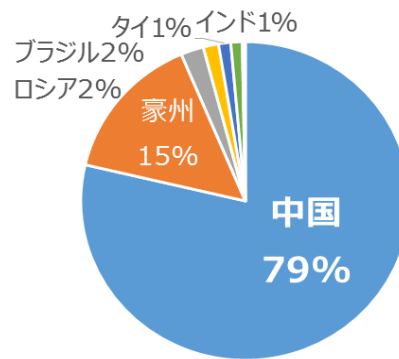
ネオマグ株式会社ホームページより転載許可をいただいて引用 https://www.neomag.jp/mag_navi/statistics/rare_earth_newprice2.html

■ レアアースの価格は特定国の政策により2011年に高騰。その後沈静化した。安定時でも2005年の4~6倍程度の高値。最近の国際情勢により再度上昇

- 地政学的にも資源リスクが高い。
- 特にディスプロシウム(Dy)。

レアアース(Dy, Nd)の使用量を削減、あるいは使用しない高性能磁石の開発が必要

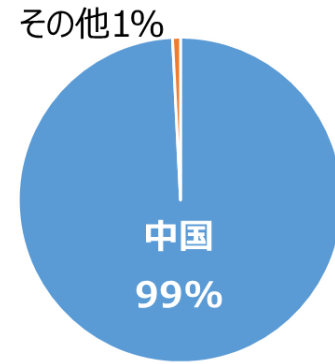
世界のレアアースの生産量 (酸化物換算、2017)



総生産量134,000t

JOGMEC「鉱物資源マテリアルフロー2018 8.レアアース」を基に作成

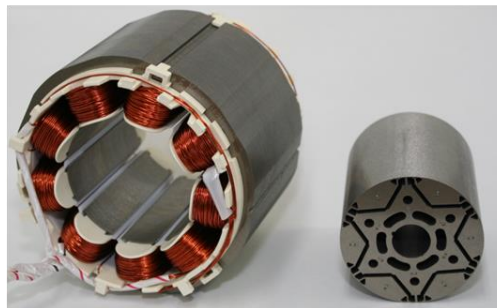
ディスプロシウム (Dy) の生産量 (酸化物換算、2017)



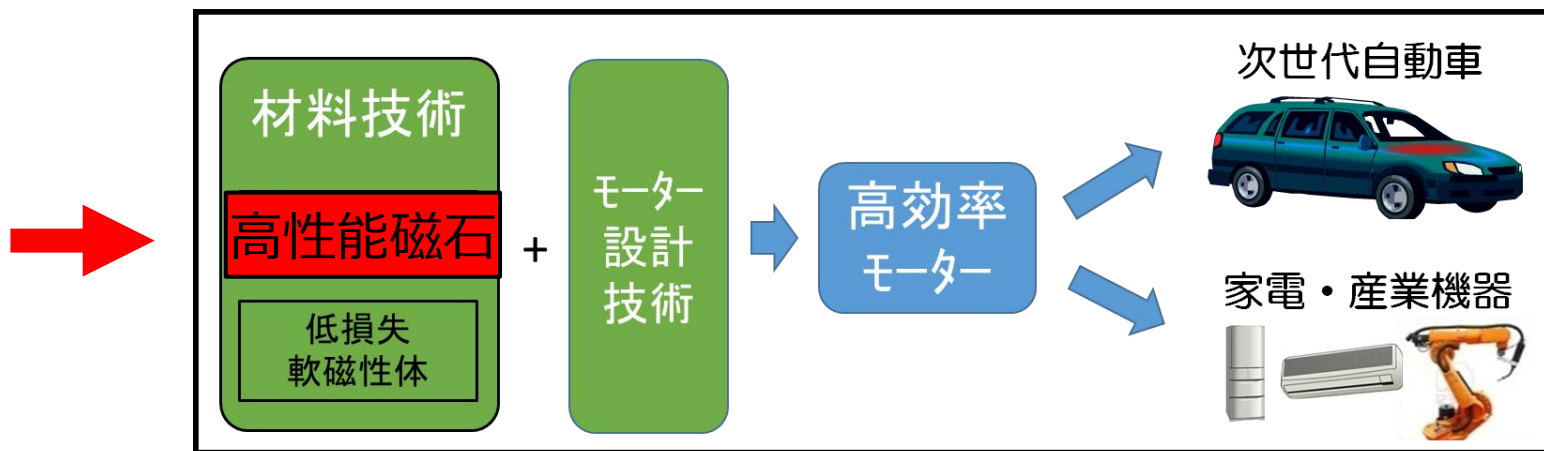
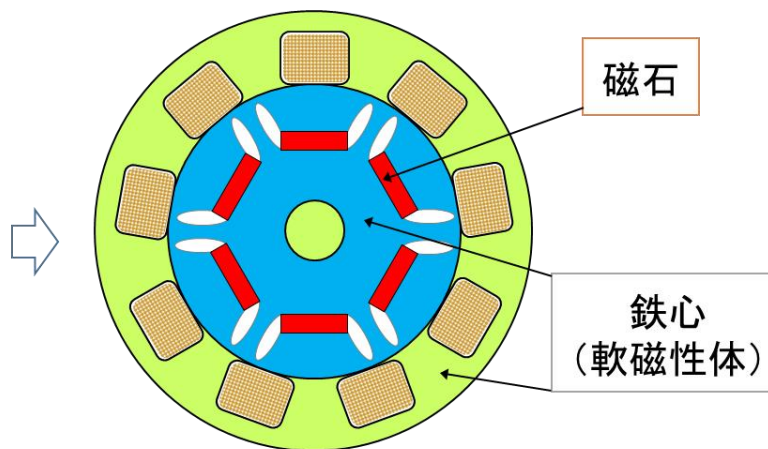
総生産量2,300t

「工業レアメタル2018」を基に作成

◆事業の目的



モーターの構造例



レアアースの資源リスクに対応しつつ、モーターの省エネルギー化を図り、競争力を確保し、我が国産業全体の活性化に寄与する。

◆政策的位置付け

■ 未来開拓研究開発制度（2011年12月）

中長期的観点の研究開発を優れた技術及び知見を有する国内外の企業、大学、公的研究機関等で構築した研究体制で推進することにより、我が国産業の成長に貢献することを目標とした未来開拓研究開発制度に挙げられている「**国主導でリスクの高い中長期的テーマの強化**」、「**省庁の枠を超えた連携**」、「**『ドリームチーム』の構築**」のいずれにも適合している。

■ 第5期科学技術基本計画（2016年1月22日）

経済・社会的課題への対応として、持続的な成長と地域社会の自律的な発展エネルギーの安定的な確保とエネルギー利用の効率化の中に、「**産業、民生（家庭、業務）及び運輸（車両、船舶、航空機）の各部門において、より一層の省エネルギー技術等の研究開発及び普及を図る。**」と謳われており、「科学技術イノベーション総合戦略2017」において具体化されている。

■ 科学技術イノベーション総合戦略2017（2017年6月2日）

持続的な成長と地域社会の自律的な発展のために、エネルギー、資源、食料の安定的な確保するための、エネルギーバリューチェーンの最適化を実現するための重きを置くべき課題の一つとして、「**次世代自動車用モーター等に適用される高性能磁石に用いる希少元素を削減若しくは代替する技術を開発する。**」と謳われている。

■ グリーンイノベーション基金事業

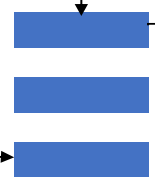
2020年10月、我が国は「2050年カーボンニュートラル」を宣言し、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする目標を掲げた。この目標の実現のために実施されるグリーンイノベーション基金事業において、取り組むべき課題の一つとして、「**次世代蓄電池・次世代モーターの開発**」が掲げられている。

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆他事業との関係 (1)NEDO事業

NEDO事業	研究開発項目	個別テーマ	年次												
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発	1. 新規高性能磁石開発 ①-1 Dyを使わないNd磁石 ①-2 Nd焼結磁石を超えるレアアースフリー新磁石の開発 ② 軟磁性材料開発 ③ 高効率モーターの開発 ④ 特許・技術動向調査・共通基盤	ナノ結晶Nd焼結磁石	[Green bar] 事業化												
		NdFeB異方性HDDR磁石粉末	[Green bar] 事業化												
		窒化鉄(α"-Fe16N2)	[Green bar] 事業化												
		ナノコンポジット (1期) 省Nd、超Nd (2期) FeNi	[Green bar] 2017-2021 [Yellow bar] 2022-2023												
部素材の代替・使用量削減に資する技術開発・実証事業 (補正予算)	1. 重希土類を使用しない高性能磁石等の開発 ①小型超高速回転モーター駆動システム用磁石の開発と動作実証 ② 重希土類フリー&レアアース使用量削減磁石の開発手法の開発	NdFeB磁粉成形→モーター	[Green bar] 事業化												
		SmCo積層構造	[Green bar] 事業化												
		Sm-Fe系 (TbCu7型構造)	[Green bar] 事業化												
GI基金事業/次世代蓄電池・次世代モーターの開発	3. モーターシステム技術	モーターの高速高効率化 (Dyフリー磁石使用)	[Green bar] 2017-2021 [Yellow bar] 2022-2023												

・新型コロナの世界的流行によるサプライチェーン分断リスクの顕在化



NEDOの部素材PJ,GI基金 (モーター) により、関連技術開発を推進

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆他事業との関係 (2)他省庁事業



ESICMM

技術テーマの選定

MagHEM

ガバニング・ボード

元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型> 文部科学省 経済産業省 次世代自動車向け高効率モーター磁性材料技術開発

■ 両省のプロジェクトの主要参加者(産学官)と両省担当課長等で構成。 **NEDO**

◆両省のプロジェクト間の調整

文科省→経済省: 成果の実用化に向けた研究開発の要請等
経済省→文科省: 科学的深掘りの要請等

◆成果の共有や取扱いの調整

- ・重要な成果の公表の可否・タイミング
- ・出願特許の内容(特許請求の範囲、実施形態の例)
- ・特許活用ルール(権利配分、実施許諾)
- ・外国出願国の選定

◆両省の施策の効率的推進

- ・設備の共用の促進、研究人材の交流等

「高効率モーター」の例

(文部科学省)



基礎研究から実用化まで一体的に推進

- 磁石特性の解明
- ディスプロシウム(Dy)フリー磁石の開発
- 高性能新規磁石粉末の開発
- 新規磁石・軟磁性材料によるモーター設計と評価

(経済産業省)



技術と事業の両面で選ばれた
ドリームチームの結成

グローバル・オープン

文科省 (ESICMM) の基礎・解析分野と連携し、目標達成を目指す

◆ 国内外の研究開発の動向と比較

■ 高性能磁石の各国競合状況

		日本	中国	米国	欧州
ネオジム磁石 産業競争力	研究開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ネオジム磁石開発で世界をリード。 ・レアアースフリー磁石の開発も盛ん。 	<ul style="list-style-type: none"> ・研究者・論文数は世界最多。 ・上位の研究レベルは日本に比肩。 	<ul style="list-style-type: none"> ・国プロでレアアースフリー、重希土類フリー磁石を開発中。 	<ul style="list-style-type: none"> ・レアアースフリー、重希土類フリー磁石を開発中。
	技術力	<ul style="list-style-type: none"> ・製品レベルでの特性・品質については、中国上位メーカーに並ばれつつある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・外部技術導入により製品レベルが向上。 ・上位メーカーの製品の品質は日本製品と同等以上で日本の優位性は無い。 ・EV主機モーターにおけるシェアは世界最大。 	産業基盤が弱い	産業基盤が弱い
	コスト競争力	<ul style="list-style-type: none"> ・原料調達の地政学的な課題 	<ul style="list-style-type: none"> ・原料を保有しているため安価に製造できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・原料調達の地政学的な課題 	<ul style="list-style-type: none"> ・原料調達の地政学的な課題
	生産量 (2018年)	ネオジム磁石 1.3万t生産と推計	日本の数倍	少量	少量



**中国の磁石メーカーの競争力は日本の磁石メーカーの脅威となった。
我が国の産業競争力強化のため付加価値の高い新磁石の開発が必要**

◆ NEDOが関与する意義

■ 社会的必要性

- 中長期的なエネルギー需給戦略において、モーターの省エネは最重要課題の一つ。
- 高効率モーターの性能は磁性材料に依存しており、高性能磁性材料の開発が鍵。
- ネオジム磁石を構成する主要成分の一つであるレアアースは、中国に生産を依存する状態にある。また、xEVの普及に伴い、生産量が不足する恐れがある。

■ 技術的難易度、民間企業単独での実施の困難性

- ネオジム磁石を凌駕する新規磁石開発の難易度は非常に高く、開発リスクが大きい。
- 革新的高性能磁石の開発、さらには、新規磁石の性能を最大限に生かして更なる高効率を達成できるモーター設計までを、一貫して民間企業単独で行うことは困難。



NEDOがもつこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業

◆実施の効果 (費用対効果)

	中間評価時	現時点推算
本プロジェクトの総費用	144億円	
CO ₂ 排出量削減 (2030年想定)	CO ₂ 排出削減量 890万トン/年* ¹	969万トン/年
	電力使用料削減額 3,700億円/年* ²	4193億円/年
市場創出効果 (2030年想定)	約1,100億円/年* ³	1121億円/年

*1：3種類のモーターの効率化による消費電力の削減量からCO₂削減量を算出

①ハイブリッド自動車/電気自動車用のモーター：**137万トン/年**

②家電（エアコン、冷蔵庫）用コンプレッサモーター：**63万トン/年**

③産業機器用モーター：**692万トン/年**

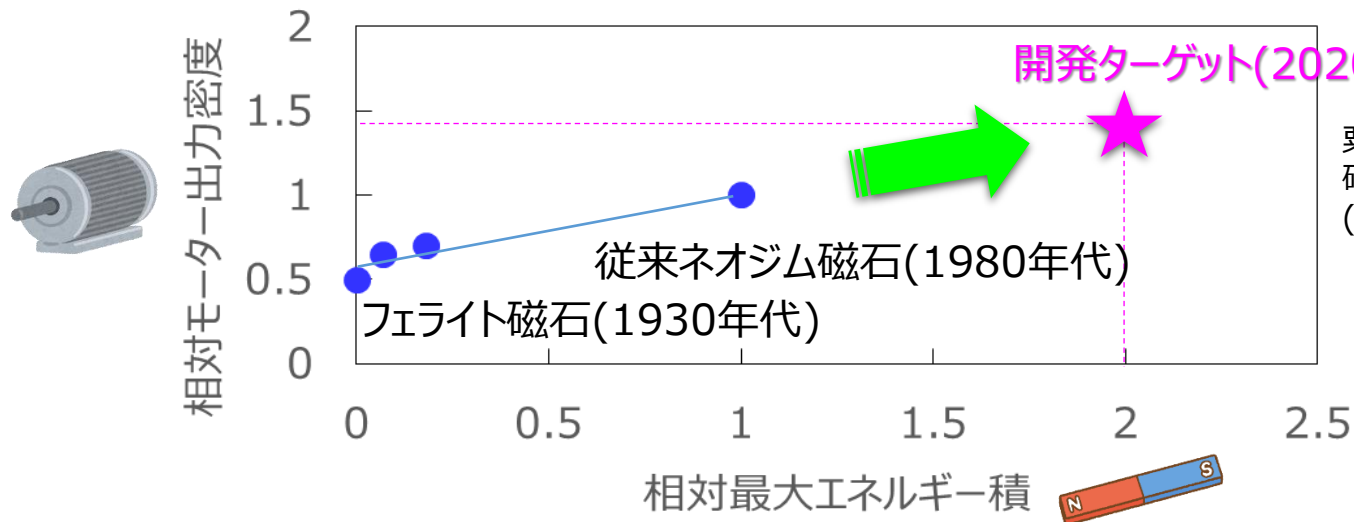
*2：CO₂排出削減量890万トン/年を算出する際に計算した産業用モーターの消費電力削減量を15円/kWhという換算値を用いて電力使用料削減額に換算した

*3：次世代自動車向け高効率モーター市場と産業用モーター向け高効率モーター市場の合計として算出

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆事業の目標

第2期（2017-2021）では、新規高性能磁石開発に特化して取り組むこととし、第1期での軟磁性材料やモーター評価技術開発の成果と合わせて、従来モーター（プリウス第三世代モーター）比で**40%エネルギー損失低減と40%小型化(パワー密度向上)**を実現する資源リスクに配慮した磁性材料とモーター設計技術の開発を目指す。



栗田ら；パワーエレクトロニクス
研究会論文誌、Vol.24, No.2
(1999),43 を基に作成

既存材料を使用し、モーターの設計改善のみでモーターの効率向上を図ることは
難しい領域に到達しつつある

**モーター設計の基盤技術向上と、従来の2倍性能の新磁石開発を目指し、
あわせ技で高効率モーター開発目標(40%&40%)の達成を目指す**

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュール

高効率モーター設計技術・
新磁石開発の目途付け

		第1期					第2期				
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
		← METI執行 →		→ NEDO移管							
予算額 (百万円)		1,820	2,928	2,972	2,360	2,080	379	508	451	504	367
① 新規高性能磁石開発	①-1 ジスプロシウムフリーネオジム磁石の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ナノ結晶粒ネオジム焼結磁石開発 ・NdFeB異方性HDDR磁石粉末開発 <p style="text-align: right;">性能1.5倍★</p>					目標をほぼ達成し、自社にて更なる特性向上と実用化検討を行い、2021年に事業化（車への搭載等）を目指している。				
	①-2 ネオジム焼結磁石を超える新磁石の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・窒化鉄ナノ粒子バルク体化技術の研究開発 ・ナノ複相組織制御磁石の研究開発 ・FeNi超格子磁石材料の研究開発 <p style="text-align: right;">見直し テーマ</p>					<ul style="list-style-type: none"> ・最適構造・最適組織の探索 ・ナノ組織制御技術開発 ・粒子合成プロセス開発 <p style="text-align: right;">見直し 目標</p> <p style="text-align: right;">性能2倍★ ・低資源リスク磁石</p>				
② 軟磁性材料研究開発		<ul style="list-style-type: none"> ・高Bsナノ結晶軟磁性材料の開発 <p style="text-align: right;">鉄損1/5★ 見直し テーマ</p>					目標を達成し、自社にて事業化開発を継続するとともにNEDO戦略的省エネ革新技術助成事業にて車載用リアクトルの分野でまず事業化を図っている。 <p style="text-align: right;">資源リスク低減★</p>				
③ 高効率モーターの開発		<ul style="list-style-type: none"> ・磁石減磁評価試験技術の研究開発 ・新磁性材料のモーターへの適用技術の研究開発 ・可変磁力モーターの普遍的設計技術の開発 ・インバーターとモーターのトータルでの低損失化設計技術研究 <p style="text-align: right;">見直し テーマ</p>					超高精度モータ損失分析装置を世界で初めて開発し、新形式のモーターも提案した。また、第一期で開発した材料を用いたモーターを試作した。 第2期は、評価技術のみ基盤技術に組み込み。				
④ 特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定および共通基盤技術の開発		<ul style="list-style-type: none"> ・特許調査・技術動向調査 ・共通基盤技術の開発 <p style="text-align: right;">見直し テーマ</p>					高効率化★ <ul style="list-style-type: none"> ・特許・技術動向調査・特許戦略策定支援 ・磁石製造の要素技術開発、磁気特性評価技術開発、先端解析技術開発 ・モーター実装環境下での磁性材料評価・解析技術 ・新規磁石および共通基盤技術のモーター実装評価 				
		★ 中間評価					★ 中間評価				

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 第2期の研究開発目標と根拠

		最終目標 (2021年度末)	
アウトプット目標		従来モーター比で40%エネルギー損失低減と40%小型化を実現する資源リスクに配慮した磁性材料の開発を目指す。	
研究開発項目		最終目標 (2021年度末)	根拠
① 新規高性能磁石の開発	①-2 ネオジム焼結磁石を超える新磁石の開発	現在の耐熱性ジスプロシウム含有ネオジム焼結磁石の2倍の最大エネルギー積「180℃において50MGOe」を持つ磁石の開発。また従来磁石の性能を維持しつつ希土類元素（産出量が多く資源リスクの少ない、ランタンおよびセリウムを除く）を50%以上削減した磁石の開発。 開発磁石を実装した試作モーターによる損失低減と小型化の検証。	<ul style="list-style-type: none"> • (BH)max最終目標を目指すことで、モーター損失40%削減に貢献できる。 • 希土類元素削減の最終目標を目指すことで、資源リスクやカーボンニュートラルへの貢献が期待できる。
④ 特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発	④-1 特許調査・技術動向調査・特許戦略策定支援	磁性材料に関する情報センターの構築	<ul style="list-style-type: none"> • これまで蓄積したデータベースの活用手段を確保するため。
	④-2 共通基盤技術の開発	モーター実装を想定した評価技術(シミュレーションおよび実機評価) 磁石製造の配向制御や組織制御技術の開発ならびに磁気特性予測システムの開発、さらに高速・高精度な磁気特性評価技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> • 磁石化には、配向制御や組織制御技術が不可欠。 • 材料特性データに基づいてモーター効率を正確に評価する技術はモーター開発を加速するために必要。

2. 研究開発マネジメント

(2) 研究開発計画の妥当性

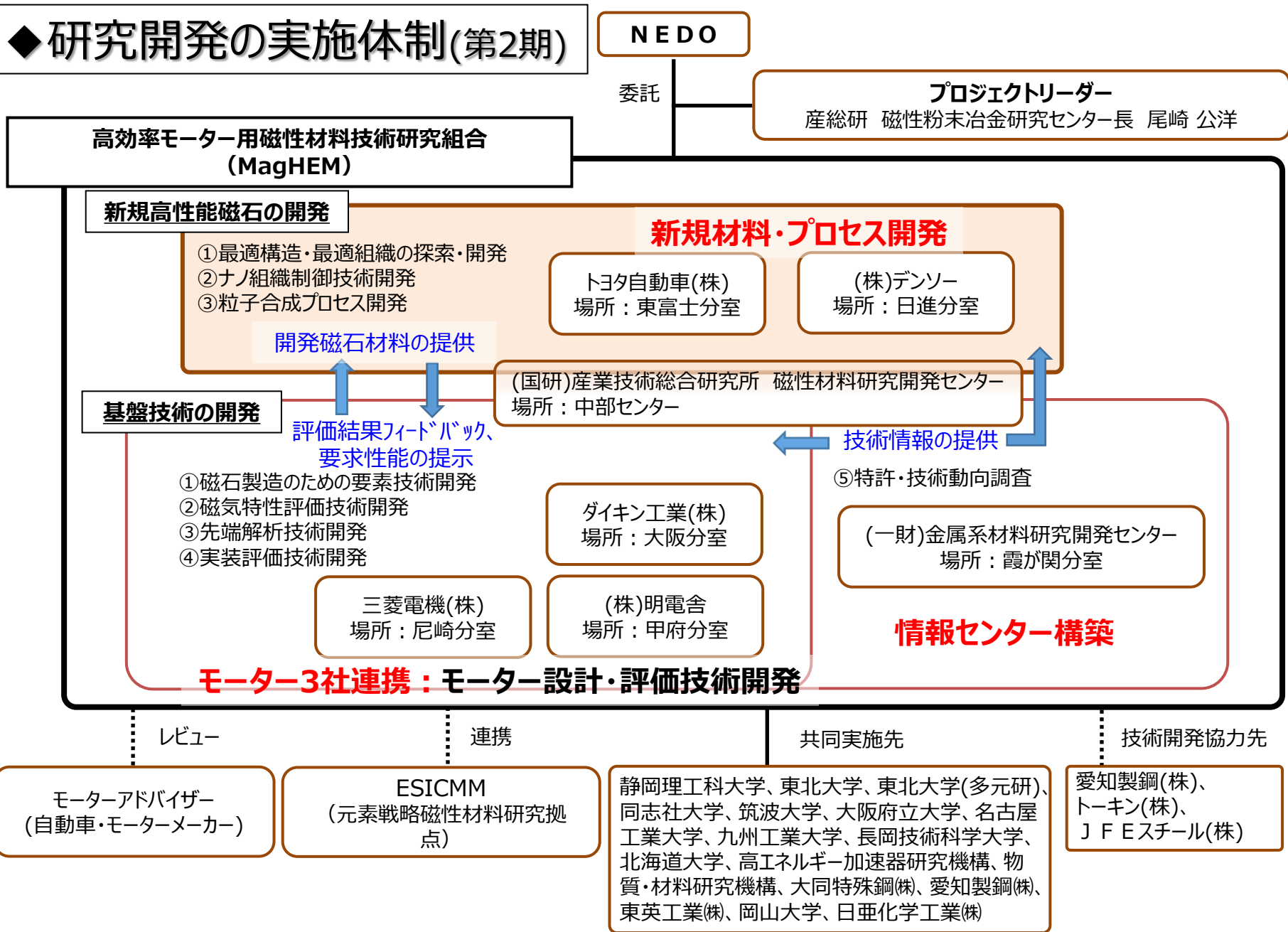
◆プロジェクト費用

(単位：百万円)

研究開発項目		第一期					第二期					合計
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
		←METI→		→NEDO								
① 新規高性能磁石の開発	①-1 ジスプロシウムを使わないネオジム磁石の高性能化技術開発	386	503	588	398	296	-	-	-	-	-	2,171
	①-2 ネオジム焼結磁石を超える新磁石の開発	636	1,092	1,176	618	608	212	237	190	181	191	5,142
②次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発		220	415	325	436	217	-	-	-	-	-	1,614
③高効率モーターの開発		212	444	365	313	345	-	-	-	-	-	1,679
④ 特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発	④-1 特許調査・技術動向調査・特許戦略策定支援	54	100	107	91	94	12	21	23	19	28	549
	④-2 共通基盤技術の開発	312	374	412	503	521	155	249	238	304	148	3,215
合計		1,820	2,928	2,972	2,360	2,080	379	508	451	504	367	14,370

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆ 研究開発の実施体制(第2期)



2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

◆ 研究開発の進捗管理

■ 技術推進委員会の開催

- 1回/年開催し、研究進捗および計画について外部委員から意見を頂き、次年度計画の参考とした。

■ 分室・センター間技術課題検討会（合宿）の開催【人材育成】

- 目的:プロジェクトとしての一体感の醸成と連携強化
- 内容:1回/年、1泊2日・合宿形式での討論。外部協力者、モーターアドバイザー、ESICMMからも招請。
- 開催履歴：第5回(2019年11月14～15日)
- 結果:テーマ間連携、分室間の材料提供や個別情報交換が促進された。モーターアドバイザー、外部協力者から意見を頂くことができた。

■ 分室訪問の実施

- COVID19影響で見合わせていた対面会議を2021年10月より再開
- 5企業、1国研、1一財、1大学を訪問し、成果等を確認しつつ、web会議より踏み込んだ議論と進捗管理を実施。



2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

◆ 研究開発の進捗管理

■ 2極会合の主催【人材育成】

- 目的:日米における磁石を主としたレアアース及びサプライチェーン・リサイクル等の技術情報交換(非公開)。
- 内容:1回/年、NEDOとAMES研(US)にて主催。プロジェクト実施者や国内有識者を講演者で招請。
- 開催実績:
 - 第7回 (2019/12/11、日本)
 - 第8回 (2020/12/17~18、web)
 - 第9回 (2021/3/10~11、web)
- 結果:海外有識者との議論を促進し、研究のブラッシュアップと国際人材育成で貢献。

■ 成果普及、議論などの機会創出【人材育成】

- 内容:
 - 国内最大級の展示出展機会提供(nanotech、1回/年)
 - ESICMM合同成果報告会共催(2021/12)
 - モーター3社成果報告会主催(2022/6)など。
- 結果:成果普及や議論などの研鑽の機会創出。研究開発から社会実装支援までシームレスにフォロー。



最終目標達成・社会実装を推進するためのマネジメントを強化

2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

◆ 動向・情勢の把握と対応

情勢	対応
(2017年度より) 第二回中間評価結果を反映。	中間評価時の指摘を受け、「エネルギー損失を従来モーター比25%削減する高効率モーターの実現を目指す。」から、「従来モーター（プリウス第三世代モーター）比で40%エネルギー損失低減と40%小型化を実現する磁性材料の開発を目指す。」へ、プロジェクトの目標を変更した。
(2017年度より) 国内外の情勢変化を受け、予算が大幅に減額となった。	<ul style="list-style-type: none">・予算減額に伴い、新規テーマの募集を取りやめ、新規高性能磁石開発に特化した。・モーターの実機開発を縮小し、代わって、磁性材料の評価・解析技術の開発・開発される磁石・開発された軟磁性材料の特性を生かすモーター設計技術（シミュレーション技術）の開発を基盤技術開発に盛り込んだ。
(2021年度より)	資源リスク、カーボンニュートラルなど、新たな社会課題にも対応できるように、目標を柔軟に変更し、「従来磁石の性能を維持しつつ希土類元素（産出量が多く資源リスクの少ない、ランタンおよびセリウムを除く）を50%以上削減した磁石を開発する」、そして社会実装に向けた実証を念頭に、「開発した磁石材料を試作モーターに実装し損失低減と小型化の検証を行う」を追加した。

2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

◆ 第三回中間評価結果への対応

指摘事項	対応
<p>研究開発目標の数値は明確に設定されているが、その根拠が明確に示されていない。</p>	<p>2030年における、モーター由来のエネルギー消費の大幅削減（CO2排出量として890万t/年）と、資源リスクに配慮した持続可能な産業競争力の強化を目指し、本プロジェクト終了時（2021年度）の目標を設定した（基本計画に記載済み）。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・目標達成、及び、効率的な研究開発実施のため、実施者間の連携は、更に密に行う必要がある。特に、実験とシミュレーションとの連携は、強化すべきである。 ・新磁石開発チームとモーター開発チームの間の更なる有機的連携による、成果の実用化の取組の加速を望む。 	<p>磁石開発とモーター開発のチーム連携によりプロジェクトで開発した磁石を実装したモーターを試作する。また、モーター開発3社の連携によるシミュレーションに関し、プロジェクト終盤に向けて具体的な連携を強化した。試作モーターの評価結果をフィードバックすることでシミュレーション精度の向上を図った。</p>
<p>特許調査や技術動向調査により権利関係や従来磁石との違いを明確にし、知財戦略を示していただきたい。</p>	<p>磁石開発と特許調査の担当分室間が連携し、知財確保戦略を検討している。今後、より一層連携を密にすることにより、既存特許の特徴を詳細に分析し、強力な知財確立を目指した。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・1-12系磁石にて最終目標の最大エネルギー積「180℃において50MGOe」達成は、かなり難しいが、1-12系の持つポテンシャルから、技術課題と解決に向けた指針を明らかにすることが、将来に向けて極めて重要である。 ・最終目標達成の可能性が高い超ネオジム磁石への注力だけでなく、1-12系磁石についても、ESICMM（元素戦略磁性材料戦略拠点）との連携強化等により、基礎に立ち返った検討の継続が望まれる。 	<p>ESICMMとの連携を深め、1-12系磁石開発の保磁力発現機構を主とした技術課題を明確化し、得られた知見を広く磁石開発に適用することで開発を加速した。</p> <p>一方、「180℃において50MGOe」達成は、かなり難しい」との指摘に対して、高い目標を是としてそのままとしたが、有識者の意見を考慮して、技術的な難度および目標の妥当性を再検証できた可能性はある。</p>
<p>モーターシミュレーション技術については早い段階で実用化の可能性の見極めを行い、可能性の高いものについてはその方向での検討の強化が望まれる。</p>	<p>モーターシミュレーションの実用化に向けて、必要性が高い項目を早期に見極め、重点的に検討した。</p>
<p>将来基盤技術となり得るようなテーマについては、基礎研究をバックアップする、きめ細やかなマネジメントが必要である。</p>	<p>必要に応じて、ESICMMとの連携や先導研究プログラムの活用等によりバックアップした。</p>

2. 研究開発マネジメント（5）知的財産権等に関する戦略の妥当性

◆知的財産権等に関する戦略

リバースエンジニアリングにより再現可能な内容については積極的に特許化し、プロセス、加工条件等特定困難な内容についてはノウハウとして秘匿する

標準化を推進

	非競争域	競争域
公開	保磁力評価方法 モーター評価方法	材料組成・構造 モーター構造
非公開		加工技術 合成技術

→ **積極的に権利化**

→ **ノウハウとして秘匿**

2. 研究開発マネジメント（5）知的財産権等に関する戦略の妥当性

◆知的財産管理

- **知的財産管理指針の策定** → プロジェクトで**知的財産管理規定を制定**
 - 特許を受ける権利の帰属 → 原則として、すべて**委託先に帰属**
 - 「未来開拓研究プロジェクトにおける知的財産等の取扱に関する基本的考え方」
 - 「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の等規定
 - プロジェクト内での実施許諾
 - プロジェクト参加者以外の者に対するよりも有利な条件**で実施できることが規定されている。
 - 大学等と企業の共有特許（共同研究）
 - 共同研究契約書において、共同出願等契約を締結して共同出願することが規定されている。

■ 特許等の出願プロセス

- 出願に際して
 - 技術本部長(PL)とMagHEM専務理事が発明届を審査し、出願の可否を判断。
- 発明審査委員会の設置
 - 技術本部長(委員長)、審査される発明等に関係するプロジェクト参加者の代表者各 1 名
 - MagHEM専務理事、その他委員長が指名した者から構成。
 - 共同出願等において、当事者以外から異議があった場合、当該出願の要否や発明者、寄与度、持分比、権利の帰属等について審議・認定。

「次世代自動車向け高効率モーター用 磁性材料技術開発」 (事後評価)

(2012年度～2021年度 10年間)

※2012-2013年度は経済産業省直執行

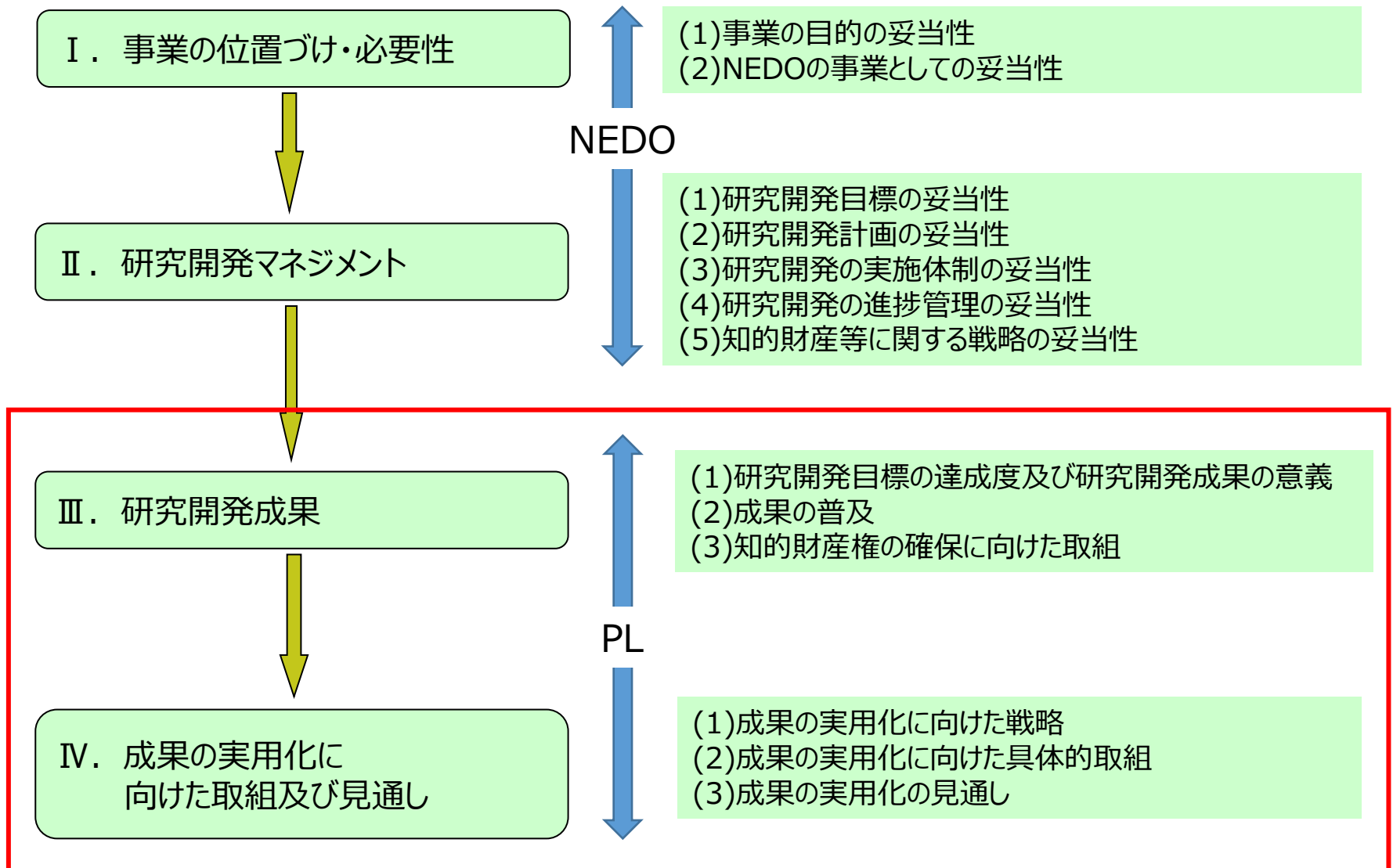
プロジェクトの概要 (公開)

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

材料・ナノテクノロジー部

2022年11月18日

発表内容



3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況-1

		最終目標 (2021年度末)	成果	達成度
アウトプット目標		従来モーター比で40%エネルギー損失低減と40%小型化を実現する資源リスクに配慮した磁性材料の開発を目指す。	開発した超Nd磁石(35MGOe@180℃)を使用して、IPMモーター・可変磁力モーター双方とも、エネルギー損失40%低減、40%小型化(パワー密度40%向上)を達成	◎
研究開発項目		最終目標 (2021年度末)	成果	達成度
① 新規高性能磁石の開発	①-2 ネオジム焼結磁石を超える新磁石の開発	現在の耐熱性ジスプロシウム含有ネオジム焼結磁石の2倍の最大エネルギー積「180℃において50MGOe」を持つ磁石の開発。また従来磁石の性能を維持しつつ希土類元素(産出量が多く資源リスクの少ない、ランタンおよびセリウムを除く)を50%以上削減した磁石の開発。開発磁石を実装した試作モーターによる損失低減と小型化の検証。	<ul style="list-style-type: none"> 超Nd磁石(ナノ複相組織制御磁石)を開発し、トップレベルの180℃において35MGOeまで到達。開発磁石の実装により試作モーターによる損失低減と小型化を検証した。加えて、複数の希土類-鉄系材料での可能性を確認 省Nd磁石(ナノ複相組織制御磁石)を開発し、Nd元素を50%削減しても従来磁石と同等の(BH)maxを達成した。磁石ユーザへの実装評価用の省Nd磁石の試作・提供実施中 希土類フリーFeNi超格子磁石を開発 	○

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部達成、×未達

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況-2

研究開発項目		最終目標 (2021年度末)	成果	達成度
④ 特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発	④-1 特許調査・技術動向調査・特許戦略策定支援	磁性材料に関する情報センターの構築	磁性材料に関する情報センターを構築し運用を開始。	○
	④-2 共通基盤技術の開発	モーター実装を想定した評価技術(シミュレーション)の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・シミュレーションのみならず実機における技術を開発 ・新規磁石のモーターへの適用技術 ・モーター搭載時の減磁評価技術 ・モーター損失の分離評価技術 ・温度・応力印加時の材料特性評価技術 ・超ネオジム磁石を搭載したIPMモーター実機にて目標達成 	◎
		磁石製造の配向制御や組織制御技術の開発ならびに磁気特性予測システムの開発、さらに高速・高精度な磁気特性評価技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・計算と実験により配向制御技術を開発、また強加工による組織制御技術を開発 ・機械学習による熱間加工ネオジム磁石の特性予測の基本手法を構築 ・高温超電導VSMと開磁路シミュレーションによる評価技術を開発 	○

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部達成、×未達

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

高性能磁石材料、
資源リスクに優れた磁石材料の開発

新磁石開発

超ネオジム磁石の開発

(BH)max : 35MGOe@180°C

省ネオジム磁石の開発

希土類元素50%以上削減

FeNi磁石材料の開発

希土類元素フリー

組成×プロセス開発
(組織の作りこみ)

高効率モーター

材料開発とモーター 開発との連携

知財調査からの
戦略的アドバイス

プロセスシミュレーション技術の開発

高保磁力磁石特性測定方法の国内標準化、国際標準提案

アウトプット目標

エネルギー損失40%削減*
パワー密度40%向上*
を**実機**で達成

* 3代目プリウス(2009~15)の
モーターを基準として

新規モーター開発

IPM モーター

フラックススイッチングモーター

ハイブリッド界磁モーター

新規磁石のモーターへの適用技術

解析・評価技術の高精度化

モーター損失の評価・解析技術

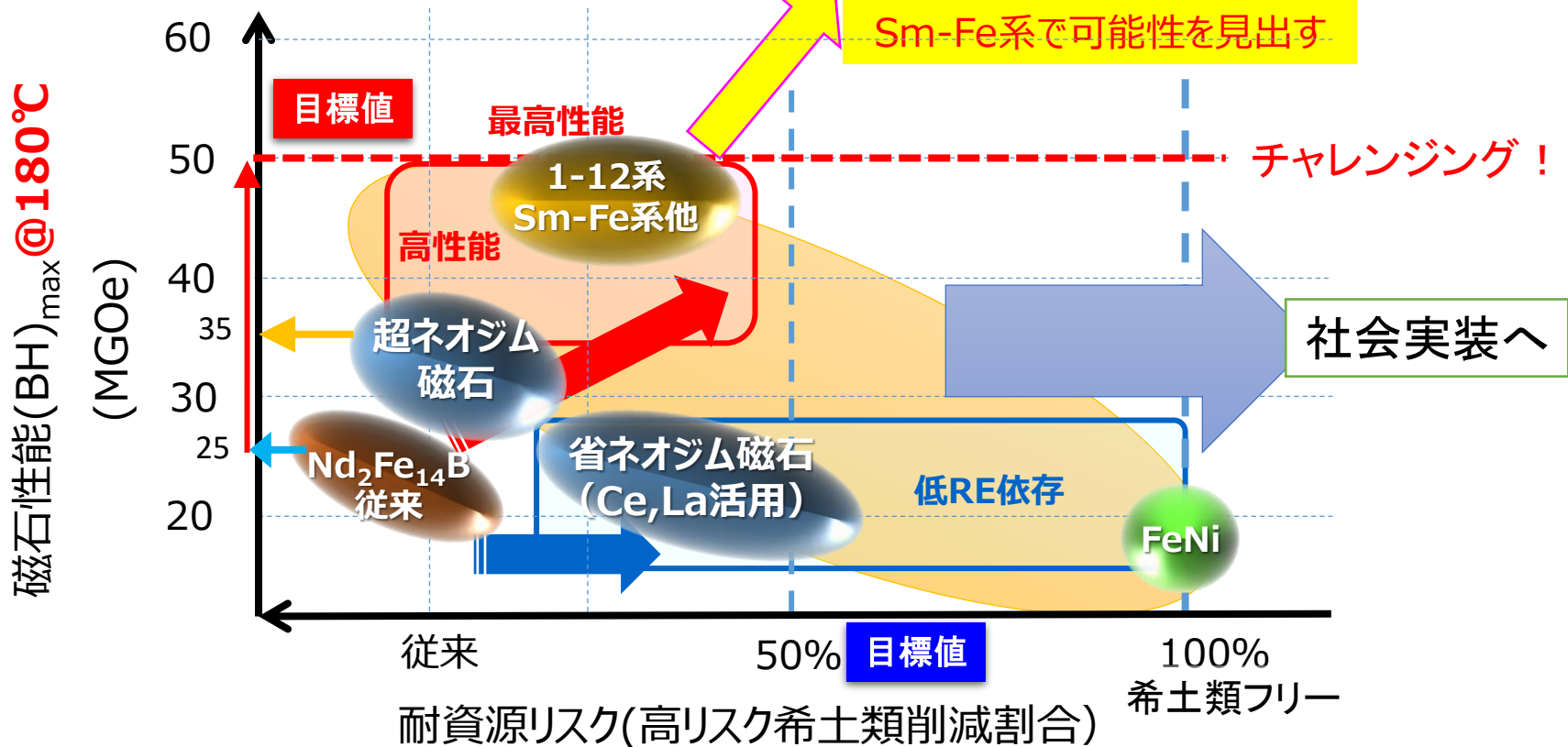
3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

①-2 新規高性能磁石の開発



MagHEMから1-12系は途中でESICMへ
ESICM、アカデミアで学理から検討



材料開発

組織の作り込み

プロセス開発

磁石化

目標に向けて、材料開発を行い、組織制御による磁石化を行った

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

①-2 新規高性能磁石の開発

(BH)max = 50MGOe@180°Cに向けた取り組み

① ナノコンポジット磁石

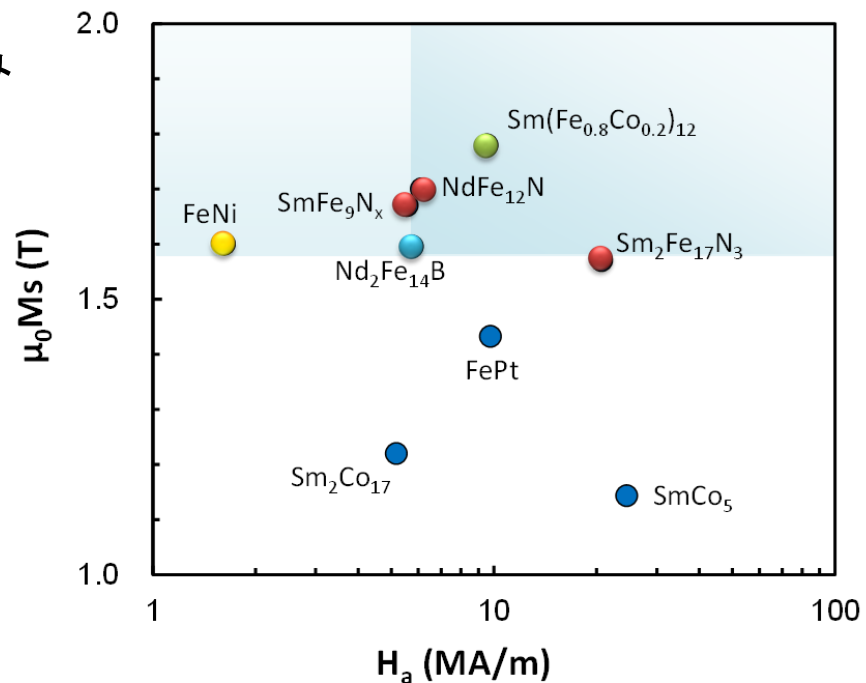
② TbCu7型Sm-Fe-N

③ 1-12系(Nd-Fe-N他)

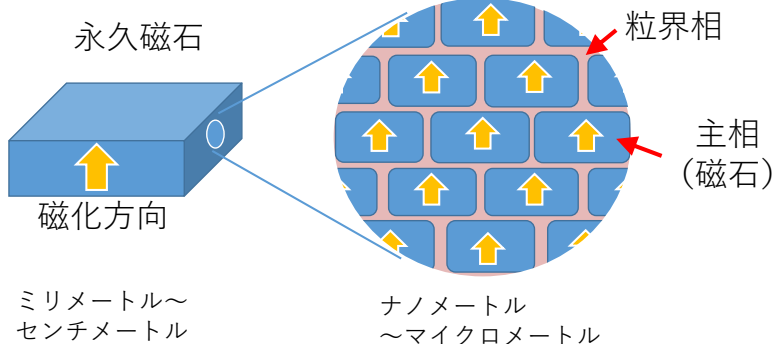
中間報告までの
成果

④ $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$ 系

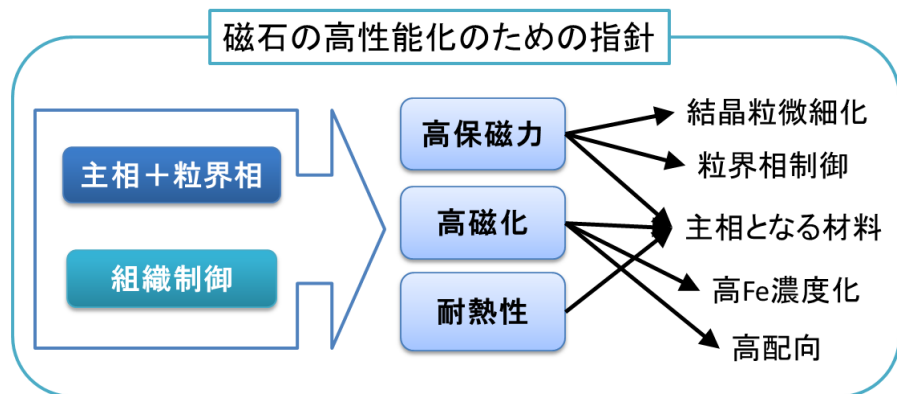
⑤ 超Nd磁石



微細組織構造制御



磁石の高性能化のための指針

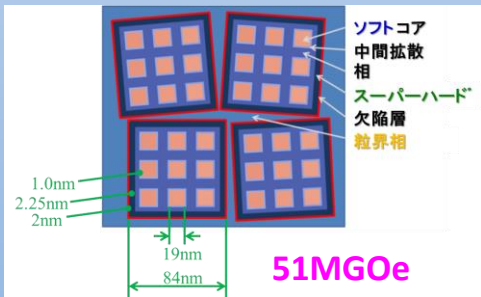


3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

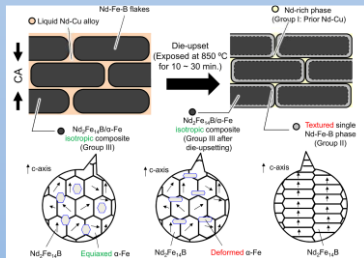
◆ 各個別テーマの成果と意義

(BH)_{max} = 50MGOe@180°Cに向けた取り組み

① ナノコンポジット磁石



シミュレーションによる結果

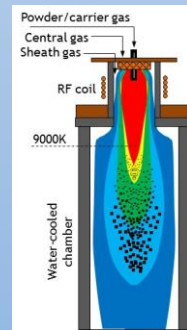


実材料での異方化の試み (Nd-Fe-B+Fe/NdCu)

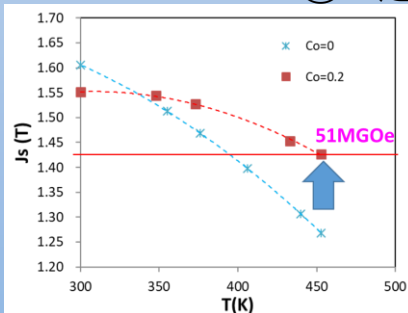
② TbCu₇型Sm-Fe-N

異方化に向けた取り組み

- 低温HDDR法による可能性探索
- 熱プラズマ法による可能性探索



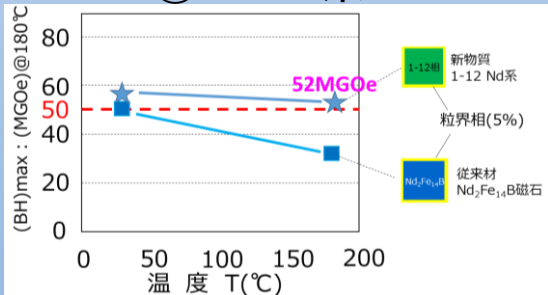
⑤ 超Nd磁石



Co最適値の計算による予測

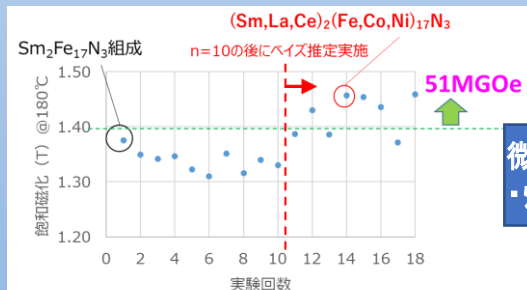
実材料として
35MGOe@180°Cを
達成し、社会実装へ

③ 1-12系



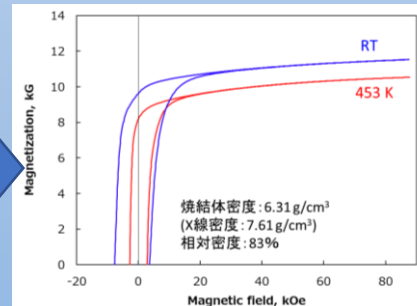
物性値から見積もった計算予測

④ Sm₂Fe₁₇N₃系



ベイズ最適化による組成の発見

微粉碎
・焼結

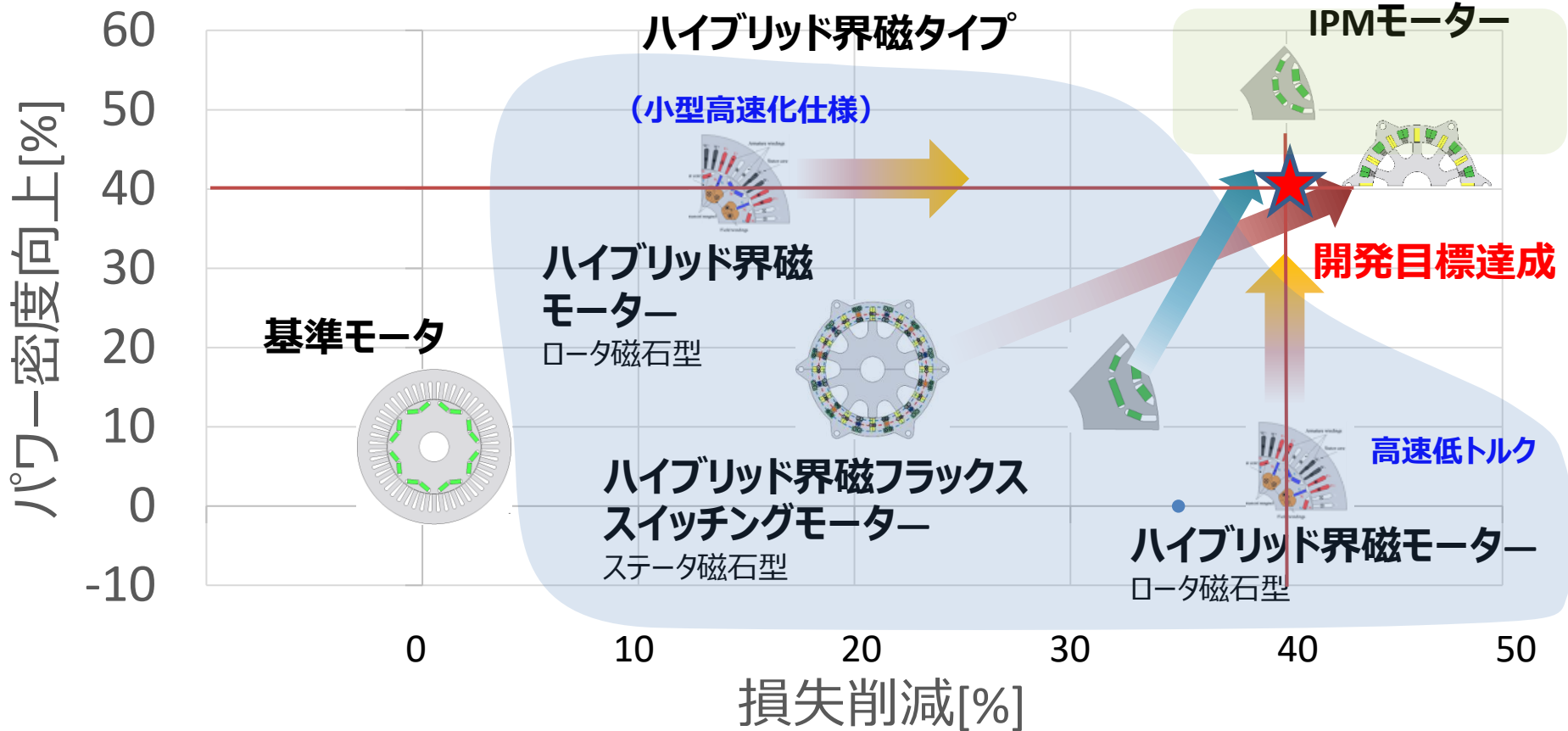


3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

④ 共通基盤技術の開発

損失削減40%、パワー密度40%向上
モーターに向けた取り組み

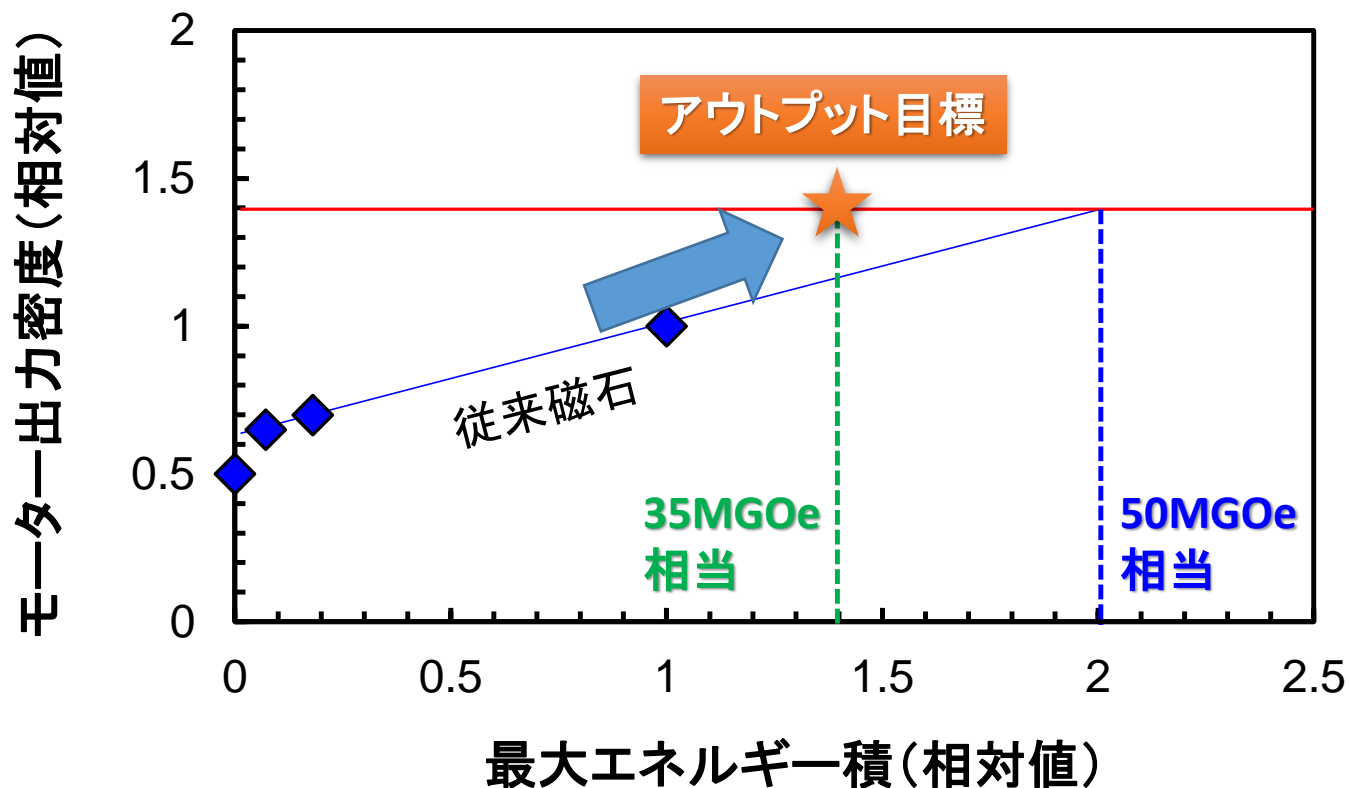


エネルギー損失40%削減・パワー密度40%向上を実機ベースで達成した

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

④ 共通基盤技術の開発



栗田ら; パワーエレクトロニクス研究会論文誌、Vol.24, No.2 (1999),43 を元に作成


磁石性能の向上と磁石特性を考慮したモーター設計の最適化により、アウトプット目標を達成

◆成果の普及

	2012-2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	計
論文*	49	10	12	3	5	12	8	99件
研究発表・講演	207	91	77	76	59	35	53	598件
受賞実績	3	0	2	1	3	1	3	13件
新聞・雑誌等への掲載	10	2	2	5	1	4	3	27件
展示会への出展	3	0	3	3	2	0	1	12件

*査読付き

MagHEM内に専門委員を設置

1. 成果普及担当委員(展示会など)  戦略広報を実施
2. モーター成果報告書並びにその公開担当委員(主にモーター連携)
3. アフタープロジェクト担当委員(知財情報等の維持・管理など)

◆成果の普及-1

- 2017年10月18日 プレス発表
「FeNi超格子磁石材料の高純度合成に世界で初めて成功」
(NEDO/MagHEM/デンソー/東北大学/筑波大学)
- 2018年2月14日～16日
nano tech 2018(国際ナノテクノロジー総合展・技術会議)での展示
NEDOブースでパネル及び開発磁性材料等を展示。
- 2018年2月20日 プレス発表
「世界初、ジスプロシウム不使用の省ネオジム耐熱磁石を開発」(NEDO/MagHEM)
「トヨタ自動車、ネオジム(Nd)使用量を大幅に削減したモーター用の新型磁石
「省ネオジム耐熱磁石」を開発」(トヨタ自動車)
- 2018年12月6日
MagHEM・ESICMM磁性材料合同シンポジウムでの成果報告
主要研究成果についての講演・ポスター展示・モーター試作品と開発磁性材料を展示
- 2019年1月30日～2月1日
nano tech 2019(国際ナノテクノロジー総合展・技術会議)での展示
NEDOブースでパネル及びモデルモーターや開発磁性材料等を展示。
- 2019年5月22～23日 横浜会場、7月17～19日 名古屋会場
人とクルマのテクノロジー展(自動車技術会主催)での展示
トヨタ自動車ブースで「省ネオジム耐熱磁石」を展示。

◆ 成果の普及-2

- 2020年1月29日～31日
nano tech 2020(国際ナノテクノロジー総合展・技術会議)での展示
NEDOブースでパネル及び開発磁性材料等を展示。
- 2020年12月9日～11日
nano tech 2021(国際ナノテクノロジー総合展・技術会議)での展示
NEDOブースでパネル及び開発磁性材料等を展示。
- 2021年1月 広報ビデオを作成
展示会等での活用を目指し、MagHEMの紹介ビデオを作成
- 2021年11月 広報パンフレットを作成
- 2021年12月1日 MagHEM・ESICMM合同成果報告会
主要研究成果についての講演・ポスター展示・モーター試作品と開発磁性材料を展示
- 2021年12月11日～2022年1月30日
愛媛県総合科学博物館企画展に協力
- 2022年1月26日～28日
nano tech 2022(国際ナノテクノロジー総合展・技術会議)での展示
NEDOブースでパネル及びモデルモーターや開発磁性材料等を展示。
- 2022年6月14日 モーター成果報告会
モーターに関する成果をweb上で報告

2022.6.21
環境賞 優良賞 受賞



◆ 知的財産権の確保に向けた取組

	2012-2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	計
特許出願 (うち外国出願)	57 (16)	22 (5)	34 (15)	43 (32)	22 (18)	13 (4)	11 (4)	202 (94)件

国際標準化に向けた取り組み

IEC / TC68 / WG5 : New Work Item Proposal (2022.5.26)
 “Methods of measurement of the magnetic properties of permanent magnet materials in an open magnetic circuit using a superconducting magnet”

標準化を推進

先行してJISを制定: JIS C2500
 「超電導磁石を用いる開磁路法による永久磁石の磁気特性測定方法」

	非競争域	競争域
公開	保磁力評価方法 モーター評価方法	材料組成・構造 モーター構造
非公開		加工技術 合成技術

積極的に権利化

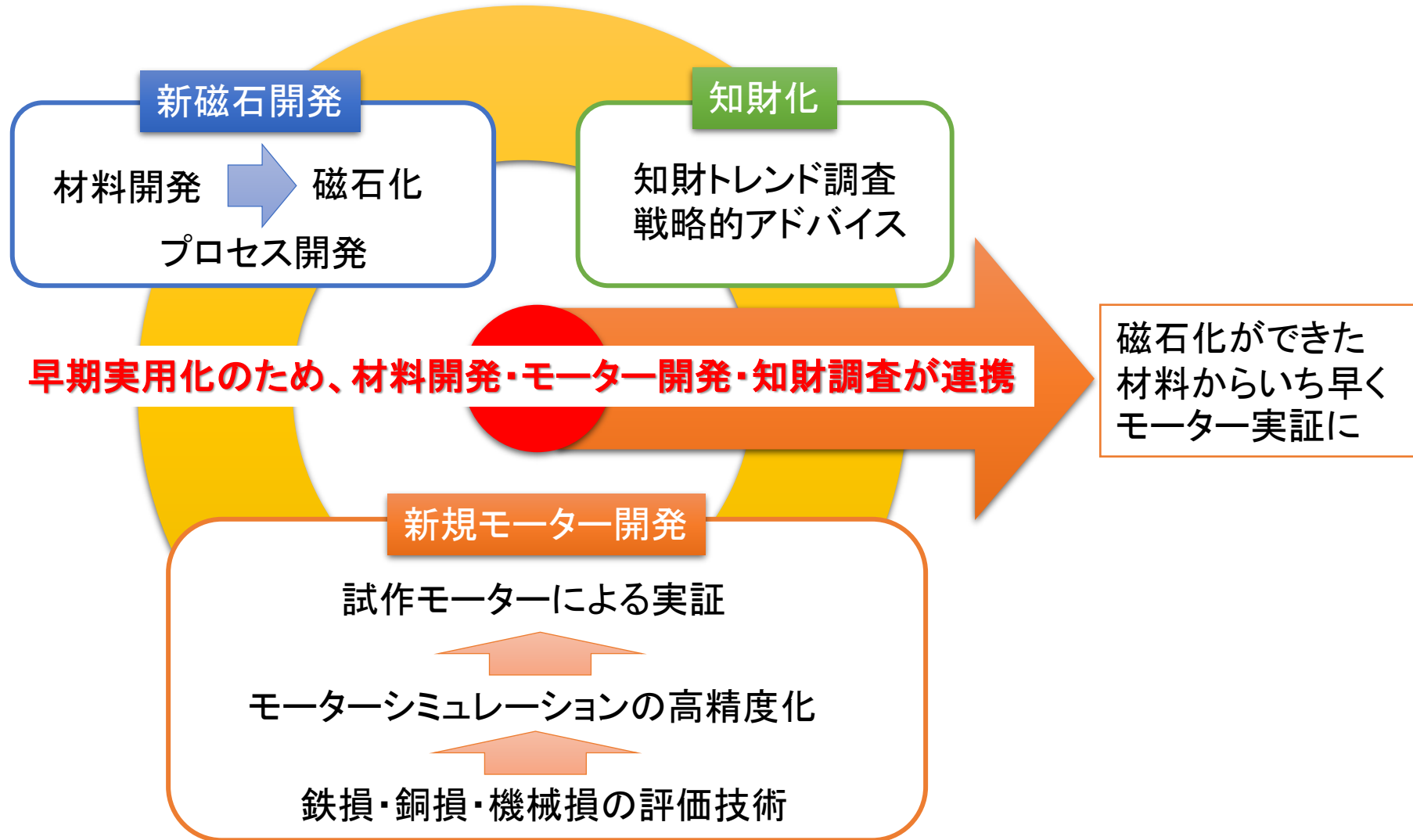
ノウハウとして秘匿

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

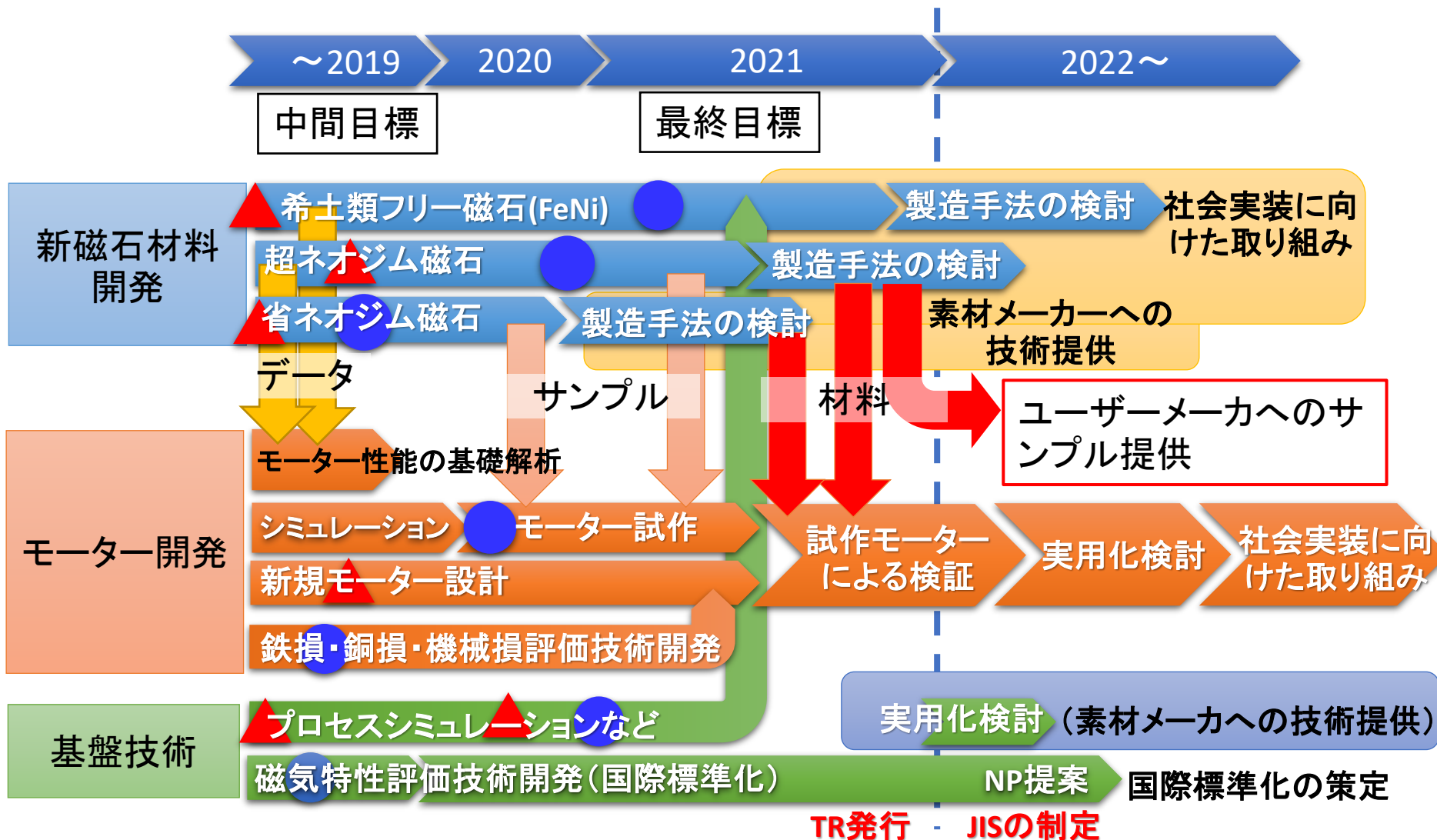
当該研究開発に係る試作品、シミュレーション技術、解析技術などの社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することをいう。

◆ 実用化に向けた戦略



4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (2) 成果の実用化に向けた具体的取組

◆ 実用化に向けた具体的取組



▲ : 基本原理確認 ● : 基本技術確立

◆波及効果

希土類の変動に強い高効率モーターの提供

電動航空機



電車



ドローン



発電・コージェネシステム



船舶

材料メーカーからサンプル提供実施中

元MagHEM企業でのモーター化実施中

戦略広報、社会実装の取組み

4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (2) 成果の実用化に向けた具体的取組

◆ 社会実装の取組・戦略広報・技術訴求

項目	年月	内容
戦略広報 技術訴求	'20.12	nano tech 2021 展示
	'20.12	新聞記事 掲載
	'21.1	金属学会報 まてりあ 掲載
	'21.2 ほか	新聞記事 掲載
	'21.10	1. 磁石普及促進アンケート
	'21.11	文科省「データ創出・活用型マテリアル研究開発・FS」 パネルディスカッション
	'21.12	2. MagHEM・ESICMM合同成果報告会
	'22.1	3. nano tech 2022 展示 & パネルディスカッション
	'22.1	4. 環境賞 応募⇒'22.6受賞
	'22.12、'23.1	5. サステナブルマテリアル展、nano tech 2023 展示
社会貢献	'22.1	6. 愛媛県総合科学博物館 企画展 出展協力

戦略広報：単発でなく継続的訴求、複数のメディア(报告会,展示会,新聞,オンライン)活用、他種多様なユーザーへの訴求(モーター系,材料系他)、部材(リアル)展示での対面議論により、多くの分野のユーザーでの実装評価、商品化検討を行って頂く

実用化のためには、まず知って頂くことが大切
 NEDO・MagHEM 一体となった 連携取組みとして、
戦略広報を、社会実装の促進に向け実施

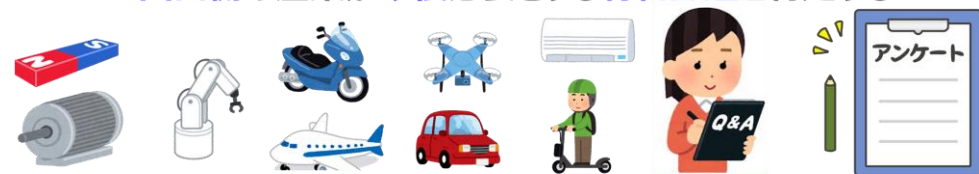
◆ 社会実装の取組・戦略広報・技術訴求- 1

磁石普及促進アンケート(2021.10)

回答総数58件、磁石ユーザ、磁石メーカーより幅広い回答

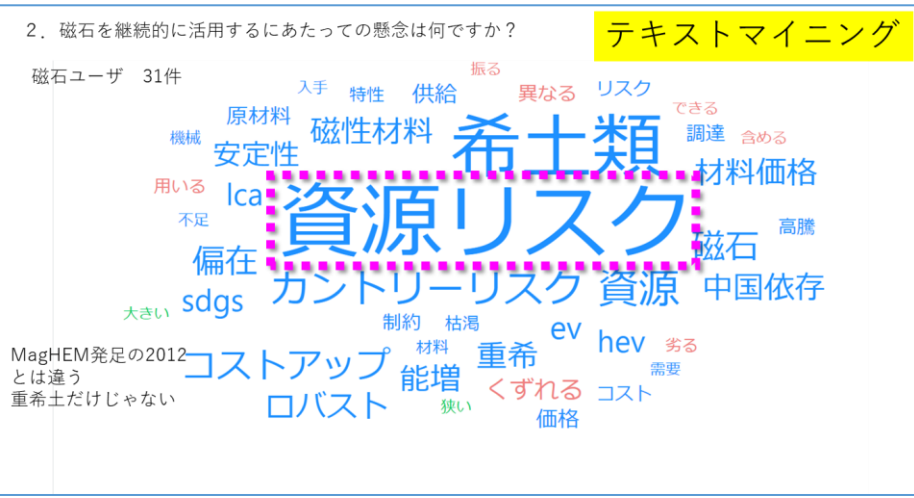
資源リスクへの関心が高い、特に希土類の動向を注視

出口側の産業が今後必要とする材料課題を特定する



社名	用途	出口側の将来像と求められる磁石
A社	電動軽車両 ほか	個別課題
B社	車両用モーター ほか	個別課題
C社	空調機 ほか	個別課題
D社	小型サーボモーター ほか	個別課題
E社	ロボット、ドローン ほか	個別課題
F社	航空機用電動推進システム	個別課題

共通課題



将来に向けてアンケートを企画、実施

MagHEM成果、超・省Nd磁石、FeNi超格子磁石は、

磁石ユーザの将来ニーズを先取り【先見の明】社会的受容性高

社会実装の要望にしっかり応える

4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (2) 成果の実用化に向けた具体的取組

◆ 社会実装の取組・戦略広報・技術訴求- 2

MagHEM・ESICMM合同成果報告会(2021.12.1)



2021年9月16日(木) 公式リリース

https://biz.nikkan.co.jp/j-forum/maghem_esicmm/



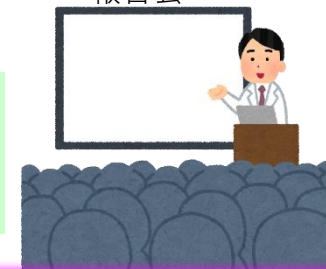
12月1日に来賓として経産省、文科省ご挨拶、会場・オンラインのハイブリッド開催

約630名参加

'21.12.1 会場 & オンライン
報告会

'21.10.13、'22.1.26
日刊工業新聞 掲載

報告会に加え、**新聞掲載**の威力も実感
報告会の**事前告知掲載**、**事後にも抄録紙面を掲載**



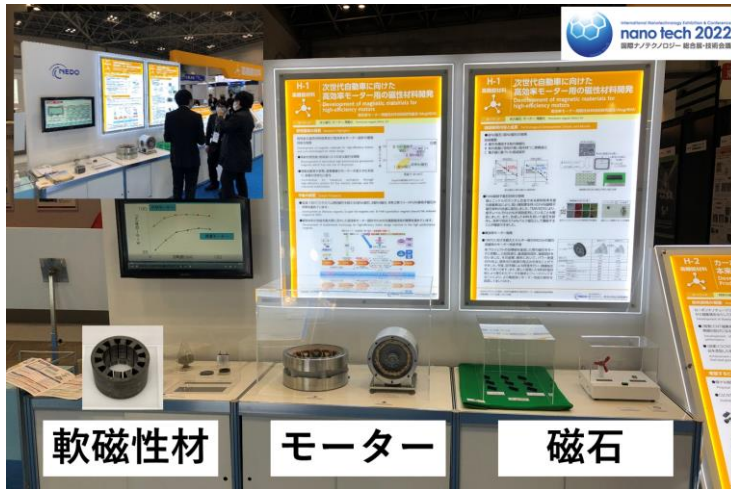
報告会 + 新聞掲載の 相乗効果で、技術訴求、社会実装、社会還元を促進

◆ 社会実装の取組・戦略広報・技術訴求- 3



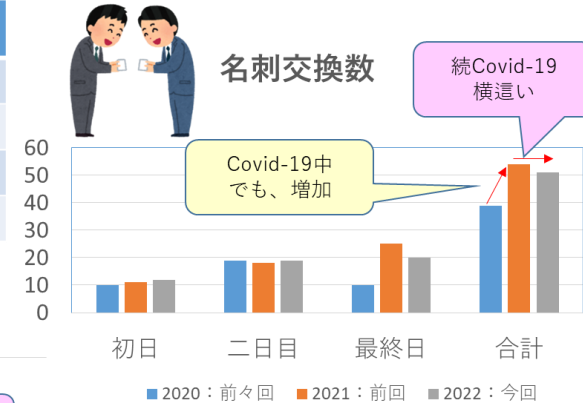
nano tech 2022 展示 & パネルディスカッション(2022.1)

実物展示で、さらにリアルに技術訴求



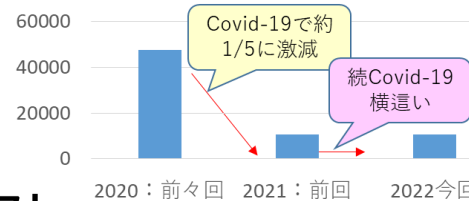
nano tech 展示会全体 来場者数 (NEDOブース来場者数)

	2022 今回	2021 前回	2020 前々回
1日目	3164 (1050)	3649 (786)	13678 (4368)
2日目	3716 (1229)	3375 (925)	16323 (5198)
3日目	3727 (1233)	3591 (1062)	17691 (5635)
3日間合計	10607 (3512)	10615 (2773)	47692 (15201)



nano tech 2022 MagHEMコーナーは、一致団結の総力展示でコロナ禍でも集客効果を発揮

展示会全体の来場者



省Nd磁石、超Nd磁石の試作提供、実装評価予定リスト

試作磁石の提供先	磁石	適用 関係先	進捗
A	省Nd磁石	エアコン	実機評価完
B	省Nd磁石	エアコン	机上検討中
C	省Nd磁石	エアコン	机上検討中
D	省Nd磁石	エアコン	机上検討中
E	超Nd磁石	産業機械	実機評価中
F	超Nd磁石	車載 全般	実機評価完
G	省Nd磁石	軽モビリティ	シミュレーション評価完
H	超Nd磁石	航空	シミュレーション評価中
I	超Nd磁石	ロボティクス	実機評価完
J	省Nd磁石	車載補機 照器系	実機評価中
K	省Nd磁石	車載補機 制御系	机上検討中
L	省Nd磁石	車載補機 空調系	机上検討中
M	省Nd磁石	車載補機 循環系	机上検討中
N	省Nd磁石	車載用 駆動系	シミュレーション評価完
O	超Nd磁石	車載用 駆動系	シミュレーション評価完

来場者動向の分析結果：
今回も、名刺交換・議論は前回並みで充実⇒展示効果大

新聞掲載を引き金に、磁石試作⇒実装評価⇒材料課題抽出⇒実装へ好循環中 効果発現

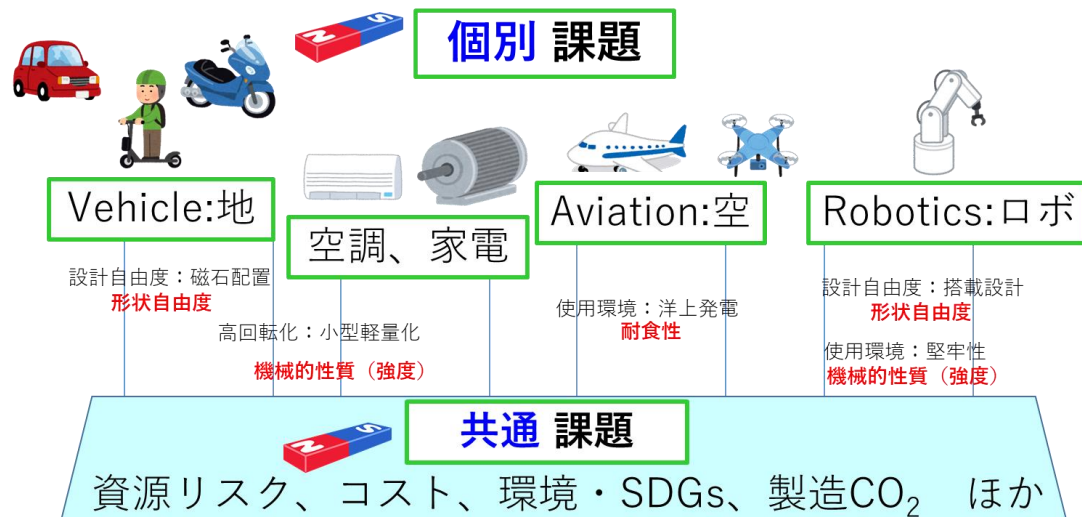
◆ 社会実装の取組・戦略広報・技術訴求- 3



nano tech 2022 展示 & **パネルディスカッション(2022.1)**



動画: NEDOchannel
<https://www.youtube.com/watch?v=RYunVs0thEQ&list=PLZH3AKTCrVsWDIZvEFsDv66FztX0z4vvo&index=3>



アンケート結果をパネルディスカッションで議論

磁化・保磁力に加え、強度, 温度特性, 製造CO₂, 耐食性等
⇒ 目的変数が多様化

日本のため、後継プロジェクトにも反映
持続的発展に、MagHEM終了後も 成果をフル活用

◆社会実装の取組・戦略広報・技術訴求- 4

環境賞への応募(2022.1) ⇒ 受賞(2022.6)

<https://biz.nikkan.co.jp/sanken/kankyo/>



環境賞

環境に関する調査、研究、技術・製品開発、活動等を表彰します



対象：「**モーターの電力消費を削減する省Nd高性能磁石**」

5月10日 日刊工業新聞 掲載済

MagHEM

受賞対象：「高効率モーター用磁性材料技術研究組合」



優良賞受賞：表彰式6月21日



SDGs重視の中、MagHEMの環境志向の取り組みも訴求

受賞は将来への期待(特例)⇒社会実装の重責果たすべく活動を加速

4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (2) 成果の実用化に向けた具体的取組

◆ 社会実装の取組・戦略広報・技術訴求- 5



持続的な 技術訴求活動： MagHEM終了後の 2022年度

MagHEMは終了だが、

<https://www.material-expo.jp/hub/ja-jp/about/susma.html>

第2回 サステナブルマテリアル展 (通称:SUSMA)

2022年12月7日(水)～9日(金)

会場：幕張メッセ

**サステナブル
マテリアル展**

東富士分室
大阪分室



<https://www.nanotechexpo.jp/main/>

nano tech 2023

2023年2月1日(水)～3日(金)

会場：東京ビックサイト
東ホール&会議棟



International Nanotechnology Exhibition & Conference
nano tech 2023
国際ナノテクノロジー 総合展・技術会議

東富士分室
大阪分室



新たな社外の顧客開拓のチャンス： **社会実装**の加速に**必須イベント**
上記 両展示会の **NEDOブース** へ出展の **協力要請**に対応させていただく



基本計画に明記された、**技術訴求**
“**成果発信**を積極的に行う” を履行
MagHEM終了後も**社会実装**をさらに**推進**

4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (2) 成果の実用化に向けた具体的取組

◆ 社会実装の取組・戦略広報・技術訴求- 6

愛媛県総合科学博物館 (公式) on Twitter
https://twitter.com/ehime_kahaku/status/1469556275692568577

愛媛県総合科学博物館 企画展出展(2022.1)

2021年12月11日(土)～1月30日(日) 41日間

MagHEM 磁石&モーター展示

実施内容:

- ・ MagHEM成果(最先端の磁石研究)を技術展示
- ・ Nd磁石を体験する工作教室の支援

観覧者数 10,184人



磁石ができるまで5 (いろいろな磁石製品 着磁)



磁石ができるまで6 (いろいろな磁石製品 消磁・脱磁)



最先端の磁石研究1



最先端の磁石研究2

石磁石工場
 のぞいてみよう
 磁石の科学
 磁石の不思議
 磁石ができるまで
 最先端の磁石研究

世界最強
 科学講演会 「ネオジム磁石」開発者 佐川真人さん 科学の魅力を語る
ネオジム磁石—どうやって見つけ、どうやって作り、何に使われるか—
 2022年 1月15日(土) 13:30~15:00 (開場 13:00~) 事前予約制
 会場 愛媛県総合科学博物館 多目的ホール
 講師 佐川 真人 (大同特殊鋼(株) 顧問)
 料金 無料 定員 100名

モールズ電信機と電磁石
 モールズ電信機は、情報通信技術の原点といわれています。モールズ電信機は電磁石を使って通信しています。本講座では、電磁石の実験を行った後、モールズ電信機の製作とモールズ電信機の講習を行います。また、電子部品にたくさん使われているフェライトの理解を深め、磁石の科学について学びます。当館学芸員による開催中の企画展「磁石工場をのぞいてみよう」の展示解説も行います。
 2022年 1月29日(土) 13:30~16:30 事前予約制 2022年1月14日(日)
 会場 愛媛県総合科学博物館 科学実験室および企画展示室 講師 当館学芸員
 料金 1,050円
 対象 小学4年生~中学生 ※申し込み以外入室はできません 定員 12名

ワークショップ エントランスホール 料金 250円
磁石を食べるスライムづくり 磁石を入れたスライムを作りましょう。磁石を送りつけると生きているかのように動きます。
 2022年 1月8日(土)~10日(日) 開場 10:30~12:00
ふかふか方位磁石 発泡スチロールと磁石で方位磁石を作ります。
 2022年 1月8日(土)・10日(日) 開場 15:00~30分(土)・10日(日) 13:30~15:00 (9時14:30まで) 10:30~12:00 (9時11:30まで) 13:30~15:00 (9時14:30まで)
 料金 50名 50名

長期を要する磁石研究にあたり、次世代を担う子どもたちに、長期目線で磁石・モータ材料研究への興味を喚起 人材育成・社会貢献にも積極参加

◆ 社会実装の取組・戦略広報・技術訴求- まとめ

省Nd磁石、超Nd磁石の試作提供、実装評価予定 リスト

試作磁石の提供先	磁石	適用 関係先	進捗
A	省Nd磁石	エアコン	実機評価完
B	省Nd磁石	エアコン	机上検討中
C	省Nd磁石	エアコン	机上検討中
D	省Nd磁石	エアコン	机上検討中
E	超Nd磁石	産業機械	実機評価中
F	超Nd磁石	車載 全般	実機評価完
G	省Nd磁石	軽モビリティ	シミュレーション評価完
H	超Nd磁石	航空	シミュレーション評価中
I	超Nd磁石	ロボティクス	実機評価完
J	省Nd磁石	車載補機 照器系	実機評価中
K	省Nd磁石	車載補機 制御系	机上検討中
L	省Nd磁石	車載補機 空調系	机上検討中
M	省Nd磁石	車載補機 循環系	机上検討中
N	省Nd磁石	車載用 駆動系	シミュレーション評価完
O	超Nd磁石	車載用 駆動系	シミュレーション評価完

非自動車系

自動車系

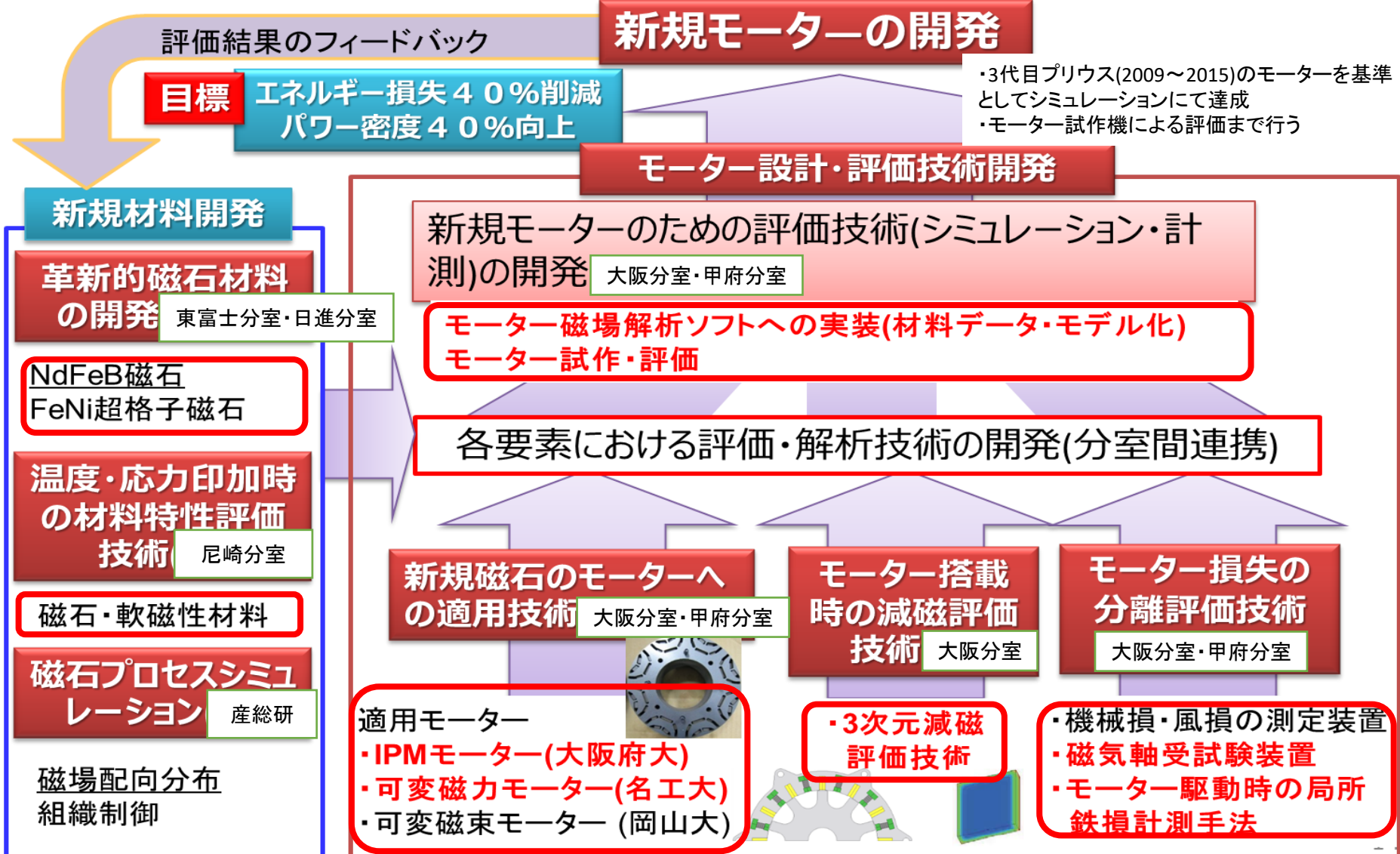
上記のモーターでの実装評価が拡大中 ⇒ 磁石使いこなしの実例を含むより幅広いモーター関係各社への理解活動が、今後の社会実装に必要²⁷

モーター3社連携成果

4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (2) 成果の実用化に向けた具体的取組

◆モーター3社 連携成果

連携により解析データ及び評価手法の共有、開発磁石を搭載したモーター設計の選択肢拡大が図られた



4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (2) 成果の実用化に向けた具体的取組

◆モーター 3社 連携成果

モーターに関する成果報告書とりまとめと報告会の開催

6月14日Teamsにて開催 **617名**の参加
活発な質疑応答がなされ、関心の高さが窺えた



成果報告(全200ページ)冊子(200冊)とpdfで提供

モーター関係イベントの参加人数規模
2019年テクノフロンティアシンポジウム
自動車用モータの新展開 105名
電気学会産業応用部門大会
モーター関係シンポジウム 最大200名弱

プログラム	
司会	山藤 昭雄 (ダイキン工業)
10:00~10:10	開会の辞 主催挨拶 NEDO材料・ナノテクノロジー部 林 成和 来賓挨拶 経済産業省 藤原 大輔
第一部 永久磁石	
10:10~10:40	永久磁石開発の成果 尾崎 公洋 プロジェクトリーダー (産業技術総合研究所)
第二部 モーター実装時の材料評価技術	
10:45~11:15	磁性材料の応力下における磁気特性評価 松本 紀久 (三菱電機)
11:20~11:50	モーター実装時の減磁及び損失評価技術 三箇 義仁、荒木 辰太郎、中川 倫博 (ダイキン工業)
- 休憩 -	
13:00~13:30	風損分離技術 内山 翔 (明電舎)
第三部 モーター設計技術	
13:35~14:05	新しい磁石を搭載した時のモーター特性 浅野 能成 (ダイキン工業)
- 休憩 -	
14:20~14:50	IPMモーター 真田 雅之 (大阪公立大学)
14:55~15:25	ハイブリッド界磁モーター 竹本 真紹 (岡山大学)
15:30~16:00	ハイブリッド界磁フラックススイッチングモーター 小坂 卓 (名古屋工業大学)
16:00~16:15	モーターアドバイザー講評 青山 康明 (日立製作所)
16:15~16:20	閉会の辞 尾崎 公洋 プロジェクトリーダー (産業技術総合研究所)

◆モーター 3社 連携成果

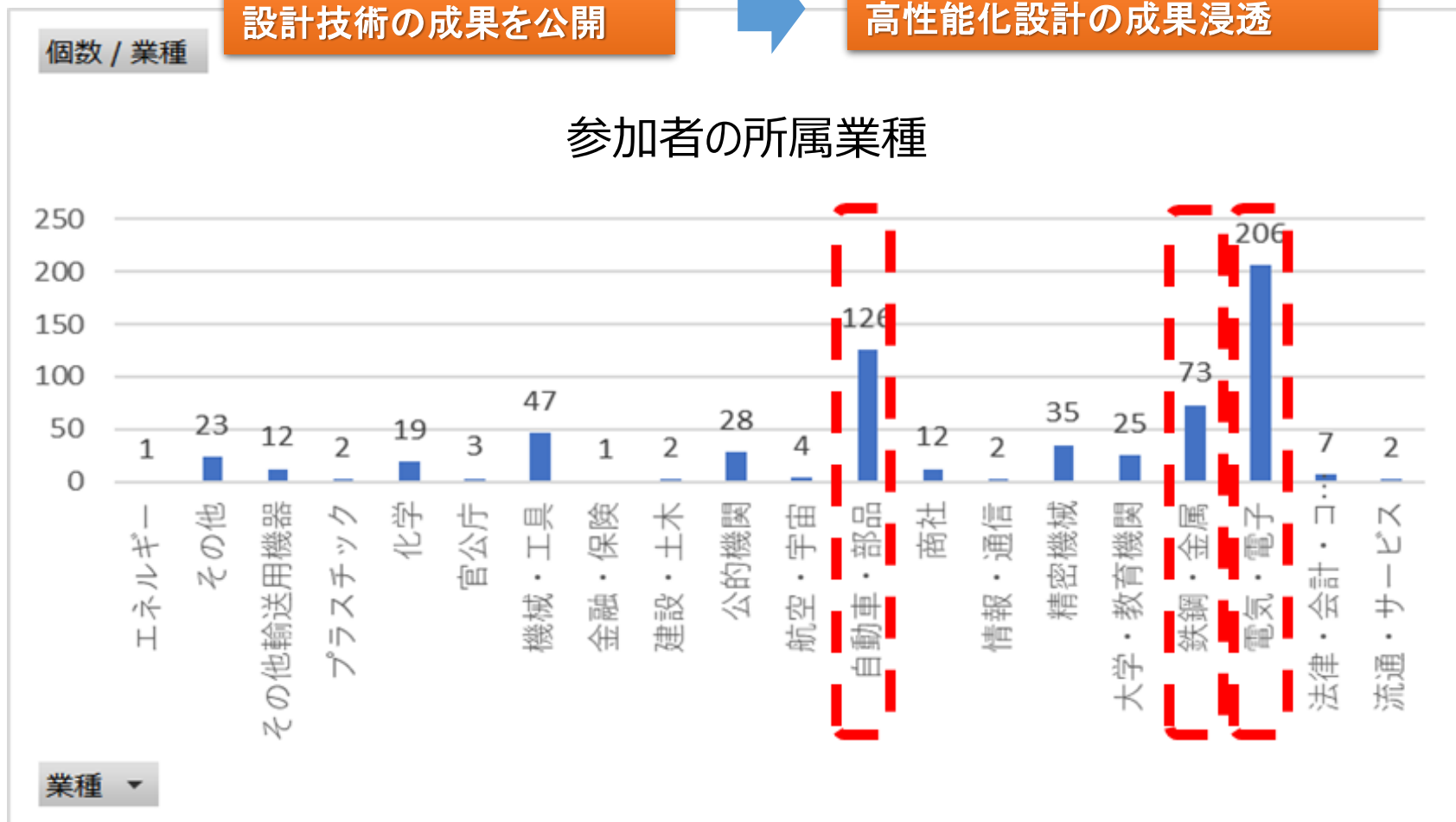
モーターに関する成果報告書とりまとめと報告会の開催

電気・電子、自動車・部品、鉄鋼・金属等、幅広い業種の方が参加

材料の評価技術・モーター設計技術の成果を公開



様々な分野においてモーターの高性能化設計の成果浸透



4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (2) 成果の実用化に向けた具体的取組

◆モーター 3社 連携成果

モーターに関する成果報告書とりまとめと報告会の開催

アンケート結果

分野	アンケート回答
自動車関係	モータ高効率化、小型化が従来技術では背反になること、その問題に対して 多角的にアプローチ しているご発表の数々が非常に印象に残りました。
	省希土類。併せて高効率化。グローバルで様々な分野での電動化の競争が激しい中、 資源を持たない日本が戦っていける のかのキーとなる技術と思います。
精密機械	個別研究開発も大事だが、 磁石材料、モータ設計及び解析、モータ製作、及び産学官の連携 が、高効率モータを実現する上で非常に重要な視点であると考えます
	磁石の高性能化はまだまだ可能。 磁石技術とモータ技術開発が連携 しているところがよかった。モータ効率も98%とかなり行きつくところまでいった感がある。 モータ技術の進化には10年（じっくり腰を据えて）開発 をすることが必要なのだと感じた。
磁性材料	モータ設計、磁石材料、鉄心材料の 各分野の技術者の相互理解 の必要性
	「新しい磁石材料を搭載した時のモーター特性」では、初めて 磁石特性がモーター特性に及ぼす影響 を定量的に見れました。

本取組が材料・モーター両者の橋渡しとなって、それぞれの分野において、開発材料のモーターへの社会実装に向けての取り組みが始まった。