

「次世代自動車向け高効率モーター用
磁性材料技術開発」
中間評価報告書

平成28年12月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

平成28年12月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
理事長 古川 一夫 殿

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会 委員長 小林 直人

NEDO技術委員・技術委員会等規程第34条の規定に基づき、別添のとおり評価結果について報告します。

「次世代自動車向け高効率モーター用
磁性材料技術開発」
中間評価報告書

平成28年12月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

目 次

はじめに	1
審議経過	2
分科会委員名簿	3
評価概要	4
研究評価委員会委員名簿	7
研究評価委員会コメント	8
第1章 評価	
1. 総合評価	1-1
2. 各論	
2. 1 事業の位置付け・必要性について	
2. 2 研究開発マネジメントについて	
2. 3 研究開発成果について	
2. 4 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて	
3. 評点結果	1-18
第2章 評価対象事業に係る資料	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会公開資料	2-2
参考資料1 分科会議事録	参考資料 1-1
参考資料2 評価の実施方法	参考資料 2-1
参考資料3 評価結果の反映について	参考資料 3-1

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」の中間評価報告書であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき、研究評価委員会において設置された「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第49回研究評価委員会（平成28年12月5日）に諮り、確定されたものである。

平成28年12月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

審議経過

- 分科会（平成28年6月14日）

- 公開セッション

- 1. 開会、資料の確認
 - 2. 分科会の設置について
 - 3. 分科会の公開について
 - 4. 評価の実施方法について
 - 5. プロジェクトの概要説明

- 非公開セッション

- 6. プロジェクトの詳細説明
 - 7. 全体を通しての質疑

- 公開セッション

- 8. まとめ・講評
 - 9. 今後の予定、その他
 - 10. 閉会

- 現地調査会（平成28年5月11日）

- 大阪府立大学 高効率モーター用磁性材料技術研究組合
モーター・磁性材料開発センター

- 第49回研究評価委員会（平成28年12月5日）

「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」

中間評価分科会委員名簿

(平成28年6月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	かとう ひろあき 加藤 宏朗	山形大学大学院理工学研究科 教授
分科会長 代理	おおもり けんじ 大森 賢次	日本ボンド磁性材料協会 専務理事
委員	おかざき やすお 岡崎 靖雄	岐阜大学 名誉教授
	かけした ともゆき 掛下 知行*	大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻 教授
	さかい かずと 堺 和人	東洋大学理工学部電気電子情報工学科 教授
	さくま あきまさ 佐久間 昭正*	東北大学大学院工学研究科応用物理学専攻 教授
	ちば あきら 千葉 明*	東京工業大学大学院理工学研究科電気電子専攻 教授

敬称略、五十音順

注*：実施者の一部と同一組織であるが、所属部署が異なるため（実施者：大阪大学大学院工学研究科応用化学専攻、東北大学大学院工学研究科電子工学専攻、東北大学多元物質科学研究所、東北大学金属材料研究所、東北大学大学院工学研究科知能デバイス材料学専攻、東京工業大学応用セラミクス研究所）「NEDO 技術委員・技術委員会等規程(平成28年5月27日改正)」第35条(評価における利害関係者の排除)により、利害関係はないとする。

評価概要

1. 総合評価

国際情勢や地球環境問題等を見据え、国の施策としてこのような全体として高い目標を掲げたプロジェクトを企画したことは大いに評価できる。本プロジェクトで高い目標値を掲げたことにより、大きな成果につながる可能性があるとともに、新しい基礎概念も生まれる可能性がある。本プロジェクトにおいては、短期間で創出が困難な材料分野で、成果が出つつある。具体的には、ジスプロシウムフリー・ネオジム磁石では、従来ジスプロシウム 8wt% 含有ネオジム焼結磁石の 180°Cでの最大エネルギー積と同等の 25MGOe に到達している。希土類フリー磁石では、FeNi 超格子の規則度を高める画期的な方法が見出されつつあり、希土類は含むものの磁化が低いいため開発が止まっていた RE1Fe12 系に新しい芽が生まれたことはこの開発が進められた成果と思う。軟磁性材料では、高 Bs ナノ結晶で目標達成しうる高性能な材料が開発できた。

一方で、モーター損失 25%削減というプロジェクト全体としての最終目標については、すでに 2016 年 1 月販売のプリウスでほぼ達成されているという見方もでき、この目標値については再検討を行うことが必要である。また、高効率モーターの損失削減量とそこで用いる磁石材料の最大エネルギー積の目標値において、材料研究とモーター研究で互いに目標や研究開発を進めるにあたって重要なポイントを共有できているように見えないという実施者もある。また、当初の目標効率を超えるための設計手法・組立法の研究開発を行う、また、鉄心特性の評価解析を生かした設計方法の研究開発を行うなどの改善すべき点もある。さらに、モーターの効率向上するため、新しい巻線材料、絶縁材料、鉄心構成技術なども取り入れて改善すべきである。

今後は全体目標値について再検討を行い、自動車メーカーの設計意見も積極的に取り込んで、材料研究とモーター研究で相乗効果が発揮できる体制と運用で進めて頂きたい。高効率モーターの事業化に繋がるようなテーマと、基盤技術になり得るようなテーマの棲み分け（見極め）を行い、有望な特性の結果が得られている磁石に関しては、特に注力してバックアップし、推進するべきである。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

永久磁石材料の産業利用はエネルギー問題と環境問題の観点から重要な役割を果たしており、世界の技術動向から見ても時宜を得た事業である。歴史的に見ても日本が主体となり推進すべき事業であるといえる。磁性材料分野での研究開発競争において中国等による追い込みは激しさを増しており、かつ磁石にとって極めて重要な希土類元素は中国に大きく依存している状況であるが、本開発が上手くいけば競争力を維持することが可能である。このような大型プロジェクトを NEDO が中心になって遂行していることは大いに評価でき、得られた成果は、費用対効果があると思われるとともに、自動車、電機、材料分野の日本の産業

界への大きな貢献が期待できる。また、本プロジェクトは文部科学省管轄下の元素戦略磁性材料研究拠点（ESICMM）との棲み分けができており、国の元素戦略研究の一環として機能している。

2. 2 研究開発マネジメントについて

個々の磁性材料の目標値が非常に高く、常識を逸脱している値にも見えるが、目標達成に向けて着実に前進している。また、軽希土類は使用可能との方針変更を行うなど、適宜良好な状況判断が行われているものと思われる。一方で、プロジェクト全体の目標として掲げているモーターの損失削減目標は、新型プリウスのモーターにおいて既に達成されている。磁石性能の高い目標値と比較してアンバランスであり、目標値の見直しが必要である。なお、モーター研究からの材料に対する要求特性値が出されておらず、テーマ毎に勝手に目標値を設けていることも問題である。まず、自動車の運転時のエネルギー消費から頻度の高い代表的運転ポイントにおけるモーターの動作点で損失削減の目標値を明確に定義し、そこからモーターの損失削減における永久磁石、鉄心材料、鉄心構成方法、巻線、絶縁材料、設計法、その他の貢献が明示できるよう個々の目標値を設定できれば理想的と言える。

各分室や研究テーマは、研究開発計画にしたがって設定されている。今後、目的に合わせてテーマの取捨選択、方針転換などを適宜行うと良い。

適切な研究開発体制を構築し、研究開発を有機的に実施していることは評価できる。また、大学や公共研究機関への働きかけを積極的に進めている。しかし、実施者間の連携は壁があるように見受けられる。今後は、材料研究とモーター研究の連携が重要であり、広範に戦略を討議できる場や組織を作る必要があると考えられる。研究開発の戦略に関しても外部有識者を交えての積極的な提案活動が望まれ、テーマ間や ESICMM との情報交換を進め、課題解決策を見出して欲しい。さらに、中間評価までの成果で優れた成果が得られている RE1Fe12 系に関しては、重点的に研究をサポートして頂き、その他にも保磁力発現機構などの基礎的課題やモーター鉄心の磁性劣化の研究にも取り組んで欲しい。

2. 3 研究開発成果について

目標達成に対する意識が高く、目標値を達成、または目標値にかなり肉薄した成果を挙げていることは、大いに評価できる。特に RE1Fe12 系で新規磁石の可能性を見出したことは指針を得るという意味で評価できる。また、未達のテーマについては課題を明らかにしている。

前半 5 年の成果としては概ね高く評価できる一方で、残り 5 年は各テーマに於いてステージが異なることを考慮した、目標の再設定が必要である。さらに、新規物質の探索などに計算グループを導入するなど、基礎的な解析・評価が今後は極めて重要である。

特許出願は一部を除き積極的に行っており、対外的な発表も適宜行われている。今後は、外国出願特許として、戦略的な特許を多数出願すべきである。一方で、論文投稿は特許出願に対するタイムラグによるのであれば良いが、少ないように感じる。特許出願を終えた研究は学会発表で終らず、積極的に論文にするべきである。例えばモーター研究の成果に関して

は、世界の一流ジャーナル（IEEE Transaction on Industry Applications, Energy Conversion など）への論文掲載が必要で、国内外の研究機関を刺激し、相乗効果により各テーマの推進を図ることも視野に入れるべきである。

また、米国 DOE 研究プロジェクトの自動車用モーター・インバータ及びそのパワーデバイス、高効率モーター研究など、世界的な競合他社・他研究機関とのベンチマークを多方面から行いフィードバックをかけることが重要である。

2. 4 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて

自動車用モーターの実用化を狙いながら、材料特性を生かした家電・産業機器分野のモーターなどへの展開を図る方向は評価できる。

ただし、新規磁石を用いたモーターの実用化という観点では、シミュレーションの段階に留まっているように見える。自動車メーカーの意見や情報を積極的に取り込み、どのような次世代自動車用をターゲットとし、それが材料やモーターにどのような技術を要求するかを明確に示して、実用化に向け材料加工も含めた課題やマイルストーンの検討をする必要がある。モーター・磁性材料技術開発センターなどにおいて、各企業の垣根を越えた技術交流や情報交換を行い、大型プロジェクトの利点を生かした有機的体制の構築によって、実用化へのステップを上って欲しい。

材料のテーマでは、RE1Fe12 系や FeNi 超格子磁石で活路を見出し、実用化を目指す戦略は妥当と評価できる。今後は、材料の製造面まで含めた実用化への道筋を考慮し、テーマに応じたきめ細やかなマネジメントを行って、一つでも具体的な成果を挙げていただきたい。

研究評価委員会委員名簿

(平成29年3月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	こばやし なおと 小林 直人	早稲田大学 研究戦略センター 副所長／教授 研究院／副研究院長
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	一般財団法人電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター 兼 社会経済研究所 副研究参事
	あたか たつあき 安宅 龍明	先端素材高速開発技術研究組合 (Hi-Mat) 専務理事
	いなば ようじ 稲葉 陽二	日本大学 法学部／大学院 法学研究科 教授
	かめやま ひでお 亀山 秀雄	東京農工大学 名誉教授／シニア教授
	ごないかわひろし 五内川 拓史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	さくまいちろう 佐久間 一郎	東京大学大学院 工学系研究科 附属医療福祉工学開発評価研究センター センター長／教授
	さとう りょうへい 佐藤 了平	大阪大学 産学連携本部 名誉教授／特任教授
	たからだ たかゆき 宝田 恭之	群馬大学 大学院理工学府 環境創生部門 教授
	ひらお まさひこ 平尾 雅彦	東京大学大学院 工学系研究科 化学システム工学専攻 教授
	まるやま まさあき 丸山 正明	技術ジャーナリスト／横浜市立大学大学院非常勤講師
	よしかわ のりひこ 吉川 典彦	名古屋大学 名誉教授

敬称略、五十音順

研究評価委員会コメント

第49回研究評価委員会（平成28年12月5日開催）に諮り、以下のコメントを評価報告書へ附記することで確定した。

- 材料自体の研究開発目標設定とそのための研究推進方法を再度精査し、実用化に向けモーター開発及び材料評価の課題等と緊密な連携をとって進められたい。

第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の箇条書きは、評価委員の主な指摘事項を、参考として掲載したものである。

1. 総合評価

国際情勢や地球環境問題等を見据え、国の施策としてこのような全体として高い目標を掲げたプロジェクトを企画したことは大いに評価できる。本プロジェクトで高い目標値を掲げたことにより、大きな成果につながる可能性があるとともに、新しい基礎概念も生まれる可能性がある。本プロジェクトにおいては、短期間での創出が困難な材料分野で、成果が出つつある。具体的には、ジスプロシウムフリー・ネオジム磁石では、従来ジスプロシウム 8wt%含有ネオジム焼結磁石の 180°Cでの最大エネルギー積と同等の 25MGOe に到達している。希土類フリー磁石では、FeNi 超格子の規則度を高める画期的な方法が見出されつつあり、希土類は含むものの磁化が低いため開発が止まっていた RE1Fe12 系に新しい芽が生まれたことはこの開発が進められた成果と思う。軟磁性材料では、高 Bs ナノ結晶で目標達成しうる高性能な材料が開発できた。

一方で、モーター損失 25%削減というプロジェクト全体としての最終目標については、すでに 2016 年 1 月販売のプリウスでほぼ達成されているという見方もでき、この目標値については再検討を行うことが必要である。また、高効率モーターの損失削減量とそこで用いる磁石材料の最大エネルギー積の目標値において、材料研究とモーター研究で互いに目標や研究開発を進めるにあたって重要なポイントを共有できているように見えないという実施者もある。また、当初の目標効率を超えるための設計手法・組立法の研究開発を行う、また、鉄心特性の評価解析を生かした設計方法の研究開発を行うなどの改善すべき点もある。さらに、モーターの効率向上するため、新しい巻線材料、絶縁材料、鉄心構成技術なども取り入れて改善すべきである。

今後は全体目標値について再検討を行い、自動車メーカーの設計意見も積極的に取り込んで、材料研究とモーター研究で相乗効果が発揮できる体制と運用で進めて頂きたい。高効率モーターの事業化に繋がるようなテーマと、基盤技術になり得るようなテーマの棲み分け（見極め）を行い、有望な特性の結果が得られている磁石に関しては、特に注力してバックアップし、推進すべきである。

〈肯定的意見〉

- ・ 極めて高い開発目標値に対して、何とか達成しようとするあらゆる創意工夫を展開し、年度目標値をクリアーしている点が挙げられる。この高い目標を掲げたことが本プロジェクトの最大の特徴であり、それは大きな成果につながる可能性があるとともに新しい基礎概念も生まれる可能性がある。この意味で本プロジェクトに対して大いに期待したいと思っている。
- ・ 国際情勢や地球環境問題等を見据えて、国の施策としてこのような大型プロジェクトを企画したことは大いに評価できる。
- ・ 希土類フリー磁石では FeNi 超格子の生成方法に突破口が生まれ、また、希土類は含むものの従来磁化が低いため開発が止まっていた RE1Fe12 型に新しい芽が生まれたことはこの開発が進められた成果と思う。
- ・ RE1Fe12 系で新物質が見つかったのはよかった。

- ・ Dyフリーで従来の 25MGOe に到達しているのは良い。
- ・ NdFeB 磁石を大きく超える可能性のある新磁石が見いだされており、短期間で新規の物を創出することの困難な材料分野で成果が出ている。
- ・ 磁石材料、軟磁性材料ともに中間目標を達成する成果を挙げつつある。
- ・ 世界初の新磁石材料の芽が 1-12 系、L10 型で出ており今後に期待できる。
- ・ 第 1 期で終了するテーマも事業化へ向けた具体的取組みがなされており社会への還元が期待できる。
- ・ 希土類の入手が困難になる環境下で希土類フリー磁石に注目してテーマ提案があったが磁化は高くできるものの高保磁力を得るのが難しい。一方、重希土類は依然として入手が困難になるという問題が起こる可能性があるものの、軽希土類はむしろ利用しないと例えば Nd の価格を高めてしまう問題が生じる。希土類はバランス良く使用するの大切であるため Nd 以外の軽希土類を利用した磁石開発は重要なテーマとなる。そのような状況を理解して希土類フリー磁石に於いても軽希土類を使ったテーマを受け入れる体制などが進められ、新しい芽が生まれる結果となった。
- ・ 高 Bs ナノ結晶は良いプロジェクトで有り、良い鉄板ができています。モーターの鉄心として性能を出すためにも、あと 5 年間継続すべき。
- ・ Dyフリーの Nd 磁石開発では目標達成には至っていないものの、いずれも結晶粒の微細化に伴う難題解決のための本質を見出した。
- ・ 国内で複数の元素戦略プロジェクトが併走している中、事業目的を自動車向け高効率モーター用磁性材料開発に設定することは、本プロジェクトの立ち位置を明確にする上で適切であり、NEDO の事業として妥当であると考えます。その下で、更に期間を第一期と第二期に分け、テーマの性格によって期間とフェーズを振り分けることは運営上かつテーマを推進する上で大変有効と考えます。また、プロジェクトの中に知財や技術動向調査部門および共通基盤技術推進部門を設けていることは、各テーマの支援のみならずプロジェクト終了後にも広く有効利用できる成果を残すことができるという意味で、本プロジェクトの運営の優位な特徴として評価できます。

〈改善すべき点〉

- ・ モーターの 10 年で損失 25%改善の目標は低く改善が必要。先代のプリウス（最高効率 96%）が基準であるのはよいが、すでに 2016 年 1 月販売のプリウスでは、25%削減（最高効率 97%）を実現している。たぶん、10 年後のプリウスでは損失半減（効率 98%）も実現しているだろう。このプロジェクトは新規開発の材料を使用するのであるから、損失 75%減、効率 99%が妥当な目標だろう。
- ・ 磁石のプロジェクトは概略でもいいから BH カーブを描くべき、また、原材料コストなどは必要。プロジェクトで統一したフォーマットを考える必要がある。
- ・ 組合内の研究機関同士で十分話し合いを持ち、問題点を掘り下げて進める開発体制がまだ物足りないと思われる。

- ・ インパクトのある開発が要求されるため、到達できそうもない目標値が独り歩きしてしまう問題がある。適宜見直しをすることで正しい目標値を設定し直す必要がある。
- ・ 新材料の磁気特性、特に低 B_s や機械的性質に合わせたモーターの設計手法、組立法の研究開発が遅れている。
- ・ 各分室で連携して研究を推進できているとは見えない。また、材料研究とモーター研究ではお互いに目標や重要ポイントを共有できているとは見えない。
- ・ モーター関係のプロジェクトはこれからと思われるが、米国でライバルのプロジェクトであるフリーダムカー2020 が世界のトップレベルの論文を何件か IEEE のジャーナルにだしている。このプロジェクトも世界のトップレベルに到達するよう努力してほしい。モーター分室がメーカーの人だけであるのはいかかかと思う。世界のトップレベルの研究者がリーダーシップを取る方がいい。磁石は産総研に研究者がいるように、モーターもリーダーが必要である。
- ・ 材料特性と鉄心特性とは異なる。鉄心特性の評価解析が遅れている。
- ・ 材料情報の早期取込みと材料サイドへの要求を出し合い効率的に進める必要がある。
- ・ 目標値を達成するための基礎概念とプロセスを見出すには、得られた結果の基礎的な解析・評価が極めて重要である。この意味において、研究方針として解析・評価を意識する体制にしていきたいと思う。また、本プロジェクトの要である減磁曲線を各温度で測定できる装置の導入を図る必要性を感じる。さらに、新規材料等に関する計算グループの充実が望まれる（JST との協力体制も含めて）。
- ・ プロジェクト全体の目標の設定値については、高効率モーターの損失削減量とそこで用いる磁石材料の最大エネルギー積の目標値の適切なバランスをやや欠いている。
- ・ 民間企業主導のプロジェクトであるため、論文投稿や学会発表等の学術活動に強い制約があるのは理解できます。しかし、成果を公表することで外部の専門家の（いい意味での）批判や評価を広く受けることができ、これによる相乗効果で研究が更に加速することが期待されます。特許出願を行った上で学術活動にも注力し、その派生的な効果を活用することを勧めます。

〈今後に対する提言〉

- ・ 材料情報の早期取込みと材料サイドへの要求を出し合い効率的に進める必要がある。
- ・ 全体目標の設定値について、再検討を行うことを提言する。
- ・ 自動車のモーターの効率向上には、鉄心、磁石にくわえ、巻線材料、絶縁材料、鉄板から鉄心を作る技術なども効果的だ。現状、磁性体だけに固執しているのはおかしい。幅広く考えるべき。
- ・ 高い保磁力があまり期待できない窒化鉄や FeNi 超格子については、大きな飽和磁化は期待できるとしてもモーター用として本当に使えるものと考えて進めるのかどうか見極める必要がある。
- ・ 有望な特性の結果が得られている磁石（1-12 系磁石）に関しては、特に注力して人・物・金でもバックアップし、推進して頂きたい。

- ・ モーターのセンターは検討課題が多く、人員、スペース等の拡充が必要ではないか。プリウスサイズのモーターを多数試作して、試験すべき。
- ・ 第二期以降、いくつかのテーマは事業化へ向けての展開と同時に本当の意味での基礎的検討（保磁力発現機構など）が必要なフェーズに入ってくるのが予想されます。できるだけ早い時期に、本プロジェクト期間内に高効率モーターの事業化に繋がるようなテーマと、基盤技術になり得るようなテーマの棲み分け（見極め）を行い、本プロジェクトの最終成果を単に実用化の可否に終わらせず、より厚みのあるものにすべきと考えます。特に後者に属するテーマに対しては、高度な評価・計測技術や理論研究のバックアップを図るべく、ESICMM との連携を強化して支援していくべきと考えます。
- ・ 各分室が具体的なターゲットを再確認しあい、また、材料（シミュレーションを含めた基礎研究から製造）と応用分野のモーター研究チームがあるので、相乗効果が発揮できる体制と運用で進めて頂きたい。
- ・ 新材料の特性を生かすモーター設計が必要で、EV モーター設計を材料サイドと共同で進める体制が必要である。自動車メーカーの設計意見も積極的に取り込んでいく必要がある。
- ・ グループ間の連携や JST のプログラムとの協力があまり見られない点が挙げられる。これを進めると、改善すべき点で述べたことも解消され则认为られる。また、当初に掲げた目標値がすでになされたものは、その設定値を変える必要がある。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

永久磁石材料の産業利用はエネルギー問題と環境問題の観点から重要な役割を果たしており、世界の技術動向から見ても時宜を得た事業である。歴史的に見ても日本が主体となり推進すべき事業であるといえる。磁性材料分野での研究開発競争において中国等による追い込みは激しさを増しており、かつ磁石にとって極めて重要な希土類元素は中国に大きく依存している状況であるが、本開発が上手くいけば競争力を維持することが可能である。このような大型プロジェクトを NEDO が中心になって遂行していることは大いに評価でき、得られた成果は、費用対効果があると思われるとともに、自動車、電機、材料分野の日本の産業界への大きな貢献が期待できる。また、本プロジェクトは文部科学省管轄下の元素戦略磁性材料研究拠点 (ESICMM) との棲み分けができており、国の元素戦略研究の一環として機能している。

〈肯定的意見〉

- ・ 磁性材料はエネルギー関連で極めて重要な役割を果たすが、我が国におけるその研究開発力は依然として世界のトップを走ると考えられる。しかしながら、中国等による追い込みは激しさを増しているのが現状であり、しかも磁石にとって極めて重要な希土類元素は中国に大きく依存している状況であるため、さらに高度な技術力で対抗する必要がある。
- ・ 重希土類は依然として中国に頼らざるを得ないものの、幸い、軽希土類については中国以外の産出国もあることから、技術開発が上手くいけば競争力を維持することが可能である。
- ・ 磁性材料の開発は設計が難しく、また、特に新磁石を見つけるための設計は不可能とあってよく、企業が単独で進める研究開発はリスクが高い。したがって、重希土類を使用せずに高性能磁石を開発するための研究開発事業は極めて重要である。
- ・ 軟磁性材料においてもエネルギーロスを低減するため低損失磁性材料の開発は重要である。磁石同様、開発のためには多くの力が必要であり、企業が単独で進める研究開発はリスクが高い。
- ・ 高性能モーターの開発に於いてそのエネルギーロスはどこに原因があるかを見極めることは極めて重要であり、そのための詳しい解析が極めて重要である。ただし、その解析には高価な測定系の導入が必要であり、企業が単独で進めるには負担が大きい。
- ・ NEDO が中心になって事業を進めることに妥当性がある。
- ・ 内外の技術動向等を勘案して、このような大型プロジェクトを遂行していることは大いに評価できる。
- ・ 世界の技術動向から見ても時期を得た事業である。
- ・ 材料開発には 10 年以上の時間が掛かり、昨今、企業は材料開発にかける体力・気力がない。高い目標は研究者・技術者に挑戦心を与え、また既存技術にも活力を与えて産業界に寄与している。

- ・ 事業目的の妥当性は、明白である。また、歴史的に見ても日本が主体とすべき事業である。具体的なプログラムは妥当であり、NEDO 事業にふさわしいものである。得られた成果は、費用対効果があると思われる。
- ・ 自動車の世界的動向は、ハイブリッド自動車 HEV の時代から、エンジンよりもモーターが主となるプラグイン HEV や電気自動車 EV へ動いており、これらの主駆動機であるモーターとその磁性材料の研究はタイミング的にも合っている。
- ・ 本研究成果が自動車、電機、材料分野の日本の産業界に大きな貢献が期待できる。
- ・ 地球資源の有効利用、及び間接的に技術開発による地球環境の改善に貢献している。
- ・ 永久磁石材料の産業利用はエネルギー問題と環境問題の観点から重要な役割を果たしており、その特性向上は国際的市場動向と技術動向から不可欠の課題となっている。永久磁石に関する元素戦略プロジェクトとしては文科省の ESICMM が並走しているが、高効率モーターの事業化を視野に入れた本プロジェクトは ESICMM との棲み分けができています。元素戦略研究の一輪として十分機能していると判断される。

〈改善すべき点〉

- ・ 民間活動のみでは改善できないことをテーマとして進めているのであるから、関係する部署が一体になって問題解決をしていかなければならないはずであるが、まだどうしても企業間の情報開示が進められないのが現状である。
- ・ ドイツや米国等の世界的な将来動向から見た時の、自動車、産業システム、高効率モーター等の省エネルギーで重要機器、さらには第 4 次産業革命で中心となる永久磁石のサーボモーターを使用した自動化装置・産業用ロボット等の分析がなされていないように見える。将来の事業への展開の面から、これらの観点からの事業の発展性も加えるとよい。
- ・ 現状、モーター技術への自動車メーカーの参加は後方支援的である。実用化の第 II 期ステップでは、限定的でも基盤技術での自動車メーカーの協力体制が効率的で必要と思われる。
- ・ 資料 6-1 の 8/34 ページの BHmax の温度依存性のグラフにおいて、Dy 無し磁石の値が、140°C 以上で推定値として点線になっているが、この点線は削除した方が良く考えます。何故なら Dy 無し磁石は、非可逆減磁のためこの温度領域で使用不能なので、BHmax がゼロになるからです。
- ・ 資料 10/34 ページの磁石開発のこれまでの取り組みを提示するグラフにおいて、NEDO プロで 150°C の耐熱性を達成した、星印へ向かう赤い矢印が垂直に描かれているが、これは誤りです。BHmax がほぼ一定で、保磁力向上により耐熱性を達成しているため、赤い矢印は、水平に描くべきです。
- ・ 目標値実現に向けた一つの施策として、グループ間での議論の場を適宜設定することが必要であると思う。

- ・ 目標値を変更する必要はないが、第二期に向けて、事業化に繋がるようなテーマと、基盤技術になり得るようなテーマを見極め、本プロジェクトの最終成果を単に実用化の可否に終わらせず、広く産業界にとって有益なものにすべきと考える。

2. 2 研究開発マネジメントについて

個々の磁性材料の目標値が非常に高く、常識を逸脱している値にも見えるが、目標達成に向けて着実に前進している。また、軽希土類は使用可能との方針変更を行うなど、適宜良好な状況判断が行われているものと思われる。一方で、プロジェクト全体の目標として掲げているモーターの損失削減目標は、新型プリウスのモーターにおいて既に達成されている。磁石性能の高い目標値と比較してアンバランスであり、目標値の見直しが必要である。なお、モーター研究からの材料に対する要求特性値が出されておらず、テーマ毎に勝手に目標値を設けていることも問題である。まず、自動車の運転時のエネルギー消費から頻度の高い代表的運転ポイントにおけるモーターの動作点で損失削減の目標値を明確に定義し、そこからモーターの損失削減における永久磁石、鉄心材料、鉄心構成方法、巻線、絶縁材料、設計法、その他の貢献が明示できるよう個々の目標値を設定できれば理想的と言える。

各分室や研究テーマは、研究開発計画にしたがって設定されている。今後、目的に合わせてテーマの取捨選択、方針転換などを適宜行うと良い。

適切な研究開発体制を構築し、研究開発を有機的に実施していることは評価できる。また、大学や公共研究機関への働きかけを積極的に進めている。しかし、実施者間の連携は壁があるように見受けられる。今後は、材料研究とモーター研究の連携が重要であり、広範に戦略を討議できる場や組織を作る必要があると考えられる。研究開発の戦略に関しても外部有識者を交えての積極的な提案活動が望まれ、テーマ間や ESICMM との情報交換を進め、課題解決策を見出して欲しい。さらに、中間評価までの成果で優れた成果が得られている RE1Fe12 系に関しては、重点的に研究をサポートして頂き、その他にも保磁力発現機構などの基礎的課題やモーター鉄心の磁性劣化の研究にも取り組んで欲しい。

(1) 研究開発目標の妥当性

〈肯定的意見〉

- ・ 開発目標を高く設定し、プロジェクト全体としてはそれを堅持しつつ、個々のテーマに対しては状況に応じて柔軟に対応しているようである。材料開発というテーマの性格上、このようなマネジメントは担当者の士気を維持する上で有効であると考えられる。
- ・ 各項目ともほぼ順調に推移しており妥当である。各材料達成目標値が高く非常に厳しいが、着実に前進している。時期を得た目標設定と言える。
- ・ ほぼ満たしていると思う。

〈改善すべき点〉

- ・ 磁石性能の目標値設定に関しても、「従来手法では到達し難い高い目標」という戦略的な設定であるという説明であるが、磁石の専門家から見るとあまりにも常識を逸脱している値であることが気になる。
- ・ 各磁性材料の目標の根拠も明確に示すべきである。
- ・ テーマ毎に勝手に目標値を設けてしまうことも問題である。

- ・ 研究成果の目標値が極めて高いため、現在進めているテーマでは到底達成できそうもない状況になっている。達成度を評価する際の正しい評価基準に問題がある。
- ・ 「損失を 25%削減するモーターの実現」という全体目標は、現在出荷されている新型プリウスのモーターにおいて既に達成されている、という見方もできるため、最終目標値としては、不適切であると言わざるを得ない。
- ・ モーターの損失低減目標は低く、十分ではない。
- ・ モーター損失 25%低減に対して、各磁性材料の目標値（1.5 倍、2 倍）の貢献の割合が不明瞭である。
- ・ モーター損失の 25%の目標が曖昧である。自動車の運転時のエネルギー消費から頻度の高い代表的運転ポイントにおけるモーターの動作点で損失低減の目標値を明確に定義すべきである。
- ・ 資料 6-1 の 13/34 ページの磁石開発目標を提示するグラフにおいて、目標値への赤い矢印が垂直に描かれていることは、誤解を与えるので再検討して下さい（このままだと、保磁力一定のまま BHmax のみを増やすことを目指している、と誤解されます）。

〈今後に対する提言〉

- ・ 新型プリウス搭載モーターは性能向上しており、現状技術進歩に応じて中間評価の時点で見直しをかけて頂きたい。
- ・ 損失削減目標が低くて、磁石性能の到達目標が高すぎるという、アンバランスを解消するように、再検討することを提言する。
- ・ モーター目標値は天下り数値も可能だが、中身の評価できる、出来れば磁性材料の貢献が明示できるような設定できれば理想的と言える。
- ・ 本質を見極めて目標値の見直しなどを正当に行いマネジメントする。
- ・ EV モーター設計から材料特性への要求が Bs であれば、最終目標値を満足できれば高 Bs 材の採用も考慮する必要があるだろう。
- ・ 目標値が低い場合には達成できたとの満足感は得られるものの、果たしてそれ以上の成果が期待できなかったのかという後悔が生まれる。

(2) 研究開発計画の妥当性

〈肯定的意見〉

- ・ 内外の技術動向、市場動向を調査しながら目標設定の見直しを検討するなど進められており良好と思われる。特に希土類元素については、重希土類は依然として入手に問題が起こることが想定されるため、できるだけ使わないことが望まれるが、軽希土類についてはむしろ生産過剰になっており、積極的に利用推進する必要があるとの情報を認識して、希土類を使わないというテーマの中で、軽希土類は使用可能との方針変更を進めるなど適宜良好な状況判断が行われているものと思う。
- ・ ほぼ満たしていると思う。

〈今後に対する提言〉

- ・ 目的に合ったテーマの取捨選択、方針転換などを行う。
- ・ 中間評価までの成果で優れた成果が得られている研究テーマ（1-12系磁石）に関しては、重点的に研究をサポートして頂きたい。

（3）研究開発の実施体制の妥当性

〈肯定的意見〉

- ・ 適切な研究体制を構築して研究開発を有機的に実施していることは評価できる。
- ・ ほぼ満たしていると思う。

〈改善すべき点〉

- ・ 実用化の観点から、モーター研究からの材料に対する要求特性値が出されていない。
- ・ モーター設計は材料特性（特に磁束密度）で変わる。ステータ、ロータ材料の必要特性は磁性（磁歪も含め）だけでなく、機械的性質など多く、モーターサイドと材料サイドの連携が必要である。第II期は戦略的体制の構築が必要と思われる。
- ・ 今後は調査に留まらず、研究開発の戦略に関しても外部有識者を交えての積極的な提案活動が望まれる。また、共通基盤技術部門はESICMMとの連携を通して、保磁力発現機構などの基礎的課題にも取り組んで欲しい。
- ・ 実施者間の連携は壁があるように見受けられた。特に、鉄板からモーター鉄心を製作するプロセスは向上が必要であると思われる。
- ・ モーターの損失低減について競争があるようには思われなかった。

〈今後に対する提言〉

- ・ テーマ間での情報交換を進め、課題解決策を見出して欲しい。
- ・ 現在のメンバーだけでなく、自動車に関係のある電機メーカーや磁石メーカー、関連研究の大学や研究機関も必要に応じて補強もしてよいと思われる。
- ・ 実用化に際して、材料に比較したモーター鉄心の磁性劣化（ビルディングファクター）の研究が重要になる。次期のスタート時に材料とモーター担当者が磁気は勿論機械特性も含め広範に自由に戦略を討議できる場/組織を作る必要がある。
- ・ 第二期以降は基礎的知見なしではこれ以上の特性向上が臨めないような状況になってくることが予測される。高度な評価・計測技術や理論研究のバックアップを図るべく、ESICMMとの連携を強化していくべきと考える。
- ・ 磁石についてはまだ、そのような状況ではないので、何とも言えないが、今後は連携強化が必要。

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

〈肯定的意見〉

- ・ 研究機関に直接出かけて状況調査をして問題点を明らかにするとともに、大学または公共研究機関への働きかけを積極的に進めている。
- ・ ほぼ満たしていると思う。
- ・ 各分室や研究テーマは計画にしたがって、進められている。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

〈肯定的意見〉

- ・ ほぼ満たしていると思う。
- ・ 特許・技術動向調査の部門を設置して開発テーマの支援体制は充実している。

2. 3 研究開発成果について

目標達成に対する意識が高く、目標値を達成、または目標値にかなり肉薄した成果を挙げていることは、大いに評価できる。特に RE1Fe12 系で新規磁石の可能性を見出したことは指針を得るという意味で評価できる。また、未達のテーマについては課題を明らかにしている。

前半 5 年の成果としては概ね高く評価できる一方で、残り 5 年は各テーマに於いてステージが異なることを考慮した、目標の再設定が必要である。さらに、新規物質の探索などに計算グループを導入するなど、基礎的な解析・評価が今後は極めて重要である。

特許出願は一部を除き積極的に行っており、対外的な発表も適宜行われている。今後は、外国出願特許として、戦略的な特許を多数出願すべきである。一方で、論文投稿は特許出願に対するタイムラグによるのであれば良いが、少ないように感じる。特許出願を終えた研究は学会発表で終らず、積極的に論文にするべきである。例えばモーター研究の成果に関しては、世界の一流ジャーナル（IEEE Transaction on Industry Applications, Energy Conversion など）への論文掲載が必要で、国内外の研究機関を刺激し、相乗効果により各テーマの推進を図ることも視野に入れるべきである。

また、米国 DOE 研究プロジェクトの自動車用モーター・インバータ及びそのパワーデバイス、高効率モーター研究など、世界的な競合他社・他研究機関とのベンチマークを多方面から行いフィードバックをかけることが重要である。

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

〈肯定的意見〉

- ・ 各テーマは中間目標を達成している、または未達のテーマは課題を明らかにしている。
- ・ FeNi 超格子では、超格子の規則度を高める画期的な方法が見出され期待が高まる。
- ・ 次世代モーター評価は、装置の準備ができたところであり今後の評価に期待する。
- ・ 民間企業主導であるため、個々のテーマは企業内での本務に近い課題になっている。このため、高いエフォート率と充実した研究体制の下でテーマが推進されており、目標達成に対する意識が高い。前半 5 年の成果としては概ね高く評価できる。
- ・ ほぼ中間目標を達成している。未達成のテーマもほぼ原因を究明できている。
- ・ 世界初と言ふべき 1-12 型・L10 型の新磁石材料の芽が出ており今後に期待できる。
- ・ ほぼ満たしていると思う。

〈改善すべき点〉

- ・ 現在既に事業化に進んでいる材料と、まだ保磁力さえ見えない新磁石が同じステージでモーター開発者からみられているようなことは問題である。
- ・ 目標値を達成するための基礎概念とプロセスを見出すには、得られた結果の基礎的な解析・評価が極めて重要である。この点において少なからず感じている。また、減磁曲線を各温度で測定すること、ならびに新規物質の探索等に計算グループの導入が必要であると思う。

- ・ 各テーマに於いてステージが異なることを考慮した目標設定をする必要がある。
- ・ 各テーマの役割をそれぞれ見直し、評価に耐えうる目標値を考えるべきである。

〈今後に対する提言〉

- ・ 磁石性能の目標設定値は、もう少し低い値にすべきである。
- ・ 各テーマの位置づけを明確にして目標を立てて欲しい。

(2) 成果の最終目標の達成可能性

〈肯定的意見〉

- ・ それぞれの参画機関が、目標値を達成、または目標値のかなり肉薄した成果を上げていることは、大いに評価できる。
- ・ 損失低減の目標は低く、達成が容易。
- ・ 現状の目標値は達成可能である。
- ・ ナノ結晶ネオジム焼結磁石は、中間目標は未達であるが、ナノ結晶体の特徴を見出し実用化に向かった検討が進められている。
- ・ 異方性 HDDR 磁石は、角形性が悪いため(BH)max は未達であるが、Br、HcJ はほぼ達成できそうな状況である。
- ・ 窒化鉄は、配向度を薄膜化で見通しを付けているが、当初目標には未達である。対外発表はナノ粉末ができた当時は多かったが、その後低調である。
- ・ ナノ複相組織制御では、モデル材料系でポテンシャルの検証はできたが、実用を考えた場合にはあまり高く評価はできない。RE1Fe12 系で新規磁石の可能性を見出したことは指針を得るという意味で目標達成と評価できる。
- ・ 超急冷粉末では、高 Bs 材を実現するための合金開発については目標を達成したが、粉末では今後の開発に期待したい。

〈改善すべき点〉

- ・ 「最終目標を達成できる見通しはあるか」、「最終目標に向けて、課題とその解決の道筋は明確かつ妥当か」と問われれば、各々の参画機関が多くの課題解決に取り組む姿勢を理解しつつも尚、立ち足かる壁は高い、と言わざるを得ない。
- ・ 最終目標値の設定が少し無茶なものになっており見直しが必要である。

〈今後に対する提言〉

- ・ 最終目標値は極めて高く設定しているので、現状の概念の展開を図るとともに新しい基礎概念の確立も意識しながら進める必要があると思われる。
- ・ 最終目標が困難と思われるテーマ、最新の技術進歩で現状性能が向上したテーマに関しては目標を修正した方がよい。

(3) 成果の普及

〈改善すべき点〉

- ・ 成果報告の論文は、タイムラグによるのであれば良いが、少ないようだ。
- ・ 全体的に、論文投稿・学会発表など成果の普及活動が不十分のように思える。特許出願を加速し、学術活動にも注力できるような体制強化を図るべきでは。
- ・ 国際会議での発表はあるが、世界の一流ジャーナルIEEE Transaction on Industry Applications, Energy Conversionなどへ論文掲載が必要。
- ・ 本研究の自動車用モーターに関して、世界的な競合他社・他研究機関とのベンチマークを多方面から行った方がよい。例えば、米国DOE研究プロジェクトの自動車用モーター・インバータ及びそのパワーデバイス、高効率モーター研究など。

〈今後に対する提言〉

- ・ 成果報告の論文が少ないようである。特許出願を終えた研究は学会発表で終らず、積極的に論文にするべきである。
- ・ これまでの成果を広く公表することで、国内外の研究機関を刺激し、相乗効果により各テーマの推進を図ることにも視野に入れるべきでは。

(4) 知的財産権等の確保に向けた取り組み

〈肯定的意見〉

- ・ 特許出願・対外的な発表も適宜行われている。
- ・ 特許出願は一部を除き積極的に行っている。
- ・ 特許出願はノウハウ化のためされていないが、対外発表は適宜行われている。
- ・ ナノ複相組織制御では、特許及び対外発表は精力的に行われている。
- ・ FeNi 超格子では、特許・対外発表はこれからと思われる。
- ・ 超急冷粉末では、特許出願は十分進められている。
- ・ 特許・技術調査は、順調に進められたと評価する。
- ・ 共通基盤技術は、まずまずの成果であり、特許はまだ少ないが対外発表は精力的に行われている。

〈今後に対する提言〉

- ・ 外国出願特許として、戦略的特許として多数件を出願すべきである。

2. 4 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて

自動車用モーターの実用化を狙いながら、材料特性を生かした家電・産業機器分野のモーターなどへの展開を図る方向は評価できる。

ただし、新規磁石を用いたモーターの実用化という観点では、シミュレーションの段階に留まっているように見える。自動車メーカーの意見や情報を積極的に取り込み、どのような次世代自動車用をターゲットとし、それが材料やモーターにどのような技術を要求するかを明確に示して、実用化に向け材料加工も含めた課題やマイルストーンの検討をする必要がある。モーター・磁性材料技術開発センターなどにおいて、各企業の垣根を越えた技術交流や情報交換を行い、大型プロジェクトの利点を生かした有機的体制の構築によって、実用化へのステップを上って欲しい。

材料のテーマでは、RE1Fe12系やFeNi超格子磁石で活路を見出し、実用化を目指す戦略は妥当と評価できる。今後は、材料の製造面まで含めた実用化への道筋を考慮し、テーマに応じたきめ細やかなマネジメントを行って、一つでも具体的な成果を挙げていただきたい。

〈肯定的意見〉

- ・ 材料開発テーマとモーター設計グループの連携がうまく機能して、相互の開発の方向性にいい影響が現れているように見受けられる。
- ・ 現在出荷されている永久磁石等を用いたモーターを用いた検討としては、検討が進められていることは評価できる。
- ・ EVモーターの実用化を明確にした上で、材料特性を生かした他モーターなどへの実用化への展開を図る方向は評価できる。
- ・ ナノ結晶ネオジム焼結磁石開発は保磁力の向上が課題として残るものの親会社で開発の継続が予定されており実用化の戦略は妥当と評価する。
- ・ 異方性HDDR磁石開発は角形性の向上が課題として残るものの実用化の戦略は妥当と評価する。
- ・ 窒化鉄は、目標の保磁力達成が難しいため、磁石としての可能性はないが別途用途開発のための貴重なデータが得られたと評価する。
- ・ ナノ複相組織制御では、実現性が高いRE1Fe12系に活路を見出し、実用化を目指す戦略は妥当と評価する。
- ・ FeNi超格子では、規則度の高い合成方法を開発することに成功しており、実用化に向かう戦略として評価する。
- ・ 超急冷粉末では、特性向上が実用化の点で課題として残るものの、戦略としては妥当と評価する。
- ・ 次世代モーター評価については、評価方法ができたばかりであり今後の展開を期待する。
- ・ 特許・技術調査については、調査結果をまとめて関係者に提供し、有効利用が進みつつあり妥当である。

- ・ 共通基盤技術は、開発テーマの問題点を抽出して取り組み成果に結びついていると評価する。
- ・ ほぼ満たしていると思う。
- ・ 実用化についても示されている。
- ・ 妥当。

〈改善すべき点〉

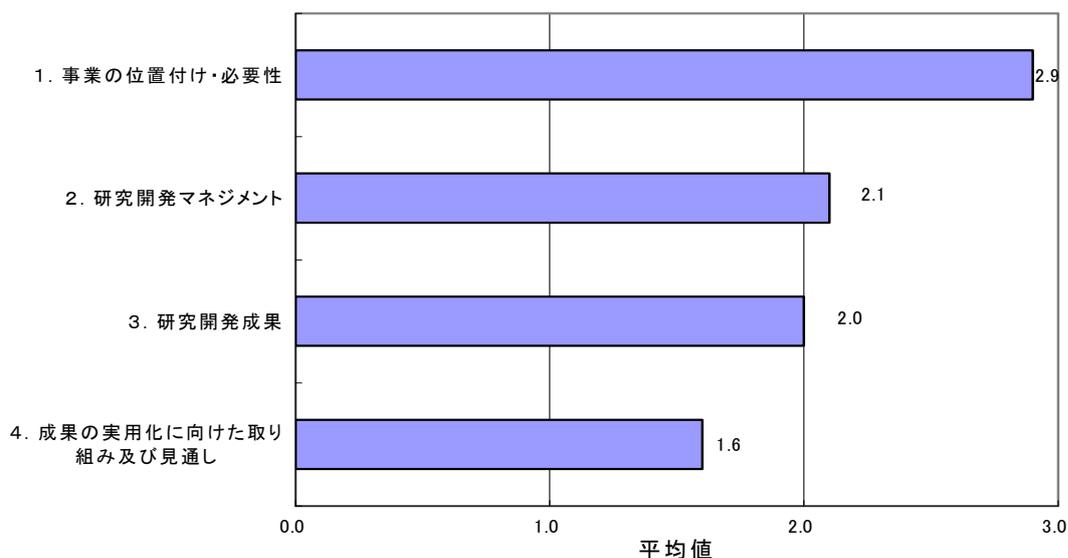
- ・ 次世代自動車をターゲットとした成果の実用化として、次世代自動車のどこを狙い、それが材料やモーターに読み替えるとどのような技術化を明確に示して頂きたい。
- ・ EV モーターの実用化に向けた材料加工も含めた課題やマイルストーンの検討は余り進んでないように見える。
- ・ 現在開発中の新規磁石を用いたモーターの実用化という観点では、シミュレーションの段階に留まっているように見える。
- ・ ナノ結晶ネオジム焼結磁石開発は粒界相を非磁性化するため粒界拡散相が厚くなつては目標から外れるので、斬新なアイデアが必要。
- ・ 異方性 HDDR 磁石開発は粉末を均一に処理するためもう一工夫が必要。
- ・ 窒化鉄は、高周波用磁性材料としての可能性を再考して欲しい。
- ・ ナノ複相組織制御では、RE1Fe12 系の異方化手段にアイデアが必要。
- ・ FeNi 超格子では、異方性磁界および保磁力がどの程度にできるか早急に見極め、モーター用としての可能性があるかどうか判断すべき。
- ・ 超急冷粉末では、特性向上のためのアイデアが必要。
- ・ 次世代モーター評価については、提供される材料メーカーとの間で情報交換を進めることが必要。
- ・ 特許・技術調査については、調査結果の使い方を再考する必要がある。
- ・ 共通基盤技術は、開発テーマの問題点の深堀が必要。
- ・ 実用化の戦略として単に目標を掲げているだけのテーマがあり、より具体的な可能性や見通しを示してほしい。

〈今後に対する提言〉

- ・ 「モーター・磁性材料技術開発センター」等において、各企業の「垣根」を越えた技術交換や情報交換を行い、大型プロジェクトの利点を生かした有機的体制によって、実用化へのステップを上って欲しい。
- ・ 早い段階で各テーマの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を強化し、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ような、テーマに応じたきめ細やかなマネジメントを望む。
- ・ EV モーターの成果を享受する自動車メーカーの意見や情報を積極的に取り込む必要がある。

- ・ ナノ結晶ネオジム焼結磁石は、ピンングタイプの磁石としての応用が考えられているようであり期待したい。
- ・ 異方性 HDDR 磁石は、高速回転モーター用材料として動きを見せており期待したい。
- ・ 窒化鉄は、高周波用磁性材料としての用途開発を期待したい。
- ・ ナノ複相組織制御では、等方性 RE1Fe12 系磁石の実用化および異方性化に期待する。
- ・ FeNi 超格子では、超格子の規則度が高まり、高保磁力が得られることを期待する。
- ・ 超急冷粉末では、特性が向上しモーター用途に使われることを期待する。
- ・ 次世代モーター評価は、エネルギーロス低減のため正確な情報提供に期待する。
- ・ 特許・技術調査は、調査結果が広く有効利用されるよう工夫することに期待する。
- ・ 共通基盤技術は、開発テーマの問題点の深堀に期待する。原理原則を明確にして欲しい。
- ・ 一つでも具体的な成果を挙げていただきたく思います。
- ・ 主に材料なので製造面まで含めた実用化も考慮されたい。

3. 評点結果



評価項目	平均値	素点 (注)							
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	B	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.1	B	B	B	B	B	A	B	
3. 研究開発成果について	2.0	B	B	B	B	B	B	B	
4. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて	1.6	C	B	B	C	C	B	B	

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

〈判定基準〉

- | | |
|--------------------|----------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 4. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

第2章 評価対象事業に係る資料

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」
(中間評価)分科会
資料5-1

「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」

事業原簿【公開】

担当部	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
-----	--

概要

		最終更新日	2016年6月14日
プログラム（又は施策）名	1. 経済成長, 2. 資源エネルギー・環境政策 ①エネルギー, ②イノベーション		
プロジェクト名	次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発	プロジェクト番号	P14015
担当推進部/担当者	材料・ナノテクノロジー部 佐光武文（2015年9月～現在） 坂井数馬（2014年4月～現在） 渡部敬介（2016年4月～現在）		
0. 事業の概要	本プロジェクトは、レアアースに依存しない革新的高性能磁石の開発、さらにはモーターを駆動するための電気エネルギーの損失を少なくする軟磁性材料の開発を行うと共に、新規磁石、新規軟磁性材料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の開発を行うことで次世代自動車や家電、産業機械の心臓部であるモーターの省エネ化を図り、競争力を確保し、我が国産業全体の活性化に寄与することを目的とする。		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>次世代自動車や家電、産業機械の心臓部であるモーターに使用されるネオジム高性能磁石は、我が国が競争力を有する技術分野である。しかし、昭和57年（1982年）に発明されたネオジム磁石の基本特許等は排他的独占権が切れつつあり、革新的な新規高性能磁石の開発が最重要課題となっている。</p> <p>また、高性能磁石の原材料には、特定国がほぼ独占しているレアアース（ネオジム、ジスプロシウム等）が大量に必要であり、特定国の原料の生産動向に影響される可能性が大きいことから、軽希土類元素まで含めた希土類元素全体の投機的高騰を考慮して国家的な観点から国の積極的な関与が必要である。</p> <p>中長期的な最重要課題の1つであるエネルギー需給戦略においても、省エネの一層の促進に貢献する高効率モーターの省エネルギー化に取り組むことは、まさに国策として重要である。</p> <p>以上、本事業は、我が国産業にとって最重要課題の一つであるモーターの省エネ化に貢献する技術を開発するものであり、我が国のエネルギー・資源問題解決および産業競争力強化に貢献する、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）が取り組むべきプロジェクトとして妥当である。</p>		
II. 研究開発マネジメントについて			
	<p>レアアースに依存しない革新的高性能磁石の開発、エネルギーの損失が少ない高性能軟磁性材料の開発、さらにはこれらの新規磁石や新規軟磁性材料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の開発を行い、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。</p> <p>それぞれの研究開発項目の具体的な開発目標は以下の通り。</p> <p>① 新規高性能磁石の開発</p> <p>① - (I) 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 【最終目標（2016年度末）】 現在の耐熱性ジスプロシウム含有ネオジム焼結磁石の1.5倍の最大エネルギー積「180℃において38MJGOe」を持つジスプロシウムを使わないネオジム磁石の製造技術を確立する。</p> <p>① - (II) ネオジム焼結磁石を超えるレアアースを使わない新磁石の開発 【中間目標（2016年度末）】 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50MJGOe」を持つ「安定供給が不安視されているレアアース元素」を使わない高性能新磁石となりうる磁石群の探索・可能性検討結果より、課題の抽出および基本材料設計の指針を示す。</p> <p>② 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発 【最終目標（2016年度末）】 磁気特性が「Bs1.6T以上」「400Hz・1Tにおける損失3W/kg台」を両立する「Fe基ナノ結晶軟磁性材料」の実用化製造技術を確立する。</p> <p>③ 高効率モーターの開発 【中間目標（2016年度末）】 高効率モーターの試作・評価を行い従来モーター比でエネルギー損失を25%削減する高効率モーター実現の見通しを得る。</p>		

④ 特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定支援および共通基盤技術の開発
 【中間目標（2016年度末）】

(1) 「特許・技術動向調査・特許戦略策定支援」
 「①（Ⅰ）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
 （Ⅱ）ネオジム焼結磁石を超えるレアアースを使わない新磁石の開発」
 「②次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発」および「③高効率モーターの開発」
 の成果を事業化するための各事業者の特許戦略策定を支援する。

(2) 「共通基盤技術の開発」
 ・各テーマの材料開発に寄与できる基盤的な技術開発や、磁性材料のバルク化、また分析・評価・解析及び保磁力機構の解明などを行う。さらに標準化も視野にいたれた特性評価を行う。

(3) 「新規高性能磁石材料の探索」
 ・現在のテーマに挙がっていない新規高性能磁石材料の探索・可能性の検討を行い、基本材料設計の指針を示す。

事業の 計画内容	主な実施事項	2012 fy	2013 fy	2014 fy	2015 fy	2016 fy	第2期 2017～ 2021fy	
	①-（Ⅰ） 新規高性能磁石開発 ジスプロシウムフ リー磁石の開発	研究項目①-（Ⅰ）-（1） ナノ結晶粒ネオジム焼結磁石開発 研究項目①-（Ⅰ）-（2） Dyフリー高Br・高保持力を有するNdFeB異方性HDDR磁石開発						
	①-（Ⅱ） 新規高性能磁石開発 レアアースフリー 磁石の開発	研究項目①-（Ⅱ）-（1） 窒化鉄ナノ粒子のバルク体化技術研究開発 研究項目①-（Ⅱ）-（2） ナノ複相組織制御磁石の研究開発 研究項目①-（Ⅱ）-（3） FeNi超格子磁石材料の研究開発						中間評価 に基づき テーマ、体 制、目標を 再設定
	② 軟磁性材料研究開発	研究項目②-（1） 高Bsナノ結晶軟磁性材料の開発						
	③ 高効率モーターの 開発	研究項目③-（1） 次世代モーター・磁性特性評価技術開発 研究項目③-（2） 次世代モーター・磁性特性評価技術開発 （応力を考慮したモーター設計・評価技術の研究開発）						中間評価 に基づき テーマ、体 制、目標を 再設定
	④ 特許・技術動向調 査、事業化のための 特許戦略策定支援 および共通基盤技術 の開発	研究項目④-（1） 特許・技術動向調査・特許戦略策定支援 研究項目④-（2） 共通基盤技術の開発 研究項目④-（3） 新規高性能磁石材料の探索						中間評価 に基づき テーマ、体 制、目標を 再設定
	評価時期			★中間評価			★中間評価	
	METI 執行		*1. 中間評価でテーマ、体制の絞込および目標の見直し実施 *2. 上記①-Ⅱ、③および④については、第2期への移行を予定している。移行に際しては、2016年度の中間評価を踏まえて、第2期の体制、目標等を決定する。					

開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位：百万円)	会計・勘定	2012 fy	2013 fy	2014 fy	2015 fy	2016 fy	第2期 2017~ 2021fy
	一般会計						
	特別会計(需給)	2,000	3,000	3,000	2,584	2,195	
	開発成果促進財源						
	総予算額	2,000	3,000	2,982	2,534	2,195	
契約種類： ○をつける 委託(○) 助成() 共同研究()	(委託)	○	○	○	○	○	
	(助成) : 助成率△/□						
	(共同研究) : 負担率△/□						
開発体制	経産省担当原課	製造産業局自動車課，非鉄金属課					
	プロジェクト リーダー	尾崎 公洋(国立研究開発法人 産業技術総合研究所 磁性粉末冶金研究センター 研究センター長)					
	委託先(*委託先が 管理法人の場合は参加企業数及び 参加企業名も記載)	<p>管理法人：高効率モーター用磁性材料技術研究組合(参加9社，1財団，1国研)</p> <p>① 新規高性能磁石の開発 (I) 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 研究項目①-(I)-(1) ナノ結晶粒ネオジム焼結磁石開発 インターメタリックス株式会社 共同実施：東北大学，物質・材料研究機構 研究項目①-(I)-(2) Dy フリー高 Br・高保持力を有する NdFeB 異方性 HDDR 磁石開発 愛知製鋼株式会社 共同実施：東北大学 (II) ネオジム焼結磁石を超えるレアアースを使わない新磁石の開発 研究項目①-(II)-(1) 窒化鉄ナノ粒子のバルク体化技術研究開発 株式会社 T&T イノベーションズ 共同実施：広島大学 研究項目①-(II)-(2) ナノ複相組織制御磁石の研究開発 トヨタ自動車株式会社 共同実施：京都大学，東北大学，静岡理科大学， 高エネルギー加速器研究機構，物質・材料研究機構 研究項目①-(II)-(3) FeNi 超格子磁石材料の研究開発 株式会社デンソー 共同実施：東北大学，同志社大学，筑波大学</p> <p>② 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発 研究項目②-(1) 高 BS ナノ結晶軟磁性材料の開発 NEC トーキン株式会社，JFE スチール株式会社 共同実施：JFE 精密株式会社</p> <p>③ 高効率モーターの開発 研究項目③-(1) 次世代モーター・磁性特性評価技術開発 ダイキン工業株式会社 共同実施：大阪府立大学，名古屋工業大学，豊田工業大学 研究項目③-(2) 次世代モーター・磁性特性評価技術開発(応力を考慮したモーター設計・評価技術の研究開発) 三菱電機株式会社 共同実施：同志社大学，九州工業大学</p>					

開発体制	委託先（*委託先が管理法人の場合は参加企業数及び参加企業名も記載）	<p>④ 特許・技術動向調査，事業化のための特許戦略策定支援および共通基盤技術の開発</p> <p>研究項目④－（１）特許・技術動向調査・特許戦略策定支援 （一般財団法人）金属系材料研究開発センター</p> <p>研究項目④－（２）共通基盤技術の開発 （国立研究開発法人）産業技術総合研究所 共同実施：東北大学，名古屋大学，ファインセラミックスセンター 秋田大学，京都大学，広島大学，倉敷芸術科学大学， 大阪大学，東京工業大</p> <p>研究項目④－（３）新規高性能磁石材料の探索 （国立研究開発法人）新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)</p>
評価に関する事項	中間評価	2014年度 中間評価実施
	中間評価	2016年度 中間評価実施
Ⅲ. 研究開発成果について	<p>①－（Ⅰ）－（１）ナノ結晶粒ネオジム焼結磁石開発 （インターメタリックス株式会社）</p> <p>【最終目標（2016年度末）】 現在の耐熱性ジスプロシウム含有ネオジム焼結磁石の 1.5 倍の最大エネルギー積「180℃において 38MG0e」を持つジスプロシウムを使わないネオジム磁石の製造技術を確認する。</p> <p>【開発成果】評価（○） 最終目標を達成するために必要な粉末粒径（0.6μm未満）を HDDR 処理とジェットミルにより達成。高配向焼結体の作製に成功した。粒径の微細化により温度特性が向上することを明らかにした。ただし，最大エネルギー積は 25MG0e@180℃であり，添加元素や粒界相の最適化によりさらに向上させることが必要。</p> <p>①－（Ⅰ）－（２）Dy フリー高 Br・高保持力を有する NdFeB 異方性 HDDR 磁石開発 （愛知製鋼株式会社）</p> <p>【最終目標（2016年度末）】 現在の耐熱性ジスプロシウム含有ネオジム焼結磁石の 1.5 倍の最大エネルギー積「180℃において 38MG0e」を持つジスプロシウムを使わないネオジム磁石の製造技術を確認する。</p> <p>【開発成果】評価（○） 最終目標を達成するために必要な保磁力(22k0e)の達成の目途はついた。また，新しく開発した d-HDDR 法により，磁化を向上させた粉末の作製に成功し，現在最終目標の最大エネルギー積の 80%以上を達成。最終的に 88%まで達成する見込み。</p> <p>①－（Ⅱ）－（１）窒化鉄ナノ粒子のバルク体化技術研究開発 （株式会社 T&T イノベーションズ）</p> <p>【中間目標（2016年度末）】 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 50MG0e」を持つ「安定供給が不安視されているレアアース元素」を使わない高性能新磁石となりうる磁石群の探索・可能性検討結果より，課題の抽出および基本材料設計の指針を示す。</p> <p>【開発成果】評価（△） 粒子の合成，単分散化，固化については，それぞれ事前に掲げた自社の目標を達成しつつある。ただし，中間目標で掲げている高性能磁石となりうる可能性を示すためには，保磁力向上の指針を出すことが必要であったが，困難であるため，粉末の残留磁束密度を 1.7T（換算値），ボンド磁石として 1.0～1.4T となる磁石を開発目標とする。</p>	

<p>Ⅲ. 研究開発成果 について</p>	<p>①－（Ⅱ）－（２）ナノ複相組織制御磁石の研究開発 （トヨタ自動車株式会社）</p> <p>【中間目標（２０１６年度末）】 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 50MG0e」を持つ「安定供給が不安視されているレアアース元素」を使わない高性能新磁石となりうる磁石群の探索・可能性検討結果より、課題の抽出および基本材料設計の指針を示す。</p> <p>【開発成果】評価（○） 計算や薄膜において複相構造を作り込むことにより、現行の焼結磁石を凌駕する最大エネルギー積を持つ磁石を作製できることを明らかにした。RE1Fe12 系化合物を相安定化できる合金組成を見出し、高温特性に優れ、最終目標を達成できるポテンシャルを持つことを明らかにした。</p>
	<p>①－（Ⅱ）－（３）FeNi 超格子磁石材料の研究開発 （株式会社デンソー）</p> <p>【中間目標（２０１６年度末）】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 50MG0e」を持つ「安定供給が不安視されているレアアース元素」を使わない高性能新磁石となりうる磁石群の探索・可能性検討結果より、課題の抽出および基本材料設計の指針を示す。</p> <p>【開発成果】評価（○） 隕石中に存在する FeNi 規則相を調べ、180℃で 400kA/m (5k0e) 以上の保磁力を持つ可能性を示した。様々な化合物還元法を試み、窒化・脱窒素法により、規則度 0.7 以上の成分を含む粉末の合成に成功した。異方性磁界を大幅に向上させることができ（塩化物還元法の 3 倍以上）、最終目標達成の可能性を示すことができた。</p>
	<p>②－（１）高 BS ナノ結晶軟磁性材料の開発 （NEC トーキン株式会社, JFE スチール株式会社）</p> <p>【最終目標（２０１６年度末）】磁気特性が「Bs1.6T 以上」「400Hz・1T における損失 3W/kg 台」を両立する「Fe 基ナノ結晶軟磁性材料」の実用化製造技術を確立する。</p> <p>【開発成果】評価（○） 急冷薄帯において目標値を達成できる合金組成の範囲を明らかにした。これを基にアトマイズ粉末でナノ結晶ができる合金組成を見出すとともに、粉末を大量に製造するための装置設計を行い、実用化製造技術の見通しをつけた。さらに、この粉末を高密度でバルク化する条件を明らかにし、粉末成形体においても目標値を達成できる見込み。</p>
	<p>③－（１）次世代モーター・磁性特性評価技術開発 （ダイキン工業株式会社）</p> <p>【中間目標（２０１６年度末）】高効率モーターの試作・評価を行い従来モーター比でエネルギー損失を 25%削減する高効率モーター実現の見通しを得る。</p> <p>【開発成果】評価（○） モーター使用後の磁石の磁気特性変化および分布の測定、モーター損失の高精度分析装置の作製、インバータ高調波を含めた損失測定のためのリアルシミュレーターの構築、各種モーター形式による設計技術、インバータとモーターとを合わせた低損失化設計手法の開発を行い、それぞれで計画していた目標を達成した。これにより、課題の抽出および基本設計指針を出すことが可能となった。さらに、新しい形態のモーターを提案し、損失 25%削減の可能性を示した。</p>
	<p>③－（２）次世代モーター・磁性特性評価技術開発（応力を考慮したモーター設計・評価技術の研究開発） （三菱電機株式会社）</p> <p>【中間目標（２０１６年度末）】高効率モーターの試作・評価を行い従来モーター比でエネルギー損失を 25%削減する高効率モーター実現の見通しを得る。</p> <p>【開発成果】評価（○） 応力下の軟磁性材料ならびに永久磁石の磁気特性への影響を調べるための計測手法を開発した。定量的な評価ができるため、高効率モーター設計の基本指針を示すことが可能となった。また、開発材料を使用したモーターの試作を行った。</p>

<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<p>④- (1) 特許・技術動向調査・特許戦略策定支援 (一般財団法人金属系材料研究開発センター)</p> <p>【中間目標 (2016年度末)】 「① (I) 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 (II) ネオジム焼結磁石を超えるレアアースを使わない新磁石の開発」「②次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発」および「③高効率モーターの開発」の成果を事業化するための各事業者の特許戦略策定を支援する。</p> <p>【開発成果】評価 (○) 磁石、軟磁性材料、モーター構造の特許調査並びに技術調査を行い、データベース化するとともに、動向予測を行った。今年度までのデータベース化をほぼ終えることができた。データベースは図書館機能システム化し、閲覧可能とした。</p> <p>④- (2) 共通基盤技術の開発 (国立研究開発法人産業技術総合研究所)</p> <p>【中間目標 (2016年度末)】 各テーマの材料開発に寄与できる基盤的な技術開発や、磁性材料のバルク化、また分析・評価・解析及び保磁力機構の解明などを行う。さらに標準化も視野にいれた特性評価を行う。</p> <p>【開発成果】評価 (○) 窒化鉄の単分散のための表面処理技術、軟磁性材料の高抵抗化のための表面処理技術を開発した。HDDR 粉末の焼結、窒化鉄ナノ粒子の焼結、軟磁性材料の焼結を行い、それぞれ焼結密度90%以上を達成した。</p> <p>④- (3) 「新規高性能磁石材料の探索」 (国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)</p> <p>【中間目標 (2016年度末)】 現在のテーマに挙がっていない新規高性能磁石材料の探索・可能性の検討を行い、基本材料設計の指針を示す。</p> <p>【開発成果】評価 (○) 先導研究によるテーマ探索を実施し、新磁石4テーマ、新軟磁性材料3テーマを発掘。</p>						
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="140 1191 619 1227">投稿論文</td> <td data-bbox="625 1191 1466 1227">「査読付き」58件</td> </tr> <tr> <td data-bbox="140 1236 619 1285">特許</td> <td data-bbox="625 1236 1466 1285">「出願済」72件、「登録」0件、「実施」0件 (うち外国出願24件) 特記事項:</td> </tr> <tr> <td data-bbox="140 1294 619 1352">その他の外部発表 (プレス発表等)</td> <td data-bbox="625 1294 1466 1352">「口頭発表」206件、「新聞・雑誌」6件、「その他」8件</td> </tr> </table>	投稿論文	「査読付き」58件	特許	「出願済」72件、「登録」0件、「実施」0件 (うち外国出願24件) 特記事項:	その他の外部発表 (プレス発表等)	「口頭発表」206件、「新聞・雑誌」6件、「その他」8件	
投稿論文	「査読付き」58件						
特許	「出願済」72件、「登録」0件、「実施」0件 (うち外国出願24件) 特記事項:						
その他の外部発表 (プレス発表等)	「口頭発表」206件、「新聞・雑誌」6件、「その他」8件						
<p>Ⅳ. 実用化・事業化の見通しについて</p>	<p>①- (I) - (1) ナノ結晶粒ネオジム焼結磁石開発 (インターメタリックス株式会社) 最終目標を達成することによって、飛躍的な性能の向上が見込まれるため、実用化を見据えた製造プロセスを構築することによって事業化が期待できる。量産プロセスでの特性とコストを検討し、実用性を判断することが必要。</p> <p>①- (I) - (2) Dy フリー高 Br・高保持力を有する NdFeB 異方性 HDDR 磁石開発 (愛知製鋼株式会社) 粉末の特性で最終目標を達成できれば、異方性ボンド磁石として実用化を目指し、事業化につなげる。また、粉末そのものでも事業化への展開ができると考えている。</p> <p>①- (II) - (1) 窒化鉄ナノ粒子のバルク体化技術研究開発 (株式会社 T&T イノベーションズ) 現在掲げている目標 (配向、相対密度、磁化) の達成により、まずはボンド磁石への展開を図り、その後、焼結体への展開を図る。</p> <p>①- (II) - (2) ナノ複相組織制御磁石の研究開発 (トヨタ自動車株式会社) 最終目標をクリアできる磁気特性を持つ複相組織のバルク体を作るプロセスを構築し、さらに安定的に作製できるプロセスを提案する。</p>						

<p>IV. 実用化・事業化の見通しについて</p>	<p>①－（Ⅱ）－（３）FeNi 超格子磁石材料の研究開発 （株式会社デンソー） 最終目標をクリアできる磁気特性を持つ粉末合成プロセスを開発し、材料メーカー等と共同研究により、実用化プロセスの開発を行い、事業化を見込む。</p> <p>②－（１）高BS ナノ結晶軟磁性材料の開発 （NEC トーキン株式会社, JFE スチール株式会社） 粒子の大量・安定供給を行える技術開発と大型磁心成形プロセスにより、プロジェクト期間内で実用化を行い、プロジェクト終了後事業化を行う。</p> <p>③－（１）次世代モーター・磁性特性評価技術開発 （ダイキン工業株式会社） モーターの損失評価技術の確立を行い、新モーターの設計を行う。プロジェクト期間中に新設計のモーターの有効性を実証し、損失25%減のモーター開発を行う。実用化に向けた生産性や信頼性の確保に取り組む。</p> <p>③－（２）次世代モーター・磁性特性評価技術開発（応力を考慮したモーター設計・評価技術の研究開発） （三菱電機株式会社） 既存材料を利用して応力抑制を行ったモーター設計・試作評価を先行して行い、実用化に繋げる。プロジェクトで開発された材料については各分室と連携して並行して評価・設計を進め、早期の実用化を行う。</p> <p>④－（１）特許・技術動向調査・特許戦略策定支援 （一般財団法人金属系材料研究開発センター） データベース化を進めることで技術動向が明らかになるとともに、分析が可能な情報システムを構築することができる。これにより参画企業の特許戦略策定の手助けが可能となり、実用化に近づけることができる。</p> <p>④－（２）共通基盤技術の開発 （国立研究開発法人産業技術総合研究所） サブミリからサブミクロンまで各種磁性材料の表面処理技術と高密度焼結技術を開発し、さらにこれらを実用化できる技術に展開することによって、参画企業の実用化に寄与する。</p> <p>④－（３）新規高性能磁石材料の探索 （国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構） 先導研究によるテーマ探索を実施し、新磁石4テーマ、新軟磁性材料3テーマを発掘し育成中。</p>	
<p>V. 基本計画に関する事項</p>	<p>作成時期</p>	<p>2014年3月 作成</p>
<p>変更履歴</p>	<p>変更履歴</p>	<p>2014年5月 改訂</p>
<p>変更履歴</p>	<p>変更履歴</p>	<p>2015年2月 改定 （2014年11月に実施した中間評価指摘事項を反映）</p>

2. 分科会公開資料

次ページより、プロジェクト推進部署・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」

プロジェクトの概要

(2012～2021年:10年間)

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
高効率モーター用磁性材料技術研究組合 (MagHEM)

2016年 6月14日

1 / 35

公開

発表内容

I. 事業の位置づけ・必要性

II. 研究開発マネジメント

III. 研究開発成果、成果の実用化

IV. プロジェクト第2期に向けて

佐光PM

尾崎PL

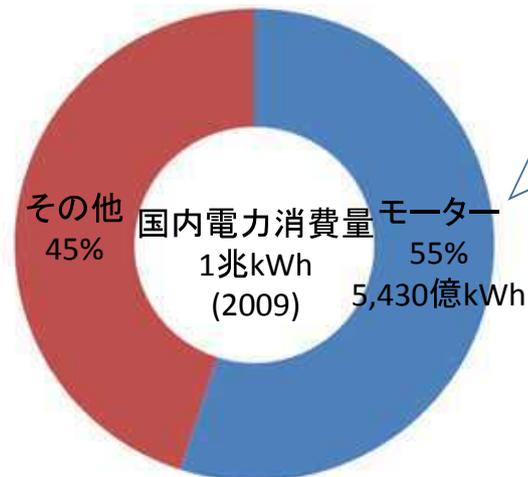
2 / 35

I. 事業の位置づけ・必要性

事業目的の妥当性

公開

背景



出典: 資源エネルギー庁(2009年エネルギー消費機器等調査報告書)[AE-0919107]

・我が国の電力消費量の6割近くがモーター駆動に使われている



省エネルギーにはモーターの高効率化が有効

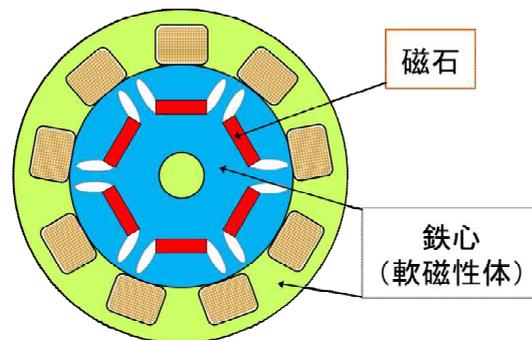
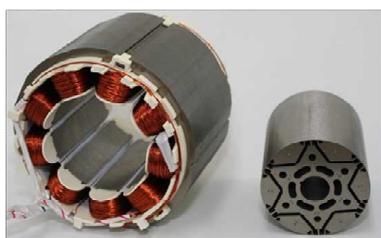
3/35



背景

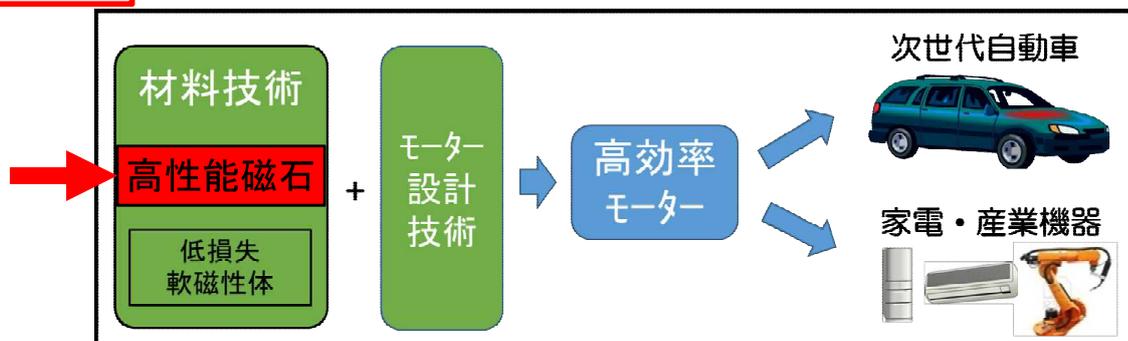
事業目的の妥当性

公開



目的

モーターの構造例



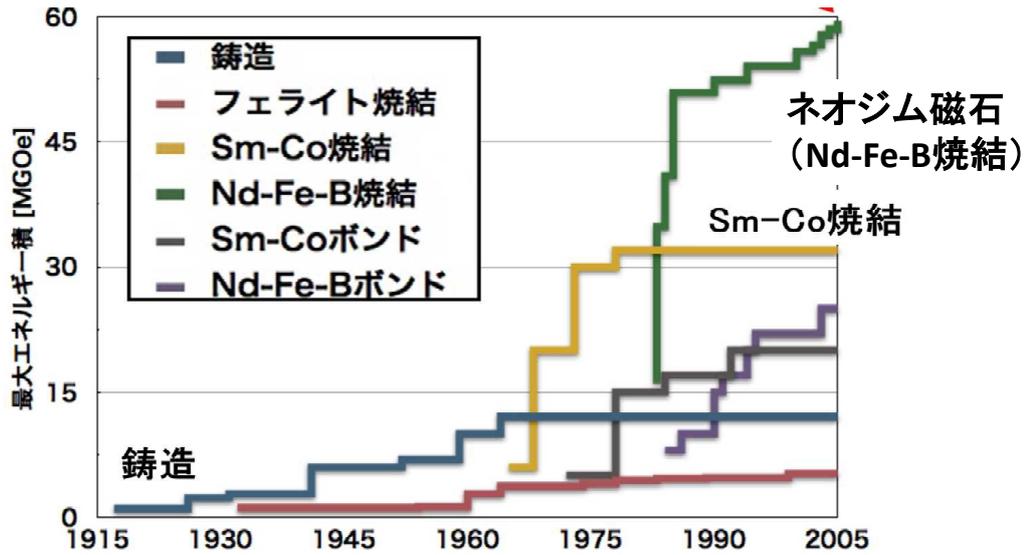
モーターの省エネルギー化を図り、競争力を確保し、我が国産業全体の活性化に寄与する

4/35

磁石特性の推移

事業目的の妥当性

公開



出典:「永久磁石-材料科学と応用-」アグネ技術センターを元に作成

高性能磁石の開発は我が国が世界をリードしてきた

ポストネオジム磁石として新磁石のブレークスルーが望まれている

5/35

高性能磁石の各国競合状況

事業目的の妥当性

公開

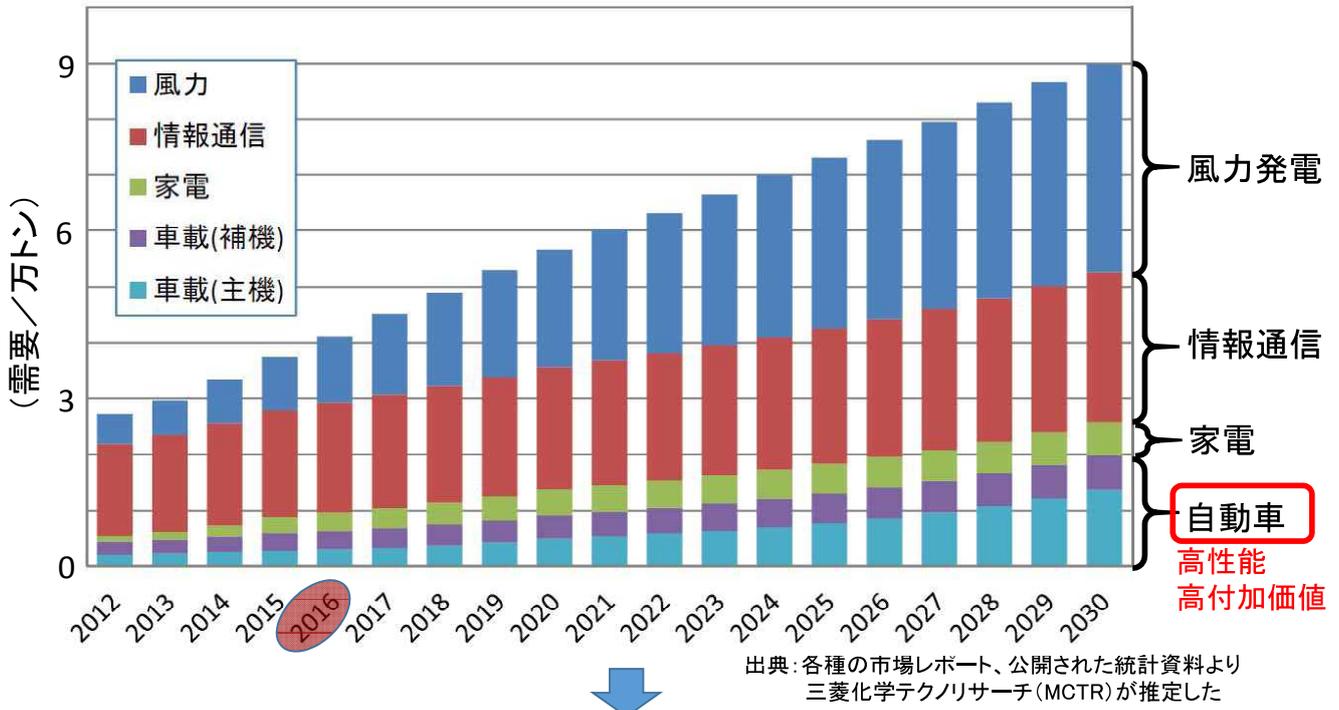
		日本	中国	米国	欧州	
ネオジム磁石	研究開発	ネオジム磁石開発で世界をリード レアースフリー磁石の開発も盛ん	研究者・論文の数多い 研究レベル上昇中	国プロでレアースフリー、重希土類フリー磁石を開発中	レアースフリー & 重希土類フリー磁石の開発	
	産業競争力	技術力	特性・品質で優位	技術力向上中	製造企業が国外に流出し産業基盤が低下	産業基盤が弱い
		コスト競争力	中国よりコスト高	安価	原料供給で有利	-----
		生産量 (2013年推定)	ネオジム磁石 1.2万t生産	日本の数倍	少量	少量

中国の競争力が高まってきている。
我が国の産業競争力強化のため新磁石の開発が必要

6/34

ネオジム磁石の世界需要予測

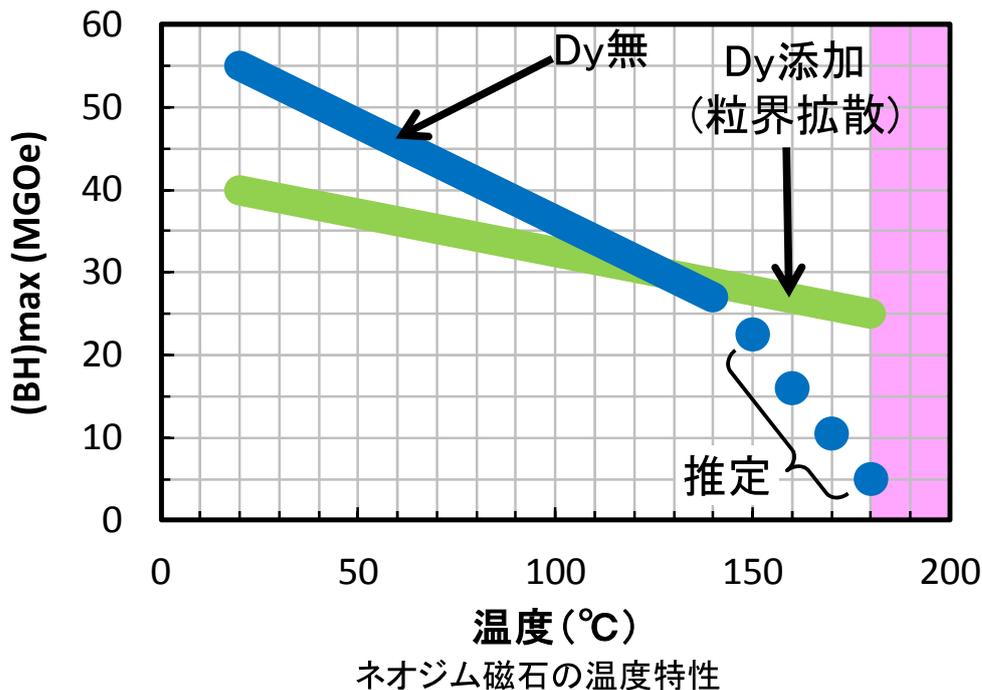
事業目的の妥当性 公開



風力発電、自動車、家電用途の需要が拡大する
高性能・高付加価値な自動車をターゲットとし他用途への展開も図る

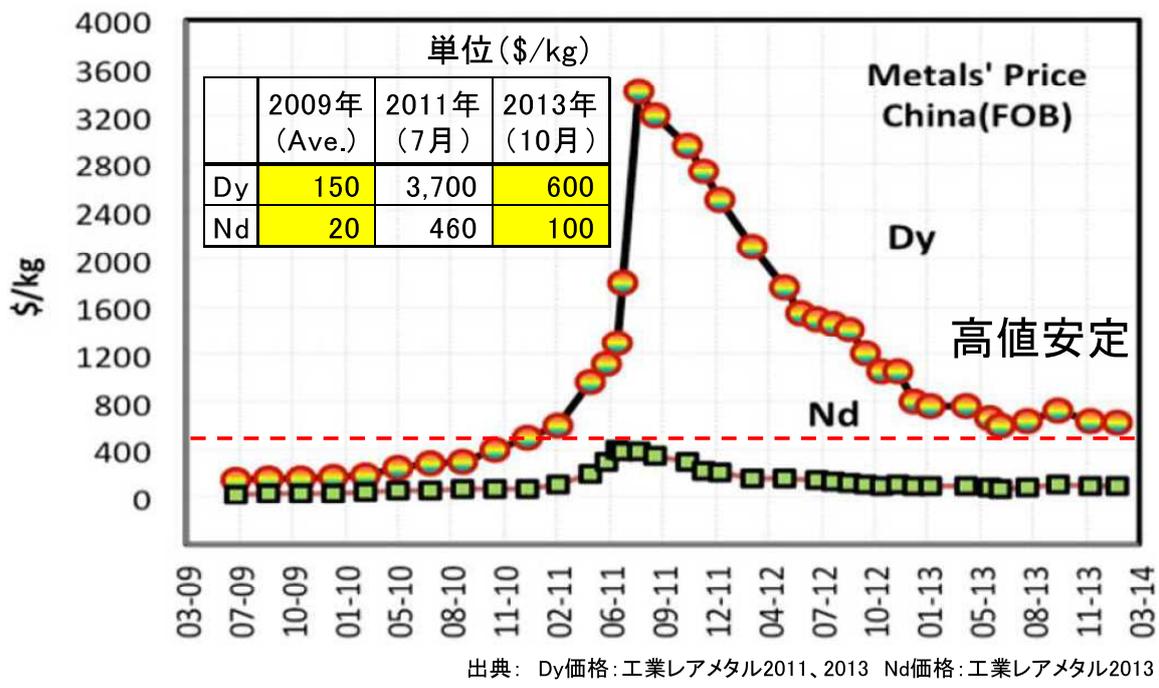
自動車向け磁石への耐熱性要求

事業目的の妥当性 公開



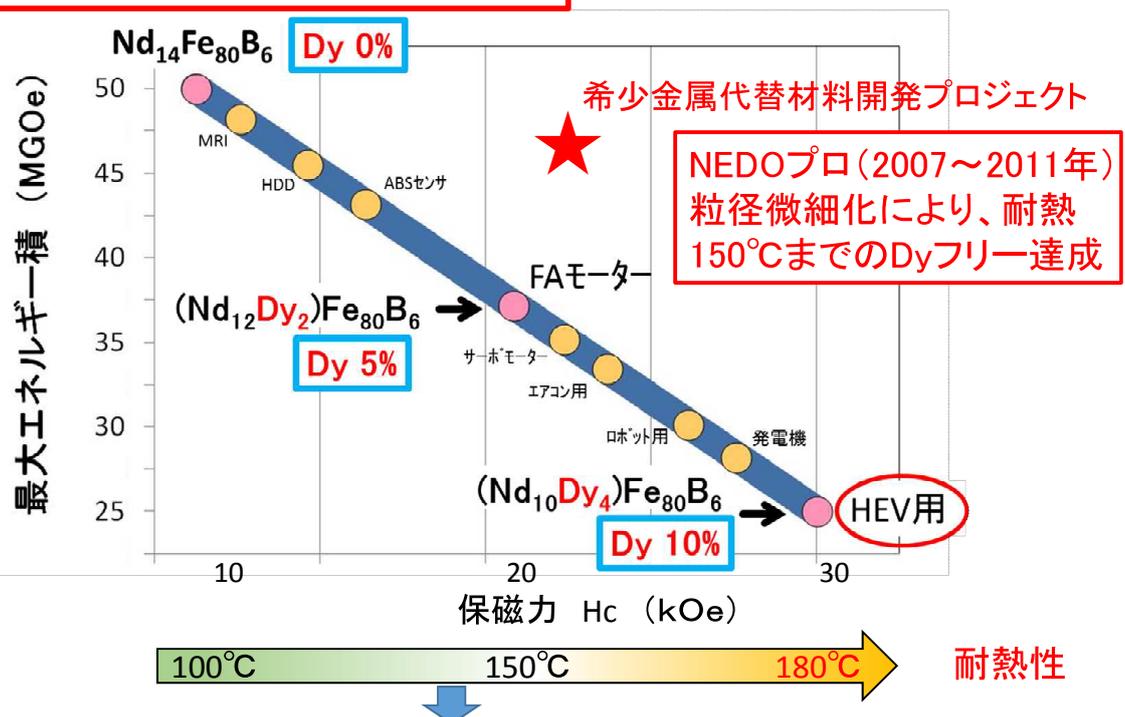
現状は、耐熱性の向上のためにDy添加が必要

希土類の資源リスク



資源リスクの高い希土類を使わない高性能磁石の開発が必要

省Dy/Dyフリー磁石開発の 今までの取組み



自動車向け高耐熱性磁石開発のハードルは非常に高い

環境・エネルギー制約への挑戦



次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発(2012~2021)

- ◇ 飛躍的な性能向上によるエネルギー・資源問題の解決
- ◇ 川上から川下までの連携
- ◇ 日本の産業競争力を強化

実施の効果(費用対効果)

本プロジェクトの総費用	200億円(予定)
CO2排出量削減 (2030年想定)	CO2排出削減量750万トン/年*1
	電力使用料削減額3390億円/年*2
市場創出効果 (2030年想定)	約1100億円/年*3

*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: 78万トン/年
- ②家電(エアコン、冷蔵庫)用コンプレッサモーター: 39万トン/年
- ③産業機器用モーター: 635万トン/年

*2: CO2排出削減量750万トン/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

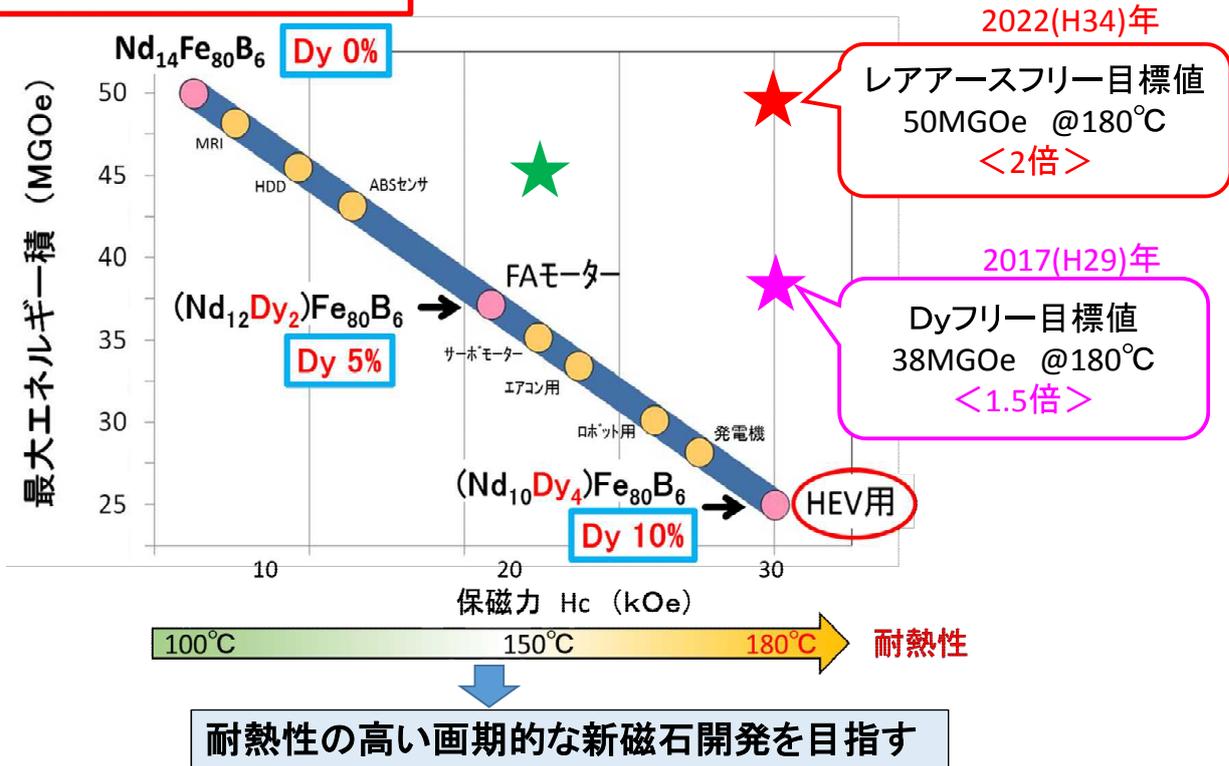
*3: 次世代自動車向け高効率モーター市場と産業用モーター向け高効率モーター市場の合計として算出

II. 研究開発マネージメント

研究開発目標の妥当性

公開

磁石開発の目標

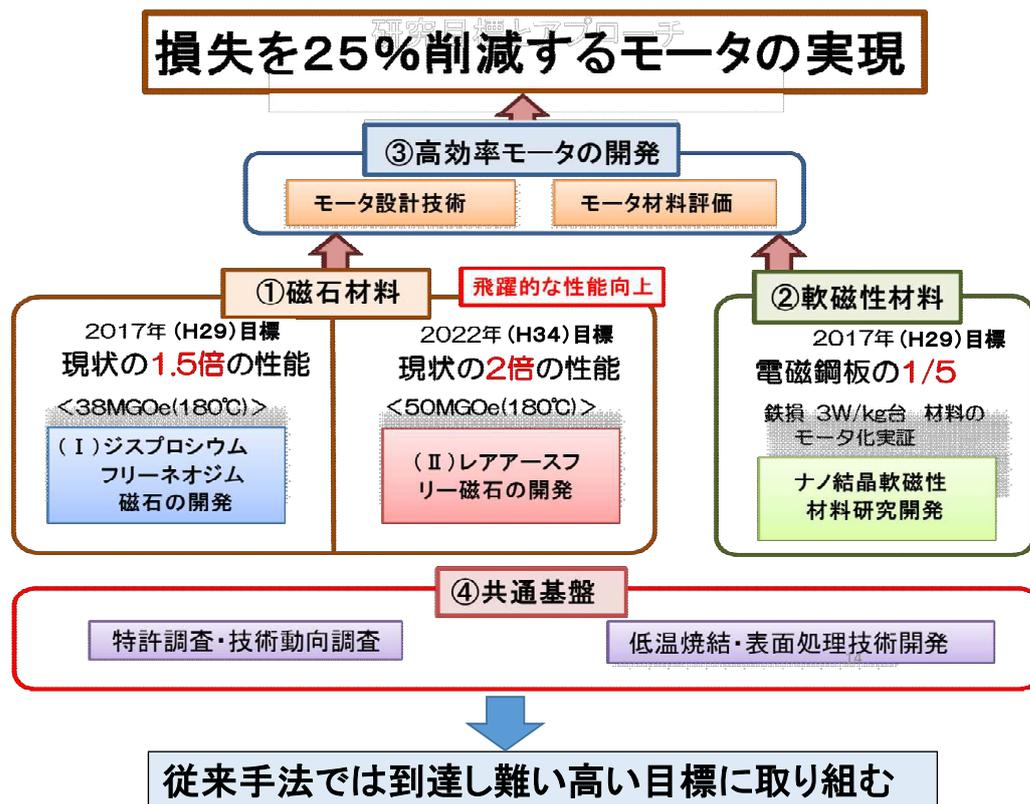


13 / 34

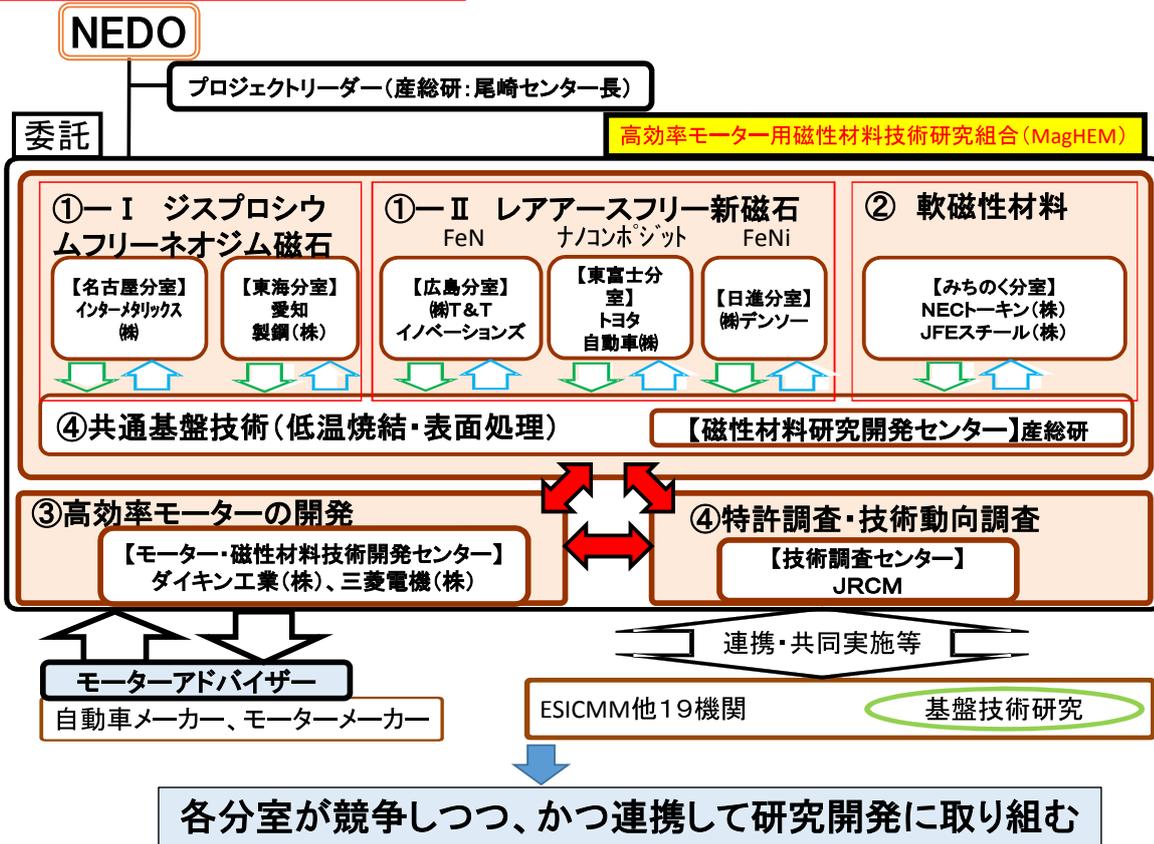
プロジェクト全体の目標

研究開発目標の妥当性

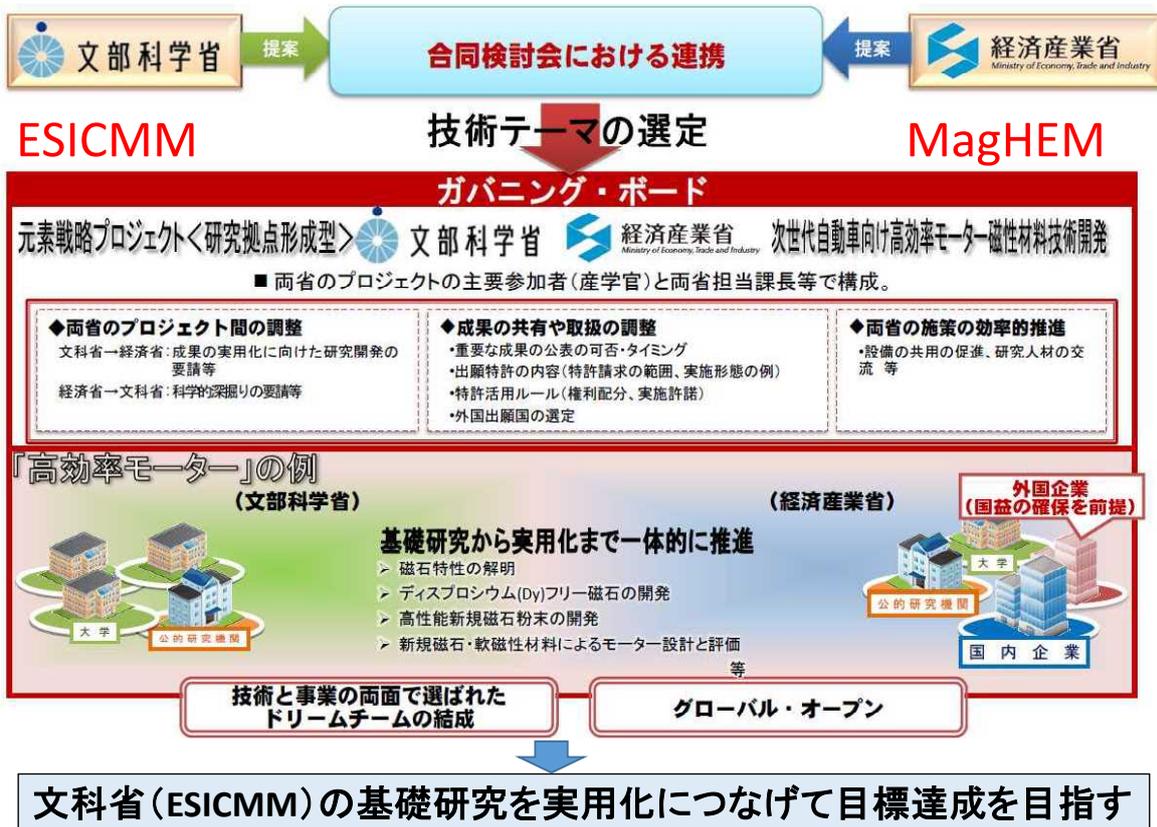
公開



14 / 35



文部科学省との連携



プロジェクトの全体計画(2012~2021)

研究開発計画の妥当性

公開

	第1期					第2期					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
	← METI執行 →					→ NEDO移管					
① 新規高性能磁石開発	①-I ジスプロシウムフリー磁石の開発 (5年)					性能 1.5倍	・実用化技術開発 → 事業化				
	①-II レアアースフリー磁石の開発 (10年)					見直し	性能 2.0倍 ・ネオジム磁石を超える新磁石の実用化研究開発 ・ネオジム磁石を超える新磁石の基盤技術開発				
省庁連携 文科省:CREST(~2015)、元素戦略磁性材料研究拠点(~2021)、東北発材料技術先導プロジェクト											
② 軟磁性材料研究開発 (5年)	・高Bsナノ結晶軟磁性材料の開発					見直し	高性能軟磁性材料の基盤技術開発 ・実用化技術開発 → 事業化				
③ 高効率モーターの開発 (10年)	・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					見直し	新規磁性材料への評価技術の適用 新規磁性材料適用モーターの連成設計技術開発 試作・実証評価 損失 25%低下				
④ 特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定(10年)および共通基盤技術の開発	・特許調査・技術動向調査 ・共通基盤技術の開発					見直し	磁性材料・モーター設計に関する特許戦略の策定				
					★ 中間評価	★ 中間評価					

中間評価を踏まえ、第2期の研究開発項目と目標を設定する

17/35

研究開発の進捗管理の妥当性

公開

前回中間評価(2014年度)結果の反映

項目	改善すべき点	対応
事業の位置づけ・必要性	特になし	
研究開発マネジメント	<ul style="list-style-type: none"> 材料、モーター開発の役割分担及び連携のシナリオ検討と、<u>連携を密にするマネジメントが必要</u> テーマの<u>難しさの程度を把握した上での個別マネジメント</u> 大学にFeasibility Studyをさせているテーマがある 	⇒テーマ間連携強化(①) ⇒個別マネジメント強化(②) ⇒
研究開発成果	<ul style="list-style-type: none"> モーター設計で望む材料特性を明確にする <u>実用化試験を早く進める。</u> <u>レアアースフリーの見直し</u>、添加元素を使った展開等の検討が必要 	⇒テーマ間連携強化(①) ⇒実用化推進(①) ⇒レアアースフリーに拘らない新規材料の探索(③)
実用化に向けての見通し及び取組み	特になし	

- ①テーマ間連携強化と実用化の推進
- ②難しい課題に対してのマネジメントの強化
- ③レアアースフリーに拘らない新規材料の探索

18/35

①テーマ間連携強化と実用化の推進

<分室・センター間技術課題検討会(合宿)>

- 目的:プロジェクトとしての一体感の高揚と連携強化
 内容: ・1泊2日・合宿形式での討論(2015年7月9~10日)
 ・懇親会等で個別相談実施
 結果: ・テーマ連携が進みモーターセンターへの材料提供が始まった
 ・分室企業間の個別情報交換が開始された
- ↓
モーター試作



<技術調査センター主導の技術交流会>

- (1) 技術調査センター/モーター・磁性材料技術開発センター 交流会
 日時: 2015年10月9日(金) 12:30~17:10 場所: モーター開発センター 参加総数: 26名
- (2) 技術調査センター/日進分室 技術交流会
 日時: 2015年12月22日(火) 13:00~16:30 場所: 日進分室 参加総数: 19名
- (3) 技術調査センター/みちのく分室 技術交流会
 日時: 2016年4月12日(火) 9:30~10:30 場所: JRCM 参加総数: 19名



第1期の目標達成に向けたテーマ間連携の強化

②難しい課題に対してのマネジメントの強化



- (1) 技術推進委員会(2015年11月27日): 外部有識者による助言
 (2) ESICMM活用: 解析評価での連携強化

分類	メンバー	テーマ	モーターPJとの関わり	注目技術
材料創製	東北大・杉本(リーダー)	材料作製プロセス適正化のための組織形成原理の解明	・A社/微細化 ・B社/処理技術 ・C社/新磁石	Mn系磁性材料
	NIMS・大久保	希土類バルク磁石の材料創製	・C社/新磁石	熱間加工磁石
	NIMS・高橋	高性能薄膜磁石の創製	・C社/新磁石	
	京都大・寺西	新規ナノコンポジット磁石材料の創製を目指した磁性ナノ粒子の合成	・C社/新磁石	
	東北大・高梨	鉄基規則合金をベースとする非希土類磁石の創製研究	・D社/新磁石	第3元素添加による規則度向上
電子論	産総研・三宅(リーダー)	平面波基底法(QMAS)などを基軸にした磁気物性量の高精度計算手法の開発		計算による磁石材料探索
	東京大・合田	擬原子軌道局在基底密度汎関数法を基軸にしたOpenMXなどの第一原理計算アプリケーションの展開		
	東北大・土浦	組織形成原理の解明に基づく保磁力発現原理の解明		
	東京大・常行	基盤の計算機シミュレーション手法の検討		
	東京大・宮下	核生成理論と単磁区反転機構理論の整備		
解析評価	NIMS・宝野(リーダー)	マルチスケール組織・界面解析	・C社/新磁石 ・A社/微細化	特性メカニズム解析
	KEK・小野	中性子・放射光 in situ解析	・C社/新磁石 ・D社/新磁石 ・B社/処理技術(打合せ中)	中性子回折(N-STEP)
	東北大・岡本	ナノスケール孤立磁石微粒子の微視的・動的磁化挙動の評価・解析		磁化過程の解析
	JASRI・中村	放射光ナノビーム解析	・B社/処理技術(打合せ中)	X線MOD顕微鏡
	名古屋大・小山	材料組織制御プロセス技術構築のための材料科学的基盤の創製		粒界相の解析

③レアアース(希土類)フリーに拘らない新規材料の探索

研究開発の進捗管理の妥当性

公開

<希土類資源の確保>



※出典:解説レアメタル(日刊工業新聞社)掲載のデータより算出

・希少金属確保の取組みで、重希土類(Dy,Tb等)以外の資源確保は進んだ

<世界の先端技術動向調査>

高性能磁石の重要論文の内訳

※三菱化学テクニサーチ調査結果より

	米国	欧州	中国	日本	その他	合計
希土類フリー	11	1	5	4	4	25
重希土類フリー	12	4	18	7	13	47
合計	33	5	23	11	17	72



新磁石開発は、レアアースフリーから重希土類フリーへシフト

21 / 35

<新規テーマの発掘>

研究開発の進捗管理の妥当性

公開

・先導研究によるテーマ探索

	実施者	テーマ	分類
磁石材料 4件	長崎大学・九州大学・九州工業大学	ナノマニピュレーションによる高温対応SmCo/ α -Fe系ナノコンポジット磁石の創製に関する検討	ナノコンポジット系
	産総研・村田製作所	Fe系合金への元素添加とC,N比による磁気特性の調査1	Sm-Fe-N系
	産総研	Fe系合金への元素添加とC,N比による磁気特性の調査2	ナノコンポジット系
	東北大学・住友金属鉱山	重希土類フリー希土類磁石粉末の高耐熱化に関する検討	Sm-Fe-N系
軟磁性材料 3件	岐阜高専・岐阜大学	磁化容易軸を面配向させた鉄系扁平粉末の鉄損に関する検討	プロセス開発
	長崎大学	磁気歪を有効活用した低損失磁性材料の創製に関する検討	歪制御
	東北大学・大陽日酸	高飽和磁化Fe-Co-C-N系軟磁性粉の創製に関する検討	Fe-Co系



第2期に向けた新規テーマ発掘と育成

22 / 35

Ⅲ. 研究開発の成果と実用化状況

公開

①新規高性能磁石の開発

研究開発成果について
最終目標の達成可能性
成果の普及

実用化に向けた戦略
実用化に向けた具体的取組
実用化の見通し

成果	評価	実用化・事業化の見通し
① - I Dyフリー・ネオジム磁石の開発(2012～2016年度)		
【最終目標】 現在の耐熱性ジスプロシウム含有ネオジム焼結磁石の1.5倍の最大エネルギー積「180℃において38MGOe」を持つジスプロシウムを使わないネオジム磁石の製造技術を確認する。		
(1) ナノ結晶粒ネオジム焼結磁石開発／名古屋分室(インターメタリックス)		
<ul style="list-style-type: none"> 最終目標を達成するために必要な粉末粒径(0.6μm未満)をHDDR処理とジェットミルにより達成。 高配向焼結体の作製に成功した。 粒径の微細化により温度特性が向上することを明らかにした。 現在の最大エネルギー積は25MGOe@180℃であり、添加元素や粒界相の最適化によりさらに向上させる。 	○	最終目標を達成することによって、飛躍的な性能の向上が見込まれるため、実用化を見据えた製造プロセスを構築することによって事業化が期待できる。 量産プロセスでの特性とコストを検討し、実用性を判断することが必要。
(2) Dyフリー高Br・高保磁力を有するNdFeB異方性HDDR磁石開発／東海分室(愛知製鋼)		
<ul style="list-style-type: none"> 最終目標を達成するために必要な保磁力(22kOe)の達成の目途はついた。 新しく開発したd-HDDR法により、磁化を向上させた粉末の作製に成功し、現在最終目標の最大エネルギー積の80%以上を達成。最終的に88%まで達成する見込み。 	○	粉末の特性で最終目標を達成できれば、 異方性ボンド磁石として実用化を目指し、事業化につなげる。 また、粉末そのものでも事業化への展開ができると考えている。

23 / 35

研究開発成果について
最終目標の達成可能性
成果の普及

実用化に向けた戦略
実用化に向けた具体的取組
実用化の見通し

公開

①新規高性能磁石の開発

成果	評価	実用化・事業化の見通し
① - II レアアースフリー磁石の開発(2012～2021年度)		
【中間目標(2016年度末)】 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「安定供給が不安視されているレアアース元素」を使わない高性能新磁石となりうる磁石群の探索・可能性検討結果より、課題の抽出および基本材料設計の指針を示す。		
(1) 窒化鉄ナノ粒子のバルク化体研究開発／広島分室(T&Tイノベーションズ)		
<ul style="list-style-type: none"> 粒子の合成、単分散化、固化については、それぞれ事前に掲げた自社の目標を達成しつつある。 ただし、中間目標で掲げている高性能磁石となりうる可能性を示すためには、保磁力向上の指針を出すことが必要であったが、達成困難である。 磁化が高い特徴を活かし、ボンド磁石としての開発を目標とする。 	△	現在掲げている目標(配向、相対密度、磁化)の達成により、まずはボンド磁石への展開を図り、その後、焼結体への展開を図る。

24 / 35

①新規高性能磁石の開発

研究開発成果について
最終目標の達成可能性
成果の普及

実用化に向けた戦略
実用化に向けた具体的取組
実用化の見通し

公開

成果	評価	実用化・事業化の見通し
(2)ナノ複相組織制御技術磁石の研究開発／東富士分室(トヨタ)		
<ul style="list-style-type: none"> ・計算や薄膜において複相構造を作り込むことにより、現行の焼結磁石を凌駕する最大エネルギー積を持つ磁石を作製できることを明らかにした。 ・RE1Fe12系化合物を相安定化できる合金組成を見出し、高温特性に優れ、最終目標を達成できるポテンシャルを持つことを明らかにした。 	○	最終目標をクリアできる磁気特性を持つ 複相組織のバルク体を作るプロセスを構築 し、さらに 安定的に作製できるプロセス を提案する。



★プレスリリース (2016.3.12)
:静岡理科大学(共同実施先)
「ネオジム磁石を凌駕する性質を有した磁性化合物」

静岡新聞(2016年3月13日)
毎日新聞静岡県版(2016年3月15日)
日刊工業新聞(2016年3月21日)

25 / 35

研究開発成果について
最終目標の達成可能性
成果の普及

実用化に向けた戦略
実用化に向けた具体的取組
実用化の見通し

公開

①新規高性能磁石の開発

成果	評価	実用化・事業化の見通し
(3)FeNi超格子磁石材料の研究開発／日進分室(デンソー)		
<ul style="list-style-type: none"> ・隕石中に存在するFeNi規則相を調べ、180℃で400kA/m(5kOe)以上の保磁力を持つ可能性を示した。 ・様々な化合物還元法を試み、窒化・脱窒素法により、規則度0.7以上の成分を含む粉末の合成に成功した。 ・異方性磁界を大幅に向上させ(塩化物還元法の3倍以上)、最終目標達成の可能性を示すことができた。 	○	最終目標をクリアできる磁気特性を持つ粉末合成プロセスを開発し、材料メーカー等と共同研究により、 実用化プロセスの開発を行い、事業化を見込む。

26 / 35

② 次世代高効率モーター用 高性能軟磁性材料の開発

研究開発成果について
最終目標の達成可能性
成果の普及

実用化に向けた戦略
実用化に向けた具体的取組
実用化の見通し

成果	評価	実用化・事業化の見通し
<p>【最終目標(2016年度末)】 磁気特性が「Bs1.6T以上」「400Hz・1Tにおける損失3W/kg台」を両立する「Fe基ナノ結晶軟磁性材料」の実用化製造技術を確立する。</p>		
<p>(1) 高BSナノ結晶軟磁性材料の開発／みちのく分室(NECTーキン, JFEスチール)</p>		
<ul style="list-style-type: none"> 急冷薄帯において目標値を達成できる合金組成の範囲を明らかにした。 これを基にアトマイズ粉末でナノ結晶ができる合金組成を見出すとともに、粉末を大量に製造するための装置設計を行い、実用化製造技術の見通しをつけた。 この粉末を高密度でバルク化する条件を明らかにし、粉末成形体においても目標値を達成できる見込み。 	○	<p>粒子の大量・安定供給を行える技術開発と大型磁心成形プロセスにより、プロジェクト期間内で実用化を行い、プロジェクト終了後事業化を行う。</p>

27 / 35

③ 高効率モーターの開発

研究開発成果について
最終目標の達成可能性
成果の普及

実用化に向けた戦略
実用化に向けた具体的取組
実用化の見通し

成果	評価	実用化・事業化の見通し
<p>【中間目標(2016年度末)】 高効率モーターの試作・評価を行い従来モーター比でエネルギー損失を25%削減する高効率モーター実現の見通しを得る。</p>		
<p>(1) 次世代モーター・磁性特性評価技術開発／モーター開発センター(ダイキン工業)</p>		
<ul style="list-style-type: none"> モーター使用後の磁石の磁気特性変化および分布の測定、モーター損失の高精度分析装置の作製、インバータ高調波を含めた損失測定のためのリアルシミュレーターの構築、各種モーター形式による設計技術、インバータとモーターとを合わせた低損失化設計手法の開発を行い、それぞれで計画していた目標を達成した。 これにより、課題の抽出および基本設計指針を出すことが可能となった。さらに、新しい形態のモーターを提案し、損失25%削減の可能性を示した。 	○	<p>モーターの損失評価技術の確立を行い、新モーターの設計を行う。プロジェクト期間中に新設計のモーターの有効性を実証し、損失25%減のモーター開発を行う。実用化に向けた生産性や信頼性の確保に取り組む。</p>
<p>(2) 次世代モーター・磁性特性評価技術開発(応力を考慮したモーター設計・評価技術の研究開発)モーター開発センター(三菱電機)</p>		
<ul style="list-style-type: none"> 応力下の軟磁性材料ならびに永久磁石の磁気特性への影響を調べるための計測手法を開発した。 定量的な評価ができるため、高効率モーター設計の基本指針を示すことが可能となった。 開発材料を使用したモーターの試作を行った。 	○	<p>既存材料を利用して応力抑制を行ったモーター設計・試作評価を先行してを行い、実用化に繋げる。プロジェクトで開発された材料については各分室と連携して並行して評価・設計を進め、早期の実用化を行う。</p>

28 / 35

★プレスリリース(H27.4.13) :モーターセンター

研究開発成果について
最終目標の達成可能性
成果の普及

実用化に向けた戦略
実用化に向けた具体的取組
実用化の見通し

公開

「超高精度モーター損失分析評価装置の開発」
「応力下磁気特性評価技術の開発」

化学工業新聞(2015年4月14日)
日刊工業新聞(2015年4月14日)

④ 特許・技術動向調査および 共通基盤技術の開発

研究開発成果について
最終目標の達成可能性
成果の普及

実用化に向けた戦略
実用化に向けた具体的取組
実用化の見通し

公開

成果	評価	実用化・事業化の見通し
<p>【中間目標(2016年度末)】 「①(I)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(II)ネオジム焼結磁石を超えるレアアースを使わない新磁石の開発」「②次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発」および「③高効率モーターの開発」の成果を事業化するための各事業者の特許戦略策定を支援する。</p>		
<p>(1)特許・技術動向調査・特許戦略策定支援／調査センター(JRCM)</p>		
<ul style="list-style-type: none"> 磁石, 軟磁性材料, モーター構造の有識者により特許調査並びに技術調査を行い, データベース化するとともに, 動向予測を行った。 今年度までのデータベース化をほぼ終えることができた。 データベースは図書館機能システム化し, 閲覧可能とした。 	○	<p>データベース化を進めることで技術動向が明らかになるとともに, 分析が可能な情報システムを構築することができる。これにより参画企業の特許戦略策定の手助けが可能となり, 実用化に近づけることができる。</p>
<p>【中間目標(2016年度末)】 各テーマの材料開発に寄与できる基盤的な技術開発や, 磁性材料のバルク化, また分析・評価・解析及び保磁力機構の解明などを行う。さらに標準化も視野にいれた特性評価を行う。</p>		
<p>(2)共通基盤技術の開発／磁性材料開発センター(産総研)</p>		
<ul style="list-style-type: none"> 窒化鉄の単分散のための表面処理技術, 軟磁性材料の高抵抗化のための表面処理技術を開発した。 HDDR粉末の焼結, 窒化鉄ナノ粒子の焼結, 軟磁性材料の焼結を行い, それぞれ焼結密度90%以上の高密度焼結技術を開発した。 	○	<p>サブミリからサブミクロンまで各種磁性材料の表面処理技術と高密度焼結技術を開発し, さらにこれらを実用化できる技術に展開することによって, 参画企業の実用化に寄与する。</p>

⑤知的財産権、成果の公表

	2012	2013	2014	2015	計
特許出願(うち外国出願)	1	10(1)	21(4)	40(19)	72(23)件
論文*	0	10	19	29	58件
研究発表・講演	2	54	68	82	206件
受賞実績	0	0	1	2	3件
新聞・雑誌等への掲載	0	0	4	2	6件
展示会への出展	1	1	4	2	8件

*査読付き

※2016年3月31日現在

IV. プロジェクト第2期に向けて

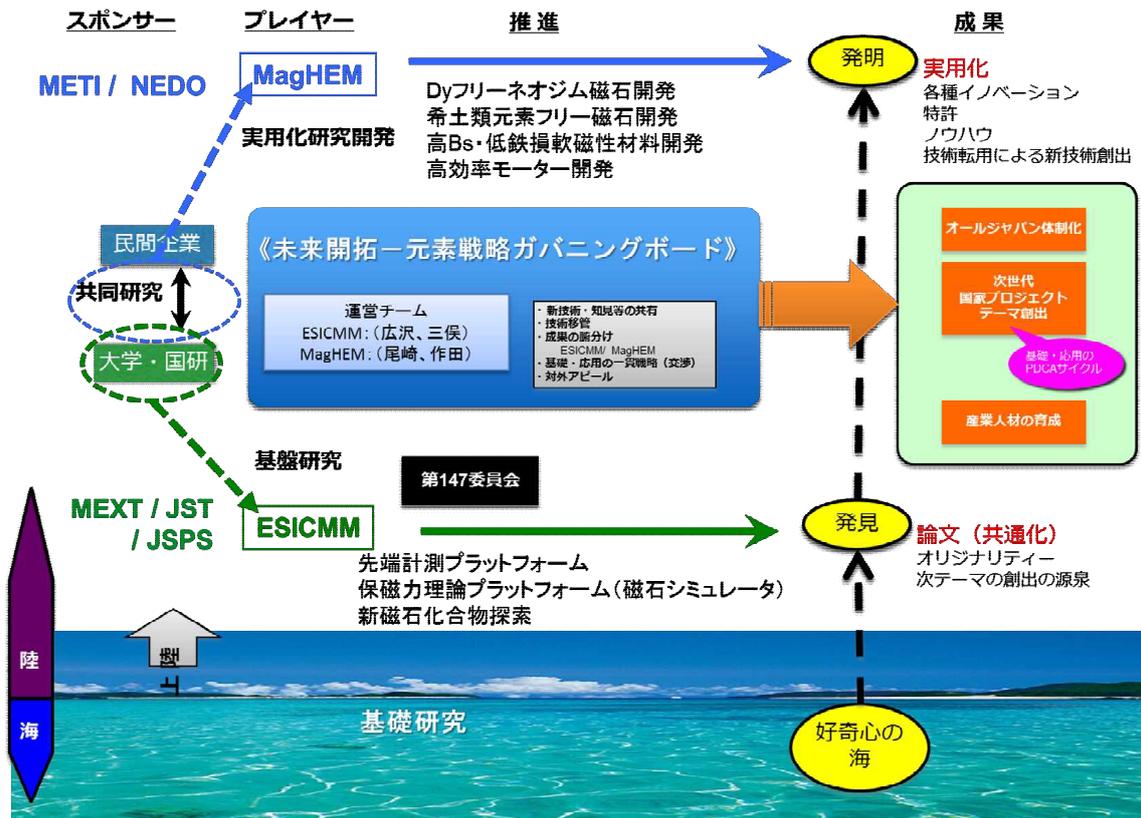
第2期の方針

- ①原理原則に立ち返って開発のブレークスルーを図る
- ②早期市場投入により技術のブラッシュアップを図る
- ③第2期では実施テーマを見直す

①原理原則に立ち返って開発のブレークスルーを図る

公開

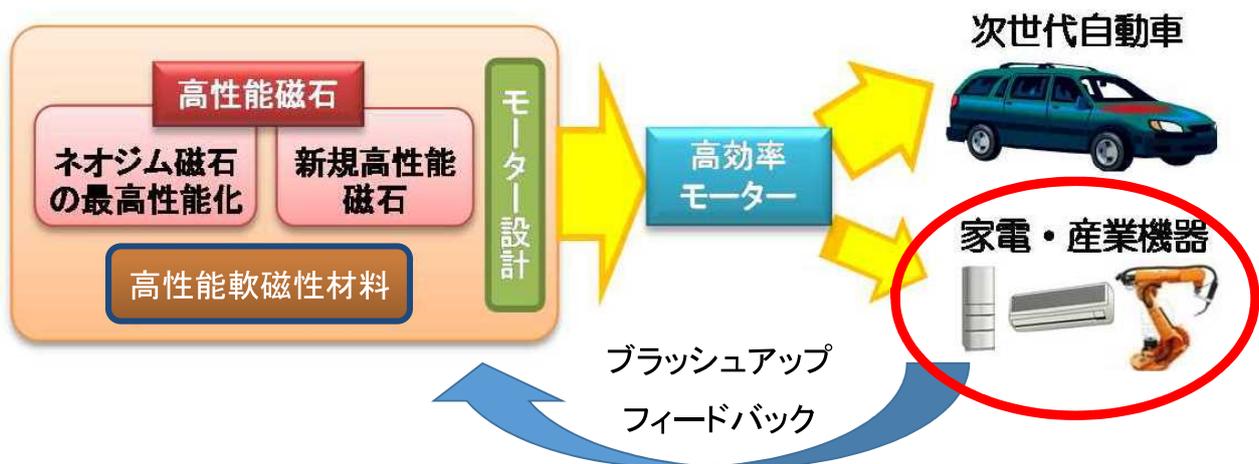
ESICMM連携の強化(基盤研究の成果をMagHEMでの実用化研究開発で活用)



33 / 35

②早期市場投入により技術のブラッシュアップを図る

公開

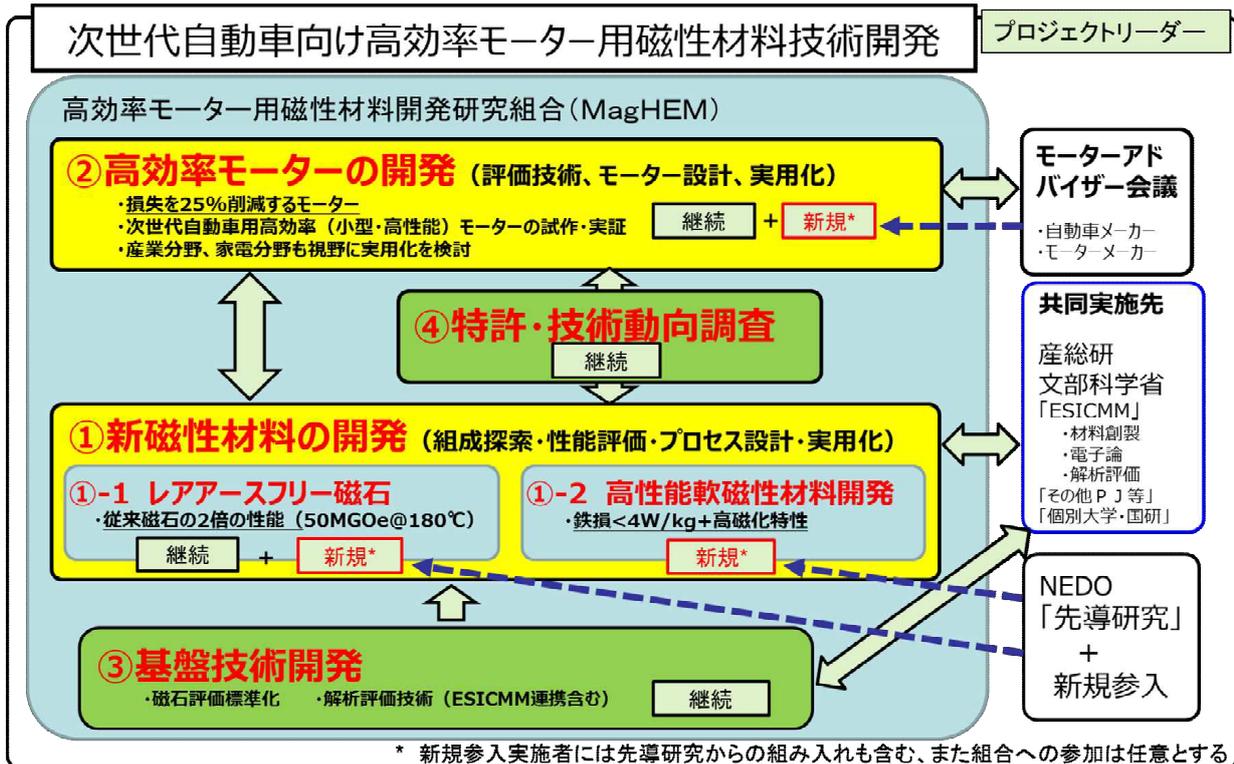


- ・立ち上がり早い市場に早期に投入する。
- ・市場でのフィードバックを図り技術をブラッシュアップする
- ・次世代自動車を狙いながら他への用途展開も図る

34 / 35

③第2期では実施テーマを見直す

第2期での体制(案)



- ・新磁石開発は「重希土類フリー」へのシフトを検討
- ・第2期では公募により新規テーマを組み入れる

参考資料 1 分科会議事録

研究評価委員会
「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」(中間評価)分科会
議事録

日 時 : 平成 28 年 6 月 14 日 (火) 10:00~18:15

場 所 : WTC コンファレンスセンター Room A

〒105-6103 東京都港区浜松町 2-4-1 世界貿易センタービル 3 階

出席者 (敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長 加藤 宏朗 山形大学大学院理工学研究科・数物学分野磁性材料物理学 教授
分科会長代理 大森 賢次 日本ボンド磁性材料協会 専務理事
委員 岡崎 靖雄 岐阜大学 名誉教授
委員 掛下 知行 大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻 教授
委員 堺 和人 東洋大学理工学部電気電子情報工学科 教授
委員 佐久間 昭正 東北大学大学院工学研究科応用物理学専攻 教授
委員 千葉 明 東京工業大学大学院理工学研究科電気電子専攻 教授

<推進部署>

吉木 政行 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 部長
井上 貴仁 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 主任研究員
佐光 武文(PM) NEDO 材料・ナノテクノロジー部 主査
坂井 数馬 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 専門調査員
渡部 敬介 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 主査

<実施者※メインテーブル着席者のみ>

尾崎 公洋(PL) 産業技術総合研究所 磁性粉末冶金研究センター センター長
入山 恭彦 高効率モーター用磁性材料技術研究組合(MagHEM) 理事長
作田 宏一 高効率モーター用磁性材料技術研究組合(MagHEM) 専務理事

<評価事務局等>

井関 隆之 NEDO 技術戦略研究センター 研究員
徳岡 麻比古 NEDO 評価部 部長
保坂 尚子 NEDO 評価部 統括主幹
原 浩昭 NEDO 評価部 主査

議事次第

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明
 - 5.1 「事業の位置付け・必要性」「研究開発マネジメント」
「研究開発成果」「成果の実用化に向けた取り組み及び見通し」
 - 5.2 質疑

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
 - 6.1 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
 - 6.1-① ナノ結晶粒ネオジム焼結磁石開発
 - 6.1-② Dyフリー高Br・高保磁力を有するNdFeB異方性HDDR磁石開発
 - 6.2 ネオジム焼結磁石を超えるレアアースを使わない新磁石開発
 - 6.2-① 窒化鉄ナノ粒子のバルク体化技術研究開発
 - 6.2-② ナノ複相組織制御磁石の研究開発
 - 6.2-③ FeNi超格子磁石材料の研究開発
 - 6.3 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発
 - 6.3-① 高Bsナノ結晶軟磁性材料の開発
 - 6.4 高効率モーターの開発
 - 6.4-① 次世代モーター・磁性特性評価技術開発
 - 6.4-② 次世代モーター・磁性特性評価技術開発（応力を考慮したモーター設計・評価技術の研究開発）
 - 6.5 特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定支援および共通基盤技術の開発
 - 6.5-① 特許調査・技術動向調査・特許戦略策定支援
 - 6.5-② 共通基盤技術の開発
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他
10. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認

- ・開会宣言（評価事務局）
- ・配布資料確認（評価事務局）

2. 分科会の設置について

- ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき評価事務局より説明
- ・出席者の紹介（評価事務局、推進部署）

3. 分科会の公開について

評価事務局より資料2に基づき分科会の公開について説明があり、議題6.「プロジェクトの詳細説明」および議題7.「全体を通しての質疑」を非公開とすることが了承された。

また、評価事務局より資料3に基づき、分科会における秘密情報の守秘及び非公開資料の取扱いについての、捕捉説明があった。

4. 評価の実施方法について

評価の手順及び評価報告書の構成について、評価事務局より資料4-1～4-5の要点をまとめたパワーポイント資料に基づき説明し、評価事務局案どおり了承された。

5. プロジェクトの概要説明

5.1 (1) 「事業の位置付け・必要性」「研究開発マネジメント」

推進部署より資料6-1に基づき説明が行われた。

5.1 (2) 「研究開発成果」「成果の実用化に向けた取り組み及び見通し」

実施者より資料6-1に基づき説明が行われた。

5.2 質疑

【加藤分科会長】 どうもありがとうございました。ただいまの説明に対して、ご意見、ご質問をお願いします。

なお、技術の詳細については、のちほどの議題6で議論するので、ここでは主に事業の位置付け・必要性、マネジメント等についてのご意見をお願いします。

【大森分科会長代理】 「市場創出効果」として2030年で1100億円と記載されていますが（12頁）、どのへんまでを考えてこの金額にしたのですか。

【佐光 PM】 自動車向け市場と産業モーター向け市場との二つの用途について、いまのモーターがこれだけ切り替わるだろうという普及率を想定して計算しています。事業原簿に詳細に計算したものがあります。

【大森分科会長代理】 モーターそのものですか。モーターが使われている製品等は含めていないのですか。

【渡部主査】 これはモーターそのものの値段だけで想定しています。

【大森分科会長代理】 そういう意味では、これができると（市場）規模はもっと大きなものになるとイメージしてよろしいわけですね。

【渡部主査】 それでよいと思います。

【岡崎委員】 「プロジェクト全体の目標」（14頁）について、具体的な数値目標が3つ挙がっていますが、それらと、最終的な目標「（損失を）25%削減（するモータの実現）」との数値的なつながりは、どのへんまで検討されたのですか。

【尾崎 PL】 直接的なつながりはありません。そこまで計算は入れておりません。磁石、軟磁性、モーター、個々の目標としてこういう数字を出し、プロジェクト全体の目標にしました。

【岡崎委員】 要するに25%というのは、目標としてボンと出したということで、材料はそれとは別に目標数値と

して持ってきたということによろしいですか。

【尾崎 PL】 はい。

【堺委員】 同じ 14 ページですが、先ず、磁石で 1.5 倍と 2 倍と数字が違う二つの目標が並んでいて、電磁鋼板では 5 分の 1 という数字が出ています。これらの数値の根拠は何ですか。

もう一つは損失 25% についてですが、自動車であれば、自動車の運転パターン JC08 モード、昔なら 10-15 モードで、EV では電費か燃費かわかりませんが、そのときのモーターだけを取り出して 25% ぐらい貢献するというのであれば分るのですが、個々の 25 というのは何を言っているのか。教えていただきたい。

【尾崎 PL】 モーターの損失 25% は、測定点を 2 点規定しています。後ほどモーターの個々の発表のときにご確認いただきたい。また、材料側の目標数値の設定の仕方ですが、プロジェクトを開始するときに、非常に悩ましい数値を設定しています。

プロジェクト開始の経緯になりますが、未来開拓事業ということで、非常に大きな目標を立てるのが、まず大前提でした。まったく達成不可能な目標を掲げるとそれこそおかしな話になるので、まずはネオジム磁石に関して、現状を見ながら Dy を添加した数値から完全に Dy フリーにしたときにどこまで伸びるだろうか、可能性はあるだろうか、ということを経験的に検討して、なおかつ温度を条件につける。室温で 1.5 倍や 2 倍にするのはさすがに不可能ですので、使用を見越した 180℃ という温度でどういう数値目標を設定するとプロジェクトとして成立するか、かつ実現が不可能ではないと想定できる数値目標にしています。

【加藤分科会長】 関連して質問します。13 頁のスライドです。横軸が保磁力、縦軸が最大エネルギー積 (BHmax) という図面で、その右側に上向きの垂直な矢印が二つあって、到達目標と書かれています。この書き方ですと、保磁力 30 k に保ったまま BHmax だけ上げるという目標に見えてしまうのですが、これによろしいのでしょうか。つまり保磁力はもうすでに 30 k あるので、磁化を上げて BHmax を増やすのだという目標を立てていると見えるのですが、むしろ横になるのではないのでしょうか。斜め上を向くような矢印と言いましょか、保磁力を上げて、耐熱温度を上げるというアプローチかと思うのですが。

【佐光 PM】 これは説明で理解しやすいように矢印で表現したのですが、必ずしも保磁力 30 k にこだわっているわけではありません。先ほど尾崎 PL が言われた温度特性がよくなれば保磁力は 30 k より低くても到達します。

【加藤分科会長】 最終的な☆印のところに行こうというのはよいのですが、現在はどこから出発するのでしょうか。

【佐光 PM】 現状の材料がここに位置するので、本来はこの最大エネルギー積を 1.5 倍にするので、そのときの保磁力だけではなくて、縦軸はほかの要因もあって最大エネルギー積 38 が目標ですが、保磁力以外の要因で上げる可能性もあります。

【加藤分科会長】 この図面だと、そういう意図が誤解されるようなきらいがあるので、もう少しよい表現を検討したほうが良いと思います。

【佐久間委員】 最終目標の 180℃ で 50 MGOe について、「保磁力に別にこだわっているわけではない」と言いますが、エネルギー積だけで (目標値と) 言ってよいか、問題の一つです。

また、180℃ (453K) で 50 MGOe ということは、理屈から考えると約 500K で Bs がたぶん 1.4 テスラぐらいないといけない。最低でも保磁力はその半分なければならない。そういう物質が現状では、たとえば完全に Dy フリーだけではたぶんいけないとは思いますが、遷移金属だけでもそういったものが考えられるのか、根拠があるのかどうか。私から考えると、あまりにもハードルが高すぎる内容です。

もう一つは、中間目標の延長線上にその 2 倍という最終目標があるのかどうか。中間目標が今回クリアされたとしても、その延長線上には理屈から考えてその物質は到底ありえないということもあります。そうすると中間目標と最終目標は、別枠で考えないといけないのかもしれない。そのへんの目標の根拠について、もう少し詳しく説明してください。

【尾崎 PL】 まず「最大エネルギー積だけを目指してよいのか」の話ですが、ご存じのとおり最大エネルギー積は磁化と保磁力を併せ持った値ですので、基本的に一番わかりやすい数値目標として定めやすいということです。たとえば、保磁力がいくつで磁化がいくつだという組み合わせの目標は、新材料は温度係数すらわからない状況でそれも立てにくいので、両者を組み入れた最大エネルギー積でまずは数値目標を定めることにしました。

次に、「その可能性としてどういうものを想定しているか」ですが、50MGOe@180℃はまず難しいだろう、という話はプロジェクト開始当初からありました。そういうものが本当にあるのかどうか。これはプロジェクト全体、われわれの考えですが、こういう（難しい）目標値を設定して、みんなでやったらどこまで行けるだろうかとこのプロジェクトにしたいというのが、この未来開拓プロジェクトの最初の考え、アイデアでした。

これは従来のプロジェクトの考え方とは少し違います。10年のプロジェクトですので、普通に頑張ればある程度達成できる目標ではなくて、頑張って、頑張って、頑張らないと達成できるかどうかわからない数値。但し、全く可能性ゼロかと言うとそうでもなくて、学会等々で発表していますが、たとえば1-12系では磁化が室温で1.7を超えるようなものが出てきています。もちろん保磁力がどこまで行くかはまだわからないのですが、そういう材料が出てきています。「まったくできないか」と言われると、「そういう兆しが少し見えてきた」というのが現実です。もちろん、レアアースフリーでどこまでいけるかは別の話になり、そこまで絞り込むと難しいので、最後に少し話しましたが、軽希土類はあっても良いのではないかとということで、第2期を進めたいという考えです。

【千葉委員】 いくつか意見があります。まず4頁のスライド、モーターの構造例です。ここで、「重要なのは磁石材料と低損失鉄心である」と言われましたが、他にも、電線あるいは絶縁技術、巻線技術も、非常に重要だと思います。それから鉄心と言ったときに、1枚の鉄のシートからいかにしてモーターのコアをつくるのかという鉄心製作技術も非常に重要です。

実際、1月にトヨタの新しいプリウスが発売になり、4月に私がオーガナイズしたオーガナイズセッションでのトヨタの発表では、巻線技術や鉄心が重要な役割を果たして25%の損失低減を実現している、ということでした。ですから、もう少し幅広くモーター技術を取り上げていただきたい。

【佐光 PM】 モーターではそういういろいろな要因があることは、われわれも理解して進めています。このプロジェクトでもモーター設計技術を今も進めており、午後の説明の中にも一部出てきますが、設計技術は非常に重要です。材料技術と設計技術を組み合わせて最終的に高効率なモーターをつくるということで、特にこの第2期では、実際のモーターの開発に入っていきますので、その部分が特に重要になってくると思っています。

【千葉委員】 私の指摘は、(このプロジェクトでは)新材料技術として磁石と軟磁性材料だけを取り上げていますが、電線も重要な材料であるし、その電線を絶縁する技術も非常に重要であるということです。

【佐光 PM】 設計技術の中で、そういうことを加味して進めていきたいと思っています。背景で説明しましたが、このプロジェクト自体が、まず日本が非常に得意としている磁石の状況を打破して、それでいろいろな産業へ応用できるモーターを最終的なアウトプットとして進めよう、ということで組み立てたので、磁石と軟磁性材料がメインのテーマ構成のプロジェクトであるということです。

【千葉委員】 私としては、自動車用のモーターが高効率になることはとても重要だと思いますし、右半分は確かにそうだと思うのですが、磁石に少し偏重しすぎている感じがします。この国で高効率のモーターをつくらせて自動車産業がどんどん発展していくことはとても重要であり、そのためには磁石ももちろん重要ですが、巻線も重要であり鉄心の製作技術も非常に重要です。

なかなか意見がかみ合いませんが、次の指摘に行きます。14頁の「プロジェクト全体の目標」で「25%損失を削減するモーターの実現」となっていますが、これはどういう基準ですか。自動車用のモーターを考え

ているのか、それとも3頁目では消費電力の6割がモーターであるという話もあったので、そちらのほうを考えているのか、どちらでしょうか。実際、今回出てきたプリウスのモーターは、損失を25%も削減しているので、目標の改善が必要だと思います。5年間で25%削減するのか、このプロジェクトは10年間ですから10年間で25%削減するのか、どちらなのか。あるいは年間25%削減というのは結構厳しいとは思いますが、そこはいかがでしょうか。

【佐光 PM】 この目標値は10年間での25%削減という目標です。

【千葉委員】 もともとは、どんな基準ですか。

【尾崎 PL】 もともとは、このプロジェクトを開始したときに発売されている第3世代のプリウスを対象としています。当然、プリウスもどんどん進化するので、この目標値に関しては、10年間の最終目標ですので、当然その状況に応じた目標設定をする。基準は書いていませんので、どこが基準かと言われると、そのときにすでに発売されているモーターを基準としたということになるかもしれません。そこは、われわれとしては順次見直しをしていくということです。

【千葉委員】 プロジェクトスタート時のプリウスのモーターは、確かに非常に優れたモーターでしたから、それを基準にすることは大変適切であると思います。しかし、すでに25%削減したものが出ている状況ですから、このあと5年間の第2期の目標が出ていますが、そこは少し考えられたほうがよいと思います。今回のプリウスですと、鉄心と銅線の改善が非常に大きい向上の要因になっており、磁石が非常に貢献したという話は聞いていませんが、とにかくDyは少し減ったとは聞いています。

次は21頁目です。「レアアースフリーに拘わらない新規材料の探索」と書いてありますが、私の理解ですと、最初の5年はDyを削減しようという話だったと思います。それが先ほどのお話では、8割ぐらい目標には進んでいて評価として○が付いていることは大変結構ですが、「新磁石開発はレアアースフリーから重希土類フリーへシフト」と書かれていますが、これは最初の5年間で達成する予定ではなかったのですか。この目標は10年間の目標ですが、この最後の行はどういう意味で書かれたのでしょうか。

【尾崎 PL】 基本的には14頁にある、現状の2倍の性能、180°Cで50MGOeを目指した磁石、これが10年間の磁石の目標ですが、当初はレアアースフリーを謳っていました。このレアアースフリーを、軽希土類を使ってもよいのではないかという意味で、重希土類は扱わない、レアアースフリーではなくて重希土類フリーだということです。この達成は、現状のいわゆるネオジム磁石では不可能な値です。

【千葉委員】 大変素晴らしい目標ですが、レアアースフリーは結局できそうもないから軽希土類のレアアースは使ってもよいのではないかということになった、ということでしょうか。

【尾崎 PL】 あとの詳細説明にもありますが、現状で、レアアースフリーで達成できる見込みという研究テーマもあります。ただそれだけでは広がりがなく、それ1本でプロジェクトとしてやるということはないので、少し門戸を広げたという意味です。

【千葉委員】 門戸を広げたということですね。最後に一つ、25頁に「RE1Fe12」と書いてあります。このRE1はどんなものですか。

【尾崎 PL】 REは希土類を総称しています。レアアースです。レアアース1に対して鉄が12入っている結晶構造があります。1-12系と呼ばれています。

【千葉委員】 先ほどのお話ですと、軽希土類ということですか。

【尾崎 PL】 そうです。軽希土類です。

【千葉委員】 この評価は○と書いてありますが、基本的にこのプロジェクトはレアアースを使わないプロジェクトでスタートしたのではないのですか。レアアースを使わない磁石の研究でスタートしたのに、レアアースを使っている。今後第2期ではその門戸を広げるというのは分りますが、第1期として○の評価でよいのか、ちょっと疑問を感じました。

【尾崎 PL】 当初の目標設定に対しては、「完全にレアアースフリーかと言われるとそうではない」というご指摘

ですが、これは、こういう材料が出てきた、あるいは、世界の研究状況を見てこういう材料を逃してはいけない、という判断です。当初（の目標設定）はレアアースフリーだったからこのプロジェクトでこの材料を捨て去る、という判断はわれわれとしてはしたくない、という意味です。

【千葉委員】 この評価はどなたが付けているのですか。トヨタさんが付けているわけではないのですか。

【尾崎 PL】 われわれのプロジェクトとしての自己評価です。

【千葉委員】 最後のデンソーさんのテーマですが、本当にレアアースを使わないという点では非常にすばらしいのですが、これも〇が付いています。実際はうまくいきそうなのかどうか、この文書だけを見てもよくわからない。先ほどからの発表を聞くと、やはりうまくいかないのかもしれないみたいな話もあって、実際どういう立ち位置なのか。

【尾崎 PL】 10年ものの高性能磁石の開発というテーマの目標は、180°Cで50MGOeを有する材料の可能性を探ることなので、その可能性が少しでも出てくれば、評価を〇にしています。このFeNiについても規則相になればこの特性が得られるはずだというベーシックなデータがあるので、後の詳細説明でお話しします。規則度0.7以上と書いていますが、要は規則度1になれば、すべての構成相がFeNiの規則相になっているという意味合いです。それが達成できれば、10年間の最終目標が達成する可能性を持っていることを示していますので、可能性はゼロではない材料が出てきたということです。

【掛下委員】 33頁のJSTとの関係について、具体的な目標があって、どのようなプロセスを経て、将来的なストラテジーに向けてどういったことを考えているのでしょうか。先ほどの発表では、分析装置をタイアップすることが一つあるということですが、それ以外に、たとえばいまの数値の問題だとか、計算だとか、そういうところでの展開はあるのかどうか。

【尾崎 PL】 私が当初「元素戦略」（文部科学省 元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>磁石材料領域「元素戦略磁性材料研究拠点」：ESICMM）にお願いしたのは、目標とする180°Cで50MGOeを有するような磁性材料が理論的にできるのかどうかを出してほしい、ということでした。数値目標という意味ではそういうことになります。「元素戦略」とわれわれとは、先ほど佐光 PM が示したとおり、材料開発と分析・解析で連携はしていますが、計算のところはまだ連携できていません。そのへんの可能性がある、理論的にそういう材料があるということを示してもらえれば、われわれもそういうテーマをこちらに引き入れたり、実用化につなげることをやったりできると考えています。

【加藤分科会長】 まだいろいろあるかもしれませんが、時間を過ぎましたのでここで質疑応答を打ち切らせていただきます。

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明

省略

7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

8. まとめ・講評

【加藤分科会長】 それでは最後の議題8のまとめ・講評です。まず千葉先生のほうから順番に1人2分程度で講評をお願いします。

【千葉委員】 まず肯定的意見ですが、トヨタのプロジェクトのRE1Fe12でよいものができそうだというのは大変明るいニュースです。それからインターメタリクスさんでそれなりのものができたこともよかったと思います。3番目の高Bsナノ結晶も非常によいプロジェクトであって、材料はだいぶできたような感じがしますが、やはりモーター化を目指して継続されるのがよいと思います。

モーター関係のプロジェクトはこれからという感じがします。アメリカでライバルのプロジェクトFreedomCar 2020が同時に動いており、非常によい論文がたくさん出ています。IEEEのトランザクションなどにもたくさん論文が出ていて、世界のトップレベルにある状況です。このプロジェクトも、是非これからそのような世界のトップを走れるような論文を書いてほしいし、また実験等を行っていただきたい。

改善すべき点ですが、磁石のプロジェクトにおいて、概略でよいのでBHカーブの減磁特性を書いてほしいし、このプロジェクトで統一したフォーマットがあったほうがよいと思いました。今日はデンソーさんから出された図が大変よかったので、あれを基本としてつくったらどうかと思います。それから10年間で25%の損失減が目標となっていますが、この目標は見直しが必要です。1月のプリウス発売でもう25%減は実現済みの状況なので、たとえば50%減とか、目標を再設定されてはいいかかでしょうか。

モーターセンターのところですが、よい材料がたくさん出てきたことから、検討課題が非常に多いので、人員、スペース等、もう少し拡充したほうがよいし、プリウスサイズのモーターを一つ二つではなくて、何台も試作して負荷装置も立派なのできていますからテストをするべきだと思います。

今日の発表会ですが、質疑の時間が比較的短いと思いました。前回大阪で行ったように、現場に行って検討することもやったらどうかと思います。

最後ですが、次回はぜひ発表順を逆にしてみたいかかでしょうか。

【佐久間委員】 評価委員会分科会は初めてでしたが、参加できて非常によかったと思っています。

午前中の概要説明を伺い、大変チャレンジングな目標が設定されていて、ずいぶん驚きました。大丈夫ですかとお尋ねしたところ、極めて精神論に近いような、体育会系に近いような、特攻隊的なかたちで入っているのかなと思って、そもそも原理的に大丈夫なのかとずいぶん心配しました。午後に入って具体的な話を聞き、個々のテーマは、全体的に非常によくやっているという印象を受けました。全くたじろぐことなく、果敢にどんどんと進めていることに対して、大変に安心したというか、感心した次第です。特に基礎研究を、私はこのプロジェクトであまり重要なファクターではなかったのかと最初は思っていたのですが、実際に聞いてみますとESICMMでやっているよりもむしろレベルが高いと思うぐらいに、非常に真剣に取り組まれていて、材料開発ですからどんどんアイデアを駆使して前進されている姿に、大変感心しました。そういう点では非常によかったかなと思います。

ただ新規材料など基本的な特性は出ているが、最後はやっぱり保磁力となったときに、結局その保磁力は

どこから出るのかというところに最後は行きつく。その部分をきちっと基礎研究をやらなければいけない。ESICMM 等との連携、それから尾崎 PL の産総研のガバナンスが非常に大事なところに入ってきていると感じました。

【堺委員】 1 回目には現地に見学に行ったのですが、そのときは概要しか聞かなかったので、今日聞くとかなりしっかりやられていることがよくわかりました。

まず全体として、もう少し連携をうまくやったほうがよいと思いました。せっかくよい材料等が出てきても、材料の評価のときにモーターにどのように使われているか知らなくて、とにかく材料としての性能を上げようとしている。それを使う場合はいろいろな条件があるので、そのときに重要な特性は変わってくる。モーターとして見たときの特性も変わってくる。モーター開発側も、これでよいと思ってやっているけれど、その材料のよい特性を本当に活かしているのか、それとは別に自分たちが一番目指しているところをやっているかもしれないというところがある。連携が大切です。こういうデータが出ているとか、そういう情報交換です。1 回やりましたと言いますが、1 回ではなくて、皆さん忙しくて研究がメインなので、たとえば3 か月に1 回とか4 か月に1 回とか、そのときにお互いがこんな研究成果が出ているとか、こういう課題がいま出てきているとか、そういうことをやったほうがより相乗効果までは行かなくても、良い方向に行くと思っています。

個々の話では、ナノ複相組織と言うのでしょうか、トヨタさんがやられた新しい磁石や、デンソーさんの超格子材料などです。材料は新しいものは簡単に出てこない。数十年に1 回出てくればよいようなものなので、プロジェクト1 回やってすぐ出てくるとは思っていなかったのが、少し出てきていることは非常によかったという感じがしています。

レアアースで、確かにその倍ぐらいの大きなターゲットがありますが、個人の勝手な意見ですが、実用化まで行かなくても、今回出たような、技術のタネが生まれてくれば、それは非常によいことです。やらないとそういうものも生まれてこない。それを次のプロジェクトで本当にしっかり実用化すればよい。材料なので長い目で見てもらいたい。本当は文科省のほうかもしれませんが、国としてそういう材料が生まれるとよいと思いますので、しっかりやっていただきたい。

私はモーター関係の研究技術者なのであえて厳しいことを言わせてもらおうと、モーターの人も頑張っていますが、今日いろいろ聞いていると、材料屋さんの研究成果に比べて少し差をつけられているというのが若干あります。材料のほうで新しいものがいろいろ生み出されてきているので、モーターのほうもそれに負けないぐらい、そしてその材料を活かすような新しいモーターとは言わないですが、あと5 年の間に何か新しいものを生み出してもらいたいと思いました。

【掛下委員】 私も今日初めて聞かせてもらい、自分自身にも非常に勉強になりました。

材料関係では、トヨタさんの1-12 系と、超格子の鉄ニッケルは、非常におもしろい成果が出るという期待感があります。新しいものが展開されてきたと思います。そのときに必要なのは磁石なので減磁曲線です。先ほども言ったように、その温度依存性もきちっと測れるように、まずデータをきちっと出していただきたい。それを見ると、細かなところで、なぜそのところが角ではないのか、丸くなるのかとか、そういうことが議論できます。JST や元素戦略 (ESICMM) のほうの知識もたっぷり使えるとかして、非常によい関係になる可能性もあるという気がします。逆にそういうふうにご利用したらよいと思います。

もう一つはプロセスのほうですが、ファクターが非常に多いので皆さん一生懸命されているとは思いますが、たとえば鉄損だとか渦電流とか、とにかくいろいろなファクターがあるので、それをシステムティックにできるような統一的なコンセプトあるいは流れと言うか、非常に難しいのですが、何かあるとよいと思いました。それぞれの目標値には向かって、確かに超えているとは思いますが、そういうことが一つ思うところです。

今後の展開も基礎基盤の研究も大変優れています。基礎基盤研究の成果は、プロジェクト外の方々にも展

開してあげるのがよいと思います。私自身もほしいと思いました。

【岡崎委員】 磁性材料としての長期の10年にわたるようなプロジェクトは、私は初めてです。しかも非常に挑戦的な数値目標を掲げておられ、午前中のお話はちょっとどうかと思ったのですが、基礎から基盤的にやられていてよかったと思います。全体に、ひとつひとつの原因究明などが少し弱い気がしましたが、たぶん、これは時間が短かったこと、まだあまり明らかにしたくない、というところがあるのではないかと思います。

千葉先生も言われたように、材料の目標として、特に磁性材料のところ、モーターからの要求される条件をもう少し出したほうがよいのではないかと。まだそこまで行っていないということかもしれませんが、これで本当に第2期に入ってよいのかという危惧が少しありました。今日ほとんど触れられなかったのですが、実際にモーターをつくる場合、特に自動車用のモーターになると、材料の加工あるいは組み立て技術といったところには、機械的な特性は絶対外せない訳で、このへんをどのようにやるか、磁性も含めてこれから非常に大きなハードルになるのではないかと思います。

いずれにしても、非常に新しい材料の特性や新しい測定法が出てきているのですが、日本全体の産業界の底上げを含めて、こういう新しく出てきた技術をできるだけ早く知らせて、日本の全体の技術を上げるような方法はないのか、最後にちょっと感じました。

【大森分科会長代理】 私はこのプロジェクトにスタートから係っており、このテーマを決めるときに、さてレアアースフリーの磁石と言うけれど行けるのだろうか、かなり疑心暗鬼で採択したという気持ちがあります。今回、いろいろ話を聞き、この前の評価委員会分科会で議論したときに、こうしてくださいとかああしてくださいとかいろいろ提案したことを、皆さんがそういうかたちで一生懸命動いて、初めはどちらかと言うと独立してやっていたことが、うまく協力し合ってやり始めているのではないかと感じて聞きました。そうは言いながらも、それぞれの企業の中での仕事ということでバリアがあって、まだ難しい部分があることも感じています。これからプロジェクトリーダーとしてぜひ何とかうまく協力関係をつくるようにしてほしい。

今回のテーマを順に考えると、Dyフリーの関係の二つのテーマは、今回でだいたい終わって、あとは自社で進めるということですが、スタートしたときの5年後の結果をイメージすると、もう少し行っていなければいけない感じがします。一応このへんでとりあえず終えて事業化に進むということですので、ぜひ頑張ってください。レアアースフリーですが、窒化鉄、鉄ニッケル、これらがナノ粒子という意味でどちらも同じ位置付けにあります。また磁化は高いのですが、保磁力がなかなか出ないという問題があります。ぜひモーターを担当している方との打ち合わせをもう少しちゃんとやって、本当に保磁力をどこまで出さなければいけないのか、このレベルだったらもう使えないという判断をするのか、それをはっきりさせて今後どんなふうに進めていくのかという基準にしないと、ズルズルと行ってしまいます。これはちょっと問題なので、よろしくお願いします。軟磁性は、一応事業化というかたちで今回終わるわけですが、モーターのほうにいろいろ（サンプルとして）出しているものがあるので、今後どうするかたちでこの材料提供等進められるのか、プロジェクトマネージャーとしてきちっとやっていただきたい。特許関係ですが、オープンにすることは日本の国の予算でやっているわけですからいろいろ問題があります。海外にあまりオープンになってしまったら意味がない。だけど日本の中で、たとえば頑張っている研究者の中には海外から来ている人もいっぱいいます。そこをどのようにオープンにして、かつ有効に使っていくか、よく考えていただければと思います。共通基盤ということでは、先ほど質問しましたが、とにかく頑張ってください。

【加藤分科会長】 最後に私からですが、まずプロジェクト全体の目標の件ですが、先ほど千葉先生からもコメントがあったように、損失25%削減という数字がこのままでよいのか、すでにもう25%削減のものはプラスとして出ているのであれば、やはり見直す必要があるという気がします。

それに関連して個別のほうで、レアアースフリーで10年後に50MGOe@180℃という数字、これは佐久間先生もおっしゃるように、私も相当チャレンジングな数字だと思いますが、この数字もこのままでよいの

か、すでに現在の磁石で25%の損失削減ができるのであれば、ここまでハードルを上げなくても、もう少し現実的な数字を目標にしてもよいのではないかという気もします。最初につくった数字は変えてはいけないというルールではないのであれば、もう少し適切な目標設定を考えたほうがよいと感じました。

個別には、それぞれの実施者さんが非常に努力されて、よい結果が出ています。特に皆さんがおっしゃったように1-12系という新しいタネが生まれて、しかもそれが軽希土類のネオジウムとかサマリウムで実現できそうだという非常によいネタが出ているのは、喜ばしいことだと思いますが、実際の磁石になるには、やはりその異方性磁界がわかって、それが保磁力にどう効いて、どうやって保磁力化するかというたくさんハードルがあります。たとえばSm₂Fe₁₇N系がずいぶん前からありますが、それが実際にはなかなか焼結できないという同じような問題がありますので、それをどのように克服して、あと残り5年で磁石にするか、そういう問題もあります。レアアースフリーのほうの鉄ニッケルや窒化鉄をさらに異方性というもののハード化という非常に難しい問題が個別にあります。それぞれいろいろな課題を今後の第2期に向けてやってもらいたい。もう一つ、後半のモーター用の磁石の研究の中で、企業が主体となっているいろいろなデータをたくさん出していますが、応力下で磁気特性が変化したといったデータのメカニズムを、たとえば物性・物理的な立場から解析することは、企業単体ではなかなか大変です。共同研究の大学にも規則的な見地からちゃんと考えてもらいたいとは思いますが、やはり産総研がその基盤技術というところで、そのへのサポートも、できれば計測だけではなくて、そのメカニズムのサポートもぜひ尾崎PLにもご検討いただきたい。

一応講評が終わりましたので、推進部長、およびPLから何か一言ございましたらお願いします。

【吉木部長】 いろいろなコメントをありがとうございます。見直さないといけない部分も多々あるとは思いますが、目標の件も実際どのようにしていけばよいのか、後半5年間に対してどういう目標を設定していけばよいのかといったところもPLとも相談しながら、考えていきたいと思えます。

各グループのバリアの問題ですが、前回の中間評価から少しは努力してきましたが、まだ不十分な点が多いと思えます。フォーマットの問題としてもありますし、モーターと材料との連携、ESICMMとの連携、評価技術との連携など、NEDOのほうでどういうプロジェクトの見せ方をすればよいのかのフォーマットを検討して、きちんとしたプロジェクトとして、こういうプロジェクトであるという見せ方ができるようなデータの出し方をしていきたい。またコメントとしてこうしたほうがよいのではないかというサジェスション等をぜひよろしく願いいたします。

【尾崎PL】 目標値に関しては、もちろん見直しも含めて考えますが、私の気持ちとしては、できればこのままやりたいという希望があります。というのは、こういう高い目標をつけたときに、皆さんに一生懸命やってもらえることが、すごくよくわかってきたからです。目標は達成する目標ですが、達成しないといけないというより、そこに向かって走っていくという、一応そういうかたちで動く皆さん結構いろいろ考えるということにつながり、私としてはよい方向に向かっていると思っています。

ただ、これは「元素戦略」に以前からいつも言っているのですが、理論的限界値がいったいどこにあるのか、常にお願いをしていますが、なかなか回答が出てこないで、その部分があって、いまそのタイミングで変えることは、なかなか難しいのではないかと逆にそのように思っています。どこで線を引くかは非常に難しい状況になっているというコメントです。

連携の話に関しては、吉木部長が言われたとおりで、もっと密にやっていく必要もありますし、プロジェクト全体としてどういうふうに見せていくか。見せ方として今回は前回よりずいぶん変えたつもりですが、さらにいろいろ検討したいと思えます。

【加藤分科会長】 どうもありがとうございました。以上で議題8を終了いたします。

9. 今後の予定、その他

10. 閉会

配布資料

- 資料 1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 2 研究評価委員会分科会の公開について
- 資料 3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
- 資料 4-1 NEDO における研究評価について
- 資料 4-2 評価項目・評価基準
- 資料 4-3 評点法の実施について
- 資料 4-4 評価コメント及び評点票
- 資料 4-5 評価報告書の構成について
- 資料 5-1 事業原簿（公開）
- 資料 5-2 事業原簿（非公開）
- 資料 6-1 プロジェクトの概要説明資料（公開）
- 資料 6-2-1 プロジェクトの詳細説明資料（ナノ結晶粒ネオジム焼結磁石開発：インターメタリックス（株）（非公開）
- 資料 6-2-2 プロジェクトの詳細説明資料（Dy フリー高 Br・高保磁力を有する NdFeB 異方性 HDDR 磁石開発：愛知製鋼（株）（非公開）
- 資料 6-2-3 プロジェクトの詳細説明資料（窒化鉄ナノ粒子のバルク体化技術研究開発：（株）T&T イノベーションズ）（非公開）
- 資料 6-2-4 プロジェクトの詳細説明資料（ナノ複相組織制御磁石の研究開発：トヨタ自動車（株）（非公開）
- 資料 6-2-5 プロジェクトの詳細説明資料（FeNi 超格子磁石材料の研究開発：（株）デンソー）（非公開）
- 資料 6-2-6 プロジェクトの詳細説明資料（高 Bs ナノ結晶軟磁性材料の開発：NEC トーキン（株）、JFE スチール（株）（非公開）
- 資料 6-2-7 プロジェクトの詳細説明資料（次世代モーター・磁性特性評価技術開発：ダイキン工業（株）（非公開）
- 資料 6-2-8 プロジェクトの詳細説明資料（次世代モーター・磁性特性評価技術開発（応力を考慮したモーター設計・評価技術の研究開発）：三菱電機（株）（非公開）
- 資料 6-2-9 プロジェクトの詳細説明資料（特許・技術動向調査・特許戦略策定：（一財）金属系材料研究開発センター）（非公開）
- 資料 6-2-10 プロジェクトの詳細説明資料（共通基盤技術の開発：（国研）産業技術総合研究所）（非公開）
- 資料 7 今後の予定
- 参考資料 1 NEDO 技術委員・技術委員会等規程
- 参考資料 2 技術評価実施規程

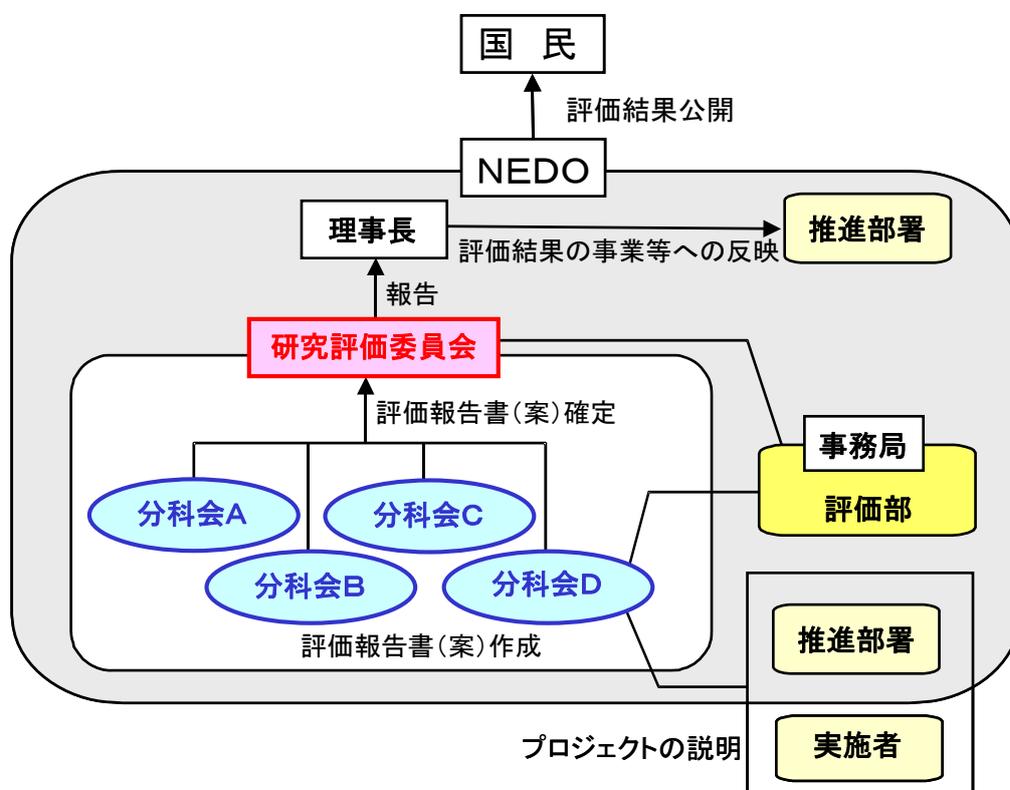
以上

参考資料 2 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて実施する。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)における研究評価では、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
 - 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む
 - 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する
- としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員は、以下のような観点から選定する。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題、国際標準、その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、委員を分科会委員名簿の通り選任した。

なお、本分科会の事務局については、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構評価部が担当した。

3. 評価対象

「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」を評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び実施者からのヒアリング及び実施者側等との議論を行った。それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、NEDOが定める「標準的評価項目・評価基準」をもとに、当該事業の特性を踏まえ、評価事務局がカスタマイズしたものである。

評価対象プロジェクトについて、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義、実用化に向けての取り組みや見通し等を評価した。

「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」に係る 評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。
- ・ 特定の施策・制度の下で実施する「プロジェクト」の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。【未来開拓研究プロジェクト】

(2) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされると期待される効果は、投じた研究開発費との比較において十分であるか。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標を設定しているか。
- ・ 達成度を判定できる明確な目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費（研究開発項目の配分を含む）か。
- ・ 目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されているか。
- ・ 計画における要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続または長期の「プロジェクト」の場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んで活用を図っているか。

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

- ・ 技術力及び事業化能力を有する実施者を選定しているか。
- ・ 指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能しているか。
- ・ 成果の実用化の戦略に基づき、実用化の担い手又はユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために実施者間の連携が必要な場合、実施者間の連携関係は明確であり、かつ機能しているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために実施者間の競争が必要な場合、競争の仕組みがあり、かつ機能しているか。
- ・ 大学または公的研究機関が企業の開発を支援する体制となっている場合、企業の取り組みに貢献しているか。

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

- ・ 研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応しているか。
- ・ 社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必要に応じて適切に対応しているか。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・ 知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 知的財産に関する取扱（実施者間の情報管理、秘密保持及び出願・活用ルールを含む）を整備し、かつ適切に運用しているか。

3. 研究開発成果について

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- ・ 成果は、中間目標を達成しているか。
- ・ 中間目標未達成の場合、達成できなかった原因を明らかにして、解決の方針を明確にしているか。
- ・ 成果は、競合技術と比較して優位性があるか。
- ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、汎用性等の顕著な成果がある場合、積極的に評価する。
- ・ 設定された目標以外の技術成果がある場合、積極的に評価する。

(2) 成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見通しはあるか。
- ・ 最終目標に向けて、課題とその解決の道筋は明確かつ妥当か。

(3) 成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表を、実用化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザーに向けて、成果を普及する取り組みを実用化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・ 一般に向けて、情報を発信しているか。

(4) 知的財産権等の確保に向けた取り組み

- ・ 知的財産権の出願・審査請求・登録等を、実用化の戦略に沿って国内外に適切に行っているか。

4. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて

「実用化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用（顧客への提供等）が開始されることをいう。

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・ 成果の実用化の戦略は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取り組み

- ・ 実用化に向けての課題及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

- ・ 想定する製品・サービス等に基づき、市場・技術動向等の把握は進んでいるか。
- ・ 顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果、人材育成等）を期待できる場合、積極的に評価する。

「プロジェクト」の中間評価に係る標準的評価項目・基準

※「プロジェクト」の特徴に応じて、評価基準を見直すことができる。

「実用化・事業化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

「実用化・事業化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(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。

なお、「プロジェクト」が基礎的・基盤的研究開発に該当する場合は、以下のとおりとする。

- ・「実用化・事業化」を「実用化」に変更する。
- ・「4. 成果の実用化に向けての見通し及び取り組みについて」は該当するものを選択する。
- ・「実用化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

「実用化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることをいう。

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) 事業の目的の妥当性

- ・内外の技術動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。
- ・特定の施策・制度の下で実施する「プロジェクト」の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。【該当しない場合、この条項を削除】

(2) NEDO の事業としての妥当性

- ・民間活動のみでは改善できないものであること又は公共性が高いことにより、NEDO の関与が必要とされる事業か。
- ・当該事業を実施することによりもたらされると期待される効果は、投じた研究開発費との比較において十分であるか。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標を設定しているか。
- ・達成度を判定できる明確な目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費(研究開発項目の配分を含む)か。
- ・目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されているか。
- ・計画における要素技術間の関係、順序は適切か。

- ・継続または長期の「プロジェクト」の場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んで活用を図っているか。【該当しない場合、この条項を削除】

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

- ・技術力及び事業化能力を有する実施者を選定しているか。
- ・指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能しているか。
- ・成果の実用化・事業化の戦略に基づき、実用化・事業化の担い手又はユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・目標達成及び効率的実施のために実施者間の連携が必要な場合、実施者間の連携関係は明確であり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・目標達成及び効率的実施のために実施者間の競争が必要な場合、競争の仕組みがあり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・大学または公的研究機関が企業の開発を支援する体制となっている場合、企業の取り組みに貢献しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・研究管理法人がある場合、研究管理法人の役割は必要・明確であり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

- ・研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応しているか。
- ・社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必要に応じて適切に対応しているか。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
- ・知的財産に関する取扱(実施者間の情報管理、秘密保持及び出願・活用ルールを含む)を整備し、かつ適切に運用しているか。
- ・国際標準化に関する事項を計画している場合、その戦略及び計画は妥当か。【該当しない場合、この条項を削除】

3. 研究開発成果について

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- ・成果は、中間目標を達成しているか。
- ・中間目標未達成の場合、達成できなかった原因を明らかにして、解決の方針を明確にしているか。
- ・成果は、競合技術と比較して優位性があるか。
- ・世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、汎用性等の顕著な成果がある場合、積極的に評価する。
- ・設定された目標以外の技術成果がある場合、積極的に評価する。

(2) 成果の最終目標の達成可能性

- ・最終目標を達成できる見通しはあるか。
- ・最終目標に向けて、課題とその解決の道筋は明確かつ妥当か。

(3) 成果の普及

- ・論文等の対外的な発表を、実用化・事業化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・成果の活用・実用化の担い手・ユーザーに向けて、成果を普及する取り組みを実用化・事業化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・一般に向けて、情報を発信しているか。

(4) 知的財産権等の確保に向けた取り組み

- ・知的財産権の出願・審査請求・登録等を、実用化・事業化の戦略に沿って国内外に適切に行っているか。
- ・国際標準化に関する事項を計画している場合、その計画は順調に進捗しているか。【該当しない場合、この条項を削除】

4. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通しについて 【基礎的・基盤的研究開発の場合を除く】

(1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

- ・成果の実用化・事業化の戦略は、明確かつ妥当か。
- ・想定する市場の規模・成長性等から、経済効果等を期待できるか。

(2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取り組み

- ・実用化・事業化に取り組む者の検討は進んでいるか。
- ・実用化・事業化の計画及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化・事業化の見通し

- ・実用化・事業化に向けての課題とその解決方針は明確か。
- ・想定する製品・サービス等は、市場ニーズ・ユーザーニーズに合致する見通しはあるか。
- ・競合する製品・サービス等と比較して性能面・コスト面等で優位を確保する見通しはあるか。
- ・顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)を期待できる場合、積極的に評価する。

4. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて 【基礎的・基盤的研究開発の場合】

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・成果の実用化の戦略は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取り組み

- ・実用化に向けて、課題及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

- ・想定する製品・サービス等に基づき、市場・技術動向等の把握は進んでいるか。
- ・顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)を期待できる場合、積極的に評価する。

【基礎的・基盤的研究開発の場合のうち、知的基盤・標準整備等を目標としている場合】

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・知的基盤・標準の整備及び活用の計画は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取り組み

- ・知的基盤・標準を供給・維持するための体制の検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

- ・整備する知的基盤・標準についての利用の見通しはあるか。
- ・顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)を期待できる場合、積極的に評価する。

参考資料 3 評価結果の反映について

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクト全体の目標として掲げているモーターの損失削減目標は、見直しが必要である。 ・材料研究とモーター研究の連携が重要であり、広範に戦略を討議できる場や組織を作る必要があると考えられる。 ・優れた成果が得られているテーマに関しては、重点的に研究をサポートして頂き、その他にも保磁力発現機構などの基礎的課題やモーター鉄心の磁性劣化の研究にも取り組んで欲しい。 ・外国出願特許として、戦略的な特許を多数出願すべきである。 ・世界的な競合他社・他研究機関とのベンチマークを多方面から行いフィードバックをかけることが重要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現状の最新モーター損失削減達成状況及び、第1期でシミュレーションにより算出された達成見込み値から、従来の25%削減より高い40%削減に目標を見直した。 ・第1期では技術課題検討会（合宿）で材料とモーターの連携を進めてきた。第2期ではモーター開発が中止になったが、モーター研究を基盤技術開発の中に「実装評価技術開発」として追加し、連携を継続させる。 ・第1期で取り組んだ新規高性能磁石で成果が出てきたテーマを継続し、予算を重点配分する。その中で保磁力発現機構などの基礎的課題等に取り組む。 ・特許としてオープンにする部分とクローズにする部分を明確にする等で、各社の特許戦略をフォローしつつ外国出願を促す。 ・特許動向調査の中で、開発項目の技術情報収集、トレンド整理を行い、レアアースフリーから重希土類フリーに方針を変更した。引き続き開発にフィードバックする。

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<ul style="list-style-type: none"> ・自動車メーカーの意見や情報を積極的に取り込み、実用化に向け材料加工も含めた課題やマイルストーンの検討をする必要がある。 ・各企業の垣根を越えた技術交流や情報交換を行って欲しい。 ・材料の製造面まで含めた実用化への道筋を考慮し、テーマに応じたきめ細やかなマネジメントを行って欲しい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・自動車メーカー等のモーターアドバイザーをヒアリングし小型化の目標も掲げることとし、参画会社と議論して数値目標として40%小型化（パワー密度40%向上）を設定した。 ・MagHEM内の合宿や技術委員会等、様々な活動で、材料とモーターの連携を強化すると共に、第1期で開発を終了する企業にも材料提供を継続してもらう。 ・実用化を見据えて開発を進めるよう指導すると共に、終了したテーマに対して助成事業を検討する。

本研究評価委員会報告は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

NEDO 評価部
部長 徳岡 麻比古
統括主幹 保坂 尚子
担当 原 浩昭

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。

(http://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地
ミュージア川崎セントラルタワー20F
TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162