

「次世代自動車向け高効率モータ用磁性材料技術開発」

中間評価報告書（案）概要

目 次

| | |
|---------------|---|
| 分科会委員名簿 | 1 |
| 評価概要（案） | 2 |
| 評点結果 | 5 |

はじめに

本書は、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）の研究評価委員会分科会（平成28年6月14日）及び現地調査会（平成28年5月11日 於 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））において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、第49回研究評価委員会（平成28年12月5日）にて、その評価結果について報告するものである。

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「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」
分科会
（中間評価）

分科会長 加藤 宏明

「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。

「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）

評価概要（案）

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。

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。

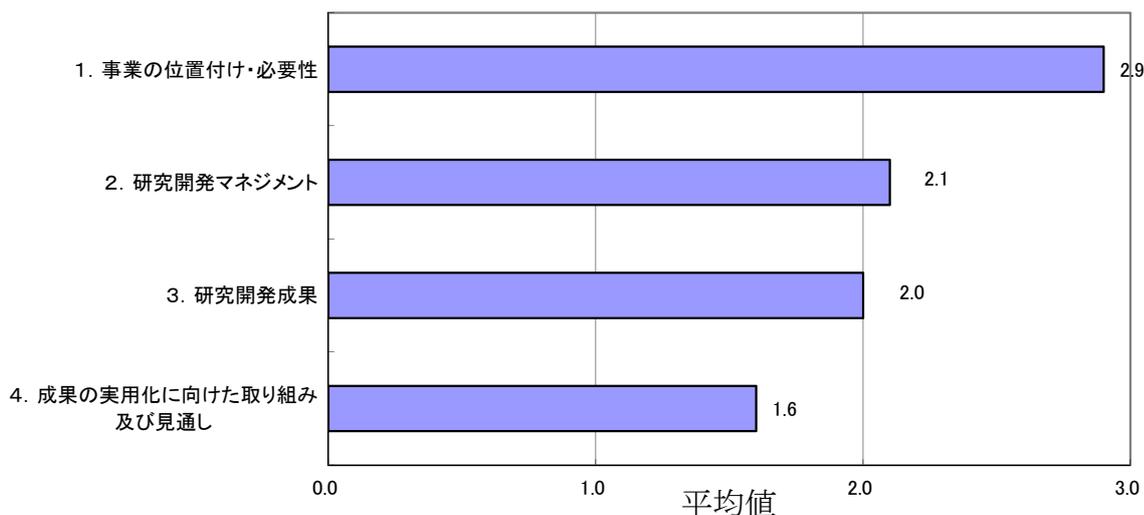
2. 4 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて

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。

評点結果〔プロジェクト全体〕



| 評価項目 | 平均値 | 素点 (注) | | | | | | | |
|----------------------------|-----|--------|---|---|---|---|---|---|--|
| | | A | A | B | A | A | A | A | |
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 2.9 | A | A | B | 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 |

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

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
(世界貿易センタービル 3階)

議事次第

【公開セッション】

- | | |
|--|-------------------|
| 1. 開会、資料の確認 | 10:00~10:05 (5分) |
| 2. 分科会の設置について | 10:05~10:10 (5分) |
| 3. 分科会の公開について | 10:10~10:15 (5分) |
| 4. 評価の実施方法について | 10:15~10:30 (15分) |
| 5. プロジェクトの概要説明 | 10:30~11:00 (30分) |
| 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 | 11:00~11:30 (30分) |

【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 インターメタリックス (株) | 11:30~12:00 (30分) (説明 14分、質疑応答 14分、入替 2分) |
| 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 愛知製鋼 (株) | 12:00~12:30 (30分) (説明 14分、質疑応答 14分、入替 2分) |

昼食・休憩 (50分)

- | | |
|---|--|
| 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 (株) T&T イノベーションズ | 13:20~13:50 (30分) (説明 14分、質疑応答 14分、入替 2分) |

6.2-② ナノ複相組織制御磁石の研究開発 13:50～14:20 (30分)
トヨタ自動車 (株) (説明 14分、質疑応答 14分、入替 2分)

6.2-③ FeNi 超格子磁石材料の研究開発 14:20～14:48 (28分)
(株) デンソー (説明 14分、質疑応答 14分、入替 2分)

休憩 (10分)

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 15:00～15:30 (30分)
NEC トーキン (株), JFE スチール (株) (説明 14分、質疑応答 14分、入替 2分)

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 15:30～16:00 (30分)
ダイキン工業 (株) (説明 14分、質疑応答 14分、入替 2分)

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) 16:00～16:28 (28分)
三菱電機 (株) (説明 14分、質疑応答 14分、入替 2分)

休憩 (10分)

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 16:40～17:10 (30分)
(一財) 金属系材料研究開発センター (説明 14分、質疑応答 14分、入替 2分)

6.5-② 共通基盤技術の開発 17:10～17:40 (30分)
(国) 産業技術総合研究所 (説明 14分、質疑応答 14分、入替 2分)

7. 全体を通しての質疑 17:40～17:50 (10分)
(質疑 9分、入替 1分)

入替・休憩 (5分)

【公開セッション】

8. まとめ・講評 17:55～18:10 (15分)

9. 今後の予定、その他 18:10～18:15 (5分)

10. 閉会

以上

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>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> | | | | | |

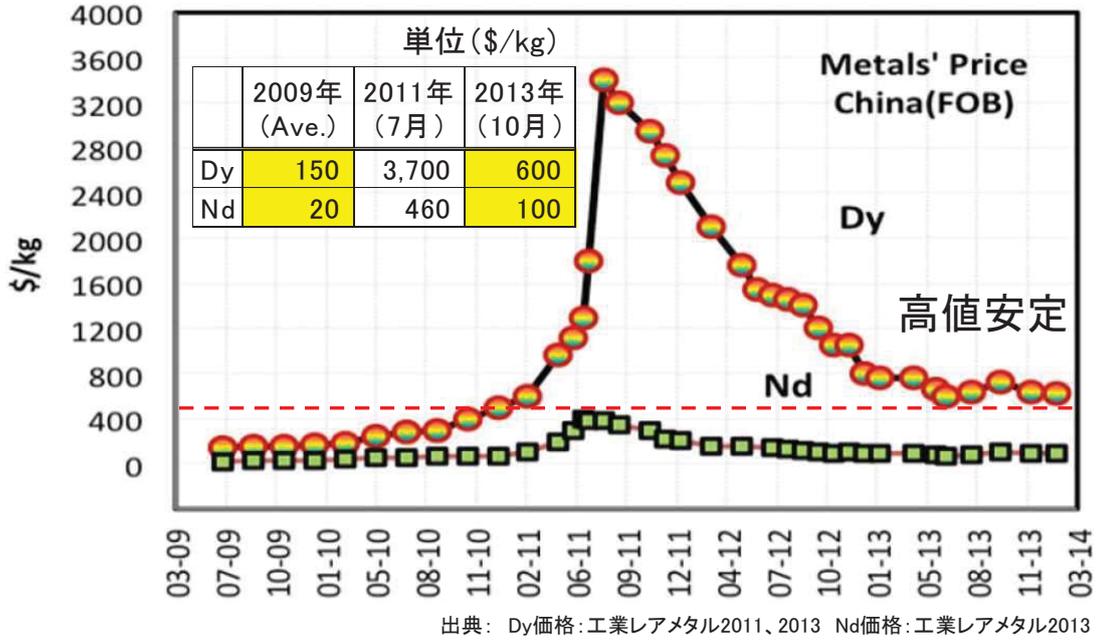
| | | |
|---------------|--|--|
| 開発体制 | 委託先（*委託先が管理法人の場合は参加企業数及び参加企業名も記載） | <p>④ 特許・技術動向調査，事業化のための特許戦略策定支援および共通基盤技術の開発</p> <p>研究項目④－（１）特許・技術動向調査・特許戦略策定支援 （一般財団法人）金属系材料研究開発センター</p> <p>研究項目④－（２）共通基盤技術の開発 （国立研究開発法人）産業技術総合研究所 共同実施：東北大学，名古屋大学，ファインセラミックスセンター 秋田大学，京都大学，広島大学，倉敷芸術科学大学， 大阪大学，東京工業大</p> <p>研究項目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必要がある。</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 1465 1227">「査読付き」58件</td> </tr> <tr> <td data-bbox="140 1236 619 1290">特許</td> <td data-bbox="625 1236 1465 1290">「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 1299 619 1352">その他の外部発表 (プレス発表等)</td> <td data-bbox="625 1299 1465 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> | | | | | | |

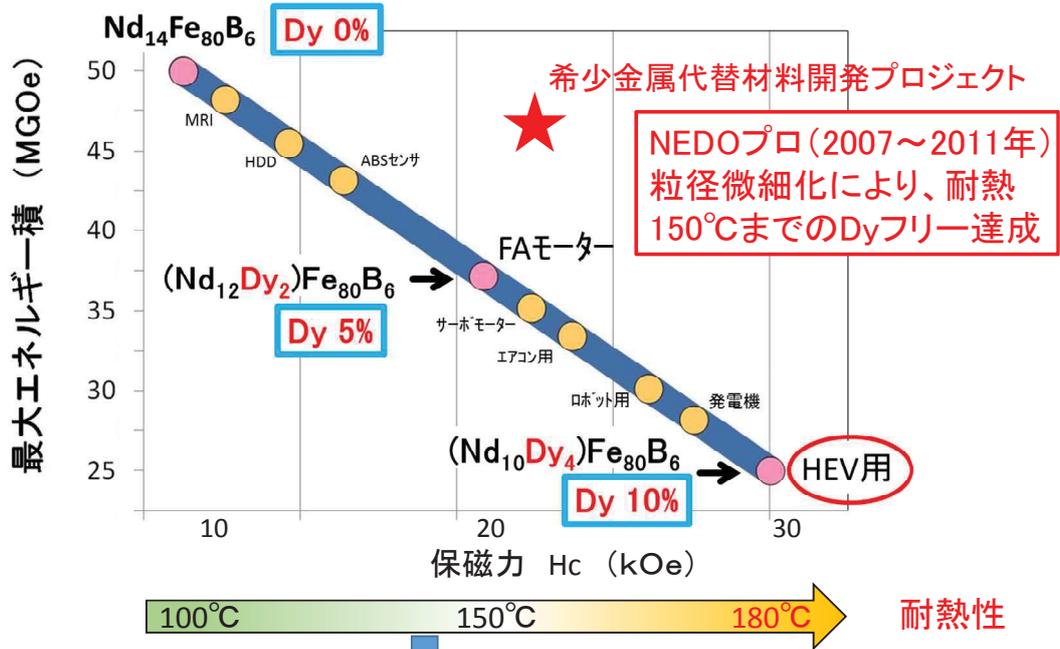
| | | |
|----------------------------|---|--|
| <p>IV. 実用化・事業化の見通しについて</p> | <p>①－（Ⅱ）－（３）FeNi 超格子磁石材料の研究開発 （株式会社デンソー） 最終目標をクリアできる磁気特性を持つ粉末合成プロセスを開発し、材料メーカー等と共同研究により、実用化プロセスの開発を行い、事業化を見込む。</p> <p>②－（１）高BS ナノ結晶軟磁性材料の開発 （NEC トーキン株式会社, JFE スチール株式会社） 粒子の大量・安定供給を行える技術開発と大型磁心成形プロセスにより、プロジェクト期間内で実用化を行い、プロジェ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> |

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



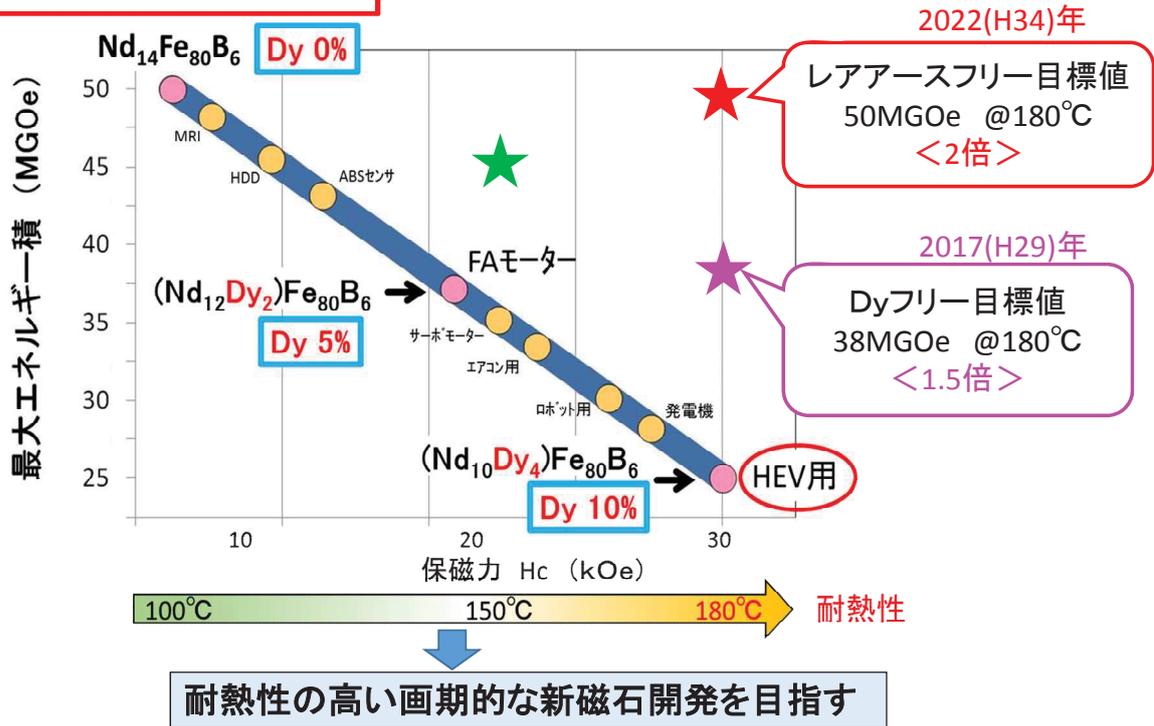
自動車向け高耐熱性磁石開発のハードルは非常に高い

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

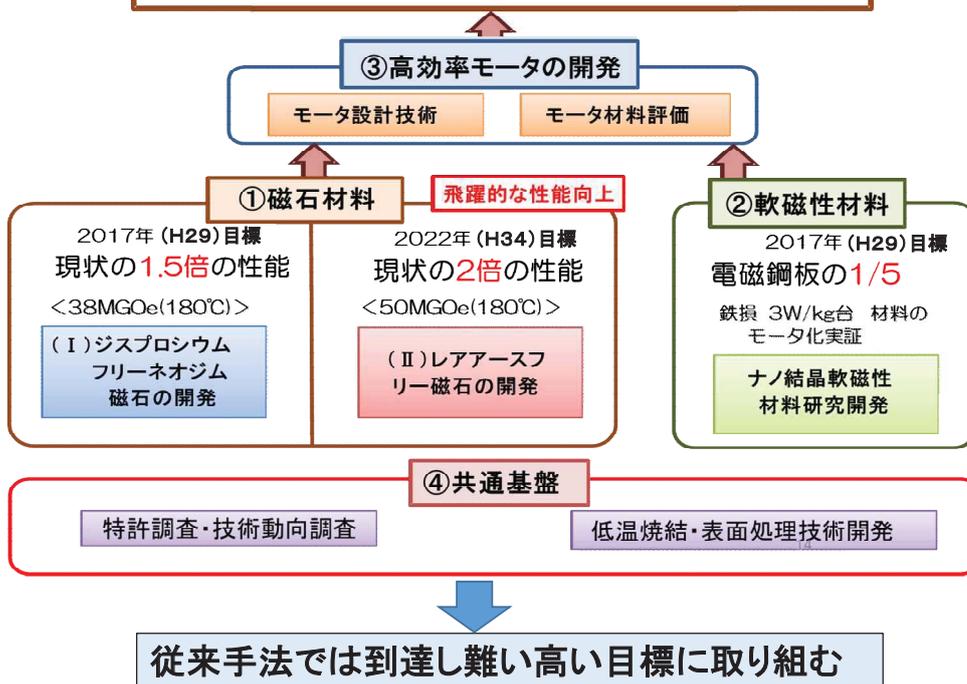


プロジェクト全体の目標

研究開発目標の妥当性

公開

損失を25%削減するモータの実現



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 | | | | | 数値 1/5 | 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

プロジェクト体制

研究開発実施体制の妥当性

公開

