

「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

2019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

2019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 石塚 博昭 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

2019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 | 1-4 |
| 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組及び見通しについて | |
| 3. 評点結果 | 1-15 |
| | |
| 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60回研究評価委員会（2019年12月20日）に諮り、確定されたものである。

2019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（2019年8月21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
10. 閉会

● 第60回研究評価委員会（2019年12月20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

(2019年8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 数物学分野 教授 |
| 分科会長 代理 | 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 |
| 委員 | あかぎ ふみこ 赤城 文子 | 工学院大学 先進工学部 応用物理学科 教授 |
| | いしかわ たけお 石川 赴夫 | 群馬大学大学院 理工学府 電子情報部門 教授 |
| | さくらだ しんや 桜田 新哉 | 株式会社東芝 研究開発本部 研究開発センター 技監 |
| | ひろた こういち 廣田 晃一 | 信越化学工業株式会社 磁性材料研究所 第二部開発室 室長 |

敬称略、五十音順

注*：実施者の一部と同一大学であるが、所属部署が異なるため（実施者：東北大学 金属材料研究所、東北大学 電気通信研究所、東北大学 多元物質科学研究所）「NEDO 技術委員・技術委員会等規程(平成30年11月15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

中長期的エネルギー需要の観点からモーターの省エネルギー化は重要な技術課題であり、日本が技術的に先行する永久磁石の材料開発とモーター設計技術開発に主眼を置いた本事業は、今後の国内産業基盤を強化するうえで、非常に重要である。本事業は、極めて高い目標値を掲げ、果敢に挑戦していることは大いに評価できる。画期的な磁石合成プロセスや優れた磁気物性を持つ新材料がいくつか見出されるとともに、モーター高効率化を達成するための共通基盤技術も進展を見せており、最終目標に向かっての進捗は総じて良好と判断する。特に、機械学習を活用し、既存材料系で特性改善に繋げたことは、今後の我が国の材料開発にとって大きな意義がある。FeNi 合金開発においては、本研究独自のプロセスを編み出ししており、数値目標には含まれない独自の材料組織制御技術として大いに評価できる。

一方で、テーマ全体の最終目標を達成するために、各研究開発項目がどのように結びつき、何を必須としているのかが見えにくい。試作するモーターにおいて、磁石材料の寄与とモーター設計の寄与を切り分けて、磁石材料開発が最終目標達成に極めて重要であることを明確に示す必要がある。

磁石材料における基礎物性の深い理解と微細組織制御の観点から ESICMM とのさらなる連携強化を期待する。また、研究成果をスムーズに実用化につなげるために、磁石メーカーの参画または協力が望ましい。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

中長期的なエネルギー需要戦略において、xEV（燃料電池車、バッテリー電気自動車、プラグインハイブリット車、ハイブリット車の総称）の拡張は必至でそれに伴うモーター需要の増加は事業立ち上げ当初より急拡大している。限られたエネルギー資源を効率的に利用するためには、モーターの省エネルギー化が必要であり、日本が技術的に先行している永久磁石材料の開発、ならびにモーター設計および解析技術は、国内産業基盤を強化するうえにおいて、非常に重要である。本事業の高い目標は、民間活動のみによる達成は困難であり、大学や国立研究機関等の基礎研究成果の活用を含めて国全体で取り組むべきものと考えられ、NEDO の事業として妥当である。

2. 2 研究開発マネジメントについて

新規高性能磁石開発において設定した目標値は非常に高く、将来的な観点から戦略的である。第2期では、研究費減額による研究テーマの見直しと、スケジュールの再調整が十分になされており、その中で、目標に対する要素技術開発も網羅されている。研究開発の実施体制では、自動車並びにモーターメーカーが中心となり要素技術開発を実施し、さらに、それを補完するように共同実施者として大学等の高度研究機関や材料メーカーが参画し、事業全

体の技術力の底上げが図られている点が評価できる。また、前回中間評価の指摘事項を受けて、合宿や技術推進委員会などを通じて材料とモーターとの連携強化が図られている。レアアース動向など社会情勢の変化や研究開発の進捗に応じて、適宜、テーマの見直しや方針転換を図りながら進められている点は、特に評価できる。

一方で、研究開発目標の数値は明確に設定されているが、その根拠が明確に示されていない。

今後、目標達成、及び、効率的な研究開発実施のため、実施者間の連携は、更に密に行う必要がある。特に、実験とシミュレーションとの連携は、強化すべきである。また、特許調査や技術動向調査により権利関係や従来磁石との違いを明確にし、知財戦略を示していただきたい。

2. 3 研究開発成果について

研究開発目標については、多くの研究機関で中間目標をほぼ達成、又は、達成の目処が得られている。新規高性能磁石においては、かなり高い目標である最大エネルギー積「180℃において 50MGOe」を達成するための要素技術を開発できた点が、高く評価できる。希土類系に関しては、機械学習を活用し、超ネオジム磁石開発に繋がったことは、将来我が国の材料開発にとって大きな意義がある。FeNi 合金の規則度が向上したことも評価に値する。さらに、シミュレーションにより高効率モーターの磁気特性要件やモーター構造を明らかにしている点が評価できる。共通基盤技術については、課題とその解決の道筋が明確となっており、達成できる見通しが得られていると判断する。知的財産については、磁石材料組成、微細組織構造、モーター構造を中心に積極的に特許出願し、権利化を進めている。また、高保磁力磁石の保磁力評価法については、国際標準化に向けて順調に進捗している。

一方で、1-12 系磁石にて最終目標の最大エネルギー積「180℃において 50MGOe」達成は、かなり難しいが、1-12 系の持つポテンシャルから、技術課題と解決に向けた指針を明らかにすることが、将来に向けて極めて重要である。

今後、最終目標達成の可能性が高い超ネオジム磁石への注力だけでなく、1-12 系磁石についても、ESICMM（元素戦略磁性材料戦略拠点）との連携強化等により、基礎に立ち返った検討の継続が望まれる。

2. 4 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

成果の実用化に向けた戦略として、早期実用化のために、新規磁石の特性を踏まえたシミュレーションに基づいて、試作モーターによる実証を行うというアプローチは妥当である。自動車向けに開発を進めているが、実現すれば家電機器や産業機械など幅広い分野に展開され、我が国産業全体の活性化に寄与する顕著な波及効果が期待できる。

今後、モーターシミュレーション技術については早い段階で実用化の可能性の見極めを行い、可能性の高いものについてはその方向での検討の強化が望まれる。また、将来基盤技術となり得るようなテーマについては、基礎研究をバックアップする、きめ細やかなマネジメントが必要である。さらに、新磁石開発チームとモーター開発チームの間の更なる有機的連

携による、成果の実用化の取組の加速を望む。

研究評価委員会委員名簿

(2019年12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 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 (ADMAT) 専務理事 |
| | かめやま ひでお 亀山 秀雄 | 東京農工大学 名誉教授 |
| | 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 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 特任教授 |
| | ひらお まきひこ 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 |
| | まつい としひろ 松井 俊浩 | 情報セキュリティ大学院大学 情報セキュリティ研究科 教授 ／国立研究開発法人産業技術総合研究所名誉リサーチャ |
| | 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 |
| | よしもと ようこ 吉本 陽子 | 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員 |

敬称略、五十音順

研究評価委員会コメント

第60回研究評価委員会（2019年12月20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。

- 我が国の技術戦略の一環として、当該プロジェクトは引き続き重要であるとともに、残された課題の解決に向けて、その技術開発の意義は十分大きい。また、目標値も非常に高く野心的であり、後半の取組を鋭意進められたい。
特に、効率的な研究開発を行うためのマネジメントを含めた研究体制の強化、知財戦略の明確化、及び国際標準化への取組を中心に、新技術開発に向かって注力いただきたい。

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

中長期的エネルギー需要の観点からモーターの省エネルギー化は重要な技術課題であり、日本が技術的に先行する永久磁石の材料開発とモーター設計技術開発に主眼を置いた本事業は、今後の国内産業基盤を強化するうえで、非常に重要である。本事業は、極めて高い目標値を掲げ、果敢に挑戦していることは大いに評価できる。画期的な磁石合成プロセスや優れた磁気物性を持つ新材料がいくつか見出されるとともに、モーター高効率化を達成するための共通基盤技術も進展を見せており、最終目標に向かっての進捗は総じて良好と判断する。特に、機械学習を活用し、既存材料系で特性改善に繋がったことは、今後の我が国の材料開発にとって大きな意義がある。FeNi合金開発においては、本研究独自のプロセスを編み出しており、数値目標には含まれない独自の材料組織制御技術として大いに評価できる。

一方で、テーマ全体の最終目標を達成するために、各研究開発項目がどのように結びつき、何を必須としているのかが見えにくい。試作するモーターにおいて、磁石材料の寄与とモーター設計の寄与を切り分けて、磁石材料開発が最終目標達成に極めて重要であることを明確に示す必要がある。

磁石材料における基礎物性の深い理解と微細組織制御の観点から ESICMM（元素戦略磁性材料戦略拠点）とのさらなる連携強化を期待する。また、研究成果をスムーズに実用化につなげるために、磁石メーカーの参画または協力が望ましい。

〈肯定的意見〉

- ・ 2017年度からの第2期における予算の大幅削減にも拘わらず、プロジェクト全体で中間目標をほぼ達成していること、更には最終目標を達成し得るポテンシャルをもつ新規磁石を開発中であるという報告は大いに評価できる。
- ・ 永久磁石のユーザーである自動車メーカーが材料開発の拠点となってプロジェクトを推進していくことは、真のニーズを見据えた開発を維持するという点で画期的と言えます。また、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。
- ・ 第二期以降、予算とテーマが大きく絞られた中で磁石材料に更に高い数値目標が課せられている点には少なからず不安を覚えますが、その根拠を示すだけのシミュレーション技術が向上したことは大いに評価できます。また、材料開発において機械学習を活用しNd-Fe-Bという既存材料の特性改善に繋がったことは材料開発における朗報であり、今後の我が国の材料開発にとって大きな意義があることと考えます。FeNi合金開発においては、窒化物を中間物質として利用するという本研究独自のプロセスを編み出しており、数値目標には含まれない独自の材料組織制御技術として大いに評価されるべき成果と考えます。
- ・ 全般的に、中間目標、及び最終目標に達成できるような戦略で進んでいるといえる。
- ・ 温度 180°Cにおける最大エネルギー積 50MGOe の磁石を開発するという目標は、かな

り難しいと思われませんが、それだけに実現できれば素晴らしいことですので、事業の位置付け・必要性および、研究開発マネジメントについて共に非常に良いと思います。

- 自動車や鉄道、航空機などの輸送機器、各種家電機器、産業機械などあらゆる分野で電力需要が爆発的に増えていく中で、より効率の高いモーターの開発と普及による省エネルギー推進が今後ますます重要となる。永久磁石を含む磁性材料は、モーター高効率化のためのキー部品であり、資源リスクの少ない革新的な高性能磁石を開発することは大きな意義がある。このような革新的な高性能磁石およびそれを用いたモーター開発において、極めて高い目標値を掲げ、果敢に挑戦していることは大いに評価できる。これまでに、画期的な磁石合成プロセスや優れた磁気物性を持つ新材料がいくつか見出されるとともに、モーター高効率化を達成するための共通基盤技術も進展を見せており、最終目標に向かっての進捗は総じて良好と判断する。
- 中長期的エネルギー需要の観点からモーターの省エネルギー化は世界規模で解決しなくてはならない重要な技術課題の一つであり、日本が技術的に先行している永久磁石の材料開発とモーター設計技術開発に主眼を置いた本事業は今後の国内産業基盤を強化する意味で非常に重要なテーマであると言えます。また、他省庁のプロジェクトや複数の研究機関と連携することで効率的に研究開発が進められている点も大いに評価できます。
- 事業の成果ならびに進捗状況は、当初見込んだ高い目標に対して着実に研究開発が進歩しており評価に値します。実験効率を上げるためシミュレーションや材料開発に機械学習を取り入れて効率的に最適解を導き出す手法も革新的といえます。
- 今後、得られた組成の実材料評価や、開発された磁石を実機に組み込んだ評価がされる予定ですが大いに期待できます。

〈改善すべき点〉

- FeNi 超格子磁粉の開発においては、目標達成のために幾つかの技術課題があり、磁石化した際に、既存の磁石に対する優位性が担保できるかの見通しが不明瞭である。
- 今後、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）も必要となってくることが予想されます。数値目標にとらわれる余り、永久磁石材としての本質を見誤ることのないよう基礎的検討にも注力し、本プロジェクトの最終成果をより厚みのあるものにすべきと考えます。
- 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積極的に活用することを期待します。
- 研究開発成果について、△となっている項目を達成していただきたい。
- テーマ全体の最終目標を達成するために、各研究開発項目がどのように結びつき、何が必須で、何をコンテンツエンジンとしているのかが見えにくい。検討実施中の各モーターにおいて、磁石材料の寄与とモーター設計の寄与を切り分けて、磁石材料開

発が最終目標達成に極めて重要であることを明確に示す必要がある。また、磁石材料開発に対する共通基盤技術それぞれの役割と関係性についても示していただきたい。

〈今後に対する提言〉

- 第二回中間評価の提言を踏まえて、プロジェクトの目標を見直したことや、予算減額に対応して適切な研究体制を再構築して研究開発を有機的に実施したことが今回の成果に繋がったと思われる。今後も更なるチーム内連携によって最終目標達成を目指していただきたい。
- 材料開発は、長い期間と多くのリスクを伴う投資効率の悪い研究テーマです。このため、民間企業の研究は縮小傾向にあり、若手研究者の材料研究離れも進んでいるのが現状です。結果、これまで我が国の強みであった当該分野に陰りが見え始めていることは周知のとおりです。しかしながら（どの分野でもそうであるように）、研究テーマの生命線は継続性にあります。本プロジェクトは残すところ2年余りですが、何らかの形で磁石材料研究の継続性が維持できるようなマネジメントを期待します。そのためには、目標数値の達成度だけでなく将来に繋がる知見・要素技術などの成果にも注視し、（明文化しないまでも）正当に評価する視点を望みます。また、若手研究者の育成も重要課題であり、この点に関しても我が国の将来を見据えた長期的施策が必要と思います。本プロジェクトが若手研究者育成も視野に入れた取り組みを行い、将来我が国の材料開発の活性化に繋げていけるような舵取りを期待します。
- 新規高性能磁石の開発目標 $BH_{max}=50\text{MGOe}@180^{\circ}\text{C}$ を用いた高効率モーターは非常にチャレンジングであるが、実用化にむけて各担当テーマ間の連携を一層強化してもらいたい。
- 高精度シミュレーション技術に関して、開発そして得られた結果を社会的に利用するが容易になるようにしていただきたい。
- 小手先に走らず、高い目標値を掲げて本質課題に正面から取り組んだからこそ得られた研究成果がいくつもあるように思われる。今後もその姿勢を貫いて、最終目標を達成していただくことを期待する。そのためにも、磁石材料における基礎物性の深い理解と微細組織制御の観点から ESICMM とのさらなる連携強化を期待する。また研究成果をスムーズに実用化につなげるために、磁石メーカーの参画または協力が望ましい。
- 今後、本事業によって開発された永久磁石とシミュレーションによって導き出されたモーターとを組み合わせた実機評価が予定されています。実用化への目途をより明確にするため、対象モーターの応用範囲をある程度限定し、実装に近い環境で評価されることを提言します。
- また La/Ce の活用は、将来の需要増が見込まれる Nd/Pr の省資源化技術として十分評価でき、省資源化の観点からこの成果を評価する指標を新たに導入されてもよいと考えます。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

中長期的なエネルギー需要戦略において、xEV（燃料電池車、バッテリー電気自動車、プラグインハイブリット車、ハイブリット車の総称）の拡張は必至でそれに伴うモーター需要の増加は事業立ち上げ当初より急拡大している。限られたエネルギー資源を効率的に利用するためには、モーターの省エネルギー化が必要であり、日本が技術的に先行している永久磁石材料の開発、ならびにモーター設計および解析技術は、国内産業基盤を強化するうえにおいて、非常に重要である。本事業の高い目標は、民間活動のみによる達成は困難であり、大学や国立研究機関等の基礎研究成果の活用を含めて国全体で取り組むべきものと考えられ、NEDOの事業として妥当である。

〈肯定的意見〉

- ・ 内外の技術動向や国際情勢等を勘案して、NEDOの事業と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。
- ・ 事業目的の妥当性について：永久磁石材料の産業利用はエネルギーと環境の両観点から今後益々重要となることは明白です。これに加えて当該分野での中国の著しい台頭から資源問題が深刻化し、国益の観点からも本プロジェクトの必要性は明らかと考えます。
- ・ NEDOの事業の妥当性について：永久磁石に関するプロジェクトとしては文科省のESICMMが並走していますが、ESICMMは材料の基礎研究・評価技術を中心に進められていることから、高効率モーターの事業化を中心に据えた本プロジェクトの事業目的は元素戦略研究の一輪として妥当であると判断されます。また、粉体成形技術など基盤技術の深耕に関しては民間活動では限界があり、共通基盤技術部門を設けた支援体制はNEDOならではの事業として有効に機能していると判断されます。
- ・ 本事業の目的「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」は、Ndを含むレアアースの枯渇問題とxEV車の台数増加の予測から、省エネルギーの重要課題であるため、妥当と考えられる。
- ・ 世界的にxEV車が普及する方向にあるが、省エネ、レアアースの枯渇問題から新規磁石開発が必要であるが、困難性は高く、NEDOの関与が必要とされる事業といえる。本事業の実施により期待される電力使用削減額 3700 億円/年、市場創出効果 1100 億円/年は投じた研究開発費との比較において十分と言える。
- ・ 将来にわたるエネルギー需給において、モーターの省エネはきわめて重要な課題である。温度 180°Cにおける最大エネルギー積 50MGOeの磁石を開発するという目標は、かなり難しいと思われませんが、それだけに実現できればすばらしいことであると言えます。かなり難しい課題であるので、NEDOの事業として妥当と思います。
- ・ 自動車の電動化に伴うモーター需要の増大が進む中、モーターの高効率化による省エネルギー推進は、我が国の中長期的なエネルギー需要戦略において最重要課題の一つである。高性能磁性材料とりわけ高性能磁石の開発とこれを用いたモーター設計最適

化は、モーター高効率化に資する技術として大きな意義がある。また、より効率の高いモーターは、自動車向けのみならず家電機器や産業機械などにも展開され、我が国産業全体の活性化に寄与することが期待される。本事業の高い目標は、民間活動のみによる達成は困難であり、大学や国立研究機関等の基礎研究成果の活用を含めて国全体で取り組むべきものと考えられ、NEDOの事業として妥当である。

- ・ 事業目的ならびにNEDOが本事業に関与することは妥当と考えます。
- ・ 中長期的なエネルギー需要戦略において、xEVの拡張は必至でそれに伴うモーター需要の増加は事業立ち上げ当初より急拡大し、また限られたエネルギー資源を効率的に利用するためには、モーターの省エネルギー化は必要な技術であり、以上の観点から日本が技術的に先行している永久磁石材料の開発、ならびにモーター設計および解析技術にターゲットを絞った点は評価できます。また、ESICMMをはじめとする他のプロジェクトや研究機関との連携により効率的に研究開発が進められている点も大いに評価できます。

〈改善すべき点〉

- ・ 2017年度からの第2期において予算が大幅に削減されたことは遺憾である。今後は、国際的に見ると、特に中国の技術力向上や産業競争力増大が顕著であることを踏まえ、高性能磁石開発への予算獲得にご尽力いただきたい。
- ・ 費用対効果を上げるためには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ることなく、将来の学界・産業界にとって有益となる学術的資産を残すことが重要と考えます。そのためには組織制御などプロセス技術の深耕を図り、ESICMMと相補的な連携を築いていくのが有効と考えます。

2. 2 研究開発マネジメントについて

新規高性能磁石開発において設定した目標値は非常に高く、将来的な観点から戦略的である。第2期では、研究費減額による研究テーマの見直しと、スケジュールの再調整が十分になされており、その中で、目標に対する要素技術開発も網羅されている。研究開発の実施体制では、自動車並びにモーターメーカーが中心となり要素技術開発を実施し、さらに、それを補完するように共同実施者として大学等の高度研究機関や材料メーカーが参画し、事業全体の技術力の底上げが図られている点が評価できる。また、前回中間評価の指摘事項を受けて、合宿や技術推進委員会などを通じて材料とモーターとの連携強化が図られている。レアアース動向など社会情勢の変化や研究開発の進捗に応じて、適宜、テーマの見直しや方針転換を図りながら進められている点は、特に評価できる。

一方で、研究開発目標の数値は明確に設定されているが、その根拠が明確に示されていない。

今後、目標達成、及び、効率的な研究開発実施のため、実施者間の連携は、更に密に行う必要がある。特に、実験とシミュレーションとの連携は、強化すべきである。また、特許調査や技術動向調査により権利関係や従来磁石との違いを明確にし、知財戦略を示していただきたい。

〈肯定的意見〉

- ・ 第二回中間評価の提言を踏まえて、プロジェクトの目標を見直したことや、予算減額に対応して適切な研究体制を再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。
- ・ 研究開発目標の妥当性について： $50\text{MG Oe}@180^\circ\text{C}$ という高い数値目標の根拠をモーター効率のシミュレーションから明確にしていることは、シミュレーション技術の向上と材料開発の意義を示す上で大いに評価されます。
- ・ 研究開発計画の妥当性について：2019年度末に具体的な中間目標（保磁力 $7\text{kOe}@180^\circ\text{C}$ の見通しを得る）を設定することで、残り2年に向けての研究施策の早急な対応を図ることは適切な計画設定と考えます。
- ・ 研究開発の実施体制の妥当性について：永久磁石のユーザーである自動車メーカーが材料開発の拠点となってプロジェクトを推進していることは、真のニーズを見据えた開発が期待できるという意味で高く評価します。
- ・ 研究開発の進捗管理の妥当性について：分室・センター間技術課題検討会（合宿）の開催はテーマ間連携強化に大いに有効と考えます。
- ・ 知的財産等に関する戦略の妥当性について：再現可能な内容について積極的に特許化を進めることは、権利化と同時に知財の共有を図る上で有効と考えます。
- ・ 新規高性能磁石において $\text{BHmax} = 50\text{MG Oe}@180^\circ\text{C}$ の要素技術開発、及び保磁力 $0.7\text{T}@180^\circ\text{C}$ の見通しを得るといふ目標値は現状を考えると非常に高く、将来的な観点から戦略的といえる。
- ・ 第2期では、研究費減額による研究テーマの見直しと、スケジュールの再調整が十分

になされており、その中で、目標に対する要素技術も網羅されている。

- ・ 研究費減額に伴い、目標を新規高性能磁石開発に特化するとともに、評価、データ設計技術（シミュレーション技術）の開発を盛り込むなど適切に状況に対応している。
- ・ 国内外の特許、論文から世界の動向をキャッチするとともに、特許出願を技術本部長と事務理事が審査する等して戦略的な管理を行っている。
- ・ 「従来モーターに比べて40%エネルギー損失低減と40%小型化を実現」についてはシミュレーションによる確認となってしまったのは、前回の研究開発費削減のためやむをえないと思います。従って、これを含めて目的および計画は妥当ですので、研究マネジメントは妥当と思います。
- ・ 研究開発目標の妥当性：研究開発目標については、単なる向上、改善などの文言にとどまらず、数値目標が明確に設定されている点は評価できる。
- ・ 研究開発計画の妥当性：目標達成に向けてテーマの見直しや方針転換が適宜図られており、計画は妥当と判断する。とくに、これまでの成果の一部を実用化の観点から絞り込んで、前倒しで活用を図っている点は大変評価できる。
- ・ 研究開発の実施体制の妥当性：磁性材料およびモーターの共通基盤技術開発から新規高性能磁石開発まで、目標達成に必要な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、大学や公的研究機関と連携し、それらが各企業を支援する体制で進められている。
- ・ 研究開発の進捗管理の妥当性：各分室における研究開発の進捗状況は四半期毎に把握されている。また、前回中間評価の指摘事項を受けて、合宿や技術推進委員会などを通じて材料とモーターとの連携強化が図られている。レアアース情勢など社会情勢の変化や研究開発の進捗に応じて適宜テーマの見直しや方針転換を図りながら進められている点はとくに評価できる。
- ・ 知的財産等に関する戦略の妥当性：知的財産権を積極的に確保すべきもの、ノウハウとして秘匿すべきもの、および国際標準化を推進すべきものがそれぞれ明確に示されている。
- ・ 研究開発マネジメントは妥当と考えます。
- ・ 研究開発の実施体制では、自動車ならびにモーターメーカーが中心となり要素技術開発を実施し、さらにそれを補完するように共同実施者として大学等の高度研究機関や材料メーカーが参画し、実施体制全体の技術力の底上げが図られている点が評価できます。
- ・ 開発スケジュールについても、自動車の動力源が内燃機関からモーターにシフトする転換点でもあるこのタイミングで事業を始動され、継続されてきたことは大いに評価できます。さらに2年後を目途に一応の成果を出す計画を立てられている点も戦略的といえます。

〈改善すべき点〉

- ・ 希土類フリー型磁石も含めた新磁石開発項目として、最終目標の達成見通しを〇とし

ているが、FeNi 超格子系では幾つかの技術課題が提示されており、懸念される。

- 特許・技術動向調査部門の支援体制は充実しているようですが、今後は調査に留まらず、研究開発の戦略に関しても積極的な提案活動が望まれます。
- 研究開発の実施体制の妥当性における「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」について、中間評価の報告会では他の実施者の報告を聞けない体制になっていますが、可能な範囲で参加できないのでしょうか。
- 研究開発目標の妥当性：数値目標が明確に設定されているが、その根拠が明確に示されていない。数値目標の根拠として、目標設定の際に実施されたモーターアドバイザーからのヒアリングおよび参画会社との議論の内容とともに、目標が達成された場合の社会に与えるインパクトを何らかの形で示していただけると目標の妥当性が明確になると思われる。
- 研究開発の実施体制の妥当性：開発磁石を量産に速やかに移行するためには、量産性を見極めやプロセスコスト低減の目処付けを開発段階から考慮すべきであり、磁石メーカーの参画または協力が望ましい。
- 研究開発の進捗管理の妥当性：材料とモーターなどテーマ間の連携強化は進んでいるが、一方で、ESICMM との連携はまだ不十分と感じる。
- 知的財産等に関する戦略の妥当性：別アプローチの磁石材料については、磁石メーカーまたは国内外の研究機関が、過去にすぐ近くまで到達している可能性が考えられる。特許調査や技術動向調査により権利関係や従来磁石との違いを明確にし、知財戦略を示していただきたい。

〈今後に対する提言〉

- チーム全体における研究開発の進捗状況を常に把握し、進めていただきたい。
- 目標値が独り歩きしないように、各研究テーマから得られる知見を学術的観点から精査し、社会に残せる価値を注意深く見極める必要を感じます。開発が大きく進展しているようですが、ここから先は基礎的知見なしでは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ます。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、大学や国研との連携をより強化することを望みます。
- 目標達成、及び効率的に研究開発を実施のため、実施者間の連携は今後更に密に行う必要があると考える。特に実験とシミュレーションとの連携は強化すべきと考える。
- とくに基礎研究段階にある RFe12 系などの超ネオジム磁石開発に際しては、基礎物性の深い理解と精緻な微細組織制御が必要であり、これらの観点から ESICMM とのさらなる連携強化が期待される。
- 従来モーターに比べて 40%エネルギー損失低減と 40%小型化を実現する磁性材料の開発という目標において、「実現する」が主にシミュレーションで確認するとなっていますが、一つぐらいは試作して実測で確認できれば、すばらしいと思います。

2. 3 研究開発成果について

研究開発目標については、多くの研究機関で中間目標をほぼ達成、又は、達成の目処が得られている。新規高性能磁石においては、かなり高い目標である最大エネルギー積「180℃において 50MGOe」を達成するための要素技術を開発できた点が、高く評価できる。希土類系に関しては、機械学習を活用し、超ネオジム磁石開発に繋げたことは、将来我が国の材料開発にとって大きな意義がある。FeNi 合金の規則度が向上したことも評価に値する。さらに、シミュレーションにより高効率モーターの磁気特性要件やモーター構造を明らかにしている点が評価できる。共通基盤技術については、課題とその解決の道筋が明確となっており、達成できる見通しが得られていると判断する。知的財産については、磁石材料組成、微細組織構造、モーター構造を中心に積極的に特許出願し、権利化を進めている。また、高保磁力磁石の保磁力評価法については、国際標準化に向けて順調に進捗している。

一方で、1-12 系磁石にて最終目標の最大エネルギー積「180℃において 50MGOe」達成は、かなり難しいが、1-12 系の持つポテンシャルから、技術課題と解決に向けた指針を明らかにすることが、将来に向けて極めて重要である。

今後、最終目標達成の可能性が高い超ネオジム磁石への注力だけでなく、1-12 系磁石についても、ESICMM との連携強化等により、基礎に立ち返った検討の継続が望まれる。

〈肯定的意見〉

- ・ 軽希土類活用コアシェル型ナノ複相磁石の成果は、省 Nd で従来と同程度の耐熱性を保持できる磁石として評価できる。
- ・ 超ネオジム磁石は、高温での磁化向上に寄与する置換元素探索という着眼点が大いに評価でき、今後の進展が期待される。
- ・ 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義について：新規磁石開発テーマに関しては中間目標数値にもう一步及んでいないが、目標未達の原因解明に関する検討がよく成されている点は評価できます。また、FeNi 合金、1-12 系、何れにおいても実現されている保磁力の値はプロジェクト開始前から比べて大きく向上していると認識しています。特に、FeNi 合金の規則度が 0.79 まで向上したことは評価に値します。希土類系に関しては、機械学習を活用し超ネオジム磁石開発に繋げたことは将来我が国の材料開発にとって大きな意義がある成果と考えます。モーター実装磁性材料の評価・解析技術に関しては実験とシミュレーション技術を併用しての大きな進展が認められ、標準化に向けた今後の技術向上が期待されます。
- ・ 成果の最終目標の達成可能性について：新規磁石開発テーマに関しては、残り 2 年間という期間を考えると、厳しいと言わざるを得ませんが、課題とその解決の道筋は明確かつ妥当と思われれます。モーター実装磁性材料の評価・解析技術に関しては概ね達成されており、今後の進展についても大いに期待されます。
- ・ 成果の普及について：新規磁石開発テーマに関する研究発表等の活動は高く評価されます。

- 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義について：新規高性能磁石においては、かなり高い目標であるにもかかわらず、 $BH_{max}=50\text{MGOe}@180^\circ\text{C}$ の要素技術を開発できた点において高く評価できる。また、シミュレーションによる高効率モーターの磁気特性と構造を明らかにできた点は目標以上の成果であり、非常に高く評価できる。他の課題については中間達成が見通せるところにきているので問題ないとする。
- 成果の最終目標の達成可能性について：最終目標達成の見通しはできていると考える。
- 論文、講演等コンスタントに発表しており、適切に行っているといえる。
- 成果の普及について：材料組成・構造、及びモーター構造を積極的に権利化し、保磁力評価方法は標準化を順調に推進しているとする。
- 多くの項目で○となっており評価できます。特に、シミュレーションにより高効率モーターの磁気特性要件やモーター構造を明らかにしている点が評価できます。
- 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義：多くの研究機関で中間目標をほぼ達成、または達成の目処が得られている。磁石材料開発においては、まず、Ce,Laを活用した省ネオジム磁石については、組成やプロセスを詳細に検討することによって磁石材料の磁気特性を制御できることを示した。これにより、自動車のみならず幅広い用途への適用が期待できる。次に、超ネオジム磁石の候補の一つである FeNi 超格子磁石については、窒化物前駆体を介して規則相の生成を促進するという独創的で画期的な合成プロセス技術を開発した。磁石材料の合成において、新たな技術領域を開拓したものであり、大変評価できる。RFe₁₂系磁石については、磁気物性と微細組織の両面から磁石化の課題を抽出した。また、新たな研究開発手法を用いて、別アプローチへの展開の可能性を拓いた点は評価できる。別アプローチの磁石材料において、飽和磁化の温度係数をネオジム磁石に対して大幅に改善すると同時に、中間目標である「180°Cにおいて保磁力 0.7T」が達成されていることは大変心強い。一方、共通基盤技術としては、新規磁石材料のモーター実装を想定した評価解析技術においてめざましい成果が得られ、予算削減の中、モーター試作による実機検証の検討まで積極的に取り組んでいる点は大変評価できる。
- 成果の最終目標の達成可能性：共通基盤技術については、最終目標に向けて、課題とその解決の道筋が明確となっており、達成できる見通しが得られていると判断する。
- 成果の普及：成果の公表は、投稿論文や国内外の学会での発表などを通じて適切に行われている。
- 知的財産権等の確保に向けた取組：磁石材料組成、微細組織構造、モーター構造を中心に積極的に特許出願し、権利化を進めている。また、高保磁力磁石の保磁力評価法については、国際標準化に向けて順調に進捗している。
- 永久磁石材料の開発においては、高い目標に向かって着実な進歩が認められます。
- FeNi 超格子磁石開発では、窒化と脱窒素反応を利用した規則性向上の新規プロセスを見出した点は大きな進展であると評価できます。さらに今回の中間評価では、合成量の増量ならびに原料粉の微細化による保磁力の向上を達成された点も大いに評価できます。一方で、本プロセスの特有の脱窒化に規則性を低下させる原因があることが判

明しましたが、原因究明が十分になされており、今後の改善が期待されます。

- ・ 省希土類磁石開発では、1-12 系化合物の磁石材料としての可能性、2-14-1 系磁石への新たな添加元素の可能性について、機械学習を駆使して探索された点は新しい試みであると評価できます。今回、2-14-1 系化合物において従来にないポテンシャルを発揮する添加元素の可能性が見出されたとのことで非常に興味深い知見といえます。一方で2-14-1 系磁石は複数の元素が添加されており、相の安定性を多元的に評価する必要があります。

〈改善すべき点〉

- ・ FeNi 超格子磁粉の開発においては、孤立化や規則度向上において課題が残っており、磁石化した際に、既存の磁石に対する優位性が担保できるかの見通しが不明瞭である。
- ・ 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ます。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と考えます。
- ・ FeNi 合金の異方性磁界 H_a (1600A/m) の値とその評価方法に不明瞭さが感じられます。 H_a は磁石としてのポテンシャルを示す重要な指標なので、正確な評価方法の確立と数値の提示を望みます。
- ・ 希土類系磁石の保磁力発現機構については 2-14-1 系と 1-12 系では大きく異なる可能性があり、ESICMM との連携を通して早急に見極めることが必要と感じます。
- ・ モーターのシミュレーションにおいては如何に現実的な磁化曲線を反映させるかが重要なポイントとなります。そのためにはパッケージソフトの機能のみに頼ることなく、独自のソフト開発による解析技術を構築する必要があります。その意味で AIST での粉体成形シミュレーションが（磁化反転過程に関する）重要な要素技術を含んでいると思われるので、両者の連携が有効になると期待されます。
- ・ いくつかの項目で△となっています。特に、保磁力 $0.7T@180^\circ C$ を持つ磁石の見通しを得るについて、課題は明らかになっていますが目標達成のための具体策が少し弱いと思います。
- ・ 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義：RFe12 系磁石については、最大の課題である高保磁力化に積極的に取り組んでいるが、一筋縄では解決できないチャレンジな課題である。磁気物理学や金属組織学の基礎に立ち返った検討が必要と思われる。
- ・ 成果の最終目標の達成可能性：RFe12 系磁石にて 2021 年度までに磁石材料の最終目標である「 $50MGOe@180^\circ C$ 」を達成することはかなり難しいと思われる。しかしながら、RFe12 系の持つポテンシャル、特に飽和磁化は大変魅力的であり、磁石化のための技術課題と解決に向けた指針を明らかにすることは、将来に向けて極めて重要と思われる。別アプローチの磁石材料については、飽和磁化の温度係数をネオジム磁石に対して大幅に改善すると同時に中間目標である「保磁力 $0.7T@180^\circ C$ 」が達成されている点から、最終目標達成の可能性があると言えるが、材料組成や製造プロセス、微細組織が不明のため、明確には判断できない。一方、モーターについては、最終目標であ

る「損失 40%低減、パワー密度 40%向上」に対して、磁石性能向上効果とモーター設計変更効果の切り分け、および最終目標と各機関の成果との関係性が明確になっていない。

〈今後に対する提言〉

- 1-12 系での保磁力については、RE- TM 系全体に共通する発現機構が関わっているという視点も考慮し、再検討して欲しい。
- 数値目標の達成が最優先ですが、本プロジェクトで得られる知見や技術を学術レベルにまとめ上げ、学会発表や論文投稿を通して後世に繋げる努力を期待します。また、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かと思われまます。
- 試作モーターによる実証まで進められるよう、シミュレーションの早期高精度化を期待する。
- 目標達成を期待いたします。
- 磁石材料開発においては、最終目標達成に対してより可能性が出てきた別アプローチの注力を増やすことには異存ないが、研究開発途上において、まだ見ぬ困難に直面するリスクも考えられるため、RFe12 系磁石についても、ESICMM との連携強化等により、基礎に立ち返った検討を継続していただきたい。
- 1-12 系化合物の保磁力が低い理由に関して、粒界界面の凹凸を抑制する安定化元素の添加や相安定温度領域の探索と熱処理の最適化など組織学的な解析による原因究明と改善案の構築に研究の余地があると考えます。

2. 4 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

成果の実用化に向けた戦略として、早期実用化のために、新規磁石の特性を踏まえたシミュレーションに基づいて、試作モーターによる実証を行うというアプローチは妥当である。自動車向けに開発を進めているが、実現すれば家電機器や産業機械など幅広い分野に展開され、我が国産業全体の活性化に寄与する顕著な波及効果が期待できる。

今後、モーターシミュレーション技術については早い段階で実用化の可能性の見極めを行い、可能性の高いものについてはその方向での検討の強化が望まれる。また、将来基盤技術となり得るようなテーマについては、基礎研究をバックアップする、きめ細やかなマネジメントが必要である。さらに、新磁石開発チームとモーター開発チームの間の更なる有機的連携による、成果の実用化の取組の加速を望む。

〈肯定的意見〉

- ・ 成果の実用化に向けた戦略として、早期実用化のために、新規磁石の特性を踏まえたシミュレーションに基づいて、試作モーターによる実証を行うというアプローチは妥当である。
- ・ 成果の実用化に向けた戦略について：材料開発テーマとモーター設計グループが両輪としてうまく連携し、ニーズに沿った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ます。
- ・ 成果の実用化に向けた具体的取組について：モーターシミュレーション技術は大きな進展がみられるので、標準化を図り広く社会利用の実現が期待されます。
- ・ 成果の実用化の見通しについて：エンドユーザーに近いメーカー主導のプロジェクトであることから、市場・技術動向等の把握は的確と判断されます。
- ・ 成果の実用化に向けた戦略について：新磁石開発、新規モーター開発、知財化の連携によるモーター実証といった戦略は妥当である。
- ・ 成果の実用化に向けた具体的取組について：実用化に向けた具体的取り組みは新磁石開発、新規モーター開発、知財化(標準化)ともに進んでいるといえる。
- ・ 成果の実用化の見通しについて：小型・高効率モーターといった市場・技術動向を踏まえたうえでの開発である。
- ・ 成果の実用化に向けた取り組みはおおむね妥当と思います。
- ・ 磁石材料については、そのほとんどが実用化に向けた見通しはまだ立っていないが、まだ存在証明段階であるため、やむを得ないと考える。共通基盤技術の中で、モーターについては、様々なタイプのモーターにて目標達成を目指すとともに、実用を想定した負荷環境下での評価を取り入れるなど、スムーズに実用化に移行できる取り組みがなされている。また、予算削減の中、モーター試作による実機検証の検討まで積極的に取り組んでいる点は大変評価できる。自動車向けに開発を進めているが、実現すれば家電機器や産業機械など幅広い分野に展開され、我が国産業全体の活性化に寄与する顕著な波及効果が期待できる。
- ・ 材料開発とモーター設計技術が密に連携して進められており、材料開発グループで磁

石化できた材料から速やかにモーター実証実験に移行する戦略は、早期実用化を進める方針に沿っており評価できます。

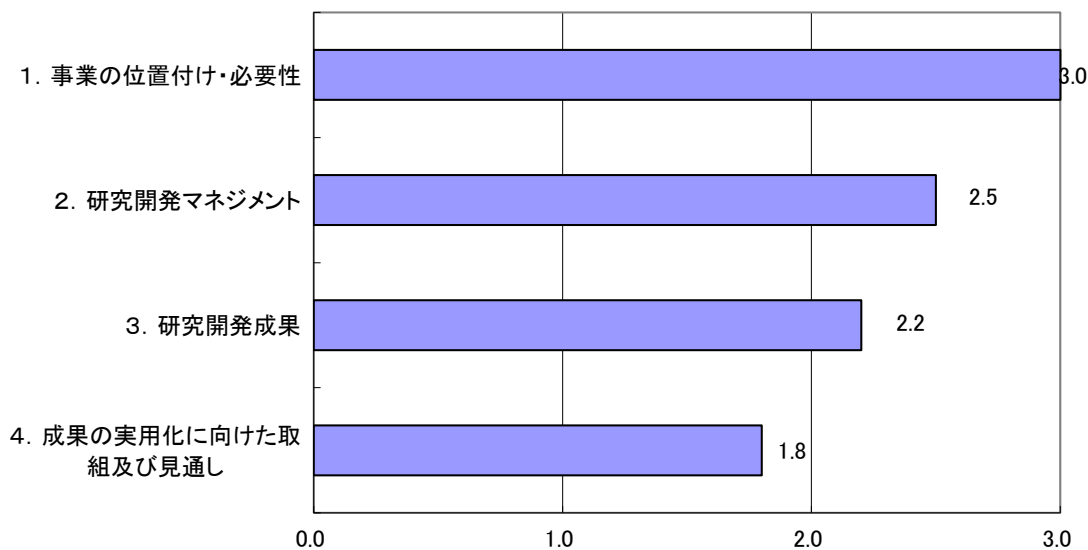
〈改善すべき点〉

- ・ 現在開発中の超高性能新規磁石を用いたモーターの実用化という観点では、本プロジェクト終了後の後継事業における更なる取り組みに期待することになるが、例えば NEDO 事業として、それに対する支援体制が明らかにされていない。
- ・ 「1. 3. 研究開発成果について」とも関連しますが、現時点で得られている材料特性を磁化曲線などより明確な形で表すことを望みます。一部の磁化曲線は提示されていますが、殆どがプロセス技術に関わるデータと特性の概念的な説明になっています。試料の都合上、磁化曲線の正確な評価が困難な部分があるかと思われませんが、課題を把握し解決の道筋を立てる上では重要なデータとなります。
- ・ 「新規モーターのための高精度シミュレーション技術の開発」については、ソフト開発会社が、開発した成果をソフトに取り入れるかはっきりしていないように感じました。従って、社会的利用が開始されるか少し明確さが足りないように思います。
- ・ FeNi 超格子磁石は、現状の異方性磁界のままでは実用的な保磁力を実現することは難しいと思われる。しかし、保磁力発現機構がピンニング型であれば、可変磁力モーターの可変磁石に使える可能性がある。磁石材料とモーターとの連携体制において、モーター開発チームまたはモーターアドバイザーとよく議論していただきたい。

〈今後に対する提言〉

- ・ 新磁石開発チームとモーター開発チームの間の更なる有機的連携によって、成果の実用化の取り組みを加速させて欲しい。
- ・ モーターシミュレーション技術については早い段階で実用化の可能性の見極めを行い、可能性の高いものについてはその方向での検討を強化すべきと考えます。また、将来基盤技術となり得るようなテーマについては基礎研究をバックアップするきめ細やかなマネジメントを望みます。
- ・ 超ネオジム磁石候補の中で、別アプローチの磁石材料については、材料組成や製造プロセスが不明のため、実用性に関して判断できない。量産性の見極めやプロセスコスト低減の目処付けを開発段階から考慮すべきであり、磁石メーカーの参画または協力が望ましい。また、レアアースを含めて資源の供給量不足に対して懸念がないことを明確に示す必要がある。
- ・ 今後、本事業によって開発された永久磁石とシミュレーションによって導き出されたモーターとを組み合わせた実機評価が予定されていますが、実用化への目途をより明確にするため、対象モーターの適用範囲をある程度限定し、実装に近い環境で評価されることを提言します。

3. 評点結果



| 評価項目 | 平均値 | 素点 (注) | | | | | |
|--------------------------|-----|--------|---|---|---|---|---|
| | | A | A | A | A | A | A |
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3.0 | A | A | A | A | A | A |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 2.5 | A | B | B | A | A | B |
| 3. 研究開発成果について | 2.2 | A | A | B | B | C | B |
| 4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて | 1.8 | A | B | B | C | B | C |

(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組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」

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 |
|-----|--|

目次

| | |
|---|-----|
| 概 要 | S-1 |
| プロジェクト用語集と図解 | T-1 |
| ・ 事業の位置付け・必要性について | -1 |
| 1．事業の背景・目的・位置づけ | -1 |
| 1.1 背景 | -1 |
| 1.1.1 モーターの省エネの必要性 | -1 |
| 1.1.2 今後の磁石の市場予測 | -2 |
| 1.1.3 レアアース（希土類）の資源リスク | -3 |
| 1.2 材料およびモーター開発の現状 | -4 |
| 1.2.1 磁石材料の現状 | -4 |
| 1.2.2 軟磁性材料の現状 | -6 |
| 1.2.3 高効率モーター開発の現状 | -7 |
| 1.3 今後のモーター開発の方向性 | -8 |
| 1.4 目的と位置づけ | -9 |
| 1.4.1 事業の目的 | -9 |
| 1.4.2 政策的位置付け | -10 |
| 2．NEDO の関与の必要性・制度への適合性 | -12 |
| 2.1 NEDO が関与することの意義 | -12 |
| 2.2 実施の効果（費用対効果） | -12 |
| ・ 研究開発マネジメントについて | -1 |
| 1．事業の目標 | -1 |
| 1.1 研究開発項目 新規高性能磁石の開発 | -3 |
| 1.2 研究開発項目 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発 | -4 |
| 1.3 研究開発項目 高効率モーターの開発 | -4 |
| 1.4 研究開発項目 特許・技術動向調査，事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発 | -5 |
| 2．事業の計画内容 | -6 |
| 2.1.1 全体計画 | -6 |
| 2.1.2 第一期（2012 年度～2016 年度）における各研究開発項目の研究計画内容 | -6 |
| 2.1.2.1 研究開発項目 新規高性能磁石の開発 | -6 |
| 2.1.2.2 研究開発項目 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発 | -8 |
| 2.1.2.3 研究開発項目 高効率モーターの開発 | -8 |
| 2.1.2.4 研究開発項目 特許・技術動向調査，事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発 | -9 |
| 2.1.3 第二期（2017 年度～2019 年度）における各研究開発項目の研究計画内容 | -10 |
| 2.1.3.1 研究開発項目 新規高性能磁石の開発 | -10 |
| 2.1.3.2 研究開発項目 特許・技術動向調査，事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発 | -10 |
| 2.1.4 研究開発費 | -12 |
| 2.2 研究開発の実施体制 | -13 |
| 2.3 研究開発の運営管理 | -16 |
| 2.3.1 技術推進委員会 | -16 |
| 2.3.2 テーマ間の連携強化と実用化の推進 | -17 |
| 2.4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性 | -19 |
| 2.4.1 知的財産権等に関する戦略 | -19 |

| | |
|---|-----|
| 2.4.2 知的財産管理 | -19 |
| 3. 情勢変化への対応 | -20 |
| 4. 中間評価結果への対応 | -20 |
| 5. 評価に関する事項 | -21 |
| ・研究開発成果について | -1 |
| 1. 事業全体の成果 | -1 |
| 2. 研究開発項目毎の成果 | -1 |
| 2.1 第一期（2012～2016年度） | -1 |
| 2.1.1 研究開発項目 新規高性能磁石の開発 | -1 |
| 2.1.2 研究開発項目 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発 | -2 |
| 2.1.3 研究開発項目 高効率モーターの開発 | -3 |
| 2.1.4 研究開発項目 特許・技術動向調査，事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発 | -3 |
| 2.2 第二期（2017～2019年度） | -4 |
| 2.2.1 研究開発項目 新規高性能磁石の開発 | -4 |
| 2.2.2 研究開発項目 特許・技術動向調査，事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発 | -5 |
| ・成果の実用化に向けての取組及び見通しについて | -1 |
| 1. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて | -1 |

（添付資料）

プロジェクト基本計画

NEDO「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」基本計画

2014年3月制定、2014年5月改訂、2015年2月改訂、2017年2月改訂、2017年9月改訂

プロジェクト開始時関連資料（事前評価結果、パブリックコメント募集の結果）

- ・経済産業省「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」事前評価報告書 2011年7月
- ・「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」実施計画（案）に対する意見募集の結果について 2012年5月12日
- ・NEDOポスト2014年度新規/拡充研究開発プロジェクト（案）概要 2014年2月
- ・NEDO事前評価書 2014年2月19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 基本計画（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について 2014年3月12日

特許論文等リスト

1. 特許
2. 論文
3. 発表
 - 3-1. 学会発表、講演
 - 3-2. 論文
 - 3-3. その他

概要

最終更新日 2019年9月18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 エネルギー, 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/PM または担当者 | <p>経済産業省 製造産業局非鉄金属課 北岡康夫 産業戦略官 佐藤昌浩 課長補佐 電子・材料・ナノテクノロジー部 飯塚薫 (2014年4月~2015年8月) 坂井数馬 (2014年4月~2016年4月) 江森芳博 (2014年7月~2016年3月) 佐光武文 (2015年9月~2016年4月)</p> <p>材料・ナノテクノロジー部 坂井数馬 (2016年4月~2018年3月) 佐光武文 (PM) (2016年4月~2017年8月) 渡部敬介 (PM) (2016年4月~2019年3月) 幸田政文 (PM) (2017年11月~現在)</p> | | |
| 0. 事業の概要 | <p>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。</p> | | |
| 1. 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、1982年（昭和57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> | | |
| 2. 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>2016年の第二回中間評価の評価結果を受け、さらに、モーターアドバイザーにヒアリングを実施することで小型化の目標も掲げることとし、プロジェクト目標を「従来モーター（プリウス第三世代モーター）比で40%エネルギー損失低減と40%小型化を実現する磁性材料の開発を目指す。」へ変更した。</p> <p>なお、2017年度より、国内外の情勢変化を受け、予算が大幅に減額となったため、2016年度で終了予定であった研究開発項目 - (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、テーマ見直しを図る予定であった 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発は終了し、また、2015~2016年度に研究開発項目 - (3) として実施した「新規高性能磁石材料の探索」において探索した新規高性能磁石材料に関する新規テーマの募集も取りやめた。また、モーターの実機開発も縮小し、磁性材料の評価・解析技術の開発、開発される磁石・開発された軟磁性材料の特性を生かすモーター設計技術（シミュレーション技術）の開発として - (2) 「基盤技術開発」に盛り込み、材料開発は新規高性能磁石開発に特化した。</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> | | |
| 事業の目標 | <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>2016年の第二回中間評価の評価結果を受け、さらに、モーターアドバイザーにヒアリングを実施することで小型化の目標も掲げることとし、プロジェクト目標を「従来モーター（プリウス第三世代モーター）比で40%エネルギー損失低減と40%小型化を実現する磁性材料の開発を目指す。」へ変更した。</p> <p>なお、2017年度より、国内外の情勢変化を受け、予算が大幅に減額となったため、2016年度で終了予定であった研究開発項目 - (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、テーマ見直しを図る予定であった 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発は終了し、また、2015~2016年度に研究開発項目 - (3) として実施した「新規高性能磁石材料の探索」において探索した新規高性能磁石材料に関する新規テーマの募集も取りやめた。また、モーターの実機開発も縮小し、磁性材料の評価・解析技術の開発、開発される磁石・開発された軟磁性材料の特性を生かすモーター設計技術（シミュレーション技術）の開発として - (2) 「基盤技術開発」に盛り込み、材料開発は新規高性能磁石開発に特化した。</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> | | |

| | |
|-------|--|
| 事業の目標 | <p>新規高性能磁石の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> - ()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 <p>【中間目標(2014年度末)】</p> <p>現在の耐熱性ジスプロシウム含有ネオジム焼結磁石の1.25倍の最大エネルギー積「180」において32MGOe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。また、以下の各項目について要素技術を確立する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高配向性微結晶からなる原料合金製造技術 ・高異方性ナノ結晶粒を有する磁石粉末製造技術 ・最適粒界形成技術 ・結晶粒の肥大化を抑制できる焼結固化技術 <p>【最終目標(2016年度末)】</p> <p>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立する。</p> <ul style="list-style-type: none"> - ()ネオジム焼結磁石を超える新磁石の開発 <p>【中間目標(2014年度末)】</p> <p>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を探索し、その可能性を示す。</p> <p>【中間目標(2016年度末)】</p> <p>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。ただし、磁石使用温度に関しては、「高効率モーターの開発」の解析・評価結果を反映させる。</p> <p>【中間目標(2019年度末)】</p> <p>現在の耐熱性ジスプロシウム含有ネオジム焼結磁石の2倍の最大エネルギー積「180」において50MGOeを持つ磁石を実現するために関連する要素技術を開発する。ただし、「180」において保磁力が0.7Tを持つ磁石の見通しを得ることを具体的指標とする。</p> <p>【最終目標(2021年度末)】</p> <p>現在の耐熱性ジスプロシウム含有ネオジム焼結磁石の2倍の最大エネルギー積「180」において50MGOeを持つ磁石を開発する。</p> <p>次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発</p> <p>【中間目標(2014年度末)】</p> <p>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見通しを得る。また、モーターとしての省エネ効果を検証する。また、以下の各項目について要素技術を確立する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・超急冷粉末アトマイズ技術、熱処理 ・薄帯積層技術、ナノ結晶素材バルクコア熱処理技術 <p>【最終目標(2016年度末)】</p> <p>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。また、モーター・磁性材料技術開発センターと連携してモーターを試作することにより省エネ化実証する。</p> <p>高効率モーターの開発</p> <p>【中間目標(2014年度末)】</p> <p>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設計に関する課題の抽出及び基本設計指針を示す。また以下の各項目について要素技術を確立する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高低温減磁試験評価技術 ・超高精度モーター損失分析評価技術 <p>【中間目標(2016年度末)】</p> <p>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> <ul style="list-style-type: none"> ・3次元磁石減磁評価試験技術 ・インバータとモーターのトータルでの低損失化設計手法技術 |
|-------|--|

| | |
|--------------|---|
| <p>事業の目標</p> | <p>特許・技術動向調査，事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発</p> <p>(1) 特許・技術動向調査戦略策定支援</p> <p>【中間目標 (2 0 1 4 年度末)】</p> <p>磁石材料、軟磁性、モーター設計に関する先行特許調査・技術動向を行い、各事業者の研究開発項目 ~ の磁性材料・モーター設計開発方針策定に反映させる。</p> <p>【中間目標 (2 0 1 6 年度末)】</p> <p>「 () 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 () 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」</p> <p>「 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発」</p> <p>「 高効率モーターの開発」</p> <p>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>【中間目標 (2 0 1 9 年度末)】</p> <p>磁性材料に関する情報センター構築に向けたコンテンツの整備を完了する。</p> <p>【最終目標 (2 0 2 1 年度末)】</p> <p>磁性材料に関する情報センターを構築する。</p> <p>(2) 共通基盤技術の開発</p> <p>【中間目標 (2 0 1 4 年度末)】</p> <p>本研究のそれぞれのテーマにて開発する新規磁性粒子・粉末について材料の焼結性を高めるための、材料毎に応じた表面処理技術を開発する。</p> <p>【中間目標 (2 0 1 6 年度末)】</p> <p>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>【中間目標 (2 0 1 9 年度末)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・磁石製造の配向制御、組織制御の技術開発に目処を付ける。 ・磁気特性予測システムの構築に目処を付ける。 ・高保磁力に対応した磁気特性評価技術を開発する。 ・高負荷環境下での磁性材料評価・解析技術を開発する。 <p>【最終目標 (2 0 2 1 年度末)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・磁石製造の配向制御、組織制御技術を開発する。 ・磁気特性予測システムを開発する。 ・高速・高精度な磁気特性評価技術を開発する。 ・モーター実装を想定した評価技術(シミュレーション)を開発する。 <p>(3) 新規高性能磁石材料の探索</p> <p>【中間目標 (2 0 1 6 年度末)】</p> <p>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> |
|--------------|---|

| | | 第1期 | | | | | 第2期 | | | | |
|---------|---|--|------------|------------|------------|------------|--|------------|------------|------------|------------|
| | | 2012 fy | 2013 fy | 2014 fy | 2015 fy | 2016 fy | 2017 fy | 2018 fy | 2019 fy | 2020 fy | 2021 fy |
| 事業の計画内容 | - () 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) ナノ結晶粒ネオジム焼結磁石開発 研究項目 - () - (2) Dy フリー高 Br・高保磁力を有する NdFeB 異方性 HDDR 磁石開発 | | | | | 目標をほぼ達成し、自社にて更なる 特性向上と実用化検討を行う。 | | | | |
| | - () 新規高性能磁石 開発 ネオジム焼結磁石を 超える新磁石の開発 | 研究項目 - () - (1) 窒化鉄ナノ粒子のバルク体化技術 研究開発 研究項目 - () - (2) ナノ複相組織制御磁石の研究開発 研究項目 - () - (3) FeNi 超格子磁石材料の研究開発 | | | | | 研究項目 - () - (1) テーマ見直しにより中止 研究項目 - () - (2) ナノ複相組織制御磁石の研究開発 研究項目 - () - (3) FeNi 超格子磁石材料の研究開発 | | | | |
| | 軟磁性材料 研究開発 | 研究項目 - (1) 高Bs ナノ結晶軟磁性材料の開発 | | | | | 目標を達成し、自社にて事業化開 発を行う。 | | | | |
| | 高效率モーターの 開発 | 研究項目 - (1) 次世代モーター・磁性特性評価 技術開発 研究項目 - (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) | | | | | テーマ見直しにより、基盤技術に 組み込み、評価、解析、シミュ レーション技術を開発する。 | | | | |
| | 特許・技術動向調 査、事業化のため の特許戦略策定支 援及び共通基盤技 術の開発 | 研究項目 - (1) 特許・技術動向調査・特許戦略 策定支援 研究項目 - (2) 共通基盤技術の開発 研究項目 - (3) 新規高性能磁石材料の探索 | | | | | 研究項目 - (1) 特許・技術動向調査・特許戦略 策定支援 研究項目 - (2) 共通基盤技術の開発 ・磁石製造の要素技術開発、 磁気特性評価技術開発、 先端解析技術開発 ・モーター実装環境下での 磁性材料評価・解析技術 ・新規磁石および共通基盤 技術のモーター実装評価 研究項目 - (3) テーマ見直しにより中止 | | | | |
| | 評価時期 | | | 中間 評価 | | 中間 評価 | | | 中間 評価 | | |
| | METI 執行 | *1. 第2回中間評価でテーマ、体制の絞込および目標の見直し を実施。 *2. 上記 - , については、第2期へ移行し、 につい ては、最終目標をシミュレーションでの実現へ変更し、共通基盤 技術として - (2)へ移行した。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、目標等を決定した。 | | | | | | | | | |

| 事業費推移 (会計・勘定別に NEDO が負担した実績額(評価実施年度については予算額)を記載) (単位:百万円) | 会計・勘定 | 2012 fy | 2013 fy | 2014 fy | 2015 fy | 2016 fy | 2017 fy | 2018 fy | 2019 fy |
|---|--|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 一般会計 | | | | | | | | |
| | 特別会計 (需給) | 1,820 | 2,928 | 2,972 | 2,360 | 2,080 | 379 | 508 | 383 |
| | 開発成果促進財源 | | | | | | | | |
| | 総 NEDO 負担額 | 1,820 | 2,928 | 2,972 | 2,360 | 2,080 | 379 | 508 | 383 |
| | (委託)・ (助成)・ (共同研究) のうち使用し ない行は削除 | (委託) | 委託 | 委託 | 委託 | 委託 | 委託 | 委託 | 委託 |
| 開発体制 | 経産省担当原課 | 産業技術環境局 研究開発課産業技術プロジェクト推進室、製造産業局 金属課金属技術室、自動車課 | | | | | | | |
| | 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) | | | | | | | |
| | プロジェクト マネージャー | 幸田 政文(材料・ナノテクノロジー部) | | | | | | | |
| | 委託先 (助成事業の場合 「助成先」とするな ど適宜変更) (組合が委託先に含 まれる場合は、その 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：延べ10社(現5社)，1財団，1国研</p> <p>新規高性能磁石の開発(2012年度～2016年度) ()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)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) 共同実施：東北大学，物質・材料研究機構(2015～2016年度) 研究項目 - () - (2) Dyフリー高Br・高保磁力を有するNdFeB 異方性 HDDR 磁石開発 愛知製鋼株式会社 共同実施：東北大学、九州工業大学(2016年度) ()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)窒化鉄ナノ粒子のバルク体化技術研究開 発(2012年度～2016年度) 株式会社 T&T イノベーションズ 共同実施：広島大学、住友電気工業株式会社(2012～2014年 度)、東北大学(2012～2014年度)、秋田大学(2012～2014年 度)、京都大学(2012～2014年度)、広島大学(2012～2014年 度)、倉敷芸術科学大学(2012～2014年度) 研究項目 - () - (2)ナノ複相組織制御磁石の研究開発 (2012年度～2019年度) トヨタ自動車株式会社 共同実施：京都大学(2012～2016年度)、東北学院大学(2012～ 2016年度)、東北大学(2012～2016年度)、静岡理工科大学、高 エネルギー加速器研究機構、物質・材料研究機構(2012～2018年 度) 研究項目 - () - (3) FeNi 超格子磁石材料の研究開発 (2012年度～2019年度) 株式会社デンソー 共同実施：東北大学、同志社大学(2015～2019年度)，筑波大学 (2015～2019年度)，高エネルギー加速器研究機構(2016～2019 年度)，日亜化学工業株式会社(2017～2018年度)</p> | | | | | | | |

| | | |
|-----------------|---|---|
| <p>開発体制</p> | <p>委託先 （助成事業の場合「助成先」とするなど適宜変更） （組合が委託先に含まれる場合は、その参加企業数及び参加企業名も記載）</p> | <p>次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発 （2012年度～2016年度） 研究項目 - （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（2015～2016年度） 高効率モーターの開発（2012年度～2016年度） 研究項目 - （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（2015～2016年度）</p> <p>研究項目 - （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> <p>特許・技術動向調査，事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発 研究項目 - （1）特許・技術動向調査・特許戦略策定支援（2012年度～2019年度） （一般財団法人）金属系材料研究開発センター 共同実施：大分大学（2012～2014年度） 研究項目 - （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（2012～2017年度），フラインセラミックスセンター（2012～2016年度），大阪大学（2015～2016年度），京都大学（2015～2016年度），広島大学（2015～2016年度），東京工業大（2015～2016年度），倉敷芸術科学大学（2015～2016年度），秋田大学（2015～2016年度），高エネルギー加速器研究機構（2016～2019年度），物質・材料研究機構（2016～2019年度），静岡理工科大学（2017～2019年度），東栄工業株式会社（2017～2019年度），長岡技術科学大学（2018～2019年度） ダイキン工業株式会社（2017年度～2019年度） 共同実施：大阪府立大学（2017年度～2019年度），名古屋工業大学（2017年度～2019年度），愛知製鋼株式会社（2017年度～2019年度） 三菱電機株式会社（2017年度～2019年度） 共同実施：同志社大学（2017年度～2019年度），九州工業大学（2017年度～2019年度） 株式会社明電舎（2017年度～2019年度） 共同実施先：北海道大学（2018年度～2019年度） 研究項目 - （3）新規高性能磁石材料の探索（2015年度～2016年度） 先導研究委託先：産業技術総合研究所、東北大学、長崎大学、岐阜工業高等専門学校</p> |
| <p>情勢変化への対応</p> | <p>2012～2013年度 本PJは、2012年度に経済産業省直執行として開始された。3年目となる2014年度からNEDOに移管された。 2017年度～ 2016年度に実施した第二回中間評価結果を受け、「エネルギー損失を従来モーター比25%削減する高効率モーターの実現を目指す。」から、「従来モーター比で40%エネルギー損失低減と40%小型化を実現する磁性材料の開発を目指す。」へ、プロジェクトの目標を変更した。 また、予算減額に伴い、終了するテーマに代わる新たな材料開発テーマの募集を取りやめ、新規高性能磁石開発に特化した。モーターの実機開発を縮小し、代わって、磁性材料の評価・解析技術の開発・開発される磁石・開発された軟磁性材料の特性を生かすモーター設計技術（シミュレーション技術）の開発を基盤技術開発に盛り込んだ。</p> | |

| | | | |
|------------|---|--|---------------|
| 中間評価結果への対応 | 2014年度中間評価結果への対応 | | |
| | 指摘事項 | 対応 | |
| | プロジェクト全体の最終目標「モーター損失 25%低減」を達成するためには、磁性材料、モーター設計及び制御システム間の役割分担及び連携が必要である。 | モーターセンターと磁性材料開発担当者間で連携を密にするマネジメントを行う。 | |
| | モーター設計に関しては新しい材料として望む特性をさらに明確にする必要がある。 | モーターの仕様を明確にし、必要な材料特性を提示させる。 | |
| | 希土類元素を使わない新磁石の開発はハードルが高い。添加元素などを使った新しい展開も検討が必要と思われる。 | 添加元素等による特性向上を選択肢の一つとして実施するとともに、希土類フリーに拘らない材料の探索を開始する。 | |
| | 2016年度中間評価結果への対応 | | |
| | 指摘事項 | 対応 | |
| | 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。 | 第1期目標の25%損失削減より高い40%削減に見直した。 | |
| | 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。 | 引き続き合宿等を通じて連携を強化するとともに、開発磁石のモーター実装に向けた検討を開始した。 | |
| | 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、基礎的課題の研究にも取り組んで欲しい。 | 新規高性能磁石に予算を重点配分し、その中で保磁力発現機構などの基礎的課題等に取り組んでいく。 | |
| 中間評価結果への対応 | 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。 | 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省レアアース(Dy, Nd)に方針を変更した。 | |
| | 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。 | モーターアドバイザーからのヒアリング、参画会社との議論により、40%小型化(パワー密度40%向上)を設定した。 | |
| | 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。 | 合宿や技術委員会等で、材料とモーターの連携を強化すると共に、第1期で卒業する企業にも情報交換や材料提供で協力いただく。 | |
| | 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 |
| | 3. 研究開発成果について | <p>2017年度にテーマの見直し、改編を実施したため、成果を第一期(2012~2016年度)、第二期(2017~2019年度)に分けて記載する。</p> <p>【第1期(2012~2016年度)】</p> <p>- () - (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>【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ことが必要。</p> <p>- () - (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>【開発成果】評価() 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。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>3. 研究開発成果について</p> | <p>- () - (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>【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>- () - (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>【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>- () - (3) FeNi 超格子磁石材料の研究開発 (株式会社デンソー)</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 (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>- (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>【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>- (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>【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>- (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>【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>- (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>【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>3. 研究開発成果について</p> | <p>- (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>【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>- (3) 「新規高性能磁石材料の探索」 (先導研究委託先：産業技術総合研究所、東北大学、長崎大学、岐阜工業高等専門学校)</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> |
| | <p>【第2期】(2017~2019年度) 研究開発項目 新規高性能磁石の開発</p> |
| | <p>【開発成果】評価()(2019年度未達成見込み) 研究開発項目 - 2 - 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) 新規物質である $REFe_{12-x}TM_xN_y$ 相(RE:希土類元素[Nd,Sm等],TM:遷移金属)について、実験結果を元に機械学習を行い物性に対する結晶構造や組成の寄与度を明らかにすることで、磁気物性を最適化し、さらに、プロセスを検討し、磁石化に向けた取り組みを実施した。具体的には、低融点合金を活用した界面制御などにより、焼結磁石相当の結晶粒径を有する粉末で保磁力発現することを確認した。また、軽希土類活用を含むナノ複相組織制御磁石の高特性化に向けたプロセスを検討し、磁石粉末のバルク化などの要素技術を確立するとともに、目的に応じてNd含有量を20~50%低減できる省Nd耐熱磁石の研究に目途を付けた。</p> |
| | <p>研究開発項目 - 2 - 3 FeNi 超格子磁石材料の研究開発 (株式会社デンソー) 窒化・脱窒素法により合成に成功したFeNi超格子粉末の磁気特性向上に取り組み、合成条件を改良することで、FeNi超格子の高純度化に成功し、保磁力の向上を確認した。さらに、FeNi超格子磁粉の保磁力向上を狙い、磁粉粒子内のナノ構造の改善に取り組んだ。合成条件を変化させることで、従来よりも高い規則性を持ったFeNi超格子磁粉の合成に成功し、保磁力の改善が確認された。量産を想定した磁粉合成プロセスの開発を実施した。低コスト原材料の課題抽出を行なった。粒内の不純物が超格子の磁気特性に悪影響を及ぼすことを明らかにした。</p> |
| | <p>研究開発項目 - 1 特許調査・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) 【開発成果】評価(○) 磁石材料を中心とした最新の特許調査・技術動向調査を実施した。平成28年以降に公開された国内、中国、米国、欧州の磁石材料の特許、国内の永久磁石モーターの特許調査を行った。国内学会、国際会議などに参加して関連分野の発表動向・技術動向を調査し、その情報を共有化した。さらに、本プロジェクトのバックグラウンド情報として、希土類原料供給動向、磁石市場動向についての情報収集を行った。</p> |
| | <p>研究開発項目 - 2 共通基盤技術の開発 【開発成果】 ・磁石製造の配向制御、組織制御の技術開発に目処を付ける。評価()(2019年度未達成見込み) ・磁気特性予測システムの構築に目処を付ける。評価(○) ・高保磁力に対応した磁気特性評価技術を開発する。(○) ・高負荷環境下での磁性材料評価・解析技術を開発する。() (国立研究開発法人産業技術総合研究所) 粒子の磁場配向挙動を計算シミュレーションによる予測と実験により検証した。加えて、粒子の破壊挙動の計算シミュレーションと実験による検証を行った。急冷凝固組織ならびに強加工による組織の異方化について検証を行った。また、高速・高精度に高保磁力磁石を測定できる手法の開発と標準化に向けた取り組みを行った。さらに、磁気特性予測システムの構築を目指した基盤研究を進めた。</p> |

| | | |
|--------------------------|---|--|
| 3. 研究開発成果について | <p>(ダイキン工業株式会社)</p> <p>モーター実装時に求められる新規磁石材料への目標値提示のための検討として、平成28年度までに確立した減磁評価技術を適用した時の課題を抽出し、対策のための磁石材料の各種物性値の取得を行った。また、新規磁石材料を適用したときのモーター損失を把握するため、開発した分析評価装置を用い、磁石の磁気特性が軟磁性材料の損失、及びインバータに及ぼす影響を分析し、課題を抽出した。磁石材料の磁気特性、物理特性（磁石の熱伝導率、電気抵抗、密度）を大きく変化させたときの減磁解析検討、及び、減磁分布の簡易測定手法の課題解決案検討を行った。また、磁石の磁気特性を変更した際の局所的なモーター損失解析の検証を行い、IPMモーター及び可変磁力モーターにおいては、新規磁石材料の性能を生かすための構造設計検討を実施し、解析において目標達成の目処を得た。さらに、非線形磁気特性減磁曲線を持つ磁石を実装したモーターの解析を行い、課題抽出を行った。</p> <p>(三菱電機株式会社)</p> <p>開発した磁気特性測定技術を用いて、応力及び高温の複合環境下における永久磁石の結晶状態の分析評価を行うとともに、リアルタイムに減磁領域の観察を行い、磁気特性評価と磁区変化を検証した。また、モーター実使用時を想定した永久磁石の渦電流損失の測定と解析を行い、永久磁石の損失評価・解析方法の高精度化と、新材料のモーター適用に向けて、モーター損失解析精度向上のための要素検討を行った。</p> <p>(株式会社明電舎)</p> <p>新規磁石材料の実装によるモーターの高効率化を実現するため、モーター損失の分離・評価装置を製作した。本装置の機能および動作検証として、ステータコア焼き嵌め状態の模擬機構の機能検証と高速回転時の機械損測定を実施した。また高効率モーターの検討では、永久磁石式モーターの高効率範囲を拡大するため可変磁束モーターに着目し、概略検討にて構想の有効性を確認した。</p> | |
| | 投稿論文 | 「査読付き」69件、「その他」42件（2019年3月31日現在） |
| | 特許 | 「出願済」157件、「登録」30件（うち国際出願54件） （2019年3月31日現在） |
| | その他の外部発表 （プレス発表等） | 6件（2019年3月31日現在） |
| 4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて | <p>磁石材料開発とモーターシミュレーション技術開発が同時に進行している中で、見込まれる高性能磁石特性をいち早くモーターシミュレーションに適用し、高効率化への可能性を示してきている。早期に磁石化ができた材料については、実用化を想定した知財調査を基にした戦略的な知財確保（材料特性を生かしたモーター設計）を行い、材料開発、モーターシミュレーションならびにモーター試作による確認、知財確保を一体的に進める取り組みを始めており、早期実用化の目途を立てる。</p> <p>また、開発した磁石の磁気特性に応じて、モーター化が可能な分野から実績を積むことも検討する。</p> <p>国際標準化を目指すテーマについては、着実に進めることができるように、委員会を設置し、国内のステークホルダーの意見を取り入れるとともに、国外の標準化委員との意見交換も行っているところ。</p> <p>希土類元素を取り巻く状況を常に把握し、次世代自動車の世界的な取り組みに対する。市場規模の拡大について、各調査機関の予測を基に将来の需要予測を行い、早期に実用化を図る必要を明らかにしてきている。</p> | |
| 5. 基本計画に関する事項 | 作成時期 | 2014年3月 作成 |
| | 変更履歴 | 2014年5月 改訂 |
| | 変更履歴 | 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） |
| | 変更履歴 | 2017年2月 改定（第2期開始に伴う見直し） |
| | 変更履歴 | 2017年9月 改定（PMの変更に伴う見直し） |

プロジェクト用語集

| 用語 | 説明 |
|------------------|--|
| IPM モーター | 埋込磁石構造型同期モーター (Interior Permanent Magnet Motor) でロータ鉄心に永久磁石を埋め込んだ永久磁石形の同期モーター。 |
| J-H 曲線 | 磁性体に様々な外部磁場を与えて得られる, 外部磁場と磁性体の磁化量の関係を示す曲線。磁石の場合には通常, 菱形のヒステリシスループを描く。 |
| PWM 制御 | パルス幅変調方式 (PWM: Pulse Width Modulation) で直流電源のスイッチの ON している時間と OFF している時間との割合 (デューティー比) で, モーターを制御する方式。 |
| VSM | 試料振動型磁力計 (Vibrating Sample Magnetometer)。 |
| インバータ | 直流電力から交流電力へ電氣的に変換する電源回路。モーターの可変速運転が可能となる。 |
| コンバータ | 交流電力から直流電力へ電氣的に変換する装置。 |
| サーチコイル | 交流磁界を測定する空心状のコイルを用いた測定用コイル。コイルに鎖交する磁界により発生する誘起電圧から磁束を測定する。 |
| トルク検出器 | モーターと負荷との間に入れて, モーターが発生しているトルクを直接測定する装置。 |
| パルス | 短時間に急峻な変化をする信号の総称。脈動。 |
| マグネットトルク | ステータ巻線を通る電流によって作られる回転磁界とロータの永久磁石とが引き付け合う力。 |
| リラクタンストルク | ステータ巻線を通る電流によって作られる回転磁界とロータの表面鉄心とが引き付け合う力。 |
| 異方性磁石 (粉末) | 磁石には, 磁化容易軸という磁化されやすい結晶方向があり, その結晶方向を揃えることにより一方向のみに高い磁石特性を付与した磁石 (粉末)。 |
| 可変磁力モーター | モーターのトルクを発生させるための磁界, たとえば, 永久磁石の磁界を可変することができるモーター。 |
| 界磁コイル | モーターのトルクを発生させるための磁界を発生させるコイル。 |
| 拡散処理 | NdCuAl 微粉末を d-HDDR 処理後の NdFeB 磁粉に混合して熱処理する方法。この結果 NdCuAl の粒界拡散が起こり, Nd リッチ粒界相が形成され保磁力が向上する。 |
| 最大エネルギー積 (BHmax) | 単位体積当たりの磁気エネルギー。 |
| 残留磁化 | 磁石に磁場をかけて磁化させたのち, 磁場を除いても磁石内部に残る磁場。J-H 曲線における外部磁場ゼロの時の磁化量をとる。 |
| 磁化 | 磁化は物質に磁界を加えたとき, 物質の表面に磁極が生じ, 一時的に磁石のようになること。 |
| 磁化反転 | 磁場や電流によって永久磁石の N 極 S 極が逆になる現象。 |
| 焼結 | 粉末を融点よりも低い温度で加熱すると固まって緻密なバルクにする材料加工法。磁石分野では, 高保磁力を発現できる微細な結晶粒からなる磁石を作製するための主要プロセス。 |
| 超格子 | 複数の種類の結晶格子の重ね合わせにより, その周期構造が基本単位格子より長くなった結晶格子のこと。X 線回折 (XRD) や電子線回折 (ED) 等にて確認することができる。 |
| 通電焼結 | 粉末に直接電流を流すことにより加熱する焼結方法。通常の焼結法に比べて低熱負荷で焼結することができる。 |
| 鉄損 | モーターの鉄心に発生する損失。ヒステリシス損失と渦電流損失がある。 |
| 転極 | 磁石内部で N 極と S 極が反転する現象。 |
| 配向度 | 各結晶粒子が磁氣的に同じ向きに向いている割合のこと。配向度が高いと最大エネルギー積も高い。 |

| | |
|------|--|
| 保磁力 | 保磁力は磁化された方向と反対方向の磁場に対する抵抗力。保磁力が高いと耐熱性も高い。 |
| 飽和磁化 | 外部磁場の強さを増しても、それ以上磁化が増大しない状態に達した時の磁化の強さ。J-H 曲線における磁化量の飽和最大値をとる。 |

．事業の位置付け・必要性について

1．事業の背景・目的・位置づけ

1.1 背景

1.1.1 モーターの省エネの必要性

東日本大震災後の原子力発電所の停止以降，国内の電力需給環境においては，発電コストの上昇と発電総量の減少が課題となっている。また，世界的な視野では地球温暖化を抑制するための CO₂ 排出量削減という大きな課題もある。

図 1 に示すように，現在の国内電力の約 55%はモーターで消費されており，その利用分野も自動車，家電，産業分野など幅広い。モーターの高効率化により消費電力の削減が実現すれば，我が国の電力需給の改善及び CO₂ 排出量の削減に大きく寄与する。さらに，高効率モーターの開発により，HEV や EV 等の次世代自動車の燃費改善や，家電や産業機器の消費電力削減による性能向上が図られ，日本の産業競争力の更なる強化，ならびに経済の活性化が促進される。

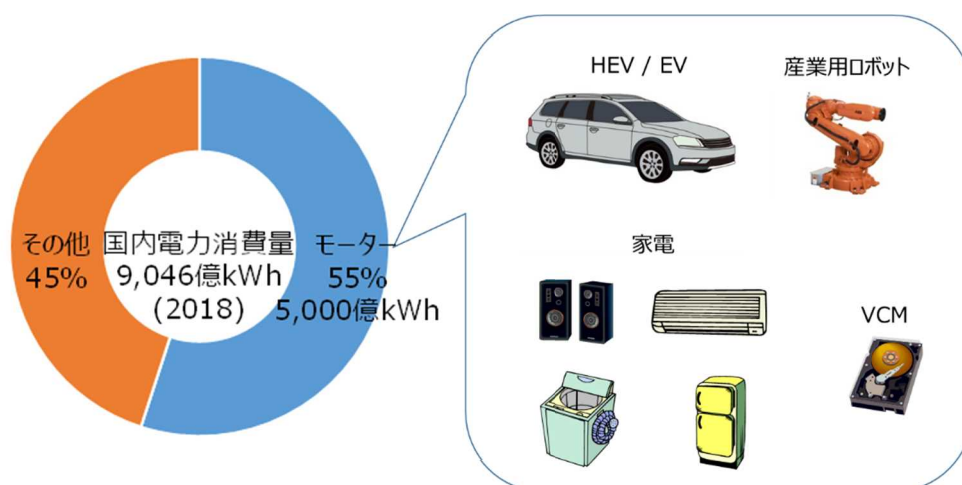


図 1 国内電力消費量の内訳とモーターの利用分野

図 2 に示すように，モーターの主要構成材料は，磁石と軟磁性体であり，それら材料の性能はモーターの高効率化に重要な因子である。

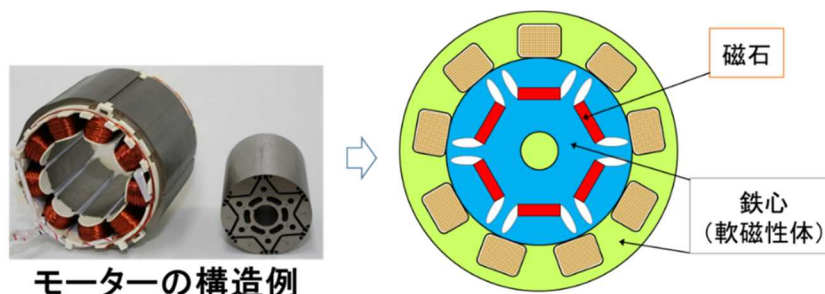


図 2 モーター構造の模式図

本プロジェクトでは，材料技術とモーター設計技術を組み合わせて高効率なモーターを開発し，次世代自動車や家電・産業機器に適用し省エネを達成することを狙いとしている。

1.1.2 今後の磁石の市場予測

ネオジム磁石はその性能の高さから、磁石の新しい市場を生み出し、ハードディスクのボイスコイルモーター（VCM）に始まり、特に永久磁石埋め込み型モーター（IPM モーター）の開発以降、ハイブリッド自動車（HEV）等の次世代自動車、エアコン用インバータモーターといった家電には欠かせない素材となった。

図3にネオジム磁石、希土類磁石の世界需要予測例を示す。ネオジム磁石、希土類磁石の需要は、2030年（平成42年）には現在の2倍強或いはそれ以上に増え、特に風力発電、自動車、家電用途に大きな伸びが予測されている。

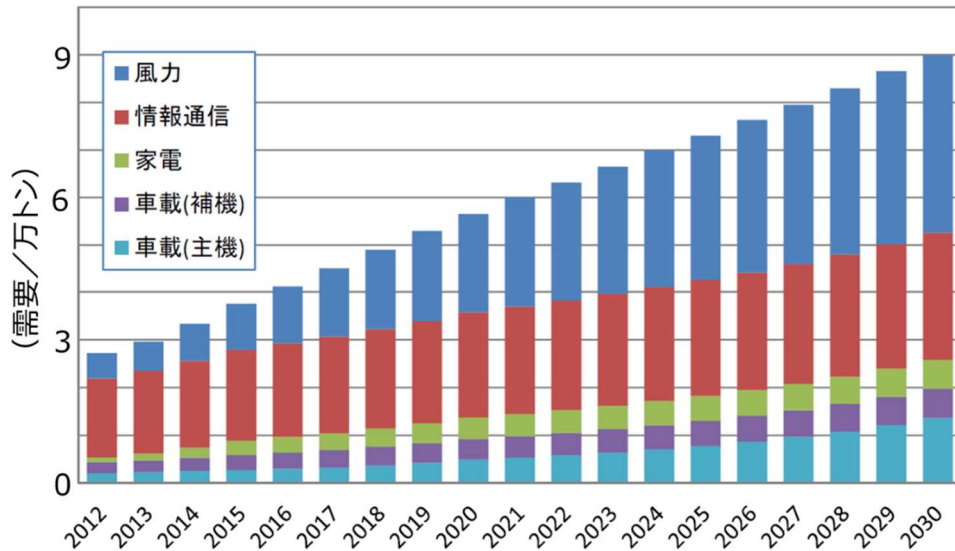


図3 ネオジム磁石の世界需要予測

出典：各種の市場レポート、公開された統計資料より三菱化学テクノリサーチ（MCTR）が推定した

風力発電

風力発電に関しては、ネオジム磁石が発電機1台あたり900kg程度或いはそれ以上と大量に使用されるが、世界の風力発電新規導入量の半分近くを占める中国市場のシェアは、中国メーカーが9割を押さえており、世界市場においても、欧米メーカーと中国メーカーがシェアを競い合っている。

次世代自動車

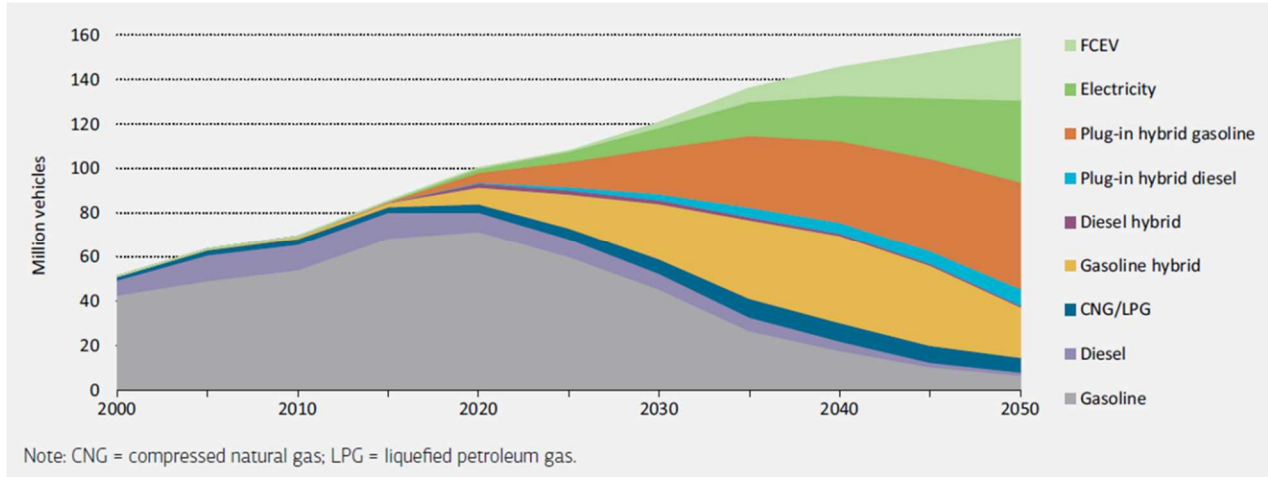
表1に示した次世代自動車であるHEV、PHVやEV、FCVに搭載される駆動用モーターには大量のネオジム磁石が使用されている。

表1 次世代自動車の種類

| | |
|-------------------|---|
| HEV(ハイブリッド車) | 内燃機関エンジンと電気モーターの動力を組み合わせる車 |
| PHV(プラグインハイブリッド車) | 搭載されているバッテリーに外部コンセントから差し込みプラグを用いて直接充電できるハイブリッド車 |
| EV(電気自動車) | 動力源が電気エネルギーで、電気モーターだけで走行する車 |
| FCV(燃料電池車) | 水素を燃料とし排出ガスは水蒸気だけという車 |
| クリーンディーゼル車 | 2010年排出ガス規制(ポスト新長期規制)に適應する、PMやNOxの排出量が少ないディーゼル車 |

出典：経済産業省公表の「次世代自動車戦略2010について」を元に作成

図4に示すように、現在1千万台/年であるxEV（燃料電池車，バッテリー電気自動車，プラグインハイブリッド車，ハイブリッド車の総称）も2030年には6,200万台，2050年には1億5千万台/年になると推計される。xEV 一台あたりに2kgのネオジム磁石が使われるとすると，現在の磁石の世界生産量の約5倍がモーターに必要と言われている。



出典：IEA (2015) Energy Technology Perspectives. All rights reserved.

図4 次世代自動車の世界需要の推移予測

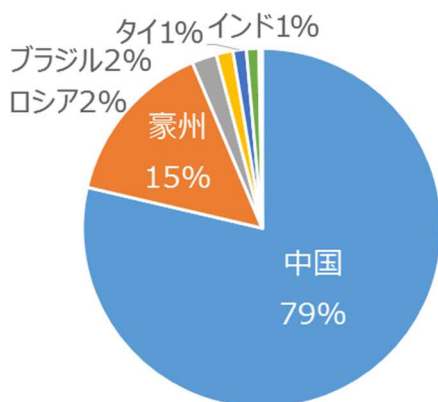
家電

家電向けモーター市場として，主要な白物家電（ルームエアコン，電気冷蔵庫，電気洗濯機，電気掃除機）の，ここ数年の市場成長率は1~2%程度であるが，家電用途では，モーターの小型化のニーズがあるので，磁石材料にも高性能化の要求が高い。

1.1.3 レアアース（希土類）の資源リスク

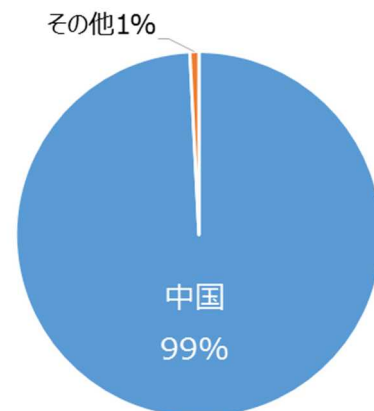
ネオジム焼結磁石をはじめとする高性能磁石の原材料には，レアアース（ネオジム，ジスプロシウム等）が大量に必要であるが，資源の偏在性が高く，特定国がほぼ独占している。

図5で示すように，現状ではレアアースの世界生産量の約8割は特定国に集中していることがわかる。



総生産量：134,000t (酸化物換算、2017)
出典：JOGMEC「鉍物資源マテリアルフロー 2018 8.レアアース」より作成

図5 国別の世界生産量（レアアース）



総生産量：2,300t (酸化物換算、2017)
出典：工業レアメタル 2018 を基に作成

図6 世界供給量の推移（ジスプロシウム）

さらに、次世代自動車向けネオジム磁石に必要な不可欠なジスプロシウムは、ほぼ 100%が一国に集中していることがわかる（図 6）。

従って、現状では特定国の動きによってネオジム磁石に必要なレアアースの需給環境が変化し、日本の磁石産業が深刻な影響を受けるリスクが大きいことが明らかである。

そのリスクの顕在化例として、ネオジムおよびジスプロシウムの輸入価格の推移を図 7 に示す。

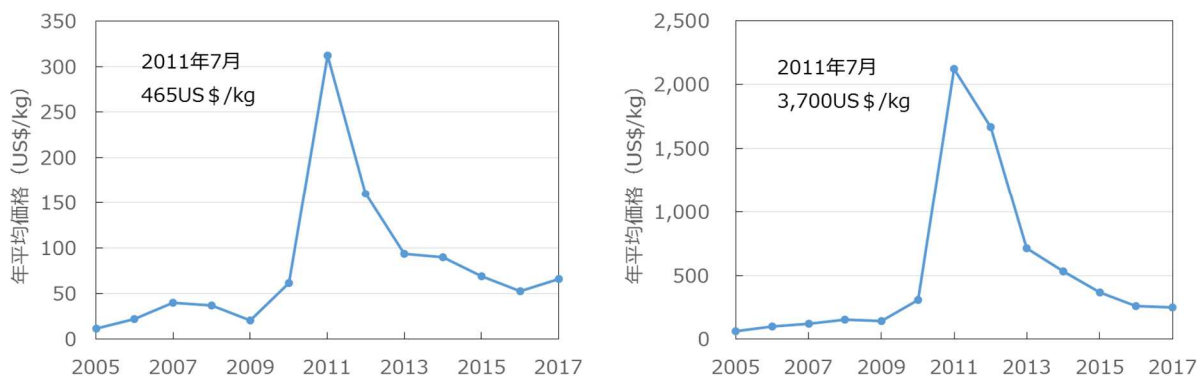


図 7 ネオジム(左), ジスプロシウム(右)の価格動向 (年平均輸入価格 CIF 日本)

出典: 「工業レアメタル 2011, 2013, 2016, 2018」を基に作成

2005 年ではネオジムが 11US\$/kg, ジスプロシウムが 61US\$/kg であったものが特定国の政策により、2011 年（平成 23 年）7 月にはネオジムが 465US\$/kg、ジスプロシウムが 3,700US\$/kg と、それぞれ 40 倍、60 倍の高値となった。

その後の各国の対応や、技術開発により価格は下がったものの、現状でも 2005 年の 4~6 倍程度の高値となっている。

これらのことより、日本にとってレアアースは需給、コストにおいて大きなリスクを抱える資源であることがわかる。

1.2 材料及びモーター開発の現状

1.2.1 磁石材料の現状

(1) 磁石の特性推移

図 8 に 100 年間にわたる磁石の特性推移をまとめる。図に示された磁石のほとんどは、日本で発明されたものであり、高性能磁石の開発は我が国が世界をリードしてきた。特に、1980 年代前半に発明されたネオジム（Nd-Fe-B）磁石は、資源的に豊富なネオジム（Nd）と微量のホウ素（B）を含む鉄（Fe）基の合金であり、史上最強の永久磁石である。発明当時に先行していたサマリウムコバルト（Sm-Co）系磁石よりも安価でより高性能なために、発明後すぐに工業化され高性能磁石市場を席卷した。ネオジム磁石以降、磁化や保磁力などの性能面、原料コストや製造工程なども含めた量産面で、実用的見地から有望な高特性永久磁石は現在に至るまで見いだされていないのが実情である。

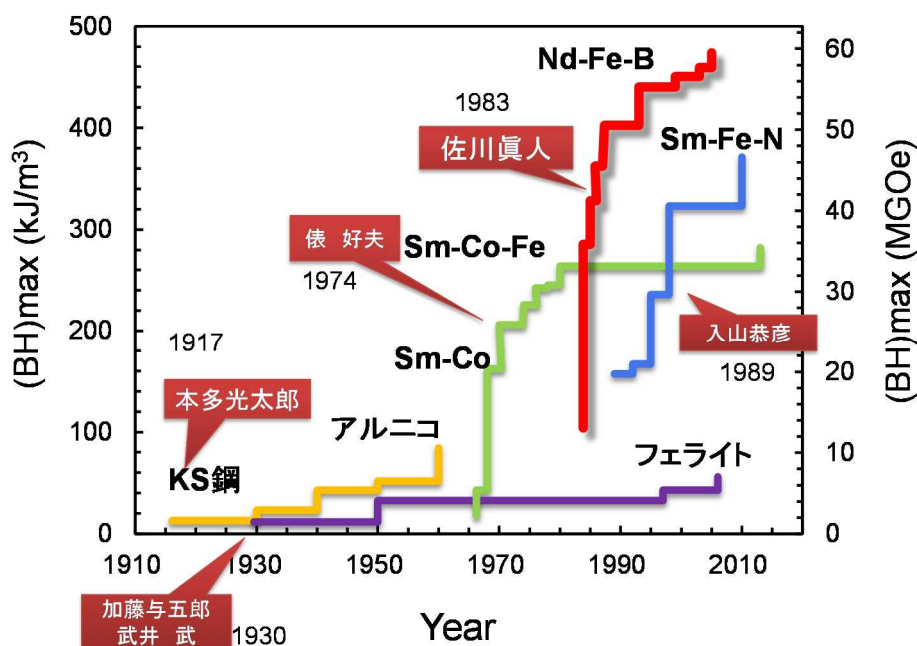


図8 磁石の特性推移

出典：特許、文献を基に産総研が作成

(2) 世界の磁石材料の競合状況

このように発明以来最高性能を誇っているネオジム焼結磁石も、その性能は理論から推定される値にかなり近づいており、従来の延長線上にある技術開発の限界も見え始めている。

表2に世界の高性能磁性材料（軟磁性材料含む）の競合状況をまとめる。研究開発については、ネオジム磁石の開発は、日本がいまだに世界をリードしているものの、中国が近年レベルを上げつつある。また、レアアース（希土類）フリー磁石の開発は、日米欧で盛んに行われている。産業競争力については、中国の存在感が増しており、すでにコスト競争力並びに生産量では日本を上回り、コストが重要視される分野では日本を凌駕する状況にある。

日本が引き続き磁石材料の分野で世界をリードし、産業競争力を維持するために、ネオジム磁石を超える新磁石を開発することが望まれている。

表2 高性能磁性材料（磁石材料&軟磁性材料）の各国の競合状況

| | | 現在の競合状況 | | | | |
|------------|-------|--|---|---|---|---------|
| | | 日本 | 中国 | 米国 | 欧州 | |
| 磁石材料&軟磁性材料 | 研究開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・日本では 180 T 最大エネルギー積が 25MGOe のネオジム磁石が開発されており、優位に立っている。 ・また、2016 年、大同特殊鋼と NIMS は Dy を含まない熱間圧延リング磁石で現状の Dy 添加磁石の 200 T での性能を上回る磁石を開発した。 ・希土類フリー磁石も盛んに開発されている ・高飽和磁束密度で、かつ、低ロスの軟磁性材料として、牧野教授（東北大学）が超高鉄濃度ナノ結晶軟磁性合金を開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・世界一多くの研究者を有し、論文数も他国を圧倒している。 ・研究水準も以前は低かったが、近年レベルを上げてきている。 ・ナノ結晶軟磁性材料の研究開発も行われており、米欧に比べて軟磁性材料の研究開発に積極的 | <ul style="list-style-type: none"> ・DOE のエネルギー革新の拠点として CMII がネオジム磁石の性能向上、Dy フリー化および Fe-Ni-Mn-Al 系等の希土類フリー磁石の開発を実施している。 ・また、ARPA E REACT において Fe-Ni-Mn-Al 系等の希土類フリー磁石、セリウムを使用した新規磁石の開発も実施している。 | <ul style="list-style-type: none"> ・遷移金属を利用したレアアースフリー磁石、軽希土類のみからなる希土類磁石の開発等を行っている。 | |
| | 産業競争力 | 技術力 | <ul style="list-style-type: none"> ・焼結技術の優位性による磁石性能や、品質安定性、および粒界拡散法等の高性能化技術でやリードしているが、中国においても粒界拡散技術の導入が進んでおり技術力の差は急速に縮小しつつある。 ・電磁鋼板がモーター用軟磁性材料の主流で、日本製鉄と JFE スチールの 2 社が世界を主導 ・アモルファスナノ軟磁性材料が製品化されている | <ul style="list-style-type: none"> ・焼結技術は年々進歩しており、品質安定性においても、自動車メーカーに採用され始めている。 ・また、粒界拡散法の導入を進めており着実に技術力を付けてきている。 | <ul style="list-style-type: none"> ・NEOMagnequench 社はネオジム磁石原料の大手メーカーであり、磁石メーカーへ磁石粉を供給している。 | - - - - |
| | | コスト競争力 | <ul style="list-style-type: none"> ・Nd, Dy はほぼ中国一国に頼っており、これらの価格高騰によりコストアップとなる。自動車用モーター等のハイエンド向け磁石以外の市場を奪われる状況が発生している。 | <ul style="list-style-type: none"> ・同一性能であれば日本製に比較して相当程度低価格で供給できる。 ・大量に磁石を使用する風力発電用途等においては、確実にシェアを上げている。 | <ul style="list-style-type: none"> ・Nd を産出する鉱山を有しており原料供給に関しては日本より有利か？ | - - - - |
| | | 生産量(能力) | <ul style="list-style-type: none"> ・国内での Nd-Fe-B 磁石の生産量は 2017 年度で約 13,000 トン程度である。 | <ul style="list-style-type: none"> ・中国国内での Nd-Fe-B 磁石の生産量は 2017 年度で日本の約 5 倍と日本を大きく引き離している。また、生産能力も大きい。 | <ul style="list-style-type: none"> ・焼結磁石を生産する企業は無い。 | - - - - |

1.2.2 軟磁性材料の現状

次世代自動車には、駆動用モーターの鉄心などに軟磁性材料である電磁鋼板が使用されている。これらの軟磁性材料は、使用中に磁束が通ると損失（鉄損）が生じ、熱が発生する。鉄損はモーターの効率低下を伴うだけでなく、放熱部品や冷却装置追加による車両重量やコスト増加（＝航続距離およびコスト競争力の低下）の問題を発生するため、低損失な軟磁性材料の実用化が急務となっている。

軟磁性材料の各国の競合状況は、現在、電磁鋼板がモーター用軟磁性材料の主流であり、電力用変圧器や HEV 等のリアクトルにおいても我が国の日本製鉄と JFE スチールの 2 社が世界を主導している。最新の研究開発では、日本の東北大学が超高鉄濃度ナノ結晶軟磁性合金を開発しており、世界のトップレベルにあり、現在、実用化に向けた技術開発が進展中である。中国でもナノ結晶軟磁性材料の研究開発が活発に行われている(表2 参照)。

1.2.3 高効率モーター開発の現状

表3に日米欧中における自動車用駆動モーターに関する研究開発状況と産業競争力に関する状況をまとめた。

表3 自動車用駆動モーターに関する各国状況

| | | 現在の競合状況 | | | |
|------------|-------|---|--|---|---|
| | | 日本 | 中国 | 米国 | 欧州 |
| 自動車用駆動モーター | 研究開発 | 広範な動作領域での高効率化を目指し、モーターの回転数に応じて磁力(界磁)を制御する可変磁力方式モーターの研究が盛ん。また、REフリーのスイッチトリラクタンスモーター、リアクタンストールクモーター、アモルファス金属を採用したアキシアルギャップモーターの開発も行われている。 | 中国では燃費規制、ZEV規制等により電動化が強力に推進されている。駆動用モーターはEVバス等の公共交通機関向けなども目標になると思われる。風力発電機における欧州からの技術導入のように、日欧米からの技術導入も選択肢の一つになると思われる。 | DOEの支援のもとで、レアアースフリーのEV向け、駆動モーターの研究開発が行われている。テスラ社等により実用化が進展している。 | 「Motor Brain」プロジェクトの中でREフリーのモーターをインバータ等と一体化の研究開発を行っている。 |
| | 技術力 | 小型・軽量で効率に優れる永久磁石式同期モーターの実用化で海外勢に先行している。周辺技術のインバータ制御、二次電池、ハイブリッド技術でも海外勢に先行している。 | 駆動用モーター市場は各社から各様の電動車の普及拡大計画が発表されている。3~5%の燃費改善にもつなげるEPS(電動パワーステアリング)は先行する日欧に加えて中国でも普及が進むと予想されている。EPS向けモーター用の永久磁石市場に中国メーカーが強いので、今後は川下産業のEPSモーターへの参入も考えられる。 | 海外OEM含めテスラ社、GM当実用化され、将来の拡大計画も発表されている。 | ZF社等は、トランスミッション一体モーターを開発。搭載モーターは磁石式、及び誘導モーターの双方。 |
| | 産業競争力 | Dyは中国一國に頼っており、価格高騰によるコストアップが問題視されている。国内車メーカーはDy削減磁石搭載モーターの採用に積極的に取り組んでいる。 | 自国において産出する安価なレアアース(Dy,Nd等)を用いて、日本製に比較して相当程度に低価格なモーター製造のポテンシャルを持つ。 | 日本同様、レアアースの資源リスクあり。 | 技術優位性のあるトランスミッションと一体化したモーターで争うと思われる。 |
| | 生産量能力 | 2013年世界の次世代自動車向け駆動用モーター市場(約318万台)の90%はトップ5社で占めているが、いずれも日本企業であった。 | | | |

産業競争力において、日本は小型・軽量で効率に優れる永久磁石式同期モーター(IPMモーター)の実用化で海外勢に先行している。2013年には世界の自動車駆動用モーター市場(約318万台)の90%は日系トップ5社で占めていたが、中国での電動化の推進により中国メーカーも急速に追いついてきている。研究開発においては、日本では、広範な動作領域での高効率化を目指し、可変磁力方式モーターの研究が盛んに行われている。また、REフリー磁石やアモルファス軟磁性材料を用いた各種モーターの開発も行われている。インバータ化技術やシミュレーションによるモーター設計技術の研

究開発も他国をリードしている。米国では、2014年にGE Global Researchは米国政府DOEのARPA-Eプロジェクト支援で3タイプのモーター（省レアアース磁石モーター、脱レアアース（フェライト）磁石モーター、磁石を使用しないモーター）を試作・評価するところまで来ている。

1.3 今後のモーター及び磁石開発の方向性

本プロジェクトでは、磁石の高性能化への要求が厳しい次世代自動車向けをターゲットにした開発を設定した。次世代自動車向けに使用できる磁石が開発できると、家電用途や風力発電で高性能を要求される用途へも展開を図ることも可能である。

次世代自動車向けのネオジム磁石が抱える大きな課題として、耐熱性の向上が挙げられる。ネオジム、鉄、ボロンからなるネオジム磁石単体では使用温度の上昇により、保磁力低下によって最大エネルギー積が低下する。特に150以上の高温環境下では急激な性能低下により単体では使用できない程の劣化を生じる。

この温度上昇による劣化を改善するため、日本の大手磁石メーカーはジスプロシウム等の重希土類元素をネオジム磁石中に効率的に注入する粒界拡散法という画期的な技術開発に成功した（図9）。自動車の駆動モーターには、一般的にジスプロシウムを使用したネオジム磁石が使用されている。

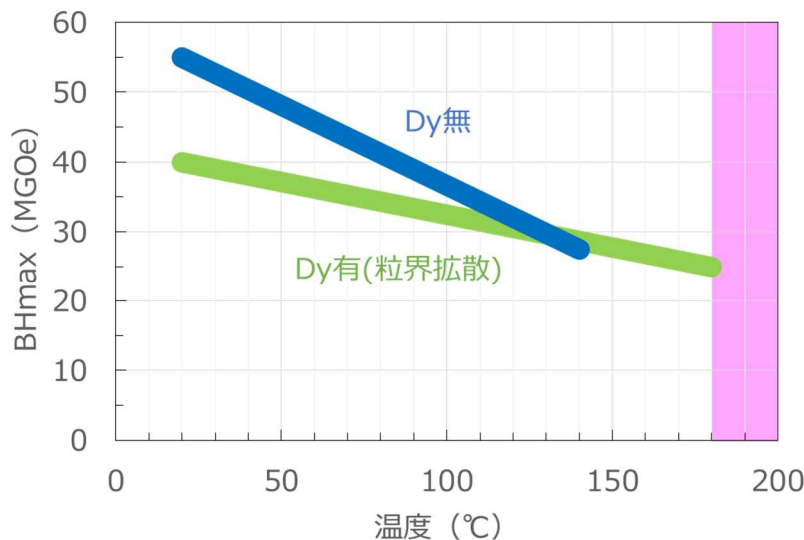


図9 ジスプロシウム添加による耐熱性の向上

しかしながら、ジスプロシウムについては、1.1.3 レアアース（希土類）でも述べたように、地政的に資源リスクが大きく、各社がジスプロシウムを削減した、あるいは使用しない磁石の開発にしのぎを削っている。大同特殊鋼株式会社では、熱間加工法により、一般的な焼結磁石の10分の1程度の微細な結晶粒組織とした重希土類フリーネオジム磁石を開発し、さらに、本田技研工業株式会社が駆動モーター開発を進めることで、重希土類元素を使用しない、ハイブリッド車用駆動モーターに適用可能な高耐熱性、高磁力を実現したネオジム磁石を実用化し、フリードに搭載している（2016年07月12日ニュースリリース）。今後予想されるxEVの急激な増加によるNd需要量の増大や駆動用モーターの小型化、高出力化の要求を鑑みた場合、DyのみならずNdをも削減した上で、耐熱性を向上させるような難易度の高い磁石開発が求められる。

1.4 目的と位置づけ

1.4.1 事業の目的

ネオジム磁石は日本で発明・実用化された史上最強の永久磁石であり、その性能の高さと優れた生産性により、各種モーター等を始めとする広範囲な用途に使用されている。また、エネルギー需給問題への対処という観点から、ネオジム磁石を使用した高効率モーターの重要性は高く、今後も世界的な需要が拡大していくと思われる。一方、ネオジム磁石には、特定国のみが産出するジスプロシウムやネオジム等の原材料が必要であり、資源リスクが極めて高いという課題がある。また、これまで日本は技術・生産の両面で世界をリードしてきたが、近年外国勢が着実に技術力を向上させ、また、コスト競争力と生産量では既に日本を凌駕しているため、日本の産業競争力が失われつつある。

これらの現状を踏まえ、本プロジェクトでは、高性能磁石と低損失な軟磁性体の材料技術とモーター設計技術を組み合わせて高効率なモーターを開発し、次世代自動車や家電・産業機器に適用し省エネを達成することを狙いとしている（図10）。本事業により広範囲に、他国には簡単に真似のできない技術を開発する事で、日本の産業競争力の更なる強化とともに経済の活性化を促進する事を目的としている。

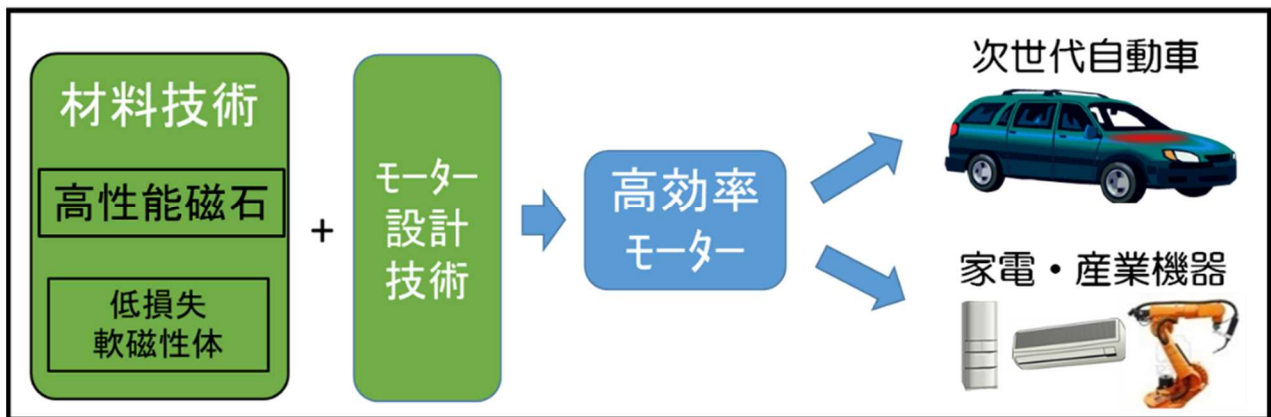


図10 本プロジェクトの目的

2014年にネオジム磁石の基本特許が切れ、周辺特許による優位性確保にも限界が見え、さらに、中国の安価なネオジム磁石が更に大量に製造・販売されることが想定されることから、今のままでは日本のメーカーの産業競争力に影響することが予想される。また、ネオジム磁石にはジスプロシウムを始めとするレアアースの資源リスクがある。ジスプロフリーのネオジム磁石、さらにはレアアースを使わない新磁石材料を開発することが、日本の産業競争力の強化にとって極めて重要である。

一方で、低炭素社会を実現するために、HEVやEVのようにモーターを使用する自動車の生産量がさらに増加することが予想されており、これらの自動車に使用しCO₂削減に寄与するモーターの開発等本プロジェクトの成果が期待されている。

なお、ネオジム磁石の開発状況をまとめると、研究レベルでは日本がリードしており、NEDO等による技術開発プロジェクトで省ジスプロシウム焼結磁石の作製にも成功している。

図11にNEDOプロジェクト(2007~2011年)での研究成果をまとめる。粒径の微細化により、ジスプロシウムの添加なしで耐熱性150まで達成させることができた。従来、6%程度添加が必要で

あった材料のジスプロシウムフリー化が達成できた。しかし、次世代自動車向けに要求される 180 以上の耐熱性については、更なるブレークスルーが必要である。

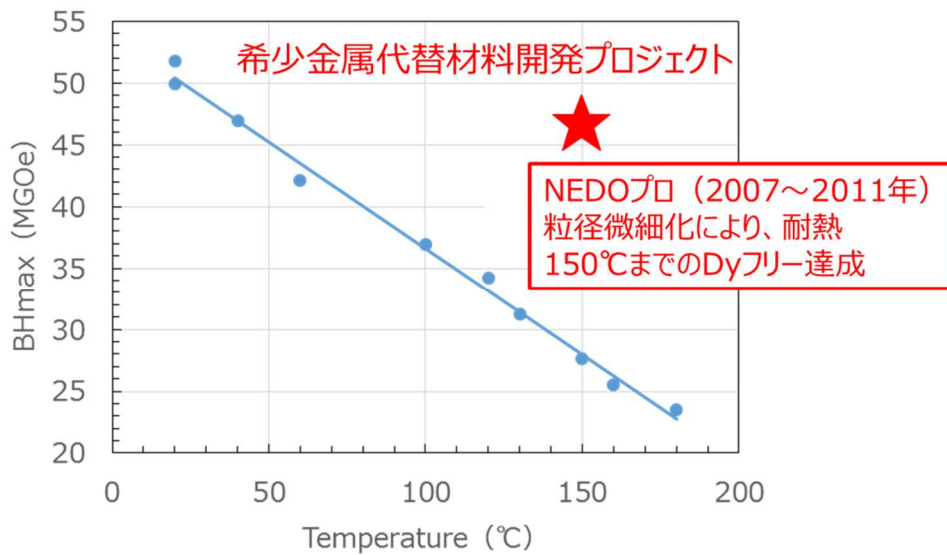


図 1 1 N E D O プロジェクト (2007 ~ 2011 年) での研究成果

のプロットは、不可逆減磁しない保磁力を 10kOe としして日立金属カタログより導出

1.4.2 政策的位置付け

我が国企業の研究開発投資は、近年縮小・低迷が続き、研究開発の「質」も短期的な利益に傾注しており、中長期的な研究開発は失われつつある。このまま、将来の成長の種となる研究開発が停滞すれば、我が国産業競争力の弱体化が懸念される。

世界で勝ち抜く製造業を復活し、戦略産業の育成・社会的課題の解決をするための技術開発を推進するために、基礎研究から実用化まで一貫通貫で推進する必要がある。このため、経済産業省では産業再興の基盤となる革新的な研究開発への集中投資を行い、研究開発の実施に当たっては、府省の枠を超えた連携と産学官の叡智を結集する「未来開拓研究」の枠組を活用し、効果的な推進体制を構築した。現在、「未来開拓研究」には、「革新的触媒」、「革新的バイオプロセス」、「光エレクトロニクス」、そして本プロジェクトである「高効率モーター」が選ばれて取り組んでいる(図 1 2)。

本プロジェクト「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」では、飛躍的な性能向上によるエネルギー・資源問題の解決を目指して、産業の川上から川下までが連携し、日本の産業競争力の強化を目指して取り組んでいる。



図12 未来開拓研究プロジェクト

また、科学技術基本法（平成7年法律第130号）第9条第1項の規定に基づき定められた平成28年度から5か年の第5期科学技術基本計画（2016年1月22日閣議決定）において、第3章 経済・社会的課題への対応、（1）持続的な成長と地域社会の自律的な発展、 エネルギー、資源、食料の安定的な確保、（ ）エネルギーの安定的な確保とエネルギー利用の効率化の中に、我が国のエネルギー源は化石燃料が中心であり、その大半を輸入に頼っていること、エネルギーの効率的な利用を図る必要があること、産業、民生（家庭、業務）及び運輸（車両、船舶、航空機）の各部門において、より一層の省エネルギー技術等の研究開発及び普及を図ることが謳われている。

さらに具体化された科学技術イノベーション総合戦略2017」においては、第3章 経済・社会的課題への対応、（1）持続的な成長と地域社会の自律的な発展、 エネルギー、資源、食料の安定的な確保、（ ）エネルギーバリューチェーンの最適化中に [B] 重きを置くべき課題のうちのエネルギー共通技術における課題の一つとして、「次世代自動車用モーター等に適用される高性能磁石に用いる希少元素を削減若しくは代替する技術を開発する。」と記載されていることから、政策とも合致している。

2. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

2.1 NEDO が関与することの意義

前章で説明したように、資源セキュリティに係る国家的課題に対する開発であること、革新的高性能磁石の開発、さらには、その性能を最大限に生かした高効率モーター設計は難易度が高く開発リスクが非常に高いこと等の観点から N E D O が関与することの意義は大きい。

2.2 実施の効果（費用対効果）

（1）CO₂ 排出量削減（CO₂ 排出削減量 890 万トン／年，電力使用料削減額 3,700 億円／年）

次世代自動車用高性能モーターは、エアコンなどの家電製品、ならびに産業用ロボットなどの産業機器に波及拡大するため、国内電力消費量の約半分を占めるモーター全体の効率を上げることができる。モーター鉄損の低減およびジスプロシウムフリー磁石を用いた高効率モーターへのシフトを考慮した場合、2030 年に年間約 890 万トンの CO₂ 排出量削減が見込まれる。

上記年間 CO₂ 削減量を 890 万トンの約 78% を占める産業機器用モーター（692 万トン）に限っても、低損失化により、年間 240 億 kWh の電力使用料削減に寄与し、金額ベースでは年間約 3,700 億円の削減になる。（0.28kg-CO₂/kWh，15 円/kWh として算出）

（2）市場創出効果（ + 合計 1,100 億円／年）

次世代自動車向け高効率モーター市場（高効率モーター搭載車 90 万台／年，金額換算 500 億円／年）

産業向け高効率モーター市場（600 億円／年）

の結果を両方合わせると、約 1,100 億円／年の高効率モーター市場創出が見込まれる。

表 4 費用対効果のまとめ

| | |
|-----------------------|---------------------------------|
| 本プロジェクトの総費用 | 145 億円（予定） |
| CO ₂ 排出量削減 | CO ₂ 排出削減量 890 万トン／年 |
| | 電力使用料削減額 3,700 億円／年 |
| 市場創出効果 | 約 1,100 億円／年 |

・研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

本研究開発では、大きく 新規高性能磁石の開発、次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発、高効率モーターの開発、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、を研究開発項目に掲げ、それぞれにテーマを設定し、目標値を定めている。図13にプロジェクト開始当初の目標を示す。

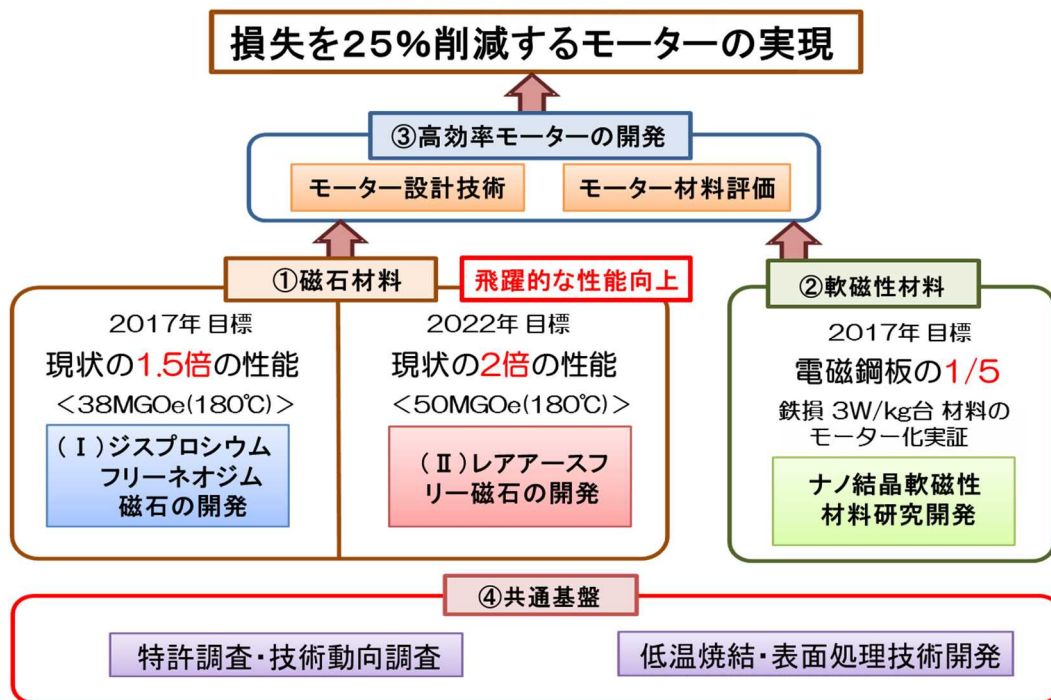


図13 本プロジェクトの目標（第一期）

2016年の第二回中間評価の評価結果を受け、「エネルギー損失を従来モーター（プリウス第三世代モーター）比25%削減する高効率モーターの実現を目指す。」から、損失の低減率を40%へ拡大した。さらに、自動車メーカー、モーターメーカーから選任しているモーターアドバイザーにヒアリングを実施することで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）を自主的に追加した。これは、既存のネオジム磁石の最大エネルギー積（BHmax）を1とし、従来モーター出力密度を1とした場合に、プロジェクト目標であるBHmaxを2倍とすることにより実現可能な出力密度（小型化）である（図14）。両者を合わせ、プロジェクト目標を「従来モーター（プリウス第三世代モーター）比で40%エネルギー損失低減と40%小型化を実現する磁性材料の開発を目指す。」へ変更した（図15）。

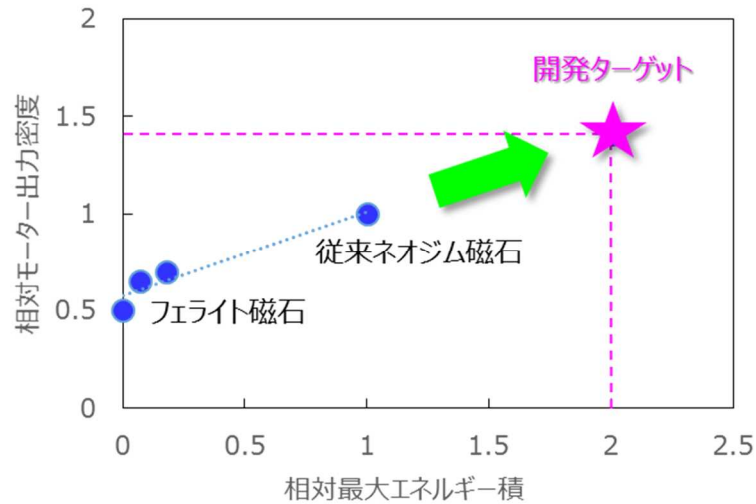


図 1 4 最大エネルギー積とモーター出力密度の関係

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

なお、2017 年度より、国内外の情勢変化を受け、予算が大幅に減額となった。そのため、2016 年度で終了予定であった研究開発項目 - (1)ジスプロシウムを使わないネオジム磁石の高性能化技術開発、テーマ見直しを図る予定であった 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発は終了し、また、2015~2016 年度に研究開発項目 - (3)として実施した「新規高性能磁石材料の探索」において探索した新規高性能磁石材料に関する新規テーマの募集も取りやめた。また、モーターの実機開発も縮小し、代わって、磁性材料の評価・解析技術の開発、開発される磁石・開発された軟磁性材料の特性を生かすモーター設計技術(シミュレーション技術)の開発を - (2)「基盤技術開発」に盛り込み、材料開発は新規高性能磁石開発に特化した。

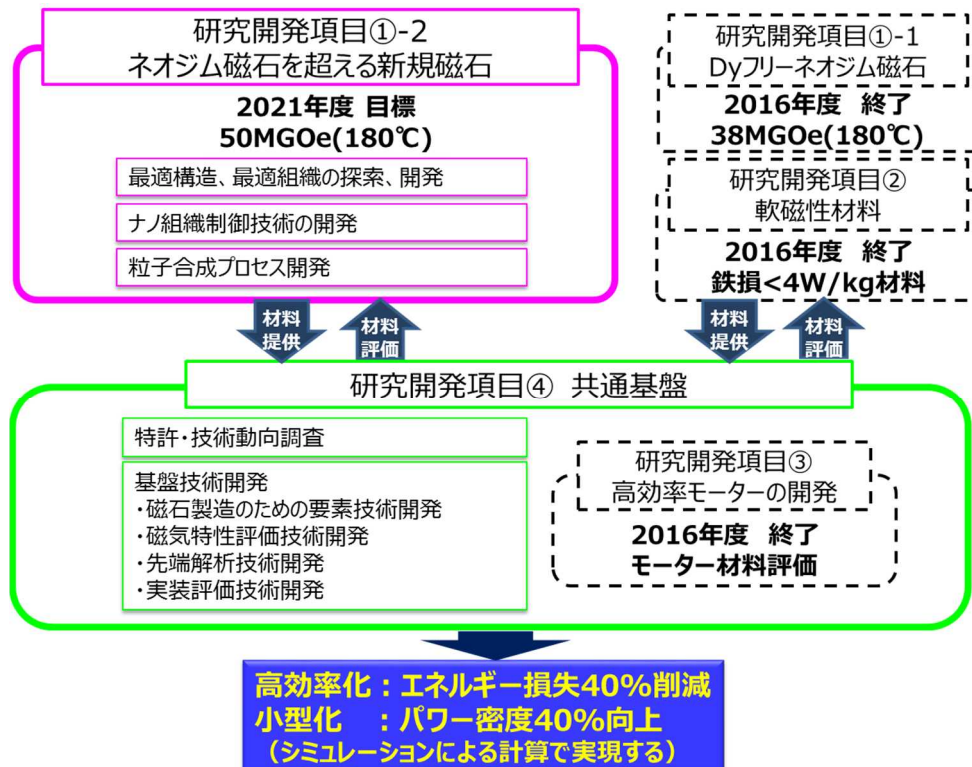


図 1 5 本プロジェクトの目標 (第二期)

1.1 研究開発項目 新規高性能磁石の開発

本プロジェクトでは、次世代自動車向けに要求される耐熱温度 180 の使用化にて使用できる磁石を、まずジスプロシウムフリーで、従来の 1.5 倍の磁気特性を示すものを開発し、さらに 2 倍の特性を示すものを開発することを目指す（図 1 6）。

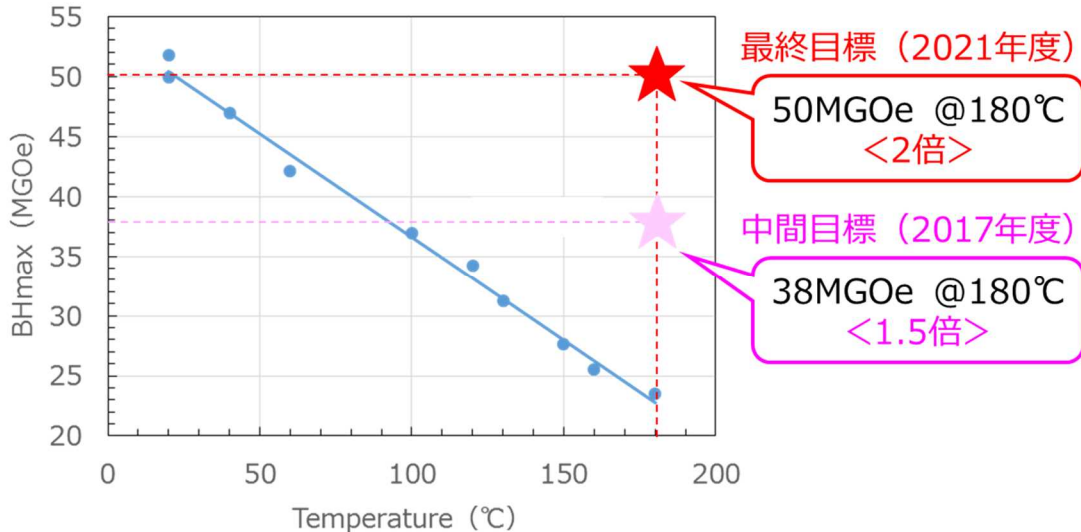


図 1 6 新規高性能磁石の開発

のプロットは、不可逆減磁しない保磁力を 10kOe として日立金属カタログより導出

() 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

【中間目標 (2014 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 1.25 倍の最大エネルギー積「180 において 32MGOe」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。また、以下の各項目について要素技術を確立する。

- ・高配向性微結晶からなる原料合金製造技術
- ・高異方性ナノ結晶粒を有する磁石粉末製造技術
- ・最適粒界形成技術
- ・結晶粒の肥大化を抑制できる焼結固化技術

【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 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立する。

() ネオジム焼結磁石を超える新磁石の開発

本プロジェクトの第二期では、予算が大幅に減額され、2 テーマを終了させた。一方で第一期においては、レアアース(希土類)フリー磁石のみを対象としていたが、第一回中間評価の評価結果を受け、また国内外の情勢変化もあり、省レアアース(Dy, Nd)磁石にも対象を広げて1テーマを追加した。

【中間目標 (2014 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を探索し、その可能性を示す。

【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。ただし、磁石使用温度に関しては、「高効率モーターの開発」の解析・評価結果を反映させる。

【中間目標（2019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」を持つ磁石を実現するために関連する要素技術を開発する。ただし、「180 において保磁力が0.7T」を持つ磁石の見通しを得ることを具体的指標とする。

【最終目標（2021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」を持つ磁石を開発する。

1.2 研究開発項目 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発

本プロジェクトでは、ナノ結晶軟磁性合金をもとに、低損失で高磁化（高Bs）の特性を有する材料を量産できるプロセス技術と複雑形状への成形技術（粉末成形や鋳造成形技術）を開発することを目指して取り組んでいる。

【中間目標（2014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見通しを得る。また、モーターとしての省エネ化を検証する。また、以下の各項目について要素技術を確立する。

- ・超急冷粉末アトマイズ技術，粉末熱処理技術
- ・薄帯積層技術，ナノ結晶素材バルクコア熱処理技術

【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。また、モーターを試作することにより省エネ化を実証する。

1.3 研究開発項目 高効率モーターの開発

本プロジェクトにおいては、図20に示すように、モーター用磁石と軟磁性材料の機能改善、モーター設計技術の開発、インバータ制御技術の開発を行うことによって損失を25%削減するモーターを実現することを目指している。

【中間目標（2014年度末）】

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設計に関する課題の抽出および基本設計指針を示す。また以下の各項目について要素技術を確立する。

- ・高低温減磁試験評価技術
- ・超高精度モーター損失分析評価技術

【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。また以下の各項目について要素技術を確立する。

- ・ 3次元磁石減磁評価試験技術
- ・ インバータとモーターのトータルでの低損失化設計手法技術

1.4 研究開発項目 特許・技術動向調査，事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発

【中間目標（2014年度末）】

（1）「特許・技術動向調査・特許戦略策定支援」

磁石材料，軟磁性材料，モーター設計に関する先行特許調査・技術動向調査を行い，各事業者の～の磁性材料・モーター設計の開発方針の策定に反映させる。

（2）「共通基盤技術の開発」

本研究のそれぞれのテーマにて開発する新規磁性粒子・粉末について材料の焼結性を高めるための，材料毎に応じた表面処理技術を開発する。

【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

- 「（ ）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
- （ ）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」
- 「次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発」
- 「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。

【中間目標（2019年度末）】

（1）特許・技術動向調査・特許戦略策定支援

磁性材料に関する情報センター構築に向けたコンテンツの整備を完了する。

（2）共通基盤技術の開発

- ・ 磁石製造の配向制御、組織制御の技術開発に目処を付ける。
- ・ 磁気特性予測システムの構築に目処を付ける。
- ・ 高保磁力に対応した磁気特性評価技術を開発する。
- ・ 高負荷環境下での磁性材料評価・解析技術を開発する。

【最終目標（2021年度末）】

（1）特許・技術動向調査・特許戦略策定支援

磁性材料に関する情報センターを構築する。

（2）共通基盤技術の開発

- ・ 磁石製造の配向制御、組織制御技術を開発する。
- ・ 磁気特性予測システムを開発する。
- ・ 高速・高精度な磁気特性評価技術を開発する。

- ・モーター実装を想定した評価技術(シミュレーション)を開発する。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

2.1.1 全体計画

プロジェクト開始当初、新磁石の開発については、5年間で取り組むジスプロシウムフリーのネオジム磁石開発と10年間で取り組むレアアース(希土類)フリー磁石のテーマを設定していた。軟磁性材料の開発は5年間で取り組み、第2期では新規テーマを組み入れることを計画していた。また、高効率モーターの開発、並びに特許・技術動向調査、共通基盤技術開発は10年間で取り組み、10年間取り組むテーマについては、5年目の第1期終了時点で、テーマ継続の要否、新規テーマの組み込みの要否を判断し見直しを実施するよう設定していた。

第一回、第二回中間評価結果 2017年度よりの予算の大幅な減額を受け、改編した本プロジェクトの全体計画を図17に示す。

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

図17 プロジェクトの全体計画

2.1.2 第一期(2012年度~2016年度)における各研究開発項目の研究計画内容

2.1.2.1 研究開発項目 新規高性能磁石の開発

()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

(1)「ナノ結晶粒ネオジム焼結磁石開発」

(担当: インターメタリック株式会社 - 共同実施先: 東北大学、物質・材料研究機構 <2015~2016年度>)

ネオジム磁石は、Dyを添加すると耐熱性が向上する一方で、最大エネルギー積が低下する。した

がって、高い耐熱性を保持したまま Dy の添加量を減らすことができれば、磁石の性能は大幅に向上する。これまでに、粉末をマイクロサイズまで微細化することで、Dy 添加量を減らして高い耐熱性を保持できることが明らかにされている。そこで、原料粉末をさらにナノサイズまで微細にする技術の開発及び新たな粉末の組織制御技術を開発し、高性能ナノ結晶粒ネオジム焼結磁石の製造に関する基盤技術を開発する。

(2) 「Dy フリー高 Br・高保磁力を有する NdFeB 異方性 HDDR 磁石開発」

(担当：愛知製鋼株式会社 - 共同実施先：東北大学、九州工業大 <2016 年度 >)

Nd-Fe-B 相に水素を吸収させると、Nd 水素化物、Fe₂B 相、Fe 相に分離し、次に水素を脱離させると Nd-Fe-B 相が再結晶化し、約 300nm のナノ結晶となることが知られている。この技術は HDDR (Hydrogenation(水素化) Disproportionation(不均化) Desorption(脱水素化) Recombination(再結合)) 技術と呼ばれているが、現時点では HDDR を行うとナノ結晶粒の配向性が約 80% (C 軸から約 20° の傾き) となり、完全に揃うことが無く、異方性高性能磁石粉末を製造することが出来ない。そこで、ナノ結晶粒の配向性を 100% 近くまで向上させる技術を開発する。また、最適な粒界相 (幅数 nm) を形成させる技術 (粒界拡散法等) を開発し、さらに、その粉末の特性を落とすことなく高密度固化する技術を開発することで高 Br・高保磁力を有する NdFeB 磁石を実現する。

() ネオジム焼結磁石を超える新磁石の開発

(1) 「窒化鉄ナノ粒子のバルク体化技術研究開発」

(担当：株式会社 T&T イノベーションズ - 共同実施先：広島大学、住友電気工業株式会社 <2012~2014 年度 >、東北大学 <2012~2014 年度 >、秋田大学 <2012~2014 年度 >、京都大学 <2012~2014 年度 >、広島大学 <2012~2014 年度 >、倉敷芸術科学大学 <2012~2014 年度 >)

現存磁性材料で最高の飽和磁化を有し、Nd 系永久磁石代替材料として期待される窒化鉄ナノ磁性粒子の単相分離・生成が見出された。ただナノサイズの磁性粒子をバルク体として加工する技術は世界に存在せず、今後の技術課題克服が必須となる。即ち、現在得られる窒化鉄ナノ磁性粒子を用いて、ナノ磁性粉末の分散及び非磁性層被覆、高密度化、磁氣的な高い配向性・異方性の発現のための技術研究開発を行う。

(2) 「ナノ複相組織制御磁石の研究開発」

(担当：トヨタ自動車株式会社 - 共同実施先：京都大学、東北学院大学、東北大学、静岡理工科大学、高エネルギー加速器研究機構、物質・材料研究機構)

ナノ複相組織制御磁石として代表的な異方性ナノコンポジット磁石は、高保磁力を有する硬磁性相と高残留磁化を有する軟磁性相を数 nm レベルにて複合化し、配向させることにより、室温にて最大エネルギー積 88MGOe を有する磁石が実現可能と予測されている。実際に薄膜磁石による実験から、その可能性は見出されているが、nm オーダーでの複合組織制御は非常に技術難易度が高く、現行の焼結磁石を超える性能を有するナノコンポジット磁石は実験室レベルにおいても実現されていない。そこで高保磁力磁石と高残留磁化材料をナノレベルでコンポジット化し、配向させる技術を開発し、異方性ナノコンポジット磁石の可能性を検討する。更に、最適な軟磁性材料及び磁石材料を探索する。これらを通じ確立した組織制御技術を用い、ナノコンポジットのみならず広範なナノ複相組織制御技術

及び、それを用いた磁石材料の創製を試みる。

(3) 「FeNi 超格子磁石材料の研究開発

(担当：株式会社デンソー - 共同実施先：東北大学，同志社大学<2015～2016年度>，筑波大学<2015～2016年度>，高エネルギー加速器研究機構<2016年度>)

L1₀型 FeNi 規則合金(以下 FeNi 超格子)は鉄隕石の粒界に存在し、通常の不規則 FeNi 合金の1,000倍程度の保磁力を有することが知られている。従来、FeNi 超格子は薄膜形成や巨大歪を導入する等の方法より作製されているが、バルク材を工業的に大量に作製する技術は見出されていない。そこで、FeNi 超格子粉末の新規な合成プロセスを開発して、目標値を満たす成形磁石、及びモーターへの適用を実現させる。

2.1.2.2 研究開発項目 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発

「高Bsナノ結晶軟磁性材料の開発」

(担当：NECトーキン株式会社，JFEスチール株式会社 - 共同実施先：JFE精密株式会社<2015～2016年度>)

近年、高Fe組成のアモルファス薄帯を最適条件にて熱処理し、アモルファス相の中に10nm程度の鉄の結晶を大量に析出させることにより、従来の軟磁性材料の限界線(高飽和磁化<Bs>と低鉄損の相反関係)を超える“高Bs Fe基ナノ結晶磁性材料”が見出された。本材料は、これまでに無い高効率で小型なモーターの創出を可能とする画期的な材料である。

しかし、この優れた特性を実現するためには、高Fe組成の金属を薄帯化あるいは粉化する際に超急冷することでアモルファス化し、さらに急加熱することでナノ結晶化する必要がある(本開発に先立って、東北大学及びNECトーキン株式会社において高Bs薄帯の製造技術「超急冷薄帯製造技術」を開発)。本研究では、もう一つの材料形態である「超急冷却粉末の製造技術(粉化技術)」及び、これを用いた「バルクコア製造技術」を開発する。さらに、2種の超急冷却材料(薄帯及び粉末)で作製したバルクコアを対象に「Fe基ナノ結晶磁性材料の熱処理プロセス開発」を行い、目標の磁気特性達成を目指す。

本テーマでは上記軟磁性材料の開発を進めると共に粉末に関わる分析・評価・解析などを「磁性材料研究開発センター」にて行う。とりわけ、モーター高出力化に関わる「粉末バルクコアの高密度成形技術」及び「結晶構造制御技術」、さらに、磁気損失低減に有効な「粉末粒子表面への修飾(絶縁処理)技術」について磁性材料研究開発センターと共同で開発する。

2.1.2.3 研究開発項目 高効率モーターの開発

「次世代モーター・磁性特性評価技術開発」

(モーター・磁性材料技術開発センター：担当：ダイキン工業株式会社 - 共同実施先：大阪府立大学、名古屋工業大学、豊田工業大学<2015～2016年度>

担当：三菱電機株式会社 - 共同実施先：同志社大学、九州工業大学)

ネオジウム磁石を使用した永久磁石使用モーター(IPMモーター等)は、従来のモーターと比較すると大幅に高効率化されてきている。その為、現行のモーター試験装置では精度の高い損失分析が不可能となってきている。さらに、モーターに組み込まれた磁石の3次元減磁特性試験装置や応力

を考慮した材料の物性評価等，これまで存在していなかった評価手法の確立が必要不可欠となっている。そこで，これら評価試験装置等の開発と評価技術の構築を行う。さらに，これら評価技術を活用しながら，自動車主機用モーター（汎用モーターへの展開も考慮）において，既存・新規磁性材料を用いて，産業競争力がある小型，低損失モーターを開発するための構造設計技術，及びそのモーターを低損失にて駆動できるインバータ制御技術を調査し，その性能・信頼性評価手法を確立し，高効率モーターの研究開発に繋げる。これらの開発はモーター・磁性材料技術開発センターで実施すると共に，モーターアドバイザーとして自動車メーカーや電機メーカーを招き，モーターや磁性材料に対する意見交換を行い，より良い材料開発につなげる。さらに，磁性材料研究開発センターと連携をとり，モーター組込磁性材料の特性評価について最適な評価方法を開発する。

2.1.2.4 研究開発項目 特許・技術動向調査，事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発

() 「特許・技術動向調査・特許戦略策定支援」

(技術調査センター：担当：一般財団法人金属系材料研究開発センター - 再委託 大分大学 <2012 ~ 2014 年度 >)

ネオジム磁石に関する米国基本特許が 2014 年 7 月に切れるにあたり，周辺特許に関するライセンス構造が変化するのではという予測がある。そのようなことから磁性材料からモーターである最終製品までを巻き込んだ特許戦略の議論が必要となっている。そこで，磁性材料開発・モーター設計に関する技術革新の状況，技術競争力の状況と今後の展望についての検討の一助となる特許調査・技術動向調査を行う。

() 「共通基盤技術の開発」

(磁性材料研究開発センター：担当：国立研究開発法人産業技術総合研究所・中部センター - 共同実施先：東北大学，名古屋大学，ファインセラミックスセンター，大阪大学 <2015 ~ 2016 年度 > ，京都大学 <2015 ~ 2016 年度 > ，広島大学 <2015 ~ 2016 年度 > ，東京工業大 <2015 ~ 2016 年度 > ，倉敷芸術科学大学 <2015 ~ 2016 年度 > ，秋田大学 <2015 ~ 2016 年度 > ，高エネルギー加速器研究機構 <2016 年度 > ，物質・材料研究機構 <2016 年度 >)

各テーマはそれぞれの企業に分室を置いて開発を進め，各テーマで共通する基盤的な技術開発や材料開発，分析・評価・解析などを磁性材料研究開発センターにて行う。磁性材料研究開発センターでは，難焼結粉末の高密度焼結を行い高性能磁性材料開発に寄与し，また，焼結性を高めるとともに，保磁力を高めることができるような，結晶構造制御技術，粉末合成技術，粉末への表面修飾技術を開発する。さらに，磁性材料の各種特性計測，分析，評価を行い，統一的な評価基準を明らかにする。また，保磁力機構の解明などそれぞれの磁性材料について基礎的な検討も加える。

() 「新規高性能磁石材料の探索」(2015 年度 ~ 2016 年度)(先導研究委託先：産業技術総合研究所、東北大学、長崎大学、岐阜工業高等専門学校)

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，基本材料の指針を示す。プロジェクト内における先導研究として実施する。

2.1.3 第二期（2017年度～2019年度）における各研究開発項目の研究計画内容

2017年度より、テーマの改編、見直しを行った。第二期における各研究開発項目の研究開発内容を以下に示す。

2.1.3.1 研究開発項目 新規高性能磁石の開発

() ネオジム焼結磁石を超える新磁石の開発

(2) 「ナノ複相組織制御磁石の研究開発」

(担当：トヨタ自動車株式会社 - 共同実施先：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 <2017～2018年度>)

第一期までの調査した結果を基に、50MG0e@180 を達成しうる磁石の開発に具体的に取り組む。

新規物質として、粒界相との複相化により、NdFe_(12-x)Ti_xN_y 磁石の材料開発に本格的に着手する。

新規物質である REFe_(12-x)Ti_xN_y 相(RE:(RE:希土類元素 [Nd,Sm 等], TM:遷移金属)磁石相の組成と物性値の関係を調査し、磁石相としてのポテンシャルを明らかにする。続いて、結晶粒界の改質、及び、微細化について実験検証し、低融点合金を活用した界面制御に取り組み、保磁力、残留磁化の発現を狙う。

さらに、ナノ複相組織制御磁石の中で、セリウム(Ce)、ランタン(La)といった資源リスクの低い軽希土類を活用した高性能磁石の検討を開始する。軽希土類活用を含むナノ複相組織制御磁石高特性化のため実現可能なプロセスを検討する。

加えて、一般にネオジム磁石と呼称される Nd₂Fe₁₄B 系磁石の物性値最大化の手法の確立を目指す。

また、磁気物性の起源解明、保磁力発現機構解明など研究開発の基盤となる原理検証についても引き続き実施する。

(3) 「FeNi 超格子磁石材料の研究開発

(担当：株式会社デンソー - 共同実施先：東北大学，同志社大学，筑波大学，高エネルギー加速器研究機構，日亜化学工業株式会社 <2017～2018年度>)

L1₀ 型 FeNi 規則合金（以下 FeNi 超格子）は鉄隕石の粒界に存在し、通常の不規則 FeNi 合金の1,000倍程度の保磁力を有することが知られている。従来、FeNi 超格子は薄膜形成や巨大歪を導入する等の方法より作製されているが、バルク材にするために必要な磁粉を工業的に大量に作製する技術は見出されていない。そこで、FeNi 超格子粉末の新規な合成プロセスを開発して、目標値を満たす成形磁石、及びモーターへの適用を実現させる。

2.1.3.2 研究開発項目 特許・技術動向調査，事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発

() 「特許・技術動向調査・特許戦略策定支援」

(担当：一般財団法人金属系材料研究開発センター)

ネオジム磁石に関する米国基本特許が2014年7月に切れるにあたり、周辺特許に関するライセンス構造が変化するのではという予測がある。そのようなことから磁性材料からモーターである最終製品までを巻き込んだ特許戦略の議論が必要となっている。そこで、磁性材料開発・モーター設計に関する技術革新の状況、技術競争力の状況と今後の展望についての検討の一助となる特許調査・技術動向調査を行う。

() 「共通基盤技術の開発」

(担当：国立研究開発法人産業技術総合研究所・中部センター - 共同実施先：東北大学，名古屋大学<2017年度>，高エネルギー加速器研究機構，物質・材料研究機構，静岡理工科大学，東栄工業株式会社，長岡技術科学大学<2018～2019年度>
ダイキン工業株式会社 - 共同実施先：大阪府立大学、名古屋工業大学、愛知製鋼株式会社
三菱電機株式会社 - 共同実施先：同志社大学、九州工業大学
株式会社明電舎 - 共同実施先：北海道大学)

磁石製造に関わる要素技術の構築を行う。具体的には、粒子の破壊挙動、粒子の磁場配向挙動等の磁性粉末合成、磁石合成時の挙動について、シミュレーション技術を構築し、予測結果を実験によって検証することによってシミュレーションの高精度化を図る。また、磁石製造時の急冷溶融凝固プロセスにおけるプロセス条件と組織・構造を明らかにする。

また、高速・高精度に高保磁力磁石を測定できる手法の開発を実施し、国際標準化を図る。

さらに、磁気特性予測システムを構築する。

「研究開発項目 高効率モーターの開発」において実施した、低損失モーターを開発するための構造設計技術，及びそのモーターを低損失にて駆動できるインバータ制御技術の調査，その性能・信頼性評価手法およびモーター組込磁性材料の特性評価方法について引き続き検討を実施し、さらにモーターの各種損失の分離・評価に関する調査を行い、モーター設計における高精度のシミュレーション技術の構築を本研究開発項目内にて実施する。

モーターに実装した磁石材料の減磁に関する評価・解析技術を確立する。また、これまでに開発した磁気特性測定技術を用いて、応力及び高温の複合環境下におけるプロジェクト内の開発磁石及び既存磁石について、磁気特性評価と磁区変化を検証し、結晶状態の分析評価を行うとともに、減磁メカニズムを解明する。さらに、モーター実使用時を想定した高温及び応力印加下における永久磁石の損失評価・解析方法の高精度化を図り、磁石の損失を定量化し、新材料のモーター適用に向けた磁性材料のデータを収集する。

新規磁石材料を適用したときのモーター損失を把握するため、磁石の磁気特性や減磁分布の他材料、モーターの損失に与える影響についての分析を行う。低損失モーター駆動し得るインバータ制御技術を確立する。

新規磁石材料の実装によるモーター高効率化を実現するため、モーターの構造や運転条件に起因した損失増加要因を含むモーターの各種損失を分離・評価し、シミュレーションヘフィードバックするとともに、新規磁石材料への目標値を提示する。

新規磁石材料を用いたときの解析による性能評価を実施し、IPM モーター及び新機軸のモーターにおける新規磁石材料の性能を生かした構造設計を実施する。

モーターアドバイザーとして自動車メーカーや電機メーカーを招き、モーターや磁性材料に対する意見交換を行い、より良い材料開発につなげる活動を、第一期に引き続き実施する。

2.1.4 研究開発費

本プロジェクトにおける費用の実績を図18に示す。

| 研究開発項目 | | 第一期 | | | | | 第二期 | | | 合計 |
|---|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|
| | | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | |
| | | ←METI→ | | →NEDO | | | | | | |
| ① 新規 高性能 磁石の 開発 | ①-1 ジスプロシウムを使わな いネオジム磁石の高性 能化技術開発 | 386 | 503 | 588 | 398 | 296 | - | - | - | 2,171 |
| | ①-2 ネオジム焼結磁石を超 える新磁石の開発 | 636 | 1,092 | 1,176 | 618 | 608 | 212 | 237 | 181 | 4,761 |
| ②次世代高効率モーター用高 性能軟磁性材料の開発 | | 220 | 415 | 325 | 436 | 217 | - | - | - | 1,614 |
| ③高効率モーターの開発 | | 212 | 444 | 365 | 313 | 345 | - | - | - | 1,679 |
| ④ 特許・技術動 向調査、事 業化のため の特許戦略策 定支援及び 共通基盤技 術の開発 | ④-1 特許調査・技 術動向調査・ 特許戦略策 定支援 | 54 | 100 | 107 | 91 | 94 | 12 | 21 | 23 | 502 |
| | ④-2 共通基盤技 術の開発 | 312 | 374 | 412 | 503 | 521 | 155 | 249 | 179 | 2,705 |
| 合計 | | 1,820 | 2,928 | 2,972 | 2,360 | 2,080 | 379 | 508 | 383 | 13,431 |

2019年度は予算額

図18 プロジェクトの費用

2.2 . 研究開発の実施体制

NEDO へ移管当初の研究開発の実施体制を図 19 に示す。本研究開発の実施にあたっては、民間企業 9 社、国立研究開発法人 1 社、一般財団法人 1 社で構成される「高性能モーター用磁性材料技術研究組合 (MagHEM)」を設立し、その中に、材料を開発する磁性材料研究開発センター、モーター設計ならびに磁気特性評価・モーター特性評価を行うモーター・磁性材料技術開発センターの 2 つの研究センターを構成して、新規磁性材料からモーターまで一体となって開発に取り組む。これと共に、技術調査センターを設け、磁性材料ならびにモーターの知財調査・技術動向調査を行い、これらを総合して本研究開発を進めることとする。研究開発の責任者 (プロジェクトリーダー) を置き、プロジェクト全体の研究開発を俯瞰し、各センター長がそれぞれのテーマを責任もって進める体制としている。また、研究開発をスムーズに進めるために、技術研究組合に専務理事を置き、技術研究組合の事務的な運営を行う。

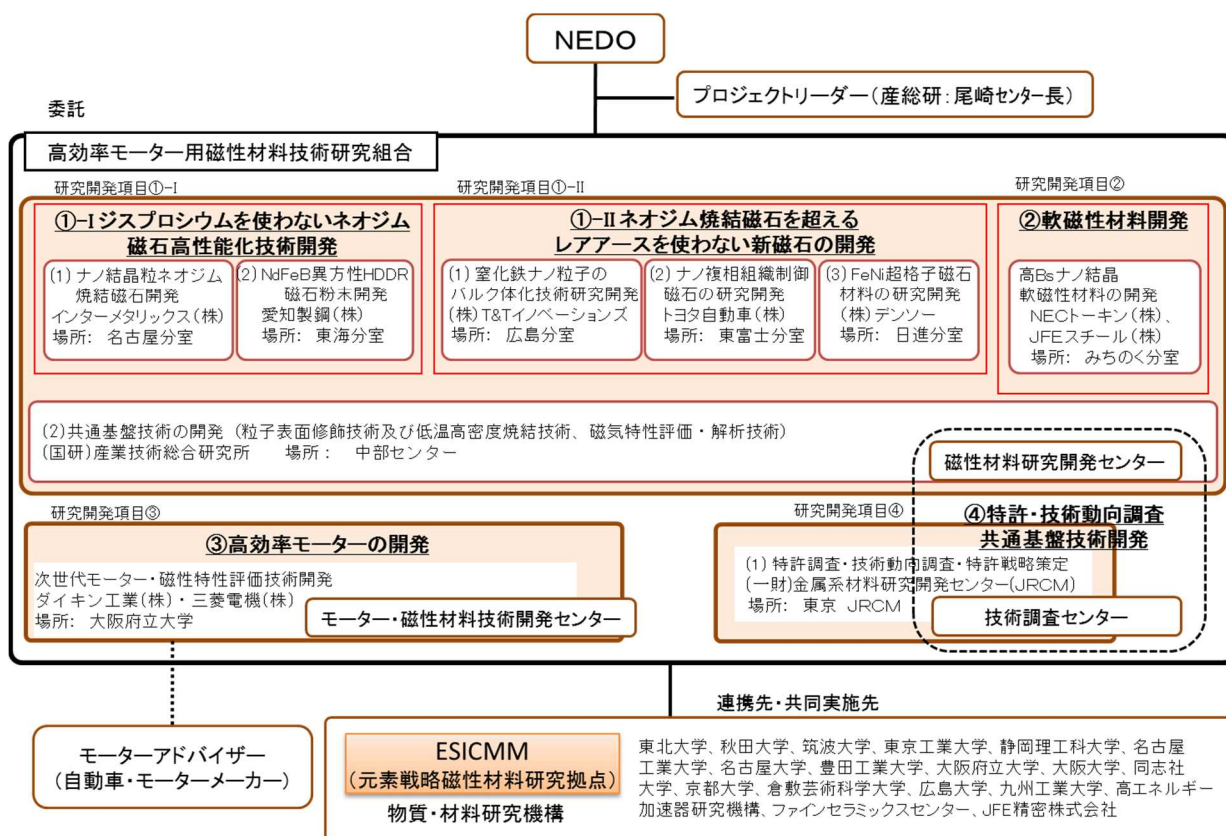


図 19 研究開発の実施体制 (第一期)

2017 年度の予算の大幅な減額によりテーマの改編を行ったことに伴い、研究開発体制も図 19 から図 20 のように変更している。5 社のテーマが終了する一方、新たにモーターメーカー 1 社が参入し、民間企業 5 社、国立研究開発法人 1 社、一般財団法人 1 社の体制で進めている。新規高性能磁石の開発を民間企業 2 社が実施し、新規磁石、第一期で開発された軟磁性材料の特性を生かしたモーター設計を実施するための評価・解析技術、シミュレーション設計技術開発を民間企業 3 社が、また磁石製造の要素技術開発を産総研が実施し、磁石開発、モーター設計技術開発間を繋ぎ、特許・技術動向調査によってバックアップを図る体制へ変更した。なお、予算の減額に伴い維持が難しくなったことが

ら、モーター・磁性材料技術開発センターを解消した。これに合わせ、以下のセンターを分室へと名称変更した。

- ・「モーター・磁性材料技術開発センター」 「大阪分室」、「尼崎分室」
- ・「技術調査センター」 「霞が関分室」

また、有識者としての自動車メーカー、モーターメーカーからのモーターアドバイザーの選任、文部科学省元素戦略磁性材料研究拠点（ESICMM）との連携に変更はなく、さらに、第一期で開発を終了したメーカーとも関係を保ち、プロジェクトに関する意見聴取、第一期において開発した材料の提供を受けられる体制としている。

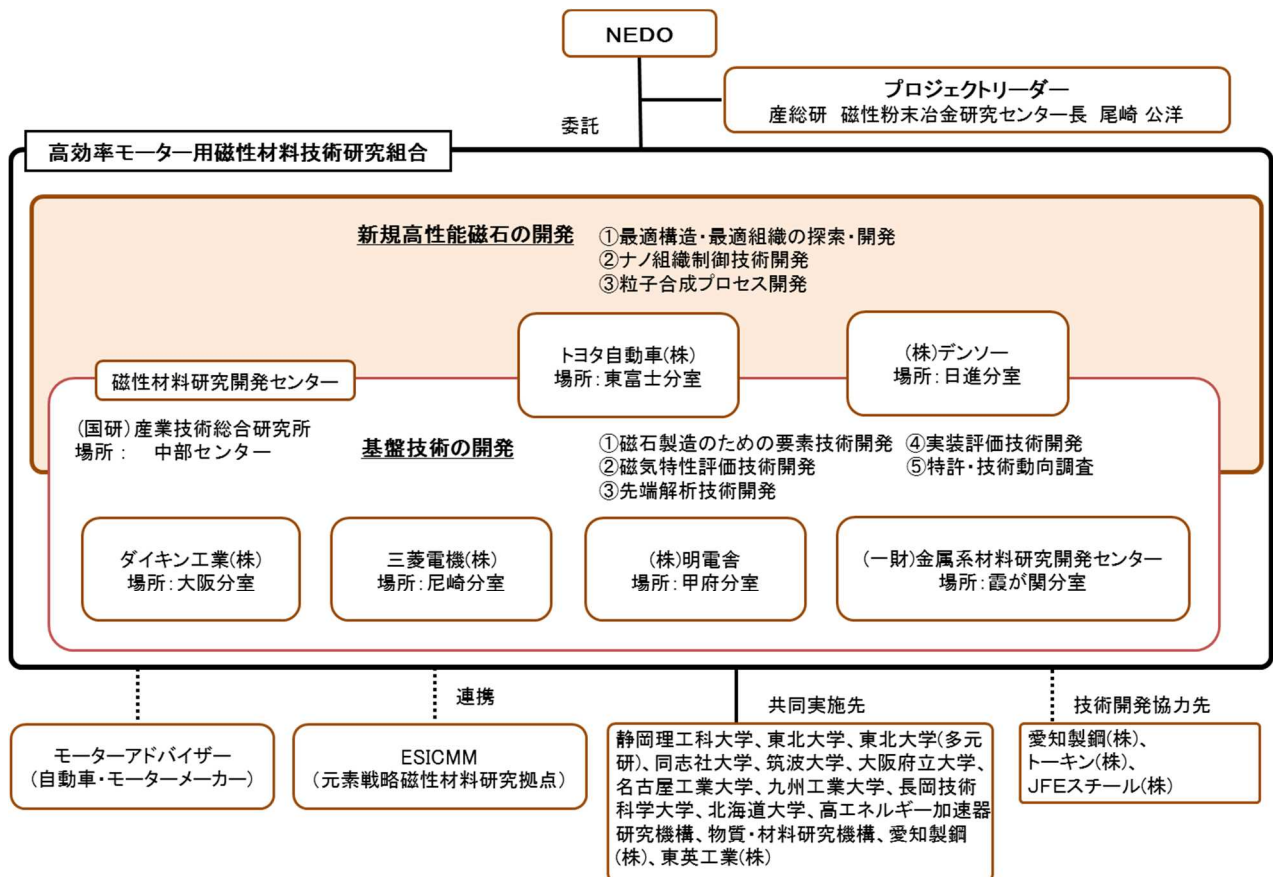


図 2 0 研究開発の実施体制（第二期）

また、本プロジェクトは「未来開拓研究」として、文部科学省の「元素戦略磁性材料拠点(ESICMM)」と連携して、オールジャパンで産官学ドリームチームを形成し、基礎研究から実用化まで一体的に推進できる体制で推進する。図 2 1 に、両省連携の推進体制をまとめる。

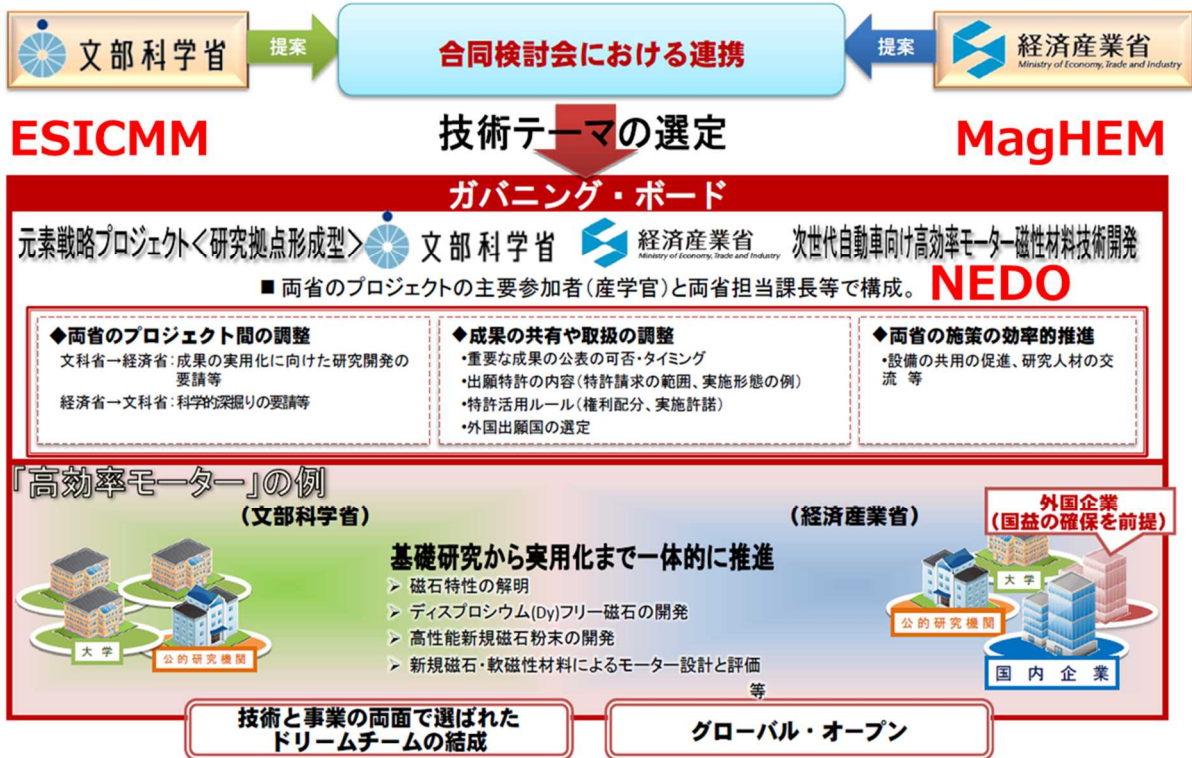


図 2 1 文部科学省元素戦略磁性材料拠点との連携

2.3 研究開発の運営管理

研究開発の進捗状況について、NEDOはプロジェクトリーダー（PL）、専務理事とテーマ毎に1回/四半期に定期的なヒアリングを行い、現状の確認と今後の進め方について議論すると共に、運営上の問題点などについても意見を集約してきた。また、1回/年以上の頻度で、各分室を訪問し、研究現場の状況を確認している。随時、経済産業省とも連絡を取り、相互の情報交換を行い、研究開発の運営管理を行ってきている。また、NEDOは、PL、専務理事などと密な情報交換を行うと共に、各テーマに対して現状の把握と実用化に向けた取り組みについて確認を行っている。

2.3.1 技術推進委員会

難易度の高い課題に取り組んでいることから、1回/年以上の頻度で外部有識者の意見を聞く機会として、技術推進委員会を実施し、その結果を翌年の実施計画へ反映している。開催実績を表5に示す。

表5 技術推進委員会開催実績

| 開催日 | 開催場所 | 内容 | 参加法人 |
|------------|------|------------------|-----------------------------------|
| 2015/11/26 | NEDO | 進捗報告及び次年度計画について | 経済産業省、NEDO (委託先) MagHEM |
| 2016/11/17 | NEDO | 基本計画変更について | NEDO (委託先) MagHEM |
| 2017/5/10 | NEDO | 明電舎のプロジェクト参加について | 経済産業省、NEDO (委託先) MagHEM 明電舎 |
| 2018/1/24 | NEDO | 進捗報告及び次年度計画について | 経済産業省、NEDO (委託先) MagHEM |
| 2019/1/23 | JRCM | 進捗報告及び次年度計画について | 経済産業省、NEDO (委託先) MagHEM |

なお、本プロジェクトにおける技術推進委員会の委員（外部有識者）リストを表6示す。

表6 技術推進委員会委員リスト

| | 氏名 | 所属 | 役職 | 専門分野 | 備考 |
|---|-------|-----------------------------------|--------------|------|-------------|
| 1 | 大森 賢次 | 日本ボンド磁性材料協会 | 専務理事 | 磁石 | 2015～2018年度 |
| 2 | 徳永 雅亮 | 日本ボンド磁性材料協会 元日立金属 | 理事 | 磁石 | 2015～2018年度 |
| 3 | 山内 清隆 | 日本ボンド磁性材料協会 元日立金属 | 理事 | 軟磁性 | 2017～2018年度 |
| 4 | 堺 和人 | 東洋大学 理工学部電気電子情報工学科 | 教授 | モーター | 2016～2018年度 |
| 5 | 岡崎 靖雄 | 岐阜大学 工学部 機能材料工学科 | 名誉教授 | 軟磁性 | 2016、2017年度 |
| 6 | 松井 信行 | 中部大学 | 理事長付 特任教授 | モーター | 2015年度 |
| 7 | 松浦 裕 | 大阪府立大学 産学協同高度人材育成センター 元日立金属 | 統括コーディネーター | 磁石 | 2015年度 |
| 8 | 山崎 克巳 | 千葉工業大学 工学部電気工学科 | 教授 | モーター | 2015年度 |

2.3.2. テーマ間連携強化と実用化の推進

テーマ間の連携と実用化を推進するためにプロジェクト全体での合宿を行った。それを契機に個別情報交換が進み、モーター試作に向けた材料提供が始まっている。また、センターと各分室の技術交流会により、特許及び最新情報の共有化を図り、深掘りを図った。

これらの対応により、目標達成に向けたテーマ間の連携強化と実用化推進を図った。

<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

外部協力者、モーターアドバイザー、ESICMMからも招請

日時: 2015年7月9～10日 場所: トヨタ自動車(株)研修所 参加者: 40名

2016年10月4～5日 ダイキン工業(株)セミナーハウス 42名

2017年11月21～22日 三菱電機(株)研修施設 41名

2018年11月28～29日 (株)デンソー研修施設 33名

結果: テーマ間連携が進み、分室間での材料提供が促進された。

分室間の個別情報交換が加速した。

外部協力者、モーターアドバイザー、ESICMMから意見を頂くことができた。

そのほか、霞が関分室主導であるが最新の技術動向を共有化するため、技術交流会、技術動向分析会議を実施している。

<霞が関分室（旧技術調査センター）主導の技術交流会>

(1) 霞が関分室 (旧技術調査センター) /大阪分室・尼崎分室 (旧モーター開発センター)・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：大阪分室(旧モーター開発センター) 参加総数：26名

(2) 霞が関分室 (旧技術調査センター) /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) 霞が関分室 (旧技術調査センター) /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

(4) 霞が関分室 (旧技術調査センター) /東富士分室 技術交流会

日時：2016年8月2日(火) 13:30~15:45 場所：トヨタ自動車東富士研究所 参加総数：8名

(5) 霞が関分室/甲府分室 技術交流会

日時：2018年1月18日(木) 13:00~16:30 場所：明電舎 参加総数：8名

(6) 霞が関分室/日進分室 技術交流会

日時：2018年7月11日(水) 15:00~17:00 場所：デンソー先端技術研究所 参加総数：8名

< 霞が関分室主催の技術動向分析会議 >

(1) 第1回技術動向分析会議

日時：2017年7月13日(木) 13:00~16:00 場所：JRCM 参加総数：23名

(2) 第2回技術動向分析会議(分室センター間技術課題検討会等と併催)

日時：2017年11月21日(火) 16:30~18:00、11月22日(水) 9:30~11:30 場所：伊東市三菱電機研修施設 参加総数：40名

(3) 第3回技術動向分析会議

日時：2018年7月25日(水) 13:00~17:15 場所：JRCM 参加総数：24名

(4) 第4回技術動向分析会議

日時：2018年12月20日(木) 13:30~17:00 場所：JRCM 参加総数：19名

2.4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

2.4.1 知的財産権等に関する戦略

材料開発、モーターシミュレーション技術により得られた成果は、リバースエンジニアリングにより再現可能な内容については積極的に特許化し、プロセス、加工条件等特定困難な内容についてはノウハウとして秘匿する方針において、知的財産化を進めている。具体的には、磁石の材料組成・構造やモーターの構造については積極的に特許出願を行い、材料の合成技術やモーター作製時の加工技術については秘匿している。また磁性材料に関する評価・解析技術の開発も行っているが、評価・解析技術については、広く普及させ、社会実装することに意義があることから、権利を取得した上で国際標準化を図ることも視野に入れている。特に本プロジェクトにおいても、高保磁力を有する磁石の高速かつ高精度な特性の評価方法について、国際標準化を図っている最中である（IEC / TC68 / WG5：超電導磁石を用いるVSMによる開磁路の磁気特性測定方法）。

2.4.2 知的財産管理

本プロジェクトにおける委託先である高効率モーター用磁性材料技術研究組合（MagHEM）においても、『次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発』における知的財産権及びサンプルの取扱いに関する規程」を制定している。「未来開拓研究プロジェクトにおける知的財産等の取扱いに関する基本的考え方」、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に則り、すべて委託先に帰属が原則であり、本規定においても、知的財産権は組合員へ帰属することが定められている。

出願に際しては、発明等の内容を詳記した書面、および発明者、当該発明等に係る寄与度や持分比率等に関する意見書を、出願前に技術本部長及び組合専務理事が審査することが規定されている。共同出願等において、当事者以外から異議があった場合、技術本部長（委員長）、審査される発明等に関係するプロジェクト参加者の代表者各1名、専務理事、その他委員長が指名した者による発明審査委員会が設置され、当該出願の要否や発明者、寄与度、持分比、権利の帰属等について審議・認定を行うことが規定されている。

3 情勢変化への対応

本プロジェクトにおける情勢変化への対応を表 8 に示す。

表 8 情勢変化への対応

| 情勢 | 対応 |
|--|--|
| (2014 年度より) 経済産業省による直執行から NEDO へ移管。 | NEDO によるマネジメントへ移行。 |
| (2017 年度より) 第二回中間評価結果を反映。 | 中間評価時の指摘を受け、「エネルギー損失を従来モーター比 25%削減する高効率モーターの実現を目指す。」から、「従来モーター（プリウス第三世代モーター）比で 40%エネルギー損失低減と 40%小型化を実現する磁性材料の開発を目指す。」へ、プロジェクトの目標を変更した。 |
| (2017 年度より) 国内外の情勢変化を受け、予 算が大幅に減額となった。 | <ul style="list-style-type: none"> ・予算減額に伴い、5 年の研究期間で設定していたジスプロシウムフリーのネオジム磁石に関する 2 つのテーマ、また軟磁性材料に代わる新規テーマの募集を取りやめ、材料開発は新規高性能磁石開発の継続に特化した。 ・モーターの実機開発を縮小し、代わって、磁性材料の評価・解析技術の開発・開発される磁石・開発された軟磁性材料の特性を生かすモーター設計技術（シミュレーション技術）の開発を基盤技術開発に盛り込んだ。 |

本プロジェクトは、2012 年に経済産業省の未来開拓研究プロジェクトの一つとして、経済産業省の下で開始された。プロジェクト 3 年目となる 2014 年より NEDO に移管された。

2017 年度には、2. 研究開発マネジメントについて、1. 事業の目標で述べたように、テーマの見直し及び体制の再構築を行った。

4 中間評価結果への対応

また、2014 年度の第一回中間評価での指摘事項を受け表 9 - 1 に示す対応を実施した。

表 9 - 1 第一回中間評価（2014 年）の指摘事項と対応

| 評価のポイント | 反映（対処方針）のポイント |
|--|---|
| プロジェクト全体の最終目標「モーター損失 25%低減」を達成するためには、磁性材料、モーター設計及び制御システム間の役割分担及び連携のシナリオの検討を進めるとともに、プロジェクト後期では個別テーマ間の連携を密にするマネジメントが必要である。 | モーターセンターと磁性材料開発担当者間で連携を密にするマネジメントを行う。 |
| モーター設計に関しては新しい材料として望む特性をさらに明確にする必要がある。 | モーターの仕様を明確にし、必要な材料特性を提示させる。 |
| 希土類元素を使わない新磁石の開発はハードルが高い。添加元素などを使った新しい展開も検討が必要と思われる。 | 添加元素等による特性向上を選択肢の一つとして実施するとともに、希土類フリーに拘らない材料の探索を開始する。 |

さらに、2016 年度の第二回中間評価での指摘事項を受け表 9 - 2 に示す対応を実施した。

表9 - 2 第二回中間評価（2016年）の指摘事項と対応

| 評価のポイント | 反映（対処方針）のポイント |
|---|--|
| 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。 | 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。 |
| 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。 | 引き続き合宿等を通じて連携を強化するとともに、開発磁石のモーター実装に向けた検討を開始した。 |
| 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。 | 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。 |
| 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。 | 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。 |
| 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。 | 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省レアアース（Dy, Nd）に方針を変更した。引き続き開発にフィードバックする。 |
| 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。 | 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。 |
| 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。 | 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期で卒業する企業にも材料提供を継続してもらおう。 |
| 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。 | 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。 |

5 評価に関する事項

本プロジェクトについて、これまでに二回の研究評価委員会による中間評価（外部評価、2014年度、2016年度）を実施している。中間評価における評価項目、評価基準は以下のとおりである。

< 評価項目・評価基準 >

1．事業の位置付け・必要性について

- (1) 事業の目的と妥当性
- (2) NEDOの事業としての妥当性

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
- (2) 研究開発計画の妥当性

3．研究開発成果について

- (1) 研究開発項目の達成度及び研究開発成果の意義
- (2) 成果の普及
- (3) 知的財産権等の確保に向けた取組

4．成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

- (1) 成果の実用化に向けた戦略
- (2) 成果の実用化に向けた具体的取組

(3)研究開発の実施体制の妥当性

(3)成果の実用化の見通し

(4)研究開発の進捗管理の妥当性

(5)知的財産等に関する戦略の妥当性

第一回中間評価（2014年度）における分科会委員を表10-1、第二回中間評価（2016年度）における分科会委員を表10-2に示す。

表10-1 第一回中間評価（2014年度）における分科会委員

| 役割 | 氏名 | 所属、役職 |
|--------|-------|----------------------------|
| 分科会長 | 松井 信行 | 中部大学 理事長付特任教授 |
| 分科会長代理 | 大森 賢次 | 日本ボンド磁性材料協会事務局 専務理事 兼 事務局長 |
| 委員 | 加藤 宏朗 | 山形大学 大学院理工学研究科 数物学分野 教授 |
| 委員 | 徳永 雅亮 | 明治大学 理工学部 兼任講師 |
| 委員 | 丸山 正明 | 元日経 BP プロデューサー 技術ジャーナリスト |
| 委員 | 山元 洋 | 明治大学 名誉教授 |

表10-2 第二回中間評価（2016年度）における分科会委員

| 役割 | 氏名 | 所属、役職 |
|--------|--------|----------------------------|
| 分科会長 | 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 | 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 |

．研究開発成果について

1．事業全体の成果

本プロジェクトで、現在までに生み出された知的財産権，論文投稿，学会等での発表等の実績を表11にまとめる。

表11 知的財産権，成果の公表実績

| | 2012 年度 | 2013 年度 | 2014 年度 | 2015 年度 | 2016 年度 | 2017 年度 | 2018 年度 | 総計 |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------|
| 特許出願 (うち外国出願) | 0 | 10(0) | 22(4) | 37(13) | 44(19) | 35(15) | 36(24) | 184(75) |
| 論文* | 0 | 6 | 19 | 20 | 11 | 13 | 4 | 73 |
| 研究発表・講演 | 5 | 50 | 80 | 91 | 95 | 71 | 64 | 456 |
| 受賞実績 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 6 |
| 新聞・雑誌等への掲載 | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 | 2 | 5 | 15 |
| 展示会への出展 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 10 |

*査読付き

2019年3月31日現在

2．研究開発項目毎の成果

2017年度にテーマの見直し、改編を実施したため、成果を第一期（2012～2016年度）、第二期（2017～2019年度）に分けて記載する。

2.1 第一期（2012～2016年度）

2.1.1 研究開発項目 新規高性能磁石の開発

（ ）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

（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】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立する。

【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ことが必要。

（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）

【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立する。

【開発成果】評価（ ）

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。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。

() 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

(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)

【中間目標】現在の耐熱性ジスプロシウム含有ネオジム焼結磁石の 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。

【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), ポンド磁石として 1.0 ~ 1.4T となる磁石を開発目標とする。

(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)

【中間目標】現在の耐熱性ジスプロシウム含有ネオジム焼結磁石の 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。

【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。

(3) FeNi 超格子磁石材料の研究開発(株式会社デンソー)

【中間目標】現在の耐熱性ジスプロシウム含有ネオジム焼結磁石の 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。

【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 (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。

2.1.2 研究開発項目 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発

「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)

【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。

【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。

2.1.3 研究開発項目 高効率モーターの開発

(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)

【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。

【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。

(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)

【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。

【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。

2.1.4 研究開発項目 特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発

(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)

【中間目標(2016年度末)】

「()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

()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」

「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「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。

【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。

(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)

【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

評を行う。

【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。

(3) 「新規高性能磁石材料の探索」

【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。

【開発成果】評価（ ）

第2期に取り組む新規テーマの候補として，磁石ならびに軟磁性材料の先導研究を公募し，2016年度は，表12に示す7件の研究シーズの育成に取り組んでいる。

表12 第2期に向けた新規材料候補の先導研究(2015~2016年度)

| | 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 |

2.2 第二期(2017~2019年度)

2.2.1 研究開発項目 新規高性能磁石の開発

【中間目標】

現在の耐熱性ジスプロシウム含有ネオジム焼結磁石の2倍の最大エネルギー積「180において50MG0e」を持つ磁石を実現するために関連する要素技術を開発する。ただし、「180において保磁力が0.7T」を持つ磁石の見通しを得ることを具体的指標とする。

【開発成果】評価（ ）(2019年度末達成見込み)

研究開発項目 - 2 - 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）

新規物質である $REFe_{12-x}TM_xN_y$ 相 (RE: 希土類元素 [Nd, Sm 等], TM: 遷移金属) について、実験結果を元に機械学習を行い物性に対する結晶構造や組成の寄与度を明らかにすることで、磁気物性を最適化し、さらに、プロセスを検討し、磁石化に向けた取り組みを実施した。具体的には、低融点合金を活用した界面制御などにより、焼結磁石相当の結晶粒径を有する粉末で保磁力発現することを確認した。また、軽希土類活用を含むナノ複相組織制御磁石の高特性化に向けたプロセスを検討し、磁石粉末のバルク化などの要素技術を確認するとともに、目的に応じて Nd 含有量を 20~50% 低減できる省 Nd 耐熱磁石の研究に目途を付けた。

研究開発項目 - 2 - 3 FeNi 超格子磁石材料の研究開発（株式会社デンソー）

窒化・脱窒素法により合成に成功した FeNi 超格子粉末の磁気特性向上に取り組み、合成条件を改良することで、FeNi 超格子の高純度化に成功し、保磁力の向上を確認した。さらに、FeNi 超格子磁粉の保磁力向上を狙い、磁粉粒子内のナノ構造の改善に取り組んだ。合成条件を変化させることで、従来よりも高い規則性を持った FeNi 超格子磁粉の合成に成功し、保磁力の改善が確認された。量産を想定した磁粉合成プロセスの開発を実施した。低コスト原材料の課題抽出を行なった。粒内の不純物が超格子の磁気特性に悪影響を及ぼすことを明らかにした。

2.2.2 研究開発項目 特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発

研究開発項目 - 1 特許調査・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）

【中間目標】磁性材料に関する情報センター構築に向けたコンテンツの整備を完了する。

【開発成果】評価 (○)

磁石材料を中心とした最新の特許調査・技術動向調査を実施した。平成 28 年以降に公開された国内、中国、米国、欧州の磁石材料の特許、国内の永久磁石モーターの特許調査を行った。国内学会、国際会議などに参加して関連分野の発表動向・技術動向を調査し、その情報を共有化した。さらに、本プロジェクトのバックグラウンド情報として、希土類原料供給動向、磁石市場動向についての情報収集を行った。

研究開発項目 - 2 共通基盤技術の開発

【中間目標】

- ・磁石製造の配向制御、組織制御の技術開発に目処を付ける。
- ・磁気特性予測システムの構築に目処を付ける。
- ・高保磁力に対応した磁気特性評価技術を開発する。
- ・高負荷環境下での磁性材料評価・解析技術を開発する。

【開発成果】

- ・磁石製造の配向制御、組織制御の技術開発に目処を付ける。評価 () (2019 年度未達成見込み)

- ・磁気特性予測システムの構築に目処を付ける。評価（○）
- ・高保磁力に対応した磁気特性評価技術を開発する。（○）
- ・高負荷環境下での磁性材料評価・解析技術を開発する。（ ）

（国立研究開発法人産業技術総合研究所）

粒子の磁場配向挙動を計算シミュレーションによる予測と実験により検証した。加えて、粒子の破壊挙動の計算シミュレーションと実験による検証を行った。急凝固組織ならびに強加工による組織の異方化について検証を行った。また、高速・高精度に高保磁力磁石を測定できる手法の開発と標準化に向けた取り組みを行った。さらに、磁気特性予測システムの構築を目指した基盤研究を進めた。

（ダイキン工業株式会社）

モーター実装時に求められる新規磁石材料への目標値提示のための検討として、平成 28 年度までに確立した減磁評価技術を適用した時の課題を抽出し、対策のための磁石材料の各種物性値の取得を行った。また、新規磁石材料を適用したときのモーター損失を把握するため、開発した分析評価装置を用い、磁石の磁気特性が軟磁性材料の損失、及びインバータに及ぼす影響を分析し、課題を抽出した。磁石材料の磁気特性、物理特性（磁石の熱伝導率、電気抵抗、密度）を大きく変化させたときの減磁解析検討、及び、減磁分布の簡易測定手法の課題解決案検討を行った。また、磁石の磁気特性を変更した際の局所的なモーター損失解析の検証を行い、IPM モーター及び可変磁力モーターにおいては、新規磁石材料の性能を生かすための構造設計検討を実施し、解析において目標達成の目処を得た。さらに、非線形磁気特性減磁曲線を持つ磁石を実装したモーターの解析を行い、課題抽出を行った。

（三菱電機株式会社）

開発した磁気特性測定技術を用いて、応力及び高温の複合環境下における永久磁石の結晶状態の分析評価を行うとともに、リアルタイムに減磁領域の観察を行い、磁気特性評価と磁区変化を検証した。また、モーター実使用時を想定した永久磁石の渦電流損失の測定と解析を行い、永久磁石の損失評価・解析方法の高精度化と、新材料のモーター適用に向けて、モーター損失解析精度向上のための要素検討を行った。

（株式会社明電舎）

新規磁石材料の実装によるモーターの高効率化を実現するため、モーター損失の分離・評価装置を製作した。本装置の機能および動作検証として、ステータコア焼き嵌め状態の模擬機構の機能検証と高速回転時の機械損測定を実施した。また高効率モーターの検討では、永久磁石式モーターの高効率範囲を拡大するため可変磁束モーターに着目し、概略検討にて構想の有効性を確認した。

・成果の実用化に向けての取組及び見通しについて

本事業における「実用化」の考え方は以下の通りである。

当該研究開発に係る試作品、シミュレーション技術、解析技術などの社会的利用(顧客への提供等)が開始されることをいう。

1. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

磁石材料開発とモーターシミュレーション技術開発が同時に進行している中で、見込まれる高性能磁石特性をいち早くモーターシミュレーションに適用し、高効率化への可能性を示してきている。早期に磁石化ができた材料については、実用化を想定した知財調査を基にした戦略的な知財確保(材料特性を生かしたモーター設計)を行い、材料開発、モーターシミュレーションならびにモーター試作による確認、知財確保を一体的に進める取り組みを始めており、早期実用化の目途を立てる。

また、開発した磁石の磁気特性に応じて、モーター化が可能な分野から実績を積むことも検討する。国際標準化を目指すテーマについては、着実に進めることができるように、委員会を設置し、国内のステークホルダーの意見を取り入れるとともに、国外の標準化委員との意見交換も行っているところ。

希土類元素を取り巻く状況を常に把握し、次世代自動車の世界的な取り組みに対する、市場規模の拡大について、各調査機関の予測を基に将来の需要予測を行い、早期に実用化を図る必要を明らかにしてきている。

「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」基本計画

材料・ナノテクノロジー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①政策的な重要性

現在、電力の過半はモーターが消費している。また、家電や産業機械向けに加えて、自動車の電動化（HEV、EV、FCV）に伴い、モーター需要の拡大が予想されており、中長期的なエネルギー需給戦略において、モーターの省エネは最重要課題の一つである。特に高効率モーターの性能は磁性材料に依存しており、省エネを推進するためには、高性能磁性材料の開発が鍵となる。

磁性材料のネオジム磁石は日本で発明された磁石であり、我が国は磁石技術で世界をリードしてきた。特に自動車駆動用モーターに使用される高性能磁石は、日本企業のみが生産している。しかし、昭和57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。

②我が国の状況

ネオジム磁石は小型・高効率モーターには重要な磁性材料ではあるが、高温で使用する場合には重希土類元素であるジスプロシウムを添加する必要がある。ジスプロシウムは地球上に偏在し、かつ資源量が非常に少なく、今後駆動用モーターを搭載した次世代自動車の生産台数が増加すると平成42年（2030年）には資源の絶対量が足りなくなる恐れがある。

そこで、我が国ではジスプロシウムの添加量を削減した、あるいは、使用しないネオジム磁石の開発を進めてきた。さらに、レアアースを使用しないネオジム磁石を凌駕する磁石の開発を進めてきた。

③世界の取組状況

中国は、低いジスプロシウムの調達コストを活かし低価格のネオジム磁石を市場に供給しており、平成27年の世界シェアの80%近くを占め存在感を増している。研究開発力、品質の高さにおいて日本は世界をリードしているが、中国には研究者の数が多く特許も多数出願されるようになり、性能面でも日本製品をキャッチアップしつつある。現状、次世代自動車の駆動用モーターには、性能と品質の高さから日本製のネオジム磁石が100%使用されているが、韓国や欧州の自動車メーカーでは中国製ネオジム磁石の採用が進み始めている。また、欧米、特に米国ではレアアースのリサイクル率を高め、リサイクルで全体の資源有効活用を高めるといような、トータルシステム指向の発想による問題解決を図っている。

そのような中、更なる技術革新を目指してポストネオジム磁石としての新規高性能磁石が世界中で研究されている。未だ有力な磁石は開発できていないが、その開発動向を調べると、レアアース（希土類）を使用しない（レアアースフリー）磁石から、最近では、資源的にリスクの高い重希土類（ジスプロシウム、テルビウム等）のみを使用しない重希土類フリー磁石に開発の主流が変わってきている。

④本事業の狙い

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エネルギーの損失を少なくする高性能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指す。

本プロジェクト後半の第2期では、世界最強のネオジム磁石を凌駕する高性能磁石の開発に特

化する。

(2) 研究開発の目標

①アウトプット目標

第1期では、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。

第2期では、新規高性能磁石開発に特化して取り組むこととし、第1期での軟磁性材料やモーター評価技術開発の成果と合わせて、従来モーター比で 40%エネルギー損失低減と 40%小型化を実現する磁性材料の開発を目指す。

それぞれの研究開発項目の具体的な開発目標は、別紙の研究開発計画の通りとする。

②アウトカム目標

次世代自動車用高性能モーターは、エアコンなどの家電製品、ならびに産業用ロボットなどの産業機器に波及拡大するため、国内電力消費量の約半分を占めるモーター全体の効率を上げることができる。モーター鉄損の低減及び新規高性能磁石を用いた高効率モーターへのシフトを考慮し、平成42年に年間890万トンのCO₂排出量削減が見込まれる。また、上記年間CO₂削減量を890万トンの約78%を占める産業用モーターに限っても、低損失化により、年間240億kWhの電力使用料削減に寄与し、金額ベースでは年間3700億円の削減になる。(15円/kWhとして算出)

高効率モーター市場に関しては次世代自動車の平成42年における販売台数を288万台とし、その30%に高効率モーターが搭載されとした場合530億円/年の市場が創出される。また、産業用モーターの平成42年の国内出荷額を約2000億円とし、その30%に高効率モーターが搭載されとした場合600億円/年の市場が創出される。両方合わせると、約1100億円/年の高効率モーター市場創出が見込まれる。

③アウトカム目標達成に向けての取組

研究開発と並行して実用化に向けて、本プロジェクトで開発した成果を広く社会に普及させるためにワークショップ等を通じた成果発信を積極的に行う。我が国の産業競争力向上のための国際標準獲得に向けた技術開発も行う。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために以下の研究開発項目について、開発を行う。

それぞれの研究開発項目の具体的な開発内容は、別紙の研究開発計画の通りとする。

[委託事業]

研究開発項目① 新規高性能磁石の開発

研究開発項目①-1 ジスプロシウムを使わないネオジム磁石の高性能化技術開発

研究開発項目①-2 ネオジム焼結磁石を超える新磁石の開発

研究開発項目② 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発

研究開発項目③ 高効率モーターの開発

研究開発項目④ 特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定支援及び 共通基盤技術の開発

本研究開発は、実用化まで長期間を要するハイリスクな基盤的技術に対して、産官学の複数事業者が互いのノウハウなどを持ち寄り、協調して実施する事業であり、委託事業として実施する。また、開発成果の社会への浸透を図るため、成果の一部は、開発段階に合わせて順次実用化する。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャーに NEDO 材料・ナノテクノロジー部 渡部敬介を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

本研究開発は、我が国の将来の成長の糧となるイノベーションを創出する未来開拓研究プロジェクト「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」において実施されるものであり、経済産業省が平成 24 年度に企業、大学等の研究機関（委託先から再委託された研究開発実施者を含む）から公募によって選定し、共同研究契約等を締結する研究体を構築して開始したものである。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO」という。）が本研究開発の運営・管理を承継するに当たっては、その時点までの進捗状況を踏まえて研究開発を実施する。

なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDO は研究開発責任者（プロジェクトリーダー）として産業技術総合研究所 磁性粉末冶金研究センター長の尾崎公洋を選定し、各実施者はプロジェクトリーダーの下で研究開発を実施する。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任と決定権を有する NEDO は、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、事業の目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、運営推進委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、定期的に事業の進捗について報告を受けること等により進捗の確認及び管理を行うものとする。また、技術動向調査をした上でロードマップ、プロジェクト戦略を策定しプロジェクトマネジメントに活用する。

①研究開発の進捗把握・管理

NEDO は、主としてプロジェクトリーダーをとおして研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術推進委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

②技術分野における動向の把握・分析

NEDO は、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査等を効率的に実施する観点から委託事業として実施する。

3. 研究開発の実施期間

平成 26 年度から平成 33 年度までの 8 年間とする。ただし、研究開発期間を平成 26 年度から平成 28 年度までの 3 年間で第 1 期、平成 29 年度から平成 33 年度までの 5 年間で第 2 期と区分して実施する。社会情勢等の変化を踏まえ、第 2 期の研究開発項目及び目標は、第 1 期の最終年度（平成 28 年度）に策定することとする。

なお、本プロジェクトは、平成 24 年度～平成 25 年度については経済産業省で実施したが、平成 26 年度から NEDO が実施する。

4. 評価に関する事項

NEDO は、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による評価を実施する。

第 1 期については中間評価を平成 26 年度、及び平成 28 年度に実施する。研究開発の進捗状況等を鑑み、評価後実施体制を委託と助成の複合型とすることも検討する。

第 2 期は平成 31 年度中間評価を実施し、平成 34 年度に事後評価を実施する。なお、中間評価段階

においても、内外の研究開発動向、社会・経済情勢の変化、政策動向の変化を踏まえ、本事業の必要性、目的、目標、研究開発の内容、推進体制等について見直しを行うこととする。特に、研究開発の最終段階にあるものや早期に成果が見込まれるものは、予算の加速や研究開発の前倒し終了、助成事業への移行など弾力的に行うこととする。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

①成果の普及

研究開発実施者は、研究成果を広範に導入・普及するように努めるものとする。また、NEDOは、研究開発実施者による研究成果の広範な普及・導入を促進する。

②標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、標準化等との連携を図るため、標準案の提案等を必要に応じて実施する。

③知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「未来開拓研究プロジェクトにおける知的財産等の取扱いに関する基本的考え方」に基づき、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に則り、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

また、推進体制を構成する企業等が相互に連携しつつ、研究開発及び事業化を効果的に推進するために、プロジェクト実施者に、知的財産管理規定、再委託契約書、共同研究契約書等を制定させる。

④知的マネジメントに係る運用

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。

(2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制、新規テーマの追加等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1号ニに基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成26年3月、制定

(2) 平成26年5月、改訂

(3) 平成27年2月、改訂（平成26年に実施した中間評価結果を反映）

(4) 平成29年2月、改訂（第2期開始に伴う見直し）

(5) 平成29年9月、改訂（PMの変更に伴う見直し）

(別紙1) 研究開発計画

研究開発項目① 新規高性能磁石の開発

研究開発項目①-1 ジスプロシウムを使わないネオジム磁石の高性能化技術開発

1. 研究開発の必要性

次世代自動車の駆動用モーターに使用されているネオジム磁石は、耐熱性を付与するためにジスプロシウムを添加している。ジスプロシウムを添加すると耐熱性が良くなる一方、磁石の強さは低下する。したがって、ジスプロシウムを使わずに耐熱性を付与出来れば、磁石の強さを大幅に向上させることができる。

2. 研究開発の具体的内容

ジスプロシウムを使わず耐熱性を付与し、1.5倍の強さ(最大エネルギー積)を持つ耐熱ネオジム磁石の開発を行う。

3. 達成目標

【中間目標(平成26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1.25倍の最大エネルギー積「180℃において32MG0e」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。また、以下の各項目について要素技術を確認する。

- ・高配向性微結晶からなる原料合金製造技術
- ・高異方性ナノ結晶粒を有する磁石粉末製造技術
- ・最適粒界形成技術
- ・結晶粒の肥大化を抑制できる焼結固化技術

【最終目標(平成28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。

研究開発項目①-2 ネオジム焼結磁石を超える新磁石の開発

1. 研究開発の必要性

第1期では、「供給リスクのあるレアアースを使用しない強力な磁石を開発することは、我が国として戦略的に取り組むべき課題である」という必要性から本研究開発項目に取り組んできた。

第2期では、自動車電動化のキー材料である磁石の革新は我が国の産業競争力強化に重要であるため、新磁石の研究開発に取り組む。ただし、今後の実用化の際の資源リスク、コスト等を考慮し、レアアースのうち重希土類は使用しないこととする。

2. 研究開発の具体的内容

第1期では、「ネオジム焼結磁石では達成できない特性である、耐熱性を有し2倍の強さ（最大エネルギー積）をもつ「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の探索・開発を行う。

第2期では、重希土類フリー磁石で最適構造・最適組織の探索及び開発、ナノ組織制御技術開発、粒子合成プロセス開発に取組み、ネオジム焼結磁石の2倍の強さを持つ高性能新磁石を開発する。

3. 達成目標

【中間目標（平成 26 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を探索し、その可能性を示す。

【中間目標（平成 28 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、課題の抽出及び基本材料設計の指針を示す。ただし、磁石使用温度に関しては、「③高効率モーターの開発」の解析・評価結果を反映させる。

【中間目標（平成 31 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」を持つ磁石を実現するために関連する要素技術を開発する。

【最終目標（平成 33 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」を持つ磁石を開発する。

研究開発項目② 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発

1. 研究開発の必要性

次世代自動車には、駆動用モーターの鉄心などに軟磁性材料が使用されている。これらの軟磁性材料は、使用中に磁束が通ると損失（鉄損）が生じ、熱が発生する。鉄損はモーターの効率低下を伴うだけでなく、放熱部品や冷却装置追加による車両重量やコスト増加（＝航続距離及びコスト競争力の低下）の問題を発生するため、低損失な軟磁性材料の実用化が急務となっている。

2. 研究開発の具体的内容

現在のモーター鉄損を 80%削減できる新軟磁性材料の実用化製造技術を開発する。

3. 達成目標

【中間目標（平成 26 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見通しを得る。また、モーターとしての省エネ効果を検証する。また、以下の各項目について要素技術を確立する。

- ・超急冷粉末アトマイズ技術、粉末熱処理技術
- ・薄帯積層技術、ナノ結晶素材バルクコア熱処理技術

【最終目標（平成 28 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。また、モーター・磁性材料技術開発センターと連携してモーターを試作することにより省エネ化を実証する。

研究開発項目③ 高効率モーターの開発

1. 研究開発の必要性

既存・新規磁性材料を用いて、産業競争力がある小型・高効率モーターを開発することは、我が国のエネルギー政策にとって大きな効果がある。

2. 研究開発の具体的内容

実機モーター組込時の磁性特性評価技術、モーター構造設計技術及びそのモーターを低損失にて駆動できるインバーター制御技術を開発し、その性能・信頼性評価を確立する。

なお、社会情勢、政策動向の変化から本研究開発項目は第1期をもって終了するものとする。ただし、モーターへ実装した磁性材料の評価技術については、研究開発項目④で取り組むこととする。

3. 達成目標

【中間目標（平成26年度末）】

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設計に関する課題の抽出及び基本設計指針を示す。また以下の各項目について要素技術を確立する。

- ・ 高低温減磁試験評価技術
- ・ 超高精度モーター損失分析評価技術

【最終目標（平成28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。また以下の各項目について要素技術を確立する。

- ・ 3次元磁石減磁評価試験技術
- ・ インバーターとモーターのトータルでの低損失化設計手法技術

研究開発項目④ 特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発

1. 研究開発の必要性

ネオジム磁石に関する米国の基本特許が平成 26 年に切れるにあたり、我が国の優位性が低下する恐れが指摘されている。この様に、特許戦略は事業化には必須であり、磁性材料から最終製品であるモーターまでを巻き込んだ特許戦略議論が重要となっている。また、磁石開発を支援するための先端解析や評価技術が開発力強化のために重要である。

2. 研究開発の具体的内容

磁性材料・モーター設計に関する各事業者の特許戦略策定を支援するため、磁性材料からモーターまで全てを網羅した特許調査・技術動向調査を行う。また、共通基盤技術として、各テーマで共通する基盤的な技術開発や材料開発、分析・評価・解析・保磁力機構の解明などを行う。更に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を行う。

3. 達成目標

【中間目標（平成 26 年度末）】

(1) 「特許・技術動向調査・特許戦略策定支援」

磁石材料、軟磁性材料、モーター設計に関する先行特許調査・技術動向調査を行い、各事業者の研究開発項目①～③の磁性材料・モーター設計の開発方針の策定に反映させる。

(2) 「共通基盤技術の開発」

本研究のそれぞれのテーマにて開発する新規磁性粒子・粉末について材料の焼結性を高めるための、材料毎に応じた表面処理技術を開発する。

【中間目標（平成 28 年度末）】

(1) 「特許・技術動向調査・特許戦略策定支援」

「研究開発項目①-1 ジスプロシウムを使わないネオジム磁石の高性能化技術開発」、「研究開発項目①-2 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の開発」、「研究開発項目② 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発」、「研究開発項目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した特性評価を行う。

(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。

【中間目標（平成 31 年度末）】

(1) 「特許・技術動向調査・特許戦略策定支援」

磁性材料に関する情報センター構築に向けたコンテンツの整備を完了する。

(2) 「共通基盤技術の開発」

- ・磁石製造の配向制御、組織制御の技術開発に目処を付ける。
- ・磁気特性予測システムの構築に目処を付ける。
- ・高保磁力に対応した磁気特性評価技術を開発する。
- ・高負荷環境下での磁性材料評価・解析技術を開発する。

【最終目標（平成 33 年度末）】

（1）「特許・技術動向調査・特許戦略策定支援」

磁性材料に関する情報センターを構築する。

（2）「共通基盤技術の開発」

- ・磁石製造の配向制御、組織制御技術を開発する。
- ・磁気特性予測システムを開発する。
- ・高速・高精度な磁気特性評価技術を開発する。
- ・モーター実装を想定した評価技術(シミュレーション)を開発する。

(別紙2) 研究開発スケジュール

| | H24 2012 | H25 2013 | H26 2014 | H27 2015 | H28 2016 | H29 2017 | H30 2018 | H31 2019 | H32 2020 | H33 2021 | H34 2022 |
|---------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 研究開発項目① | 1 Dyを使わないネオジム焼結磁石の高性能化 | | | | | | | | | | |
| | 2 ネオジム焼結磁石を超える新磁石 | | | | | | | | | | |
| 研究開発項目② | 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 研究開発項目③ | 高効率モーターの開発 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 研究開発項目④ | 特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定支援及び、共通基盤技術の開発 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | METI直執行 | ★ 中間評価 | | | ★ 中間評価 | | | ★ 中間評価 | | | ★ 事後評価 |

次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発
事前評価報告書

平成23年7月
産業構造審議会産業技術分科会
評価小委員会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」(平成20年10月31日、内閣総理大臣決定)等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」(平成21年3月31日改正)を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

今回の評価は、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事前評価であり、評価に際しては、当該研究開発事業の新たな創設に当たっての妥当性について、省外の有識者から意見を収集した。

今般、当該研究開発事業に係る検討結果が事前評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会(小委員長:平澤 冷 東京大学名誉教授)に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成23年7月

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会
委員名簿

| | | |
|-----|---------|--|
| 委員長 | 平澤 冷 | 東京大学 名誉教授 |
| | 池村 淑道 | 長浜バイオ大学バイオサイエンス研究科研究科長 バイオサイエンス学部学部長 コンピュータバイオサイエンス学科 教授 |
| | 大島 まり | 東京大学大学院情報学環 教授 東京大学生産技術研究所 教授 |
| | 太田 健一郎 | 横浜国立大学 特任教授 |
| | 菊池 純一 | 青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長 |
| | 小林 直人 | 早稲田大学研究戦略センター 教授 |
| | 鈴木 潤 | 政策研究大学院大学 教授 |
| | 中小路 久美代 | 株式会社SRA先端技術研究所 所長 |
| | 森 俊介 | 東京理科大学理工学部経営工学科 教授 |
| | 吉本 陽子 | 三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部 主席研究員 |

(委員敬称略、五十音順)

事務局:経済産業省産業技術環境局技術評価室

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評価に当たり
意見をいただいた外部有識者

| | |
|-------|---------------------------|
| 大森 賢次 | 日本ボンド磁性材料協会 専務理事 事務局長 |
| 岡田 益男 | 八戸高専・校長（東北大学名誉教授） |
| 丸山 正明 | 技術ジャーナリスト（元日経 BP プロデューサー） |

（敬称略、五十音順）

事務局：経済産業省製造産業局非鉄金属課

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評価に係る省内関係者

【事前評価時】

製造産業局 非鉄金属課長 星野 岳穂(事業担当課長)

製造産業局 自動車課 電池・次世代技術室長
兼 ITS推進室長 井上 悟志(事業担当室長)

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 秦 茂則

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前評価
審議経過

○新規研究開発事業の創設の妥当性に対する意見の収集(平成23年5月)

○産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会(平成23年7月1日)

・事前評価報告書(案)について

目 次

はじめに

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会 委員名簿

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前評価に当たり意見をいただいた外部有識者

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評価に係る省内関係者

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前評価 審議経過

| | ページ |
|--|-----|
| 第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要 | |
| 1. 技術に関する施策の概要 | 1 |
| 2. 新規研究開発事業の創設における妥当性等について | 2 |
| 3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等 | 4 |
| 第2章 評価コメント | 5 |
| 第3章 評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針 | 10 |
| 参考資料 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概要(PR資料) | |

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

1. 技術に関する施策の概要

我が国が競争力を持つ磁石およびモーター関連部素材産業を維持・強化するためには、飛躍的な性能向上、省エネルギー化が期待できる研究開発を推進することが必要不可欠である。

このような中で、平成23年3月に策定した「省エネルギー技術戦略2011」にあるように、我が国の主力産業の一つであり、国際的な技術開発競争が最も激しい分野の一つでもある自動車産業の競争力強化と省エネルギー化への貢献を目的に、電気自動車やプラグインハイブリッド自動車の性能向上を視野に入れたモーターのさらなる高効率化、かつ、また資源の安定供給確保に資するレアメタルを使用しないモーターの技術開発に取り組む。

事業の内容

事業の概要・目的

- 低炭素社会の実現に向けて次世代自動車の普及が推進されていますが、さらなる省エネルギーの加速には、一段と効率の高いモーターが必要です。省エネルギーには、Dyを添加したNd-Fe-B系磁石を搭載した高性能モーターが不可欠ですが、重希土類元素(Dy)の枯渇により将来にわたる安定供給が不安視されており、新規の磁石材料が期待されています。最近、飽和磁化の高いFe-N系磁性粉末が国内で開発され、高性能磁石への展開と実用化が期待されています。
- 次世代自動車用の高効率モーターを構成する材料・部材開発を目的とし、Fe-N系磁性粉末をさらに高保磁力化するための材料開発、また、従来磁石の特性を飛躍的に向上させるナノコンポジット磁石材料開発、DyフリーNd-Fe-B磁石材料開発、プロセス開発により、従来磁石より高性能な新規磁石を開発するとともに、新規磁石に対応した低損失の軟磁性材料を開発します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

○高性能新規磁石粉末の開発

結晶磁気異方性が高く高保磁力を持つFe-(M)-N磁石粉末を開発する。また、従来に比べ高い最大エネルギー積を持つナノコンポジット磁石粉末、DyフリーNd-Fe-B磁石粉末を開発する。従来磁石とは全く異なる組成および製造プロセスのため、飛躍的な性能向上が期待でき、省エネルギーおよび市場への波及効果が大きい。

○新規磁石粉末製造技術の開発

高性能新規磁石粉末を効率的に製造する技術を確立。

○高密度焼結技術の開発

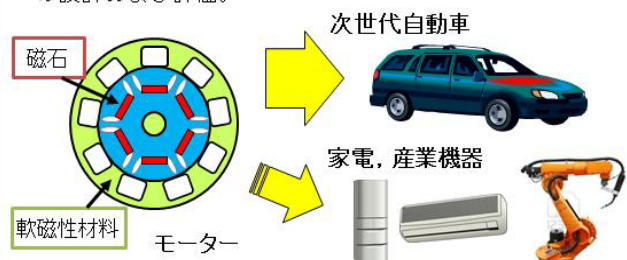
低温で高密度かつ高効率に粉末を焼結する技術を確立。バルク体の密度を向上することで磁石特性の向上を実現。

○低損失軟磁性材料の開発

モーターを駆動するための電気に対してエネルギーロスを少なくして磁場に変換できる材料開発と製造技術の確立。

○新規磁石・軟磁性材料によるモーター設計と評価

新規磁石・軟磁性材料の性能を最大限に生かしたモーターの設計および評価。



2. 新規研究開発事業の創設における妥当性等について

①事業の目的及び実施によるアウトプット、アウトカムについて

我が国が競争力を持つ磁石およびモーター関連部素材を維持・強化するために、次世代電気自動車に用いられるモーターを小型、高効率化できる高性能磁石および高効率軟磁性材料の技術開発を行うことによって、資源の安定供給と我が国の二酸化炭素排出削減と省エネルギー化を図るとともに、自動車をはじめとし、省エネ高効率モーターの利用がエアコン、冷蔵庫、洗濯機などの家電製品、ならびに産業用ロボットなどの産業機器に波及・拡大することによって、我が国の産業競争力強化を図る。

②事業の必要性について

低炭素社会の実現に向けて次世代自動車(HEV, EV)の普及が推進されているが、さらなる省エネルギー化の加速には、一段と効率の高いモーターが必要となっている。現在は、Dy を添加した Nd-Fe-B 系磁石を搭載した高性能モーターが使用されているが、重希土類元素(Dy)の枯渇により将来にわたる安定調達に不安視されており、新規の磁石材料開発が必要となっている。

そのような中、最近、飽和磁化の高い Fe-N 系磁性材料や、硬磁性材料と軟磁性材料からなるナノコンポジット材料が注目されており、高性能磁石への展開と実用化が期待されている。

そこで、現在のハイブリッド自動車や電気自動車用モーターに用いられている Dy 添加 Nd-Fe-B 磁石を上回るポテンシャルを持つ Fe-(M)-N 系磁性材料、ナノコンポジット等新規磁石材料の開発や、高保磁力化技術、粉末合成技術、粉末焼結技術を開発し、高温領域にて用いられる自動車用モーターに使用できる新規磁石を開発する。

また、新規磁石の特性に対応して、モーターを駆動するための電気的なエネルギーロスを少なく磁場に変換する軟磁性材料の開発を行う。

さらに、開発する新規磁石、新規軟磁性材料の性能を最大限に生かしたモーター設計(磁石を使用しないモーターの新規設計も含む)および評価を行うことにより、さらなる小型、高効率化を図ったモーター用磁性材料の実用化に取り組む。

加えて、高性能モーターは、エアコン、冷蔵庫、洗濯機などの家電製品、ならびに産業用ロボットなどの産業機器に波及し拡大するため、経済効果は非常に高いものとなる。

③次年度に予算要求する緊急性について

Dy を含むレアアースは、世界の供給の97%を中国に依存しているが、中国政府はレアアースの輸出規制を行っており、2010年にレアアース輸出枠を約40%減と大幅に削減。本年の第一期輸出枠も前年同時期比で約40%削減した。さらに、2010年の輸出枠大幅削減以降、レアアースの価格が高騰するなど、レアアースの調達環境が急激に悪化している。そうした、調達環境の悪化は、世界の産業に影響を及ぼす懸念がある。また、中国国内の需要も風力発電等により爆発的な増加が予想され、2015-2020 年の間で枯渇するとの予測もあり、我が国としては、Dy を使用しない新規磁石材料の開発が緊急の課題となっている。

④国が実施する必要性について

磁石開発の歴史は、新規材料の出現による非連続性であり、現在高性能磁石として主流である Nd-Fe-B 系磁石の性能は、理論値に近付きつつあり、民間企業が行っている連続型の研究では大きな材料革新を伴う特性向上が見込めないのが現状である。そのため、非連続型研究である新規高性能磁石の開発に国が特に積極的に関与し、支援することが必要で

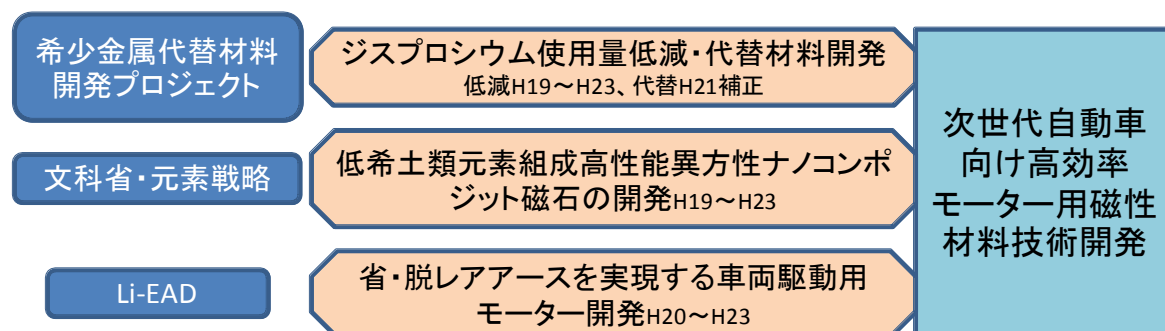
ある。また、自動車各社の社長クラス等を委員とした次世代自動車戦略研究会では、産学官連携によるDyフリー磁石の研究開発の必要性を強く訴えている。

また、国内の全電力消費量の51%(5,020億 kWh)がモーターによるエネルギー消費であり、現在主流の三相誘導モーターが永久磁石モーターに置き換わりトータル効率5%向上すると250億 kWhの電力削減に加え、全電力消費量のモーター鉄損2.4%(235億 kWh)を新規軟磁性材料により8割削減すると180億 kWhの電力削減となり、合わせて430億 kWh原発6基分に相当の電力消費量削減となり、エネルギー政策上も重要。

⑤省内又は他省庁の事業との重複について

磁石技術開発に関しては、現在、経済産業省において「希少金属代替材料開発プロジェクト」内にて「希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発」(H19～H23)および「Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石の研究」(H21補正)、文部科学省の「元素戦略プロジェクト」内にて「低希土類組成の高性能異方性ナノコンポジット磁石の可能性の追求、次世代磁石材料の探索」(H19～H23)が行われているが、両省の当該2つの事業については情報交換連携が図られており、本事業はこれらの成果を基に連携し新規高性能磁石の開発を行うものである。

また、経済産業省において「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発(Li-EAD)」内の要素技術として「省・脱レアアースを実現する車両駆動用モーター開発」(H20～H23)が行われているが、当該事業では、既存の磁石、軟磁性材料を用いた新規モーター技術開発を行うもので、本事業ではLi-EADプロジェクトの成果を活用しつつ、本事業で開発される新規磁石・軟磁性材料の性能を最大限に生かしたモーター設計(磁石を使用しないモーターの新規設計も含む)および評価を一体的に行い、事業化を見据えた効率的な開発を行うものである。



3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等

技術戦略マップ2010より、

(4. 環境・エネルギー／自動車用部材)

部材分野の技術ロードマップ(25/73)

| 技術番号 | 大項目 | 中区分 | 対象部位 | 出口から求められる機能 | 求められる機能を発現する高度部材 | | 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|-------------------|------|---|--------------------------|--------------------------|---|---|----------------------------|------------|------------|--|--------------|--------------------|------|------|------|------|
| | | | | | 名称 | 特徴概要 | | | | | | | | | | | | |
| 4-01-40 | 自動車用部材 | 排気カスのクリーン化・無排気ガス化 | モーター | ハイブリッド自動車 燃料電池自動車 電気自動車など の実用化 | 高性能モーター用部材 小型超強力磁石の開発 | 高性能モーター用部材 小型超強力磁石の開発 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| | | | | | | | 定格効率90% 同期・誘導モーター | 定格効率95% 磁石性能:最大磁気エネルギー積300kJ/m ³ 、低鉄損化(複合軟磁性体)等 | 磁石の高性能化による小型軽量化技術、耐熱コーティング | Dy使用量:30%減 | Dy使用量:30%減 | (ハイブリッド車)NdFeB系磁石へのDy、Tb等の希土類使用量低減(焼結技術・微細構造制御等) | Dy等使用量をさらに低減 | 電気自動車用インホイールモーター開発 | | | | |

第2章 評価コメント

事業の目的・政策的位置付け(新規研究開発事業の創設)の妥当性等に対するコメント

日本はこれまでハイブリッド型自動車や電気自動車などの次世代自動車について先駆的動きをしてきたが、中国政府による資源戦略の影響をまともに受けて永久磁石用原材料としてのレアアースの入手が困難になったため、新しい技術開発が重要となった。

次世代自動車は、日本の自動車産業の今後の行方を大きく左右する戦略商品である。その次世代自動車の重要な課題は限られた電気を如何に有効に利用してモーターを作動させるかである。その次世代自動車の設計や性能を大きく左右する高性能モーターを下支えする高性能磁石は、日本の材料・部品産業の生命線になりつつある。この高性能磁石の実用化で先手を打つためには、国の強力な支援が不可欠になる。この高性能磁石の実用化を先行させるためには、新型コンジット磁石などの新しい研究開発プロジェクトを含めて戦略的に始める必要がある。材料・部品に強い日本の製造業を維持するためにも、その重要性が高まっている。

なお、経産省と文科省が一体となって、進めるべきテーマの整理をすることが必要である。それぞれの役割を尊重し合って、成果は見えにくいが斬新なテーマの選択をする必要がある。どうしても目先の成果を追う傾向があり、管理者が理解しやすいテーマ、すなわち比較的风险が少ないテーマを選ぶ傾向になってしまうが、リスクを覚悟しないで新材料の開発を進めることは不可能である。

(以下に有識者のコメントを列記して下さい)

●事業の目的及び実施によるアウトプット、アウトカムについて(研究開発の定量的目標、社会的課題への解決や国際競争力強化への対応等)

○肯定的意見

我が国で世界に先駆けてハイブリッド自動車を開発できたのは、永久磁石および軟磁性材料等のモーター関連部素材等の我が国の高い技術力があってこそである。中国のレアアース問題はこの日本が優位にたっている技術力を脅かすものである。本事業の省エネ高効率モーターの開発は、未来自動車だけに留まらず、エアコン、冷蔵庫、洗濯機などの家電製品、ならびに産業用ロボットなどの産業機器に波及・拡大するもので、モーターの需要の拡大と共に、その資源の安定供給をも達成するものであり、評価される。

ハイブリッド型自動車や電気自動車などのこれから比率を増やすと予想される次世代自動車に不可欠な高性能モーター向けに、Nd-Fe-B 磁石が十分に供給されることが必要条件になる。この場合に、Nd-Fe-B 磁石を高温環境で使えるために必要な Dy 添加量を大幅低減あるいは無添加にする必要性が、今後の資源確保の動向から予想される。次世代自動車の市場形成の前に、Dy 添加量を大幅低減した Nd-Fe-B 磁石を実用化し、その新型 Nd-Fe-B 磁石の品質保証をし、高性能モーターの品質保証を速やかに確立することが不可欠となる。

同時に、その新型 Nd-Fe-B 磁石の将来版として、Fe-N 磁石などの基盤技術を並行して確立する研究開発が不可欠となる。

こうした緊急課題になった高性能磁石の研究開発・事業化を国が積極的に支援することは、日

本が国際市場で果たすべき材料・部品のサプライチェーンの役割を果たす必要条件を満たすために重要である。

日本企業が新型 Nd-Fe-B 磁石の将来版で事業を展開するためには、いくつかの研究開発プロジェクトを同時並行で進めて、実用化する確率を高める戦略が必要になる。

Nd-Fe-B 合金の飽和磁化は16kG であり、異方性磁界は67kOe である。HEV または PEV に使用するためには30kOe 程度の保磁力が必要であり、Nd の一部を Dy で置換した焼結磁石が現在使用されている。

Nd を Dy で置換することで異方性磁界を高め、高保磁力化が可能となるが、飽和磁化の減少を伴うという問題がある。また、Nd は比較的広く存在するのに対して、Dy は極めて偏在しているため中国からの輸入に頼らざるを得ないという大きなリスクがある。

H19 から H23 の Dy 使用量低減のプロジェクトで、Dy なしで20kOe の保磁力が得られるようになったことは大きな成果であると評価する。

したがってこれらの成果をさらに発展させるため、Dy を使用しないで30kOe 程度の大きさの保磁力を得るための開発は今後も継続して進めるべきものと考えます。

飽和磁化が高い Fe-N 系磁性材料の開発では、強磁性窒化鉄の単相を粉末として分離・生成する手法が初めて確立できたことは高く評価したい。また、異方性磁界を大きくするための組成開発を進めて欲しい。

ナノコンポジット磁石は Nd-Fe-B と高い飽和磁化を有する軟磁性材料 Fe または Fe₃B との複合による高エネルギー積を目指したものであり、現在のところ等方性でのみ実現している。異方化が可能になれば磁化は Nd-Fe-B を超える大変優れた材料になるためぜひ実現して欲しい材料である。

鉄粉の表面を絶縁処理した上で高密度化する技術は今後のコア材料として重要である。現在は高密度化した際に生じるひずみを十分回復させるために高温で熱処理を行う。この結果、保磁力が小さくなり、ヒステリシス損は小さくなるが、絶縁被膜が破壊されることで渦電流損の増大が起こってしまう。優れた絶縁処理被膜を開発することで鉄損を低減する技術開発が今後のモーター開発において極めて重要である。

○問題点・改善すべき点

Dy なしで30kOe の保磁力を有する Nd-Fe-B 磁石を実現するためには 0.1 μm 程度の大きさの結晶粒径を焼結後に実現する必要がある。焼結前の圧粉体として 0.1 μm 以下の粒子を磁場配向させることが困難である上、液相焼結後に 0.1 μm 程度に結晶粒径を抑えることはかなり難しい技術である。1 μm 程度の大きさで30kOe 程度の保磁力を得るための粒界改質などが可能かどうかポイントである。

窒化鉄の強磁性相が分離回収できたことは驚きであるが、従来言われている異方性磁界は10kOe 程度であるため、自動車用の磁石として30kOe 程度が必要であるという要求にはすぐに対応できないことを理解して進めるべきである。

ナノコンポジット磁石で異方化する研究はこれまでも色々なされてきたがなかなか実現できていない。薄膜などで実現することはもしかしたら可能かもしれないが、それは自動車用磁石としてはかなりかけ離れた材料であることを認識すべきである。

鉄粉を用いたコア材の開発は当初のリン酸被膜から始まり酸化マグネシウム被膜など色々研究がなされかなり改良が進んだように思えるが、もうひとつブレークスルーが必要と思われる。

●事業の必要性について(出口を見据え成果を社会へ普及させる戦略(研究開発にとどまらず、実証や性能評価・標準化等を含む実用化に向けた取組み等))

○肯定的意見

高効率モーター用の新規永久磁石材料、新規軟磁性材料、それらを利用した小型、高効率化をモーター設計までも含まれており、実用化に向けたシナリオが立案されており、妥当であると判断される。

材料開発は、その高性能磁石向け材料の製造技術の確立から、高性能モーターの品質保証技術、その高性能モーターを組み込んだ次世代自動車の設計技術と品質保証などの一連の要素技術をすべて確立しないと、当該の高性能モーターを供給する態勢は築けない。このためには、当該の高性能モーターを供給するために必要な一連の性能評価技術などを加速する、国による実用化支援の必要性が高まっている。

次世代自動車の用途以外にも、高性能風力発電機などの今後必要性が高まる可能性が高い用途向けにも、当該の高性能モーターに必要な一連の性能評価技術などを加速する必要性が高まっている。

低二酸化炭素化社会を実現するためにはHEV、PEVまたはEVが次世代自動車として不可欠である。そのための大きな開発課題は高容量二次電池と高効率モーターの開発である。

高効率モーター実現のためには、磁気回路を組んだ際の磁束が重要であるため、より大きな磁束密度と大きな保磁力を有する永久磁石の開発が大変重要である。

Nd-Fe-B焼結磁石が生まれ、実際にHEV用に使われ始めた際には、高保磁力化に不可欠であったDyの入手についてはあまり大きな問題にならなかった。Dy生産現場の環境問題、中国国内メーカーの生産量増加および永久磁石需要の大きな伸びなどが考慮され、中国政府の輸出抑制策が露わになり障害となっている。

Ndについては比較的広く世界に分布していることが分かっており対応は比較的楽観視できるが、Dyについては悲観的である。したがって、Dyをできるだけ使わない高性能磁石の開発は日本国にとって極めて重要な課題である。

希土類元素そのものを使わずに高性能磁石を得ることができればさらに望ましいことであり、また、ナノコンポジット磁石を異方化することで、現在のNd-Fe-B焼結磁石に比べてより高エネルギー積の材料が得られるならば自動車用途として高効率化とともに軽量化が可能になり魅力的である。

軟磁性鉄粉を用いたコア材料は3次元設計が可能となるためモーター設計において自由度が増し、高効率化するため魅力的である。

○問題点・改善すべき点

開発以前から問題視すべきではないかもしれないが、実用化した場合の部材の価格が課題になる可能性がある。特に新規軟磁性材料を応用したモーター。

●次年度に予算要求する緊急性について

○肯定的意見

中国のレアアース規制で希土類金属の入手が困難となり、入手できても価格が高騰している。また、高効率モーターはこの被災での電気不足を補うものでもある。

電気自動車市場の立ち上がり日欧米・中国などで緊急課題になり、高性能磁石、それを用いた高性能モーターの供給が急がれている。その緊急課題向けに高性能磁石を開発する確率を高める研究開発プロジェクトの国による支援が重要性を高めている。

中国政府による資源管理の影響でNd, Dyの価格高騰が進んでおり、自動車産業に与える影響は甚大である。早急に特にDyを減らした磁石の実用化を進める必要がある。

○問題点・改善すべき点

特になし

●国が実施する必要性について(非連続的研究、民間とのデマケの整理等)

○肯定的意見

新規高性能磁石開発は挑戦的な課題でもあり、民間だけの研究費では、達成は不可能に近い。国が積極的に関与し、奨励すべき課題である。

Dyの供給不足が目の前に迫っている現在、それに対応した新型Nd-Fe-B磁石の実用化を確実にするためには、国の支援が不可欠になっている。

材料一般に言えることであるが、新磁石材料も非連続的に開発された。その開発には日本人が主に関わっており、また、その生まれた材料の性能向上では、日本人の研究者のコツコツと取り組む努力が成果を上げてきた。

新しい材料開発は一般にこれまでの知識、経験の外にある。日本における新しい磁石の発見は民間企業内部で行われたことがこれまで多くあったが、そのための素地として研究開発に対する精神的な余裕があったものと推測する。残念ながら最近の民間企業はその余裕を持たせる環境ではなくなっている。成果主義、管理社会が自由な発想を押し殺してしまっている。したがって国が民間の活力も利用しながら進めなければならなくなっている。

○問題点・改善すべき点

新材料の開発にこれまでの知識、経験がそのまま役に立つようであれば開発のスケジュールが立てられるのだが、一般にそのようなレベルの材料は真に新材料といえるものではない。皆に十分説明可能なレベルで開発を進めるようであればまず新しいものは生まれにくい。管理が難しいのが問題であるが、やはりダメ元で新しい研究をさせていくことが重要であると考えられる。

データを積み重ねることによって新材料開発の基礎はできるが、新材料の発見はそれだけでは得られないものである。

ただ、国も早急に成果を求める動きになっており実際は難しいと思われる。

何か良い方法はないか？

●省内又は他省庁の事業との重複について

○肯定的意見

経済産業省や文科省においての関連研究はお互いの情報交換がなされており、よく整理されており、問題ない。

レアメタルの供給不足が迫っている現在、いろいろなタイプの高性能磁石を実現することは資源問題の安全保障として、現時点では多少の重複は避けられないと判断できる。次世代自動車向けが一番の緊急課題だが、今後のエネルギー問題を解決する要素技術を整えるためにも、戦略的なレアメタル供給対策は必要性が高い研究開発テーマになっている。

特に文科省との間で重複することが考えられるが、省間で十分意見交換しながら進めるべきである。

○問題点・改善すべき点

文科省も成果を求め、すぐに製品になるようなものを対象にする動きがあり、目に見えない動きに対して手を付けない傾向がある。

成果に対する考え方などを両省で少し整理する必要がある。

第3章 評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針

本研究開発事業に対する評価小委員会のコメント及びコメントに対する推進課の対象方針は、以下のとおり。

【次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発】

コメント①

研究開発を進める上では、開発する材料のスペックだけでなくコストも含めた多面的な評価を行い、分散型開発体制から始め、競争しながら段階的な絞り込みを行って、より大きな資金を有望な案件に投入できる仕組みを作るなど、目的に合わせてプログラム設計や工夫をして進めてほしい。

対処方針①

個々の磁性材料開発を分散型開発体制にて競争させながら、H28 年度終了時に材料スペックと共にコストを含めた多面的な評価を行うことにより、有望材料を絞り込み、より大きな資金を集中的に投入する予定である。また、H28 年度終了時に実用化が出来る磁性材料に関しては、助成事業にて事業化を加速する等、目的に合わせたプログラム設計を行う予定である。

次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発

(ナノテク・部材分野)

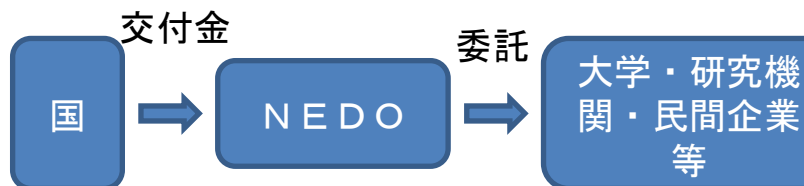
製造産業局 自動車課
03-3501-1690
製造産業局 非鉄金属課
03-3501-1794

事業の内容

事業の概要・目的

- 低炭素社会の実現に向けて次世代自動車の普及が推進されていますが、さらなる省エネルギーの加速には、一段と効率の高いモーターが必要です。省エネルギーには、Dyを添加したNd-Fe-B系磁石を搭載した高性能モーターが不可欠ですが、重希土類元素(Dy)の枯渇により将来にわたる安定供給が不安視されており、新規の磁石材料が期待されています。最近、飽和磁化の高いFe-N系磁性粉末が国内で開発され、高性能磁石への展開と実用化が期待されています。
- 次世代自動車用の高効率モーターを構成する材料・部材開発を目的とし、Fe-N系磁性粉末をさらに高保磁力化するための材料開発、また、従来磁石の特性を飛躍的に向上させるナノコンポジット磁石材料開発、DyフリーNd-Fe-B磁石材料開発、プロセス開発により、従来磁石より高性能な新規磁石を開発するとともに、新規磁石に対応した低損失の軟磁性材料を開発します。

条件(対象者、対象行為、補助率等)



事業イメージ

○高性能新規磁石粉末の開発

結晶磁気異方性が高く高保磁力を持つFe-(M)-N磁石粉末を開発する。また、従来に比べ高い最大エネルギー積を持つナノコンポジット磁石粉末、DyフリーNd-Fe-B磁石粉末を開発する。従来磁石とは全く異なる組成および製造プロセスのため、飛躍的な性能向上が期待でき、省エネルギーおよび市場への波及効果が大きい。

○新規磁石粉末製造技術の開発

高性能新規磁石粉末を効率的に製造する技術を確立。

○高密度焼結技術の開発

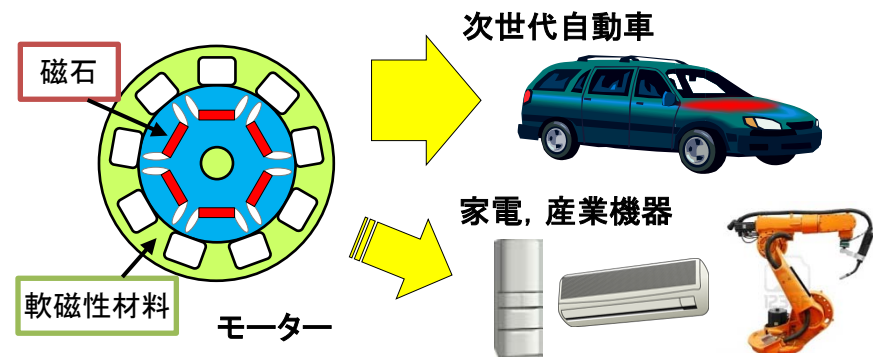
低温で高密度かつ高効率に粉末を焼結する技術を確立。バルク体の密度を向上することで磁石特性の向上を実現。

○低損失軟磁性材料の開発

モーターを駆動するための電気に対してエネルギーロスを少なくして磁場に変換できる材料開発と製造技術の確立。

○新規磁石・軟磁性材料によるモーター設計と評価

新規磁石・軟磁性材料の性能を最大限に生かしたモーターの設計および評価。



「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」実施計画（案）
に対する意見募集の結果について

平成24年5月21日
製造産業局非鉄金属課

平成24年5月2日付けで「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」実施計画（案）に対する意見の募集を行いました。その結果、本件に関して、2件の御意見が寄せられました。

お寄せいただいた御意見及び当該御意見に対する考え方を別紙のとおり取りまとめましたので、公表いたします。

御協力いただき、誠にありがとうございました。

1. 意見募集期間等

- （1）意見募集期間：平成24年5月2日（水）～平成24年5月11日（金）
- （2）実施方法：電子政府の総合窓口(e-Gov)及び経済産業省ホームページ
- （3）意見提出方法：郵送、FAX、電子メール、e-Gov ホームページ

2. 意見募集の対象

別紙参照

3. 本件に関するお問い合わせ先

経済産業省 製造産業局 非鉄金属課
電話：(03) 3501-1794

| ご意見 | ご意見に対する考え方 |
|---|--|
| <p>我が国の産業競争力強化のためには、我が国の競争力があまり強くないと思われる大型車、高級車、スポーツカー等の車種の強化が必要だと思えます。したがって、小型・高効率のモーターだけでなく、上記の車種向けの大出力のモーターも開発すべきだと思えます。大出力モーターの開発により、電動化があまり進んでいないと思われる上記の車種の電動自動車市場を我が国がリードすることを期待します。</p> | <p>ご意見ありがとうございます。 大型車、高級車、スポーツカー等の車種に用いられていくと考えられる大出力モーターに関しても小型・高効率化は重要な課題であり、そのようなことから、小型・高効率を実現できるモーター設計は非常に重要な課題であると考えております。</p> |
| <p>自動車用モータに必要な基本仕様は、体格を小さくするため磁束密度レベルを上げた設計、高効率化のため磁束密度レベルをキープして低損失化をはかる、モータ鉄心中に残存する残留応力の除去並びにコントロール、鉄心内のベクトル磁気特性のコントロール、高性能永久磁石の完全着磁技術の確立と着磁器の開発、後着磁技術の確立が必要である。そのためにはベクトル磁気特性活用技術並びに永久磁石のヒステリシス特性の正確な把握（容易方向と困難方向）が必要である。</p> | <p>ご意見ありがとうございます。 公募等の参考にさせていただきます。</p> |

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

研究開発の背景・目的

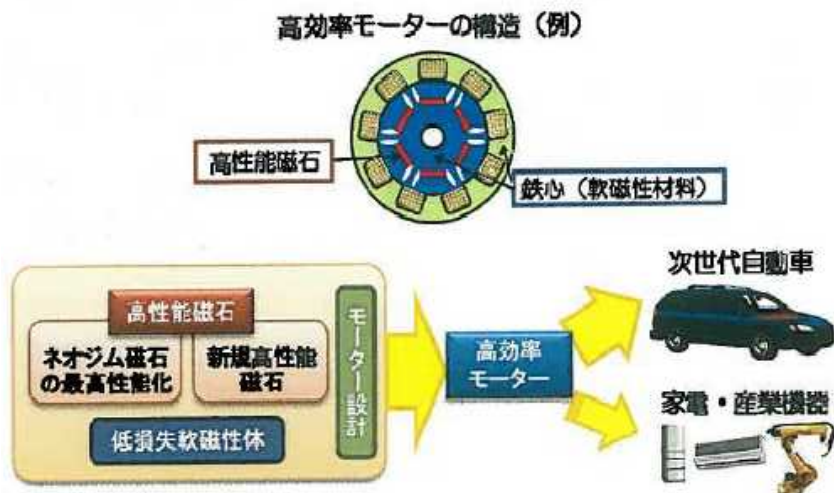
背景

ネオジム磁石は小型・高効率モーターには重要な技術であるが、高温で使用する場合には重希土類元素であるジスプロシウムを添加する必要がある。重希土類元素は資源リスクが非常に高く、リスクを回避するためには、このような元素を使用しない磁石材料の開発が急がれている。

目的

次世代自動車用の高効率モーターを開発することを目指し、資源リスクの高いレアアースを使用しない高性能磁石や低損失軟磁性材料の開発を中心としたモーター材料評価技術や設計技術開発を含めた総合的な技術開発を目的とする。

成果適用のイメージ



プロジェクトの規模

○事業費と研究開発期間

| | |
|-----------|--------------------|
| ・事業費総額 | 200億円（予定） |
| ・NEDO予算総額 | 150億円（予定） |
| ・研究開発期間 | 平成26～33年度（8年間） |
| | 第1期 平成26～28年度（3年間） |
| | 第2期 平成29～33年度（5年間） |

研究開発の内容

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

<ポイント>

- ・HEV等の高温使用時でも、現状の性能を超える、ジスプロシウムフリー磁石を開発する。

（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

<ポイント>

- ・現在のネオジム磁石を超える性能を有し、レアアースを使用しない磁石を開発する。

②次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発

<ポイント>

- ・モーターを駆動するための電気に対して、損失が大幅に少ない、磁場に変換できる材料を開発する。

③高効率モーターの開発

<ポイント>

- ・新規磁石・軟磁性材料の性能を最大限に生かしたモーターの設計および評価を行う。

④特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定および共通基盤技術の開発

<ポイント>

- ・特許・技術動向を調査・解析し、実用化のための特許戦略を策定する。
- ・低温で高密度かつ高効率に磁石粉末を焼結する技術を開発し、磁石性能の向上を実現する。

事前評価書

| | | |
|--|--------------------------|------------|
| | 作成日 | 平成26年2月19日 |
| 1. 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 | |
| 2. 推進部署名 | 電子・材料・ナノテクノロジー部 | |
| 3. プロジェクト概要（予定） | | |
| (1) 概要 | | |
| 1) 背景 | | |
| <p>現在、電力の過半はモーターが消費している。また、家電や産業機械向けに加えて、自動車の電動化（HEV, EV, FCV）に伴い、モーター需要の拡大が予想されており、中長期的なエネルギー需給戦略において、モーターの省エネは最重要課題の一つである。特に高効率モーターの性能は磁性材料に依存しており、省エネを推進するためには、高性能磁性材料の開発が鍵となる。</p> <p>磁性材料のネオジム磁石は日本で発明された磁石であり、我が国は磁石技術で世界をリードしてきた。特に自動車駆動用モーターに使用される高性能磁石は、日本企業のみが生産している。しかし、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、レアアースの安定確保に取り組むとともに、レアアースに依存しない体制の構築が急務となっている。</p> | | |
| 2) 目的 | | |
| <p>このような背景から本プロジェクトは、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</p> <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。</p> | | |
| 3) 実施内容 | | |
| 研究開発項目 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 | | |
| ・ジスプロシウムを使わず現状の1.5倍の最大エネルギー積を有するネオジム磁石の開発を行う。 | | |

- (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
- ・ネオジム焼結磁石では達成できない特性である、耐熱性を有し2倍の最大エネルギー積をもつ「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の探索・開発を行う。

研究開発項目 ②次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発

- ・現在のモーター鉄損を80%削減できる新軟磁性材料の実用化製造技術を開発する。

研究開発項目 ③高効率モーターの開発

- ・新規磁性材料を用いてトータル25%の損失低減を図る。

研究開発項目 ④特許調査・技術動向調査および事業化のための特許戦略策定および共通基盤技術の開発

- ・磁性材料からモーターまで全てを網羅した特許調査・技術動向調査を行う。また、基盤的な技術開発や材料開発、分析・評価・解析保磁力機構の解明などを必要に応じて行う。

(2)規模 事業総額 150億円(予定)
平成26年度予算(需給)30億円(委託)

(3)期間 平成26年度～平成33年度

4. 評価内容

(1) プロジェクトの位置付け・必要性について

1) NEDOプロジェクトとしての妥当性

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、日本企業のみが生産しており、我が国が競争力を有する技術分野である。しかし、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。

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な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。

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。

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が取り組むべきプロジェクトとして妥当である。

2) 目的の妥当性

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狙ったプロジェクトとなり妥当である。

(1) プロジェクトの位置付け・必要性についての総合的評価

レアメタル供給リスク低減とCO₂排出量削減という国際的な課題に対し、大きな貢献が期待できるとともに、グローバル化が進む中で引き続き国内産業を成長させていく取組みであり、社会的、経済的にも重要である。

また、川上から川下までの連携、素材の壁を越えた事業推進など、民間企業単独では実施が困難であることからNEDOが主導して実施する意義は大きい。

(2) プロジェクトの運営マネジメントについて

1) 成果目標の妥当性

本事業は以下の研究開発を実施する。

研究開発項目 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

(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

研究開発項目 ②次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発

研究開発項目 ③高効率モーターの開発

研究開発項目 ④特許調査・技術動向調査および事業化のための特許戦略策定および共通基盤技術の開発

これらを通じて、レアアースを使用しない高性能磁石の開発、低損失の高効率モーターの開発を目標としており、成果目標としては妥当である。

2) 実施計画の想定と妥当性

研究開発項目であるネオジム焼結磁石を越えるレアアースを使わない新磁石の開発および高効率モーターの開発は、課題も多く、研究開発期間には長期間を要すると考えられる。中間評価段階においても、内外の研究開発動向、社会・経済情勢の変化、政策動向の変化等を踏まえ、本事業の必要性、目的、目標、研究開発の内容、推進体制等について見直しを行うこととする。特に、研究開発の最終段階にあるものや早期に成果が見込まれるものは、予算の加速や研究開発の前倒し終了などを弾力的に行うこととする。

尚、当該予算（30億円）に関しては、必要な設備導入時期から妥当な規模と考えられる。

開発については、毎年主体企業の事業部を含めた個別の委員会等で目標の達成度や今後の方向性等の議論を行い、目標仕様の変更等を随時行う体制とし、予算も適宜見直す。

3) 評価実施の想定と妥当性

NEDOは、技術評価実施規定に基づき、技術的および政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による評価を実施する。

第1期については中間評価を平成26年度、および平成28年度に実施する。研究開発の進捗状況等を鑑み、評価後実施体制を委託と助成の複合型とすることも検討する。また、平成28年度の中間評価の結果を踏まえ、第2期の研究開発項目および目標を設定し、新たに実施者を公募する。

第2期は平成31年度中間評価を実施し、平成34年度に事後評価を実施する。なお、中間評価段階においても、内外の研究開発動向、社会・経済情勢の変化、政策動向の変化を踏まえ、本事業の必要性、目的、目標、研究開発の内容、推進体制等について見直しを行うこととする。特に、研究開発の最終段階にあるものや早期に成果が見込まれるものは、予算の加速や研究開発の前倒し終了など弾力的に行うこととする。

4) 実施体制の想定と妥当性

本研究開発は、我が国の将来の成長の糧となるイノベーションを創出する未来開拓研究プロジェクト「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」において実施されるものであり、経済産業省が平成24年度に企業、大学等の研究機関（委託先から再委託された研究開発実施者を含む）から公募によって選定し、共同研究契約等を締結する研究体を構築して開

始したものである。

NEDO が本研究開発の運営・管理を承継するに当たっては、その時点までの進捗状況を踏まえて研究開発を実施する。

なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDO は研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を選定し、各実施者はプロジェクトリーダーの下で研究開発を実施する。

5) 実用化・事業化戦略の想定と妥当性

研究開発を主体的に進めたい企業がサプライチェーンを巻き込み、その企業での取組を支援する体制とすることでの確にニーズを踏まえた開発体制とすることを想定している。

6) 知財戦略の想定と妥当性

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「未来開拓研究プロジェクトにおける知的財産等の取扱いに関する基本的考え方」に基づき、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第 25 条の規定等に則り、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

また、推進体制を構成する企業等が相互に連携しつつ、研究開発および事業化を効果的に推進するために、プロジェクト実施者に、知的財産管理規定、再委託契約書、共同研究契約書等を制定させる。

7) 標準化戦略の想定と妥当性

得られた研究開発の成果については、標準化等との連携を図るため、標準案の提案等を必要に応じて実施する。

(2) プロジェクトの運営マネジメントについての総合的評価

自動車メーカーなどユーザーのニーズに基づき、プロジェクトの目標を設定しており、それに対する評価や評価結果の対応などマイルストーンも明確である。また、世界をリードする企業、大学、国研が一体となった研究開発体制を敷くとともに、これまで成しえなかった企業間を超えた連携体制で川上～川下企業のシナジー連携効果まで期待出来る。また、成果の実用化・事業化想定も明確である。

(3) 成果の実用化・事業化の見通しについて

1) プロジェクト終了後における成果の実用化・事業化可能性

次世代自動車用高効率モーターを目指してプロジェクトを実施する。
また波及効果として家電や産業機械用途への応用も期待できる。

2) 成果の波及効果

(3) 成果の実用化・事業化の見通しについての総合的評価

我が国の鉄鋼材料大手、モーターメーカー、磁性材料メーカー、自動車大手企業と、多くの大学等アカデミアのプロジェクト参画により一気通貫のフォーメーションの構築、本プロジェクトの革新的技術開発である磁性材料開発についても強い知財戦略を持つ。レアアースフリー磁石の開発や低損失な高効率モーターの実現は社会の強い要求であり、シーズ、ニーズの両面から実用化・事業化の見通しは良い。

「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発 基本計画（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

平成26年3月12日
NEDO
電子・材料・ナノテクノロジー部

NEDO POSTにおいて標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。

1. パブリックコメント募集期間
平成26年2月27日～平成26年3月12日
2. パブリックコメント投稿数<有効のもの>
計0件

以上

特許論文等リスト

1. 特許

出願特許リスト

| 番号 | 出願者 | 出願番号 | 国内 外国 PCT | 出願日 | 状態 | 名 称 | 発明者 |
|----|--------------------------|-------------------|-----------------|----------------|----|--|----------------------------|
| 1 | インターメタリック株式会社 | 特願 2013-49618 | 国内 | 2013年 3月12日 | 出願 | RF ₂ FeB系焼結磁石の製造方法及びそれにより製造される RF ₂ FeB系焼結磁石 | 佐川真人(インターメタリック)、杉本諭(東北大)、他 |
| 2 | トヨタ自動車株式会社、高エネルギー加速器研究機構 | 特願 2013-198163 | 国内 | 2013年 9月25日 | 登録 | 磁気特性測定装置 | 矢野正雄(トヨタ)、小野寛太(KEK) |
| 3 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | 特願 2014-026199 | 国内 | 2014年 2月14日 | 登録 | アキシシャルギャップ形モーター | 浅野能成、他 |
| 4 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | 特願 2014-026200 | 国内 | 2014年 2月14日 | 登録 | アキシシャルギャップ形モーター | 浅野能成、他 |
| 5 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | 特願 2014-026201 | 国内 | 2014年 2月14日 | 登録 | アキシシャルギャップ形モーター | 浅野能成、他 |
| 6 | 三菱電機株式会社 | 特願 2014-035213 | 国内 | 2014年 2月26日 | 登録 | 希土類永久磁石およびその製造方法 | 中野善和、他 |
| 7 | NECトーキン株式会社 | 特願 2014-041422 | 国内 | 2014年 3月4日 | 登録 | ナノ結晶軟磁性合金粉末およびそれを用いた圧粉磁心 | 千葉美帆、他 |
| 8 | ダイキン工業株式会社、大阪府立大学 | 特願 2014-042061 | 国内 | 2014年 3月4日 | 登録 | ロータ | 近藤俊成、他 |
| 9 | インターメタリック株式会社 | PCT/JP2014/056396 | PCT | 2014年 3月12日 | 出願 | RF ₂ FeB系焼結磁石の製造方法及びそれにより製造される RF ₂ FeB系焼結磁石 | 佐川真人(インターメタリック)、杉本諭(東北大)、他 |
| 10 | トヨタ自動車株式会社、京都大学 | 特願 2014-058887 | 国内 | 2014年 3月20日 | 出願 | FePd/Feナノコンポジット磁石及びその製造方法 | 伊東正朗(トヨタ)、寺西利治(京大)他 |
| 11 | JFEスチール株式会社 | 特願 2014-072786 | 国内 | 2014年 3月31日 | 出願 | アトマイズ金属粉 | 中世古誠、他 |
| 12 | トヨタ自動車株式会社 | US14/896215 | 外国 | 2014年 6月5日 | 出願 | Rare-Earth Magnet and Method for Manufacturing Same | 伊東正朗、他 |
| 13 | トヨタ自動車株式会社 | CN201480031731.0 | 外国 | 2014年 6月5日 | 登録 | 希土磁性及其製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 14 | トヨタ自動車株式会社 | PCT/JP2014/064995 | PCT | 2014年6月5日 | 出願 | 希土類磁石とその製造方法 | 佐久間紀次、他 |
| 15 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2014-116830 | 国内 | 2014年 6月5日 | 登録 | ナノコンポジット磁石の製造方法 | 矢野正雄、他 |
| 16 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2015-521489 | 国内 | 2014年 6月5日 | 登録 | 希土類磁石とその製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 17 | 産業技術総合研究所 | 特願 2014-154203 | 国内 | 2014年 7月29日 | 登録 | 窒化鉄粉末及びその製造方法 | 鈴木一行、他 |
| 18 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | 特願 2014-154525 | 国内 | 2014年 7月30日 | 登録 | 電動機 | 浅野能成、他 |

| | | | | | | | |
|----|--------------------------|-----------------------------------|------|-------------|----|--------------------------|-------------------------------|
| 19 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | 特願 2014-154546 | 国内 | 2014年7月30日 | 出願 | 電動機 | 浅野能成、他 |
| 20 | インターメタリックス株式会社 | 特願 2014-165953 | 国内 | 2014年8月18日 | 出願 | RFeB系焼結磁石 | 宇根康裕(インターメタリックス)、杉本(東北大)、他 |
| 21 | トヨタ自動車株式会社、静岡理科大学 | 特願 2014-183705 | 国内 | 2014年9月9日 | 出願 | ThMn12型希土類磁石 | 佐久間紀次(トヨタ)、小林久理真(静岡理科大)他 |
| 22 | トヨタ自動車株式会社、高エネルギー加速器研究機構 | US14/496966 | 外国 | 2014年9月25日 | 出願 | 磁気特性測定装置 | 矢野正雄(トヨタ)、小野寛太(KEK) |
| 23 | トヨタ自動車株式会社、高エネルギー加速器研究機構 | EP14186380.3 | 外国 | 2014年9月25日 | 出願 | 磁気特性測定装置 | 矢野正雄(トヨタ)、小野寛太(KEK) |
| 24 | 産業技術総合研究所 | 特願 2014-201714 | 国内 | 2014年9月30日 | 出願 | 希土類磁石用原料合金の製造方法 | 田村卓也 |
| 25 | 株式会社デンソー | 2014-213965 | 国内 | 2014年10月20日 | 登録 | 磁性ナノ粒子の熱処理法 | 藏裕彰 |
| 26 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2014-243354 | 国内 | 2014年12月1日 | 出願 | ナノ結晶磁石の角部改善 | 伊東正朗、他 |
| 27 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2014-245994 | 国内 | 2014年12月4日 | 拒絶 | 希土類磁石 | 伊東正朗、他 |
| 28 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2014-252184 | 国内 | 2014年12月12日 | 登録 | 軽希土類磁石の製造方法 | 佐久間紀次、他 |
| 29 | トヨタ自動車株式会社、物質・材料研究機構 | 特願 2014-252325 | 国内 | 2014年12月12日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 矢野正雄(トヨタ)、U. SeeIam(NIMS)他 |
| 30 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | 特願 2014-263815 | 国内 | 2014年12月26日 | 登録 | 回転電気機械 | 浅野能成(ダイキン)、小坂卓(名工大) |
| 31 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | 特願 2014-263816 | 国内 | 2014年12月26日 | 出願 | 回転電気機械 | 浅野能成(ダイキン)、小坂卓(名工大) |
| 32 | インターメタリックス株式会社、東北大 | 特願 2015-003650 | 国内 | 2015年1月9日 | 出願 | RFeB系焼結磁石の製造方法 | 宇根康裕(インターメタリックス)、杉本(東北大)、他 |
| 33 | 三菱電機株式会社 | 特願 2015-018277 | 国内 | 2015年2月2日 | 出願 | 同期機制御装置および同期機の永久磁石温度推定方法 | 相澤淳一、他 |
| 34 | ダイキン工業株式会社、大阪府立大学 | PCT/JP2015/001145(特願 2014-042061) | PCT | 2015年3月4日 | 出願 | ロータ | 近藤俊成(ダイキン)、森本茂雄(府大)他 |
| 35 | JFE スチール株式会社 | PCT/JP2015/001407 | PCT | 2015年3月13日 | 出願 | アトマイズ金属粉末の製造方法 | 中世古誠、他 |
| 36 | JFE スチール株式会社 | 特願 2015-08227 | 国内 | 2015年3月30日 | 登録 | 水アトマイズ金属粉末の製造方法 | 中世古誠、他 |
| 37 | トヨタ自動車株式会社、静岡理科大学 | 特願 2015-097526 | 国内優先 | 2015年5月12日 | 登録 | ThMn12型希土類磁石 | 佐久間紀次(トヨタ)、小林久理真(静岡理科大)他 |
| 38 | 住友電工株式会社・株式会社T&Tイノベーションズ | 特願 2015-199394 | 国内 | 2015年5月15日 | 出願 | 磁石、及び磁石の製造方法 | 皆川真(住友電工)、小林斉也(T&Tイノベーションズ)、他 |

| | | | | | | | |
|----|--|--------------------|-----|-----------------|----|---|---|
| 39 | 住友電工株式会社・株式会社 T&T イノベーションズ | 特願 2015-199395 | 国内 | 2015 年 5 月 15 日 | 登録 | 成形体、及び成形体の製造方法 | 皆川真（住友電工）、小林育也（T&T イノベーションズ）、他 |
| 40 | 住友電工株式会社・株式会社 T&T イノベーションズ | 特願 2015-199396 | 国内 | 2015 年 5 月 15 日 | 登録 | 多孔体、及び多孔体の製造方法 | 皆川真（住友電工）、小林育也（T&T イノベーションズ）、他 |
| 41 | トヨタ自動車株式会社 | US14/730961 | 外国 | 2015 年 6 月 4 日 | 出願 | Nanocomposite Magnet and Method of Producing the Same | 矢野正雄、他 |
| 42 | トヨタ自動車株式会社 | CN201510303575.5 | 外国 | 2015 年 6 月 5 日 | 登録 | ナノコンポジット磁石及びその製造方法 | 矢野正雄、他 |
| 43 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | US15/500014 | 外国 | 2015 年 6 月 19 日 | 出願 | ELECTRIC MOTOR | 浅野能成（ダイキン）、小坂卓（名工大） |
| 44 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | CN201580040053.9 | 外国 | 2015 年 6 月 19 日 | 出願 | ELECTRIC MOTOR | 浅野能成（ダイキン）、小坂卓（名工大） |
| 45 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | PCT/JP2015/067674 | PCT | 2015 年 6 月 19 日 | 出願 | 電動機 | 浅野能成（ダイキン）、小坂卓（名工大） |
| 46 | インターメタリックス株式会社 | 特願 2015-143414 | 国内 | 2015 年 7 月 17 日 | 出願 | 希土類焼結磁石用原料粉末の製造方法 | 久保 博一、他 |
| 47 | NEC トーキン株式会社 | 特願 2015-151614 | 国内 | 2015 年 7 月 31 日 | 出願 | 金属軟磁性合金と磁心、およびその製造方法 | 浦田顕理、他 |
| 48 | NEC トーキン株式会社 | 特願 2015-152024 | 国内 | 2015 年 7 月 31 日 | 出願 | 圧粉磁心 | 金森悠、他 |
| 49 | JFE スチール株式会社 | 特願 2015-152127 | 国内 | 2015 年 7 月 31 日 | 登録 | 水アトマイズ金属粉末の製造方法 | 中世古誠、他 |
| 50 | JFE スチール株式会社 | 特願 2015-152128 | 国内 | 2015 年 7 月 31 日 | 登録 | 水アトマイズ金属粉末の製造方法 | 高下拓也、他 |
| 51 | JFE スチール株式会社 | 特願 2015-152129 | 国内 | 2015 年 7 月 31 日 | 登録 | 鉄基非晶質粉末の製造方法 | 中村尚道、他 |
| 52 | JFE スチール株式会社 | 特願 2015-152130 | 国内 | 2015 年 7 月 31 日 | 登録 | 水アトマイズ金属粉末の製造方法 | 村木峰男、他 |
| 53 | JFE スチール株式会社 | 特願 2015-152131 | 国内 | 2015 年 7 月 31 日 | 登録 | 水アトマイズ金属粉末の製造方法 | 中世古誠、他 |
| 54 | JFE スチール株式会社、JFE 精密株式会社、NEC トーキン株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所 | 特願 2015-152804 | 国内 | 2015 年 7 月 31 日 | 出願 | 高密度軟磁性圧粉磁心およびその製造方法 | 中村尚道（JFE スチール）、寺尾星明（JFE 精密）、浦田顕理（NEC トーキン）、尾崎公洋（産総研）他 |
| 55 | インターメタリックス株式会社 | PCT/JP2015 / 73064 | PCT | 2015 年 8 月 18 日 | 出願 | RFeB 系焼結磁石 | 宇根康裕（インターメタリックス）、杉本（東北大）、他 |
| 56 | トヨタ自動車株式会社、静岡理科大学 | US14/844478 | 外国 | 2015 年 9 月 3 日 | 出願 | ThMn12 型希土類磁石 | 佐久間紀次（トヨタ）、小林久理真（静岡理科大学）他 |
| 57 | トヨタ自動車株式会社、静岡理科大学 | KR 2015-0125243 | 外国 | 2015 年 9 月 4 日 | 出願 | ThMn12 型希土類磁石 | 佐久間紀次（トヨタ）、小林久理真（静岡理科大学）他 |

| | | | | | | | |
|----|---------------------|-------------------|-----|-------------|------|--|----------------------------|
| 58 | トヨタ自動車株式会社、静岡理科大学 | IN2785/DEL/2015 | 外国 | 2015年9月4日 | 出願 | ThMn12型希土類磁石 | 佐久間紀次(トヨタ)、小林久理真(静岡理科大)他 |
| 59 | トヨタ自動車株式会社、静岡理科大学 | IDP00201505503 | 外国 | 2015年9月7日 | 出願 | ThMn12型希土類磁石 | 佐久間紀次(トヨタ)、小林久理真(静岡理科大)他 |
| 60 | トヨタ自動車株式会社、静岡理科大学 | TH1501005204 | 外国 | 2015年9月8日 | 出願 | ThMn12型希土類磁石 | 佐久間紀次(トヨタ)、小林久理真(静岡理科大)他 |
| 61 | トヨタ自動車株式会社、静岡理科大学 | BR102015022165-7 | 外国 | 2015年9月9日 | 出願 | ThMn12型希土類磁石 | 佐久間紀次(トヨタ)、小林久理真(静岡理科大)他 |
| 62 | トヨタ自動車株式会社、静岡理科大学 | EP15184536.9 | 外国 | 2015年9月9日 | 出願 | ThMn29型希土類磁石 | 佐久間紀次(トヨタ)、小林久理真(静岡理科大)他 |
| 63 | トヨタ自動車株式会社、静岡理科大学 | CN201510567689.0 | 外国 | 2015年9月9日 | 出願 | ThMn12型希土類磁石 | 佐久間紀次(トヨタ)、小林久理真(静岡理科大)他 |
| 64 | 株式会社デンソー | 特願2015-179277 | 国内 | 2015年9月11日 | 出願 | FeNi合金粉末の製造方法 | 林靖、他 |
| 65 | トヨタ自動車株式会社、静岡理科大学 | 特願2015-184368 | 国内 | 2015年9月17日 | 登録 | 磁性化合物及びその製造方法 | 佐久間紀次(トヨタ)、小林久理真(静岡理科大)他 |
| 66 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | 特願2015-187947 | 国内 | 2015年9月25日 | 取り下げ | 回転電気機械 | 浅野能成(ダイキン)、小坂卓(名工大) |
| 67 | トヨタ自動車株式会社、静岡理科大学 | 特願2015-200376 | 国内 | 2015年10月8日 | 出願 | 希土類磁石の製造方法 | 佐久間紀次(トヨタ)、小林久理真(静岡理科大)他 |
| 68 | 株式会社デンソー | 特願2015-203067 | 国内 | 2015年10月14日 | 出願 | FeNi規則合金、FeNi規則合金の製造方法、および、FeNi規則合金を含む磁性材料 | 藏裕彰 他 |
| 69 | トヨタ自動車株式会社 | 特願2015-247317 | 国内 | 2015年12月18日 | 登録 | 希土類磁石 | 佐久間紀次、他 |
| 70 | インターメタリックス株式会社 | PCT/JP2016/50443 | PCT | 2016年1月8日 | 出願 | RFeB系焼結磁石の製造方法 | 宇根康裕(インターメタリックス)、杉本(東北大)、他 |
| 71 | 三菱電機株式会社 | US15/547546 | 外国 | 2016年1月18日 | 出願 | 同期機制御装置および同期機の永久磁石温度推定方法 | 相澤淳一、他 |
| 72 | 三菱電機株式会社 | PCT/JP2016/051231 | PCT | 2016年1月18日 | 出願 | 同期機制御装置および同期機の永久磁石温度推定方法 | 相澤淳一、他 |
| 73 | 三菱電機株式会社 | 特願2016-573261 | 国内 | 2016年1月18日 | 登録 | 同期機制御装置および同期機の永久磁石温度推定方法 | 相澤淳一、他 |
| 74 | 株式会社村田製作所、産業技術総合研究所 | 特願2016-014529 | 国内 | 2016年1月28日 | 出願 | Sm-Fe二元系合金を主成分とする磁石用原料 | 大賀聡(村田製作所)、高木健太(産総研) |
| 75 | トヨタ自動車株式会社、京都大学 | 特願2016-035501 | 国内 | 2016年2月26日 | 出願 | 磁性体 | 佐久間紀次(トヨタ)、寺西利治(京大)、他 |
| 76 | JFEスチール株式会社 | PCT/JP2016/001412 | PCT | 2016年3月14日 | 出願 | 水アトマイズ金属粉末の製造方法 | 中世古誠、他 |
| 77 | JFEスチール株式会社 | 特願2016-544876 | 国内 | 2016年3月14日 | 出願 | 水アトマイズ金属粉末の製造方法 | 中世古誠、他 |
| 78 | 産業技術総合研究所 | 特願2016-51893 | 国内 | 2016年3月16日 | 出願 | ネオジム-鉄-ボロン系合金 | 高木健太 他 |

| | | | | | | | |
|----|--|------------------|----|------------|----|------------------------|---|
| 79 | J F E スチール株式会社、J F E 精密株式会社、N E C トーキン株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所 | US15/737429 | 外国 | 2016年7月28日 | 出願 | 軟磁性圧粉磁心の製造方法および軟磁性圧粉磁心 | 中村尚道（JFE スチール）、寺尾星明（JFE 精密）、浦田顕理（NEC トーキン）、尾崎公洋（産総研）他 |
| 80 | J F E スチール株式会社、J F E 精密株式会社、N E C トーキン株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所 | EP16832510.8 | 外国 | 2016年7月28日 | 出願 | 軟磁性圧粉磁心の製造方法および軟磁性圧粉磁心 | 中村尚道（JFE スチール）、寺尾星明（JFE 精密）、浦田顕理（NEC トーキン）、尾崎公洋（産総研）他 |
| 81 | J F E スチール株式会社、J F E 精密株式会社、N E C トーキン株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所 | CN201680044515.9 | 外国 | 2016年7月28日 | 出願 | 軟磁性圧粉磁心の製造方法および軟磁性圧粉磁心 | 中村尚道（JFE スチール）、寺尾星明（JFE 精密）、浦田顕理（NEC トーキン）、尾崎公洋（産総研）他 |
| 82 | J F E スチール株式会社、J F E 精密株式会社、N E C トーキン株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所 | IN201727044851 | 外国 | 2016年7月28日 | 出願 | 軟磁性圧粉磁心の製造方法および軟磁性圧粉磁心 | 中村尚道（JFE スチール）、寺尾星明（JFE 精密）、浦田顕理（NEC トーキン）、尾崎公洋（産総研）他 |
| 83 | J F E スチール株式会社、J F E 精密株式会社、N E C トーキン株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所 | KR2018-7005253 | 外国 | 2016年7月28日 | 出願 | 軟磁性圧粉磁心の製造方法および軟磁性圧粉磁心 | 中村尚道（JFE スチール）、寺尾星明（JFE 精密）、浦田顕理（NEC トーキン）、尾崎公洋（産総研）他 |
| 84 | J F E スチール株式会社、J F E 精密株式会社、N E C トーキン株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所 | CA2990362 | 外国 | 2016年7月28日 | 出願 | 軟磁性圧粉磁心の製造方法および軟磁性圧粉磁心 | 中村尚道（JFE スチール）、寺尾星明（JFE 精密）、浦田顕理（NEC トーキン）、尾崎公洋（産総研）他 |

| | | | | | | | |
|-----|---|-------------------|-----|------------|----|--|--|
| 85 | JFEスチール株式会社、JFE精密株式会社、NECトーキン株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所 | PCT/JP2016/003512 | PCT | 2016年7月28日 | 出願 | 軟磁性圧粉磁芯の製造方法および軟磁性圧粉磁芯 | 中村尚道（JFEスチール）、寺尾星明（JFE精密）、浦田顕理（NECトーキン）、尾崎公洋（産総研）他 |
| 86 | JFEスチール株式会社、JFE精密株式会社、NECトーキン株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所 | TW105124381 | 外国 | 2016年7月29日 | 登録 | 軟磁性圧粉磁芯の製造方法および軟磁性圧粉磁芯 | 中村尚道（JFEスチール）、寺尾星明（JFE精密）、浦田顕理（NECトーキン）、尾崎公洋（産総研）他 |
| 87 | トヨタ自動車株式会社 | CN201610619814.2 | 外国 | 2016年8月1日 | 登録 | 磁性化合物及びその製造方法 | 佐久間紀次、他 |
| 88 | トヨタ自動車株式会社 | US15/233362 | 外国 | 2016年8月10日 | 出願 | 磁性化合物及びその製造方法 | 佐久間紀次、他 |
| 89 | 株式会社デンソー | 特願 2016-159001 | 国内 | 2016年8月12日 | 登録 | FeNi 規則合金、FeNi 規則合金の製造方法、および、FeNi 規則合金を含む磁性材料 | 後藤翔、他 |
| 90 | 株式会社デンソー | 特願 2019-092252 | 国内 | 2016年8月12日 | 出願 | FeNi 規則合金粉末およびそれを含む磁性材料 | |
| 91 | インターメタリックス株式会社 | 特願 2016-141615 | 国内 | 2016年8月19日 | 出願 | RFeB 系磁石製造方法 | 宇根康裕、他 |
| 92 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2016-163472 | 国内 | 2016年8月24日 | 出願 | 磁性化合物の製造方法 (Mo 系) | 佐久間紀次、他 |
| 93 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2016-163484 | 国内 | 2016年8月24日 | 出願 | 磁性化合物の製造方法 (N 化方法) | 佐久間紀次、他 |
| 94 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | US15/761481 | 外国 | 2016年8月29日 | 出願 | ROTATING ELECTRIC MACHINE | 浅野能成（ダイキン）、小坂卓（名工大） |
| 95 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | CN16848296.6 | 外国 | 2016年8月29日 | 出願 | ROTATING ELECTRIC MACHINE | 浅野能成（ダイキン）、小坂卓（名工大） |
| 96 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | EP16848296.6 | 外国 | 2016年8月29日 | 出願 | 回転電気機械 | 浅野能成（ダイキン）、小坂卓（名工大） |
| 97 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | PCT/JP2016/003919 | PCT | 2016年8月29日 | 出願 | 回転電気機械 | 浅野能成（ダイキン）、小坂卓（名工大） |
| 98 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | 特願 2016-166428 | 国内 | 2016年8月29日 | 登録 | 回転電気機械 | 浅野能成（ダイキン）、小坂卓（名工大） |
| 99 | NEC トーキン株式会社 | 特願 2016-184124 | 国内 | 2016年9月21日 | 出願 | 積層磁心及びその製造方法 | 浦田顕理、他 |
| 100 | 株式会社デンソー | DE112016004716.9 | 外国 | 2016年9月23日 | 出願 | FeNi ORDERED ALLOY AND METHOD FOR MANUFACTURING FeNi ORDERED ALLOY | 藏裕彰 他 |
| 101 | 株式会社デンソー | CN201680059653.4 | 外国 | 2016年9月23日 | 出願 | FeNi ORDERED ALLOY AND METHOD FOR MANUFACTURING FeNi ORDERED ALLOY | 藏裕彰 他 |

| | | | | | | | |
|-----|--------------------------|-------------------|-----|-------------|----|---|--------------------------------|
| 102 | 株式会社デンソー | PCT/JP2016/78026 | PCT | 2016年9月23日 | 出願 | FeNi 規則合金および FeNi 規則合金の製造方法 | 藏裕彰 他 |
| 103 | 株式会社デンソー、学校法人同志社 | 特願 2016-186484 | 国内 | 2016年9月26日 | 出願 | FeNi 規則合金の製造方法 | 渡部英治(デンソー)、後藤琢也(同志社)他 |
| 104 | トヨタ自動車株式会社 | CN201610982286.7 | 外国 | 2016年11月8日 | 出願 | 希土類磁石 | 佐久間紀次、他 |
| 105 | トヨタ自動車株式会社 | DE102016122327.1 | 外国 | 2016年11月21日 | 出願 | 希土類磁石 | 佐久間紀次、他 |
| 106 | トヨタ自動車株式会社 | US15/380,079 | 外国 | 2016年12月15日 | 出願 | 希土類磁石 | 佐久間紀次、他 |
| 107 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | 特願 2016-246590 | 国内 | 2016年12月20日 | 出願 | 回転電気機械 | 浅野能成(ダイキン)、小坂卓(名工大)、他 |
| 108 | JFE スチール株式会社 | 特願 2016-254623 | 国内 | 2016年12月28日 | 出願 | アトマイズ金属粉末の製造方法及びアトマイズ金属粉末の製造装置 | 中世古誠、他 |
| 109 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2016-256776 | 国内 | 2016年12月28日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 110 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2016-256788 | 国内 | 2016年12月28日 | 出願 | 希土類磁石 | 伊東正朗、他 |
| 111 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2016-256855 | 国内 | 2016年12月28日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 112 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2017-002861 | 国内 | 2017年1月11日 | 出願 | 希土類磁石の製造方法 | 矢野正雄、他 |
| 113 | 株式会社村田製作所、産業技術総合研究所 | US16/031891 | 外国 | 2017年1月12日 | 出願 | Sm-Fe 二元系合金を主成分とする磁石用原料、ならびに磁石 | 大賀聡(村田製作所)、高木健太(産総研) |
| 114 | 株式会社村田製作所、産業技術総合研究所 | CN201780006209.0 | 外国 | 2017年1月12日 | 出願 | Sm-Fe 二元系合金を主成分とする磁石用原料およびその製造方法、ならびに磁石 | 大賀聡(村田製作所)、高木健太(産総研) |
| 115 | 産業技術総合研究所、株式会社村田製作所 | PCT/JP2017/000777 | PCT | 2017年1月12日 | 出願 | Sm-Fe 二元系合金を主成分とする磁石用原料およびその製造方法、ならびに磁石 | 大賀聡(村田製作所)、高木健太(産総研) |
| 116 | 産業技術総合研究所、株式会社村田製作所 | 特願 2017-563790 | 国内 | 2017年1月12日 | 登録 | Sm-Fe 二元系合金を主成分とする磁石用原料およびその製造方法、ならびに磁石 | 大賀聡(村田製作所)、高木健太(産総研) |
| 117 | JFE スチール株式会社 | 特願 2017-006498 | 国内 | 2017年1月18日 | 出願 | 軟磁性鉄粉の製造方法 | 村木峰男、他 |
| 118 | NEC トヨタ株式会社、JFE スチール株式会社 | 特願 2017-012977 | 国内 | 2017年1月27日 | 出願 | 軟磁性粉末、Fe 基ナノ結晶合金粉末、磁性部品及び圧粉磁芯 | 浦田顕理(NEC トヨタ)、村木峰男(JFE スチール)、他 |
| 119 | JFE スチール株式会社 | 特願 2017-013604 | 国内 | 2017年1月27日 | 出願 | 軟磁性鉄粉の製造方法 | 中世古誠、他 |
| 120 | JFE スチール株式会社 | 特願 2017-015386 | 国内 | 2017年1月31日 | 出願 | アトマイズ金属粉末の製造方法 | 中世古誠、他 |
| 121 | NEC トヨタ株式会社 | 特願 2017-027162 | 国内 | 2017年2月16日 | 出願 | 軟磁性粉末、圧粉磁芯、磁性部品及び圧粉磁芯の製造方法 | 浦田顕理、他 |
| 122 | NEC トヨタ株式会社 | 特願 2017-029997 | 国内 | 2017年2月21日 | 出願 | 軟磁性粉末、磁性部品及び圧粉磁芯 | 八巻誠、他 |
| 123 | ダイキン工業株式会社、大阪府立大学 | 特願 2017-037950 | 国内 | 2017年3月1日 | 出願 | 回転電気機械 | 近藤俊成(ダイキン)、森本茂雄(府大)、他 |

| | | | | | | | |
|-----|----------------------|-------------------|----|-------------|----|-------------------------------------|--------------------------|
| 124 | インターメタリック株式会社 | 特願 2017-049451 | 国内 | 2017年3月15日 | 登録 | RFeB系磁石製造方法 | 宇根康裕、他 |
| 125 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | 特願 2017-070581 | 国内 | 2017年3月31日 | 出願 | 回転電気機械 | 浅野能成(ダイキン)、小坂卓(名工大)、他 |
| 126 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | 特願 2017-071091 | 国内 | 2017年3月31日 | 出願 | 回転電気機械装置 | 浅野能成(ダイキン)、小坂卓(名工大)、他 |
| 127 | 株式会社デンソー | 特願 2017-080025 | 国内 | 2017年4月13日 | 出願 | FeNi規則合金、FeNi規則合金磁石およびFeNi規則合金の製造方法 | 後藤翔 |
| 128 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2017-083094 | 国内 | 2017年4月19日 | 出願 | 希土類磁石の製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 129 | トヨタ自動車株式会社、物質・材料研究機構 | 特願 2017-087337 | 国内 | 2017年4月20日 | 出願 | 希土類磁石の製造方法 | 矢野正雄(トヨタ)、リュウ リフア(NIMS)他 |
| 130 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | 特願 2017-084804 | 国内 | 2017年4月21日 | 登録 | 回転電気機械 | 浅野能成(ダイキン)、小坂卓(名工大)、他 |
| 131 | 株式会社デンソー | 特願 2017-095788 | 国内 | 2017年5月12日 | 出願 | FeNi規則合金を含む磁性材料およびその製造方法 | 後藤翔、他 |
| 132 | 株式会社デンソー | 特願 2017-097348 | 国内 | 2017年5月16日 | 出願 | 磁粉及び磁石 | 才賀裕太、他 |
| 133 | 株式会社デンソー | 特願 2017-098205 | 国内 | 2017年5月17日 | 出願 | L ₁₀ -FeNi 磁粉及びボンド磁石 | 藏裕彰、他 |
| 134 | 株式会社デンソー | 特願 2017-098304 | 国内 | 2017年5月17日 | 出願 | FeNi規則合金を含む磁性材料およびその製造方法 | 渡部英治、他 |
| 135 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2017-121398 | 国内 | 2017年6月21日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 136 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2017-129658 | 国内 | 2017年6月30日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 佐久間紀次、他 |
| 137 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2017-129671 | 国内 | 2017年6月30日 | 出願 | 希土類磁石の製造方法 | 佐久間紀次、他 |
| 138 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2017-159761 | 国内 | 2017年8月22日 | 出願 | 磁性化合物及びその製造方法 | 横田和哉、他 |
| 139 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2017-159763 | 国内 | 2017年8月22日 | 出願 | 磁性化合物及びその製造方法 | 木下昭人、他 |
| 140 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2017-159767 | 国内 | 2017年8月22日 | 登録 | 磁性化合物及びその製造方法並びに磁性紛体 | 木下昭人、他 |
| 141 | トヨタ自動車株式会社 | US15/832,173 | 外国 | 2017年12月5日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 142 | トヨタ自動車株式会社 | IN201714043676 | 外国 | 2017年12月5日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 143 | トヨタ自動車株式会社 | EP17205969.3 | 外国 | 2017年12月7日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 144 | トヨタ自動車株式会社 | RU2017142763 | 外国 | 2017年12月7日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 145 | JFEスチール株式会社 | 特願 2017-234739 | 国内 | 2017年12月7日 | 出願 | 水アトマイズ金属粉末の製造方法 | 中世古誠、他 |
| 146 | トヨタ自動車株式会社 | CN201711323866.6 | 外国 | 2017年12月13日 | 出願 | 希土類磁石 | 伊東正朗、他 |
| 147 | トヨタ自動車株式会社 | CN201711326507.6 | 外国 | 2017年12月13日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 148 | トヨタ自動車株式会社 | KR10-2017-0171898 | 外国 | 2017年12月14日 | 登録 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |

| | | | | | | | |
|-----|--------------------|-------------------|-----|-------------|----|---------------|-----------------------|
| 149 | トヨタ自動車株式会社 | DE102017130191.7 | 外国 | 2017年12月15日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 150 | トヨタ自動車株式会社 | TH1701007515 | 外国 | 2017年12月15日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 151 | トヨタ自動車株式会社 | US15/846,317 | 外国 | 2017年12月19日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 152 | トヨタ自動車株式会社 | US15/846,343 | 外国 | 2017年12月19日 | 出願 | 希土類磁石 | 伊東正朗、他 |
| 153 | トヨタ自動車株式会社 | CN201711370965.X | 外国 | 2017年12月19日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 154 | トヨタ自動車株式会社 | IDP00201709233 | 外国 | 2017年12月19日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 155 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | PCT/JP2017/045828 | PCT | 2017年12月20日 | 出願 | 回転電気機械 | 浅野能成(ダイキン)、小坂卓(名工大)、他 |
| 156 | ダイキン工業株式会社、名古屋工業大学 | 特願 2017-244311 | 国内 | 2017年12月20日 | 登録 | 回転電気機械 | 浅野能成(ダイキン)、小坂卓(名工大)、他 |
| 157 | トヨタ自動車株式会社 | BR1020170281680 | 外国 | 2017年12月26日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |
| 158 | トヨタ自動車株式会社 | 特願 2017-254475 | 国内 | 2017年12月28日 | 出願 | 希土類磁石及びその製造方法 | 伊東正朗、他 |

2. 論文

論文投稿リスト

| 番号 | 発表者 | 所属 | タイトル | 発表誌名、ページ番号 | 査読 | 発表年月 |
|----|--|-----------------------|---|--|----|------------------|
| 1 | Michihide Nakamura , Masashi Matsuura , Nobuki Tezuka , Satoshi Sugimoto (Tohoku Univ.), Yasuhiro Une , Hirokazu Kubo , and Masato Sagawa (Intermetallics) | 東北大学、インターメタリックス | Preparation of ultrafine jet-milled powders for Nd-Fe-B sintered magnets using hydrogenation disproportionation desorption recombination and hydrogen decrepitation processes | Appl. Phys. Lett. 103 , 022404 | 有 | 2013 年 |
| 2 | 奥山喜久夫 | 広島大学 | ナノ粒子材料の合成・分散・構造化 | セラミックス 48 (2013) No.4 | | 2013 年 |
| 3 | Tomoyuki Ogawa | 東北大学 | Challenge to the Synthesis of Fe_{16}N_2 Compound Nanoparticle with High Saturation Magnetization for Rare Earth Free New Permanent Magnetic Material | Applied Physics Express 6 (7), 073007-1-073007-3 | | 2013 年 5 月 10 日 |
| 4 | 中村通秀 , 松浦昌志 , 手束展規 , 杉本諭 (東北大学) , 宇根康裕 , 久保博一 , 佐川真人 (インターメタリックス) | 東北大学、インターメタリックス | HDDR 法利用による Nd-Fe-B 系焼結磁石向け超微細原料粉末作製法の開発 | 電気学会マグネティックス研究会概要集 MAG-13-107 | | 2013 年 |
| 5 | Shinpei Yamamoto | 京都大学 | Quantitative understanding of thermal stability of Fe_{16}N_2 | Chem Commun., 2013, 49, 7708-7710 | | 2013 年 5 月 14 日 |
| 6 | K. Takagi , M. Akada , K. Ozaki , N. Kobayashi , T. Ogawa , Y. Ogata , M. Takahashi | 産総研、T&T イノベーションズ、東北大学 | High-pressure sintering behavior of Fe_{16}N_2 nanopowder | Journal of Applied Physics 115, 103905 (2014) | 有 | 2013 年 10 月 12 日 |
| 7 | 曾田力央 | 産総研 | シミュレーションによる省エネルギー型粉砕機的设计 | 粉体技術 2013 年 11 月号 (日本粉体工業技術協会) | | 2013 年 11 月 1 日 |
| 8 | 小野寛太 (高エネ研)、 矢野正雄 (トヨタ)、 他 | 高エネ研、トヨタ自動車 | Observation of spin-wave dispersion in Nd-Fe-B magnets using neutron Brillouin scattering | JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 115, 17A714 (2014) | 有 | 2014 年 1 月 29 日 |

| | | | | | | |
|----|--|-------------------------------------|---|---|---|----------------|
| 9 | 小野寛太 (高工ネ研)、矢野正雄(トヨタ)、他 | 高工ネ研、トヨタ | Investigation of coercivity mechanism in hot deformed Nd-Fe-B permanent magnets by small-angle neutron scattering | JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 115, 17A717 (2014) | 有 | 2014年 2月4日 |
| 10 | Rikio Soda, Kenta Takagi, Kimihiro Ozaki (AIST) | 産総研 | Discrete Element Simulation for Magnetic-aligned | TMS 2014 Conference Proceedings P347 ~ 352 | 有 | 2014年 2月16日 |
| 11 | 小野寛太 (高工ネ研)、矢野正雄(トヨタ)、他 | 高工ネ研、トヨタ自動車 | Dipolar energy of Nd-Fe-B nanocrystalline magnets in magnetization reversal process | JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 115, 17A730 (2014) | 有 | 2014年 2月24日 |
| 12 | S.Yamamoto, R.Gallage, S.Isoda, Y.Ogata, Y.Kusano, N.Kobayashi, T.Ogawa, N.Hayashi, M.Takahashi, M.Takano (Kyoto University) | 京都大学 | Stability of γ -Fe ₁₆ N ₂ in hydrogenous atmospheres | Chemical Communications 2014, 50, 7040-7043. | | 2014年 3月12日 |
| 13 | S. Bance (St. Polten Univ.)、矢野正雄(トヨタ)、他 | St. Polten Univ.、トヨタ自動車 他 | Influence of defect thickness on the angular dependence of coercivity in rare-earth permanent magnets | APPLIED PHYSICS LETTERS 104, 182408 (2014) | 有 | 2014年 5月9日 |
| 14 | H.Hiraka, K.Ohyama, Y.Ogata, T.Ogawa, R.Gallage, N.Kobayashi, M.Takahashi, B.Gillon, A.Goukassov, K.Yamada | 高工ネ研、東北大学、戸田工業、T&Tイノベーションズ、CEA/CNRS | Polarized neutron diffraction study on magnetic structure in γ -Fe ₁₆ N ₂ | Physical Review B 90.134427 (2014). | 有 | 2014年 5月14日 |
| 15 | 林 靖(デンソー)、他 | デンソー | X線回折による L ₁₀ 型 FeNi ナノ粒子の結晶構造解析 | Spring-8/SACLA 利用研究成果集 Vol.2, No.1, p.151-153 | 有 | 2014年 7月10日 |
| 16 | S. Sugimoto, M. Nakamura, K. Isogai, M. Matsuura, Y. Une, H. Kubo, and M. Sagawa | 東北大学、インターメタリックス | Recent Progress in High-Performance Magnets | Proceedings of REPM2014 | | 2014年 8月18日 |

| | | | | | | |
|----|---|--|--|--------------------------------------|---|----------------|
| 17 | Michihide Nakamura, Masashi Matsuura, Nobuki Tezuka, Satoshi Sugimoto, Yasuhiro Une, Hirokazu Kubo, and Masato Sagawa | 東北大学、インターメタリックス | Effect of Annealing on Magnetic Properties and Microstructure of Ultrafine Nd-Fe-B Powders | Proceedings of REPM2014 | | 2014年 8月18日 |
| 18 | K. Takagi and K. Ozaki | 産総研 | Microstructure and Magnetic Properties of Fine-grained Nd-Fe-B Sintered Magnets Derived From HDDR-Processed Powder | Proceedings of REPM2014 | | 2014年 8月19日 |
| 19 | Rikio Soda, Misaho Akada, Kenta Takagi, Kimihiro Ozaki | 産総研 | Development of Particle-Based Simulation for Magnetic-Aligned Compaction Process | Proceedings of REPM2014 | | 2014年 8月21日 |
| 20 | Y. Kinemuti, D. Nagai, K. Suzuki, A. Towata, M. Yasuoka, S. Okada, T. Suzuki | 産総研、JFCC | Synthesis of Well-Dispersed γ -Fe ₁₆ N ₂ Particles | Proceedings of REPM2014 | | 2014年 8月21日 |
| 21 | 小川智之 | 東北大学 | Crystalline structure and magnetic properties of γ -(Fe-M)-N (M = Cr, Mo or W) sputtered thin film | Journal of Applied Physics | 有 | 2014年 9月22日 |
| 22 | Michihide Nakamura, Masashi Matsuura, Nobuki Tezuka, Satoshi Sugimoto, Yasuhiro Une, Hirokazu Kubo, and Masato Sagawa | 東北大学、インターメタリックス | Effect of Annealing on Magnetic Properties of Ultrafine jet-milled Nd-Fe-B Powders | Mater. Trans. 55 (2014) 1582-1586 | 有 | 2014年 10月1日 |
| 23 | T. Schrefl (St. Polten Univ.), O. Gutfleisch (TU Darmstadt), A. Kato (Toyota), 他 | St. Polten Univ., TU Darmstadt, トヨタ自動車 | High energy product in Battenberg structured magnets | Appl. Phys. Lett. 105, 192401 (2014) | 有 | 2014年 10月1日 |

| | | | | | | |
|----|---|-------------------------|---|--|---|-----------------|
| 24 | 尾崎公洋 | 産総研 | 未来開拓プロジェクト・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概要 | BM NEWS | | 2014年 10月1日 |
| 25 | 尾崎公洋 | 産総研 | 重希土類元素フリー永久磁石と未来開拓プロジェクト | 金属 Vol.84 | | 2014年 10月1日 |
| 26 | K. Ono (KEK), A. Kato (トヨタ), 他 | 高工ネ研、トヨタ自動車 | Magnetization Reversal Process in Pr-Cu Infiltrated Nd-Fe-B Nanocrystalline Magnet Investigated by Small-Angle Neutron Scattering | IEEE Trans. Mag. 50, 2103104 (2014) | | 2014年 11月 |
| 27 | K. Kobayashi (静岡理科大学)、A. Kato (トヨタ)、他 | 静岡理科大学、トヨタ自動車 | A (Nd, Zr)(Fe, Co) _{11.5} Ti _{0.5} N _x compound as a permanent magnet material | AIP ADVANCES 4, 117131 (2014) | 有 | 2014年 11月1日 |
| 28 | 斉藤耕太郎、矢野正雄他 | 高工ネ研、トヨタ他 | Magnetization reversal of Nd-Cu-infiltrated Nd-Fe-B nanocrystalline magnet observed with small-angle neutron scattering | Journal of Applied Physics 117, 17B302 (2015) | 有 | 2014年 11月6日 |
| 29 | S. Bance、矢野正雄 他 | St. Polten Univ.、トヨタ自動車 | High energy product in Battenberg structured magnets | APPLIED PHYSICS LETTERS 105, 192401 (2014) | 有 | 2014年 11月10日 |
| 30 | 鈴木俊二、他 | 静岡理科大学、トヨタ自動車 | A (Nd,Zr)(Fe,Co) _{11.5} Ti _{0.5} N _x compound as a permanent magnet material | AIP ADVANCES 4, 117131 (2014) | 有 | 2014年 11月17日 |
| 31 | 上野哲朗、矢野正雄 他 | 物質材料研究機構、トヨタ自動車 | Magnetization Reversal Process in Pr-Cu Infiltrated Nd-Fe-B Nanocrystalline Magnet Investigated by Small-Angle Neutron Scattering | IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, 50, 2103104 (2014) | 有 | 2014年 11月18日 |
| 32 | Toshimasa Suzuki, Koichi Kawahara, Haruka Tanaka (JFCC) and Kimihiro Ozaki (AIST) | JFCC、産総研 | Observations of Magnetic Domain Structure Change in Nd ₂ Fe ₁₄ B Magnets at Elevated Temperature with External Magnetic Field by Lorentz Microscopy | 2014MRS Fall Meeting & Exhibit | 有 | 2014年 11月20日 |
| 33 | Rikio Soda, Kenta Takagi, and Kimihiro Ozaki | 産総研 | Extended particle-based simulation for magnetic-aligned compaction of hard magnetic particles | Journal of Magnetism and Magnetic Materials | 有 | 2014年 11月22日 |
| 34 | Rikio Soda, Kenta Takagi, and Kimihiro Ozaki | 産総研 | Highly dispersive α -Fe ₁₆ N ₂ particle synthesis using hydroxyapatite coating | Journal of solid state chemistry | 有 | 2014年 11月28日 |

| | | | | | | |
|----|---|--------------------------|--|---|---|----------------|
| 35 | T. Schrefl (St. Polten Univ.), A. Kato (Toyota), 他 | St. Polten Univ., トヨタ自動車 | Grain-size dependent demagnetizing factors in permanent magnets | J. Appl. Phys. 116, 233903 (2014) | 有 | 2014年 12月1日 |
| 36 | 中村通秀 | 東北大学 | Effects of Hydrogenation - Disproportionation - Desorption - Recombination Processing Parameters on the Particle Size of Ultrafine Jet-Milled Nd-Fe-B Powders | Mater. Trans. 56 (2015) 129-134 | 有 | 2015年 |
| 37 | K. Ohyama, H. Hiraka, S. Lee, T. Ogawa, Y. Ogata, T. Sato, H. Kimura, R. Gallage, N. Kobayashi, K. Yamada, M. Takahashi | 広島大学 | Nitrogen Defect in Room-Temperature Ferromagnetic Fe_{16}N_2 Nanoparticles | Journal of the Physical Society of Japan | | 2015年 |
| 38 | K. Ono (KEK), A. Kato (Toyota), 他 | 高エネ研、トヨタ自動車 | Magnetization reversal of a Nd-Cu-infiltrated Nd-Fe-B nanocrystalline magnet observed with small-angle neutron scattering | J. Appl. Phys. 117, 17B302 (2015) | 有 | 2015年 2月 |
| 39 | 林 靖、他 | デンソー | X線回折による溶融塩電解 FeNi 粒子の構造評価 | SPring-8/SACLA 利用研究成果集 Vol.3, No.1, p.67-69 | 有 | 2015年 2月10日 |
| 40 | T. Horikawa, M. Matsuura, S. Sugimoto (Tohoku Univ.), M. Yamazaki, C. Mishima (Aichi Steel) | 東北大学、愛知製鋼 | Hydrogen Pressure and Temperature Dependence of the Disproportionated State and Magnetic Anisotropy in the d-HDDR Process of Nd-Fe-B-Ga-Nb Powders | IEEE TRANS MAG-51 (2015) 2103904 | 有 | 2015年 3月20日 |
| 41 | R. Zulhijah, A. Suhendi, K. Yoshimi, C. W. Kartikowati, T. Ogi, T. Iwaki, K. Okuyama | 広島大学 | Low-Energy Bead-Mill Dispersion of Agglomerated Core-Shell $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$ and $\text{Fe}_{16}\text{N}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Ferromagnetic Nanoparticles in Toluene | Langmuir 31, 6011 ~ 6019 (2015) | 有 | 2015年 5月15日 |
| 42 | S. Sugimoto, M. Nakamura, M. Matsuura (Tohoku Univ.), Y. Une, H. Kubo and M. Sagawa (Intermetallics) | 東北大学、インターメタルックス | Enhancement of Coercivity of Nd-Fe-B Ultrafine Powders Comparable to Single Domain Size by Grain Boundary Diffusion Process. | IEEE Transactions on Magnetics, Vol.51, No.11, (2015) 2101004 | 有 | 2015年 5月18日 |

| | | | | | | |
|----|---|-------------------|--|--|---|-----------------|
| 43 | Hirokazu Kubo, Yasuhiro Une, Tetsuhiko Mizoguchi, Takahiko Iriyama, Masato Sagawa, Masashi Matsuura, and Satoshi Sugimoto | インターメタリックス、東北大学 | Coercivity of Sub-micron Grained Nd-Fe-B Sintered Magnets Using Both HDDR Process and Helium Jet-milling | The 24 th International Workshop on Rare Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM2014) | | 2015年 5月18日 |
| 44 | Kenta Takagi, Misaho Akada, Rikio Soda, Kimihiro Ozaki | 産総研 | Preparation of Nd-Fe-B sintered magnets from HDDR-processed powder | Journal of Magnetism and Magnetic Materials | 有 | 2015年 6月6日 |
| 45 | A. Suhendi, C. W. Kartikowati, R. Zulhijah, T. Ogi, T. Iwaki, K. Okuyama | 広島大学 | Preparation and characterization of magnetic films of well-dispersed single domain of core-shell " - Fe ₁₆ N ₂ /Al ₂ O ₃ nanoparticles | Adv. Powder Technol. 26, 1618 ~ 1623 (2015) | 有 | 2015年 6月15日 |
| 46 | 林 靖、他 | デンソー | X線回折による L ₁₀ 型 FeNi ナノ粒子の結晶構造解析 | SPring-8/SACLA 利用研究成果集 Vol.3, No.2, p.541-543 | 有 | 2015年 7月21日 |
| 47 | 林 靖、他 | デンソー | X線回折による溶融塩電解 FeNi 粒子の構造評価() | SPring-8/SACLA 利用研究成果集 Vol.3, No.2, p.592-595 | 有 | 2015年 7月21日 |
| 48 | 林 靖、他 | デンソー | FeNi 合金の結晶構造の合成手法依存性 | SPring-8/SACLA 利用研究成果集 Vol.3, No.2, p.606-608 | 有 | 2015年 7月21日 |
| 49 | H. Sepehri-Amin (NIMS), M. Yano (Toyota), 他 | 物質・材料研究機構、トヨタ自動車 | Microstructure and temperature dependent of coercivity of hot-deformed Nd-Fe-B magnets diffusion processed with Pr-Cu alloy | Acta Materialia 99, 297 (2015) | 有 | 2015年 8月26日 |
| 50 | 矢野正雄、他 (トヨタ)、R. Cuadrado、他 (Univ. York) | トヨタ自動車、Univ. York | First principles calculation of the effect of strain on the magnetic anisotropy energy of Y ₂ Fe ₁₄ B | Physical Review B | 有 | 2015年 9月1日 |
| 51 | 鈴木俊二(静岡理工科大)、佐久間紀次(トヨタ)、他 | 静岡理工科大学、トヨタ自動車 | A new magnet material with ThMn ₁₂ structure: (Nd _{1-x} Zr _x)(Fe _{1-y} Co _y) _{11+z} Ti _{1-z} N (=0.6-1.3) | Journal of Magnetism and Magnetic Materials 401, 259 (2016) | 有 | 2015年 10月11日 |
| 52 | 鈴木俊正・川原浩一・鈴木雅也・高木健太・尾崎公洋 | JFCC | Direct Observation of Reverse Magnetic Domain and Magnetic Domain Wall Motion in Nd-Fe-B Magnet at High Temperature by Lorentz Microscopy | 2015MRS Fall Meeting & Exhibit | 有 | 2015年 11月29日 |
| 53 | Kenta Takagi | 産総研 | Preparation of Nd-Fe-B sintered magnets from HDDR-processed powder | Journal of Magnetism and Magnetic Materials | 有 | 2015年 11月1日 |

| | | | | | | |
|----|--|----------------|---|---|---|------------------|
| 54 | C. W. Kartikowati, A. Suhendi, R. Zulhijah, T. Ogi, T. Iwaki, K. Okuyama | 広島大学 | Preparation and evaluation of magnetic nanocomposite fibers containing Fe_{16}N_2 and Fe nanoparticles in polyvinylpyrrolidone via magneto-electrospinning | Nanotechnology 27, 025601 (2016) (10 頁) | 有 | 2015 年 11 月 30 日 |
| 55 | C. W. Kartikowati, A. Suhendi, R. Zulhijah, T. Ogi, T. Iwaki, K. Okuyama | 広島大学 | Effect of Magnetic Field Strength on the Alignment of Fe_{16}N_2 Nanoparticle Films | Nanoscale 8, 2648 ~ 2655 (2016) | 有 | 2016 年 1 月 5 日 |
| 56 | T. Ogi, R. Zulhijah, T. Iwaki, K. Okuyama | 広島大学 | Recent Progress in Nanoparticle Dispersion Using Beads Mill | KONA Powder and Particle J. (18 頁) | 有 | 2016 年 1 月 30 日 |
| 57 | 佐久間紀次、矢野正雄、加藤晃 (トヨタ)、真鍋明 (MagHEM)、小林久里真、鈴木俊治、久野智子、漆畑貴美子 (静岡理工科大) | 静岡理工科大学、トヨタ自動車 | $(\text{Sm,Zr})(\text{Fe,Co})_{11.0-11.5}\text{Ti}_{1.0-0.5}$ compounds as new permanent magnet materials | AIP ADVANCES 6, 025221 (2016) | 有 | 2016 年 2 月 25 日 |
| 58 | 曾田力央、高木健太、尾崎公洋 | 産総研 | Numerical simulation of magnetic-aligned compaction with pulsed high magnetic field | Scripta Materialia | 有 | 2016 年 3 月 4 日 |
| 59 | T.Horikawa | 東北大学 | Crystallographic alignment during recombination stage in d-HDDR process of Nd-Fe-B-Ga-Nb Nb powders | AIP Advances, 6, 056017 (2016) | 有 | 2016 年 3 月 10 日 |
| 60 | 佐久間紀次 (トヨタ)、小林久理真 (静岡理工科大)、他 | トヨタ自動車、静岡理工科大学 | Influence of Zr substitution on the stabilization of ThMn12-type $(\text{Nd}_{1-x}\text{Zr}_x)(\text{Fe}_{0.75}\text{Co}_{0.25})_{11.25}\text{Ti}_{0.75}\text{N}_{1.2-1.4}$ ($x = 0-0.3$) compounds | AIP Advances 6, 056023 (2016) | 有 | 2016 年 3 月 14 日 |
| 61 | 杵鞭義明、藤田麻哉、尾崎公洋 | 産総研 | High pressure synthesis of L1_2 MnAl near stoichiometric composition | Dalton Transactions | 有 | 2016 年 3 月 17 日 |
| 62 | 曾田力央 | 産総研 | 解散要素法による磁場中圧粉成形プロセスシミュレーション法の開発 | 粉体工学会誌・フロンティア研究シリーズ | | 2016 年 5 月 9 日 |
| 63 | 西尾博明 | 大阪大学 | More accurate hysteresis curve for large Nd-Fe-B sintered magnets employing a superconducting magnet-based vibrating sample magnetometer | IEEE Transactions on Magnetism | 有 | 2016 年 7 月 22 日 |

| | | | | | | |
|----|--|--------------------------------------|--|--|---|-----------------|
| 64 | 矢野正雄(トヨタ), K. Suzuki (Monash Univ.), A. Michiels (Univ. Luxembourg) 他 | トヨタ自動車、Monash Univ.、Univ. Luxembourg | Magnetic neutron scattering study of a textured Nd ₂ Fe ₁₄ B/ -Fe nanocomposite: role of shape-anisotropy-induced intraparticle spin disorder | Physical review applied | 有 | 2016年 9月30日 |
| 65 | 伊東正朗(トヨタ), Prof. Claire Colin (CNRS) 他 | トヨタ自動車、CNRS | Solid-solution stability and site-preference occupancy in (R-R') ₂ Fe ₁₄ B compounds | Applied Physics Letters (APL) | 有 | 2016年 10月1日 |
| 66 | 佐久間紀次(トヨタ)、小林久理真、鈴木俊治(静岡理工科大学) 他 | トヨタ自動車、静岡理工科大学 | The stability of newly developed (R,Zr)(Fe,Co) _{12-x} Ti _x alloys for permanent magnets | Journal of Alloys and Compounds | 有 | 2016年 10月8日 |
| 67 | 佐久間紀次(トヨタ)、小林久理真、鈴木俊治(静岡理工科大学) 他 | トヨタ自動車、静岡理工科大学 | The origin of high magnetic properties in (R,Zr)(Fe,Co) _{11.0-11.5} Ti _{1.0-0.5} Ny (y = 1.0-1.4 for R = Nd, y = 0 for R = Sm) compounds | Journal of Magnetism and Magnetic Materials | 有 | 2016年 11月8日 |
| 68 | 伊東正朗(トヨタ), Dr. Gabriel Gomez (CNRS) 他 | トヨタ自動車、CNRS | Calculation of the magnetic properties of rare earth mixed R _{2-x} R' _x Fe ₁₄ B and RFe ₁₂ intermetallic compounds | Journal of Science, Advanced Materials and devices (JSAMD) | 有 | 2016年 12月1日 |
| 69 | 竹澤昌晃 | 九州工業大学 | Nd-Fe-B 異方性 HDDR 磁粉の磁区との磁区構造と減磁過程 | 電気学会マグネティクス研究会 MAG-16-184(2016) | | 2016年 11月28日 |
| 70 | Takashi Ogi (Hiroshima Univ.), Qing Li (Hiroshima Univ.), Shinji Horie (Toda Kogyo), Akito Tameka (Hiroshima Univ.), Toru Iwaki (Hiroshima Univ.), Kikuo Okuyama (Hiroshima Univ.) | 広島大学、戸田工業 | High-purity core-shell " -Fe ₁₆ N ₂ /Al ₂ O ₃ nanoparticles synthesized from -hematite for rare-earth-free magnet applications | Advanced Powder Technology | | 2016年 12月12日 |
| 71 | M. Yamazaki | 東北大学 | Effect of hydrogenation disproportionation conditions on magnetic anisotropy in Nd-Fe-B powder prepared by dynamic hydrogenation disproportionation desorption recombination | AIP Advances 7,056220 (2017) | 有 | 2017年 2月1日 |
| 72 | T. Ogi, R. Zulhijah, T. Iwaki, K. Okuyama | 広島大学 | Recent progress in nanoparticle dispersion using bead mill | KONA Powder and Particles Journal | | 2017年 2月28日 |

| | | | | | | |
|----|---|---------------------------|---|---|---|-----------------|
| 73 | 佐久間紀次(トヨタ), Prof. Thomas Schrefl (Danube Univ. Krems) 他 | トヨタ自動車、Danube Univ. Krems | Conjugate gradient methods in micromagnetics | Journal of Applied Physics | 有 | 2017年 3月10日 |
| 74 | 清水悠生、森本茂雄、真田雅之、井上征則 | 大阪府立大学 | 強磁力磁石を用いた自動車駆動用 IPMSM の特性に及ぼす磁石配置と鉄心材料の影響 | 電気学会論文誌 D (産業応用部門誌), Vol.137, No.5, pp.437-444 (2017) | 有 | 2017年 5月1日 |
| 75 | 小林久理真(静岡理工)、佐久間紀次(トヨタ自動車)他 | 静岡理工科大学、トヨタ自動車 | 新規 Sm-Fe-N 系ナノコンポジット磁石の研究(高磁化超微細交換スプリング磁石の研究)」及び「ナノ複相組織磁石の保磁力機構解析 | Journal of Alloys and Compounds | 有 | 2017年 5月29日 |
| 76 | 曾田力央 | 産総研 | Simulation-aided development of magnetic-aligned compaction process with pulsed magnetic field | Powder Technology | | 2017年 7月18日 |
| 77 | 竹澤 昌晃 他 | 九州工業大学 | Nd-Fe-B 系焼結磁石の圧縮応力による磁区構造変化 | 電気学会論文誌 A(基礎・材料・共通部門誌) | 有 | 2017年 7月1日 |
| 78 | 久野智子(静岡理工)他 | 静岡理工科大学 | 新規 Sm-Fe-N 系ナノコンポジット磁石の研究(高磁化超微細交換スプリング磁石の研究)」及び「ナノ複相組織磁石の保磁力機構解析 | 東北大学金属材料研究所 強磁場超伝導材料研究センター平成 28 年度年次報告 | | 2017年 8月1日 |
| 79 | 高木 健太 | 産総研 | Consolidation of $Sm_2Fe_{17}N_3$ magnets with Sm-based eutectic alloy binder | JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS | 有 | 2017年 9月5日 |
| 80 | 中川倫博 | ダイキン工業 | モータ鉄損新測定法がインバータを変える | ダイキン工業 TIC 情報発信誌「Challenge」Vol.2,2017 | | 2017年 9月30日 |
| 81 | Sho Goto et al. | デンソー | Synthesis of single-phase $L1_0$ -FeNi magnet powder by nitrogen insertion and topotactic extraction | Scientific Reports, 7, 13216(2017) | 有 | 2017年 10月16日 |
| 82 | 松浦昌志(東北大学)、佐久間紀次(トヨタ自動車)他 | 東北大学、トヨタ自動車 | Sm-Fe 系磁石の研究開発(Sm-Fe 系磁石バルク化手法の研究開発) | Journal of Alloys and Compounds | 有 | 2017年 10月20日 |
| 83 | Xin Tang(NIMS)、加藤晃(トヨタ自動車)他 | 物質・材料研究機構、トヨタ自動車 | coercivity enhancement of hot-deformed Ce-Fe “ B magnet by grain boundary infiltration of Nd-Cu eutectic alloy | Acta Materialia | 有 | 2017年 10月25日 |
| 84 | 清水悠生 | 大阪府立大学 | Influence of Permanent Magnet Property and Arrangement on the Performance of IPMSMs for Automotive Applications | IEEJ Journal of Industry Applications, Vol.6, No.6, pp.401-408 (2017) | 有 | 2017年 11月1日 |
| 85 | Y. Sakanaka et al. | 同志社大学 | New Route of the Formation of Ordered FeNi by Electrochemical Nitriding and De-Nitriding Processes | Journal of electrochemical society, vol.164, E525-E528(2018) | 有 | 2017年 12月5日 |
| 86 | 高木 健太 | 産総研 | Coercivity recovery effect of Sm-Fe-Cu-Al alloy on $Sm_2Fe_{17}N_3$ magnet | JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS | 有 | 2017年 12月18日 |

| | | | | | | |
|-----|---|--|---|---|---|----------------|
| 87 | 竹澤昌晃 他 | 九州工業大学 | Change in Magnetic Domain Structure of Nd Fe B Sintered Magnets by Compressive Stress | Electrical Engineering in Japan | 有 | 2018年 1月 |
| 88 | 矢野正雄・庄司哲也(トヨタ自動車), Dr. S.C. Westmorel and (York), Prof. T. Schrefl (Danube) | トヨタ自動車、Univ.York、Danube Univ. | Multiscale model approaches to the design of advanced permanent magnets | Scripta Materialia | 有 | 2018年 1月31日 |
| 89 | 矢野 正雄、伊東正朗、横田和哉(トヨタ自動車)、河口彰吾(高輝度光科学研究センター) | トヨタ自動車、高輝度光科学研究センター | 希土類-遷移金属化合物型磁石の構成相と高温状態解明のためのハイスループット XRD 測定 | 高輝度光科学研究センター(産業新分野支援課題・一般課題(産業分野)実施報告書) | | 2018年 3月1日 |
| 90 | 矢野 正雄(トヨタ自動車) | トヨタ自動車 | 中性子小角散乱による永久磁石研究 | 日本中性子科学学会誌 波紋 5月号 | | 2018年 3月15日 |
| 91 | 松浦昌志(東北大学)、佐久間紀次(トヨタ自動車)他 | 東北大学、トヨタ自動車 | Sm-Fe 系磁石の研究開発(Sm-Fe 系磁石バルク化手法の研究開発) | Journal of Magnetism and Magnetic Materials | 有 | 2018年 3月16日 |
| 92 | 藏 裕彰 他 | デンソー | 完全非希土類磁石を目指した L1 ₀ -FeNi 規則合金の研究・開発 永久磁石応用に向けたバルク材料開発 | 「磁性材料・部品の最新開発事例と応用技術」((株)技術情報協会) | | 2018年 3月30日 |
| 93 | Takahiro Mizuta, Yoshihiro Tani, Koji Fujiwara | 三菱電機、同志社大学 | Magnetic Property of Amorphous Magnetic Thin Ribbon and its Laminated Bulk under the Tensile and Compressive stress | IEEE Trans. on Magnetics | 有 | 2018年 5月10日 |
| 94 | 井上 征則 | 大阪府立大学 | モータに関する府大の最新研究について | 大阪府立大学 Web マガジン (http://michitake.osakafu-u.ac.jp/) | | 2018年5 月16日 |
| 95 | 細川 明秀 | 産総研 | Severe plastic deformation of Nd-Fe-B nanocomposite magnets at room temperature | Journal of Magnetics and Magnetic Materials | 有 | 2018年 5月30日 |
| 96 | 谷川茂穂 | MagHEM | Intermag2018 国際会議に参加して | JRCM ニュース 2018.6No.380号 | | 2018年 6月1日 |
| 97 | 藏 裕彰 | デンソー | 完全レアアースフリーの FeNi 超格子磁石の開発 10 億年をタイムトリップし、隕石由来の磁石材料を合成 | 自動車技術会 会誌「自動車技術」 Vol.72 No.7 2018 | | 2018年 7月1日 |
| 98 | 後藤 翔 | デンソー | 希土類フリー新規高耐熱磁石の開発 | 工業材料 Vol.66 No.8 2018 | | 2018年 7月15日 |
| 99 | 谷川茂穂 | MagHEM | WMM2018 国際会議に参加して | JRCM ニュース 2018.8No.382号 | | 2018年 8月1日 |
| 100 | 庄司哲也・横田和哉(トヨタ自動車), Lukas Exl(Vienna), Johann Fischbacher 他 (Danube), Gino Hrkac(Exeter) | トヨタ自動車、Univ. Vienna, Danub Univ. Krem、Univ. Exeter | Magnetic Microstructure Machine Learning Analysis | Acta Materialia | 有 | 2018年 8月9日 |

| | | | | | | |
|-----|----------------------------------|-------------|---|--|---|----------------|
| 101 | 谷川茂穂 | MagHEM | 高効率モータの技術動向とモータコア材料としてのアモルファス材料の課題 | 電気学会マグネティックス研究会 | | 2018年 8月9日 |
| 102 | 豊田 俊介 (JRCM)、谷川 茂穂(MagHEM) | JRCM、MagHEM | 希土類ならびに将来磁石とその応用に関する国際会議(REPM2018@北京)に参加して | JRCM ニュース 2018.10No.384号 | | 2018年 10月1日 |
| 103 | 渡辺 弘紀 | デンソー | FeNi 窒化物の水素還元過程の超高压 TEM 観察 | 文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」事業 微細構造解析プラットフォーム 利用報告書データベース | | 2018年 11月8日 |
| 104 | 豊田俊介 (JRCM)、谷川 茂穂(MagHEM) | JRCM、MagHEM | 磁性と磁気材料に関する国際会議 2019 Joint MMM - InterMag @ ワシントン DC に参加して | JRCM ニュース 2019.2No.388号 | | 2019年 2月1日 |
| 105 | 柳原英人(筑波大学)、後藤翔(デンソー) | 筑波大学、デンソー | 完全レアアースフリーFeNi 磁石の開発 | 次世代永久磁石の開発最前線(エヌ・ディー・エス刊) | | 2019年 2月15日 |
| 106 | 平山悠介,高木健太 | 産総研 | Evaluation of compositional homogeneity of Fe-Co alloy nanoparticles prepared by thermal plasma synthesis | JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS | 有 | 2019年 2月17日 |
| 107 | 藏 裕彰 他 | デンソー | FeNi 超格子磁石磁石材料の開発とその可能性 | MATERIALSTAGE 2019年3月号 | | 2019年 3月10日 |

3 . 発表

3 - 1 . 学会発表、講演

学会発表、講演リスト

| 番号 | 発表者 | 所属 | タイトル | 会議名 | 発表年月 |
|----|---|-------------------|---|--|-----------------|
| 1 | T. Ogawa | 東北大学 | Iron-Nitride Compound as a New Candidate for Futured Permanent Magnetic Material, - From Thin Film to Bulk | The 13th Japanese-American Frontiers of Science (JAFoS) Symposium | 2012年 11月30日 |
| 2 | M. Takahashi and T. Ogawa | Tohoku University | Synthesis and magnetic characterization of " - Fe ₁₆ N ₂ Interstitial Compound - New Candidate for Permanent Magnetic Material with Rare Earth Element Free - | Annual Conference of Korean Magnetics Society (KMS2012), December 2012. | 2012年 12月1日 |
| 3 | 石橋 章司 | 産総研 | 超伝導・磁石材料の量子シミュレーション | 第5回産総研ナノシステム連携促進フォーラム-先進ナノ材料とデバイス化技術の新展開 | 2013年 2月21日 |
| 4 | 鈴木 一行 | 産総研 | 磁性ナノ粒子へのガラス層被覆 | 日本セラミックス協会年報 | 2013年 3月17日 |
| 5 | 高橋 研 | 東北大学 | 窒素侵入型 '、" -Fe ₁₆ N ₂ 磁性ナノ粒子によるレアアースフリー磁石材料への挑戦 | 日本金属学会主催 2014年春期講演大会 シンポジウム「永久磁石の元素戦略2 - 材料設計の技術課題 - @東京 | 2013年 3月21日 |
| 6 | M. Takahashi | Tohoku University | Synthesis and magnetic characterization of " - Fe ₁₆ N ₂ Interstitial Compound - New Candidate for Permanent Magnetic Material with Rare Earth Element Free | Conference of Korean Institute of Metals and Materials (KIM 2013) | 2013年 4月25日 |
| 7 | 高橋 研 | 東北大学 | 窒素侵入型 '、" -Fe ₁₆ N ₂ 化合物 - 希土類フリー磁石材料の可能性 | 日本ボンド磁石材料協会主催 第83回例会「高性能磁石材料と応用の最新動向」 | 2013年 5月16日 |
| 8 | 林 靖 | デンソー | L ₁₀ -FeNi 微粒子合成の現状と課題 | 第48回化合物新磁性材料専門研究会 | 2013年 6月7日 |
| 9 | 矢野正雄、小野寛太他 | トヨタ自動車、高工ネ研 | Research on coercivity of Nd-Fe-B permanent magnet by chemical and magnetic domain structure observations | International Conference on Neutron Scattering 2013 | 2013年 7月8日 |
| 10 | M. Takahashi and T. Ogawa | 東北大学 | Single phase formation of " -Fe ₁₆ N ₂ nanoparticle powder and its magnetism | International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Application | 2013年 7月21日 |
| 11 | Michihide Nakamura , Masashi Matsuura , Nobuki Tezuka , Satoshi Sugimoto , Yasuhiro Une , Hirokazu Kubo , and Masato Sagawa | 東北大学、インターメタリックス | Preparation of Ultra-fine Nd-Fe-B Powder for Nd-Fe-B Sintered Magnet | The 8th Pacific Rim International Congress on Advanced Materials and Processing (PRICM8) | 2013年 8月8日 |

| | | | | | |
|----|--|--|--|---|---------------------|
| 12 | 曾田 力央 | 産総研 | 離散要素法シミュレーションによる圧粉成形プロセスの解析 | 第 18 回焼結研究会 | 2013 年 8 月 30 日 |
| 13 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動車、 高工 ネ研 | Magnetic domains and microstructures in Nd-Fe-B magnets observed by small- angle neutron scattering | 日本磁気学会第 37 回学術 講演会 | 2013 年 9 月 3 日 |
| 14 | M. Takahashi | 東北大学 | ' , ' " -Fe ₁₆ N ₂ Interstitial Compound - Single phase formation and magnetism of nano particles | International Conference on Nanoscale Magnetism@ Istanbul, Turkey | 2013 年 9 月 3 日 |
| 15 | 山本真平、 ルワン・ガ ラゲ、緒方 安伸、小林 育也、小川 智之、高橋 研、高野幹 夫 | 京都大学 T&T イノ ベーション ズ、東北大 学 | α" -Fe ₁₆ N ₂ の熱安定性の速度論 的研究 | 第 37 回日本磁気学会学術 講演会 | 2013 年 9 月 5 日 |
| 16 | 林 靖 | デンソー | 還元法による L1 ₀ 型 FeNi 合金粉 末の合成における前駆体の影響 | 第 37 回日本磁気学会学術 講演会 | 2013 年 9 月 5 日 |
| 17 | 高木 健太 | 産総研 | Fe ₁₆ N ₂ ナノ粉末の高加圧温間成形 | 2013 年日本金属学会秋期講 演大会 | 2013 年 9 月 17 日 |
| 18 | 曾田 力央 | 産総研 | 離散要素法による圧粉成形プロ セスの解析 | 2013 年日本金属学会秋期講 演大会 | 2013 年 9 月 19 日 |
| 19 | 山際昭雄 | ダイキン工 業(株) | 未来開拓プロジェクト次世代自 動車向け高効率モーター用磁性 材料技術開発の概要 | 公益社団法人自動車技術会 モーター技術部門委員会 | 2013 年 10 月 1 日 |
| 20 | 矢野正雄、 Roy Chantrell 他 | トヨタ自動 車、York 大学 | Atomistic modelling of temperature dependent properties of NdFeB | 58th Annual Magnetism and Magnetic Materials | 2013 年 11 月 4 日 |
| 21 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動 車、高工 ネ研 | Visualization of magnetic dipolar interaction using scanning transmission x-ray microscopy | 58th Annual Magnetism and Magnetic Materials | 2013 年 11 月 7 日 |
| 22 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動 車、高工 ネ研 | Magnetic Structure Analysis of Rare-earth Magnet Nd ₂ Fe ₁₄ B with Complementary Use of Neutron and Synchrotron X-ray | 58th Annual Magnetism and Magnetic Materials | 2013 年 11 月 7 日 |
| 23 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動 車、高工 ネ研 | XMCD measurement of single- particle and grain boundaries of nanocrystalline Nd-Fe-B permanent magnets | 58th Annual Magnetism and Magnetic Materials | 2013 年 11 月 7 日 |
| 24 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動 車、高工 ネ研 | Spin-wave dispersion in Nd- Fe-B magnet | 58th Annual Magnetism and Magnetic Materials | 2013 年 11 月 7 日 |
| 25 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動 車、高工 ネ研 | Research on coercivity of Nd- Fe-B permanent magnet by chemical and magnetic domain observations | 58th Annual Magnetism and Magnetic Materials | 2013 年 11 月 7 日 |
| 26 | 山本真平、 ルワン・ガ ラゲ、緒方 安伸、小林 育也、小川 智之、高橋 研、高野幹 夫 | 京都大学、 T&T イノ ベーション ズ、東北大 学 | 強磁性窒化鉄α" -Fe ₁₆ N ₂ の熱安 定性に関する研究 | 平成 25 年度粉体粉末冶金 協会秋季大会 | 2013 年 11 月 27 日 |
| 27 | 曾田 力央 | 産総研 | 粉末成形のための離散要素法シ ミュレーションの開発 | 粉体粉末冶金協会講演平成 25 年度秋季大会 | 2013 年 11 月 29 日 |

| | | | | | |
|----|--|----------------------------------|---|--|---------------------|
| 28 | 中村通秀, 松浦昌志, 手束展規, 杉本諭, 宇 根康裕, 久 保博一, 佐 川真人 | 東北大学、 インターメ タリックス | HDDR 法利用による Nd-Fe-B 系焼 結磁石向け超微細原料粉末作製 法の開発 | 電気学会マグネティックス 研究会 MAG-13-107 | 2013 年 12 月 2 日 |
| 29 | 田村 卓也 | 産総研 | Development of continuous casting processes for the Fe- based Bulk Metallic Glasses | THERMEC'2013 | 2013 年 12 月 3 日 |
| 30 | 鈴木 一行 | 産総研 | 機能性粒子表面への多成分酸化 物被覆層の形成 | 日本セラミックス協会東海 支部学術研究発表会 | 2013 年 12 月 7 日 |
| 31 | 吉岡慎二 | 大阪府立大 学 | 磁石配置が自動車用駆動用 IPMSM の運転特性に及ぼす影響 | パワーエレクトロニクス学 会定例研究会 | 2013 年 12 月 14 日 |
| 32 | 石橋 章司 | 産総研 | スピン・軌道磁気モーメントの 評価 | 第 8 回 CMSI 産官学連続研 究会永久磁石研究の最前線 | 2014 年 2 月 5 日 |
| 33 | 矢野正雄、 Thomas Schrefl 他 | トヨタ自動 車、St. Poelten 大 学 | What micromagnetics tells us about the coercive field of permanent magnets | TMS2014 143rd Annual Meeting&Exhibition | 2014 年 2 月 16 日 |
| 34 | 曾田 力央 | 産総研 | Discrete element simulation for magnetic-aligned compaction of magnetic powders | TMS2014 143thAnnual Meeting | 2014 年 2 月 17 日 |
| 35 | 高木 健太 | 産総研 | Fabrication of " -Fe ₁₆ N ₂ bulk magnets by high-pressure warm compaction | TMS2014 143thAnnual Meeting | 2014 年 2 月 18 日 |
| 36 | 尾崎 公洋 | 産総研 | 未来開拓プロジェクト・次世代 自動車向け高効率モーター用磁 性材料技術開発 | 第 8 回元素戦略/希少金属 代替材料開発合同シンポジ ウム | 2014 年 2 月 25 日 |
| 37 | 江島潤 他 | 九州工業大 学 | Nd-Fe-B 系焼結磁石における残 留応力と磁区構造の関係 | 平成 26 年電気学会全国大 会 | 2014 年 3 月 1 日 |
| 38 | 石橋 章司 | 産総研 | 磁気コンプトン散乱+磁化率測定 と電子状態計算による希土類磁 石のスピン・軌道磁気モーメン トの評価 | 元素戦略プロジェクト・大 型研究施設連携シンポジウ ム 2014 | 2014 年 3 月 1 日 |
| 39 | Michihide Nakamura , Masashi Matsuura , Nobuki Tezuka , Satoshi Sugimoto , Yasuhiro Une , Hirokazu Kubo , and Masato Sagawa | 東北大学、 インターメ タリックス | Preparation of ultrafine jet- milled powders for Nd-Fe-B sintered magnets using HDDR and hydrogen decrepitation processes | 2013 Annual Meeting of Excellent Graduate Schools for "Materials Integration Center" and "Materials Science Center" in conjunction with International Workshop on Advanced Materials Synthesis Process and Nanostructure | 2014 年 3 月 10 日 |
| 40 | 砥綿 篤哉 | 産総研 | 液相法によるシリカ - マグネタ イト複合粒子の合成 | 日本セラミックス協会 2014 年年会 | 2014 年 3 月 17 日 |
| 41 | 鈴木 一行 | 産総研 | 鉄系ナノ粒子へのリン酸カルシ ウム被覆 | 日本セラミックス協会 2014 年年会 | 2014 年 3 月 17 日 |

| | | | | | |
|----|--|-----------------------------|---|--|----------------|
| 42 | Suhendi Asep, Nandiyanto Asep Bayu Dani、荻 崇、奥山 喜久夫 | 広島大学 | 噴霧乾燥におけるナノ粒子懸濁液の自己組織化に及ぼす静電気の影響 | 化学工学会第79年会 | 2014年 3月20日 |
| 43 | 吉岡慎二 | 大阪府立大学 | 自動車駆動用 IPMSM における磁石配置が運転特性に及ぼす影響 | 平成 26 年電気学会全国大会 | 2014年 3月20日 |
| 44 | 松原匡志 | 大阪府立大学 | IPMSM における高飽和磁束密度材料に適したモーター構造の検討 | 平成 26 年電気学会全国大会 | 2014年 3月20日 |
| 45 | 中根大樹 | 名古屋工業大学 | HEFSM の電機子/界磁巻線起磁力分配設計の検討 | 平成 26 年電気学会全国大会 | 2014年 3月20日 |
| 46 | 入山恭彦, 佐川真人, 宇根康裕, 久保博一, 溝口徹彦, 中村通秀, 松浦昌志, 杉本諭 | インターメ タリック ス、東北大 学 | ナノ結晶粒 Nd-Fe-B 系焼結磁石 開発 | 日本金属学会 2014 年春季 講演大会 | 2014年 3月22日 |
| 47 | 中村通秀, 松浦昌志, 手束展規, 杉本諭, 宇 根康裕, 久 保博一, 佐 川真人 | 東北大学、 インターメ タリックス | Nd-Fe-B 系微粉末の磁気特性に 及ぼす熱処理の影響 | 日本金属学会 2014 年春季 講演大会 | 2014年 3月22日 |
| 48 | 伊東正朗、 佐藤良太 他 | トヨタ自動 車、京都 大学 | 粒子合成法によるナノ複相組織 磁石の研究開発 | 日本金属学会 2014 年春季 講演大会 | 2014年 3月22日 |
| 49 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動 車、高工 ネ研 | Pr-Cu 浸透 Nd-Fe-B 熱間加工磁 石の磁区・微細構造 | 日本金属学会 2014 年春季 講演大会 | 2014年 3月22日 |
| 50 | 矢野正雄、 宝野和博 他 | トヨタ自動 車、NIMS | Pr-Cu 合金浸透した Nd-Fe-B 熱 間加工磁石の微細構造 | 日本金属学会 2014 年春季 講演大会 | 2014年 3月22日 |
| 51 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動 車、高工 ネ研 | (Nd,Dy) -Fe-B 焼結磁石の おける長距離および短距離磁気秩序 の温度変化 | 日本金属学会 2014 年春季 講演大会 | 2014年 3月22日 |
| 52 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動 車、高工 ネ研 | Nd-Fe-B ナノ結晶磁石の磁化反 転過程における磁気相関 | 日本金属学会 2014 年春季 講演大会 | 2014年 3月22日 |
| 53 | 佐藤良太、 伊東正朗 他 | 京都大学、 トヨタ自動 車 | 粒子合成法によるナノ複相組織 磁石の研究開発 | 日本金属学会 2014 年春季 講演大会 | 2014年 3月22日 |
| 54 | 高木 健太 | 産総研 | HDDR 処理 Nd-Fe-B 粉末の通電焼 結とその組織変化 | 日本金属学会 2014 春 | 2014年 3月22日 |
| 55 | 曾田 力央 | 産総研 | 離散要素法による磁性粒子圧密 成形プロセスシミュレーション | 日本金属学会 2014 春 | 2014年 3月22日 |
| 56 | 小野寛太、 矢野正雄 他 | 高工ネ研、 トヨタ自動 車 | Analysis of coercivity of Nd- Fe-B based permanent magnets using high-resolution element-specific transmission X-ray microscopy and micro- magnetic analysis | INTERMAG2014 IEEE International Magnetics Conference | 2014年 5月4日 |
| 57 | 小野寛太、 矢野正雄 他 | 高工ネ研、 トヨタ自動 車 | Magnetic structure analysis of Dy-doped Nd ₂ Fe ₁₄ B | INTERMAG2014 IEEE International Magnetics Conference | 2014年 5月4日 |

| | | | | | |
|----|---|-------------------------------|---|--|---------------------|
| 58 | 小野寛太、 矢野正雄 他 | 高工ネ研、 トヨタ自動車 | Dipolar energy of Nd-Cu infiltrated Nd-Fe-B nanocrystalline magnets in magnetization reversal process | INTERMAG2014 IEEE International Magnetism Conference | 2014年 5月4日 |
| 59 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動車、 高工ネ研 | Magnetization reversal process in Pr-Cu infiltrated Nd-Fe-B Nanocrystalline magnet investigated by small-angle neutron scattering | INTERMAG2014 IEEE International Magnetism Conference | 2014年 5月4日 |
| 60 | 野口健児 | 東海分室 | Development of high performance injection molding magnet using anisotropic Dy Free NdFeB powder | INTERMAG2014 IEEE International Magnetism Conference | 2014年 5月5日 |
| 61 | 緒方、飛世、 高橋、 小林、草野 | 東北大学、 TTI/戸田工業、 倉敷芸術科大学 | "-Fe ₁₆ N ₂ compound nanoparticles | INTERMAG2014 IEEE International Magnetism Conference | 2014年 5月5日 |
| 62 | 尾崎 公洋 | 産総研 | 未来開拓プロジェクト・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概要 | 日本ボンド磁性材料協会第85回技術例会 | 2014年 5月15日 |
| 63 | 佐藤良太、 伊東正朗 他 | 京都大学、 トヨタ自動車 | 粒子合成法によるナノ複相組織磁石の研究開発 | ナノ学会第12回大会 | 2014年 5月23日 |
| 64 | 高木 健太 | 産総研 | 通電焼結により作製されたNd-Fe-B焼結磁石の保磁力と微細組織 | 粉体粉末冶金協会講演平成26年度春季大会 | 2014年 6月3日 |
| 65 | 曾田 力央 | 産総研 | 数値計算による磁場中成形過程の解析 | 粉体粉末冶金協会講演平成26年度春季大会 | 2014年 6月3日 |
| 66 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動車、 高工ネ研 | 中性子小角散乱によるバルク磁石の磁区および微細組織解析 | 産学協力研究アモルファス・ナノ材料第147委員会第124回研究会 | 2014年 6月25日 |
| 67 | 鈴木俊正 | JFCC | Nd ₂ Fe ₁₄ B磁石の外部磁場印加による磁化反転・磁壁ピン止めその場解析 | 第48回東海若手セラミスト懇話会2014年夏期セミナー | 2014年 6月26日 |
| 68 | 鈴木俊正 | JFCC | ネオジム磁石の高温磁区・磁壁構造観察 | 2014年JFCC研究成果発表会 | 2014年7月 4、11、18日 |
| 69 | 浅野能成 | ダイキン工業(株) | エアコン用モーターにおける重希土類使用量の変遷と将来に向けた取り組み | 電気学会モータードライブ/回転機/自動車合同研究会 | 2014年 7月9日 |
| 70 | 渡邊大祐 | 名古屋工業大学 | 自動車駆動用アキシナル型ハイブリッド界磁モーターの運転特性 | 電気学会モータードライブ/回転機/自動車合同研究会 | 2014年 7月10日 |
| 71 | 小林、古林 | T&Tイノベーションズ | 高性能磁性材料の開発による高効率モーターの実現を目指して | 材料フェスタ | 2014年 7月28日 |
| 72 | 小野寛太、 矢野正雄 他 | 高工ネ研、 トヨタ自動車 | Coercive force mechanism in Nd-Fe-B nanocrystalline magnet investigated by SANS | International Union of Crystallography | 2014年 8月5日 |
| 73 | S. Sugimoto, M. Nakamura, K. Isogai, M. Matsuura, Y. Une, H. Kubo, and M. Sagawa | 東北大学、 インターメタリックス | Recent Progress in High-Performance Magnets | The 23 rd International Workshop on Rare Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM2014) | 2014年 8月17-21日 |

| | | | | | |
|----|---|-----------------|---|--|-------------------|
| 74 | Michihide Nakamura, Masashi Matsuura, Nobuki Tezuka, Satoshi Sugimoto, Yasuhiro Une, Hirokazu Kubo, and Masato Sagawa | 東北大学、インターメタリックス | Effect of Annealing on Magnetic Properties and Microstructure of Ultrafine Nd-Fe-B Powders | The 23 rd International Workshop on Rare Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM2014) | 2014年 8月17-21日 |
| 75 | 高橋、緒方、飛世、小林 | 東北大学、TTI/戸田工業 | "-Fe ₁₆ N ₂ compound nanoparticles -magnetic properties and magnetic reversal mechanism | The 23 rd International Workshop on Rare Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM2014) | 2014年 8月17日 |
| 76 | 矢野正雄、Nora Dempsey 他 | トヨタ自動車、CNRS | Effect of Rapid thermal annealing on thick and thin Nd-Fe-B films prepared by sputtering | The 23 rd International Workshop on Rare Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM2014) | 2014年 8月17日 |
| 77 | 高木 健太 | 産総研 | Microstructure and Magnetic properties of fine-grained Nd-Fe-B sintered magnets derived from HDDR-processed powder | The 23 rd International Workshop on Rare Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM2014) | 2014年 8月19日 |
| 78 | 浅野能成 | ダイキン工業(株) | Recent Advances in High Performance Permanent Magnet Motors | The 23 rd International Workshop on Rare Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM2014) | 2014年 8月20日 |
| 79 | 曾田 力央 | 産総研 | Development of particle-Based Simulation for magnetic-aligned compaction process | The 23 rd International Workshop on Rare Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM2014) | 2014年 8月21日 |
| 80 | 杵鞭 義明 | 産総研 | Synthesis of well-dispersed "-Fe ₁₆ N ₂ particles | The 23 rd International Workshop on Rare Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM2014) | 2014年 8月21日 |
| 81 | 鈴木俊正 | JFCC | Dynamic Observations of Thermal Demagnetization Process in Nd ₂ Fe ₁₄ B magnets by Lorentz Microscopy | IUMRE-ICA2014 | 2014年 8月24日 |
| 82 | 中根大樹 | 名古屋工業大学 | 自動車駆動用磁石内側配置 HEFSMの実験運転特性 | 平成26年電気学会産業応用部門大会 | 2014年 8月26日 |
| 83 | 吉岡慎二 | 大阪府立大学 | 自動車駆動用 IPMSM のロータ構造による高トルク化と運転特性の検討 | 平成26年電気学会産業応用部門大会 | 2014年 8月27日 |
| 84 | 粉川泰樹 | 名古屋工業大学 | 自動車駆動用磁石外側配置 HEFSMの実験性能評価 | 平成26年電気学会産業応用部門大会 | 2014年 8月28日 |
| 85 | 宇根康裕 | インターメタリックス | Effect of grain size reduction of Nd-Fe-B sintered magnet on temperature coefficient of coercivity | 第38回日本磁気学会学術講演会 | 2014年 9月2日 |

| | | | | | |
|-----|---|--------------------------|--|---|---------------------|
| 86 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動車、 高工 ネ研 | 磁化反転挙動のマルチスケール 分析による保磁力機構解明 (仮) | 第 38 回日本磁気学会学術 講演会 | 2014 年 9 月 2 日 |
| 87 | 野口健児 | 東海分室 | Development Dy Free NdFeB anisotropic bonded magnet with high performance | 第 38 回日本磁気学会学術 講演会 | 2014 年 9 月 4 日 |
| 88 | 山際昭雄 | ダイキン工 業(株) | Measurement technology of new permanent magnets and motors for development of high efficiency motors | 第 38 回日本磁気学会学術 講演会 | 2014 年 9 月 4 日 |
| 89 | 山本、磯 田、高野、 ルワン、小 林、緒方、 小川、高橋 | 京都大学、 TTI、東北 大学 | 水素ガス雰囲気下における “ - Fe ₁₆ N ₂ の安定性 | 第 38 回日本磁気学会学術 講演会 | 2014 年 9 月 5 日 |
| 90 | 林 靖 | デンソー | 溶融塩電析法による FeNi 合金粉 の合成(電極金属の影響) | 第 38 回日本磁気学会学術 講演会 | 2014 年 9 月 5 日 |
| 91 | 加藤 晃、 尾崎公洋 他 | トヨタ自動 車、産総 研 | Strengthening of collaboration between ESICMM & MagHEM <Introduction of MagHEM project and its expectation for ESICMM> | ESICMM SEMINAR | 2014 年 9 月 16 日 |
| 92 | 吉岡慎二 | 大阪府立大 学 | Influence of Magnet Arrangement on the Performance of IPMSMs for Automotive Applications | IEEE Energy Conversion Congress & Expo (IEEE ECCE 2014) | 2014 年 9 月 16 日 |
| 93 | 松原匡志 | 大阪府立大 学 | Study of Suitable Motor Structure for IPMSM with High Flux Density Material | IEEE Energy Conversion Congress & Expo (IEEE ECCE 2014) | 2014 年 9 月 17 日 |
| 94 | 中村通秀、 松浦昌志、 手束展規、 杉本諭、宇 根康裕、久 保博一、佐 川真人 | 東北大学、 インターメ タリックス | 希土類量の異なる Nd-Fe-B 系超 微細粉末の磁気特性に及ぼす熱 処理の影響 | 日本金属学会 2014 年秋季 講演大会 | 2014 年 9 月 25 日 |
| 95 | 鈴木俊治、 佐久間紀次 他 | 静岡理工科 大学、トヨ タ自動車 | Nd-(Fe,Co)-Ti-N 系窒化物の結 晶構造と磁性 | 日本金属学会 2014 年度秋 期講演大会 | 2014 年 9 月 25 日 |
| 96 | 三嶋千里 | 東海分室 | Dy フリーNd 系系異方性ボンド磁 石と新規モータ提案 | 一般社団法人未踏科学技術 協会 | 2014 年 10 月 2 日 |
| 97 | 小野寛太、 矢野正雄 他 | 高工ネ研、 トヨタ自動 車 | Visualization of dipolar and exchange energies in magnetic materials using STXM | 12 th International conference on X-ray microscopy | 2014 年 10 月 26 日 |
| 98 | 松原匡志 | 大阪府立大 学 | 高飽和磁束密度材料を使用した IPMSM のロータ構造が特性に及 ぼす影響 | 電気学会回転機研究会 | 2014 年 10 月 29 日 |
| 99 | 嶋敏之 他 | 東北学院大 学 | Fabrication of nanostructured FePt/Fe composite rings and their magnetic properties | 59th Annual Magnetism and Magnetic Materials | 2014 年 11 月 3 日 |
| 100 | Kiyonori Suzuki、加 藤晃 他 | Monash 大 学、トヨタ 自動車 | Microstructural and magnetic properties of Nd-Fe-B alloys processed by equal-channel angular pressing | 59th Annual Magnetism and Magnetic Materials | 2014 年 11 月 3 日 |
| 101 | 小川智之 | 東北大学 | Crystalline structure and magnetic properties of ‘ - (Fe-M)-N (M = Cr, Mo or W) sputtered thin film | 2014 MMM Conference | 2014 年 11 月 4 日 |

| | | | | | |
|-----|---------------------------------------|-----------------------|--|--|-----------------|
| 102 | 宇根康裕 | インターメ タリックス | Development of Dy-free sintered Nd-Fe-B magnet with nano-size crystal grain | 2014 MMM Conference | 2014年 11月6日 |
| 103 | 山本、高 野、ルワ ン、小林、 緒方、小 川、高橋 | 京都大学、 TTI、東北 大学 | Quantitative understanding of thermal stability of " - Fe ₁₆ N ₂ | 59th Annual Magnetism & Magnetic Materials Conference | 2014年 11月6日 |
| 104 | 吉岡慎治 | 大阪府立大 学 | IPMSM の有限要素法解析にお けるモデル化が特性に及ぼす影響 | 平成 26 年電気関係学会関 西連合大会 | 2014年 11月24日 |
| 105 | 松原匡志 | 大阪府立大 学 | 高飽和磁束密度材料を使用した IPMSM に適したモーター構造の 検討 | 平成 26 年電気関係学会関 西連合大会 | 2014年 11月24日 |
| 106 | 鈴木俊正 | JFCC | Observations of Magnetic Domain Structure Change in Nd ₂ Fe ₁₄ B Magnets at Elevated Temperature with External Magnetic Field by Lorentz Microscopy | 2014MRS Fall Meeting & Exhibit | 2014年 11月30日 |
| 107 | 杉本諭 | 東北大学 | 磁気理工学のエネルギー分野への 革新的展開 | 日本磁気学会 第 3 回岩崎 コンファレンス | 2014年 12月3日 |
| 108 | 杉本諭 | 東北大学 | 磁石開発の現状と今後の課題 | 日本磁気学会第 3 回岩崎コ ンファレンス | 2014年 12月3日 |
| 109 | 三嶋千里 | 東海分室 | Dy フリーNd 系異方性ボンド磁石 の開発の現状と課題 | 日本磁気学会第 3 回岩崎コ ンファレンス | 2014年 12月3日 |
| 110 | 佐藤正一 | NEC トーキ ン | MagHEM (2) 次世代磁性材料(ナ ノ結晶材料) | 日本磁気学会第 3 回岩崎コ ンファレンス | 2014年 12月3日 |
| 111 | 三嶋千里 | 東海分室 | NdFeB 系異方性ボンド磁石の研究 開発 | 元素戦略磁性材料研究拠点 ESICMM | 2014年 12月8日 |
| 112 | 小川、飛 世、高橋 | 東北大学 | ' , " -Fe ₁₆ N ₂ Interstitial Compound as a New Candidate for Rare Earth Free Permanent Magnet - From Thin Film to Bulk | Pacific Rim Symposium on Surfaces, Coatings & Interfaces (PacSurf) 2014 | 2014年 12月8日 |
| 113 | 浅野能成 | ダイキン工 業(株) | モーター・磁性材料技術開発セ ンターにおける研究開発の取組 紹介 | マグネティックス・リニア ドライブ・日本磁気学会合 同研究会 | 2014年 12月19日 |
| 114 | 吉岡慎治 | 大阪府立大 学 | 自動車駆動用 IPMSM の磁石配置 によるモード走行における損失 の比較 | パワーエレクトロニクス学 会第 206 回定例研究会 | 2014年 12月20日 |
| 115 | 尾崎 公洋 | 産総研 | 磁性材料研究から見た産総研の ものづくり | 産総研本格研究ワーク ショップ | 2015年 2月15日 |
| 116 | 尾崎 公洋 | 産総研 | 次世代自動車向けモーター用磁 性材料の開発 | 第 2 回とやま次世代自動車 セミナー | 2015年 2月17日 |
| 117 | 山際昭雄 | ダイキン工 業(株) | 省・脱ジスプロシウム磁石モー タの開発事例 | 平成 2 6 年度ものづくり技 術講演会 | 2015年 2月19日 |
| 118 | 尾崎 公洋 | 産総研 | モーター用磁性材料の開発動向 ～次世代自動車向け高効率モー ター用磁性材料開発～ | ものづくり技術講演会 | 2015年 2月19日 |
| 119 | 水田貴裕、 他 | 三菱電機 | 軟磁性箔帯向け応力下磁気特性 測定技術の開発 | 平成 27 年電気学会全国大 会 | 2015年 3月1日 |
| 120 | 竹澤昌晃、 他 | 九州工業大 学 | Nd-Fe-B 系焼結磁石における応 力印加時の磁区構造変化 | 平成 27 年電気学会全国大 会 | 2015年 3月1日 |
| 121 | 杉本諭 | 東北大学 | 永久磁石材料の高性能化・高機 能化に関する研究～Nd-Fe-B 系 磁石の高保磁力化と新規磁石材 料の探索を目指して～ | 日本金属学会 2015 年春期 講演大会 | 2015年 3月18日 |

| | | | | | |
|-----|--|----------------------------------|--|--|--------------------|
| 122 | 中村 通秀, 松浦 昌志, 手束 展規, 杉本 諭, 宇根 康裕, 久保 博一, 佐川 真人 | 東北大学、 インターメ タリックス | 粒界拡散法を利用した高保磁力 Nd-Fe-B 系超微細粉末の作製 | 日本金属学会 2015 年春季 講演大会 | 2015 年 3 月 18 日 |
| 123 | 堀川高志 | 東北大学 | Nd-Fe-B 系磁石粉末における、 d-HDDR 処理条件と相変化および 磁気異方性との関係 | 日本金属学会 2015 年春季 講演大会 | 2015 年 3 月 18 日 |
| 124 | 小林久理 眞、佐久間 紀次 他 | 静岡理工科 大学、ト ヨタ自動車 | Nd(Fe,Co) ₁₁ TiN _y 窒化物の結晶構 造と磁気特性 | 日本金属学会 2015 年春季 講演大会 | 2015 年 3 月 18 日 |
| 125 | 矢野正雄、 小野寛太、 上野哲郎 他 | トヨタ自動 車、高工ネ 研、物質材 料研究機構 | 中性子小角散乱による Pr-Cu 浸 透 Nd-Fe-B 熱間加工磁石の磁化 過程の観察 | 日本金属学会 2015 年春季 講演大会 | 2015 年 3 月 18 日 |
| 126 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動 車、高工ネ 研 | Nd-Fe-B 熱間加工磁石の減磁過 程における空間的磁気揺らぎ | 日本金属学会 2015 年春季 講演大会 | 2015 年 3 月 18 日 |
| 127 | 久野智子、 佐久間紀次 他 | 静岡理工科 大学、トヨ タ自動車 | (Nd,Zr)(Fe,Co) _{11-11.5} Ti _{1.0- 0.5} N _x 磁石材料の結晶学的考察 | 日本金属学会 2015 年春季 講演大会 | 2015 年 3 月 18 日 |
| 128 | 佐藤良太、 佐久間紀次 他 | 京都大学、 トヨタ自動 車 | L ₁₀ -FePd/ -Fe ナノコンポジット 磁石の精密ナノ構造制御と磁 気特性 | 日本金属学会 2015 年春季 講演大会 | 2015 年 3 月 18 日 |
| 129 | 嶋敏之、佐 久間紀次 他 | 東北学院 大、トヨタ 自動車 | ラテラルナノコンポジット磁石 薄膜の磁気特性 | 日本金属学会 2015 年春季 講演大会 | 2015 年 3 月 19 日 |
| 130 | 寺西利治、 佐久間紀次 他 | 京都大学、 トヨタ自動 車 | L ₁₀ -FePd/ -Fe ナノコンポジット 磁石の精密ナノ構造制御と磁 気特性 | 日本金属学会 2015 年春季 講演大会 | 2015 年 3 月 19 日 |
| 131 | 田村卓也 | 産総研 | NdFeB 磁石原料合金の強磁場下 鋳造法の検討 | 日本金属学会 2015 春 | 2015 年 3 月 19 日 |
| 132 | 曾田力央 | 産総研 | 離散要素法シミュレーションに よる強磁場中永久磁石粉末の運 動シミュレーション | 日本金属学会 2015 春 | 2015 年 3 月 20 日 |
| 133 | 尾崎公洋 | 産総研 | 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概要 | 日本金属学会 2015 春 | 2015 年 3 月 20 日 |
| 134 | 水田貴裕、 他 | 三菱電機 | 軟磁性箔帯向け応力下磁気特性 測定技術の開発 | 平成 27 年電気学会全国大 会 | 2015 年 3 月 24 日 |
| 135 | 竹澤昌晃、 他 | 九州工業大 学 | Nd-Fe-B 系焼結磁石における応 力印加時の磁区構造変化 | 平成 27 年電気学会全国大 会 | 2015 年 3 月 26 日 |
| 136 | 中根大樹 | 名古屋工業 大学 | Design Studies on Hybrid Excitation Flux Switching Motor with High Power and Torque Densities for HEV Applications | IEEE Int ' l Electrical Machines and Drives Conference(IEMDC 2015) | 2015 年 5 月 10 日 |
| 137 | 矢野正雄、 小野寛太、 上野哲郎 他 | トヨタ自動 車、高工ネ 研、物質材 料研究機構 | Magnetization Reversal in Nd- Fe-B Nanocrystalline Magnets at Elevated | INTERMAG2015 +IEEE International Magnetics Conference | 2015 年 5 月 11 日 |
| 138 | 矢野正雄、 H.Sepehri- Amin 他 | トヨタ自動 車、物質材 料研究機構 | Thermal stability of coercivity in grain boundary modified anisotropic hot- deformed Nd-Fe-B magnets | INTERMAG2015 +IEEE International Magnetics Conference | 2015 年 5 月 11 日 |

| | | | | | |
|-----|--|----------------------|---|---|---------------------|
| 139 | 堀川高志 | 東北大学 | Effect of treatment conditions on the hydrogen disproportionated state and magnetic anisotropy in the d-HDDR process of Nd-Fe-B powders | INTERMAG2015 -IEEE International Magnetics Conference | 2015年 5月12日 |
| 140 | Satoshi Sugimoto, Michihide Nakamura, Masashi Matsuura, Yasuhiro Une, Hirokazu Kubo, Masato Sagawa | 東北大学、インターメタリックス | Enhancement of Coercivity of Nd-Fe-B Ultrafine Powders Comparable to Single Domain Size by Grain Boundary Diffusion Process | IEEE Transactions onMagnetics | 2015年 5月18日 |
| 141 | 小坂卓 | 名古屋工業大学 | 自動車駆動用ハイブリッド界磁フラックススイッチングモータの運転特性 | 公益社団法人自動車技術会 2015 春季大会学術講演会 | 2015年 5月20日 |
| 142 | 山際昭雄 | ダイキン工業(株) | モータ組込時の磁性特性評価技術開発状況 | TECHNO-FRONTIER 2015 モータ技術シンポジウム | 2015年 5月22日 |
| 143 | 真田雅之 | 大阪府立大学 | 高効率 IPM モータ・高効率可変界磁モータ | TECHNO-FRONTIER 2015 モータ技術シンポジウム | 2015年 5月22日 |
| 144 | 尾崎 公洋 | 産総研 | 高効率モーター用磁性材料の開発 | 第35回モーター技術シンポジウム | 2015年 5月22日 |
| 145 | 飛世正博 | 東北大学 | " γ -Fe ₁₆ N ₂ Compound Nanoparticle –magnetic properties and magnetic reversal mechanism | 日本ボンド磁性材料協会 第87回技術例会 | 2015年 5月29日 |
| 146 | 尾崎 公洋 | 産総研 | Overview of development of magnetic material technology for high-efficiency motors in Future Pioneering Program of Japan | 韓国磁気学会 | 2015年 5月29日 |
| 147 | Kikuo Okuyama | Hiroshima University | Nanoparticles Dispersion and Nanostructurization for Energy and Environmental Applications | Symposium of Nanoparticles Synthesis and Applications, Nano Science and Technology Institute, USA (June 16, 2015) | 2015年 6月16日 |
| 148 | S.Sugimoto, M.Matsuura, Y.Une, H.Kubo and M.Sagawa | 東北大学、インターメタリックス | Improvement of Magnetic Properties of Nd-Fe-B Magnet Powders and A Research for Development of New-type Permanent Magnets. | ESICMM-G8 Symposium on Next Generation Permanent Magnets | 2015年 6月18日 |
| 149 | 矢野正雄、小野寛太他 | トヨタ自動車、高エネ研 | Magnetic interactions between nanocrystalline grains in Nd-Fe-B hot-deformed magnets | ESICMM-G8 Symposium on Next Generation Permanent Magnets | 2015年 6月19日 |
| 150 | 矢野正雄、宝野和博他 | トヨタ自動車、物質材料研究機構 | Coercivity enhancement of bulk hot-deformed Nd-Fe-B magnets by grain boundary diffusion process using various eutectic alloys | ESICMM-G8 Symposium on Next Generation Permanent Magnets | 2015年 6月19日 |
| 151 | 鈴木俊正 | JFCC | 微結晶ネオジム磁石の高温における磁区・磁壁構造観察 | 2015年 JFCC 研究成果発表会 | 2015年7月 3、10、17日 |

| | | | | | |
|-----|--|------------------------------|---|---|----------------|
| 152 | 矢野正雄、 斉藤耕太郎、 上野哲郎 他 | トヨタ自動車、 高工ネ研、 物質材料研究機構 | SANS study of the initial magnetization process in nanocrystalline Nd-Fe-B magnets | International Conference on Magnetism ICM2015 | 2015年 7月5日 |
| 153 | 矢野正雄、 Thomas Schrefl 他 | トヨタ自動車、 ドナウ大学 | Micromagnetics of rare-earth efficient permanent magnets | International Conference on Magnetism ICM2015 | 2015年 7月5日 |
| 154 | 矢野正雄、 小野寛太、 上野哲郎 他 | トヨタ自動車、 高工ネ研、 物質材料研究機構 | Magnetization reversal process of Nd-Fe-B sintered magnets observed by magnetic very small angle neutron scattering | International Conference on Magnetism ICM2015 | 2015年 7月5日 |
| 155 | 伊東正朗、 Nora Dempsey | トヨタ自動車、 Neel Institute | Molecular field and CEF single ion calculation of the finite temperature intrinsic magnetic properties of the $R_2M_{14}B$ intermetallics (R=rare earth, M= Fe, Co) | International Conference on Magnetism ICM2015 | 2015年 7月5日 |
| 156 | 伊東正朗 他 | トヨタ自動車 | Coercivity enhancement in Ce-Fe-B magnets by Nd-Cu infiltration | International Conference on Magnetism ICM2015 | 2015年 7月5日 |
| 157 | 尾関慧 | 名古屋工業大学 | 自動車駆動用ハイブリッド界磁モータの設計検討 | モータドライブ/回転機/自動車合同研究会 | 2015年 7月22日 |
| 158 | 東松拓実 | 名古屋工業大学 | 減磁を考慮した磁石内側配置 HEFSM の設計検討 | モータドライブ/回転機/自動車合同研究会 | 2015年 7月23日 |
| 159 | 前田裕也 | 名古屋工業大学 | 磁石配置の異なる HEFSM の発生トルク分析 | モータドライブ/回転機/自動車合同研究会 | 2015年 7月23日 |
| 160 | 荒木辰太郎 | ダイキン工業(株) | モータ用永久磁石の3次元減磁分布測定手法の開発(第1報) | 回転機/リニアドライブ/家電・民政合同研究会 | 2015年 8月6日 |
| 161 | 粉川泰樹 | 名古屋工業大学 | 自動車駆動用磁石外側配置 HEFSM の運転特性 | 平成27年電気学会産業応用部門大会 | 2015年 9月2日 |
| 162 | 飛世正博 | 東北大学 | 無配向 Fe_{16}N_2 ナノ粒子集合体の回転ヒステリシス損失解析 | 日本磁気学会 第39回学術講演会 | 2015年 9月8日 |
| 163 | 中根大樹 | 名古屋工業大学 | Experimental Drive Characteristics of HEFSM for Automobile Traction Drives | Proc. Of the 17th European Conference on Power Electronics and Applications(EPE 2015) | 2015年 9月8日 |
| 164 | 狐崎直文 | 豊田工業大学 | 電磁界数値解析によるインバータ励磁モータ駆動システムの磁気ヒステリシス | 電気学会リニアドライブ研究会 | 2015年 9月8日 |
| 165 | 西尾博明 | 大阪大学 | Accurate measurement of hysteresis curve of Nd-Fe-B sintered magnet with superconducting magnet-based vibrating sample magnetometer | 第39回日本磁気学会 | 2015年 9月8日 |
| 166 | 小川智之 | 東北大学 | オレイルアミン被覆型鉄ナノ粒子を用いた窒化鉄ナノ粒子の合成 | 第39回日本磁気学会 | 2015年 9月8日 |
| 167 | 三嶋千里 | 東海分室 | Behavior of a permanent magnet used for the high efficiency motor under the high frequency magnetic field | 第39回日本磁気学会学術講演会シンポジウム | 2015年 9月9日 |
| 168 | 浦田顕理、 八巻真、 岡本幸一、 佐藤正一、 中村尚道、 中世古誠、 尾崎由紀子 | NECトキン(株)、 JFEスチール(株) | High density soft magnetic composite core of nanocrystalline FeSiBPCu alloys | 第39回日本磁気学会学術講演会 | 2015年 9月9日 |

| | | | | | |
|-----|---|----------------------|---|---|--------------------|
| 169 | 浅野能成 | ダイキン工業(株) | High-efficiency IPM motor design and iron loss evaluation | 日本磁気学会学術講演会 | 2015年 9月9日 |
| 170 | 新宅雅哉 | 東海分室 | Dyフリー異方性NdFeB磁粉を用いた高耐熱性、高磁気特性を有する射出成形ボンド磁石の開発 | 第39回日本磁気学会学術講演会 | 2015年 9月10日 |
| 171 | 佐久間紀次、小林久理真 他 | トヨタ自動車、静岡理工科大学 | ThMn12型(Nd _{0.7} Zr _{0.3})-(Fe _{0.75} Co _{0.25}) _{11.5} Ti _{0.5} -N粉における添加元素効果 | 第39回日本磁気学会学術講演会 | 2015年 9月10日 |
| 172 | 佐久間紀次、小林久理真 他 | トヨタ自動車、静岡理工科大学 | ThMn12系における窒化機構の解明 | 第39回日本磁気学会学術講演会 | 2015年 9月10日 |
| 173 | 矢野正雄、小野寛太、上野哲郎 他 | トヨタ自動車、高工ネ研、物質材料研究機構 | OBSERVATION OF MAGNETIZATION REVERSAL PROCESS IN (ND,DY)-FE-B SINTERED MAGNETS USING MAGNETIC VSANS | 16th International Conference on Small Angle Scattering SAS2015 | 2015年 9月13日 |
| 174 | 矢野正雄、斉藤耕太郎、上野哲郎 他 | トヨタ自動車、高工ネ研、物質材料研究機構 | INITIAL MAGNETIZATION PROCESS OF NANOCRYSTALLINE ND-FE-B MAGNETS | 16th International Conference on Small Angle Scattering SAS2015 | 2015年 9月13日 |
| 175 | 矢野正雄、小野寛太、上野哲郎 他 | トヨタ自動車、高工ネ研、物質材料研究機構 | MULTIPLE-SCATTERING EFFECT ON SMALL-ANGLE NEUTRON SCATTERING FOR ND-FE-B MAGNETS | 16th International Conference on Small Angle Scattering SAS2015 | 2015年 9月13日 |
| 176 | 小川 智之 | 東北大学 | Challenge to the Synthesis of " -Fe ₁₆ N ₂ Compound Nanoparticle with High Saturation Magnetization for Rare Earth Free New Permanent Magnetic material | 第76回応用物理学会秋季学術講演会 | 2015年 9月13日 |
| 177 | 尾崎 公洋 | 産総研 | 新磁性材料 | 第31回新材料・新技術利用研究会 | 2015年 9月14日 |
| 178 | 狐崎直文、他 | 豊田工業大学 | In fl uence of Magnetization Model on Motor Torque Characteristics in FEM calculation | 22nd Soft Magnetic Materials Conference(SMM22) | 2015年 9月16日 |
| 179 | 狐崎直文 | 豊田工業大学 | Symmetry Breaking of IPMSM Drive System Caused by Magnetic Hysteresis Property | 22nd Soft Magnetic Materials Conference(SMM22) | 2015年 9月16日 |
| 180 | 曾田力央 | 産総研 | Numerical simulation of magnetic-aligned compaction process by using discrete element method | EUROMAT2015 | 2015年 9月20日 |
| 181 | 浦田顕理 | NECトキン(株) | 高Bsナノ結晶「ナノメット」の開発 | 日本ボンド磁性材料協会主催 第88回技術例会プログラム「軟磁性材料技術とその応用技術の最新動向」 | 2015年 9月24日 |
| 182 | 東松拓実 | 名古屋工業大学 | 第3次試作固定子内周側磁石配置 HEFSM の運転特性 | 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 | 2015年 9月28日 |
| 183 | 前田裕也 | 名古屋工業大学 | 自動車駆動用磁石中央配置型 HEFSM の設計検討 | 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 | 2015年 9月28日 |
| 184 | Satoshi Sugimoto | 東北大学 | Improvement of Magnetic Properties in Permanent magnets | 希少元素高効率抽出技術領域 Critical Metal Symposium in Sendai | 2015年 10月28-30日 |
| 185 | S. Sugimoto, M. Matsuura, Y. Une, H. Kubo and M. Sagawa | 東北大学、インターメタリックス | Toward for Improvement of Magnetic Properties in Permanent magnets. | 希少元素高効率抽出技術領域 Critical Metal Symposium in Sendai | 2015年 10月28日 |

| | | | | | |
|-----|----------------------|--------------------------|--|--|-----------------|
| 186 | 曾田 力央 | 産総研 | Analysis of the Magnetic-Aligned Compaction Process using the Particle-based Simulation | APMA2015 | 2015年 11月10日 |
| 187 | 尾関慧 | 名古屋工業大学 | 自動車用高効率ハイブリッド界磁モータの運転特性 | 日本 AEM 学会 MAGDA2015 | 2015年 11月13日 |
| 188 | 鈴木颯真 | 大阪府立大学 | 電磁鋼板の特性が自動車駆動用 IPMSM の運転特性に及ぼす影響 | 平成 27 年電気関係学会関西連合大会 | 2015年 11月15日 |
| 189 | 鈴木 俊正 | JFCC | Direct Observation of Reverse Magnetic Domain and Magnetic Domain Wall Motion in Nd-Fe-B Magnet at High Temperature by Lorentz Microscopy | 2015MRS Fall Meeting & Exhibit | 2015年 11月19日 |
| 190 | 小川 智之 | 東北大学 | オレイルアミン被覆型鉄ナノ粒子を用いた窒化鉄ナノ粒子の合成 | 平成 27 年度東北大学スピニクス研究会 | 2015年 11月20日 |
| 191 | 鈴木俊正 | JFCC | Direct Observation of Reverse Magnetic Domain and Magnetic Domain Wall Motion in Nd-Fe-B Magnet at High Temperature by Lorentz Microscopy | 2015MRS Fall Meeting & Exhibit | 2015年11月 29日 |
| 192 | 鈴木俊正 | JFCC | 高温における磁場印加に伴う微結晶ネオジム磁石の磁壁移動の観察 | 日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会 | 2015年 12月12日 |
| 193 | 狐崎直文 | 豊田工業大学 | 電流や残留磁化を変えた場合の埋め込み型永久磁石同期モータ駆動系のヒステリシスによる対称性の破れ | 電気学会マグネティックスリニアドライブ合同研究会 | 2015年 12月15日 |
| 194 | 浅野能成 | ダイキン工業(株) | モーター・磁性材料技術開発センターの実験室を紹介 | 次世代電動車両開発コンソーシアム第2回講演会・見学会 | 2015年 12月22日 |
| 195 | 竹澤昌晃、他 | 九州工業大学 | Analysis of the Demagnetization of Nd-Fe-B Sintered Magnets by Compressive Stress using Magnetic Domain Observation | 13 th Joint MMM-Intermag Conference | 2016年1月10日 |
| 196 | 佐久間紀次、小林久理真 他 | トヨタ自動車、静岡理工科大学 | ThMn12型 (Nd _{0.7} Zr _{0.3})-(Fe _{0.75} Co _{0.25}) _{11.5} Ti _{0.5} -N 粉における添加元素効果 | 13 th Joint MMM-Intermag Conference | 2016年 1月10日 |
| 197 | 堀川高志 | 東北大学 | Crystallographic Alignment during Recombination Stage in d-HDDR Process of Nd-Fe-B-ga-Nb Powders | 13 th Joint MMM-Intermag Conference | 2016年 1月11日 |
| 198 | 矢野正雄 | トヨタ自動車 | Temperature dependence of magnetic volume fraction in Ce ₂ Fe ₁₄ B based core-shell magnets determined with muon spin rotation and relaxation measurements | 13 th Joint MMM-Intermag Conference | 2016年 1月11日 |
| 199 | 矢野正雄、J.Fischbacher 他 | トヨタ自動車、Danube University | Potential of NdFe ₁₂ N _x based permanent magnets | 13 th Joint MMM-Intermag Conference | 2016年 1月11日 |
| 200 | 矢野正雄、R.F.L.Evans 他 | トヨタ自動車、Univ.York | Atomistic spin dynamics and temperature dependent properties of Nd ₂ Fe ₁₄ B | 13 th Joint MMM-Intermag Conference | 2016年 1月11日 |

| | | | | | |
|-----|--------------------------|---------------------|---|--|----------------|
| 201 | 加藤晃、 K.Suzuki 他 | トヨタ自動車、Monash Univ. | Effect of processing parameters on the magnetic properties and microtexture of the $Nd_{13.5}Fe_{73.8}Co_{6.7}B_{5.6}Ga_{0.4}$ alloy processed by ECAP with back pressure | 13 th Joint MMM-Intermag Conference | 2016年 1月11日 |
| 202 | 伊東 正朗、D. Givord 他 | トヨタ自動車、CNRS | Coercivity enhancement in Ce-Fe-B based magnets by core-shell grain structuring | 13 th Joint MMM-Intermag Conference | 2016年 1月11日 |
| 203 | 新宅雅哉 | 東海分室 | Effect of Cooling Rate during Homogenization on Magnet Properties of NdFeB-based d-HDDR Powder | 13 th Joint MMM-Intermag Conference | 2016年 1月12日 |
| 204 | 新宅雅哉 | 東海分室 | Development of NdFeB Strip Cast microstructure for HDDR Processing | 13 th Joint MMM-Intermag Conference | 2016年 1月12日 |
| 205 | J.P.Meakin | ハミントン大学 | Optimisation of NdFeB Strip Cast microstructure for HDDR Processing | 13 th Joint MMM-Intermag Conference | 2016年 1月14日 |
| 206 | 家城昌治 | 豊田工業大学 | アモルファスモータコア加工方法による鉄損特性 | 電気学会マグネティックスリニアドライブ合同研究会 | 2016年 1月26日 |
| 207 | 竹澤昌晃、他 | 九州工業大学 | Nd-Fe-B 系焼結磁石における熱と圧縮応力による磁区構造変化 | 平成 28 年電気学会全国大会 | 2016年 3月1日 |
| 208 | 中野善和、他 | 三菱電機 | Nd-Fe-B 系焼結磁石における応力印加時の磁気特性変化 | 平成 28 年電気学会全国大会 | 2016年 3月1日 |
| 209 | 浅野能成 | ダイキン工業(株) | モーター・磁性材料技術開発センターの実験室を紹介 | 産業応用フォーラム「モータ道場(第5回)」 | 2016年 3月4日 |
| 210 | 曾田力央 | 産総研 | Numerical simulation of magnetic-aligned compaction with pulsed high magnetic field | Scripta Materialia | 2016年 3月4日 |
| 211 | 佐久間紀次、久野智子 他 | トヨタ自動車、静岡理工科大学 | $(Sm_{0.8}, Zr_{0.2})(Fe_{0.75}, Co_{0.25})_{11.5}Ti_{0.5}$ 磁石材料の磁気特性 | 日本金属学会 2016 年春季講演大会 | 2016年 3月10日 |
| 212 | 西尾博明 | 大阪大学 | 超電導式 VSM による球状 Nd-Fe-B 系焼結磁石の温度依存性の精密評価 | 日本金属学会 2017 年春季講演大会 | 2016年 3月15日 |
| 213 | 遠藤政治 | 大阪大学 | Nd-Fe-B 系焼結磁石における磁束の屈曲点近傍での経時変化測定 | 日本金属学会 2017 年春季講演大会 | 2016年 3月15日 |
| 214 | 町田憲一 | 大阪大学 | 粒界改質した Nd-Fe-B 系焼結磁石に対する磁気特性の精密評価と重希土類の有効利用 | 日本金属学会 2017 年春季講演大会 | 2016年 3月15日 |
| 215 | 宇根康裕、久保博一、溝口徹彦、入山恭彦、佐川真人 | インターメタリックス | 超微結晶 Nd-Fe-B 焼結磁石の特徴と課題 | 日本金属学会 2017 年春季講演大会 | 2016年 3月16日 |
| 216 | 中野善和 他 | 三菱電機 | Nd-F-B 系焼結磁石における応力印時の磁気特性変化 | 平成 28 年電気学会 全国大会 | 2016年 3月16日 |
| 217 | 竹澤昌晃 他 | 九州工業大学 | Nd-F-B 系焼結磁石における熱と圧縮応力による磁区構造変化 | 平成 28 年電気学会 全国大会 | 2016年 3月16日 |
| 218 | 佐々木泰祐、大久保忠勝、宝野和博 | 物質・材料研究機構 | 微細組織制御によるネオジム磁石の高保磁力化 | 日本金属学会 2017 年春季講演大会 | 2016年 3月16日 |

| | | | | | |
|-----|--|----------------------|--|---|-----------------------|
| 219 | X. Xu, T. Sasaki, T. Ohkubo, Y. Une, H. Kubo, T. Mizoguchi, T. Iriyama, M. Sagawa, K. Hono | インターメタリックス、物質・材料研究機構 | Microstructure analysis of Ga doped ultra-fine grained magnets fabricated by HDDR and press-less sintering | 日本金属学会 2017 年春期講演大会 | 2016 年 3 月 16 日 |
| 220 | 杵鞭義明 | 産総研 | High pressure synthesis of L1 MnAl near stoichiometric composition | Dalton Transactions | 2016 年 3 月 17 日 |
| 221 | 鈴木颯真 | 大阪府立大学 | 低鉄損材料を用いた自動車駆動用 IPMSM における運転特性の比較 | 平成 28 年電気学会全国大会 | 2016 年 3 月 18 日 |
| 222 | 松本憲志、佐久間紀次他 | 京都大学、トヨタ自動車 | L1 ₀ -FePd/ -Fe ナノコンポジット磁石の結晶粒径制御による高性能化 | 日本化学会 2016 | 2016 年 3 月 20 日 |
| 223 | 堀川高志 | 東北大学 | Nd-Fe-B 系磁石粉末の d-HDDR 処理過程における微細組織および結晶方位の関係 | 日本金属学会 2016 年春期大会 | 2016 年 3 月 23 日 |
| 224 | 河原崇範, 飯島亜美, 松浦昌志, 手束展規, 杉本諭, 宇根康裕, 久保博一, 佐川真人 | 東北大学、インターメタリックス | Nd-Cu スパッタリングによる Nd-Fe-B 系粉末の高保磁力化 | 日本金属学会 2016 年春期講演大会 | 2016 年 3 月 24 日 |
| 225 | 久保博一, 宇根康裕, 入山恭彦, 佐川真人, 松浦昌志, 杉本諭 | インターメタリックス、東北大学 | HDDR 法を用いた Nd-Fe-B 系焼結磁石の保磁力 | 日本金属学会 2016 年春期講演大会 | 2016 年 3 月 24 日 |
| 226 | 後藤龍太 | MagHEM | Nd-Fe-B-Ti 磁石粉末の構造と磁気特性 | 第 158 回日本金属学会 | 2016 年 3 月 24 日 |
| 227 | 浦田顕理 | NEC トーキョー(株) | 高周波対応圧粉磁心の磁気特性とその応用 | テクノフロンティア 2016 第 24 回磁気応用技術シンポジウム | 2016 年 4 月 22 日 |
| 228 | 伊東正朗、Dominique Givord 他 | トヨタ自動車、CNRS | Hard Magnets and Coercivity | European Materials Research Society (E-MRS) | 2016 年 5 月 2 日 |
| 229 | 曾田力央 | 産総研 | 離散要素法を用いたパルス磁場中の永久磁石粒子の運動解析 | 粉体粉末冶金協会平成 28 年度春季大会 | 2016 年 5 月 24-26 日 |
| 230 | 町田憲一 | 大阪大学 | 粒界改質した Nd-Fe-B 系焼結磁石の特性評価と課題 | 粉体粉末冶金協会平成 28 年度春季大会 | 2016 年 5 月 24 日 |
| 231 | 佐久間紀次、松本憲志 他 | トヨタ自動車、京都大学 | L1 ₀ -FePd/ -Fe ナノコンポジット磁石の結晶粒径制御による高性能化 | ナノ学会第 14 回大会 | 2016 年 6 月 14 日 |
| 232 | 鈴木俊正 | JFCC | 高温・外部磁場印加によるネオジム磁石の磁壁移動観察 | 2016 年 JFCC 研究発表会 | 2016 年 7 月 1 日 |
| 233 | 高橋健汰 | 名古屋工業大学 | 可変界磁モータにおける直流偏磁を考慮した鉄損解析 | 電気学会モータドライブ/回転機/自動車合同研究会 | 2016 年 7 月 22 日 |
| 234 | 清水悠生 | 大阪府立大学 | 新規磁石材料を用いた自動車駆動用 IPMSM の特性に及ぼす磁石配置と鉄心材料の影響 | 電気学会モータドライブ/回転機/自動車合同研究会 | 2016 年 7 月 22 日 |

| | | | | | |
|-----|---|-----------------|--|--|-----------------|
| 235 | 西尾博明 | 大阪大学 | More accurate hysteresis curve for large Nd-Fe-B sintered magnets employing a superconducting magnet-based vibrating sample magnetometer | IEEE Transactions on Magnetics | 2016年 7月22日 |
| 236 | 飛世正博 | 東北大学 | Rotational hysteresis loss analysis for randomly oriented $\text{Nd-Fe}_{16}\text{N}_2$ nanoparticles assembly | International Conference of the Asian Union of Magnetics Societies (ICAUMS 2016) | 2016年 8月1日 |
| 237 | 田村卓也 | 産総研 | New coating method for Nd-Fe-B alloy | PRICM9 | 2016年 8月1日 |
| 238 | A. Iijima | 東北大学 | Improvement of Coercivity of Nd-Fe-B Powder by Nd-Cu Sputtering | 9th Pacific Rim International Congress on Advanced Materials and Processing | 2016年 8月3日 |
| 239 | 荒木辰太郎 | ダイキン工業(株) | モータ用永久磁石の3次元減磁分布測定手法の開発(第2報) | 電気学会回転機/リニアドライブ/家電・民生合同研究会 | 2016年 8月5日 |
| 240 | 中川倫博 | ダイキン工業(株) | インバータ励磁下における局所的な鉄損評価技術の開発(第1報) | 電気学会回転機/リニアドライブ/家電・民生合同研究会 | 2016年 8月5日 |
| 241 | 鹿志村美緒 | 大阪府立大学 | IPMSMにおけるロータ構造と電磁鋼板の鉄損違いがモータ効率に及ぼす影響 | 電気学会回転機/リニアドライブ/家電・民生合同研究会 | 2016年 8月5日 |
| 242 | 伊東正朗、Gabriel Gomez 他 | トヨタ自動車、CNRS | Calculation of the magnetic properties of rare earth mixed $\text{R}_{2-x}\text{R}'_x\text{Fe}_{14}\text{B}$ intermetallic compounds | 8th Joint European Magnetics Symposia (JEMS) | 2016年 8月21日 |
| 243 | 伊東正朗、Claire Colin 他 | トヨタ自動車、CNRS | Solid-solution stability and site-preference occupancy in $(\text{R-R}')_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ compounds | 8th Joint European Magnetics Symposia (JEMS) | 2016年 8月21日 |
| 244 | 矢野正雄、G. Hrkac 他 | トヨタ自動車、Exeter | Impact of Co, Cu and Nb diffusion on the NdFeB phase | 8th Joint European Magnetics Symposia (JEMS) | 2016年 8月21日 |
| 245 | 矢野正雄 | トヨタ自動車、York | Calculating the magneto-elastic anisotropy across grain boundary interfaces | 8th Joint European Magnetics Symposia (JEMS) | 2016年 8月21日 |
| 246 | Hirokazu Kubo, Yasuhiro Une, Tetsuhiko Mizoguchi, Takahiko Iriyama, Masato Sagawa, Masashi Matsuura, and Satoshi Sugimoto | インターメタリックス、東北大学 | Coercivity of Sub-micron Grained Nd-Fe-B Sintered Magnets Using Both HDDR Process and Helium Jet-milling | The 24th International Workshop on Rare Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM2016) | 2016年8月28日-9月1日 |
| 247 | 伊東正朗、Dominique Givord 他 | トヨタ自動車、CNRS | Coercivity mechanism in core-shell grain structured magnets | The 24th International Workshop on Rare Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM 16) | 2016年 8月28日 |

| | | | | | |
|-----|--|------------------------------------|---|--|----------------|
| 248 | 伊東正朗、 Dominique Givord 他 | トヨタ自動車、CNRS | Solid-solution stability and site-preference occupancy in $(R-R')_2Fe_{14}B$ compounds | The 24th International Workshop on Rare Earth and Future PermanentMagnets and Their ApplicatiOns (REPM 16) | 2016年 8月28日 |
| 249 | 伊東正朗、 Gabriel Gomez 他 | トヨタ自動車、CNRS | Calculation of the magnetic properties of rare earth mixed $R_{2-x}R'_{x}Fe_{14}B$ intermetallic compounds | The 24th International Workshop on Rare Earth and Future PermanentMagnets and Their ApplicatiOns (REPM 16) | 2016年 8月28日 |
| 250 | 曾田力央 | 産総研 | Simulation aided design of pulsed-magnetic aligned compaction | The 24th International Workshop on Rare Earth and Future PermanentMagnets and Their ApplicatiOns (REPM 16) | 2016年 8月28日 |
| 251 | 西尾博明 | 大阪大学 | Accurate hysteresis curve measurement on Nd-Fe-B sintered magnets with superconducting magnet-based vibrating sample magnetometer | The 24th International Workshop on Rare Earth and Future PermanentMagnets and Their ApplicatiOns (REPM 16) | 2016年 8月28日 |
| 252 | M.Matsuura | 東北大学 | Coercivity enhancement in Nd-Fe-B powder by sputtering of Nd-rich phase | The 24th International Workshop on Rare Earth and Future PermanentMagnets and Their ApplicatiOns (REPM 16) | 2016年 8月29日 |
| 253 | T.Horikawa , M.Matsuura , S.Sugimoto , M.Yamazaki , C.Mishima | 東北大学、 愛知製鋼 | Changes in crystallographic relationship and magnetic anisotropy in <i>d</i> -HDDR process of Nd-Fe-B-Ga-Nb powders | The 24th International Workshop on Rare Earth and Future PermanentMagnets and Their ApplicatiOns (REPM 16) | 2016年 8月29日 |
| 254 | Y. Kawasugi | 愛知製鋼 | Demagnetization behavior and suppression of oxidation in NdFeB anisotropic bonded magnets. | The 24th International Workshop on Rare Earth and Future PermanentMagnets and Their ApplicatiOns (REPM 16) | 2016年 8月29日 |
| 255 | J.P.Meakin , D.K.Kennedy, I.R. Harris, A. Bradshaw, A. Walton, C. Mishima | University of Birmingham , 愛知製鋼 | Optimisation of NdFeB Strip Cast microstructure for HDDR Processing | The 24th International Workshop on Rare Earth and Future PermanentMagnets and Their ApplicatiOns (REPM 16) | 2016年 8月29日 |
| 256 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動車、高工ネ研 | Magnetic domain structures in core-shell structured nano-crystalline R-Fe-B magnets by small-angle neutron scattering | The 24th International Workshop on Rare Earth and Future PermanentMagnets and Their ApplicatiOns (REPM 16) | 2016年 8月29日 |

| | | | | | |
|-----|--|----------------------|---|---|----------------|
| 257 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動車、高工ネ研 | Evaluation of bulk magnetic domain width of Nd-Fe-B nanocrystalline Magnet by small-angle neutron scattering | The 24th International Workshop on Rare Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM 16) | 2016年 8月29日 |
| 258 | 矢野正雄、 Semih Ener 他 | トヨタ自動車、 Darmstadt | Structural and magnetic properties of (Sm,Nd,Zr)(Fe,Co) ₁₀₋₁₂ N _x melt spun ribbons | The 24th International Workshop on Rare Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM 16) | 2016年 8月29日 |
| 259 | 小坂卓 | 名古屋工業大学 | 高出力密度・高効率可変界磁モータ技術 | 平成28年産業応用部門大会 | 2016年 8月30日 |
| 260 | H. Kubo | インタメタリックス | Coercivity of Nd-Fe-B Sintered Magnets Using Both HDDR Process and Helium Jet-Milling | The 24th International Workshop on Rare Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM 16) | 2016年 8月31日 |
| 261 | 庄司哲也 | トヨタ自動車 | Magnetic materials research for vehicle motor application | The 24th International Workshop on Rare Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM 16) | 2016年 8月31日 |
| 262 | 矢野正雄、 小野寛太 他 | トヨタ自動車、高工ネ研 | Magnetic multiple scattering in small-angle neutron scattering of Nd-Fe-B nanocrystalline magnet | Scientific Reports | 2016年 9月1日 |
| 263 | 鈴木颯真 | 大阪府立大学 | 自動車駆用 IPMSM における低鉄損材料の適用と運転特性の比較 | 平成28年産業応用部門大会 | 2016年 9月1日 |
| 264 | 西島佑樹 他 | 東北大学 | アークプラズマ蒸着法により作製した Sm-Fe-N/Zn 複合粉末の磁気特性 | 第40回日本磁気学会学術講演会 | 2016年 9月5日 |
| 265 | 中根大樹 | 名古屋工業大学 | Experimental Study on Windage Loss Reduction using Two Types of Rotor for Hybrid Excitation Flux Switching Motor | The International Conference on Electrical Machines (ICEM2016) | 2016年 9月6日 |
| 266 | 前田裕也 | 名古屋工業大学 | Design Study on Hybrid Excitation Flux Switching Motor with Permanent Magnet Placed at Middle of Field Coil Slot for HEV Drives | The International Conference on Electrical Machines (ICEM2016) | 2016年 9月7日 |
| 267 | 宇根康裕, 久保博一, 入山恭彦, 佐川真人, 松浦昌志, 杉本諭 | インターメタリックス、東北大学 | Grain size re-ment of Nd-Fe-B sintered magnets | 第40回日本磁気学会学術講演会 | 2016年 9月8日 |
| 268 | 山崎理央, 堀川高志, 松浦昌志, 手束展規, 杉本諭, 三嶋千里 | 東北大学, 愛知製鋼 | Relationship between microstructure and anisotropy of Nd-Fe-B magnetic powder prepared by d-HDDR | 第40回日本磁気学会学術講演会 | 2016年 9月8日 |

| | | | | | |
|-----|--|------------------------|---|--|---------------------|
| 269 | 小林久理真 他 | 静岡理工科 大 | Newly developed (R,Zr)(Fe,Co) _{12-x} Ti _x -N _y compounds for permanent magnets | 第 40 回日本磁気学会学術 講演会 | 2016 年 9 月 8 日 |
| 270 | 林 靖 | デンソー | A Theoretical Approach to Synthesize L1 ₀ type FeNi Alloy Powder | 第 40 回日本磁気学会学術 講演会 | 2016 年 9 月 8 日 |
| 271 | 後藤 翔 | デンソー | A New Route to Synthesize L1 ₀ -type FeNi Alloy Powder | 第 40 回日本磁気学会学術 講演会 | 2016 年 9 月 8 日 |
| 272 | 浅野能成 | ダイキン工 業(株) | Development of Measurement Technique of ree-dimensional Demagnetization Distribution in Permanent Magnets for Motors | 第 40 回日本磁気学会学術 講演会 | 2016 年 9 月 8 日 |
| 273 | 遠藤徹也 | 豊田工業大 学 | アモルファスコア IPMSM の鉄損 特性 | 電気学会 回転機/リアド ライブ合同研究会 | 2016 年 9 月 8 日 |
| 274 | 堀川高志、 松浦昌志、 杉本諭、山 崎理央、三 嶋千里 | 東北大学、 愛知製鋼 | Nd-Fe-B 系 HDDR 粉末における不 均化過程の水素圧力による微細 組織と結晶方位の変化 | 日本金属学会 2016 年秋期 大会 | 2016 年 9 月 12 日 |
| 275 | 川原浩一 | JFCC | ネオジム磁石の高温における逆 磁区発生の TEM/ローレンツ顕微 鏡観察 | 日本金属学会 2016 年秋期 大会 | 2016 年 9 月 21 日 |
| 276 | 矢野正雄、 J. Fischbacher 他 | トヨタ自動 車、Danube 他 | Self-demagnetizing effects in NdFe ₁₂ based magnets at high temperature | 61 st Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials | 2016 年 10 月 31 日 |
| 277 | 矢野正雄、 G. Hrkac 他 | トヨタ自動 車、Exeter 他 | Phase stability and formation energy of NdFe ₁₂ (N) with Ti, V, Zr and Si substitutes- an alternative to NdFeB | 61 st Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials | 2016 年 10 月 31 日 |
| 278 | 矢野正雄、 小林久理真 他 | トヨタ自動 車、静岡理 工科大学 | Magnetic and electric structures in Sm based ThMn ₁₂ phase observed by Mössbauer spectroscopy | 61 st Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials | 2016 年 10 月 31 日 |
| 279 | 竹澤昌晃、 他 | 九州工業大 学 | Magnetic Domain Observation on Demagnetization of Nd-Fe-B Sintered Magnets under Compressive Stress and Elevated Temperatures | 61 st Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials | 2016 年 11 月 1 日 |
| 280 | M. Yamazaki, T. Horikawa, M. Matsuura, N. Tezuka, S. Sugimoto, C. Mishima | 東北大学、 愛知製鋼 | Microstructure change of anisotropic d-HDDR Nd-Fe-B powder prepared with several hydrogen disproportionation conditions. | 61 st Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials | 2016 年 11 月 4 日 |
| 281 | 佐久間紀 次、佐藤良 太 他 | トヨタ自動 車、京都大 学 | 精密ナノ構造制御による高性能 L1 ₀ -FePd/ -Fe ナノコンポジット 磁石の創製 | 粉体粉末冶金協会 平成 28 年度秋季大会 | 2016 年 11 月 9 日 |
| 282 | 八巻真、金 森悠、岡本 幸一、浦田 顕理、佐藤 正一 | NEC トーキ ン | 高充填 FeSiBPCu ナノ結晶圧粉 磁心の磁気特性 | 粉体粉末冶金協会 平成 28 年度秋季大会 | 2016 年 11 月 10 日 |

| | | | | | |
|-----|--|--|---|---|---------------------|
| 283 | 堀川高志, 松浦昌志, 杉本諭, 山 崎理央, 三 嶋千里 | 東北大学, 愛知製鋼 | Nd-Fe-B-Ga-Nb 磁石粉末の <i>d</i> - HDDR 過程における B 分布の水素 圧力依存性 | 粉体粉末冶金協会 平成 28 年度秋季大会 | 2016 年 11 月 11 日 |
| 284 | 曾田力央 | 産総研 | 離散要素法シミュレーションに 基づくパルス磁場配向圧粉成形 技術の開発 | 粉体粉末冶金協会 平成 28 年度秋季大会 | 2016 年 11 月 11 日 |
| 285 | 清水悠生 | 大阪府立大 学 | Influence of Permanent Magnet Property and Arrangement on the Performance of IPMSMs for Automotive Applications | The 19th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS 2016) | 2016 年 11 月 14 日 |
| 286 | 小田原峻也 | 豊田工業大 学 | Numerical Calculation of Magnetic Hysteresis Property Taking into Account Magnetic Anisotropy of Electrical Steel Sheet | The 17th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC 2016) | 2016 年 11 月 14 日 |
| 287 | 鈴木颯真 | 大阪府立大 学 | Performance Comparison of IPMSMs for Automotive Application Using Low Iron Loss Electrical Steel Sheets | The 19th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS 2016) | 2016 年 11 月 15 日 |
| 288 | 中川倫博 | ダイキン工 業 (株) | 3D Numerical Analysis with Magnetic Hysteresis for Evaluating Magnetic Phenomena from H-coil on Stator Core of Electric Motor | The 19th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS 2016) | 2016 年 11 月 15 日 |
| 289 | 鹿志村美緒 | 大阪府立大 学 | IPMSM におけるロータ構造と電 磁鋼板の飽和磁束密度の違いが モータ特性に及ぼす影響 | 電気関係学会関西連合大会 | 2016 年 11 月 22 日 |
| 290 | 清水悠生 | 大阪府立大 学 | 自動車駆動用 2 層 IPMSM の運転 特性に及ぼす磁石量比の影響 | 電気関係学会関西連合大会 | 2016 年 11 月 22 日 |
| 291 | 鈴木颯真 | 大阪府立大 学 | 低鉄損材料を用いた自動車駆用 IPMSM の実機 による特性評価 | 電気関係学会関西連合大会 | 2016 年 11 月 22 日 |
| 292 | 渡部英治 | デンソー | FeNiN の脱窒素による L1 ₀ -FeNi の合成 | 第 48 回溶融塩化学討論会 | 2016 年 11 月 25 日 |
| 293 | 坂中佳秀 | 同志社大学 | 溶融中における FeNiN 層状化合 物の形成 | 第 48 回溶融塩化学討論会 | 2016 年 11 月 25 日 |
| 294 | 竹澤昌晃、 他 | 九州工業大 学 | Nd-Fe-B 系焼結磁石における高 温中での圧縮応力による磁区構 造変化 | 電気学会マグネティックス 研究会 | 2016 年 12 月 1 日 |
| 295 | 水田貴裕、 他 | 三菱電機 | 引張・圧縮応力下における軟磁 性薄帯及びその積層パルクの磁 気特性 | マグネティックス研究会 | 2016 年 12 月 1 日 |
| 296 | 後藤 翔 | デンソー | トポタクティック反応による高 規則度 L1 ₀ -FeNi 粉末の創製 | 日本磁気学会 ナノマグネ ティックス専門研究会 | 2016 年 12 月 2 日 |
| 297 | 浅野能成 | ダイキン工 業 (株) | モーター・磁性材料技術開発セ ンターの実験室を紹介 | 産業応用フォーラム「モー タ道場 (第 4 回)」 | 2016 年 12 月 2 日 |
| 298 | 鈴木颯真 | 大阪府立大 学 | 低鉄損材料を用いた 2 層台形型 自動車駆動用 IPMSM の実機によ る特性評価 | パワーエレクトロニクス学 会 | 2016 年 12 月 3 日 |
| 299 | Takashi Ogi, Qing Li, Shinji Horie, Akito Tameka, Toru Iwaki, Kikuo Okuyama | Hiroshima University , Toda kogyo | High-purity core-shell " - Fe ₁₆ N ₂ /Al ₂ O ₃ nanoparticles synthesized from -hematite for rare-earth-free magnet applications | Advanced Powder Technology | 2016 年 12 月 12 日 |

| | | | | | |
|-----|---|-------------------------|--|--|---------------------|
| 300 | 福島啓子 他 | 九州工業大 学 | Nd-Fe-B 系焼結磁石における高 温中での圧縮応力による磁区構 造変化 | 電気学会 マグネティック ス研究会 | 2016 年 12 月 13 日 |
| 301 | 佐久間紀 次、松本憲 志 他 | トヨタ自動 車、京都大 学 | High-performance L ₁₀ -FePd/ - Fe nanocomposite magnets with well-controlled | 第 26 回日本 MRS 年次大会 | 2016 年 12 月 14 日 |
| 302 | 徐先東ら | 物質・材料 研究機構 | Microstructure analysis of Ga doped ultra-fine grained magnet fabricated by HDDR and pressless sintering | 第 10 回 ESICMM 成果報告会 | 2016 年 12 月 16 日 |
| 303 | T.Suzuki | JFCC | Observation of reverse domain generation in Nd-Fe-B magnets with different coercivity by Lorentz Microscopy | 第 26 回日本 MRS 年次大会 | 2016 年 12 月 19 日 |
| 304 | 小野泰輔 | デンソー | L ₁₀ 型 FeNi 規則合金の合成反応 過程評価 | 第 30 回日本放射光学会 | 2017 年 1 月 7 日 |
| 305 | 矢野正雄 | トヨタ自動 車 | 磁石の研究における放射光・中 性子の活用状況と課題 | 「先端計測インフォマティ クス 大量データ時代の情 報活用」ワークショップ | 2017 年 1 月 19 日 |
| 306 | 柳原英人 | 筑波大学 | (Fe,Ni) ₂ N 微粒子の作製と磁気特 性 | 環境調和セラミック材料研 究会 | 2017 年 2 月 20 日 |
| 307 | Yasuhiro Une | インターメ タリックス | Grain size refinement of Ga- doped Nd-Fe-B magnet | TMS2017 146 th Annual Meeting and Exhibition | 2017 年 2 月 27 日 |
| 308 | Taisuke Sasaki | 物質・材料 研究機構 | Microstructure and coercivity in ultra-fine grained Nd-Fe- B sintered magnets | TMS2017 146 th Annual Meeting and Exhibition | 2017 年 2 月 27 日 |
| 309 | T. Ogi, R. Zulhijah, T. Iwaki, K. Okuyama | Hiroshima University | Recent progress in nanoparticle dispersion using bead mill | KONA Powder and Particles Journal | 2017 年 2 月 28 日 |
| 310 | T.Horikawa , M.Matsuura , S.Sugimoto , M.Yamazaki , C.Mishima | 東北大学、 愛知製鋼 | Magnetic Anisotropy and Crystallographic Alignment in d-HDDR Process of Nd-Fe-B-Ga- Nb Powders | TMS2017 146 th Annual Meeting and Exhibition | 2017 年 3 月 1 日 |
| 311 | 水田貴裕、 他 | 三菱電機 | 軟磁性材料の応力印加時の磁気 特性 | 電気学会全国大会シンポジ ウム | 2017 年 3 月 1 日 |
| 312 | 宇根康裕 | インターメ タリックス | 超微結晶 Nd-Fe-B 焼結磁石の特 徴と課題 | 日本金属学会 2017 年春季 講演大会 | 2017 年 3 月 16 日 |
| 313 | 佐々木泰祐 | 物質・材料 研究機構 | 微細組織制御によるネオジム磁 石の高保磁力化 | 日本金属学会 2017 年春季 講演大会 | 2017 年 3 月 16 日 |
| 314 | X.Xu | 物質・材料 研究機構 | Microstructure analysis of Ga doped ultra-fine grained magnets fabricated by HDDR and press-less sintering | 日本金属学会 2017 年春季 講演大会 | 2017 年 3 月 16 日 |
| 315 | 堀川高志 | 東北大学 | Nd-Fe-B 系磁石粉末の d-HDDR 過 程における Nd ₂ Fe ₁₄ B と Fe との 結晶方位関係 | 日本金属学会 2017 年春季 大会 | 2017 年 3 月 16 日 |
| 316 | 後藤 翔 | デンソー | トポタクティック反応による高 規則度 L ₁₀ -FeNi 粉末の創製 | 日本金属学会 2017 年春季 講演大会 | 2017 年 3 月 16 日 |
| 317 | 小田原峻也 | 豊田工業大 学 | 正弦波励磁によるモータコア磁 気特性の三次元磁気ヒステリシ ス解析 | 平成 29 年電気学会全国大 会 | 2017 年 3 月 16 日 |
| 318 | 鹿志村美緒 | 大阪府立大 学 | 鋼板材料の鉄損特性の違いが 2 層構造 IPMSM の効率に及ぼす影 響 | 平成 29 年電気学会全国大 会 | 2017 年 3 月 16 日 |

| | | | | | |
|-----|-----------------------------|---------------|--|--|--------------------|
| 319 | 清水悠生 | 大阪府立大学 | ホールと窪みを設けたロータ構造による自動車駆動用 2 層 IPMSM のトルクリプル低減 | 平成 29 年電気学会全国大会 | 2017 年 3 月 17 日 |
| 320 | Y.Une | インターメタリックス | Issues in ultrafine grained Nd-Fe-B sintered magnets | 3N-Lab Workshop on Permanent Magnets | 2017 年 3 月 24 日 |
| 321 | Yasuhiro Une | インターメタリックス | Ultrafine grained Nd-Fe-B sintered magnets | 3N-Lab Workshop on Permanent Magnets | 2017 年 3 月 24 日 |
| 322 | 伊東正朗、Prof. Dominique Givord | トヨタ自動車、CNRS | A combinatorial approach to the study of Sm-Fe-Ti based 1:12 hard magnetic films | IEEE International Magnetism Conference, INTERMAG Europe 2017 | 2017 年 4 月 24 日 |
| 323 | 伊東正朗、Prof. Dominique Givord | トヨタ自動車、CNRS | Improvement of intrinsic properties in Ce- La-Fe-B magnets | IEEE International Magnetism Conference, INTERMAG Europe 2017 | 2017 年 4 月 24 日 |
| 324 | 矢野正雄、Prof. G. Hrkac 他 | トヨタ自動車、Exeter | Simulations of Interface energies of Nd(liquid, solid) to NdFeB with Fe and Nd termination layer | IEEE International Magnetism Conference, INTERMAG Europe 2017 | 2017 年 4 月 24 日 |
| 325 | 斉藤耕太郎、矢野正雄 他 | 高エネ研、トヨタ自動車 | 放射光・中性子を用いたすノ複相組織磁石の電子・磁気状態解析 | IEEE International Magnetism Conference, INTERMAG Europe 2017 | 2017 年 4 月 24 日 |
| 326 | 小田原峻也、藤崎敬介、中川倫博、北野伸起、他 | 豊田工業大学、ダイキン工業 | 3-D Magnetic Field Analysis Taking Account of Magnetic Hysteresis Property of Electrical Motor under Inverter Excitation | IEEE International Magnetism Conference INTERMAG Europe 2017 | 2017 年 4 月 26 日 |
| 327 | 松本憲志、佐久間紀次 他 | 京都大学、トヨタ自動車 | 粒子合成法によるナノ複相組織磁石の研究開発 | ナノ学会第 15 回大会 | 2017 年 5 月 10 日 |
| 328 | 曾田力央 | 産総研 | 永久磁石製造プロセスのための磁場中圧密成形技術の開発 | 粉体工学会 2017 年度春期研究発表会 | 2017 年 5 月 17 日 |
| 329 | 浅野能成、三箇義仁、荒木辰太郎、中川倫博 | ダイキン工業 | 大阪分室(旧モーター・磁性材料技術開発センター)の実験室を紹介 | 電気学会 用途指向形次世代モータの技術動向調査専門委員会 | 2017 年 5 月 19 日 |
| 330 | 岡田康弘、小坂卓、松井信行 | 名古屋工業大学 | Windage Loss Reduction for Hybrid Excitation Flux Switching Motors Based on Structure Design | Proc. Of the IEEE Int'l Electrical Machines and Drives Conference 2017 | 2017 年 5 月 21 日 |
| 331 | 荒木辰太郎、三箇義仁、浅野能成、山際昭雄 | ダイキン工業 | モータ用磁石材料の評価技術(3次元減磁評価技術) | 自動車技術会 2017 年春季大会 | 2017 年 5 月 26 日 |
| 332 | 中川倫博、北野伸起、小林直人、浅野能成 他 | ダイキン工業 | インバータ励磁時のモータ用電磁鋼板の鉄損評価技術 | 自動車技術会 2017 年春季大会 | 2017 年 5 月 26 日 |
| 333 | 三箇義仁、近藤俊成、浅野能成、山際昭雄 | ダイキン工業 | 磁気軸受を用いた高効率モータ損失分析評価技術 | 自動車技術会 2017 年春季大会 | 2017 年 5 月 26 日 |
| 334 | 浅野能成 | ダイキン工業 | モータ用永久磁石の 3 次元減磁分布測定手法の開発 | 日本ボンド磁性材料協会第 91 回技術例会 | 2017 年 5 月 26 日 |
| 335 | 松本紀久 他 | 三菱電機 | Nd-F-B 系焼結磁石における応力印時の磁気特性変化 | 自動車技術会 2017 年度春季大会 | 2017 年 5 月 26 日 |

| | | | | | |
|-----|--------------------------------------|----------------------|---|---|--------------------|
| 336 | 水田貴裕 他 | 三菱電機 | 引張・圧縮応力下における軟磁性薄帯及びその積層バルクの鉄損特性 | 自動車技術会 2017 年度春季大会 | 2017 年 5 月 26 日 |
| 337 | 溝尻瑞枝 | 名古屋大学 | 高感度磁区観察をめざした Au ギャップ光学フィルタの作成 | 第 34 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム | 2017 年 5 月 29 日 |
| 338 | 尾崎公洋 | 産総研 | 高効率モーター用磁性材料技術研究組合の成果報告 | 日本磁気学会第 213 回研究会 | 2017 年 6 月 1 日 |
| 339 | 曾田力央 | 産総研 | 微焦点 X 線源を使用した焼結磁石内部の配向度空間分布の評価 | 平成 29 年度粉体粉末冶金協会 2017 年度春季大会 | 2017 年 6 月 1 日 |
| 340 | Wilmar Martinez、 小田原峻也、藤崎敬介 | 豊田工業大学 | Sampling Frequency Influence on Magnetic Characteristic Evaluation under High Frequency GaN Inverter Excitation | IEEE International Future Energy Electronics Conference2017 ECCE Asia | 2017 年 6 月 7 日 |
| 341 | 金村高司 | デンソー | FeNi 超格子磁石材料の研究開発 | モノづくり日本会議 | 2017 年 6 月 8 日 |
| 342 | 尾崎公洋 | 産総研 | 新規高性能磁石開発への取り組み | モノづくり日本会議 第 12 回新産業技術促進検討会 | 2017 年 6 月 8 日 |
| 343 | 山際昭雄、 浅野能成 | ダイキン工業 | 次世代モーター・磁性材料特性評価技術開発 成果概要 | モノづくり日本会議第 12 回新産業技術促進検討会 | 2017 年 6 月 8 日 |
| 344 | 相澤淳一 他 | 三菱電機 | 応力を考慮したモーター設計・評価技術の研究開発 | モノづくり日本会議 | 2017 年 6 月 8 日 |
| 345 | 加藤晃、庄 司哲也 | トヨタ自動車 | ナノ複相組織制御磁石の研究開発 | モノづくり日本会議 第 12 回新産業技術促進検討会 | 2017 年 6 月 8 日 |
| 346 | 竹澤昌晃 他 | 九州工業大学 | Nd-F-B 系焼結磁石の圧縮応力による磁区構造変化 | 電気学会論文誌 A | 2017 年 7 月 |
| 347 | 杉本諭 | 東北大学 | Sm-Fe 系磁石の研究開発 (Sm-Fe 系磁石バルク化手法の研究開発) | 大同シンポジウム Aining at The Rare Earth Iron Age | 2017 年 7 月 5 日 |
| 348 | 川原浩一 | JFCC | ネオジム磁石の高温磁区・磁壁構造観察 | 2017 年 JFCC 研究成果発表会 | 2017 年 7 月 7 日 |
| 349 | 磯部啓介、 小坂卓、松 井信行 | 名古屋工業大学 | 高占積率巻線を採用した固定子磁石中央配置型 HEFSM の設計検討 | 電気学会 モータドライブ / 回転機 / 自動車合同研究会 | 2017 年 7 月 28 日 |
| 350 | 厚田大輝、 小坂卓、松 井信行 | 名古屋工業大学 | 固定子中央磁石配置型 HEFSM の振動低減設計検討 | 電気学会 モータドライブ / 回転機 / 自動車合同研究会 | 2017 年 7 月 28 日 |
| 351 | 中川倫博、 三箇義仁、 北野伸起、 小林直人 他 | ダイキン工業 | モータ鉄損測定の新手法の提案 | 電気学会 回転機 / リニアドライブ / 家電・民生合同研究会 | 2017 年 8 月 9 日 |
| 352 | 溝尻瑞枝 | 名古屋大学 | Au ギャップ光学フィルタを用いた磁区観察の高感度化 | 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 | 2017 年 8 月 25 日 |
| 353 | 鹿志村美 緒、真田雅 之、森本茂 雄、井上 征則 | 大阪府立大学 | 鋼板材料の鉄損特性の違いが 2 層構造 IPMSM と 構造 IPMSM の性能に及ぼす影響 | 平成 29 年電気学会産業応用部門大会 | 2017 年 8 月 29 日 |
| 354 | 清水悠生、 真田雅之、 森本茂雄、 井上 征則 | 大阪府立大学 | PWM インバータによるキャリア高調波を考慮した自動車駆動用 2 層 IPMSM の運転特性 | 平成 29 年電気学会産業応用部門大会 | 2017 年 8 月 30 日 |
| 355 | Xin Tang、 加藤晃 他 | 物質・材料研究機構、 トヨタ自動車 | Coercivity enhance of hot-deformed Ce-Fe “ B magnets by grain boundary diffuaion of Nd-Cu | 日本金属学会 2017 年秋期 (第 161 回) 講演大会 | 2017 年 9 月 5 日 |

| | | | | | |
|-----|-----------------------------|-----------------------------|---|--|------------------|
| 356 | 細川明秀 | 産総研 | 熱間加工による Nd-Fe-Ti-B ナノコンポジット磁石異方性化の試み | 日本金属学会 2017 年秋期 (第 161 回) 講演大会 | 2017 年 9 月 6 日 |
| 357 | 久野智子、佐久間紀次 他 | 静岡理科大学、トヨタ自動車 | 新規 Sm-Fe-N 系ナノコンポジット磁石の研究(高磁化超微細交換スプリング磁石の研究)」及び「ナノ複相組織磁石の保磁力機構解析 | 日本金属学会 2017 年秋期 (第 161 回) 講演大会 | 2017 年 9 月 6 日 |
| 358 | 小林久理眞 | 静岡理科大学 | 永久磁石の実測内部磁場と計算機シミュレーション磁場の比較検討 | 日本金属学会 2017 年秋期 (第 161 回) 講演大会 | 2017 年 9 月 8 日 |
| 359 | 小田原峻也、藤崎敬介、中川倫博、北野伸起 他 | 豊田工業大学、ダイキン工業 | 3-D Magnetic Field Analysis Taking Account of Anisotropic Magnetic Hysteresis Property of Electrical Steel Sheet | The 11th International Symposium on Linear Drives for Industry Applications | 2017 年 9 月 8 日 |
| 360 | 清水悠生、森本茂雄、真田雅之、井上征則 | 大阪府立大学 | Efficiency Improvement and Downsizing of Double-layered IPMSMs Containing a Strong Magnet for Automotive Applications | The 19th Conference on Power Electronics and Applications (EPE ' 17 ECCE Europe) | 2017 年 9 月 13 日 |
| 361 | 鹿志村美緒、森本茂雄、真田雅之、井上征則 | 大阪府立大学 | Influence of Iron Loss Properties of Magnetic Steel Sheets and Rotor Structure on Efficiency of IPMSMs | The 19th Conference on Power Electronics and Applications (EPE ' 17 ECCE Europe) | 2017 年 9 月 13 日 |
| 362 | 小林久理眞、佐久間紀次 他 | 静岡理科大学、トヨタ自動車 | 新規 Sm-Fe-N 系ナノコンポジット磁石の研究(高磁化超微細交換スプリング磁石の研究)」及び「ナノ複相組織磁石の保磁力機構解析 | 第 41 回 日本磁気学会学術講演会 | 2017 年 9 月 19 日 |
| 363 | 久野智子、佐久間紀次 他 | 静岡理科大学、トヨタ自動車 | 新規 Sm-Fe-N 系ナノコンポジット磁石の研究(高磁化超微細交換スプリング磁石の研究)」及び「ナノ複相組織磁石の保磁力機構解析 | 第 41 回 日本磁気学会学術講演会 | 2017 年 9 月 19 日 |
| 364 | 白岩知己、佐久間紀次 他 | 東北大学、トヨタ自動車 | Sm-Fe 系磁石の研究開発 (Sm-Fe 系磁石バルク化手法の研究開発) | 第 41 回 日本磁気学会学術講演会 | 2017 年 9 月 19 日 |
| 365 | 小野寛太、庄司哲也 他 | 高エネ研、トヨタ自動車 他 | 中性子小角散乱によるサイズ分解 FORC 測定 | 第 41 回 日本磁気学会学術講演会 | 2017 年 9 月 19 日 |
| 366 | 加藤晃、庄司哲也 | トヨタ自動車 | Magnetic materials research for vehicle motor application | 5 th Japan-U.S. Bilateral Meeting on Rare Metals | 2017 年 10 月 18 日 |
| 367 | Hidehiko Hiramatsu | デンソー | Development of FeNi superstructure magnets | 5 th Japan-U.S. Bilateral Meeting on Rare Metals | 2017 年 10 月 18 日 |
| 368 | 小野寛太 (高エネ研)、庄司哲也 (トヨタ自動車) 他 | 小野寛太 (高エネ研)、庄司哲也 (トヨタ自動車) 他 | Spin wave dispersion in RE ₂ Fe ₁₄ B (RE=Y, Nd, Nd-Dy) | 62ND ANNUAL CONFERENCE ON MAGNETISM AND MAGNETIC | 2017 年 11 月 6 日 |

| | | | | | |
|-----|---|---|--|--|-----------------|
| 369 | 矢野正雄・庄司哲也(トヨタ自動車), Prof. G. Hrkac(Exeter), Prof. T. Schrefl (Danube) | 矢野正雄・庄司哲也(トヨタ自動車), Prof. G. Hrkac(Exeter), Prof. T. Schrefl (Danube) | Phase Stability and optimization of RFe_{12} ($R=Nd, Sm$) via symmetry breaking of crystal structure | 62 nd Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials | 2017年 11月6日 |
| 370 | 矢野正雄・庄司哲也(トヨタ自動車), Prof. G. Hrkac(Exeter), Dr. S.C. Westmoreland (York) | 矢野正雄・庄司哲也(トヨタ自動車), Prof. G. Hrkac(Exeter), Dr. S.C. Westmoreland (York) | Barkhausen noise in domain wall propagation across $Nd_2Fe_{14}B$ grain-boundary interface | 62 nd Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials | 2017年 11月6日 |
| 371 | 北尾純士 (三菱電機) 他 | 北尾純士 (三菱電機) 他 | ステータコアへの焼嵌め応力を想定した可変応力印加機構の検討 | 電機学会回転機研究会 | 2017年 11月16日 |
| 372 | 矢野正雄(トヨタ自動車) | 矢野正雄(トヨタ自動車) | 計測高度化による磁性材料内部情報の抽出 | 茨城県中性子利用促進研究会 平成29年度磁石材料分科会 | 2017年 11月20日 |
| 373 | 後藤翔 | デンソー | $L1_0$ 型 $FeNi$, $FeNiN$ 系規則合金の構造と特性 | 中性子利用促進研究会 平成29年度磁石材料分科会 | 2017年 11月20日 |
| 374 | 福島啓子 他 | 九州工業大学 | 永久磁石材料の加圧加熱下での磁区観察システムの開発 | 電気学会マグネティックス研究会 | 2017年 12月21日 |
| 375 | 矢野正雄 | トヨタ自動車 | 磁石研究への量子ビーム利用における計測・解析の現状と課題 | 第31回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム | 2018年 1月8日 |
| 376 | 後藤翔 他 | デンソー | $(FeNi)_2N$ のメスバウアー効果と磁性 | 第6回先進的放射光メスバウアー分光研究会 | 2018年 3月1日 |
| 377 | 習田祐作 他 | 同志社大学 | ネオジム焼結磁石の導電率の異方性が交流磁気損失に与える影響に関する基礎的検討 | 電気学会全国大会 | 2018年 3月14日 |
| 378 | 小野泰輔 他 | デンソー | $FeNi$ 超格子の合成反応過程における局所構造評価 | 日本金属学会 2018年春期講演大会 | 2018年 3月19日 |
| 379 | 漆畑貴美子、佐久間紀次 他 | 静岡理科大学、トヨタ自動車 | 新規 $Sm-Fe-N$ 系ナノコンポジット磁石の研究(高磁化超微細交換スプリング磁石の研究) 及び 「ナノ複相組織磁石の保磁力機構解析 | 日本金属学会 2018年春期(第162回)講演大会 | 2018年 3月19日 |
| 380 | 久野智子、佐久間紀次 他 | 静岡理科大学、トヨタ自動車 | 新規 $Sm-Fe-N$ 系ナノコンポジット磁石の研究(高磁化超微細交換スプリング磁石の研究) 及び 「ナノ複相組織磁石の保磁力機構解析 | 日本金属学会 2018年春期(第162回)講演大会 | 2018年 3月19日 |
| 381 | 平口誠也 | 静岡理科大学 | 新規 $Sm-Fe-N$ 系ナノコンポジット磁石の研究(高磁化超微細交換スプリング磁石の研究) 及び 「ナノ複相組織磁石の保磁力機構解析 | 日本金属学会 2018年春期(第162回)講演大会 | 2018年 3月19日 |
| 382 | 西島祐樹 他 | 東北大学 | $Sm-Fe$ 系磁石の研究開発($Sm-Fe$ 系磁石バルク化手法の研究開発) | 日本金属学会 2018年春期(第162回)講演大会 | 2018年 3月21日 |
| 383 | 細井雄大 他 | 筑波大学 | アンモニアを用いた後室化法により作製した $FeNi$ 窒化物薄膜の物性評価 | 第65回応用物理学会 春季学術講演会 | 2018年 3月22日 |

| | | | | | |
|-----|--|----------------|---|--|----------------|
| 384 | 小野泰輔 他 | デンソー | FeNi 超格子の合成反応過程評価 | 第6回あいちシンクロトロン光センター事業成果発表会 | 2018年 3月23日 |
| 385 | 小林久理眞 | 静岡理工科大学 | ポストネオジウム磁石の可能性と課題」1.磁石材料の簡潔な歴史、2.基礎的観点からの可能性と課題、3.現実の磁石材料における課題と解決法の考察 | TECHNO-FRONTIER 技術シンポジウム第26回 磁気応用技術シンポジウム | 2018年 4月19日 |
| 386 | 真田雅之 | 大阪府立大学 | IPMSMの高性能化技術と自動設計技術 | 第38回モータ技術シンポジウム | 2018年 4月19日 |
| 387 | 尾崎公洋 | 産総研 | 高効率モーター用磁性材料技術研究組合の取り組み | 第26回磁気応用技術シンポジウム | 2018年 4月20日 |
| 388 | Junji Kitao, Junichi Aizawa, Masatsugu Nakano, Masaki Yamada, and Akihiro Daikoku | 三菱電機 | Development of Variable Stress Applying System for Shrink Fitting of Stator Core in IPM Motor | Intermag2018 | 2018年 4月24日 |
| 389 | Takahiro Mizuta, Yoshihiro Tani, Koji Fujiwara | 三菱電機、同志社大学 | Magnetic Property of Amorphous Magnetic Thin Ribbon and its Laminated Bulk under the Tensile and Compressive stress | Intermag2018 | 2018年 4月24日 |
| 390 | 井本涼太、 真田雅之、 森本茂雄、 井上征則 | 大阪府立大学 | Study on Rotor Structure Suitable for Improving Power Density and Efficiency in IPMSM for Automotive Application | IPEC 2018 ECCE ASIA (International Power Electronics Conference) | 2018年 5月20日 |
| 391 | 溝尻瑞枝 | 長岡技術科学大学 | プラズモンフィルタを用いた磁気光学 Kerr 効果による高感度磁区観察 | 第35回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム | 2018年 5月28日 |
| 392 | 渡辺弘紀 他 | デンソー | 収差補正 STEM による L10 型 FeNi 規則合金の原子レベル構造解析 | 日本顕微鏡学会第74回学術講演会 | 2018年 5月29日 |
| 393 | 杉本諭、佐久間紀次 他 | 東北大学、トヨタ自動車 | Sm-Fe 系磁石の研究開発 (Sm-Fe 系磁石バルク化手法の研究開発) | The 5th International Conference of Asian Union of Magnetics Societies | 2018年 6月7日 |
| 394 | 藏裕彰、柳原英人、高梨弘毅 他 | デンソー、筑波大学、東北大学 | Synthesis of single-phase L10-FeNi magnet powder by nitrogen insertion and topotactic extraction | International conference of magnetism 2018 | 2018年 7月16日 |
| 395 | Masaaki Takezawa, Keiko Fukushima, Yuji Morimoto, Noriyuki Matsumoto | 九州工業大学、三菱電機 | Changes in the Magnetic Domain Structure of Nd-Fe-B Sintered Magnets by Applying Compressive Stress and Heat | International conference of magnetism 2018 | 2018年 7月18日 |

| | | | | | |
|-----|---------------------------|-------------|---|--|------------------|
| 396 | 矢野正雄 | トヨタ自動車 | Three-dimensional magnetic domain structure and microstructure in nano-crystalline permanent magnet using machine learning and small-angle neutron scattering | International Conference on Magnetism 2018 | 2018年 7月19日 |
| 397 | 伊東正朗、Gabriel Gomez | トヨタ自動車、CNRS | Preferential atom occupancy in $R_2(Fe_{1-x}Co_x)_{14}B$ ($R = Nd, Y$ and Ce) | The 25th International Workshop on Rare Earth Permanent Magnets and Advanced Magnetic Materials and Their Applications | 2018年 8月26日 |
| 398 | 杉本諭、佐久間紀次他 | 東北大学、トヨタ自動車 | Sm-Fe系磁石の研究開発(Sm-Fe系磁石バルク化手法の研究開発) | Rare-Earth and Future Permanent Magnets and their Applications(REPM2018) | 2018年8月26日~8月30日 |
| 399 | Xiandong XU 他 | 物質・材料研究機構 | Comparison of coercivity and squareness in hot deformed and sintered magnets produced from a Nd-Fe-B-Cu-Ga alloy | Rare-Earth and Future Permanent Magnets and their Applications(REPM2018) | 2018年8月28日 |
| 400 | Jiangnan Li 他 | 物質・材料研究機構 | Micromagnetic Simulations on Coercivity and Its Thermal Stability of HRE-GBDP Hotdeformed Nd-Fe-B PM | Rare-Earth and Future Permanent Magnets and their Applications(REPM2018) | 2018年 8月28日 |
| 401 | 関戸基生、松盛裕明、小坂卓、松井信行 | 名古屋工業大学 | 直流偏磁を考慮した HEFSM のヒステリシス損失解析 | 平成30年電気学会産業応用部門大会 | 2018年 8月28日 |
| 402 | 井本涼太、真田雅之、森本茂雄、井上征則 | 大阪府立大学 | 出力密度・効率向上のために低鉄損材料と強磁力磁石を適用した自動車駆動用2層IPMSMの運転特性 | 平成30年電気学会産業応用部門大会 | 2018年 8月28日 |
| 403 | 溝尻瑞枝 | 長岡技術科学大学 | Application of plasmon filters for highly sensitive observation of magnetic domains by magneto-optical Kerr effect | 29th 2018 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science | 2018年 8月31日 |
| 404 | 溝尻瑞枝 | 長岡技術科学大学 | Imaging of magnetic domains by magneto-optical Kerr effect using Au plasmon filters | 7th International GIGAKU Conference in Nagaoka | 2018年 9月3日 |
| 405 | 小林久理真他 | 静岡理工科大学 | 「ThMn ₁₂ 型新規磁石材料の基礎的研究の現状と、磁石化の可能性」1.組成、磁気特性、安定性の概要2.磁石化の可能性、とくに粉体の磁気特性 | 電気学会基礎・材料・共通部門(A部門)大会 シンポジウム | 2018年9月4日~9月5日 |
| 406 | 羽合孝文、矢野正雄 | 高工ネ研、トヨタ自動車 | 「RE ₂ Fe ₁₄ B及びREFe ₁₁ Ti希土類磁石に対する非弾性中性子散乱を用いた研究」 | 第42回日本磁気学会学術講演会 | 2018年 9月11日 |
| 407 | 矢野正雄、庄司哲也、小野寛太 | トヨタ自動車、高工ネ研 | 中性子小角散乱によるナノ複相組織磁石の三次元構造定量化 | 日本金属学会2018年秋期(163回)講演大会 | 2018年 9月19日 |
| 408 | 伊東正朗、庄司哲也、佐久間紀次、一期崎大輔、加藤晃 | トヨタ自動車 | 省Nd耐熱磁石の磁石組織と磁気特性 | 日本金属学会2018年秋期(163回)講演大会 | 2018年 9月19日 |

| | | | | | |
|-----|--|------------------------|---|---|---------------------------|
| 409 | 久野智子、 杉本諭 他 | 静岡理工科 大学、東北 大学 | 「新規 Sm-Fe-N 系ナノボジット磁 石の研究(高磁化超微細交換スプリ ング磁石の研究)」及び「ナノ複相 組織磁石の保磁力機構解析」 | 日本金属学会 2018 年秋期 (163 回)講演大会 | 2018 年 9 月 19 日 |
| 410 | 小林久理 眞、佐久間 紀次、横田 和哉、木下 昭人、庄司 哲也 | 静岡理工科 大学、トヨタ 自動車 | 「新規 Sm-Fe-N 系ナノボジット磁 石の研究(高磁化超微細交換スプリ ング磁石の研究)」及び「ナノ複相 組織磁石の保磁力機構解析」 | 日本金属学会 2018 年秋期 (163 回)講演大会 | 2018 年 9 月 19 日 |
| 411 | 曾田力央 | 産総研 | 粒子法シミュレーションに基づ くパルス磁場配向成形法の開発 | 日本金属学会秋季大会 | 2018 年 9 月 19 日 ~ 21 日 |
| 412 | Takeshi Okada, Hiroaki Matsumori, Takashi Kosaka, Nobuyuki Matsui | 名古屋工業 大学 | Hybrid Excitation Flux Switching Motor with Permanent Magnet Placed at Middle of Field Coil Slots Employing High Filling Factor Windings | ECCE2018 | 2018 年 9 月 23 日 |
| 413 | Yusaku Shutta, Yuya Ako, Yasuhiro Takahashi, Koji Fujiwara, Junji Kitao, and Masaki Yamada | 同志社大 学、三菱電 機 | Investigation on Conductivity and AC Magnetic Loss of Nd- Fe-B Sintered Magnet | 15th Int. Workshop on 1 & 2 Dimensional Magnetic Measurement and Testing, 2DM-Grenoble | 2018 年 9 月 25 日 |
| 414 | Takashi Kosaka, Keisuke Isobe, Nobuyuki Matsui | 名古屋工業 大学 | Hybrid Excitation Flux Switching Motor with High Filling Factor Windings | EVS31 & EVTeC2018 | 2018 年 10 月 2 日 |
| 415 | 浅野能成 | ダイキン工 業 | 磁石開発の方向性に関する検討 結果 | 磁石開発の方向性に関する 報告会 | 2018 年 10 月 5 日 |
| 416 | 松浦昌志、 西島祐樹、 手束展規、 杉本諭、佐 久間紀次、 庄司哲也 | 東北大学、 トヨタ自動 車 | Sm-Fe 系磁石の研究開発(Sm-Fe 系磁石パルル化手法の研究開発) | NIMS-week abstract book | 2018 年 10 月 15 日 |
| 417 | 松浦昌志、 手束展規、 杉本諭、佐 久間紀次、 庄司哲也 | 東北大学、 トヨタ自動 車 | Sm-Fe 系磁石の研究開発(Sm-Fe 系磁石パルル化手法の研究開発) | 一般社団法人 粉体粉末冶 金協会 | 2018 年 10 月 16 日 |
| 418 | 浅野能成 | ダイキン工 業 | MagHEM 大阪分室の取組紹介・実 験設備紹介 | 自動車技術会モータ技術部 門委員会 | 2018 年 10 月 29 日 |
| 419 | 中門克弥、 渡部英治 他 | 同志社大 学、デン ソー | 溶融 LiCl-KCl-CsCl 中における FeNi の窒化 | 第 50 回溶融塩化学討論会 | 2018 年 11 月 15 日 |
| 420 | 曾田力央 | 産総研 | 離散要素法による磁場中圧密成 形過程の数値解析 | 粉体工学会 2018 年秋期研 究発表会 | 2018 年 11 月 27-28 日 |

| | | | | | |
|-----|--------------------------------------|-------------------------|---|--------------------------------|---------------------|
| 421 | 井本涼太、 真田雅之、 森本茂雄、 井上征則 | 大阪府立大 学 | 小型高速化した HEV 用 2 層 IPMSM におけるロータの機械的 強度向上に関する検討 | 電気関係学会関西連合大会 | 2018 年 12 月 1 日 |
| 422 | 岸本秀史 | トヨタ自動 車 | 「ナノ複相組織制御磁石」の研 究開発(成果報告講演) | MagHEM・ESICMM 磁性材料 合同シンポジウム | 2018 年 12 月 6 日 |
| 423 | 岸本秀史 | トヨタ自動 車 | 「ナノ複相組織制御磁石」の研 究開発(ポスター発表) | MagHEM・ESICMM 磁性材料 合同シンポジウム | 2018 年 12 月 6 日 |
| 424 | 藏 裕彰 | デンソー | FeNi 超格子磁石材料の研究開発 (成果報告講演) | MagHEM・ESICMM 磁性材料合 同シンポジウム | 2018 年 12 月 6 日 |
| 425 | 藏 裕彰 | デンソー | FeNi 超格子磁石材料の研究開発 (ポスター発表) | MagHEM・ESICMM 磁性材料合 同シンポジウム | 2018 年 12 月 6 日 |
| 426 | 豊田俊介、 谷川茂穂 | JRCM、 MagHEM | 特許・技術動向調査 - 共通基盤 調査・技術 - | MagHEM・ESICMM 磁性材料合 同シンポジウム | 2018 年 12 月 6 日 |
| 427 | 尾崎公洋 | 産総研 | 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 ジェクトの概要説明 | MagHEM・ESICMM 磁性材料 合同シンポジウム | 2018 年 12 月 6 日 |
| 428 | 曾田力央 | 産総研 | 数値シミュレーションを用いた 磁場中成形プロセスの新しい解 析法 | MagHEM・ESICMM 磁性材料 合同シンポジウム | 2018 年 12 月 6 日 |
| 429 | 浅野能成 | ダイキン工 業 | 大阪分室の取組成果をパネルで 紹介 | MagHEM・ESICMM 磁性材料 合同シンポジウム | 2018 年 12 月 6 日 |
| 430 | 山際昭雄、 松本紀久、 松橋大器 | ダイキン工 業、三菱電 機、明電舎 | 「モーター基盤」について | MagHEM・ESICMM 磁性材料 合同シンポジウム | 2018 年 12 月 6 日 |
| 431 | 尼崎分室 | 三菱電機 | モーター実装環境下の磁性材料 評価・解析技術の開発(2) | MagHEM・ESICMM 磁性材料合 同シンポジウム | 2018 年 12 月 6 日 |
| 432 | 松橋大器、 内山翔 | 明電舎 | モーター損失分離測定と鉄損の 低減 | MagHEM・ESICMM 磁性材料合 同シンポジウム | 2018 年 12 月 6 日 |
| 433 | 後藤 翔 | デンソー | FeNi 超格子磁石の開発 | 日本ボンド磁性材料協会 2018BM シンポジウム | 2018 年 12 月 7 日 |
| 434 | 浅野能成、 三箇義仁、 荒木辰太 郎、中川倫 博 | ダイキン工 業 | MagHEM 大阪分室の取組紹介・実 験設備紹介 | 第四期モータ道場第 4 回 | 2018 年 12 月 7 日 |
| 435 | 松浦昌志、 手束展規、 杉本諭、西 島祐樹 | 東北大学 | Sm-Fe 系磁石の研究開発(Sm-Fe 系磁石のル化手法の研究開発) | 一般財団法人 電気学会マ グネティック研究会 | 2018 年 12 月 11 日 |
| 436 | 中川倫博 | ダイキン工 業 | モーター損失分析評価装置及び H コイル法を用いたモーター鉄 損測定手法の研究開発 | 半導体電力変換技術委員会 | 2018 年 12 月 14 日 |
| 437 | 井本涼太、 真田雅之、 森本茂雄、 井上征則 | 大阪府立大 学 | 磁石寸法を 1 種類のみとした小 型・高速化 HEV 用 2 層 IPMSM の損失特性 | パワーエレクトロニクス学 会第 226 回定例研究会 | 2018 年 12 月 15 日 |
| 438 | 山本宜秀、 久野智子、 鈴木俊治、 小林久理眞 | 静岡理工科 大学 | 「新規 Sm-Fe-N 系ナノポジット磁 石の研究(高磁化超微細交換ス プリング磁石の研究)」及び「ナノ複 相組織磁石の保磁力機構解析」 | マグネティック研究会(永久磁石 と応用) | 2018 年 12 月 17 日 |
| 439 | 平口誠也、 鈴木俊治、 古澤大輝、 小林久理眞 | 静岡理工科 大学 | 「新規 Sm-Fe-N 系ナノポジット磁 石の研究(高磁化超微細交換ス プリング磁石の研究)」及び「ナノ複 相組織磁石の保磁力機構解析」 | マグネティック研究会(永久磁石 と応用) | 2018 年 12 月 17 日 |
| 440 | 竹澤昌晃、 福島啓子、 森本祐治、 松本紀久 | 九州工業大 学、三菱電 機 | Ne-Fe-B 系焼結磁石の加圧・加 熱下での磁区構造変化 | 電気学会 マグネティック 研究会 | 2018 年 12 月 17 日 |

| | | | | | |
|-----|---|-------------------------|---|---|-------------------|
| 441 | 溝尻瑞枝 | 長岡技術科学大学 | High-contrast imaging of magnetic domains by magneto-optical Kerr effect using plasmon filters | SPIE Photonics West 2019 | 2019年 1月2日 |
| 442 | 羽合孝文、 矢野正雄 | 高工ネ研、 トヨタ自動車 | Inelastic neutron scattering study for rare earth magnets $R_2Fe_{14}B$ and $RFe_{11}Ti$ ($R = Y, Nd$) | 2019 Joint MMM-Intermag Conference | 2019年 1月14日 |
| 443 | 渡部英治、 柳原英人、 高梨弘毅 他 | デンソー、 筑波大、東 北大学 | Synthesis of L10-FeNi magnet powder by nitrogen insertion and topotactic extraction | 6 th U.S. –Japan Bilateral Meeting on Rare Metals | 2019年 1月14日 |
| 444 | 渡部英治、 高梨弘毅、 柳原英人 他 | デンソー、 東北大学、 筑波大学 | Thermal stability of L10-FeNi powder synthesized by the NITE method | 2019 Joint MMM-Intermag Conference | 2019年 1月17日 |
| 445 | 庄司哲也、 矢野正雄、 斉藤耕太 郎、小野寛 太 | トヨタ自動 車、PSI、 高工ネ研 | Investigation of Coercivity mechanism of NdFeB based magnet within combination of First Order Reversal Curve diagram and and Small Angle Neutron Scattering | 2019 Joint MMM-Intermag Conference | 2019年 1月21日 |
| 446 | 松浦昌志・ 西島祐樹・ 手束展規・ 杉本諭、佐 久間紀次、 庄司哲也 | 東北大学、 トヨタ自動 車 | Sm-Fe系磁石の研究開発(Sm-Fe系磁石の μ ル化手法の研究開発) | The 2 nd Symposium for World Leading Research Centers-Materials Science and Spintronics | 2019年 2月16-17日 |
| 447 | 矢野正雄 | トヨタ自動 車 | 量子線を使った永久磁石保磁力機構解明 | 日本放射光学会 学会誌 放射光3月号 | 2019年 3月1日 |
| 448 | 羽合孝文、 小野寛太、 斎藤開、横 尾哲也、伊 藤晋一、矢 野正雄、庄 司哲也 | 高工ネ研、 トヨタ自動 車 | スピン波測定による希土類磁石の微視的パラメータの研究 | 2018年度量子ビームサイエンスフェスタ | 2019年 3月12日 |
| 449 | 水田貴裕、 谷 良浩、 北尾純士 | 三菱電機 | 軟磁性材料の応力印加時の磁気計測手法 | 電気学会 全国大会 | 2019年 3月14日 |

3 - 2 . 新聞・雑誌等への掲載

新聞・雑誌等への掲載

| 番号 | 所属 | タイトル | 掲載誌名 | 発表年月 |
|----|------------------------------|--|---------------------------------|-----------------|
| 1 | JFCC | ネオジム磁石の高温磁区・磁壁構造観察 | 毎日新聞 | 2014年 6月5日 |
| 2 | NEDO と MagHEM (三菱電機とダイキン) | 損失 25% オフの高出力モーター実現へ 2 つの評価装置を開発--NEDO と MagHEM | EE Times Japan, | 2015年 4月13日 |
| 3 | NEDO と MagHEM (三菱電機とダイキン) | モーターの電磁損失分析・測定 NEDO など評価装置開発 | 日刊工業新聞, 27 面 | 2015年 4月14日 |
| 4 | NEDO と MagHEM (三菱電機とダイキン) | 超高出力モーター分析 NEDO など評価装置を開発エネ損失 25%削減目指す | 電気新聞, 4 面 | 2015年 4月14日 |
| 5 | NEDO と MagHEM (三菱電機とダイキン) | 超高出力モーター分析評価装置を開発 NEDO エネ損失 25%削減へ | 化学工業日報, 4 面 | 2015年 4月14日 |
| 6 | NEDO と MagHEM (三菱電機とダイキン) | NEDO など、モーターの電磁損失を正確に分析・測定する装置を開発 | 日刊工業新聞 Business Line | 2015年 4月14日 |
| 7 | モーター・磁性材料技術開発センター | 高精度モーター測定装置を設置 NEDO など大阪に | 日本経済新聞, p.33 他 | 2015年 4月23日 |
| 8 | 静岡理工科大 | 1-12 系 RE-Fe 磁石の発明に関するプレスリリース | 毎日新聞、日刊工業新聞、静岡新聞 | 2016年 3月10日 |
| 9 | NEDO | 環境 - エネルギーを考える 2017 年環境月間 広告特集「CO2 削減に技術開発と実用化を加速」 | 日本経済新聞 | 2017年 6月18日 |
| 10 | ダイキン工業、大阪府立大学 | EV モーター省エネ競う | 日本経済新聞 | 2017年 9月18日 |
| 11 | ダイキン工業 | モーターは産業のコメになるか EVシフトで開発加速 | 日本経済新聞電子版 | 2017年 10月23日 |
| 12 | 産総研 | MagHEM の目的と成果 | 日経 BP 社「日経テクノロジーオンライン/エレクトロニクス」 | 2017年 11月20日 |
| 13 | 名古屋工業大学 | ハイブリッド界磁フラックススイッチングモーター | 日経テクノロジーOnline | 2017年 12月1日 |
| 14 | トヨタ自動車、デンソー | トヨタ、デンソーが開発主導 目指すは「Nd 磁石超え」 | 電子デバイス新聞 | 2018年 8月23日 |

3 - 3 . その他

プレスリリース

| 番号 | 所属 | タイトル | 発表年月 |
|----|----------------------------|---|-----------------|
| 1 | JFCC | ネオジム磁石の高温磁区・磁壁構造観察 | 2014年 6月24日 |
| 2 | NEDOとMagHEM(三菱電機、ダイキン) | 超高効率モーター用分析評価装置を開発 世界初、省エネに大きく寄与 | 2015年 4月13日 |
| 3 | 静岡理工科大学 | 高温時においてもNd-Fe-B磁石(ネオジム磁石)を凌駕する特性を有した磁性化合物 | 2016年 3月11日 |
| 4 | NEDO、MagHEM、デンソー、東北大学、筑波大学 | FeNi 超格子磁石材料の高純度合成に世界で初めて成功 | 2017年 10月18日 |
| 5 | トヨタ自動車 | ネオジム(Nd)使用量を大幅に削減したモーター用の新型磁石「省ネオジム耐熱磁石」を開発 | 2018年 2月20日 |
| 6 | ダイキン工業、三菱電機 | モーター試作品および開発磁性材料 | 2018年 12月6日 |

展示会出展

| 番号 | 所属 | 展示会名 | 展示物 | 発表年月 |
|----|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| 1 | NEDO | 元素戦略/希少金属代替材料開発<第7回合同シンポジウム> | NEDO-PJ 研究開発期間中の成果ポスター展示 | 2012年 3月29日 |
| 2 | 産総研、MagHEM | nano tech 2014 AIST・MagHEM ブース | 東京ビッグサイト(AIST・MagHEMブース) | 2014年 1月29-31日 |
| 3 | NECトーキン | TECHNO-FRONTIER 2014 (NEC トーキンプース) | ナノ結晶軟磁性材料による圧粉コアの実物および特性のパネル提示 | 2014年 7月23-25日 |
| 4 | NECトーキン | TECHNO-FRONTIER 2015 (NEC トーキンプース) | ナノ結晶軟磁性材料による圧粉コアの実物および特性パネル提示 | 2015年 5月20-22日 |
| 5 | NECトーキン | CEATEC JAPAN 2015 (NEC トーキンプース) | ナノ結晶軟磁性材料による圧粉コアの実物および特性パネル提示 | 2015年 10月7-10日 |
| 6 | NECトーキン | TECHNO-FRONTIER 2016 (NEC トーキンプース) | ナノ結晶軟磁性材料による圧粉コアの実物および特性パネル提示 | 2016年 4月20-22日 |
| 7 | NECトーキン | CEATEC JAPAN 2016 (NEC トーキンプース) | ナノ結晶軟磁性材料による圧粉コアの実物および特性パネル提示 | 2016年 10月4-7日 |
| 8 | トヨタ自動車、ダイキン工業 | nano tech 2017 (NEDO ブース) | 開発磁性材料を用いた試作モーター | 2017年 2月15-17日 |
| 9 | トヨタ自動車、デンソー、ダイキン工業、三菱電機 | nano tech 2018 (NEDO ブース) | 開発磁性材料 | 2018年 2月14日-16日 |
| 10 | トヨタ自動車、デンソー、ダイキン工業、三菱電機 | nano tech 2019 (NEDO ブース) | 開発磁性材料、コア、モーター | 2019年1月30日-2月1日 |
| 11 | トヨタ自動車 | 人とクルマのテクノロジー展 (トヨタ自動車ブース) | 省ネオジム耐熱磁石 | 2019年 7月17-19日 |

3 - 4 受賞

・ 2015 年 3 月 18 日

杉本 諭

日本金属学会 増本量賞

「永久磁石材料の高性能化・高機能化に関する研究」

(名古屋分室)

・ 2015 年 9 月 3 日 (発表は平成 26 年度)

松原 匡志 (大阪府立大学)

電気学会 2014 年電気学会優秀論文発表賞 A 賞

「高飽和磁束密度材料を使用した IPMSM のロータ構造が特性に及ぼす影響」

(モーター・磁性材料技術開発センター)

・ 2015 年 9 月 3 日 (発表は平成 26 年度)

中根 大樹 (名古屋工業大学)

電気学会 2014 年産業応用部門大会優秀論文発表賞

「自動車駆動用磁石内側配置 HEFSM の実験運転特性」

(モーター・磁性材料技術開発センター)

・ 2018 年 1 月 23 日

福島 啓子 (九州工業大学)

電気学会マグネティックス技術委員会研究会 奨励賞

・ 2018 年 2 月 5 日

北尾 純士 (三菱電機)

電気学会 回転機技術委員会研究会優秀論文発表賞 A

2. 分科会公開資料

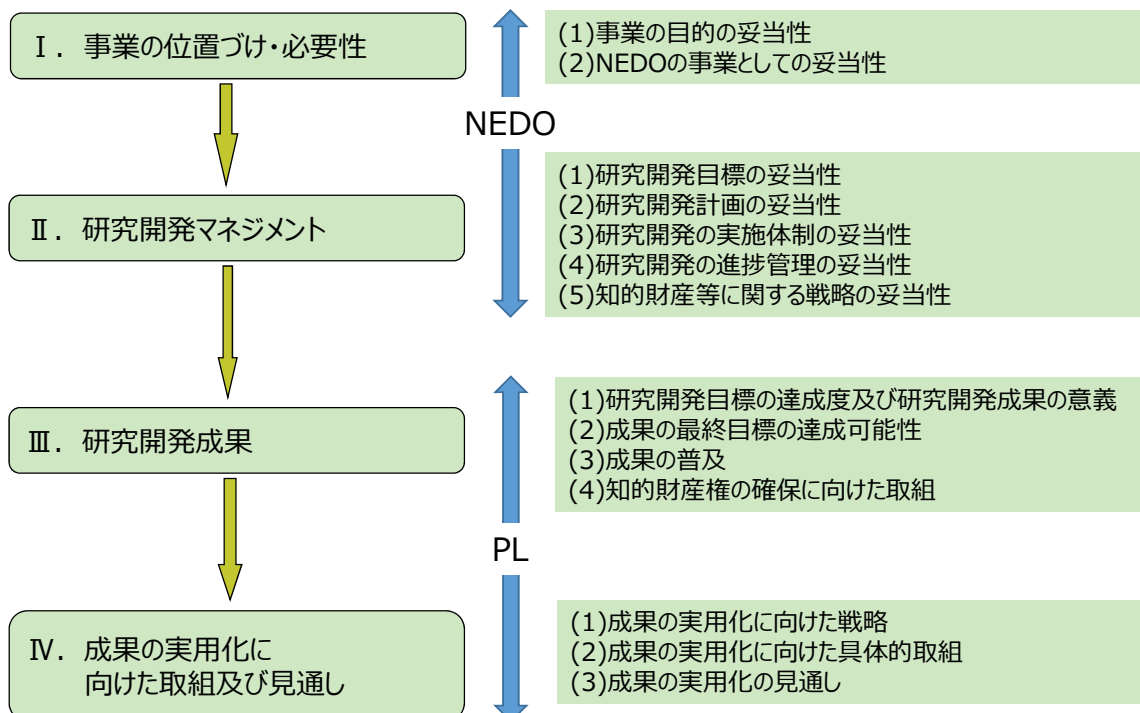
次ページより、プロジェクト推進部署・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

「次世代自動車向け高効率モーター用 磁性材料技術開発」 (第3回中間評価) (2012年度～2021年度 10年間)

プロジェクトの概要 (公開)

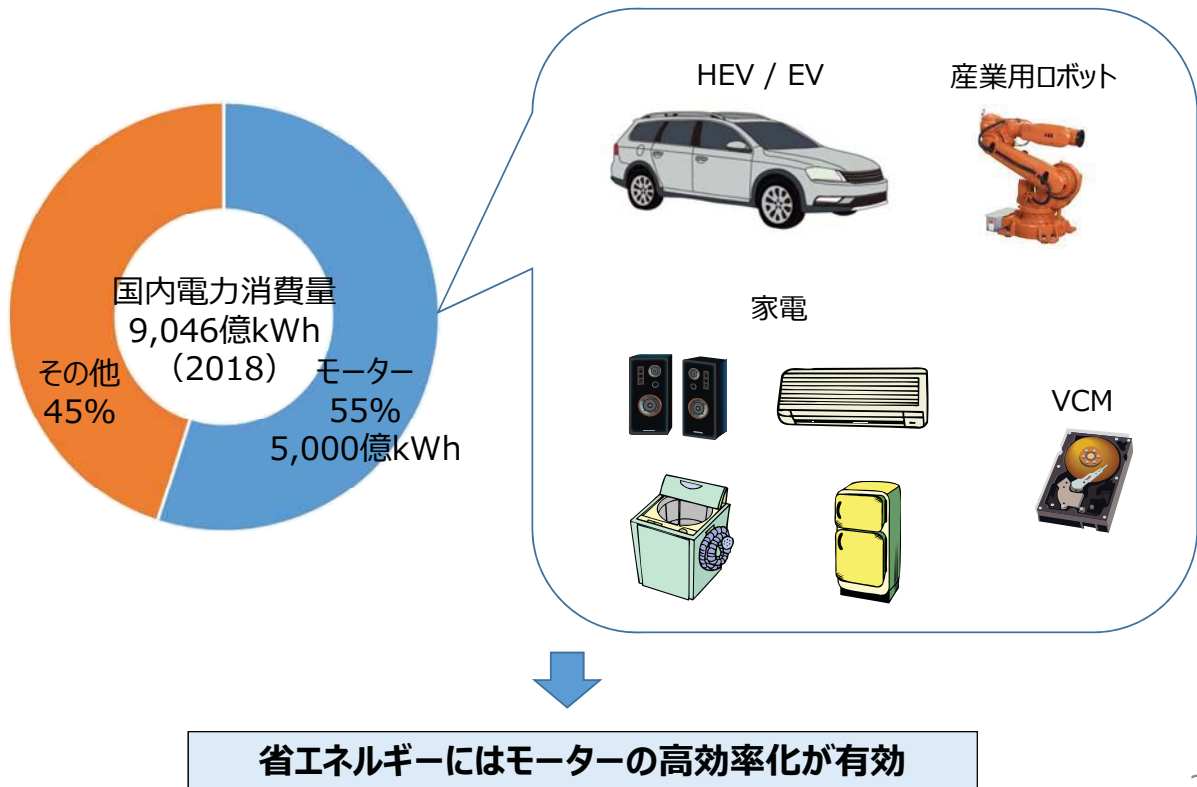
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
材料・ナノテクノロジー部
2019年8月21日

発表内容



1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆事業実施の背景

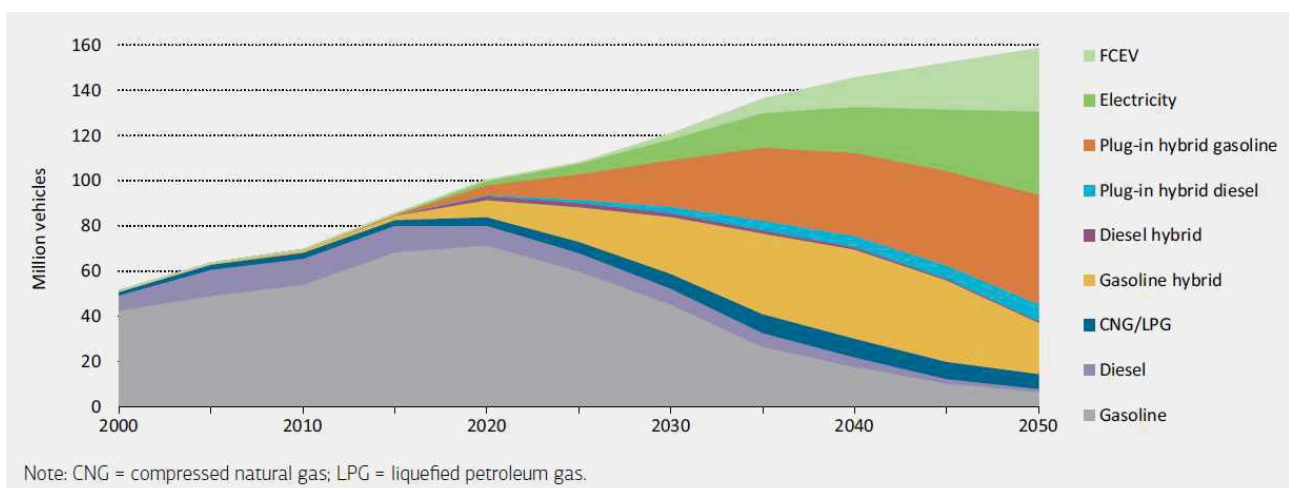


2

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆事業実施の背景

次世代自動車の世界需要の推移予測



出典：IEA (2015) Energy Technology Perspectives. All rights reserved.

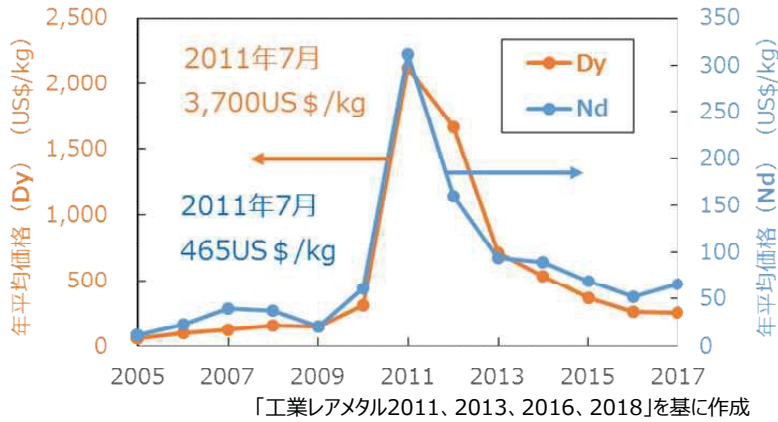
- 現在1千万台/年であるxEV（燃料電池車，バッテリー電気自動車，プラグインハイブリッド車、ハイブリッド車の総称）も2050年には1億5千万台/年になると推計される。
- xEV一台あたりに2kgのNd磁石が使われるとすると、現在の磁石の世界生産量の約5倍がモーターに必要と言われている。

3

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆事業実施の背景

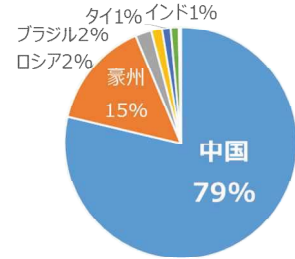
ネオジム (Nd) およびジスプロシウム (Dy) の 輸入価格の推移



- 特定国の政策により一時高騰し、その後沈静化したが見、現状でも2005年の4~6倍程度の高値に張り付いたままとっている。
- 地政学的にも資源リスクが高い。

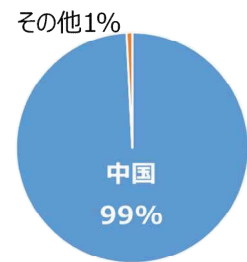
**レアアース(Dy,Nd)の使用量を削減、
あるいは使用しない高性能磁石の開発が必要**

世界のレアアースの生産量 (酸化物換算、2017)



総生産量134,000t
JOGMEC「鉱物資源マテリアルフロー
2018 8.レアアース」を基に作成

ジスプロシウム (Dy) の生産量 (酸化物換算、2017)



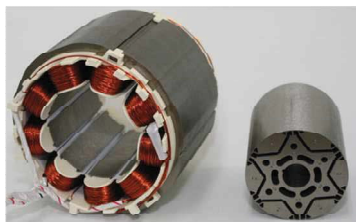
総生産量2,300t

「工業レアメタル2018」を基に作成

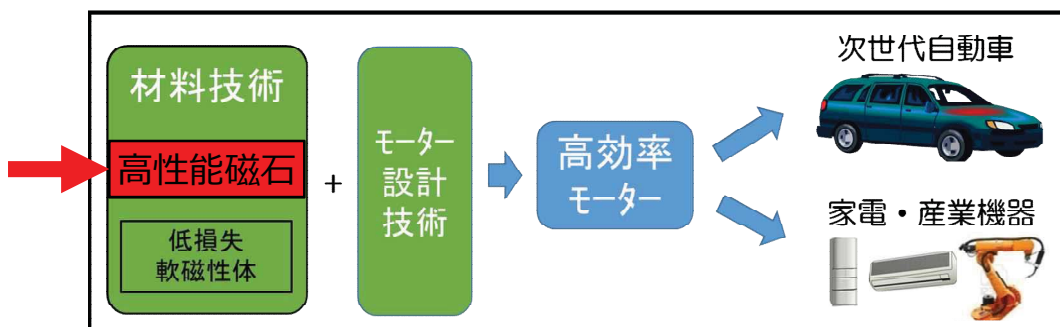
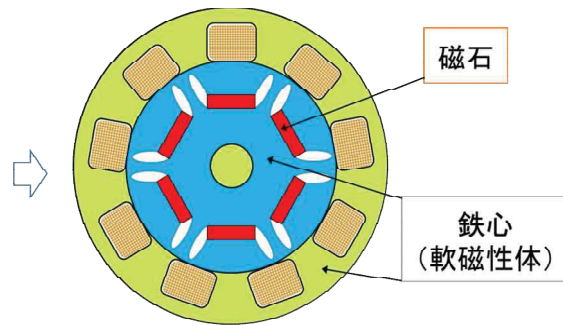
4

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆事業の目的



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

5

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆政策的位置付け

■未来開拓研究開発制度 (2011年12月)

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

■第5期科学技術基本計画 (2016年1月22日)

経済・社会的課題への対応として、持続的な成長と地域社会の自律的な発展エネルギーの安定的な確保とエネルギー利用の効率化の中に、

「**産業、民生（家庭、業務）及び運輸（車両、船舶、航空機）の各部門において、より一層の省エネルギー技術等の研究開発及び普及を図る。**」

と謳われており、「科学技術イノベーション総合戦略2017」において具体化されている。

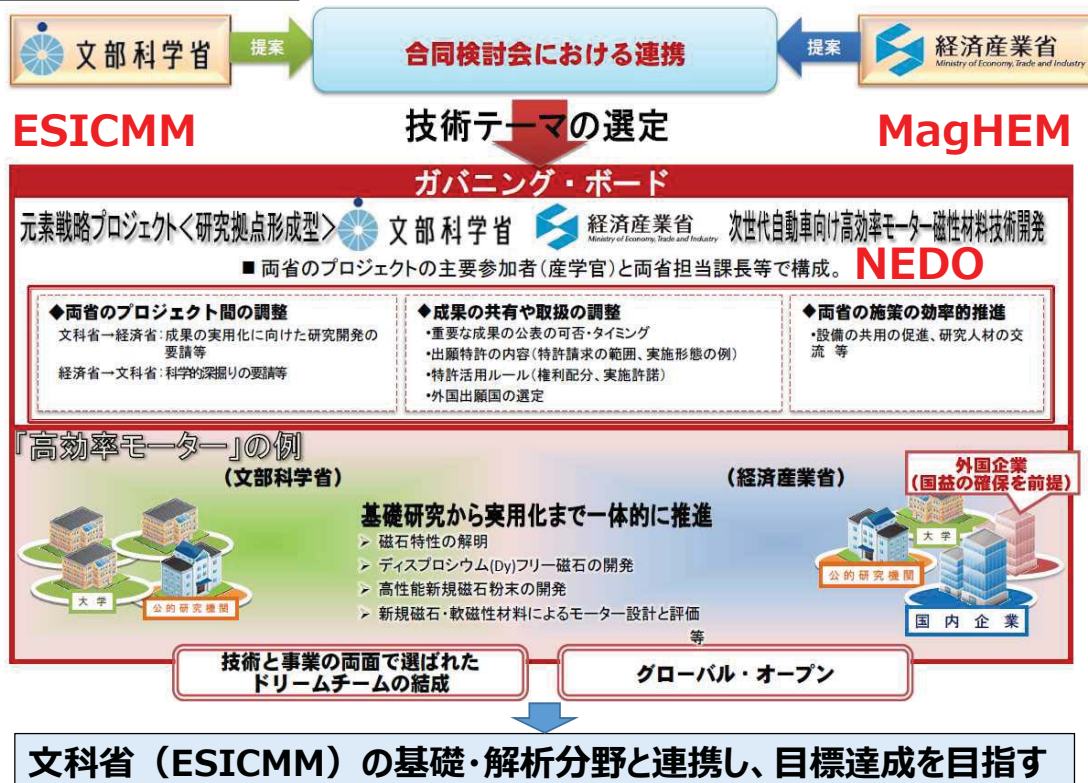
■科学技術イノベーション総合戦略2017 (2017年6月2日)

持続的な成長と地域社会の自律的な発展のために、エネルギー、資源、食料の安定的な確保するための、エネルギーバリューチェーンの最適化を実現するための重きを置くべき課題の一つとして、

「**次世代自動車用モーター等に適用される高性能磁石に用いる希少元素を削減若しくは代替する技術を開発する。**」と謳われている。

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆他事業との関係



1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆国内外の研究開発の動向と比較

高性能磁石の各国競合状況

| | | 日本 | 中国 | 米国 | 欧州 |
|--------|------------|---|---|------------------------------|--------------------------|
| ネオジム磁石 | 研究開発 | ・ネオジム磁石開発で世界をリード。 ・レアアースフリー磁石の開発も盛ん。 | ・研究者・論文数は世界最多。 ・研究レベルは日本に漸近してきている。 | ・国プロでレアアースフリー、重希土類フリー磁石を開発中。 | ・レアアースフリー、重希土類フリー磁石を開発中。 |
| | 技術力 | ・製品レベルでの特性・品質については、中国上位メーカーに並ばれつつある。 | ・外部技術導入により製品レベルが向上。 ・上位メーカーの製品の品質は日本製品と遜色ない。 ・EV主機モーターにおけるシェアは世界最大。 | 産業基盤が弱い | 産業基盤が弱い |
| | コスト競争力 | ・原料を中国に多く頼っている背景がある。 | ・原料を保有しているため安価に製造できる。 | — | — |
| | 生産量(2018年) | ネオジム磁石 1.3万t生産と推計 | 日本の数倍 | 少量 | 少量 |

- 中国の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

8

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆NEDOが関与する意義

■ 社会的必要性

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

■ 技術的難易度、民間企業単独での実施の困難性

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



NEDOがもつこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業

9

1. 事業の位置付け・必要性 (2) NEDOの事業としての妥当性

◆実施の効果 (費用対効果)

| | |
|------------------------------------|--|
| 本プロジェクトの総費用 | 145億円 (予定) |
| CO ₂ 排出量削減 (2030年想定) | CO ₂ 排出削減量 890万トン/年* ¹ |
| | 電力使用料削減額 3,700億円/年* ² |
| 市場創出効果 (2030年想定) | 約1,100億円/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: **137万トン/年**

②家電(エアコン、冷蔵庫)用コンプレッサモーター: **63万トン/年**

③産業機器用モーター: **692万トン/年**

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

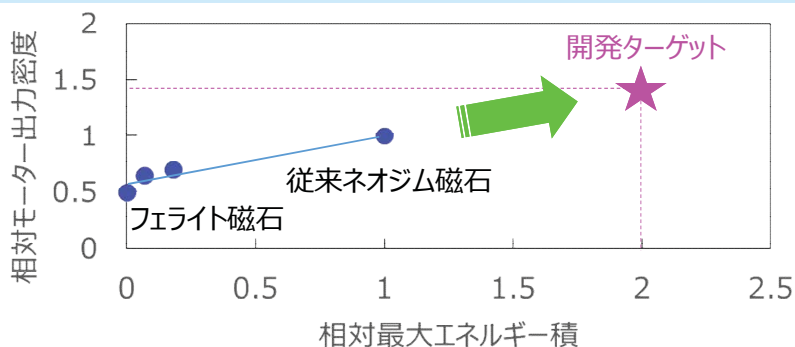
*3: 次世代自動車向け高効率モーター市場と産業用モーター向け高効率モーター市場の合計として算出

10

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆事業の目標

第2期(2017-2021)では、新規高性能磁石開発に特化して取り組むこととし、第1期での軟磁性材料やモーター評価技術開発の成果と合わせて、従来モーター(プリウス第三世代モーター)比で**40%エネルギー損失低減**と**40%小型化**を実現する磁性材料の開発を目指す。



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

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

磁石性能を従来の2倍にすれば、上記目標を達成可能

11

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆第2期の研究開発目標と根拠

| 研究開発項目 | | 中間目標 (2019) | 最終目標 (2021) | 根拠 |
|--|--------------------------|--|---|--|
| ① 新規高性能磁石の開発 | ①-2 ネオジム焼結磁石を超える新磁石の開発 | ・BHmax「50MGOe @ 180℃」を持つ磁石を実現するために関連する 要素技術を開発 する。 ・「保磁力が0.7T @ 180℃」を持つ磁石の 見通しを得る 。 | BHmax「50MGOe @ 180℃」を持つ磁石を 開発 する。 | 最終目標を達成すれば、モーター損失40%削減が可能。 最終目標を達成するためには、中間目標の保磁力が必要。 |
| ④ 特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発 | ④-1 特許調査・技術動向調査・特許戦略策定支援 | 磁性材料に関する情報センター構築に向けた コンテンツの整備を完了 する。 | 磁性材料に関する 情報センターを構築 する。 | これまで蓄積したデータベースの活用手段を確保するため。 |
| | ④-2 共通基盤技術の開発 | ・磁石製造の配向制御、組織制御の技術開発に 目処を付ける 。 ・磁気特性予測システムの構築に 目処を付ける 。 ・高保磁力に対応した磁気特性評価技術を開発する。 ・高負荷環境下での磁性材料評価・解析技術を開発する。 | ・磁石製造の配向制御、組織制御技術を開発する。 ・磁気特性予測システムを開発する。 ・高速・高精度な磁気特性評価技術を開発する。 ・ モーター実装を想定した評価技術(シミュレーション)を開発 する。 | ・磁石化には、配向制御や組織制御技術が不可欠。 ・材料データに基づいてモーター効率を正確に評価する技術はモーター開発を加速するために必要。 |

12

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆研究開発のスケジュール

| | 第1期 | | | | | 第2期 | | | | |
|--|---|---|-------|----------|-------|--|------|------|------|------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| | ← METI執行 → | | | → NEDO移管 | | | | | | |
| 予算額 (百万円) | 2,000 | 3,000 | 3,000 | 2,410 | 2,082 | 380 | 508 | 383 | | |
| ① 新規高性能磁石開発 | ①-1 ジスプロシウムフリーネオジム磁石の開発 | ・ナノ結晶粒ネオジム焼結磁石開発 ・NdFeB異方性HDDR磁石粉末開発 | | | | 目標をほぼ達成し、自社にて更なる特性向上と実用化検討を行い、2021年に事業化(車への搭載等)を目指している。 | | | | |
| | ①-2 ネオジム焼結磁石を超える新磁石の開発 | ・窒化鉄ナノ粒子バルク体化技術の研究開発 ・ナノ複相組織制御磁石の研究開発 ・FeNi超格子磁石材料の研究開発 | | | | ★ 性能2倍★ | | | | |
| ② 軟磁性材料研究開発 | ・高Bsナノ結晶軟磁性材料の開発 | | | | | 目標を達成し、自社にて事業化開発を継続するとともにNEDO戦略的省エネ革新技術助成事業にて車載用リアクトルの分野でまず事業化を図っている。 | | | | |
| ③ 高効率モーターの開発 | ・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 | | | | | 超高精度モーター損失分析装置を世界で初めて開発し、新形式のモーターも提案した。また、第一期で開発した材料を用いたモーターを試作した。 第2期は、 評価技術のみ基盤技術に組み込み 。 | | | | |
| ④ 特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定および共通基盤技術の開発 | ・特許調査・技術動向調査 ・共通基盤技術の開発 | | | | | ★ 高効率化★ | | | | |
| | ★ 中間評価 | | | | | ★ 中間評価 | | | | |

13

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆プロジェクト費用

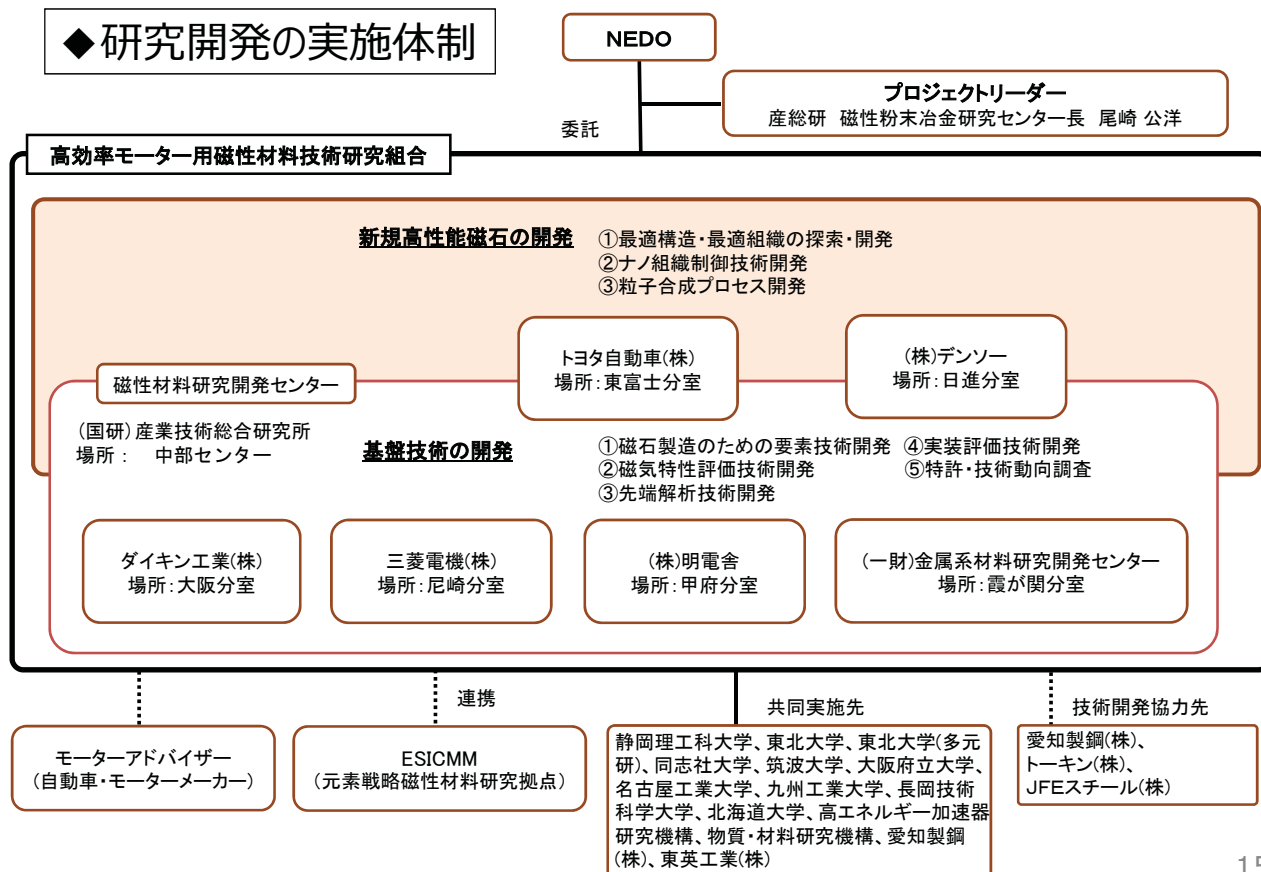
(単位：百万円)

| 研究開発項目 | 第一期 | | | | | 第二期 | | | 合計 | |
|--|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | | |
| | ←METI→ | | →NEDO | | | | | | | |
| ① 新規高性能磁石の開発 | ①-1 ジスプロシウムを使わないネオジム磁石の高性能化技術開発 | 386 | 503 | 588 | 398 | 296 | - | - | - | 2,171 |
| | ①-2 ネオジム焼結磁石を超える新磁石の開発 | 636 | 1,092 | 1,176 | 618 | 608 | 212 | 237 | 181 | 4,761 |
| ② 次世代高効率モーター用高性能軟磁性材料の開発 | | 220 | 415 | 325 | 436 | 217 | - | - | - | 1,614 |
| ③ 高効率モーターの開発 | | 212 | 444 | 365 | 313 | 345 | - | - | - | 1,679 |
| ④ 特許・技術動向調査、事業化のための特許戦略策定支援及び共通基盤技術の開発 | ④-1 特許調査・技術動向調査・特許戦略策定支援 | 54 | 100 | 107 | 91 | 94 | 12 | 21 | 23 | 502 |
| | ④-2 共通基盤技術の開発 | 312 | 374 | 412 | 503 | 521 | 155 | 249 | 179 | 2,705 |
| 合計 | | 1,820 | 2,928 | 2,972 | 2,360 | 2,080 | 379 | 508 | 383 | 13,431 |

※2019年度は予算額 14

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆研究開発の実施体制



2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

◆研究開発の進捗管理

■進捗管理

四半期毎に各分室の進捗確認を実施。

■技術推進委員会の開催

1回/年開催し、次年度計画作成にあたり、研究の進捗および次年度計画について外部の委員から意見を頂いている。

■分室・センター間技術課題検討会（合宿）の開催

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回/年、1泊2日・合宿形式での討論

外部協力者、モーターアドバイザー、ESICMMからも招請

開催履歴：第3回（2017年11月21～22日）、第4回（2018年11月28～29日）

結果：・テーマ間連携が進み、分室間での材料提供が促進された。

・分室間の個別情報交換が加速した。

・モーターアドバイザー、外部協力者から意見を頂くことができた。

※本年度も開催予定



最終目標達成に向けたテーマ間連携の強化

16

2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

◆動向・情勢の把握と対応

| 情勢 | 対応 |
|---|--|
| (2017年度より) 第二回中間評価結果を反映。 | 中間評価時の指摘を受け、「エネルギー損失を従来モーター比25%削減する高効率モーターの実現を目指す。」から、「従来モーター（プリウス第三世代モーター）比で40%エネルギー損失低減と40%小型化を実現する磁性材料の開発を目指す。」へ、プロジェクトの目標を変更した。 |
| (2017年度より) 国内外の情勢変化を受け、予算が大幅に減額となった。 | <ul style="list-style-type: none"> ・予算減額に伴い、新規テーマの募集を取りやめ、新規高性能磁石開発に特化した。 ・モーターの実機開発を縮小し、代わって、磁性材料の評価・解析技術の開発・開発される磁石・開発された軟磁性材料の特性を生かすモーター設計技術（シミュレーション技術）の開発を基盤技術開発に盛り込んだ。 |

17

2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

◆第二回中間評価結果への対応

| 指摘事項 | 対応 |
|---|---|
| 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。 | 第1期目標の25%損失削減より高い 40%削減 に見直した。 |
| 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。 | 引き続き合宿等を通じて連携を強化するとともに、 開発磁石のモーター実装に向けた検討を開始 した。 |
| 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、 基礎的課題の研究 にも取り組んで欲しい。 | 新規高性能磁石に予算を重点配分 し、その中で 保磁力発現機構などの基礎的課題等 に取り組んでいく。 |
| 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。 | 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省レアアース (Dy, Nd) に方針を変更 した。 |
| 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。 | モーターアドバイザーからの ヒアリング、参画会社との議論 により、 40%小型化 (パワー密度40%向上) を設定した。 |
| 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。 | 合宿や技術委員会等で、 材料とモーターの連携を強化 すると共に、 第1期で卒業する企業にも材料提供を継続 していただく。 |

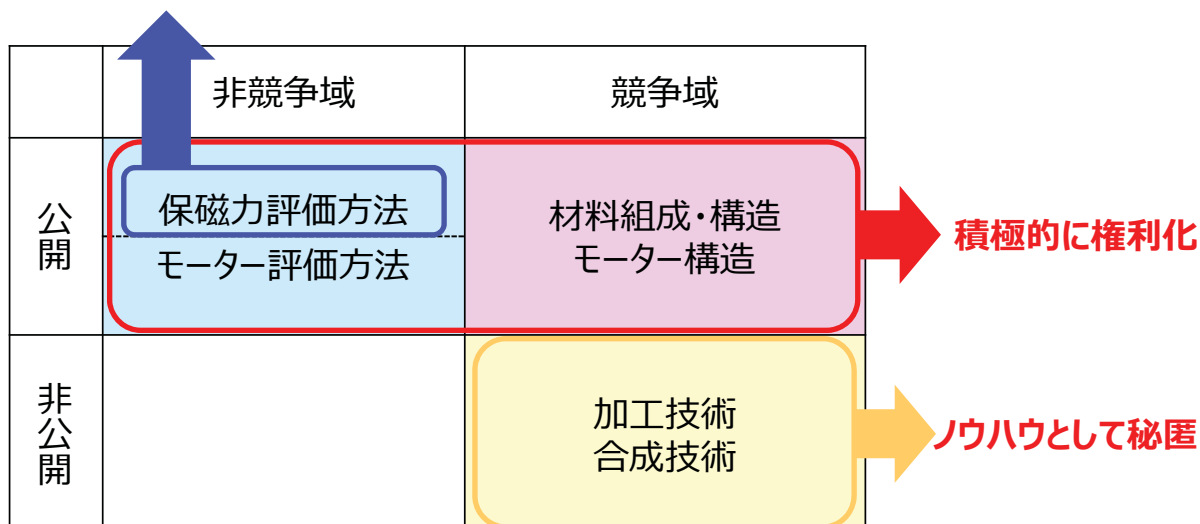
18

2. 研究開発マネジメント (5) 知的財産権等に関する戦略の妥当性

◆知的財産権等に関する戦略

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

標準化を推進



19

2. 研究開発マネジメント（5）知的財産権等に関する戦略の妥当性

◆知的財産管理

■知的財産管理指針の策定

知的財産管理規定を制定

○特許を受ける権利の帰属

「未来開拓研究プロジェクトにおける知的財産等の取扱いに関する基本的考え方」、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に則り、原則として、すべて委託先に帰属。

○プロジェクト内での実施許諾

プロジェクト参加者以外の者に対するよりも有利な条件で実施できることが規定されている。

○大学等と企業の共有特許（共同研究）

共同研究契約書において、共同出願等契約を締結して共同出願することが規定されている。

■特許等の出願プロセス

○出願に際して

技術本部長(PL)と専務理事が発明届を審査し、出願の可否を判断。

○発明審査委員会の設置

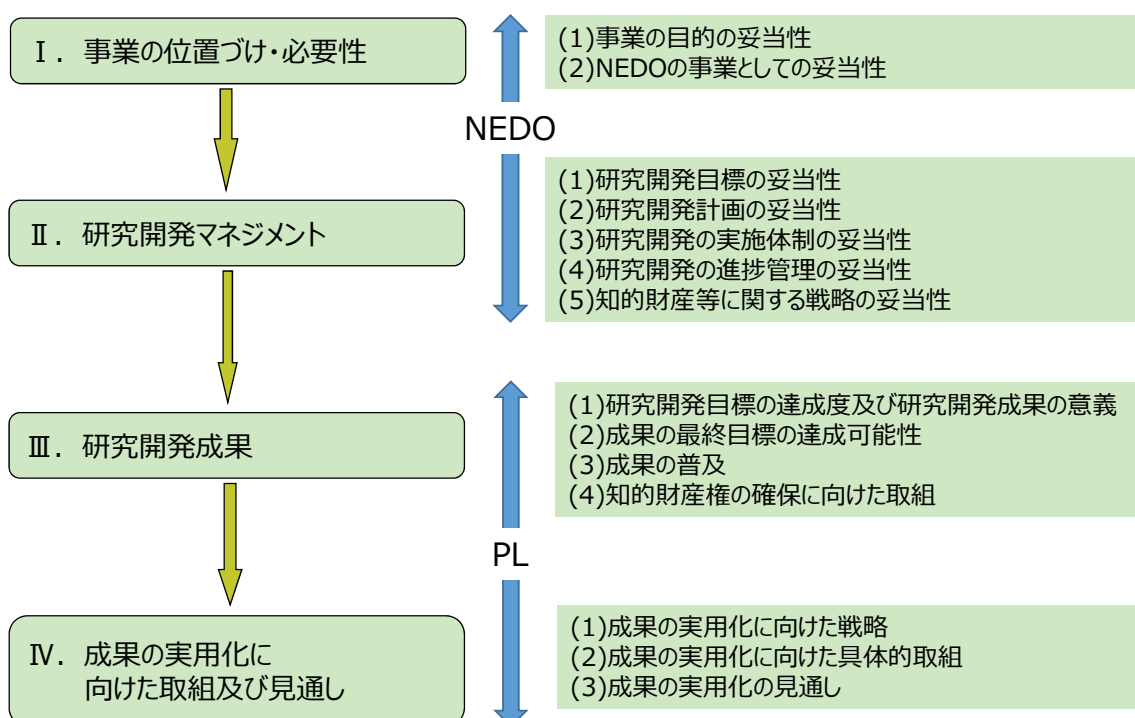
共同出願等において、当事者以外から異議があった場合、当該出願の要否や発明者、寄与度、持分比、権利の帰属等について審議・認定。

○メンバー

技術本部長（委員長）、審査される発明等に関するプロジェクト参加者の代表者各1名、専務理事、その他委員長が指名した者。

20

発表内容



21

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

| 研究開発項目 | | 中間目標 (2019年度末) | 成果 | 達成度 |
|---|-----------------------------------|--|--|------------|
| ① 新規高性能磁石の 開発 | ①-2 ネオジム焼結 磁石を超える 新磁石の開発 | ・BHmax「50MGOe @ 180℃」を持つ磁石を実現するために関連する要素技術を開発する。 | 目標を達成しうる可能性を持つ素材の磁石化のための要素技術を開発した。 | ○ |
| | | ・「保磁力が0.7T @ 180℃」を持つ磁石の見通しを得る。 | 課題を明らかにし、その対策方法を検討し、見通しを得た。 | △(2019年度末) |
| ④ 特許・技術 動向調査、 事業化のため の特許戦略 策定支援及び 共通基盤技術 の開発 | ④-1 調査・戦略 支援 | 磁性材料に関する情報センター構築に向けたコンテンツの整備を完了する。 | 最新情報にアップデートし、コンテンツの整備を完了した。 | △(2019年度末) |
| | ④-2 共通基盤技術 の開発 | ・磁石製造の配向制御、組織制御の技術開発に目処を付ける。 | 要素技術の開発を進め、課題の抽出を行った。プロセスシミュレーションにより開発の目途を付けた。 | △(2019年度末) |
| | | ・磁気特性予測システムの構築に目処を付ける。 | 機械学習による特性予測の基本システムを構築した。 | ○ |
| | | ・高保磁力に対応した磁気特性評価技術を開発する。 | 開磁路の補正技術を開発した。 | ○ |
| | ・高負荷環境下での磁性材料評価・解析技術を開発する。 | シミュレーションにより、高効率モーターのための磁気特性要件およびモーター構造を明らかにした。 | ◎ | |

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間)／一部達成(事後)、×未達

22

3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

◆成果の最終目標の達成可能性

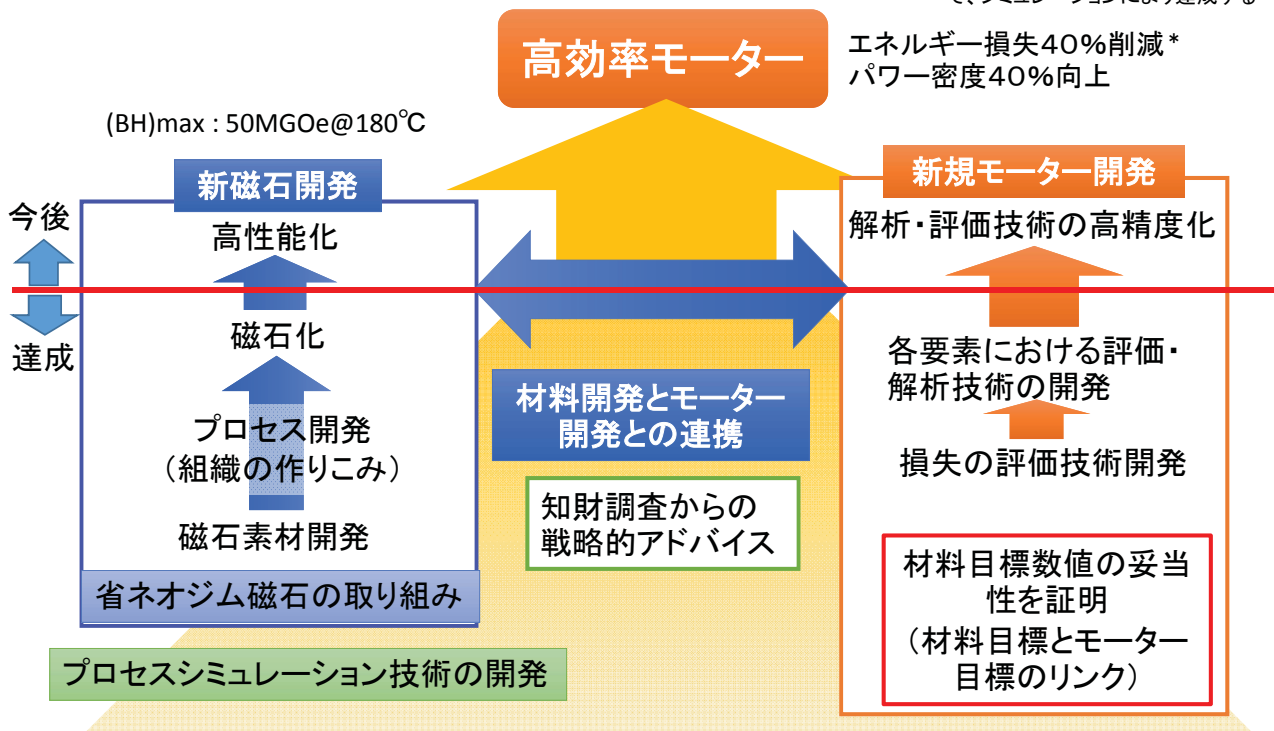
| 研究開発項目 | | 最終目標 (2021年度末) | 現状 (2019現在) | 達成見 通し |
|---------------------|-----------------------------------|---|--|----------------------|
| ① 新規高性能 磁石の開発 | ①-2 ネオジム焼結 磁石を超える 新磁石の開発 | BHmax「50MGOe @ 180℃」を持つ磁石を開発する。 | 省希土類磁石ならびに希土類フリー磁石の候補材料において、磁石化の要素技術の開発を行い、高保磁力化の問題点の明確化と解決策の検討をしているところ。 | ○ |
| | | ④ 特許・技術 動向調査、 事業化のため の特許戦略 策定支援及び 共通基盤技術 の開発 | ④-1 特許調査・技術 動向調査・ 特許戦略策 定支援 | 磁性材料に関する情報センターを構築する。 |
| | ④-2 共通基盤技術 の開発 | ・磁石製造の配向制御、組織制御技術を開発する。 | 要素技術の開発を進め問題の抽出を行い、材料合成を開始するとともに、プロセスシミュレーションを進めている。 | ○ |
| | | ・磁気特性予測システムを開発する。 | システムの基本設計が完了し、より高精度な計算手法を検討している。 | ○ |
| | | ・高速・高精度な磁気特性評価技術を開発する。 | 開磁路補正技術を開発し、国際標準化に向けて取り組んでいる。 | ○ |
| | | ・モーター実装を想定した評価技術(シミュレーション)を開発する。 | シミュレーションの精度を可能な限り高めるための基礎データを取得している。 | ○ |

23

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

* 3代目プリウスのモーターを基準として、シミュレーションにより達成する

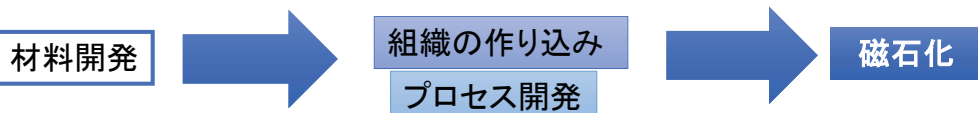
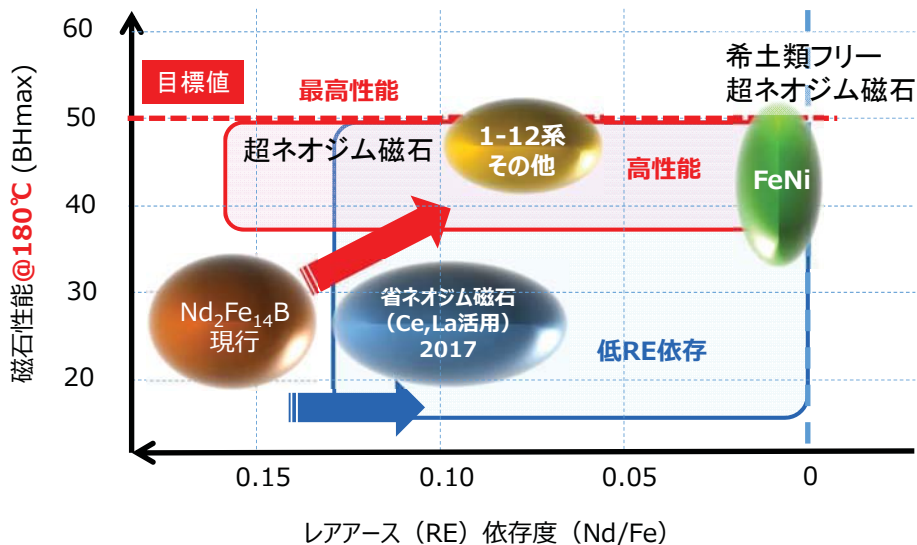


24

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

①-2 新規高性能磁石の開発



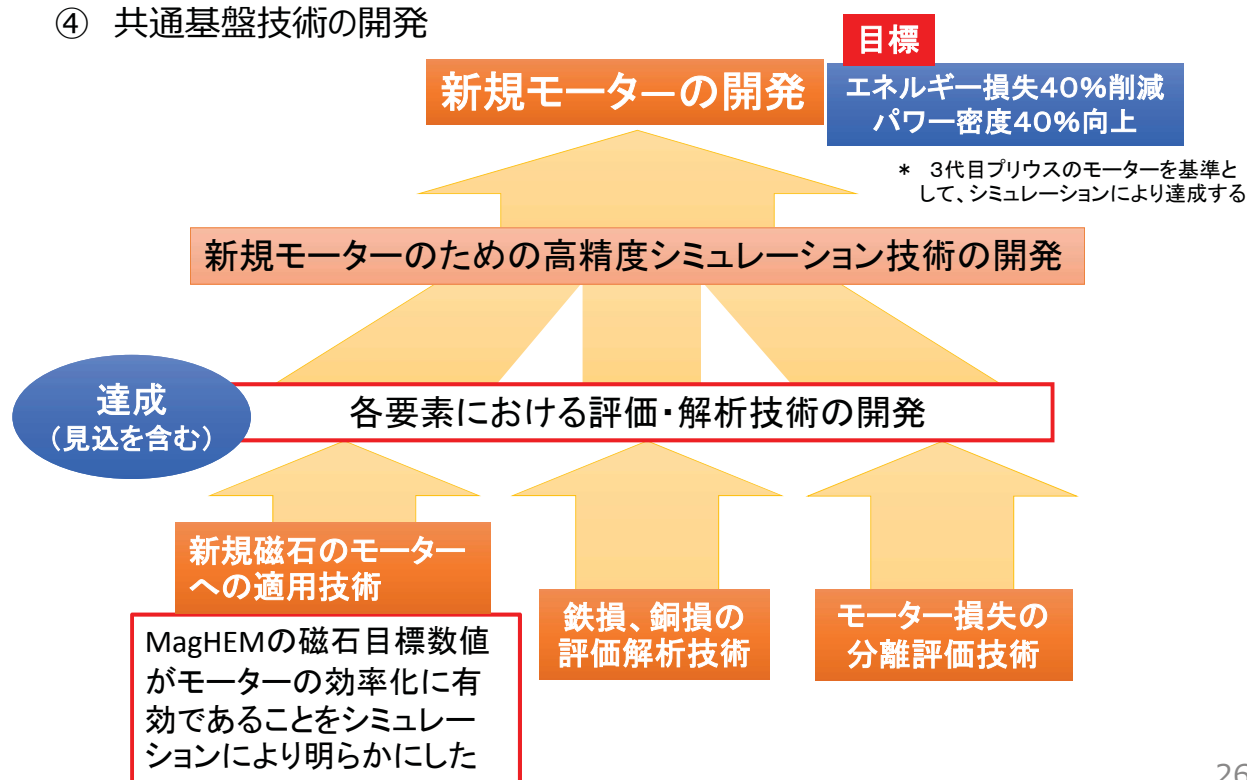
目標に向けて、材料開発を行い、組織制御による磁石化を行っているところ

25

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

④ 共通基盤技術の開発



26

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

◆成果の普及

※2019年7月1日現在

| | 2012-2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 計 |
|------------|-----------|------|------|------|------|------|
| 論文* | 45 | 11 | 13 | 4 | 4 | 77件 |
| 研究発表・講演 | 226 | 95 | 71 | 64 | 19 | 475件 |
| 受賞実績 | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 | 6件 |
| 新聞・雑誌等への掲載 | 8 | 0 | 2 | 5 | 1 | 16件 |
| 展示会への出展 | 5 | 3 | 1 | 1 | 2 | 12件 |

* 査読付き

27

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

◆成果の普及

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

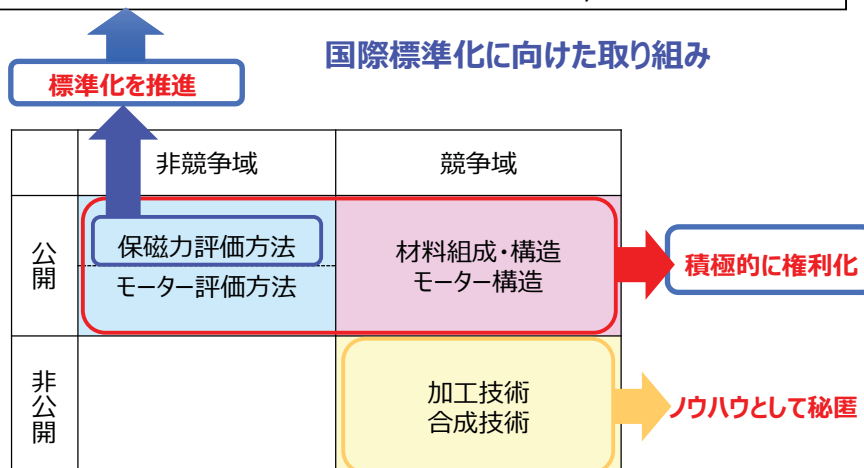
3. 研究開発成果 (4) 知的財産権等の確保に向けた取組

◆知的財産権の確保に向けた取組

※2019年3月31日現在

| | 2012-2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 計 |
|------------------|-----------|--------|--------|--------|----------|
| 特許出願 (うち外国出願) | 69(17) | 44(19) | 35(15) | 36(24) | 184(75)件 |

IEC / TC68 / WG5 : 超電導磁石を用いるVSMによる開磁路の磁気特性測定方法 (2018; RRTの実施)



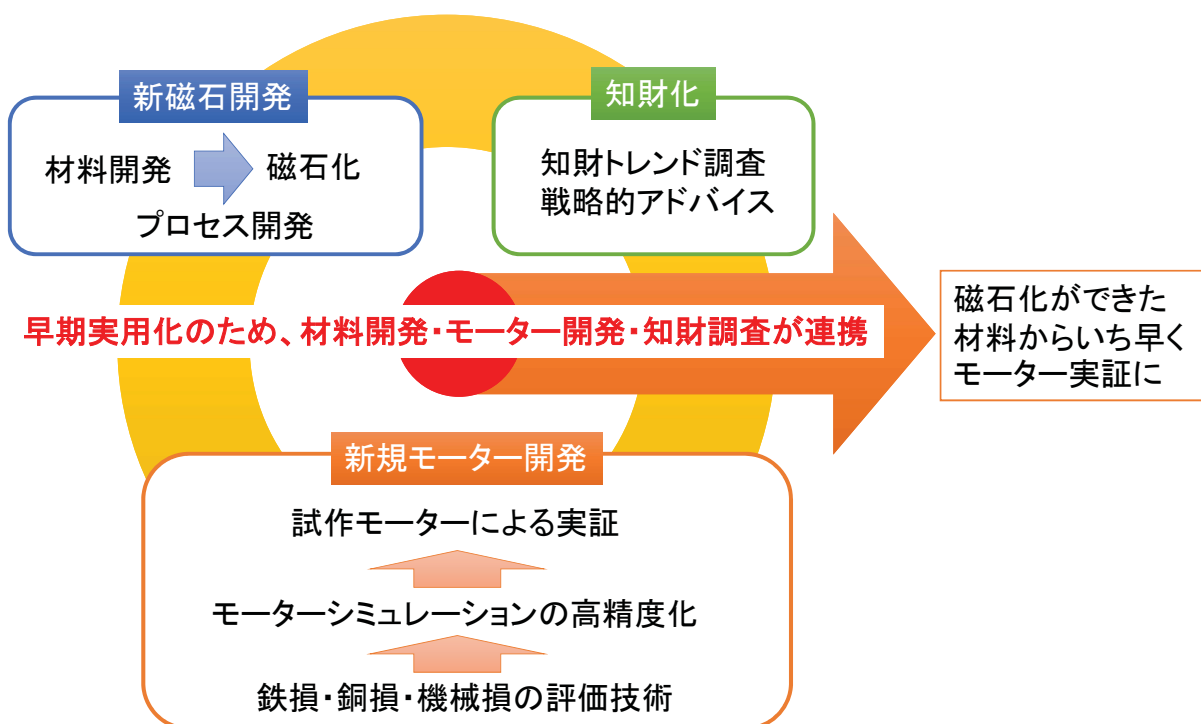
4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

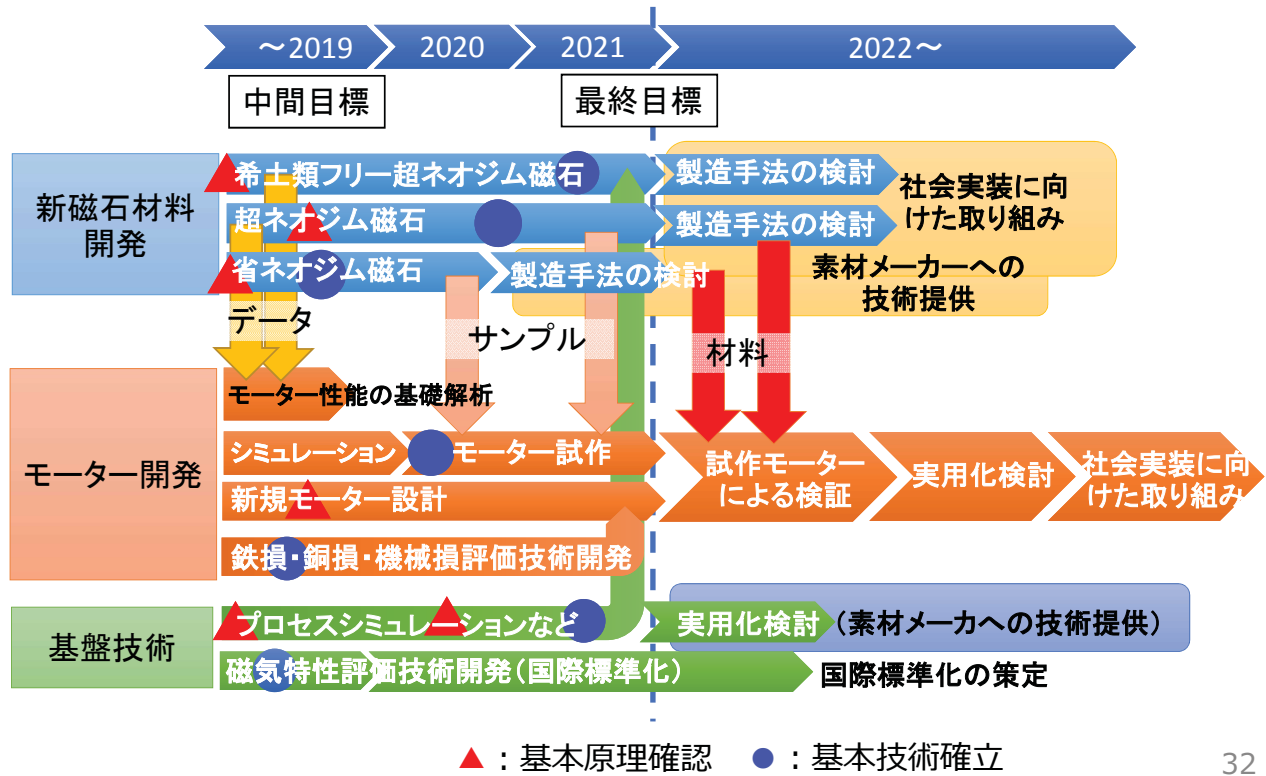
当該研究開発に係る試作品、シミュレーション技術、解析技術などの社会的利用(顧客への提供等)が開始されることをいう。

4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (1) 成果の実用化に向けた戦略

◆実用化に向けた戦略



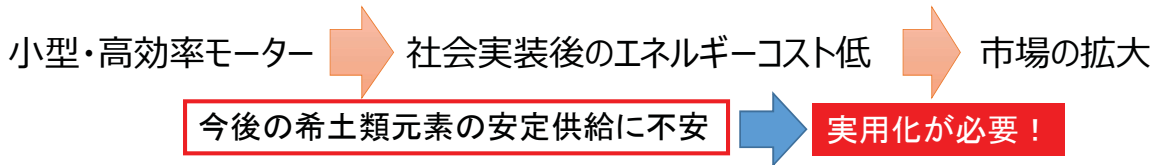
◆ 実用化に向けた具体的取組



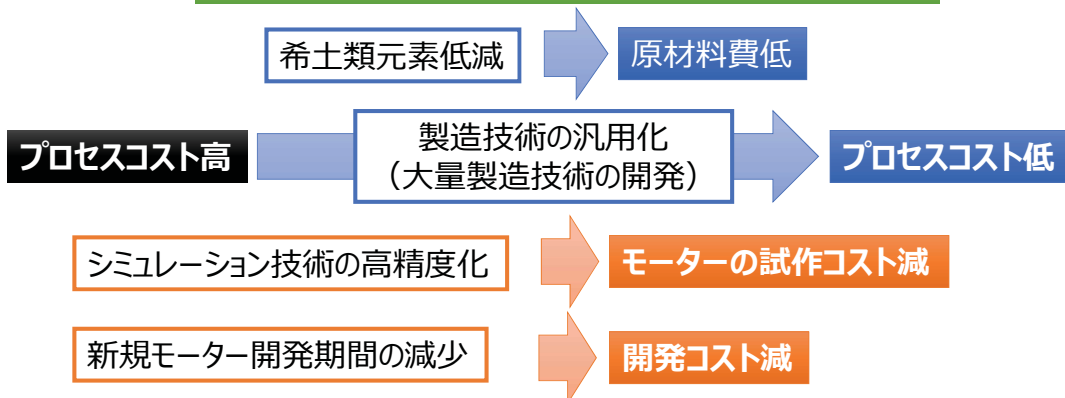
◆ 成果の実用化の見通し

実施の効果：
 CO₂排出量削減量(2030年想定) 890万トン/年
 電力使用料削減額 3,700億円/年
 市場創出効果(2030年想定) 約1,100億円/年

市場・ユーザー（次世代自動車）の要請： 小型・高効率モーター



従来磁石と従来モーターに対する優位性



◆波及効果

希土類の変動に強い高効率モーターの提供

電動航空機



電車



ドローン



発電・コジェネシステム



船舶

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 : 2019年8月21日(水) 10:30~17:35

場 所 : WTC コンファレンスセンター RoomB (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 教授
分科会長代理 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 赤城 文子 工学院大学 先進工学部 応用物理学科 教授
委員 石川 赴夫 群馬大学大学院 理工学府 電子情報部門 教授
委員 桜田 新哉 株式会社東芝 研究開発本部 研究開発センター 技監
委員 廣田 晃一 信越化学工業株式会社 磁性材料研究所 第二部開発室 室長

<推進部署>

吉木 政行 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 部長
多井 豊 NEDO 材料・ナノテクノロジー部 主任研究員
幸田 政文(PM) NEDO 材料・ナノテクノロジー部 主査

<実施者>

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 研究センター長
菊池 芳正 高効率モーター用磁性材料技術研究組合 (MagHEM) 理事長
立石 裕 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>

梅田 到 NEDO 評価部 部長
塩入 さやか NEDO 評価部 主査
福永 稔 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
 - 5.2 研究開発成果、成果の実用化に向けた取組及び見通し
 - 5.3 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
 - 6.1 ネオジム焼結磁石を超える新磁石の開発
 - 6.1.1 FeNi 超格子磁石材料の研究開発
 - 6.1.2 ナノ複相組織制御磁石の研究開発
 - 6.2 磁石とモーターの MagHEM 内連係
 - 6.3 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
 - 6.3.1 共通基盤技術の開発－モーター実装環境下の磁性材料評価・解析技術の開発（1）
 - 6.3.2 共通基盤技術の開発－モーター実装環境下の磁性材料評価・解析技術の開発（2）
 - 6.3.3 共通基盤技術の開発－モーター実装環境下の磁性材料評価・解析技術の開発（3）
 - 6.3.4 特許・技術動向調査・特許戦略策定支
 - 6.3.5 共通基盤技術の開発－磁石製造の要素技術開発、先端解析技術ならびに磁気特性評価技術の開発
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
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及び3に基づき説明し、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」を非公開とした。

4. 評価の実施方法について

評価の手順を評価事務局より資料4-1～4-5をまとめた資料に基づき説明した。

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

推進部署より資料5に基づき説明が行われた。

5.2 研究開発成果、成果の実用化に向けた取組及び見通し

実施者より資料5に基づき説明が行われた。

5.3 質疑応答

5.1及び5.2の説明内容に対し以下の質疑応答が行われた。

【加藤分科会長】 技術の詳細につきましては、議題6で扱いますので、ここでは主に事業の位置づけ・必要性、マネジメントなどについて議論します。ただいまの説明に対しまして、ご意見、ご質問等、お願いいたします。

【桜田委員】 2点お聞きします。推進部署からの「研究開発マネジメント」の説明では、第2期はモーターの試作は行わない、シミュレーションだけ、という話でしたが、尾崎PLの「研究開発成果、成果の実用化に向けた取組及び見通し」に関する説明では、試作も行うということですが、その辺はどうなのか。また、その試作モーターに使用する磁石は省ネオジム磁石ですか。

【尾崎PL】 これは、プロジェクトの変遷が関係します。プロジェクトが、第1期の結果を踏まえて、見直され、第2期の予算が大幅カットされたので、第2期の当初の2017年では、非常にコストがかかるモーターの試作は難しくこれを目標にできない、シミュレーションだけにとどめるということでした。しかし、我々は、最終的にはこのプロジェクトの本筋は、材料プロジェクトとモーターのいわゆるアプリケーションプロジェクト、両方合体した1つの大きなプロジェクトという認識なので、シミュレーションとモーター試作とをばらばらにやっても仕方がない、シミュレーションによるデータだけのやりとりだけであれば、それは実現できないと考えました。取り組めるところは取り組んでいこう、予算は何とかやりくりできるだろうとの想定のもと、試作まで手を伸ばそうということ。我々は、意欲的に取り組んでいこう、目標とは別にさらに高いところまで行なおうということ。まずは省ネオジム磁石で試作をしようということ。

【赤城委員】 今のご説明は、試作は省ネオジム磁石にするということ。あと、超ネオジムと希土類フリー磁石があります。これは、ここに一応具体的な取組として載せていますが、これはできたらというような感じでしょうか。

【尾崎PL】 これも研究開発なので約束はできないが、磁石そのものができれば、当然プロジェクトの中でやっていこうと考えています。最終年度までには、何とか1つでも2つでも、そういう形で供給できるような動きを出せればと期待してやっています。

【赤城委員】 今のところ見通しはいかがでしょうか。

【尾崎PL】 そこに関しては、非公開セッションのところでお話しします。

【赤城委員】 わかりました。ありがとうございます。もう一点質問します。

資料5の33ページです。新しい磁石なので最初は製造プロセスコストが高くなるが、大量製造技術等を開発すればコストは低くできるだろうということ。見通しとして、どのぐらい低くできるか、今のプロセスに対してどんな感じかというのを教えて下さい。

【尾崎 PL】 プロセスコストの試算は、まだできていないと思います。これも、午後の非公開セッションでそれぞれの事業者にご確認いただきたい。我々は、研究開発ですので、コスト度外視ではやってはいいませんが、良い材料をつくるためには必要なことは全てやるという動きでやっています。

【赤城委員】 まずは最初の目標の省エネなどを重視するということですね。

【尾崎 PL】 そうです。実際にものをつくったらできそうとなったときに、プロジェクトの中でやるよりも、プロジェクト終了後に、どの様に製造コストを下げるかを事業者で考えてもらうということになります。それが実用化につながると考えます。

【廣田委員】 中間目標の温度の設定の根拠をお聞きます。180℃で50MGOeは非常に高い目標だと思います。将来、磁石を利用したモーターを想定した上で、耐熱温度は必ずしも180℃という高温ではないと考えますが、こういった温度を設定された根拠を説明していただきたい。

【尾崎 PL】 実は180℃に明確な理由はありません。ただ、8年前のプロジェクトの開始当初では、自動車に使われるモーター、ハイブリッド等々のモーターが200℃近くまでなるという話でした。各自動車メーカーにヒアリングしましたが、その辺はなかなか教えてもらえず、「200℃ではちょっと高過ぎる」ということはヒアリングで出てきたので、180℃を経済産業省との基本計画策定の中で設定しました。その場合のBHmax（最大エネルギー積：Maximum Energy Product）の目標値は、当時のネオジム磁石は大体25MGOeでしたので、その2倍を目指すと設定しました。なので、目標値の数字に、プロジェクトの開始当初は大きな根拠はなかった。未来開拓事業なので、突出した性能を出す研究開発をするというのが大前提でしたので、その材料の目標は、当初は5倍とか10倍とかにならないかとも言われましたが、さすがに材料の側から無理ということで、2倍という性能で落ち着いたところです。材料の目標値に関して、私も色々ところで批判を受けてきましたが、このプロジェクトの中で、その数字を事業者の皆さんで目標として取り組んでいただいたときに、こういう材料が可能性として出てきたというのが大きな成果だと思っています。もう一つは、その目標数値がモーターの効率化にきちんと効くことを証明したことが、このプロジェクトの大きな成果だと思っています。

【廣田委員】 わかりました。ありがとうございます。

【佐久間分科会長代理】 今、シミュレーションでそれが証明されたという非常に心強い発言がありました。率直に言うと、40%エネルギー損失低減に対して、2倍のBHmaxを目標値にするということ聞いて、随分シビアな話だと思いました。実際のところ、シミュレーションは相当難しいというか、結果にかなり幅があると思います。BHmax一つで性能が決まるわけではなく、保磁力が幾つでBs（飽和磁束密度）が幾つなのか、など複数のファクターがあって性能が決まる。BHmaxだけでは難しい。

【尾崎 PL】 このシミュレーションに関しても、午後の非公開セッションで説明があると思います。BHmaxに必要なBr（残留磁束密度）とHcJ（固有保磁力）を定めて、それぞれの温度を定めて、そのときの効率マップを作っています。

【佐久間分科会長代理】 磁石の性能は、バルクの性能の評価そのものは比較的有利なのでしょうけど、実装したときの本当の性能の評価のほうが、よほど難しいと思います。シミュレーションによる場合ですね。実験もそうなんですけれども。その辺のいわゆる技術的なものは、どの辺まで行っているのか。それは午後の話になるわけですね。

【尾崎 PL】 詳細は、午後の非公開セッションで説明があります。このシミュレーションも、いろいろ議論しました。モーターを開発する方はやはり、ある磁石で最高性能のモーターをつくりたいということになると、設計が全然変わってきます。それでは評価としての意味があまり出てこないの、このモデルは、いわゆる電気学会でよく使われているdモデルというのを想定したシミュレーションになっています。なので、別に2倍を達成しなくても、実はモーター設計の側でもっと効率の良いものができる可能性があります。

【佐久間分科会長代理】 わかりました。ありがとうございました。

【加藤分科会長】 私も、エネルギー積 2 倍でモーターパワー 1.4 倍というのは非常に気になっているので、午後のセッションでのご説明を楽しみにしています。

ほかに、いかがでしょうか。マネジメントとか、事業の位置づけ・必要性などについてのご質問もぜひいただければと思います。

それでは、私から。国内外の状況説明に関する質問です。中国は非常に技術力が上がってきて、論文も増えて、ネオジム磁石をつくる技術も上がってきて、生産も上がってきているという状況と、残念ながら日本では、第 2 期は MagHEM の予算が大幅に削られてしまっているという情勢を踏まえて、NEDO として、今後どのような作戦を考えているのか、教えて下さい。

【尾崎 PL】 MagHEM として、考え方を説明いたします。前期と後期、大きく違っているという認識です。前期は、とりあえず良い材料を見つけるというプロジェクトでした。モーターに関しても、どういう設計をすれば良いモーターができるかというものでしたが、後半は、きちんとものをつくっていくということも取り入れていますので、予算も、シミュレーションだけではなくて、実証するというのであれば、そこもモーターの側にきちんとお金をつけるということをマネジメントの中でやってもらいたいと思っています。

【桜田委員】 新しい磁石を入れたシミュレーションでモーターの特性を評価するというになると、BHmax だけではなくて、抵抗率ですとか、強度ですとか、ほかの特性も必要になると想像します。その場合、磁石として、どういう特性が想定されるとしてやられているのでしょうか。

【尾崎 PL】 詳細は午後の説明されると思いますが、私が確認している限りにおいては、保磁力と残留磁束密度、その 2 点、温度依存性は入っていますけれども、新しい磁石を想定した数値を入れているという感覚です。あとは、磁石のサイズです。それは入ってはいますけれども、いわゆる電気抵抗等々のもう一段高いシミュレーションはやっていないと思っています。

【桜田委員】 サイズは固定しているということですか。

【尾崎 PL】 サイズは変えてもらっています。

【佐久間分科会長代理】 第 1 期で打ち切りになったジスプロシウムフリーですが、目標性能 1.5 倍という話になっていました。差し支えない範囲で、実用化とか、実際に実装された例とか、その後の展開というか、その辺のところはどうなっているかも、教えて下さい。

【尾崎 PL】 ジスプロシウムフリーの開発は、2 つの分室で行っていました。2 つのテーマで、HDDR (hydrogenation-decomposition-desorption-recombination : 水素不均化脱離再結合法) の粉末をつくるということは愛知製鋼、もう一つは、インターメタリックスさん—今、ダイドー電子になっていましてけれども—で行っていた微粒化のネオジム焼結磁石です。微粒化のほうは、まだ研究開発は続いています、実用化には至ってはいないと聞いています。もちろん、ダイドー電子でやっている、ジェットミルを使って微細化させるというのは、事業化はされていますので、そこに応用展開していくとは考えています。

愛知製鋼のほうはボンド磁石を製造販売していて、今、その技術は中に組み込まれていると思っています。ただ、実際に実用化している性能は、まだこのプロジェクト第 1 期でやった性能には及んでいないと思います。ただ、ここでつくり込んだ技術を、そのまま製造には使っていると聞いています。

【佐久間分科会長代理】 モーターへの実装試作というところまでは至っていないということですか。

【尾崎 PL】 開発した材料そのものを持っていくということはやっていないと思います。

【石川委員】 モーターのシミュレーションについてですが、目標のところ、実装環境下での高精度ということをやろうとしたときに、特に車などを考えますと、加速したり減速したりいろいろあり、そのときにはすごい電流を流すみたいな話です。そうすると、車の加減速時にシミュレーションが、高精度にな

るかということに関しては、やはり試作し実測してみないと高精度という評価ができないような気がします、それはどうお考えですか。

【尾崎 PL】 我々もそういうふうには考えています。ですので、これに関しては、シミュレーションだけで終わらない。目標は、シミュレーションで良いということになってはいますが、我々の中では、シミュレーションだけでは多分難しいので、ちゃんと試作まで含めてやっていこうと考えています。

【石川委員】 そうですね。ですから、そのシミュレーションした技術が、試作したら 10%ぐらいで合いますという、そういう評価がある程度できれば、設計するのに使えるでしょうけれども、わからないとなかなか。シミュレーションをやって、2割も3割も違っていたら意味がないとなるので、やはり高精度という評価には試作が必要です。

【尾崎 PL】 おっしゃるとおりです。試作はしないとイケないと、技術研究組合の中ではなっています。当然お金もかかりますけれども、予算の配分を考えてやろうとは考えています。

【桜田委員】 最終ゴールが BHmax180°C・50MGOe ということになると、完全にフルデンスで結晶配向させた異方性焼結磁石になると思います。新材料の場合は、まずは粉末で特性が出るという場合が多いですね。ボンド磁石としての成果もあると思いますが、そこについてはどのようにお考えですか。車載用の主機モーター向けではボンド磁石は難しいのかもしれないが、そこはもうあえて見ずに、最終ゴールの 50MGOe・180°Cを推進していこうとお考えなのか。それとも、中間成果というか、ボンド磁石としてのアプリもお考えなのでしょうか。

【尾崎 PL】 もちろん、最終的に焼結磁石で、焼結というか、塊の磁石でというのが良いんでしょうけれども、我々としては、やはり磁石としての性能が出れば良いと考えています。ですので、いわゆる粉末の状態でも良いということで、粉末の状態、その粉末の特性が 50MGOe 出れば、それで良いと考えております。まずは、そこが 1 点ですね。ですので、ボンド磁石にしたときには、塊としての性能は当然落ちるけれども、材料としての性能がそこまで行けば良いと考えています。

【加藤分科会長】 よろしいでしょうか。どうもありがとうございました。それでは、時間が参りましたので、これで終了したいと思います。

(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、議題8、まとめ・講評です。まず廣田委員から始めて、最後に私という順序で講評をいたします。

【廣田委員】 本日はありがとうございました。今回の事業の位置づけや必要性、背景については、概ね妥当だと感じております。目標に関してですが、高い磁気特性で、なおかつ、自動車の幅広い用途で使うことを目的とした目標ということで、高い目標ではありますが、一定の成果が得られていますので、成果につきましても概ね評価できます。今後、事業後半に向けて、モーターに実装して評価していくことになると思いますが、高い特性のところを目標とするのではなくて、ある程度目標とするモーター用途とかを限定して、その中で評価していくのも一考かなと感じました。

【桜田委員】 今日はどうもありがとうございました。全体を通して感じたのは、非常に高い目標をあえて設定したからこそ、いろいろ見えてきたというか、発見できるものがある、ということです。非常にすばらしいと思いました。最終ゴールの損失40%低減、パワー密度40%アップに向けて、それぞれがどういった関係を持っていて、どういった寄与をしているというような全体のまとめを、もう少しわかりやすくしてもらえば良いと思いました。最初に尾崎PLが言われたように、今の磁石を使って単にモーターの設計変更をただけではもう立ち行かない状況にあって、やはり新しい磁石が生み出す価値で、目標性能のすばらしいモーター特性が出るということが、背景にあります。そこを明確にして欲しいという感想を持ちました。

【石川委員】 本日はどうもありがとうございました。事業の位置づけとか必要性、大変すばらしいと思いますし、研究開発マネジメントも大変良いと思います。それぞれの発表項目で少しΔがあったので、成果は、あと2年間ぐらいで頑張ってください。あと、目標の高効率、損失40%削減、パワー密度40%の向上というので、個人的には、シミュレーションによる計算だけでなく、そういうのが実際にできたという事例ができると良いなと思っています。国際学会に行つて、「シミュレーションではこのくらい行くよ」と言つても、中国からの人に「つくつたのかい」と言われて、それで一言で終わつてしまうというところも経験して、つらいなと思つていましたので。

【赤城委員】 今日はどうもありがとうございました。背景とか、必要性とか、本当に立派な目標だと思います。最終的なすごく高い目標に向けて頑張つています。頑張つていただけではなくて、ちゃんと成果も出している。いろんなテーマの方がいましたけれども、もう結構目標に達しているとか、もうちょっとだけ目標を達成しそうだとか、様々ありましたが、この最終目標に向かって頑張つていただきたい。それに向けて、各テーマの連携はすごく大事なので、しっかりやつていただければと思います。あと、私、自分がシミュレーションをやつている関係から、すごくシミュレーションは気になります。今回お話しされたシミュレーションで磁石の開発をするということですが、立派なシミュレーションができると良いなと思つております。期待しております。

【加藤分科会長】 佐久間先生、お願いします。

【佐久間分科会長代理】 第1期から大幅に要求特性が上がつて、今日前半でこれを聞いたときには、大変なことになつたなと思ひ、どういふふうにとどころへ持つていくのたろうと、随分心配しました。午後、具体的に成果発表をお聞きし、非常に感心させられました。特に、材料の開発に関して、大変勉強になるというた、参考になるアプローチ、結果が随分出されていて、到達目標、達成度というのはともかく、とにかく間違いなく進化してゐるし、これからも進化するたろうと、非常に大きな期待を持つて聞きました。それから、実装というた、モーター特性評価ですけれども、磁石に対する要求性能を出してしまつた以上、やっぱり重い責任があるというた、いわゆるモーターとしての性能評価は非常に重要になつてきたと感じています。それをどういふふうにとこれから充実させていくかというたところで、シミュレーション技術と評価技術、昔に比べると相当上がったと思ひますけれども、もう一歩、実際に本当に磁石にこういう性能が必要なのたどうたか、いま一つ、実験とともに明らかにしていければよい。目標を変える必要は全くないと思ひますが、実験的にもこういうたところを明らかにしてもらえれば、より充実したプロジェクトになると思ひました。

【加藤分科会長】 先生方からご意見いただひて、特に改めて付け加えるたことはそれほどありませんが、やはり私も、このプロジェクト、最初のほうから見させていただひて、180°Cで50MGOeと非常に高い目標、本当にできるのたろうかという懸念は、ずっと持つていました。今日の発表をお聞きし、機械学習をうまく上手に使うていろいろやると、まだ上がる余地があるというたのに、非常に感銘を受けました。このアプローチを進化させると、最終年度の最終目標クリアもそんなに難しいたことではないと思ひうほどの、まだ実態は見えないたところはいろいろありますが、非常に楽しいな展開になつたことがよ

くわかる発表でした。それから、1-12系といいますか、従来のものに関しては、残念ながら、まだそれほどうまくいっていないところもあるようですが、それ以外のNd₂Fe₁₄Bに限らず、いろんな希土類、鉄系とか希土類、遷移金属系は、これからもあるのかなとは思っております。それから、モーターのほうは、私はあまり専門分野ではありませんが、非常にきちんとしたプロジェクトとして進めているということに感銘を受けております。

本日はいろいろと有意義な発表をいただきまして、私からも感謝申し上げたいと思います。

【福永主査】 ご講評ありがとうございました。推進部長及びPLから一言あれば、いただきたいと思います。

【吉木部長】 今日は一日ありがとうございました。我々としても、もう10年プロジェクトでやっていまして、5年のところで予算が大分減りましたが、目標は変えずに、連携を強化しながら、また、重点項目をつくりながら進めてきました。連携も大分深まり、いろんなところからサジェスチョンをいただいています。モーターメーカー、車メーカーも加わっていただいて、アドバイザー会議等もやって、目標クリアはもちろんですが、実用化に資する方向に持っていきたいと思っておりますので、今後ともよろしくお願いいたします。

【尾崎PL】 本日は、長丁場ありがとうございました。材料のほうは、高い目標を掲げて取り組んできた中で、出てきた派生的な技術もたくさんあります。このプロジェクトが最初に採択されたときに、目標数値の話をしたときに、私、大分批判されましたが、それに対して、皆さんすごく頑張っていたいて、目標を達成できそうなところに来たというのがすごい、と感じています。もう一つは、それで培った技術が無駄にしないということを皆さんやってもらっているので、私としては非常によかったと思います。それを本日の評価委員の先生方が、皆さん評価してくださり、その辺につきましても、またよろしくお願いいたします。ありがとうございました。

【加藤分科会長】 それでは、以上で、議題8を終了させていただきます。

9. 今後の予定

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 プロジェクトの概要説明資料（公開）
- 資料6 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
- 資料7 事業原簿（公開）
- 資料8 今後の予定

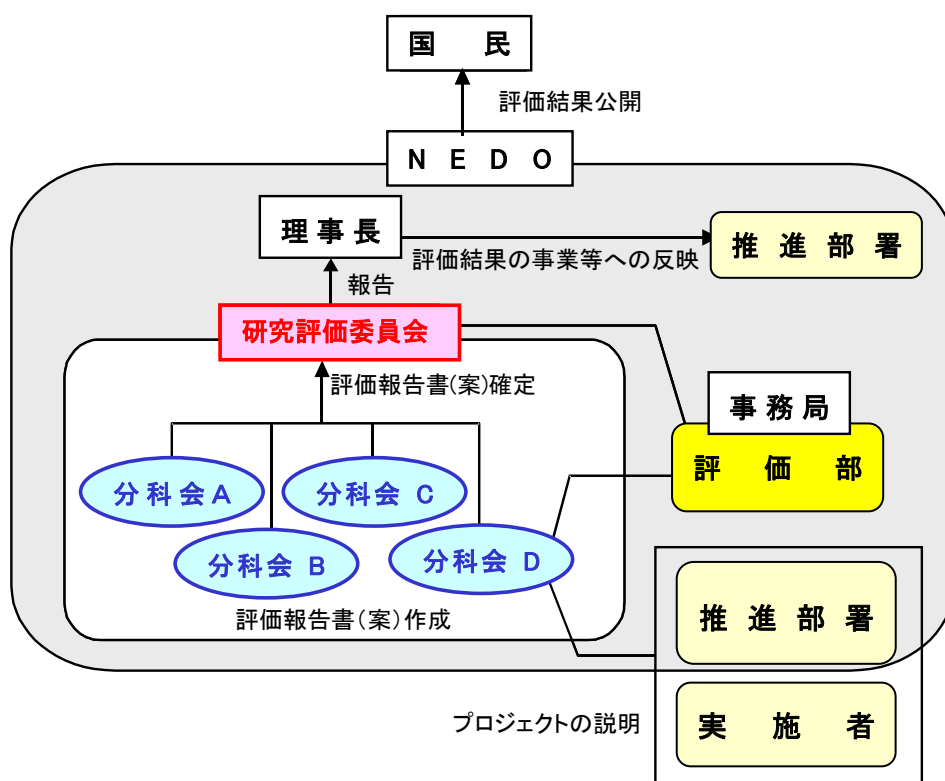
以上

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組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。
- ・ 上位の施策・制度の目標達成のために寄与しているか。

(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）となっているか。
- ・ 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。
- ・ 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、その体制は企業の取組に貢献しているか。

(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。
- ・ 知的財産や研究開発データに関する取扱についてのルールを整備し、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。

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、成果を普及させる取組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組

- ・ 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で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。

4. 成果の実用化に向けた取組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、シミュレーション技術、解析技術などの社会的利用（顧客への提供等）が開始されることをいう。

(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組

- ・ 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。

「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た取組及び見通しについて」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。
- ・上位の施策・制度の目標達成のために寄与しているか。

(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)となっているか。
- ・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、その体制は企業の取組に貢献しているか。【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、成果を普及させる取組を実用化・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組

- ・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・事業化に向けた取組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組

- ・実用化・事業化に取り組む者について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があるか。
- ・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組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組

- ・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組

- ・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、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

「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 |
|---|--|
| <p>【1】 研究開発目標の数値は明確に設定されているが、その根拠が明確に示されていない。</p> <p>【2】 目標達成、及び、効率的な研究開発実施のため、実施者間の連携は、更に密に行う必要がある。特に、実験とシミュレーションとの連携は、強化すべきである。</p> <p>【3】 特許調査や技術動向調査により権利関係や従来磁石との違いを明確にし、知財戦略を示していただきたい。</p> <p>【4】 1-12系磁石にて最終目標の最大エネルギー積「180℃において50MGOe」達成は、かなり難しいが、1-12系の持つポテンシャル</p> | <p>【1】 2030年における、モーター由来のエネルギー消費の大幅削減（CO₂排出量として890万t/年）と、資源リスクに配慮した持続可能な産業競争力の強化を目指し、本プロジェクト終了時（2021年度）の目標を設定した（基本計画に記載済み）。</p> <p>【2】 磁石開発とモーター開発のチーム連携によりプロジェクトで開発した磁石を実装したモーターを試作する。また、モーター開発3社の連携によるシミュレーションに関し、プロジェクト終盤に向けて具体的な連携を強化する。試作モーターの評価結果をフィードバックすることでシミュレーション精度の向上を図る。</p> <p>【3】 磁石開発と特許調査の担当分室間が連携し、知財確保戦略を検討している。今後、より一層連携を密にすることにより、既存特許の特徴を詳細に分析し、強力な知財確立を目指す。</p> <p>【4】 【5】 ESICMMとの連携を深め、1-12系磁石開発の保磁力発現機構を主とした技術課題を明確化し、得られた知見を広く磁石開発に適用</p> |

| 評価のポイント | 反映（対処方針）のポイント |
|---|---|
| <p>から、技術課題と解決に向けた指針を明らかにすることが、将来に向けて極めて重要である</p> <p>【5】 最終目標達成の可能性が高い超ネオジム磁石への注力だけでなく、1-12系磁石についても、ESICMM（元素戦略磁性材料戦略拠点）との連携強化等により、基礎に立ち返った検討の継続が望まれる。</p> <p>【6】 モーターシミュレーション技術については早い段階で実用化の可能性の見極めを行い、可能性の高いものについてはその方向での検討の強化が望まれる。</p> <p>【7】 将来基盤技術となり得るようなテーマについては、基礎研究をバックアップする、きめ細やかなマネジメントが必要である。</p> <p>【8】 新磁石開発チームとモーター開発チームの間の更なる有機的連携による、成果の実用化の取組の加速を望む。</p> | <p>することで開発を加速する。</p> <p>【6】 モーターシミュレーションの実用化に向けて、必要性が高い項目を早期に見極め、重点的に検討する。</p> <p>【7】 必要に応じて、ESICMM との連携や先導研究プログラムの活用等によりバックアップしてゆく。</p> <p>【8】 【2】 の再掲</p> |

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 梅田 到

担当 福永 稔

* 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。

(https://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

ミューザ川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5160 FAX 044-520-5162