

2020年度実施方針

材料・ナノテクノロジー部

1. 件名：部素材の代替・使用量削減に資する技術開発・実証事業

2. 根拠法

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2号

3. 背景及び目的・目標

(1) 研究開発の目的

①政策的な重要性

新型コロナウイルス感染症の世界的な流行によって、人々の健康・経済活動に重要な物資のサプライチェーンの寸断リスクが顕在化した。この経験を踏まえ、予期せぬ危機に際して部素材の供給途絶リスクを解消するためにはサプライチェーンの強靱化に資する技術開発等が必要である。

部素材の中でも、レアアースは供給源が限られているが、高性能磁石やモーター等の中核素材であり、家庭や産業用機器・機械向けなど様々な分野で使用されている上、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いることなどから、部素材の中でも特にサプライチェーンの強靱化が必要な分野である。また、中長期的なエネルギー需給戦略において、モーターの動力変換効率の向上、省エネ化、小型化等の高効率化は最重要課題の一つであるが、高効率モーターの性能はモーター鉄損の低減および磁石性能に依存しており、高性能磁性材料の開発が鍵となる。

現在まで高効率モーター等には磁性材料としてネオジム磁石が利用されている。こ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、自動車の電動化が進展する中でますます必要不可欠なキーデバイスとなる一方、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、耐熱性付与等の性能向上には、重希土類元素であるジスプロシウムの添加が必要である。しかし、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、供給途絶リスクが高い。また、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ネオジムの大量使用時代が来ると言われており、ネオジムの需給が逼迫することも懸念されている。

サプライチェーン強靱化の観点から、重希土類を使用しない高性能磁石の開発や供給途絶懸念のあるレアアースの使用を極力減らす、又は使用しない高性能新磁石材料の探索等は最重要課題の一つである。

また、軽希土類については、複数地域から供給可能であるが高品位のものは供給源が限定されている。そのため、低品位レアアースの高品位化に資する改質技術や低品位レアアースの触媒等材料への代替利用技術も、サプライチェーン強靱化における最重要課題である。

③世界の取組状況

中国はレアアース産出国であることなどを背景にネオジム磁石市場において存在感を増しており、平成27年の世界シェアの80%近くを占めている。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ったような、トータルシステム指向の発想による問題解決を図ろうとしている。しかし、リサイクル可能な磁石を含む日本の次世代自動車は使用後に海外で再利用されていることから、リサイクルで供給途絶懸念があるレアアース需要を満たすことは困難である。

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

本プロジェクトでは、サプライチェーンの強靱化の観点から、レアアースの使用を極力減らす、又は使用しない技術の開発等を行うことを目的としている。

小型・高効率モーターには磁性材料としてネオジム磁石が利用されているが、高効率モーターでは、回転数の高速化により小型化が実現するとともに高効率領域が拡大して実用効率が向上するが、一方で磁石内の渦電流による自己発熱で高温となることから、磁石の性能を維持するため、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。しかし、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、供給途絶リスクが高いことから、ジスプロシウムの使用を極力減らす、又は使用しないことが期待されている。

高温で使用可能な重希土類フリー高性能磁石の開発はNEDO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」として高効率モーター用磁性材料技術研究組合に委託して進められてきた。

モーターの効率化には設計の自由度が重要であるが、小型化が進み磁石の組付け難易度が増すと、設計性能との乖離が顕著となるため、形状自由度や組付け性の良い磁石成形法の開発が

併せて重要となる。更に高速化が進展すると継続的な耐熱性能向上には限界があり、発熱抑制と耐熱性のバランスを考慮した重希土類フリー高性能磁石の開発が重要となる。

これらを総合的に判定し、重希土類フリー高性能磁石の有用性を確認するために、車軸駆動用超高速回転モーターシステムで実走行回転取出し可能性を実証し、磁石ならびにシステム実用化の為の課題を抽出する。これらの事で、重希土類フリー高性能磁石搭載モーターの社会実装への道筋を示し、サプライチェーンの強靱化に繋げる。

また、自動車の電動化の加速などの社会状況の変化を受けて、ネオジムの大量使用時代を見据えて、重希土類を使用せず、供給途絶懸念のあるレアアースの使用を極力減らす、又は使用しない高性能新磁石材料を探索するため、機械学習を用いた新しい磁石開発手法を開発するとともに、一度に多数のデータを取得できるハイスループットな材料作製手法を開発し、機械学習との組み合わせによる探索を行う。

さらに、複数地域から供給可能であるが、含有量や、不純物が多く、現状ではそのままでの利用が難しいレアアース（低品位レアアース）を利用するため、不純物を高効率で除去し、高品位化するための新しい改質技術を確立するとともに、低品位レアアースの高付加価値化等を目指した機能性材料開発実証を行う。

(2) 研究開発の目標

①アウトプット目標

レアアース等の部素材の使用を極力減らす、又は使用しない技術の開発によって、予期せぬ危機に際して重要物資の供給途絶リスクを削減し、サプライチェーンの強靱化に繋げる技術を確立する。

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。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た、2030年に年間890万トンのCO₂排出量削減に貢献する。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3,700億円の削減になる。(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2030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たとした場合530億円/年の市場が創出される。また、産業用モーターの2030年の国内出荷額を約2,000億円とし、その30%に高効率モーターが搭載されたとした場合600億円/年の市場が創出される。両方合わせると、約1,100億円/年の高効率モーター市場創出に貢献する。上記実現にあたり、危機に際して供給途絶リスクの高い重希土類のサプライチェーンのリスク解消が達成され、レアアース使用量削減により一部のサプライチェーンの断絶に対しても必要量が確保できる。

2030年に於ける、酸化セリウムを含む主な自動車排ガス浄化触媒の国内市場規模は、ガソリン車用触媒（三元触媒）1,542億円と予測されており、排ガス規制が一層強化されていくこと

を受け、世界規模では、三元触媒では17,063億円が見込まれている。低品位レアアースを利用した新しい触媒材料技術の開発が進めば、日本独自のサプライチェーンの構築とその強靱化が期待され、国内市場の20%（仮置き数値）が低品位レアアース代替利用となれば300億円の市場が創出される。これら実現にあたり、特定の軽希土類産地に限定されず多様なサプライチェーンを活用できる。

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NEDOの成果報告や展示会、セミナー等で成果発信を積極的に行う。事業期間中、NEDO知財マネジメントにかかる運用「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」やNEDOデータマネジメントに係る運用「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメントに係る基本方針」を活用しつつ、事業アウトカムを最大化するべく、実材料の創生を行う。また本事業の成果の実用化への展開を幅広く行うため、ユーザー企業はじめ内外の供給者／需要者を幅広く巻き込んだオープンイノベーション体制やそのための知財戦略を構築する。

このように次世代自動車や家電、産業機械の心臓部であるモーターや、次世代の素材産業の競争力を確保し、我が国産業全体の活性化に寄与することを目指す。

[委託事業]

研究開発項目① 重希土類を使用しない高性能磁石等の開発

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）を使用しない、小型超高速回転モーター駆動システム用磁石の開発と動作実証および、レアアース量低減、レアアースフリーを目指した新しい磁石開発手法の開発を行う。

研究開発項目①-1 重希土類を使用しない小型超高速回転モーター駆動システム用磁石の開発と動作実証

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）を使用しない高性能磁粉ならびに、形状自由度が高く組付け性の良い成形方法を開発する。成形した磁石は、高保磁力 H_c 高残留磁束密度 B_r を示し、渦電流損の抑制が可能な高電気抵抗を目指す。

更に、開発した磁石を組み込み、車軸に実走行回転の取出しが可能な、小型軽量の車軸駆動用超高速回転モーターシステムを設計・試作し、稼働試験による実証を行うとともに、実用化にむけた課題を抽出する。なお、実証に必要な周辺技術は併せて開発を行う。

【最終目標（2021年度末）】

（1）高性能磁石の開発

重希土類（ジスプロシウム、テルビウム等）を使用しない高保磁力 H_c で高残留磁束密度 B_r の磁粉を開発し、成形方法を開発する。

① 高性能な重希土類フリー磁石粉末の開発

② ローターと磁石の一体化可能な成形技術の開発

③体積抵抗率（電気） $\rho < 10\text{m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上、 $H_c 18\text{kOe}$ 以上、 $B_r 8.5\text{kG}$ 以上の成形磁石の実現

（2）超高速回転モーター駆動システムによる実証

上記磁石を組み込み、実走行回転数の出力を得る車軸駆動用の小型軽量の超高速回転モーターシステムを設計・試作し、稼働実証を行う。また、長時間稼働実証をもって、磁石の耐稼働環境（耐自己発熱、潤滑剤等）の指標とする。

① 車軸駆動用小型軽量超高速モーターシステムの基本設計目安

リッターカーエンジン出力を目安とした、最高出力：50 kW 以上で、

モーター最高回転数：30,000rpm 以上

の稼働実証

② 磁石およびシステムの実用化に向けた課題抽出

研究開発項目①-2 重希土類を使用せず、供給途絶懸念のあるレアアースの使用を極力減らす、又は使用しない高性能新磁石材料を探索するための新しい磁石開発手法の開発

ネオジム磁石を超える可能性のある磁石材料の多くは準安定な材料であり、その特性は結晶構造や材料組成のみならずプロセスに依存する。

【1】機械学習を用いた磁石材料探索を効率的に進める手法を開発し、【2】一度に多数のデータを取得できるハイスループットな材料作製手法を開発し、機械学習との組み合わせの有効性を明らかにする。さらに、これらの研究から得られる知見を活かして、重希土類を使用せず、供給途絶懸念のあるレアアースの使用を極力減らす、又は使用しない磁石の可能性について探索を行う。具体的には、【1】機械学習を利用したデータ駆動型材料開発を（1）磁気物性は第一原理計算データや実験データを基に、優れた組成を予測するシステムを構築（2）プロセス条件由来の組織に強く依存し理論予測が困難な磁気特性は、実験データを基に機械学習システムを構築して因子を明確化、これらの融合で磁石特性予測ができるシステムを構築する。これらは、従来のネオジム磁石以外の高性能磁石候補に適用する。

【2】準安定な状態を作り出すため冷却速度を考慮し、一度に多組成や複数の結晶構造を持つ粉末を合成できるハイスループットな材料プロセスを開発する。【1】の予測結果を、開発したプロセスで適正化することにより、効率的に探索を進めることを実証する。

また、特定レアアース削減により一般に小さくなる保磁力を、材料組織や結晶状態で向上すべくデータ駆動による機械学習により予測して材料探索を行う。

以上の試みにより、データ駆動型の材料開発のプラットフォームを構築するための要素技術を開発し、省希土類元素磁石の高特性化を進める。

【最終目標（2021年度末）】

【1】脱重希土類磁石材料開発をモデルケースとしたデータ駆動型の材料開発プラットフォームの要素技術の開発【2】多組成の粉末を1プロセスで合成できるハイスループット装置の開発。これらの結果として、脱重希土類磁石がネオジム磁石の特性を凌駕するための指針を得る。

研究開発項目② 低品位レアアースを利用した機能性材料の開発

含有量や、不純物が多く、現状ではそのままでの利用が難しいレアアース（低品位レアアース）を利用した多用途、代替化、高付加価値化等を目指した機能性材料開発を行う。

研究開発項目②-1 低品位レアアースの高品位化に資する改質技術の開発

低品位のために使用されていないセリウム化合物から不純物を高効率で除去するため、新たな溶媒抽出等技術の開発を行う。環境に配慮して実施可能な高純度化プロセスにするため、排水基準等が厳しい有害物質の使用量が少なく、かつ有機溶剤使用量の大幅低減が可能な技術とする。

【最終目標（2021年度末）】

複数地域から供給可能でも低品位のためにそのままでの利用が難しいセリウム化合物の品位を、CMP用研磨剤等の素材として、当該製品の生産者が求める品位にまで高め、我が国触媒産業等の発展に寄与することを目指す。環境負荷が高い硝酸性窒素等の排水への流出を考慮し、硝酸溶液を使用しない分離法を開発する。最終的には、小型かつ大量処理が可能で、実プロセスに導入可能な分離装置を用いた試験を行い、実用化への課題を明確にする。

また、以下の各項目について要素技術を確立する。

① セリウム溶媒抽出における選択性向上：忌避元素残存率0.01%以下

分離プロセスの高効率化：従来型ミキサセトラ比で装置規模1/2（同等能力運転）

研究開発項目②-2 低品位レアアースの触媒等材料への代替利用技術の開発実証

酸化セリウムを含有する低品位希土類化合物由来の原料等を用い、自動車排ガス浄化用触媒を調製する。酸化セリウムは触媒の熱安定性や活性向上に必須な助触媒成分である。触媒性能は自動車排ガス成分（CO, HC, NO_x等）の浄化温度特性等で評価され、浄化温度が低いほど触媒性能が高く、低品位原料を利用した触媒材料への代替のためには、実用触媒と同等の浄化性能を示す必要がある。実用触媒の構成成分の見直しやナノメートルレベルでの適材配置を検証することで、実用触媒並みの浄化性能を備えた触媒材料の開発を行う。

【最終目標（2021年度末）】

自動車排ガス浄化用の実用触媒並みの浄化性能を備えた、セリウム化合物の使用率の高い高付加価値な触媒調製技術を、触媒材料並びにハニカム部材化も含めて開発する。

低品位のために利用できない軽希土類化合物について、高品位原料から調製した触媒材料の浄化性能と比較し低下した浄化性能を補うため、触媒組成および構造の最適化等による触媒性能向上を図り、低品位原料を有効利用できる技術開発・実証を実施する。

低品位原料からでも高性能な触媒材料が調製できる、高付加価値な触媒材料技術を開発することで、自動車排ガス浄化触媒の高性能化に不可欠なレアアース（酸化セリウム）の原料代替化を目指し、我が国の技術力の底上げや国際競争力の強化、サプライチェーンの強靱化に貢献する。

また、以下の各項目について要素技術を確立する。

①触媒の構成成分の見直しと適材配置を提案：実用触媒同等性能／プロピレン浄化率 50%の温度 300℃以下（ストイキ組成のモデルガスによるライトオフ特性評価法に準じる、文献：自動車技術会論文集 Vol.50, No.5, September 2019 p1293 等）

②低品位原料の触媒部材の利用割合最適化：低品位原料の利用比（重量比）50%以上

4. 実施内容

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 横沢 伊裕 主査を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理を行い、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。

4. 1 事業規模

委託事業

一般勘定

1 2 億円（新規）事業規模に関しては、変動があり得る。

5. 事業の実施方式

5. 1 公募

(1) 掲載する媒体

「NEDOホームページ」等に記載する。

(2) 公募開始前の事前周知

2020年4月24日にNEDOホームページで、行う。本事業は、e-Rad 対象事業であり、e-Rad 参加の案内も併せて行う。

(3) 公募時期・公募回数

2020年6月中旬に1回行う。（必要に応じプロジェクト成果の最大化や加速化が期待できる事案が生じた場合、時期を勘案して公募を行う。）

(4) 公募期間

原則45日間とする。

(5) 公募説明会

新型コロナウイルス感染予防のため、説明会の開催を差控えるが、状況を勘案した代替手段を公募要領に提示する。E-mailにて質問等を受け付ける予定。

5. 2 採択方法

(1) 審査方法

e-Rad システムへの応募基本情報の登録は必須とする。

委託事業者の選定・審査は、公募要領に合致する応募を対象にNEDOが設置する採択審査委

員会（外部有識者（学識経験者、産業界の経験者等）で構成）で評価（技術評価及び事業化評価）を行う。その結果を参考に、NEDOは本事業の目的の達成に有効と認められる委託事業者を契約・助成審査委員会により決定する。

提案者に対して、必要に応じて追加資料の提出、ヒアリング等を実施する。

採択審査委員会は非公開とし、審査経過に関する問い合わせには応じない。

（2）公募締切から採択決定までの審査等の期間

45日間以内とする。

（3）採択結果の通知

採択結果については、NEDOから提案者に通知する。なお不採択の場合は、その明確な理由を添えて通知する。

（4）採択結果の公表

採択案件については、提案者の名称、研究開発テーマの名称・概要を公表する。

6. その他重要事項

（1）評価の方法

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、技術評価実施規程に基づき、プロジェクトの事後評価を2022年度に実施する。

（2）運営・管理

公募の結果、実施方針に合致する優れた提案があった場合、事業規模の見直しを行う。

（3）複数年度契約の実施

2020年度～2021年度の複数年度契約を行う。

（4）知財マネジメントにかかる運用

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従って事業を実施する。

（5）データマネジメントに係る運用

「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメントに係る基本方針」に従って事業を実施する。

7. スケジュール

7. 1 本年度のスケジュール：

2020年6月中旬・・・公募開始

(公募説明会は開催しないが、代替手段を公募要領に提示)

8月上旬・・・公募締切

9月上旬・・・契約・助成審査委員会

9月中旬・・・採択決定

8. 実施方針の改定履歴

(1) 2020年6月、制定