

平成 27 年度 制度評価書（事後評価）

	作成日	平成 27 年 12 月 25 日
制度・施策名称	非鉄金属資源の安定供給確保に向けた戦略	
事業名称	使用済モーターからの高性能レアアース磁石リサイクル技術開発	コード番号：P12008
担当推進部	環境部	
0. 事業概要		
<p>レアメタル（レアアース(REE)17 元素を含む）は、我が国の産業分野を支える高付加価値な部材の原料であり、近年その需要が拡大する一方、中長期的な安定供給確保に対する懸念が生じている。これに対する政府の具体的な対策として、「非鉄金属資源の安定供給確保に向けた戦略」（平成 18 年 6 月 資源エネルギー庁）において、①探鉱開発の推進、②リサイクルの推進、③代替材料の開発、④備蓄の 4 つの柱が示され、レアメタルの安定供給確保対策に取り組んできた。</p> <p>本制度は、レアメタルリサイクルに関して、特定の産出国への依存度が高く、安定供給に懸念があり、早期に対策を取らなければならない重希土類元素であるネオジム（Nd）、ジスプロシウム（Dy）のリサイクル技術開発を対象としている。Nd、Dy は、レアアース磁石の性能向上に必要不可欠であり、この磁石を用いたモーターは、電気電子機器や自動車等に使用される最終製品の差別化に大きく貢献している。特に、我が国の自動車は、省エネルギーや環境側面等から、高性能磁石を用いた HV 自動車が急速に拡大してきている。</p> <p>このような状況において、HV 自動車に代表される使用済みモーターの大量廃棄時代を見据え、使用済製品から高性能磁石の回収技術と、レアメタル抽出技術を実用化することを目標に、大学・民間企業等からの研究テーマを募り、経済合理性のある静脈産業育成に関わる技術開発を幅広く支援する。</p>		
研究開発テーマの契約条件		
実施期間	原則 2 年	
研究開発費の規模	テーマ毎の研究開発費の上限（実施者負担分+NEDO 負担分） ・ 1～2 億円程度/年	
契約形態	・ 助成（NEDO 助成率 2 / 3 以内）	
対象	原則として日本国内に研究開発拠点を有している企業、大学等の法人	
予算額等実績		
<平成 24 年度>		
予算額	2 億円	
平成 24 年度公募における応募件数及び採択件数	・ 応募 3 件 採択 3 件	
実施件数	・ 3 件	
<平成 25 年度>		
予算額 (平成 24 年度採択分を含む)	1.6 億円	
平成 25 年度公募における応募件数及び採択件数	・ 応募 5 件 採択 3 件	
実施件数 (平成 24 年度採択分を含む)	・ 5 件	
<平成 26 年度>		
予算額	1 億円	
平成 26 年度公募	・ 公募なし	
実施件数 (平成 25 年度採択分を含む)	・ 3 件	

1. 位置付け・必要性（根拠、目的、目標）

（1）根拠

我が国の資源のほとんどは輸入に頼っており、その安定供給は国家的な課題である。近年では、新興国の需要増大による資源獲得競争の激化、国際資源メジャーの寡占化、資源ナショナリズムの高まりなど安定供給に対する困難さは増している。これに対し、「エネルギー基本計画（平成22年6月閣議決定）」や「資源確保戦略（平成24年6月）」等で、資源確保については国家戦略として取り組むことが明確に位置づけられた。レアメタルに関しては、「レアメタル確保戦略」（平成21年7月28日 経済産業省）にて方向性が示されるとともに、「使用済小型家電からのレアメタル回収及び適正処理に関する研究会（平成20～22年度 経済産業省・環境省）」にて、リサイクルすべき14鉱種を選定された。さらに、産業構造審議会環境部会及び中央環境審議会小型電子機器リサイクル小委員会の合同会合の中間取りまとめ（平成24年9月）にて、早急に対応すべき5鉱種（タングステン(W)、コバルト(Co)、タantal(Ta)、ネオジウム(Nd)、ジスプロシウム(Dy))が絞り込まれた。この鉱種のリサイクル技術開発の1つとして、使用済電子機器や自動車からのNd、Dyのリサイクル技術開発の重要性は益々増しているところである。

環境部では、平成22～23年実施の「希少金属代替・削減実用化技術開発助成事業」にて使用済家電機器等からのNd、Dyリサイクル技術の開発を推進した。静脈産業ではリサイクル技術開発とともに使用済製品の回収ループの構築が重要である。家電製品に関しては家電リサイクル法による回収が可能で、大量廃棄時代に先回りしリサイクルループの対応ができている。

一方、HV自動車のモーターは、レアメタルの使用量も多く、既に市場投入されており、大量廃棄が想定できるが、モーターは自動車リサイクル法の対象物ではなく、既存の自動車リサイクラーの一存でその後の扱いが決まる。また、モーターの形状と構造（強固な接合）等から家電製品で培った磁石回収技術の流用も難しいため、使用済自動車からのレアメタルリサイクル技術開発を促すには高度な技術と国の支援が必要となる。また、エレベータに代表される産業用モーターにも採用が進み、同様に大量廃棄が想定されるため、あらかじめリサイクル技術の開発を進めておく必要がある。

以上からも、本制度の根拠は妥当である。

(2) 目的

「第3次循環型社会形成推進基本計画（平成25年5月）」では、「2030年頃までに、廃棄物・リサイクル産業は、循環資源を付加価値の高い製品の原材料のエネルギー等に有効活用する縦循環産業として、国際的な競争力も高めつつ高度に発展し、その中で、大量に蓄積が進んでいる都市鉱山の利用が進展する。」という循環型社会の形成を目指すとしている。それに対して経済産業省の鉱物資源政策として、2010年代後半までの間を「条件整備集中期間」と位置づけ「レアメタルの回収が実際に進むまでの準備として、実際に関係事業者が、回収から選別、再資源化、再利用までの一連の工程に係る取り組みを行い、効率性向上に向けた課題解決や更なる課題の抽出、事業者における経験・ノウハウの蓄積を図る。」としている。

使用済みモーターからのレアメタルリサイクルは、集荷費用とリサイクル後の部材（デバイス、再生材料）の販売額との値差から、リサイクルプロセスコスト、固定費、利益を出す事業であり、集荷量やバージン材の価格変動等の市場原理の影響を受けやすいため、中長期的な時間軸で産業としての経済原則を満たすための育成が必要になる。将来の大量廃棄時代に、スケールメリットを活かした事業を事業者が単独で出来る姿を実現するためには、大量廃棄時期に先行し使用済みモーターのリサイクル技術を確立するとともに、既存リサイクラーからの集荷の仕組み作りや、経験・ノウハウの蓄積期間の確保が必要になる。

本制度は、Nd及びDyの安定供給確保を目指し、各種の使用済みモーターからのNd及びDyを使用した高性能磁石をリサイクルするためのシステムを構築することを目的とするものである。

また、有識者コメント及びユーザーアンケートにおいても、廃棄物の発生がまだ少なく集荷リスクがあり、市況変動リスクが格段に高い分野であるため、制度による支援は初期のリサイクル事業における開発支援として役立っており、他機関と比べても事業化に近い部分で企業を支援する独自性の高い制度であり適切との意見で一致している。

以上から、本制度の目的は妥当であると判断する。

(3) 目標

本事業の目標は、基本計画において以下のように定めている。

【アウトプット目標】

2014年度（平成26年度）末までに、レアアース磁石を使用しているモーター類を対象に、使用済み製品からレアアース磁石をリサイクルするための技術を開発するとともに、実際の使用済み製品を対象とした実証研究に基づく検証・改良を行い、市中からの使用済み製品回収等を含めたリサイクルシステムに適応した技術を確立する。

【アウトカム目標】

市中からの使用済み製品回収や磁石原料としての再供給を含めた一連のリサイクルシステムが事業として成立することで、Nd及びDyの供給リスクの低減が可能となる。

本プロジェクトの各テーマにおいては、単なる技術開発だけではなく、社会実装を見据え、実際の製品を用いた実証と経済性評価を含めた数値目標を設定している。

以上から、本制度の目標は妥当であると判断する。

2. マネジメント（制度の枠組み、テーマの採択審査、制度の運営・管理）

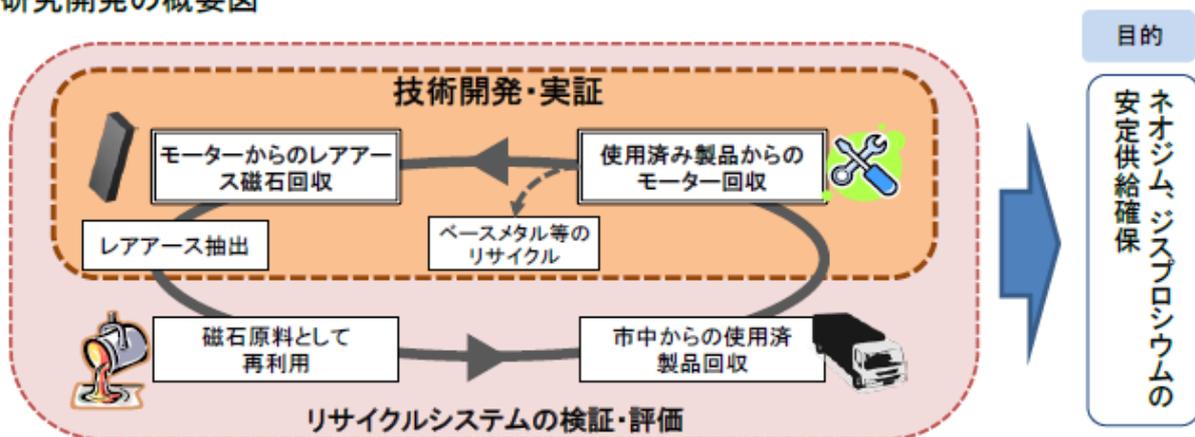
（1）制度の枠組み

「使用済モーターからの高性能レアアース磁石リサイクル技術開発」は、レアアースの安定供給に対する4つの柱の中の、都市鉱山からのリサイクルの実施による再生レアース確保により、供給不安への国の対応策の選択肢を増やすことである。特に、静脈産業の場合は、リサイクル技術開発だけでなく、使用済製品の回収率を高め、再生品の価値を高めることが事業化では重要となる。本制度では、レアアース磁石を用いた使用済み製品が大量発生するまでに、集荷や再生品の有価性を高めることを含めた技術開発・実証を複数の回収対象品及びレアアース抽出技術の開発を対象に幅広く公募し、提案のあった8件の内、リサイクルシステムとしての実現可能性の検証を関連企業等と協力して行う優れた提案を6件採択した。これにより様々な製品からのリサイクルシステムの構築を目指した。

有識者からは、複数の手法によりレアアース磁石リサイクルのバリューチェーンを幅広くカバーすることの有用性と、個々の成果や同定された課題がバリューチェーンの中で繋がることによってリサイクルシステムが構築できる枠組みになっているとの意見をもらっている。

以上により、制度の枠組みは妥当であると考えられる。

研究開発の概要図



（2）テーマの公募・採択審査

平成24年度のテーマ公募で3テーマ（5事業者）を採択した。平成24年度時点で、HV自動車生産のTOP2であるトヨタ車、ホンダ車のエンジンユニットからモーター（両者でのHVシステム構造が異なる）を分離し、モーターローターから磁石を回収、モーターステーターからベースメタルを回収する技術開発の2テーマと、磁石からのレアアース抽出技術として、従来方法の溶剤を用いた方法に対し、新たな乾式のレアアース抽出技術の1テーマを採択し基本部分を固めた。

さらに、基本計画を2年延長し、平成25年度の公募では、中小リサイクラー向けの可搬式解体装置のテーマ、家電（H22-23実施済）、HV自動車以外の、産業用モーターを対象とした磁石回収から抽出までの一貫リサイクルシステムのテーマ及び高温溶融により前処理が不要になる原理確認レベルの抽出技術のテーマの合計3テーマを採択し、各種の廃製品からのレアアース磁石リサイクル及びサプライチェーン全体をカバーできるように拡充した。

使用済製品からのリサイクル技術に関しては、単なる技術開発だけでなく、集荷や再生レアアースの再販（流通）などの社会システムに関わる産業分野であり、この分野に熟知している有識者に採択委員、事後評価委員を要請した。よって、公募要領だけでは十分に説明しきれない本産業分野の特徴を、採択及び事後評価委員会等を通じて提案者に示すことができ、NEDOから提案者に対してリサイクル事業に関する適切な方向性を示すことが可能となった。

また、ユーザーアンケートにおいて、公募期間の延長の要望があった。公募期間の延長を検討するとともに、公募予告を前倒しする等の運用で、提案者が十分に準備できるように努める必要がある。

(3) 制度の運営・管理

採択されたテーマは、2年間の複数年度契約を基本とし、採択時及び事後評価時には、有識者委員より、目的、取組内容及び成果に関して、評価されるように努めた。また、実施中においては、NEDOが定期的に目標に対する進捗状況を確認し、提案内容に対する事業化への目標設定や今後の方向性について適切なアドバイスを実施した。

また、当初は平成24～25年度で1回のみ採択を想定していたが、Nd、Dyのレアアースの安定供給問題に対するリサイクル事業の重要性を鑑み、平成25～26年度も追加で新規テーマを公募した。有識者委員からは、「成果が上がり、事業を継続する場合は問題がないが、課題の同定で終わるような場合は、より早期での提言等を行う仕組みの検討も必要」とのコメントがあった。事業期間が短いテーマ（2年以内）場合であっても、有識者委員を含めて中間でモニタリングできる仕組みを検討する必要がある。

事後評価結果

	合格の割合	評価総数	優良	合格	否
平成24年度採択	100%	3	3	0	0
平成25年度採択	100%	3	2	1	0

※評価委員の評価点のA, B, C, Dをそれぞれ、100点, 75点, 50点, 25点とし、各委員の平均点で、100～87.5点以上を（優良）、87.5未満～62.5点以上を（合格）、62.5点未満を（否）と評価した。

また、本制度の運営管理については、ユーザーアンケートの結果からも、全ての回答者から妥当との回答を得ており、進捗管理における、支援、サポート、柔軟な対応により管理方法の理解が得られた。

以上により、適切な運営・管理を行っている判断される。

3. 成果

本制度は、レアアースの中長期的な安定供給確保に対する懸念に対し、資源エネルギー庁から報告された「非鉄金属資源の安定供給確保に向けた戦略」（平成 18 年 6 月）の 4 本柱の内の 1 つである、リサイクルの推進に向けた技術開発である。特に、政府の審議会で示されたリサイクル技術がなく早急に対応すべき重点 5 鉱種（W、Co、Ta、Nd、Dy）の内、Nd、Dy は高性能レアアース磁石には必須の元素であり、家電や HV 車に搭載され近い将来大量廃棄の時代を迎え、現状のままでは、廃棄された使用済みモーターが、海外（特に新興国）に廃棄物として安価で販売され、レアメタルのリサイクルがされないまま処理されることが予想される。

本制度の研究開発においては、HV 自動車や産業用エレベーターモーターからのレアアース磁石回収技術を確立した。さらに、単にリサイクル技術の開発だけでなく、大量廃棄時代までに集荷や回収物のリサイクル社会システムの構築に向けた実証期間を確保した事業であり、実態に即したタイミングと目標を設定した技術開発を通じ、将来のレアアースの安定供給確保に貢献するものと考えられる。

さらに、回収した磁石からの新しいレアアース抽出技術の開発においては、現在の湿式方式とは異なる乾式方式を採用し、将来のレアアース抽出プロセスでの選択肢を拡げることが可能となり、リスク分散としての評価が高いと考えられる。また、再生ネオジム磁石の試作に成功したことにより、一貫したリサイクルループの構築をすることが可能になった。

以下に採択したテーマごとの成果を示す。

○使用済製品からの高性能磁石リサイクルシステム構築のためのレアアース分離技術の開発 （株式会社日立製作所 平成 24 年度）

Mg を用いた熔融金属による Nd、Dy 抽出技術を開発。Nd 抽出率>95%、回収 REE 純度>99% を達成し、また事業化に向けてスケールアップした装置での課題抽出を完了した。対象とする家電磁石の回収量が想定より低く、また再生レアアースの価格が低下したことから、2 年目に予定していた日立グループの磁石合金ライン（日立金属）での採用はタイミングを見て実施するとしたため、規模を拡大しての実証研究は中断したものの、レアアース抽出技術の選択肢の拡大に寄与したと評価される。

○使用済み HV エンジンユニットの回収及びネオジム磁石リサイクルの事業化に向けた技術開発事業（豊田通商(株)/豊田メタル(株)/豊通リサイクル(株) 平成 24～25 年度）

トヨタ HV 車を想定したエンジンユニットからの HV 自動車モーター用高性能磁石回収技術を開発。重機を用いたモーター分離（大規模リサイクラー向け）、手解体によるモーター分離（中規模リサイクラー向け）の 2 つのリサイクル技術を開発。2017 年度単年度黒字化を見込み、2020 年代中ばの大量廃棄時代では、ラインの能力増強を図ることで対応するとの意気込みもあり、更に先の環境負荷低減を見据えた取り組みとして評価できる。

○使用済み自動車からの希少金属回収技術開発 （三菱マテリアル株式会社 平成 24～25 年度）

HV 自動車市場投入台数トップのトヨタ車に対し急速に追従しているホンダ車を想定したエンジンユニットからの HV 自動車モーター高性能磁石回収技術を開発。なお、ホンダ車の HV システムはトヨタ車の HV システムとエンジンユニット構成が異なるため、豊田通商グループの解体技術は直接的に活用できない。事業終了後は、大量廃棄時代に向け、本格的なリサイクル事業を実施していくためには、リサイクル事業者と連携していくことが不可欠となるため、大手自動車リサイクラーであるマーク・コーポレーション(株)に出資するとともに、同社と連携して実証研究を開始している。大量廃棄時は、同技術の拠点展開で対応するとしており、同社のこの分野への積極的な進出が評価できる。

○使用済みモーターからの高性能磁石回収及びレアアースリサイクル技術の開発

(株式会社東芝 平成 25～26 年度)

これまで実施されていなかった産業用モーター由来のレアアース磁石リサイクルとして、エレベーター用モーターのリサイクル一貫プロセスが構築できた。大型モーターからの磁石の取り出しプロセスに合った装置の開発、熔融塩による新規レアアース抽出技術の確立と、抽出した合金から再生磁石の試作を実施し、バージン材比 90%以上の性能を達成した。今後、回収ルートが把握できる利点を生かし、グループ内のエレベーター用モーターのリサイクル事業から進め、他社用モーターの回収、他用途のモーターを含め拡大を図る計画も評価できる。

○使用済みモーター分解装置の開発 (アサヒプリテック株式会社 平成 25～26 年度)

自社の回収ルート (触媒回収ルート) を生かしてレアアース磁石を回収するための回収システムを構築した。自動車解体業者では自動車用の HV モーターからローターコア取り出すための低コストで動力源を必要としない可搬式解体装置を用いて分解。回収して集められたローターコアは、自社工場でレアアース磁石の取り出しのための脱磁装置、3 次解体装置を用いて磁石を取り出すという独自の回収システムが構築できた。

現時点では、廃車の発生量が少ないため事業としては成立しないが、非常に簡便な解体装置であり、自動車解体業者に常設する等の回収の仕組みを含めて実証事業を継続して進めていく予定である。また、超低コストで動力源がいらぬ可搬式装置であることから、中古として海外流出した車両から現地で回収するには非常にメリットがある回収システムであり、今後の海外展開が期待できる。

○メッキ除去・解体不要な使用済みモーターからのレアアース磁石リサイクル技術の開発

(岩谷産業株式会社 平成 25～26 年度)

個別最適化が必要な前処理 (解体、解砕、消磁、メッキ除去) を行わずにレアアース酸化物を分離して取り出すことのできる高温溶解プロセスを、実験室レベルから 10kg の中容量レベルの実証実験 (小型モーター、エアコン、自動車用モーター、EPS (※1) モーター等) で確立できた。現時点では、事業化には大幅なコスト削減が必要であり、大容量化、連続処理化等の技術面、集荷の仕組み等の社会システム面の検討が必要である。また、これまで処理コスト面で回収対象に入らなかった小型モーターには有効な技術であり、継続して技術開発を進めることも必要である。

(※1) : 電動パワーステアリング (Electric Power Steering)

以上より、予定していた技術課題は概ね達成されており、目的、目標の成果は得られている。

なお、有識者委員のコメントでは、「それぞれの技術課題はかなり達成されている。」「技術的な目標は、いずれの課題も概ね達成できており、目的、目標に見合った成果が得られている。」などの意見があり、技術面の成果では高く評価されている。他方、今後の事業化面では、有識者より「レアアースの価格変動、回収量の課題に対して、事業化出来ない状況があることも事実であり、継続的にこれらの技術をどうまとめるかの検討を継続して欲しい。」「サプライチェーンの確立と回収技術の開発がキーである。」など、NEDO に対して継続して事業化動向をモニタリングするとともに、サプライチェーンの確立に向けて回収システムの課題に取り組むことが求められている。

4. 総合評価

① 総括

レアアースを都市鉱山から得るための技術開発は、我が国独自の資源で供給可能とし、将来に亘る安定供給に資するために必要な内容であり、国が支援しなくてはならない制度であった。これらの成果により将来的なレアアースの安定供給確保に貢献ができた。

具体的には、市中からの使用済み製品回収、使用済み製品からのモーター回収、モーターからの磁石回収、磁石からのレアアース抽出、磁石原料としての再利用からなる一貫した磁石リサイクルシステムにおいて、回収ルートの情勢に合った回収の仕組み、回収価格の設定による回収量の実態調査、各種モーターに合った解体装置開発、従来の湿式法だけでなく熔融金属抽出法、熔融塩抽出法、高温プロセスによる溶解法等の各種抽出技術の開発など、各種磁石製品に対して、多様なリサイクル技術開発が実現できた。

以上から、本制度を実施したことは妥当であったと考えられる。

② 今後の展開

資源価格は、一時期のレアアース価格の高騰から現在は高騰前の価格に戻っている状況であり、また、十分な回収量を確保できていない状況でもあるため、以下の課題を認識している。

- ・レアメタルの資源価格が安定せず長期の事業計画を立案することが困難。
- ・レアアース磁石の発生量がまだ少なく、将来に向けてさらなる回収ルートの構築が必要。
- ・レアアース磁石の収集・分別コストを更に合理化する必要がある。

しかしながら、将来の供給リスクの回避のためには、継続して制度終了後の状況の監視、更なる支援制度の提案等が必要であるとのコメントが、有識者委員から指摘されている。

特に今後は、各種リサイクル技術の開発のみではなく、回収システムの構築等の課題を継続して取り組む新たな制度が必要であり、社会システムの課題解決、または社会システムの構築を含んだ制度も必要である。また、本制度における技術開発成果を踏まえて、政策当局との制度支援策も検討する必要がある。

「使用済モーターからの高性能レアアース磁石リサイクル技術開発」
制度評価コメント

【I. 各論】

I-1 位置付け・必要性

＜肯定的意見＞

・希土類磁石はまだこれからも日本のハイテク製品を支えるものである。したがって、そのリサイクルは資源確保及び将来の循環型社会構築のために必要な技術である。特に複数年にわたり、対象が異なる廃製品にそれぞれ違ったアプローチを提案し採用している点が評価できる。

・高性能磁石では、Nd 磁石を超えるものが発明されることは物性的にかなり可能性が低く難しいものとされている。また、磁石の耐熱性を維持できる元素として、Dy、Tb の代替元素も可能性は少ない。Dy、Tb は粒界拡散の技術も開発されたこともあり若干リスクは下がったものの、供給リスクについては本質的には何も変わっていない。資源的にも低コストのレアアース原料生産は中国が中心であり、輸出制限の動向からハイテク製品製造の安定生産を阻害するリスクは、現実的に高まった結果となった。従って、その安定供給と循環による補填は、価格安定と供給リスクの低減にはとても重要であり、資源供給を政治的に利用する国に対しても大きな牽制効果も期待できることになる。また、寡占化による価格操作にも対抗しうる手段ともなり得る。現実的に白金族等の元素は 90%以上の寡占化が進んでいるが、資源回収比率が 30%程度と高まってきており、寡占化による価格高騰操作の意図の牽制緩和には、有効になりつつある。よって、これらを循環させて全体の使用量の補填を多くすることは、価格、供給リスク、資源供給の政治的利用防御の観点からとても重要性がある技術開発である。ただしスクラップからの回収は、一般的にコストは天然資源に比較して高いので中々事業として実現させるのは難しい。やはり、初期段階は回収量も少なく設備投資費の負担から採算は取りづらいのが当然であり、民間企業では簡単に事業化することは難しく、何らかの支援策が必要なことは言うまでもないだろう。

・現状において、レアアース価格は安定し、直近の供給不安は解消されているものの、依然として、生産国の寡占状態は継続している。また、我が国の産業において不可欠な金属であることに変わりはない。本事業は、このようなレアアースを我が国独自で供給可能とし、将来に亘る安定供給に資するための技術開発であり、国が支援しなければならない制度である。

・短期的な市況の変動は避けられないものの、レアアースに関する資源制約は中長期的にリスク要因である。磁石メーカーでの工程内リサイクルが自己完結的に実施されている中、リサイクルによる安定供給を実現するために使用済み財に着目した本制度は社会経済動向と整合している。

・集荷リスクと並んで出口の市況変動リスクが格段に大きい分野であり、研究開発活動を促すためには国の支援が必要である。

<問題点・改善すべき点>

・いずれのテーマでも制度終了地点で実用化は難しいと言う結論になった。最大の理由は希土類元素価格の大幅な低下であるが、他にも回収システムの問題が大きい。この点は企業だけでは解決できない部分があり、そこをサポートすることが国として必要である。

・価格変動リスクがある元素であり、リサイクルにはコストがかかるため、NEDOの開発支援の後、制度的支援策も考慮する必要がある。

・この制度に合わせ、回収対象物毎に回収システムの課題を明確にし、事業展開を進めるために必要なシステム構築を NEDO として提案できるようにすべきであった。

<その他の意見>

・最終的な循環率をどのように設定するか議論が必要。事例として中国依存の高い In、W の例と比較検討すべきである。

・技術の水平展開を図り全国統一の技術スタイルを構築する、又は、レアアース価格の変動を吸収しつつ、継続的な事業化を図る上では、個別企業への技術支援では不完全である。今後、静脈産業の確立と、動脈産業を巻き込んだレアアースの循環体制の確立にも配慮すべきと考えられる。

・NEDO の支援は、制度的にも他にはないこともあり、国の支援策としては最も有効な方法と言える。学問的には新しい技術開発要素は多くないので、文科省のスキームにはなりえない。また世界的にも使用済み製品からの磁石の回収は行われている例は少なく、高性能希土類磁石の生産は日本が中心である。中国は、量は日本より多いが性能的には追いついていない状況である。

I-2 マネジメント

<肯定的意見>

- ・テーマを種々製品の廃磁石に分散し、それぞれの技術課題を明確にしたのは良かった。
- ・公募・採択審査については業界・製錬・分別回収・投資に関わる第一人者のメンバーで構成されており公平な審査がなされたと判断される。
- ・制度運営管理については委託先の信頼性の評価、進捗状況管理、投資と回収コスト、採算性がしっかりと管理・評価されており、今後の支援の政策等にも生かせる結果が想定される。
- ・制度ユーザーにとっては、支援は分解に有効な装置開発等に十分に生かされており、回収システムの実現に大きく役立ったと判断される。
- ・公平かつ適切な審査、運営がなされており、適切な執行の範囲で、助成金活用の自由度も確保されている。また、実施期間中においても、提案内容に対する事業化への目標設定や今後の方向性について、適切に提言されたと理解できる。
- ・レアアース磁石リサイクルのバリューチェーンをほぼカバーする多様なプロジェクトが選定されており、個々の成果や同定された課題の価値はもとより、プロジェクト相互のシナジーの可能性が事後評価の場で議論されるなど、制度として一定の成果が上がっている。

<問題点・改善すべき点>

- ・事業化までの期間を一律に設定しているが、提案内容は、堅実なものから、挑戦的なものまで多岐に亘っており、研究開発の困難度に応じた設定がなされる方が良い。
- ・事後評価の段階では、助成事業終了後の方向性について既に方針が決まっている場合がある。成果も上がり、継続するという場合は問題ないが、課題の同定で終わり、今後は様子見などの場合、提言等に効果があるか疑問がある。事業途中のモニタリングフェーズで何らかの提言等を行う仕組みも必要である。
- ・可能であれば、リサイクルプロジェクト全体を見渡せる専用のリーダーを置いてリサイクル技術及びシステムの課題を包括的にまとめることをすべき。そうしないと、単なる開発技術の成果物だけが残るだけになる恐れがある。

<その他の意見>

なし

I-3 成果

<肯定的意見>

・それぞれの技術課題はかなり達成されている。それでも事業化できない状況があることも事実であり、是非継続的にこれらの技術の今後の展開を検討して欲しい。

・本事業の最大の目的は、サプライチェーンの確立と回収技術の開発がキーである。今回は様々な回収技術の確立とサプライチェーン、将来の発生量、物量把握、価格に対するコスト構造等が明確になったことが大きな成果であった。グローバル化による海外への磁石の拡散は続いており、今後も回収量を上げて行くには長期的モニタリングが必要である。

・事業期間内にレアアースの大幅な価格変動があり、コスト試算的に当初目標を到達できないことは不可避であったと理解される。技術的な目標は、いずれの課題も概ね到達できており、目的、目標に見合った成果が得られている。

・まだ処理対象となる使用済みモーターが十分になく、また市況が大きく変動するなど入口・出口のリスクファクターが過大な中、成果は、もっぱら開発された技術が、一定の条件の下で成功する可能性があるかどうかという視点で把握されている。このため定量化の面で不十分な面はあるものの、多くは事業化の可能性を十分に秘めた成果を上げている。

<問題点・改善すべき点>

・最大の課題は低価格化による回収コスト構造の悪化であり、当面は量的に回収量が増えないと、事業としての採算性は厳しいものが示唆されるので今後のウォッチも重要である。

・事業化に向けてレアアースの価格変動をどのように吸収するかについての課題解決と、どのようにして実用化に至ったか(あるいは断念したか)について、継続してモニタリングすべき。

・本格的な事業展開が中期的に期待される領域についての技術開発を評価する場合、事業性にかかる成果として何を重視するのか、ある程度明確にしておくことが望ましい。

<その他の意見>

・多くの場合、技術開発が終了すると何が問題であるかを議論せず、かつそれを利用できる形で残さないケースが見られる。今回は、それぞれが成果を出しており、是非 NEDO としてこれらの技術をどのように生かしていくのかをまとめて欲しい。

・特に収集システムと開発技術の関係をさらに検討し、どこまでシステムを作りこむ必要があるのかを明確にし、その実現を図るための課題抽出と解決策の提案を全体で行うことが重要である。

・現在では磁石をそのまま再利用することは難しいが、他用途へのカスケード利用により使用用途と付加価値も増えるので、脱磁後切断し再加工、着磁も検討すべきである。

中国ではバッグ等への利用事例はある。コスト的には再溶解精製よりも有利であり、用途技術開発も検討の余地がある。

【Ⅱ. 総論】

Ⅱ-1. 総合評価

<肯定的意見>

- ・テーマの出し方、また対象廃磁石の選定など良い部分が多く見られる。
- ・技術的には回収は実現可能な段階にあり、今後は発生量も増加するので、技術の維持が出来れば今後の資源確保の補填手段になり得るものである。
相対的に循環率が使用量の 50%を超えると、価格も安定し供給リスクは大幅に緩和できると予想される。
In と W は中国に原料の大半を依存しているが、In はターゲットの循環率が 70%であり全体では 90%にもなっている。したがって、供給リスクは大幅に緩和されている現実がその例である。W も工場によっては加工工場等の市中回収で 30~40%になっている例もあり、供給リスクは緩和されている。
- ・各種磁石製品に対して多様なリサイクル技術開発が実施されており、このような要素技術が加速できたことは、我が国のリサイクル技術の国際的な優位性を保つ意味でも有意義であったと思われる。
- ・制度導入時は、顕在化した資源制約リスクに対する時宜を得たテーマ設定であった。また、市況変動により事業環境が大きく変動した事後評価時点においても、中期的に確実に増大する使用済みレアアース磁石のリサイクルを、我が国の関連産業の比較優位に如何に結びつけるかが議論されるなど、本制度は、NEDO が関与すべき意義あるものであったと言える。

<問題点・改善すべき点>

・テーマ選定期間よりは価格が大幅に低下しており、今後はコスト的支援策を検討すべきである。

・提案課題は、全て事業化を見据えたものになっているが、開発困難度が高く、事業化前に、継続的な応用研究が必要なものも散見される。今後、モーター構造や磁石構造も変化していくことを踏まえれば、少額でもよいので、継続的な研究支援をすることが必要である。

・価格低下も予想されるため、そのときの技術課題の変更なども小まめに行える体制を整えるのも必要である。

<その他の意見>

なし

II-2.今後の提言

<今後に対する提言>

・レアメタルリサイクルの事業化は技術開発のみでは進まない。したがって、並行してシステム課題解決のプロジェクトを走らせるべきである。リサイクルの促進は常に社会システムと技術開発の両輪がマッチして進むべき分野である。

NEDO は成り立ちとして技術開発にのみ重きを置くがこれからは社会システム構築、そのための課題解決についても NEDO 事業の展開が求められる。必要があれば、他の機関との連携を持ってその課題をクリアーするくらいの考え方が必要である。

・回収コストはかなり下がってきているが、資源価格がピーク時から大幅に低下している。採算性は難しいものがあるが、自動車、家電リサイクル法の枠内の使用済み製品は、その財源の一部をわずかに支援するだけで回収量は大幅に増加する可能性があり、法改正も含めて前向きに推進すべきである。ビン、缶、紙の収集に自治体等の補助金を大きく投入している現実を踏まえれば、比較としても実現可能な方策でもある。

・磁石リサイクル技術を確立する上で、各課題で検討した対象製品には、重複するものもあれば、漏れもある。また、対象製品の技術開発においても、なお検討すべき技術課題が残されている。全磁石製品に対するこれらの技術マップを作成し、残された課題に対する明確な把握が必要。また、事業については、企業の自由競争に基づいて自発的になされることが理想であるが、我が国の資源戦略における各事業の位置付けなどを正確に把握し、情勢によっては必要に応じた支援も視野に入れ、総合的な開発へ繋がる制度設計などに発展させることが必要である。

・技術開発の新規性・優位性を早期に事業可能性で補強する視点が重視されつつある状況に鑑みれば、事業性の判断に関する判断基準等のある程度明示し、申請者にこれを意識した申請を促すことが必要である。

「使用済モーターからの高性能レアアース磁石リサイクル技術開発」

テーマ評価・制度評価委員会

委員名簿

職位	氏名	所属、役職
委員長	中村 崇	東北大学 多元物質科学研究所 サステナブル理工学研究センター 教授
委員	大木 達也	国立研究開発法人産業技術総合研究所 エネルギー環境領域・環境管理研究部門 総括研究主幹
委員	加藤 秀和	一般財団法人国際資源開発研修センター 研修企画部長
委員	竹ヶ原 啓介	株式会社日本政策投資銀行 環境・CSR 部長

平成 27 年 8 月 31 日現在