

「希少金属代替材料開発プロジェクト／Nd-Fe-B系磁石を代替
する新規永久磁石及びイットリウム系複合材料の開発／超軽量
高性能モータ等向けイットリウム系複合材料の開発」

事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
プロジェクト概要	2
評価概要（案）	8
評点結果	15

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「希少金属代替材料開発プロジェクト／Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石及びリチウム系複合材料の開発／超軽量高性能モータ等向けリチウム系複合材料の開発」(事後評価)
分科会委員名簿

(平成23年10月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	くまくら ひろあき 熊倉 浩明	独立行政法人 物質・材料研究機構 強磁場ステーション ステーション長 筑波大学 大学院数理物質科学研究科 教授
分科会長 代理	すぎもと ひでひこ 杉本 英彦	福井大学 大学院工学研究科 特命教授
委員	あさの かつひこ 浅野 克彦	株式会社 日立製作所 電力システム社 日立事業所 主管技師長
	しもやま じゅんいち 下山 淳一	東京大学 大学院工学系研究科 応用化学専攻 准教授
	ほしの つとむ 星野 勉	明星大学 理工学部 総合理工学科 教授
	まえだ としひこ 前田 敏彦	高知工科大学 環境理工学群 教授

敬称略、五十音順

プロジェクト概要

		最終更新日	平成23年9月20日	
プログラム(又は施策)名	ナノテク・部材イノベーションプログラム 環境安心イノベーションプログラム(資源制約克服/3R)			
プロジェクト名	「希少金属代替材料開発プロジェクト」 Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石及びイットリウム系複合材料の開発(超軽量高性能モータ等向けイットリウム系複合材料の開発)	プロジェクト番号	P08023	
担当推進部/担当者	省エネルギー部 三輪 肇 (平成23年10月現在) エネルギー対策推進部 川上 耕司 (平成22年7月~平成22年12月) 新エネルギー技術開発部 川上 耕司 (平成21年3月~平成22年6月)			
0. 事業の概要	イットリウム系複合材料は、ディスプロシウムを含有するモータ部材に将来的に代わる可能性があるとして期待されており、当開発を実施することで希少金属使用量の削減を図る。次世代超軽量高性能モータ等を実現するイットリウム系複合材料について、(1)超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発、(2)イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発 (3)イットリウム系複合材料を用いた回転機要素技術開発、を実施した。			
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>【NEDO が関与する意義】 本研究開発は、「ナノテク・材料分野」に列挙されている「戦略重点科学技術」のうち「資源問題解決の決定打となる希少資源・不足資源代替材料革新技術」にあたるものであり、文部科学省の元素戦略プロジェクトと連携し基礎から実用化までの間隙のない支援体制を確立して行うもので、我が国の科学技術力の向上という観点からも極めて意義が高いものである。 よって、政策的な位置付けであること、資源セキュリティに係ること、高度な技術開発が必要であること、更に開発リスクが非常に高いこと等の観点からNEDOが推進すべき研究開発プロジェクトである。</p> <p>【事業の背景・目的・位置付け】 現在及び将来において我が国経済を牽引していく産業分野において、競争力を発揮し世界を勝ち抜いていくために、多様な連携(川上・川下産業の垂直連携、材料創製・加工との水平連携)による研究開発の推進により、当該市場のニーズに応える機能を実現する上で不可欠な高品質・高性能の部品・部材をタイムリーに提供し、又は提案することができる部材の基盤技術を確立することを目的とした「ナノテク・部材イノベーションプログラム」、及び環境・資源制約を克服し循環型経済システムを構築することを目的とした「環境安心イノベーションプログラム」の一環として本プロジェクトを実施する。 希少金属は、我が国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している。しかし、途上国における著しい需要の拡大や、そもそも他の金属と比較して、金属自体が希少であり、代替性も著しく低く、その偏在性ゆえに特定の産出国への依存度が高いこと等から、我が国の中長期的な安定供給確保に対する懸念が生じている。これに対する具体的な対策として、平成18年6月、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」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、等が整理され、現在それぞれにおける具体的な対策が進められている。 本研究開発は、この総合的な対策の一部として非鉄金属資源の代替材料及び使用量低減技術の確立を目的としている。 その中でも、本研究開発項目では、ディスプロシウムを含有するモータ部材に将来的に代わる可能性のある次世代モータ部材を実現するイットリウム系複合材料の開発を行う。イットリウムは光学ガラス、赤色蛍光体、自動車の排ガス処理用触媒等に利用されている希少金属である。イットリウムを用いた複合材料は、ディスプロシウムを含有するモータ部材に将来的に代わる可能性があるとして期待されている。高温超電導材料であるイットリウム系複合材料は、線材形状をしていることから界磁巻線同期回転機への適用が可能であり、超電導材料は電気抵抗が零であることから損失なく電流を流すことができる。約90K以上の臨界温度(Tc)を有し、特に磁場中で高い臨界電流(Ic)特性を示すことから電動機等の回転機の磁場中での応用に適した材料である。 イットリウム系複合材は、次世代モータ、発電機、医療診断機器等の実現には不可欠な材料であり、この開発を行う必要がある。</p>			

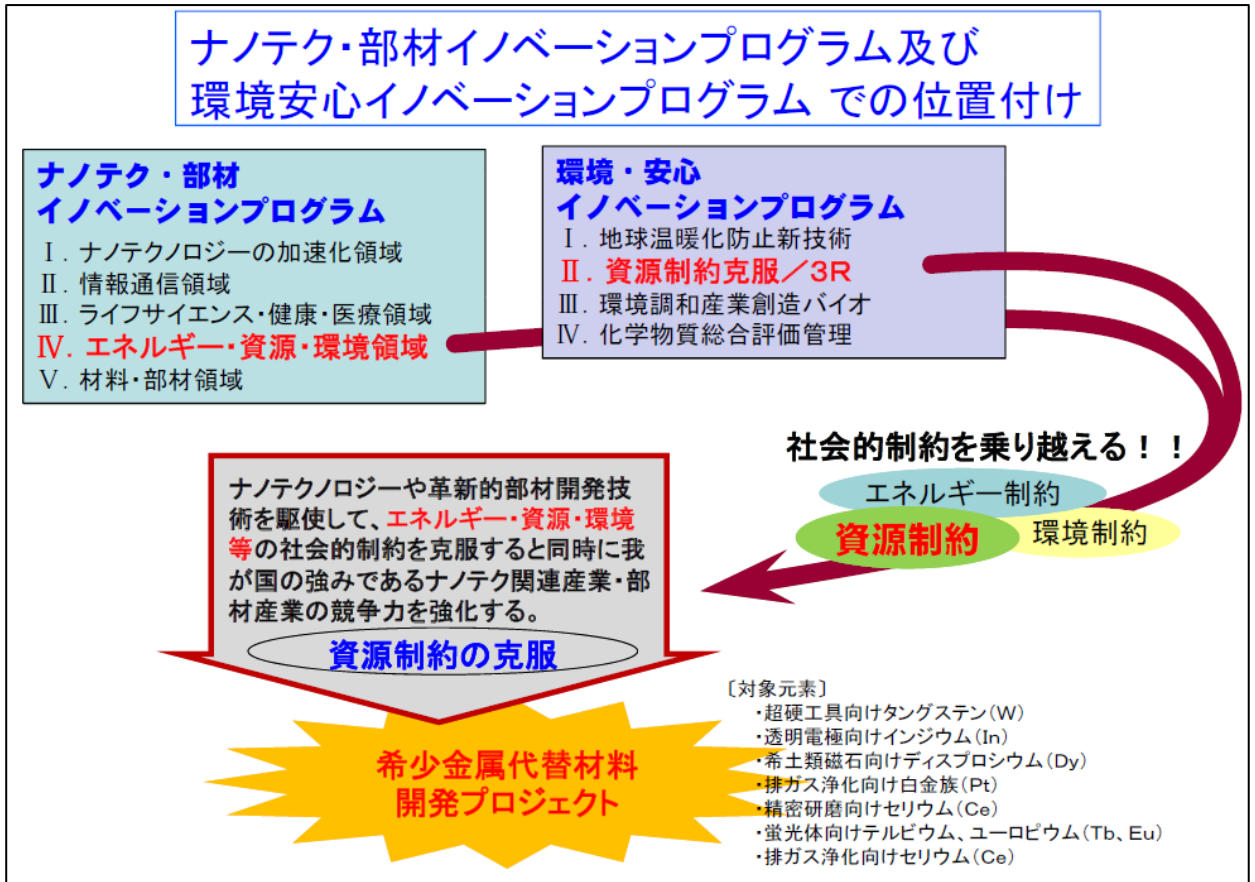
II. 研究開発マネジメントについて

事業の目標	イットリウムを用いた複合材料は、ディスプレイウムを含有するモータ部材に将来的に代わる可能性がある」と期待されている。このイットリウム系複合材料は、次世代モータ、発電機、医療診断機器等の実現には不可欠な材料であり、当開発を実施することで希少金属使用量の削減を図る。					
事業の計画内容	主な実施事項	H 2 1 fy	H 2 2 fy	H 2 3 fy	総額	
	Nd-Fe-B 系磁石を代替する新規永久磁石及びイットリウム系複合材料の開発（超軽量高性能モータ等向けイットリウム系複合材料の開発）			→	2996 百万円	
	成果とりまとめ			→		
開発予算 （会計・勘定別に事業費の実績額を記載） （単位：百万円）	会計・勘定	H 2 1 fy	H 2 2 fy	H 2 3 fy	総額	
	一般会計	2996			2996	
	特別会計 （電源・需給の別）					
	加速予算 （成果普及費を含む）					
	総予算額				2996	
	契約種類： ○をつける （委託（○）助成（ ） 共同研究（負担率（ ）	（委託）				
	（助成） ：助成率△/□					
（共同研究） ：負担率△/□						
開発体制	経産省担当原課	産業技術環境局研究開発課				
	プロジェクトリーダー	産業用超電導線材・機器技術研究組合 特別研究員 和泉輝郎（兼チームリーダー） 東北大学 教授 後藤孝 名古屋大学 准教授 吉田隆 九州大学 准教授 岩熊成卓 早稲田大学 教授 石山敦士				
	委託先（*委託先が管理法人の場合は参加企業数および参加企業名も記載）	産業用超電導線材・機器技術研究組合（参加3社） （株）フジクラ、昭和電線ケーブルシステム（株）、（財）国際超電導産業技術研究センター） 国立大学法人 東北大学 国立大学法人 名古屋大学 国立大学法人 九州大学 学校法人 早稲田大学				
情勢変化への対応	平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災により、研究開発設備およびユーティリティに損壊被害が生じ、加えて震災直後から実施された計画停電により連続運転設備の長時間稼働が不可能になるなどの障害があり、被害状況把握及び復旧には1ヶ月以上の期間を要することとなった。このような状況のため、プロジェクト期間を約2ヶ月延長した。比較的多くの予算を必要とする1km長試験において再度の試験に関して新たな予算措置が困難であることから、「1km長複合材料を作製し、平均 I_c が 200A/cm 幅以上（@77 K、自己磁場）であることを実証する。」との超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発での具体的な目標値に関して、1km 長のパッチ試験において代用することでこれを証明することとした。					
中間評価結果への対応	中間評価未実施					

評価に関する事項	事前評価	未実施															
	中間評価	本研究開発項目については未実施															
	事後評価	平成23年度 事後評価実施															
Ⅲ. 研究開発成果について	<table border="1"> <tr> <th colspan="4">超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発</th> </tr> <tr> <th>最終目標</th> <th>具体的目標値</th> <th>小項目</th> <th>成果</th> </tr> <tr> <td rowspan="2">300 A/cm 幅 (@77K, 自己磁場) の特性を有し、1 km を超える超長尺線材作製を見通す。</td> <td rowspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> 1km 長複合材料を作製し、平均 J_c が 200A/cm 幅以上 (@77 K, 自己磁場) であることを実証する。 同条件で作製した 10m 長以上の複合材料で J_c が 300A/cm 幅 (@77 K, 自己磁場) 以上を実証する。 </td> <td>エキシマレーザ PLD 法による複合材料作製プロセス開発</td> <td> 達成度 100% ・1050m 長線材—平均 $J_c=534A/cm$ 幅 ・10m 長—$J_c=300A/cm$ 幅以上 </td> </tr> <tr> <td>TFA-MOD 法による複合材料作製プロセス開発</td> <td> 達成度 100% ・1000m 長パッチ線材—平均 $J_c \geq 300A/cm$ 幅 ・10m 長—$J_c=300A/cm$ 幅以上 </td> </tr> </table>		超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発				最終目標	具体的目標値	小項目	成果	300 A/cm 幅 (@77K, 自己磁場) の特性を有し、1 km を超える超長尺線材作製を見通す。	<ul style="list-style-type: none"> 1km 長複合材料を作製し、平均 J_c が 200A/cm 幅以上 (@77 K, 自己磁場) であることを実証する。 同条件で作製した 10m 長以上の複合材料で J_c が 300A/cm 幅 (@77 K, 自己磁場) 以上を実証する。 	エキシマレーザ PLD 法による複合材料作製プロセス開発	達成度 100% ・1050m 長線材—平均 $J_c=534A/cm$ 幅 ・10m 長— $J_c=300A/cm$ 幅以上	TFA-MOD 法による複合材料作製プロセス開発	達成度 100% ・1000m 長パッチ線材—平均 $J_c \geq 300A/cm$ 幅 ・10m 長— $J_c=300A/cm$ 幅以上	
	超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発																
	最終目標	具体的目標値	小項目	成果													
	300 A/cm 幅 (@77K, 自己磁場) の特性を有し、1 km を超える超長尺線材作製を見通す。	<ul style="list-style-type: none"> 1km 長複合材料を作製し、平均 J_c が 200A/cm 幅以上 (@77 K, 自己磁場) であることを実証する。 同条件で作製した 10m 長以上の複合材料で J_c が 300A/cm 幅 (@77 K, 自己磁場) 以上を実証する。 	エキシマレーザ PLD 法による複合材料作製プロセス開発	達成度 100% ・1050m 長線材—平均 $J_c=534A/cm$ 幅 ・10m 長— $J_c=300A/cm$ 幅以上													
TFA-MOD 法による複合材料作製プロセス開発			達成度 100% ・1000m 長パッチ線材—平均 $J_c \geq 300A/cm$ 幅 ・10m 長— $J_c=300A/cm$ 幅以上														
<table border="1"> <tr> <th colspan="4">イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発</th> </tr> <tr> <th>最終目標</th> <th>具体的目標値</th> <th>小項目</th> <th>成果</th> </tr> <tr> <td rowspan="2">超電導層の連続形成プロセスにおいて原料収率 40% 以上を見通す。</td> <td rowspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> 全成膜領域に対し、静止成膜により原料収率 40% 以上を実証する。 成膜領域の一部を通過する移動成膜により、静止成膜結果から予想される成膜量を実証する。 </td> <td>レーザ CVD 法による希少金属利用率向上技術開発</td> <td> 達成度 100% ・原料収率 45.7% ・超電導特性 $J_c > 3MA/cm^2$, $J_c > 100A/cm$ 幅 </td> </tr> <tr> <td>YAG レーザ PLD 法による希少金属利用率向上技術開発</td> <td> 達成度 100% ・原料収率 56.1% ・超電導特性 $J_c > 1.4MA/cm^2$ </td> </tr> </table>		イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発				最終目標	具体的目標値	小項目	成果	超電導層の連続形成プロセスにおいて原料収率 40% 以上を見通す。	<ul style="list-style-type: none"> 全成膜領域に対し、静止成膜により原料収率 40% 以上を実証する。 成膜領域の一部を通過する移動成膜により、静止成膜結果から予想される成膜量を実証する。 	レーザ CVD 法による希少金属利用率向上技術開発	達成度 100% ・原料収率 45.7% ・超電導特性 $J_c > 3MA/cm^2$, $J_c > 100A/cm$ 幅	YAG レーザ PLD 法による希少金属利用率向上技術開発	達成度 100% ・原料収率 56.1% ・超電導特性 $J_c > 1.4MA/cm^2$		
イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発																	
最終目標	具体的目標値	小項目	成果														
超電導層の連続形成プロセスにおいて原料収率 40% 以上を見通す。	<ul style="list-style-type: none"> 全成膜領域に対し、静止成膜により原料収率 40% 以上を実証する。 成膜領域の一部を通過する移動成膜により、静止成膜結果から予想される成膜量を実証する。 	レーザ CVD 法による希少金属利用率向上技術開発	達成度 100% ・原料収率 45.7% ・超電導特性 $J_c > 3MA/cm^2$, $J_c > 100A/cm$ 幅														
		YAG レーザ PLD 法による希少金属利用率向上技術開発	達成度 100% ・原料収率 56.1% ・超電導特性 $J_c > 1.4MA/cm^2$														
<table border="1"> <tr> <th colspan="4">イットリウム系複合材料を用いた回転機要素技術開発</th> </tr> <tr> <th>最終目標</th> <th>具体的目標値</th> <th>小項目</th> <th>成果</th> </tr> <tr> <td>500kW 級回転機概念設計によりイットリウム系の優位性を見通す。</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 希土類元素(RM)量など 500kW 級回転機における Y 系適用の優位性を示す </td> <td>回転機適正構造の概念設計</td> <td> 達成度 100% ・設計用シミュレータを開発し、RM 使用量が 1/130 に低減できることを示した </td> </tr> <tr> <td>傘型界磁巻線の試作・評価、サーモサイフォン式冷却の特性評価により、回転機設計に資するデータを得る</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 要素技術(界磁コイル、冷却)の開発を行い、設計・製作の見通しを得る </td> <td>界磁巻線および冷却要素技術開発</td> <td> 達成度 100% ・劣化なく Y 系傘型界磁モデルコイルを製作でき、回転機設計の見通しがたった ・液体 Ne を用い、高速回転時 30K 安定冷却と界面の熱伝達係数を得て、冷却設計の見通しがたった </td> </tr> </table>		イットリウム系複合材料を用いた回転機要素技術開発				最終目標	具体的目標値	小項目	成果	500kW 級回転機概念設計によりイットリウム系の優位性を見通す。	<ul style="list-style-type: none"> 希土類元素(RM)量など 500kW 級回転機における Y 系適用の優位性を示す 	回転機適正構造の概念設計	達成度 100% ・設計用シミュレータを開発し、RM 使用量が 1/130 に低減できることを示した	傘型界磁巻線の試作・評価、サーモサイフォン式冷却の特性評価により、回転機設計に資するデータを得る	<ul style="list-style-type: none"> 要素技術(界磁コイル、冷却)の開発を行い、設計・製作の見通しを得る 	界磁巻線および冷却要素技術開発	達成度 100% ・劣化なく Y 系傘型界磁モデルコイルを製作でき、回転機設計の見通しがたった ・液体 Ne を用い、高速回転時 30K 安定冷却と界面の熱伝達係数を得て、冷却設計の見通しがたった
イットリウム系複合材料を用いた回転機要素技術開発																	
最終目標	具体的目標値	小項目	成果														
500kW 級回転機概念設計によりイットリウム系の優位性を見通す。	<ul style="list-style-type: none"> 希土類元素(RM)量など 500kW 級回転機における Y 系適用の優位性を示す 	回転機適正構造の概念設計	達成度 100% ・設計用シミュレータを開発し、RM 使用量が 1/130 に低減できることを示した														
傘型界磁巻線の試作・評価、サーモサイフォン式冷却の特性評価により、回転機設計に資するデータを得る	<ul style="list-style-type: none"> 要素技術(界磁コイル、冷却)の開発を行い、設計・製作の見通しを得る 	界磁巻線および冷却要素技術開発	達成度 100% ・劣化なく Y 系傘型界磁モデルコイルを製作でき、回転機設計の見通しがたった ・液体 Ne を用い、高速回転時 30K 安定冷却と界面の熱伝達係数を得て、冷却設計の見通しがたった														
投稿論文	「査読付き」5件、「その他」22件																
特許	「出願済」0件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願0件）																
その他の外部発表（プレス発表等）	「新聞雑誌等」2件 「展示会」2件																
Ⅳ. 実用化の見通しについて	<p>本プロジェクトで超長尺線材製造技術開発に見通しを得たことから、技術研究組合員(線材メーカー)における製造条件のさらなる検討を進め、線材の良品単長改善や歩留改善によるコストダウンを図っていくことで、超電導回転機市場等への 1km 超長級線材供給事業の見通しが得られた。また、希少金属利用率等の効率向上技術については、線材作製プロセス開発をさらに推し進め、核となるプロセス技術を線材メーカーへ移管することで実用化に貢献する。超電導回転機の実用化に関しては、概念設計による超電導回転機の有用性を証明すると共に要素技術によりそのキーテクノロジーの実現性を確認できたことにより、これらの概念を統合し、実際に超電導回転機の試作、実証を進めて行く。</p>																

V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成20年3月制定
	変更履歴	<p>平成20年 7月 イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。</p> <p>平成21年 3月 新鉱種追加により改訂。</p> <p>平成21年12月 研究開発項目⑥～⑧の委託者決定に伴う詳細目標と事業実施内容の確定による改訂。「明日の安心と成長のための緊急経済対策（平成21年度補正予算（第2号））」に係る研究開発項目⑨の追加。</p> <p>平成22年 3月 研究開発項目⑦-2目標の細分化に伴い改訂。</p> <p>平成22年 6月 採択条件等反映のため、研究開発項目⑨-1 および⑨-2の最終目標等を改訂。</p> <p>平成22年12月 「円高・デフレ対応のための緊急総合経済対策（平成22年度補正予算（第1号））」に係る研究開発項目⑩の追加。</p> <p>平成23年 7月 研究開発項目⑨-1の後続テーマとして研究開発項目⑨-3を追加</p>

技術分野全体での位置づけ
(分科会資料5-1より抜粋)



希少金属代替材料開発プロジェクト

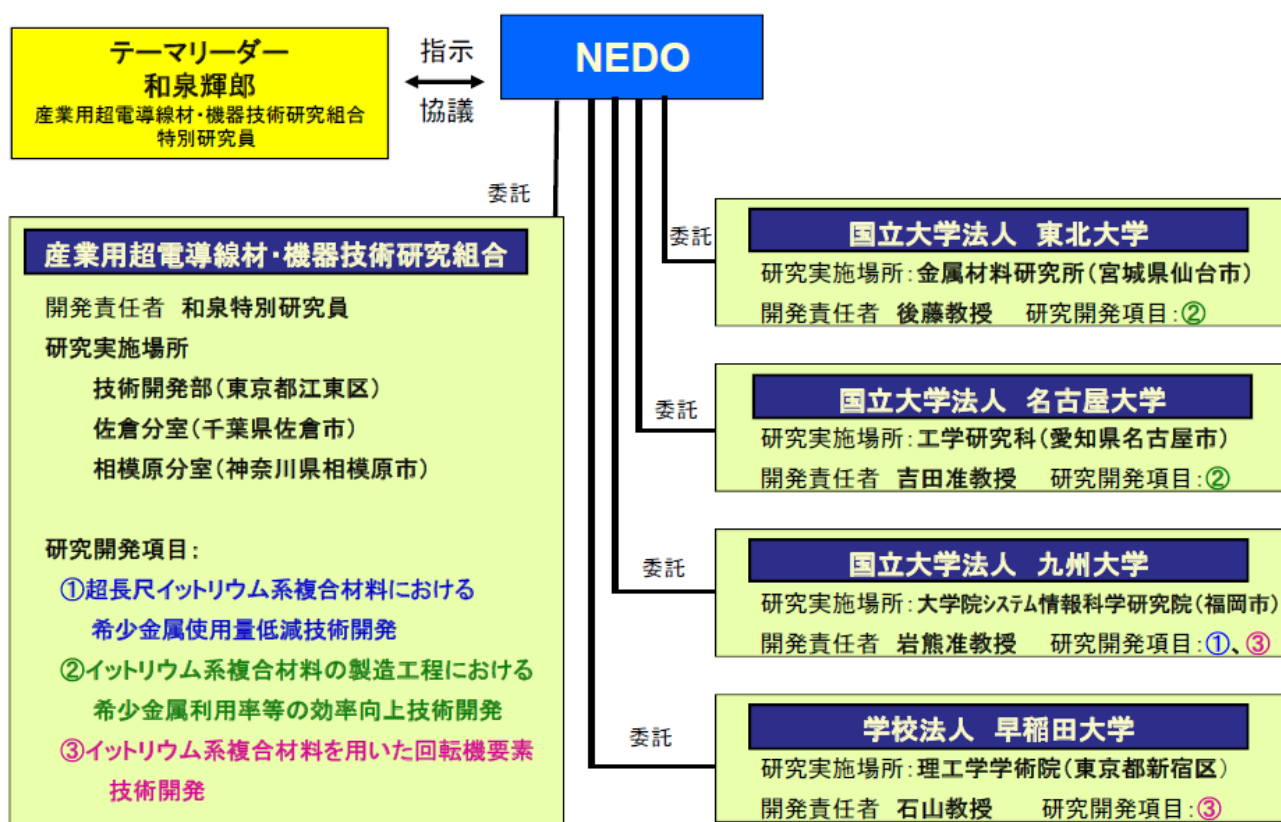
概要: ハイテク製品の製造に不可欠であり世界的な需給逼迫が懸念されるレアメタル(タングステン(W)、インジウム(In)、ジスプロシウム(Dy)、白金(Pt)、セリウム(Ce)、テルビウム(Tb)等)について、ナノテクノロジー等の最先端技術を活用して、代替材料開発・使用量削減を行う。

研究開発項目	
① 透明電極向けインジウム(In)使用量低減技術開発	
② 透明電極向けインジウム(In)代替材料開発	
③ 希土類磁石向けジスプロシウム(Dy)使用量低減技術開発	
④ 超硬工具向けタングステン(W)使用量低減技術開発	
⑤ 超硬工具向けタングステン(W)代替材料開発	
⑥ 排ガス浄化向け白金(Pt)族使用量低減技術開発及び代替材料開発	1 遷移元素による白金族代替技術及び白金族の凝集抑制技術を活用した白金族低減技術の開発 2 ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発
⑦ 精密研磨向けセリウム(Ce)使用量低減技術開発及び代替材料開発	1 代替砥粒及び革新的研磨技術を活用した精密研磨向けセリウム低減技術の開発 2 4BODY研磨技術の概念を活用したセリウム使用量低減技術の開発
⑧ 蛍光体向けテルビウム・ユーロピウム使用量低減技術開発及び代替材料開発/高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体向けTb, Eu低減技術の開発	
⑨ Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石及びイットリウム(Y)系複合材料の開発	1 Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石の研究 2 超軽量高性能モータ等向けイットリウム系複合材料の開発 3 Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石の実用化に向けた技術開発
⑩ 排ガス浄化向けセリウム(Ce)使用量低減技術及び代替材料開発、透明電極向けインジウム(In)を代替するグラフェンの開発	1 排ガス浄化向けセリウム使用量低減技術及び代替材料開発 2 透明電極向けインジウムを代替するグラフェンの開発

本事業

「希少金属代替材料開発プロジェクト／Nd-Fe-B 系磁石を代替する
 新規永久磁石及びイットリウム系複合材料の開発／超軽量高性能モ
 ータ等向けイットリウム系複合材料の開発」

全体の研究開発実施体制



「希少金属代替材料開発プロジェクト／Nd-Fe-B 系磁石を代替する
新規永久磁石及びイットリウム系複合材料の開発／超軽量高性能モ
ーター等向けイットリウム系複合材料の開発」（事後評価）

評価概要（案）

1. 総論

1) 総合評価

本事業は、資源制約の克服という国家的課題に取り組んでおり、同時に省エネルギー、CO₂削減などの地球環境負荷低減を伴う社会的効果も実現できることから、我が国の社会的背景・要請において、その意義は大きい。設定した研究開発目標は世界をリードする高い水準にあり、開発スケジュール的にみても難易度が高いが、これを約1年間という短期間で震災影響も含めて克服し、全ての目標を達成しており、技術レベルおよび研究開発マネジメントの両方の観点から高く評価できる。特に高特性長尺線材の製造技術という観点できわめて重要な成果が得られ、高温超電導線材の実用化に向けて、日本が世界の先頭に立つ基盤が確立された。

しかしながら、本プロジェクトの本質は超電導線材の製造技術の開発であり、超電導モーターへの応用による希少金属削減を前面に打ち出したプロジェクト設定には疑問が残る。超電導モーター向けに超電導線材の実用化を目指すためには、コスト面などいくつかの指標で競合技術との比較評価が必要であるが、その点に関してはさらに検討が必要である。また、個別テーマ②「イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発」は基礎的技術開発であり、単年度プロジェクトに向いておらず、複数年度の未来技術開発課題として扱われるべき研究内容であった。

2) 今後に対する提言

大きな成果を上げており高く評価できるが、現時点においても、まだイットリウム系超電導線材は実用レベルには至っていない。今後、ここで行った研究開発をさらに推し進めて実用化に結び付けることが強く望まれる。

本プロジェクトは成果として完結したものを求めたものではなく、最終目的に至るまでの材料開発、製造技術を加速させ基盤技術のレベルを高めることを目指したものと見ることができる。実施者に対しては是非、本プロジェクトの

成果を材料開発の加速に生かしてほしい。

また、プロジェクト終了後、設備が稼働しておらず、有効に活用されていない。制度面で早急に改善されるべきである。迅速な継続体制の構築が不可欠で、これは今回のプロジェクトだけに限らない課題である。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

高温超電導線材の機能高度化と量産化は、資源制約の克服とともに、省エネルギー、CO₂削減などの地球環境負荷低減を伴う社会的効果が期待でき、事業目的として妥当である。社会的要請から取り組むべき国家的課題であり、大きなリスクを伴うテーマであることから、NEDOの関与が必要と認められる。

しかしながら、本プロジェクトは、その目的として超電導モータへの応用による希少金属削減を前面に打ち出した設定であったが、超電導線材の実用製造技術の開発に予算と時間を集中して実施すべきであった。

また、超電導モータの実現、実用化のためには、多くの技術的課題が存在しており、本プロジェクトから超電導モータの実用化による希少金属の低減までには、相当の距離がある。今後、この距離をどのようにして埋めていくのが問題であろう。

2) 研究開発マネジメントについて

「超電導線材の開発」という観点からは、研究開発の目標、計画ともに妥当であると認められる。特に個別テーマ①「超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発」（線材開発）は戦略的目標で世界トップレベルであり、判断指標も定量的で明確である。また、高い技術力を有する企業と超電導線材評価に実績のある大学を組み合わせた実施体制も妥当である。さらに、プロジェクト期間が短く、大型生産設備導入後の運転期間がほとんどなかったなかで、東日本大震災による研究中断に対しても適切に対応しており、評価できる。

一方、モータ等向けイットリウム系複合材料の開発というように、既存モータ等の代替と位置づけられる開発の場合は、モータ等を含むシステムとして既存のものより経済性、保守性等を総合的にみて優位であることが必要である。このような観点で代替可能かどうかの検討が十分ではない。また、超電導モータの実用化のためには、コストの問題も含めて多くの技術的課題を克服する必要があると考えられるが、これらの技術課題を克服して実用化につなげる戦略や知財マネジメントの方針が必ずしも明確にはなっていない。

3) 研究開発成果について

すべての数値目標をクリアしており、全体としての目標達成度は相当に高い。また成果の中には、世界初あるいは世界最高水準のものがいくつか含まれている。本技術開発は超電導線材の各種機器への実用化を大きく進展させるものとして高く評価できる。これまで、線材特性では世界一であったが長尺化で遅れをとっていた日本の状況を一変させ、特性、長尺化のいずれにおいても日本が世界一となる可能性を示した点において、きわめて重要な成果が得られた。論文発表、プレス発表、展示会発表はタイムリーで適切に行われている。

しかしながら、超電導モータに限定すると、本技術開発が超電導モータの実用化を大きく前進させた、とまでは言えない。従って超電導モータが、従来の希少金属使用のモータの代替になるかどうかは、現段階では必ずしも明らかでない。本来の希少金属代替の目的には合致しているが、他の競合技術との重量・体格比較に加えて、コスト比較評価など、置き換え需要を実現する評価が今後必要である。

4) 実用化の見通しについて

波及効果として、超電導応用機器全般に波及する可能性があることを示しており、本技術開発は超電導線材の様々な電力機器への実用化を大きく進展させるものとして高く評価できる。PLD (Pulsed Laser Deposition : パルスレーザー蒸着) 法による線材製造については、長尺製品開発の見通しが立ったといえる。

しかしながら、超電導モータに関しては、実用化のイメージ・出口イメージは必ずしも明確でない。プロジェクト全体としても、実用化までの今後の研究開発の見通しが必ずしも明確に示されていない。また、今後の進捗を見ながら希土類代替技術への効果は再度検証されるべきものである。

個別テーマに関する評価

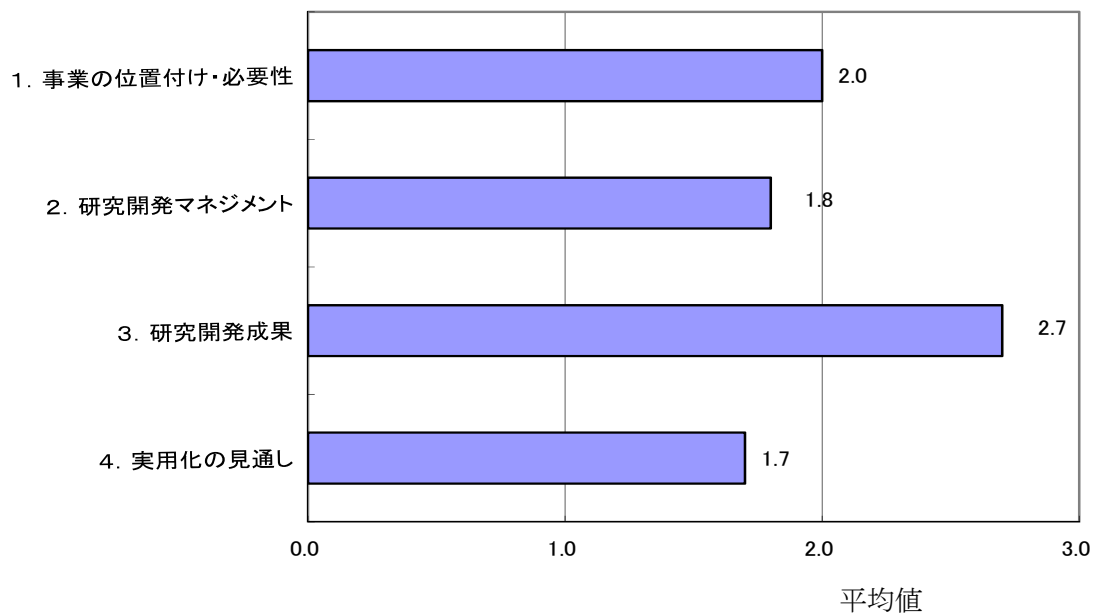
	成果に関する評価	実用化の見通しに関する評価	今後に対する提言
超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発	<p>エキシマレーザ PLD 法では、目標値を大幅に超えて達成した成果のみならず課題への解決策を確実に実現し、結果として更なる長尺化の可能性も示しており意義が大きい。高く評価できる成果である。一方、TFA-MOD (Trifluoroacetic acid- Metal Organic Deposition : 三フッ化酢酸塩を原料に用いた有機酸塗布熱分解) 法では、プロセス開発を通して課題を解決し目標を達成した。更に同時に開発した長尺複合材料の高速評価技術により、製造・プロセス条件を特性に反映できる手法を確立した。今後に向けて意義ある開発と評価できる。</p> <p>しかしながら、PLD 法の連続成膜で、随所に現れる特性低下・バラツキの原因が必ずしも明確</p>	<p>1km を超える高特性線材の実現という本テーマの成果は、モータのみならずより広範囲の超電導線材応用に道を拓くものであり、実用化に大きな期待を抱かせる。モータに限ることなく、個別機器ごとに明確な開発目標を今後設定し、実用化を目指すことが望ましい。</p> <p>一方、モータにおいては、永久磁石の研究開発も進められているし、永久磁石を用いず銅線と鉄心を用いたモータの研究開発も進められている。経済性、保守性等を総合的にみて優位に立てなければ実用化は進まない。素材事業は需要先の事業と強く連携するので、相互の関係での時間軸設定が妥当か、さらに検討していく必要がある。</p>	<p>優れた成果が得られているが、超電導線材としてはまだ実用レベルに届かない。出口であるモータの競合技術に対して、差別化できる性能、使いやすさ、価格など何らかの特長を備えた線材開発に結び付けていかなければならない。日本は現在、世界最大の超電導線材供給元となり得る状況にあり、その意味で、本テーマの成果が早期の実用化として結実し、産業として成立するよう研究開発をさらに迅速に進めていくべきである。</p>

	<p>になっていない。今回の新規開発技術との関連の有無も含めて、具体的な原因の究明とともに安定生産の見通しを得ることを期待したい。</p> <p>なお、時間的制約が大きかった点は考慮されるべきであるが、TFA-MOD 法による線材作製において長尺線材作製がパッチ型線材にとどまった点にやや残念な印象が残る。超長尺線材の継続的製造経験を積み、安定した製造が出来ることが示される様、今後の取り組みに期待する。</p>		
<p>イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発</p>	<p>レーザー CVD 法、ならびに YAG レーザ PLD 法ともに、原料収率の数値目標をクリアしており、今後の発展が期待される新しいプロセスを採用し、一定の特性の線材作製に成功した点は評価できる。</p> <p>しかしながら、線材製造方法の改善による希土類利用率向上と</p>	<p>レーザー CVD 法は従来の MOCVD 法と容易に組み合わせることができ、また YAG レーザ PLD 法は従来のエキシマレーザー PLD 法におけるレーザーを容易に代替できる。現時点では比較的収率が高い新規成膜手法を増やしたというレベルに留まっており、実用化が強く推せるような長所</p>	<p>このプロジェクトで試された 2 つの手法は、希土類収率を格別に高くするものではない。むしろ、新しい高臨界電流特性線材の製造手法としての可能性を探り、既存技術を超えるような要素が見つかるかどうかを検討されるべきである。超電導線材開発においていまだ萌芽的な段階にある技</p>

	<p>いう形での節約は、希土類使用量の対永久磁石比の低減が難しい場合には意味を持つが、このプロジェクトでは性能（＝臨界電流特性）×収率の観点からの効果が認められない。超電導線材におけるレアアースの使用量は臨界電流特性にも大きく依存し、利用率が高くても特性が低ければ、使用量は増大させざるを得ない。従って利用率と特性との双方を考慮に入れた議論が必要である。</p> <p>本テーマは、複数年度の未来技術開発課題として扱われるべき研究内容である。</p>	<p>は見いだせていないが、今後の進展により、実用化において重要な役割を果たす可能性もあり、引き続き開発が進められることを期待する。</p>	<p>術（プロセスに限らず）は多くあると考えられ、それらの基礎的技術開発に広く種を蒔くような施策も重要である。</p>
<p>リットリウム系複合材料を用いた回転機要素技術開発</p>	<p>短期間で概念設計、小型モデルコイルの試作と評価を実施し、目標を超える成果を得たことは評価できる。また、界磁巻線構造の比較評価、特性を左右する技術である冷却技術に関する基礎データの取得など、回転機としての重要技術の高度化に着実な取り組み</p>	<p>本プロジェクトで概念設計と小型モデル試作までを終えており、また、実規模試作を主眼とした助成事業が進められているとされており、今後の進展に期待する。</p> <p>超電導回転機は、冷却の問題も含めて実用化までに解決すべき</p>	<p>線材の特性によって超電導回転機的设计や応用も変化するので、まずは線材の高性能化に研究開発を集中した方が良い。超長尺線材の開発動向に即したモータ的设计、開発が行われることから、結果的に超電導モータの普及につながることを期待する。この</p>

	<p>みをしている。</p> <p>しかしながら、技術面だけでなく、今後はコストの面も含めた総合的な検討に基づいて、イットリウム系線材を用いた回転機で、永久磁石を用いた多くの回転機を置きかえることが可能になるのかの検討が重要である。</p>	<p>多くの技術的課題がある。希少金属使用量の低減は、超電導回転機にとって有利となる大きな要素であるが、これだけでは、イットリウム系線材を用いた超電導回転機の実用化は進まない。希少金属使用量の低減とともに、やはり線材特性（超電導特性、機械的特性、安定性、等）の向上が、コスト低減の大きな要因となり、実用化の前提条件となる。</p>	<p>ときに希少元素代替の効果も同時に伴うはずであるが、むしろ、超電導モータならではの高エネルギー密度、軽量、小型という特徴を強くアピールできるという観点からの試作機の開発が望まれる。H23年度からスタートしている他プロジェクト（「希少金属代替・削減技術実用化開発助成事業（イットリウム系超電導回転機用電磁石の開発）」）へ、今回の成果・課題を有効に活かして、より高い成果を実現してほしい。</p>
--	--	---	--

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)						
		C	B	A	A	B	C	
1. 事業の位置付け・必要性について	2.0	C	B	A	A	B	C	
2. 研究開発マネジメントについて	1.8	B	B	B	B	B	C	
3. 研究開発成果について	2.7	A	B	A	A	A	B	
4. 実用化の見通しについて	1.7	C	B	A	B	C	C	

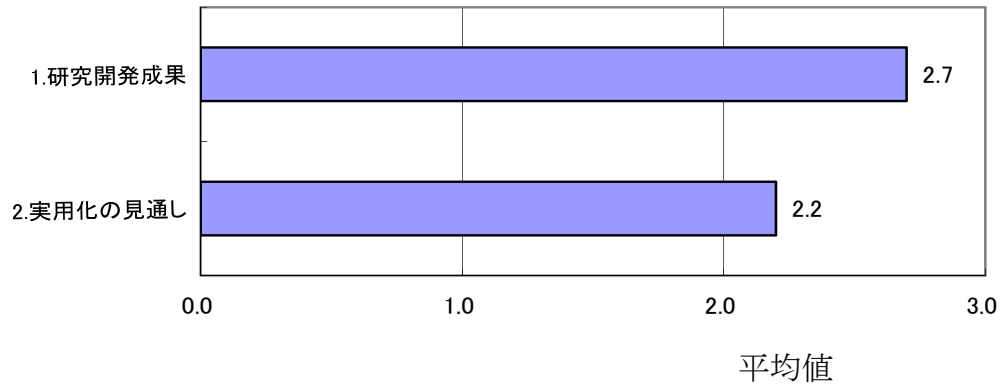
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

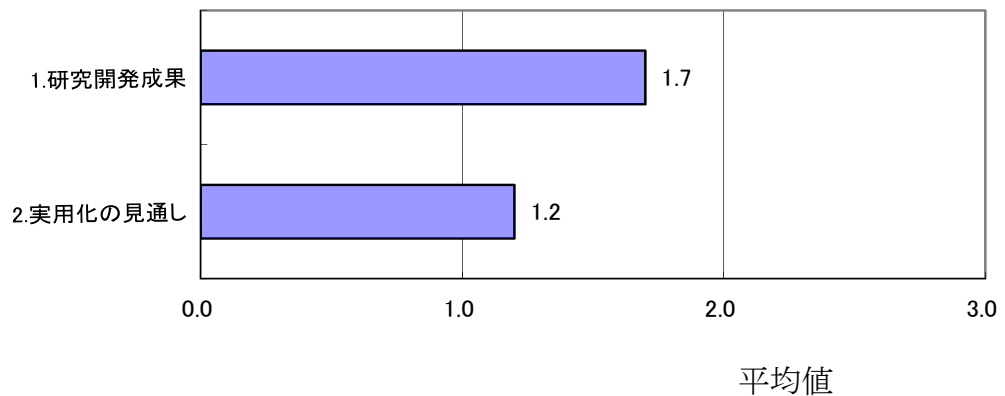
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

評点結果〔個別テーマ〕

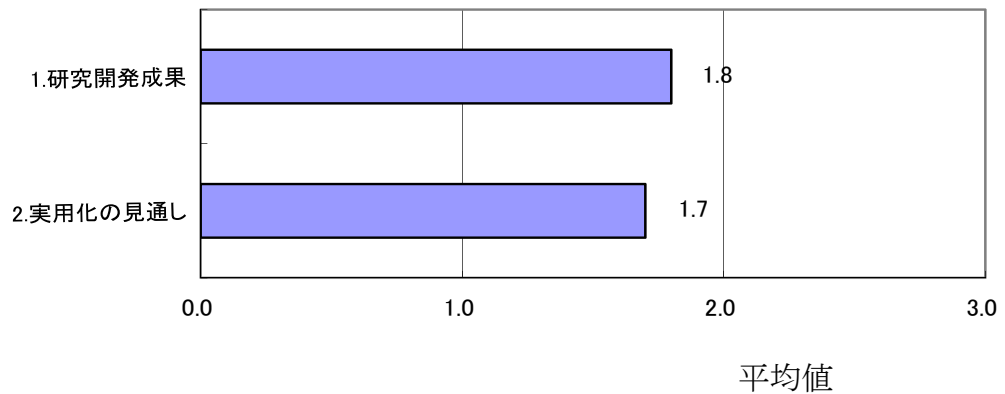
超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発



イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発



イットリウム系複合材料を用いた回転機要素技術開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)					
超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発							
1. 研究開発成果について	2.7	A	B	A	A	A	B
2. 実用化の見通しについて	2.2	B	A	A	B	C	B
イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発							
1. 研究開発成果について	1.7	B	C	B	B	C	B
2. 実用化の見通しについて	1.2	C	C	C	B	C	C
イットリウム系複合材料を用いた回転機要素技術開発							
1. 研究開発成果について	1.8	B	B	B	B	B	C
2. 実用化の見通しについて	1.7	B	B	B	B	C	C

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について

- ・非常によい
- ・よい
- ・概ね適切
- ・適切とはいえない

2. 実用化の見通しについて

- A ・明確 →A
- B ・妥当 →B
- C ・概ね妥当であるが、課題あり →C
- D ・見通しが不明 →D