

「希少金属代替材料開発プロジェクト
(研究開発項目①～⑤)」
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)	15
評点結果	20

はじめに

本書は、第31回研究評価委員会において設置された「希少金属代替材料開発プロジェクト（研究開発項目①～⑤）」（事後評価）の研究評価委員会分科会（第1回（平成24年10月24日））、において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、第35回研究評価委員会（平成25年3月26日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成25年3月

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（研究開発項目①～⑤）」
分科会
（事後評価）

分科会長 藤田 静雄

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（研究開発項目①～⑤）」

(事後評価)

分科会委員名簿

(平成24年10月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	ふじた しずお 藤田 静雄	京都大学 大学院工学研究科 光・電子理工学教育研究センター 教授
分科会長代理	きつかわ しんいち 吉川 信一	北海道大学 大学院工学研究院 物質化学部門 無機材料化学分野 教授
委員	おおもり けんじ 大森 賢次	日本ボンド磁性材料協会 専務理事／事務局長
	さわだ ゆたか 澤田 豊	東京工芸大学 工学部 生命環境化学科 教授
	しもだ たつや 下田 達也	北陸先端科学技術大学院大学 マテリアルサイエンス研究科 教授
	みずがき よしお 水垣 善夫	九州工業大学 大学院工学研究院 機械知能工学研究系 教授
	みたに ゆうじ 三谷 雄二	株式会社タッチパネル研究所 代表取締役
	よしもと たかし 吉本 隆志	金沢工業大学 基礎教育部 基礎実技教育課程 教授

敬称略、五十音順

プロジェクト概要

		最終更新日	平成24年10月24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	プロジェクト番号	P08023
担当推進部/担当者	電子・材料・ナノテクノロジー部／佐々木啓（平成23年9月～平成24年2月現在） 研究開発項目①、③を担当 電子・材料・ナノテクノロジー部／坂井数馬（平成23年4月～平成24年2月現在） 研究開発項目②、④、⑤を担当 電子・材料・ナノテクノロジー部／三宅倫幸（平成20年8月～平成22年12月） 研究開発項目①、②、③、④、⑤を担当 ナノテクノロジー・材料技術開発部／坂田雅史（平成18年8月～平成20年7月） 研究開発項目①、②、③、④、⑤を担当		
0. 事業の概要	希少金属は、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、近年需要が拡大している。しかし、途上国においても著しく需要が拡大していることや、他の金属と比較して希少であることから、その代替性も著しく低いとともに、その偏在性ゆえに特定の産出国への依存度が高い等から、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おり、実際、平成22年7月にはレアアースの供給懸念が顕在化した。 本プロジェクトは、透明電極向けインジウム(In)、希土類磁石向けジスプロシウム(Dy)、超硬工具向けタングステン(W)を研究対象元素として代替材料の開発、または使用量低減技術の開発を目的とし、本プロジェクトを通じて持続可能な社会構築に貢献する。		
1. 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」にあたるものである。明確な政策意図のもと行われる事業であり、レアメタル・レアアースの使用量を低減するために産官学の連携を取った高度な技術開発が必要であること、1企業での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。研究開発対象元素は、研究開始前にリスク調査を行うことで、国としてリスクの高い元素を定期的に把握し選定している。また、文部科学省/JST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研究開発支援を府省連携で進めており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。</p> <p>【実施の効果】</p> <p>(1) 透明電極向けインジウム(In)使用原単位低減 2006年実績でインジウムの生産量は全世界で480t生産されており、その大半が中国で生産されていた。この内、ITOターゲット用として430tが使用されていた。2011年の日本国内のITOターゲット使用量の実績値は929tであり、本研究開発により50%削減が可能になった場合、465tの削減効果がある。これは、2011年の地金相場価格(730\$/kg)では、264億円の削減効果がある。</p> <p>(2) 希土類磁石向けジスプロシウム(Dy)使用原単位低減 2011年の希土類磁石向け国内Dyの供給量の実績値は600t/年であり、本技術開発により30%削減可能となった場合、Dy単独でおおよそ180tのジスプロシウムの削減の効果がある。これは、2011年の地金相場価格(2123\$/kg)で換算すると約298億円の削減効果がある。</p>		

(3) 超硬工具向けタンゲステン(W)使用原単位低減
2004年度のWの需要量は5680トン(需要量)であり、その内、切削工具に使用されるWの需要量は5466トンであった。2011年の日本国内の切削工具に使用されるWの需要量の実績値は4617トンであり本技術開発により、W原単位で30%の削減が可能となった場合、約1385トンの削減効果がある。タンゲステン鉱石が2011年の価格の367 US \$/MTU (1MTU=W03 純分10kg)を採用した場合、鉱石換算で約40億円程度の削減効果がある。超硬工具の生産金額は、2907億円(2011年実績、超硬工具協会HPより)であり、本技術はこれらの産業に適用可能である。また、本産業分野のみならず、その出口である自動車部品(エンジン部品、トランスミッション部品、ステアリング部品など)の加工の際に特に多く使用される。これらの個々の部品の加工精度の向上や製造コストの低減といった面で大きく寄与する。特に、超硬工具の利用される産業分野は、工具費に比較して加工費の割合が極めて大きく、本プロジェクトによる高度化・低コスト化は日本の産業分野への大きく貢献する重要な技術となりうる。

【実施の効果(費用対効果)】

1. 定量効果

(1) 費用：約56.3億円

(2) 効果：総額602億円

264億円(うち透明電極向けインジウム原単位削減効果)

298億円(うち希土類磁石向けジスプロシウム原単位削減効果)

40億円(うち超硬工具向けタンゲステン原単位削減効果)

2. 定性効果

本プロジェクトでターゲットとしているインジウム(In)、ジスプロシウム(Dy)、タンゲステン(W)は、それぞれ液晶ディスプレイ、ハイブリッド自動車、超硬工具等の日本の産業競争力を支える製品に使われている。

本開発によるレアメタルへの依存リスクの軽減は、本対象のみならず、日本の産業競争力の向上に寄与する。

【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。

II. 研究開発マネジメントについて									
事業の目標	最終目標（平成23年度末）では、希少金属元素の使用原単位（一製品当たり）について現状と比較して下記に示した低減が可能となる製造技術を開発し、ユーザー企業、大学等の外部機関に対して機能評価のためにラボレベルでサンプル提供できる（試料提供）水準に至るまでの技術を確立する。 また、製品の機能や製造コストは少なくとも現状と同等を維持することを前提とする。								
	研究開発項目	対象元素						使用原単位の低減目標値	
	①及び②	透明電極向けインジウム(In)						現状 から50%以上低減	
	③	希土類磁石向けジスプロシウム(Dy)						現状から30%以上低減	
	④及び⑤	超硬工具向けタングステン(W)						現状から30%以上低減	
事業の計画内容	主な実施事項	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	H25fy	総額
	①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発					→			
	②透明電極向けインジウム代替材料開発					→			
	③希土類磁石向けジスプロシウム低減技術開発					→			
	④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発					→			
	⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発					→			
	⑥-1 排ガス浄化向け白金族/日産自動車他								→
	⑥-2 排ガス浄化向け白金族/産総研他								→
	⑦-1 精密研磨向けセリウム/三重県他								→
	⑦-1 精密研磨向けセリウム/立命館大学他								→
	⑧蛍光灯向けテルビウム・有利び有無/産総研他								→
	⑨-1Nd-Fe-Bを代替する新磁石/東北大学他					→			
	⑨-2 超軽量高性能モータ向けイットリウム系複合材料					→			
	⑩-1 排ガス浄化向けセリウム						→		

	⑩-2 透明電極向けインジウムを代替するグラフェン								
	H22 年度リスク調査								
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	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy			総額
	一般会計 (①~⑤)	1,100	848	934	863	1,387			5,132
	特別会計 (電源・需給の別)		3	497					500
	総予算額 (①~⑤)	1,100	851	1,431	863	1,387			5,632
	(委託)	○							
	(助成) : 助成率△/□								
(共同研究) : 負担率△/□									
開発体制	経産省担当原課	製造産業局非鉄金属課							
	テーマリーダー	①東北大学 未来科学技術センター 教授 中村 崇 ②高知工科大学 教授 山本 哲也 ③東北大学 教授 杉本 諭 ④(独)産業技術総合研究所 グループ長 小林 慶三 ⑤東京大学 名誉教授 林 宏爾							
	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)	① 東北大学, 三井金属鉱業(株), DOWA IIL外ロカ(株), (株)アルバック ② 高知工科大学, アルプス電気(株), (株)オルタステクノロジー(旧カシオ計算機(株)), ジオマテック(株), ハクスイテック(株), 三菱瓦斯化学(株) ③ 東北大学, (株)三徳, インターテック(株), TDK(株), トヨタ自動車(株), 山形大学, (独)物質・材料研究機構, (独)日本原子力研究開発機構 ④ (独)産業技術総合研究所, 住友電気工業(株) ⑤ (独)産業技術総合研究所, (一般財団)ファインセラミックスセンター, (株)タンガロイ, 富士ダイス(株)							
情勢変化への対応	<p>本プロジェクトでは、研究開発を実施する前に、レアメタル・レアアースの各元素についてリスク調査を行い、調査時点でリスクの高い国として取り組むべき重要な元素を選定し研究開発の対象元素としている。この調査は、平成17年度、平成18年度、平成20年度、平成22年度と実施している。平成22年7月以降大きな問題となったレアアースの供給不安の顕在化に対し、国としてこの問題を先取りした研究開発の動きを取っており、研究成果が出ていること、研究成果の上市化予定等を示すことができたことで一定の評価が得られている。</p> <p>平成19年度からインジウム、ジスプロシウム、タングステンの3鉱種について実施しており、平成20年度の鉱種のリスク調査結果を受けて、平成21年度から、新たに白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムを実施している。また、平成22年度には鉱種のリスク調査を実施し直近のリスクの把握を行い平成23年度以降の研究開発のための準備を行った。</p>								

<p>中間評価結果への対応</p>	<p>平成19年度から開始したインジウム、ジスプロシウム、タングステンの中間評価は平成21年度に実施されている。各テーマ毎の中間評価への対応は下記の通り。</p> <p>① 透明電極向けインジウム使用量低減技術開発 <指摘事項> ・ターゲットの大型化。 ・ITOナノ粒子製造プロセスの開示が不十分。 ・スパッタ法での薄膜化技術の可能性。 <対応> ・新規ターゲットの大型化を実施。 ・ITOナノ粒子製造プロセスの開示。 ・耐候性の長期安定について、加速試験で実用レベルを実証。</p> <p>② 透明電極向けインジウム代替材料開発 <指摘事項> ・環境への抵抗性について1000時間以上のテストが必要。 ・日本発の技術として開発スピードを向上。 ・耐湿性の目標値を大型基板で解決の事。 <対応> ・メーカー側の指標を用いて、1000時間テストを実施。 ・開発技術テーマの短期解決を図った。 ・20インチ液晶TVで実証。</p> <p>③ 希土類磁石向けジスプロシウム低減技術開発 <指摘事項> ・共同研究企業間における連携の効果が不明。 ・事業化を急ぐ必要が有る。 ・Dyの必要性について理論的な根拠を明確に。 <対応> ・連携の効果を出すため技術委員会を数多く開催し、情報の共有化を図った。 ・事業化に向けて前倒し化を実施。 ・保磁力機構の解明と保磁力増加の指導原理の獲得に向けグループを設置。</p> <p>④ 超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発 <指摘事項> ・特許件数が少ない。 ・商品化をもっと急ぐべき。 ・サプライマッチングの促進。 <対応> ・7件の特許出願。 ・複合構造工具、ハイブリッド工具での切削試験の加速。 ・自動車部品の加工メーカーとコンタクト。</p> <p>⑤ 超硬工具向けタングステン代替材料開発 <指摘事項> ・サーメットの破壊靱性値及び材料特性の向上を基礎的（系統的）に進める事。 ・実用化に向けた実験、事業化への検討を前倒しする事 ・サーメット技術向上の為、グループ内の連携強化の事。 <対応> ・固容体粉末未使用により組織的均質化を実施。 ・切削試験、摩耗試験を加速すると共に、助成事業を立ち上げ事業化を加速。 ・グループ内に於ける連携強化。</p>						
<p>評価に関する事項</p>	<table border="1"> <tr> <td>事前評価</td> <td>未実施（H19年度はMETI直執行）</td> </tr> <tr> <td>中間評価</td> <td>平成21年度 中間評価実施</td> </tr> <tr> <td>事後評価</td> <td>平成24年度 事後評価実施</td> </tr> </table>	事前評価	未実施（H19年度はMETI直執行）	中間評価	平成21年度 中間評価実施	事後評価	平成24年度 事後評価実施
事前評価	未実施（H19年度はMETI直執行）						
中間評価	平成21年度 中間評価実施						
事後評価	平成24年度 事後評価実施						

<p>III 研究開発成果について</p>	<p>① 透明電極向けインジウム使用量低減技術開発（目標達成度：◎）</p> <p>(1)「スパッタリング法における透明電極向けインジウム使用量低減化技術開発」 第一原理計算から予想された第4元素の添加と従来組成ITO薄膜を非常に薄く製膜化した下地との複層膜化技術により、導電性、光透過性などの技術的な目標値を達成した。薄膜中のSn濃度の上昇によるエッチング性の悪化についても新しい技術で従来のエッチング液でほぼ同等の特性を示すことを確認した。また、新しいITO組成の大型ターゲットの作製も600x300mmのターゲットを実用上十分な98%の密度で焼成できることを実証した。 さらに銀合金の挟み込みによる超薄膜化技術においても新規組成の省In薄膜を使うことで非常に耐候性が上昇し、当初開発した技術でも目標の値を達成したが、はるかに性能が優れた超薄膜化技術の開発に成功した。</p> <p>(2)「非スパッタリング法による透明電極向けインジウム使用量低減化技術開発」 これまで液相でITOナノ粒子を一段で合成できる方法はなかったが、今回それに成功し、ほぼ単結晶に近いナノ粒子を合成可能になった。また、用途によって形状、粒子の大きさを作り分ける技術も開発した。量産化の技術開発を行い、現在kgオーダーの製造が可能な設備が完成している。この新しいナノ粒子を用い、ナノインクを作製し、インクジェット法で作製したITO薄膜は、当初の目標を達成する性能を示した。これで少なくともタッチパネルへの応用は可能になった。</p> <p>② 透明電極向けインジウム代替材料開発（目標達成度：◎）</p> <p>平成19、20年度は、ZnO系透明導電膜の液晶ディスプレイへの応用可能性を検討する観点から、カラーフィルタ（CF）側電極にZnO系透明導電膜を実装した3インチの小型液晶パネルを試作し、液晶ディスプレイ製造プロセスにおける課題の抽出と、現行のITO透明導電膜との相違点を明確にすることに重点を置いて研究開発を実施した。その結果、抵抗率、透過率、耐熱性、耐湿性、耐薬品性等の諸特性において、透明電極として使用に耐えうる特性を満足する材料技術と成膜技術を確立する事が出来た。</p> <p>平成21年度は中間評価での指摘（研究開発のスピードアップ、大型テレビでの信頼性評価）に対応すべく、パネルメーカーにおいて、現行の量産ラインにて、20インチ液晶TV実装を試みた。その結果、現行のライン内使用の薬液耐性への課題が判明、解決策として一部ITOを使用したため、CF側共通電極におけるインジウム代替率は50%に留まった。そこで、解決策研究開発に短期間で効果を上げるべく、パネルメーカーの絞り込みを実施した。</p> <p>平成22年度、パネルメーカー、カラーフィルタメーカー、本プロジェクトメンバーの連携シナジー効果により、ZnO側の表面改善と共通電極作製プロセス側の工夫といった、材料とプロセスとの両面から解決技術を開発した。その結果、ZnOの高透過率（ITOよりも5%高い（人間の目には2%においてその違いを判別する））といった特徴を失うことなく、CF側共通電極におけるインジウム代替率100%に達成する技術の目途を立てた。</p> <p>平成23年度は、上記、解決技術を通し、CF側共通電極におけるインジウム代替率は100%に達成、全体（共通電極+画素電極）においてもインジウム代替率50%以上となり、最終目標を達成した。その結果、これまでの研究開発で判明した酸化亜鉛の高透過率といった特徴が活かされ、代替を越え、新商品レベルに達成した。具体的には20インチ液晶TVにおいて、輝度（ITO実装液晶TVよりも5%増大）、コントラスト、及び色度において、従来のITO実装液晶TVよりも、優れた液晶TVの試作に成功した。さらにパネルメーカーによる長期駆動信頼性評価にも合格した。一方、画素電極側への対応となる酸化亜鉛用ウエットエッチングの研究開発にも成功した。具体的には線幅2μm、線間隔2μmといった微細加工を可能とさせるウエットエッチング技術を実現した。これらにより、共通電極および画素電極すべてをZnOとするインジウム代替率100%を達成する技術への目途をたてた。</p>
-----------------------	--

<p>III. 研究開発成果について</p>	<p>③ 希土類磁石向けジスプロシウム低減技術開発（目標達成度：◎）</p> <p>(1) 1.1 μm まで粉末粒径を小さくすることおよび低酸素プロセスの実現により高保磁力を実現し、最終目標を上回る Dy40%削減に相当する磁気特性を有する Dy フリー焼結磁石の作製に成功した。</p> <p>(2) Dy リッチシェル化率 85%と界面制御により、最終目標を上回る Dy35%削減に相当する磁気特性を有する焼結磁石の作製に成功した。</p> <p>④ 超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発（目標達成度：◎）</p> <p>高硬度の焼き入れ鋼を切削加工するため、工具の刃先部に鋼との親和性が低く、硬質な材料である cBN を超硬基材にロウ付けしたチップが使用されてきた。この工具で耐摩耗性や耐欠損性を実現しているのはチップの先端部である cBN の部分であり、基材に希少金属であるタングステンを使用した超硬合金を用いる必要性は必ずしも高くない。そこで、基材を省タングステン材料に置き換えても cBN を強固に接合する技術を新たに開発した。本開発はインサート材料に非平衡化した金属粉末を用い、局所的な加熱を実現して、基材や硬質材料への熱負荷を抑えることにより成功した。また、実際の工具形状に適した装置の試作、改良を行うことで、実用工具形状における超硬母材なし硬質材料をタングステン使用量を 40%以上低減した省タングステン材料基材に接合し、焼き入れ鋼の連続旋削において、従来のロウ付け工具と同等の切削性能（焼き入れ鋼 S U J 2 に対して、切削速度 150m/min、切り込み 0.3mm、乾式の条件で 0.25mm/rev の送り量で 1 分間の切削加工）を実現し、摩耗量は従来のロウ付け工具と同等を達成できた。</p> <p>一般鋼および鋳鉄を切削するため、超硬合金にセラミックス薄膜を被覆した 3次元ブレーカ付き切削工具が広く普及している。このような工具では、工具の寿命を決定する耐摩耗性と耐欠損性を担っているのは工具刃先近傍や表面の限られた部位である。そこで、切削に関与する部位を超硬合金にし、その他の部位を省タングステン材料とし、工具全体で W 使用量を 30%以上削減した複合構造硬質工具を開発した。本工具製造のため、積層プレス技術、同時焼結技術、界面制御技術を開発し、焼結時の剥離や変形を抑制することに成功した。この結果、3次元ブレーカを有する工具を外周の研削加工なしに使用可能にでき、一般鋼の断続切削試験において、従来のコーティッド超硬合金と同等の切削性能（一般鋼 S C M 4 3 5 溝材に対して、切削速度 250m/min、切り込み 1.5mm、湿式の条件で 0.5mm/rev の送り量で欠損するまでの切削加工）を実現し、摩耗量も同等を達成できた。</p> <p>⑤ 超硬工具向けタングステン代替材料開発（目標達成度：◎）</p> <p>サーメットの組織、特性及び焼結性などに関する基盤技術を確立するために、微構造解析技術を確立した。また、サーメット焼結プロセス中に生じる組織変化を予測する焼結シミュレーションする技術を開発した。サーメット性能向上のため、新規な固溶体粉末を合成する技術を世界に先駆けて開発した。この合成固溶体粉末を用いることでサーメットの性能を向上させることが可能となった。新規コーティング技術を開発するために、レーザー CVD によるサーメット基材用コーティング技術を開発した。</p> <p>切削工具用サーメット及び耐摩耗工具用サーメットを開発するために、強度、靱性、熱衝撃性等の材料特性の最適化を目的として、開発固溶体粉末を用いてサーメットを作製し、高熱伝導材料、高靱性材料等を開発した。これら開発サーメットを用い、工具材料の性能評価を実施した。</p>
------------------------	--

	特許出願	39件 (内 外国出願件数 3件)
	論文	236件
	その他の外部発表 (プレス発表等)	「研究発表・講演」656件 「新聞・雑誌への掲載」60件 「受賞実績」24件 「展示会への出展」34件
IV. 実用化、事業化の見通しについて	① 透明電極向けインジウム使用量低減技術開発	
	<p>技術はできるだけ従来設備を転用できることを目標として開発したが、それでもエッチングラインはさすがに同じものを使用することはできない。したがって、技術開発には成功したが、現在国内の大型液晶パネルメーカーが増産する計画を持っておらず、増産がない状態では、新しい設備投資ができないために国内ですぐに事業化の話は進んでいない。技術的には大型スパッタ装置において製造条件のチューニングがまだ完全でないが、それは大きな障害にはならないと思われる。最終年度には、海外メーカーより接触があったが、直接プロジェクトに参加していないが、東北大学未来科学技術センターを通して共同研究を行った国内メーカーとの連携を優先するために断った経緯がある。なお、ナノテク展において今回開発した技術を見たメーカーより別の用途での応用を考えた共同研究を実施中である。</p> <p>ITO ナノインクに関しては、現在サンプル出荷を行っており、特殊用途であるが事業化の検討がなされている。</p>	
	② 透明電極向けインジウム代替材料開発	
	<p>携帯電話などの小型液晶パネルについては、中間成果までの成果により事業化の可能性を示したと言える。この技術開発の結果を基に、プロジェクトメンバー中の3社（ZnO粉末原料メーカー、ZnO透明導電膜供給メーカー及びZnO用ウエットエッチング薬液メーカー、として）が実用化した。大型液晶パネルにおいては、最終年度成果により、従来技術よりも高輝度、省エネルギーといった優位点をもつ新商品をにらんだ事業化の可能性を示したと言える。</p> <p>本研究開発はZnOの素材、製膜、エッチング液そしてパネル組み立てまで、すなわち液晶パネル製造における川上から川下までの企業が構成し、緊密な連携の下に一致団結して推進してきた。このため参画企業の製造レベルごとの事業化が可能であり、すでに上記3社は事業化した。</p>	
	③ 希土類磁石向けジスプロシウム低減技術開発	
	<p>本体制によって製造される省Dy焼結磁石は、トヨタ自動車（株）によって自動車用磁石への応用が検討されるが、本研究により開発した焼結磁石を適用することにより、Dyの使用量を格段に抑えることが可能となると期待される。特に今後ハイブリッド自動車（HEV）や電気自動車（EV）の普及が加速し、他の自動車メーカーも含めて高保磁力=高Dy 磁石の需要増加が予測されていることから、本研究成果はHEVやEVの普及に大きく貢献するといえる。また、開発された省Dy焼結磁石がHEVやEVだけでなく、各種工作機械、エレベータ、大型家電用モータ等にも採用されれば、エネルギー効率が飛躍的に向上することが考えられ、省エネルギー効果が極めて高くなり、これら産業においても即採用されると推定される。</p>	

	<p>④ 工具向けタングステン使用量低減技術開発</p> <p>本プロジェクトでは、CBN工具及び超硬工具（コーティッド超硬工具を含む）を複合構造とすることで、タングステン使用量を40%以上あるいは30%以上低減する技術を開発した。この複合構造硬質工具製造技術は超硬工具及びコーティッド超硬工具の非常に幅広い用途において、実用化が期待できる。しかし、実用化には多種類のチップ形状に対する技術適用が必要となり、特徴あるチップ形状への展開が可能かの検討が必要となる。また、大量に製造した場合の安定生産が可能かの調査も必要となる。このため、プロジェクト終了後3年程度の量産技術開発及び実用化検討を行うことで、事業化を目指す必要がある。また、開発した複合化技術を切削工具の高性能化に活用できれば、顧客メリットが大きくなり、開発した技術の実用化及び事業化を加速することができる。このため、開発技術の波及効果の検証も本プロジェクト成果の普及には重要であり、今後、研究開発を進める必要がある。</p> <p>⑤ 超硬工具向けタングステン代替材料開発</p> <p>切削工具用サーメットについては、切削工具用高靱性サーメットの開発および切削工具用サーメットの安定製造技術の確立を行うと共に実用化の検討を行い、実用化検討を行った。さらに、平成24年度のNEDO助成事業を活用し、高靱性サーメット工具の適用領域を大幅に拡大する。</p> <p>耐摩耗工具用サーメットについては、高靱性サーメットの開発および大型部材焼結技術、研削等加工条件の確立を行うと共に実用化の検討を行った。さらに、平成24年度NEDO助成事業も活用して更なる適用領域拡大も試みる。</p>				
<p>V. 基本計画に関する事項</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="427 1120 550 1164">作成時期</td> <td data-bbox="550 1120 1348 1164">平成24年10月24日 作成</td> </tr> <tr> <td data-bbox="427 1164 550 1590">変更履歴</td> <td data-bbox="550 1164 1348 1590"> <p>平成20年3月 制定</p> <p>平成20年7月 改訂（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」を修正）</p> <p>平成21年3月 改訂（新鉱種追加により修正）</p> <p>平成21年12月 改訂（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修正と「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 改訂（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 改訂（採択条件等反映のため、研究開発項目⑨-1および⑨-2の最終目標等を修正）</p> <p>平成22年12月 改訂（「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 改訂（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> <p>平成24年3月 改訂（希少金属代替・削減技術実用化開発を追加。）</p> </td> </tr> </table>	作成時期	平成24年10月24日 作成	変更履歴	<p>平成20年3月 制定</p> <p>平成20年7月 改訂（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」を修正）</p> <p>平成21年3月 改訂（新鉱種追加により修正）</p> <p>平成21年12月 改訂（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修正と「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 改訂（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 改訂（採択条件等反映のため、研究開発項目⑨-1および⑨-2の最終目標等を修正）</p> <p>平成22年12月 改訂（「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 改訂（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> <p>平成24年3月 改訂（希少金属代替・削減技術実用化開発を追加。）</p>
作成時期	平成24年10月24日 作成				
変更履歴	<p>平成20年3月 制定</p> <p>平成20年7月 改訂（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」を修正）</p> <p>平成21年3月 改訂（新鉱種追加により修正）</p> <p>平成21年12月 改訂（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修正と「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 改訂（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 改訂（採択条件等反映のため、研究開発項目⑨-1および⑨-2の最終目標等を修正）</p> <p>平成22年12月 改訂（「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 改訂（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> <p>平成24年3月 改訂（希少金属代替・削減技術実用化開発を追加。）</p>				

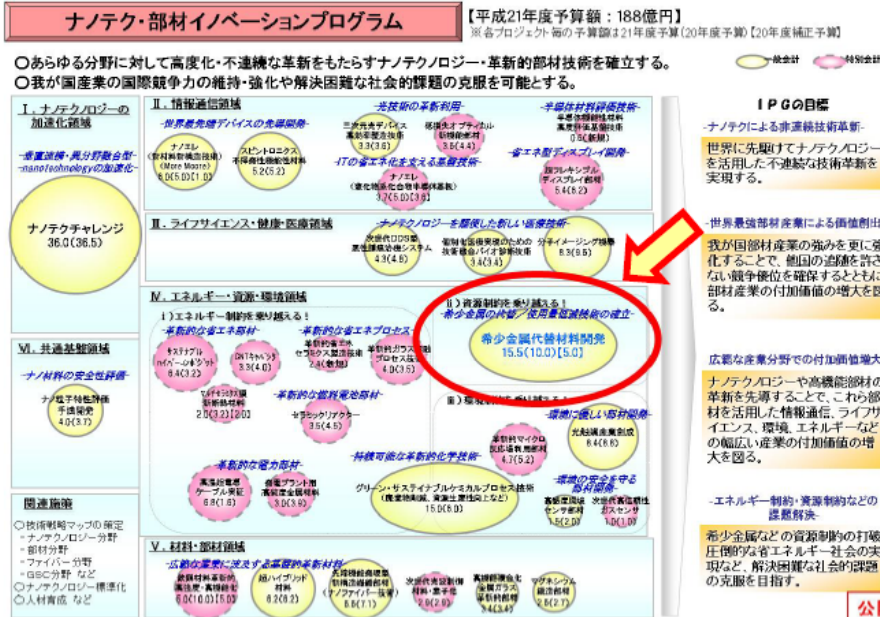
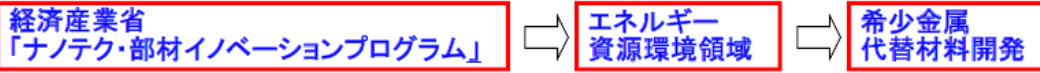
技術分野全体での位置づけ

(分科会資料6-1より抜粋)

1. 事業の位置付け・必要性について

国の政策における位置づけ

公開



事業原簿 I-8

出典：経済産業省「ナノテク・部材イノベーションプログラム」(平成20年5月)

公開

6 / 33

「希少金属代替材料開発プロジェクト（研究開発項目①～⑤）」

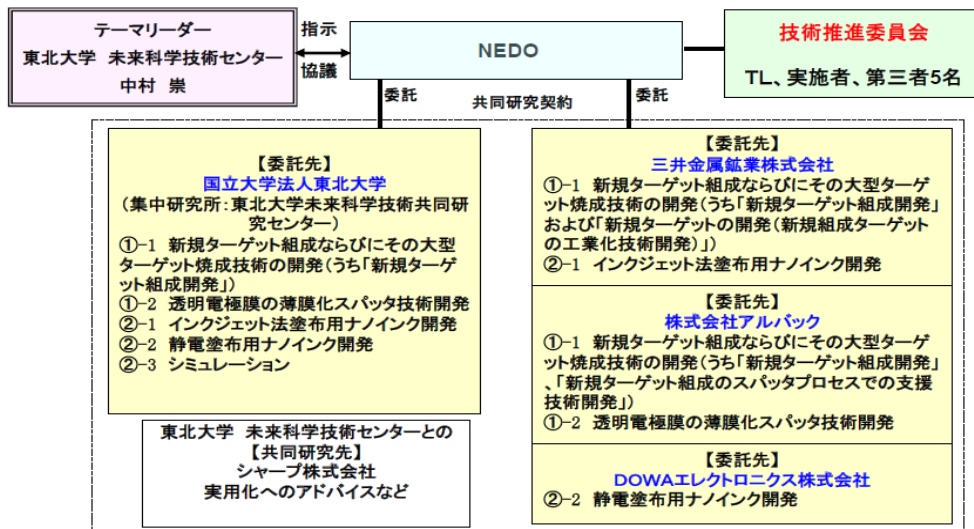
全体の研究開発実施体制

2. 研究開発マネジメントについて

実施体制

公開

①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発



事業原簿 II-29

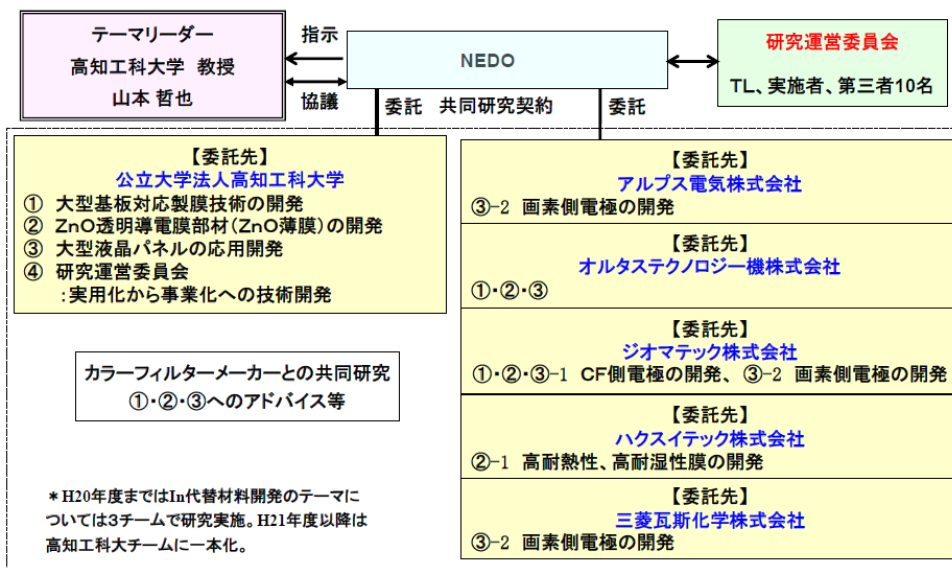
16 / 33

2. 研究開発マネジメントについて

実施体制

公開

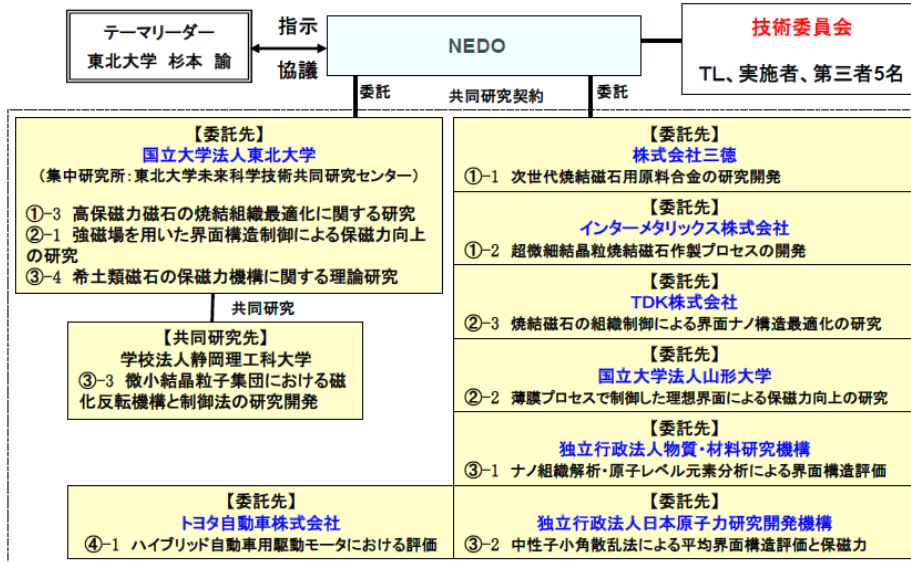
②透明電極向けインジウム代替材料開発



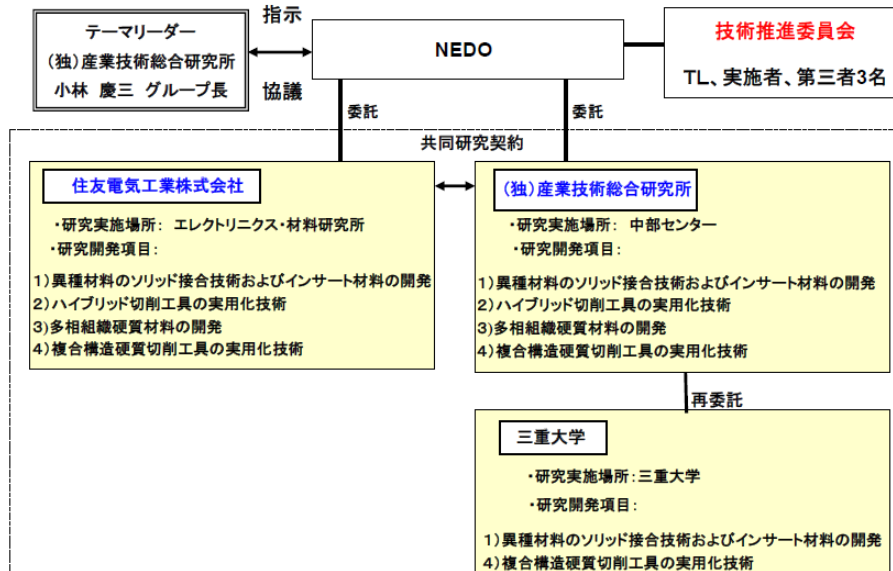
事業原簿 II-30

17 / 33

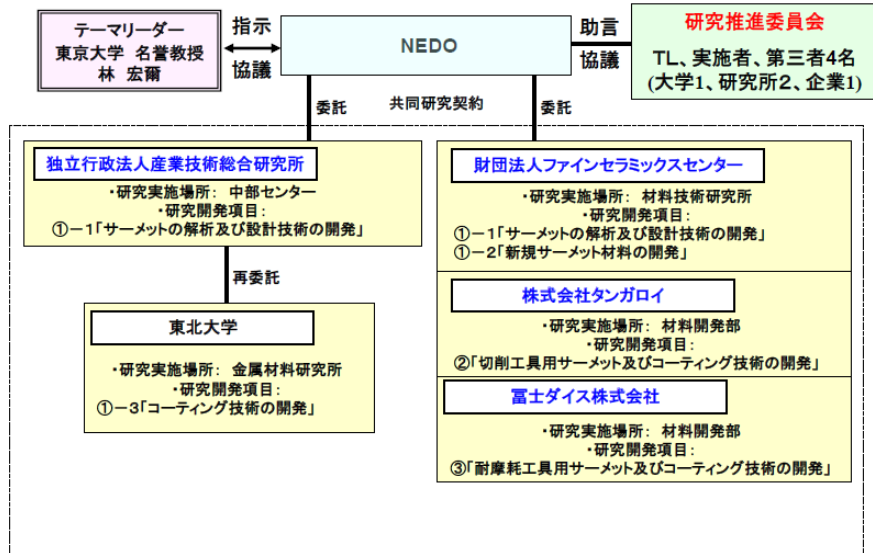
③希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発



④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発



⑤超硬工具向けタンゲステン代替材料開発



「希少金属代替材料開発プロジェクト（研究開発項目①～⑤）」

（事後評価）

評価概要（案）

1. 総論

1) 総合評価

本プロジェクトは、希少金属に着目して社会ニーズを先取りした価値ある企画として高く評価できる。希少金属は一企業でなく国家レベルの問題であり、我が国の今後の経済発展を支えるために不可欠な課題解決に挑むものである。本事業の目標を希少金属の供給懸念が起こった時に企業が採用できる技術のストックとする考え方は、きわめて適切な考え方であり、NEDOが推進する事業としてはふさわしい。各テーマとも概ね目標を達成し、実用化可能なレベルで技術ストックされるフェーズに達したことは評価される。

一方、事業化への見通しは、低コスト化や収益の点で必ずしも順調であるとは言えない面もある。事業化の時期は、希少金属資源の供給状況等、フレキシブルな対応が不可欠である。

2) 今後に対する提言

今回のプロジェクトのように希少金属戦略の一つとして国が主導して使用量低減技術または代替材料を開発することは、たとえすぐに実用化・事業化に進まないとしても、今後も積極的に推進すべきである。

開発技術が現状技術よりも十分に優位な場合は、資源リスク回避といわなくとも積極的に代替が進むが、今回のように現状と同等レベルでも可の場合は、リスク対応ということで一部の品目を商品化しておかないと、いざという時に対応が困難と考えられる。現在の成果で国際的な競争力が保持できるのか、競争力の程度はいかほどか、といった自己評価を行い、必要性に応じて追加のプロジェクトを実施することが望ましい。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

資源戦略は国の産業の発展と保全に対する基本戦略の一つであり、資源の確保、備蓄とともにその有効利用技術と代替技術は大変重要である。緊急度の高いIn、Dy、Wを取り上げプロジェクト化したことは、我が国の産業を守り国際

競争力を強化する観点で、NEDO が実施する事業として高く評価できる。希少金属代替材料開発は、米国や EU でも重要とされている鉱種を対象としており、有用な資源の代替材料を見出すことの公共性は高く、NEDO が関与する事業としての意義は大きい。

2) 研究開発マネジメントについて

本研究開発は、希少金属資源の活用および代替に関して内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が適切に設定されている。開発目標は、各鉱種ごとに需要割合を示して、具体的かつ明確で可能な限り定量的に設定していると判断される。実施体制も、適切な研究項目と研究機関が選定され、リーダーの強いリーダーシップの元に研究開発が実施された。また、中間評価をふまえたフォローアップが非常によくなされ、必要な軌道修正や加速によって目標達成に結び付けられたと評価される。また、ユーザー評価についても具体的検討がなされており、妥当といえる。

3) 研究開発成果について

開発成果は最終目標を全体としてほぼクリアしていると同時に、新しい技術領域の開拓を期待できるものであり、意義あるものである。また、ユーザーのニーズに沿った成果が得られており、今後幅広い普及、活用、実用化につながることを期待される。

なお本プロジェクトの研究開発成果の課題・改善策については、個別テーマに記載の通りとする。

4) 実用化、事業化の見通しについて

本プロジェクトでは、実用化を供給懸念が起こったときに企業が採用できる技術ストックを蓄えることと規定しており、この意味では、多くの技術ストックができています。また、成果である技術を保有することをもって、とくに海外に対する我が国の優位性を訴える結果となり、我が国の国際競争力の強化に大いに貢献する波及効果をもたらされると高く評価される。

一方、得られた技術ストックを製造現場で使用して、低コスト化や収益の維持を図ると定義している事業化はあまり進んでいないテーマもある。

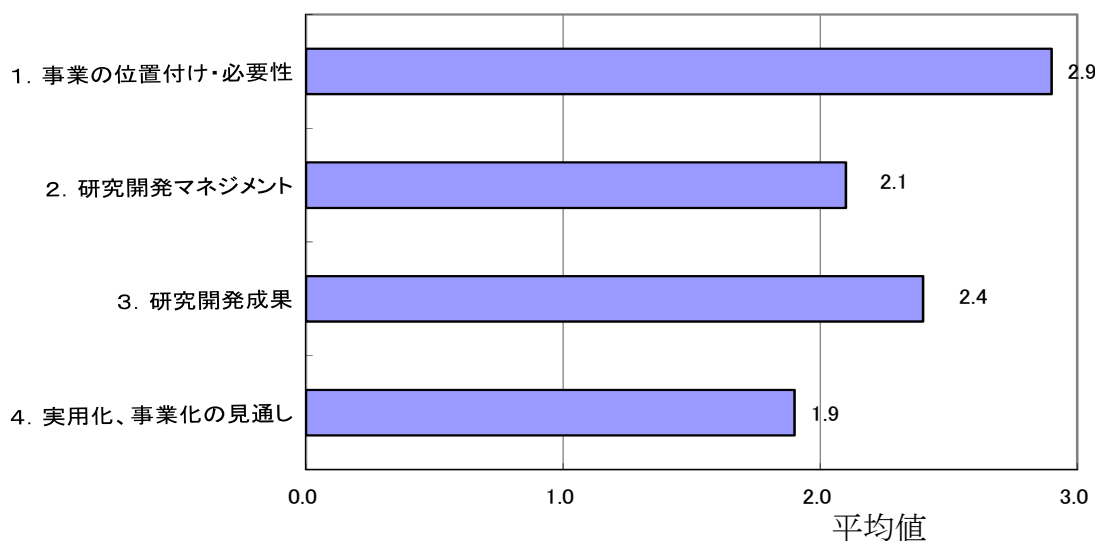
個別テーマに関する評価

	成果に関する評価	実用化、事業化の見通しに関する評価	今後に対する提言
透明電極向けインジウム使用量低減技術開発	スパッタリング法は、独自のターゲット組成と独自の多層構造の適用により目標をクリアした。また第一原理計算の導入で、計算科学に裏付けされた材料設計の道を拓いたことは、今後透明導電膜以外の分野を含め大きな波及効果をもたらすものと考えられる。また、必要な個所にのみ製膜するためにナノインクの開発を目指した意義は大きい。	塗布膜で $10^{-3}\Omega$ であれば、還元雰囲気でのポストアニールを組み合わせればかなりの低抵抗を実現できると思われます。	スパッタリング法は、多層構造になることによる生産性やコストの検討が十分でなく、現在技術との比較検討が必要である。また、スパッタリング法は、実用化に向けた試験まで行われていないため、電圧をかけた状態での新組成 ITO 薄膜の挙動確認や対応検討が必要である。Fe ドープ ITO 膜では雰囲気による変色や、Fe 濃度分布による色むらなどディスプレイ用には問題が生じることへの注意が必要である。
透明電極向けインジウム代替材料開発	ITO 透明電極代替として ZnO 系透明導電膜技術を確立し、特性面の最終目標を全てクリアすると同時に大型 LCD 及びテレビに対する実用化見通しを得たことは大きな成果である。酸化亜鉛系	パネルメーカーとの連携を強化して実用化の観点を前面に出した検討を行い、実用化に十分な特性が得られたことは高く評価できる。また、既に 20 インチ液晶テレビで実証試験が行われて	問題点を明確にして、今後への発展すべき課題として提言してほしい。 また、タッチパネル向けの評価、試作など実用化をもっと早く推進してほしい。

	材料は安定性耐久性が懸念されたが、加速試験などにより実用上可能なことを証明した。その結果は学術的にも実用的にも価値が高い。	おり、パネルとしての実用化はもとより、太陽電池や熱電変換などへの波及効果も見込むことができる。	
希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発	原料や焼結法での微細化により Dy 削減率 40%と Dy の有効利用による界面制御法で 35%の削減を達成しており大いに評価できる。また、磁石の内部構造、すなわち金属相の微細構造や結晶粒界面と保磁力機構との関係を探求することで Nd-Fe-B 磁石の保磁力の発現機構の理解において現在世界で最も進んだ成果の一つとして評価できる。	強い産学連携の成果で、実用性はもとより学術的な観点で高い成果につながった。	研究成果を再度総合的にレビューし、今後の明確な方向性を出してほしい。保磁力発現機構の解明は、まだ研究の余地が残されている。
超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発	ハイブリッド型および複合構造型ともに切削工具としては、いずれもタングステン削減目標を達成している。ハイブリッド工具では、適切なロウ付け条件を見出すと同時に従来品と同等の性能を得たことは大きな成果である。	商品化を実現するため、ユーザー企業に広く行ってもらう必要がある。今後、量産評価を行い、再現性の高い実用化技術の確立を期待したい。	使用量低減対象とする超硬チップだが、低減目標あるいは低減実績について、超硬チップの国内生産規模に照らし、絶対量的にどの程度の位置付けになるかを明確に把握しておくべきと考える。切削性能評価においては、切削時

	<p>複合構造硬質工具では、複合化粉末成型技術及び積層焼結技術を確立すると同時に圧縮残留応力を利用した強靱化作用により高性能化を達成したことは、革新的な成果と言えるだろう。</p>		<p>間を長くするなど使用できる条件と問題になる条件（切削条件と工具寿命）を明確にしておくことが必要である。</p>
超硬工具向けタングステン代替材料開発	<p>WC基超硬合金に代替可能な合金として、新固溶体粉末を用いたTi(C,N)基高靱性固溶体サーメットを考案し、組織および組成を精密に均一化する技術を開発して試作・評価を行い、抗折力、破壊靱性値、切削性能いずれにおいても最終目標をクリアしたことは革新的な成果と言えるだろう。</p>	<p>切削工具および耐摩耗工具として実用化に向けたユーザー評価にまで進んでおり、今後の実用化に向けた見通しが得られた点は評価できる。</p>	<p>成果をどのように普及させるかという観点では、既存技術に対するメリットとして、タングステン代替を越えた付加価値を持たせることが今後の普及のポイントであろう。</p>

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	A	A	A	A	A	B
2. 研究開発マネジメントについて	2.1	A	A	B	B	B	B	B	C
3. 研究開発成果について	2.4	—	—	—	—	—	—	—	—
4. 実用化、事業化の見通しについて	1.9	—	—	—	—	—	—	—	—

(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。

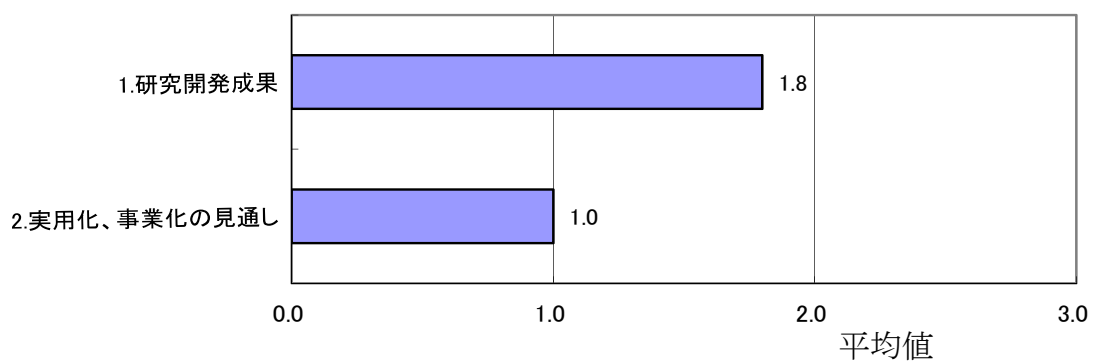
※3・4項目の評点は、個別テーマにおける各々の「研究開発成果」と「実用化・事業化の見通し」の評点平均値をもとに全体評価として平均し、評点として明示したものである。

〈判定基準〉

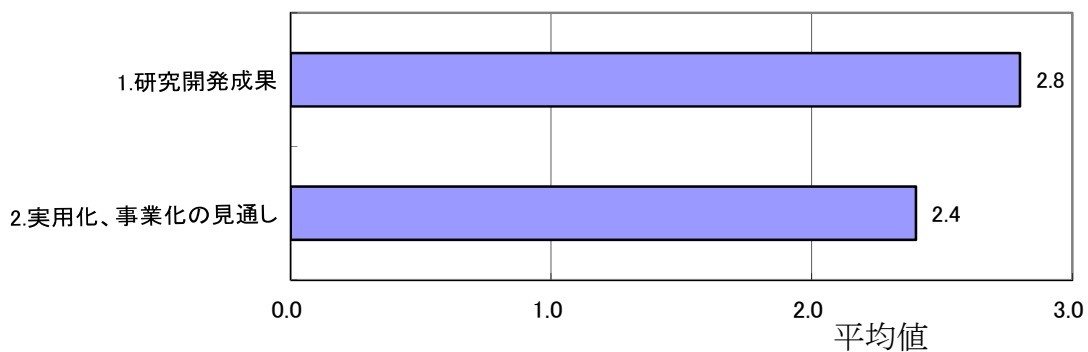
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

評点結果〔個別テーマ〕

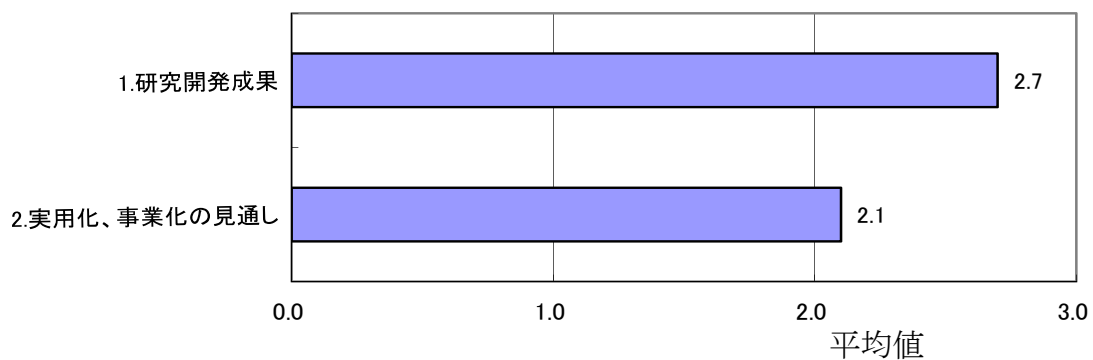
透明電極向けインジウム使用量低減技術開発



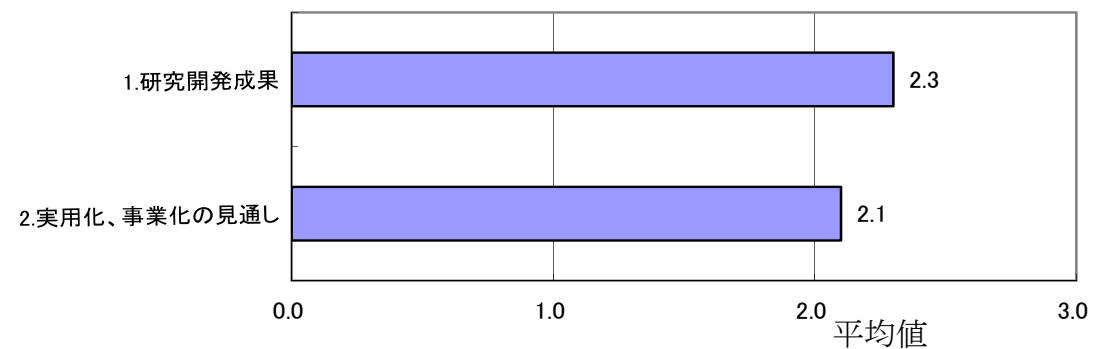
透明電極向けインジウム代替材料開発



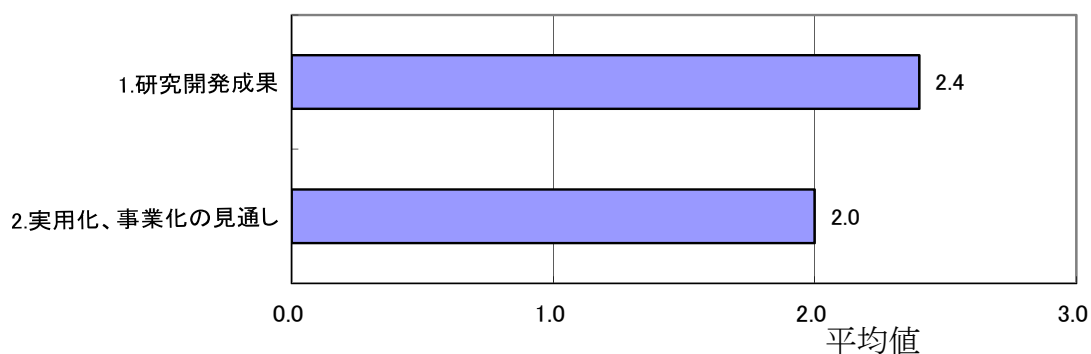
希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発



超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発



超硬工具向けタングステン代替材料開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
透明電極向けインジウム使用量低減技術開発									
1. 研究開発成果	1.8	B	A	B	B	B	B	D	C
2. 実用化、事業化の見通し	1.0	C	B	B	C	C	C	D	D
透明電極向けインジウム代替材料開発									
1. 研究開発成果	2.8	A	A	A	A	A	A	B	B
2. 実用化、事業化の見通し	2.4	A	A	A	A	C	A	B	C
希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発									
1. 研究開発成果	2.7	A	A	B	A	A	A	—	B
2. 実用化、事業化の見通し	2.1	A	A	B	B	B	B	—	C
超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発									
1. 研究開発成果	2.3	A	B	A	A	B	B	—	C
2. 実用化、事業化の見通し	2.1	A	C	A	B	B	B	—	B
超硬工具向けタングステン代替材料開発									
1. 研究開発成果	2.4	B	B	A	A	B	A	—	B
2. 実用化、事業化の見通し	2.0	C	A	B	A	B	B	—	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

- ・ 非常によい →A
- ・ よい →B
- ・ 概ね適切 →C
- ・ 適切とはいえない →D

2. 実用化、事業化の見通しについて

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