

「希少金属代替材料開発プロジェクト」
(中間評価)分科会
資料 5-1

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

「希少金属代替材料開発プロジェクト」

事業原簿【公開】

担当部	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 電子・材料・ナノテクノロジー部
-----	--

—目次—

概要

プロジェクト用語集

I. 事業の位置付け・必要性について

1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性	I-1
1.1 NEDOが関与することの意義	I-1
1.2 実施の効果（費用対効果）	I-2
2. 事業の背景・目的・位置づけ	I-5
2.1 事業の背景	I-5
2.2 事業の目的	I-5
2.3 事業の位置付け	I-7
2.4 海外の研究状況	I-10

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標	II-1
1.1 目標設定根拠	II-1
1.2 全体目標	II-21
1.3 詳細目標と設定根拠	II-21
2. 事業の計画内容	II-27
2.1 研究開発の内容	II-27
2.2 研究開発の実施体制	II-38
2.3 研究の運営管理	II-42
2.4 研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性	II-42
3. 情勢変化への対応	II-44
3.1 レアアースの供給量削減に対する対応	II-45
3.2 平成22年度補正予算対応	II-46
3.3 リスク調査	II-47
4. 中間評価結果への対応	II-48

⑥-1 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／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

III. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果	(⑥-1)-1
1.1 研究開発と成果の概要	(⑥-1)-1
2. 研究開発項目毎の成果	(⑥-1)-3
2.1 成果の内容と目標の達成度	(⑥-1)-3
2.2 知的財産の取得及び標準化の取り組み	(⑥-1)-4
2.3 成果の最終目標の達成可能性	(⑥-1)-7

IV. 実用化、事業化の見通しについて

- 1. 実用化、事業化の見通し (⑥-1)-6
 - 1.1 成果の実用化可能性 (⑥-1)-6
 - 1.2 波及効果 (⑥-1)-6

⑥-2 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／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

III. 研究開発成果について

- 1. 事業全体の成果 (⑥-2)-1
 - 1.1 研究開発と成果の内容 (⑥-2)-1
 - 1.2 成果のまとめ (⑥-2)-2
- 2. 研究開発項目毎の成果 (⑥-2)-3
 - 2.1 成果の内容と目標の達成度 (⑥-2)-3
 - 2.2 知的財産の取得及び標準化の取り組み (⑥-2)-8
 - 2.3 成果の最終目標の達成可能性 (⑥-2)-8

IV. 実用化、事業化の見通しについて

- 1. 実用化、事業化の見通し (⑥-2)-9
 - 1.1 成果の実用化可能性 (⑥-2)-9
 - 1.2 事業化までのシナリオ (⑥-2)-9
 - 1.3 波及効果 (⑥-2)-10

⑦-1 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／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

III. 研究開発成果について

- 1. 事業全体の成果 (⑦-1)-1
 - 1.1 研究開発内容 (⑦-1)-1
 - 1.2 全体の成果 (⑦-1)-3
- 2. 研究開発項目毎の成果 (⑦-1)-5
 - 2.1 目標の達成度 (⑦-1)-5
 - 2.2 成果の意義 (⑦-1)-8
 - 2.3 知的財産の取得及び標準化の取り組み (⑦-1)-8
 - 2.4 成果の普及 (⑦-1)-9
 - 2.5 成果の最終目的の達成可能性 (⑦-1)-9

IV. 実用化、事業化の見通しについて

- 1. 実用化、事業化の見通し (⑦-1)-10
 - 1.1 成果の実用化可能性 (⑦-1)-10
 - 1.2 本成果の波及効果 (⑦-1)-11
 - 1.3 事業化までのシナリオ (⑦-1)-12

⑦-2 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／4 BODY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

Ⅲ. 研究開発成果について

- 1. 事業全体の成果 (⑦-2)-1
 - 2. 研究開発項目毎の成果 (⑦-2)-4
 - 2.1 成果の内容 (⑦-2)-4
 - 2.2 知的財産の取得及び標準化の取り組み (⑦-2)-9
- Ⅳ. 実用化、事業化の見通しについて
- 1. 実用化、事業化の見通し (⑦-2)-10
 - 1.1 成果の実用化可能性 (⑦-2)-10
 - 1.2 事業化までのシナリオ (⑦-2)-10
 - 1.3 波及効果 (⑦-2)-12

⑧ 蛍光体向けテルビウム・ユウ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

Ⅲ. 研究開発成果について

- 1. 事業全体の成果 (⑧)-1
 - 1.1 研究開発内容 (⑧)-1
 - 1.2 全体の成果 (⑧)-2
- 2. 研究開発項目毎の成果 (⑧)-3
 - 2.1 目標の達成度 (⑧)-3
 - 2.2 成果の意義 (⑧)-9
 - 2.3 知的財産の取得・標準化 (⑧)-10
 - 2.4 成果の普及 (⑧)-10
 - 2.5 最終目標の到達可能性 (⑧)-11

Ⅳ. 実用化、事業化の見通しについて

- 1. 実用化、事業化の見通し (⑧)-12
 - 1.1 成果の実用化可能性 (⑧)-12
 - 1.2 事業化のシナリオ (⑧)-13
 - 1.3 波及効果 (⑧)-14

(添付資料)

- ・ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画
- ・健康安心イノベーションプログラム基本計画
- ・プロジェクト基本計画
- ・技術戦略マップ（分野別技術ロードマップ）
- ・事前評価関連資料（事前評価書、パブリックコメント募集の結果）
- ・特許論文リスト

概要

		最終更新日	平成23年6月10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／栗原宏明（平成21年4月～平成23年6月現在） 研究開発項目⑥-1、⑥-2、⑦-1、⑦-2、⑧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	<p>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。</p> <p>本プロジェクトは、排ガス浄化向け白金族、精密研磨向けセリウム、蛍光体向けテルビウム・ユウロピウム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。</p>																						
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】 (1) ⑥-1 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／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 ⑥-2 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／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</p> <p>2009 年実績で白金族の世界の生産量、日本の需要量、日本の主な輸入相手国(占める割合)、日本国内での自動車触媒向け比率(使用量と占める割合。宝飾品向けや投資向けは除く)は以下のとおりであり、その多くは南アフリカで生産されている。ディーゼル車、ガソリン車の触媒向けとしての比率は高い。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>世界の生産量</th> <th>日本の需要量</th> <th>日本の主な輸入相手国</th> <th>日本国内での自動車触媒向け比率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>白金</td> <td>184 t</td> <td>56 t</td> <td>南アフリカ(78%) スイス(10%)</td> <td>自動車触媒(2.9t 18% ディーゼル車) 自動車触媒(9.3t 57% ガソリン車)</td> </tr> <tr> <td>パラジウム</td> <td>220 t</td> <td>60 t</td> <td>南アフリカ(64%) CIS(23%)</td> <td>自動車触媒(4.4t 11% ディーゼル車) 自動車触媒(14.0t 34% ガソリン車)</td> </tr> <tr> <td>ロジウム</td> <td>24 t</td> <td>9.5 t</td> <td>南アフリカ(78%) イギリス(12%)</td> <td>自動車触媒(2.0t 21% ディーゼル車) 自動車触媒(6.2t 65% ガソリン車)</td> </tr> </tbody> </table> <p>※パラジウムとロジウムの用途に関する統計データ無いため白金と同比率と想定</p>				世界の生産量	日本の需要量	日本の主な輸入相手国	日本国内での自動車触媒向け比率	白金	184 t	56 t	南アフリカ(78%) スイス(10%)	自動車触媒(2.9t 18% ディーゼル車) 自動車触媒(9.3t 57% ガソリン車)	パラジウム	220 t	60 t	南アフリカ(64%) CIS(23%)	自動車触媒(4.4t 11% ディーゼル車) 自動車触媒(14.0t 34% ガソリン車)	ロジウム	24 t	9.5 t	南アフリカ(78%) イギリス(12%)	自動車触媒(2.0t 21% ディーゼル車) 自動車触媒(6.2t 65% ガソリン車)
	世界の生産量	日本の需要量	日本の主な輸入相手国	日本国内での自動車触媒向け比率																			
白金	184 t	56 t	南アフリカ(78%) スイス(10%)	自動車触媒(2.9t 18% ディーゼル車) 自動車触媒(9.3t 57% ガソリン車)																			
パラジウム	220 t	60 t	南アフリカ(64%) CIS(23%)	自動車触媒(4.4t 11% ディーゼル車) 自動車触媒(14.0t 34% ガソリン車)																			
ロジウム	24 t	9.5 t	南アフリカ(78%) イギリス(12%)	自動車触媒(2.0t 21% ディーゼル車) 自動車触媒(6.2t 65% ガソリン車)																			

自動車触媒向け白金の使用量は、自動車生産量の伸びに伴い増大し、2019年には2009年の約1.5倍に増える需要予測が出ている。本研究開発により50%削減が可能になり、将来的な白金族の供給量に変化がなかった場合、2011年5月の地金相場価格（Pt：4,964円/g、Pd：1,615円/g、Rh：5,822円/g）で計算すると254億円の削減効果がある。

	Ptの日本国内需要		2019年度での	2019年度の効果金額
	2009年	2019年度予測	50%の削減効果	(2011年5月価格)
白金	2.9t	4.5t	2.3t	114億円
パラジウム	4.4t	6.6t	3.3t	53億円
ロジウム	2.0t	3.0t	1.5t	87億円
			合計	254億円

(2) ⑦-1 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／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

⑦-2 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発 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

2009年実績でセリウムの世界の生産量、日本の需要量、日本の主な輸入相手国（占める割合）、日本国内での研磨向け比率（使用量、占める割合。）は以下のとおりであり、その大半が中国で生産されている。研磨向けとしての比率は高い。

	世界の生産量	日本の需要量	日本の主な輸入相手国	日本国内での精密研磨向け比率
セリウム	約5万t	11,350t	中国(90%) エストニア(6%)	研磨砥粒向け(9,000t 79%)

精密研磨向けセリウムの使用量は、電子機器の生産量の伸びに伴い増大し、2019年には2009年の約1.4倍に増える需要予測が出ている。本研究開発により30%削減が可能になり、将来的なセリウムの供給量に変化がなかった場合、2011年5月の金属価格（Ce：12,750円/kg）で計算すると、600億円の削減効果がある。また、電子機器、特に液晶テレビの市場規模予測は2010年で1兆円であり、この市場確保にも大きく寄与する。

	Ceの日本国内需要		2019年度での	2019年度の効果金額
	2009年	2019年度予測	30%の削減効果	(2011年5月価格)
セリウム	9,000t	12,600t	3,780t	600億円

(3) ⑧ 蛍光体向けテルビウム・ユウ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

2009年実績でテルビウム・ユウロピウムの世界の生産量、日本の需要量、日本の主な輸入相手国（占める割合）、日本国内での蛍光体向け比率（使用量、占める割合。）は以下のとおりであり、その大半が中国で生産されている。蛍光体向けとしての比率は高い。

	世界の生産量	日本の需要量	日本の主な輸入相手国	日本国内での蛍光体向け比率
テルビウム	168t	84t	中国(99%)	蛍光体向け(39t 46%)
ユウロピウム	225t	90t	中国(99%)	蛍光体向け(60t 67%)

蛍光体向けテルビウム・ユウロピウムの使用量は、3波長蛍光ランプやプラズマテレビの生産量の伸びに伴い増大し、2019年には2009年の約1.4倍に増える需要予測が出ている。本研究開発により80%削減が可能になり、将来的なテルビウム・ユウロピウム

の供給量に変化がなかった場合、2011年5月の金属価格（Tb：102,000円/kg、Eu：102,000円/kg）で計算すると129億円の削減効果がある。また、照明の市場規模予測は2010年で1兆円であり、この市場確保へも大きく寄与する。

	TbEuの日本国内需要		2019年度での	2019年度の効果金額
	2009年	2019年度予測	80%の削減効果	(2011年5月価格)
テルビウム	39t	64t	52t	53億円
ユウロピウム	60t	94t	75t	76億円
			合計	129億円

【実施の効果（費用対効果）】

1. 定量効果

(1) 費用：42億円（4年目、5年間の予定額を含む）

(2) 効果：総額983億円

254億円（うち排ガス浄化向け白金族原単位削減効果）

600億円（うち精密研磨向けセリウム原単位削減効果）

129億円（うち蛍光体向けテルビウム・ユウロピウム原単位削減効果）

2. 定性効果

本プロジェクトでターゲットとしている白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムは、それぞれ排ガス浄化用触媒、精密研磨向け砥粒、蛍光ランプ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25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
	⑥-1、⑥-2	排ガス浄化向け白金族(Pt族)	現から50%以上低減
	⑦-1、⑦-2	精密研磨向けセリウム(Ge)	現状から30%以上低減
	⑧	蛍光体向けテルビウム・ユウロピウム(Tb・Eu)	現状から80%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 蛍光ランプ向けテルビウム・有及び有無/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	H24fy	H25fy	総額
	一般会計 (内⑥-1~⑧)	1,100	940	1,457 (600)	1,213 (411)	705 (446)			5,430 (1,457)
	特別会計 (電源・需給の別)		500						500
	加速予算・補正 予算:成果普及費 を含む(内⑥-1~ ⑧)			1,530 (503)	4,905 (1,082)				6,435 (1,585)
	総予算額 (内⑥-1~⑧)	1,100	1,440	2,987 (1,103)	6,133 (1,493)	705 (446)			12,365 (3,042)
	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	製造産業局非鉄金属課							
	プロジェクト リーダー	⑥-1 日産自動車(株)総合研究所 主管研究員菅 菅克雄(~2011/3 同 関場徹) ⑥-2(独)産業技術総合研究所新燃料自動車技術研究センター 副センター長 濱田秀昭 ⑦-1 ファインセラミックスセンター材料技術研究所 エレクトロ・マテリアルグ ループ グループ長 須田 聖一 ⑦-2 立命館大学 理工学部機械工学科 教授 谷泰弘 ⑧(独)産業技術総合研究所 ユビキタスエネルギー研究部門 高機能ガラスグループ 研究グループ長 赤井智子							
	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)	⑥-1 日産自動車(株)、電気通信大学、名古屋大学、早稲田大学 ⑥-2(独)産業技術総合研究所、三井金属鉱業(株)、水澤化学工業(株)、名古屋工業大学、 九州大学 ⑦-1(財)三重県産業支援センター、京都大学、九州大学、東北大学、(財)ファインセラ ミックスセンター、秋田県産業技術センター、(株)小林機械製作所、サイチ工業(株) ⑦-2 立命館大学、(株)アドマテックス、九重電気(株)、(株)クリスタル光学 ⑧(独)産業技術総合研究所、東北大学、新潟大学、三菱化学(株)、パナソニック(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年度も実施)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と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、タングステンとの中間評価が平成21年度に実施されている。今回のテーマとは独立したテーマであるが、プロジェクト全体として反映すべき事項については対応を行う。</p> <p><指摘事項></p> <ul style="list-style-type: none"> 改めて動向調査（6 鉱種およびリスク評価）を行い、常に最新の情報収集に努める。調査の結果は、技術推進委員会等で精査し、今後の対処方針に反映させる。また、政策サイドと密に連携を図る。 <p><対応></p> <ul style="list-style-type: none"> 平成22年度に鉱種別のリスク調査を実施。最新の需給・価格動向、研究シーズ、需要予測、政策の判断を元に、専門家、経済産業省担当、NEDO 担当、実施者が加わった委員会で審議し、重要な鉱種の選定を行った。結果、新たな鉱種を選定し、現在取り組んでいる鉱種の現時点での重要も確認した。 この結果は、平成23年度以降の研究テーマの追加の検討時等の参考にする。 政策サイドとなる経済産業省非鉄課担当とは、この調査委員会を通じての議論、平成23年度予算要求（今後の研究内容検討）を通じての議論、平成22年度補正予算対応での議論を4度/月以上は行い協調した動きをとっている。 	
<p>評価に関する事項</p>	<p>事前評価</p>	<p>平成20年度実施 担当部 電子・材料・ナノテクノロジー部</p>
	<p>中間評価</p>	<p>平成23年度 中間評価実施（平成19年度開始鉱種は平成21年度に実施）</p>
	<p>事後評価</p>	<p>平成25年度 事後評価実施</p>
<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<p>⑥-1 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／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（テーマ全体の目標達成度：○本年度中に目標達成見込み）</p> <p>1) 遷移元素による白金族代替に関する研究開発 触媒活性点の材料候補種を決めた(CeZr 酸化物のナノ粒子間に Fe 化合物を高分散配置した材料)</p> <p>2) プラズマによる活性向上に関する研究開発 リッチスパイクが機能しない低温域においてもプラズマ添加で NO_x 浄化することがわかった。また、プラズマを連続的に添加しなくても間欠的に添加することで連続的な NO_x 浄化可能であることを実証した。</p> <p>3) 排気触媒統合化に関する研究開発 触媒機能を一体化することにより、コンパクトな触媒システムにできる可能性がある。一体化による白金族低減については、低温活性向上など課題が多い。</p> <p>⑥-2 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／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（テーマ全体の目標達成度：○本年度中に目標達成見込み）</p> <p>1) 改良ゾルゲル法による触媒調製技術の開発 ディーゼル酸化触媒に関し、複合化された白金族の触媒活性種をアルミナ担体に均一分散担持するための新しい方法を開発した。本方法により得られた触媒は、従来の担持法によるものと比較して、極めて高い高温耐久性を有し、耐久後も高い酸化活性を維持することが明らかとなった。</p> <p>2) 軽油ミスト燃焼を促進する担体マクロ孔の設計と形成技術の開発 これまでのディーゼル酸化触媒は排ガス中の軽油ミスト酸化の持続性が悪いという問題があった。そこで、独自の技術を用いて担体へマクロ孔を形成することにより、低温での燃料ミスト着火性能を大幅に向上させ、現市販品に比較して白金族使用量を 55% 低減したものでも同等の性能を実現した。</p> <p>3) 銀系 DPF 用触媒の開発 新たに Pd を複合させた Ag 触媒を開発した。本触媒は、900℃以上の高温に曝されても PM 燃焼性が低下せず、かつ炭化水素と CO の高い酸化活性を維持できることが確認された。本触媒の使用により、DPF での白金族使用量 80% 低減の可能性も示唆されている。</p>	

Ⅲ. 研究開発成果
について

⑦-1 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／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

(テーマ全体の目標達成度:◎目標達成)

セリウム使用量原単位の30%削減の最終目標に対して、中間目標として、15%低減を掲げた。さらに15%を実現するために、代替砥粒開発による削減を5%、使用量低減技術による削減を10%とした。それに基づき検討を進めた結果、以上のような成果を得ることができた。代替砥粒開発では、酸化セリウム系既存砥粒の10%を置き換えることができるジルコニア系砥粒を開発できた。これにより削減率の目標値が5%にあるのに対して、10%の削減を可能とすることができた。また、使用量低減技術開発においては、新たに開発した電界トライボケミカル技術によって、スラリー濃度を従来の1/5で、約2倍の研磨レートを実現できた。これは、One Way方式研磨における使用量低減率に換算すると90%に相当する。これらの技術を融合することによって、既存の砥粒使用量の91%の削減効果が期待できることになる。従って、中間目標値である15%を大幅に上回る成果が得られている。

(主たる研究成果)

1)計算による研磨メカニズムの解明と代替砥粒の設計

中間目標として掲げた「シミュレーションによる研磨メカニズムの解明」に対して、 Ce^{3+}/Ce^{4+} の酸化還元挙動や、砥粒表面および内部における酸素欠損分布の偏りが化学的研磨に極めて重要であること、砥粒表面の Ce^{3+} によりガラスの Si-O 結合を切断することを明らかにした。本成果により中間目標を達成しただけでなく、本メカニズムに基づき代替砥粒設計指針を提案することができた。

2)既存の改良による代替砥粒の開発

酸化セリウム系砥粒の 10%を開発したカルシウム含有ジルコニア系代替砥粒に置き換えた結果、100%酸化セリウム系砥粒を用いたときと比較して、同等の研磨速度と表面平滑性を実現できた。すなわち、「ラポレベルで酸化セリウム使用量 5%削減を可能にする」とした中間目標に対して、10%の削減を可能とすることができた。

3)酸化セリウム砥粒試料量削減遊離砥粒研磨技術を確立するための要素技術

確立

定盤回転速度を従来の 10 倍としたトライボケミカル研磨技術に電界印加技術を導入することによって、表面品位を維持したままで、スラリー濃度を 1/5 で、約 2 倍の研磨速度が得られた。これは、「化学反応を援用することによって使用原単位 10%削減」の中間目標に対して、One Way 方式研磨における使用量低減率に換算すると 90%削減に相当する。これより、中間目標を大幅に上回る成果を得ることができた。

⑦-2 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発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

(テーマ全体の目標達成度:◎目標達成)

1)高付加価値研磨パッドの開発

多孔質エポキシ樹脂研磨パッドの開発により、2倍以上の研磨特性の改善、幾何学的精度の5割以上の向上、酸化ジルコニウムによる代替を可能にした。このことにより、セリウムの使用量を50%以上削減(大幅達成)

2)複合砥粒の研究開発

砥粒の滞留性を考慮したコアシェル構造の有機無機複合砥粒の開発により、50%の研磨特性改善、洗浄性向上、幾何学的精度の4割アップ。このことによりセリウムの使用量を30%以上削減(達成)

3)メディア粒子を用いた研磨技術の研究開発

親水性無機粒子の採用により40%の研磨特性改善。特に縁形状の制御を可能にし、全く縁ダレのない研磨を実現。このことによりセリウムの使用量を20%以上削減(ほぼ達成)

	<p>⑧ 蛍光体向けテルビウム・ユウ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 (テーマ全体の目標達成度: ○本年度中に目標達成見込み)</p> <p>中間目標に対して、比較的開発が早く進む構造からの性能予測、高速合成評価法、既存技術の改良については一部、補填すべき事項があるが、基本的事項の作業を終え、ほぼ中間目標を達成しつつある。材料開発については、基盤技術が整い、最終目標達成に目途がつきつつあるところである。蛍光体は高速合成装置の稼働が始まりある程度の輝度をもつ候補物質が見出され始めている。また、既存蛍光体の改善や、蛍光体の分離への高磁場勾配分離など、既存技術を応用するものについてはすでに成果が得られている。</p> <p>(主たる研究成果)</p> <p>1) 構造から距離や対称性の因子を取り出し、発光波長や量子効率を予測する手法を開発したこと。このような試みは例がなく世界的に先端的な成果である。</p> <p>2) 既存蛍光体を改善することで、組み合わせとして 20%以上 Tb+Eu の使用量が低減できることを見出したこと。これは先端的な成果ではないが、実用性も高く産業上重要な意義を有することである。</p> <p>3) 蛍光体の分離手法が開発できたこと。これによって、今まで捨てられていた蛍光体の混合物を再度利用が可能になると期待できる。</p> <table border="1" data-bbox="389 999 1474 1160"> <tr> <td>投稿論文</td> <td>「査読付き」 11 件、「その他」 83 件</td> </tr> <tr> <td>特 許</td> <td>「出願済」 29 件、(うち国際出願 0 件)</td> </tr> <tr> <td>その他の外部発表 (プレス発表等)</td> <td>「プレス発表」 3 件</td> </tr> </table>	投稿論文	「査読付き」 11 件、「その他」 83 件	特 許	「出願済」 29 件、(うち国際出願 0 件)	その他の外部発表 (プレス発表等)	「プレス発表」 3 件
投稿論文	「査読付き」 11 件、「その他」 83 件						
特 許	「出願済」 29 件、(うち国際出願 0 件)						
その他の外部発表 (プレス発表等)	「プレス発表」 3 件						
IV. 実用化、事業化の見通しについて	<p>⑥-1 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／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</p> <p>日産自動車(株)は、世界で唯一の触媒量産工場を持つ自動車会社であり、以前から、自社開発した触媒を量産製法も含めた技術開発を行い、必要に応じて材料メーカーとも連携しながら車載実用化してきた実績を持つ。従って、本プロジェクトで開発した触媒も、従来と同様のスキームで車載実用化まで行くことは可能である。また、本技術はディーゼル車のみならずガソリン車にも適用可能であるため、ガソリン車用触媒への展開も視野に入れて実用化を目指す。</p> <p>⑥-2 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／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</p> <p>触媒材料技術や触媒コート技術などの要素技術に関しては、当初の計画通り目標が達成されており、今後は要素技術を統合し、最適化を行いながら実用的な触媒システム完成させる見込みである。最終の 2013 年度までに触媒システムが完成されれば、その後の客先の開発計画に沿った製品開発フェーズへ容易に移行できる。触媒システムの実用化にあたっては、今後のディーゼル大型車の開発動向や社会情勢の変化により不確定な部分があり、耐久性・信頼性の評価や量産化のための生産技術性の確認が必須であるが、現在までのところ、実用化に対して大きな支障はなく、計画通り実用化の検討を進め、最終的には事業化できる見通しである。</p> <p>⑦-1 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／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</p> <p>本開発成果の実用化、事業化展開では、大きく分けて「代替砥粒としての実用化」と「電界トライボケミカル技術及び両面電界スラリー制御技術の使用量低減技術の実用化」の 2</p>						

	<p>つに分類することができる。いずれの技術についても、アドバイザーボードの各企業が実用化の観点からの評価するスキームを構築している。本スキームを活用し、実用化に耐えうるための課題抽出、さらにその解決をはかることによって実用化につなげる。代替砥粒については、高騰が続いている既存酸化セリウム系砥粒と比較して安価であることから、価格競争力の観点からも市場に十分受け入れられる可能性が高い。また、既存のガラス研磨企業に新規研磨装置あるいはシステムキットとして提供することを実用化モデルとしている使用量低減技術の実用化については、使用原単位削減率が大きいことから、最大で約50%の運転費用削減効果を見込むことができる。この大きな削減効果のために、この開発技術を導入することによる費用を5～12年程度で回収できる見込みである。従って、ガラス研磨企業によっても導入メリットは十分あり、実用有意性は高い。</p> <p>⑦-2 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発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 最も効果が大きかった多孔質エポキシ樹脂研磨パッドに関しては、現在市販されているウレタン樹脂研磨パッドと同等の価格で供給することが可能となり、研磨パッド寸法をφ200→500角→φ950と大口径化し、供給能力も月百枚→月五百枚→月五千枚と増強し、レンズ研磨に適したエポキシ・ウレタン重合体も開発し、2012年4月を目途に上市化を目指している。ほぼ確実に実用化される見通しとなっている。一方有機無機複合砥粒は洗浄性と幾何学的精度が向上することから、高精度品を中心に採用が検討されており、供給能力の向上とさらなる高付加価値化を今後検討し、本プロジェクト終了直後の2014年春に上市化することを目指しており、これについてもほぼ確実な見通しとなっている。</p> <p>⑧ 蛍光体向けテルビウム・ユウ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 本開発の成果はすべての蛍光ランプに適用可能な技術であるが、技術要素が多くなく、製品寿命が最も長い直管 HF を対象としている。パナソニック社では蛍光体を購入してランプ製造販売しているが、ランプの安定価格供給を目的として、これらの蛍光体、保護膜等を変更することになる。事業化への最終的な課題は量産時の安定性、コストであり、三菱化学関連からの供給も含めて、できるだけ低コストで調達できるルートを考える。また、昨今の Tb の急騰が続けば、コストという面では事業化の可能性は高まる。 三菱化学では自社事業として LED 用蛍光体の製造販売を力をかけて行っていることから、想定開発品には強いニーズがあると考えており、自社で製造販売を行っていることから開発に成功すれば事業化は容易である。</p>				
V. 基本計画に関する事項	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="384 1330 531 1384">作成時期</td> <td data-bbox="531 1330 1477 1384">平成23年2月 作成</td> </tr> <tr> <td data-bbox="384 1384 531 1890">変更履歴</td> <td data-bbox="531 1384 1477 1890"> 平成20年3月 制定 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） 平成21年3月 改訂（新鉱種追加により修正） 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）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） 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） 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） </td> </tr> </table>	作成時期	平成23年2月 作成	変更履歴	平成20年3月 制定 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） 平成21年3月 改訂（新鉱種追加により修正） 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）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） 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） 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）
作成時期	平成23年2月 作成				
変更履歴	平成20年3月 制定 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） 平成21年3月 改訂（新鉱種追加により修正） 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）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） 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） 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）				

プロジェクト用語集

⑥排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発

用語	説明
アルミナゲル	アルミナゾルをゲル化して得られるアルミナの多孔質体。乾燥前のものは湿潤アルミナゲル、乾燥後のものは乾燥アルミナゲル、と区別することもある。
アルミナゾル	アルミナ結晶が水中に分散したコロイド溶液。水酸化アルミニウム(ペーライトなど)が主成分である。
安定分散	液体中で微細な固体粒子が浮遊し、固体粒子が集まって沈殿しない安定な状態の分散を指す。
アンモニア昇温還元法(NH ₃ -TPR)	触媒表面の活性酸素と反応するアンモニアを供給し、アンモニア-活性酸素反応の生成物の温度に対する挙動から、活性酸素の性状を測定する方法。
エージング処理	自動車触媒は使用過程で高温に曝され、性能劣化が起こる。劣化触媒の性能を把握し耐久性を評価するため人為的に高温にさらす処理のことをいう。
液相還元法	金属塩や錯体の溶液中で、還元剤等を用いて金属イオンを0価の金属に還元する方法のこと。
塩基性物質	反応分子からプロトン(H ⁺)を受容したり、反応分子に電子対を供与したりする物質。塩基性物質としてはアルカリやアルカリ土類、希土類の酸化物などがある。
解膠	塊状の凝集した沈殿等が表面の電気的性質を粒子同士で反発するような作用を起こす物質を加えることにより、凝集した塊が解かれて微細な粒子となり液体中に浮遊したゾルの状態になる現象。
加水分解	有機物分子や無機物の結合が切断され、水分子(H ₂ O)がH ⁺ とOH ⁻ に分かれて付加する反応のこと。
活性酸素種	ススを燃焼させることができる酸素。触媒表面上の酸素種の中でも、スス燃焼に関与する活性酸素種と燃焼への関与のすくない吸着酸素があると考えられる。
過渡運転	実際の車両を運転した時のように、エンジンの回転数とそれにかかる負荷が連続的に変化するようなエンジンの運転をいう。(⇔定常運転)
含浸法	触媒活性種である金属を含む化合物溶液を触媒担体に含浸させ、蒸発乾固させて溶媒を除去後、焼成や還元によって触媒活性種を担体上に析出させて触媒を作る触媒調製法のこと。
基材	触媒を実用的に機能させるために触媒種を塗布するためのセラミックスや金属でできた支持体。形状は用途に応じてハニカム状、フィルター状のものが使われる。
均一媒体	多孔体は本来、固体部分とそのすきまの空間部分から構成される不均一な媒体であるが、これを平均的な特性(拡散係数、伝熱係数、反応特性等)を持った構造のない物質として扱う。これを均一媒体と呼ぶ。
金属アルコキシド	アルコキシ基(RO-)に金属が結合した化合物のこと。水と容易に加水分解し、アルコールと金属水酸化物になる。
金属分散度	触媒担体上に担持された金属触媒粒子全体の原子数に対する表面に露出した金属原子数の割合で示され、0から1の値をとる。小さな粒子ほど分散度が大きいので粒子の大きさの指標となる。
金属分散度測定	COやH ₂ が金属触媒粒子の表面原子に化学吸着する性質(金属原子1に対して1分子吸着等)を利用し、その化学吸着量から表面金属原子数を求め、金属分散度を測定する方法。
クリオゲル(凍結乾燥ゲル)	湿潤ゲル中の溶媒を凍結乾燥によって除去して得られる、気孔率の極めて高い多孔質体。
コア-シェル構造	2種類の成分相からなる粒子において、片方の成分相が核(コア)を形成し、もう片方の成分相が核の周囲を覆う殻(シェル)を形成している構造のこと。コア-シェル構造は、コア相とシェル相の親和性が高い場合にのみ形成されるため、その構造を形成できる成分の組み合わせは非常に限定される。
コート(コーティング)技術	触媒を実用的に機能させるために、粉末状の触媒種を触媒基材(ハニカム等)に塗布する技術。
コロイド	溶け合わない2つの相(液体-液体、固体-液体等)の一方の相が微細な液滴または微粒子の状態を形成し、他方の相に浮遊・分散した物質状態のこと。
コロイド保護剤	コロイド粒子の表面に吸着あるいは作用し、静電的な反発力を形成し、液中でコロイド粒子が凝集して沈降しないように働く物質のこと。
酸性物質	固体表面から反応分子に対してプロトン(H ⁺)を与えたり、反応分子から電子対を受容したりする物質。酸化アルミニウム(アルミナ:Al ₂ O ₃)に酸化ニオブや硫酸イオンなどを添加すると酸性物質となる。
自動車NO _x PM法	大都市を中心に「対策地域」を定め、NO _x (窒素酸化物)とPMの排出基準に適合しない車の所有、使用を制限する法律。ディーゼル車を適合させるには排ガス触媒処理が必要で、触媒中に白金族金属が含まれる。

用語	説明
触媒活性種	触媒反応を促進させる作用を有する成分・物質。
シングルナノサイズ	約1～9nm程度の大きさ。
水銀圧入法	水銀の表面張力が大きいことを利用して、圧力と圧入された水銀量から、メソ、マクロ領域の細孔径や細孔容積を測定する手法。
水熱雰囲気処理	物質を高温高压の熱水で処理すること。オートクレーブと呼ばれる密閉耐圧容器を使用する。シリカゲルを水熱雰囲気処理することにより、細孔構造を制御すること
数値流体力学	英語でComputational Fluid Dynamics (CFD)。具体的な3次元形状に対して流体の流れ、分子相互拡散、エネルギー移動等を数値的に計算するシミュレーション技
スス燃焼反応速度	本研究では、不活性ガス中で所定の反応温度に置かれたスス+触媒混合物に酸素を導入し、その直後からのCO ₂ 、COの生成量からスス残存量の時間変化を算出し、酸素導入直後におけるスス残存量変化の傾きをスス燃焼反応速度と定義し
ゾル	微細な粒子が気体や液体中に浮遊し、その状態が維持される系をゾルという。コロイド溶液とほぼ同義に使用される。
ゾルゲル反応	アルコキシド溶液の加水分解・重縮合反応によりゲル化させる反応をいい、ガラス、セラミックスなどの材料を比較的低温で合成できる。例えばシリカやアルミナの前駆体であるアルコキシド溶液の加水分解・重縮合反応によりゲル化させたものを焼成処理してセラミックス担体を得ることができる。
ゾル分散担持法	金属活性種のナノ粒子分散液と担体成分の前駆体ゾルを混合分散し、蒸発乾固・焼成の操作を経て触媒を作る方法。この方法により触媒金属に高い耐熱性を付与することが可能。
大気圧プラズマ	大気圧下で発生させたプラズマのこと。一般的に、プラズマは発生させるときの圧力が低いほど低電圧で済み、平均自由行程が長く、プラズマを制御しやすいといった傾向がある。大気圧プラズマは、連続処理に向いているため生産性が高く、真空装置が不要であるため処理コストが低く、簡単な装置構成で済むと言った特徴
多元構造担体	白金粒子の凝集を抑制する仕切り材の役割を果たすメソ構造と、燃料ミストによる細孔閉塞を回避できるマクロ構造を階層的に多元構造化した担体。
打錠成型機	粉末に圧力をかけることで成型を行う機械のこと。操作条件の制御により、任意の形や密度、細孔分布の成型品を作製することができる。
単位面積あたりの酸点	酸性物質の表面に存在するプロトン(H ⁺)や電子対を受容できるサイトの数を表面積で規格化した値。
炭化水素酸化反応	排気ガス中に含まれる未燃燃料成分をCO ₂ と水に完全に酸化する反応。
担体	触媒作用に必要な触媒成分を保持(担持)させるための下地材料。触媒成分の安定化や高分散化などの効果がある。アルミナなどの金属酸化物などが用いられ
透過型電子顕微鏡(TEM)	電子顕微鏡の一種で、電子線を絞って触媒のごく一部の領域に照射し、触媒を透過した電子線から形状を観察する装置。
尿素SCR	ディーゼル排出ガスに還元剤である尿素を添加し、有害成分のNO _x を低減させる方法。寿命が長く燃費悪化を伴いにくいいため、大型商用車で多用されるが尿素搭載が必要で手間がかかるため家用車には不向き。
燃料ミスト	軽油燃料のポスト噴射や排気管噴射により供給され、酸化触媒上での燃焼によりDPF強制再生のための排ガス昇温の役割を担う。ただしマクロ孔が小さな担体では燃料ミストが担体の細孔を閉塞する問題がある。
バランスポイント温度(BPT)	DPFに堆積した粒子状物質の燃焼性をはかるひとつの指標。フィルター上に堆積していくとフィルターの圧力損失が上昇するが、その粒子状物質が燃焼しはじめると圧力損失は低下する。この時の堆積速度と燃焼速度がバランスし、圧力損失変化が一定となる温度をバランスポイント温度(BPT)という。
非平衡プラズマ	電子温度とガス温度が等しくない(非平衡状態)時のプラズマのことで、DBD放電等によって作り出すことができる。電子温度とガス温度が同等のときは平衡プラズマ(熱プラズマ)と呼ばれる。
複合コロイド	Ptを含む相とCeを含む相の二種類の相が互いに接触した状態で複合化されているコロイドのこと。例えば、Ptを含む相とCeを含む相の二種類の相が互いに接触した状態で複合化されているコロイド。
プラズマ	温度が上昇すると、物質は固体から液体に、液体から気体へと状態が変化する。気体の温度が上昇すると気体の分子は解離して原子になり、さらに温度が上昇すると原子核のまわりを回っていた電子が原子から離れて、正イオンと電子に分かれる。この現象は電離とよばれており、電離によって生じた荷電粒子を含む気体をプ
ベーマイト	水酸化酸化アルミニウムの鉱物名あり、化学式でAlOOHで表される物質のこと。
マクロ構造	ミクロンオーダー領域(直径0.05～数μm)における細孔構造(造粒体間の隙間)。ガスや燃料ミストなどの反応物の拡散の役割を担う。
メソ構造	ナノオーダー領域(直径2～50nm)における細孔構造(一次粒子間の隙間)。主に白金粒子など活性成分を分散担持する場。

用語	説明
有効拡散係数	多孔体の見かけの拡散係数。多孔体(多元構造担体もその一つ)中は気体分子の運動できる空間が制限されているため、有効拡散係数は障害のない空間内の拡散係数に比べて低くなってしまう。
CO(一酸化炭素)	エンジンから排出される有害な成分。
DBD放電(誘電体バリア放電)	一定の間隔をおいた平板の片方、もしくは両方の電極を絶縁体(誘電体)で覆い、交流電圧をかけた場合におこる放電のこと。別名、無声放電。
DOC(ディーゼル酸化触媒)	ディーゼル車で使われる酸化触媒をいう。炭化水素や一酸化炭素の酸化除去や酸化反応時の熱を利用して排ガス温度を上げる働きがある。
DPF(ディーゼルパーティキュレートフィルター)	ディーゼルエンジンから排出される粒子状物質(PM)を捕捉するためのフィルター。通常、堆積したPMを除去して再生するために白金触媒を使用する。
FORTAN	プログラム言語の一つ。これを用いて関数を記述することで様々な対象の反応特性を高速に計算することができる。しかし単純でない形状(球や直方体以外)に対しては困難で現実的ではない。
HC(炭化水素)	エンジンから排出される炭素(C)と水素(H)からなる化合物。
NaBH ₄	水素化ホウ素ナトリウムと呼ばれる物質で、酸性条件や、特定の触媒の存在下で分解し、水素ガスを放出する性質を持ち、液相中での金属ナノ粒子の調製の際に還元剤として用いられる。
NO _x (窒素酸化物)	エンジンから排出される有害な窒素の酸化物で、NOとNO ₂ の総称。
NO酸化反応	NOをNO ₂ に酸化する反応。DPFや尿素SCRの前段として組み込まれる。
NO _x 吸蔵還元(NSRまたはLNT)	三元触媒にNO _x 吸蔵剤を複合させた触媒を用いて、ディーゼル排出ガス中のNO _x を触媒に吸蔵させ、間欠的に燃料を噴射して還元除去する方法。還元剤を別途用意する必要がないため自家用車に向くが、寿命がやや短く燃費悪化を伴うため大型商用車への適応は難しい部分がある。
one-potプロセス	担体の前駆体のゾルに、触媒成分の金属イオンを予め混合した上で、均一ゲル化により触媒を作製する方法。担体ゲルを作製した上で、触媒金属成分を含浸法により担持する(二段階の)方法と区別するために付けられた名前。
PM(パーティキュレートマター)	エンジンから排出される粒子状物質のこと。通常、可溶性有機成分(SOF)、固形の炭素微粒子(スス)、硫酸塩等から成る。
SCR(選択的接触還元)	酸素共存下条件において、触媒を利用し、還元剤により選択的にNO _x を還元除去する反応。還元剤としては通常アンモニアが用いられる。近年、炭化水素、水素、COも触媒と条件次第で選択還元の還元剤となることが見出された。
TEM-EDS	TEM(透過型電子顕微鏡)とEDS(エネルギー分散型X線分光法)を併用することで元素分析や組成分析を行う手法。

⑦精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発

用語	説明
圧縮強度	一般的には、物体が圧縮で破碎される時の強度であるが、本研究では、砥粒の二次粒子が圧縮により破碎され、より小さい二次粒子または一次粒子になる時の強
アブレーション	材料表面が融除、熔除、熔発等で取り除かれる現象。通常はたとえば炭酸ガスレーザーのように熱で材料表面を熔解する熱的アブレーションが多い。
粗さ	滑らかさの程度をあらわす尺度。局所的な凹凸の高さを数値化したもので、種々のパラメーターがある。
一次研磨	磁気ディスク用ガラス基板の加工工程において、ラップ工程後のすりガラス状ガラス表面を平滑にする研磨。通常、酸化セリウム砥粒とポリウレタンパッドを用いる
一次粒子	単位粒子と考えられるものを1次粒子と呼んでいる。研磨砥粒の場合、一次粒子は数十nmの大きさである場合が多い。
エッチャント	工作物を侵食し除去する化学溶液。
エッチング	化学液に材料を浸漬させ、化学反応により材料を溶解し除去加工を行う方法。
塩基度	一般には、電子供与性の尺度。塩基度が高い状態とは電子供与性が高く、電子を過剰に有している状態を意味する。
回転速度	研磨加工時における工作物および研磨工具が単位分当りに回転する回数。
化学援用研磨	化学研磨に砥粒を適用し、砥粒の機械的除去作用を付加し、研磨特性を向上させた研磨法。
拡散係数	拡散の速さを規定する比例係数。Einstein式において、3次元空間における原子一個の拡散係数は単位時間当たりの平均二乗変位を6で割ったもので与えられる。
滑落角	酸化セリウムなどのスラリーを研磨パッド上に滴下し、液滴が滑り落ちる際の研磨パッドの傾斜角度。

用語	説明
ガラス研磨	水溶液中においてガラス表面に水和膜が形成され、それを砥粒が機械的に除去することによって加工が進行すると考えられている。
ガラス腐食	ガラスの骨格構造を形成している結合が切断され、ガラスが崩壊、溶出する現象。引っ張り応力のかかっているガラスの表面が水に接していると、水分子との化学反応により低い応力でも結合が切断される。これは特に応力腐食現象と呼ばれている。
共振研磨	水晶などの工作物に対し、特定の周波数により振動（共振）させながら研磨を行う技術。振動により工作物と砥粒の相対速度が高まり研磨能率が向上する。
共沈法	湿式合成法の一つであり、2種類以上の金属イオンを含む溶液からアルカリ等を用いることで複数の難溶性塩を同時に沈殿させて、均一性の高い化合物を作る方法。
クーロン力	電荷を有する粒子、または双極子の間に働く力。
結晶	原子・分子・イオンなどが規則正しく立体的に配列されている固体物質。
結晶構造	結晶を構成している原子・分子・イオンなどの種類および空間的配列状態、あるいは結晶中の原子の配置構造のことをいう。X線回折測定などから結晶構造を決めることができる。
結晶軸	結晶内の座標軸。結晶内の一点を通り、同一平面上にない三～四本の直線群。
欠損	結晶構造を保ったまま、元素を占有するサイトを空孔と置き換えること。
研磨	被加工物である材料の表面を他の材料で擦ることで、その被加工物の表面を除去する加工法。狭義には被加工物の表面を鏡面にする加工法を指すことが多い。
研磨圧力	研磨加工時における工作物－研磨工具間に作用する圧力。この両者を押し付ける力を研磨面積で除した値。
研磨傷	研磨で発生するガラス表面の傷。通常、研磨スラリー中に存在している砥粒以外の異物やガラス層がガラス表面を引っ掻くことで発生する。
研磨材	研磨に使用される材料。狭義には、砥粒やパッドを指すことが多い。
研磨特性	研磨の性能を表す指標の一つ。本プロジェクトでは研磨能率を仕上げ面粗さで除した数値を示す。
研磨能率	単位時間あたりに除去された工作物の厚さ。
研磨パッド	研磨に使用される高分子製の工具。砥粒を保持する役割を持つ。多孔質のポリウレタン樹脂製のものや、スエードタイプ、不織布タイプなどが主に用いられている。砥粒を含む研磨スラリーはこの研磨パッド上に注がれる。
研磨レート	単位時間あたりに研磨量。ガラス基板研磨の場合、1分あたりに研磨除去されるガラスの厚みである場合が多い。また、研磨前後のガラスの重量変化を厚みの減少量に換算することも行われる。
光学的塩基度	ガラスの電子供与性を定義した概念。ガラスを構成する単純酸化物の塩基度をベースに、IngramとDuffyがガラスに拡張した概念である。
工作物	機械加工において加工される材料のこと。
格子欠陥	結晶において空間的な繰り返しパターンに従わない部位。狭義には、格子空位（本来その格子にあるべき原子が欠落している）を意味することが多い。
格子定数	結晶の単位胞における結晶軸の長さや軸間角度のこと。
硬度	物質、材料の特に表面または表面近傍の硬さをあらわす機械的性質の一つで、種々の測定法で数値化される。
固相反応法	酸化物、炭酸塩、硝酸塩などの粉末原料を混合した後、焼成（反応）を行ってを目的とする化合物を合成する方法。原料を均一に混合、またお互いが強く密着していないと、偏析等の問題が発生する。
固溶	結晶構造を保ったまま、異種原子が原子レベルで混合された状態。異種原子が入る位置によって、侵入型固溶体と置換型固溶体がある。置換型固溶体の場合、元の原子（イオン）の大きさと、異種原子（イオン）の大きさの違いによって、格子定数が大きくなる場合と、小さくなる場合がある。
コンタミネーション	工作物や機械に付着する砥粒や切りくずなどの汚染物のこと。
コンディショニング	優れた研磨特性が得られるよう研磨パッドの表面を調整すること。フェイスング、ドレッシングの項目を参照。
最低空軌道(LUMO)	分子内の電子状態を記述する分子軌道のうち、電子が入っていない軌道を空軌道といい、その中でも最もエネルギーが低い空軌道を最低空軌道(Lowest Unoccupied Molecular Orbital; LUMO)という。
酸化セリウム	ガラスの研磨に一般的に用いられる研磨材。CeO ₂ の他にもLaなど様々な成分を含む。
仕上げ面粗さ	研磨後工作物表面の凹凸を示す指標の一つ。本プロジェクトでは白色式干渉顕微鏡により測定した算術平均粗さRaで示す。
湿式合成法	一般には液中で行う合成法のことを意味する。本研究では、金属の塩化物をアルカリを用いて水酸化物として沈殿させ、その沈殿物スラリーに酸素を吹き込むことで金属酸化物を得るために使用している。
自由エネルギー	系の内部エネルギーのうち、仕事に変わり得るエネルギーをいう。残りは熱。
硝材	様々なガラス(硝子)の材質。

用語	説明
焼成温度	材料を高熱で焼く(焼成という)ときの温度。焼成には電気炉が使用されることが多い。また、還元雰囲気中で焼成が行われるときもある。
試料の表面性状	試料表面の粗さ状態、あるいは平坦度。本研究では、表面粗さの指標としてJISで規格化されているRa(算術平均粗さ)で研磨の品位について評価。
真空パック	洗浄したガラスを真空パック用袋に入れて内部の空気を除去することでガラス表面の清浄性を維持する操作を言う
針状結晶	形が針状になっている結晶。
水晶	酸化ケイ素の単結晶。振動子などに用いられる。
水和層	ガラスの表面層は水との反応で一部のSi-O-Si結合が切断され、Si-OHとなってガラス内部より脆くなっている。
水和膜	液体中で固体表面にできる水酸化膜。一般に軟質な場合が多い。
スエードパッド	基材シート上に軟質の縦型発泡構造の樹脂層を持つ研磨パッド。一般的に仕上げ研磨に使用される
隙間調整型研磨パッド	従来の研磨パッドに対し、数百 μ mの大きさの粒子を添加した研磨パッド。添加粒子により工作物-研磨パッド間に隙間が生じ研磨液が流入しやすくなるため、大型の工作物を中心部まで均一に研磨することが可能である。
スクラッチ	工作物表面に存在する研磨傷。
スピン乾燥	ガラスをスピンさせて表面についている液体を遠心力で飛ばすことで乾燥を促進させる
スラブモデル	表面構造を表わすために、スラブ状の薄膜が周期境界条件下で2次元的に無限遠にまで広がったモデル。
スラリー	砥粒を分散させた溶液。
スラリー流れ	研磨定盤下に与えられるスラリーの流入の挙動。及び排出の挙動。
スラリー配置制御	定盤の回転運動によりスラリーには遠心力が作用する。このため、スラリーは研磨領域外へ飛散しやすくなり研磨作用が低下する。そこに重力方向に抗する電界を加えると、スラリーには吸引力が作用し、見掛け上の遠心力が抑制され、スラリーは定盤下にて飛散が抑制され、均一に配置可能となり、研磨効率の向上が図れる
石英ガラス	アルカリなどの不純物が極めて少なく純度の高い酸化ケイ素で作製されたガラス。ソーダガラスなどと比べると耐磨耗性、耐薬品性、光透過性に優れる。
洗浄	ガラス表面上の異物を除去する工程。有機物の汚れだけでなく、研磨材である砥粒も除去する必要がある。特に研磨効率の高い砥粒はガラスと結合している可能性が高く、この砥粒の除去が大きな課題である。
洗浄性	機械や物体の洗浄のし易さ。
走査型電子顕微鏡(SEM)	電子顕微鏡の一種で、電子線を絞って電子ビームとして対象に照射し、対象物から放出される二次電子等を検出することで対象を観察(特に形態観察)する装置。
走査型プローブ顕微鏡(SPM)	先端を尖らせた探針を用いて、物質の表面をなぞるように動かして表面状態を拡大観察する顕微鏡。
ソーダガラス	ソーダ石灰ガラス。青板ガラスともいう。酸化ケイ素にナトリウムやカルシウムなどが混入したアルカリガラス。
第一原理計算	経験的パラメータ及び実験によって測定された物理量を一切使用せずに、物質の電子状態を電子のハミルトニアンから求める量子力学に基づく計算手法。
滞留性	研磨砥粒の動きにくさの度合い。砥粒が動きにくくなる(滞留性が高くなる)と工作物と砥粒の相対速度が高まり、研磨能率が向上する。
多形	ある化学物質が、同一の化学組成であるにもかかわらず、複数の異なる結晶形を取る現象のこと。
多孔質研磨パッド	気泡を含む樹脂(多孔質材)を用いた研磨パッドの種類の一つ。ウレタン樹脂が主に用いられる。一般的に一次、二次研磨に使用される。
単斜晶系	結晶系のひとつ。三本の結晶軸のうち、前後軸と上下軸とは斜交し、左右軸はこれらに直交している。各軸の長さは異なる。
弾性パラメーター	粘弾性特性の内、弾性の尺度を示す指標で定性的には材料の硬さを評価できる。
置換	結晶構造を保ったまま、他の元素と置き換えること。
電界	平板電極を対向に設置し、電圧を印加することにより、電極間に発生する電氣的な力が作用する領域。
電界強度	電極間に電圧を印加した時の単位距離当たりの電圧。
電界スラリー制御CMP技	従来のCMP技術に電界砥粒制御技術を導入し、研磨領域におけるスラリーに含まれる砥粒が有効に作用する新しい遊離砥粒研磨技術。
電界制御装置	スラリーに電界を印加させるために波形発生部と昇圧部を一体化させた装置。
電界制御トライボケミカル	トライボケミカル研磨に電界を導入することにより、研磨下のスラリー流れを改善することにより摩擦による温度上昇を抑制させる。それにより、ガラス表面性状の向上を図ることが可能となる新たな研磨技術。
電界砥粒制御技術	外部より電界をスラリーに与え、発生する吸引作用により、研磨下にスラリーを保持し有効に工作物に作用させることで、研磨速度向上させる技術。

用語	説明
電荷補償	物質から原子が添加及び除去されると、全原子の電荷の和が正及び負に偏る。ここで、物質は静電的に不安定な状態であるため、全体を中性にするべく電荷の総和をゼロになるように埋め合わせることを電荷補償という。
電気陰性度	分子内の原子が電子を引き寄せる強さの相対的な尺度。ポーリングの電気陰性度が有名である。
透過型電子顕微鏡 (TEM)	電子顕微鏡の一種で、観察対象に電子線をあて、それを透過してきた電子が作り出す干渉像を拡大して観察するタイプの電子顕微鏡。一般的には走査型電子顕微鏡より高倍率の観察が可能であるが、試料を薄片化する等の前処理が必要である。
トライボケミカル研磨技術	スラリー中の砥粒、ガラス表面とポリシングパッドとの接触速度を高めることによって、得られる摩擦熱を利用して、砥粒とガラス界面における化学変化を加速し、高速に研磨加工する技術。
砥粒	研磨において機械的除去作用を行う硬質な粒子。研磨材ともいう。液体に分散したものを研磨剤と呼ぶ。多くの砥粒は酸化物であり、ガラスを研磨する砥粒の代表は酸化セリウムである。
砥粒濃度(wt%)	スラリーに含まれている砥粒の重量比。
砥粒劣化	砥粒を長期間使用した場合に研磨レートの低下や研磨傷の発生が生じる現象。生産現場では、ある一定の使用時間ごとに、砥粒の一部または全量を入れ替える操作を行っている。
ドレッシング	ダイヤモンド砥粒が固定された工具などにより研磨パッド表面を削り、目立てを行う方法。研磨加工を継続して行くと研磨能率が徐々に低下するため、一定の研磨時間を経過後ドレッシングを行い、研磨能率を回復させる。
ドレス寿命	研磨パッドのドレッシングが必要となるまでの研磨時間、または研磨量。
二次粒子	1次粒子が複数個集合または凝集した粒子。集合、凝集するときの粒子間の力は、化学的な力による場合と、物理的な力による場合がある。研磨砥粒は、その2つが混在している。粒度分布測定時、前処理として超音波をかけるかかけないかで得られる結果は異なる。
粘性パラメーター	粘弾性特性の内、粘性の尺度を示す指標で定性的には材料の柔軟性が評価でき粘性及び弾性両方をあわせた特性で、研磨パッドのような高分子材料が示す特性である。こうした材料に応力をかけると、歪みが遅れて検出される。この遅れは材料が有する粘性から発生する。
粘弾性的特性	
ハイスピードカメラ	通常の撮影におけるフレーム数(1秒間に30フレーム)を超えるフレームを連続的に撮影する事が出来るカメラ。
白色式干渉顕微鏡	材料表面の3次元形状を光学的に測定する装置。被測定面と参照鏡で反射した光が合流する際の光路差によって生じる干渉を利用した測定方法。
パワースペクトル密度 (PSD) 解析	形状データ等をフーリエ解析して、そのデータに含まれる各周波数の成分を求めたもの。それぞれの波長の振幅が求められる。
反結合性軌道	分子内の電子状態を記述する分子軌道のうち、電子が入ることによってその分子の結合力が弱まる軌道を反結合性軌道と言う。逆に強まる軌道は結合性軌道とい
ビッカース硬度	材料(ガラス)に対して対面角約136°の正四角錐のダイヤモンド圧子を押し込んだときの荷重とくぼみの表面積の比から定義される硬さ
非熱的アブレーション	熱が発生しないあるいは発生しても極微量であるアブレーション。フェムト秒レーザーによるアブレーションは一般的に非熱アブレーションと言われている。発光が超短時間に行われるためである。
標準生成自由エネルギー	物質を単体から生成するときの自由エネルギー変化をその物質の標準生成自由エネルギーという。
ファイナル研磨	磁気ディスク用ガラス基板の加工工程において、一次研磨後のガラス表面を更に細かい砥粒と柔らかい研磨パッドを用いて超平滑にする研磨。通常、コロイダルシリカとスウェードパッドを用いる工程。
フェイスング	研磨パッドを研磨機上において切削し、平面度を調整する方法。
フェムト秒レーザー	レーザー光の発光時間が数フェムトから100フェムト秒程度であるレーザー。ただし、その発光は1秒間に1000回から25万回、繰り返される。こうした超短時間にエネルギーを圧縮するため、極めて強度の高いレーザー光が得られる。
複合砥粒	有機物や無機物の表面に砥粒を付着させたもの。中央(コア部)に存在する大きな粒子を母粒子、母粒子の周り(シェル部)にある小さな粒子(砥粒)を子粒子と呼ぶ。その構造はコアシェル構造となっている。
複合粒子研磨法	従来の研磨剤(スラリー)にメディア粒子を添加し、メディア粒子に砥粒を吸着させ、メディア粒子をマイクロな研磨パッドとして作用させる谷らが開発した新しい研磨法。
不織布パッド	繊維を織らずに絡み合わせた布を用いて作製した研磨パッド。一般的に一次、二次研磨に使用される。
縁ダレ	研磨を行うと工作物の周辺部に応力集中が発生するため、角部が選択的に加工され、縁が丸まった状態となる。これを縁ダレと呼ぶ。縁ダレが大きいと、周辺まで利用できなくなる。

用語	説明
分散剤	スラリー中の砥粒を均一に分散させるために用いる界面活性剤の一種。
分散性	液体中で固体粒子が分散状態を保つ安定の度合い。通常粒子が微細なほど、比重が軽いほど分散性はよい。分散性を高めるために界面活性剤が使用されるが、これは研磨能率の低下につながる。
平滑性	ガラス表面の滑らかさの程度。業界では、原子レベルの平滑性をあらかず時に、超平滑という表現をすることもある。
分子動力学法	原子集合系のそれぞれの原子に働く力を経験的な原子間ポテンシャル関数から計算し、運動方程式をすべての構成原子に対して解くことで一つ一つ原子の軌跡の時間発展を求める計算方法。
平均二乗変位	ある原子の決まった時間内で移動した距離の二乗の総和。この物理量から原子の拡散運動状態を解析する。
平均粒径	分布を有する粒子全体の平均をあらわす粒径。平均の取り方(個数基準、質量基準)で値が変わる。平均粒径とは別に中位径(メディアン径 d50)が代表値として使われる場合が多い。この中位径は粒子全体をある粒子径から2つに分けたとき、大きい側と小さい側が等量となる径であり、一般には平均粒径とは一致しない。
ペレット	酸化物粉体を圧縮させて固めた団塊状物質。円柱やディスク状の形状が多い。固相反応を行わせるとき、2つの粉体をより密着させておく必要があるためしばしばペレット化してから焼成を行う。
ペロブスカイト構造	立方晶の8つの各頂点をカチオンAが占め、体心の位置をカチオンBが占め、さらに立方晶の各面心の位置を酸素が占める結晶構造。一般式としてABO ₃ と表され、一般にイオン半径が大きいカチオンをA、イオン半径が小さいカチオンをBと表記す
ボールミル	粉砕機の一つで、アルミナやジルコニア等の硬いボール(球)と、材料(酸化物)の粉を円筒形の容器に入れて回転させることで、当該材料をすりつぶしてより微細な粉末を作る装置。2つの粉体をスラリー状にして、混合機として用いることもある。
ポイド	原子空孔が結晶中で集合したもの。
蛍石構造	カチオンが面心立方格子の位置を占め、アニオンがカチオンで形成される正四面体の中心に位置している結晶構造。酸化セリウムの場合、カチオンがCe ⁴⁺ 、アニオンがO ²⁻ である。
ポリシングパッド	超精密平面研磨に使用される数mm程度の厚みを有する特殊な布状もしくは板状研磨材料の総称。
マグネタイト	化学組成はFe ₃ O ₄ 。磁鉄鉱と呼ばれる鉱物で磁性が強い。
磨耗度	工学ガラス材の磨耗の度合いを示す尺度。数値が大きいほど磨耗しやすい。
メディア粒子:	4BODY 研磨において、砥粒を保持したり、切りくずを付着させたり、工具面を保護したり、研磨剤の粘度を高めたり、砥粒が有する除去作用以外の作用を行う4番目世の中にある種々の鉱物に1から10までの整数値を割り当て、その鉱物で引っ掻いたときに傷がつくかどうかで判断する硬さの相対値。ダイヤモンドは10、滑石は1である。ガラスのモース硬度は5~6である。
モース硬度	
遊離砥粒研磨	加工変質層の少ないガラス表面の鏡面仕上げ加工を目的とし、砥粒を水や油などの中に分散(遊離)させた溶液(スラリー)を軟質工具であるポリシングパッドに滴下して表面を研磨する加工技術の総称。
ラップ	磁気ディスク用ガラス基板の加工工程において、ガラス基板のもとになるガラス素板から、厚みだしを目的として砥粒でガラス表面を削り取る工程。通常、酸化アルミウムと鑄鉄定盤を用いる工程。
立方晶系	結晶系のひとつ。互いに直交する三本の結晶軸の長さは等しい。
粒径	砥粒の大きさ。通常は、砥粒の直径で代表する。砥粒が球状でない場合は、種々の方法で直径に換算する。たとえば、等体積球相当径はその一例である。
粒度分布	砥粒粒子の粒径ごとの含有割合を示したもの。砥粒粒子は通常粒径バラツキを持っており、研磨傷や研磨後の材料表面の平滑性に影響する重要な特性である。
量子分子動力学法	電子状態及び化学反応を取り扱えるようにするため、原子間の相互作用を量子力学に基づいて計算し、その相互作用から原子間力を求め運動方程式を解く分子動
リンス	すすぎのこと。洗浄時で使われた界面活性剤等の洗剤を純水等で洗い流す必要
レーザー回折式粒度分布測定	粒子に光をあてた場合、回折や散乱が生じるが、その強度パターンは当該粒子の大きさに依存するため、これを利用して粒子径分布を測定する方法。同じレーザー回折式の装置を用いても機差の影響で結果が異なることがあり注意が必要であ
レーザー顕微鏡	レーザー光と共焦点光学系により、通常の光学顕微鏡より高分解能な像を得ることができる顕微鏡。ちなみに、共焦点光学系とは、点光源から照射された照明光が、サンプル面上で焦点が合った時に、同時にその反射光も検出器上に焦点が合うように設計されている光学系のことをいう。
4BODY 研磨:	通常の研磨は加工域に砥粒、工作物、工具の3種類の固体が存在する3BODY 研磨であるが、上記の複合粒子研磨法はこれにメディア粒子という4番目の固体が含まれた4BODY 研磨である。

用語	説明
CMP	遊離砥粒加工を原理とし、相対運動を行うポリシングパッドと工作物の間にスラリーを供与し、砥粒による機械的作用およびスラリー中の薬液による化学的作用により加工を進展させる加工法。
CMP研磨装置	CMP研磨(Chemical Mechanical Polishing 化学機械研磨)を意図して製作された研磨装置。化学機械研磨は機械的な作用と化学的な作用の両作用が働く研磨で
ICP分析	化学分析の一つ。プラズマにより試料を熱励起し、その発光から元素の同定、定量を行う分析方法。
IPA置換	ガラス表面上の水をIPA(イソプロパノール)で置換することを言う。乾燥したときに発生する水跡を防止するのが目的。
ITO(Indium Tin Oxide)ガラス	インジウムと錫からなる透明導電性を有する酸化物をガラスに蒸着したもの。低抵抗、可視光高透過性を有し、高い耐薬品性を持つ。おもに液晶ディスプレイ用透明電極に用いられ、他に太陽電池やLEDなどの透明電極として用いられることがある
Ra	算術平均粗さをあらわす記号。表面の断面曲線の中心に線を引き、その中心線によって得られた曲線上の総面積を長さで割った値。
TG-DTA分析	熱分析の一つ。加熱による重量や熱の変化を測定することで、分解や吸熱、発熱反応を評価する分析方法。
X線回折測定	X線が結晶格子で回折を示すことを利用して、試料の結晶構造を調べること。定性、定量分析の他、格子ひずみの評価にも用いられる。

⑧蛍光体向けテルビウム・ユウロピウム使用量低減技術開発及び代替材料開発

用語	説明
アルカリ土類金属	マグネシウム、カルシウムなど、周期律表で左から2番目に位置する元素。イオンは2価の陽イオンになる。
演色性	物体の色の見え方に及ぼす光源の性質。15の試験色について試料光源と基準光(JISが定める自然光に近い色)とのずれの大きさを数字にした演色評価数(Ra)で
オキシサルファイド	化合物中に酸素及びイオウを陰イオンとして含むもの。
化学量論化合物	化合物を構成している原子数の比が簡単な整数比で表され、化学式どおりに存在しているもの。
還元雰囲気	試料の周囲の空気中に酸素がなく、水素や一酸化炭素など試料中の陽イオンの価数を下げる還元作用をもつガスが含まれている状態。
幾何光学	干渉や回折などの波動的現象を考えず光の進む線の性質のみを幾何学的に取り扱う光学。
基底・励起状態	蛍光体の発光イオンの電子状態で、紫外線照射前の安定状態と、紫外線照射で電子がエネルギーを得た状態。
輝度	発光体の単位面積あたりの明るさであり、各波長での放射強度に比視感度を掛けたもの。比視感度とは、光のエネルギーが同じ場合の眼の最大感度に対する波長ごとの感度の比率であり、緑色は高く、青色、赤色は低い。
近紫外	紫外線のうち、波長が300nm~400nm程度で可視光に近いもの。
蛍光X線分析装置	試料に連続X線を照射し、試料の構成元素の種類に応じて出る特性X線を分析して、構成元素の種類及び濃度を測定する装置。
ゲルマン酸塩	二酸化ゲルマニウムを主成分とする化合物。
高磁場勾配磁選	磁選とは、磁場を発生させ、磁性体を吸着して選別する手法をいう。磁場中に細線を導入して磁場勾配を発生させることで、吸着力を高めた手法が高磁場勾配磁選
構造活性因子	蛍光体構成原子と発光イオンの電子軌道の重なりを計算し、既存蛍光体と比較して得られるパラメータ。
構造活性相関法	蛍光体構成原子と発光イオンの電子軌道の重なりと、既存蛍光体の励起・発光波長及び発光効率の相関を得る方法。
固相反応法	溶融することなく固体粉末のまま接触により反応を進行させて物質を合成する方
固溶	ある結晶構造の中に他の原子が入り込んでも、元の結晶構造の形を保って固体状態で混じり合っている状態。
コンビケム合成法(コンビナトリアル合成法)	目的の化合物を見出すため、自動合成装置などを使用し大量の化合物群を一度の操作で作製する方法。
磁化率	物質がどの程度磁化されやすいかを表す物理量。
磁気力	磁場中に置かれた物質に働く力。磁化率、磁場強度H、勾配(dH/dy)の積に比例す
自己組織化	液体や液体中の固体などが自分自身でパターンのある構造を作り出して、組織化していく現象のこと。
磁場勾配	磁場強度の距離による変化率。磁場勾配が大きいほど磁気力が大きくなる。
真空紫外	140~200 nmの波長域の紫外線。真空紫外線は空気中の酸素によって吸収され真空中でないと観察されない。
真空チャンバー	内部を真空にするための容器。

用語	説明
シンター	蛍光体をガラス管に固定する工程のうち有機物バインダーを除去する加熱焼成プロセス
ゾルゲル	ケイ素アルコキシドなどを原料としたゾルを作製し、加水分解を進行させてゲル化させ、ガラス膜などを合成する方法。
中重希土類	中希土類と重希土類をあわせた総称。希土類のうちランタン(La)、セリウム(Ge)などのように原子量の小さい元素を軽希土類、テルビウム(Tb)、ジスプロシウム(Dy)などのように原子量が大きい元素を重希土類という。また、中程度のユウロピウム(Eu)などを中希土類ということもある。
ディップ	液体又はスラリーを板上に塗布するために、板を液体又はスラリーに含浸させた後にゆっくりと引き上げて膜を作製する方法。
電球形蛍光灯	白熱電球用ソケットに直接装着して使用できる蛍光灯で、希土類蛍光体が使用されている。発光効率はHf蛍光灯よりも低い。
電磁場光学	光の作る電磁場を解析し光の回折などを計算する手法で、RCWA法(厳密結合波解析法)やFDTD法(有限差分時間領域法)などがある。
内部量子効率・内部量子収率	蛍光体の発光している光子数を照射により吸収された紫外線光子数で除した数値。
ナノインプリント	テンプレートを基板に押し当てて凹凸を転写することによりナノオーダの微細加工を実現する技術
バインダー	粉体を含むスラリーを塗布するときに接着性を良くするために加える添加剤
発光イオンサイト	蛍光体結晶中で発光イオンが存在する位置。
発光シリカ	多孔質シリカの孔内に発光イオンをドープした後に焼成・無孔化し、蛍光機能を持たせたシリカ。
発光ピーク強度	発光スペクトルで強度が最も強い波長での値。
バナジウム酸塩	バナジウム酸化物を主成分とする化合物。
ハロリン酸蛍光体	白色光で光るため以前の蛍光灯に使用されていたが、発光効率が希土類蛍光体よりも低いため現在の使用量は減少してきている。
半値幅	スペクトルで強度がピーク強度の半分になるピーク前後の波長の幅。
光取り出し効率	蛍光体の発光のうちランプの外側に実際に出てくる光の割合。
光溶解アークイメージ炉	キセノンランプのアーク放電によって生じる放射エネルギーを、楕円ミラーで小領域に集光させる光学装置。
雰囲気制御	試料周囲のガスの組成、濃度をコントロールすること。
分散剤	水に添加して固体粉末を水中で分散させる働きをもつ化学物質で、界面活性剤で
ホウケイ酸塩	化合物中にホウ酸と二酸化ケイ素を含有するもの。
ホウゲルマン酸塩	化合物中にホウ酸とゲルマニウム酸化物を含有するもの。
保護膜	ガラスから拡散するアルカリは蛍光体と反応して発光効率を低下させるため、アルカリの拡散防止のために塗布する膜。
母体発光	賦活した元素でなく、結晶そのものが発光すること。
ポーラスシリカ	多孔質シリカとも言い、シリカゲルのように、内部に多数の細孔を有する二酸化ケ
マイクロリアクター	直径数 μm ~数百 μm のマイクロ空間内で化学反応・物質生産を行う装置。
融解法	原料混合物を加熱し融解させて均一組成の化合物を合成する方法。
ラックヒーター炉	発熱体に強度をもたせ、その上に直接棚板を置くタイプの炉。多数の発熱体を有し、高速昇温、炉内温度分布の均一さを特長とする。
流動法	流動層炉を用い下からガスフローを行うことにより粉体を均一混合しながら加熱できる合成方法。
量子効率・量子収率	蛍光体の発光している光子数を照射された紫外線光子数で除した数値。
励起	紫外線等の電磁波や熱などによって、原子の電子状態を最も低い安定な状態からエネルギーを得た状態に移行させること。発光や発熱などによって元の状態に戻
励起帯	蛍光体を発光させる紫外線の、幅をもつ励起スペクトル
CVD法	原料となる物質をガス状態で供給し、基板表面で反応させてコーティングを行う方
Eu(ユウロピウム)	希土類元素の一つで、主に蛍光体に使用される。ほぼ中国で生産されており、資源は偏在している。
Eu ²⁺ /Mn付活(賦活)蛍光体	結晶中の発光中心となる不純物によって発光する蛍光体で、発光中心としてEu ²⁺ やMnを導入したもの。
f軌道	電子軌道の一つで、他の電子軌道よりも原子核に近いので、他の原子との相互作用が弱い。希土類元素ではf軌道が閉殻になっていない。
Hf蛍光灯	高周波点灯専用形蛍光灯電子安定器と組み合わせて点灯することにより、始動性が良く高効率で省エネルギー化を実現したランプ。希土類蛍光体が使用されてい
LAP	緑色発光するリン酸ランタン蛍光体。セリウムとテルビウムが含有される。
RCWA法	厳密結合波解析法と言い、周期構造の厳密的な電磁場解析方法の一つで、回折効率、反射率などの計算を高速に行える。
SiC	炭化ケイ素のことで、半導体であり高温まで安定のため発熱体として使用される。

用語	説明
Tb(テルビウム)	希土類元素の一つで、蛍光体用途が主で、他に磁性膜などに使用される。中国南部の鉱床でのみ生産されており、資源の偏在が激しい。
Tight-binding 量子分子動力学法	系の電子状態を求める計算手法の一つで、電子は強く束縛されているという近似でバンド計算を行い、分子動力学計算を行うもの。
UV光	紫外線のこと。
X線構造解析	結晶にX線ビームを照射して得られる回折パターンから結晶構造を調べること。

I. 事業の位置付け・必要性について

1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

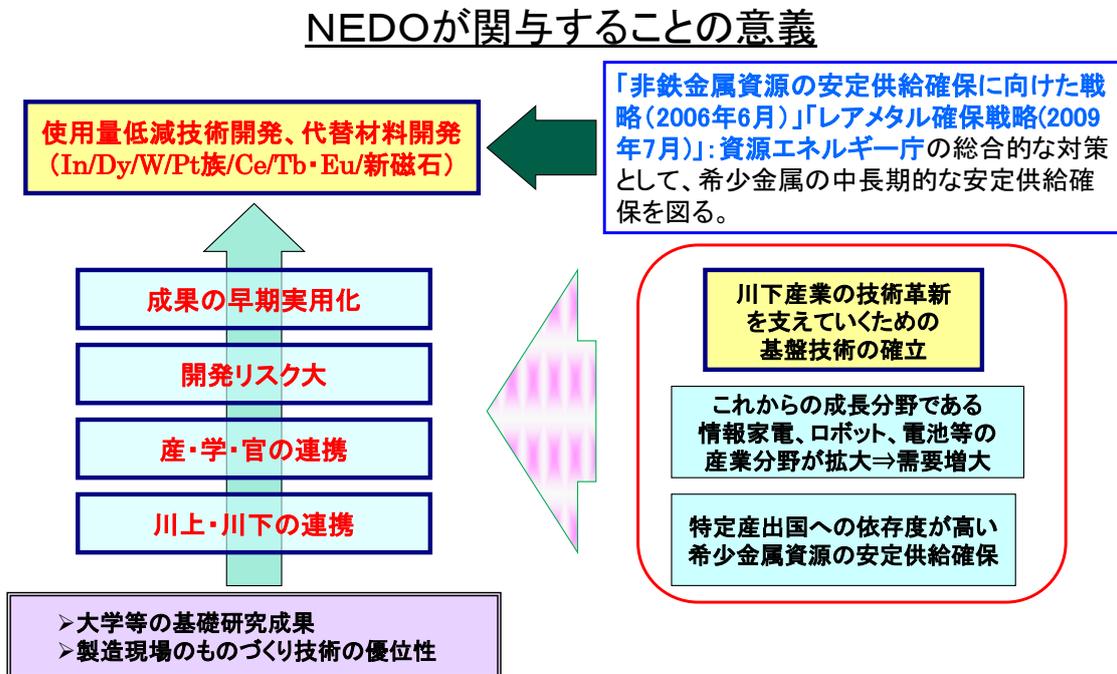
1.1 NEDO が関与することの意義

希少金属（レアメタル・レアアース）は、日本が世界に誇るハイテク製品（電子部品・機器、工具、情報家電、自動車部品、情報家電等）を支える機能性部材に利用され需要が拡大しており、今後の電気・ハイブリッド自動車、モーター産業、情報家電産業等の拡大に対応するために益々重要となってきた材料である。しかしながら、他の金属と比較して、①少量、②代替性が著しく低い、③価格の乱高下がある、④偏在性が高く産出国に対する依存度が非常に高いなどの点から、将来的な供給懸念が想定されている。現在、これらの懸念に対し、国においては代替材料開発、レアメタル備蓄や海外鉱山の権益確保、リサイクル技術の開発等を、民間企業においては現地企業との取引強化、資源開発、リサイクル技術・使用量低減技術の研究等を実施している。

希少金属の代替材料開発、使用量低減技術の開発は、上記のとおり社会的必要性が大きな国家的課題であるが、基礎から実用化までの間隙のない連携をとった研究開発、研究開発の難易度高いため産官学（産一研究機関）の連携による課題解決、供給不安に対応するために早期の実用化が求められる。

本研究開発は、資源セキュリティに係る開発であること、高度な技術開発が必要であること、開発リスクが非常に高いこと、府省間の連携を取った国を上げての開発が必要であること等の観点からNEDOが推進すべき研究開発プロジェクトである。

NEDOが関与することの意義について図 I-1-1 に、府省連携とNEDOの関係を図 I-1-2 に示す。



政策的な位置付け・資源セキュリティ・技術開発の開発リスクの観点からNEDOが推進すべき研究開発プロジェクトである。

図 I-1-1 希少金属プロジェクトにNEDOが関与することの意義

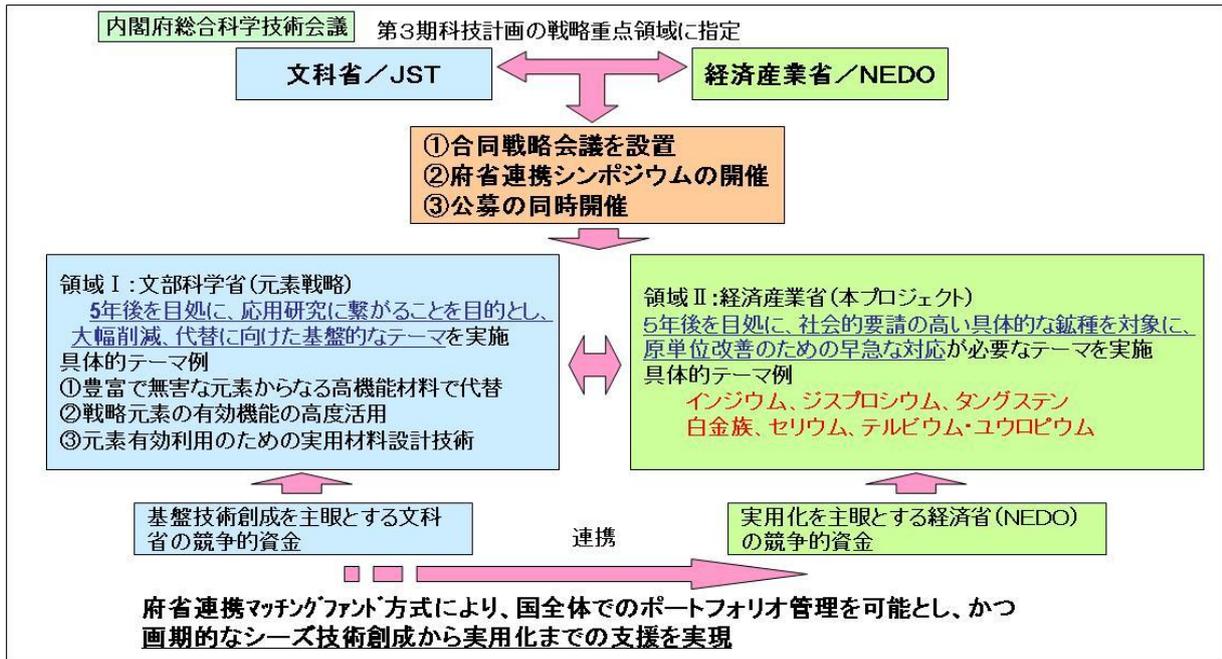


図 I-1-2 希少金属プロジェクトと戦略プロジェクト（府省連携）の関係

1.2 実施の効果（費用対効果）

本研究の対象とする白金族（Pt 族）、セリウム（Ce）およびテルビウム・ユウロピウム（Tb・Eu）は、日本の基幹産業である自動車、電子・電気機器の開発にとって不可欠なものである。また、日本の資源セキュリティの確保、あるいはハイテク産業を支える高度部材の安定供給による国際競争力の向上の観点からも、これらの代替・低減技術の開発の波及効果は極めて大きい。表 I-1-1 に主要なレアメタルの上位産出国と日本の主要な輸入相手国と輸入比率を示す。

表 I-1-1 主要なレアメタルの上位産出国と日本の輸入相手国

研究No.	元素名	鉱石生産比率(%)			輸入相手国比率(%)		
①②	インジウム (In)	中国 49	日本・カナダ 各10	韓国 17	韓国 63	中国 18	カナダ 9
③	ジスプロシウム(Dy)	中国 97	インド 2	ブラジル 1	中国 91~100		
④⑤	タングステン (W)	中国 86	ロシア 5	豪州 1	FeW・WO ₃ 中国100	ATP中国94	
⑥	プラチナ (Pt)	南ア 80	ロシア 12	カナダ 4	南ア 80	ロシア 2	米国 5
⑥	パラジウム (Pd)	南ア 40	ロシア 41	米・加 6-8	南ア 45	ロシア 31	英国 11
⑥	ロジウム (Rh)	南ア 89	ロシア 9		南ア 70	米国 10	英国 9
⑦	セリウム (Ce)	中国 97	インド 2	ブラジル 1	中国 87	エストニア 11	(酸化セリウム)
⑧	テルビウム (Tb)	中国 97	インド 2	ブラジル 1	中国 91~100		
⑧	ユウロピウム(Eu)	中国 97	インド 2	ブラジル 1	中国 91~100		
	ランタン (La)	中国 97	インド 2	ブラジル 1	中国 94	フランス 3	
	ネオジム(Nd)	中国 97	インド 2	ブラジル 1	中国 91~100		
	サマリウム (Sm)	中国 97	インド 2	ブラジル 1	中国 91~100		
	イットリウム (Y)	中国 99	インド 1		中国 95		
	ニッケル (Ni)	ロシア 19	豪州 11	カナダ 16	インドネシア48	ニューカレドニア 26	フィリピン 25
	クロム (Cr)	南ア 38	カザフ 18	インド 18	インド 67	南ア 20	
	コバルト (Co)	コンゴ 36	カナダ 13	豪州 12	フィンランド36	豪州 21	カナダ 16
	モリブデン (Mo)	米国 32	チリ 22	中国 25	FeMo中国 45	Mo塊中国 42	鉱石チリ 56
	マンガン (Mn)	南ア 20	豪州 19	中国 14	鉱石南ア 69	鉱石豪州 27	
	バナジウム (V)	南ア 39	中国 32	ロシア 27	FeV南ア 59	酸化物中国95	
	ニオブ (Nb)	ブラジル 89	カナダ 9		FeNbブラジル95	Nb塊米国92	
	アンチモン (Sb)	中国 81	ボリビア 5	南ア 4	Sb塊中国91	酸化物中国96	
	タンタル (Ta)	豪州 61	ブラジル 18	カナダ 5	フッ化物米国 68	ドイツ 32	
	チタン (Ti)	南ア 19	豪州 25	カナダ 13	ベトナム 25	豪州 39	インド・加 21
	リチウム (Li)	チリ 38	豪州 22	中国・アルゼンチン 12	チリ 79(炭酸Li)		
	ベリリウム (Be)	米国 41	中国 36		米国 76(その他製品)		
	ガリウム (Ga)	中国 32	ドイツ 19	カザフスタン 14	中国 39	米国 5	台湾 30
	ジルコニウム (Zr)	豪州 44	南ア 33	中国 14	鉱石豪州 63	南ア 28	ロシア 7

1.2.1 白金族(Pt 族)

2009 年実績で白金族の世界の生産量、日本の需要量、日本の主な輸入相手国(占める割合)、日本国内での自動車触媒向け比率(使用量と占める割合。宝飾品向けや投資向けは除く。)は以下のとおりであり、その多くは南アフリカで生産されている。ディーゼル車、ガソリン車の触媒向けとしての比率は高い。

	世界の 生産量	日本の 需要量	日本の主な 輸入相手国	日本国内での自動車触媒向け比率
白金	184 t	56 t	南アフリカ(78%) スイス(10%)	自動車触媒(3.0t 18% ディーゼル車) 自動車触媒(9.3t 57% ガソリン車)
パラジウム	220 t	60 t	南アフリカ(64%) GIS(23%)	自動車触媒(4.4t 11% ディーゼル車) 自動車触媒(14.0t 34% ガソリン車)
ロジウム	24 t	9.5 t	南アフリカ(78%) イギリス(12%)	自動車触媒(2.0t 21% ディーゼル車) 自動車触媒(6.2t 65% ガソリン車)

※パラジウムとロジウムの用途に関する統計データ無いため白金と同比率と想定

自動車触媒向け白金の使用量は、自動車生産量の伸びに伴い増大し、2019 年には 2009 年の約 1.5 倍に増える需要予測が出ている。本研究開発により 50%削減が可能になり、将来的な白金族の供給量に変化がなかった場合、2011 年 5 月の地金相場価格 (Pt : 4,964 円/g、Pd : 1,615 円/g、Rh : 5,822 円/g) で計算すると 254 億円の削減効果がある。

1.2.2 セリウム(Ce)

2009 年実績でセリウムの世界の生産量、日本の需要量、日本の主な輸入相手国(占める割合)、日本国内での研磨向け比率(使用量。占める割合。)は以下のとおりであり、その大半が中国で生産されている。研磨向けとしての比率は高い。

	世界の 生産量	日本の 需要量	日本の主な 輸入相手国	日本国内での精密研磨向け比率
セリウム	t	11,350 t	中国(90%) エストニア(6%)	研磨砥粒向け(9,000t 79%)

精密研磨向けセリウムの使用量は、電子機器の生産量の伸びに伴い増大し、2019 年には 2009 年の約 1.4 倍に増える需要予測が出ている。本研究開発により 30%削減が可能になり、将来的なセリウムの供給量に変化がなかった場合、2011 年 5 月の価格 (Ce : 12,750 円/Kg) で計算すると、600 億円の削減効果がある。また、電子機器、特に液晶テレビの市場規模予測は 2010 年で 1 兆円であり、この市場確保にも大きく寄与する。

1.2.3 テルビウム・ユウロピウム(Tb・Eu)

2009 年実績でテルビウム・ユウロピウムの世界の生産量、日本の需要量、日本の主な輸入相手国

(占める割合)、日本国内での蛍光体向け比率(使用量。占める割合。)は以下のとおりであり、その大半が中国で生産されている。蛍光体向けとしての比率は高い。

	世界の 生産量	日本の 需要量	日本の主な 輸入相手国	日本国内での蛍光体向け比率
テルビウム	168t	84t	中国(99%)	蛍光体向け(39t 46%)
ユウロピウム	225t	90t	中国(99%)	蛍光体向け(60t 67%)

蛍光体向けテルビウム・ユウロピウムの使用量は、3波長蛍光ランプの生産量の伸びに伴い増大し、2019年には2009年の約1.4倍に増える需要予測が出ている。本研究開発により80%削減が可能になり、将来的なテルビウム・ユウロピウムの供給量に変化がなかった場合、2011年5月の価格(Tb: 102,000円/kg、Eu: 102,000円/kg)で計算すると、129億円の削減効果がある。また、照明の市場規模予測は2010年で1兆円であり、この市場確保へも大きく寄与する。

1.2.4 費用対効果

定量的な効果

2011年5月の価格計算では約23倍の費用対効果が見込まれる(詳細は表I-1-2参照)。

本プロジェクトの総予算 : 42億円(4年目、5年目の予定予算を含む)

見込まれる効果(2019年) : 983億円

内訳 254億円(Pt族)、600億円(Ge)、129億円(Tb・Eu)

表I-1-2 算定根拠の明細

テーマ名	元素	金額	削減見込量	2011/5月価格	備考
⑥排ガス浄化向け白金族	Pt	114億円	4.5t/年	4,964円/g	1\$ = 85円
	Pd	53億円	6.6t/年	1,615円/g	
	Rh	87億円	3.0t/年	5,822円/g	
⑦精密研磨向けセリウム	Ce	600億円	3,780t/年	12,750円/kg	
⑧蛍光体向けテルビウム・ユウロピウム	Tb	53億円	52t/年	102,000円/kg	
	Eu	76億円	75t/年	102,000円/kg	
合計		983億円			

定性的な効果

本研究の研究対象である白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムは、それぞれディーゼルエンジン向け自動車触媒、液晶ディスプレイ・ハードディスク・カメラ等のガラス及びレンズの研磨剤、蛍光灯やPDP向け蛍光体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。

2010年7月にはレアアースの供給懸念が現実のものとなったが、この事態を先取りした研究開発を行うことができ、成果も出ており、実用化の動きも取っていることを国内外に示すことができた。

【参考文献】平成20年度「希少金属代替材料開発に関する最新動向調査」NEDO報告書

2. 事業の背景・目的・位置づけ

2.1 事業の背景

2.1.1 社会的背景

希少金属は、今後の成長分野である情報家電、ロボット、電池等の新たな産業分野の成長に伴い需要の増大が見込まれるが、その希少性・偏在性・代替困難性から、市場メカニズムが有効に機能せず、その需給逼迫が経済成長の制約要因となると懸念される。

2.1.2 技術的背景

近年「コンピュータによる材料設計」、「ナノテクによる微細構造制御」等が飛躍的に向上した結果、従来出来なかった「コンピュータの最適制御設計による候補元素系の探索」、「結晶粒界、界面の制御等マイクロ構造の制御」等の最先端技術を用いた希少金属の代替／使用量低減の技術開発が可能となりつつある。

2.2 事業の目的

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（図I-2-1「非鉄金属資源の安定供給確保に向けた戦略」参照）。平成21年7月には、希少金属をとりまく状況の変化にあわせ「レアメタル確保戦略」として継続的な政策が打たれている（図I-2-2「レアメタル確保戦略」参照）。

本研究開発は、この総合的な対策の一部である「④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。

各課題を主に担当する機関

- ① 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構、国際協力銀行
- ② 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構、(NEDOも事業として一部実施中)
- ③ NEDO
- ④ 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

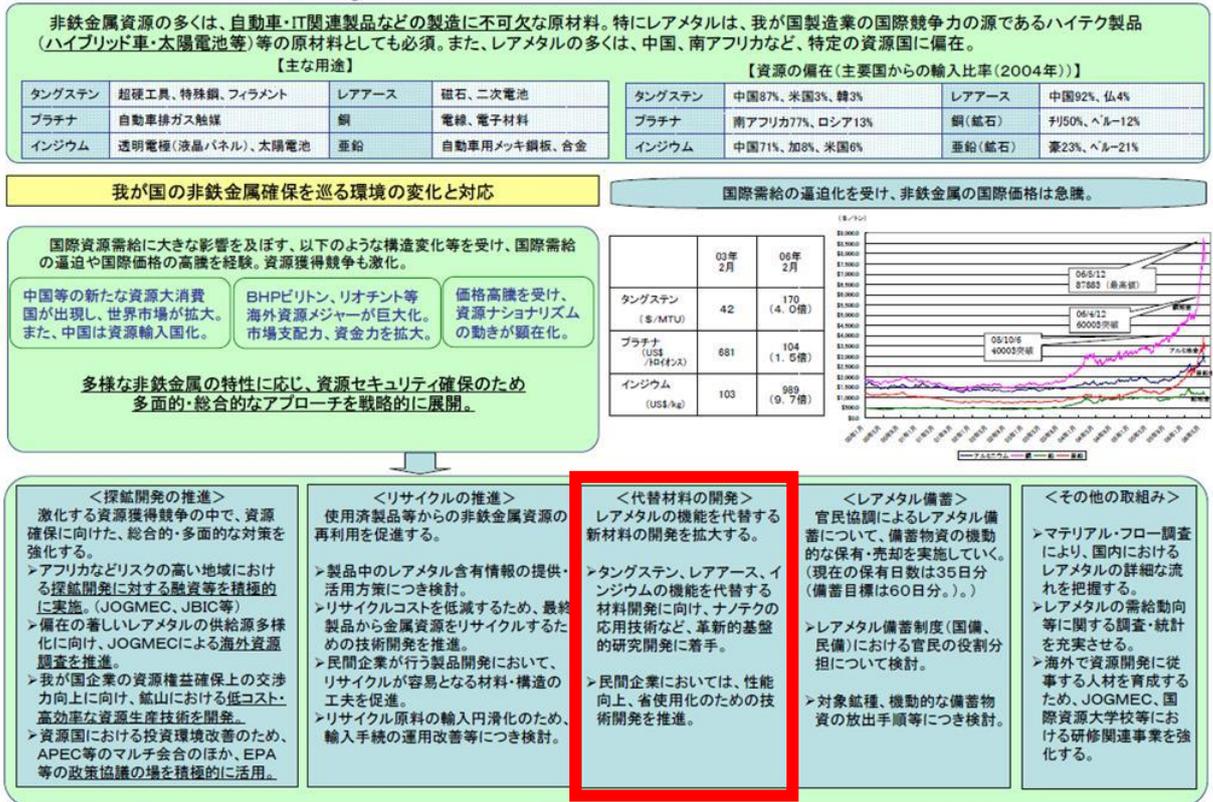


図 I-2-1 「非鉄金属資源の安定供給確保に向けた戦略」（資源エネルギー庁 平成 18 年 6 月）

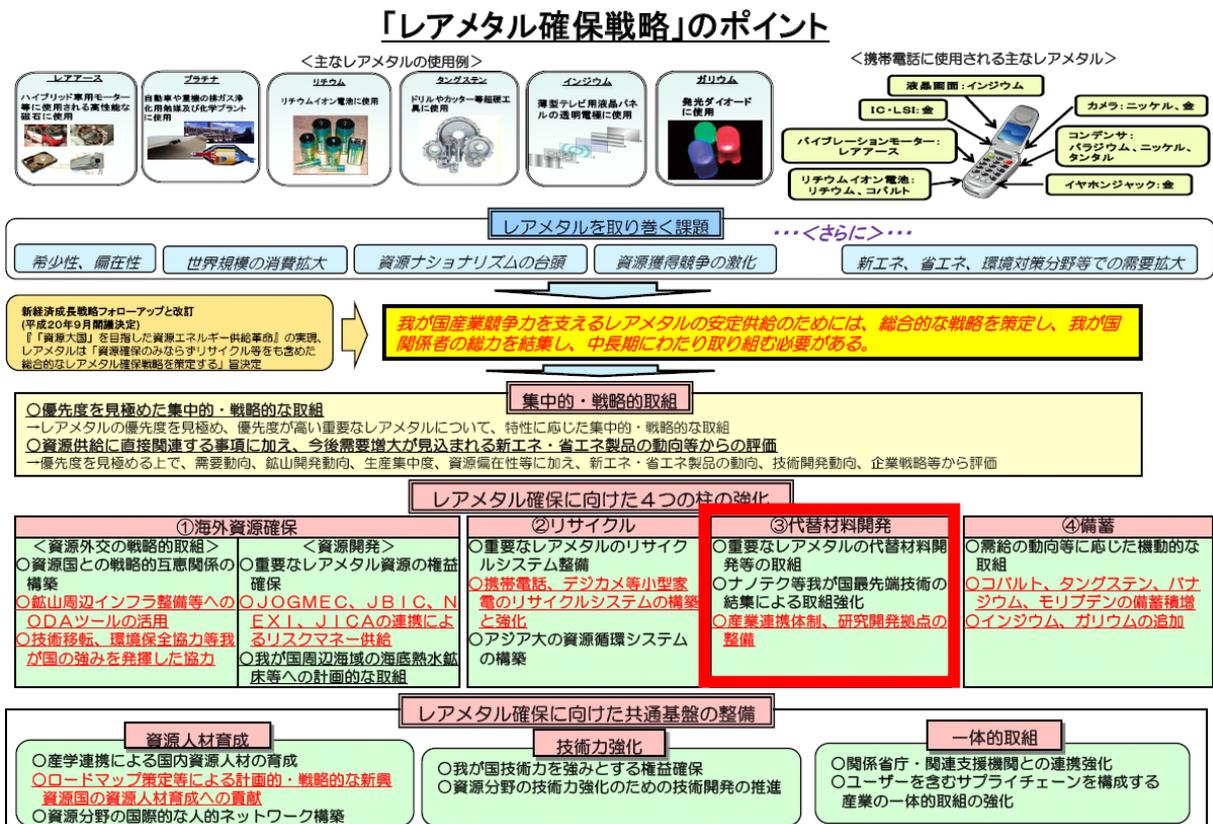


図 I-2-2 「レアメタル確保戦略」（資源エネルギー庁 平成 21 年 7 月）

2.3 事業の位置づけ

本研究開発は、政策的には、平成18年3月28日に閣議決定された「第3期科学技術基本計画」の中で、化学技術の戦略的重点化の重点推進4分野の「ナノテク・材料分野」「環境」（図I-2-3第3期科学技術基本計画参照、図I-2-4戦略重点科学技術参照）に位置づけられる。

本研究開発は、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」（図I-2-5「ナノテク・部材イノベーションプログラム」参照）、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」（図I-2-6「環境安心イノベーションプログラム」参照）の一環として経済産業省の事業として実施されている。

また、文部科学省の元素戦略プロジェクトと府省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あり、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。



図 I-2-3 「第3期科学技術基本計画の概要」（総合科学技術会議 平成18年3月）

選択と集中の戦略概念

- 社会、産業からの要請が強く、しかも『True Nano』や革新的材料でなければ解決が困難な課題
- ナノ領域特有の現象・特性を活かし、不連続な進歩や大きな産業応用により国際競争の優位を確保する課題
- 『True Nano』や革新的材料技術によるイノベーションの創出を加速し国際競争の優位を確保する推進基盤

戦略重点科学技術

- 『True Nano』や革新的材料で困難な社会的課題を解決する科学技術
 - ① クリーンなエネルギーの飛躍的なコスト削減を可能とする革新的材料技術
 - ② 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
 - ③ 生活の安全・安心を支える革新的ナノテクノロジー・材料技術
 - ④ イノベーション創生の中核となる革新的材料技術
- 『True Nano』で次世代のイノベーションを起こす科学技術
 - ⑤ デバイスの性能の限界を突破する先端のエレクトロニクス
 - ⑥ 超早期診断と低侵襲治療の実現と一体化を目指す先端のナノバイオ・医療技術
- 『True Nano』や革新的材料技術によるイノベーションの創出を加速する推進基盤
 - ⑦ ナノテクノロジーの社会受容のための研究開発
 - ⑧ イノベーション創出拠点におけるナノテクノロジー実用化の先導革新研究開発
 - ⑨ ナノ領域最先端計測・加工技術
 - ⑩ X線自由電子レーザーの開発・共用

図 I-2-4 「第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略 ナノテクノロジー・材料分野」
(総合科学技術会議 平成18年3月)

ナノテク・部材イノベーションプログラム

【平成21年度予算額：188億円】

※各プロジェクト毎の予算額は21年度予算(20年度予算)【20年度補正予算】

- あらゆる分野に対して高度化・不連続な革新をもたらすナノテクノロジー・革新的部材技術を確立する。
- 我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服を可能とする。

○一般会計 ○特別会計



IPGの目標

- ナノテクによる非連続技術革新
世界に先駆けてナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を実現する。

- 世界最強部材産業による価値創出
我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追従を許さない競争優位を確保するとともに、部材産業の付加価値の増大を図る。

- 広範な産業分野での付加価値増大
ナノテクノロジーや高機能部材の革新を先導することで、これら部材を活用した情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの幅広い産業の付加価値の増大を図る。

- エネルギー制約・資源制約などの課題解決

希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

公開

図 I-2-5 「ナノテク・部材イノベーションプログラム」
(経済産業省 平成21年度予算要求プロジェクト内訳)

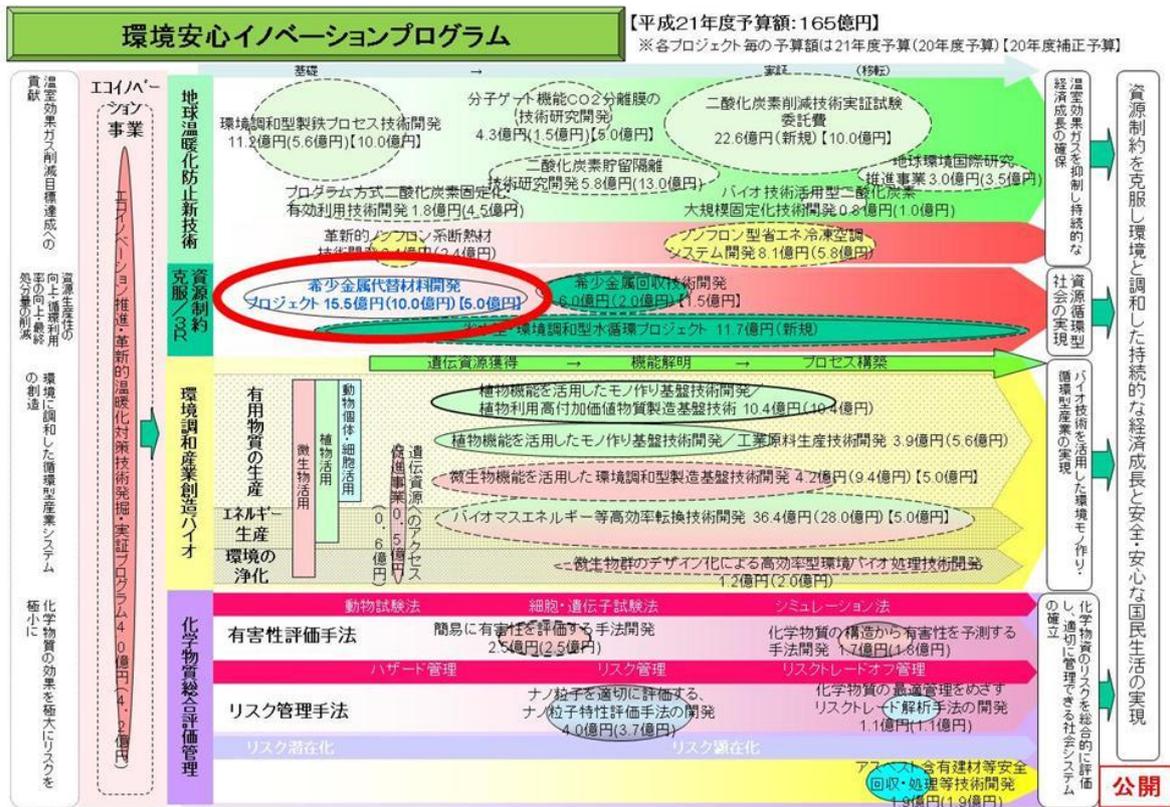


図 I-2-6 「環境安心イノベーションプログラム」
 (経済産業省 平成 21 年度予算要求プロジェクト内訳)

2.4 海外の研究状況

2.4.1 米国の研究開発動向

米国からは米国エネルギー省より「Critical Materials Strategy (2010.12)」(図 I-2-7 参照)が発行されている。クリーンエネルギー向け(太陽電池/風力発電/車/照明)に重要な元素が、供給リスクと産業への重要性の観点から、短期的(~5年)、中期的(5~15年)に示されている(図 I-2-8 参照)。短期的に重要な鉱種としては、ジスプロシウム(Dy)、ネオジウム(Nd)、テルビウム(Tb)、イットリウム(Y)、ユウロピウム(Eu)、インジウム(In)などがあげられており、中期的にはジスプロシウム(Dy)、ネオジウム(Nd)、テルビウム(Tb)、イットリウム(Y)、ユウロピウム(Eu)などがあげられていた。平成22年度に実施した希少金属のリスク調査のシーズ研究調査からは米国では希少金属に関し明確に代替材料開発、使用量低減技術開発を目的とした研究開発は検索されなかった。

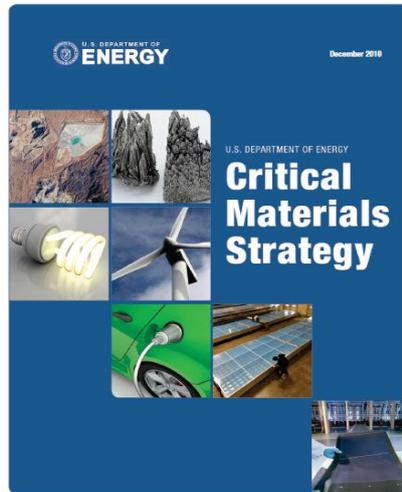


図 I-2-7 「Critical Materials Strategy 表紙 (DOE 2010.12)」

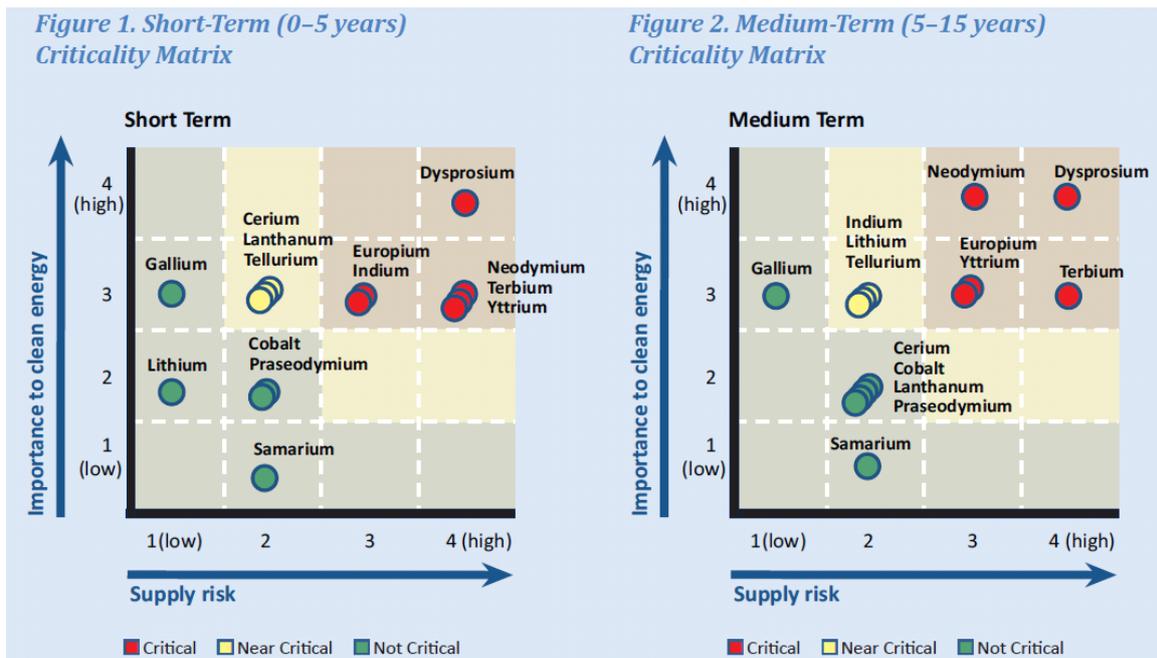


図 I-2-8 元素の産業に対する重要性と供給リスク

2.4.2 EUの研究開発動向

EUからは、「Critical raw materials for the EU (2010.2)」(図 I-2-9 参照)が発行されている。経済的重要度(消費シェア/経済的重要度/EUのGDP)と供給リスク(生産国リスク/代替可能性/リサイクル可能性)の観点から14の重要元素が示されている(図 I-2-10 参照)。重要な元素としては、アンチモン(Sb)、ベリリウム(Be)、コバルト(Co)、ホタル石、ガリウム(Ga)、ゲルマニウム(Ge)、グラファイト(C)、インジウム(In)、マグネシウム(Mg)、ニオブ(Nb)、白金族、レアアース、タンタル(Ta)、タングステン(W)を上げている。平成22年度に実施した希少金属のリスク調査のシーズ研究調査からはEUでは希少金属に関し明確に代替材料開発、使用量低減技術開発を目的とした研究開発は検索されなかった。

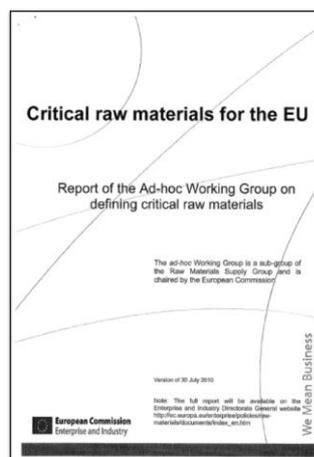


図 I-2-9 「Critical raw materials for the EU表紙 (EU 2010.2)」

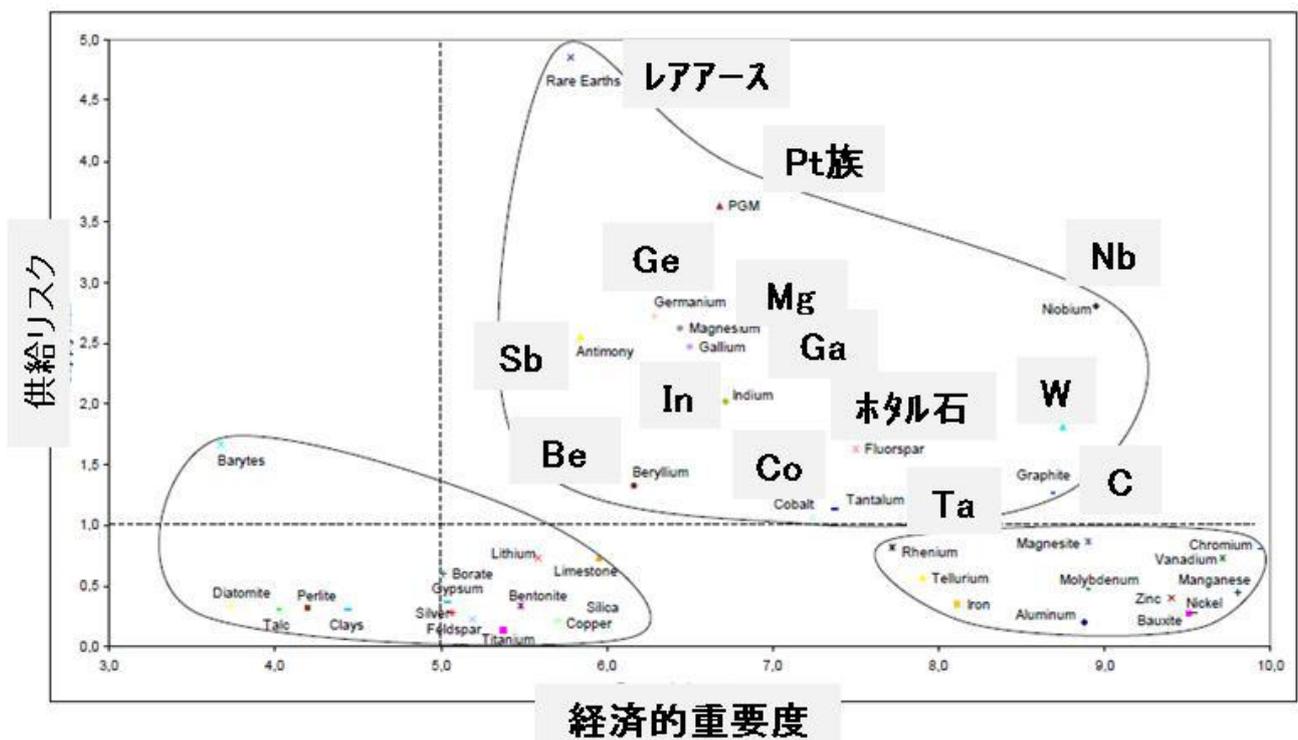


図 I-2-10 元素の経済的重要度と供給リスク

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

1.1 目標の設定根拠

1.1.1 対象元素の選定

本プロジェクトでは、研究開発を実施する前年の平成 20 年度にレアメタル・レアアースに関するリスク調査を行い、研究開発を行う鉱種を決定した。リスク調査は、種々の公開情報から 5 つの評価軸での調査対象鉱種のスクリーニング と、調査委員会での 3 つの製作評価軸での重要鉱種選定の図 II-1-1 に示した 2 段階で実施した。

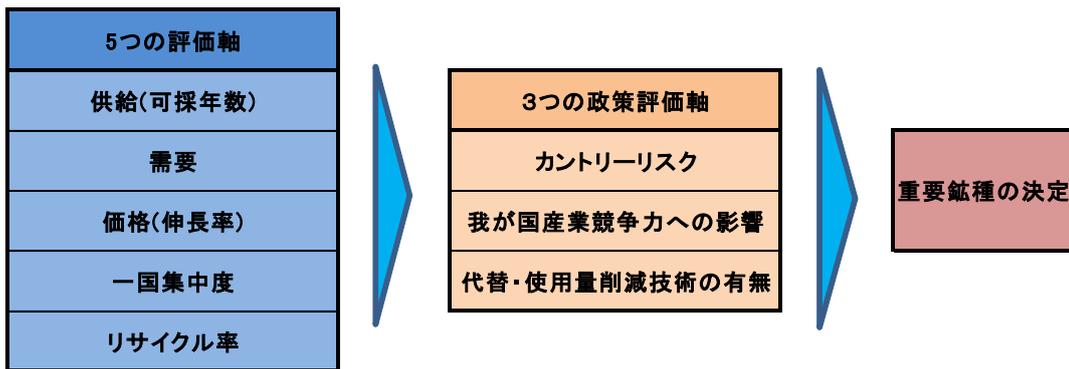
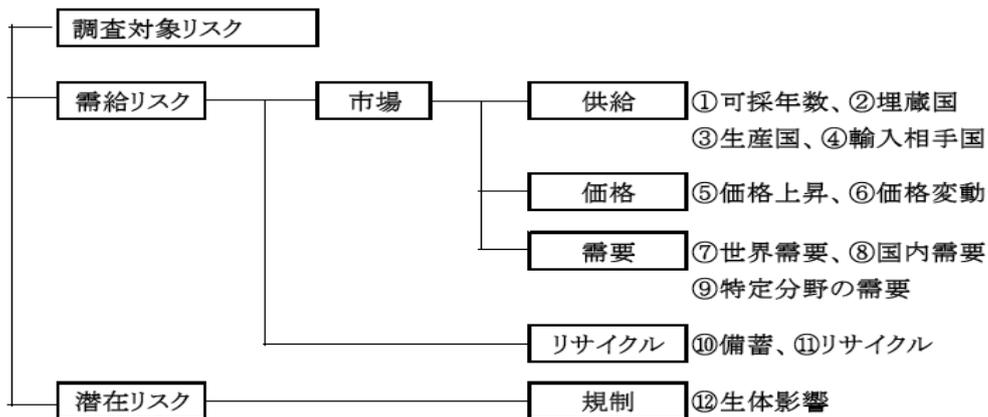


図 II-1-1 リスク調査方法

5 つの評価軸でのスクリーニングでは、図 II-1-2 に示す①～⑫の項目、表 II-1-1 に示す評価基準に基づき点付けを実施。評価点 18 点以上を基準とし、タングステン、ニオブ、アンチモン、白金、リチウム、インジウム、ビスマス、ランタン、セリウム、ネオジウム、ジスプロシウム、ユウロピウム、テルビウム、イットリウムの 14 種類を選定している（表 II-1-2 参照）。



- ・ 長期的視点での評価、再評価の必要性
- ・ データソースの条件
 - ① 公開情報であること
 - ② 長期的な統計データであること
 - ③ 多くの元素をカバーできること

図 II-1-2 リスク鉱種のスクリーニング

表Ⅱ-1-1 評価基準及びデータソース

評価項目		評点	評価基準	データソース
供給リスク	①可採年数 埋蔵量/04年鉱石生産量	3	50年未満	USGS統計
		2	50年～100年	
		1	100年～150年	
		0	150年以上	
	②埋蔵量の1国への集中度	3	90%以上	USGS統計
		2	80%以上	
		1	70%以上	
		0	70%未満	
	③鉱石生産の1国への集中度	3	90%以上	USGS統計
		2	80%以上	
		1	70%以上	
		0	70%未満	
	④輸入相手国1国への集中度	3	90%以上	財務省貿易統計
		2	80%以上	
		1	70%以上	
		0	70%未満	
価格リスク	⑤輸入価格上昇率 \$/kg 2007/1998比率(%)	3	200%以上	財務省貿易統計
		2	150%-200%	
		1	125～150%	
		0	125%未満	
	⑥輸入価格変動率 \$/kg 最高/最低比率(%)	3	200%以上	財務省貿易統計
		2	150%-200%	
		1	125～150%	
		0	125%未満	
需要リスク	⑦世界需要(鉱石生産)の伸び率 2007/1998比率(%)	3	200%以上	USGS統計
		2	150%-200%	
		1	125～150%	
		0	125%未満	
	⑧国内需要の伸び率 2007/2002比率(%)	3	200%以上	各種統計(業界統計を含む)
		2	150%-200%	
		1	125～150%	
		0	125%未満	
	⑨特定用途の需要の伸び率 2004/2002比率(%)	3	200%以上	各種統計(業界統計を含む)
		2	150%-200%	
		1	125～150%	
		0	125%未満	
リサイクル	⑩備蓄の有無	1	国家備蓄なし	
		0	国家備蓄あり	
	⑪リサイクルの状況	2	リサイクルされていない	
		1	一部リサイクルされている	
		0	マテリアルリサイクルが行われている	
潜在リスク	⑫将来の規制リスク(生体影響)	2	元素自体に毒性がある	
		1	化合物に毒性があり労働衛生問題を起した事例がある	
		0	毒性がなく、労働衛生問題を起した事例がない	

データソース: ⑩、⑪ JOGMEC資料

⑫「健康と元素」南山堂、「14906の化学商品」化学工業日報社、他

表Ⅱ-1-2 平成20年度実施の評価結果

No.	鉸種	H17評価	H20評価	補注
1	Ni	13	14	
2	Cr	14	13	
3	W	18	21	開発中(超硬工具)
4	Co	15	16	
5	Mo	15	17	
6	Mn	17	14	
7	V	14	11	
8	Nb	15	19	
9	Sr	12	9	
10	Sb	15	19	
11	Ta	23	17	
12	Pt	17	18	
13	Pd	12	13	
14	Rh		18	
15	Ge	18	17	
16	Ti	9	10	
17	Li	17	23	
18	Be	17	17	
19	Ga	9	12	
20	B	14	15	
21	Se	16	17	
22	Rb	6	6	
23	Zr	14	17	
24	In	18	25	開発中(液晶透明電極)
25	Te	8	12	
26	Cs	6	6	
27	Ba	6	13	
28	Hf	6	6	
29	Re	13	8	
30	Tl	6	8	
31	Bi	15	19	
32	La	18	20	
33	Ce	15	20	
34	Nd	17	22	開発中(FeNdB磁石)
35	Sm	17	17	
36	Dy	17	24	開発中(FeNdB磁石)
37	Eu		25	
38	Tb		25	
39	Y	20	21	

これら上位の14 鉱種のうち、平成19年度から取り組んでいるタングステン、インジウム、ジスプロシウム、ネオジム（ジスプロシウムの開発はネオジム磁石「Nd-Fe-B」の開発でもあるため取り組み鉱種とした）の4 鉱種を除いた10 種類の鉱種について、有識者委員会の中で3つの政策評価軸となるカントリーリスク、我が国産業競争力への影響、代替・使用量低減技術の有無（シーズ研究の有無）、今後の動向の評価を加え、重要な鉱種として、表Ⅱ-1-3に示した白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムを選定した。

表Ⅱ-1-3 リスク評価結果

No 鉱種	区分	リスクの分析・今後の動向	今後の		鉱種選定
			供給	需要	
8 Nb	遷移金属	・主埋蔵国・生産国はブラジル、カナダ、オーストラリア ・鉄鋼添加剤が主用途であり、国内需要（主に低合金高張力鋼）は安定している ・ブラジルCBMM社の供給安定性（量・価格）は長期間の実績がある	安定	安定	-
10 Sb	半金属元素	・世界需要が減少傾向にある（07/98比97%） ・プラスチック難燃助剤が主用途であり国内需要も漸減傾向にある（07/98比89%） ・欧州における規制強化圧力の増大により需要の減少が見込まれる	安定	減少	-
12 Pt	遷移金属	・輸入相手国はロシアから南アフリカに集中しつつある（2007年80%） ・南アフリカの供給懸念・減産が顕在化している ①安全・設備等の問題による鉱山閉鎖 ②電力供給不足による操業停止 ③人種問題に根ざす労働問題 ・世界需要の伸びが比較的低い（07/98比137%）要因は投資・宝飾向けの減少であり、産業用は急増（07/98比203%うち自動車触媒235%）している ・排ガス規制の強化により今後も自動車触媒用途の需要増が見込まれる ・さらに将来燃料電池触媒用途の需要増が見込まれる	懸念大	増加	◎
17 Li	アルカリ金属	・チリが主埋蔵国であるがチリ、オーストラリア、アルゼンチン、中国、カナダ（2007の生産比率各々38、22、12、9、3%）ほかでも生産されている ・二次電池向け炭酸リチウム・水酸化リチウムの需要が増加（226～227%）しており今後も増加が見込まれる	安定	増加	-
31 Bi	半金属元素	・中国が主埋蔵国であるがメキシコ、ペルー、カナダ（2007年の生産比各々53、21、17、3%）ほかでも生産されている ・世界需要は比較的安定している（07/98比125%） ・国内需要・輸入量とも2004年以降は頭打ち、需要減少が見込まれる	安定	安定	-
希土類	遷移金属	・資源は世界に分布しているが、低価格攻勢により中国以外の鉱山は生産を中止 ・中国が世界の供給を独占すると同時に価格が高騰 ・中国国内増加に伴う中国政府の資源保護・国内優先・輸出抑制政策等の強化 ①増値税還付廃止 ②輸出許可制度 ③E/L制度 ④加工貿易禁止 など			
32 La		・全体の需要が伸びている（239%） ・光学ガラス用途の需要は比較的安定している（139%） ・水素吸蔵（Ni水素電池）の需要はリチウムイオン電池への移行に伴い減少が見込まれる	懸念大	安定化	-
33 Ce		・全体の需要が伸び（154%）、特に研磨剤分野の需要が急増している（242%） ・FPDの需要増に応じ今後も需要増が見込まれる	懸念大	増加	◎
37 Eu		・Eu、Tb、Dy等の中希土・重希土資源は特に中国への偏在性が高い ・ほぼ全量蛍光体用途であり需要は引き続き堅調である ・欧州における白熱灯廃止の動きに伴いさらに需要増が見込まれる	懸念大	増加	◎
38 Tb		・37Euに同じ。蛍光体用途に加え、その他用途（磁石向け等）の需要も堅調である	懸念大	増加	◎
39 Y		・蛍光体・セラミックス・ジルコニア安定化剤など全体の需要が197%伸びている ・全体の35～45%を占める蛍光体用途の需要が234%伸びていると推定される ・今後も需要の増加が見込まれる	懸念大	増加	-

※出典：「希少金属代替材料開発に関する最新動向調査報告書（NEDO 平成20年度）」

1.1.2 削減目標の設定

重要鉱種として選定した白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムの削減目標は、各鉱種のロードマップを作製し設定している。このロードマップの作製は、「希少金属代替材料開発に関する最新動向調査（NEDO 平成 20 年度）」のリスク調査と並行して行い、技術動向および市場動向の整理し、研究シーズの整理、研究開発の重要度が高いと考えられる技術の絞り込み等を行い策定した。

1.1.2.1 ロードマップの策定

1.1.2.1.1 調査体制

本調査では、希少金属代替材料の技術開発ロードマップづくりについて助言を得るため、産学官の有識者からなる「希少金属代替材料開発プロジェクト企画委員会」を設置し、ロードマップの構成要素、背景となる社会動向の予測、希少金属代替／省資源化シナリオ、開発課題、課題・目標について検討を行い、技術開発ロードマップの策定を行った。

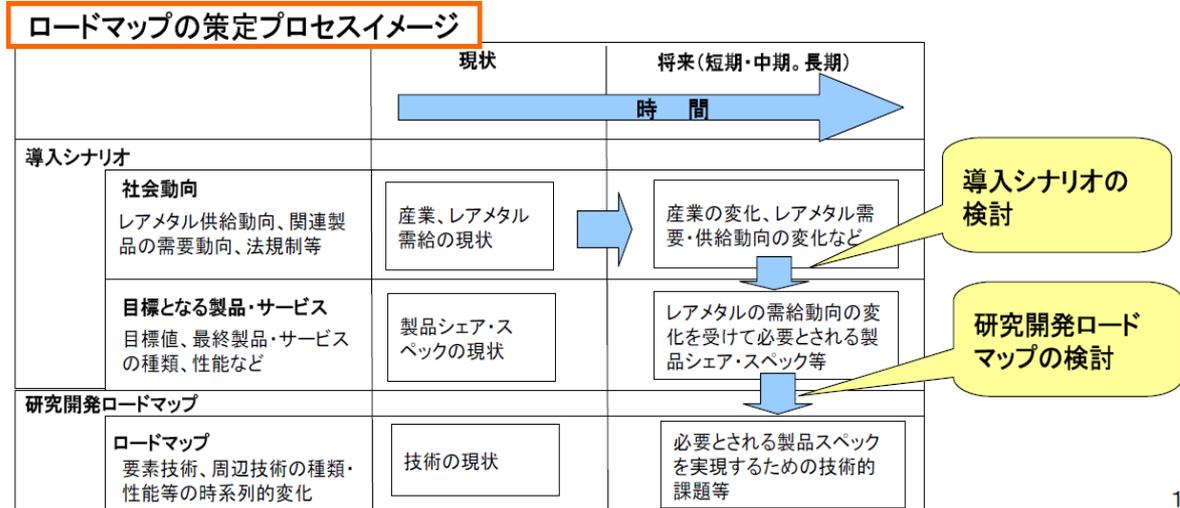
また、希少金属代替材料開発プロジェクトの位置づけ、必要性、技術ロードマップで示された研究開発目標の妥当性、実用化・事業化の見通し等の事前評価、さらに希少金属代替材料開発プロジェクトの基本計画および実施方針についても検討を行い、これを策定した。希少金属代替材料開発プロジェクト企画委員会委員を表Ⅱ-1-4に示す。

表Ⅱ-1-4 希少金属代替材料開発プロジェクト企画委員会

	氏名	所属・役職（敬称略）
委員長	前田 正史	東京大学 生産技術研究所 所長
委員	足立吟也	学校法人重里学園 理事
〃	安達 毅	東京大学 環境安全研究センター・生産技術研究所 准教授
〃	植田 成生	コニカミノルタオプト株式会社 OD事業部 HD事業ユニット長
〃	馬越 佑吉	独立行政法人 物質・材料研究機構 理事
〃	岡田 益男	東北大学 副学長 教授
〃	香山 高寛	CSKベンチャーキャピタル株式会社 投資開発部 部長
〃	神門 正雄	独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 金属資源開発本部 企画調査部 部長
〃	佐藤 眞康	触媒工業協会 自動車部会長
〃	武内徹二	社団法人日本電球工業会 専務理事
〃	谷 泰弘	立命館大学理工学部機械工学科 教授

1.1.2.1.2 ロードマップの構成

技術開発ロードマップは、社会動向および目標となる製品・サービスを整理した「導入シナリオ」、また要素技術や周辺技術の種類・性能等の目標を整理した「研究開発ロードマップ」を構成要素とした（表Ⅱ-1-3 参照）。



図Ⅱ-1-3 技術開発ロードマップの策定プロセスイメージ

「導入シナリオ」では、将来的な産業動向およびレアメタル供給の予測に関する既存資料等を踏まえ、レアメタル需給に関する今後の世界・国内動向、またその予測を踏まえてわが国で必要とされる製品・サービスの内容を記載している。必要とされる製品・サービスより、各レアメタルに係る代替材料（および使用量低減技術）開発の具体的な目標（国内における各レアメタル年間消費量）を設定している。

「研究開発ロードマップ」では、「導入シナリオ」で取り上げられている目標（必要とされる製品・サービスおよび国内における各レアメタル年間消費量）を実現するための技術的課題、要素技術、求められる機能を時間軸上に記載している。

1.1.2.1.3 目標の設定方法

「希少金属代替材料開発プロジェクト」の目標年度を踏まえ、各レアメタルに係る代替材料（及び使用量低減技術）開発の目標は、目標年度の平成25年度における各レアメタルの目標消費削減率とした。

この目標は、目標年度における各レアメタルの予想国内供給量および予想国内需要量を踏まえ、その時の国内需要量を国内供給量の範囲内に抑制させるための抑えるための数値目標となる。

目標の設定方法は以下のとおりである。

●目標消費削減率の計算方法

以下の式にて計算する。

$$\text{目標消費削減率 (\%)} = 100 \times \left\{ 1 - \left(\frac{\text{[予想国内供給量]}}{\text{[予想国内需要量]}} \right) \right\}$$

ただし、研究開発ロードマップで取り上げられるテーマが特定製品にのみ適用される場合は、以下式にて計算する。

$$\text{目標消費削減率 (\%)} = 100 \times \left\{ 1 - \frac{[\text{予想国内供給量} - [\text{特定製品以外の予想国内需要量}]]}{[\text{予想国内需要量} - [\text{特定製品以外の予想国内需要量}]]} \right\}$$

● 予想国内供給量

各レアメタルの国内供給量は、平成 19 年度と同等とする。

レアメタル資源の偏在性は、特定国・地域の事情による供給不安定化を招きやすく、供給量の予測を極めて困難なものとしている。また、各レアメタル供給の大半を海外に依存しているわが国においては、産出国における輸出政策動向なども国内供給量の予測に大きな影響を与えることから、予想国内供給量の予測をますます難しいものとしている。そのため、予想国内供給量は、明らかな変動要素を除き、現状維持とした。

● 予想国内需要量

各レアメタルの国内需要量は、当該レアメタルを消費する主要製品の生産動向予測データに単位製品あたりに消費される各レアメタル量（現状同等）を乗じて計算する。

$$[\text{予想国内需要量 (t)}] = [\text{主要製品の国内生産量(台)}] \times [\text{主要製品における 1 台あたりのレアメタル消費量(t / 台)}] + [\text{その他製品向けの国内需要量 (t)}]$$

主要製品に関する既存の産業動向予測データが複数存在する場合、製品ごとに計算を行い、その和をもって予想国内需要量としている。なお、その他製品の国内需要量については、現状（平成 16 年度）と同等とする。予想国内供給量と予想国内需要量のイメージを図 II-1-4 に示す。

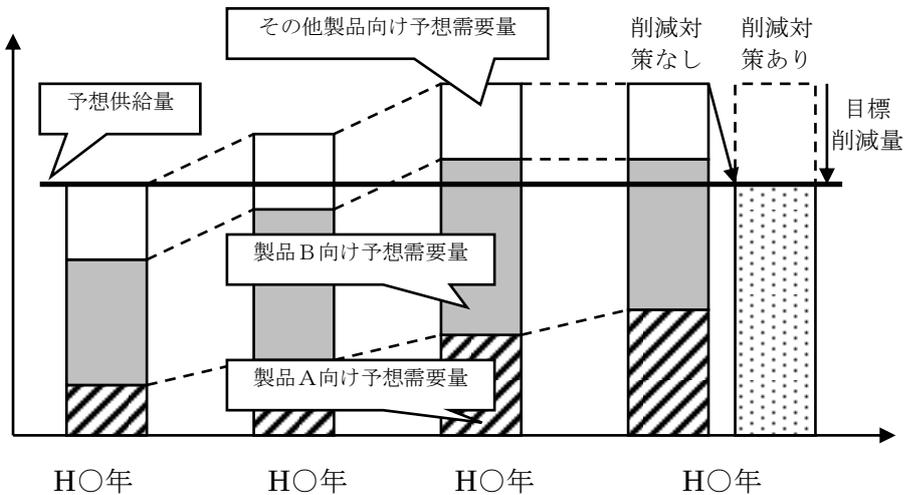


図 II-1-4 予想国内供給量と予想国内需要量のイメージ

1.1.2.1.4 削減目標の設定根拠

平成 20 年度に鉱種のリスク調査と技術開発ロードマップの検討を行い、削減目標を設定したが、当時の設定根拠を以下に示す。

1.1.2.1.4.1 白金族 (Pt 族)

(1) 需要について

白金の世界需要は、10 年間でおよそ 1.4 倍伸び、2007 年の世界需要は 236 トンに達した。投資・宝飾向け需要がほぼ半減しているのに対し、自動車触媒向け需要の伸びが顕著であり、1998 年の 56 トンに対し、2007 年には 1998 年比 2.35 倍の 129 トンに達している（図 II-1-5 参照）。

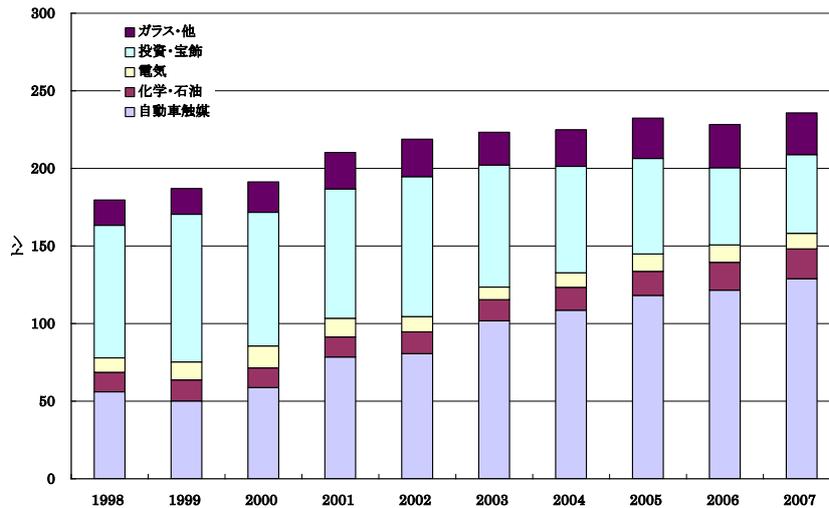


図 II-1-5 白金の世界需要

(2) 供給について

世界の白金の供給は、南アフリカとロシアが全体の 90% を占めている。2007 年の供給量は触媒からの回収を含め 232 トンであり、需要量をわずかに下回る。触媒からの回収が 2007 年に 28 トンに増加し、供給の 12% を占めるに至っている（図 II-1-6 参照）。比較的供給過剰にあるパラジウムは価格が安定しているが、白金の価格は高騰している（図 II-1-7 参照）。

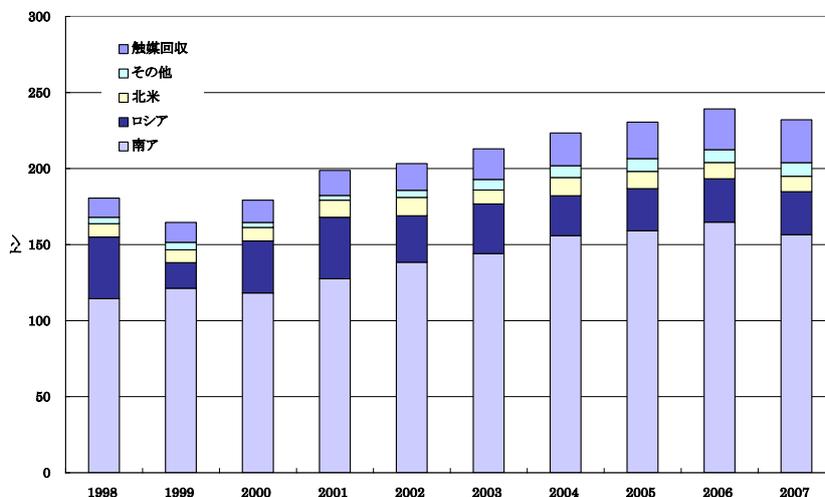
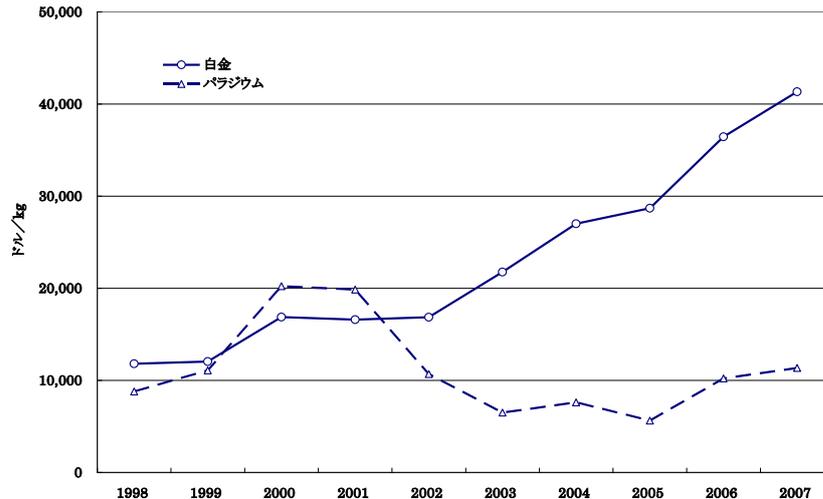


図 II-1-6 白金の世界供給



図Ⅱ-1-7 価格動向
(資料) Johnson Matthey 報告書、財務省貿易統計

(3) 需給バランスの動向

白金族の需給バランスに大きな影響を与える因子は、短期的には、すでにスケジュール化されている日本及び欧州における自動車排ガス規制の強化、長期的には、開発途上国における自動車排ガス規制の開始・強化に伴う自動車排ガス触媒向け需要の増大があげられる。また、最大の白金族生産国である南アフリカの供給不安定も需給バランスを逼迫させる要因である。投資・宝飾向け白金族の需要は減少しているが、増加に転じる可能性も否定できない。以上から、短期的・長期的に白金族の需給は逼迫する方向にあると考えられる(表Ⅱ-1-5 参照)。

2013年における自動車排ガス触媒向け白金の予想国内需要量は32.6トンであり、同年の予想国内供給量(2007年と同レベル23.3トンと仮定)の1.39倍と想定され、この需給ギャップからは削減率は40%が目標となる。この削減率に政策的な判断、研究シーズからの削減の可能性を加味し白金族の代替材料開発に係る開発目標は、2007年を基準年として削減率50%と設定した(図Ⅱ-1-8 参照)。

表Ⅱ-1-5 世界の白金族需給バランスに影響を与える要因

	需給バランスが緊迫する要因	需給バランスが緩和する要因
金属資源需要	【需要量の増大】 <ul style="list-style-type: none"> 先進国(日・欧)におけるオフロード車を含む自動車排ガス規制の強化に伴う自動車排ガス触媒向け需要の増大 開発途上国における自動車排ガス規制の開始・強化に伴う自動車排ガス触媒向け需要の増大 LCD ガラス需要増加、工場新設に伴う白金需要の増加 	【需要量の減少】 <ul style="list-style-type: none"> 投資・宝飾向け需要の減少 1台あたり白金族使用原単位の低い自動車排ガス触媒の開発
金属資源供給	【供給量の減少】 <ul style="list-style-type: none"> 南アフリカにおける供給不安定(安全・設備等の問題による鉱山閉鎖、電力供給不測、洪水等による一時操業停止など) 	【供給量の増大】 <ul style="list-style-type: none"> 触媒等使用済み白金族含有製品からの回収増加(リサイクル)

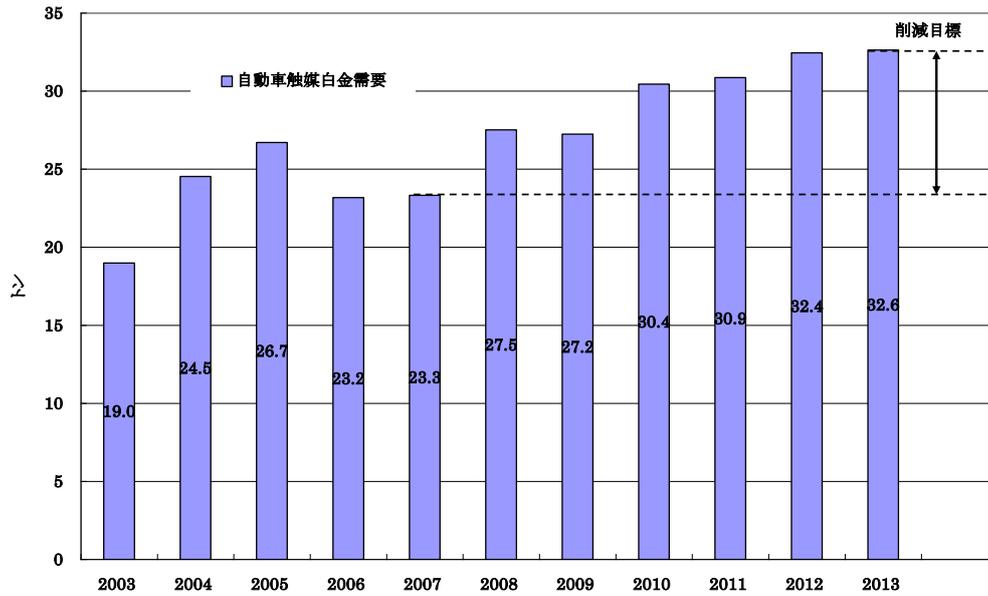


図 II-1-8 わが国における自動車排ガス触媒用白金需要予測

● 予想国内供給量

2013年におけるわが国の白金供給量（輸入量）は、2007年レベルと仮定した。

● 予想国内需要量

ガソリン車及びディーゼル車用排ガス触媒に消費される白金需要を予測した。

(自動車の生産台数予測) = (2007年の生産台数) × (世界経済の実質GDP成長率(%))

※ ガソリン・ディーゼル車の内訳は以下のように推定した。

- ・ 乗用車の7.5%、バスの全部、オフロード車をディーゼル車とした。
- ・トラックは統計に従いディーゼル・ガソリンに区分した。
- ・軽四輪（乗用車・トラック）、二輪車をガソリン車とした。

※ 乗用車のディーゼル比率は、2009年以降年率0.5%増加するとした。

※ ガソリン・ディーゼル車の生産台数、自動車触媒用白金の国内消費量及び欧州ディーゼル車の白金原単位から、現状の自動車触媒白金原単位を、ガソリン車1.9g/台、ディーゼル車4.0g/台と推計した。

※ 2013年の自動車触媒白金原単位を、ガソリン車は1.9g/台で一定とし、ディーゼル車は排ガス規制の強化に伴い2013年までに5.0g/台まで増加するとした。

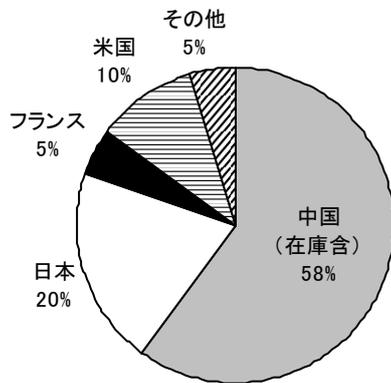
※ 自動車の生産台数予測（ガソリン・ディーゼル別）×白金原単位（ガソリン・ディーゼル別）から2013年までの自動車触媒白金需要量を算出した。

1.1.2.1.4.2 セリウム (Ce)

(1) 需要について

セリウムの世界需要データは個別に存在しないことから、各種データよりそれぞれの需要量を推計した。世界におけるレアアース供給の97%（重量ベース）を中国が担っているため、中国以外の地域における需要量は、中国からのセリウム輸出量に等しいと仮定した。また、世界のセリウム供給量から中国以外の需要量を差し引き、これを中国の需要量に等しいと仮定した（図Ⅱ-1-9 参照）。概念として、中国の需要量には、実際に消費されないで在庫保管されてしまう量も含まれることになる。世界のセリウム需要（平成19年）は、約47,000（酸化物換算トン／年）と推計され、そのうち6割程度が中国の需要（在庫になってしまうものも需要として含める）2割程度がわが国の需要となる。

わが国におけるセリウム需要（平成19年）は、約9,500（酸化物換算トン／年）と推計され、このうち過半数がガラス等の研磨材向けであると見込まれる¹。



（注1）中国以外の国については2007年の中国海関統計の輸出量が需要量に等しいと仮定

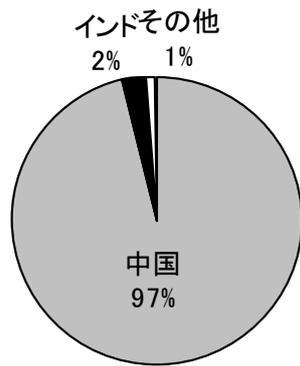
（注2）2007年における中国のセリウム供給量から2007年の輸出量を差し引いた残りを中国における需要量と仮定（在庫分も含む可能性あり）

（資料）中国海関統計、USGS「Mineral Commodity Summaries 2008」、NTS「希土類の材料技術ハンドブック」

図Ⅱ-1-9 国別需要割合（世界：平成19年）

(2) 供給について

セリウムの世界供給データは個別に存在しないことから、各種データよりそれぞれの供給量を推計した。世界におけるレアアース供給の97%（重量ベース）を中国が担っているため、中国については鉱種別生産量にそれぞれの代表的品位を乗じて、中国におけるセリウム供給量を推計した。中国以外の供給地としては、インドがこれに次ぐことから、インドの漂砂鉱床における代表的品位を乗じてインドにおけるセリウム供給量を推計した。世界のセリウム供給（平成19年）は、約47,000（酸化物換算トン／年）と推計され、9割強が中国からの供給となる。わが国からの一次供給（鉱石からの分離・精製による供給）また二次供給（リサイクルによる供給）はない。



(注1) レアアース供給量に鉱床別品位を乗じて推計
 (資料) USGS「Mineral Commodity Summaries 2008」、NTS「希土類の材料技術ハンドブック」

図Ⅱ-1-10 国別供給割合（世界：平成19年）

(3) 需給バランスの動向

セリウムの需給バランスに大きな影響を与えると想定されるものに、先進国や新興国における平面型テレビの需要増大（テレビのフラット化進行によるもの）、パソコンの需要拡大（IT化進行によるもの）、主要産出国である中国におけるE/L発給枠の抑制などがある。特に限られた輸出許可枠（重量ベース）の中では、重量単価が安価なセリウム化合物は輸出の優先順位が下がる可能性もあると考えられる。中国国外で新規鉱山の開発予定があるものの、世界の需要動向によっては操業開始に至らないことなどから、需給バランスを緩和させる要素としては弱い。

今後も平面型テレビやパソコンの生産に伴う蛍光粉の需要が伸び続けると思われること、中国の内需拡大により輸出拡大の動きが働きにくいと思われること、新規鉱山からの供給増はすぐに期待できないこと、などから長期的にはセリウムの需給バランスは逼迫する方向にあると考えられる（表Ⅱ-1-6参照）。平成25年におけるセリウムの予想国内需要量は、同年の予想国内供給量（年率4%で供給量が減少すると仮定）の1.39倍と想定され（表Ⅱ-1-7参照）、この需給ギャップからは削減率は30%が目標となる（図Ⅱ-1-11参照）。この削減率は政策的な判断、研究シーズからの削減の可能性を加味しセリウムの代替材料開発等に係る開発目標は、平成19年を基準として、需給ギャップと同じ削減率の30%と設定した。

表Ⅱ-1 世界のセリウム需給バランスに影響を与える要素

	需給バランスが緊迫する要素	需給バランスが緩和する要素
金属資源 需要	【需要量の増大】 ・ 先進国や新興国における平面型テレビの需要増大 ・ 先進国や新興国におけるパソコン需要の増大	【需要量の減少】 ・ 単位重量あたりの研磨効率に優れた新研磨材の開発 ・ 研磨材の利用効率が高い研磨装置の開発
金属資源 供給	【供給量の減少】 ・ 中国における輸出規制の動き（E/L発給枠の抑制） ・ 中国における増置税還付の撤廃・輸出関税の賦課	【供給量の増大】 ・ 豪州鉱山（Mt. Weld）やカナダ鉱山等の操業開始

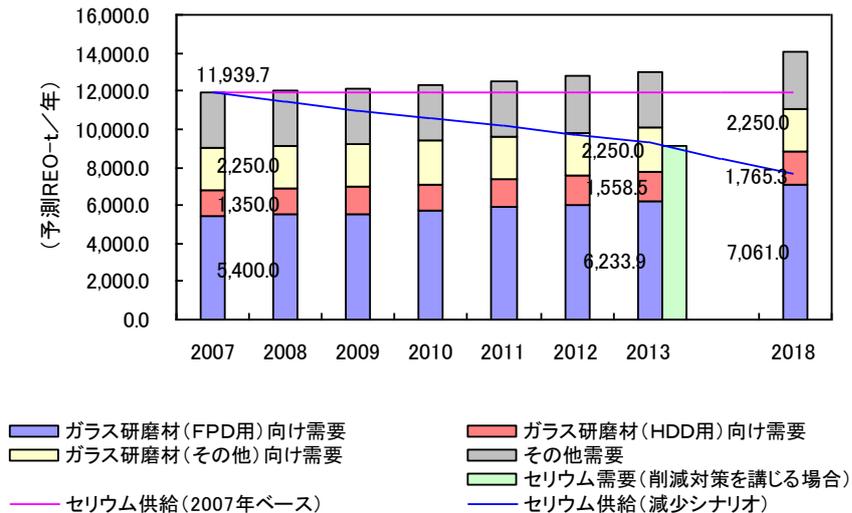


図 II-1-11 わが国におけるセリウム供給と主要製品に関するセリウム需要の予測

表 II-1-6 セリウムの代替材料開発等に係る施策目標の設定

		(暦年)									
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		2018	
供給予測	予想国内供給量(2007年ベース)	11,940	11,940	11,940	11,940	11,940	11,940	11,940	~	11,940	
	予想国内供給量(減少シナリオ)	11,940	11,462	11,004	10,563	10,141	9,735	9,346	~	7,620	
需要予測	予想国内需要量(削減対策を講じる場合)							9,087			
	予想国内需要量(削減対策を講じない場合)	11,940	12,070	12,143	12,310	12,531	12,758	12,982	~	14,016	
	その他需要	2,940	2,940	2,940	2,940	2,940	2,940	2,940	~	2,940	
	ガラス研磨材(その他)向け需要	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250		2,250	
	ガラス研磨材(HDD用)向け需要	1,350	1,376	1,391	1,424	1,468	1,514	1,558		1,765	
	ガラス研磨材(FPD用)向け需要	5,400	5,504	5,562	5,696	5,873	6,055	6,234	~	7,061	

$$2013\text{年度} \text{ 予想国内需要量} / 2013\text{年度} \text{ 予想国内供給量} = 1.39 \text{ 倍}$$

$$2013\text{年} \text{ 予想国内需要量 (削減対策を講じる場合)} \text{ を } 2013\text{年} \text{ 予想国内供給量以下に抑えるために必要な最低限の削減率} = 30\% \text{ の削減が必要}$$

$$\text{目標消費削減率(基準年:2007年)} = 30\%$$

● 予想国内供給量

2007年以降のわが国におけるセリウム供給量(輸入量)は主要輸出国のE/L発給抑制等により年率10%で減少すると仮定した。また、2009年より新規鉱山のセリウムが供給され始めると仮定した(2013年には約7千REO t/年の新規供給があると仮定)。

● 予想国内需要量

FPD及びパソコンHDD用のパネル研磨生産で消費されるセリウム需要を予測した。

〔主要製品に関するセル日有無需要(t/年)〕 = 〔2007年におけるわが国の液晶テレビ向けセリウム消費量(トン/年)〕 × 〔世界経済の実質GDP累積変化率(%)〕 + 〔2007年におけるわが国のパソコンHDD向けセリウム消費量(トン/年)〕 × 〔世界経済の実質GDP累積変化率(%)〕 + 〔その他の国内セリウム需要(トン/年)〕

※ 研磨材(FPD用)向けセリウム需要: 日本国内における液晶テレビ生産量は、今後世界経済の実質GDP累積変化率に応じて変化すると仮定した。基準年の液晶テレビバックライト向け研磨材(セリウム分)消費量に実質GDP累積変化率を乗じて推計。

※ 研磨材(ノートパソコン用)向けセリウム需要: 日本国内における照明ランプ生産量は、今後世界経済の実質GDP累積変化率に応じて変化すると仮定した。基準年のノートパソコン向け研磨材(セリウム分)消費量に実質GDP累積変化率を乗じて推計。

※ 世界経済の実質GDP累積変化率: IMFにて発表されている今後の世界経済見通しを利用。将来的なインフレ率(世界平均)を控除して実質GDP成長率とみなした。世界的な金融危機の影響を受けて2007年11月に下方修正された見直し値を使用。

1.1.2.1.4.3 テルビウム・ユウロピウム (Tb・Eu)

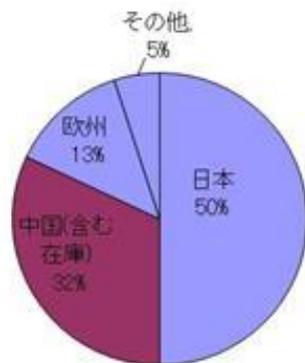
(1) 需要について

テルビウム、ユウロピウムの世界需要データは個別に存在しないことから、各種データよりそれぞれの需要量を推計した。世界におけるレアアース供給の97%（重量ベース）を中国が担っているため、中国以外の地域における需要量は、中国からのテルビウム・ユウロピウム輸出量に等しいと仮定した。また、世界のテルビウム・ユウロピウム供給量から中国以外の需要量を差し引き、これを中国の需要量に等しいと仮定した。概念として、中国の需要量には、実際に消費されない在庫保管されてしまう量も含まれることになる。表Ⅱ-1-12に世界のテルビウム・ユウロピウム需給バランスに影響を与える要素を示した。

世界のテルビウム需要（平成19年）は、約340（酸化物換算トン／年）と推計され、そのうち5割程度がわが国の需要となる。また、世界のユウロピウム需要（同）は、同様に約320（酸化物換算トン／年）と推計され、このうち約4割がわが国の需要となる（図Ⅱ-1-12）。

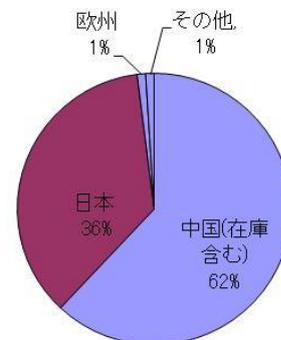
わが国におけるテルビウム需要（平成19年）は、約170（酸化物換算トン／年）と推計され、このうち過半数が蛍光粉向けであると見込まれる²。また、わが国におけるユウロピウム需要（同）は、約110（酸化物換算トン／年）と推計され、ほぼ全量が蛍光粉向けであると見込まれる。

テルビウムの国別需要割合(2007年)



単位:トン

ユウロピウムの国別需要割合(2007年)



単位:トン

図Ⅱ-1-12 国別需要割合（世界：平成19年）

(注1) テルビウムおよびユウロピウムともに中国からの供給量は世界の全供給量にほぼ等しいと仮定し、中国からの輸出量を中国以外の地域における需要、供給量から輸出量の合計を差し引いて中国国内の需要（実際に製品化されない在庫分も含む）とした。

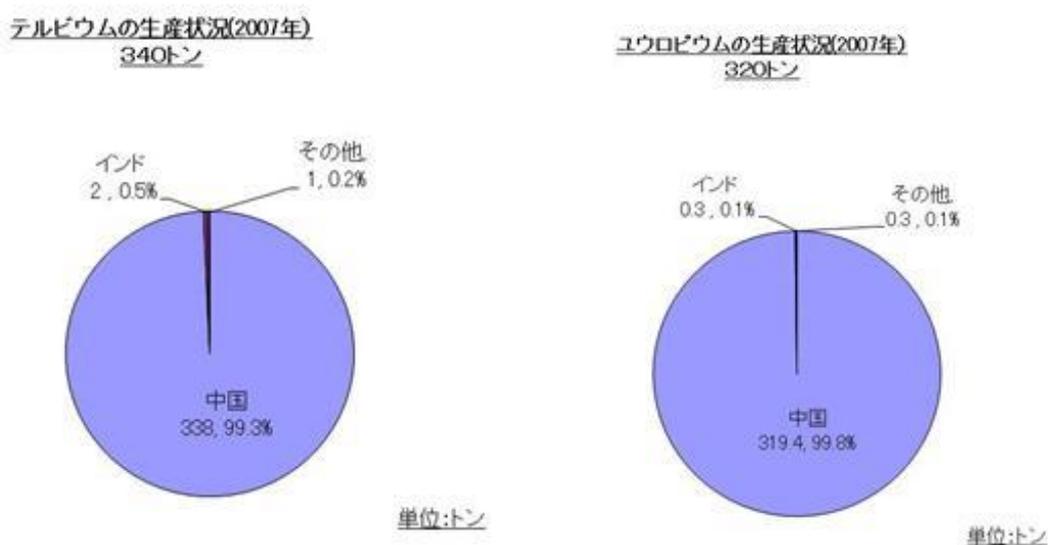
(注2) 2007年のわが国向けテルビウム輸出量は、例年の2倍近く、2008年1月の輸出税率引き上げを見込んだ駆け込み需要があったと想定されることから、わが国への輸出量（需要量）は2008年および2007年の平均値を採用した。また、香港経由でわが国へ輸出されている分もあると想定し、それらは全て上記に含まれると仮定した。

(注3) 2007年のわが国向けユウロピウム輸出量は、例年よりも過少であると想定されることから、わが国への輸出量（需要量）は2008年および2007年の平均値を採用した（ユウロピウムの場合、2007年の香港向け輸出実績はなし）。

(注4) 2007年段階における重量比データ（酸化物換算）として推計
 (資料) 中国海関統計から三菱UFJリサーチ&コンサルティング推計

(2) 供給の現状

テルビウム、ユウロピウムの世界供給データは個別に存在しないことから、各種データよりそれぞれの供給量を推計した。世界におけるレアアース供給の97%（重量ベース）を中国が担っているため、中国については鉱種別生産量にそれぞれの代表的品位を乗じて、中国におけるテルビウム・ユウロピウム供給量を推計した。中国以外の供給地としては、インドがこれに次ぐことから、インドの漂砂鉱床における代表的品位を乗じてインドにおけるテルビウム・ユウロピウム供給量を推計した。世界のテルビウム供給（平成19年）は、約340（酸化物換算トン／年）と推計され、9割強が中国からの供給となる（図Ⅱ-1-13参照）。また、世界のユウロピウム供給（同）は、同様に約320（酸化物換算トン／年）と推計され、ほぼ全量が中国からの供給となる。わが国からの一次供給（鉱石からの分離・精製による供給）また二次供給（リサイクルによる供給）はない。



図Ⅱ-1-13 国別供給割合（世界：平成19年）

（注）レアアース供給量に鉱床別品位を乗じて推計

（資料）USGS「Mineral Commodity Summaries 2008」および NTS「希土類の材料技術ハンドブック」より三菱UFJリサーチ&コンサルティング推計

(3) 需給バランスの動向

テルビウム・ユウロピウムの需給バランスに大きな影響を与えると想定されるものに、先進国や新興国における照明用蛍光ランプの需要増大（白熱電灯からの切替によるもの）、平面型テレビの需要増大（テレビのフラット化進行によるもの）、希土類磁石の需要増大（ハイブリッド自動車向けのモーター用磁石需要拡大によるもの：テルビウムについてのみ）、主要産出国である中国におけるE/L発給枠の抑制などがある。中国国外で新規鉱山の開発予定があるものの、必ずしもテルビウムやユウロピウムといった重希土類に富んではないこと、世界の需要動向によっては操業開始に至らないことなどから、需給バランスを緩和させる要素としては弱い。今後も照明用蛍光ランプや平面型テレビの生産に伴う蛍光粉の需要が伸び続けると思われること、中国の内需拡大により輸出拡大の動きが働きにくいと思われること、新規鉱山からの供給増はず

ぐに期待できないこと、などから長期的にはテルビウム・ユウロピウムの需給バランスは逼迫する方向にあると考えられる。

平成 25 年におけるテルビウムの予想国内需要量は 124 t で同年の予想国内供給量（年率 10% で供給量が減少すると仮定）は 64 t（51%の確保）と想定され、平成 30 年には 37 t（29%の確保）に留まると想定される（図 II-1-14）。テルビウムの供給は引き続き大きく削減されることが想定されており、削減率の想定は平成 30 年とした。テルビウムの代替材料開発、使用量低減技術開発に係る削減目標は政策的な積み上げも行い 80%（平成 19 年を基準年とした場合の割合）と設定した。同様にユウロピウムの予想国内需要量は 71t で平成 25 年の予想国内供給量（年率 10% で供給量が減少すると仮定）は 37t（52%の確保）と想定され、平成 30 年には 21 t（28%の確保）に留まる想定される（図 II-1-15）。ユウロピウムの供給は引き続き大きく削減されることが想定されており、削減率の想定は平成 30 年とした。ユウロピウムの代替材料開発、使用量低減技術開発に係る削減目標は政策的な積み上げも行い 80%（平成 19 年を基準年とした場合の割合）と設定した。

表 II-1-12 世界のテルビウム・ユウロピウム需給バランスに影響を与える要素

	需給バランスが緊迫する要素	需給バランスが緩和する要素
金属資源需要	【需要量の増大】 <ul style="list-style-type: none"> 先進国や新興国における照明用蛍光ランプの需要増大（白熱電灯からの切替） 先進国や新興国における平面型テレビの需要増大 希土類磁石の需要増大（Tb） 	【需要量の減少】 <ul style="list-style-type: none"> LED 等のレアアース消費量が小さい発光デバイスの高度化による使用量低減 蛍光体リサイクルの進展
金属資源供給	【供給量の減少】 <ul style="list-style-type: none"> 中国における輸出規制の動き（E/L 発給枠の抑制） 中国における増置税還付の撤廃・輸出関税の賦課 	【供給量の増大】 <ul style="list-style-type: none"> 豪州鉱山（Mt. Weld）やカナダ鉱山等の操業開始

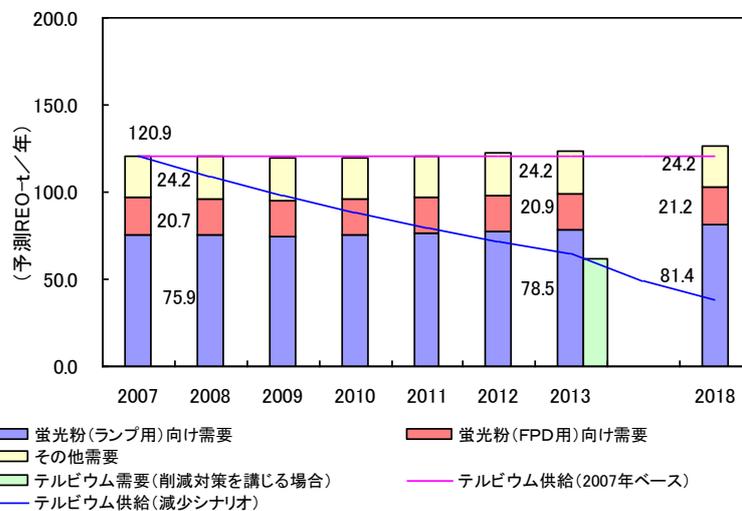


図 II-1-14 わが国におけるテルビウム供給と主要製品に関するテルビウム需要の予測

●予想国内供給量

2007年以降のわが国におけるテルビウム供給量（輸入量）は主要輸出国の E/L 発給抑制等により年率 10%で減少すると仮定した。

●予想国内需要量

F P D及び照明ランプ用の蛍光粉生産で消費されるテルビウム需要を予測した。

〔主要製品に関するテルビウム需要（t/年）〕 = 〔2007年におけるわが国の液晶テレビ向けテルビウム消費量（トン/年）〕 × 〔世界経済の実質GDP累積変化率（%）〕 × 〔バックライト搭載効率化率（%）〕 + 〔2007年におけるわが国の照明ランプ向けテルビウム消費量（トン/年）〕 × 〔世界経済の実質GDP累積変化率（%）〕 × 〔照明デバイス効率化率（%）〕 + 〔その他の国内テルビウム需要（トン/年）〕

※ 蛍光粉（F P D用）向けテルビウム需要：日本国内における液晶テレビ生産量は、今後世界経済の実質GDP累積変化率に応じて変化すると仮定した。基準年の液晶テレビバックライト向け蛍光粉（テルビウム分）消費量に実質GDP累積変化率を乗じて推計。

※ 蛍光粉（照明ランプ用）向けテルビウム需要：日本国内における照明ランプ生産量は、今後世界経済の実質GDP累積変化率に応じて変化すると仮定した。基準年の照明ランプ向け蛍光粉（テルビウム分）消費量に実質GDP累積変化率を乗じて推計。

※ 世界経済の実質GDP累積変化率：IMFにて発表されている今後の世界経済見通しを利用。将来的なインフレ率（世界平均）を控除して実質GDP成長率とみなした。世界的な金融危機の影響を受けて2007年11月に下方修正された見通し値を使用。

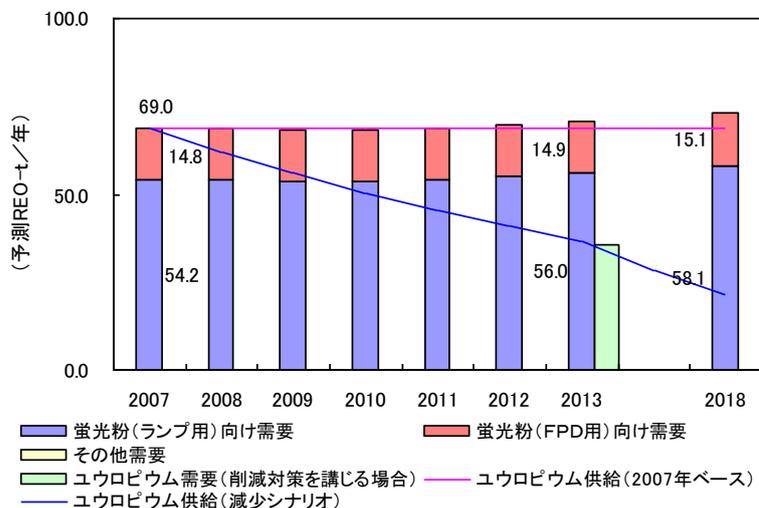


図 II-1-15 わが国におけるテルビウム供給と主要製品に関するテルビウム需要の予測

●予想国内供給量

2007年以降のわが国におけるユウロピウム供給量（輸入量）は主要輸出国の E/L 発給抑制等により年率 10%で減少すると仮定した。

●予想国内需要量

F P D及び照明ランプ用の蛍光粉生産で消費されるユウロピウム需要を予測した。

〔主要製品に関するユウロピウム需要（t/年）〕 = 〔2007年におけるわが国の液晶テレビ向けユウロピウム消費量（トン/年）〕 × 〔世界経済の実質GDP累積変化率（%）〕 × 〔バックライト搭載効率化率（%）〕 + 〔2007年におけるわが国の照明ランプ向けユウロピウム消費量（トン/年）〕 × 〔世界経済の実質GDP累積変化率（%）〕 × 〔照明デバイス効率化率（%）〕 + 〔その他の国内ユウロピウム需要（トン/年）〕

※ 蛍光粉（F P D用）向けユウロピウム需要：日本国内における液晶テレビ生産量は、今後世界経済の実質GDP累積変化率に応じて変化すると仮定した。基準年の液晶テレビバックライト向け蛍光粉（ユウロピウム分）消費量に実質GDP累積変化率を乗じて推計。

※ 蛍光粉（照明ランプ用）向けユウロピウム需要：日本国内における照明ランプ生産量は、今後世界経済の実質GDP累積変化率に応じて変化すると仮定した。基準年の照明ランプ向け蛍光粉（ユウロピウム分）消費量に実質GDP累積変化率を乗じて推計。

※ 世界経済の実質GDP累積変化率：IMFにて発表されている今後の世界経済見通しを利用。将来的なインフレ率（世界平均）を控除して実質GDP成長率とみなした。世界的な金融危機の影響を受けて2007年11月に下方修正された見通し値を使用。

1.1.2.1.5 ロードマップの詳細

技術開発ロードマップの詳細を、図Ⅱ-1-16 ~ 図Ⅱ-1-18 に示す。

導入シナリオ	現状	短期					中期 平成26年～平成30年 (2014年)～(2018年)	長期 平成31年～ (2019年)～
		平成21年 (2009年)	平成22年 (2010年)	平成23年 (2011年)	平成24年 (2012年)	平成25年 (2013年)		
<p>社会動向 (レアメタル供給動向、関連製品の需要動向(最終消費者、中間消費者)、法規制動向など)</p>	<p>(日本) 新長期規制・オフロード3次 (欧州) Euro4・オフロード3次</p> <p>Pt供給(世界、2007年) <供給>252 t <需要>235 t</p> <p>ディーゼルの需要・生産 <日本>2.1百万台 <欧州>11.1百万台</p>	<p>ポスト新長期・オフロード3次終了</p> <p>オフロード4次</p> <p>ディーゼルの需要・生産 <日本>2.4百万台*</p> <p>自動車触媒用白金の需要拡大 白金供給懸念の拡大</p> <p>需要量を2007年と同等レベルに維持すると仮定</p>						
<p>目標となる製品・サービス (施策目標、最終製品・サービスの種類、性能動向など)</p>	<p>わが国における自動車触媒向け白金の需要量 18.7 t (2007年)</p> <p>日本のディーゼル車推計 生産: 2.1百万台/年 需要量: 5.3t/年 (1台あたりの内消費量: 3.3 g)</p> <p>日本のガソリン車推計 生産: 11.6百万台/年 需要量: 18.0t/年 (1台あたりの内消費量: 1.9 g)</p>	<p>わが国における自動車触媒向け白金の需要量 自動車触媒: 削減前32.6t→削減後23.3 t</p> <p>ディーゼルの需要・生産(省資源化・一部代替) 生産(推計)2.4百万台: 現状比1.14倍* 需要量: 12.0 t→5.3 t (1台あたりの内消費量: 5.0 g)</p> <p>ガソリン車の需要・生産(推計)10.8百万台: 現状比0.93倍 需要量: 20.6t/年 (1台あたりの内消費量: 1.9 g)</p>					*規制対象となるオフロード車0.5百万台	
研究開発ロードマップ		2009	2010	2011	2012	2013		
<p>ロードマップ (要素技術、周辺技術の種類・性能等の時系列的变化)</p>	<p>排ガス規制値(例)</p> <p>PM NOx</p> <p>長期 0.08 0.4</p> <p>新短期 0.05 0.28</p> <p>新長期 0.01 0.14</p> <p>P新長期 0.005 0.08</p> <p>Off Road 0.2 3.6</p> <p>NOx-PM 0.49 5.9</p>	<p>触媒活性</p> <p>触媒活性金属の組成・構造・サイズ等の最適化による触媒性能向上、白金族削減 目標: 白金-担体相互作用制御、複合化等による新規触媒現象の解明と実用的合成</p> <p>担体物性・構造(担体効果)</p> <p>担体物性・担持構造の最適化による触媒性能向上、白金族削減 目標: 白金有効表面積増加、安定的担持に必要な技術要素の解明と担持技術の開発</p> <p>目標: 白金粒子分散性・固定性向上による白金族削減に必要な要素の解明と実用的合成</p> <p>代替物質・化合物</p> <p>代替金属・化合物等を用いた機能設計 目標: 貯熱触媒の白金代替・削減に必要な技術要素の解明と実用的合成</p> <p>目標: 複合化合物による白金族代替、活性面制御による触媒活性向上、電気化学的方法を応用した遷移金属による代替に必要な要素の解明と合成</p> <p>腐食法による白金族の高速・高選択分解回収技術 目標: 溶媒触媒の配位特性・二層膜の配分挙動解明、白金族抽出率及び分離係率の向上</p>					<p>技術シーズから導かれる技術目標 (ラボレベル試料) 現状比: 製品あたり使用量削減50%改善</p>	

図Ⅱ-1-16 技術開発ロードマップ(排ガス触媒向け白金族)

導入シナリオ	現状	短期					中期 平成26年 (2014年)	平成30年 (2018年)	長期 平成31年～ (2019年)
		平成21年 (2009年)	平成22年 (2010年)	平成23年 (2011年)	平成24年 (2012年)	平成25年 (2013年)			
<p>社会動向 (レアメタル供給動向、関連製品の需要動向(最終消費者、中間消費者)、法規制動向など)</p>	<p>Os供給(世界) <供給>約47,000 t/年 <需要>約47,000 t/年 ※中国需要には在庫保管されるものも含む</p> <p>2007年推計</p> <p>液晶テレビの需要・生産 世界(需要): 7,480万台 日本(需要): 734万台 日本(生産): 734万台</p> <p>パソコンの生産 世界(全PC): 18.5兆円 日本(全PC): 3.6兆円 日本(L型): 525万台</p>	<p>世界供給と世界の需要</p> <p>供給逼迫</p> <p>液晶テレビの需要・生産予測 世界(需要): 13,300万台 日本(需要): 1,050万台 日本(生産): 815万台</p> <p>パソコンの生産予測 日本(L型): 589万台</p> <p>液晶テレビの生産予測 日本(L型): 966万台</p> <p>パソコンの生産予測 日本(L型): 687万台</p>							
<p>目標となる製品・サービス (施策目標、最終製品・サービスの種類、性能動向など)</p>	<p>わが国におけるガラス研磨材向けセリウムの需要量 9,000REO-t/年(2007年)</p> <p>フラットパネルディスプレイ向けの研磨材 液晶テレビ生産: 731万台/年 上記向けの研磨材需要量: 5,400REO-t/年 (1台あたりのCe消費量: 0.7REO-kg)</p> <p>PCハードディスク向けの研磨材 ノートPC生産: 525万台/年 上記向けの研磨材需要量: 1,400REO-t/年 (1台あたりのCe消費量: 0.3REO-kg)</p>	<p>わが国におけるガラス研磨材向けセリウムの需要量 2007年比: 30%削減(1REO-t/年) 需要量推定: 削減前10,100→削減後7,000</p> <p>フラットパネルディスプレイ(省資源化・一部代替) 液晶テレビ生産(推計): 現状比1.2倍 上記向けの研磨材需要量: 4,400REO-t/年 (1台あたりのCe消費量: 0.5REO-kg)</p> <p>PCハードディスク(省資源化・一部代替) ノートPC生産(推計): 現状比1.2倍 上記向けの研磨材需要量: 1,100REO-t/年 (1台あたりのCe消費量: 0.2REO-kg)</p> <p>【光学レンズ: 水晶研磨材向け研磨材(需要増)】</p>					<p>研磨材以外の分野におけるセリウム需要</p> <p>UVカットガラス(需要増) 自動車三元触媒(需要増) 太陽電池(新増需要) ガラス表面の研磨 シリコン/半導体表面の研磨</p> <p>HDDを用いないパソコンの生産 が拡大する可能性もあり</p>		
研究開発ロードマップ		2009	2010	2011	2012	2013			
<p>ロードマップ (要素技術、周辺技術の種類・性能等の時系列的变化)</p>		<p>触媒改善・開発/スラリー改善</p> <p>触媒セリウム触媒の研磨メカニズムに関する理論的解明及び理想的触媒・最適化触媒の開発・合成 (目標: 理想的触媒に必要な要素(粒径、結晶構造、組成など)の解明と実用的合成等)</p> <p>スラリー物性の改善(酸化・還元剤の改善、分散剤の開発など) (目標: スラリーの凝集を防止する高機能分散剤等の開発/触媒懸濁メカニズムの解析等)</p> <p>プロセス改善(歩留まり改善)</p> <p>触媒・スラリー利用率を高める研磨プロセス技術の開発 (目標: 濃度等によるスラリー利用率の低下を防ぐプロセス技術、遊離触媒の実用的固定化技術(パッド、テープなど)の開発、スラリー利用率や触媒消費性を高める研磨パッド等の開発等)</p> <p>スラリー中からのセリウム回収、スラリーの再利用 (目標: 触媒や研磨剤の再利用率向上/高効率分離プロセスの開発、プロセス内スラリー循環利用技術の開発・作成等)</p> <p>前後工程の高度化/触媒フリー化(仕様変更)</p> <p>前後工程(前研磨等)で用いられる触媒の高度化・実用的合成/スラリー利用率を高める研磨プロセス技術の開発/仕上げ研磨を必要としない製品仕様への変更 (目標: 苛酷条件下で化学耐性された触媒の開発・合成、複合化合物触媒の開発・実用的合成、従来触媒およびプロセス技術の改善、製品設計仕様の変更等)</p>					<p>技術シーズから導かれる技術目標 (ラボレベル試料) 現状比: 製品あたり使用量削減50%改善</p>		

図Ⅱ-1-17 技術開発ロードマップ(精密研磨向けセリウム)

導入シナリオ	現状	短期					中期		長期
		平成21年 (2009年)	平成22年 (2010年)	平成23年 (2011年)	平成24年 (2012年)	平成25年 (2013年)	平成26年 (2014年)	平成30年 (2018年)	
社会動向 (レアメタル供給動向、関連製品の需要動向(最終消費者、中間消費者)、法規制動向など)	Tb-Eu供給(世界) <供給・供給> Tb340t/年Eu320t/年 ※中国需要には在庫保管されるものを含む 2007年推計 液晶テレビの需要・生産 世界(需要): 7,480万台 日本(需要): 734万台 照明三波長ランプ生産 世界: 一百万台 日本: 311百万個	世界供給 	液晶テレビの需要・生産予想 世界(需要): 15,500万台 日本(需要): 1,050万台 日本(生産): 815万台 照明三波長ランプ生産予想 世界: 一百万台 日本: 307百万個	中国における輸出規制 (E/L供給・輸出関税)の強化 年率10%で供給量が減少するも想定	液晶テレビの生産予想 日本: 955万台 照明三波長ランプ生産予想 日本: 345百万個	・需要予測はJITAIによるもの ・生産予測は本調査によるもの (IMF経済成長率に比例すると仮定)			
目標となる製品・サービス (施策目標、最終製品・サービスの種類、性能動向など)	わが国における蛍光体向けテルビウム・ユウロピウムの需要量(2007年) Tb: 97REO-t/年Eu: 69REO-t/年 液晶バックライト向けの蛍光体 液晶テレビ生産: 731万台/年 上記向けの蛍光体需要量: Tb21REO-t/年 (2.8 Tb-g/台) Eu12REO-t/年 (2.0 Eu-g/台) 照明三波長ランプ向けの蛍光体 三波長ランプ生産: 311百万個/年 上記向けの蛍光体需要量: Tb76REO-t/年 (0.2 Tb-g/台) Eu54REO-t/年 (0.2 Eu-g/台)	わが国における蛍光体向けテルビウム・ユウロピウムの需要量(2007年) 需要量推定(Tb): 削減前の一割減後50 (REO-t/年) 需要量推定(Eu): 削減前の一割減後36 (REO-t/年)	液晶バックライト(省資源化・一部代替) 液晶テレビ生産(推計): 現状比1.2倍 上記向けの蛍光体需要量: Tb10REO-t/年 (1.2 Tb-g/台) Eu8REO-t/年 (0.9 Eu-g/台) 照明三波長ランプ(省資源化・一部代替) 三波長ランプ生産(推計): 現状比1.0倍 上記向けの蛍光体需要量: Tb39REO-t/年 (0.1 Tb-g/台) Eu28REO-t/年 (0.1 Eu-g/台)						
研究開発ロードマップ (要素技術、周辺技術の種類・性能等の時系列的変化)		2009	2010	2011	2012	2013			
ロードマップ (要素技術、周辺技術の種類・性能等の時系列的変化)	三波長ランプ(液晶バックライト・照明向け)向け蛍光体 <青> 賦活体Eu <緑> 蛍光母体La 賦活体Ce, Tb <赤> 蛍光母体Y 賦活体Eu (上記、希土類のみ抜粋)	発光効率の改善/構造・プロセス改善 デバイスあたり/蛍光体粒子あたりの賦活体使用量を低減する蛍光体合成技術の開発 (目標: 賦活体削減の蛍光体(コア・シェル構造など)、粒子構造で発光効率を高めた蛍光体開発等)	発光メカニズムの理論的解明に基づくTb・Eu賦活体の発光効率向上・合成 (目標: 蛍光体の発光メカニズム解明、理論的設計のための高速計算手法の開発、これを用いた理想的蛍光体の開発・合成等)	発光メカニズムの理論的解明に基づくTb・Eu賦活体の発光効率向上・合成 (目標: 蛍光体の発光メカニズム解明、理論的設計のための高速計算手法の開発、これを用いた理想的蛍光体の開発・合成等)	デバイス・蛍光体代替 耐久型(温度、電磁波等)に優れた発光結核(遷移金属・希土類)の開発 (目標: 耐熱性・電磁波耐久性に優れた発光結核分子の開発等)	耐久型(温度、電磁波等)および発光・吸光帯の重複が少ない半導体微粒子の開発 (目標: 耐熱性・電磁波耐久性に優れた発光半導体微粒子の開発等)	自然光に近い演色性の高い白色LEDの開発・製作 (目標: 高演色性白色LED、青色蛍光体の開発等)	ディスプレイ光源として耐久性および演色性に優れた薄膜E.L.(有機・無機)の開発・製作 (目標: 光学シフト、高輝度量子点の開発、耐久性向上等)	
						技術シーズから導かれる技術目標 (アレイバル材料) 現状比: 製品あたり使用原単位20%改善			

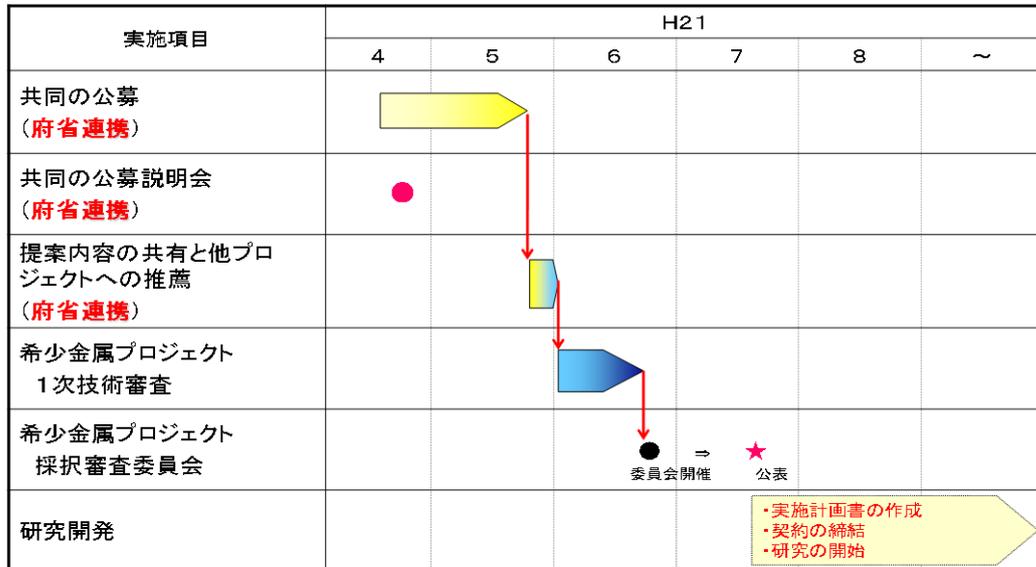
図 II-1-18 技術開発ロードマップ (蛍光ランプ向けテルビウム・ユウロピウム)

1.1.3.1 公募・採択審査における府省連携（経済産業省/NEDO—文部科学省/JST）

公募・採択審査は、NEDO/経済産業省実施の「希少金属代替材料開発プロジェクト」と文部科学省/JSTが実施の「元素戦略プロジェクト」とが連携し公募、採択審査を行った。

公募は、両プロジェクト共同で実施することの告知、合同での公募説明会を開催し実施し、公募されてきた案件に対しては、提案内容を両プロジェクトで共有し、他プロジェクトへの提案が必要と判断された場合の振り分けスキームを作り行った。

図Ⅱ-1-19に採択までのスケジュールを、表Ⅱ-1-13に希少金属代替材料開発プロジェクトの技術審査委員会委員を示す。



図Ⅱ-1-19 採択までのスケジュール

表Ⅱ-1-13 希少金属代替材料開発技術審査委員会委員

氏名	所属	役職
足立吟也	学校法人 重里学園	理事
安達 毅	東京大学 環境安全研究センター	准教授
植田成生	コニカミノルタオプト(株) OD事業部	HD事業ユニット長
馬越佑吉	(独) 物質・材料研究機構	理事
岡田益男	東北大学	教授 副学長
香山高寛	CSKベンチャーキャピタル 投資開発一部	部長
神門正雄	(独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 金属資源本部企画調査部	部長
杉山 元	(財) 日本自動車研究所 プロジェクト開発室	研究主幹
武内徹二	(社) 日本電球工業会	専務理事
堀尾健一郎	埼玉大学理工学研究科人間支援・生産科学部	教授
前田正史	東京大学 生産技術研究所	教授 副学長
町田憲一	大阪大学先端科学イノベーションセンター 先端科学技術インキュベーション部門	教授

(敬称略、五十音順、平成21年6月日時点)

1.2 全体目標

全体目標として表Ⅱ-1-14に示した内容を設定した。

最終目標（平成25年度末）では、希少金属の使用原単位（一製品当たり）について現状と比較して以下の低減ができ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。

表Ⅱ-1-14

研究開発項目	対象元素	使用原単位の低減目標値
⑥-1、⑥-2	排ガス浄化向け白金族（Pt族）	現状（2009年）から50%以上低減
⑦-1、⑦-2	精密研磨向けセリウム（Ce）	現状（2009年）から30%以上低減
⑧	蛍光ランプ向けテルビウム・ユウロピウム（Tb・Eu）	現状（2009年）から80%以上低減

1.3 詳細目標と設定根拠

詳細な数値目標は以下のとおり。（中間目標：平成23年度末、最終目標：平成25年度末）

⑥-1 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／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

本研究では、ディーゼル車両の排気ガス浄化触媒中の白金族使用量を50%以上低減可能な基盤技術及び製造技術を開発するために、遷移元素による白金族代替技術及び白金族凝集抑制技術を軸とした、白金族使用量を低減した酸化触媒（DOC）、リーン NOx トラップ（LNT）触媒、ディーゼルパティキュレートフィルター（DPF）用触媒の開発、プラズマによる触媒活性向上技術の開発、異なる触媒の機能統合化技術の開発の各研究開発項目について研究開発を実施する。

【中間目標】：平成23年度

(1) 遷移元素による白金族代替に関する研究開発

- ・遷移元素酸化物によるTG測定法（TG：Transient Grating Method 過渡回折格子法）を開発する。
- ・DOC、LNT、DPF触媒用として触媒活性の向上策を決定し耐熱性向上技術の確立を行う。
- ・DOC、LNT、DPF触媒用として遷移元素活性点候補を3つ以上決定する。

(2) 白金族凝集抑制手段に関する研究開発

- ・TGを用い低温活性に最適なPdの最適サイズ、最適担体を明確化する。
- ・Pt、Rhを使い最適な担体で耐久試験後の貴金属サイズを実現する。

(3) DPFの反応向上要素とその実現に関する研究開発

- ・反応モデルの妥当性を検証し、PM反応モデルを決定する。
- ・DPFの反応性を向上させる触媒担持位置を明確にする。
- ・DPFの触媒担持時における重要な制御因子を明らかにする。
- ・PMの酸化特性を明らかにする。

(4) プラズマによる活性向上に関する研究開発

- ・触媒に必要な機能を列挙し、試作・評価により触媒設計指針を明確にする。
- ・常温にて酸素共存下で十分に機能するNOx分解触媒を絞り込む。
- ・ハニカム、繊維等の構造やアルミナ等材料組成を検討し、プラズマに効果的な支持体構造と組成を選定する。

(5) 排気触媒統合化に関する研究開発

- ・白金族、白金族代替を用いた統合化した触媒システム全体での課題を明らかにする。
- ・解決案の具体案の検証を行い、耐久試験前で白金族使用量を85%低減可能な統合化システムを決定する。

(6) 遷移元素化合物の実触媒化、量産化に関する研究開発

- ・耐久試験前において、DOCの白金族使用量60%低減を可能とする触媒仕様を決定する。
- ・耐久試験前において、LNTの白金族使用量75%低減を可能とする触媒仕様を決定する。
- ・耐久試験前において、DPFの白金族使用量65%低減を可能とする触媒仕様を決定する。

【最終目標】：平成25年度

- (1) 現行の触媒システム（「DOC」＋「LNT」＋「DPF」の3つの触媒からなるシステム）について、平成21年10月に施行される排出ガス規制（ポスト新長期対応ディーゼル排気ガス基準）をクリアした、耐久試験後の触媒特性が確保できる触媒仕様を決定する。
 - ・ディーゼルシステム全体：白金族使用量50%以上低減（自主目標70%低減）
 - ・DOC単体：白金族使用量50%以上低減（自主目標60%低減）
 - ・LNT単体：白金族使用量50%以上低減（自主目標75%低減）
 - ・DPF単体：白金族使用量50%以上低減（自主目標65%低減）
- (2) 触媒機能を統合化した触媒システム（「DOC+DPF」＋「LNT」等からなるシステム）について平成21年10月に施行される排出ガス規制（ポスト新長期対応ディーゼル排気ガス基準）をクリアした、耐久試験後の触媒特性が確保できる触媒仕様を決定する。
 - ・ディーゼルシステム全体：白金族使用量50%以上低減（自主目標85%低減）

《設定の根拠》

中間目標の研究項目に対する根拠として

- (1) 遷移元素化合物を開発することで、白金族使用量は10～65%低減可能となる。
- (2) 白金族触媒粉末を開発することで、白金族使用量は50～75%低減可能となる。
- (3) DPFの最適な触媒配置を開発することにより白金族使用量は65%低減可能となる。
- (4) プラズマ触媒反応システムを実現することにより白金族50%低減可能となる。
- (5) と(6) (1)～(3)および(6)の研究開発を実施することにより、ディーゼルシステム全体で70%低減を達成（DOC：60%、LNT：75%、DPF：65%）し、さらに(4)および(5)の研究開発を組合わせた触媒統合化システムにより85%低減可能となる。

⑥-2 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／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

本研究では、ディーゼル車両の排気ガス浄化触媒中の白金族使用量を50%以上低減するために、大型ディーゼル車排ガス浄化システムの酸化触媒とディーゼルパティキュレートフィルター用触媒を対象とし、基盤からプロトタイプ触媒製造までの必要な技術をシームレスにバランス良く取り組むことにより、白金族金属の使用量を低減しつつ高い浄化性能を持つディーゼル排ガス浄化触媒システムを実現する研究開発を実施する。

【中間目標】：平成23年度

- (1) 白金族使用量を低減したディーゼル酸化触媒の開発
 - ・活性種・複合化・担体高度化技術：活性・安定性が高く、実用的な反応条件の変動にも対応できる触媒活性種を開発する。複合ナノ粒子を担体に固定化する技術を開発する。担体の長期性能改良の指針を得るとともに、触媒活性種を効果的に担持する技術を開発する。
 - ・担体設計実用化技術：担体用粉末粒子の試作規模をパイロットレベルに高めて実証試験を行うと共に、実排ガス試験用の担体用粉末を提供する。
 - ・触媒機能高度化技術：解明された触媒活性の制御因子に基づいた白金族使用量低減につながる触媒設計指針を提案する。
 - ・複合ナノ粒子調製技術：解明された触媒成分金属の複合化に関する知見に基づき、白金族使用量低減につながる触媒設計指針を提案する。
 - ・実用候補触媒の抽出：以上の技術に基づき、模擬排ガスを用いた条件で白金族使用量を従来より40%低減した酸化触媒を開発する。
- (2) 白金族代替DPF用触媒の開発
 - ・非白金族系DPF用触媒のスス燃焼温度400℃以下を達成し、白金族使用量を40%低減したDPF触媒を開発する。

(3) 触媒の部材化技術とシステム構築

- ・従来と比較して白金族使用量を 10%低減できる機能分離コート技術を開発するとともに、各研究項目を総合した実用的なディーゼル排ガス触媒システムを提案する。

【最終目標】：平成 25 年度

(1) 実用触媒製造技術の確立

白金族使用量を 50%以上低減した酸化触媒および DPF を開発し、市販 NO_x 除去後処理装置と組み合わせることにより、平成 21 年 10 月に施行される排出ガス規制（ポスト新長期対応ディーゼル排気ガス基準）をクリアすることを確認する。

- ・ 750℃、50 時間の耐久に耐えるディーゼル酸化触媒を開発する。
- ・ 800℃、50 時間の耐久に耐える DPF 用触媒を開発する。
- ・ プロトタイプ触媒の試作に向けて有望な実用候補触媒を大量に調製するための技術を確立する。
- ・ 開発した触媒について、実機サイズの高圧セルと DPF を用いた触媒システムでトラックエンジンを用いたベンチ評価を行い、課題を確認する。この課題を解決し、実用性をもった触媒システムを開発する。

《設定の根拠》

中間目標の研究項目に対する根拠として

- (1) 最終目標達成の目途がつくレベルの触媒性能とするため、粉体状酸化触媒自体での白金族低減率を 40%とした。
- (2) 最終目標達成の目途がつくレベルの触媒性能とするため、DPF 用触媒自体での白金族低減率を 40%とした。
- (3) 触媒単体レベルでの 40%低減に加えて、部材化技術でさらに 10%低減を達成し、最終目標の 50%低減の目途をつけるため。

⑦-1 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／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

本研究では、精密研磨向けセリウム使用原単位を 30%以上低減可能な基盤技術と製造技術を開発するために、代替砥粒の要求特性解明と代替砥粒の開発、革新的研磨技術を活用した研磨要素技術と研磨プロセス技術開発の各研究開発項目について研究開発を実施する。

【中間目標】：平成 23 年度

(1) 研磨メカニズムの解明と代替砥粒の設計

- ・ 量子分子動力学シミュレーションによる酸化セリウムによる研磨プロセスの電子論的メカニズムの解明及び、既存砥粒と単純ペロブスカイト酸化物をモデル材とした研磨メカニズムの解析によるモデル材の組成・構造と研磨特性の関連性を明らかにする。

(2) 代替砥粒の研究開発

- ・ 既存砥粒の研磨性能の把握・改良及び、複合酸化物を用いた代替砥粒構築プロセスの開発により、ラボレベルで酸化セリウム使用量の 5%の代替を達成する。

(3) 革新的な遊離砥粒研磨メカニズムに基づく酸化セリウム使用量削減要素技術開発

- ・ 電界配置制御された砥粒とガラス試料面における摩擦摩耗による化学反応を援用する研磨技術の創出及びガラス基板と砥粒もしくはその分散媒が活発なラジカル反応場を醸成あるいはフェムト秒レーザーなどによるガラス前処理の導入を検討し、革新的な研磨技術を組み合わせた高度な精密研磨要素技術として従来研磨効率の 30%向上を達成する。

(4) 革新的オングストロームオーダー表面創製技術

- ・ 要素技術を、高速電界トライポ片面研磨技術及び革新的な前処理技術を導入する両面研磨技術に適応することにより、ラボレベルで酸化セリウム使用量を 10%削減する精密研磨システム技術を実験的に確立する。

【最終目標】：平成 25 年度

(1) 研磨メカニズムの解明と代替砥粒の設計

- ・ 研磨プロセスシミュレータとコンビナトリアル計算法を融合による酸化セリウム代替砥粒の理論的最適化及び、既存砥粒と単純ペロブスカイト酸化物をモデル材とした研磨メカ

ニズムの解析による材料特性とその特性が研磨に關与する機構を明らかにする。

(2) 代替砥粒の研究開発

・ 代替砥粒と研磨パットの最適化及び、複合酸化物をを用いた代替砥粒の開発により、ラボレベルで酸化セリウム使用量の10%代替を達成する。

(3) 革新的な遊離砥粒研磨メカニズムに基づく酸化セリウム使用量削減要素技術開発

・ 酸化セリウム代替砥粒で構成したスラリーによる高効率な研磨要素技術開発及びガラス基板表面にフェムト秒レーザーやラジカル場を醸成しつつ研磨を試行し、要素技術として従来研磨効率の40%向上を達成する。

(4) 革新的オングストロームオーダー表面創製技術

・ 要素技術開発の成果を、高速電界トライボ片面研磨技術及び革新的な前処理技術を導入する両面研磨技術に適應し、最適化することで、ラボレベルで酸化セリウム使用量を20%削減する精密研磨システム技術を開発する。

《設定の根拠》

(1) セリウムの使用量削減にはまず、現在わかっていない酸化セリウムによるガラスの研磨メカニズムの解明が必要なため。また、従来の経験に基づく技術的な改善ではなく、ガラス研磨に関するイノベーションを起こすためには、研磨機構の解明が不可欠なため。

(2) 革新的な代替砥粒により100%代替も可能であり、事業化の際の低減効果は大きい。研磨速度のみならず多くの目標物性をクリアする必要があるため、開発には比較的時間を要するため。

(3) 事業化により20%の低減技術を短期間で達成するためには、要素技術としては、40%程度達成は不可欠のため。

(4) 大型プロトタイプ機により削減率を達成することによって、事業化までの時間的なタイムラグを最小限に抑えるため。

⑦-2 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発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

本研究では、精密研磨向けセリウム使用原単位を30%以上低減可能な基盤技術と製造技術を開発するために、研磨技術を4つの要素(4BODY)に分けた砥粒、メディア粒子、工具(研磨パッド)、プロセス技術に注目し、従来と同等以上の研磨特性を有し酸化セリウムの成分比を30%削減した研磨材の開発、および従来と同等の酸化セリウムの使用量で研磨能率を向上させる技術開発の各研究開発項目について研究開発を実施する。

【中間目標】：平成23年度

(1) 複合砥粒の研究開発

1) 無機複合砥粒の開発

・ 酸化セリウムの成分割合を30%以上減じ、代表的なガラス素材であるソーダガラスに対して従来の酸化セリウム砥粒と同等の研磨特性(研磨能率と仕上げ面粗さの比が同一)を実現する無機複合砥粒を見出す。

2) 有機無機複合砥粒の開発

・ 代表的なガラス素材であるソーダガラスに対して従来の酸化セリウム砥粒の研磨特性(研磨能率と仕上げ面粗さの比)の1.4倍以上の研磨特性を実現する有機無機複合砥粒を見出し、サンプルが提供できる状態にする。

(2) メディア粒子を用いた研磨技術の研究開発

1) 有機メディア粒子を用いた研磨技術の研究開発

・ 代表的なガラス素材であるソーダガラスに対して従来の酸化セリウム砥粒の研磨特性(研磨能率と仕上げ面粗さの比)の1.2倍の研磨特性を実現する有機メディア粒子を見出し、サンプルが提供できる状態にする。

2) 無機メディア粒子を用いた研磨技術の研究開発

・ 代表的なガラス素材であるソーダガラスに対して従来の酸化セリウム砥粒の研磨特性(研磨能率と仕上げ面粗さの比)の1.4倍の研磨特性を実現する無機メディア粒子を見出し、サンプルが提供できる状態にする。

(3) 研磨特性を向上させる研磨パッドの研究開発

1) 多孔質熱硬化性樹脂研磨パッドの研究開発

- ・ 代表的なガラス素材であるソーダガラスに対して従来の多孔質ウレタン研磨パッドあるいはセリアパッドに比較して、1.4 倍以上の研磨特性（研磨能率と仕上げ面粗さの比）を実現する多孔質研磨パッドを見出し、サンプルが提供できる状態にする。

2) 隙間調整型研磨パッドの研究開発

- ・ 直径 200mm のソーダガラスの工作物に対してうねりを発生させることなく均質に研磨することが可能な研磨パッドを見出し、サンプルが提供できる状態にする。

(4) プロセス技術の研究開発

1) パッドエッチング技術の研究開発

- ・ 代表的なガラス素材であるソーダガラスに対して従来の酸化セリウムを用いた研磨の研磨特性（研磨能率と仕上げ面粗さの比）と同等の研磨特性を実現するパッドエッチング技術を確立する。

2) 共振研磨技術の研究開発

- ・ 水晶の研磨特性（研磨能率と仕上げ面粗さの比）を従来の 1.1 倍以上にする研磨技術を実現する。

【最終年度】：平成 25 年度

(1) セリウム使用量低減に寄与する複合砥粒の開発

- ・ 酸化セリウム使用量低減率 30%の無機複合砥粒を開発する。
- ・ 酸化セリウム使用量低減率 30%の有機無機複合砥粒を開発する。

(2) セリウム使用量低減に寄与する複合粒子研磨法のメディア粒子の開発

- ・ 研磨能率 40%以上向上できる有機メディア粒子を開発する。
- ・ 研磨能率 40%以上向上できる無機メディア粒子を開発する。

(3) セリウム使用量低減に寄与する研磨パッドの開発

- ・ 研磨能率 40%以上向上できる研磨パッドを開発する。
- ・ 大型工作物の均一研磨を実現する。

(4) セリウム使用量低減に寄与するプロセス技術の開発

- ・ 軟質工作物に対して砥粒フリーの研磨技術を開発する。
- ・ 水晶の研磨能率を 20%以上向上する。

《設定の根拠》

- (1) 砥粒をコアシェル構造にすることで表面層のみを酸化セリウムにすることで低減可能となる。
- (2) 有機物コアの表面のみを酸化セリウムにすることで低減可能となる。
- (3) 新規材料の採用、新規パッド構造の開発を行うことで研磨効率が向上し低減可能となる。
- (4) 化学研磨手法の開発、新規共振研磨手法を開発することで低減可能となる。

⑧ 蛍光体向けテルビウム・ユウ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

本研究では、蛍光ランプの蛍光体に含まれる Tb、Eu の使用量を 80%以上低減する基盤技術と製造技術を開発するために、蛍光ランプ用の材料及び新規製造プロセスの開発、最新の高速理論計算手法、材料コンビナトリアルケミストリを用いた Tb、Eu 低減型蛍光体の開発、ランプの光利用効率を高めるガラス部材の開発、これらの材料のランプシステムの適合性を高速で評価する基盤技術を確立する開発、ランプ製造プロセスとして、製造工程の低温化技術の開発と蛍光体種別分離再利用技術の開発の各研究開発項目について研究開発を実施する。

【中間目標】：平成 23 年度

(1) 蛍光体の Tb、Eu 使用量低減技術の開発

- ・ X線構造解析シミュレーターの開発による蛍光体構造の決定、高速化量子化学計算を利用して蛍光体の発光効率を予測するまでの手法を確立し、少なくとも一つ実証例を示す。
- ・ ランプでの適合性、量産性に問題のない Tb、Eu の使用を 20%低減できる蛍光体の組み合わせを提示する。
- ・ 蛍光体の励起発光メカニズム、劣化メカニズムの組成依存性を明らかにする。

この見出された蛍光体の量産技術について目途をつける。

(2) ランプ部材の開発

- ・従来のガラス・蛍光体と組み合わせて 15%以上高い光束を実現できるシリカ皮膜を開発する。
- ・全方位光に対して従来のガラス管より 10%以上の取り出し効率を有するガラスを開発する。量産化の方法について目途をつける。

(3) ランプシステムにおける最適化・蛍光体省使用製造技術の開発

- ・蛍光体等の高速評価法を実際の材料に適用し、改良した上で方法論として確立する。
- ・開発された材料を用いて実ランプ試作を行い性能試験を行い最終目標に向けての問題点を明確にする。
- ・各材料の光束向上への寄与を定量的に明らかにする。
- ・ハロリン酸と 3 波長蛍光体の分離が可能になっていること。
- ・100℃程度低温化できるプロセス技術を開発する。また新材料に適用する場合の指針を得る。

(1)～(3)で開発された技術をあわせて Tb、Eu の使用量を 45%以上低減することを目標とする。

【最終目標】：平成 25 年度

(1) 蛍光体の Tb、Eu 使用量低減技術の開発

- ・ランプでの適合性、量産性に問題のない Tb、Eu の使用を 30%以上低減できる蛍光体の組み合わせを提示する。
- ・この蛍光体の量産技術を確立する。

(2) ランプ部材の開発

- ・従来のガラス・蛍光体と組み合わせて 20%以上高い光束が得られるシリカ保護膜を開発する。
- ・全方位光に対して従来のガラス管より 10%以上の取り出し効率を有するガラスを開発する。
- ・このガラス部材の量産方法について適切な方法を確立する。

(3) ランプシステムにおける最適化・蛍光体省使用製造技術の開発

- ・ランプ構成の最適化により Tb、Eu の使用を 5%低減できる蛍光体の使用量低減技術を開発する。
- ・ランプ製造工場内で現在廃棄されている蛍光体が再利用できる技術を開発し、10%以上の蛍光体の使用量を低減する。
- ・ランプ製造プロセスの改善により、蛍光体のロスを 10%程度改善する。

最終的には細管ランプなどの技術を併用し、(1)～(2)で開発された技術をあわせて従来のものより製造時の Tb、Eu の使用量を 80%以上低減することが可能なランプを提示する。

《設定の根拠》

(1) 蛍光体の使用量低減は様々な濃度変化から可能であると推定される最大量として設定した。

(2) シリカ保護膜での低減は既存研究からシリカが蛍光体の半分程度の値となったとき想定される光束向上 20%と考え、蛍光体の発光量と使用量が比例すると仮定し設定した。

また、ガラスからの光取り出し効率向上での低減は、回折光学の理論計算から最低限向上可能と予測される蛍光体の発光量と使用量が比例すると仮定し設定した。

(3) ランプ構成最適化での低減は従来の部材変更等で生じた値から可能な範囲として設定した。ランプ製造工程での低減は、工程で発生するロスのおおよその量が全部回収されたと仮定し設定した。

また、ランプ製造プロセスでは工程でのシンタープロセスでの劣化量から見積もり設定した。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

⑥-1 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／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

本研究では、ディーゼル車両の排気ガス浄化触媒中の白金族使用量を50%以上低減するために、遷移元素による白金族代替技術及び白金族凝集抑制技術を軸として、白金族使用量を低減した酸化触媒（DOC：Diesel Oxidation Catalyst）、リーン NOx トラップ触媒（LNT：Lean NOx Trap Catalyst）、ディーゼルパティキュレートフィルター（DPF：Diesel Particulate Filter）用触媒を実現するとともに、プラズマによる触媒活性向上技術、酸化触媒と DPF 用触媒といった異なる触媒の機能統合化技術を組合せたディーゼル向け排ガス浄化触媒システムを実現化することを目的とする。

(1) 遷移元素による白金族代替に関する研究開発

遷移元素化合物の活性点の活性原理を明らかにするとともに、DOC、LNT、DPF に必要な機能を明確化し、遷移金属化合物を使った活性点候補を決定する。また、DOC、LNT、DPF に対し、白金族使用量を減らした時に不足する機能を明確化し、遷移金属に置き換えた時の助触媒など活性向上策を決定する。

(2) 白金族凝集抑制手段に関する研究開発

低温時の活性が高い白金、ロジウム、パラジウムの各最適粒子サイズ、最適担体を明確化する。また、耐久試験後に触媒活性の低下が小さい最適粒子サイズを保てる凝集（シンタリング）抑制手法を開発する。

(3) DPF の反応向上要素とその実現に関する研究開発

PM（パティキュレート・マター）の反応モデルの決定、DPF の触媒担持モデルの構築と、DPF への触媒担持位置の明確化を行う。また、DPF の触媒担持における制御因子、PM の酸化特性を明確化し、耐熱試験後に触媒特性が確保できる触媒担持位置を特定する。

(4) プラズマによる活性向上に関する研究開発

プラズマによる触媒の反応性向上原理の解明、触媒設計指針の明確化と触媒の改良、プラズマ反応を受けやすい触媒構造と組成の決定を行う。

(5) 排気触媒統合化に関する研究開発

現行の触媒システム（「DOC」＋「LNT」＋「DPF」の3つの触媒からなるシステム）機能統合化（「DOC+DPF」＋「LNT」等からなるシステム）のために、DOC 機能の明確化、PM 浄化に対する課題の明確化、触媒システムの機能を統合化した時の課題を明らかにして、解決方法を確立し、システムの構成を決定する。

(6) 遷移元素化合物の実触媒化、量産化に関する研究開発

DOC、LNT、DPF それぞれの触媒について、実触媒化、量産化技術を確立するために、使用量低減に対する課題の明確化と課題の解決方法の立案、耐久試験後（触媒入口温度 700°C で 100 時間後）の特性が保たれる触媒仕様の明確化と仕様決定を行う。

⑥-2 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／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

本研究では、ディーゼル排ガス浄化触媒システムにおいて、大量の白金族が使用されている酸化触媒（DOC：Diesel Oxidation Catalyst）と触媒付ディーゼルパーティキュレートフィルター（DPF：Diesel Particulate Filter）を対象とし、白金族金属の使用量を50%以上低減するための技術開発を実施する。基盤からプロトタイプ触媒製造までの必要な技術をシームレスにバランス良く取り組むことにより、大型ディーゼル車を主たる対象として白金族金属の使用量を低減し、かつ高い浄化性能を持つディーゼル排ガス浄化触媒システムの開発を目的とする。

(1) 白金族使用量を低減したディーゼル酸化触媒の開発

ディーゼル酸化触媒を対象として、以下の検討を相互補完的に実施し、HC/CO 浄化性能、軽油燃焼性能、NO 酸化性能を有する高活性・高耐久性触媒を開発する。

1) 触媒活性種の探索と高度設計

触媒活性種である白金族金属と担体、白金族金属間および添加物との相互作用を制御することにより、協奏的な効果により高い活性・安定性を有する触媒活性種組成や構造を明らかにする。

2) 触媒種複合化技術の開発

触媒性能を最大限に発現させるために、複数の触媒活性種および触媒担体をナノスケールで精密に合成し、それらを複合化する触媒調製技術の開発研究を行う。

3) 担体の設計と高度化

白金粒子の凝集の抑制と燃料や潤滑油ミストによる細孔閉塞を回避できる細孔構造を階層的に多元構造化した、硫黄分に対する化学的耐性を有する担体の開発を行う。

4) 要素技術統合による実用候補触媒材料の抽出

各要素技術を相互補完ならびに技術統合することにより、白金族使用量低減につながる触媒設計・合成技術を確立し、高性能な実用候補触媒の抽出を行う。

(2) 白金族代替 DPF 用触媒の開発

触媒付ディーゼルパーティキュレートフィルターを対象として、粒子状物質を直接酸化できる白金族代替触媒の開発を行う。具体的には、これまで高いスス燃焼性能を有することが見出されている銀触媒の実用条件における活性を向上させ、白金触媒の活性へ近づけることで白金族代替銀触媒を開発する。また、銀触媒のスス燃焼作用機構を解明するためのキャラクタリゼーションを実施する。

(3) 触媒の部材化技術とシステム構築

項目(1)および(2)で開発された新触媒材料について以下の検討を実施し、部材化の観点から白金族金属の使用効率向上を図る。

1) ハニカム基材へのコート技術の最適化

多層化、機能分離あるいは機能傾斜コート技術により、白金族使用量を低減した高性能新規酸化触媒及び高性能の白金族代替 DPF 触媒を開発する。

2) 触媒システム構築

開発した酸化触媒及び触媒付 DPF の実用性評価を実施し、これらを白金族低減という観点

で最も効率的に組み合わせる排ガス処理触媒システムの設計を行う。

(4) 実用触媒製造技術の確立

項目(1)～(3)で得られた成果を統合し、実用化のための開発として以下の検討を実施し、プロトタイプ触媒の試作と評価を行い、実用化の目途をつける。

1) 触媒の改良

確立した各要素技術のブラッシュアップを図り、抽出した有望な実用候補触媒群の実用性能改良を実施する。

2) 触媒大量調製技術の開発

プロトタイプ触媒の試作に向けて有望な実用候補触媒を大量に調製するための技術開発を行う。

3) プロトタイプ触媒の試作・評価

実機サイズのハニカム及びDPFにコーティングした触媒を試作し、実機を用いたベンチ評価を行う。

⑦-1 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／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

本研究では、精密研磨向けセリウム使用原単位を30%以上低減するために、代替砥粒の要求特性解明と代替砥粒の開発、革新的研磨技術を活用した研磨要素技術と研磨プロセス技術開発を行うことを目的とする。財団法人三重県産業支援センター高度部材イノベーションセンター(AMIC)に集中研究室を設置して研究開発を実施する。

(1) 研磨メカニズムの解明と代替砥粒の設計

量子分子動力学シミュレーションと実験による研磨メカニズムの解明を行うことで、研磨に対する詳細なメカニズム解明を迅速に進めるとともに、精密な代替砥粒の設計を実現する。

(2) 代替砥粒の研究開発

ペロブスカイト複合酸化物と既存砥粒改良型酸化物の両開発を迅速に行い有用な代替砥粒を得る。

(3) 革新的な遊離砥粒研磨メカニズムに基づく酸化セリウム使用量削減要素技術開発

フェムト秒レーザーなどを使用したガラス研磨前処理技術の確立と砥粒による研磨速度向上技術の確立、酸化セリウム砥粒使用量削減遊離砥粒研磨技術を確立するために電界砥粒制御技術・トライボケミカル研磨技術の開発、ラジカル環境場を考える革新的融合研磨技術とその開発、研磨副資材の研究開発を実施することにより、酸化セリウム使用量を削減する革新的な研磨メカニズムに基づく精密研磨の要素技術を開発する。

(4) 革新的オングストロームオーダー表面創製技術の開発

(1)～(3)の研究開発を統合し、フラットパネルディスプレイのパネルガラス向け電界砥粒制御技術融合研磨技術を導入する片面大型迅速精密研磨の開発、及びハードディスクドライブ向けガラスディスク用両面超精密研磨技術の開発並びに省酸化セリウム遊離砥粒研磨技術を確立するための電界砥粒制御技術融合研磨技術の確立を行う。

⑦-2 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発 4 BODY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

本研究では精密研磨における酸化セリウムの使用量を30%以上低減するため、(a)従来と同等以上の研磨特性を有し酸化セリウムの成分比を30%削減した研磨材を開発すること、および(b)従来と同等の酸化セリウムの使用量で研磨能率を40%以上向上することを目指す。従来の遊離砥粒研磨技術では研磨能率が向上すると、それに呼応して仕上げ面粗さも悪化する。これに対して新しい研磨技術である4BODY研磨技術の複合粒子研磨法ではこうしたトレードオフの関係が打破され、高い研磨能率と優れた仕上げ面粗さをともに達成することができる。こうした観点から4BODY研磨技術の4つの要素である、砥粒、メディア粒子、工具（研磨パッド）、プロセス技術に注目し、それぞれに関する開発を実施することで総合的にガラス質工作物の精密研磨における酸化セリウムの使用量低減に関する基盤技術の開発を行うことを目的とする。

(1) 複合砥粒の研究開発

酸化セリウムの成分比を30%以上削減し、従来研磨と同等以上の研磨特性を達成する無機複合砥粒を開発する。その条件を満足する無機複合砥粒の構造や成分、化学的表面特性、幾何学的特徴を見出す研究開発を実施する。また、コア部に有機物や空孔、シェル部に酸化セリウム（あるいは代替酸化物）を配置したコアシェル構造を有し、かつ従来研磨と同等以上の研磨特性を達成する有機無機複合砥粒を開発する。この際、最適な有機物の材質や機械的特性、コア部の比重等を探索する研究開発を実施する。

(2) メディア粒子を用いた研磨技術の研究開発

研磨能率と仕上げ面粗さなど従来研磨のトレードオフの関係を打破し、従来研磨と同等以上の仕上げ面粗さで高研磨能率を達成するため、加工域に砥粒、工具（研磨パッド）、工作物、メディア粒子の4種類の固体（4BODY）が存在する立命館大学谷が新たな概念として提案した複合粒子研磨技術の概念を適用し、その4番目の要素であるメディア粒子について、最適な物質を探索する研究開発を実施する。メディア粒子としては親水性無機粒子と親水化処理を施した有機粒子の適用を検討し、最適な親水化処理についても検討する。

(3) 研磨特性を向上させる研磨パッドの研究開発

化学的作用を活性化し研磨能率を高める可能性のある新しい素材からなる研磨パッドに関する研究開発、およびフラットパネルディスプレイ基板のように大型工作物に関しても工作物中央部の加工域へのスラリーの侵入を容易にし、工作物全面にわたって高能率に均質な研磨を実現する新しい構造を持った研磨パッドに関する研究開発を実施する。この際、研磨パッドに含有させる物質の作用メカニズムの明確化、工具に要求される物理的因子を明確化し、その物質の材質や幾何学的特性を最適化する。

(4) プロセス技術の研究開発

水和膜の生成機能が高い軟質ガラス質工作物に対して全く砥粒を使用しない加工技術としてパッドエッチング法の適用を検討するための研究開発、および水和膜の生成機能がきわめて低い硬質の水晶に対して水晶独自の特性である圧電効果を利用し研磨中に共振状態を実現して研磨能率を高める技術に関する研究開発を実施する。本研究項目ではそれぞれの装置開発と本技術に適した研磨パッドの開発およびプロセス技術の確立を目指す。

⑧ 蛍光体向けテルビウム・ユウ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

本研究では、蛍光ランプの蛍光体に含まれる Tb、Eu の使用量を 80%以上低減するために蛍光ランプ用の材料及び新規製造プロセスの開発を行う。最新の高速理論計算手法、材料コンビナトリアルケミストリを用いて Tb、Eu 低減型蛍光体の開発、ランプの光利用効率を高めるガラス部材の開発を行う。また、これらの材料のランプシステムの適合性を高速で評価する基盤技術を確立する。製造プロセスとしては、製造工程の低温化技術の開発、蛍光体種別分離再利用技術の開発を行う。

(1) 蛍光体の Tb、Eu 使用量低減技術の開発

本項目では、高速量子化学計算による組成設計指針を利用しつつ、融解合成および粉体流動合成コンビナトリアルケミストリという蛍光体に適したコンビナトリアル合成を用いて、実用的なレベルの発光効率を持ち Tb、Eu の使用を 30%低減した新規蛍光体、熱・光照射に対して安定な希土類代替蛍光体を見出す。また、これらの新規蛍光体の量産技術の開発を行う。

(2) ランプ部材の開発

本項目では、ランプ中の保護膜部材として使用する発光シリカガラス粉末等の開発とランプ中で発生した可視光を効率よく外部に取り出すためのガラス管の表面処理技術の開発を行う。これらによってランプ光束を向上させ、Tb、Eu の使用を 30%以上低減する。また、開発されたガラスの量産方法について検討し、適切な量産方法について目処をつける。

(3) ランプシステムにおける最適化・蛍光体省使用製造技術の開発

本項目では項目(1)及び(2)で開発された材料についてランプでの適合性を高速で評価する技術を開発することで材料開発を加速する。また、開発された部材の光学的特性等をシミュレーション技術によって光利用効率等を最適化し、ランプ試作を行い、最終的な目標である蛍光ランプにおける Tb、Eu の使用量を低減する。また製造工程における蛍光体のロスを 20%以上低減するために、蛍光体塗布プロセスの低温化と蛍光体種別分離再利用技術の開発を行う。

2.1.1 各研究開発の全体スケジュール

希少金属代替材料開発プロジェクトは、平成19年度(2007年度)開始の事業と、平成21年度(2009年度)開始の事業、平成21年度の補正事業、平成22年度の補正事業の主なプロジェクトからなっている(表Ⅱ-2-1参照)。プロジェクトの実施前には、鉱種のリスク調査を行っており、調査時点で重要と判断された鉱種を研究対象としている。

本年度の中間評価対象となる研究開発それぞれのスケジュールを表Ⅱ-2-2～表Ⅱ-2-6に示す。

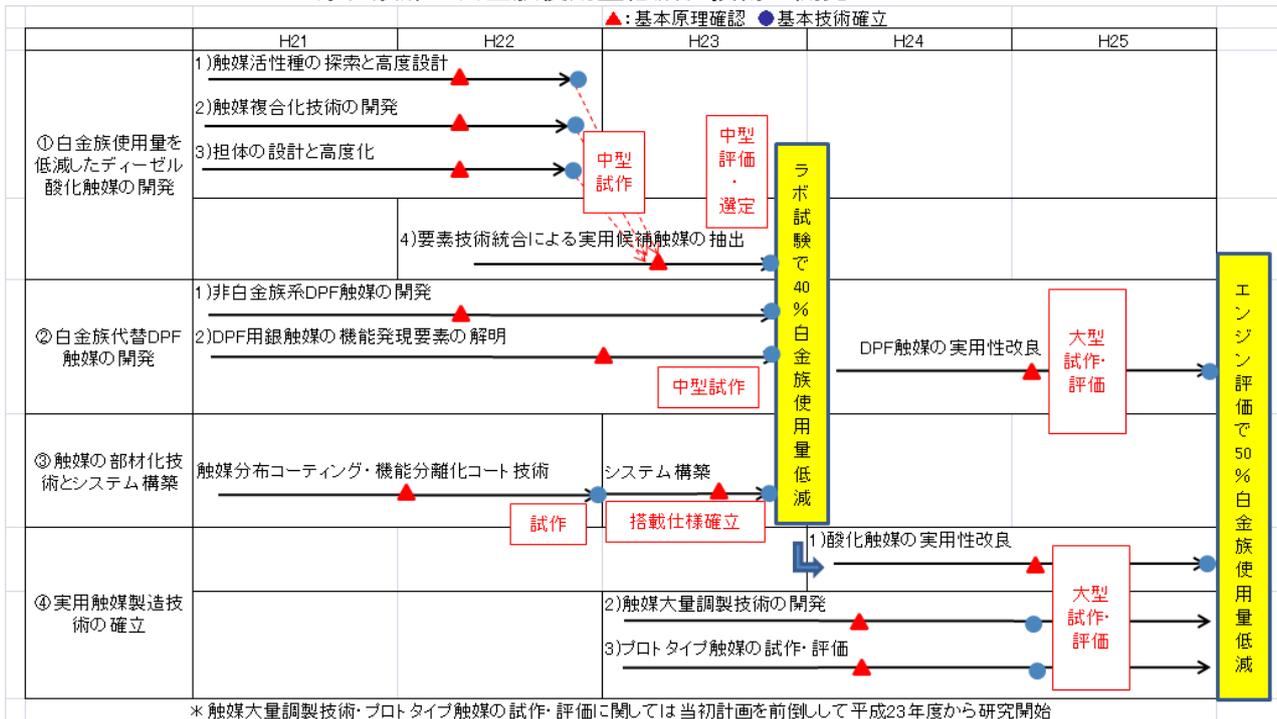
表Ⅱ-2-1 希少金属プロジェクト 全体スケジュール

テーマ	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
第1回調査	調査1	調査2							
2007～実施プロジェクト ①②In(透明導電膜) ③Dy(Nd-Fe-B磁石) ④⑤W(超超工具)			公募・採択				中間評価		
第2回調査				調査3					
2009～実施プロジェクト ⑥-1, 2Pt族(排ガス触媒) ⑦-1, 2Ce(ガラス研磨) ⑧Tb・Eu(蛍光体)					公募・採択				中間評価 (予定)
2009補正～実施プロジェクト ⑨-1新磁石(Dy代替)					委託事業:補正				
2010補正～実施プロジェクト ⑩-1Ce(排ガス触媒) ⑩-2グラフェン(In代替) 2010補正～実施プロジェクト 2/3助成事業(59事業)						委託事業:補正			
第3回調査						調査3			

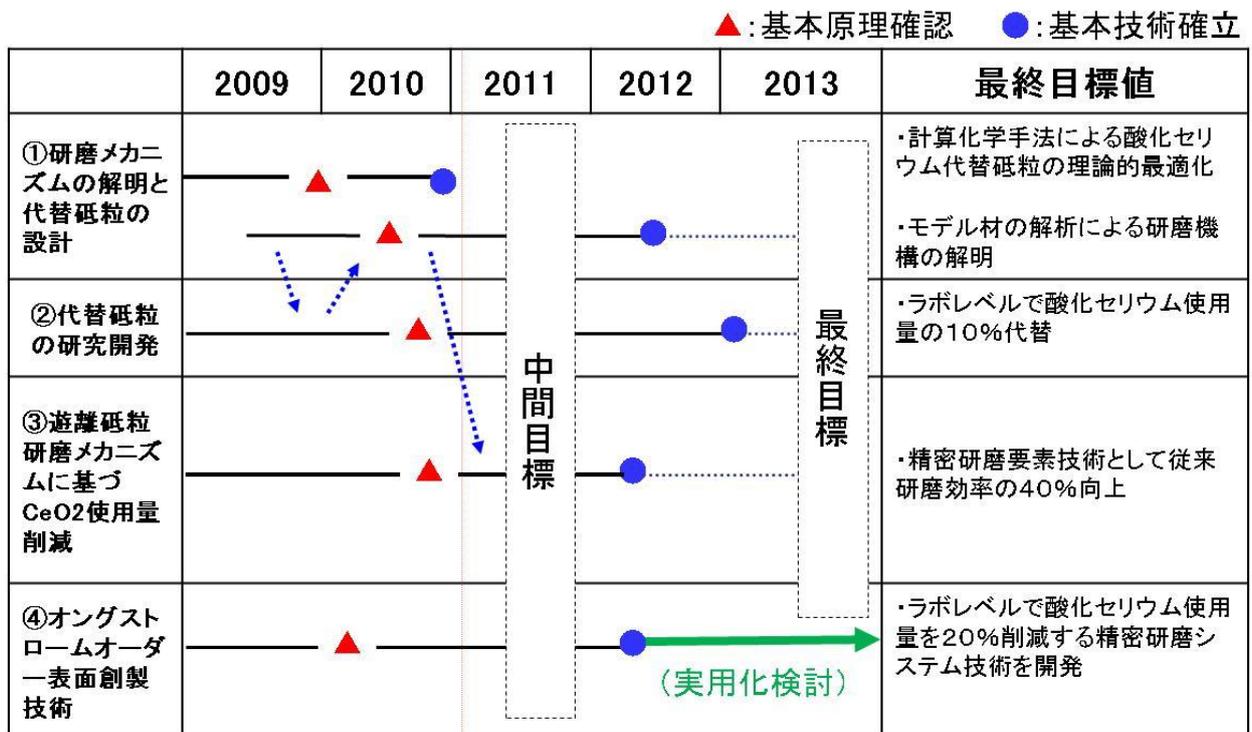
表Ⅱ-2-2 ⑥-1 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／遷移元素による白金族代替技術及び白金族の凝集抑制技術を活用した白金族低減技術の開発

研究項目	2009	2010	2011	2012	2013	最終目標
① 遷移元素による白金族代替		遷移元素活性点の反応メカニズム解明と材料選定		耐久性のある遷移元素活性材料の決定		白金族使用量を10～65%代替できる卑金属触媒粉末の決定
② 白金族凝集抑制による使用量低減		励起電子測定によるPt, Rh, Pdの最適サイズおよび最適な担体の決定	耐久後も最適白金族サイズを維持する技術を確認			白金族使用量を50～75%低減できる白金族触媒粉末の決定
③ DPFの反応向上要素把握とその実現	PM反応モデルの決定		反応性を向上する触媒配置設計		実触媒で検証	DPFの白金族65%低減可能な触媒配置の実現
④ プラズマによる活性向上と触媒の実現	プラズマによる反応向上の原理解明		触媒材料設計指針の明確化	触媒材料決定	実触媒での検証	白金族50%低減可能なプラズマ触媒反応システムの実現
⑤ 排気触媒統合化	機能統合化の課題を明確にし、解決方策立案			触媒統合化システムを決める		85%低減可能な統合化システムの決定
⑥ 実触媒化、量産化		耐久前で目標を達成する実触媒仕様の決定		耐久後に目標を達成する実触媒仕様の決定		白金族低減触媒の実触媒化

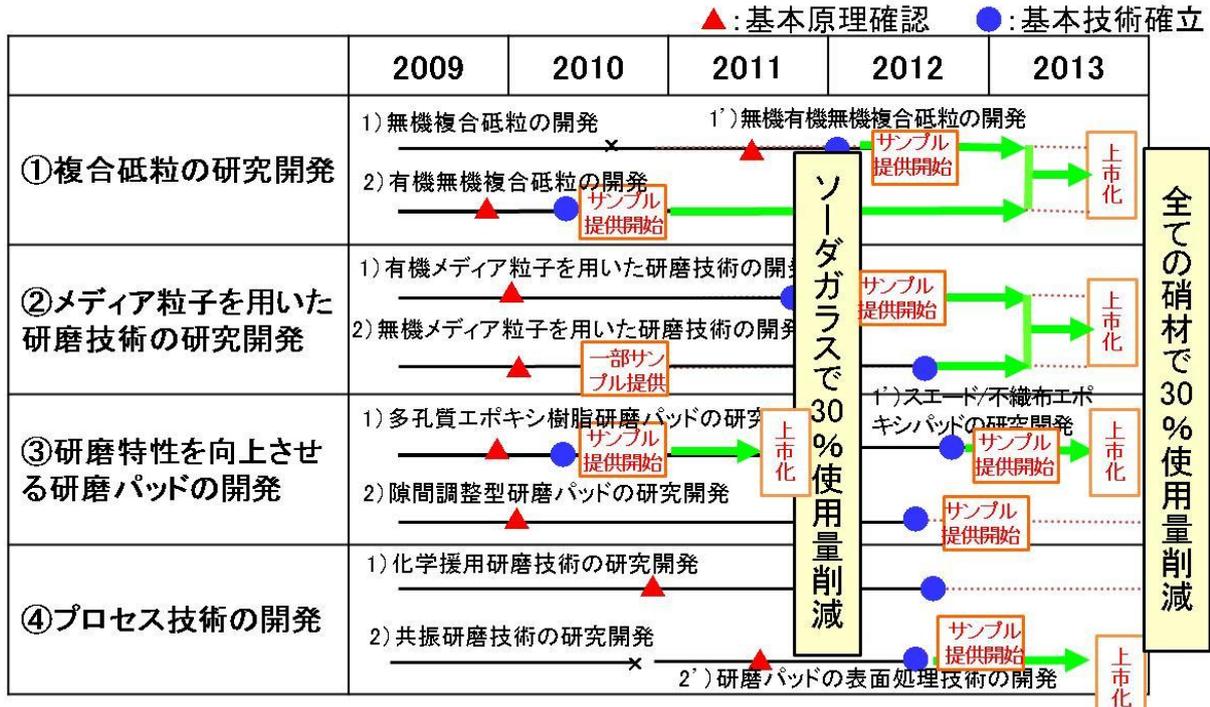
表Ⅱ-2-3 ⑥-2 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発



表Ⅱ-2-4 ⑦-1 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／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

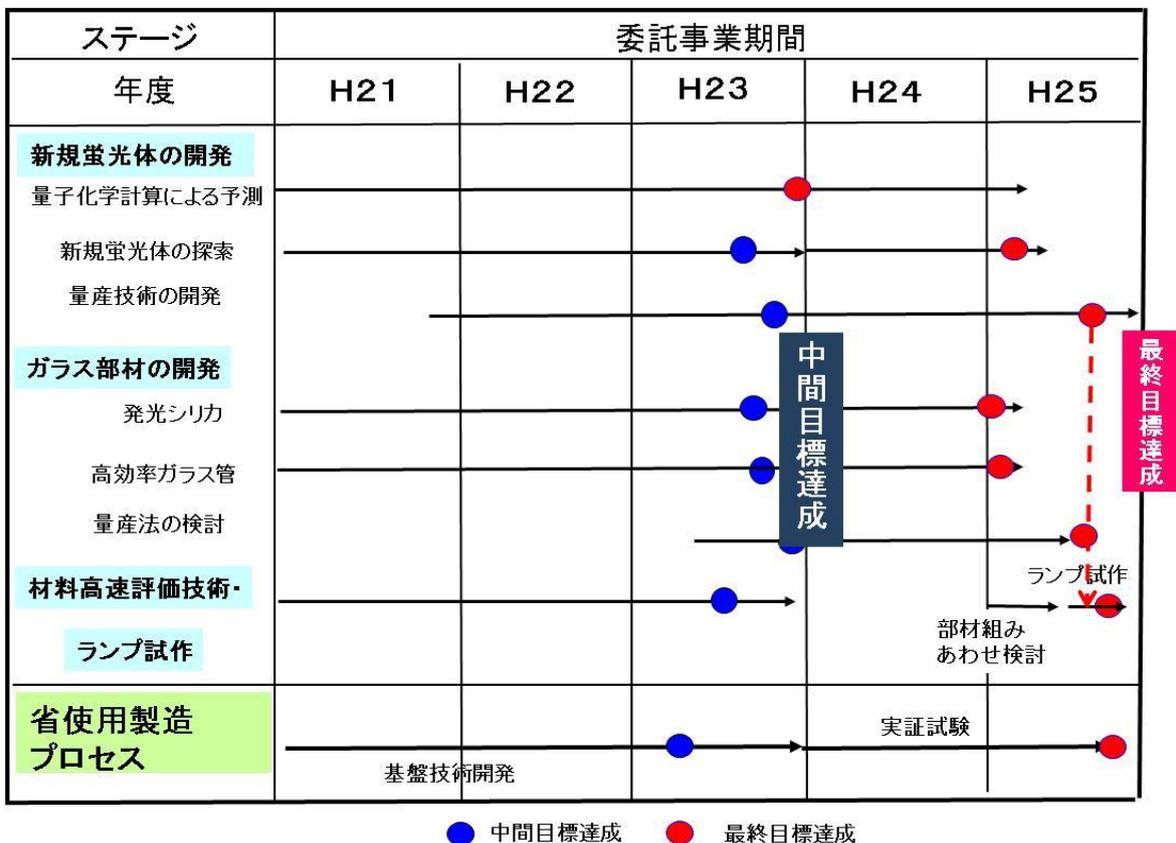


表Ⅱ-2-5 ⑦-2 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発 4 BODY研磨技術の概念を活用したセリウム使用量低減技術の開発



複合砥粒とエポキシ樹脂研磨パッドについては当初計画を前倒して平成22年にサンプル提供開始

表Ⅱ-2-6 ⑧ 蛍光体向けテルビウム・ユウ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



2.1.2 予算（全体及び個別）

開発予算の推移を表Ⅱ-2-7～表Ⅱ-2-12に示す。

本予算は約5億円/年で推移しており、補正予算の加速予算をつけている。

表Ⅱ-2-7 全体予算

(単位:百万円)

	実施先(青字:テマツダ*所属機関)	2009 【+補正予算】	2010 【+補正予算】	2011	2012	2013
⑥-1 Pt族使用量低減・代替材料開発	日産自動車、電気通信大学、名古屋大学、早稲田大学、	100 【93】	67	80	(100)	(100)
⑥-2 Pt族使用量低・代替材料開発	産業技術総合研究所、三井金属鉱業、水澤化学工業、九州大学、名古屋工業大学	130 【104】	85 【170】	74	(100)	(80)
⑦-1 Ce使用量低減・代替材料開発	ファインセラミックスセンター、三重県産業支援センター、京都大学、九州大学、東北大学、秋田県産業技術センター、小林機械製作所、サイチ工業	130 【106】	84 【200】	104	(130)	(130)
⑦-2 Ce使用量低・代替材料開発	立命館大学、アドマテックス、九重電気、クリスタル光学	140 【108】	92 【712】	112	(140)	(140)
⑧ TbEu使用量低・代替材料開発	産業技術総合研究所、東北大学、新潟大学、三菱化学、パナソニック	100 【92】	68	76	(100)	(133)
合計金額		600 【503】	396 【1,082】	446	(570) 予定額	(583) 予定額

表Ⅱ-2-8 ⑥-1 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／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

(単位:百万円)

研究項目	'09	'10	'11	'12	'13	合計額
①遷移元素による白金族代替	75 【37】	24.87	31.41	(38.68)	(42.07)	212.03 【37】
②白金族凝集抑制による使用量低減	12	9.97	8.45	(5.1)	(0)	35.52
③DPFの反応向上要素把握とその実現	2	5	9.31	(8.61)	(8.61)	33.53
④プラズマによる活性向上と触媒の実現	7	16.67	12.45	(13.72)	(12.57)	62.41
⑤排気触媒統合化	4 【56】	5.28	5.28	(5.28)	(6.24)	26.08 【56】
⑥実触媒化、量産化	0	5.2	13.1	(28.6)	(30.5)	77.4
合計額	100 【93】	66.99	80	(99.99) 予定額	(99.99) 予定額	446.97 【93】

※【】内は補正予算で外数

表Ⅱ-2-9 ⑥-2 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／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

(単位:百万円)

	‘09	‘10	‘11	‘12	‘13	合計
1) 白金族使用量を低減したディーゼル酸化触媒の開発	62.7 【35】	61.5	40.2			(164) 【35】
2) 白金族代替DPF用触媒の開発	47 【17】	12	15.8			(75) 【17】
3) 触媒の部材化技術とシステム構築	20.3 【52】	11.5	18			(50) 【52】
4) 実用触媒製造技術の確立		【170】 (装置前倒し整備)		(100)	(80)	(180) 【170】
合計	130 【104】	85 【170】	74	(100) 予定額	(80) 予定額	(469) 【274】

【 】内は補正予算で外数

表Ⅱ-2-10 ⑦-1 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／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

(単位:百万円)

	‘09	’10	’11	’12	’13	合計
1) 研磨メカニズムの解明と代替砥粒の設計	50 【50】	27	36	(27)	(27)	(168) 【50】
2) 代替砥粒の研究開発	45 【49】	23	29	(32)	(32)	(162) 【49】
3) 遊離砥粒研磨メカニズムに基づきCeO ₂ 使用量削減	23 【8】	22	26	(41)	(41)	(152) 【8】
4) オングストロームオーダー表面創製技術	12	12 【200】	14	(31)	(31)	(99) 【200】
合計	130 【106】	84 【200】	104	(130) 予定額	(130) 予定額	(580) 【306】

【 】内は補正予算で外数

表Ⅱ-2-11 ⑦-2 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発 4 BODY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

(単位:百万円)

	'09	'10	'11	'12	'13	合計
1) 複合砥粒の研究開発	35 【28】	23 【88】	28	(40)	(40)	(166) 【116】
2) メディア粒子を用いた 研磨技術の研究開発	35 【28】	23 【87】	27	(20)	(25)	(130) 【115】
3) 研磨特性を向上させる 研磨パッドの開発	38 【30】	25 【112】	30	(38)	(30)	(161) 【142】
4) プロセス技術の開発	32 【22】	21 【425】	27	(42)	(45)	(167) 【447】
合計	140 【108】	92 【712】	112	(140) 予定額	(140) 予定額	(624) 【820】

【 】は補正予算で外数

表Ⅱ-2-12 ⑧ 蛍光体向けテルビウム・ユウ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

(単位:百万円)

研究開発項目	'09	'10	'11	'12	'13	合計
①蛍光体のTb,Eu低減技術の 開発	44 【69】	19	27	(43)	(46)	(179) 【69】
②ランプ部材の開発	11	37.5	20	(23)	(30)	(121.5)
③-1 ランプ等における 材料高速評価技術の開発	37 【23】	6.5	5	(6)	(5)	(59.5) 【23】
③-2 実蛍光ランプにおける最 適化・ランプ試作	0	3	10	(23)	(31)	(67)
③-3 蛍光体省使用製造技術 の開発	8	2	15	(5)	(20)	(50)
合計	100 【92】	68	76	(100) 予定額	(133) 予定額	(477) 【92】

【 】内は補正予算で外数

2.2 研究開発の実施体制

本研究開発は、平成 21 年度に公募が行われ、企業、民間研究機関、独立行政法人、大学等（委託先から再委託された研究開発実施者を含む）の応募者から研究開発実施者が決定され、各テーマ毎に共同研究契約等を選び、委託事業として開始している。

本研究開発は、「希少金属代替材料開発プロジェクト」として 1 つのプロジェクト名で実施されているが、研究テーマ毎に内容は独立しており、研究テーマ毎に研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、プロジェクトリーダー（PL）は置かず、テーマリーダー（TL 研究開発責任者）を設置し、その下で研究を進める方法で効果的な研究開発を実施している。

プロジェクトリーダーによる体制例を図 II-2-1 に、本研究開発の体制であるテーマリーダーによる体制を図 II-2-2 に示す。また、研究開発項目毎の実施体制を図 II-2-3～図 II-2-7 に示す。

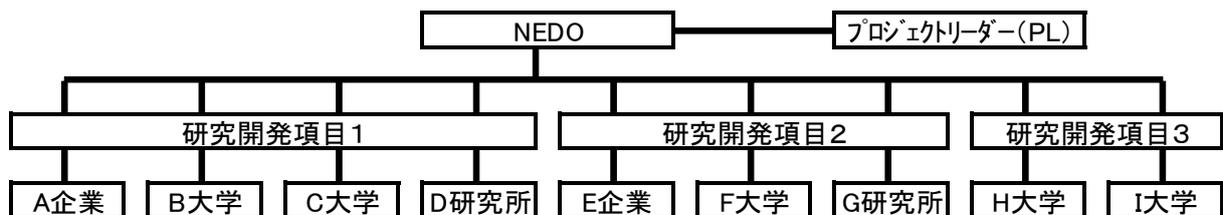


図 II-2-1 プロジェクトリーダー制の体制図

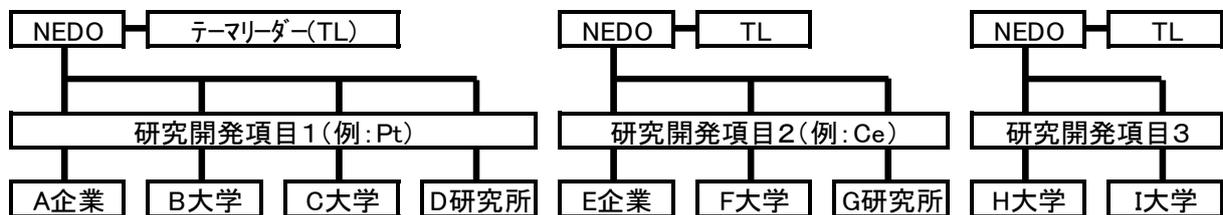


図 II-2-2 テーマリーダー制の体制図
(希少金属代替材料開発プロジェクトの実施体制)

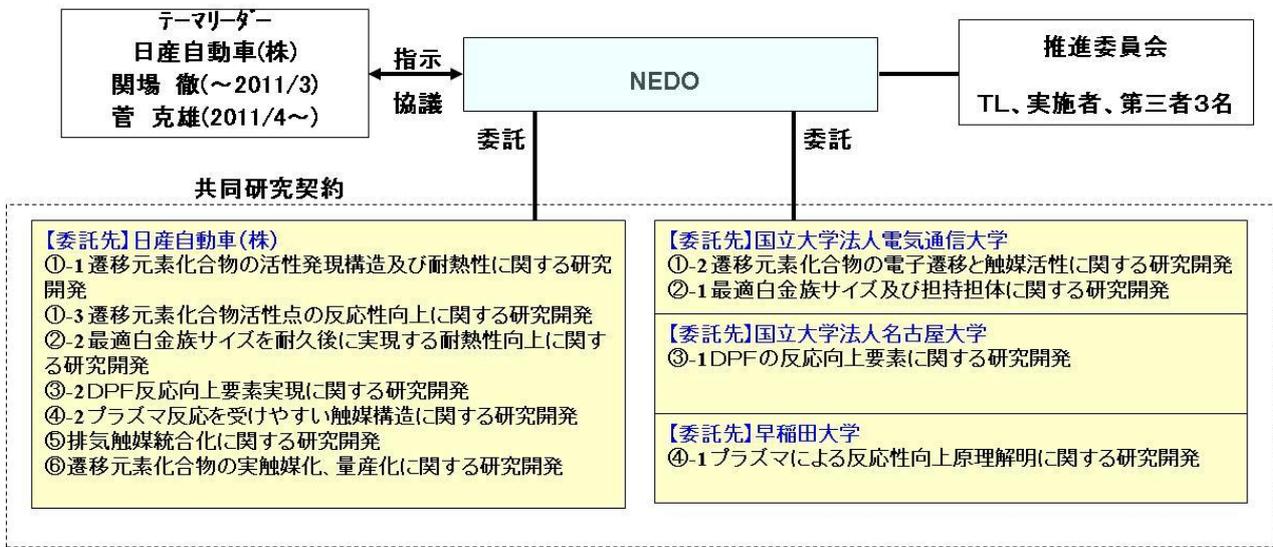


図 II-2-3 ⑥-1 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／遷移元素による白金族代替技術及び白金族の凝集抑制技術を活用した白金族低減技術の開発

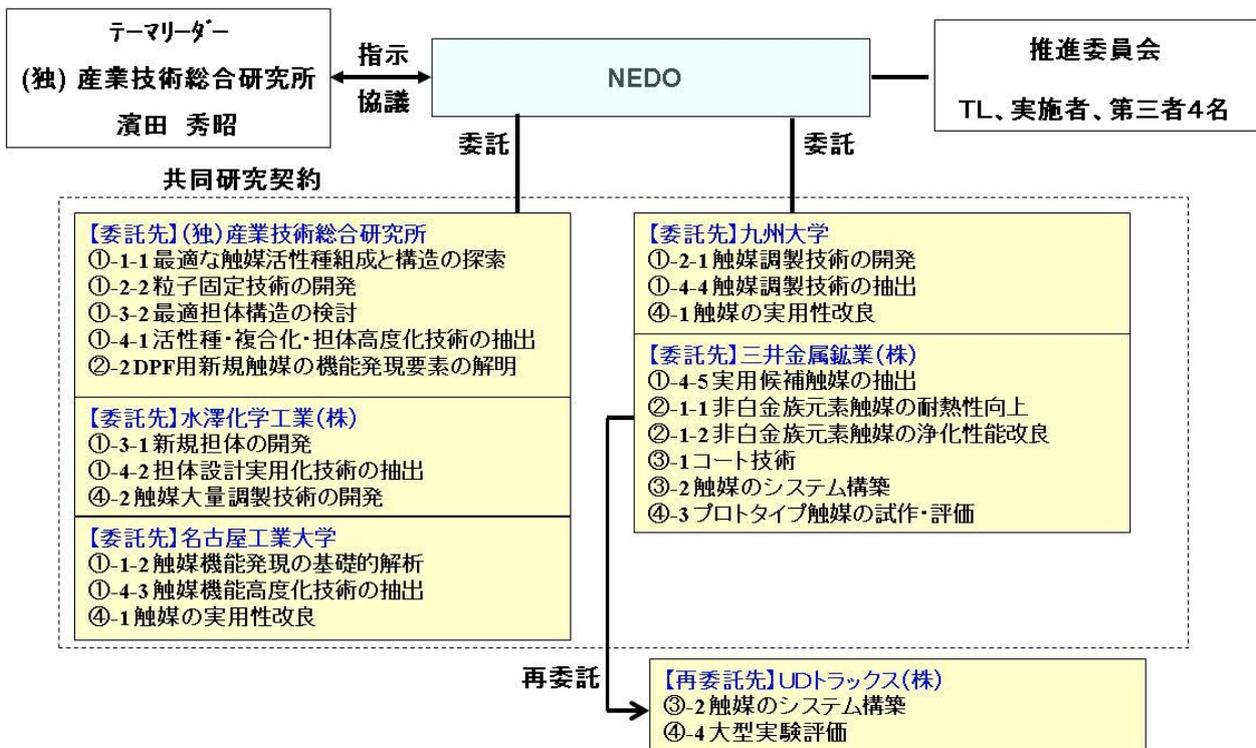


図 II-2-4 ⑥-2 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発

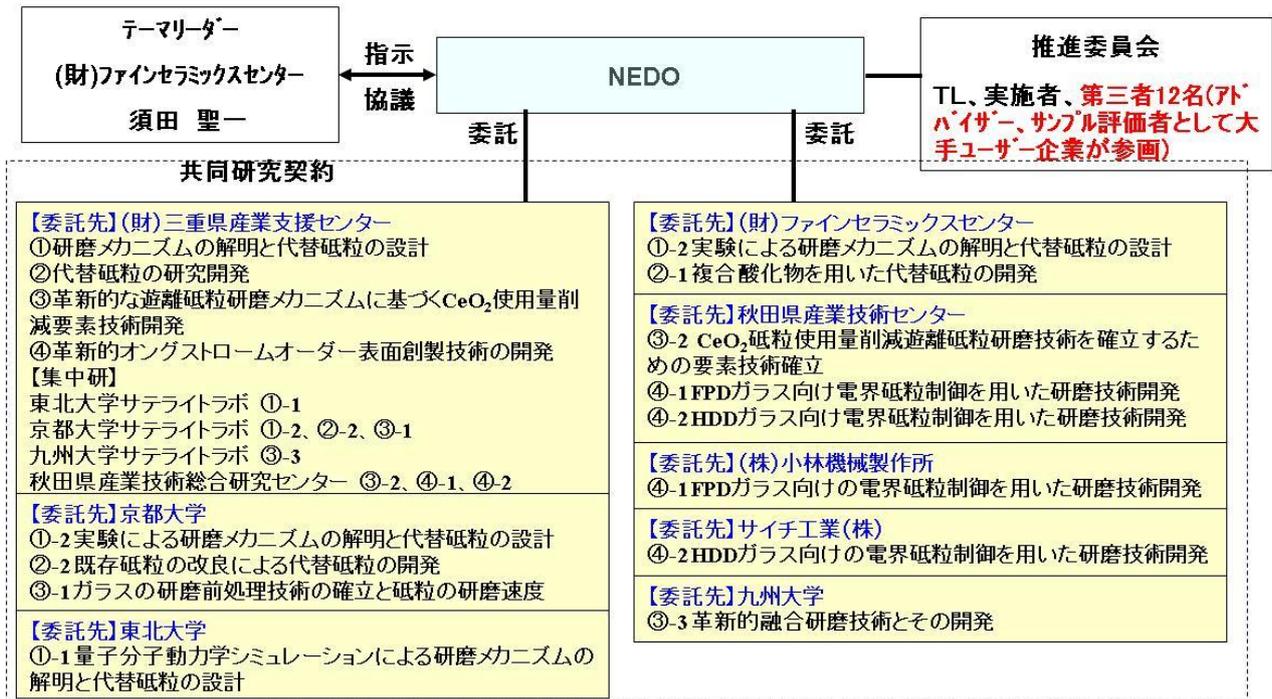


図 II-2-5 ⑦-1 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／代替砥粒及び革新的研磨技術を活用した精密研磨向けセリウム低減技術の開発

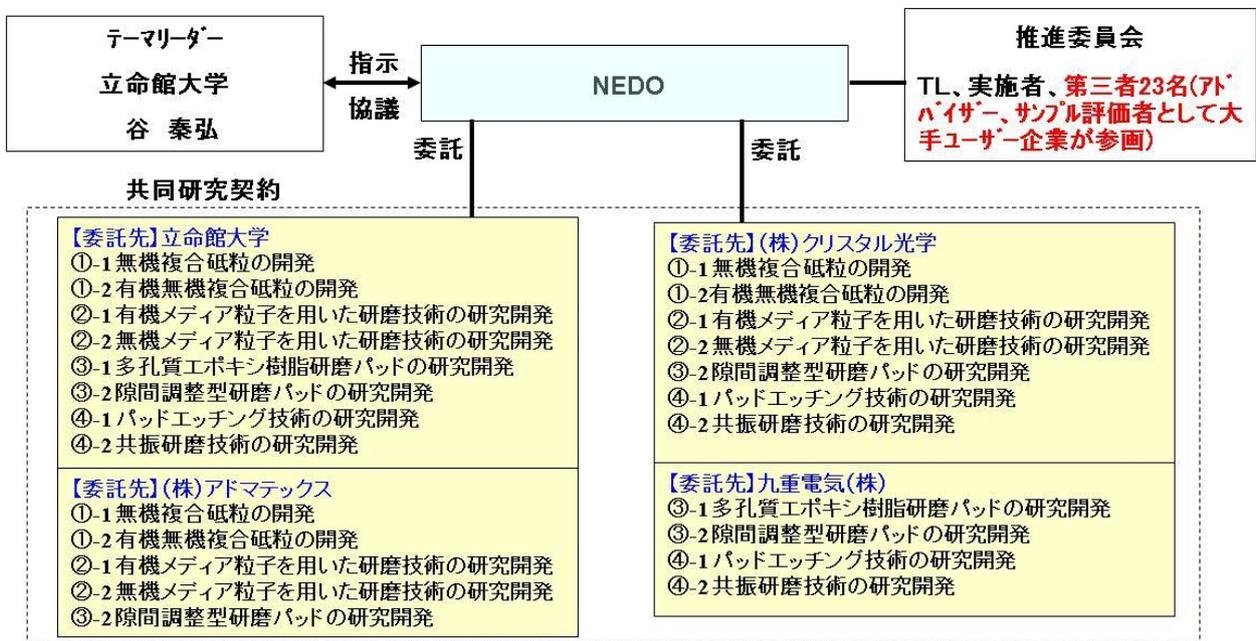


図 II-2-6 ⑦-2 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発 4 BODY研磨技術の概念を活用したセリウム使用量低減技術の開発

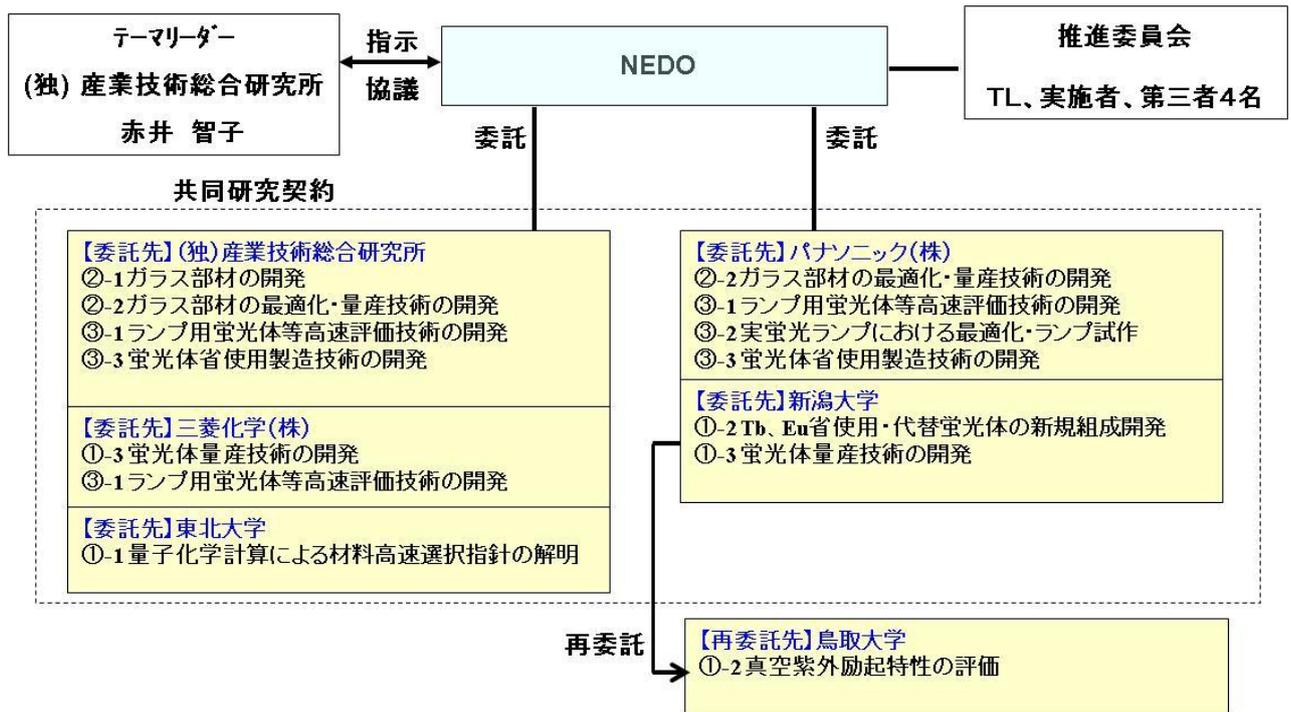


図 II-2-7 ⑧ 蛍光体向けテルビウム・ユウロピウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体向け Tb, Eu 低減技術の開発

2.3 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO は、経済産業省および研究開発責任者と密に連絡を取りながら、プロジェクトの目的および目標、並びに、各研究開発の目的および目標に照らし適切な運営管理を実施した。各研究開発については、定期的開催される進捗報告会、外部有識者も出席する技術推進委員会等に出席し、進捗を確認するとともに研究開発の体制や、予算、結果の公開、成果の早期事業化等の必要なアドバイスを行った。この進捗報告会、技術推進委員会は、NEDO の指導のもと各テーマリーダーが運営を行った。

また、本研究開発プロジェクトは、文部科学省の元素戦略プロジェクトと府省連携で進めており、合同シンポジウムを開催し、研究内容や成果の積極的な広報、ポスター発表での意見交換など行っている。

技術推進委員会

各テーマリーダー主催による技術推進委員会を 3~4 回/年開催し、外部有識者の意見を研究体制を含めた運営管理に反映させた。

希少金属代替材料開発プロジェクト/元素戦略プロジェクト 合同シンポジウム

主催：希少金属代替材料開発プロジェクト/元素戦略プロジェクト 合同戦略会議

共催： 内閣府、文部科学省、経済産業省、環境省、(独) 科学技術振興機構、
(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構

これまでの参加実績を、表 II-2-13 に示す。

表 II-2-13 合同シンポジウム開催状況

	年月日	場 所
第 4 回	平成 22 年 2 月 1 日	東京大学 安田講堂
第 5 回	平成 23 年 3 月 4 日	笹川記念会館 国際ホール

2.4 研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性

研究開発成果の実用化、事業化を促進のため、「成果の前倒しのスキーム作成」、「研究開発加速のための補正予算付け」の 2 つを実施。事業化、実用化に向け研究開発を実施中。

2.4.1 成果の前倒しスキームの作成と実施（早期の事業化）

本研究開発では、基本計画上、5 年間のプロジェクト終了後にユーザー企業、大学等の外部機関に対し機能評価のためラボレベルのサンプルを提供できる（試料提供）水準にいたるまでの技術を確認することになっているが、研究が前倒しで進み、成果が市場からも求められている研究開発については、実用化・事業化を早く進めるためのスキームを作り適用可能なプロジェクト（⑦-20e 立命館大学）から実施している。プロジェクト開始時の実用化までの期間としてはプロジェクト終了

後3年程度を予定していたが（図Ⅱ-2-14 参照）、サンプル評価をプロジェクト期間中から開始することで、外部機関での取り組みを早めプロジェクト期間内の上市を目指すスキームを作成し実施している（図Ⅱ-2-15 参照）。サンプル評価を進めるユーザ企業は、プロジェクトの外部有識者（有識者、アドバイザー、実用化推進委員）として NEDO には登録しており、プロジェクト参画機関とテマリーダーの判断により決定している。

研究開発から実用化			プロジェクト実施期間 5年間(H21～H25年度)	研究開発終了後から実用化/事業化に必要な期間	
				1年～2年後	3年後
希少金属代替材料開発プロジェクトでの代替材料開発・使用量低減技術開発					
1次ユーザー評価	製品開発	サンプル評価 ラボレベル→スケールアップ			
	Feasibility Study				
	技術開発	基礎テスト・開発			
		少量試験、製品評価			
	量産移行	少量～中量試験 パラメータ確認、認定			
量産					
最終ユーザー評価	認定作業	認定			
	量産移行	量産			

図Ⅱ-2-14 プロジェクト開始時の実用化スキーム

研究開発から実用化			プロジェクト実施期間 5年間(H21～H25年度)	研究開発終了後から実用化/事業化に必要な期間	
				1年後	2年後
希少金属代替材料開発プロジェクトでの代替材料開発・使用量低減技術開発					
研究開発の実施					
成果の上がっている研究項目の 実用化の前倒し実施			研究の終了	上市(市販)	
ユーザーへのサンプル出し					
1次ユーザー評価	製品開発	サンプル評価 ラボレベル→スケールアップ			
	Feasibility Study				
	技術開発	基礎テスト・開発			
		少量試験、製品評価			
	量産移行	少量～中量試験 パラメータ確認、認定サンプル			
量産					
最終ユーザー評価	認定作業	認定			
	量産移行	量産			

図Ⅱ-2-15 新規に確立した実用化スキーム

2.4.2 研究加速

本研究開発では、「3.2」で示した平成22年度補正に加え、平成21年度にも事業加速のための補正予算を得ている。表Ⅱ-2-8にテーマ毎の補正予算額と、目的及び成果を示した。

表Ⅱ-2-8 各テーマの補正予算額と加速の目的と成果

年度	件名	金額 (百万円)	目的	成果
2009	⑥-1Pt	93	各種排気ガス分析装置の導入、外注分析費	排ガス分析計の導入により、触媒の評価が早く進み開発した触媒の特性確認が進む。
	⑥-2Pt	104	担体物性評価装置、触媒特性評価装置、触媒調整装置、エンジン評価設備を購入する。	銀触媒のスス燃焼特性がわかりスラリー評価に早く進むことができた。また、担体の性能向上にむずぎつけることができた。
	⑦-1Ce	106	電界制御研磨の評価装置、ガラス表面加工装置、動的粘弾性測定装置を購入する。	電界制御研磨が研磨能率が高いこと、トライボとの組み合わせで効率良い研磨ができることが確認できた。また、砥粒が求めるパッドの表面特性が確認できた。
	⑦-2Ce	108	複合砥粒分析装置、製造装置、評価装置を購入する。研磨パッドでの研磨の仕上がり評価用評価装置を購入する。	各装置を導入することで、研磨特性の出る複合砥粒の開発が進み、また、研磨パッドの材質をエポキシパッドにした時の効果確認が早くでき開発が進んだ。
	⑧TbEu	92	蛍光体構造、部材からデバイスまでの統合解析ができるシミュレーションソフトを導入する。蛍光体合成のための特殊電気炉を導入する。	開発した材料・部材の最適な配置・組み合わせがわかるようになり実際のランプ試作の選択が行えるようになった。試料合成、溶融のための試料準備、後処理が行えるようになり試作点数が多くなった。
2010	⑥-2Pt	170	担体の試作量産設備導入と触媒製造設備の導入	2011年度に研究を実施。成果はこれから。
	⑦-1Ce	200	電界研磨の大型化検証用装置の導入	
	⑦-2Ce	712	外部ユーザー評価促進のための評価拠点整備とパッド研磨試験設備の導入	

2.4.3 知財の管理

プロジェクト開始にあたっては、事前調査として、2008年度に希少金属のリスク調査の一環でどのような研究が行われているかを書誌及び特許情報で検索（特許電子図書館及び Google Scholar BETA をキーワード検索。2009年2月に実施）を行っている。これにより技術の確立状況を把握しプロジェクトの設計に反映させている。

プロジェクト開始時には、各プロジェクト毎に参画機関で共同開発契約もしくは秘密保持契約を締結して進める。この中で、知財の考え方、知財の配分、特許出願の判断、制約事項や、対外研究発表等の約束事（共願者への事前の相談、特許出願後の発表）等について、どのように扱うかを決め文書により規定している。

本研究の材料開発、製造プロセス開発から生み出される知財については、企業・大学・研究機関の技術をノウハウとして蓄積することを優先し、特許化については相談のうえ進めることとした（特許化を進めると技術の公開につながる。公開されても技術として確保できる特許化を進める）。

プロジェクト期間中の知財の現況は、2010年度実施の希少金属のリスク調査の一環でリスク調査で絞り込んだ20鉱種についてシーズ研究調査を実施し把握に努めている。

3. 情勢変化への対応

本研究開発の研究対象であるレアメタル（含むレアアース）については、供給に対する不安が現実のものとなってきており、代替材料開発・使用量低減技術開発の重要性はますます高まってきた。国としても平成 21 年度の補正予算、平成 22 年度の補正予算をつけ、研究開発及び実用化の加速を行っている。レアアースについては、平成 22 年 7 月以降、生産国からの供給が絞られ（図 II-3-1 中国の EL 枠推移参照）、価格の大幅な高騰（図 II-3-2 レアアースの金属価格推移）、材料の入手難に見舞われ、プロジェクトとしても状況の大きな変化に対応するために以下に示す対応を取っている。

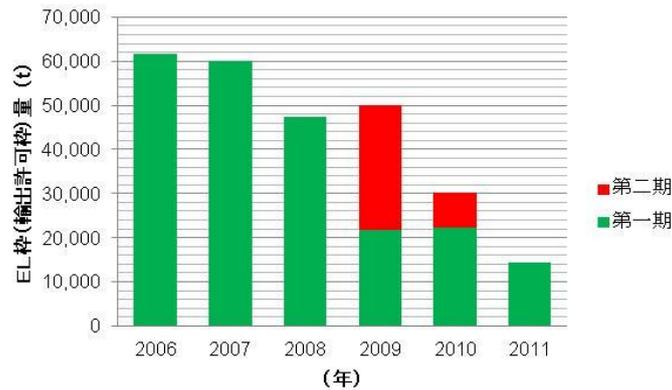


図 II-3-1 中国の EL 枠推移

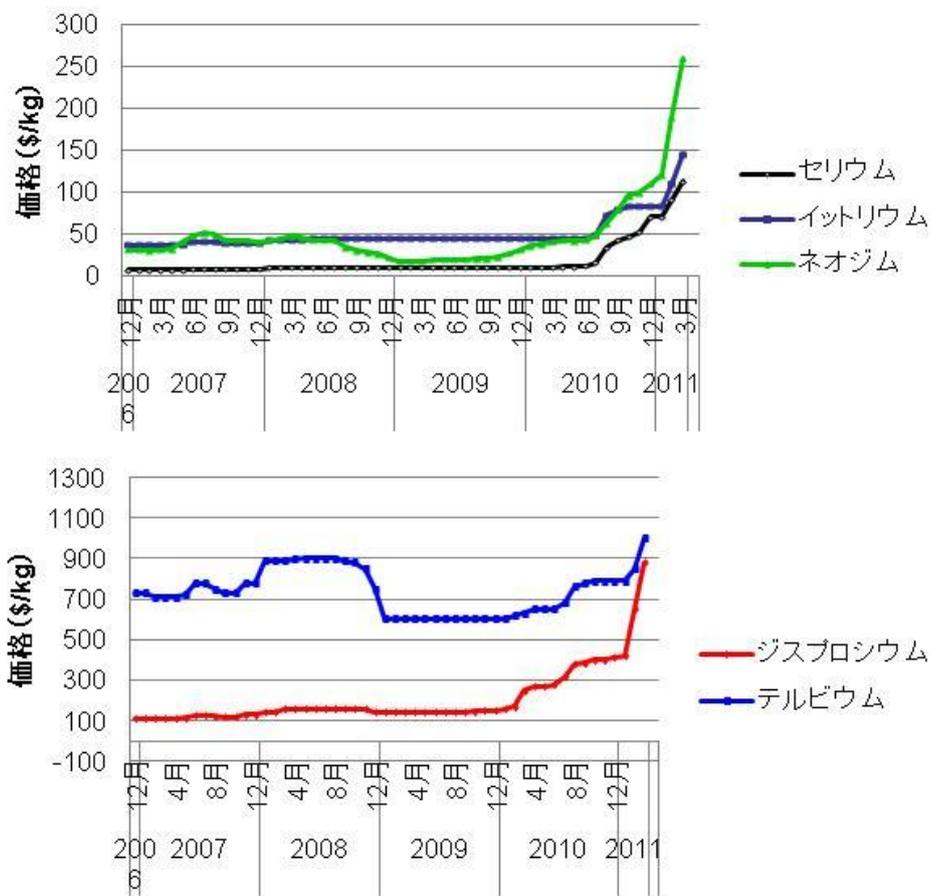


図 II-3-2 レアアースの金属価格推移

3.1 レアアースの供給量削減に対する対応

レアアースの供給量削減に対する対応を表Ⅱ-3-1に示した。

表Ⅱ-3-1 レアアースに関する情勢変化と対応

情勢	対応
2010年7月8日 ・レアアース生産国より2010年下期輸出許可枠の大幅削減発表 (以降レアアース入手難と価格高騰へ)	1. 2010年度補正予算対応 ・「希少金属の代替・削減技術開発(助成/委託)…120億円」助成事業 ・ 新規テーマ追加(2010～2011年の研究期間) 短期間での実用化/事業化を目指す 材料開発、リサイクル技術開発等…59件 委託事業 ・ 既存のテーマの研究開発加速のための予算追加 ・新規のテーマ追加(2010～2011年の研究期間) 自動車触媒向けセリウム…2件 透明電極向けインジウムを代替するグラフェン…1件
2010年9月 ・レアアースの産出国からの対日輸出stop	
2010年12月28日 ・レアアース生産国より2011年上期輸出許可枠の大幅削減発表	
2011年2月 ・レアアース生産国内の企業の集約を進める (5年間で100社→20社程度)	
2011年3月 ・採掘、生産に対し環境基準を策定 (10月～施行)	
2011年5月 ・レアアース生産国南部は80%を3社に集約	2. 成果の前倒し上市のスキーム作り (⑦セリウムテーマへの対応で作成) ・ユーザー企業で評価を進めるため、サンプル評価を行うメーカー担当を技術委員会の委員としてプロジェクトに参画へ ・研究開発項目の研究期間を短縮させ終了。事業化の段階に早期に進める(上市の推進)

3.2 平成22年度補正予算対応

平成22年度は国の補正事業「円高・デフレ対応のための緊急総合経済対策」として経済産業省関連施策の中で、技術開発による「代替化」と「使用量低減」の加速、国内でのリサイクル推進、ユーザー産業の供給リスクへの耐性向上、世界の鉱山の権益確保、リスクマネー供給機能強化、資源国との関係強化等の総合対策が講じられている。その内訳は、

①希少金属（レアアース等）の代替・削減技術開発 …… 120億円

技術開発による「代替化」と「使用量低減」の加速

②レアアース等利用産業等設備導入事業 …… 420億円

レアアース等の輸入量変化に大きく影響されない産業構造を形成するために、使用量削減のための設備・プロセス導入、国内でのリサイクル設備導入等

③レアアース鉱山開発加速化資源国協力事業 …… 20億円

日本企業が参加買する海外レアアース鉱山（カザフ、ベトナム等）の開発加速

④独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構出資金 …… 300億円

政府による JOGMEC への出資等によりレアアース鉱山の開発、権益確保を行う

となっており、このうち NEDO では①「希少金属（レアアース等）の代替・削減技術開発」（図Ⅱ-3-3 参照）の事業を進めている。

事業の内容

- 希少金属は、電気自動車等のモーター用の強力な磁石、デジカメなどの光学レンズ、フラットディスプレイの透明電極などに用いられ、我が国が強みを有する先端産業を支えている。
- また、希少金属を使った高性能触媒の国内生産は、世界的にも厳しい排ガス規制のクリアを可能とし、自動車産業の高い競争力を維持することにつながっている。
- 現在、我が国はレアアース等の供給を特定国に依存しており、レアアース等の調達環境も急速に悪化している。
- このため、レアアース等の輸入量の変化に大きく影響されない産業構造を形成することが急務であることから、レアアース等の使用量を低減する技術や代替物質の実用化を加速する。

条件（対象者、対象行為、補助率等）

- 1. レアアース等代替・削減を加速するための「希少金属代替技術開発プロジェクト」の加速

国

→ 交付金

NEDO

→ 委託

産学官連携研究
- 2. 希少金属代替・削減技術実用化への集中支援

国

→ 交付金

NEDO

→ 補助金

民間企業

事業イメージ

1. レアアース等代替・削減を加速するための「希少金属代替技術開発プロジェクト」の加速

- ・透明電極インジウム代替（酸化亜鉛、グラフェン）
- ・超硬工具タングステン代替（炭化チタン）
- ・ガラス精密研磨用セリウム代替（酸化ストロンチウム鉄）
- etc

セリウム (Ce) レアアース

液晶ディスプレイ等用ガラス精密研磨等に使用



精密研磨等

インジウム (In)

薄型テレビ用透明電極に使用

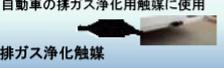
1. 偏光フィルタ(偏置)
2. ガラス板
3. 透明電極に挟まれた液
4. ガラス板
5. 偏光フィルタ(水平)
6. 光線



透明電極

セリウム (Ce) レアアース

自動車の排ガス浄化触媒に使用



排ガス浄化触媒

タングステン (W)

超硬工具に使用

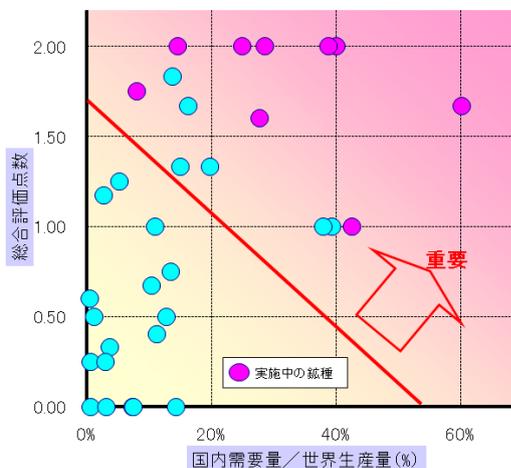


切削工具

図Ⅱ-3-3 希少金属（レアアース等）の代替・削減技術開発の概要
(経済産業省 平成22年10月)

3.3 リスク調査

平成22年度は、これまで隔年で実施してきたリスク調査を行う年度となっており、過去の調査と同じ手法を用いた調査会社の統計データ解析結果を参考に、各委員の意見反映、調査委員会で内容の検討、審議により重要鉱種を選定している。2005年、2008年に実施したリスク調査と同じ手法を用い5つの評価軸によりリスクの高い20元素を調査会社が抽出。有識者委員会を開催し3つの政策評価軸を加え、内容の検討、結果の審議、委員の意見反映を行い重要鉱種を選定。図Ⅱ-3-4に結果の一例を示した。



図Ⅱ-3-4 リスク評価結果（まとめ例）

4. 中間評価結果への対応

希少金属代替材料開発プロジェクトは平成 19 年度から事業を開始している。①インジウム(In)低減、②インジウム(In)代替、③ジスプロシウム(Dy)低減、④タングステン(W)低減、⑤タングステン(W)の 5 テーマであるが、これらテーマについては平成 21 年度に中間評価を実施して指摘を受けている。希少金属プロジェクトの別鉱種のテーマであるが、今回の中間評価に反映すべき指摘事項については以下の対応を行った(表Ⅱ-3-2 参照)。

表Ⅱ-3-2

指摘	対応
<p>1 改めて動向調査(6鉱種およびリスク評価)を行い、常に最新の情報収集に努める。調査の結果は、技術推進委員会等で精査し、今後の対処方針に反映させる。また、政策サイドと密に連携を図る。</p>	<p>予定していた対応</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本調査結果および技術推進委員会での精査を踏まえて、2011年度以降の実施方針に反映する。 <p>実際の対応</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2010年度に鉱種のリスク調査を実施。最新の需給・価格動向、研究シーズ、需要予測、政策の判断を元に、専門家、経済産業省担当、NEDO担当、実施者が加わった委員会で審議し、重要な鉱種を選定した。結果、現在取り組んでいる鉱種は重要な鉱種になっており引き続きの対応を行う。 ・この結果は、2011年度以降の研究テーマの追加の検討時等の参考にする。 ・政策サイドとなる経済産業省非鉄課担当とは、この調査委員会を通じての議論、2011年度予算要求(今後の研究内容検討)を通じての議論、2010年度補正予算対応での議論を4度/月以上は行い協調した動きをとっている。