

「希少金属代替材料開発プロジェクト」  
中間評価報告書

平成23年11月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

平成23年11月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
理事長 古川 一夫 殿

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会 委員長 西村 吉雄

NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、別添のとおり  
評価結果について報告します。

## 目次

はじめに	1
分科会委員名簿	2
審議経過	3
評価概要	4
研究評価委員会におけるコメント	7
研究評価委員会委員名簿	8
第1章 評価	
1. プロジェクト全体に関する評価結果	1-1
1. 1 総論	
1. 2 各論	
2. 個別テーマに関する評価結果	1-18
2. 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	
2. 2 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	
2. 3 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	
2. 4 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	
2. 5 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	
3. 評点結果	1-45
第2章 評価対象プロジェクト	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会における説明資料	2-2
参考資料1 評価の実施方法	参考資料 1-1

## はじめに

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「希少金属代替材料開発プロジェクト」の中間評価報告書であり、第28回研究評価委員会において設置された「希少金属代替材料開発プロジェクト」（中間評価）研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第30回研究評価委員会（平成23年11月24日）に諮り、確定されたものである。

平成23年11月  
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

「希少金属代替材料開発プロジェクト」

中間評価分科会委員名簿

(平成23年7月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	にいほら こういち 新原 皓一	長岡技術科学大学 学長
分科 会長 代理	はらだ こうめい 原田 幸明	独立行政法人物質・材料研究機構 元素戦略材料センター 元素戦略調査分析統括グループ グループ長
委員	いまなか のぶひと 今中 信人	大阪大学 大学院工学研究科 応用化学専攻 教授
	おかべ とおる 岡部 徹	東京大学 生産技術研究所 教授
	きのした まさはる 木下 正治	ニッタ・ハース株式会社 代表取締役社長
	これまつ こうじ 是松 孝治	工学院大学 工学部 機械系学科 教授
	だなか ひろひさ 田中 裕久	ダイハツ工業株式会社 プラットフォーム開発部 エンジン開発室 エグゼクティブ・テクニカル・エキスパート
	たなべ せつひさ 田部 勢津久*	京都大学大学院 人間環境学研究科 教授

敬称略、五十音順

注\*：実施者の一部と同一組織であるが、所属部署が異なるため（実施者：京都大学 大学院 工学研究科 材料化学専攻）「NEDO 技術委員・技術評価委員 規程(平成23年7月7日改正)」第34条（評価における利害関係者の排除）により、利害関係はないとする。

## 審議経過

### ● 第1回 分科会（平成23年7月1日）

#### 公開セッション

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法について
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明

#### 非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

#### 公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他、閉会

### ● 第30回研究評価委員会（平成23年11月24日）

## 評価概要

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

レアアース輸出停止問題は、広く希少金属を一般社会に知らしめたと同時に、希少金属資源の重要性について再認識をさせる結果をもたらした。これらレアメタルの鉱物資源は、技術立国である日本にとっては必要不可欠であり、また産業維持と経済安全保障上、極めて重要である。本プロジェクトは、これら背景から、極めてタイムリーかつ重要な取り組みであり、高く評価できる。また、先見性の高い優れたプロジェクトであり、「リスク」の視点から国が組織する意義の明確さと、その優位性を実証しつつある。元素を絞り込んだことにより、対象としている課題が明確になり成果につながりやすい体制構築が出来ており、これら目標をクリアする成果が得られつつあり、評価できる。

一方、本プロジェクトにおいては、特定の国の施策により目標設定の見直しが必要になる可能性があり、この点に関しては世界の経済・政治の動向を先取りした素早い対応を求めたい。また、産業界への普及ということを念頭におくならば、代替材料のコスト、品質、性能の3要素を充足する必要があるので、目標値として更に明確にすることが求められる。さらに、文科省との連携を強め基礎研究へのフィードバックで学術的成果や基礎的研究課題の構築にも還元できるような工夫を行い、実用化研究を通じた基礎力向上へのルートを作る努力を行うべきである。中間評価後、テーマごとの資金援助の強化など、メリハリの利いたマネジメントを期待する。

#### 2) 今後に対する提言

レアアースの輸出停止問題を発端に、レアメタルなどの鉱物資源が、技術立国日本にとって不可欠であり、産業の維持と経済安全保障上、極めて重要であることを印象づけた。「リスク」が「緊急ニーズ」になった現状を踏まえ、フレキシビリティをもった運営体制や予算措置の検討で、研究領域の拡大、並行するテーマの拡張などを可能とする取り組みを行うべきである。本プロジェクトの成果の実用化・事業化においては、特にコスト低減が重要と思われる。継続的な検討をお願いしたい。また、成果が出たものは広く公開して、中小企業でも活用できるよう低額の技術移転費用、技術指導などを含めた仕組みづくりもNEDOに期待する。希少金属の代替材料の開発、省資源化技術の開発、環境調和型のリサイクル技術の開発は今後も一層重要であり、今後の更なる発展が期待される。その先見性や進歩性について、日本が世界にむけて積極的に発信すべき取り組みである。

## 2. 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

国際競争力、技術立国政策の観点から、今後の日本企業の成長に必要で不可欠な国家的プロジェクトであると判断する。また、「シーズ」、「ニーズ」に対して「リスク」を組み込んだ画期的国家プロジェクトであり、その「リスク」の先見性が国際的資源問題の急速な展開の中で検証された歴史的な研究開発プロジェクトと言える。本プロジェクトは、きわめてタイムリーかつ重要であり、NEDO が先導的にプロジェクトを推進してきた点は高く評価できる。我が国は材料技術で工業製品の差別化を実現してきたという歴史的な強みがある。今回、このプロジェクトを推進することは、わが国の材料技術を更に高めることに寄与するものである。また、本プロジェクトの中で新しいサイエンスの萌芽も感じられ、今後の技術の拡がりも楽しみである。

一方、海外の追従もある分野であり、さらなる努力が必要と判断する。経験的なアプローチではなく解析的なアプローチに立脚した、材料設計、材料構造解析などをきちんとおこない、レアアース削減の理論的指針を確立することを望む。

### 2) 研究開発マネジメントについて

研究開発マネジメントについて、研究開発目標や計画については全体的に妥当性あり、内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されている。基礎部分を文科省が分担し、比較的短期の実用化目標を設定したテーマ構成としたことが、緊急性に対して多くの即応力のある成果を生み出す背景となっている。一方でシーズの芽もいくつも見られ、長期的な底力の形成も同時に可能であることを示している。また、具体的な元素を絞り込んだ戦略的な目標設定がなされており、高く評価できる。実施者の選定も適切であり、企業連携体制や責任体制が構築され、各実施テーマとも成果の実用化、事業化につながる体制が組み立てられており、死の谷を経ずに実用化できることが期待できる。

一方、目標達成へのストーリーが明確なものと、発散的でぼやけているものがある。要素技術の優先度付けについてよく吟味する必要がある。一部のテーマでは、各分担チームの連携が少ない。NEDO が中心となって、全体的な連携がとれているテーマとなるよう努力するべきである。なお、世界的な経済状況や政策の変化に伴いレアメタル資源の逼迫状況が変化する。世界の経済・社会の動向を先読みした計画の必要な見直しをお願いしたい。



### 3) 研究開発成果について

ほとんどすべての研究テーマに関し、中間目標の成果は目標値をクリアしており、各チームとも最終目標を突破するための課題とその解決と道筋が明確にされており、目標達成は可能と判断する。この成果は技術的に世界最高水準のものが多く、学術的にも新たなシーズを生み出す端緒になるものも得られており、高く評価できる。

しかしながら、技術的成果が短期間に求められていることも関係し、社会的および学問的意味での成果のアピールポイントが不鮮明になっている。社会的インパクトとしては上市だけでなく、技術開発能力としての国際的アピールも重要であり、テーマ設定や成果の見せ方にひと工夫がいる。特にこれらは世界的に先行している技術であり、国際特許及び国際標準化がより積極的に取り組まれるべきであり今後強める必要がある。特に、加速試験など試験方法の国際標準化はもっと重視する必要がある。材料については、特許をきちんと抑えておくということが必須であり、さらに特許化、権利化について強化していくことが求められる。

### 4) 実用化、事業化の見通しについて

国プロとして技術が一過性のものではなく、持続的かつ発展的であるための仕掛けとして民間・大学・公的研究機関のチームワークが重要であり、特に利用側の企業の参加がフォーメーションとして積極的に見えている部分では実用化への意気込みは高く、実用化が大いに期待できる。また、産業界への波及という意味で、成果の波及効果が提示されていることは心強い。成果の波及効果をきちんと出すためには、NEDOとしてのPRも重要である。

一方、本プロジェクトにおいては、特定の国の施策に影響される可能性があり、その成果を実用化する場合、市場規模の予測とコスト低減レベルに関して継続的な見直し、検討が必要である。また、実用化、事業化へのシナリオの観点ではまだ不十分であり、リスク管理という点でもっと検討が必要である。さらにテーマ設定時より緊急性が高くなっているが、特に利用側からの企業の参加が弱い場合は、実用化が現実の問題に間に合わない可能性も懸念される。アドバイザーなどの形態でも利用側の企業が新たに参画し実用化に向けて意見交換ができるような取り組みを考える必要がある。同時に、技術開発の指導原理を明確にし、メッセージ性を持たせ、その周辺の企業群や関連領域に対する波及効果の形成を意図的に進めることが求められる。

## 研究評価委員会におけるコメント

第30回研究評価委員会（平成23年11月24日開催）に諮り、本評価報告書は確定された。研究評価委員会からのコメントは特になし。

## 研究評価委員会

委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所 属、役 職
委員長	西村 吉雄	学校法人早稲田大学大学院 政治学研究科 (科学技術ジャーナリスト養成プログラム) 客員教授
委員長 代理	吉原 一紘	オミクロンナノテクノロジージャパン株式会社 最高顧問
委員	安宅 龍明	一般社団法人ナノテクノロジービジネス推進協議会 企画運営推進会議 (オリンパス株式会社 未来創造研 究所) 副議長 (コーディネーター)
	五十嵐 哲	学校法人工学院大学 工学部 応用化学科 教授
	伊東 弘一	学校法人早稲田大学 理工学術院総合研究所 客員教授 (専任)
	稲葉 陽二	学校法人日本大学 法学部 教授
	尾形 仁士	三菱電機エンジニアリング株式会社 相談役
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 教授
	佐久間一郎	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻 教授
	佐藤 了平	国立大学法人大阪大学 大学院 学研究化マテリアル 生産科学専攻 (システムデザイン領域担当) 教授
	菅野 純夫	国立大学法人東京大学大学院 新領域創成科学研究科 メディカルゲノム専攻 教授
	架谷 昌信	学校法人愛知工業大学 工学部機械学科 教授・総合技術研究所所長
	宮島 篤	国立大学法人東京大学 分子細胞生物学研究所 教授

## 第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の「○」「●」「・」が付された箇条書きは、評価委員のコメントを原文のまま、参考として掲載したものである。

## 1. プロジェクト全体に関する評価結果

### 1. 1 総論

#### 1) 総合評価

レアアース輸出停止問題は、広く希少金属を一般社会に知らしめたと同時に、希少金属資源の重要性について再認識をさせる結果をもたらした。これらレアメタルの鉱物資源は、技術立国である日本にとっては必要不可欠であり、また産業維持と経済安全保障上、極めて重要である。本プロジェクトは、これら背景から、極めてタイムリーかつ重要な取り組みであり、高く評価できる。また、先見性の高い優れたプロジェクトであり、「リスク」の視点から国が組織する意義の明確さと、その優位性を実証しつつある。元素を絞り込んだことにより、対象としている課題が明確になり成果につながりやすい体制構築が出来ており、これら目標をクリアする成果が得られつつあり、評価できる。

一方、本プロジェクトにおいては、特定の国の施策により目標設定の見直しが必要になる可能性があり、この点に関しては世界の経済・政治の動向を先取りした素早い対応を求めたい。また、産業界への普及ということ念頭におくならば、代替材料のコスト、品質、性能の3要素を充足する必要があるため、目標値として更に明確にすることが求められる。さらに、文科省との連携を強め基礎研究へのフィードバックで学術的成果や基礎的研究課題の構築にも還元できるような工夫を行い、実用化研究を通じた基礎力向上へのルートを作る努力を行うべきである。中間評価後、テーマごとの資金援助の強化など、メリハリの利いたマネジメントを期待する。

#### 〈肯定的意見〉

- 国家プロジェクトとして妥当な目標が設定され、また、これらの目標をクリアする成果も得られつつある。
- 全体的に、先見性の高い優れたプロジェクトであり、「リスク」の視点から国が組織する意義の明確さとその優位性を実証しつつある。また、文科省との連携と分担がテーマの目標設定をより鮮明にし、解答力のある成果を生み出しつつある。
- 中間目標まででも大きな成果が出ているので最終目標に向けて大いに期待したい。
- とてもタイムリーかつ重要なプロジェクトを推進しており、成果も上がっているため問題はない。
- 希少金属代替材料開発プロジェクトは現下の日本の産業界の状況を鑑みるに、時宜に適したものであると評価できる。対象としている材料も適切である。

- プロジェクト全体はうまく機能しつつあり、技術開発と同時に新しいサイエンスの萌芽が感じられ、成果が楽しみである。また元素を絞り込んだことにより、課題が明確になり成果につながりやすい体制構築が来ている。
- 着実な進捗が伺える。
- 概ね良好。

〈問題点・改善すべき点〉

- 本プロジェクトにおいては、特定の国の施策により目標設定の見直しが必要になる可能性があると思われる。この点に関して、世界の経済・政治の動向を先取りした素早い対応を求めたい。
- 公的な発表を含め、社会への説明責任をより一層自覚して頂きたい。実用化して初めて評価されることをさらに認識して頂きたい。
- 対象とする分野や対象とする希少金属材料については、さらに多角的かつ流動的な検討を行い、本当に重要な希少金属の使用量削減やリサイクルに注力すべきかもしれない。
- ①即応性、拡張性：先見性では優れているが緊急性への対応は一部しか取られておらず、フレキシビリティをもった運営が可能な運営体制にするなどより一層の緊急性対応能力を持つことが望まれ、リスクがニーズに転化した段階での研究領域の拡大、並行するテーマの拡張なども可能な措置を取れるようにすべきである。②メッセージ性：技術要素の開発とその実用化は進んでいるが、技術自体の強みを世界に喧伝できるようなメッセージ性には乏しい。個別テーマおよび全体それぞれについて「この技術を NEDO で開発した」と一言で言い表せるような課題と成果の整理が必要である。③基礎還元性(底力育成性):せっかくの文科省との連携であるが、テーマが動き出した後の連携が弱い。その連携を強め基礎研究へのフィードバックで学術的成果や基礎的研究課題の構築にも還元できるような工夫を行い、実用化研究を通じた基礎力向上へのルートを作る努力を行うべきである。④国際戦略性：国際標準化、国際特許等国際的な技術戦略としての位置づけが各テーマ任せになっているように見える。特に国際標準化についてはより強力な指導力の発揮が必要ではないか。
- 産業界への普及ということを念頭におくならば、代替材料のコスト、品質、性能の3要素を充足する必要があるので、目標値として明確にすることが求められる。
- 元素の種類により、また代替か削減かの差により技術の難易度が大きく異なってくる。この辺りは横並び評価ではなく、それぞれの状況に応じた評価や、チャレンジを促すボーナス評価などの指標作りも今後必要かと思う。

難易度の低いテーマや取り組み方は実用化の可能性が高いので重要ではあるが、国プロとして取り上げるのがふさわしいかどうかはやや疑問である。

- ⑦-1 について、理論計算グループと実験実証グループ、生産現場のコミュニケーション不足が伺える。計算結果の妥当性についてプロジェクト内での情報交換をより進める必要がある。

〈その他の意見〉

- ・ このプロジェクトを通してわが国の材料技術の更なるレベルアップを期待したい。
- ・ 本プロジェクトにおいては、特許獲得に関しての戦略が重要と思われる。各チームを超えた立場での方針を打ち立てる必要が有るのではと思われる。
- ・ ものづくり日本の「技術からの国際経済・国際政治への挑戦」として、より戦略的に位置づけて進めることが肝要である。
- ・ 中間評価後、後半の実施においてはテーマごとに資金援助の強化など、メリハリの利いたマネジメントを期待する。

## 2) 今後に対する提言

レアアースの輸出停止問題を発端に、レアメタルなどの鉱物資源が、技術立国日本にとって不可欠であり、産業の維持と経済安全保障上、極めて重要であることを印象づけた。「リスク」が「緊急ニーズ」になった現状を踏まえ、フレキシビリティをもった運営体制や予算措置の検討で、研究領域の拡大、並行するテーマの拡張などを可能とする取り組みを行うべきである。本プロジェクトの成果の実用化・事業化においては、特にコスト低減が重要と思われる。継続的な検討をお願いしたい。また、成果が出たものは広く公開して、中小企業でも活用できるよう低額の技術移転費用、技術指導などを含めた仕組みづくりもNEDOに期待する。

希少金属の代替材料の開発、省資源化技術の開発、環境調和型のリサイクル技術の開発は今後も一層重要であり、今後の更なる発展が期待される。その先見性や進歩性について、日本が世界にむけて積極的に発信すべき取り組みである。

### 〈今後に対する提言〉

- ・ 「リスク」が「緊急ニーズ」になった現状を踏まえ、フレキシビリティをもった運営が可能な運営体制や予算措置の検討で、より一層の緊急性対応能力を持つことが望まれ、リスクがニーズに転化した段階での研究領域の拡大、並行するテーマの拡張なども可能な措置を取れるようにすべきである。その際、上記に記した、メッセージ性、基礎還元性、国際戦略性を強める取り組みが求められる。
- ・ 一連の開発プロジェクトは、世界的にみても日本が世界をリードしている技術開発であり、また、これらを支援しているNEDOの取り組みも、先見性や進歩性について世界にむけて日本が積極的に発信すべき取り組みである。希少金属の代替材料の開発、省資源化技術の開発、環境調和型のリサイクル技術の開発は今後も一層重要となるので、今後の更なる発展が期待される。
- ・ 本プロジェクトの成果の実用化・事業化においては、特にコスト低減が重要と思われる。継続的な検討をお願いしたい。
- ・ より一層の情熱と努力で実用化まで邁進して頂きたい。
- ・ NEDOプロジェクトで成果が出たものは、広く公開して、中小企業でも活用できるように仕組みづくりをお願いしたい。低額の技術移転費用、技術指導なども含めて。
- ・ プロジェクト実施前の成果も明らかにし、研究者の所属機関における公表論文【マスコミ報道や社内報など】を詳細に示すことで、NEDO 資金投入



による成果を透明化する。

- ・ 本事業で生まれた新材料・新技術等の安全性・環境負荷といった評価は、開発実施者や民間企業だけでは荷が重いと想像される。広く実用化されるためには、これら社会受容性に関する評価サポートもお願いしたい。
- ・ 外国人研究員の参加による知的財産流出の防ぐ手立てがあると良いが、保護は難しいかもしれない。

#### 〈その他の意見〉

- ・ 大学等の公的研究機関での研究開発における留学生の関与に関して統一的な方策を構築する必要があるのではと思われる。
- ・ レアアースの輸出停止問題は、広く一般社会に対しても、レアメタルなどの鉱物資源が技術立国日本にとって不可欠であり、産業の維持と経済安全保障上も極めて重要であることを強く印象づける象徴的な事例となった。この結果、産業界だけでなく、一般社会の多くの人々が、レアアースやレアメタルという言葉を目にするようになり、同時に、稀少金属資源の重要性を再認識した。こうした意味では、今回の NEDO の「希少金属代替材料開発プロジェクト」は、極めてタイムリーかつ重要な取り組みであり、高く評価できる。

## 1. 2 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

国際競争力、技術立国政策の観点から、今後の日本企業の成長に必要で不可欠な国家的プロジェクトであると判断する。また、「シーズ」、「ニーズ」に対して「リスク」を組み込んだ画期的国家プロジェクトであり、その「リスク」の先見性が国際的資源問題の急速な展開の中で検証された歴史的研究開発プロジェクトと言える。本プロジェクトは、きわめてタイムリーかつ重要であり、NEDO が先導的にプロジェクトを推進してきた点は高く評価できる。我が国は材料技術で工業製品の差別化を実現してきたという歴史的な強みがある。今回、このプロジェクトを推進することは、わが国の材料技術を更に高めることに寄与するものである。また、本プロジェクトの中で新しいサイエンスの萌芽も感じられ、今後の技術の拡がりも楽しみである。

一方、海外の追従もある分野であり、さらなる努力が必要と判断する。経験的なアプローチではなく解析的なアプローチに立脚した、材料設計、材料構造解析などをきちんとおこない、レアアース削減の理論的指針を確立することを望む。

#### 〈肯定的意見〉

- 今回のプロジェクトはわが国が抱えている希少金属の入手難を如何に解決していき、わが国の産業の持続的発展に寄与するという観点から、時宜を得たプロジェクトであるとおもう。日本は従来から材料技術で工業製品の差別化を実現してきたという歴史的な強みがあるので、この希少金属についてもその応用面で多くの成果をあげている。今回、このプロジェクトを推進することは、わが国の材料技術を更に高めることに寄与するものと思う。
- いずれのプロジェクトも時機を得たものであり、我が国の国際競争力、国際貢献に寄与するところ大となり得る可能性を有している。
- NEDO の事業としては、従来にない大きな成果が得られつつあり、今後の日本企業の成長に必要で不可欠な国家的事業であると判断する。
- これまでの、「シーズ」、「ニーズ」に対して「リスク」を組み込んだ画期的国家プロジェクトであり、その「リスク」の先見性が国際的資源問題の急速な展開の中で検証された歴史的研究開発プロジェクトと言える。また、国際的にも他国の追従を許さない近年にないジャパンアズナンバーワンプロジェクトになっている。
- 近年、中国などによる資源ナショナリズムの影響を受け、レアメタルの供給危機が現実のものとなりつつあり、日本の産業界に大きな影響を及ぼす

事態となっている。このような状況下で、希少金属代替材料開発プロジェクトは、きわめてタイムリーかつ重要であり、NEDO が主体となって、先導的にプロジェクトを推進してきた点は高く評価できる。

- 希少金属代替材料は常に求められているが、NEDO 事業として取り上げることは、研究開発を加速し、内外の情勢に適合したものである。特に、ディーゼル乗用車における白金使用量低減技術が完成すれば、日本の市場規模が大きく、展開によっては大きな経済効果がある。
- 資源の制約を技術開発にて解決しようというプロジェクトは公共性が高く、国際競争力、技術立国政策の観点から、国プロにふさわしい事業だと判断する。また本事業の中で新しいサイエンスの萌芽も感じられ、今後の技術の拡がりを楽しみである。
- 全て NEDO の関与が必要とされる事業と判断する。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 「リスク」が「緊急ニーズ」に転化した現段階で、それに合わせた事業目標の拡張や変更などの機能を十分には内包しておらず、短期間での成果の事業展開や課題の緊急性に合わせた重点化などの対応能力は不十分なシステムにしかなく、弱さがある。
- 海外の追従もある分野であり、さらなる努力が必要と判断する。
- 現在の個別プロジェクトの意義等について、妥当性はあるが、対象とする分野や対象とする希少金属材料については、さらに多角的かつ流動的な検討を行い、本当に重要な希少金属の使用量削減やリサイクルに注力すべきかもしれない。
- 特許獲得に関して様々な意見が有る事は理解しているが、この問題を如何に突破するかを、各チームを超えた課題として検討いただきたい。
- 大きな目標の研究開発は既に実績のある内容と本当に挑戦的な内容が混在している。前者が大きいと、開発済みの技術に投資することになり、予算が有効に使用されないことになる。
- 企業の立場からいえば、このようなプロジェクトでは、経験的なアプローチではなく解析的なアプローチに立脚した、材料設計、材料構造解析などをきちんと行って、レアアース削減の理論的指針を確立してくれることを望みたい。また、42 億円という資金をかけて、プロジェクトを運用するのであるから、実用化がきちんとできていることの検証、フォローアップの仕組みも必要ではないか。
- 現実的にはレアメタル代替だけでなく使用量低減とのベストミックスという説明がなされていたが、使用量低減だけでは民間活動でも十分に改善

可能。NEDO の強い指導力によりレアメタル代替の精神は貫いていただきたい。

〈その他の意見〉

- ・ 初期の目標が期間前に突破できる可能性が生じた場合には、最終目標の見直しをお願いしたい。諸外国の施策に依存する目標設定に関しては、この点を特にお願いしたい。特に、実用化・事業化に関しては、適宜見直しをお願いしたい。
- ・ NEDO 側からも調査を行い危機管理もすすめられていることが良く伺える。ぜひ、より正確な予測のもとでの的確な指針を進めて頂きたい。

## 2) 研究開発マネジメントについて

研究開発マネジメントについて、研究開発目標や計画については全体的に妥当性あり、内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されている。基礎部分を文科省が分担し、比較的短期の実用化目標を設定したテーマ構成としたことが、緊急性に対して多くの即応力のある成果を生み出す背景となっている。一方でシーズの芽もいくつも見られ、長期的な底力の形成も同時に可能であることを示している。また、具体的な元素を絞り込んでの戦略的な目標設定がなされており、高く評価できる。実施者の選定も適切であり、企業連携体制や責任体制が構築され、各実施テーマとも成果の実用化、事業化につなげる体制が組み立てられており、死の谷を経ずに実用化できることが期待できる。

一方、目標達成へのストーリーが明確なものと、発散的でぼやけているものがある。要素技術の優先度付けについてよく吟味する必要がある。一部のテーマでは、各分担チームの連携が少ない。NEDO が中心となって、全体的な連携がとれているテーマとなるよう努力するべきである。なお、世界的な経済状況や政策の変化に伴いレアメタル資源の逼迫状況が変化する。世界の経済・社会の動向を先読みした計画の必要な見直しをお願いしたい。

### 〈肯定的意見〉

- 先見性ととともに、基礎部分を文科省に分担させ、比較的短期の実用化目標を設定したテーマ構成としたことが、緊急性に対して多くの即応力のある成果を生み出す背景となっている。特に、出口側の企業が積極的に参加しているテーマではその効果が顕著に表れている。一方で長期的視点からのシーズの芽もいくつも見られ、単に即応力だけでなく、長期的な底力の形成も同時に可能であることを示している。
- 研究開発チーム構成での実施体制は概ね適切と判断する。
- 研究開発目標や計画については全体的に妥当性あり、内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されている。開発目標の定量的な設定や目標達成度を測定・判断についても、うまく行われているように思われる。
- 一般にレアメタルの定義も極めて広義で流動的である中、具体的な元素を絞り込んでの戦略的な目標設定がなされており高く評価できる。テーマおよびその実施者の選定も適切であり、各実施グループとも成果の実用化、事業化につなげる体制が組み立てられており、死の谷を経ずに実用化できることが期待できる。
- おおむね、妥当な目標設定がされていると判断できる。また、実用化に向けての企業連携体制も提示されているので、責任体制は構築されていると

思う。

- 白金族の代替技術は高く評価できる。プラズマはいろいろな場面で効果的であるとの報告がある。ここでは、間歇的にプラズマをつかい、低温域でも NO<sub>x</sub> 低減効果が認められる点は注目に値する。
- 計画見直しの方針に関しては、現状では特に問題は無いと判断する。
- 触媒、研磨のプロジェクトはよく取り組んでいると認められる。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 情勢変化への対応で大きな弱点がある。ひとつは、後続すなわちリスク意識が低くも情勢変化でニーズが明確となった企業群の参加の形態である。これらを問題意識の低さと切り捨てるのではなく、先行の権益は保護しつつあらたに門戸を開放し、それにより実用化の加速と、より根本的な技術開発要素の抽出に充てるべきであるが、そのようなシステムが十分に検討されていない。いまひとつは、テーマの拡張へのフレキシビリティである。これは二つあり、既存のテーマにさらにグループを拡張できるようにすることと、別テーマを併存させることがある。後者は本評価の枠外かもしれないが、単年度ではなく現行の 3-5 年のスパンがなければ本制度のような優れた成果は出ないであろう。むしろ、単年度の拡張は既存テーマに幅を与えるような形を考えておくべきではないか。
- 公的な発表（原著論文）が乏しい事業もあり、改善を期待する。
- 一部のプロジェクトによっては、各分担チームの連携が少ないように思われる。詳細はわからないが、単にばらばらに研究を進めており、それらを報告時にまとめているだけのプロジェクトもあるかもしれない。無理のない範囲で、NEDO が中心となって、全体的な連携がとれているプロジェクトとなるよう努力するべきかもしれない。
- 特許獲得の世界戦略が各チームで統一されていない様に思われる。この点のマネジメントをお願いしたい。
- 研究開発マネジメントについて、目標達成へのストーリーが明確なものと、発散的でぼやけているものがある。テーマを構成する要素技術の数が多いものは、発散的である。要素技術の優先度付けについてよく吟味する必要があると思う。排ガス浄化⑥-2、セリウム⑦-2、蛍光体⑧のそれぞれのテーマはストーリーがわかり易いが、他の 2 件は要素技術の相互関連性が分かりにくかった。⑥-1 については、数値目標の達成に向けて、どの要素技術をどのように寄与させていくかの道筋の説明が乏しかったように思う。⑦-1 については、技術開発項目が多すぎて、相互の関連性が分からなかった。必ずしもストーリーのわかり易いものが、目標達成の確率が高いとい

うことではないが、数多くある技術開発項目の中で目標達成に対して優先度の高いものが何であり、その理由は何である、難易度はどれくらいかなどについては、リーダのマネジメントとしての力量が問われるものである。したがって、明解なストーリーを示せるようにさらに努力して欲しい。

- 世界的な経済状況や政策の変化に伴いレアメタル資源の逼迫状況が変化しがちである。短期・即効的に取組むべきものと、長期スパンで地道に継続すべきものを選別しても良いのではないかという感想を持った。一部にプロジェクトのねらいにリンクしない評価条件での研究が見られた。改善の指導をお願いしたい。
- 目標値を、製品の機能【NO<sub>x</sub>を規制値をクリアーなど】として、使用白金族を現状の50%削減というと、現状が悪い〈白金消費量が多い〉ほうが削減が容易になるのではないか。
- 蛍光体のプロジェクトは、より緊密な連携が必要。蛍光体、触媒プロジェクト共、計算グループと現場の情報共有が必要。

#### 〈その他の意見〉

- ・ 世界の経済・社会の動向を先読みした計画見直しをお願いしたい。国家プロジェクトに於いては、特にこの点が重要と思われる。

### 3) 研究開発成果について

ほとんどすべての研究テーマに関し、中間目標の成果は目標値をクリアしており、各チームとも最終目標を突破するための課題とその解決と道筋が明確にされており、目標達成は可能と判断する。この成果は技術的に世界最高水準のものが多く、学術的にも新たなシーズを生み出す端緒になるものも得られており、高く評価できる。

しかしながら、技術的成果が短期間に求められていることも関係し、社会的および学問的意味での成果のアピールポイントが不鮮明になっている。社会的インパクトとしては上市だけでなく、技術開発能力としての国際的アピールも重要であり、テーマ設定や成果の見せ方にひと工夫がいる。特にこれらは世界的に先行している技術であり、国際特許及び国際標準化がより積極的に取り組まれるべきであり今後強める必要がある。特に、加速試験など試験方法の国際標準化はもっと重視する必要がある。材料については、特許をきちんと抑えておくということが必須であり、さらに特許化、権利化について強化していくことが求められる。

#### 〈肯定的意見〉

- 各チームとも最終目標を突破するための課題が明確にされており、目標達成は可能と判断する。
- 中間段階では概ねクリアしていると判断できる。今後の最終目標までの進展が期待される。
- ほとんどすべての研究テーマに関し、中間目標の成果は目標値をクリアしており、全体としての目標達成は十分であると考えられる。また、最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示されており、プロジェクトは妥当であると考えられる。
- それぞれのテーマで課題設定と目標に合致した成果が得られ、中間目標を達成し予定を凌ぐ勢いで最終目標に向かっている。この成果は技術的に世界最高水準のものが多く、学術的にも新たなシーズを生み出す端緒になるものも得られている。
- 今回の中間評価の時点では、目標値に対して、要素技術の開発段階で達成しているかどうかの判断が求められたが、おおむね、中間目標値を達成していると認められると思う。また、資源配分についても妥当と思う。希少金属代替材料開発というこのプロジェクトが成功した暁には、日本の技術レベルの高さを再び誇示できることになると思うし、国内の工業面で大きな寄与ができると思う。このためには、成果をプロジェクト企業だけにとどまらず、広く国内の企業にも活用させる方策をとることが求められる。



- 論文、特許、講演発表、依頼総説論文など成果は多い。
- 中間時点での成果は着実に現れているという印象を持てた。同時に成果につなげていくための新しいサイエンスの萌芽も感じられる点が特に高く評価できる。資源・ナノテクノロジー分野において国際的な競争力・指導力を維持するために本事業のような国プロは極めて重要だとの印象を強く持った。
- およそ目標値はクリアしているといえる。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 技術的成果が短期間に求められていることも関係し、社会的および学問的意味での成果のアピールポイントが不鮮明になっている。社会的インパクトとしては上市だけでなく、技術開発能力としての国際的アピールも重要であり、テーマ設定や成果の見せ方にひと工夫がいる。特にこれらは世界的に先行している技術であり、国際特許及び国際標準化がより積極的に取り組まれるべきであり今後強める必要がある。特に、加速試験など試験方法の国際標準化はもっと重視する必要がある。
- 今回は特許性、新規性についての議論が何件か出されたが、ちょっと不十分に思えた。材料については、特許をきちんと抑えておくということが必須であるので、さらに特許化、権利化について強化していくことが求められる。
- 成果の特許化と公表に関して、強く独占的な特許は国益や企業利益を生むが技術拡大が難しく、論文公開は技術の拡がりや発展に貢献するが権利保護にはマイナス面も生じやすい。この矛盾した命題について、民間企業の自前開発と国プロとでは基本姿勢が違うのか同じなのか、大変難しい問題とを感じる。継続的かつ創造的な議論が必要と痛感している。
- 各チームで成果の公表が統一されていない様に思われる。国家プロジェクトなので、この点の改善・加速をお願いしたい。
- 原著論文の発表が研究内容を踏まえ、乏しい事業が見受けられる。改善を希望する。
- 審査のない講演発表の数が多すぎる分野がある、厳しい審査で国際的に通用する論文誌・会誌などのへ投稿する数を増やすことが望まれる。
- 知的財産戦略が不明。

#### 〈その他の意見〉

- ・ 成果の一般向きの公表に関して、各チームの取り組みが違うように思われます。この点に関しての強い指導が必要ではと思う。

- 現時点では、知的財産権等の取得及び標準化の取組については、評価できない。
- 各テーマとも、推進委員会において第三者の意見、評価を受けるような仕組みを作っているので、これらは実用化にあたっては、活用できるようにした方がいい。

#### 4) 実用化、事業化の見通しについて

国プロとして技術が一過性のものではなく、持続的かつ発展的であるための仕掛けとして民間・大学・公的研究機関のチームワークが重要であり、特に利用側の企業の参加がフォーメーションとして積極的に見えている部分では実用化への意気込みは高く、実用化が大いに期待できる。また、産業界への波及という意味で、成果の波及効果が提示されていることは心強い。成果の波及効果をきちんと出すためには、NEDOとしてのPRも重要である。

一方、本プロジェクトにおいては、特定の国の施策に影響される可能性があり、その成果を実用化する場合、市場規模の予測とコスト低減レベルに関して継続的な見直し、検討が必要である。また、実用化、事業化へのシナリオの観点ではまだ不十分であり、リスク管理という点でもっと検討が必要である。さらにテーマ設定時より緊急性が高くなっているが、特に利用側からの企業の参加が弱い場合は、実用化が現実の問題に間に合わない可能性も懸念される。アドバイザーなどの形態でも利用側の企業が新たに参画し実用化に向けて意見交換ができるような取り組みを考える必要がある。同時に、技術開発の指導原理を明確にし、メッセージ性を持たせ、その周辺の企業群や関連領域に対する波及効果の形成を意図的に進めることが求められる。

#### 〈肯定的意見〉

- 各チームにおいて、目標を突破する成果が得られており、最終目標の達成は可能と判断する。
- 利用側の企業の参加がフォーメーションとして積極的にみえている部分では実用化への意気込みは高く、それに合致した成果と結びついている。また、関連する市場からの要望が急速に強くなっているが、それらの期待感に応えることのできる成果も多数得られており、この緊急ニーズと成果を結びつけることでより一層の実用化促進が期待できるものが多い。
- 成果の、関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できる。
- 成果を実用化できる可能性が高いものとそうでないものがあるが、全体的に、良い方向に進んでいると思われる。社会的な意義も大きい。本プロジェクトが実用化できるかどうかは、技術開発の進展だけでなく、社会的な情勢にも大きく影響をうけるため、あまり実用化や国際標準化に固執するべきではないかもしれない。
- 産業界への波及という意味で、成果の波及効果が提示されていることは心強いと思う。波及効果をきちんと出すためには、成果のPRも重要なので、NEDOとしてしっかりお願いしたい。
- 日本ではほとんど普及していないディーゼル乗用車が普及するきっかけ

になると期待する。欧州のレベルまで普及すれば CO2 問題が解決する可能性がある。

- 国プロとして技術が一過性のものではなく、持続的かつ発展的であるための仕掛けとして民間・大学・公的研究機関のチームワークが重要と思う。そういう意味では各研究グループとも十分な協力体制が出来ており、実用化が大いに期待できる。
- 触媒と研磨プロジェクトは事業化までのシナリオが描けているとあってよい。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 特定の国の施策に影響される可能性のある本プロジェクトにおいて、その成果を実用化する場合、市場規模の予測とコスト低減レベルに関して継続的な見直し、検討が必要と思われる。
- テーマ設定時より緊急性が高くなっているが、特に利用側からの企業の参加が弱い場合は実用化に向けたスケジューリングの加速が弱いものがあり、現実の問題に間に合わない可能性も懸念される。アドバイザーなどの形態でも利用側の企業が新たに参画し実用化に向けて意見交換ができるような取り組みを考える必要がある。同時に、現状のままでは技術開発内容についてのメッセージ性が弱く、開発された技術の指導原理を明確にしてメッセージ性を持たせ、その周辺の企業群や関連領域に対する波及効果の形成を意図的に進めることが求められる。
- 実用化、事業化へのシナリオはまだ不十分に思える。これから 2 年間で実用化へのプロセスを実施していくわけだが、リスク管理という点でももっと検討が必要と思う。すなわち、製品開発、プロセス開発のいずれにおいても、その初期の原理検証段階から、プロトタイプ実現段階、そして実用化・商品化段階へと進んでいく。このとき、それぞれの段階への移行工程で各種の問題が発生する。原理からプロトタイプへの移行では、実験室レベルではできていたものが、実際の使用環境下で試験すると初期の性能を出せなかったりする。今回の中間報告の時点では要素技術ができた段階のものがほとんどなので、これからプロトタイプに移行することになり、課題がどんどん出てくると思われる。5つのテーマのなかで、企業が主導して企業で実用化までやるとしているものについては、このプロトタイプへの移行工程、更にはそこから実用化への工程を組織知として蓄積しているので、事業化までのシナリオが画けていると考えられる。一方、国の機関がリーダーとなっているテーマでは、新規の技術が多いのと参画メンバーが多いことで、実用化までの工程で予期せぬことが多々起こると思う。開発

された技術のプロセスマージンが狭いものは実用化の点ではかなり難しいということを念頭において、次善の策を常に用意していただきたい。

- 期待をより確実なものにして頂きたい。
- 燃料電池との白金消費量比較は行なう必要があるのでは？
- 国際標準化のための活動は、中間評価時点ではあまり意識できていなかったように思える。今後の技術開発に合わせた活動が必要。
- 蛍光体プロジェクトは、削減目標が達成できるか疑問。

〈その他の意見〉

- ・ 今回の成果発表において諸外国の動向に関する報告が不十分であった。
- ・ 社会的な波及効果は十分あると思われる。

## 2. 個別テーマに関する評価結果

### 2. 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 ⑥- 1

#### 1) 成果に関する評価

研究開発の各要素技術の全てにおいて、初期の計画通りの成果が得られている。今回開発した、PGM (Platinum Group Metal) と Fe 化合物を基材に担持し、貴金属粒子のシングルナノ粒子を排ガス浄化触媒に利用する手法は、白金族金属の使用量を大幅に低減する技術として極めて重要かつ有意義であり、実用的な観点からの選択としては正しい。白金触媒の粒子サイズ効果や、プラズマによる NO<sub>x</sub> 吸着脱離などいくつかの新しい知見を得ることにも成功している点は高く評価できる。

一方、最終的なディーゼルエンジンの排ガス浄化システムで、これらの要素技術をどのように統合させていくのかについて今回の説明では示されていない。モデルガス評価・実エンジンベンチ評価ともガソリンエンジン条件で実施されており、一連の実験結果が、目指すディーゼル排気システムの貴金属低減に直接的に役立つかどうか、現時点で判断することは困難といえる。Fe ペロブスカイトと PGM の組み合わせによる触媒効果のメカニズム、役割など科学的な背景がまだ不明確であり、大学の理論面での役割を強め、触媒設計の型で知識化をすすめる努力を強めるべきである。また、本テーマの成果をアピールする事も重要であり、論文としての発表も必要である。貴金属低減に繋がり得る技術として、継続的な研究と、さらなる発展を期待したい。

#### 〈肯定的意見〉

- 中間目標は「触媒材料および触媒システムに関する要素技術の確立」である。これに対し、目標として掲げた 4 つの要素技術の開発は予定通りに進捗していると思える。要素技術そのものについては、このプロジェクトで初めて行ったものだけではなく、既に実施担当企業で研究が進められていたものもベースにあると思われるので、比較的实现の可能性が高かったと推察される。ナノ Fe 化合物触媒の構造、新規性については、議論の分かれるところと思われるが、実用的な観点からの選択としては正しいのではないか。
- 研究開発の各事項の全てにおいて、初期の計画通りの成果が得られており、最終目標の達成は可能と判断する。
- 鉄系ペロブスカイトを中心に触媒システムの要素技術の開発という中間目標は達成されてきている。高分散の効果、粒径依存性、元素置換効果などのパラメータも把握されつつある。
- 触媒材料をより安定な LaFeO<sub>3</sub> に変えており、熱力学的にも優れている

と考えられる。ガソリン車にも適用可能であるとのことであり、期待できる。

- 遷移元素による白金代替の有力候補 CZ 酸化物のナノ粒子間にナノサイズの Fe 化合物を高分散配置したものに関する研究である。一般的な Fe の化合物であるところが意外性を持っている。耐久性試験を行い特性が変化しないところまで確認しており、今後の更なる研究・開発による実用化が期待できる。
- 大変重要かつ興味深い研究であり、白金触媒のプロパン酸化の比活性に対する粒子サイズ効果や、プラズマによる NO<sub>x</sub> 吸着脱離などいくつかの新しい知見を得ることにも成功している点は高く評価できる。これらは即時的に効果を発揮するものではないが、貴金属低減に繋がり得る技術として、継続的な研究とさらなる発展を期待したい。
- PGM と Fe 化合物を基材に担持し、基材を仕切って微粒子構造を維持しながら貴金属粒子のシングルナノ粒子を排ガス浄化触媒に利用する手法は、白金族金属の使用量を大幅に低減する技術として極めて重要かつ有意義と思われる。
- 高分散 Fe 系新触媒の開発に成功している。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- ペロブスカイトの役割など科学的な背景がまだ不明確で、せつかくの条件把握が部分最適に陥る危険性をまだもっている。大学の理論面での役割を強め、触媒設計の型で知識化をすすめる努力を強めるべきである。
- プラズマのより有効な使い方を考えていけばより効率があがることが期待できる。
- Fe ペロブスカイトと PGM の組み合わせことによる触媒効果のメカニズムを明らかにしたほうが良い。
- ディーゼル車向け LNT システムの開発という目標に対し、モデルガス評価・実エンジンベンチ評価ともガソリンエンジン条件で実施されており、ガソリン車では効果を発揮することが期待される。しかしながら、ガソリンエンジンが理論空燃比で運転されるのに対し、ディーゼルエンジンは酸素大過剰で運転されるため排気成分は常に酸化雰囲気となる。よって触媒に求められる技術課題に共通項はあるものの、その開発方向は同一ではない。一連の実験結果が、目指すディーゼル排気システムの貴金属低減に直接的に役立つかどうか、現時点で判断することは困難といえる。
- 触媒機能統合化に関する研究では、Fe 触媒の低温活性向上にまだ開発課題を残しているため、この開発の加速が望まれる。全体的には、それぞれ

の要素技術の成果報告が中心になっており、最終的なディーゼルエンジンでの排ガス浄化システムで白金使用量を 85%まで削減していく筋道、すなわち、これらの要素技術をどのように統合させていくのかについて、今回の説明では示されていないように思える。棒グラフには白金の低減数値目標が書かれているが、そのための要素技術がどのように絡んでいくのか、そのときの問題点は何かなどについての言及があった方が良いと思う。

- 本プロジェクトの成果をアピールする事も重要であり、その為には、論文としての発表も必要と思う。
- たとえば、最近の **Panasonic Technical Journal Vol.57, No.1** (2011年4月)「複合金属酸化物とアルカリ金属硫酸塩との組み合わせによるディーゼル排ガス浄化触媒」宮川ほか3名、など白金削減技術がこの NEDO の計画と別に進んでいる。研究の速度を速める必要があるのではないか。
- 特許有効性が不明確である。



## 2) 実用化、事業化の見通しに関する評価

最終目標の達成は可能と判断する。特に、鉄系化合物の新規触媒効果が確認できた点はインパクトが有り、分散の効果、粒径依存性、元素置換効果などのパラメータも把握されてくることで最適化に向けての条件が整いつつあり実用化への距離も近い。PGMの削減効率が高く産業的価値も大きく、削減目標を遥かに上回る削減技術を開発している点は高く評価できる。また、個々の要素技術が確立しその量産技術としての見通しが得られていることは、白金使用量の大幅低減触媒システムの実用化に対し、達成可能性が高いことを示している。

その一方で、要素原理の確立から、プロトタイプ実現に向けたシステム仕様の決定が重要となり、トータル的な触媒設計を明確にすべきである。触媒物質開発以外の反応性向上、活性向上、統合化などを生産技術の中でどのように検証し、どう組み込んでいくかという計画を明確に立てていくことが望まれる。また、鉄系化合物ナノ粒子の高温での組織変化や寿命に関する確認とインパクトを更に大きくする為に鉄系以外での材料探索が望まれる。

### 〈肯定的意見〉

- 順調に成果が得られつつあり、最終目標の達成は可能と判断する。特に、鉄系化合物の新規触媒効果が確認できた点はインパクトが有る。
- 高分散の効果、粒径依存性、元素置換効果などのパラメータも把握されてくることで最適化に向けての条件が整いつつあり実用化への距離も近い。
- プラズマとの相補的な効率化が大きなポイントとなる可能性がある。
- PGMの削減効率が高く産業的価値も大きい。公募申請時に掲げた削減目標を遥かに上回る削減技術を開発している点は高く評価できる。ディーゼル自動車用の排ガス浄化触媒の特許としても、非常に良い。
- 実用化に関しては実績もあり、実用化のスキームも良好と判断される。
- 要素技術各々には興味深いテーマが多い。800℃で耐還元性のある高分散性触媒を開発した。
- 個々の要素技術が確立しその量産技術としての見通しが得られていることは、白金使用量の大幅低減触媒システムの実用化に対して達成可能性が高いことを示しているといえる。日産自動車がリーダーとなっているため、開発モデルの構築とその推進については、明確な意思決定ができるという利点があると思える。
- 日産自動車のこれまでの実績から研究した技術を製品化することは可能であろう。ポスト新長期規制をクリアしたX-Trailディーゼルにこの触媒技術を搭載することが既に可能な状況にあると考えられる。

〈問題点・改善すべき点〉

- 鉄系化合物ナノ粒子の高温での組織変化や寿命に関しては更なる確認をお願いしたい。本研究開発のインパクトを更に大きくする為に鉄系以外での探索もお願いしたい。
- 触媒物質開発以外の反応性向上、活性向上、統合化などを生産技術の中でどのように検証し、どう組み込んでいくかという計画を明確に立てていくことが望まれる。また、触媒物質開発において成果をより普遍化することで、他の触媒開発への波及効果も大きくなることが期待される。
- 他の新技術の比較優位評価をさらに充実させれば良いかもしれない。
- 温室効果ガスに関する国民の関心が薄まってきている。ディーゼル車が日本の市場に受け入れられるためには、走行距離あたりの CO2 排出量が現状で最も少ないハイブリッド車よりも、低い CO2 排出量とすることが求められる。
- これからは、要素原理の確立から、プロトタイプ実現に向けたシステム仕様の決定が重要となると思われる。
- コスト効果と搭載性・商品性に対する見極めが必要。
- 効率的にするかがポイント。
- トータルの触媒設計が明確でない。実触媒化時の課題？

### 3) 今後に対する提言

評価条件を早急にディーゼル排気を反映したモデルガスに変更し、またベンチ評価もディーゼルエンジンにて実施できるよう準備いただきたい。短期間での実用化を達成するために、触媒メーカーへの技術移転を加速することを期待する。また、大学の役割を強め、理論面の強化をすすめることで、当初予定した以上の成果に結びつく可能性がある。PGM の使用量の削減技術の開発だけでなく、PGM の代わりに資源的に桁違いに多い Au や Ag などを利用できる革新的な代替技術の開発につなげてほしい。また、LaSrFeO<sub>3</sub>触媒での基礎機構の解明が重要であり、本技術を投入していくためには特許の権利化について、外国も含めて強化すべきである。

#### 〈今後に対する提言〉

- ・ 短期間での実用化を達成するために触媒メーカーへの技術移転を加速して頂きたい。
- ・ 大学の役割を強め、理論面の強化をすすめることで触媒設計のより優れた可能性が見いだされ、当初予定した以上の成果に結びつく可能性がある。
- ・ 産業的価値が高い技術なので早期の実用化が期待される。PGM の使用量の削減技術の開発だけでなく、PGM の代わりに資源的に桁違いに多い Au や Ag などを利用できる革新的な代替技術の開発につなげてほしい。
- ・ 資料にも触れてあったが、ディーゼル乗用車については、日本よりも欧州の方が普及率がたかい。そこに、本技術を投入していくためには特許の権利化について、外国も含めて強化すべきではないか。
- ・ モデルガスでの評価条件は早急にディーゼル排気を反映したものに變更願いたい。またベンチ評価もディーゼルエンジンにて実施できるよう準備いただきたい。有益な発見や良好な実験結果があらわれており、科学的な解明・裏付けにもご尽力いただきたい。
- ・ ①：⑥-1 と⑥-2 と合わせて白金族金属を最大限削減する技術を見出すことも検討すればよいのではないか。②：バイオ燃料を使用するときも同じ触媒を用いて良いか。③：Pt の回収<リサイクル>が行なわれると担持量が原状のままでも良いとならないか。またリサイクルしなければ、担持量を減らしても Pt を「消費」する。リサイクルの難易度の評価は可能であるか。
- ・ LaSrFeO<sub>3</sub>触媒での基礎機構の解明が重要ではないか。

## 2. 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 ⑥-2

### 1) 成果に関する評価

酸化触媒については酸化物担体の固体酸性の制御が触媒特性に有効であること、マクロ孔コントロールがシステム全体の触媒性能に影響を与えるなど有用な知見が見出されている。最適な触媒担持位置に関して大きな成果が得られ、また最適粒子サイズに関する成果も得られつつある。DPF(ディーゼル particulate フィルター)において、安定性に問題のある Ag に Pd を加えて合金化することにより、耐性の強化を図っており、PGM50%低減下での性能目標達成は実用面に近い優れた成果である。

一方では、合金状態での Ag の耐久性が懸念され、加速試験を含め、種々の試験が期待される。触媒の要素性能は高まっているが、触媒複合化については基本的な面での従来技術との比較検討が遅れており、触媒システムとしてどのように評価していくのかがまだ不鮮明である。また、「世界で初」とある製造技術については、過去の関連技術を比較して、進歩性や手法の新規性、独創性を明確にしてほしい。複合ナノ粒子の合成については、研究サイドとこれを実用化していく材料メーカーサイドとの綿密な連携による合成技術の確立が望まれる。触媒担持基材の開発と得られた成果の発表の促進もお願いしたい。

#### 〈肯定的意見〉

- 酸化触媒については酸化物担体の固体酸性の制御が触媒特性に有効であることなど有意義な知見を見出すのみならず、マクロ孔コントロールがシステム全体の触媒性能に影響を与えるなど有用な知見が見出されている。また DPF において Ag-Pd 系の耐熱性向上による PGM50%低減下での性能目標達成は実用面に近い優れた成果である。
- 安定性に問題のある Ag に Pd を加えて合金化することにより、耐性の強化を図っている。
- Pt、Rh、Pd の最適な触媒担持位置に関して大きな成果が得られ、また最適粒子サイズに関する成果も得られつつあり、最終目標の達成は可能と判断する。
- それぞれの取り組みは意義があり、また、独創性も高い。
- 複合ナノ粒子触媒材料、担体のマイクロ孔形成などの要素技術に一応の目処が立っていると考えられる。また、排ガス浄化触媒システムの構造、各要素技術の適用部位などが分かりやすく説明されており、本システムの開発ストーリーが分かりやすく分解されている。
- 目標に掲げた9項目をすべてクリアしている。研究開発者の努力によるもので高く評価する。

- 大変重要かつ興味深い研究であり、論理的な取組み姿勢も高く評価できる。各研究開発項目と目標値、達成するためのアプローチも明確にされている。
- アルミナ担体の酸性度と触媒活性を関係づけているのは興味深い。

〈問題点・改善すべき点〉

- 触媒担持基材の開発をお願いしたい。また、成果の発表の促進をお願いしたい。
- 個別の要素技術については難易度の高いものがあると思われる。また、複合ナノ粒子の合成については、原理確認はできたものの、実用化に向けたプロトタイプでの仕様の確立までは至っていないので、研究サイドとこれを実用化していく材料メーカーサイドとの綿密な連携による、合成技術の確立が望まれる。
- プロジェクト全体として、個別テーマどうしの繋がりが不明瞭な点がある。触媒種複合化技術の開発（九大・産総研）による Pt/CeO<sub>2</sub> シングルナノスケールの複合ナノ粒子の製造技術について、「世界で初」とあるが、過去の関連技術を比較して、進歩性や手法の新規性、独創性を明確にしてほしい。
- 触媒の要素性能は高まっているが、触媒システムとしてどのように評価していくのかがまだ不鮮明である。たとえばゾーンコートも要素技術としては面白いが、実機でのガス組成変動や熱分布などをいかに勘案していくかという問題が残されている。また基礎面では、触媒複合化については粒子コントロールの新たなシーズになりうる可能性を持つものの従来技術との相違が機能としていかに出ているのか等の基本的な面での比較検討が遅れている。
- 合金の状態での Ag の耐久性が懸念される。加速試験を含め、種々の試験を期待したい。
- NEWS MAZDA(2007年10月)によれば「マツダ株式会社は、貴金属の表面積を増やすために 5nm(ナノメートル)以下というより小さいサイズの貴金属の粒子を開発するとともに、触媒材料構造を開発し、貴金属を触媒材料に埋め込みシングルナノサイズのまま固定する世界初の触媒構造を実現した。これにより、白金やパラジウムなどの貴金属を従来比 70%～90% 削減した。また、この触媒は高い耐久性を同時に実現している。」との状況であり、各社研究を推進しているようである。例えば、本プロジェクトのディーゼル排ガス後処理技術では、研究成果を Pt 類の削減率で示すと 70%～90%の前後でどちらをとるかで大きな差が出るので、削減量(質量)で提示する方がわかりやすい。

## 2) 実用化、事業化の見通しに関する評価

白金族使用量を低減したディーゼル酸化触媒の開発は、手堅い方法で積み上げた技術を統合して白金使用量の削減を目指す正統派の研究手法であり、成果が期待される。実用化までの課題が明確にされており、期間内の最終目標の達成は可能と判断する。従来技術との延長線として実用化に結びつきやすい成果も出ており、実機試験を計画的に進めるならば一部の成果から早期実用化も可能になると期待できる。また、材料メーカーでの事業化が既に検討されており、量産化に向けての検討も始めており、評価できる。実用化のための参画パートナーも確保できており、スムーズな実用化・事業化が期待できる。

今後は、耐久性やコスト効果など実機で検討すべき項目が多くあり、研究の加速化と発展に期待したい。実用化検証に多大の時間を要するので、あらかじめ、潜在リスク要因を想定しておくことは対策を立てる上で重要と考える。短期間での実用化の達成を確実にするためにも触媒メーカーへの技術移転の加速、また、特許申請に関しても加速をお願いしたい。触媒利用側のより積極的な参加に門戸を開くような体制の検討も必要である。

### 〈肯定的意見〉

- 実用化までの課題が明確にされており、期間内の最終目標の達成は可能と判断する。
- マクロ孔制御、部材化技術など従来技術との延長線として実用化に結びつきやすい成果も出ており、実機試験を計画的に進めるならば一部の成果から早期実用化も可能になると期待できる。
- 事業化が既に検討されており、量産化に向けての検討も始めており、評価できる。
- 個別のプロジェクトとしては、興味深くまた意義深い。
- 現段階では要素技術からの予測しかできないが、実用化への可能性はあるとおもう。
- ①白金族使用量を低減したディーゼル酸化触媒の開発は担体酸化物の検討、活性種の選定、白金の分散度などの影響調査など手堅い方法で積み上げた技術を統合して白金使用量の削減を目指す正統派の研究手法であり、成果が期待される。②白金族系 DPF 触媒の開発は、Ag-Pd 触媒を採用で 50%以上の Pt 族金属の削減が可能にした。この後システムの構築や製造技術の開発を検討し、現実的な研究過程が提示されている。
- 実用化のための参画パートナーも確保できており、スムーズな実用化・事業化が期待できる。
- 80%低減で同程度の触媒性能を実現している。

〈問題点・改善すべき点〉

- 短期間での実用化の達成を確実にするためにも触媒メーカーへの技術移転を加速して頂きたい。また、特許申請に関しても加速をお願いしたい。
- 実機化する部分が再委託になっており、しかもシステム総合としての耐久性試験に限られているのは、実用化の視点からの成果のフィードバックを鈍らせることにならないか。触媒利用側のより積極的な参加に門戸を開くような体制の検討が必要ではないか。
- 要素技術は原理確認、検証ができた段階のように思える。これから実用化に向けて、それぞれの原理がいろいろな環境条件、使用条件でもその性能を所期の通りに発揮できるかどうかの検証に多大の時間を要すると思える。そのときに、あらかじめ、潜在リスク要因を想定しておくことは対策を立てる上で重要と思える。
- 移動体での使用が目的であるので、実機、加速試験、過酷試験の検討も必要となろう。固体酸性からのフィードバックを行った担体でもさらに行って頂きたい。
- 実用化に向けては、越えなければならないハードルは多いように思える。
- テーマが絞られているので研究期間をこれほど長くする必要はないかもしれない。
- 耐久性やコスト効果など実機で検討すべき項目が多くある。今後の研究の加速化と発展に期待。

### 3) 今後に対する提言

要素技術は多岐にわたっているため、要素技術達成の難易度と、システム完成度とのバランスを考え、それらを統合して、所望の触媒システムに仕上げていくためのマネジメントが必要である。

また、自動車メーカー等の触媒利用関係者のより積極的な参加が望まれる。成果の国際展開を可能にするために特許獲得の国際戦略が必要である。

#### 〈今後に対する提言〉

- ・ 自動車メーカー等の触媒利用関係者のより積極的な参加が望まれる。
- ・ 耐久性の評価は実用化の観点から重要な事項であり、重要視して頂きたい。実用化されている自動車メーカーとの正確な比較は今後も重要にも感じる。
- ・ 成果の国際展開を可能にするためには、特許獲得の国際戦略が必要と思う。
- ・ 産業的価値が高い技術開発なので、プロジェクトの意義は大きい。PGMの代わりに資源的に桁違いに多いAgなどを積極的に利用する革新的な代替技術の開発に取り組んでいる点でも評価できる。
- ・ 要素技術が多岐にわたっているので、それらを統合して所望の触媒システムに仕上げていくためのマネジメントが必要か。すなわち要素技術達成の難易度と、システム完成度とのバランスを考えることも必要な気がする。
- ・ 十分な検討と研究により、既に本テーマの目的は達成できていると考える。次の新たなテーマに挑戦できるのではないか。
- ・ グローバル・スタンダード技術となるよう期待しています。
- ・ この方向で進めてほしい。



## 2. 3 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 ⑦-1

### 1) 成果に関する評価

セリア( $\text{CeO}_2$ )による特異な研磨メカニズムをシミュレーション等により世界に先駆けて解明し、その成果を基にした代替材料の開発に成功する等のインパクトのある成果が得られている。なぜセリアなのかに取り組み、そのモデルを提供しつつセリア代替材料の探索を進めるというオーソドックスな取り組みで、モデルの提示、鉄系、マンガン系、ジルコニア系などでその特徴をパラメタライズすることができており、基本的な中間目標は達成している。また、ガラス精密研磨用の砥粒として、金属原子を最表面に露出することが効果的であり、酸素欠陥の導入が有効という普遍的な技術を見出したことは高く評価できる。学術的にも魅力ある研究となっており、成果の外部発表も積極的に行っている。

一方、上記シミュレーションの他に、他の研磨剤による研磨性能の向上、研磨装置の開発、スラリーの保持方式の改良など、多くの要素開発が含まれているが、これらがどのようなストーリーに基づいてプロジェクトを構成しているのかが、明確でない。また、斬新なモデルとそのシミュレーションでのバックアップであるが、量子分子動力学シミュレーションは幾つかの仮定の上に立っており、その検証が必須である。量子化学計算の結果で、 $\text{Ce}_2\text{O}_3$ のredox機構は水の存在なしで、固体で反応が起こるとしており、水和相の影響が考慮されていない。基礎的な議論をより深めることが必要であり、今後、水和相の影響を考慮したモデルを用いた計算が求められる。現場との情報共有、意見交換をさらに進めるべきである。

#### 〈肯定的意見〉

- $\text{CeO}_2$ による特異な研磨メカニズムをシミュレーション等により世界に先駆けて解明し、その成果を基にした代替材料の開発に成功する等のインパクトのある成果を得ており、最終目標の達成は可能と判断する。また、成果の外部発表も積極的に行っている。
- なぜセリアなのかに取り組み、そのモデルを提供しつつセリア代替材料の探索を進めるというオーソドックスな取り組みで、モデルの提示、鉄系、マンガン系、ジルコニア系などでその特徴をパラメタライズすることができており、基本的な中間目標は達成している。
- 研磨という古典的加工技術は作業者の経験と勘で行っていた(いる)が、分子動力学を活用した研磨シミュレータを導入することで、学術的に魅力ある研究となっている。ガラスの研磨メカニズムの可視化、代替候補と活性化手法の検討、既存砥粒の改良、電界の印加、レーザー照射など、省酸

化セリウムのために多岐に渡る検討を行っており、評価できる。

- いろいろな解析も含め、努力されていることは評価できる。種々の固溶の観点から設計を進めており期待できる。
- 近年の中国からの原料供給状況を考えるととてもタイムリーな研究プロジェクトであるので、今後の発展が期待される。
- 量子分子動力学シミュレーションによる Ce 砥粒のガラス研磨機構の解明という意欲的なテーマを取り上げて、研磨の機構を理論的に本質論として取り組もうとしている点は評価したい。しかし、想定モデルと実際の研磨プロセスとの間には大きな開きがあるので、これですべてを説明するというわけにはいかない。しかし、Ce 代替砥粒をこのようなシミュレーションに基づいて設計し、それを合成して、研磨性能を評価するというのは、きわめて重要なアプローチであると思う。
- ガラス精密研磨用の砥粒として、「機械的作用」だけでなく「化学的作用」を明らかにし、金属原子を最表面に露出することが効果的であり、それを制御する手法として酸素欠陥の導入が有効という普遍的な技術を見出したことは高く評価できる。この知見に基づきセリウム代替材料の設計指針が提案され、今後の技術発展が大いに期待される。
- SrFeO 系ペロブスカイトの知見は興味深い。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 斬新なモデルとそのシミュレーションでのバックアップであるが、量子分子動力学シミュレーションは幾つかの仮定の上に立っており、その検証が必須である。学界でも受け入れられるようなより基礎的な議論が必要であり、モデルだけを先行させないように注意しておく必要がある。特に、このモデルと代替材料の関係が分かり難い。モデルを開発方法論の指導原理とするのか、補助的なものとするのかの姿勢が問われる。
- 一方、報告内容には、上記シミュレーションの他に、他の研磨剤による研磨性能の向上、研磨装置の開発、スラリーの保持方式の改良など、多くの要素開発が含まれているが、これらがどのようなストーリーに基づいてプロジェクトを構成しているのかが、よく理解できない。やるが多くて消化不良に成っていないか心配である。
- 加工技術新展開においては作業現場で個人の技能によっていることが効果的な場合もある。たとえば、ここで問題点として指摘のある「スラリー循環方式における劣化判定」に関しては、優秀な作業員の知恵を生かすことも検討してみてもどうか。
- 量子化学計算の結果で、Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の redox 機構は水の存在なしで、固体で

反応が起こるとしており、水和相の影響が考慮されていない。現場との情報共有、意見交換をさらに進めるべきである。

- セリウムの酸化還元が効いているとのことだが、一部については説明が不十分のように感じた。
- シミュレーションの研究は、もうすこしメカニズムが分かりやすい説明をしてほしい。(このシミュレーションは、pH の変化等も反映できるのか)
- 代替材料の開発に関して、更なる成果をお願いしたい。
- 新しく見出した知見(仮説)の実証をお願いしたい。

## 2) 実用化、事業化の見通しに関する評価

外部評価組織と連携しながら研究を推進し、実用化・事業化を目指した研究を行っている点は高く評価できる。多様なアプローチでセリア代替技術の可能性を引き出しており、有効な部分を上手く活用し、フィードバックされれば有効な研磨剤となることは期待でき、適応力のある企業へ門戸を開放すれば早期実用化が可能となるものと期待できる。

しかし一方、本テーマには様々な要素技術開発が共存しており、最終的に何を誰がどのように実用化していくのかという筋道が全体として見えにくい。要素技術開発の集合体ではなく、砥粒設計、研磨プロセス構築、装置設計、評価技術というような全体像を提示して欲しい。また、コストも含めて考えると新研磨剤の導入は現在のセリアを置き換える性能があるのか疑問がある。そのためには、個々の技術を総括的に特徴付けしてニーズマッチングを図るようにユーザー企業が参画しているアドバイザリーボードとの連携強化などの工夫がいる。また、従来の考え方も抜け落ちなく評価をした接続性のある研磨材開発の指導原理を引き出すことも目指してほしい。

### 〈肯定的意見〉

- 実用化までの課題が明確化されており、実用化までのシナリオの実現は可能と判断する。
- 鉄系、ジルコニア系などの代替砥粒、電解スラリー制御など多様なアプローチでセリア代替技術の可能性を引き出しており、適応力のある企業へ門戸を開放すれば早期実用化が可能となるものと期待できる。
- これまでの考え方のなかでも有効な部分を活用、フィードバックされれば有効な研磨剤となることは期待できると思われる。
- 主要な業界メンバーからなる外部評価組織と連携しながら研究を推進し、実用化・事業化を目指した研究を行っている点は高く評価できる。
- 個々の研究項目についてはそれぞれ実用化の見通しはあると思う。
- 各研究分野でよく検討してある。重要産業分野であるので、市場への反映は比較的容易であろう。
- 技術発表も精力的になされており、この技術の普及発展が期待できる。
- Ce の 5% 代替は実現可能と見える。

### 〈問題点・改善すべき点〉

- 様々な開発が共存しており、最終的に何を誰がどのように実用化していくのかという筋道が全体として見えにくい。このままでは技術のショーウインドウに終わる可能性もある。個々の技術を総括的に特徴付けしてニーズ

マッチングを図るようにユーザー企業が参画しているアドバイザーボードとの連携強化などの工夫がいののではないか。また、理論面でのシーズをうみだすことも長期的な実用化を考えるうえで重要で、従来の考え方も抜け落ちなく評価をした接続性のある研磨材開発の指導原理を引き出すことも目指してほしい。

- 酸化セリウムには他で代えがたい特性があり、両方を効率よく生かす道もあるように感じる。
- プレゼンテーションの内容を、次回はもう少し、実用化や応用に力点を置いて、産業上の利用価値をアピールしてほしい。
- このプロジェクト全体を見たときには、セリウム砥粒の使用量を 10%削減するという目標値を、どのようなストーリーで達成していくのかという筋道がぼやけているように思える。要素技術の単なる集合体のプロジェクトの観を呈している。それぞれの要素技術開発は間違っていないと思うので、砥粒設計、研磨プロセス構築、装置設計、評価技術というような全体像を提示してほしい。そうでないと、プロジェクトの成果を評価できない気がする。
- 重要産業分野であるゆえに、新技術の追い上げがある。つぎつぎに世界初の技術が生まれることも予想される。投資の短期間回収についても検討すべきである。
- 特許取得にも力を注いでいただきたい。セリウム低減技術よりもむしろ、上記の知見に基づいた脱セリウムの新技術開発に力点を置いていただきたい。
- コストも含めて考えると、新研磨剤の導入は現在のセリアを置き換える性能があるのか疑問。

### 3) 今後に対する提言

将来的シーズの探索要素が強いので、その特徴を生かしつつ、緊急に代替技術を必要としている企業のニーズに早急に応じられる体制も工夫することが求められる。また、テーマが多すぎて発散しているように見えるので、セリア低減技術のストーリー作りが重要である。

その他、量子化学計算は水和相の影響を十分考慮したモデルを用いたシミュレーションを考えるべきである。

#### 〈今後に対する提言〉

- ・ どちらかという文科省テーマ的な将来的シーズの探索要素が強い。その特徴を生かしつつも、緊急に代替技術を必要としている企業のニーズに早急に応じられる体制も工夫することが求められる。
- ・ 両方の良い点を生かし、協働効果につながることを期待したい。
- ・ 今後、仮にセリアの価格が暴落しても、別の方向にも応用できる新技術の開発に展開できれば、さらに良いプロジェクトとなるであろう。
- ・ テーマが多すぎて発散しているように見えるので、セリア低減技術のストーリー作りを行ってください。
- ・ ここで、でてきた計算モデルの内容を中心に、関心のある技術者が使えるような研磨技術の **TOOL** として「量子分子動力学ソフト」を提供してはどうでしょうか。
- ・ グローバル・スタンダード技術となるよう期待しています。
- ・ 量子化学計算は水和相の影響を十分考慮したモデルを用いたシミュレーションを考えるべき。

## 2. 4 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 ⑦-2

### 1) 成果に関する評価

これまでプロジェクトリーダーがやってきた研究成果をベースにして今回のガラス研磨用セリア砥粒の使用量低減に取り組んでいるので、きわめて実用性の高い研究になっているところが特徴的である。また、研磨技術開発という一本の筋が通っている。セリアの削減をセリアに代替する砥粒物質の開発ではなくセリアに最適化・特化された研磨技術を見直すことで他の物質の適用範囲を広めようとする優れた着想である。ポリマーメディア表面に砥粒を吸着させて、パッド、工作物の4種類の固体(4 BODY)を存在させる新しい研磨技術を提案できていることは高く評価できる。新しい成果が輩出しており、最終目標の達成は可能と判断する。複合粒子研磨法は、進歩性もあり、今後の発展が期待できる。

成果を強調するあまり、メカニズム検証の発表が少ない。今後は、より総合的な意味での体系化を図り、研磨技術開発の総合的技術戦略図を提示することが必要である。最終目標を超える成果を期待したい。

#### 〈肯定的意見〉

- 新しい成果が輩出しており、最終目標の達成は可能と判断する。
- セリアの削減をセリアに代替する砥粒物質の開発ではなくセリアに最適化・特化された研磨技術を見直すことで他の物質の適用範囲を広めようとする優れた着想であり、それが、従来の発想よりも大きな径の複合砥粒、エポキシ系の研磨パッド等で目標を達成する成果として現実のものとなっている。さらに、スエードタイプ、隙間調整パッド、エポキシ樹脂スプレー塗布など新しい技術の芽も生み出してきている。
- 達成度も◎、○であり、かなり進捗しているようである。
- 複合粒子研磨法は、進歩性もあるようなので、今後の発展が期待できる。また、研磨パッドおよびその周辺技術の開発など、プロジェクトの推進に向けた多角的な取り組みも高く評価できる。
- これまでプロジェクトリーダーがやってこられた研究成果をベースにして今回のガラス研磨用セリア砥粒の使用量低減に取り組んでいるので、きわめて実用性の高い研究になっているところが特徴的である。また、研磨技術開発という一本の筋が通っているように思える。当初考えていたことがうまく行かなかったというような報告もあり、何が難しく、それを克服するにはどうしたかという研究開発のプロセスが示されており、良いこと尽くめではないという安心感も与えてくれている。
- 強力なリーダーシップのもと、多角的アプローチに挑戦しており、また成

果進展が十分伺える。複合砥粒は good Idea である。

- ポリマーメディア表面に砥粒を吸着させて、パッド、工作物の 4 種類の固体(4 BODY)を存在させる新しい研磨技術を提案できていることは高く評価できる。これにより長期間にわたって砥粒やポリマーメディアが有効に利用できセリウムの使用量削減が期待できる。

〈問題点・改善すべき点〉

- 最終目標を超える成果を期待したい。特許申請等の加速をお願いしたい。
- 研磨技術の多様な要素で成果を出しているのので、より総括的な意味での体系化を図り、この機会に研磨技術開発の総合的技術戦略図を提示することも可能ではないだろうか。
- アカデミックな観点からの解析も行って頂きたい。あまりにも結果次第のように感じた。
- 個別研究項目については成果を強調するあまり、複合砥粒による研磨原理検証、エポキシパッドにおける研磨機構の解析といったメカニズム検証の発表が少ないように思えます。結果オーライ的な雰囲気も伺える。
- 脱セリウムとして酸化ジルコニウムの可能性について、更なる研究の発展を期待する。



## 2) 実用化、事業化の見通しに関する評価

実用化、事業化を確実にする多岐にわたる成果が得られており、ジルコニアに代替できる可能性を示したことは高く評価できる。サンプル提供とそれによる評価も進み、すでにこの成果をもとにジルコニア系に移行した企業があるなど、実用化面でも急速に展開しており、当初の目標より早いペースでの実用化が進んでいる。また、それぞれについて実用化する企業も定めているので、実用化、事業化についての見通しは明るい。

今後は、コスト競争力をアピールして欲しい。また、実際に使用してみた場合、性能のばらつき、品質のばらつきなどが、必ず発生する。それらを如何に所期の期待値どおりに押さえ込むことができるかが勝負である。成果の世界戦略を確実にするためには、国際的な特許獲得が必要であろう。テーマ参加企業以外にもこれらの技術を必要としている企業が多数あり、テーマ参加者の知財等優位性を確保しつつ、それらの外部企業にも技術の早期利用を図るようなオープンシステムを持つことも検討してほしい。

### 〈肯定的意見〉

- 実用化・事業化を確実にする多岐にわたる成果が得られており、最終目標の達成は可能と判断する。
- サンプル提供とそれによる評価も進み、すでにこの成果をもとにジルコニア系に移行した企業があるなど、実用化面でも急速に展開しており、当初の目標より早いペースでの実用化が進んでいる。
- サンプル供与し始めており、結果が期待できる。企業での評価も進んでいるように見受けられる。
- すでに多くの実績があり、実用化への見通しも明るいようであるので今後の発展が期待される。
- 個々の研究項目のターゲットが明確に打ち出されているので、実用化、事業化について見通しは明るいと思う。また、それぞれについて実用化する企業も定めているので、マネジメントもうまくできていると思う。
- 実用化の見通しは高いものと判断できる。今回の研究開発項目の中でも、特に早期の実用化・事業化が期待される。
- ジルコニアに代替できる可能性を示したことは高く評価できる。九重電気により 950φ のパッドが作製されて、アドマテックス社に複合砥粒を担当させており、見通しは明るい。セリア価格の高騰が続けば、大いに実用化の可能性があるとと言える。

〈問題点・改善すべき点〉

- 本事業で得られた成果の世界戦略を確実にするためには、国際的な特許獲得が必要と思われる。
- テーマ参加企業以外にもこれらの技術を必要としている企業が多数あり、テーマ参加者の知財等優位性を確保しつつ、それらの外部企業にも技術の早期利用を図るようなオープンシステムを持つことも検討してほしい。
- 解析、理屈を踏まえ、フィードバックしてほしい。
- 多角的な取り組みを行っている点は高く評価できるが、次回は、事業化にむけての最もコアとなる点、競争力がある点をアピールして欲しい。性能は高いようであるが、コスト競争力はあるのであろうか。
- 研磨資材の場合には、実際に使用してみて性能のばらつき、品質のばらつきなどが必ず発生するので、それらを如何に所期の期待値どおりに押さえ込むことができるかが勝負である。その観点からプロジェクト期間の途中でも実用化を先行して進めるとするのは良い判断だと思うし、そこに多くの企業が参画することを期待する。
- セリア価格が元に戻った場合、経済コストに見合うかやや疑問もあるが、技術開発は高く評価できる。

### 3) 今後に対する提言

時期を先取りしたテーマで、緊急性に応えられる成果が出ているので、今後もテーマの先見性をより積極的に生かしてほしい。今回得られた知見や技術をより発展させて、セリウム削減と脱セリウムとの 2 本立ての研究開発を期待する。本成果の世界戦略を確実にするためにも国際的な特許獲得をお願いしたい。

#### 〈今後に対する提言〉

- ・ 本事業で得られた成果の世界戦略を確実にするためにも国際的な特許獲得をお願いしたい。
- ・ 時期を先取りしたテーマで、緊急性に応えられる成果が出ている。テーマ提案時からみるとこの成果を求めている企業が大きく膨らんでおり、その部分も取り込んでいけるようなシステムを組み込んで、テーマの先見性をより積極的に生かしてほしい。
- ・ かなり進んできているようなので、新たな試みも行って頂きたい。
- ・ 今後、仮にセリアの価格が暴落しても、別の方向にも応用できる世界競争力のある新技術の開発にも取り組んでいるようなので、今後の発展が期待される。
- ・ 開発成果の実現が早く進んでいるので、テーマの組み換えを積極的にやっても良いのではないかと思う。セリアの次に砥粒についてなど。
- ・ 今回得られた知見や技術をより発展させて、セリウム削減と脱セリウムとの 2 本立ての研究開発を期待する。
- ・ 大いに進展が期待される。

## 2. 5 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 ⑧

### 1) 成果に関する評価

Tb や Eu などの希少性が高く高価なレアアースの使用量を大幅に削減する技術の開発は重要である。本テーマでは、ガラス構造設計とコンビナトリアル手法を駆使して、着実に代替化合物を見出しており、蛍光体における重希土類の使用量低減という難しい課題の解決への方向性を示しつつある。また、蛍光体だけではなく、ランプ部材でも光の効率を上げることでレアアース材料の使用量低減をはかるといったトータルの取り組みは望ましい。

しかし、蛍光体性能予測手法については、その解析手法そのものについて、十分説得性のある手法にするという努力がさらに必要である。本テーマの特徴を明確にするためにも、メカニズム解明の努力を継続・加速して頂きたい。また、難題のためか「減量での同等代替とフリー」が錯綜し、成果が見えにくくなっている。今後は、わかりやすい目標の再設定も含めて、テーマの見え方を整理してみることで成果がより鮮明になるのではないかと期待している。

#### 〈肯定的意見〉

- ユウロピウム低減を理論的な立場からアプローチする等の手法を駆使し、目標を超える成果が得られており、最終目標の達成は可能と判断する。
- ガラス構造設計とコンビナトリアル手法を駆使して、着実に代替化合物を見出しており、蛍光体における重希土類の使用量低減という難しい課題の解決への方向性を示しつつある。
- Eu、Tb の低減化も進んでいるようである。LED 用の蛍光体も精力的に進めてほしい。
- Tb や Eu などの希少性が高く高価なレアアースの使用量を大幅に削減する技術の開発は重要である。将来的には、希少性が高いレアメタルを使わない、新技術の開発につなげてほしいものである。
- 蛍光体の材料開発については、ブラウン管の蛍光体以来長い歴史があるので、この段階でさらに Tb、Eu を低減する材料を開発するというのはきわめてハードルの高いものと推察する。その中で、量子化学計算を用いた材料選択や、これまで効率の悪いと思われていた蛍光体材料の再検討など、新しい展開が開けているように思える。また、蛍光体だけではなく、ランプ部材でも光の効率を上げることでレアアース材料の使用量低減をはかるといったトータルの取り組みは望ましいものと思う。
- 大変重要かつ興味深い研究であり、論理的な取組み姿勢とともに大きな成果を上げていることは高く評価できる。励起・発光波長の構造活性相関性

から発光ピーク波長を予測する技術は極めて有益である。この知見から脱希土類として **Mn** の可能性を見出しており、大いに期待が持てる。

- **Tb**、**Eu** は希土類の中でも稀少元素であり、テーマ設定そのものは重要。蛍光体の磁化率差を利用した磁気分離による回収技術はリサイクルのために有効、是非実用化へ実現してほしい。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 本プロジェクトの特徴を明確にするためにも、メカニズム解明の努力を継続・加速して頂きたい。
- 難題のためか減量での同等代替とフリーが錯綜し、成果が見えにくくなっている。「典型的なフリー蛍光体の明示」と「周辺技術も含めた重希土類減量による性能アップ」のように明るくわかりやすい目標の再設定も含めてテーマの見え方を整理してみることで成果がより鮮明になるのではないか。
- ガラスの中に **Cu**、**Mn** をドーピングしているが、輝度、色純度、演色性への影響が懸念される。別の方法はないのか？
- 蛍光体性能予測手法については、その解析手法そのものについての議論があるようなので、十分説得性のある手法にするという努力がさらに必要と思われる。蛍光体による色は人間の目に感ずるものなので、希土類元素が減ったときにその蛍光体が是までと同じ色になっているかどうかは、重要な品質要素と思えるが、問題はないのか。
- 量子化学計算グループの研究は、量子効率とパラメータの相関や実測と計算により算出された発光波長の統計的相関の観測をもって、達成度◎と自己評価している。励起状態からの格子緩和、ホスト結晶の格子振動数、輻射無輻射緩和確率の算出、励起状態 offset の見積もり、蛍光現象 etc の基本メカニズムを考慮に入れていない不十分な計算内容になっており、本プロジェクトの目的に適っていない。

## 2) 実用化、事業化の見通しに関する評価

中間評価時点において実ランプの試作検証までなされている点は高く評価できる。また、実用化・事業化までの課題が明確にされている。実施企業が事業化まで見据えてこのテーマに取り組み、従来の技術と連続性を持つ現実的な系で優れた特性を得ており、実用化の見通しは高い。蛍光体リサイクルの磁気分離技術など、希少性が高く高価なレアアースの使用量を大幅に削減する技術は、早急に実用化してほしい成果である。

一方、蛍光体の専門家の関与が見えていない。希土類フリーで本当に要求を満たせるのか十分に検討して頂きたい。また、今後焦点となる LED 用蛍光体の分野での実用化を意識した取り組みをより明確に見せるべきである。希土類フリーではなく減量が主ターゲットであるため減量の量的効果よりも技術開発能力の顕示によるインパクトが大きいと考えられ、使われるだけではなく、開発能力を世界に示す効果も意識してほしい。そのためには、試験方法の国際標準化をより戦略的に位置づける必要があり、このままでは波及効果は努力の割に小さくなってしまう。本テーマの成果を確実にし、持続するためには、特許の世界展開が必要である。

### 〈肯定的意見〉

- 実用化・事業化までの課題が明確にされており、最終目標の達成は可能と判断する。
- 従来の技術と連続性を持つ現実的な系で優れた特性を得ており、実用化へのハードルは低い。同じく、発光シリカや光取り出し機構など改善しやすい領域を意識した取り組みであり早期の実用化も期待される。
- 企業との連携もすすめており、演色性をクリアできれば期待できる。
- Tb や Eu などの希少性が高く高価なレアアースの使用量を大幅に削減する技術は早急に実用化してほしいものである。今後の発展が多いに期待される。
- 実用化を推進する主体であるパナソニックが事業化まで見据えてこのテーマに取り組んでいるようなので、実用化の見通しはかなり高いと思う。すなわち、蛍光体という製品を十分に評価する技術、体制を持っているので、それを活用するということになるだろう。
- 実用化・事業化を視野に置いた研究開発体制が構築されており、早期の実用化が期待される。中間評価時点において実ランプの試作検証までなされている点は高く評価できる。
- 蛍光体リサイクルのための磁気分離についてはぜひ事業化を進めて頂きたい。

〈問題点・改善すべき点〉

- 本プロジェクトの成果を確実にし、持続するためには、特許の世界展開が必要と思う。
- 希土類フリーではなく減量が主ターゲットであるため減量の量的効果よりも技術開発能力の顕示によるインパクトが大きいと考えられ、使われるだけではなく、開発能力を世界に示す効果も意識してほしい。そのためには、試験方法の国際標準化をより戦略的に位置づける必要があり、また、今後焦点となる LED 用蛍光体の分野での実用化を意識した取り組みをより明確に見せるべきではないか。このままでは波及効果は努力の割に小さくなってしまう。
- 希土類フリーで本当に要求を満たせるのか十分に検討して頂きたい。
- 蛍光灯ランプはまだ十分な需要があるとのことであるが、LED ランプが市場に普及するのは 2015 年といわれている。2015 年実用化では遅くはないか？
- 蛍光体の専門家の関与が見えていない。量子化学計算グループは不要。

### 3) 今後に対する提言

脱希土類に関して、大きなインパクトを得るためにも更なる成果を期待したい。Eu、Tb について使用量削減の実証を期待したいところだが、蛍光体の分離回収技術の精密化にも、より注力した方がよい。使用済み蛍光灯からの回収も配慮されれば 80%を超える削減率が達成できると期待が膨らむ。幅広くこの知見が活かされることを期待する。また、特許獲得の国際展開、加速評価試験技術の国際標準化に戦略を持って対応してほしい。

特に照明については、テーマ開始時から大きく LED シフトが強まっており、LED の進展速度が極めて激しい。LED 用蛍光体も鮮明なターゲットとして、今後、位置付けるべきではないか。

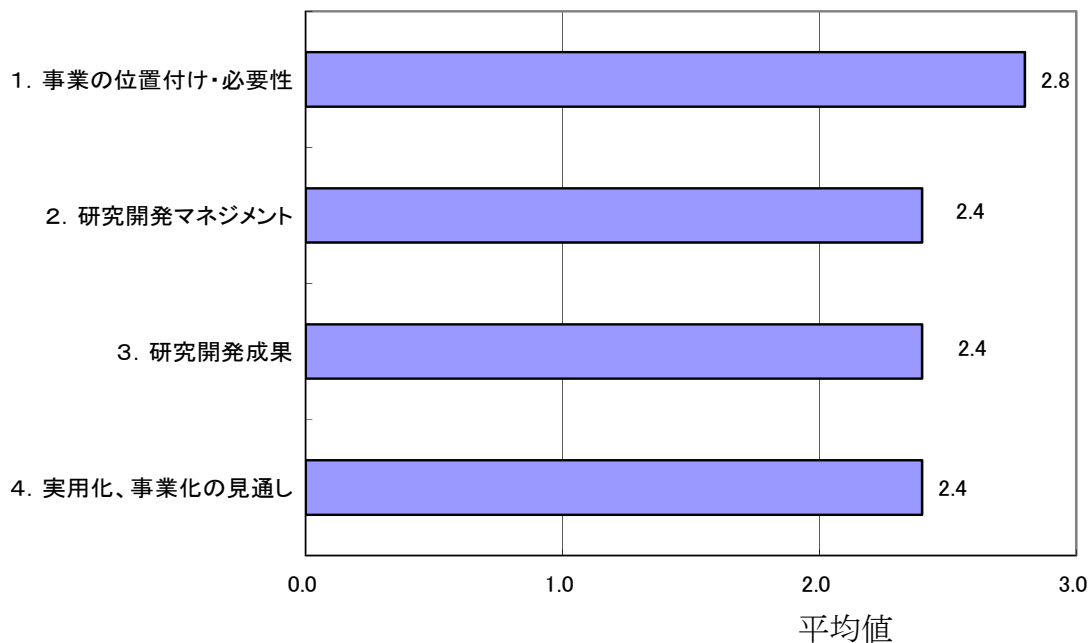
#### 〈今後に対する提言〉

- ・ 特許獲得の国際展開をお願いしたい。また、脱希土類に関して、大きなインパクトを得るためにも更なる成果を期待したい。
- ・ 希土類の資源バランスを考えれば希土類フリーにおいては非希土類化だけでなく f 軌道の特性を生かした軽希土化ももっと強く意識しておく必要があるのではないかと。テーマ開始時から大きく LED シフトが強まっており、LED 用蛍光体をより鮮明なターゲットとして今後位置付けてほしい。また、加速評価試験技術の国際標準化に戦略を持って対応してほしい。
- ・ LED の進展速度が極めて激しいので、LED 用への視点を加えてより進度を加速して頂きたい。80%という高い数値目標を実現するための努力が伺える。さらに、使用済み蛍光灯からの回収も配慮されれば 80%を超える削減率が達成できるのではと期待が膨らむ。
- ・ 将来的には LED 等にも本技術は応用されるようであるが、早期の実用化が期待される。
- ・ 蛍光体の Tb、Eu 低減は蛍光体とガラス、保護膜という構成部材との合わせ技による実現ということになる。それぞれでの最終目標値（低減%）配分が定められているが、それらで Tb、Eu 使用量 80%以上低減という PJ 全体の最終目標を達成するには、マージンが狭すぎはしないだろうか。研究課題として予備のものを設けておく必要があるのではないかと。
- ・ 蛍光ランプだけでなく、PDP、LED へも幅広くこの知見が活かされることを期待する。
- ・ Eu、Tb について使用量削減の実証を期待したいところだが、分離回収技術の精密化により注力した方がよいのではないかと。



### 3. 評点結果

#### 3. 1 プロジェクト全体



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	A	B	B
1. 事業の位置付け・必要性について	2.8	A	A	A	A	A	A	A	B
2. 研究開発マネジメントについて	2.4	A	A	A	B	B	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.4	個別テーマの全評点の平均							
4. 実用化、事業化の見通しについて	2.4	個別テーマの全評点の平均							

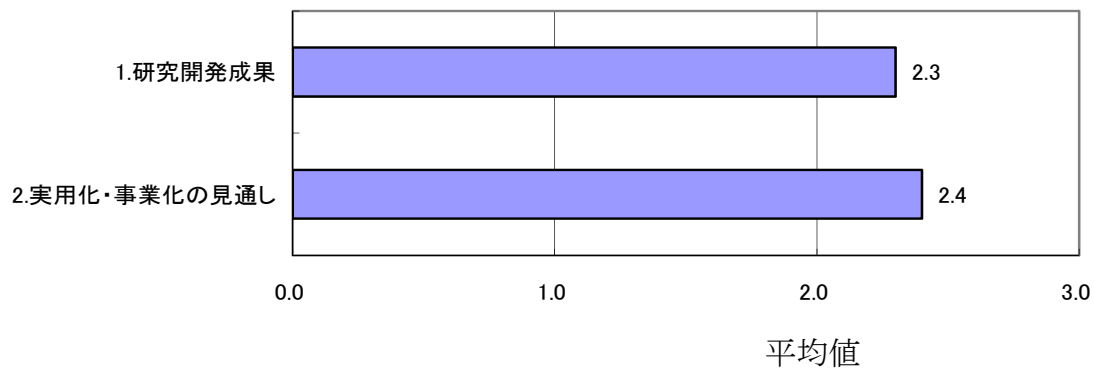
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

#### 〈判定基準〉

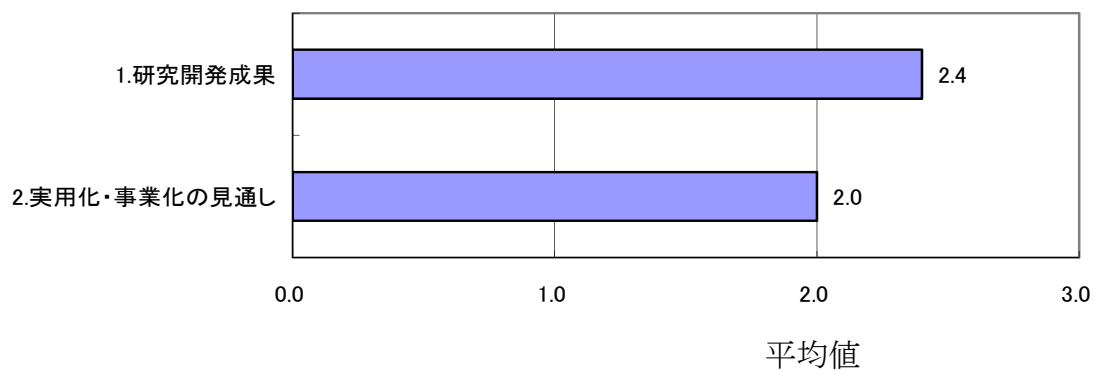
- |  |  |
|--|--|
| <p>1. 事業の位置付け・必要性について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 非常に重要 →A</li> <li>・ 重要 →B</li> <li>・ 概ね妥当 →C</li> <li>・ 妥当性がない、又は失われた →D</li> </ul> | <p>2. 研究開発マネジメントについて</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 非常によい →A</li> <li>・ よい →B</li> <li>・ 概ね適切 →C</li> <li>・ 適切とはいえない →D</li> </ul> |
| <p>3. 研究開発成果について</p> <p>※個別テーマで示された研究開発成果の全素点を平均して、当該項目の全体評点とした。</p>   | <p>4. 実用化、事業化の見通しについて</p> <p>※個別テーマで示された実用化、事業化見通しの全素点を平均して、当該項目の全体評点とした。</p>  |

3. 2 個別テーマ

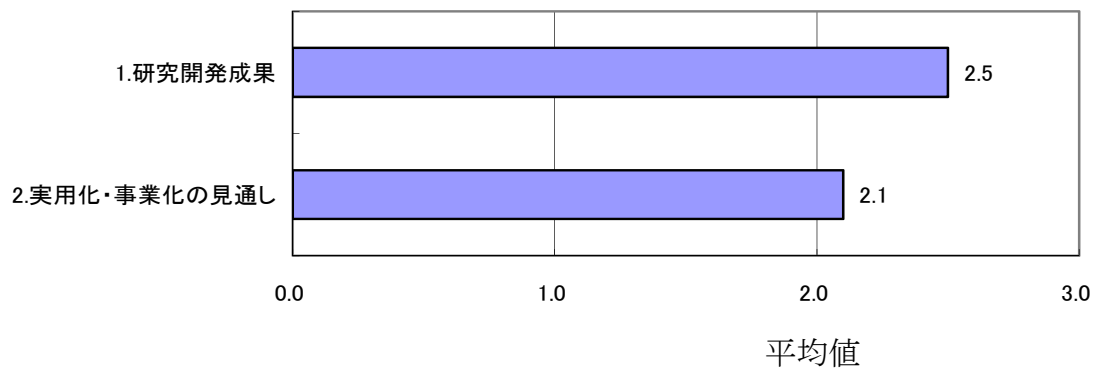
3. 2. 1 ⑥-1 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発  
及び代替材料開発



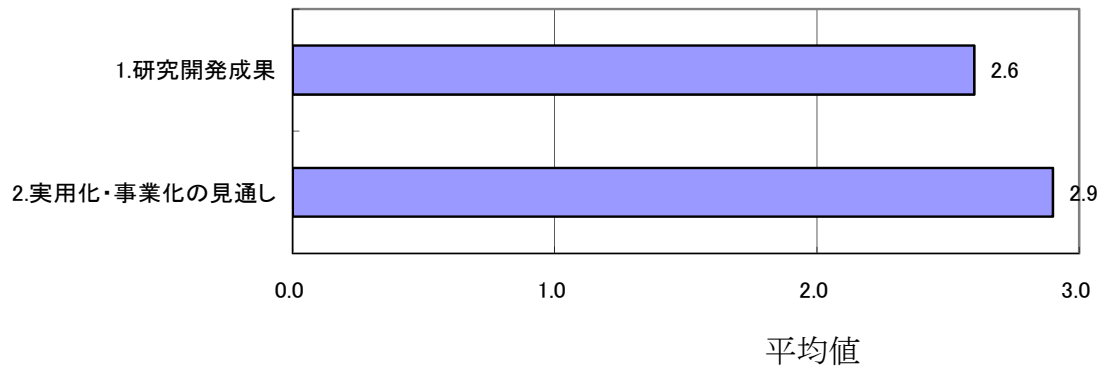
3. 2. 2 ⑥-2 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発  
及び代替材料開発



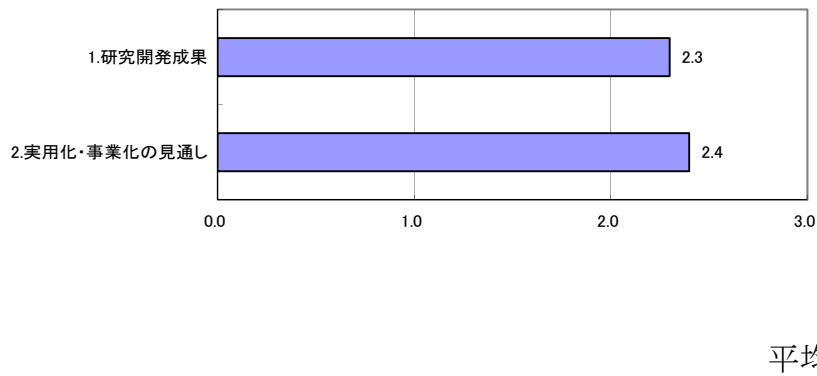
3. 2. 3 ⑦-1 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発  
及び代替材料開発



3. 2. 4 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



3. 2. 5 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



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)								
3. 2. 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										
1. 研究開発成果について	2.3	A	A	A	B	B	B	B	B	C
2. 実用化・事業化の見通しについて	2.4	A	A	A	B	B	B	B	B	B
3. 2. 2 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										
1. 研究開発成果について	2.4	A	A	A	A	B	B	B	B	C
2. 実用化・事業化の見通しについて	2.0	A	B	B	B	B	B	C	C	B
3. 2. 3 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										
1. 研究開発成果について	2.5	A	A	A	A	A	B	B	B	C
2. 実用化・事業化の見通しについて	2.1	A	A	B	B	B	B	B	B	C
3. 2. 4 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										
1. 研究開発成果について	2.6	A	A	A	A	B	B	B	B	—
2. 実用化・事業化の見通しについて	2.9	A	A	A	A	A	A	B	B	—
3. 2. 5 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										
1. 研究開発成果について	2.3	A	A	A	A	B	C	C	C	—
2. 実用化・事業化の見通しについて	2.4	A	A	A	A	B	B	C	C	—

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

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について

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

2. 実用化・事業化の見通しについて

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

## 第2章 評価対象プロジェクト

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

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

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 2

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><b>【NEDO が関与する意義】</b> 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><b>【実施の効果】</b> (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>&lt;指摘事項&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul> <p>&lt;対応&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>平成22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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	
<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<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> 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 1473 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="389 1330 531 1384">作成時期</td> <td data-bbox="531 1330 1473 1384">平成23年2月 作成</td> </tr> <tr> <td data-bbox="389 1384 531 1890">変更履歴</td> <td data-bbox="531 1384 1473 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(ペーサイトなど)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 <sub>3</sub> -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 <sup>+</sup> )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 <sub>2</sub> O)がH <sup>+</sup> とOH <sup>-</sup> 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 <sub>2</sub> 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 <sup>+</sup> )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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )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 <sub>x</sub> PM法	大都市を中心に「対策地域」を定め、NO <sub>x</sub> (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 <sub>2</sub> 、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 <sup>+</sup> )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 <sub>2</sub> 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 <sub>x</sub> 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ふ。
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 <sub>4</sub>	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 <sub>x</sub> (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 <sub>2</sub> の総称。
NO酸化反応	NOをNO <sub>2</sub> 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 <sub>x</sub> 吸蔵還元(NSRまたはLNT)	三元触媒にNO <sub>x</sub> 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 <sub>x</sub> 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 <sub>x</sub> 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等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 <sub>2</sub> 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 $\mu$ 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。
石英ガラス	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	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成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た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ことが多い。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 <sub>3</sub> 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 <sup>4+</sup> 、アニオンがO <sup>2-</sup> 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 <sub>3</sub> O <sub>4</sub> 。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。
光溶融アークイメージ炉	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、界面活性剤で化合物中にホウ酸と二酸化ケイ素を含有するもの。
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イ素
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法
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 <sup>2+</sup> /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 <sup>2+</sup> 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る
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

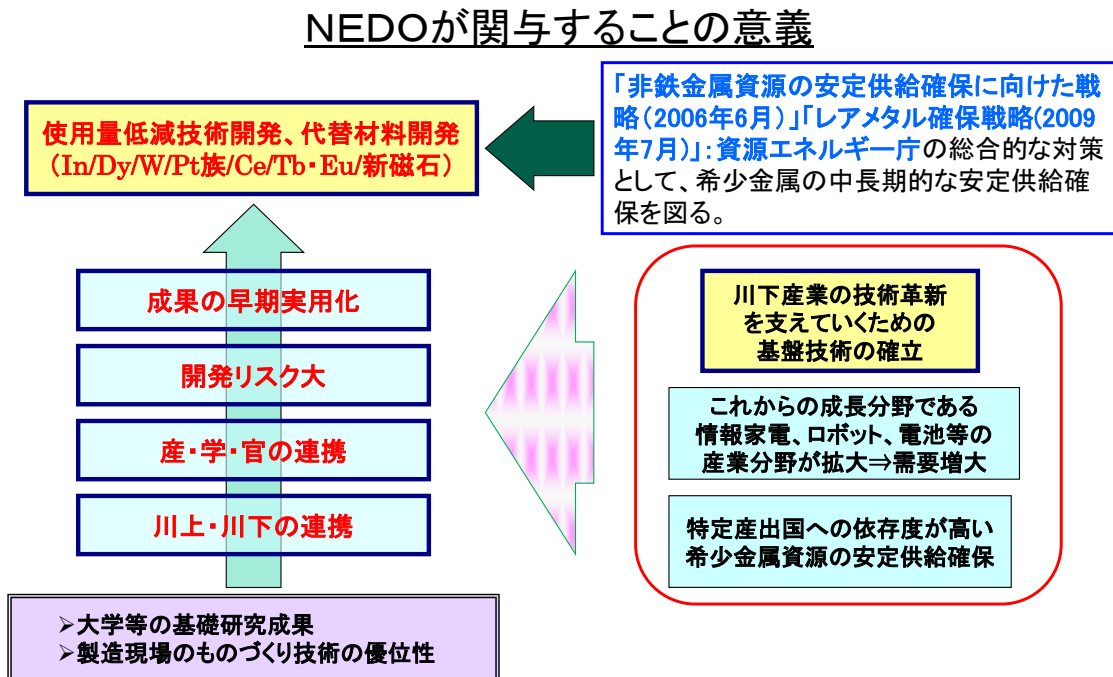
### 1.1 NEDO が関与することの意義

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

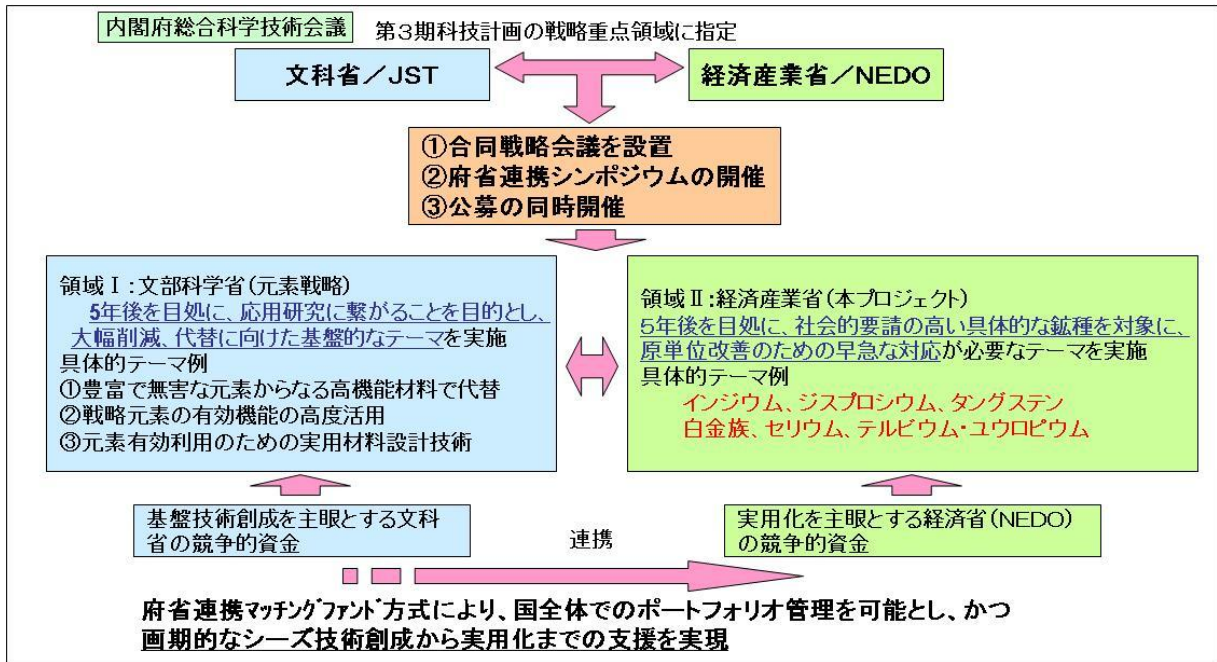


図 I-1-2 希少金属プロジェクトと戦略プロジェクト（府省連携）の関係

## 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 <sub>3</sub> 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

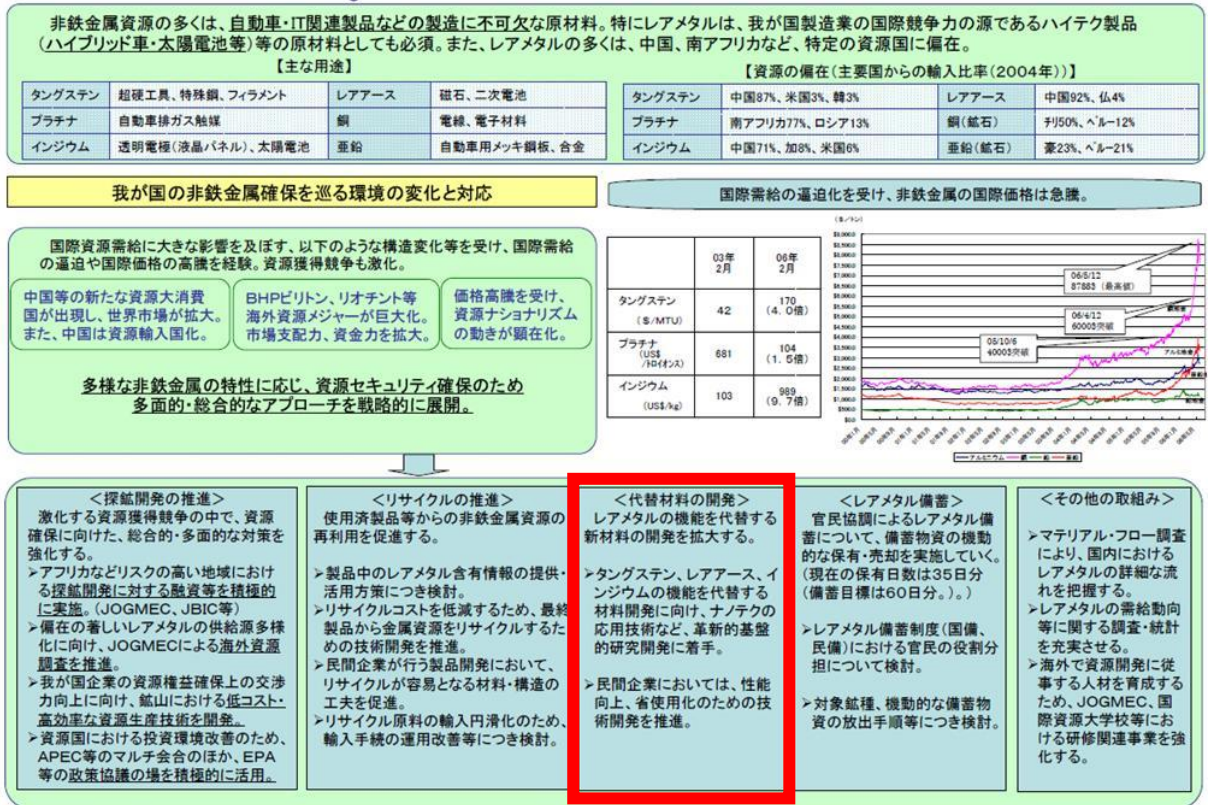


図 I-2-1 「非鉄金属資源の安定供給確保に向けた戦略」（資源エネルギー庁 平成 18 年 6 月）

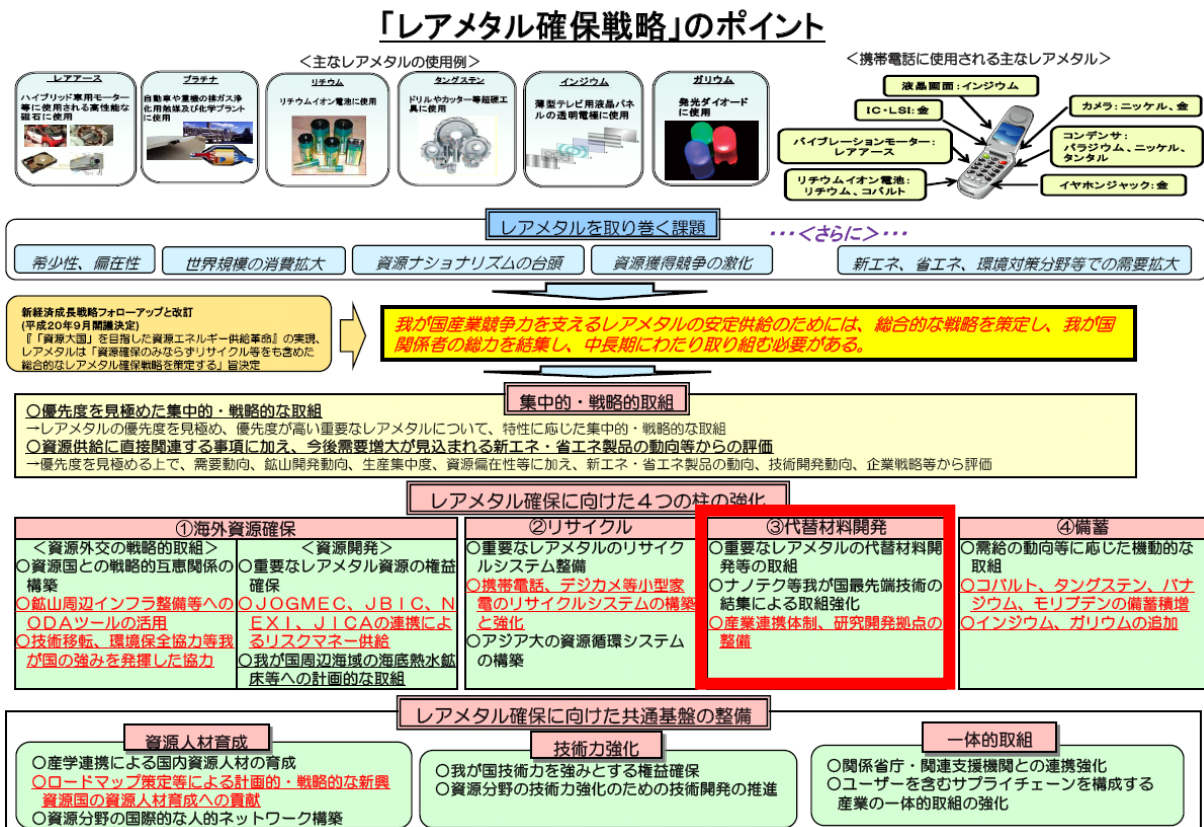


図 I-2-2 「レアメタル確保戦略」（資源エネルギー庁 平成 21 年 7 月）

## 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。

○一般計 ○特別計



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)

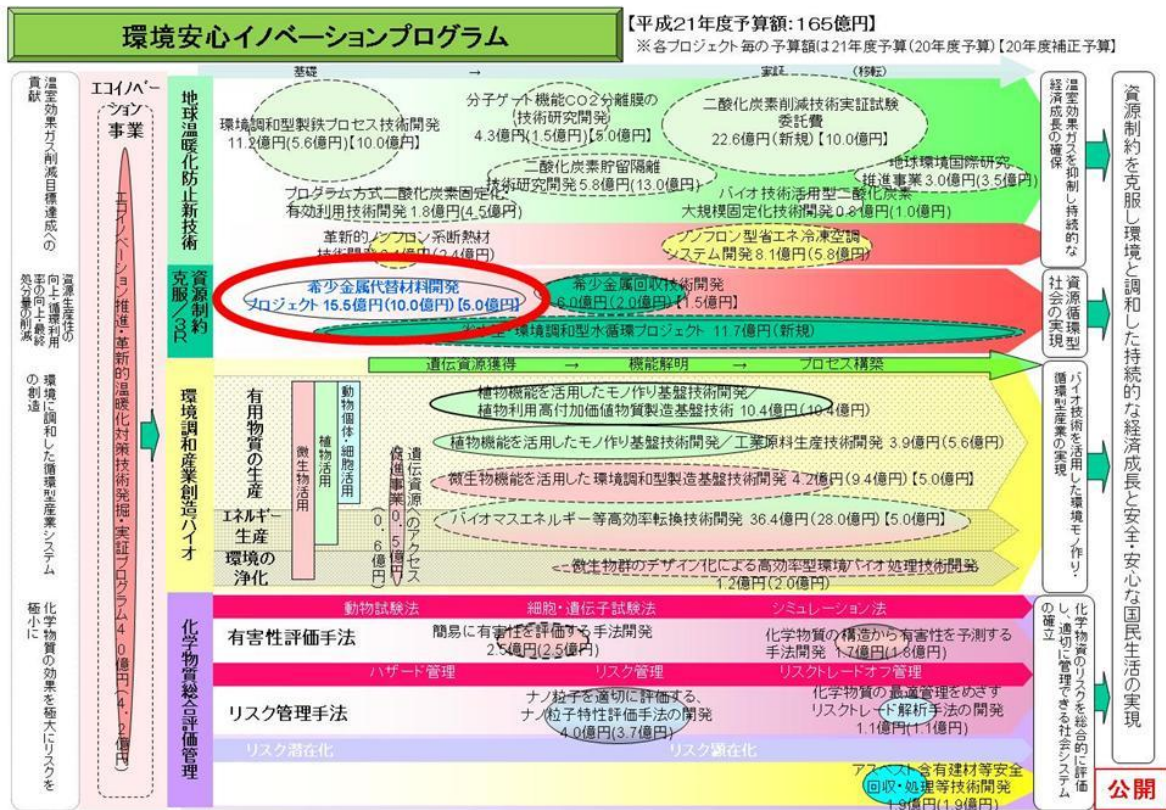


図 I-2-6 「環境安心イノベーションプログラム」  
 (経済産業省 平成 21 年度予算要求プロジェクト内訳)

## 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。

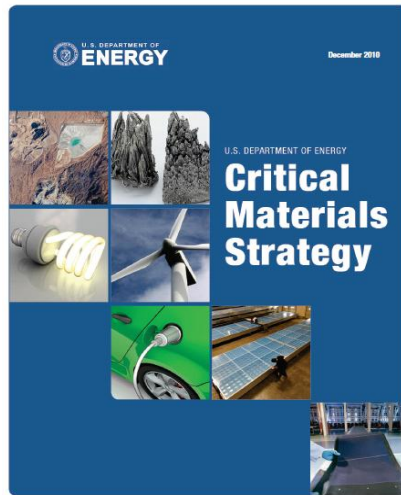


図 I-2-7 「Critical Materials Strategy 表紙 (DOE 2010.12)」

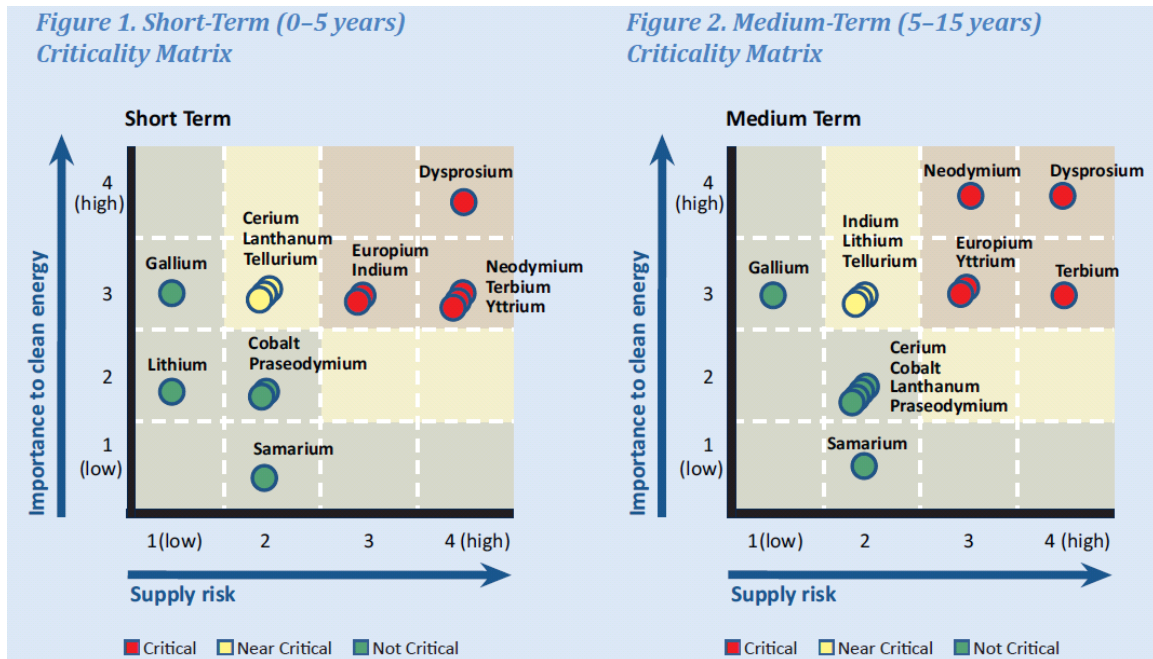


図 I-2-8 元素の産業に対する重要性と供給リスク

## 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。

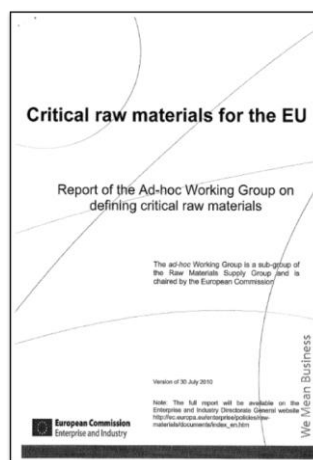


図 I-2-9 「Critical raw materials for the EU表紙 (EU 2010.2)」

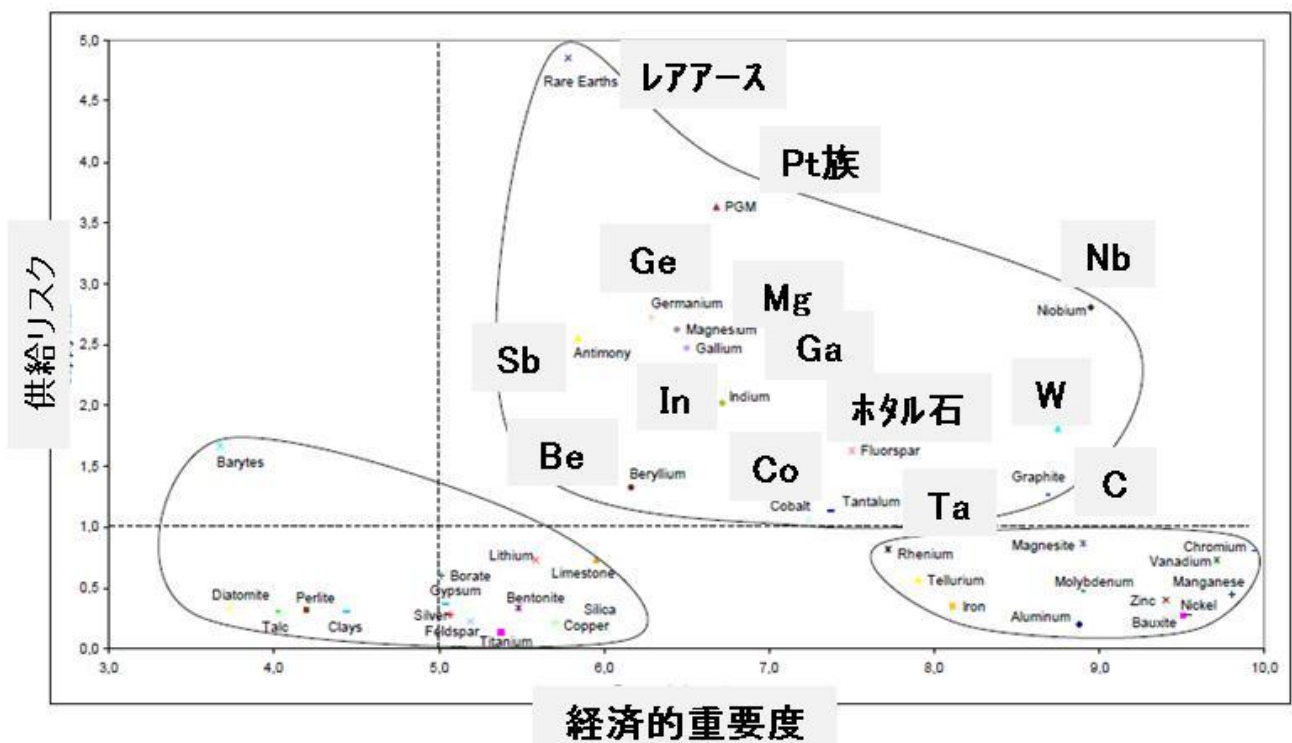


図 I-2-10 元素の経済的重要度と供給リスク



## 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。

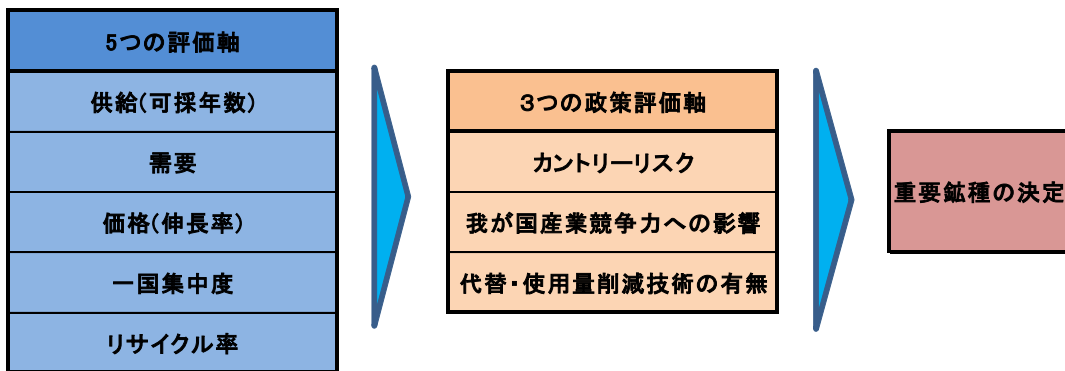
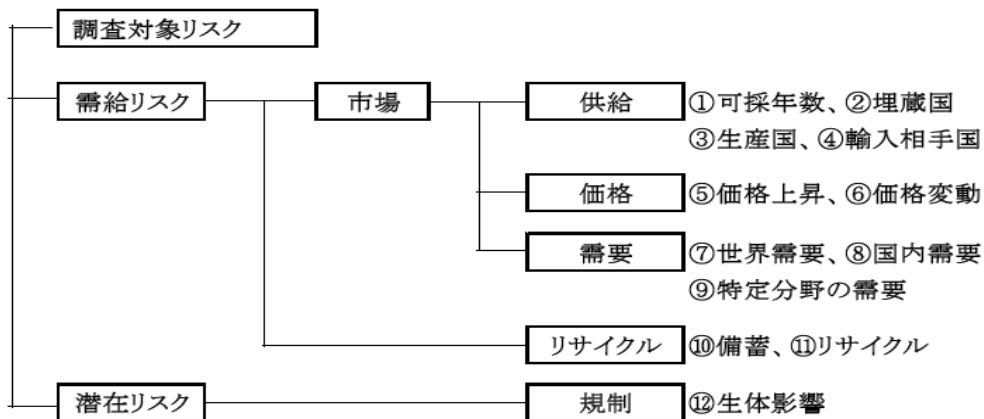


図 II-1-1 リスク調査方法

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.	鉬種	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 ・中国内需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。

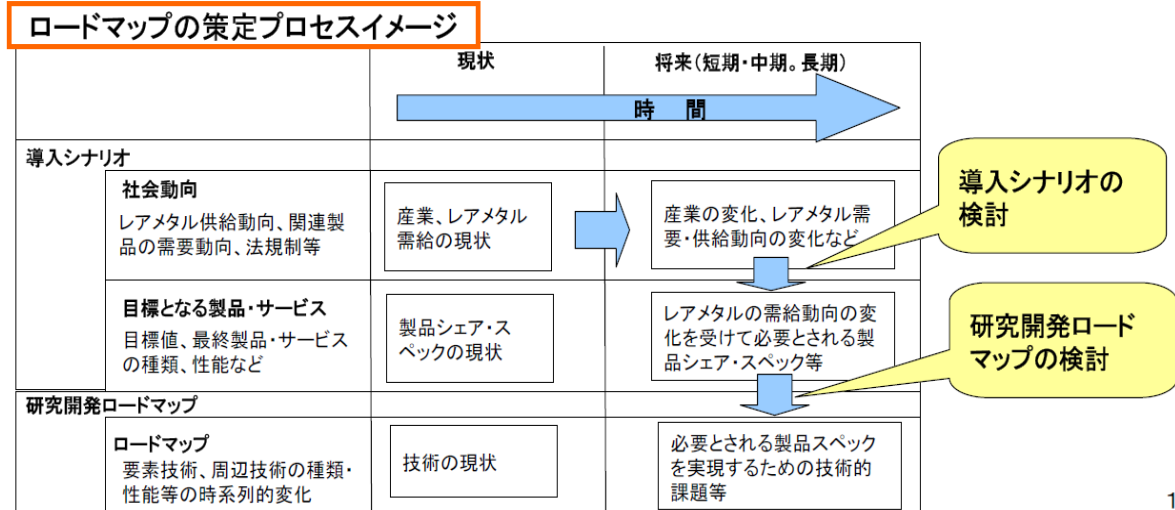
また、希少金属代替材料開発プロジェクトの位置づけ、必要性、技術ロードマップで示された研究開発目標の妥当性、実用化・事業化の見通し等の事前評価、さらに希少金属代替材料開発プロジェクトの基本計画および実施方針についても検討を行い、これを策定した。希少金属代替材料開発プロジェクト企画委員会委員を表Ⅱ-1-4に示す。

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。

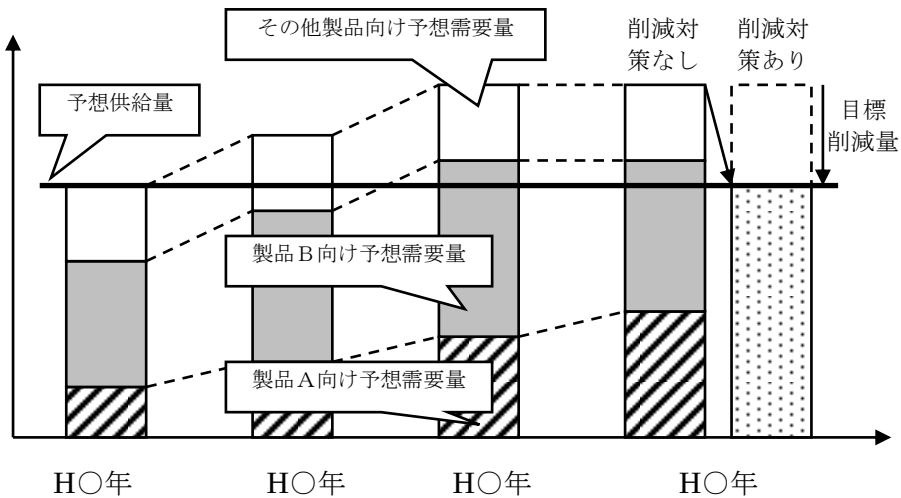


図 II-1-4 予想国内供給量と予想国内需要量のイメージ

#### 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）。

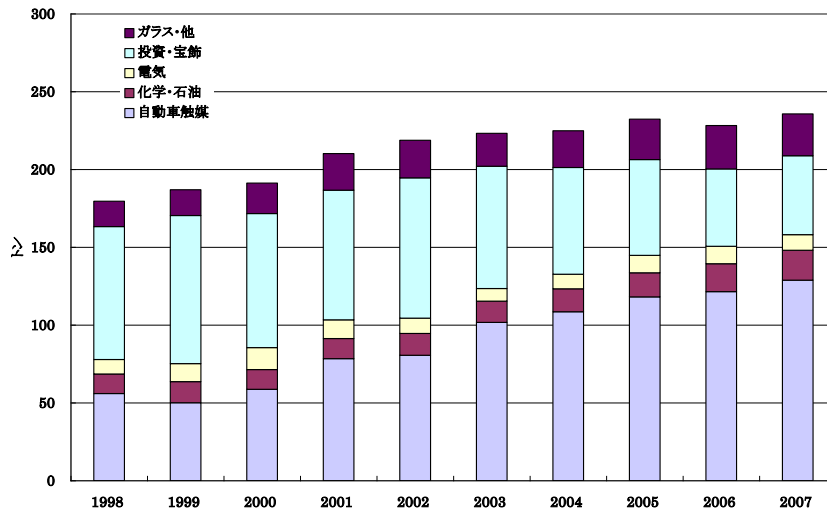


図 II-1-5 白金の世界需要

###### (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）。

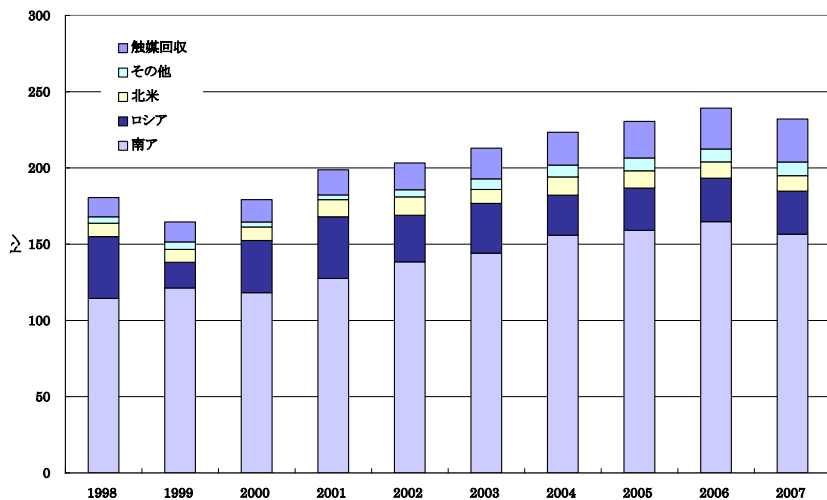
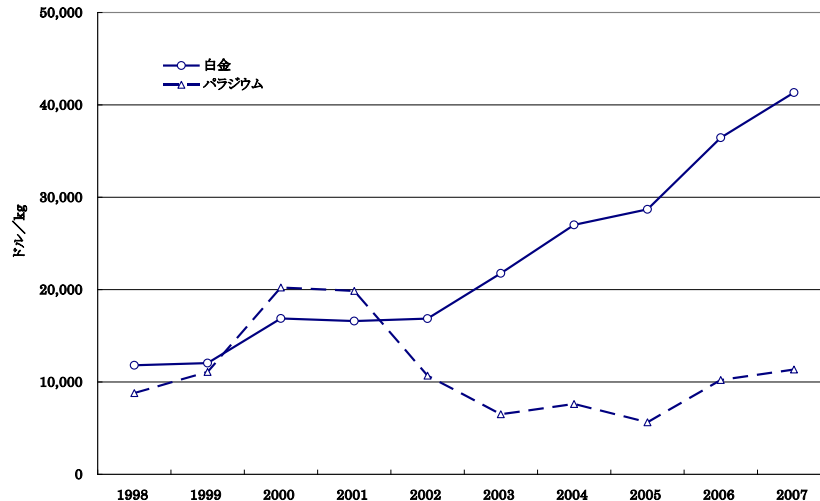


図 II-1-6 白金の世界供給





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	<b>【需要量の増大】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>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</li> <li>LCD ガラス需要増加、工場新設に伴う白金需要の増加</li> </ul>	<b>【需要量の減少】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>投資・宝飾向け需要の減少</li> <li>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</li> </ul>
金属資源供給	<b>【供給量の減少】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>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)</li> </ul>	<b>【供給量の増大】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>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)</li> </ul>

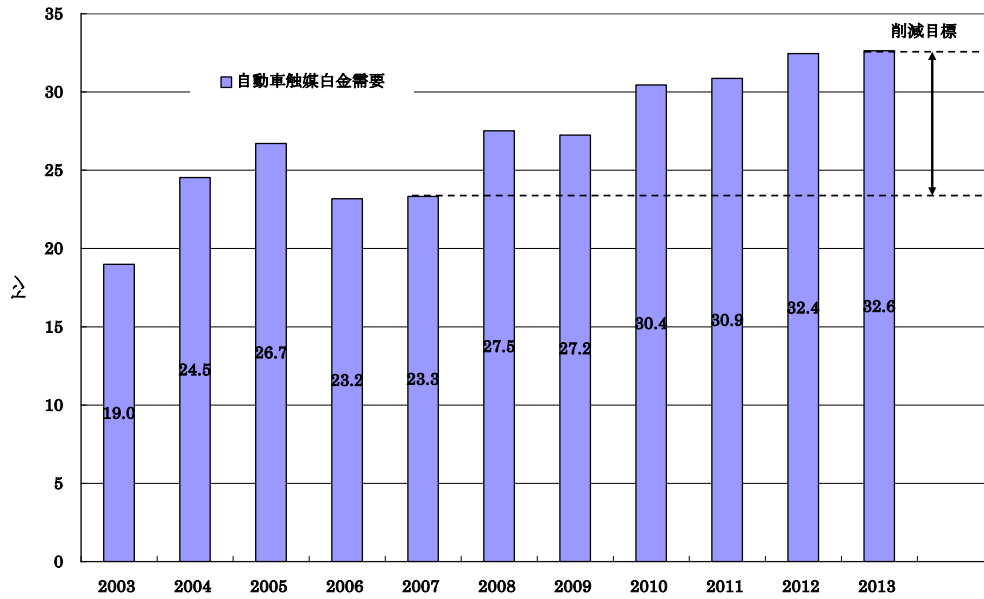


図 II-1-8 わが国における自動車排ガス触媒用白金需要予測

● 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。

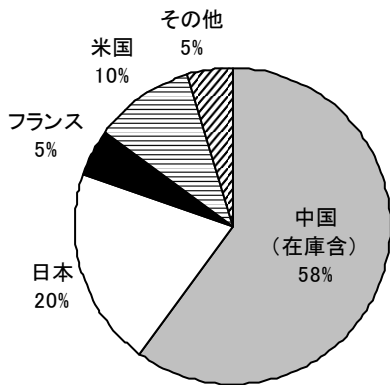
※ 自動車の生産台数予測（ガソリン・ディーゼル別）×白金原単位（ガソリン・ディーゼル別）から2013年までの自動車触媒白金需要量を算出した。

#### 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<sup>1</sup>。



（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

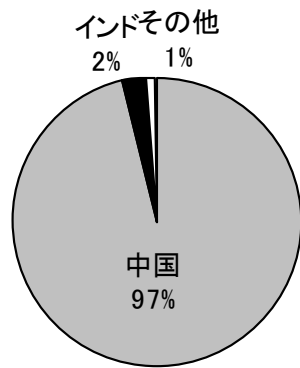
（注2）2007年における中国のセリウム供給量から2007年の輸出量を差し引いた残りを中国における需要量と仮定（在庫分も含む可能性あり）

（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	<b>【需要量の増大】</b> ・ 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	<b>【需要量の減少】</b> ・ 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	<b>【供給量の減少】</b> ・ 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	<b>【供給量の増大】</b> ・ 豪州鉱山（Mt. Weld）やカナダ鉱山等の操業開始

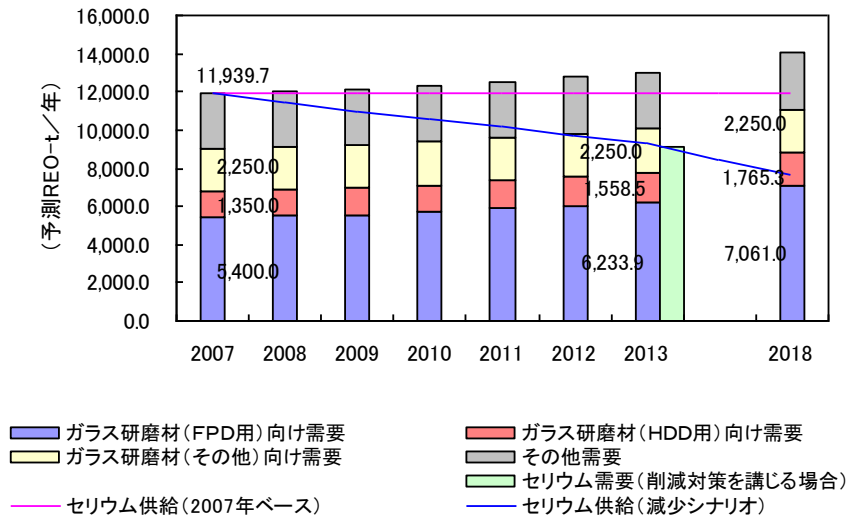


図 II-1-11 わが国におけるセリウム供給と主要製品に関するセリウム需要の予測

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

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

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

$$\text{目標消費削減率(基準年:2007年)} = 30\%$$

● 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通し値を使用。

### 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）。

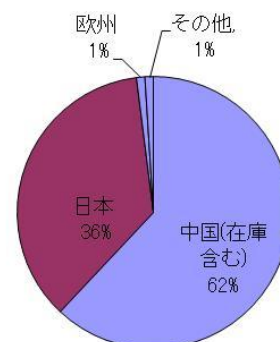
わが国におけるテルビウム需要（平成19年）は、約170（酸化物換算トン／年）と推計され、このうち過半数が蛍光粉向けであると見込まれる<sup>2</sup>。また、わが国におけるユウロピウム需要（同）は、約110（酸化物換算トン／年）と推計され、ほぼ全量が蛍光粉向けであると見込まれる。

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。

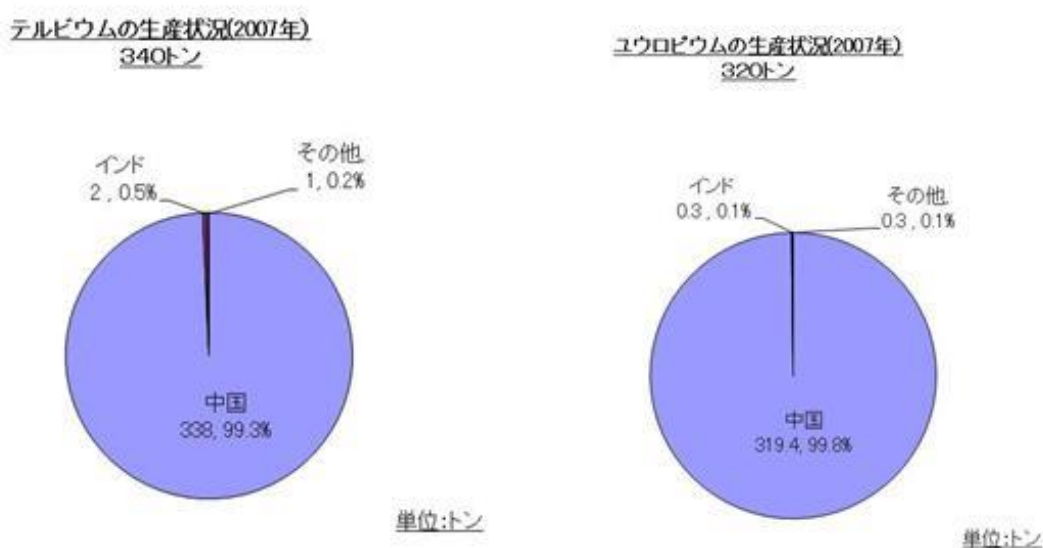
(注2) 2007年のわが国向けテルビウム輸出量は、例年の2倍近く、2008年1月の輸出税率引き上げを見込んだ駆け込み需要があったと想定されることから、わが国への輸出量（需要量）は2008年および2007年の平均値を採用した。また、香港経由でわが国へ輸出されている分もあると想定し、それらは全て上記に含まれると仮定した。

(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	<b>【需要量の増大】</b> ・ 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）	<b>【需要量の減少】</b> ・ 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	<b>【供給量の減少】</b> ・ 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	<b>【供給量の増大】</b> ・ 豪州鉱山（Mt. Weld）やカナダ鉱山等の操業開始

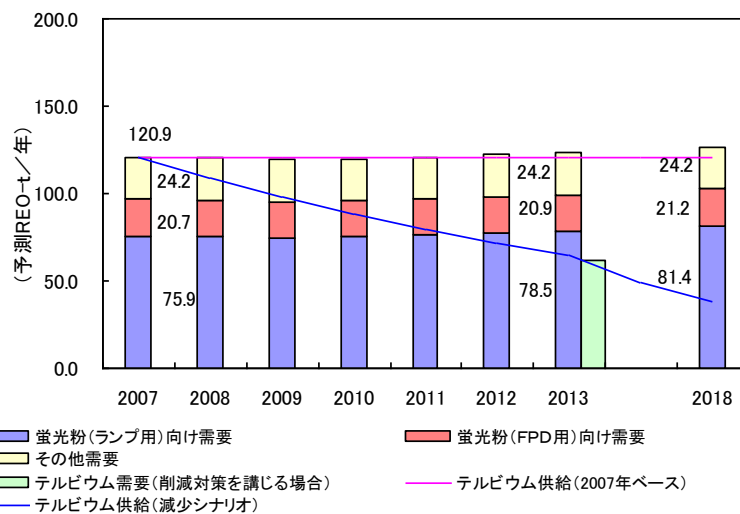


図 II-1-14 わが国におけるテルビウム供給と主要製品に関するテルビウム需要の予測



●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

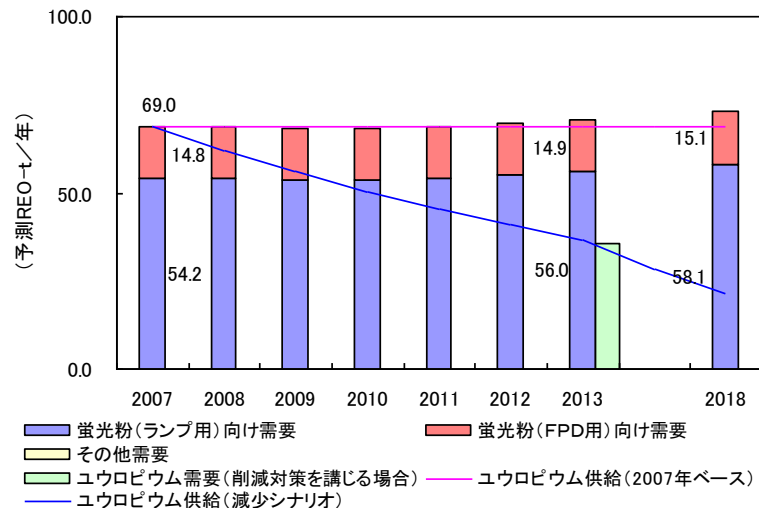
F P D及び照明ランプ用の蛍光粉生産で消費されるテルビウム需要を予測した。

〔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）〕

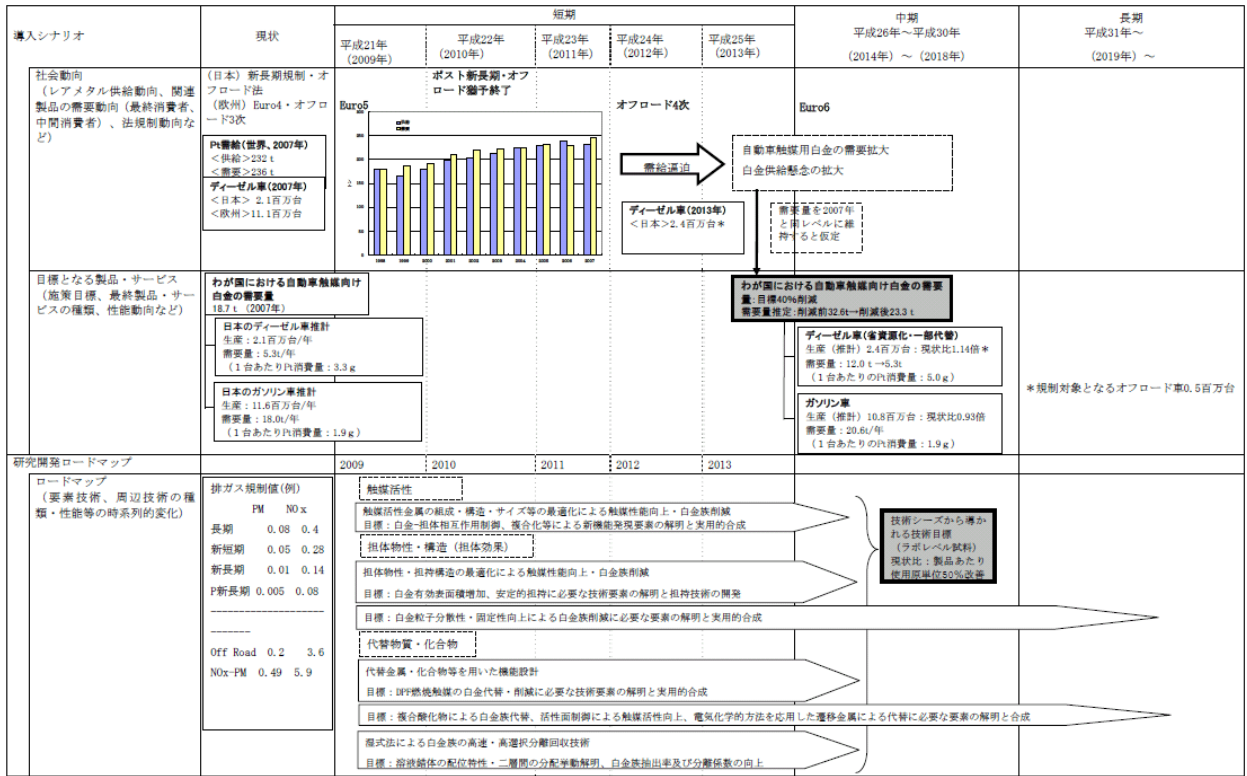
※ 蛍光粉（F P D用）向けユウロピウム需要：日本国内における液晶テレビ生産量は、今後世界経済の実質GDP累積変化率に応じて変化すると仮定した。基準年の液晶テレビバックライト向け蛍光粉（ユウロピウム分）消費量に実質GDP累積変化率を乗じて推計。

※ 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。

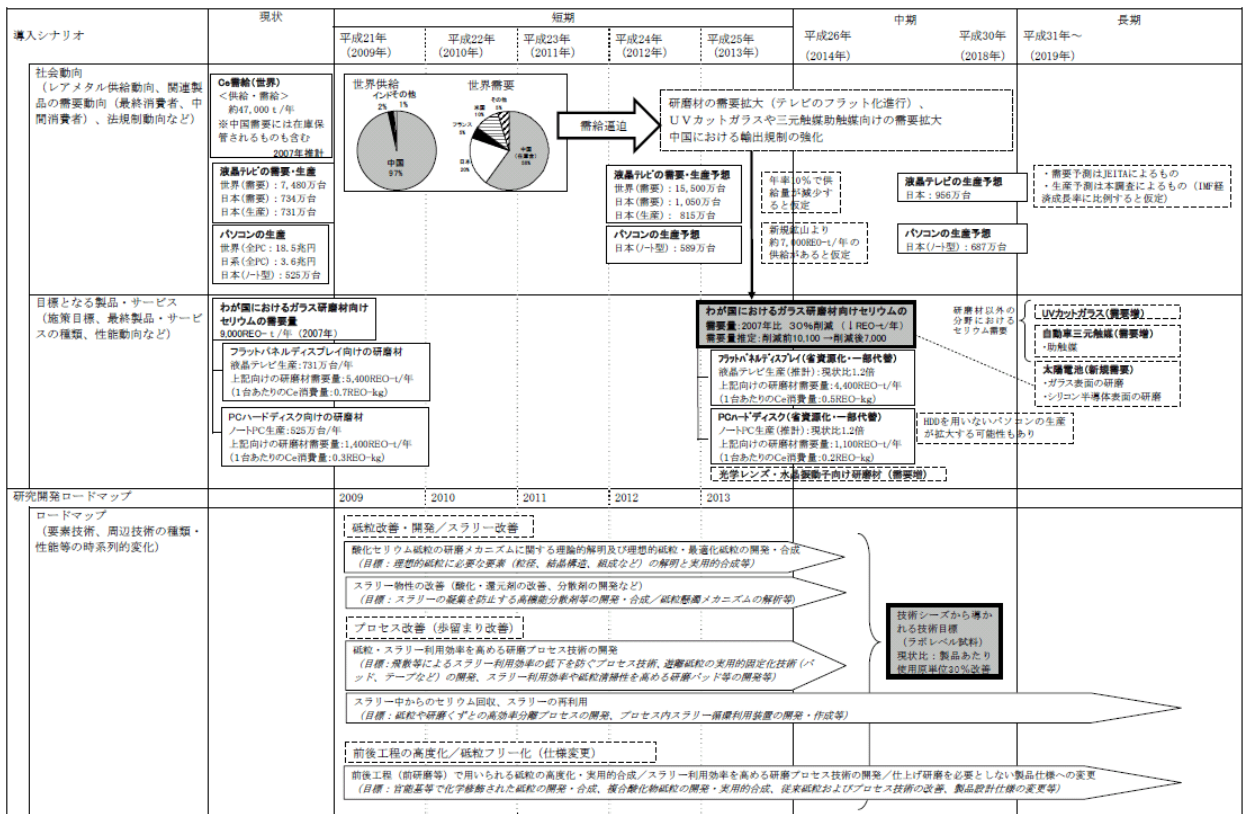
※ 世界経済の実質GDP累積変化率：IMFにて発表されている今後の世界経済見通しを利用。将来的なインフレ率（世界平均）を控除して実質GDP成長率とみなした。世界的な金融危機の影響を受けて2007年11月に下方修正された見通し値を使用。

### 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。



図Ⅱ-1-16 技術開発ロードマップ(排ガス触媒向け白金族)



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)	
<b>社会動向</b> (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)	<b>Tb-Eu供給(世界)</b> <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 <b>液晶テレビの需要・生産</b> 世界(需要): 7,480万台 日本(需要): 734万台 <b>照明三波長ランプ生産</b> 世界: 一百万台 日本: 311百万個	<b>世界供給</b> 	<b>液晶テレビの需要・生産予想</b> 世界(需要): 15,500万台 日本(需要): 1,050万台 日本(生産): 815万台 <b>照明三波長ランプ生産予想</b> 世界: 一百万台 日本: 307百万個	<b>中国における輸出規制 (E/L供給・輸出関税)の強化</b> 年率10%で供給量が減少するも想定	<b>液晶テレビの生産予想</b> 日本: 955万台 <b>照明三波長ランプ生産予想</b> 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)			
<b>目標となる製品・サービス</b> (施策目標、最終製品・サービスの種類、性能動向など)	<b>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)</b> Tb97REO-t/年Eu: 698EO-t/年 <b>液晶バックライト向けの蛍光体</b> 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) <b>照明三波長ランプ向けの蛍光体</b> 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)	<b>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)</b> 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) <b>液晶バックライト(省資源化・一部代替)</b> 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) <b>照明三波長ランプ(省資源化・一部代替)</b> 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: Tb9REO-t/年 (0.1 Tb-g/台) Eu28REO-t/年 (0.1 Eu-g/台)	<b>研究開発ロードマップ</b> 2009   2010   2011   2012   2013	<b>ロードマップ</b> (要素技術、周辺技術の種類・性能等の時系列的変化)	<b>デバイス・蛍光体代替</b> 耐久性(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・電磁波耐性に優れた発光結核分子の開発等) 耐久性(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層E.L.(有機・無機)の開発・製作 (目標: 光子シフト、高輝度量子素子の開発、耐久性向上等)	<b>技術シースから導かれる技術目標</b> (アレイバル材料) 現状比: 製品あたり使用原単位20%改善			

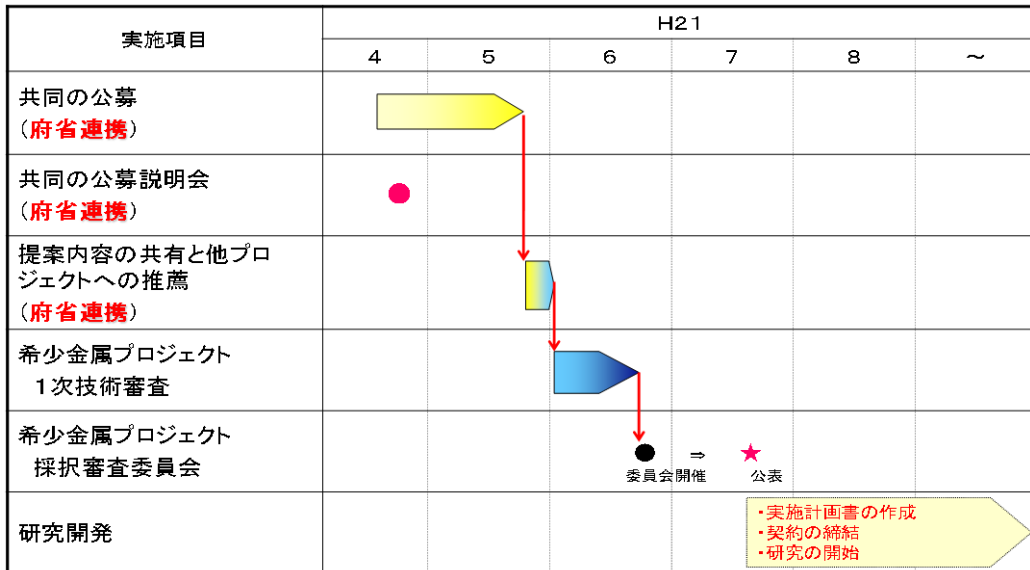
図 II-1-18 技術開発ロードマップ (蛍光ランプ向けテルビウム・ユウロピウム)

### 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°C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 NOx 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用し、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ー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

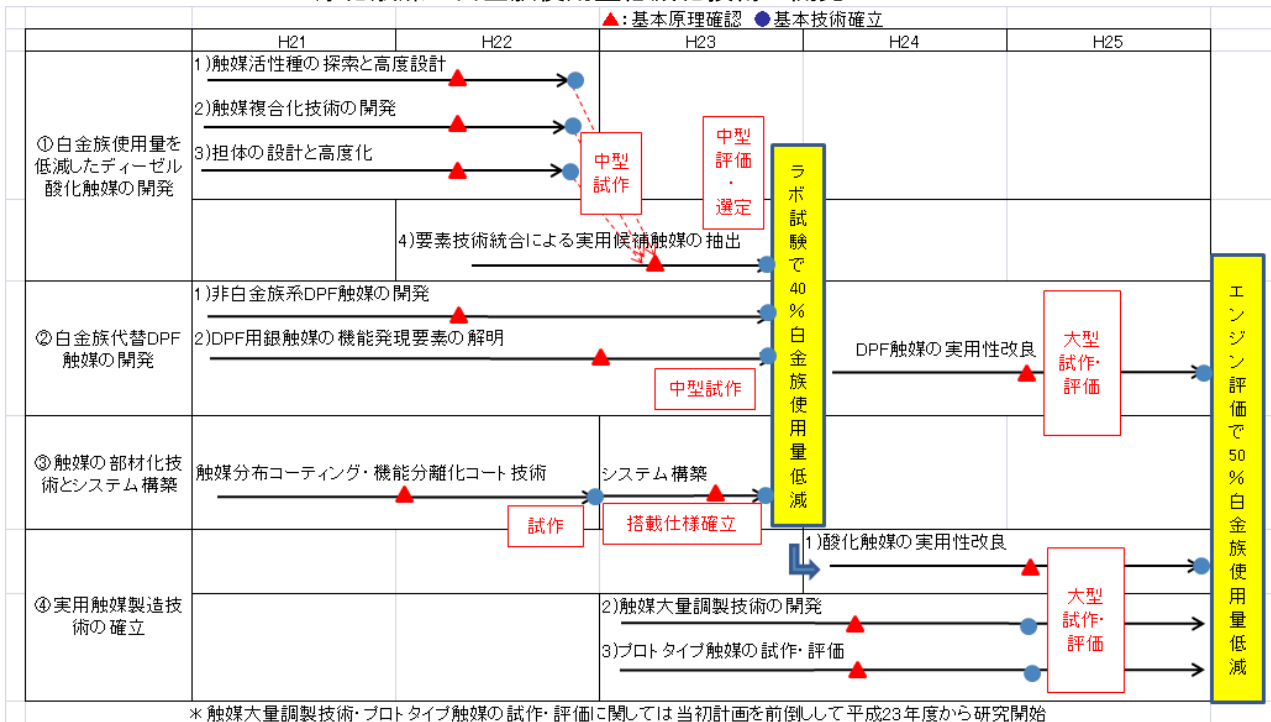
テーマ	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
第1回調査	調査1	調査2							
2007～実施プロジェクト ①②In(透明導電膜) ③Dy(Nd-Fe-B磁石) ④⑤W(超超工具)			公募・採択 中間評価						
第2回調査				調査3					
2009～実施プロジェクト ⑥-1, 2Pt族(排ガス触媒) ⑦-1, 2Ce(ガラス研磨) ⑧Tb・Eu(蛍光体)					公募・採択 中間評価 (予定)				
2009補正～実施プロジェクト ⑨-1新磁石(Dy代替)					委託事業:補正				
2010補正～実施プロジェク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

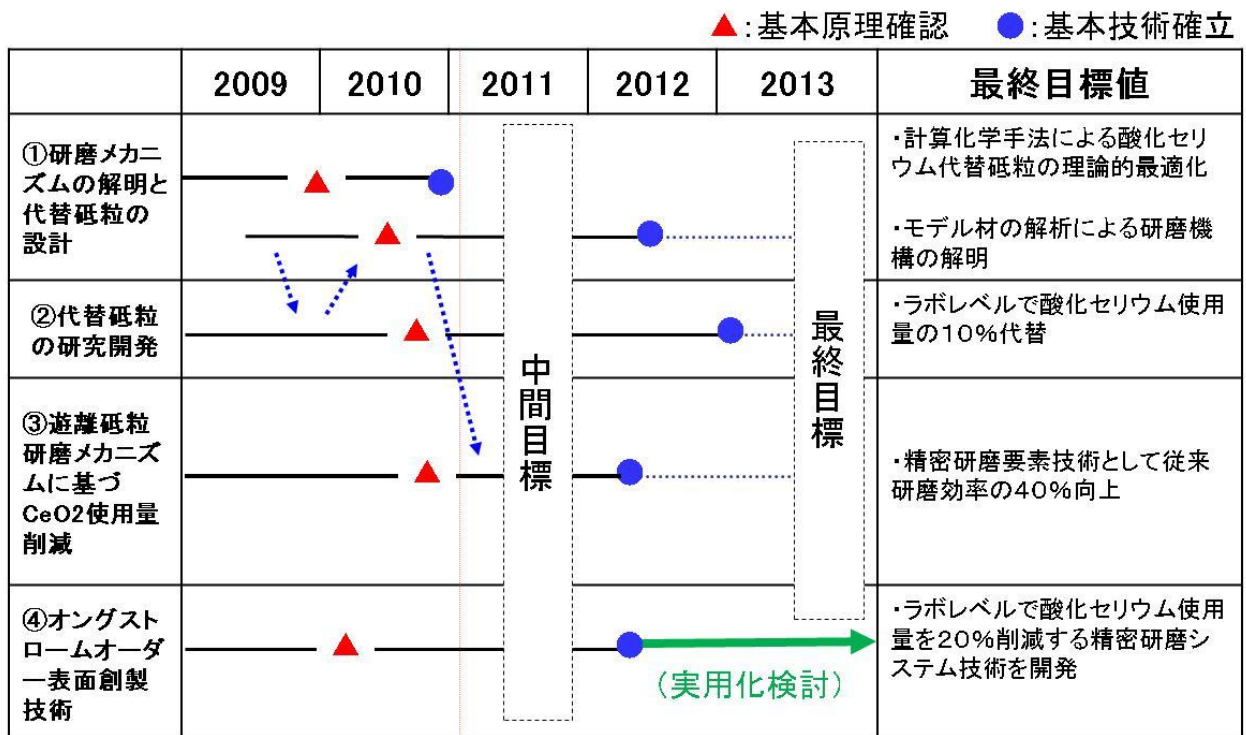
研究項目	2009	2010	2011	2012	2013	最終目標
① 遷移元素による白金族代替		遷移元素活性点の反応メカニズム解明と材料選定		耐久性のある遷移元素活性材料の決定		白金族使用量を10～65%代替できる卑金属触媒粉末の決定
② 白金族凝集抑制による使用量低減		励起電子測定によるPt, Rh, Pdの最適サイズおよび最適な担体の決定	耐久後も最適白金族サイズを維持する技術を確認			白金族使用量を50～75%低減できる白金族触媒粉末の決定
③ DPFの反応向上要素把握とその実現	PM反応モデルの決定		反応性を向上する触媒配置設計		実触媒で検証	DPFの白金族65%低減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



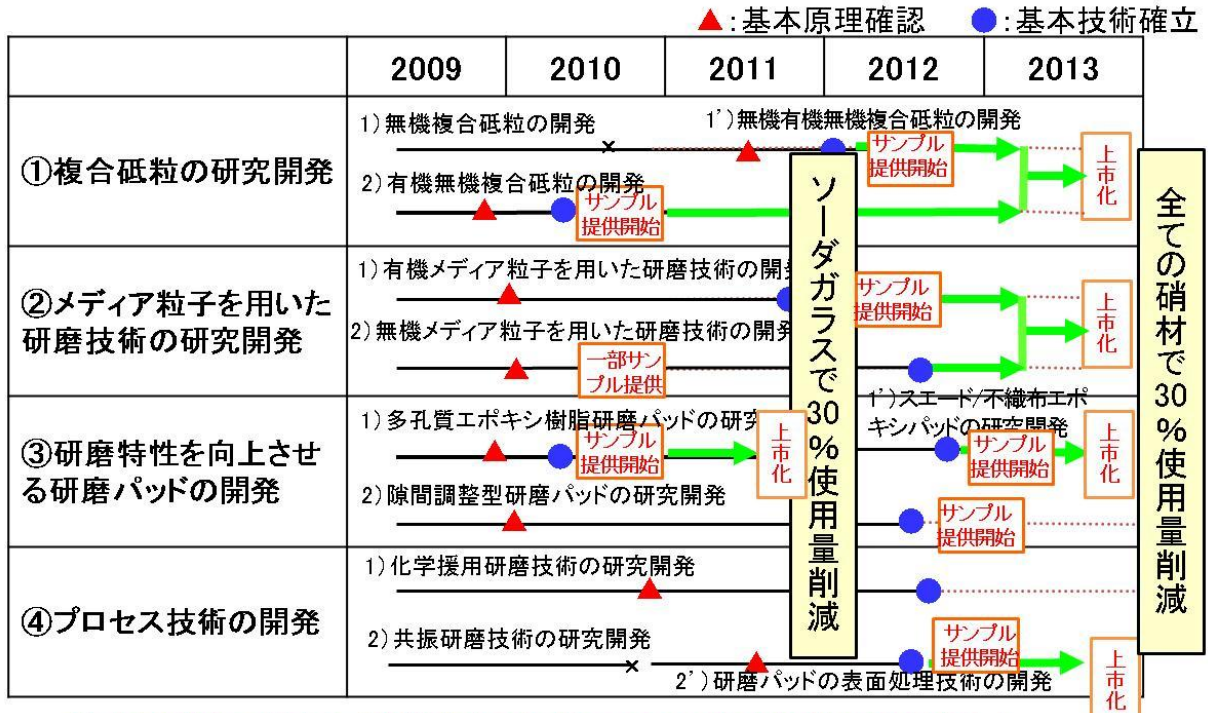
表Ⅱ-2-3 ⑥-2 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発



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

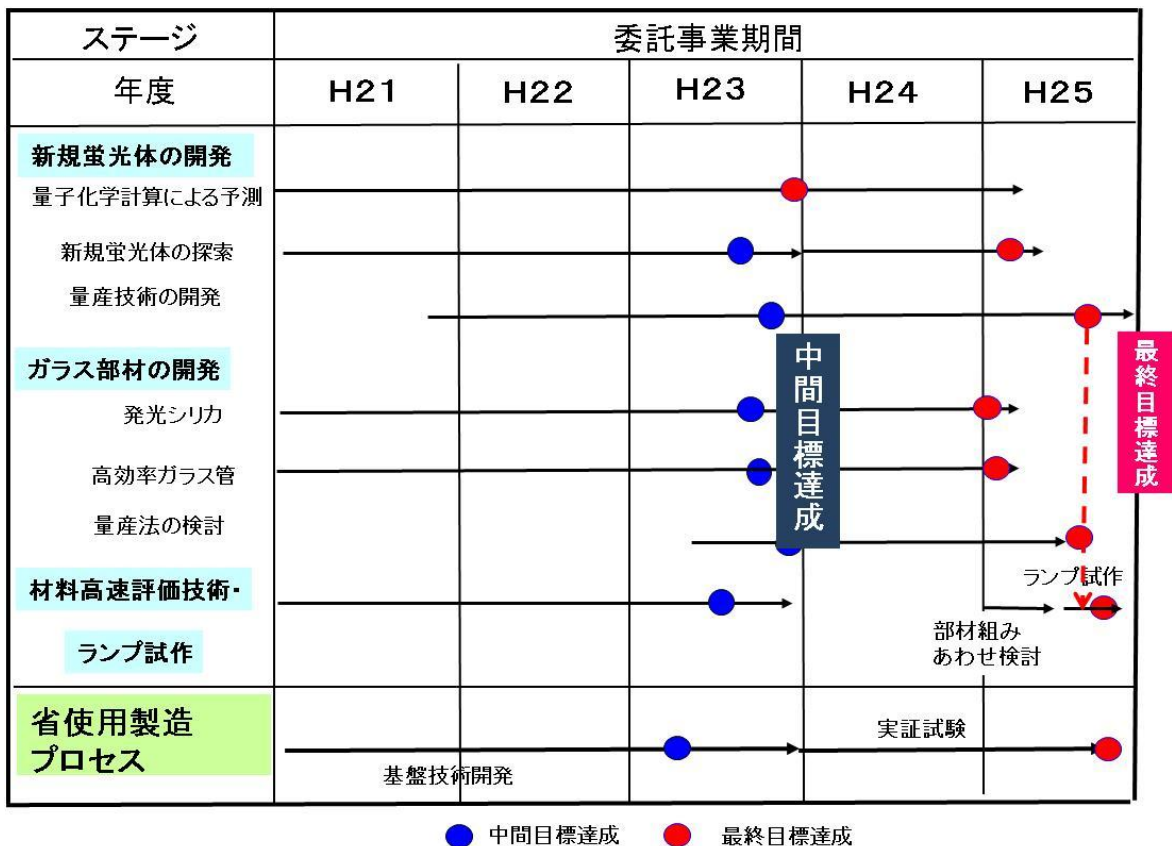


表Ⅱ-2-5 ⑦-2 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発 4 BODY研磨技術の概念を活用したセリウム使用量低減技術の開発



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 <sub>2</sub> 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。

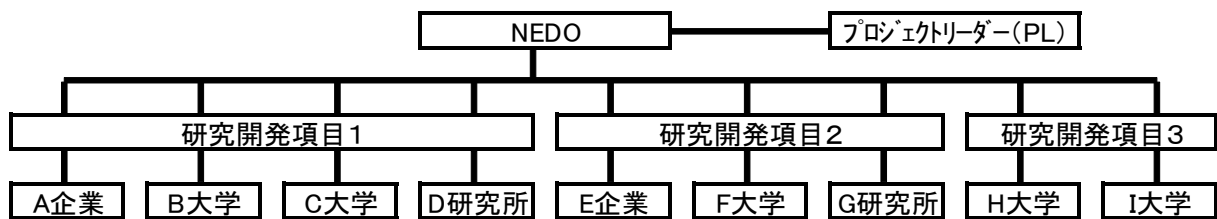


図 II-2-1 プロジェクトリーダー制の体制図

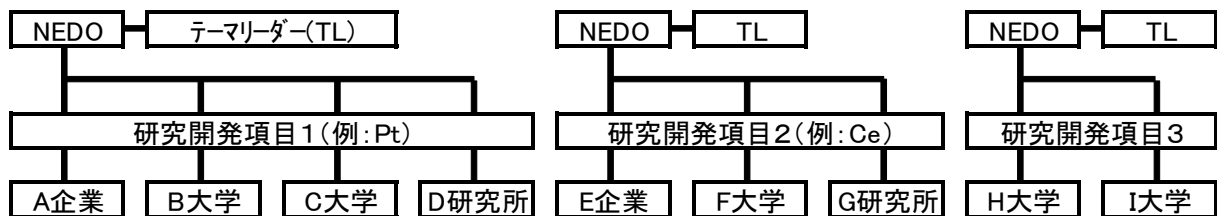


図 II-2-2 テーマリーダー制の体制図  
(希少金属代替材料開発プロジェクトの実施体制)

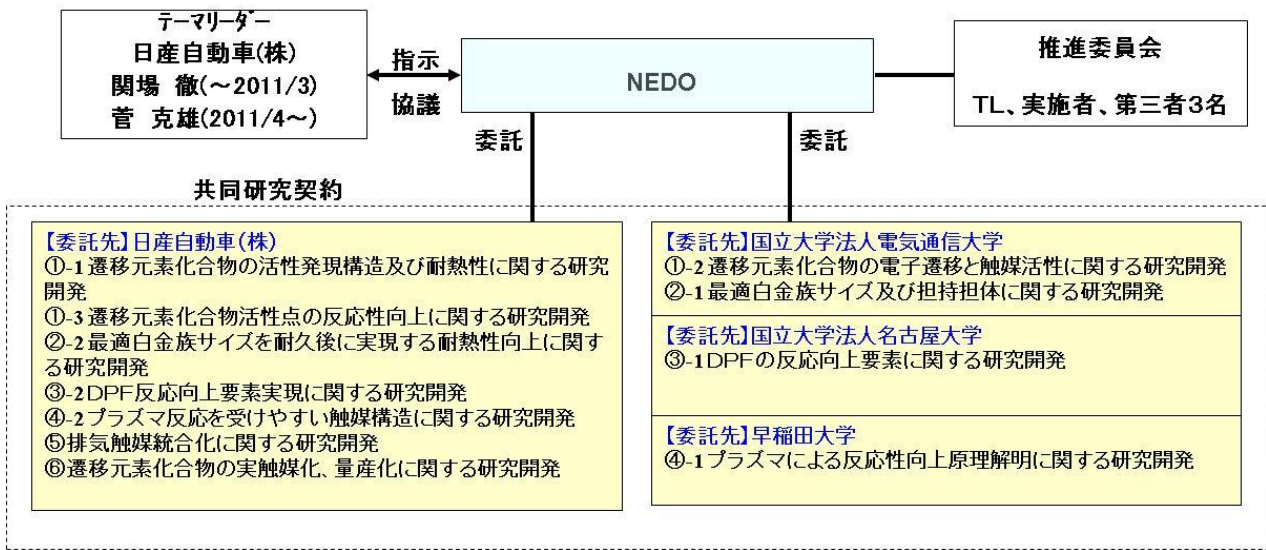


図 II-2-3 ⑥-1 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／遷移元素による白金族代替技術及び白金族の凝集抑制技術を活用した白金族低減技術の開発

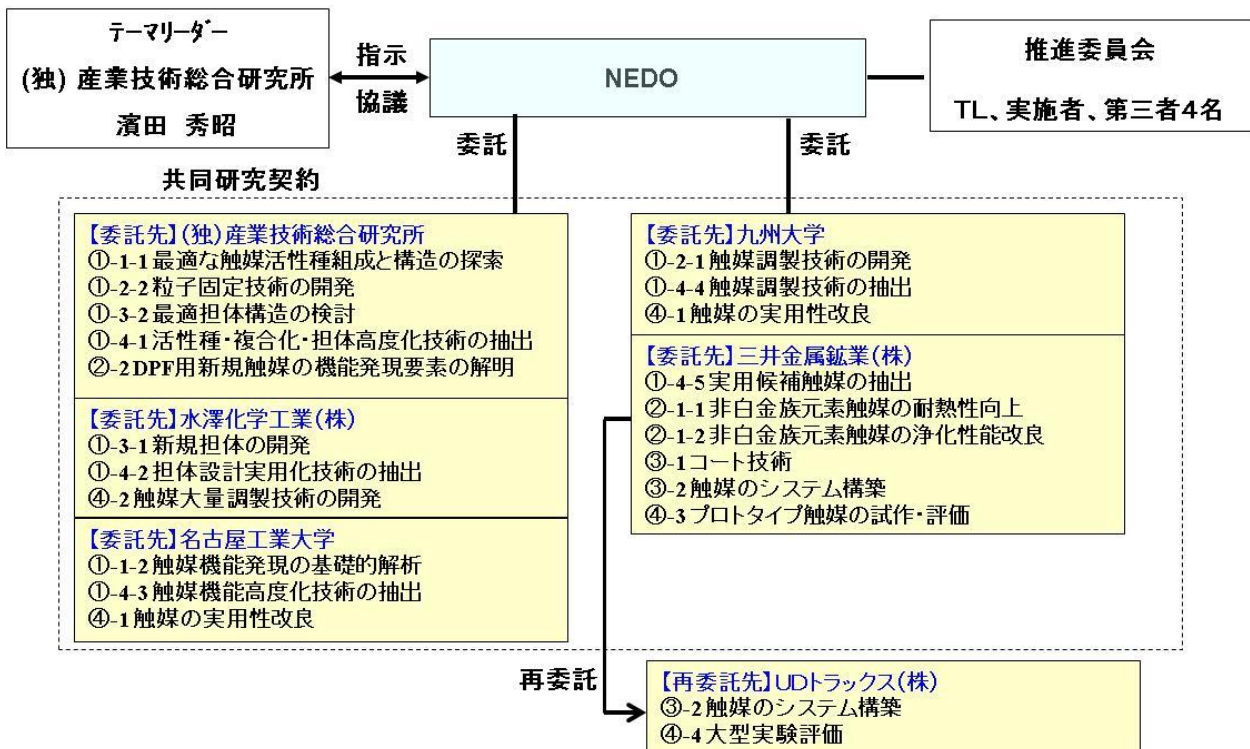
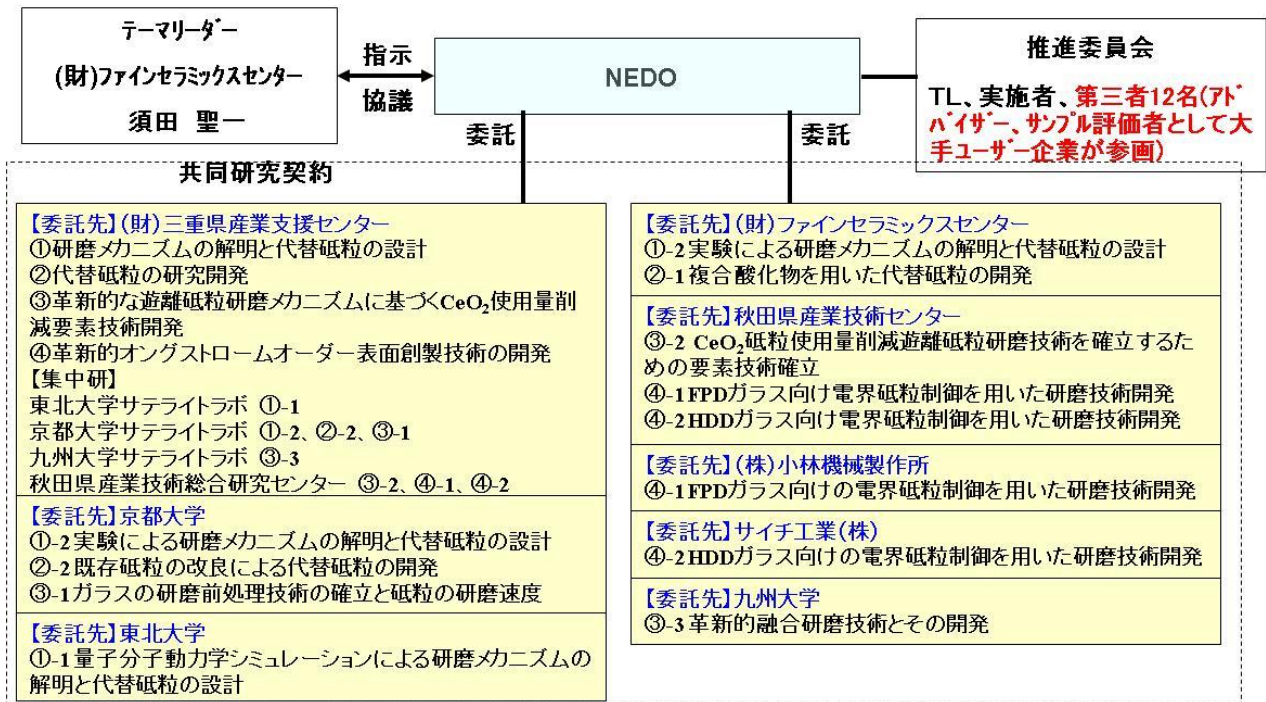
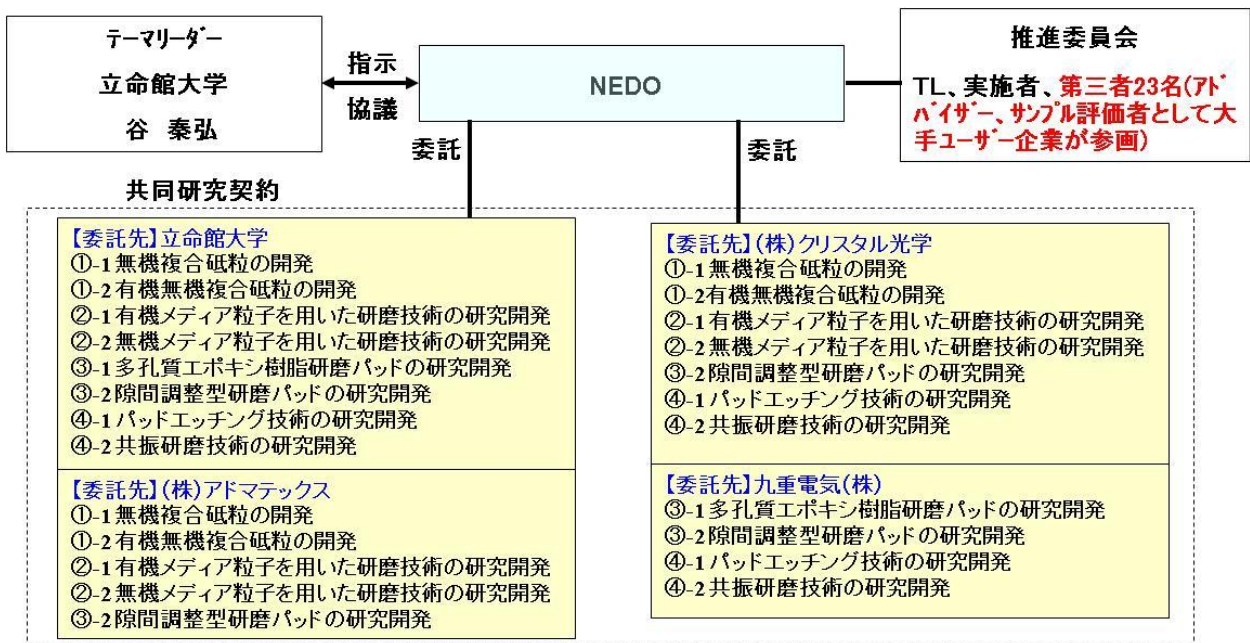


図 II-2-4 ⑥-2 排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発



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



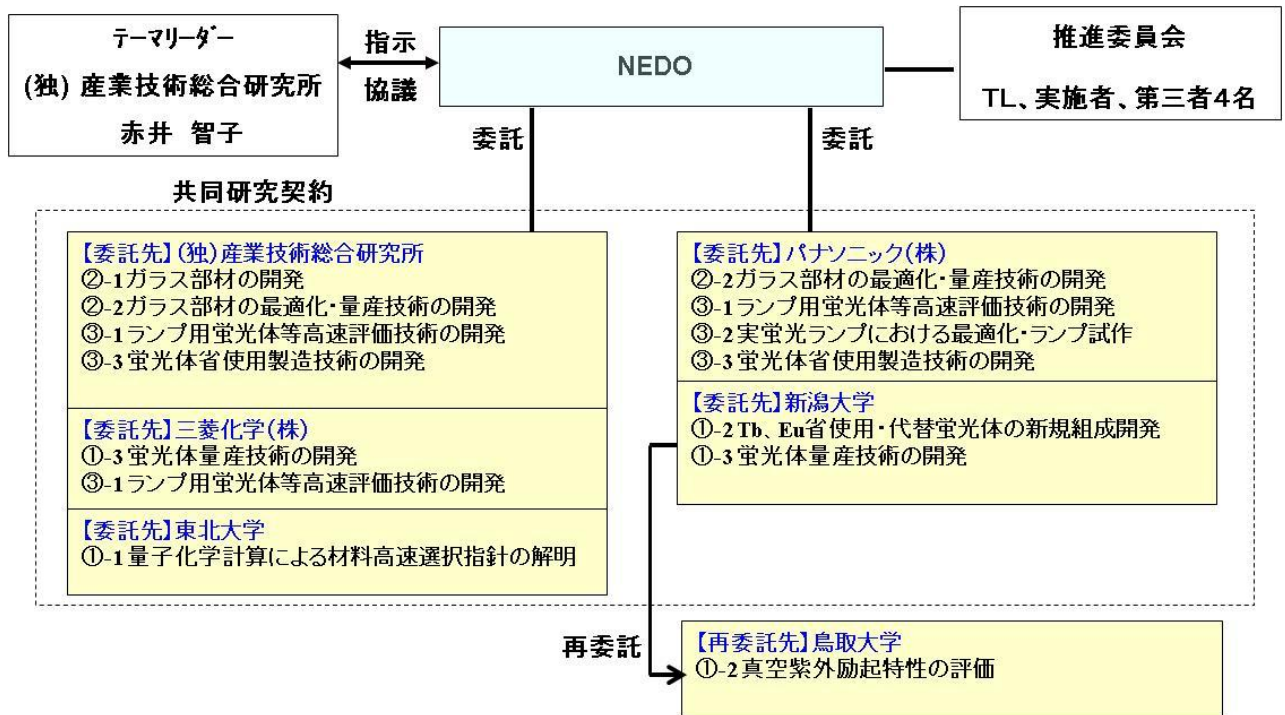


図 II-2-7 ⑧ 蛍光体向けテルビウム・ユウロピウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体向け Tb, Eu 低減技術の開発

## 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・組合せ法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。

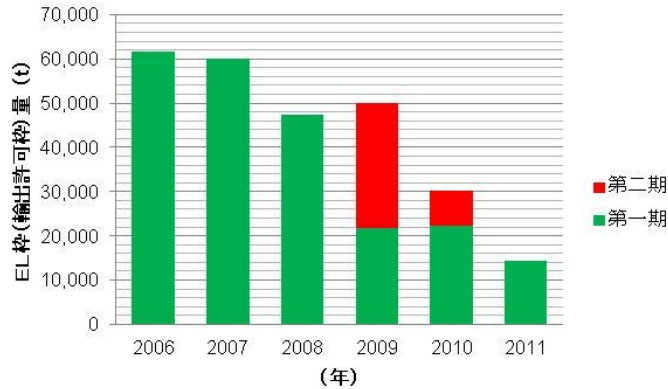


図 II-3-1 中国の EL 枠推移

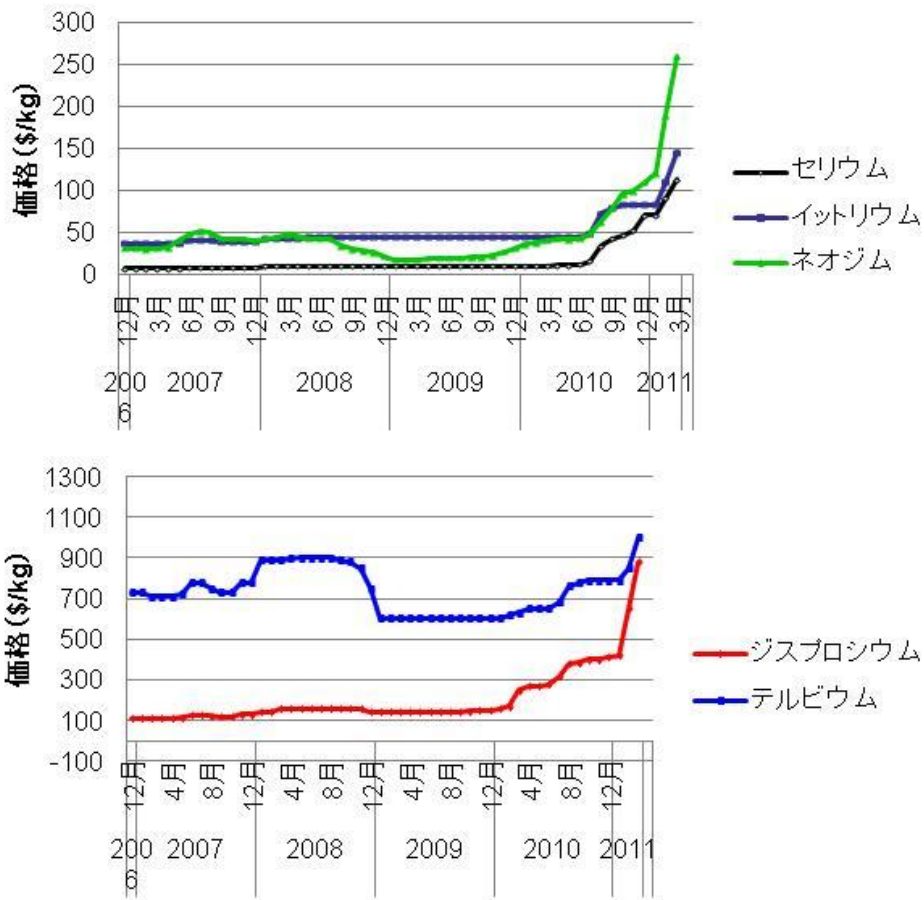


図 II-3-2 レアアースの金属価格推移

### 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 ・ <b>新規テーマ追加(2010～2011年の研究期間)</b> 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 ・ <b>既存のテーマの研究開発加速のための予算追加</b> ・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  
2/3

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)

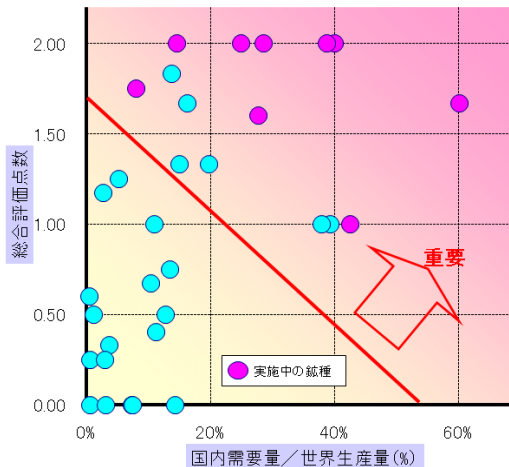
超硬工具に使用

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"> <li>・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。</li> </ul> <p>実際の対応</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>



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

##### <事業全体の成果>

白金(Pt)、パラジウム(Pd)、ロジウム(Rh)等の白金族は、自動車からの排出ガスを浄化する触媒に必要な不可欠な金属である。世界的な車の販売台数増加および排出ガス規制レベルの強化によりその使用量は白金族需要の過半数を占めるまでに増大しており、希少資源の有効活用の観点から自動車触媒用途の使用量を低減代替する技術が求められている。

特にディーゼルエンジン車はパーティキュレート(PM)の存在、高酸素濃度条件でのNO<sub>x</sub>処理、低排気温度などの要因により浄化処理の難易度が高く技術開発の必要性が高い。

本事業では、これまで白金族の凝集劣化を抑制するために、主としてガソリンエンジン車向けに開発してきたナノサイズ構造材料技術をディーゼル車向けに進化させるとともに、白金族の一部代替を狙ってメジャーメタルである鉄に着目し、鉄化合物の触媒活性メカニズム把握と効果的利用を図ることで新規な白金族低減活性点技術を確立する。さらに、ハニカム構造体中における触媒配置を最適化するシミュレーション技術、プラズマによる触媒反応促進技術を確立する。

これらの技術の統合により、ディーゼルエンジン車用排気浄化システムに使用される酸化触媒(DOC)、リーンNO<sub>x</sub>トラップ触媒(LNT)、ディーゼルパーティキュレートフィルター(DPF)の白金族使用量を現状から50%以上低減することを目的とする。

今回、事業全体の技術開発計画の進捗度を見た場合、遷移元素による白金族低減活性点技術においては、遷移元素化合物の活性発現因子を明らかにし、遷移元素化合物の候補材料の選定が重要な目標である。同様に、白金族凝集抑制手段に関する研究開発においては、白金ナノ粒子にレーザー光を当てた時の電子の(緩和)応答特性と、白金ナノ粒子の粒径および触媒活性と関係を明らかにし、計測手法を確立すること、また、DPF内の触媒とPMとの接触性向上技術においては、シミュレーションモデルの構築、さらに、プラズマによる触媒活性アシスト技術においては、触媒とプラズマ反応場との組み合わせの有効性が確認が重要である。

#### 1.1 研究開発と成果の概要

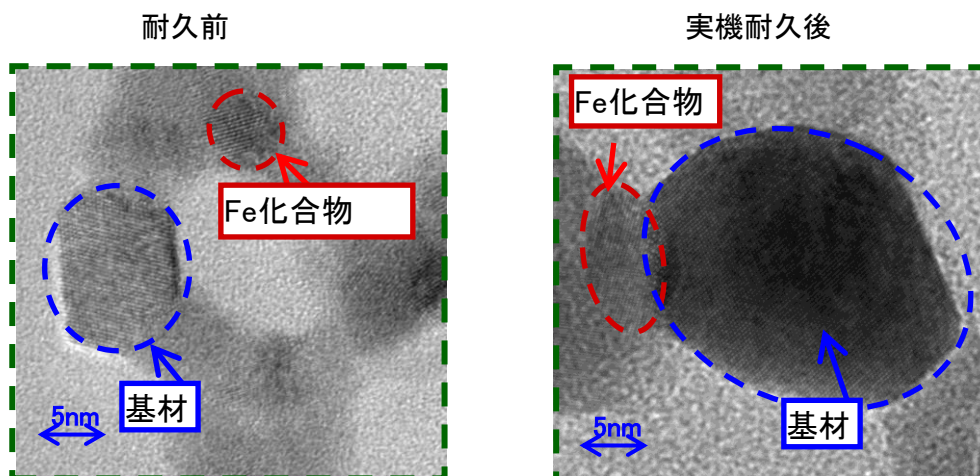
以下に、今回の各研究項目における主な研究成果の概要を示す。

##### ・遷移元素による白金族低減活性点技術

酸化鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)はミクロンオーダーのサイズでは、排気浄化性能をほとんど示さないが、数十ナノメートルに微粒子化すると、浄化性能が発現することを見出した。さらに酸化セリウム等の酸素吸蔵放出材料に担持することによってより活性が向上する。Spring-8における電子状態の解析により、担持基材と酸化鉄の間の相互作用により鉄の酸化数が還元側にシフトし、反応の酸化還元サイクルが促進されることを明らかにした。

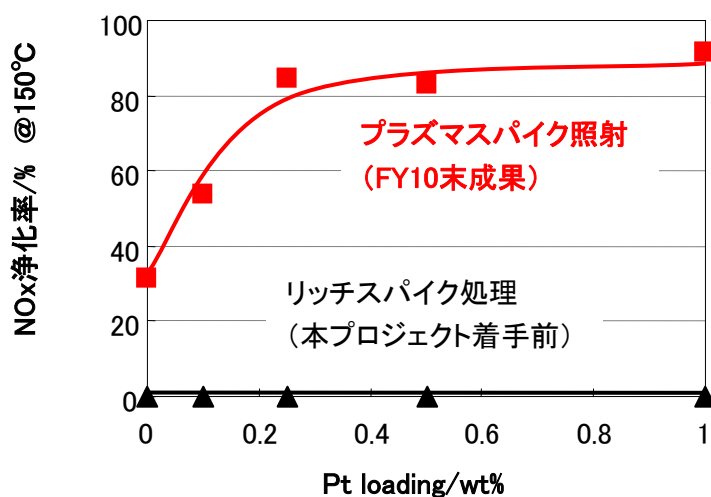
微細な鉄化合物活性点は、高温の使用条件で容易に凝集粗大化し活性低下することが問題である。この問

題に対し、担持基材のナノ粒子間に鉄化合物を配置する調製法を開発した結果、800℃以上のエンジン排ガス耐久後も数ナノメートルの微粒子を維持することに成功した。



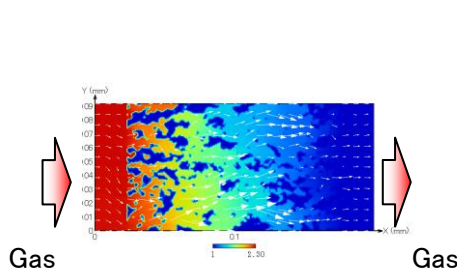
#### ・プラズマによる触媒反応促進技術

早稲田大学と共同で触媒をコートした反応管内でプラズマを発生させ、触媒反応促進効果を解析している。例えばNOの分解反応は触媒を使用しても通常400℃以上の高温が必要であるが、プラズマを発生させることによって常温域から高い転化率を示す。さらにPt-Ba/アルミナ等の触媒と組み合わせることによってN<sub>2</sub>への選択性が90%以上にまで高まる。これらの結果から触媒とプラズマ反応場との組み合わせの有効性が確認できた。

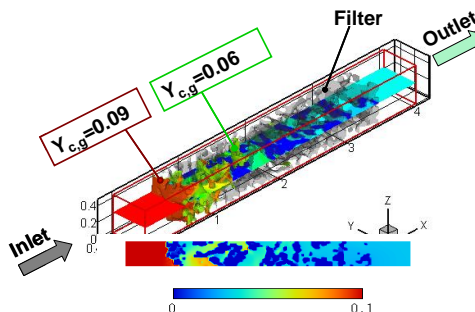


・触媒構造最適化シミュレーション技術

名古屋大学と共同でディーゼルパーティキュレートフィルター(DPF)における触媒配置構造最適化を検討している。X線CTによって得られたDPF内部構造のデータ、酸化反応の活性化エネルギー等を用いてシミュレーション解析のための計算コードを作成した。これによりDPF内部のガス流れ及びパーティキュレートの堆積・反応過程の解析が可能となった。



PM燃焼計算の一例



PM濃度の3次元分布計算の一例

## 2.研究開発項目毎の成果

### 2.1 成果の内容と目標の達成度

以下の表に各研究開発項目ごとの達成度をまとめた。

目 標	研究開発成果	達成度
① 遷移元素による白金族代替に関する研究開発 ・活性点の候補材料種を決定する	①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ナノサイズの Fe 化合物を高分散配置することで耐久後もナノサイズを維持 ・Fe 化合物中の Fe 元素が酸化還元状態を繰り返すことが必要であることがわかった。	① 達成
② 白金族凝集抑制手段に関する研究開発 ・耐久後、Pt,Rh の最適な担体で最適粒子サイズを実現	②反応活性に有効な Pt、Rh サイズが存在することがわかった	② 達成
③DPFの反応向上要素とその実現に関する研究開発 ・DPFの反応性を向上する触媒担持位置および触媒担持における重要な制御因子を明確にする	③各排ガス成分が混合した状態のPM堆積・燃焼反応モデルができた。触媒担持位置の最適設計に着手	③ 達成
④プラズマによる活性向上に関する研究開発 ・触媒の設計指針の明確化	④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 NOx浄化可能であることを実証した	④ 達成
⑤排気触媒統合化に関する研究開発 ・統合システムの課題明確化	⑤大きな跳ね返りなく一体化でき、コンパクト化の可能性を実証した。	⑤ 達成
⑥遷移元素化合物の実触媒化および量産化に関する研究開発 ・耐久前において白金族使用量低減仕様を決定	⑥実触媒化時の課題の明確化を進めている	⑥ 達成見込み H24年3月

## 2.3 知的財産の取得の取り組みおよび成果の普及

本事業において、H23年7月1日までに申請した特許、論文、口頭発表等の件数をまとめた。

特許、論文、外部発表等の件数(内訳)

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (学会口頭発表、 プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出 願	査読付き	その他	
H21年度	0件	0件	0件	0件	0件	0件
H22年度	5件	0件	0件	0件	0件	6件
H23年度	1件	0件	0件	0件	0件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

なお、国内については特許事務所で申請手続き中の案件が5件ある。  
また、国内申請した案件のうち2件は外国申請にむけて準備中である。

## 2.4 成果の最終目標の達成可能性

各研究開発項目における最終目標とその達成見通しをまとめた。

これまでの研究開発で、触媒材料および触媒システムに関する要素技術開発を実施し、1.事業全体の成果および各研究開発項目毎の成果の中で記載した成果が得られた。

これを受け、最終目標達成に向けて実用化研究へ移行する。

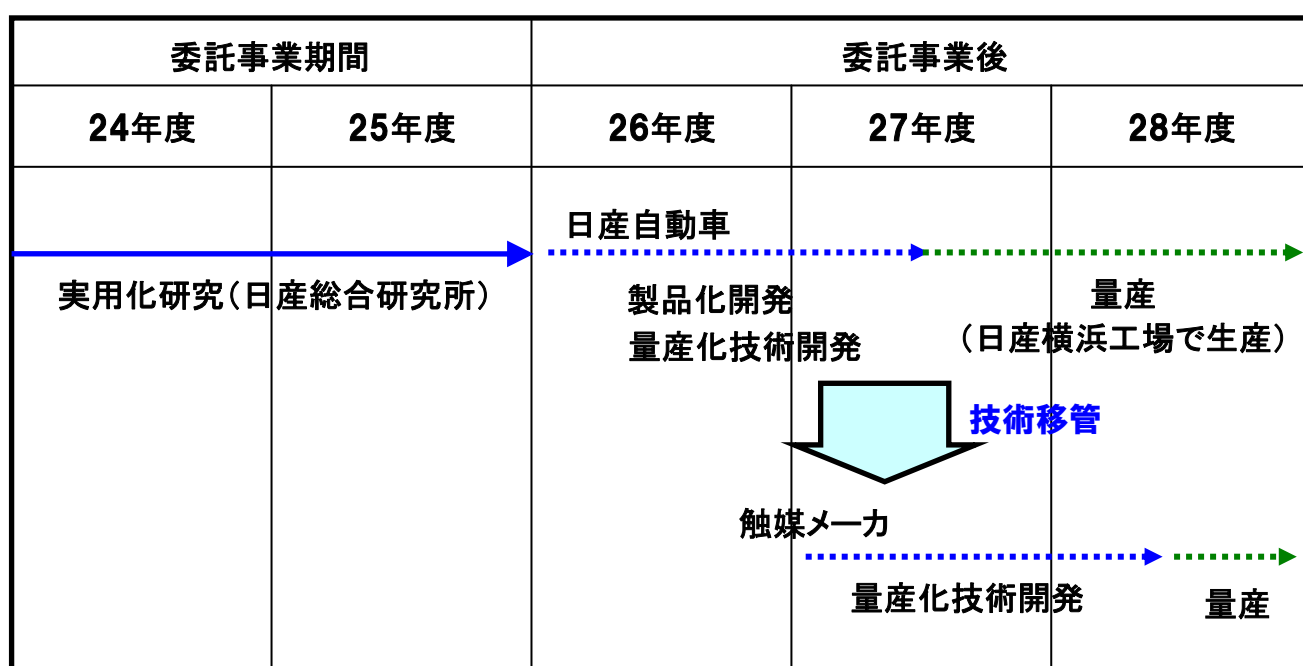
研究開発項目	最終目標(H25年度末)	達成見通し
①遷移元素による白金族代替に関する研究開発	耐久性(700°C100hr)のある遷移元素活性点の決定	Fe化合物の活性向上および耐久性確保の方向性が見えてきたため、耐久後のFe化合物の必要な機能を具現化することにより達成可能と考える。
②白金族凝集抑制手段に関する研究開発	耐久後、Pt, Rh, Pdの最適な担体で最適粒子サイズを実現	各白金族の最適粒子サイズが見えてきたため、担持基材開発、粉碎技術および分散技術を開発することにより達成可能と考える
③DPFの反応向上要素とその実現に関する研究開発	触媒の耐久性が確保できる最適な触媒担持位置の実現	DPFの反応モデルができる見通しのため最適な触媒配置位置の明確化と実現が可能と考える
④プラズマによる活性向上に関する研究開発	約10%の活性向上アシスト分を達成する触媒を選定する	プラズマの効果が確認できたため10%向上は可能と考える。
⑤排気触媒統合化に関する研究開発	耐久後に白金族使用量を85%低減可能なシステムを決定	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%)
⑥遷移元素化合物の実触媒化、量産化に関する研究開発	耐久後において、白金族量を低減可能な触媒仕様を決定 (各触媒の白金族低減率 DOC:60%、LNT:75%、 DPF:65%)	

## 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

#### 1.1 成果の実用化可能性

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。



#### 1.2 波及効果

本プロジェクトは以下の2つにより我が国の経済発展に貢献すると考える。

- ① 特許化によるライセンス収入、②クリーンで低コストなロジスティクス社会

##### ① 特許化によるライセンス収入

2008年からEURO5規制が施行された欧州では、低コストで低排出ガスを達成できる本提案の触媒及び排気システムが有効であると考えられる。日産自動車ではポスト新長期規制をエクストレイルディーゼルで達成していることから、本技術が実用化されれば、その注目度は高いと予測する。欧州における2008年の販売台数は欧州自動車工業会(ACEA)によると1471万2158台であり、およそ50%がディーゼル車である。すなわち、およそ740万台がディーゼル車ということになる。1台あたり最大1000円のライセンス料を見込めば、74億円のライセンス収入を得ることができる。日産自動車単独の2007年度の税引き前純利益は3042億円であ

り、このライセンス料はおよそ2.5%に相当する。この分の法人税により我が国の経済発展に貢献すると考える。

## ②クリーンで低コストなロジスティックス社会

インターネットの発展などに伴い暮らしの様態が変化しており、物流は増大の一途をたどると思われる。個人同士の物品の売買、新鮮なものを速やかに届ける競争など、先進国ならではの豊かな暮らしを実現する上で自動車の果たす役割は大きい。中でもトルクが大きく燃料代が安価なディーゼルエンジン車は依然として物流のキーとなるであろう。本技術はクリーンで安価なディーゼル車を届ける技術であることから、物流における排気クリーン化と、物流業者の自動車購入の初期コストを抑えることとなり、結果として将来の物流の加速に貢献し、我が国の経済発展を陰で支えることとなる。

## ⑥-2 ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発

### Ⅲ. 研究開発成果について

#### 1. 事業全体の成果

##### 1.1 研究開発と成果の内容

本研究テーマは、大型ディーゼル車の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)と触媒付ディーゼルパティキュレートフィルター(DPF)を対象とし、白金族金属の使用量を低減及び代替するための技術開発を実施している。

研究項目は大きく、①白金族使用量を低減したディーゼル酸化触媒の開発、②白金族代替 DPF 用触媒の開発、③触媒の部材化技術とシステム構築に分かれ、さらに各項目はサブ項目に分かれているが、それぞれの研究項目は競争的に実施しているのではなく、対象とするシステムの要素技術毎の深化を図るものであり、最終的には各要素技術を組み合わせて目標を達成するというスタイルをとっている。これまでに得られた成果は下記の通りである。

- ①白金族使用量を低減したディーゼル酸化触媒の開発においては、平成 21-22 年度に、サブ項目の(1)触媒活性種の探索と高度設計、(2)触媒種複合化技術の開発、(3)担体の設計と高度化、の研究開発を実施した。それぞれのサブ項目においては、中間目標を達成あるいは平成 23 年度中に達成見込みである(成果のまとめ表参照)。平成 23 年度にはこれらの要素技術を組み合わせることにより、(4)要素技術統合による実用候補触媒材料の抽出、を行う予定となっている。これまでの成果を総合し、年度内に HC/CO 浄化性能、NO 酸化性能、軽油燃焼性能を有する高活性・高耐久性触媒を開発でき、十分に中間目標の、現市販品に対して白金族使用量 40%削減を達成できる見込みを得ている。
- ②白金族代替 DPF 用触媒の開発においては、ディーゼルパティキュレートフィルター(DPF)に担持して用いる、粒子状物質(PM)を直接酸化できる白金族代替触媒(白金族を用いない触媒活性種)の開発を実施し、中間目標である、エンジンベンチにて 400°C以下の PM 酸化性能を有し、現市販品に対して白金族金属 40%低減にて同等性能をもつ銀系の DPF 触媒を開発できた。
- ③触媒の部材化技術とシステム構築においては、研究項目①および②で開発された新触媒材料のハニカム基材へのコート技術の最適化やシステム構築を行い、部材化の観点から白金族金属の使用効率向上を検討し、機能分離技術や担体におけるマクロ孔の形成により、中間目標である現市販品に対して白金族 10%の低減を大きく超える、白金族 30%の低減が可能となった。
- ④「実用触媒製造技術の確立」は、平成 24 年度以降の研究項目であり、①～③で得られた成果を統合し、実用化のための触媒改良・触媒大量調製技術を検討する。最終的には現市販品に対して白金族金属の使用量を現状から 50%以上低減したプロトタイプ触媒の試作と評価を行い実用化の目的をつける予定となっている。これまでの研究成果により、この最終目標達成の見通しが立ったと考えている。

なお、本研究テーマ⑥-2「ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発」は、研究テーマ⑥-1「遷移元素による白金族代替技術及び白金族の凝集抑制技術を活用した白金族低減技術の開発」と同様に、排ガス浄化触媒の白金族低減を目的としているが、下記のように対象が異なり、それぞれ分担して研究を進めている。

	⑥-1	⑥-2
対象車種	小型家用ディーゼル車	大型ディーゼル車
NOx 除去触媒	吸蔵還元触媒	尿素 SCR 触媒
排ガス雰囲気	空燃比変動	常時酸化雰囲気(リーン)
要求される触媒寿命	10 万 km 相当	50-100 万 km 相当



## 1.2 成果のまとめ

目 標	研究開発成果	達成度
<p>(1)白金族使用量を低減したディーゼル酸化触媒の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・複合ナノ粒子を担体に固定化する技術を開発する。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul> <p>(2)白金族代替DPF用触媒の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul> <p>(3)触媒の部材化技術とシステム構築</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul>	<p>修飾アルミナ担体に担持し白金とパラジウムを複合化させた性能の高い触媒活性種を提案した。</p> <p>白金族の固定化に最適な骨格構造を有する凍結乾燥ゲル(クリオゲル)のプロセッシング技術を確立した。また、耐熱性の高い白金-パラジウム複合ナノ粒子を新規ゾルゲル法により担持調製する方法を開発した。</p> <p>第2成分添加により長期的に高活性を保持するシリカ及びアルミナベースの担体を開発した。また、担体構造に関して、マクロ孔形成により高いミスト酸化活性が得られるとの開発指針を得た。</p> <p>実用候補触媒として選定されたアルミナ系担体について、7t/年の規模を有する設備を計画し設備の選定を行った。</p> <p>担持白金触媒の性能改良のために、白金分散度および担体酸化物の固体酸性の制御が重要であるという触媒設計指針を提案した。</p> <p>白金族低減に効果的な、白金族と助触媒金属からなる複合ナノ粒子を相互の配置を制御しつつ合成する手法を開発した。</p> <p>上述の研究項目を総合し、模擬排ガス条件で現市販品に対して白金族を40%低減できる酸化触媒開発の目的を得た。</p> <p>400℃以下のスス燃焼性能を有し、白金族金属を現市販品に対して40%低減した DPF 用触媒を開発した。</p> <p>白金族使用量を現市販品に対して30%低減できる機能分離コート技術やマクロ孔形成技術を開発した。</p>	<p>達成</p> <p>達成見込み(23年8月)</p> <p>達成見込み(23年度内)</p> <p>達成見込み(23年度内)</p> <p>達成</p> <p>達成</p> <p>達成見込み(23年度内)</p> <p>達成</p> <p>達成</p>

## 2. 研究開発項目毎の成果

### 2.1 成果の内容と目標の達成度

#### 研究項目①:白金族使用量を低減したディーゼル酸化触媒の開発

##### ①-1 触媒活性種の探索と高度設計(産業技術総合研究所、名古屋工業大学)

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新たな添加成分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。以下に得られた成果をまとめる。

・NO 酸化触媒において、担持白金触媒における有効な担体を明らかにするために、種々の担体( $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、H-ゼオライト等)に担持した触媒を調製し、NO 酸化活性を評価した。実用性能を把握するために大気中、750°C、50 時間のエージング処理を行った試料の中では、Pt/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ 及び Pt/USY ゼオライトの活性が高かった。その後の改良は耐久性の高いアルミナを重点的に検討した。

・新たな成分添加(修飾)による活性種の特性向上の検討を行ったところ、アルミナ担体に  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  等の強酸性成分で修飾を行った後、白金を担持した触媒で NO 酸化活性の向上が認められた。アルカリ土類等、塩基による修飾では白金分散度の向上は認められたが NO 酸化活性は低下した。酸成分による修飾で生成する  $\text{NO}_2$  の脱離が促進され、逆に塩基による修飾でこれが阻害されることが反応性を支配していると考えられた。

・白金とパラジウムとの複合化による活性種の安定化を検討したところ、異なる担体を用いた触媒の多くでエージング処理後に NO 酸化特性の向上が認められ、特にアルミナおよび修飾アルミナ担体において複合化による NO 酸化活性の向上効果が顕著に認められた。

・上記の検討から、詳細項目の中間目標に掲げた「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」の候補として、修飾アルミナ担体に担持し白金とパラジウムを複合化させた活性種を提案した。

・炭化水素酸化触媒において、担持白金触媒における有効な担体を明らかにするために NO 酸化触媒と同様の評価を行ったところ、Pt/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  はエージング処理による活性低下の程度が小さく、最も高い酸化活性を示した。改良を行うためのベースとして本触媒を抽出した。

・触媒性能改良につながる指針を得るために、炭化水素酸化活性が高かった Pt/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  についてより詳細な検討を行った。焼成温度や焼成時間を変えて白金分散度の異なる触媒( $D_{\text{Pt}}=0.01\sim 0.41$ )を調製し、炭化水素酸化活性を評価した結果、活性は白金分散度により大きく変化し、最適な白金分散度の存在が明らかとなった(概ね、分散度=28%で最高活性を示す)。

・異なるアルミナに担持した白金触媒の物理化学的特性と触媒活性の比較より、単位面積あたりの酸点が多いアルミナほど高い炭化水素酸化活性を示すこと、このようなアルミナに担持された白金粒子は表面が還元状態で安定化されていることが明らかとなり、触媒改良のためには担体の固体酸性制御が重要であるという触媒設計指針を提案した。

・上記のとおり、詳細項目の中間目標に掲げた「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。」を達成することができた。

## ①-2 触媒種複合化技術の開発

### ①-2-1 複合ナノ粒子調製技術の開発(九州大学)

白金族金属-助触媒(添加成分)相互作用を最大限に引き出すとともに、新しい観点から白金族金属の有効表面積を向上させることができるシングルナノサイズの触媒原料の製造を目的として、有効な協奏効果が期待される助触媒成分と白金族金属との複合ナノ粒子を、両成分の相互配置を制御しつつ創製する調製技術の開発を目指し、以下の検討を行った。

・白金族金属及び助触媒成分金属として白金(Pt)及びセリウム(Ce)をそれぞれ取り上げた。この組合せにおいて、Pt がコアでその周囲に Ce が共存する、シングルナノサイズの複合ナノ粒子の合成に成功した。逆に、Ce がコアで、その周囲に Pt が共存する、同様の複合ナノ粒子の合成にも成功した。いずれの複合ナノ粒子もオリジナルなものであり、特に Ce コアの複合ナノ粒子の合成は世界的に見ても新規性が高い。

・異種金属を複合化するために両金属を静電的に結合できる分子(バインダー分子)を利用した。バインダー分子はナノ粒子の保護能を有しているが、異種金属種とバインダー分子が共存すると、静電的な理由からナノ粒子の凝集が極めて進行しやすくなる。そのため、別の保護剤として Pt コアの場合にはポリビニルアルコール(PVA)、Ce コアの場合にはポリオキシエチレン(15)セチルエーテル(C-15)を検討した。その結果、複合ナノ粒子を $\alpha$ -アルミナあるいは $\gamma$ -アルミナへ固定化することにより、Pt と Ce が均一に複合化した担持金属触媒を得ることに成功した。

・上記手法で調製した $\gamma$ -アルミナ担持 Pt/Ce 複合触媒は、空気気流中 800°Cで 5 時間の焼成を行っても Pt 粒子径がほとんど増大せず、高いシンタリング耐性を示した。また、この高温焼成処理の前後において、本触媒の炭化水素酸化活性はほとんど変わらなかった。以上のように、少量の Ce 添加により、担持 Pt 触媒の耐久性を飛躍的に向上させることに成功した。

・触媒種複合化技術の確立に関しては中間目標を達成できたが、触媒種として有効な金属種の組み合わせに対してまだ適用できていない。この部分は平成 23 年度上半期で達成する見込みである。

### ①-2-2 ナノ粒子固定化技術の開発(産業技術総合研究所)

研究開発項目①-2-1 その他で開発される、複合ナノ粒子を担体に固定化するための技術開発を行った。これまでの主な成果を以下に記す。

・白金触媒粒子の耐熱性向上に対するパラジウムの添加効果について検討するために、含浸法により Pt/Pd 比の異なる触媒を調製した。調製した触媒について高温耐久(750°C, 50h)前後で、CO パルス吸着法による金属分散度測定を行った。エージング後の金属分散度はパラジウムの添加量の増加とともに高くなり、パラジウム添加による白金触媒粒子の耐久性向上が明らかとなった。

・白金またはパラジウムを均一含有したゲルを調製する one-pot プロセッシング技術を開発し、シングルナノサイズの当該貴金属粒子をアルミナベースの凍結乾燥ゲル担体に高分散することに成功した。パラジウム単味および Pt-Pd(重量比 50:50)を担持したものにおいては、本 one-pot プロセッシング技術により作製された触媒が、従来の含浸法により作製されたものよりも、初期活性ならびに、エージング後の活性ともに優れていることが分かった。

・白金単味を担持した触媒については、本法をそのまま適用すると白金の相当部分が高温耐久後もアルミナゲル中にイオンのまま存在して十分な触媒活性が認められなかった。そのため、まず熱処理により触媒活性向上に効果的なアルミナゲル骨格を構築した上で、含浸法にて白金イオンを同ゲル骨格中に固定化することにより高活性を達成することに成功した。

・耐熱性の高い白金-パラジウム複合ナノ粒子を担持調製する新規ゾルゲル法を開発し、高い触媒性能を得た。中間目標である、複合化ナノ粒子の凍結乾燥ゲルへの担持は、平成 23 年 8 月頃達成予定である。

### ①-3 担体の設計と高度化(水澤化学工業株式会社、産業技術総合研究所)

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、燃料や潤滑油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、耐熱性を有する担体の開発を目指し、検討を行った。

#### (1) 第2成分添加による高耐熱性担体の開発

細孔制御の容易性からシリカは触媒担体として有望視されているが、シリカ自体を用いた白金触媒の酸化活性は、初期は高いもののエージング処理により著しく低下した。そこでエージング処理後も高い活性を保持するシリカベース担体の開発を目指し、一連の第2成分添加シリカベース担体の調製方法について検討した。その結果、シリカに第2成分(Al、Mg、Ti、Ce、La、Ca、Zr)を添加することでいずれも活性が向上し、特にAl、Zrを添加した系が比較的高い活性を示すことがわかった。活性が高い試料はNH<sub>3</sub>吸着量が多い傾向を示したことから、担体上の酸点が酸化反応促進に寄与していることが推察された。

#### (2) マクロ構造制御による高活性担体の開発

担体のマクロ孔形成によるミスト酸化活性の向上を目指し、打錠成型圧力の調整により種々のマクロ細孔を有するアルミナ担体を作成した。その結果、1 $\mu$ m以上のマクロ孔の形成により、ミストの酸化に必要な温度が20°C低くなり、高い活性を示すことが明らかになった。これは、マクロ孔が燃料ミストによる担体細孔閉塞を回避し、活性点が遮蔽されにくくなることに起因するものと推察された。この結果は、酸化触媒の白金使用量を従来よりも3割低減できることを示唆しており、実際、後述の研究項目③において、その有効性が確認された。

#### (3) シミュレーションによる最適担体構造の検討

効率的な担体の性能向上を図るため、最適担体構造を明らかにするシミュレーションの検討を行った。メソ孔内の挙動をFORTRANプログラムで記述し、これを市販の数値流体力学(CFD:Computational Fluid Dynamics)ソフトに組込んだ。次にマクロ孔内の挙動を取り込むため、球状粒子で構成される多孔体で多元構造担体を表現し、粒子間の有効拡散係数をCFDを用いて調べる技術を確認した。その結果、単一サイズの粒子からなる多孔体に比べ、2種類の大きさの粒子からなる多孔体の有効拡散係数は大きく、反応に有利であることを明らかにできた。続いて、この多元触媒の反応性能をシミュレーションすることで、 $\mu$ mとcmを結びつけるパラメータの決定に成功した。以上から、具体的な多元構造を考慮してハニカム触媒全体の反応性能を予測できるようになった。本研究結果は、今後の担体の更なる性能改良に向けて、大きな指針になるものと考えている。

### ①-4 要素技術統合による実用候補触媒材料の抽出(全機関)

本研究項目は、平成23年度の実施予定項目である。上述の①-1(触媒活性種の探索と高度設計)、①-2(触媒種複合化技術の開発)、①-3(担体の設計と高度化)の各要素技術の開発において、これまで大きな具体的研究成果を得ることができたので、これまでの成果を総合し、年度内にHC/CO浄化性能、NO酸化性能、軽油燃焼性能を有する高活性・高耐久性触媒としても基本技術を確認する予定である。すでに、要素技術毎の触媒評価において、現市販触媒に対して白金族を40%近く低減できる触媒性能を確認している。23年度中に、中間目標である白金族使用量40%削減を達成できる見込みである。

## 研究項目②:白金族代替DPF用触媒の開発

### ②-1 非白金族系DPF触媒の開発(三井金属鉱業株式会社)

現行のディーゼルパーティキュレートフィルター(DPF)には白金が触媒として使用されているが、本研究項目では、白金を銀で代替することを目的としている。本触媒技術の基本特許はすでに押さえてあるが、銀触媒の欠点として、耐熱性の欠如と炭化水素(HC)やCOの酸化活性が低いことが挙げられ、これらの点についての改良を重点的に実施した。

・Agの融点は約960°Cと低いため、活性種側での耐熱性改善が必要とされる。そのため、各種元素をAgに添加し、耐熱性の向上を試みた。その結果、Pdを添加することにより、高いPM燃焼性を維持したまま耐

熱性を大幅に向上させることに成功した。

・Pdを複合させた Ag 触媒を実ディーゼルエンジン排ガスを用いて評価した結果、900°C以上の高温に曝されても PM 燃焼性が低下せず、現行の Pt 系触媒に比べて高い活性を示すことが確認された。Pd の添加効果の要因は、融点の高い Ag との合金が生成して Ag のシンリングや移動が抑えられ、触媒耐久性が向上したためと考えられる。

・Ag-Pd 系触媒は実機評価設備で評価した結果、HC/CO 酸化性能も従来の銀系触媒に比べ大きく向上することが確認された。また、従来の市販白金触媒と比較して、Ag-Pd 系触媒においては白金族金属(Pd)を40%低減品でも性能の低下は少なく、遜色ないレベルとなっている。また、現市販品に対して80%低減したのものでPM燃焼性やHC/CO酸化性能の低下が比較的少なく、50%以上の白金族金属量低減の可能性が示唆された。今後は触媒の最適化をはかり、更なるHC/CO酸化性能の向上を目指す。

・以上のように、本研究項目において、これまでの大きな課題であった耐熱性とHC/CO酸化性能を大幅に改良することに成功し、DPF触媒における白金族40%低減の中間目標を達成することができた。

## ②-2 DPF用銀触媒の機能発現要素の解明(産業技術総合研究所)

本項目は、②-1における非白金族系DPF用触媒の開発に資する知見を得ることを目的として、(1)スス燃焼に活性なAgの物理的・化学的状態の明確化、(2)担体の格子酸素のスス燃焼への関与に関する知見の収集、および、(3)スス燃焼の反応機構解明に関する検討を行った。

### (1)スス燃焼に活性なAgの物理的・化学的状態の明確化

・開発された銀触媒の主成分は、 $\text{CeO}_2$ と $\text{ZrO}_2$ を複合した担体に銀を担持したもの( $\text{Ag}/\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ )である。そこでまず、種々のAg担持量の $\text{Ag}/\text{ZrO}_2$ について、透過型電子顕微鏡(TEM)観察とモデルススとしてのカーボンブラック(CB)燃焼反応活性の関係を調べた。その結果、スス燃焼に適するAgの形態は3~7nmのナノ粒子であることを明らかにした。

・CB燃焼速度を決めるAg上の活性酸素量を定量的に測定する新規な触媒物性解析方法として、アンモニア昇温還元法( $\text{NH}_3\text{-TPR}$ )を提案した。この方法において、Ag触媒のCB燃焼活性は、 $\text{N}_2\text{O}$ 生成と高い相関が認められた。

・さらに、 $\text{Ag}/\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ での $\text{NH}_3\text{-TPR}$ の詳細分析から、Ag上の活性酸素種には2種類存在することが示唆された。一つは、高分散で担体との界面にあり担体と強く相互作用している酸化Ag層の酸素種、他方は、酸化Agを被覆する金属Ag種に吸着した酸素種である。

### (2)担体の格子酸素のスス燃焼への関与に関する知見の収集

$\text{Ag}/\text{ZrO}_2$ と $\text{Ag}/\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ のCB燃焼反応挙動の比較から、担体の格子酸素はスス燃焼反応に関与するもののAg上の活性酸素の反応速度よりも遅く、スス燃焼への寄与は低いと結論づけた。

### (3)スス燃焼反応機構の解明

本テーマは現在進行中であり、平成23年度末には達成見込みである。

## 研究項目③:触媒の部材化技術とシステム構築

### ③-1 コート技術(三井金属鉱業株式会社)

実際のディーゼル酸化触媒とDPF用触媒は、ハニカム基材に粉体触媒をコーティングして作製される。このため、白金族の使用量をさらに削減するためのコート技術の開発を検討した。

#### (1)ゾーンコート・機能分離コート技術

酸化触媒(DOC)に関し、排ガス流れ方向に対して入口側に比較的高濃度の白金-パラジウム複合触媒(Pt/Pd)を配置し、軽油成分の燃焼性の向上を検討した。従来材料を使ったものに対して、白金族金属量

を 30%低減したもので、軽油成分の燃焼性能は同等となった。今後材料的な改良を進め、この結果に反映させていく。実機エンジンベンチで DOC を評価した結果、30%Pt 金属低減品でも従来品と同等の性能が得られた。

DPF 用触媒に関し、ガス入口側に銀触媒を配置し、出口側に Pt/Pd を配置することで、白金族金属が有効に利用でき、40%の低減が可能となった。

耐熱性としては、1000℃での性能は不十分であったが、Ag 触媒については Ag-Pd 系触媒で高い耐熱性が得られているため、白金族金属 40%低減品でも現市販品と同等の性能が期待できる。今後は Ag-Pd と機能分離コート技術を融合しながら、更なる酸化活性の性能向をはかる。

## (2) マクロ孔形成技術

研究項目①-3 の結果を受け、酸化触媒コート層のマクロ孔制御による白金族の使用量低減を検討した。その結果、独自の方法でマクロ孔を形成した場合、軽油燃焼性能に関して白金族使用量を 40%低減したもので現市販触媒よりも軽油の着火性能が高く、白金族金属 55%低減品でも、市販品と同等の性能を示した。触媒コート層に形成されたマクロ構造効果によって低温での着火性が向上したものと推察される。

以上の結果、ゾーンコーティングやマクロ孔形成などのコート技術の高度化により、中間目標である白金族 10%低減を大きく超える 40%低減が達成された。

## ③-2 触媒のシステム構築(三井金属鉱業株式会社)

現行触媒の基本性能の把握(再委託先)

再委託先にて、実機サイズでの触媒システムの評価を行った。その結果、現状の市販されているポスト新長期規制対応の触媒システム(DOC+DPF)で、定常および過渡運転条件での現状把握が可能となった。今後、本プロジェクトでの開発品の評価、市販システムと開発品との比較を順次行っていく予定である。

## 研究項目④: 実用触媒製造技術の確立

### ④-1 触媒(酸化・DPF 用)の実用性改良(全機関)

抽出した有望な実用候補触媒群の実用性能改良に関する研究を実施する。具体的な体制・内容は、それまでの研究開発の状況に大きく依存するため、中間評価および平成 23 年度までの成果を受けて決定し、平成 24 年以降に実施する。

### ④-2 触媒大量調製技術の開発(水澤化学工業株式会社)

中間評価および平成 23 年度までの成果を受け、平成 24 年度以降、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い、プロトタイプ触媒材料を試作する。本研究を速やかに実施するため、平成 22 年度補正予算により本開発に必要な研究用プラントを前倒しで整備した。

### ④-3 プロトタイプ触媒の試作・評価(三井金属鉱業株式会社)

中間評価および平成 23 年度までの成果を受け、平成 24 年度以降、開発した触媒材料・技術を用いてハニカムや DPF へのコーティングによる部材化および特性評価を行う。小型エンジンを用いたスクリーニングおよび再委託先における大型トラックエンジンによるベンチ評価を行い、実用化の目途をつける。本研究を速やかに実施するため、平成 22 年度補正予算により、エンジン評価に係る分析機器を整備したとともに、一部スクリーニングを前倒し実施した。

## 2.2 知的財産の取得及び標準化の取り組み

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出 願	査読付き	その他	
H21FY	0件	0件	0件	0件	0件	5件
H22FY	5件	0件	0件	0件	2件	18件
H23FY	0件	0件	0件	15件 (予定)	0件	1件

## 2.3 成果の最終目標の達成可能性

これまで、各研究項目(①酸化触媒、②DPF用触媒、③部材化技術)での重要な性能目標に関してはほぼ達成されており、一部目標以上の性能を達成している。今後これまで開発してきた要素技術の統合を図り、23年度末に廉価で耐久性の高い触媒材料としての基本技術を確立する。その結果を受けて、中間評価後、三井金属を中心にシステム化を中心とした開発を開始するとともに、並行して、各機関の協力で触媒材料と触媒製造技術の改良と実用化検討を行う。その結果、プロジェクト終了時に、技術開発の集大成となる白金族を50%以上低減した実機試作品を製作し、最終目標をクリアできる見通しを得ている。

## 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

#### 1.1 成果の実用化可能性

##### ①触媒材料技術:

高耐熱担体としてアルミナ系を中心に絞り込み、更にマクロ孔形成などにより白金族金属半減の目処が付いた。今後、担体材料の最適化を進めるが、実用化の可能性は高い。また、事業化した場合にはコスト競争力の高い材料となりうる。

##### ②触媒コート技術:

酸化触媒や DPF 触媒に関して、傾斜コートや機能分離コート技術により白金族金属低減の中間目標は達成できた。これにより、最終的に触媒材料との組み合わせで白金族金属の半減は達成の見通しである。本コート技術は量産技術をベースに改良しているため実用化の展開が容易で、事業化可能性が高い技術となっている。

##### ③システム設計

酸化触媒と DPF 触媒の要素技術の開発に目処が付き、全体のシステム設計を最終目標の 2013 年までに行うことで実機性能を把握でき、それに伴う客先での評価が早期に可能となり、実用化判断は早まる方向となる。

##### ④耐久性向上

触媒材料面での耐熱性、耐久性を要素技術段階でクリアする目処が立った。すなわち、実用化への最大の障壁がクリアできる見込みである。

上記①～④の各要素としての基本技術の確立に目処がついたことで、今後最終目標をクリアする可能性が非常に高く、また製造技術的な面からみても事業化可能なレベルにある。

#### 1.2 事業化までのシナリオ



##### (ステップ1: 中間目標達成)

- 各種触媒材料やコート技術などの基本的な要素技術を開発し、白金族金属の低減を行うことで、中間目標を達成し、廉価で耐久性の高い触媒の目処を付ける。触媒材料としての基本技術をここで確立する。

##### (ステップ2: 最終目標達成)

- 中間目標達成までの基本技術をもとに平成24年度からシステム化を中心とした開発を行い最終目標である白金族金属半減を目指す。これと並行して、触媒材料と触媒製造技術の実用化検討に着手する。この段階では、これまでの要素技術の集大成となる実機試作品を製作し、実機にて最終目標をクリアする。

##### (ステップ3: 事業化移行)

- 平成24年度から商品化開発を開始し、平成26年度には本格的に触媒製品としての実用化検討に移行する。ディーゼル車に関する排ガス規制と燃費規制が強化される平成28年度には商品化検討を終了し、国内メーカー向けの触媒として商業生産を開始する。



### 1.3 波及効果

本研究開発によって以下の直接的効果が期待される。

- ・トラック国内生産台数は約60万台(2008年度)であるが、全触媒が代替されるとすると、年間で2.7トンの白金族金属の使用量削減が可能となる。
- ・流通コストの低減(ディーゼル車利用拡大)による経済活動の活性化
- ・触媒技術のライセンス供与及び関連事業の拡大
- ・触媒のスス燃焼性の高効率化により、エンジンの燃費が改善され、CO<sub>2</sub>の低減に効果がある。
- ・触媒輸出(市場規模国内の10倍以上)増加による国内産業の活性化

また、プロジェクトの成果による間接的な波及効果として下記のようなものが期待される。

- ・ディーゼルエンジンを使用した特殊自動車(オフロード車)、船舶の排ガス浄化触媒としての利用
- ・開発した触媒調製技術の適用によるガソリン車浄化触媒のレアメタル低減化
- ・開発した新規担体の選択吸着剤としての応用
- ・複合ナノ粒子の合成技術の燃料電池への応用
- ・触媒製造技術の応用による、水素製造触媒、化学品製造触媒への展開

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

##### 1.1 研究開発内容

セリウムは、ハードディスク用基板やフラットディスプレイ用ガラスの研磨材として広くかつ多量に使用されている。しかし、その産出地域は世界的にも極めて偏っているため、長期にわたる安定供給に大きな懸念があるだけでなく、ここ数年の市場価格も異常なレベルで高騰している。そこで、平成 25 年度までに、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、酸化セリウム等の研磨メカニズムの解明、代替砥粒の開発、使用量低減技術、研磨システム技術開発それぞれの観点から研究を進めている。それぞれの数値目標について、表Ⅲ-1に示す。

表Ⅲ-1 研究実施目標

研究開発項目	中間目標(平成23年度)	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	シミュレーションによる研磨プロセスのメカニズムの解明及び、モデル材による <b>組成・構造と研磨特性の関連性を解明</b>	計算科学手法による酸化セリウム代替砥粒の理論的最適化及び、モデル材の解析による <b>研磨機構の解明</b>
②代替砥粒の研究開発	ラボレベルで酸化セリウム使用量の <b>5%代替</b>	ラボレベルで酸化セリウム使用量の <b>10%代替</b>
③遊離砥粒研磨メカニズムに基づくCeO <sub>2</sub> 使用量削減要素技術開発	精密研磨要素技術として従来 <b>研磨効率の30%向上</b>	精密研磨要素技術として従来 <b>研磨効率の40%向上</b>
④オングストロームオーダー表面創製技術	ラボレベルで酸化セリウム使用量を <b>10%削減する精密研磨システム技術</b> を実験的に確立	ラボレベルで酸化セリウム使用量を <b>20%削減する精密研磨システム技術</b> を開発的に確立

精密研磨向けCe使用原単位を**15%以上削減**できることを実験的に立証

精密研磨向けCe使用原単位を**30%削減**を達成

本研究開発の中では、研磨効率は、研磨速度など、ある条件のもと研磨を実現する効率を示す指標と定義し、使用原単位低減割合とは、実際に企業等の砥粒供給方式をとったときに低減できる砥粒の割合を示すこととする。使用原単位低減割合の考え方及びその算出方法については、2.1に示す。

このような使用原単価でセリウムを 30%低減する最終目標を達成するために、中間時点での削減目標を 15%とした。代替砥粒開発技術と酸化セリウム使用量低減技術それぞれについて、セリウム使用量単価ベースとして、表Ⅲ-2のような暫定的な目標値を掲げた。

表Ⅲ－２ 代替技術開発及び低減技術開発それぞれの使用原単位低減率目標

研究開発内容	中間目標(平成 23 年度)	最終目標(平成 25 年度)
代替砥粒開発 (研究実施項目②)	5 %	10 %
酸化セリウム使用量低減技術 (研究実施項目③)	10 %	20 %
削減率合計	15 %	30 %

この目標値達成をめざし、代替技術開発、使用量低減技術開発の両面から研究開発を進めている。

## 1.2 全体の成果

研究実施項目ごとの成果概要を表Ⅲ-3に示す。

表Ⅲ-3 各研究実施項目の目標と成果概要

研究実施項目	成果概要
①-1 量子分子動力学シミュレーションによる研磨メカニズムの解明と代替砥粒の設計	酸化セリウム砥粒による研磨メカニズムとして、 $Ce^{3+}/Ce^{4+}$ の酸化還元挙動ならびにその局在によって、Si-Oの結合を切断することを提案、さらに本メカニズムに基づく代替砥粒を設計した。
①-2 実験による研磨メカニズムの解明と代替砥粒の設計	各種金属元素を固溶させた酸化セリウム及びAサイトおよびBサイトの構造を制御した $SrFeO_x$ について種々の検討し、研磨特性との関連性を明らかにした。さらに、酸化鉄、酸化ジルコニウム、酸化チタンについて研磨特性との関係を明らかにした。
②-1 複合酸化物を用いた代替砥粒の開発	$SrFe_{0.8}Co_{0.2}O_x$ 砥粒を用いた場合、約 $1.5 \mu m$ の砥粒が得られれば、既存砥粒を超える表面平滑性と研磨速度を有する新規 $SrFe_{0.8}Co_{0.2}O_x$ 系代替砥粒が得られる可能性が高いことを明らかにした。
②-2 既存砥粒の改良による代替砥粒の開発	既存酸化セリウム系砥粒の10%を最適化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、酸化セリウム系砥粒と同等の研磨レートと表面平滑性が得られた。
③-1 フェムト秒レーザーを使用したガラスの研磨前処理技術の確立と砥粒の研磨速度向上技術の確立	ガラスに対する前処理としては、非熱的アブレーションが可能であることを明らかにした。また、砥粒表面の活性化については、試作した液中照射装置により砥粒表面に効率よく照射することが可能となった。
③-2 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の要素技術確立	適当な条件で電界を印加することによって、表面品位を維持しながら研磨レートを従来法と比較して20%向上する技術を得た。また、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環境を取り入れることによって、表面品位を維持したままで、スラリー濃度を従来の1/5で、約2倍の研磨レートが得られる技術を開発できた。
③-3 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	固体酸化剤としての酸化マンガンについて検討し、低スラリー濃度領域において、既存酸化セリウムスラリーと同等以上の研磨速度と表面平滑性が得られることを明らかにした。さらに、加工雰囲気ガス圧力を向上させることによって研磨速度が向上することを見いだした。とくに高圧エア環境下で低濃度酸化セリウムスラリーによるガラス基板の研磨を行うと、約2倍の速度が得られた。

<p>④-1 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</p>	<p>大型電界制御装置の設計を含めて検討した結果、スラリー投入方式等を最適化することで従来の研磨方法と比較して、約 20%研磨速度を向上させることができた。</p>
<p>④-2 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</p>	<p>電界印加部分を最適化することによって従来の研磨方法と比較して、約 16%研磨速度を向上させることができた。</p>

## 2. 研究開発項目毎の成果

### 2.1 目標の達成度

表Ⅲ-4に各研究実施項目の目標と成果概要および、達成度を示す。

表Ⅲ-4 各研究実施項目の目標と成果概要

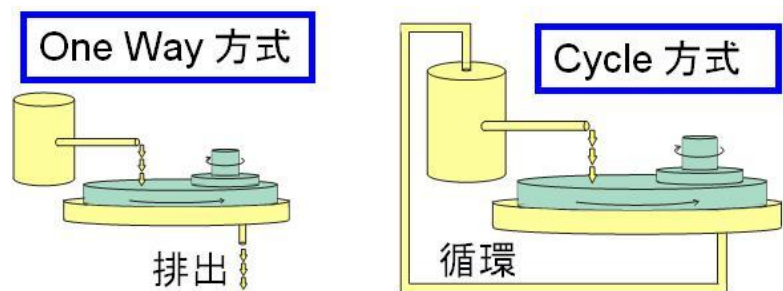
研究実施項目	目標	成果概要	達成度
①-1 計算による研磨メカニズムの解明と代替砥粒の設計	研磨プロセスの電子論的メカニズムの解明	Ce <sup>3+</sup> /Ce <sup>4+</sup> の酸化還元挙動ならびにその局在によって、Si-Oの結合を切断することを解明。さらに、代替砥粒を設計した。	◎
①-2 実験による研磨メカニズムの解明と代替砥粒の設計	既存砥粒と単純ペロブスカイト酸化セリウムをモデル材とした研磨メカニズムの解析	固溶させた酸化セリウム及び SrFeO <sub>x</sub> ペロブスカイトについて検討し、研磨特性との関連性を明らかにした。さらに、酸化鉄、酸化ジルコニウム、酸化チタンについて研磨特性との関係を明らかにした。	○
②-1 複合酸化物を用いた代替砥粒の開発	ラボレブルで酸化セリウム使用量 5%削減を可能にすること(使用原単位 5%低減)	SrFe <sub>0.8</sub> Co <sub>0.2</sub> O <sub>x</sub> 砥粒を用いた場合、約 1.5 μm の砥粒が得られれば、既存砥粒を超える表面平滑性と研磨速度を有する可能性が高い	△ (平成 23 年度中に達成見込み)
②-2 既存砥粒の良による代替砥粒の開発	100%酸化セリウム系砥粒の 10%を最適化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、酸化セリウム系砥粒と同等の研磨レートと表面平滑性を実現。	◎ * 後述	
③-1 フェムト秒レーザーを使用したガラスの研磨前処理技術の確立	フェムト秒レーザーによる高度な精密研磨要素技術を構築	ガラスに対する前処理に非熱的アブレーションが可能。また、フェムト秒レーザー照射による砥粒表面の活性化については液中照射装置により砥粒表面に効率よく照射可能。	○
③-2 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の要素技術確立	化学反応を援用することによって研磨効率を 30% 向上(使用原単位 10 %低減)	電界印加条件を最適化により研磨レートが 20%向上。また、トライボケミカル研磨技術に電界環境を取り入れることによって、表面品位を維持したままで、スラリー濃度を従来の 1/5 で、約 2 倍の研磨レートを実現。	◎ * 後述
③-3 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	ラジカル反応場を醸成した高度精密研磨要素技術を構築	酸化マンガンについて検討し、低スラリー濃度領域において、既存酸化セリウムスラリーと同等以上の研磨特性を実現。さらに、高圧空気環境下では約 2 倍の研磨速度を実現。	◎
④-1 電界砥粒制御技術融合研磨技術	大型機に向けた検討をすすめ、	電界印加およびスラリー投入方式等を最適化することで従来の研磨方法と比較して、	○

を導入する片面大型 迅速精密研磨の開発	酸化セリウムの 使用量を 10%削減 できるシステム 技術を確立	約 20%研磨速度が向上。	
④-2 両面超精密 研磨技術の開発並び に電界砥粒制御技術 融合研磨技術の確立	大型機へ展開す ることを目指し、 使用量を 10%削減 できるシステム 技術を確立	電界印加部分を最適化することによって従 来の研磨方法と比較して、約 16%の研磨 速度の向上を実現。	○

達成度 : ◎:大幅達成(特筆すべき成果あり)、○:達成  
△:達成見込み、 ×:未達

ここで、使用原単位低減割合から達成度について見積もる。ガラスの研磨における砥粒スラリー供給方法としては、図Ⅲ-1に示すように、スラリーを一度のみ使用する One Way 方式と、何度か循環して使用する Cycle 方式がある。One Way 方式では、研磨速度の経時変化が少ない、研磨くずがガラス表面に及ぼす影響が小さいなどの長所がある一方で、砥粒の使用量が非常に多くなる。それに対して、Cycle 方式では、砥粒を経済的に活用できるが、その一方で研磨の劣

化挙動を十分考慮する必要がある。多くの企業等においては、酸化セリウムをできるだけ有効に活用するために、Cycle 方式を採用している。しかし、Cycle 方式における使用量低減割合を規定することは、運転条件によって大きく異なるため、使用原単位低減割合については One Way 方式として規定した。



図Ⅲ-1 ガラス研磨における砥粒供給方式

まず、代替砥粒開発の成果として、100%酸化セリウム系砥粒の 10%をジルコニア系代替砥粒で置き換えることが可能となったことから、10%の低減率を達成できた。また、低減技術開発では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とから、One Way 方式における低減率としては 90%を達成できた。以上の結果をまとめて、使用原単位低減割合に換算した際の目標値と本研究成果による、および達成度を表Ⅲ-5に示す。

表Ⅲ－5 使用原単位低減率の目標からみた達成度評価

研究開発内容	中間目標値 (最終目標値)	現段階における 使用原単価低減率	達成度
代替砥粒開発 (研究実施項目②－2)	5 % (10 %)	10.0 %	○
酸化セリウム使用量低減技術 (研究実施項目③－2)	10 % (20 %)	90.0%	◎
上記技術の融合により 期待できる低減率合計	15 % (30 %)	91.0 %	◎

達成度 : ◎:大幅達成(特筆すべき成果あり)、○:達成  
△:達成見込み、 ×:未達

これより、使用原単位低減率の観点からも、中間目標を達成した。

表Ⅲ－6に年度ごとの成果発表件数リストを示す。

表Ⅲ－6 年度毎の特許、論文、外部発表等の件数

特許、論文、外部発表等の件数(内訳)

H23年4月20日現在

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※ 出願	査読付き	その他	
H21FY	0件	0件	0件	0件	0件	9件
H22FY	4件	0件	0件	4件	0件	67件
H23FY	1件	0件	0件	0件	0件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)



## 2.2 成果の意義

ガラス研磨市場の現状では、長期安定供給と研磨性能の向上が極めて重要である。まず、長期安定供給の観点から現状を鑑みると、既存酸化セリウム系砥粒の供給については、わずかに明るい兆しが見られるものの、不安定な供給状態は依然続いている。また、価格の高騰も続いており、今後数年前の安価な水準にもどることはないと考えられる。また、研磨性能についてはますます高いレベルまで求められており、現状の酸化セリウム系砥粒に対しても、特に平滑性について市場としての期待がある。

そのような現状のなかで、我々は、代替砥粒開発と使用量低減技術開発の両面からの取組を進めている。代替砥粒開発については、「なぜ酸化セリウムを用いるとガラスを研磨できるのか」といったメカニズムの解明から出発し、そこで得た知見をもとに、まさに代替砥粒にたどり着きそうな段階にきている。この計算科学シミュレーションをもちいたガラス研磨シミュレーションは、世界初の成果であり、欧米からも高く評価されている。さらに、それをもとに設計した代替材料のポイントは、化学研磨と機械研磨をバランスよく発現させるである。ここで得られた設計指針は、ガラスの研磨のみならず、他の難研磨材料についても適用できる設計指針である。もちろん研磨する材料によって組成は大きく異なってしかるべきである。しかし、研磨における設計指針としては極めて汎用性が高い成果を得ることができた。

また、使用量低減技術開発の観点からは、高速で定盤を回転させることによって、高い研磨効率の高速トライボケミカル研磨法に、スラリーの流れを制御する電界砥粒制御技術を適用することによって、世界で初めて、従来の2～3倍の高い研磨速度と優れた表面平滑性が得られる研磨方法(電界制御トライボケミカル研磨技術)を確立することができた。

それぞれの技術単体としての優位性をもって、供給不安がもたらす現在のガラス市場の縮小への懸念を取り除くことは本成果の意義のひとつであると考えている。われわれは、さらにこれらの成果を融合することによって、酸化セリウム系砥粒に強く依存していたガラス研磨市場をあらたな、安価で安定供給可能なガラス研磨市場に転換できる道筋を付けることに大きな意義があると考えている。

## 2.3 知的財産の取得及び標準化の取組

知的財産の取得としては、現段階では以下の5件について、出願を完了している。

出願日	受付番号	出願に係る特許等の標題	出願人
平成22年7月9日	2010-156485	砥粒の回収方法、及び回収装置	秋田県産業技術総合研究センター
平成22年10月7日	2010-227347	平面トライボ研磨方法、およびその装置	秋田県産業技術総合研究センター、株式会社小林機械製作所
平成22年12月10日	2010-276213	研磨材料、研磨用組成物及び研磨方法	財団法人ファインセラミックスセンター
平成23年3月25日	2011-068003	砥粒評価方法およびガラス用研磨材	財団法人三重県産業支援センター
平成23年4月19日	2011-93388	研磨材料、研磨用組成物及び研磨方法	財団法人ファインセラミックスセンター

また、標準化の取組については、三重県産業支援センターにて、アドバイザーボードのご意見等をうかがいながら、ガラス研磨評価に関する標準化について取り組んでいる。

## 2.4 成果の普及

論文については、掲載済みが4件であるがこれまでの成果を受けて、平成23年度は大幅に発表件数が増加する予定である。また学会における発表のほか、ナノテク展での発表、元素戦略/希少金属代替材料開発公開シンポジウムにおいて成果の発表をおこなった。これらの発表の他に一般に向けた情報発信について積極的に取り組み、秋田県産総研成果報告会、JFCC 研究成果発表会、AMIC 成果発表会などの公開発表会を開催した。また、新聞やニュース、取材によりいくつかの雑誌でも取り上げられ、希少金属としてのセリウムの重要性に関するPRに貢献することができた。

## 2.5 成果の最終目標の達成可能性

我々が見積もった使用原単位低減率からすると、最終目標を達成するまでの低減率は、2.4%となっている。従って、これまでの成果の約9%の上積みで達成できることになる。しかし、達成に向けた課題としては少なくない。この上積み分を達成するためのポイントとして、研磨材料の長寿命化が挙げられる。そのためには、代替砥粒開発においては、研磨によって付着すると考えられるガラス成分との反応性制御を考慮した材料設計、また使用量低減技術開発においては、研磨圧力や熱に関する最適化が課題であると現段階では考えている。これらの課題を早急に解決し最終目標を早期に達成するとともに、市場投入を早期に進めたい。

## 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

実用化、事業化展開については、酸化セリウムに替わる代替砥粒の実用展開と使用量低減技術による事業化展開を目指している2社について示す。それぞれ研究実施機関と研究実施項目ならびに開発概要を表IV-1に示す。

表IV-1 実用化、事業化展開を目指す研究開発項目

分類	研究実施項目	研究実施機関	開発概要
代替砥粒	②-1	財団法人ファインセラミックスセンター、京都大学、AMIC、九州大学	新規複合酸化物及び既存砥粒の改良による代替砥粒の開発
	②-2		
	③-3 (一部)		
電界トライボケミカル	④-1	株式会社小林機械製作所	電界制御トライボケミカル研磨による使用量低減
両面電界スラリー制御	④-2	サイチ工業株式会社	両面超精密研磨用電界スラリー制御技術による使用量低減

#### 1.1 成果の実用化可能性

##### (1) 代替砥粒

複合酸化物系、ジルコニア系、酸化マンガン系を中心に、得られた成果をもとにアドバイザリーボードの各企業に対して評価を依頼し、実用化の観点からの評価を開始した。アドバイザリーボードによる外部評価およびその結果に基づく意見交換を通じたフィードバックを数回繰り返すことにより、実用化に耐えうる代替砥粒としての課題抽出、またその解決をはかることによって、実用化可能である。

##### (2) 電界トライボケミカル

本研究における実用化としては、既存のガラス研磨企業に電界制御トライボケミカル機構を導入した装置あるいはオプションユニットを提供することである。そのため、販売製品として事業化にむけた商品開発を行う必要がある。この商品化に向けた課題に対して、アドバイザリーボードに参画する研磨企業より情報収集を行うとともに、製品評価をして頂くことで、製品として最適化することで、実用化へつなげる。

##### (3) 両面電界スラリー制御

本研究における実用化としては、高品位且つ省酸化セリウム遊離砥粒研磨技術である電界スラリー制御 CMP 技術を既存の両面研磨装置へ導入するためのオプション、すなわち電界スラリー制御 CMP システムキットをガラス研磨企業に提供することである。研究開発で得られるシステムキットを実用化するためには、商品としての事業化を指向したさらなる商品開発が不可欠である。この商品開発に対する課題抽出、およびその解決にむけて、アドバイザリーボードに参画する各企業との意見交換、情報収集を綿密に進め、さらに試作品を評価をして頂くことで、実用化をする。

## 1.2 本成果の波及効果

### (1) 代替砥粒

酸化セリウム系砥粒の代替として、既にガラスメーカー等市場ユーザーは酸化ジルコニウムや酸化鉄等への展開を始めている。特に、ユーザー企業からは既存の酸化セリウム系砥粒に替わる100%完全代替の要望が著しく高い。こうした中、開発代替砥粒は、コストも現在の既存酸化セリウム系砥粒(10,000円/kg以上)よりはるかに安く、また将来の既存酸化セリウム系砥粒の値下がり時(5000円/kgと予想)でも十分価格競争力があり、市場に好意的に受け入れられると期待する。

そのほか、研磨スラリー用分散剤メーカーからの問い合わせや、協力の申し出も多く、単に砥粒としての波及効果にとどまらない。

また、当初の目的であった液晶基板用ガラスや磁気ディスク基板用ガラスのような超精密研磨以外の研磨を実施しているガラスメーカーからも打診がありその波及効果は極めて高いと考える。

### (2) 電界トライボケミカル

本研究で開発される電界制御トライボケミカル研磨装置により、ガラス研磨企業の酸化セリウム砥粒使用量は削減され、より高品位な試料表面を創成することが可能となる。よって研磨工程において上記砥粒価格の上昇により増加するランニングコストに歯止めをかけることが可能となり、これより雇用の維持が可能となる。更に、研磨の品位向上、高効率化により、日本の研磨産業の価格競争力を強化し、将来的には海外に流出する研磨産業を国内に呼び戻すことが期待される。これらより、大きな経済的・社会的波及効果を生むものと考えられる。

また、本研究では、主に平面ガラス基板を中心とする装置開発に特化しているが、株式会社小林機械製作所が得意とするNC技術を活用して、非球面レンズや大型レンズ、さらにガラスを理解した上で、超小型レンズ向けの金型工作機械を創出する礎となる。これにより、株式会社小林機械製作所の技術競争力は世界的に向上し、日本のものづくりの強化さらに人材育成効果を創出できるものと考えられる。

さらにガラスの磨き関連業界だけではなく、半導体に使用される各種ウエハーの電界制御トライボケミカル研磨装置として応用できる為販路は大きく拡大できると考える。

### (3) 両面電界スラリー制御

本研究で開発される電界スラリーCMPシステムキットにより、ガラス研磨企業の酸化セリウム砥粒使用量は削減され、より高品位な試料表面を創成することが可能となる。よって研磨工程において上記砥粒価格の上昇により増加するランニングコストに歯止めをかけることが可能となり、これより雇用の維持が可能となる。更に、研磨の品位向上、高効率化により、日本の研磨産業の価格競争力を強化し、将来的には海外に流出する研磨産業を国内に呼び戻すことが期待される。これらより、大きな経済的・社会的波及効果を生むものと考えられる。

また、本技術は低濃度スラリーの使用を推奨する。よって、高品位な試料表面を創成するために、砥粒メーカーには、分級技術の高度化を提案する。これより、砥粒メーカーの技術的な競争力は向上し、人材育成につながるものと考えられる。研磨パッドメーカーに於いても、新たに電界スラリー制御CMP専用の研磨パッドを提案することで、新たな技術開発要素を創出でき、これより、砥粒メーカー同様、技術的な競争力は向上し、人材育成効果を期待できる。

また、本仕上げ技術は半導体分野において、単結晶サファイヤや炭化ケイ素等の硬脆材の研磨への適

用も可能である。これより、次世代半導体の品位向上、低コスト化に貢献し、普及に大きく貢献できる。

### 1.3 事業化までのシナリオ

#### (1) 代替砥粒

新規代替砥粒については、アドバイザーボードによる外部評価を通じて、商品価値を備えた代替砥粒として、仕上げていく。その後、H26 年度に広くサンプルマッチングを進め、一定の評価を得られた後、H27 年度からの、代替砥粒生産委託企業（月産数百 kg 生産可能な企業を少なくとも一社選定し外注生産を試行中）による市場投入を目指す。

#### (2) 電界トライボケミカル

##### 1) 事業化までの道筋

電界制御スラリー研磨技術ならびに電界制御トライボ研磨技術の開発成果をベースとし、実証機を試作し、アドバイザーボードへ導入し評価を実施する。前述のアドバイザーボードからの評価をフィードバックしながら、技術開発と並行して商品開発を進めることで H25 年度に実用化レベルの装置を試作し展示会にて PR を実施する。それらの試作機からさらに商品価値の向上に向けた検討をすすめる。さらに、H26 年度より販売体制の整備を進め、H28 年度から新規事業として展開する。

##### 2) ユーザーニーズ

既存酸化セリウム系砥粒価格は 2011 年 1 月には 2008 年比で約 8 倍に高騰している。鉱山開発によって将来にその価格は安定すると推察されるが、この価格が数年前の水準に戻ることは考えにくい。そのため、販売ターゲットであるガラス研磨企業に於いては既存酸化セリウム系砥粒の削減が喫緊の課題となっているとともに、本顧客ニーズは一過性のものではなく、将来的にも顧客ニーズとしては続くと予想される。本成果は、まさに上記課題を解決するものである。

##### 3) 市場規模と成長性

本事業における市場規模は、工業統計から、国内の研磨装置は 11,500 台となる。販売予定価格を 2000 万円/台（導入する研磨装置のサイズにより価格は変動するが、平均価格として算出）としその 0.5% となる 58 台/年を事業化出来ると算出すると、11.6 億円/年と見込まれる。2020 年において上記を 1% に上方させることで、売上高は 23.2 億円/年を目指す。

また、本成果は、既存酸化セリウム系砥粒のみではなく、代替砥粒への適用も可能であり、砥粒種を選ばずガラス研磨企業における消耗品のコストダウンに寄与し、体質改善に貢献する。よって、長期的な事業の継続が可能であると見込む。

##### 4) 本成果の優位性

川上ユーザーにとって、本メイドインジャパンの技術を導入することによって、優れた品位並びに研磨レートを実現可能となり、技術力にて 競合他社との優位性を確保できるものと考えられる。

##### 5) 事業展開

事業化当初は、本研究におけるアドバイザーボード企業並びに関連会社に営業活動を展開し、さらに展示会出展等にて積極的な PR 活動を実施し、全国展開を図る。さらにサイチ工業株式会社とともに、

部品の規格化や金型を用いた成型品に切り替えることで低コスト化を図り、上記売上目標達成を目指す。

### **(3) 両面電界スラリー制御**

#### **1) 事業化までの道筋**

H22年度までのシステムキットを用いた電界スラリー制御 CMP 技術開発の成果をベースとし、H25年度には、実証機を試作し、アドバイザリーボードへ導入し評価を実施する。前述のアドバイザリーボードからの評価をフィードバックしながら、技術開発と並行して商品開発を進めることで H25 年度に実用化レベルの製品試作を実施し、展示会に出展する。それらの試作機からさらに顧客評価と販売装置としてのブラッシュアップをすすめる。さらに、H26 年度より販売体制の整備を進め、H28 年度から新規事業としての展開を目指す。

#### **2) ユーザーニーズ**

既存酸化セリウム系砥粒の価格は約 8 倍に高騰しており、販売ターゲットであるガラス研磨企業に於いては既存酸化セリウム系砥粒の削減が喫緊の課題となっている。この課題は、片面研磨方式だけではなく、両面研磨においても大きな課題である。本成果は、まさに上記課題を解決するものであり、顧客ニーズを的確に捉えている。

#### **3) 市場規模と成長性**

本事業における市場規模は、工業統計から、販売ターゲットとなるガラス研磨加工企業を算出すると 575 社ある。また、中小研磨企業一社当たりの研磨装置平均保有台数は 20 台程度と言われている。これより国内の研磨装置は 11,500 台となる。本システムキットは既存研磨装置へ導入するという形をとるため、この国内研磨装置保有台数をベースとし、販売予定価格 600 万円/台（導入する研磨装置のサイズにより価格は変動するが、平均価格として算出）として市場規模を算出すると、6,900,000 万円と見込まれる。2020 年において上記の 5%への導入を目指し、売上高としては 345,000 万円を目指す。

また、本成果は、酸化セリウム砥粒のみではなく、代替砥粒への適用も可能であり、砥粒種を選ばずガラス研磨企業の研磨コストダウンに寄与する。よって、長期的な事業の継続が可能であると見込む。

#### **4) 本成果の優位性**

ユーザーにとって、既存ラインの大幅な変更は、設備投資金額の増加だけではなく、変更に伴う最適工程の再構築や、川下企業から再評価を受ける必要があるなど多くのリスクが発生する。本成果はユーザー企業の技術導入リスクに配慮した開発を進めており、既存の生産ラインを変更することなく、少ない設備投資額にて効果が得られることから、競合技術と比較して優位性を有すると考える。

#### **5) 事業展開**

事業化当初は、サイチ工業株式会社がネットワークを有する秋田県内に集積しているガラス研磨企業に対して営業活動を行うとともに、展示会出展等の PR を積極的に実施し、全国展開を図るとともに、部品の規格化や金型を用いた成型品に切り替えることで低コスト化を図り、上記売上目標達成を目指す。

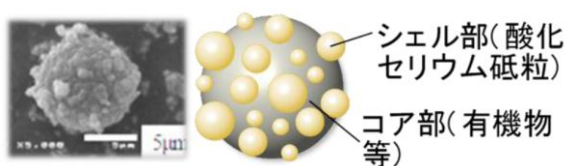
### Ⅲ. 研究開発成果について

#### 1. 事業全体の成果

ガラスの鏡面研磨における酸化セリウムの使用量を 30%低減できる技術開発を、研磨特性を支配する砥粒・メディア粒子・研磨パッド（研磨工具）・プロセス技術の 4 つの観点で、「複合砥粒の研究開発」、「メディア粒子を用いた研磨技術の研究開発」、「研磨特性を向上させる研磨パッドの研究開発」、「プロセス技術の研究開発」の 4 つの研究テーマを立て遂行した。

##### (1) 複合砥粒の研究開発（立命館大学、㈱アドマテックス）

ウレタン樹脂微粒子をコア粒子にしてその周囲に酸化セリウムを付着させることで酸化セリウムの成分割合を 30 体積%以下としたコアシェル構造の有機無機複合砥粒を開発することにより、洗浄性および分散性に優れた砥粒を提案した。またその滞留性を高めることを推し進めた結果、研磨特性を 50%向上させることのできる複合砥粒を開発した。この複合砥粒のサンプル提供を有識者メンバー・実用化推進委員メンバーに対して開始した。



図Ⅲ-1-1 コアシェル構造の有機無機複合砥粒

##### (2) メディア粒子を用いた研磨技術の研究開発（立命館大学、㈱アドマテックス）

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）が存在する複合粒子研磨法の採用で、幾何学的精度や加工安定性のきわめて優れた研磨が行えることを確認した。さらにそのメディア粒子として親水性無機粒子を適用することで、30%の研磨特性の向上を実現できることを実証した。

##### (3) 研磨特性を向上させる研磨パッドの研究開発（立命館大学、九重電気㈱）

従来多用されてきたウレタン樹脂多孔質研磨パッドに変えてエポキシ樹脂多孔質研磨パッドを使用することで、研磨能率を 2 倍に向上させることができることを実証し、酸化セリウムの使用量を半減できることを示した。また酸化セリウム砥粒を市販の酸化ジルコニウム砥粒で代替できることを明らかにした。このエポキシ樹脂多孔質研磨パッドのサンプル提供を有識者メンバー・実用化推進委員メンバーに対して開始した。

また大口径工作物を高い幾何学的精度で研磨可能な隙間調整型研磨パッドを提案した。



図Ⅲ-1-2 開発したエポキシ樹脂研磨パッドと代替砥粒

##### (4) プロセス技術の研究開発（立命館大学、㈱クリスタル光学）

砥粒を全く使用せず化学的研磨により遊離砥粒研磨と同等な研磨特性を得ることのできるプロセス技術の開発を行い、三元系のエッチャントを使用すれば、pH が 5 以上の現場や環境に優しい溶液で鏡面仕上げが可能となること、高形状精度を達成するためにエッチャントの侵入が容易な研磨工具・研磨機構が必要となることを確認した。

本研究において現在得られている全体の成果を、中間目標と比較してまとめると、以下の表Ⅲ-1-1 のようになる。また今後の研究方針を最終目標と比較してまとめると、以下の表Ⅲ-1-2 のようになる。

表Ⅲ-1-1 事業全体の成果

目 標	研究開発成果	達成度
<p>プロジェクト全体の目標 (出典:基本計画 p. 1)</p> <p>【中間目標】</p> <p>(1) 複合砥粒の研究開発 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)を実現する複合砥粒を見出す。</p> <p>(2) メディア粒子を用いた研磨技術の研究開発 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の 1.4 倍以上の研磨特性を実現するメディア粒子を見出す。</p> <p>(3) 研磨特性を向上させる研磨パッドの研究開発 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に比較して、1.4 倍以上の研磨特性を実現する多孔質研磨パッドを見出し、サンプル提供ができる状態にする。また、大口径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、サンプル提供できる状態にする。</p> <p>(4) プロセス技術の研究開発 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と同等の研磨特性を実現する化学援用研磨技術を確立する。また、水晶の研磨特性を従来の 1.1 倍以上に対する共振研磨技術を実現する。</p>	<p>目標に対する成果</p> <p>(1) 複合砥粒の研究開発 製造法の検討を行い、酸化セリウムの成分割合が 30%以下となる有機無機複合砥粒を開発した。また、コア粒子の材質としてウレタン樹脂が適していることを見出し、さらに比重や形状を変更して滞留性を高めることで、ソーダガラスの研磨において 50%の研磨特性の向上を達成した。有識者メンバーおよび実用化推進委員メンバーに対して、その最適な有機無機複合砥粒のサンプル提供を開始した。</p> <p>(2) メディア粒子を用いた研磨技術の研究開発 親水性の強い無機酸化物粒子をメディア粒子に採用することで、ある濃度ある加工条件で 1.4 倍の研磨特性を達成した。この無機メディア粒子に関しては一部有識者にサンプル提供を行った。</p> <p>(3) 研磨特性を向上させる研磨パッドの研究開発 研磨パッド材質にエポキシ樹脂を採用し、その硬度を従来多用されているウレタン樹脂研磨パッド並に調整することでソーダガラスに対して 2 倍の研磨特性を達成した。このことで酸化セリウム使用量を半減できることが判明した。さらに代替砥粒として酸化ジルコニウムが使用できることを見出した。多孔質エポキシ樹脂研磨パッドは有識者メンバーおよび実用化推進委員メンバーに対して、サンプル提供を開始した。 大口径のソーダガラスに対して溝切りを行うことなく均質に研磨できる隙間調整型研磨パッドを開発した。現在そのコンディショニング技術に関して検討している。</p> <p>(4) プロセス技術の研究開発 三元系のエッチャントで鏡面仕上げが可能なことを見出した。研磨時間の短縮に関してはエッチャント液の流動が重要であることを見出した。 共振研磨に関しては酸化セリウムの場合砥粒の電極付着が生じ研磨の阻害要因が発生することが確認された。</p>	<p>(1) 複合砥粒の研究開発 ⇒達成</p> <p>(2) メディア粒子を用いた研磨技術の研究開発 ⇒達成</p> <p>(3) 研磨特性を向上させる研磨パッドの研究開発 ⇒多孔質研磨パッドに関しては達成 しかし、隙間調整型研磨パッドに関しては多孔質研磨パッドに重点化して研究開発を行った結果、研究開発の続行が必要。達成見込みは平成25年8月</p> <p>(4) プロセス技術の研究開発 化学援用研磨に関してはその形態を最適化することで達成見込み(平成25年12月) 共振研磨に関しては解決困難な物理現象が発生したこと、電場の作用で加工現場の受け入れに対する抵抗が強いことから平成22年度に中止。 平成24年度以降はプロセス技術に関する研究テーマを研磨パッドの表面処理に変更する。</p>



表Ⅲ-1-2 事業全体の今後の方針

目 標	研究開発方針	効果
<p>【最終年度】</p> <p>(1) 複合砥粒の開発 酸化セリウム使用量低減率 30%の複合砥粒を開発する。</p> <p>(2) メディア粒子を用いた研磨技術の研究開発 研磨特性を 40%以上向上できるメディア粒子を開発する。</p> <p>(3) 研磨特性を向上させる研磨パッドの研究開発 研磨特性を 40%以上向上できる研磨パッドを開発し、大型工作物の均等研磨を実現する。</p> <p>(4) プロセス技術の研究開発 軟質工作物に対して砥粒フリーの化学援用研磨技術を開発する。同時に大型研磨パッドの表面処理技術を確立する。</p>	<p>(1) 複合砥粒の開発 滞留性の向上・化学的作用の強化等で全ての硝材に対して研磨特性の向上が見込める複合砥粒を開発する。工業的安定供給の方法を確立する。</p> <p>(2) メディア粒子を用いた研磨技術の研究開発 メディア粒子の滞留性の向上・化学的作用の強化・切りくずの積極的排除等で研磨特性の向上を図る。</p> <p>(3) 研磨特性を向上させる研磨パッドの研究開発 エポキシ樹脂材質の検討や研磨パッドの表面構造の見直し等で、全ての硝材・用途に対して高研磨特性のエポキシ樹脂研磨パッドを開発する。また隙間調整型研磨パッドのコンディショニング技術を確立し、サンプル供給ができるようにする。</p> <p>(4) プロセス技術の研究開発 化学液の最適化や研磨機構の見直し等で砥粒フリーの研磨技術を開発する。また大口径研磨パッドに適用可能なエポキシ樹脂系表面処理剤および処理方法を開発する。</p>	<p>(1) 複合砥粒の開発 複合砥粒は洗浄性・分散性・幾何学的精度の点で優位性があり、そうした高付加価値研磨に適している。</p> <p>(2) メディア粒子を用いた研磨技術の研究開発 複合砥粒よりもさらに幾何学的精度に優れる研磨が行える。</p> <p>(3) 研磨特性を向上させる研磨パッドの研究開発 従来のウレタン樹脂研磨パッドに置き換わる可能性を有している。また非効率な溝切り加工が不要となる。</p> <p>(4) プロセス技術の研究開発 コンタミネーション等の関係で砥粒を使用せず加工するニーズに対応。大口径研磨パッドの貼り替え作業を軽減する。</p>

## 2. 研究開発項目毎の成果

### 2.1 成果の内容

#### (1) 複合砥粒の開発

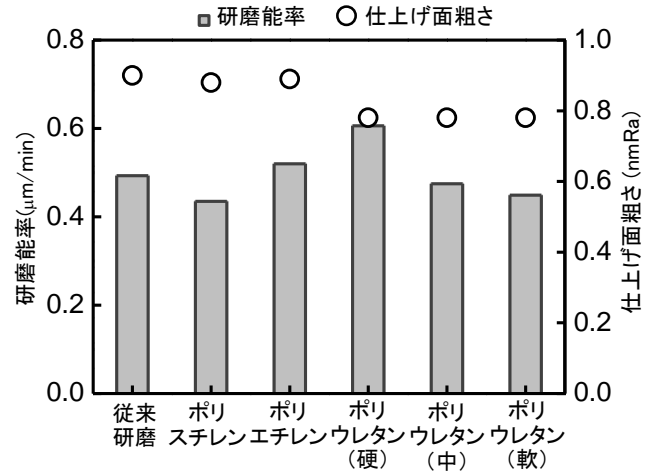
複合砥粒は母粒子に有機物や無機物を配置し、子粒子に酸化セリウム砥粒を配置したコアシェル構造の砥粒で、2~10 $\mu\text{m}$ の平均粒径を持っていることから、工作物と研磨パッドの直接接触を防ぎ研磨能率を向上させる。また、比重が小さくなることから砥粒の分散性を高め、遊離した砥粒が存在しないために洗浄性を向上させる。さらに複合砥粒は流動して使用されるため、幾何学的精度の向上が期待できる。

#### 1) 無機複合砥粒の開発

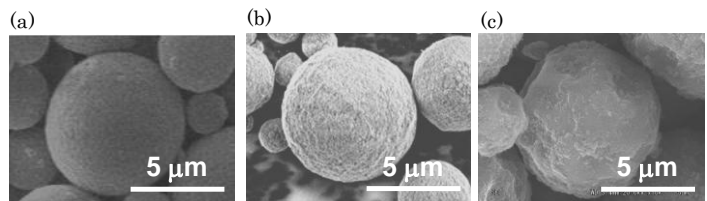
比較的比重の小さい(3程度)無機物の母粒子の表面に酸化セリウム砥粒を付着させた無機無機複合砥粒(無機複合砥粒と称する)の開発を行っている。まず硝酸セリウムとアンモニアの反応を利用した沈殿法による無機複合砥粒の製作では、単一成分の純度の高い酸化セリウムが母粒子の表面に生成されるため、複数成分の混在している通常の酸化セリウムに比較して研磨特性(研磨能率と到達仕上げ面粗さの比)が非常に低いものになってしまうことが判明した。そこで、オートクレーブを用いた水熱合成法による複合化を検討した。シリカあるいはアルミナを母粒子として市販酸化セリウムを表面に付着させた無機複合砥粒の生成に成功したが、その研磨特性は通常砥粒の半分程度のものであった。現状で有効な打開策が見いだせないため、無機母粒子の表面に酸化セリウムを吸着させた無機無機複合砥粒の開発は中止し、成果の上がっている有機無機複合砥粒に近い構造の無機粒子の表面を有機物によりコーティングした後酸化セリウムを吸着させた無機有機無機複合砥粒の開発に変更する。無機有機無機複合砥粒は有機無機複合砥粒よりも比重が高いものが開発でき、滞留性の向上が見込まれ、さらなる研磨特性の向上が期待できる。

#### 2) 有機無機複合砥粒の開発

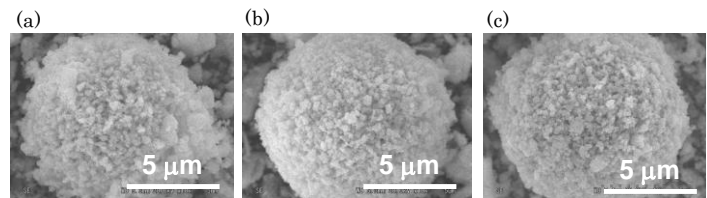
ポリマー微粒子の表面に酸化セリウム砥粒を付着させた有機無機複合砥粒の開発を行っている。有機無機複合砥粒は、母粒子のポリマー微粒子と子粒子の砥粒を乾式混合することで製造することができる。母粒子表面が摩擦熱で軟化し、これに子粒子が突き刺さることで複合砥粒が完成する。このような物理的付着であるため、よほどの力が作用しない限り、子粒子が母粒子から脱落することはない。母粒子としては子粒子の5倍以上の大きさが好ましく、粒径が10 $\mu\text{m}$ 前後のポリマー微粒子を使用している。母粒子の材質や硬度を変化させて最適化を行った結果、図III-2-1に示されるように母粒子にウレタン樹脂の硬度の高いものを使用した際に、酸化セリウム砥粒を用いた従来研磨より20%程度高い研磨能率が達成できた。この複合砥粒では酸化セリウムの成分割合が体積%で30%以下となるため目標の数値は達成できるが、有機無機複合砥粒の場合400円/kg程度のコストアップが生じるため、さらなる研磨特性の向上が求められる。そこで、複合砥粒の滞留性を向上させるために、高比重の母粒子および異形状の母粒子を用いて有機無機複合砥粒の製造を試みた。母粒子Aは、比較の基本とした母粒子で、上記で20%の研磨能率向上を果たしたウレタン樹脂の母



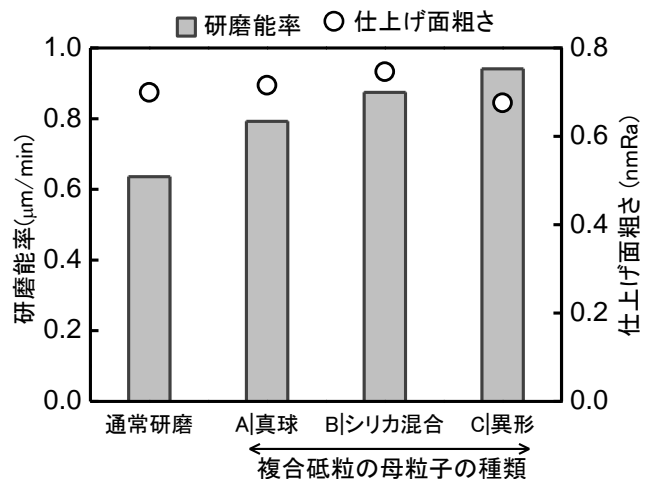
図III-2-1 有機無機複合砥粒の母粒子材質と研磨特性の関係



図III-2-2 有機無機複合砥粒の母粒子のSEM像 (a)真球状粒子、(b)高比重粒子、(c)異形粒子



図III-2-3 有機無機複合砥粒のSEM像 (a)真球状粒子、(b)高比重粒子、(c)異形粒子の複合砥粒



図III-2-4 様々な複合砥粒の研磨特性

粒子である。これに対して、母粒子 B は母粒子 A に平均粒径  $0.5\mu\text{m}$  のシリカを 30wt% 含有させて比重を高めた母粒子で、母粒子 C は表面にくぼみが存在する異形の粒子である。母粒子 A の比重は  $1.18\text{g}/\text{cm}^3$  であるのに対して、母粒子 B の比重は  $1.37\text{g}/\text{cm}^3$  となっている。これらの母粒子およびその複合砥粒の SEM 観察像を図 III-2-2 および図 III-2-3 にそれぞれ示す。これらの複合砥粒を用いてソーダガラスの研磨を行った結果、図 III-2-4 に示されるように従来研磨に対して高比重の複合砥粒 B で 37% の研磨能率向上、異形の複合砥粒 C で 50% の研磨能率向上を実現した。30 分の研磨で達成した仕上げ面粗さはほぼ同程度の値となっている。また、有機無機複合砥粒の採用により研磨後ガラス表面の形状精度が向上することが明らかとなった。図 III-2-5 に研磨後ガラス表面の形状を空間周波数解析（パワースペクトル密度解析）した結果を示す。測定した全ての空間波長領域において、従来研磨と比較して複合砥粒によりパワースペクトル密度が小さく、形状精度が向上することがわかった。図 III-2-6 には研磨後ガラスのふち形状を示すが、こちらも複合砥粒により従来研磨よりふちだれの小さい工作物を得ることが可能である。これらの研磨性能に優れる有機無機複合砥粒は有識者メンバーおよび実用化推進委員メンバーに平成 22 年 9 月よりサンプル提供を開始した。

次に最も高い研磨特性が得られた異形の複合砥粒 C を用いて加工条件依存性の評価を行った。図 III-2-7 は研磨能率の工具速度依存性を見たものである。定盤回転数  $60\text{min}^{-1}$  以上では差異が生じているが、 $30\text{min}^{-1}$  ではほとんど通常研磨と差異のない結果となっている。図 III-2-8 は、研磨能率の加工圧依存性を見たものである。加工圧が高いほど、通常研磨に比較して研磨能率の向上が顕著になっている。高速、高圧下では砥粒は動きやすい状態となっており、滞留性が改善された複合砥粒は、その条件下で効果が出たものと思われる。図 III-2-9 は、研磨能率のスラリー濃度による依存性を調べた結果である。低濃度のほうが効果は顕著となっており、このことも高濃度の場合にはもともと砥粒の動きが制限されているために差異が現れなかったものと判断される。その後その研磨特性を向上させるために、最適な研磨パッドの選定やそのコンディショニングなどに関して研究開発を行った。また後述の多孔質エポキシ樹脂研磨パッドとの併用に関して検討を行った。様々な硝材や用途、条件に対して高い研磨特性が得られる複合砥粒を開発することが今後の課題である。

## (2) メディア粒子を用いた研磨技術の研究開発

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）が存在する複合粒子研磨法を採用することで、従来の研磨法（3BODY）より解空間が広がり、従来研磨では達成できない種々の研磨特性が実現できる。複合粒子研磨法ではメディア粒子に砥粒を吸着させて研磨を行い、幾何学的精度や加工安定性が向上し、スクラッチの発生が抑制できる。また研磨パッドのドレス寿命を延ばすことができる。

### 1) 有機メディア粒子の開発

有機メディア粒子の場合濃度を上げると研磨能率が低下するという問題点があり、その原因究明を行った結果、ポリマー微粒子製造時に使用される界面活性剤が悪影響

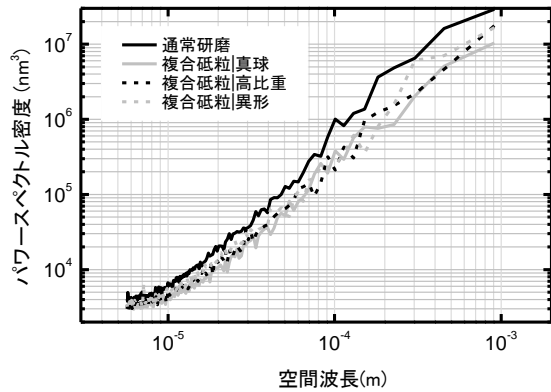


図 III-2-5 複合砥粒による研磨後ガラス表面形状の空間周波数解析

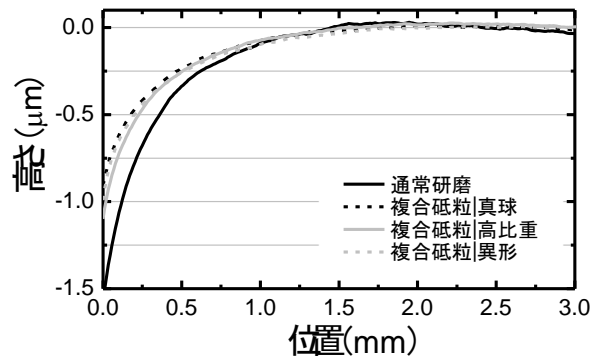


図 III-2-6 複合砥粒による研磨後ガラスのふち形状

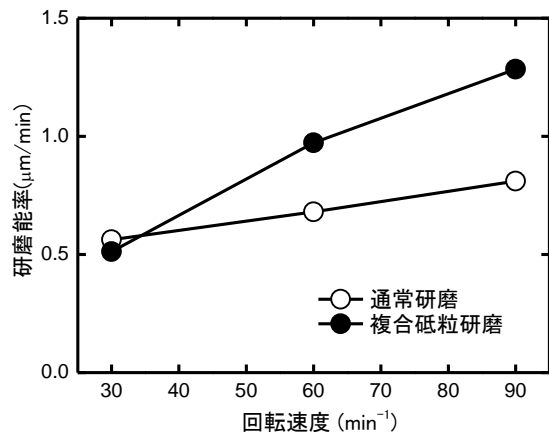


図 III-2-7 複合砥粒の研磨特性の回転速度依存性

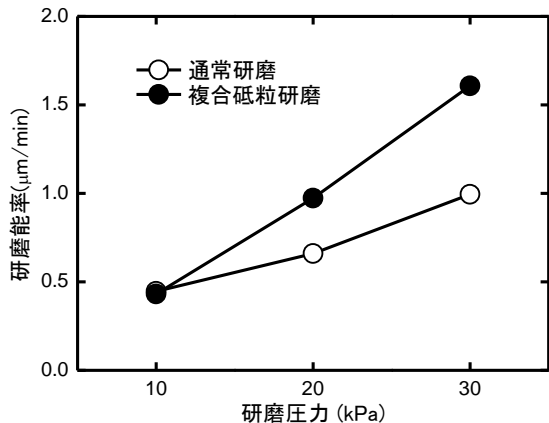


図 III-2-8 複合砥粒の研磨特性の研磨圧力依存性

を及ぼしていることが判明した。そこで、界面活性剤を使用せず製造されたウレタン樹脂微粒子をメディア粒子に採用した結果、従来研磨とほぼ同等の研磨特性を得ることが可能になった。

また有機無機複合砥粒と同様に滞留性に着目して高比重微粒子や異形状微粒子の適用を行った。その結果、図Ⅲ-2-10に示されるように異形ポリマー粒子を0.1wt%の濃度で添加したときに、優れた仕上げ面粗さを維持しながら通常研磨に対して20%研磨特性を向上させることに成功した。メディア粒子を使用することによるコストアップを考慮し、今後も研磨特性の向上に努める予定である。

## 2) 無機メディア粒子の開発

親水性無機粒子は酸化セリウム砥粒の付着がよく、有機メディア粒子のような界面活性剤の問題点はない。当初ポリマー微粒子と比重が同等の多孔質無機粒子を採用したが、研磨特性を向上させることができなかった。そこで、比重の大きいシリカ粒子の適用を試みた。図Ⅲ-2-11は様々な研磨条件においてシリカ粒子濃度が研磨能率に与える影響を評価したものである。ソーダガラスの通常研磨に対して、シリカ粒子濃度を0.75wt%、研磨圧力30kPa、回転速度60rpmとしたときに約1.4倍の研磨特性を得た。その研磨特性には酸化セリウム砥粒の付着性が大きく影響を及ぼすことから、今後無機メディア粒子の付着特性の改善を図る。

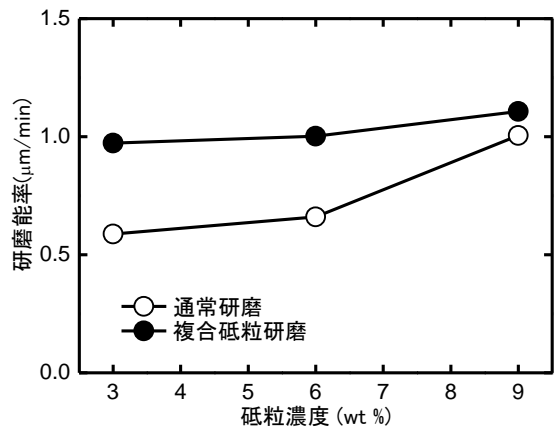
## (3) 研磨特性を向上させる研磨パッドの研究開発

研磨特性を向上させるには砥粒とともに研磨パッドの見直しが重要となる。本研究では研磨パッドの材質の再検討および高機能化を検討している。

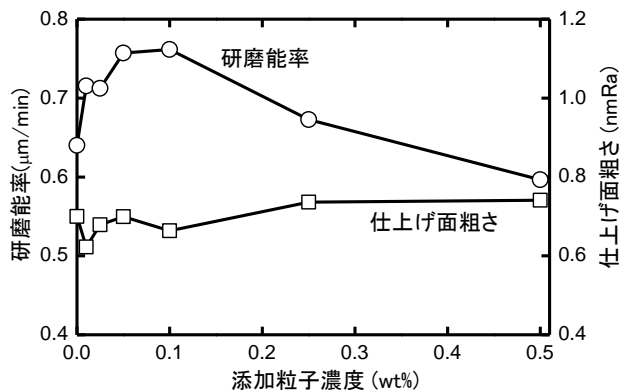
### 1) 高研磨特性多孔質研磨パッドの開発

上述のように遊離砥粒研磨においては砥粒（研磨材）の滞留性を高め工作物と砥粒の相対速度を高めることが研磨特性の向上に寄与する。そこで砥粒の保持特性を高めるような研磨パッド材質の見直しを行った。その結果、従来多用されてきたウレタン樹脂研磨パッドに対してエポキシ樹脂を採用することで、砥粒の保持特性が高まるということが判明した。多孔質エポキシ樹脂研磨パッドの製造は、エポキシ樹脂のプレポリマー、硬化剤および気孔を形成するための発泡剤等を混合しそれを金型に注型した後、所定の温度に加熱し、発泡および硬化を行う。硬化した樹脂を金型より離型し、一定の厚さにスライスを行った後、用いる研磨機に合わせた形状に切断を行う。樹脂に配合する硬化剤や発泡剤の添加量を変更することにより機械的物性の異なる研磨パッドを製造することが可能である。開発したエポキシ樹脂研磨パッドはその樹脂材質は異なるものの、従来のウレタン樹脂研磨パッドとほとんど同等の製造工程および製造時間で製作され、そのため市販価格もほぼ同等になるものと期待されている。高硬度のエポキシ樹脂は耐摩耗性に劣るが、エポキシ樹脂材種の見直しと多孔質化で従来使用されてきた研磨パッドに近い硬度を持つエポキシ樹脂研磨パッドを製作すれば、従来のウレタン樹脂研磨パッドよりも高い研磨特性を示すことが明らかとなった。

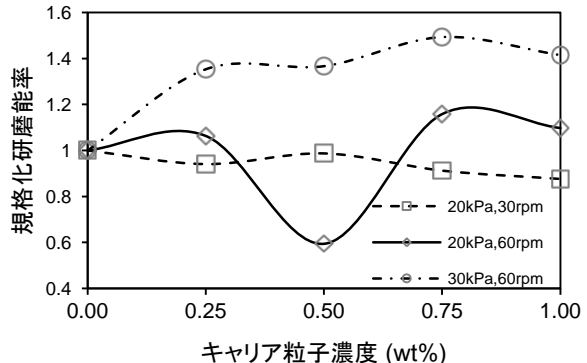
図Ⅲ-2-12は、多孔質エポキシ樹脂研磨パッドとウレタンパッドの研磨特性を比較した結果である。エポキシパッドの採用により硬度78のウレタンパッドと比較すると最大で2倍強の研磨能率が得られた。また硬度92



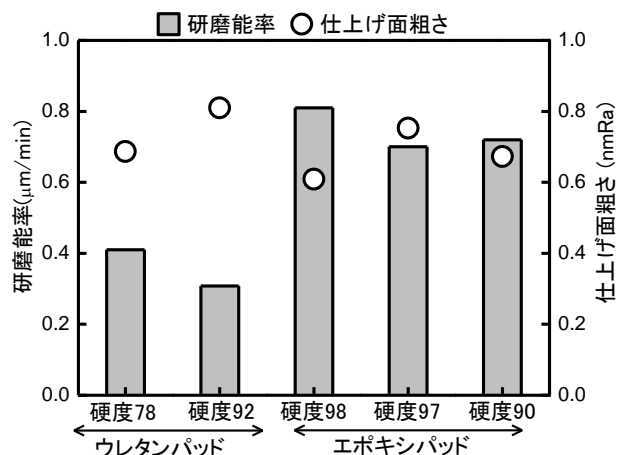
図Ⅲ-2-9 複合砥粒の研磨特性の砥粒濃度依存性



図Ⅲ-2-10 有機メディア粒子の添加濃度と研磨特性



図Ⅲ-2-11 無機メディア粒子の添加濃度・研磨条件と研磨特性の関係



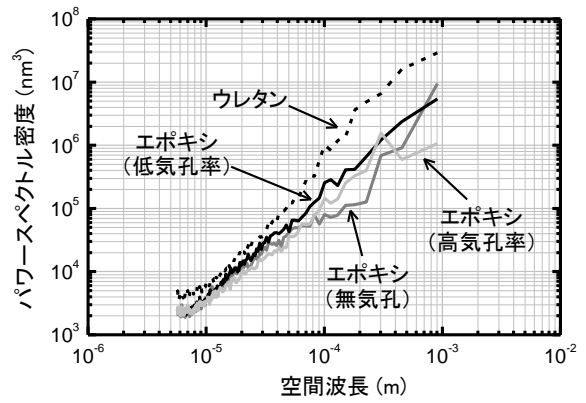
図Ⅲ-2-12 エポキシ樹脂研磨パッドの研磨特性

のウレタンパッドと比較すると3倍近い研磨能率であることがわかった。一般に研磨能率が高くなると、仕上げ面粗さが悪くなることが多いが、多孔質エポキシ樹脂研磨パッドで得られている仕上げ面粗さはウレタン樹脂研磨パッドとほぼ同程度のものとなっている。このことから、この多孔質エポキシ樹脂研磨パッドを採用することで、半分程度の研磨時間で仕上げ加工が行えることとなり、酸化セリウムの使用量は半減することになる。

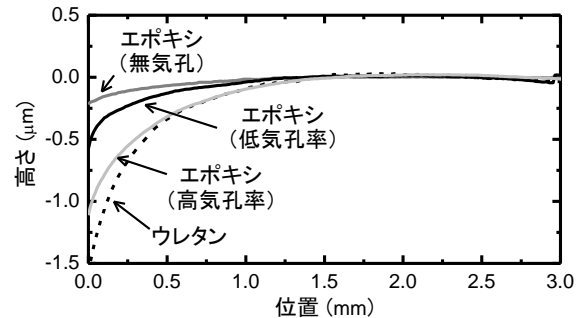
またエポキシ樹脂はウレタン樹脂よりも粘弾性に優れることから、幾何学的精度の改善も確認された。図Ⅲ-2-13には、研磨後ガラス表面の形状を空間周波数解析した結果である。測定を行った空間波長の数 $\mu\text{m}$ から0.1mm程度の全領域において、研磨パッドの密度に関わらずウレタン樹脂研磨パッドよりエポキシ樹脂研磨パッドで研磨したガラス表面の方がそのパワースペクトル密度が小さく、ウレタン樹脂研磨パッドより高い形状精度が得られている。エポキシ樹脂研磨パッドはウレタン樹脂研磨パッドと比較して粘弾性に優れるため、数十 $\mu\text{m}$ の長空間波長領域において差が顕著に現れている。このことは、ウレタン樹脂研磨パッドで研磨した表面のうねりは3.8nmWaであったのに対して、エポキシ樹脂研磨パッドで研磨した表面のうねりが2nmWaであったことも確認できる。

こうした幾何学的精度に関する向上は、図Ⅲ-2-14に示されるようにふちだれに対しても確認できる。ウレタン樹脂研磨パッドで研磨したガラスは、1.5 $\mu\text{m}$ 程度のふちだれが生じているのに対して、低気孔率のエポキシ樹脂研磨パッドで研磨したガラスのふちだれは0.5 $\mu\text{m}$ 程度と小さくなっている。エポキシ樹脂研磨パッドの気孔率の増加に伴い、ふちだれは大きくなるもののウレタン樹脂研磨パッドに比較してふちだれの小さい工作物が得られている。これは、使用したエポキシ樹脂研磨パッドの硬度が高いため、工作物のパッドに対する沈み込みが小さく、ふちへの応力集中が小さくなったためと考えられる。

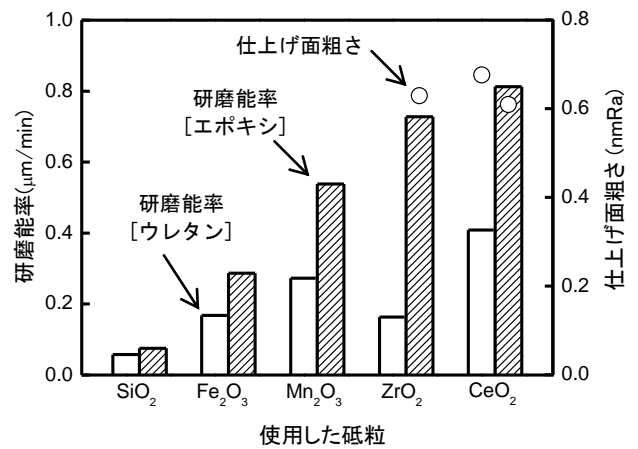
上述のように、酸化セリウムを用いたソーダガラスの研磨において、エポキシ樹脂研磨パッドを使用すれば、従来のウレタン樹脂研磨パッドを用いた場合の倍程度の高い研磨特性を示すことが明らかとなった。そこで、酸化セリウム以外の砥粒を使用した場合でもエポキシ樹脂研磨パッドを利用した際に、研磨能率が向上することが期待される。エポキシ樹脂研磨パッドと代替砥粒の組み合わせにより、ウレタン樹脂研磨パッドと酸化セリウムを用いた従来研磨と同等以上の研磨能率が達成できれば、酸化セリウムを完全に代替することが可能となる。そこで、各種酸化物砥粒とエポキシ樹脂研磨パッドを用いてガラスの研磨特性の評価を行い、酸化セリウムに代わる代替砥粒の検討を行った。使用した酸化物砥粒の粒径はおおむね1 $\mu\text{m}$ 前後である。その結果、図Ⅲ-2-15に示されるようにいずれの酸化物砥粒を用いた場合も研磨能率の向上が見られた。特に市販の酸化ジルコニウム砥粒を用いた場合にウレタン樹脂研磨パッドと比較してエポキシ樹脂研磨パッド使用時に約4倍の驚異的な研磨能率が得られた。またウレタン樹脂研磨パッドと酸化セリウム砥粒を使用した従来研磨に比べて、研磨能率が7割程度向上する結果が得られた。この時仕上げ面粗さはほぼ同等で、潜傷等の傷も全く観察されなかった。三酸化ニマンガン砥粒を用いた場合にも従来研磨を超える研磨特性が得られているが、三酸化ニマンガンは黒色の粉末で研



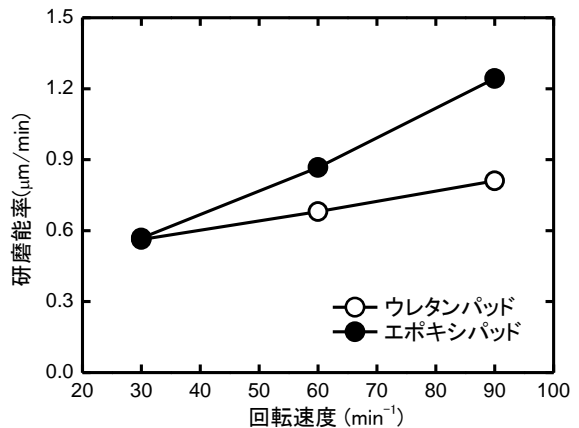
図Ⅲ-2-13 エポキシ樹脂研磨パッドによる研磨後ガラス表面形状の空間周波数解析



図Ⅲ-2-14 エポキシ樹脂研磨パッドによる研磨後ガラスのふち形状



図Ⅲ-2-15 代替砥粒の研磨特性



図Ⅲ-2-16 エポキシ樹脂研磨パッドの研磨特性の回転速度依存性

磨現場の作業者の抵抗があり、研磨材として安定供給される用途はたっていない。これに対して酸化ジルコニウムは白色の粉末で、しかも軟質硝子の研磨にすでに使用されている実績がある。こうしたことから、酸化ジルコニウムは代替砥粒の候補として最も有力と考えている。

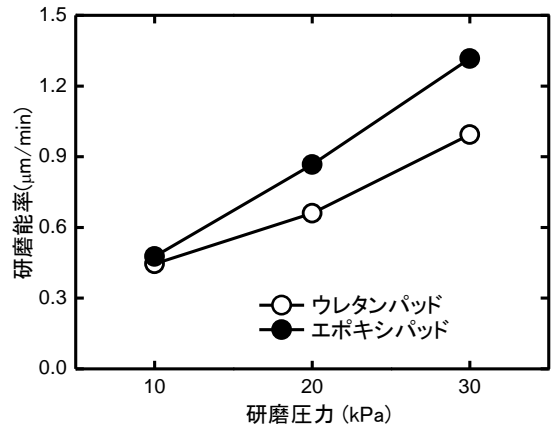
こうしたエポキシ樹脂研磨パッドのスラリー保持性の高さは、スラリーが動かされやすい環境下で研磨特性に大きな影響を及ぼす。図Ⅲ-2-16 は、研磨定盤の回転数が研磨能率に及ぼす影響を見たものである。研磨定盤の回転数が早くなれば、遠心力によりスラリーは流動し易くなる。果たして、定盤回転数  $30\text{min}^{-1}$  においてはウレタン樹脂研磨パッドでもエポキシ樹脂研磨パッドでも研磨能率にほとんど差はないが、定盤回転数  $60\text{min}^{-1}$  以上となると、エポキシ樹脂研磨パッドでの研磨能率はウレタン樹脂研磨パッドよりも高くなっている。同様の効果は、加工圧が研磨能率に及ぼす影響を示した図Ⅲ-2-17 においても確認できる。10kPa の低加工圧ではエポキシ樹脂研磨パッドの効果は小さくウレタン樹脂研磨パッドと同程度の研磨能率となっているが、加工圧が高くなるにしたがい、スラリーは動かされやすくなるため、エポキシ樹脂研磨パッドの効果が現れやすくなり、図に示されるようにウレタン樹脂研磨パッドとの研磨能率の開きは大きくなっている。図Ⅲ-2-18 には、スラリー中の酸化セリウム砥粒濃度と研磨能率の関係を示す。ウレタン樹脂研磨パッドを使用した場合には、砥粒濃度の増加とスラリーが流動しにくくなるため、研磨能率も増加する傾向となっている。それに対して、エポキシ樹脂研磨パッド使用時には、砥粒濃度に対して研磨能率はほぼ一定の値をとっており、これは砥粒濃度によらず砥粒の保持力が高いことを意味している。そのため、低い砥粒濃度においてもエポキシ樹脂研磨パッドを使用すれば、高い研磨能率が実現できる。

またエポキシ樹脂研磨パッドをソーダガラスよりも硬質の石英ガラスの研磨に適用した。図Ⅲ-2-19 に示すように硬質（硬度 97）の研磨パッドではウレタンパッドより低い研磨能率であったが、軟質の研磨パッドを使用することによりウレタンパッドより高い研磨能率が得られた。

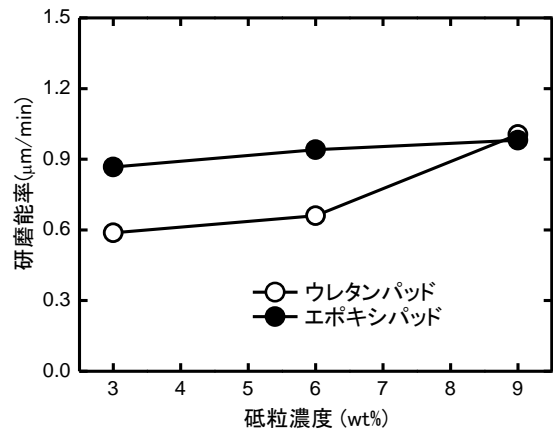
これらの多孔質エポキシ樹脂研磨パッドは有識者メンバーおよび実用化推進委員メンバーに平成 22 年 9 月よりサンプル提供を開始した。その後その研磨特性を向上させるために、加工条件依存性や最適な研磨パッドのコンディショニングに関して研究開発を行った。現在一般的に使用されている研磨パッドには、多孔質研磨パッドのほか、不織布タイプ研磨パッドやスエードタイプ研磨パッドがあるため、今後これらへのエポキシ樹脂の適用について検討する。また貼り換えが大変な 2m を超す研磨パッドへの適用として、エポキシ表面処理剤について検討を行う。

## 2) 隙間調整型研磨パッドの開発

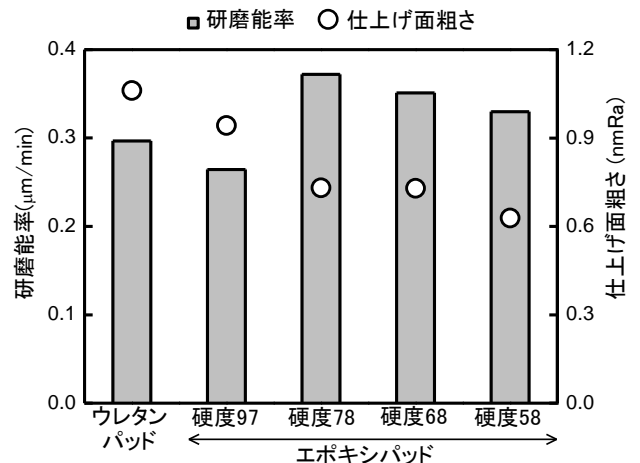
大型工作物では中央部までの砥粒の侵入が難しく中央部の研磨残しが生じるために、研磨パッドに溝切りが行われる。しかし、この溝は砥粒の有効利用を阻害するとともに工作物表面に転写され幾何学的精度を劣化させる。そこで、砥粒よりも大きな粒子を研磨パッド内に含有させ、工作物と研磨パッドの隙間をあげ砥粒が侵入しやすいようにした隙間調整型研磨パッドの開発を行っている（図Ⅲ-2-20）。その粒子の粒径や添



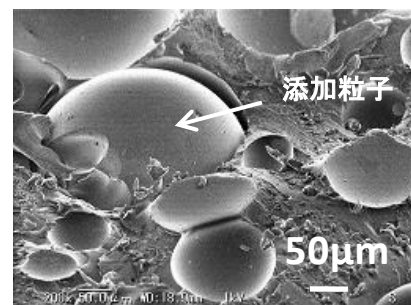
図Ⅲ-2-17 エポキシ樹脂研磨パッドの研磨特性の研磨圧力依存性



図Ⅲ-2-18 エポキシ樹脂研磨パッドの研磨特性の砥粒濃度依存性



図Ⅲ-2-19 エポキシ樹脂研磨パッドによる石英ガラスの研磨特性



図Ⅲ-2-20 隙間調整型研磨パッドのSEM像

加率について検討を行った結果、0.1~0.5mmの粒子、特に0.1~0.2mmの粒子が好ましいこと、添加率は5体積%程度が好ましいことが判明した。直径100mmのソーダガラスが均質に通常研磨よりも高い研磨能率（図Ⅲ-2-21）で研磨されることが明らかとなった。現在この研磨パッドのコンディショニング方法について検討している。

#### (4) プロセス技術の研究開発

研磨特性を支配するものとして砥粒と工具（研磨パッド）のほかにプロセス技術があげられる。単純な加工条件の最適化は研磨作業者が常に行っているため、それは除外し一般の研磨作業者が行わないタイプのプロセス技術として化学援用研磨技術と共振研磨技術について検討している。

##### 1) 化学援用研磨技術の開発

エッチング作用のみにより研磨と同等の仕上げ面を作成できれば、砥粒を全く使用しない加工が実現できる。しかし、一般にエッチングのみではなかなか平滑な仕上げ面を作製することが難しい。そこで、基準となる研磨工具により擦過することで加工の活性化および平滑面の生成を試みている。まず工作物表面粗さを向上することのできるエッチャントについて検討を行った結果、図Ⅲ-2-22に示されるようにフッ酸・フッ化水素酸アンモニウムと酢酸あるいはエチレンジアミンの三元系で平滑面が得られることを見出した。また鏡面化に対して研磨工具による擦過作用は重要であるが、図Ⅲ-2-23に示されるように通常の研磨パッドのようにエッチャントが侵入しにくい状態では加工能率が低く、人工芝のようなエッチャントの流動性がよい工具が好ましいことが判明した。今後これらの知見をもとに最適な加工機構および加工システムの構築を行う。

##### 2) 共振研磨技術の開発

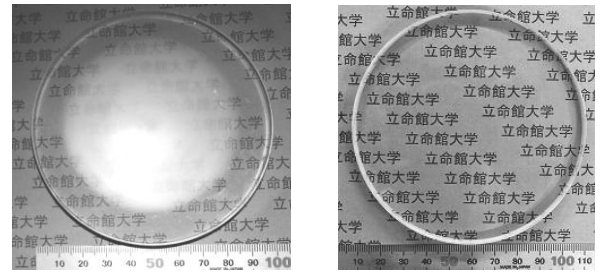
非常に硬度が高く研磨し辛い水晶の研磨特性を改善するために、水晶の共振現象を利用して研磨特性を改善する試みを行っている。水晶の共振周波数を付加することで、水晶が研磨工具に対して高周波振動するため、アルミナ砥粒を用いたラッピングにおいては研磨特性の改善が確認されたが、酸化セリウムを使用した場合、電場による砥粒の吸着現象のため研磨が逆に阻害されることが判明した。このため、平成22年度に本研究テーマを中止し、他の研究テーマに重点化することとした。またこれに代わるプロセス技術に関する研究テーマとして、今後大口径研磨パッドの表面処理に関する研究開発を加えることにした。

## 2.2 知的財産権等の取得及び標準化の取り組み

現在までの成果発表に関してまとめると、以下の表Ⅲ-2-1のようになる。

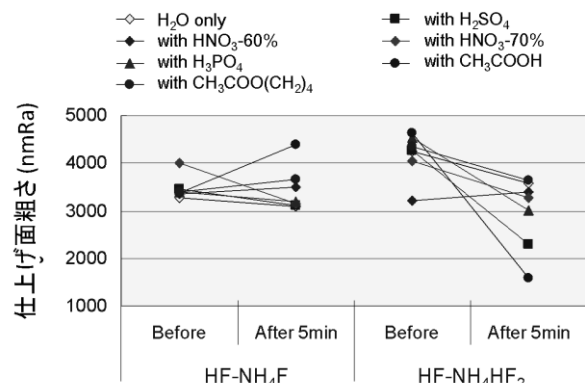
表Ⅲ-2-1 本研究における成果発表のまとめ

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出願	査読付き	その他	
H21FY	1件	0件	0件	2件	2件	3件
H22FY	8件	0件	0件	2件	13件	21件
H23FY	0件	0件	0件	2件	1件	4件

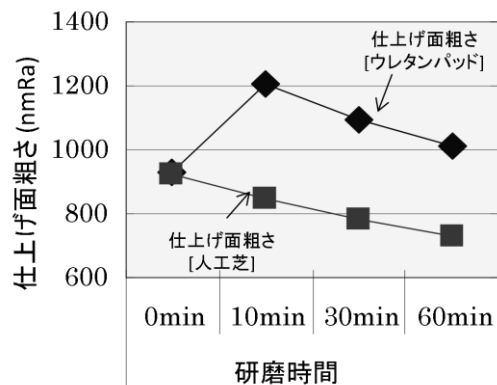


(a) 従来のパッドで研磨 (b) 隙間調整型パッドで研磨

図Ⅲ-2-21 研磨後ガラスの外観写真



図Ⅲ-2-22 エッチャント組成と仕上げ面粗さ



図Ⅲ-2-23 化学援用研磨による研磨時間と仕上げ面粗さ

## 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

#### 1.1 成果の実用化可能性

研究開発成果の欄においても記述したが、有機無機複合砥粒はある条件下において摩耗度が基準となっているソーダガラスに対して従来研磨に比較して1.5倍の研磨特性を実現すること、また多孔質エポキシ樹脂研磨パッドはある条件下においてソーダガラスに対して従来研磨に比較して2倍以上の研磨特性を実現することを確認している。平成22年度の中国からの酸化セリウムの大幅な輸出制限に伴い、ガラス研磨を行っている企業からのこれら研究開発成果の早期実用化の強い要望から、平成22年9月から大手ガラスメーカー等10社(有識者委員あるいは実用化推進委員)に有機無機複合砥粒および多孔質エポキシ樹脂研磨パッドのサンプル提供を開始した。有機無機複合砥粒の場合母粒子の購入および複合砥粒の製造のため多少のコストアップとなるが、多孔質エポキシ樹脂研磨パッドの場合コストアップにはつながらないこと、またその効果は多孔質エポキシ樹脂研磨パッドのほうが大きく両方を同時に採用した場合複合砥粒の効果は表れにくいことから、多孔質エポキシ樹脂研磨パッドのみの早期市販化の要望がサンプル提供した企業から出されている。このため、複合砥粒に関してはより付加価値を高める努力を必要とするが、多孔質エポキシ樹脂研磨パッドに関しては可能ならば来年4月の市販化を希望している。

現在開発されている有機無機複合砥粒はその酸化セリウムの成分割合が1/3以下でしかも従来砥粒と同等以上の研磨特性を示しているため、本プロジェクトの削減目標は十分にクリアしているが、上記のように価格向上と多孔質エポキシ樹脂研磨パッドとの競合により、現状では多孔質エポキシ樹脂研磨パッドのみでは加工仕様が達成できない高精度光学部品への適用のみが実用化の可能性が高い領域となっている。

市場で使用されている代表的な研磨パッドには、多孔質研磨パッド、不織布研磨パッド、スエードタイプ研磨パッドの3種類があり、工作物材質や加工条件等に合わせて選択されている。このため多孔質研磨パッドのみの実用化では、広いユーザーニーズに応えることができない。一方、不織布研磨パッドやスエードタイプ研磨パッドの場合もその材質の一部にエポキシ樹脂を採用することで研磨特性が改善されることが明らかになっている。しかしその表面構造が異なるために最適なエポキシ樹脂材質が多孔質研磨パッドの場合とは異なり、その最適化にはまだ時間を要する。このため、今後多孔質研磨パッドに変えて他の種類の研磨パッドに関して検討を行い、これらの実用化を25年度末に予定している。

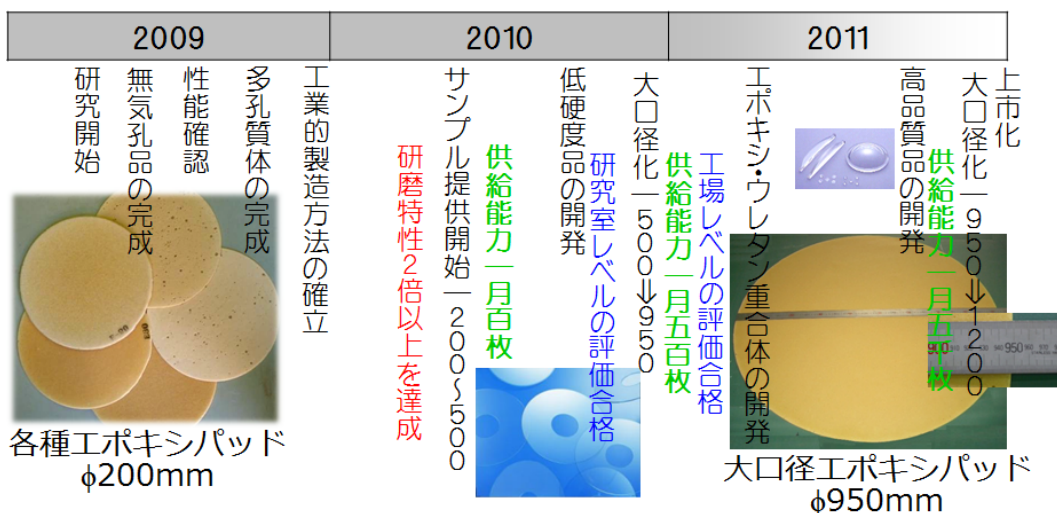
隙間調整型研磨パッドに関しては優れた研磨特性は確認されているが、最適コンディショニング技術が見出されていないため、継続しての研究開発が必要である。また、メディア粒子を用いた複合粒子研磨法や化学援用研磨によるプロセス技術に関しては、まだ所定の研磨特性の向上が見出されていないことから、引き続いての研究開発が必要である。

#### 1.2 事業化までのシナリオ

エポキシ樹脂多孔質研磨パッドに関しては、上述のようにすでにサンプル提供をしているところで、図IV-1に示されるように検討の進んでいる有識者メンバーの企業では研究室レベルの検討はほぼ終了し、工場レベルの検討に移っている。その後認定作業が行われ、来年4月の市販化と同時に工場での使用が始まる予定である。こういう動きに対応して、研磨パッドの供給元となる九重電気(株)では工業的安定供給のための検討を行っている。サンプルの供給サイズも当初のφ200mmから、サンプル提供開始時には500mm角となり、さらに平成22年12月にはφ950mmになり、今後φ1200mmの供給を可能にするべく現在検討中である。FPDガラスの研磨ではさらに大口径の研磨パッドの要求があり、これについては今後の課題となっている。供給能力もサンプル提供開始時には500mm角相当で月百枚程度であったが、2010年度末には月五百枚程度となり、2011年度後半には上市化に対応して月五千枚程度に上昇させる予定である。特許については2010年10月に基本特許を出願し、2010年12月に補強する特許を出願している。今後各用途に合わせてカスタマイズした製品に関する特許や外国出願に関しても検討を行う予定である。

種々の硝材への対応という点では、石英ガラスのような硬質な硝材の場合砥粒の滞留性が低下して研磨特性が悪化することから、低硬度の研磨パッドが望まれる。こうしたことから2010年度後期には樹脂の選定や硬化条件の変更等により、こうした低硬度品や高気孔率品を開発している。さらにエポキシ樹脂研磨パッドは光学研磨に使用されてきたピッチに非常に近い粘弾性特性を有することから高精度の研磨が可能となるが、これまでウレタン樹脂研磨パッドを使用し、それに合わせて加工機械や加工条件等をカスタマイズしてきたユーザには使用し辛いという問題点も明らかになった。そこで、2011年度からはエポキシ・ウレタン重合体による研磨パッドの開発を行っている。このことにより使用される用途はさらに広がるものと考えられる。

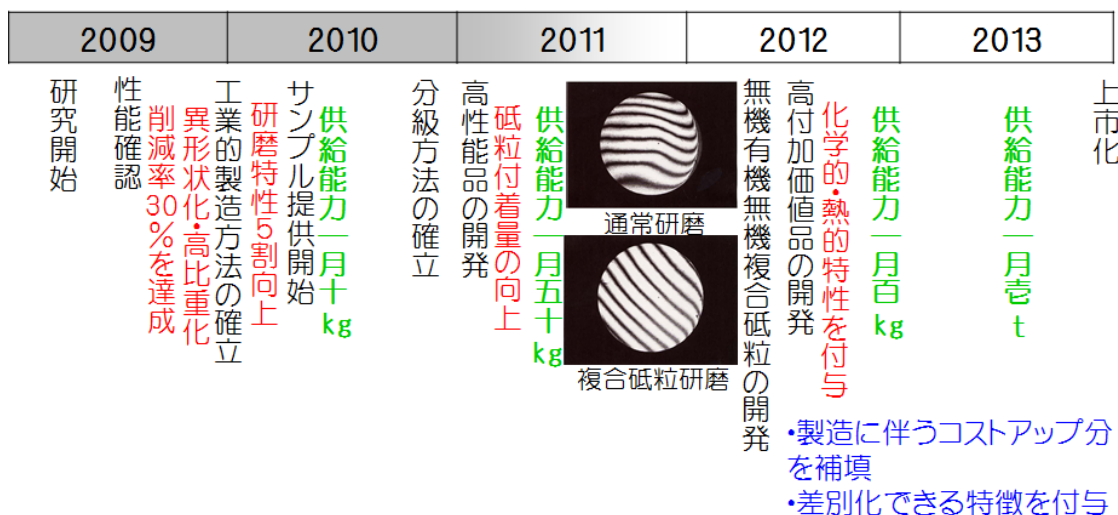




図IV-1 多孔質エポキシ樹脂研磨パッドの上市化までのシナリオ

有機無機複合砥粒については、現状の最適化品(高比重母粒子を用いた複合砥粒および異形状母粒子を用いた複合砥粒)のサンプル提供を行い、有識者メンバーや実用化推進委員メンバーの評価を行っており、ある程度の効果の報告は頂いているが、コストアップになることと研磨特性に与える効果がエポキシ樹脂多孔質研磨パッドほど顕著でないため、本格的採用となる企業が現れるかどうかの見極めがまだ十分ではない。このためさらに研磨特性の改善を進め、同時に工業的安定供給が可能になるように準備を進めている。

有機無機複合砥粒の事業化までのシナリオについては図IV-2に示す通りである。2009年度末に工業的製造方法を確立し、2010年9月からサンプル供給を行っている。2010年度下期に分級方法を確立し、砥粒付着量の多い高性能品を開発している。今後無機有機無機複合砥粒の開発を行い、また化学的特性あるいは熱的特性を付与した高付加価値品を開発する予定である。複合砥粒の上市化は2014年4月を予定しており、それに合わせて供給能力を高めていく予定である。特許に関しては、2010年7月に基本特許を出願し、2010年12月に補強する特許を出願している。研磨パッドでは実現できないような差別化できる特徴を付与する必要があり、複合砥粒の特徴は洗浄性や幾何学的精度の向上にあるものと考えている。

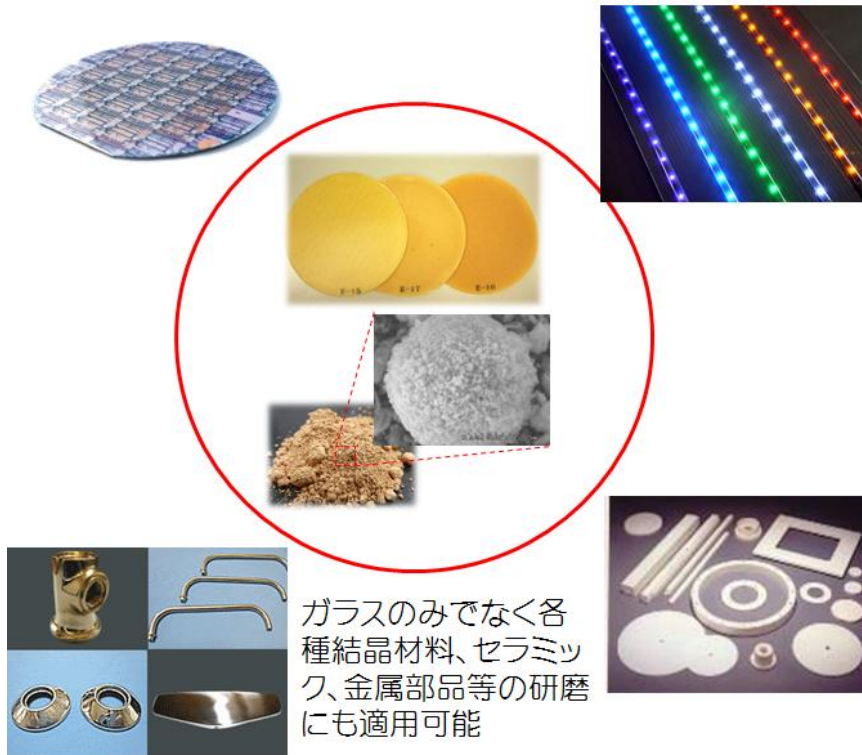


図IV-2 有機無機複合砥粒の上市化までのシナリオ

上記以外の研究項目での製品および技術に関しては、さらなる研究開発を行い、平成25年度末での実用化を目指す。

### 1.3 波及効果

これまで研磨材(砥粒)や研磨パッドなどの研磨の副資材に関しては、日本の世界的シェアが低く、なかなか追いつけない状態が続いている。エポキシ樹脂研磨パッドは革新的な商品であり、これまでの日本のこの分野での遅れを取り戻せる非常に良いチャンスであると認識している。エポキシ樹脂研磨パッドで砥粒の滞留性が優れるのは、研究開発成果の欄においても説明したように酸化セリウム砥粒に限られたことではない。このため、エポキシ樹脂研磨パッドは今後仕上げ研磨の非常に広い分野、たとえば半導体用結晶材料の研磨、金属研磨、セラミックスの研磨等に適用されることになるものと期待している。また、複合砥粒の概念もガラス研磨に限ったものではないため、幾何学的精度の改善など高精度研磨が必要となる分野で広く使用されるものになると確信している。



図IV-3 波及効果

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

##### 1.1 研究開発内容

本研究開発は蛍光ランプの蛍光体に含まれる Tb, Eu の使用量を 80%以上低減することが可能な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を行う。最新の高速理論計算手法、材料コンビケムを用いて 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。

個別の開発項目とその内容は以下のとおりである。

##### (1) 蛍光体の Tb, Eu 使用量低減技術の開発

(国立大学法人東北大学・国立大学法人新潟大学・三菱化学株式会社)

本項目においては、コンビナトリアル合成を用いて蛍光体の希土類を 30% (中間目標 20%) 低減できる新規蛍光体の開発を行う。具体的には、融解法を用いて広範に組成探索を行うことで有望な組成群を見出し、流動法等を利用した実証合成によって組成の高度化を図る。また計算機シミュレーションにより、構造決定や組成改良を支援することで研究を加速する。得られた新規蛍光体についての量産化技術の開発を行う。

##### (2) ランプ部材の開発

(独立行政法人産業技術総合研究所、パナソニック株式会社ライティング社)

本項目においては、蛍光体以外のランプ部材 (保護膜、ガラス) の光利用効率を高めることで蛍光体の使用量を削減し、それによって 30%以上 (中間目標 25%以上) Tb, Eu の使用量を低減することを目的として研究を行う。具体的には、ガラス管と蛍光体の間に塗布される保護膜に使用可能な発光シリカを開発する。これによって、ランプ中の光利用効率を高め、ランプの光束を 20%向上させる (中間目標 15%)。また、ガラス管表面に外部への光取り出し効率を 10%向上させる凹凸膜をガラス表面に形成する技術の開発を行う。さらに、これらの材料の量産技術について検討を行う。

##### (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

(独立行政法人産業技術総合研究所、三菱化学株式会社、パナソニック株式会社)

本項目では項目 (1) 及び (2) で開発された材料を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%以上低減することを目的として、蛍光体種別分離再利用技術と蛍光体塗布プロセスの低温化の開発を行う。

## 1.2 全体の成果

事業全体の進捗としては早期に行える理論予測、既存技術の改良、評価技術についてはほぼ中間目標を達成し、より長期の開発期間を要する材料開発については、目標を達成するための基盤技術の開発がほぼ終了し、最終目標に向けて着実に進捗している。

個別の成果について見れば(1)の蛍光体中の Tb, Eu 使用量低減技術については、量子化学計算から発光元素の周囲の軌道を可視化するプログラムを開発し、それを元に励起、発光波長、量子効率を予測する手法を確立し、中間目標はほぼ達成した。また新規蛍光体の探索については、イメージ炉、高速昇温炉などの蛍光体の高速合成手法を導入した結果、開発は加速し、いくつかの候補物質が見出されはじめた。また、既存蛍光体の希土類含有量と量子効率を今回導入した評価装置を用いて再検証を行ったところ、20%程度の低減は可能であることが想定外ではあるが見出された。この蛍光体を用いたランプ試作の結果、実ランプでの使用時においても同等性能で20%の低減が可能であることが明らかになった。当初計画である新規蛍光体の開発が課題としては残っているが、数値目標については達成された。

(2)のガラス部材については、作製条件と添加組成を最適化することで、量子効率0.2-0.7の高効率発光シリカを得ることに成功した。また、テストピースのガラスにこのシリカと蛍光体の塗布を行い、反対側のガラス面から観察するとシリカの緑色発光が認識でき、蛍光シリカ保護膜が効果を有することが確認できた。また、光取り出し効率向上膜については、ガラス上で取り出し効率が向上する無機のナノ凹凸パターンを精度よく作製する手法を見出した。この手法は通常環境で大面積に加工することが可能な手法である。精度よく設計どおりに精密パターンが形成できることから、中間目標の達成に目途がたった。

(3)の高速合成評価法について装置の試作・改良が終了し、実蛍光体の評価作業を行っている。製造プロセスについては、蛍光体の種別分離については、高磁場勾配磁選による種別分離を可能とし中間目標を達成した。また、光学シミュレーションによる部材組み合わせについては、必要なソフトウェアを導入し、幾何光学、電磁場光学の両者を用いて解析可能な状況が整っており、材料開発に目途がつき次第実施する予定である。

現在、それぞれの効果の足し合わせの目標とする45%のうち20%程度が達成されており、ガラス部材等の数値目標の達成、蛍光体の新規開発により、年度末までにこの値を達成できる見込みである。

## 2. 研究開発項目毎の成果

### 2.1 目標の達成度

目 標	研究開発成果	達成度
<p>プロジェクト全体の目標</p> <p>蛍光体向け Tb, Eu の使用量原単位を現状から 80% 以上低減する基盤技術・製造技術を開発する。</p> <p>○中間目標 各要素技術で開発された技術をたしあわせて Tb, Eu の使用量原単位で 45%以上低減することを目的とする。</p> <p>○最終目標 開発された技術をあわせて従来のものより 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。</p> <p>(1) 蛍光体の Tb, Eu 使用量低減技術の開発</p> <p>① 量子化学計算を用いた理論予測 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。</p> <p>② Tb, Eu 低減新規蛍光体の開発 ランプでの適合性、量産性に問題のない Tb, Eu の使用を 20%低減できる蛍光体の組み合わせを提示する。</p> <p>③ 量産技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・見出された蛍光体の量産技術について 目途をつける。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>	<p>・X 線造解析シミュレーター、高速化量子化学計算を利用して電子の挙動を可視化できるソフトウェアを開発した。</p> <p>・構造データから、励起・発光波長、量子効率を予測する方法論を確立し、Eu<sup>2+</sup>付活蛍光体の発光特性評価を予測できることを示した。また、Eu<sup>2+</sup>付活蛍光体として報告されていない無機結晶に適用し、Ca<sub>2</sub>BeSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, BaSi<sub>4</sub>O<sub>9</sub>, Sr<sub>3</sub>P<sub>6</sub>O<sub>6</sub>N<sub>8</sub> が高効率で可視光発光することを予測した。</p> <p>高速合成炉を導入し、コンビケム開発を進めた。その結果、  La<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb 系 57%低減  (相対輝度 LAP 比 68)  Sr<sub>2</sub>Mg<sub>3</sub>P<sub>4</sub>O<sub>15</sub>:Eu 54%低減  (相対輝度 LAP 比 39)  Na<sub>3</sub>Sc<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>:Eu 30%低減  (発光強度比 約 80-90%)  などが比較的高効率で発光することが見出された。</p> <p>・励起発光メカニズムの検討から、既存蛍光体の改良により 20%低減できる可能性のある蛍光体を見出した。</p> <p>・現在まで新潟大の開発品で最も性能の良い、La<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb についての量産技術を確立した。</p>	<p>◎達成</p> <p>◎達成 数値については既存蛍光体の改善で達成されているが、新規蛍光体を少なくとも1種、追加することが必要。現在、左記の蛍光体を改善すると同時に、既存蛍光体で良いものがない赤を中心に追加探索と現状開発品の2つを検討。</p> <p>○達成見込み (平成 23 年 2 月末) 新規蛍光体の開発後に達成</p>

目 標	研究開発成果	達成度
<p>(2) ランプ部材の開発</p> <p>① <u>発光シリカの開発</u> ・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。</p> <p>② <u>光取り出し効率向上用膜作製</u> ・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。</p> <p>③ <u>量産技術の開発</u></p> <p>(3) 蛍光体評価法・ランプ試作・製造プロセス</p> <p>① <u>蛍光体高速合成評価技術の開発</u> ・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。</p> <p>・各材料の光束向上への寄与を定量的に明らかにする。</p> <p>② <u>ランプ試作・部材設計シミュレーション</u> ・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。</p> <p>③ <u>製造プロセスにおける低減</u> ・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。</p> <p>・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。</p>	<p>Cu または Mn を発光元素とする内部量子効率0.2-0.7 の発光シリカを開発した。輝度は最も高いもので市販の緑色蛍光体の60%程度。</p> <p>無機パターンを設計どおりに精密にガラス上に転写する技術の開発に成功した。</p> <p>②のプロセスについて量産性を検討しつつ開発を行った。</p> <p>光取り出し効率測定装置の改良を実施し、励起波長254nmでの量子効率測定ばらつきを7%から3%まで低減し、実用的なレベルに仕上げた。また、よりランプに近い状態で加速評価を実施できる試験装置を設計し組立を行った。</p> <p>三菱化学で改良した希土類低減蛍光体でランプを試作し、従来品と同等性能を示すことを実証した。</p> <p>低コストで分離が可能な高磁場勾配磁選を用いて各蛍光体の分離が可能な分散媒・プロセスを見出した。</p> <p>・蛍光体を焼成するシンター炉温度低下を目論見、バインダーの燃焼を調査し今後の検討方針の策定を行った。</p>	<p>○達成見込み (平成23年10月) 適切な膜塗布法の検証と数値目標の達成</p> <p>○達成見込み(平成23年12月) 最適構造設計をし、ナノインプリントフィルムを発注し、無機パターンを転写し、目標数値を検証する。</p> <p>○達成見込み(平成23年12月) ②の面積化、量産方法の方向性を決定する。</p> <p>○達成見込み (平成23年7月) 実蛍光体の評価と評価手法として確立</p> <p>○達成見込み (平成23年10月) 評価法確率後、②の部材シミュレーションとあわせて確立する。</p> <p>◎達成</p> <p>◎達成</p> <p>○達成見込み (平成23年9月)</p>

各項目の成果を下に詳細に述べる

### (1) 蛍光体の Tb, Eu 使用量低減技術の開発

#### (1) -1 量子化学計算による蛍光体の特性評価

本項目では、独自に開発してきた高速化 Tight-binding 量子分子動力学法をベースとして、蛍光体の電子構造を高速に計算できる Tb, Eu 系蛍光体用の新規高速計算手法を開発し、①-2 で探索された新規組成の蛍光材料中で高効率に発光する構造を決定する理論的手法の確立を目的とする。Tight-binding 法をベースに  $f$  軌道を有する蛍光体の高速量子化学計算手法を開発した。また、高速化量子化学計算を利用した X 線構造解析シミュレータ、蛍光体中での電子の動的プロセスを把握するための励起状態から基底状態に移る電子の挙動を可視化できるソフトウェアを開発した。新規高速計算手法の検討から得られた知見に基づいて、構造活性相関法を応用し、構造データのみから励起・発光波長を予測する手法を開発し、Eu/Mn 付活蛍光体の発光特性を予測できることを実証した。さらに、母体構造データから、Eu<sup>2+</sup>付活蛍光体の量子効率を予測する手法を開発した。開発した手法を、Eu<sup>2+</sup>付活蛍光体として報告されていない無機結晶に適用し、高効率で可視光発光する母体構造として、Ca<sub>2</sub>BeSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, BaSi<sub>4</sub>O<sub>9</sub>, Sr<sub>3</sub>P<sub>6</sub>O<sub>6</sub>N<sub>8</sub> の3つを見出した。このうち、Ca<sub>2</sub>BeSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, BaSi<sub>4</sub>O<sub>9</sub> は、近紫外で青色発光することが想定されていたが、他グループの結果ではあるが高効率で発光することが実証された。現在 (1) - 2 の結果も加えて予測精度を高めている。

#### (1) - 2 Tb, Eu 省使用・代替蛍光体の新規組成開発

本項目はコンビナトリアル合成を用いて新規組成の探索を行い、Tb, Eu の使用量を最終的に 30% (中間目標値 20%) 低減できる新規な蛍光体を開発することを目的としている。

平成 21 年度は、蛍光体の新規組成を探索するためのコンビナトリアル光溶融アーキメージ炉の設計、導入を行った。設計については国内最大の光加熱炉を参考に行った。導入された炉が正常に動作し、一回の実験で 24 種の試料を合成できることを確認した。また、組成分析のための蛍光 X 線分析装置も導入しテストサンプルの測定を行った。光溶融炉を用いて大量の試料作製に着手した。従来の合成法による新規蛍光体の探索も一部、並行して行った。希土類発光イオンである Tb<sup>3+</sup>の量を重量比で 1/2 以下に低減したオキシサルファイド系蛍光体を新規な合成手法により合成することで発光強度が増強することを見出した。実験室レベルで合成した試料の発光ピーク強度は、現行の市販品より強かったが、発光ピークの半値幅が狭いため、輝度は市販品と比較して低くなった。この問題を解決するために発光イオンサイトの元素置換実験を行った。

平成 22 年度は、蛍光体の新規組成を探索するための急速加熱が可能な特殊ラックヒーター炉の導入を行った。特殊ラックヒーター炉は、ヒーター部が高密度焼結した SiC であり、加熱源であると同時に試料を積載する棚板部を固定するフレームとしての役割も果たしている。そのため、15 分以内という極めて高い昇温速度で 1300°C の最高温度まで達することが可能であり、かつ炉内の温度分布の均一性が非常に高い。導入された炉が

正常に動作し、温度の分布が炉内のすべての領域で 7°C以内に収まり、一回の実験で 90 種以上の試料を炉内の位置に依存せず同じ合成条件の下で合成できることを確認した。また、SiC ヒーターは空気中および還元雰囲気のどちらでも使用が可能である。特殊ラックヒーター炉の付属品として導入した窒素ガス発生機により、雰囲気制御して焼成した試料をより迅速に合成できることも確認した。新規蛍光体の探索に関しては、254 nm の紫外光で励起可能である Tb<sup>3+</sup>または Eu<sup>3+</sup>をドープしたホウゲルマン酸塩系蛍光体を見いだした。この材料は今まで蛍光体の母体として評価されていない組成である。他の組成としては Tb<sup>3+</sup>ドープしたホウケイ酸塩系材料が紫外光の励起の下で強い緑色発光を示す材料であることを確認した。しかし、最適励起波長が 240 nm 以下であり、蛍光ランプと適合しない。今後、発光イオンである希土類サイトの元素置換実験を行う。希土類を用いない代替蛍光体としては、安価な Mn<sup>2+</sup>および Mn<sup>4+</sup>をドープした材料を検討すると共に、母体発光のメカニズムに基づくゲルマン酸塩系蛍光体やバナジン酸塩系蛍光体を作製し評価を行った。内部量子効率 80%以上を示す希土類フリー蛍光体 RbVO<sub>3</sub>が従来考えられていた化学量論化合物でなく、広い固溶領域を持つ非化学量論化合物であり、組成に依存して発光特性も変化することを初めて見いだした。

コンビナトリアル光熔融アークイメージ炉および特殊ラックヒーター炉の導入により、通常の固相反応法に比べて、時間当たりのサンプル数で比較した場合、熔融法で 170 倍、ラックヒーター炉では 130 倍程度まで探索速度を向上できた。トータルの試料点数は炉が順調に稼働をはじめた昨年 12 月ごろから、1000 以上となっており探索は順調に進んでいる。紫外光の励起で光ることを確認できたのは、20 程度の系である。その中でも市販品と比較できるレベルになるような有望な系は現在のところ 6 つ程度に絞られる。三菱化学における量産検討を含めて性能検証を行う予定である。

(再委託先：鳥取大学)

平成 21 年度は、140~200 nm の真空紫外波長域における蛍光体の励起帯の起源を同定することを目的として、比較的単純な組成式を有する酸フッ化物蛍光体を例として、励起スペクトルを測定し、X 線精密測定により求めた結晶構造パラメーターとの比較を行った。酸フッ化物母体を構成する陽イオンと陰イオン（酸化物イオンやフッ化物イオン）との結合距離と、励起帯の構造との間に強い相関性があることを見出した。

平成 22 年度は、マイクロリアクターの導入を行った。導入された炉が正常に動作し、試料の表面状態の改質および形態を制御した蛍光体を連続的なプロセスで作製できることを確認した。

また、希土類発光イオンを全く含まない Mn<sup>2+</sup>で発光するゲルマン酸塩系新規蛍光体を合成した。蛍光ランプと適合する 254 nm の紫外光で励起可能であり、赤色の発光を示す。実験室レベルで合成した試料の内部量子収率は 80%以上であり、有望な代替蛍光体であることを見出した。



### (1) - 3 蛍光体量産技術の開発

本項目においては、(1) - 2 で見出された蛍光体の量産技術を開発することを目的としている。三菱化学株式会社において(1) - 2 で見出された  $\text{La}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$  についての輝度向上と量産法の検討を行い終了したが、光束、輝度及び色度が不足であった。

三菱化学株式会社において、今回導入した発光量子効率測定装置を用いてベンチマークである従来蛍光体の希土類濃度依存性の原因を探り既存蛍光体の改良法を見出し、パナソニック(株)ライティング社にて実蛍光ランプを作製しランプ特性を評価した結果、現行製品とほぼ同等の性能を達成し、Tb, Eu 使用量として 20%低減が可能な組み合わせを見出した。

## (2) ランプ部材の開発

### (2) - 1 発光シリカの開発

本項目においては、ポーラスシリカに金属を微量ドーピングして適切な条件で焼結することで蛍光体に準ずる量子効率を示す粉体のシリカを得、保護膜として使用して、保護膜に照射される UV 光を可視光に変換し、ランプ光束を向上させることを目的とした。作製方法、ドーピング元素の検討を行った。発光元素としては、視感度の高い緑色発光をする Cu、Mn を主として検討した。

まず、発光元素 Cu、Zn の焼成時の価数制御のためのガスフロー炉を作製し、水素ガス濃度、流量等を精密制御することで Cu 1 価など作製しにくい状態の価数のイオンをシリカ中に分散させることが可能となった。また、共ドーピングすると発光強度が増強する元素を見出した。一方、Mn については Zn と Mn を含有させて、作製法等を最適化することで高効率に発光する蛍光シリカを開発した。

これらのシリカの絶対量子効率評価を行ったところ、内部量子効率として 0.2-0.7 と高い値を示した。輝度は高いものでベンチマーク蛍光体である LAP の 60%近くであった。また、緑色発光を示すシリカをガラス表面に塗布し、その上に蛍光体を塗布して蛍光体側から 254nm の紫外線を照射し、反対側のガラス面を観察したところシリカの緑色の蛍光が観察され、効果を有することが確認できた。

### (2) - 2 光利用効率向上のためのガラス上へのパターン皮膜技術の開発

本項目は、ガラス上にナノパターンを形成することで、ガラスに閉じ込められている光の取り出し効率を向上させ、その結果として、蛍光体の使用量を低減することを目的としている。現在まで無機のナノパターンを形成する方法として、ゾルゲル膜の自己組織化、ガラスナノインプリント、CVD 法などによって形成されているが、これらの手法は環境制御や大がかりな装置が必要となるため、今回の目的には大面積に低価格で形成できる手法を開発することが必要となる。

本項目では、特殊な環境や装置を必要とせず、大面積化が容易な方法でガラス上に容易

にナノパターンを精度よく形成することに成功した。また、RCWA シミュレーションを行い、このシミュレーションの結果、青、赤、緑の波長で取り出し効率若干異なり、蛍光体の色補正に使用できる可能性も見出した。精度の良いパターン形成が可能になったことから、シミュレーションを併用しつつ、パターンの最適化を図ることで、中間目標が達成に目途がついた。

(2) ランプ試作・製造プロセスの蛍光体使用量低減

(3) -1 ランプ用蛍光体高速評価技術の開発

本項目では(1)および(2)開発された部材の蛍光ランプ中での蛍光体等の性能を高速に評価する技術を開発する。具体的には実際の塗布工程後における光利用効率の変化、ランプ放電下の185nm, 254nmの照射劣化、実際のランプにおける水銀との反応劣化を個別に観察し、なおかつ試料を大量に評価する技術を開発することを目的とする。

光取り出し効率測定装置については、測定システムを設計、導入した。導入当初、254nmの励起光による量子効率測定の再現性が悪く、データのばらつきが7%を超えていたため、原因究明を実施し、励起光強度不足のためにばらつきが生じていたことを突き止めた。そこで、励起光強度を向上させるための装置改良を実施し、254nm照射における蛍光体粉末の量子効率測定において概ね3%以内の再現性を確認した。

蛍光ランプ中の185nm, 254nmの紫外線の照射による劣化を加速評価するために真空チャンバー内で照射して劣化を加速させて評価を行う実環境評価装置について真空チャンバー、光源、輝度計などの構想、組立てを行い、評価設備の立ち上げを実施し動作を確認した。

ランプシステムにおいて、紫外線のみならず、水銀吸着なども含めた光束劣化を評価するために、実ランプ加速装置を設計し組立を行った。ディップ装置で作成した蛍光体膜を本装置に設置して、寿命の加速評価を実施する計画である。

(3) -2 実蛍光ランプにおける最適化・ランプ試作

本項目では、(1)(2)で得られた材料のランプ試作を行い、その性能をランプで実証することである。(1)-3に記載されている三菱化学から提供された改良蛍光体を用いてランプを試作し、現行品と同等の光束、色、ライフの結果が得られ、20%付近の蛍光体の低減が可能であることを示した。

(3) -3 製造プロセスの使用量低減

本項目では製造工程等で発生する再利用の難しいハロリン酸と蛍光体の混合物から磁気力分離を用いて分離することで、それらを再利用する技術の開発を目的とする。電磁石タイプの高磁場勾配磁選機を用いてこれらの蛍光体を分離する分散剤、フロー等の条件を明らかにし、ハロリン酸、3色の希土類蛍光体からそれぞれを分離できることを実証した。

また製造プロセス低温化を目的としてバインダーと焼成温度の調査を行い、今後の検討方針を策定した。

## 2.2 成果の意義

省エネ照明に多く使われる三波長蛍光体の Tb, Eu 低減・代替技術の開発は昨年のレアアース危機から全世界的に関心が高まっており、米国 DOE の最近の調査においても照明用 Tb, Eu, Y の代替、使用量低減の重要性が指摘されているが、何を技術的に開発すれば良いかすら明確でない。本研究開発は、ランプ用の Tb, Eu について何を行うことができ、それがどこまでできるかを垂直連携体制で議論して明らかにした世界で最初の例であり、今後、米国・欧州で Tb, Eu の蛍光体低減の研究開発を行う際の原型になるものと考えられる。実際、韓国、米国の学会から本開発についての講演依頼が続いている。

個別の成果についてしてみると、蛍光体の性能をエネルギー準位と電子軌道の空間配置を量子化学計算から求め、その結果から構造活性因子というパラメーターを導入することで、ある程度の励起発光位置、量子効率の性能予測を行うことができることを示した例は世界でも初めてである。量子効率は欠陥や熱失活によっても左右されるため、原理的には性能が高い可能性がある物質群を探ることになるが、参考情報としての意義は大きく、今後、様々な構造から特性を予測し、日本企業のみが参照できるデータベースを構築することで、日本の蛍光体開発が優位に立つことが可能である。また、今回、粉体で高速合成を行うコンビケム合成を蛍光体分野では初めて導入し、どのような試料でも大量に合成することができ、短時間で多くの組成探索が可能となることを実証したことは意義深い。本成果は、今後 LED など固体照明用蛍光体などにも転用可能な非常に有用な合成技術である。

ポーラスシリカに発光元素を導入して焼結すると蛍光性能が生じることは昔から知られているが、254nm の励起によって蛍光体と同じオーダーの内部量子効率及び輝度まで向上できることは今回初めて実証されたと言える。シリカは化学的に安定であり、紫外線透過率が高く、低屈折という特性を有するため、他の発光デバイスへの応用も期待できる。

本研究開発においては、高速に材料をスクリーニングの必要性和同時に、実用化に向けてもその材料がランプ中で示す挙動の理解が重要という観点から、材料の特性評価にかなりの力点を置いている。ランプ用蛍光体の加速評価は今までに例がなく、蛍光体の劣化解析という学術的な意味からも非常に意義深い。また、既存蛍光体の改善によって、20%程度の希土類低減が可能であることが見出されたことは先端的な成果ではないが、日本国内の蛍光体産業、照明事業への波及効果は非常に大きい。

## 2.3 知的財産の取得・標準化

区分 年度	特許出願			論文		その他外部 発表 (プレス発 表等)
	国内	外国	PCT <sup>※</sup> 出願	査読付き	その他	
平成21 年度	0件	0件	0件	2件	0件	9件
平成22 年度	1件	0件	0件	3件	1件	29件
平成23 年度	0件 (4件 出願手続 中)*	0件	0件	2件	1件	2件(9) (うちプレ ス発表1件)

\*すでに出願手続きに入っているもののみを記載

本開発においては、コンソーシアム内で共同研究契約を結び、その規約にのっとり特許出願、研究発表が管理されているが、別途、細かな内規を開発開始時に決め運営している。

特許は開発成果が得られた本年度前半から出願が増加し、本年度前半には4件出願終了の見込みである。研究成果のうち、特許性のあるものについては発表をしない方針としており、学会、論文発表については、知財権が確保された秋以降に積極的に進める予定である。

## 2.4 成果の普及

ナノテク展等の展示会、学会の講演会等の機会を通じて、本プロジェクトの概要と成果の広報に努めている。また、本年度、照明学会全国大会で光源のサステナビリティに関連するセッションで資源対策について広報予定である。また、ニューガラスフォーラム、蛍光体同学会等などでも依頼を受け、講演予定である。昨今のレアアース危機に伴い、解説記事、取材の依頼等が増加しているが、可能な限り対応するように努めている。

また、より広く成果を広報するために、磁気力分離による蛍光体の分離についてプレス発表を行い、複数の新聞に内容が掲載された。またプロジェクト全体としてもレアメタル、電子機器等の記事で取り上げられている。

## 2.5 最終目標の到達可能性

最終目標の到達可能性は下記の表に示すとおりである。

研究課題	最終目標 (平成25年度末)	達成見通し
① 蛍光体	30%低減 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	赤色もしくは青色についてどちらかで新規材料が見出されれば達成できる見込みであるが、装置が順調に稼働している23年度は開発が加速されるため、達成される可能性は高い。
② ランプ部材	30%低減 20%以上高い光束が得られるシリカ保護膜、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、量産方法について適切な手法を確立する。(光束と蛍光体の使用量が比例するとして光束から低減量に換算)	・シリカは塗布方法とシリカ粒子の形態と輝度の制御によって達成が可能と考えられる。 ・取り出し効率向上膜については、量産性のある方法を開発しているため、実質的には、コストダウンと実工程での適用性が課題。
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	25%低減 ランプ構成の最適化、製造工程での省使用により 25%低減	蛍光体分離技術などにおいては、分離された蛍光体のランプでの性能確認が必要。 プロセス低温化については、材料以外で再度検討を行う。

また、「製造工程を含めてランプにおける Tb, Eu の使用量を 80%低減する」というプロジェクトの最終目標の到達可能性については以下のとおり考えている。

個別の目標をすべて達成し、ランプを細管化することで、最終目標が達成できるということが開始当初の想定であった。しかし、これまでの研究開発の中で Tb, Eu を大幅に低減した場合（例えば、Tb を Mn に変えるなど）の問題は、わずかではあるが演色性、輝度が不足することであることが明らかになった。これまでの結果から、ガラス部材でその不足を補える可能性があることから、二つの部材の間の相乗効果が期待できる。そのため、細管化を行わなくても、総合的に 80%低減を達成できる見込みは高くなってきている。

## IV 実用化・事業化の見通し

### 1. 実用化・事業化の見通し

#### 1.1 成果の実用化可能性

本研究で開発した材料は、電球型、丸管、コンパクト、直管型のすべてのタイプの蛍光灯に用いることが可能であるが、その中でも特に事業所等でベース照明に使用される 32 型 Hf 直管蛍光灯で実用化することを想定している。直管蛍光灯は電球型蛍光灯より工程数が少なく実用化への障壁が低いこと、また、低コスト・高効率の光源であり、蛍光灯の中でも最も長期に存続すると想定されることが当該製品を実用化対象とした理由である。そのため、本開発ではベンチマーク製品をパナソニック社の型式 FLS40S 製品として、試作・評価を行って実製品での性能を検証している。

本研究の計画段階で今後の製品の動向を考慮し、参画企業の三菱化学、パナソニック株式会社、または部材について関連企業で有する既存の製造設備で実施できること、コストが大幅に上昇する要素がないこと、工程導入を想定した場合に障壁がないこと 終了後に長期の研究開発投資が必要でないことなどを考慮した上で研究テーマを設定していることから、基盤技術が達成できれば、実用化できる可能性を有している。

ここ 1, 2 年で LED 化が加速しつつはあるが、蛍光灯の世界市場は約 1 兆円、国内市場は 1900 億円であり、グローバルに見ると蛍光灯の市場は海外の電球型蛍光灯の需要に牽引されて現在もの伸び続けており、当面は巨大市場であることは変わりはない。資源・材料が次第に高騰する中でランプを低価格で安定に供給することは、国内のみならず、アジア地域で競争力を維持する上で重要である。本開発品を既存の製品に組み込むことで同等性能がより低価格化で供給できることが実証されれば実用化の可能性は高い。また、昨今の Tb, Eu の価格の急激な上昇は蛍光体の価格上昇につながっており、この急騰が続けば、さらに実用化の見込みは高まる。

また、Tb, Eu 完全代替製品、省エネ蛍光灯は、従来製品とは異なるカテゴリーの製品となるため、実用化への障壁は現行製品から部材のみを変更することよりは高くなるが、Tb, Eu の供給が停止する場合、LED 化のスピードが追従できない速度で照明省エネが必要とされた場合は、極めて需要の強い製品となる可能性がある。

一方でこれから 10-20 年は需要が伸びる LED 用蛍光体については、LED の導入が加速したことで開発競争は熾烈を極める状況がここ数年は続く。その状況を鑑み、三菱化学においては、新潟大学で開発した新規 Mn 系の蛍光体について LED に使用した場合の性能評価と高性能化を行う。LED に搭載した際に電球色の色温度が達成できる Eu フリー蛍光体製品が開発できれば、現在の自社事業の中で事業化の可能性は高いと考えている。

## 1.2 事業化のシナリオ

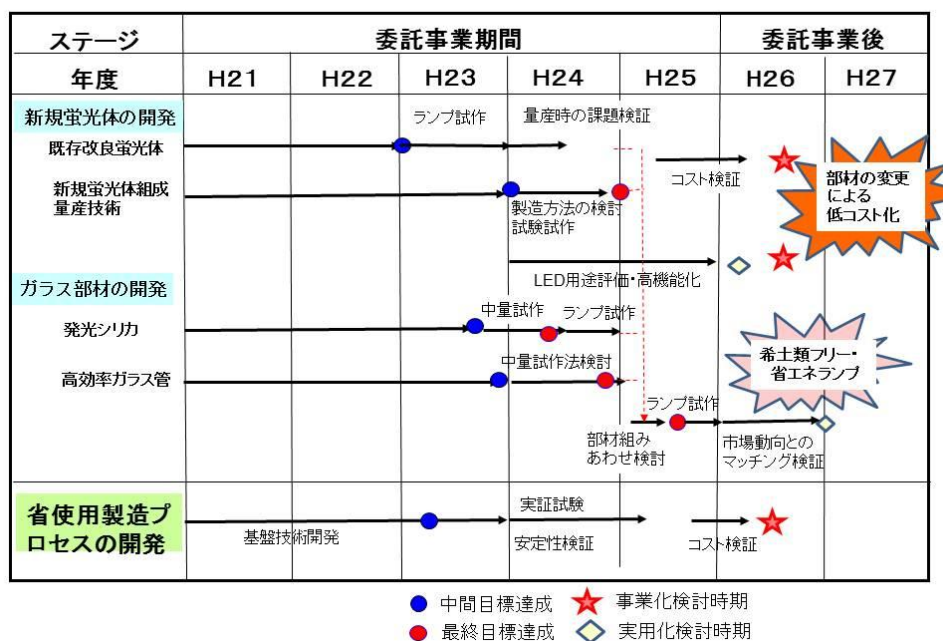
蛍光灯については早期に実用化の可能性を検証するほうが望ましいため、後半では可能な限り開発を加速する。実用化への障壁が低いと考えられる低 Tb 蛍光体、改良 CAT 等は平成 23 年度に三菱化学株式会社で中量程度を製造し、引き続きパナソニック株式会社が有するランプ製造設備を用いて、量産化を行う場合の課題を検証する。平成 23 年度途中で開発されると想定される新規蛍光体については三菱化学で試作用の蛍光体を製造し、その後、パナソニック社でのランプ試作に供する。一部、三菱化学の製造設備の製造能力と製造量を考慮して適性であると判断される場合には、他の関連企業の製造力も活用しつつ製造を行う。

蛍光体の分離については、実際に分離した蛍光体を用いてランプ試作を行い、混入率と性能の関連を検証する。発光シリカについては、平成 24 年度に数 kg～数十 kg 程度のシリカの量の試作を想定されるシリカ、またはガラスの中堅メーカーに委託し、量産性・コスト低減性を検討する。またガラス表面加工技術を有する企業に受託製造を依頼し、ランプ試作を行う。導入時にコストが障壁となるため、可能な範囲で複数社に受託製造を依頼し、結果を比較し、コスト低減に努める。

上記の結果を元に部材として既存製品に導入するコストを検証した上で量産導入を行う。

また、ランプ用新規製品の開発は障壁が高いが、平成 24 年度までに開発された部材を用いて、試作品レベルでどこまでの光束向上が可能かを見極める。商品性があると判断される性能であれば、小ロットで実用化し、その状況を見て事業化を計画する。

表 IV-⑧-1 実用化のスケジュール



### 1.3 波及効果

本研究においては蛍光ランプを対象として、本研究開発で新規に開発した蛍光体探索手法、性能予測手法、評価手法については、LED 蛍光体へ応用すると有望と思われる事象も見出されており、その方向に展開することで、さらにこの研究開発の波及効果は大きくなる。発光シリカは低屈折率というメリットがあり、LED 効率を向上させることのできる可能性があり、低コストの取り出し効率向上膜形成は LED・有機 EL 分野に応用可能である。

蛍光体分離技術については、蛍光ランプの市中からの回収物から蛍光体を分離する技術へ波及する可能性は高く、さらなる Tb 低減効果も期待できる。また、蛍光体の物性値の比較からプラズマディスプレイ用蛍光体の分離も可能であることが推定されており、他製品での低減技術への波及の可能性は高い。

以上のように、本開発の成果は蛍光ランプ分野のみならず、照明、ディスプレイ分野、レアメタルリサイクル分野と長期にわたり波及効果を及ぼすと期待できる。

人材育成という観点からは、蛍光体、理論を専門とする大学等の教員、学生と材料、製品を販売する企業の間で月一回の担当者ミーティング等を通じて情報交換が行われ、産業界で必要とされる性能評価、製品トレンド等が大学等に蓄積され、今後、大学側の研究、教育に生かされると考えられる。



## ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画

### 1. 目的

このプログラムは、情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新（ジャンプアップ）をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術を確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、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等を可能とすることを目的とする。

### 2. 政策的位置付け

第 3 期科学技術基本計画（2006 年 3 月閣議決定）

- ・ 「ナノテクノロジー・材料分野」は、特に重点的に研究開発を推進すべき分野（重点推進 4 分野）の一つに指定されていて、優先的に資源配分することとされている。
- ・ 我が国の材料技術は、基礎研究から応用研究、素材、部材の実用化に至るまでの全ての段階において世界のトップレベルを堅持しており、我が国製造業の国際競争力の源泉となっている。

「イノベーション 25」（2007 年 6 月閣議決定）

- ・ 「ナノテクノロジー・材料分野」は、中長期的に取り組むべき課題として、「1. 生涯健康な社会形成」、「2. 安全・安心な社会形成」、「4. 世界的課題解決に貢献する社会形成」、及び「5. 世界に開かれた社会形成」の分野に位置付けられている。
- ・ 所要の措置を講じていくことが必要である事項として以下の点が指摘されている。
  - ・ 学際領域・融合領域における教育等人材育成、拠点形成
  - ・ 社会受容を促すための積極的な取り組み
  - ・ 知的財産確保のための戦略的な取り組み

「経済成長戦略大綱」（2006 年 7 月財政・経済一体改革会議）

- ・ 「我が国の国際競争力の強化」の取り組みとして、高度な部品・材料産業やモノ作り中小企業の強化が掲げられている。
- ・ 「技術戦略マップ」の活用等により、ユーザー企業との垂直連携による研究開発を推進することを通して、我が国経済発展の基盤である高品質、高性能な部品・材料産業の強化を図ることが今後の取組として記載されている。

「新産業創造戦略 2005」（2005 年 6 月経済産業省）

- ・ 部材分野は、新産業群の創出を支える共通基盤技術として位置づけられている。
- ・ 「高度部材・基盤産業」の集積を形成していることが、「ものづくり」に不可欠な基盤技術のネットワーク化を通じた現場レベルでの迅速かつ高度な摺り合わせを可能としており、我が国「ものづくり」の強みの源泉となっていると記載されている。

### 3. 達成目標

- ・世界に先駆けて、ナノテクノロジーを活用した非連続な技術革新を実現する。
- ・我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追随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。
- ・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。
- ・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。

### 4. 研究開発内容

#### [プロジェクト]

##### ・ナノテクノロジーの加速化領域

ナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を加速・促進する。

#### (1) 異分野異業種融合ナノテクチャレンジ(運営費交付金)

##### 概要

革新的なナノテクノロジーを活用し、川上と川下の連携、異業種異分野の連携で行う部材開発に対して支援を行い、燃料電池、ロボット、情報家電、健康・福祉・機器・サービス、環境・エネルギー・機器・サービスの5分野に資するキーデバイスの実現を目指す。

##### 技術目標及び達成時期

マテリアル・プロセス研究、加工・計測技術研究、昨今の環境意識向上に対応した研究、社会課題を解決するための基盤技術研究に加え、異分野等の融合研究を推進することにより、2011年度までにナノテクノロジーの産業化のための基盤的技術を確立し、実用化を図る。

##### 研究開発期間

2007年度～2011年度

#### (2) ナノテク・先端部材実用化研究開発(運営費交付金)

##### 概要

新産業創造戦略の趣旨に則り、革新的なナノテクノロジーを活用し、川上と川下の連携、異業種・異分野の連携で行うデバイス化開発の支援を行うため、

ナノテクノロジー活用による材料・部材の高度化を図る先導的研究開発(ステージ )

ナノテクノロジー研究成果の部材等への課題設定型実用化により目指した開発支援(ステージ )

について提案公募を実施する。

##### 技術目標及び達成時期

2010年頃に想定される半導体微細加工の限界を克服するため、分子・原子を1つずつ制御し部品部材に組み上げる「ボトムアップ型」のナノテクノロジーなど革新的なナノテクノロジー等の活用により、情報家電・ロボット、燃料電池等新規産業5分野等において、従来の性能・効率を大幅に改善するナノテク・先端部材技術を開発し、我が

国が優位にあるナノテクノロジーを基盤とした国際的な産業競争力を強化することを目標とする。

研究開発期間

2005年度～2011年度

#### ・情報通信領域

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して既存技術の微細化の壁を突破し、電子デバイス・光デバイスで世界をリードするとともに、高度化された製造技術の開発を行う。

#### (1) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち新材料・新構造ナノ電子デバイス

概要

ナノエレクトロニクスは、ナノテクノロジーの最大の応用領域の一つであり、デジタル・デバイスのCMOS構造というアーキテクチャは、優れた工学概念である。また、これまでの半導体技術の微細化に基づく高集積化・高速化・低消費電力化の追求は、シリコン材料をベースとするプレーナ構造を基本とした微細加工プロセスの高度化にあった。

しかし、さらなる微細化によるデバイスのパフォーマンス向上は物理的限界に直面しつつあり、問題は、FETを、シリコン材料をベースとして作製することにより現出していると考えられる。

そのため、次世代の電子デバイスのために「シリコンで培った微細化技術やデバイス原理をこれまで同様に活用しながら、シリコンという材料の物理的限界を突破するための“新材料”や“新(デバイス)構造”を実現すること」、すなわち、「New Nano Materials/Structure on Silicon for “More Moore”」の半導体技術を、ナノテクノロジーを最大限に活用することによって研究開発を行い、将来の産業応用への目を見出していく取りかかりとする。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、産業界が10年後を見据えた将来の電子デバイスを開発する際に、産業技術として活用できるかどうかの実現可能性を見極め、また技術シーズを確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

#### (2) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発(運営費交付金)(再掲)

概要

窒化物系化合物半導体は日本が強みを有し、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、今後のIT社会を支えとなることを期待されている分野である。しかし、既存のバルク単結晶基板成長技術やエピタキシャル成長技術では、従来の半導体では実現できない領域で動作可能なハイパワー、超高効率デバイス性能を十分に引き出すには至っていない。

これを突破するため、大学あるいは研究所を拠点に材料メーカー、デバイスメーカー、装置メーカー等が相互連携して、窒化物半導体の結晶欠陥低減技術やナノ構造作製技術等の革新を図り、これらデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減の実現を図る。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代窒化物系半導体デバイスを実現する以下結晶作製技術を開発する。

1) 基板技術 (Ga<sub>2</sub>N、AlNバルク結晶作製技術)

・口径2～4インチで高品質エピ成膜を可能とする低コストの単結晶基板作製技術の確立。

2) エピ技術 (エピタキシャル成膜及び計測評価技術)

- ・低欠陥高品質エピ層を実現する成膜技術及び膜成長過程を計測評価する技術の確立。
- ・高出力かつ高安定動作可能なエピ層の実現
- ・高耐圧超高速な新しいデバイス構造の開発

研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト (運営費交付金)

概要

将来のエレクトロニクスにおいて中核的な基盤技術となり得るスピントロニクス技術 (電子の電荷ではなく、電子の自転 = 「スピン」を利用する全く新しいエレクトロニクス技術) を確立するため、強磁性体ナノ構造体におけるスピンの制御・利用基盤技術を開発し、我が国が世界に誇るシーズ技術を核として、産学官の共同研究体制を構築し、将来の中核的エレクトロニクス技術における我が国の優位性の確保を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、超高集積で高速な不揮発性メモリとして期待されるスピンメモリのための基盤技術を確立する。また、新ストレージ・メモリデバイス、不揮発性スピン光機能素子、スピン能動素子等の新しい動作原理によるスピン新機能素子の実現のための基盤技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 三次元光デバイス高効率製造技術 (運営費交付金)

概要

波面制御素子による空間光変調技術を確立し、ガラス中に三次元造形を高精度に一括形成できるプロセス技術を開発する。この技術を用いて、具体的な光デバイスを作製し、当該技術の有効性の確認と市場への早期参入のための基盤技術を確立する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに波面制御素子による空間光変調技術を用いたフェムト秒レーザー照射技術等を確立し、高精度の光デバイスを高速に作製できるプロセス技術を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(5) 次世代高度部材開発評価基盤の開発\* (運営費交付金) (再掲)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。半導体産業分野で、集積回路の消費電力低減に必要な配線形成用各種材料等の開発のネックとなっているナノレベルでの材料間の相互影響を評価可能な統合部材開発支援ツールを開発する。これにより、集積回路の種類やデザインルールに応じて、配線形成用各種材料とプロセスの最適な組み合わせの提案技術(統合的材料ソリューション提案技術)を確立する。

技術的目標及び達成時期

2008年度までに、半導体材料開発に貢献する材料評価基盤を構築するとともに、上記の統合的材料ソリューション提案技術を確立する。また、本プロジェクトを通して得られた基礎データ等については、プロジェクト実施期間中にデータを体系的に整理し、幅広く社会に提供を図る。

研究開発期間

2006年度～2008年度

(6) 超フレキシブルディスプレイ部材技術開発\* (運営費交付金) (再掲)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から、製造工程等の省エネルギー化を実現するために行う。従来、表示デバイスの製造には、真空蒸着と高温下での焼成と、それに伴う排ガス排水処理が必須であった。これを、ロールtoロール方式に代替することで常圧、常温下での製造を実現し、フレキシブルな薄型ディスプレイを効率よく製造する。そのために、有機TFT材料およびコンタクトプリント技術等を開発する。

技術的目標及び達成時期

2009年度までに、実用化に向けた実証のための巻き取り方式ディスプレイのプロトタイプを試作する。またフレキシブルデバイス材料開発に貢献する部材ならびに薄膜複合化技術を開発し、これらをパネル化するための実用化技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2009年度

(7) 低損失オプティカル新機能部材技術開発\* (運営費交付金) (再掲)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、近接場光の原理・効果を応用した低損失オプティカル新機能部材技術を開発し、実用化の目処を得ることを目的とする。動作原理に近接場光を用いるオプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、液晶プロジェクター・液晶ディスプレイなど情報家電の省エネルギー、高性能・高信頼化を図る上でのキーデバイスとなることが期待できる。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、共通基盤技術として、ナノ構造部材の設計・作製・評価技術を開発するとともに、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

#### ・ライフサイエンス・健康・医療領域

ナノテクノロジーを駆使して初めて可能となる診断・治療により革新的な医療を実現する。

(1) 次世代DDS型悪性腫瘍治療システムの研究開発事業(運営費交付金)(再掲)

(深部治療に対応した次世代DDS型治療システムの研究開発事業)

概要

DDSのさらなる裾野の拡大、及び早期実用化を目指し、様々な外部エネルギー(機器技術)と薬剤技術を組み合わせることにより、比較的人体の深部にある臓器(肺、消化器)等のがんを対象としたDDS型治療システムの開発を行う。

技術目標及び達成時期

光線力学治療システムの前臨床試験の開始及び治療効果・安全性の検証と、超音波診断・治療システムの前臨床試験を可能とする薬剤及び装置の完成に関する開発を難治性がんの治療に向けて行う。

研究開発期間

2006年度～2009年度

(2) 個別化医療実現のための技術融合バイオ診断技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

我が国が有する微細加工技術・表面処理技術といったナノテク等の強みを活かし、染色体異常を高感度、高精度かつ迅速、安価で非コード領域までを検出するゲノムアレイや解析基盤技術開発を行うとともに、全自動解析システムの開発を行う。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、BAC(染色体の断片)を用いた非コード領域を含むゲノム全領域を検出できる高精度ゲノムアレイを開発する。さらに、臨床現場において、微量サンプル(数ナノグラム)から、12時間以内に染色体異常(増幅、欠失、コピー数多型等)を、低コストかつ定量性・再現性を確保して検出ができる自動染色体異常解析システムのプロトタイプを開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(3) 分子イメージング機器研究開発プロジェクト(運営費交付金)(再掲)

(3-1) 生活習慣病超早期診断眼底イメージング機器研究開発プロジェクト

概要

細小血管の分子レベルでの代謝機能を非侵襲で可視化する細胞代謝イメージングを実現し、代謝異常を細胞レベルで観察することにより、循環器系疾患等の早期の診断・治

療を図る。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、ナノテクノロジーを活用した光学基盤技術等を確立することにより、細胞やタンパク質レベルの組織診断を可能とする機器を開発する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

### (3-2) 悪性腫瘍等治療支援分子イメージング機器研究開発プロジェクト

概要

良性・悪性の区別も含めた腫瘍の超早期診断を実現するため、悪性腫瘍に特異的に反応する標的物質を利用することにより生体細胞の分子レベルの機能変化を抽出・検出できる機器の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、全身で3mm、局所で1mmの分解能を有する分子イメージング機器を開発する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

## ．エネルギー・資源・環境領域

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して、エネルギー・資源・環境等の社会的制約を克服すると同時に我が国の強みであるナノテック関連産業・部材産業の競争力を強化する。

### ( ) エネルギー制約の克服

#### (1) サステナブルハイパーコンポジット技術の開発(運営費交付金)(再掲)

概要

炭素繊維複合材料は、軽量、高強度等の優れた特性を有している。従来の熱硬化性樹脂を用いた炭素繊維複合材料では成形性・加工性に乏しくリサイクルが困難であったため、熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維複合材料(CFRP)の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、炭素繊維と熱可塑性樹脂との中間基材を開発し、熱可塑性CFRP加工技術を開発する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

#### (2) 革新的ガラス溶融プロセス技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

プラズマ等による高温を利用し瞬時にガラス原料をガラス化することにより、極めて効率的にガラスを気中で溶融(インフライトメルティング法)し省エネに資する革新的ガラス溶融プロセス技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、インフライトメルティング法により原料を溶解する技術、カレットをガラス原料として利用するため高効率で加熱する技術、カレット融液とインフライトメルティング法による原料融液とを高速で混合する技術を開発する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(3) 高温超電導電力ケーブル実証プロジェクト(運営費交付金)(再掲)

概要

革新的な超電導送電技術を確立するため、工業生産プロセスで実用化レベルに達している高温超電導線材を活用し、実用化のための実証試験及び評価を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、200MVA級の中間接続部を有した三心一括型高温超電導ケーブルを、冷却装置や保護装置などの付帯設備とともに66KV実系統に接続して、12ヶ月以上の長期連系試験を行うことによって総合的な安全性や信頼性を実証する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) マルチセラミックス膜新断熱材料の開発(運営費交付金)(再掲)

概要

住宅やビルなどの冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を示す壁および窓材料を、セラミックスのナノ多孔体構造やナノ羽毛状構造およびセラミックス・ポリマー複合化構造などからなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、熱貫流率(熱の伝わりやすさ)が $0.3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、壁厚さ10mm程度の超断熱壁材料および熱貫流率が $0.4\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、光(可視光)透過率が65%以上(Low-Eガラス使用)、ヘイズ率が1%以下の超断熱窓材料を実現する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(5) カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト(運営費交付金)(再掲)

概要

従来の活性炭電極では不可能な高出力かつ高エネルギー密度の電気二重層キャパシタを実現するため、高度に配向した長尺の単層カーボンナノチューブの大量合成技術を開発するとともに、これを用いたキャパシタ電極の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、単層カーボンナノチューブの高度配向技術及び大量生産技術を確立するとともに、キャパシタ製造技術を確立することで、 $20\text{Wh}/\text{Kg}$ の高エネルギー密度と耐久性を有する電気二重層キャパシタを開発する。



研究開発期間

2006年度～2010年度

(6) 発電プラント用超高純度金属材料の開発(運営費交付金)(再掲)

概要

従来の金属材料と比べ耐食性、耐久性、加工性などの飛躍的な向上が期待できる超高純度金属材料の発電プラント部材としての実用化を目指し、低コスト・量産化製造プロセス、及び加工・溶接技術等の開発を行い、部材としての実用特性の評価・検証を行う。また、実用化に向けたフィージビリティ調査を行い経済性の評価等を実施するとともに、材料特性に関するデータベースの整備及びそれに必要な試験研究を行う。

技術目標及び達成時期

2009年までに、不純物総量100ppm未満、溶解量数100kg以上の低コスト・量産化技術製造技術を開発するとともに、製造された超高純度材料が発電プラントの各種機器に適用でき、本材料の持つ優れた特性を長期に亘って発揮できることを確認する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(7) セラミックリアクター開発(運営費交付金)(再掲)

概要

電気化学的に物質やエネルギーを高効率で変換する次世代型セラミックリアクターの実現のため、低温作動と急速作動停止を可能とする材料の開発とマイクロセルの集積構造化技術等の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、新電解質材料の適用や電極反応の高効率化等による、低温作動時(650以下)での出力性能を向上させる材料技術と共に、マイクロセルの集積構造化や精緻なインターフェース構築のための製造プロセス技術を開発。そして、これらの技術を統合することにより、次世代型セラミックリアクターとしてのプロトタイプモジュール実証(出力性能2kW/L等)を行う。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(8) 高機能チタン合金創製プロセス技術開発プロジェクト(再掲)

概要

大量の電力を必要とする従来のバッチ処理方式のチタン製錬法(クロール法)を、エネルギー効率の高い連続処理方式へ転換する抜本的なプロセス改善のための技術を開発する。また、併せて、成形性の高いチタン合金設計技術及び成形プロセス技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに省エネ型チタン新製錬プロセスの基盤技術を開発し、2010年

までに実用化を目指す。また、本製錬技術により得られるチタンをベースとして、加工性、強度等をさらに向上させた合金設計・成形プロセス技術を確立する。

研究開発期間

2005年度～2008年度

( ) 資源制約の克服

(1) 希少金属代替材料開発プロジェクト(運営費交付金)

概要

希少金属は、特殊用途において希少な機能を発揮する一方で、その希少性・偏在性・代替困難性から、市場メカニズムが必ずしもうまく機能せず、その供給停止は川下の経済成長の制約要因となり得るリスクを伴っている。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、「コンピュータによる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」等が可能となりつつあることから、こうした最先端技術を用いることで、希少金属の新たな代替/使用量低減技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、以下希少金属元素の使用原単位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ことを目標とする。また、製品の機能や製造コストは現状と同等を少なくとも維持することを前提とする。

〔対象元素〕	〔使用原単位の低減目標値〕
・透明電極向けインジウム(In)	: 現状から50%以上低減
・希土類磁石向けディスプロシウム(Dy)	: 現状から30%以上低減
・超硬工具向けタンゲステン(W)	: 現状から30%以上低減

研究開発期間

2007年度～2011年度

( ) 環境制約の克服

(1) グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発

概要

化学品等の製造プロセスにおけるシンプル化、クリーン化、原材料・資源の多様化、更に、廃棄物の減容化、容易なりサイクル等を実現し、産業競争力強化、国際規制の先取りを図って、将来にわたっても持続的に化学品等を製造するための必要な新規なGSC(グリーン・サステイナブルケミストリー)プロセスを開発する。

技術的目標及び達成時期

2015年度までに、有害な化学物質を大幅に削減、使わない革新的なプロセス及び化学品の開発や廃棄物、副生成物の大幅に削減できる革新的なプロセス及び化学品の開発を行う。

研究開発期間

2008年度～2015年度

(2) 次世代高信頼性ガスセンサ技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

一酸化炭素中毒やガス漏れなどのガス事故を限りなくゼロに近づけるため、センサー素子のナノレベルでのメカニズム解析及び開発設計を行い、コードレスで高信頼性を有する次世代高信頼性ガスセンサー(COセンサー・メタンセンサー)を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、最先端のナノテクノロジー及びMEMS技術を導入し、電池駆動で5年以上の長寿命、高信頼性(数百ppm以下の故障率)、低コストなCOとメタンのセンサーを開発する。

研究開発期間

2008年度～2011年度

(3) 革新的膜分離技術の開発(再掲)

概要

河川水等の浄水工程における、微量の有害物質、微生物等の除去に係る水処理技術のうち、分離膜方式による高効率(省エネ)な分離技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、ナノテクノロジー等新技术を用いて新素材を開発し、高度な水質制御と高速処理を兼ねた膜ろ過システムを開発する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(4) 循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト(運営費交付金)

概要

我が国で発見された光触媒技術の新産業分野開拓を目指し、サイエンスにさかのぼることにより、紫外光のみならず、可視光レベルでの性能・機能の飛躍的な向上のための技術基盤を構築する。これにより、従来では困難とされてきた医療関連分野や土壌処理、PFC処理/フッ素回収などの環境関連分野等に光触媒技術を導入し、光触媒の最大のメリットである自然エネルギーを利用した安心・安全な環境を提供できる技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、材料レベルで紫外光応答型2倍、可視光応答型10倍の感度向上を達成し、その高感度光触媒を適用した薄膜プロセス技術の基盤技術を確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(5) 革新的マイクロ反応場利用部材技術開発\*(運営費交付金)(再掲)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、マイクロリアクター、ナノ空孔などの精密反応場を利用し、反応分子の自由な運動を活性種レベルで制御した革新的な化学反応プロセスと新機能材料創成技術の確立を目指す。さらに、マイクロリアクターとナノ空孔反応場の組み合わせ、各反応場とマイクロ波等のエネルギー供給手段との組み合わせにより協奏的反応場を構成し、さらなる高効率生産等を可能にする基盤技術を開発する。これらの技術の確立により、反応システムの小型化、多段プロセスの簡略化等を通じた化学産業の製造工程等の省エネルギー化を図る。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術を軸とし、これらに更にマイクロ波、超臨界流体等のエネルギー供給手段を組み合わせた協奏的反応場を構成することにより、これまでにない革新的な化学反応プロセスを確立し、新機能材料創成技術を実現する。さらに、これらの技術を用いて高性能・高機能電子材料、医薬中間体などの部材を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

#### (6) 高感度環境センサ部材開発\*

概要

ダイオキシンをはじめとする微量有害有機物質を高感度・高選択・安価・迅速に計測するため、分子認識部位として生体分子を用い、有害有機物質の結合の有無・量を直接電気信号に変換するセラミックスセンシング材料(電極材料)を用いたセンサ部材を開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、ダイオキシン類、エストラジオール及びビスフェノールAについて、 $0.001 \text{ ng} \cdot \text{ml}$ の濃度において有意な電気信号として検出し得る小型・携帯型計測器に挿入可能な寸法のセンサ部材の開発を目標とする。

研究開発期間

2006年度～2010年度

#### ・材料・部材領域

極めて広範囲な産業領域に波及する材料・部材領域について、ユーザー製造業等との連携(川上・川下連携)を促進し、高度な部材産業群の「すり合わせ力」を一層強化する。

#### (1) 高機能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術開発(運営費交付金)

概要

複合化金属ガラス(金属ガラスマトリックス中に第二相として微結晶や微粒子または微小空隙等を分散させたもの)を創製して、次世代高密度記録媒体、超微小モータ用部材および高強度・高導電性電気接点部材を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、複合化金属ガラス合金を創製し、従来の金属ガラス単層合金の持つ優れた特徴に加えて、塑性加工性、硬磁気特性、高電気伝導性等を付与する。この

複合化金属ガラスの新規特性を用いて、従来の金属ガラス単層合金では為しえなかった革新的部材の開発を行い、さらに多様な工業製品に応用することで、我が国産業の優位性を確保する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

## (2) 超ハイブリッド部材技術開発 (運営費交付金)

概要

従来実現が不可能と考えられていた相反する複数機能(トレードオフ機能)を両立できる材料を、異種素材の組合せ(ハイブリッド化)により実現するための技術を開発する。要素技術として、異種材料間の界面挙動をシミュレーション技術等により解明し、ナノレベルよりもさらに微小な原子・分子レベルでのハイブリッド化構造・配列制御のための合成技術を開発する。従来の単一材料では実現困難であったトレードオフの性能を引き出すことで、自動車用構造材料、パワーデバイス用材料、光学材料等を出口イメージとした、高機能革新部材製造に必要な技術基盤を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、電気・電子材料、光学材料、その他工業材料について従来材料では実現できなかった相反機能を解消するとともに、市場評価が可能な成果物を供試し、市場(ユーザー)から、客観的な実用化研究開発課題を抽出する。また、単なる相反機能の解消ではなく、相反機能を制御・実現する技術を開発する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

## (3) 鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発 (運営費交付金) (再掲)

概要

プラント、構造物や自動車等の革新的な高効率化、省エネルギー化、長寿命化、安全・安心化を図るため、最新の科学的知見を導入し、鉄鋼材料及び鋼構造体を超高機能化する基盤的研究開発を行う。具体的には、高強度鋼、高機能鋼の実用化拡大の基盤となる(1)高級鋼厚板(高強度鋼、極低温用鋼、耐熱鋼)溶接部の信頼性・寿命を大幅に向上する溶接施工技術(高密度・清浄熱源溶接技術)、及び金属組織制御技術を基本とする材料技術(クリープ破壊及び水素破壊の機構解明等を踏まえた)の開発、(2)部材の軽量化を図るために強度、加工性等の最適機能傾斜を付与する機械部品鍛造技術(駆動部材の信頼性確保のための耐疲労破壊特性の向上を踏まえた)の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、高級鋼厚板(高強度鋼・極低温用鋼・耐熱鋼)の溶接を予熱・後熱なしに可能とする溶接技術と材料技術を開発するとともに、傾斜機能部材の鍛造技術を開発する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト\* (運営費交付金)

概要

マグネシウム合金部材について、製品歩留まりが高く、高耐疲労性を付与する鍛造技術の開発を行う。また、循環型素材としてのマグネシウム合金部材の特性を活かし、リサイクル材の鍛造用ピレット化に係る課題抽出を行う。当該技術開発により、マグネシウム鍛造部材製造技術の基盤を構築し、我が国の家電、自動車等の川下産業の競争力の強化に不可欠な高度部材を供給する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに高強度・高耐疲労・加工性に優れたマグネシウム鍛造技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(5) 先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発\* (運営費交付金)

概要

電界紡糸や溶融紡糸等により創製される極微細な繊維状材料に対してナノオーダーの成形加工や微細な界面加工ならびに複合化することで材料を高機能化した革新的部材を創出する。高機能新材料を求めるユーザーの要望を満たす繊維の極微細加工と高次複合化を解決する基盤技術開発を行う。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、電界紡糸法による繊維高機能化、大型装置化技術およびナノ溶融分散紡糸法による超極細炭素繊維製造技術を開発し、これら基盤技術を活用して、高性能・高機能電池用部材、高性能・高機能フィルター用部材、高性能・高機能医療衛生用・産業用部材を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(6) 次世代光波制御材料・素子化技術\* (運営費交付金) (再掲)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、ガラス材料に関する精密モールド技術を確立し、機能性の高い光波制御素子を低コストで生産できるプロセス技術を開発することで部材の小型化・高機能化を図りつつ、省エネを実現する。

技術目標及び達成時期

2010年度までにサブ波長レベルの微細構造をガラス表面にモールド成形する技術を実現し、実装可能な具体的なデバイスを作製する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

・ナノテクノロジー・部材分野推進共通基盤領域

ナノテクノロジー、部材分野の研究開発に必要な加工・計測・解析技術等の共通基盤の確

立とともに、信頼性、普遍性、安全性等のリスク不安に対処したリスク管理手法を開発し、社会に貢献する産業化の支援を相互的に推進する。

(1) ナノ粒子の特性評価手法開発(運営費交付金)

概要

ナノ粒子のキャラクタリゼーション、計測技術の確立とともに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びナノテクノロジーによるリスク不安に対処したリスク管理手法を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、ナノ粒子のキャラクタリゼーション及び計測技術を確立するとともに、2010年までに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びリスク評価手法を開発し、ナノ材料のリスク評価指針及びナノ粒子の管理指針の提言を行う。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(2) 高度分析機器開発実用化プロジェクト\*(再掲)

概要

燃料電池・情報家電・ナノテクといった先端新産業において、材料解析・性能評価・品質管理等で必要とされる超微量・超低濃度試料の分析技術の開発を行う。これら産業化の各フェーズに適した分析技術を開発することにより、先端新産業の事業化や製品の高付加価値化を図る。

技術目標及び達成時期

2008年度までに希ガスイオン源を搭載した集束イオンビームの開発、低加速・高分解能・高感度の元素分析用顕微鏡の開発、超微量試料用分離・分析技術の開発を行う。

研究開発期間

2006年度～2008年度

注：\*印のある研究開発プロジェクトは2006年度より開始された新産業創造高度部材基盤技術開発の一環として実施しているもの。

## 5．政策目標の実現に向けた環境整備（関連施策）

ナノテクノロジーは、情報通信、環境、エネルギーなどの分野における科学技術の進歩や課題解決に貢献する重要な技術シーズである。そのため、ナノテクノロジーの研究開発と一体となった関連施策を実施することで、その成果を市場に出していくことが重要である。主な関連施策を、以下に示す。

### 〔技術戦略マップ〕

- ・NEDO及び経済産業省では、技術戦略マップを策定、毎年改訂し、ナノテク・部材分野の将来の方向性を見定めながら、合理的かつ効果的な研究開発プロジェクトを推進しているところ。また、技術戦略マップを活用して、多様な連携（川上川下の垂直連携、異業種間の水平連携など）による研究開発を促進、支援し、当該分野の技術革新を促進する。

### 〔サンプル提供・実用化促進〕

- ・NEDOでは、実施するナノテクノロジー関連の研究開発プロジェクト成果のサンプルを対象として、それらを活用した用途の開発、実用化ないし製品化提案を有する企業とのマッチングを図ることで、プロジェクトの事業化を促進する取組みを実施しているところ。

### 〔基準・標準化〕

- ・ナノテクノロジーの標準化については、研究開発プロジェクトを推進する上で、適切な活動（国際規格ISO/IEC、日本工業規格JIS、その他）を実施し、我が国のナノテクノロジー分野の研究開発、産業活動の効率向上を図り、研究開発の成果が社会で普及する環境を整備する意味でも重要である。これまでの主な取組みについては、下記のとおり。
- ・2005年5月にナノテクノロジーの標準化に向けてISO/TC229の設立がされ、「用語と命名法」、「計測とキャラクタリゼーション」、「健康・安全・環境」の3つのWGにおいて、国際標準化の策定に向けて議論が開始された。
- ・また、2007年6月にシンガポールで開催された第5回総会以降、「材料規格」の分科会の設立に向けて対応しているところ。
- ・さらに、2006年9月にはナノテクノロジーに関する電気電子技術の標準化に向けてIEC/TC113が設立され、「用語と命名法」、「計測とキャラクタリゼーション」、「性能評価」の3つのWGにおいて、国際標準化の策定に向けて議論が開始されている。（なお、はISO/TC229とのジョイントWGとなっている。）

### 〔広報〕

- ・ナノテクノロジーに関する先端技術及び製品等の世界最大の展示会である「nano tech」が毎年日本で開催されている。2002年に開催された第1回以降、出展者来場者ともに増加傾向にあり、近年は海外、とくにヨーロッパ・アジア等の出展が目立つようになってきている。

### 〔社会受容〕

- ・ナノテクノロジーの社会受容に対する取組みは、ナノテクノロジーの産業化を推進するため、例えば工業ナノ粒子のキャラクタリゼーション技術や人の健康や環境に及ぼす影響など、潜在的な課題に関する知見を蓄積する取組みが重要である。



- ・経済産業省では、2006年度から「ナノ粒子特性評価手法の研究開発」を開始し、工業ナノ粒子の有害性評価手法、また、そのリスク評価手法の確立を目標としたプロジェクトを開始しているところ。

#### 〔人材育成〕

- ・経済産業省では、「製造中核人材育成事業」を実施しており、産学連携による波及効果の高い人材育成プログラムを開発、実践している。ナノテクノロジー関連の人材育成プログラムも複数実施しているところ。

#### （例）ナノテク製造中核人材の養成プログラム

概要：情報家電、燃料電池、ロボット、医療機器、バイオ等の応用分野において、その産業の基盤と創出を支える中堅企業を対象として、「基礎加工技能・技術、特殊な要素技能・技術に習熟し、製造技術の高度化を図る人材」及び「豊富なナノ加工プロセスの知識や先端機器を使いこなすノウハウ等を習熟し、製造現場の技能・技術を統括できず人材」を育成するもの。

- ・NEDOでは、我が国の産業技術の発展のため、先端分野や融合分野の技術を支える人材の育成と、人的交流の面から産学連携を促進するための「場」の形成を促進する取り組みを実施している（NEDO特別講座）。具体的には、優れた成果を生み出しつつあり、大学が技術の中核となっている研究開発プロジェクトをコアプロジェクトとし、そのプロジェクトリーダーの所属大学に拠点を設置し、関連技術の人材育成、人的交流の拡大、周辺研究の実施を行うもの。ナノテクノロジー関連の研究開発プロジェクトも複数実施しているところ。

#### 〔他省庁との連携〕

- ・総合科学技術会議／連携施策群において、「ナノバイオテクノロジー」「ナノテク研究推進と社会受容」が設置され、関係省庁と連携して実施しているところ。
- ・経済産業省が実施する研究開発プロジェクトにおいては、文部科学省など他省庁との連携の可能性について検討を行い、研究開発プロジェクトの立案、推進しているところ。

（例）ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち新材料・新構造ナノ電子デバイスプロジェクト、希少金属代替材料開発プロジェクト など

## 6．研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの（事業に（運営費交付金）と記載したもの）は、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で、当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

## 7．改訂履歴

- (1) 平成12年12月28日付け制定。
- (2) 平成14年2月28日付け制定。材料ナノテクノロジープログラム基本計画（平成12・12・27工総第16号）は、廃止。
- (3) 平成15年3月10日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成14・02・25産局第8号）は、廃止。
- (4) 平成16年2月3日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成15・03・07産局第1号）は、廃止。
- (5) 平成17年3月31日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成16・02・03産局第7号）は、廃止。
- (6) 平成18年3月31日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成17・03・25産局第4号）は、廃止。
- (7) 平成19年4月2日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成18・03・31産局第13号）は、廃止。
- (8) 平成14年2月28日付け制定。
- (9) 平成15年3月10日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成14・02・25産局第9号）は、廃止。
- (10) 平成16年3月7日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成15・03・07産局第5号）は、廃止。
- (11) 平成17年3月31日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成16・03・07産局第5号）は、廃止。
- (12) 平成18年3月31日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成17・03・25産局第3号）は、廃止。
- (13) 平成19年4月2日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成18・03・31産局第14号）は、廃止。
- (14) 平成20年4月1日付け、ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成19・03・20産局第1号）および革新的部材プログラム基本計画（平成19・03・19産局第4号）は、本イノベーションプログラム基本計画に統合することとし、廃止。

## 環境安心イノベーションプログラム基本計画

### 1. 目的

資源制約を克服し、環境と調和した持続的な経済・社会の実現と、安全・安心な国民生活を実現するため、革新的な技術の開発等を通じた地球全体での温室効果ガスの排出削減、廃棄物の発生抑制（リデュース）、製品や部品の再利用（リユース）、原材料としての再利用（リサイクル）推進による循環型社会の形成、バイオテクノロジーを活用した環境に優しい製造プロセスや循環型産業システムの創造、化学物質のリスクの総合的な評価及びリスクを適切に管理する社会システムの構築を推進する。

### 2. 政策的位置付け

第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）及び分野別推進戦略（2006年3月総合科学技術会議）における国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点推進分野である環境分野及び国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発の推進分野であるエネルギー分野に位置付けられるものであるほか、次のとおりである。

「地球温暖化対策技術研究開発の推進について」（2003年4月総合科学技術会議）

総合科学技術会議重点分野推進戦略専門委員会に設置された温暖化対策技術プロジェクトチームでまとめられた上記報告書における研究開発推進戦略に対応するものである。

Cool Earth - エネルギー革新技术計画（2008年3月経産省公表）

重点的に取り組むべきエネルギー革新技术「21」を含むものである。

京都議定書目標達成計画（2005年4月閣議決定）

目標達成のための対策と施策のうち地球温暖化対策技術開発の推進に位置づけられるものである。

イノベーション25（2007年6月閣議決定）

イノベーション立国に向けた政策ロードマップ - 技術革新戦略ロードマップ「世界的課題解決に貢献する社会 ものづくり技術分野」の中で「3R型設計・生産・メンテナンス技術、製品の設計・製造段階でのリサイクル阻害物質の使用排除を可能とする技術、製品中の有用・有害物質管理技術の開発・標準化」が資源を有効利用し、環境に配慮したものづくり技術として位置づけられている。

21世紀環境立国戦略（2007年6月閣議決定）

今後1、2年で重点的に着手すべき八つの戦略の中で「3R関連法制度等の充実や技術開発の支援を通じて、製品のライフサイクル全体での天然資源投入量の最小化や再生資源の高付加価値製品への利用を促進し、資源生産性の更なる向上と環境負荷の低減を図る」との方針が示されている。

経済成長戦略大綱（2006年7月財政・経済一体改革会議）

「環境と経済の両立を図るため、金融面からの環境配慮を進めるとともに、環境技

術の開発、3Rイニシアティブやアジア環境行動パートナーシップ構想による優れた技術・制度の国際的な普及と標準化等に向けた取組を進める」との方針が示されている。

産業構造審議会廃棄物・リサイクル小委員会基本政策ワーキンググループ報告書（2008年1月）

「近年、安定供給が懸念されているレアメタルの中には、使用製品からの回収・再利用技術が確立していないものもあることから、回収された使用済製品から効率的に抽出するための新たな技術の開発にも取り組むべきである。」とされている。

バイオマス・ニッポン総合戦略（2006年3月閣議決定）

バイオマスの変換に関する戦略として、経済性の向上、革新的な変換技術の開発に取り組むこととしている。

新産業創造戦略2005（2005年6月経済産業省）

先端的新産業分野として揚げられた戦略7分野の一つの「環境・エネルギー・機器・サービス」及び「健康・福祉・機器・サービス」に該当し、「技術戦略マップ」を活用し、効果的な研究開発を促進することが今後の取組として指摘されている。

「新・国家エネルギー戦略」（2006年5月経済産業省）

省エネルギーフロントランナー計画において省エネルギー技術開発の一層の推進を図ることとしている。

バイオテクノロジー戦略大綱（2002年12月BT戦略会議取りまとめ）

持続可能な快適社会の実現（よりよく暮らす）に向けて、バイオテクノロジー（BT）を活用して、画期的な新製品の開発と工業生産の抜本的効率化を図るとともに、生産に要する環境負荷を大幅に減少させることとしている。

### 3. 達成目標

#### ・地球温暖化防止新技術

- (1) 世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減するという長期目標のもと、経済成長と温室効果ガスの排出削減の双方を同時に達成できる革新的技術を開発し、それらを通じて2013年以降の次期枠組みに主要排出国の参加を促すための国際協力を推進

【目標】 世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減

- (2) 「京都議定書」で課せられた温室効果ガス削減目標の達成

（「京都議定書目標達成計画」に示された各部門の目安としての目標（基準年比）は以下のとおり）

【目標】

エネルギー起源CO<sub>2</sub>： +0.6%

非エネルギー起源CO<sub>2</sub>： 0.3%

メタン： 0.4%

一酸化二窒素： 0.5%

代替フロン等3ガス： +0.1%

- ( ) 「京都議定書目標達成計画」とは、「地球温暖化対策の推進に関する法律」に基づき、「京都議定書」の6%削減約束を確実に達成するために必要な措置を

定めるものをいう（平成17年4月閣議決定、平成18年7月一部変更）。

### 3 R

2015年度までに以下の目標の達成を図る。

資源生産性：約42万円/トン（2000年度：約26万円/トン）

循環利用率：約14～15%（2000年度：約10%）

最終処分量：約23百万トン（2000年度：約56百万トン）

（備考）

資源生産性 = (GDP)/(天然資源等投入量)

循環利用率 = (循環利用量)/(循環利用量 + 天然資源等投入量)

### 環境調和産業創造バイオ

バイオプロセスによって有用物質を生産し、廃棄物や汚染物質を発酵等により処理又は再資源化するという、循環型の産業システムを実現するために必要な技術基盤の構築を図るとともに、遺伝子組換え体の産業利用における安全性管理の充実を図る。具体的には、工業プロセスにバイオテクノロジーを導入することや、微生物や植物機能等を活用したモノ作り技術の開発、バイオマス利用、及びバイオ技術による産業廃水等処理技術の開発等を通して、環境調和型産業の創出に資する。

### 化学物質総合評価管理

化学物質のリスクの総合的な評価を行いつつ、リスクを評価・管理するための技術体系を構築する。そのために、化学物質のリスクに係る国民の理解増進のための基盤、事業者が自らリスクを判断する手段及び国が規制等の施策を講ずる際の手段として、化学物質のライフサイクルにわたるリスクの総合的な評価管理を行うための手法を確立するとともに、リスクの削減に資するプロセス、手法の開発、さらには知的基盤を整備する。

## 4. 研究開発内容

### - 1. CO2固定化・有効利用技術

排出される二酸化炭素を分離回収・固定化することや、有用物質に変換する技術を開発する。

#### ( ) 共通技術開発等

#### (1) プログラム方式二酸化炭素固定化・有効利用技術開発

##### 概要

二酸化炭素の固定化・有効利用技術開発は、現時点においては基礎的研究分野に属する研究が多く、長期的観点からの取り組みが必要不可欠。このため本事業では将来において実現可能性の高い二酸化炭素固定化・有効利用技術に関する革新的な技術シーズを発掘し、実現可能性を確認した上で、基盤技術として確立する。

##### 事業期間

1999年度～2011年度

##### 実施形態

適切な研究課題、実施企業等を選定し、先端的研究、基盤技術研究の2段階で

実施。

( 2 ) 地球環境国際研究推進事業

概要

地球温暖化問題の解決に向け、C T I ( 気候変動技術イニシアティブ ) 等の国際的な枠組みを活用し、諸外国との研究協力を進めることにより、世界的な温暖化問題への取り組みを強化する。

事業期間

2 0 0 2 年度 ~ 2 0 1 1 年度

実施形態

諸外国との連携のもと、テーマ毎に適切な研究体制を構築し実施。

( ) 二酸化炭素分離回収・貯留・隔離技術開発

( 1 ) 低品位廃熱を利用する二酸化炭素分離回収技術開発

概要

二酸化炭素を分離回収するための、低温再生可能な吸収液を開発し、鉄鋼プラントの低温レベルの廃熱と高濃度二酸化炭素排ガスをを用いてパイロット試験を実施して、二酸化炭素分離回収コストが大幅に削減されることを実証する。

技術目標及び達成時期

2 0 0 8 年度までに、C O 2 分離回収コストを大幅に削減する技術を実証する。

研究開発期間

2 0 0 4 年度 ~ 2 0 0 8 年度

( 2 ) 分子ゲート機能C O 2 分離膜の技術研究開発

概要

圧力を有するガスからのC O 2 / H 2 の分離用に期待されている膜技術の実用化ステップの前進を目的に、分子ゲート機能分離膜の高圧下におけるC O 2 / H 2 選択性の向上、分離膜モジュールの大型化に取り組む。

技術目標及び達成時期

2 0 1 5 年頃において、石炭ガス化複合発電( I G C C ) 等の圧力ガスから従来の3分の1程度( 1 , 5 0 0 円/ t - C O 2 程度 ) のコストでC O 2 を分離回収することを可能とする技術の確立を目指す。

研究開発期間

2 0 0 6 年度 ~ 2 0 1 0 年度

( 3 ) 二酸化炭素地中貯留技術研究開発

概要

火力発電所等の大規模発生源から分離回収された二酸化炭素を地中帯水層へ貯留する技術を開発し、実証する。

技術目標及び達成時期

貯留した二酸化炭素のモニタリング技術、挙動予測手法、環境影響・安全性評価手法の開発、及び全国貯留層賦存量調査を行う。さらに、早期に火力発電所等の大排出源を対象とした大規模実証に着手し、2 0 2 0 年までに実用化の目途を

つけることを目指して技術開発を推進する。

研究開発期間

フェーズ1：2000年度～2004年度

フェーズ2：2005年度～2012年度

(4) 二酸化炭素の海洋隔離に伴う環境影響予測技術開発

概要

火力発電所等の大規模発生源から分離回収された二酸化炭素を海洋中層に放流・隔離を行った場合に、海洋環境へおよぼす影響を評価する技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、海洋隔離に伴う海洋中二酸化炭素の挙動予測技術の確立、隔離可能性及び有効性評価、生物影響評価技術の開発を推進する他、国際的な連携の強化と海洋隔離実施に対する国際的・社会的合意の形成に向けた取り組みを行う。

研究開発期間

フェーズ1：1997年度～2001年度

フェーズ2：2002年度～2006年度

フェーズ3：2007年度～2011年度

(5) 環境調和型製鉄プロセス技術開発（運営費交付金）

概要

高炉ガスからの効率的な二酸化炭素分離と中低温排熱の有効活用及び水素を炭素（コークス）の一部代替として鉄鉱石を還元する革新的製鉄プロセスの開発を行う。

技術目標及び達成時期

最終的な技術開発目標として製鉄プロセスにおけるCO<sub>2</sub>排出量を30%削減することを目指し、2050年までに実用化する。

研究開発期間

2008年度～2017年度

( ) 大規模植林

(1) バイオ技術活用型二酸化炭素大規模固定化技術開発

概要

バイオエタノール化に適した樹木への環境耐性付与を遺伝子技術により実施し、これら原料樹木の不良環境下での効率的な植林技術を開発する。

技術目標及び達成時期

事業4年目までに、未利用の不良環境地でも生育できる高セルロース樹木を遺伝子技術により開発し、実証植林を行う。

研究開発期間

2008年度～2011年度

## - 2 . 脱フロン等技術

代替フロンの排出量を抑制するため、代替フロンを削減する技術（脱フロン等技術）を開発する。

### （ 1 ）革新的ノンフロン系断熱材技術開発（運営費交付金）

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、住宅・建築物の省エネルギーという社会適用性に応えるため超微細発泡等による断熱性能の向上のための技術開発を行う。

#### 技術的目標及び達成時期

既存のノンフロン断熱材では達成できていない断熱性能を実現し、更には従来のフロン断熱材の断熱性能を超える高断熱性能を実現する断熱材を平成 2 4 年頃を目途に開発する。

#### 研究開発期間

2 0 0 7 年度～ 2 0 1 1 年度

### （ 2 ）ノンフロン型省エネ冷凍空調システムの開発（運営費交付金）

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、家庭用・業務用及び運輸用エアコン及びショーケース等に使用可能なノンフロンかつ高効率を達成でき、安全性についても配慮された新たな冷凍システムの開発を行う。

#### 技術的目標及び達成時期

2 0 0 9 年度までに、ノンフロン（自然冷媒等）型省エネ冷凍・空調システムを開発する。

#### 研究開発期間

2 0 0 5 年度～ 2 0 0 9 年度

## . 3 R

### （ ）建設ストック 3 R 対策

#### （ 1 ）革新的構造材料を用いた新構造システム建築物研究開発（再掲）

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、我が国鉄鋼業の約 5 0 % を占める建設市場において、建築物のメインフレームに高強度鋼を用いることで、鉄鋼部材の軽量化（リデュース）とそれに伴う輸送効率の向上、高強度化、非溶接化に伴う部材のリユース促進、製造・施工の省エネ・省力化等を図る。

同時に、柔剛混合構造（高強度鋼とダンパーの組み合わせ）技術の確立、関連法規への対応等により、震度 7 にも耐えうる新構造システム建築物の建設が可能となり、我が国で大きなリスクである大規模地震災害から国民を守り、安心安全社会の実現に寄与する。

#### 技術目標及び達成時期

2 0 1 3 年度までに、最大規模の地震（震度 7 ）に対しても倒壊・損壊しない建築物を高強度鋼（ 8 0 0 N / mm<sup>2</sup> 級鋼材）とダンパーの組み合わせによる柔剛



混合構造により実現を図るものであり、国土交通省や民間企業と連携してこの建築物のメインフレームに必要な高強度鋼部材、接合法等の開発を行う。主な研究開発目標は以下の通りである。

- ・ 震度7弾性新構造システム開発
- ・ 高強度部材の製造技術開発
- ・ 超高強度接合部品開発
- ・ 高強度部材の接合技術開発

研究開発期間

2006年度～2008年度

( ) 金属資源等3R対策

(1) 希少金属等高効率回収システム開発(再掲)

概要

小型電子・電気機器にはベースメタルや、金、銀等の貴金属の他、インジウム、ニッケル等の希少金属等を含有している。現状では、これらの機器が廃棄された後は、非常に高温で処理する乾式製錬技術を用いてリサイクル・処理されているため、多大なエネルギーを消費するばかりか、回収可能な金属が銅、金、銀等に限定されており、その他の希少金属等は回収できずに廃棄処分されている。このため、湿式製錬技術を活用した高効率な最適技術の開発等を通じて、回収工程の省エネルギー及び希少金属等の回収率向上を図る。

技術目標及び達成時期

- ・ 従来方法(乾式製錬)で処理する場合に比べて、大幅な省エネルギーの実現(省エネルギー効果:原油換算で約78万kl/年削減)
- ・ 廃小型電子・電気機器、廃超硬工具等中に含まれる希少金属等の回収率の向上(インジウム0% 90%、ニッケル50% 95%、コバルト0% 95%、タンタル0% 80%、タングステン90% 95%、レアアース0% 80%)

研究開発期間

2007年度～2010年度

(2) 希少金属代替材料開発プロジェクト(再掲)

概要

希少金属は、特殊用途において希少な機能を発揮する一方で、その希少性・偏在性・代替困難性から、市場メカニズムが必ずしもうまく機能せず、その供給停止は川下の経済成長の制約要因となりうるリスクを伴っている。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、従来できなかった、「コンピュータによる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」等が可能となりつつあることから、こうした最先端技術を用いることで、希少金属の新たな代替/使用量低減技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、以下希少金属元素の使用原単位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ことを目標とする。また、製品の機能や製造コストは現状と同等を少なくとも維持することを前提とする。

- ・透明電極向けインジウム（In）：現状から50%以上低減
- ・希土類磁石向けディスプロシウム（Dy）：現状から30%以上低減
- ・超硬工具向けタングステン（W）：現状から30%以上低減

研究開発期間

2007年度～2011年度

## ・環境調和産業創造バイオ

### (1) 植物機能を活用した高度モノ作り基盤技術開発

#### ( ) 植物利用エネルギー使用合理化工業原料生産技術開発（運営費交付金）（再掲） 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、現在の化学工業プロセスに代わる、植物の有する有用物質生産能を活用した省エネルギー・低環境負荷型の工業原料生産プロセスへの変換を促進する。具体的には、工業原料の生産に関わる重要な物質生産プロセスに関する代謝系をゲノム情報に基づき解析するとともに、有用物質生産制御に必要な一連の代謝遺伝子群の発現を統一的に制御する技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、工業原料として有望なバイオマスとしてイソプレノイド、油脂などの有用物質生産に関わる代謝経路とその調節メカニズム及び生産物質の蓄積・移動に係るメカニズムの解析を行い、関連遺伝子情報を整備するとともに、統括的発現制御技術を開発する。

研究開発期間

2002年度～2009年度

### (ii) 植物利用高付加価値物質製造基盤技術開発

概要

動物や微生物による物質生産と比較して、安全性が高い、生産コストが低い、省エネルギーで環境調和型といった特徴を有する植物を活用した高機能タンパク質等の高付加価値物質生産（モノ作り）の基盤技術を開発するために、有用物質を高効率に高生産させる組換え植物の基盤技術を開発するとともに、閉鎖型人工環境下での高効率な栽培技術の開発を一体的に進める。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、実用植物において実用可能なレベルまで有用物質を効率的に高生産・高蓄積させる組換え植物を開発するとともに、目的有用物質を安定かつ均一に生産・蓄積させる栽培技術を確立し、その生産の実用性を閉鎖型人工環境下において確認する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(2) 微生物機能を活用した環境調和型製造基盤技術開発(再掲)

( ) 微生物機能を活用した高度製造基盤技術開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、省エネルギーかつ環境負荷が少ないといった特徴を有する微生物機能を活用した有用物質の革新的な生産プロセス(モノ作り)の技術を構築するため、産業用途に必要な機能既知遺伝子で構成されたゲノムを持ち、物質生産性向上につながる性能を備えた高性能宿主細胞の創製や、微生物反応の多様化・高機能化技術を開発するとともに、バイオマスを原料として有用物質を体系的かつ効率的に生産する(バイオリファイナリー)ための基盤技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、物質生産性向上につながる性能を備えた高性能宿主細胞を創製するとともに、バイオプロセスの実用化適用範囲の拡大のための微生物反応の多様化・高機能化技術の開発を行う。バイオリファイナリー技術については、バイオマスを高効率で糖化し、糖から高効率で各種化成品の基幹物質を生産するバイオプロセス体系を構築する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(ii) 微生物群のデザイン化による高効率型環境バイオ処理技術開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、従来エネルギー多消費・廃棄物多排出型であった廃水・廃棄物処理において、微生物群の構成及び配置等を人為的に制御(デザイン化)することで、その処理効率を大幅に向上させ、省エネルギーで廃棄物も少ない高効率型廃水、廃棄物処理の基盤技術を確立する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、特定有用微生物群を人為的に安定導入・維持もしくは人為的に空間配置・優先化させる等のデザイン化技術を開発し、従来の廃水、廃棄物処理に比べより高効率で省エネルギーな処理技術を開発するとともに、実用化に資するための実証可能なテストプラント規模にて評価する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発(再掲)

概要

バイオマスに関する燃料分野と化成品分野の融合・連携を図り、食料と競合しないセルロース系原料から、より低コストで高効率なエネルギー化を可能にする先進的・革新的な新技術の確立を目指すとともに、バイオ燃料の製造のみならず、プロパノール、ブタノール製造、化学品の製造の実用化を目指した技術開発を行う。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、セルロース系バイオマスを原料とし、バイオ燃料製造の従来技術に比べて画期的に優れた効率や低コスト化を可能とする糖化・発酵等の基盤

技術を開発するとともに、バイオマス利用に資する微生物の利用基盤技術の開発を行う。さらに、プロパノール等の高効率取得のための触媒開発等により、化成品製造の実用化を目指した技術開発を行い、バイオマスに関する燃料分野と化成品分野の融合・連携を図る。

研究開発期間

2007年度～2012年度

- 1 . 化学物質総合評価管理

( 1 ) 化学物質の最適管理をめざすリスクトレードオフ解析手法の開発 ( 運営費交付金 )  
概要

化学物質のリスクを共通指標で比較、検討し、事業者等における代替物質の選択の際に、リスクの相互比較が可能となるリスク評価手法及び社会経済分析等リスクトレードオフ解析手法を構築する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、代表的な化学物質用途群につき、化学物質のライフサイクルに応じたあらゆる暴露を考慮した排出量推計手法や室内暴露評価手法等環境動態解析手法を構築する。さらに、用途群内の物質間でのリスクトレードオフ解析手法を開発する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

( 2 ) ナノ粒子の特性評価手法開発 ( 運営費交付金 )

概要

ナノ粒子のキャラクタリゼーション、計測技術の確立とともに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びナノテクノロジーによるリスク不安に対処したリスク管理手法を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、ナノ粒子のキャラクタリゼーション及び計測技術を確立するとともに、2010年までに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びリスク評価手法を開発し、ナノ材料のリスク評価指針及びナノ粒子の管理指針の提言を行う。

研究開発期間

2006年度～2010年度

( 3 ) 構造活性相関手法による有害性評価手法開発 ( 運営費交付金 )

概要

従来の動物実験による反復投与毒性試験に代わり、*in silico* や類推等を用いた予測・評価を可能とするため、既知の周辺情報やそれらから得られる新たな知見を基に、よりの確に効率よく毒性を評価可能とする有害性評価支援システムを構築する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、公開されている反復投与毒性試験データや毒性作用機序情報が搭載されたデータベース、肝臓における代謝産物・代謝経路を予測する手法、及び対象とする化学物質の標的臓器・症状やその毒性の強さの範囲等を予測する手

法を開発する。さらに、それらを統合した有害性評価支援システムを構築する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) 石油精製物質等簡易有害性評価手法開発(運営費交付金)(再掲)

概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から、石油製品等に含まれる化学物質によるリスクを把握し、必要な対策を適切に行うことを可能とするため、*in vitro* 培養系技術等の活用により遺伝子組換え細胞等を用いた *in vitro* 系簡易有害性予測手法、また、トキシコゲノミクスを活用した短期動物試験結果と相関する遺伝子発現データセットを開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、遺伝子導入技術、幹細胞分化誘導技術、生物発光技術等を適用した培養細胞を用いて、試験期間1ヶ月程度、発がん性、催奇形性及び免疫毒性を予測評価できる試験手法を開発し、また、遺伝子発現解析技術を短期動物試験に適用し、28日間反復投与試験結果と相関する遺伝子発現データセットを完成させる。また、標準的な試験プロトコルを策定する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

- 2 . 化学物質リスク削減技術開発

(1) 有害化学物質リスク削減基盤技術研究開発(運営費交付金)

概要

環境中に広く排出され、人の健康や生態系へのリスク(有害性×暴露量)を及ぼすおそれのある有害化学物質を効率的に削減、代替する技術について、リスク削減効果が高く、広く導入・普及が可能となる実用化基盤技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、P R T R制度(化学物質排出把握管理促進法に基づき有害なおそれのある化学物質について、事業所からの環境中への排出量及び廃棄物としての事業所外への搬出量等を把握・集計・公表する制度)の排出実態の公表結果等を活用し、環境影響が懸念される有害化学物質の優先順位付けを行い、選定された有害化学物質に対する削減、回収、無害化技術、代替物質の開発及び代替プロセスの構築等を行う。特に、2005年度から大気汚染防止法において規制対象となる揮発性有機化合物(VOC)に重点を置き、同法で定められた「VOCの排出量を2010年度までに2000年度比で3割削減すること」に資する技術開発を行うこととする。

研究開発期間

2004年度～2008年度

(2) アスベスト含有建材等回収・処理等技術開発事業(運営費交付金)

概要

今後、解体廃棄物として、大量の排出が予測されるアスベスト含有建材を対象と

して、そのアスベスト含有状況について簡易かつ確実な探知・分析を可能とし、安全性、信頼性の高い回収・処理を実現する関連機器・システムの技術開発を行う。

#### 技術目標及び達成時期

2009年度までに、アスベスト含有製品の使用时、解体・回収・廃棄時においてオンサイト方式で検出感度 0.1wt%超レベルに検出できる計測技術を確立し、アスベストを含む建材等の回収・除去現場におけるアスベストの飛散及び暴露を最小化し、回収・除去の安全性及び信頼性等を確保する技術を確立する。また、アスベスト含有廃棄物の無害化処理又は再資源化段階における安全性、効率性に優れた技術を確立する。

#### 研究開発期間

2007年度～2009年度

## 5. 政策目標の実現に向けた環境整備（成果の実用化、導入普及に向けた取組）

### 【導入普及促進】

排出量の多い品目・業種や処理困難物を中心にリサイクルシステムなどの実証・市場化対策に関するフィージビリティ・スタディを実施する。

サプライチェーングループを対象に、部品等の仕様と原材料の使用・副産物の発生状況等に関する診断を実施し、製品設計及び製造プロセスの同時改善の方向性に関する提案、指導を行うとともに、取組事例を分析・評価し、資源投入量の抑制効果の高い優良な事例を公開する。

商品選択に資するわかりやすい3R配慮情報（省資源性や再生資源・部品の使用状況等）を消費者に提供し、環境配慮型製品の市場拡大を推進するため、指標の策定や、情報提供手法の確立、製品の情報検索が可能なシステムの検討・開発を行う。

3R対策が講じられている製品等の市場開拓を促進するため、政府が環境物品等を率先購入することを定めたグリーン購入法について、同法の判断基準が引き続き3R対策を適切に反映するようにしていく。

化学物質の有害性評価、暴露分析、リスク評価等のデータベースの構築を図るとともに、それらの手法の各種活動（事業者の自主管理活動、事業者、地方自治体等が国民とリスクコミュニケーションを図る活動等）等への導入を図る。

公害防止設備に対する優遇税制等の支援を行う。

### 【法規制・制度改革】

二酸化炭素回収・貯留（CCS）の国内での本格実施に必要な法規制・制度の整備等に関して検討を行う。

資源有効利用促進法等のリサイクル関連法制度によるスキームを活用して、3R対策を網羅的に講じることにより、循環型社会の構築を図る。

遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律（カルタヘナ法）に基づく立入検査で査収した生物が遺伝子組換え生物であるか否かを判断するための基盤的な技術の高度化や収去方法を確立すること等により、的確な法律の執行体制を整備する。

### 【ガイドライン】

事業者による自主的取組を促進する観点から、産業構造審議会において策定している「業種別・品目別廃棄物処理・リサイクルガイドライン」（自主的な目標の設定）につい

て、3R対策を加速する観点から適宜フォローアップを行い、改定を行う。

#### 【基準・標準化】

各プロジェクトや民間における技術開発等で得られた成果のうち、標準化すべきものについては、適切な標準化活動（国際規格（ISO/IEC）、日本工業規格（JIS）、その他国際的に認知された標準の提案等）を実施する。

CO<sub>2</sub>回収・貯留後のモニタリング、植林等によるCO<sub>2</sub>固定化量の計算、バイオマス利用時のCO<sub>2</sub>排出削減量の評価、環境影響や安全性評価手法など、CO<sub>2</sub>固定化・有効利用を推進するに当たって標準化が必要となる事項については、研究・開発状況や社会情勢を常に意識しながら計画的に標準化を推進する。

リサイクル品などの3R配慮製品に対する需要の創出・拡大を図るため、「環境JIS策定促進のアクションプログラム」に基づき、リサイクル品等の品質基準及び試験評価方法の規格（環境JIS）の策定を引き続き推進する。

バイオマス由来プラスチックにおけるバイオマス含有量測定の標準化を推進するとともに、生分解性プラスチックに係る微生物嫌気分解試験方法の国際標準化を着実に実施する。

高精度・簡易有害性評価システムの開発については、2014年度を目途に有害性評価手法等を経済開発協力機構（OECD）にテストガイドラインとして提案することを検討し、国際標準化を推進する。

#### 【調達促進】

バイオマス由来プラスチック等、生物機能を用いた生産プロセスにより生産された製品について、グリーン購入法に基づく調達品目として位置付けられるべく検討を行う。

#### 【広報・啓発】

研究開発プロジェクトの成果について広く普及啓発を図るため、シンポジウム等を行う。

3Rの普及・促進を図るため、毎年10月を「3R推進月間」とし、この期間を中心として、3R活動への関係者の取組を促すための「3R推進功労者等表彰」や、循環ビジネス振興のための「資源循環技術・システム表彰」等の普及啓発活動を実施する。

#### 【知的基盤整備】

国内外との共同研究等を通じ、革新的な温暖化対策技術や方策についての情報交換に資する、情報ネットワークの構築等を図る。

物質生産用に開発された汎用宿主細胞や取得した生物遺伝資源は、独立行政法人製品評価技術基盤機構に整備し、社会に幅広く提供する。

独立行政法人製品評価技術基盤機構の化学物質管理センターにて事業者・国民・公的機関の化学物質管理に関する冷静な対話（科学的知見の共有）を促進するための知的情報基盤整備を図る。

#### 【国際協力】

生物多様性条約に基づく遺伝子資源へのアクセス促進事業において、日本のバイオ関連企業の遺伝資源保有国（途上国）の遺伝資源に対するアクセスを促進するための技術的環境整備及び遺伝資源へのアクセス実施の調整を行う。

#### 【他省庁との連携】

総合化学技術会議が推進する科学技術連携施策群の「食料・生物生産研究」及び「総合的リスク評価による化学物質の安全管理・活用のための開発技術」、ライフサイエンス

P T、社会還元プロジェクトの下での関係府省間における適切な連携の実施。

#### 【プロジェクト等との連携】

C O 2 固定化・有効利用技術のロードマップに基づき、技術シーズ発掘型技術開発事業成果のプロジェクトへの取り込みや、プロジェクト間の連携により、効果的な固定化・有効利用システムの実現を図る。

植物機能を活用したモノ作り基盤技術開発に係る2つのプロジェクト間での、遺伝子高発現技術やモデル植物での基盤技術及び実用作物への技術展開に関する情報交換を推進する。

#### 6．研究開発の実施に当たっての留意事項

- ・事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したものは、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。
- ・プログラム目標等については、京都議定書目標達成計画の評価・見直しプロセスに伴う対応を行う。
- ・各プロジェクトを横断的観点からマネジメントする体制を整備し、技術の進捗状況や社会情勢等を踏まえた適切な資源配分、技術成果のレビュー、普及施策の検討、実施すべき技術開発テーマ・領域・分野等の検討等を実施する。

#### 7．改訂履歴

- (1) 平成12年12月28日付け、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画、化学物質総合評価管理プログラム基本計画制定。
- (2) 平成14年2月27日付け、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画制定。生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成12・12・27工総第15号）は、廃止。平成14年2月28日付け、革新的温暖化対策技術プログラム基本計画、3Rプログラム基本計画、化学物質総合評価管理プログラム基本計画制定。化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成12・12・27工総第14号）は、廃止。
- (3) 平成15年3月10日付け制定。革新的温暖化対策技術プログラム基本計画（平成14・02・25産局第16号）、3Rプログラム基本計画（平成14・02・25産局第13号）、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成14・02・25産局第5号）、化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成14・02・25産局第7号）は、廃止。
- (4) 平成16年2月3日付け制定。革新的温暖化対策技術プログラム基本計画（平成15・03・07産局第18号）及びエネルギー環境二酸化炭素固定化・有効利用プログラム基本計画（平成15・03・07産局第19号）は、革新的温暖化対策技術プログラム基本計画に統合することとし、廃止。3Rプログラム基本計画（平成15・03・07産局第6号）、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成15・03・07産局第3号）、化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成15・03・07産局第8号）は、廃止。
- (5) 平成17年3月31日付け制定。地球温暖化防止新技術プログラム基本計画（平成16・02・03産局第13号）、3Rプログラム基本計画（平成16・02・03産局



第5号)、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画(平成16・02・03産局第15号)、化学物質総合評価管理プログラム基本計画(平成16・02・03産局第3号)は、廃止。

(6)平成18年3月31日付け制定。地球温暖化防止新技術プログラム基本計画(平成17・03・25産局第8号)、3Rプログラム基本計画(平成17・03・29産局第1号)、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画(平成17・03・25産局第2号)、化学物質総合評価管理プログラム基本計画(平成17・03・25産局第10号)は、廃止。

(7)平成19年4月2日付け制定。地球温暖化防止新技術プログラム基本計画(平成18・03・31産局第9号)、3Rプログラム基本計画(平成18・03・31産局第10号)、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画(平成18・03・31産局第3号)、化学物質総合評価管理プログラム基本計画(平成18・03・31産局第11号)は、廃止。

(8)平成20年4月1日付け、環境安心イノベーションプログラム基本計画制定。地球温暖化防止新技術プログラム基本計画(平成19・03・19産局第6号)、3Rプログラム基本計画(平成19・03・19産局第5号)、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画(平成19・03・16産局第2号)、化学物質総合評価管理プログラム基本計画(平成19・03・20産局第2号)は、本イノベーションプログラム基本計画に統合することとし、廃止。

(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」基本計画

電子・材料・ナノテクノロジー部  
新エネルギー部

## 1. 研究開発の目的・目標・内容

### (1) 研究開発の目的

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。

なお、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」では、「ナノテク・材料分野」を「重点推進4分野」の一つとして位置づけ、これに優先的に資源配分することとしている。本研究開発は、同分野に列挙されている「戦略重点科学技術」のうち「資源問題解決の決定打となる希少資源・不足資源代替材料革新技術」にあたるものであり、文部科学省の元素戦略プロジェクトと連携し基礎から実用化までの間隙のない支援体制を確立して行うもので、我が国の科学技術力の向上という観点からも極めて意義が高いものである。

### (2) 研究開発の目標

最終目標では、以下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以下の低減が見込まれ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。

対象元素	使用原単位の低減目標値	最終目標年度
透明電極向けインジウム (In)	現状から50%以上低減	平成23年度末
希土類磁石向けジスプロシウム (Dy)	現状から30%以上低減	
超硬工具向けタングステン (W)	現状から30%以上低減	
排ガス浄化向け白金族 (Pt)	現状から50%以上低減	平成25年度末
精密研磨向けセリウム (Ce)	現状から30%以上低減	
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	
排ガス浄化向けセリウム (Ce)	現状から30%以上低減	平成23年度末

### (3) 研究開発内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。なお、研究開発項目⑩については、委託者選定後に具体的に設定する。

[委託事業]

- 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使用量低減技術開発
- ④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発
- ⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発
- 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
- 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
- ⑧蛍光体向けテルビウム・ユロピウム使用量低減技術開発及び代替材料開発
- ⑨Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石及びイットリウム系複合材料の開発
- ⑩排ガス浄化向けセリウム使用量低減技術及び代替材料開発、透明電極向けインジウムを代替するグラフェンの開発

本研究開発項目は、実用化まで長期間を要するハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する事業であり、委託事業として実施する。

## 2. 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

研究開発項目①～⑤は、経済産業省により、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）から公募によって研究開発実施者が決定され、共同研究契約等を締結する研究体が構築され、平成19年度より委託により実施されている。平成20年度より、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）が本事業を運営・管理するに当たっては、外部有識者から構成される技術評価委員会等を設置し、平成19年度の進捗状況を踏まえた事業内容・計画及び実施体制の妥当性についての審議に基づいた評価を行った上で委託して実施する。研究開発項目⑥～⑩はNEDOが単独ないし複数の原則、本邦の企業、大学等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。）から公募によって研究開発実施者を選定後、共同研究契約等を締結する研究体を構築し委託して実施する。

また、各研究体の有する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、各研究体には研究開発責任者（テーマリーダー）を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

### (2) 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、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて設置される技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させるほか、四半期に一回程度、研究開発責任者等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

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研究開発推進にあたり、お互いの研究開発成果・課題等について議論する。さらに、得られた研究開発成果については、合同シンポジウム等により積極的に公開する。

## 3. 研究開発の実施期間

研究開発項目①～⑤については、平成20年度から平成23年度までの4年間とする。平成19年度に経済産業省が実施した「希少金属代替材料開発プロジェクト」事業について、平成20年度よりNEDOの事業として実施するものである。

研究開発項目⑥～⑧については、平成21年度から平成25年度までの5年間とする。

研究開発項目⑨については、平成21年度から平成22年度までの約1年間とする。

研究開発項目⑩については、平成22年度から平成23年度までの約1年間とする。

#### 4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の評価として、研究開発項目①～⑤については、中間評価を平成21年度、事後評価を平成24年度に、研究開発項目⑥～⑧については、中間評価を平成23年度、事後評価を平成26年度に、研究開発項目⑨については、事後評価を平成23年度に、研究開発項目⑩については、事後評価を平成24年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて前倒しする等、適宜見直すものとする。

#### 5. その他の重要事項

##### (1) 研究開発成果の取扱い

###### ①成果の普及

研究開発成果については、NEDO、実施者ともサンプル提供等普及に努めるものとする。

###### ②知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備事業又は標準化等との連携を図るため、必要に応じてデータベースへのデータの提供、標準案の提案等を積極的に行う。

###### ③知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

##### (2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

##### (3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第2号に基づき実施する。

##### (4) その他

本研究によって得られたあらゆる知的財産、また本研究の過程又は成果に基づき開発したプログラム、サンプル若しくは装置などの成果物について、本プロジェクト外（国内外）への供試・開示については、事前に研究開発責任者とNEDOに連絡する。その際に、NEDOが申請書の提出を求めた場合は、これに応じ速やかに提出する。

#### 6. 基本計画の改訂履歴

##### (1) 平成20年3月 制定。

##### (2) 平成20年7月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。

##### (3) 平成21年3月、新鉱種追加により改訂。

##### (4) 平成21年12月

- ・研究開発項目⑥～⑧の委託者決定に伴う詳細目標と事業実施内容の確定による改訂。
- ・「明日の安心と成長のための緊急経済対策（平成21年度補正予算（第2号）」に係る研究開発項目⑨の追加。

##### (5) 平成22年3月、研究開発項目⑦-2目標の細分化に伴い改訂。

##### (6) 平成22年6月、採択条件等反映のため、研究開発項目⑨-1および⑨-2の最終目標等を改訂。

##### (7) 平成22年12月、「円高・デフレ対応のための緊急総合経済対策（平成22年度補正予算（第1号）」に係る研究開発項目⑩の追加。

## 研究開発項目①「透明電極向けインジウム使用量低減技術開発」

### 1. 研究開発の必要性

現行のFPD用ITOターゲットは抵抗値、可視光領域での光透過性、良好なエッチング特性、アルカリ溶液での安定性の観点から  $\text{In}_2\text{O}_3$ -90wt%+ $\text{SnO}_2$ -10wt%の組成比が主に利用されている。したがって、ITO製造におけるIn原単位を40%以上低減するために、従来のITO組成の $\text{In}_2\text{O}_3$ 量を40%以上低減しても従来同等の導電性、エッチング性を維持する新規組成の開発を行う必要がある。 $\text{SnO}_2$ 成分が増加すると抵抗率の上昇(高抵抗化)、難エッチング等の課題が予想されるため、抵抗率の上昇を解決する手段として低電圧スパッタ技術の導入、第4元素の添加を実施する。また、難エッチングの課題には $\text{H}_2\text{O}$ 添加法の導入と第4元素の添加等を実施する。また、その後大型ターゲットの作製と工業化技術の開発を行うためには、第一原理計算による組成の適正化とそれらを基にした小型装置による省In組成のITO膜の実験的立証が必要である。

また、In量の使用原単位を10%以上改善するため、インジウムの使用効率をほぼ100%に高めることができ、さらに真空装置を使わず、エッチング工程が不要でエネルギー削減が可能なITOナノインクを使用した直接基板に描画する方法を開発する。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (1)「スパッタリング法における透明電極向けインジウム使用量低減化技術開発」

第4元素を添加することにより、ITO中のIn量を削減する新規組成ITOの開発を行い、かつ別途薄膜化技術を開発し、従来のITO組成で現状の薄膜のトータル厚さを削減する。これらの研究開発によりITO中のIn使用原単位の40%以上の削減を目標とする。

#### 1) 新規ターゲット組成並びにその大型ターゲット焼成技術の開発

##### (a)新規ターゲット組成開発

第一原理計算プログラムにより、超大規模シミュレーションをおこない、安定構造、状態密度、電荷密度分布等の解析を行う。得られた結果を用い、新組成ITO薄膜をコンビナトリアル実験手法により作製し、低抵抗、エッチング性、光透過度、高屈折率を向上した新規ターゲットを開発する。

計算機を用いた第一原理計算による手法とコンビナトリアル手法を用いた実験的検証の組み合わせにより、効率的に新規組成の省In組成のITO薄膜の開発を行う。基本的に第4元素は、できるだけ資源的に問題がないものを実施することとする。

##### (b)新規ターゲット組成のスパッタプロセスでの支援技術開発

当初、新組成が確定するまでは、 $\text{SnO}_2$ 含有量を増やしたITOターゲット( $\text{SnO}_2$ 含有量がMax. 50wt%)を作製し、基板上への成膜と薄膜評価を進める。第4元素を添加した新規組成を受け、本プロセスで薄膜測定を行い、プロセスの効果を明らかにする。

##### (c)新規ターゲットの開発(新規組成ターゲットの工業化技術開発)

ターゲットの大型化の問題点として、割れ、反り、低密度化がある。これらを解決するために、新規組成ターゲットの工業化技術開発を行う。

#### 2) 透明電極膜の薄膜化スパッタ技術開発

1)の第4添加元素含有新組成の検討をするのと並行して、薄膜化(現状のITO膜構成よりも薄い膜厚)スパッタ技術によるInの省資源化を目指す。

#### (2)「非スパッタリング法による透明電極向けインジウム使用量低減技術開発」

ITOナノインク塗布法の導入により、装置内壁付着とエッチングでロスしている分をなくし、従来ターゲットとして大量に循環していたInの削減を目指す。これらにより、製造工程で使用しているIn使用原単位の10%を削減する。

#### 1) インクジェット法塗布用ナノインク開発

現在広く実施されている液相法により得られるITO粒子は一次粒子径10~50nmの凝集粒子で、

その粉末抵抗値は $\sim 0.1\Omega\text{cm}$ である。インクジェット法にて薄膜（膜厚 $< 200\text{nm}$ ）、低表面粗さ（ $R_a < 10\text{nm}$ ）の要求を達成するためにインク化工程で強力な分散処理を行うが、完全に分散することは出来ず、歩留まりも悪く、さらにITO粒子表面の酸化等により抵抗値が急激に上昇してしまうと言った問題がある。これを解決するために、ゾルゲル法を主流とした、現行法を改良又は全く新規に開発する新規単分散ITOナノ粒子合成法の開発を行い、インクジェット法に適した工業化技術開発を実施する。

## 2) 静電塗布用ナノインク開発

粒子合成では、大量生産の指標である、合成系の金属イオン濃度が $0.1\text{mol/L}$ 以上となる濃厚系での液相反応について、特に形態制御と単分散を実現するために、単分散粒子合成の一般的手法である、ゲルゾル法をさらに発展させて、ITO単分散ナノ粒子合成技術の完成を目指す。また、形態制御された比較的大型のナノ粒子（数十nm）とその大型ナノ粒子を結合させるための数nmの粒子を合成し、最密充填を実現するための分布とその分布を実現するための静電塗布法を開発する。

## 3) シミュレーション

ナノ粒子の形状及びその集合分布を様々に変化させる事が可能なプログラムを開発する。それを用いて、さまざまなナノ粒子形状についてのシミュレーションを行い、表面充填率とナノ粒子量との関係から、塗布剤の最適な充填率を決定する。得られた結果を実験にフィードバックする。

## 3. 達成目標

中間目標：平成21年度

(1) 新規ターゲット組成では、小型スパッタリングの実験装置でシート抵抗 $50\Omega/\text{sq}$ を実現する。

薄膜化スパッタ技術開発では、ITO膜厚を $100\text{nm}$ 以下で透過率 $85\%$ 以上（測定波長 $550\text{nm}$ ）を達成する。

以上の結果からInの使用原単位を $40\%$ 以上削減できることを実験的に立証する。

(2) ナノインクによる電導膜について、透過率 $80\%$ 以上、ヘイズ $2\%$ 以下、表面抵抗率 $1000\Omega/\text{sq}$ 以下を達成可能な塗布法の開発を目標とする。

以上の結果からInの使用原単位を $6\%$ 以上削減できることを実験的に立証する。

最終目標：平成23年度

(1) 新規ターゲット組成では、所定の諸特性（体積抵抗率 $200\sim 250\mu\Omega\text{cm}$ 、透過率は波長 $550\text{nm}$ で $85\%$ 以上、エッチング性、高屈折率）を満足する材料を開発する。また、新規組成ターゲット作製工程の最適化を行い高密度（ $99.5\%$ 以上）ターゲットの工業化技術を完成させる。

薄膜化スパッタ技術開発では、スパッタリング法における大型FPD用のITO膜の厚さを両面合せて現状値 $220\text{nm}$ から $100\text{nm}$ 以下とし、シート抵抗 $16\Omega/\text{sq}$ （ $160\mu\Omega\text{cm}$ ）以下、透過率 $85\%$ 以上（測定波長 $550\text{nm}$ ）とする製造技術を開発することを目標値とする。

以上の技術を確認しInの使用原単位を $40\%$ 以上削減できる工業化・製造技術を確認する。

(2) インクジェット法では、焼成温度 $200\sim 300^\circ\text{C}$ 、膜厚 $< 150\text{nm}$ （ $R_a < 10\text{nm}$ ）、抵抗値 $< 5 \times 10^{-3}\Omega\text{cm}$ 、透明性 $> 96\%$ （ $450\sim 800\text{nm}$ ）、耐擦性 $> 3\text{H}$ を満足するITOインクの確立を目指し、In使用原単位削減率 $10\%$ を達成可能なインクジェット用ナノインクの開発を目標とする。

静電塗布法では、塗布プロセスと条件の最適化により、焼成温度 $200^\circ\text{C}$ 以下で、膜厚 $200\text{nm}$ 以下、透過率 $90\%$ 以上、ヘイズ $1\%$ 以下、表面抵抗 $100\Omega/\text{sq}$ 以下を目指し、In使用原単位削減率 $10\%$ を達成可能な塗布法を開発を目標とする。

以上の技術を確認しInの使用原単位を $10\%$ 以上削減できる工業化・製造技術を確認する。

上記(1)、(2)の目標達成により、現在のITO薄膜で使用されているIn使用原単位の $50\%$ 削減を達成する。

## 研究開発項目②「透明電極向けインジウム代替材料開発」

### 1. 研究開発の必要性

現状では、フラットパネルディスプレイ用透明電極は、ほぼ全面的にマグネトロンスパッタ製膜にて蒸着されたITO透明導電膜が採用されている。酸化亜鉛系材料は、その優れた光学的・電気的特性によって、従来からITO代替材料として最も有力な候補の一つであるが、製膜の均一性、光学的・電気的特性、耐熱性、耐薬品性等の特性値について所定の目標値を満足する必要がある。

したがって、酸化亜鉛系材料を対象にITO代替材料として利用可能な材料開発を実施する。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (1) 酸化亜鉛系混晶材料による高性能透明電極用材料の開発

酸化亜鉛の構成元素を他の様々な元素で置換した新しい混晶半導体を開発し、酸化亜鉛系材料の電気的特性及び化学的安定性を、液晶ディスプレイ用透明電極材料として実用に耐え得る水準にまで向上させる。

#### (2) 酸化抑制型マグネトロンスパッタ製膜技術(材料技術を含む)の開発

##### 1) 酸化抑制型マグネトロンスパッタ製膜技術の開発

- ・酸化抑制製膜条件の最適化
- ・製膜初期制御技術の開発

##### 2) 低酸素含有 ZnO 系焼結体ターゲットの開発

- ・最適 ZnO 系焼結体ターゲットの開発

#### (3) 酸化亜鉛系液晶ディスプレイの開発

- 1) 「大型基板対応製膜技術の開発」として、大型基板（第8世代-2, 160mm × 2,460mm）に対応した製膜技術及び製膜装置の実現の見通しを得る。
- 2) 「透明導電膜部材（ZnO 薄膜）の開発」として、耐熱・耐湿性、耐薬品性などの実使用条件を満足する条件にて抵抗率変化10%以下を達成する。
- 3) 「大型液晶パネルの応用開発」として、大型液晶ディスプレイを試作し、ITO透明導電膜と同等以上の表示信頼性を確保しつつ、紫色領域・青色領域・緑色領域において、透過率最大2%増大を達成する。

### 3. 達成目標

中間目標：平成21年度

スパッタ技術開発及び不純物の共添加等の材料開発により、化学的安定性、均一性に優れる成膜技術を開発し、4インチレベルのパネル試作を実施する。

最終目標：平成23年度

抵抗率、透過率、耐熱性、耐湿性、耐薬品性等の透明電極として使用に耐えうる諸特性を満足し、酸化亜鉛系材料及びその成膜技術を確立する。酸化亜鉛系材料を例えば液晶ディスプレイのカラーフィルター側の透明電極に適用することにより、インジウム使用原単位の50%以上低減を達成する。

- ・抵抗率： $4.5 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$  以下
- ・透過率：可視光平均透過率85%以上
- ・耐熱性：抵抗変化率 $\leq 10\%$  (230°C、大気中30分)
- ・耐湿性：抵抗変化率 $\leq 10\%$  (60°C、95%、500時間)
- ・耐薬品性：可視光透過率の変化率 $\leq 2\%$  (NaOH(5%)又はH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(5%)室温10分浸漬)

## 研究開発項目③「希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発」

### 1. 研究開発の必要性

現状の商用焼結磁石の保磁力は、理論値である異方性磁場（90kOe）の10%程度の値に留まっている。これはNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B主相の結晶粒界で結晶磁気異方性が小さくなるウィークポイントが存在し、そこを起点として逆磁区が核生成するためと考えられている。よって、永久磁石の保磁力を上昇させるには、(1) 逆磁区の発生頻度を下げするために磁石粒子のサイズを小さくすること、及び(2) Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相と粒界相との界面の状態を制御することが必要である。そこで、この2点を実現するための技術と指導原理を追求し、保磁力の向上を目指す。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (1)「結晶粒の微細化・原料粉末最適化による保磁力向上技術の開発」

焼結磁石における結晶粒を数マイクロンサイズになるよう微細化することで、ジスプロシウム添加量を低減しても高保磁力が得られる焼結磁石の作製プロセスを確立する。

##### 1) 次世代焼結磁石用原料合金の研究開発

結晶粒径と元素分布を制御することにより、高い保磁力が引き出せる原料合金を開発する。

##### 2) 超微細結晶粒焼結磁石作製プロセスの開発

結晶粒径制御により高保磁力焼結磁石の作製プロセスを開発する。

##### 3) 高保磁力磁石の焼結組織最適化に関する研究

Nd-rich相などの組織形態制御により焼結組織の最適化を図る。

#### (2)「界面ナノ構造制御による保磁力向上技術の開発」

強磁場プロセス、薄膜プロセス、組織制御等を検討してNd-Fe-B系焼結磁石の界面ナノ構造を制御し、主相界面の格子整合性を向上させてジスプロシウム添加量の低減と高保磁力の実現の指針を得る。さらに、これらの指針をもとにジスプロシウムを磁石試料中で保磁力増加に効果的な部位に必要量のみを添加するジスプロシウム有効活用技術を開発し、ジスプロシウム添加量の削減を図る。

##### 1) 強磁場を用いた界面構造制御による保磁力向上の研究

強磁場熱処理による粒界相の結晶配向を用いて、この界面構造をより均一にして高保磁力化を目指す。

##### 2) 薄膜プロセスで制御した理想界面による保磁力向上の研究

理想的な磁石薄膜と粒界相物質を成膜し、磁化反転のモデル実験を行うことにより、保磁力のメカニズムを解明する。

##### 3) 焼結磁石の組織制御による界面ナノ構造最適化の研究

ジスプロシウムの拡散制御技術の検討により結晶粒表面にジスプロシウムを優先偏析させる技術を開発する。

#### (3)「界面構造解析と保磁力発現機構解明による指導原理の獲得」

Nd-Fe-B系焼結磁石の界面ナノ構造や磁化過程の詳細な解析をすることによって、現状の保磁力が異方性磁場（90kOe）の10%程度の値に留まっていること、従来の研究から結晶粒を小さくしても保磁力がある結晶粒径で急激に低減すること、などの理由を解明し、さらには計算科学を駆使することによって保磁力向上の指導原理を獲得する。得られた情報は上記項目(1)、(2)の製造プロセスへ還元する。

##### 1) ナノ組織解析・原子レベル元素分析による界面構造評価

焼結磁石の粒界ナノ構造を原子レベルで解析し、粒界構造と保磁力の因果関係を解明する。

##### 2) 中性子小角散乱法による平均界面構造評価と保磁力

中性子小角散乱測定により、保磁力の起源となる磁石内部の平均界面構造を明らかにする。

##### 3) 微小結晶粒子集団における磁化反転機構と制御法の研究開発

磁化反転機構解析により保磁力の決定要因を解明する。

##### 4) 希土類磁石の保磁力機構に関する理論研究

第一原理計算に基づく微視的立場から焼結磁石の保磁力の発現機構を明らかにする。

#### (4)「自動車用磁石への応用」

自動車用磁石、特にハイブリッド自動車の駆動モータは、現在ジスプロシウム添加Nd-Fe-B系磁石



の大きな応用先である。本研究の遂行によって高保磁力高性能な Nd-Fe-B 系磁石を開発できれば、ジスプロシウム使用量の削減が最も効果的に実施できると考えられることから、例えば開発磁石の耐久性評価、モータ適用時の磁石の最適形状設計等といった当該分野への応用について検討を行う。得られた情報は、各製造プロセスへ還元するとともに更なる高性能化への指針とする。

### 3. 達成目標

中間目標：平成 21 年度

結晶粒径の微細化、強磁場プロセスによる界面ナノ構造制御技術等の開発により、ジスプロシウム使用量原単位 20%削減を達成する。

最終目標：平成 23 年度

下記の各項目について目標を達成し、ジスプロシウム使用原単位を 30%以上削減可能な技術を確立する。

(1) 結晶粒径  $2\mu\text{m}$  で元素濃度分布を最適化した原料合金、並びにジスプロシウムフリーで結晶粒径  $2\mu\text{m}$  以下の焼結磁石、における量産化技術の確立。

(2) 強磁場プロセスやジスプロシウム有効活用技術の導入等によって、高保磁力化の実現 (10kOe 増加)。

(3) 内部又は界面の微細・平均構造と保磁力との相関や磁化反転機構を明らかにし、高保磁力省ジスプロシウム磁石開発における指導原理の確立。

(4) モータ出力密度 3 倍のための開発要素の明確化。

## 研究開発項目④「超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発」

### 1. 研究開発の必要性

本研究開発では超硬工具（切削工具）のタングステン使用原単位を30%以上低減するため、切削工具の基材部分をタングステン使用量の少ない材料に置きかえる「硬質材料のハイブリッド化」、及び工具の刃先近傍や表面以外について炭窒化チタンを主成分とする「複合構造硬質材料化」を図るための技術開発を行う。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (1)「ハイブリッド切削工具の開発」

焼き入れ鋼用切削工具向けに、炭窒化チタン系硬質材料基材に切削チップの先端部として cBN（立方晶窒化ホウ素）を接合し、ロウ付け cBN 切削工具と同等の切削性能を達成すると同時に、接合部には 1000℃の耐熱性をもたせる。

##### 1) 異種材料のソリッド接合技術及びインサート材料の開発

切削工具の切刃部に要求される特性を有する硬質材料と基材となる材料を接合する技術を開発する。

##### 2) ハイブリッド切削工具の実用化技術の開発

工業化に対応するため、実用工具における被接合材及び基材の形状設計、被接合材と基材の高精度位置決め技術等を開発する。

#### (2)「複合構造硬質切削工具の開発」

一般鋼及び鋳鉄用切削工具向けに、複数の硬質材料粉末を用いて粉末複合化成形した3次元ブレーカ付きM級切削チップを開発し、超硬合金工具と同等の切削性能を達成する。

##### 1) 多相組織硬質材料の開発

多成分からなる多相組織硬質材料の焼結技術等を開発し、その特性を明らかにして超硬合金工具の機能代替を達成する。

##### 2) 複合構造硬質切削工具の実用化技術の開発

多相組織硬質材料に3次元ブレーカが形成可能な複合構造硬質切削工具の実用化技術を開発する。

### 3. 達成目標

中間目標：平成21年度

#### (1)「ハイブリッド切削工具の開発」

従来よりもタングステン使用原単位を20%以上低減した硬質基材を開発し、先端部 cBN との接合技術を開発する。

#### (2)「複合構造硬質切削工具の開発」

粉末複合化成形技術の開発により、タングステン使用原単位を15%以上低減する。

最終目標：平成23年度

下記の各項目について目標を達成し、超硬工具（切削工具）のタングステン使用原単位を30%以上低減する。

#### (1)「ハイブリッド切削工具の開発」

- 1) 焼き入れ鋼用 cBN 切削工具におけるタングステン使用原単位を40%削減する。
- 2) 焼き入れ鋼に対する高負荷連続切削試験でロウ付けチップと同等の切削性能を達成する。

#### (2)「複合構造硬質切削工具の開発」

- 1) 一般鋼又は鋳鉄用被覆超硬工具におけるタングステン使用原単位を30%削減する。
- 2) 3次元ブレーカつきM級精度の複合構造硬質工具による一般鋼の断続切削試験で、コーティングを有する超硬合金と同等の切削性能を達成する。

## 研究開発項目⑤「超硬工具向けタングステン代替材料開発」

### 1. 研究開発の必要性

本研究開発は、超硬工具（切削工具、耐摩耗工具）のタングステン使用原単位を30%以上低減するため、WC基超硬合金に代わる硬質材料として有望な炭窒化チタン（Ti(C,N)）基サーメットについて、新規サーメット基材の開発及び新規サーメットを基材とした新規コーティング技術の開発を行い、切削工具及び耐摩耗工具に適用するサーメット及びコーティング技術を開発する。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### （1）「サーメット及びコーティングの基盤研究」

サーメットの解析技術及び設計技術の開発、及び新規サーメット材料を開発するとともに、新規コーティング技術を開発する。具体的には以下の3項目を実施する。

##### 1) 「サーメットの解析及び設計技術の開発」

組織、特性及び焼結性などに関する基盤技術を確立する。

##### 2) 「新規サーメット材料の開発」

サーメットの組織や焼結収縮をより均一化し材料特性を改良するために、原料粉末として従来の単純な混合粉末ではなく、あらかじめ固溶体化した粉末を用いてサーメットを製造し、組織や特性を評価する。

##### 3) 「コーティング技術の開発」

サーメット基材上への安定したコーティングを可能とするために、コーティング時の加熱温度を低温化した新規CVDコーティング技術の開発を行う。

#### （2）「切削工具用サーメット及びコーティング技術の開発」

上記（1）の成果を活用して、切削工具としてスローアウェイ切削工具や軸物切削工具（穴あけドリル）用のサーメットを対象とし、強度、靱性、熱衝撃性等の材料特性の最適化、成形・焼結プロセス技術の確立、コーティング向け積層化・傾斜組成化技術の確立、切削工具向けコーティング技術の確立等をおこなう。開発したサーメット及びコーティングにより切削工具を作製し、これにより、鋼やアルミニウム合金等の総合的切削性能を達成する。

#### （3）「耐摩耗工具用サーメット及びコーティング技術の開発」

上記（1）の成果を活用して、耐摩耗工具として線引きダイス・プラグ等用の高硬度型サーメット及び製缶工具・圧粉金型等の高靱性型サーメットを対象とし、強度、靱性、熱衝撃性等の材料特性の最適化、サーメット大型部材の成形・焼結技術の確立、被研削性・放電加工性等の改良、耐摩耗工具向けコーティング技術の開発等をおこなう。開発したサーメット及びコーティングによりダイス・プラグ用及び金型用耐摩耗工具を作製し、これにより、ダイス・プラグ及び金型としての総合的耐摩耗工具性能を達成する。

### 3. 達成目標

中間目標：平成21年度

下記の各項目について技術を確立する。

- ・サーメットの組織形成シミュレーション技術
- ・新規固溶体粉末を用いたサーメット合成技術
- ・新規コーティング技術

最終目標：平成23年度

下記の各項目について目標を達成し、新規炭窒化チタン（Ti(C,N)）基サーメット材料を開発することで、WC基超硬工具（切削工具、耐摩耗工具）よりもタングステン使用原単位を30%以上低減する。

#### （1）「サーメット及びコーティングの基盤研究」

##### 1) 「サーメットの解析及び設計技術の開発」

積層体焼結（共焼結）のシミュレーション技術の確立と耐熱衝撃性や高温強度の機構を解明する。さらに、組織形成と破壊メカニズムを解明する。また、成形体構造評価技術を確立し、最終的に設計に必要なデータベースを構築する。

## 2) 「新規サーメット材料の開発」

下記の特性値を満足する新規サーメット材料を開発する。

- ・抗折力：3GPa
- ・破壊靱性値：15MPa・m<sup>1/2</sup>
- ・耐熱衝撃抵抗：75W・m<sup>-1/2</sup>

## 3) 「コーティング技術の開発」

サーメット基材上への安定したコーティングを可能とするために、コーティング時の加熱温度を低温化（800℃）した新規CVDコーティング技術の開発を行う。

### （2）「切削工具用サーメット及びコーティング技術の開発」

切削工具用サーメットの成形・焼結技術、傾斜組成化技術等を確立し、下記の特性値を達成する。

- ・破壊靱性値：13MPa・m<sup>1/2</sup>
- ・熱伝導率：30W/m・K
- ・サーメット工具による鋼等の総合的切削性能

このことで、軽切削用スローアウェイ工具で約70%、穴明けドリル用（軸物）切削工具で約70%のタングステン使用原単位の低減を実現する。

### （3）「耐摩耗工具用サーメット及びコーティング技術の開発」

耐摩耗工具用サーメットの成形・焼結技術、研削・放電加工技術等を確立し、下記の特性値を達成する。

- ・硬さHV $\geq$ 1400で破壊靱性13MPa・m<sup>1/2</sup>以上の高硬度型サーメット
- ・硬さHV $\geq$ 1200で破壊靱性15MPa・m<sup>1/2</sup>以上の高靱性型サーメット
- ・サーメット工具によるダイス及び金型の総合的耐摩耗工具性能

このことで、ダイス・プラグ用耐摩耗工具で100%、金型用耐摩耗工具で約94%のタングステン使用原単位の低減を実現する。

研究開発項目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)

1. 研究開発の必要性

白金族は、自動車排ガス触媒を中心とする各種触媒、電気電子機器等に用いられており、排ガス触媒向けを中心に世界的に需要が増加している。白金の新地金生産は年間約 210 t であり、その 90%以上を南アフリカとロシアが担っている。白金の国内需要はおよそ 36 t、うち 27 t が自動車触媒向けであるが、供給の 80%を南アフリカに依存している。一方、南アフリカにおいては、近年設備や安全上の問題による鉱山閉鎖、電力不足による操業停止など、供給懸念が顕在化している。

今後、世界的な自動車需要の増加、及び特に日本・欧州を中心としたディーゼル排ガス規制の強化により、排ガス触媒向け白金族の需要が拡大すると見込まれる白金生産の 90%を南アフリカとロシアが担っていることから、将来の排ガス触媒等の需要拡大に対する供給不足が発生し、わが国の産業において成長阻害の懸念がある。

本研究開発は、自動車排ガス触媒等の白金族使用原単位を 50%以上低減するため、以下の基盤技術及び製造技術を開発する。

2. 研究開発の概要

本プロジェクトは、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NO<sub>x</sub>トラップ触媒 (LNT : Lean NO<sub>x</sub> Trap Catalyst)、ディーゼルパー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有する凝集 (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 (パーティキュレート・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) の機能統合化 (「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℃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。

3. 達成目標

ディーゼルエンジンの排ガス浄化向け触媒の白金族使用原単位を50%以上低減する基盤技術及び製造技術を開発することを目標とする。

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NO<sub>x</sub>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
  - ・解決方策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）

研究開発項目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)

1. 研究開発の必要性

白金族は、自動車排ガス触媒を中心とする各種触媒、電気電子機器等に用いられており、排ガス触媒向けを中心に世界的に需要が増加している。白金の新地金生産は年間約 210 t であり、その 90% 以上を南アフリカとロシアが担っている。白金の国内需要はおよそ 36 t、うち 27 t が自動車触媒向けであるが、供給の 80% を南アフリカに依存している。一方、南アフリカにおいては、近年設備や安全上の問題による鉱山閉鎖、電力不足による操業停止など、供給懸念が顕在化している。

今後、世界的な自動車需要の増加、及び特に日本・欧州を中心としたディーゼル排ガス規制の強化により、排ガス触媒向け白金族の需要が拡大すると見込まれる白金生産の 90% を南アフリカとロシアが担っていることから、将来の排ガス触媒等の需要拡大に対する供給不足が発生し、わが国の産業において成長阻害の懸念がある。

本研究開発は、自動車排ガス触媒等の白金族使用原単位を 50% 以上低減するため、以下の基盤技術及び製造技術を開発する。

2. 研究開発の概要

本プロジェクトは、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・合成技術を確認し、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。

### 3. 達成目標

ディーゼルエンジンの排ガス浄化向け触媒の白金族使用原単位を50%以上低減する基盤技術及び製造技術を開発することを目標とする。

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

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、白金族使用量を50%以上低減した触媒システムを開発する。

・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、実機サイズのハニカムと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。



研究開発項目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)

1. 研究開発の必要性

セリウムは、フラットパネルディスプレイのパネルガラス、パソコン用ハードディスクドライブ内のガラスディスクの研磨材として用いられている。世界最大のレアアース供給国である中国からの輸出統計によれば、わが国は世界最大のセリウム消費国である(内需データが不明な中国を除く)。わが国におけるセリウム需要の過半(5割以上)は、研磨材向けの需要によって占められており、その消費量は平成19年現在9,000t(酸化物換算)ほどと推計されている。

今後、テレビのフラット化進行などにより、全世界でフラットパネルディスプレイの主要用途である薄型テレビの生産拡大が見込まれること、また新興国等におけるIT化進行などによりハードディスクドライブの主要用途であるパソコンの生産拡大が見込まれることなどから研磨材料向けセリウムの需要も拡大するものと思われる。

希土類元素(レアアース)であるセリウムは、全世界における供給の9割強を中国が担っていることから、将来の研磨材料等の需要拡大に対する供給不足が発生し、わが国の産業において成長阻害の懸念がある。

本研究開発は、研磨材料等のセリウム使用原単位を30%以上低減するため、以下の基盤技術及び製造技術を開発する。

2. 研究開発の概要

本プロジェクトは、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。

3. 達成目標

精密研磨向けセリウムの使用原単位を30%以上低減する基盤技術及び製造技術を開発することを目標とする。

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の前処理の導入検討し、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化学手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関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応し、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。

研究開発項目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 B O D Y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)

1. 研究開発の必要性

セリウムは、フラットパネルディスプレイのパネルガラス、パソコン用ハードディスクドライブ内のガラスディスクの研磨材として用いられている。世界最大のレアアース供給国である中国からの輸出統計によれば、わが国は世界最大のセリウム消費国である(内需データが不明な中国を除く)。わが国におけるセリウム需要の過半(5割以上)は、研磨材向けの需要によって占められており、その消費量は平成19年現在9,000t(酸化物換算)ほどと推計されている。

今後、テレビのフラット化進行などにより、全世界でフラットパネルディスプレイの主要用途である薄型テレビの生産拡大が見込まれること、また新興国等におけるIT化進行などによりハードディスクドライブの主要用途であるパソコンの生産拡大が見込まれることなどから研磨材料向けセリウムの需要も拡大するものと思われる。

希土類元素(レアアース)であるセリウムは、全世界における供給の9割強を中国が担っていることから、将来の研磨材料等の需要拡大に対する供給不足が発生し、わが国の産業において成長阻害の懸念がある。

本研究開発は、研磨材料等のセリウム使用原単位を30%以上低減するため、以下の基盤技術及び製造技術を開発する。

2. 研究開発の概要

本プロジェクト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4 B O D Y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4 B O D Y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、それぞれに関した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(4 B O D Y)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、最適の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、最適の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。

### 3. 達成目標

精密研磨向けセリウムの使用原単位を30%以上低減する基盤技術及び製造技術を開発することを目標とする。

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と比較して、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。

最終目標：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

研究開発項目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)

1. 研究開発の必要性

テルビウムは、照明用三波長ランプ（蛍光灯）や液晶テレビのバックライトの蛍光体（緑色蛍光体の付活体）として用いられている。ユウロピウムも同様に照明用三波長ランプや液晶テレビのバックライト用蛍光体（赤色蛍光体の付活体）として用いられている。世界最大のレアアース供給国である中国からの輸出統計によれば、わが国は世界最大のテルビウム、ユウロピウム消費国である（内需データが不明な中国を除く）。わが国におけるテルビウム需要の過半（7～8割）は蛍光粉向けの需要によって占められており、その消費量は平成19年現在100t（酸化物換算）ほどと推計されている。また、ユウロピウム需要のほぼ全量は蛍光粉向けの需要によって占められており、その消費量は平成19年現在70t（酸化物換算）ほどと推計されている。

今後、地球温暖化対策及び省エネルギー対策の進展を受けた白熱電灯から蛍光灯への切替拡大により、全世界で照明用三波長ランプの生産拡大が見込まれること、またテレビのフラット化進行などにより、全世界で液晶テレビのバックライトの生産拡大が見込まれることなどから蛍光粉向けテルビウム・ユウロピウムの需要も拡大するものと思われる。

希土類元素（レアアース）であるテルビウム・ユウロピウムは、全世界における供給の9割強を中国が担っていることから、将来の蛍光粉等の需要拡大に対する供給不足が発生し、わが国の産業において成長阻害の懸念がある。

本研究開発は、蛍光灯等のテルビウム・ユウロピウム使用原単位を80%以上低減するため、以下の基盤技術及び製造技術を開発する。

2. 研究開発の概要

本プロジェクトは、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。最新の高速度理論計算手法、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認する。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も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。

3. 達成目標

蛍光体向け Tb、Eu の使用原単位を現状から80%以上低減する基盤技術及び製造技術を開発することを目標とする。

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) ~ (3) 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。

研究開発項目⑨-1 「Nd-Fe-B 系磁石を代替する新規永久磁石及びイットリウム系複合材料の開発」  
(Nd-Fe-B 系磁石を代替する新規永久磁石の研究)

1. 研究開発の必要性

我が国の低炭素社会実現に必要な電気自動車等の製品においては焼結永久磁石がキーデバイスであり、高保持力を得るためにレアメタルを使用している。これらレアメタルは一部の外国に供給を依存しているため研究開発項目③でジスプロシウムの使用量低減技術を開発しているところである。しかし昨今の世界的な環境意識の高まりから今後、これら製品の需要増加が見込まれるため、中長期的な視点から抜本的な対策が求められる。

このため、我が国の強みであるナノテク技術や新素材・部材の開発力を生かし、レアメタルに依存しない低炭素社会の実現を可能とする新規永久磁石の研究開発を促進する必要がある。

2. 研究開発の概要

資源枯渇に脅かされない至極ありふれた元素である鉄と窒素を主原料とすることにより脱希少金属化を可能とさせ、現行の Nd-Fe-B 系磁石の特性を凌駕するポテンシャルを持つ高飽和磁束・高磁気異方性新規磁石材料の探索を行う。鉄-窒素系化合物として窒化鉄系材料と希土類 (R)-Fe-N に着目し、モータ用途への応用展開をにらみつつ、ナノレベルの微細構造・形成解析と磁気特性評価を通し、窒化鉄の所望相の合成技術指針の獲得と R-Fe-N のバルク化技術の構築を図る。

(1) 「窒化鉄系材料の合成とその基礎特性把握」

これまで蓄積してきた窒化鉄薄膜に関する豊富な知見をもとに、これまで獲得してきたナノ粒子化技術を援用し、所望相である  $Fe_{16}N_2$  相が実現可能な直接合成あるいは間接合成技術の獲得を目指す。

(2) 「R-Fe-N 系磁石の高性能化に向けた要素技術開発」

R-Fe-N 系化合物の優れた磁気特性に着目し、これらを高充填でバルク化して高性能磁石とするための要素技術を開発するため、磁性粉末やバインダ材料などの材料とパルス通電焼結法、低温せん断圧縮法、超高压法などのバルク化技術を検討する。また、非平衡相を作製できる薄膜法や超高压を用いて新たな R-Fe 系化合物を探索する。

(3) 「新規磁石材料の高特性化に向けた指導原理獲得」

アトムプローブなどの微細構造解析技術および電子顕微鏡観察によるナノ粒子の微構造観察技術を上記 (1) 項および (2) 項で作製した新規磁石材料に適用し、粒子の粒径・形態や焼結状態、結晶配向性、組成分布等の構造情報を得て、新規磁石材料の高特性化に向け、それら構造的知見を合成・プロセス条件にフィードバックする。

(4) 「モータの評価・解析」

新規磁石および希土類磁石を用いたモータの特性比較および新規磁石に適したモータ構造に関する検討で得られた知見を実証するため、実際に磁石モータを試作し、試験を行う。まずは先行して希土類磁石を用いたモータの試作・試験を行うことで、シミュレーションから実証試験までを一貫して行える態勢を作る。

3. 達成目標

最終目標：平成 22 年度

(1) 窒化鉄系材料の開発

- ・出来る限り早期に 80% 以上の  $Fe_{16}N_2$  相からなる微粒子を作製し、高性能磁石化に資する基本特性を確認する。
- ・磁石化に向けて、より保磁力を高める磁性粉末の開発指針を得る。

(2) R-Fe-N 系材料の開発

- ・モータ用磁石としての実用を考え、保磁力 20 kOe 程度を目標とする。



研究開発項目⑨-2「Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石及びイットリウム系複合材料の開発」  
(超軽量高性能モータ等向けイットリウム系複合材料の開発)

1. 研究開発の必要性

超軽量かつ高性能な次世代モータ、発電機やMRI等の次世代医療診断機器等の実現のためには、高い磁場を発生させることのできるコイル（電磁石）が必要となる。

イットリウムは光学ガラス、赤色蛍光体、自動車の排ガス処理用触媒等に利用されている希少金属である。イットリウムを用いた複合材料は、ジスプロシウムを含有するモータ部材に将来的に代わる可能性があると期待されている。イットリウム系複合材料は、次世代モータ、発電機、医療診断機器等の実現には不可欠な材料であり、この開発を行う必要がある。

2. 研究開発の概要

本プロジェクトは、ジスプロシウムを含有するモータ部材に将来的に代わる可能性のある次世代モータ部材を実現するイットリウム系複合材料の開発を行う。イットリウム系複合材料は高温超電導材料であり、線材形状をしていることから界磁巻線同期回転機への適用が可能である。超電導材料は電気抵抗が零であることから損失なく電流を流すことができる。特に、イットリウム系超電導体（ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ ）は約 90 K 以上の臨界温度（ $T_c$ ）を有し、特に磁場中で高い臨界電流（ $I_c$ ）特性を示すことから、電動機等の回転機の磁場中での応用に適した材料である。しかしながら、コンパクトなモータを実現するためには効果的な磁場環境を作り出すことが必要であり、この条件を満たすためには、強力な電磁力に耐え得る機械的な強度と共に接続損失低減のために単長の長い線材が必要となる。そこで、本研究開発では、まず、必要な特性を有した超長尺イットリウム系複合材料を作製するプロセスを開発する。並行して、更に希少金属の利用率の低減が期待できるプロセス開発を行うと共に、イットリウム系複合材料を用いたモータに対する構造最適化のための課題を抽出することを目的とした概念設計、巻線技術及び冷却技術等の要素技術開発を実施する。

(1) 超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発

本項目では、これまで国内で 500 m 長複合材料を実現できている作製プロセスを選択し、イットリウム系複合材料を用いた電磁石を実現するために必要な  $I_c$  を超える高い特性を有した超長尺複合材料を実現するプロセス開発を行う。

(2) イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発

本項目では、研究項目（1）で選択したプロセスに比べて現状では長尺作製実績は十分ではないものの原理的に高い原料収率が見込まれる作製手法において複合材料プロセスの開発を行うことで、イットリウム利用率向上技術の開発を行う。

(3) イットリウム系複合材料を用いた回転機要素技術開発

本項目では超長尺イットリウム系複合材料を用いたモータに対する構造最適化のための課題抽出を目的として、磁場、応力等のシミュレータの開発とこれを用いた構造評価を行なうと共にモータ開発の基軸になる傘型等異形界磁巻線、サーモサイフォン式冷却方式の要素技術の開発を並行して行う。

3. 達成目標

最終目標：平成 22 年度

(1) 300 A/cm 幅 (@77 K、自己磁場) の特性を有し、1 km を超える超長尺複合材料作製を見通す。

(具体的目標値)

- ・1km 長複合材料を作製し、平均  $I_c$  が 200A/cm 幅以上 (@77 K、自己磁場) であることを実証する。
- ・同条件で作製した 10m 長以上の複合材料で  $I_c$  が 300A/cm 幅 (@77 K、自己磁場) 以上を実証する。

(2) 超電導層の連続形成プロセスにおいて、原料収率 40% 以上を見通す。

(具体的目標値)

- ・全成膜領域に対し、静止成膜により原料収率 40% 以上を実証する。
- ・成膜領域の一部を通過する移動成膜により、静止成膜結果から予想される成膜量を実

証する。

- (3) 大容量回転機（500kW級－1000rpm級）概念設計により、イットリウム系複合材料による大型回転機の優位性を見通す。また、傘型界磁巻線の試作とその熱的、電磁氣的、機械的特性評価およびサーモサイフォン式冷却試験とその冷却特性評価により、500kW級－1000rpm級回転機の設計に資する。

（具体的目標値）

- ・ 磁場－応力－伝熱を連成した回転機評価用シミュレータを開発する。
- ・ 上記シミュレータを用いた総合評価により傘型コイル利用回転機で従来の永久磁石回転機に比べ希少希土類元素使用量が 1/10 となる成立性を示す。
- ・ Ne を用いたサーモサイフォン式冷却装置において高速回転時の回転数と冷却能力の関係を明らかにし、回転機の冷却設計を可能にする。

研究開発項目⑩-1「排ガス浄化向けセリウム使用量低減技術及び代替材料開発、透明電極向け  
インジウムを代替するグラフェンの開発」  
(排ガス浄化向けセリウム使用量低減技術及び代替材料開発)

1. 研究開発の必要性

セリウムは、フラットパネルディスプレイやハードディスク向けガラス、デジタルカメラ等のレンズの研磨剤、排ガス浄化用助触媒、紫外線カットガラス、蛍光体向け等の材料として用いられている。世界最大のレアアース供給国である中国からの輸出統計によれば、わが国は世界最大のセリウム消費国である（内需データが不明な中国を除く）。わが国におけるセリウム需要（平成21年）では、研磨材向けが約79%、触媒向けが約13%、紫外線カットガラス向けが約8%になっており、その消費量は平成21年度現在約9,300t（酸化物換算）と推計されている。排ガス浄化向けには、中国やインドをはじめとした世界的な自動車需要の増加、ガソリン車やディーゼル車の排出ガス基準値の強化への対応、白金触媒の材料コスト削減のための助触媒としての使用量増、などにより引き続き使用量が増えることが想定される。セリウムは、この半年で、急激な価格上昇、供給の大幅減に直面しているが、わが国が成長を期待する産業において成長を阻害する要因として懸念され始めている。

本研究開発は、排ガス浄化向けのセリウム使用原単位を30%以上低減するため、以下の基盤技術及び製造技術を開発する。

2. 研究開発の概要

本プロジェクトは、自動車排ガス浄化触媒システムにおいて、助触媒としての役割をもつセリウムの使用量を30%以上低減することを目標とする。

- (1) 排ガス浄化に対するセリウムの作用原理の獲得
- (2) セリウムを代替・使用量を低減する材料の開発
- (3) セリウムの使用を低減した触媒付きフィルターの開発
- (4) 触媒付きフィルター製造時のセリウムの省使用技術の開発
- (5) 触媒付きフィルター製造工程内からのセリウム回収システムの開発
- (6) セリウムを使用しない排ガス浄化触媒システムの開発
- (7) セリウム回収技術の開発

等

(上記は例示であり、公募により優れた提案があった場合は、(1)～(7)以外にも実施するものとする。)

3. 達成目標

排ガス浄化向けセリウム使用原単位を30%以上低減する基盤技術及び製造技術を開発することを目標とする。

最終目標：平成23年度

本研究テーマは希少金属安定供給確保に資するものとして、「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）」の一環で実施するため、詳細な目標については採択者が決定した後、NEDO、テーマリーダー及び採択者との間で協議の上、実施期間において実現可能な目標を定めるものとする。

研究開発項目⑩-2「排ガス浄化向けセリウム使用量低減技術及び代替材料開発、透明電極向け  
インジウムを代替するグラフェンの開発」  
(透明電極向けインジウムを代替するグラフェンの開発)

1. 研究開発の必要性

インジウムは、液晶テレビやパソコンモニター等のフラットパネルディスプレイのガラス上の透明導電用にITO（インジウムと錫の複合酸化物）として使用されている。この用途向けの消費量は国内消費量の約90%を占めているが、その他にも高効率の太陽電池として注目されているCIGS系太陽電池や、化合物半導体、蛍光体向けなどに使われている。ここ数年、鉱山開発や、フラットパネルディスプレイ製造工程からのリサイクル化も進んでいるが、引き続き需要の拡大が見込まれている。

このような中、インジウムの使用量低減技術の開発、ZnOによる代替材料開発を本プロジェクトでは平成19年度から行っているが、インジウムの供給不安定による影響がなく、さらに新たな機能を備えた代替材料の開発も進められ成果が発表され始めている。グラフェン等のナノ炭素材料を用いた透明導電フィルムの開発は、炭素というありふれた材料を用いることから材料コスト低減や、フレキシブル用途への展開も可能であることから、我が国の産業競争力の向上が期待できる。一方でグラフェンをITO代替材料として実用化するためには、諸外国との開発競争に勝ち、透明電極開発の優位性を確保することが重要な課題となっている。

本研究開発は、ITO代替を実現するため、グラフェンによる透明電極の基盤技術及び製造技術を開発する。

2. 研究開発の概要

本プロジェクトは、グラフェンによる透明電極の実用化に向け、以下の技術を開発することを目標とする。

- (1) 透明電極用途の特性を満足するグラフェンの開発
- (2) 透明電極用途の特性を満足するグラフェンの大量合成技術の開発
- (3) 透明電極の使用に供する透明フィルムの製造技術（ロールtoロール製造技術等）の確立等  
(上記は例示であり、公募により優れた提案があった場合は、(1)～(3)以外にも実施するものとする。)

3. 達成目標

グラフェンによる透明電極の実用化に向け、基盤技術及び製造技術を開発することを目標とする。

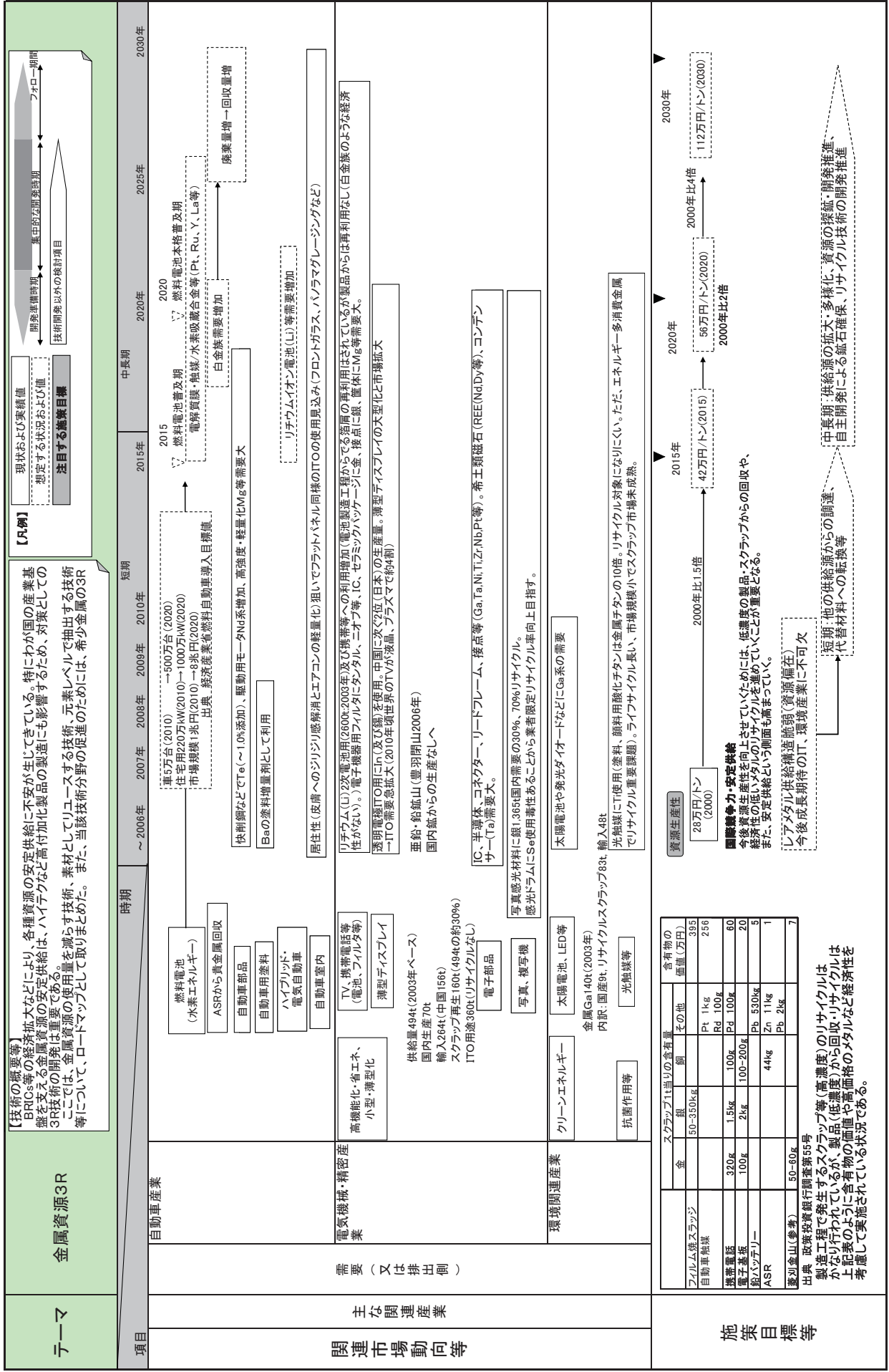
最終目標：平成23年度

本研究テーマは希少金属安定供給確保に資するものとして、「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）」の一環で実施するため、詳細な目標については採択者が決定した後、NEDO、テーマリーダー及び採択者との間で協議の上、実施期間において実現可能な目標を定めるものとする。

3R分野の詳細技術ロードマップ(9/15)  
金属資源3R (D)

テーマ	金属資源3R	
	【技術の概要等】 BRICs等の経済拡大などにより、各種資源の安定供給に不安が生じてきている。特にわが国の産業基盤を支える金属資源の安定供給は、ハイテクなど高付加製品の製造にも影響するため、対策としての3R技術の開発は重要である。 ここでは、金属資源の使用量を減らす技術、素材としてリユースする技術、元素レベルで抽出する技術等について、ロードマップとして取りまとめた。	【凡例】 現状および実績値 想定する状況および値 注目する施策目標 開発推進時期 技術開発以外の検討項目 フォロー期間
項目	短期 2006年～2010年 中期期 2015年 長期 2020年 2030年	2030年 資源生産性を2020年に56万円/トン(2000年比2倍)、2030年に112万円/トン(2000年比4倍)とする。 リサイクル製品等から精製されたレアメタルの供給量が増える。 中国をはじめとするBRICs諸国のGDPが一部先進国を超える。 BRICs諸国のハイテク製品の生産増に伴いハイテク用レアメタル需要増。 レアメタルの需要が増えるが、使用量の少量化で需給の更なる逼迫は回避。 貴重な金属資源の使用量を削減する代替品開発 持続的な資源利用を図るための高効率化、不純物混入防止技術開発
概要	目標 資源生産性を2015年に42万円/トン(循環基本計画目標)とする。 亜鉛鉱山等の閉山で益々海外依存度が高まる。 ITの進展や技術の進歩、環境低負荷技術、高品質素材の要求など(小型、省エネ、高機能)で希少金属の利用が広範囲に広がる(国内) 一部資源の価格高騰(供給量不足) 中国をはじめとするBRICs諸国の台頭により、一部資源の需要量(構造物用)が増加し貴重な金属資源の確保が厳しくなる。 再生利用の徹底を図るための分離回収技術開発	日本のGDPを超える中国(2017)インド(2028) GDP BRICs > G7 (2035) 出典 第一生命経済研究所2005.5.27 No.A-18
関連市場動向等	レアメタル生産国/需要国の経済状況の変化等 レアメタル31鉱種(希土類17鉱種を1鉱種扱い)の内、特に産業の振興を支えるIT関連・環境関連産業等に必須な金属	出典 「総合資源エネルギー調査会 鉱業分科会 レアメタル対策部会報告書」(平成16年7月28日)
主要関連産業	非鉄産業 (又は供給処理側)	<p>＜備蓄7鉱種＞ ・ニッケル ・クロム ・タンガステン ・コバルト</p> <p>＜要注視10鉱種＞ (カリウムおよび資源集産度大) ・パラジウム ・プラチナ ・ニオブ ・アンチモン</p> <p>（IT関連需要急増および必須） ・タングステン(需要急増) ・ガリウム(必須) （IT関連需要比率大および需要増） ・インジウム</p>
	鉄鋼産業 (又は排出側)	<p>国内鉱山減少(輸入鉱増加) リサイクル製鉄への期待 現状 鉱石副産物および金属資源リサイクル等を通してレアメタル供給 出典 日本鉄業協会資源化部会 特殊鋼等レアメタルを添加剤として利用(Cr, Ni, Mo, V, Co, Mn等)</p> <p>新しい経済環境 亜鉛鉱山等の閉山による国内生産減(輸入鉱増加) 鉱山、都市鉱山の管理費用</p> <p>国の政策支援等 国内のインフラ持続 十分なレアメタルの供給可能</p>
自動車産業	需要(又は排出側)	<p>2015年 自動車リサイクル率(95%目標) 輸出中古車分を含めた廃車触媒からの白金族の回収率向上のためのシステムを構築</p> <p>2005年 環境対応・高機能化・省エネ化 生産量 Pt Pd Rh(2004年々々) 南ア 159 81 19 ロシア 27 116 3 米国 11 29 1 回収 25 21 5 その他 8 9 1 合計 230 256 28 リサイクル 11% 8% 17% 触媒 125 115 26 出典 JM Pt Report</p>
<p>再資源化率 国内生産比 銅 130.2t 9.2% 鉛 103.2t 146.0% 亜鉛 95.0t 15.8% 白金 90.8t 23.8% パラジウム 90.8t 39.3% その他 240t 7.0% 総計 342千t</p>		

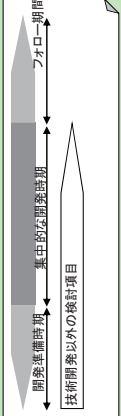
### 3R分野の詳細技術ロードマップ (10/15) 金属資源3R (D)





3R分野の詳細技術ロードマップ(12/15)  
金属資源3R (D)

テーマ	金属資源3R		【技術の概要等】 BRICs等の経済拡大などにより、各種資源の安定供給に不安が生じてきている。特にわが国の産業基盤を支える金属資源の安定供給は、ハイテクなど高付加製品の製造にも影響するため、対策としての3R技術の開発は重要である。 ここでは、金属資源の使用量を減らす技術、素材としてリユースする技術、元素レベルで抽出する技術等について、ロードマップとして取りまとめた。また、当該技術分野の促進のための、希少金属の3R等について、ロードマップとして取りまとめた。									
	項目	時期	短期 2006年～2010年	2007年	2008年	2009年	2010年	2015年	2020年	2025年	2030年	
金属資源(レアメタルなど)	分離・回収技術	薄型ディスプレイITO	3R3012	パネルから透明膜ITO分離およびITOスクラップからインジウムリサイクル	スバタリング工程で発生するスクラップはリサイクル済 液晶パネルからのITO分離 日本In需要世界位419t(2003)8割ITO20%増加 液晶TV5900万台、プラズマ1160万台世界のTVの37%占める(2009年)	製品からの回収はされていない(経済的にリサイクル採算合わない)	低濃度から高濃度への濃縮工程、パネルからのインジウム回収技術(低コスト化) 出典(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 「鉱物資源マテリアルフロー-2004」					
		廃触媒(硫酸製造用等)からのバナジウムVの回収	3R3013	廃触媒から低コスト、回収率向上技術(リサイクル寿命が10年～20年と長いのが特徴)	世界のラインパイプ需要繊維、鋼材の高抗張力化需要 廃触媒から低コスト、回収率向上技術	国内バナジウム原料のソースであり重要(2003年:798t) 「鉱物資源マテリアルフロー-2004」						
		超硬工具からの外ングステン(W)、コバルト(Co)、モリブデン(Mo)等回収	3R3014	超硬工具からのタングステン(W)、コバルト(Co)、モリブデン(Mo)等回収	超硬工具から回収技術の確立	低コスト回収技術の確立						
		埋立物	3R3015	高度前処理技術(メタル等の分離+均質混合技術)	高度前処理技術(メタル等の分離+均質混合技術)							
		自動車部品等に含まれる添加剤レアメタル	3R3016	部品のリユース、レアメタル回収	中古車500万台(輸出約100万台):部品としてリユース20～80%、 素材としてリサイクル50～55%合計して再資源化率75～89% 自動車部品のリユース(部品の海外輸出の抑制等) ハイブリット車、Liイオン電池からのレアメタル回収	出典(独)政策投資銀行「使用済み自動車リサイクルを巡る展望と課題」						
		携帯、ノートPC等の筐体、自動車部品等に使用されるMg	3R3017	使用済み製品からのマグネシウム(Mg)回収方法及びのリサイクル	主な需要量 アルミ合金添加剤:9014t/y ダイキャスト:9,789t/y 射出成型品:2,876t/y	ダイキャスト製品(自動車部品、射出成型品(筐体)回収方法及びリサイクル技術開発)						
		複合素材等	3R3018	ポート、プリント基板、建設廃材のFRP(ガラス長、短繊維)に含まれるボウ素のリサイクル	出典(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構「鉱物資源マテリアルフロー-2004」 使用済みFRP廃棄物:他材料との複合体、不純物汚染再資源化困難	易分解、単成分化で含有元素ホウ素リサイクル						
		リデュース技術	3R3019	各種レアメタルの使用量削減技術(W, In, Nd, Dy等)	製造工程での各種レアメタル使用量削減技術(W, In, Nd, Dy等)							
		代替素材開発	3R3020	燃料電池の電解質膜、触媒等	高価で希少な白金系を代替するもの開発	白金系に変わる触媒等の開発						
		その他	薄型ディスプレイや自動車室内のITO	3R3021	透明ITOのインジウムInに替わるもの開発	インジウム代替物質でITO製造する技術(酸化亜鉛等)						
超硬工具、電子機器・自動車用等モーター類	3R3022		超硬工具のタングステン、モーター用磁石からのダイヤモンドの代替素材開発	超硬工具のW、磁石用Dyの代替材料開発								
共通基盤技術	3R3023		識別技術	構成金属の簡易識別技術								
		3R3024	破砕・粉末化技術	粉末冶金製品の破砕・粉末化技術								
		3R3025	統計データの収集等	統計データの収集等	レアメタル等のマテリアルフローおよびリサイクル統計データ等整備 マテリアルフロー-動定の規格化							



【凡例】  
現状および実績値  
想定する状況および値  
注目する施策目標



# 事前評価書

作成日

平成21年 2月 24日

1. 事業名称	希少金属代替材料開発プロジェクト
2. 推進部署名	ナノテクノロジー・材料技術開発部
3. 事業概要	<p>(1) 概要</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・背景 インジウム、ディスプロシウム、タングステン、白金族、セリウム、テルビウム・ユーロピウム等の希少金属については、これからの成長分野である情報家電、ロボット、電池、自動車、省エネ型照明等の新たな産業分野の拡大により需要が増大する見込みである。</li> <li>・目的 特定産出国への依存度が高い希少金属は、市場メカニズムが必ずしもうまく機能しない可能性を有し、その供給リスクは経済成長の制約要因となる。そこで、本研究開発は非鉄金属資源の安定供給確保に向けた戦略の一部として代替/使用量低減を目指すものである。</li> <li>・研究開発概要 平成19年度に研究開発を開始したインジウム、ディスプロシウム、タングステンの既存3元素に加え、平成21年度から白金族、セリウム、テルビウム等を新規に研究開発対象元素に追加する。各希少金属の需給動向予測から定めた消費量削減率の目標値を各元素毎に達成すべく、希少金属代替技術開発ロードマップを基本とし、各元素の使用量低減技術、代替材料の開発を進める。</li> </ul> <p>(2) 事業規模: 総事業費 81億円 (平成21年度事業費16億円(既存元素分含む))</p> <p>(3) 事業期間: 平成20年度*~25年度(6年間) *平成19年度は経済産業省で実施</p>
4. 評価の検討状況*** (***平成21年度に公募を予定している研究開発課題に関する事項のみ記載。)	
<p>(1) 事業の位置付け・必要性</p> <p>①位置付け</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本事業は第3期科学技術基本計画の中で以下のとおり位置付けられる。 【ナノテク・材料分野の戦略重点科学技術】 ↳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</li> <li>・本事業は技術戦略マップ上で以下のとおり位置付けられる。 【ナノテクノロジー分野技術マップ】(高度材料界面制御・高次組織制御) 共通基盤 ⇒ 貴金属成分の低減・新材料、新塗布技術 ⇒ 自動車触媒 【3R分野の技術マップ】 金属資源3R ⇒ 代替技術等</li> </ul>	

## ②必要性

希少金属である白金族、セリウム、テルビウム・ユーロピウムについては、これからの成長分野である自動車、情報家電、省エネ型照明等の新たな産業分野の拡大により需要が増大する見込みである。

これらの元素は特定産出国への依存度が高く、市場メカニズムが必ずしもうまく機能しない可能性を有し、その供給リスクは経済成長の制約要因となる。

各元素の各論を以下に示す。

### 【排ガス浄化向け白金族(Pt)】

白金は、自動車排ガス触媒を中心とする各種触媒、電気電子機器等に用いられており、排ガス触媒向けを中心に世界的に需要が増加している。白金の新地金生産は年間約 200 トンであり、その 90%以上を南アフリカとロシアが担っている。白金の国内需要はおよそ 30 トン、うち 19 トンが自動車触媒向けであるが、供給の 80%を南アフリカに依存している。一方、南アフリカにおいては、近年設備や安全上の問題による鉱山閉鎖、電力不足による操業停止など、供給懸念が顕在化している。

今後、世界的な自動車需要の増加、及び特に日本・欧州を中心としたディーゼル排ガス規制の強化により、排ガス触媒向け白金の需要が拡大すると見込まれる

白金生産の 90%を南アフリカとロシアが担っていることから、将来の排ガス触媒等の需要拡大に対する供給不足が発生し、わが国の産業において成長阻害の懸念がある。

### 【精密研磨等向けセリウム(Ce)】

セリウムは、フラットパネルディスプレイのパネルガラス、パソコン用ハードディスクドライブ内のガラスディスクの研磨材として用いられている。世界最大のレアアース供給国である中国からの輸出統計によれば、わが国は世界最大のセリウム消費国である(内需データが不明な中国を除く)。わが国におけるセリウム需要の過半(5割以上)は、研磨材向けの需要によって占められており、その消費量は平成 19 年現在 9,000 トン(酸化物換算)ほどと推計されている。

今後、テレビのフラット化進行などにより、全世界でフラットパネルディスプレイの主要用途である薄型テレビの生産拡大が見込まれること、また新興国等におけるIT化進行などによりハードディスクドライブの主要用途であるパソコンの生産拡大が見込まれることなどから研磨材料向けセリウムの需要も拡大するものと思われる。

希土類元素(レアアース)であるセリウムは、全世界における供給の9割強を中国が担っていることから、将来の研磨材料等の需要拡大に対する供給不足が発生し、わが国の産業において成長阻害の懸念がある。

### 【蛍光体向けテルビウム・ユーロピウム(Tb・Eu)】

テルビウムは、照明用三波長ランプ(蛍光灯)や液晶テレビのバックライトの蛍光体(緑色蛍光体の付活体)として用いられている。ユーロピウムも同様に照明用三波長ランプや液晶テレビのバックライト用蛍光体(赤色蛍光体の付活体)として用いられている。世界最大のレアアース供給国である中国からの輸出統計によれば、わが国は世界最大のテルビウム・ユーロピウム消費国である(内需データが不明な中国を除く)。わが国におけるテルビウム需要の過半(7~8割)は蛍光粉向けの需要によって占められており、その消費量は平成 19 年現在 100 トン(酸化物換算)ほどと推計されている。また、ユーロピウム需要のほぼ全量は蛍光粉向けの需要によって占められており、その消費

量は平成 19 年現在 70 トン(酸化物換算)ほどと推計されている。

今後、地球温暖化対策および省エネルギー対策の進展を受けた白熱電灯から蛍光灯への切替拡大により、全世界で照明用三波長ランプの生産拡大が見込まれること、またテレビのフラット化進行などにより、全世界で液晶テレビのバックライトの生産拡大が見込まれることなどから蛍光粉向けテルビウム・ユーロピウムの需要も拡大するものと思われる。

希土類元素(レアアース)であるテルビウム・ユーロピウムは、全世界における供給の9割強を中国が担っていることから、将来の蛍光粉等の需要拡大に対する供給不足が発生し、わが国の産業において成長阻害の懸念がある。

## (2) 研究開発目標の妥当性

①設定理由:開発対象の各希少金属の需給動向予測から、将来の需給の逼迫状況を回避するために必要な国内使用量削減目標値を算定し、これを製造技術開発目標値とした。

②条件:機能、製造コストは現状と同等とする。

③目標値:平成25年度までに以下希少金属元素の使用原単位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。

- ・排ガス浄化向け白金族(Pt) :現状から 50%以上低減
- ・精密研磨等向けセリウム(Ce) :現状から 30%以上低減
- ・蛍光体向けテルビウム・ユーロピウム(Tb・Eu) :現状から 80%以上低減

各元素の各論を以下に示す。

### 【排ガス浄化向け白金族(Pt)】

白金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は、需要面では短期的には日本及び欧州における自動車排ガス規制の強化、中長期的には開発途上国における自動車需要の増加と排ガス規制の実施・強化があげられる。供給面では、世界のほぼ8割を生産している南アフリカにおける設備や安全上の問題による鉱山閉鎖、電力不足による操業停止などの供給懸念がある。

日本及び欧州では、平成25年までにディーゼル排ガス規制の強化がすでにスケジュール化されている。日本では、平成22年からポスト新長期規制が本格施行されるほか、すでに法制化されているオフロード車の排ガス規制の猶予期間が終了し、本格的な規制が実施される。欧州では、Euro4規制が平成21年にEuro5規制に移行するが、平成26年にはさらに厳しいEuro6規制の実施が計画されている。また、オフロード規制も平成24年には現行の3次規制から4次規制に強化される。2007年の国内のディーゼル乗用車生産はおおよそ750千台と推計されるが、うち520千台が輸出でありその70%は欧州向けである。欧州における排ガス規制強化は、世界需要の増加をもたらすのみでなく、欧州向け輸出車を生産する国内白金需要の増加をもたらす。ディーゼル車の場合、燃料中の硫黄分や排ガス温度の問題から、パラジウムによる白金代替も現状では困難とみられる。現在すでに需要が供給を上回る白金市場において、需給がさらに緊迫することが想定される。

平成25年における白金の予想国内需要量は、同年の予想国内供給量(平成19年と同等と仮定)の1.35倍と想定される。政策的観点および技術的な実現可能性も勘案して、白金の代替材料開発

等に係る施策目標を消費量削減率 50%と設定した。

#### 【精密研磨向けセリウム(Ce)】

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テレビのフラット化、また液晶テレビ等の需要拡大、主要産出国である中国におけるE/L 発給枠の抑制、新レアアース鉱山の開発などがある。

今後も液晶テレビの生産に伴うパネルディスプレイ用の研磨材需要は伸び続けると思われること、中国の内需拡大による輸出抑制の動きはより強化されると思われること、新規鉱山が開発されたとしても供給量は全世界供給量のごく一部に過ぎないこと、などからセリウムの需給バランスは長期的に緊迫する方向にあると考えられる。

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5%で供給量が減少すると仮定)の 1.48 倍と想定される。政策的観点および技術的な実現可能性も勘案して、セリウムの代替材料開発等に係る施策目標を消費量削減率 30%と設定した。

#### 【蛍光体向けテルビウム・ユーロピウム(Tb・Eu)】

テルビウムおよびユー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省エネ型三波長ランプ(蛍光ランプ)の導入拡大、また液晶テレビ等の需要拡大、主要産出国である中国におけるE/L 発給枠の抑制、新レアアース鉱山の開発などがある。

今後も地球温暖化対策の進展から省エネ型照明器具向けの蛍光粉需要は伸び続けると思われること(白熱電灯から蛍光灯や LED 照明への切替)、液晶テレビの生産に伴うバックライト用の蛍光粉需要は伸び続けると思われること、中国の内需拡大による輸出抑制の動きはより強化されると思われること、新規鉱山が開発されたとしても供給量は全世界供給量のごく一部に過ぎないこと、などからテルビウムおよびユーロピウムといった重希土類の需給バランスは長期的に緊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、同年の予想国内供給量(中国以外の重希土供給は極めて限られているため、セリウムよりも厳しく年率8%で供給量が減少すると仮定)の 1.86 倍と想定される。同様にユーロピウムの場合は、1.93 倍と想定される。政策的観点および技術的な実現可能性も勘案して、テルビウムおよびユーロピウムの代替材料開発等に係る施策目標を消費量削減率 80%と設定した。

### (3) 研究開発マネジメント

#### ①公募要領

本プロジェクトは平成25年度末には所定の削減目標値を達成したサンプル試作が可能な研究開発を推進する事が目的である。開発スピード重視の観点から、課題設定型の提案公募方式とする。

#### ②研究開発体制

研究開発テーマごとに、それら実施者間において共同研究契約等を締結する研究体制を構築する。各研究体制の構築にあたっては、大学等と企業等との産学連携研究体制および川上と川下の垂直連携体制が最大限実現されるよう努める。

また、各研究開発グループの有する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、各研究開発グループには経済産業省が指名する研究開発責任者

(テマリリーダー)を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

### ③中間評価

プロジェクト開始後3年目に中間評価を予定しており、その評価結果を踏まえて事業全体について見直しを行うことでプロジェクトの進捗管理と社会情勢、対象3元素の需給バランス状況等の変化に対応する。

## (4) 研究開発成果

以下のキーテクノロジーを活用し、平成25年度末には所定の削減目標値を満足するサンプル試作が可能な研究開発を推進する。

- ・結晶粒界・界面・薄膜性状の観察及び制御による、機能発現メカニズムの解明と構造最適化技術の開発。
- ・新たな材料や原料特性に適合した製造プロセスの開発。
- ・第一原理計算を初めとする数値計算による材料の最適設計開発技術。

等

具体的には以下の研究開発を行う。

### ①排ガス浄化向け白金使用量低減技術開発および代替材料開発

本研究では、(1)触媒反応解析に基づく触媒活性高度化技術(例えば白金・担体相互作用・電子状態制御、複合化による吸着・反応性の新機能発現)、(2)担体物性・担持構造の最適化(担体効果等)による触媒性能向上技術(例えば微細構造導入による排ガス拡散性向上・組織制御した担体への担持等白金有効表面積の増加)、(3)代替金属・化合物による貴金属代替・削減技術(例えばDPF 燃焼触媒の銀による代替)の開発等を実施し、白金使用原単位を現状値より50%以上削減可能な基盤技術および製造技術を開発する。

### ②精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発および代替材料開発

本研究では、(1)酸化 Ce 砥粒の研磨メカニズムに関する理論的解明及び理想的砥粒の開発・合成、(2)官能基によって表面修飾された砥粒の開発・合成、(3)酸化鉄・ジルコニア・シリカの高機能化、(4)砥粒の高効率利用の開発等を実施し、セリウム使用原単位を現状値より30%以上削減可能な基盤技術および製造技術を開発する。

### ③蛍光体向けテルビウム・ユーロピウム使用量低減技術開発および代替材料開発

本研究では、(1)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、(2)高効率で発光するガラス(発光効率を向上させる添加物の模索・合成)の開発、(3)省使用型製造プロセスの開発等を実施し、テルビウム・ユーロピウム使用原単位を現状値より80%以上削減可能な基盤技術および製造技術を開発する。

## (5) 実用化・事業化の見通し

我が国の産業競争力の維持を図るためには必須の技術であるとともに、本研究で開発する製造技術により、これからの成長分野である自動車、情報家電、省エネ型照明等の新たな産業分野の拡大にも寄与する。

具体的な実用化・事業化の見通しは以下のとおりである。

#### ①排ガス浄化向け白金使用量低減技術開発および代替材料開発

触媒反応機構・反応活性点の構造など、触媒ナノ反応の基本特性を解明し、触媒活性点を最適化することにより、自動車排ガス触媒における白金原単位を5割以上削減できる見込みである。本技術の場合、白金・担体相互作用の制御技術、触媒表面の電子状態の制御技術、添加金属との複合化による吸着・反応性等の新機能発現技術等を実現させることにより、5年後にはサンプル作成まで到達することができる見込みである。

触媒担体の物性及び担持構造を最適化させ、白金有効表面積の増加技術、白金粒子分散性向上技術を実用化することにより、自動車排ガス触媒における白金原単位を5割以上削減できる見込みである。本技術の場合、担体に微細構造を導入し排ガスの拡散性を向上させ白金有効表面積を増加させる技術の確立、金属ナノ粒子分散担持技術及び担体上へのナノホール多孔体への異種金属担持による白金粒子分散性向上技術により白金粒子の凝集を抑制し、白金原単位を5割以上削減したサンプルを、5年以内に製作できる見込みである。

ディーゼルPM酸化触媒(DPF)において、PM酸化剤をNO<sub>2</sub>からO<sub>2</sub>に代えDPFでのNO<sub>2</sub>生成を不要にすることにより、DPF触媒の機能をHC・COの酸化に限定することができる。DPFにおける白金触媒の機能をHC・COの酸化に限定することにより、DPF触媒の白金を銀で代替することができ、ディーゼル触媒の白金原単位を5割以上削減できる見込みである。NO<sub>2</sub>が介在しないDPF触媒の実用化により、5年後にはサンプル作成まで到達することができる見込みである。

排ガス触媒向け白金の国内出荷額は、平成19年現在で1,430億円程度(5.5百万円/kgとして)と推定されるが、平成25年には1,870億円規模(5.5百万円/kgとして)に拡大すると見込まれる。また、排ガス触媒が用いられる最終財でみると、平成19年現在の自動車の国内生産額は24兆2,800億円程度であるが、平成25年もほぼ同程度の水準と見込まれる。

#### ②精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発および代替材料開発

酸化セリウム砥粒の研磨メカニズムに関する理論的な解明を行い、これを理想的砥粒として実用化させることで、ディスプレイガラス等の研磨において現在よりも酸化セリウム砥粒の消費原単位を現状比3割以上削減することができる見込みである。本技術の場合、理想的砥粒に必要な要素である格子欠陥や粒径の制御を実現させることで、5年以内にサンプル製作まで到達することができる見込みである。

官能基によって表面修飾された砥粒の開発・合成を実用化させることで、前述同様にディスプレイガラス等の研磨において現在よりも酸化セリウム砥粒の消費原単位を現状比3割以上削減することができる見込みである。本技術の場合、フラーレン等の微粒子にガラス親和性の高い官能基を修飾させることで、5年以内にサンプル製作まで到達することができる見込みである。

酸化鉄・ジルコニア・シリカの化学的研磨能を高度化(電気的親和性の向上等)させることで、前述同様にディスプレイガラス等の研磨において現在よりも酸化セリウム砥粒の消費原単位を現状比3割以上削減することができる見込みである。本技術の場合、酸化鉄等の電気的親和性を高める添加材の開発等を行うことで、5年以内にサンプル製作まで到達することができる見込みである。

酸化セリウム砥粒を含むスラリーの飛散を防止する技術を実用化させることで、前述同様にディスプレイガラス等の研磨において現在よりも酸化セリウム砥粒の消費原単位を現状比3割以上削減することができる見込みである。本技術の場合、電圧を印加した環境下でスラリー研磨を可能にすることで、5年以内にサンプル製作まで到達することができる見込みである。

研磨材向けセリウムの国内出荷額は、平成 19 年現在で 56 億円程度と推定されるが、平成 25 年には 64 億円規模に拡大すると見込まれる。また、セリウム系研磨材が用いられる最終財でみると、平成 19 年現在の液晶テレビの国内出荷額は 8,180 億円程度、ノートパソコンの国内出荷額は 6,560 億円程度であるが、平成 25 年にはそれぞれ 9,440 億円程度、7,580 億円程度にまで拡大することが見込まれる。

### ③ 蛍光体向けテルビウム・ユーロピウム使用量低減技術開発および代替材料開発

蛍光粉に付活体として添加されるテルビウムおよびユーロピウムの発光メカニズムを理論的に解明し、これを実際の蛍光粉として合成、実用化させることで、三波長ランプおよび液晶バックライト向けに用いられる蛍光粉の消費原単位を現状比 8 割以上削減することができる見込みである。本技術の場合、発光効率の高い結晶中イオン配置を解明すること、またそのようなイオン配置を実際に合成プロセスで実現させることにより、5年以内にサンプル製作まで到達することができる見込みである。

ガラスやシリカを高効率で発光させるための構造および添加物を解明、検証し、これを実際に照明デバイスの一部として実用化、また蛍光粉の代替として実用化することで、三波長ランプおよび液晶バックライト向けに用いられる蛍光粉の消費原単位を現状比 8 割以上削減することができる見込みである（従来蛍光粉の代替として実用化する場合には完全代替することができる見込みである）。本技術の場合、高効率発光を可能にするガラス組成の解明し、理想的な構造・表面・形態の制御を実現させることにより、5年以内にサンプル製作まで到達することができる見込みである。

蛍光粉向けテルビウムおよびユーロピウムの国内出荷額は、平成 19 年現在でそれぞれ 88 億円程度、36 億円程度と推定されるが、平成25年にはそれぞれ 102 億円程度、42 億円程度に拡大すると見込まれる。また、これら蛍光粉が用いられる採集財でみると、平成 19 年現在の液晶テレビの国内出荷額は 8,180 億円程度、照明用三波長ランプの国内出荷額は 1,440 億円程度であるが、平成25年にはそれぞれ 9,440 億円、1,670 億円程度にまで拡大することが見込まれる。

## (6) その他特記事項

本事業は第3期科学技術基本計画の中でナノテク・材料分野に列挙される「戦略重点科学技術」のうち「資源問題解決の決定打となる希少資源・不足資源代替材料革新技術」にあたるものであり、文部科学省・独立行政法人科学技術振興機構(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シームレスな支援体制を確立して行うもので、我が国の科学技術力の向上という観点からも極めて意義が高いものである。

本プロジェクトの対象元素、研究開発目標値、研究開発項目については外部有識者からなる委員会の議論により決定した。具体的には平成17年度に対象元素の選定と、研究開発の方向性について検討した。平成18年度には本プロジェクトの企画委員会を組織し、研究開発目標値の設定と技術開発ロードマップの策定を実施した。

## 5. 総合評価

本プロジェクトは、ナショナルプロジェクトとして適切であると判断する。



## 研究テーマ名 希少金属代替材料開発プロジェクト(新鉱種の追加※)

### 研究目的

※平成19年度に開始したインジウム、ディスプロシウム、タングステンの使用量低減技術・代替技術開発に対象元素を追加するものであり、平成21年度に公募予定の項目のみ記載。

### 背景、目的、必要性

**背景:**白金族、セリウム、テルビウム・ユーロピウム等の希少金属については、これからの成長分野である自動車、情報家電、省エネ型照明等の新たな産業分野の拡大により需要が増大する見込みである。

**目的、必要性:**特定産出国への依存度が高い希少金属は、市場メカニズムが必ずしもうまく機能しない可能性を有し、その供給リスクは経済成長の制約要因となる。そこで、本研究開発は非鉄金属資源の安定供給確保に向けた戦略の一部として代替/使用量低減を目指すものである。

### 研究内容

#### 研究開発課題

特定産出国への依存度が高い希少金属として以下3元素を選定し、使用量低減技術開発、代替材料開発を進める。

- 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・ユーロピウム

#### キーテクノロジー、ブレークスルーのポイント、オリジナリティ

- 結晶粒界・界面・薄膜性状の観察及び制御による、機能発現メカニズムの解明と構造最適化技術の開発。
- 新たな材料や原料特性に適合した製造プロセスの開発。
- 第一原理計算を初めとする数値計算による材料の最適設計開発技術。 等

#### 目標値とその条件および設定理由

- 設定理由: 開発対象の各希少金属の需給動向予測から将来の需給の逼迫状況を回避するために必要な国内使用量削減目標値を算定し、これを製造技術開発目標値とした。
- 条件: 機能、製造コストは現状と同等とする。
- 目標値: 平成25年度までに以下希少金属元素の使用原単位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ベル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。
  - ①排ガス浄化向け白金族 (Pt) : 現状から50%以上低減
  - ②精密研磨向けセリウム (Ce) : 現状から30%以上低減
  - ③蛍光体向けテルビウム・ユーロピウム (Tb, Eu) : 現状から80%以上低減

### 技術戦略マップ上の位置付け

- ナノテクノロジー分野技術マップ(高度材料界面制御・高次組織制御) 共通基盤 ⇒ 貴金属成分の低減・新材料、新塗布技術 ⇒ 自動車触媒
- 3R分野の技術マップ 金属資源3R ⇒ 代替素材技術等 に位置付けられている。

### プロジェクトの規模

#### 事業費と研究開発期間(目安として)\*\*\*

事業費総額 30億円、研究開発期間5年(平成21~25年度)

### その他関連図表

\*\*\*新鉱種のみ

#### キーテクノロジーと製品化のイメージ

#### ①排ガス浄化向け白金族(Pt)

##### ●白金使用量低減技術開発/代替材料開発

- ・触媒・担体相互作用制御や触媒複合化による触媒活性向上技術の開発
- ・白金利用率向上技術の開発
- ・NO<sub>2</sub>生成不要なPM酸化触媒技術開発



自動車触媒

等

#### ②精密研磨向けセリウム(Ce)

##### ●セリウム使用量低減技術開発/代替材料開発

- ・研磨メカニズムに関する理論的解明および理想的砥粒の開発
- ・酸化鉄・ジルコニア・シリカの高機能化開発
- ・砥粒の高効率利用技術の開発



液晶パネル用ガラス

等

#### ③蛍光体向けテルビウム・ユーロピウム(Tb・Eu)

##### ●テルビウム・ユーロピウム使用量低減技術開発/代替材料開発

- ・発光メカニズムの理論的解明によるTb・Eu賦活体の発光効率向上技術開発
- ・高効率で発光可能なガラスの開発
- ・省使用型製造プロセスの開発



蛍光灯

等



「希少金属代替材料開発プロジェクト 基本計画（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

平成21年3月13日  
NEDO技術開発機構  
ナノテクノロジー・材料技術開発部

NEDO POST 3において標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。  
お寄せいただきましたご意見を検討し、別添の基本計画に反映させていただきました。  
みなさまからのご協力を頂き、ありがとうございました。

1. パブリックコメント募集期間

平成21年2月24日～平成21年3月6日

2. パブリックコメント投稿数<有効のもの>

計17件

3. パブリックコメントの内容とそれに対する考え方

ご意見の概要	ご意見に対する考え方	基本計画への反映
全体について		
<p>[意見1]（1件）</p> <p>・希少金属は 日本の自動車産業の根幹となる重要な部品や材料として多く使われてきました。しかしながら、その金属のほとんどは海外からの輸入に依存しているため、生産量の変化、あるいは急激な価格変動により、安定したものづくりができなくなってしまいます。これからは、最少の希少資源でも部品を造る技術を持たないと、これからの日本自動車産業の発展は期待できません。また、地球規模での環境問題を改善するため、近年、自動車排ガス規制の強化も進んでいますが、浄化のための触媒として希少で非常に高価なPtが、いまだ多く使われているのが現状です。中でもディーゼル分野では、今後更なる需要増が見込まれおり、先に述べたようなリスクが大きいと考えられます。</p> <p>従って、今回のNEDOプロジェクトによって、希少金属である Ptの早急な技術的に大幅な低減技術や代替材料の開発ができれば、日本の基幹産業である自動車産業の今後の発展や地球規模の環境問題において貢献できるものとなるでしょう。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>・本研究開発事業に賛同頂き有り難うございます。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし。</p>

全体について

[意見2] (1件)

・ご存じのように蛍光体粉には母体材料に蛍光元素であるユウロピウムやテルビウムなどの希土類元素が数%程度含まれています。現状では、添加量をできるだけ多く、それ以上増やすと逆に発光強度が減少する(濃度消光)ぎりぎりの濃度まで加えたものが実用されているようです。実際には添加した量の一部のみが発光に寄与していると考えられますが、そのメカニズムを解明して添加量を減らすという研究は残念ながらほとんど行われておりません。蛍光体は各種照明に必須な材料であり、希少金属の安定供給に不安があるなら使用量を低減するための研究開発は是非とも必要と考えます。そのため今回のプロジェクトは、学術的にも実用的にも意義深くその成果に期待します。

蛍光体の研究開発としては、希土類元素の使用量の低減と並んで、希土類を全く使用しない材料の研究開発も重要と考えます。照明分野ではスーパーなどでの食品の照明をはじめとして、電球(蛍光灯)が破損しても有害金属がまき散らされないというニーズも強くなると思われますので、重金属である希土類を全く使用しない蛍光体は次世代照明として重要と考えております。このような将来を見た研究開発も国プロジェクトにふさわしい内容と思い、今回のプロジェクトに期待します。

[考え方と対応]

・本研究開発事業に賛同頂き有り難うございます。

[反映の有無と反映内容]

特になし。

全体について		
<p>[意見3] (1件)</p> <p>・省エネルギー・長寿命化の観点から白熱電球に替わる三波長蛍光灯・白色LEDへの切り替えが進んでいます。これらの蛍光灯・LEDは、高輝度・高演色性といった適切な特性を有する蛍光体が必須であり、需要の拡大は自明です。また、液晶テレビのバックライト用にも蛍光体を使用されております。現在、蛍光体の機能発現には世界総産出量の90%以上を中国が占めているEu・Tbの使用が鍵となっており、日本の照明・ディスプレイ産業は、不透明な原料供給下で生産された蛍光体に立脚するという不安定なものとなっております。</p> <p>上記の課題を解決するには、日本国内にある希少金属の回収再利用で賄うための発光効率化・回収システムの構築、Eu・Tbを含有しない高輝度・高演色性蛍光体の開発が考えられます。大きな削減効果を得るためには、希土類蛍光粉や照明分野にとらわれず、広く国内のシーズを掬い取り産業貢献に向けてNEDOが舵取りをすべき重要テーマであると考えております。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>・本研究開発事業に賛同頂き有り難うございます。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし。</p>
<p>[意見4] (1件)</p> <p>・ガラス材料を研磨するにあたり、酸化セリウムは使って当然の砥粒であり、コストが安いことや比較的簡単に良好な仕上面が得られるなど、そのメリットは非常に大きいものと考えられます。もし今現在、酸化セリウムが入手不可能となれば、わが国の産業界におけるダメージは計り知れなく大きいものとも言えます。</p> <p>酸化セリウムの代替材料を開発するという事は、ガラスの研磨についてより深く研究を行うことであり、そもそもガラス材料の研磨メカニズムは未だ解明されていない部分がほとんどであることを鑑みると、これらのメカニズムに踏み込むことで日本のものづくり力、技術開発力の向上につながると考えています。</p> <p>また、研磨に用いる砥粒(スラリー)や研磨パッドなどのツール(消耗品)は輸入品の占める割合が高く、このプロジェクト開発により、新規性の高い独自ツールの国内生産が可能となれば、日本の工業界の発展にもつながると思います。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>・本研究開発事業に賛同頂き有り難うございます。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし。</p>

全体について		
<p>[意見5] (1件)</p> <p>・現在検討されている「希少金属代替開発プロジェクト」ですが、将来の日本の産業基盤に重大な影響を及ぼしかねない希少金属の使用量を今のうちに少しでも減らそうとする検討は国策としても大変重要なものではないでしょうか。そのような希少金属のなかで、セリウムが取り上げられているのは興味深いと存じます。セリウムはガラス研磨材として不可欠でありますし、日本製のレンズが月周回衛星「かぐや」に使われていることから、日本のガラス研磨技術は大変優れたものであると思います。このような優れた技術が、将来「研磨材がなかなか入手できない」といた理由で衰退するような事態になれば、プロダクトの面だけでなく、製造業の国際競争力の面でも大きなダメージを受けかねないと思います。</p> <p>化学研磨のメカニズムについてもいまだにわかっていない部分もあるようですが、ナノテクノロジー技術等を駆使して、早期に代替材料を開発し、将来にわたる安定、安心供給体制を実現してほしいと思います。そのような観点から、セリウム代替開発は重要な研究開発テーマであり、NEDOプロジェクトとして遂行して頂ければと思います。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>・本研究開発事業に賛同頂き有り難うございます。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし。</p>
1. 研究開発の目的・目標・内容		
(1) 研究開発の目的		
<p>[質問1] (1件)</p> <p>・本文中に、「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。」とございますが、③代替材料の開発以外のリサイクルなどはこのプロジェクトに含まれていないのでしょうか。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>・左記4つの柱は経済産業省の戦略であり、その中でNEDOは役割分担として③代替材料の開発を担っています。したがって、本研究開発事業に②リサイクルの推進は含んでおりません。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし。</p>

(2) 研究開発の目標		
<p>[意見1] (1件)</p> <p>・希少金属は、その特徴的な機能を有しているために、多くの部材の原料として活用されてきました。</p> <p>しかし、今後も安定的に原料を諸外国から輸入できるかどうか危惧されています。その中で、希少金属代替材料開発プロジェクト(本プロジェクト)が、起案されましたことは、非常に有意義と思います。基礎から、実用化まで研究体制を構築し連携することで、希少金属低減化、代替問題に取り組み、さらには、環境、資源の制約を克服できるよう本プロジェクトへ期待致します。また、構造解析、シミュレーションによる材料設計との連携により、効率の高いプロセス技術の構築が実現できると考えられます。</p> <p>ガソリン車においては、三元触媒の白金金属の使用量低減、高温耐久性の検討、ディーゼル車では、白金/アルミナ触媒などによるNOx還元触媒の設計等、問題が山積しています。自動車排ガス浄化用触媒の白金の低減化、白金代替材料の開発のために、触媒・担体の構造制御、触媒複合化について、触媒特性、構造解析、シミュレーションによる材料設計との連携により、設計されることを期待します。(白金金属の代替性については難しいため、低減目標値として、50%は、厳しいハードルだと思います。)</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>・本研究開発事業に賛同頂き有り難うございます。ご指摘の削減目標値については、将来需給見通しや技術シーズの積み上げを基に達成すべき目標としてNEDOが定めたものです。公募に際しては、これら低減目標達成に貢献できる技術を幅広く受け付けるものとします。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし。</p>
<p>[意見2] (1件)</p> <p>・蛍光体開発に長いこと従事してきた者の感覚として、80%以上のTb, Eu削減はハードルが高いと感じます。3波長ランプ、バックライト用蛍光体とも主にコスト面でのドライビングフォースによりTb, Euの削減は行われてきたはずで、計算科学によりより効率の高い結晶母体を設計できたとしても、寿命や色の面で、上記アプリケーションに応用するには多くのハードルがあると考えます。</p> <p>EuやTbを減らした蛍光体も考えられますが、付活剤自体を変える(ex. Mnの緑や赤)というアイデアもあると思います。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>・ご指摘の削減目標値については、将来需給見通しや技術シーズの積み上げを基に達成すべき目標としてNEDOが定めたものです。公募に際しては、これら低減目標達成に貢献できる技術を幅広く受け付けるものとします。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし。</p>

(2) 研究開発の目標		
<p>[意見3] (1件)</p> <p>・照明用ランプを生産するメーカーの技術者として、今回の希少金属代替プロジェクト(蛍光体中のTb, Eu)は大変有意義であると考えます。昨年の原材料高騰や、中国の輸出規制などの影響は記憶も新しいところであり、日本の優れた環境技術で世界にお役立ちするという本来ミッションにも支障をきたす可能性があると感じているからである。一方で、削減目標80%は非常に高い数字であり、比較的かれた技術ジャンルであるといわれる照明業界材料技術の中では、直感的にハードルが高いのではないかと感じます。</p> <p>今回、取り組み内容として発光メカニズムにまで踏み込んだ材料開発、また新規材料としての発光ガラス材料開発、省使用のためのプロセス開発という実現への可能性が高いものが選択されており、研究開発の成果の落とし込みに非常に期待がもてる。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>・本研究開発事業に賛同頂き有り難うございます。ご指摘の削減目標値については、将来需給見通しや技術シーズの積み上げを基に達成すべき目標としてNEDOが定めたものです。公募に際しては、これら低減目標達成に貢献できる技術を幅広く受け付けるものとします。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし。</p>
<p>[意見4] (1件)</p> <p>・レアメタルの争奪戦が、益々顕在化してくることは容易に予想されます。同時に省エネルギーやCO2削減が叫ばれる中、白熱電球は一扫され、蛍光灯・白色LEDへ急速にシフトしていき、既存技術では、これらに使用されるTbやEuへの依存、資源枯渇は加速度的に進むものであります。本プロジェクトにおけるTb, Euの削減目標値は、現状から80%以上低減と謳われており、これは他のレアメタルプロジェクトに比べても極めてハードルの高い数値であるものと推察します。そのため、代替技術やリサイクル技術は橋渡しの技術とはなっても、これだけでは限界があり、併せてTb, Euの代替材料技術の推進が必要不可欠なものになるに違いありません。代替材料に求められる技術要件としては、クラーク数の多い元素で人体にも安全な元素で構成される事、さらには、演色性に優れる事が生活に則した利用には重要と考えます。</p> <p>本プロジェクトは我が国のレアメタル戦略及び省エネ・CO2対策にとって重要なテーマであることは否定のしようがない事実であり、科学技術立国を表明する我が国の産業戦略の一角を成すものであり、NEDOの舵取りを期待しております。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>・本研究開発事業に賛同頂き有り難うございます。ご指摘の削減目標値については、将来需給見通しや技術シーズの積み上げを基に達成すべき目標としてNEDOが定めたものです。公募に際しては、これら低減目標達成に貢献できる技術を幅広く受け付けるものとします。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし。</p>

(2) 研究開発の目標

[意見5] (1件)

・希土類が中国からの輸入に依存していることはよく知られている事実ですが、より重要なことは輸出関税です。希土類原料の中国からの輸出には関税がかかりますが、中国国内で加工された製品には、関税はかかりません。そのため、いつかの蛍光体メーカーは中国に蛍光体工場を移すことを行い始めています。大連がそのような光科学関連の工場集積地になっています。つまり、中国の最終目標は、原料輸出ではない、付加価値のついた蛍光体産業をコントロールすることにあります。

その点で、パテントで保護される新規な材料探索を目指す本プロジェクトは重要であると考えられます。一方で、その削減目標には少々無理があるように思います。80%の低減を目指すということですが、その手段には具体性がないように思います。5年後を目標とされていますが、新しい蛍光体の探索は別として、それを照明デバイスに載せていく際に、既存のプロセスと全く違う場合には、実現不可能な目標でないかと感じます。

希土類蛍光体の使用用途としては、CCFLを含めた蛍光ランプが主になります。照明と液晶ディスプレイでは要求される特性が異なります。演色性（色の再現性）が要求される照明用途では、発光スペクトルは幅広い材料が必要ですが、液晶ディスプレイのバックライトではフィルタの幅を超えないような狭い発光スペクトルの材料が要求されます。また、当然のことながら、光の三原色である赤色、緑色、青色の三色の蛍光体が必要です。このような多岐にわたる蛍光体利用分野について従来品と同等以上である全くの新規材料を開発でき、なおかつ照明デバイスに搭載できなければ80%という目標は実現できないと考えられます。

すでに、蛍光体メーカーおよび蛍光ランプメーカーでの内部努力もあり、現実的には材料で15%程度そしてリサイクル等で15%程度で計30%程度が実現可能な目標でないかと思えます。

[考え方と対応]

・ご指摘の削減目標値については、将来需給見通しや技術シーズの積み上げを基に達成すべき目標としてNEDOが定めたものです。公募に際しては、これら低減目標達成に貢献できる技術を幅広く受け付けるものとしてします。

[反映の有無と反映内容]  
特になし。

(3) 研究開発の内容		
<p>[意見1] (1件)</p> <p>・地元(愛知県)の素材加工メーカーから、セリア研磨剤の安定供給に不安があるという声を聞いています。その企業単独でも代替研磨剤を開発すべきではないか、というような危機感を持っているとのこと。今回、NEDOプロジェクトとして代替研磨剤の研究開発をされることは、極めて時機にかなっていると考えます。素材加工メーカーは中小企業も多く、単独での研究開発は一般的には困難であり、国プロジェクトの成果が中小企業を含めて我が国産業界に広く活用できるようなご配慮をお願いします。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>・本研究開発事業に賛同頂き有り難うございます。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし。</p>
<p>[意見2] (1件)</p> <p>・ガラスの研磨は主としてクラック等の加工変質層やフロートガラスに浸透したSn層の除去が目的の研磨速度(加工コスト)重視の1次ポリッシュとその後工程である高平滑化が目的の表面品質重視のファイナルポリッシュに分かれるが、世の中にはこれらの1次ポリッシュ向けの技術とファイナルポリッシュ向けの技術が混在しており、一方の技術が他方には使えないのが実情である。また、これら2つのポリッシュ(研磨)を技術開発の点から見れば、後者のファイナルポリッシュは半導体分野の研磨と平滑さの点で共通項が多く、その技術を流用できるのに対して、前者の1次ポリッシュはCe研磨の独壇場であり、その代替技術となれば独自に新しい技術を開発する必要がある。しかし、その1次ポリッシュのCe代替技術の開発は必然的に加工コストが最優先目標であるため困難を極め一企業単独でできるレベルではない。</p> <p>したがって、衆知を結集する本プロジェクトにおいては、大量にCeを消費している多くの研磨メーカーが容易に導入でき、かつ大きなコストメリットを享受出来る1次ポリッシュ向けに重点を置いてCe代替材料開発を行うのが望ましいと考える。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>・本研究開発事業に賛同頂き有り難うございます。</p> <p>1.(3)項の研究開発項目⑦「研磨材料等向けセリウム使用量低減技術開発」に『及び代替材料開発』を追記致します。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>基本計画への反映を行う。 (詳細は左記参照)</p>



(3) 研究開発の内容

[意見3] (1件)

1) タイトルが「排ガス浄化等向け」と「等」がついていますが、これはどういう意味でしょうか？これがつくことによって排ガス触媒でなく一般の化学合成触媒など白金を使用するどんな触媒も研究の対象とすることができるという印象があり、ターゲットが分散しすぎると思います。ここはやはり、プロジェクトとしては最も需要量が多くてインパクトの高い排ガス浄化触媒に絞るべきだと考えます。

2) さらに、排ガス浄化触媒についてもガソリン車向けとディーゼル車向けがあります。このうちガソリン車向け触媒(三元触媒)については、文部科学省の類似プロジェクトがあり、また日産やマツダでは既に貴金属量を大幅に低減した触媒を実現していますので、これとの仕分けが困難です。あまり研究が進んでおらず、今後の削減の期待が大きいディーゼル車向け触媒を研究対象にすべきだと考えます。

3) 上記に関連しますが、NEDOプロジェクトである以上、研究シーズの発掘を目的とする基礎研究を推進するだけでは不十分であり、基礎研究も取り込みつつ実用化を目標とした研究をメインにすべきだと思います。

[考え方と対応]

・ご指摘のとおり、本研究開発事業では各種統計を根拠に、限られた予算等を考慮して、今後白金需要量が一番増大すると見込まれるディーゼル用排ガス浄化触媒を中心に実施していくこととします。

[反映の有無と反映内容]

特になし。

(3) 研究開発の内容

[意見4] (1件)

・ポスト新長期規制の導入、オフロード猶予期間の終了、あるいは、欧州等における排ガス規制強化に伴い、車両1台当たりの白金元素使用量は増大してゆくものと思われます。また、現在、世界不況の影響により一時的に停滞しているものの、新興国における自動車および産業機械の需要は、数年のスパンで見れば回復してゆくと思われます。これらの要因は、5～6年の比較的短い期間での白金元素の需要を大きく増大させるでしょう。従って、今回の排ガス浄化触媒等向け白金使用量低減プロジェクトに関しては、5年間のプロジェクト通じて、実ガス評価できるハニカム触媒サンプルを提供できる研究内容の提案となるような公募内容にするべきだと思います。また、そのための研究体制としては、基礎・基盤評価、触媒設計・開発、材料開発、触媒評価等からリサイクル技術までを一体的に推進できる様なものが望ましいと思います。

募集テーマについては、「排ガス浄化触媒等」という表現になっていますが、各種報道によると、ガソリン車用はメーカーですでに開発が進んでおり、国のプロジェクトとしては、今後、需要が見込まれるものの、対策が遅れているディーゼル車用にて特化する方が良いのではないのでしょうか。

[考え方と対応]

・ご指摘のとおり、本研究開発事業では各種統計を根拠に、限られた予算等を考慮して、今後白金需要量が一番増大すると見込まれるディーゼル用排ガス浄化触媒を中心に実施していくこととします。

なお、上述の通り、経済産業省の戦略においてNEDOは③代替材料の開発を担っています。したがって、本研究開発事業では②リサイクルの推進を含んでおりません。

[反映の有無と反映内容]  
特になし。

(3) 研究開発の内容

[意見5] (1件)

・排ガス処理触媒用白金対策技術は国際貢献の意味でも極めて有意義な開発対象だと確信しています。自信を持って大々的かつ継続的に推進していただくことを期待します。白金は環境エネルギー問題解決の鍵となる素材であり、地球規模での問題解決に省使用・代替・リサイクルの研究開発は重要不可欠です。ハイブリッド自動車の普及が進んでいますが、排ガス温度が低く反応速度が遅くなるため、必要な触媒白金量は変わらないとも聞いています。5~10年後でも排ガス処理触媒が必要なのは明白で、実にタイムリーなプロジェクトだと思います。ところで、近年の国プロは目先の実用化にとらわれがちで、1、2年の短期で成果を追い求めるあまり、革新的で波及効果の大きい成果があまり出ていないように感じています。2年そこそこしか行っていない研究開発の中間評価で過大の成果を期待するのではなく、挑戦的な研究を後押しするような運営方法をご検討いただければ幸いです。

その一方で、ターゲットが排ガス処理触媒等と曖昧になっているのが残念です。真に必要なターゲットを明確に示すべきではないでしょうか。In、Dy、Wでは「等」は入っておらず、横並びから見ても不自然です。また、ガソリンを除くディーゼルに限定すべきだと思います。欧州を中心にディーゼル車の普及が進んでおり、欧州に遅れをとる懸念があります。民間の研究開発が手薄になっているディーゼル触媒技術に開発資源を集中投資すべきだと思います。

また、現在使用済み排ガス触媒の回収が増えつつあり、海外からも排ガス触媒を集めて白金族の抽出・分離をしていると聞いています。使用原単位の削減と平行して抽出・分離技術の高度化を進める必要があるように思います。高度な分離・抽出技術は使用済み触媒の回収競争に打ち勝って必要な白金を国内に集めるため、今後ますます重要になってきます。回収に関わる研究開発も今がベストのタイミングかと存じます。基本計画(案)の中で触れられていないのが残念です。

[考え方と対応]

・本研究開発事業に賛同頂き有り難うございます。本研究開発事業では、各種統計を根拠に、限られた予算等を考慮して、今後白金需要量が一番増大すると見込まれるディーゼル用排ガス浄化触媒を中心に実施していくこととします。

なお、上述の通り、経済産業省の戦略においてNEDOは③代替材料の開発を担っています。したがって、本研究開発事業では②リサイクルの推進を含んでおりません。

[反映の有無と反映内容]  
特になし。

(3) 研究開発の内容		
<p>[意見6] (1件)</p> <p>・白金族金属は、需要の上では触媒の利用が多いこと、昨今の環境問題への意識の高まり等から、白金代替触媒開発の研究が重要課題であることには間違いありません。しかしながら、見落とされがちであると思えますのは、需要の統計には現れない「耐熱材料」としての用途です。ガラス産業などにおいては、何トンもの白金族金属が高温用溶解炉等として利用されています。ただ、このような用途で利用されている白金は、使用不可能になると再度溶解し、同じ用途用に製造しなおして使用しているため統計上では現れません。現在テレビの主流である液晶ディスプレイは白金なくしては生産ができず、また、ガンの早期発見に使われるPETの心臓部であるシンチレーターは液晶ディスプレイよりも高温で育成されるため、白金族金属であるイリジウムがなくては生産できません。このような用途は統計上表には現れてきませんが、一つ一つがバルクで使用されるため、触媒よりもはるかに大量の金属が使われていると考えられます。また、イリジウムについては自動車エンジンプラグ等にも使われております。</p> <p>このように、白金族金属は、他の金属では使用が難しいような様々な場所で利用されており、希少金属代替材料開発のプロジェクトにおいては、触媒以外の応用分野についても広く研究を進めていくべきではないかと思えます。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>・本研究開発事業では、限られた予算等を考慮して、種統計等をもとに、今後白金需要量が一番増大すると見込まれるディーゼル用排ガス浄化触媒を中心に実施していくこととします。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし。</p>

## 添付資料 (成果資料 特許 論文リスト)

### 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

#### 1. 特許：5件

番号	出願者	出願番号	国内外 国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	日産自動車(株)	特願 2010-204694	国内	2010/09/13	出願／ 未公開	排ガス浄化システム	永田将人 他
2	日産自動車(株)	特願 2010-280704	国内	2010/12/16	出願／ 未公開	酸化触媒	内藤哲郎 他
3	日産自動車(株)	特願 2010-289230	国内	2010/12/27	出願／ 未公開	排気浄化触媒	藤本美咲 他
4	日産自動車(株)	特願 2010-011893	国内	2010/01/24	出願／ 未公開	排気ガス浄化システム	上久保真紀 他
5	日産自動車(株)	特願 2010-077444	国内	2010/03/31	出願／ 未公開	酸化物及びこれを用いた排気ガス浄化方法	花木保成 他
6	日産自動車(株)	特願 2010-100747	国内	2010/04/28	出願／ 未公開	リーン NOx トラップ型排気ガス浄化触媒及び排気ガス浄化システム	内藤哲郎 他
7	日産自動車(株)		国内		特許事務所にて出願手続き中	排ガス浄化触媒	飯尾慎一 他
8	日産自動車(株)		国内			酸化物およびその使用方法	藤本美咲 他
9	日産自動車(株)		国内			酸化物およびその使用方法	伊藤淳二 他
10	日産自動車(株)		国内			排気ガス浄化装置	永田将人 他
11	日産自動車(株)		国内			排気ガス浄化システム	上久保真紀 他

2. 研究発表・講演(口頭発表も含む):5件

番号	発表者	所属	タイトル	会議名 開催地	開催日
1	伊藤 淳二	日産自動車 (株)	鉄を触媒活性点とする触媒の XANESを用いた in situ 状態解析	第 106 回触媒 討論会 山梨大学	2010.9.18
2	永田 将人	日産自動車 (株) 早稲田大 学	プラズマを用いた新触媒反応の 構築-オゾンによる NO <sub>x</sub> 吸着反 応の促進	第 106 回触媒 討論会 山梨大学	2010.9.18
3	関根 泰	早稲田大学・ 日産自動車 (株)	プラズマアシスト触媒反応システ ムを用いた NO の直接分解	第 106 回触媒 討論会 山梨大学	2010.9.18
4	藤本 美咲	日産自動車 (株)	鉄を活性点とする触媒の FT-IR を用いた CO-NO 反応メカニズム 解析	第 107 回触媒 討論会 首都大学	2011.3.30
5	関根 泰	早稲田大学・ 日産自動車 (株)	プラズマアシスト触媒反応によ る NO の直接分解	第 16 回 JPIJS ポスターセッシ ョン(第 60 回石 油学会研究発 表会に併設) タワーホール 船堀	2011.5.18

3. その他／成果発信(イベント出展):4件

番号	タイトル	会議名 開催地	開催日
1	ナノテック 2010	東京ビックサイト	2010.2.5
2	元素戦略／希少金属代替<第4回合同シンポジウム>	東京大学	2010.2.1
3	ナノテック 2011	東京ビックサイト	2011.2.16
4	元素戦略／希少金属代替<第5回合同シンポジウム>	笹川記念会館	2011.3.4

4. その他／成果発信(記事形成):3件

番号	タイトル	媒体	掲載日
1	レアメタルニュース	情報誌	2010.2.8
2	工業レアメタル	情報誌	2010.7
3	日経ものづくり	情報誌	2011.1.1

## ⑥-2 ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発

### 1. 特許 5件

番号	出願者	出願番号	国内外 国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	(独)産業 技術総合 研究所	特願 2010-094060	国内	2010/04/15	出願／未 公開	多孔質触媒 および多孔 質触媒の製 造方法	尾崎利彦, 多井 豊
2	(独)産業 技術総合 研究所	特願 2010-094063	国内	2010/04/15	出願／未 公開	多孔質触媒 担体および 多孔質触媒 担体の製造 方法	尾崎利彦, 多井 豊
3	三井金属 鉱業(株)	特願 2010-291099	国内	2010/12/27	出願／未 公開	パティキュレ ート燃焼触媒、 その製造方 法、パティ キュレート フィルター及 びその製造 方法	古川孝裕 阿部 晃
4	(独)産業 技術総合 研究所	特願 2010-026481	国内	2011/02/09	出願／未 公開	多孔質アルミ ナおよびこれ を用いた触 媒	尾崎利彦, 多井 豊
5	水澤化学 工業(株)、 (独)産業 技術総合 研究所	特願 2011-67196	国内	2011/03/25	出願／未 公開	非晶質シリカ ジルコニウム 複合体	中川英之 村上達朗 丹呉威 内澤潤子 小淵存 難波哲哉

### 2. 論文・誌上发表 17件

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、巻、 号、ページ番号	査読	発表年 (年度)
1	羽田政明・ 浜田秀昭	名古屋工業大 学／(独)産業 技術総合研究 所	排出ガス浄化触媒の白 金族金属使用量低減及 び代替技術	自動車技術, 63 (11) 42-47	無	2010年 (H22年度)
2	尾崎利彦, 多井 豊	(独)産業技術 総合研究所	細孔構造制御による触 媒中の白金族元素低減 化技術	金属, 81, 109- 112	無	2011年 (H22年度)
3	羽田政明・ 佐々木基・ 浜田秀昭・	名古屋工業大 学／(独)産業 技術総合研究	Platinum-based catalyst for diesel hydrocarbon oxidation	Chinese Journal of Catalysis, vol.32 (5), 777 -	有	2011年 (H23年度)

	小澤正邦	所		781		
4	羽田政明・佐々木基・浜田秀昭・小澤正邦	名古屋工業大学／(独)産業技術総合研究所	In situ FT-IR study of diesel hydrocarbon oxidation over Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> catalyst	Catalysis Letters	有	2011年 (H23年度)
5	Mardwita PAJRI, Masahiro KISHIDA ら	九州大学	Catalytic behavior for combustion reaction of alkane over Pt-Metal binary catalysts	Journal of the Japan Petroleum Institute, (投稿準備中)	有	2011年 (H23年度)
6	Masahiro KISHIDA ら	九州大学	Preparation method for Pt-Metal binary catalysts by using binder molecules.	Applied Catalysis A: General, (投稿準備中)	有	2011年 (H23年度)
7	難波哲哉、益川章一、阿部晃、内澤潤子、小淵存	(独)産業技術総合研究所	Morphology of active species of Ag/ZrO <sub>2</sub> for low temperature soot oxidation	J. Phys. Chem. C. (投稿準備中)	有	2011年 (H23年度)
8	難波哲哉、益川章一、阿部晃、内澤潤子、小淵存	(独)産業技術総合研究所	Quantitative analysis of active oxygen for soot oxidation on Ag/ZrO <sub>2</sub> - Temperature-programmed reduction by NH <sub>3</sub> -	Materials Chemistry and Physics (投稿準備中)	有	2011年 (H23年度)
9	難波哲哉、益川章一、阿部晃、内澤潤子、小淵存	(独)産業技術総合研究所	Evidence of extreme heating at localized area during soot oxidation	Chemistry Letters (投稿準備中)	有	2011年 (H23年度)
10	Caravella Alessio・原重樹・小淵存・内澤潤子	(独)産業技術総合研究所	Evaluation of tortuosity in 3D regular structures of mono- and bi-dispersed spherical particles by CFD simulation	Industrial & Engineering Chemistry Research (査読中)	有	2011年 (H23年度)
11	Caravella Alessio・原重樹・小淵存・内澤潤子	(独)産業技術総合研究所	CFD Simulation of a 3D catalytic layer for decane oxidation. case study of reaction on particle surface	Industrial & Engineering Chemistry Research (査読中)	有	2011年 (H23年度)
12	内澤潤子・難波哲哉・小淵存・原重樹・Caravella Alessio・村上達朗・中川英之・丹吳威・古川	(独)産業技術総合研究所	Effect of macropore formation in Pt catalyst supports on the oxidation activity for diesel fuel mist	Applied Catalysis B (査読中)	有	2011年 (H23年度)



	孝裕・阿部晃					
13	M.Sasaki, K.Chiba, N.Sato, K.Suzuki, M.Haneda, H.Hamada	(独)産業技術 総合研究所	Influence of surface acidity on the catalytic activity of Pt supported on modified alumina for NO oxidation	Catalysis Letters (投稿 準備中)	有	2011年 (H23年度)
14	尾崎利彦・ 山田貴穂・ 渡利広司・ 田尻耕治・ 嶋 さおり・ 三木 健・ 多井 豊	(独)産業技術 総合研究所	Thermally stable alumina cryogels as catalyst supports for oxidation of hydrocarbons and carbon monoxide	Journal of Non- Crystalline Solids (査読中)	有	2011年 (H23年度)
15	難波哲哉・ 益川章一・ 阿部晃・内 澤潤子・小 漕存	(独)産業技術 総合研究所	Effect of incorporation of cerium into ZrO <sub>2</sub> as a solid solution on the activity and characteristics of silver catalyst for soot oxidation	Physical Chemistry Chemical Physics (投稿 準備中)	有	2011年 (H23年度)
16	難波哲哉・ 益川章一・ 阿部晃・内 澤潤子・小 漕存	(独)産業技術 総合研究所	Support effect of Ag catalysts on soot oxidation	Catalysis Letters (投稿準 備中)	有	2011年 (H23年度)
17	難波哲哉・ 瀬林良司・ 益川章一・ 阿部晃・内 澤潤子・小 漕存	(独)産業技術 総合研究所	Soot oxidation on Ag- Pd/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Chemistry Letters (投稿準 備中)	有	2011年 (H23年度)

### 3. 外部発表(学会・口頭発表) 18件

番号	発表者	所属	タイトル	学会名、発表日	発表年 (年度)
1	難波哲哉・益 川章一・内澤 潤子・小漕存	(独)産業技 術総合研究 所	酸化物担持Ag 触媒 によるPM 燃焼	触媒学会、第 105 回触 媒討論会、2010年3月 24日	2010年 (H21年度)
2	内澤潤子・難 波哲哉・小漕 存・村上達 朗・中川英之	水澤化学工 業(株)、(独) 産業技術総 合研究所	ディーゼル酸化触媒 の酸化活性に及ぼす 高温処理および硫黄 共存の影響	触媒学会、第 105 回触 媒討論会、2010年3月 24日	2010年 (H21年度)
3	羽田政明・ 佐々木基・浜 田秀昭・小澤	名古屋工業 大学/(独) 産業技術総	ディーゼル酸化触媒 としての担持白金触 媒の酸化活性評価	触媒学会 第 105 回触 媒討論会、2010年3月 24-25日	2010年 (H21年度)

	正邦	合研究所			
4	羽田政明・佐々木基・浜田秀昭・小澤正邦	名古屋工業大学／(独)産業技術総合研究所	Performance of platinum-based diesel oxidation catalyst	6th International Conference on Environmental Catalysis、2010年9月12-15日	2010年(H22年度)
5	内澤潤子・難波哲哉・小渕存・村上達朗・中川英之・丹呉威	水澤化学工業(株)、(独)産業技術総合研究所	ディーゼル燃料ミストの酸化活性に及ぼすPt触媒の担体マクロ孔の効果	触媒学会、第106回触媒討論会、2010年9月16日	2010年(H22年度)
6	羽田政明・佐々木基・浜田秀昭・小澤正邦	名古屋工業大学／(独)産業技術総合研究所	Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> のディーゼル酸化触媒性能に及ぼすAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 担体の影響	触媒学会 第106回触媒討論会、2010年9月15-18日	2010年(H22年度)
7	佐々木基・千葉晃嗣・佐藤直子・鈴木邦夫・羽田政明・浜田秀昭	(独)産業技術総合研究所／名古屋工業大学	Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 系触媒によるディーゼル排出ガス中のNO酸化反応	触媒学会 第106回触媒討論会、2010年9月15-18日	2010年(H22年度)
8	尾崎利彦, 嶋 さおり, 三木 健, 多井 豊, 山田 貴穂, 渡利 広司, 田尻 耕治	(独)産業技術総合研究所	高温耐久性Pt-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> クリオゲル触媒の作製	第106回触媒討論会、2010年09月18日	2010年(H22年度)
9	難波哲哉・益川章一・内澤潤子・小渕存	(独)産業技術総合研究所	Ag/ZrO <sub>2</sub> によるPM燃焼	石油学会、第40回石油・石油化学討論会、2010年11月25日	2010年(H22年度)
10	羽田政明・浜田秀昭・小澤正邦	名古屋工業大学／(独)産業技術総合研究所	Catalytic performance of platinum-based diesel oxidation catalyst	4th International Workshop on Advanced Ceramics、2010年12月11-12日	2010年(H22年度)
11	渡辺雄太・松根英樹・竹中壮・岸田昌浩	九州大学	アルカン燃焼反応におけるPt触媒の担体効果およびシリカ被覆効果	第13回化学工学会学生発表会、2011年3月5日	2011年(H22年度)
12	難波哲哉・阿部晃・益川章一・内澤潤子・小渕存	(独)産業技術総合研究所／三井金属鉱業(株)	酸化担持Ag触媒によるPM燃焼	日本化学会第91春季年会、2011年3月26日	2011年(H22年度)
13	鈴木邦夫・佐々木基・羽田政明・浜田秀昭	(独)産業技術総合研究所／名古屋工業大学	Pt系NO酸化触媒に対するPdの添加効果	日本化学会 第91春季年会、2011年3月26-29日	2011年(H22年度)
14	佐々木基・千葉晃嗣・佐藤直子・鈴木邦	(独)産業技術総合研究所／名古屋	ディーゼル酸化触媒としてのPt/ゼオライト系触媒のNO酸化性	触媒学会 第107回触媒討論会、2011年3月29-30日	2011年(H22年度)

	夫・羽田政明・浜田秀昭	工業大学	能		
15	羽田政明・鈴木邦夫・佐々木基・浜田秀昭・小澤正邦	名古屋工業大学／(独)産業技術総合研究所	Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ディーゼル酸化触媒上での炭化水素酸化反応における吸着種の挙動観察	触媒学会 第107回触媒討論会、2011年3月29-30日	2011年(H22年度)
16	難波哲哉・阿部晃・益川章一・内澤潤子・小淵存	(独)産業技術総合研究所／三井金属鉱業(株)	Ag/CeO <sub>2</sub> -ZrO <sub>2</sub> によるPM燃焼におけるCeの効果	触媒学会 第107回触媒討論会、2011年3月29-30日	2011年(H22年度)
17	内澤潤子・難波哲哉・小淵存・村上達朗・中川英之・丹呉威	水澤化学工業(株)、(独)産業技術総合研究所	Pt触媒のデカン酸化活性に及ぼすシリカ担体への第2成分添加効果	触媒学会、第107回触媒討論会、2011年3月29日	2011年(H22年度)
18	羽田政明・鈴木邦夫・佐々木基・浜田秀昭・小澤正邦	名古屋工業大学／(独)産業技術総合研究所	In situ FT-IR study of hydrocarbon oxidation over Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> as diesel oxidation catalyst	The 13th Korea-Japan Symposium on Catalysis、2011年5月23-25日	2011年(H23年度)

#### 4. 展示会・イベントへの出展 4件

番号	発表媒体	場所	形式	出展年月日	出展年(年度)
1	レアメタル合同シンポジウム	東京大学 本郷キャンパス	ポスター発表	2010年2月1日	2010年(H21年度)
2	ナノテク展 2010	東京ビッグサイト	ポスター発表	2010年2月17日～19日	2010年(H21年度)
3	Nanotech 2011	東京ビッグサイト	ポスター発表	2011年2月16～18日	2011年(H22年度)
4	レアメタル合同シンポジウム	笹川記念会館	ポスター発表	2011年3月4日	2011年(H22年度)

#### 5. 外部発表(プレス) 6件

番号	発表者	所属	タイトル	紙名、掲載日	発表年(年度)
1	濱田 秀昭	(独)産業技術総合研究所	希少金属の代替材	日経産業新聞 2010年1月27日	2010年(H21年度)
2	濱田 秀昭、阿部 晃	(独)産業技術総合研究所／三井金属鉱業(株)	希少金属代替材料開発① 大型ディーゼル用排ガス触媒～Ag系代替材料開発と効率的利用で白金族半減	レアメタルニュース 2010年2月8日	2010年(H21年度)
3	濱田 秀昭、阿部 晃	(独)産業技術総合研究所／三井金属鉱業(株)	三井金属・産総研－Ag系代替材などで白金族半減、大型ディーゼル車に適用	工業レアメタル Annual Review 2010年7月	2010年(H22年度)

4	濱田 秀昭	(独)産業技術総合研究所	排ガス触媒(Pt/Pd)浄化システムとして捉え全体最適を目指す	日経ものづくり 2011年1月	2011年(H22年度)
5	濱田 秀昭	(独)産業技術総合研究所	代替・使用量削減に本腰:安定供給とコスト削減を両立	日経エコロジー 2011年2月	2011年(H22年度)
6	濱田 秀昭	(独)産業技術総合研究所	貴金属半減・代替の自動車・燃料電池用触媒開発進むーディーゼル車に適用	Yano E plus 2011年2月	2011年(H22年度)

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

1. 年度毎の特許、論文、外部発表等の件数

特許、論文、外部発表等の件数(内訳)

H23年4月20日現在

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※ 出願	査読付き	その他	
H21FY	0件	0件	0件	0件	0件	9件
H22FY	4件	0件	0件	2件	0件	69件
H23FY	1件	0件	0件	0件	0件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

2. 平成21年度 成果発表リスト

2.1 特許 0件

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
	なし						

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

2.2 論文 0件

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
	なし					

2.3 その他外部発表(学会発表等) 8件

番号	発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
1	2009/8/1~8/6	Russian-Japanese Workshop "State of Materials Research and New Trends in Material Science"	Multi-Physics Quantum Chemical Molecular Dynamics Simulation on Materials and Processing	Tohoku University: Momoji Kubo
2	2009/10/16	第13回東北CAE懇話会	量子論に基づく超精密加工プロセスのマルチフィジックスシミュレーション	東北大学:久保百司

3	2009/11/6	Seminar on Computational Simulation	Development of Multi-Physics Computational Science Simulation Method and Its Application to Material and Process Design	Tohoku University: Momoji Kubo
4	2010/1/14	日本テクノセンター講習会	環境、エネルギー、加工、エレクトロニクス、触媒、電池などに役立つ計算科学の基礎と応用	東北大学: 久保百司
5	2010/1/22	第15回関東CAE懇話会	超精密加工プロセスのマルチフィジックスシミュレーション	東北大学: 久保百司
6	2010/3/17	2010年度精密工学会春季学術講演会	酸化セリウム系砥粒と酸化マンガン系砥粒によるガラス基板の加工特性	九州大学: 山崎努、土肥俊郎、黒河周平、諫山翔伍、梅崎洋二、松川洋二、秋田県産業技術総合研究センター: 赤上陽一、他
7	2010/3/19	第55回トライボロジー先端講座	トライボケミカル反応の量子分子動力学シミュレーション～摩擦と化学反応と流体が複雑に絡み合ったマルチフィジックス現象の解明	東北大学: 久保百司
8	2010/3/22～3/26	Ecole de Cargese 2010: Theoretical Modeling & Experimental Simulation in Tribology	Large-Scale Quantum Chemical Molecular Dynamics Simulation on Tribochemical Reaction Dynamics	Tohoku University: Momoji Kubo

#### 2.4 新聞・雑誌等への掲載 1件

番号	掲載年月日	掲載媒体	タイトル
1	2010/2	レアメタルニュース	代替砥粒と電界設備・パッド改良で3割削減

### 3. 平成22年度 成果発表リスト

#### 3.1 特許 4件

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	秋田県産業 技術総合研 究センター	特願 2010-156485	国内	2010/7/9	出 願	砥粒の回収方法、及び 回収装置	赤上 陽一、池 田 洋、久住 孝幸
2	秋田県産業 技術総合研 究センター、 株式会社小 林機械製作 所	特願 2010-227347	国内	2010/10/7	出 願	平面トライボ研磨方法、 およびその装置	赤上 陽一、池 田 洋、久住 孝幸 森 十久男、川 瀬 恵嗣、谷口 智洋
3	財団法人フ ァインセラミ ックスセンタ ー	特願 2010-276213	国内	2010/12/10	出 願	研磨材料、研磨用組成 物及び研磨方法	本間 隆行、川 原 浩一、須田 聖一
4	財団法人三 重県産業支 援センター	特願 2011-068003	国内	2011/3/25	出 願	砥粒評価方法およびガ ラス用研磨材	澤野 勉、森脇 悠、丸山 高 宏

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

#### 3.2 論文 2件

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ペー ジ番号	査読	発表年
1	Tsutomu YAMAZ AKI, Toshiro DO I, Syuhei KURO KAWA, Sho ISA YAMA, Yoji UME ZAKI, Yoji MATS UKAWA, Hiroyuki KONO, Youichi AKAGAMI, Yas uhide YAMAGUC HI, and Yasuhiro	Kyushu Unive rsity Akita Prefect ure	Polishing Mechanism of Glass Substrates with Its Processing Characteristics by C erium Oxide and Man ganese Oxide Slurrie s	Key Engineerin g Materials, Vol s.447-448, pp.1 41-145	有	2010/11

	KAWASE					
2	Toshiro K. DOI, Tsutomu YAMAZAKI, Syuhei KUROKAWA, Yoji UMEZAKI, Osamu OHNISHI, Yoichi AKAGAMI, Yasuhide YAMAGUCHI, and Sadahiro KISHII	Kyushu University Akita Prefecture	Study on the Development of Resource-Saving High Performance Slurry -Polishing /CMP for Glass Substrates in a Radical Polishing Environment, Using Manganese Oxide Slurry as an Alternative for Ceria Slurry-	Advances in Science and Technology, Vol.64, pp.65-70	有	2010/11

### 3.3 その他外部発表(学会発表等) 40件

番号	発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
1	2010/5/13~5/15	ナノ学会第8回大会	Laを添加したCeO <sub>2</sub> ナノ粒子の研磨特性の解析-計算科学シミュレーション-	東北大学:尾澤伸樹、佐藤支保、久保百司
2	2010/5/20~5/21	日本コンピュータ化学会 2010年春季年会	分子動力学法によるCeO <sub>2</sub> -La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ナノ粒子の研磨プロセス機構の解析	東北大学:尾澤伸樹、佐藤支保、久保百司
3	2010/6/6~6/11	CIMTEC 2010 - 12th International Conference on Modern Materials and Technologies.	Study on the Development of Resource-Saving High Performance Slurry - Polishing/CMP for glass substrates in a radical polishing environment, using manganese oxide slurry as an alternative for ceria slurry -	Kyushu Univ.: Toshiro Doi, Syuhei Kurokawa, Tsutomu Yamazaki, Akita Prof.: Yoichi Akagami
4	2010/6/13~6/15	4th International Conference on Tribology in Manufacturing Processes.	New effective and precision polishing method with water-based slurry, controlled by AC electric field during processing	Akita Pref.: Hiroshi Ikeda, Yoichi Akagami, Takayuki Kusumi, Yasuhiro Sato, Kyushu Univ.: Toshiro K. Doi
5	2010/6/21~6/25	13th International Conference on Theoretical Aspects of Catalysis	Chemical mechanical polishing processes of La-doped CeO <sub>2</sub> nanocrystals via computational simulations	Tohoku Univ.: Nobuki Ozawa, Shiho Sato, Momiji Kubo
6	2010/6/28	精密工学会 プラナリゼーションCMP委員会	ガラス基板のラジカル環境研磨の効果 -酸化セリウムと酸化マンガンスラ	九州大学:山崎努、土肥俊郎、黒河周平、



			リーによる通常研磨特性の比較-	大西修 他
7	2010/7/1	秋田県産業技術総合研究センター 平成22年度成果報告会	代替材料開発におけるシミュレーションについて	東北大学:久保百司
8	2010/7/1	秋田県産業技術総合研究センター 平成22年度成果報告会	低減技術開発における電界研磨制御技術について	秋田県産業技術総合研究センター:赤上陽一
9	2010/7/5, 7/15	JFCC研究成果発表会	セリウム代替に向けた新規鉄系酸化物ガラス研磨材の開発	財団法人ファインセラミックスセンター:須田聖一、川原浩一
10	2010/7/8	物質工学セミナー	マルチフィジックス計算科学によるエネルギー、環境、電池、トライボロジー、精密加工、エレクトロニクス材料の理論設計	東北大学:久保百司
11	2010/7/28~7/30	ICoPE2010&ICPE13th	Polishing Mechanism of Glass Substrates with Its Processing Characteristics by Cerium Oxide and Manganese Oxide Slurries.	Kyushu Univ.: Tsutomu Yamazaki, Toshiro Doi, Syuhei Kurokawa, Akita Prof.: Yoichi Akagami
12	2010/8/28	2010年度砥粒加工学会 学術講演会	電界スラリー制御CMPシステムキットの開発	サイチ工業株式会社:千葉翔悟、松下大作、奥周作、松下一幸、秋田県産業技術総合研究センター:池田 洋、赤上陽一
13	2010/8/28	2010年度砥粒加工学会 学術講演会	電界スラリー制御技術を導入した新たな研磨技術の開発	池田 洋、赤上 陽一 黒河 周平、土肥 俊郎
14	2010/9/14~9/17	トライボロジー会議2010 秋	分子動力学法によるガラス表面の化学機械研磨シミュレーション	東北大学:石川宗幸、佐藤支保、尾澤伸樹、島崎智実、久保百司
15	2010/9/14~9/17	トライボロジー会議2010 秋	第一原理計算及び分子動力学法によるCe <sub>1-2x</sub> La <sub>2x</sub> O <sub>2-x</sub> 及びSrFeO <sub>3-x</sub> ナノ粒子の化学機械研磨特性の解析	東北大学:尾澤伸樹、佐藤支保、石川宗幸、久保百司
16	2010/9/15~9/18	第106回触媒討論会	SiO <sub>2</sub> 表面上のCeO <sub>2</sub> 砥粒による化学機械研磨の分子動力学シミュレーション	東北大学:石川宗幸、佐藤支保、尾澤伸樹、島崎智実、久保百司

17	2010/9/15~9/18	第106回触媒討論会	分子動力学法及び第一原理計算による $Ce_{1-x}La_xO_{2-x/2}$ における化学機械研磨特性の理論的解析	東北大学:尾澤伸樹、石川宗幸、佐藤支保、久保百司
18	2010/9/25~9/28	11th IUMRS International Conference in Asia	Development of Multi-Physics Quantum Chemical Molecular Dynamics Simulator and Its Application	Tohoku Univ.: Momoji Kubo
19	2010/9/27~9/29	2010年度精密工学会 秋季学術講演会	ガラス基板の研磨とラジカル環境場の効果 - 酸化セリウム系スラリーと酸化マンガン系スラリーによる加工特性 -	九州大学:山崎努、土肥俊郎、黒河周平 他
20	2010/9/27~9/29	2010年度精密工学会 秋季学術講演会	電界砥粒制御技術を適用したガラス素材に対する高速加工技術について (I)	池田 洋、赤上陽一、大西 修、黒河 周平、土肥 俊郎
21	2010/10/4~10/8	Fifth International Conference on Multiscale Materials Modeling	A study of chemical mechanical polishing on CeO <sub>2</sub> nanocrystals based on classical and tight-binding quantum chemical molecular dynamics simulations	Tohoku Univ.:Nobuki Ozawa, Shiho Sato, Momoji Kubo
22	2010/11/15~11/17	ICPT 2010	Impact of Reduction in CeO <sub>2</sub> Slurry Consumption for Oxide CMP - Approach from Alternative Slurries and Pad Groove Patterns -	Kyushu Univ.: Syuhei Kurokawa, Tsutomu Yamazaki, Toshio Doi
23	2010/11/18~11/19	U.S.-Japan Roundtable Discussion on Rare Earth Elements Research and Development for Clean Energy Technologies	Computational Chemistry as a Powerful Tool for the Design of the REE Alternative and/or Curtailment Technologies and the Integrated Application of the Experiments and Simulations to Cerium for the Mechanical Polishing	Tohoku Univ.:Momoji Kubo
24	2010/11/30	2010 MRS Fall Meeting	Effect of Dissolved Cations on Glass Polishing Rate of Cerium Oxide Abrasives	JFCC:Seiichi Suda, Koichi Kawahara, Kumiko Kinoshita
25	2010/12/14	AMIC 希少金属代替材料開発プロジェクト成果発表会	研磨におけるシミュレーションについて	東北大学大学院工学研究科:尾澤伸樹
26	2010/12/14	AMIC 希少金属代替材料開発プロジェクト成果発表会	代替粒子及びレーザ前処理技術について	財団法人三重県産業支援センター:澤野勉

27	2010/12/14	AMIC 希少金属代替材料開発プロジェクト成果発表会	電界砥粒制御研磨技術を適応した新たな研磨評価装置について	株式会社小林機械製作所: 川瀬恵嗣
28	2010/12/15	精密工学会 プラナリゼーションCMP委員会	セリアスラリーの代替および低減に関わる ガラスのポリシング ~希少金属代替材料開発の一環として~	九州大学: 黒河周平、土肥俊郎、大西修、山崎努
29	2010/12/15	プラナリゼーションCMPとその応用技術専門委員会第106回研究会	計算科学によるセリア砥粒の研磨メカニズムの解明と代替材料設計	東北大学: 尾澤伸樹、石川宗幸、久保百司
30	2010/12/15~12/20	The 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies	Computational simulation of chemical mechanical polishing using CeO <sub>2</sub> nanocrystals on SiO <sub>2</sub> surfaces for flat-panel display applications	Tohoku Univ.: Mune-yuki Ishikawa, Shiho Sato, Nobuki Ozawa, Momoji Kubo
31	2011/1/5	Multi-Scale and Multi-Physics Simulation Seminar	Multi-Physics Quantum Chemical Molecular Dynamics Simulation for Material, Process, and System Design	Tohoku Univ.: Momoji Kubo
32	2011/1/24	JOEM(日本オプトメカトロニクス協会) 光部品生産技術部会研究会	光学・電子部品用のガラス研磨用酸化セリウム砥粒の低減研磨法と代替砥粒の提案	九州大学: 土肥俊郎、黒河周平、大西修、山崎努
33	2011/1/26	日本学術振興会 第136委員会(将来加工技術) 第12回研究会	レアアース問題を克服するガラス研磨技術 -セリア砥粒の低減とセリア代替砥粒としての酸化マンガン系砥粒-	九州大学: 土肥俊郎、黒河周平、大西修、山崎努
34	2011/3/14~3/16	2011年度精密工学会春季大会	セリア砥粒のガラス研磨特性に及ぼす希土類元素固溶の影響	財団法人ファインセラミックスセンター: 須田聖一、本間隆行、川原浩一、木下久美子
35	2011/3/14~3/16	2011年度精密工学会春季大会	鉄系ペロブスカイト酸化物砥粒のガラス研磨特性に及ぼすCo添加の影響	財団法人ファインセラミックスセンター: 本間隆行、須田聖一、川原浩一、木下久美子
36	2011/3/14~3/16	2011年度精密工学会春季大会	計算科学シミュレーションによるCeO <sub>2</sub> 系ナノ粒子の化学機械研磨プロセスの解明	東北大学: 尾澤伸樹、石川宗幸、久保百司
37	2011/3/14~3/16	2011年度精密工学会春季大会	粗粒の酸化セリウムスラリーと酸化マンガン系スラリーによるガラス基板研磨 -基本的加工特性とラジカル環	九州大学: 山崎努、土肥俊郎、黒河周平、大西修 他

			境場における研磨の効果-	
38	2011/3/14~3/16	2011年度精密工学会春季大会	電界砥粒制御技術を適用したガラス試料に対する高速加工技術について(Ⅱ)	秋田県産業技術総合研究センター:池田洋、久住孝幸、赤上陽一、小林機械製作所:谷口智洋、サイチ工業:千葉翔悟、九州大学:大西修、黒河周平、土肥俊郎
39	2011/3/14~3/16	2011年度精密工学会春季大会	ガラス基板用研磨パッドの新規溝パターンとその研磨特性	財団法人三重県産業支援センター:森脇悠、九州大学:土肥俊郎、黒河周平、山崎 努
40	2011/3/14~3/16	2011年度精密工学会春季大会	ガラス研磨における砥粒の化学的作用の指標化	財団法人三重県産業支援センター:丸山高宏、森脇悠、深尾智、澤野勉

#### 3.4 新聞・雑誌等への掲載 29件

番号	掲載年月日	掲載媒体	タイトル
1	2010/6/23	日刊工業	高度部材イノベーションセンター「新産業創出の拠点に」
2	2010/7/1	毎日新聞	セリアに匹敵する代替研磨材料めざし
3	2010/7/19	日刊工業	広域連携で技術革新急ぐ”脱・酸化セリウム”推進
4	2010/7/20	日刊工業	高度部材イノベーションセンター「イノベーション創出の拠点」
5	2010/9/7	日刊工業	再利用・代替技術を開発
6	2010/10/20	半導体産業新聞	ガラス基板向け新研磨技術 セリウム代替材料を発見
7	2010/11/1	日本機械学会誌	高圧酸素環境場で光触媒反応を重畳させた革新的加工法—密閉式ベルジャー型CMP装置
8	2010/11/15	トライボロジスト 11月号	超精密研磨/CMP 技術とその最新動向
9	2010/11/29	日経産業新聞	JFCC成果発表会広告記事 最先端素材に挑戦するファインセラミックスセンター ナノレベル技術駆使した研

			究開発で成果
10	2010/12/9	安全安心企業NEWS	ガラスの研磨効率を著しく向上できるセリウム使用量低減研磨システムを開発
11	2010/12/9	家電ニュース	NEDO、ガラスの研磨効率を著しく向上できるセリウム使用量低減研磨システムを開発
12	2010/12/10	中部経済	NEDO「希少金属代替事業」基板研磨技術を開発
13	2010/12/10	化学工業日報	セリウム使用量1/10 効率2倍、砥粒濃度も低減
14	2010/12/10	中日新聞	レアアース使用低減一役
15	2010/12/10	鉄鋼新聞	秋産総研など／ガラス研磨で新技術開発／セリウム使用量を低減
16	2010/12/10	日刊産業新聞	NEDO／セリウム3割削減／研磨システムを開発
17	2010/12/10	日経産業新聞	ガラス研磨 2 倍速 秋田県 セリウム使用削減、九州大 高圧下の現象発見
18	2010/12/10	日経新聞電子版	NEDO、ガラスの研磨効率を著しく向上できるセリウム使用量低減研磨システムを開発
19	2010/12/15	読売新聞	ガラス研磨材レアアース 使用量抑え効率2倍に 8機関で技術開発
20	2010/12/15	毎日新聞	レアアース使用量削減 研磨システム開発
21	2010/12/15	中部経済	最新の希少金属代替材料を紹介 研究発表会で
22	2010/12/15	伊勢新聞	レアアース使用量低減 ガラス研磨の新技術 四日市で8機関が発表
23	2010/12/15	秋田さきがけ	セリウム使用5分の1に ガラス基板研磨で新技術
24	2011/1/1	日経ものづくり	脱・レアメタル依存症(特集記事)
25	2011/1/1	日経エレクトロニクス	終わらないレアアース・ショック(特集記事)
26	2011/1/1	光技術コンタクト	光学・電子部品用のガラス研磨用酸化セリウム砥粒の低減研磨法と代替砥粒の提案
27	2011/1/5	半導体産業新聞	ガラス基板研磨システムを開発／セリウム使用量を低減
28	2011/2/1	化学・教育誌	化学機械研磨(CMP)と研磨剤

29	2011/2/16～2/18	Nanotech2011	革新的な“磨き技”が 家電製品の未来を担う ～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～（ポスター及びプレゼン）
----	----------------	--------------	--

#### 4. 平成23年度 成果発表リスト

##### 4.1 特許 1件

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	財団法人フ ァインセラミ ックスセンタ ー	特願 2011-93 388	国内	2011/4/19	出 願	研磨材料、研磨用組成 物及び研磨方法	本間隆行、川原 浩一、須田聖 一、久保百司、 尾澤伸樹

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

##### 4.2 論文 0件

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ペー ジ番号	査読	発表年
	なし					

##### 4.3 その他外部発表(学会発表等) 0件

番号	発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
	なし			

##### 4.4 新聞・雑誌等への掲載 0件

番号	掲載年月日	掲載媒体	タイトル
	なし		

⑦-2 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発および代替材料開発

1. 特許 9件

番号	出願者	出願番号	国内外 国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	立命館大学、 九重電気(株)			2009/10/29			
2	(株)アドマテック ス			2010/7/2			
3	(株)アドマテック ス			2010/7/2			
4	九重電気(株)			2010/10/23			
5	立命館大学、 (株)クリスタル 光学			2010/11/08			
6	立命館大学、 九重電気(株)			2010/12/10			
7	(株)アドマテック ス			2010/12/10			
8	(株)アドマテック ス、立命館大 学			2010/12/10			
9	(株)アドマテック ス、立命館大 学			2010/12/10			

2. 論文 3件

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	一迺穂直聡、山口雄 也、櫻井健行、谷 泰弘、金 泰元	立命館大 学	洗浄性を考慮した複合砥 粒の開発とその研磨特性	日本機械学会論文集(C 編) 75 巻 757 号、 pp.2429- 2439	有	2009
2	谷 泰弘、山口雄 也、金泰元、一迺穂 直聡	立命館大 学	親水性キャリア粒子を用い た複合粒子研磨法に関する 研究	日本機械学会論文集(C 編)、76 巻、764 号、 pp.987-993	有	2010
3	村田順二、谷 泰 弘、野村信幸、広川 良一、宇野純基、張 宇	立命館大 学、九重 電気	ガラス研磨用エポキシ樹 脂研磨パッドの開発	日本機械学会論文集(C 編)、77 巻、777 号、pp. 2153-2161.	有	2011

3. 国際会議 3件

番号	発表者	所属	タイトル	会議名、開催地	査読	発表年
1	N.Ichinoh、 T.Kim、 Y.Tani	立命館大学	Development of Cerium Oxide Composite Abrasives for Improvement of Cleanability and Dispersibility	ASPEN、北九州	有	2009
2	N.Ichinoh、 Y.Yamaguchi 、Y.Tani、 T.Kim	立命館大学	Four-body Finishing Method Using Hydrophilic Carrier Particles	EUSPEN、オランダ	有	2010
3	J. Murata、 Y. Tani、 M. Yamada、 T. Yanagihara、 N. Nomura、 R. Hirokawa、 Y. Zhang、 O. Kirino	立命館大学、 アドマテック ス、九重電 気、クリスタ ル光学	Development of composite abrasives and epoxy resin polishing pad to reduce the use of CeO <sub>2</sub> abrasive in glass polishing	EUSPEN、イタリア	有	2011

4. 国内会議 16件

番号	発表者	所属	タイトル	会議名、開催地	査読	発表年
1	金 泰元、谷 泰弘、 一廻穂直聡	立命館大学	キャリア粒子を用いた高精度 研磨技術	2009 年度精密工学会関西 地方学術講演会、千里 ライフサイエンスセン タービル(大阪府)	無	2009
2	櫻井 健裕、今津 康 夫、金 泰元、谷 泰 弘	立命館大学	隙間調整型研磨パッドを用 いた大口径ガラスの研磨に 関する研究	2009 年度精密工学会秋 季大会学術講演会、神 戸大学(兵庫県)	無	2009
3	村田順二、張 宇、谷 泰弘	立命館大学	紫外線硬化樹脂を用いた研 磨パッドの機上再生技術に 関する研究	2010 年度精密工学会関 西地方定期学術講演 会、京都大学(京都府)	無	2010
4	村田順二、張 宇、谷 泰弘	立命館大学	多孔質エポキシ樹脂パッドの 最適化に関する研究	2010 年度砥粒加工学会 学術講演会、岡山大学 (岡山県)	無	2010
5	谷 泰弘、村田順二、 張 宇	立命館大学	ガラス研磨複合砥粒の開発	2010 年度日本機械学会 年次大会、名古屋工 業大学(愛知県)	無	2010
6	村田順二、谷 泰弘、 楊原 武司、山田美 幸、張 宇	立命館大学、 (株)アドマテッ クス	複合砥粒の滞留性とガラス の研磨特性	第 8 回日本機械学会生 産加工、工作機械部門 講演会、岡山大学(岡山 県)	無	2010
7	李 承福、桐野宙治、 谷 泰弘	(株)クリスタル 光学、立命館 大学	化学研磨によるガラス研磨 の代替可能性	第 8 回日本機械学会生 産加工、工作機械部門 講演会、岡山大学(岡山 県)	無	2010
8	谷 泰弘、張 宇、村 田順二、広川良一、 野村信幸	立命館大学、 九重電気(株)	多孔質エポキシ樹脂研磨 パッドの材料特性とガラスの 研磨特性	第 8 回日本機械学会生 産加工、工作機械部門 講演会、岡山大学(岡山 県)	無	2010
9	桐野 宙治、谷 泰 弘、村田 順二、張 宇	(株)クリスタル 光学、立命館 大学	研磨パッドの表面処理による 研磨特性の向上	2011 年度精密工学会春 季大会学術講演会、東 洋大学、白山キャンパス (東京都)	無	2011
10	谷 泰弘、村田順二、 張 宇、野村信幸、広 川良一	立命館大学、 九重電気(株)	エポキシ樹脂パッドのコンデ ショニングの検討	2011 年度精密工学会春 季大会学術講演会、東 洋大学、白山キャンパス (東京都)	無	2011
11	野村 信幸、広川良 一、谷 泰弘、村田順 二、張 宇	九重電気(株)、 立命館大学	エポキシ樹脂パッドによる研 磨特性の加工条件依存性	2011 年度精密工学会春 季大会学術講演会、東 洋大学、白山キャンパス (東京都)	無	2011
12	山田美幸、楊原 武、 谷 泰弘、村田順二、 張 宇	(株)アドマテッ クス、立命館 大学	複合砥粒による研磨特性の 加工条件依存性	2011 年度精密工学会春 季大会学術講演会、東 洋大学、白山キャンパス (東京都)	無	2011
13	田中雄一朗、谷 泰 弘、一廻穂直樹、村 田順二、張 宇	立命館大学	セリア砥粒成分がガラス研 磨に与える影響	2011 年度精密工学会春 季大会学術講演会、東 洋大学、白山キャンパス (東京都)	無	2011
14	李 承福、桐野宙治、 谷 泰弘	(株)クリスタル 光学、立命館 大学	エッチング援用のガラス研磨 の加工特性	2011 年度精密工学会春 季大会学術講演会、東 洋大学、白山キャンパス (東京都)	無	2011



15	村田順二、谷 泰弘、 楊原 武、山田美幸、 張 宇	立命館大学、 (株)アドマテック クス	研磨パッドの表面状態と複 合砥粒の研磨特性の関係	2011 年度精密工学会春 季大会学術講演会、東 洋大学、白山キャンパス (東京都)	無	2011
16	田中雄一郎、谷 泰 弘、村田順二、張 宇、山田美幸、楊原 武	立命館大学、 (株)アドマテック クス	セリア循環使用時の研磨能 率劣化の原因究明	2011 年度精密工学会関 西支部学術講演会、兵 庫県立大学、書写キャン パス(兵庫県)	無	2011

## 5. 成果発信 18件

番号	タイトル	イベント名、開催地	開催日
1	複合粒子研磨技術	KAST教育講座「次世代研磨加工技術」、立命館大学(滋賀県)	2009年7月23日
2	ガラス研磨の性能向上-酸化セリウムの使用量を削減する-	第35回産学連携マッチング交流会、立命館大学(滋賀県)	2010年1月13日
3	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	元素戦略/希少金属代替材料開発 第4回合同シンポジウム、東京大学(東京)	2010年2月1日
4	4BODY 研磨でガラス研磨の常識を覆す	nano tech 2010 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議、東京ビッグサイト(東京都)	2010年2月17日-19日
5	NEDO 希少金属代替材料開発プロジェクト—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—	平成 21 年度立命館シンポジウム、立命館大学大阪オフィス、東京キャンパス	2010年2月15日(大阪)、2月24日(東京)
6	ガラス鏡面研磨用セリア使用量の削減技術	京都産学公連携フォーラム2010、京都工業会間(京都府)	2010年11月2日
7	複合粒子研磨加工技術	KAST教育講座「研磨加工の基礎から最新・実践」、かながわサイエンスパーク(神奈川県)	2011年11月17日
8	複合粒子研磨法によるセリウム使用量低減技術	メガセミナー「レアアースの代替技術の実際」、機械振興会館(東京都)	2011年12月14日
9	高機能研磨パッド・有機無機複合砥粒の開発	Semicon2010、幕張メッセ(千葉県)	2010年12月1日-3日
10	鏡面研磨における酸化セリウム使用量低減	2010 年度ガラス製造技術講演会、日本セラミックス協会(東京都)	2010年2月4日
11	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	nano tech 2011 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議、東京ビッグサイト(東京都)	2011年2月16日-18日
12	ガラス鏡面研磨における酸化セリウム使用量低減技術	産学官連携推進大会 2011in 北大阪、大阪国際会議場(大阪府)	2011年2月22日
13	NEDO 希少金属代替材料開発プロジェクト—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—	平成 22 年度立命館シンポジウム、立命館大学東京キャンパス(東京都)	2011年2月25日
14	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	元素戦略/希少金属代替材料開発 第 5 回合同シンポジウム、笹川記念会館(東京都)	2011年3月4日
15	セリウム代替砥粒・研磨技術徹底解説	(株)電子ジャーナル第742回セミナー(東京都)	2011年4月21日
16	レアアースセリウムのガラス研磨における使用量低減技術の開発	高分子同好会(大阪府)	2011年4月22日
17	ガラス研磨におけるレアアース使用量低減技術	システム制御学会招待講演(大阪府)	2011年5月18日
18	砥粒の滞留性に着目したガラス研磨材酸化セリウムの使用量低減技術	精密工学会第348回講習会(東京都)	2011年6月1日

## 6. プレス発表 17件

番号	タイトル	媒体名	掲載/報道日
1	希少金属の代替を研究、新たな研磨方法を開発	NHK 京都ニュース 845	2010年9月16日

2	レアアースの代替技術を開発、NEDO 資源確保へ実用化に期待	産経新聞 web 版、SankeiBiz	2010 年 9 月 16 日
3	レアアース 別の金属使う技術	NHK ニュース全国版	2010 年 9 月 17 日
4	レアアース代替 研磨パッド開発	朝日新聞	2010 年 9 月 17 日
5	希土類使わず研磨	日本経済新聞	2010 年 9 月 17 日
6	レアメタル使わずガラス研磨 高品質パッドを開発	京都新聞	2010 年 9 月 17 日
7	NEDO、レアアース代替技術を開発	Fuji Sankei Business i	2010 年 9 月 17 日
8	レアアースで新たな動き	テレビ東京「ワールドビジネスサテライト」	2010 年 9 月 29 日
9	日本企業、代替技術急ぐ	日経ヴェリタス	2010 年 10 月 3 日
10	ガラス基板の研磨技術開発、セリウム使用量を低減	半導体産業新聞	2010 年 10 月 13 日
11	セリウムを削減する新研磨法が登場 エポキシ樹脂活用で効率が 2 倍以上に	日経ものづくり 2010 年 11 月号	2010 年 11 月 1 日
12	ガラス研磨に新素材 立命大 効率セリウムの 2 倍	読売新聞	2010 年 11 月 18 日
13	NEDO のレアメタル代替材研究 セリウム 5 割削減など実証	日刊工業新聞	2010 年 11 月 22 日
14	資源の買いどきを見誤る日本	大竹慎一著「投資は頭だ！」	2010 年 12 月 3 日
15	脱レアメタル依存症「視点を変えて装置側からアプローチ」	日経ものづくり 2011 年 1 月号	2011 年 1 月 1 日
16	注目の技術1「ガラス研磨のセリウム使用を低減」	Focus NEDO 第 40 号	2011 年 2 月
17	レアアースが足りない。代替技術を開発せよ	NHK 教育テレビ「サイエンス ZERO」	2011 年 2 月 26 日

#### 7. 著書 1件

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	谷 泰弘	立命館大学	30 章 研磨材とレアメタル	レアメタル便覧Ⅲ、Ⅲ-529-Ⅲ-532	無	2011

**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**

1. 特許 計1件 (4件手続き中)

出願日	受付番号	出願に係る特許等の標題	出願人
平成23年3月3日	特願2011-046339	蛍光体混合物の分離方法	産業技術総合研究所
平成23年6月	出願手続き中*	蛍光シリカ	産業技術総合研究所
平成23年7月初旬	出願手続き中*	蛍光体の製造方法	新潟大学 三菱化学株式会社
平成23年7月初旬	出願手続き中*	ガラス上の凹凸構造の作製方法	産業技術総合研究所
平成23年8月予定	出願手続き中*	白色光を得る発光装置(仮題)	三菱化学株式会社 パナソニック株式会社

\*手続き中は6月時点で出願手続きに入っているもののみを記載。

2. 論文・誌上发表 9件

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	T. Ishigaki, M. Yoshimura, N. Matsushita, K. Uematsu, K.Toda, and M. Sato	新潟大学	Melt synthesis of Eu-doped oxide phosphors using arc-imaging furnace	Journal of the European Ceramic Society, Vol.30, Issue 2, pp.165-169(2010)	有	2010
2	H. Onuma, A. Endou, H. Tsuboi, H. Hatakeyama, H. Takaba (他9名)	東北大学	Host emission from BaMgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub> and SrMgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub> phosphor: Effects of temperature and defect level	J. Soc. Inf. Display 18, 211-222	有	2010
3	H. Onuma, A. Endou, H. Tsuboi, H. Hatakeyama, H. Takaba (他7名)	東北大学	Quantum chemistry and QSPR study on relationship between crystal structure and emission wavelength of Eu <sup>2+</sup> -doped phosphors	J. Soc. Inf. Display 18, 301-309	有	2010
4	I. Yamashita, H. Tsuboi, H.	東北大学	Development of Computational Method for Analysis of Carrier	Jpn. J. Appl. Phys. 49 p.04DK13	有	2010

	Hatakeyama H. Takaba (他 7 名)		Transfer in Light-Emitting Polymers			
5	K. Serizawa, H. Onuma, H. Kiuchi (他 12 名)	東北大 学	Quantum Chemistry Study of Surface Structure Effects on Secondary Electron Emission in MgO Protecting Layers for Plasma Displays	Jpn. J. Appl. Phys. 48, 04DJ14	有	2010
6	T. Akai	産総研	Recent R&D to reduce usage of Tb,Eu in phosphor for fluorescent lamps	Proc. International Display Workshop 2010	無	2010
7	T. Sakamoto, S. Kousaka, K. Uematsu, T. Ishigaki, K. Toda and M. Sato	新潟大	Synthesis and properties of Na <sub>3</sub> YSi <sub>2</sub> O <sub>7</sub> :Eu <sup>3+</sup> phosphor for fluorescent lamp	physica status solidi (c) (Accepted)	有	2011,
8	T. Akai, M. Murakami, M.Yamashita, T. Okajima and N. Umesaki	産総研	Sintering Process of Eu-doped luminescent glass prepared from porous glass	IOP conference series; Materials Science (accepted)	有	2011
9	赤井智子	産総研	蛍光体の Tb,Eu 低減技術の開発 総説(依頼総説)	機能材料,Vol 30. No.7 p.25	無	2011.6.5

### 3. 口頭発表(国内) 19件 (予定6件)

番号	発表者	所属	タイトル	学会名	発表年月日
1	大沼宏彰、高 羽洋充、他	東北大 学	光励起平衡状態における蛍光体中の 励起子分布シミュレーション	第 70 回応用物理学会学 術講演会	2009 年 9 月 9 日
2	大沼宏彰、高	東北大	Eu <sup>2+</sup> 蛍光体の励起エネルギー移動シミ	第 104 回触媒討論会	2009 年 9 月 29 日

	羽洋充、他	学	ュレーション		
3	大沼宏彰、高羽洋充、他	東北大学	量子化学計算とQSPR法とによるEu <sup>2+</sup> 付活蛍光体の発光ピーク波長予測	SDM研究会	2009年10月30日
4	大沼宏彰、高羽洋充、他	東北大学	蛍光体のための発光効率算出シミュレータの開発とEu <sup>2+</sup> 付活蛍光体への応用	日本コンピュータ化学会	2009年11月12日
5	大沼宏彰、高羽洋充、他	東北大学	計算化学手法を用いたEu <sup>2+</sup> 付活蛍光体結晶構造と発光特性との関連性の解析	電気化学会第77回大会	2010年3月31日
6	大沼宏彰、高羽洋充、他	東北大学	量子効率算出シミュレータを用いたEu <sup>2+</sup> 付活BaMgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub> 蛍光体の発光特性に対する構造欠陥の影響の解明	第71回応用物理学会学術講演会	2010年9月16日
7	大沼宏彰、高羽洋充、他	東北大学	計算化学によるEu <sup>2+</sup> 付活蛍光体の発光波長・励起波長予測	第106回触媒討論会	2010年9月18日
8	吉原大貴、高羽洋充、他	東北大学	決定木を用いた結晶構造組成によるEu <sup>2+</sup> 付活蛍光体の発光波長の分析	第71回応用物理学会学術講演会	2010年9月14日
9	山下格、高羽洋充、他	東北大学	マルチスケールキャリア移動シミュレーションを用いた高分子発光材料の結晶性とキャリア移動に関する研究	第58回応用物理学関係連合講演会	2011年3月26日
10	大沼宏彰、高羽洋充、他	東北大学	CaAlSiN <sub>3</sub> :Eu <sup>2+</sup> 蛍光体の電子状態計算とカチオン添加効果の予測	第58回応用物理学関係連合講演会	2011年3月24日
11	大沼宏彰、高羽洋充、他	東北大学	アルカリ土類ネットワークによる高効率Eu <sup>2+</sup> 付活蛍光体結晶構造の検討	第58回応用物理学関係連合講演会	2011年3月24日
12	戸田健司・石垣雅・上松和義・佐藤峰夫	新潟大	層状ペロブスカイトにおけるビスマスイオンの長残光特性	日本セラミックス協会 2011年年会	2011年3月16日
13	戸田健司, 石垣雅, 上松和義, 佐藤峰夫	新潟大	非化学量論組成希土類ニオブ酸塩の蛍光特性	第58回応用物理学関係連合講演会	2011年3月24日
14	石垣雅, 戸田健司, 上松和義, 吉村昌弘, 佐藤峰夫	新潟大、東工大	アークイメージ炉を用いた熔融急冷法の新規蛍光体の探索への適用	第58回応用物理学関係連合講演会	2011年3月24日
15	宮本快暢, 中村公彦, 大観光徳	鳥取大	VUV励起用希土類フリー赤色蛍光体(Ca,Mg)GeO <sub>3</sub> :Mn <sup>2+</sup> の発光特性	第71回応用物理学会学術講演会	2010年9月14日

16	赤井智子	産総研	高速合成・評価法による蛍光ランプ用 蛍光体の Tb, Eu 低減技術の開発	日本セラミックス協会 2011 年会	2011 年 3 月 17 日
17	山下勝、赤井 智子、安宅光 雄	産総研	蛍光体の磁化率と磁気力分離	第 58 回 応用物理学関 係連合講演会	2011 年 3 月 24 日
18	赤井智子、村 上方貴、山下 勝	産総研	金属をドーブした発光シリカの蛍光特 性	第 58 回 応用物理学関 係連合講演会	2011 年 3 月 26 日
19	赤井智子・山下 勝・大木達也	産総研	高磁場勾配磁選による蛍光体の種別 分離	希土類討論会	2011 年 5 月 12 日
20	赤井智子	産総研	蛍光体用 Tb, Eu 低減技術の開発 (依頼講演)	ニューガラスフォーラム 研究会	2011 年 6 月 28 日 (予定)
21	戸田健司, 前 田雅紀, 石垣 雅, 亀井真之 介, 上松和義, 佐藤峰夫	新潟大	Rb-V 系不定比酸化物の蛍光物性の 検討	秋季第 72 回応用物理学 会学術講演会	2011/8/29-9/2 (予定)
22	亀井 真之介, 初森 智紀, 上 松 和義, 石垣 雅, 戸田 健 司, 佐藤 峰夫	新潟大	青色発光する Li(Sr, Mg)PO <sub>4</sub> :Eu <sup>2+</sup> 蛍光 体の合成と蛍光特性	秋季第 72 回応用物理学 会学術講演会	2011/8/29-9/2 (予定)
23	石垣 雅, 亀井 真之介, 上松 和義, 戸田健 司, 吉村昌弘, 佐藤峰夫	新潟大	アーキメーシ炉を用いた熔融急冷法 による粉末蛍光体の直接合成	秋季第 72 回応用物理学 会学術講演会	2011/8/29-9/2 (予定)
24	李佳龍、三原 敏行、山下勝、 赤井智子	産総研	ガラス上へのナノ構造のナノインプリ ントフィルムからの転写	日本セラミックス協会秋 季シンポジウム	2011/9/7-9 (予定)

25	赤井智子、村上方貴、山下勝	産総研	金属ドーピングシリカ粉体の蛍光特性の組成依存性	日本セラミックス協会秋季シンポジウム	2011/9/7-9 (予定)
----	---------------	-----	-------------------------	--------------------	--------------------

4. 口頭発表(国際) 計 16 件 (予定 3 件) 番号太字下線は招待講演(計 9 件)

番号	発表者	所属	タイトル	学会名	発表年月日
<u>1</u>	H. Takaba, (他8名)	東北大学	Ultra accelerated molecular dynamics study on electronic structure and luminous efficacy of PDP protecting layer	IMID/IDMC/ASIA DISPLAY 2009, Ilsan, Korea	2009年10月13日
<u>2</u>	H. Takaba, (他9名)	東北大学	Experiment Integrated Multi-level Combinatorial Computational Chemistry for Design of Functional Materials	IUPAC 5th International Symposium on Novel Materials and their Synthesis (NMS-V) & 19th International Symposium on Fine Chemistry and Functional Polymers (FCFP-XIX)	2009年10月20日
<u>3</u>	N. Hatakeyama, H. Takaba, (他7名)	東北大学	Theoretical Prediction of gamma Value of Protecting Layer Using Computational Quantum Chemistry	Future PDP Forum 2010	2010年8月21日
<u>4</u>	H. Tsuboi, H. Takaba, (他6名)	東北大学	Development of The Ultra Accelerated Quantum Chemical Molecular Dynamics Method and Its Application to The Next Generation CMOS Technologies	IUMRS-ICES 2010	2010年8月23日
5	H. Onuma, H. Takaba, (他9名)	東北大学	A Computational Chemistry Study on Relationship between Crystal Structure and Emission Property of Eu <sup>2+</sup> -doped Phosphors	17th International Display Workshops	2010年12月1日
6	H. Onuma, H. Takaba, (他9名)	東北大学	Development of Quantum Efficiency Simulator for Phosphors and Its Application to Eu <sup>2+</sup> -doped SrS	The 10th International Meeting on Information Display	2010年10月12日
7	H. Onuma, H. Takaba, (他10名)	東北大学	Computational Study on Cation Effects on Emission Wavelength of Ca <sub>1-x</sub> M <sub>x</sub> AlSiN <sub>3</sub> :Eu <sup>2+</sup> (M=Li,Na,Mg,Sr,Ba,Y,La)	The 10th International Meeting on Information Display	2010年10月12日

8	H. Onuma, H. Takaba, (他 8 名)	東北大学	Emission Property Prediction for $\text{Eu}^{2+}$ -doped Phosphors based on Crystal Structure: A Computational Chemistry Study	15th International Workshop on Inorganic and Organic Electroluminescence & 2010 International Conference on the Science and Technology of Emissive Displays and Lighting & XVIII Advanced Display and Technologies International Symposium	2010年9月28日
9	N. Hatakeyama, H. Takaba, (他 10 名)	東北大学	Computer Chemistry Study on Material Design of Protecting Layer and Phosphor of PDP	Future PDP Forum 2011	2011年2月19日
10	T. Ishigaki, M. Yoshimura, K. Toda and M. sato	新潟大	Melt-Quench synthesis using arc imaging furnace for phosphor materials	LS-12/WhiteLED (THE SCIENCE AND TECHNOLOGY OF LIGHT SOURCES 12TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM) (WHITE LEDS AND SOLID STATE LIGHTING 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE)	2010年7月11日
11	T. Sakamoto, S. Kousaka, K. Uematsu, T. Ishigaki, K. Toda and M. Sato	新潟大	Synthesis and properties of $\text{Na}_3\text{YSi}_2\text{O}_7\text{:Eu}^{3+}$ phosphor for fluorescent lamp	Fourth International Conference on Optical, Optoelectronic and Photonic Materials and Applications	2010年8月16日
12	T. Ishigaki, K. Toda, M. Yoshimura, K. Uematsu, M.Sato	新潟大	The Combinatorial phosphor materials synthesis using arc imaging furnace	6th International workshop on combinatorial materials science and technology	2010年10月.27日
13	T.Akai, M.Murakami and M. Yamashita	産総研	Luminescent Property of Metal Doped High Silica Glass	International Congress on Glass	2010年9月18日
14	T.Akai	産総研	Recent R&D project in Japan to reduce usage of rare earth in	Phosphor Safari 2010	2010年11月11日



			phosphor		
15	T.Akai, M. Murakami, M. Yamashita, T. Okajima and N. Umesaki	産総研	Sintering process of Eu doped luminescent glass prepared from porous glass	3 <sup>rd</sup> International Congress on Ceramics	2010年11月18日
16	T. Akai	産総研	Recent attempts to reduce usage of rare earth in phosphor for lighting for sustainable development	The 17 <sup>th</sup> International Display Workshop	2010年12月1日
17	T.Ishigaki, H.Kaneko, K. Uematsu, K. Toda, M. Sato	新潟大	Investigation of possibility Lithium ionic conductor phosphate as a photoluminescence material	STAC5-AMID2	2011/6/22 (予定)
18	T. Akai	産総研	R&D to reduce usage of rare earth in phosphors for lighting and displays	American Conference on Crystal Growth	2011.8 (予定)
19	T. Akai, M. Murakami and M. Yamashita	産総研	Porous glass as a starting materials for phosphors for lighting and display	PGL 2011, 10 <sup>th</sup> Seminar on Porous Glasses - Special Glasses	2011.8.21 (予定)

#### 5. 受賞 計1件

番号	発表者	所属	タイトル	学会名	発表年月日
1	Hiroaki Onuma, Hideyuki Tsuboi, Nozomu Hatakeyama, Akira Endou, Hiromitsu Takaba (他6名)	東北大学	Merck Grand Award	IMID/IDMC/ASIA DISPLAY 2010 conference committee	2010年10月

6. 成果発信／展示会等出展 計2件

番号	展示会等名称	発表年月
1	ナノテク 2010	2010 年 2 月
2	ナノテク 2011	2011 年 2 月
3	元素戦略・希少金属合同シンポジウム	2010 年 3 月
4	元素戦略・希少金属合同シンポジウム	2011 年 3 月

7. 成果発信／プレス発表 計1件

番号	タイトル	所属	発表年月日
1	レアアースを含む蛍光体を種類ごとに分離する技術を開発	産総研	2011 年 5 月 11 日

8. 報道等 計6件

番号	タイトル	媒体	年月日
1	希少金属代替材料開発<上>対象はTb, Eu 蛍光体・ガラス・プロセス改良で8割減	レアメタルニュース	2010 年 7 月 16 日
2	蛍光体 使用量 80%減で開発進む	日経エレクトロニクス	2011 年 1 月 17 日
3	レアアースを蛍光灯から回収	日本経済新聞	2011 年 5 月 13 日
4	レアアース 蛍光灯から回収安く	日本経済産業新聞	2011 年 5 月 12 日
5	種類ごとに蛍光体分離	日刊工業新聞	2011 年 5 月 12 日
6	蛍光体から希土類分離 産総研が技術開発	鉄鋼新聞	2011 年 5 月 18 日

## 2. 分科会における説明資料

次ページより、プロジェクト推進・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

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」(中間評価)  
(2009年度～2013年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

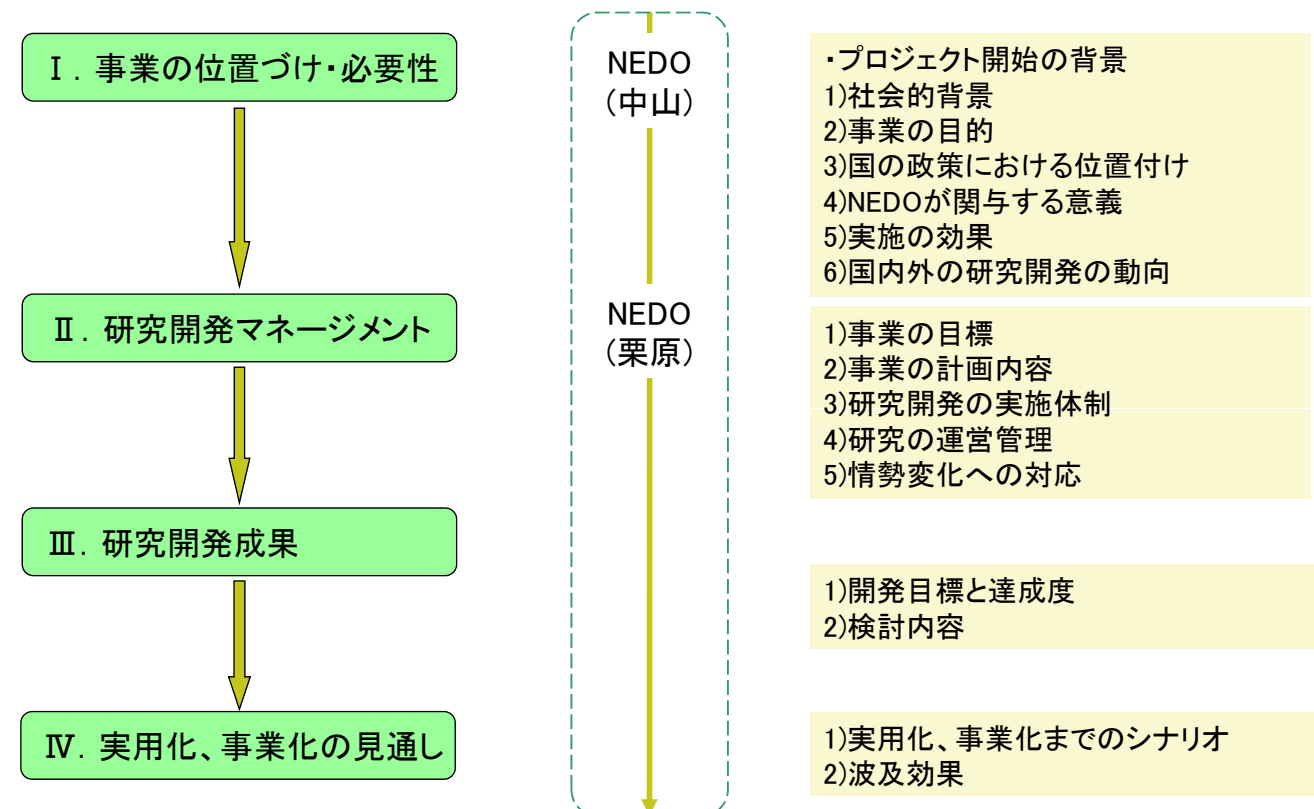
電子・材料・ナノテクノロジー部

2011年7月1日

1 / 32

発表内容

公開



2 / 32

# 希少金属プロジェクトで白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムに取り組んだ背景(1)

## 1.希少金属プロジェクト開始の背景

- ・レアメタルの供給をめぐる情勢変化があり平成18年に安定供給確保のための戦略が立てられ実施される。
- ・NEDOは<代替材料の開発>を担当することとなる。

非鉄金属資源の多くは、自動車・IT関連製品などの製造に不可欠な原材料。特にレアメタルは、我が国製造業の国際競争力の源であるハイテク製品(ハイブリッド車・太陽電池等)等の原材料としても必須。また、レアメタルの多くは、中国、南アフリカなど、特定の資源国に偏在。

【主な用途】

タングステン	超硬工具、特殊鋼、フィラメント	レアアース	磁石、二次電池
プラチナ	自動車排気触媒	銅	電線、電子材料
インジウム	透明電極(液晶パネル)、太陽電池	亜鉛	自動車用メッキ鋼板、合金

【資源の偏在(主要国からの輸入比率(2004年))】

タングステン	中国87%、米国3%、韓3%	レアアース	中国92%、仏4%
プラチナ	南アフリカ77%、ロシア13%	銅(鉱石)	米50%、ペル-12%
インジウム	中国71%、加8%、米国6%	亜鉛(鉱石)	豪23%、ペル-21%

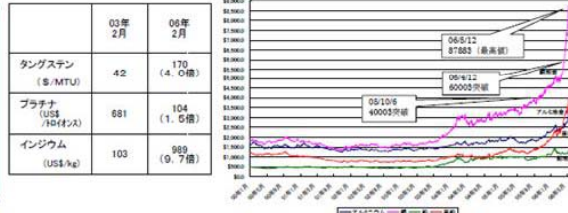
我が国の非鉄金属確保を巡る環境の変化と対応

国際需給の逼迫化を受け、非鉄金属の国際価格は急騰。

国際資源需給に大きな影響を及ぼす、以下のような構造変化を受け、国際需給の逼迫や国際価格の高騰を経験。資源獲得競争も激化。

- 中国等の新たな資源大消費国が出現し、世界市場が拡大。また、中国は資源輸入国化。
- BHPビルトン、リオチント等海外資源メジャーが巨大化。市場支配力、資金力を拡大。
- 価格高騰を受け、資源ナショナリズムの動きが顕在化。

多様な非鉄金属の特性に応じ、資源セキュリティ確保のため多面的・総合的なアプローチを戦略的に展開。



出典: 「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)

### <探鉱開発の推進>

- 激化する資源獲得競争の中で、資源確保に向けた、総合的・多面的な対策を強化する。
- アフリカなどリスクの高い地域における探鉱開発に対する融資等を積極的に実施。(JOGMEC、JBIC等)
- 偏在の著しいレアメタルの供給源多様化に向け、JOGMECによる海外資源調査を推進。
- 我が国企業の資源権益確保上の交渉力向上に向け、鉱山における低コスト・高効率な資源生産技術を開発。
- 資源国における投資環境改善のため、APEC等のマルチ金合のほか、EPA等の政策協議の場を積極的に活用。

JOGMEC, JBIC

### <リサイクルの推進>

- 使用済製品等からの非鉄金属資源の再利用を促進する。
- 製品中のレアメタル含有情報の提供・活用方策につき検討。
- リサイクルコストを低減するため、最終製品から金属資源をリサイクルするための技術開発を推進。
- 民間企業が行う製品開発において、リサイクルが容易となる材料・構造の工夫を促進。
- リサイクル原料の輸入円滑化のため、輸入手続の運用改善等につき検討。

JOGMEC

### <代替材料の開発>

- レアメタルの機能を代替する新材料の開発を拡大する。
- タングステン、レアアース、インジウムの機能を代替する材料開発に向け、ナノテクの応用技術など、革新的基盤的研究開発に着手。
- 民間企業においては、性能向上、省使用化のための技術開発を推進。

NEDO

### <レアメタル備蓄>

- 官民協調によるレアメタル備蓄について、備蓄物資の機動的な保有・売却を実施していく。(現在の保有日数は35日分(備蓄目標は60日分)。)
- レアメタル備蓄制度(国備、民備)における官民の役割分担について検討。
- 対象鉱種、機動的な備蓄物資の放出手順等につき検討。

JOGMEC

### <その他の取組み>

- マテリアル・フロー調査により、国内におけるレアメタルの詳細な流れを把握する。
- レアメタルの需給動向等に関する調査・統計を充実させる。
- 海外で資源開発に従事する人材を育成するため、JOGMEC、国際資源大学校等における研修関連事業を強化する。

# 希少金属プロジェクトで白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムに取り組んだ背景(2)

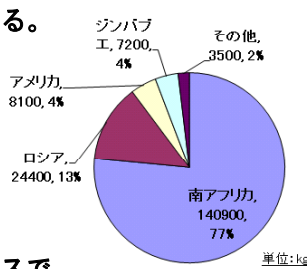
## 2.白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムに取り組んだ背景

### 2.1 供給不安の解消

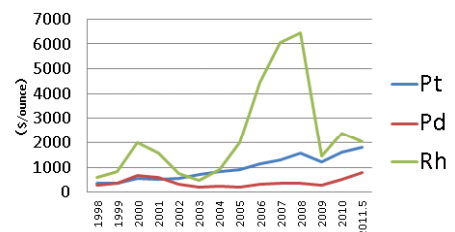
#### 1) 白金族の供給不安

- ・埋蔵量、生産とも南アフリカに集中している。
- ・南アフリカの供給懸念と減産の顕在化
  - ①安全、設備等の問題による鉱山の閉山
  - 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
- ・価格の高騰あり。

プラチナの世界生産量(2009年) 合計184,100kg



Pt, Pd, Rhの価格推移



#### 2) レアアースの供給不安

- ・埋蔵は世界各国に分布しているが商業ベースでの生産は中国に集中している。
- ・中国はレアアースの輸出規制を強化している。
  - 企業→国への輸出の一元化(1984)
  - 国内での還付税の引き下げと撤廃(2004~2007)
  - 輸出制限(EL枠)の開始(2005)
  - 輸出税の導入(2006)
- ・EL発給枠の抑制の懸念がある。

#### 2-1) セリウムの供給不安

- ・中国外での新規鉱山開発(米やオーストラリア、ベトナム)の動きはあるが需要動向により操業するかが左右され供給に対する効果は限定的。

#### 2-2) テルビウム・ユウロピウムの供給不安

- ・生産は、中国南東部のイオン吸着鉱からほとんどで、新規鉱山開発による効果は限定的。

産出地	(単位:産出されるレアアース中の各種化合物比率%)					
	中国	アメリカ	オーストラリア	マレーシア	中国	中国
産出地域	Bayan Obo	Mountain Pass	Mount Weld	Lahat Perak	Longnan	不明(稼働中)
鉱石量(万トン)	5740(稼働中)	2900(休止中)	1540(開発中)	不明(稼働中)	不明(稼働中)	不明(稼働中)
イットリウム	-	0.1	-	61	65	-
ランタン	23	33	26	1	2	-
セリウム	50	49	51	3	0.4	-
プラセオジム	6	4	4	1	1	-
ネオジム	19	12	15	2	3	-
サマリウム	1	1	2	1	3	-
ユウロピウム	0.2	0.1	0.4	-	0.1	-
ガドリニウム	0.7	0.2	1.0	4	7	-
テルビウム	0.1	-	0.1	1	1	-
ジスプロシウム	0.1	-	0.2	8	7	-
ホルミウム	-	-	0	2	2	-
エルビウム	-	-	0	6	5	-
ツリウム	-	-	0	1	1	-
イッテルビウム	-	-	0	7	3	-
ルテチウム	-	-	-	1	0.4	-

出典: 鉱石含有率データ...USGS 2008 Minerals Yearbook、生産量、価格データ...2010年度希少金属調査 鉱石量、世界地図...地質ニュース624号、10-29頁、2006年8月

2.白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムに取り組んだ背景

2.2 今後の需要増への対応

1) 白金族の需要

- ・需要は、投資/宝飾品向けが減少しているため全体での伸びは大きくない(07/98比137%)が、産業用の伸びは大きく(07/98比203%)、特に自動車触媒向けは大きく伸びている(07/98比235%)
- ・日本、欧州での排気ガス規制の強化により需要増が見込まれる。
- ・将来は燃料電池用触媒用途の需要も見込まれる。

図表6 デューゼル排ガス規制の概要 g/kWh

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
日本 NOx	4.5			3.38			2.0					0.7	
PM	0.25			0.18			0.027					0.01	
	長期			新短期			新長期			ポスト新長期			
NOx	-			-			5.90			-			
PM	-			-			0.49			-			
	NOx・PM法(大都市圏、使用中の自動車)												
NOx	-			-			3.60			-			
PM	-			-			0.20			-			
	オフロード												
NOx	5.0			-			3.5			2.0			
PM	0.1			-			-			0.03			
	Euro3			Euro4			Euro5			Euro6:2014~			
NOx	-			-			4.0			1.0			
PM	-			-			0.3			0.25			
	オフロード(3%)												
	(4%)												

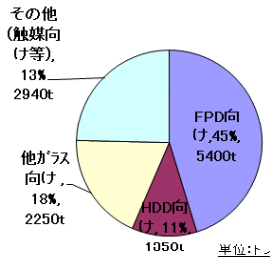
出典:経済産業省・環境省資料、規制値等は代表例、施行時期は概略

2) レアアースの需要

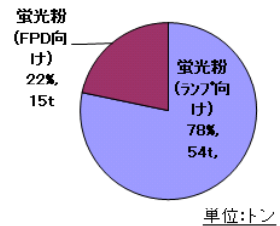
2-1) セリウムの需要

- ・需要は、全体の伸びは(07/98比154%)だが、特に研磨剤向けの伸びが大きい(07/98比242%)
- ・FPD、HDDの需要増に応じ今後も使用量の増加が見込まれる

酸化セリウム・セリウム化合物の国内需要(2007年) 合計:11,940t



ユウロピウムの国内需要(2007年) 合計 69t



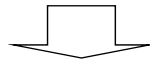
2-2) テルビウム・ユウロピウムの需要

- ・蛍光体用途の需要は引き続き旺盛であり供給がタイトな現状の需要が維持される見込みである。
- ・欧州では電力消費量の大きい白熱灯廃止の動きがあり電球型蛍光ランプ(3波長蛍光ランプ)の需要増が見込まれる。

1. 事業の位置付け・必要性について (1) NEDOの事業としての妥当性

1) 社会的背景

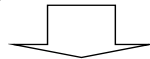
・希少金属(レアメタル・レアアース)は、現在、我が国産業を支える高付加価値な部材の原料であり、情報家電、ロボット、電池等の新たな産業分野の成長に伴い需要の増大が見込まれるが、その希少性・偏在性・代替困難性から、市場メカニズムが有効に機能せず、その需給逼迫が経済成長の制約要因となると懸念される。



・国として、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備蓄に対する取り組みを平成18年度より開始。

2) 事業の目的

・「③代替材料の開発」を希少金属代替材料開発プロジェクトとして実施する。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開発体制を確立して進める。

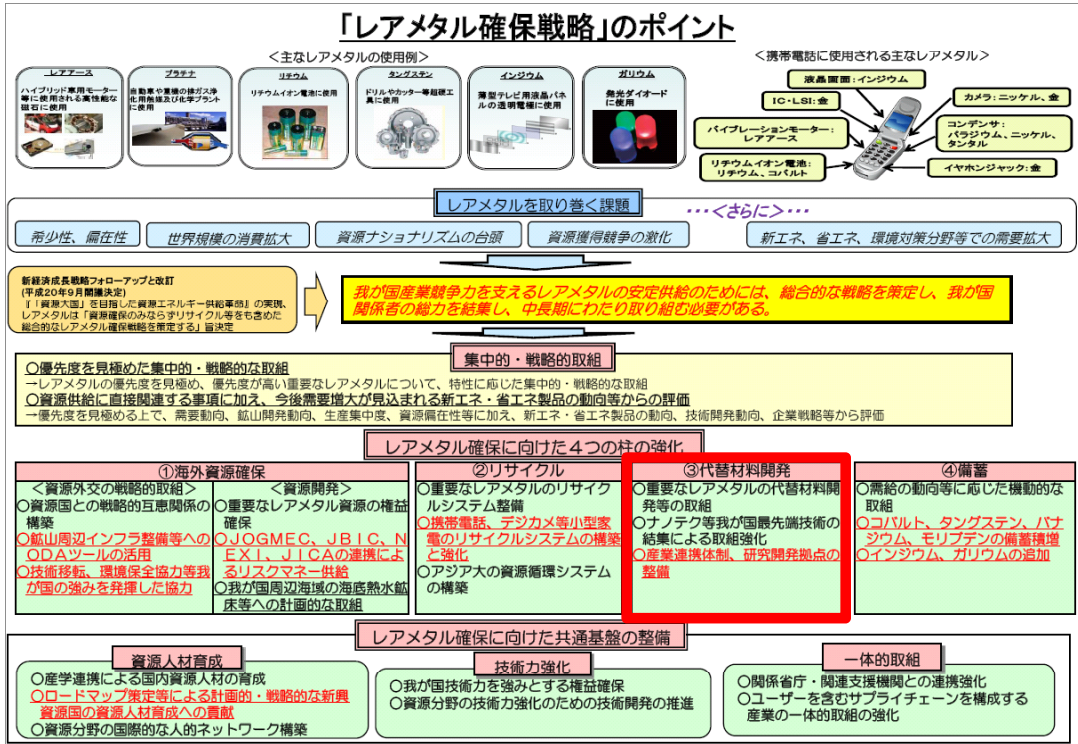


・代替材料開発、使用量削減技術を確立する。実用化、事業化につながる技術の確立、供給懸念が実際に起こった時にその対応策となる技術の確立を目指す。

1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

3)国の政策における位置づけ

・国のレアメタル確保戦略のうち「③代替材料開発」を担う。



1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

3)国の政策における位置づけ

・第3期科学技術基本計画(2006年3月28日閣議決定)

ナノテク・材料分野の戦略重点科学技術の一つ

「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」

・ナノテク・部材イノベーションプログラム

「IV.エネルギー・資源・環境領域 ii)資源制約を乗り越える！」

・環境安心イノベーションプログラム(資源制約克服/3R)

1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

3)国の政策における位置づけ

第3期科学技術基本計画

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

1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

3)国の政策における位置づけ

ナノテク・部材イノベーションプログラム

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。

● 総会計 ● 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、他国の追跡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・資源制約などの課題解決-

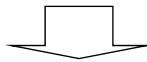
希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。



4)NEDOが関与する意義

希少金属の代替材料開発、使用量低減技術の開発は、

- 社会的必要性が大きな国家的課題であるが、研究開発の難易度が高く産官学(産－研究機関)の連携による課題解決が必要
- 早期実用化のために産業の川上、川下の連携を取った開発が必要
- 現在の電子機器、自動車産業の競争力強化、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

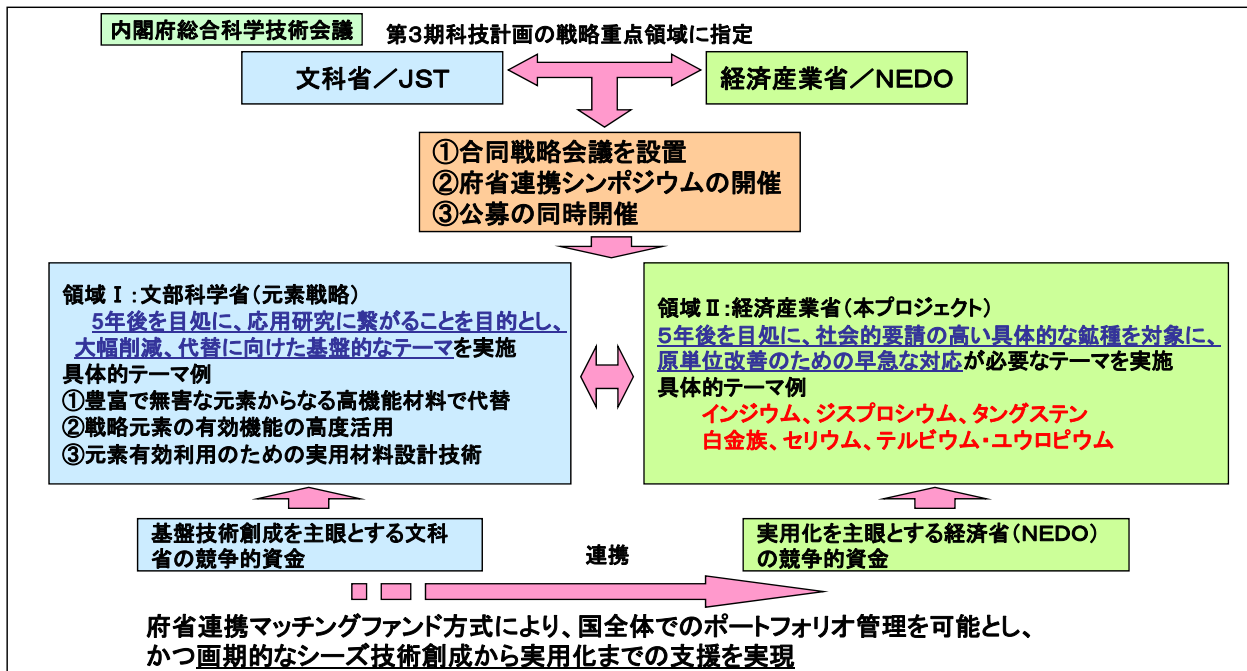


**政策的な位置付け、資源セキュリティ、技術開発の開発リスクの観点からNEDOが推進すべき研究開発プロジェクトである**

4)NEDOが関与する意義

文部科学省との府省連携

・公募の同時開催、公募内容の共有と振り分け、プロジェクト評価結果の共有、シンポジウムの共催(取り組みと成果の報告)等を行い、国として基礎から実用化までをカバーした研究開発を進める。



1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

研究開発と調査・今回の中間評価テーマ

- ・プロジェクトの特徴は、レアメタルに対するリスク調査を行い重要鉱種を決定し、研究対象として採用するサイクルをまわして進めていることにある。結果として2010年7月の大きな状況変化を先取りした動きにつながられている。
- ・今回の中間評価対象のプロジェクトは、2009年から研究開発を開始した⑥-1～⑧の5テーマである。

テーマ	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
第1回調査	調査1.1	調査1.2							
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2					
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(排ガス助触媒) 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			

1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

5)実施の効果 費用対効果

【定量効果】

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	
	Tb	53億円	52t/年	102,000円/kg	
⑧蛍光体向けテルビウム・ユウロピウム	Eu	76億円	75t/年	102,000円/kg	
合計		983億円			

5年間の予算見込み約42億円に対し、2010年5月の価格で計算すると白金族254億円、セリウム600億円、テルビウム・ユウロピウム129億円 計983億円の削減効果となる。

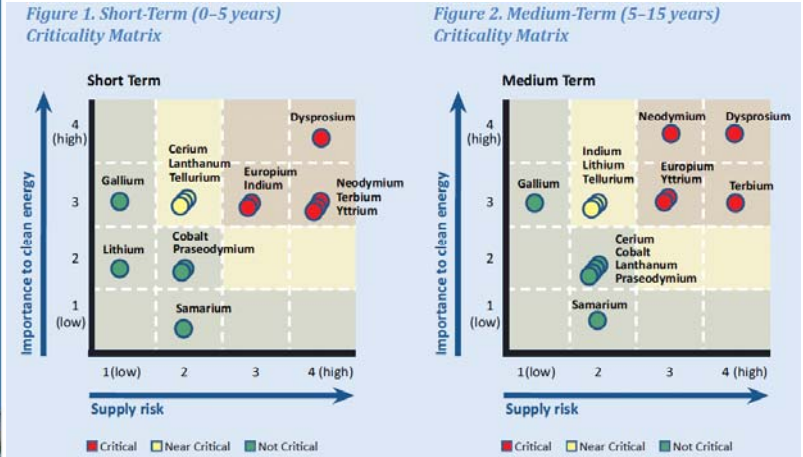
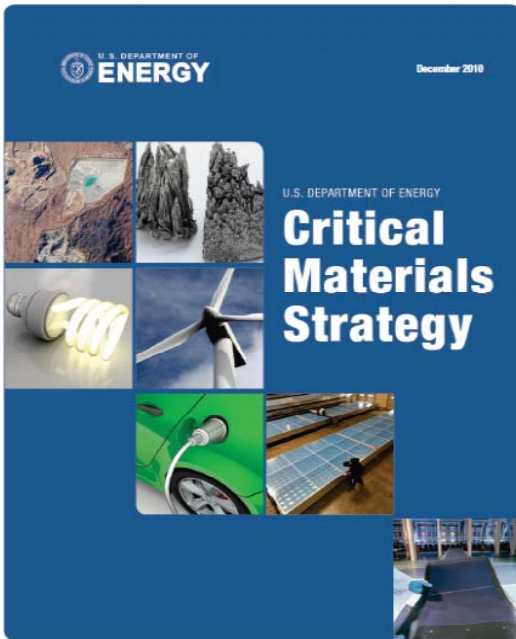
【定性効果】

本プロジェクトで研究開発している白金族、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・レンズ研磨剤、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。実際、2010年7月にはレアアースの供給懸念が顕在化した。この事態を先取りした研究開発を既に行っており、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。

1. 事業の位置付け・必要性について (2)事業目的の妥当性

6)国内外の研究開発の動向

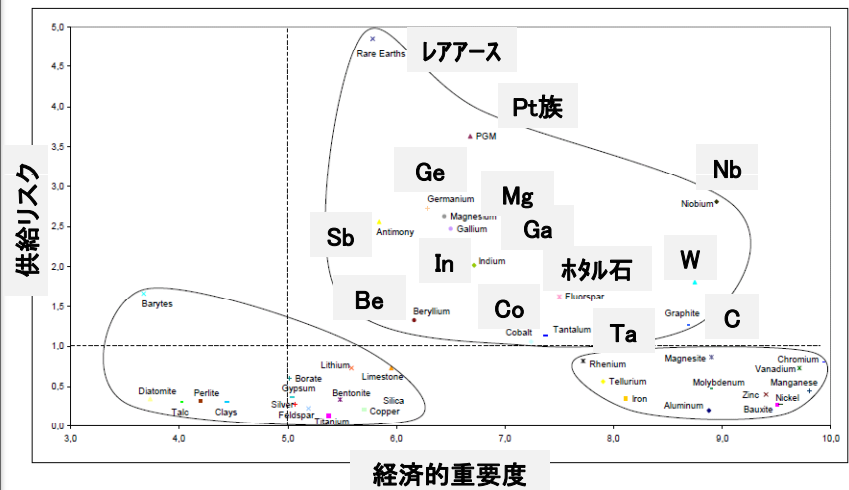
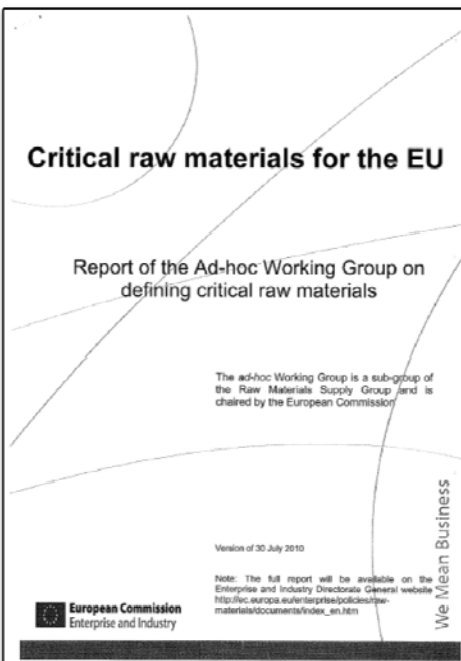
- ・米国からは、米国エネルギー省より「Critical Materials Strategy(2010.12)」が発行される。
- ・クリーンエネルギー向け(太陽電池/風力発電/車/照明)の供給リスクのある元素が、短期的(~5年)、長期的(5~15年)観点から示されている。



1. 事業の位置付け・必要性について (2)事業目的の妥当性

6)国内外の研究開発の動向

- ・EUからは、「Critical raw materials for the EU(2010.2)」が発行される。
- ・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)を元に14鉱種を選定している。



2. 研究開発マネジメントについて (1)研究開発目標の妥当性

研究開発目標と根拠

1)事業の目標

1)白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムの選定

・2008年度にリスク調査を実施。需給動向や価格変動等から10元素に絞り込んだ後、研究シーズ、今後の需要予測、政策を元に調査員会で審議。重要元素として、白金族、セリウム、ユウロピウム・テルビウムを選定した。

Table with 5 columns: No, 鉱種, 区分, リスクの分析・今後の動向, 今後の供給/需要, 鉱種選定. Rows include 8 Nb, 10 Sb, 12 Pt, 17 Li, 31 Bi, 希土類, 32 La, 33 Ce, 37 Eu, 38 Tb, 39 Y.

出典:「希少金属代替材料開発に関する最新動向調査」(平成21年3月)

2. 研究開発マネジメントについて (1)研究開発目標の妥当性

研究開発目標と根拠

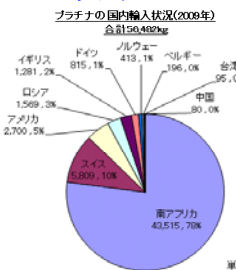
1)事業の目標

2)白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムの需給の現状と用途

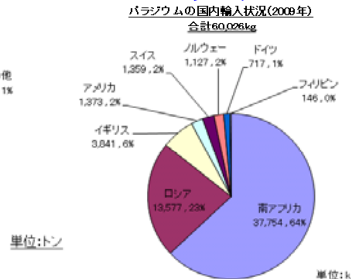
<白金族>

・白金族は世界でも南アフリカとロシアに98%が埋蔵され、南アフリカとロシアで生産されている。生産されるプラチナのうち約30%、パラジウムの約27%、ロジウムの約40%を日本はそれぞれを輸入し使用している。
・日本での主要用途は宝飾品や投資を除くと自動車触媒向けである。

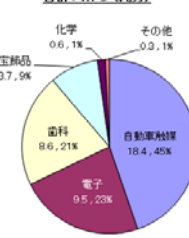
<プラチナ>



<パラジウム>

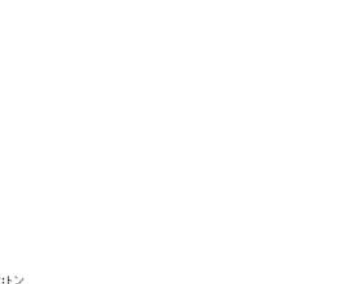


<ロジウム>

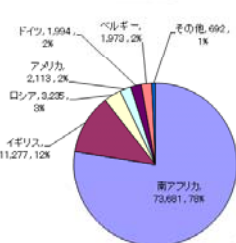


<パラジウム>

パラジウムの国内需要(2009年)



<ロジウム>



2. 研究開発マネジメントについて (1)研究開発目標の妥当性

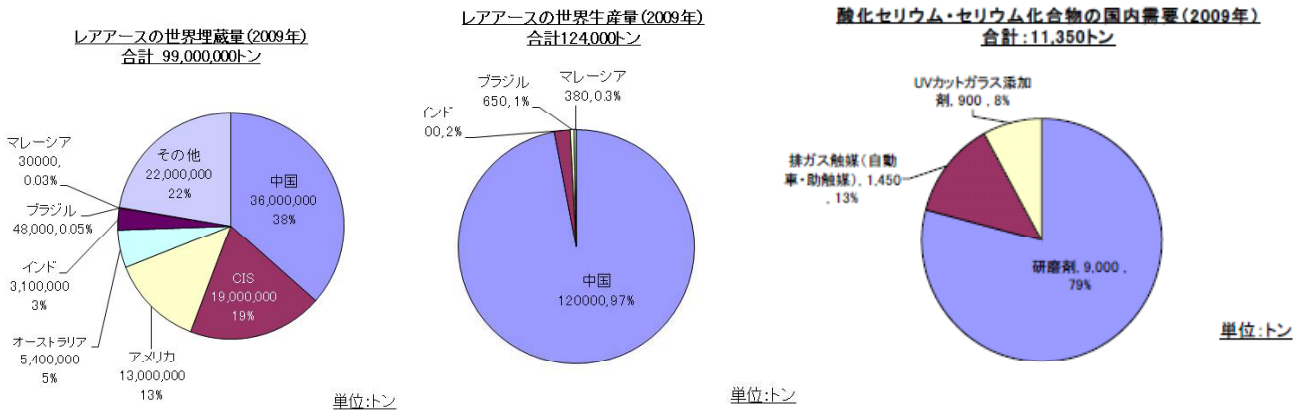
研究開発目標と根拠

1)事業の目標

2)白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムの需給の現状と用途

<セリウム>

- ・セリウムを含むレアアースは世界各地に埋蔵されているが、商業ベースで生産しているのはほぼ中国1国(97%)。
- ・日本は中国の輸出するレアアースの約50%を輸入し使用している。
- ・日本が輸入しているレアアースのうち、約40%を酸化セリウム・セリウム化合物が占めている。
- ・酸化セリウム・セリウム化合物の79%がガラス・レンズ研磨向けに使われている。



2. 研究開発マネジメントについて (1)研究開発目標の妥当性

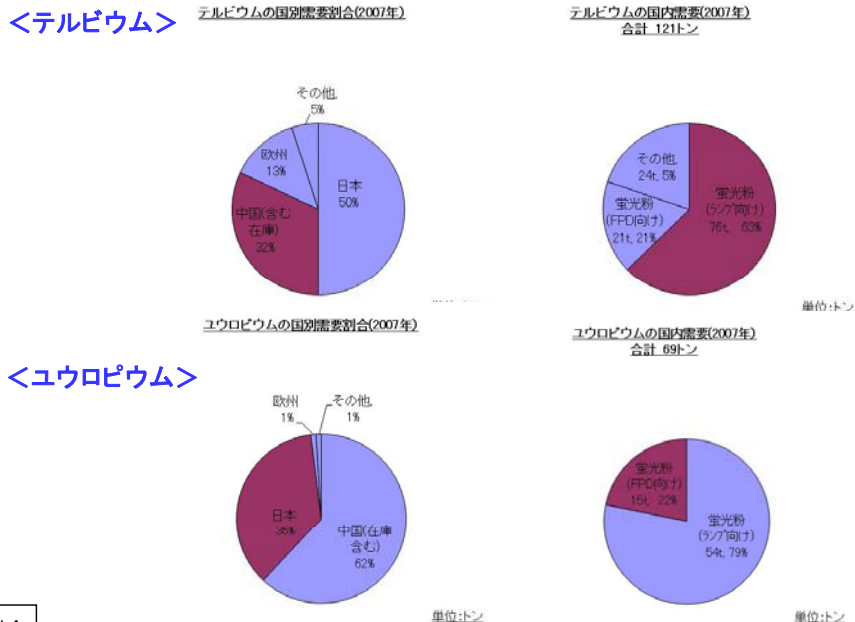
研究開発目標と根拠

1)事業の目標

2)白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムの需給の現状と用途

<テルビウム・ユウロピウム>

- ・テルビウム・ユウロピウムはほぼ中国1国(99%)で生産されている。
- ・中国で生産されるテルビウムのうち日本は50%を輸入している。中国で生産されるユウロピウムのうち日本は36%を輸入している(2007年)。
- ・テルビウム・ユウロピウムの主用途は蛍光体。テルビウムは他にネオジム磁石の添加材等に使用されている。



<ユウロピウム>

2. 研究開発マネジメントについて (1)研究開発目標の妥当性

研究開発目標と根拠

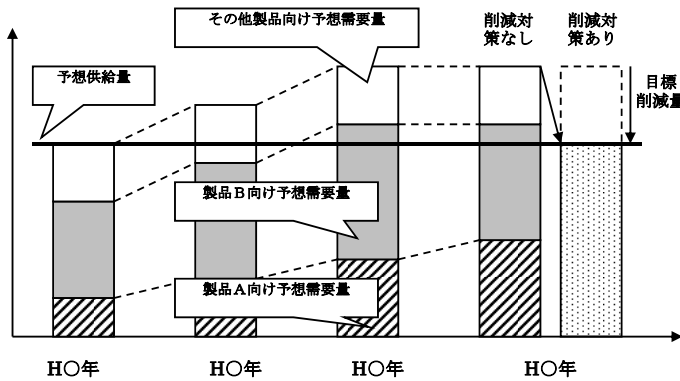
1)事業の目標

3)白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムの目標の設定方法

「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2013年度における各レアメタルの需給動向及び各レアメタルを削減可能なシーズ技術の積み上げにより、目標削減率を設定した。

【目標消費削減率の設定方法】

[目標消費削減率 (%) ] = 100 × { 1 - ( [予想国内供給量] / [予想国内需要量] ) }



予想国内供給・需要量のイメージ

目標消費削減率 (%) (A + B + C + D (%))

削減可能なシーズ技術

- A技術 (削減率: ▲A%)
B技術 (削減率: ▲B%)
C技術 (削減率: ▲C%)
D技術 (削減率: ▲D%)

積み上げ

2. 研究開発マネジメントについて (1)研究開発目標の妥当性

研究開発目標と根拠

1)事業の目標

4)白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムの削減目標

白金族

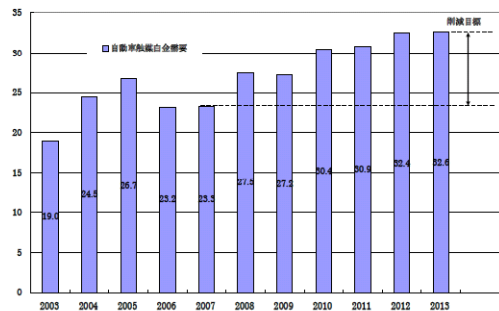
【需給動向】

2013年における白金の予想国内需要量は32.6t、同年の予想国内供給量は23.3tと1.40倍になると想定。

【削減対策に有効なシーズ技術】

- ①触媒活性金属の組成・構造・サイズ等の最適化
②担体物性・担体構造の最適化
③代替金属・化合物を用いた触媒機能設計 等

⇒目標削減率は、代替材料開発、使用量低減技術開発を行うことで50%低減することを目標値と設定。



セリウム

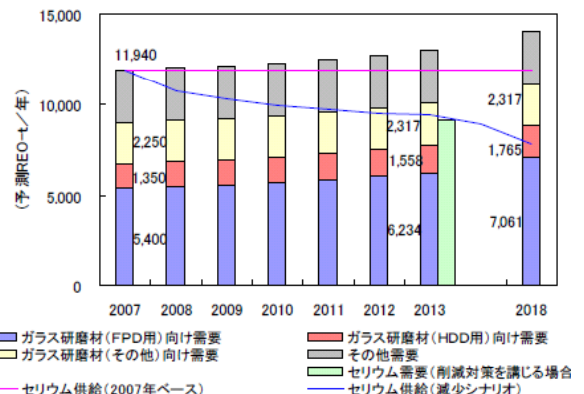
【需給動向】

2013年におけるセリウムの予想国内需要量13,049t、同年の予想国内供給量は9,461tとの1.38倍になると想定。

【削減対策に有効なシーズ技術】

- ①研磨メカニズムの理論的解明と理想砥粒の開発
②セリウム砥粒の最適化
③研磨プロセス技術の開発 等

⇒目標削減率は、代替材料開発、使用量低減技術開発を行うことで30%低減することを目標値と設定。



2. 研究開発マネジメントについて (1)研究開発目標の妥当性

研究開発目標と根拠

1)事業の目標

4)白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウムの削減目標

＜テルビウム・ユウロピウム＞

テルビウム

【需給動向】

・2013年におけるテルビウムの予想国内需要量は124t、同年の予想国内供給量は減少シナリオから63tと51%の確保に留まり、2018年には37tと約29%の確保に留まると想定。

ユウロピウム

【需給動向】

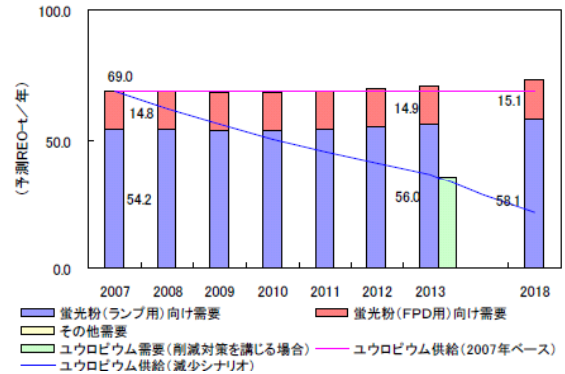
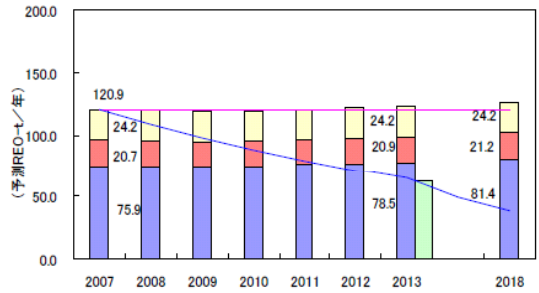
・2013年におけるテルビウムの予想国内需要量は71t、同年の予想国内供給量は減少シナリオから37tと52%の確保に留まり、2018年には21tと28%の確保に留まると想定。

テルビウム・ユウロピウム

【削減対策に有効なシーズ技術】

- ①発光メカニズムの理論的解明に基づく蛍光体の発光効率向上。
- ②励起光を効率良く吸収できる蛍光体の開発
- ③高効率で発光するガラスの開発
- ④蛍光体の工程内回収技術開発等

⇒目標削減率は、代替材料開発、使用量低減技術開発を行うことで80%低減することを目標値と設定。  
 (大きな削減が行われることが想定され、2013年ではなく、2018年の目標を先取りしこの達成を目標とした)



2. 研究開発マネジメントについて (1)研究開発目標の妥当性

研究開発目標と根拠

1)事業の目標

5)使用量削減目標(まとめ)

- ・各鉱種の需給動向予測から、供給量が変わらないとして需要予測を元に、需給の逼迫状況を回避するために必要な使用量削減目標値を算定。機能、製造コストは現状と同等として、使用原単位(一製品当たり)の削減率を目標値とした。
- ・技術確立のレベルは、ユーザー企業、大学等の外部機関に対してラボレベル提供(試料提供)できる技術を確認することとした。

研究開発項目 (個別テーマ)	研究開発目標	根拠
⑥排ガス浄化向け白金族 (ディーゼル排ガス向け)	2009年度との比較で使用原単位を50%以上削減	・白金族の産出は特定国に依存。 ・2007年の国内供給量は23.3t。2013年の需要は32.6tと調査より予測。2013年の供給量は2007年と同様と仮定し需給ギャップの9.3t(40%)の削減が必要。政策的判断を加え50%削減とした。
⑦精密研磨向けセリウム	2009年度との比較で使用原単位を30%以上削減	・セリウムの産出は特定国に依存。 ・2007年の国内供給量は11,940t。2013年の需要は13,049tと調査より予測。2013年の供給量は2007年より少い9,461tと仮定し需給ギャップの3,588t(30%)の削減が必要。政策的判断を加え30%削減とした。
⑧蛍光体向けテルビウム・ユウロピウム (蛍光ランプ向け)	2009年度との比較で使用原単位を80%以上削減	・テルビウム・ユウロピウムの産出は特定国に依存。 ・テルビウムの2018年の国内需要量は127t。この年の供給量は38tとなる予測が出ており、需給ギャップの89t(71%)の削減が必要と判断。 ・ユウロピウムも 同様に試算し51t(71%)の削減が必要と判断。 ・政策的な積み増しの判断を加え、80%の削減を目標とした。

## 1)事業の目標

## 採択テーマと機関

・2009年4月15日～5月25日かけ公募を行う12件の応募の中から5件を外部有識者による審査で決定。

鉱種	技術	実施体制（青字はテーマリーダー所属機関）
⑥白金族 (Pt、Pd、Rh)	代替・削減	日産自動車、電気通信大学、名古屋大学、早稲田大学、
	代替・削減	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
⑦セリウム (Ce)	代替・削減	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
	代替・削減	立命館大学、アドマテックス、九重電気、クリスタル光学
⑧テルビウム・ユウロピウム (Tb・Eu)	代替・削減	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

## 事業の開発予算

## 2)事業の計画内容

・希少金属代替材料開発プロジェクトは、各テーマとも2009年～2013年の5年間のプロジェクト期間で、予算総額約42億円の見込みで、各削減目標に対し研究開発を進めている。（単位：百万円）

	実施先（青字：テーマリーダー所属機関）	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



情勢変化への対応

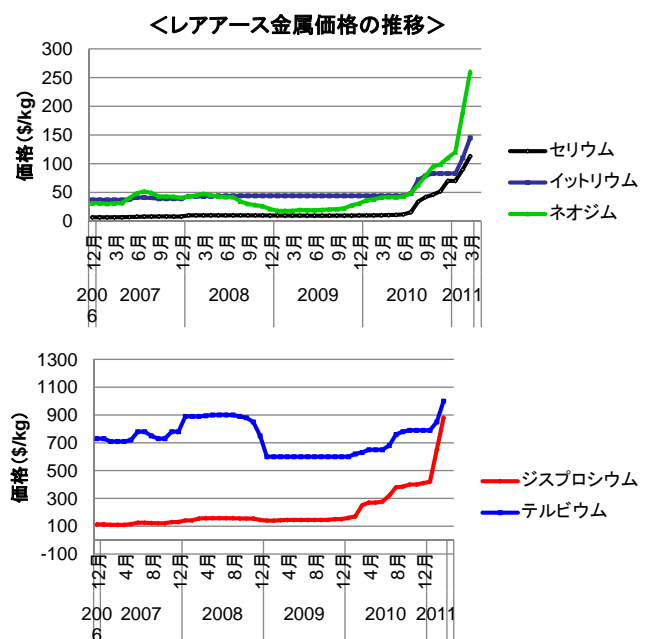
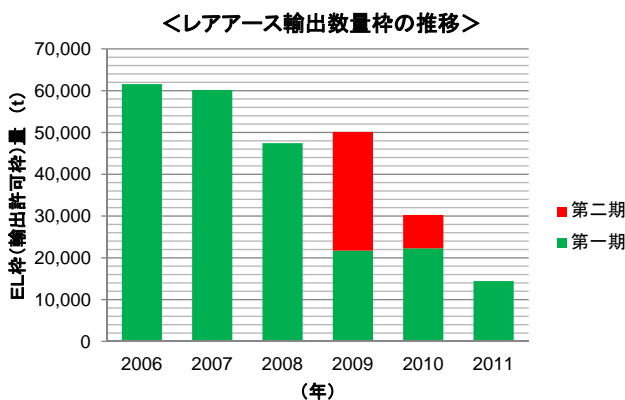
・2010年度はレアアースの供給懸念が顕在化。以下の対応を取る。

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)  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	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 ・ <b>新規テーマ追加(2010～2011年の研究期間)</b> 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 ・ <b>既存のテーマの研究開発加速のための予算追加</b> ・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  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)

1)プロジェクトのマネジメント

レアアースの供給問題

・2010年7月を起点に、2010年9月に事態の深刻化が進み、価格の高騰や入手難が起こっている。2010年第2期の輸出枠は前年の28%に、2011年第1期の輸出枠も前年の65%に削減された。Ceの価格は1年前の\$5/Kgから\$150/Kgと30倍に高騰。現在も価格上昇中。

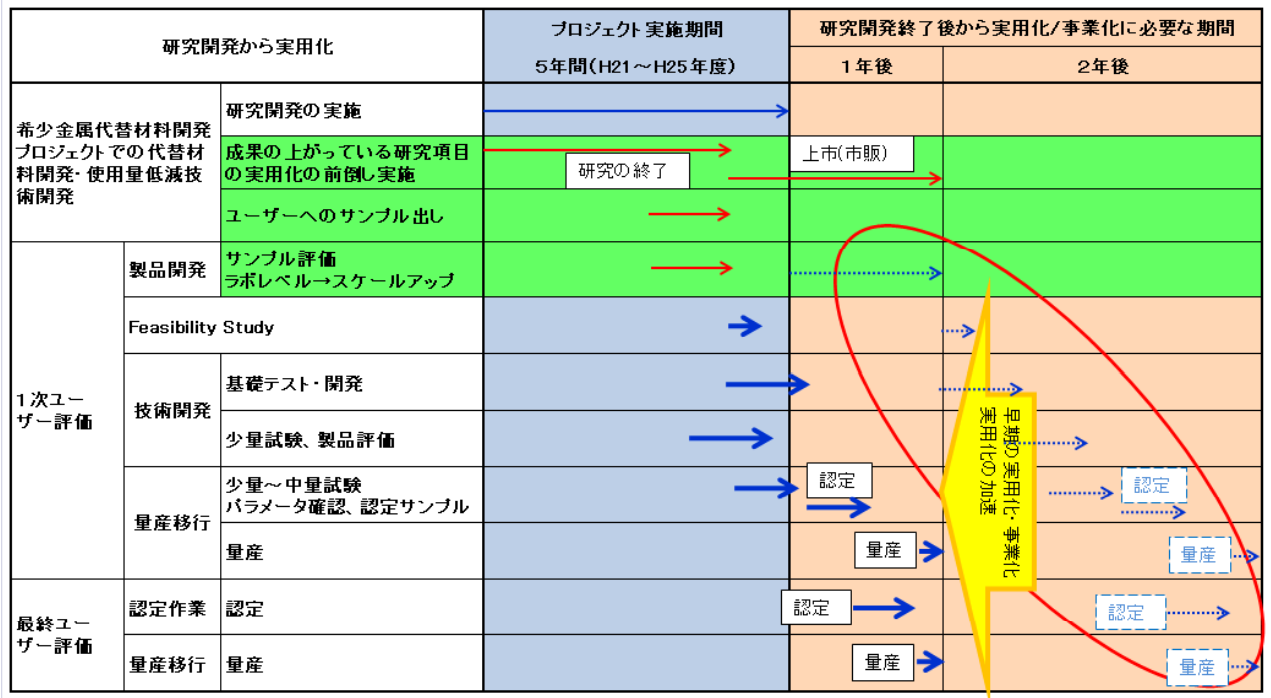


2. 研究開発マネジメントについて (4)研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性

1)プロジェクトのマネジメント

成果の前倒しスキームの作成と実施

・プロジェクト期間終了後のサンプル評価を、プロジェクト実施期間中に開始するスキームを作成し実施中。



2. 研究開発マネジメントについて (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

1)プロジェクトのマネジメント

補正予算による研究加速

・2009年度、2010年度に補正予算を投入し研究の加速を図る。

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・組合せ法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)知財マネジメント

1)プロジェクト開始前・・・事前調査

・2008年度実施の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を検索(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)し、技術の確立状況を把握。プロジェクトの設計に反映させる。

2)プロジェクト開始時・・・契約・取り決め

・各プロジェクトは、各参画機関が研究を開始する前に、共同開発契約もしくは秘密保持契約を締結して進めるよう指示。  
・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化。

3)プロジェクト実施中

・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は進める)  
・メーカーでのサンプル評価にあたっては、メーカー担当にプロジェクトのアドバイザーもしくは技術委員に就任してもらいスキームを作成し委員委嘱を行うことで秘密情報の漏えいを防いでいる。

4)状況変化への対応

・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・特許調査を実施。研究や知財の状況を把握している。

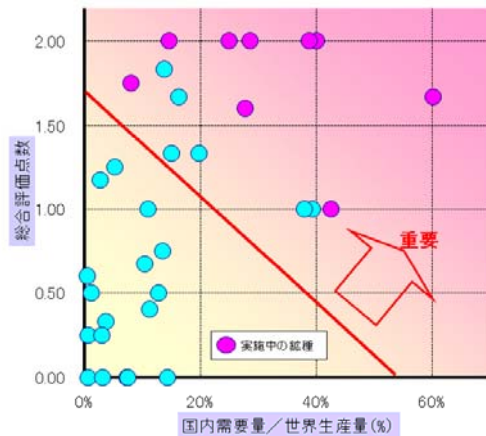
リスク調査の実施

・20010年度にリスク調査を実施  
レアメタル供給懸念評価:5つの評価軸(各項目の変動の大きさ)での調査対象鉱種のスクリーニング  
選定した鉱種の調査 :3つの政策評価軸での評価  
を行い、取り組むべき重要鉱種を選定。プロジェクトでの研究開発取り組みの検討中。  
・過去の調査と同じ手法を用いた調査会社の調査結果、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。

5つの評価軸
供給(可採年数)
需要
価格(伸長率)
一国集中度
リサイクル率
+
3つの政策評価軸
カントリーリスク
我が国の産業競争力への影響
代替・使用量削減技術の有無

・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。



リスク鉱種を配置した評価結果マップの例

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」(中間評価)

研究開発項目⑥-1 遷移元素による白金族代替技術及び白金族の凝集抑制技術を活用した白金族低減技術の開発

研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

日産自動車株式会社  
電気通信大学  
名古屋大学  
早稲田大学

1/15

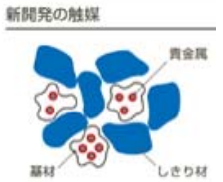
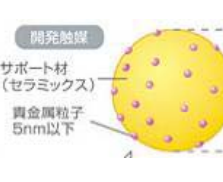
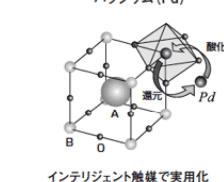
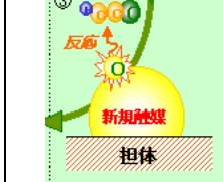
1. 研究開発の背景

公開

■耐熱性向上技術比較

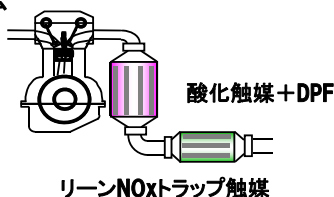
- 新規性
- 優位性

PGMを埋没させずに微粒子化、基材を物理的に隔離し、凝集抑制  
微粒PGMを有効に活用可能、基材凝集を抑制し機能低下しない

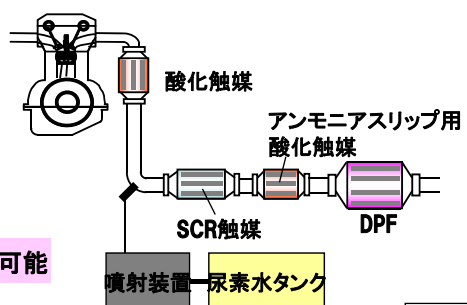
	日産 (提案技術)	マツダ シングルナノ触媒	ダイハツ インテリジェント触媒	ホンダ Mixed Phase Cat.
技術概要				
狙い	PGM、Feを基材に担持、 基材を仕切り微粒子維持	PGMを基材に埋め込むこ とで微粒子維持	PGMをヘロアスカイト中に組 み込むことで微粒子維持	PGMをヘロアスカイト中に組 み込むことで微粒子維持
PGM粒子	シングルナノ粒子(10nm以下)			

■ディーゼル排気浄化システム技術比較

提案システム



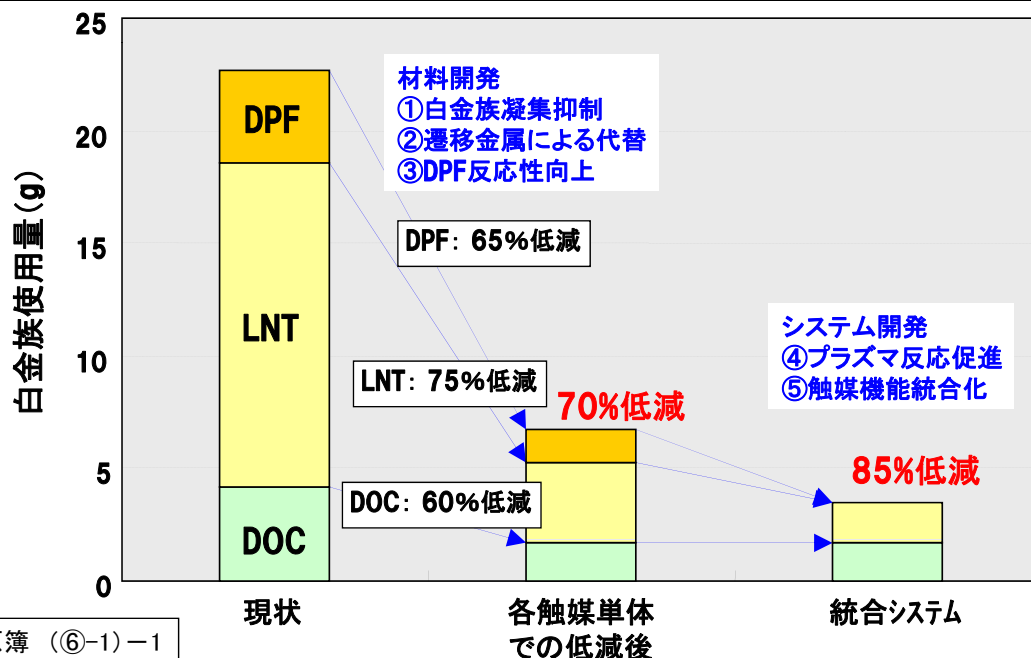
従来システム  
(SCR)  
日産ディーゼル



- 優位性 小型システムにより大型だけではなく、中～小型に適用可能

2/15

時期	目標値
中間目標:平成23年度	・触媒材料および触媒システムに関する要素技術の確立
最終目標:平成25年度	・各触媒仕様開発による:白金族使用量70%低減の達成 ・プラズマおよび触媒統合化システムによる、85%低減の達成



### 中間時におけるプロジェクトの目標、及びプロジェクトとしての状況

触媒材料および触媒システムに関する要素技術を確立した。  
最終目標達成に向けて実用化研究へ移行する

#### 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)

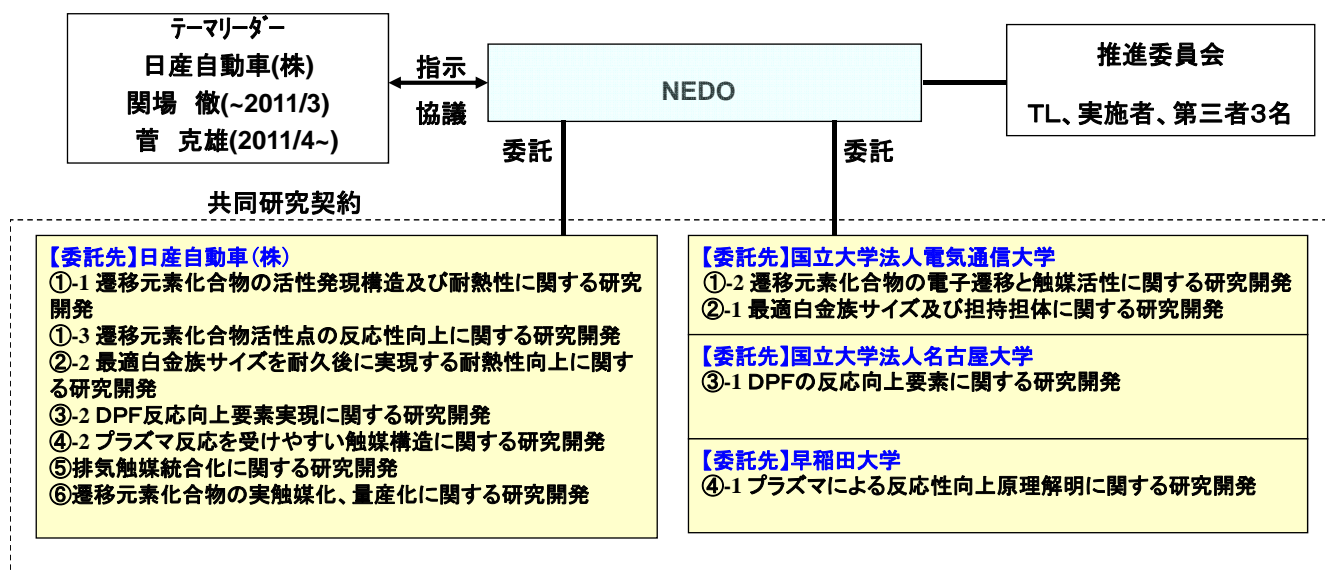
#### ②プラズマによる活性向上に関する研究開発

- ・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NOx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NOx浄化可能であることを実証した。

#### 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。

研究開発の実施体制



・日産自動車(株)主催による「推進委員会(年1回)」開催  
外部有識者の意見を運営管理に反映

東京大学 堂免一成教授 東京工業大学 岩本正和教授  
九州大学 石原達己教授

反映内容 (1) 材料構造と反応特性の関係を詳細に解析すること

- ・その他、以下の委員会を開催
  - 「進捗フォローアップ会議(全体会議 年2回、日産一各大学間 毎月)」  
研究内容の進捗状況確認と今後の方針を協議
  - 「特許出願検討会(年4回)」出願内容の掘り起こし・ブラッシュアップ

研究開発項目	中間目標	最終目標	根拠
①遷移元素による白金族代替に関する研究開発	活性点の候補材料種を決定	耐久性(700°C100hr)のある遷移元素活性点の決定	左記の目標を達成することにより、白金族使用量の10~65%を代替可能
②白金族凝集抑制手段に関する研究開発	耐久後、Pt,Rhの最適な担体で最適粒子サイズを実現	耐久後、Pt, Rh, Pdの最適な担体で最適粒子サイズを実現	左記の目標達成することにより、白金族使用量を50~75%低減可能
③DPFの反応向上要素とその実現に関する研究開発	DPFの反応性を向上する触媒担持位置の明確化	最適な触媒担持位置を実現	DPFの最適な触媒配置を開発することにより、白金族を65%低減可能
④プラズマによる活性向上に関する研究開発	触媒の設計指針の明確化	約10%の活性向上アシスト分を達成する触媒を選定	左記の目標値を達成することにより白金族50%低減可能なプラズマ触媒反応システムの実現
⑤排気触媒統合化に関する研究開発	統合システムの課題明確化	耐久後に白金族使用量を85%低減可能なシステムを決定	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%)
⑥遷移元素化合物の実触媒化および量産化に関する研究開発	耐久前において白金族使用量低減仕様を決定	耐久前において白金族使用量低減仕様を決定	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%低減の達成

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	▲	●	●	白金族使用量を10~65%代替できる単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	●	●	●	白金族使用量を50~75%低減できる白金族触媒粉末の決定
③DPFの反応向上要素把握とその実現	PM反応モデルの決定		▲	●	●	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		▲	●	●	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	●	●	●	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	●	●	●	白金族低減触媒の実触媒化

(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

研究開発項目	中間目標	成果	達成度
①遷移元素による白金族代替に関する研究開発	活性点の候補材料種を決定する	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ナノサイズのFe化合物を高分散配置することで耐久後もナノサイズを維持	◎
②白金族凝集抑制手段に関する研究開発	耐久後、Pt,Rhの最適な担体で最適粒子サイズを実現	反応活性に有効なPt、Rhサイズが存在することがわかった	○
③DPFの反応向上要素とその実現に関する研究開発	DPFの反応性を向上する触媒担持位置を明確にする	各排ガス成分が混合した状態のPM堆積・燃焼反応モデルができた触媒担持位置の最適設計に着手	○
④プラズマによる活性向上に関する研究開発	触媒の設計指針の明確化	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NOx浄化可能であることを実証した	○
⑤排気触媒統合化に関する研究開発	統合システムの課題明確化	大きな跳ね返りなく一体化でき、コンパクト化の可能性を実証した	○
⑥遷移元素化合物の実触媒化および量産化に関する研究開発	耐久前において白金族使用量低減仕様を決定	実触媒化時の課題の明確化を進めている	△ (H24年3月達成予定)





2011.2 ナノテク展

2011.3 元素戦略／希少金属代替材料開発  
<第5回合同シンポジウム>

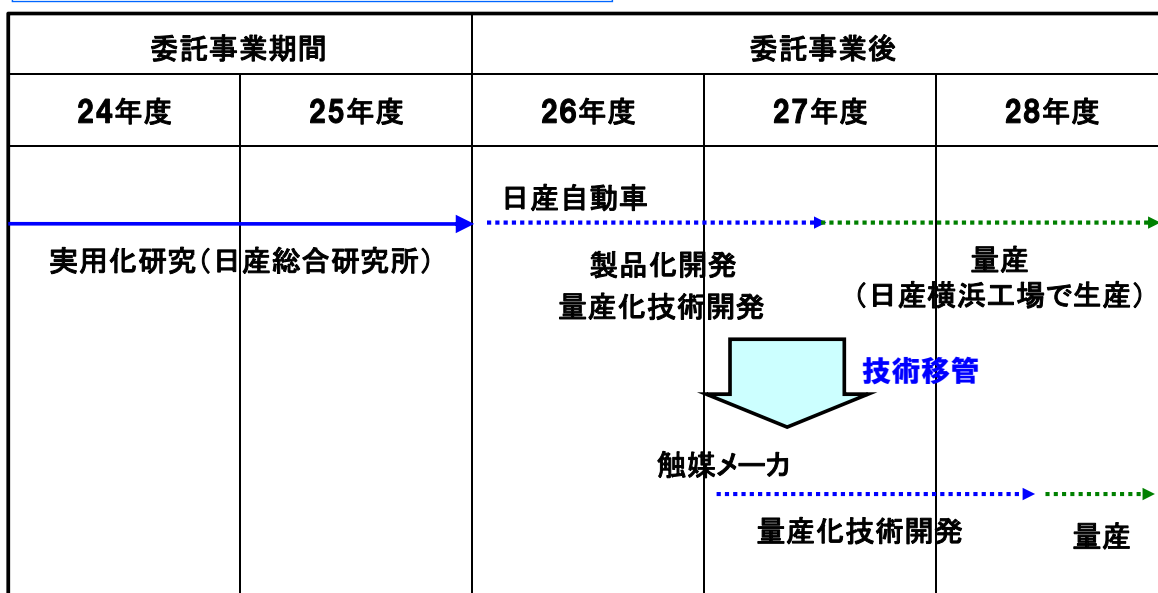
研究開発項目	最終目標(H25年度末)	達成見通し
① 遷移元素による白金族代替に関する研究開発	耐久性(700℃100hr)のある遷移元素活性点の決定	Fe化合物の活性向上および「耐久性確保の方向性が見えてきたため、耐久後のFe化合物の必要な機能を具現化することにより達成可能と考える。
② 白金族凝集抑制手段に関する研究開発	耐久後、Pt, Rh, Pdの最適な担体で最適粒子サイズを実現	各白金族の最適粒子サイズが見えてきたため、担持基材開発、粉碎技術および分散技術を開発することにより達成可能と考える
③ DPFの反応向上要素とその実現に関する研究開発	触媒の耐久性が確保できる最適な触媒担持位置の実現	DPFの反応モデルができる見通しのため最適な触媒配置位置の明確化と実現が可能と考える
④ プラズマによる活性向上に関する研究開発	約10%の活性向上アシスト分を達成する触媒を選定する	プラズマの効果が確認できたため10%向上は可能と考える。
⑤ 排気触媒統合化に関する研究開発	耐久後に白金族使用量を85%低減可能なシステムを決定	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%)
⑥ 遷移元素化合物の実触媒化、量産化に関する研究開発	耐久後において、白金族量を低減可能な触媒仕様を決定(各触媒の白金族低減率DOC:60%、LNT:75%、DPF:65%)	

(3) 知的財産権、成果の普及

		H21	H22	H23	H24	H25	計
特許出願	国内	0	5	1	特許事務所手続き中5件		6件
	外国	0	0	0	特許事務所手続き中2件		0件
論文(査読付き)		0	0	0			0件
研究発表・講演		0	6	0			6件
受賞実績		0	0	0			0件
新聞・雑誌等への掲載		0	0	0			0件
展示会への出展		1	2	0			3件

※ : 平成23年度7月1日現在

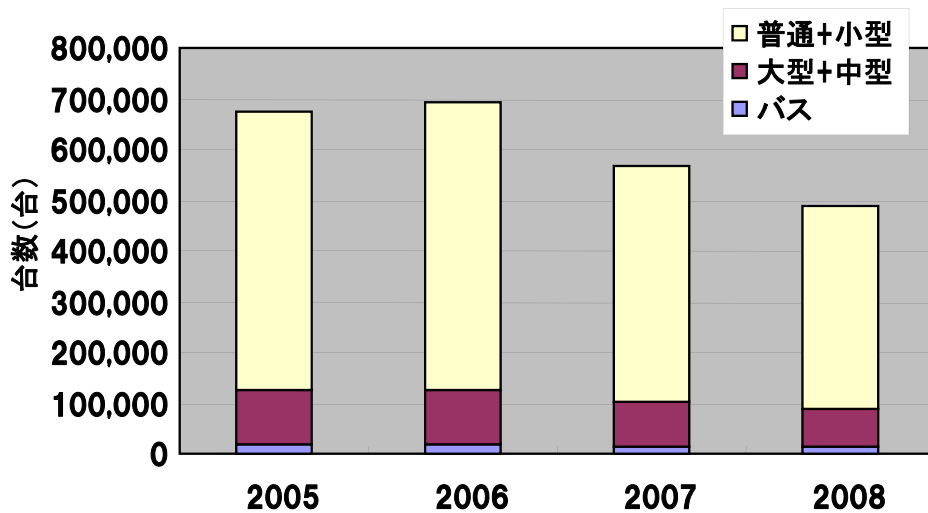
(1) 実用化可能性とシナリオ



- ・本事業化モデルは過去及び現在実施中のモデルと同じものになるため実現性は高い。
- ・日産自動車(株)への適用は当初は日産横浜工場にて製造。
- ・プロジェクト終了後に触媒メーカーへ移管し、自動車、トラックメーカー、重機各社へ展開。

## ★事業化時の市場創出効果

- ・CO<sub>2</sub>低減が低コストで実現できるディーゼル車の拡大
- ・尿素水の適用が困難な寒冷地でもディーゼル車の普及が可能
- ・SCRのような大型システムではなく、小型の本システムにより、小型ディーゼル車へも積載量を減らすことなく適用可能(最大 40~55万台/年)



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」(中間評価)

研究開発項目⑥-2 ディーゼル排ガス浄化触媒の  
白金族使用量低減化技術の開発

研究開発成果・実用化の見通しについて(公開)

(独)産業技術総合研究所

三井金属鉱業(株)

水澤化学工業(株)

九州大学

名古屋工業大学

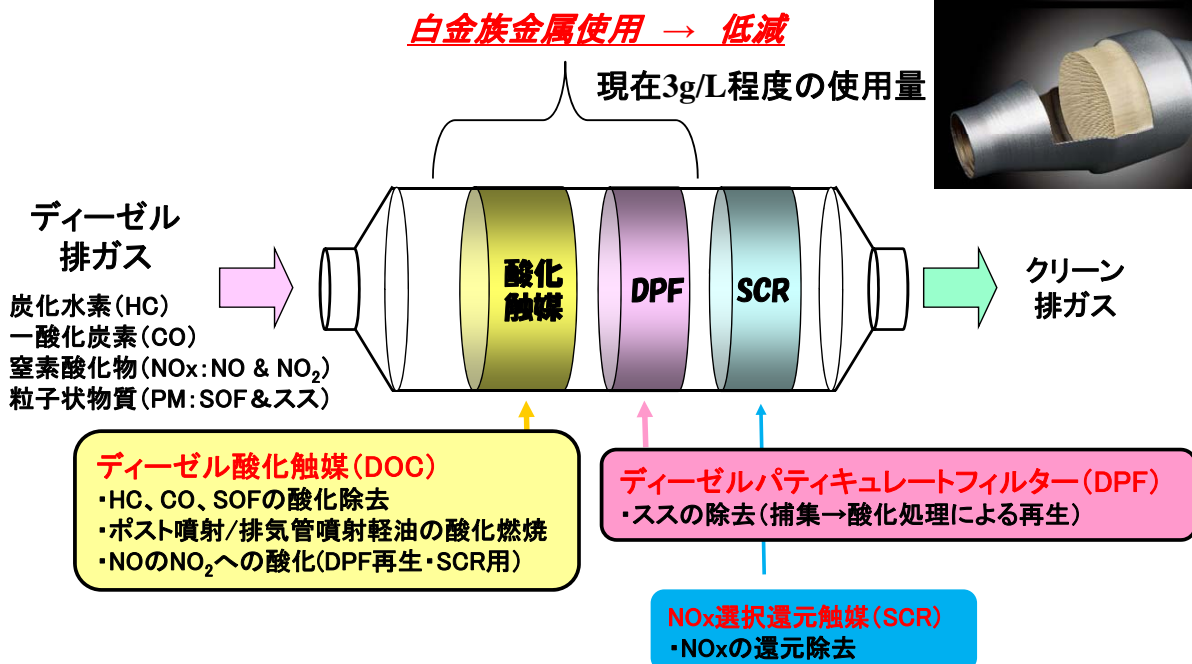
再委託:UDトラックス(株)(旧 日産ディーゼル工業(株))

1/20

1. 研究開発の対象

公開

大型ディーゼル車用排ガス浄化触媒システム



1. 研究開発の対象

	<b>⑥-1</b> 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	<b>⑥-2</b> 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
対象車種	ディーゼル乗用車	大型ディーゼル車 (バス・トラック)
NOx除去触媒方式	吸蔵還元触媒(Pt使用)	尿素SCR触媒(Pt非使用)
排ガス雰囲気	空燃比変動	常時酸化雰囲気(リーン)
要求される触媒寿命	10万km相当	50-100万km相当

事業原簿 (⑥-2)-1

3/20

1. 研究開発の計画と項目

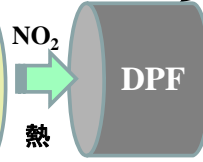
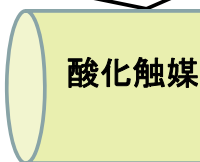
**研究項目①: 白金族使用量を低減したディーゼル酸化触媒の開発**

- ①-1 触媒活性種の探索と高度設計 (産総研・名工大)
- ①-2 触媒種複合化技術の開発 (九州大・産総研)
- ①-3 担体の設計と高度化 (水澤化学・産総研)
- ①-4 要素技術統合による実用候補触媒抽出 (全機関)

**研究項目②: 白金族代替DPF用触媒の開発**

- ②-1 非白金族系DPF用触媒の開発 (三井金属)
- ②-2 DPF用銀触媒の機能発現要素の解明 (産総研)

実ディーゼル排ガス



クリーン排ガス

- ③-1 コート技術
- ③-2 触媒のシステム構築 (三井金属・UDトラックス)

**研究項目③: 触媒の部材化技術とシステム構築**

- プロトタイプ触媒の試作
- 実エンジン排ガス評価 (三井金属・UDトラックス・全機関)

**研究項目④: 実用触媒製造技術の確立**

参加研究機関:  
産総研、三井金属、水澤化学、九大、名工大、  
再委託: UDトラックス(旧日産ディーゼル)

事業原簿 (⑥-2)-1

4/20

2. 研究開発マネジメントについて (1)研究開発目標の妥当性

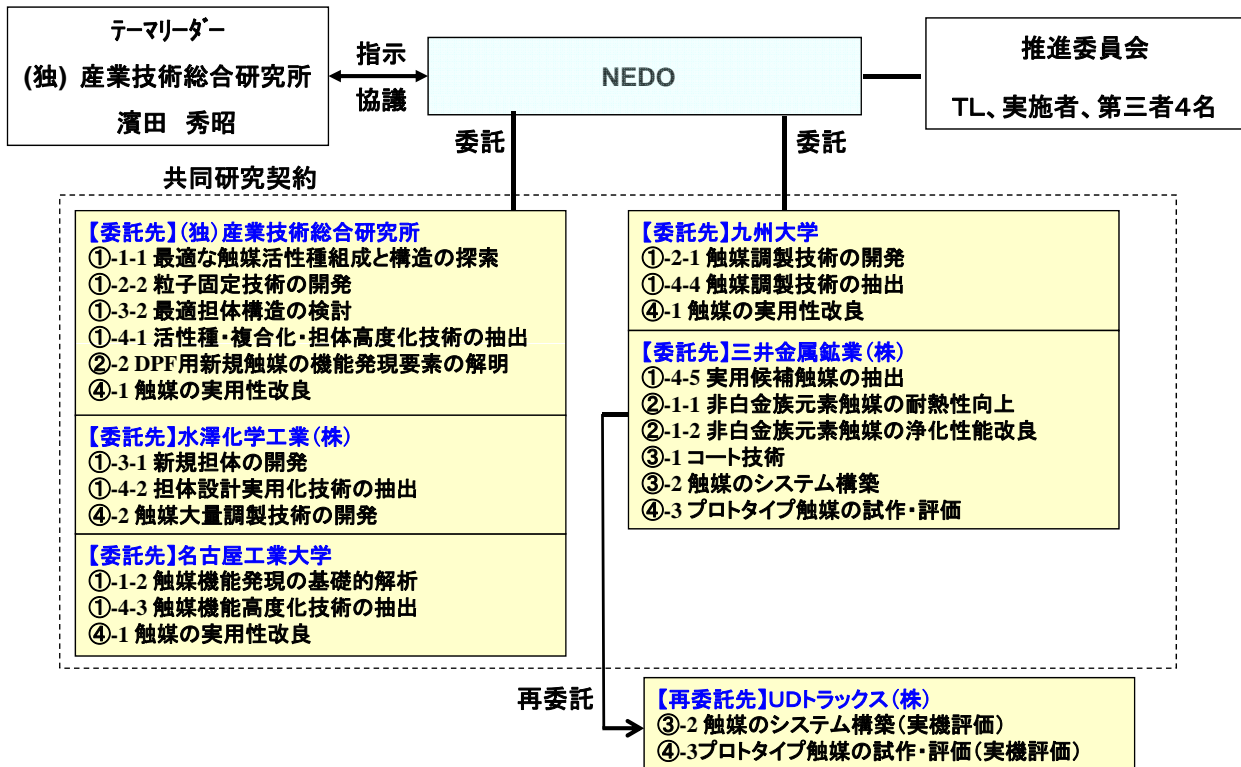
事業の目標

研究開発項目	中間目標(平成23年度)	最終目標(平成26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	模擬排ガスを用いた評価で白金族使用量を40%低減。	最終目標を達成するための要素技術の深化と確立
②白金族代替DPF用触媒	400℃以下で酸素によりすす燃焼が可能な非白金系(Ag系)DPF用触媒の開発。白金族40%低減。	
③触媒の部材化技術とシステム構築	機能分離コート技術により白金族使用量を10%低減。 高性能ディーゼル排ガス触媒システム提案。	
④実用触媒製造技術の確立	(24年度以降に立てる研究項目)	自動車排ガス浄化触媒として一般的に使用されている形態で、現行のディーゼル排ガス浄化触媒と同等以上の性能をもち、白金族金属使用量を50%以上低減。 実車エンジン試験による開発触媒の性能確認。

基本計画  
に反映

2008年度(PJ前)  
・事前検討委員会  
・ワークショップ

2. 研究開発マネジメントについて (3)研究開発実施の事業体制の妥当性



## ・「推進委員会(年2回)」開催

### 外部有識者の意見を運営管理に反映

豊橋技術科学大学副学長 角田教授 セレス企画 松本博士

(財)日本自動車研究所 土屋次長 九州大学 若林名誉教授(有識者)

### 研究の進捗報告を行い、研究計画について意見をいただく

アドバイスの内容 ①比較対象の選定や具体的目標など、研究のターゲットを明確にすべき

②各研究項目での開発触媒の共通評価を行い、成果の統合を急ぐべき

③共同研究の相乗効果を発揮できるように、各項目の成果を他の項目に適用すべき

## ・その他、以下の会議を開催

「プロジェクト全体会議(年2回)」研究内容の進捗状況確認と今後の方針を協議

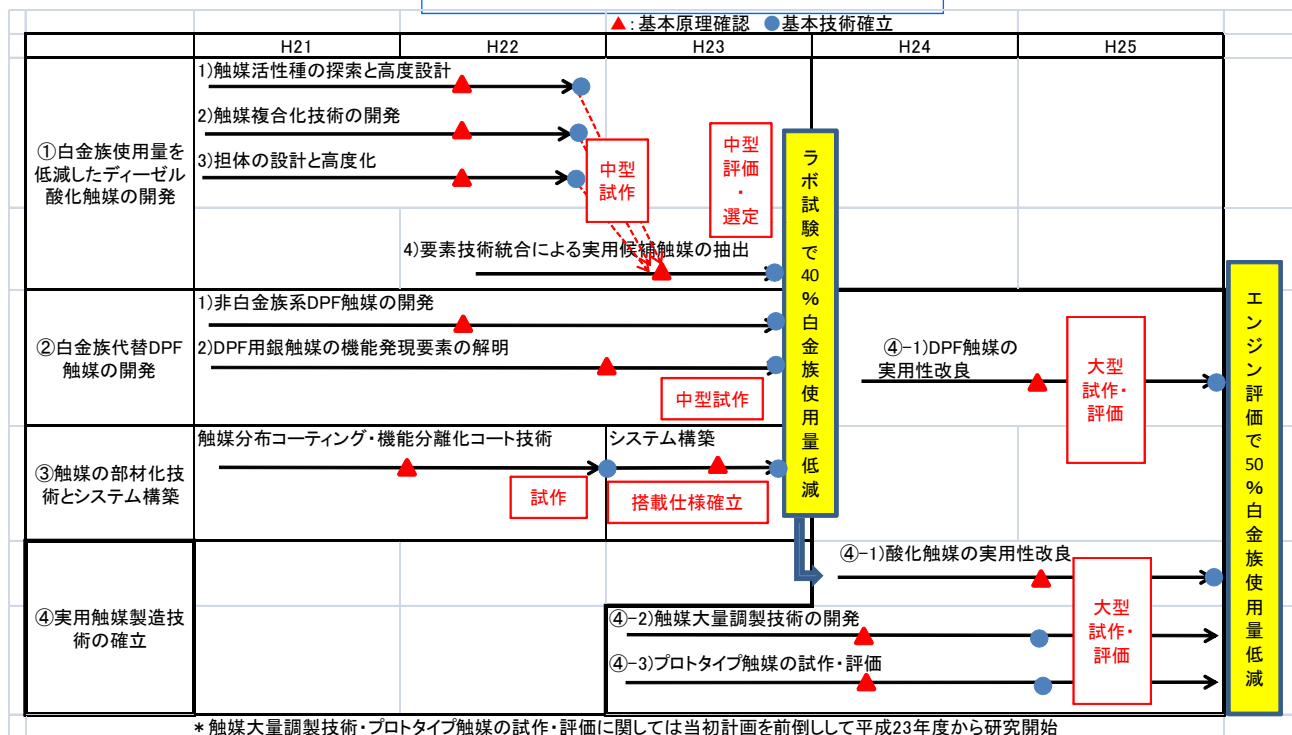
「プロジェクト研究打合せ(年3回程度)」研究進捗報告(テレビ会議も活用)

「グループ検討会」グループ内の研究進捗状況と研究計画を協議

### 研究開発目標と根拠

研究開発項目(個別テーマ)	研究開発目標	根拠
①白金族使用量を低減したディーゼル酸化触媒の開発	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。(中間目標)	最終目標達成の目途がつくレベルの触媒性能として、粉体状酸化触媒自体での白金族低減40%を目指す。
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用触媒を開発する(中間目標)。	最終目標達成の目途がつくレベルの触媒性能として、DPF用触媒自体での白金族低減40%を目指す。
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(中間目標)。	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。
④実用触媒製造技術の確立	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ガス基準)をクリアし、白金族使用量を50%以上低減した触媒システムを開発する(最終目標)。	排出ガス規制をクリアしながら、相当程度の白金族使用量低減を達成する実用触媒の提供。

### 研究開発のスケジュール



### 開発予算

(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



(1)個別研究開発項目の目標と達成状況

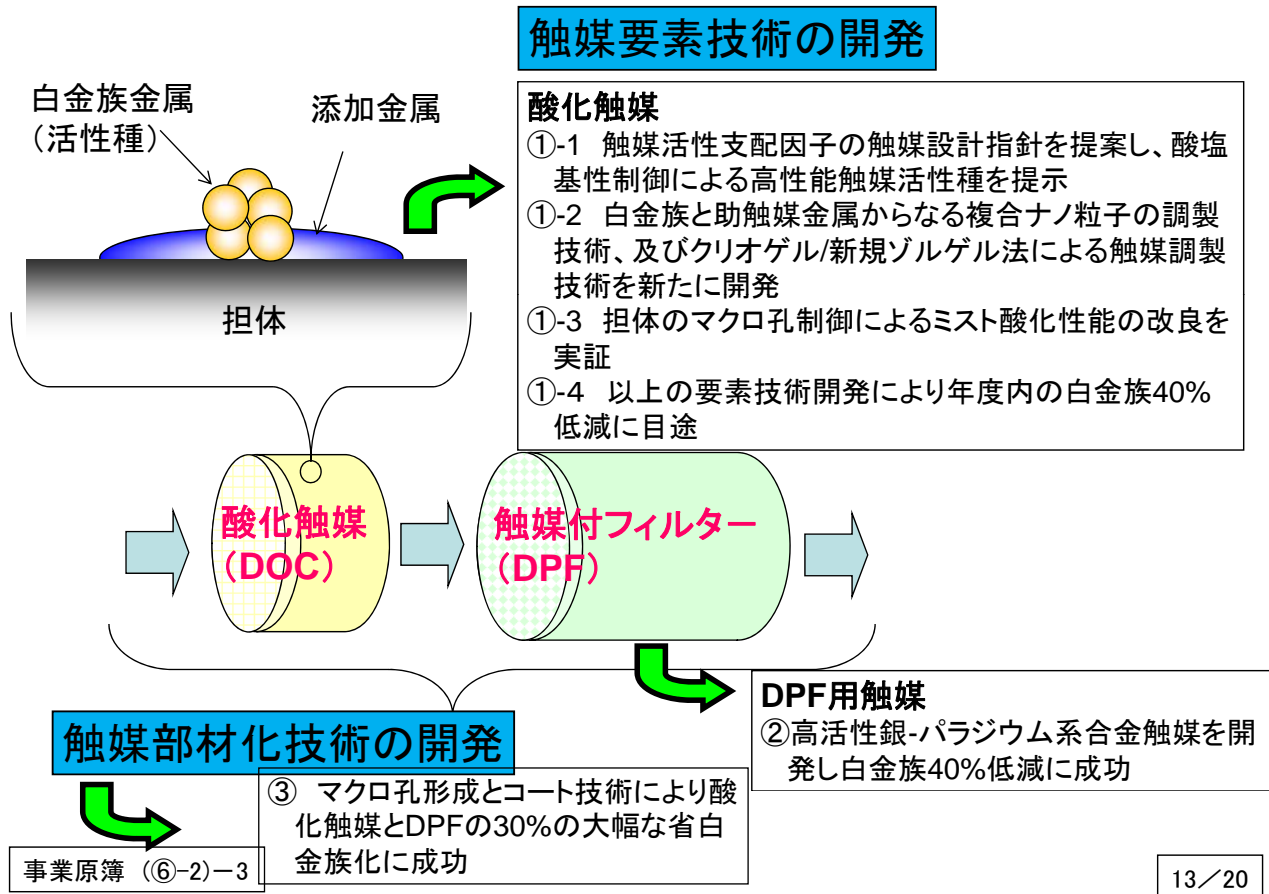
	目標	成果	達成度	今後の課題
①-1 触媒活性種の探索と高度設計	・解明された触媒活性の制御因子に基づいた白金族使用量低減につながる触媒設計指針を提案する。 ・活性・安定性が高く、実用的な反応条件の変動にも対応できる触媒活性種を提案する。	・担持白金触媒の性能改良のために、白金分散度および担体酸化物の固体酸性の制御が重要であるという触媒設計指針を提案した。 ・修飾アルミナ担体に担持し白金とパラジウムを複合化させた性能の高い触媒活性種を提案した。	○	・各研究項目の成果との統合技術の確立 ・触媒の大量合成
①- 触媒種複合化技術の開発(1)	解明された触媒成分金属の複合化に関する知見に基づき、白金族使用量低減につながる触媒設計指針を提案する。	白金族を効果的に低減できる触媒設計指針として、白金族と助触媒金属からなる複合ナノ粒子を相互の配置を制御しつつ合成する手法を提案した。	○	本技術の触媒活性向上に有効な金属種の組み合わせに対する適用
①- 触媒種複合化技術の開発(2)	複合ナノ粒子を担体に固定化する技術を開発する。	白金族の固定化に最適な骨格構造を有する凍結乾燥ゲル(クリオゲル)のプロセッシング技術を確立した。また、耐熱性の高い白金-パラジウム複合ナノ粒子を新規ゾルゲル法により担持調製する方法を開発した。	△(H23年8月達成見込み)	クリオゲルプロセスの適用によるナノ粒子の固定化、および大量合成に向けてのプロセス全体の最適化
①-3 担体の設計と高度化	・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。	・第2成分添加により長期的に高活性を保持するシリカ及びアルミナベースの担体を開発した。またマクロ孔形成により高いミスト酸化活性を保持するとの担体開発の指針を得た。 ・実用候補触媒として選定されたアルミナ系担体について、7t/年の規模を有する設備を計画し設備の選定を行った。	△(年度内達成見込み)	・担体への活性種担持手法の検討 ・設備の構築

○:達成済み、◎:目標値を超える達成、△:年度内達成見込み

(1)個別研究開発項目の目標と達成状況

	目標	成果	達成度	今後の課題
①-4 実用候補触媒の抽出	以上の技術に基づき、模擬排ガスを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。	上述の研究項目を総合し、模擬排ガス条件で白金族を現市販品に対して40%低減できる酸化触媒開発の目的を得た。	△(年度内達成見込み)	技術の統合
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。	400℃以下のスス燃焼性能を有し、白金族金属を現市販品に対して40%低減したDPF用触媒を開発した。	○	50%以上の白金族低減とHC/CO酸化性能の維持
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。	白金族使用量を現市販品に対して30%低減できる機能分離コート技術やマクロ孔形成技術を開発した。	◎	触媒システムでの検証と実用化
④ 実用触媒性製造技術の確立	(最終目標)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、白金族使用量を50%以上低減した触媒システムを開発する。	H24以降の研究項目	最終目標	触媒の実用性改良・コスト低減

○:達成済み、◎:目標値を超える達成、△:年度内達成見込み



公開

番号	発表者	所属	タイトル	紙名、掲載日	発表年(年度)
1	濱田 秀昭	(独)産業技術総合研究所	希少金属の代替材	日経産業新聞 2010年1月27日	2010年(H21年度)
2	濱田秀昭、阿部 晃	(独)産業技術総合研究所／三井金属鉱業(株)	希少金属代替材料開発① 大型ディーゼル用排ガス触媒～Ag系代替材料開発と効率的利用で白金族半減	レアメタルニュース 2010年2月8日	2010年(H21年度)
3	濱田 秀昭、阿部 晃	(独)産業技術総合研究所／三井金属鉱業(株)	三井金属・産総研-Ag系代替材などで白金族半減、大型ディーゼル車に適用	工業レアメタル Annual Review 2010年7月	2010年(H22年度)
4	濱田 秀昭	(独)産業技術総合研究所	排ガス触媒(Pt/Pd)浄化システムとして捉え全体最適を目指す	日経ものづくり 2011年1月	2011年(H22年度)
5	濱田 秀昭	(独)産業技術総合研究所	代替・使用量削減に本腰:安定供給とコスト削減を両立	日経エコロジー 2011年2月	2011年(H22年度)
6	濱田 秀昭	(独)産業技術総合研究所	貴金属半減・代替の自動車・燃料電池用触媒開発進むーディーゼル車に適用	Yano E plus 2011年2月	2011年(H22年度)

**ナノテク展**

- ・2010.2.17-19
- ・2011.2.16-18

**レアメタル合同シンポジウム**

- ・2010.3.1
- ・2011.3.4

**白金族使用量を大幅に低減した触媒の開発に目途**

「本研究開発では、4つの項目を立て、連携して研究を実施しています。これまでに得られた各要素技術の研究成果を組み合わせることで、目標の白金族低減触媒の開発に目途をつけました。」

## (5) 成果の最終目標の達成可能性

研究課題	最終目標(平成25年度末)	達成見通し
①白金族使用量を低減したディーゼル酸化触媒の開発 ②白金族代替DPF用触媒の開発 ③触媒の部材化技術とシステム構築	現行のディーゼル排ガス浄化触媒と同等以上の性能をもち、白金族使用量を50%以上低減した触媒の開発	○ ・①酸化触媒、②DPF用触媒、③部材化技術の要素技術の統合を行い、23年度末に廉価で耐久性の高い触媒材料としての基本技術を確立。 ・中間評価後、三井金属を中心にシステム化を中心とした開発を開始。並行して、各機関の協力で触媒材料と触媒製造技術の改良と実用化検討。プロジェクト終了時に、技術開発の集大成となる実機試作品を製作し、最終目標をクリアできる見通し。 ・26年度から実用化検討に移行し、排ガス規制等が強化される28年度に国内メーカー向けの触媒として商業生産を開始予定。
④実用触媒製造技術の確立	排出ガスパスト新長期規制をクリアし、白金族使用量を50%低減した触媒システムを開発する。	○

事業原簿 (6-2)-8

15/20

## (3) 知的財産権、成果の普及

	H21	H22	H23	H24	H25	計
特許出願(うち外国出願)	0	5				5件
論文(査読付き)	0	0	(15)			(15)件
研究発表・講演	3	14	(1)			(18)件
受賞実績	0	0				0件
新聞・雑誌等への掲載	2	4				6件
展示会への出展	2	2				4件

※ : 平成23年度6月9日現在

事業原簿 (6-2)-8

16/20

(1) 本PJの実用化では白金族金属を50%以上低減した触媒システムを市場に提供することを目指す。

実用化に向けた技術的課題

酸化触媒

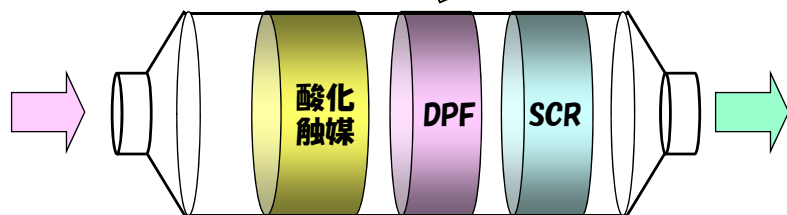
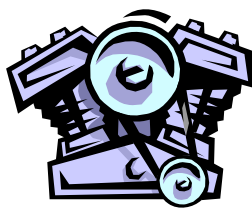
- ・メカニズム解明と組成の最適化
- ・複合ナノ粒子の調製・固定化技術確立
- ・触媒構造のシミュレーション応用設計
- ・実用担体製造技術の確立
- ・触媒コート技術/評価技術の確立

⇒白金族金属 50% 低減

DPF触媒

- ・メカニズム解明と組成の最適化
- ・実用担体製造技術の確立
- ・触媒コート技術/評価技術の確立

⇒白金族金属 50% 低減



<NEDOのミッション>

- ・産業技術の国際競争力強化
- ・エネルギー・地球環境問題の解決

1. 製品イメージ:

希少金属使用量を半減した国際競争力のある廉価な排ガス触媒システム

2. 実用化・事業化シナリオ

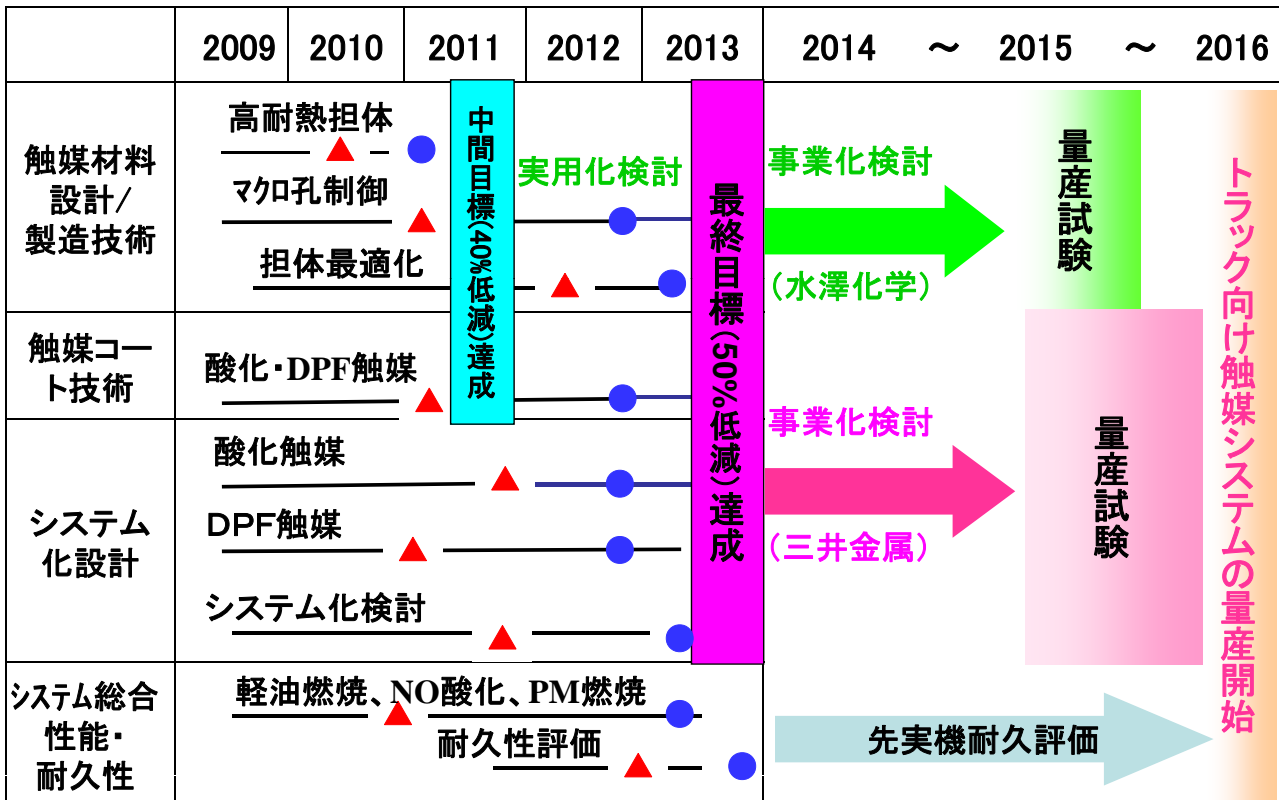
- ・中間評価を受け、平成24年度にPJと並行で新酸化触媒の商品化技術の開発に着手
- ・平成25年度にはシステム化やDPF用触媒に関する商品化技術の開発を行う。
- ・ディーゼル車に関する排ガス規制と燃費規制が強化される平成28年度までに、国内メーカー向けに触媒の商業生産を開始する。

3. 効果

- ・年間で3トンの白金族金属の使用量削減が可能となる。
- ・流通コストの低減(ディーゼル車利用拡大)による経済活動の活性化
- ・触媒技術のライセンス供与及び関連事業の拡大
- ・触媒のスス燃焼性の高効率化による燃費改善でCO<sub>2</sub>の低減が可能。
- ・触媒輸出(市場規模国内の10倍以上)増加による国内産業の活性化
- ・オフロード等の他分野への適用(特殊自動車 新規市場)による拡販・新規雇用創出

4. 実用化、事業化の見通しについて (2)事業化までのシナリオ

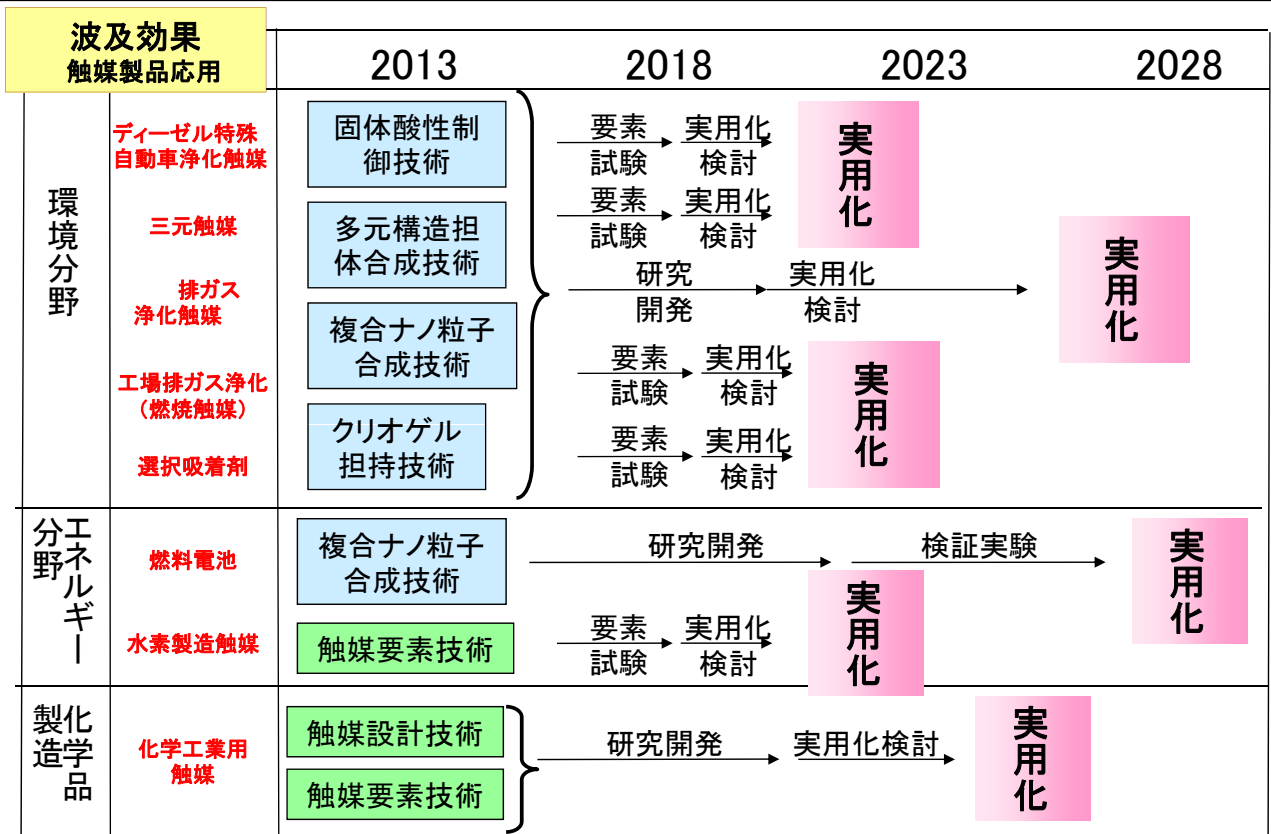
公開



▲: 基本性能確認 ●: 基本技術確立

4. 実用化、事業化の見通しについて (3)波及効果

公開



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」(中間評価)

研究開発項目⑦-1 代替砥粒及び革新的研磨技術を活用した  
精密研磨向けセリウム低減技術の開発

## 研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

(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、秋田県産業技術総合研究センター、  
(株)小林機械製作所、サイチ工業株式会社

1 / 11

### I. 個別研究開発項目と背景

公開

#### セリウム使用量低減技術開発

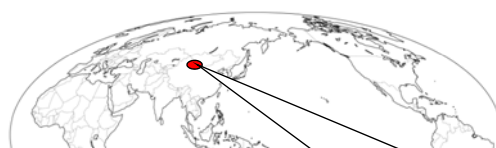
セリウムは、ハードディスク(HD)用基板やフラットディスプレイ(FD)用ガラスの研磨材として多量に使用されているが、供給量、供給価格に対して大きな懸念がある。そこで、平成25年度に**精密研磨向けセリウム使用原単位を30%以上低減**するために、代替砥粒の要求特性解明、代替砥粒の開発、研磨要素技術開発、研磨プロセス技術開発を行うことを目的とする。



HDガラス基板



FD用ガラスの例



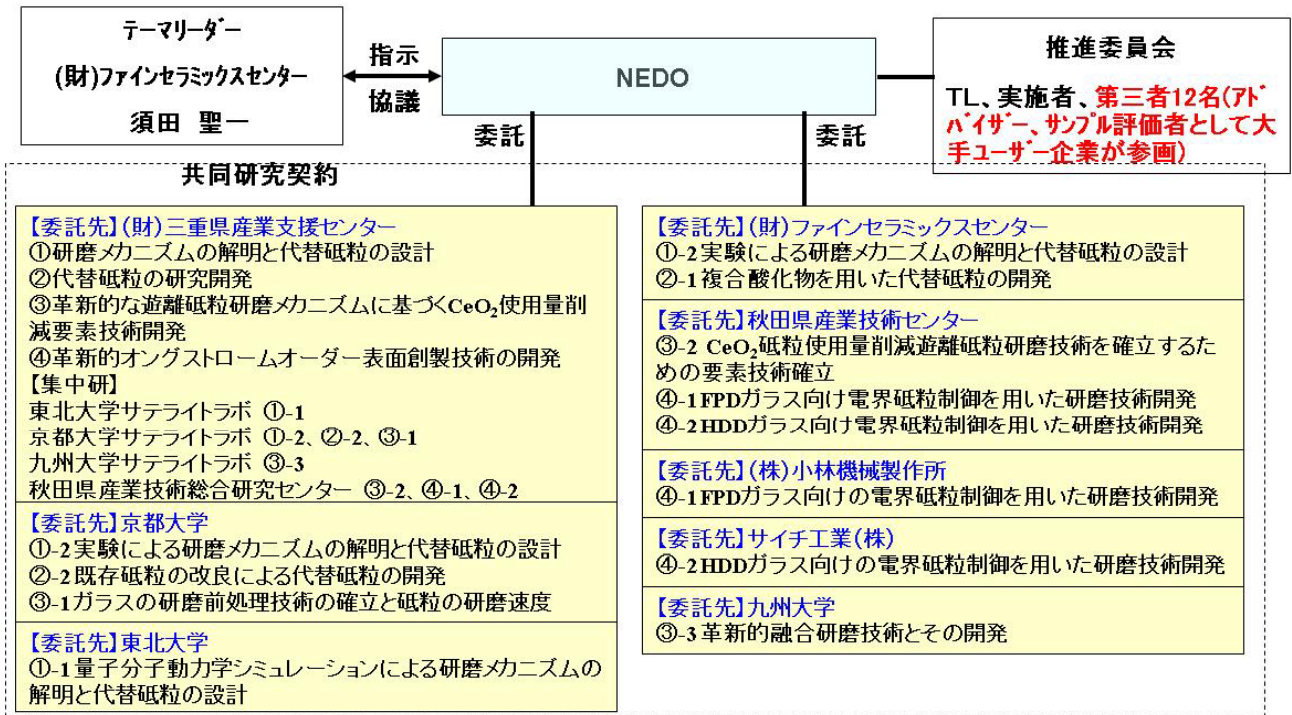
セリア鉱物(バストネサイト)の  
産出地域が世界的に局在している

2013年度および最終目標

研究開発内容	中間目標(平成23年度)	最終目標(平成25年度)
代替砥粒開発 (研究実施項目②)	5%	10%
酸化セリウム使用量低減技術 (研究実施項目③)	10%	20%
削減率合計	15%	30%

II. 研究開発マネジメントについて (1)

実施体制



外部からの指導及び協力

・(財)三重県産業支援センター主催による「技術推進委員会(年2回)」開催

外部有識者の意見を運営管理に反映

三井金属鉱業(株)、昭和電工(株)、日本板硝子(株)、日本電気硝子(株)、旭硝子(株)、HOYA(株)、ニッタハース(株)、フジボウ愛媛(株)、シャープ(株)、(株)東芝、パナソニック(株)、(株)齊藤光学製作所

反映内容 (1)本テーマの成果とニーズとの整合性  
(2)酸化セリウムに関する内外情報の収集  
(3)代替材料のサンプル評価

・その他、以下の委員会を開催

「進捗フォローアップ会議(年2回)」 研究内容の進捗状況確認と今後の方針を協議

「代替材料開発検討会(年4回)」 研磨メカニズム、代替材料の開発・実用化を協議

「低減技術開発検討会(年4回)」 セリウム使用量削減技術の開発・実用化を協議

研究開発のスケジュール

▲: 基本原理確認 ●: 基本技術確立

	2009	2010	2011	2012	2013	最終目標値
①研磨メカニズムの解明と代替砥粒の設計		▲	●			・計算科学手法による酸化セリウム代替砥粒の理論的最適化 ・モデル材の解析による研磨機構の解明
②代替砥粒の研究開発			▲		●	・ラボレベルで酸化セリウム使用量の10%代替
③遊離砥粒研磨メカニズムに基づきCeO <sub>2</sub> 使用量削減			▲	●		・精密研磨要素技術として従来研磨効率の40%向上
④オングストロームオーダー表面創製技術		▲		●	● (実用化検討)	・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



個別目標と達成状況(代替砥粒開発)

研究実施項目	目標	成果概要	達成度
①-1 計算による研磨メカニズムの解明と代替砥粒の設計	研磨プロセスの電子論的メカニズムの解明	Ce <sup>3+</sup> /Ce <sup>4+</sup> の酸化還元によって、Si-Oの結合を断することを解明。さらに、明らかにした研磨メカニズムをもとに代替砥粒を設計。	◎ 世界初
①-2 実験による研磨メカニズムの解明と代替砥粒の設計	既存砥粒と単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	固溶させた酸化セリウム及びSrFeO <sub>x</sub> ロブスカイトについて検討し、研磨特性との関連性を明らかにした。さらに、酸化鉄、酸化ジルコニウム、酸化チタンについて研磨特性との関係を明らかにした。	○
②-1 複合酸化物を用いた代替砥粒の開発	ラポレベルで酸化セリウム使用量5%削減を可能にすること(使用原単位5%低減)	SrFe <sub>0.8</sub> Co <sub>0.2</sub> O <sub>x</sub> 砥粒を用いた場合、約1.5 μmの砥粒が得られ、既存砥粒を超える表面平性と研磨速度を有する可能性が高い。	△ プレス発表 (平成23年度中に達成見込み)
②-2 既存砥粒の改良による代替砥粒の開発		100%酸化セリウム系砥粒の10%を最適化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、酸化セリウム系砥粒と同等の研磨レートと表面平性を実現。 →使用量10%低減を達成	

大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

個別目標と達成状況(低減技術開発)

研究実施項目	目標	成果概要	達成度
③-1 フェムトレーザーを使用したガラスの研磨前処理技術の確立	フェムトレーザーによる高度な精密研磨要素技術を構築	ガラスに対する前処理に非熱的アブレーションが可能。砥粒表面の活性化については液中照射装置により砥粒表面に効率よく照射可能。	○
③-2 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の要素技術確立	化学反応の援用によって研磨効率を30%向上(使用原単位10%低減)	電界加条件の最適化により研磨レートが20%向上。また、トライボケミカル研磨技術に電界環境を取り入れることで、表面品位を維持したままで、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 →使用量90%低減を達成	◎ 世界初 プレス発表
③-3 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	ラジカル反応場を成した高度精密研磨要素技術を構築	酸化マンガンについて検討し、低スラリー濃度領域において、既存酸化セリウムスラリーと同等以上の研磨特性を実現。さらに、高圧空気環境下では約2倍の研磨速度を実現。	◎
④-1 電界砥粒制御技術融合研磨技術を導入する面大型速精密研磨の開発	大型機に向けた検討をすすめ、酸化セリウムの使用量を10%削減するシステム技術を確立	電界加およびスラリー投入方式等を最適化することで従来の研磨方法と比較して、約20%研磨速度が向上。	○
④-2 両面超精密研磨技術の開発並びに電界砥粒制御技術融合研磨技術の確立	大型機へ展開することを目指し、使用量を10%削減できるシステム技術を確立	電界加部分を最適化することによって従来の研磨方法と比較して、約16%の研磨速度の向上を実現。	○ プレス発表

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

開発予算

(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 <sub>2</sub> 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】

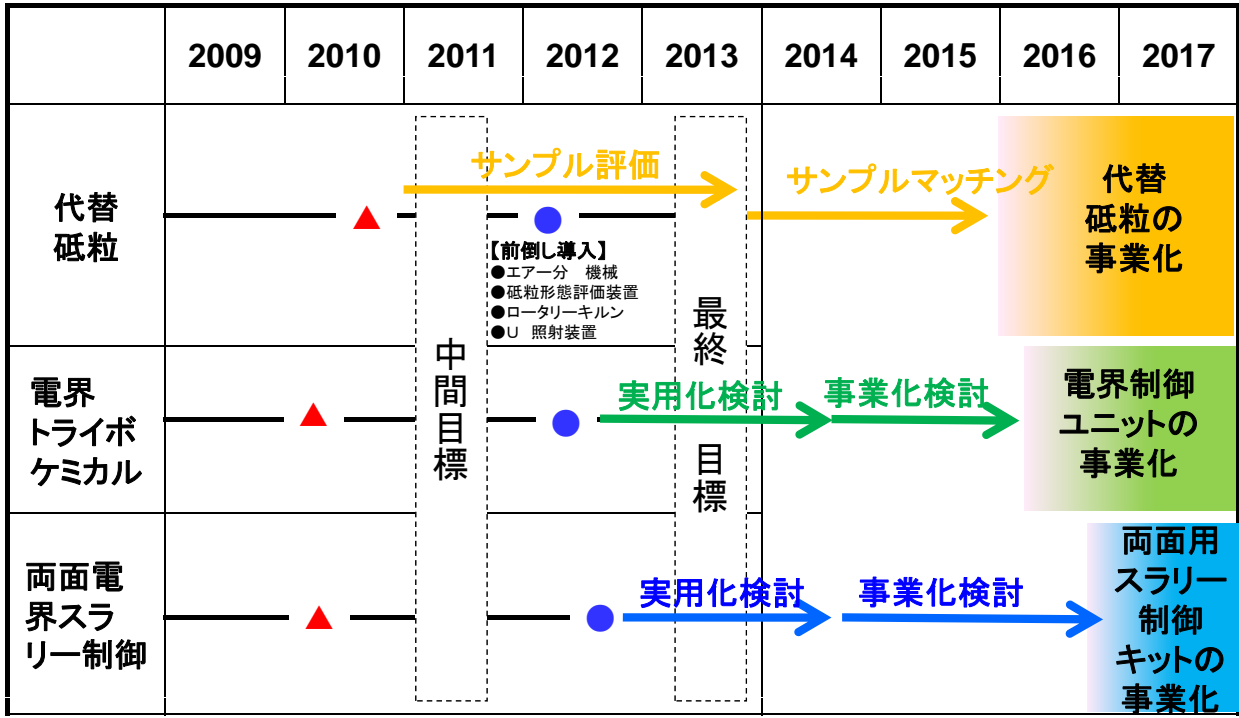
【 】内は補正予算で外数

的財産権、成果の普及

		H21	H22	H23	H24	H25	計
特許出願	国内	0	4	1			5件
	外国	0	0	0			0件
論文(査読付き)		0	2	0			2件
研究発表・講演		8	40	0			48件
受賞実績		0	0	0			0件
新聞・雑誌等への掲載		1	29	0			30件
展示会への出展		1	1	0			2件

※ : 平成23年度7月1日現在

事業化までのシナリオ



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」(中間評価)

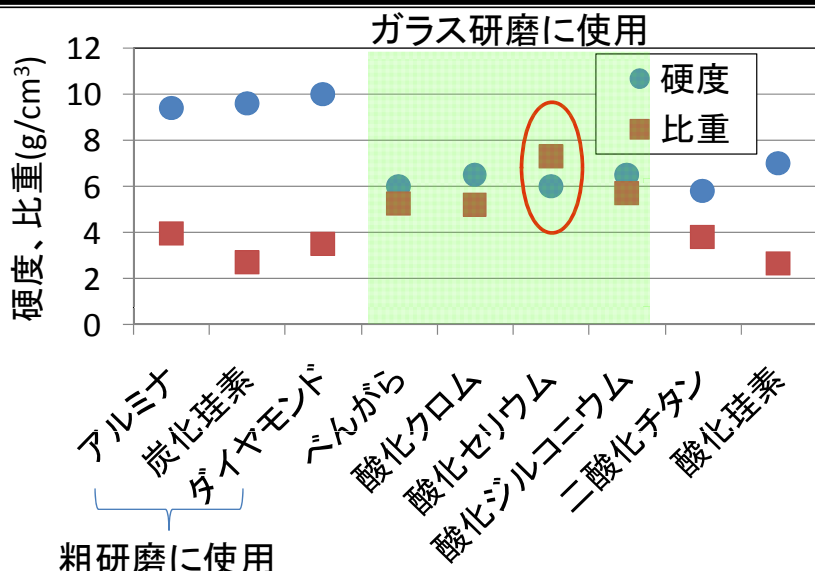
研究開発項目 ⑦-2 精密研磨向けセリウム使用量低減技術開発及び代替材料開発  
4BODY研磨技術の概念を活用したセリウム使用量低減技術の開発

研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

立命館大学  
株式会社アドマテックス  
九重電気株式会社  
株式会社クリスタル光学

個別研究開発項目と背景(1)

事業原簿 (⑦-2)-1 (公開)



遊離砥粒研磨に使用される各種砥粒



研磨盤への付着

酸化セリウムの特徴

特性	長所	短所
比重が大きい	滞留性に優れ、研磨能率が高い	沈殿が早い・再分散性に劣る
ガラスとの親和性が高い	ガラスの研磨能率が高い	砥粒が工作物に付着し洗浄性に劣る



酸化セリウムの使用量削減のため、①砥粒、②メディア粒子、③研磨パッド、④プロセス技術の4つの観点から研究開発を遂行する。

**①複合砥粒の研究開発**

コアシェル型複合砥粒を開発し、分散性を高め、加工圧を集中させることで、研磨能率を向上

**②複合粒子研磨法の適用**

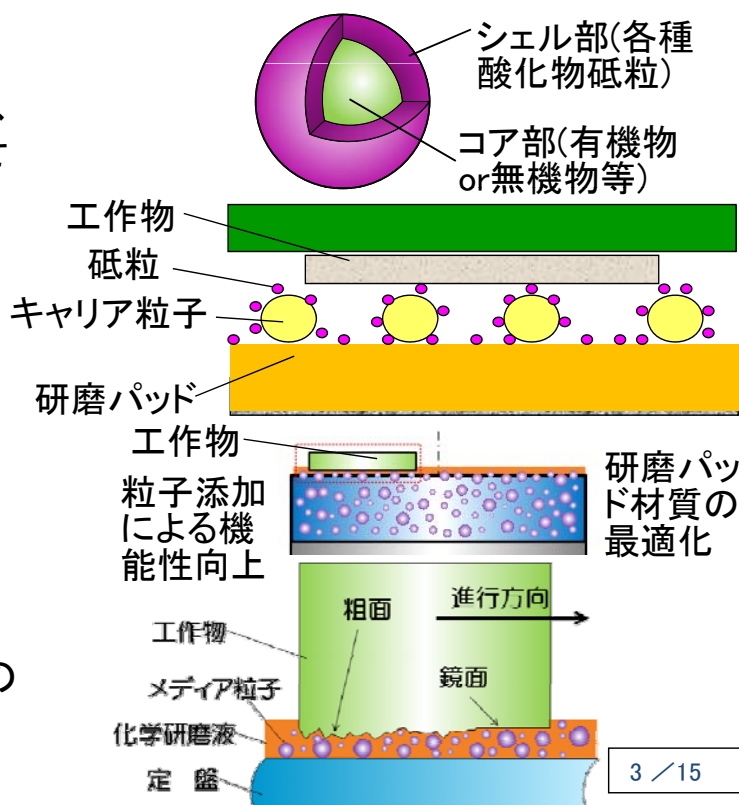
4BODY研磨の適用で解空間を増加させ、トレードオフの関係を打破し、研磨特性を向上

**③高機能研磨パッドの開発**

研磨パッド材質の最適化による研磨特性の向上および粒子添加による高機能化

**④新プロセス技術の研究開発**

化学研磨による代替の可能性の検討および化学複合研磨による代替砥粒の選択



事業の目標

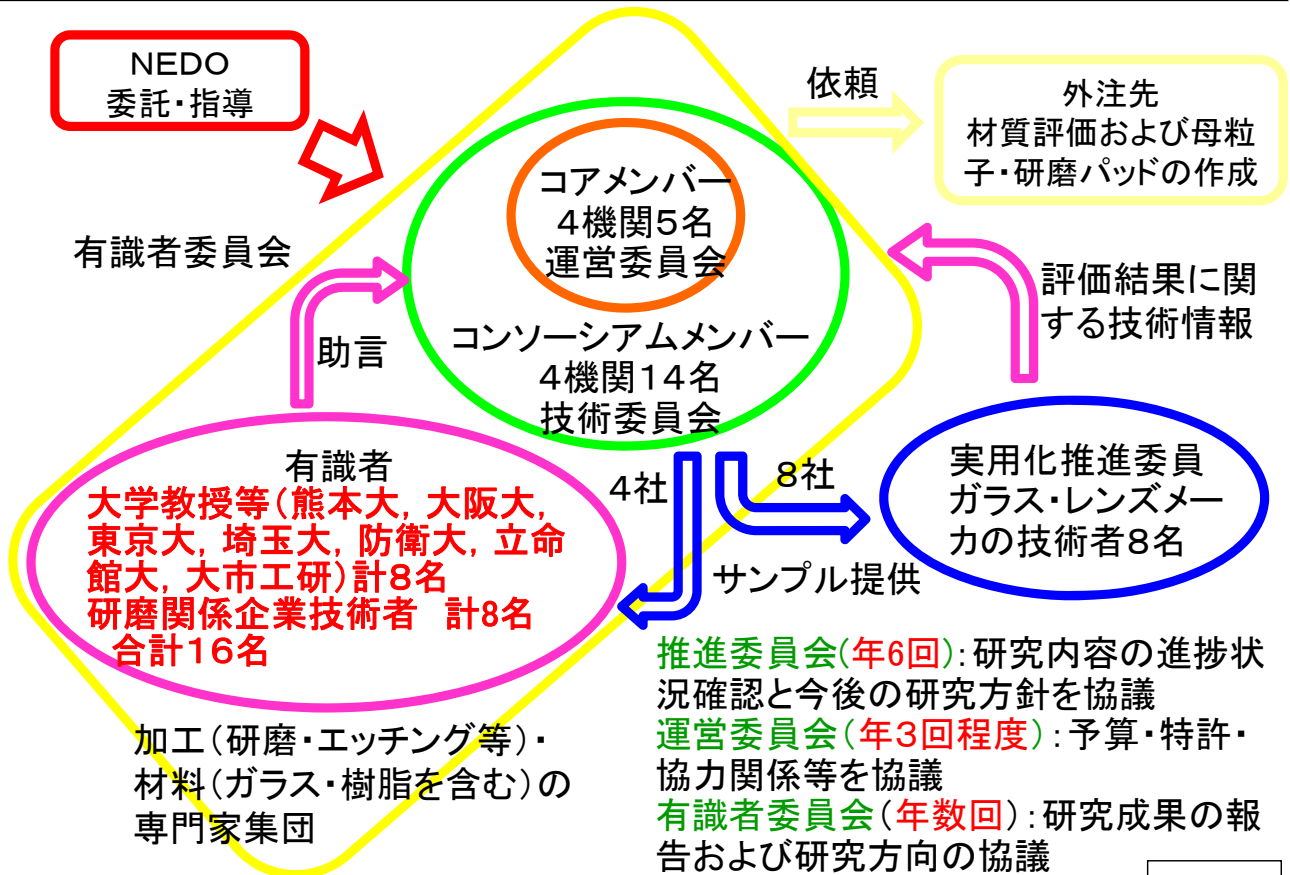
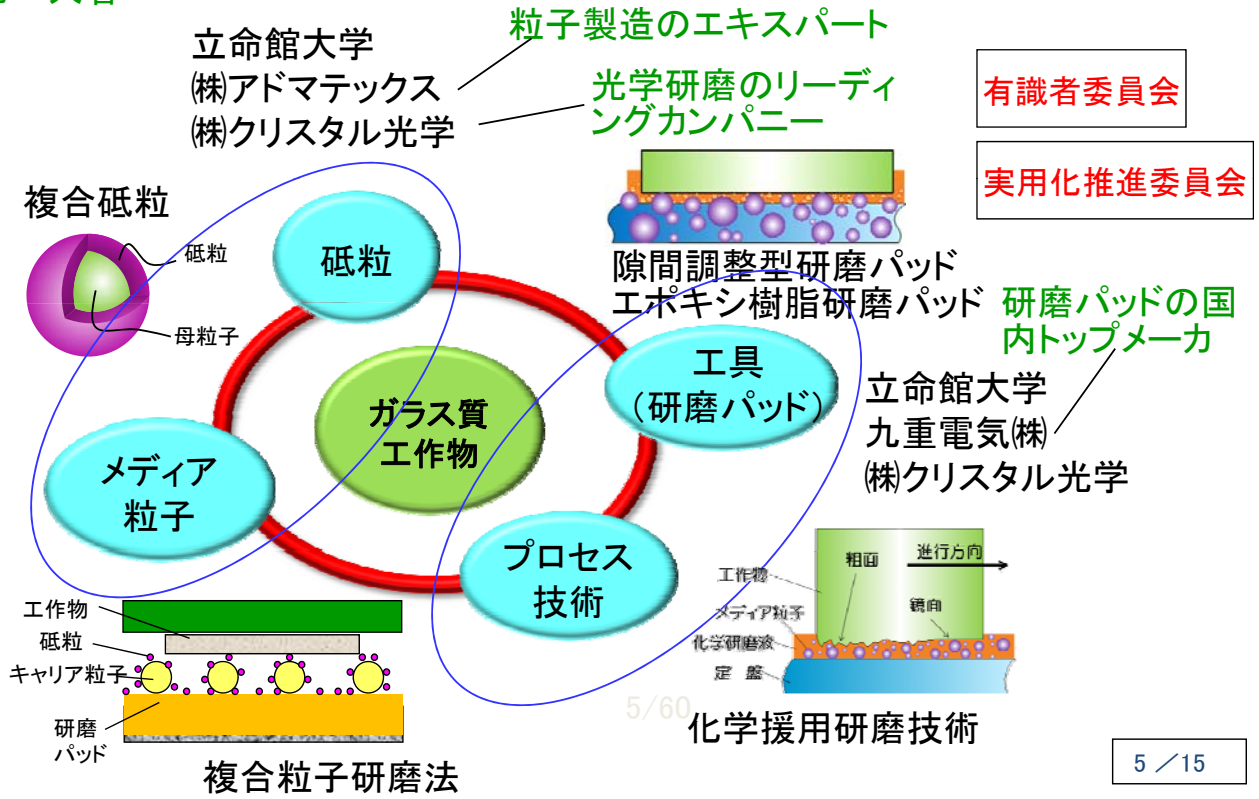
平成25年度末までに、精密研磨向けセリウムの使用原単位を現状から**30%以上低減**する技術を開発し、外部機関に対して評価のための試料提供を可能とする

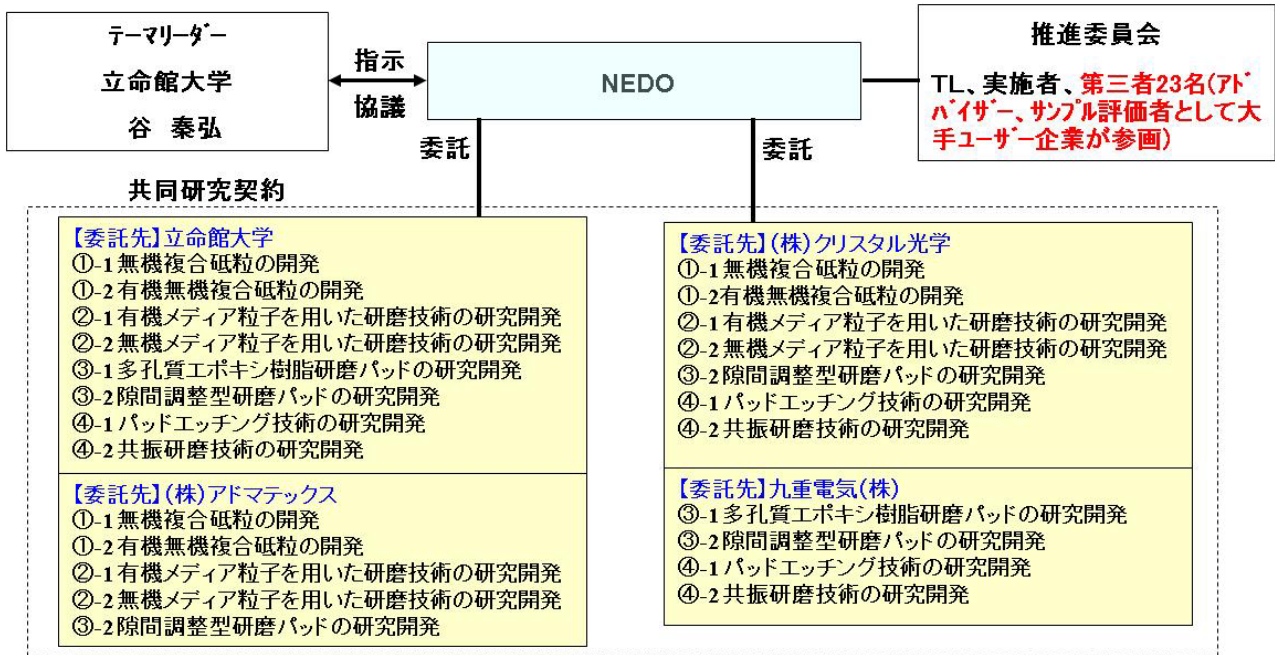
研究項目		研究目標
砥粒	無機有機無機複合砥粒	表面セリウム層の厚み1/3以下のコアシェル砥粒開発
	有機無機複合砥粒	
メディア粒子	有機メディア粒子	研磨能率40%以上向上
	無機メディア粒子	
工具	多孔質エポキシ樹脂研磨パッド	大型工作物の均一研磨実現
	隙間調整型研磨パッド	
プロセス技術	化学援用研磨	軟質工作物に対して代替砥粒提案
	研磨パッドの表面処理	大型研磨パッドで取替時間の短縮・研磨能率40%以上向上

全ての研究項目の合算にて30%以上の低減を達成する

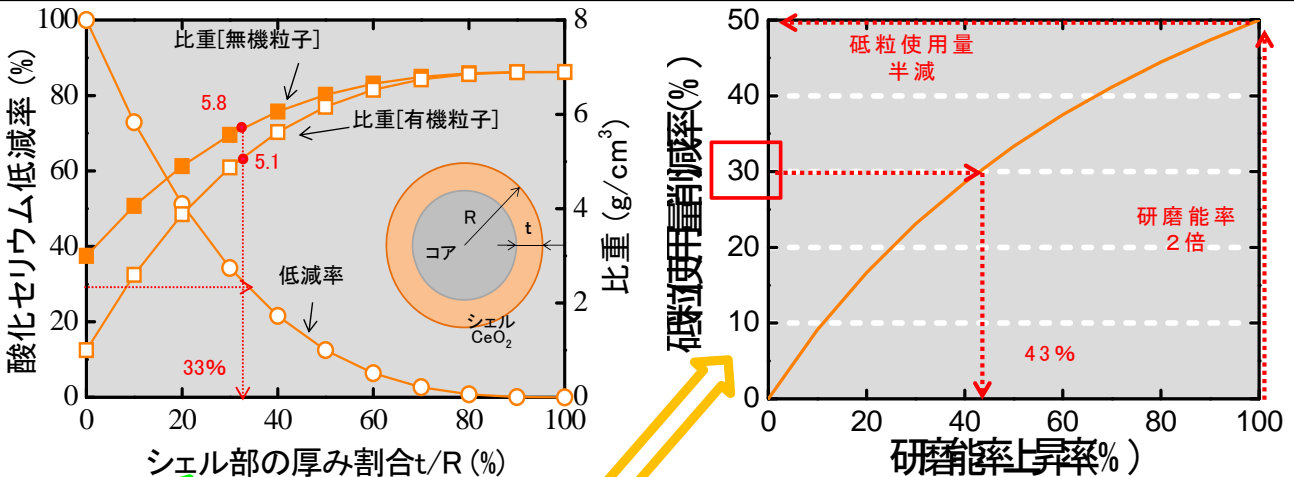
複合粒子研磨法の  
発案者、工具研究  
の第一人者

谷@立命館大学:リーダー  
桐野@株クリスタル光学:サブリーダー

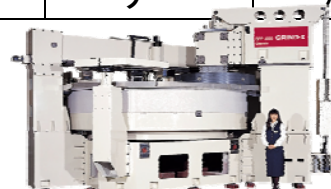




Ⅱ. 研究開発マネジメント(3) 各研究開発項目の目標及び設定根拠



複合砥粒	メディア粒子	研磨パッド		プロセス技術	
		エポキシパッド	隙間調整型パッド	化学援用研磨	表面処理
1/3の成分割合	43%研磨特性向上		溝の悪影響除去	セリアフリー	張替時間短縮

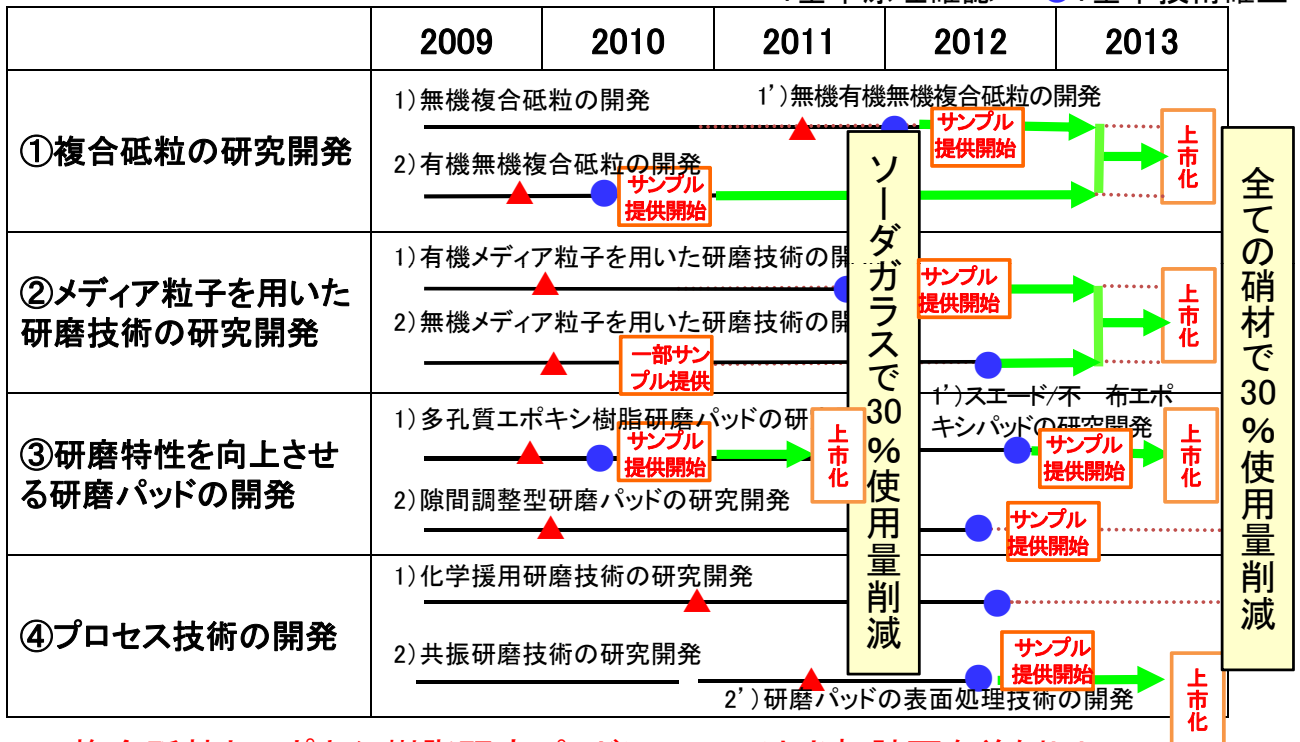


## Ⅱ. 研究開発マネジメント(4) 研究開発スケジュール

事業原簿 Ⅱ-34

公開

▲: 基本原理確認 ●: 基本技術確立



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して平成22年にサンプル提供開始

副資材は生産現場に えられるのが一番

9 / 15

## Ⅱ. 研究開発マネジメント(5) 開発予算

事業原簿 Ⅱ-37

公開

基本的には研究項目に均等配分

(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

上市化のための重点化

装置開発のため

加工設備や評価設備は共用



10 / 15



最終目標では全ての硝材に拡大

※研磨特性 研磨能率/ 上げ面粗さ

	中間目標 対象硝材:ソーダガラス	成果	達成度
1) 複合砥粒の研究開発	酸化セリウムの成分割合を30%以上減じ、従来研磨比が同等以上の研磨特性を持つ複合砥粒を開発	有機無機複合砥粒の開発により50%以上研磨特性改善。サンプル提供開始。	◎
2) メディア粒子を用いた研磨技術の研究開発	従来研磨比で40%以上の研磨特性を達成するメディア粒子を見出す	親水性無機メディア粒子の開発で、従来研磨比で1.4倍の研磨特性を達成。一部サンプル提供を実施。	○
3) 研磨特性を向上させる研磨パッドの開発	・従来研磨比で40%以上研磨特性を向上させる研磨パッドを開発。 ・隙間調整型研磨パッドを開発し大型工作物の均質研磨実現。	エポキシ樹脂研磨パッドの開発で従来研磨比2倍の研磨特性を達成。また代替砥粒としてジルコニアを提案。サンプル提供実施。隙間調整型研磨パッドに関しては基本原理確認。	◎
4) プロセス技術の開発	・従来研磨比が同等の研磨特性の化学援用研磨技術を確立。 ・大型研磨パッドの表面処理技術を提案。	ジルコニアで代替可能な化学援用研磨技術を確立。エポキシプレーの噴 による表面処理技術を開発、40%以上の研磨特性向上実現。	

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

Ⅲ. 研究開発成果 知的財産権、成果の普及

	H21	22	計
特許出願(うち外国出願)	1	8	9件
論文(査読付き)	1	1	2件
研究発表・講演	4	24	28件
受賞実績	0	0	0件
新聞・雑誌等への掲載	0	17	17件
展示会への出展	1	2	3件

2010年9月17日NH ニュースにて



新聞5紙で

2010年9月29日テレビ東京  
ワールドビジネスサテライトにて



2011年2月26日NH サイエンス EROにて



Focus NEDO 40号レアアース特集号にて「注目の技術1」として

**注目の技術1** > ガラス研磨のセリウム使用を削減

希少金属代替材料開発プロジェクト  
4BODY新研技術の概念を活用したセリウム使用量低減技術の開発

立命館大学 工学部 機械工学科 谷 幸弘 教授 / 株式会社ガラス光学 桐野 保博 氏

**消耗品交換だけでセリウム使用量低減  
ガラス研磨の新技术を確立**

ガラス研磨に不可欠なセリウムの使用量を削減すべく、新しい研磨技術が確立された。このプロジェクトの成果は、紙とプロセス技術の構築に取り組み、現在2人に目を付けた。

研磨の仕上がり状態を変えずに、研磨能率を高める

ガラス表面を研磨する際、加工機には、工具、除去作用を担う砥粒、研磨液を高速で送り出す。従来

(単位時間当たり)に研磨できる量)が高い。その分、研磨液が大量に消費され、研磨液の交換頻度も高くなる。ガラスの質とプロセス技術の構築に取り組み、現在2人に目を付けた。

このことから立命館大学の谷幸弘教授は、セリウムの使用量を削減する技術を開発し、代替材料の開発に取り組む。

**図2 代替砥粒の研磨能率**

図3 代替砥粒の研磨能率



技術で可能になるポイント

- 1 酸化セリウムの使用量が削減できる
- 2 研磨能率が向上する。研磨液の循環がスムーズになる

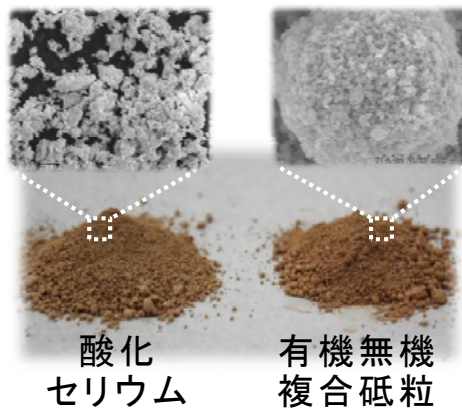
第4の要素、砥粒の核となる材料の開発も必要。

有機無機複合砥粒およびエポキシ樹脂研磨パッドについては平成22年9月から大手ガラスメーカー等12社にサンプル提供を実施

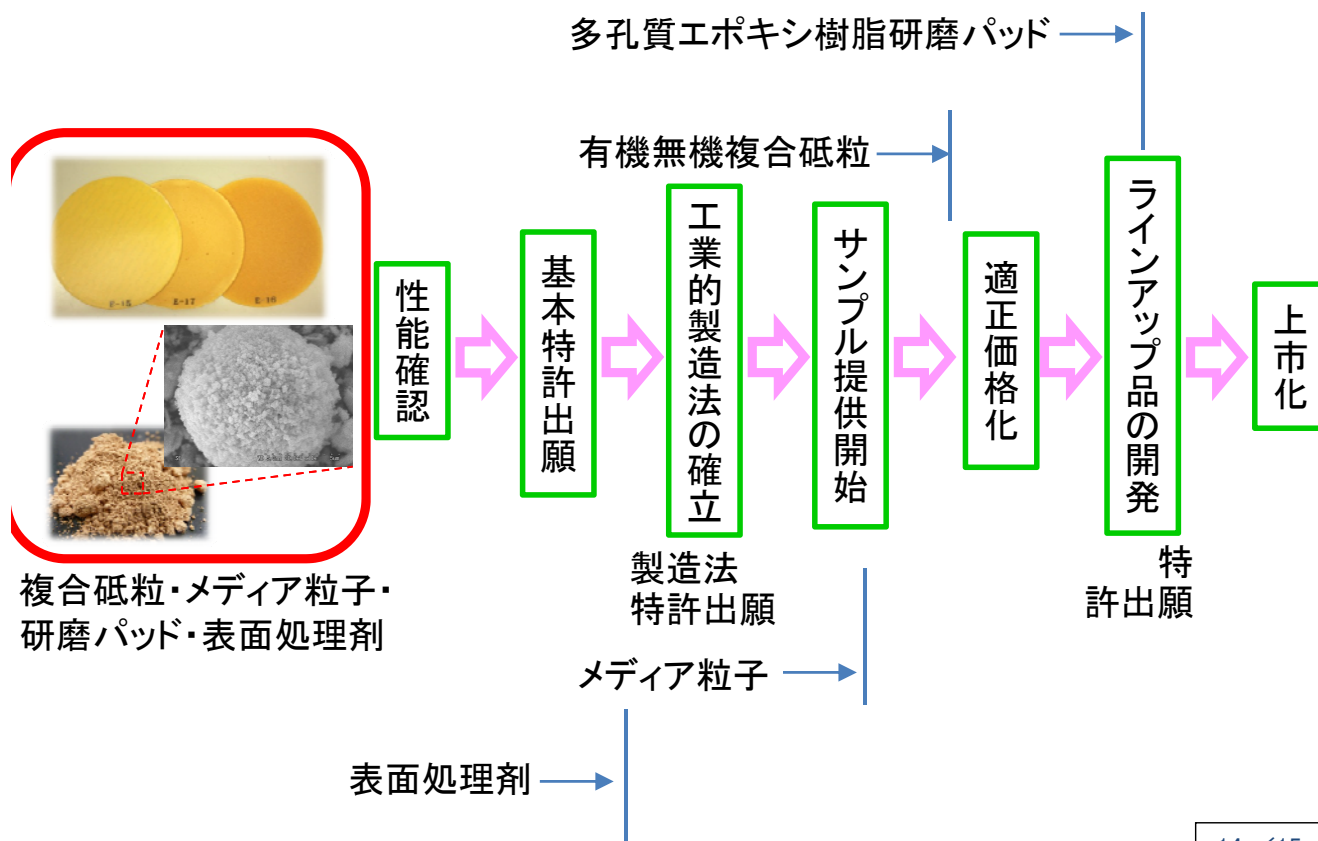
多孔質エポキシ樹脂研磨パッドについては、サンプル提供した企業から早期市販化の要

従来パッド	エポキシパッド
	
価格	同等かそれ以下
研磨能率	1.5~2倍
学的精度	1.2~1.4倍
寿命	同等
備考	ジルコニアとの組合せでも従来研磨をしのぐ

平成24年4月の上市を目指し開発を続

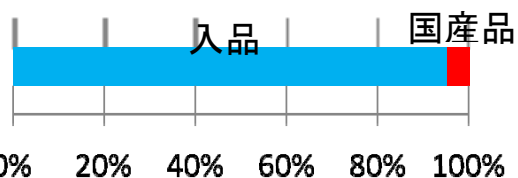


※複合砥粒は低コスト化と別化のため検討を続

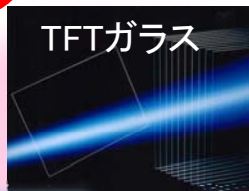
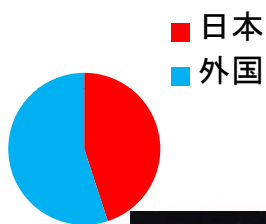


研磨パッド・複合砥粒等の開発で

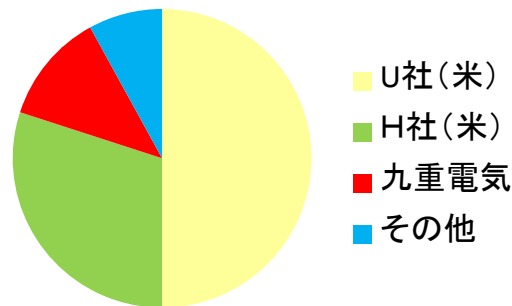
- 研磨能率1.5~2倍向上
- 学的精度5~8割に向上



光学研磨用ジルコニア砥粒の現在のシェア



ガラス製品



ガラス用多孔質研磨パッドの現在のシェア



磁気ディスク基板



各種光学素子



各種ガラス製品の低コスト化・高品質化 国際競争力の向上



日本産副資材の  
シェア向上

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」(中間評価)

研究開発項目⑧

蛍光体向けテルビウム・ユウロピウム使用量低減技術及び代替技術の開発  
「高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体のTb,Eu低減技術の開発」

研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

国立大学法人 東北大学  
国立大学法人 新潟大学  
独立行政法人 産業技術総合研究所  
三菱化学株式会社  
パナソニック株式会社ライティング社

1/18

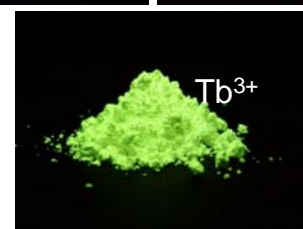
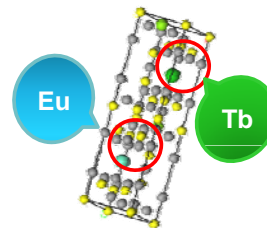
公開

I. 研究開発の背景(I)



高性能蛍光体

・・・色、輝度から発光元素としてTb,Euを多用



蛍光体・・・電気から変換された電子・光を必要な色に変換

照明・ディスプレイの色・エネルギー効率を決定する重要な部材

# I. 研究開発の背景(Ⅱ)

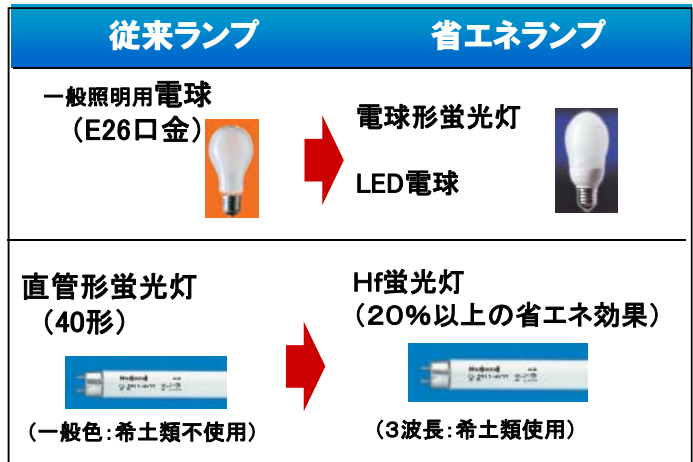
## 供給側の強い制約

供給が中国偏在する中重希土類Tb, Euを  
発光元素として多用

蛍光 ランプ	BaMgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub> :Eu (青) (略称BAM) (Sr,Ca,Ba,Mg) <sub>10</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub> :Eu (青) LaPO <sub>4</sub> :Ce,Tb(緑) (略称LAP) Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :Eu (赤) (略称 YOX)
PDP	BaMgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub> :Eu (青) Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> :Mn (緑) (Y,Gd)BO <sub>3</sub> :Tb (緑) (Y,Gd)BO <sub>3</sub> :Eu (赤)
LED	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce (黄) CaAlSiN <sub>3</sub> :Eu (赤)

## 省エネ要請による需要

- ・希土類を使用した蛍光ランプは安価で効率の良いあかりとしてベース照明において当面省エネ照明で多用
- ・現在、蛍光体使用量の大部分を占めるのがベース照明蛍光ランプ



## 蛍光ランプ用蛍光体のTb, Euの対策

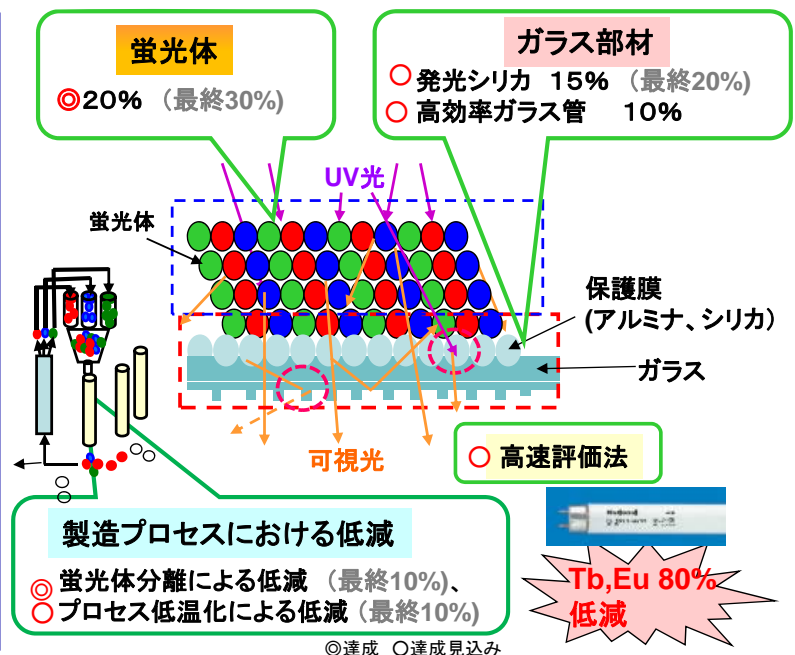
米国等でも対策はじまる

# Ⅲ. 研究開発成果について (1) 中間目標の達成度

## 本開発の目的

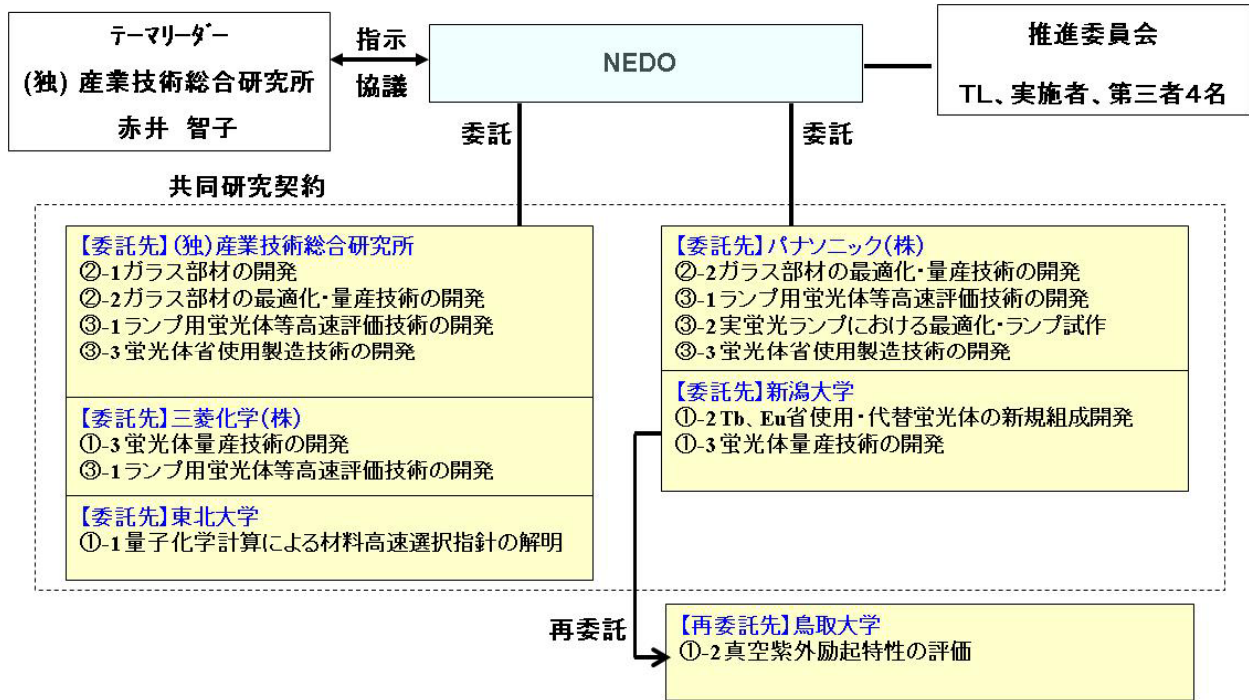
- ① 蛍光体のTb, Eu使用量低減技術
- ② ランプの光利用効率を可能にする部材開発による蛍光体使用量低減
- ③ ランプの材料構成最適化及び蛍光体省使用製造プロセスにおける蛍光体省使用技術

を総合的に開発することで、蛍光ランプ等のTb, Eu使用量を80%低減。



## 現時点での中間目標達成度

- ① 蛍光体については既存品改善により数値目標達成、新規蛍光体が残課題
- ② ガラスについては、材料作製技術をほぼ完成、予備評価終了、最終数値目標の達成が課題
- ③ 評価技術、プロセス技術については残課題が一部あるが目標達成直前



### 推進委員会を年2回 開催

研究計画・成果・マネジメントについて蛍光体、ガラス・無機材料、電子デバイス、放電デバイス、製品等の各分野の有識者の先生方のご意見を反映

委員長	山元 明 先生 … 蛍光体 (ルミテクノロジー、東京工科大学名誉教授、蛍光体同学会会長)
委員	小川 久二 先生 … 電子デバイス製品開発 (大阪大学ナノサイエンスデザイン研究センター 特任教授)
委員	田中 勝久 先生 … ガラス、無機材料 (京都大学大学院工学研究科)
委員	神野 雅文 先生 … 放電デバイス、照明 (愛媛大学大学院理工学研究科電子情報工学専攻)

- 反映事項**
- (1) マネジメントの方法 (各課題の連携、理論と実験の連携)
  - (2) 既存技術も含めて確実な開発も追加
  - (3) 新しい開発技術の意義や広がり の明確化

**最終目標蛍光ランプにおけるTb,Euの使用量原単位で80%以上低減可能な技術を開発する。**

※エネルギー効率 80 lm/W、平均演色評数 80 以上(グリーン調達基準準拠)のランプとすること

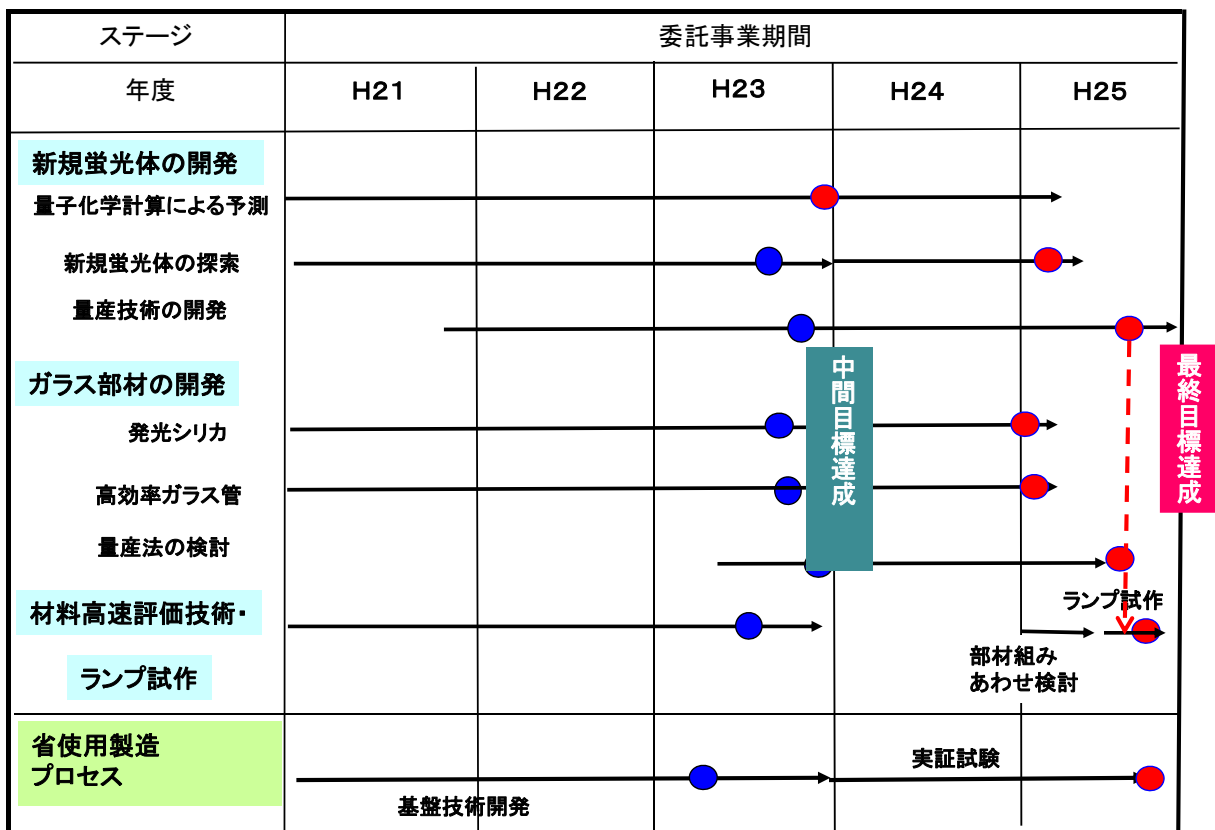
※サンプルは蛍光ランプとする(部材の相互影響があるため)

タイトな供給制限から必須値として当初から設定されたもの

項目 (削減目標)	個別技術目標	設定根拠
蛍光体 (30%)	Tb,Euを30% 低減	蛍光体の輝度のTb,Eu濃度依存性から可能であると推定される最大量
ガラス (30%)	発光シリカによる光束20%向上	既存研究からシリカが蛍光体の半分程度の輝度となったときの想定される光束向上が20%である。
	ガラスからの光取り出し効率向上により光束10%向上	回折光学の理論計算から最低限向上すると予測される光束
製造プロセス (25%)	混合蛍光体の分離による蛍光体再利用 10%	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
	プロセス低温化 10%	シンタープロセスでの劣化量から見積もり
	部材設計 5%	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

※光束の向上が蛍光体の使用量低減に比例すると考えて換算

部材の組み合わせ効果があるため、最終的にはランプでの低減値を目標値とした



(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

	H21	H22	H23	合計
特許出願	0	1	0 (4)*予定	1 (4)
論文	2	3	2	7
研究発表 講演	7	27	2 (6) 予定	36(6)**
受賞実績	0	1	0	1
新聞・雑誌への 掲載	0	2	4	6
展示会への 出展	2	2	0	4

\*4件が出願手続中

\*\*このうち予定も含めて9件が国際学会 講演  
(理論予測(5)、代替技術開発全般(3)、ポーラスガラス蛍光体 (1))



課題	目標	達成度	課題
① 蛍光体のTb, Eu低減技術の開発	Tb, Euを20%低減	◎	数値目標は既存蛍光体の改良により達成したが、少なくとも一つ新規蛍光体の開発が必要
② ランプ部材の開発	Tb, Euを25%低減	○	シリカについては実材料系での 布試験と評価、取り出し効率向上膜は最終的なパターン設計と試作
③-1 高速合成・評価法の開発	評価技術の確立	○	各種材料の試験と手法の確立
③-2 ランプ試作	られた新規材料についてランプ試作を行う。	◎	①の新規材料については追加試作が必要
③-3 省使用製造プロセス	蛍光体種別分離法の原理確立、低温化プロセスの調査	○	蛍光体分離については達成、低温化プロセスについては方針の明確化

◎ 達成 ○本年度中に達成見込み

各個別テーマの成果

(1) 蛍光体Tb, Eu低減技術の開発

★ 蛍光体性能予測手法を開発、既存蛍光体の改善による20%の低減

(2) ランプ部材の開発

高効率発光シリカ、大面積化が可能な無機パターン 膜を開発

(3)-1 高速評価技術の開発

254nmの量子効率を高精度で決定、加速劣化装置を開発

(3)-2 ランプ試作

既存改良蛍光体を用いて実ランプでも同等性能が得られることを実証

(3)-3 製造工程における低減化

★ 蛍光体の磁気力分離技術を開発

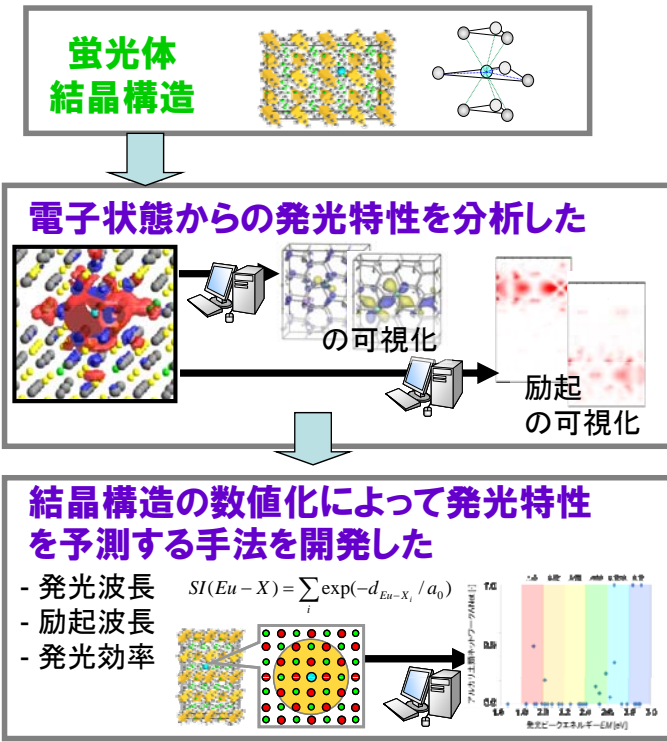
# ①-1 量子化学計算による材料高速選択指針の解明

高速量子化学計算手法で得られた知見から、Eu<sup>2+</sup>/Mn付活蛍光体の発光特性を結晶構造から予測する手法を開発

新規蛍光体材料探索への活用

Eu<sup>2+</sup>付活蛍光体として未知の25母体結晶に適用

界初の予測手法



蛍光体	EM予測値 [e]	E 予測値 [e]	ANet [-]	A <sub>1000</sub> [-]	予測値 [%]
Ba <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>12</sub>	2.71	3.03	1.000	0.150	0.00
Ba <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>21</sub>	2.83	3.14	1.000	0.147	0.00
aAl <sub>2</sub> Ge <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	2.89	3.20	0.249	0.077	56.51
BaB <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	2.90	3.21	0.000	0.083	76.76
BaB <sub>2</sub> Ge <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	2.87	3.18	1.000	0.083	0.00
BaBe <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	2.87	3.18	0.000	0.083	76.76
BaGa <sub>2</sub> Ge <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	2.90	3.21	0.038	0.077	74.12
BaSi <sub>4</sub> O <sub>9</sub>	2.88	3.19	0.000	0.071	77.75
Ca <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.29	2.64	1.000	0.222	0.00
a <sub>2</sub> BeSi <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	2.54	2.88	0.000	0.167	69.82
Ca <sub>2</sub> BeSi <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	2.36	2.71	1.000	0.222	0.00
Ca <sub>2</sub> Ge <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>12</sub>	2.57	2.90	1.000	0.150	0.00
Ca <sub>2</sub> Mg <sub>2</sub> P <sub>4</sub> O <sub>18</sub>	2.74	3.06	1.000	0.115	0.00
Ca <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>14</sub>	2.30	2.66	1.000	0.250	0.00
Ca <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	2.86	3.17	1.000	0.077	0.00
CaB <sub>2</sub> Ge <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	2.58	2.91	1.000	0.143	0.00
CaGa <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	2.87	3.18	1.000	0.083	0.00
Ca nSi <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	2.44	2.78	1.000	0.100	0.00
Ca nSi <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	2.64	2.97	1.000	0.077	0.00
SrB <sub>2</sub> Ge <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	2.83	3.13	0.000	0.083	76.76
SrB <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	2.63	2.92	0.262	0.143	49.93
SrGa <sub>2</sub> Ge <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	2.90	3.21	0.197	0.077	60.85
SrGe <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	2.88	3.19	1.000	0.077	0.00
Sr nP <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	2.74	3.04	1.000	0.077	0.00
r <sub>2</sub> P <sub>8</sub> a <sub>2</sub>	2.48	2.82	0.000	0.130	72.84

Ca<sub>2</sub>BeSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, BaSi<sub>4</sub>O<sub>9</sub>, Sr<sub>3</sub>P<sub>6</sub>O<sub>6</sub>N<sub>8</sub>が高效率で可視光発光することを予測。

## Ⅲ. 研究開発成果について (4) 成果の最終目標の達成可能性

研究課題	最終目標 (平成25年度末)	達成見通し
① 蛍光体のTb、Eu使用量低減技術	30%低減 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	赤色もしくは青色についてどちらかで新規材料が見出され 達成できる見込みであるが、いくつかの候補材料が見出されており、23年度は開発がにのるため、達成される可能性は高い。
② ランプ部材	30%低減 20%以上高い光束が得られるシリカ保護膜、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、量産方法について目途をつける。	おおよその数値は達成できるが、シリカの 布法、取り出し効率向上膜の最適化により、目標数値の達成が必要。
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	25%低減 ランプ構成の最適化、製造工程での省使用により25%低減	・分離技術は中間で達成しているが、分離された蛍光体のランプでの性能確認が必要。 ・材料の構成最適化については新しい材料で確認することが必要。 ・プロセス低温化については材料以外の部分を検討
<b>PJ全体の最終目標</b>	製造工程を含めてランプにおいてのTb、Euの使用量を80%以上低減	希土類を大幅に低減した場合の課題は、若 の色、輝度の不足であり、その性能がガラス部材で補える可能性があることから、それらを組み合わせることと蛍光体の 量等で、総合的に80%低減を達成できる見込み

**受賞**

Merck Grand Award (IMID/IDMC/ASIA DISPLAY 2010)  
2010.10、東北大

**各種の展示会への出展**

ナノテク2010, 2011  
元素戦略、希少金属合同シンポジウム  
ライティングジャパン 新潟大学ブースにて  
PJ関係ポスター (2010)



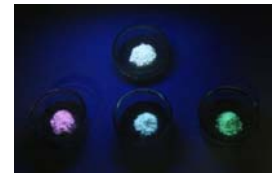
**関連学協会での成果講演依頼への対応**

照明学会 (2011.9)、(社)ニューガラスフォーラム(2011.6)、蛍光体同学会(2011.8)

**プレス広報等**

レアアースを含む蛍光体を種類ごとに分離する技術を開発 (2011.5)

日経新聞、日経産業新聞、日工業新聞、鉄新聞、  
マイコミジャーナル(WEB)、つくサイエンスフォーラム(WEB)にて

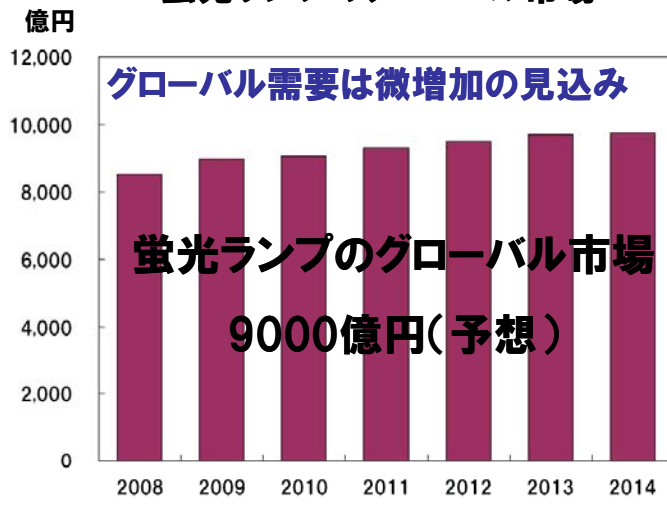


**その他、関連雑誌等での**

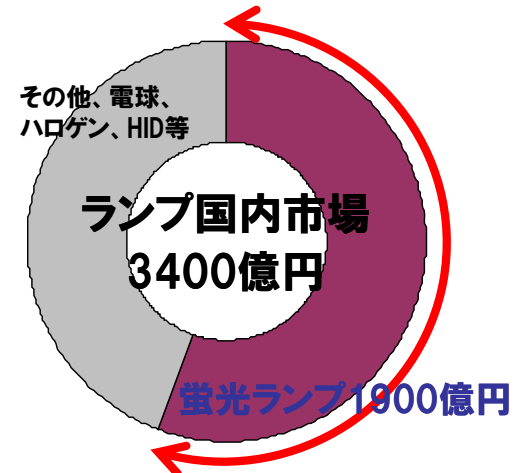
レアメタルニュース(2011.7) 日経エレクトロニクス(2011.1)

**蛍光ランプの国内市場は1900億円(2009年)**  
**電球型蛍光ランプが牽引してグローバル需要は今後も増加予測**  
**→希土類使用量削減技術によりランプ価格の大幅変動を抑制**

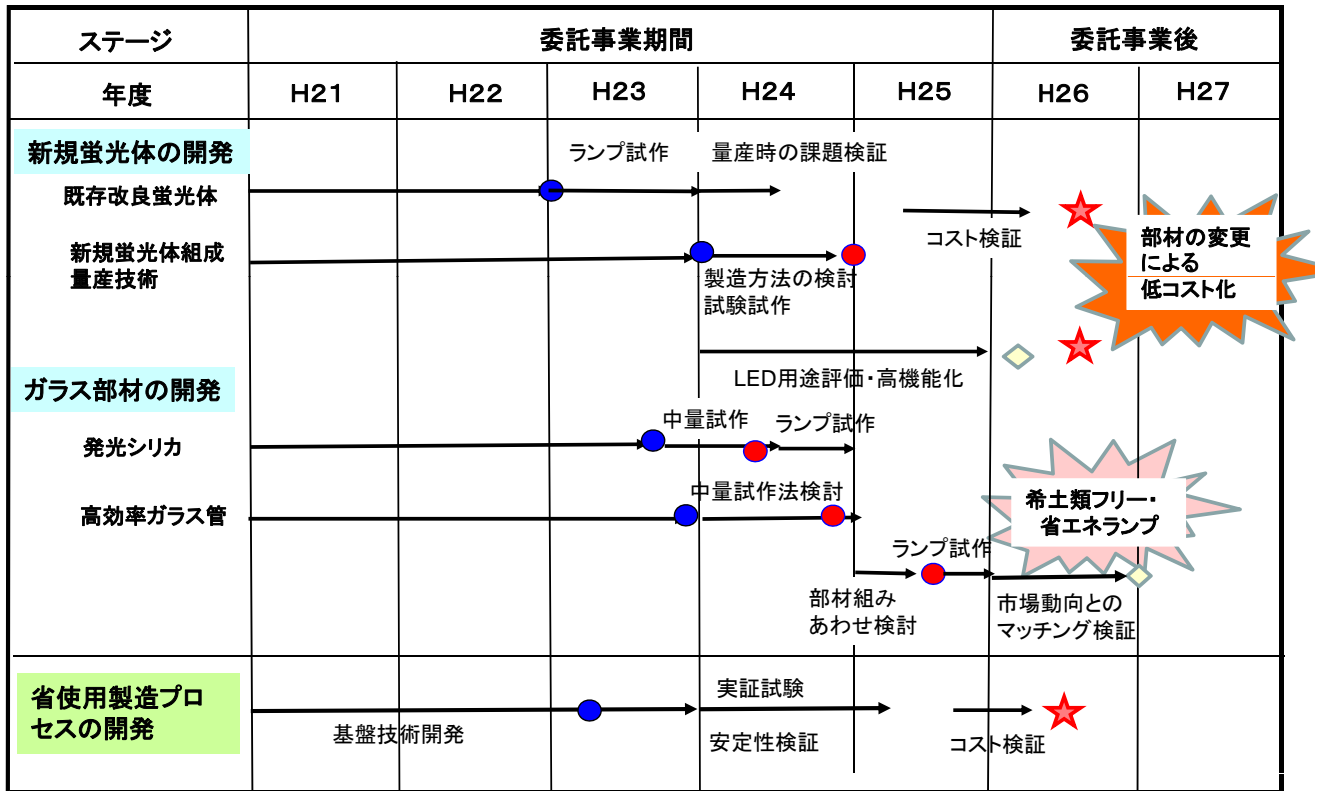
**蛍光ランプのグローバル市場**



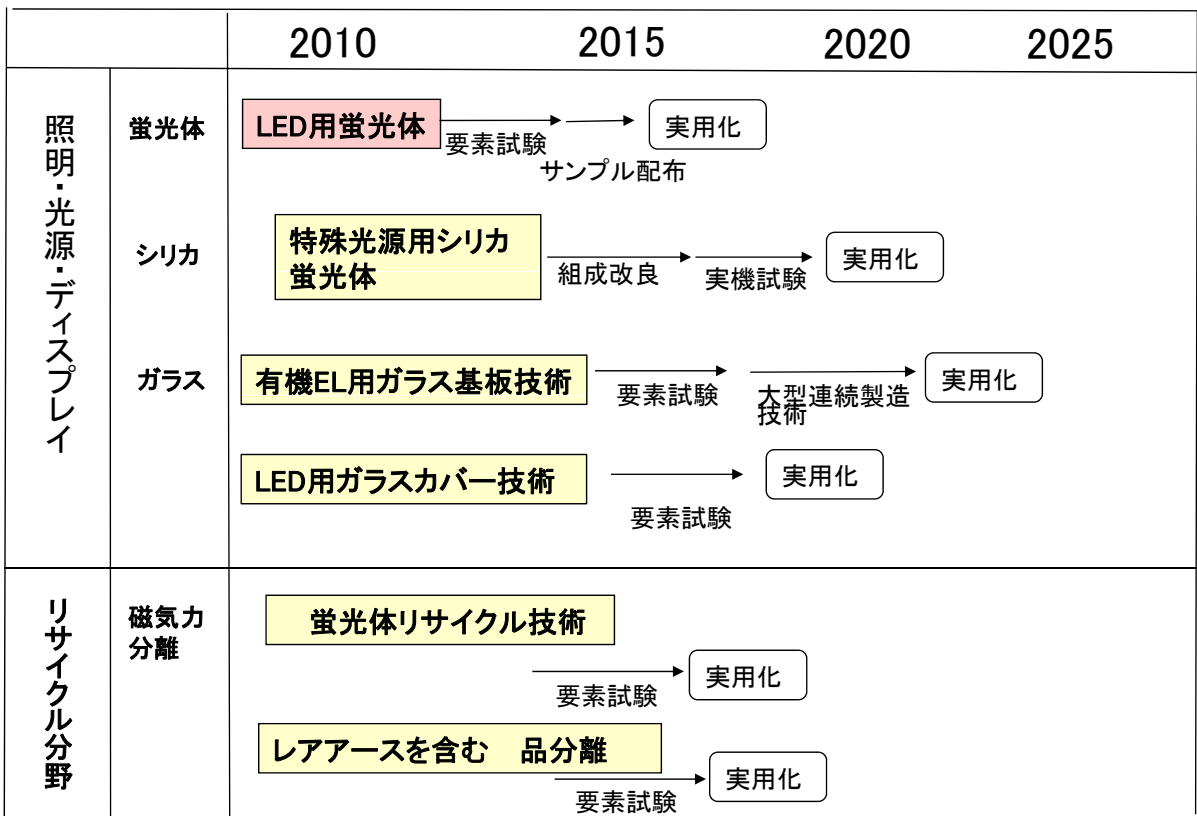
**2009年蛍光ランプの国内市場**



日本電球工業会HPより



- 中間目標達成
- ★ 事業化検討時期
- 最終目標達成
- ◇ 実用化検討時期

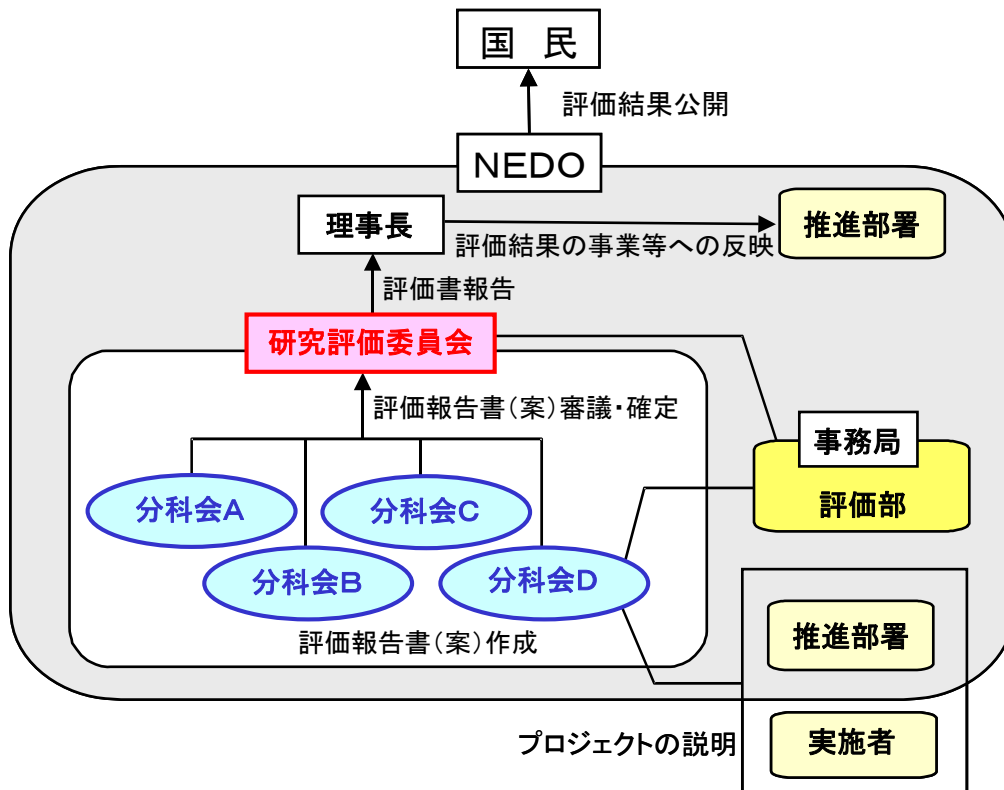


## 参考資料 1 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて研究評価を実施する。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における研究評価の手順は、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



## 1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において。

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
- 社会に対する説明責任を履行するとともに、  
経済・社会ニーズを取り込む
- 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を  
促進する

としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

## 2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題、国際標準、その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者
- ジャーナリスト

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、分科会委員名簿にある8名を選任した。

なお、本分科会の事務局については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構評価部が担当した。

## 3. 評価対象

平成21年度に開始された「希少金属代替材料開発プロジェクト」を評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プ

プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

#### 4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び研究実施者からのヒアリングと、それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価及び実施者側等との議論等により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、研究実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

#### 5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、研究評価委員会による『各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格、中間・事後評価の別等に応じて、各分科会において判断すべきものである。』との考え方に従い、第1回分科会において、事務局が、研究評価委員会により示された「標準的評価項目・評価基準」（参考資料1-8頁参照）をもとに改定案を提示し、承認されたものである。

プロジェクト全体に係わる評価においては、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義や実用化への見通し等について評価した。各個別テーマに係る評価については、主にその目標に対する達成度等について評価した。



## 評価項目・評価基準

### 1. 事業の位置付け・必要性について

#### (1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 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の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

#### (2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

### 2. 研究開発マネジメントについて

#### (1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

#### (2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

#### (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。

るか。

- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(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

- ・ 成果の実用化、事業化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化、事業化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

(5) 情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

### 3. 研究開発成果について

(1) 中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2) 成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることが期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

### (3) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

### (4) 成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

### (5) 成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

## 4. 実用化、事業化の見通しについて

### (1) 成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

### (2) 事業化までのシナリオ

- ・ 成果は市場やユーザーのニーズに合致しているか。
- ・ 市場の規模や成長性、コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

### (3) 波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるも

のか。

- プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

## 標準的評価項目・評価基準（中間評価）

2010. 3. 26

### 【中間評価 標準的評価項目・評価基準の位置付け（基本的考え方）】

標準的評価項目・評価基準は、第25回研究評価委員会（平成22年3月26日付）において以下のとおり定められている。（本文中の記載例による1・・・、2・・・、3・・・、4・・・が標準的評価項目、それぞれの項目中の(1)・・・、(2)・・・が標準的評価基準、それぞれの基準中の・・・が視点）

ただし、これらの標準的評価項目・評価基準は、研究開発プロジェクトの中間評価における標準的な評価の視点であり、各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格等に応じて、各分科会において判断すべきものである。

#### 1. 事業の位置付け・必要性について

##### (1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 特定の施策（プログラム）、制度の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

##### (2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

#### 2. 研究開発マネジメントについて

##### (1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

## (2)研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

## (3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

## (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

- ・ 成果の実用化、事業化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化、事業化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

## (5)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

## 3. 研究開発成果について

### (1)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。

- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

## (2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓する事が期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

## (3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

## (4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

## (5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

## 4. 実用化、事業化の見通しについて

### (1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備

に向けた見通しが得られているか。

(2)事業化までのシナリオ

- ・ 成果は市場やユーザーのニーズに合致しているか。
- ・ 市場の規模や成長性、コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。



※基礎的・基盤的研究及び知的基盤・標準整備等の研究開発の場合は、以下の項目・基準による。

\*基礎的・基盤的研究開発の場合

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (1)研究開発目標の妥当性

- ・内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

### (2)研究開発計画の妥当性

- ・目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

### (3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・研究管理法を經由する場合、研究管理法が真に必要な役割を担っているか。
- ・全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

### (4)研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・成果の実用化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

#### (5)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

### 3. 研究開発成果について

#### (1)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

#### (2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

#### (3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

#### (4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

#### (5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

### 4. 実用化の見通しについて

#### (1)成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。
- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

#### (2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

\* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合

### 2. 研究開発マネジメントについて

#### (1)研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

#### (2)研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

### (3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

### (4)研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

### (5)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

## 3. 研究開発成果について

### (1)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

### (2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。

- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は公開性が確保されているか。

### (3) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 研究内容に新規性がある場合、知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

### (4) 成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

### (5) 成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

## 4. 実用化の見通しについて

### (1) 成果の実用化可能性

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ J I S 化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注) 国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。

### (2) 波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。

- ・プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

本研究評価委員会報告は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

平成23年11月

NEDO 評価部

部長 竹下 満

主幹 三上 強

担当 上田 尚郎

\* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。

([http://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu\\_index.html](http://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html))

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージアム川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162