

平成22年度実施方針

ナノテクノロジー・材料技術開発部
新エネルギー技術開発部

1. 件名：プログラム名 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

(大項目) 希少金属代替材料開発プロジェクト

2. 根拠法

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第2号

3. 背景及び目的・目標

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。

上記目的を達成するために、以下の研究開発を実施する。なお、研究開発項目⑨の詳細目標については、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

本研究では、インジウム使用量低減ITO材料開発としてインジウム系新組成材料の開発、新材料及びこれに最適な革新的プロセスの開発等、インジウム使用原単位を現状値より50%以上削減可

能な基盤技術及び製造技術を開発するため、(a)「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」(省 In 組成の ITO 並びにその薄膜化技術に関する開発)、(b)「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」(導電性 ITO ナノインク塗布技術開発)の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 100nm 以下で透過率 85% 以上(測定波長 550nm)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 550nm 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 220nm から 100nm 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 550nm)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°C 以下で、膜厚 200nm 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の開発を目標とする。

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。

②透明電極向けインジウム代替材料開発

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。

【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認する。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_2SO_4 (5%) 室温 10 分浸漬)

③希土類磁石向けディスプレイ用インジウム使用量低減技術開発

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 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 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) $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 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。

【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、ディスプレイ用インジウム使用原単位 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、ディスプレイ用インジウム使用原単位を 30%以上削減可能な技術を確認する。

- (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、並びにディスプレイフリーで結晶粒径 $2 \mu\text{m}$ 以下の焼結磁石、における量産化技術の確立。
- (2) 強磁場プロセスやディスプレイ用インジ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)。
- (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、高保磁力省ディスプレイ用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。

④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

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 (a) 「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 (b) 「複合構造硬質材料化」を図るための技術開発を行う。

【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

- (a) 「硬質材料のハイブリッド化」

- ・超硬母材なし cBN とタングステン使用原単位を 40%低減した硬質材料基材を接合する。
- ・焼入れ鋼 (SU J 2) の高負荷連続切削においてロウ付け工具と同等性能を達成する。

(b) 「複合構造硬質材料化」

- ・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%低減する。
- ・コーティング処理した 3次元ブレーカ付きM級精度の複合構造硬質工具による一般鋼の連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。

⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

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。

【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^{1/2}
- ・耐熱衝撃抵抗：75W・m^{-1/2}

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°C) 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^{1/2}
- ・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 \cdot m^{1/2} 以上の高硬度型サーメット
- ・硬さ HV \geq 1200 で破壊靱性 15MPa \cdot m^{1/2} 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。

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、リーンNO_xトラップ触媒、ディーゼルパーティキュレートフィルター用触媒の開発、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NO_x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）

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ー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、模擬排ガスをを用いた条件で白金族使用量を従来より40%低減した酸化触媒を開発する。

(2) 白金族代替DPF用触媒の開発

- ・非白金族系DPF用触媒のスス燃焼温度400℃以下を達成し、白金族使用量を40%低減したDPF触媒を開発する。

(3) 触媒の部材化技術とシステム構築

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

【最終目標】：平成25年度

(1) 実用触媒製造技術の確立

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

- ・750℃、50時間の耐久に耐えるディーゼル酸化触媒を開発する。
- ・800℃、50時間の耐久に耐えるDPF用触媒を開発する。
- ・プロトタイプ触媒の試作に向けて有望な実用候補触媒を大量に調製するための技術を確立する。
- ・開発した触媒について、実機サイズのハニカムと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。

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。

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

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（4 B O D Y）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ラパッドに比較して、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。

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

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)～(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。

⑨-1 Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石及びリ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

電気自動車等に用いられるモータ内の磁石としてNd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石の研究を行う。

(1) 新規磁石材料の基礎特性把握

(2) 新規磁石の高度化および最適化技術の開発 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)、(2)以外にも実施するものとする。)

【最終目標】：平成22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、「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））」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、新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、NEDOという。）、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。

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

ディスプレイ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を実現するイットリウム系複合材料の開発を行う。

(1) イットリウム系複合材料の製造工程におけるイットリウム利用率等の効率向上

(2) 線材構造の最適化等による高度化で線材特性を向上させ、超長尺化に向けた要求性能に対する技術開発 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)、(2)以外にも実施するものとする。)

【最終目標】：平成22年度

本研究テーマは希少金属(Dy)安定供給確保に資するものとして、「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））」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。

4. 実施内容及び進捗（達成）状況

各研究開発項目毎に研究開発責任者（テーマリーダー）を設置し、以下の研究開発を実施した。

4. 1 平成21年度（委託）事業内容

①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発

1) テーマリーダー：国立大学法人東北大学 中村 崇 教授

2) 実施体制：国立大学法人東北大学、株式会社アルバック、三井金属鉱業株式会社、DOWAエレクトロニクス株式会社

3) 事業内容

- ・表面元素分析装置、高速シミュレーター、パラレル合成装置、噴霧乾燥機、インク分散機、静電塗布装置、大型ターゲット成形装置などの装置を設置し、より研究開発を加速した。
- ・高濃度のSn、第4元素を添加した系を計算対象にし、バンド構造、キャリア濃度、有効質量の濃度依存性を明らかにし、最適な添加元素、添加量を見出した。その結果、Ti、Sbについては30%以上添加しても電気伝導度を維持できることを明らかにした。また、塗布法に使用するナノ粒子の形状分布と電気伝導性の関係を明らかにするパーコレーションモデルの改良を行い、塗布を行った場合の電気伝導確保の粒子分布の理論的解析を行った。
- ・高い伝導性をもつTi、Sb等の第4元素を添加したITO膜の探索研究を実施した。
- ・Sb-Sn複合酸化物からなるターゲットを用いてコンビナトリアルスパッタ法を行い、熱処理の有無によらず比較的良好な可視光透過率および熱処理によりITO側の値よりも高い導電率を得た。

- ・二源同時スパッタ法により Ti あるいは Sb の添加、基板加熱および積層化により、従来の ITO 薄膜と同程度あるいはそれ以上の体積抵抗率および可視光透過率を有する省インジウム組成 ITO スパッタ薄膜を実現した。
- ・10nm以下のAgを挟み込んだITO薄膜の作製を行い、薄膜の厚さをトータル50nmでほぼ従来の特性と同等の薄膜作製に成功した。また、その薄膜は通常環境ではかなり安定であることも確認した。
- ・従来のITO粒子に比べて4%ほどIn使用量を減らした、単分散立方体状ITOナノ粒子(10-50 nm)のエチレングリコール溶媒を用いた加水分解直接法合成に成功した。
- ・また、アルカリ溶液に対してIn-Sn溶液を加える、逆混法によってIn-Sn系シングルナノ粒子の合成に成功し、それらの熱処理によって、シングルナノサイズのITO粒子を得た。
- ・さらにそれらのナノインクを用い、インクジェット法で作製した膜は従来の本プロジェクトの中間評価の目標である膜厚200 nm以下、透過率90%以上、ヘイズ1%以下、表面抵抗率100Ω/sqをほぼ達成した。

②透明電極向けインジウム代替材料開発

1) テーマリーダー：公立大学法人高知工科大学 山本哲也 教授

2) 実施体制：公立大学法人高知工科大学、アルプス電気株式会社、カシオ計算機株式会社、ジオマテック株式会社、ハクスイテック株式会社、三菱瓦斯化学株式会社

3) 事業内容

酸化亜鉛透明電極材料に関する事業：

「ZnO透明導電膜部材（ZnO薄膜）の開発」

- ・反応性プラズマ蒸着法による酸化亜鉛透明導電膜材料開発において、Ga 添加 ZnO (GZO) に微量のインジウム (1%以下) を添加することにより耐湿熱性向上を実現し、耐湿熱性における抵抗変化率の中間目標値を達成した。なお、本件は特許出願 (平成 22 年 10 月 01 日) を行っている。
- ・反応性プラズマ蒸着法により製膜した GZO 膜の光吸収特性や電気特性について、成膜条件および熱処理条件との相関を解明するとともに、キャリア散乱機構の膜厚依存性、ドーパント周囲の局所構造を解明した。
- ・製膜法 (反応性プラズマ蒸着法とスパッタ法の製膜法) の相違が、GZO 膜の電気特性、光学特性にもたらす影響を電気特性・光学特性および耐熱性の観点から検討した。その結果、応用に対する要求特性を満足する適当な製膜法に対する知見を得た。加えて製膜法に依存なく、従来の ITO 透明導電膜に対する酸化亜鉛透明導電膜の優位性、特に光学特性に対する優位性を明らかにした。
- ・薄膜トランジスタ (TFT) アレイ基板側の画素電極において、酸化亜鉛透明導電膜の微細加工に必要なフォトリソグラフィ技術に関連するアルカリ性薬液の pH 値、処理温度そして処理時間ならびに酸化亜鉛膜向けの酸性エッチング液の最適化を行った。その結果、フォトリソグラフィに用いる露光装置 (コンタクトアライナー) の光学的適用限界を超えた、これまで内外において報告のない、線幅 (L) / 線間隔 (S) = 2 μm / 2 μm の微細パターン形成に成功した。
- ・TFT に用いられる Mo/Al 重ね電極と酸化亜鉛透明画素電極間の接触抵抗率を評価するためのフォトリソグラフィ用マスクの設計と作製を行った。このマスクを用いて接触抵抗率を評価するためのケルビン多層構造素子の作製技術を開発した。

酸化亜鉛透明電極の液晶ディスプレイパネルへの応用に関する事業：

「大型基板対応製膜技術の開発」

- ・大型基板に対応可能な酸化亜鉛透明導電膜製膜技術開発として、反応性プラズマ蒸着法の特徴の

一部を直流マグネトロンスパッタ法に応用するための、研究開発用スパッタ製膜装置の設計および製作を行った。

「大型液晶パネルの応用開発」

- ・量産用のスパッタ製膜装置を用い、20インチクラス液晶ディスプレイパネル製造プロセスに対応可能な基板サイズ680×880 mmのガラス基板上で、前年度までの320×400 mmのガラス基板上と同等の電気特性、光学特性を有するGZO膜の成膜を確認した。
- ・大型液晶パネルと同等の製造プロセスからなる20インチ液晶ディスプレイパネルを試作した。酸化亜鉛透明導電膜の今期の耐湿性に関する知見を活かし、酸化亜鉛透明電極表面にキャップ層を設けた透明電極を用いた。その結果、カラーフィルター上透明電極への酸化亜鉛膜の適用にあたって、3インチ小型液晶パネル製造プロセスとは異なる工程に関連した課題（薬液対応、上記キャップ層の本事業の目的を睨んだ膜厚最適化など）を抽出することができた。
- ・酸化亜鉛系透明電極に関する標準化検討委員会の立ち上げに先駆け、有識者からの助言を得るための酸化亜鉛フォーラムを開催（平成22年1月28日、東京秋葉原、参加人数180名）した。

③希土類磁石向けディスプロシウム使用量低減技術開発

1) テーマリーダー：国立大学法人東北大学 杉本 諭 教授

2) 実施体制：国立大学法人東北大学、国立大学法人山形大学、独立行政法人物質・材料研究機構、独立行政法人日本原子力研究開発機構、株式会社三徳、インターメタリックス株式会社、TDK株式会社、トヨタ自動車株式会社

3) 事業内容

研究開発の中間目標である「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、ディスプロシウム (Dy) 使用量原単位20%削減」に対し、結晶粒径の微細化技術の開発により、粉末粒径を2.7 μmまで小さくすることにより高保磁力を実現し、Dy 20%~30%削減に相当する磁気特性を有するDyフリー焼結磁石の作製に成功した。一方、界面ナノ構造制御技術の開発により、全粒子の82%にDyリッチシェルを形成させ、Dy20%削減に相当する磁気特性を有する焼結磁石の作製に成功しており、研究開発の中間目標を達成している。

なお、本研究開発テーマでは参画機関を(a)から(d)に示した研究開発グループに分け、各グループ間の連携を図って研究を行ってきた。これまでに各研究開発グループの進捗を示すと以下ようになる。

(a) 「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」 (微細化Grp)

- ・原料合金開発ではデンドライト間隔2 μmを達成し冷却速度によるDyの分布傾向を把握した。また、結晶核生成段階で溶湯に応力を加えることによりさらなる微細化が可能であることを知見した。
- ・焼結磁石においてはジェットミルの最適化により原料粉末粒径1 μmまで微細化を達成し、Dy削減率20%相当磁石の開発に成功した。
- ・組織最適化に関する研究では、ストリップキャスト (SC) 材の組織とジェットミル (JM) 粉末におけるNd-rich相の存在形態の定量的評価から、SC材の厚みを薄くすればラメラ間隔を小さくできること、JM粉末粒径が小さいほど、Nd-richの付着率が低下することを明らかにした。この結果から、新原料合金作製手法を提案した。さらに薄膜を用いた粒界モデルの組織観察から、保磁力の回復には粒界に形成されるアモルファス相が関係することを世界で初めて提唱した。

(b) 「界面ナノ構造制御による保磁力向上技術の開発」 (界面Grp)

- ・強磁場印加による保磁力向上の研究では、Dyを10%含有する試料において、強磁場中熱処理による6 kOeの保磁力上昇を観測した。一方、粒径微細化試料に対しても、強磁場中熱処理による5 kOe

の保磁力上昇を観測した。

- ・薄膜を用いたモデル界面を作製する研究では、 $\text{SiO}_2/\text{Ta}(110)$ 上で最大粒径 $5\mu\text{m}$ 程度の $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 粒子作製に成功した。また、サファイア(110)/ $\text{Mo}(110)$ 上で最大粒径 $2\sim 3\mu\text{m}$ 程度のエピタキシャル $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 単結晶粒子の作製に成功し、Nd overlayer を被覆して熱処理することによって、14 kOeの保磁力上昇を実現した。
- ・Dy を結晶粒界に集中させて高保磁力磁石を開発させる技術では、中間目標値である Dy 削減率 20% 磁石(8%Dy-30kOe)を実現した。また、同磁石の界面組成が従来と異なることを確認した。

(c) 「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」(解析Grp)

- ・高速アトムプローブ用検出器の導入によって解析手法を高度化し、焼結磁石粒界近傍のDy他の元素分布を定量的に明らかにした。
- ・中性子小角散乱法で得られる散乱パターンに、焼結温度や焼結粒径による内部平均構造の相違が敏感に現れること、散乱パターンと保磁力の間に強い相関があることを確認した。
- ・粒子集団での磁化反転を確認、協同現象単位としての粒子集団径を $10\sim 100\mu\text{m}$ サイズと磁区構造観察から見定め、そのサイズの微小磁石試料を作製し、体積測定を行い、表面全体にDy等の金属スパッタを行う手法を確立した。また、試料の調製から測定まで、一切大気と遮断して行える手法も確立した。
- ・電子状態に関する第一原理計算からR-Fe-Bの磁気特性を評価する手法を確立し、NdFeB粒界における磁気異方性定数が面方位によってバルクと異なる符号になることを示した。この結果をマイクロ磁気シミュレーションに用いることにより、粒界近傍から磁化反転が始まり、粒全体の保磁力が40%程度低下する可能性があることを示した。

(d) 「自動車用磁石への応用」(応用Grp)

- ・シミュレーションにより最適モータ設計を行い、Dy30%低減させたNd-Fe-B系焼結磁石の使用によるモータトルク向上率ならびにその場合における必要保磁力を明らかにした。

④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

1) テーマリーダー：独立行政法人産業技術総合研究所 小林 慶三 相制御材料研究グループ長

2) 実施体制：独立行政法人産業技術総合研究所、住友電気工業株式会社

3) 事業内容

- ・雰囲気制御通電接合技術により耐熱性を損なわずに、タングステン量が70質量%未満のサーメット合金基材に超硬合金母材つき硬質材料を120秒/個以内で接合できるインサート材料を開発した。得られた実用チップ形状の試作品は、焼入れ鋼の連続切削試験において従来のロウ付け切削工具と同等の性能を達成した。なお、評価はコーティング処理を行わずに実施し、チップ材質のみの評価を精密に行った。超硬母材なしの硬質材料をタングステン量が70質量%未満のサーメット合金基材に通電接合する技術へ高度化を図っている。
- ・炭窒化チタン系硬質粒子と結合金属相との反応性を評価し、焼結特性及び伝熱特性の改善を行った。さらに、多相組織硬質材料と被削材との反応性を評価し、切削工具としての性能を確認した。
- ・これらの知見から、異種硬質材料粉末から複合構造硬質切削工具をプレス成形したのち、同時焼結できる技術を構築した。タングステン量を72質量%未満とした3次元ブレーカ付チップを試作してコーティング処理を施した後、一般鋼の連続旋削試験を行い、従来の超硬合金切削チップと同程度の性能を達成した。

⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

- 1) テーマリーダー：国立大学法人東京大学 林 宏爾 名誉教授
- 2) 実施体制：独立行政法人産業技術総合研究所、財団法人ファインセラミックスセンター、株式会社タンガロイ、富士ダイス株式会社
- 3) 事業内容
 - ・新規固溶体粉末等を用いて開発したサーメットの強度、靱性、熱伝導率などと組織学的因子との関係を明らかにし、また TEM 観察等によって新規サーメット組織の特徴を明らかにした。
 - ・サーメット焼結体の変形・そりなどのシミュレーション技術、液相の接触角の精密測定技術を確立した。
 - ・サーメット基材にレーザーCVD 法によってアルミナおよび窒化チタン膜をコーティングする条件を明らかにした。切削工具用および耐摩耗用の新規サーメットの材料特性、切削性能、耐摩耗性、被研削性を明らかにした。そして、それらの研究を通して本テーマに関する中間目標を達成した。

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) テーマリーダー：日産自動車株式会社 関場 徹 主幹研究員
- 2) 実施体制：国立大学法人電気通信大学、国立大学法人名古屋大学、早稲田大学
- 3) 事業内容
 - ・Feを使った触媒活性点として触媒活性を高めるためにはFeを2価の状態にしておくことが必要であること、COとの結合エネルギーが高いと触媒活性点として機能低下することが粉末を使った触媒活性試験及び第一原理計算に基づくシミュレーションから明らかになった。これを具現化する活性点としてFeにLaやPrを添加したペロブスカイト型酸化物等が有効であることがわかった。今回の結果からCOとFe活性点の結合エネルギーが遷移元素触媒活性点選択の指標の一つとして使えることが明確になった。
 - ・耐久試験後の貴金属粒子径をシングルオーダーに留める方策として基材粒子径を数百nmに小さくすることが有効であるが、従来よりも約20%基材粒子径を小さくする触媒製造法を明らかにした。
 - ・DPF触媒において、HC、CO、O₂、NOを考慮したPM反応速度の定量化手法及び気孔率約60%、平均細孔径16μmのDPFをベースに、HC、CO、O₂、NOを考慮したPMの反応モデルを作った。
 - ・プラズマによる触媒反応性向上確認試験として、充填層及びディップコート触媒を用いた反応装置によるNOの分解、および吸蔵能力の評価を行い、常温でもプラズマ併用下ではPt/Ba系触媒は高いNO分解能、吸着能を有していることを明らかにした。
 - ・プラズマを触媒層上流で発生させた状況を模擬し、触媒にガンを供給してC₃H₈、CO、NO酸化反応試験を行い、いずれも反応温度が低温化することを確認した。さらに、ガンによる低温化の効果代とPt担持量との関係から、反応温度200～250℃の範囲でPt担持量が50%程度低減できる可能性が示された。一方、NO_x直接分解反応への促進効果は確認できなかった。
 - ・DOCとDPFとの機能一体化のため、エンジン始動時のHCおよびCO浄化に対するDOCとDPFの分担率を求めた。COは、ほぼすべてDOCで浄化しているが、HCはDPFも浄化に寄与していることが明らかになった。

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) テーマリーダー：独立行政法人産業技術総合研究所 浜田秀昭 新燃料自動車技術センター副センター長

2) 実施体制：国立大学法人名古屋工業大学、国立大学法人九州大学、三井金属鉱業株式会社、水澤化学工業株式会社

3) 事業内容

- ・酸化触媒に関し、種々の酸化物担体に白金を担持した触媒の炭化水素酸化およびNO酸化活性を評価し、触媒活性と耐久性に対する担体効果ならびに白金分散度の効果を明らかにし、触媒活性支配因子の解明につながる知見を得た。
- ・酸化触媒の調製法として、シングルナノサイズの白金及びパラジウムを凍結乾燥ゲル担体に高分散するプロセッシング技術を確認し、その最適化により市販触媒に比べて30°C以上触媒反応温度を低温化させることに成功した。また、白金および第2成分金属のセリウムを複合化したナノ粒子の液相合成について検討し、白金粒子の周囲にセリウムを単分子層状に固定化した新規複合ナノ粒子を得ることに成功した。
- ・触媒担体に関し、各種金属イオンを添加したシリカ-アルミナ系メソ多孔質材料を検討し、金属イオンの添加手法とメソ細孔径分布の制御手法を確認した。また、耐熱性および耐硫黄性に優れたベース担体としてアルミナが優れていることを明らかにした。さらに、担体の多元構造を表現する計算手法としてハニカムチャンネル部におけるシミュレーションプログラムを作成した。
- ・DPF用白金代替銀触媒に関し、種々の添加元素によりHC/CO浄化性能が変化することを確認した。また、銀の分散状態および酸化能力を調べ、CeO₂上の銀は高分散状態かつ高酸化能を有し、ZrO₂上の銀は低分散でも酸化作用を示す酸素種を多く保持することを見出した。
- ・多様なコート法によってコートされた触媒をディーゼル発電機排ガス評価装置とエンジンベンチで評価し、多層化コート法によるNO酸化活性が低温領域において促進することを確認した。また、既存触媒（中型トラック）に関するベンチマーク試験を行った。

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) テーマリーダー：財団法人ファインセラミックスセンター 須田 聖一材料技術研究所エレクトロ・マテリアル部長

2) 実施体制：財団法人三重県産業支援センター、財団法人ファインセラミックスセンター、国立大学法人東北大学、国立大学法人九州大学、国立大学法人京都大学、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、サイチ工業株式会社

3) 事業内容

- ・使用するガラスのモデル化をおこなった。様々な種類、粒径、密度、硬度、格子欠陥を有する砥粒を用いた時の研磨プロセス計算が可能になるよう、研磨プロセスシミュレータの開発を行った。
- ・既存砥粒の研磨メカニズムの解明を行うため砥粒特性の評価技術を構築するとともに、既存砥粒の固溶元素と研磨特性との関係を明らかにした。
- ・代替砥粒の候補となる複合酸化物について、0.5~2.0・μmの範囲で粒径や粒度分布を合成できるプロセスを最適化し、モデル候補材についても化学研磨特性が発現することを明らかにした。
- ・既存砥粒等によるガラス基板の研磨条件の詳細を明らかにするとともに、ガラス表面の前処理（レーザー等）による研磨特性に及ぼす効果を実証した。
- ・電界砥粒制御技術における研磨メカニズムを解明するために可視化実験装置を開発し、研磨中の挙動を明らかにした。また、既存の研磨設備に導入が可能なシステムキットを開発した。

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／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

1) テーマリーダー：立命館大学 谷泰弘 教授

2) 実施体制：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

3) 事業内容

- ・有機無機複合砥粒の母粒子としてウレタン素材が優れていることを確認した。従来多用されている多孔質ウレタン樹脂研磨パッドとの組合せで仕上げ面粗さが向上することを見出した。
- ・メディア粒子として利用するポリマ微粒子の製造時に使用される界面活性剤が研磨能率を低下させることを突き止めた。無機メディア粒子の場合はその現象が生じず、添加率とともに研磨特性が向上する条件が存在することを明らかにした。
- ・酸化セリウムを砥粒に使用したガラス研磨のための研磨パッドとして、多孔質エポキシ樹脂研磨パッドが優れていることを確認した。多孔質エポキシ樹脂研磨パッドの場合には研磨パッド内にセリアを含有させない方が研磨能率が向上することを明らかにした。
- ・研磨パッドに0.1mm以上の硬質粒子を含有させた隙間調整型研磨パッドを使用して、直径100mmのガラス質工作物を溝加工を施すことなく均一に加工できることを確認した。

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

1) テーマリーダー：独立行政法人産業技術総合研究所 赤井智子 高機能ガラスグループ長

2) 実施体制：独立大学法人産業技術総合研究所、国立大学法人新潟大学、国立大学法人東北大学、三菱化学株式会社、パナソニック株式会社

3) 事業内容

- ・試料溶融・合成炉を購入し、蛍光体の新規組成探索を行った。また、希土類量が削減できる可能性があると考えられる蛍光体組成が見出されたため、蛍光特性の評価や量産方法の検討を行った。
- ・X線構造シミュレーターを用いて実際に得られた新規蛍光体の構造とX線パターンの検討を行った。また、発光メカニズムや温度特性を検討するための計算手法の検討を行った。
- ・発光シリカを作製するためにCuの発光に適切なポーラスシリカの種類、添加組成を検討した結果、適切な孔径、添加剤を見出した。また、ゾルゲル法を用いてガラス上に皮膜を形成する手法について検討した。
- ・蛍光体を塗布したガラスからの可視光の外部への取り出し効率を評価する装置を設計・購入し、実際のランプの試料と比較した。また、放電下での加速劣化装置について、実際のランプ条件を模倣した予備的な試験を行い、装置を設計・試作した。
- ・電磁石型の低磁場タイプの磁石でR、G、Bの混合した蛍光体の分離性能を予備検討し、その結果、蛍光体が種別分離できる可能性を見出した。

4. 2 実績推移

	平成19年度*	平成20年度	平成21年度
一般勘定（百万円）	1, 100	940	6, 004
特許出願件数（件）	6	11	13
論文発表数（報）	10	46	50
学会発表等（件）	24	55	165

※平成19年度は経済産業省で実施。

5. 事業内容

上記の目的を達成するため、各研究開発項目毎に研究開発責任者（テーマリーダー）を設置し、以下の研究開発を実施する。実施体制については、別紙を参照のこと。なお、研究開発項目⑨については、委託者選定後に具体的に設定する。

5. 1 平成22年度（委託）事業内容

①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発

- ・第一原理計算の精度の向上と Ti, Sb 以外の元素の高濃度添加におけるバンド構造、キャリア濃度、有効質量の濃度依存性を計算する。また、パーコレーションモデルを発展させ、ITO ナノ粒子の濃度と電流値の関係をより詳細に評価を行う。
- ・Ti, Sb 以外の添加元素で、平成 21 年度開発した手法で電気伝導度と光透過度で従来の ITO 薄膜と同等の性能を持つ薄膜の作製を行う。
- ・ In_2O_3 を 50mass% まで減少させた薄膜において従来どおりのエッチング性能が確保可能な湿式エッチング法の開発を行う。
- ・ SnO_2 が高くなると電子密度が低くなり、赤外光領域での透過性が大幅に上昇するが、電気伝導度は低下する。今回開発した手法を利用するとそのトレードオフが少ないことがわかったので、実際に使用する際での組成の最適化を行う。
- ・第 4 元素を添加した ITO 膜で高屈折率化の材料探索、ITO と金属極薄膜（10nm 以下）との界面構造の最適化を図る。
- ・インクジェット法塗布用ナノインクの工業化技術確立を目指して、インクとなる単分散粒子の再現性のある安定的な生産技術の開発を重点的に行う。また、In 使用量削減率 6% を達成可能な微粒子の合成を達成する。
- ・インクジェット法塗布用ナノインクのパイロットプラントの製作と工業化技術の確立を行う。この際、蛍光 X 線分析装置を用いて、添加する Sn、第 4 元素の組成分析、添加量の最適化を行う。また、平成 21 年度までに開発した粒子を用いて、インク組成の開発を行う。また、In 使用量削減率 6% を達成可能な微粒子の合成を達成する。
- ・本格的な静電塗布装置を購入し、静電塗布実用化のための問題点を明確にし、また次年度からの実用プラント設計の基礎データを得る。

②透明電極向けインジウム代替材料開発

平成 22 年度は、大型基板対応製膜技術開発の推進として、平成 21 年度設計および製作を実施した飛来粒子のエネルギーを制御した低ダメージを実現するための研究開発用スパッタ製膜装置による酸化亜鉛透明導電膜の製膜および解析、そして課題抽出を行うとともに、ZnO 透明導電膜部材（ZnO 薄膜）の開発として、酸化亜鉛透明導電膜の課題である耐湿熱性向上のための材料開発を平成 21 年度の知見を基にして実施する。

液晶ディスプレイパネルへの応用開発では、大型液晶パネルと同等の製造プロセスからなる 20 インチ液晶ディスプレイパネルの試作を念頭に、平成 21 年度に抽出されたカラーフィルター側共通電極としての課題に対する対策技術の開発を行う。また、TFT 画素側電極としての膜特性とプロセス適合性、さらに積層膜でのコンタクト特性の検討を行う。

上記研究開発を推進するとともに、標準化検討委員会を立ち上げ、酸化亜鉛透明導電膜に関する標準化可能性の検討を有識者からの情報を取り入れながら行う。

その他、総合的な情報収集・分析および本プロジェクト成果の広報として、上記研究開発項目に関する技術動向の情報収集・分析および広報のための一般講演、展示等を行う。具体的には、国内学会、国

際会議参加およびフラットディスプレイパネル関連の展示会参加や、本プロジェクト主催による委員会、研究会の開催等を必要に応じて実施する。

③希土類磁石向けディスプレイ用シウム使用量低減技術開発

以下に各研究開発グループにおける事業内容を簡単にまとめた。平成 22 年度からは最終目標実現のため、さらに各研究開発グループ間の連携を深めて研究を加速させる。

(a) 「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」 (微細化 Grp)

原料合金では、結晶粒径の微細化と粒径制御を進め、他グループとのマッチングを図り、理想組織の合金を完成させる。また、焼結磁石の作製では、焼結条件・熱処理条件の最適化によって Dy フリーで保磁力 20kOe 以上の Nd-Fe-B 系焼結磁石作製を目標とする。さらに焼結組織の最適化では前年度確立したストリップキャスト材ならびに提案合金を用いて水素処理条件による粉砕組織の変化を調べ、クラックを均一に導入できる条件を確立するとともに、薄膜技術を用いて Nd-rich 相の保磁力への寄与を調査する。

(b) 「界面ナノ構造制御による保磁力向上技術の開発」 (界面 Grp)

強磁場印加による保磁力向上研究では、種々の強磁場印加方法を検討し、より効率的に保磁力が上昇する条件を確立する。また、薄膜技術によるモデル界面作製研究では、保磁力向上 8 kOe 以上の保磁力上昇を示すモデル界面薄膜試料の作製条件を確立する。さらに、Dy 有効活用技術研究では、高濃度 Dy/R の $R_2Fe_{14}B$ 相シェルを実現するため、焼結過程の Dy 挙動を把握し、合金設計・焼結条件を検討するとともに同時に組成の定量化の検討を進める。

(c) 「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」 (解析 Grp)

微細構造解析では、界面構造のマルチスケール解析によって省 Dy、高保磁力磁石実現のための指針を得る。一方、中性子小角散乱では、(a) (b) のグループとの連携をさらに深め、試作品の評価を行う。また、磁化反転機構の解析では、保磁力の温度変化を含めた実用上重要な特性について、開発した磁力計による測定を中心にして検討する。さらに計算科学では、粒界相の違いによる $R_2Fe_{14}B$ の結晶場パラメータの変化を明らかにし、保磁力機構を解明する。

(d) 「自動車用磁石への応用」 (応用 Grp)

開発磁石における要求性能（残留磁束密度、保磁力、形状等）を明確化するとともに、モータ試作/磁石評価に着手する。

④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

平成 21 年度までに開発した基礎技術を基に、実用工具形状に対して超硬母材なし硬質材料をタングステンの削減割合が 40 質量%以上とした炭窒化チタン系硬質材料基材に接合する技術を開発する。さらに、接合した部材が 1000°C の加熱後に室温で 100MPa の接合強度を実現するための接合条件を明らかにするとともに、インサート材料を 100 μm 以下の厚みで均質に配置する技術を開発する。さらに、120 秒以下にて通電接合した上で、不良率 10%以下になるようシステム改良を推進する。

切削工具表面の超硬合金層に残留圧縮応力を導入した 3 次元ブレーカ付き切削チップの強靱化効果を検証し、多相組織硬質材料と超硬合金間およびコーティング層と超硬合金層間の界面構造を微視的に観察して剥離を防止する。さらに、非平衡化プロセスを利用して炭窒化チタン系硬質粒子などの粒径を制御した傾斜組織を有する多相組織硬質材料を試作する。破壊靱性は K_{IC} で $8 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{-1/2}$ を達成する。また、粉末複合化成形技術を高度化して焼結体の寸法精度を M 級精度とし、多成分複合構造硬質材料の応力解析をもとに圧縮残留応力とチップの耐久損性の相関を調べる。

その他、総合的な情報収集・分析として、上記研究開発項目に関する技術動向の情報収集・分析等を

行う。具体的には、学会参加や委員会の開催等を必要に応じて実施する。

⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

新規固溶体粉末等を用いて開発したサーメットの焼結収縮プロセスへの効果（均質性、微粒化など）を明らかにし、サーメットの破壊メカニズム解析等のための TEM 観察技術、サーメットの成形体構造評価技術を確認する。サーメット基材へのレーザーCVD 法によるアルミナおよび複合セラミックスのコーティングにおける構造制御技術等を確認する。切削工具用サーメットの成形・焼結技術、表面部組織（コーティング基材用）の制御技術を確認する。耐摩耗工具用サーメットの成形・焼結技術（大型化）、加工技術を確認し、耐摩耗工具用コーティング技術を開発する。

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

- ・各触媒（DOC、LNT、DPF）の貴金属を目標値まで低減した時に不足する機能を明確にし、その機能を補うことができる遷移元素活性点とするため、遷移元素と CO 結合エネルギーを第一原理計算に基づくシミュレーション及び反応性評価実験、物性評価等を行う。
- ・遷移元素活性点の機能を最大限引き出すのに最適な大きさを把握するため、TG 測定法を開発する。
- ・各触媒（DOC、LNT、DPF）の貴金属を目標値まで低減した時に不足する機能を明確にし、その機能を補うことができる助触媒、触媒構造等を明確化するため、助触媒の酸素吸収放出量測定、吸収放出速度測定、CO 被毒耐性評価、及び複数の触媒層の組み合わせによる性能評価等を行う。
- ・少量の Rh の機能を最大限引き出し、低温活性性能の向上を図るため、TG 測定法により最適な Rh のサイズ、担体を明確化する。
- ・平成 21 年度に明らかになった低温活性向上可能な Pt のサイズを最適な担体上で実現する手段を開発する。
- ・平成 21 年度に確立した DPF の PM 反応モデルの妥当性を検証するため、実際の車両を使って DPF 中の PM 燃焼実験を行う。
- ・DPF 中の触媒担持量を低減するため、DPF 中の触媒担持位置、平均細孔径、気孔率と PM の反応性との関係を把握するシミュレーションを行う。
- ・プラズマを使った反応促進及び被毒特性を把握するため、粉末触媒を使い酸素、水等実際の反応ガス条件下で反応特性実験を行う。また、ハカ化した触媒で同様の検証を行うため、平成 21 年度導入するラボ評価装置にプラズマ反応装置を組み込むとともに、各種支持体、触媒構造体を有する触媒を試作し評価を行う。
- ・DOC と DPF の機能一体化を行うため、DPF の担う PM 浄化機能に対する課題を車両を使った実験を行うことによって明らかにし、解決策を立案する。
- ・目標値まで貴金属を低減した触媒の課題を明らかにし、解決策を立案するため、各触媒を試作し、ラボ評価及び車両評価を行う。

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

- ・酸化触媒に関しては、担持白金族触媒の活性に対する担体効果、金属粒子径効果、添加物効果をさらに詳細に検討するとともに、詳細な触媒反応解析を行い、活性と耐久性に優れた最適な触媒活性種構造を明らかにする。

- ・ディーゼル酸化触媒の調製法に関しては、シングルナノサイズの白金とパラジウムの2成分を含有する凍結乾燥ゲルの作製プロセスを開発する。また、複合ナノ粒子を固定化した触媒の特性評価を行い触媒性能改良のための設計指針を得る。
- ・触媒担体の開発に関しては、燃料ミスト等による細孔閉塞を回避できるマクロ細孔構造の検討を行い、これとメソ細孔構造を階層的に多元構造化した担体の工業生産技術の開発を行う。また、白金粒子のシンタリング挙動や酸化活性へのメソ構造の影響、及び燃料酸化活性に及ぼすマクロ構造の影響についてモデル触媒やシミュレーションを用いて検討し、担体の最適な多元構造を明らかにする。
- ・DPF用白金代替銀触媒については、性能向上が期待できる銀を含む複合酸化物を合成し、ハニカムにコートした後、HC/CO浄化性能のスクリーニングを行う。また、担体の格子酸素のスス燃焼反応への関与や作用機構を調べ、スス酸化に効果的な銀触媒担体の組成や構造を明らかにする。
- ・触媒コート技術については、DPF用の開発触媒に対しコート量・粒径および背圧とスス燃焼活性の関係を調査してコート条件を最適化し、現行品と同等の背圧となるコート条件を見出す。
- ・酸化触媒と触媒付DPFを最も効率的に組み合わせる排ガス処理触媒システムを設計する。

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

- ・研磨プロセスシミュレータを活用し、ガラスに含まれる多成分原子種と酸化セリウムが界面で起こす化学反応ダイナミクス等を明らかにすることで、電子論的に解明し、代替砥粒開発方針を得る。
- ・既存砥粒からの改良指針を得るため、欠陥構造と研磨性能の関係を明らかにする。また、代替候補材の組成、構造、表面研磨状態が研磨特性に及ぼす影響を明らかにする。さらに、代替砥粒候補材の粒径、粒度分布の最適化をするとともに、代替砥粒に適した研磨パッドの表面特性について指針を得る。
- ・加工砥粒をより効率的に使用しスラリー使用量を削減するために、ガラス表面等の前処理（レーザー等）を行い研磨効率との関係を明らかにするとともに、新しいパッド溝を検討し、設計・作製したパッドでのガラス基板の研磨特性を明らかにする。
- ・電界スラリー制御CMP技術、及び電界制御トライボケミカル研磨技術における最適な研磨特性が得られる加工メカニズムの解明を行う。
- ・電界制御による新たな研磨装置を試作し、課題抽出とともに装置構成の最適化をはかる。

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

- ・複合砥粒の分級方法を検討し、洗浄性に優れた有機無機複合砥粒を開発する。
- ・広範囲の幾何学的特性を有するポリマ微粒子を調査し、優れた研磨特性を実現する有機メディア粒子の幾何学的特性（粒径や形状）を特定する。
- ・優れた研磨特性を実現する無機メディア粒子の材質を特定し、またその影響因子として寄与度の大きい物理量（比重や潤滑性等）を明確にする。
- ・平成21年度に見出した材質の研磨パッドにおいて気孔率や気孔径が研磨特性に及ぼす影響を明確にし、優れた研磨特性を実現する研磨パッドを開発する。
- ・平成21年度に見出した粒径を持つ種々の有機粒子および無機粒子を入手し、隙間調整型研磨パッドに含有させる粒子の材質と研磨特性との関係を明白にする。

- ・パッドエッチングを実現するために化学薬品性に優れ効果的な研磨パッドとパッドエッチング用の試作機を開発する。

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

- ・蛍光体中で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する。X線構造シミュレーターを用いて構造提案を行うと同時に材料開発を支援する。
- ・試料溶融合成炉を利用し、Tb, Euの使用量を低減させる新規組成を探索する。
- ・新規に開発される蛍光体の量産技術について調査・検証を行う。
- ・発光シリカの高輝度化を行うと同時に、高速評価法を利用してランプにおける特性を評価し改良する。ガラス管の上に設計されたナノパターンを作製する技術を開発し、全方位光に対して5%以上取り出し効率の高いガラスを開発する。
- ・放電劣化試験方法を確立し、また、平成21年度の結果を総合して、材料の高速評価技術の総合的なスキームを確立する。さらに、実際に開発された材料に適用する。
- ・磁気力分離を用いる際に最適な分散溶媒等を見出し、ハロリン酸と希土類蛍光体の分離が可能となる条件を明らかにする。

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

新規磁石材料の基礎特性把握、新規磁石の高度化および最適化技術の開発等に係る研究体制を構築した上で、基盤技術開発を開始する。

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

イットリウム系複合材料の製造工程におけるイットリウム利用率等の効率向上、線材構造の最適化等による高度化で線材特性を向上させ、超長尺化に向けた要求性能に対する技術開発等に係る研究体制を構築した上で、技術開発を開始する。

その他、総合的な情報収集・分析として、上記研究開発項目に関する技術動向の情報収集・分析等を行う。

5. 2 平成22年度事業規模

委託事業

一般勘定 1, 178百万円

事業規模については、変動があり得る。

6. その他重要事項

6. 1 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。

6. 2 複数年度契約の実施

研究開発項目	契約期間
①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発	複数年度契約：平成20～23年度
②透明電極向けインジウム代替材料開発	複数年度契約：平成21～23年度
③希土類磁石向けディスプロシウム使用量低減技術開発	複数年度契約：平成20～23年度
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	複数年度契約：平成21～23年度
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・ユー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リットリウム系複合材料の開発	平成21～22年度

※研究開発項目⑨については、委託者選定後に具体的に設定する。

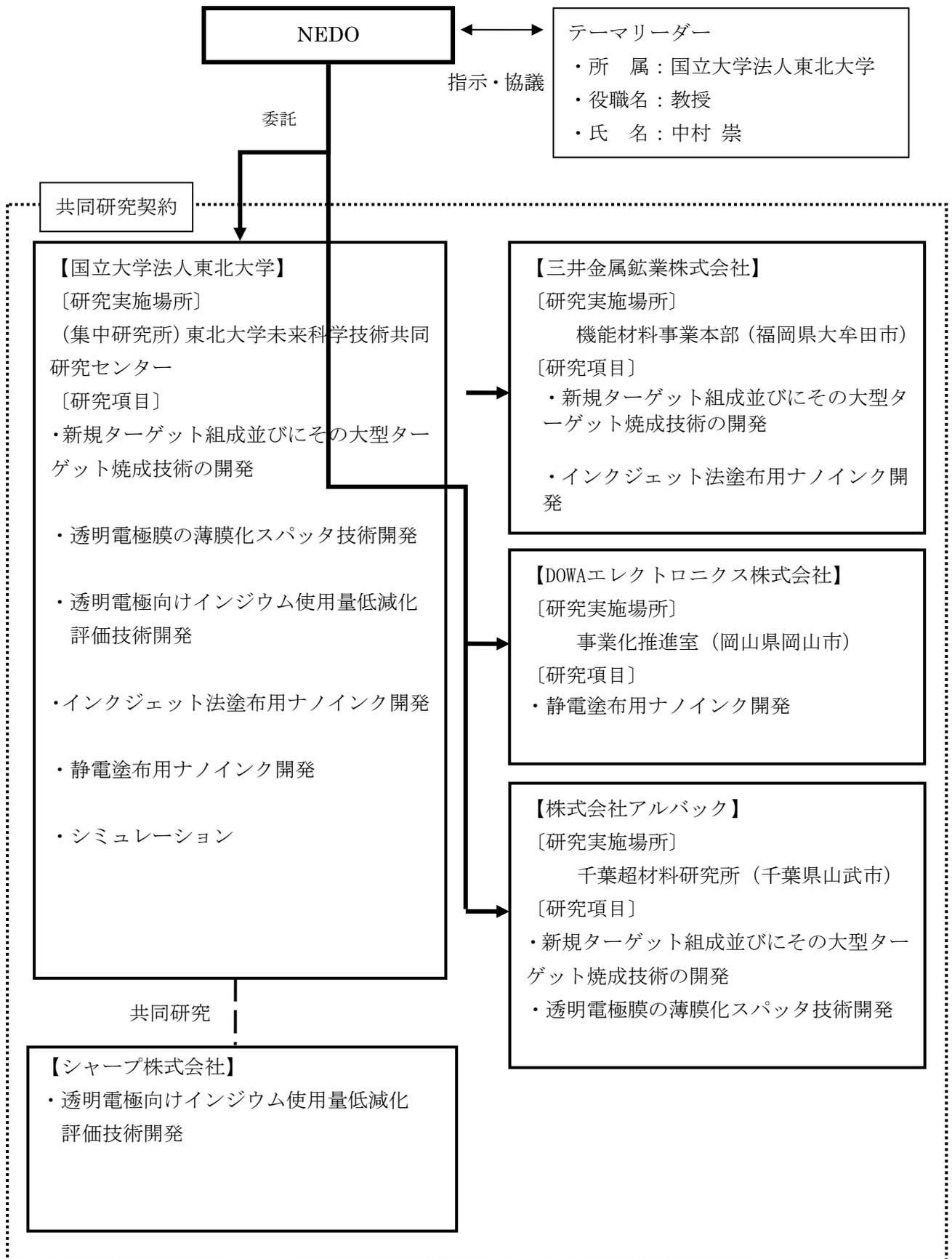
6. 3 その他

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。

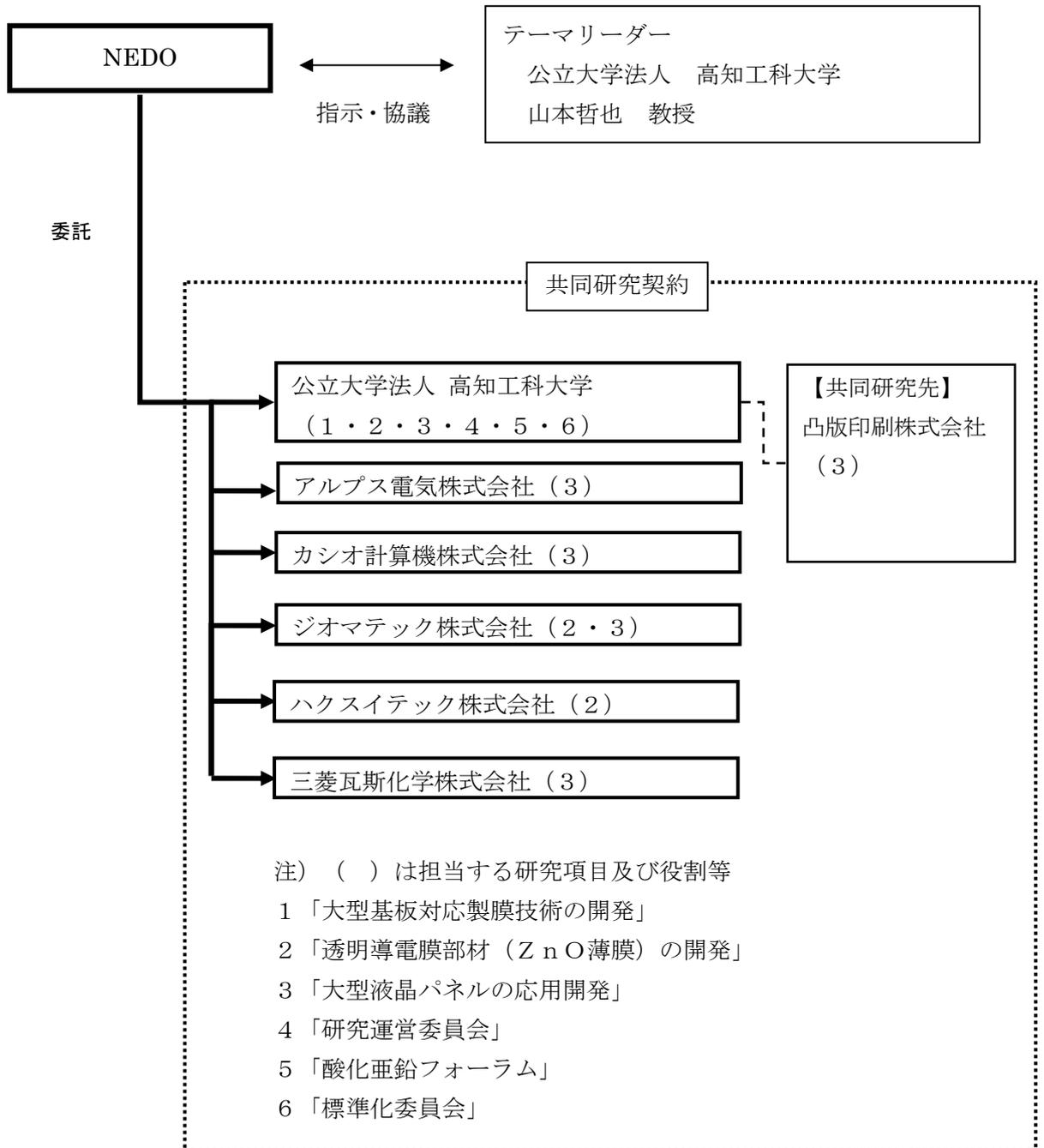
7. 実施方針の改定履歴

平成22年3月、制定

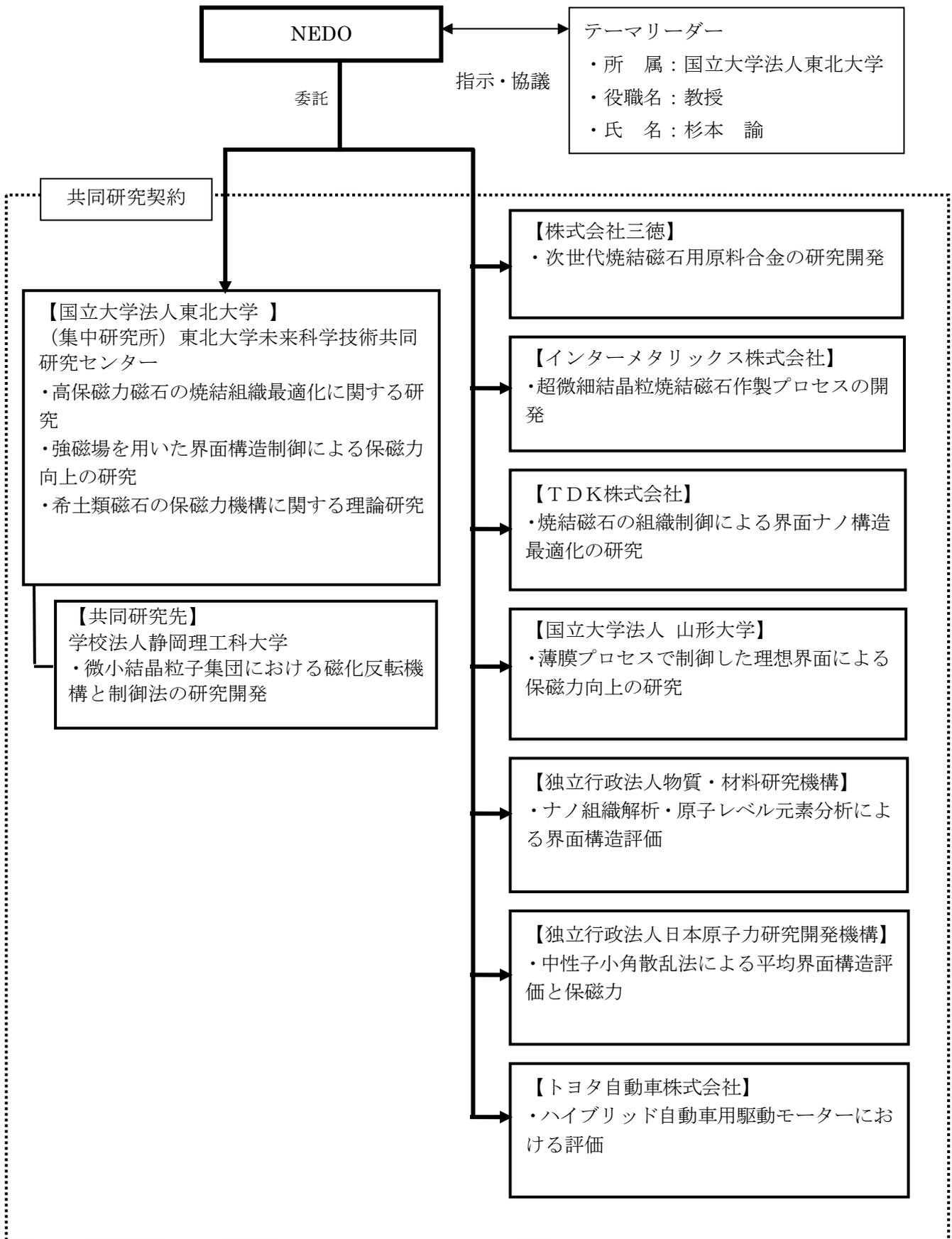
「①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発」実施体制



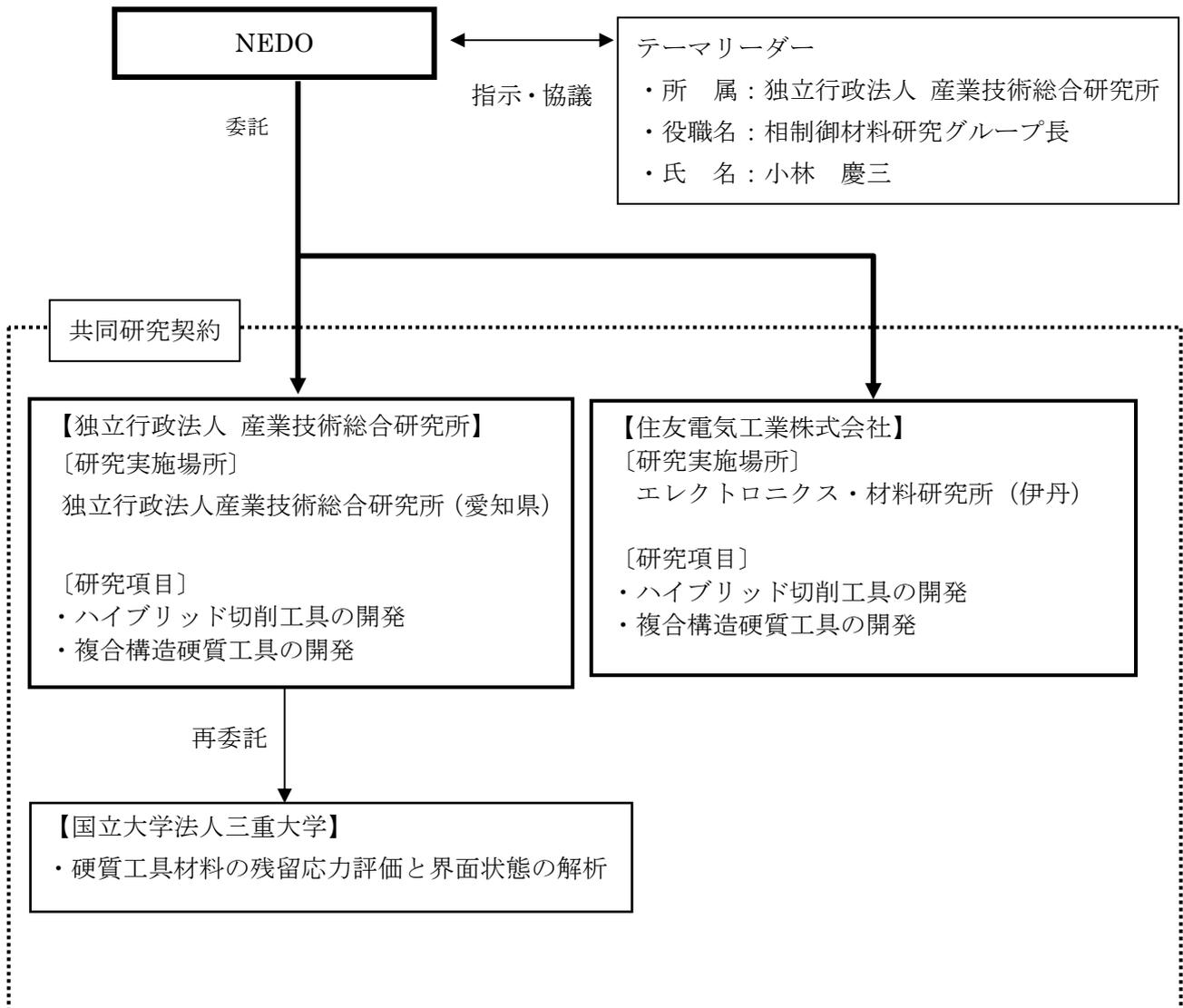
「②透明電極向けインジウム代替材料開発」実施体制



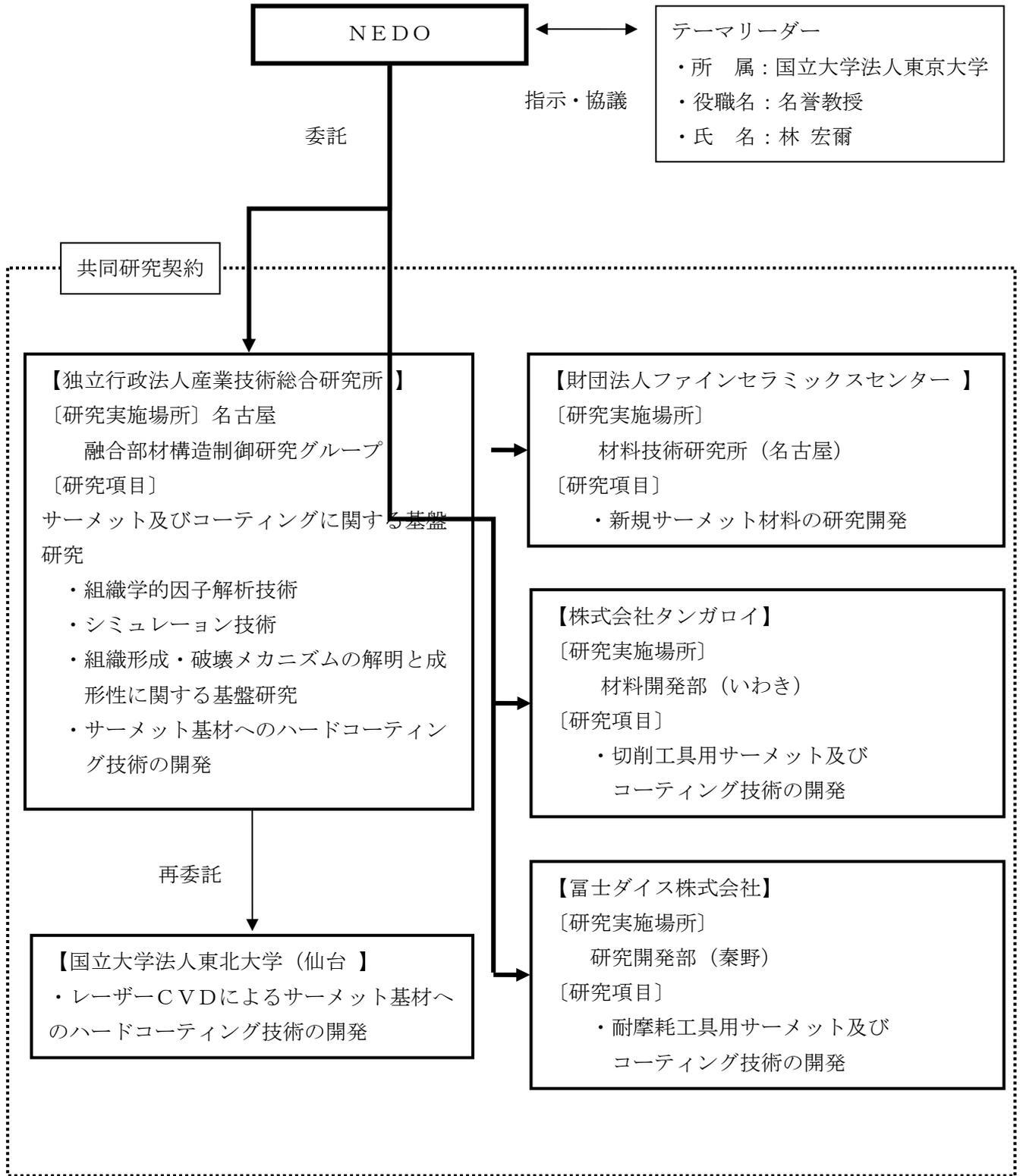
「③希土類磁石向けディスプレイ用シウム使用量低減技術開発」実施体制



「④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発」実施体制

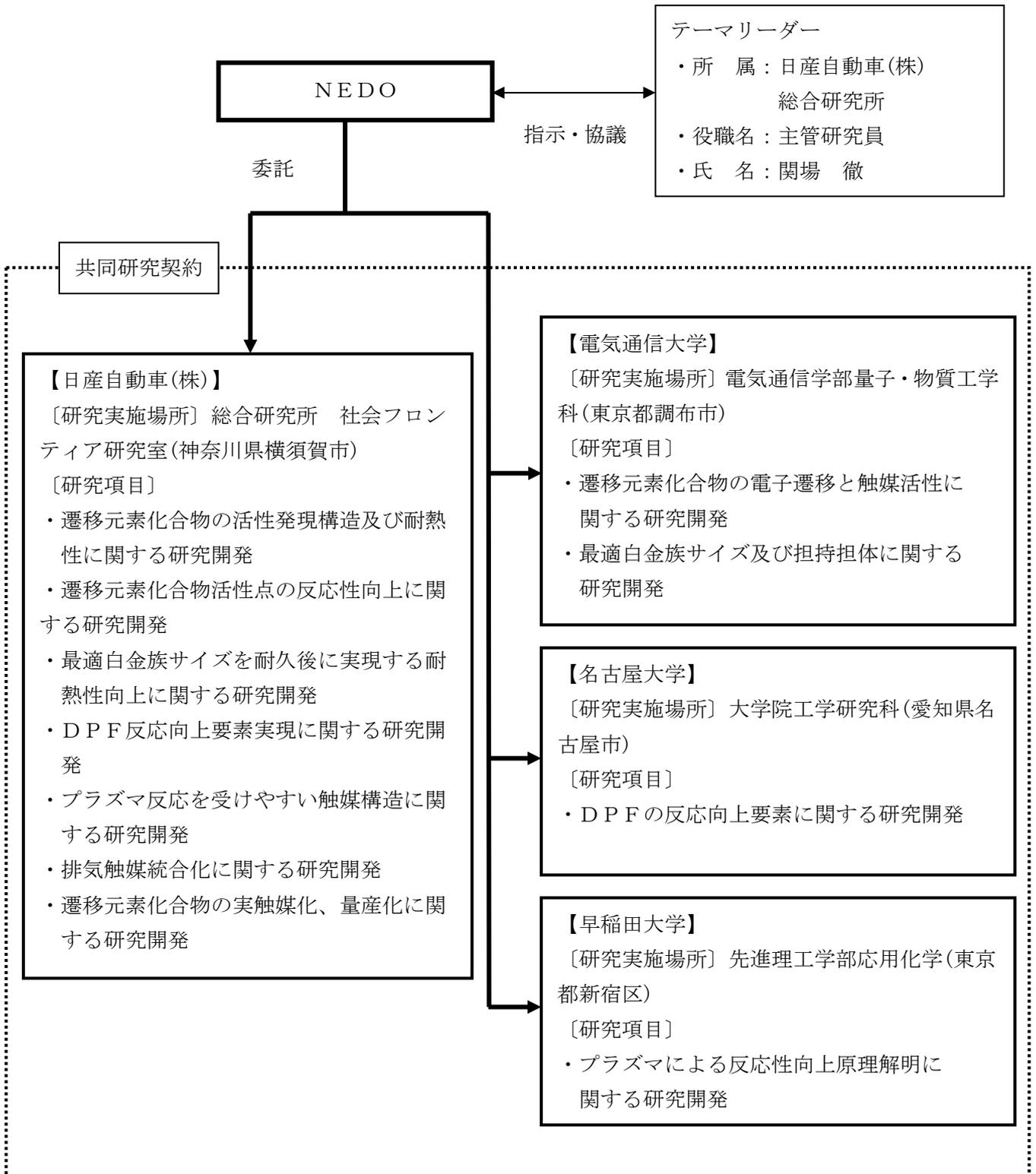


「⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発」実施体制



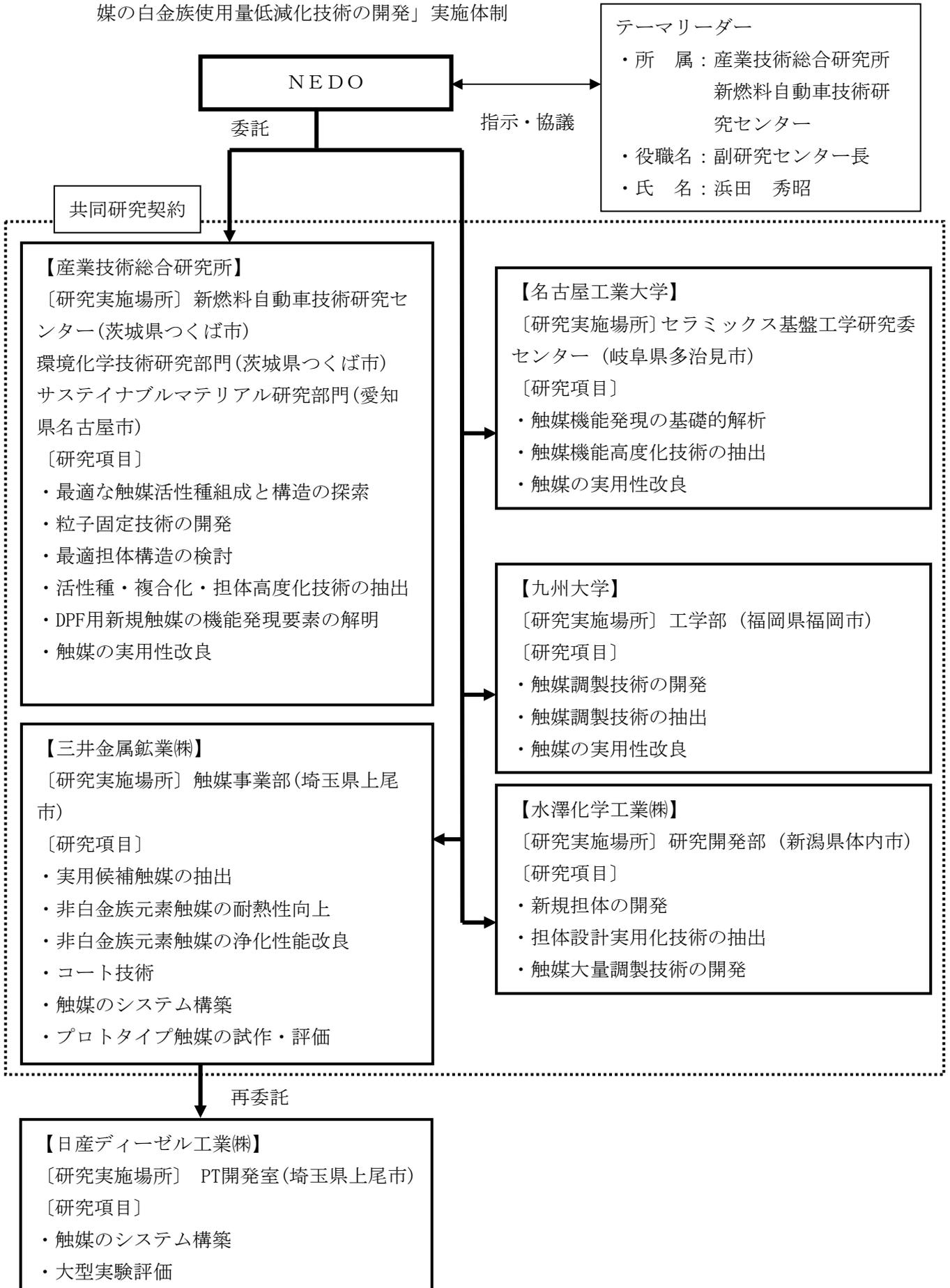
(別紙6)

「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」実施体制



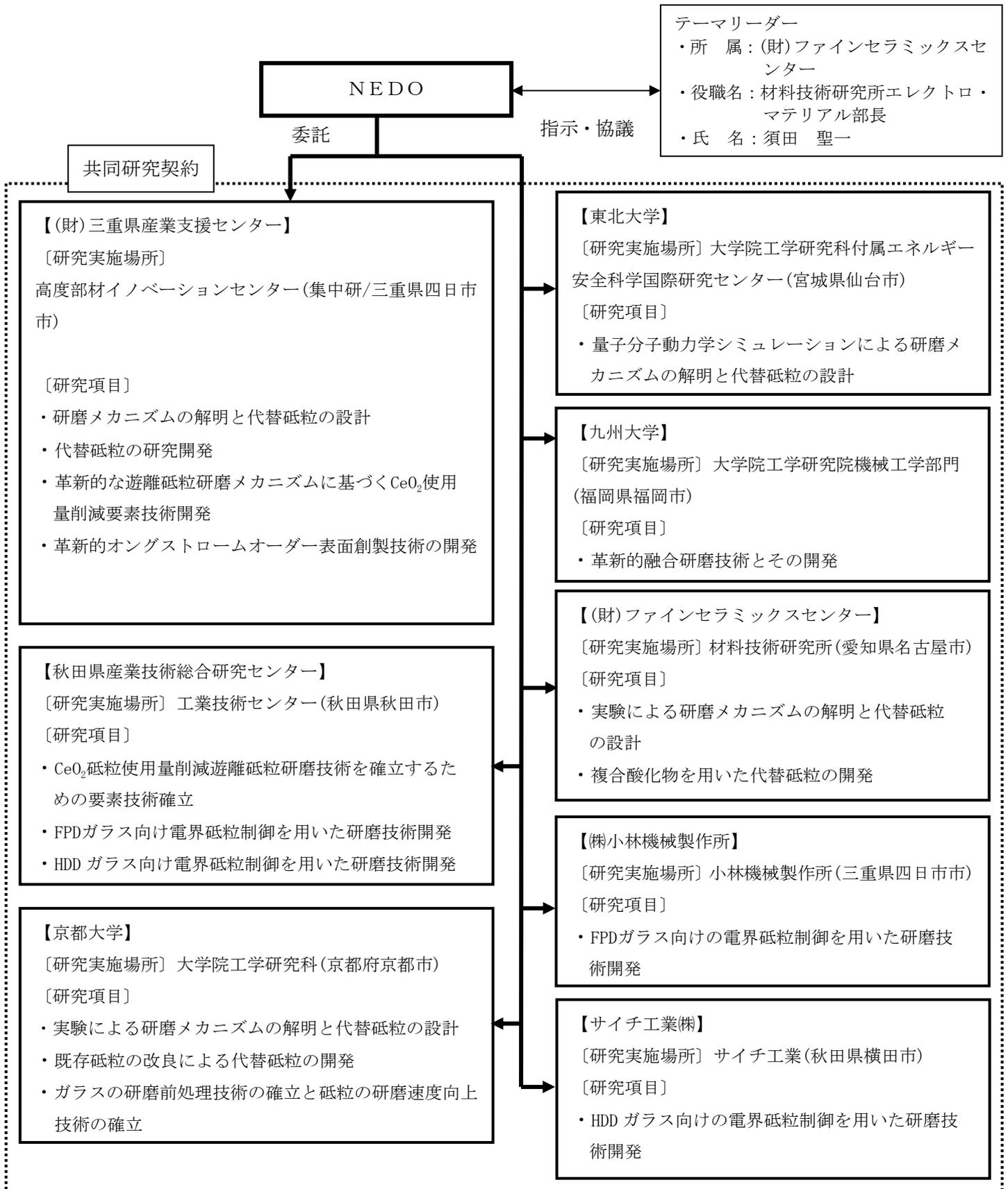
(別紙 7)

「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」実施体制



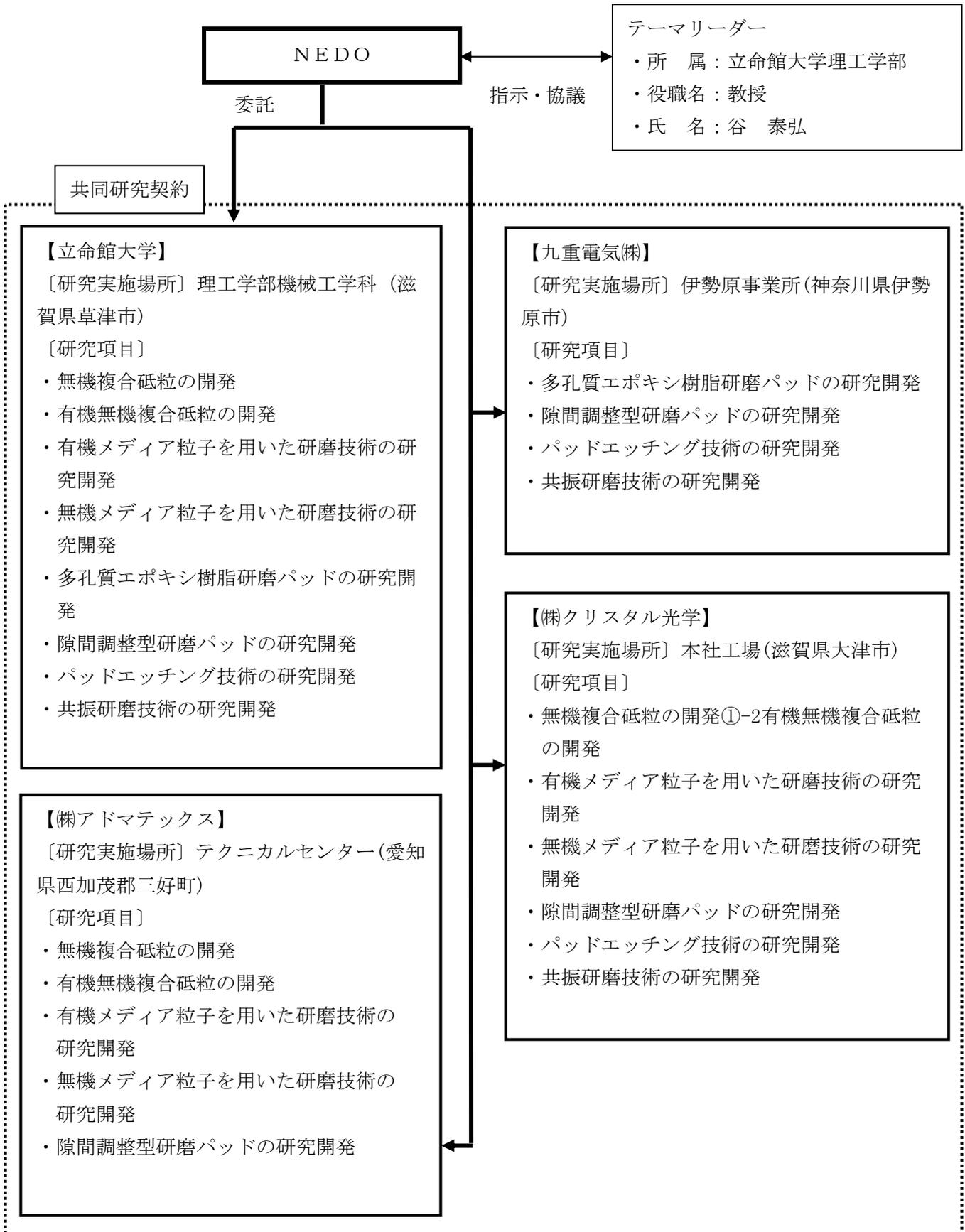
(別紙 8)

「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」実施体制



(別紙9)

「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」実施体制



(別紙10)

「⑧蛍光体向けテルビウム・ユーロピウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体向けTb、Eu低減技術の開発」実施体制

