

平成21年度実施方針

ナノテクノロジー・材料技術開発部

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15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术」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⑥～⑧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、均一性に優れた成膜技術を開発し、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

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、白金族触媒の高度化・代替技術の開発、触媒の部材化技術の開発、白金族触媒の製造工程等システム全体の最適化等を行う。

【中間目標】：平成23年度

下記の項目等について基盤技術を確立する。

- ・白金族触媒の高度化・代替技術の開発
- ・触媒の部材化技術の開発
- ・白金族触媒の製造工程等システム全体の最適化

【最終目標】：平成25年度

下記の項目等について基盤技術及び製造技術を確立し、白金族使用原単位を50%以上低減する。

- ・白金族触媒の高度化・代替技術の開発
- ・触媒の部材化技術の開発
- ・白金族触媒の製造工程等システム全体の最適化

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

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、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・スラリーの開発、砥粒・スラリー利用効率を高める研磨プロセス技術の開発等を行う。

【中間目標】：平成23年度

下記の項目等について基盤技術を確立する。

- ・研磨メカニズムに関する理論的解明及び理想的砥粒・スラリーの開発
- ・砥粒・スラリー利用効率を高める研磨プロセス技術の開発

【最終目標】：平成25年度

下記の項目等について基盤技術及び製造技術を確立し、セリウム使用原単位を30%以上低減する。

- ・研磨メカニズムに関する理論的解明及び理想的砥粒・スラリーの開発
- ・砥粒・スラリー利用効率を高める研磨プロセス技術の開発

⑧蛍光体向けテルビウム・ユーロピウム使用量低減技術開発及び代替材料開発

蛍光灯等のテルビウム・ユーロピウム使用原単位を80%以上低減するため、蛍光材料の高度化・代替技術の開発、デバイス部材の開発、デバイス最適化および蛍光体使用量低減製造プロセスの開発等を行う。

【中間目標】：平成23年度

下記の項目等について基盤技術を確立する。

- ・蛍光材料の高度化・代替技術の開発
- ・デバイス部材の開発
- ・デバイス最適化および蛍光体使用量低減製造プロセスの開発

【最終目標】：平成25年度

下記の項目等について基盤技術及び製造技術を確立し、テルビウム・ユーロピウム使用原単位を80%以上低減する。

- ・蛍光材料の高度化・代替技術の開発
- ・デバイス部材の開発
- ・デバイス最適化および蛍光体使用量低減製造プロセスの開発

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20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

- ・コンビナトリアルスパッタリング実験装置の立ち上げ、及び電気電導度測定器、分光光度計、電子顕微鏡、ホール測定器、シート抵抗測定器等の評価装置の設置を行い、研究開発体制を構築した。
- ・シミュレーションにより、第4元素を添加した系の状態密度、電荷密度分布の評価を実施した。その結果、Ti, Al, S, Mg, M, Sbなどが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パーコレーションモデルにより評価した。
- ・高い伝導性をもつSi、Al、Ti、Mg、Sb等の第4元素を添加したITO膜の探索研究を実施した。
- ・従来組成のITOならびに金属Sbターゲットを同時スパッタで膜生成を行い、抵抗率はITOに比較し一桁高いが、赤外領域での高い透明性を確認した。
- ・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)を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成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100 Ω /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

(a) 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

1) テーマリーダー：独立行政法人産業技術総合研究所 柴田 肇 主任研究員

2) 実施体制：独立行政法人産業技術総合研究所

3) 事業内容

- ・比抵抗の値で 4×10^{-3} [$\Omega \cdot \text{cm}$] 以下、また化学的安定性の値では、温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ の [N-メチル-2-ピロリドン] 液に 30 分間浸漬する試験に対して、抵抗変化が 10% 以内で分光特性変化 2% 以内である透明導電膜の開発に成功した。
- ・ドナー不純物としてガリウムを添加した $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ 混晶材料において、 $x=0.2$ のマグネシウム濃度において比抵抗値が 2.6×10^{-3} [$\Omega \cdot \text{cm}$] という、優れた電気的特性を持つ薄膜を堆積する事に成功した。

(b) 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) テーマリーダー：学校法人金沢工業大学 南 内嗣 教授

2) 実施体制：学校法人金沢工業大学

3) 事業内容

- ・平成 20 年度は、使用したターゲットと得られる膜特性との関係を明らかにした。
- ・生産用高周波重畳直流マグネトロンスパッタ装置を用いて、 $5 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ 台の低抵抗率 ZnO 系 (AZO, GZO) 透明導電膜を実現した。
- ・耐湿性 (高温、多湿雰囲気中での安定性) の改善を実現可能な、第 2 不純物共添加 ZnO 系 (AZO:X) 透明導電膜を開発した。

(c) 酸化亜鉛系液晶ディスプレイの開発

1) テーマリーダー：学校法人高知工科大学 山本哲也 教授

2) 実施体制：学校法人高知工科大学、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、株式会社ZnO ラボ、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

- ・樹脂から成るカラーフィルタ (CF) 上成膜と同じ基板温度条件下で、反応性プラズマ蒸着法 (RPD 法)、及び、スパッタ法、両面におけるガラス基板上製膜条件、製膜プロセスを検討した。両成膜技術の優位性の検討を通して、相乗効果を図ったその結果、ガラス基板上で膜厚 150nm の Ga ドープ ZnO 膜 (GZO 膜) において、シート抵抗及び透過率の年度目標値を満足し、かつ、耐熱性、耐薬品性における最終目標値を達成する製膜を実現した。
- ・膜厚 150nm の GZO 膜の耐湿性向上を目的としたキャップ層の効果を検討し、その効果を確認した。
- ・GZO 膜の熱安定性を検討し、熱処理雰囲気、製膜法、製膜条件の違いが与える影響、熱処理による薄膜内亜鉛の蒸発と残留膜応力、電気特性、光学特性の変化との相関について新たな知見を得た。
- ・3 インチ小型液晶ディスプレイパネルに実装可能な基本特性 (電気特性・光学特性) を有し、密着性及び耐薬品性においてパネル製造プロセスに適合性のある ZnO 系透明電極付 CF 基板のスパッタ法による製膜技術を開発した。
- ・薄膜トランジスタ (TFT) 画素電極において、厚さ 50nm~100nm に対して、線幅 (L) / 線間隔 (S) = $4 \mu\text{m} / 4 \mu\text{m}$ の微細加工を実現するエッチング液を開発した。加えて、 $3 \mu\text{m} / 3 \mu\text{m}$ の加工見通しまで得た。
- ・TFT のアルミニウム金属電極と ZnO 透明電極間のオーミック接触を実現した。

- ・CF側共通電極としてZnO系透明電極を用いた3インチ小型液晶ディスプレイパネルの実現に世界で初めて成功した。信頼性評価として、温度60℃、湿度90%の環境下で、パネル点灯特性が変わることなく、連続動作1,000時間以上を達成、実用レベルであることを確認した。本研究開発の意義として、ZnO透明導電膜形成プロセス以外は、ITO電極を用いた従来の液晶ディスプレイパネル製造プロセスから変更することなく、パネル製造ができることを実証したことにある。

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

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

3) 事業内容

- ・磁石原料合金の結晶粒径の微細化では、現在の量産品の結晶粒径より小さい $3.9\mu\text{m}$ を実現した。
- ・原料粉末の超微細化・高純度化装置の雰囲気を高純度化することにより、従来より微細かつ低酸素量の粉末の作製に成功した。また、Nd-Fe-B系焼結磁石を作製して粉末微細化により保磁力増加の傾向を実証した。
- ・ストリップキャスト材において $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 相の層間隔と凝固長さを評価する技術を確立した。また、焼結磁石においてNd-rich相存在形態の均一性を評価する技術を確立し、水素処理後の粗粉におけるNd-rich相存在頻度、ジェットミル後の微粉末におけるNd-rich相存在状態も明確化した。
- ・磁場中熱処理後急冷することにより、 4kOe 程度の保磁力の上昇を確認した。
- ・粒子サイズ $3\mu\text{m}$ 以上の $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ エピタキシャル薄膜を作製した。
- ・Dyリッチ原料合金の組成・組織の検討、粉体特性の最適化により、シェル化率：80%以上を達成し、焼結磁石における保磁力、残留磁化の増加を確認した。
- ・既存の商用焼結磁石のマルチスケール解析により、最適化熱処理の有無、Cu、Al添加の有無による保磁力変化のメカニズムの解明を行い、焼結磁石で保磁力を高めるために必要な界面ナノ構造について知見を得た。
- ・中性子小角散乱で強磁場プロセス中のその場観察を行えるようにするための超伝導磁石の設計・製作を行った。また、Nd-Fe-B焼結磁石に対する中性子小角散乱測定を実施し、内部平均構造と保磁力の相関について示した。
- ・Nd-Fe-B系焼結磁石において微細結晶粒子群の磁化測定に成功し、結晶粒子集団における反転領域の発生機構が保磁力発現機構に重要な役割を果たしていることを示した。
- ・ $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ の結晶粒表面の磁気特性を電子論的立場から評価し、保磁力が結晶粒の表面状態によって強く支配されることを明らかに唆した。
- ・磁石の損失分布を提示するとともに到達磁石性能のケーススタディーを完了した。

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

- ・試作した雰囲気制御型の通電接合装置によりタングステン量を70質量%未満にしたサーメット合金基材に超硬母材つきcBNを接合した。接合には機械的合金化等の処理によって作製したインサート

材料を使用。接合強度が100MPa以上であることを確認。さらに1000℃の加熱を行っても剥離しないことを確認した。

- ・TiCNを主成分とするサーメット合金とWCを主成分とする超硬合金を同時に焼結した際の界面状態を詳細に調べた。界面での反応に炭素量が影響することを明らかにし、同時焼結のための基礎データを収集した。さらに積層プレス成形を行うため、新しいコンセプトの装置を導入し、プレス条件等について検討した。また、焼結時の硬質粒子の結晶成長メカニズムを調べ、構成粒子の大きさを制御した焼結技術の基礎検討を行った。

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

- ・新規炭窒化物固溶体粉末の合成条件を確立し、同粉末を用いたサーメットの焼結条件の検討、焼結したサーメットの組織の観察と解析、破壊靱性、硬さ、熱伝導率などの特性を明らかにした。また、レーザーCVD法によってアルミナ等のハードコーティング温度を従来よりも低温化することに成功し、サーメット基材へのコーティング技術開発を大きく進展させた。
- ・切削工具用サーメット開発のための新規固溶体粉末等を用いたサーメットを作製し、切削工具として要求される材料特性や切削性能の実現を可能とする組織・組成選定の指針を明らかにした。耐摩耗工具用サーメット開発についても新規固溶体粉末等を用いたサーメットを作製し、組織、材料特性等を明らかにすると共に、サーメット大型部材の焼結時の割れの原因を解明した。

4. 2 実績推移

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

※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⑥～⑧については、委託者選定後に具体的に設定する。

5. 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

- ・前年度より高濃度の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、添加量を見出す。また、パーコレーションモデルを進展させ、ITOナノ粒子の濃度と電流値の関係を評価する。
- ・Inを75wt%まで削減した第4元素添加新組成の小型試験用ターゲットの作製を実施し、そのターゲット

トを用い、中間目標である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 Ω/sq を実現する。

- ・第 4 元素を添加した IT0 膜で高屈折率化の材料探索、IT0 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。また、平成 20 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。
- ・今後の In 使用量低減技術開発のより効果的な研究の推進のために、5 月に世界各国から IT0 導電膜に関する第一線の研究者を集め、In 削減のための国際シンポジウム「International Symposium on Engineering of Indium Saving for Transparent Conductive Film」を東北大学で実施する。

②透明電極向けインジウム代替材料開発

平成 21 年度は、小型液晶ディスプレイパネルから大型液晶ディスプレイパネルへのスケールアップを図る年度と位置づけ、飛来粒子のエネルギーを制御した低ダメージのスパッタ装置を設計し、製作を行うとともに、大型液晶ディスプレイに向けての CF 側共通電極に ZnO 透明電極を用いたパネル試作を実施する。ZnO 透明導電膜の材料開発では、GZO 膜表面状態の制御により、課題である耐湿性の向上を図り、さらに TFT 画素側電極としての膜特性を検討する。また、平成 20 年度に試作した 3 インチの小型液晶ディスプレイの特性に関してさらなる詳細な検討を行い、大型液晶パネル試作に向けた課題抽出と対策技術の開発を行う。

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

(a) 結晶粒微細化研究グループでは、原料合金の結晶粒径低減とディスプロシウム分配率の制御、焼結磁石における酸素含有量の低減、Nd-rich 相の存在状態の明確化などを実施する。これらによって Dy20%削減技術を確立する。(b) 界面構造制御研究グループでは、強磁場プロセスによる高保磁力化、薄膜プロセスにおける $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ エピタキシャル膜の作製と Overlayer による高保磁力化、組織制御によるディスプロシウムシエル化率の増加を図る。これらによって Dy20%削減技術を確立する。(c) 指導原理獲得研究グループでは、マルチスケール組織解析による高保磁力化に向けた界面ナノ構造の設計指針の獲得、中性子小角散乱による強磁場プロセスにおける保磁力向上の機構解明、磁区構造解析によるディスプロシウムの保磁力回復効果の明確化ならびに磁化反転核形成の様子の具体的測定による保磁力発現方法の提案、計算科学による $\text{R}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ /粒界相（非磁性 or 磁性）なる複合構造の磁気特性の解明を行い、(a) (b) のグループへ情報を還元するとともに、高保磁力磁石製造方法を提案する。(d) 応用研究グループでは、シミュレーションによる最適モータ設計と、磁石目標性能を決定する。

④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

“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 cBN を 120 秒/個以内で接合できるインサート材料を開発する。得られた実用チップ形状の試作品にコーティング処理を行い、焼入れ鋼の連続切削試験において従来のロウ

付け cBN 工具と同等の性能を達成する。さらに、超硬母材なしの cBN 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させる。

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う。

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向上を目指す。

タングステンを 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する。

⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

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、TEM 観察によって開発サーメットの組織の特徴を明らかにする。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する。サーメット基材へのハードコーティングを行い、新規コーティング材の特性を明らかにする。切削工具用の新規サーメットの材料特性と切削性能を明らかにする。耐摩耗用の新規サーメットの材料特性、耐摩耗性、被研削性を明らかにする。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する。

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

白金族触媒の高度化・代替技術の開発、触媒の部材化技術の開発、白金族触媒の製造工程等システム全体の最適化等に係る研究開発体制を構築した上で、基盤技術開発を開始する。

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

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・スラリーの開発、砥粒・スラリー利用効率を高める研磨プロセス技術の開発等に係る研究開発体制を構築した上で、基盤技術開発を開始する。

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

蛍光材料の高度化・代替技術の開発、デバイス部材の開発、デバイス最適化および蛍光体使用量低減製造プロセスの開発等に係る研究開発体制を構築した上で、基盤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。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. 2 平成 21 年度事業規模

委託事業

一般勘定 1, 474 百万円

事業規模については、変動があり得る。

6. 事業の実施方式

平成 21 年度の公募は、研究開発項目⑥～⑧についてのみ実施する。

6. 1 公募

(1) 掲載する媒体

「NEDO 技術開発機構ホームページ」及び「e-Rad ポータルサイト」等で実施する。

(2) 公募開始前の事前周知

公募開始の1ヶ月前にNEDO技術開発機構ホームページで行う。本事業は、e-Rad対象事業であり、e-Rad参加の案内も併せて行う。

(3) 公募時期・公募回数

平成21年3月頃に1回行う。

(4) 公募期間

30日間以上とする。

(5) 公募説明会

東京都又は神奈川県で開催する。

6. 2 採択方法

(1) 審査方法

e-Radシステムへの応募基本情報の登録は必須とする。

委託事業者の選定・審査は、公募要領に合致する応募を対象にNEDO技術開発機構が設置する審査委員会（外部有識者で構成）で行う。審査委員会（非公開）は、提案書の内容について外部専門家（学識経験者、産業界の経験者等）を活用して行う評価（技術評価及び事業化評価）の結果を参考にとし、本事業の目的の達成に有効と認められる委託事業者を選定する。NEDO技術開発機構はその結果を踏まえて委託事業者を決定する。

申請者に対して、必要に応じてヒアリング等を実施する。

審査委員会は非公開のため、審査経過に関する問合せには応じない。

(2) 公募締切から採択決定までの審査等の期間

45日間とする。

(3) 採択結果の通知

採択結果については、NEDO技術開発機構から申請者に通知する。なお不採択の場合は、その明確な理由を添えて通知する。

(4) 採択結果の公表

採択案件については、申請者の名称、研究開発テーマの名称・概要を公表する。

7. その他重要事項

7. 1 評価

NEDO技術開発機構は、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年度内に実施する。

7. 2 運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO技術開発機構」という。）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。

7. 3 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20～21年度
②透明電極向けインジウム代替材料開発	単年度契約：平成21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20～21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 (予定)
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	

※研究開発項目⑥～⑧については、委託者選定後に具体的に設定する。

7. 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技術開発機構に連絡する。その際に、NEDO技術開発機構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。

8. スケジュール

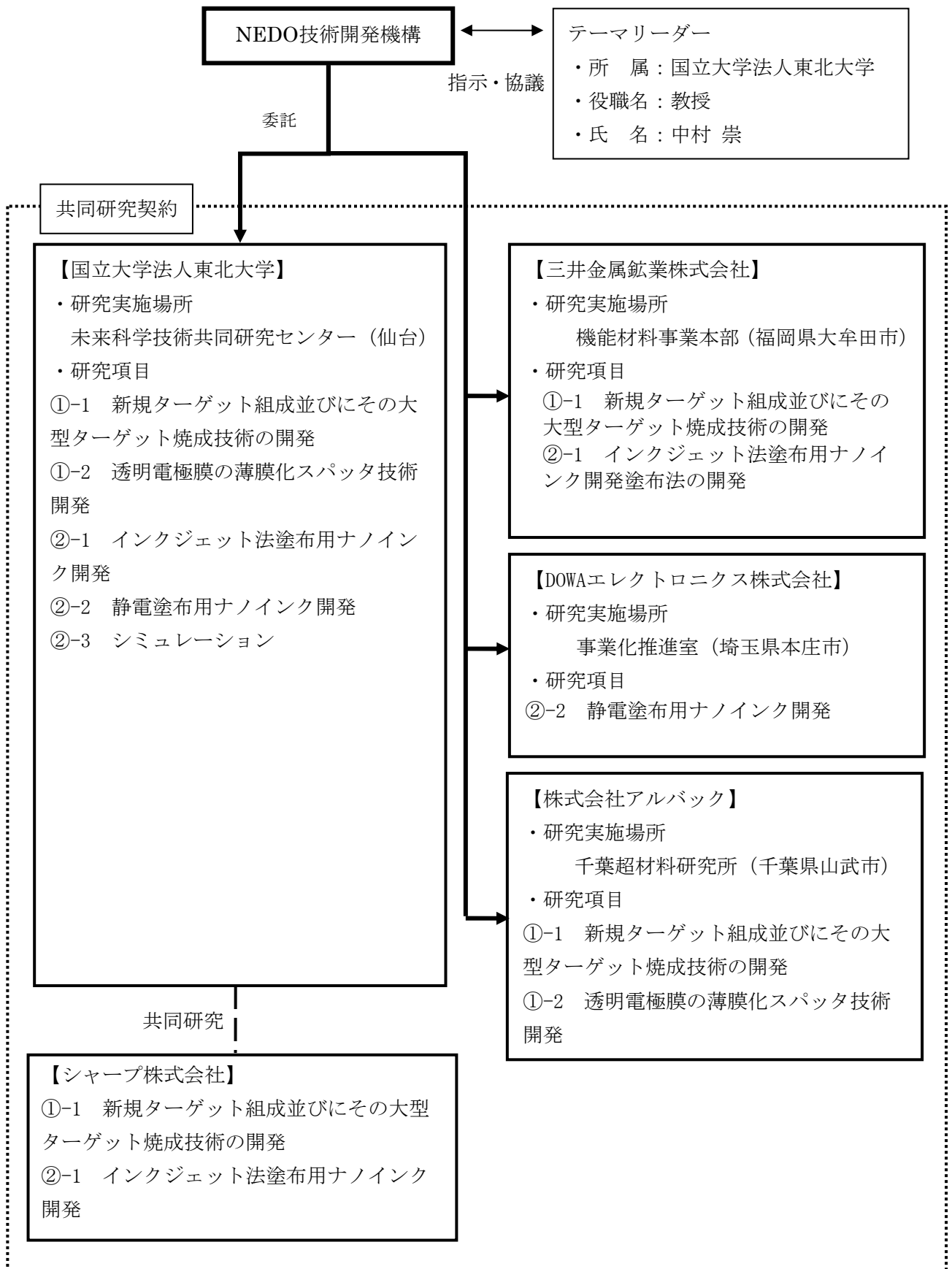
本年度のスケジュール

- 平成21年3月上旬・・・部長会
- 3月中旬・・・公募開始
- 3月下旬・・・公募説明会
- 4月中旬・・・公募締切

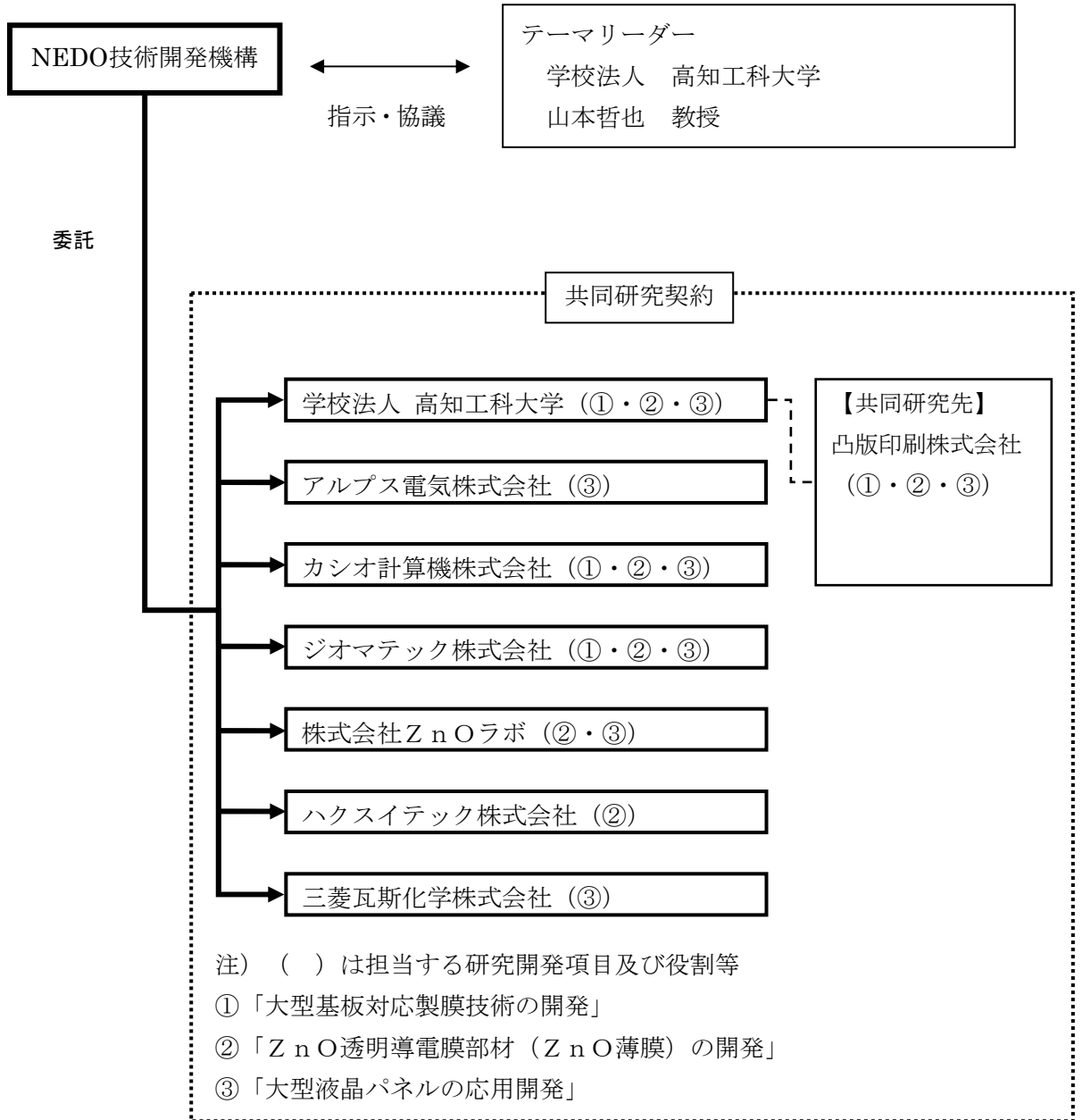
9. 実施方針の改定履歴

平成21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

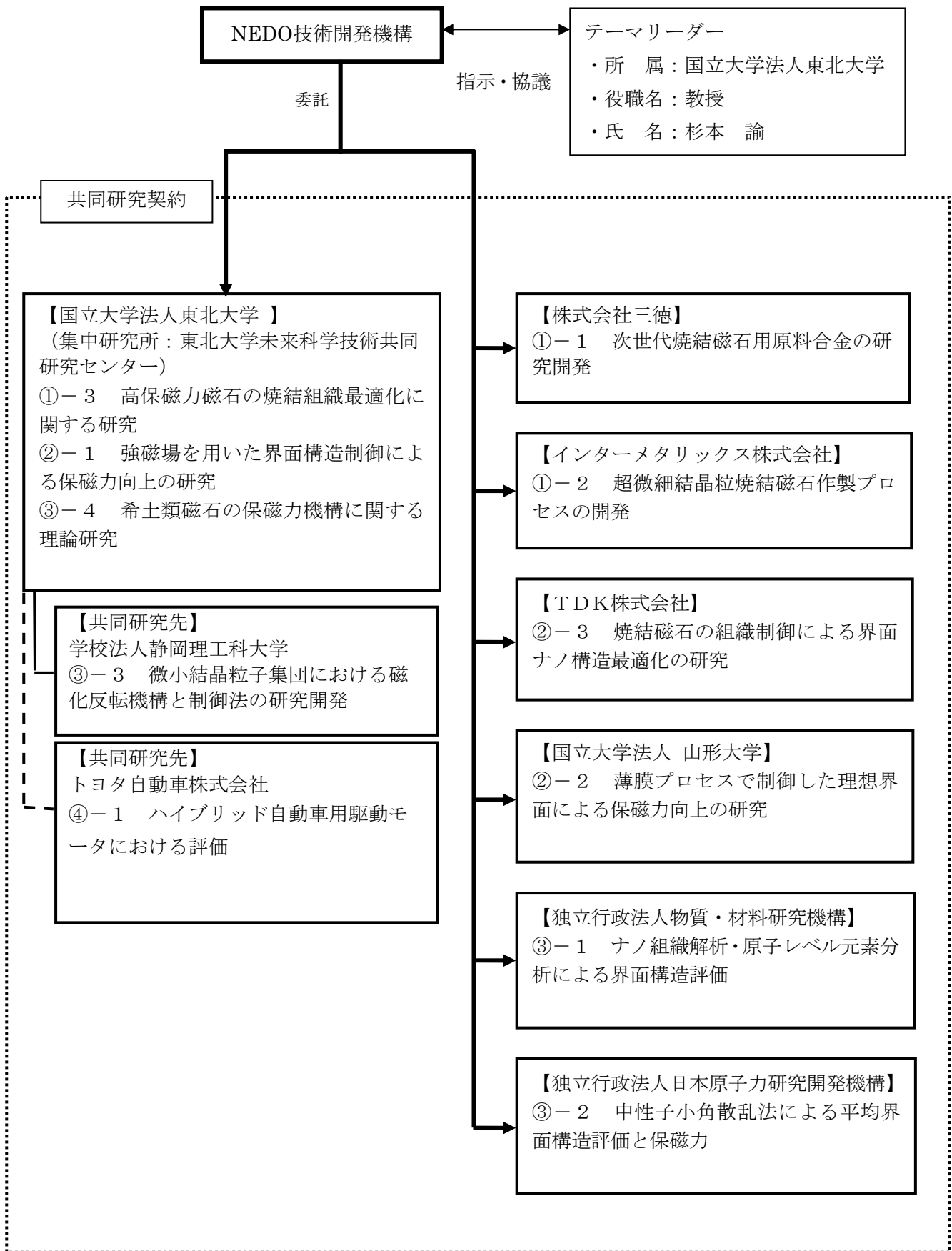


「②透明電極向けインジウム代替材料開発」実施体制



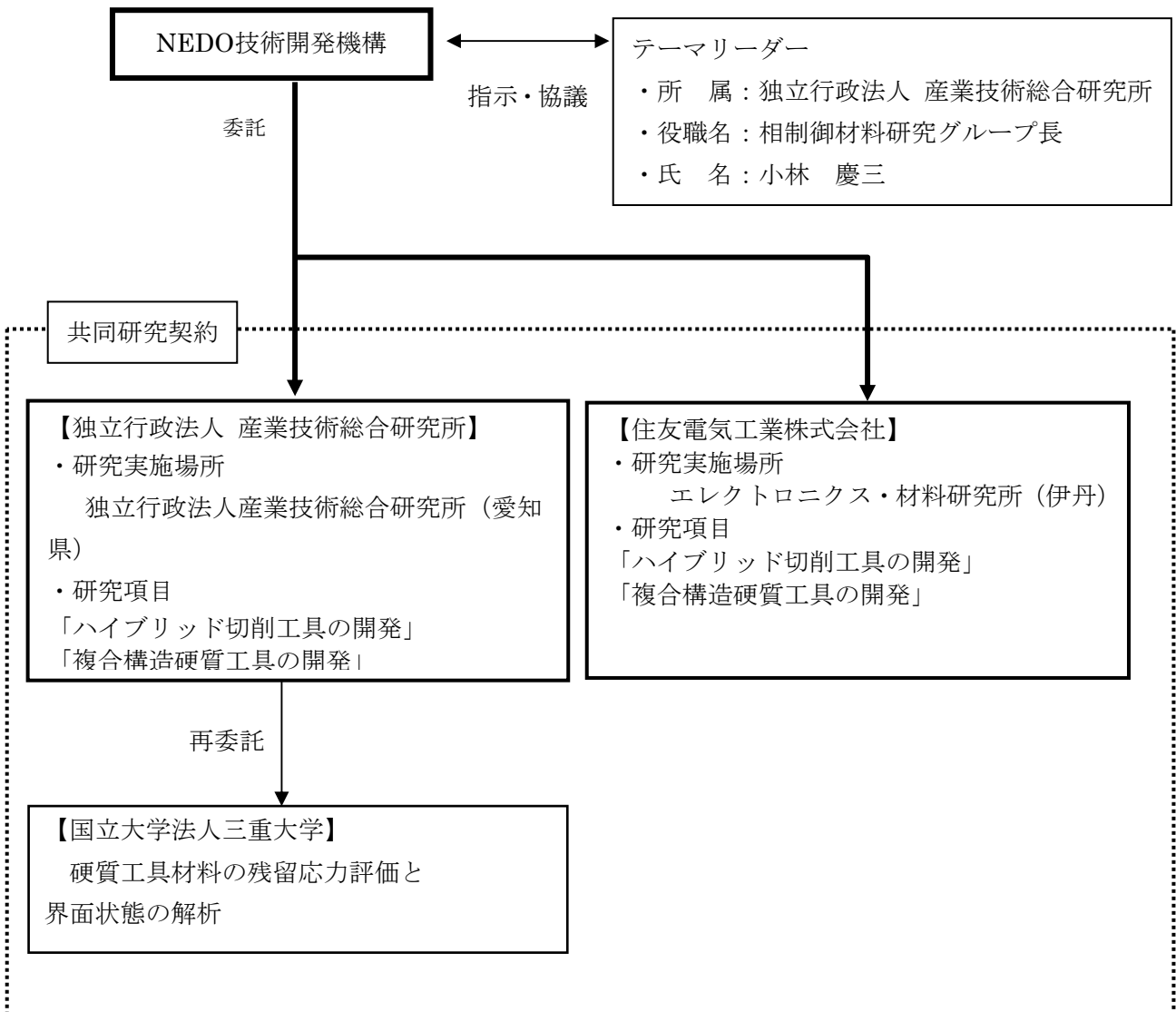
(別紙3)

「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



(別紙 4)

「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

