

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)

(2007年度～2012年度 5年間)

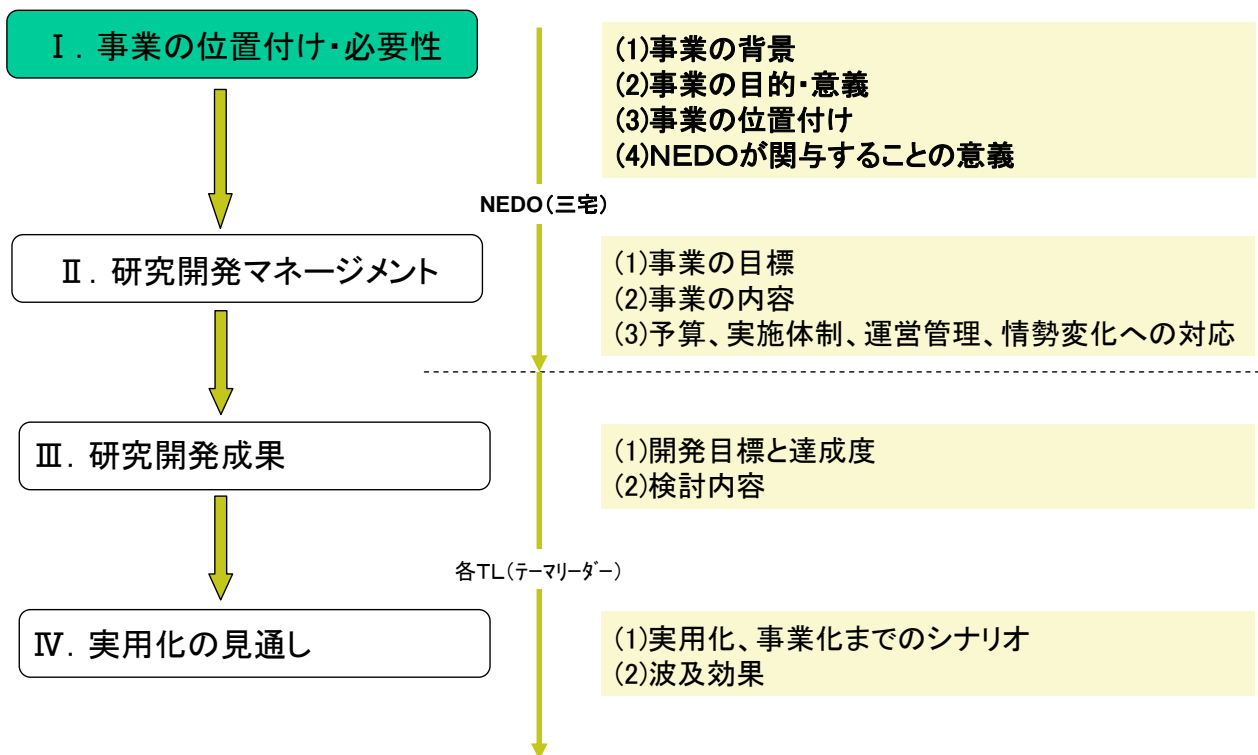
プロジェクトの概要 (公開)

平成21年7月24日

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
ナノテクノロジー・材料技術開発部

概要説明 報告の流れ

公開



I. 事業の位置付け・必要性について

公開

事業の背景

(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) 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。

I. 事業の位置付け・必要性について

公開

事業の目的

非鉄金属資源の安定供給確保のための戦略

2006年6月：資源エネルギー庁

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	自動車排ガス触媒	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%

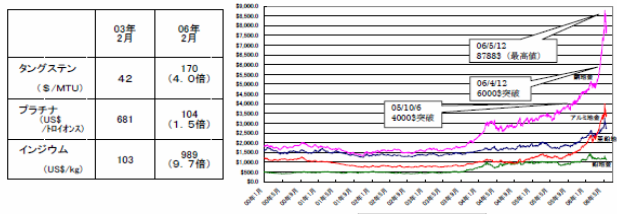
我が国の非鉄金属確保を巡る環境の変化と対応

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等を受け、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ピリト、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の多面的・総合的なアプローチを戦略的に展開。



<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）
- ・偏在の着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等のマルチ会合のほか、EPA等の政策協議の場を積極的に活用。

<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。

<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。

<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。

<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。

①企画段階からの府省連携、②選定・運営の一体化、③協調ファンディングによる基礎から実用化までのシームレスな支援

内閣府総合科学技術会議 第3期科技計画の戦略重点領域に指定

文科省ナノ材料室
／JST戦略センター

経産省ナノ材料室
／NEDOナノ材料部

① 合同で、勉強会(昨年度以降)、府省連携シンポジウムの開催
② 合同戦略会議を設置

希少金属代替技術ロードマップを策定し、国全体で取り組むべき戦略研究領域を特定

領域Ⅰ: 文部科学省(元素戦略)
5年後を目処に、応用研究に繋がることを目的とし、
大幅削減、代替に向けた基盤的なテーマを実施
具体的テーマ例
① 豊富で無害な元素からなる高機能材料で代替
② 戦略元素の有効機能の高度活用
③ 元素有効利用のための実用材料設計技術

領域Ⅱ: 経済産業省(本プロジェクト)
5年後を目処に、社会的要請の高い具体的な鉱種を対象に、
原単位改善のための早急な対応が必要なテーマを実施
具体的テーマ例
① 透明電極向けインジウム:In
② 希土類磁石向けディスプロシウム:Dy
③ 超硬工具向けタングステン:W

<H19年度> 合同戦略会議を通じて連携

基盤技術創成を主眼とする文科
省の競争的資金

連携

実用化を主眼とする経済省(NEDO)
の競争的資金

府省連携マッチングファンド方式により、国全体でのポートフォリオ管理を可能とし、かつ
画期的なシーズ技術創成から実用化までの支援を実現

公開

I. 事業の位置付け・必要性について

公開

事業の位置付け

<国の政策における位置付け>

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である

「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

環境安心イノベーションプログラム(資源制約克服／3R)

新産業創造戦略(技術戦略マップ2008)

➢ **重点7分野のうち**

・ナノテクノロジー分野の液晶ディスプレイ(透明電極膜)

・3R分野の金属資源3R(代替技術等)

に位置づけられる。

<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」に位置付けられる。>

公開

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

ナノテク・部材イノベーションプログラム

【平成21年度予算額：188億円】
 ※各プロジェクト毎の予算額は21年度予算(20年度予算)【20年度補正予算】

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

● 一般会計 ● 特別会計



IPGの目標

- ナノテクによる非連続技術革新-
- 世界に先駆けてナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を実現する。
- 世界最強部材産業による価値創出-
- 我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追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。
- 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

環境安心イノベーションプログラム

【平成21年度予算額：165億円】

※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】



I. 事業の位置付け・必要性について

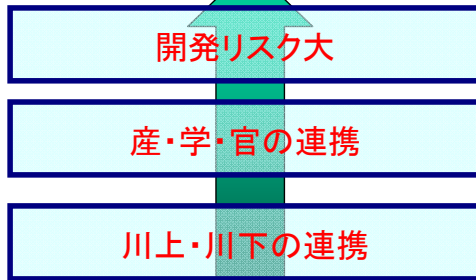
公開

NEDOが関与することの意義

19FYは、METI直執行

使用量低減技術開発、代替材料開発
(インジウム、ディスプロシウム、
タングステン)

「非鉄金属資源の安定供給確保に向けた戦略(2006年6月:資源エネルギー庁)」の総合的な対策として、希少金属の中長期的な安定供給確保を図る。



川下産業の技術革新
を支えていくための
基盤技術の確立

これからの成長分野である
情報家電、ロボット、電池等の
産業分野が拡大⇒需要増大

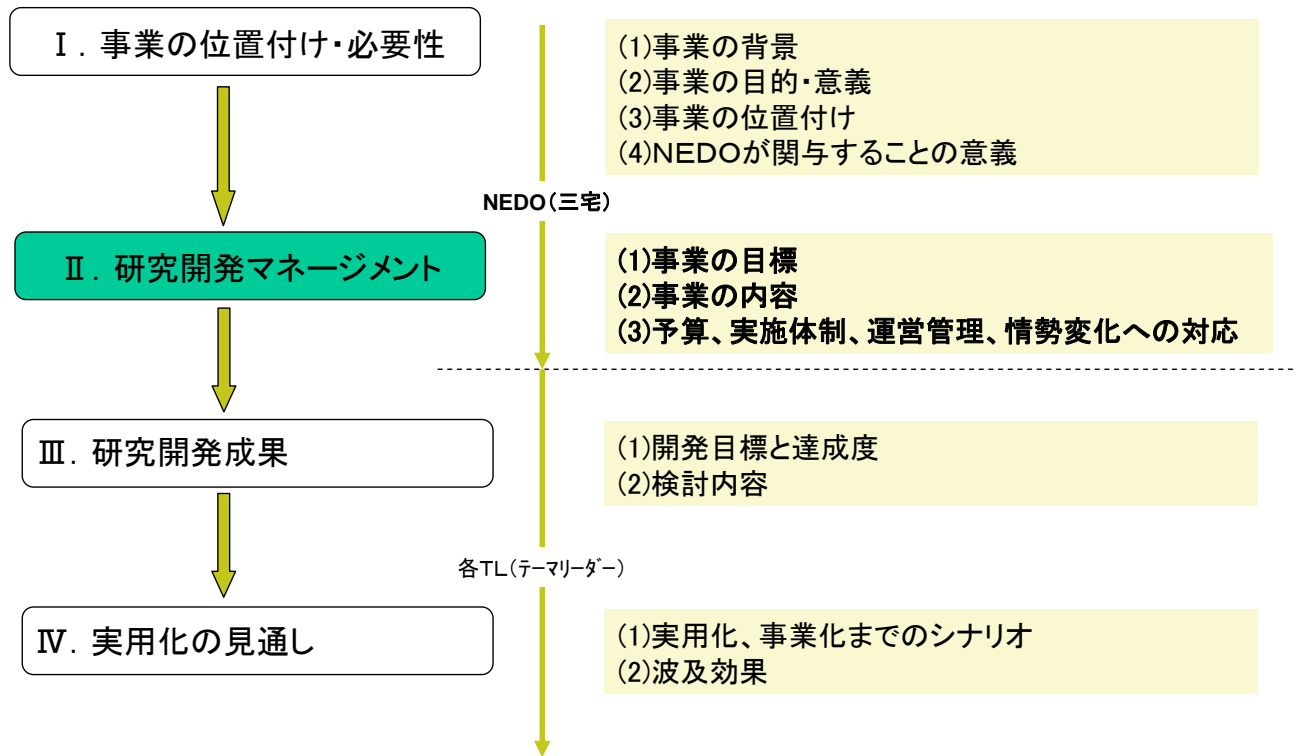
- 大学等の基礎研究成果
- 製造現場のものづくり技術の優位性

特定産出国への依存度が高い
希少金属資源の安定供給確保

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。

概要説明 報告の流れ

公開



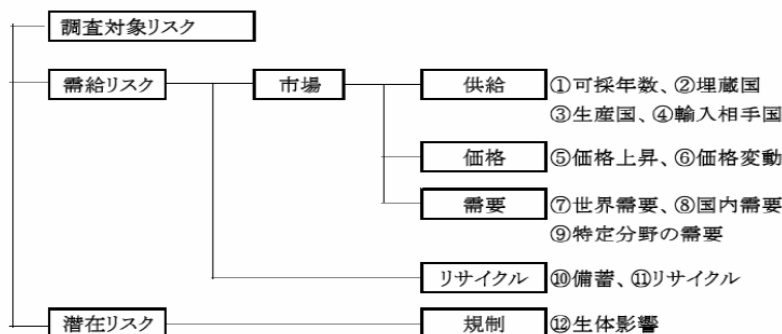
II. 研究開発マネジメントについて(目標の設定)

公開

希少金属代替材料開発プロジェクト対象元素の選定

1. 各種レアメタルに関するリスク評価方法

本プロジェクトの先導調査として、公開情報から以下①～⑫項目により各種レアメタルのリスク評価を実施し、13鉱種を選定。



- ・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

各種レアメタルに関するリスク評価結果

公開

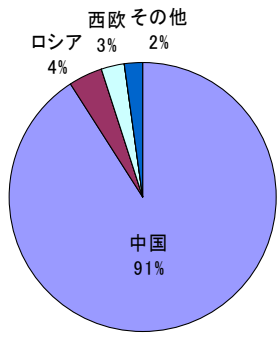
リスク評価結果(13鉱種)から、希少金属代替材料開発プロジェクトの対象として最終的に**タングステン、インジウム、ディスプロシウム**を選定。

No.	元素名	族	ケース区分	カントリーリスクの事例及び今後の動向	対象元素
3	タングステン(W)	6	遷移元素	・天安門事件による出荷遅延(1989)、中国の鉱石契約一時停止(1991)等リスクの事例がある。 ・超硬工具、電子機器(ヒートシンク等)の需要増加が見込まれる。中国の国内需要が増加している。	○
6	マンガン(Mn)	7		・豪州サイクロンによる出荷遅延(2000)、中国の電力不足による生産障害(2004)等リスクの事例がある。 ・主用途は鉄鋼・アルミニウムの合金元素であり、需要は比較的安定している。	
11	タンタル(Ta)	5		・カントリーリスクの事例はない。 ・一次需給が逼迫し高騰したが、代替材の開発が進み今後のリスクは低い。	
12	プラチナ(Pt)	10		・カントリーリスクの事例はない。 ・触媒等の需要が増加したがマテリアルリサイクルが確立している。燃料電池実用化には時間を要する。	
14	ゲルマニウム(Ge)	14	半金属元素	・カントリーリスクの事例はない。 ・PET樹脂触媒が主な用途であり、需要は安定化している。	
23	インジウム(In)	13		・中国の鉱山事故による減産(2001)、環境汚染による一部精錬所の閉鎖(2006)等、リスクの事例がある。 ・液晶用ターゲット材、無鉛はんだ添加材等需要増加が見込まれる。	○
16	リチウム(Li)	1	アルカリ金属	・カントリーリスクの事例はない。 ・リチウムイオン電池用に需要の増加が見込まれるが、HV車への適用は時間を要する。	
17	ベリリウム(Be)	2	アルカリ土類金属	・カントリーリスクの事例はない。 ・端子・コネクタ等銅合金の添加元素であり、需要は安定している。元素自体に毒性がある。	
31	ランタン(La)	3	遷移元素	・中国政府の対日供給抑制(2000)、環境汚染による生産規制(2006)等、リスクの事例がある。	○
33	ネオジウム(Nd)			・希土磁石、NiMH電池用水素吸蔵合金に需要の増加が見込まれる。	
34	サマリウム(Sm)			・中国の内需も拡大している。	
35	ジスプロシウム(Dy)				
36	イットリウム(Y)			・イットリウムは広義のレアアースである。セリウムとともにレアアースの余剰元素である。	

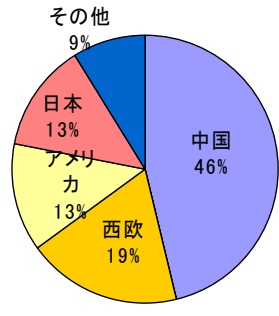
注) ・レアアース元素(La~Y)のなかで、将来にわたり供給不足が予測されるディスプロシウムを選定した。
 ・各項目のリスク評価結果の詳細につきましては出典資料をご参照ください。
 ・出典: NEDO平成17年度調査報告書「各種レアメタルに関するリスク評価及び重要元素に関する需給の現状と課題」

(1)タングステン需給の現状とその用途

公開

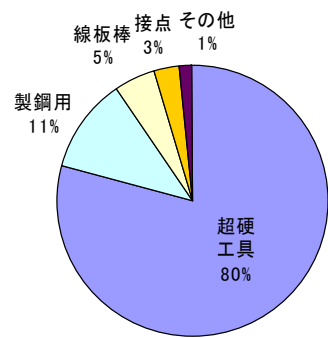


タングステンの国別供給割合¹⁾ (平成16年 世界市場)



タングステンの国別需要割合²⁾ (平成16年 世界市場)

よって超硬工具を対象用途に決定



タングステンの製品別需要割合 (平成16年 国内市場)
JOGMEC「レアメタル備蓄データ集(2006年版)」

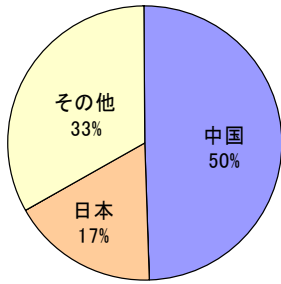


超硬工具使用事例

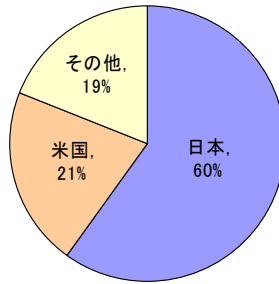
1) USGS「Mineral Commodity Summaries 2006」
 2) JOGMEC「レアメタル備蓄データ集(2006年版)」

公開

(2)インジウム需給の現状とその用途

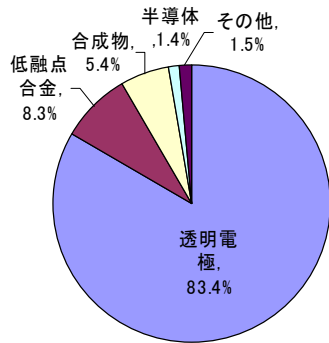


インジウムの国別供給割合¹⁾
(平成16年 世界市場)



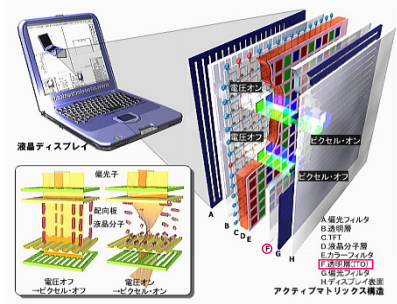
インジウムの国別需要割合²⁾
(平成14年 世界市場)

よって
透明電極を
対象用途に決定



インジウムの製品別需要割合
(平成18年 世界市場)

Brian O' Neill「Indium: Is There Enough?」(平成18年)



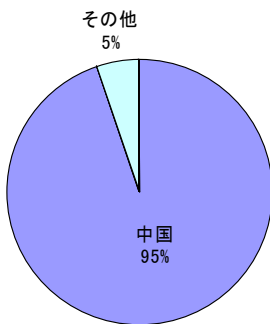
<http://www.nanoelectronics.jp/kaitai/lcd/3.htm>

透明電極使用事例

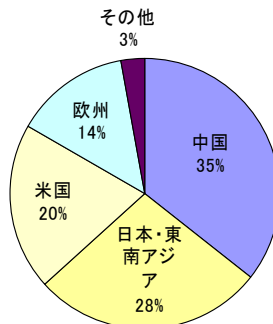
- 1) USGS「Mineral Commodity Summaries (2004)」
- 2) ECONOMICS OF INDIUM 2003 EIGHTH EDITION ROSKILL

公開

(3)レアアース需給の現状とディスプレイの用途

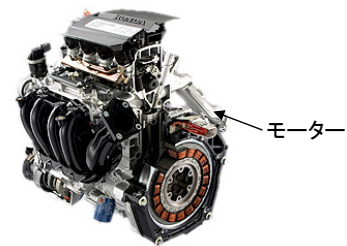


レアアースの国別供給割合¹⁾
(平成15年 世界市場)



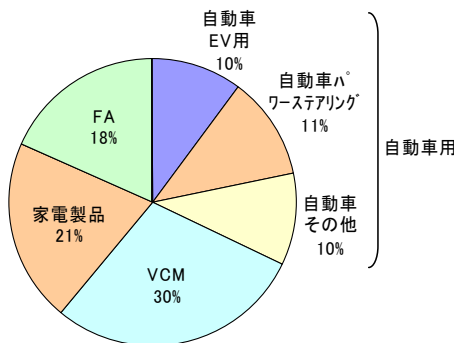
レアアースの国別需要割合²⁾
(平成15年 世界市場)

ハイブリッド自動車用モーター



<http://www.honda.co.jp/tech/auto/engine/honda-ima/detail/index.html>

よってモーター用
希土類磁石を
対象用途に決定



ディスプレイの製品別需要割合
(平成16年 国内市場)

希少性資源の3Rシステム化に資する技術動向調査(平成18年3月)

VCM(ボイスコイルモータ):各種用途用アクチュエータ



<http://www.neomax.co.jp/seihin/maguo.html>

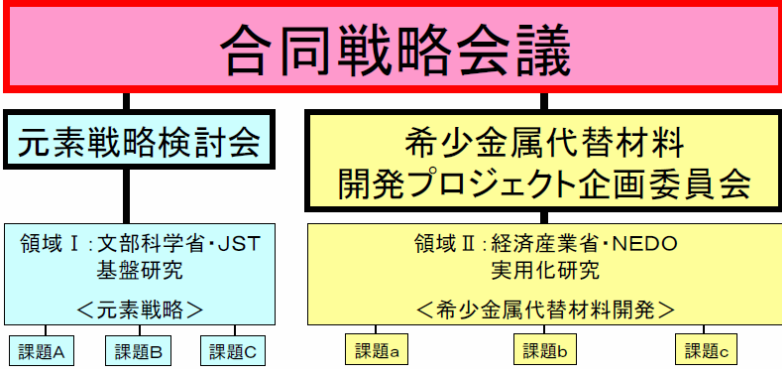
希土類磁石使用事例

- 1) USGS「Mineral Commodity Summaries (2005)」
- 2) JOGMEC「レアメタル備蓄データ集(2006年版)」

II. 研究開発マネジメントについて(目標設定根拠)

公開

<企画委員会による技術ロードマップ策定>



委員会・会議	役割
合同戦略会議	①背景情報の整理 資源政策や科学技術政策の観点からのプロジェクト実施の必要性の整理。 ②両省の検討情報の集約と調整 文部科学省の元素戦略検討会や経済産業省の希少金属代替材料開発プロジェクト企画委員会での検討情報を集約し、協調したプロジェクトの実施方法の審議を行う。
元素戦略検討会	①研究領域の検討 元素戦略における研究開発の方向性について議論し、検討する。 ②報告書の作成 元素戦略の目的、目標、研究開発項目、研究開発目標、体制、スケジュール等を明確にする。
希少金属代替材料開発プロジェクト企画委員会	①ロードマップの作成 タンガステン (W)、インジウム (In)、ディスプロシウム (Dy) の代替技術及び使用量低減技術についてロードマップを作成する。 ②プロジェクト基本計画の作成 研究開発の目的、目標、内容、実施体制、実施期間等を明確にする。

本調査では、当時 経済産業省およびNEDOが実施予定の「希少金属代替材料開発プロジェクト」と文部科学省およびJSTが実施予定の「元素戦略プロジェクト」との連携を図るため、産学の有識者からなる「合同戦略会議」を設置し、希少金属代替材料開発プロジェクトおよび元素戦略プロジェクトに関する情報交換、また今後の連携のあり方について検討を行った。

また、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。

<元素戦略／希少金属代替材料開発 合同戦略会議委員リスト>

公開

委員長	岸 輝雄	独立行政法人物質・材料研究機構 旧理事長
委員	石垣 尚幸	日立金属株式会社 NEOMAXカンパニー 理事
委員	井上 明久	東北大学 総長
委員	太田 賢司	シャープ株式会社 理事代表取締役 専務(技術担当)
委員	北澤 宏一	独立行政法人科学技術振興機構 理事長
委員	逆瀬川 敏夫	独立行政法人石油天然ガス・金属 鉱物資源機構 特別顧問
委員	前田 正史	東京大学 生産技術研究所 所長

<希少金属代替材料開発プロジェクト企画委員リスト>

委員長	前田 正史	東京大学 生産技術研究所 所長
委員	安達 毅	東京大学 環境安全研究センター 助教授
委員	金丸 盛宣	株式会社神戸製鋼所 材料研究所 精錬凝固研究室 室長
委員	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
委員	北川 雅俊	松下電器産業株式会社 パナソニックAVCネットワークス社 映像・ディスプレイデバイス事業グループ PDPデバイスビジネスユニット 先行開発担当参事
委員	近田 滋	トヨタ自動車株式会社 車両技術本部 HV材料技術部 シニアスタッフエンジニア
委員	近藤 敏	独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 金属資源開発支援本部 金属資源開発調査企画 グループグループリーダー
委員	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
委員	松尾 伸也	大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻 マテリアル科学コース 教授
委員	御園 一郎	超硬工具協会 専務理事

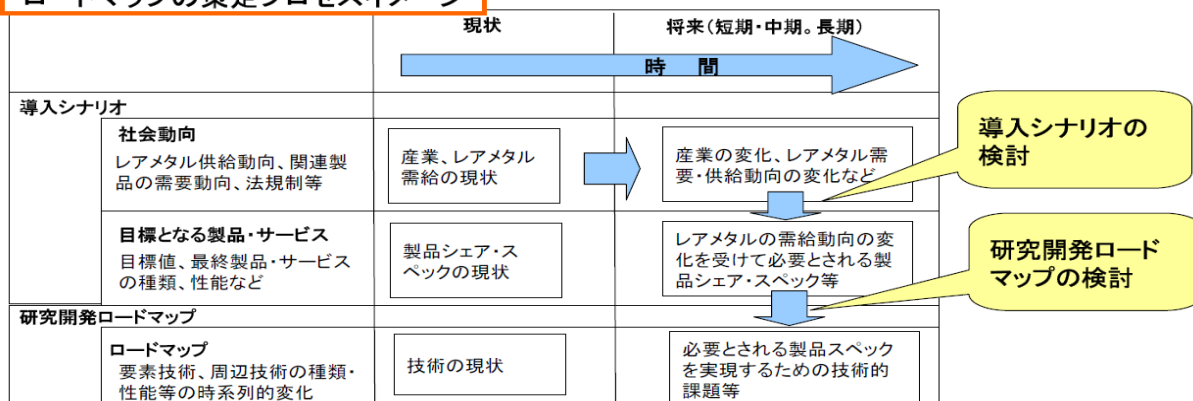
公開

II. 研究開発マネジメントについて(目標設定根拠)

公開

<企画委員会による技術ロードマップ策定>

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(希少金属代替材料の研究開発成果を織り込んだ)製品・サービスの内容を記載。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。

「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。

II. 研究開発マネジメントについて(目標設定根拠)

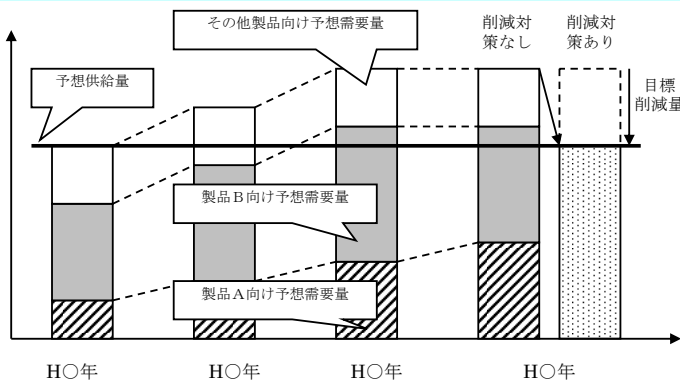
公開

<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23年度(2011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】

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



予想国内供給・需要量のイメージ

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

II. 研究開発マネジメントについて(目標設定根拠)

公開

(1)インジウム

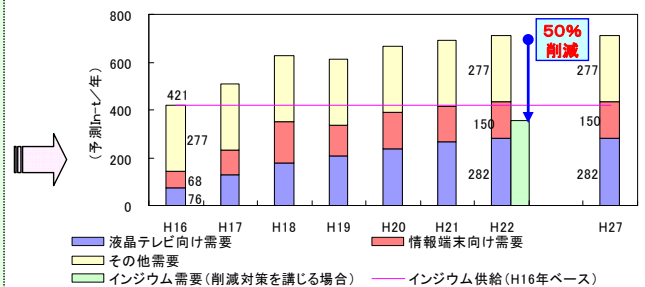
【需給動向】

平成22年度におけるインジウムの予想国内需要量は、同年の予想国内供給量の1.69倍と想定。

【削減対策に有効なシーズ技術】

- ①第一原理計算等による材料組成決定技術
- ②透明電極成膜技術
- ③ナノインクを利用したインクジェット塗布法 等

→目標削減率を50%と設定



(2)ディスプロシウム

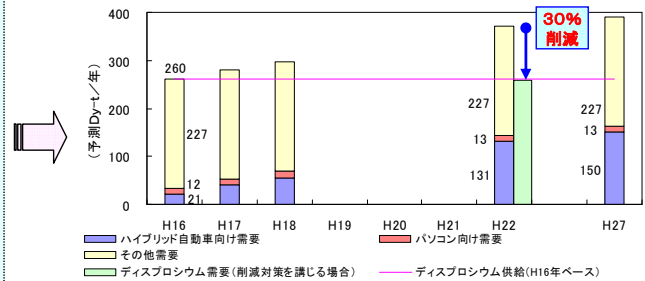
【需給動向】

平成22年におけるディスプロシウムの予想国内需要量は、同年の予想国内供給量の1.43倍と想定

【削減対策に有効なシーズ技術】

- ①希土類磁石結晶粒の微細化技術
- ②希土類磁石の界面ナノ構造制御技術
- ③界面構造解析と保磁力発現機構解明による指導原理獲得 等

→目標消費量削減率を30%と設定。



(3)タングステン

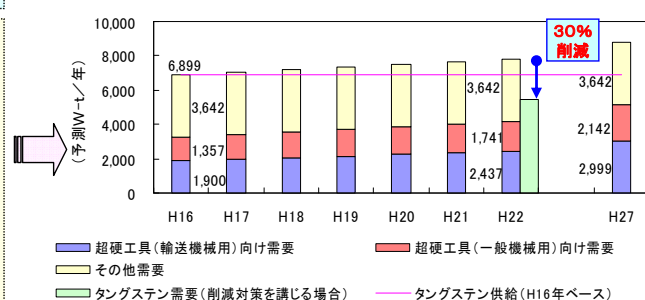
【需給動向】

平成22年におけるタングステンの予想国内需要量は、同年の予想国内供給量の1.36倍と想定。

【削減対策に有効なシーズ技術】

- ①切削工具の表面被覆の高性能化・膜密着性向上技術
- ②サーメット基材の特性改良と他硬質材料とのハイブリッド化
- ③コーティング工具母材におけるサーメット置換 等

→目標消費量削減率を30%と設定。



Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

<事業の目標>

- (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23年度までに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。
- (4) 公募方法: 提案公募方式により実施

19FYは、METI直執行

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(2004年)から50%以上低減
希土類磁石向けディスプレイ用ジウム(Dy)	現状(2004年)から30%以上低減
超硬工具向けタングステン(W)	現状(2004年)から30%以上低減

◎上記目標は、総合エネルギー調査会鉱業分科会レアメタル対策部会[第6回(H18)]で審議を行い、施策として承認された。

公開

公募・採択審査における経済産業省と文部科学省連携

(1) 提案公募の際の連携について

元素戦略PJ ⇔ 希少金属PJ

- ・元素戦略／希少金属代替材料開発合同戦略会議の設置
- ・元素戦略／希少金属代替材料開発府省連携シンポジウムの実施
- ・共同公募の実施
- ・合同で公募説明会の実施

(2) 採択審査における連携について

- ① 提案内容の双方における共有を調整
- ② 審査委員の相互交流
 - ・元素戦略PJ: 馬越委員 ⇒ 希少金属PJも審査
 - ・希少金属PJ: 前田委員 ⇒ 元素戦略PJも審査

事業の内容:プロジェクト開始当初の採択テーマ(7テーマ)

鉱種	技術	実施体制
インジウム (In)	削減	①東北大学、(株)アルバック、三井金属鉱業(株)、DOWAエレクトロニクス(株)
	代替(※)	①(独)産業技術総合研究所 ②金沢工業大学 ③高知工科大学、アルプス電気(株)、カシオ計算機(株)、ジオマテック(株)、(株)ZnOラボ、ハクスイテック(株)、三菱瓦斯化学(株)、(財)四国産業・技術振興センター
ディスポロシウム (Dy)	削減	①東北大学、山形大学、(独)物質・材料研究機構、(独)日本原子力研究開発機構、(株)三徳、インターメタリクス(株)、TDK(株)
タングステン (W)	削減	①(独)産業技術総合研究所、住友電気工業(株)
	代替	①(独)産業技術総合研究所、(財)ファインセラミックスセンター、(株)タンガロイ、富士ダイス(株)

(※)代替技術に関しては、平成20年度末の時点での各グループの開発成果、平成21年度以降の実施体制等についての評価を行い、継続の可否を判断することが採択時の条件。

平成20年度企画委員会(In分科会)評価結果

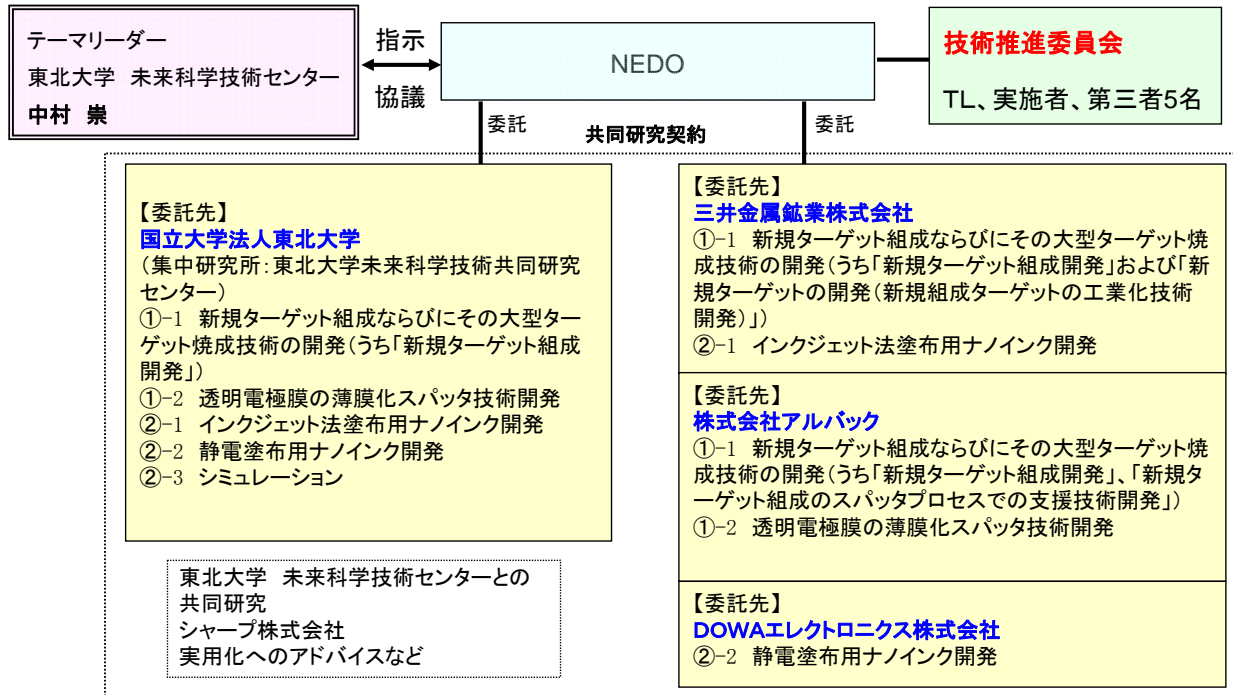
In代替3チームに、NEDOにおいて企画委員会(In分科会)を組織し、平成20年度末に開催。研究開発成果・実施体制、実用化への見通しの観点で継続の可否について評価。

	テーマ名	委託先	内 容	継続可否
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	(独)産業技術総合研究所	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。	× ・基礎研究の部分では評価されたが、連携体制の構築が不十分であり、実用化への見通しが未定。
②	酸化抑制型マグネトロンスパッタ製膜技術の開発	金沢工業大学	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	× ・パネルメーカーの参画がなく、実用化の見通しが未定。 ・透明導電膜の統一評価において、やや劣る。
③	酸化亜鉛系液晶ディスプレイの開発	高知工科大学 ／アルプス電気(株)／カシオ計算機(株) ／ジオマテック(株)／(株)ZnOラボ ／ハクスイテック(株) ／三菱瓦斯化学(株)	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。	○継続 ・垂直連携の体制の構築 ・研究成果が出ており、実用化が期待できる。

II. 研究開発マネジメントについて

公開

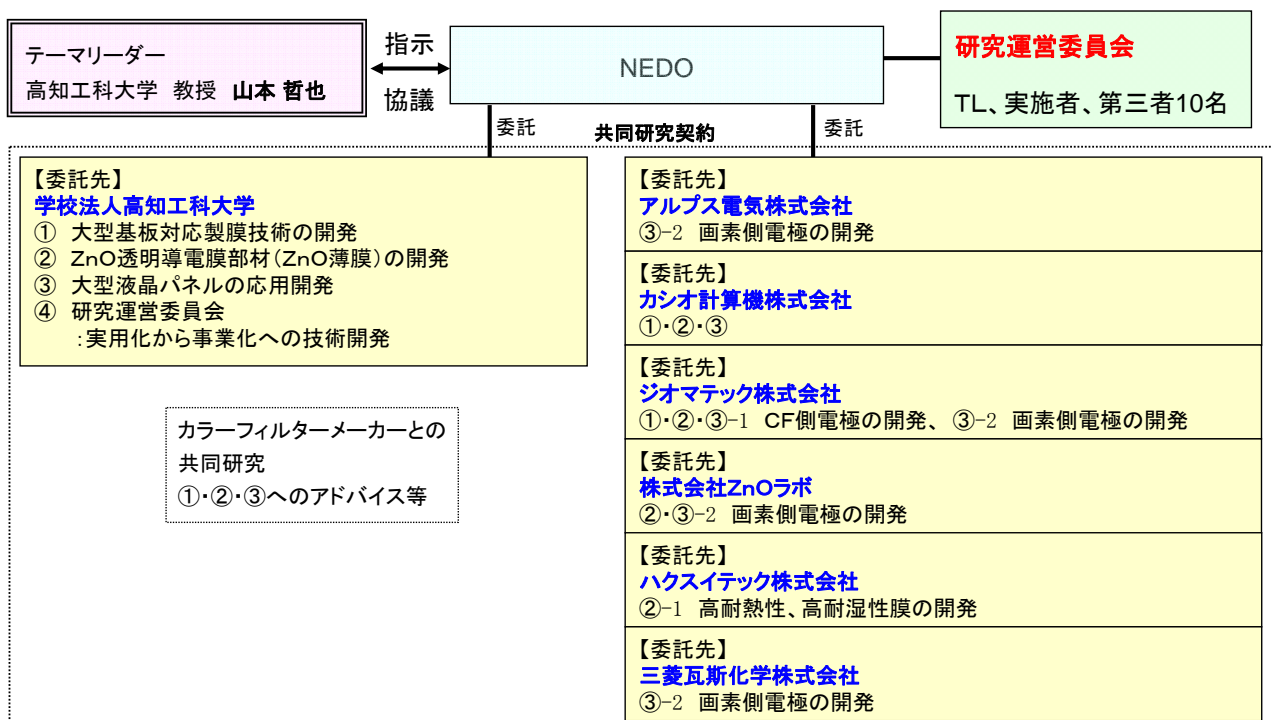
実施体制 ①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発



II. 研究開発マネジメントについて

公開

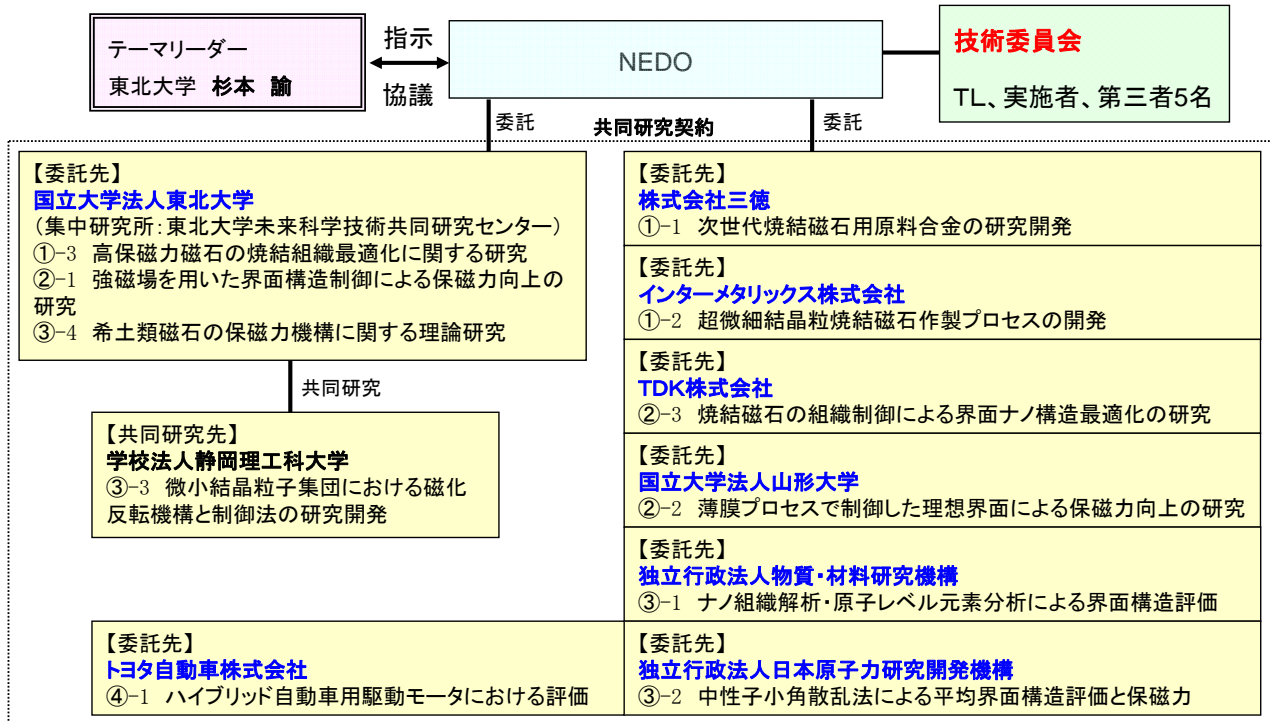
実施体制 ②透明電極向けインジウム代替材料開発



Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

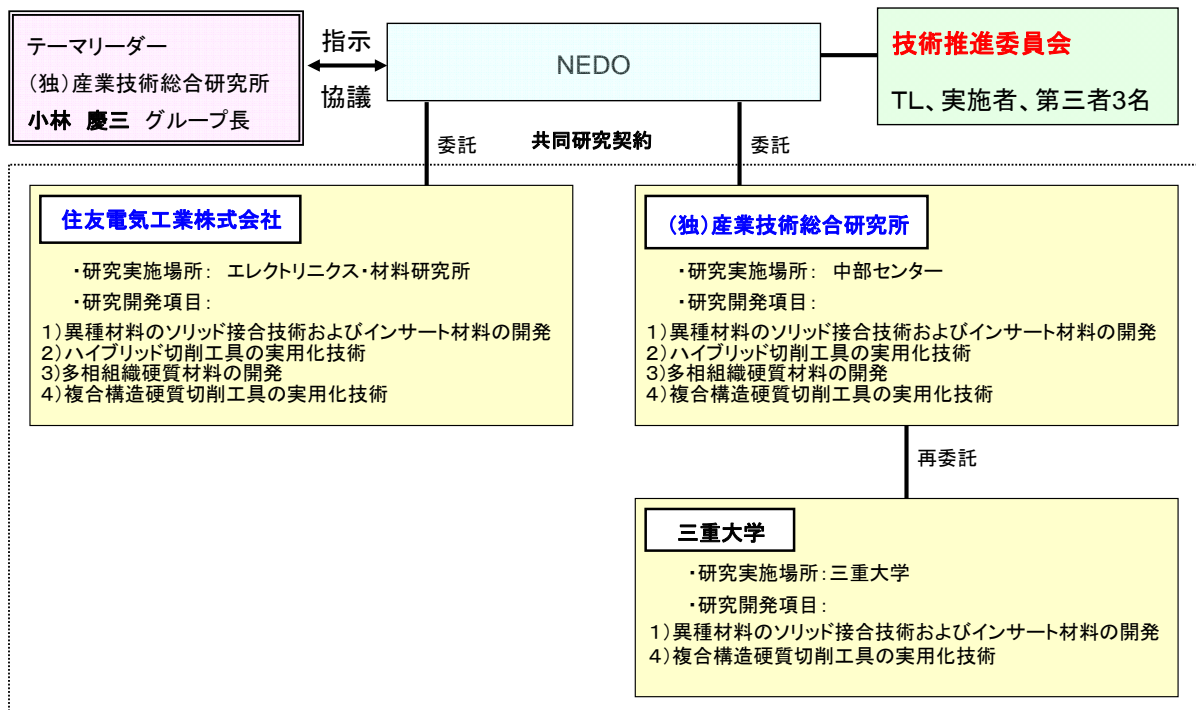
実施体制 ③希土類磁石向けディスプロシウム使用量低減技術開発



Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

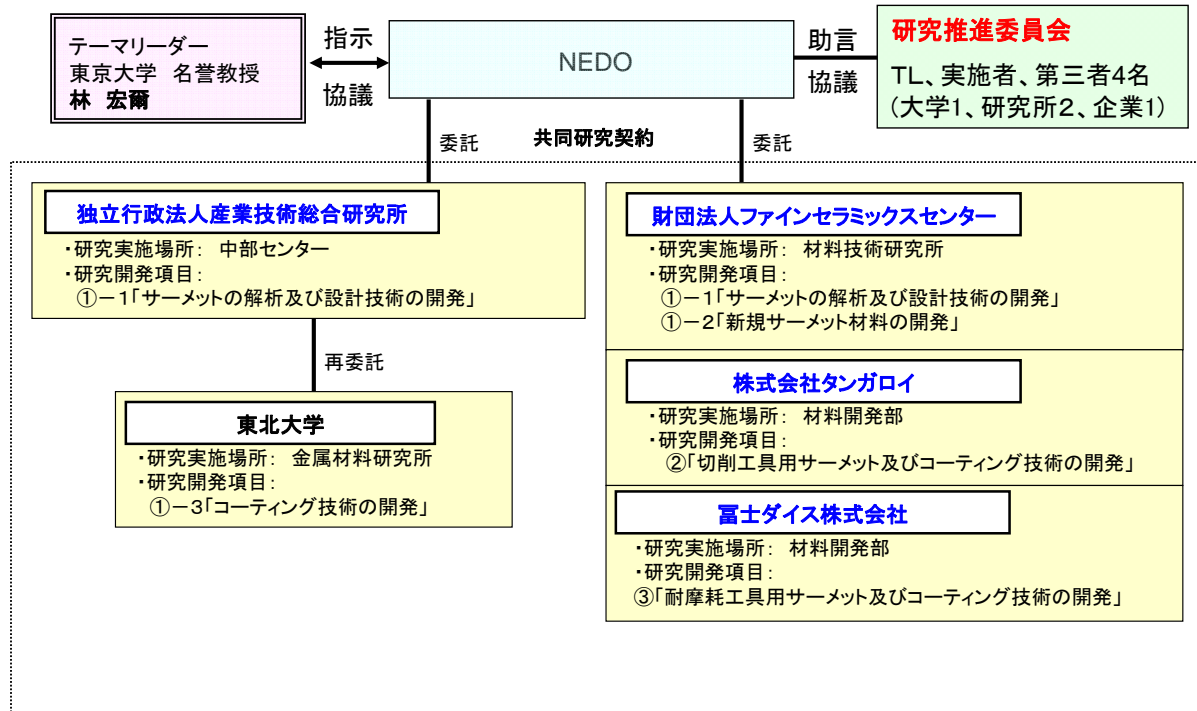
実施体制 ④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発



Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

実施体制 ⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発



Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

事業の開発予算(H19~H23)

(百万円)

	実施先	H19 METI直執行	H20 (+補正予算)	H21	H22	H23
①In低減 技術開発	東北大学、アルバック 三井金属鉱業、 DOWAエレクトロニクス	270	210(70)	170	(338)	(355)
②In代替 材料開発	産業技術総合研究所→ 金沢工業大学 → 高知工科大学グループ→	40 80 80	20(0) 50(0) 80(0)	180	(190)	(170)
③Dy低減 技術開発	東北大学、山形大学、 NIMS、原研、三徳、 インターマトリックス、TDK	310	270(90)	230	(335)	(331)
④W低減 技術開発	産業技術総合研究所、 住友電気工業	160	160(90)	137	(134)	(110)
⑤W代替 材料開発	産業技術総合研究所、 ファインセラミックスセンター、 タンガロイ、富士ダイス	160	150(250)	140	(160)	(140)
合計金額		1,100	940(500)	857	(1157)	(1106)

I. 事業の位置付け・必要性について

公開

費用対効果(使用量削減による効果)

【定量効果】

	金額	削減見込量	相場価格	諸元
透明電極向け インジウム	368億円	430t/年	855 \$/kg (2006年)	$430\text{t/年} \times 855 \text{ \$/kg} \times 100\text{円}/\$ \times 10^3$ = 367.7億円/年 \div 368億円/年
希土類磁石向け ディスプレイ用	17億円	110t/年	150 \$/kg (2006年)	$110\text{t/年} \times 150 \text{ \$/kg} \times 100\text{円}/\$ \times 10^3$ = 16.5億円/年 \div 17億円/年
超硬工具向け タングステン	60億円	2985t/年 (W鉱石)	200 \$/MTU (2006年)	$2985\text{t/年} \times 200 \text{ \$/MTU} (1\text{MTU}=\text{WO}_3\text{純分}$ $10\text{kg}) \times 100\text{円}/\$ \times (1000/10)$ = 59.7億円/年 \div 60億円/年
合計	445億円			

5年間の予算50億円強に対し、インジウム約368億円、ディスプレイ用約17億円、タングステン約60億円 計445億円の削減効果。

【定性効果】

本プロジェクトでターゲットとしているインジウム、ディスプレイ用、タングステンは、それぞれ液晶ディスプレイ、ハイブリッド自動車、超硬工具等の日本の産業競争力を支える製品に使われている。本開発によるレアメタルへの依存リスクの軽減は、本対象のみならず、日本の産業競争力の向上に寄与する。

II. 研究開発マネジメントについて

公開

運営管理 元素戦略／希少金属代替材料開発 合同シンポジウム

①第一回

平成19年2月16日(金)@東京大学 鉄門記念講堂

②第二回

平成20年1月23日(水)@東京大学 武田先端知ビル 5F 武田ホール

③第三回

平成21年1月27日(火)@東京大学 安田講堂

主催: 元素戦略／希少金属代替材料開発 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

情勢変化への対応 新規鉱種検討の為、リスク評価再実施(H20年度末)

No 鉱種	区分	リスクの分析・今後の動向	供給	今後の需要	鉱種選定
8 Nb	遷移金属	・主産国・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	増加	—
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	・チリが主産国であるがチリ、オーストラリア、アルゼンチン、中国、カナダ(2007年の生産比率各々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	・中国が主産国であるがメキシコ、ペルー、カナダ(2007年の生産比率各々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		・光学ガラス用途の需要は比較的安定している(139%)	懸念大	安定	—
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 ・蛍光体用途の需要が急増している(Eu267%) ・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	懸念大	増加	○
39 Y		・主用途はYAGレーザー、ジルコニア安定化剤等であり需要の急増はないとみられる	懸念大	安定	—

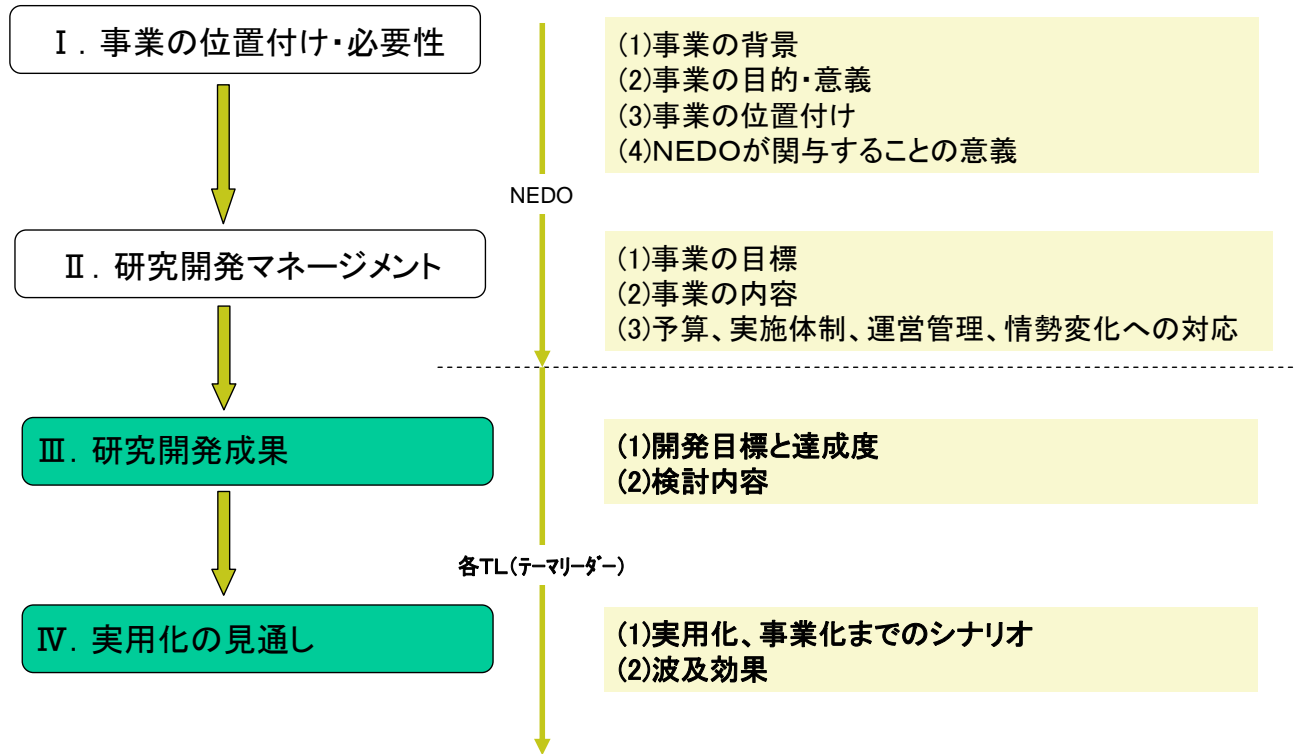
情勢変化への対応 白金等新規3鉱種の研究開発を追加(H21~25)

本プロジェクトでは、総合的な対策の一環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、平成19年度からインジウム、ディスプレイシウム、タングステンの3鉱種について研究開発を実施しているが、昨今の情勢変化を受けて、平成21年度から、新たに対象鉱種として、**白金族、セリウム、テルビウム・ユウロピウム**を追加することになり、以下のスケジュールで実施推進中である。

平成21年4月15日…NEDO、文科省同時公募開始
(文科省は元素戦略プロジェクト)
4月24日…NEDO、文科省同時公募説明会
5月25日…公募〆切
7月中…採択案件合同発表予定(NEDO、文科省)

概要説明 報告の流れ

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①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発
研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

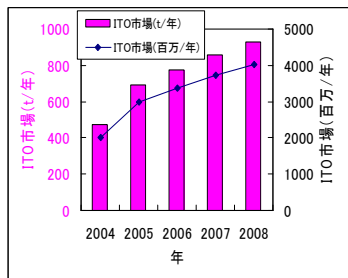
国立大学法人東北大学
株式会社アルバック
三井金属鉱業株式会社
DOWAエレクトロニクス株式会社

個別研究開発項目と背景(1)

公開

(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」

液晶TVを中心としたFlat Panel Display の大きな伸びにともなうITO需要の伸び



各種 透明導電性膜材料の比較

ターゲット	抵抗値	透過度	エッチング特性	耐アルカリ特性	コスト	実績 (FPD)
ITO	◎	○	○	◎	△	◎
IZO	◎	○	○	○	△	○
AZO	○	○	△	×	○	×
ATO	△	○	×	○	○	×

現在でも大型パネルはITOのみ

現状：大型FPDにはスパッタ法によるITO薄膜を透明導電性膜として使用、したがってインジウムの使用量削減を行いたいが、できるだけ従来の設備である**DCスパッタ法**をそのまま使用することが望ましい



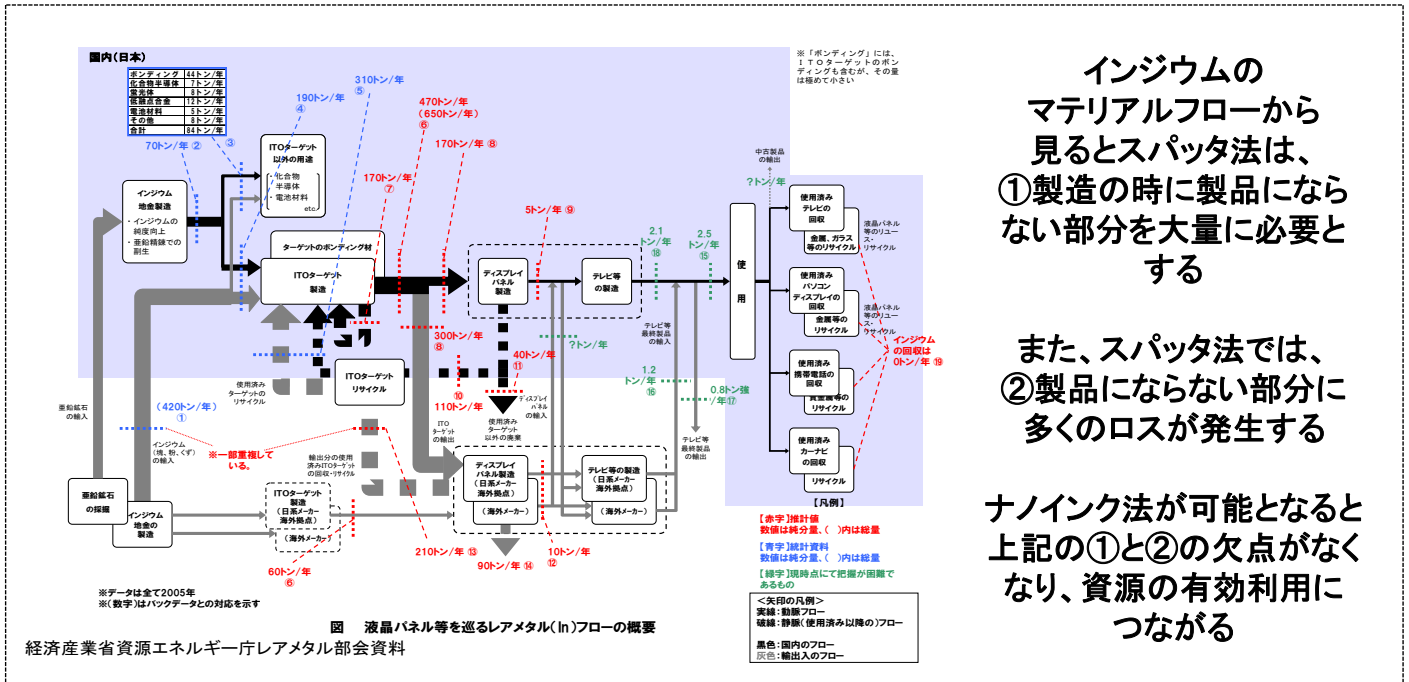
(1) インジウム削減のための手法としてITOに**第4元素を添加し**、ITO中のインジウムを削減しても従来の従来のITO薄膜と変わらない特性の大型ターゲット焼成技術を開発

(2) インジウム削減のための手法としてITO膜のさらなる**薄膜化**技術を開発

個別研究開発項目と背景(2)

公開

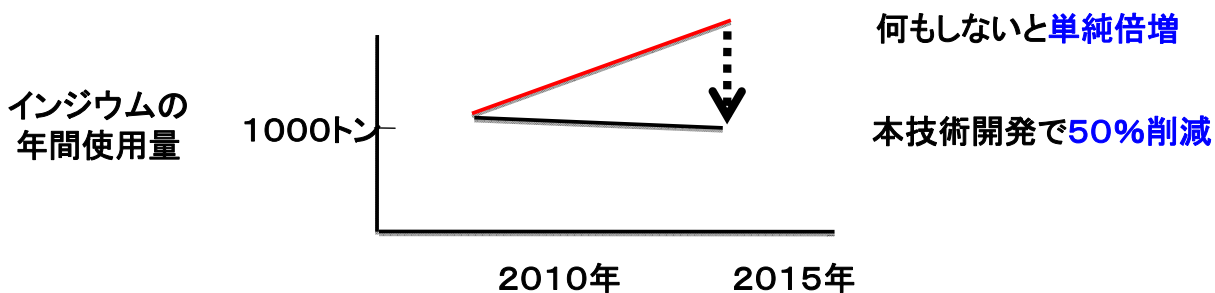
(2)「非スパッタリング法による透明電極向けインジウム使用量低減化技術開発」



事業の目標(2011年度 最終目標)

公開

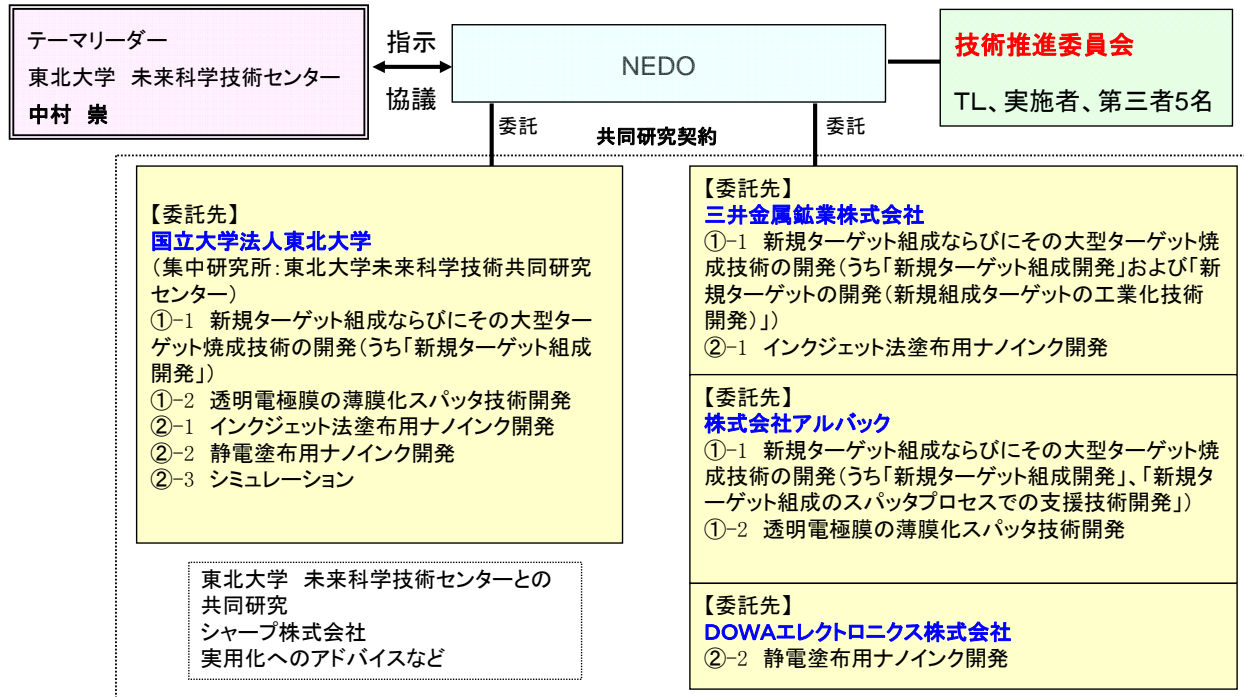
- (1)「スパッタリング法における透明電極向けインジウム使用量低減化技術開発」によりフラットパネルディスプレイに使用するITO薄膜のインジウム使用量を **40%削減**
- (2)「非スパッタリング法による透明電極向けインジウム使用量低減化技術開発」によりフラットパネルディスプレイに使用するITO薄膜のインジウム使用量を **10%削減**
- (1)(2)合わせて **50%のインジウム使用量を削減**



Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

実施体制 ①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発



Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発

- ・東北大学未来科学技術センター主催による

「技術推進委員会(年複数回)」開催

外部有識者の意見を運営管理に反映

シャープ株式会社 研究開発本部

国立大学法人 東京大学 生産技術研究所 教授 ほか3名

反映内容 (1)DCスパッタ等従来設備を利用できる開発にする

- ・その他、以下の委員会を開催

「進捗フォローアップ会議(年複数回開催)」

研究内容の進捗状況確認と今後の方針を協議

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

各研究開発項目の目標及び設定根拠

①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発

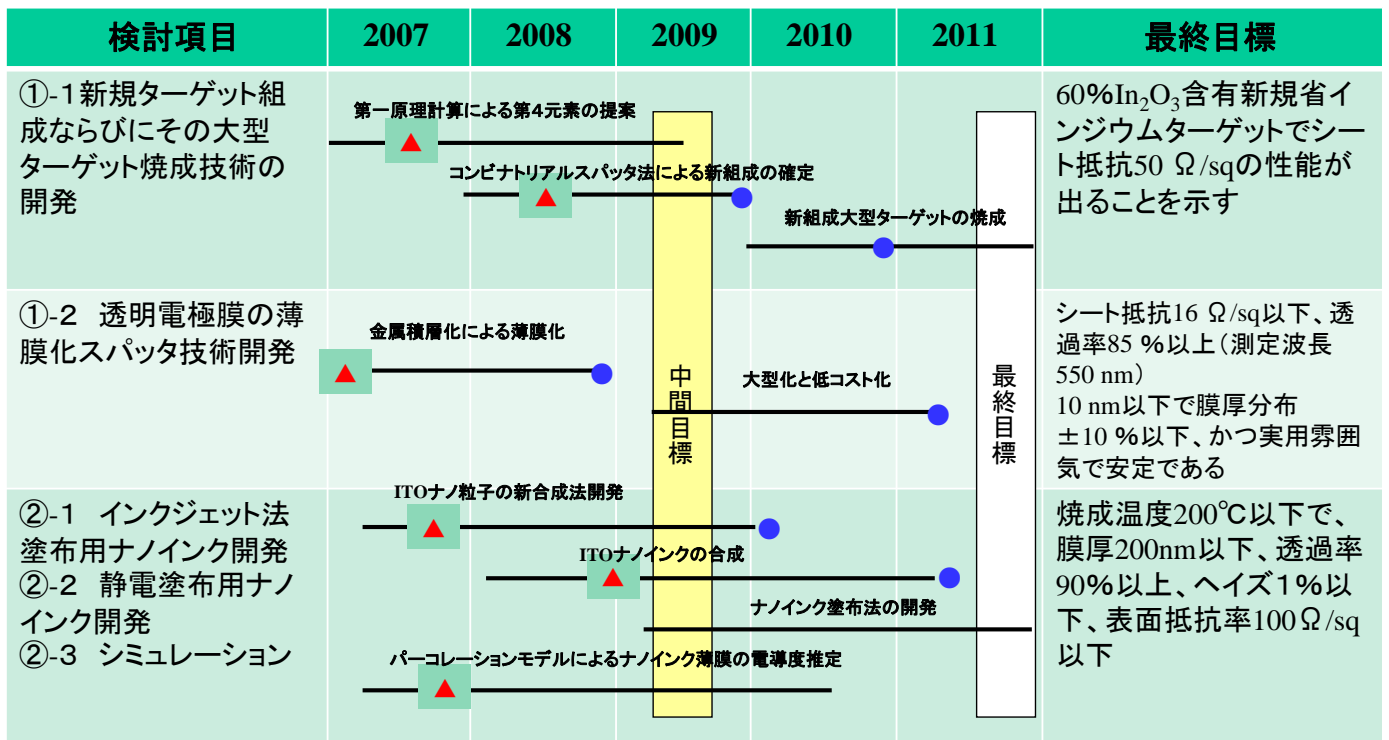
目 標	設定根拠
<p><中間目標></p> <p>(1)新規ターゲット組成では、小型スパッタリングの実験装置でシート抵抗50Ω/sqを実現する。薄膜化スパッタ技術開発では、ITO膜厚を100nm以下で透過率85%以上(測定波長550nm)を達成する。以上の結果からInの使用原単位を40%以上削減できることを実験的に立証する。</p> <p>(2)ナノインクによる電導膜について、透過率80%以上、ヘイズ2%以下、表面抵抗率1000Ω/sq以下を達成可能な塗布法の開発を目標とする。以上の結果から、Inの使用原単位を6%以上削減できることを実験的に立証する。</p> <p><最終目標></p> <p>(1)新規ターゲット組成では、所定の諸特性(体積抵抗率200~250μΩcm、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16Ω/sq(160μΩcm)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。以上の技術を確立し、Inの使用原単位を40%以上削減できる工業化・製造技術を確立する。</p> <p>(2)インクジェット法では、焼成温度200-300℃、膜厚<150nm(Ra<10nm)、抵抗値<5×10⁻³Ωcm、透明性>96%(450-800nm)、耐擦性>3H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℃以下で、膜厚200nm以下、透過率90%以上、ヘイズ1%以下、表面抵抗100Ω/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。以上の技術を確立し、Inの使用原単位を10%以上削減できる工業化・製造技術を確立する。</p> <p>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。</p>	<p>左記性能を持つ省インジウムITOターゲットを開発し、普及すれば、インジウム使用量が30%以上削減可能</p> <p>左記性能を持つ薄膜化技術を開発し、全体のITO薄膜に適用できれば、これだけで半減可能。仮に3割に適用すればインジウム約15%の削減可能</p> <p>左記性能のITOナノインクと塗布法を開発し、TFT電極に適用できれば、スパッタでの使用量が約半減し、そのためのプロセス中のロス約5%が削減可能</p>

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

研究開発スケジュール①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発

▲:基本原理確認
●:基本技術確立



Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

開発予算 ①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発

◆開発予算

(単位:百万円)

検討項目	'07	'08	'09	'10	'11	合計
①-1 新規ターゲット組成ならびにその大型ターゲット焼成技術の開発	130	70[38]	50	(124)	(135)	(509)
①-2 透明電極膜の薄膜化スパッタ技術開発	30	50[20]	40	(36)	(50)	(206)
②-1 インクジェット法塗布用ナノインク開発	60	50	30	(78)	(85)	(303)
②-2 静電塗布用ナノインク開発 ②-3 シミュレーション	50	40[12]	50	(100)	(85)	(325)
合計	270	210[70]	170	(338)	(355)	(1343)

[]内は補正予算で外数

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

個別目標と達成状況(1) ①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発

(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技術開発」

検討項目	中間(自主)目標	最終目標	成果	達成度	コメント
第一原理計算による第4添加元素の決定	プログラム開発と具体的な添加元素の提示	低インジウムでの計算精度の向上	プログラムが完成し、具体的な元素が示された	◎	22年度で終了予定
新規省インジウムITO組成の決定	In ₂ O ₃ 75 wt%組成のITO薄膜で従来のITO特性を得る	In ₂ O ₃ 60 wt%組成の薄膜で従来のITO特性を得る	In ₂ O ₃ 60 wt%組成の薄膜で従来の電気伝導とほぼ同等	◎	他の可能性ある元素についてもさらに検討する予定
金属積層ITO薄膜の作製	シート抵抗50Ω/sq以下、ITO膜厚100nm以下、透過率85%以上(測定波長550nm)	ITOの膜厚を両面合わせて100nm以下とし、シート抵抗16Ω/sq以下、透過率85%以上(測定波長550nm)とする製造技術を開発	シート抵抗16Ω/sq以下、透過率85%以上(測定波長550nm)	◎	ほぼ最終目標を達成、次は新規省インジウムITO薄膜で挟み込み技術を応用する

達成度→中間目標達成:◎, 本年度中に中間目標達成見込:○, 中間目標未達成:△

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

個別目標と達成状況(1) ①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発

(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技術開発」

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

研究内容(中間目標)	研究結果	達成度
研究1 第一原理計算による第4添加元素の推定	計算手法が確立され、元素としてTi, Sb, Mo, V, Feなどが従来のITOと遜色ない電気伝導特性を示す可能性が明らかになった。	◎
研究2 コンビナトリアルスパッタ法による第4元素添加新規省インジウム組成の決定	第一原理計算により示されたTi とSbについて実験を行い、TiO ₂ で30 wt%程度までIn ₂ O ₃ を代替しても大きく電気伝導度が低下しないことがわかった。 一方、Sbに関しては、ITOにSbドーピングすることで電気伝導度が上昇する可能性を見出した。また、薄膜に関しては、完全にITOと同じレベルの性能は出ていないが、かなり近い特性が出るということがわかった。	◎
研究3 小型の実験装置でシート抵抗50 Ω/sqを実現するための評価用ターゲットを作製	大学より提示された評価用ターゲットを作製し、膜評価を実施できた。しかし、新規組成で高密度化が困難なものもあり、粉、焼成プロファイルなどの見直しが必要である。現在、粉末の調整が進み、新規組成での高密度ターゲットの作製目処がついた。	○

達成度→中間目標達成:◎, 本年度中に中間目標達成見込:○, 中間目標未達成:△

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

個別目標と達成状況(2) ①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発

(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」

検討項目	中間(自主)目標	最終目標	成果	達成度	コメント
インクジェット用ITOナノインクの開発	数ナノオーダーの単分散ナノ粒子合成法の確立	焼成温度 200~300 °Cで、膜厚150nm 以下、抵抗値 $5 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$ 以下、透明性 96% 以上、耐擦性3H以上	圧粉体抵抗 0.05 Ω/sq 以下	◎	市販されている粉末では1ミクロン程度の厚さが必要なのに対して、開発したナノインクは抵抗値が市販最良値よりも1/2以上低いいため、導電性の確保のために膜厚を厚くする必要がなく、十分に200~500 nm程度の厚さを達成できる。
静電塗布法用ITOナノインクの開発	透過率80%以上、ヘイズ2%以下、表面抵抗率1000 Ω/sq以下	焼成温度 200 °C以下で、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 以下	圧粉体抵抗 0.05 Ω/sq 以下	◎	これにより、従来より6%の削減が可能
効率よい塗布法を実現するために必要なITOナノ粒子の形態、分布のシミュレーション	パーコレーションモデルによるシミュレーションモデルの開発とその成果のナノ粒子形態への提言	粒子の表面電荷を考慮したシミュレーションモデルを開発し、より実際の現象に即したモデル開発を行い、塗布法と連携し、塗布法でのTFT電極での使用を可能にする。	パーコレーションモデルによるシミュレーションモデルの開発とその成果のナノ粒子形態への提言を行った。	◎	ほぼ最終目標を達成、次は新規省インジウムITO薄膜で挟み込み技術を応用する

達成度→中間目標達成:◎, 本年度中に中間目標達成見込:○, 中間目標未達成:△

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

他の省インジウム技術(競合技術)開発との比較

該当検討項目	現状の本技術	他(競合)技術	比較結果	コメント
新規組成スパッタ組成ターゲットの開発	インジウム50%で従来のITO組成と同程度の電気伝導度、光透過性の組成決定	実験室的な試行のみ、それも最大で数%の第4元素添加にとどまっている	◎	新組成ターゲットの高密度化
金属積層ITO薄膜の作製	シート抵抗16 Ω/sq以下、透過率85%以上(測定波長550 nm)10 nm以下で膜厚分布±10%以下、かつ実用雰囲気安定である薄膜作製	他技術でも同様な試みは行われている。すべて金属としてはAgを添加。現状シート抵抗は本技術が最も低い。	◎	挟み込んだ金属層の長期安定性の確立が必要
塗布法用ITOナノインクの開発	数ナノオーダーの単分散ナノ粒子合成法の確立 透過率80%以上、ヘイズ2%以下、表面抵抗率、1000 Ω/sq以下の薄膜作製に成功	多くのITO粒子は焼成法、もしくは気相法で作成するためマイクロオーダー、Sn添加ナノ粒子の合成は他にはない。	◎	インク化溶媒・溶剤の成膜後の低温除去

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

知的財産権、成果の普及 ①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発

	H19	H20	H21	計
特許出願	0	2	1	3件
論文	1	1	1	3件
研究発表・講演	3	17	8	28件
受賞実績	0	0	0	0件
新聞・雑誌等への掲載	0	3	3	6件
展示会への出展	0	3	0	3件

※：平成21年度7月1日現在

成果の実用化可能性 ①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発

(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」

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開発

従来の電導度と光透過性を維持し、60 mass%In₂O₃組成のITO薄膜をスパッタできる大型ターゲットの焼成技術の開発

中間目標は 小型ターゲットの作製



現在、組成は決定、小型ターゲット焼成中 H21秋には完成予定課題は、エッチング

2)薄膜化スパッタ技術開発

シート抵抗16 Ω/sq以下、透過率85 %以上(測定波長 550 nm)
10 nm以下で膜厚分布±10 %以下、かつ実用雰囲気で安定である

トータルに必要な体積抵抗率は65~85 μΩcm

ITO薄膜 30nm

金属薄膜 10nm

ITO薄膜 30nm

金属薄膜積層
ITO薄膜

最終目標を達成
実用化可能

さらなる可能性としてプロセスの低コスト化と新規省In組成薄膜を利用した新薄膜化技術開発

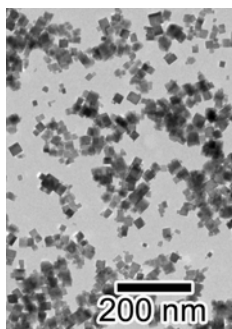
成果の実用化可能性 ①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発

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

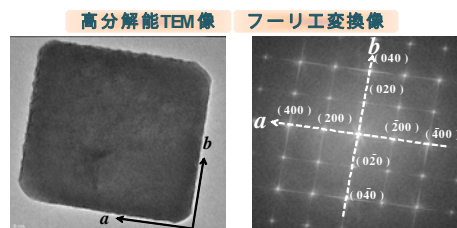
インクジェット用および静電塗布印刷用ITOナノインクの開発

インクジェット印刷および静電塗布印刷で、焼成温度 200 °C以下で、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 以下の性能の薄膜を製造できるナノインクの開発

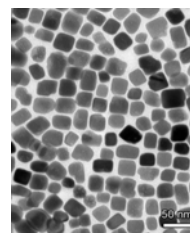
中間目標
ナノインク作製のためのITOナノ粒子の合成法確立



インクジェット用ITOナノ粒子のTEM写真



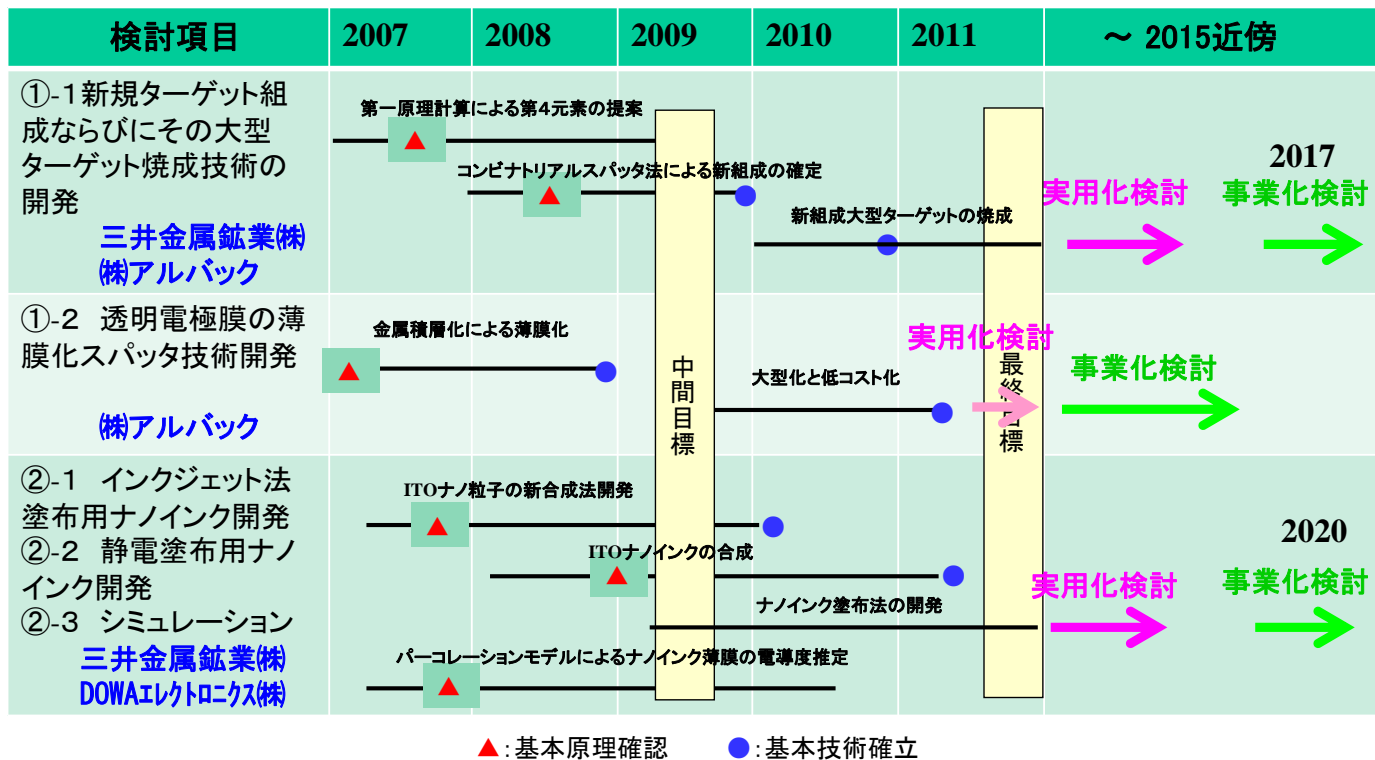
静電塗布用ITOナノ粒子のTEM写真と静電塗布を行った薄膜のTEM写真



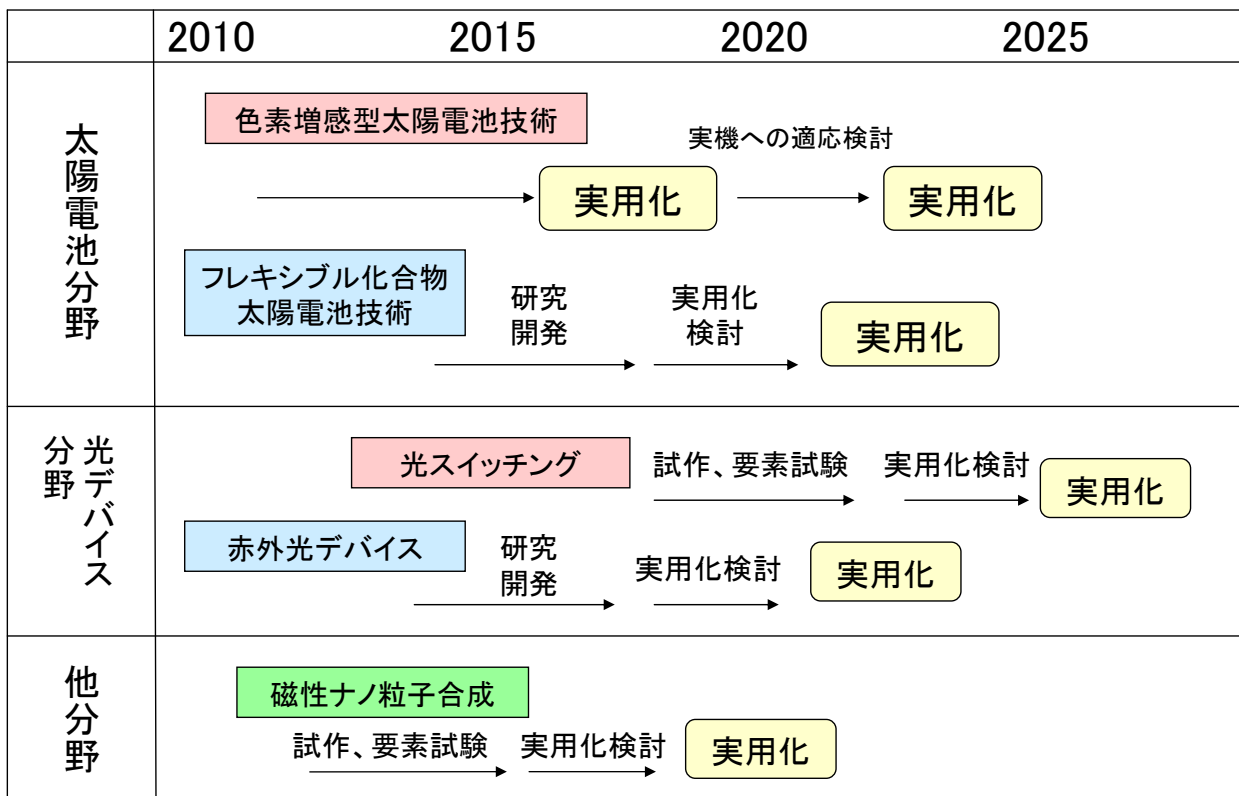
いずれもITOナノ粒子の合成法は確立、現在プロセスの大型化と塗布を開発中実用化の見通しは明るい

低コスト薄膜化技術にも繋がる

事業化までのシナリオ ①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発



波及効果 ①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発



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②透明電極向けインジウム代替材料開発

研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

公立大学法人高知工科大学グループ
公立大学法人高知工科大学、
アルプス電気(株)、カシオ計算機(株)、
ジオマテック(株)、(株)ZnOラボ、
ハクスイテック(株)、三菱瓦斯化学(株)

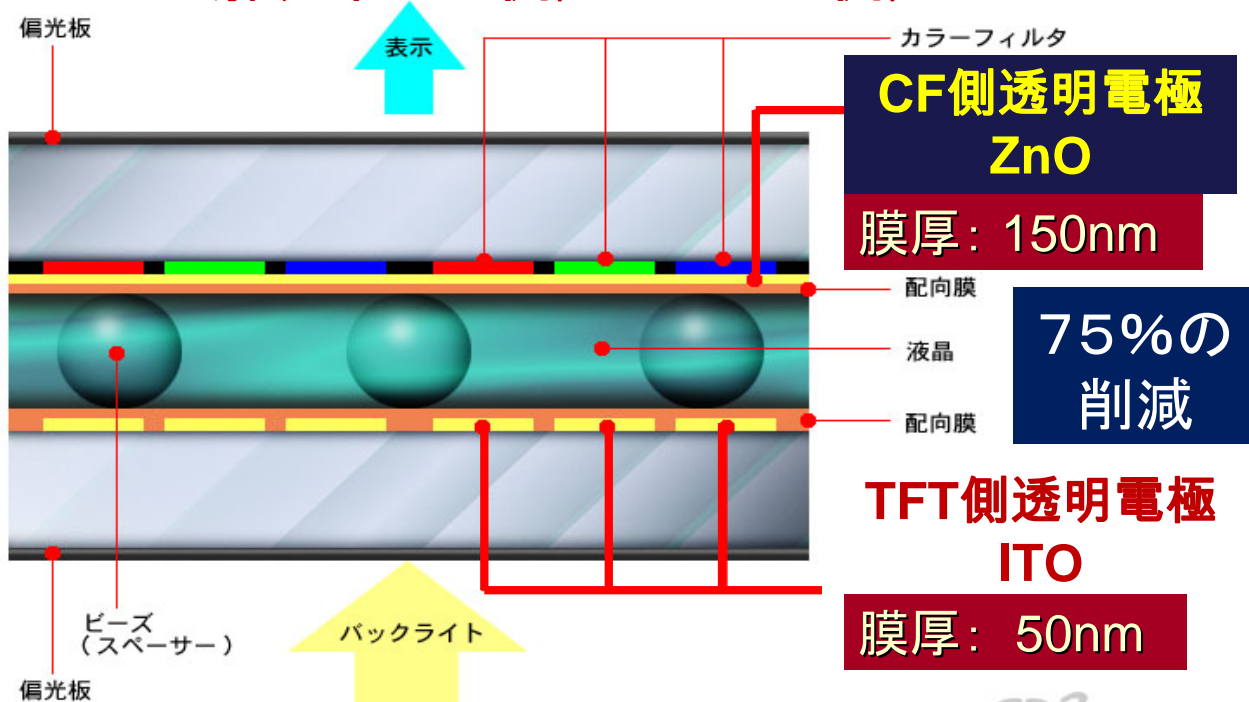
本研究開発の目標

公開

事業原簿 P. ②Ⅲ-1

目標:In 使用原単位 50%以上削減

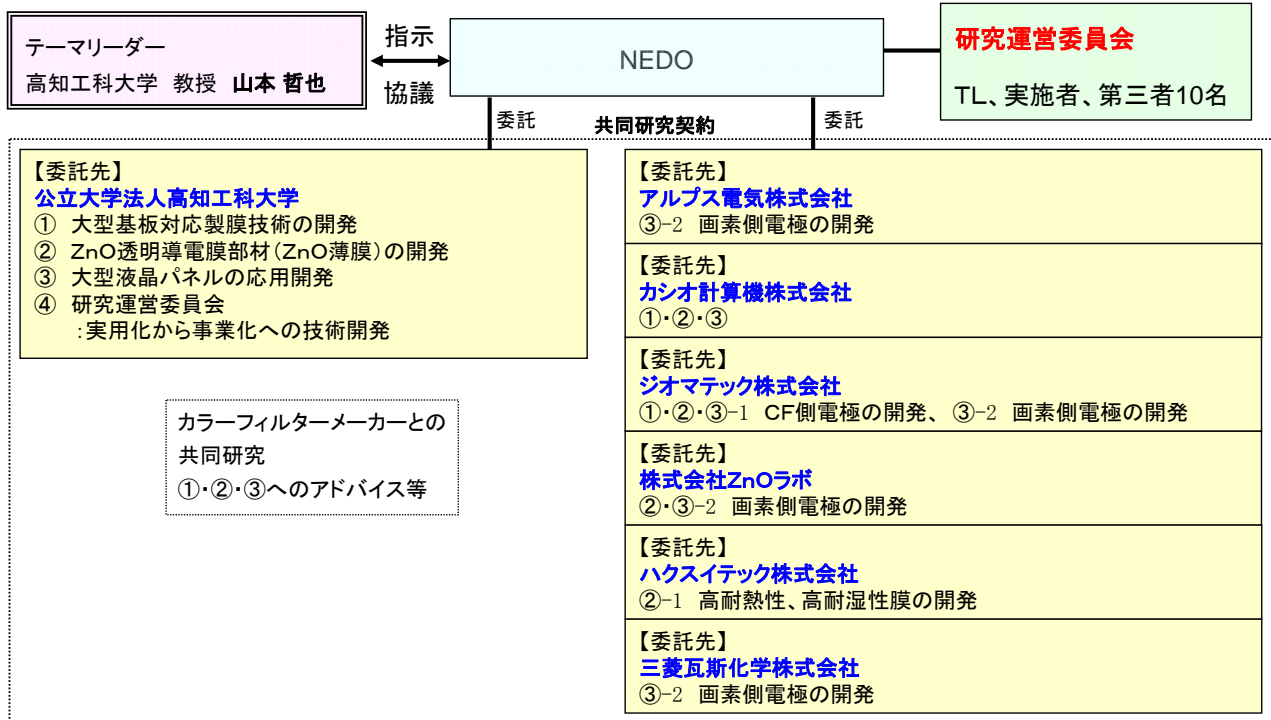
解決策:CF側; ZnO・TFT側; ITO



Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

実施体制 ②透明電極向けインジウム代替材料開発



Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

②透明電極向けインジウム代替材料開発

・高知工科大学主催による

「研究運営委員会(年1回)」開催

外部有識者の意見を運営管理に反映

パネルメーカー、装置メーカー、部品供給企業など

反映内容: 本プロジェクトの進捗状況とニーズとの整合性

・その他、以下の委員会を開催

「進捗フォローアップ会議(26回)初年度、22回2年目年度」

研究内容の進捗状況確認と今後の方針を協議

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

各研究開発項目の目標及び設定根拠

②透明電極向けインジウム代替材料開発

目 標	設定根拠
<p><中間目標></p> <p>スパッタ技術開発およ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。</p> <p><最終目標></p> <p>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る諸特性を満足し、酸化亜鉛系材料およびその成膜技術を確立する。</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> 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H₂SO₄(5%) 室温10分浸漬) 	<p>パネル試作により、ITO代替材料の液晶パネル量産ライン適用上の課題(機能、安定性、信頼性など)抽出及び解決策の具体化が可能となる。</p> <p>液晶パネルのカラーフィルター側透明電極の膜厚はTFTアレイ側電極の約3倍。前者代替で50%以上の低減可能。</p> <ul style="list-style-type: none"> 抵抗率: 液晶パネル設計側要求値 透過率: 同上 耐熱性: パネル製造工程上必須 耐湿性: 製品化試験上の要求 耐薬品性: 透明電極加工プロセスからの要求特性。 <p>【注】同様の目的の現使用有機薬液耐性でも要求特性の合否判断が可能。</p>

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

研究開発スケジュール ②透明電極向けインジウム代替材料開発

検討項目	2007	2008	2009	2010	2011	最終目標値
①大型基板対応製膜技術の研究開発	製膜装置設計 既存装置データ収集		ZnO 用スパッタ製膜技術 (実用化検討)			<ul style="list-style-type: none"> 膜厚140nm 前後でシート抵抗 $20 \Omega / \text{Sq}$. 大型基板対応の製膜プロセスを確立
②ZnO透明導電膜部材の研究開発 ②-1 高耐熱性・高耐湿性膜の開発 ②-2 耐薬品性膜の開発	耐熱性膜 耐湿熱性膜 耐薬品性膜		中間目標		最終目標	<ul style="list-style-type: none"> 膜厚140nm前後で、耐熱性・耐湿性において抵抗変化率$\leq 10\%$ 膜厚70~100nmで、耐湿性における抵抗変化率$\leq 10\%$ 膜厚140nm前後で、耐アルカリ性において透過率変化$\leq 2\%$
③大型液晶パネルの応用開発 ③-1 CF側電極の開発 ③-2 画素側電極の開発 ③-3 液晶パネルの試作と評価	小型パネル対応 微細加工技術 小型パネル	小型パネル点灯	大型パネル対応 コンタクト・段差被膜 大型パネル		大型パネル点灯	<ul style="list-style-type: none"> CF 側電極製膜プロセスを確立 ZnO 膜とアルミニウムとのコンタクト抵抗 $100 \text{ m}\Omega / \text{sq}$. 以下 段差 500nm における段差被覆率 40% 以上 20インチクラスの液晶パネルの試作と点灯確認、及び信頼性評価合格 短波長領域の透過率、従来のITO に比べ最大 2% 増大

▲: 基本原理確認

●: 基本技術確立

公開

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

開発予算 ②透明電極向けインジウム代替材料開発

◆ 開発予算

(単位:百万円)

検討項目	'07	'08	'09	'10	'11	合計
① 大型基板対応製膜技術の開発 ①-1 成膜プロセス開発 ①-2 適正ターゲット開発	10	18	67	(22)	(14)	(131)
② ZnO透明導電膜部材の開発 ②-1 高耐熱性膜開発 ②-2 高耐薬品性膜開発	34	17	24	(44)	(66)	(185)
③ 大型液晶パネルの応用開発 ③-1 CF側電極 ③-2 画素側電極 ③-3 パネル試作と評価	36	33	89	(124)	(90)	(372)
合計	80	68	180	(190)	(170)	(688)

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

個別目標と達成状況 ②透明電極向けインジウム代替材料開発

中間目標の達成度

検討項目	中間目標	最終目標	成果	達成度	コメント
大型基板対応製膜技術の研究開発 ZnO透明導電膜部材の開発 大型液晶パネルの応用開発	スパッタ技術開発およ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。	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 $\leq 10\%$ 耐湿性: 抵抗変化率 $\leq 10\%$ 耐薬品性: 可視光透過率の変化率 $\leq 2\%$ 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: $2.39 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ 透過率: 可視光平均透過率 86.7% 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。	◎	3インチレベルのパネル試作は20年度に達成済。 パネル信頼性評価(環境温度 60°C、湿度90%条件下で240時間の連続点灯)も合格を確認済。21年度以降は20インチレベルのパネル試作・評価に取り組む。

達成度→中間目標達成:◎, 本年度中に中間目標達成見込:○, 中間目標未達成:△

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

知的財産権、成果の普及 ②透明電極向けインジウム代替材料開発

	H19	H20	H21	計
特許出願	1	4	1	6件
論文	0	7	1	8件
研究発表・講演	9	18	12	39件
受賞実績	0	0	0	0件
新聞・雑誌等への掲載	0	11	3	14件
展示会への出展	0	2	0	2件

※：平成21年度7月1日現在

成果の普及 ②透明電極向けインジウム代替材料開発

“世界初” ZnO 透明導電膜付液晶ディスプレイ
 日経産業新聞 H20年4月24日第1面掲載
 インジウム削減割合：75%

連続 1,000時間稼働：温度60℃、湿度90%



公開

IV. 実用化・事業化の見通しについて

公開

成果の実用化可能性 ②透明電極向けインジウム代替材料開発

本プロジェクトでは、透明電極向けインジウムの使用原単位を 50% 以上低減することを目標に、2011年度末までに大型液晶ディスプレイ(LCD)パネル実装に適用可能な ZnO 系透明導電膜技術を確立する。

構築した技術はパネル関連ならびに透明電極利用製品関連企業に提供する。

(中間成果)

世界に先駆けて、酸化亜鉛透明導電膜を小型(3インチ) LCDパネルにおけるカラーフィルター(CF)側透明電極へ適用させる量産へつなげる技術開発とそれによる点灯に成功した。さらに従来の ITO 透明電極を用いた小型 LCD パネル製造プロセスと互換性があることを実証した。

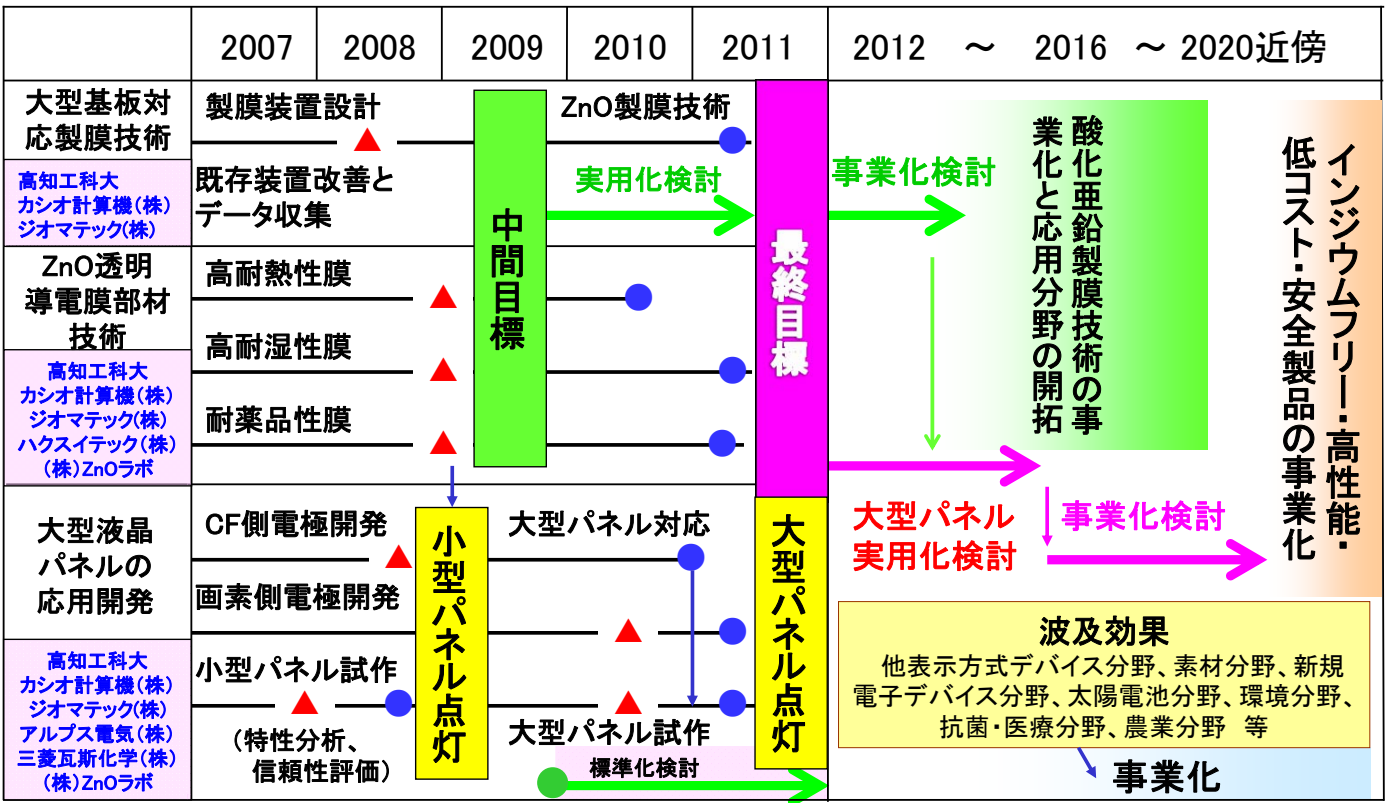
成果のまとめ:

- (1)従来製造プロセスとの互換性。
- (2)ITO透明電極を用いた液晶LCDパネルの表示特性と遜色なし。
- (3)パネル信頼性評価(環境温度 60℃、湿度90%条件下で 240 時間連続点灯)合格を確認。

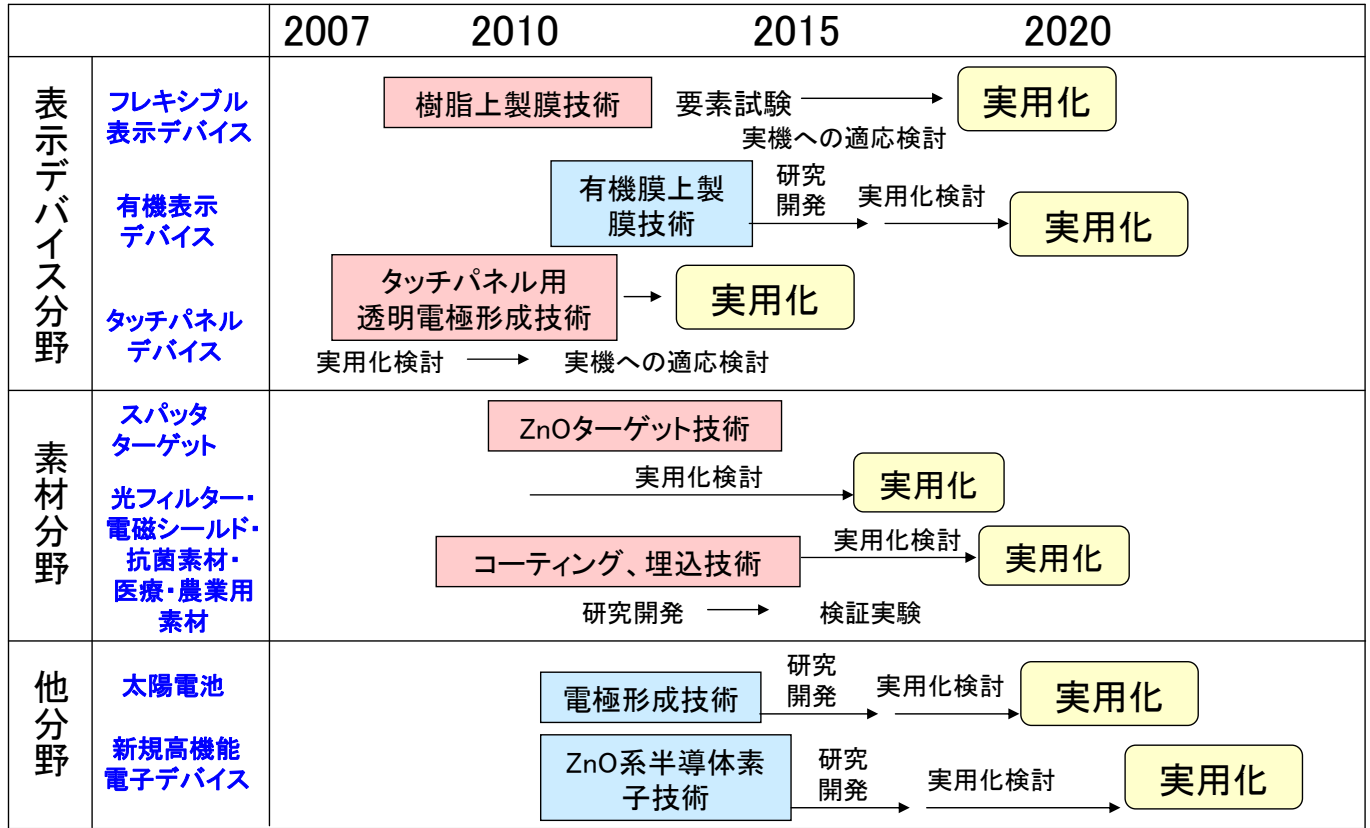
(1)～(3)よりインジウム代替酸化亜鉛透明電極を用いた小型 LCD パネルの実用化の見通しを得た。21年度以降は小型 LCD パネルで得られた当該技術をベースに20インチクラスの大型 LCDパネル 適用への応用技術開発を推進する。

IV. 実用化・事業化の見通しについて

公開



波及効果 ②透明電極向けインジウム代替材料開発



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

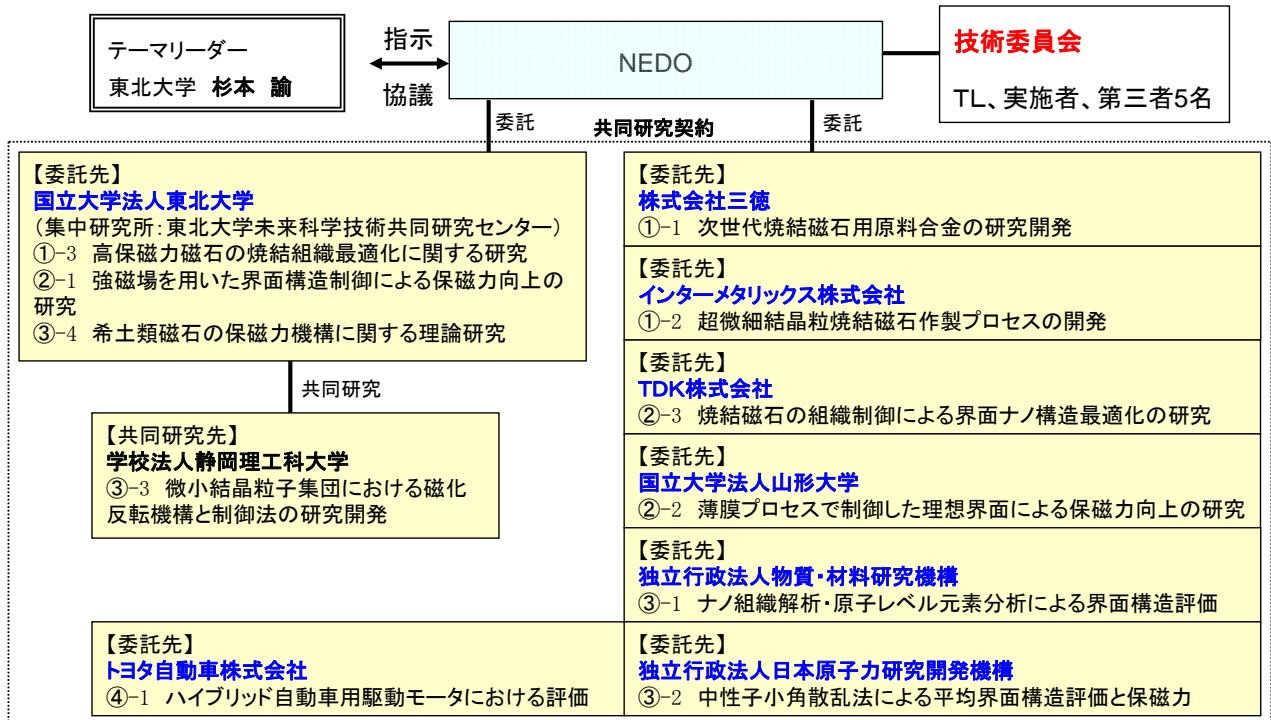
研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

- 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

II. 研究開発マネジメントについて

公開

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



II. 研究開発マネジメントについて

公開

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

・東北大学未来科学技術センター主催による

「技術委員会(年複数回)」開催

外部有識者の意見を運営管理と研究に反映

学校法人 明治大学 理工学部 教授(委員長)

社団法人 未踏科学技術協会 特別研究員(副委員長)

国立大学法人 東北大学 名誉教授

他 2名

反映内容 (1)磁気特性向上と組織最適化に関する知見を得る
(2)省Dy磁石に関する内外情報の収集

・その他、以下の委員会を開催

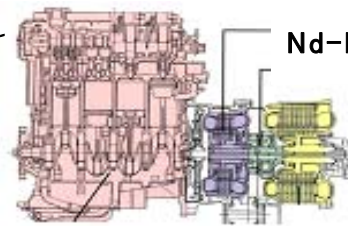
「進捗フォローアップ会議(年複数回)」

研究内容の進捗状況確認と今後の方針を協議

研究開発の背景と目標

公開

省Dy Nd-Fe-B系焼結磁石の必要性

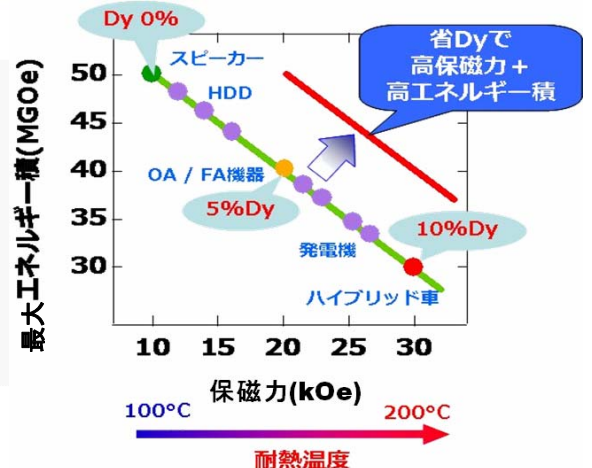
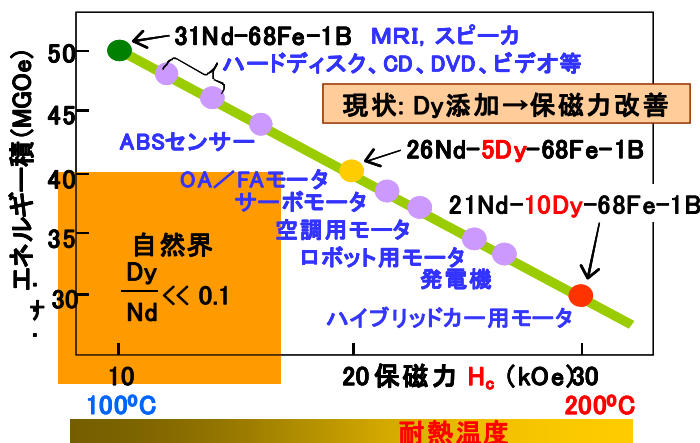


Nd-Fe-B系磁石

200°C

渦電流等による発熱

Nd-Fe-B系焼結磁石の組成と用途



Dy: 資源量希少 100%中国に依存



省Dy技術、代替技術

研究開発の背景

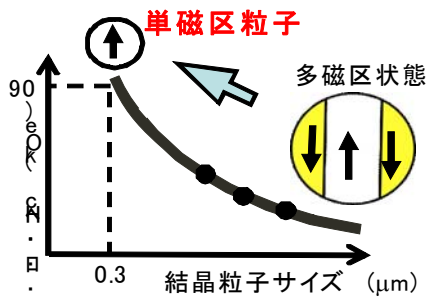
公開

アプローチ(保磁力増大への戦略)

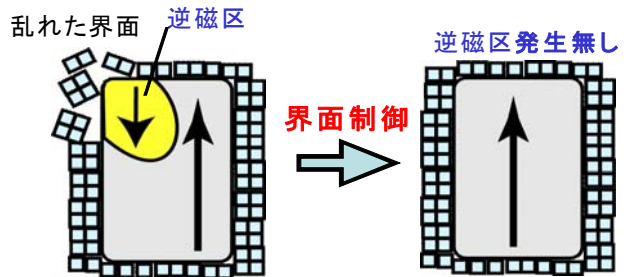
現状: Dy-freeで保磁力Hc=10kOe程度(理論値の1割程度)!

- 2つのDy非依存型アプローチ -

I. 粒子サイズを減少



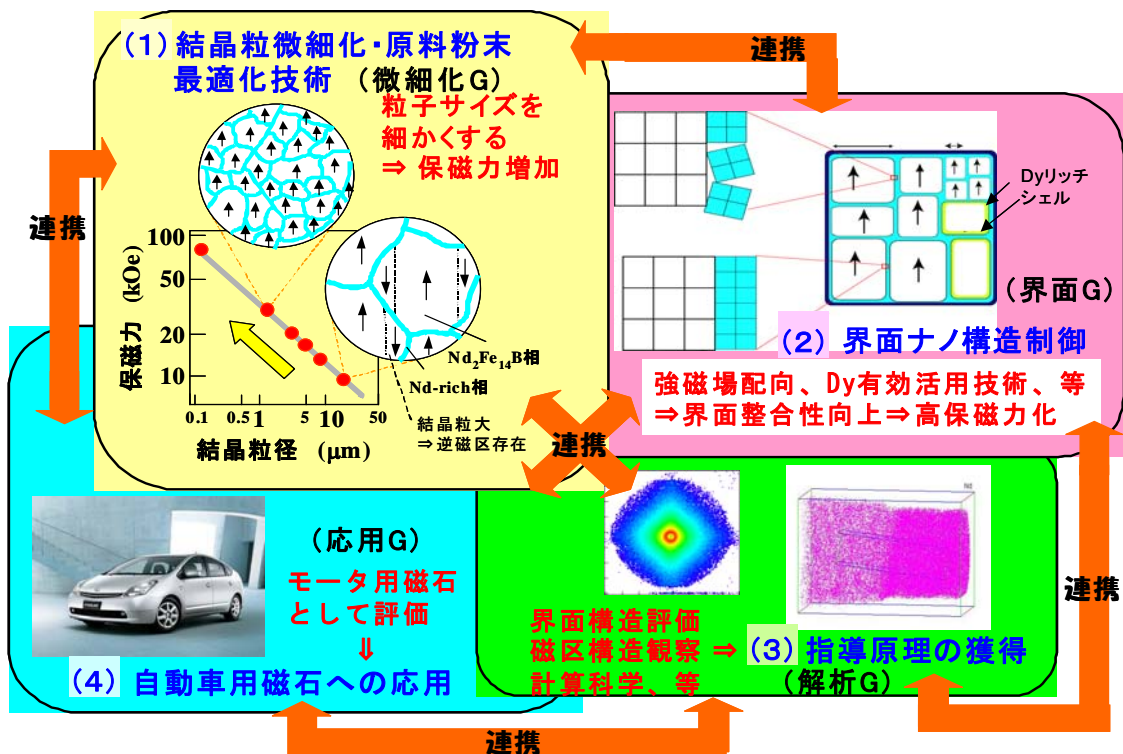
II. 粒子界面を制御



原理的にはDy-free Nd-Fe-Bでも高保磁力達成可能!
(省使用⇒完全代替)

研究開発の内容と体制

公開



目標と設定根拠

公開

各研究開発項目の目標及び設定根拠

③希土類磁石向けディスプレイウム使用量低減技術開発

目標	設定根拠
<p><中間目標></p> <p>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、ディスプレイウム使用原単位20%削減を達成する。</p> <p><最終目標></p> <p>下記の各項目について目標を達成し、ディスプレイウム使用原単位を30%以上削減可能な技術を確立する。</p> <p>(1)結晶粒径2 μm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ウムフリーで結晶粒径2 μm以下の焼結磁石、における量産化技術の確立。</p> <p>(2)強磁場プロセスやディスプレイ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)。</p> <p>(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ウム磁石開発における指導原理の確立。</p> <p>(4)モータ出力密度3倍のための開発要素の明確化。</p>	<p>現行からDy量を30%削減する技術は、HEV用モータに必要な保磁力である30kOeを、現状のDy添加量10%程度から7%程度で実現すること。</p> <p>(1)上記の値はDyフリーの無添加合金で保磁力16kOe(目標20kOe)を達成する技術と等価。このため最終的な焼結磁石の結晶粒径を現在の10 μm程度から3 μm(目標2 μm)以下とする。</p> <p>(2)強磁場プロセスでは、現行値と(1)の目標値の差から10kOe増加を設定。Dy有効活用では上記の7%程度までDy量を削減。</p> <p>(3)保磁力決定要因となる構造とその機構解明が、究極的保磁力増加指針となり、(1)(2)の目標実現に寄与するため。</p> <p>(4)HEV用モータの高性能化のロードマップに基づく。</p>

II. 研究開発マネジメントについて

公開

研究開発スケジュール③希土類磁石向けディスプレイウム使用量低減技術開発

▲:基本原理確認

●:基本技術確立

検討項目	2007	2008	2009	2010	2011	最終目標値
<p>(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(微細化Grp.)</p> <p>(2)界面ナノ構造制御による保磁力向上技術の開発(界面Grp.)</p> <p>(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(解析Grp.)</p>	<p>1)次世代焼結磁石用原料合金の研究開発 ▲</p> <p>2)超微細結晶粒焼結磁石作製プロセスの開発 ▲</p> <p>3)高保磁力磁石の焼結組織最適化に関する研究 ▲</p>			<p>(実用化検討)</p>		<p>・結晶粒径2 μmで元素濃度分布を最適化した原料合金</p> <p>・Dyフリーで結晶粒径2 μm以下、保磁力20kOe以上の焼結磁石</p> <p>・Dy量を30%削減</p> <p>・強磁場プロセスで保磁力10kOe増加</p> <p>・Dy有効活用技術で、結晶粒径6 μm以下、Dyリッチシェル1 μm以下の焼結磁石</p> <p>・Dy量を30%削減</p> <p>・内部又は界面の微細構造と保磁力、平均構造と保磁力との相関を解明</p> <p>・保磁力機構・磁化反転機構の解明</p> <p>・高保磁力省Dy磁石開発における指導原理の確立。</p>
	<p>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 ▲</p> <p>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 ▲</p> <p>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 ▲</p>			<p>中間目標</p>	<p>最終目標</p>	
	<p>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 ▲</p> <p>2)中性子小角散乱法による平均界面構造評価と保磁力 ▲</p> <p>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 ▲</p> <p>4)希土類磁石の保磁力機構に関する理論研究 ▲</p>					
<p>(4)自動車用磁石への応用(応用Grp.)</p>	<p>1)ハイブリッド自動車用駆動モータにおける評価 ▲</p>			<p>(実用化検討)</p>		<p>・モータ出力密度3倍のための要素を明確化</p>

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

開発予算 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

◆ 開発予算

(単位:百万円)

検討項目	'07	'08	'09	'10	'11	合計
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	137	156[5]	119	(131)	(133)	(676)
② 界面ナノ構造制御による保磁力向上技術の開発	103	67[17]	44	(123)	(111)	(448)
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	70	47[68]	67	(81)	(87)	(352)
④ 自動車用磁石への応用	0	0	0	(0)	(0)	(0)
合計	310	270[90]	230	(335)	(331)	(1476)

[]内は補正予算で外数

Ⅲ. 研究開発成果について

個別目標と達成状況 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

公開

本研究開発目標に対する達成状況

検討項目	中間目標	最終目標	成果(到達値)	達成度
Dy削減率	20%	30%	微細化Grp: 20~30%相当 界面Grp: 20%	◎

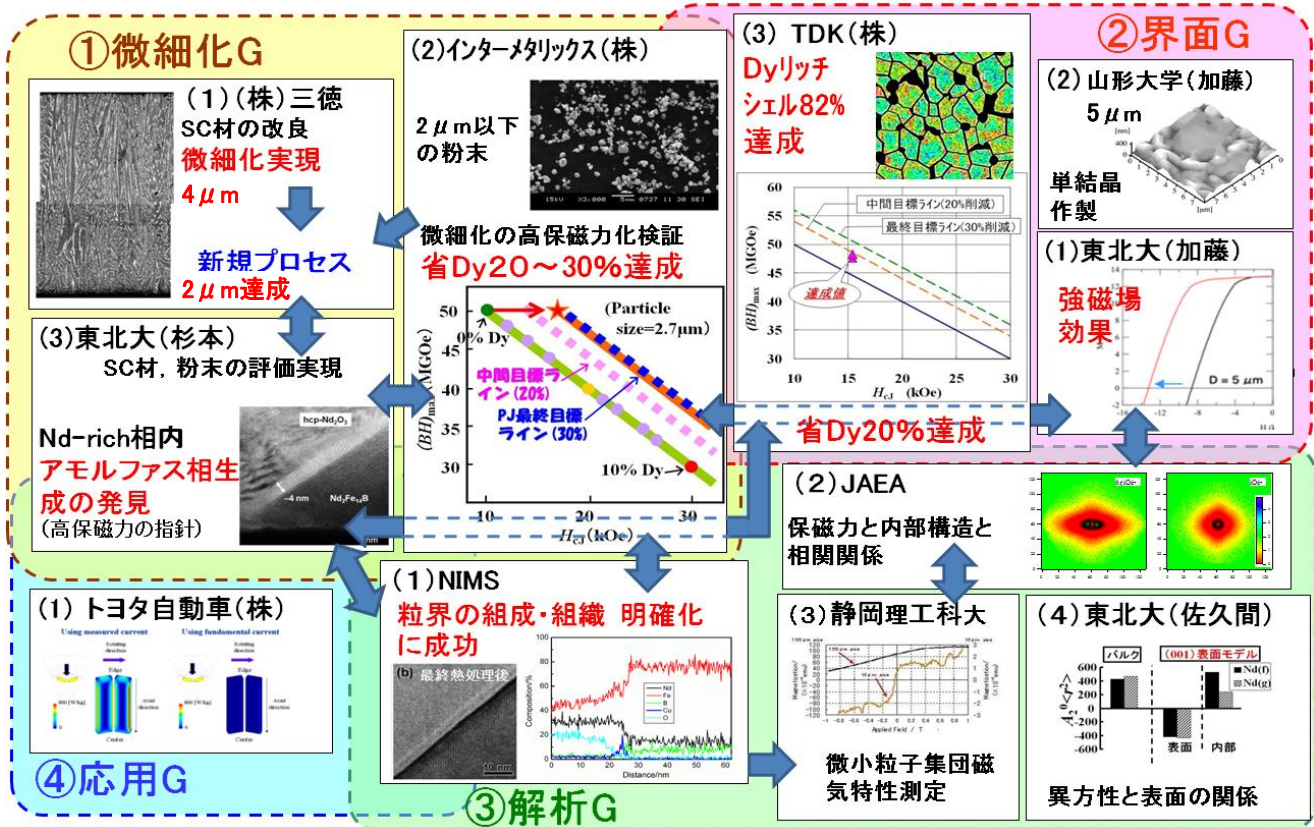
達成度→中間目標達成:◎, 本年度中に中間目標達成見込:○, 中間目標未達成:△

各グループで得られた具体的成果

検討項目	具体的成果
(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	1) デンドライト間隔2 μ m達成、冷却速度によるDyの分布傾向を把握 2) Dy削減率20%~30%相当磁石開発成功、粉末微細化成功、 3) 合金最適作製方法提案、Nd-rich相の均一性の影響を解明、アモルファス相の発
(2) 界面ナノ構造制御による保磁力向上技術の開発	1) 強磁場印加: Dy含有試料で6 kOeの保磁力上昇 2) 粒径5 μ mの高品位単結晶粒子作製に成功、Nd層成膜で12 kOe上昇実現 3) Dy削減率20%磁石開発成功、Dyリッチシェル82%達成等
(3) 高保磁力磁石の焼結組織最適化に関する研究	1) 解析成功。粒界:アモルファス相存在とCu濃化、試作磁石:Nd相酸化と不均一 2) 内部平均構造と保磁力の相関関係を確認 3) 粒子集団での磁化反転を確認 4) 結晶場係数と異方性が主相表面の面方位・環境で変化することを確認。
(4) 自動車用磁石への応用	1) Dy30%低減でのモータトルク向上率、必要保磁力判明

成果のまとめと連携 ③希土類磁石向けディスプレイウム使用量低減技術開発

公開



公開

知的財産権、成果の普及 ③希土類磁石向けディスプレイウム使用量低減技術開発

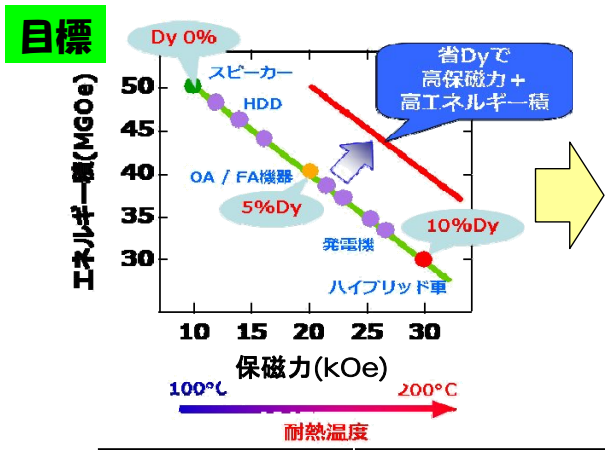
	H19	H20	H21	計
特許出願	0	1	0 (5)	1(5)件
論文	3	6	5	14件
研究発表・講演	26	52	0	78件
受賞実績	0	0	0	0件
新聞・雑誌等への掲載	15	5	0	20件
展示会への出展	0	1	0	1件

※：平成21年度7月1日現在

IV. 実用化・事業化の見通しについて

成果の実用化の可能性 ③希土類磁石向けディスプレイウム使用量低減技術開発

公開



実用化

ハイブリッド自動車用モータなどに省Dy量・高耐熱性・高性能な磁石の試作品を提供

<http://www.toyota.co.jp/>
<http://www.hitachigst.com/>
<http://www.nttdocomo.co.jp/>

実用化可能性大

	実用化の可能性	技術的課題等
PJ全体	Dy量20%削減達成	
(1) 微細化Grp	20%削減、原料、粉末微細化成功	Nd-rich相均一分散
(2) 界面Grp	20%削減、強磁場効果確認	焼結条件、組成、組織制御
(3) 解析Grp	組成・組織 明確化に成功	解析精度向上、保磁力機構の明確化
(4) 応用Grp	要求特性明確化	構造設計による温度上昇の抑制

IV. 事業化までのシナリオ

公開

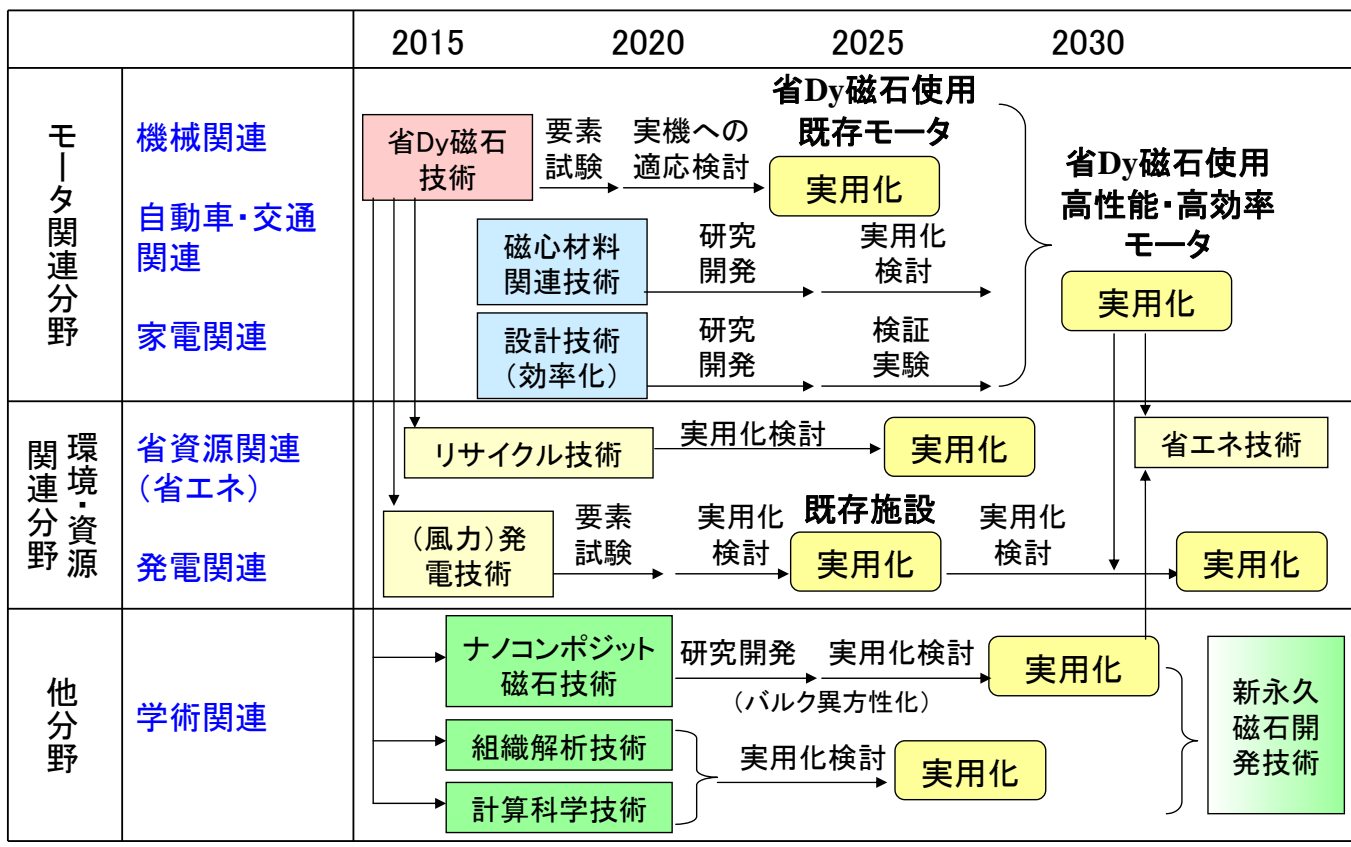
検討項目	2007	2008	2009	2010	2011	2012 ~ 2016 ~ 2020近傍
(1) 結晶粒の微細化・原料粉末最適化による保磁力向上技術の開発 (微細化Grp.)	1)次世代焼結磁石用原料合金の研究開発 (三徳)					事業化検討 → 原料合金事業化 実用化検討 → リサイクル事業化 実用化検討 (結晶粒微細化技術) → 省Dy磁石事業化
	2)超微細結晶粒焼結磁石作製プロセスの開発 (インターメタリックス)					
	3)高保磁力磁石の焼結組織最適化に関する研究 (東北大(杉本))					
(2) 界面ナノ構造制御による保磁力向上技術の開発 (界面Grp.)	1)強磁場を用いた界面構造制御による保磁力向上の研究 (東北大(加藤))					実用化検討 (強磁場プロセス) 実用化検討 (界面制御技術) → 省Dy磁石事業化
	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 (山形大)					
	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 (TDK)					
(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 (解析Grp.)	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 (NIMS)					学術分野 実用化検討 (構造解析技術) 実用化検討 (数値解析技術)
	2)中性子小角散乱法による平均界面構造評価と保磁力 (JAEA)					
	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 (SIST)					
	4)希土類磁石の保磁力機構に関する理論研究 (東北大(佐久間))					
(4) 自動車用磁石への応用 (応用Grp.)	1)ハイブリッド自動車用駆動モータにおける評価 (トヨタ自動車)					事業化検討 → 省Dy磁石 HEV事業化

▲:基本原理確認 ●:基本技術確立

IV. 波及効果について

公開

事業原簿 P. ③IV-1



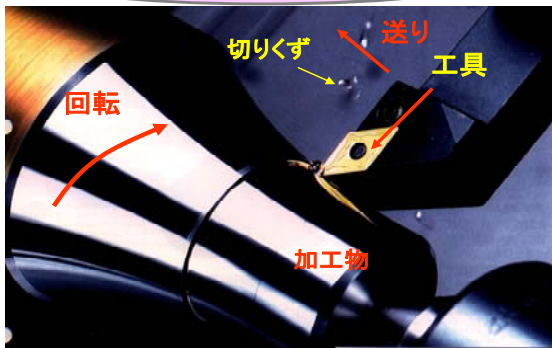
ナノテク・部材イノベーションプログラム
環境安心イノベーションプログラム
「希少金属代替材料開発プロジェクト」(中間評価)

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
研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

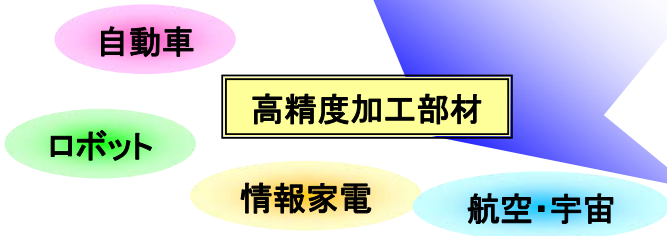
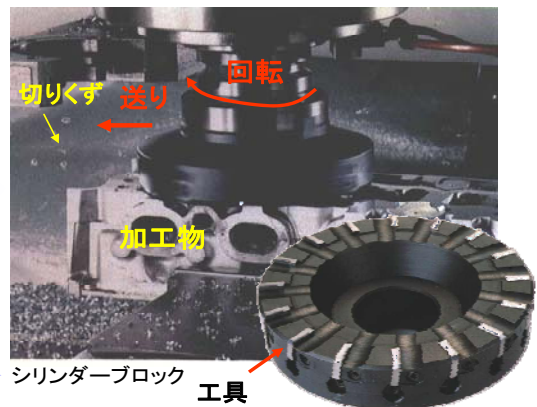
住友電気工業株式会社
独立行政法人産業技術総合研究所

超硬工具とは・・・

加工物が回転(旋削加工)



切削工具が回転(フライス加工)



事業の目標(1)

公開

事業の目標(2009年度 中間目標)

以下の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する。この際、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。

- ・超硬工具向けタングステン(W): 現状から15%以上低減(平成21年度末)

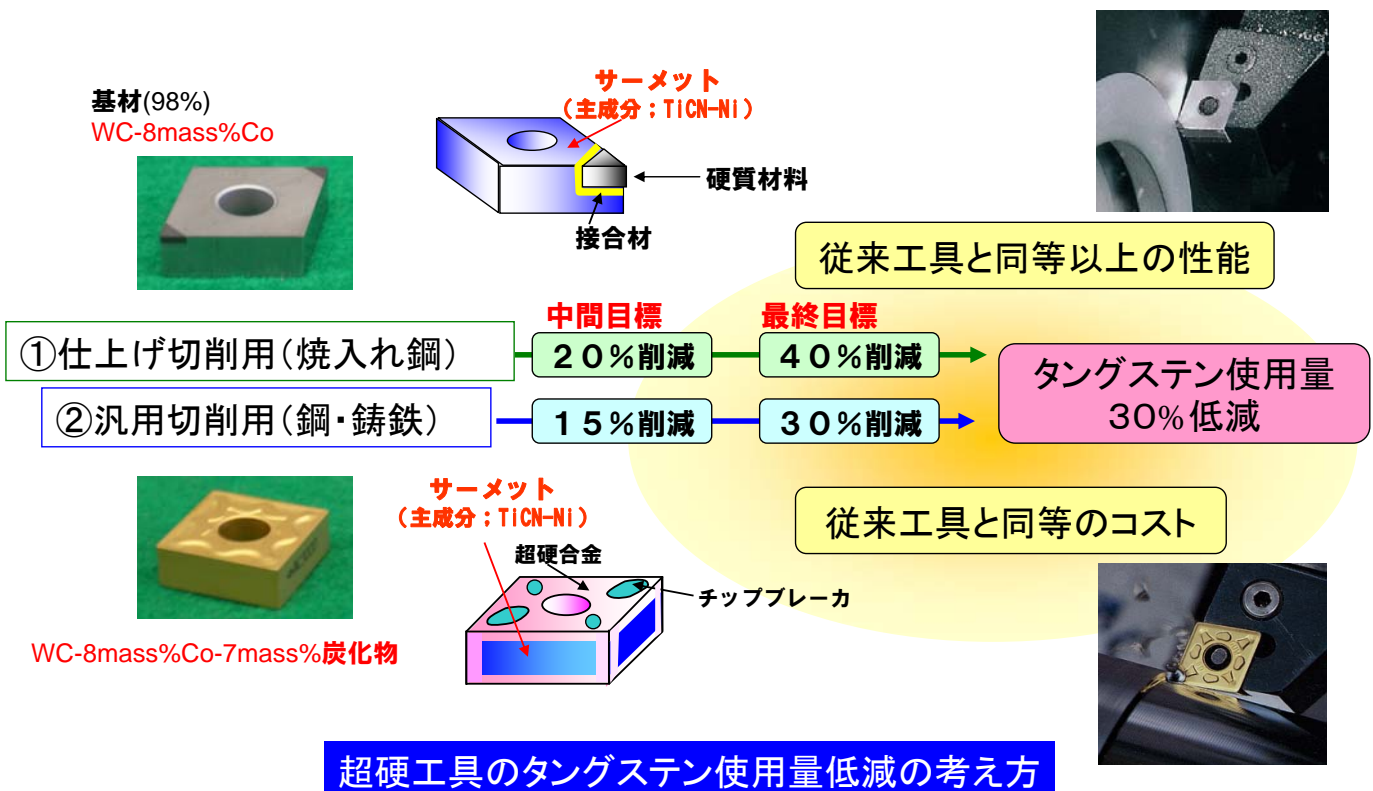


事業の目標(2011年度 最終目標)

- ・超硬工具向けタングステン(W): 現状から30%以上低減(平成23年度末)

事業の目標(2)

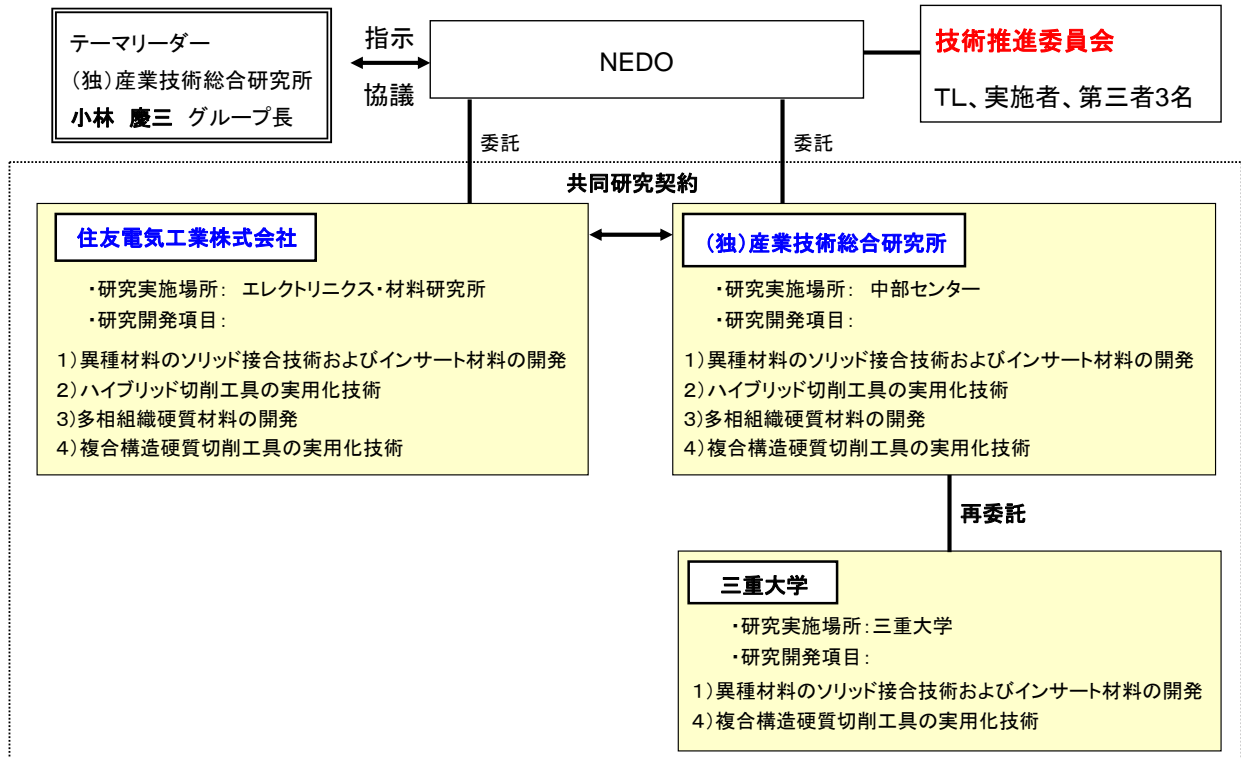
公開



Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

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



Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

・産総研主催による「技術推進委員会(年3回)」開催

外部有識者の意見を運営管理に反映

秋田大学 泰松 斉 教授
 豊橋技術科学大学 梅本 実 教授
 産業技術総合研究所 中村 守 部門長

反映内容 (1)開発対象材料の絞込み
 (2)プロセスの見直し

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

各研究開発項目の目標及び設定根拠

④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

目 標	設定根拠
<p><中間目標></p> <p>(1)「ハイブリッド切削工具の開発」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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、120秒で超硬母材付き硬質材料と接合する技術を開発する。 ・焼入れ鋼(SUJ2)の連続切削においてロウ付け工具と同等性能を達成する。 <p>(2)「複合構造硬質切削工具の開発」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・一般鋼の連続切削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。 <p><最終目標></p> <p>(1)「硬質材料のハイブリッド化」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・超硬母材なし硬質材料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60秒で接合する。 ・焼入れ鋼(SUJ2)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。 <p>(2)「複合構造硬質材料化」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<p>(1)ロウ付け切削工具におけるタングステン削減割合を40%以上にしても実用に資する切削性能を有し、月産2万個のチップ製造を可能とする基盤技術とするため。</p> <p>(2)コーティング超硬工具におけるタングステンを30%以上削減しても実用に資する切削性能を有し、現行の超硬合金製切削工具と同等の製造コストで作製するため。</p>

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

研究開発スケジュール④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

▲: 基本原理確認
●: 基本技術確立

検討項目	2007	2008	2009	2010	2011	最終目標値
ハイブリッド切削工具の開発		▲	●		●	<ul style="list-style-type: none"> ・ロウ付け切削工具におけるタングステンを40質量%削減 ・硬質材料を60秒で接合 ・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
複合構造硬質切削工具の開発		▲	●		●	<ul style="list-style-type: none"> ・コーティング超硬工具におけるタングステンを30質量%削減 ・3次元ブレーカ付きM級精度の複合構造硬質切削工具による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

中間目標 (2009年)

最終目標 (2011年)

(実用化検討)

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

開発予算 ④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

◆開発予算

(単位:百万円)

検討項目	'07	'08	'09	'10	'11	合計
①-1 異種材料のソリッド接合技術 およびインサート材料の開発	47	82[45]	40	(18)	(10)	(197)
①-2 ハイブリッド切削工具の 実用化技術の開発	20	18	30	(41)	(20)	(129)
②-1 多相組織硬質材料の開発	73	60[45]	50	(30)	(30)	(243)
②-2 複合構造硬質切削工具の 実用化技術の開発	20	90	20	(45)	(50)	(225)
合計	160	250[90]	140	(134)	(110)	(794)

[]内は補正予算で外数

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

個別目標と達成状況 ④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

検討項目	中間目標	最終目標	成果	達成度	コメント	
(1) ハイブリッド 切削工具の開発 ①タングステン 削減量	ロウ付け切削工具 におけるタングステ ンを20質量%削減	超硬母材なし 硬質材料と タングステン 使用原単位を 40質量%低減 した硬質材料 基材を接合	・接合技術を確立 ・インサート材料を 開発 ・ 30質量%削減	◎	接合の改善で40質量% 削減へ	
	②接合時間		硬質材料を120秒で 接合	約60秒	◎	新しいインサート材の 開発
	③切削性能		連続切削試験で ロウ付けチップと 同等の性能	試作チップを作製 連続切削試験	◎	高負荷連続切削に向け 接合強度の向上
(2) 複合構造硬質 切削工具の開発 ①タングステン 削減量	コーティング超硬 工具における タングステンを 15質量%削減	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%質量低減	・成形技術を開発 ・焼結技術を開発 ・ 25質量%削減	◎	・30質量%削減に向けた 材料開発 ・M級に向けた高精度焼結 技術の開発	
	②切削性能		複合構造硬質切削 工具による連続 切削試験でコーティ ング超硬合金と 同等の切削性能	試作チップを作製	○	・断続切削試験に向け た材料開発 ・M級精度に向けた高精度 焼結技術の開発

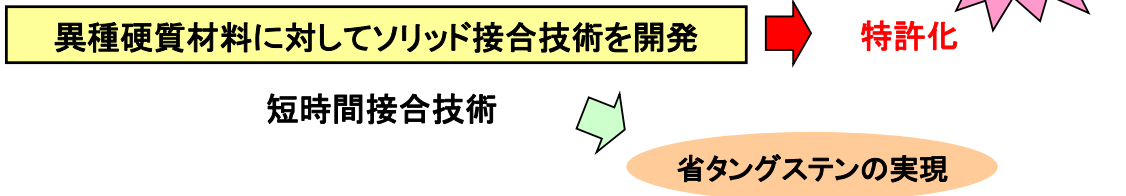
達成度→中間目標達成:◎, 本年度中に中間目標達成見込:○, 中間目標未達成:△

Ⅲ. 研究開発成果について

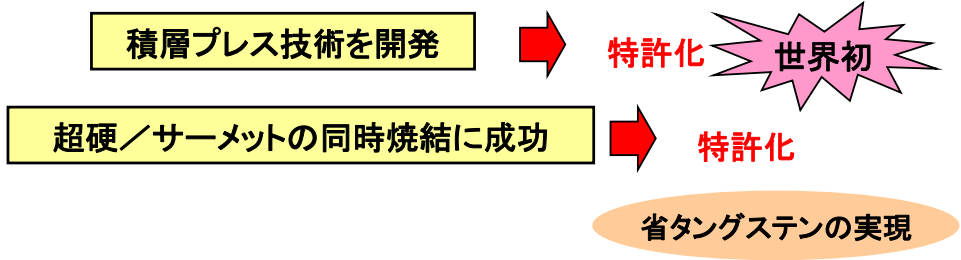
公開

各個別テーマの成果 ④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

(1) ハイブリッド切削工具の開発



(2) 複合構造硬質切削工具の開発



Ⅲ. 研究開発成果について

公開

知的財産権、成果の普及 ④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

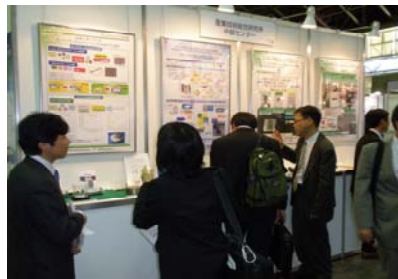
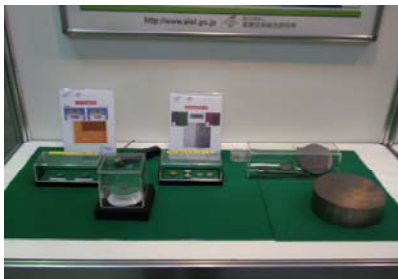
	H19	H20	H21	計
特許出願	1	0	3	4件
論文	0	2	2	4件
研究発表・講演	1	14	6	21件
受賞実績	0	0	0	0件
新聞・雑誌等への掲載	0	1	0	1件
展示会への出展	0	1	1	2件

※：平成21年度7月1日現在

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

成果の普及 ④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

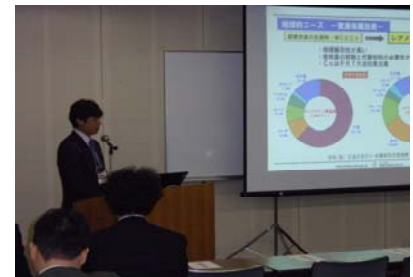


学会発表

日本機械学会2008年度年次大会
 粉体粉末冶金協会平成20年度秋季大会
 日本金属学会平成21年度春期大会
 学術振興協会124委員会
 粉体粉末冶金協会平成21年度春季大会
 Thermec 2009 など

成果の普及

元素戦略／希少金属代替材料開発シンポジウム
 Nano Tech 2009
 第21回最新科学機器展・代替材料フォーラム
 など



Ⅳ. 実用化・事業化の見通しについて

公開

成果の実用化可能性 ④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

本PJの実用化は、ハイブリッド切削工具および複合構造硬質切削工具をユーザーに提供するところまでを指す。

想定されるユーザー：(自動車部品加工ユーザー)

製品としては希少資源の省使用化あるいは代替化だけではユーザーの要求を満足させることは困難

既存材料と同等以上の性能を従来工具と同等以下のコストで達成する必要がある。

本PJの最終目標達成により実用化可能

さらなる付加価値

ハイブリッド切削工具

高速・高能率切削の実現および耐摩耗性に優れるコーティング

複合構造硬質切削工具

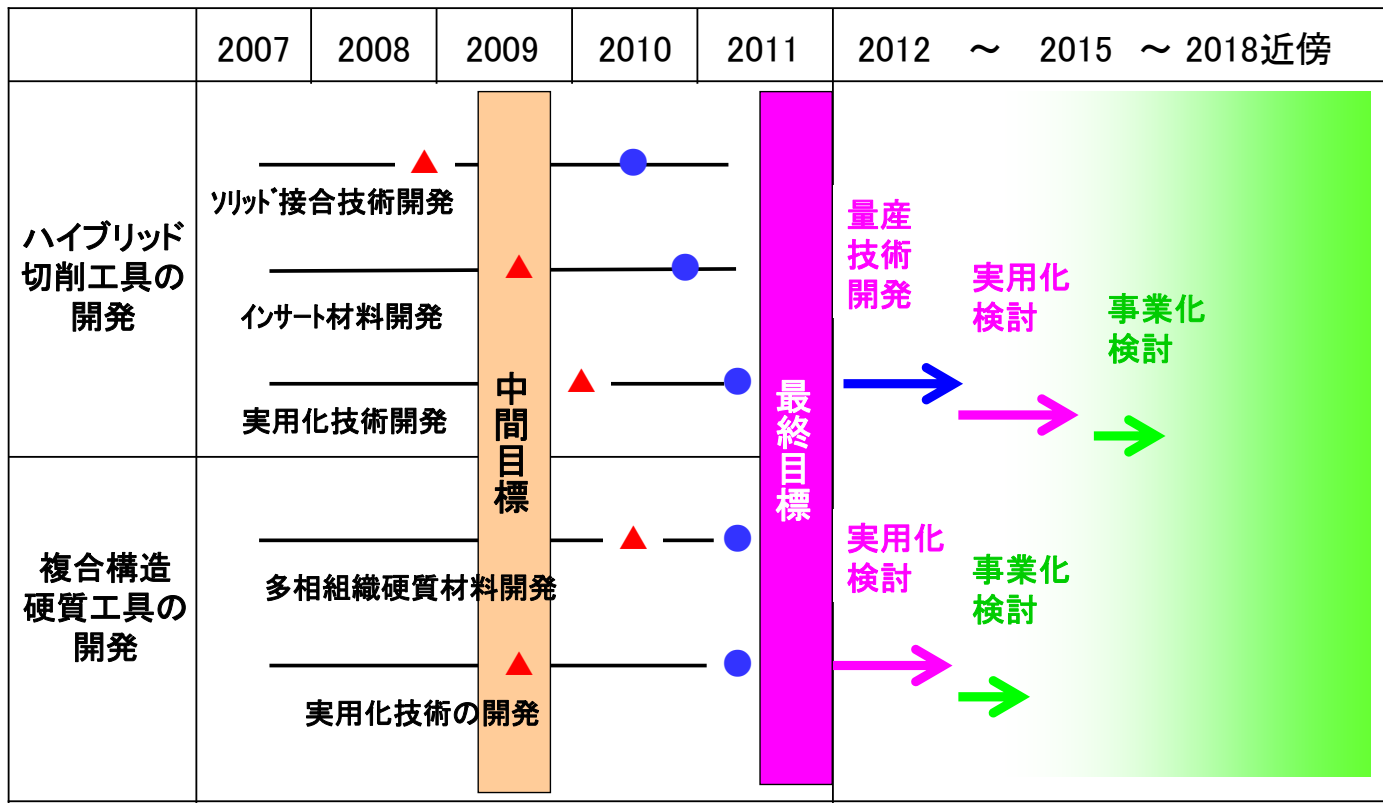
表面の超硬合金層に圧縮残留応力を導入することで、超硬工具の耐欠損性を向上

新たなニーズ開拓

事業化までのシナリオ

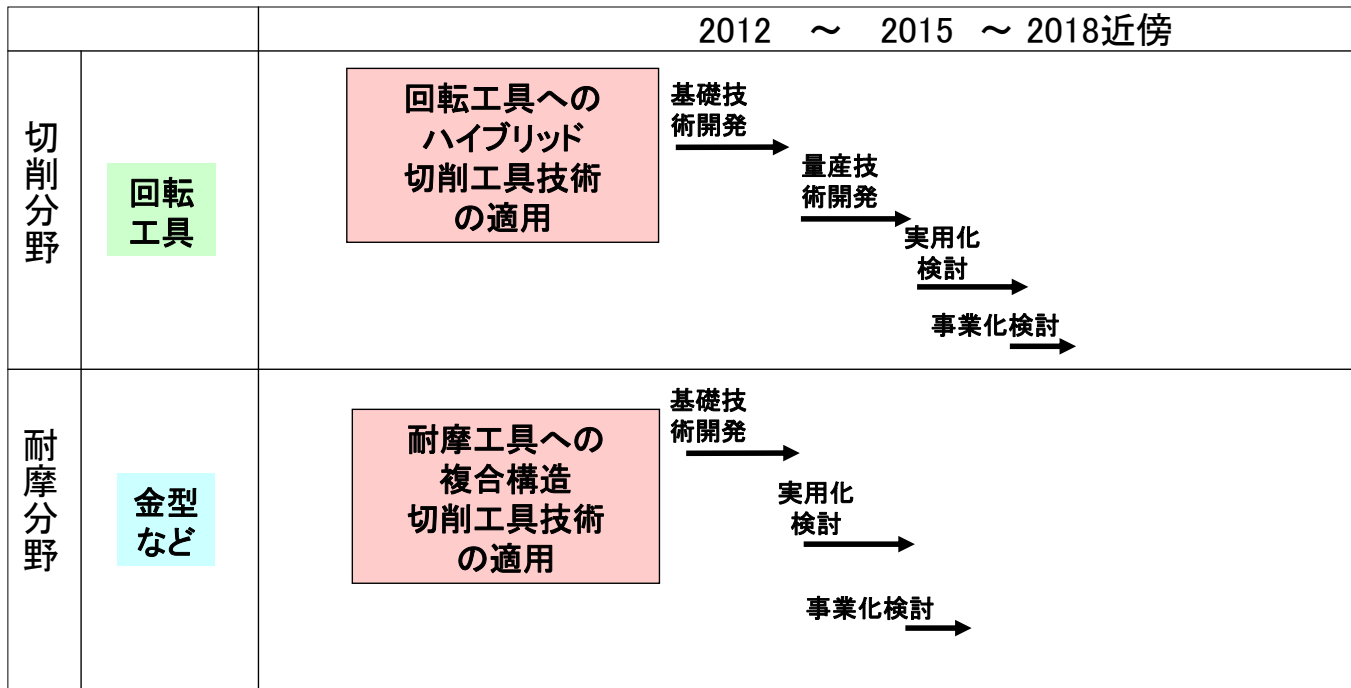
公開

▲:基本原理確認 ●:基本技術確立



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⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

財団法人ファインセラミックスセンター
独立行政法人産業技術総合研究所
株式会社タンガロイ
富士ダイス株式会社

事業の背景

公開

事業原簿 P. ⑤Ⅲ-1

超硬合金, サーメットの歴史

- 1926年 Krupp社 WC-Co合金Widia(Wie Diamant)の発売
- 1929年 P.Schwarzkopf Titanit(Mo₂C-TiC-Ni-Cr合金)
- 1930年 東芝製作所(現タンガロイ) Tungaloy
- 1931年 Krupp社 Widia-X(WC-TiC-Co合金)
Siemens社 TiC-TaC-Co合金
- 1956年 Humenik TiC-Mo-Ni合金(工具用サーメットの始まり)
- 1969年 CVD被覆工具発売(Krupp Widia社)
- 1978年 PVD被覆工具発売(住友電工)

サーメット材料の変遷

1960年代	TiC基 (1) *TiC-Mo ₂ C-Ni
1970年代	TiC基 (2) <i>多炭化物添加</i> *TiC-Mo ₂ C-Ni-TaC-(ZrC)
1980年代	TiC+TiN基 <i>TiN 添加</i> *TiC-TiN-WC-TaC-Mo ₂ C-Ni/Co
1990年代	Ti(C,N)基 <i>N 富化, Ti(C,N)使用</i> Ti(C,N)-WC-TaC-Mo ₂ C-Ni/Co
	傾斜組成サーメット <i>霧田気焼結</i>
	コーテッドサーメット <i>PVD被覆</i>

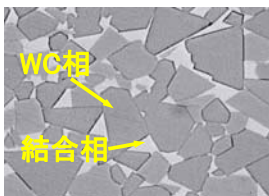
サーメットは超硬合金の代替材料として最適な候補材料

サーメットの長所

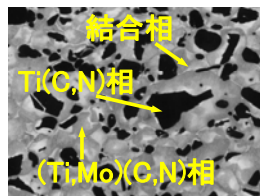
- 資源的有利性
- 超硬合金について優れた特性(強度、靱性、高温強度、硬さなど)
- 超硬合金より優れた性能(耐反応性、切削仕上げ面精度など)

サーメットの短所

- (超硬合金に比べて劣る点)
- 靱性、熱衝撃抵抗、熱伝導などが劣る
- 成形性・焼結性が悪い(作り難い)
- 被研削性(加工しにくい)



超硬合金の組織



従来のサーメットの組織

組織の特徴

- 硬質粒子が二重構造
- 不均質(組成、粒径)
- 接着度が高い

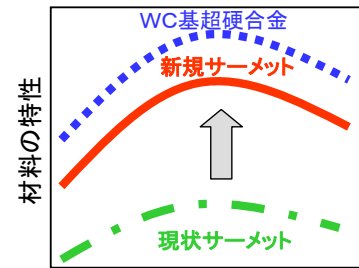
超硬合金の代替材料として、サーメットの短所を克服するために、
○組織・組成の精密制御
○特性・性能の大幅向上が必要である。

検討項目

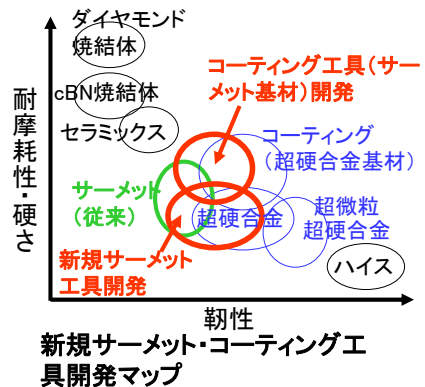
- ①サーメットの基盤技術確立
 - (1)サーメットの解析及び設計技術の開発
 - (2)新規サーメット材料の開発
 - (3)コーティング技術の開発
- ②切削工具用サーメット及びコーティング技術の開発
- ③耐摩耗工具用サーメット及びコーティング技術の開発

目標

<最終目標>
一製品あたりのWを現状から**30%以上削減**したサンプルを提供可能な水準にする。



サーメット特性の組織学的因子解析と特性向上の考え方



新規サーメット・コーティング工具開発マップ

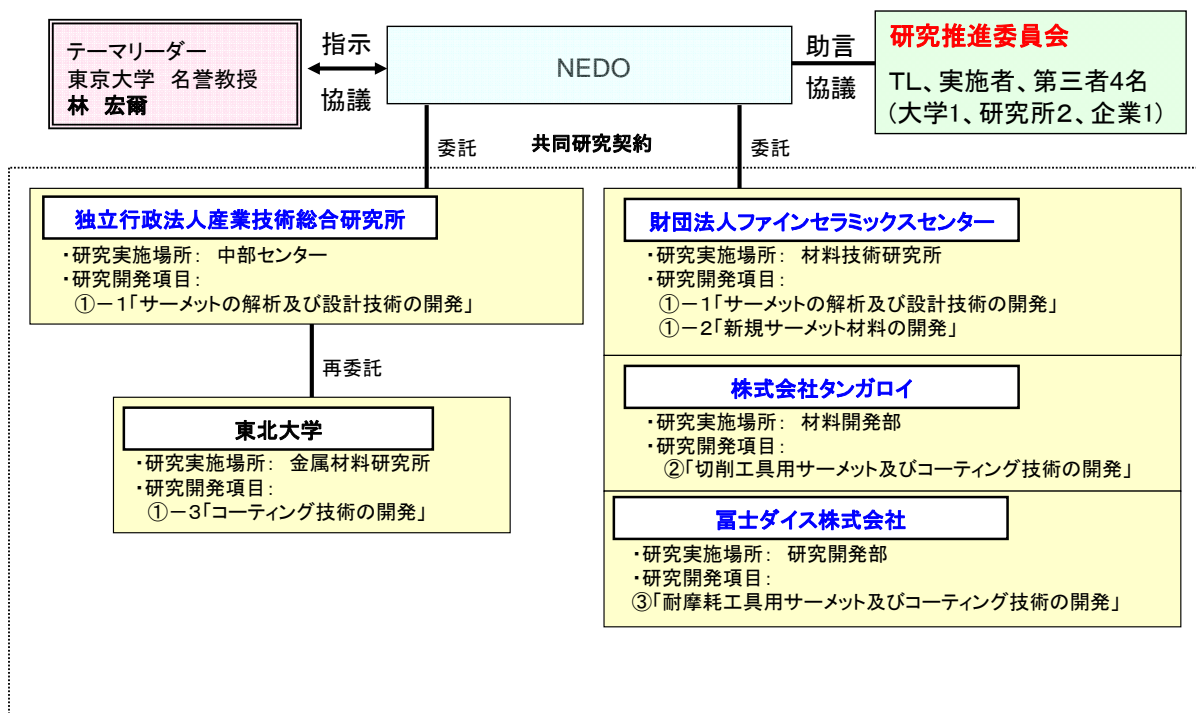
解析・設計技術開発 組織因子解析 シミュレーション技術 高分解能電子顕微鏡観察 	新規サーメット開発 新規複合固溶体炭窒化物 等高強度(3.0GPa) 高靱性(15MPa・m ^{1/2}) 高热伝導率(30W/m・K) 	新規コーティング開発 結晶性アルミナ膜 低基材温度(800°C) 高密着強度(60MPa) レーザーCVD
---	---	--

切削工具用開発 高切削性能 高靱性・高耐熱衝撃性 スローアウェイ工具等 約70%	耐摩耗工具開発 高耐摩耗性 大型部品化・高被研削性 ダイス、プラグ等 約95%
--	---

一製品あたり、タングステン使用量の低減率

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

実施体制 ⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発



Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

・産総研主催による「**研究推進委員会(年3回)**」開催

外部有識者の意見を運営管理に反映

武蔵工業大学 高木研一 教授

(財)JRCM非鉄材料研究部 木曾徳義 加工グループ長

(財)応用科学研究所 桑原秀行 理事

日本タングステン(株) 永野光芳 部長

反映内容 (1)サーメットの組織制御

(2)雰囲気制御技術の応用

(3)セラミックスへの適用

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

各研究開発項目の目標及び設定根拠

⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発(その1)

目 標	設定根拠
<p><中間目標> 下記の各項目について技術を確立する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p><最終目標> 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。</p> <p>(1)「サーメット及びコーティングの基盤研究」</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・抗折力:3GPa ・破壊靱性値:15MPa・m^{1/2} ・耐熱衝撃抵抗:75W・m^{-1/2} <p>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。</p>	<p>(1) 1)新規サーメット材料の開発、ならびに切削工具・耐摩耗工具用サーメットの開発に必要な不可欠な開発内容である。 2)従来のサーメットを上回る特性であり、切削工具および耐摩耗工具としての性能を満たす材料特性値である。 3)サーメット基材からコーティング膜へのNiなどの拡散を抑制し、密着性の高い結晶性アルミナコーティングを実現するため条件である。</p>

【次ページへ続く】

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

各研究開発項目の目標及び設定根拠

⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発(その2)

目 標	設定根拠
<p><最終目標> 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。</p> <p>(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: $13\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ・熱伝導率: $30\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ・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。</p> <p>(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≥ 1400で破壊靱性$13\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$以上の高硬度型サーメット ・硬さHV$\geq 1200$で破壊靱性$15\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$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およ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。</p>	<p>(2) 軽中切削用超硬工具に代替可能なサーメットの材料特性値、切削性能である。超硬工具1個(例えば100g)に含まれるW量は83g、代替サーメット工具1個(例えば60g)に含まれるW量は25g、代替により58gのWが削減されるので、$58/83=70\%$の低減。</p> <p>(3) ダイス、プラグ等(高硬度型)および製缶工具、圧粉金型等(高靱性型)に使用可能なサーメットの材料特性値、工具性能である。ダイス・プラグ用の高硬度型サーメットのW使用量はゼロであることから100%低減。100gの金型用高靱性超硬合金に含まれるW量は80g、代替高靱性型サーメットに含まれるW量は5gであり、75gのWが削減されるため$75/80=94\%$の低減。</p>

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

研究開発スケジュール ⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

検討項目	2007	2008	2009	2010	2011	最終目標値	
サーメット及びコーティングの基盤研究	サーメットの解析及び設計技術の開発					最終目標	組織形成と破壊メカニズムを解明
	新規サーメット材料の開発						所定の特性値を満足する新規サーメット材料を開発。
	コーティング技術の開発						加熱温度を低温化した新規CVDコーティング技術を開発。
切削工具用サーメット及びコーティング技術の開発	切削工具用高靱性サーメットの開発					最終目標	切削工具用サーメットにおいて所定の特性値を達成。 切削工具で約70%のタングステン使用原単位の低減。
	切削工具用サーメットの安定製造技術の確立 (実用化検討)						
耐摩耗工具用サーメット及びコーティング技術の開発	高靱性サーメットの開発					最終目標	耐摩耗工具用サーメットにおいて所定の特性値を達成。 摩耗工具で94~100%のタングステン使用原単位の低減。
	大型部材焼結技術、研削等加工条件の確立 既存コーティング技術の適用 (実用化検討)						

▲: 基本原理確認 ●: 基本技術確立

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

開発予算 ⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

◆開発予算

(単位:百万円)

検討項目	'07	'08	'09	'10	'11	合計
① サーメット及びコーティングの基盤研究	70	70[250]	85	(90)	(70)	(385)
② 切削工具用サーメット及びコーティングの技術開発	65	55	30	(45)	(45)	(240)
③ 耐摩耗コーティング用サーメット及びコーティングの技術開発	25	25	25	(25)	(25)	(125)
合計	160	150[250]	140	(160)	(140)	(750)

[]内は補正予算で外数

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

個別目標と達成状況 ⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

検討項目	中間目標	最終目標	成果	達成度	コメント
①サーメット及びコーティングの基盤研究 ①-1サーメットの解析及び設計技術の開発 ①-2新規サーメット材料の開発 ①-3コーティング技術	以下の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 ・新規固溶体粉末を用いたサーメット合成技術 ・新規なコーティング技術	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。	・サーメットの組織(コアリム構造等)解析技術と焼結シミュレーション技術を開発。 ・(Ti,X)(C,N)固溶体(X=Mo, W等)粉末合成と新規サーメット開発。 ・レーザーCVDによるサーメット基材用コーティング技術の開発。	◎	・組織解析と特性との関係、シミュレーションによる材料・部材合成設計など。 ・より高度な組織設計のサーメット開発による特性向上(とくに破壊靱性)。 ・サーメット基材での安定したコーティングと特性向上(耐剥離性等)。
②切削工具用サーメット及びコーティング技術の開発	—	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。	切削工具用サーメットとして、固溶体粉末使用材料、高熱伝導材料、高靱性材料等を開発。	○	・材料特性(とくに破壊靱性)のさらなる向上が必要。 ・切削試験の実施と工具性能の最適化。
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	—	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。	耐摩耗工具用サーメットとして、高硬度材料、高靱性材料を開発、焼結割れと難研削性を解決。	○	・破壊靱性の向上が必須。 ・摩耗試験の実施と工具製造プロセス技術の確立。

達成度→中間目標達成:◎, 本年度中に中間目標達成見込:○, 中間目標未達成:△

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

知的財産権、成果の普及 ⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

※：平成21年度7月1日現在

	H19	H20	H21	計
特許出願	0	3	1(5)	4(5)件
論文	0	1	1(5)	2(5)件
研究発表・講演	0	15	5	20件
受賞実績	0	0	0	0件
新聞・雑誌等への掲載	0	1	0	1件
展示会への出展	1	2	0	3件

特許出願の内容は、新規固溶体粉末、新規サーメット、加工技術等 ()は準備中に関するもので、サーメットの事業戦略に則ったものである。

Ⅳ. 実用化・事業化の見通しについて

公開

事業原簿 P. ⑤IV-1

成果の実用化可能性 ⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

本PJの実用化は、以下のことを目指す。

- ・切削工具市場に、スローアウェイおよび軸物の切削工具用に使用可能なサーメットを提供する。

スローアウェイ工具



(株)タンガロイ

軸物工具



- ・耐摩耗工具市場に、ダイス、プラグ等(高硬度型)および製缶工具、圧粉金型等(高靱性型)に使用可能なサーメットを提供する。

ダイス、プラグ(高硬度型)



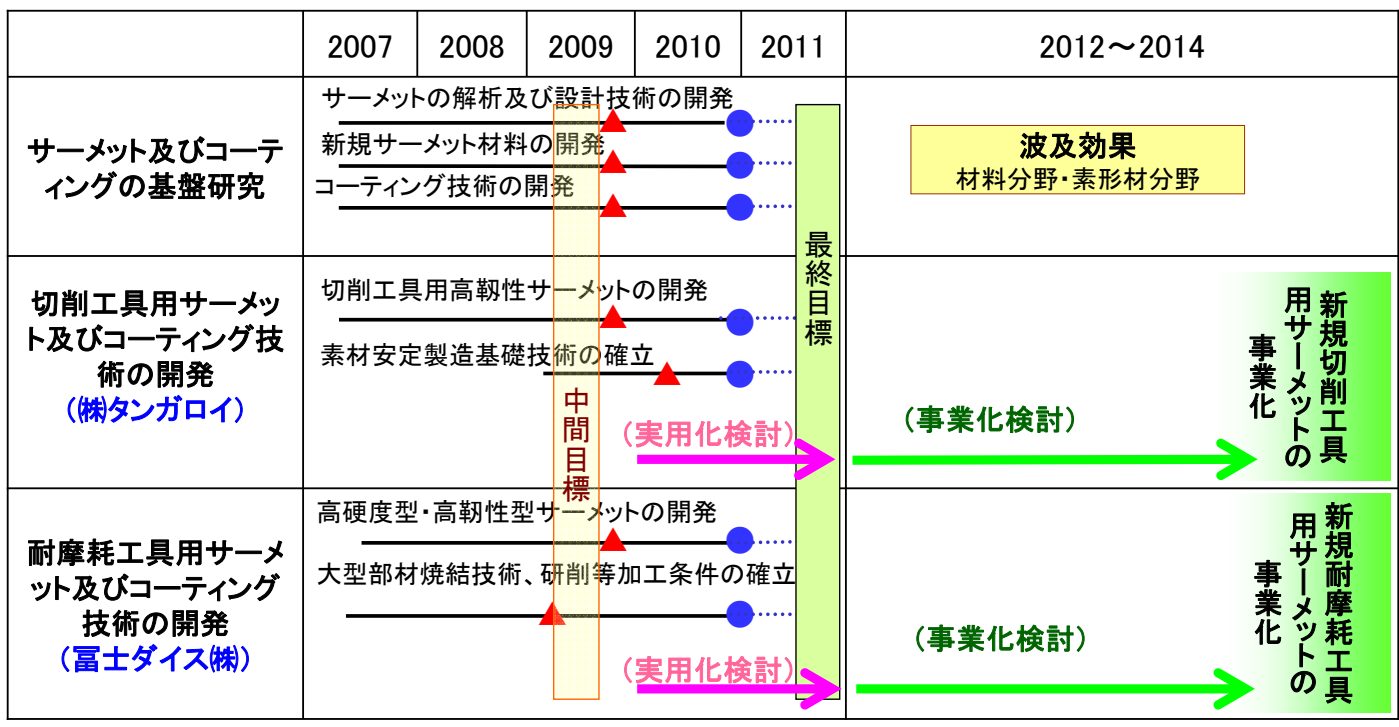
製缶工具(高靱性型)



富士ダイス(株)

→ サーメット工具の市場拡大

事業化までのシナリオ ⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発



波及効果 ⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

