

ナノテク・部材イノベーションプログラム 環境安心イノベーションプログラム

「希少金属代替材料開発プロジェクト」(事後評価)

(平成19年度～平成23年度 5年間)

インジウム(In)

ジスプロシウム(Dy)

タングステン(W)

プロジェクトの概要 (公開)

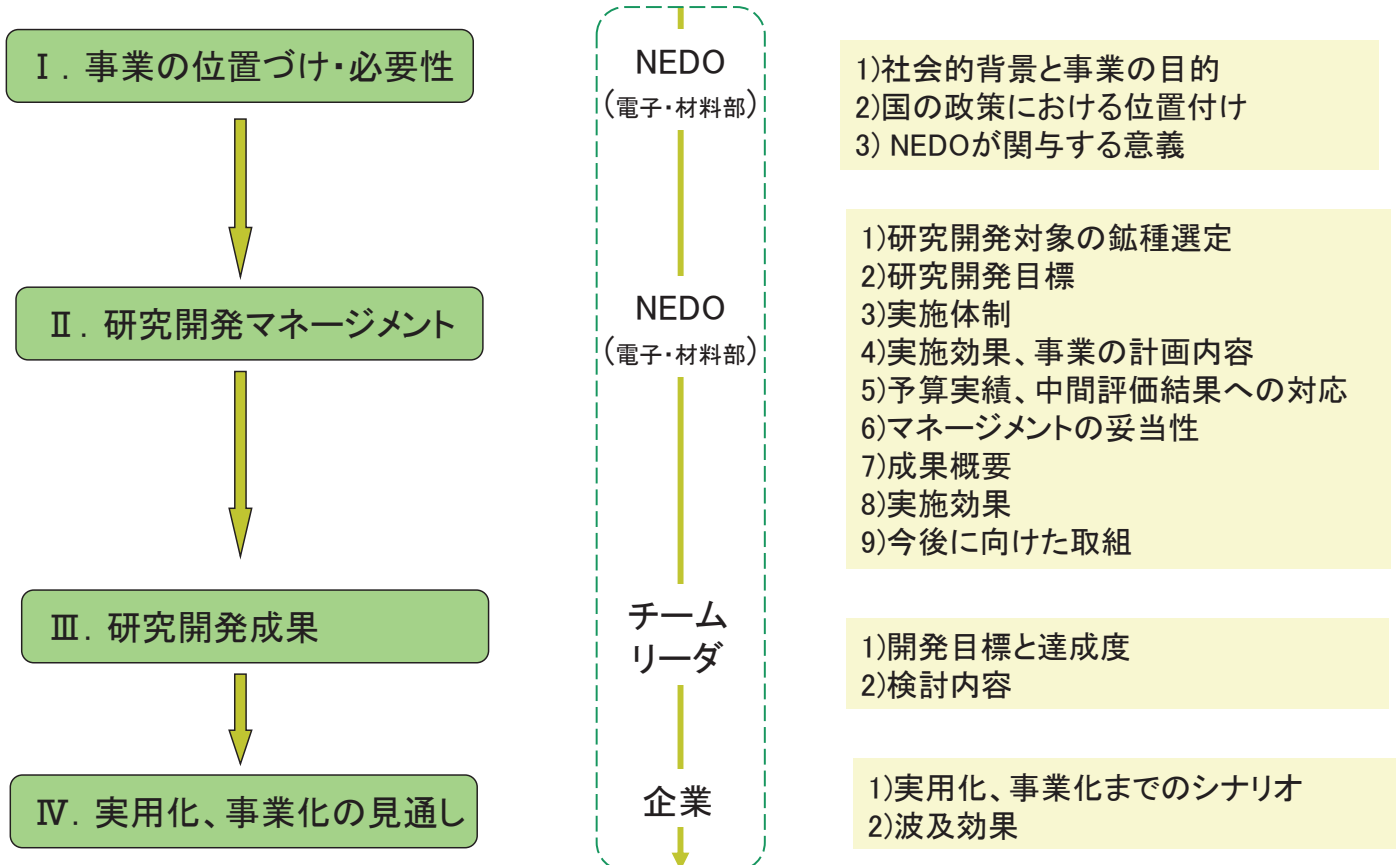
NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部

2012年10月24日

1 / 33

発表内容

公開



2 / 33

社会的背景

・希少金属(レアメタル・レアアース)は、現在、我が国産業を支える**高付加価値な部材の原料**であり、情報家電、ロボット、電池等の新たな産業分野の成長に伴い需要の増大が見込まれるが、その**希少性・偏在性・代替困難性**から、市場メカニズムが有効に機能せず、その需給逼迫が経済成長の制約要因となると懸念される。



・国として、(1)探鉱開発の推進、(2)リサイクルの推進、(3)代替材料の開発、(4)備蓄に対する取り組みを平成18年度より開始。

事業の目的

・「(3)代替材料の開発」を希少金属代替材料開発プロジェクトとして実施する。また、文部科学省/JSTの元素戦略プロジェクトと連携し、基礎から実用化までの間隙のない開発体制を確立して進める。



・**代替材料開発、使用量削減技術**を確立する。**実用化、事業化につながる技術の確立、供給懸念が実際に起こった時にその対応策となる技術の確立**を目指す。

国のレアメタル確保戦略のうち「(3)代替材料開発」を担う。

レアメタル確保に向けた4つの柱



(1)探鉱開発

○資源国との戦略的互恵関係の構築

(2)リサイクル

○重要なレアメタルのリサイクルシステム整備 (NEDO)

(3)代替材料開発

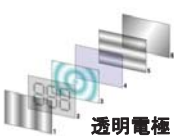
○重要なレアメタルの代替材料開発等の取組 (NEDO)

(4)備蓄

○需給の動向に応じた機動的な取組

①②⑩インジウム(In)

薄型テレビ用透明電極に使用



透明電極

③⑨スズプロシウム(Dy)

ハイブリッド車用モーター等に使用される希土類磁石に使用



各種モーター等

④⑤カダステル(W)

超硬工具に使用



切削工具

⑥プラチナ(Pt)

自動車の排ガス浄化用触媒に使用



排ガス浄化用触媒

⑦セリウム(Ce)

液晶ディスプレイ等用ガラス精密研磨に使用



大型液晶と精密研磨

⑧テルビウム(Tb)、ユーロピウム(Eu)

蛍光体に使用



蛍光体

⑨新規磁石 (Dy代替)

Nd-Fe-Bを代替する新規磁石の開発



モーター

⑩セリウム (Ce)

排ガス浄化用触媒に助触媒として使用

産業として重要なレアメタル鉱種について、代替削減技術開発を実施。

第3期科学技術基本計画

戦略重点科学技術

希少資源・不足資源代替材料革新技術

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

経済産業省「ナノテク・部材イノベーションプログラム」

エネルギー資源環境領域

希少金属代替材料開発

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。

インジウム(In)、ジスプロシウム(Dy)、タングステン(W)の選定

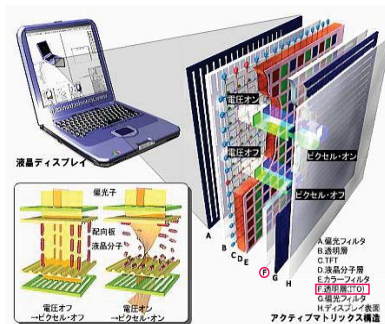
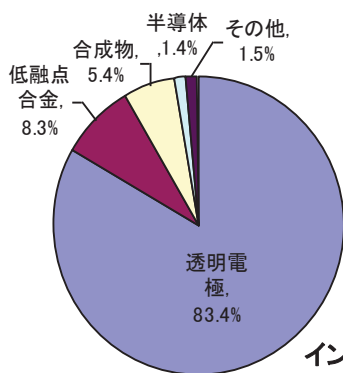
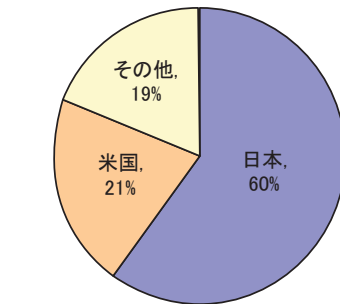
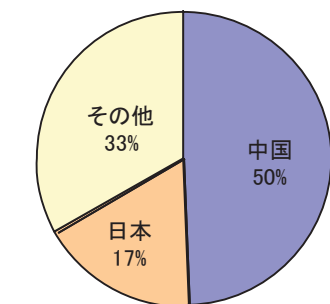
平成22年の価格高騰前の平成17年度のレアメタルリスク調査等（政策的ニーズ・技術開発）により取り組む元素を選定し、平成19年度から着実に代替技術開発を実施。

No	元素名	ケース		カントリーリスクの事例及び今後の動向
		族	区分	
1	インジウム (In)	13	半金属元素	<ul style="list-style-type: none"> 海外の鉱山事故による減産(2001年)、環境汚染による一部精錬所の閉鎖(2006年)等、リスクの事例がある。 液晶用ターゲット材、無鉛はんだ添加剤等の需要増加が見込まれる。
2	ジスプロシウム (Dy)	3	遷移元素	<ul style="list-style-type: none"> 産出国の対日供給抑制(2000年)、環境汚染による生産規制(2006年)等リスクの事例がある。 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。 産出国の国内需要も拡大している。
3	タングステン (W)	6	遷移元素	<ul style="list-style-type: none"> 天安門事件による出荷遅延(1989年)、産出国の鉱石契約一時停止(1991年)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。 産出国の国内需要が増加している。

- 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ジ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」

インジウムの採択当時の状況と用途

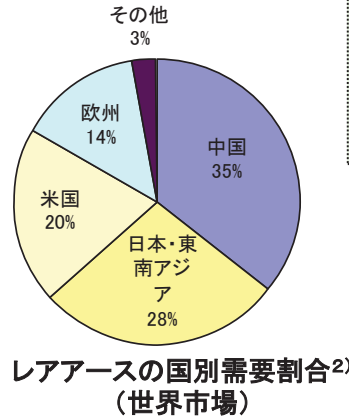
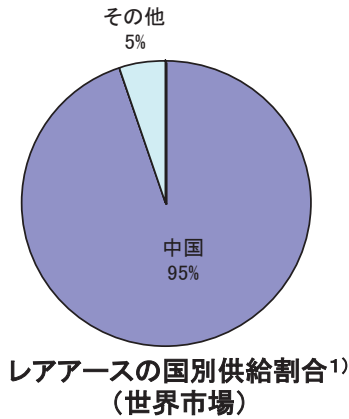
インジウムは透明電極を対象用途として決定



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

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

ジスプロシウムの採択当時の状況と用途



ジスプロシウムは自動車向けモーター用希土類磁石を対象用途として決定



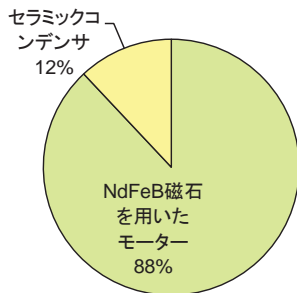
3ステージi-VTEC+IMA

ハイブリッド自動車用モーター

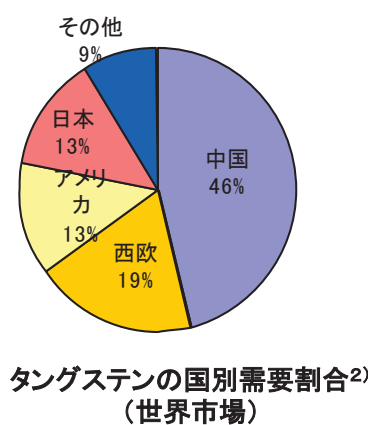
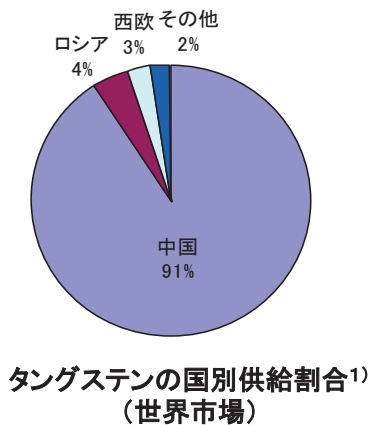
<http://www.honda.co.jp/tech/auto/engine/honda-ima/detail/index.html>

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

レアアースの中でDyは1カ国依存



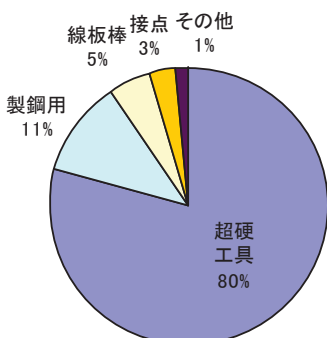
タングステンの採択当時の状況と用途



タングステンは超硬工具を対象用途として決定



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)」

- (1)目標値 :平成23年度までに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認する。

対象元素	使用原単位の低減目標値
透明電極向けインジウム(In)	現状(2004年)から50%以上低減
希土類磁石向けジスプロシウム(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(平成18年度)]で審議を行い、施策として承認された。

- (2)公募方法と結果 :提案公募方式により実施。Inは4チーム、Dyは1チーム、Wは2チーム採択された。平成19年度は、METI直執行

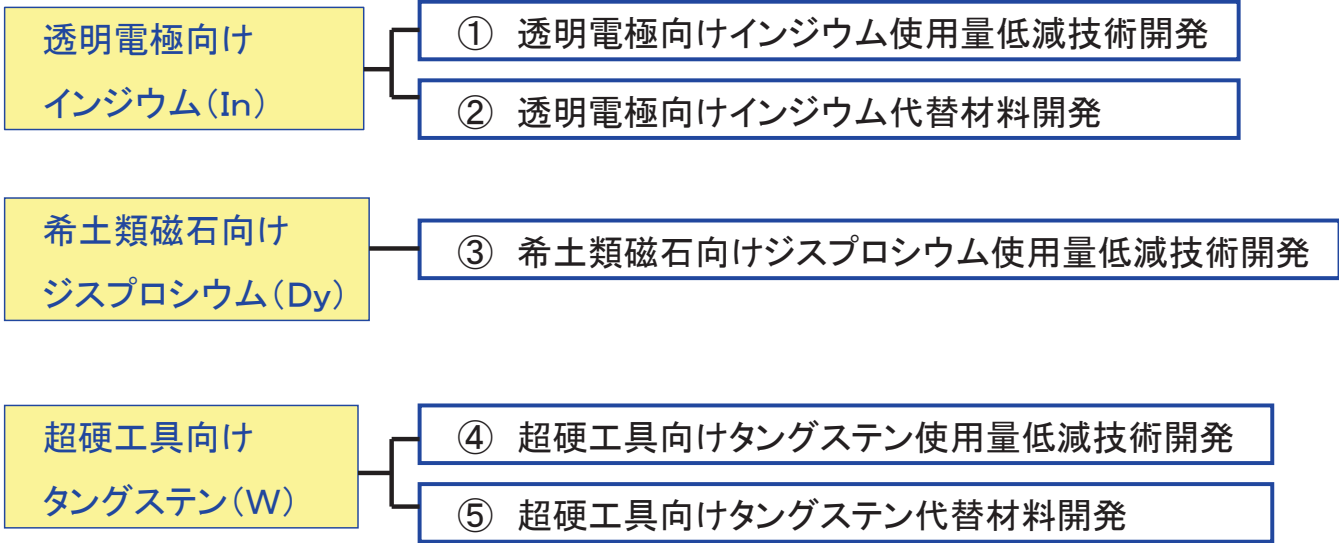
事後評価テーマ

実施年度	目標	H17~	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	
①②In低減・代替	50%減	リスク調査	リスク調査	リスク調査	中間評価			事後評価			
③ Dy低減	30%減										
④⑤W低減・代替	30%減										
⑥ Pt代・低	50%減						中間評価			事後評価	
⑦ Ce代・低	30%減										
⑧ TbEu代・低	80%減										
⑨-1 新磁石	NdFeB									事後評価	
⑨-3 新磁石	磁石代替										
⑩-1 Ce触媒	30%減									事後評価	
⑩-2 グラフエン	ITO代替									事後評価	

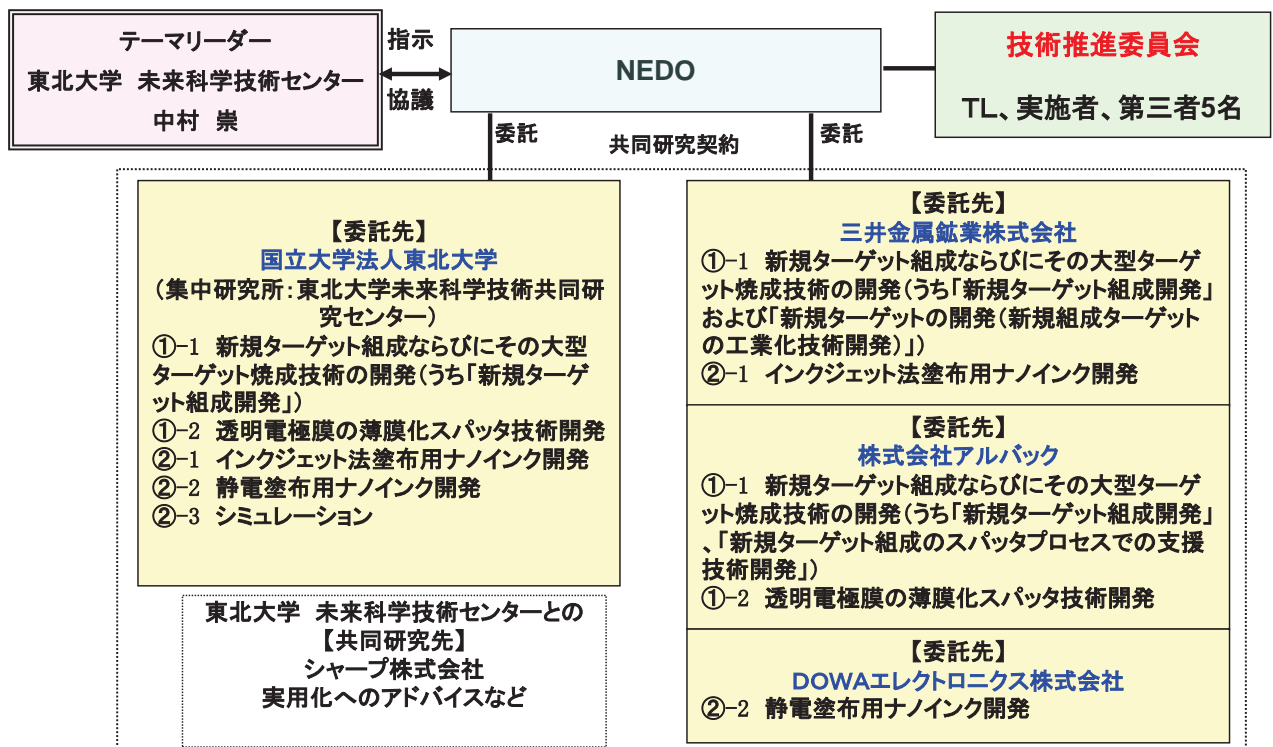
今回対象

対象元素

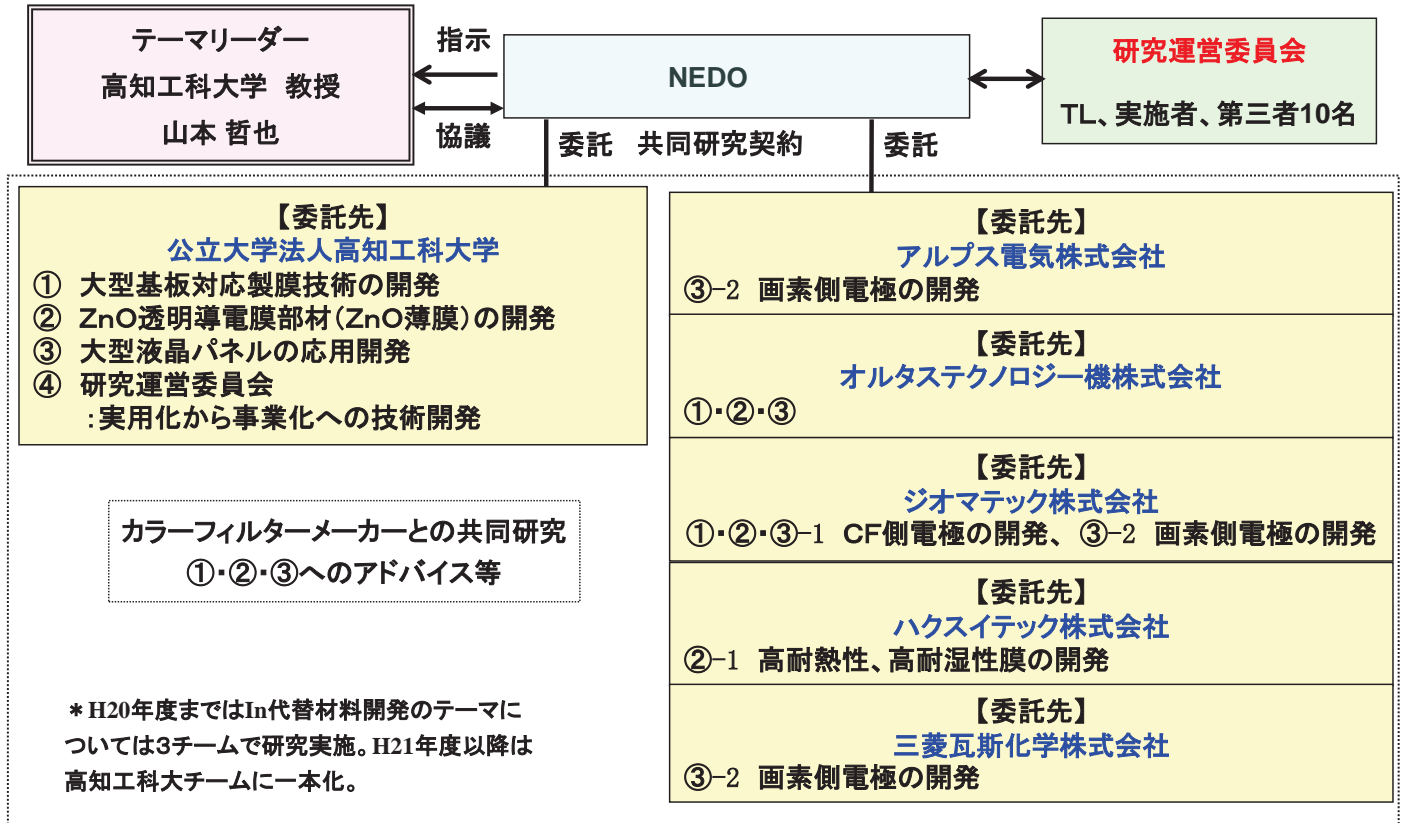
テーマ名



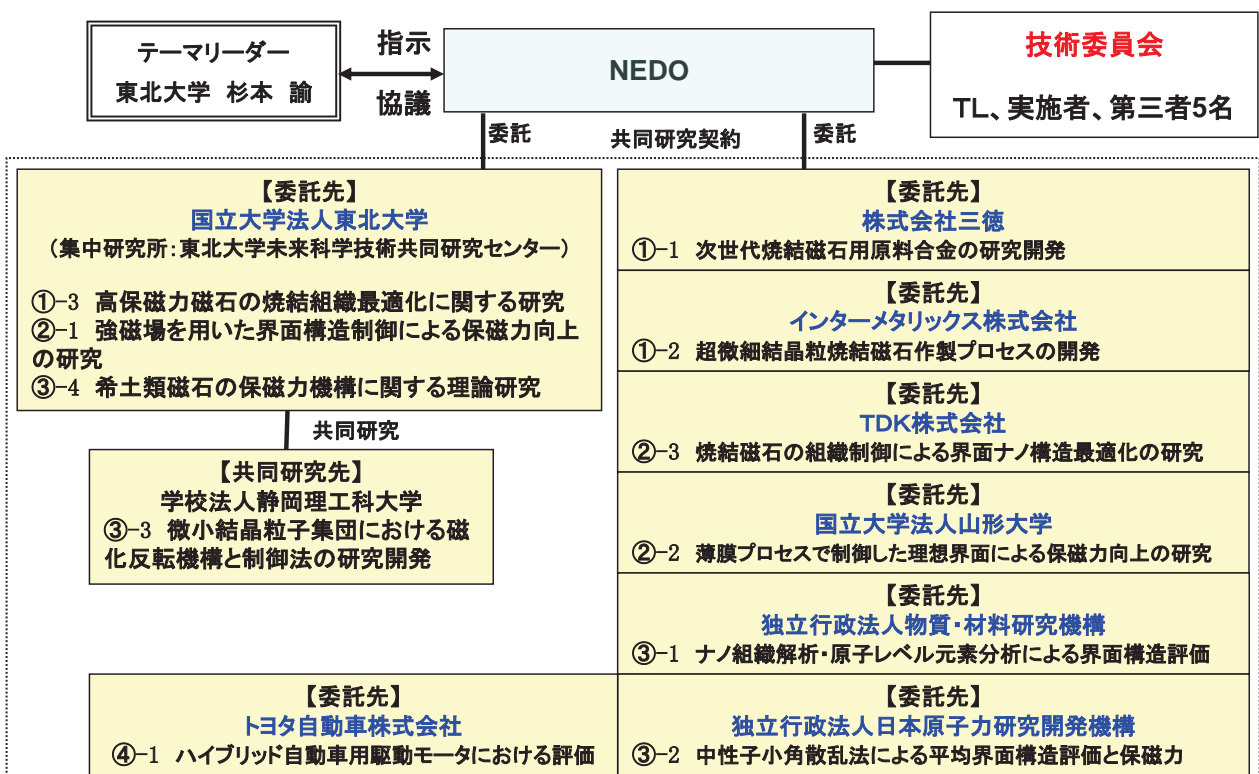
①透明電極向けインジウム使用量低減技術開発



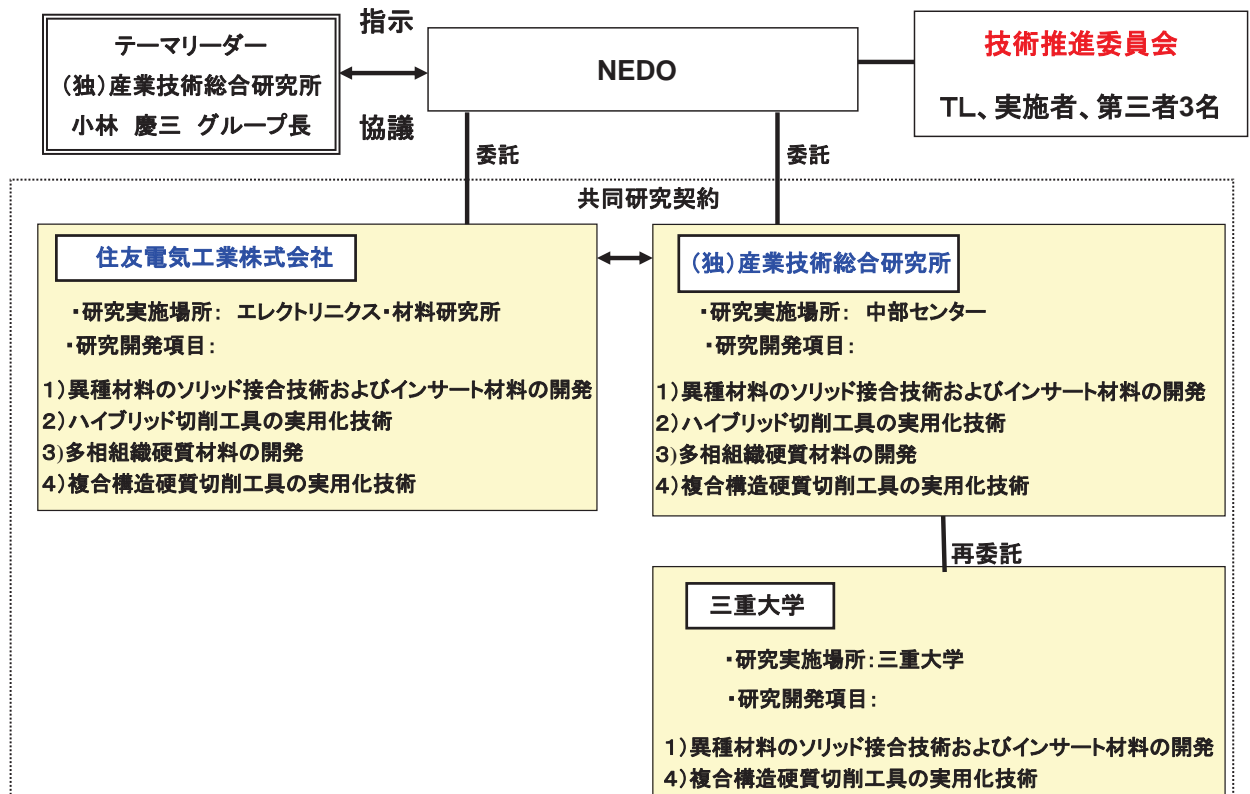
②透明電極向けインジウム代替材料開発



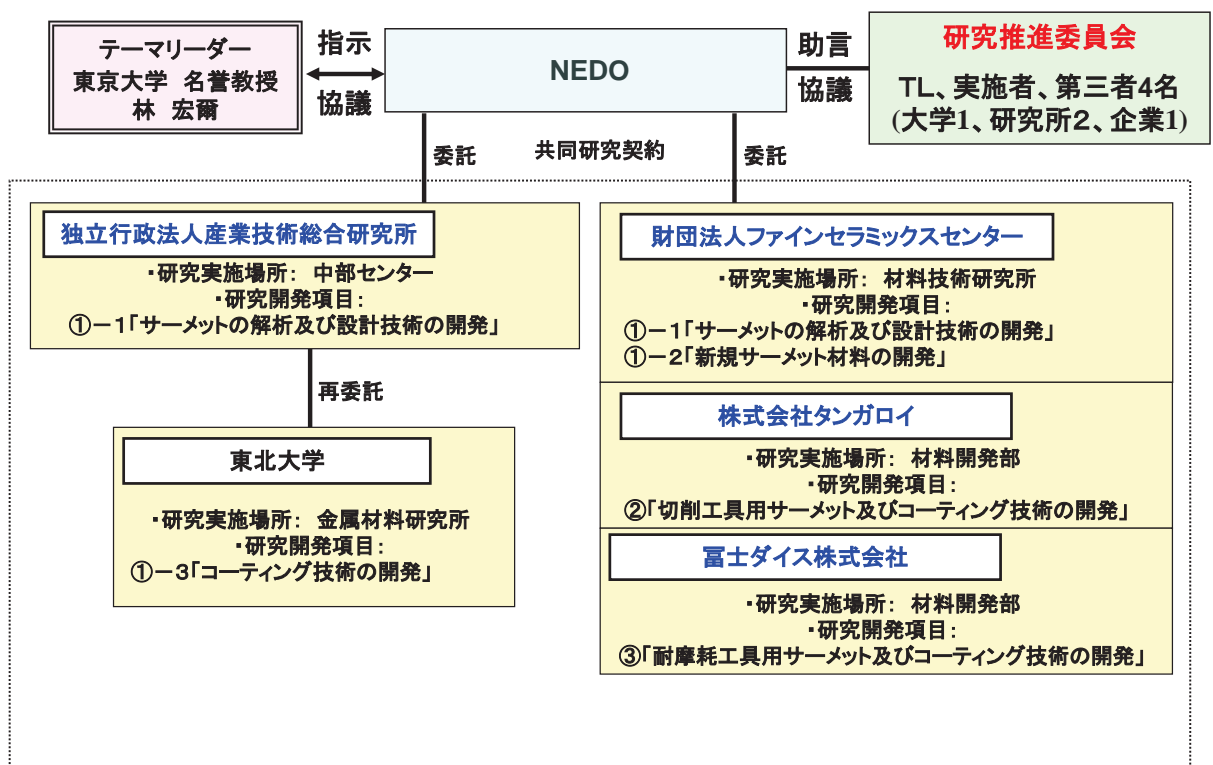
③希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発



④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発



⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発



開発項目①、② 透明電極向けインジウム(In)代替・低減技術開発の概要

① 使用量低減技術開発 目標 50%減

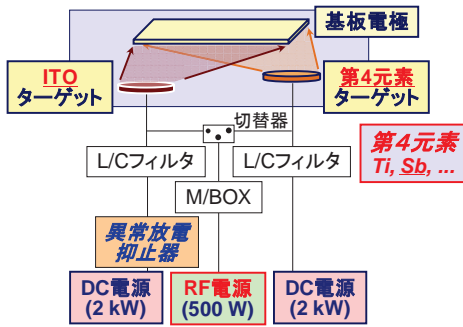
【リーダー】 東北大 中村崇教授
 【委託先】 東北大、三井金属、DOWAエレクトロニクス、アルパック

② 代替材料開発 目標 50%減

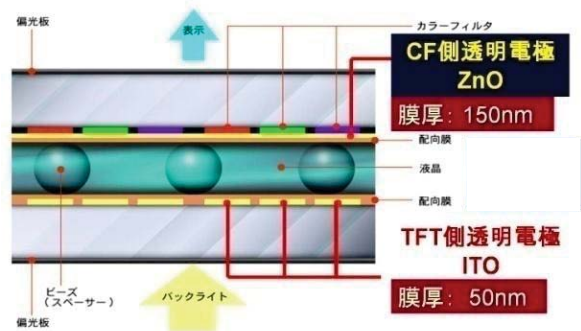
【リーダー】 高知工大 山本哲也教授
 【委託先】 高知工大、アルプス電気、ジオマテック、オルタステクノロジー、ハイスイテック、三菱瓦斯化学

内容:
 1)現状の透明電極ITO(スズ添加酸化インジウム)をベースとして**最適な元素を添加**することで、従来より薄い電極に作り込んでも同等以上の特性が得られる材料の開発。
 2)上記材料を用いた場合に、現状のITO電極よりも薄い膜厚の電極を作成する技術の開発。
 3)電極作製工程を従来のスパッタ法から新規に**インクジェットや塗布法に変更**するためのインク等の開発。

内容:
 1)現状のInを使った透明電極ITO(スズ添加酸化インジウム)の代わりに**酸化亜鉛(ZnO)を透明電極**として開発。
 2)ZnO電極において映像の邪魔をしない「透明性」、電極として役に立つ「導電性」をITOレベルまで高めるために不純物(例えばアルミニウム)を添加するなどの材料を開発。
 3)大面積のTV(ガラス基板)に対してZnO電極を作成し、長期安定性を実現するための製膜技術を開発。



第4元素を添加したITO薄膜の作製

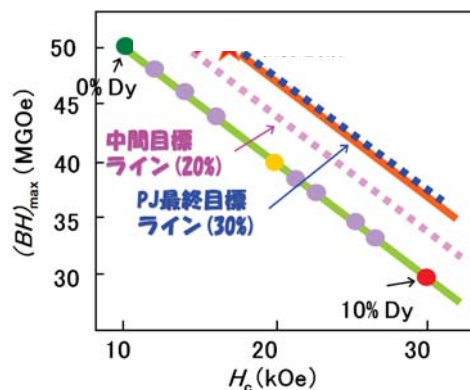
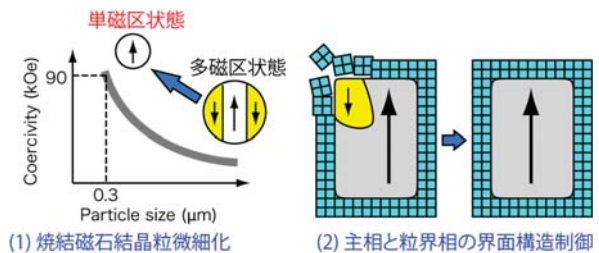


開発項目③ ジスプロシウム(Dy)使用量低減技術開発の概要

【リーダー】 東北大 杉本 諭教授 目標 30%減

【委託先】 東北大、三徳、インターマトリックス、TDK、山形大、NIMS、日本原子力研究開発機構、トヨタ自動車

内容:
 1)最強の永久磁石であるNd-Fe-B系磁石の強さ(保磁力)は理論値の10%程度に留まる。これは結晶粒界で逆磁区が核生成するためと考えられている。
 2)したがって、(1) **粒子サイズを細かくする**事、(2)粒界で核生成が生じないように**界面整合性を向上させる**事、で高保磁力を実現する作製プロセスを構築する。また、構造解析、シミュレーション等で高保磁力化の指導原理を獲得する。
 3) Dy量を削減し高保磁力化すれば、同じ性能で比べると磁石が小さくなり、さらにDy、Nd等の希土類元素の削減にも繋がる。



開発項目④、⑤ W(タングステン)代替・低減技術開発の概要

④ 使用量低減技術開発

【リーダー】 産総研 小林慶三グループ長
【委託先】 産総研、住友電工

目標
30%減

内容:

- 1) 切削工具として高強度が不可欠な部分以外をWC使用量の少ない材料に置き換える研究開発を行う。
- 2) 具体的には炭窒化チタン系硬質材料(サーメット)を中心に硬質材料の特性を改善し、その適用部分の拡大を図るために、新しい接合技術や積層化技術の研究開発を行う。
- 3) また開発した材料で切削工具を試作し、切削性能を評価し材料開発および接合技術開発にフィードバックを行う。

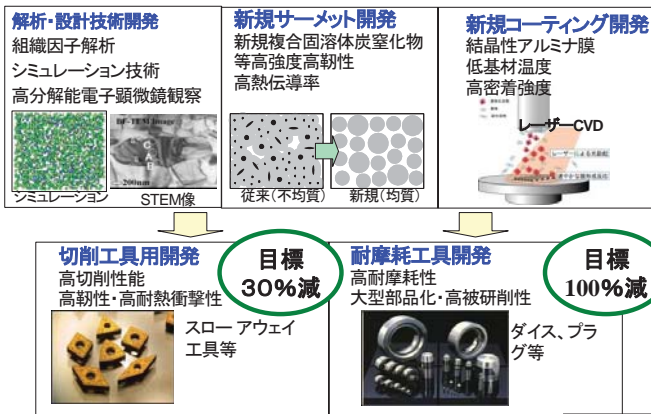
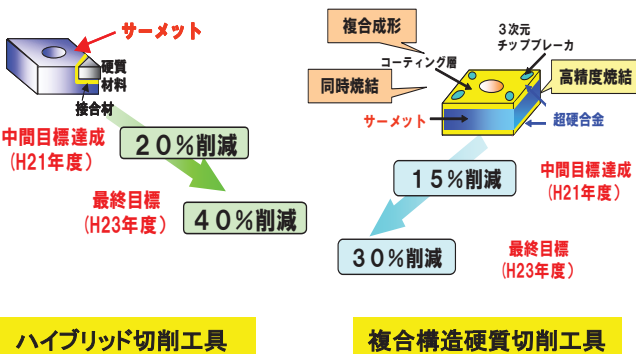
⑤ 代替材料開発

【リーダー】 東大 林 宏爾名誉教授
【委託先】 産総研、JFCC、タガロイ、富士ダイス

目標
30%減

内容:

- 1) 超硬工具は主成分として用いられる硬質材料、炭化タングステン(WC)の完全な代替として有望な炭窒化チタン硬質材料(サーメット)を改良し、新規サーメットの開発やサーメットへのハードコーティング技術の開発を行う。
- 2) 具体的には、従来の単純な混合粉末ではなく、予め固溶体化した粉末を用いてサーメットを製造する条件の洗い出しやコーティング時の基材加熱温度を低温化した新規CVDコーティング技術の確立を行う。



予算実績のまとめ

(単位:百万円)

	実施先	H19 METI直執行	H20	H21	H22	H23	合計
①In低減技術開発	東北大学、アルバック 三井金属鉱業、 DOWエレクトロニクス	270	174	259	231	199	1,133
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 50 68	⇒ 中止 179	127	726	1,370
③Dy低減技術開発	東北大学、山形大学、 NIMS、原研、三徳、 インターマテックス、TDK トヨタ自動車	310	263	342 (加速金127 内数) ¹⁾	311	268	1,494
④W低減技術開発	産業技術総合研究所、 住友電気工業	160	160	227	88	88	723
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、 タガロイ、富士ダイス	160	116	424	106	106	912
合計金額		1,100	851	1,431	863	1,387	5,623

1) 微粉末作成装置及び精密混合装置などの装置導入により、保磁力向上技術開発を加速した。

中間評価結果への対応のまとめ

開発項目	中間評価時の指摘事項	対応
① In 低減	<ul style="list-style-type: none"> ターゲットの大型化。 ITOナノ粒子製造プロセスの開示が不十分。 スパッタ法での薄膜化技術の可能性。 	<ul style="list-style-type: none"> 新規ターゲットの大型化を実施。 ITOナノ粒子製造プロセスの開示。 耐候性の長期安定について、加速試験で実用レベルを実証。
② In 代替	<ul style="list-style-type: none"> 環境への抵抗性について1000時間以上のテストが必要。 日本発の技術として開発スピードを向上。 耐湿性の目標値を大型基板で解決の事。 	<ul style="list-style-type: none"> メーカ側の指標を用いて、1000時間テストを実施。 開発技術テーマの短期解決を図った。 20インチ液晶TVで実証。
③ Dy 低減	<ul style="list-style-type: none"> 共同研究企業間における連携の効果が不明。 事業化を急ぐ必要が有る。 Dyの必要性について理論的な根拠を明確に。 	<ul style="list-style-type: none"> 連携の効果を出すため技術委員会を数多く開催し、情報の共有化を図った。 事業化に向けて前倒し化を実施。 保磁力機構の解明と保磁力増加の指導原理の獲得に向けグループを設置。
④ W 低減	<ul style="list-style-type: none"> 特許件数が少ない。 商品化をもっと急ぐべき。 サプライマッチングの促進。 	<ul style="list-style-type: none"> 7件の特許出願。 複合構造工具、ハイブリッド工具での切削試験の加速。 自動車部品の加工メーカとコンタクト。
⑤ W 代替	<ul style="list-style-type: none"> サーメットの破壊靱性値及び材料特性の向上を基礎的(系統的)に。 実用化に向けた実験、事業化への検討を前倒しする事。 サーメット技術向上の為、グループ内の連携強化の事。 	<ul style="list-style-type: none"> 固容体粉末使用により組織的均質化を実施。 切削試験、摩耗試験を加速すると共に、助成事業を立ち上げ事業化を加速。 グループ内に於ける連携強化。

研究開発マネージメント

- 進捗状況に応じた実施体制の見直し。
- 技術検討会、技術指導会等による進捗管理及び専門家の指導による研究加速。

知的財産マネージメント

- 各テーマは、各参画機関が研究を開始する前に、共同開発契約もしくは秘密保持契約を締結して進めるよう指示。
- この中で、知財の考え方、知財の配分、特許出願の判断、制約事項や、対外研究発表等の約束事(共願者への事前の相談、特許出願後の発表)等について、どのように扱うかを決め必要な文書化を実施。

実用化の促進

- 体制見直しによる実用化開発への予算の重点化による開発促進。

本プロジェクトでは、希少金属元素の低減目標値を達成する「代替技術」、「使用量削減技術」を実現し、代替・使用量削減対象製品と同等の機能・コストを有するサンプルを提供することを目指す。

同等の機能・コストであれば、企業による「代替技術」、「使用量削減技術」の採否の判断は、希少金属の価格・供給リスク動向によって大きく左右される。

→ 希少金属が安く入手できるうちは、新たな材料、技術を導入する必要はない。
実用化の見通しは外的要因に大きく影響される。

本プロジェクトでの実用化とは

供給懸念が実際に起こった時に、企業が採用できること(技術ストック)

本プロジェクトでの事業化とは

現実となった供給懸念への対応のため、「代替技術」及び「使用量削減技術」を製造現場で使用して、事業における低コスト化・収益の維持を図ること

知的財産権、成果の普及のまとめ

()は外国出願件数

	①In 低減	②In 代替	③Dy 低減	④W 低減	⑤W 代替	計
特許出願	6 (1)	12 (1)	3	9	9 (1)	39 (3)
論文	15	41	84	13	83	236
研究発表・講演	69	117	250	49	171	656
受賞実績	1	1	6	1	15	24
新聞・雑誌等への掲載	17	21	14	4	4	60
展示会への出展 (ナノテク展への対応含む)	9	7	5	4	9	34

目標値	50%減	50%減	30%減	30%減	30%減
達成状況	達成	達成	達成	達成	達成

我が国でレアアース消費国間の国際ワークショップを開催

日・米・欧の三極を中心にレアアースに係る政策や研究開発・資源開発動向に関して情報交換することを目的に、2011年10月に米国にてレアアースの代替・削減・リサイクルに関する第1回ワークショップを開催。2012年3月28日東京において、NEDOが中心となり経済産業省、米国エネルギー省、欧州委員会やカナダ、豪州の専門家が集まり、第2回国際ワークショップを開催し、今後の方向性や連携の可能性について議論を行った。



日・米・欧の連携を確認

左からハンス・ディートマール・シュヴァイスグート駐日欧州連合大使、枝野幸男経済産業大臣、ステイブン・チュー米国エネルギー省長官



欧州委員会

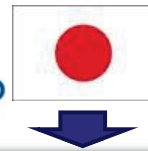


米国エネルギー省

重視する技術課題など、問題意識が一致。連携へ。

2011年に情報交換

2010~2011年に情報交換

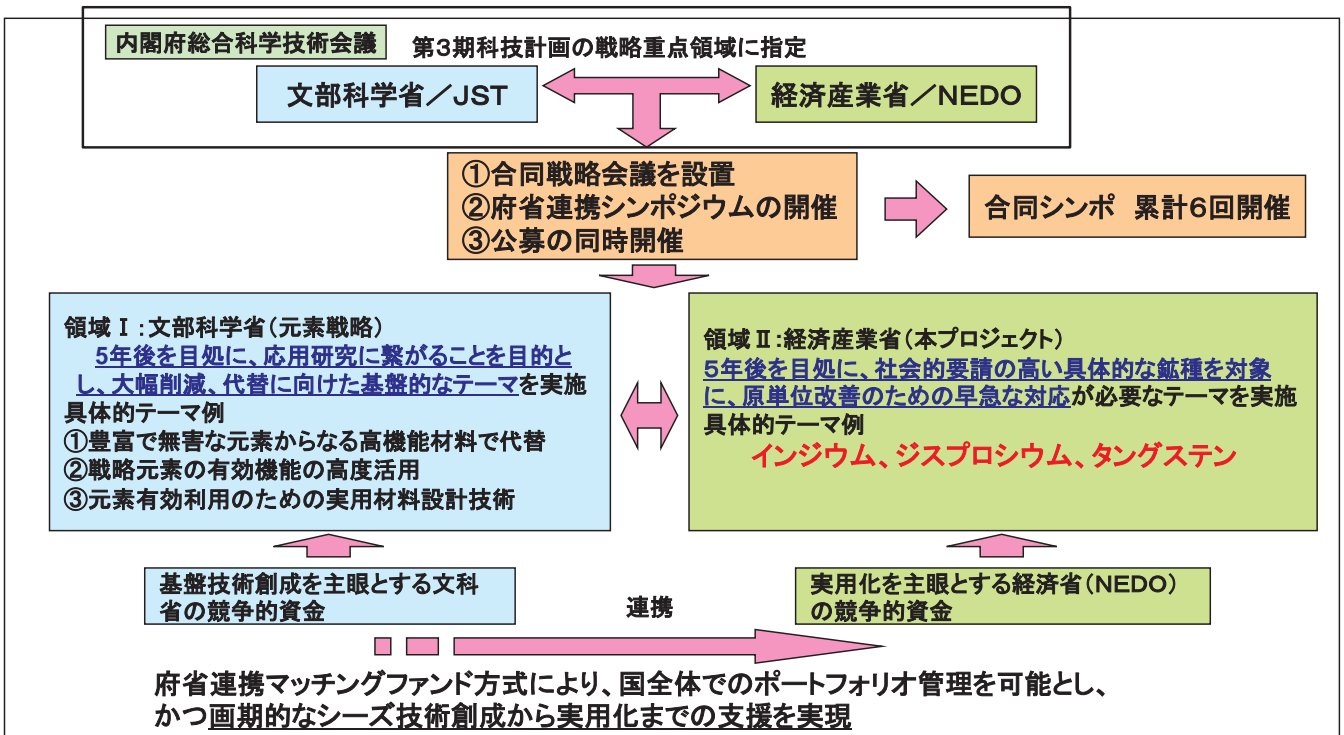


開会の挨拶をするNEDO古川理事長

2012年3月28日、EU-Japan-US Workshop on Critical Materials R&Dを日本で開催

内閣府と経済産業省と文部科学省との府省連携

・公募の同時開催、公募情報の共有、プロジェクト評価結果の共有、シンポジウムの共催(取り組みと成果の報告)等を行い、国として基礎から実用化までをカバーした研究開発を進める。



費用対効果

	金額	削減見込量	相場価格	諸 元
透明電極向け インジウム	264億円	465t/年	730US\$/kg (2011年)	$465\text{t/年} \times 730\text{US } \$/\text{kg} \times 77.9\text{円}/\$ \times 10^3$ =264.4億円/年 \div 264億円/年
希土類磁石向け ジスプロシウム	298億円	180t/年	2123US\$/kg (2011年)	$180\text{t/年} \times 2123\text{US } \$/\text{kg} \times 77.9\text{円}/\$ \times 10^3$ =297.7億円/年 \div 298億円/年
超硬工具向け タングステン	40億円	1385t/年	367US\$/MT U (2011年)	$1385\text{t/年} \times 367\text{US } \$/\text{MTU} (1\text{MTU}=\text{W03純分}10\text{kg}) \times 77.9\text{円}/\$ \times (1000/10)$ =39.6億円/年 \div 40億円/年
合 計	602億円			

5年間の予算**56億円強**に対し、インジウム約264億円、ジスプロシウム約298億円、タングステン約40億円 計**602億円**の削減効果。

今後に向けた取り組み

◎希少金属代替PJ／委託終了事業の実用化加速

1) H24年度～H25年度／実用化助成事業

H23年度に委託事業を終了したテーマ(In、Dy、W)の実用化助成で事業化の加速

<採用テーマ>

- ①超硬工具のタングステン使用量を削減する代替サーメット材料の実用化
(タンガロイ)
- ②耐摩耗工具用新規開発サーメットの改良と実用化
(富士ダイス)

2) NEDO継続研究

<継続研究テーマ>

- ①超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発
(住友電工)

I. 事業の位置づけ・必要性



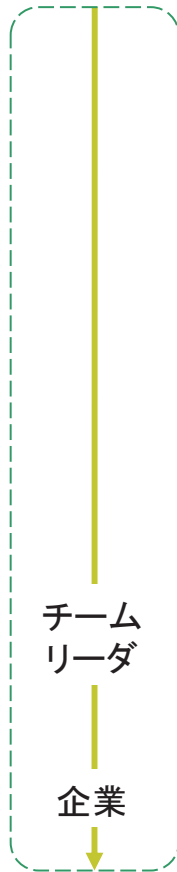
II. 研究開発マネジメント



III. 研究開発成果



IV. 実用化、事業化の見通し



- 1)社会的背景と事業の目的
- 2)国の政策における位置付け
- 3) NEDOが関与する意義

- 1)研究開発対象の鉱種選定
- 2)研究開発目標
- 3)実施体制
- 4)実施効果、事業の計画内容
- 5)予算実績、中間評価結果への対応
- 6)マネジメントの妥当性
- 7)成果概要
- 8)実施効果
- 9)今後に向けた取組

- 1)開発目標と達成度
- 2)検討内容

- 1)実用化、事業化までのシナリオ
- 2)波及効果

「希少金属代替材料開発プロジェクト」(事後評価)

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

研究開発項目②透明電極向けインジウム代替材料開発

研究開発項目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

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

研究開発項目⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

1 / 8

「希少金属代替材料開発プロジェクト」
(事後評価)第1回分科会
資料6-1-1

革新的部材産業創出プログラム

「希少金属代替材料開発プロジェクト」(事後評価)

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

プロジェクトの詳細について (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

2 / 8

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

ただし、スパッタ法では2つの独立した手法で削減のアプローチを行う

- ①ITOの組成新しい省インジウム組成に変更(現状90% In_2O_3 を50%まで削減)
- ②現状の組成でITO薄膜の厚さを半減する

(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**

3 / 8

(1)「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」 個別研究開発項目の成果

事業原簿 P. ①III-2

公開

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

新規省In組成ITO大型ターゲットの作製

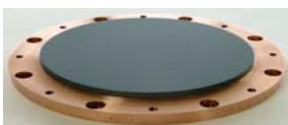
ターゲット
製造フロー

原料 → 造粒 → 成形 → 焼成 → 加工研磨 → ボンディング

小型ターゲット
($\Phi 101.6 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$)

大型ターゲット
($610 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$)

ITO50:Fe



相対密度 : 98.5 %



相対密度 : 99 %

実生産に供することが可能

4 / 8

(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」

公開

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

検討項目	最終目標	到達値	達成状況
新規組成を用いた薄膜の特性評価	最大50 mass%SnO ₂ 含有のITOターゲット (In ₂ O ₃ 含有率50 mass%)で体積抵抗率200~250 μΩ cm(膜厚150 nmで表面抵抗率13.3~16.7 Ω/sq)を目標値とする. 透過率は波長550 nmで85%以上を目指す.	第4元素添加, 基板加熱および積層化により, 新規省In組成ITO薄膜で, 体積抵抗率(250 μΩ cm), 可視光透過率(550 nmで95%以上)を実現	○
新規組成実用ターゲットの焼成	新規組成ターゲットの高密度化と大型化	省In組成かつ量産用カソードサイズで相対密度約99%のターゲットを作製	○

上記技術の組み合わせにより省インジウム薄膜を作製し、トータル厚さを120nmに抑えることにより、本技術で省インジウム薄膜の結晶化のために使用する厚さ10nmの超薄膜ITOにおける使用量を勘案してもトータルでのインジウム使用量は50%に達する。
したがって、技術目標のみならず、**本プロジェクトの最終目標を達成している。**

達成度→目標達成:○, 目標未達成:△

(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」

公開

2) 透明導電膜の薄膜化スパッタ技術開発(アルバック)

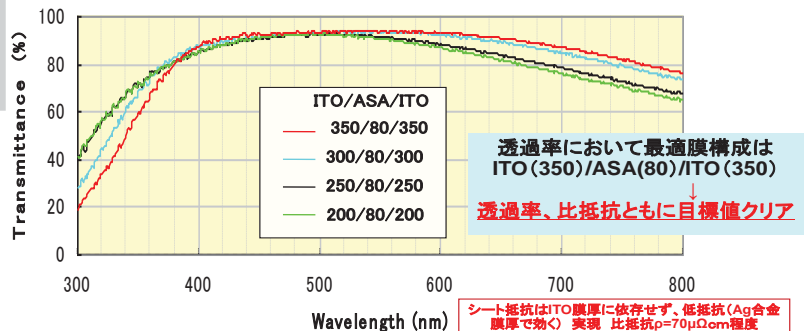
検討項目	最終目標	到達値	達成状況
金属積層ITO薄膜の作製	ITOの膜厚を両面合せて100nm以下とし、シート抵抗16 Ω/sq以下、透過率85%以上(測定波長550nm)とする製造技術を開発	シート抵抗16 Ω/sq以下、透過率85%以上(測定波長550nm)	○

世界最高性能の積層ITO薄膜

膜厚を150nmから半分の70nmにすることで**インジウム使用量50%削減を達成**
さらに新組成ITO薄膜を利用することでさらに40%削減

ITO In₂O₃ 50%の薄膜を使用すると耐候性の大幅向上

積層構造の検討(上下ITO膜厚同時変更) 透過率および電気的特性



シート抵抗はITO膜厚に依存せず、低抵抗(Ag合金膜厚で効く) 実現 比抵抗ρ=70μΩcm程度

IMI膜構成 ITO/ASA/ITO	ITO膜厚 (Å)	In削減率 (%)	T(%)			シート抵抗 (Ω/□)	移動度 (cm ² /V-s)	キャリア密度 (/cm ²)
			λ=400	λ=550	λ=700			
レゾナンス(GF-ITO)	1500	—	82	96.5	91	15.0	24.6	1.41E+21
350Å/80Å/350Å	700	53	87.6	94.3	87.5	9.1	14.8	8.60E+21
300Å/80Å/300Å	600	60	87.4	93.6	84.5	9.0	15.7	8.15E+21
250Å/80Å/250Å	500	67	86.0	91.4	78.4	9.6	13.8	8.45E+21
200Å/80Å/200Å	400	73	85.8	90.7	76.3	9.2	14.2	9.07E+21

研究成果(まとめ)

検討項目	最終目標	到達値	達成状況
インクジェット用ITO ナノインクの開発	焼成温度 200-300℃、 膜厚 <150 nm (Ra <10 nm)、抵抗値 <5 x 10 ⁻³ Ω cm、 ヘイズ 1 %以下、 透過率 >96% (450-800 nm)、 耐摩耗性 >3H	・膜厚 100 nm 以下均一塗布 ・透過率 96% 以上 ・ヘイズ 1% 以下 ・抵抗値 10 ⁻³ Ω cm 達成	○
静電塗布法用 ITOナノインクの開発		ナノ粒子のみの提供のためナノインクでの評価はなし	○

以上の技術開発により、In の使用原単位を10%
以上削減できる工業化・製造技術を確立した

ご清聴有り難う御座いました。

研究開発成果、実用化・事業化の見通しの詳細については改めて、午後の非公開セッションで発表します。

詳細なご質問は非公開セッション
でお願いします。

「希少金属代替材料開発プロジェクト」(事後評価)

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

研究開発項目②透明電極向けインジウム代替材料開発

研究開発項目③希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発

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

研究開発項目⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

1/12

「希少金属代替材料開発プロジェクト」
(事後評価)第1回分科会
資料6-1-2

ナノテク・部材イノベーションプログラム
環境安心イノベーションプログラム

「希少金属代替材料開発プロジェクト」(事後評価)

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)、
オルタステクノロジー(株)、
ジオマテック(株)、
ハクスイテック(株)、
三菱瓦斯化学(株)

2/12

個別目標と達成状況

最終目標の達成度

検討項目	最終目標	到達値	達成度
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	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: 可視光平均透過率の変化率 $\leq 2\%$ 酸化亜鉛系材料を用いて、液晶ディスプレイテレビにおけるカラーフィルター側の透明電極で、100% ITO代替することで、インジウム使用原単位の50%以上低減に達成する。	抵抗率: $2.39 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ 透過率: 可視光平均86.7% 耐熱性: 抵抗変化率 5% 耐湿性: 抵抗変化率 7% 耐薬品性: 可視光平均透過率の変化率 $\leq 1\%$ 酸化亜鉛系材料を用いて、20インチ型液晶ディスプレイテレビにおけるカラーフィルター側の透明電極で、100% ITO代替することで、インジウム使用原単位の50%以上低減実現に、世界で初めて成功した。性能(輝度)において優れたテレビとなった。	◎

事業原簿 ②-3

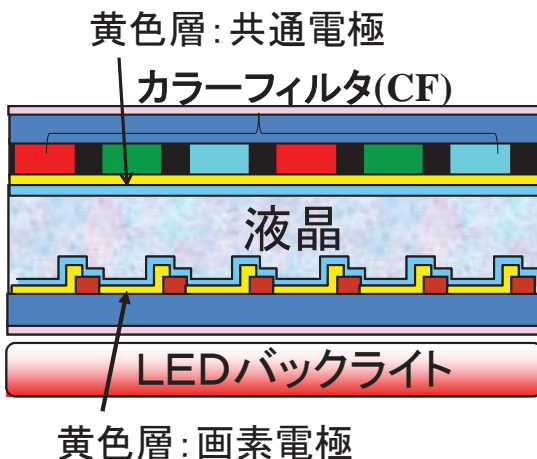
達成度→最終目標達成: ◎

3/12

事業の最終目標
インジウム (In) 使用原単位 **50% 以上の削減**

ZnO 透明共通電極 100% ITO 置換 (置換代替 > 50%)

優位性: 輝度、ITO よりも 5% 高い



連続駆動試験終了
50°C, 95% (1,000時間)
輝度、コントラスト、色度

➤ 平成23年度科学技術分野の文部科学大臣賞
科学技術賞（研究部門）受賞

- 業績名：液晶ディスプレイに実用可能な酸化亜鉛機能膜の開発研究
- 受賞者：山本哲也

5/12

2. 研究開発マネジメントについて (5)中間評価結果への対応

公開

指摘		対応
1	環境への抵抗性に関しては更なる検討・研究が必要であり、 1,000時間以上のテスト要。	パネルメーカーと協議し、輝度、コントラスト、色度に対し、メーカー側の指標(50°C、95%)で 当該時間で実施 。結果：合格(20インチ液晶TV)
2	日本発技術として 開発スピード を向上	中間評価後、20インチ液晶TV試作 を従来のラインで実施。 メーカを1社に絞り、開発技術テーマ短期解決 を図った。
3	残された評価項目(耐湿性)の目標値を 大型基板 で解決	パネルメーカーと協議し、 20インチ液晶TVで実施 。封止材などで囲まれるTVでは目標達成。透明導電膜のみでは抵抗変化率12%(目標10%)
4	抵抗率の減少($10^{-6} \sim 10^{-5}$ Ohm cm)	パネルメーカーと協議し、求められる抵抗率は 10^{-4} ohm cm と確認した。

液晶パネルおよび液晶テレビの試作などの投入金額

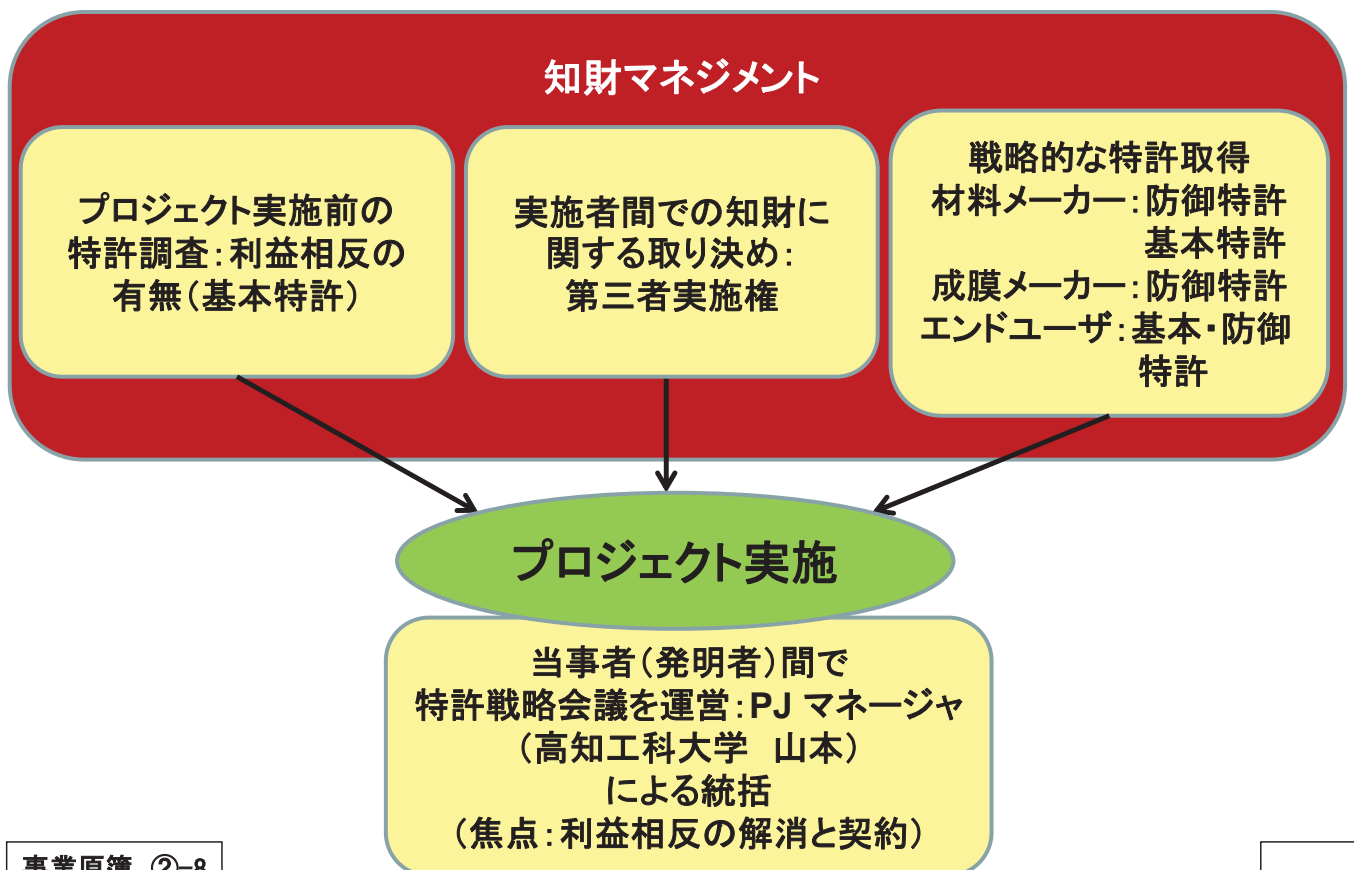
単位：百万円

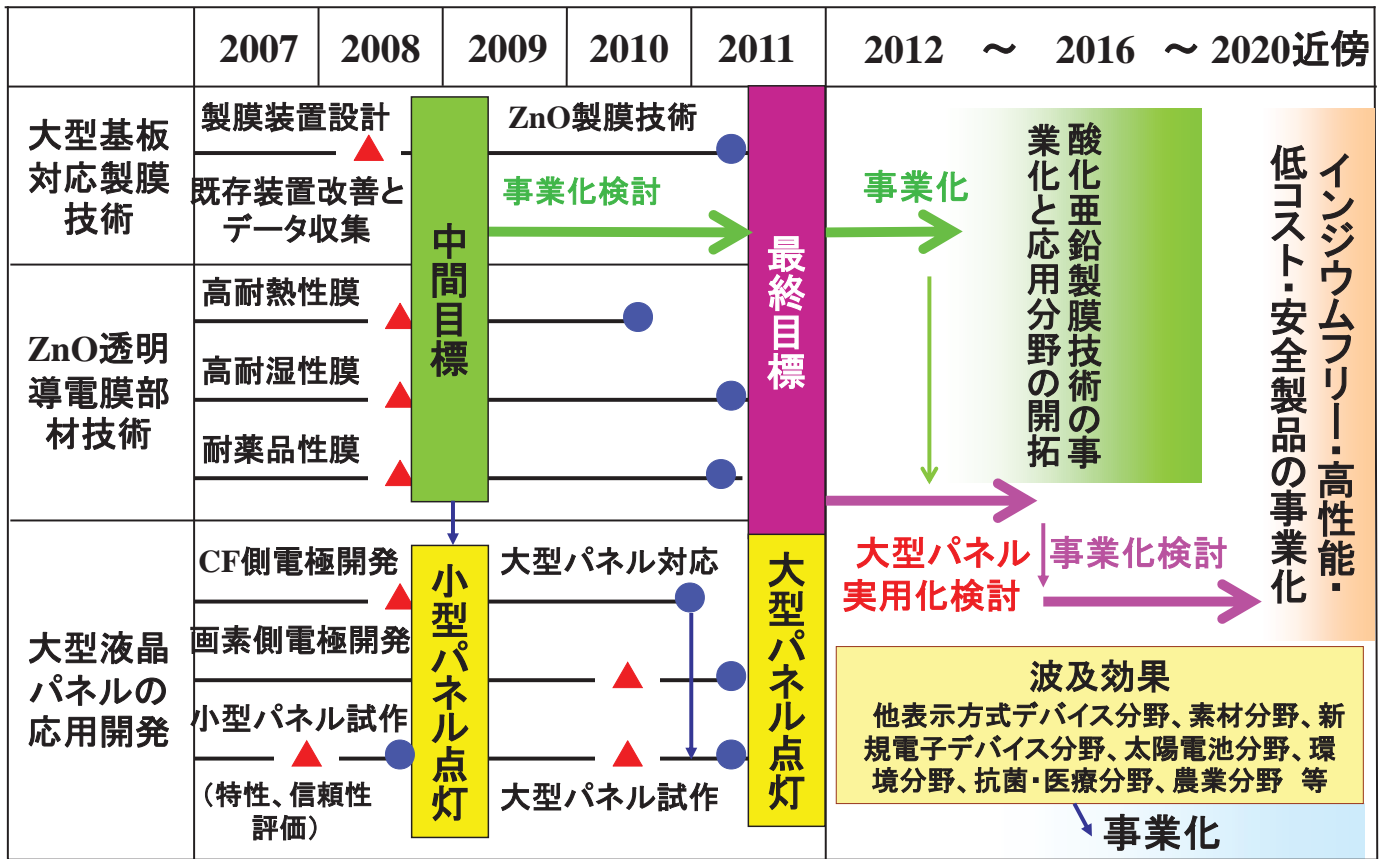
液晶パネル

液晶テレビ

	H19	H20	H21	H22	H23
総額 (T)	80	68	180	126	126
試作費用 (t)	12	6	38	27	27
割合 (t/T)	15%	8%	24%	21%	21%
	試作	再現性 信頼試験	試作	耐薬品 優位性	再現性 優位性

インジウム
kg 当たりの
価格推移





本プロジェクト事業化例：計3社

- **ジオマテック株式会社**
高性能ZnO透明導電膜の製膜受託事業
<http://www.geomatec.co.jp/product/ito/zno.html>
- **ハクスイテック株式会社**
Ga添加ZnOの素材（粉末、タブレット）
http://www.hakusui.co.jp/J/products2/k_sanka2.html
- **三菱瓦斯化学株式会社**
微細加工関連の薬液



		2007	2010	2015	2020
表示デバイス分野	フレキシブル表示デバイス 有機表示デバイス	タッチパネル用透明電極形成技術 → 事業化 事業化検討 → 実機への適応検討			
	タッチパネルデバイス	樹脂上製膜技術 → 要素試験 → 実機への適応検討 → 実用化 有機膜上製膜技術 → 開発 → 実用化検討 → 実用化			
素材分野	スパッタターゲット	ZnOターゲット技術 → 実用化検討 → 実用化			
	光フィルター・電磁シールド・抗菌素材・医療・農業用素材	コーティング、埋込技術 → 研究開発 → 検証実験 → 実用化検討 → 実用化			
他分野	太陽電池	電極形成技術 → 研究開発 → 実用化検討 → 実用化			
	新規高機能電子デバイス	ZnO系半導体素子技術 → 研究開発 → 実用化検討 → 実用化			

ご清聴有り難う御座いました。

研究開発成果、実用化・事業化の見通しの詳細については改めて、午後の非公開セッションで発表します。
詳細なご質問は非公開セッションでお願いします。

「希少金属代替材料開発プロジェクト」(事後評価)

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

研究開発項目②透明電極向けインジウム代替材料開発

研究開発項目③希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発

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

研究開発項目⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

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」(事後評価)

研究開発項目③希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発

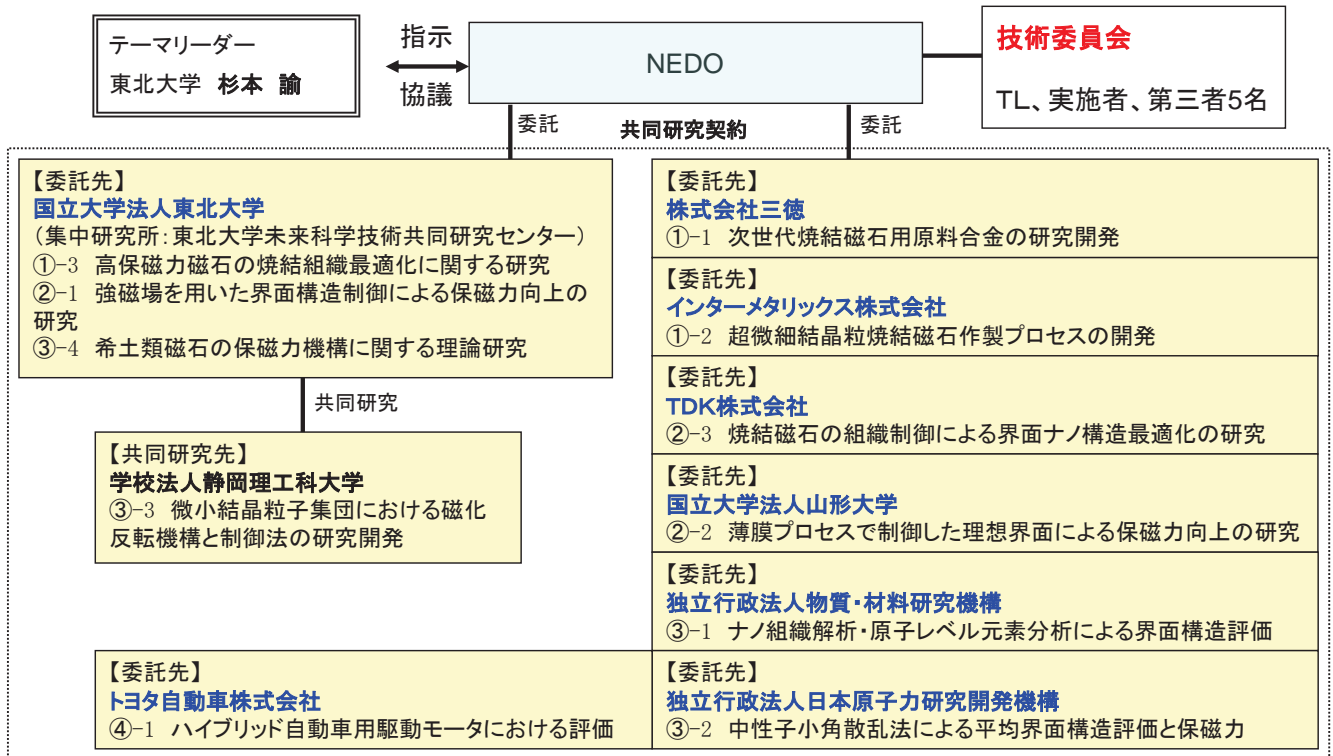
研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

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希土類磁石向けジ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

③希土類磁石向けジ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

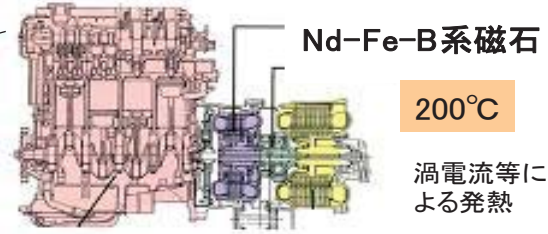
「進捗フォローアップ会議(年複数回)」

研究内容の進捗状況確認と今後の方針を協議

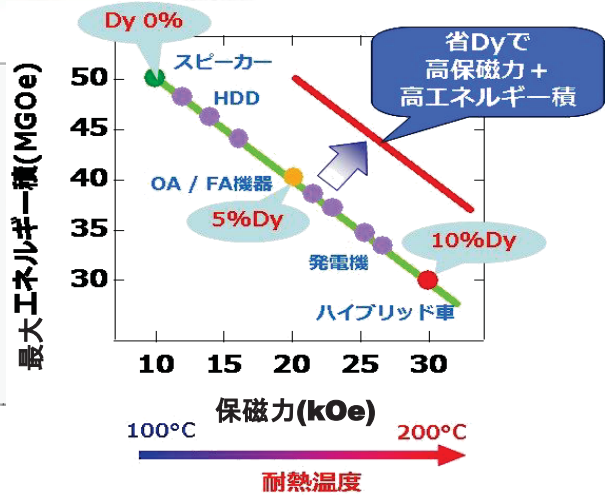
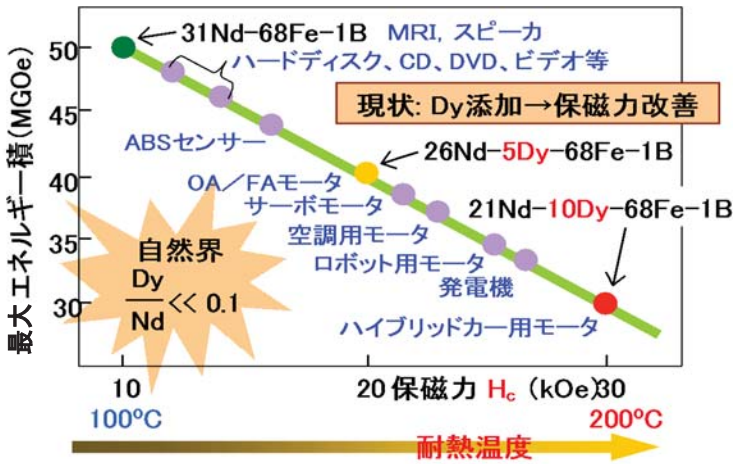
II. 研究開発の背景と目標

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

II. 研究開発の背景

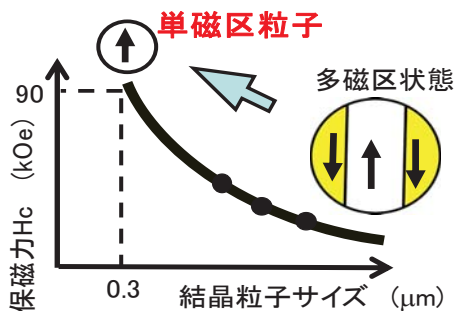
公開

アプローチ(保磁力増大への戦略)

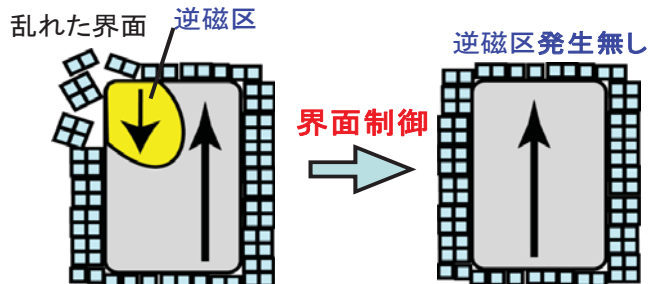
現状: Dy-freeで保磁力Hc=10kOe程度(理論値の1割程度)!

- 2つのDy非依存型アプローチ -

I. 粒子サイズを減少



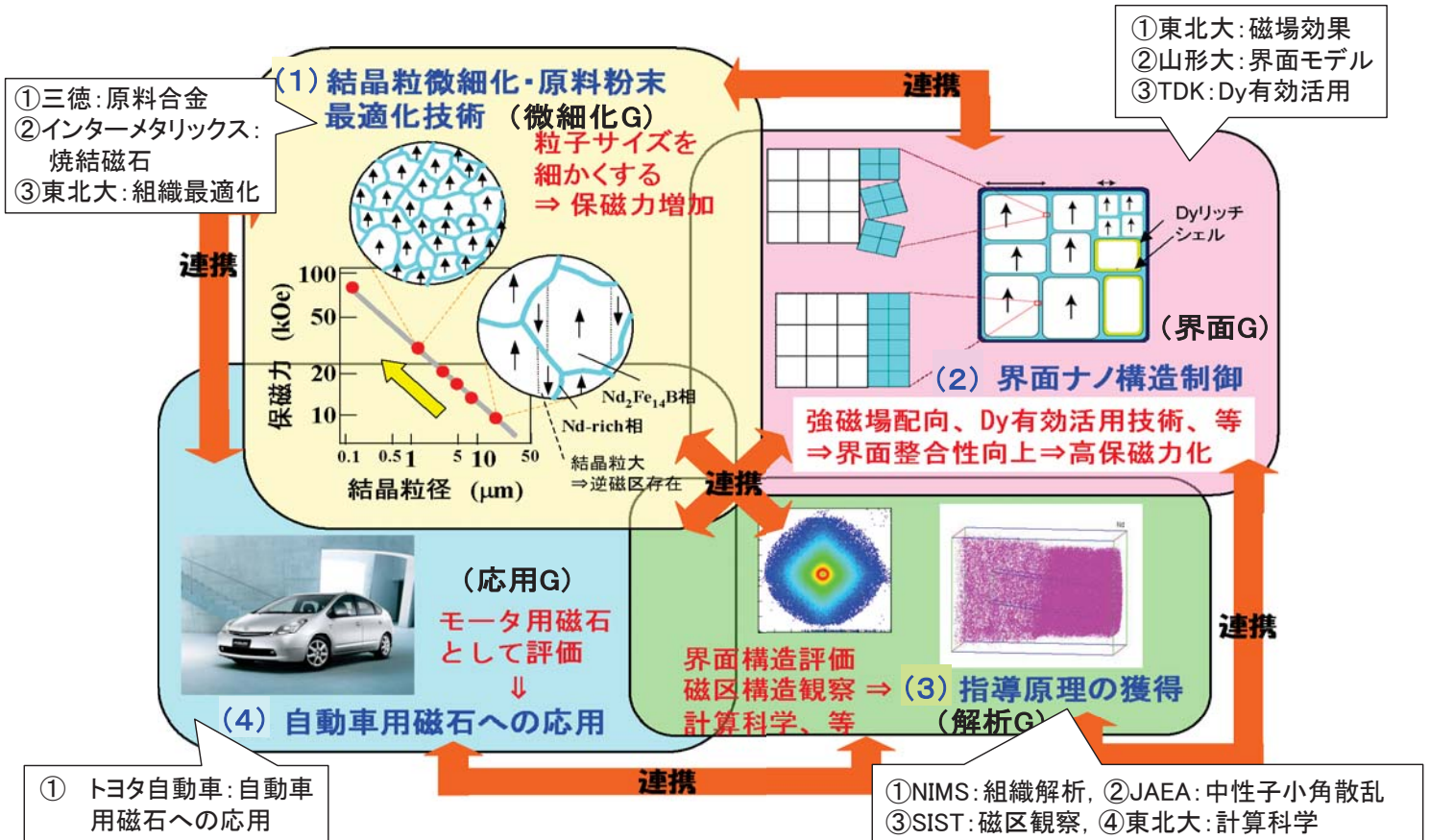
II. 粒子界面を制御



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)

II. 研究開発の内容と体制

公開



II. 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希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発

目標	設定根拠
<p><中間目標> 結晶粒径の微細化、強磁場プロセスによる界面ナノ構造制御技術等の開発により、ジスプロシウム使用原単位20%削減を達成する。</p> <p><最終目標> 下記の各項目について目標を達成し、ジスプロシウム使用原単位を30%以上削減可能な技術を確立する。</p> <p>(1) 結晶粒径2μmで元素濃度分布を最適化した原料合金、並びにジスプロシウムフリーで結晶粒径2μm以下の焼結磁石、における量産化技術の確立。</p> <p>(2) 強磁場プロセスやジスプロシウム有効活用技術の導入等によって、高保磁力化の実現(10kOe増加)。</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、高保磁力省ジスプロシ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10μm程度から3μm(目標2μm)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>

研究開発スケジュール③希土類磁石向けジスプロシ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
(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 ▲			(実用化検討) ●		<ul style="list-style-type: none"> 結晶粒径2μ mで元素濃度分布を最適化した原料合金 Dyフリーで結晶粒径2μ m以下、保磁力20kOe以上の焼結磁石 Dy量を30%削減
	2)超微細結晶粒焼結磁石作製プロセスの開発 ▲				●	
	3)高保磁力磁石の焼結組織最適化に関する研究 ▲					
(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 ▲				●	<ul style="list-style-type: none"> 強磁場プロセスで保磁力10kOe増加 Dy有効活用技術で、結晶粒径6μ m以下、Dyリッチシェル1μ m以下の焼結磁石 Dy量を30%削減
	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 ▲				●	
	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 ▲					
(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 ▲					<ul style="list-style-type: none"> 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 保磁力機構・磁化反転機構の解明 高保磁力省Dy磁石開発における指導原理の確立。
	2)中性子小角散乱法による平均界面構造評価と保磁力 ▲					
	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 ▲					
	4)希土類磁石の保磁力機構に関する理論研究 ▲					
(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 ▲			(実用化検討) ●		<ul style="list-style-type: none"> モータ出力密度3倍のための要素を明確化

Ⅲ. 研究開発成果について

個別目標と達成状況 ③希土類磁石向けジ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	最終目標	成果(到達値)	達成度
Dy削減率	30%	微細化Grp: 40%相当 界面Grp: 35%相当	◎

達成度→最終目標達成: ◎、最終目標未達成: △

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	<ul style="list-style-type: none"> 1) デンドライト間隔2 μm達成、冷却速度によるDyの分布制御可能性を示唆 2) Dy削減率40%相当磁石開発成功、粉末微細化(粉末粒径1.1 μm)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見
(2) 界面ナノ構造制御による保磁力向上技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 1) 強磁場印加: Dy含有試料で6 kOeの保磁力上昇 2) Nd層成膜で14 kOeの保磁力上昇、界面効果とサイズ効果の独立性を実証 3) Dy削減率35%磁石開発成功、Dyリッチシェル85%、シェル厚み~1 μm達成
(3) 高保磁力磁石の焼結組織最適化に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> 1) マルチスケール解析: 粒界構造と保磁力の因果関係を解明 2) 内部平均構造と保磁力の相関関係を確認 3) 粒子集団での協同現象的磁化反転を確認。微小試料の作製と測定法を確立。 4) 異方性が主相表面の面方位で変化することを確認。粒界相の磁性を評価。
(4) 自動車用磁石への応用	<ul style="list-style-type: none"> 1) モータコア体格を23%の縮小に成功、出力密度向上の開発要素を明確化

Ⅲ. 研究開発成果について

成果のまとめと連携 ③希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発

公開

1. 微細化G

(1) 三徳 SC → 溶湯圧延法

(2) インターメタリックス He JM → 微粉 (~1 μm) Dy 削減量 > 40%

(3) TDK H-HAL法

(4) 山形大学 (2) 山形大学 Nd被覆 → 保磁力増大

(5) 東北大学 (1) 東北大学 強磁場印加 → 保磁力増加

2. 界面制御G

(1) 東北大学 温度特性から組織を評価

(2) 東北大学 Dy 削減量 > 35%

(3) 静岡理工科大 結晶面 vs. 保磁力

3. 解析G

(1) トヨタ自動車 モータ解析

(2) NIMS 粒界構造の解明

(3) 東北大学 Fe-Nd (fcc) 合金の磁性

(4) JAEA 平均構造 vs. 保磁力

4. 応用G

(1) 東北大学 温度特性から組織を評価

(2) JAEC 平均構造 vs. 保磁力

Ⅳ. 実用化・事業化の見通しについて

事業原簿 P. ③IV-1

成果の実用化の可能性 ③希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発

公開

現状とプロジェクトの設定目標

I. 結晶粒微細化・原料粉末最適化技術
Heジェットミルを用いて、結晶粒を微細化し、Dy 40%削減に成功

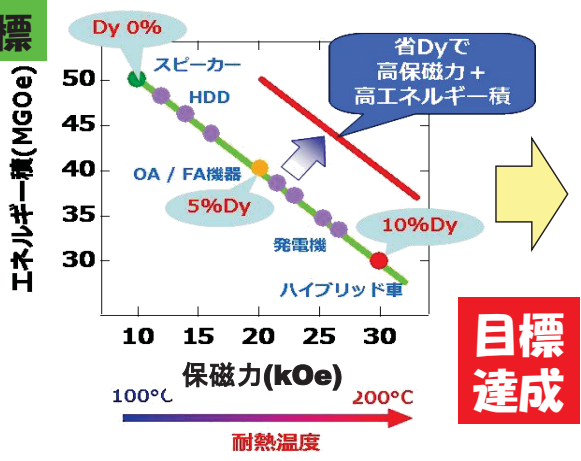
II. 界面ナノ構造制御
H-HAL法を用いて、Dy 35%削減に成功

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希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発

公開

目標



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・高性能な磁石の提供

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



	成果のポイント	今後の展開等
PJ全体	Dy量35～40%削減達成	微細化と界面制御の複合さらに高性能化
(1) 微細化Grp	40%削減、原料と粉末の微細化、組織均一化に成功	量産化へ
(2) 界面Grp	35%削減、効果確認、組織制御	量産化へ
(3) 解析Grp	組成・組織の明確化に成功、解析精度の向上	保磁力機構の解明
(4) 応用Grp	要求特性の明確化	構造設計

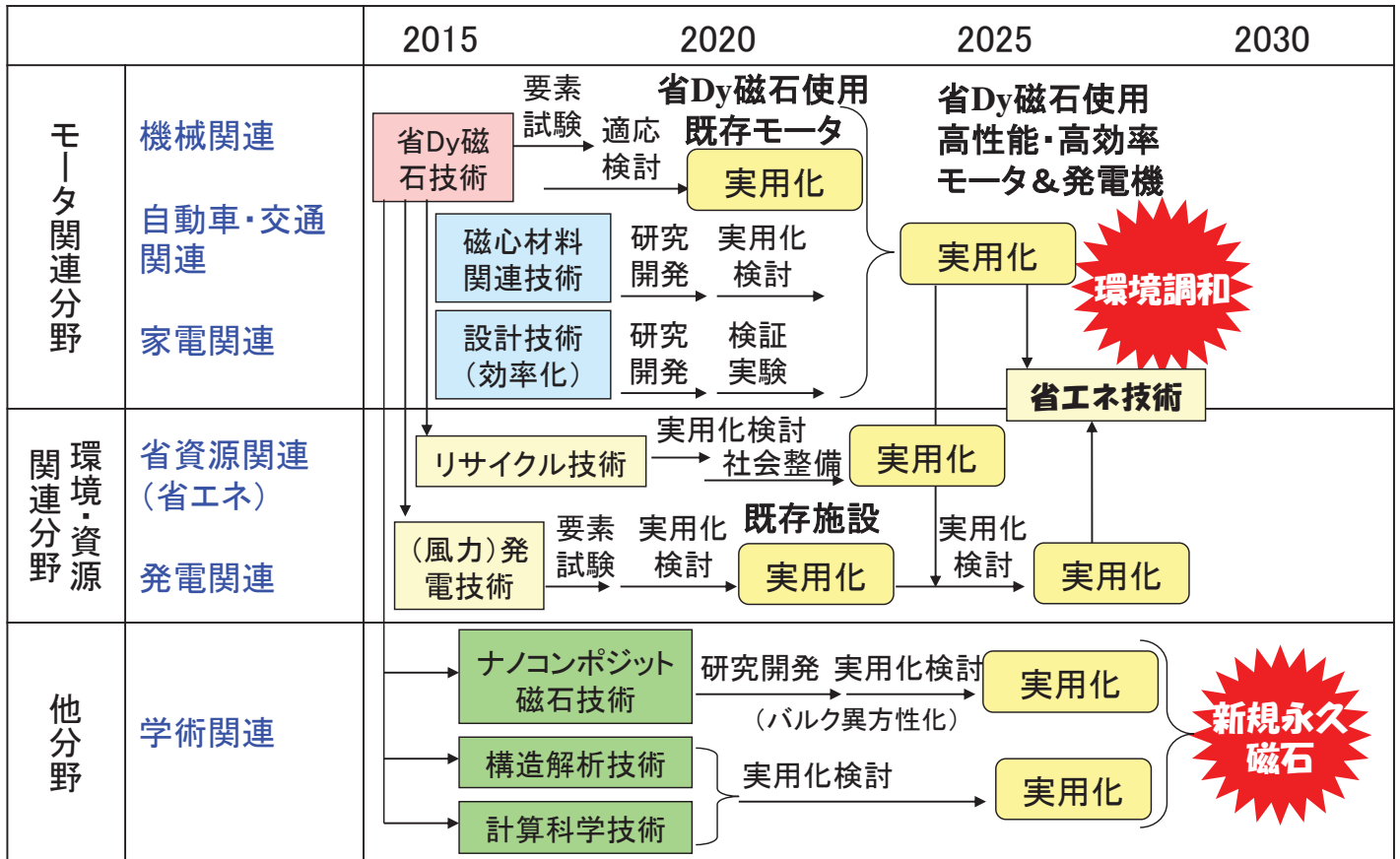
IV. 事業化までのシナリオ

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 リサイクル事業化 省Dy磁石事業化 (結晶粒微細化技術) (微細化&界面複合技術) Neo省Dy磁石事業化 (界面制御技術) 省Dy磁石事業化 (構造解析)
	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))					(界面制御技術) 省Dy磁石事業化 (構造解析)
	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)					(理論解析) 学術分野 保磁力機構解明
	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



補助スライド

I. 研究開発マネジメントについて

公開

開発予算 ③希土類磁石向けジ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	2007 (H19)	2008 (H20)	2009 (H21)	2010 (H22)	2011* (H23)	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	137.0	155.4 [4.8]	118.7 (9.5) [107.0]	88.8	95.6 <6.2>	595.5 [127.5]
② 界面ナノ構造制御による保磁力向上技術の開発	103.0	60.4 [16.9]	44.3 (3.3) [10.0]	60.0	61.0 <0.6>	328.7 [30.8]
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	70.0	47.4 [68.2]	67.0 (2.8) [10.0]	74.0	66.0 <0.4>	324.4 [81.4]
④ 自動車用磁石への応用	0.0	0.0 [0.0]	0.1 (0.0) [0.0]	0.2	0.2 <0.0>	0.5 [0.0]
合計	310.0	263.2 [89.9]	230.1 (15.6) [127.0]	223.0	222.8 <7.2>	1249.1 [239.7]

[]内は各年度補正予算、()内は留保予算、< >内は復旧費で全て外数
* 2011(H23)年度予算は、前年度補正予算による。

III. 研究開発成果について

公開

知的財産権、成果の普及 ③希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発

	2007 (H19)	2008 (H20)	2009 (H21)	2010 (H22)	2011 (H23)	計
特許出願	0	1(0)*	1(0)*	0	1(0)*	3(0)*件
論文	3(8)**	7(15)**	8(10)**	11(28)**	18(23)**	47(84)**件
研究発表・講演	26	52	52	71	49	250件
受賞実績	0	0	2	3	1	6件
新聞・雑誌等への掲載	1	1	0	9	3	14件
展示会への出展	0	1	1	1	2	5件

※:平成24年度 6月14日現在

*:カッコ内は外国特許数, **:査読なしも含む総数

ご清聴有り難う御座いました。

研究開発成果、実用化・事業化の見通しの詳細については改めて、午後の非公開セッションで発表します。

詳細なご質問は非公開セッションでお願いします。

「希少金属代替材料開発プロジェクト」(事後評価)

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

研究開発項目②透明電極向けインジウム代替材料開発

研究開発項目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

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

研究開発項目⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

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」(事後評価)

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

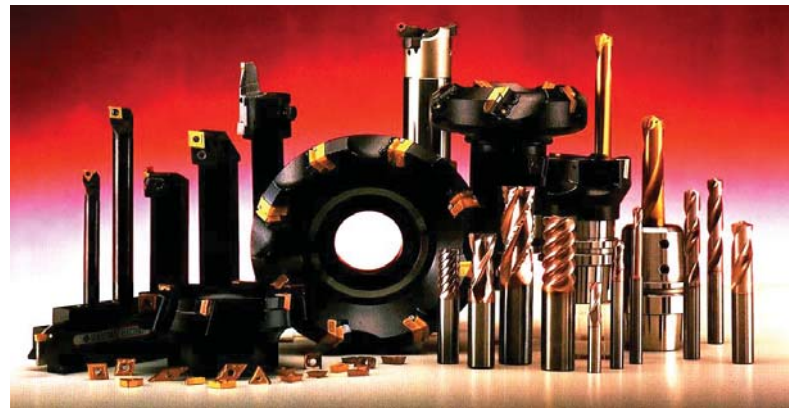
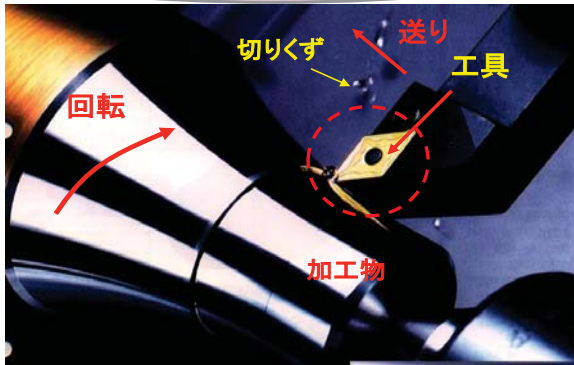
研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

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

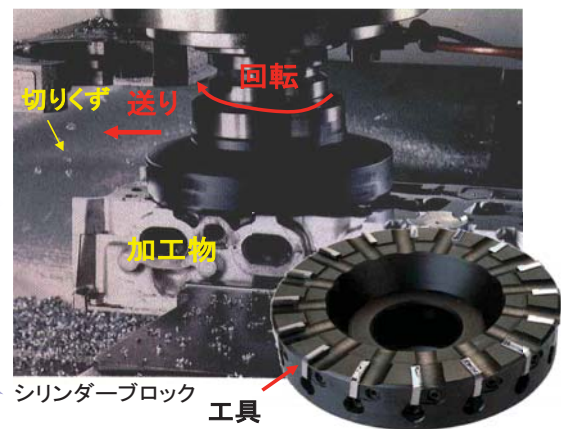
WC-Co複合材料

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)



金属を加工する道具

自動車

ロボット

高精度加工部材

情報家電

航空・宇宙

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。

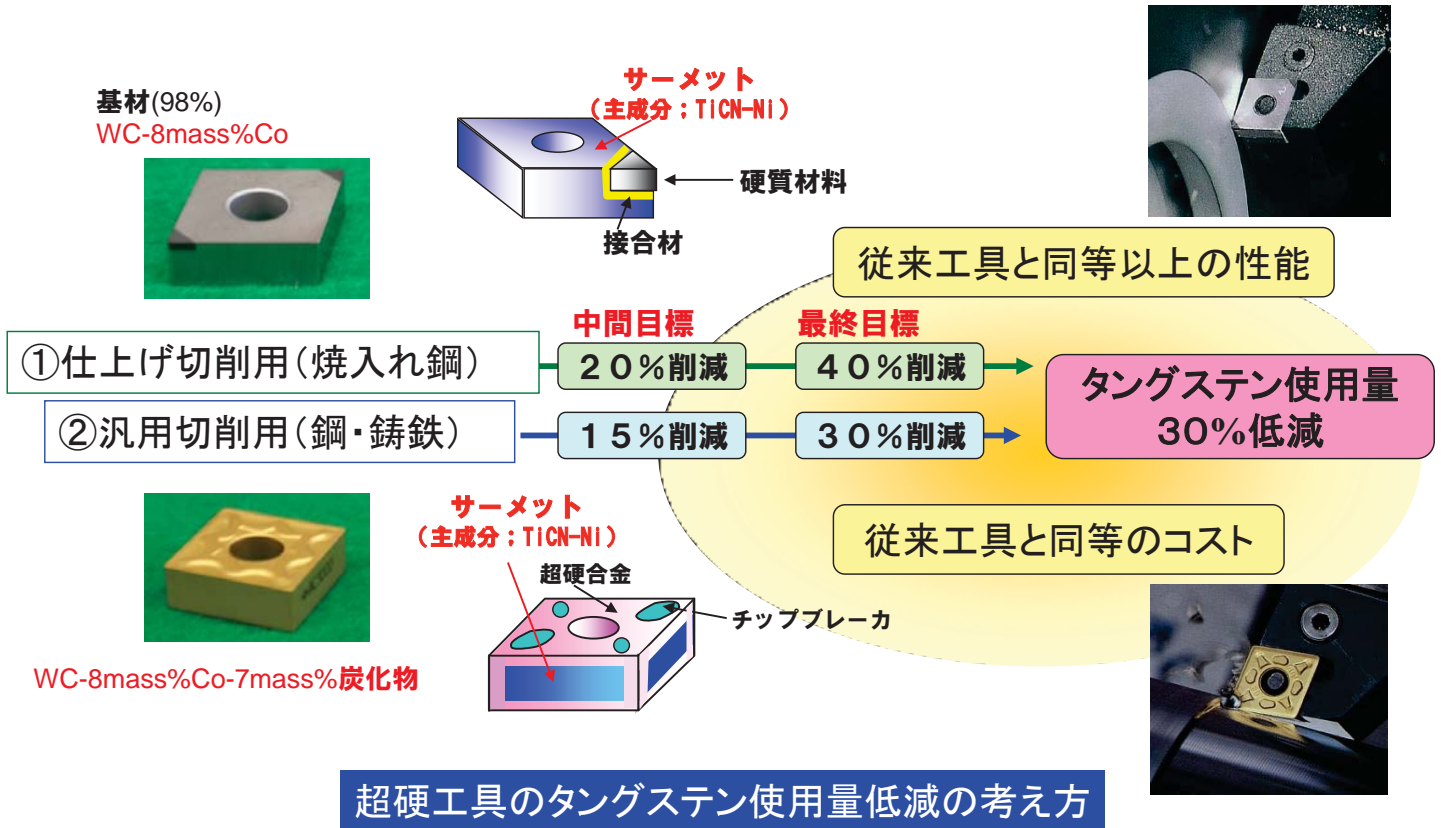
- ・超硬工具向けタングステン(W): 現状から15%以上低減(平成21年度末)

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

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>(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><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断続切削試験でコーティングを有する超硬合金と同等の切削性能を達成する。 	<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	異種材料のソリッド接合およびインサート材料					<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	多相組織硬質材料					<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
		▲			●	

※ 図表には「中間目標」と「最終目標」の縦軸があり、各項目の進捗が示されています。

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

タングステン使用量30%以上低減を達成！

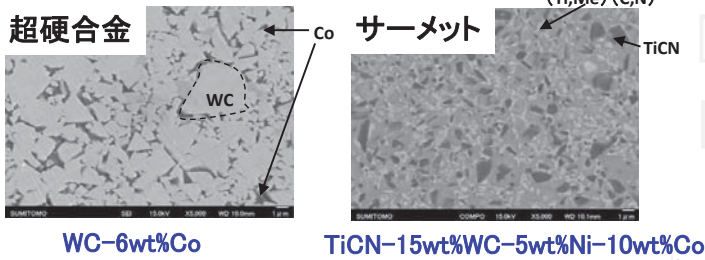
検討項目	最終目標	成果	達成度	今後の課題	
(1) ハイブリッド切削工具の開発 ①タングステン削減量	超硬母材なしcBNとタングステン使用原単位を 40質量%低減した硬質材料基材を接合	・接合技術を確立 ・インサート材料を開発 ・1000℃以上の耐熱性を達成 ・ 40質量%削減	○	<ul style="list-style-type: none"> ・量産技術の開発 ・チップ以外の他形状への展開 	
		②接合時間	約60秒		○
		③切削性能	高付加切削試験で従来ろう付け同等性能		○
(2) 複合構造硬質工具の開発 ①タングステン削減量	一般鋼又は鋳鉄用被覆超硬工具におけるタングステン使用原単位を 30%質量低減	・M級での高精度焼結技術を確立 ・ 30質量%削減	○	<ul style="list-style-type: none"> ・量産技術の開発 ・ユーザーでのテスト ・複合焼結技術の波及効果検証 	
		②切削性能	外周無研磨型番で従来超硬単層と同等性能		○

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

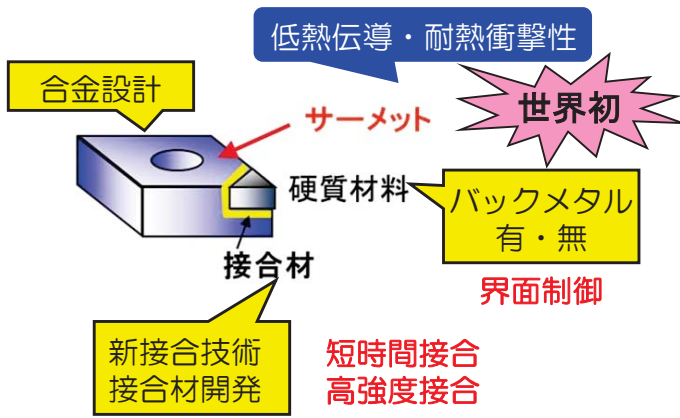
各個別テーマの成果 ④超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発



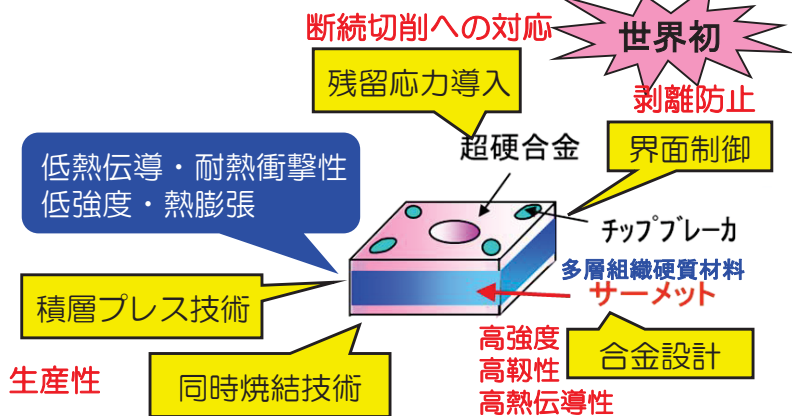
		超硬	サーメット
熱伝導率	W/m・K	90	15
線膨張係数	× 10 ⁻⁶ /°C	4.5	7.5
破壊靱性	MPa・m ^{1/2}	10	6.5
ヤング率	GPa	620	420
原料価格	円/cm ³	69	26

サーメットの特性改善には限界がある

(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

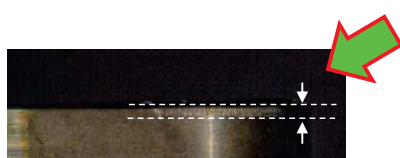


Ⅲ. 研究開発成果について

公開

ハイブリッド切削工具・切削試験結果：耐摩耗性

従来材 (cBN/超硬合金)



摩耗幅: 76.1 μm

開発材 (cBN/省W合金(W40%削減))



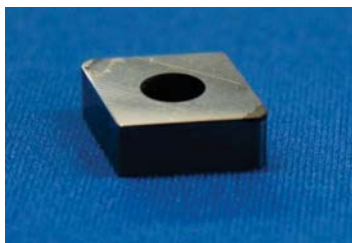
摩耗幅: 76.6 μm (平均)

・逃げ面摩耗は同等



WC40%削減

最終目標の達成

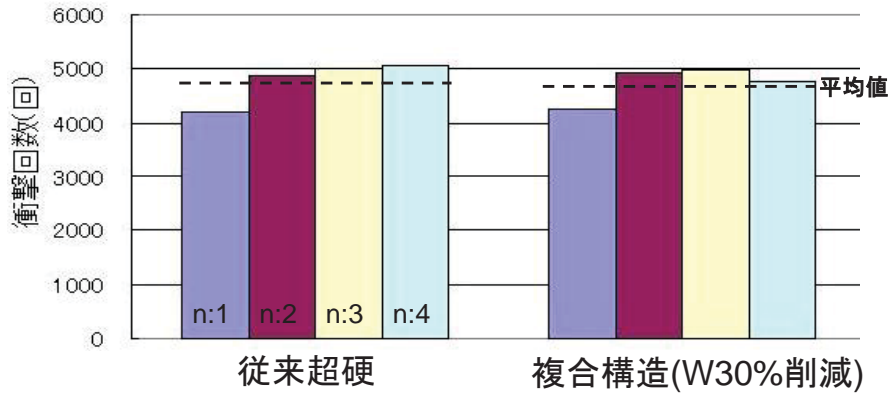


被削材 : SUJ2
 切削速度 : 150m/min
 送り量 : 0.25mm/rev
 切り込み量 : 0.3mm
 切削時間 : 1min
 乾式

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

複合構造切削工具・切削性能評価結果：耐欠損性



型番: DNMG150408-UX
(外周無研磨M級、UX型3次元ブレーカー)



被削材 :SCM435 溝材
 切削速度:250m/min
 送り量 :0.4mm/rev
 切り込み量:1.5mm
 湿式

・欠損までの衝撃回数は同等



WC30%削減

最終目標の達成

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

知的財産権、成果の普及 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	H22	H23	計
特許出願	1	0	3	1	4	9件
論文	0	2	2	5	4	13件
研究発表・講演	1	14	13	10	11	49件
受賞実績	0	0	1	0	0	1件
新聞・雑誌等への掲載	0	1	0	0	3	4件
展示会への出展	0	1	1	1	1	4件

公開

Ⅲ. 研究開発成果について

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

超硬工具向けタングステン使用量低減技術

研究成果

超硬合金切削チップ
複合構造硬質切削工具
ハイブリッド切削工具
複合構造硬質切削工具

研究概要

超硬合金切削チップは、切削加工時に発生する高熱を耐え、超硬合金はタングステンの材料で作られた切削工具や切削工具の製造に用いられる。超硬合金はタングステンの材料で作られた切削工具や切削工具の製造に用いられる。超硬合金はタングステンの材料で作られた切削工具や切削工具の製造に用いられる。



学会発表

粉体粉末冶金協会 2011春季 秋季大会
砥粒加工学会20111
日本鉄鋼協会秋季大会
EURO PM2011
など

平成23年度元素戦略/希少金属代替材料開発

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
2009/2010/2011/2012

Nano Tech 2009/2010/2011/2012

第21回最新科学機器展・代替材料フォーラム
など

外部発表

日経ものづくり 平成23年1月号 p.65
SEIテクニカルレビュー 平成23年第179号

レアメタル使用量を低減した超硬工具の開発

公開

Ⅳ. 実用化・事業化の見通しについて

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

複合構造硬質切削工具

高速・高能率切削の実現および耐磨耗性に優れるコーティング

表面の超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

ご清聴有り難う御座いました。

研究開発成果、実用化・事業化の見通しの詳細については改めて、午後の非公開セッションで発表します。

詳細なご質問は非公開セッションでお願いします。

「希少金属代替材料開発プロジェクト」(事後評価)

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

研究開発項目②透明電極向けインジウム代替材料開発

研究開発項目③希土類磁石向けジスプロシウム使用量低減技術開発

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

研究開発項目⑤超硬工具向けタングステン代替材料開発

1 / 10

「希少金属代替材料開発プロジェクト」
(事後評価)第1回分科会

資料6-1-5

ナノテク・部材イノベーションプログラム
環境安心イノベーションプログラム

「希少金属代替材料開発プロジェクト」(事後評価)

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

プロジェクトの詳細について (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

2 / 10

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) 他炭化物添加 *TiC-Mo ₂ C-Ni-TaC-(ZrC)
1980年代	TiC+TiN基 TiN 添加 *TiC-TiN-WC-TaC-Mo ₂ C-Ni/Co
1990年代	Ti(C,N)基 N 富化, Ti(C,N)使用 Ti(C,N)-WC-TaC-Mo ₂ C-Ni/Co

傾斜組成
サーメット
雰囲気焼結

コーティド
サーメット
PVD被覆

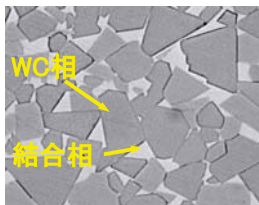
サーメットは超硬合金の代替材料として最適な候補材料

サーメットの長所

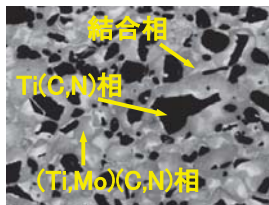
- 資源的有利性
- 超硬合金に次いで優れた特性(強度、靱性、高温強度、硬さなど)
- 超硬合金より優れた性能(耐反応性、切削仕上げ面精度、耐酸化性など)

サーメットの短所

- 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。

アプローチについて

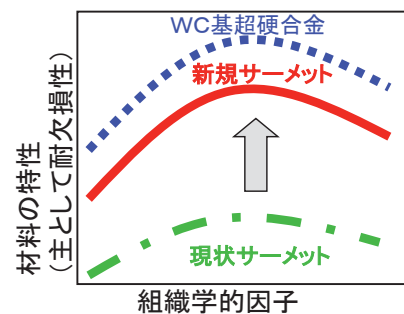
検討項目

- 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

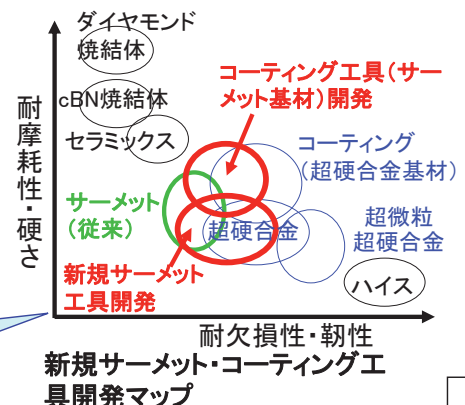
目標

<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特性(主として耐欠損性)にする。

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}) 高熱伝導率(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℃) 高密着強度(60MPa)
---	---	--



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



切削工具開発 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

超硬工具用タングステン代替材料として、サーメットは他の候補材料(セラミックス、超高压焼結体、ハイス等)よりも特性(靱性と硬さのバランス)が極めて有利である。

研究開発スケジュール

公開

▲: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	
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。 所定の特性値を満足する新規サーメット材料を開発。 加熱温度を低温化した新規CVDコーティング技術を開発。
	新規サーメット材料の開発						
	コーティング技術の開発						
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	耐摩耗工具用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、研削等加工技術の確立 既存コーティング技術の適用 (実用化検討)						

5 / 10

個別研究開発項目の達成度(まとめ)

6/10

公開

検討項目	最終目標	成果	達成度	コメント
事業全体の目標	現状(2004年)から30%以上低減	超硬合金を代替できるサーメットを開発できた。	○	今後適用範囲を拡大する。
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	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。	固溶体粉末を使用した新規サーメットを開発し、タングステン使用量を30%以上低減するとともに、優れた材料特性を実現させた。サーメットに関わる種々の基盤技術を確立し、かつサーメット開発以外にも波及可能な材料技術を開発できた。	◎	我が国のサーメット技術を、ますます世界をリードする技術に大きくレベルアップすることができた。 *:他への波及効果が期待できる。
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。	固溶体粉末を使用した切削工具用サーメットについて研究し、約70%のタングステン使用低減を実現すると共に、切削特性の優れたサーメットを開発することができた。	○	最もタングステン使用量が多い切削工具の分野で、世界に先駆けたサーメット工具が開発でき、今後、助成事業を経て実用化する。
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	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。	固溶体粉末を使用した耐摩耗工具用サーメットについて研究し、94~100%のタングステン使用低減を実現すると共に、耐摩耗特性の優れたサーメットを開発することができた。	○	耐摩耗工具開発には欠かせない大型部品の製造プロセスや加工技術も開発でき、今後、助成事業を経て実用化する。

達成度:◎目標以上の達成, ○達成, △一部未達成, ×未達成

超硬工具用タングステン代替材料の競合技術(材料)との比較:セラミックス、超高压焼結体、ハイス等の競合技術と比べて、サーメットは特性(靱性と硬さ)のバランスに優れる。サーメット工具の開発はわが国でもっとも活発であり、今後も世界をリードした工具開発が可能となる。

6 / 10

成果の実用化可能性

本PJの実用化は、以下のことを目指す。

- ・スローアウェイタイプの転削・旋削用途で使用可能なサーメット工具を提供する。

ISO準拠転削インサート

ISO準拠旋削インサート

(株)タンガロイ



平成24年度のNEDO助成事業を活用し、高靱性サーメット工具の適用領域を大幅に拡大する。

- ・ダイス、プラグ等など各種耐摩耗工具に使用可能なサーメットを提供する。

ダイス、プラグ

製缶工具

富士ダイス(株)



サーメットは耐摩耗工具としてはごく限定された分野にしかな適用されておらず、新たな適用応用分野となる。また、平成24年度NEDO助成事業も活用して更なる適用領域拡大も試みる。

- ◆ 大幅に靱性を改良し、従来サーメットで加工できなかった用途で使用し、かつ、サーメットの持つ優れた加工面粗さや高速切削で超硬合金と差別化を図る。
- ◆ 競合技術(例えばセラミックス、超高压焼結体等)に比べサーメットの適用範囲は広い。

IV. 実用化・事業化の見通しについて

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

	2007	2008	2009	2010	2011	2012~2014
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 新規サーメット材料の開発 コーティング技術の開発					波及効果 材料分野・素形材分野
切削工具用サーメット及びコーティング技術の開発 〔株)タンガロイ〕	切削工具用高靱性サーメットの開発 素材安定製造基礎技術の確立 (実用化検討)					(平成24・25年度NEDO助成事業) ・性能改良(粗粒組織、組成)技術 ・複雑形状の高精度成形技術 ・PVD被膜の密着性改善技術 ・鋼添削用(P30)サーメットの製品化 ・ステンレス添削用(M30)サーメットの製品化 新規切削工具の事業化
耐摩耗工具用サーメット及びコーティング技術の開発 〔富士ダイス(株)〕	高硬度型・高靱性型サーメットの開発 大型部材焼結技術、研削等加工条件の確立 (実用化検討)					(各種製品への適用) ・固溶体粉末量産技術 ・大型部材量産技術 ・市場調査 (平成24・25年度NEDO助成事業) ・熱的特性向上などによる適用領域拡大 新規耐摩耗工具の事業化

▲: 基本原理確認 ●: 基本技術確立

適用分野		2013	2015	2020
材料分野・素形材分野	材料設計	焼結シミュレーション技術 シミュレーション高度化	焼結材料など(電子部材用共焼結基板など) 実用化検討	実用化
	粉末冶金	微細組織評価技術 試作(実用化検討)	新規超微粒合金など(超硬合金など)	実用化
	セラミックス	新規炭窒化物合成技術 界面評価・組織制御技術の高度化	高機能セラミックスなど(Al_2O_3 基など) 実用化検討	実用化
	高機能膜	新規コーティング技術 実用化検討(量産試作への適用)	超電導線材など	実用化

ご清聴有り難う御座いました。

研究開発成果、実用化・事業化の見通しの詳細については改めて、午後の非公開セッションで発表します。

詳細なご質問は非公開セッションでお願いします。