

ナノテク・部材イノベーションプログラム
環境安全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⑨-1 Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石の研究

研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

東北大、京都大、倉敷芸大、千葉工大、物材研、戸田工業、帝人、トヨタ自動車

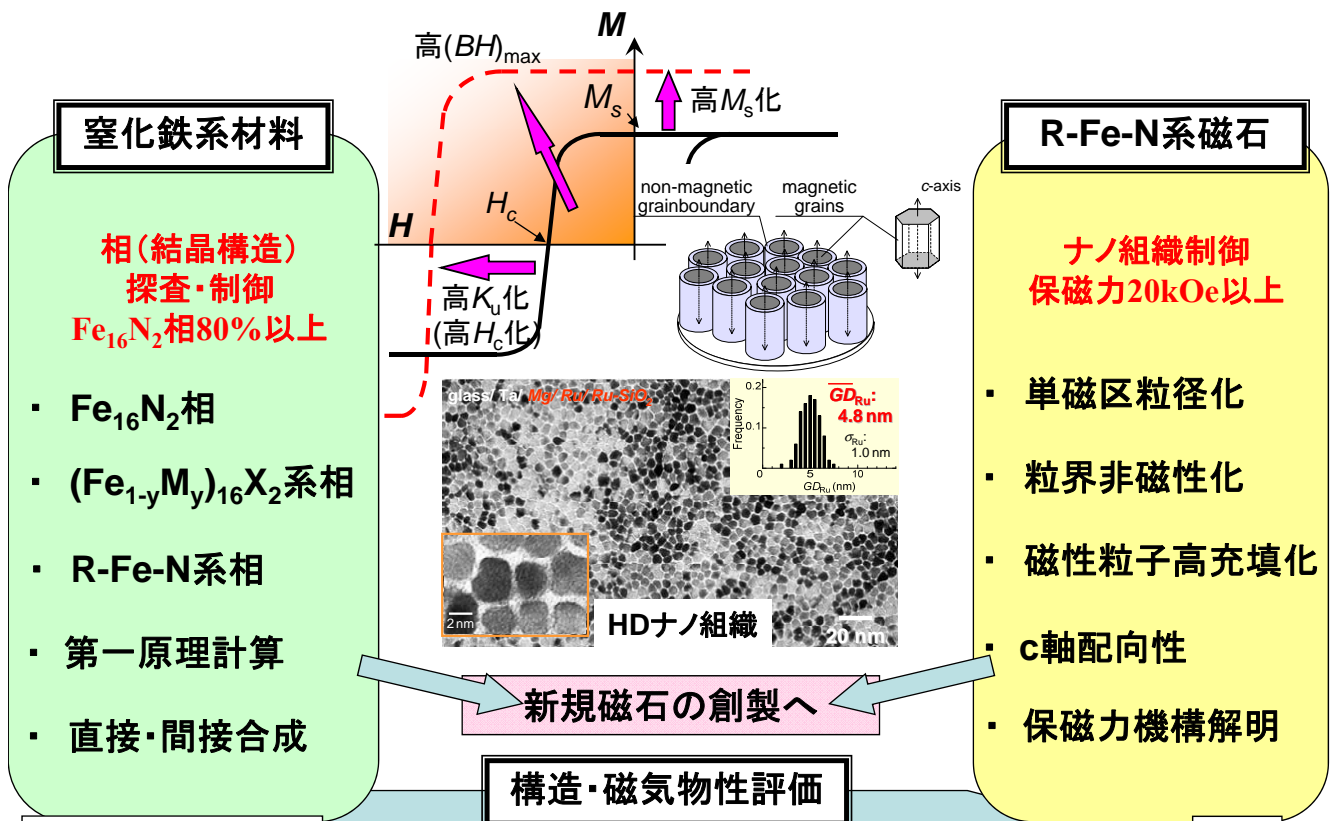
2012年 12月10日

1/4

3. 研究開発成果について (1)目標の達成度

公開

目標: Dy 100%低減



目標: Dy100%低減

達成結果: Nd系磁石代替可能な磁性材料を探索できた。

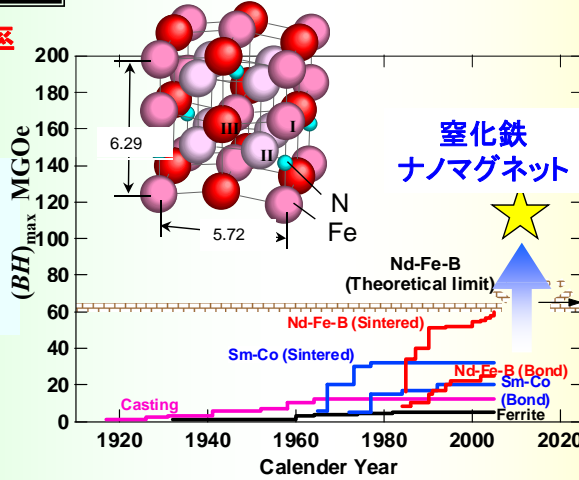
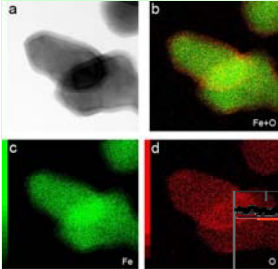
窒化鉄系材料

α'' -Fe₁₆N₂の高生成率 (85%)合成に成功

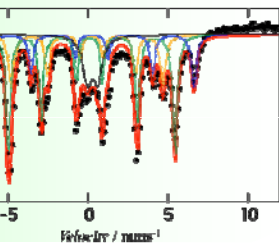
合成した窒化鉄ナノ粒子



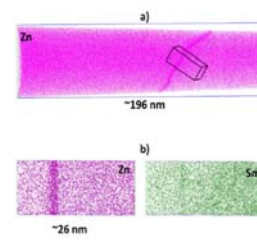
微細構造解析



メスバウア分光



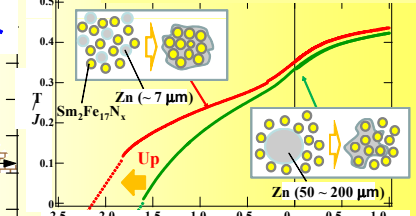
アトムプローブ解析



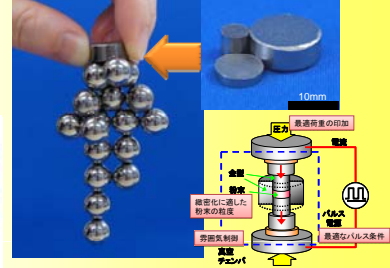
R-Fe-N系磁石

Sm-Fe-Nボンド磁石 保磁力24.8 kOe達成

微小サイズZn添加効果

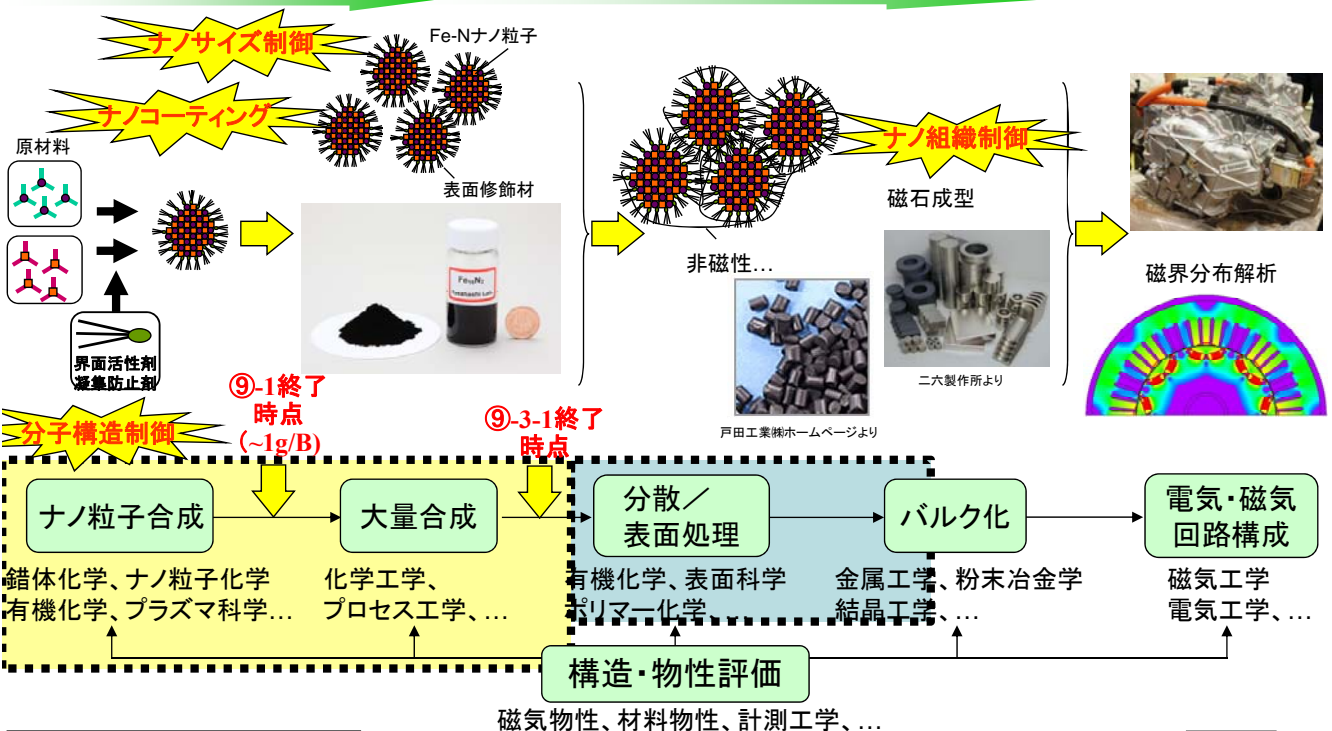
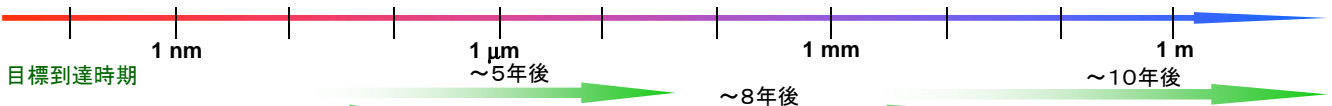


複合場焼結



最大エネルギー積 17MGOe達成 3/4

事業原簿(9-1 9-3-1)-4



事業原簿(9-1 9-3-1)-14~16

ナノテク・部材イノベーションプログラム
環境安全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⑨-3-1 Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石
の実用化に向けた技術開発

研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

東北大学、京都大学、広島大学、秋田大学、倉敷
芸術科学大学、戸田工業、T&Tイノベーションズ

2012年 12月10日

1 / 4

3. 研究開発成果について (1)目標の達成度

公開

相(結晶構造)

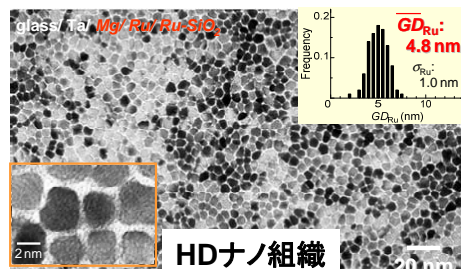
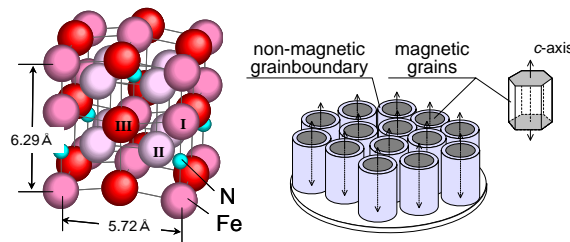
**Fe₁₆N₂相の10g/B
合成技術の確立**

- 大量合成
反応場均一性の向上
装置設計・試作



- 直接・間接合成
高純度化指針
次世代合成技術

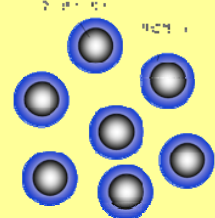
目標: Nd, Dy 100%低減(代替)



ナノ組織制御

- 単粒子の割合
50%以上
- バルク成型技術

- 均一分散化
- 表面修飾



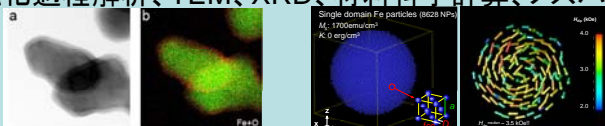
- c軸配向性
- 高充填化



窒化鉄バルク磁石化へ

構造・磁気物性評価

局所磁化過程解析、TEM、XRD、材料科学計算、メスバウア分光、...



目標: **Nd, Dy 100%低減(代替)**

達成結果: 窒化鉄に特化し、磁石化に向けた開発ができた。

相(結晶構造)

**Fe₁₆N₂ナノ粒子の
10g/Bの合成に成功**

大量合成技術



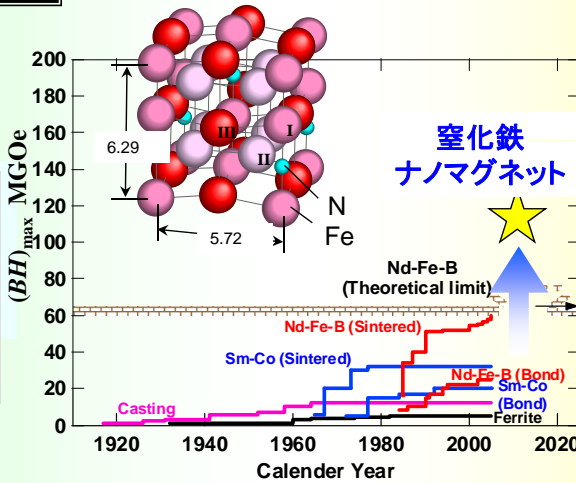
微細構造解析

窒化鉄表面の
酸化相の同定

微細構造解析

微視的磁化状態の
解析が可能

事業原簿(⑨-1 ⑨-3-1)-2~3

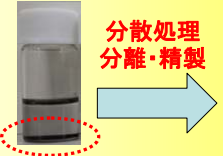


ナノ組織制御

単粒子割合50%
以上達成

ビーズミル分散
無機・有機表面修飾

分散処理前



分散処理
分離・精製

物理的・化学的凝集
磁氣的凝集

単粒子の割合
>50%

簡易プレス成型

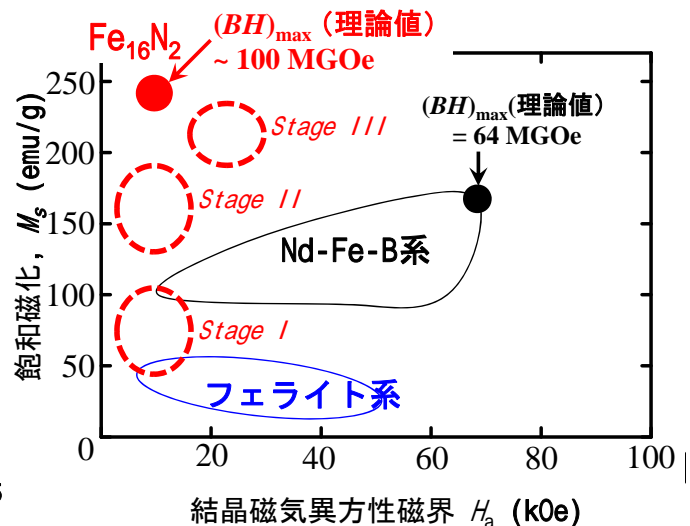
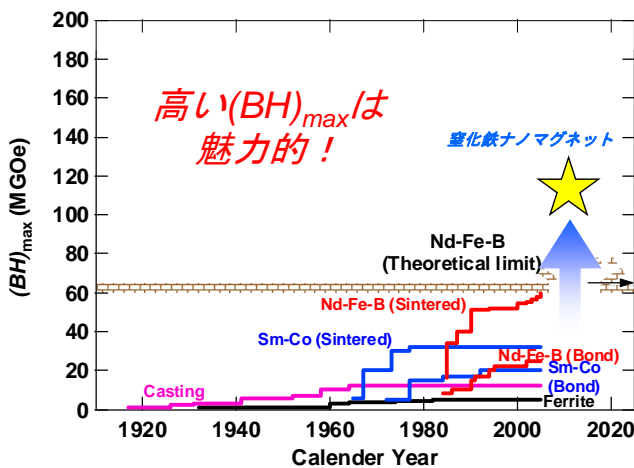


成型技術

バルクに匹敵するサイズで成形
体・焼結体の試作に成功

一部の粒子がc軸配向(低充填)

3/4



2012 2015 2017 2020 2025

- 原料スケールアップ
- 窒化鉄スケールアップ
- 分散・表面修飾技術向上
- 成型化装置の選択・技術向上

- 窒化鉄スケールアップ
- 分散・表面修飾技術向上
- 成型化技術向上

- 成型化技術向上
- モーター屋との技術連携

- Stage I 2017年頃～
: ボンド磁石等にてフェライト上位磁石体
- Stage II 2020年頃～
: ボンドや圧粉磁石にて特徴のある磁石体
- Stage III 2025-2030年以降
: 圧粉低温焼結・他元素置換によるNd代替磁石体

NEDO-PJ終了

~実用化

事業原簿(⑨-1 ⑨-3-1)-14~16

4/4

ナノテク・部材イノベーションプログラム 環境安全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⑨-3-2 Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石の研究／非平衡状態相の形成を利用したNd系磁石代替実用永久磁石の研究開発

研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

大阪大学、長崎大学、千葉工業大学、九州大学
日産自動車株式会社
共同実施先：大同特殊鋼株式会社

2012年 12月10日

1/8

3. 研究開発成果について (1)目標の達成度(1)

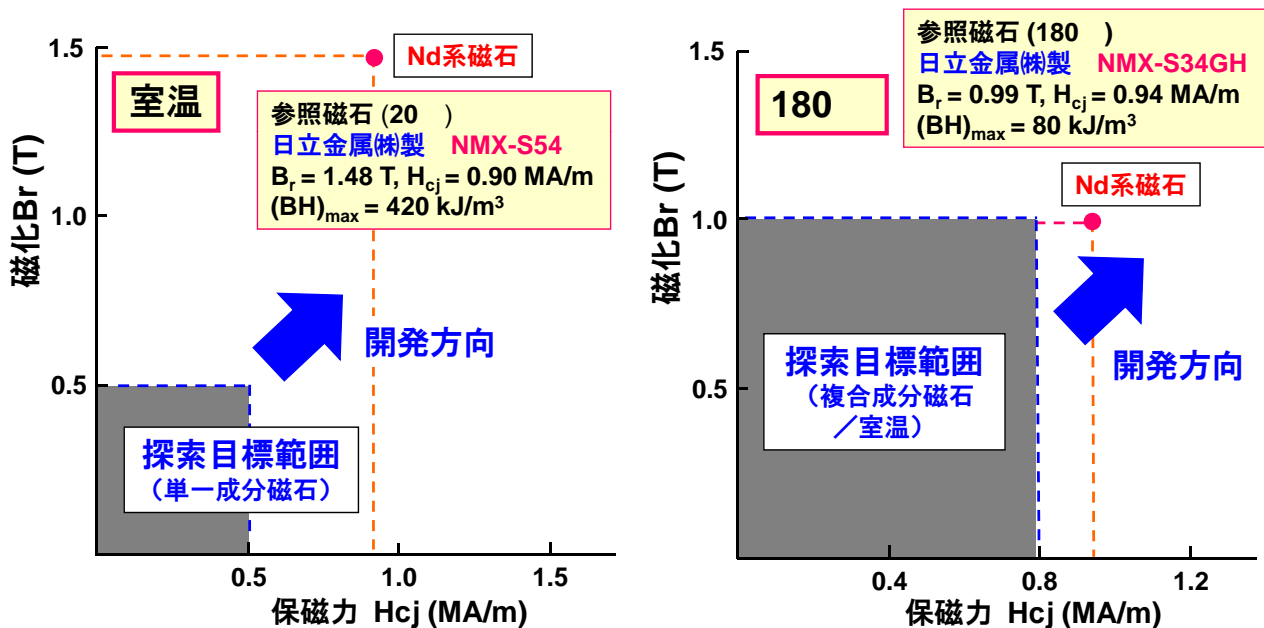
公開

(1)個別研究開発項目の目標と達成状況

研究期間：
2011.9～2012.9

研究項目	目標	成果	達成度	今後の課題
全体 Nd磁石を代替可能な磁石材料候補の選定	Nd,Dyを100% 低減(代替)	Nd磁石代替可能性のある磁性材料を探索できた	○	高性能化手法, 磁石化プロセスの確立
① Nd系磁石を代替する新規磁石材料の探索	1. $B_r > 0.5 \text{ T}$ または $H_{c_j} > 0.5 \text{ MA/m}$ 2. H_{c_j} の温度係数 $< -0.4\%/$	1. 単一成分磁石 ・ Fe-Ni系 ・ Sm-Fe系 ・ Mn-Ga, Mn-Bi系 2. 複合成分磁石 ・ $\text{SmCo}_5/\alpha\text{-Fe}$ 系 ・ MnBi/ $\alpha\text{-Fe}$ 系 3. 安定性 (理論計算) ・ 炭化物 > 窒化物	○	実用化への課題： 1. 磁化と保磁力との調和的改善 2. ハード/ソフト磁性相間の効果的磁気相互作用の誘起 3. 材料としての安定性の改善
② Nd系磁石を代替する複合磁石の組織制御および成型技術	1. 磁石成分磁氣的相互作用の発現 2. $B_r > 0.8 \text{ T}$ または $H_{c_j} > 1.0 \text{ MA/m}$	(Snメタルボンド) ・ $\text{SmCo}_5/\alpha\text{-Fe}$ 系 (室温) ・ MnBi/ $\alpha\text{-Fe}$ 系 (180)	○	実用化への課題： 1. 革新的製造技術の開発 2. 効率的製造プロセスの確立

磁石材料開発マップ



(2)個別研究開発項目の成果と意義

(1) Nd系磁石を代替する新規磁石材料の探索

1) 単一成分磁石

- ・ $L1_0$ -FeNi合金 → 新規組織の設計
- ・ Sm_5Fe_{17} → Nd系磁石を上回る保磁力を実現
- ・ MnGa, MnBi合金 → 複合磁石のハード磁性相としての可能性

2) 複合成分磁石

- ・ $SmCo_5/\alpha$ -Fe系複合磁石 → 低い温度係数 / $\beta(H_{cj}) < -0.4\%$
- ・ MnBi/ α -Fe系複合磁石 → 高温域でNd系磁石を上回る保磁力を発現

3) シミュレーション

- ・ $SmCo_5/\alpha$ -Fe系厚膜磁石 → 複合磁石化の優位性を確認
- ・ 分子軌道計算 → 化学的安定性：炭化物 > 窒化物 → 磁石化の可能性

(2) Nd系磁石を代替する複合磁石の組織制御

Sn金属 (mp = 232) をバインダとしたメタルボンド複合磁石の作製と評価

- ・ $SmCo_5/\alpha$ -Fe系複合磁石 → 高温域でNd系磁石(N52)を上回る保磁力を実現
- ・ MnBi/ α -Fe系複合磁石 → 高温域でNd系磁石(N52, S34GH)を上回る保磁力を実現

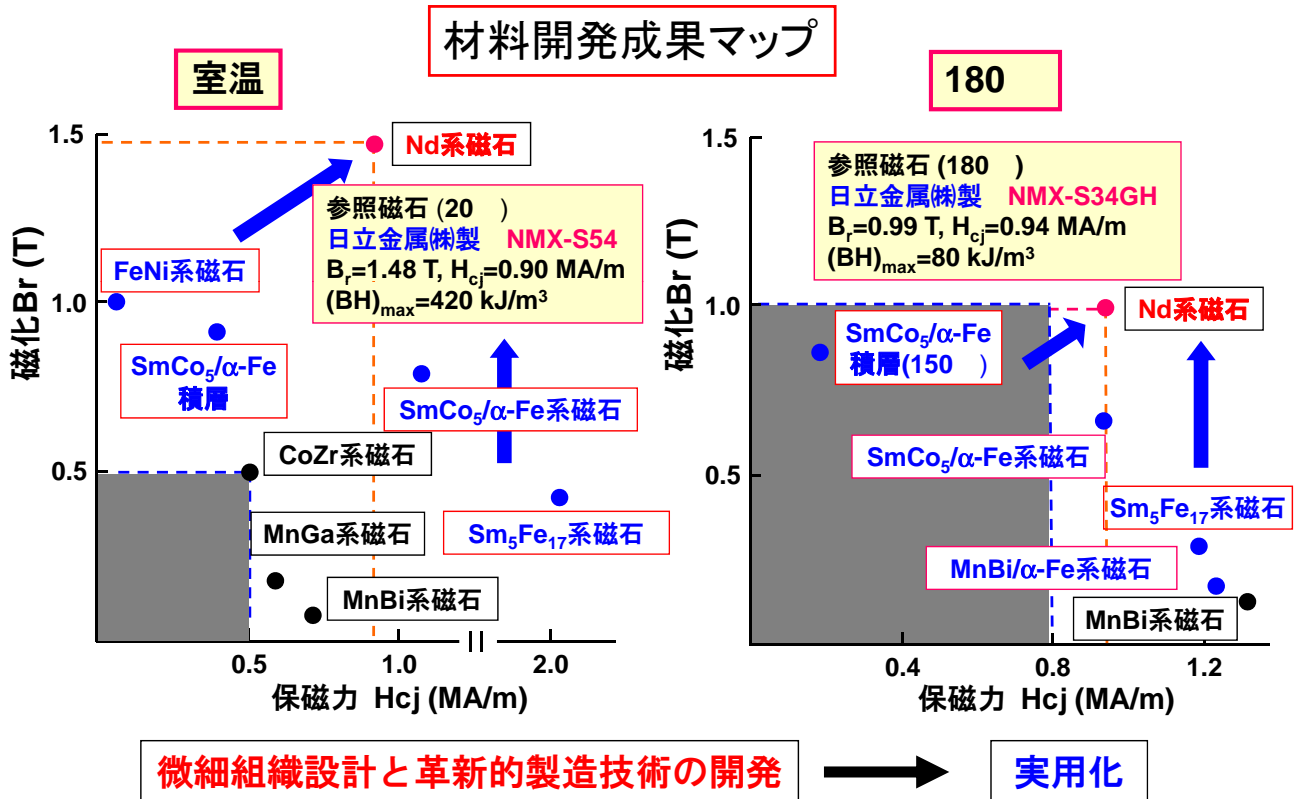
(3)知的財産権、成果の普及

	H23	H24	H25以降	計
特許出願(うち外国出願)	0	0	3	3件
論文(査読付き)	0	5	8	13件
研究発表・講演	10	19	11	40件
受賞実績	2	1	-	3件
新聞・雑誌等への掲載	1	0	3	4件
展示会への出展	0	0	-	0件

: 平成24年度10月30日現在

(4)成果の普及

<p>レアメタルニュース, 「新規永久磁石」, 平成24年2月1日 本プロジェクトの内容を紹介</p>



項目	2011.9~2012.9	2013	2014	2015	2016	2017	2018~
(長崎大学) 厚膜作製技術 (SmCo ₅ /α-Feなど)	本プロジェクト⑨-3-2	組成等最適化(理論計算) ▲ ● ...> ▲ ● ...> ▲ ● ...>	実用化検討	試作品開発	製品化開発
(千葉工業大学・大阪大学) バルク化技術 (Sm ₅ Fe ₁₇ , SmCo ₅ /α-Fe, MnBi/α-Feなど)		組成等最適化(理論計算) ▲ ● ...> ▲ ● ...> ▲ ● ...>			電動車両・ロボット分野
(将来に向けての可能性) 量産化技術		成分磁石量産技術確立 ▲ ● ...> ▲ ● ...> ▲ ● ...>			企業A
(将来に向けての可能性) 耐久性向上		複合磁石作製技術確立 ▲ ● ...> ▲ ● ...> ▲ ● ...>			電機・エネルギー関連分野
							企業B
							医療機器分野
							企業C

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⑩-1A 排ガス浄化向けセリウム使用量低減技術及び代替
材料開発／排ガス浄化用触媒のセリウム量低減代替技術の開発

研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

国立大学法人 名古屋工業大学

株式会社 ノリタケカンパニーリミテド

株式会社 アドマテックス

(再委託先)

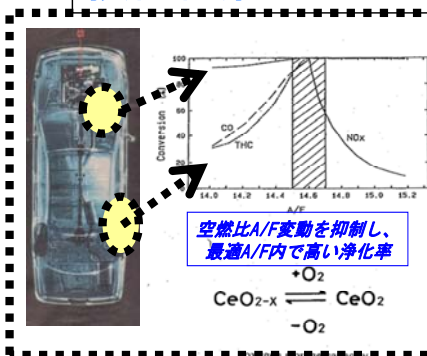
株式会社 共立マテリアル

1/10

研究開発項目の背景と目的(1)

公開

技術背景 ガソリン車排気触媒でのセリウムは必須成分



高酸素貯蔵能(OSC)
セリアジルコニア CZ
(Ce-Zr酸化物)固溶体
(小澤らの研究・発明)

1988年以降(トヨタ
他)継続利用:
我が国発・世界標準
このCZ固溶体系以外で、
代替された例、なし

従来にない新技術によるセリウム低減化技術の開発が必要

触媒全体設計によるセリウム有効利用対策

新三元触媒へ展開

研究開発項目の目的:

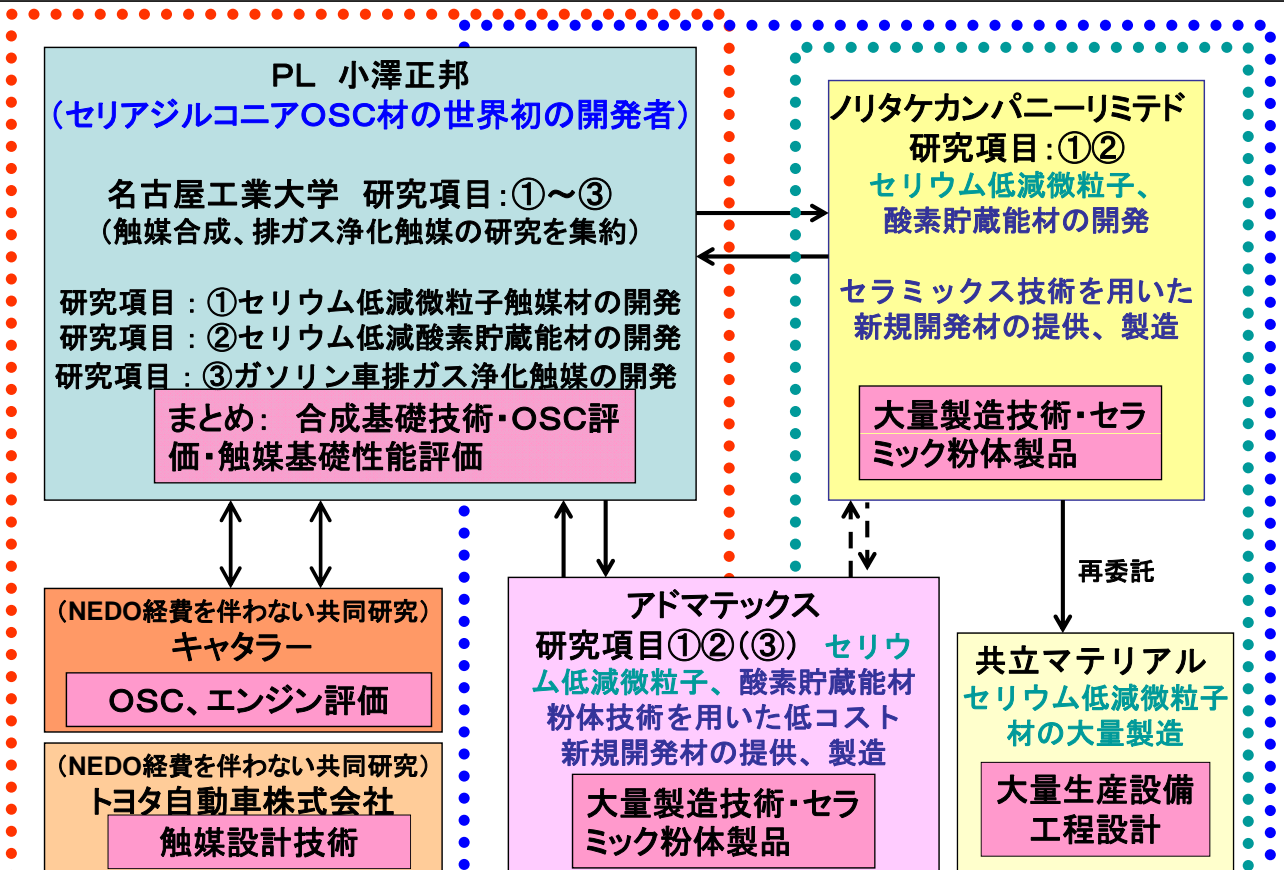
排ガス浄化触媒におけるセリウム低減を早期に目指すため、**セリウム低減30%以上**で現行と同等の酸素貯蔵能(OSC)を発現する新規触媒の開発

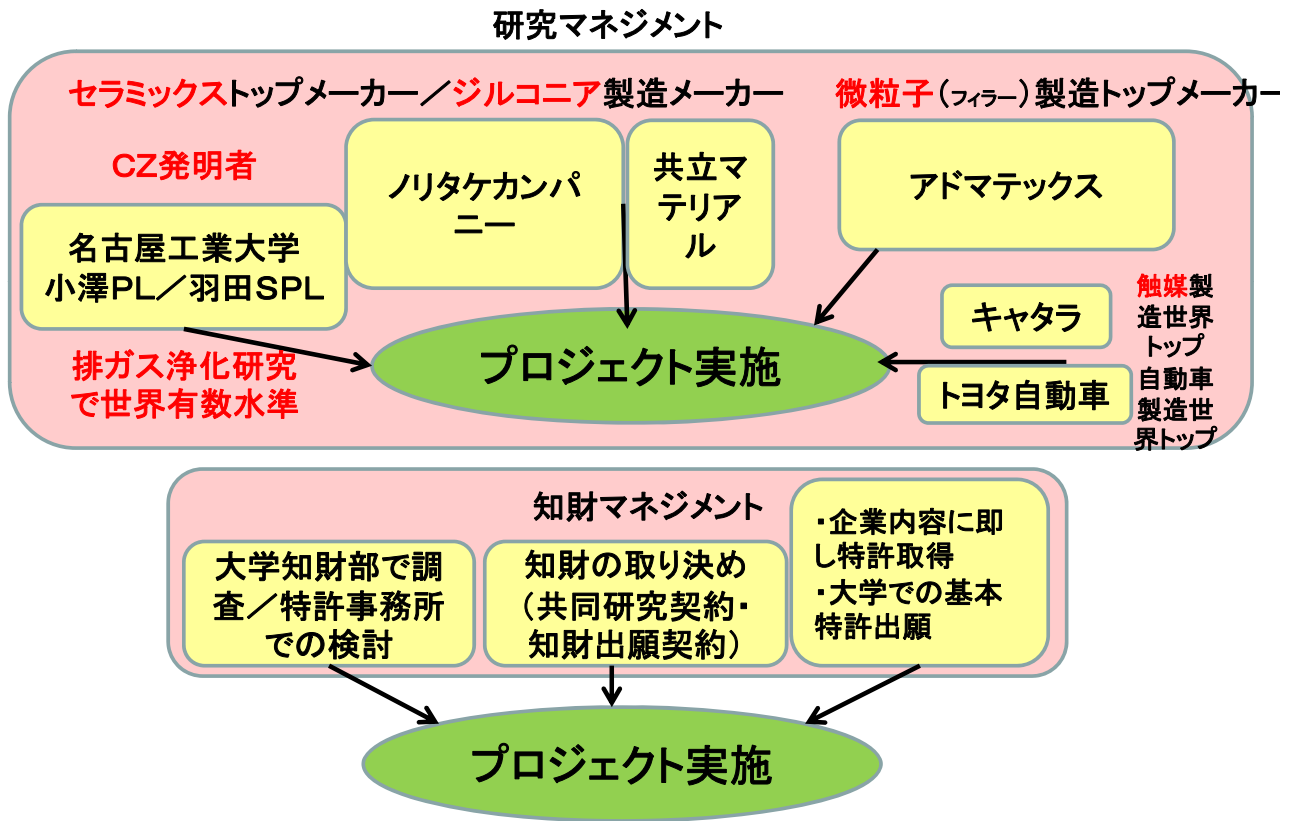
セリウム低減化・新概念OSC材の開発、実用化

研究開発項目(個別テーマ)	研究開発目標	要素技術
①セリウム使用量を低減した微粒子触媒材の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・セリウム低減微粒子材の基本原理解確立 ・セリウム低減微粒子触媒材の合成技術確立 ・セリウム不使用微粒子触媒材の合成技術確立 	<ul style="list-style-type: none"> ○コアシェル型の新規コンセプト ⇒ 高OSCを発現する複合微粒子基本材の原理を確立 ⇒ ナノ粒子合成基礎技術 ○セリウム利用率の向上 ⇒ セリウム当りOSC
②セリウム使用量を低減した酸素貯蔵能材の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・複合ナノ粒子のOSC触媒材化と開発 ・OSC触媒材の最適化 ・白金担持OSC触媒開発 ・セリウム不使用材のOSC評価と開発 	<ul style="list-style-type: none"> ○大量製造技術(ナノ化を含む) ⇒ ナノ粒子合成と配置 ○Pt/CeO2相互作用 ⇒ 低温化、活性向上
③ ガソリン車排ガス浄化触媒の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・OSC触媒技術の開発 ・プロトタイプ触媒の試作 ・プロトタイプ触媒の評価 	<ul style="list-style-type: none"> ○触媒全体設計 ○モデル三元活性評価 ○実エンジン性能評価

全体目標： セリウム低減30%以上

2. 研究開発マネジメントについて (1)実施体制





開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題
1) セリウム使用量を低減した微粒子触媒材の開発	セリウム30%低減材の基本原理確立	新粒子構造による低減の基本原理確立	◎	—
2) セリウム使用量を低減した酸素貯蔵能材の開発	セリウム30%低減材の基本製作技術の確立	セリウム低減材の製造法確立、低減材試作	○	量産コスト、工程簡素化、高温安定性
3) ガソリン車排ガス浄化触媒の開発	セリウム30%低減触媒の製作と評価	セリウム低減材を使用した三元触媒の試作、実車試験	○	実車搭載への諸要件

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

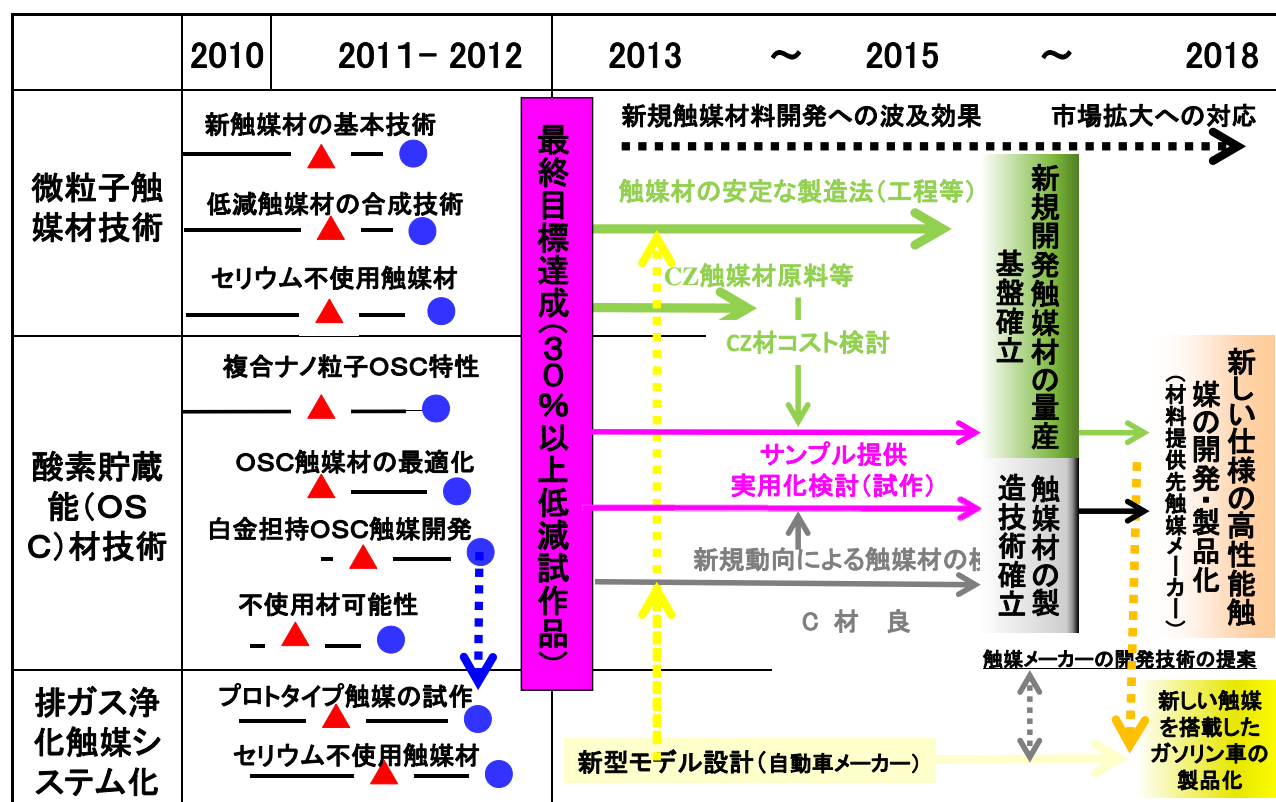
項目	H22	H23 (H24含む)	計
特許出願	0	10	10件
論文(査読付き)	0	20(14)	20(14)件
研究発表・講演	0	40	40件
受賞実績	0	0	0件
新聞・雑誌等への掲載	0	0	0件
展示会への出展	0	1	1件

事業原簿 (⑩-1A)-9

: 平成24年度11月29日現在

7/10

4. 実用化の見通しについて (1)成果の実用化可能性



▲: 基本原理確認 ●: 基本技術確立

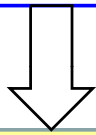
事業原簿(⑩-1A)-10

8/10

本研究開発による直接的効果

ガソリン車国内生産台数約1000万台(2008年度)の全触媒のセリウム30%が低減、本材同等品に代替：年間で300トンのセリウム(セリア)の使用量削減が可能

自動車触媒材料ならびに製造業での市場の活性化



<本事業のミッション>

- ・ガソリン排ガス触媒のセリウム低減基本技術
- ・将来の触媒技術への新材料概念の提案

1. ガソリン自動車用排ガス浄化触媒としての製品普及
2. 売上見込み、市場効果
 - ・国内市場の規模、100億円／年以上(CZ材)
 - ・セリウム低減による、30億円／年以上の経費削減効果)
3. 製造業への効果
 - ・触媒向け市場によるセラミックス環境分野の拡大
 - ・コスト低減開発によるさらなる環境技術の普及
 - ・自動車環境技術のさらなる強化、国際競争力向上
4. その他の効果
 - ・未規制のガソリン排ガス浄化市場への展開
 - ・大気環境保全、CO2削減

及分野／対象		2013	2018	2023
環境分野	ガソリン(特殊含む)自動車触媒	酸素貯蔵能触媒技術	要素試験 → 実用化	各種自動車への適応検討 → 実用化
	イー ル排気浄化触媒	貴金属／セリアジルコニア担体ナノ粒子技術	研究開発	実用化検討 → 実用化
	排ガス浄化触媒 燃焼触媒 ガス事 防止用	低温活性触媒技術	研究開発	検証実験 → 実用化
エネルギー分野	燃料電池 水素利用・製造触媒	複合微粒子合成技術／触媒要素技術	試作、要素試験	実用化検討 → 実用化
化学分野	化学製品合成触媒 セラミックス	触媒設計技術 セラミックス製造	研究開発	実用化検討 → 実用化

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⑩-1B 排ガス浄化向けセリウム使用量低減技術及び代替材料開発
高次構造制御による酸化セリウム機能向上技術
および代替材料技術を活用したセリ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
国立大学法人熊本大学
国立大学法人名古屋大学
国立大学法人北海道大学
宮城県産業技術総合センター
株式会社本田技術研究所
第一稀元素化学工業株式会社
株式会社ルネッサンス・エナジー・リサーチ

1 / 10

1. 研究開発の背景—情勢—

公開

自動車用排ガス浄化触媒 (三元触媒)

貴金属量低減 ← 酸化セリウム(セリア)助触媒が不可欠

・経緯: 日本発の技術が世界を常にリード

- ・1977年/トヨタ 世界初の三元触媒システム実用化
- ・2001年/ホンダ 高性能ペロブスカイト三元触媒開発

国内自動車メーカーの国際競争力の強み

・昨今: 新興国メーカーとの開発競争激化

+中国のレアース輸出規制・価格高騰

国際競争力維持・向上 + 資源セキュリティ確保

セリア使用量低減 → 性能向上/代替が必須

平成23年度末までに、
自動車排ガス浄化触媒システムにおいて
セリア助触媒の使用量を30%低減

セリア系材料

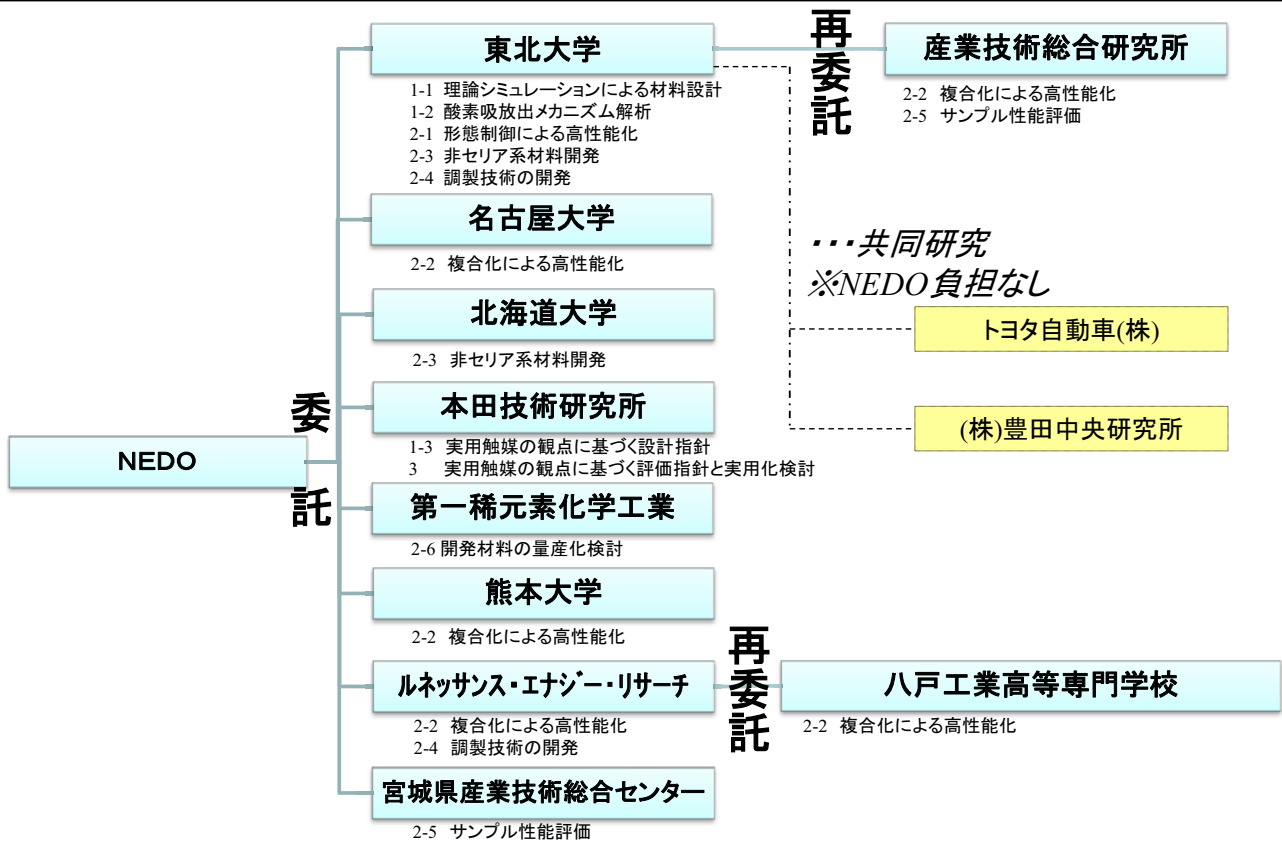
- ・粉末セリア標準触媒のOSC能を30%向上

非セリア系材料

- ・セリア標準触媒と同等のOSC能を達成

セリア系/非セリア系材料

- ・実車試験での評価
- ・セリア使用量30%低減触媒の実用化指針を得る



＜目標＞ 平成23年度末までに、
自動車排ガス浄化触媒システムにおいて
セリア助触媒の使用量を30%低減

達成！ (世界初の成果)

開発成果を基に、セリアを30%低減した各種試作触媒の内、非セリア系素材を応用したWC-4、7、8は基準触媒と同等の性能を示し、実車レベルで、セリア30%低減できる事を実証した。

※ 具体的な成果を次ページ以降に記す

事業原簿 (⑩-1B)-1

5 / 10

研究項目	研究開発成果	
1-1 理論シミュレーションによる材料設計指針	新規セリア系/非セリア系材料の構造、特性をマルチスケールシミュレータで予測し、開発実験にフィードバックした。	◎
1-2 シンタリングメカニズムの実験的解析	シンタリングメカニズムの実験的解析をするとともに、OSC性能に優れた非セリア系の新材料を開発した。	◎
1-3 実用触媒の観点に基づく設計指針	実用観点に基づく材料設計指針を示した。	◎
1-4 酸素吸放出特性の実験的解析	フロー/パルス導入法を開発しOSC特性を迅速簡便に測定、CO除去能との関連を確認した。	◎
2-1-1形態制御による高性能化	セリアナノ粒子へのシリカ被覆により1000℃焼成で生じるナノ粒子凝結を大幅に抑制した。	◎
2-1-2形態制御による高性能化	優れたOSC特性と耐熱性を有すセリア基複合酸化物と板状セリア粒子の合成法を開発した。	◎
2-2-1セリア-アルミナ複合化	開発材料で1000℃耐久後に基準セリアの5倍のOSCと、優れた排ガス浄化性能を達成した。	◎
2-2-2耐熱性アルミナの開発と自動車用触媒への応用	空気中1200℃、50時間熱処理後、79m ² /gの表面積を示すγ-アルミナの開発に成功した。	◎
2-2-3セリア-金属界面の精密設計	Ni添加によりセリアのOSC量を2.5倍、速度を3.5倍。Ramam, UV-Visで酸素吸放出速度の向上を実証した。	◎
2-2-4セリア-遷移金属酸化物複合化	Ce使用量を1/5以下に削減、酸素吸放出容量を5倍以上増加を達成した。	◎

3. 研究開発成果について (1)目標の達成度

研究項目	研究開発成果	
2-3-1 非セリア系材料開発	超臨界乾燥法によるジルコニア・鉄触媒で基準触媒と同等の性能が得られた。	◎
2-3-2 非セリア系耐熱性触媒の開発	熱劣化の起こらないアルミナ系触媒を開発した。	◎
2-3-3 非セリア系複合ペロブスカイト系酸化物開発	BaZrO ₃ :Ce 微粒子 (Ceドープ量:約10%)の大量合成に成功した。	◎
2-4-1 超臨界調製技術の開発	従来のCe触媒に高分散にて金属(Rh)を所望の量(wt%)担持することに成功し、そのOSC性能も従来法以上の値を達成した。	◎
2-4-2 マイクロ波調製技術の開発	低温・短時間合成で非セリア系触媒を開発した。	◎
2-4-3 調製パラメータの最適化	Ce-Mn系酸化物でセリア半減, Ca-Mn系系酸化物でセリア100%削減の可能性を見出した。	◎
2-5-1 サンプル性能評価	基準触媒仕様設定および新規開発193試料から8試料を優良触媒として選定した。	◎
2-5-2 サンプル性能評価	性能評価システムを構築し、開発触媒から6試料の特性データを材料開発へフィードバックした。	◎
2-5-3 サンプル性能評価	プロジェクトで開発された新規触媒についてセリア30%削減目標を実車のモード試験において評価した。	◎
2-6 開発材料の量産化検討	有望シーズ材料4種について、採算ベースを考慮した量産条件を設定、課題を明確化した。	○
3 実用触媒の観点に基づく評価指針と実用化の検討	プロジェクト内で選抜した成果材を触媒化し、実用触媒評価条件にて性能を評価した。	◎

事業原簿 (⑩-1B)-2

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

7 / 10

3. 研究開発成果について (3)知的財産権等の取得及び標準化の取組 (4)成果の普及

(3)知的財産権、成果の普及

特許出願(うち外国出願)	0件 ※協議中6件
論文(査読付き)	8件
研究発表・講演	29件
受賞実績	0件
新聞・雑誌等への掲載	6件
展示会への出展	0件

事業原簿 添付資料(⑩-1B)

※ 平成24年度8月22日現在

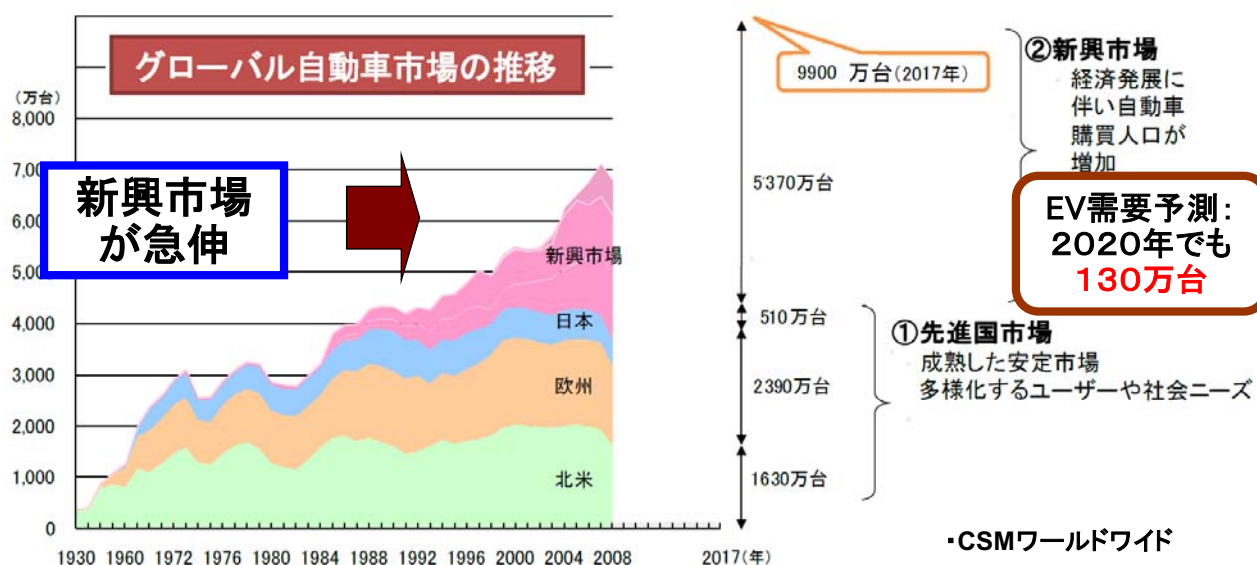
8 / 10

ステージ 年度	委託事業後				
	H24	H25	H26	H27	H28
(1) 触媒の 基礎研究	触媒性能の向上		(企業フェーズ)		
(2) 実用触媒 の開発	システム開発				
(3) 量産開発	複数の候補		実車導入への検討 実車開発		18Mとして H28秋に上市

実用化・事業化シナリオ

『アカデミア・研究機関＋セリア供給大手＋自動車メーカー』が連携

今後も長期間、自動車産業は内燃機関が主流



セリア使用量低減・代替PJの成功

→ 日本企業の国際的な競争力の確保

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⑩-2 グラフェンの高品質大量合成と応用技術を活用した
透明電極向けインジウム代替技術の開発

研究開発成果・実用化の見通しについて (公開)

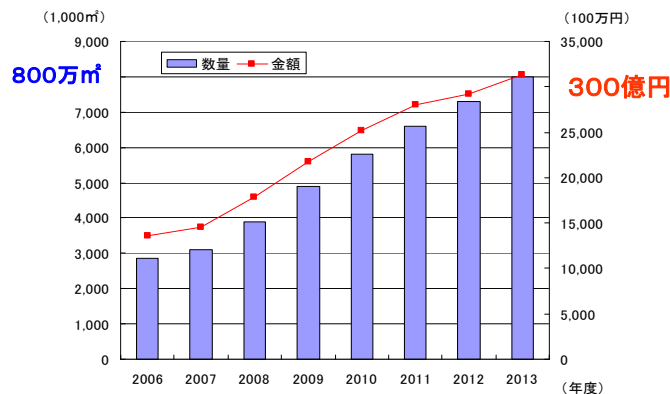
技術研究組合 単層CNT融合新材料研究開発機構

1/9

1. 研究開発の背景

公開

ITO透明導電フィルムの9割はタッチパネル用途



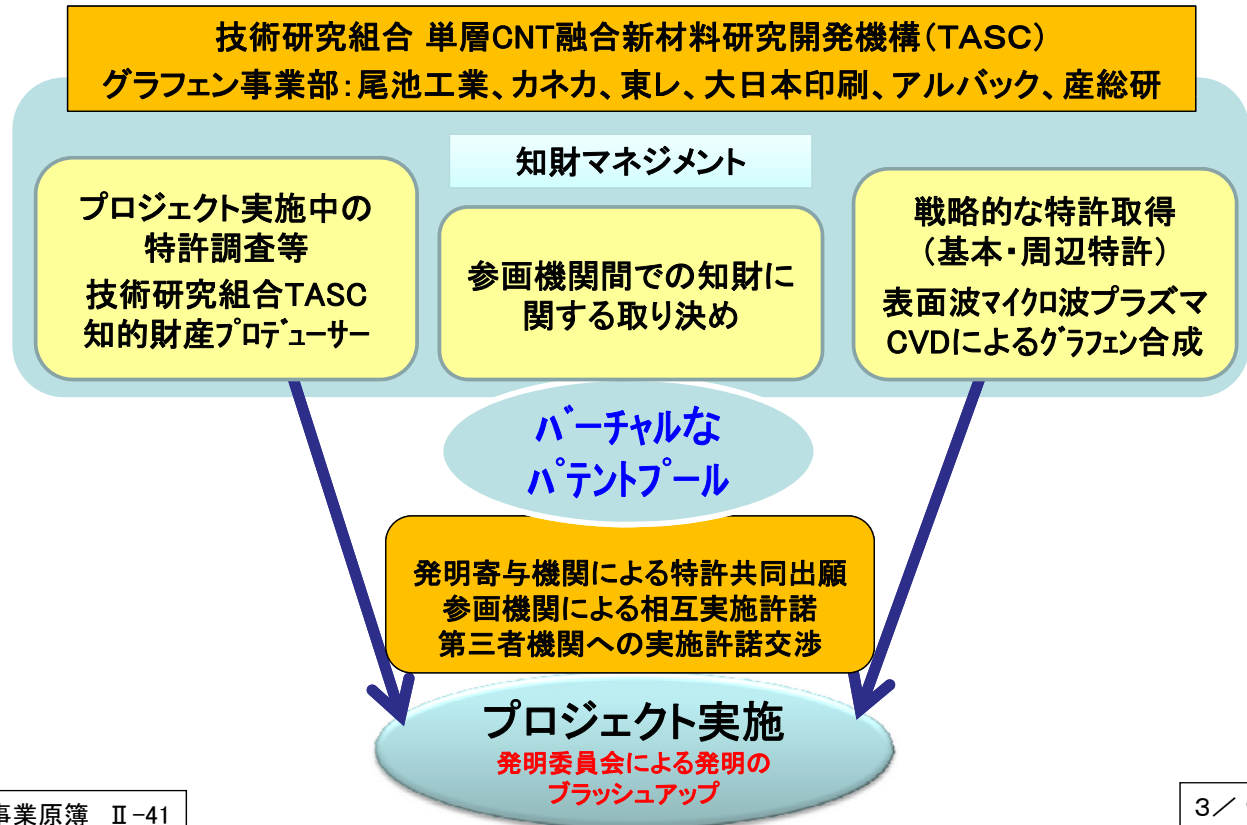
	タッチパネル用途
2007年 (実績)	88%
2013年 (予想)	87%

富士キメラ総研:2008液晶関連市場の現状
と将来展望 vol.2

- インジウムには資源問題が存在・今後ますますの需要の増加が見込まれる
- 炭素というありふれた材料を用いることから材料コスト低減や、
- フレキシブル用途への展開も可能であり、我が国の産業競争力の向上が期待

- 事業の内容
- 高品質グラフェン合成技術の開発
 - ロールtoロール大量合成技術の開発
 - 透明フィルムの製造技術の開発
 - 透明導電性フィルムの性能評価

実施体制と知財マネジメント



以下の委員会を開催

○定例研究ミーティングの実施(毎週1回:全37回開催)

研究員の全員参加による討議
 研究員持ち回りでの研究進捗報告
 問題点の洗い出しや、今後の方向性等について討議

○研究委員会の実施(毎月1回:全13回開催)

各テーマリーダーより研究の進捗を報告
 プロジェクト参画機関の委員による研究進捗の管理

○発明委員会の実施(随時開催:全7回開催)

発明者による発明の説明
 委員による特許出願の妥当性の評価
 出願に向けたブラッシュアップを実施

(1)個別研究開発項目の目標と達成状況

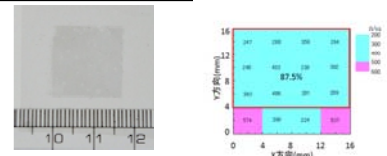
	目標	成果	達成度	今後の課題
① 高品質グラフェン合成技術の開発	低抵抗化と高透過率化 ・シート抵抗500Ω/sq、 ・可視光平均透過率87%	最適プラズマCVD技術の確立、プラズマ源探索、銅箔の表面特性向上、ニッケル箔への成膜、などに取り組み、シート抵抗500Ω/sq以下で透過率87%以上を持つグラフェンを開発	◎	高品質部位の大量積化
② ロールtoロール大量合成技術の開発	狭い領域で大差圧を解消したロールtoロール化 ・移動速度1cm/s以上、 ・シート幅600mm以上	幅600mm、連続合成速度0.6m/分のロールtoロール合成技術を開発。基板表面前処理・グラフェン合成・後処理機能を有する、マイクロ波表面波プラズマCVDロールtoロール成膜装置を開発	○	面内均一性の向上および大量積化
③ 透明フィルムの製造技術の開発	ロールtoロール連続転写法 ・線幅0.3mm以下のパターニング ・300mm幅のロールtoロールフィルム 工程で長さ5m以上の連続転写	レーザー加工および液相エッチングにより、線幅0.3mmを実現。計算機によるレーザー剥離の条件探索により半値幅100fsでの有効性を実証。PETフィルムへの転写技術を確認、300mm幅、長さ5mの連続転写を実現	○	転写品質の向上
④ 透明導電性フィルムの性能評価	抵抗膜式タッチパネル試作 ・シート抵抗500Ω/sq、透過率87% ・b*値 4以下 ・ヘイズ 3%以下 ・シート抵抗リニアリティ±1.5%	タッチパネルに要求される電氣的・光学的特性、耐環境性、耐摺動特性、信頼性を評価し、グラフェン透明電極を利用したタッチパネルを試作。B*値4、ヘイズ3%、シート抵抗リニアリティ±1.5%を確認	○	面内均一性の向上および大量積化

① 高品質グラフェン合成技術の開発

従来の熱CVDと比較して大量生産に有利な低温プラズマCVD法により

タッチパネル用途に供する性能を持つグラフェンを開発

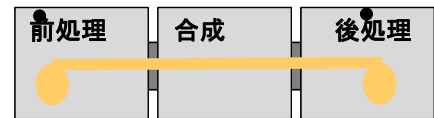
さらに吸着ドーピングによる低抵抗化技術を開発



抵抗膜式タッチパネル向けの性能 (500Ω/sq, 87% (基板無))を達成

② ロールtoロール大量合成技術の開発

プラズマCVDによるグラフェンのロールtoロール合成技術を確認



グラフェンロールtoロール合成装置

③ 透明フィルムの製造技術の開発

レーザーおよびケミカルエッチングによるグラフェンの加工を実現

PETフィルムへの連続転写技術を確認



レーザーエッチング



長さ5mの透明導電フィルム

④ 透明導電性フィルムの性能評価

グラフェン透明導電フィルムを利用したタッチパネルを試作、正常な動作を確認



グラフェンタッチパネルを装備したカーナビ

本研究の意義: グラフェン透明導電膜の大量生産技術を、日本独自の低温プラズマCVD法を利用して開発した。本研究開発の成果は、ITOに強く依存していた透明導電膜を資源問題のない炭素材料で置き換え、かつ、新たな透明導電膜市場へ導入できることを実証したことに、大きな意義がある。

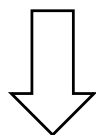
知的財産権、成果の普及

	H23	H24	計
特許出願	2	7	9件
論文(査読付き)	0(0)	1(1)	1件
研究発表・講演	22	4	26件
受賞実績	0	0	0件
新聞・雑誌等への掲載	0	1	1件
展示会への出展	1	0	0件

	本研究開発	委託事業後			
	H23	H24	H25	H26	H27
基礎研究 材料開発	シート抵抗500 /sq 透過率87%(基材なし)	超高性能化 シート抵抗150 /sq透過率93%			
応用開発研究	タッチパネルの検証	製品開発			
生産技術研究 量産化研究	R2R成膜 R2R転写	生産工程適用技術 開発		コスト低減 周辺技術 市場優位性 量産へ	

グラフェン透明導電フィルムのタッチパネルへの応用

グラフェンによるITO代替材料(レアメタル対策)



<NEDOのミッション>

- ・産業技術の国際競争力強化
- ・エネルギー・地球環境問題の解決

1. 製品イメージ (タッチパネル)
2. 売上見込み (順調に市場成長中、2013年には300億円市場へ)
3. スケジュール (高品質部位の大面积化2014、実用化・事業化準備2018)
4. 効果 (インジウムの資源問題を解消、ユビキタス元素カーボンによる材料コストの低減、フレキシブル化による用途の拡大、利便性向上、研究開発および人材育成の促進)