

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」

Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石及びイットリウム系複合材料の開発
超軽量高性能モータ等向けイットリウム系複合材料の開発 (事後評価)
(2010年3月17日～2011年5月31日)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO 省エネルギー部

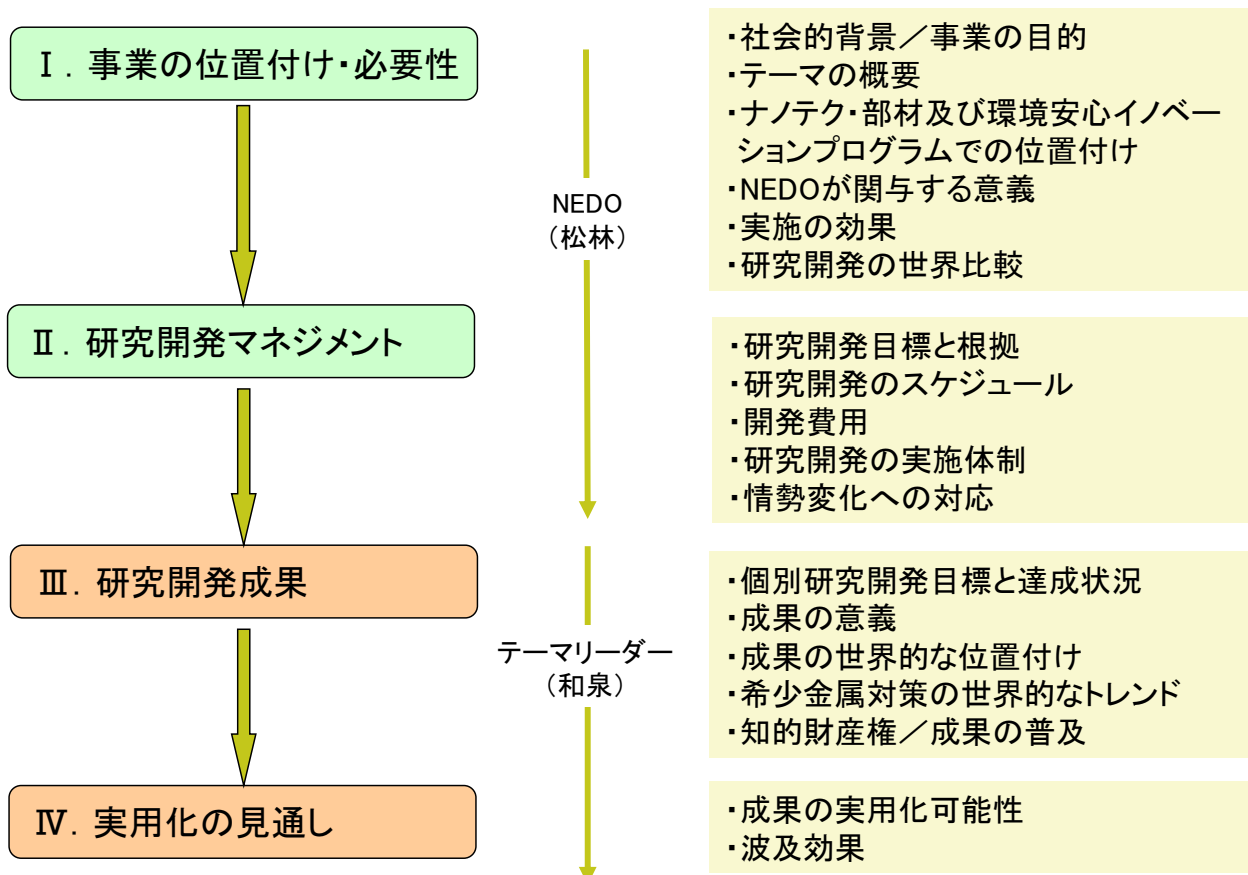
テーマリーダー 産業用超電導線材・機器技術研究組合
和泉輝郎

2011年 10月18日

1/38

概要説明 報告の流れ

公開



2/38

社会的背景

① 希少金属は、我が国の産業を支える高付加価値な部材の原料であり、近年その需要が拡大している。しかし、途上国における著しい需要の拡大や、そもそも他の金属と比較して希少であり、代替性も低く、また、その偏在性ゆえに特定の産出国への依存度が高い。

我が国の中長期的な安定供給確保に対する懸念が生じている。

② 国内の電力消費総量の半分以上、産業部門の約7割をモータが消費しており、モータの高効率化が喫緊の課題である。

軽量かつ高性能な次世代モータが求められている。

事業の目的

背景①に対応

背景②に対応

今後普及の見込まれるディスプロシウム(Dy)を含有する高効率永久磁石モータ部材に対して、将来的に代替の可能性のある次世代モータ部材を実現するイットリウム(Y)系複合材料を開発し、それを用いた軽量かつ高性能な次世代超電導モータを実現するために必要な設計さらには線材の巻線技術等の要素技術を開発

テーマの概要

本プロジェクトでは、ディスプロシウム(Dy)を含有するモータ部材に将来的に代わる可能性のある次世代モータ部材を実現するイットリウム(Y)系複合材料の開発を行う。

(1) 超長尺イットリウム(Y)系複合材料における希少金属使用量低減技術開発

これまで国内で500 m長複合材料を実現できている作製プロセスを選択し、イットリウム系複合材料を用いた電磁石を実現するために必要な(Ic)を超える高い特性を有した超長尺複合材料を実現するプロセス開発を行う。

(2) イットリウム(Y)系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発

(1)で選択したプロセスに比べて現状では長尺作製実績は十分ではないものの原理的に高い原料収率が見込まれる作製手法において複合材料プロセスの開発を行うことで、イットリウム利用率向上技術の開発を行う。

(3) イットリウム(Y)系複合材料を用いたモータ要素技術開発

超長尺イットリウム系複合材料を用いたモータに対する構造最適化のための課題抽出を目的として、磁場、応力等のシミュレータの開発とこれを用いた構造評価を行なうと共にモータ開発の基軸になる傘型等異形界磁巻線、サーモサイフォン式冷却方式の要素技術の開発を並行して行う。

1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

ナノテク・部材イノベーションプログラム及び
環境安心イノベーションプログラム での位置付け

ナノテク・部材
イノベーションプログラム

- I. ナノテクノロジーの加速化領域
- II. 情報通信領域
- III. ライフサイエンス・健康・医療領域
- IV. エネルギー・資源・環境領域
- V. 材料・部材領域

環境・安心
イノベーションプログラム

- I. 地球温暖化防止新技術
- II. 資源制約克服/3R
- III. 環境調和産業創造バイオ
- IV. 化学物質総合評価管理

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して、**エネルギー・資源・環境**等の社会的制約を克服すると同時に我が国の強みであるナノテク関連産業・部材産業の競争力を強化する。

資源制約の克服

希少金属代替材料
開発プロジェクト

社会的制約を乗り越える！！

エネルギー制約

資源制約

環境制約

〔対象元素〕

- ・超硬工具向けタングステン(W)
- ・透明電極向けインジウム(In)
- ・希土類磁石向けジスプロシウム(Dy)
- ・排ガス浄化向け白金族(Pt)
- ・精密研磨向けセリウム(Ce)
- ・蛍光体向けテルビウム、ユーロピウム(Tb, Eu)
- ・排ガス浄化向けセリウム(Ce)

1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

希少金属代替材料開発プロジェクト

概要: ハイテク製品の製造に不可欠であり世界的な需給逼迫が懸念されるレアメタル(タングステン(W)、インジウム(In)、ジスプロシウム(Dy)、白金(Pt)、セリウム(Ce)、テルビウム(Tb)等)について、ナノテクノロジー等の最先端技術を活用して、代替材料開発・使用量削減を行う。

研究開発項目

① 透明電極向けインジウム(In)使用量低減技術開発	
② 透明電極向けインジウム(In)代替材料開発	
③ 希土類磁石向けジスプロシウム(Dy)使用量低減技術開発	
④ 超硬工具向けタングステン(W)使用量低減技術開発	
⑤ 超硬工具向けタングステン(W)代替材料開発	
⑥ 排ガス浄化向け白金(Pt)族使用量低減技術開発及び代替材料開発	1 遷移元素による白金族代替技術及び白金族の凝集抑制技術を活用した白金族低減技術の開発
	2 ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発
⑦ 精密研磨向けセリウム(Ce)使用量低減技術開発及び代替材料開発	1 代替砥粒及び革新的研磨技術を活用した精密研磨向けセリウム低減技術の開発
	2 4BODY研磨技術の概念を活用したセリウム使用量低減技術の開発
⑧ 蛍光体向けテルビウム・ユーロピウム使用量低減技術開発及び代替材料開発/高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体向けTb、Eu低減技術の開発	
⑨ Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石及びイットリウム(Y)系複合材料の開発	1 Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石の研究
	2 超軽量高性能モータ等向けイットリウム系複合材料の開発
	3 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
⑩ 排ガス浄化向けセリウム(Ce)使用量低減技術及び代替材料開発、透明電極向けインジウム(In)を代替するグラフェンの開発	1 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
	2 透明電極向けインジウムを代替するグラフェンの開発

本事業

NEDOが関与する意義

- 本研究開発は、「ナノテク・材料分野」に列挙されている「戦略重点科学技術」のうち「資源問題解決の決定打となる希少資源・不足資源代替材料革新技術」にあたるものであり、文部科学省の元素戦略プロジェクトと連携し、基礎から実用化までの間隙のない支援体制を確立して行うもので、我が国の科学技術力の向上という点からも極めて意義が高いものである。
- 高温超電導材料は新しい材料であり、産業化のためには優れた特性を維持しつつ材料の低コスト・量産化等に検討課題が多く存在し、開発には大きなリスクを伴う。

政策的位置付けであること、資源セキュリティに係ること、高度な技術開発が必要であること、更に開発リスクが非常に高いこと等の観点からNEDOが関与して進めていく必要がある。

H21年度二次補正予算要求書 - 開発目的 -

「超軽量且つ高性能な次世代電気自動車用モータや、次世代医療診断機器等の実現に向け、イットリウム系複合材料の開発が期待されている。この開発・製造技術、希少金属であるイットリウムの使用量低減技術等の確立に向けた研究開発を行い、革新的部材・機器の実現により国際競争力の強化につなげる」

本事業はこの目的に沿ったものである。

実施の効果 (使用量削減効果)

500kW級モータに対する希少金属 (希土類元素) 使用量の比較

永久磁石モータ

NEOMAX(Nd-Fe-B系)を想定。 残留磁束密度:1.2 T
ギャップにおける磁束密度:0.5 T(現状の永久磁石式モータを参照)
形状:10cmx50cmx3mm(レーストラック型)
[1極当りの希土類の重量] $142.5(\text{体積}) \times 7.4(\text{密度}) \times 0.266(\text{RE比率})$

~300g (Nd:200g & Dy:100g)

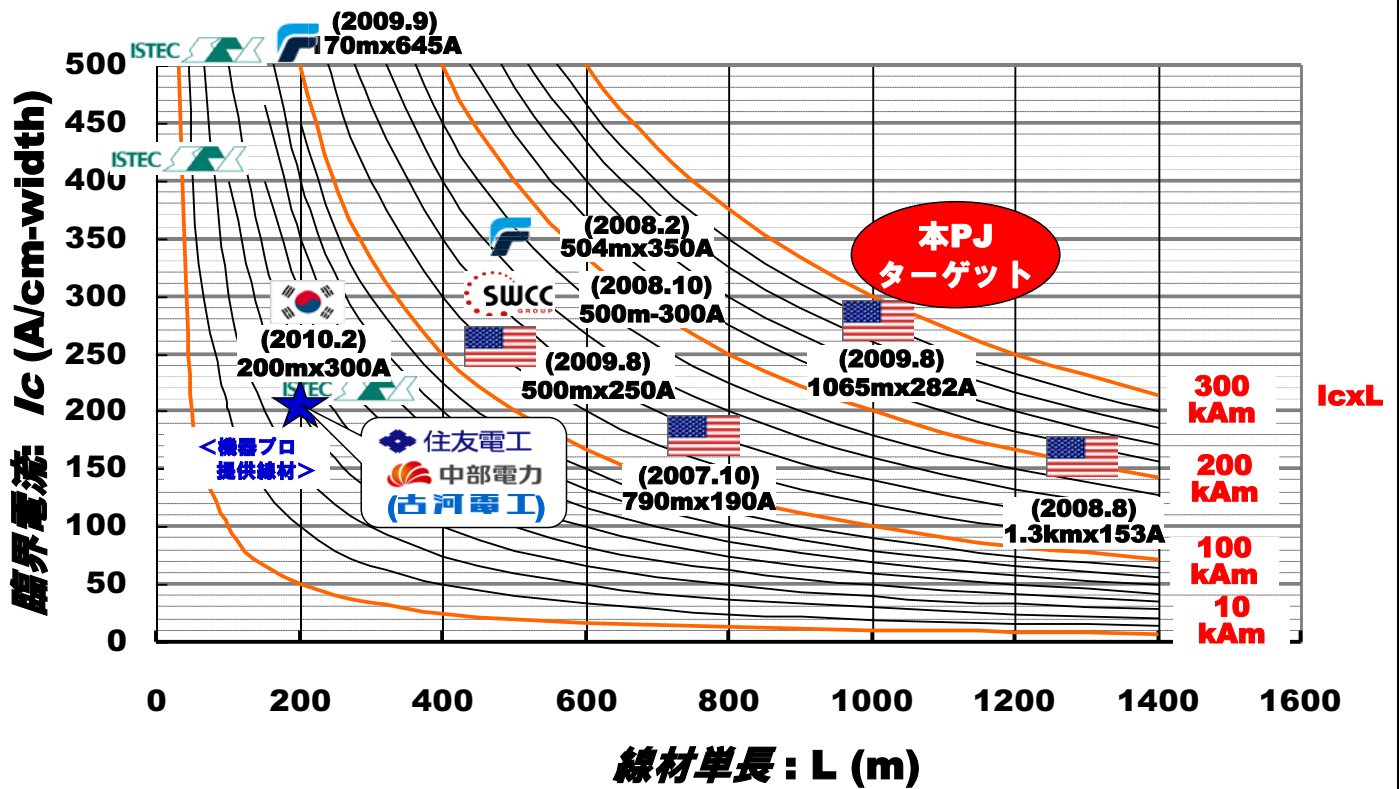
超電導巻線モータ

YBCO超電導線材による超電導巻線。最大磁界:~1.3 T、ギャップ磁束密度:0.5 T
超電導線材スペック
厚さ:0.25mm(超電導層:1.5μm、基板:100μm、安定化銅層:100μm、絶縁:50μm)
幅:10mm 線材長/1極:2400m 超電導特性:lc:300A(77K, 0T)、300A(45K, 2T)
[1極当りの希土類の重量]

$36.0(\text{体積}) \times 6.3(\text{密度}) \times 0.133(\text{RE比率}) \times 0.33(\text{B補正}) / 0.30(\text{収率})$

~30g (Y or Gd)

研究開発の世界比較



研究開発目標と根拠

	研究開発目標	設定根拠
①超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・300 A/cm 幅(@77K, 自己磁場)の特性を有し1 kmを超える超長尺線材作製を見通す 	<ul style="list-style-type: none"> ◆500kW級産業用回転機用コイルの粗計算 (希土類使用量の低減効果~1/10) ⇒1極コイル製作に必要な線材単長>1km (低損失かつ高強度を維持する条件)
②イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・超電導層の連続形成プロセスにおいて原料収率40%以上を見通す 	<ul style="list-style-type: none"> ◆イットリウム系超電導電力機器技術開発における提供線材での原料収率実績 ~ 30%(現状) ⇒希土類使用量の更なる低減として原料収率≧40%(目標)
③イットリウム系複合材料を用いた回転機要素技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・希土類元素(RM)量など500kW級回転機におけるY系適用の優位性を示す ・要素技術(界磁コイル、冷却)の開発を行い、設計・製作の見通しを得る 	<ul style="list-style-type: none"> ◆500kW級産業用回転機用コイルの粗計算 (粗計算は単純レストラックコイル想定。構造適正化は未検討。) ⇒Y系超電導回転機実用化を促進させるために必要な開発項目として ・回転機構造の適正化を通じた希土類使用量低減効果の定量化 ・適正構造に対応した要素技術の実証

研究開発のスケジュール

【変更前】

研究項目	FY21 4Q	FY22/1Q	2Q	3Q	4Q	
①超長尺イットリウム系 複合材料技術開発	大型装置の設計・製作 要素技術開発(自社設備)				プロセス 開発	1km 300A
②効率向上技術開発	装置の設計・製作		プロセス開発			収率40%
③回転機 要素技術開発	粗設計	概念設計 要素技術(コイル・冷却)				Y系回転機 優位性

3/11 東日本大震災

約2ヶ月の延長

【変更後】

研究項目	FY21 4Q	FY22/1Q	2Q	3Q	4Q	FY23 4-5月	
①超長尺イットリウム系 複合材料技術開発	大型装置の設計・製作 要素技術開発(自社設備)				プロセス開発 (1kmはバッチ試料)		1km 300A
②効率向上技術開発	装置の設計・製作		プロセス開発				収率40%
③回転機 要素技術開発	粗設計	概念設計 要素技術(コイル・冷却)					Y系回転機 優位性

開発費用

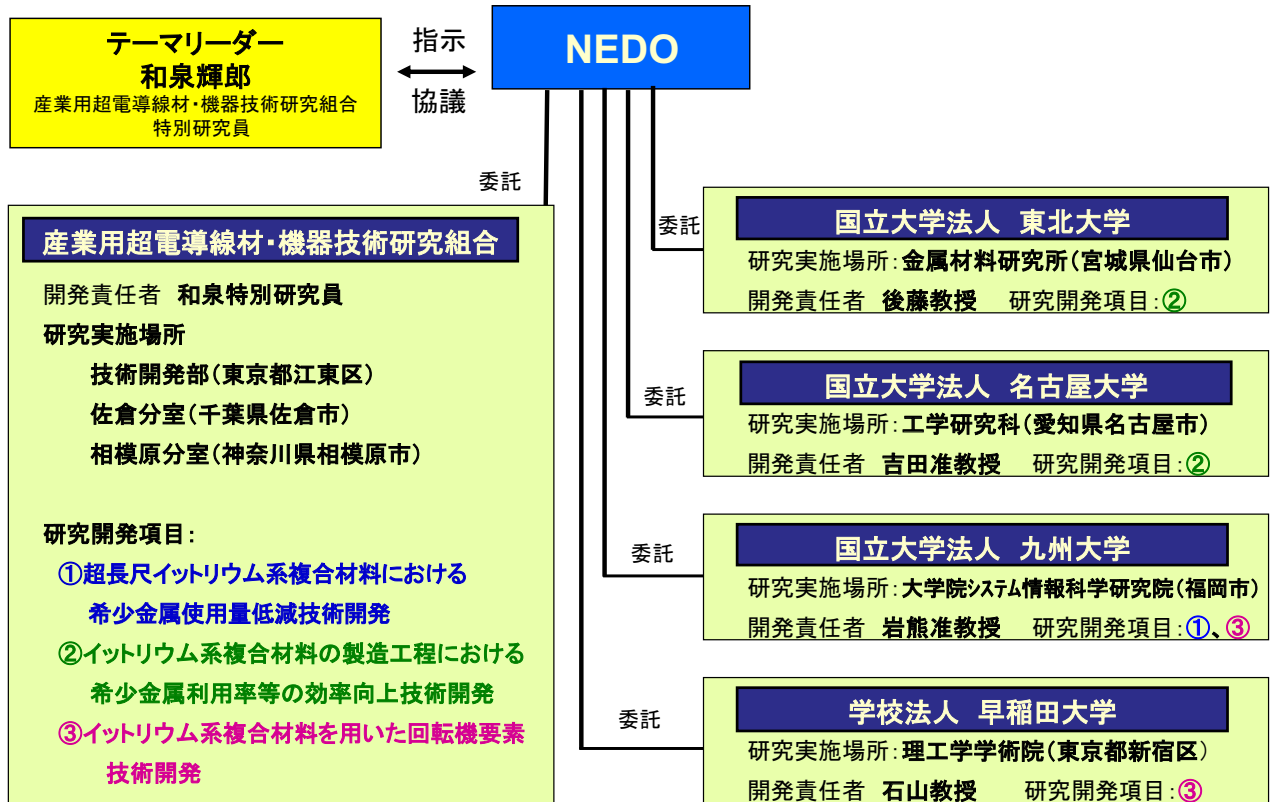
希少金属代替材料開発プロジェクト

Nd-Fe-B系磁石を代替する新規永久磁石及びイットリウム系複合材料の開発

超軽量高性能モータ等向けイットリウム系複合材料の開発		'09	'10	'11	合計
①	超長尺イットリウム系複合材料における 希少金属使用量低減技術開発	0.2	2,300	0	2,300
②	イットリウム系複合材料の製造工程にお ける希少金属利用率等の効率向上技術 開発	0	431	0	431
③	イットリウム系複合材料を用いた回転機 要素技術開発	0	259	5.8	265
合計		0.2	2,990	5.8	2,996

(単位:百万円)

研究開発の実施体制



1. 「イットリウム系複合材料を用いた超電導回転機開発委員会」

委員長 仁田教授 (明星大学) 委員15名

- ・ユーザーを交えた専門家による委員構成
- ・現在のイットリウム系複合材料、回転機応用の現状を調べ、Y系回転機としてのメリットや今後の課題と進むべき方向性を議論
- ・調査結果を回転機の開発および将来の開発に資することを目的とする
- ・平成22年度に委員会を2回開催

2. 知財マネジメント

- ・実施者の保有特許リストアップ (提案時)
- ・提案段階での実施者以外のプロジェクト関連特許調査実施
- ・学会発表・外部発表の集中管理 (研究組合で管理)
- ・特許出願・論文発表等におけるノウハウ流出防止

プロジェクト実施

情勢変化への対応

1. テーマリーダー主催による「連絡会議」を開催（年4回／H22年度）

- ・研究内容の進捗状況確認とディスカッション
- ・今後の方針とスケジュールの協議調整

	開催日	主な議題
第1回	平成22年 4月21日	プロジェクト目標の確認、各テーマ研究開発計画、導入設備計画と年度計画、他
第2回	平成22年10月18日、20日	各テーマの進捗状況、設備導入状況報告、今後のスケジュール、等
第3回	平成23年1月13日、14日	各テーマの進捗状況、設備導入状況報告、今後のスケジュール、等
第4回	平成23年3月7日	各テーマの進捗状況、設備導入状況報告、今後のスケジュール、報告書作成指針、等

2. 東日本大震災の影響

情 勢	対 応
<p>研究期間終了直前、平成23年3月11日の東日本大震災により東北大学、産業用超電導線材・機器技術研究組合の研究開発設備およびユーティリティに損壊被害が生じた。加えて震災直後から実施された計画停電により連続運転設備の長時間稼働が不可能になるなどの障害があり、被害状況把握及び復旧に1ヶ月以上の期間を要することとなった。</p>	<p>プロジェクト期間を約2ヶ月延長し、比較的多くの予算を必要とする1km長試験において再度の試験に関して新たな予算措置が困難であることから、「1km長複合材料を作製し、平均I_cが200A/cm幅以上(@77 K, 自己磁場)であることを実証する。」との超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発での具体的な目標値に関して、1km長のパッチ試験において代用することでこれを証明することとした。</p>

個別研究開発目標と達成状況

目標	成果	達成度	
①超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・300 A/cm 幅 (@77K, 自己磁場) の特性を有し 1 km を超える超長尺線材作製を見通す 	<ul style="list-style-type: none"> ・1km長以上の平均I_cが534 A/cm幅であることを実証した。 ・10m長以上でI_cが400A/cm幅以上を実証した。 	◎
②イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・超電導層の連続形成プロセスにおいて原料収率40%以上を見通す 	<ul style="list-style-type: none"> ・全成膜領域の静止成膜により原料収40%以上を実証した。 ・移動成膜により、成膜量を実証した。 	◎
③イットリウム系複合材料を用いた回転機要素技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・希土類元素(RM)量など500kW級回転機におけるY系適用の優位性を示す ・要素技術(界磁コイル、冷却)の開発を行い、設計・製作の見通しを得る 	<ul style="list-style-type: none"> ・500 kW機設計検討で希少金属使用量が従来の1/130に低減できることを示した。 ・磁場、温度、応力の3要素を連成させた解析シミュレータを開発し、上記設計機を評価し成立性を確認した。 ・Y系の課題を克服し、劣化なくY系傘型界磁モデルコイルの製作に成功し、回転機設計の見通しを得た。 ・液体Neを用い、高速回転時に30K冷却と界面の熱伝達係数hを得て、冷却設計の見通しを得た。 	◎

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

①超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発

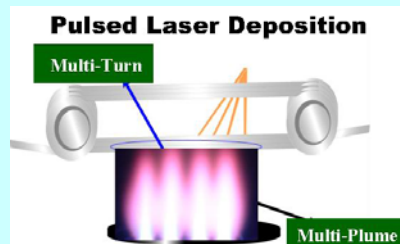
目標

300A/cm幅 (@77 K、自己磁場) の特性を有し、**1 km**を超える超長尺複合材料作製を見通す。

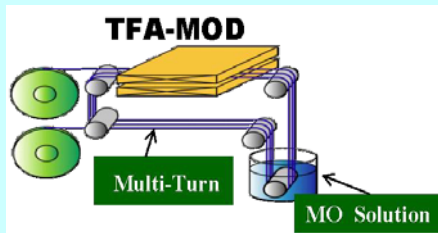
(具体的目標値)

- ・ 1km - 平均 $I_c \geq 200A/cm$ 幅以上 (@77 K、自己磁場)
- ・ 同条件 \Rightarrow 10m長以上 - $I_c \geq 300A/cm$ 幅 (@77 K、自己磁場)

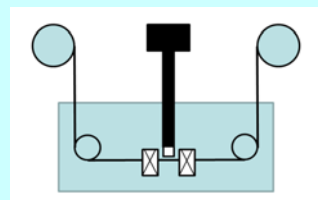
アプローチ



エキシマレーザーPLD法



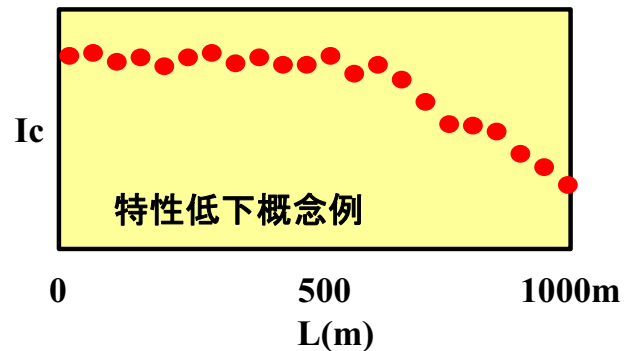
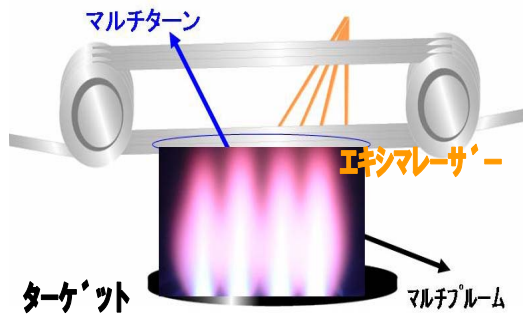
有機酸塩堆積 (TFA-MOD) 法



超長尺評価技術開発

①超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発

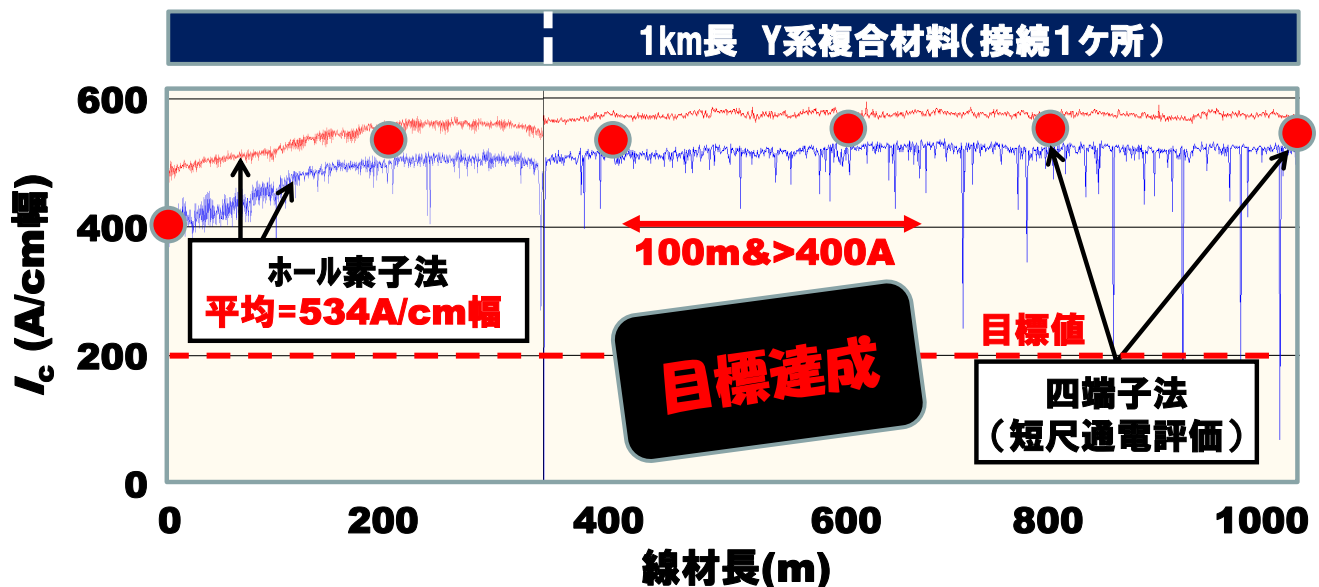
課題	対策
①長尺にわたる性能の均一化 (機械系における安定搬送技術確立)	トルク制御方式 (リール軸のトルクを線材の残存径にあわせて制御)
②高速移動&長時間成膜時の 成膜温度均一性の更なる改善	ホットウォール型PLD成膜方法の利用 (均熱ボックスの構造改良+温度監視方法の改善)
③長時間に亘る蒸着源の定常状態の維持 (ターゲット表面形状変化によるブルーム揺動 ⇒成膜条件変化)	レーザー照射パターンの改善 複数個原料ターゲットを利用した成膜技術



①超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発

超長尺 & 高性能複合材料成膜結果

1km長線材の連続成膜(GdBCO/IBAD-MgO)



①超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発

研究項目	目標	成果	達成度
①-1 エキシマレーザーPLD 法による複合材料作製プロセス開発	300 A/cm幅(@77K, 自己磁場)の特性を有し、1 kmを超える超長尺線材作製を見通す	・1050m長線材 平均 $I_c=534A/cm$ 幅	◎
①-2 TFA-MOD 法による複合材料作製プロセス開発		・10m長 $I_c=400A/cm$ 幅以上	
		・1000m長パッチ線材 平均 $I_c \geq 300A/cm$ 幅	○
		・10m長 $I_c=300A/cm$ 幅以上	

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

達成度の基準(具体的な目標値)

- ・1km長複合材料を作製し、平均 I_c が200A/cm幅以上(@77 K, 自己磁場)であることを実証
- ・同条件で作製した10m長以上の複合材料で I_c が300A/cm幅(@77 K, 自己磁場)以上を実証

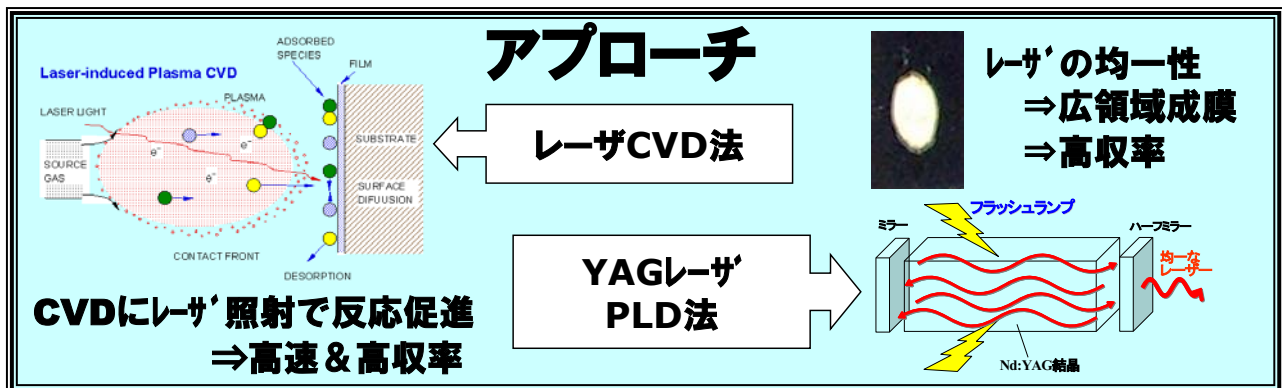
②イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発

目標

超電導層の連続形成プロセスにおいて**原料収率40%以上**を見通す。

(具体的な目標値)

- ・全成膜領域に対し、静止成膜により原料収率40%以上を実証する。
- ・成膜領域の一部を通過する移動成膜により、静止成膜結果から予想される成膜量を実証する。

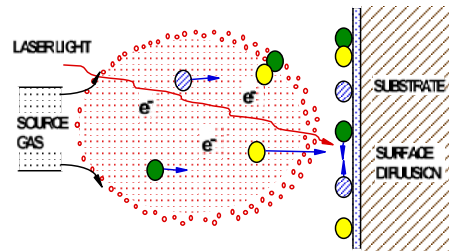


② イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発

プロセス開発上の課題と対策

＜従来の技術レベル＞
固体原料、固定成膜で超電導相を形成を確認

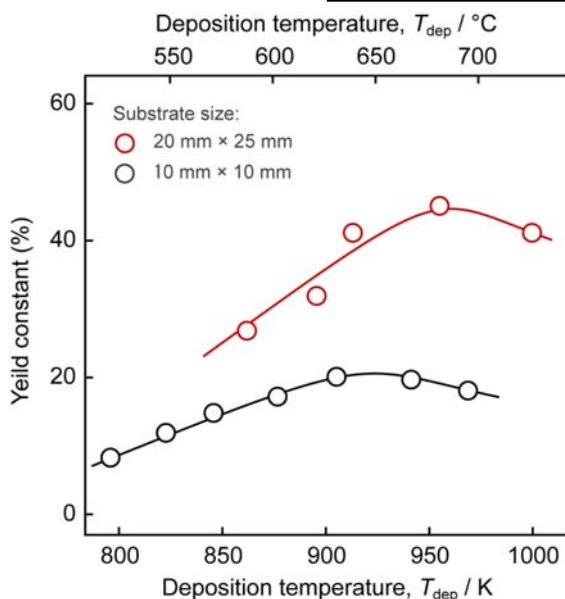
レーザーCVD法



課題	対策
長尺安定成膜	液体原料の適用 (従来は固体原料で表面積等の経時変化があり、長時間安定供給が困難)
超電導材料への適用 (YBCO or GdBCO等)	成膜条件(温度、酸素分圧、組成等)の適正化
連続成膜への適用	成膜領域の拡大 ← 適正レーザー条件の把握 ← 移動系システムの開発

② イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発

静止成膜試験主要結果



予備加熱温度	673 K
レーザー出力	139 W
Y:Ba:Cu 仕込組成	1:1.9:2.7
液体供給量	0.3 ml/min
Arキャリア流量	150 sccm
成膜時間	5 min
炉内圧力	800 Pa
IBAD 基板大きさ	20 mm x 25 mm
Y収率 (%)	45.7

液体原料供給法 + 組成・温度制御

目標達成

② イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発

研究項目	目標	成果	達成度
②-1 レーザーCVD法による希少金属利用率向上技術開発	超電導層の連続形成プロセスにおいて原料収率40%以上を見通す。	・原料収率 45.7% ・超電導特性 $J_c > 3\text{MA/cm}^2$, $I_c > 100\text{A/cm幅}$	○
②-2 YAGレーザーPLD法による希少金属利用率向上技術開発		・原料収率 56.1% ・超電導特性 $J_c > 1.4\text{MA/cm}^2$	◎

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

達成度の基準(具体的な目標値)

- ・全成膜領域に対し、静止成膜により原料収率40%以上を実証する。
- ・成膜領域の一部を通過する移動成膜により、静止成膜結果から予想される成膜量を実証する。

③ イットリウム系複合材料を用いた回転機要素技術開発

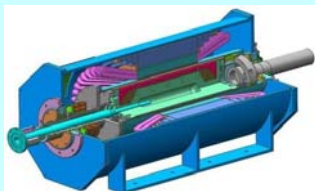
目標

イットリウム複合材料による500kW級-1000rpm級回転機の優位性を見通す。

(具体的目標値)

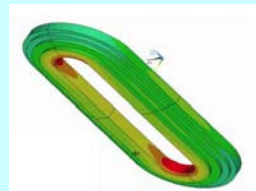
- ・磁場一応力伝熱を達成した回転機評価用シミュレータを開発する。
- ・シミュレータを用いた総合評価により希少希土類元素使用量が1/10となる成立性を示す。
- ・傘型界磁巻線状態での特性で複合材料 I_c の70%以上を得ることを実証する。
- ・Neを用いたサーモサイフォン式冷却装置で高速回転時の回転数と冷却能力の関係を明らかにし、回転機の冷却設計を可能にする。

アプローチ



モータ概念設計

軽量・コンパクト性等の優位性を有したモータ



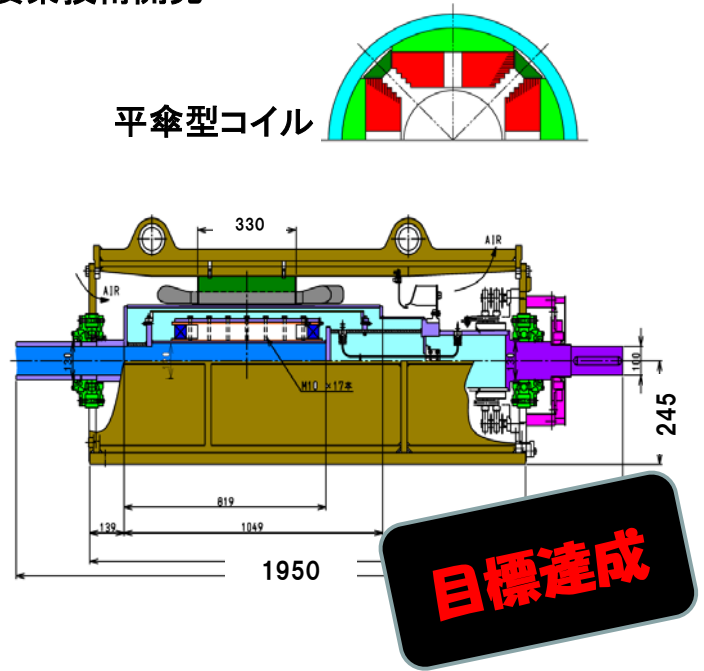
要素技術開発

界磁巻線及び冷却技術に関する試作検討

③イットリウム系複合材料を用いた回転機要素技術開発

仕様	出力	500kW
	電圧	440V
	回転数	1800rpm
	極数	4
固定子	外径	490mm
	鉄心相当長	330mm
	内径	370mm
	エアギャップ	5mm
回転子 (40K)	界磁電流*	230A
	ターン数	1050
	起磁力	241.5kAT
	線材量(極)	1.2km
	界磁コイル磁束密度	3.0T
	ギャップ磁束密度	1.2T

*600A/cm幅(77K,自己磁場)線材での設計



**希土類使用重量比:<1/130
(対永久磁石モータ)**

③イットリウム系複合材料を用いた回転機要素技術開発

	目標	成果	達成度
③-1 回転機適正構造の概念設計	500kW級回転機の概念設計によりイットリウム系の優位性を見通す。	・500 kW機設計検討で希少金属使用量が従来の1/130に低減できることを示した。 ・磁場、温度、応力の3要素を連成させた解析シミュレータを開発し、上記設計機を評価し成立性を確認した。	◎
③-2 界磁巻線および冷却要素技術開発	傘型界磁巻線の試作・評価、サーモサイフォン式冷却の特性評価により、回転機の設計に資するデータを得る。	・エッジワイズ歪、段差巻などのY系の課題を克服し、劣化なくY系傘型界磁モデルコイルの製作に成功し、回転機設計の見通しを得た。 ・液体Neを用い、高速回転時に30K冷却と界面の熱伝達係数hを得て、冷却設計の見通しを得た。	◎

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

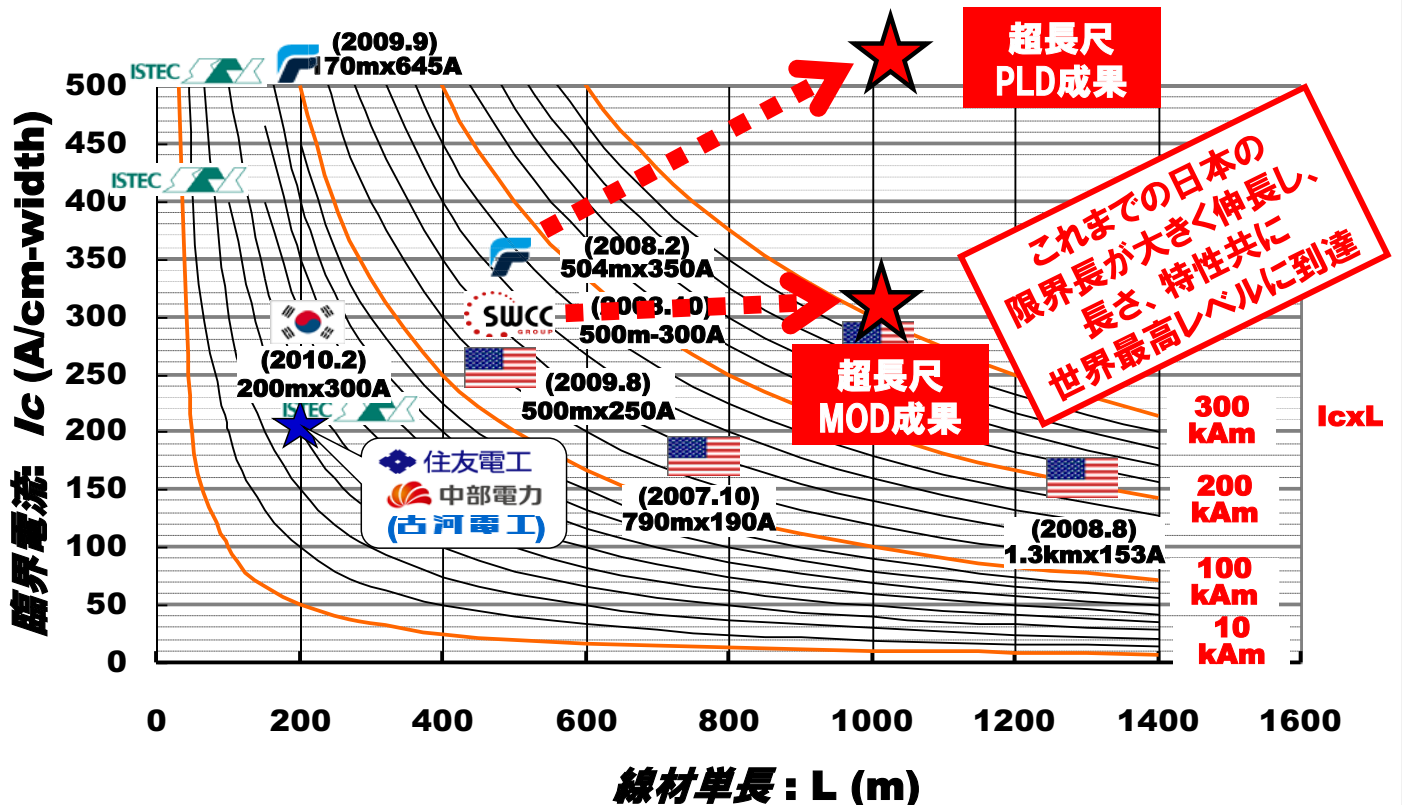
達成度の基準(具体的な目標値)

- ③-1 ・回転機評価用シミュレータを開発する。
・概念設計により、希少希土類元素使用量が従来の1/10以下になることを示す。
- ③-2 ・複合材の臨界電流の70%以上の界磁巻線コイル励磁特性(励磁率70%)を得、界磁コイル設計の見通しをつける。
・液体Neサーモサイフォン式冷却における高速回転時の回転数と冷却能力の関係を明らかにし、回転機の冷却設計の見通しを得る。

成果の意義

	成果	成果の意義
①超長尺イットリウム系複合材料における希少金属使用量低減技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・1km以上の平均I_cが500A/cm幅以上であることを実証した。 ・10m長以上でI_cが400A/cm幅以上を実証した。 	<ul style="list-style-type: none"> ○世界最高レベル $I_c \times L$ の技術 (次頁参照) ○超長尺複合材料の量産化基盤確立
②イットリウム系複合材料の製造工程における希少金属利用率等の効率向上技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・全成膜領域の静止成膜により原料収率55%以上を実証した。 ・移動成膜により、成膜量を実証した。 	<ul style="list-style-type: none"> ○より省希少金属複合材への可能性 (~1/2) ○コスト低減効果も大きく期待
③イットリウム系複合材料を用いた回転機要素技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・500 kW機設計検討で希少金属使用量が従来の1/130に低減できることを示した。 ・磁場、温度、応力の3要素を連成させた解析シミュレータを開発し、上記設計機を評価し成立性を確認した。 ・エッジワイズ歪、段差巻などのY系の課題を克服し、劣化なくY系傘型界磁モデルコイルの製作に成功し、回転機設計の見通しを得た。 ・液体Neを用い、高速回転時に30K冷却と界面の熱伝達係数hを得て、冷却設計の見通しを得た。 	<ul style="list-style-type: none"> ○複合材料の異方性を考慮した設計による、Y系超電導回転機の使用希少金属量の定量的評価は世界初 (次々頁参照) ○Y系複合材料の機械特性上の課題に対応し、高I_cを保ちつつ、回転機用傘型コイル試作、評価は世界初

成果の世界的な位置付け



希少金属対策の世界的なトレンド

Critical Materials R&D

Substitutes and Efficient Use of Rare Earth Magnets

- **Reducing neodymium and dysprosium requirements for magnets**
 - ⇒ New compositions or structures that are high energy density, low rare earth content
 - ⇒ Heat management approaches that reduce the need for dysprosium
- **Component and system-level substitutions**
 - ⇒ Induction or reluctance motors
 - ⇒ New approaches to magnetic circuit design
 - ⇒ Advanced hydraulic transmission for drive train systems
 - ⇒ **High-temperature superconductor generators (HTSCG)**

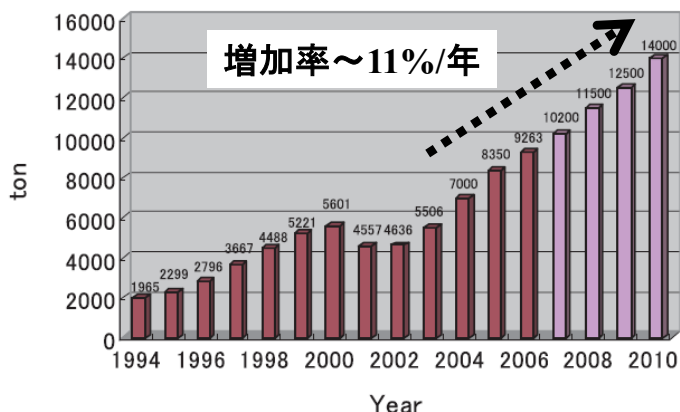
Resource efficiency reusing, recovering, recycling

- **Materials and processes for environmentally sound, economical separation of rare earths in diverse ore bodies and recycling streams**
 - ⇒ Organic solvents
 - ⇒ Supercritical solvents
 - ⇒ Nano-porous membranes
 - ⇒ Biological processes
 - ⇒ Ion exchange
- **Recycling technologies and optimization New approaches to magnetic circuit design**
 - ⇒ Design of materials and products for recyclability
 - ⇒ Processes uniquely suited to recycling
 - ⇒ Logistics optimization

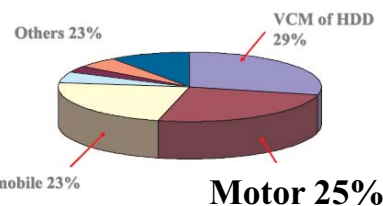
EU-Japan-US Workshop on Critical Materials R&D
Washington, DC, 4-5 October 2011

希土類使用重量 <1/130 の意義 (永久磁石モータ → Y系超電導モータ 置換効果)

ネオジウム磁石の国内製造重量推移



2020年
40,000t/年
(予測)



投入量(歩留65%) モータ用磁石重量
61,500t/年 → 15,400t/年

モータ向希土類重量 = 15,400t/年 x 希土類比率(0.266) = 4,100 t/年

超電導磁石置換効果(2020年予測)

4,100 t x 導入比率(仮定0.25) x (1-1/130) ~ 1,000 t/年

知的財産権／成果の普及

	H21	H22	H23	計
特許出願 (ノウハウ流出防止)	0	0	0	0件
論文(査読付き)	0	4	1	5件
研究発表・講演	0	21	1	22件
受賞実績	0	0	0	0件
新聞・雑誌等への掲載	0	2	0	2件
展示会への出展	0	2	0	2件

新聞発表

鉄鋼新聞 平成22年4月14日
超電導線材で研究組合
大型設備導入 長尺線材を製造

レアメタル・ニュース 平成23年2月1日
希少金属代替材料プロジェクト Dy使用量削減へ
Nd-Fe-BをY系超電導磁石に置き換えで希土類使用量1/10へ

展示会

23rd International Symposium on Superconductivity H22年11月1～3日
Development of Yttrium-based Composite Material for Ultra-light
and High-performance Motors. (パネル展示)

エコプロダクツ2010 H22年12月9～11日
超軽量高性能モーター等向イットリウム系複合材料の開発(希少金属代替
材料開発プロジェクト) (パネル展示)

成果の実用化可能性

[研究組合の実行能力]

- ・ 複合材料の実績：機器開発に数十kmを提供
- ・ 多くの重電、ユーザー会社とのネットワーク

[実用化のシナリオ]

本PJ成果

複合材料安定
製造技術開発

量産・事業化
への基盤

HTS回転機
産業

モータ試作等
継続研究
(含冷却系)

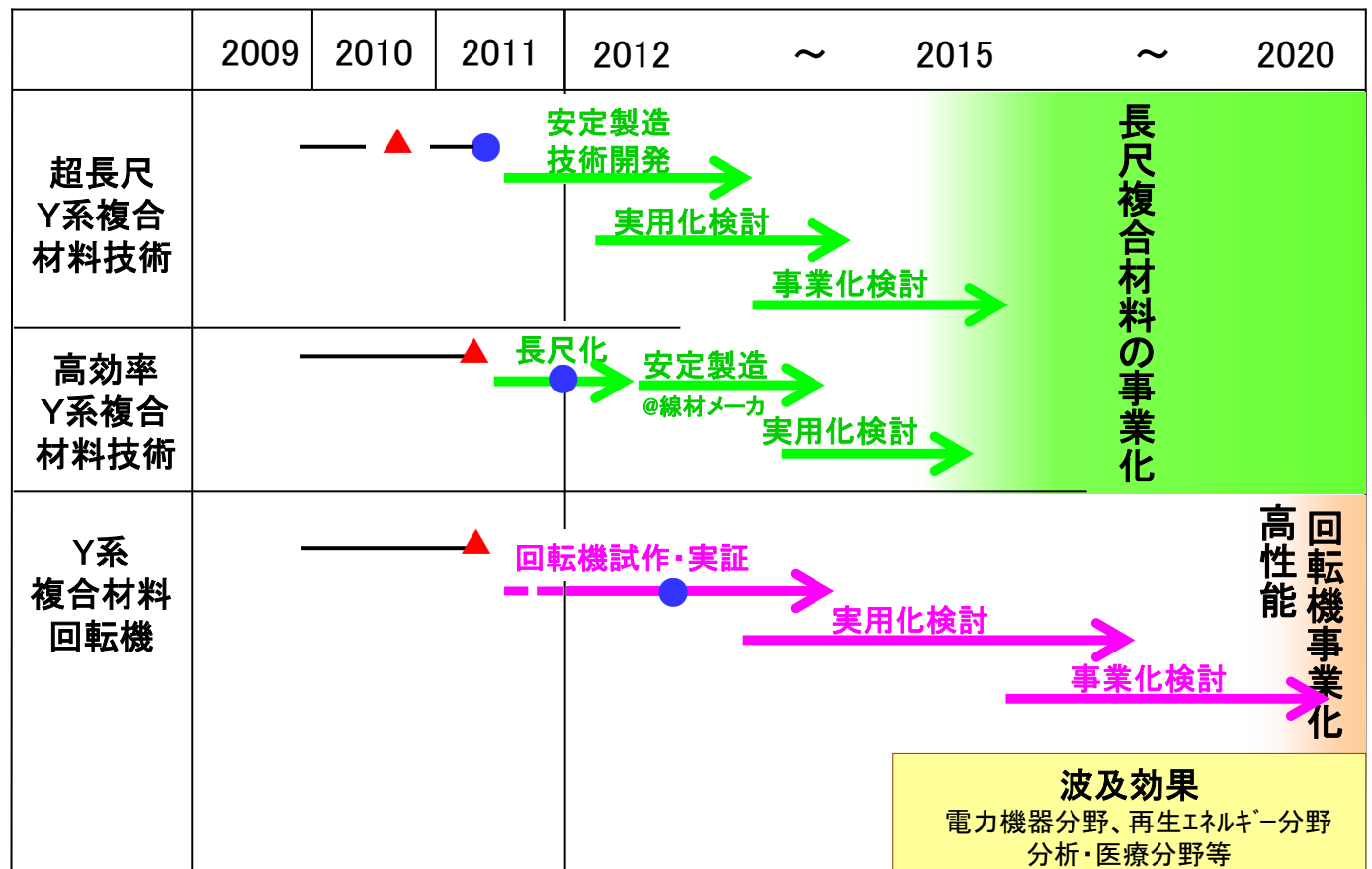
超電導モータ
実用化
(産業用、自動車等)

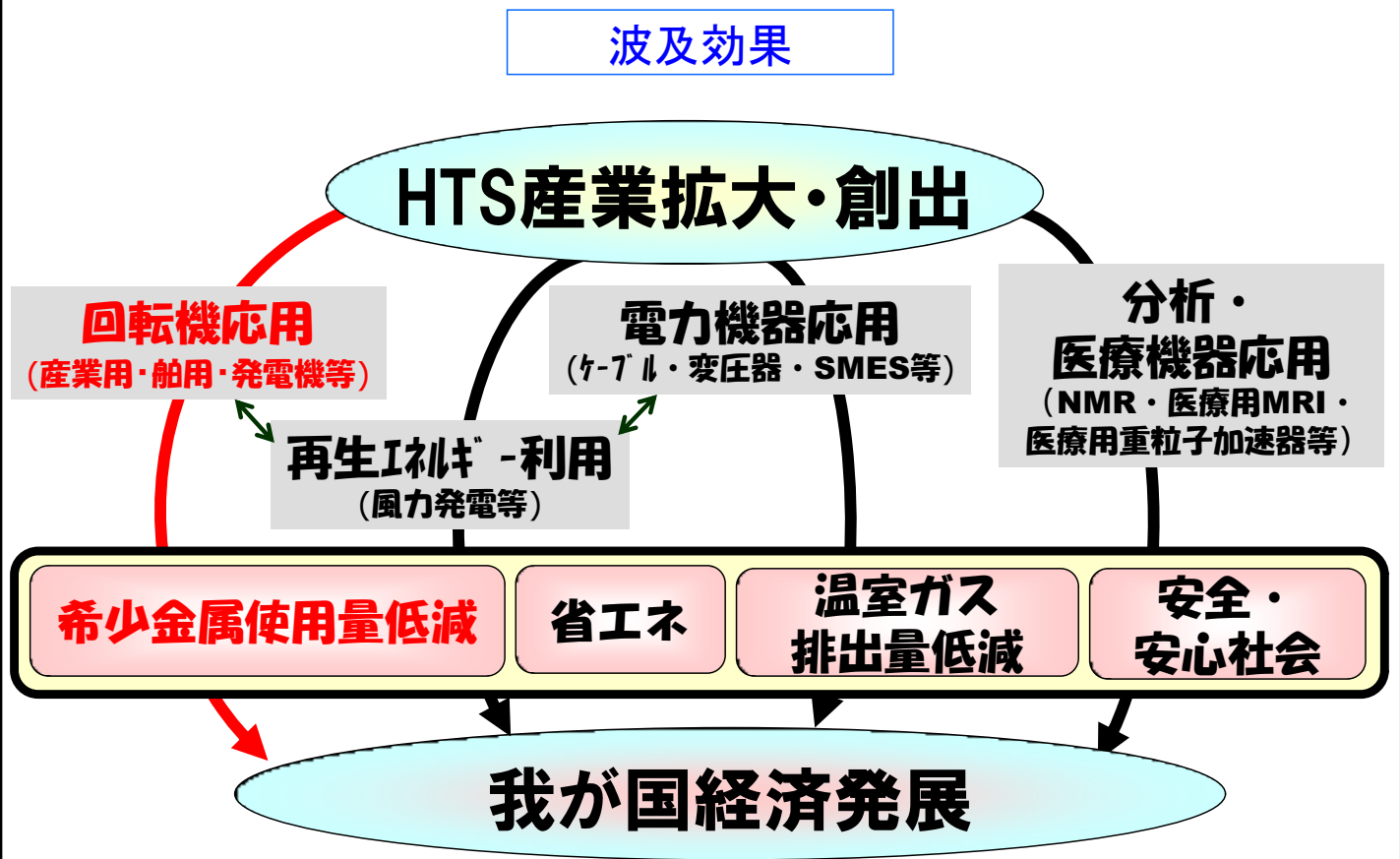
拡大・創出
(船用、風力発電等)






「希少金属代替・削減技術実用化開発
助成事業(イットリウム系超電導回転機
用電磁石の開発)」(H23.3~H24.2)

[波及効果] 永久電流モード用途
⇒ 分析用NMR、医療用MRI、リニアモータ、
医療用重粒子加速器等

安全安心な社会&低CO₂社会





	2010	2015	2020	2025
複合材料分野 Y系	超長尺Y系複合材料	実用化・事業化		
	高効率Y系複合材料	実用化検討		
産業用 回転機分野	Y系回転機要素技術	試作・実証 ↓ 実用化事業化検討	実用化・事業化	
その他 回転機分野	船用モータ技術	試作・実証 実用化検討	実用化・事業化 	
	風力発電技術	試作・実証 実用化検討	実用化・事業化 	
分析・医療分野	NMR 技術	試作・実証 実用化検討	実用化・事業化 	
	医療用加速器技術	試作・実証 実用化検討	実用化・事業化 	
電力機器分野	ケーブル、変圧器、SMES 技術	実用化検討	実用化・事業化 	

波及効果