

イットリウム系超電導電力機器研究開発 (中間評価)

2008年度～2012年度 5年間

ープロジェクトの全体概要ー (公開)

平成22年9月1日

プロジェクトリーダー
(財)国際超電導産業技術研究センター
超電導工学研究所
所長 塩原 融

複製を禁ず

1/48

I. 事業の位置付け・必要性について

公開

プロジェクトの概要説明

I. 事業の位置づけ・必要性

事業の背景・目的・位置づけ

II. 研究開発マネジメント

事業の目標(目標設定の根拠)

・計画内容・情勢変化への対応等

III. 研究成果、目標達成度

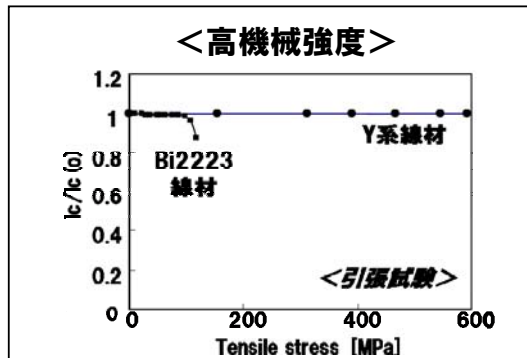
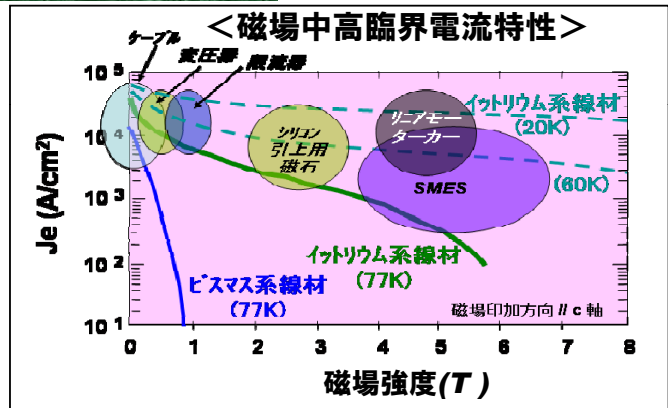
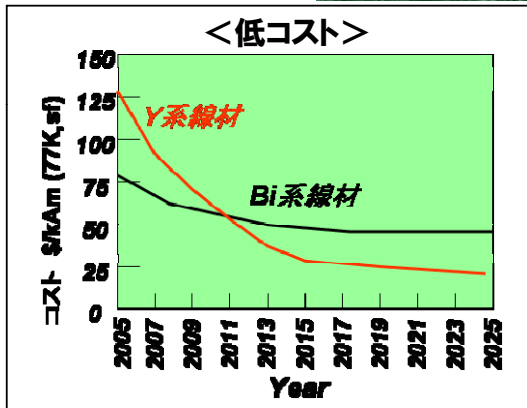
成果の意義・国際比較

IV. 実用化の見通し、シナリオ

成果の普及・啓蒙

2/48

Y系超電導線材のメリット



<低交流損失>

平行磁場の場合	垂直磁場の場合
<p>アスペクト比 Bi:Y=1:100</p> <p>↓</p> <p>1/100低減</p>	<p>線材分割の容易性 Y:層状構造⇒易 Bi:シース材⇒難</p> <p>↓</p> <p>分割による低減可能</p>

プロジェクトの概要説明

I. 事業の位置づけ・必要性

事業の背景・目的・位置づけ

II. 研究開発マネジメント

事業の目標（目標設定の根拠）・
計画内容・情勢変化への対応等

III. 研究成果、目標達成度

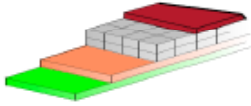
成果の意義・国際比較

IV. 実用化の見通し、シナリオ

成果の普及・啓蒙

目標：超電導電力機器による都市部への大容量安定供給

研究開発項目

SMES (電力貯蔵)	ケーブル	変圧器	Y系線材
○2GJ級高磁界・大電流コンパクトコイル構成技術開発、 ○高効率コイル伝導冷却技術開発、 ○SMES対応線材安定製造技術、 ○高磁界コンパクトSMESシステムモデル検証	○大電流・低交流損失ケーブル化技術開発、 ○高電圧絶縁・低誘電損失ケーブル化技術開発、 ○超電導電力ケーブル熱収支評価研究、 ○超電導電力ケーブル対応線材安定製造技術、 ○66kV大電流ケーブルシステム検証、 ○275kV高電圧ケーブルシステム検証	○超電導変圧器巻き線技術開発、 ○冷却システム技術開発、 ○限流機能付加技術開発、 ○超電導変圧器対応線材安定製造技術、 ○2MVA級超電導変圧器モデルの検証	○線材特性把握、 ○磁場中高臨界電流 (J_c) 線材作製技術開発、 ○低交流損失線材作製技術開発、 ○高強度・高工業的臨界電流密度 (J_c) 線材作製技術開発、 ○低コスト・歩留向上技術開発
 2GJ SMES	 66kV-5kAケーブル 275kV-3kAケーブル	 66kV/6.9kV-20MVA級変圧器	 イットリウム系超電導線材

SMES

研究開発目標と設定根拠

研究開発項目	中間目標	最終目標	設定根拠
① 2GJ級高磁界・大電流コンパクトコイル構成技術開発	■SMESコイル構成技術 ・フープ応力600MPa以上 ・通電容量2kA以上	■左記性能を満足するコイルによるモデル検証	前フェーズ設計最適化結果で、 金属系SMESの2倍の応力で現実的なコイル仕様 となったことによる。 電流値は変換器等との取り扱いから成立する条件。
② 高効率コイル伝導冷却技術開発	■コイル伝導冷却技術 ・20~40K領域における伝導冷却が可能 ■高伝熱コイル構造 ・電気絶縁2kV以上	■繰り返し充放電試験における冷却システムの検証	Y系線材の特性を活かすことが可能な温度条件であり、 耐電圧値は変換器等との組み合わせから対応可能な目標値として設定
③ 高磁界コンパクトSMESシステムモデル検証	■2GJ級SMESコイル基本システムの最適化 ■評価用試験モデル設計 ■試験計画作成(SMESシステム適用性検証評価)	■2MJ級評価用試験モデルを用いて、電力系統制御SMESの運転を模擬した 2万回以上の繰返し充放電 による特性検証	2GJ級SMESと応力等の条件を同等とし、 前フェーズ実システム連系試験と同等条件の繰返し充放電試験 が実施できればシステム成立性が検証できるため
④ SMES用線材安定製造技術開発	■線材安定製造技術確立 SMESシステムモデル試作用 (仕様例： $J_c=20A/cm$ 幅 @77K&3T, 1GPa, 100m)	■左記性能を満足する線材の安定製造による2MJ級モデルコイルへの線材供給	2GJ級SMESの線材が 経験する磁界において必要となる線材仕様 として設定

SMESの大電力制御による系統安定化

長距離送電線に故障発生

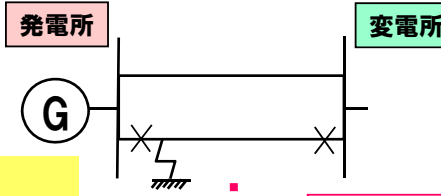
無対策

電圧変動
発電機脱調

発生事象

製造ライン停止
広域停電 など

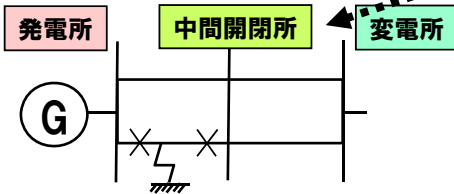
<長距離送電>



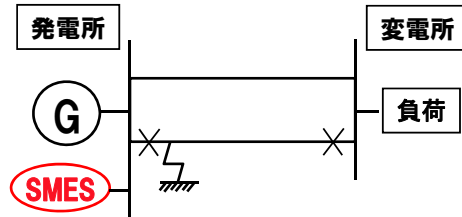
SMES設置
有効電力の瞬時制御によって
系統安定化を図る

開閉所設置
建設用地を含めたコストがかかる

[開閉所建設]



[SMES設置]



中間開閉所にて故障発生系統を切り離し、
不具合拡大を防ぐ。
系統安定化は発電機で実施。

出力：100~300MVA
容量：数百kJ~数GJ

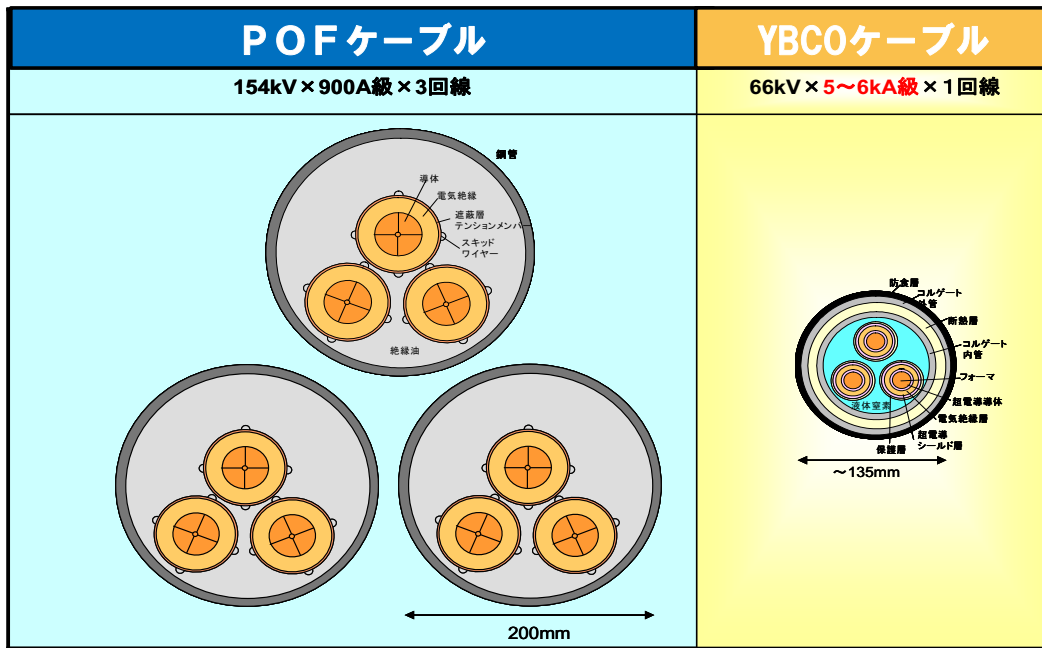
余剰エネルギーをSMESで吸収したり、
不足エネルギーを放出することで電圧や
周波数を安定化。

ケーブル

研究開発目標と設定根拠

研究開発項目	中間目標	最終目標値	設定根拠
大電流ケーブルの技術開発	ケーブル損失	交流損失2W/m-相@5kA以下	中間目標：交流損失"0.1W/m-相@1kA"の5kA換算値"2.5W/m"以下
	三心一括ケーブル検証	短絡試験(31.5kA、2秒相当)の耐性	中間目標：66kV級実システムにおける短絡電流規定値による短絡強度の検証
	大容量接続技術開発	ケーブルと接続部を組み合わせた5kA連続通電を行い異常無し	中間目標：定格電流連続通電時の安定性の検証
	システム検証	検証用システムの設計(66kV/5kA、三心一括、15m長)	中間目標：大電流ケーブル化技術の開発成果を踏まえた、超電導ケーブルシステムの仕様・設計技術の構築 最終目標：実用化時の要求仕様に基づいたシステムの製作・試験
高電圧ケーブルの技術開発	ケーブル損失	交流損失(導体層)+誘電体損失0.8W/m-相@3kA以下	中間目標：交流損失："0.1W/m-相@1kA"の3kA換算値である"0.9W/m-相"の半分"0.4w/m"以下に設定 誘電体損失：絶縁材料選定により0.4w/m-相以下低減 最終目標：シールド層の損失込みで0.8W/m-相@3kA以下
	絶縁特性の調査	短絡試験(63kA、0.6秒相当)の耐性	中間目標：275kV級実システム短絡時の過電流(規定値)による突発的な温度上昇に対する絶縁および短絡強度の評価
	高電圧接続技術	ケーブルと接続部を組み合わせた275kV連続課電を行い異常無し	中間目標：連続課電時の安定性の検証
	システム検証	検証用システムの設計(275kV/3kA、単心、30m長)	中間目標：高電圧ケーブル化技術の開発成果を踏まえた、超電導ケーブルシステムの仕様・設計技術の構築 最終目標：実用化時の要求仕様に基づいたシステムの製作・試験
熱収支の評価研究	伝熱特性の検討	ケーブル構造最適化のための伝熱・電磁界数値シミュレーションの実施	中間目標：ケーブル最適設計に資する研究開発を行う 最終目標：システム検証試験結果との比較により解析技術確立
	スラッシュ窒素の研究	ケーブルのスラッシュ窒素冷却を実現するためのシステム検討	中間目標：スラッシュ窒素の特徴を生かしたシステム可能性評価 最終目標：冷却システムを用いた有用性を検証
	ケーブル用線材安定製造技術開発	安定製造 $J_c=15kA/cm^2$ (2mm幅×20m以上)	中間目標：ケーブルシステム検証に必要な性能を有する線材の安定な製造・供給

- 送電ロスの低減（従来地中送電線の1/3）省エネルギー、CO₂削減
- コンパクトな形状で大容量送電が可能



変圧器

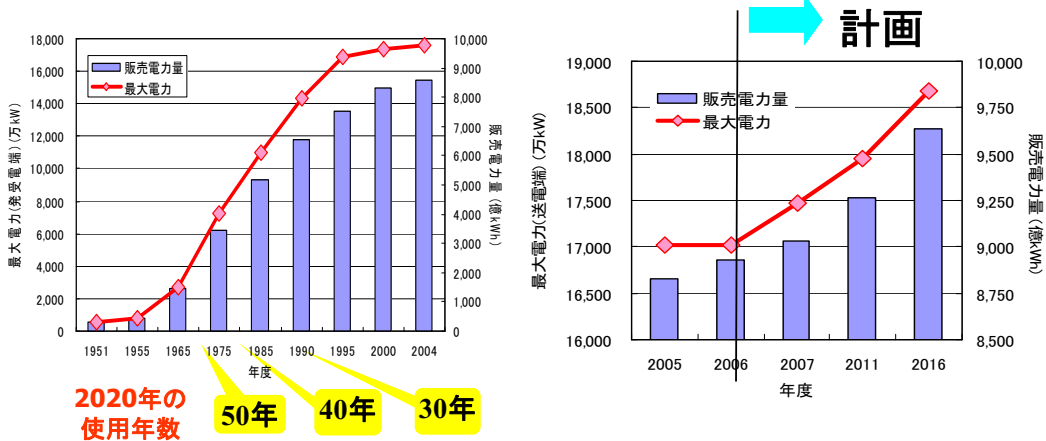
研究開発目標と設定根拠

研究開発項目 (個別テーマ)	中間目標	最終目標	設定根拠
①巻線技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ○短絡強度(20MVA,%Z:15%相当)の検証 ○最適な転位巻線技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ○2kA級巻線技術の確立 ○巻線の低交流損失 $\leq 1/3$(対細線化無し線材) 	<ul style="list-style-type: none"> ○20MVA実用変圧器相当の短絡強度、低損失、大電流の巻線技術が必要。 ・短絡強度は実用器相当の巻線技術。 ・交流損失低減が見逃せる分割線材による巻線技術。 ・定格電流(2kA級)通電時の転位巻線技術。 ○全体の基礎となる短絡強度を中間目標。
②冷却システム技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ○膨張タービン: 断熱効率$\geq 65\%$ ○ターボ式圧縮機: 断熱効率$\geq 65\%$ 	<ul style="list-style-type: none"> ○冷凍能力: 2kW @65K ○冷凍効率(COP): 0.06 @80K 	<ul style="list-style-type: none"> ○2MVA変圧器モデルの冷却負荷(交流損失等)相当の2kW以上@65K(既存技術の約3倍)で、高効率化(既存技術の約1.5倍)。 ○中間目標は各要素技術レベル。
③限流機能付加技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ○変圧器巻線構造モデルによる限流機能の検証 ○数百kVA級限流機能付加変圧器の設計・試作 	<ul style="list-style-type: none"> ○数百kVA級限流機能付加変圧器による機能検証(過大電流を定格電流の3倍以下に抑制) 	<ul style="list-style-type: none"> ○20MVA変圧器の短絡電流(定格の約6倍)の抑制と限流による巻線温度上昇の許容から、短絡電流の半分の3倍以下に設定。 ○中間目標は最終を見逃せる基礎レベル。
④2MVA級変圧器モデル検証	<ul style="list-style-type: none"> ○66/6.9kV-2MVA級変圧器モデルのシステム設計 	<ul style="list-style-type: none"> ○左記モデルの課過電試験による性能検証 	<ul style="list-style-type: none"> ○巻線を極力低減し、耐電圧や機器構成は20MVA変圧器相当となる最小容量(2MVA)。
⑤変圧器用線材安定製造技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ○安定製造 5mm幅3分割100m以上 ($I_c=40A@65K \& 0.01T$) 	<ul style="list-style-type: none"> ○安定製造の向上(歩留り向上) 	<ul style="list-style-type: none"> ○2MVA変圧器モデルに必要な細線化線材(磁場・温度の条件含む)の安定供給。 なお、交流損失低減には細線化が必要。

超電導変圧器の需要・既存変圧器の経年

需要

■ 国内の配電用変圧器 約280台/年
 更新 240台/年 変電所数約4,300箇所 (*1) , 変圧器2台, 寿命40年
 新設 40台/年 変電所増分容量の伸び率 0.5% (*2)



出典: 中央電力協議会HP

(*1) 「電力統計情報」(電気事業連合会)、
 (*2) 「平成18年度供給計画の概要」(中央電力協議会)から計算

Y系超電導変圧器のメリット、特徴

既存変圧器

主な課題

- ・不燃、難燃化
- ・省エネルギー
- ・小型・軽量
- ・保守性(オイルス)等

・モールド

・アモルファス

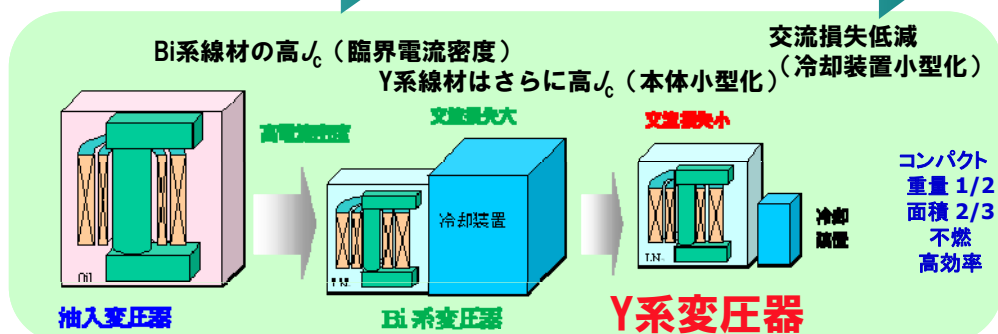
・シリコン油 等

【課題】 ▲ 高電圧化、大型化が難しい
 ▲ 負荷損(銅損)低減が困難
 ▲ 鉄心やや大(アモルファス)等

Bi系線材

Y系線材

超電導変圧器



線材

研究開発目標と設定根拠

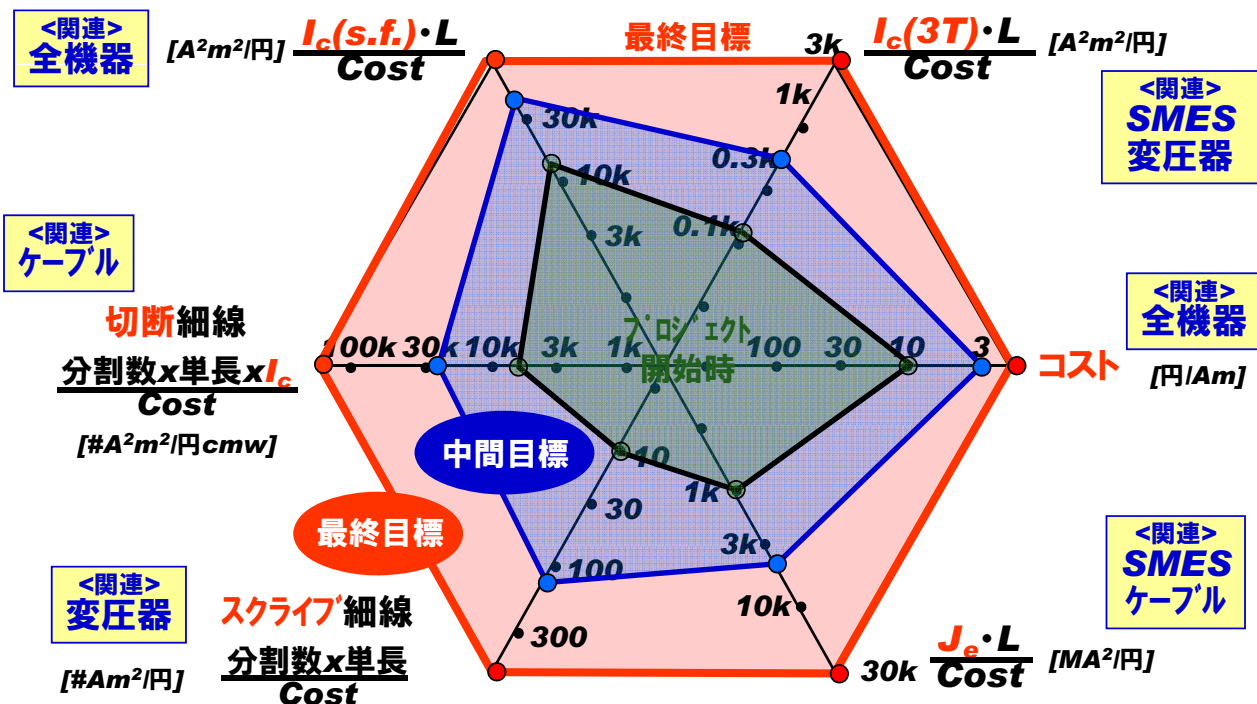
研究開発項目(個別テーマ)	中間目標	最終目標	設定根拠
①線材特性の把握	・ケーブル耐久試験適正条件の決定	・各種機器環境に対する耐久性を評価(内部目標)	○線材としての保存及び使用環境への耐性や過電流耐性を明確化するため左記目標を設定。 ○中間目標は基本計画で本項目関連の目標が設定されている項目として設定。
②磁場中高 J_c 線材作製技術	・30 A/cm-w @77 K,3 T-50 m ・300 A/cm-w @65 K,0.02 T-50 m	・50 A/cm-w @77 K,3 T-200 m ・400 A/cm-w @65 K,0.1 T-100 m	○実用化技術開発時及び普及導入時に必要な磁場中特性としてそれぞれ中間及び最終目標を設定。 ○77 K,3T特性はSMES対応、65K特性は変圧器対応の必要特性。
③低交流損失線材作製技術	・2 mm幅-300A/cm-w -50m ・5 mm幅5分割-50 m-分割無しに比べて交流損失1/5	・2 mm幅-500 A/cm-w -200 m ・5mm幅10分割-100 m-分割無しに比べて交流損失1/10	○実用化技術開発時及び普及導入時に必要な損失特性としてそれぞれ中間及び最終目標を設定。 ○2mm幅線材特性はケーブル対応、5mm幅線材特性は変圧器対応の必要特性。
④高強度・高 J_c 線材作製技術	・300 A/cm-w -1 GPa-50 m ・ $J_c=30$ kA/cm ² -50 m	・500 A/cm-w -1 GPa-200 m ・ $J_c=50$ kA/cm ² -200 m	○実用化技術開発時及び普及導入時に必要な強度、 J_c 特性としてそれぞれ中間及び最終目標を設定。 ○高強度線材はSMES対応、高 J_c 特性はケーブル対応の必要特性。
⑤低コスト・歩留り向上技術	・技術コスト3 円/Amの実証	・技術コスト3円/Am未済実証 ・中間目標技術を安定に作製可能な技術を確立する。	○実用化技術開発時及び普及導入時に必要な線材技術コストとしてそれぞれ中間及び最終目標を設定。

注：「実用化技術開発時」とは2013年～2019年を想定し、「導入・普及時」とは2020年以降を想定。

事業原簿 II-1.22～、& II-3.27～

13/48

線材開発の必要性



注：この図で「分割数」は10mm幅線材に対するもので規格化

事業原簿 II-1.22～

14/48

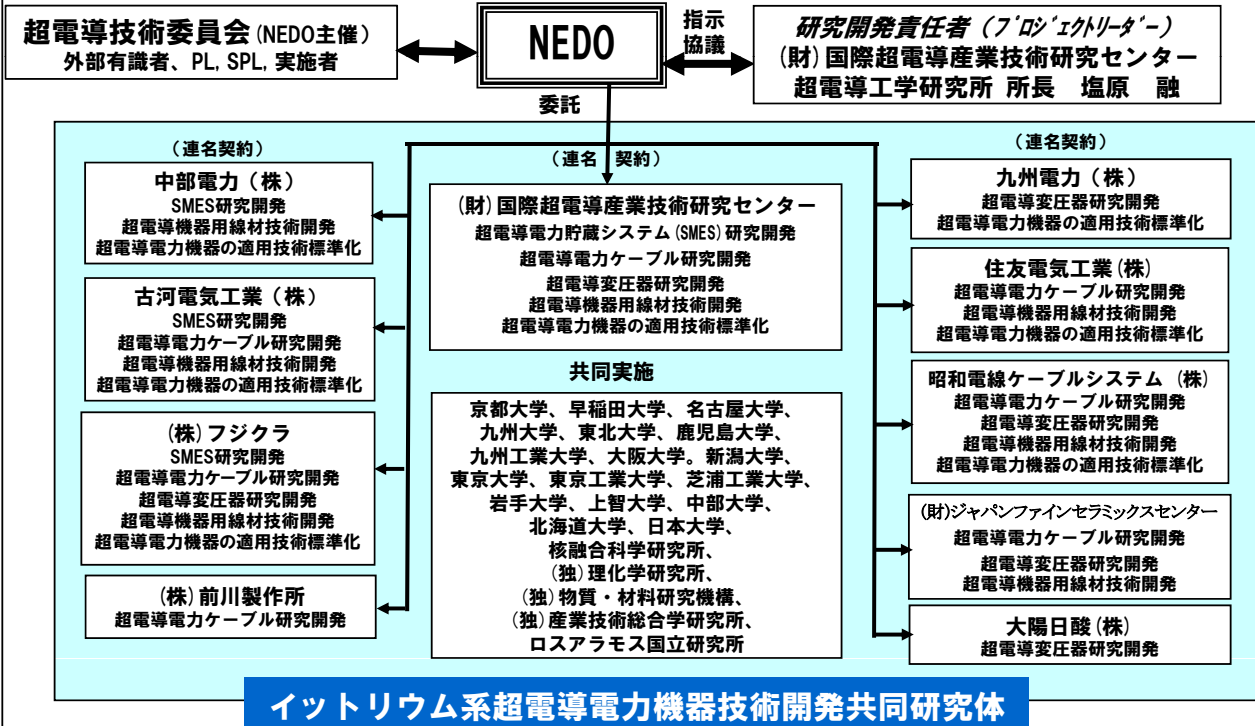
標準化

研究開発目標と設定根拠

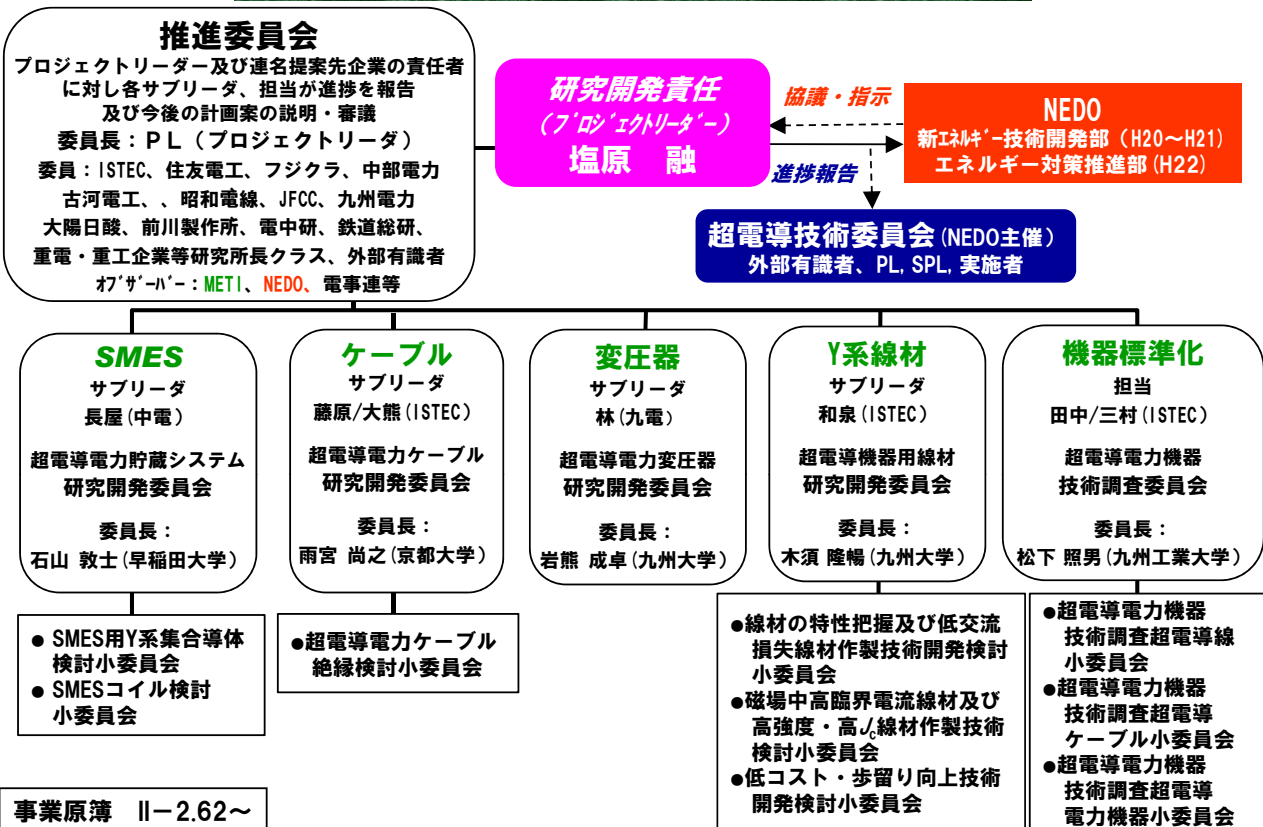
研究開発項目	中間目標	最終目標	設定根拠
① 超電導線材関連技術標準化	<ul style="list-style-type: none"> ■超電導線材並びにその試験方法の規格素案を作成する。 ■IEC国際標準化合意の醸成を図る。 	<ul style="list-style-type: none"> ■超電導線材並びにその試験方法の規格素案と国際合意を背景に、国際規格提案に資する。 	HTS線材とLTS線材の両者に共通した通則が必要。 HTS線材ではLTS線材で規格化された基本特性試験方法の規格化が必要。
② 超電導電力ケーブル関連技術標準化	<ul style="list-style-type: none"> ■超電導電力ケーブル並びにその試験方法の規格素案を作成する。 ■国際大電力システム会議 CIGRE、他のIEC/専門委員会 TCなどとの国際合意の醸成を図る。 	<ul style="list-style-type: none"> ■超電導電力ケーブル並びにその試験方法の規格素案について、国際合意を背景に国際規格提案に資する。 	Y系並びにBi系超電導線材を用いて開発中の超電導電力ケーブル開発に対応した日本の技術を国際規格に提案するため。
③ 超電導電力機器関連技術標準化等	<ul style="list-style-type: none"> ■超電導変圧器、SMES等の機器仕様並びにこれらの試験方法の標準化の基礎となるデータ等の体系化を行なう。 	<ul style="list-style-type: none"> ■超電導変圧器、SMES等の機器仕様並びにこれらの試験方法の規格素案を作成する。 ■冷却システムの安全性、運用性を考慮した規制緩和に向けた提案を行なう。 	本プロジェクト内で進められている超電導電力機器としてSMES及び変圧器に対応した日本の技術を国際規格に反映させるため。

研究開発項目	H20FY	H21FY	H22FY	H23FY	H24FY
1.「超電導電力貯蔵システム(SMES)の研究開発」	SMESコイル構成・高伝熱コイル構造及び伝導冷却技術開発				
	(IBAD-GZO/MOCVD線材) ⇒ SMES対応線材安定製造技術開発 ⇒ (IBAD-MgO/PLD線材)				
	2GJ級SMESコイル基本システム構成最適化・評価用試験モデル設計検討			SMES動作検証	
	523	512	532	(500)	(500)
2.「超電導電力ケーブルの研究開発」	大電流・低交流損失ケーブル化技術の開発				
	高電圧絶縁・低誘電損失ケーブル化技術の開発 及び 電力ケーブルの熱収支に関する評価研究				
	超電導電力ケーブル対応線材安定製造技術開発			66kV大電流 及び 275kV高電圧ケーブルシステム検証	
	586	706	616	(598)	(597)
3.「超電導変圧器の研究開発」	転位均流モデルの検証・低損失化技術開発・耐短絡電流技術開発		大電流化技術開発		
	冷凍機構・プロセス検討		冷却システム開発		
	限流モデルの特性検証		限流機能付加変圧器の開発		
	変圧器対応線材安定製造技術・細線安定加工技術の開発			2MVA級変圧器モデルの検証	
	631	608	606	(600)	(616)
4.「超電導電力機器用線材の技術開発」	磁場中特性向上(厚膜化・添加工人エピン向上技術)				
	低損失線材(5分割対応均一化・加工技術)			低損失線材(10分割対応均一化・加工技術)	
	高強度・高Je線材(薄肉高強度金属基板線材)			超電導高速・高 n_c (< 3 円/Am対応)	
	中間層、超電導高速・高 n_c (3円/Am対応)			実用化技術(技術移管)	
	1,240	1,159	1,141	(1,347)	(1,322)
5.「超電導電力機器の適用技術標準化」	超電導線関連技術・超電導電力ケーブル関連技術・超電導電力機器関連技術標準化				
	19	15	21	(15)	(15)
予算額合計(百万円)	3,000	3,000	2,916	(3,060)	(3,050)

研究開発の実施体制（実施期間：H20～H22）



「Y系超電導電力機器研究開発」委員会等構成



NEDO主催による超電導技術委員会(年2~3回開催)

委員長：名古屋大学 大久保 教授

委員：東京大学 大崎 教授、横浜国立大学 塚本 教授、明星大学 仁田 教授、東北大学 濱島 教授、産総研 淵野 研究員、電中研 藤波 研究員、

鉄道総研 正田 理事長、電事連 高見 部長、

オブザーバ：経済産業省、研究開発課、非鉄金属課、資エネ庁電力基盤整備課

外部有識者の意見を運営に反映

- ・Y系超電導線材と各機器要件(相互関係)との緊密な連携をとるべきとのご指摘を受け、線材研究開発委員会に各機器担当SPL並びに機器研究開発の有識者として大学及び重電メーカー等からの委員を増強した。
- ・SMES用線材へのIBAD-MgO基板及びIBAD-PLD線材の適用で、SMES開発の高効率化に対応すべく計画を変更した。
- ・Y系超電導線材を用いた4巻線構造の小型超電導変圧器モデルでの特性検証、限流応答特性解明、限流効果による巻線保護の確認に世界で初めて成功したことを受け、数百KVA級限流機能付加変圧器の試作を前倒し、2MVA級変圧器開発を効率的に進める計画に変更した。

その他、プロジェクト内で推進委員会、研究開発委員会、検討小委員会を開催

実用化につなげる戦略

○一般への普及啓発活動

毎年開催の「エコプロダクツ展」に出展

(約17~18万人の入場者)

2008:「超電導EXPO2008」

2009:「超電導パビリオン」

2010:出展予定(計画中)



—内容—

超電導の未来イメージ(ジオラマ)、サンプル展示、具体的なパネル展示、磁気浮上等の実験・実演、アンケート調査等を実施

その他:各種学会で研究開発活動のパネル展示紹介

○研究開発成果の実用化に向けて対応「産業用超電導線材・機器技術研究組合」(ISTERA)を設立。

新しい研究開発パートナーシップ制度(技術研究組合制度:H21年4月22日法案可決・成立)を活用。

—内容—

本プロジェクトの研究開発成果の早期実用化を目指し、ALL Japan 体制での超電導産業の育成とともに国際市場への進出も視野に入れている。

○超電導産業における国際協調・連携

毎年開催の国際超電導産業サミットの主催・共催

加盟団体:日本(ISTEC)、米国(CCAS)、欧州(CONECTUS)、ニュージーランド(NZHTSIA)、韓国(加盟の意向)

—内容—

超電導技術の産業化、商業化の目標に向けて企業研究機関の経営幹部、マネージャー等が討議、結果はコミュニケーションを出し、新聞報道等を通じ周知を図る

○標準化事業の展開

国際標準化活動の主導的役割を果たしている

IEC/TC90の幹事国

ISTEC内にIEC/TC90超電導委員会を設置。

—内容—

これまで14件の規格を制定(LTS試験方法規格が主)今後、Y系超電導線材、電力ケーブル等の超電導電力機器適用技術の標準化に資する調査研究、国際規格案のIEC/TC90への提案を経て、国際標準規格制定を目指している。また、NEDO事業の「Biケーブル実証プロジェクト」と緊密に連携して、「国際大電力システム会議:CIGRE」とも連携し、製品企画化の国際合意の醸成を目指している。

実用化につなげる知財マネジメント

○Y系超電導電力機器技術開発**共同研究体**を構築し、知財等成果管理を対応
機能的で柔軟な研究体制、密接な協調を図る。「共同研究体協定書」を締結。共同研究体内での職務により得た知的財産権は、「共同研究体知的財産権取り扱い規定」で公正な取り扱いを定めている。

—内容—

プロジェクトのNEDOからの受託者は、NEDOとの個別の業務委託契約に基づき、産業財産権等に関しては、産業技術強化法第16条の適用を申請し、原則、共同研究体内での単独並びに共同して行った発明等の係る産業財産権等は当該受託者または共同実施者に帰属する。

特許審査会:PLが主宰

出願の要否の判定、発明者の認定、共同発明における権利の帰属、発明等への寄与度に応じた参加者の持ち分の認定等の審議

実用化に向けての規定例:

共同研究体内の参画者は自己実施は代表委託事務局への実施届書の提出で実施できる。

共有権者は他の共有権者の同意を得て、通常実施権を第三者に許諾することが可能であるとともに、成果の実用化の推進の観点から、他の共有権者は合理的な理由無くして拒否若しくは延期ができない。

○特許調査

Y系超電導線材に関する特許の調査は、将来の実用化・事業化を進めるに当たって非常に重要であるとともに、実施者の発明出願要否の判定に重要であるだけでなく、研究開発の実施方針等の策定に対しても効果的である。

—調査内容—

平成20年度にケーブル、変圧器、限流器、冷凍機の、国内特許と米国特許、及びSMESの国内特許を対象に調査。

平成21年度は、これらの新規公開特許に加えて、SMESの米国特許を調査対象に加えた。

尚、Y系超電導線材に関しては、平成20,21年度ともに、基板(基材)、中間層、超電導層、保護層、その他の分野を国内及び米国特許の対象として、調査を行った。

プロジェクトの概要説明

I. 事業の位置づけ・必要性

事業の背景・目的・位置づけ

II. 研究開発マネジメント

事業の目標(目標設定の根拠)

・計画内容・情勢変化への対応

III. 研究成果、目標達成度

成果の意義・国際比較

IV. 実用化の見通し、シナリオ

成果の普及・啓蒙

SMES研究開発の目標と達成状況

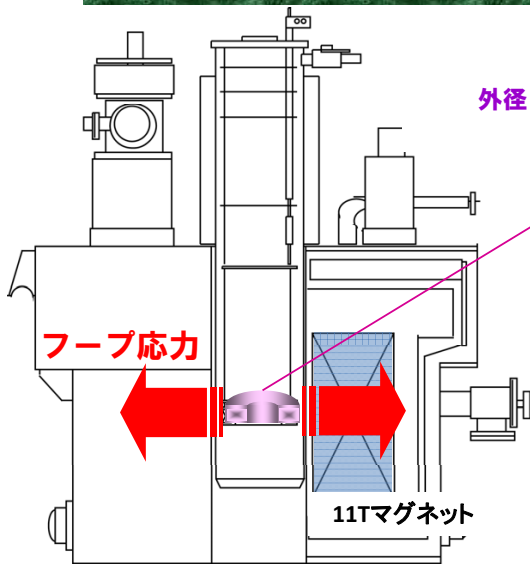
サブテーマ	中間目標(H22末)	成果	達成度	今後の課題
(1) 2GJ級高磁界・大電流コンパクトコイル構成技術開発	<ul style="list-style-type: none"> SMESコイル構成技術 フープ応力600MPa以上 通電容量2kA以上 	多層巻コイル(外径250 mm)の製作、 600 MPa を超えるフープ応力耐性の実証 Y系4束導体コイル(外径650 mm)の製作、 2.6 kA通電を実証	◎ 達成	最終目標に向け開発を推進
(2) 高効率コイル伝導冷却技術開発	<ul style="list-style-type: none"> コイル伝導冷却技術 20~40K領域における伝導冷却が可能 高伝熱コイル構造 電気絶縁2kV以上 	模擬コイルを使ったコイル伝導冷却システムを検証する試験装置を製作し試験を実施中 6kVの絶縁設計技術確立	○	電気絶縁性能の検証(H22末)
(3) 高磁界コンパクトSMESシステムモデル検証	<ul style="list-style-type: none"> 2GJ級SMESコイル基本システムの最適化 評価用試験モデル設計 試験計画作成(SMESシステム適用性検証評価) 	具体的支持構造検討により2GJ級SMESコイル基本システムの最適化を実施 評価用試験モデルのうち伝導冷却試験システムの設計・製作を実施	○	クエンチ検出、コイル保護手法の確立(H22末)
(4) SMES対応線材開発	<ul style="list-style-type: none"> 線材安定製造技術確立 SMESシステムモデル試作用(仕様例:$I_c=20A/cm-w$ @77K&3T, 1GPa, 100m) 	長尺線材の特性低下に対して、超電導層、中間層、基板の各課題解決をはかり、モデルコイル用線材の歩留が向上。コイル用線材作製を実施中。	○	安定製造技術のメーカ移管

事業原簿 III-1.1.1~

◎:2010年9月1日現在、達成済み
○:2010年度内達成見込み有

23/48

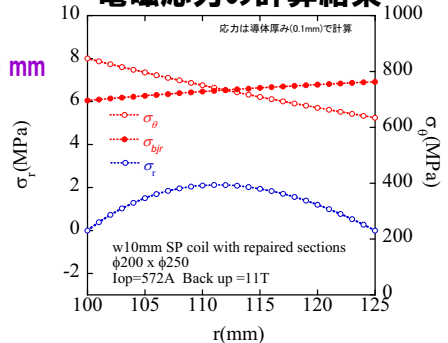
小型多層巻コイルによるフープ応力評価



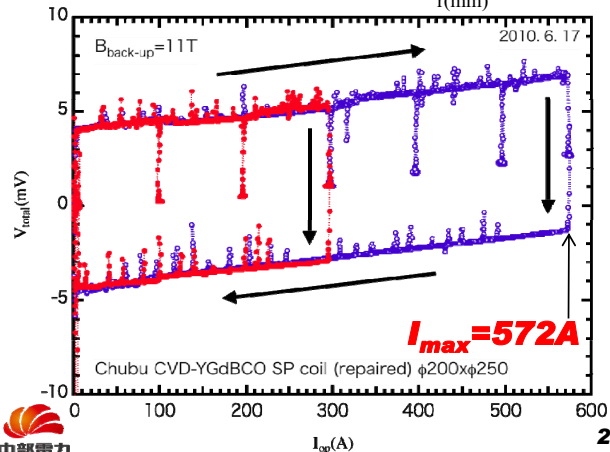
コイル仕様
シングルバンケーキ型
外径 Φ 250 mm / 内径 Φ 200 mm



電磁応力の計算結果



目標の600MPaに対し、独立変形(BJR)で約740MPa、一体変形で約850MPaのフープ応力耐性を実証



事業原簿 II-2.1.24~

SMES システムの開発 成果の意義

開発項目	開発成果	成果の意義
(1) 2GJ級高磁界・大電流コンパクトコイル構成技術開発	従来の金属系超電導コイルの2倍相当の600 MPaのフープ応力耐性を大口径多層巻コイルで実証 テープ状Y系線材を束ねた導体コイルによる2 kA以上の通電を実証	世界最高性能
(2) 高効率コイル伝導冷却技術開発	6kV以上の電気絶縁性能を有した20K伝導冷却Y系コイルの開発としては世界最大(外径650 mm級)	世界最高性能
(3) 高磁界コンパクトSMESシステムモデル検証	クエンチ保護が困難な高温超電導コイルに対して素線絶縁集合導体の素線間転流現象を活用する新たな検出法を考案	世界初

超電導電力ケーブル研究開発目標と達成状況

項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題	
大電流ケーブル化技術	大電流・低交流損失	ケーブル損失(交流損失) 2 W/m-相@5kA以下	線材幅2.4mmの導体試作、 2.8 W/m-相@4.5kAまで低減	○	4mm幅/向上、2mm幅端部改善を実施(H22中)
	三心一括ケーブル導体の検証	短絡試験(31.5 kA, 2sec相当)でケーブル性能に低下無し	モデルケーブルにて31.5 kA/2secで性能低下無し確認	○	コア間に発生する電磁力の影響を検討(H22中)
	大容量接続技術の開発	5kA連続通電で導体、接続部、電流リードに異常無し	電流リードの5kA通電で異常のないことを確認	○	ケーブルと接続部の組合せ試験を実施(H22中)
	システム検証	ケーブルシステムの設計 課通電試験計画書の作成	システム設計案および課通電試験計画書案を作成	○	技術委員会等にて確認(H22中)
高電圧ケーブル化技術	高電圧絶縁・低誘電損失技術の基礎特性評価	ケーブル損失 交流損失(導体層)+誘電体損失 0.8 W/m-相@3kA以下	超電導導体の交流損失: 0.235 W/m-相@3kA達成 絶縁紙PPLP-C採用により 誘電体損失0.46 W/m(設計)	◎	最終目標に向けた技術開発
	超電導電力ケーブル電気絶縁特性の調査	短絡電流(63kA, 0.6sec)が流れた場合の絶縁特性についてモデル実験により評価	フォーマや銅保護層の断面積最適化により、過電流通電(63 kA-0.6 s)による温度上昇を抑制	◎	最終目標に向けた技術開発
	高電圧接続技術の開発	275kV連続課電を行い、導体、超電導-常電導接続部、電流リードに異常無し	3kA超電導導体を作製・評価し、導体、超電導-常電導接続部に異常がない事を確認	○	電流リードと接続部の組合せ試験を実施(H22中)
	システム検証	ケーブルシステム設計 課通電試験計画書を作成	システム設計案および課通電試験の計画書を作成	○	設計の妥当性を確認(H22中)
熱収支評価	伝熱特性の検討	ケーブル構造最適化のための伝熱・電磁界解析の実施	伝熱解析などによりケーブル設計に反映、実験により妥当性を検証	◎	最終目標に向けた技術開発
	スラッシュ窒素素の研究	スラッシュ窒素冷却を実現するためのシステム検討	冷却特性評価および要素研究を実施し、固体生成装置を構築	◎	最終目標に向けた技術開発
線材安定製造技術開発	安定製造 $J_c = 15 \text{ kA/cm}^2$ (2mm-w×20m以上)	$J_c = 17 \text{ kA/cm}^2$ (2mm幅×28m)の線材作製	◎	最終目標に向けた技術開発	

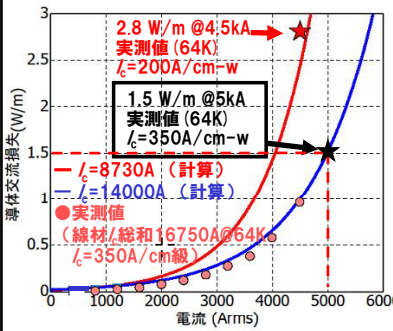
◎:2010年9月1日現在、達成済み

○:2010年度内達成見込み

(目標) ・低交流損失な超電導導体の開発

・機械的な応力に対し問題無いことを確認

66kV大電流ケーブル交流損失(導体のみ)



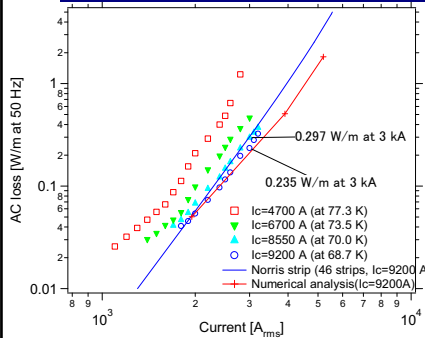
ケーブル導体諸元
 超電導 導体層 4層
 4 mm幅線材
 ・ $I_c=200A/cm-w$ 52本
 ・ $I_c=350A/cm-w$ 57本

**導体損失1.5 W/m @5kA
 達成→ シールド損失込み
 で目標2 W/m@5kA達成
 見込み**

66kV大電流ケーブル 三心ケーブルコア



275kV高電圧ケーブル交流損失(導体のみ)



ケーブル導体諸元
 超電導 導体層 2層
 3 mm幅線材
 $I_c=300 A/cm-w$ 46本

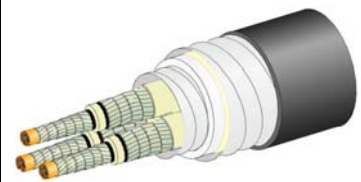
**0.235 W/m @3kA
 (目標0.3W/m@3kA)
 →達成**

275kV高電圧ケーブル 曲げ特性試験

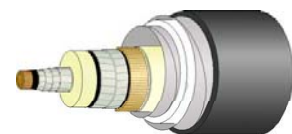


超電導電力ケーブル研究開発 成果の意義

開発項目	開発成果	成果の意義
大電流 ケーブル	定格：66kV/5kA 容量：570MVA	世界最大級の 三心一括送電容量
	交流損失：2W/m-相	世界最小レベル (三心一括)
	サイズ：150mmφ 管路内布設	世界最大の送電密度
高電圧 ケーブル	定格：275kV/3kA	世界最大の 電圧と送電容量
	ケーブル損失：0.8W/m-相 (交流損失+誘電体損失)	世界最小レベル
	サイズ：150mmφ 管路相当	世界最大の送電容量



66kV/5kA
大電流ケーブル



275kV/3kA
高電圧ケーブル

超電導変圧器研究開発の目標と達成状況

中間目標	成果	達成度	今後の課題
①巻線技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 短絡強度（20MVA.%Z：15%相当）の検証 最適な転位巻線技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 400kA短絡モデル変圧器で定格の6倍の短絡電流での健全性を確認（達成） 転位均流モデルで偏差が14%以下を確認（達成） 	<ul style="list-style-type: none"> 2kA級大電流モデルで転位技術を検証（最終目標）
②冷却システム技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 膨張タービン：断熱効率$\geq 65\%$ ターボ式圧縮機：断熱効率$\geq 65\%$ 	<ul style="list-style-type: none"> 膨張タービン効率は約70%（達成） ターボ式圧縮機効率は約68%（達成） 熱交換器の小型化を解析で確認 冷熱伝達構造の簡素化を解析で確認 	<ul style="list-style-type: none"> 2kW冷却システムの試作・試験（最終目標）
③限流機能付加技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 変圧器巻線構造モデルで限流機能検証 数百kVA級限流機能付加変圧器の設計・試作 	<ul style="list-style-type: none"> 巻線モデルで限流効果検証（達成） 上記成果に基づき400kVA限流機能付加変圧器を設計 ※巻線モデルの良好な成果により、400kVA変圧器の試作前倒し（追加成果） 	<ul style="list-style-type: none"> 同変圧器の試作・試験（H22）
④変圧器対応線材安定製造技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 安定製造 5mm幅3分割100m以上 ($I_c=40A@65K \& 0.01T$) 	<ul style="list-style-type: none"> PLD線材は100mで性能確認（達成） MOD線材は30mで性能確認 ※低コスト化に有効なMgO基板を開発し、良好な適用性を確認（追加成果） 	<ul style="list-style-type: none"> 100m級MOD線材で性能確認（H22）
⑤2MVA級変圧器モデル検証	<ul style="list-style-type: none"> 66/6.9kV-2MVA級変圧器モデルのシステム設計 	<ul style="list-style-type: none"> 2MVA級変圧器モデルを設計（達成） 試験計画を整理 	<ul style="list-style-type: none"> 同モデルの試作・試験（最終目標）

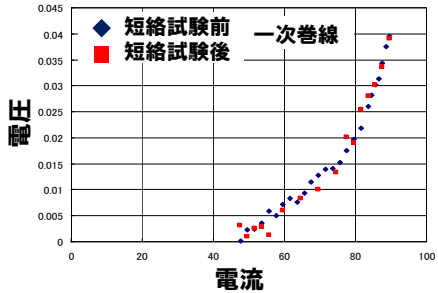
事業原簿 III-1.3.1~
 ◎:2010年9月1日現在、達成済み
 ○:2010年度内達成見込み有

変圧器用巻線技術（耐短絡強度、転位巻線）の検証

■ 400kVA短絡モデル変圧器による短絡試験（定格電流の6倍、0.2秒間）



試験後の巻線特性劣化なし



400kVA短絡モデル変圧器

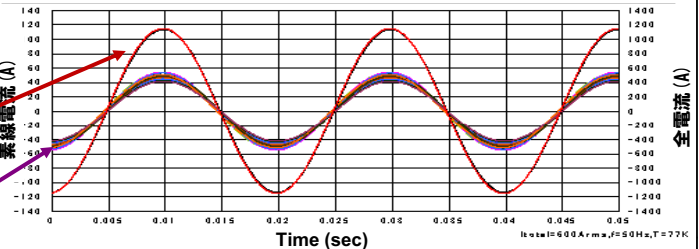
巻線の電圧電流特性（試験の前後）

■ 12層2並列巻線の最適転位による均流化



均流化の向上

全電流
素線電流



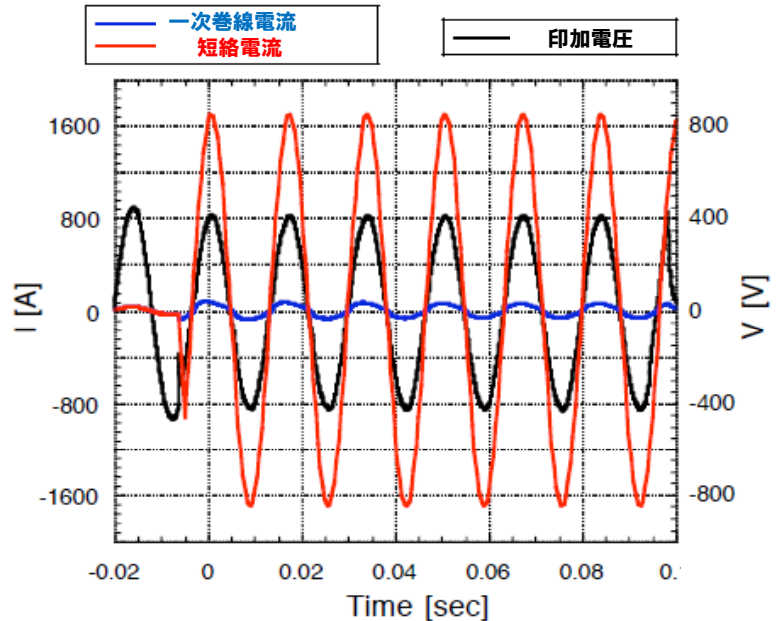
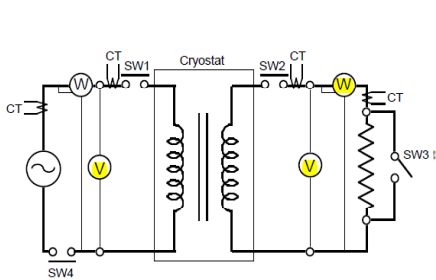
12層2並列巻線

12層2並列（24素線）巻線の電流波形

変圧器への限流機能付加技術の検証

■ 限流機能の検証 (限流モデル変圧器)

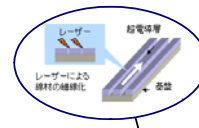
V1=325Vの場合 短絡電流:1200A → 一次主巻線電流: 43 A (限流効果:1/30)



超電導変圧器研究開発 成果の意義

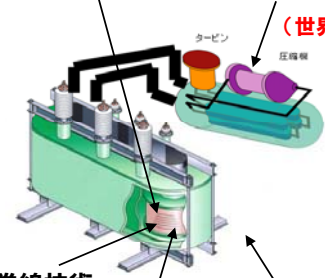
	最終目標	達成状況・意義
①巻線技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2kA級巻線技術の確立 ○ 巻線の低交流損失 $\leq 1/3$ (対無細線化線材) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 20MVA実用変圧器の短絡強度と大電流用の転位技術を確立 (世界初)。
②冷却システム技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ○ 冷凍能力: 2kW@65K ○ 冷凍効率 (COP): 0.06@80K 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ネオン冷却システム (世界初) で、冷却能力2kW@65K (既存技術の約3倍) で、高効率化 (既存技術の約1.5倍) が見通せる技術を確立。
③限流機能付加技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ○ 数百kVA級限流機能付加変圧器による機能検証 (過大電流を定格電流の3倍以下に抑制) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 400kVA限流機能付加変圧器 (世界初) が見通せる技術を確立。
④2MVA級変圧器モデル検証	<ul style="list-style-type: none"> ○ 左記モデルの課通電試験による性能検証 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 66/6kV-2MVAY系低損失変圧器 (世界初) が見通せる設計技術を確立。
⑤線材安定製造技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ○ 安定製造の向上 (歩留り向上) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2MVA変圧器モデルに必要な細線化線材 (世界初) 安定製造技術を確立。

⑤線材安定製造技術



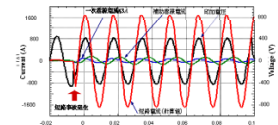
細線化技術 (世界初)

②ネオン冷却システム (世界初)



①巻線技術 (世界初)

④2MVA級変圧器 (世界初)



③限流機能付加技術 (世界初)

線材研究開発の目標と達成状況

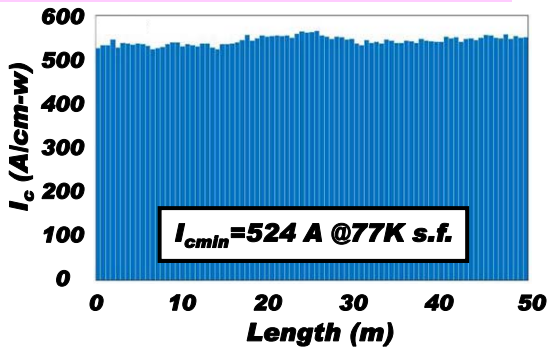
研究開発項目	中間目標	研究開発主要成果	達成度	今後の課題
① 線材特性の把握	・ケーブル耐久試験適正条件の決定	・「温度」、「加熱」、「応力歪み」、「通電・過電流」という必要な負荷に対する試験を実施。 ・ケーブル耐久試験用線材評価 適正条件を決定	◎ 達成	最終目標へ向けた技術開発
② 磁場中高 I_c 線材	・30 A/cm-w @77 K, 3 T-50 m ・300 A/cm-w @65 K, 0.02 T-50 m	IBAD-PLD線材 ・ 33 A/cm-w@77K, 3 T - 51 m ・ 492 A/cm-w@77 K, 0.02 T - 51 m IBAD-MOD線材 ・14 A/cm-w@77K, 3 T- 27 m ・> 300 A/cm-w@65 K, 0.02 T - 50 m	◎ 達成	最終目標へ向けた技術開発 (PLD以外は残あり)
③ 低交流損失線材	・2 mm幅-300A/cm-w -50m ・5 mm幅5分割-50 m-分割無しに比べて交流損失1/5	IBAD-PLD線材 ・ 2 mm幅-388 A/cm-w - 50 m ・5mm幅・5分割- 50m損失1/5見通す IBAD-MOD線材 ・ 2 mm幅-397 A/cm-w - 50 m ・5mm幅・5分割- 40m 損失1/5見通す RABiTS-PLD線材 ・2 mm幅- 293 A/cm-w -28 m	○	コイル形状での損失の検証
④ 高強度・高 J_e 線材	・300 A/cm-w -1 GPa-50 m ・ $J_e=30$ kA/cm ² -50 m	IBAD-PLD線材 ・80μmハステロイ- 50 m $I_{cmin} \geq 400$ A/cm-w $J_e > 36$ kA/cm ² -0.9 GPa(RT) IBAD-MOD線材 ・70μmハステロイ- 37 m $I_{cmin} \geq 300$ A/cm-w $J_e > 30$ kA/cm ² -0.9 GPa(RT)	○	低温における強度評価
⑤ 低コスト・歩留り向上	・技術コスト3 円/Amの実証	基板中間層 ・各層での必要条件確認 PLD線材 ・ 435 A/cm-w@15 m/h-50 m (2.9円/Am) MOD線材 ・370 A/cm-w@5 m/h-25 m (2.9円/Am)	○	全中間層の極低コスト条件組合せ、MOD長尺化等

◎:2010年9月1日現在、達成済み
○:2010年度内達成見込み有

磁場中高臨界電流 (I_c) 線材作製技術開発
(中間目標: 30A/cm-w@77K3T、300A/cm-w@65K0.02T)

<アプローチ①>
高 J_c 厚膜化⇒ I_c 向上+ピン力向上

<アプローチ②>
and/or 人工ピン導入⇒ピン力向上(強)+ T_c 低下



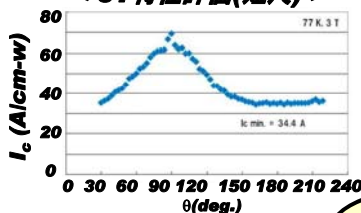
基板: Hastelloy/GZO/IBAD-MgO/ILMO/CeO₂
超電導層: PLD-GdBCO (10m/h, 1.5μm, 2.9円/Am)

SMES対応目標達成

$$I_{cmin} = 524 \text{ A} \times 0.062 = 33 \text{ A/cm-w@3T}$$

世界最高の磁場特性!

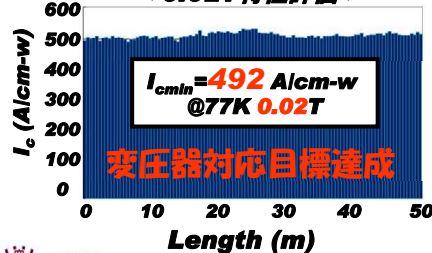
<3T特性評価(短尺)>



$I_c = 54.5 \text{ A@77K s.f.}$
 $I_{cmin} = 34 \text{ A@77K 3T}$

$$\frac{I_c @ 77K 3T}{I_{cmin} @ 77K s.f.} = 0.062$$

<0.02T特性評価>



変圧器対応目標達成

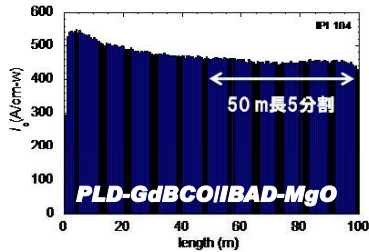
低交流損失線材作製技術開発
 (中間目標：2mm幅-300A/cm-w (60A)@77Ks.f.、2mm幅5分割-損失1/5)

<アプローチ：特性均一線材>
 均一基板、安定成膜条件等

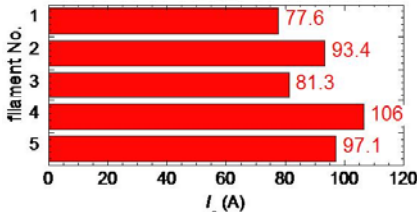
and

<アプローチ：線材加工技術>
 加工ダメージ抑制、フィラメント間絶縁性確保等

2mm幅切断加工

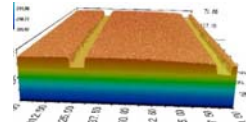


50m-2mm幅線材のIc評価



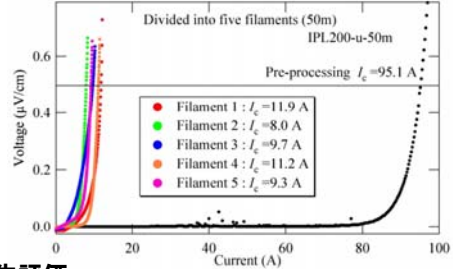
ケーブル対応目標達成

5mm幅5分割スクライビング加工

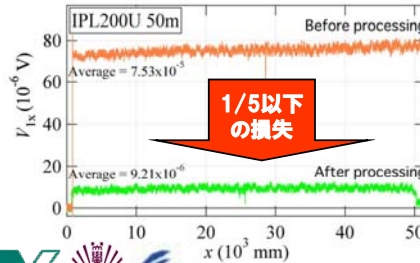


改良型レーザースクライブ加工による溝の三次元観察像

スクライビング加工前後のIc評価



交流帯磁率による損失評価



1/5以下の損失

コイル状での長尺評価予定



Y系超電導線材研究開発 成果の意義

研究テーマ	世界動向	本プロジェクト成果と意義
①線材特性の把握	劣化挙動を系統的に評価した例は無し	必要な負荷に対する試験を実施 世界初の系統的成果⇒全機器へ適用
②磁場中高Ic線材作製技術	SuperPower(米国)：IBAD-MOCVD 短尺Ic=50 A/cm-w@77 K,3 T 50 m Ic=14 A/cm-w@77 K,3 T AMSC(米国)：RABiTS-TFA-MOD 短尺Ic=10 A/cm-w@77 K,3 T	PLD 短尺Ic=56 A/cm-w@77 K,3 T 50 m Ic=33 A/cm-w@77 K,3 T MOD短尺Ic=35 A/cm-w@77 K,3 T 27 m Ic=14 A/cm-w@77 K,3 T 世界最高の磁場特性 ⇒多様な磁場応用(E-タ等)の展開も可
③低損失線材作製技術	SuperPower(米国)：IBAD-MOCVD 短尺 4mm幅5分割-損失1/5 長尺 報告なし	短尺10 mm幅20分割-損失1/20 7 mx10本コイル 5 mm幅5分割-損失1/5 20~50m-5 mm幅5分割(PLD&MOD)の見通し 世界的に先行した技術
④高強度高Jc線材作製技術	SuperPower(米国)：50μm厚ハステロイ金属基板⇒800 MPa AMSC(米国)：クラット結晶粒配向金属基板⇒426 MPa	70,80 μm厚ハステロイ基板線材 Ic,min=400 A/cm-w-Jc>36 kA/cm² - 50 m 900 MPa (Ag30μm想定) ⇒NMR等の高磁界マグネットに有用
⑤低コスト・歩留り向上技術	SuperPower(米国)：IBAD-MOCVD 1065 m長-Ic=282 A/cm-w@77K,s.f. AMSC(米国)：RABiTS-TFA-MOD 500 m-Ic=250 A/cm-w@77K,s.f. 長さで先行	フジクラ：IBAD-PLD 504 m-Ic=350 A/cm-w@77K,s.f. 昭和電線：IBAD-TFA-MOD 500 m-Ic=310 A/cm-w@77K,s.f. 特性で先行

適用技術標準化の中間目標と達成状況

サブテーマ	中間目標 (H22末)	成果	達成度	今後の課題
① 超電導線材関連技術標準化	<ul style="list-style-type: none"> ■超電導線材並びにその試験方法の規格素案を作成する。 ■IEC国際標準化合意の醸成を図る。 	各国の意見を反映して「超電導線に対する一般要求事項」及び「超電導線の試験方法」の規格素案を作成した。パネル討論会等において日本(JNC)提案の「超電導線の国際標準化」の合意醸成に努めた。	○	国際合意形成のために、ドイツ及び米国との調整中
② 超電導電力ケーブル関連技術標準化	<ul style="list-style-type: none"> ■超電導電力ケーブル並びにその試験方法の規格素案を作成する。 ■国際大電力システム会議CIGRE、他のIEC/専門委員会TCなどとの国際合意の醸成を図る。 	超電導電力ケーブルシステムに対する一般要求事項」及び「交流超電導電力ケーブルの試験方法」の規格素案を作成した。パネル討論会、CIGRE会議及びTC20等と連携して国際標準化合意の醸成に努めた。	○	国際合意の醸成のための活動が必要
③ 超電導電力機器関連技術標準化等	<ul style="list-style-type: none"> ■SMES、超電導変器等の仕様並びにこれらの試験方法の標準化の基礎となるデータ等の体系化を行なう。 	技術動向並びに標準化ニーズ調査を実施し、これを基に規格骨子案を作成した。	○	試験方法の標準化のために更に技術調査が必要

適用技術標準化 成果の意義

開発項目	開発成果	成果の意義
① 超電導線材関連技術標準化	「超電導線材に対する一般要求事項」及び「超電導線の試験方法」の規格素案を作成	日本発の規格素案で IEC/TC90のアドホックグループ3を牽引
② 超電導電力ケーブル関連技術標準化	超電導電力ケーブルシステムに対する一般要求事項」及び「交流超電導電力ケーブルの試験方法」の規格素案を作成 CIGRE会議及びTC20等と連携	日本技術をベースに規格素案を作成 CIGRE会議のWGにて超電導電力ケーブルの規格案を検討中
③ 超電導電力機器関連技術標準化等	技術動向並びに標準化ニーズ調査を実施し、これを基に規格骨子案を作成	国内外の開発状況を踏まえて、世界に先駆けて規格骨子案を作成

プロジェクトの概要説明

I. 事業の位置づけ・必要性

事業の背景・目的・位置づけ

II. 研究開発マネジメント

事業の目標（目標設定の根拠）

・計画内容・情勢変化への対応

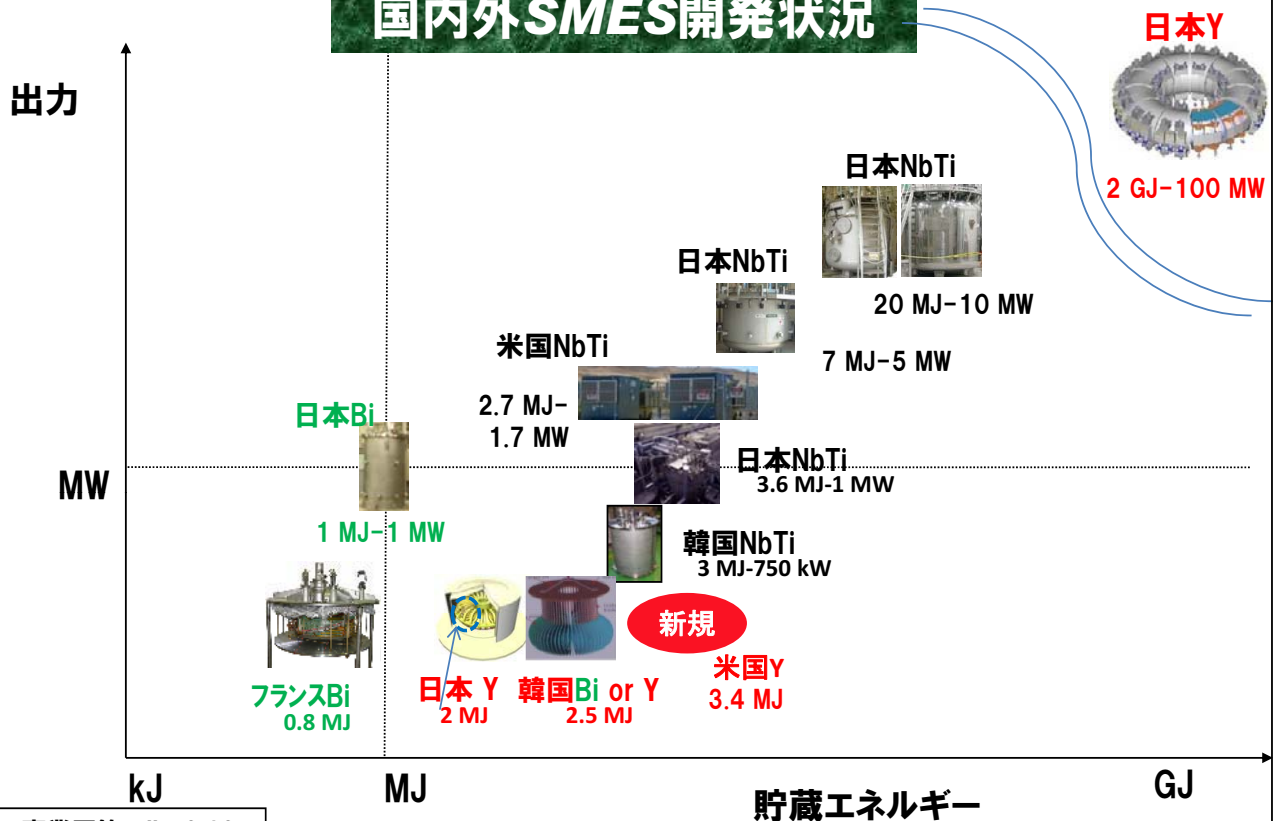
III. 研究成果、目標達成度

成果の意義・国際比較

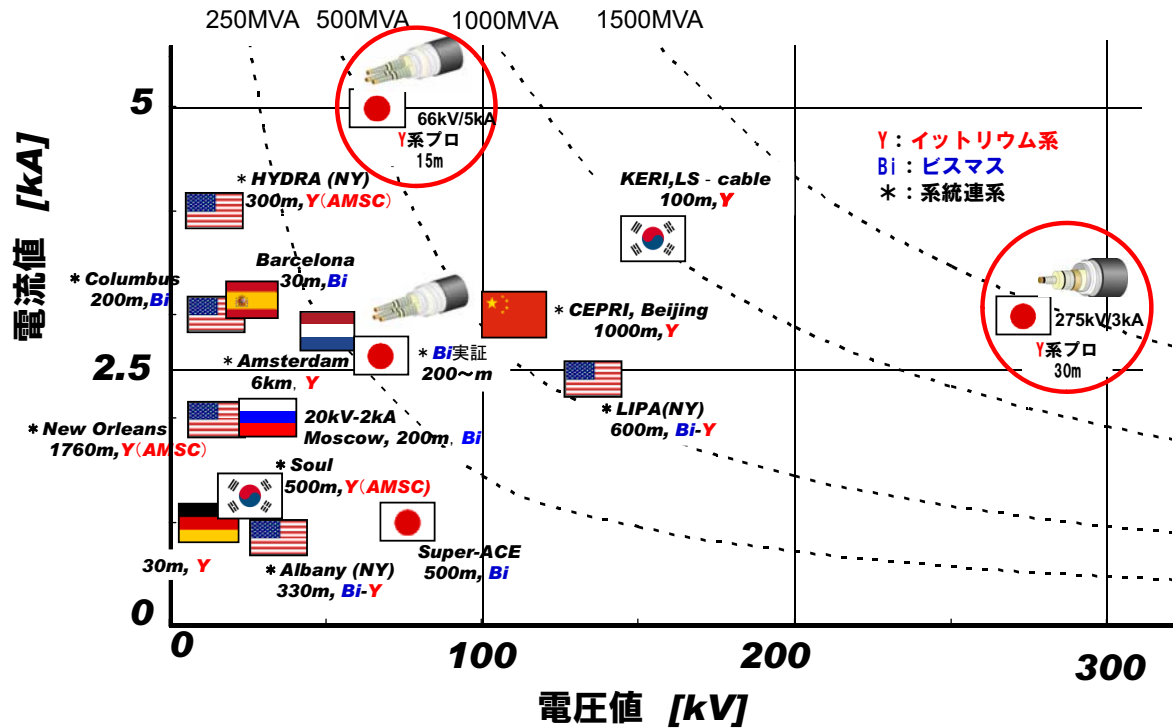
IV. 実用化の見通し、シナリオ

成果の普及・啓蒙

国内外SMES開発状況

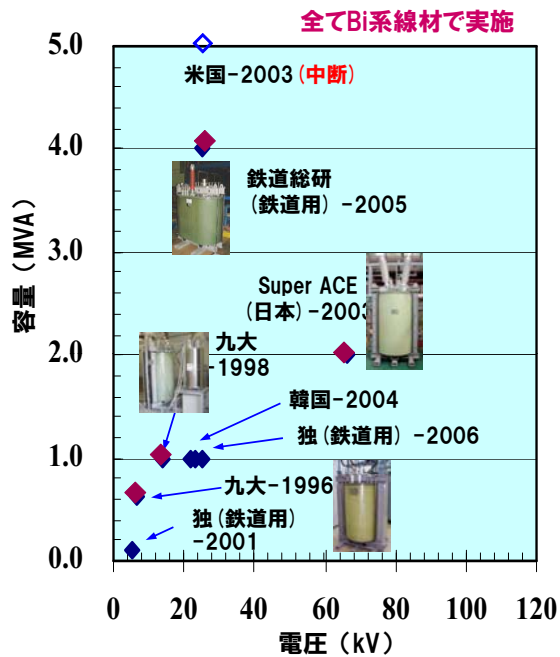


研究開発の世界比較（超電導ケーブル開発）

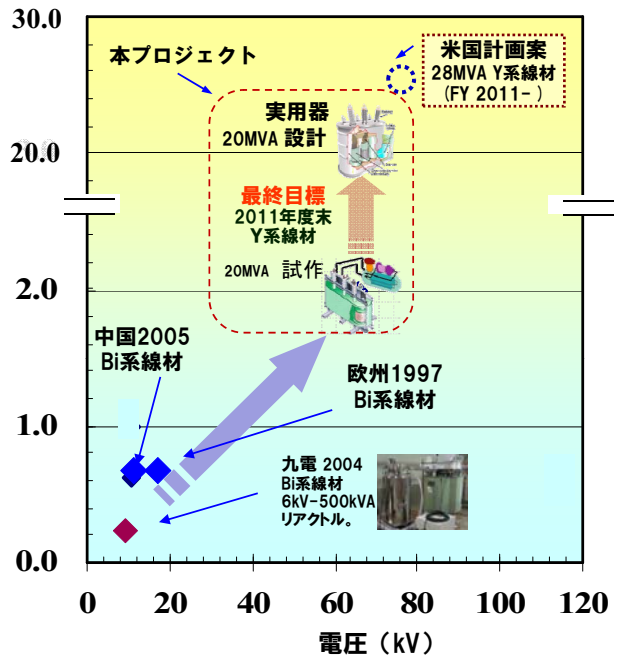


研究開発の世界比較

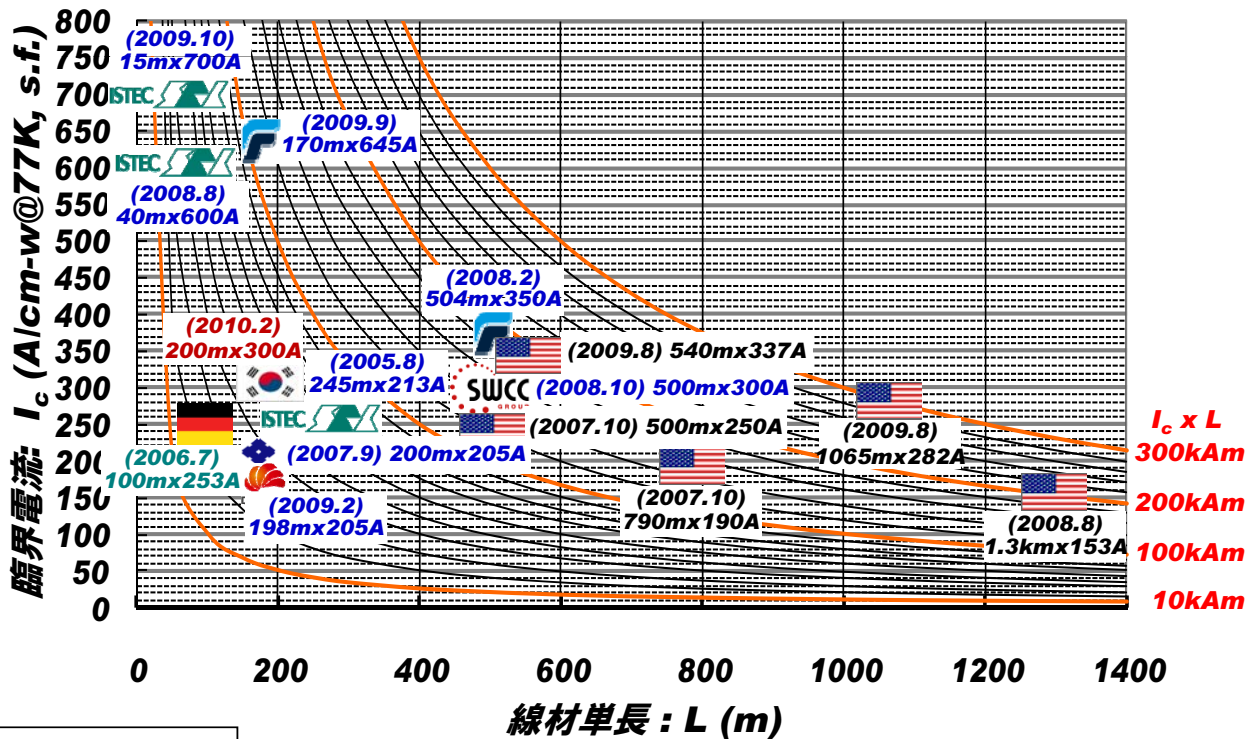
単相変圧器



三相変圧器



Y系超電導線材開発の国際比較 (2010.2)



プロジェクトの概要説明

I. 事業の位置づけ・必要性

事業の背景・目的・位置づけ

II. 研究開発マネジメント

事業の目標（目標設定の根拠）

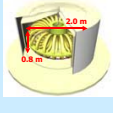


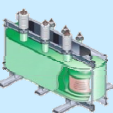

・計画内容・情勢変化への対応

III. 研究成果、目標達成度

成果の意義・国際比較

IV. 実用化の見通し、シナリオ

成果の普及・啓蒙

2008		2012			2020				
20	21	22	中間目標	23	24	最終目標	25	~	32
リットリウム系超電導電力機器技術開発プロジェクト									
SMES		<ul style="list-style-type: none"> SMESコイル構成技術 7-φ応力600MPa, 電流≧2kA コイル伝導冷却技術 20~40K領域, 電気絶縁≧2kV 2GJ級SMESコイル 基本システム最適化 		 <ul style="list-style-type: none"> MJ級SMES動作検証 20K伝導冷却コイルにおける 2万回以上の繰返し充放電 試験フィールド: 中部電力寛政変電所 併設超電導試験センター(名古屋) 		実用化技術開発 (実証試験) SMES: ~MW級 性能・コスト等の 総合評価 競合技術との比較検討		導入普及 SMES: MW級以上 実証試験結果を踏まえ、分散電源 大量導入時等の システム対策必要箇所 に導入を検討	
大電流ケーブル		<ul style="list-style-type: none"> 大電流ケーブル ケーブル損失(交流損) 2W/m-相@5kA 短絡試験: 31.5kA-2s 5kA連続通電 		 <ul style="list-style-type: none"> 大電流ケーブル 66kVケーブルシステム製作・試験 試験フィールド: 住友重工(熊取) 66kV/三心一括/5kA, 15m ケーブル損失: 2.1W/m-相@5kA 内径150mmφ 管路内布設 		系統対策必要箇所 実証試験検討 ケーブル: 150~500m		ケーブル: 10km 66kVケーブル 都市部連系系統 既存ケーブルの増強 275kVケーブル 都市導入部系統 老朽化ケーブルの リリース	
高電圧ケーブル		<ul style="list-style-type: none"> 高電圧ケーブル ケーブル損失 (交流損・誘電損) 0.8W/m-相@3kA 短絡試験: 63kA-0.6s 275kV連続課電 		 <ul style="list-style-type: none"> 高電圧ケーブル 275kVケーブルシステム製作・試験 試験フィールド: (株)ビスキャスト(市原) 275kV/単心/3kA, 30m ケーブル損失: 0.8W/m-相@3kA ケーブル外径: 150mmφ以下 		66kVケーブル Bi実証PIのように変電所 構内等での実証試験 275kVケーブル 発電所等の構内での 実証試験		変圧器: 20MVA 都市部周辺の変電所から導入 開始し、順次 拡大	
変圧器		<ul style="list-style-type: none"> 20MVA相当の短絡強度検証 膨張タービン、ターボ圧縮機 の断熱効率≧65% 変圧器モデルで限流機能を検証 2MVA級変圧器モデルの設計 		 <ul style="list-style-type: none"> 2MVA級 変圧器モデル 2MVA級変圧器 2kA級巻線技術 低交流損失≦1/3 限流効果(≦定格電流の3倍) 冷凍能 2kW@65K, COP≧0.06@80K 試験フィールド: 重電メカ及び 配電用変電所併設試験センター(福岡) 		水力発電所等での 実証試験		変圧器: 20MVA 都市部周辺の変電所から導入 開始し、順次 拡大	
超電導線材		<ul style="list-style-type: none"> 実用化技術開発時 必要仕様線材の開発 30 A/cm-w@77 K, 3T 5 mm幅5分割損失1/5 等 		 <ul style="list-style-type: none"> 導入普及時 必要仕様線材の開発 50 A/cm-w@77 K, 3T 5 mm幅5分割損失1/10 等 		量産化 技術開発		販売 線材 量産	

超電導機器によるCO₂削減効果 (グリーンイノベーション試算)

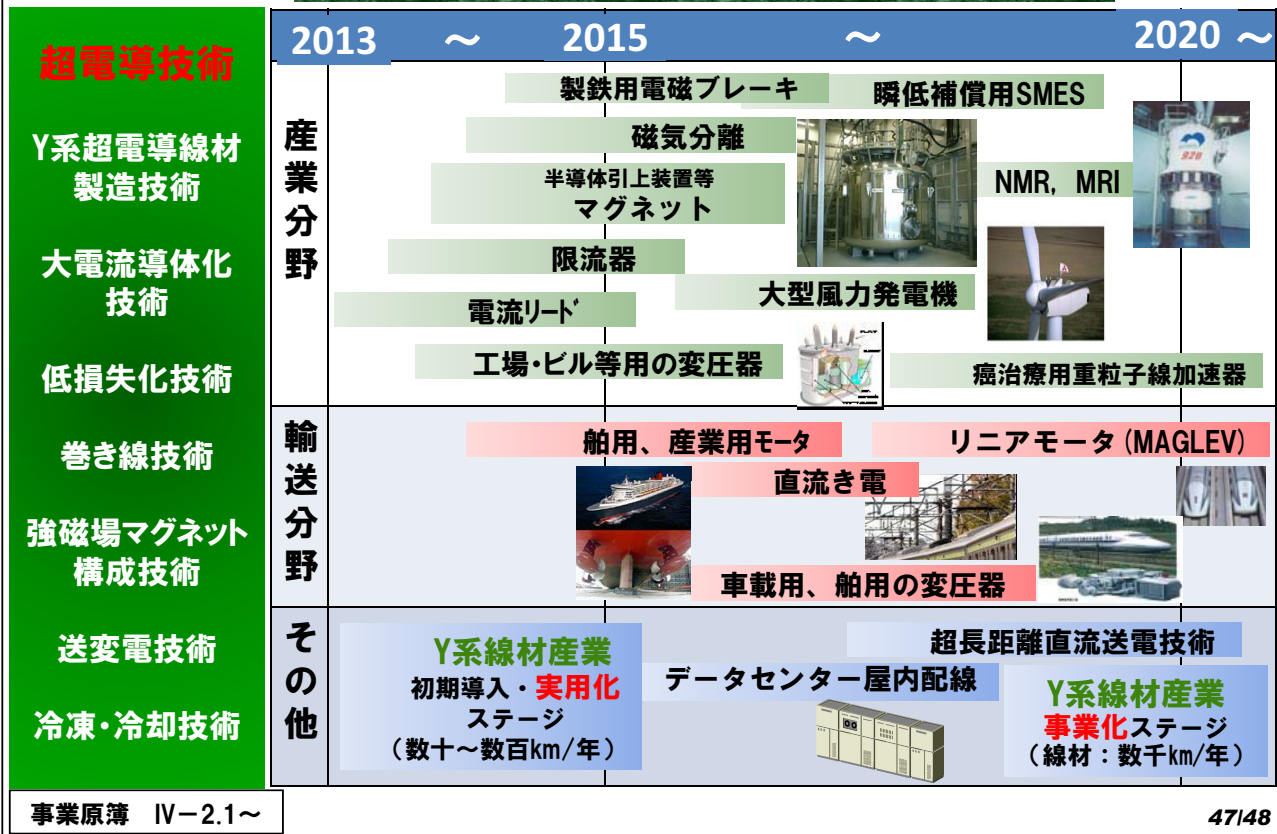
単位: 万t-CO₂/年 ()内: 最小ケース

機器名	2020年	2030年	2040年	2050年
SMES	18.3 (4.3)	258.4 (212.6)	365.7 (271.7)	494.5 (342.6)
ケーブル	29.4 (8.2)	117.8 (32.8)	206.1 (57.4)	294.4 (82.1)
変圧器	9.4 (9.4)	53.2 (37.4)	128.7 (65.4)	204.2 (93.5)
合計	57.1 (21.9)	429.4 (282.8)	700.5 (394.5)	993.1 (518.2)

算定根拠

- SMES** 新エネルギー発電の増加に対して、SMESを含めた電力貯蔵設備により補償し、新エネルギー発電を行うことによるCO₂削減
- 補償設備割合 NaS:SMES=3:1, SMES容量 発電設備容量の50%を確保
 - 最大ケース: 新エネルギーを最大限普及させたケース
 - 最小ケース: 耐用年数を迎えた機器を順次入替えたケース
- ケーブル** 超電導化による損失低減によるCO₂削減
- 損失低減量 常電導ケーブルに比べて, 2/3削減(損失1/3)
 - 導入量 2020年: 10%、2030年: 40%、2040年: 70%、2050年: 100%
 - 最大ケース: 275kV以下 導入, 最小ケース: 110kV以上275kV以下 導入
- 変圧器** 超電導化による損失低減によるCO₂削減
- 損失低減量 60%削減(損失40%)
 - 導入台数 2020年: 10%、2030年: 40%、2040年: 70%、2050年: 100%
(最大ケース時の系統変は2030年から同ペースで導入)
 - 最大ケース: 系統用および配電用変圧器を導入, 最小ケース: 配電用変圧器のみ導入
- CO₂排出原単位 0.41kg/kWh(平成18年度実績値 電事連)

Y系超電導電力機器研究開発 波及効果



知的財産権、成果の普及

	H20	H21	H22	計
特許出願 (国内)	7	26	3	36件
特許出願 (外国)	0	0	1	1件
特許出願 (PCT)	0	1	0	1件
論文 (査読有、掲載済)	22	42	3	67件
論文 (査読有、投稿中)		19		19件
論文 (その他)	1	16	2	19件
研究発表・講演	66	235	98	399件
受賞実績	1	2	3	6件
新聞・雑誌等への掲載	2	3	1	6件
展示会への出展	4	5	3	12件

※：平成22年度8月26日現在