

# 「リットリウム系超電導電力機器技術開発」

(事後評価)

2008年度～2012年度 5年間

プロジェクトの概要 (公開)

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

省エネルギー部  
 主任研究員 楠瀬 暢彦

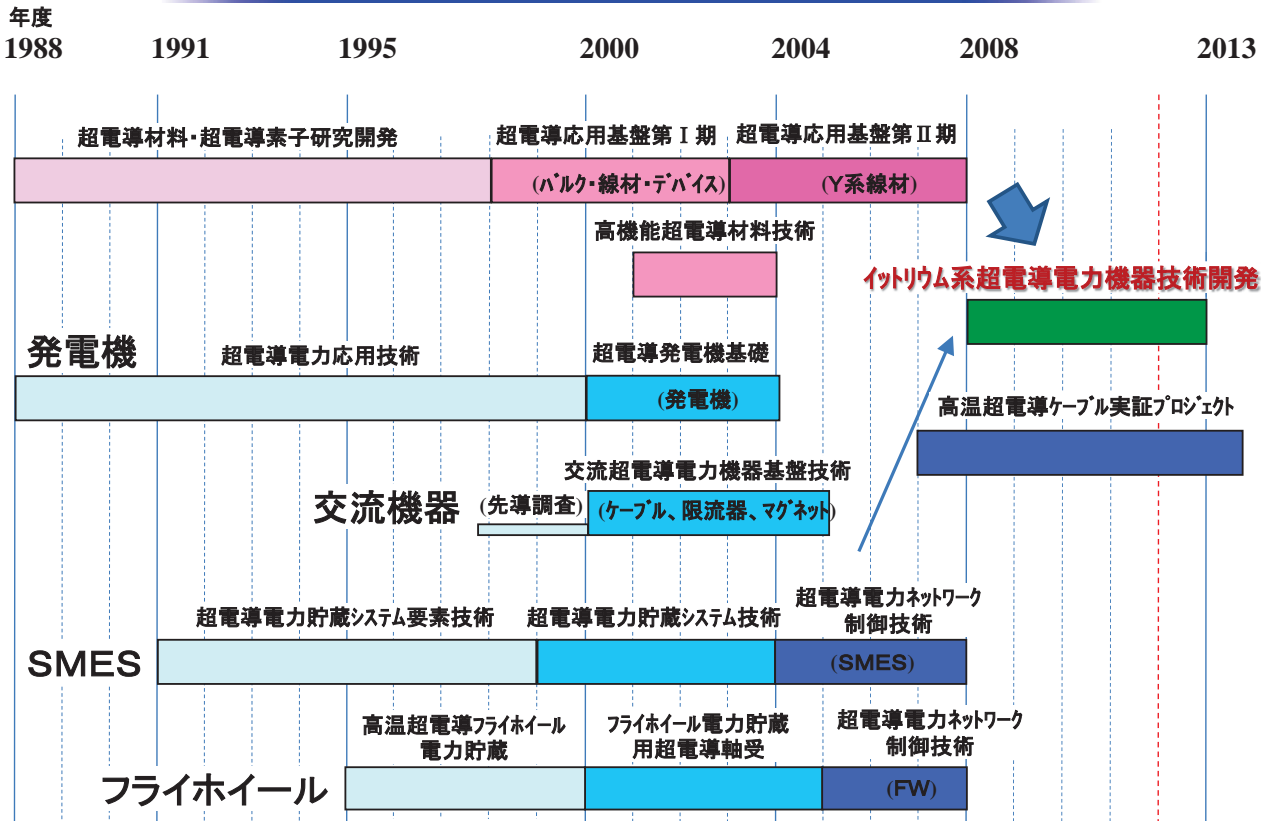
2013年 8 月 9 日

## 発表内容

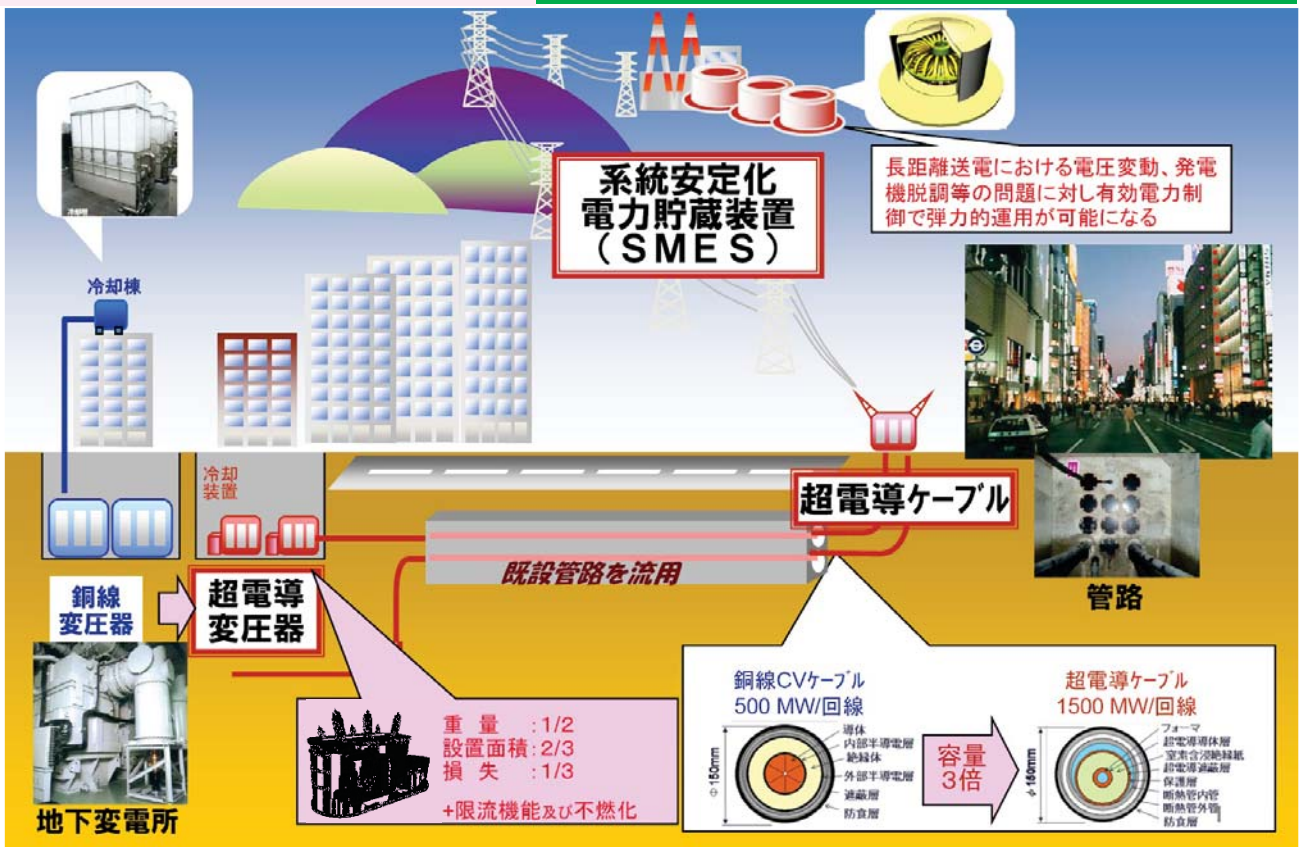
公開

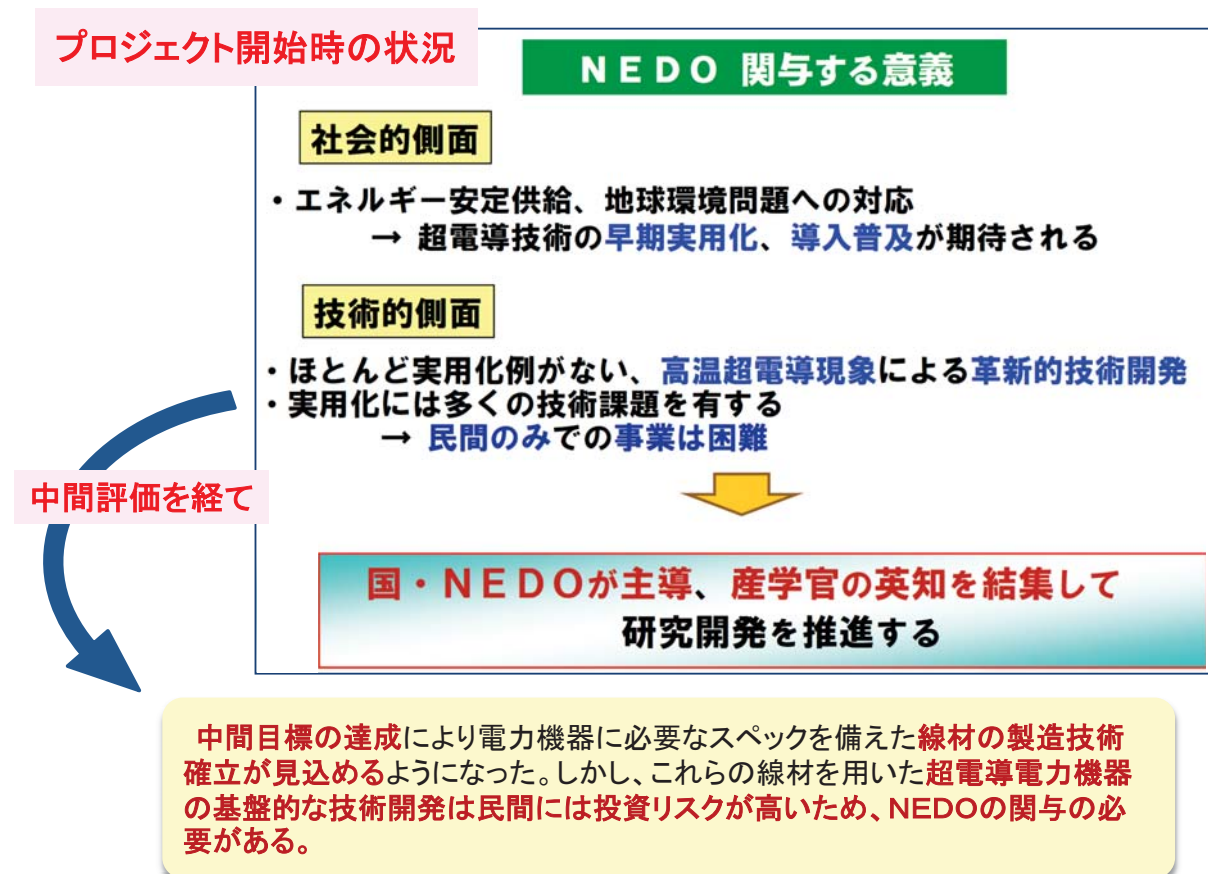
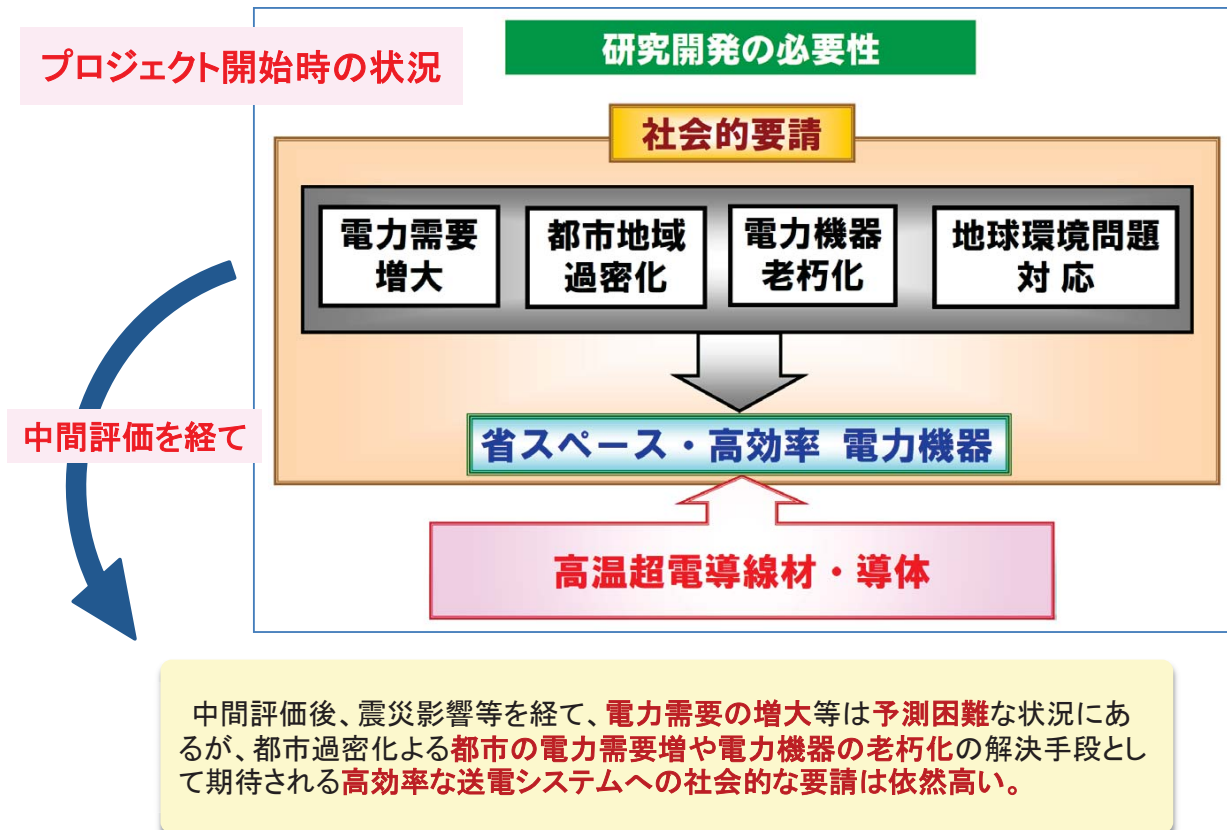
	評価軸の中項目	ポイント、内容
I. 事業の位置づけ・必要性	(1)NEDOの事業としての妥当性 (2)事業目的の妥当性	・社会的背景 ・事業の目的 ・政策的位置付け ・NEDOが関与する意義 ・実施の効果 ・国内外の研究開発の動向
↓	NEDO (楠瀬)	
II. 研究開発マネジメント	(1)研究開発目標の妥当性 (2)研究開発計画の妥当性 (3)研究開発実施の事業体制の妥当性 (4)研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性 (5)情勢変化への対応等	・事業の目標 ・事業の計画内容 ・研究開発の実施体制 ・実用化・事業化に向けたマネジメント ・情勢変化への対応 ・中間評価結果への対応
↓	プロジェクトリーダー (塩原)	
III. 研究開発成果	(1)目標の達成度と成果の意義 (2)知的財産権等の取得及び標準化の取組 (3)成果の普及	・開発目標と達成度 ・研究開発成果 ・成果の普及
↓		
IV. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて	(1)成果の実用化・事業化の見通し (2)実用化・事業化に向けた具体的取り組み (3)波及効果	・実用化・事業化の見通し ・実用化・事業化に向けた具体的取り組み ・波及効果

NEDO — 高温超電導 (HTS) 技術開発の動き



プロジェクト開始時の実適用想定 超電導機器による都市部への電力安定供給





## 政策・施策

- ▶ 第3期科学技術基本計画(平成18～22年度)／平成18年3月閣議決定  
分野別推進戦略 ーエネルギー分野、ものづくり分野
- ▶ 第4期科学技術基本計画(平成23～27年度)／平成23年8月閣議決定  
3. グリーンイノベーションの推進 (2)重要課題達成のための施策の推進  
i) 安定的なエネルギー供給と低炭素化の実現
- ▶ イノベーションプログラム基本計画／平成20年4月 経済産業省策定  
エネルギーイノベーションプログラム
- ▶ Cool Earthーエネルギー革新技術計画／平成20年3月 経済産業省策定  
重点的に取り組むべきエネルギー革新「21」技術 ー超電導高効率送電



## リ튠系超電導電力機器技術開発

- ・ 超電導エネルギー貯蔵システム(SMES)
- ・ 超電導ケーブル
- ・ 超電導変圧器
- ・ 超電導機器用線材
- ・ 超電導機器適用技術標準化

## プロジェクト実施の効果

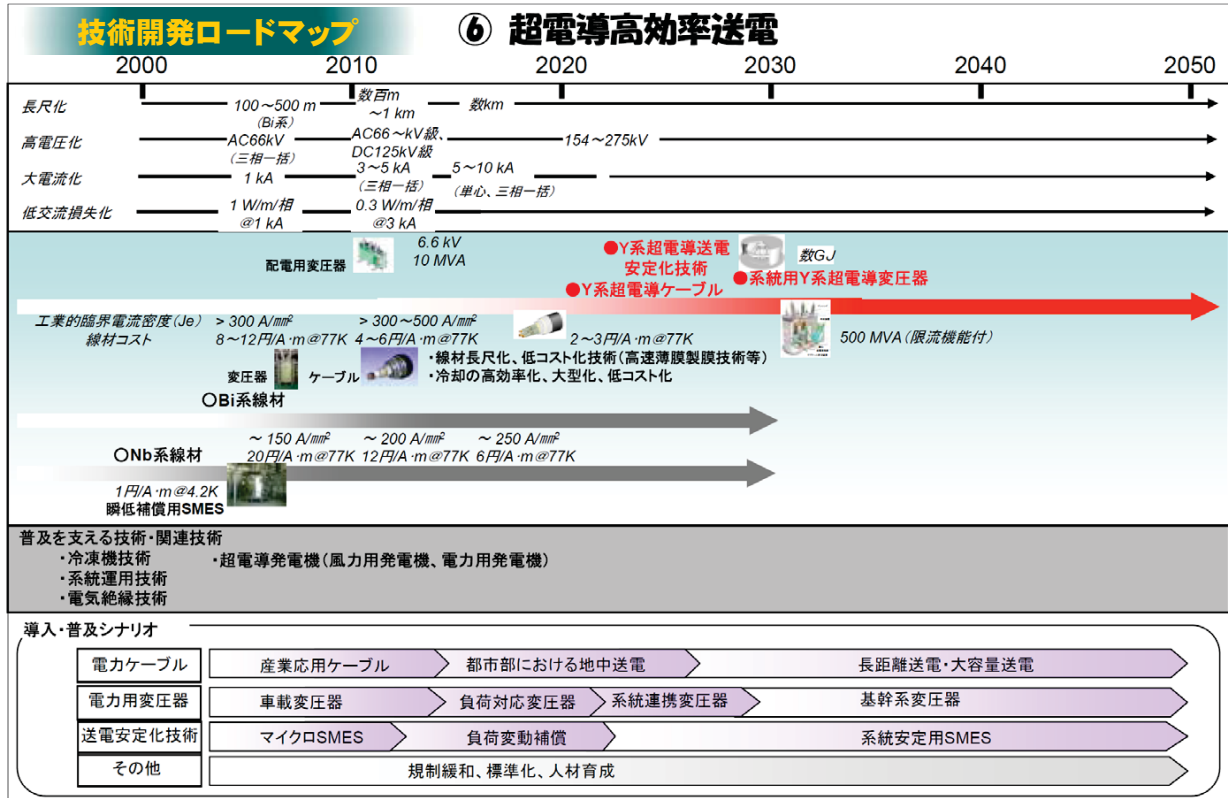
事業総額(平成20～24年度) **141億円**

<b>CO<sub>2</sub>削減(2030年想定 算出)</b>	約 2,100 k-ton
超電導電力貯蔵システム(SMES)	1,670 k-ton
超電導電力ケーブル	400 k-ton
超電導変圧器	35 k-ton

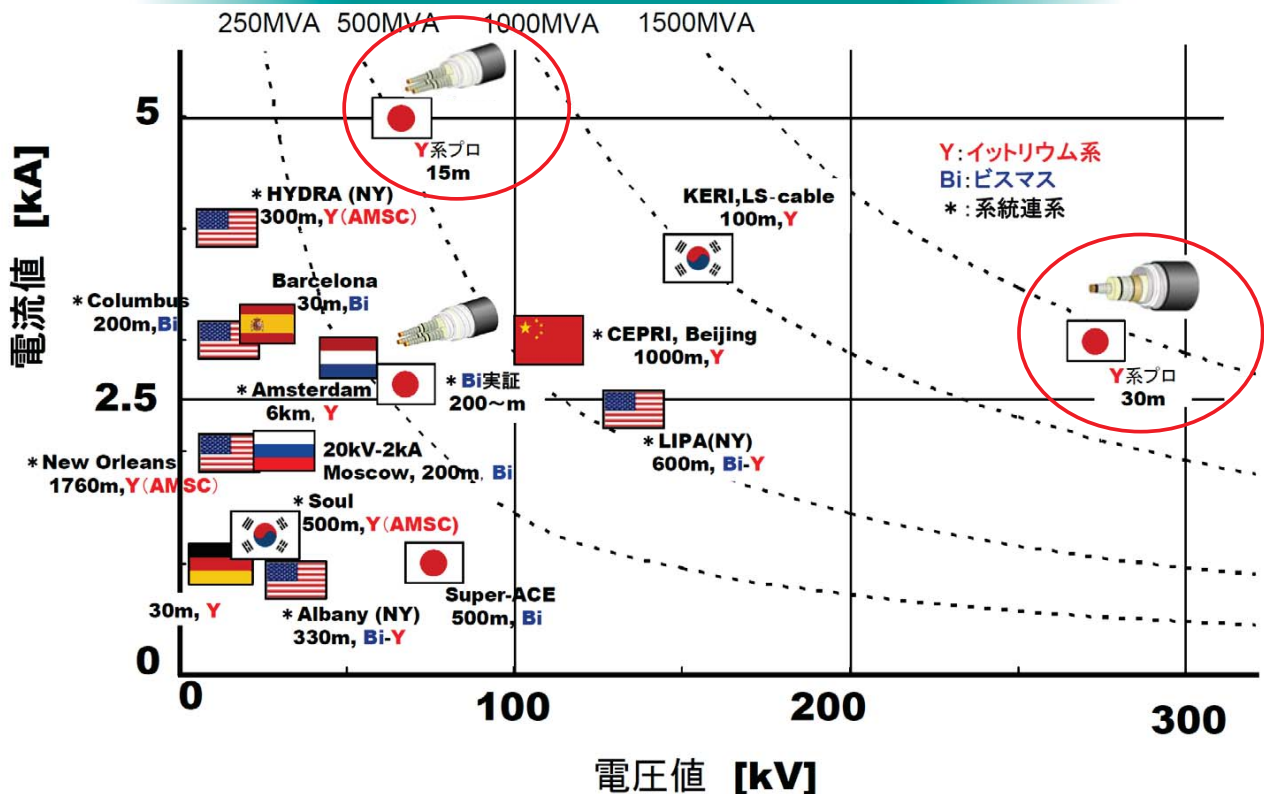
※ CO<sub>2</sub>削減効果＝単位あたり省電力効果(原単位) × 単位 × 電気のCO<sub>2</sub>排出係数  
→ 基本的な考え方: 比較対象機器の普及量を、超電導応用機器の普及量と同量と仮定して、  
「原単位の差×普及量」をCO<sub>2</sub>削減効果とする

出典:「超電導分野における技術戦略マップのローリングに係わる調査」平成22年版/METI-NEDO

Cool Earth エネルギー革新技術計画 — METI



国内外の超電導ケーブル開発

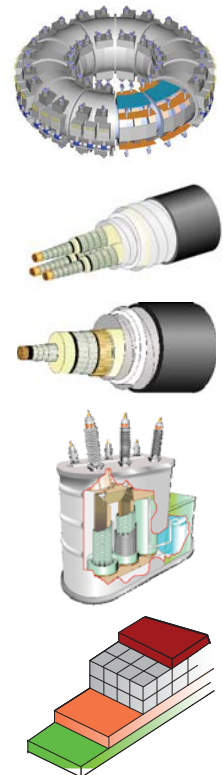


プロジェクトマネジメントについて

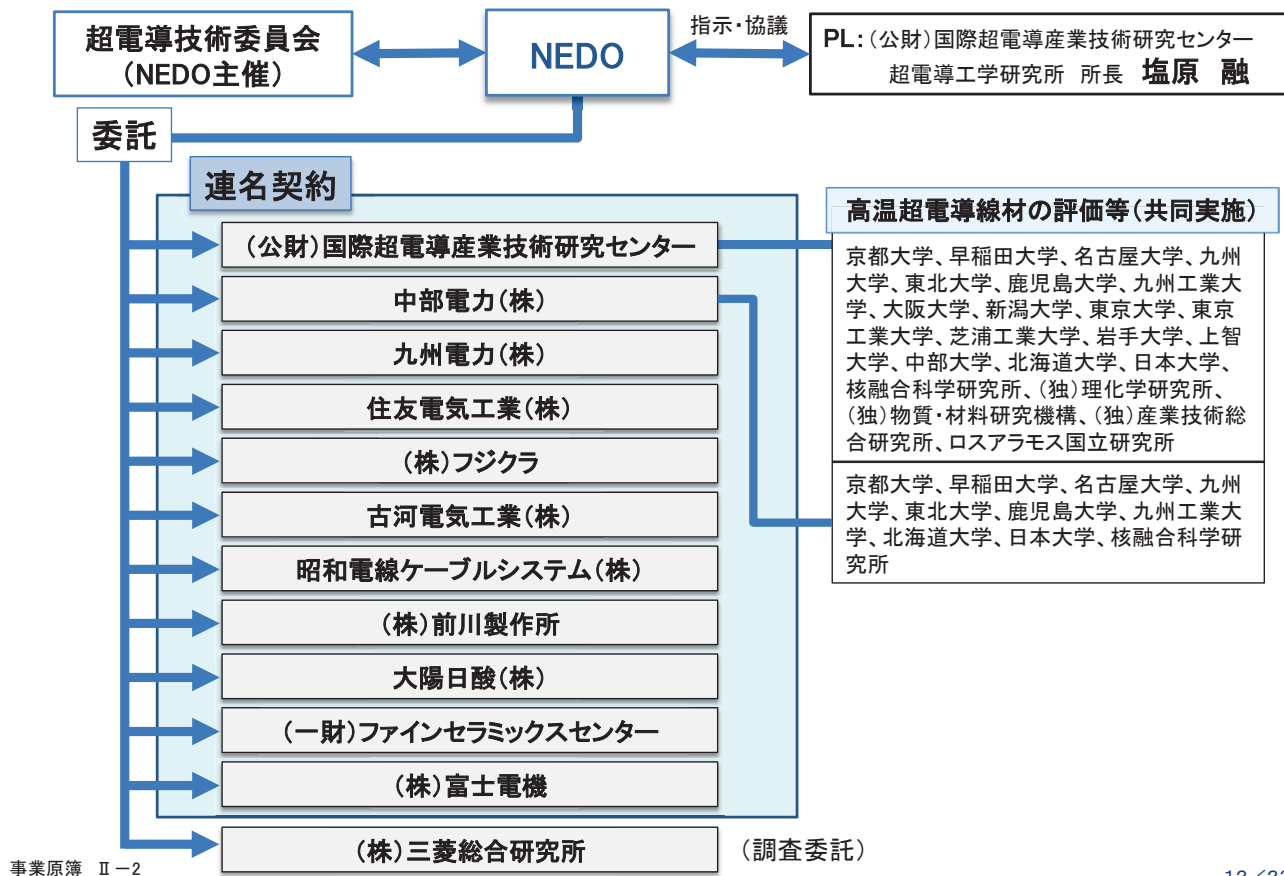
	H20~21fy	H22fy	H23fy	H24fy
<b>加速</b>	▼¥15M ▼¥169M	▼¥210M	▼¥56M	▼¥517M
<b>SMES</b>	当初最終目標 モデル機器検証	中間評価	★最終目標見直し ×モデル検証 →剥離現象解明 コイル要素開発	高強度コイル開発
<b>ケーブル</b>	ケーブル検証試験		加速資金による震災影響の解消 (測定装置の導入による製造工程スピードアップ)	ケーブル検証試験 高Ic 線材ケーブル検証
<b>変圧器</b>	モデル機器検証		★メーカー追加公募 変圧器のモデル機器製造メーカーとして富士電機(株)追加	モデル検証試験
<b>線材</b>	高性能化 安定製造検証		▼テーマ優先度判断 機器用線材供給>線材性能開発	高性能化 安定製造検証 線材歩留評価のための製造数増量
<b>標準化</b>	標準化素案作成			ラウンドロビンテスト実施 標準化素案作成

↑ 311東日本大震災

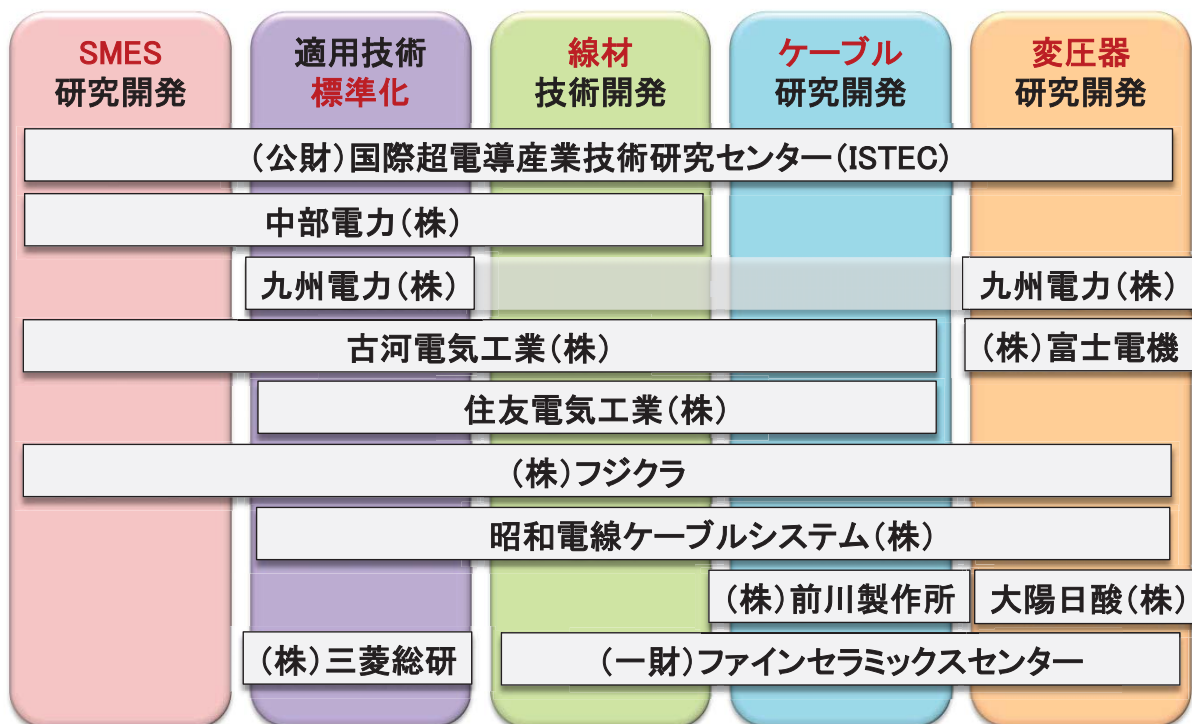
	プロジェクト開始時の開発目標
<b>SMES</b>	2GJ級SMESの開発を見通す <b>2MJ級モデルコイルシステム</b> の評価試験モデルを作製し、電力系統制御SMESを模擬した2万回以上の繰り返し充放電による性能検証を行う。
<b>ケーブル</b>	三相一括 <b>大電流ケーブルシステム</b> (66kV-5kA,15m、直径150mm管路収納可能、終端接続部)、および単相単心 <b>高電圧ケーブルシステム</b> (275kV-3kA,直径150mm、30m、中間接続部、終端接続部)を作製し、送電損失(現行ケーブル1/2~1/3)を含めた性能検証を行う。
<b>変圧器</b>	66/6kV 20MVA級超電導変圧器システムが成立することを検証するため、 <b>2MVA級超電導変圧器モデル</b> を作製・性能検証を行うとともに、数 <b>100kVA級単相モデル</b> により <b>限流機能</b> を検証する。
<b>電力機器用線材開発</b>	各機器の実用化技術開発時に必要な仕様を満たす線材の作製技術の開発を行った上で、この線材を安定に製造できる技術とともに各電力機器の <b>普及導入時(2020年頃)に必要な仕様を満たす線材</b> の作製技術を開発する。



実施体制



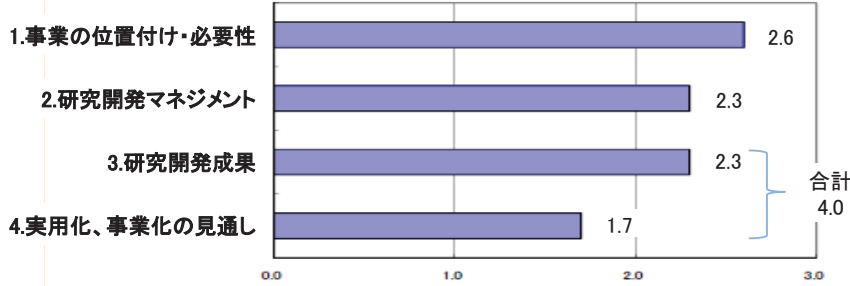
研究開発項目と担当した実施者



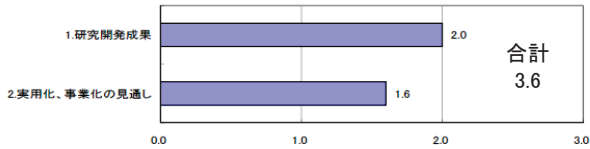
中間評価結果（平成22年9月）

基本計画の中間目標は  
すべて**達成**（評価時**見込**のものを含む）

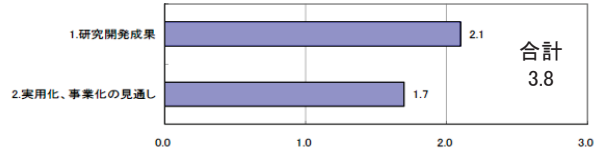
プロジェクト全体



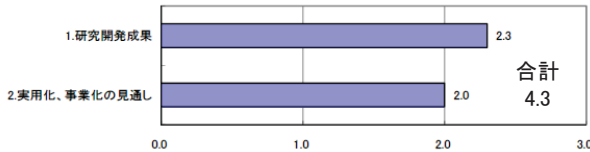
超電導電力貯蔵システム (SMES) の研究開発



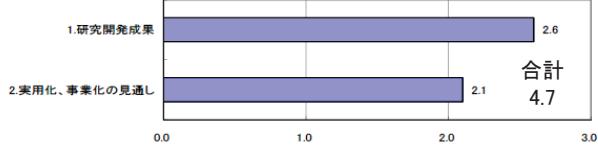
超電導変圧器の研究開発



超電導電力ケーブルの研究開発



超電導機器用線材の研究開発



Ⅱ. 研究開発マネジメント

「リットリウム系超電導電力機器技術開発」の目標変更について  
中間評価結果の反映

総論

問題点・改善すべき指摘点

対処方針と反映

研究開発マネジメント	この3年間の研究費配分をみると、課題ごと、年度ごとのメリハリがなく、重点的に研究開発すべき項目には予算的な措置を強化するなど、もっとダイナミックな予算配分を行うとも良い。
研究開発成果	線材の量産化・歩留まり改善と低コスト化の実現と、剥離の課題解決が最も肝要であり、これらが達成できないと機器開発は空転する。

基本計画等へ反映

メリハリのある予算配分の実施 PJ後半では、電力送配電設備の更改等ニーズが明確な電力ケーブル、変圧器の開発に重点化する。変圧器に関しては、超電導変圧器モデルの試作に移行し、そのための実施者を公募して体制を強化する。SMESは基本要素開発に縮小する。
線材の課題解決への対応強化 ご指摘を踏まえ、基本計画において線材開発テーマを独立させ、取り組みの重点化を図る。

① SMESの研究開発

研究開発成果	実際に大型のコイル試作まで行わないと、磁場中での繰り返し通電の課題や接続部の構成の最適方法などはっきりできない。線材で長物ができずに継ぎ接ぎになる場合に関して、早急に見直しを含めた機器設計を行う必要がある。
--------	---

実用化に向けた課題の整理と反映 SMESに必要な線材の開発についてテーマを独立させ、剥離等の検証等取組の強化を図り、まずは性能及び信頼性を明確にする。
--



SMESの最終目標変更について

サブテーマ	【変更前】最終目標	【変更後】最終目標(H24末)
(1) 2 GJ 級高磁界・大電流コンパクトコイル構成技術開発	フープ応力600 MPa 以上、2 kA 以上の通電容量を持つSMES コイルによるモデル検証	同左
(2) 高効率コイル伝導冷却技術開発	繰り返し充放電試験における20-40 K, 2 kV 以上の冷却システムの検証	
(3) SMES 対応線材安定製造技術開発	下記仕様例を満足する線材の安定製造による2 MJ 級モデルコイルへの線材供給 仕様例: $I_c=20 \text{ A/cm-w @77K}$ , 3 T で強度1 GPa を有する100 m に相当する線材	
(4) 高磁界コンパクトSMES システムモデル検証	2MJ級評価用試験モデルを用いて、電力系統制御SEMSの運転を模擬した2万回以上の繰り返し充放電による特性の検証	
(5) 高信頼性・高耐久性SMESコイル要素技術開発	—	
		①2 GJ 級SMES コイル基本システム構成の最適化並びに高磁場コンパクト・高効率伝導冷却コイルを用いた評価用試験モデルの設計を完了する。 ②SMES システムとしての適用性を検証評価する試験計画を作成する。  実運転条件におけるコイル線材及びコイル構造を評価することで、コイルの径方向応力に耐える構造の設計手法を確立し、2 万回繰り返し充放電試験と同等レベルの信頼性・耐久性を持つコイル要素技術開発に向けて課題を抽出し、解決策を提案する。

重電メーカーの追加公募について

SMESおよび変圧器については、PJの前半3年間で要素技術の開発を実施し、後半2年間でモデル機を作成して検証試験を行うことが当初の計画であった。そのため、平成22年度に追加公募を実施し、**変圧器のモデル機製作および検証試験の実施者として富士電機株式会社を平成23年度より体制に追加した。**

H20～23fy		H24～25fy	
【体制】 九州電力 フジクラ 昭和電線 大陽日酸 ISTECC JFCC	追加公募実施	【体制】 九州電力 <b>富士電機</b> フジクラ 昭和電線 大陽日酸 ISTECC JFCC	

イットリウム系超電導電力機器技術開発 — 事業費

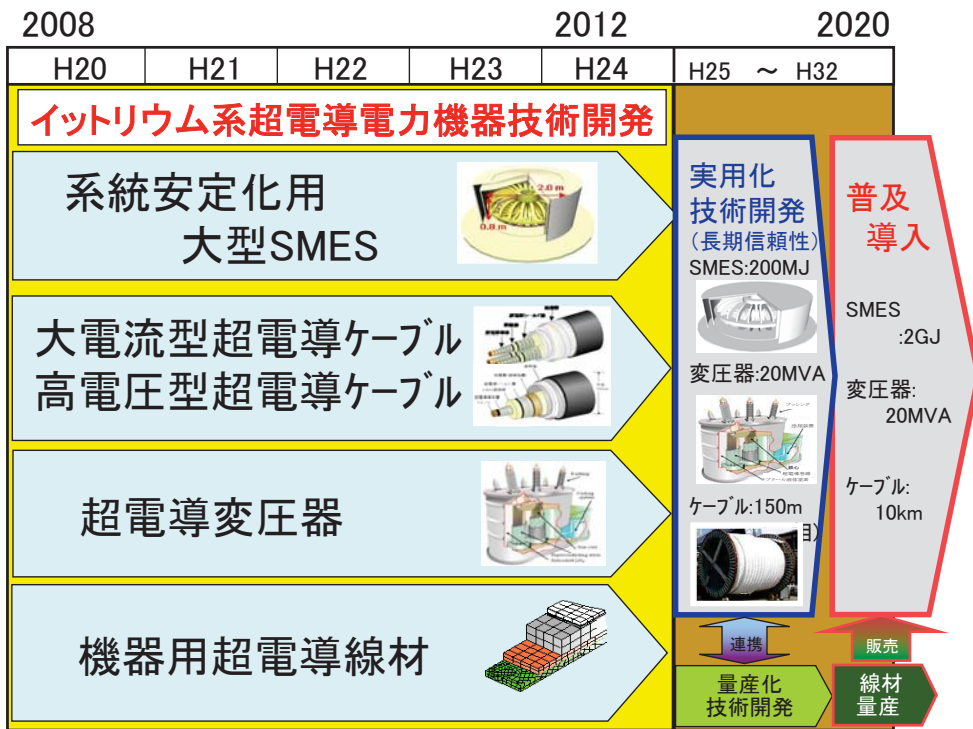
開発項目	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	Total
SMES	484	502	506	75	79	1,646
ケーブル	542	693	585	938	1,154	3,912
変圧器	584	598	657	778	773	3,389
線材	1,147	1,134	1,214	622	899	5,019
標準化	18	15	20	19	25	96
合計	2,775	2,944	2,982	2,431	2,931	14,062

(単位:百万円)

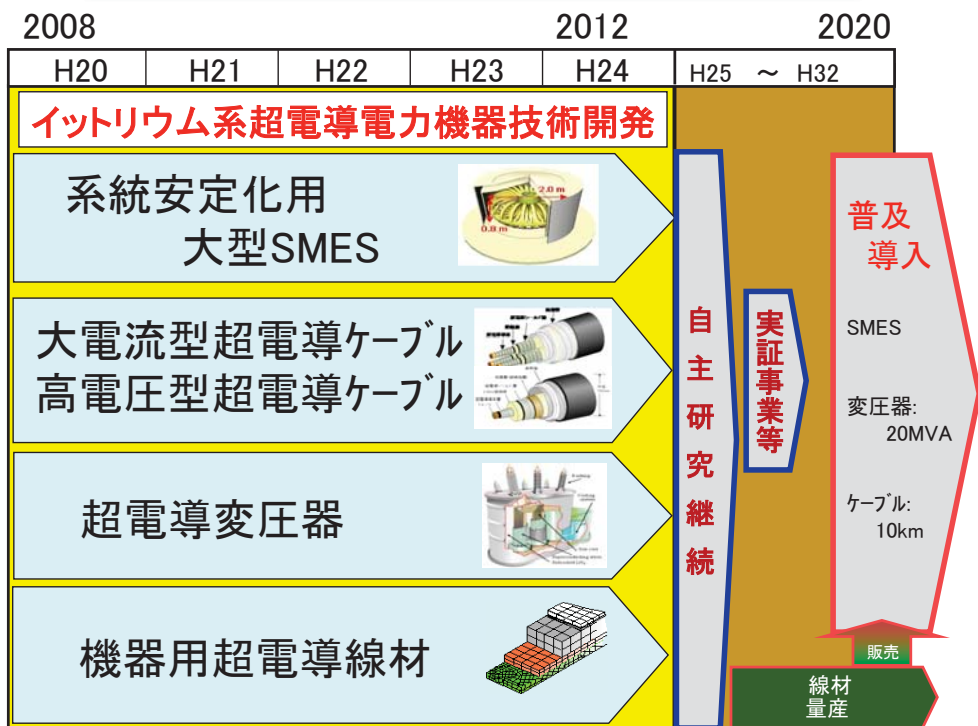
加速の実施

年度	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy
件名	SQUID関係 機械装置導入	高品質・高出力レーザ 発信装置一式導入	LMO中間層作成 装置導入他	連続誘導Ic測定 装置導入他	高Ic、IBAD-PLD線材に よる5 kA級Y系高温超電 導ケーブルの開発 機器用線材基準データ 取得のための安定製造 技術確立 他
金額 (百万円)	15	169	210	56	517
目的	大電流化をめざした多層 導体構造の内部欠陥評価 をねらいとしたSQUIDセン サーを開発する。	線材の長尺化・歩留り改善 により線材製造能力を向 上し大電流ケーブル用線 材の供給及び増量の確実 に実施する。	MOCVD線材の成膜条件 の適正化のため、LMO中 間層作成装置を導入し、さ らに超電導変圧器巻線の 電気絶縁設計を可能とす る。	連続誘導Ic測定装置の導 入により震災影響等による 超電導電力ケーブル対応 線材開発の遅延を挽回す る。	高Ic線材を用いた超電導 ケーブルを作製し、さらなる 交流損失低減を検証す る。また、超電導線材の安 定製造技術確立のために 長尺線材の歩留まり向上 を図る。
成果	Y開発したSQUIDグラジオ メータセンサを用いてケー ブル内部導体のマクロ欠 陥を基礎実験と磁場解析 によりあきらかにし機器評 価技術の基盤を確立した。	超電導線材のさらなる臨 界電流特性向上、歩留り 向上、成膜速度の高速化 を図り、H22年度には総長 約4kmの線材を大電流 ケーブル用に提供した。	スパッタ法での中間層形成 が可能となり、MOCVD線 材のコスト低減技術開発 が促進された。また、限流 機能付加変圧器開発が前 倒しできた。	震災影響等による超電導 電力ケーブル対応線材開 発の遅延を解消出来た。	最終目標を大きく超える低 交流損失ケーブルを開発 した。また、長尺線材製造 量の増加により、機器設計 に資する線材特性基準 データ取得のための安定 製造技術開発を促進した。

プロジェクト開始時の計画



プロジェクト終了後の実用化への見通し



平成24年度調査事業「高温超電導電力機器の適用拡大と標準化に資するケーススタディ」

【親委員会】(3回開催)

委員長: **大崎 博之先生**(東京大学)

委員: 大学、研究機関、ユーザー企業 (オブザーバー: 分科会委員)

- ・ケーススタディの運営及び検討内容に関する方針の協議
- ・ケーススタディ検討結果の妥当性に関する協議 など

【超電導ケーブル分科会】(全6回)

分科会長: **原 築志様**(東電記念財団)

- ・適用のアイデア出しと、予備検討
- ・評価項目の検討とケーススタディ候補の抽出
- ・具体的な事例を想定したケーススタディ
- ・技術課題の抽出、総合評価 など

【超電導限流器分科会】(全6回)

分科会長: **早川 直樹先生**(名古屋大)

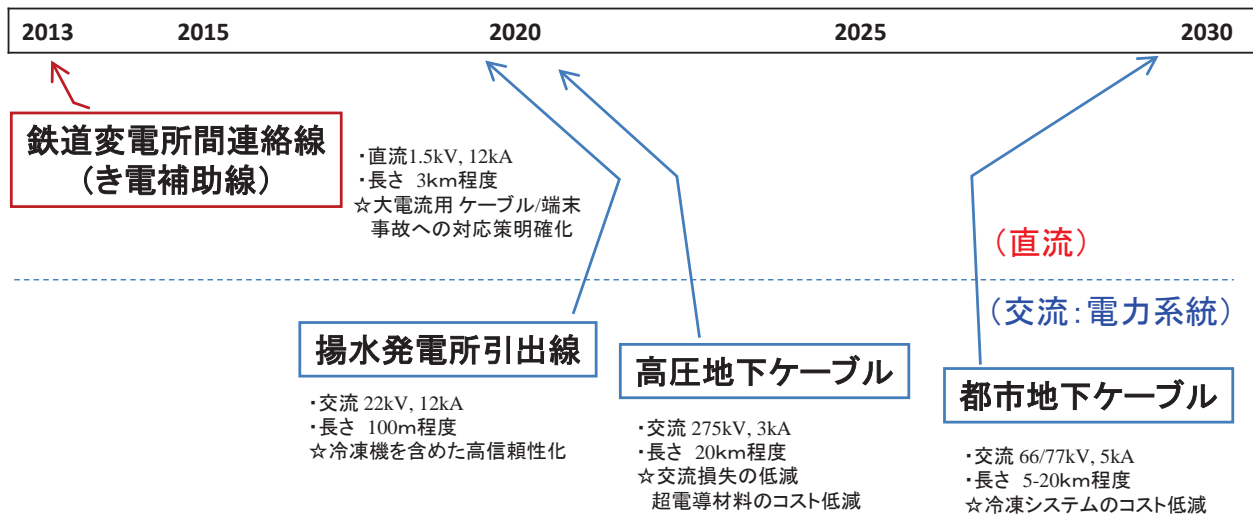
- ・検討範囲の検討と、適用法の検討
- ・評価項目の検討とケーススタディ候補の抽出
- ・具体的な事例を想定したケーススタディ
- ・技術課題の抽出、総合評価 など

【狙い】

- ・電力分野の中でも早い時期に実用が期待される**電力ケーブルを中心に**、超電導を利用するメリットが大きいと期待されるケースを**具体的に検討**
- ・実現するための技術面及び経済面の**課題や目標を明確化**
- ・超電導電力機器の実用に向けて共通的に必要となる**研究開発の内容を整理**、標準化すべき内容を明確化

「高温超電導電力機器の適用拡大と標準化に資するケーススタディ」検討結果

超電導ケーブルの実適用時期について



適用のために  
必要な開発

安全性・信頼性の確認とその向上

コストダウン