

# 高温超電導ケーブル実証プロジェクト

(平成19年～平成25年)

## 事後評価分科会説明資料

### ープロジェクトの概要ー

平成26年9月3日

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

## プロジェクトの概要説明

- I. 事業の位置づけ・必要性
- II. 研究開発マネジメント

# 高温超電導ケーブル実証プロジェクトの狙い

## I 高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究

- ・実用化に向けて実系統連系試験を行い実運用に近い形態で線路建設、運転、保守を含むトータルシステムの長期信頼性を検証する

## II 超電導ケーブルの適用技術標準化の研究

- ・実証試験の評価項目、方法などの知見をデータとして、国際標準化活動に提供していく

→ **革新的な高効率送電技術の実用性を検証**

## 研究開発の背景

○電力需要見通し（東京電力の場合）

- a) 販売電力量：平成17年～28年度：1.1%増
- b) 最大電力：平成17年～28年度：0.9%増

○経年劣化したケーブルの更新

- ・大半のPOF、OFケーブルは布設後既に30年以上経過し、経年劣化問題が顕在化。
- **今後リプレース工事が増加する予定**

建設コストを極力抑えつつ、都市地域の過密化による需要増加に対応した**流通設備形成が必要**

需要増を見越した**大容量化**  
建設コストを抑える**コンパクト化**

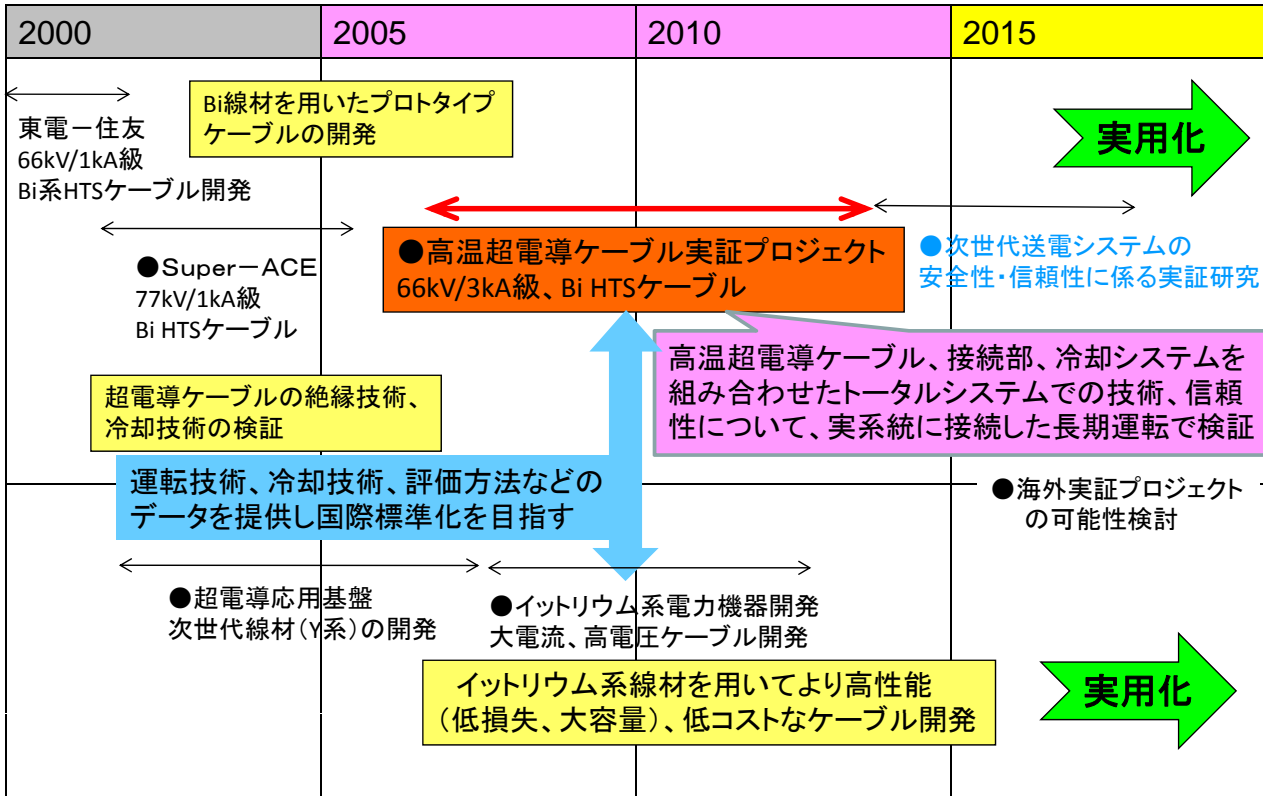
地球環境問題への対策の観点から省エネルギーや環境負荷低減に配慮したエネルギー利用が重要となっている

- 国家エネルギー戦略（2006年5月経済産業省）  
省エネルギーとして2030年までに30%の効率改善
- 新エネルギーイノベーション計画  
新たなエネルギーの貯蔵・輸送技術など、「革新的なエネルギー高度利用技術」の開発
- 原子力の推進・電力基盤の高度化計画  
送配電分野においては、電力供給を安定化させる技術や、発電電力を無駄なく輸送するための技術開発の促進
- Cool earth-エネルギー革新技術計画  
2008年3月経済産業省が制定。21のエネルギー革新技術の一つに「**高効率送電技術**」が選定される
- 政府方針  
CO<sub>2</sub>排出量を1990年比25%削減

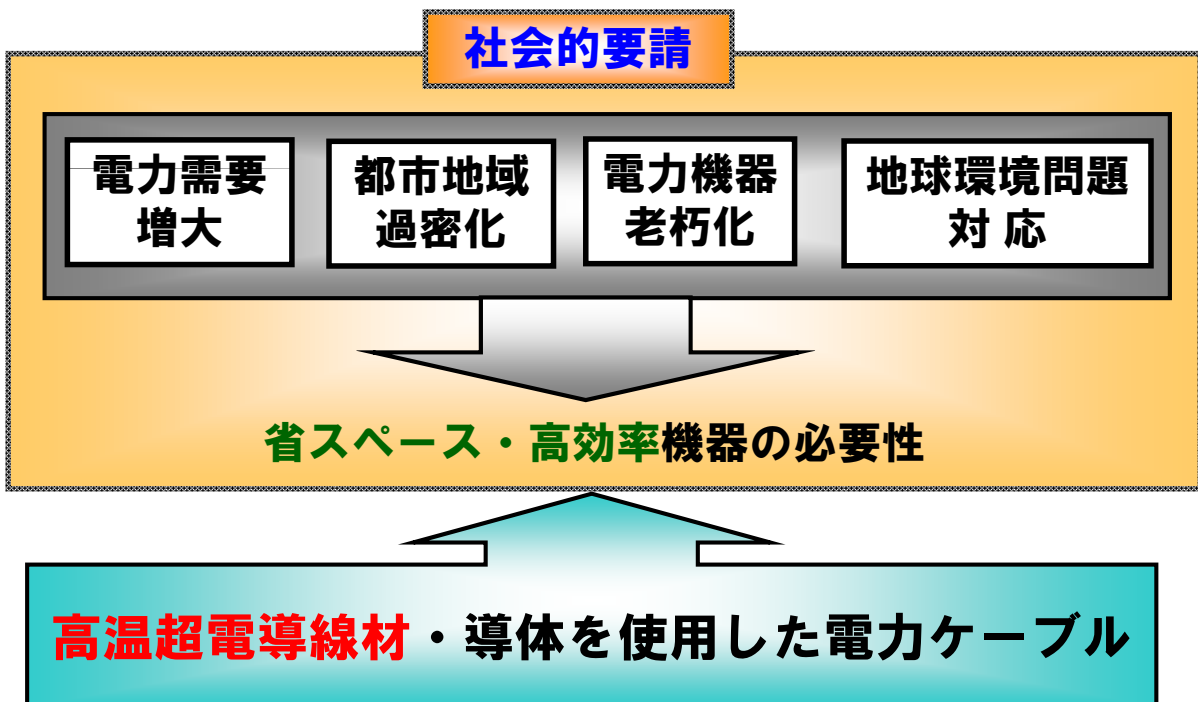
環境を考慮した**送電ロス削減**

**高温超電導ケーブルの早期実用化が必要**

# 事業の位置づけ



# 研究開発の必要性



# NEDOが関与する意義

## 社会的側面

- エネルギー安定供給（電力ケーブル老朽化更新）  
地球環境問題への対応  
→ 超電導技術の早期実用化、導入普及が期待される

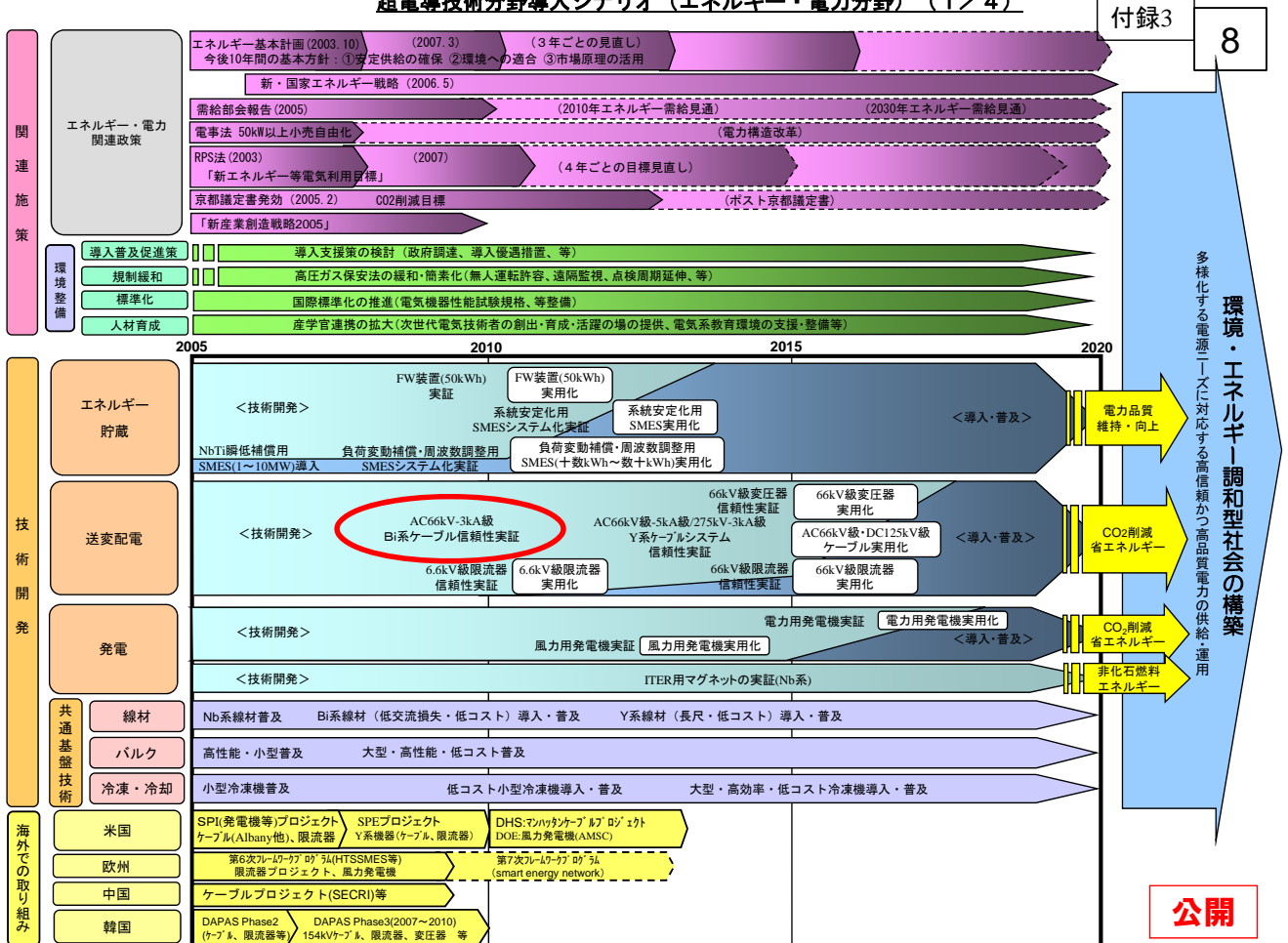
## 技術的側面

- ほとんど実用化例がない、高温超電導現象による革新的技術開発
- 実用化には多くの技術課題（適用法令含む）を有する  
→ 民間のみでの事業は困難
- 国際競争力強化→主に米国、韓国（国の支援で強力に推進）



国・NEDOが主導し、産学官の英知を結集して  
研究開発を推進する必要がある

超電導技術分野導入シナリオ（エネルギー・電力分野）（1/4）



国	プロジェクト	実証系統	線材	m	電圧・電流	備考
日本	NEDO高温超電導ケーブル	Grid(東電旭変電所)	Bi	250	AC66kV-3.0kA	2012/10~2013/12
日本	高温超電導直流送電システムの実証研究	直流電源設備からの送電	Bi	500 1000	DC20kV-3.0kA他	2013/4事業開始、建設中
日本	鉄道総研き電線	鉄道総研構内試験線路	Bi	30	DC1.5kV-5.0kA	2013/4~
米国	LIPA プロジェクト	Grid(送電線)	Bi/Y	600	AC138kV-2.4kA	線材:AMSC ケーブル:NEXANS
米国	Hydraプロジェクト	Grid(送電線)	Y	200	AC13.8kV-4.0kA	線材:AMSC ケーブル:Southwire
米国	Chicagoプロジェクト	Grid(配電線)	Y	5000	AC20kV程度	2014~(計画) 線材:AMSC
メキシコ	CASATプロジェクト	水力発電所引出	Bi	17	AC50kV-3.0kA	
ドイツ	Ampacityプロジェクト	Grid(配電線)	Bi	1000	AC10kV-2.3kA	2011-2016 線材:住友電工、ケーブル、限流器:NEXANS 実証中で最長
ロシア	サンクトペテルブルク	Grid(配電線)	Bi	2500	AC20kV-1.4kA	2015-2020
中国	雲南プロジェクト	Grid(変電所)	Bi	33.5	AC35kV-2.0kA	線材:AMSC ケーブル:Inno Power(中)
中国	甘肅省全超電導変電所	Grid(変電所)	?	75		2011-2015 SMES:0.5MVA、限流器220kV、変圧器630MVA オール超電導変電所
中国	国家電網プロジェクト	Grid(送電線)	Y	1100	AC110kV	計画検討中
韓国	DAPAS(2)	試験所	Y	100	AC154kV-3.75kA	試験中 線材:AMSC ケーブル:LS(韓)
韓国	GENI	Grid(Icheon変電所)	Y	500	AC23kV-1.25kA	終了 線材:AMSC ケーブル:LS(韓) 限流器:SuNAM(韓)
韓国	JEJU	Grid(GuemAk 変電所)	Y	500	DC80kV-6.25kA	2014系統連系予定 500MVA ケーブル:LS(韓)
韓国	JEJU	Grid(GuemAk 変電所)	Y	1000	AC154kV-1.87kA	2015系統連系予定 500MVA

## 事業の目的と実施の効果

### <事業目的>

高温超電導ケーブルを実系統に連系し、線路建設、運転、保守を含めたトータルシステムの信頼性を実証する

### <実施の効果>

- ・従来技術では実現し得ない革新的技術の確立
- ・従来機器の飛躍的な性能の向上

対象: **エネルギー分野**、産業・輸送分野、医療分野等

エネルギー効率化による  
省エネ及びCO<sub>2</sub>削減効果

コンパクト化、建設コスト削減による  
電気料金の低減効果

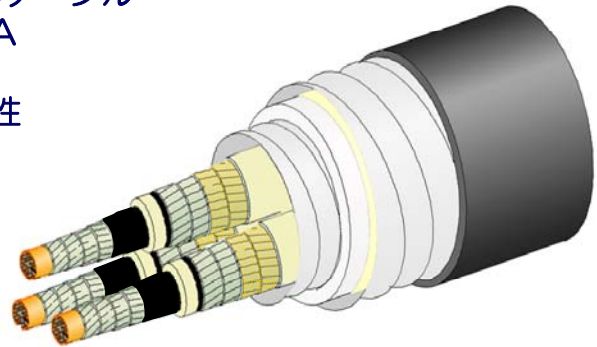
- 高温超電導ケーブルシステムを実系統に連系した実証試験を行うことにより、トータルシステムとしての総合的な信頼性を実証
- コンパクトで革新的な高効率送電技術を確立

### <開発目標>

- ✓ 66kV, 200MVA級の三心一括型超電導ケーブル
- ✓ 低損失化 : 交流損失1W/m/相@3kA
- ✓ コンパクト化 : φ150mm管路収容
- ✓ 事故電流対応 : 31.5kA, 2secでの健全性

### <検証項目>

- ✓ 実系統への接続技術、システム構成検討
- ✓ 負荷変動への冷却システムの追従性
- ✓ 運転監視方法、保守方法の検証

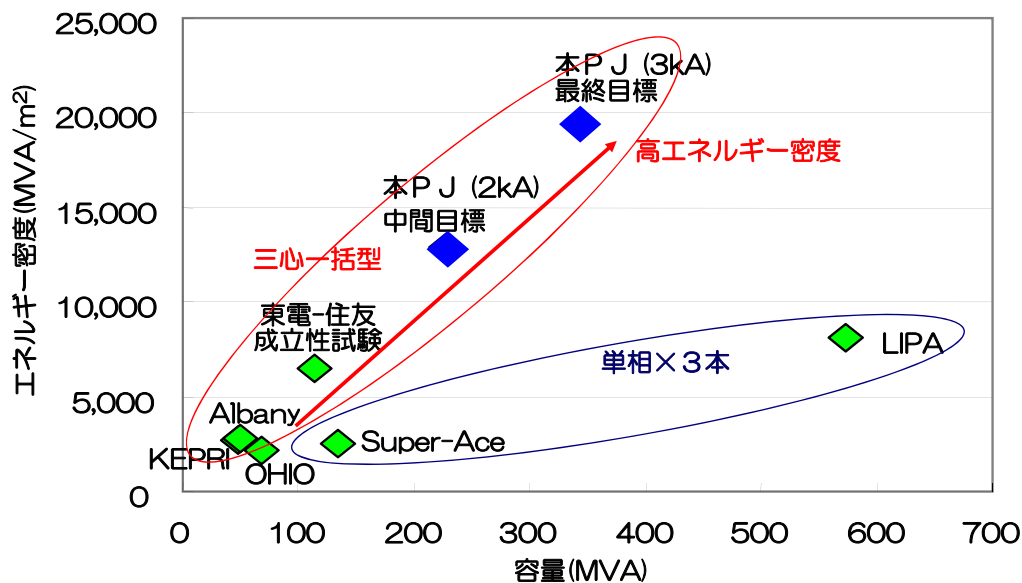


項目	中間目標 (H21年度末)	最終目標 (H25年度末)
(1)総合的な信頼性研究 ①高温超電導ケーブルの重要要素技術の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 交流損失 : 1W/m/相 @2kA</li> <li>✓ 事故電流対応 : 31.5kA, 2secでの健全性検証</li> <li>✓ 中間接続部の導体接続損失 : 1 μΩ / 相以下@2kA</li> <li>✓ 30m事前検証試験の実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 交流損失 : 1W/m/相 @3kA</li> <li>✓ 中間接続部の導体接続損失 1 μΩ / 相以下@3kA</li> </ul>
②トータルシステム等の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 実証試験場所の決定</li> <li>✓ 実証用冷却システムの設計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 実証試験線路建設</li> <li>✓ 運転監視、運用・保守技術確立</li> </ul>
③送電システム運転技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 実証ケーブルの系統特性調査</li> <li>✓ 平常時のシステム制御方法の決定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 平常時/事故時、障害復旧時等の制御指針決定</li> </ul>
④実系統における総合的な信頼性の実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 実証ケーブルの確認試験の検討</li> <li>✓ 超電導線材他の製造</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 実系統での12ヶ月の長期実証試験</li> </ul>
(2)超電導ケーブルの適用技術標準化の研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 国際標準化項目の作成</li> <li>✓ 関連法規対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 超電導ケーブルの導入シナリオの策定</li> <li>✓ 国際規格化を進めるための実証試験データの収集・整理</li> </ul>

## ▶ 実システム適用を念頭においての開発目標設定を実施

主な開発目標	根拠
最終目標値： 定格 66kV/3kA 容量 350MVA	既存275kVケーブルの代表的ケーブル容量350MVAを66kV超電導ケーブルで実現するために必要な目標値
中間目標値： 定格 66kV/2kA 容量 200MVA	66kV系統における代表的な送電容量 (154kV/66kV変圧器の2次側定格容量に相当)
交流損失： 1W/m/相	超電導ケーブルの冷却に必要なエネルギーを考慮しても、送電損失が既存ケーブルの1/2以下となる損失レベル
短絡電流： 31.5kA、2sec	66kV級遮断器に規定されている過電流レベル
ケーブルサイズ： φ150mm管路収容可能	66kV既存ケーブル用の代表的な管路サイズ
12ヶ月の実証試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 対環境性を考えた場合、四季を経験させる最小の期間</li> <li>・ 従来ケーブルにおける開発試験の期間は半年～1年</li> <li>・ 冷却システムのメンテナンス間隔の最低期間</li> </ul>

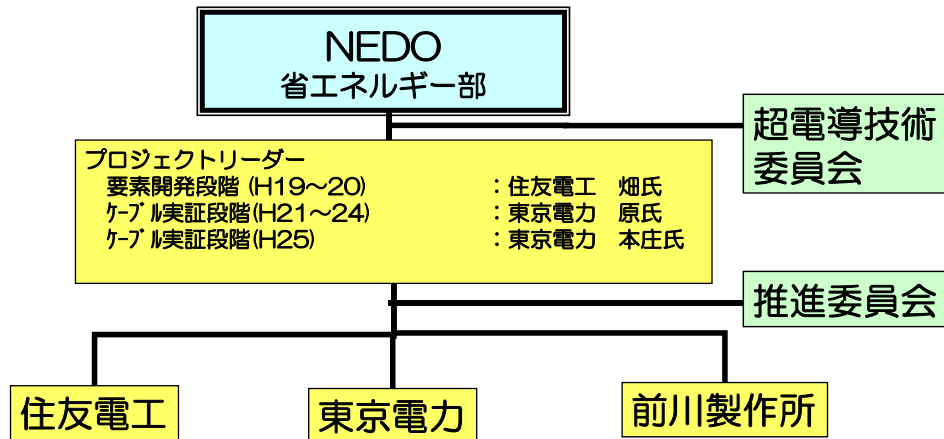
## ▶ コンパクトな三心一括構造により、世界最高のエネルギー密度達成



国内外の主要超電導ケーブルPJのケーブル容量とエネルギー密度



項目	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度
高温超電導ケーブルの重要技術の検証		高温超電導ケーブルの性能・機能検証 大電流接続部の性能・機能検証 検証用ケーブルシステムの設計・構築	評価				
トータルシステム等の開発		実証ケーブルシステムの概念設計 線路建設手法の開発	実証ケーブルシステムの詳細設計		冷却システムの高性能化の研究	ケーブルの高性能化の研究	
送電システム運転技術の開発		高温超電導ケーブルの系統特性調査 高温超電導ケーブルの運転技術開発					
実系統における総合的な信頼性の検証		総合的な信頼性検証のための試験計画立案	実証用ケーブルシステムの製造				実証試験
超電導ケーブルの適用技術標準化の研究		高温超電導ケーブルの標準化研究 高温超電導ケーブルの運用技術研究					
		関連法規への対応					



住友電工	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓プロジェクト総括</li> <li>✓超電導ケーブル・接続部の要素技術開発、設計、製造、工事</li> </ul>
東京電力	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓プロジェクトリーダー</li> <li>✓実系統との接続検討、運転技術開発、法令対応</li> </ul>
前川製作所	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓冷却システム設計、製造、工事</li> </ul>



### 推進委員会の構成および活動実績

【開催：年2回】

＜設置目的＞

外部有識者による評価・審議の実施、指摘事項のPJへの反映

＜委員長＞ 原氏 / 本庄氏（東京電力）

＜委員＞

雨宮教授（京大）、荒木教授（福井工大）、大久保/早川 教授（名大）、日高教授（東大）、淵野主研（産総研）、横山教授（東大）  
大田/三浦 室長（関西電力）  
岡本参事（電中研）、佐藤氏（住友）  
川村氏（前川）

➤ 主な指摘事項およびPJへの反映状況

- ✓ 30m事前検証試験の充実  
→ ヒートサイクル試験、限界性能試験を追加
- ✓ 長尺ケーブルでの過電流通過後の冷却特性検証  
→ シミュレーション解析の追加
- ✓ 実証試験時、過電流通過後の健全性確認方法  
→ 部分放電測定可否の追加検討

### 高性能冷凍機開発検討委員会の構成および活動実績

【開催：年2回】

＜設置目的＞

高性能・大容量のプレイトン冷凍機の開発

＜委員長＞ 原氏 / 本庄氏（東京電力）

＜委員＞

塚本教授（上智大）、大崎教授（東大）  
勝田教授（早稲田大）、春山教授/槇田准教授（高エネルギー加速器研究機構）  
淵野主研（産総研）  
宗像副研究部門長（産総研）

➤ 主な指摘事項およびPJへの反映状況

- ✓ 旭実証冷却システムとの比較  
→ 実証試験の課題を整理し、開発に反映
- ✓ 冷却システムとしての健全性の検証  
→ 3週間の総合運転試験の実施
- ✓ プロジェクト成果の公開の充実  
→ 国内外の学会等で発表

### WGの活動実績

各社での検討結果を持ち寄り方針・対策決定するための専門家を含めた担当者会議

	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25
WG1（系統・実証試験関係）	9回	8回	6回	4回	33回	38回	41回
WG2（機器開発・検証関係）	10回	11回	6回	5回			
WG3（冷却システム関係）	6回	16回	13回	13回			

※H23年度以降は、旭変電所での実証運転に向けWG1～3を統合して実施。

### (1) 事前の検証試験の充実

- ・ NEDO技術委員会、実証プロジェクト推進委員会からの指摘をうけ、事前の検証試験を充実することとした。
- ・ 具体的には、ヒートサイクル試験、限界性能試験を追加
- ・ 実施内容の追加により、全体計画を見直した結果、実証場所の工事停止期間のタイミングから系統連係開始がH23年11月となることが判明。
- ・ このため事業期間をH24年度まで延長。

### (2) 東日本大震災への対応

- ・ 東日本大震災の被害の復興工事と電力需給逼迫の影響により、変電工事の一部と冷却システム検証試験の実施を遅らせる必要が生じた。
- このため、事業期間をH25年度まで1年間延長。

### (3) プロジェクトリーダー (PL) の交代

- ・ 事業が要素技術開発からシステム検証の段階に移行するタイミングで材料からシステムへ開発の中心が移ると考えてH21年度にPLを住友電工・畑氏から東京電力・原氏へ交代。
- ・ 原氏が東電記念財団に出向し、PL業務の継続が難しくなりH25年6月に、東京電力・本庄氏へ交代。

### (1) 冷却システムの評価や技術課題の明確化

「超電導ケーブルの実用化に向けたコスト削減、送電ロスのさらなる低減には、冷却システムの効率・能力の向上が重要なポイントである。冷却システムの評価や技術課題の明確化についての体制の強化が望まれる。」

- ・ 冷却システムの評価や技術課題の明確化を図るため、冷却システムの検証期間の拡大や間接冷却方式の課題抽出を追加。
- ・ プロジェクト推進のためのWGに冷却関係の専門家を追加。

### (2) 標準化活動の強化

「単なる規格基準の国際標準化だけを目指すのではなく、技術そのものを世界標準とするための活動が望まれる」

- ・ IEEE、CIGRE など電力関係国際会議、ASC、EUCAS、ISS、ICECなどの超電導応用国際会議での情報発信をさらに積極的に実施。
- ・ CIGREにおける超電導ケーブル試験法に関するWGに日本委員として参加。