

「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」

(中間評価) 分科会

資料6

「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」

プロジェクトの全体概要説明資料【公開】

高温超電導ケーブル実証プロジェクト (平成19年～平成24年)

中間評価分科会説明資料

ープロジェクトの概要ー

平成21年11月25日

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
新エネルギー技術開発部

プロジェクトの概要説明

I. 事業の位置づけ・必要性

高温超電導ケーブル実証プロジェクト

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提供し、国際標準化に貢献する

→ 革新的な高効率送電技術の開発・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%
b) 最大電力 ・平成17年～28年度：0.9%

○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

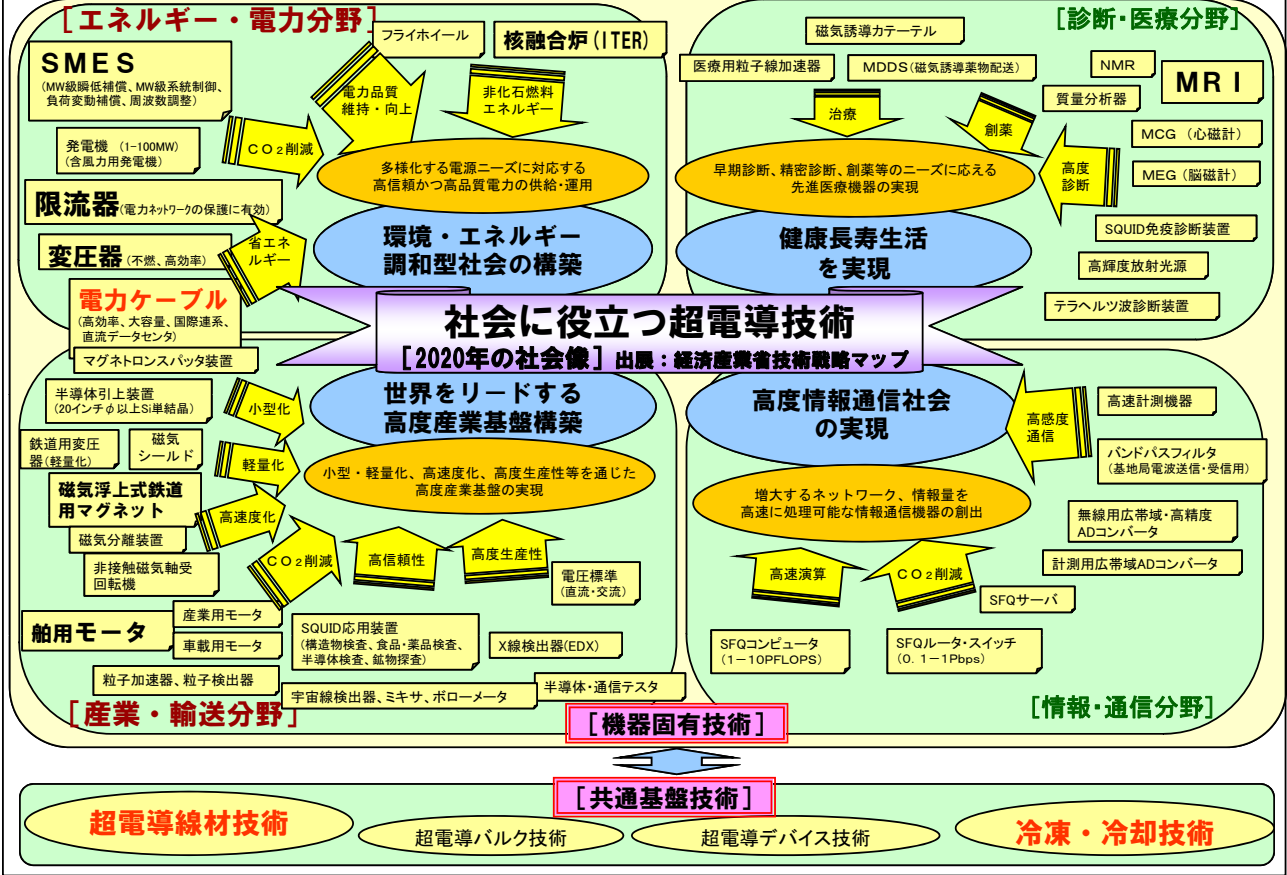
需要増を見越した大容量化
建設コストを抑えるコンパクト化

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

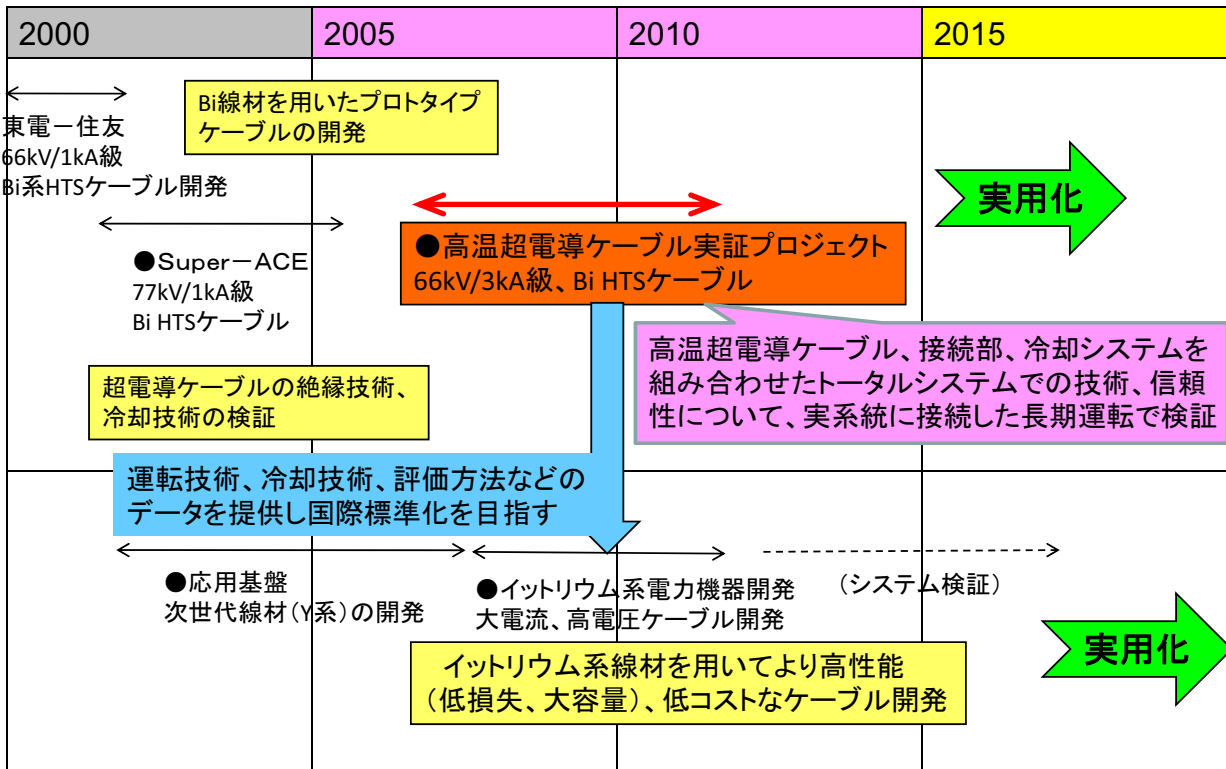
- 国家エネルギー戦略（2006年5月経済産業省）省エネルギーとして2030年までに30%の効率改善
- 新エネルギーイノベーション計画
新たなエネルギーの貯蔵・輸送技術など、「革新的なエネルギー高度利用技術」の開発
- 原子力の推進・電力基盤の高度化計画
送配電分野においては、電力供給を安定化させる技術や、発電電力を無駄なく輸送するための技術開発の促進
- Cool earth-エネルギー革新技術計画
2008年3月経済産業省が制定。21のエネルギー革新技術の一つに「高効率送電技術」が選定される
- 新政府方針
CO₂排出量を1990年比25%削減

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

社会的要請

電力需要
増大

都市地域
過密化

電力機器
老朽化

地球環境問題
対応

省スペース・高効率機器の必要性

高温超電導線材・導体を使用した電力ケーブル

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

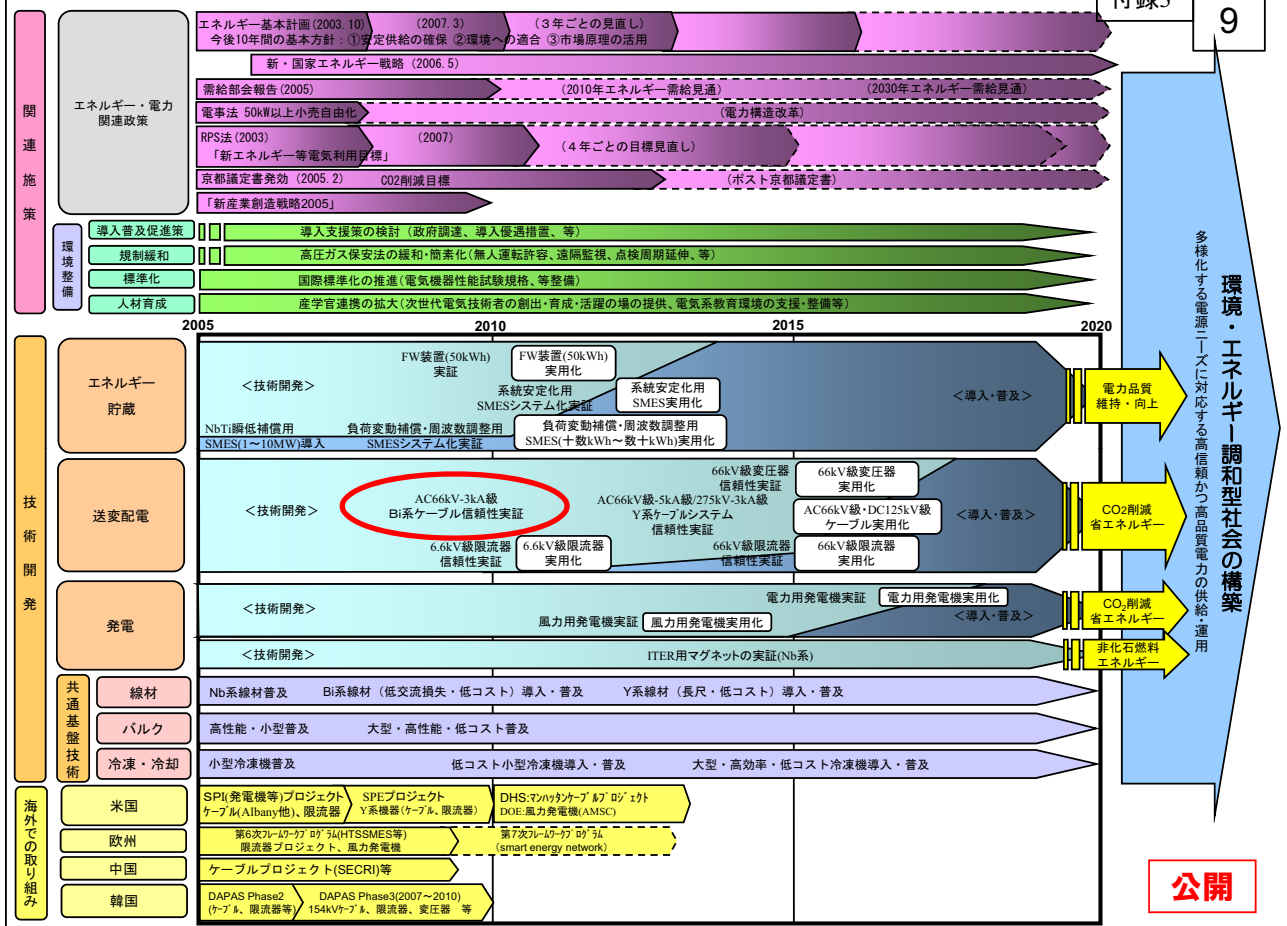
- ・ほとんど実用化例がない、**高温超電導現象**による**革新的技術開発**
- ・実用化には多くの技術課題（**適用法令含む**）を有する
→ **民間のみでの事業は困難**
- ・国際競争力強化→主に**米国**、**韓国**（**国の支援で強力に推進**）

国・NEDOが主導し、官学産の英知を結集して
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)

付録3

9



公開

公開

国内外の超電導ケーブル開発状況

II p.6, 24-27

10

プロジェクト	国	電圧 kV	電流 A	容量 MVA	長さ m	形態	線材	系統連系	試験年	その他
Albany (DOE)	米国 Albany, NY	34.5	800	48	330	三心	Bi+Y	○	2006	
AEP (DOE)	米国 Columbus	13.2	3000	69	200	tri-axial	Bi	○	2006	
LIPA1 (DOE)	米国 Long Island, NY	138	2400	574	600	単心×3	Bi	○	2008	
LIPA2 (DOE) *	米国 Long Island, NY	138	?	?	600	単心×3	Y	○	?	1相中間接続部有 LIPA1の張替
Hydra (DHS) *	米国 NY	13.8	4000	96	300	tri-axial	Y	○	2010	3m、25mテスト実施中
SPE: Entergy (DOE)	米国 New Orleans	13.8	2000	48	1760	tri-axial	Y	○	2011	
DAPAS2	韓国	22.9	1250	50	100	三心	Bi		2006	KERI/LS Cable
DAPAS3	韓国	154	3750	1000	200	単心×3	?		2010	KERI/LS Cable
KEPCO	韓国	22.9	1260	50	800	?	Y	○	2010	KEPCO/LS Cable Soul 近郊
Bi実証試験	日本	66	3000	200	200-300	三心	Bi	○	2011	
Y系プロジェクト	日本	66	5000	570	15	三心	Y		2012	
		275	3000	1430	30	単心	Y		2012	

黒字は完了または運転中のプロジェクト 青字は開発・計画中のプロジェクト *印は限流機能付き

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CO₂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実証プロジェクト

中間評価分科会説明資料 —プロジェクトの概要—

- Ⅱ. 研究開発マネジメントについて
- Ⅲ. 研究開発成果について
- Ⅳ. 実用化、事業化の見通しについて

平成21年11月25日

プロジェクトリーダー
東京電力株式会社 技術開発研究所長
原 築志

プロジェクト概要

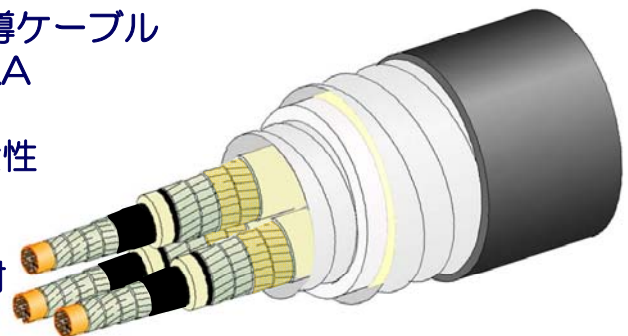
- 高温超電導ケーブルシステムを実システムに連系した実証試験を行うことにより、トータルシステムとしての総合的な信頼性を実証
- コンパクトで革新的な高効率送電技術の確立

<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 : ϕ 150mm管路収容
- ✓ 事故電流対応 : 31.5kA, 2secでの健全性

<検証項目>

- ✓ 実システムへの接続技術、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

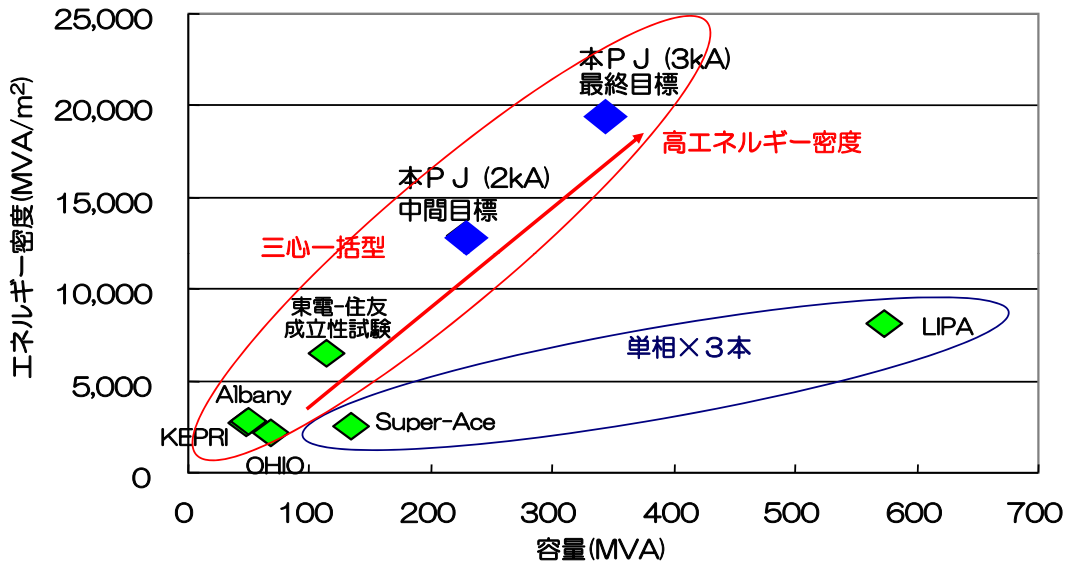


項目	中間目標 (H21年度末)	最終目標 (H24年度末)
(1)総合的な信頼性研究 ①高温超電導ケーブルの重要要素技術の検証	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 交流損失：1W/m/相 @2kA ✓ 事故電流対応：31.5kA, 2secでの健全性検証 ✓ 中間接続部の導体接続損失：1$\mu\Omega$/相以下@2kA ✓ 30m事前検証試験の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 交流損失：1W/m/相 @3kA ✓ 中間接続部の導体接続損失 1$\mu\Omega$/相以下@3kA
②トータルシステム等の開発	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 実証試験場所の決定 ✓ 実証用冷却システムの設計 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 実証試験線路建設 ✓ 運転監視、運用・保守技術確立
③送電システム運転技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 実証ケーブルの系統特性調査 ✓ 平常時のシステム制御方法の決定 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 平常時/事故時、障害復旧時等の制御指針決定
④実システムにおける総合的な信頼性の実証	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 実証ケーブルの確認試験の検討 ✓ 超電導線材他の製造 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 実システムでの12ヶ月の長期実証試験
(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"> ✓ 国際標準化項目の作成 ✓ 関連法規対応 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 超電導ケーブルの導入シナリオの策定 ✓ 国際規格化を進めるための実証試験データの収集・整理

▶ 実システム適用を念頭においての開発目標設定を実施

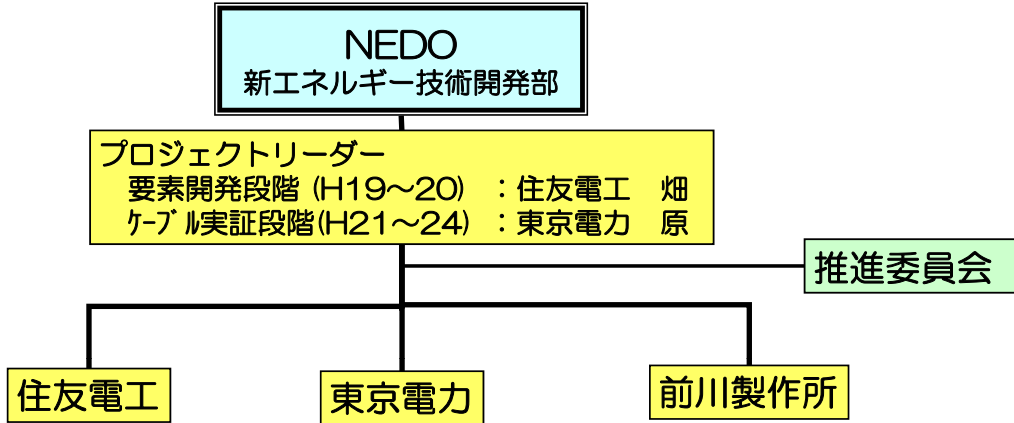
主な開発目標	根拠
最終目標値： 定格 66kV/3kA 容量 350MVA	既存275kVケーブルの代表的ケーブル容量350MVAを66kV超電導ケーブルで実現するために必要な目標値
中間目標値： 定格 66kV/2kA 容量 200MVA	66kV系統における代表的な送電容量 (154kV/66kV変圧器の2次側定格容量に相当)
交流損失： 1W/m/相	超電導ケーブルの冷却に必要なエネルギーを考慮しても、送電損失が既存ケーブルの1/2以下となる損失レベル
短絡電流： 31.5kA, 2sec	66kV級遮断器に規定されている過電流レベル
ケーブルサイズ： φ150mm管路収容可能	66kV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"> ・ 対環境性を考えた場合、四季を経験させる最小の期間 ・ 従来ケーブルにおける開発試験の期間は半年～1年 ・ 冷却システムのメンテナンス間隔の最低期間

▶ 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



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	H19年度	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	H24年度
ケーブル・機器検証 <要素技術>	交流損失評価 短絡電流対策確認 大容量接続部の検証	30mケーブル検証 システム構築	①定格試験 ②昇温再冷却試験 ③限界性能確認	中間目標 ACロス <1W/m/相 @2kA 短絡電流 31.5kA 2sec 中間接続部抵抗 <1μΩ/相		
運転技術開発	運転・制御基本計画の策定 異常モードの整理と対応検討		中間評価	運転・監視システム設計・構築 警報・遮断システム設計・構築		最終目標 ACロス <1W/m/相 @3kA (短尺サンプルでの検証)
実証試験	実証場所選択 冷却システムの設計検討	系統への影響検討	ケーブル・機器製造 冷却システム製造 工事内容調整	ケーブル・機器設置 冷却システム設置 現地整備	変電設備工事 初期冷却竣工試験	最終評価 解体撤去 実証運転
法規対応	関連官庁との調整 対応データ収集		法令手続き準備 (建築申請他)	関連法令手続き (消防等)		対応プロセスまとめ
標準化	項目整理、内容検討		検証試験内容評価			実証試験評価 標準化提案資料作成
年度予算	0.8億円	2.3億円	9.2億円	6.5億円	4.0億円	3.8億円



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

推進委員会の構成および活動実績

【推進委員会 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（東京電力）

＜委員＞

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

➤ 推進委員会での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

WGの活動実績

各社での検討結果を持ち寄り方針・対策決定するため随時実施

	H19	H20	H21
WG1（系統・実証試験関係）	9回	8回	6回
WG2（機器開発・検証関係）	10回	11回	6回
WG3（冷却システム関係）	6回	16回	13回

(1) 実施計画の変更 (H20年度)

NEDO技術委員会、実証プロジェクト推進委員会からの指導により、事前の検証試験の充実を図る。

→ヒートサイクル試験、限界性能試験の追加

(2) 事業期間の変更 (H20年度)

(1)の実施内容の追加を考慮し、全体計画の見直しを実施。実証場所での工事停止期間のタイミングを考え、H23年11月に系統運転を開始。これにより事業期間をH24年度まで延長。

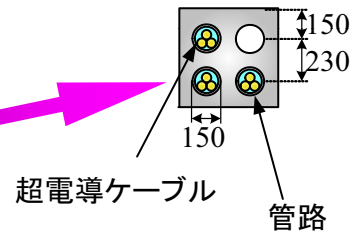
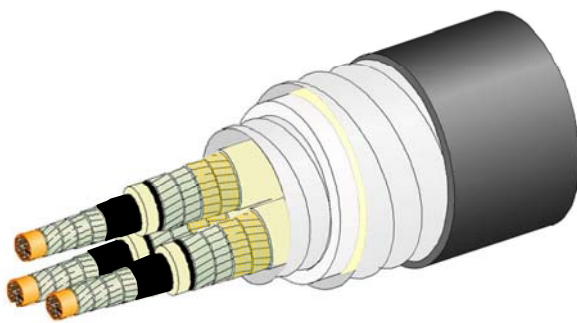
(3) プロジェクトリーダー (PL)の交代 (H21年度)

事業が3年目に入り、要素技術開発からシステム検証の段階に移行することに伴い、PLを住友電工・畑から東京電力・原へ交代

項目	中間目標 (H21年度末)	達成度
(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"> ✓ 交流損失：1W/m/相 @2kA ✓ 事故電流対応：31.5kA, 2secでの健全性検証 ✓ 中間接続部の導体接続損失： 1$\mu\Omega$/相以下@2kA ✓ 30m事前検証試験の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 達成 ✓ 達成 ✓ 達成 ✓ 達成見込み (H22/3予定)
②トータルシステム等の開発	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 実証試験場所の決定 ✓ 実証用冷却システムの設計 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 達成 ✓ 達成見込み (H22/3予定)
③送電システム運転技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 実証ケーブルの系統特性調査 ✓ 平常時のシステム制御方法の決定 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 達成 ✓ 達成見込み (H22/3予定)
④実系統における総合的な信頼性の実証	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 実証ケーブルの確認試験の検討 ✓ 超電導線材他の製造 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 達成 ✓ 達成見込み (H22/3予定)
(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"> ✓ 国際標準化項目の作成 ✓ 関連法規対応 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 達成 ✓ 達成

▶コンパクトな三心一括型超電導ケーブルシステムの実系統における実証

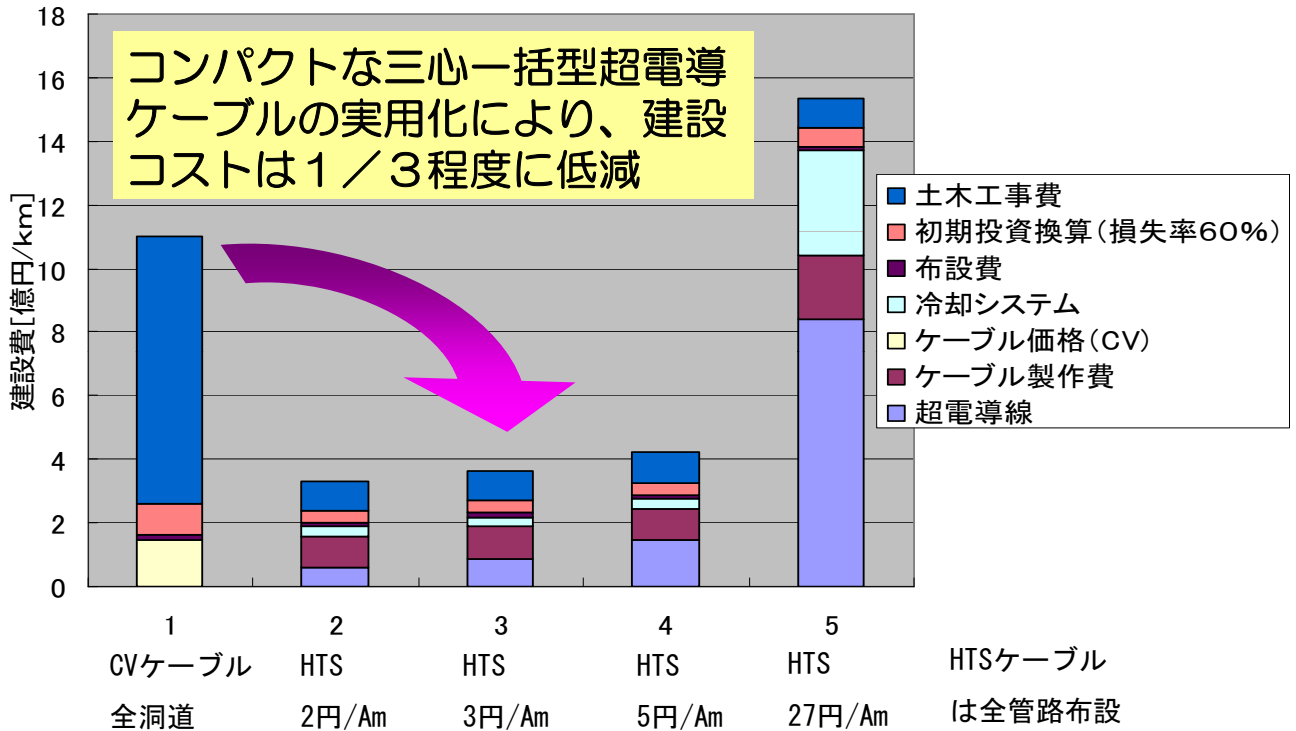
- ✓内径150mmの既設管路に収容可能なコンパクト性
- ✓洞道布設が必要な275kV既存ケーブル並の送電容量を66kVで実現
- ✓送電ロスが半減→CO2削減効果
- ✓建設コスト低減→電気料金低減効果



コンパクト構造により
世界最高のエネルギー密度

- ▶三心一括型超電導ケーブルシステムにより、同容量の既存ケーブルと比較して、送電ロスは1/2~1/3に
- ▶2030年の省エネ効果は279GWh/年：8万世帯分の消費電力量

年	超電導化による 損失低減量 (Lf=1.0)	累積 導入量	損失率 (Lf)	1年間の低減電力量 A×B×C×(24× 365)	1年間の CO ₂ 削減量
単位	kW/km	km		GWh/年	千t-CO ₂ /年
	A	B	C	D	E
2015年	50	30	0.7	10	3.5
2020年	70	190	0.7	82	28
2025年	70	400	0.7	172	58
2030年	70	650	0.7	279	95



知的財産権 <出願状況>

出願年	要素技術・製造技術	施工・運用技術	冷却システム
H19年度	9	0	0
H20年度	7	4	0
H21年度 (11月現在)	0	4	1

※本PJ推進のために、受託者費用で実施した関連研究に基づく特許出願を含む

研究発表数（論文・講演など）

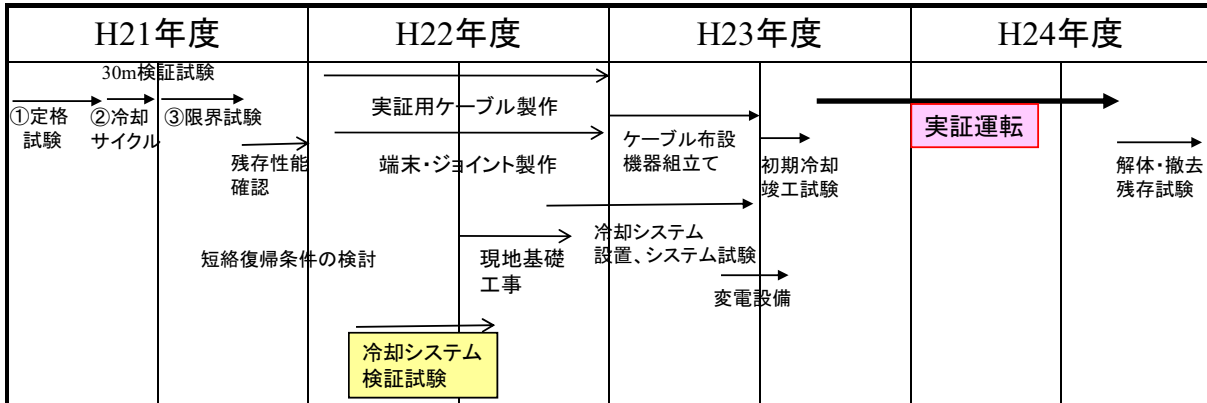
年度	論文（査読付き）	論文（その他）	その他外部発表
H19年度	0	4	2
H20年度	3	16	3
H21年度 (11月現在)	3	6	2

- ✓ 30m検証ケーブルシステム試験結果は、現在までの所、事前検討通りの成果
- ✓ 旭変電所については、詳細レイアウト、工事手順を設計中
- ✓ 冷却システムは、冷却システム検証試験を経て、旭変電所に構築予定

➡ **計画通り、実証試験をH23年度後半からスタートの予定**

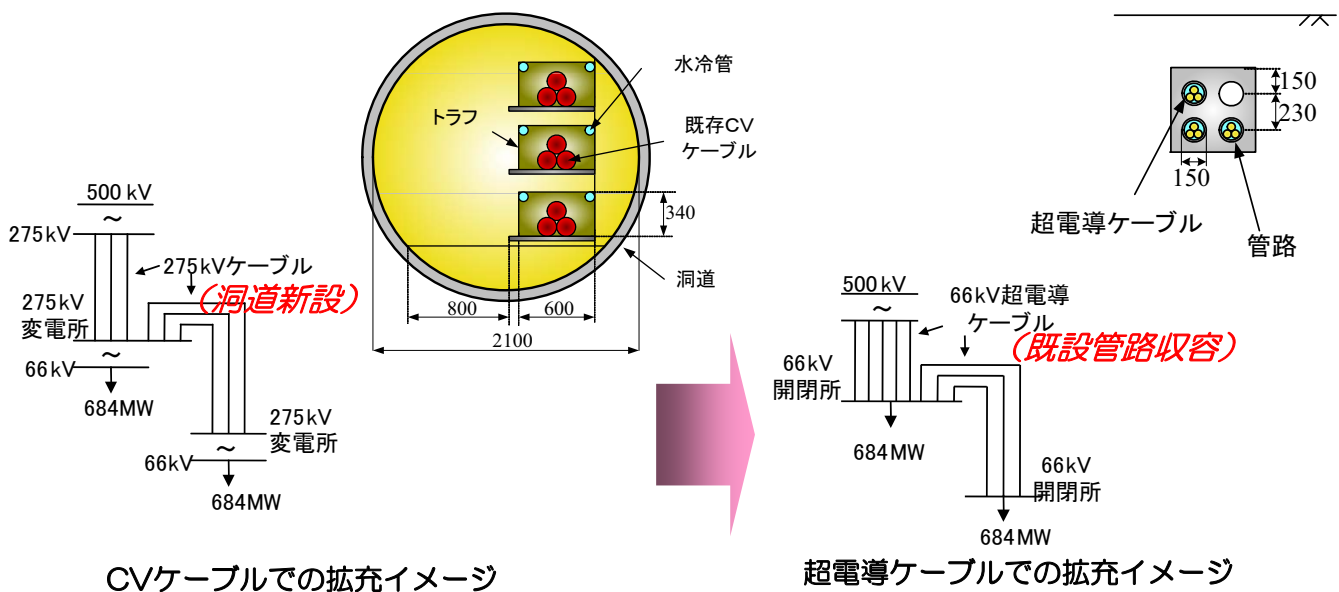
<残された課題への対応方針>

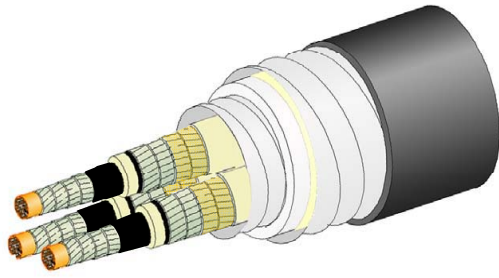
- ✓ 交流損失 1W/m/ph@3kA：線材の低損失化、ケーブル構造最適化で対応
- ✓ 短絡電流通過時の熱特性評価：30m試験とシミュレーションで解析(産総研と協業中)



<都内導入系統>

- ✓ 洞道布設が必要な既存275kVケーブルの代わりに、既存管路に収容可能な三心一括型超電導ケーブルの活用





交流大容量高温超電導ケーブルシステム

海外展開

- ✓米国ではスマートグリッド構想の一環として、超電導ケーブル技術に注目
- ✓実証中の超電導ケーブルと比べ、大容量化・コンパクト化・低損失化をバランス良く実現しており、技術的に優位

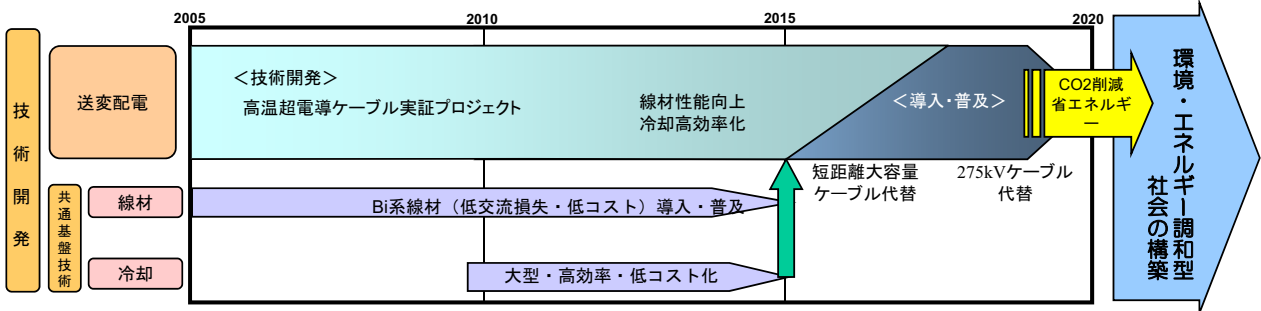
直流ケーブル応用

- ✓自然エネルギーを利用した大規模電源からの直流送電への適用
- ✓データセンターなど低電圧大電流の直流配電システムへの適用

冷却システム

- ✓超電導電力機器の冷却技術として幅広く活用可能

超電導技術分野導入シナリオ（エネルギー・電力分野）



2007～2012
高温超電導ケーブル
実証プロジェクト
—本プロジェクト—

超電導線材の高性能化、低価格化
冷却システムの大規模化、高効率化

コストダウン効果の実現

2016年～本格導入

- ・大電流ケーブル代替
- ・OF,POFケーブル代替
- ・基幹電力網への適用