

「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」

中間評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
プロジェクト概要	2
評価概要（案）	9
評点結果	16

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」(中間評価)

分科会委員名簿

(平成21年11月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	いわもと 岩本 伸一	早稲田大学 理工学術院 先進理工学部 電気・情報生命工学科 教授
分科会長 代理	いせ 伊瀬 敏史	大阪大学 大学院 工学研究科 電気電子情報工学専攻 教授
委員	あきた 秋田 しらべ 調	財団法人電力中央研究所 企画グループマネージャー
	かとう 加藤 まさつね 雅恒	東北大学 大学院 工学研究科 応用物理学専攻 准教授
	しらい 白井 やすゆき 康之	京都大学 大学院 エネルギー科学研究科 エネルギー応用科学専攻 教授
	まえかわ 前川 おさむ 治	株式会社東芝 電力システム社 統括技師長
	やまぐち 山口 ひろし 浩	独立行政法人産業技術総合研究所 つくば中央第二事業所 エネルギー半導体エレクトロニクス研究ラボ 副研究ラボ長

敬称略、五十音順

プロジェクト概要

		作成日	平成 21 年 11 月 12 日
プログラム(又は施策)名	エネルギーイノベーションプログラム、ナノテク・部材イノベーションプログラム		
プロジェクト名	高温超電導ケーブル実証プロジェクト	プロジェクト番号	P07014
担当推進部/担当者	新エネルギー技術開発部/ 山下 恒友		
0. 事業の概要	<p>本プロジェクトでは、高温超電導ケーブルを社会の重要なインフラである電力供給システムに適用するために、「交流超電導電力機器基盤技術研究開発」(平成 12 年度～16 年度)によって得られた高温超電導ケーブルの開発成果などを踏まえ、高温超電導ケーブルや冷却技術などを統合する高温超電導ケーブルシステムを構築して、高温超電導ケーブル単体だけではなく、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ために、実系統に連系した実証試験を実施する。このことによって、高温超電導ケーブルのトータルシステムとしての総合的な信頼性を実証するとともに、革新的な高効率送電技術の開発・検証を行うことを目的とする。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>[事業の背景・目的・位置付け]</p> <p>エネルギー利用の効率化の促進、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求められている。これを反映して、新・国家エネルギー戦略(2006年5月経済産業省)では、省エネルギーとして2030年までに少なくとも30%の効率改善を目指すことを目標として掲げている。また、新エネルギーイノベーション計画では、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」の開発と利用を強化すると掲げている。さらに、エネルギー・環境施策の「原子力の推進・電力基盤の高度化」では、発電された電力を安定的かつ効率的に需要家へ届けるため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などにより、現状以上の供給信頼度性を実現することを掲げている。さらに新政府は、CO₂排出量を1990年度比25%削減することを国際的に約束している。</p> <p>このような状況においては、十分な安全確保を前提に、需要に見合った信頼性の高い安定で効率的なエネルギー供給システムを構築することが重要である。効率的なエネルギー供給システムに資する技術として、高機能部材である超電導線材を利用し、大容量送電が可能となり送電損失を大幅に低減することが可能な高温超電導ケーブルシステムの技術を開発し、産業利用の早期実現を図ることは、エネルギー安全保障(セキュリティ)に貢献するとともに、社会や経済の安定した発展に大きく貢献すると考えられている。</p> <p>[NEDOが関与する意義]</p> <p>電気抵抗がゼロなどの特性をもつ超電導技術は、電力事業、情報通信、運輸、医療福祉等の幅広い分野で、様々な機器の飛躍的な性能向上・技術革新が可能である。その中でも、高温超電導ケーブル技術は、電力エネルギーの高効率な送電に貢献することができ、エネルギーの効率的な活用及び地球環境問題に対応し、CO₂排出量を削減する効果があると期待され、その公共性は高い。</p> <p>一方、従来ケーブルの更新需要は2016年頃から始まり、早期の実用化が望まれているが、その超電導ケーブルの実用化には、本プロジェクトにて提案する実用規模での実系統での実証試験が必須である。そのために必要な実証システムの構築、運転・メンテナンス・保守技術の開発には、量産開発の途中である高温超電導線材の使用、液体窒素温度で適用できるケーブル及びケーブル付属品(端末、ジョイント)の開発、液体窒素を循環冷却する冷却システムの構築など、これまで汎用されていない高価な材料、機器が必要であり、多額の費用がかかるのが実情である。</p> <p>従って、十分に公共性が高く、その実用化が急務であるが、開発には多額の費用がかかることから、国およびNEDOが関与する必要があると考えられる。</p> <p>[実施の効果]</p> <p>2015年頃からその実用化が始まると期待されており、2030年断面において国内では1000億円をこえる市場が期待できる。また本技術は海外への転用も可能であり、米国では、送電系統の老朽化に伴うエネルギーセキュリティの観点から基幹送電系の強化(GRID2030)が計画されており、また中国では、国内経済の急成長に伴って、送電線の増設に対する需要が高まっていることなどから、海外における超電導ケーブルの需要は、国内需要の数十倍から数百倍になると推定されている。</p> <p>一方、超電導ケーブル導入による地球環境対策としてのCO₂量削減の効果も期待できる。試算の結果、2030年の省エネ効果は279GWh/年となり、CO₂削減効果は95kton-CO₂/年になると推計されている。尚、この推定は前述したように国内の66kV以上ケーブルへの適用を考えた場合であり、全世界で考えれば、数十倍～数百倍の効果が期待できる。</p>		

II. 研究開発マネジメントについて							
事業の目標	<p>高温超電導ケーブルや冷却技術などを統合する高温超電導ケーブルシステムを構築して、高温超電導ケーブル単体だけではなく、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ために、実系統に連系した実証試験を実施する。このことによって、高温超電導ケーブルのトータルシステムとしての総合的な信頼性を実証するとともに、革新的な高効率送電技術の開発・検証を行うことを目的とする。</p> <p>具体的には、将来の送電システムを想定した、66kV、200MVA級の高温超電導ケーブルシステムの開発を行う。そのためには、高温超電導ケーブルの重要要素（ケーブル、中間接続部、冷却システム等）に関して、実系統に適用し得る所定の性能、機能を有することを、モデルシステムによって検証する。その後、中間接続部を有する三心一括型高温超電導ケーブルを、冷却装置や保護装置などの付帯設備とともに66kV実系統に接続し、長期連系試験を行う。これにより、高温超電導ケーブルシステムの信頼性・安定性の実証、実系統における運転方法・メンテナンス方法の検討、課題の抽出を行う。</p> <p>高温超電導ケーブルを適用する電力ネットワークの形態や規模などを考慮し、高温超電導ケーブルの適用技術の評価するとともに、冷却設備の安全性、運用性を考慮した法規制のあり方を検討する。また、実証試験を通じて、運転管理や評価・計測技術等の超電導送電システムの国際規格化を進めるために、標準化項目を整理して必要なデータ収集を行い、適用技術標準化の検討を行う。</p>						
事業の計画内容	主な実施事項	H19年度	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	H24年度
	(1) 高温超電導ケーブルの重要要素の研究	← 交流損失 1W/m/ph @ 2kA 開発 ← 短絡電流対応検討 ← 接続部の検討 1μΩ@2kA	← 検証用ケーブルの製造、評価	← 短絡電流長尺シミュレーション	← 交流損失 1W/m/ph @ 3kA 開発 ← 接続部の検討 1μΩ@3kA		
	(2) トータルシステム等の開発	← 基本仕様の検討	← 建設方法の検討 ← 付帯機器の検討	← 冷却システムの設計検討			
	(3) 送電システム運転技術の開発	← 系統調査	← 平常時の運転技術開発 ← 事故時の運転技術開発	← メンテナンス方法の検討			
	(4) 実系統における総合的な信頼性の検証		← 試験計画の立案	← 実証用ケーブルシステムの製造・建設	← 冷却システムの構築	← 運転評価	← 残存性能評価
	(5) 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の研究 ← 高温超電導ケーブルの適用技術研究	← 関連法規への対応			
	開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位：百万円)	会計・勘定					
一般会計							
特別会計	100	160	923				
加速予算		80					
総予算額	100	240	923	(650)	(400)	(380)	

開発体制	経産省担当原課	製造産業局非鉄金属課
	プロジェクトリーダー	H19～H20 年度 畑 良輔 (住友電気工業株式会社 執行役員) H21 年度 原 築志 (東京電力株式会社 技術開発研究所長)
	委託先 (*委託先が管理法人の場合には参加企業数も記載)	住友電気工業株式会社 (再委託先: 東京電力(株)、(株)前川製作所)
情勢変化への対応	<p>(1) 実施計画の見直し 平成 19 年度～20 年度の研究成果を、実証プロジェクト推進委員会・WG 検討会、NEDO 主催の超電導技術委員会にて報告し、研究内容の評価、今後の指針への指導などを頂いている。その中で、冷却システムの特性把握が超電導ケーブル運転上重要な課題であることから、冷却システムの模擬試験、熱機械繰り返し試験などを追加すべきとの提言があった。</p> <p>実施者側で計画を見直し、30m ケーブル検証試験において、超電導ケーブルが室温から液体窒素温度に冷却される際に発生する引張力、圧縮力による、超電導ケーブルの特性への影響の評価を検証試験に追加する。また、冷凍機が故障した際のシステムの挙動、短絡電流のような定格電流を超えた過電流が流れた際のシステムの挙動、保護方法の検討なども実施するようにする。このように、30m ケーブル検証試験の計画を変更し、試験内容を充実させることとした。このため、30m ケーブル検証試験の試験期間については、冷熱サイクル試験 (2 ヶ月)、限界性能試験 (4 ヶ月) を追加し、6 ヶ月延長する。</p> <p>(2) 事業期間の変更 上記の実施内容の変更を反映すべく、全体の計画見直しを行った。この際、実証場所では負荷が大きな夏場、あるいは冬場は、システムが重負荷となる場合もあり、特に電力設備の停止を伴うような工事を実施することが困難である。ある程度の期間の設備停止が可能な時期としては、5 月あるいは 11 月が適していることから、これを考慮した結果、超電導ケーブルと系統との接続は H23 年 11 月頃となり、事業期間を当初の 5 年から 1 年延長し、6 年とするようにした。この計画変更については、H21 年 2 月に開催された NEDO 主催の超電導技術委員会にて審議された承頂き、その後 NEDO 内の手続きを経て契約変更を行っている。</p> <p>(3) プロジェクトリーダーの交代 事業開始時は、住友電工の畑執行役員 (当時) がプロジェクトリーダーに任命され、その役務に就いていた。事業の最初の 2 年間は、ケーブルの低損失化、短絡電流対応といった、ケーブルの要素開発を中心とする開発内容であり、ケーブル技術、超電導技術の専門家である畑執行役員が務めていた。事業の 3 年目以降は、実証ケーブルシステムの構成、実証場所での運転などを検討し、実際に実証場所での工事、系統接続運転を行うことになることから、プロジェクトリーダーを系統技術・運転に詳しい東京電力の原技術開発研究所長に交代した。</p>	
中間評価結果への対応		
評価に関する事項	事前評価	平成 18 年 2 月に実施済み
	中間評価	平成 21 年 11 月に実施予定
	事後評価	平成 25 年度に実施予定
Ⅲ. 研究開発成果について	<p>1 高温超電導ケーブルの重要要素技術の検証</p> <ul style="list-style-type: none"> ・低交流損失型 TypeAC 線材を開発し、これを超電導ケーブル導体に適用した結果、交流損失 0.8 W/m/ph @ 2kA となり、中間目標 (1 W/m/ph 以下) を達成した。 ・ケーブル構造として、140mm² のフォーマ、77mm² の銅シールドをもつ構造とし、最大 31.5kA、2 秒の短絡電流が通過してもケーブルにダメージがないことを確認した。また、もらい事故模擬試験を実施し、10kA、2 秒の短絡電流通過直後に 1.75kA の通電、及び対地定格 38kV の課電が可能なことを確認した。以上の結果、中間目標を達成した。 ・中間接続部の接続抵抗部を開発し、導体部は 6.7nΩ/相@3kA、シールド部は 2.5nΩ/相@3kA であることを実証し、中間目標を達成した。また、ケーブルシステムに必要な中間接続部、終端接続部の設計を終えた。 ・30m ケーブル検証システムとして、30m 級三心一括型超電導ケーブル、中間接続部、終端接続部、液体窒素循環冷却システムを製作し、システム構築を行った。構築時、中間接続部、終端接続部のケーブルとの組合せ施工手順を確認し、管理項目を把握した。 ・本システムを用いて、①システムでの電氣的、機械的、熱的評価の実施、②冷却・昇温のヒートサイクル試験、③限界性能試験 (短絡電流模擬、冷凍機故障など) を実施する計画。既に①は実施済みで、ケーブルが所定の性能を有することを確認した。さらに電圧対地 51kV、電流 2kA (8 時間 ON、16 時間 OFF) の 	

条件で、1ヶ月の連続課通電試験に成功した。尚、この条件は30年間の加速試験に相当するものである。

2 トータルシステム等の開発

- ・実証ケーブルの基本構成を検討し、実証場所を東京電力管内の旭変電所（横浜市）に決定した。また、実証場所での超電導ケーブルと既存設備との接続形態について検討し、遮断器、断路器等と組み合わせた接続方法を決定した。さらに実証場所での系統条件（短絡電流条件、雷インパルス条件等）を踏まえ、超電導ケーブルへの基本仕様をまとめた。
- ・冷却システムのコンセプトについてまとめ、送電を停止しないシステム、負荷に追従可能なシステムを目指すこととした。冷却方式については、間接冷却と直接冷却から直接冷却方式を選択した。実証場所での電力負荷を想定し、冷却システムの必要冷凍容量を試算、1kW級冷凍機の台数を6台に決定した。また、冷凍機、ポンプの構成を検討し、冷凍機については2台×3並列の並列接続とすることとした。

3 送電システム運転技術の開発

- ・実証場所である旭変電所で予想される短絡電流および継続時間をシミュレーション及び規格から検討し、事故直後の課通電が「無」となる最大電流は、31.5kA-2秒、課通電が「有」となる最大電流は10kA-2秒であることを確認し、これを超電導ケーブル設計にフィードバックした。
- ・実証場所でのサージ電圧は、EMTP解析の結果、200kV程度であり、66kV系統でのLIW（雷インパルス耐電圧）：350kVよりも小さいことが判明した。
- ・常時運転については、冷却システムで超電導ケーブルの温度、圧力、流量を制御することが重要で、それぞれの制御指針を示した。温度制御については、冷凍機のON/OFF運転を試行しており、ケーブル入口温度±1K程度で制御できることをシミュレーションにて示した。圧力制御については、ヒータを用いた制御方法を志向しており、さらに実験を続けていく。
- ・異常時の運転においては、まずは超電導ケーブルシステムに異常が起こった場合に想定される故障モードについて整理を行い、対応案について検討した。警報については、各故障モードについて超電導ケーブルの系統からの切り離しの可否を検討した上で、重故障と軽故障に分類した。

4 実系統における総合的な信頼性の検証

- ・現在使用されているCVケーブルやOFケーブルの試験法を参考に、超電導ケーブルが実系統での長期使用に耐える特性を持つことを確認するための試験項目およびそれらの実施時期や実施方法などの試験計画について検討した。

5 超電導ケーブルの適用技術標準化の研究

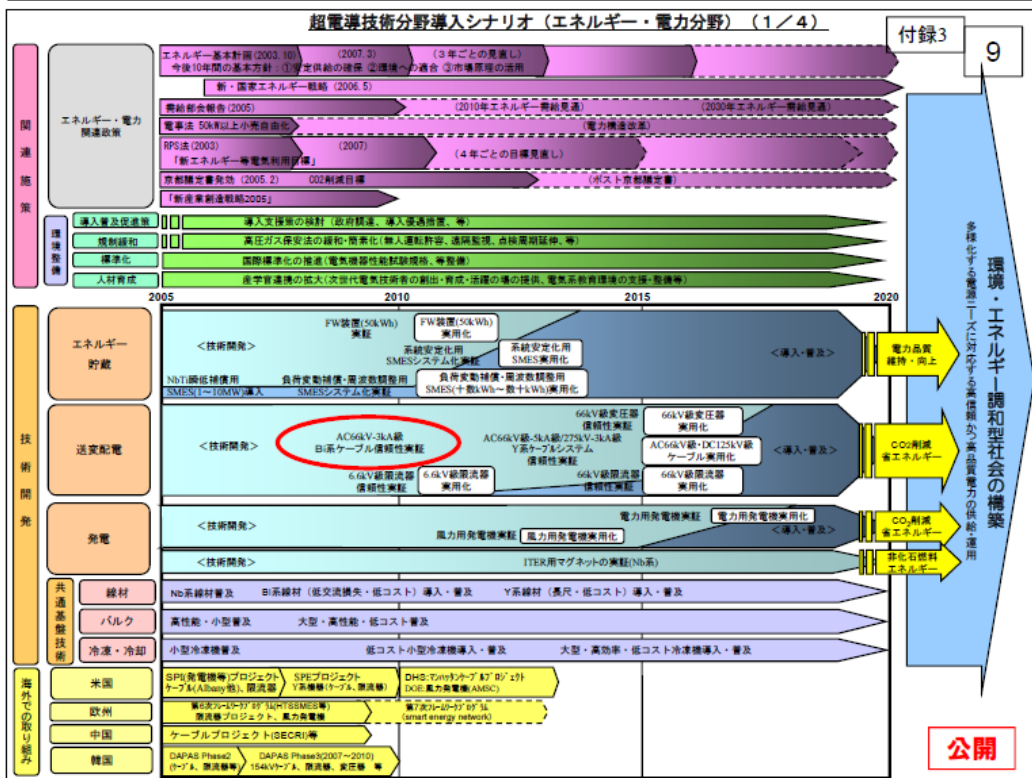
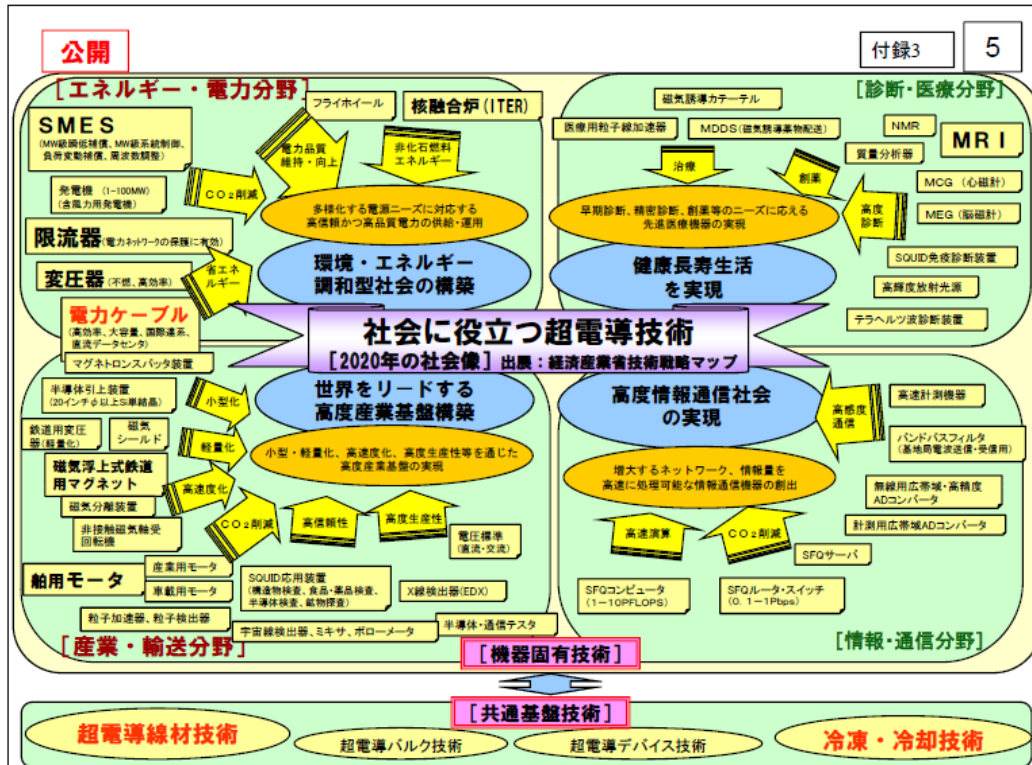
- ・CIGRE B1にて超電導ケーブルの試験法に関するワーキンググループ（WG）を設立するかどうかを検討するタスクフォース（TF）に、本プロジェクトでの検討結果を日本の例として情報提供した。この結果、TFにおいて超電導ケーブルのWGが設立されることが決定し、今後3年間、超電導ケーブル試験項目とその内容について議論される。
- ・旭変電所での超電導ケーブルシステムの搬入・据付・長期の実系統試験の全試験工程を対象とした時に、対応が必要となる関連法規を調査し、関係省庁と協議の結果、冷却システムを含む超電導ケーブルシステム全体は電気工作物として電気事業法が適用となる事を確認した。

投稿論文	[査読付き] 6 件、[その他] 26 件
特許	出願済み25件（※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）
その他の外部発表	新聞、テレビ報道件数 7 件

<p>IV. 実用化・事業化の見通しについて</p>	<p>(1) 超電導ケーブルの適用例と適用効果 超電導ケーブルの有効な適用例としては、①基幹系の電力送電網への導入において、既存 275kV ケーブルと同容量の電力を 66kV 超電導ケーブルで送電する場合、②経年化した 154kV の OF ケーブルの取替策としての適用、③発電所の引出口（発電機端～変圧器間）などの大電流が流れる部分への適用や、経年化した大容量 POF ケーブルの取替策、が考えられる。超電導ケーブルの適用により、大幅なコスト低減が期待できるとともに、送電ロスを半分程度まで低減でき、CO₂削減が期待できる。</p> <p>(2) 波及効果 諸外国においても交流超電導ケーブルの実証プロジェクトが進行中である。特に米国においては老朽化した送電ネットワークの近代化を目指したスマートグリッド構想が進行中で、超電導ケーブル技術もこの対策の一環として取り上げられている。本技術開発を早期に確立することで、諸外国の超電導ケーブル導入プロジェクトでの本技術の採用など、海外への波及効果も期待できる。</p> <p>地球温暖化対策として今後加速的に導入量が増加すると予想されている太陽光発電や風力発電などは、いずれも発電端は直流であり、ウィンドファームのように大規模集積化が進むと直流での直接送電のニーズが高まると予想される。また、データセンターなどでの電力消費は直流であり、低電圧大電流の直流配電システムへのニーズも高い。このような直流送電システムに対しても、本技術開発で培った超電導ケーブル技術の展開が可能で、これにより送電ロスはさらに大幅に低減でき、より大きな省エネルギー効果と CO₂削減効果をもたらすことができる。</p> <p>さらに本技術開発により、加圧液体窒素を用いた冷却システムの長期安定運転技術が確立されると、その冷却技術は超電導変圧器、超電導限流器、SMES（超電導電力貯蔵装置）など、その他の超電導電力機器の冷却技術として幅広く展開していくことが可能である。</p>	
<p>V. 基本計画に関する事項</p>	<p>作成時期</p>	<p>平成 19 年 3 月 策定</p>
	<p>変更履歴</p>	<p>平成 21 年 3 月 研究開発期間の変更</p>

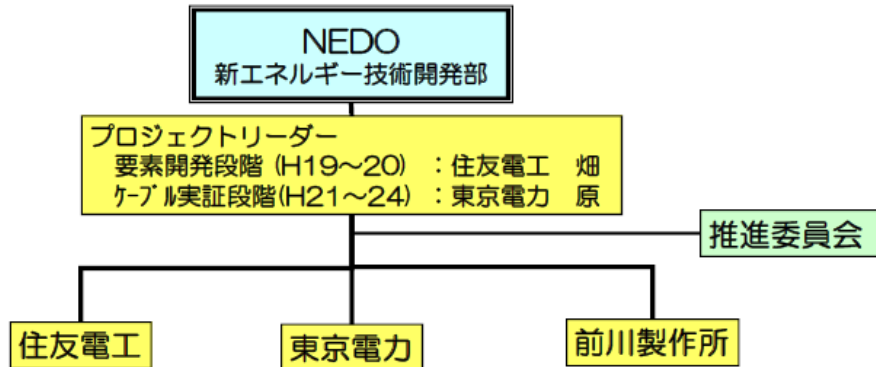
技術分野全体での位置づけ

(分科会資料6-1より抜粋)



「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」

全体の研究開発実施体制



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

「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」(中間評価)

評価概要(案)

1. 総論

1) 総合評価

本プロジェクトで開発が期待されているビスマス系高温超電導線材を用いた3相一括型の低損失でコンパクトな高温超電導ケーブルは、現状では世界の他の国では開発が難しい技術であり、電力技術において我が国が極めて優位に立てる技術の一つとなるものと期待できる。全般的に良く計画されたプロジェクトであり、中間目標もおおむね達成されている。未達成の部分についても達成への道筋が示されている。特に、これまで我が国の高温超電導ケーブル開発プロジェクトでは開発されたことが無い中間接続部の開発も順調に進められている。

一方、超電導ケーブルの実用化に向けたコスト削減、送電ロスさらなる低減には、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。また、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。

2) 今後に対する提言

実用化に向けて冷却システムの効率向上方策について具体的な検討を行うことを望む。冷却システムの性能をあげる研究開発は、本プロジェクトのみならず、並行してすすんでいるリットリウム系ケーブルのプロジェクトにも共通するため、非常に重要である。また、将来的に発電所への設置を考える場合は、その環境に適した試験も必要である。さらに、世界的なデファクトスタンダード技術とするためには、世界に対するアピールが極めて重要であり、我が国の高温超電導ケーブル技術の世界への周知を図るべきである。研究開発成果を国内外に広く紹介するための国際シンポジウムまたはワークショップなどの開催を期待したい。

本件は、社会性が極めて高い技術開発である事と、通常機器とは比較にならない非常に高いレベルの信頼性を要求される分野である事から、中長期的な信頼性の検証をどの様に行うかなど、本プロジェクト終了後の活動についても是非考えて頂きたい。研究開発成果を我が国の電力技術において世界を牽引する技術の一つとするために、国およびNEDOとして、研究開発成果の世界的な実用化さらに事業化戦略を持っておくべきである。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

高温超電導ケーブルは超電導電力応用で実用化が最も期待される分野であり、我が国の重要インフラである地中送電網の維持発展のために不可欠な技術開発である。本技術の開発・蓄積はわが国のエネルギーセキュリティ確保の観点からも国家戦略につながる重要な課題であり、NEDO プロジェクトとして適切である。

一方、本格的な実用化に向けての課題として、長期に渡る信頼性など、本事業でカバーしきれない部分が残る。本事業終了後の実用化に向けた課題解決の方向性を本事業の期間中に明確にしておく必要がある。

また、今後の地球環境問題を考える際に、高温超電導ケーブルの低損失性が寄与できるのは、国内よりも東アジア諸国を中心とする海外電力網である可能性が高い。世界への貢献といった観点からも、プロジェクトの位置づけを見直すことも必要である。

2) 研究開発マネジメントについて

研究開発推進にあたっては国内外の超電導ケーブル開発状況についての調査が行われており、内外の技術動向を踏まえた目標設定が成されている。さらに、目標設定が明確かつ具体的で定量化されており、十分な研究開発マネジメントが行われていると評価される。また、プロジェクトリーダーの途中交代を含め、実変電所構内での超電導ケーブル性能の実証試験とのプロジェクトの目的に相応しいプロジェクト推進体制を構築しており、効率的かつ漏れのない研究開発計画となっている。情勢変化への対応等も適切である。

しかしながら、冷却システムに関して比重が軽いように感じる。可動部分を有するなど、信頼性を考える上では重要な部分である。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を強化できないか。また、技術開発目標が国内の地中送電網への適用を目指した仕様となっている。開発される高温超電導ケーブル技術は世界的にも貢献が大きい技術であることを鑑みると、送電電圧階級毎の適応性などの設計研究では世界的なニーズも踏まえた検討を今のうちから行っておくことも必要である。

3) 研究開発成果について

設定されている研究開発目標に対し、中間段階として極めて順調な研究開発成果を上げている。ほとんど全ての項目で中間目標値をクリアしており、最終目標も十分に達成可能と評価される。中間時点で達成された内容は世界最高レベルであり、建設コストも1/3に低減できる目途付けがされるなど、十分な

成果が挙げられている。超電導ケーブルシステムのコンパクト化により、世界最高のエネルギー密度を達成でき、さらに既存管路に収容可能となったため大幅なコスト削減につながったことは大きな成果である。また、知的財産権の申請および論文の発表も適切に行われている。

しかしながら、今回は検証用として30m長のケーブルが製造されたが、30mの妥当性と製造技術の観点からの十分性への言及が若干弱かったように感じられた。これらの指標の妥当性についても示してほしい。また、世界的なデファクトスタンダード技術とするためには、世界に対するアピールが極めて重要であり、我が国の高温超電導ケーブル技術の世界への周知を図るべきである。研究開発成果の発表先を見ると国内が中心であるが、むしろ海外を中心に発表することも検討してほしい。

4) 実用化、事業化の見通しについて

実用化への技術的な課題は明確に示され、それに向けた方針も明確である。実証試験が実変電所に適用して実施されることを含め、実用化を十分に意識したプロジェクト計画となっており、またそれに向けた課題の抽出とその解決に向けた対応方針が明確になっている。本プロジェクトの適用により、建設コストが1/3に低減できるとの評価も得られており、十分な経済性が期待できると考えられる。本技術が、我が国の電力技術において世界を牽引する技術の一つとなる可能性は極めて高い。さらに、超電導応用技術の研究開発や人材育成にも大きな波及効果が期待できる。

一方、実用化には、冷却システムの高効率化、低コスト化が実現できるかが大きなポイントである。特に、事業化までには、冷却システムの電力使用量の低減の問題を解決しなければならない。

成熟した日本の電力系統では導入へのハードルが高い場合も、国際的にはそうでないことは多くある。日本での導入を前提にした規格化、標準化にこだわらず、柔軟な対応が必要である。国際標準化に関しては、データの提供にとどまることなく、最大限標準化そのものをリードすることが望まれる。

個別テーマに関する評価

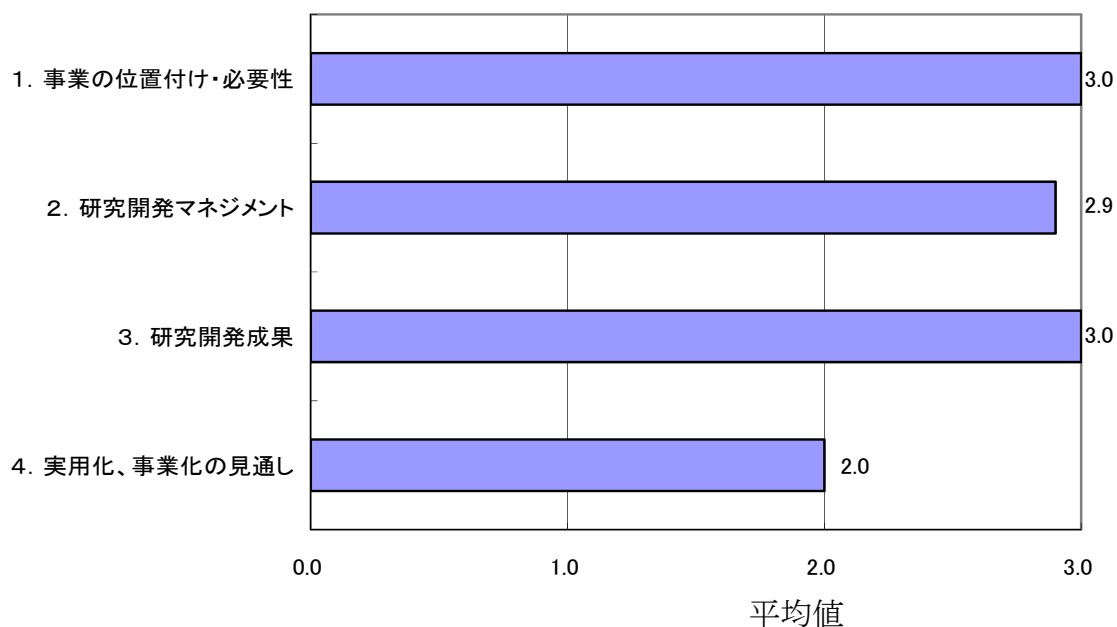
	成果に関する評価	実用化の見通しに関する評価	今後に対する提言
高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究 (①高温超電導ケーブルの重要要素技術の検証)	<p>要素技術開発、システムそれぞれに定量的目標値が設定されており、開発目標は非常に明確である。また、各開発目標値に対する達成度も定量化されており、また十分に中間目標値をクリアする成果が得られている。成果内容は世界をリードする内容である。成果の公表も適切に行われており、最終目標の達成も十分期待される。特に交流損失を1/3にまで低減した線材を開発することに成功し、2つのタイプの線材を組み合わせ、超電導ケーブルとしての交流損失の中間目標値をクリアした。これらの点は高く評価できる。</p> <p>しかし、最終目標の実現に向けて残された課題が何で、それを解決するためにどういう方策をと</p>	<p>高電圧 CV ケーブルなど、これまでの新しい送電ケーブル技術開発手順に則した技術開発が進められており、研究開発成果の実用化の見通しは良好である。</p> <p>実用化に必要な中間接続部の検証、終端部の検証も確実に実施されており、十分な実用性を有するに至っていると評価される。本ケーブルは、コンパクトでありながら、大容量、高電圧化に成功し、66kV 級実系統に接続可能なレベルに達している。また、実用化に向けてのシナリオが明確であり、他の超電導応用機器への波及効果も期待できる。</p> <p>一方、事業化に関しては、世界的な市場を対象とした事業化計画の立案が必要であり、今後は、コストダウンについての検討が</p>	<p>将来的には、冷却システムの効率改善（電力使用量の削減）を行い、高温超電導ケーブルシステムによる CO₂ 削減が実質的に前面に現れる必要がある。実証試験の試験条件の必要十分性の確認を再度実施されることを推奨する。また、実変電所を使用した実証試験であり、今後の成果の拡大適用も極力考慮した試験条件となっていることを確認することを推奨する。さらに、本事業では実施できない長期信頼性や真空破壊等のケーブル損傷などについては、実用化前に検証・試験する機会を確保する必要がある。</p> <p>また、国際的な技術標準の獲得、当該分野の研究開発や人材育成等の促進などのために、積極的な国内外への論文等による研究</p>

	<p>るのかを明確にすることが望まれる。また、今後、可能な限り研究開発成果を論文等で発表し、プロジェクト外での自主的な研究も含めて、国内外の叡智を集めた検討が進む研究開発体制を構築することを期待する。</p>	<p>望まれる。</p>	<p>開発成果の発信をお願いしたい。</p>
<p>高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究 (②トータルシステム等の開発、③送電システム運転技術の開発、④実系統における総合的な信頼性の実証)</p>	<p>実証場所が決定され、運転・監視等のシステムの構成、冷却システムの検討がなされ、中間目標はほぼ達成された。研究開発成果については満足 of いくものである。</p> <p>実際の電力系統に即した総合的な信頼性実証のための研究開発計画の策定と現地での試験計画の立案が進んでいる。雷サージに対する検討など系統に与える影響も吟味されている。冷却システムとその運用に関しても、詳細な事前検討を行っている。複数台による事前検証実験を組み込む計画変更も妥当であり、十分な信頼性を有するシステムが構築さ</p>	<p>実用化に向けて必要となる各種試験が計画通り実施され、中間目標値を達成したことが確認された。したがって実用化に向けた見極めが確実に進んでいると評価される。超電導ケーブルのコンパクト化に成功し、既存管路を活用できる点は大幅なコスト削減につながり、実用化に向けて大きく前進したといえる。技術実証試験以降の研究開発も円滑であることが期待できる。</p> <p>一方では、実用的な間接型冷却方式の検討、保守・メンテナンスの軽減などについて今後検討を行う必要がある。また、実用化に</p>	<p>超電導ケーブルシステムでCO₂を削減するためには、冷却システムに用いられる電力量も低減しなければならない。本プロジェクトの後、または並行して、冷却システムの効率化に取り組むべきである。実用化に際しては、ユーザーにとってできるだけ負担の少ない運転制御、特に冷却システムの運転、事故時の対応運転の見通しの良さが問われる。事業期間や予算の制約などで実施しきれない項目で、実用化前に検証・試験する機会を確保する必要がある項目がある場合には、解決の方針を本事業の期間中に明確</p>

	<p>れていると評価できる。</p> <p>一方、交流損失の低減、およびコスト削減のためにも冷却システムの高効率化、能力の向上が大いに望まれる。また、断熱管の真空が破れたときの対応も考慮する必要がある。今回の冷却システムを含めた試験構成と実際の長尺ケーブルの相違点をあげて、問題点を検討して欲しい。超電導ケーブルの管路内への敷設方法、実線路での初期冷却時の熱収縮対策技術などに関しても並行して検討を進めておくことにより、実証試験以降の技術開発がより円滑になるものと考えられる。</p>	<p>あたっては、将来、冷却システムの革新的改善が必要である。さらに、事業化のためには、本プロジェクトの範囲外ではあるが、世界的な電力ケーブルの運用状況を勘案した高温超電導ケーブルに求められる仕様および試験法の検討が必要である。</p>	<p>にしておく必要がある。世界的に他の高温超電導ケーブル開発計画をも巻き込んだ、技術の相互理解のための活動の立案に期待したい。</p>
超電導ケーブルの適用技術標準化の研究	<p>開発当初段階から標準化の重要性を意識し、そのために必要となるデータ採取計画が立案されており、標準化に向けた積極的な意図が感じられる。特に高温超電導ケーブルを電気事業法の対象として設置し運転を計画するこ</p>	<p>標準整備は極めて重要な活動である。技術開発成果を標準化および関連法規の整備等に反映させる仕組みは整えられている。また、関連法規への対応が明確化された事の意義は大きい。関連法規への対応は、今後の超電導応用機</p>	<p>概して国際標準化活動は日本サイドはあまり強いとはいえない領域であり、重要テーマである本件は、関係各方面からの支援を含め、世界をリードする形での標準化が期待される。</p> <p>国際標準化を含め、本プロジェ</p>

	<p>とは初めてであり、貴重な情報の収集が進められている。世界をリードするスペックのケーブルプロジェクトであり、試験成果をもとに国際標準化の議論において発言権を高めてリードしていけると評価する。</p> <p>国際標準化に関しては、データの提供にとどまることなく、最大限標準化そのものをリードすることが望まれる。今後、提案試験方法の有効性を世界に向けてアピールし、世界的な技術標準を目指しての情報発信が一層望まれる。</p>	<p>器開発において大きな意味を持つ。特に冷却設備関係の法規制緩和への提言に期待する。無人運転技術は導入において必須の項目である。</p> <p>一方、人材育成の促進などの本プロジェクトの波及効果等に関しては、実施者だけではなく、国、NEDO 等プロジェクトの推進者側での検討も重要であると考えられる。また、関連法規への対応については、関連分野への波及も考え、マニュアル化などを検討して欲しい。</p>	<p>クトの研究開発成果を核とした国際的なシンポジウムまたはワークショップの開催など、単発の研究開発事業として終わることなく、我が国の電力技術の核の一つとなる技術の確立との視点からの取り組みも期待したい。このためには、研究開発の実施者だけではなく、国、NEDO、関係の学協会までをも取り込んだ活動が必要であると考えられる。</p>
--	--	---	---

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.9	A	A	B	A	A	A	A	A
3. 研究開発成果について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
4. 実用化、事業化の見通しについて	2.0	B	B	B	B	B	B	B	B

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

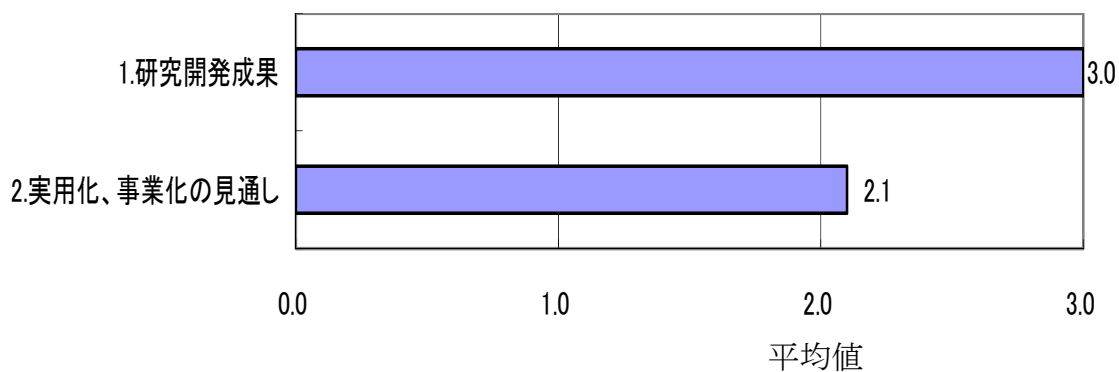
〈判定基準〉

1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

評点結果〔個別テーマ〕

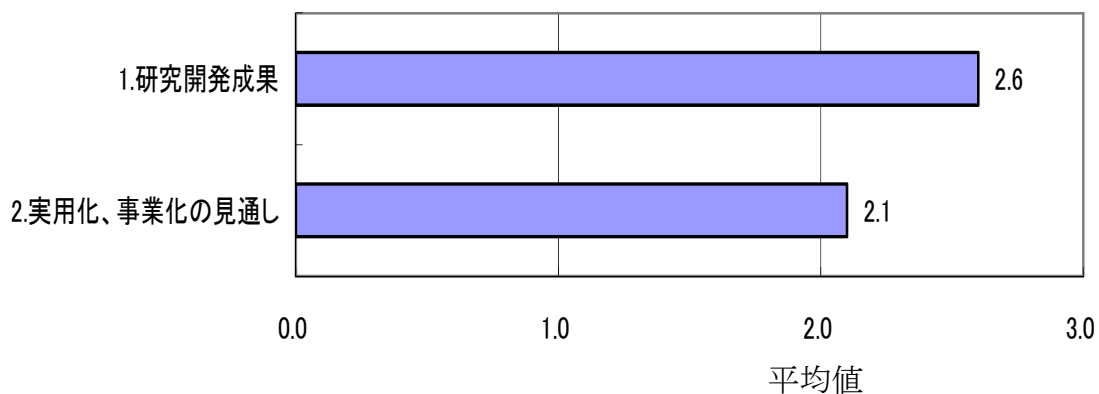
高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究

(①高温超電導ケーブルの重要要素技術の検証)

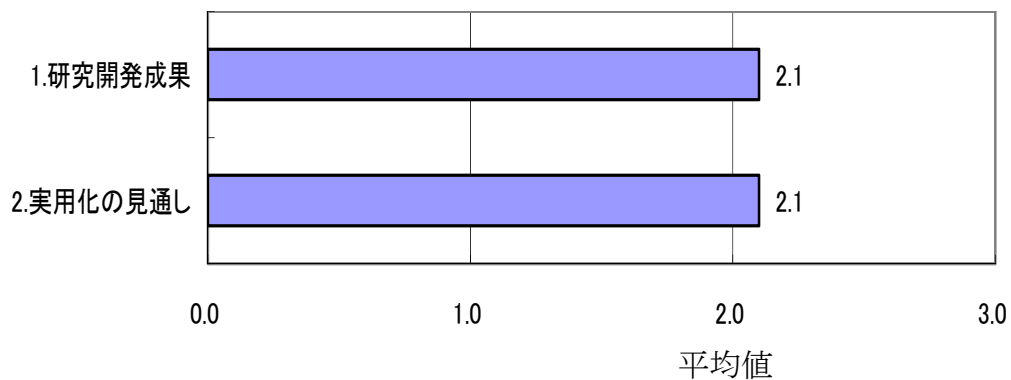


高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究

(②トータルシステム等の開発、③送電システム運転技術の開発、
④実系統における総合的な信頼性の実証)



超電導ケーブルの適用技術標準化の研究



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
高温超電導ケーブルの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)									
1. 研究開発成果について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.1	B	B	B	A	B	B	B	B
高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究 (②トータルシステム等の開発、③送電システム運転技術の開発、 ④実システムにおける総合的な信頼性の実証)									
1. 研究開発成果について	2.6	A	A	B	B	A	A	B	B
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.1	B	B	B	B	A	B	B	B
超電導ケーブルの適用技術標準化の研究									
1. 研究開発成果について	2.1	B	B	B	B	B	A	B	B
2. 実用化の見通しについて	2.1	B	B	B	B	B	A	B	B

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について

- ・非常によい →A
- ・よい →B
- ・概ね適切 →C
- ・適切とはいえない →D

2. 実用化、事業化の見通しについて
(実用化の見通しについて)

- ・明確 →A
- ・妥当 →B
- ・概ね妥当であるが、課題あり →C
- ・見通しが不明 →D