

「次世代送電システムの安全性・信頼性に係る実証研究」基本計画

省エネルギー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①政策的な重要性

日本再興戦略の中で、我が国の成長戦略の鍵として、科学技術イノベーション総合戦略の推進が挙げられている。超電導送電技術は、その科学技術イノベーション総合戦略において取り組むべき課題、スキームの中で「革新的エネルギー変換・貯蔵・輸送技術の高度化」の一つとして位置づけられており、温室効果ガスの排出を極力抑えたクリーンなエネルギー利用を達成した社会の確立に必要な技術とされている。また、平成26年度科学技術に関する予算等の資源配分の方針の重点的課題においても、「革新的エネルギー変換・貯蔵・輸送技術の高度化」のひとつとして位置づけられており、「科学技術重要施策アクションプラン」における成果目標として、2020年以降の超電導送電の実用化が挙げられている。

②我が国の状況

NEDOは、「イットリウム系超電導電力機器技術開発」(平成20年度～平成24年度)で、イットリウム系超電導材料を用いた長尺線材、超電導電力ケーブル及び超電導変圧器等の技術開発を推進し、世界的に優れた成果を挙げた。また、「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」(平成19年度～平成25年度)では、66kV/200MVA級の三心一括型超電導ケーブルシステムについて一年間以上の実系統連系試験を行い、電力システムの一部として利用可能な信頼性を有することを検証するとともに、冷凍機単独でCOP(Coefficient of Performance) 0.10を達成した。

③世界の取組状況

韓国は、2011年からGENIプロジェクトで、イットリウム系線材を用いた22.9kV/50MVA級、長さ410mの三心一括型超電導ケーブルの実系統実証試験を実施している。また、80kV/500MVA級、長さ500mの直流超電導ケーブル、及び、154kV/500MVA級、長さ1kmの交流超電導ケーブルを開発して、実系統にて実証する計画を公表している。

ドイツは、Ampacityプロジェクトで10kV/40MVA級、長さ1kmの三相同軸型ケーブルを開発し、2014年春には超電導限流器と組み合わせて実系統試験を実施する計画を、公表している。

我が国は、高温超電導技術の電力分野への応用について、材料から冷却や制御を含むケーブルシステムまで一貫した技術開発を実施してきた結果、諸外国よりも技術的優位性を保っているが、開発競争は今後一層激化すると考えられる。

④本プロジェクトのねらい

超電導送電技術の安全性及び信頼性を向上することにより、当該技術分野における我が国の優位性を維持・拡大するとともに、将来の高密度な電力需要に適応する高効率な次世代送電システムの実現に資することを目的とする。

(2) 研究開発の目標

①アウトプット目標

超電導ケーブルを実際の電力系統へ導入するために、通常時の信頼性だけでなく、ケーブルに対する外部からの機械的な損傷等による不測の事故（地絡・短絡等）時に生じる現象と影響を把握し、その結果を踏まえて安全性、信頼性を検討する必要がある。また、冷却システムの効率と耐久性をさらに改善する必要もある。加えて、事故・故障等を早期に検知するとともに、その影響を最小限に抑える等、実用性を向上させるための対策も重要である。

以上を踏まえて、本プロジェクトの開発目標を以下の通り定める。

【最終目標】

- ① 超電導ケーブルシステム^{*1}の安全性評価方法を作成するために、以下を開発目標とする。
 - ・超電導ケーブルシステムの安全性評価試験方法を作成する。
 - ・安全性評価試験を実施するために必要な評価試験装置を開発する。
 - ・作成した安全性評価試験方法を、国際標準化活動に反映させる。
 - ・安全性評価の対象とする事象による超電導ケーブルシステムへの影響を、実用的な信頼性で評価するシミュレーション技術を開発する。最終目標の評価条件等については、平成26年度末までに明確にする。
- ② 高効率・高耐久な冷却システム^{*2}を実現するために、以下を開発目標とする。
 - ・実運用を想定した条件で、直線部でのケーブル長さ当たりの熱侵入量が 1.8 W/m/条 以下となること。
 - ・実運用を想定した条件で、冷却システム全体のCOP^{*3}が0.11以上となること。
 - ・多様な現場に対応して、実用的なコストの冷却システムを設計する技術の検討を行う。
 - ・多様な冷却システムに対応して、冷却システム全体を高効率に運転する制御技術の検討を行う。
 - ・多様な冷却システムに対応して、冷却システム全体のエネルギー収支を実用的な精度でシミュレーションする技術の検討を行う。最終目標の評価条件等については、平成26年度末までに明確にする。
- ③ 早期復旧等の実用性向上のための対策として、以下を開発目標とする。
 - ・リスク低減及び早期復旧の観点から、超電導ケーブル及び冷却システムに付加するべき要素を検討する。

*1 本文中において、超電導ケーブルシステムとは、高温超電導線材を用いた超電導ケーブル、液体

窒素循環による冷却システム、並びに、電力等制御システムからなるシステム全体を指す。

- *2 本文書中において、冷却システムとは、液体窒素の循環により超電導ケーブルを所定の温度以下に保つことを目的としたシステムを指す。
- *3 本文書中においては、次の様に定義する。冷却システムの定格運転条件における、1時間当たりの、(冷却能力) / (冷凍機動力+ポンプ動力)

②アウトカム目標

大都市圏での局所的な電力需要の伸びや電力インフラ機器の経年による置き換えが予想される中、電力インフラの拡充・ケーブル交換には、共同溝の使用制約や送電網の用地買収条件を考慮すると、従来の銅ケーブルに比べ、高効率で送電容量の大きい超電導ケーブルの実用化が必要である。超電導ケーブルは、初期的には、揚水発電所の発電機引出線や都市部の地中ケーブルへの適用が見込まれている。超電導ケーブルは、従来の地中ケーブルに対して送電損失を1/2程度に抑えられることから、例えば、110kV以上275kV以下の地中ケーブルのうち20%が超電導ケーブルに置き換わり、ケーブルの年間平均利用率を50%と仮定した場合、CO₂を年間13.2万t程度削減できると見積もられる。なお、超電導ケーブルを用いた送電システムの国内の市場規模は、2030年において首都圏を中心に年間260億円程度見込まれる。

③アウトカム目標達成に向けての取り組み

NEDOは、海外市場への展開に向けた支援の一環として、各国関係機関との情報交換や調整等を実施する。また、ケーブル、冷却システムの製造段階等で冷却に用いる液体窒素等が高圧ガス保安法の適用を受ける可能性があるため、規制緩和に向けた働きかけを実施する。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

【助成事業】

- ①「超電導ケーブルシステムの安全性評価方法の開発」 (NEDO負担率1/2)
- ②「高効率・高耐久冷却システムの開発」 (NEDO負担率1/2)
- ③「早期復旧等の実用性向上のための対策検討」 (NEDO負担率1/2)

本研究開発は、実用化に向けて企業の積極的な関与により推進されるべき研究開発であり、助成事業として実施する。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

NEDOが公募によって研究開発実施者を選定する。

研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等（以下、「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外での団体と連携して実施することができるものとする。

（２）研究開発の運営管理

NEDOは、研究開発全体の管理・執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な対策を講じるものとする。運営管理にあたっては、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

① 研究開発の進捗把握・管理

NEDOは、外部有識者で構成する技術委員会を組織し、定期的に技術評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

② 技術分野における動向の把握・分析

NEDOは、プロジェクトで取り組む技術分野について、必要に応じて内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査等を行う場合、委託事業として実施する。

3. 研究開発の実施期間

平成26年度から平成27年度までの2年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の事後評価を平成28年度に実施する。なお、評価時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しにする等、適宜見直すものとする。

5. その他重要事項

（１）基本計画の変更

NEDOは、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善案を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直す等の対応をおこなう。

(2) 根拠法

本プロジェクトは「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法」第15条第1項第3号及び第9号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成26年3月、制定。

(2) 平成27年2月、評価に係る記述を変更

(3) 平成28年2月、研究期間を3年から2年に短縮することによる関連記述の変更

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目①「超電導ケーブルシステムの安全性評価方法の開発」

1. 研究開発の必要性

超電導ケーブルの実用化には、地絡・短絡事故等を想定して、その影響を検証しておくことが必要である。また、検証試験を世界に先駆けて実施することにより、世界市場での優位性を確保できる。そのため、事故・故障発生時の超電導ケーブルや冷媒の挙動と現象を把握し、超電導ケーブルシステムに及ぼす影響を検証する。

2. 研究開発の具体的な内容

(1) 安全性評価のための試験方法の確立及び試験装置の開発

超電導ケーブルでの絶縁破壊等の電気的事故、断熱管等での機械的故障や損傷、並びに、冷却システムの故障等、超電導ケーブルシステムで想定される各種の事故・故障を、海外での適用も考慮に入れて、抽出・分類する。

それらの発生頻度及び損害レベルを考慮して、安全性評価試験を行うべき項目を選定する。また、試験条件及び試験方法等、安全性評価試験の実施に係る細目を決定する。

決定した安全性評価試験を実施するための試験装置を設計・製作する。

決定した安全性評価試験方法を、IEA、ISO等の場を通じて、国際的に共有し普及する。

(2) 安全性評価試験による影響検証

安全性評価試験に用いる超電導ケーブルサンプルを、想定する用途に応じて作製する。当該ケーブルサンプルを用いて、安全性評価試験を実施する。また、安全性評価の対象とする事象による超電導ケーブルシステムへの影響を、実用的な信頼性で評価するシミュレーション技術を開発する。その試験結果及びシミュレーションにより、超電導ケーブルシステムに及ぼす影響を検証する。

3. 達成目標

【最終目標】

(1) 安全性評価のための試験方法の確立及び試験装置の開発に係る最終目標

- ・超電導ケーブルシステムの安全性評価試験方法を作成する。
- ・安全性評価試験を実施するために必要な評価試験装置を開発する。
- ・作成した安全性評価試験方法を、国際標準化活動に反映させる。

(2) 安全性評価試験による影響検証に係る最終目標

- ・安全性評価の対象となる事象による超電導ケーブルシステムへの影響を、実用的な信頼性で評価するシミュレーション技術を完成開発する。

最終目標の評価条件等については、平成26年度末までに明確にする。

研究開発項目②「高効率・高耐久冷却システムの開発」

1. 研究開発の必要性

「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」における実系統連系試験を通じて、超電導ケーブルへの侵入熱の低減、冷却システムの高効率化、及び、冷却システムのメンテナンス間隔の長期化が課題として明らかとなった。また、適用されるサイトに応じて、複数の冷却ステーションの配置等の設計を行う必要があることから、多様な冷却システムに対応してエネルギー収支を評価するためのシミュレーション技術が必要である。

2. 研究開発の具体的な内容

(1) 超電導ケーブルの侵入熱低減技術の開発

超電導ケーブルの断熱に係る構造・材質を改良して、2種類以上の電圧階級について超電導ケーブルを試作する。その効果を実験によって確認する。

(2) 冷却システムの高効率化技術の開発

冷却システムを小型化するとともに、効率を向上させる技術開発を行う。

開発した冷却システムと超電導ケーブルを組み合わせた長期運転試験を行い、性能及び耐久性を評価する。

(3) 冷却システムの設計及び制御技術の高度化

適用する現場に対応して、複数の冷却ステーションの配置等、適切な冷却システムを設計する技術を開発する。

多様な冷却システムに対応して、冷却システム全体を高効率で運転するための制御技術を開発する。また、冷却システム全体のエネルギー収支を評価するシミュレーション技術を開発する。加えて、超電導ケーブルシステム全体としてのエネルギー収支についても、評価を行う。

3. 達成目標

【最終目標】

(1) 超電導ケーブルの侵入熱低減技術の開発に係る最終目標

- ・実運用を想定した条件で、直線部でのケーブル長さ当たりの熱侵入量が 1.8 W/m/条 以下となること

(2) 冷却システムの高効率化技術の開発に係る最終目標

- ・実運用を想定した条件で、冷却システム全体のCOPが0.11以上となること。

(3) 冷却システムの設計及び制御技術の高度化に係る最終目標

- ・多様な現場に対応して、実用的なコストの冷却システムを設計する技術の検討を行う。
- ・多様な冷却システムに対応して、冷却システム全体を高効率に運転する制御技術の検討を行う。
- ・多様な冷却システムに対応して、冷却システム全体のエネルギー収支を実用的な精度でシミュレーションする技術の検討を行う。

最終目標の評価条件等については、平成26年度末までに明確にする。

研究開発項目③「早期復旧等の実用性向上のための対策検討」

1. 研究開発の必要性

超電導ケーブルシステムの事故・故障等を早期に検知し、その影響を最小限に抑えるとともに、できるだけ早期に復旧することは社会インフラの構成要素として重要である。事故・故障を早期に検知し、また、早期に復旧させるための、超電導ケーブルシステムとしての研究開発は行われておらず、実用化に向けて検討と検証を行う必要がある。

2. 研究開発の具体的な内容

研究開発項目①での試験結果及びシミュレーションによって示された影響の度合いに応じて、超電導ケーブルシステムとしての、事故・故障発生頻度の低減、損害の低減、並びに、事故・故障からの復旧方法等を検討する。

検討の結果、事故・故障発生頻度の低減及び損害の低減のために、超電導ケーブルに付加すべき要素が明確になった場合は、研究開発項目①における、ケーブルサンプルの試作に反映させる。また、冷却システムに付加すべき要素が明確になった場合には、研究開発項目②における、冷却システムの開発及び制御技術の開発に反映させる。

3. 達成目標

【最終目標】

- ・リスク低減及び早期復旧の観点から、超電導ケーブル及び冷却システムに付加すべき要素を検討する。