

世界初、民間プラント実系統に三相同軸型超電導ケーブルシステムを導入する 実証試験を完了 —大電力を使用するプラントへの採用で、送電時の損失 95%以上削減にめど—

NEDO、昭和電線ケーブルシステム(株)、BASFジャパン(株)は「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」で、2020年11月から2021年9月までBASFジャパン(株)戸塚工場(横浜市戸塚区)で進めてきた民間プラントの実系統に三相同軸型超電導ケーブルシステムを導入する世界初の実証試験を完了しました。

この試験では三相同軸型超電導ケーブルシステムを敷設、連続的かつ安定的に電力を供給し、液体窒素によるケーブル冷却と信頼性・安全性の検証、運用コストの算出を行いました。

その結果、超電導状態の維持に必要な液体窒素によるケーブル冷却がより厳しい盛夏を含め、システムの信頼性・安全性を実証しました。また、既存設備を利用することでケーブルの設置および運用コストの低減にも成功しました。この超電導ケーブルシステムを30MW以上の大規模電力を使うプラントに採用することにより従来に比べ送電時の損失を95%以上削減するめどが立ったほか、CO₂排出量の削減効果も確認でき、本超電導ケーブルシステムが効率的な送電システムとして脱炭素社会に貢献できることを証明しました。



出典: 国土地理院HP画像からNEDO作成

図1 工場構内への超電導ケーブル敷設状況

1. 概要

地球温暖化への対策として温室効果ガスの削減が求められる中、電力の有効活用が緊急の課題となっています。一方、超電導技術は電力損失が生じない高効率な電力供給技術として、電力エネルギーやエレクトロニクス、医療、輸送といったさまざまな分野において多くの注目を集めてきました。しかしながら、その超電導状態を維持するには液体窒素などで冷却し続ける必要があるため、実用化に向けて低コストでの運用技術の確立が求められていました。

このような背景の下、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)は、日本における省エネルギー型経済社会の構築および産業競争力の強化を目指して「戦略的省エネルギー技術革新プログラム^{*1}」を推進しており、同事業で昭和電線ケーブルシステム株式会社(CS)とBASFジャパン株式会社(BASF)は2021年9月に、BASFジャパン(株)戸塚工場(横浜市戸塚区)で2020年11月から共同で進めてきた実証試験^{*2}を完了しました。

本実証試験では、2017年度から2018年度までの実用化開発で開発した低コストでコンパクトな三相同軸型超電導ケーブルシステムを同工場構内に敷設^{*3}し、約1年間連続的かつ安定的に電力を供給する中で、液体窒素によるケーブル冷却と信頼性・安全性の検証、運用コストの算出を行いました。その結果、超電導状態の維持に必要な冷却がより厳しい盛夏でも冷却システムの信頼性・安全性を実証できたほか、設置および運用コストの低減に成功しました。

超電導ケーブル導入による省エネルギー効果は大電流を通電する系統へ適用することでより大きくなることから、今後は大電力を使用するプラントや発電所の母線、将来的にはスマートシティのインフラへの適用などが期待されます。また液体窒素など冷熱を扱うプラントでは、その冷熱が冷却に利用できることから冷凍機の設置が不要であるため、比較的低コストでの運用が可能となり、高い導入効果が見込めます。30MW以上の大規模電力を使うプラントで従来のケーブルを本超電導ケーブルシステムへ置き換えることにより、従来のケーブルで発生していた送電時の損失を95%以上削減できるめどが立ちました。同時にCO₂排出量の削減効果も確認できたことから、本超電導ケーブルシステムが効率的な電力送電システムとして脱炭素社会に貢献できることを証明しました。

2. 本事業の成果

(1) 低コストでコンパクトなケーブルシステムを開発

実用化開発(2017年度～2018年度)で、一般プラント向けに低コストでコンパクトな三相同軸型超電導ケーブルを開発しました(図2)。三相同軸型ケーブルでは誘導電界を遮断するための遮蔽層に使用する超電導線材の量を単心ケーブルの3分の1にできることから、トータルの超電導線材のコストを3分の2に削減できました。また、三相同軸型とすることでケーブルが1本になるため、コンパクトで柔軟性のある構造を実現しました。

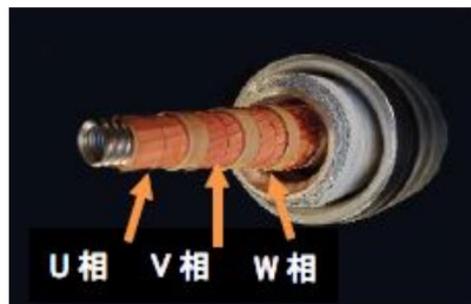


図2 三相同軸型超電導ケーブル

通常の単芯ケーブルは三相交流の各相を独立して流すため、終端電極が6台必要になります。これに対し、三相同軸型では同軸に電極を配列することにより2台で収まるため、コンパクトな形状にすることができました(図3)。



図3 終端

ケーブルの三相同軸化に伴い、中間接続についても既存技術を発展させた同軸接続構造を採用し、外径340mmのコンパクトな形状としました(図4)。この中間接続技術の確立により、線路の長距離化が可能となりました。



図4 中間接続

今回採用したサブクール式冷却システム(図5)はエア・ウォーター株式会社とCSが共同開発したもので、密閉容器に蓄えた液体窒素を減圧することによって、液体が気体になる際の蒸発潜熱を利用してマイナス200°Cまで冷却するシステムです。プラントで大量に保有している液体窒素を冷媒として利用し、減圧するために排気した窒素ガスは回収してプラントで利用するというコンセプトで設計しています。

超電導ケーブルは常時冷却して使用することから、冷却に用いる液体窒素の状態を常に監視する必要があります。今回の実証試験では終端部分に圧力、温度、流量、液面レベルを計測するセンサーを配置し、これらのデータを一元的に監視するシステムを設定しました。緊急時には送電回路を切り替える機能も付加しています。



図5 サブクール式冷却システム

(2) 実プラントでの実証試験により、ケーブル設置の容易性、省エネルギー効果などを確認

本実証試験ではプラントの既存設備を利用する必要があったことから、構内の既設ラック(高さ5m)上にケーブルを設置するなど構内経路に沿って敷設しました。そのため、4カ所の屈曲部(90度、曲げ半径1.5m)を設ける必要がありましたが、ケーブルの柔軟性により問題なく敷設することができました(図7)。なお、コンパクトなケーブルでは屈曲部などで液体窒素の流路が狭くなりますが、本システムでは長距離(往復約400m)でも問題なく液体窒素を流すことができ、複雑なプラントレイアウトにも対応できることが確認できました。



図6 ラック部(高さ5m)へのケーブル敷設状況



図7 屈曲部(90度、曲げ半径1.5m)敷設状況

ケーブルや終端・中間接続部などの部品のコンパクト化による熱侵入量の低減およびプラント内の冷熱を活用することによる省エネルギー効果について、ほぼ設計値通りの結果が得られました。本実証試験での結果を基に長さ1,000mの超電導ケーブルと従来のケーブル(CVケーブル)に3,000Aの三相交流電流を通电して1年間に生じる送電損失を比較(図8)したところ、本超電導ケーブルシステムへの置き換えにより、従来ケーブルで発生する電力損失量を95%削減できるめどが立ちました。

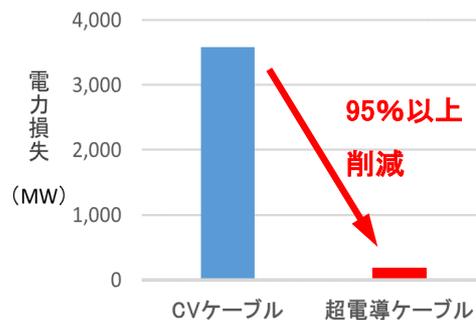


図8 省エネルギー効果(電力損失)

本実証試験では約1年間にわたり無事故で電力供給を行い、盛夏期でも安定した液体窒素の循環を確認できました。従来の液体窒素ポンプは数カ月に一度の分解整備を必要としますが、本事業で開発したポンプは約1年間、メンテナンスフリーによる運転を達成しました。これによりポンプのメンテナンスをプラントの定期点検に合わせて実施できることになり、高い実用性が証明できました。

また開発した監視システムで実証試験期間を通して常時監視を行った結果、その有効性が確認できたことから無人の監視体制も導入可能であることが確認できました。

これらのシステムをプラントに適用することにより、大きな省エネルギー効果が見込めます。図9は、本システムを導入した場合の省エネルギー量と初期投資回収年数を表しています。各バブルは色で冷熱利用の有無と種類、大きさに代替可能な回線数を表しており、例えば初期投資回収年数を10年以内とした場合、1,080の回線(約300事業所)が対象になります。その中で液体窒素を利用するプラント(緑色)で30MWの電力を利用するプラントは420回線(約190事業所)あり、年間省エネルギー量は原油換算で約110kL、初期投資は約8年で回収できることを示しています。

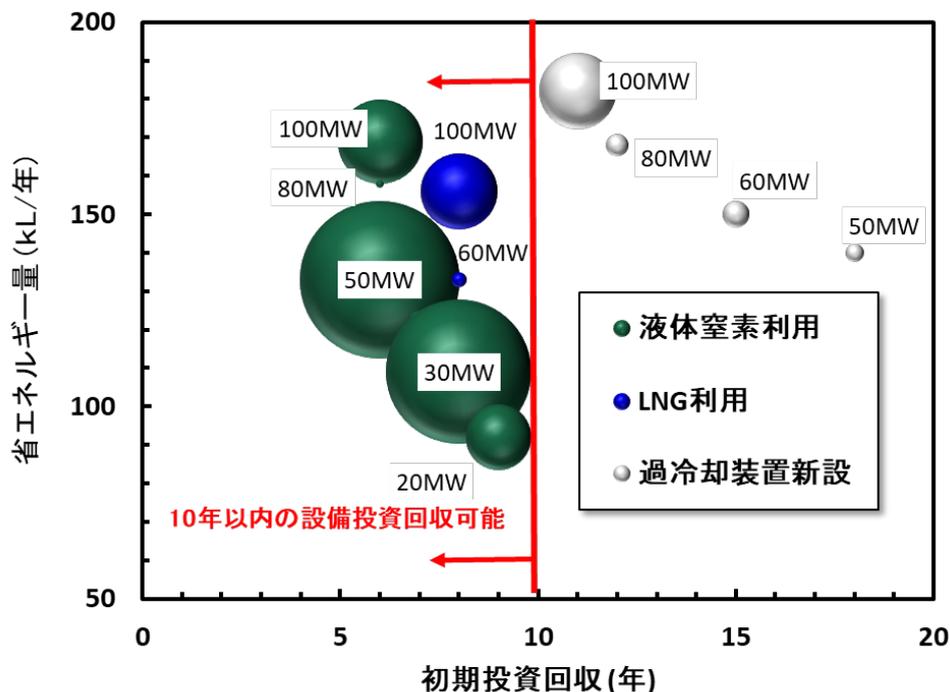


図9 省エネルギー効果と初期投資効果

なお実証試験に関する動画は、下記NEDO公式YouTube「NEDO Channel」で12月6日(月)13時00分から公開する予定です。

『世界初』民間プラントでの三相同軸型超電導ケーブルシステム導入実証試験を完了

<https://www.youtube.com/watch?v=c0LR7nbINoM&list=PLZH3AKTCrVsVzmrIj-RdMW4ppYDHkVlai>

3. 今後の予定

NEDO、CS、BASFは本実証試験を通じて、民間プラントでの敷設工法や運用管理方法の妥当性、省エネルギー効果などを検証し、想定どおりの結果を得ることができました。引き続きこのシステムの実用化に向けて取り組んでいくとともに、カーボンニュートラルの実現に向けてこの成果を電力エネルギーの有効利用による温室効果ガス削減につなげていきます。

【注釈】

※1 戦略的省エネルギー技術革新プログラム

研究開発項目: 実用化開発・実証開発/プラント内利用のための低コスト型三相同軸超電導ケーブルシステムの開発

【助成事業】

期 間: 2017年～2021年10月末

助 成 先: 昭和電線ケーブルシステム株式会社

助成先の委託先: BASFジャパン株式会社、エア・ウォーター株式会社、国立大学法人九州大学、国立大学法人東北大学

※2 2020年11月から共同で進めてきた実証試験

参考: NEDOニュースリリース 2019年6月12日 「世界初、民間プラントでの三相同軸超電導ケーブルの実証試験開始へ」

https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101132.html

※3 三相同軸型超電導ケーブルシステムを同工場構内に敷設

参考: NEDOニュースリリース 2020年11月11日 「世界初、民間プラントに三相同軸超電導ケーブルを敷設」

https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101377.html

4. 問い合わせ先

(本ニュースリリースの内容についての問い合わせ先)

NEDO 省エネルギー部 担当: 中原、岩本 TEL: 044-520-5281

昭和電線ホールディングス(株) 経営戦略企画部 戦略課 IR・広報グループ TEL: 044-223-0520

BASFジャパン(株) コミュニケーションズ部 TEL: 03-5290-2511

(超電導ケーブルシステムの技術・製品についての問い合わせ先)

昭和電線ケーブルシステム(株) 技術開発センター プラント内超電導ケーブルプロジェクト

TEL: 042-773-7163

(その他NEDO事業についての一般的な問い合わせ先)

NEDO 広報部 担当: 坂本、橋本、鈴木(美)、根本

TEL: 044-520-5151 E-mail: nedo_press@ml.nedo.go.jp