

高温超電導ケーブル試験設備

## 高温超電導ケーブルの適用性を実証

世界最長500mのフィールドで

世界最長規模での実証試験を実施

さまざまな試験で性能を確認

超電導ケーブル実用化への大きなステップ

ひとつと 電力技術研究所 高エネルギー領域 主任研究員 市川 路晴

# 世界最長規模での実証試験を実施

高温超電導ケーブルは、現在我が国をはじめ、米国、韓国、中国等で活発に研究が進められています。高温超電導ケーブルは、超電導材料でできた線を - 196 以下に液体窒素で冷却し、超電導状態にすることで、従来のケーブルよりも送電ロスを大幅に減らすことができるため、大電力を輸送できるという特徴を持っており、特に都市部で増加する電力需要に対処するための技術として有望視されています。

しかし、高温超電導ケーブルを実用化するためには、延長数kmのケーブルを常時冷却しなければならないことから、基本的な運転特性や、液体窒素の長距離循環による問題などについて、詳細に確認する必要があります。電力中央研究所では、新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）が超電導発電関連機器・材料技術研究組合（Super-GM）に委託したプロジェクトに参画し、古河電工株式会社が製作した世界最長となる500m長の高温超電導ケーブルを用いて、実証試験を実施しました。

## 試験設備の概要

本試験用の超電導ケーブルは、ピスマス（Bi）系の超電導テープを銅でできた芯に巻きつけて導体としたもので、絶縁層と超電導シールド層を含めたケーブルの回りに、冷却用の液体窒素を流して冷却する構造となっています。

このケーブルを、実際に敷設した際の状況で性能試験を行うため、本試験設備では、地中敷設ケーブルを模擬した地中埋設部や、地中から立ち上がり、橋を經由して河川を横断することを模擬した10m高の高低差部、ケーブルの冷却・昇温時の熱伸縮を吸収するためのオフセット部を設けています。

## フィールド試験の項目

本試験では、高温超電導ケーブルの性能を確認するため、以下の試験を実施しました。

- (1) 敷設施工性試験：管路へのケーブル引き入れ時の敷設施工性の確認や敷設後のケーブル性能の確認試験
- (2) 基本特性確認試験：冷却・昇温時の熱挙動やケーブルの基本的な電気特性などの確認試験
- (3) 定常運転試験：約1ヵ月間の課通電で、30年間のケーブル使用を模擬する加速劣化試験
- (4) 負荷変動試験：急激な電流変動など、ケーブルに負荷を与える試験
- (5) 過酷・限界性能試験：高電圧をかけたり冷却システムが故障した状態での運転試験



図 超電導ケーブルの構造

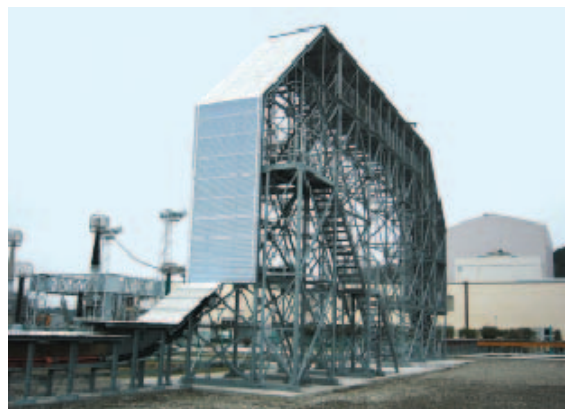


図 実敷設状況を模擬した10m高の高低差部

# さまざまな試験で性能を確認

## ケーブルの基本性能を把握

敷設施工性試験では、実際のケーブルと同様に内径150mmの管路の中にケーブルを敷設し、従来ケーブルに比較しても施工上の問題がないこと、また実際の敷設後においても、ケーブルの超電導特性に性能劣化が起きないことを確認しました。

基本特性試験においては、ケーブルの電気特性、冷却・昇温時の熱挙動、定常冷却時の熱侵入量など、ケーブルの基本性能を一つ一つ確認し、いずれも当初から期待されていた実用レベルの性能を満足することを確認しました。

定常運転試験では、1ヵ月で30年の電気絶縁寿命を評価できるよう、高い電圧を継続してケーブルにかけ続ける課電加速劣化試験を実施しました。しかし、試験の後に、絶縁劣化などは見られず、本ケーブルには高い信頼性があることが確認できました。

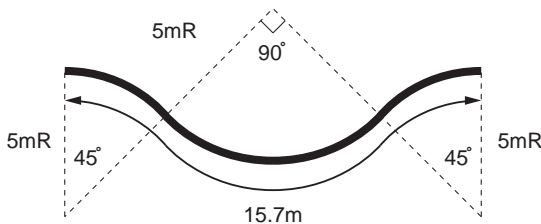


図 オフセット部の形状

## 過酷な試験に耐える

電気の使用量は1日の間でも大きく変わることから、実際の使用量の変化を模擬して、24時間の間で大きな電流変動を与える負荷変動試験や、瞬時に0~100%となる急激な電流変動を加える試験を行いました。

この試験においても、ケーブル性能は低下せず、液体窒素の冷却システムも常に健全に働いていることが確かめられ、実際の使用にも問題がないことがわかりました。

更に、事故や災害時の停電や故障も想定し、超電導状態を保つための液体窒素冷却システムが停止した状態で、どの程度の間超電導状態が維持できるかを確かめる限界運転試験を実施し、冷却システムが停止しても1時間以上送電が継続できることを確認しました。

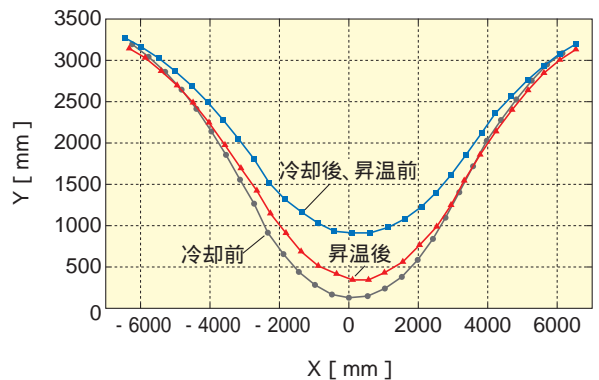


図 オフセット部のケーブル挙動



図 熱伸縮を緩和するオフセット部

## 超電導ケーブル実用化への大きなステップ

### ケーブル応用技術で各国に先行

本フィールド試験の結果、開発した高温超電導ケーブルが、実用化レベルに近い500mという長さで、さまざまな条件下で全長にわたり健全であることを確認しました。また、過酷・限界試験などにも耐えられることがわかり、信頼性が高いことを確認できました。

現在、米国、韓国、中国等でも、超電導ケーブルの開発が進行中ですが、今回、海外での計画に先行して超電導ケーブルの実用化に向け必要となる種々の基礎データを入手できました。

これらの一連の試験により、超電導ケーブルの設計、試験法、布設施工法、運用に対して実用化の際に必要な詳細な知見が得られ、ニーズに応じた超電導ケーブルの実用化への大きなステップになりました。

### 超電導の将来に向けて

今後は、ビスマス系よりもさらに大きな電流を流すことができる、イットリウム(Y)系高温超電導材料を超電導ケーブルに適用する研究開発により、更なる低コスト化が期待されます。

当研究所では現在、ケーブル以外の超電導応用電力機器の開発にも取り組むと同時に、「超電導」という物理現象自体の解明にも取り組んでおり、今後もこれらの成果を総合的に活用して、広く社会や電気事業に貢献していきたいと考えています。

### ひとこと



電力技術研究所  
高エネルギー領域  
主任研究員

市川 路晴

今回の試験は、500mという世界最長の長さを実線路に則した三次元形状の試験線路であったことから、いくつかの問題も発生しましたが、それに対応し無事試験を完了出来ました。

電力設備は高い信頼性が要求されますが、今回の実規模に近い設備での試験により、敷設時の施工性、冷却・絶縁性能などの把握・実証ができ、超電導ケーブルの開発にとって大きなステップになったと確信します。今後も、超電導ケーブルのみならず、超電導応用電力機器全般にわたる将来技術の可能性にチャレンジしていきたいと考えています。

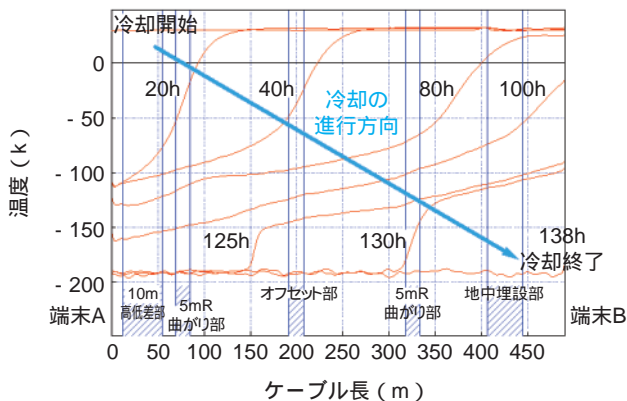


図 超電導ケーブルの再冷却特性

### 既刊「電中研ニュース」ご案内

No.411 CRIEPIのうごき 2005.4春  
No.410 水や蒸気の流れる部位の信頼性を高める

No.409 少子・高齢化社会の経済・電力需要  
No.408 西暦2450年までの地球温暖化を予測