

読者の広場

Q&A

Q: 「275 キロボルトに耐えられる世界最高電圧の超電導（線）ケーブルを開発したという新聞記事がありました。どういう技術により可能になったのでしょうか。また、どういう応用が期待されるのでしょうか？」

A: 世界で開発されている超電導ケーブルとしては、超電導の高密度大電流通電の特性を利用してケーブルシステムをコンパクトにして都市部導入部分に適用する中高電圧電力ケーブルと、今回開発した超高電圧電力ケーブルの2種類があります。前者は、東京電力-住友電工の実証試験プロジェクトに代表される66 kV超電導ケーブル、韓国の23 kV超電導ケーブル、米国AEPの24 kV超電導ケーブルがあります。一方で、系統送電線として超高電圧で大容量送電を目指した開発もあり、米国のLIPAプロジェクトでは135 kV/2.4 kA超電導ケーブル、韓国のDAPASプロジェクトでは154 kV/1 GVA超電導ケーブルの開発が進められています。日本国内の電力系統は、発電所から都市近郊までは275 kV~500 kVの超高圧架空送電線が主に使われ、都市部近郊から都市内部へは地中に布設された275 kV級地中送電ケーブルが用いられています。その後、電力系統は、トランスで電圧が降下され、分岐されながら需要家に配分されていきます。今回新聞発表されたNEDOの「イットリウム系超電導電力機器開発」プロジェクトの中で開発を進めている275 kV超電導ケーブルは、系統の中でも上位に位置する基幹系統への導入を考えて開発されています。

さて、275 kV超電導ケーブルは、これまでにない高電圧に耐える必要があり、その電気絶縁が開発の重要ポイントになります。また、電圧にほぼ比例して電気絶縁も厚くなりますが、材料自身の熱伝導が悪い電気絶縁材料を用いるために、導体の損失が大きいと導体の発熱量も大きくなり超電導を維持できなくなる可能性もあります。そのため、通電損失を小さくすることが要求されます。

電気絶縁については信頼性が重要であり、長期において絶縁破壊のない材料選定がポイントとなります。古河電工では、いくつかの電気絶縁材料の候補を選び、超電導ケーブルモデルを作製し、交流電圧破壊試験やインパルス破壊試験を実施してそれぞれの破壊電圧の許容値を求めました。また、破壊に至らない低い電圧でも絶縁体中で局所的に発生する放電（部分放電）が絶縁材の劣化を引き起こすと考えられていることから、部分放電発生電界の測定を行いました。また、部分放電発生直前の部分放電が発生しない電圧を長時間かけ続け、部分放電が発生する時間を測定する長期特性の調査を行いました。これらのデータを基に長期安定な設計電界を決定し、275 kV超電導ケーブルの絶縁設計を行い、運転電圧の2.5倍の交流電圧、そして系統の最大インパルス電圧の1.1倍のインパルス電圧に超電導ケーブルが耐えることを確認しました。

超電導ケーブル導体の損失には、課電することによる絶縁体中の誘電損失と、通電による超電導導体内のヒステリシス損失があります。誘電損失低減には、絶縁体の電気特性を決定する誘電率(ϵ)と誘電正接($\tan \delta$)を耐電圧性能と合わせて考慮し、ポリプロピレンフィルムの比率の高いクラフト紙とポリプロピレンフィルムのラミネート紙(PPL紙)を最適材料として選択しました。その結果、0.6 W/mの低い誘電損失を達成することができました。一方、超電導導体内のヒステリシス損失に関しては、3 mm幅の狭幅線材を、フォーマ上にギャップを小さくして巻きつける方法で低損失化を図っています。今回は、5 mm幅の線材から臨界電流の低い線材端部を切断して幅方向の臨界電流密度を均一にした3 mm幅線材を用いたことで、これまでの超電導導体における交流損失の

50%となる 0.12 W/m at 3 kA を実現することができました。

超電導機器は冷却しなければなりません、一般の超電導機器は容量が大きいほど冷却が必要とされる動力の割合が小さくなり効率が良くなっていきます。275 kV 超電導ケーブルは、試算によると現用の CV ケーブルに比べて、同じ送電容量の電力 (1.5 GW) を送る場合には、送電損失を 4 分の 1 以下に低減することが可能となり、二酸化炭素 (CO₂) 排出量の削減にもつながると期待しています。

回答者：古河電気工業株式会社パワー&システム研究所 超電導応用開発部部长 向山晋一 様

[超電導 Web21 トップページ](#)