

超電導100年

名古屋大学 エコトピア科学研究所 エネルギー科学研究部門 教授 早川 直樹

Professor Naoki Hayakawa
Energy Science Division, EcoTopia Science Institute
Nagoya University



はじめに

オランダのカメリン・オンネスが1911年に超電導現象を発見してから、来年2011年で100年になる。「超電導100年」を迎えようとしている今、本稿では、超電導の電力分野への応用に関する現状と技術課題を述べるとともに、最近のトピックスを紹介する。

物理現象から工学技術へ

超電導が物理現象として発見されて以来、材料の面では、種々の金属、酸化物、有機物が超電導を示すことが確認され、臨界温度の上昇、加工性の向上、高電流密度・長尺化などの点で大きな進展があった。一方、その超電導材料を利用して工学技術として実用化され、市場を形成しているのは、MRI(磁気共鳴画像装置)とシリコン単結晶引き上げ装置のみであろう。超電導の応用分野は、上記の他、電力(送電ケーブルなど)、運輸(磁気浮上列車など)、環境(磁気分離装置など)、医療(SQUIDなど)、エレクトロニクス(量子コンピュータなど)、高エネルギー物理(加速器など)等々、多様である。超電導の応用・実用化を妨げている要因は種々あるが、特に筆者が関連する電力分野では、高電圧、大電流、冷却の各側面において技術課題がある。

「超電導」と言えば、「大電流」に視点が向けられる場合が多いが、需要家が消費するのは電流ではなく、電力(=電圧×電流)であることを忘れてはならない。すなわち、超電導電力応用には「高電圧」に対する視点が必要不可欠であり、極低温環境下における高電圧・電気絶縁技術の確立・体系化が喫緊の課題である。「大電流」については、材料開発に負うところが大きい。交流電圧下での超電導電力機器・システム開発が先行している現状では、交流損失の低減は必須の技術課題である。冷却については、極低温冷媒による浸漬冷却と冷凍機による伝導冷却があるが、冷却温度や圧力は機器性能に直接影響するため、冷却の安定性・効率性を含めた合理化・最適化が必要である。

超電導の発現には、温度、電流、磁界の3条件がある範

囲内に入っていないければならず、その範囲を超えると超電導状態が一気に崩壊する「クエンチ」現象が発生する。クエンチが超電導電力機器の高電圧・大電流性能に及ぼす影響を把握し、その保護・制御技術を確立し、機器設計に反映することが必須であり、超電導特有の課題である。これらの要因の他にも、超電導導体の接続や各種試験方法など、超電導を工学技術として展開するために解決すべき課題は多い。

超電導電力機器開発においては、送電ケーブル、変圧器、発電機などの従来型電力機器の導体を超電導導体にリプレースすることにより、主として機器の低損失化・高密度化・大容量化・コンパクト化などが目的とされている。一方、超電導限流器やSMES(超電導電力貯蔵装置)は、従来型電力機器では実現し得なかった新しい機能を創製するものである。特に、超電導限流器は系統故障時に機能を発揮することから、他の超電導電力機器と複合・多機能化することにより、機器設計やシステム構成・運用の柔軟性向上と最適化に寄与し得る。一例として、筆者らが1998年から開発に着手した超電導限流変圧器(SFCLT)は、超電導変圧器と超電導限流器とを複合したものである。同プロジェクトのSTEP-5として開発した2MVA、22kV/6.6kV器(単相分)を第1図に示す⁽¹⁾。



第1図 2MVA級高温超電導限流変圧器

最近のトピックス

超電導電力応用に関する研究開発は、日本、アメリカ、ヨーロッパ、韓国、中国などにおいて活発である。超電導電力機器の導入によるエネルギーインフラ構築の観点から、各国の国家プロジェクトによる実証試験が推進されているケースが多い。日本では、NEDOの「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」と「リ튠系超電導電力機器技術開発」(M-PACC)が同時進行している。最近の機器ごとのトピックスとして、以下のプロジェクトが挙げられる。

- ・ケーブル：M-PACCの275kV高電圧ケーブル
オランダの6km長距離限流ケーブル
アメリカの系統間直流連系
- ・限流器：AMSC-Siemensの115kV抵抗型限流器
中国の35kV限流器のフィールド試験
ドイツ・イギリスの民間プロジェクト
- ・変圧器：M-PACCの限流変圧器
アメリカの28MVA限流変圧器

電気は「あって当たり前」？「縁の下の力持ち」？

本稿は「超電導100年」と題して、超電導電力応用に関する技術課題と最近のトピックスを紹介してきたが、ここでは超電導を含む「電力工学」に関する筆者の日頃の思いを雑感的に綴ってみたい。

「電気」はスイッチを入れれば照明が点灯したり、電気製品が動き出すという、便利なエネルギーである。一般市民にとって、電気は空気と同様に「あって当たり前」であり、電気が現在および次世代の社会活動を支えるエネルギー基盤であるという事実、ましてやその背後の高度な電力技術の存在はほとんど認識されていない。逆に、「電気はビリビリして怖い」というネガティブなイメージがつきまとっていると思われる。

しかし、地球規模の環境問題である地球温暖化を抑制するとともに、技術立国である我が国の将来を担う若者の理科離れ(特に、電気離れ?)を食い止めるためには、このような「縁の下の力持ち」的な電気・電力技術のイメージを払拭する必要がある。社会の一人ひとりが電気の恩恵に浴していることを意識しなければ、地球温暖化や理科離れに対するいかなるアクションプランも功を奏さない。このためには、専門家集団の地道な研究開発とともに、一般市民を対象とした公開講座やマスコミを通じた啓発活動が必須である。例えば、GIS(ガス絶縁開閉装置)などの電力流通設備を紹介する某メーカーのテレビコマーシャルは、大変印象的である。

同様に、電気製品のネーミングも重要である。いかにも便利で親しみやすいネーミングも結構だが、技術の存

在が感じられるようなネーミングも心掛けるべきである。家電量販店に並ぶ「液晶テレビ」は、購入者が「液晶」の何たるかを理解しなくても、「液晶」という技術が反映されたテレビであることは十分に伝わる。この意味において、超電導電力応用に携わる筆者としては、「リニア中央新幹線」を2005年の愛知万博で披露された「超電導リニア」(第2図)というネーミングに戻して欲しい。「超電導リニア」が開業する際には、超電導ケーブルなどの超電導電力機器を経由する電気が一般家庭にも供給され、市民の生活・意識にも「超電導」という工学技術が浸透していることを期待して止まない。



第2図 超電導リニア(愛知万博)

おわりに

SF₆ガスが1900年にフランスで初めて合成されて以来、GCB(ガス遮断器)やGISとして電力分野に応用・実用化され、電力流通設備に変革を与えるまでには、60年以上の歳月を必要とした。超電導は既に発見から100年が経過しようとしているが、超電導が次世代の電力流通設備に新たな変革を与え、その工学技術としての存在が社会にも認識され、電力工学の教育研究に関する革新技术の一つとなるものと信じている。

【参考文献】

- (1) 神足、他：電気学会超電導応用電力機器研究会、ASC-10-001(2010)

早川 直樹(はやかわ なおき)氏 略歴

平成 2年3月 名古屋大学大学院工学研究科博士課程満了
平成 2年4月 名古屋大学工学部助手
平成 8年4月 名古屋大学理工科学総合研究センター助教授
平成10年4月 名古屋大学大学院工学研究科助教授
平成13年4月～平成14年3月 ドイツ・カールスルーエ
研究センター(FZK)客員研究員
平成20年4月 名古屋大学エコトピア科学研究所教授