

超電導電力機器とシステムの 高性能・多機能化

超電導電力機器とシステムの高性能・多機能化調査専門委員会編

目 次

1. はじめに	3	5. 変圧器	60
2. 要素技術	4	5.1 主要パラメータ・比較表	60
2.1 超電導線材	4	5.2 研究開発動向	60
2.2 超電導線材・導体の交流損失	7	5.3 動向解析	65
2.3 電気絶縁	12	6. 高性能・多機能化	72
2.4 冷却	16	6.1 超電導電力機器の高性能化	72
3. 限流器	23	6.2 超電導電力機器の多機能化	73
3.1 主要パラメータ・比較表	23	6.3 超電導電力機器の実用化に向けて	78
3.2 研究開発動向	23	7. おわりに	83
3.3 動向解析	41		
4. 超電導ケーブル	46		
4.1 主要パラメータ・比較表	46		
4.2 研究開発動向	46		
4.3 開発動向解析	56		

超電導電力機器とシステムの高性能・多機能化 調査専門委員会委員

委員長	早川直樹(名古屋大学)	途中退任	高橋良和(日本原子力研究開発機構)
幹事	増田孝人(住友電気工業)	委員	永田達也(中部電力)
	矢澤孝(東芝)		花井正広(名古屋大学)
幹事補佐	小島寛樹(名古屋大学)	主な	能瀬真一(富士電機)
委員	青木裕治(昭和電線ケーブルシステム)	参加者	胡南南(東北大学)
	飯岡大輔(名城大学)		光庵豊一(三菱電機)
	飯島康裕(フジクラ)		市川裕士(東京電力)
	池内正充(前川製作所)		大保雅載(フジクラ)
	石山敦士(早稲田大学)		谷貝剛(上智大学)
	上條弘貴(鉄道総合技術研究所)		中村一也(上智大学)
	亀田秀之(電力中央研究所)		鬼頭豊(東京電力)
	白井康之(京都大学)		鹿島直二(中部電力)
	高尾智明(上智大学)		三觜隆治(古河電気工業)
	富岡章(富士電機)		青木伸夫(昭和電線ケーブルシステム)
	鳥居慎治(電力中央研究所)		野口裕(東京電力)
	二ノ宮晃(成蹊大学)		王旭東(早稲田大学)
	野口浩二(日新電機)		西村崇(住友電気工業)
	馬場旬平(東京大学)		式町浩二(中部電力)
	濱島高太郎(八戸工業大学)		植田浩史(大阪大学)
	平野直樹(中部電力)		朽網寛(フジクラ)
	福井聡(新潟大学)		野田翔(京都大学)
	本庄昇一(東京電力)		渡邊臣人(東北大学)
	向山晋一(古河電気工業)		服部圭佑(東京大学)
	村上義信(豊橋技術科学大学)		森政人(東京大学)
	山口浩(産業技術総合研究所)		西岡英祥(東京大学)
	山田慎(東芝)		
	山本俊二(三菱電機)		

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災以降、電気エネルギーの重要性が再認識され、再生可能エネルギーの導入拡大など、エネルギーセキュリティーを含めた種々の議論が行われている。これは、現代社会における「電力化率」（一次エネルギーに占める電力の比率）は50%に達しようとしているが、ガスや水道などのインフラや金融などの社会活動も停電によって機能しなくなることを考慮した「電気依存率」はさらに高い（国民総生産に基づいたある試算によれば、約80%）ことを物語っている。このように電気エネルギーに依存した現代および将来社会においては、その安定供給が必須であり、電源確保・多様化とともに、電源～消費地間の電力流通システムの安定化・強化によるエネルギーインフラ（ライフライン）の構築が重要であることは論を待たない。このような次世代の電力流通システムの構築に資すると期待されている革新的技術の一つとして、超電導技術が挙げられる。

超電導が1911年に物理現象として発見されてから100年が経過し、超電導現象の各種技術分野への応用が試みられてきた。その一つとして、超電導技術の電力分野への応用があり、超電導電力機器としては、超電導ケーブル、超電導変圧器、超電導限流器、超電導エネルギー貯蔵装置（SMES、フライホイール）などが挙げられる。これらの超電導電力機器は、電力流通システムの高効率化・高信頼度化・環境調和に大きく貢献することが期待されている。

超電導電力機器・システムに関する2000年以降の電気学会技術報告として、786号（交流超電導マグネット技術の現状と課題）、800号（電力システムにおける超電導機器—ハードウェアとソフトウェアの開発状況—）、838号（HTS超電導応用技術の広がり）とLTS超電導応用技術の動向）、897号（国内外における交流超電導機器技術の現状と動向）、946号（超電導電力機器の仕様と特性）、969号（超電導電力応用機器の最新実用化技術動向）、994号（交流超電導技術適用性）、1070号（バルク高温超電導体の材料技術と応用機器技術の現状と動向）、1088号（電力システムにおける超電導電力機器特性）、1120号（超電導応用機器設計基礎技術）、1152号（超電導磁気軸受フライホイールエネルギー貯蔵システムの研究開発動向）などが発行されている。上記の技術報告の発行後、国内では、NEDO（独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）の「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」（2007年度～2013年度）と「リチウム系超電導電力機器技術開発（M-PACC）」プロジェクト（2008年度～2012年度）、海外では、アメリカ、ヨーロッパ、中国、韓国などにおいて、実証試験を中心とした各種プロジェクトが実施されている。特に、中国では、図1.1に示すようにSMES、超電導限流器、超電導変圧器、超電導ケーブルを1ヶ所に集めた超電導変電所が甘粛省白銀市に設置され、2011年2月から実系統で運転開始されている。



図 1.1 超電導変電所（中国甘粛省白銀市）

このような超電導電力機器・システムに関する国内外のプロジェクトが実施されている中、本調査専門委員会では、主として電力流通システムの要である超電導ケーブル、超電導変圧器とともに、電力流通の制御機器として期待されている超電導限流器に調査対象を絞り、超電導電力機器・システムの研究開発動向および実用化に向けた技術課題を調査した。さらに、昨今の超電導電力機器に関する研究開発動向の一つとして、超電導限流器の機能を他の超電導電力機器に複合・多機能化した超電導限流ケーブルや超電導限流変圧器などの開発が挙げられる（国際会議 ISS2010 の Closing Session において、「超電導電力機器の複合・多機能化は、超電導技術の電力応用分野における一つのトレンド」と評された）。超電導電力機器の複合・多機能化は、平常時の電気抵抗がゼロである超電導特性によって初めて実現し得るものであり、超電導電力技術の新しい適用形態の創成に資すると考えられることから、本調査専門委員会において焦点を当てることとした。

以上のような社会的・技術的背景および調査活動の趣旨に基づいて、本調査専門委員会は2009年5月に発足し、大学、研究所、電力会社、電力機器メーカー、線材メーカーの計27名にて構成し、3年間の調査活動期間内に18回の委員会を開催した。本技術報告は、その調査結果をまとめたものであり、第2章以降の構成・内容は以下の通りである。

第2章 要素技術

～超電導線材、交流損失、電気絶縁、冷却～

第3章 限流器

～主要パラメータ、研究開発動向、動向解析～

第4章 ケーブル

～主要パラメータ、研究開発動向、動向解析～

第5章 変圧器

～主要パラメータ、研究開発動向、動向解析～

第6章 高性能・多機能化

～高性能化、多機能化、実用化に向けて～

第7章 おわりに

～エネルギーと超電導技術の将来～

現在進捗中の超電導電力機器に関する国内外の各種プロジェクト・実証試験を経て、超電導電力機器・システムの設計・開発・運転実績が蓄積され、次世代の電力流通システムにおける超電導電力技術の導入実現に寄与することが期待される。