

先駆的大電流高エネルギー技術の 実用化動向

先駆的大電流高エネルギー技術の実用化動向調査専門委員会編

目 次

1. はじめに	3		
2. 電力・エネルギー及び交通・輸送分野における 技術動向	3	2.4 交通輸送システムにおける 大電流制御技術	26
2.1 電力系統における 大電流の遮断及び限流技術	3	2.4.1 鉄道システムにおける電力供給	26
2.1.1 真空遮断器の高電圧化	3	2.4.2 電気自動車の急速充電	28
2.1.2 ガス遮断器の環境負荷低減	5	3. 産業応用、環境及び医療分野における 技術動向	32
2.1.3 低圧気中遮断器の消弧方式の高度化	7	3.1 アークプラズマ応用技術	32
2.1.4 限流器の限流・転流方式の高機能化	9	3.1.1 アーク溶接	32
2.2 電力系統における 故障事象に係わる評価及び試験技術	11	3.1.2 放電によるガス及び水処理	32
2.2.1 内部アーク故障時圧力上昇の解析的評価	11	3.1.3 誘導熱プラズマによる ナノ粒子の大量生成	36
2.2.2 ガス絶縁機器に対する 内部アーク試験法評価	13	3.1.4 ループ型誘導熱プラズマによる 超高速表面改質	38
2.2.3 耐アーク試験用発弧線の影響評価	14	3.2 強磁場発生とその応用技術	39
2.2.4 大電力試験用分流器の性能評価	15	3.2.1 パルス大電流による強磁場発生	39
2.3 次世代電力システムにおける 電力供給及び保護技術	17	3.2.2 電磁力による金属圧接及び加工	40
2.3.1 直流給配電システム	17	3.2.3 粒子線治療システムへの超電導応用	41
2.3.2 超電導直流送電システム	19	4. おわりに	45
2.3.3 風力発電設備の耐雷対策	20		
2.3.4 太陽光発電設備のアーク検知	22		
2.3.5 分散型電源連系時の配電線事故検出	23		
2.3.6 核融合	25		

先駆的大電流高エネルギー技術の実用化動向 調査専門委員会委員

委員長 田 中 慎 一(電力中央研究所)
幹 事 古 谷 清 藏(埼玉工業大学)
森 佑 介(東 光 高 岳)
委 員 浅 沼 岳(富 士 電 機)
石 橋 正 基(都 立 産 技 高 専)
岩 尾 徹(東京都市大学)
鮫 名 風 太 郎(日 立 製 作 所)
大 塚 尊 裕(東 光 高 岳)
金 子 英 治(琉 球 大 学)
川 崎 圭(東芝エネルギーシステムズ)
合 田 豊(電力中央研究所)
田 岡 久 雄(福 井 大 学)

委 員 田 中 康 規(金 沢 大 学)
長 輝 通(明 電 舎)
土 屋 勝 彦(原子力機構)
永 田 正 義(兵庫県立大学)
林 屋 均(東日本旅客鉄道)
前 山 光 明(埼 玉 大 学)
松 村 年 郎(愛 知 工 業 大 学)
渡 邊 真 也(三 菱 電 機)
山 田 修 一(核融合科学研究所)
途中交代
委員 宇 田 川 恵 佑(東 芝)
鈴 木 昌 平(日 立 製 作 所)
月 間 満(三 菱 電 機)

1. はじめに

大電流及びこれに関連する高エネルギーを扱う技術は、電力・エネルギー分野や産業応用分野などにおいて極めて多様かつ広範囲に適用されている。例えば、電力の安定的な供給や利便性の高い交通システムの構築、さらには核融合装置の開発などのためには欠くことのできない基盤的技術である。また、機器製造、材料創製、廃棄物処理、環境、医療などの分野でも、高付加価値化などのための重要技術として位置付けられている。近年においては、更なる再生可能エネルギーの導入拡大、或いは環境保全や安全に対する意識の高まりなどが見込まれており、これに伴って、新たな社会的要請と技術的課題が生じている情勢にある。大電流高エネルギー技術においては、その対応や解決に向けた新たな技術展開が強く望まれており、その動向を把握することは将来課題の明確化にもつながり、極めて有用である。

このような背景から、将来に向けて、実適用や更なる応用が期待される先駆的な研究開発の動向を展望するための調査等が必要であるとの認識から、本委員会「先駆的大電流高エネルギー技術の実用化動向調査専門委員会」が設置され、3年間（2015年12月～2018年11月）の調査活動を行った。その活動においては、近年の社会的要請や解決すべき技術的課題を踏まえて、電力・エネルギー、交通・輸送、産業応用、環境、医療などの分野を対象として、国内外の約70件の最新文献を中心に調査を進めた。

本技術報告は、これらの調査結果を取りまとめたものである。本章に続き、2章では電力・エネルギー及び交通・輸送分野に関する調査結果、3章では産業応用、環境及び医療分野に関する調査結果について紹介している。本技術報告で取り上げた主なトピックスは、次のとおりである。

- ・電力・エネルギー分野：各種遮断器（真空遮断器、ガス遮断器、低圧気中遮断器など）や限流器に関する動向、電力機器等における故障電流対策やその評価技術に関する動向、及び次世代システムにおける直流による電力供給技術や分散型電源の保護高度化技術に関する動向。
- ・交通・輸送分野：鉄道における電力供給技術（電圧降下補償、地絡検出、直流遮断器など）に関する動向、及び電気自動車の更なる普及拡大を担う急速充電技術に関する動向。
- ・産業応用分野：アーク放電や電磁力を応用した金属の接合・加工技術に関する動向、熱プラズマを応用したナノ粒子生成や表面改質技術に関する動向、及び物性研究の発展に寄与する強磁場発生技術に関する動向。
- ・環境分野：大気圧プラズマを応用したガスや水の浄化処理技術に関する動向。
- ・医療分野：超電導技術を応用した粒子線治療システムに関する動向。

2. 電力・エネルギー及び交通・輸送分野における技術動向

2.1 電力系統における大電流の遮断及び限流技術

2.1.1 真空遮断器の高電圧化

真空遮断器は密閉された真空容器の中で電流の遮断を行うもので、真空アークのアーク電圧が低いことから遮断器が処理するエネルギーは小さい。そのため他の遮断器と比べ遮断時の騒音が少ない、多頻度遮断が可能である、小型化が可能であるなどの利点を有しており、産業応用を主とした受配電分野に広く採用されてきている。また、電極の直径を調整することにより容易に大電流遮断が可能である。ただし、消弧室である真空バルブは超高真空を保つための高度な真空封着技術が必要であること、そもそも、真空の絶縁性能はギャップ長に対して飽和する傾向があることから、高電圧系統への適用には技術的な課題があった。近年、ガス遮断器に用いられている SF_6 ガスの地球温暖化に関連する懸念から、代替遮断器を求める社会的要求があり、真空遮断器の高電圧化に関する研究が精力的に進められ、日本、欧州、中国からの報告が相次いでいる。本項では真空遮断器の高電圧化に関する技術動向について概説し、続いて、高電圧化に関連するもう一つの重要な技術課題である稀頻度非持続性不整放電（Non-sustainable disruptive discharge, NSDD）の最新の研究成果について述べる。

(1) 真空遮断器の技術動向

真空バルブは図 2.1 に示すように限られた容積の真空容器の中に様々な部品が詰めこまれ、複雑な絶縁構成となっている⁽¹⁾。主たる絶縁は対向する接点間やシールドと電極、あるいは通電軸間の絶縁であり、ここのギャップ間の絶縁特性で装置の寸法が決定される。高耐電圧材料、表面処理技術の開発などにより、開発初期の製品に比べ数分の一の大きさとなっている⁽¹⁾。

真空と他の媒質との絶縁特性の比較を図 2.2 に示す。 SF_6 ガスはギャップ長とガス圧力にほぼ比例して絶縁耐力が増

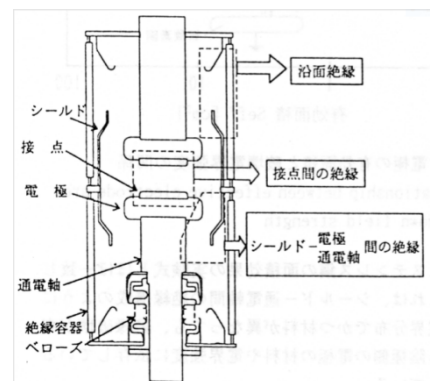


図 2.1 真空バルブの絶縁構成⁽¹⁾

Fig. 2.1. Insulation configuration of a high voltage vacuum interrupter⁽¹⁾.