

SF₆の地球環境負荷と SF₆混合・代替ガス絶縁

次世代送変電機器のガス絶縁方式調査専門委員会編

目 次

1. まえがき	3	4. 高気圧代替ガスの絶縁破壊特性	30
2. SF ₆ ガスの地球温暖化への影響と SF ₆ の混合／代替ガス	4	4.1 窒素ガスの絶縁破壊特性	31
2.1 SF ₆ ガスの概要	4	4.2 高圧空気の絶縁破壊特性	33
2.2 SF ₆ ガスと地球温暖化	5	4.3 窒素、空気以外の高気圧代替ガスの 絶縁破壊特性	36
2.3 地球温暖化防止への取組	5	5. 高気圧ガス絶縁機器のSF ₆ 混合／代替 ガス適用性	40
2.4 SF ₆ 代替ガス	7	5.1 GISへの適用	40
2.5 混合ガスの一様性と混合速度	9	5.2 GCBへの適用	42
2.6 ガス回収、リサイクル技術	9	5.3 GILへの適用	44
2.7 その他	10	5.4 ガス絶縁変圧器への適用	47
3. 高気圧SF ₆ 混合ガスの絶縁特性	11	6. 低温高密度ガスおよび複合絶縁を 適用する新絶縁方式の検討例	53
3.1 SF ₆ を中心とした混合ガスの 放電基礎特性	11	6.1 極低温高密度N ₂ ガス絶縁	54
3.2 (準)平等電界下における 絶縁破壊特性	14	6.2 ベーパミスト誘電体絶縁	55
3.3 部分放電特性	18	6.3 ガス／固体ハイブリッド絶縁	57
3.4 不平等電界下における絶縁破壊特性	22	7. おわりに	60
3.5 沿面放電特性	24	7.1 ま と め	60
3.6 放電分解生成物	27	7.2 今後の展望	61
3.7 今後の課題	29	付録：略語一覧	62

次世代送変電機器の ガス絶縁方式調査専門委員会委員

委員長	原 雅 則(九州大学)	委員	日高邦彦(東京大学)
幹事	合田 剛(東 芝)		福島正人(旭硝子)
	藤井治久(三菱電機)		藤井 清(富士電機)
幹事補佐	林 則 行(九州大学)		松原千彰(安川電機)
委員	天野正弘(高岳製作所)		八島政史(電力中央研究所)
	石井博美(日新電機)		山口泰朗(古河電気工業)
	石井 勝(東京大学)		山田幸雄(明電舎)
	大久保 仁(名古屋大学)		山本 修(京都大学)
	岡部成光(東京電力)	途中退任員	湯本雅恵(武蔵工業大学)
	加藤達朗(日立製作所)	主 加 者	江本邦夫(中部電力)
	川北浩司(中部電力)		大久保鉄男(古河電気工業)
	酒井洋輔(北海道大学)		園田敏雄(関西電力)
	佐藤雅道(関東電化工業)		藤井憲二(九州電力)
	田頭博昭(室蘭工業大学)		五島久司(電力中央研究所)
	中村道昭(九州電力)		黒川幸宏(中部電力)
	二島英明(住友電気工業)		大塚信也(九州工業大学)
	橋本邦治(関西電力)		早川直樹(名古屋大学)
	匹田政幸(九州工業大学)		

1. まえがき

SF₆ ガスは、優れた絶縁・遮断性能により 1960 年代以降広く絶縁媒体として使用されるようになり、今日では数 kV から 1000kV 級のガス絶縁開閉装置 (GIS), ガス遮断器 (GCB), ガス絶縁変圧器, 管路気中送電線路 (GIL) に実用されている。

この実用化に当たって、これまで SF₆ ガスの絶縁性能 (耐電圧, 破壊機構, 破壊統計), 実用化における問題 (局所高電界による性能低下), 遮断性能, 誘電特性, 化学的安定性, 毒性, 熱的特性が研究されるとともに, SF₆ ガスに勝るガスの探索が進められてきた。しかし絶縁性能, 遮断性能, 安定性, 毒性, 冷却性能, 沸点の低さの面から総合して, SF₆ ガスに勝る単独ガスおよび混合ガスは未だに見つかっていない。これらに関して, 電気学会では時機を捉えて調査専門委員会を設置し, 調査成果を技術報告⁽¹⁾⁻⁽⁶⁾ あるいはシンポジウム報告⁽⁷⁾ の形で発表してきた。

一方, 1992 年の地球サミットの頃から地球温暖化防止に関する検討が本格的に始まり, 1997 年の京都における気候変動枠組条約第 3 回締約国会議 (COP3: 地球温暖化防止京都会議) で温室効果ガスの削減目標が決定された。SF₆ ガスは化学的に極めて安定なため, 地球温暖化係数 (GWP) が CO₂ ガスの 23,900 倍と高く, その効果が蓄積されることになる。従って, 他の温室効果ガス (CO₂, CH₄, HFC 等) に比べて排出量は極めて少ないものの, 地球温暖化の面から環境へのインパクトを無視できないとして COP3 で温室効果ガスに指定され, 問題視されるようになってきている⁽⁸⁾⁻⁽¹⁴⁾。

このような状況下で, 1995 年頃から, 絶縁ガスの従来の評価指標であった絶縁性能, 遮断性能, 安定性, 毒性, 冷却性能および沸点に, さらに環境調和, コストなどを加えた総合的な検討が求められるようになり, SF₆ 混合/代替ガスの研究に新たな焦点が当てられている。その成果は CIGRÉ, ISH, Gaseous Dielectrics 等のガス絶縁をテーマとした最近の国際会議で多く報告されている^{(10), (12)-(14)}。

以上のような状況に鑑みて, 1997 年 10 月に放電技術委員会の中に「次世代送変電機器のガス絶縁方式」調査専門委員会を設置し, 前回の「SF₆ 混合ガス絶縁」調査専門委員会の報告⁽⁷⁾ (1989 年) 以降の研究に焦点を当てて調査に当たってきた。今回の調査は従来の「SF₆ よりも優れた新絶縁ガス」も視野に入れながら, 「SF₆ ガスの

地球環境負荷」を新たなキーワードとして, 「将来における SF₆ の地球環境負荷とコストを総合的に考慮した最善のガス絶縁方式」の研究開発とその実用化に向けた流れに焦点を絞って行なった。

なお, 今回の委員会では主としてガスの絶縁性能に関する調査を行い, 遮断性能に関連した事項の調査は行っていない。従って SF₆ 混合/代替ガスの機器への適用性についても, 遮断性能を要求されない GIS, GIL, ガス絶縁変圧器などを調査対象とした。GCB についても主に絶縁特性に関する調査を行い, 遮断性能に関しては研究動向を紹介するにとどめた。

本技術報告はそれらの成果をまとめたもので, 特に 2 章で「SF₆ ガスの地球温暖化への影響と SF₆ 混合/代替ガス」を独立の章として取り上げ, 3, 4, 5 章で「混合ガスと高気圧ガスの絶縁特性とその応用」, 6 章で「ガスと固体のハイブリッド絶縁および低温高密度ガス絶縁」について述べている。

調査対象の文献としては, 古いものでも, これまでの技術報告やシンポジウムで述べられなかったものは取り挙げたが, 上記の研究の流れから分かるように, 多くが 1994 年以降のものになっている。

参 考 文 献

- (1) 放電常置専門委員会: 「SF₆ ガス中における絶縁破壊—準平等電界における破壊特性—」, 電気学会技術報告 (I 部), No. 118 (1977)
- (2) 放電常置専門委員会: 「SF₆ ガス中の支持絶縁物における沿面放電特性」, 電気学会技術報告 (II 部), No. 83 (1979)
- (3) 不平等電界沿面放電調査専門委員会: 「不平等電界沿面放電特性」, 電気学会技術報告 (II 部), No. 184 (1985)
- (4) SF₆ ガス V-t 特性調査専門委員会: 「SF₆ ガスの V-t 特性」, 電気学会技術報告 (II 部), No. 206 (1986)
- (5) 気体絶縁への混合ガスの応用調査専門委員会: 「気体絶縁への混合ガスの応用」, 電気学会技術報告 (II 部), No. 248 (1987)
- (6) ガス絶縁開閉装置の直流絶縁調査専門委員会: 「ガス絶縁開閉装置の直流絶縁」, 電気学会技術報告 (II 部), No. 397 (1991)
- (7) 混合ガス絶縁の進歩調査専門委員会: 「混合ガス絶縁の進歩」, 平成元年電気・情報関連学会連合大会, Vol. 2, S-14, pp. 2-151 - 2-172 (1989)
- (8) L.G. Christophorou and R.J. Van Brunt, "SF₆/N₂ Mixtures: Basic and HV Insulation Properties", IEEE Trans. on DEI, Vol. 2, No. 5, pp. 952-1003 (1995)
- (9) L.G. Christophorou and R.J. Van Brunt, "SF₆ Insulations: Possible Greenhouse Problems and Solutions", NISTIR 5685 (1995)
- (10) CIGRÉ TF01 WG23.10, "SF₆ and the Global Atmosphere", Electra, No. 164 (1996)