

# 『電気協同研究』第79巻第2号

## 架空送電設備の絶縁設計調査

令和5年10月5日

一般社団法人 電気協同研究会

【発刊に際しての委員長推薦のことば】

架空送電設備の絶縁設計調査専門委員会

委員長 白石 智規

架空送電設備の絶縁設計にあたっては、内部過電圧、雷、塩じん害、風による電線・がいし連の横振れ、着氷雪による電線弛度の増加、着氷雪脱落による電線の跳ね上がり、ギャロッピング現象による電線振動などさまざまな観点を勘案し、がいし個数、電線と支持物との間隔、電線相互の間隔など協調のとれたものにする必要がある。これらの架空送電設備の絶縁設計に関連する内容は、電気協同研究 第1巻第1号「閃絡事故防止専門委員会報告」1944（S19）年以降、電気協同研究や電気学会技術報告などで検討され、とりまとめられてきた。

架空送電設備の絶縁設計に関しては、電気学会技術報告（I部）第76号「架空送電線路の絶縁設計要綱」が1966（S41）年に、電気学会技術報告（II部）第220号「架空送電線路の絶縁設計要綱」が1986（S61）年にまとめられている。現在でも、国内の多くの送配電事業者がこの絶縁設計要綱に基づいた絶縁設計を実施している。

電気協同研究としては、送変電設備の絶縁設計に関して500 kV系統および275 kV系統を中心に、絶縁設計合理化方策とコストダウン効果などを体系的に検討し、電気協同研究第44巻第3号「絶縁設計の合理化」を1988（S63）年に発刊している。

この「絶縁設計の合理化」の発刊以降、30年以上が経過した。この30年の間に、UHV送電設備の建設、ポリマーがいしや送電用避雷装置の適用、ギャロッピングなどの電線振動や地震に対する設備対策など、新しい技術や知見が蓄積されてきている。

本書ではそれらの新たな知見や解析技術の進歩を踏まえた最新の絶縁設計技術をとりまとめるとともに、国内の絶縁に関する設備実態についても整理を行った。あわせて国内の絶縁設計の参考とするため、海外の絶縁設計に関する文献調査も行った。

国内の架空送電設備の多くは、高経年化が進みつつあり、なんらかの設備改修が必要な時代になりつつある。次世代の設備形成の際に、本研究調査の知見が、信頼性と経済性を兼ね備えた合理的な絶縁設計の一助となることを願っている。

【主な記載内容】

第1章「総説」

委員会の設立の経緯および研究の経緯と概要を示すとともに、本研究の成果について要点を取りまとめている。

第2章「既設送電設備の実態」

絶縁設計の合理化を検討するにあたり、実態把握をすべく、国内送配電事業者11社における2020年末時点の絶縁関連設備の実態、設備量の変遷および過去に発生した送電設備事故の調査を行った。

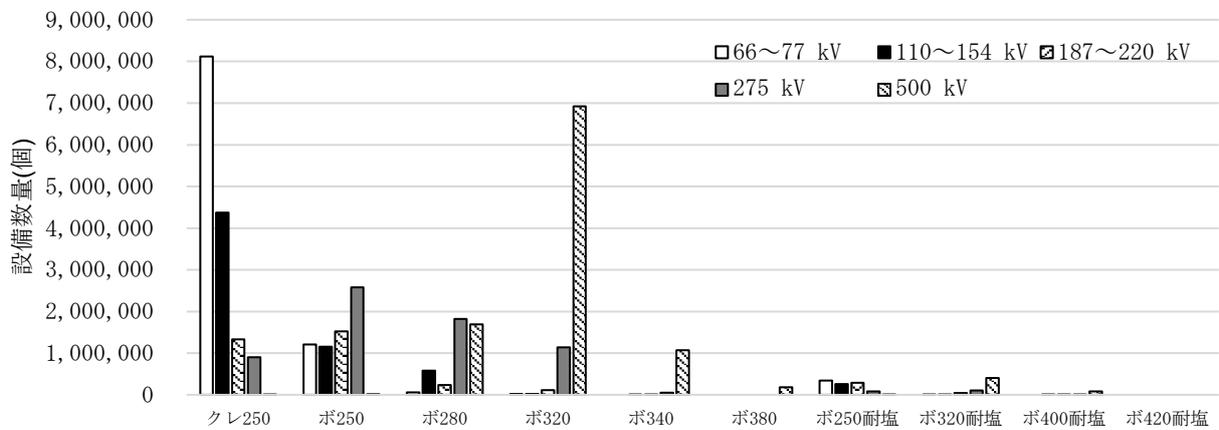


図1 懸垂がいし（本線用）使用数量

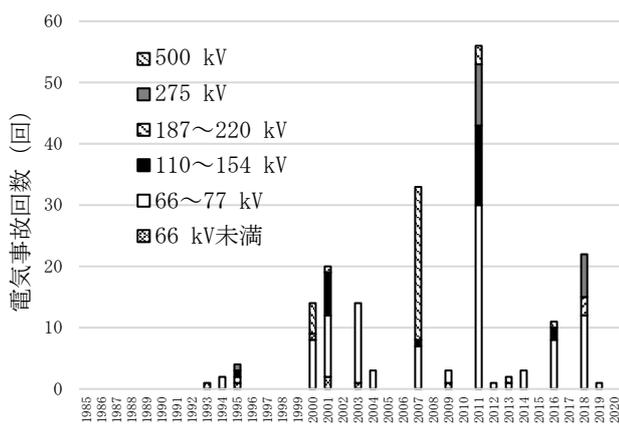


図2 地震における電気事故回数

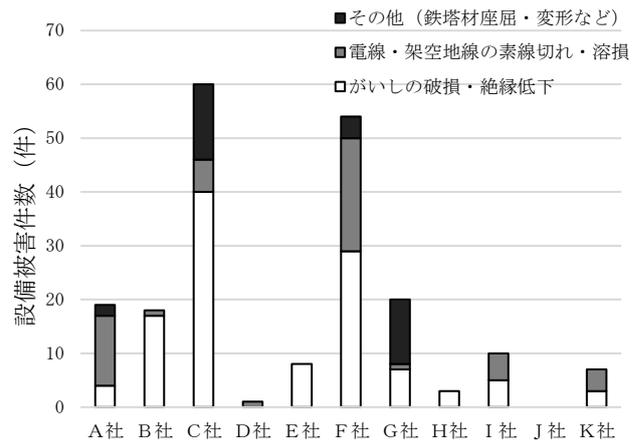


図3 地震における設備被害件数

### 第3章「絶縁設計の現状調査」

架空送電線の絶縁設計にあたっては、大別して耐雷設計、耐開閉サージ設計、耐汚損設計があるが、これらに関して各送配電事業者が標準的に採用している設計数値などを調査し、とりまとめた。また、1988年に発行された電気協同研究 第44巻第3号「絶縁設計の合理化」以降に各送配電事業者において取り組まれた、建替工事計画時におけるコストダウン、既設設備の運用実績などによる過剰設計の緩和や事故率の低減、自然災害に対するレジリエンス強化などについて紹介する。

表1 各送配電事業者の定める塩害汚損区分

事業者	想定最大塩分付着密度 (mg/cm <sup>2</sup> )						備考
	0	0.03	0.063	0.125	0.25	0.5	
(電協研20-2)		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	
A		(A)	0.0625 (B)	(C)	(D)	(E)	
B	(A) 0.01	(B)	(C) 0.06	(D) 0.12	(E)	(F)	
C	(A) 0.01	(B)	(C) 0.06	(D) 0.12	(E)	(F)	
D		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	
E		(A)	0.0625 (B)	(C)	(D)	(E)	
F		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	
G		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	
H		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	
I		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	
J							区分なし (0.35 mg/cm <sup>2</sup> で設計)
K		(A')	(A)	(B)	(C)	(D)	

注： 想定塩分付着密度は、250 mm 懸垂がいしひだ面外側を基準

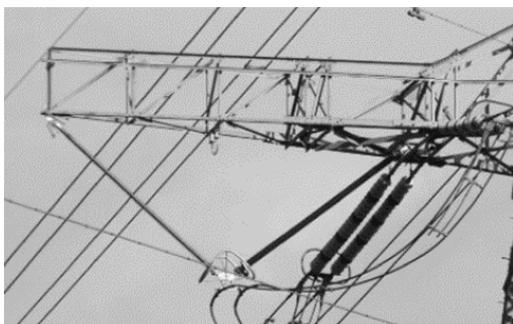


図4 ポリマーがいしによる耐震対策

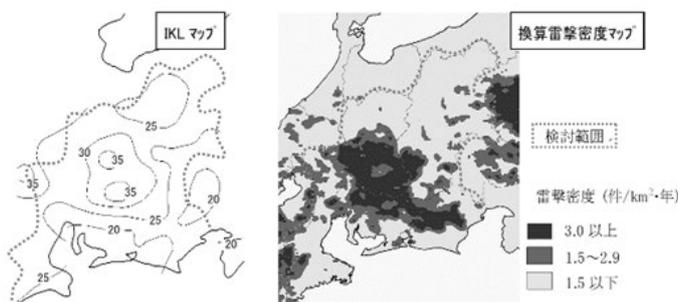


図5 大地雷撃密度の見直し検討

#### 第4章 絶縁設計・材料に関する技術調査

国内の送配電事業においては、電力自由化の進展による設備投資の抑制や雷、台風、地震などの自然災害に対するレジリエンス強化のために技術革新を図り、絶縁設計・材料に関する技術を開発してきた。本章では、各事業者で開発された技術について調査し、とりまとめた。また、技術のほかに今後の技術開発の参考とするため、運用上・使用上の課題も解説した。

表2 調査した技術項目（過去に開発された技術）

技術項目	技術名
避雷装置	酸化亜鉛型避雷装置
	酸化亜鉛型避雷アークホーン
	続流遮断型アークホーン
磁器がいし	免震金具
	がいし連スペーサ
	直流送電用懸垂がいし
	RTV シリコンコーティングがいし
	導電釉がいし
	亜鉛スリーブ付懸垂がいし
	溶融亜鉛アルミニウム合金めっき懸垂がいし
	懸垂型避雷装置
	小ギャップ式鳥害防止アークホーン
	がいし風騒音防止技術
	アキンボがいし装置
	がいしの着雪・耐電圧特性評価技術
ポリマーがいし	電線接近防止装置
	ジャンパ支持用ポリマーがいし
	絶縁腕金
	LP がいし装置
	アキンボがいし装置
電線挙動	相間スペーサ
	ルーズスペーサ
汚損シミュレーション	気流シミュレーション手法
	特殊地形評価手法
	塩雪害発生懸念地域推定法
降灰影響	降下火山灰に関する
	シミュレーション解析

表 3 調査した技術項目（今後の進歩が期待される技術）

技術項目	技術名
磁器がいし	ブースターシェッド
	ハイブリッドがいし
	超撥水剤塗布がいし
	電界緩和がいし
	エアロ懸垂がいし
	3枚外ひだがいし
	エアロ長幹がいし
ポリマーがいし	外被ゴムの適正配合
	ポリマーがいしのグレーディングリングの効果
	耐酸性試験について
	雪害対策（塩雪害対策用ポリマーがいし）
電線挙動 解析	装柱検討支援ツール（耐ギャロッピング評価ツール）
	ジャンパ装置横振れ評価手法
	個社保有プログラム TESMAC （電線用スペクトルモーダル解析および固有値解析）

表 4 調査した技術項目（汎用的な解析技術）

技術項目	技術名
汚損シミュレーション	NuWiCC-ST（海塩粒子輸送解析モデル）
	Re-SPRAY（領域海塩解析モデル）
電線挙動 解析	相対横振れによる最小近接距離の検討
	ギャロッピングにおける最大振幅予測
	CAFSS（3次元非線形有限要素解析コード）
	NuWFAS（気象予測・解析システム）
	NuWiCC（気流シミュレーションコード）
雷事故様相解析	EMTP/XTAP（電力系統瞬時値解析プログラム）
	LORP（送電線雷事故率計算プログラム）

## 第5章 絶縁設計・材料に関する技術調査

本章では、国内の絶縁設計の参考とすることを目的に、海外の絶縁設計に関する文献を調査し、とりまとめた。なお、本章に記載している設計基準については IEC, CIGRE, IEEEなどを参考としている。

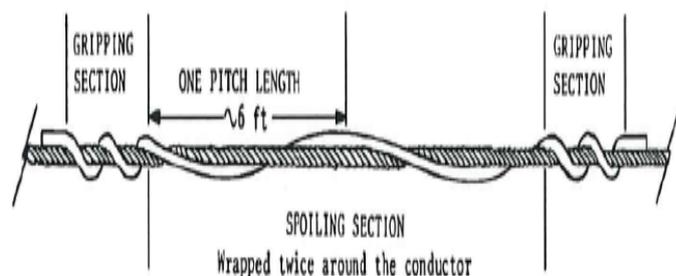


図6 氷雪害に対する対策(Air flow spoiler)

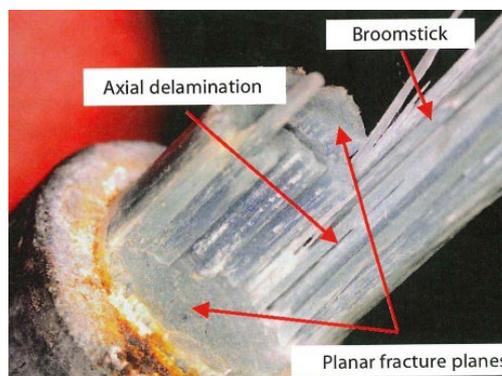


図7 ポリマーがいしの不具合事例  
(ブリトルフラクチャ)

## 第6章 絶縁設計技術の方向性と今後の展望

中長期的な将来を見据え、経済的で効果的な設備保全だけでなく、さらなる効率化やコストダウン・設備運用の最適化の実現に向けて、絶縁設計に求められる技術開発の方向性を考察している。

以上