

埋込電極による誘電率傾斜機能材料用高誘電率樹脂の交流絶縁破壊特性

村松一徳・関戸大聖・高橋一穂・大澤直樹（金沢工業大学）

増井秀好・柳瀬博雅・岡本健次（富士電機）

1. はじめに

ガス絶縁開閉装置（GIS: Gas Insulated Switchgear）では、使用材料の削減、設置面積の縮小化、また地球温暖化係数の高い SF₆ の使用量削減が課題となっており、接地タンクの小形化が検討されている。タンク径を縮小して高圧導体と接地タンク間の距離を短くすると、高圧導体や絶縁スペーサ周辺、高圧導体と樹脂界面の電界強度が高くなる。このため、絶縁スペーサに誘電率傾斜機能材料（ ϵ -FGM: Functionally Graded Materials）を利用し電界利用率を改善する方法⁽¹⁾や、ナノコンポジットの適用によるフラッシュオーバー耐電圧の向上法が検討されている⁽²⁾。本研究では、 ϵ -FGM に用いる高誘電率樹脂を用いた埋込電極において、注型時の真空度、埋込電極の表面粗さ、ならびに、ナノフィラー添加が絶縁破壊電界（BDE: Breakdown Electric field stress）に及ぼす影響を調べた。

2. 方法

図 1 に樹脂埋込電極を示す。電極は比誘電率 12 のエポキシ樹脂でモールドされている。電極間距離は 3mm である。表 1 に各モデルのパラメータをまとめる。試料 A が基準となっており、試料 A と試料 B の結果を比べることにより樹脂注型時の真空度の影響を、試料 A と試料 C の結果を比べることにより埋込電極の表面粗さの影響を、試料 A と試料 D の結果を比較することによりエポキシ樹脂へのナノフィラー添加の影響を調べることができる。交流高電圧の印加には、試験用変圧器（6TD150-20, PHENIX TECHNOLOGIES）を用いた。昇圧速度は 3 kV_{rms}/s とした。絶縁破壊のモードを調べるため、同調式部分放電測定器（CD-6, 日本計測器製造所）を利用した。1 pC 以上の電荷が検出されたときに部分放電が発生したと判断した。絶縁破壊電圧、電極間距離、ならびに、電界集中計数から、BDE を求めた。ワイブル解析により累積破壊確率が 63.2% となる BDE ($E_{63.2}$) と形状パラメータを求めた。異常放電の発生を抑制するため、全ての試験は絶縁油中で実施した。試料数は、3~7 個とした。

3. 結果

全ての試験において部分放電は検出されなかった。絶縁破壊のモードが全て同じであったことから、ワイブル解析により $E_{63.2}$ や形状パラメータを求めることができると判断した。

図 2 に各試料の $E_{63.2}$ を示す。真空度や表面粗さを変えても、 $E_{63.2}$ はほとんど影響を受けなかった。一方、ナノフィラーを添加することにより、 $E_{63.2}$ が上昇することを確認した。

表 2 は形状パラメータをまとめたものである。真空度や表面粗さを変えても、形状パラメータはほとんど影響を受けなかった。一方、ナノフィラーを添加することに

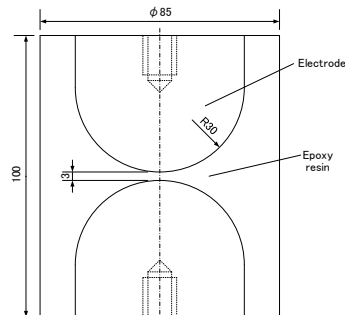


図 1 GIS スペーサモデル電極（寸法単位：mm）

表 1 各モデルのパラメータ

Sample	A	B	C	D
Vacuum degree	high	low	high	high
Surface roughness	rough	rough	smooth	rough
Nano filler addition	-	-	-	1.0wt%

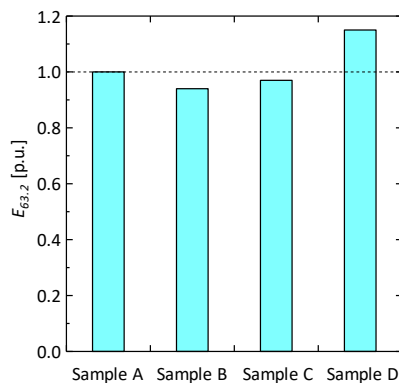
図 2 各試料の $E_{63.2}$

表 2 各試料の形状パラメータ

Sample	A	B	C	D
Shape parameter	1.0	0.79	1.23	2.36

より、形状パラメータが上昇することを確認した。

参考文献

- (1) 宮路仁崇・小島寛樹・加藤克己・早川直樹：電学論 A, Vol.138, No.4, pp.155-162 (2018)
- (2) 井上好之・大角浩太郎・小迫雅裕・匹田政幸・増井秀好・満留博・柳瀬博雅・岡本健次：電学論 A, Vol.141, No.6, pp.391-397 (2021)

謝辞

この研究は、NEDO 戦略的省エネルギー技術革新プログラム（電力機器用革新的機能性絶縁材料の技術開発、JPN12004）の一環としてなされた。