

# Volume-Time 理論を用いた SF<sub>6</sub>/PET 楔ギャップにおける放電発生箇所の推定

前田健太\* 小迫雅裕\* 匹田政幸\* 吉田聡\*\* 千切健史\*\*  
 (\*九州工業大学)(\*\*東芝)

## 1 はじめに

筆者らは、ガス絶縁変圧器の小型化にあたって高電界化しやすい SF<sub>6</sub> ガス/ポリエチレンテレフタレート(PET)複合絶縁系が形成する楔ギャップの絶縁性能評価を行うため、SF<sub>6</sub> ガス/PET 楔ギャップを模擬した試料においてインパルス電圧下での部分放電開始特性を測定し、Volume-Time 理論による比較検討を行ってきた<sup>[1]</sup>。本報告では、SF<sub>6</sub> ガス/PET 楔ギャップにおける放電発生箇所を Volume-Time 理論により推定し、考察を行ったので報告する。

## 2 Volume-Time 理論による初期電子数の推定

### 2.1 解析モデル

解析は図 1 に示すような実験に用いている 2 種類の試料について行った。どちらも電極表面を厚さ 22 μm の PET フィルムで被覆している。また、棒電極が接地側電極である。

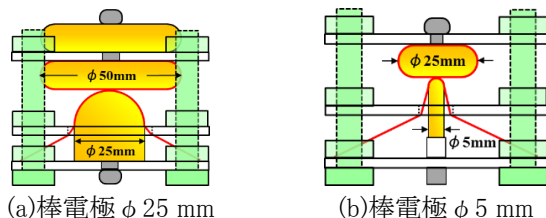


図 1. 試料構成図

### 2.2 Volume-Time 理論

Volume-Time 理論を用いることで、任意の電極系に任意の電圧波形を印加したときガスギャップ中に発生する初期電子数を求めることができる。被覆電極系における主な初期電子発生源としては SF<sub>6</sub> ガスおよび固体絶縁物が考えられ、SF<sub>6</sub> ガス中の負イオンからの電子離脱により供給される電子数の期待値  $V_w$ 、PET フィルム表面から放出される電子数の期待値  $S_w$  は次の式(1)、(2)で与えられる<sup>[1]</sup>。

$$V_w = \int_{V_{cr}} \frac{dn}{dt} \left(1 - \frac{\eta}{\alpha}\right) dV \quad (1)$$

$$S_w = \int_{S_{cr}} \frac{di}{dt} \left(1 - \frac{\eta}{\alpha}\right) dS \quad (2)$$

ここで、 $dn/dt$  は単位体積、時間あたりに SF<sub>6</sub> ガス中の負イオンから離脱する電子数の期待値、 $di/dt$  は単位面積、時間あたりに PET フィルム表面から放出される電子数の期待値、計算範囲である  $V_{cr}$  および  $S_{cr}$  は臨界面積および臨界面積である。また、 $\alpha$  は電離係数、 $\eta$  は付着係数である。

### 2.3 ストリーマ進展過程の考慮

放電が発生するためには、初期電子が衝突電離を繰り返して、ストリーマを形成する必要がある。よって、上記計算の過程に式(3)で表されるシューマンの条件式<sup>[2]</sup>を組み合わせることで、実際に放電源となる初期電子数を算出した。

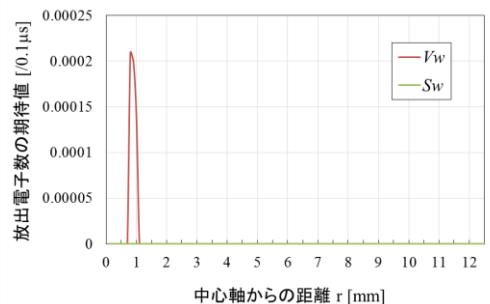
$$\int_{x_{cr}} (\alpha - \eta) dx = K \quad (3)$$

ここで、 $x_{cr}$  は電子軌道、 $K$  は衝突電離回数である。 $K$  は気体の種類によって決まる定数であり、ここでは 18 を用いた。以上の式(3)および  $\alpha - \eta > 0$  を満たすガスギャップの体積

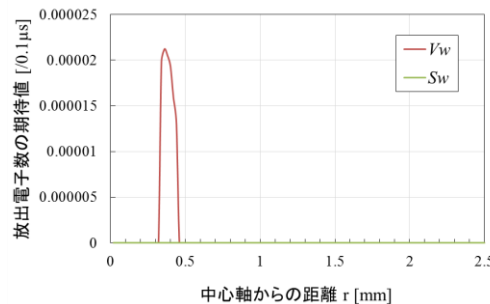
を臨界面積  $V_{cr}$ 、接地側電極表面積を臨界面積  $S_{cr}$  とした。

## 3 解析結果および考察

印加インパルス電圧の波高値付近の時間 (5.2 μs) において 0.1 μs あたりに放出される初期電子数の期待値を図 2 に示す。このときの印加電圧値は Volume-Time 理論により求めた部分放電開始電圧 (PDIV) である。同図(a)における印加電圧は 1.4 kV、(b)における印加電圧は 1.3 kV である。



(a) 棒電極 φ 25 mm



(b) 棒電極 φ 5 mm

図 2. ガスギャップに発生する初期電子数の期待値の位置依存性

図 2 より、初期電子の発生が最も顕著な位置すなわち放電発生箇所は中心軸からの距離が試料(a)においては 0.8 mm、試料(b)においては 0.36 mm の位置である。

また、パッシェン則により求めた PDIV および放電発生箇所は、試料(a)では 1.35 kV および 0.9 mm、試料(b)では 1.27 kV および 0.39 mm であり、Volume-Time 理論による推定値と一致する。以上より、Volume-Time 理論を用いた放電発生箇所の推定は可能であると考えられる。

## 4 まとめ

Volume-Time 理論により初期電子に着目して放電発生箇所の推定を行ったところ、パッシェン則による結果と一致したことから、Volume-Time 理論により放電箇所の推定は可能であるといえる。また、Volume-Time 理論における  $V_w$ 、 $S_w$  は確率の重みを持った値であるので、印加電圧を上昇させた場合も正確な放電箇所の推定ができると考えられる。

## 参考文献

- [1] 前田他, “SF<sub>6</sub> ガス中インパルス部分放電開始電圧のくさびギャップサイズ依存性”, 平成 28 年電気学会 A 部門大会, 5-P-61, (2016)
- [2] 朱宮他, “FGM (傾斜機能材料) 適用による SF<sub>6</sub> ガス中トリプルジャンクションにおける耐雷インパルス絶縁性能の実験的検証と理論的推定”, 電気学会論文誌 B, Vol.125, No.12, pp.1245-1251, (2005)