

長期屋外曝露試験結果と計測システムについて

宮崎大学工学部教育研究支援技術センター
三宅琢磨

はじめに

近年、外被材にポリマー材料を用いたポリマーがいしの使用が欧米を中心に世界的に広がっている。特にシリコーンゴム (SiR : Silicone rubber) やエチレンビニルアセテート (EVA : Ethylene vinyl acetate) などを用いたポリマーがいしは、従来使用されている磁器がいしと比べて軽量・高強度などの特性を有している。なかでもシリコーンゴムは、耐汚損特性・撥水性に優れていることにより湿潤状態でも水膜を形成しにくく、高い絶縁性能を有することが分かっており、日本でも電力系統への適用が検討されている。しかしポリマー材料は有機物である為、各種放電などの課電ストレスやダスト・紫外線のような環境ストレスなどの影響により経年劣化することが危惧されている。長期信頼性を明らかにするためには実環境で長期間曝露試験を行うことが最適であるが、多大な時間と費用が必要である。ここでは、曝露試験と人工加速劣化試験を実施し両者の関係から寿命を明らかにすることを目的としている。今回は各種試験で用いた計測システムの概略と計測した結果について述べる。

キーワード：がいし ポリマー 微分法

1. 目的

これまでに局部（ドライバンド）アーク放電の発生に伴う侵食（重量損失）量は、漏れ電流の累積電気量と相関を示すことが報告されている。しかし、その電気量の算出方法は、湿潤した材料表面水膜中を流れる導電性電流とドライバンドアーク放電電流を区別せずに評価されたものである。そこでドライバンドアーク放電の特徴である電流波形の急激な歪みを利用した波形分離法（微分法）によりドライバンドアーク放電の電気量をリアルタイムで評価する計測システムを構築し、長期信頼性を評価してきた。しかし、放電の発生と、設置状況との関係は明確にわかっていない。そこで、がいしの設置されている気象条件やがいしの汚損状況などと放電の発生の関係を調査することで、より詳細にポリマーがいしの長期信頼性を評価することを目的としている。



図1 ポリマーがいしと磁器がいし

2. がいし

がいしとは導体を絶縁し、導体を支持物に固定するためのものである。従来がいしの材料は大半が磁器であったが、それに比べて様々な特長を有するポリマーがいしの国内の電力系統への適用が検討されてきている。図1にポリマーがいし（左）と磁器がいし（右）を示す。

3. 計測システム

3.1 波形分離法

部分（コロナ）放電電流の漏れ電流からの分離は周波数分離により、また局部（ドライバンド）アーク放電の開始は後述の微分法により行い、以下の定義から判定する。

- (1) 2.5kHz 以上の電流成分をコロナ放電電流としてハイパスフィルタで分離し、その放電電気量を求める。
- (2) ドライバンドアーク放電の発生時には、コロナ放電はほとんど発生しないので、ここでは電流値が大きく、パルス幅の大きな急峻に立ち上がる電流をドライバンドアーク放電の電流と定義する。ドライバンドアーク放電の電流はドライバンドアークが開始したと思われる電流急変時から電流が零となり極性が反転するまでとする。
- (3) 全漏れ電流からコロナ放電電流とドライバンドアーク放電電流を除いた全ての電流を導電性電流と定義する。

3.2 微分法

微分法¹⁾とはドライバンドアーク放電の特徴である急激な電流変化を利用したもので、その変化率があるしきい値を超えたものをドライバンドアーク放電と判定する。なお、ドライバンドアーク放電電流は図2の斜線部に示すように、電流の微分値がしきい値を超えた点から電流ゼロクロス点までとする。

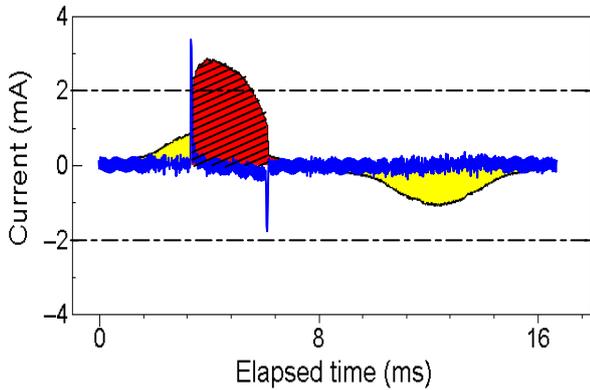


図2 微分法における電流領域

図3に、実際に計測した漏れ電流波形を示す。この図は、導電性電流にコロナ放電電流とドライバンドアーク放電電流が混在して観測される場合の例で、同図は全漏れ電流、図4、図5は分離した波形でそれぞれコロナ放電電流、導電性電流とドライバンドアーク放電電流が混在したものである。図6に漏れ電流（破線）と時間微分値（実線）およびドライバンドアーク放電を識別するしきい値（Threshold）を示す。

3.3 漏れ電流分離と解析の流れ

図7にこれらの判定プログラムのフローチャートを示す。まず、漏れ電流のデータを読み込み後、全電気量 $Q-t$ を計算する。次に 2.5kHz 以上の部分（コロナ）放電電流成分をハイパスフィルタによって分離し、そのコロナ放電電気量 $Q-p$ を計算する。また、全電気量からコロナ放電電気量を引き、低周波成分の電気量 $Q-l = Q-t - Q-p$ を求める。次に各半周期の電流を微分法により局部（ドライバンド）アーク放電かどうか判定する。ドライバンドアーク放電を含む場合、ドライバンドアーク放電電気量 $Q-d$ と導電性電気量 $Q-c = Q-l - Q-d$ を求める。ドライバンドアーク放電を含まない場合は $Q-d = 0$ となり、導電性電気量 $Q-c$ を求める。最後に各成分の累積電気量 Σ を計算する。以降このくり返しである。

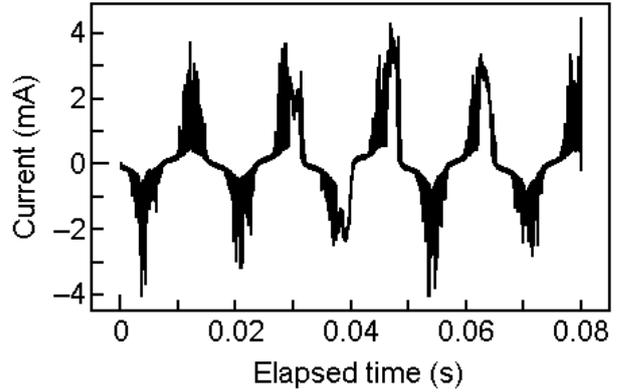


図3 全漏れ電流

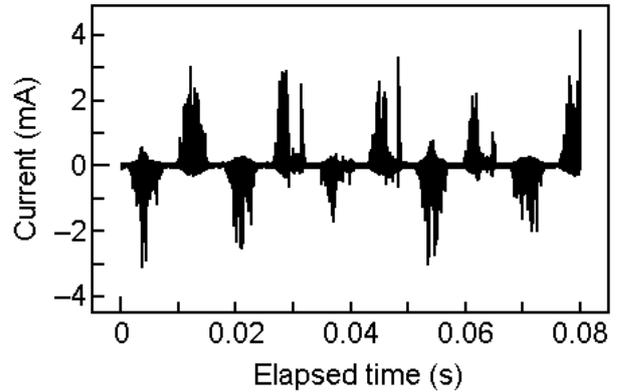


図4 部分（コロナ）放電電流

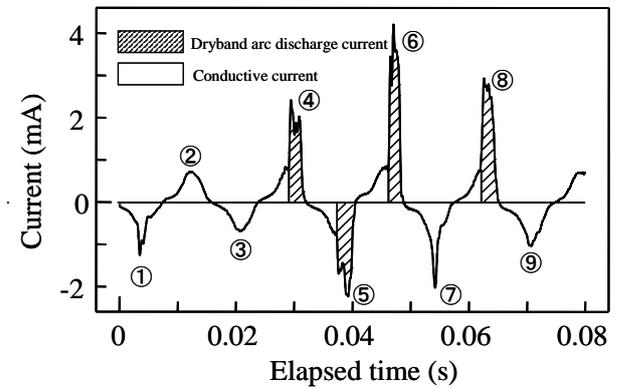


図5 導電性電流と局部（ドライバンド）アーク放電電流

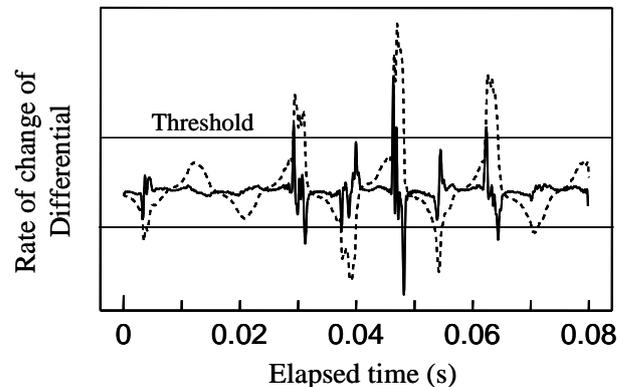


図6 微分値の分布

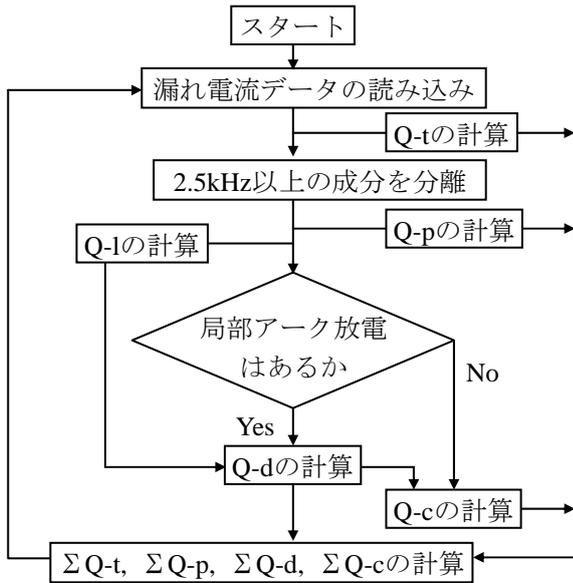


図7 漏れ電流の分離と解析のフローチャート

4 実験方法

曝露試験は佐賀県唐津市にある九州電力唐津火力発電所構内の曝露試験用櫓にて実施した。試料は全て22kV用のZnO素子内蔵避雷機能付EVA通りがいし、EVA引き留めがいし、SiRがいし、磁器がいしに13.3kVを印加して実験を行った。そのときの漏れ電流波形を2枚のA/D変換ボードを用いて計測した。一方は20Msamplings/secで計測を行い、周波数分離を用いて部分(コロナ)放電に対応する2.5kHz以上の高周波成分を求めた。もう一方は2.4ksamplings/secで漏れ電流を計測し、微分法を用いて局部(ドライバンド)アーク放電電気量を評価した。なお、20Msamplings/secの測定はEVA通りがいしとSiRがいしのみにも適用した。表1に22kV級配電用の各がいし詳細、図8に曝露試験用櫓の外観、図9に課電回路をそれぞれ示す。ここで表1中のEVA-1はZnO素子内蔵避雷器機能付通りがいしを、EVA-2は引き留めがいしを示している。

表1 試験条件

Sample	Creeping distance	Electric field (Average)	Material
EVA-1	840 mm	15.8 V/mm	EVA
EVA-2	1014 mm	13.1 V/mm	EVA
SiR	950 mm	14.0 V/mm	SIR
Porcelain	860 mm	15.5 V/mm	Porcelain



図8 曝露試験用櫓外観

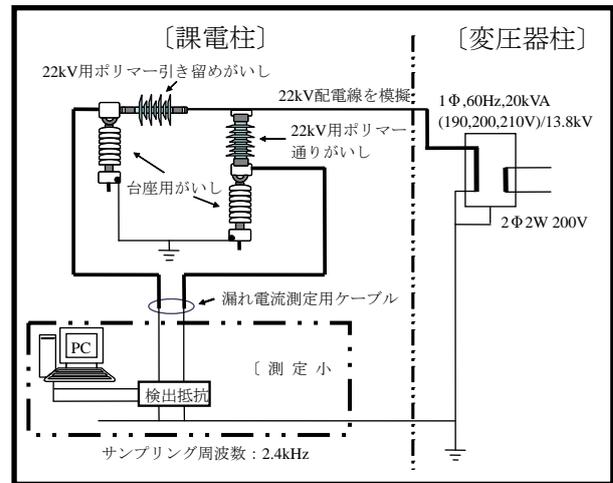


図9 課電回路

5 実験結果

図10に2004年10月から2007年2月までの累積局部(ドライバンド)アーク放電電気量と降水量を示す。気象データ(降水量)は唐津情報都市推進協議会²⁾が唐津市役所屋上に設置している小型地域気象観測システムにて測定されたものを用いている。約2年程度の計測期間で、EVA通りがいしは225C、EVA引き留めがいしは27C、SiRがいしは6.2C、磁器がいしは514Cのドライバンドアーク放電電気量を得た。

2005年9月の台風襲来以降EVA通りがいしと磁器がいしのドライバンドアーク放電電気量が急激に増加しているが、経年劣化による可能性は少ないと考えられる。これは、無機物であり劣化することのない磁器がいしも同時に増加していることから推測される。ここでのドライバンドアーク放電電気量の増加の要因は汚損物の堆積であると考えられる。図11に新品、図12に5年半曝露したポリマーがいしの外観を示す。

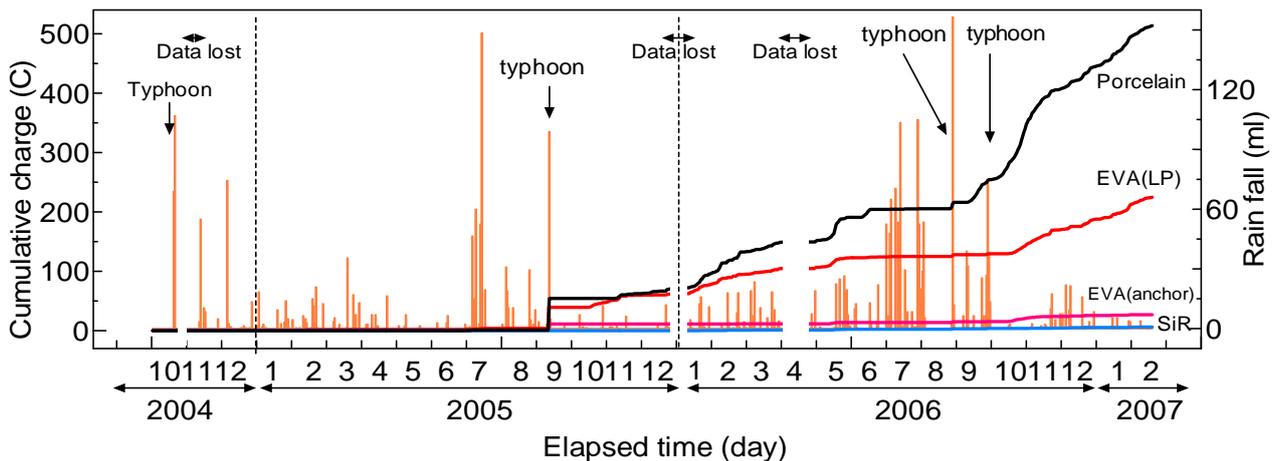


図 10 2004年10月から2006年10月までの曝露試験結果



図 11 EVA ポリマーがいし (新品)



図 12 EVA ポリマーがいし (経年品)

図 11 と図 12 を比較すると、5 年半屋外で曝露したポリマーがいしの表面には撥水性がほとんど残っていないことがわかる。これに対して、磁器がいしはもともと撥水性を有しない。このように汚損物の堆積によってポリマーがいし表面の撥水性が低下し、導電性電流が流れやすくなる事によって、局部（ドライバンド）アーク放電の発生も起こりやすくな

たと考えられる。しかし、EVA 引き留めがいしと SiR がいしでは ZnO 素子内蔵避雷機能付 EVA 通りがいしに比べほとんど発生していない。この原因としては、EVA 引き留めがいしの場合では ZnO 素子内蔵避雷機能付 EVA 通りがいしとの沿面距離や設置方向の違い（EVA 引き留めがいしのみが海面に対して平行に設置されていること）が考えられる。また、SiR がいしについては、沿面距離の違いや曝露期間の違い、外皮材に用いられている EVA と SiR のポリマー材料が異なる事による特性の違いなどで放電の発生がなかったものと考えられる。

6 まとめ

今回、微分法を用いた計測システムを適用して屋外曝露試験におけるポリマーがいしおよび磁器がいしの漏れ電流を調査した。曝露開始から 4 年間程度はほとんど漏れ電流や局部（ドライバンド）アーク放電の発生は見られなかったが、EVA の通りがいしと磁器がいしにおいては 2005 年 9 月の台風襲来を境に漏れ電流とドライバンドアーク放電の発生が顕著になった。設置したがいしの表面状態を観察したところ、ポリマーがいしにおいても表面の撥水性がほとんど消失していることがわかった。このことから、がいしの表面状態と設置地域の気象条件、課電状況によって EVA 通りがいしにおいても撥水性が低下し放電が発生することを確認した。

参考文献

- 1) 大坪他, 「塩霧試験における漏れ電流の自動分離・解析法の提案」, 電気学会誌, Vol.122-A, pp123-124 (2002)
- 2) 唐津情報都市推進評議会
<http://web.people-i.ne.jp/~kkj/>