

電力中央研究所報告

屋外設置高分子がいしに対する紫外線画像の
放電部分発光面積と漏れ電流との関係分析

研究報告：R08017

平成21年7月

財団法人 電力中央研究所

R **CRIEPI**



屋外設置高分子がいしに対する紫外線画像の 放電部分発光面積と漏れ電流との関係分析

石野 隆一*¹ 畔柳 俊幸*² 本間 宏也*³
藤原 健治*²

キーワード：紫外線画像
高分子がいし
アーク放電
設備診断
画像計測

Key Words : Ultra Violet Image
Polymeric Insulator
Arc Discharge
Apparatus Diagnosis
Image Measurement

Relationship between Leakage Current on Outdoor Polymeric Insulator and Luminance Area of Discharge of the Outdoor Polymeric Insulator in Ultra Violet Image

Ryuichi Ishino, Toshiyuki Kuroyagi, Hiroya Homma and Kenji Fujiwara

Abstract

We measured leakage current on a polymeric insulator and took an image of luminance of discharge at the same time. Four facts were observed.

- (1) Discharge often generates at night. This means Image measurement using UV-based camera is useful for discharge.
- (2) If luminance area of discharge on an UV-image is less than 500pixels, leakage current estimation using luminance area of discharge on an UV-image is not effective.
- (3) If luminance area of discharge on an UV-image is more than or equal to 500pixels, estimation error is within 30%.
- (4) Average error for estimation of leakage current using luminance area of discharge on an UV-image is nearly equal to the average error of estimation using data which we got indoor.

(System Engineering Research Laboratory ,Rep. No.R08017)

(平成 21 年 3 月 24 日 承認)

*1 システム技術研究所 情報数理領域 上席研究員

*2 電力技術研究所 機器絶縁領域 主任研究員

*3 電力技術研究所 機器絶縁領域 上席研究員

背 景

配電用高分子がいしの寿命評価法を確立するために、高分子がいし表面の侵食の進行と放電発生に伴って表面を流れる漏れ電流との関係が調べられている¹⁾。そこで、当所では、漏れ電流の遠隔計測を目指し、これまで屋内実験により、漏れ電流と紫外線カメラで撮影した放電の発光面積との間に正の相関関係があることを示してきた^{2,3)}。実際の使用環境においても同じ関係があることを確認するためには、屋外における高分子がいしの放電時の発光画像と漏れ電流のデータを収集し、分析する必要がある。

目 的

屋外の高分子がいしの放電を紫外線カメラで撮影し夜間計測の有用性を示すとともに、漏れ電流データを収集し、放電の発光面積と漏れ電流との関係を分析する。

主な成果

図 1 に示す計測系を用いて、2008 年 6～8 月の 3 ヶ月間、屋外設置の高分子がいしの放電に対し発光面積と漏れ電流を計測し、以下の結果を得た。

1. 紫外線カメラを用いた夜間計測の有用性

3 ヶ月間の漏れ電流の時間別の発生回数⁴⁾を図 2 に示す。漏れ電流が夜～早朝(19:00～04:00)にかけて多く発生することを示しており、紫外線カメラによる夜間計測が有用であることが分かった。

2. 蓄積したデータの分析結果

計測データ(図 3)から回帰直線を求めた。その上で、計測データに対する回帰直線の当てはまり具合を放電の発光面積の大きさに応じて分析したところ(表 1)、次のことがわかった。

- (1) 発光面積が 500 画素未満では相対誤差の区間毎の平均⁵⁾が非常に大きくなり、発光面積と漏れ電流との間に関係性を見いだせない。
- (2) 発光面積が 500 画素以上では相対誤差区間毎の平均が 19.5%から 32.5%となり、発光面積から漏れ電流を、相対誤差の区間毎の平均が 3 割以下で算出できることが確認できた。

注 1) 本間宏也, 畔柳俊幸, 高橋毅「屋外絶縁用シリコンゴムの劣化評価と撥水性回復特性」電中研報告, W98022, 1999

2) 石野隆一, 本間宏也「放電部分の発光面積を用いた漏れ電流推定手法の開発(その 2)」電中研報告, R05008, 2006

3) 注 2) で提案した手法は、紫外線カメラにより放電光を撮影し、映像内の放電の発光部分の面積(発光面積)から漏れ電流を推定する

4) 「漏れ電流の発生回数」は 6 分毎の漏れ電流の波高値が 5mA を超えた場合を 1 回とした。

5) 「相対誤差」は誤差が真値(計測データ)の何パーセントにあたるかを示し、0 に近い程、誤差が少ない。また、相対誤差の区間毎の平均は、500 画素毎の相対誤差の平均を示す。

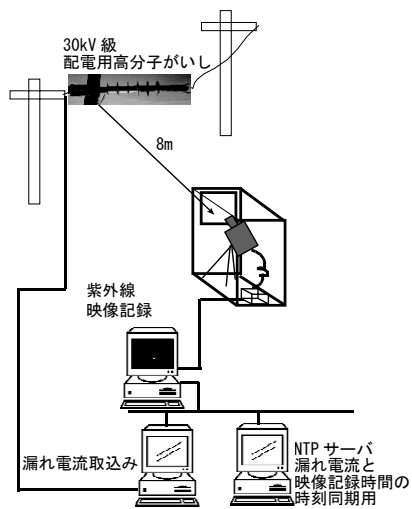


図 1 計測系

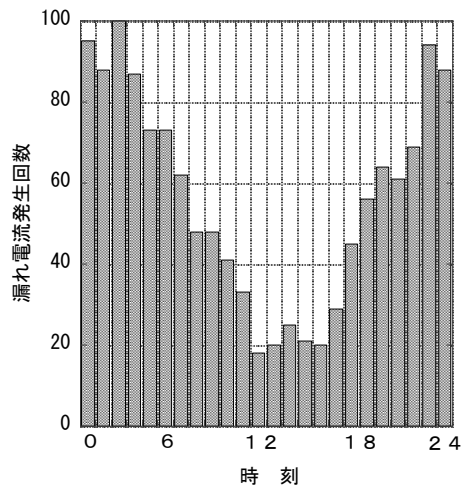


図 2 時間別漏れ電流発生回数

表 1 相対誤差の区間毎の平均

発光面積 (画素数)	相対誤差 (%)
500 未満	258.9
500 以上 1000 未満	32.5
1000 以上 1500 未満	28.7
1500 以上 2000 未満	19.5
2000 以上 2500 未満	23.8
2500 以上	29.9

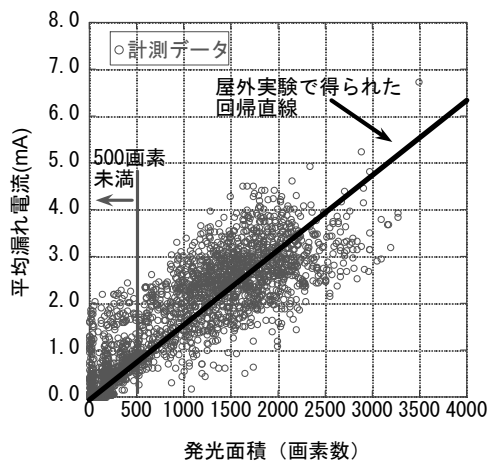


図 3 発光面積と漏れ電流の関係

目 次

1. はじめに	1
2. 放電光の発光面積と漏れ電流の関係	1
2.1 放電光の発光面積と漏れ電流の関係	2
2.2 漏れ電流と発光面積の対応関係	2
3. 屋外での検証結果	3
3.1 屋外実験用の計測装置	3
3.2 実験方法	4
3.3 計測結果	5
4. 考察	9
4.1 屋外での漏れ電流推定に関して	9
4.2 提案手法の現場活用での留意点	10
5. おわりに	11
参考文献	12

1. はじめに

高分子がいしは、従来の磁器がいしに比べ、軽量性、汚損耐電圧特性、機械強度特性、防暴特性に優れている。そのため、欧米などでは高分子がいしの導入が拡大している[1]。しかし、高分子がいしは、外被に有機材料を用いているため、材料表面の経年劣化による信頼性低下が危惧されている。そこで、経年劣化した高分子がいしの信頼性を評価するために、屋内における加速劣化試験や屋外における暴露試験などが行われている[2-7]。これらの試験では、特に、劣化の要因と考えられる放電による材料表面の浸食が調べられており、漏れ電流と材料表面の浸食との関係が明らかになりつつある[8]。これまで行われた試験では、実際に漏れ電流センサを高分子がいしに取り付け計測しているが、保守・点検時に、高分子がいしの信頼性評価を行うには、漏れ電流の遠隔計測が必要となる。しかし、漏れ電流を遠隔計測する手法は存在せず、現場で利用できる遠隔計測手法の開発が望まれている。

このような背景のもと、当所では、放電発生時に遠隔計測可能な物理現象の一つである放電光をもとに、漏れ電流を遠隔計測する手法を検討している(図 1-1)。放電光は、プラズマ発生に伴って生じ[9]、放電時には必ず紫外線を含んでいる。また、放電に伴って発生する紫外線は微弱であるため、日中には太陽光に埋もれてしまい計測不能となる。そこで、漏れ電流の遠隔計測を目指し、夜間に紫外線カメラで撮影した放電光と漏れ電流の関係を調査してきた。これまで、屋内実験において、放電映像と漏れ電流データを収集し分析を行い、放電光の発光部分の面積(発光面積)と漏れ電流との間に一定の関係があることを確認している[10]。しかし、現場で計測する環境である屋外での放電映像と漏れ電流データは無く、屋外における発光面積

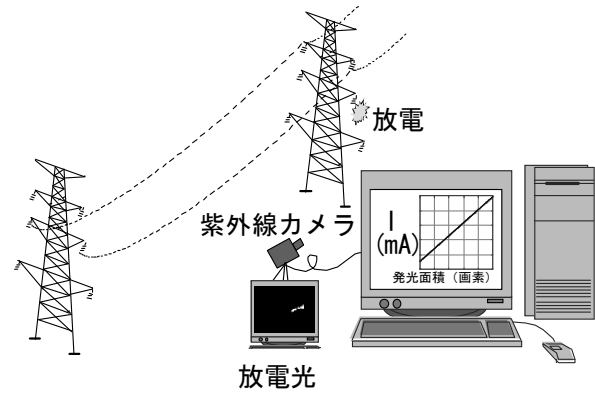


図 1-1 紫外線カメラによる漏れ電流計測のイメージ

と漏れ電流との関係は確認できていなかった。そこで、本報告では、屋外の暴露試験場に高分子がいしを設置して、漏れ電流と放電光の発光面積を3ヶ月にわたり計測したデータを分析した結果について述べる。

本報告の構成は次の通りである。2章で放電光の発光面積と漏れ電流の関係を屋内実験結果で示す。3章で、屋外実験結果を示し、4章で結果に対する考察と夜間計測の必要性を示す。

2. 放電光の発光面積と漏れ電流の関係

本章では、放電光の発光面積と漏れ電流との関係と、屋内実験で得られた結果の概要を示す。

2.1 放電光の発光面積と漏れ電流の関係

塩分を含んだ雨などにより、高分子がいしの表面に水滴ができる(図 2-1(a))、この水滴に局所的な電界集中が起こり、水滴端部でコロナ放電や水滴間で火花放電が発生し(図 2-1(b))、漏れ電流となる。さらに、漏れ電流のジュール熱により水滴が蒸発し、高分子がいし表面に塩分を含む乾燥部分(ドライバンド)が形成される。蒸発しない水滴が結合し(汚損皮膜)、このドライバンドをはさんで電極両端に到達すると(図

2-1(c)), ドライバンドを橋絡するアーク放電が発生する[11].

瞬間的に変化するコロナ放電や火花放電の漏れ電流を計測することが困難なため, 提案手法では持続的に計測できるアーク放電を対象としている.

漏れ電流は, ドライバンドの両端の汚損皮膜の塩分濃度に影響を受ける. 汚損皮膜の塩分濃度が高ければ, 電気抵抗率が小さくなり, 電流が流れやすくなる. ここで, 汚損皮膜 1m あたりの抵抗率 $\rho(\Omega m)$ と汚損被膜の厚さを一定と仮定すると, 各汚損皮膜の抵抗は汚損皮膜の長さ に比例する. 図 2-2 に示すように, 高分子がいし上に 1つのドライバンドをはさんだ長さ L_1, L_2 の 2つの汚損皮膜が発生したとし, 印課電圧を $V(kV)$ とすると, 表面を流れる漏れ電流は $V/\rho(L_1+L_2)$ に比例, つまり, 漏れ電流はドライバンドの長さ (=電極間距離- 2つの汚損皮膜の総長) に比例することになる. 図 2-3 に室内実験での発光例を示す. 図 2-3 は, 漏れ電流の大きさの相違によりアーク放電の発光面積が異なることを示す例である.

当所で提案している漏れ電流の遠隔計測手法は, 上記の理由で発生するアーク放電を紫外線カメラで撮影し, 漏れ電流を算出するものである. アーク放電による漏れ電流は画面上の発光面積に比例すると仮定し, がいし全体でのアーク放電光の合計で, 漏れ電流を計測することを目指している.

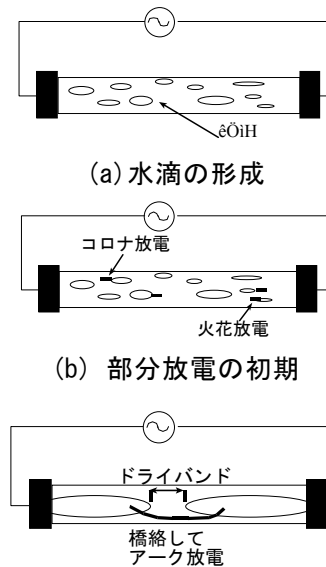
2.2 漏れ電流と発光面積の対応関係

前報告書では, 高分子がいしでの漏れ電流とアーク放電の発光面積の対応関係を, 屋内実験で明らかにした[10]. 図 2-4 に, 屋内実験で得た漏れ電流と発光面積の対応関係を示す. 縦軸は平均漏れ電流とした. 平均漏れ電流とは 33msec 間の漏れ電流の瞬時値の総和を 33msec

間のサンプル数 (漏れ電流の瞬時値は 1msec でサンプリングしているため 33 サンプルとなる) で割った値である. 平均漏れ電流を用いた理由は以下の通りである.

紫外線カメラの撮像素子は 33msec 間隔で入射光を積算しているため, 放電光の発光面積は 33msec 間に流れた漏れ電流の瞬時値の総和を反映したものと考えられる. よって, 漏れ電流の瞬時値ではなく, 平均漏れ電流と発光面積との間に何らかの関係が見いだせると考えたためである. 以降では, 平均漏れ電流を漏れ電流とし, 漏れ電流の瞬時値と区別する.

図 2-4 の点線は, 計測結果の回帰直線である. 以降, 図 2-4 の回帰直線を, 屋内回帰直線と呼ぶことにする. なお, 屋内実験に使用した高分子がいしの諸元を表 2-1 に示し, 図 2-5 に, 屋内実験の計測系を示す.



(c) 水滴の拡大, ドライバンド, アークの発生
図 2-1 高分子絶縁材料表面での汚損湿潤時の放電発生メカニズム[11]

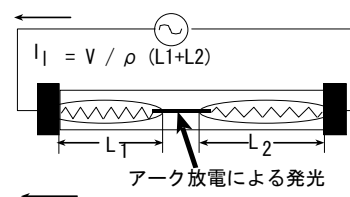
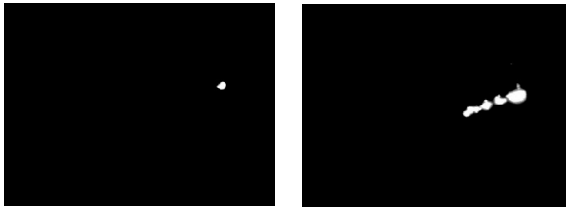


図 2-2 アーク放電の発光と漏れ電流



(a) 4mA (b) 17mA

図 2-3 漏れ電流の大きさの相違によりアーク放電の発光面積が異なることを示す例

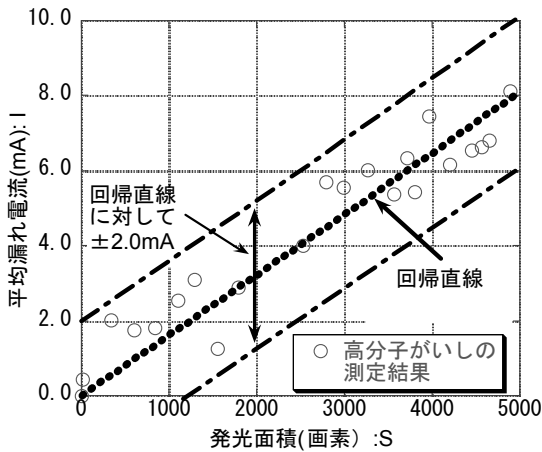


図 2-4 漏れ電流と放電の発光面積の対応関係

表 2-1 高分子がいしの諸元

表面漏れ距離	383mm
胴径	25mm
笠径 / 枚数	65mm/3 枚
外被絶縁材料	シリコンゴム

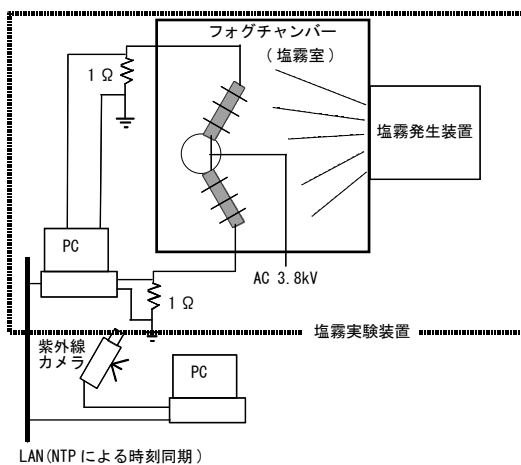


図 2-5 高分子がいしの漏れ電流と紫外光の計測系

3. 屋外での計測結果

本章では、屋外の暴露試験場で、提案手法を用いて計測した結果を示す。3.1 節で、屋外実験用に作成した計測装置を示す。3.2 節で、実験方法を示し、3.3 節で暴露試験場での計測結果と、屋内回帰直線との比較を示す。

3.1 屋外実験用の計測装置

海に面した暴露試験場の課電スタンドに高分子がいしを設置し、漏れ電流の瞬時値計測とアーク放電の発光面積を計測する装置を作成した。(1) 計測装置

計測装置の構成を図 3-1 に示す。屋外実験には、30kV 級配電用の高分子がいしを用いた。実験に用いた高分子がいしの外観を図 3-2 に示し、諸元を表 3-1 に示す。図 3-2 に示した高分子がいしを暴露試験場の課電スタンドに設置し、19kV の電圧を課電した。紫外線カメラを、約 8m 離れた位置に設置した。紫外線カメラの撮影映像と漏れ電流の瞬時値計測との時刻同期用に、NTP サーバ用の計算機を準備した。また、映像記録用に 2 台の計算機を使用した。映像記録用に 2 台使用した理由は(2)で述べる。

(2) 映像記録

アーク放電の発生を予測することは困難であるため、紫外線カメラの撮影映像を常に録画し、後からアーク放電の映る映像のみを残すこととした[12]。

紫外線カメラで撮影した映像を図 3-1 中の映像分配器を使って 2 台の映像記録用の計算機に配信する。それと同時に、漏れ電流の瞬時値の計測を行う。映像記録用の計算機が、映像を録画中の 1 分間に漏れ電流の瞬時値が 5mA に満たない場合は、その 1 分間の映像を不要映像と判断し消去した。なお、不要映像を消去する間は、その計算機では映像を記録できなくなる。

そこで、2台の計算機で交互に消去処理を行い、映像を撮り損なうことのないようにした。

今回の屋外実験では、映像記録用に1TBのハードディスクを使った。1分間の映像は約0.2GBとなり、夜間の約10時間の撮影では、計算機一台あたり最大60GB(10×30×0.2GB)の記憶容量が必要となる。つまり、常に漏れ電流の瞬時値が5mA以上となった場合でも、16日間の夜間映像を記録できる。なお、屋外実験では、漏れ電流の瞬時値が5mAを超える頻度は少ないことから、本装置で1ヶ月程度、連続記録が可能であった。

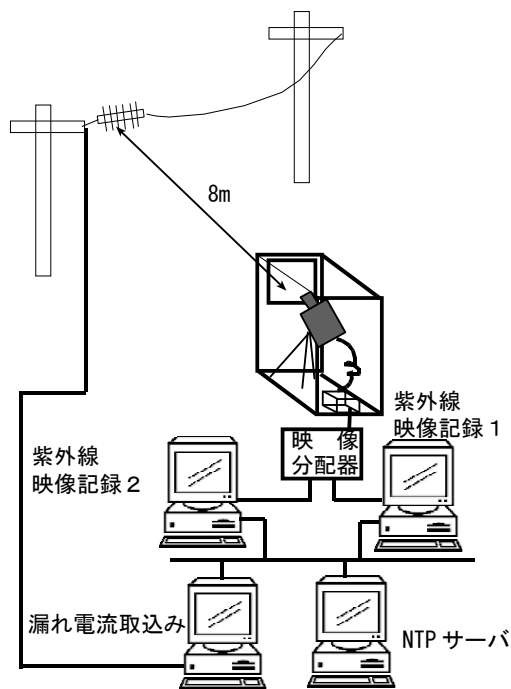


図 3-1 屋外における計測系

表 3-1 供試がいしの諸元

表面漏れ距離	660mm
胴径	25mm
笠径 / 枚数	65mm / 7枚
外被絶縁材料	シリコンゴム

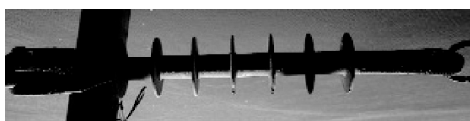


図 3-2 供試がいしの外観

3.2 実験方法

2008年6月～8月の3ヶ月間に高分子がいしに塩分を付着させ、屋外の暴露試験場で漏れ電流の計測ならびに紫外線カメラの映像記録を行った。下記に、屋外実験で用いた塩分付着方法と撮影方法を述べる[13]。

(1) 塩分付着方法

園芸用の手持噴霧器を用い、次の手順で高分子がいしに塩分付着作業を行った。

- ① 食塩水(20重量%)を、海(南西)側あるいは陸(北東)側の何れかの風上側から高分子がいしに噴霧し、微少な水滴を均一に付着させる。
- ② ヘアドライヤ(1200W)を用いて水滴を乾燥させる。
- ③ ①～②を合計3回繰り返す。

屋外実験での塩分の付着密度は $1.105 \text{ mg/cm}^2 \sim 1.629 \text{ mg/cm}^2$ であった。この値は、塩分の付着量が多い地区で実際に観測された最大値に近い値である。

次に、塩分付着を行うサイクルについて述べる。塩分付着を行うサイクルは下記の(a)～(e)である。

- (a) 塩分付着
- (b) 放電発生 (放電開始)
- (c) 放電収束 (1日の間に放電がない)
- (d) 3日間の計測期間
- (e) (d)の間に放電が計測されない場合に (a)へ。一方、放電が計測された場合は (b)へ。

以上1サイクルの塩分付着作業を実験の1回分とした。

(2) 撮影方法

屋外実験では、紫外線カメラと高分子がいしの距離が約8mである。一方、屋内実験では、紫外線カメラと高分子がいしの距離は約3mであった。

屋外実験，屋内実験ともに高分子がいしの胴径は同じ 25mm である．しかし，屋外実験では離れた距離から高分子がいしを撮影するため，屋内での撮影映像に比べ胴径が小さく映る．提案手法は，アーク放電の発光面積で漏れ電流を算出している．そのため，屋外実験と屋内実験の結果を直接比較するには，映像内での胴径を屋内実験時と同じにする必要がある．

屋外実験では，画像中の胴径サイズが屋内実験時の画像中の胴径と同じサイズになるよう映像を拡大した．

(3) 放電光の有無を判定するしきい値

紫外線カメラで撮影する画像の各画素は 0 から 255 の整数値として計算機に記録される．屋外実験での放電光の有無を判定するしきい値は屋内実験と同じく 250 とした[14]．

3.3 計測結果

3.2 節で述べた方法で 8 回の塩分付着を行った．8 回の計測期間中，降雨は無かった．各回で最大の漏れ電流瞬時値を記録した 1 分間の計測結果を本節で示す．

8 回分の計測結果をまとめたものを図 3-3 に示す．計測結果は，屋内実験と同様に，図 2-6 で示した屋内回帰直線から $\pm 2.0\text{mA}$ 以内(図 3-3 中の一点鎖線)となった．なお，図 3-3 には，室内実験で得られた計測結果を合わせて示す．

次に 8 回のそれぞれの計測結果を図 3-4 に放電画像の例，映像記録時刻，記録時刻時の気温と湿度，正午の気温と湿度を示す．図 3-4(a)～(h)の放電画像から，いずれもアーク放電の発光を撮影できていることがわかる．図 3-4 のグラフの計測結果を示す「○」印の分布を見ると，それぞれのアーク放電における計測結果の分布が原点付近に分布しているものから，一点鎖線内全体に分布しているものまで種々得られている．アーク放電の発生条件が異なっている

と考えられるが，計測結果は $\pm 2.0\text{mA}$ 以内に収まっていた．

なお，計測結果を示す「○」の数が異なっているのは，各回における 1 分間に発光した回数が異なるためである．例えば，図 3-4(e)には多くのプロットが存在するが，これは，7 月 3 日の場合は 1 分間に多くの発光が発生したことを意味する．

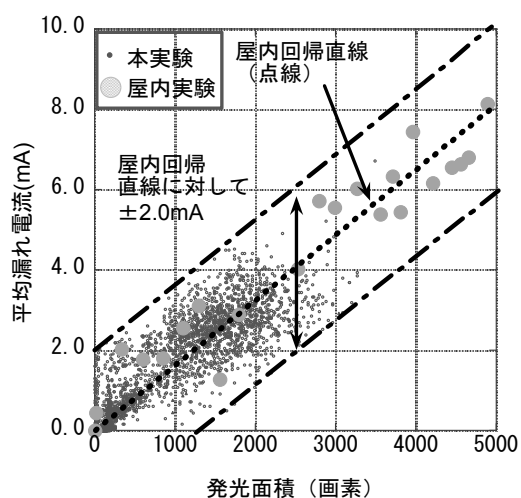
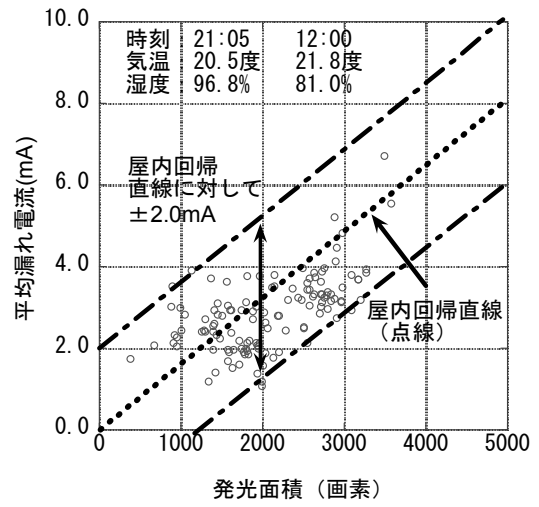
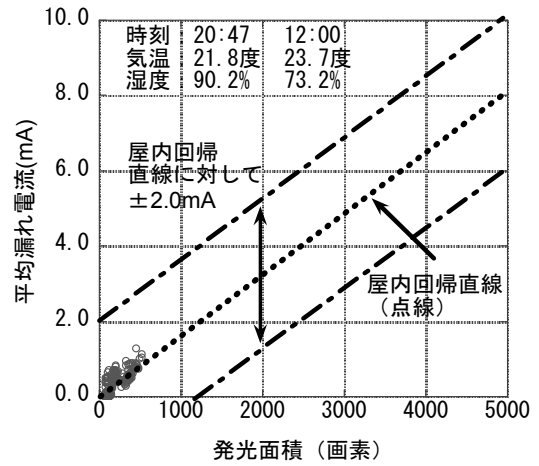
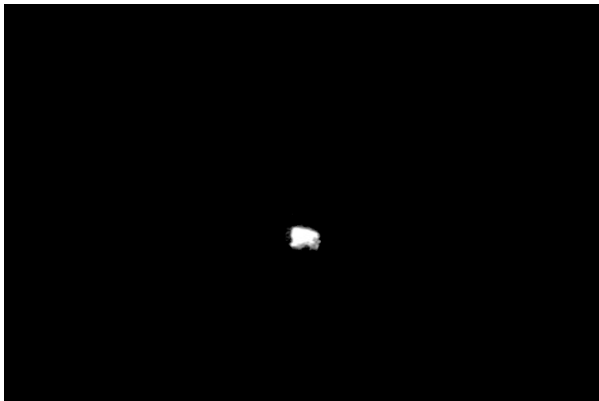


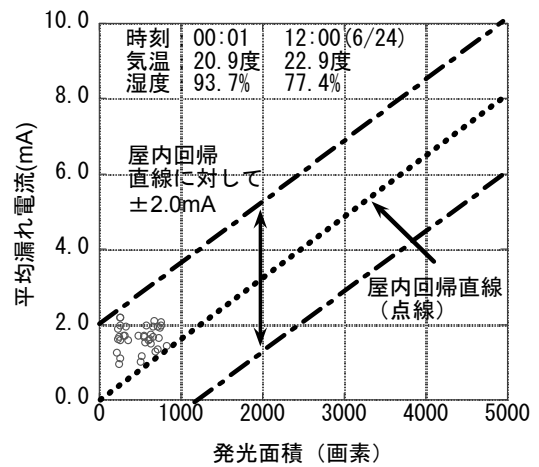
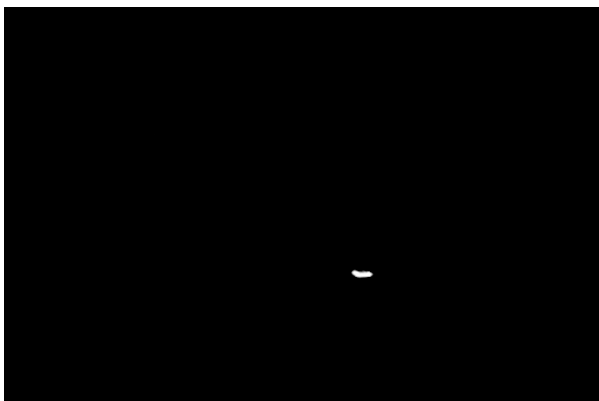
図 3-3 8 回分の計測結果



(a) 6月11日

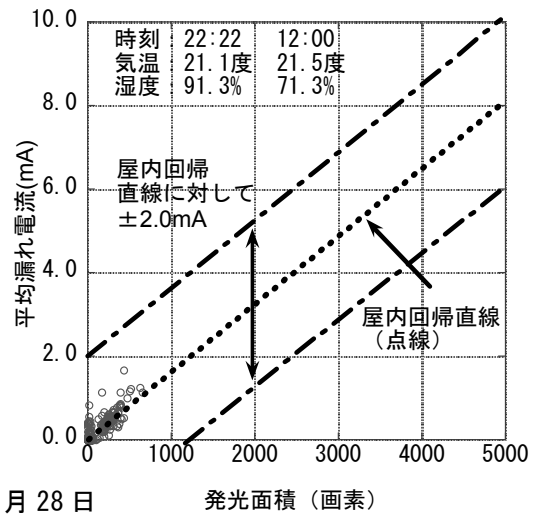
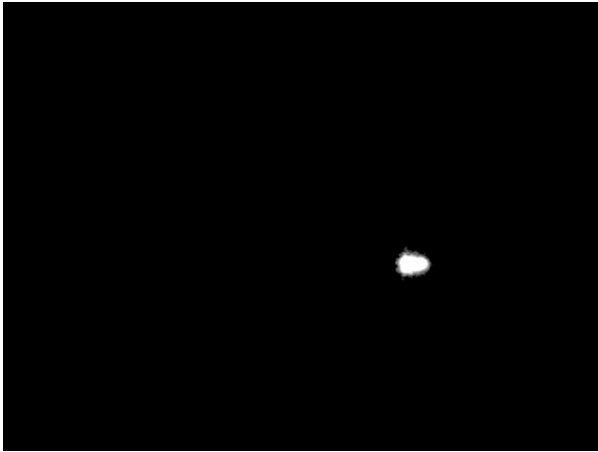


(b) 6月19日

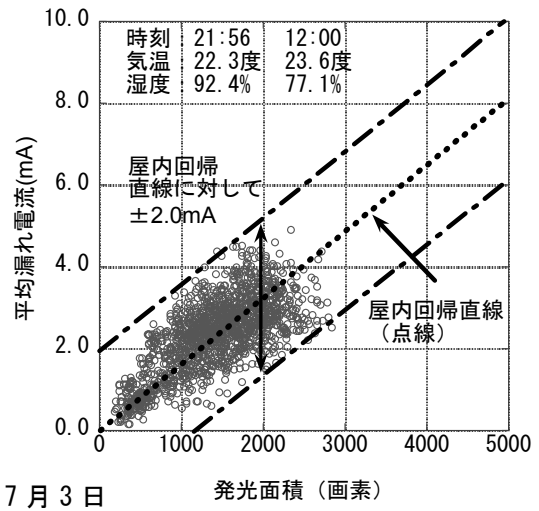
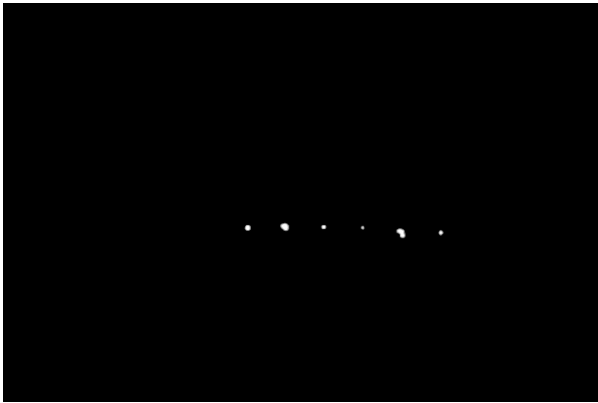


(c) 6月25日

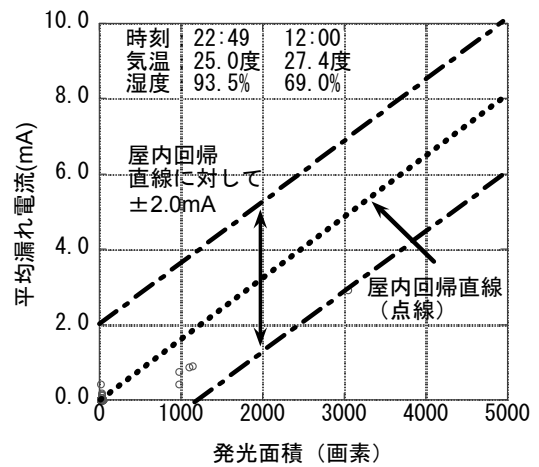
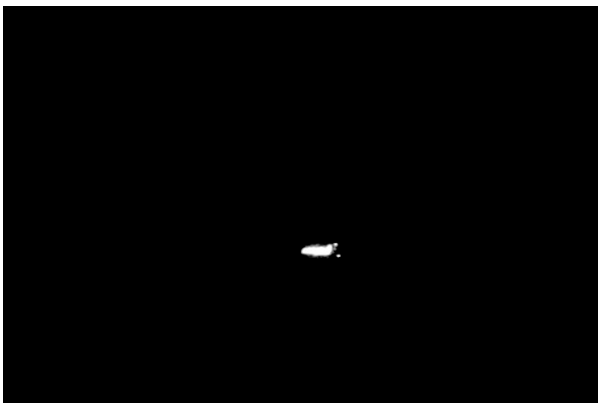
図 3-4 各回の計測結果(その1)



(d) 6月28日

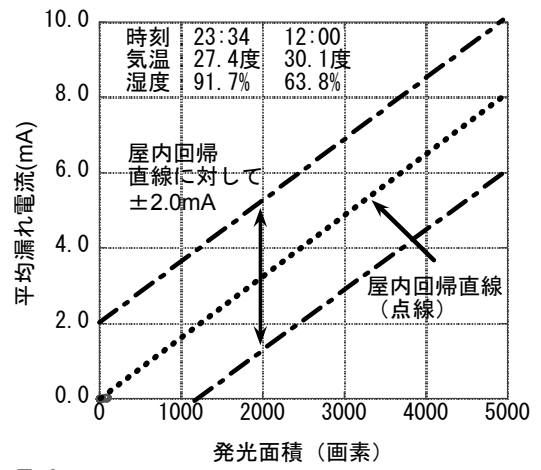
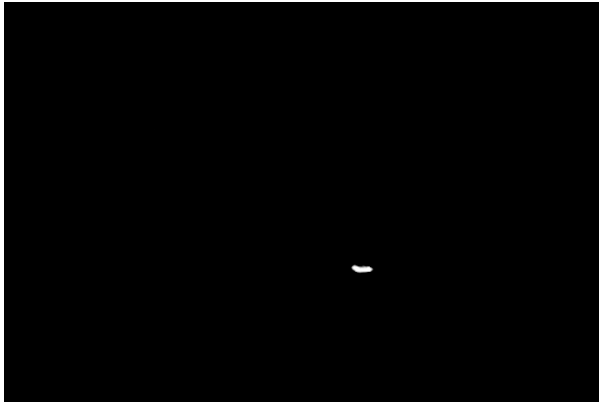


(e) 7月3日

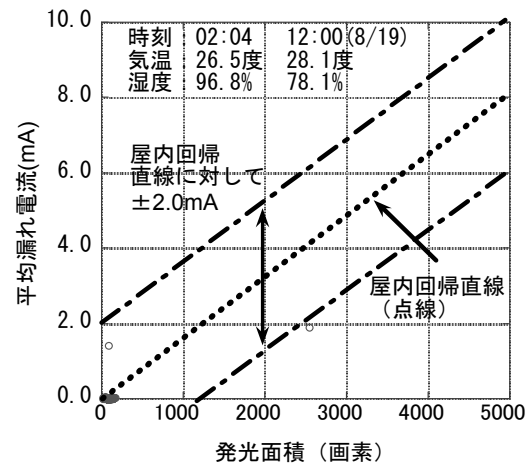


(f) 7月14日

図 3-4 各回の計測結果 (その2)



(g) 8月6日



(h) 8月20日

図 3-4 各回の計測結果 (その 3)

4. 考察

4.1 屋外での計測結果に関して

本節では、屋外での計測結果に関して、次の四つについて考察する。

- (1) 屋内回帰直線と屋外の回帰直線との比較
- (2) 区間毎の相対誤差
- (3) 平均誤差
- (4) 平均漏れ電流が 5mA 以上の計測点数が屋内実験より少ない理由

(1) 屋内回帰直線と屋外の回帰直線との比較

屋外実験で得られた計測結果と、屋内実験での計測結果を図 4-1 に示す。図 4-1 には、それぞれの計測結果の回帰直線を合わせて示してある。

屋内実験と屋外実験の回帰直線の相関係数は、それぞれ 0.985, 0.941 であり、発光面積と漏れ電流はそれぞれ高い相関があるといえる。また二つの回帰直線の回帰係数は、0.00159 と 0.00158 であり、ほぼ同一であった。2.9mA までは両者の回帰直線に乖離みられなかった。これは、図 4-2 に示すように屋外実験結果の 96.7% にあたる。さらに、屋外実験結果に対する屋内回帰直線の決定係数 R^2 を式(4-1)から求めた。 R^2 は 0.91 となり、屋内回帰直線は屋外実験結果に良く当てはまっているといえる。一方、発光面積 5000 画素では 0.2mA の差となった。以上から、屋外実験で得られた回帰直線は屋内回帰直線とほぼ同一の回帰直線が得られたと考えられる。

(2) 区間毎の相対誤差

発光面積に応じて相対誤差を次のように求めた。発光面積の区間を 0~499 画素, 500 画素~999 画素・・・と 500 画素毎の区切りとし、それぞれの区間での相対誤差の平均を式(4-2)で求めた区間毎の相対誤差を表 4-1 に示す。発光

面積が 500 画素未満の場合は、相対誤差が 258.9% となり、発光面積と漏れ電流の間に関係性を見いだせない。一方、発光面積が 500 画素以上ではおおむね 20%~30% の誤差となり、発光面積と漏れ電流の間には一定の関係があることを示している。この結果から、屋外実験で得た回帰直線をもとに計算した漏れ電流値は、正確な算出値とはいえないが、漏れ電流発生の大さを知る方法として有効と考えられる。

(3) 平均誤差

屋外実験と屋内実験の計測結果に対して、それぞれの回帰直線で漏れ電流を算出し、平均誤差を式(4-3)から求めた。結果を表 4-2 に示す。

(1) で述べたように、発光面積 500 画素未満では発光面積と漏れ電流の間に関係性を見いだせないことから、全データから求めた平均誤差と 500 画素未満を除いて求めた平均誤差とを並記した。発光面積 500 画素未満も含めた場合は、屋外実験結果に対する平均誤差は小さい。これは、発光面積 500 画素未満の計測結果の影響が大きいためである。具体的には、発光面積 500 画素以上となった計測点数の約 2 倍の計測点数があり、500 画素未満の平均誤差が 0.325mA と小さく、これが反映したためである。発光面積 500 画素未満の影響を除いて平均誤差を求めると、0.560mA となり、屋内実験結果に対する平均誤差である 0.641mA に近づいている。

$$R^2 = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} |\hat{l}_i - \bar{l}_i|^2}{\sum_{i=0}^{N-1} |l_i - \bar{l}_i|^2} \quad (4-1)$$

ここで、 N は全計測結果数、 l_i は i 番目の漏れ電流、 \hat{l}_i は屋内回帰直線による漏れ電流算出値、 l_i は計測値、 \bar{l}_i は漏れ電流平均値

$$e_r = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} |\hat{l}_i - l_i| / l_i}{M} \times 100 \quad (4-2)$$

M はある発光面積の区間にある計測点数

$$e_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{N-1} (\hat{l}_i - l_i)^2}{N}} \quad (4-3)$$

(4) 平均漏れ電流が5mA以上の計測点数が屋内実験より少ない理由

屋内実験で得た計測結果と異なり、屋外実験では5mA以上の計測結果の数が少ない。平均漏れ電流が5mAとは、2.2節で記した定義から、33msec間に記録した電流値の合計が165mA(=5×33)であることを意味する。この中には漏れ電流が流れていない区間も含まれているので、例えば3msec程度の際に漏れ電流が流れたとすると、漏れ電流の瞬時値は、55mA(=165/3)以上流れたことを意味する。暴露試験場では、長期データ収集しているため事故を起こさないように瞬時値が50mA以上の漏れ電流を流れにくくしており、今回の実験では大きい漏れ電流の瞬時値が少なかったと考えられる。

4.2 提案手法の現場活用での留意点

本節では、現場活用を行う上での留意点として、(1)高分子がいしのサイズ、(2)屋外での適切な計測時期、(3)夜間計測について述べる。

(1) 高分子がいしのサイズ

高分子がいしには、様々なサイズ(大きさと長さ)がある。同系の高分子がいしで、映像中に映った高分子がいしの大きさと映像中の画素数の対応が屋外実験と同一にできる場合は、図に示した回帰直線を利用できる。それ以外の場合は、屋内実験を通して、発光面積と漏れ電流の関係を、提案手法により計測する必要がある。

(2) 屋外の適切な計測時期

提案手法は、巡視・点検時に放電発光を観測し、大きな漏れ電流が流れているかどうかを調べ、劣化の進展が懸念される高分子がいしを見つけるために使う手法である。そのため、放電発光が発生しやすい時期を考慮して計測を行う必要がある。我々は、その時期として、台風通過後の晴天時が適していると考えている。以下では、その理由について述べる。

台風通過時には雨に塩分が多く含まれるため、短時間で大量の塩分が高分子がいしの表面に付着する。塩分が付着した状態で、かつ高湿度条件下で夜間や早朝に気温が下がると高分子がいし表面に汚損皮膜が形成される。汚損皮膜が形成されるとコロナ放電や火花放電が発生し、アーク放電につながる可能性が高まる。

その後、晴天が続き降雨が無いため、塩分は洗浄されず、放電が長時間持続する可能性が高まる。ところが、一般の雨では、塩分が洗浄されてしまうため、放電が長時間持続しないと考えられる。

(3) 夜間計測に関して

提案手法は、微弱光を取得する紫外線カメラを使う関係上、夜間(20:00~04:00)の計測が不可欠となる。そこで、屋外実験データを使い、夜間にどの程度の頻度で漏れ電流が発生しているかをグラフにまとめた(図4-3)。

図4-3は、漏れ電流の瞬時値の最大値が5mA以上となった回数を集計した結果である。6分毎の漏れ電流の瞬時値の最大値が5mA以上となった1331回を時間ごとに分類した。早朝、深夜に漏れ電流の瞬時値の最大値が5mA以上となる回数が多いのに対し、正午前後は少なくなっていることが分かった。この理由は、高分子がいしに塩分が付着していても、日中は表面上に汚損皮膜が形成されないためである。しかし、早朝、深夜は気温低下に伴い表面がぬれることで、一連のアーク放電にいたる過程が起きやす

表 4-1 相対誤差

発光面積 (画素)	500 未満	500 以上 1000 未満	1000 以上 1500 未満	1500 以上 2000 未満	2000 以上 2500 未満	2500 以上
相対誤差 (%)	258.9	32.5	28.7	19.5	23.8	29.9

表 4-2 平均誤差

対象範囲	全計測結果を対象	500 画素以上を対象
屋外実験 (mA)	0.368	0.560
屋内実験 (mA)	0.685	0.641

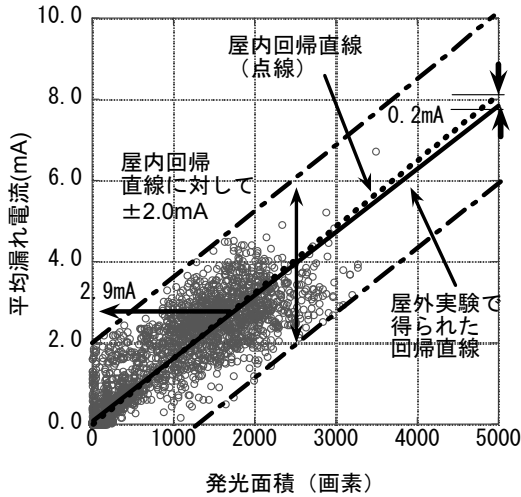


図 4-1 図 3-3 に屋外実験で得た回帰直線を重ねたもの

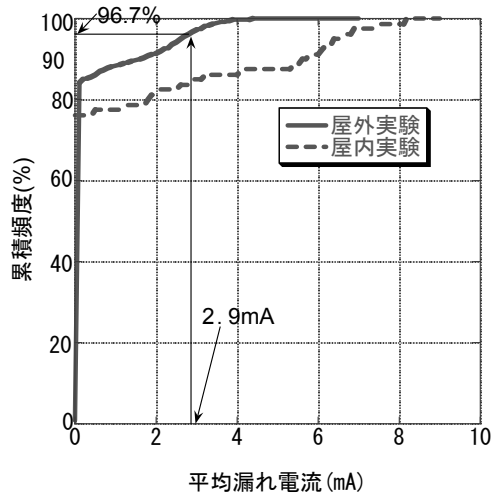


図 4-2 漏れ電流の累積頻度

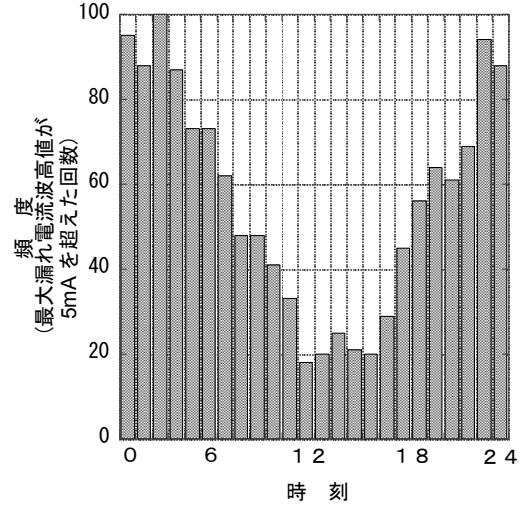


図 4-3 瞬時値が 5mA 以上の漏れ電流が流れた時間別頻度

い状況になると考えられる。

以上の考察から、夜間が漏れ電流計測に最も適切な時間帯であり、夜間に計測を行う提案手法は漏れ電流計測に適しているといえる。

6. おわりに

本報告では、これまでに当所で提案してきた、紫外線カメラによる放電光の発光面積を用いた漏れ電流計測手法を屋外で発生した放電に対して適用した結果について述べた。

1. 夜間計測の必要性

本報告で対象とした、降雨の無い場合に発生する放電は、日中より深夜～早朝にかけて多く発生することがわかり、夜間計測が必要なことが明らかになった。このため、夜間計測が必要となる提案手法が有用な手法であることがわかった。

2. 発光面積と漏れ電流の関係性

発光面積が 500 画素未満の場合には、相対誤差が 259.7%となり発光面積と漏れ電流の間に関係性が認められないが、発光面積が 500 画素以上では、発光面積と漏れ電流の間に一定の関係性が認められ、回帰直線をもとに 30%以下の誤差を漏れ電流を算出可能である。

3. 屋内実験との比較

屋内回帰直線の屋外実験結果に対する決定係数は 0.91 となり屋内実験結果と同等の傾向を示すことを確認した。また、平均誤差についても、屋内実験に近い平均誤差となり、屋内実験と同等の関係が得られた。

参考文献

- [1] 電気協同研究会，“架空送電用有機がいしの現状と今後の展望”，Vol.56, No.1, 2001
- [2] 橋本，畔柳，新原，奥野，“77kV 送電線で高分子がいしの課電暴露試験(2 年半経過)”電気学会電力・エネルギー部門大会予稿集，No.7, pp.147-148, 2000
- [3] 石割，荒川，越野，南谷，近藤，“ポリマーがいしの直流加速劣化試験”，電気学会電力・エネルギー部門大会予稿集，No.7, pp.151-152, 2000
- [4] 本間，“高分子がいし等に用いられる屋外絶縁用シリコンゴムの撥水性挙動”，電中研報告，W01035, 2002
- [5] 本間，畔柳，高橋，“物理化学的特性から見たシリコンゴム外被の経年劣化”，電気学会論文誌 B, Vol.123, No.8, pp.956-963, 2003
- [6] 絶縁界面の評価・改質技術調査専門委員会，“絶縁界面の評価と改質技術”，電気学会技術報告，948 号，2004
- [7] 田中，畔柳，新原，“77kV 送電線における高分子がいしの長期暴露試験”，電気学会論文誌 B, Vol.128, No.12, pp.1529-1534, 2008
- [8] 本間，畔柳，高橋，“塩霧法による配電用高分子がいしの長期性能評価法の提案”，電中研報告，H04022, 2005
- [9] 栗原，岡崎，大塚，橋本，東，匹田，“屋外絶縁用ポリマー材料における漏れ電流特性と放電メカニズムの検討”，電気学会技術報告，放電研究会，DEI02-102, pp31-36, 2002
- [10] 石野，本間，“放電部分の発光面積を用いた漏れ電流推定手法の開発(その 2)—試料片の測定結果に基づく配電用高分子がいしの漏れ電流推定—”，電中研報告，R05008, 2006
- [11] 本間，畔柳，泉，“波形歪みに基づく高分子絶縁材料の表面漏れ電流分離計測アルゴリズムの提案”，電気学会論文誌 A, Vol.122, No.7, pp.702-709, 2002
- [12] 石野，本間，“屋外におけるがいしの放電光観測システム”，電気学会電力・エネルギー部門大会予稿集，S22 17-18, 2008
- [13] 畔柳，石野，藤原，“人工汚損した配電用高分子がいしの自然湿潤によるもれ電流発生特性”，7-139, 電気学会全国大会予稿集，2009
- [14] 石野，本間，宮島，“放電現象に対する紫外線画像解析の適用可能性”，電中研報告，R03008, 2004

電力中央研究所報告

[不許複製]

編集・発行人

財団法人 電力中央研究所
システム技術研究所



東京都狛江市岩戸北 2-11-1
電話 03 (3480) 2111 (代)

e-mail

serl-rr-ml@criepi.denken.or.jp

発行所

財団法人 電力中央研究所
東京都千代田区大手町 1-6-1
電話 03 (3201) 6601 (代)

印刷所

株式会社 ユウワビジネス
東京都千代田区神田須田町 1-1
電話 03 (3258) 9380

ISBN978-4-7983-0153-2

