

シリコーンゴムの塩害に対する耐汚損特性の検討

田平 耕成^{a)}・迫田 達也^{b)}・阿嘉 良昌^{c)}・安食 富和^{c)}・深野 孝人^{c)}

Study on Resistance of Fouling Silicone Rubber Against Salt Pollution

Kousei TABIRA, Tatsuya SAKODA, Yoshiaki AKA, Tomikazu ANJIKI, Takato FUKANO

Abstract

Polymeric material has attracted much attention because of lightweight, high-insulation performance, and anti-weather aging performance. In recent years, salt damage has been reported in the electric power field. In order to alleviate these damage, application of polymer material has attracted attention. However, there are many unexplained phenomena of the degradation mechanism even against salt pollution. In order to evaluate the influence of polymer damage due to salt pollution, we conducted a salt fog aging test with using silicone rubber samples. Thereafter, a flashover test was conducted to evaluate the resistance of SiR. As a result, it was shown that the polymer material can also be expected to have fouling resistance even in heavy salt pollution areas.

Keywords: polymer, silicone rubber, salt fog aging test

1. はじめに

電気絶縁機器は、電力エネルギーを安全且つ確実に送り届けるという重要な役割を担っている。特に屋外で用いられるものにおいては、塩害等の厳しい使用条件に耐え得る絶縁耐力と、風・雪などの外力に耐え得る機械的強度が要求される¹⁾。従来、電気絶縁機器の外被材として、日本国内では磁器、海外では磁器やガラスなどの無機材料が主流として使われてきたが、近年、電気絶縁機器の外被材として有機高分子材料であるポリマー材料が注目されている^{2) 3)}。磁器等の無機材料は絶縁特性が良く、耐候性も優れているなどの長所がある反面、重量物であり、耐衝撃性が悪く、汚損時の耐電圧特性が大きく低下するなどの短所もある。一方、ポリマー材料は軽量で、機械的強度、耐汚損特性にも優れており、撥水性という特殊な性質も併せ持っている²⁾。また、ポリマー材料は加工性がよく、形状の自由度が大きく、構造の合理化と低コスト化が可能であると共に、軽量で作業性に優れている²⁾。これらのことから、欧米を中心に使用範囲が広がっている。

一方、ポリマーの日本国内での使用は限定的である。紫外線やバードアタック等の環境因子や放電現象による経年劣化が懸念されているためである。また、使用環境によって様々な汚損物質の付着が確認されており、経年使用に伴う汚損物質の堆積によるポリマー材料の変質や絶縁性能の低下も懸念されている^{4) 5)}。さらに、日本の気候は高

に伴う汚損物質の堆積によるポリマー材料の変質や絶縁性能の低下も懸念されている^{4) 5)}。さらに、日本の気候は高温多湿であり、台風や積雪などの自然災害も頻繁に発生する。そのため、ポリマー材料を用いる上で、その劣化機構の解明と長期信頼性の把握は最重要課題である²⁾。

ところで、海沿岸地域に施設された電力機器において、塩害による被害が報告されている⁶⁾。これらの被害を軽減するためには洗浄が有効であることから、場所によっては毎年複数回の洗浄が余儀なくされているが、この対策としてポリマー材料の適用が注目されている。しかしながら、塩害に対するポリマー材料への劣化機構や、長期信頼性の把握など、未だ未解明な部分が多く存在する。

本論文では、ポリマー材料が塩害により受ける影響を評価することを目的として、重塩害地域を模擬した過酷試験を行うため、ポリマー材料の一種であるシリコーンゴム(SiR: Silicone Rubber)製試料を用いて、直流課電下のもと導電率非常に高い塩霧で霧試験を行った。加えてその後、フラッシュオーバー(FO)試験を行い、取得した積算電気量、FO電圧(FOV)及び、撥水性の観点から、塩を混合せずに試験を行ったものと比較し、SiRの塩害に対する耐性を評価した結果について述べる。

a)工学研究科工学専攻大学院生

b)電気システム工学科教授

c)東芝エネルギーシステムズ株式会社

2. 実験方法

表 1 に試験条件、図 1 に試験装置の概要、図 2 に試験試料と課電電極、接地電極からなるステンレス製金属電極の配置をそれぞれ示す。試験試料には幅 50 mm、長さがそれぞれ 30 mm、50 mm、70 mm、厚み 4 mm の板状に形成された SiR を用い、試料の片面に図 2 に示すような金属電極 1 組を配した。対向電極間距離は 30 mm とし、地面に対して図 3 のように角度を 15° 傾けて設置した。図 4 に試料を設置した様子を示す。同試料に対し、イオン交換水に塩を混合し、導電率を調整したものと、塩を混合していないイオン交換水の 3 種類を、それぞれ超音波加湿器により試験容器内に常時噴霧した。塩霧試験中の電圧は直流正極性の 1.5 kV とし、3 時間及び 5 時間課電し、積算電気量と撥水性の評価を行った。

塩霧試験終了後、一定時間を置くと、試料表面の撥水性が回復する可能性があるため、直ちに FO 試験を行い、FOV を測定した。試験は一条件につき 3 回行った。試験中の積算電気量は、National Instruments 社製の A/D 変換ボードを介して PC で記録し、FOV の確認はデジタル・オシロスコープを用いて行い、FO は、5 mA 以上の電流パルスが確認されるとともに電圧が 0 V 近傍まで低下した時と定義した。

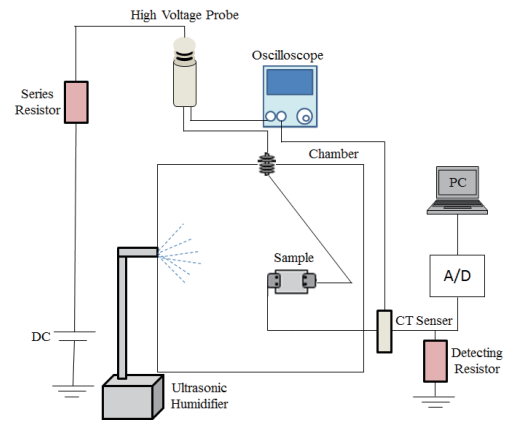


図 1 実験装置の概要.

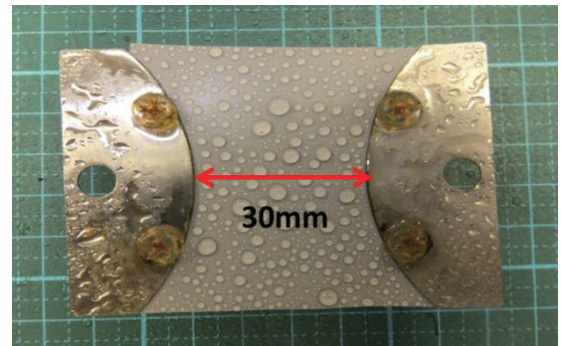


図 2 試験試料と電極の配置.

表 1 試験条件.

Series resistor [MΩ]	1
Sample	HC (Hydrophobicity Classification) 1 SiR Sample
Chamber size [m]	1.5 × 1.5 × 1.5
Spray quantity [l/h]	0.9
Conductivity [mS/cm]	160, 80, 0.1

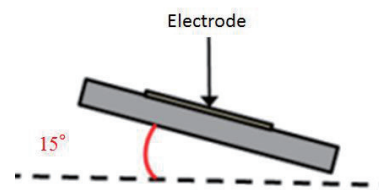


図 3 試料設置の概要



図 4 試料設置の様子

3. 実験結果および考察

3.1 積算電気量

図5に、3時間課電した漏れ電流の積算電気量を、図6に、5時間課電した積算電荷量をそれぞれ示す。縦軸は積算電気量、横軸は導電率である。図5、図6より、導電率0.1mS/cmの場合では、3時間課電時の積算電気量の平均値は4.5C程度であるのに対して、5時間課電の場合は7C程度となっている。同様に、導電率80mS/cm及び160mS/cmの積算電気量に関して、課電時間が長くなる程、積算電気量は増加している。ただし、これらの結果と比較して分かるように、導電率の差による積算電気量の変化はほとんど見られない。以上より、ポリマー材料の漏れ電流による積算電気量は、課電時間に比例して増加するが、導電率によって依存性はないことが示された。

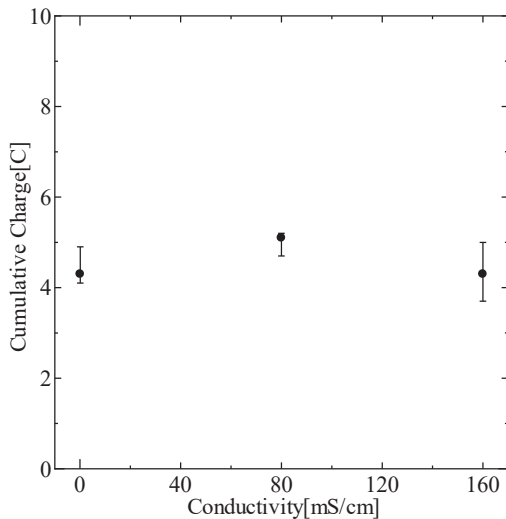


図5 積算電気量(3時間課電試料)

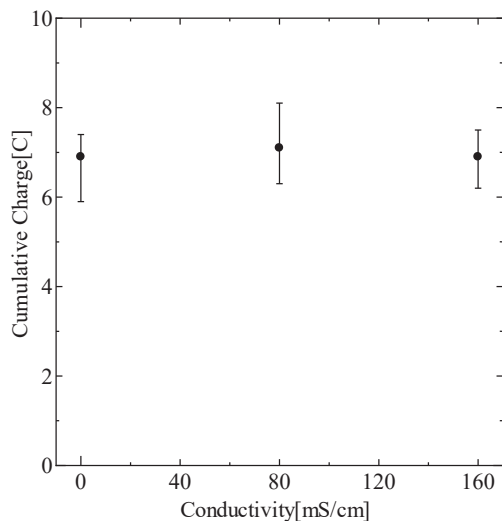
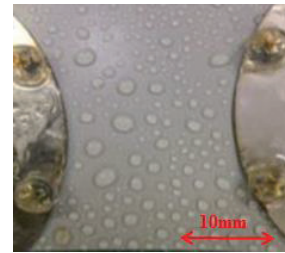


図6 積算電気量(5時間課電試料)

3.2 撥水性評価

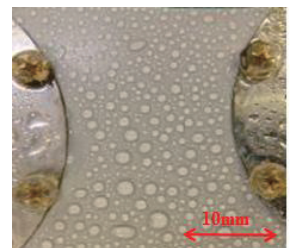
図7、図8に、3時間、5時間課電した試料表面の撥水性の状態をそれぞれ示す。撥水性の評価方法には、STRI (Swedish Transmission Research Institute) 法を採用した。図7、図8より、塩霧試験終了後の試料の撥水性レベルはどの条件においてもHC1程度であり、導電率の影響を受けていないことが分かる。また、課電時間が長い試料程、試料表面の電気抵抗が低下して、撥水性も低下していくことが報告されているが⁷⁾、本試験では、印加電圧を低く設定している(印加電圧1.5kV)ため、3時間課電と5時間課電で撥水性に差は表れなかったと考える。



(a) 導電率 0.1mS/cm

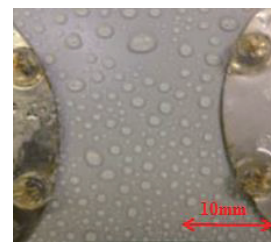


(b) 導電率 80mS/cm

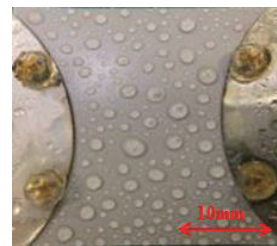


(c) 導電率 160mS/cm

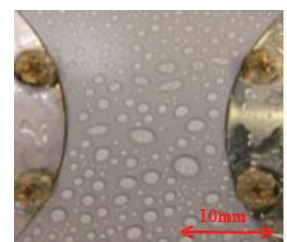
図7 撥水性(3時間課電試料)



(a) 導電率 0.1mS/cm



(b) 導電率 80mS/cm



(c) 導電率 160mS/cm

図8 撥水性(5時間課電試料)

3.3 フラッシュオーバー電圧

図9、図10に、3時間、5時間課電したもののFOVをそれぞれ示す。図9より、3時間課電試料における、導電率0.1mS/cm、80mS/cm、160mS/cmのFOV平均は、それぞれ10.4kV、11.7kV、11.3kVであり、導電率の違いによる顕著な差は確認できない。また図10より、5時間課電試料においても、導電率0.1mS/cm、80mS/cm、160mS/cmのFOV平均は、それぞれ10.5kV、10.8kV、10.7kVと、導電率の違いによる顕著な差は確認できない。これは、試料表面に付着した水滴によってFOVは大きく影響するためである。通常、コロナ放電などによって表面の撥水性が低下し、撥水性が低下している箇所を橋絡する形でFOに至るが、3.2節から確認できるように、どの試料も表面の撥水性レベルが同程度(HC1)であるので、殆どFOVにも変化が見られなかったと考える。

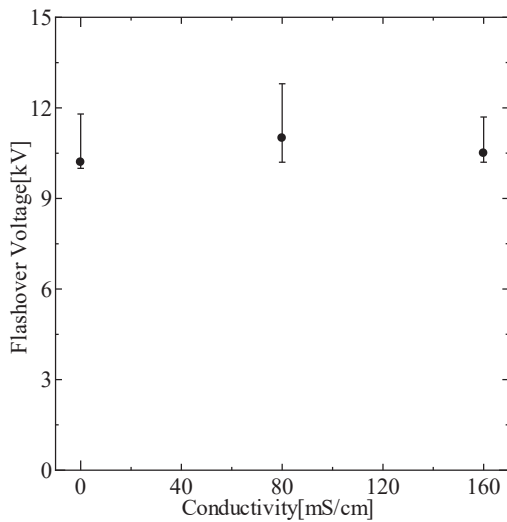


図9 FOV(3時間課電試料)

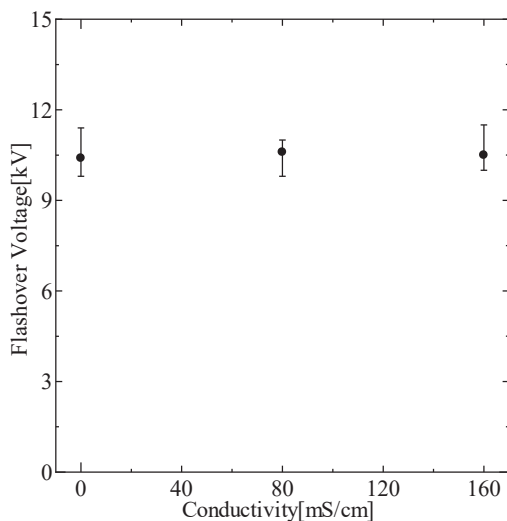


図10 FOV(5時間課電試料)

4. まとめ

重塩害地域を模擬した過酷試験を行うため、SiR製試料を用いて、直流課電下で導電率を非常に高い値に設定し塩霧試験を行った。加えてその後、フラッシュオーバー(FO)試験を行い、試験で取得した積算電気量、FO電圧(FOV)、及び撥水性の観点から、塩を混合せずに試験を行ったものと比較し、ポリマー材料の塩害に対する耐性を評価した。その結果、漏れ電流の積算電気量に関しては、課電時間が長くなる程積算電気量が増加することが確認できたが、導電率の差による変化は見られなかった。また、撥水性については、どの試料も撥水性レベルはHC1程度であり、導電率の差による影響は確認できなかった。FOVについても、どの試料でも導電率の差による顕著な差は確認できなかった。以上より、ポリマー材料は重塩害地域での耐汚損特性も期待できることが示唆された。

参考文献

- 1) 関根泰次: 「送配電工学」, オーム社, pp.93-118, 1989.
- 2) R. Hackam: "Outdoor HV Composite Polymeric Insulators", IEEE Trans. DEI, Vol.6, No.5, pp.557-585, 1999.
- 3) 本間宏也: 「ポリマー材料の電気絶縁機器への適用」, 電気学会誌, Vol.120, No.3, pp.152-155, 2000.
- 4) 押川, 徳永, 本田, 三宅, 迫田, 安食: 「複合汚損試験によるシリコンゴム表面上の放電開始時間の評価」, 電学論 A, Vol.133, No.4, pp.205-210, 2013.
- 5) 本田, 押川, 三宅, 迫田, 吉田, 古河: 「微細藻類がポリマーがいし外被材の絶縁特性に与える影響の評価」, 電学論 A, Vol.132, No.11, pp.944-950, 2012.
- 6) 本田秀樹: 「配電用高分子がいしの実用化に向けた取り組み」, 東北電力株式会社, AEW 第38号
- 7) 吉村, 熊谷: 「ポリマー碍子における撥水性と複合劣化現象」, 特集 ゴムの電气的特性, 最近の進歩, pp.119-126, 2003