

塩じん害防止用シリコーン・コンパウンド の汚損特性

菊 地 光 一・*河 村 鴻 允

Contamination Characteristics of Silicone Compound

in Preventing Deteriorations Caused by Salt and Dust

Kouichi Kikuchi and Kouin Kawamura

(昭和50年10月31日受理)

1. はしがき

がいし類に塗布する塩じん害低減材としてはシリコーン・コンパウンド(以下コンパウンドと呼ぶ)、シリコーン・ラバー、石油グリース等があるが、今までの実験ではコンパウンドが塩じん害防止用として最も有効なことが確認され⁴⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁸⁾国鉄や東京電力等では実用化されている。コンパウンドの有効な理由は優れた発水性と電気絶縁性の他にアミーバ作用があり、これらが相互に依存しあって、塩じん害低減材としての効果を発揮するからである。しかし東北地方のように塩じん害だけでなく、雪氷害もある地域での耐電圧性能については不明な点が多く、ここ数年来いくつかの側面から調査し、実験を重ね次のような項目については既に報告した。

- (1)シリコーン類塗布面における飛砂の影響¹⁾²⁾⁴⁾⁷⁾
- (2)コンパウンドのアミーバ作用³⁾⁶⁾⁸⁾
- (3)コンパウンドの耐塩じん特性⁵⁾⁷⁾⁸⁾¹⁰⁾
- (4)コンパウンドの寿命の判定⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾
- (5)コンパウンドの簡易寿命判定法⁹⁾¹¹⁾
- (6)コンパウンドの耐塩強度と寿命判定¹¹⁾
- (7)絶縁材料電気特性への物理、化学分析法の利用¹⁰⁾¹¹⁾
- (8)コンパウンドの汚損特性¹³⁾

本研究では塩じん害低減材としてのコンパウンドの実用性と実用上の問題点を追求するため、暴露試験を中心にその汚損特性について報告する。汚損特性としては多くの領域が考えられるが、コンパウンド塗布がいしについて次の領域に限定して述べる。(懸垂つりの場合について)

- (1) 暴露日数の増加にともなう FOV 特性の変化。
(等価霧中法による結果を中心として)
- (2) 暴露日数の増加に伴なうコンパウンド中の塩、砂

じん、シリコーン油の含有量および、それらの分布の変化。

(3) 暴露日数の増加に伴なう課電試験と無課電試験の塩、砂じん、シリコーン油の含有量等に関する相違。

(4) 暴露試験のろうえい距離と FOV との関係。

2. 実験装置と実験方法

2.1 供 試 料

(1) 無課電

- | | | | | |
|---|----|-------|---|-----------------------|
| { | a. | 3 A長幹 | { | ・コンパウンド 1.0 mm 全面塗布 |
| | | | | ・無塗布 |
| { | b. | 250 S | { | ・コンパウンド 1.0 mm 全面塗布 |
| | | | | ・コンパウンド 0.5 mm 全面塗布 |
| | | | | ・コンパウンド 1.0 mm 下面のみ塗布 |
| | | | } | ・無塗布 |

(2) 塗布方法……手塗り

(3) 暴露場所……東北電力秋田火力構内暴露実験場(5m~12mにつりさげ、方位が移動しないよう最下位のがいしをロープで地面のアンカーブロックに固定する。)

(4) 暴露期間……昭和47年2月より昭和50年3月まで約37か月である。

2.2 実験方法

(1) FOVの測定

・試験用電源設備は屋外用油入自冷式(单相)50Hzの試験用変圧器を利用した。容量は1,200KVA(30分定格)750KVA(60分定格),600KVA(連絡定格)1次電圧10,560V(連続定格),2次電圧200KV(連続定格)である。

・誘導電圧調整器は屋外用自冷式(单相)50HZ,容

* 秋田大学鉱山学部電気工学科講師

量370KVA（連続定格10.56KV，出力600KVAにおいて）操作方式は電動連続昇圧200KV/60秒の割合で実施した。

・FOVの測定は大気中および等価霧中法（電圧上昇法による強制せん絡）で行なった。

等価霧中法の手順は〔図1〕のとおりである。汚損液は食塩40g/lと・トノコ40g/lの混合液である。

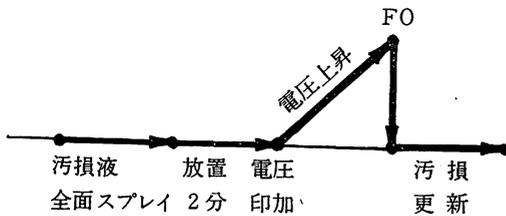


図-1 等価霧中法の手順

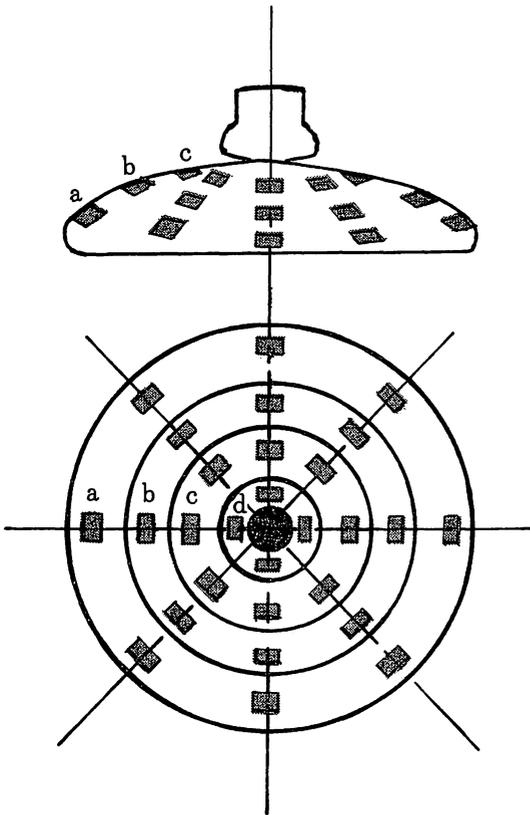


図-2 試料の採取位置

・FOVは供試料3個について、それぞれFOVを5回測定し、その平均値を求める。

(2) 汚損分布判定の試料採取方法

・汚損分布は250Sについて付着塩分量，シリコン

昭和51年2月

・オイル量および砂じん等付着物量の方位による分布状態を調査する。

・試料採取の方位は〔図2〕に示す八方位とし，上面と下面とにわけて調査する。

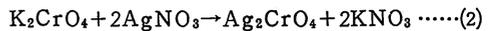
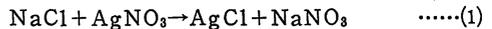
・採取試料20×40mmの面積の塗布コンパウンドを切り取り，その1/2の面積について付着塩分量とオイル量をそれぞれ測定する。

(3) オイル含有量測定方法

シリコン油の測定方法はソックスレー抽出法¹⁰⁾¹¹⁾である。この方法による測定誤差はNMRによる方法を基準にとると+1.1〔%〕である。

(4) 付着塩分量の測定方法

付着塩分量の測定はMohr法によるものである。すなわち次式のような化学式(1)，(2)が成り立つことを利用した。



この方法による測定誤差はN/10標準食塩水を基準にとると±0.001%である。

(5) 付着物量の測定方法（塩分をのぞく）

供試料の重量からシリコン・オイル含有量，シリカ量および付着塩分量を差し引いた値が付着物量である。

3. 実験結果と検討

3.1 暴露日数の増加に伴うFOV特性

〔図3〕，〔図4〕，および〔図5〕は暴露日数の経過によるFOVの測定結果を示したものである。

(1) 大気中と等価霧中法によるFOVの比較

・大気中におけるFOVは気象の影響を著しく受ける。したがって大気中におけるFOVの測定は常温晴天時の条件下で実施した。

・上記の条件下で測定したFOVは〔図3〕のごとく全面塗布（大気中）で30か月暴露は16か月および37か月暴露試料よりもFOVが低下している。（塗布直後に比して30か月暴露試料は約10%の低下率）これは〔図6〕に示す実験前一週間の降水量の結果より，コンパウンド塗布面に水分が付着し，表面に付着した塩がその水分に潮解していると思われる。下面のみ塗布の場合は16か月以降，ほとんど変化のないのは上面が雨洗い効果が大で，晴天時には割りあいに高い絶縁特性を示し暴露日数にはあまり影響されないからである。

・一方苛酷な汚損条件を模擬した等価霧中法によるFOVは暴露日数の増加に伴い低下し，塗布直後に比して37か月では〔図3〕のごとく，全面塗布で69%，下面

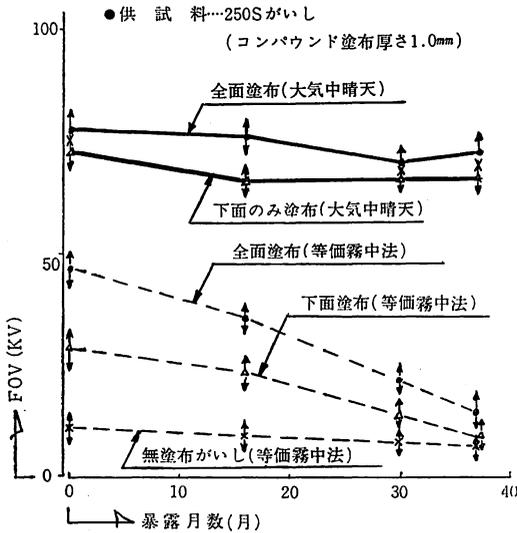


図-3 暴露月数とFOV (秋田火力暴露実験場)

塗布で67%、無塗布では36%の低下率である。無塗布が塗布試料に比してFOV低下率が少ないのは雨洗い効果により、塩等の累積量が無塗布の場合は塗布試料に比して非常に少いからである。

・暴露日数16か月では塗布直後のFOVに比較して、FOV平均値で、全面塗布の場合は約1,900V/月下面塗布の場合は約1,270V/月の割合で低下していく。

・コンパウンド塗布試料の寿命の概念は前報(11)のとおりで暴露月数零の250S無塗布がいしの等価霧中法によるFOV平均値の1.5倍を管理電圧(一線地絡電圧、開閉サージの衝撃波に対する係数、標準外大気条件、裕度、安全係数等を考慮してFOV平均値の1.5倍を取った。)と考えれば管理電圧は約17,500Vとなり、全面塗布の場合は34.5か月で下面のみ塗布の場合は24.5か月で寿命となる。

(2) 250Sの暴露月数と上面、下面の中央にバンドを装着し、上面、下面のFOVを測定した。

[図5]に示すとおり、大気中(晴天時)ではコンパウンド塗布直後では下面は漏洩距離や汚損液の付着状態等より考えて、上面よりFOVが高いのは当然である。しかし30か月と40か月暴露試料では上面の方がFOVが高い。これは上面が約30か月程度では、シリコン油の減量が大きめでアミーバ作用の減退が著しく、塩、砂じんの補獲作用がなくなるとともに、雨洗い効果が大きいため塩等の汚損物が下面に比して洗い流される割合が大きいため晴天時には高いFOVを示す。[図7]は250Sのバンド装

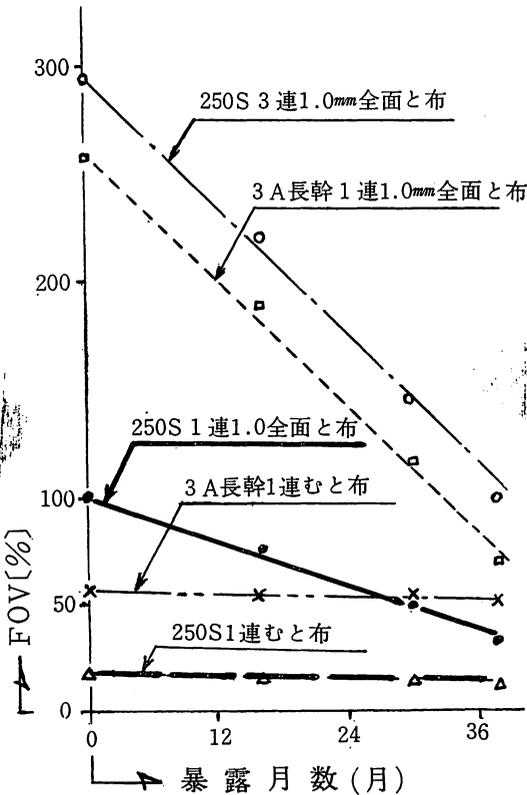


図-4 暴露月数とFOV [%] (秋田火力暴露実験場)

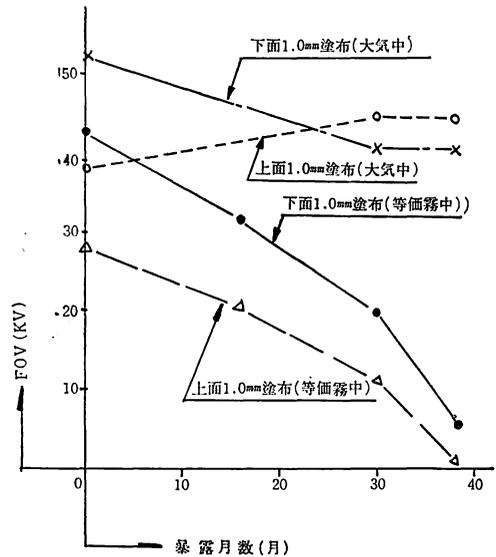


図-5 暴露月数と上下面のFOV

着状態を示す。

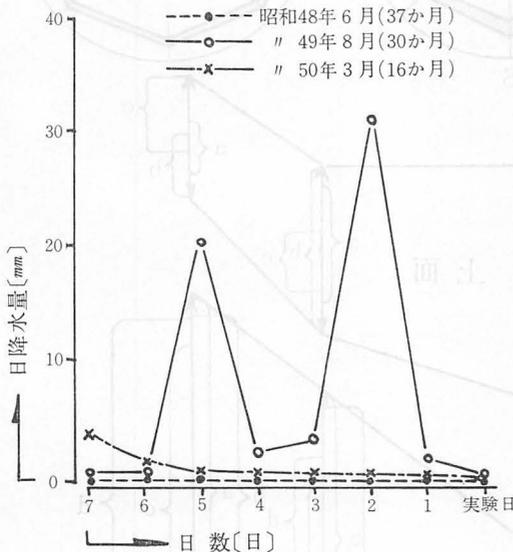
等価霧中法では暴露月数零の場合も暴露日数の増加した場合でも、上面に比して下面のFOVは高い。これは構造上から、上面は下面よりも導電路が形成しやすいのが主因となつている。

(3) 長幹と250SがいしとのFOV比較および250Sの連効率

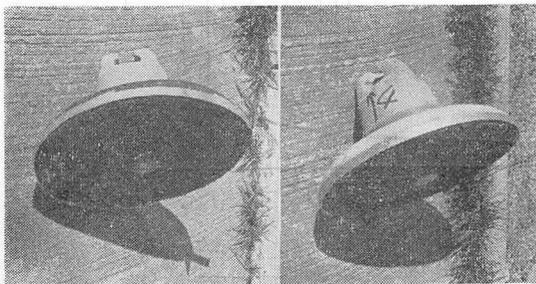
〔図4〕は250S 1連にコンパウンド1.0mm厚さに全面塗布した供試料の暴露零か月の等価霧中法によって求めたFOV値(43.28KV)を100%として、3A長幹1連および250S 3連のコンパウンド1.0mm全面塗布供試料の暴露月数とFOV [%]を比較したものである。

なお参考のためコンパウンド無塗布の3A長幹と250Sの暴露月数とFOV [%]の関係も付記した。

・250S 3連と3A長幹1連1.0mmコンパウンド全面



図—6 実験日前一週間の日降水量



(a) 全面1.0mm塗布

(b) 下面のみ1.0mm塗布

図—7 250Sにバンド装着状態

塗布がいしは暴露月数の増加に伴ないFOV [%]低下の割合は同じような傾向を示す。

・250S 1連と3連のコンパウンド1.0mm全面塗布を比較すると3連は暴露月数の増加に伴ないFOV [%]低下の割合が大である。このことは250S 3連がいしは、暴露月数の増加にしたがって連結効率が悪くなることを意味している。(暴露零が月試料では連結効率は0.99で37か月暴露試料では0.94である。)

等価霧中法ではがいし連の上方に位置するがいしに付着した汚損水滴が測定中落下して下方のがいしに付着、がいし連のFOVを低下させる。

コンパウンド塗布直後(暴露零か月)では発水性が大で上位のがいしより落下する汚損水滴ががいし連のFOVに与える影響は少ないが、暴露月数の増加に伴ないその影響が大となり、連結効率は低下する。

・付記した無塗布がいしは250S 1連および3A長幹もコンパウンド塗布がいしに比較して暴露月数の増加に伴ないFOVの低下の割合は少ない。

3.2 シリコーン油の減少の割合とその分布

〔図8〕は暴露月数とシリコーン油の減少の割合およびその分布を示したものである。これによると、暴露月数16か月では塗布直後のシリコーン油に比べて、上面では53~86%、下面では2~31%の減少となる。暴露月数30か月では、上面で54~86%、下面では4~56%の減少となり、暴露月数37か月では上面で82~98%、下面で8~70%の減少となる。しかも上面が下面に比べ各暴露月数とも、その減少の割合が大きい、これは上面が下面に比べて雨によるシリコーン油の減量が大きいことによるものと考えられる。

また試料採取位置に着目すると、上面ではbの位置が各暴露月数において最小値を示し、下面ではそれに相当する位置がcである。更に下面においては、aの位置が各暴露月数とも最大値を示す。そのうえ下面における各採取位置の最大値と最小値のバラツキは暴露月数の増加に伴ない、大きくなるのが特徴である。

一方方向性について着目すると、暴露月数16か月では北西方向の最小値を除くと、上面および下面とも、ほぼ一様な減少の割合を示す。暴露月数30か月では、上面はほぼ一様な減少を示すが、下面は東方向の減少が大きい。暴露月数37か月では、上面は主風方向(北西)が最大値を示し、他の方向は約90%前後のほぼ一様な値となる。下面は全方向にわたり、バラツキの大きい分布となる。

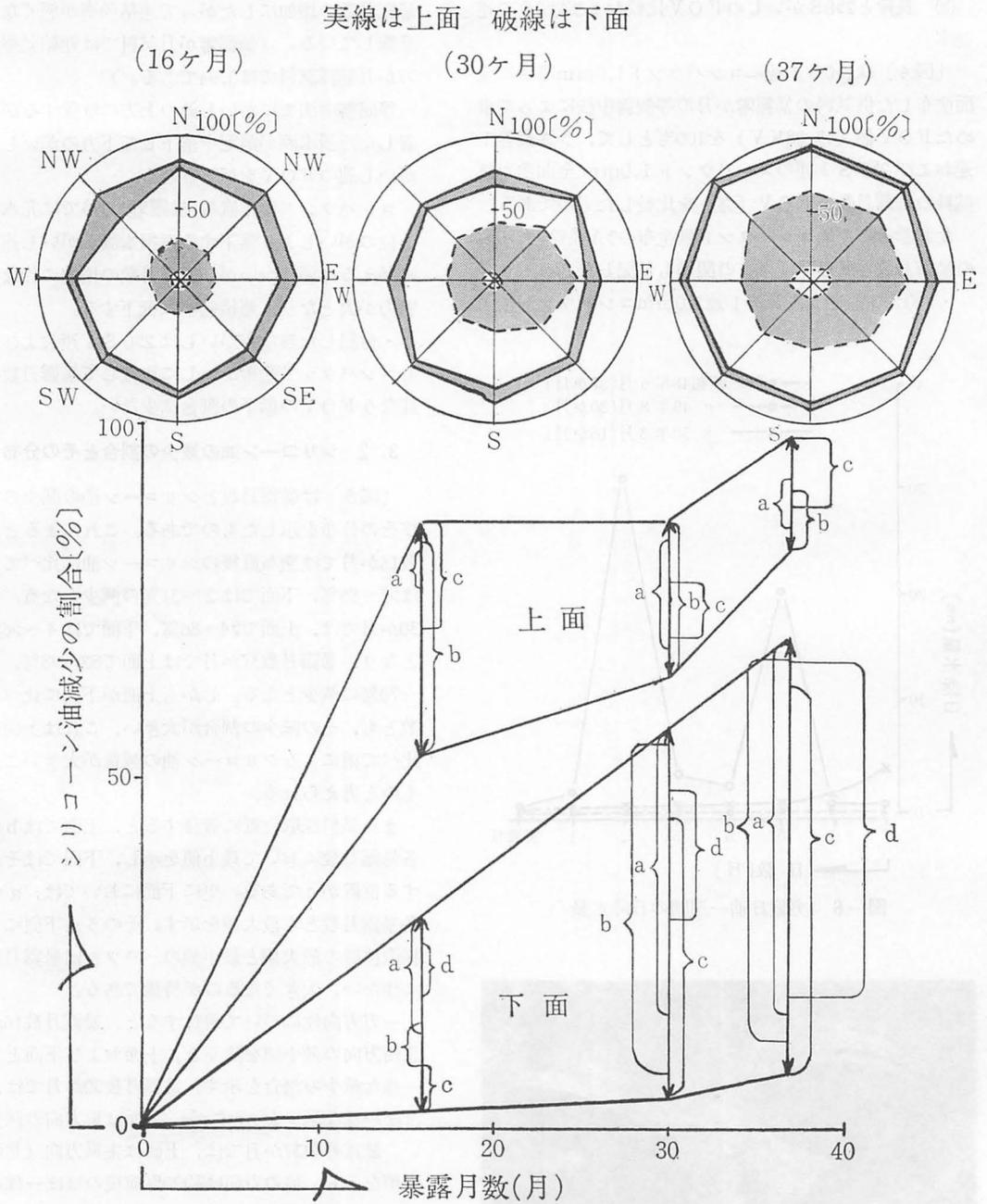


図-8 暴露月数とシリコーン油減少の割合

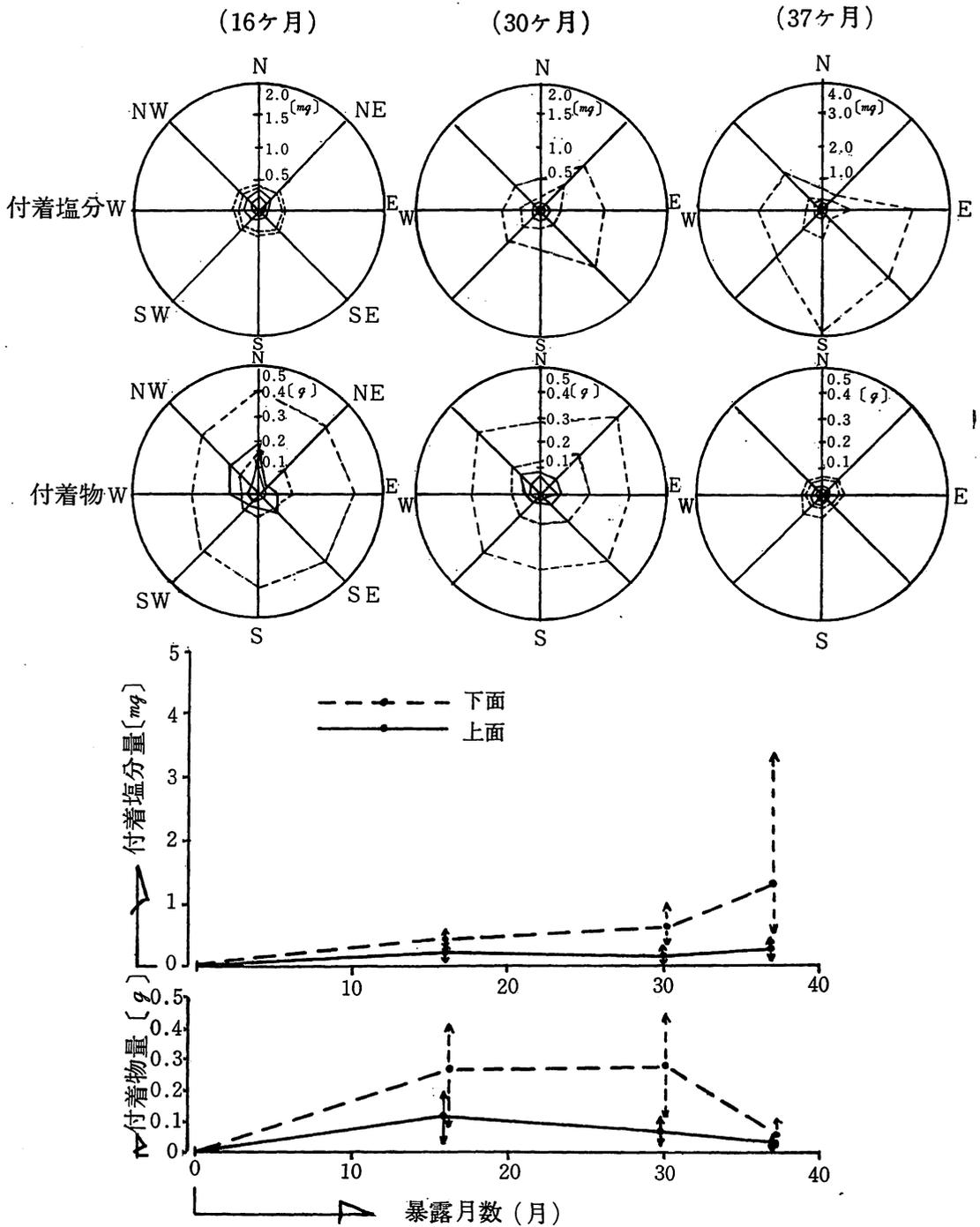


図-9 暴露月数と付着物量および付着塩分量

3.3 付着物量および付着塩分量とその分布

〔図9〕は暴露月数に対する付着物量および付着塩分量と、それらの方向性を示したものである。これによると付着物は上面では16か月以後減少となり、下面では3か月まで増加し、その後減少となる。付着物の付着方向は上面では主風方向であるが、下面ではその方向性はない。一方付着塩分量は上面では16か月から37か月までほとんど一定な値を示し、下面では暴露月数の増加によって付着塩分量は増加し、特に37か月では最大値で3.9mg 最小値で0.4mg というバラツキの大きな値を示す。付着塩分量の付着方向については上面では各暴露月数とも、全方向一様な付着量を示す。下面では暴露月数16か月では全方向とも一様な付着量であるが、30か月暴露では南東、37か月暴露では南の方向で最大値を示す。したがって下面においては主風方向と逆方向に付着塩分が増加することになる。

3.4 課電試料と無課電試料との比較

連続課電によるシリコン油減少の割合と汚損課電による影響を調べるため、250Sがいし4連に38KVの電圧を37か月連続課電をした。〔表1〕はその結果を示したものである。これによると、無課電の場合に比べ、課電の場合はシリコン油減少の割合が上面および下面とも増加している。すなわち上面においては、その最大値が1%、最小値が8%の増加となり、下面において

表一1 課電の有無によりシリコン油減少の割合および付着物量、付着塩分量

課電の有無と 上面/下面の別	シリコン油 減少の割合 (%)	付着物量 (g)	付着塩分量 (mg)
無課電	上面	82~98	0.005~0.06
	下面	8~65	0.010~0.062
課電	上面	90~99	0.008~0.057
	下面	66~91	0.037~1.080

は、その最大値が26%、最小値が58%の増加となる。

付着物量については、上面では無課電および課電とも、その量の差異はないが、下面では無課電に比べ課電した方が、その最大値で1.018g、最小値で0.027gの増加となる。付着塩分については下面では無課電および課電とも、その量はほぼ同一の値となり、下面においては課電した方が無課電なものに比べ、その最大値で38%の増加、最小値で15%の増加となる。

以上の実験結果から、課電することにより、課電側である下面のシリコン油の減少の割合、付着物量および付着塩分量が無課電のものに比べ増加していることが明らかになった。したがってコンパウンド塗布がいしの寿命は無課電のものに比べ短くなることが予想される。

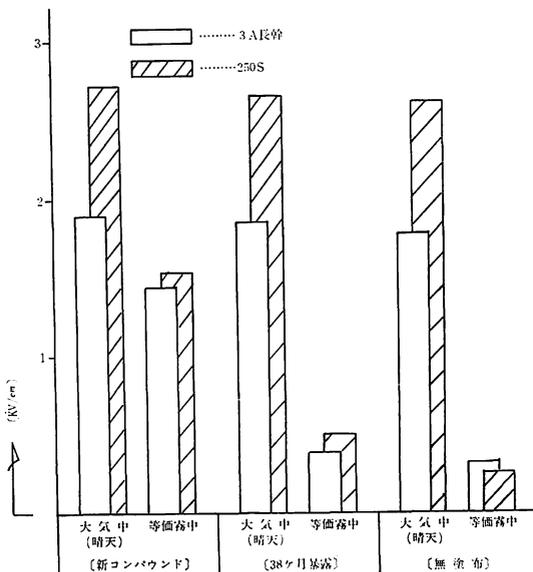
3.5 単位漏えい距離当りの FOV

単位漏えい距離 [cm] 当りの FOV について、新コンパウンド塗布直後、および37か月暴露試料、無塗布試料について3A長幹と250Sについて調査した結果は〔図10〕のとおりである。

1.0mm厚さコンパウンド塗布試料は、大気中(晴天)においては暴露月数の増加による単位漏えい距離(cm)当りの FOV の低下は少ないが、等価霧中法によると、暴露零か月に比して37か月暴露試料では3A長幹では約71%減少し、250Sでは約69%減少する。

コンパウンド塗布試料と無塗布試料との比較では、単位漏えい距離当りの FOV 測定値から判断すれば、急速汚損に対しては、無塗布では3A長幹が250Sよりも優位性を示す。これは昭和47年12月12日~18日間に秋田課電暴露実験場でコンパウンド無塗布の強制せん絡試験の結果でも長幹がいしの汚損特性が他のがいしに比して、きわめて良い結果が得られている¹³⁾ことと符合する。しかしコンパウンド塗布試料では3A長幹に比して250Sが優位性を示している。

このことはコンパウンド塗布試料では250Sの下面の絶縁特性が急速汚損に対して有効に作用するからであ



図一10 単位漏えい距離 [cm] 当りの FOV [KV]

る。

4. ま と め

本研究はコンパウンドの汚損特性について、懸垂つりの場合、ある限定した領域について追求したが、その結論の要旨は次のとおりである。

(1) 大気中における電圧上昇法による強制せん絡試験は気象条件の影響を大きく受けるが、晴天時においてはコンパウンド塗布がいしも無塗布がいしも暴露月数の増加に伴なう変化は割合に少ない。

(2) 当地方における苛酷な汚損条件を模擬した等価霧中電圧上昇法による強制せん絡試験では暴露月数の増加に伴ないF O Vは漸次降下し、コンパウンド全面1.0mm塗布の場合は約34.5か月で下面のみ1.0mm塗布の場合は24.5か月で寿命となる。

(3) 250S についてバンドで分離し、上面と下面を比較すると下面は上面に比して、雨洗い効果は期待出来ないが降雨によるシリコン・オイルの減量は、きわめて少なく、また構造上からも急速汚損に対する導電路が形成されがたく、すぐれた絶縁特性を保持している。

(4) 暴露月数の増加に伴なうシリコン油の減少は下面に比して上面が著しく、方位によって減少の割合が相違する。

(5) 暴露月数の増加に伴ない付着塩分および、その他の付着物量は上面では全方位とも変化が少なく、下面では主風方向と逆方向に増加の傾向が大である。

(6) 連続課電のコンパウンド塗布試料は無課電のものに比較して下面のシリコン油の減少の割合が大でありまた付着物量も増加しているので、コンパウンドの塗布寿命は無課電のものに比して短くなる。

(7) 単位漏えい距離当りのF O Vの調査では無塗布の場合は3 A長幹が250S よりも優位性を示すにもかかわらずコンパウンド塗布試料の比較では250S が優位性を示し、250S の下面が急速汚損に対してきわめて有効に作用していることが明らかである。

本研究は東北電力総合研究所よりの委託研究の一部として実施したもので、ご助言をいただいた秋田大学能登文敏教授に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 能登文敏, 菊地光一, 青池晃: 電気学会東北支部連合大会, No. 2 C—15 (1970.10)
- (2) 能登文敏, 菊地光一: , 電気学会東北支部連合大会 No. 1 C—2 (1972.8)
- (3) 能登文敏, 菊地光一: , 電気学会東北支部連合大会 No. 2 C—15 (1973.8)
- (4) 菊地光一: 秋田高専研究紀要第7号 (1972.1)
- (5) 菊地光一: 秋田高専研究紀要第8号 (1973.2)
- (6) 菊地光一: 秋田高専研究紀要第9号 (1974.1)
- (7) 能登文敏, 菊地光一, : 東北電力KK総合研究所委託研究報告 研究No. 72025 (1972.10)
- (8) 能登文敏, 菊地光一, 河村鴻允: KK東北電力総合研究所委託研究報告 研究No. 73027 (1974.1)
- (9) 能登文敏, 菊地光一: 電気学会東北支部連合大会 No. 1 C 3 (1974.10)
- (10) 能登文敏, 河村鴻允, 菊地光一, : 電気学会第7回絶縁材料シンポジウム論文集 (1974.9)
- (11) 菊地光一, 河村鴻允: 秋田高専研究紀要第10号 (1975.1)
- (12) 五十嵐恒治, 田口忠稔, 三村貫一: 東北電力KK総合研究所 研究中間報告, 研究No. 73021 (1973.3)
- (13) 菊地光一, 河村鴻允, 能登文敏: 電気学会東北支部連合大会 No. 2 G—19 (1975.8)
- (14) 加賀俊平, 小林晃: 電気学会論文誌No.1(1972.1)
- (15) 田口忠稔, 小池泰, 小笠原義治: 東北電力KK総合研究所 研究中間報告 研究No. 73033 (1974.2)
- (16) 東芝シリコンKK: 技術資料 (年月不明)
- (17) 能登文敏, 河村鴻允, 菊地光一: 電気学会全国大会 No. [2] の260 (1975.4)
- (18) J. E. Conner & A. D. Lantz JR: Pwr Apparatus and Syst, No.39 (Dec1958)