

琉球大学学術リポジトリ

塩害事故の概要および理論

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 琉球大学理工学部 公開日: 2012-03-27 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 東盛, 良夫, Higashimori, Yoshio メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/24028

塩害事故の概要および理論

東 盛 良 夫*

Outline and Theory Countermeasure of Salt Damage

Yoshio Higashimori

Abstract

It is my first purpose that I research countermeasure of electric damage. As a line of chain of it, I clarified own interpretation by the data about outline and general nature of salt damage. These data was offered by several laboratories of Japan.

塩害対策を研究するにおいては、まず事故の概要および、その一般的性質を理解しておく必要がある。ここでは、本土における各研究所で行なわれた実験および理論をもとに述べる。

1 塩害事故を発する工作物

- (1) 柱上変圧器のブッシング
- (2) 木柱および腕木
- (3) がいし類
- (4) 柱上変圧器用一次開閉器
- (5) 油入開閉器ブッシング
- (6) 高圧別引下線被覆
- (7) ケーブルヘッド
- (8) 避雷器
- (9) 計器用変圧器および変流器
- (10) その他（ケーブル末端等……）

2 がいしの汚損

潮風により、配電線路のがいし類や機器等の磁器部表面が汚損を受け、その部分の絶縁が低下するため、塩害事故を発生する。このほか、塵やほこりにより汚損されることも考えられるが、これは風向や風速によってあまり影響を受けないと考えられる。沖縄に於ては、それは殆んど問題にならないと思う。

受付：1970年12月 15日

* 理工学部電気工学科

2・1 人工汚損実験

本実験の大半は関西電力株式会社技術研究所において実験されたものである。本実験を引用したのは、塩害に至る現象を理論的に解明し、塩害対策に貢献せしめるためである。ここでは人工汚損実験結果を述べる。

(1) がいし付着塩分量と曝露時間の実験結果

実験結果図(1)、図(2)によれば、がいの塩分付着量は、風速、気中塩分密度一定の場合、曝露時間に比例する。式で示せば

$$m \doteq k_1 t \quad (v, \alpha \text{ ----- 一定}) \quad (1)$$

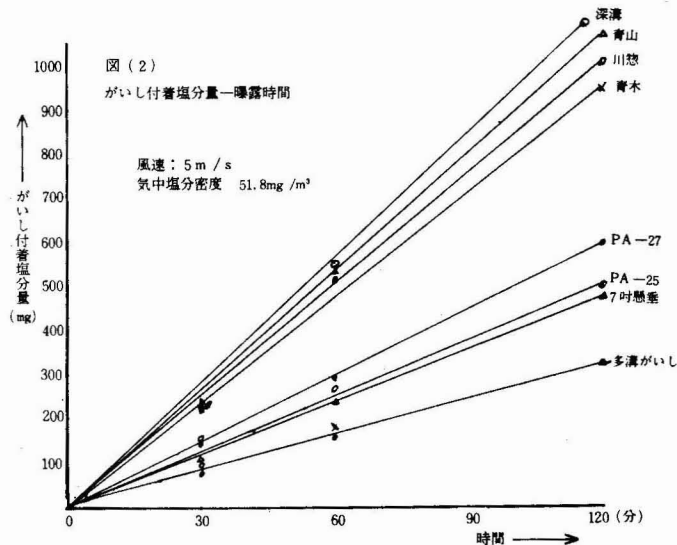
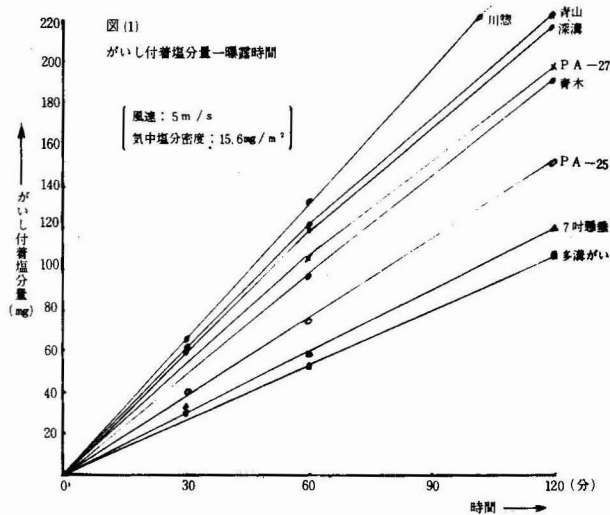
ただし m : がいし塩分付着量

t : 時間

v : 風速

α : 気中塩分密度

k_1 : 定数

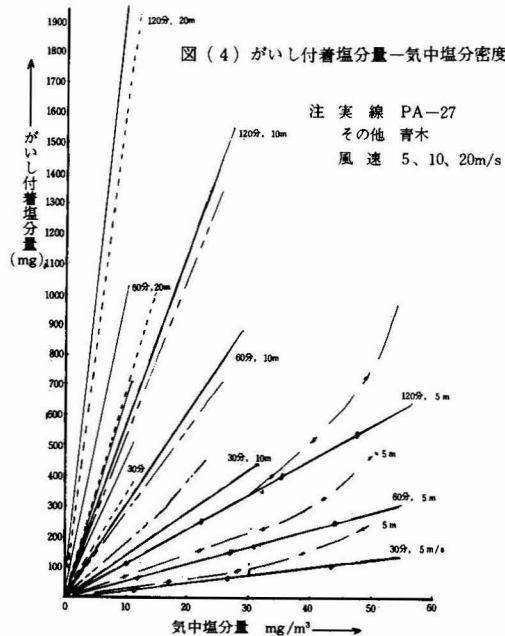
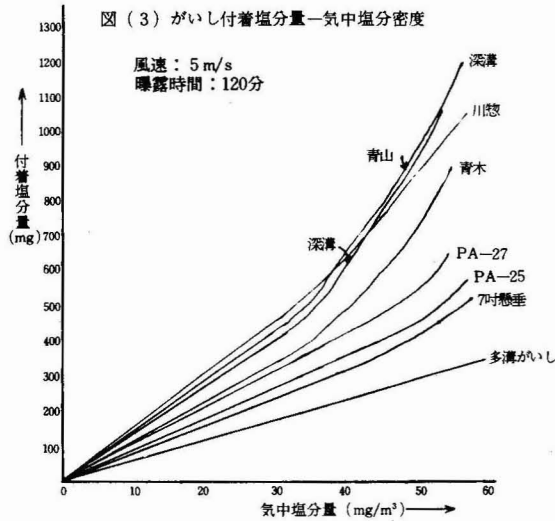


(2) がいし付着塩分量と気中塩分密度の実験結果

実験結果図(3)、図(4)によれば、がいしの塩分付着量は、風速、曝露時間一定において、気中塩分密度にだいたい比例することがわかる。式で表わせば、

$$m \doteq k_2 \alpha \quad (v, t \text{-----一定}) \quad (2)$$

ただし k_2 : 定数

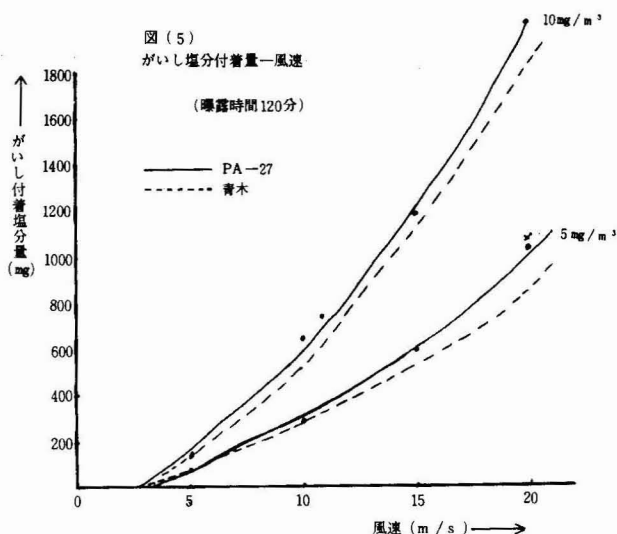


(3) がいし付着塩分量と風速の実験結果

実験結果(5)からわかるように、時間および気中塩分密度一定の場合、がいしの塩分付着量は、だいたい次の実験式で示される傾向がある。

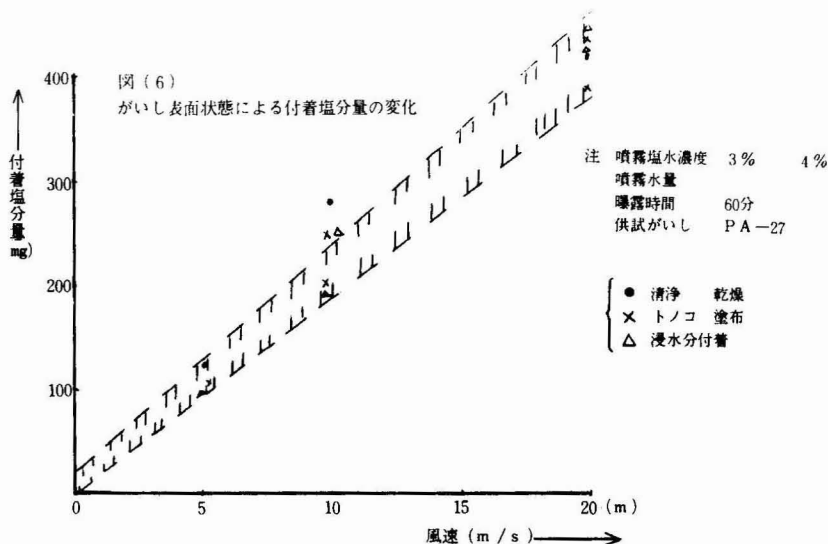
$$m \doteq k_3 v^2 (\alpha, t \text{-----一定}) \quad (3)$$

ただし k_3 : 定数



(4) がいし表面状態と付着塩分量の関係

がいし表面が清浄か、汚損されているか、乾燥状態であるか、湿潤しているかで、塩分付着量に差を生ずることも考えられるが、清浄がいし、トノコ全面塗布がいし、全面湿潤がいしを対象として、付着塩分量と風速の関係を求めると、図(6)のようになり、がいし表面状態により影響を受けることの少ないことがわかる。



(5) 風洞による台風時塩分付着量と風速の関係実験

台風による塩害を目的として風速20m/sまでの実験試験結果によれば、標準懸垂がいしの塩分付着について次のような実験式が得られた。

$$m = (2.7v - 13) \alpha k \quad \text{mg/個/h} \quad (4)$$

ただし α : 気中塩分量 mg/cm³

k : 定数 0.5~2.0

がいしの表面条件に関する係数

h : 時 間

(6) 実験結果の総合的検討

環境や気象条件によるがいしの汚損進行度について述べてきたが、これを知ることは塩害対策上きわめて重要であり、気象やその他の条件から汚損量の推測ができれば、保守上も有利である。従って、ここでは以上の実験結果から次のことが認められると思う。

○がいし塩分付着量と風速、気中塩分密度、曝露時間との関係は(1)、(2)、(3)、式より

$$m \div k_4 v^2 \alpha t \quad (5)$$

ただし k_4 : がいし形状による定数

○塩分の付着状態は風向、風速に大きく左右され、特に風速の増加に伴い汚損量が風速の2乗に比例するなど、激しい増加をする。

○がいしの塩分付着量は、気中水分量、気中湿潤度の多少の変化によって、殆んど影響を受けない。

○気中塩分量がある値以上になると、特に耐塩がいし類は急速に塩分の付着が行なわれる。塩害事故においては汚損閃絡のみならず、漏洩電流による被害も考える必要がある。

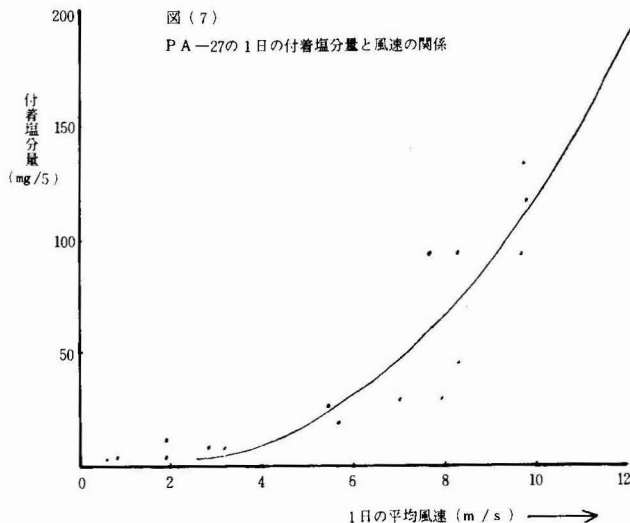
2・2 自然曝露汚損実験

塩害地域の配電線工作物は常に自然にさらされ、汚損されるが降雨によって洗滌される。これを絶えず反復している。従って前述の人工汚損実験結果はそのまま、現場に適用されない。そこで自然の状態における各要素間の関係を把握することが肝心である。

ここでは、関西電力株式会社泉佐野附近海岸における汚損量の季節風による影響を実験式で表わしてみる。

(1) 泉佐野附近海岸における風速と塩分付着量の関係

図(7)が泉佐野附近海岸における風速と塩分付着量の関係曲線である。人工汚損実験結果図(5)と図(7)をあわせて検討してみると、がいしの塩分付着量は風速が大きくなるに従って急激に増加することが予想される。図(7)によれば1日当りのがいし塩分付着量は平均風速のだいたい2乗に比例し、予想に反して風速にともなう塩分付着量の増加傾向は小である。これは曝露試験においては、降雪、降雨等による自然洗滌作用の影響だと考えられる。



(2) 季節風による汚損

日々の塩分付着量を大陶海岸においては、次のような実験式で表わされている。

$$U = vk (v - 1.7) \quad (\text{mg / 個 / h}) \quad \text{mg} \quad (6)$$

ただし U : 250mm懸垂がいにし 1 個の 1 日当りの塩分付着量

v : 一日の平均風速 (m/s)

at $2 \text{ (m/s)} < v < 12 \text{ (m/s)}$

k : 海からの距離に関係する定数

at 50m で $k = 1.0$

0.7km で $k = 0.5$

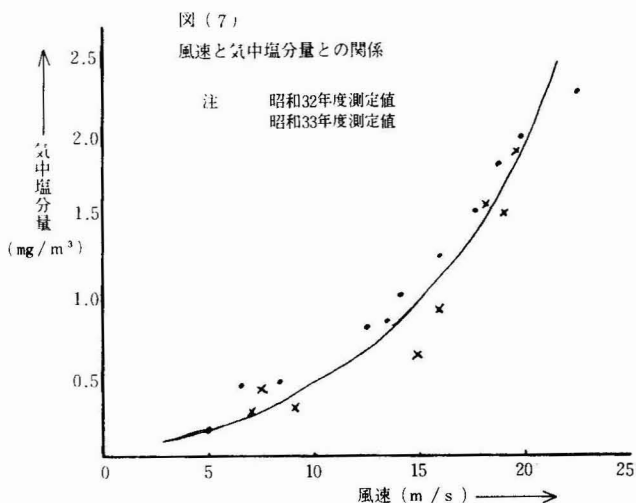
2km で $k = 0.33$

季節風による塩分の付着は日ごとに堆積されるものであり、台風時のように短時間に急速に行なわれない。しかし風速がある値以上になると塩分の汚損進行度も増し、一日でも塩害事故を発生する位の塩分量に達することもある。

関西電力株式会社の曝露実験によれば、季積風後の降雨による雨洗効果は 2mm/h 以上 1 回の降雨によって、(特に複雑な構造のがいを除いて、新しいがいの場合) がいし上面は全部洗い流され、下面は約 50% 流されることが認められた。また 10mm 以上ではがいし下面の雨洗効果が期待されると報告されている。しかし塩分だけの付着なら雨洗により完全に洗滌されるが、媒煙、塵、ほこり等が付着したがいしは全面長時間にわたり洗滌されたとしてもある一定量の汚損物が流れずに残る。これは明白なことである。

このほかがいし類の塩分付着量は海岸からの距離と地形によって大きく左右される。がいの構造によっても大きく影響されることは言うまでもないが、特にがいし下面が複雑な構造だと雨洗効果が期待できないこともある。

図(7) は風速と気中塩分量との関係を示したもののだが、これから気中塩量は風速の約 2 乗に比例する傾向を示していることがわかる。

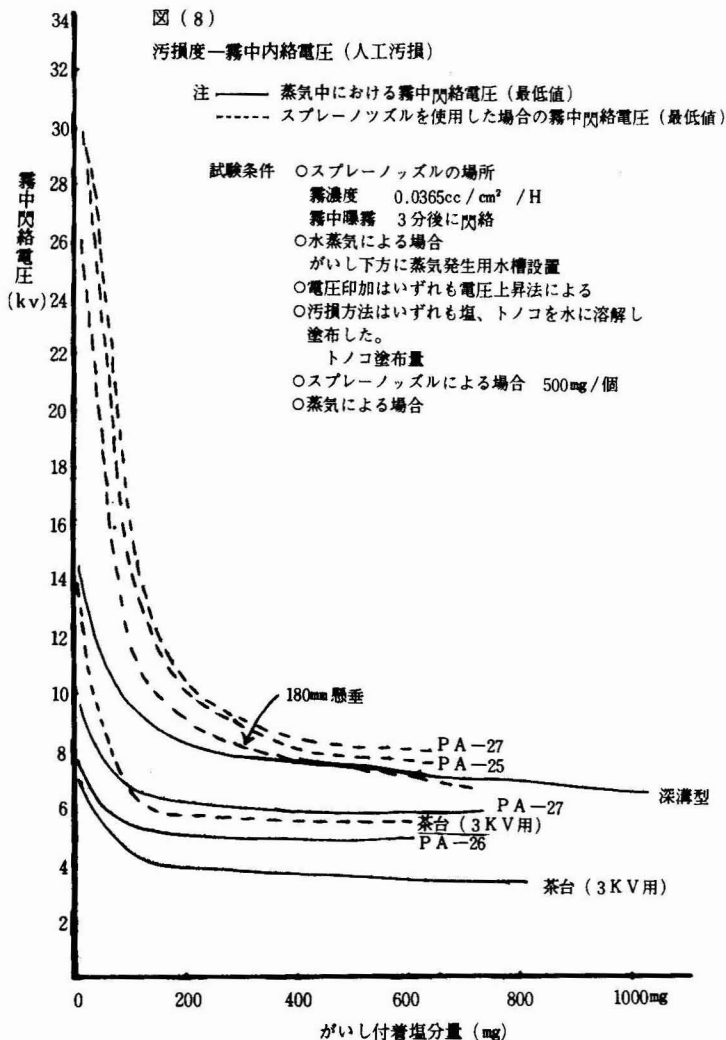


2・3 汚損がいの電気的特性

汚損状態のがいの電気的特性は汚損度のみでなく、がいし表面に対する水分の付着状態に左右される。従って人工汚損実験においては試験条件を如何に定めるかによって、その閃絡電圧、漏洩電流等の値に差が生ずる。

まず、がいし表面に水分が付着すると表面漏洩電流が流れ、その発熱作用によって、がいし表面の水分が蒸発し、その蒸発量が付着水分量より多くなると次第に表面が乾燥して、小雨、濃霧によって一旦は絶縁抵抗が低下しているにも拘わらず、自ら絶縁性態を回復して自己防衛的な作用がなされる。この性質をがいしの耐霧性という。しかし、複雑な状況にある実際のがいしにおいては前述耐霧性が、それほど期待されるものと思わない。

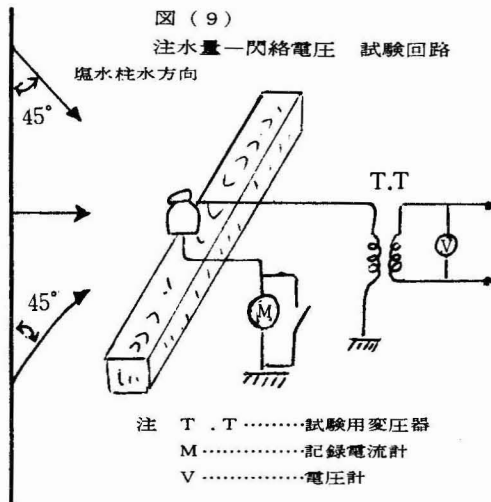
漏洩電流によってがいし表面に生ずる局部的乾燥は電流密度の最も高い部分を中心とする環状帯より始まり、それが進行するにつれて、環状帯の電圧負担率が高まり、遂には印加電圧の殆んど全部をその部分で負担する。この時、環状乾燥帯の幅が十分広く電圧負担に耐え得るならば、閃絡を生ずることなく漏洩電流も小さい値に安定する。乾燥帯の幅が十分でなく、その部分に加わる電圧の負担に耐えない場合、乾燥帯は局部アークによって短絡せられ、同時に電圧負担は残りの湿潤帯に移る。しかし、この湿潤帯の抵抗は短絡前の乾燥帯のそれに比して、はるかに低いので漏洩電流の値は急激に増加し、サージ状となる。この電流サージの頻度が次第に低下して絶縁性を回復するが、又次第に多くなって、遂に全路閃絡にまで発展するかは、がいし表面の汚損湿潤状況及び課電々圧により定まり、がいしの形状にも影響される。



(1) 各種高圧がいしの塩水注水時における閃絡電圧

海岸に近い配電線にあっては台風あるいは強風時に海水しぶきを直接受けることがある。このような状態にあるがいしの閃絡電圧は濃霧時と趣を異にすることが考えられる。関西電力株式会社では図(9)の始くがいしに塩水を噴霧状で吹きつけ、閃絡電圧を測定実験した。

塩水の噴霧方向、塩水濃度、噴霧量に対する各種がいしの閃絡電圧は第1表の始くなる。その変圧を図示するし図(10)の如くなる。

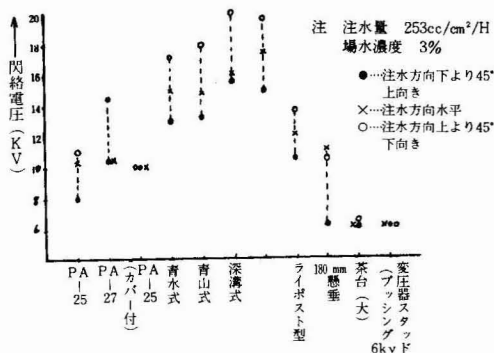


第 1 表

塩水注水時の閃絡電圧

注水方向 がいし種別	下より 45° 上向	水平	上より 45° 下向
PA-27	10.5 KV	10.5 KV	14.5 KV
PA-25	8.0	10.5	11.0
PA-25 (カバー付)	10.0	10.0	10.0
青山式	13.2	15.0	18.0
青木式	13.0	15.0	17.0
深溝型	15.5	16.0	20.0
川惣式	15.0	17.4	19.5
ラインポスト型	10.5	12.0	13.5
180 mm 懸垂	6.0	11.0	10.5
茶台 (大)	6.0	6.0	6.5
変圧器 6 KV スタンド プッシング	6.0	6.0	6.0
がいし型開閉器	5.5	5.5	5.5

図 (10) 注水方向—閃絡電圧



但し

- 注水量 2.53cc/cm²/H
- 塩水濃度 3%
- 閃絡電圧値は注水開始後10分後 開始10分後

○閃絡電圧は注水開始後時間の経過につれて低下し、だいたい10分程度で一定値になる。これは塩水がいし表面に充分行きわたるのに時間を要するためである。従って、第1表の閃絡電圧値は注水開始後10分における値をとった。

○閃絡電圧は注水方向によって大きな変化を示している。これはがいし下面の湿潤程度が大きな影響をもっていることを示すもので、いいかえればがいしの一部に湿潤しがたい個所を設けることは閃絡電圧を高める上に有意義である。従ってがいし下面に特殊な構造を採用することが肝心である。

○図(10)において、防潮カバー（がいしの下面に取付ける）を付けたがいしおよび茶台がいしにおいては注水方向にかかわらず、閃絡電圧の変化は見られない。これは防潮カバーによって下面付着水分が制限されること、茶台がいしにあつては、その構造から明らかなの始く、注水方向にか、わらずがいし表面が一様に湿潤するため、注水方向によってがいしの水分は付着状態が変化しないことによるものである。

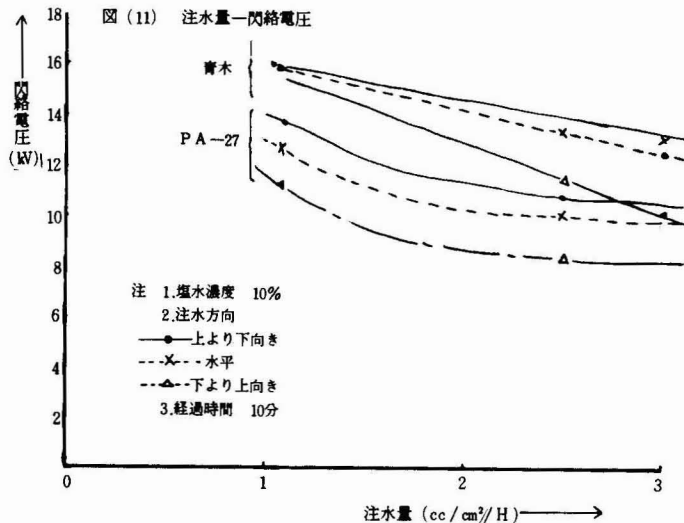
○各注水方向からの各種がいしの閃絡電圧を検討してみると、深溝型がいしが、もっとも良い耐塩効果を示している。6 kvスタッドブッシングヤがいし型開閉器は最も悪い結果を示している。

○図(11)は注水量と閃絡電圧の関係を示したものである。実験は耐塩型がいしと普通型がいしについて行なったが普通型がいし（PA-27）では $2 \text{ cc/cm}^2/\text{H}$ 以後は、閃絡電圧は低下しないが、耐塩型がいしは更に低下することがわかる。これは普通がいしでは注水量 $2 \text{ cc/cm}^2/\text{H}$ 附近にて表面付着水分量が飽和状態に達し、これ以上の増加をなさないことが原因と思われる。

(2) 各種高圧がいし類の霧中漏洩電流実験結果

がいし表面漏洩電流による耐霧性については、2・3項の前文で述べた。実際の配電線において支持物が鉄柱、コンクリート柱、腕金等で構成されている場合ではがいしに直接線路の対地電圧が加わるが、木柱、あるいは腕不を使用している場合対地電圧の一部を支持物が負担することになる。

このようにがいしに対する課電条件が支持物の状態で異なるので、各種の状態における実験を行なわなければならないが、ここでは、その二、三の例について述べる。



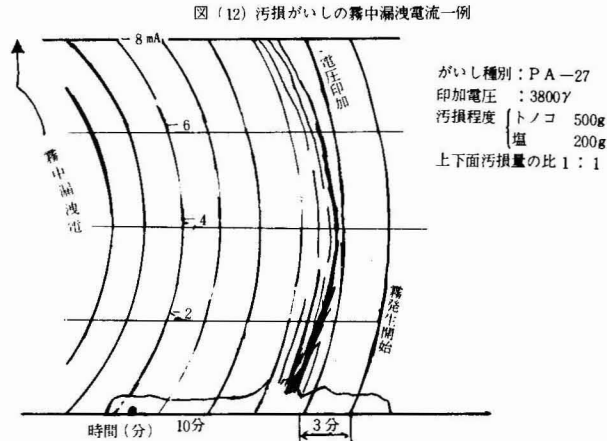
○図(12)はがいし単独の状態における霧中漏洩電流である。人工的にトノコと塩を溶解塗布して汚損させたがいしを密閉した霧室内に取付け課電した場合の実験である。

○この実験に際してがいし下面ピン周辺部が極度に乾燥することが認められた。

○汚損がいしを十分湿潤した状態において課電すると、当初大きな値の漏洩電流が流れ、乾燥帯の生成と共に次第に減衰し遂には微少ないわゆる基底電流と呼ばれる値となる。当初の電流値を規定するものは汚損及び湿潤の状態と、がいし漏洩通路の形状である。湿潤度が十分であればその汚損度におけるがいしの最低漏洩抵抗による漏洩電流が流れる。最後

の微小電流は乾燥帯が生じた後、それに保つに必要な電流であって単位時間当りの付着水分に影響されるものである。

○図(12)は以上述べた漏洩電流によりががいしが絶縁性を回復した経過を示すものである。

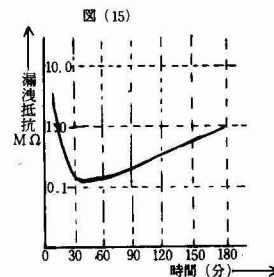
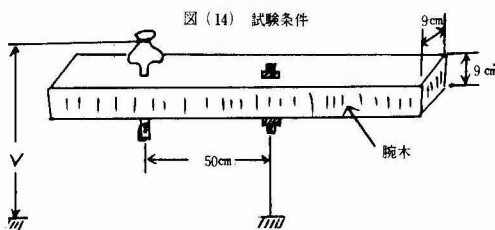
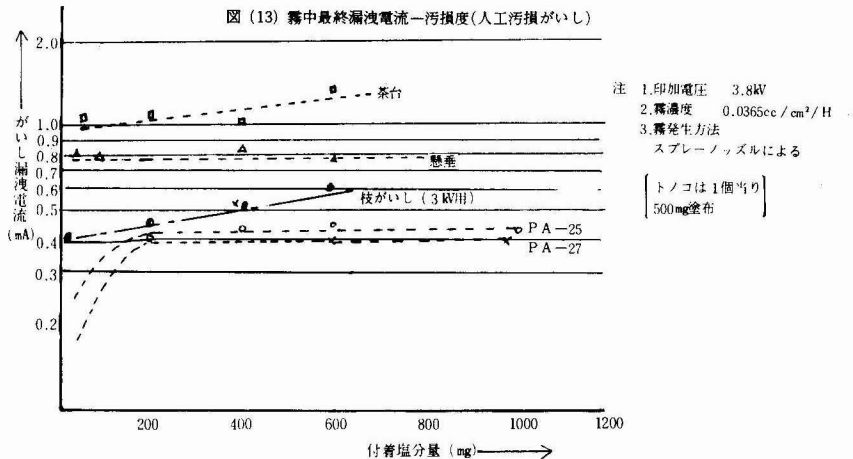


(3) 各種高压汚損がいの閃絡電圧実験結果

塩分によって汚損されたがいしでも、表面が乾燥している場合、その閃絡電圧は清浄なものと殆んど変らない。室内霧中実験結果から、ががいし汚損によって閃絡を生ずる可能性がどの程度あるか、その防止方法は如何にあるべきかを知るためである。図(8)汚損度と霧中閃絡電圧(人工汚損)はその一例である。

- このグラフから茶台ががいしや無耐塩がいは閃絡電圧が低く、耐塩効果が小さいことがわかる。
- 100mgの塩分が付着している附近で霧中閃絡電圧が急激に低下する傾向が見られるが、ある値以上になれば、塩分付着量の増加は霧中閃絡電圧にあまり影響を与えない。
- 従って閃絡電圧にあまり影響を与えず閃絡電圧の低い状態の継続する時間を長くする上に役立つ。
- 実験を行なう上に於ける問題として、ががいし類の水分付着状態を規定することは非常に困難であって、霧の流動状態、霧とががいし表面の温度差、霧粒子の大小、供試がいの取付位置等によって閃絡電圧が変化するなどの問題がある。従って、前述の霧中閃絡実験は特定条件において測定したががいし霧中閃絡電圧の一例である。
- 何れにしても水蒸気中における実験結果はががいし閃絡について最悪条件に近いものであると思われ、塩害対策に当っては、この値も吟味する必要がある。
- 図(13)は乾燥帯の生成によって漏洩電流が減少し安定した微小値になった場合、この電流を霧中最終漏洩電流として表わし、これと汚損度との関係を示したものである。この電流は付着した塩分量に関係なくだいたい一定であることがわかる。懸垂ががいしPA-25、PA-27においては、塩分付着量が200mg位から殆んど一定である。
- 図(14)は腕木にがいを取付けた状態におけるががいし漏洩電流の状態を知るために行なった実験である。
- 図(15)は腕木部のみによる漏洩抵抗の時間変化と、人工汚損がいの霧中内におけるそれとをあわせた総合抵抗の時間に対する変化である。これから腕木が漏洩通路に介在するとき水分付着による抵抗の変化はががいしの場合と異なり、ゆるやかであり、漏洩電流もが

し単独の場合に比して除々に変化するために乾燥帯の生成もおそく、電流の減衰についても長時間を要することがわかる。



3 がいし漏洩電流による焼損現象

がいし漏洩電流によって、木柱、腕木あるいは高压引下線被覆やその他配電線工作物の焼損事故を発生していることは周知のとおりである。

3・1 漏洩電流による腕木の焼損

がいし漏洩電流による支持物の焼損としては、腕木の燃焼（主としてTree burning）、木柱の燃焼（主としてpocket burning）がある。

配電線のがいしが塩分付着と湿分によって、導体化して漏洩電流を流すことが腕木燃焼の原因である。この場合、がいしと腕木両者の抵抗値の割合が問題となる。もし腕木が十分に漏れてその抵抗値ががいしに比較して相当低ければ、がいしが供給電圧の大部分を受け持ち、漏洩電流が流れている間にはがいしの一部に乾燥帯が出来るので、腕木上に放電が起る以前にがいし面に局部アークを生じ、漏洩電流をパルス化してしまう。

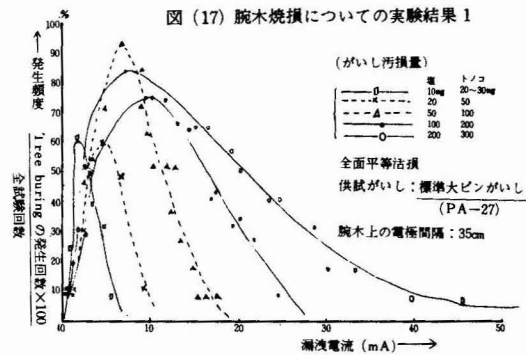
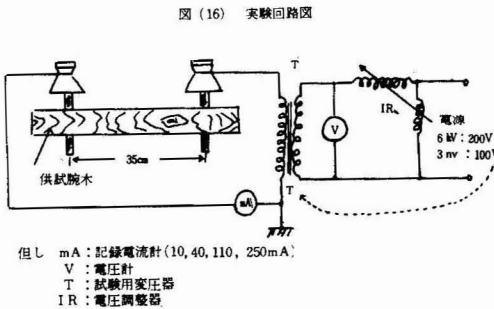
反対に腕木の抵抗が高くて、供給電圧の大部分がかかっており、腕木の表面にはすでに放電を生じていることがあっても、漏洩電流がパルス化となったのでは腕木に供給されるエネルギーが小さくなるので、短時間で大きいTree burningを起すとは考えられない。要するに、漏洩電流が間歇的（パルス化）になったのでは、腕木が全く燃焼しないか、燃焼するにしても長期にわたる繰返しを必要とするであろう。

一般に配電線路ではがいしの汚損度が大き、腕木の方では小さいという状態があり、腕木に比べてがいしの表面が時間的に先に湿潤すると考えられ、供給電圧が腕木のみによって与えられる可能性も考えられる。

がいし漏洩電流による腕木損実験

図(16)は腕木を対象として、がいし漏洩電流による腕木焼損実験回路図であり、図(17)はその実験結果である。この実験で腕木にかかる電圧は各がいのピン間に静電圧計を接続して、その読みをとる。また、腕木の湿潤から起る漏洩電流は記録電流計による。

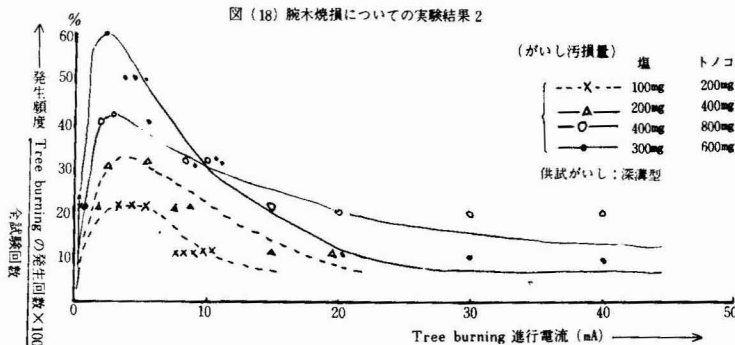
実際の配電線路に起る漏洩電流による焼損状況は詳細には現在なお不明のようである。がいしに局部アークを生じている状態での研究は余りにも多い関係因子と激しい現象の変動のために解析、考察を困難にしており、そこでTree burningの最も起り易い条件を想定し、実験を進めて現象の一端に触れた。



○木柱、腕木については、これらとがいしが同一汚損および湿潤条件下におかれた場合各々における漏洩抵抗の変化過程によってその状態が異なり、磁器と木材の熱的特性の差により、がいしの絶縁低下が木材に先行する場合、燃焼の生じやすいことが認められた。いわゆるTree burningの開始は火花の移動に始まるから明曝ではないが、0.3~0.4mAという僅かな電流を燃焼が発生する最小電流として経験した。また、がいしの存在を考慮すれば漏洩電流が3~10mAの場合、Tree burning発生の頻度が最も多いという結果を得た。

これは現場的には5mAであるというRoss氏の主張と一致する。図(17)、図(18)参照、従ってTree burningの最小電流は一般的に0.3~1mAの範囲と考えてよい。

○このTree burning防止に要求されるがいし構造としては、壁の大きい、あるいは溝の深いがいいである。従来のがいしにはその効果が大なるものは殆んど見られないが、普通がいしに比較して深溝がいしは燃焼の発生頻度が約半分になり、従って、このがいしの使用は支持物燃焼の防止上有効と思われる。



3・2 高圧引下線被覆のトラッキング

一般に有機物絶縁材料の表面が放電に曝らされると熱解離によって炭素を遊離し表面の絶縁性を低下する。この現象をトラッキングという。トラッキングの種類にはArc-tracking（乾燥した清浄な絶縁体表面に起る）とCreepage-tracking（汚損した絶縁体表面に起る）がある。

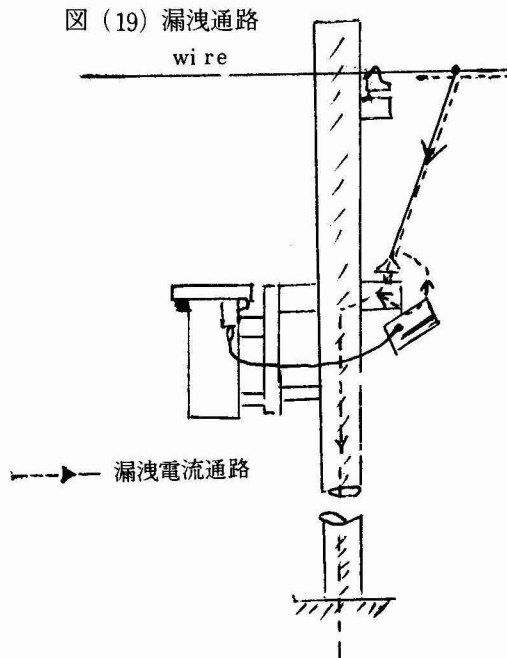
有機材料表面が汚損された状態で高電圧が印加された場合、表面に漏洩電流が流れこの漏洩電流により絶縁物表面は、局部的に乾燥され、ここに電圧の大部分がかかり局部閃絡による火花を発生する。このため有機絶縁材料は局部的に破壊されて樹枝炭化残滓を作る。

(1) トラッキングの著しく起る部分

- 高圧配電線と引下線の接続部分
- 引下線がプライマリカットアウトに入る部分
- がいしの取付部附近

(2) トラッキングの生成過程

電線が塩風にさらされて表面に塩分が付着し、この上に降雨、霧等により水分が与えられ導電性水膜を生じ、配電線路、カットアウトスイッチ、変圧器端子等露出充電部から引下電線表面およびがいし表面を経て電柱、大地へ漏洩電流が流れる。この漏洩電流によって漏洩通路の一部に局部的な乾燥を生じ、ここに電圧の大部分がかかって、局部閃絡を起す。この局部閃絡の火花によって電線表面にトラッキングを生ずる。これは電流密度の高い個所に起り易い。このトラッキングが更に進行すれば、腕木焼痕が発生することは明白である。高圧引下線の表面を漏洩電流が流れる場合の通路は図(19)の通りである。



(3) トラッキング防止方法

ここで述べるトラッキング防止方法は高圧引下線のそれについてである。トラッキングの防止についての考え方として、

a) 耐トラッキング性の大きい絶縁材料を使用する。

b) 人工的に漏洩通路の形成を防止する。

まず、a) の耐トラッキング性の大きい絶縁材料として、関西電力株式会社で塩化ビニール、ネオプレン、20%カーボン配合ブチル、ブチルゴム絶縁配合ポリエチレンについて耐トラッキング性の試験を行なった。その試験結果は第2表の如くである。

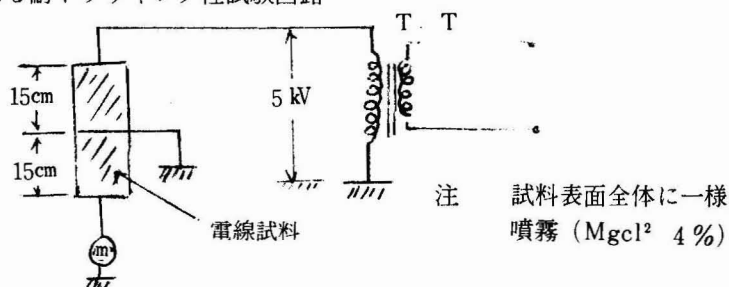
次に電線資料による耐トラッキング性試験を行なった。実験回路は図(20)である。この実験結果は第3表の如くである。

以上第2表、第3表の結果より見て従来高压引下線として使用されている塩化ビニールあるいはネオプレンシース電線は耐トラッキング性が著しく劣り、ブチルゴム、ポリエチレン等が優れている。

第2表 各種被覆材の耐トラッキング性試験

被 服 材 料	トラック生成迄の時間	延誤電時間
塩化ビニール	約 1 時 間	直ちに沿面破壊
ネオプレン	" 1.5 "	"
20%カーボン配合ブチル	" 7 "	"
ブチルゴム絶縁配合	" 50 "	90時間 (トラック進展遅し)
ポリエチレン		" (異常なし)

図 (20) 電線資料による耐トラッキング性試験回路



第3表から、ゴム絶縁ビニール電線およびゴム絶縁ネオプレン電線は約1.5時間でトラッキングが発生し、速かに進行して沿面破壊に到っている。ブチルゴム線は約80時間でトラッキングが生成するが、その後の進展速度は非常におそい。ポリエチレン電線はきわめて耐トラッキング性が優れており、トラッキングは認められず、炭化物をともなわない痕跡をかくかに認めるのみである。図(21)はビニール被覆電線とポリエチレン被覆についてトラッキング発生状況を長期間曝露試験によって比較した結果である。

次にb) 漏洩通路の形成を防止する方法として

○電線表面又は支持がいし表面にシリコンコンパウンド如き物質を塗布して、撥水性をよくする。

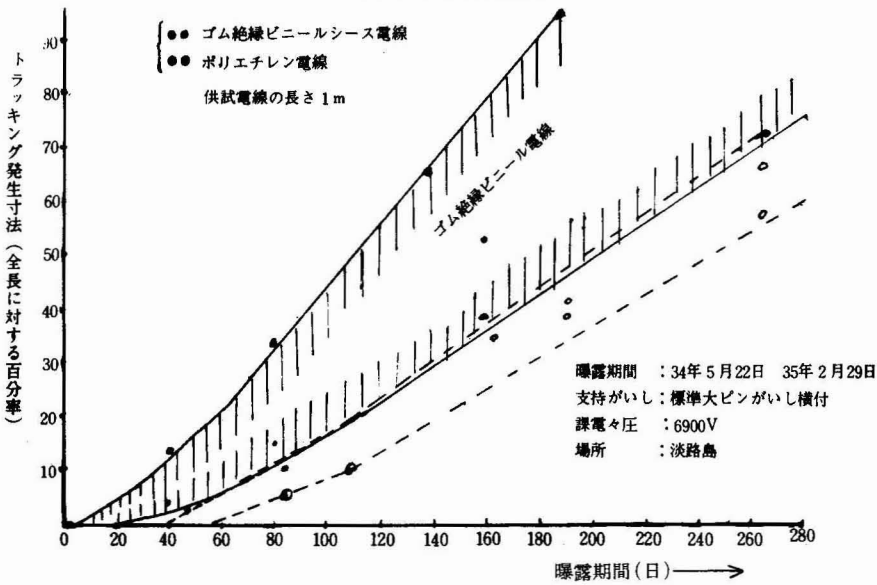
○電線一部に図(22)の如きカバー (関西電力考案誠作) を設けて、塩分、水分の付着を防止する。

○電線支持がいしに耐塩構造のものを使用する。

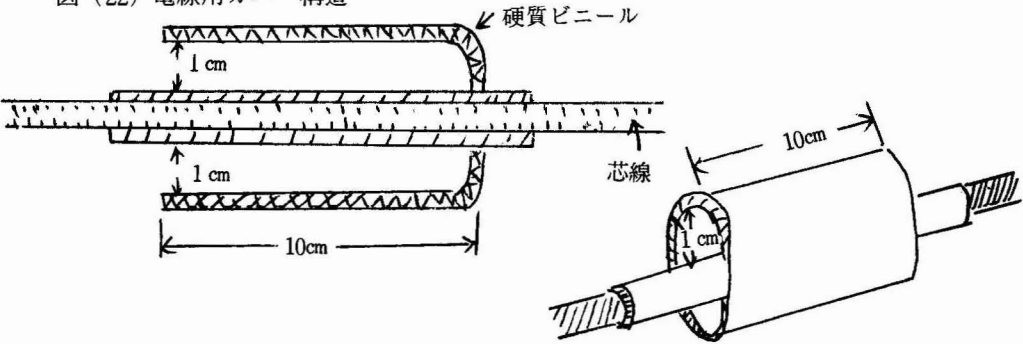
第3表 各種電線の耐トラッキング性試験結果

試料電線	トラッキング生成迄の時間	延 課 電 時 間
ゴム絶縁ビニールシース線	1.5 時間	直ちに沿面破壊に到る
ゴム絶縁チオブレンシース線	1.5 "	"
ブチルゴム	約90 "	200 時間（トラッキング進展遅し）
ポリエチレン線（透明）	約80 "	200 時間（かすかに痕跡を認む）
ポリエチレン線（黒色）	"	200 "（ " "）

図（21） 高压引下線におけるトラッキング発生試験結果



図（22） 電線用カバー構造



4 塩害の一般防止対策

塩害対策を行なう際、汚損がいしのフラッシュオーバー現象を理論的に解明し、フラッシュオーバー各過程における特性を把握しておくことが肝心である。従って、この項ではまず、フラッシュオーバー現象について述べその後に現段階における一般塩害防止対策を論ずる。

4・1 汚損がいし類のフラッシュオーバー現象

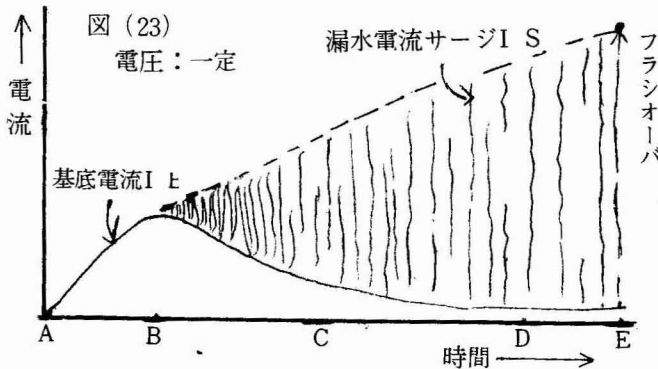
フラッシュオーバー現象については、従来多くの解説が発見されているが、ここでは一般的に解

訳されているフラッシュオーバーの過程を述べる。

- (1) がいし表面の汚損
- (2) 汚損物の湿潤（電解液皮膜の形成）
- (3) 漏洩電流の発生（発熱による局部的乾燥部形成）
- (4) 乾燥部への電位集中と局部アークの発生（電位分布の不均衡化と漏れ電流サージ発生）
- (5) 局部アークの発生消滅とそれによる汚損表面状態の変動（漏れ電流サージの発生消滅とその波高値の変動）
- (6) 汚損表面状態が変動し、悪状態に至ったときフラッシュオーバー（漏れ電流サージがある限度以上に増大したときフラッシュオーバー）

次に一定電圧が印加されているがいしのフラッシュオーバーまでに至る経過の代表的な形を示すと、図(23)の如くなる。図のA点より時間の経過とともに順次湿潤化され、最初基底電流 I_b は増大し、B点位より漏れ電流サージ I_s の発生を始めるとともに、基底電流は減少する傾向を示す。また I_s は発生当初は大きさが小さいが頻度が多い。しかし時間の経過にしたがって大きさが増加するが、遂に頻度は減少を示す。（図のC、D参照）E点でフラッシュオーバーに至っている。このE点付近で発生する I_s はがいしの種類、印加電圧などによりほぼ一定にしたある値（一般の使用状態では100mA見当とされている）を持っている。

従って塩害対策を行なう場合、以上の過程を考慮し、その過程を形成させないような適切な方法をとることが必要である。



4・2 塩害対策の基本的考え方

配電線における塩害事故は漏洩電流による支持物の焼損と、がいし類の閃絡による破損に大別される。従ってこれについての対策を行なえばよい。

- (1) 塩分の付着しにくい構造のがいし、ブッシング類を使用する。
- (2) 洗滌や降雨時の雨洗効果が大で、常にがいし類表面を清浄に保持できる構造のものを使用する。
- (3) 容易に湿潤せず、その面（湿潤面）を形成しない構造の工作物を使用する。
- (4) シリコングリスやシリコンコンパウンド等の塗布によって、汚損時のがいし特性低下を防止する。
- (5) 過絶縁を行なう。
- (6) 汚損をうけても事故を起さない耐塩がいし類を使用する。
- (7) 充電露出部を密封構造とした工作物の使用。

以上の基本的対策には矛盾する項目が出てくる。そこで(1)～(7)の単独実施では大きな防止効

果は期待されない。従って、(1)～(7)を合理的に組合わせで、もっとも経済的で、耐塩効果が優れる方法を講ずることが肝要である。

4・3 過絶縁

過絶縁によって、塩害事故を相当防止できるが、地域あるいは工作物の施設の仕方によって殆んどその効果が期待できない場合もある。また過絶縁は不経済である。

計画面よりの塩害対策の一つである標準懸垂ががいしを使用した過絶縁対策については研究がなされ、地域区分による推奨案が出されている。しかし配電線のがいしや諸機器についてのそれは研究がそんなになされていない。過絶縁による経済性を慎重に検討することが肝心である。

4・4 設計面よりの対策

耐塩がいしの条件として、まず耐塩性の良さは表面抵抗が大きいことと汚損大気中において最大表面抵抗を保持することによって決められる。がいしの形状から表面抵抗を最大とする方法は半径の小さい長い円筒を用いることがもっとも効果的である。

汚損湿潤の最悪条件の大気中で最大抵抗を保持するためには汚損防護効果並びに降雨によって、がいし全表面が同時にぬれないようにして乾燥帯を確保することが肝要である。一般にがいしユニットが一様に汚損湿すれば表面電位分布は漏洩電流と部分表面抵抗とによって決定される。

がいし塩塵害対策専門委員会の推奨によれば、がいしの耐塩塵害設計の基本的な考え方として次のことをあげている。

- (1) 塩分その他による汚損地域を区分する。
- (2) 常規対地使用電圧において、最悪気象条件にても絶対に閃絡しない。
- (3) 懸垂がいし一連の箇数を汚損区分によってきめる。

4・5 シリコンコンパウンドについて

最近、日本でも汚損事故の防止対策としてシリコンコンパウンドの如きグリース状撥水性物質をがいし表面に塗布する方法が実施されつつある。この方法は塗布物質を塗布するだけで防止作用が働き、比較的長期間にわたって優れた塩害防止特性を示し、電圧階級に関係なく実施できる利点もある。

(1) シリコンコンパウンドの塩塵害防止機構

a) 強力な撥水性

シリコンコンパウンドの表面張力はきもめて小さく（約20dyne/cm）で、従ってその表面は強力な撥水性をもつことになり、霧、小雨、塩水のしぶきをあびた場合、水分は球状となって速かに落下し、漏れ通路の形成を防止し、フラッシュオーバーの直接原因となる漏れ電流の増大を防止する。

b) アミーバ作用

表面張力がきわめて小さいため、その表面に付着した微小汚損物の表面にシリコンコンパウンドはしみ出して導電性物質を個々の粒子に分解して、アミーバが細菌をくむようにその内部に粒子を強力かつ迅速に引き入れる。

c) 汚損物の固着防止

汚損物ががいし類表面に付着しても塗布処理をしておけば、比較的容易に汚損物をふきとることができる。この機能はフラッシュオーバー防止という観点からはあまり意味はないが、広い意味での塩塵害防止効果として重要である。

以上のような優れた効果があり、フラッシュオーバー現象で述べた(2)、(4)過程に有効に働く。す

なわち(2)の過程での汚損層の湿潤（電気液皮膜の形成）を防止する。(4)の過程での電位分布の不均衡化（付着水分を玉状として、漏洩通路を分割する）を防止する。

アミバー作用の効果は早く、数分以内で完了するといわれ、従って台風時の如く汚損物の付着が早く、その直後に小雨などがあつた場合にも強力な撥水性と相まって充分な保護効果が期待される。図(24)はアミバー作用を図示したものである。

経済性、寿命、コンパウンド塗布の厚さ、柔さ、温度性など幾多の問題を今後に残している。

図(24) アミバー作用



(2) シリコンコンパウンド塗布がいしの室内実験結果

○まず等価霧中試験では塗布懸垂がいし1個は約無塗布懸垂がいし5個連にほぼ匹敵するクラッシュオーバー電圧が得られた。

○塩水注水試験においては、塗布がいし1個は無塗布がいしに比較すれば、懸垂がいしで3倍程度、プッシング2倍程度過絶縁を行なったことにほぼ相当する。このような特性は悪条件の台風時、特にしぶきをあげる場合にも有効に働くと思われる。

○部分塗布を行なってもフラッシュオーバー特性はよく、実際面ではこの方法に期待する所が大きくなるう。

(3) 曝露試験結果

現在までの曝露試験結果によれば、各会社とも良好だと評価している。日光や風雨などの気象条件ならびに普通程度のほこりの付着などに対し、塗布物質の耐力がきわめてすぐれていることが示されている。

シリコンコンパウンド塗布により以上のような実績がある。日本の各社会、研究所ではその実績を認めながらも、寿命、即ち塗布替時期の判定方法や経済性を検討している。いずれにしろ各汚損地域において曝露試験あるいは試験的に適用して、その効果や寿命を確認することが大切である。

4・6 がいしの洗滌および掃拭

がいし表面を洗浄することによって常に汚損物の除去をはかり、閃絡事故の発生を防止することは大切である。長期間にわたる曝露試験を行ない、その結果を分析、検討し更に地域性を考慮して洗滌あるいは掃拭を行なう適当な日を選定し実施することが効果的である。

長期間曝露されているがいしにはその表面に雑多な汚損物が累積して水洗だけではその効果が期待できない場合もあろう。そこで、その汚損物の成分分析を行ない対策を講ずる必要がある。また、がいしにも多種あり最も雨洗効果のよいものを使用しておくことが大切である。

4・7 不良がいしの除去

がいしの劣化原因としては、磁気材料の経年的変質、セメントの体積変化、がいしピン部の発錆による影響の外、がいしの汚損による漏れ電流、フラッシュオーバーによっても劣化が促進さ

れると思われる。不良がいしの摘出は現在の所大きな困難問題であるが、これは塩害のみに限らず配電事故全般にわたる事故防止の上からも重要なことである。

劣化したがいしが塩害地域のがいし連に介在することは、それだけ他のがいしの負担電圧を上昇させることになる。劣化不良がいしの早期発見と除去が強く望まれる。

塩害対策を研究するのが主目的であるが、その一環として塩害事故の概要および一般的性質を各研究所で行なわれた実験、理論および資料に基いて各項毎に独自の見解を明らかにしてみた。

参 考 文 献

- 1) 関西電力株式会社技術研究所
配電線塩塵害事故対策研究充報告書
(昭34, 8)
(昭35, 5)
配電線塩塵害防止対策の研究について
(昭34, 9)
(昭35, 10)
- 2) 田中淳夫 碍子の塩塵対策研究結果について
電力(昭33, 12)
- 3) 竹村東虎 送電線の塩害対策
電気学会誌第80巻(昭35, 9)
- 4) 瀬田泰助 グリース状撥水性物質の塗布による塩塵害防止法
電気学会誌第80巻(7~10号)
(昭35)