

# 耐雷ホーンのごム表面の経年劣化評価手法

計画的な設備更新に向けた取り組み

## Evaluation method of rubber surface aged deterioration on Current Limiting Arcing Horn

Initiative aiming at planned replacement of the equipment

(エネルギー応用研究所 お客さまネットワークG 配電T)

(Distribution Team, Customer Supply Network Group, Energy Applications Research and Development Center)

当社では、高圧絶縁電線（高圧線）の雷断線防止を目的に、雷せん絡後に系統側から流れる続流を瞬時に遮断する機能を有した耐雷ホーンを1982年から施設している。耐雷ホーンは施設開始から30年が経過し、今後、経年劣化による機能喪失により、雷断線の発生が危惧される。そこで、耐雷ホーンの状態を評価することができる、ゴム表面の経年劣化評価手法を確立した。

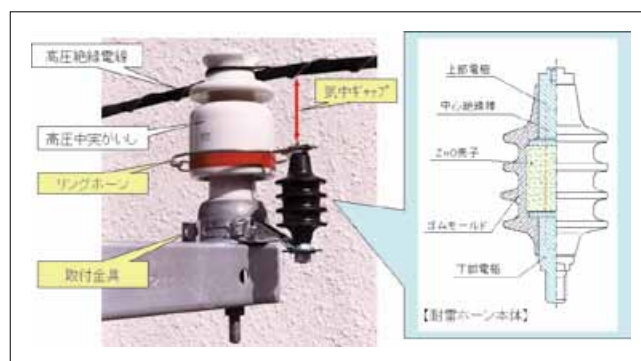
Since 1982, we have been employing a Current Limiting Arcing Horn with a function that instantly interrupts power-follow-current after sparkover by lightning, to prevent the disconnection by lightning of high voltage insulated wire (high voltage wire).

30 years have passed after we started the facilities of Current Limiting Arcing Horn. In the future there will be a concern about losing the function of power-follow-current interruption and occurring the disconnection of high voltage wire by lightning. We established aged deterioration evaluation method of the rubber surface, to quantitatively evaluate the aged deterioration of Current Limiting Arcing Horn.

### 1 背景と目的

耐雷ホーンは酸化亜鉛素子（以下、「ZnO素子」）により、雷せん絡後の続流を遮断する機能（以下、「続流遮断機能」）を有している。第1図に耐雷ホーンの詳細構造を示す。当社管内の総施設数は約600万個、そのうちの約8割は経年が20年以上である。これまで、耐雷ホーンの状態を起因とする高圧線の雷断線事象は確認されていないが、高経年かつ膨大な数を施設している設備であるため、将来の計画的な取替えを検討する必要がある。

しかし、耐雷ホーンの基本性能である続流遮断機能が、経年劣化によって喪失するまでの明確な評価手法が確立されていない。そこで、今回、耐雷ホーンの状態を評価するため、ゴム表面の経年劣化評価手法を検討した。



第1図 耐雷ホーンの詳細構造

### 2 研究の概要

#### (1) 従来の試験方法による評価結果と課題

第1表に、経年劣化によって耐雷ホーンが続流遮断不能となる要因をまとめた。耐雷ホーンの状態を評価するには、第1表の3つの要因（a～c）を評価する必要がある。a, bについては、リングホーンの取付用ネジ山の減少確認、試薬液の浸漬確認により評価が可能である。一方、cについては、一般的な手法である後退接触角測

定、メガーによる絶縁抵抗測定、化学分析などを現場撤去品に対して実施したが、経年との相関性が見られず、劣化の状態を評価するには至らなかった。

したがって、ゴム表面の劣化の状態を評価するための新たな手法を考案する必要がある。

第1表 経年劣化による続流遮断不能の要因とメカニズム

要因		メカニズム
a	リングホーンの脱落	① リングホーンと上部電極の異種金属腐食により、リングホーン取付用ネジの径が減耗する ② リングホーンが脱落する ③ 雷サージを耐雷ホーンに招弧できず、続流を遮断できない
b	電極とゴムの剥離による本体への内部浸水	① リングホーンと上部電極の異種金属腐食により、ゴム内面側で腐食生成物が蓄積し、ゴムを押し広げる ② 上部電極とゴムが剥離し、本体内部に水分が入るようになり、ZnO素子表面の絶縁抵抗が低下する ③ 雷サージを耐雷ホーンに招弧しても、ZnO素子の沿面でせん絡し、続流を遮断できない
c	ゴム表面の劣化による絶縁低下	① 紫外線によってゴム表面が劣化することで汚損物が付着、湿潤し、導電性を生じる ② 雷サージ電流通過時、電流はZnO素子と表面の絶縁抵抗が低下したゴム表面にわずかに分流し、局所的な放電（部分放電）を伴いながらゴム表面を通過する ③ 雷サージ電流通過後、続流を遮断する過程で、ゴム表面で継続的に部分放電が発生し、部分放電が進展する ④ ゴム表面でせん絡し、続流を遮断できない

#### (2) ゴム表面の劣化評価に関する新たな手法の検討

ゴム表面の劣化の状態を評価する手法として、①ゴム沿面せん絡電圧の測定、②ゴム表面漏れ電流の測定、③ゴム表面の絶縁抵抗の測定を考案した。

試料は新品、加速劣化品（耐候性試験を実施した試料）、撤去品とし、ゴム表面の状態は、乾燥、注水、および等価霧中法により第2表の汚損条件とした。

第2表 汚損条件

等価塩分付着密度 (ESDD) [mg/cm <sup>2</sup> ]	備考
0.0001	当社一般区域相当
0.01	
0.06	
0.35	当社塩害区域相当
1.00	

### 3 研究成果

#### (1) ゴム表面の劣化評価

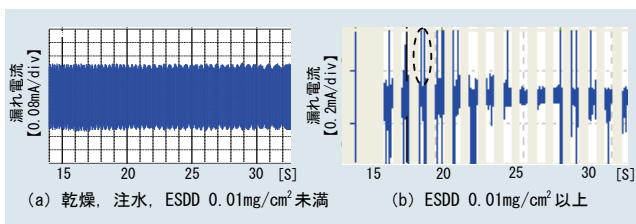
##### ① ゴム沿面せん絡電圧の測定結果

ゴム沿面せん絡電圧と加速劣化試験時間との相関性は見られず、評価手法として適さないと判断した。

##### ② ゴム表面漏れ電流の測定結果

乾燥、注水、等価塩分付着密度（以下、「ESDD」）0.01mg/cm<sup>2</sup>未満の汚損条件では第2図（a）のような電流波形となり測定が可能である。

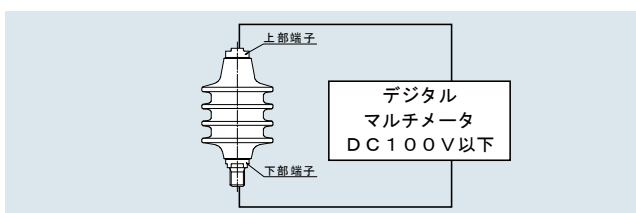
一方、ESDD0.01mg/cm<sup>2</sup>以上になると第2図（b）のようなパルス状（図中点線部）の波形となり、安定した電流の測定は困難となることが判明した。したがって、評価手法として適さないと判断した。



第2図 ゴム表面の漏れ電流波形（一例）

##### ③ ゴム表面の絶縁抵抗の測定結果

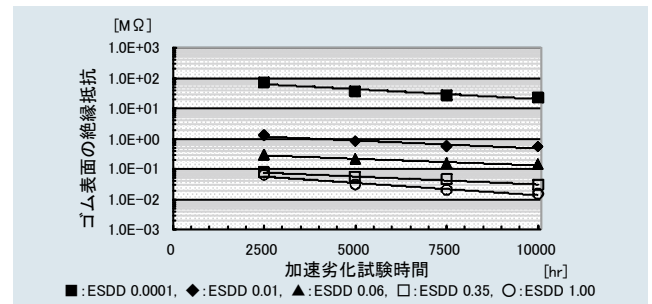
漏れ電流はゴム表面の絶縁抵抗に依存すると考え、加速劣化品を第2表の条件に汚損させた際のゴム表面の絶縁抵抗の変化を確認した。第3図に試験回路を示す。印加電圧はZnO素子のV-I特性の影響がなく、部分放電が発生しないDC100Vとし、絶縁抵抗の計測にはデジタルマルチメータを用いた。



第3図 ゴム表面の絶縁抵抗測定回路

この結果、ゴム表面の絶縁抵抗は加速劣化試験時間の経過に伴って低下することを確認した。併せて、ESDDが高いほど、絶縁抵抗は低い値を示すことを確認した（第4図）。

以上より、この方法はゴム表面の劣化の状態を評価する手法として適していると考えられる。



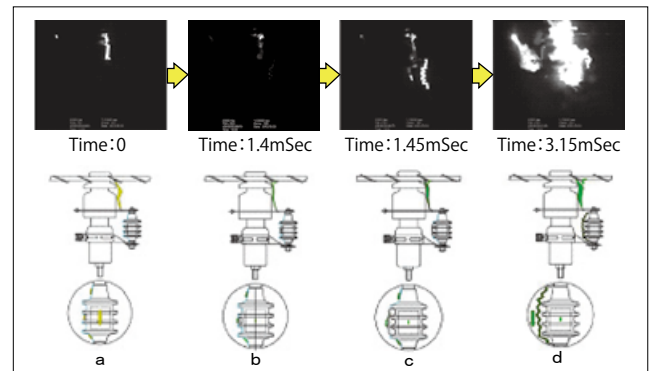
第4図 加速劣化試験時間とゴム表面の絶縁抵抗値の関係

#### (2) ゴム表面の絶縁抵抗値と続流遮断不能の関連性

ゴム表面の絶縁抵抗値の低下と続流遮断不能との関連性を確認するため、再度、第2表の条件に汚損させた試料に、AC電圧と雷インパルス電圧を重畳させて印加する続流遮断試験を実施した。その結果、ゴム表面の絶縁抵抗が0.02MΩ以下になると続流遮断不能となる確率が高くなることを確認した。

続流遮断不能の様相を第5図に示す。

雷サージ電流はZnO素子を通じた時、ゴム表面にわずかに分流する（第5図a、b）。雷サージ電流通過後の続流によりゴム表面の部分放電が進展、ゴム表面でせん絡し（第5図c）、最終的に続流遮断不能（第5図d）となることを確認した。



第5図 続流遮断不能の様相（高速度カメラ）

### 4 まとめ

本研究では、耐雷ホーンのゴム表面の経年劣化の状態を評価する新しい手法を確立した。この手法は、ゴム表面を汚損かつ湿潤させた状態でDC100V以下の低電圧を印加し、ゴム表面の絶縁抵抗を測定する方法である。併せて、ゴム表面の絶縁抵抗値が0.02MΩ以下の領域になると、続流遮断機能が喪失する確率が高くなることを明らかにした。本手法は、今後も実施するサンプリング調査時に活用し、耐雷ホーンの経年劣化の状態を評価していく予定である。



執筆／早坂幸博