

アクティブサーモグラフィ法による設備表面の劣化標定に関する検討

これまで目視で確認困難であった微小な劣化の可視化に成功

Study of Deterioration Standardization for Equipment Surfaces Using the Active Thermography Method
 Successful visualization of minute deterioration, which was hard to confirm visually

(エネルギー応用研究所 ネットワークG 配電T)

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

この取り組みは、一般財団法人ファインセラミックセンターと共同で実施した研究であり、液体の気化時の吸熱効果を用いたアクティブサーモグラフィ法について検討し、これまで目視で確認困難であった設備の微小な表面劣化の可視化に成功した。

This effort was carried out jointly with the Japan Fine Ceramics Center, a general incorporated foundation. We studied the active thermography method using the endothermic effect of liquid vaporization, and succeeded in visualizing minute surface degradation.

1 検討の背景

配電設備の更新は、絶縁性能に関する測定、設備寿命に関する研究および5年に1回の地上からの目視による点検等の結果に基づき実施しているが、大きく目視点検結果に依存している。ここで、配電設備には磁器や有機絶縁材料が多量に使用されており、磁器である高圧カットアウトスイッチ(PC)および碍子ではクラックや破損、有機絶縁材料である高圧引込線(引下線)では焼損や表面荒れ(第1図)のような表面劣化が過去より潜在的に存在している。上記表面劣化は非常に小さく、地上からの点検による判別には熟練した技術者の高度な観察眼が必要であり、巡視で発見できず故障や異常発生後に取替するケースもあった。しかし、これらが顕在化した場合、故障停電による供給支障や磁器の落下等による公衆災害の増加が懸念されるため、設備の微小な表面劣化について、より簡便に診断可能な技術が求められている。

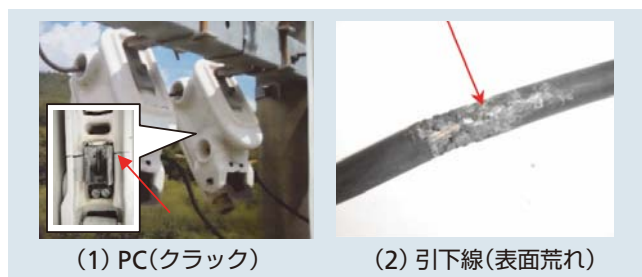
像を取得し異常部を診断するサーモグラフィ法が広く使用されており、主に設備そのものが発する熱を観測し異常部を診断するパッシブ法と、設備に熱負荷を与えた際に発生した温度分布を観測し異常部を診断するアクティブ法に大別される。しかし、既述の絶縁材料の異常部は、漏れ電流が発生していない乾燥状態では発熱しないことから、パッシブ法での異常部の発見は困難である。また、従来のアクティブ法では、熱負荷を与える方法として、主にヒーター等での加熱法が用いられているものの、表面荒れ等の検出に適用することが困難であることと、加熱機器を高所に運搬し高電圧の充電部へ近接した作業が必要になるため、配電設備へ従来のアクティブ法を適用することは困難である。

そこで、新たなアクティブ法として、加熱法よりも容易に設備に熱負荷を与えることができ、液体の気化熱を熱負荷として用いた手法について検討し、微小な表面劣化を検出できるか検証した。

(2) 提案手法の概要

第2図のように、従来手法では、設備表面の荒れ等の異常部を熱負荷としてヒーターで加熱しても、表面の材料は同一であるため健全部と異常部との温度差は生じ難く、従来手法による異常部の検出は困難である。

一方、提案手法では、表面全体に液体等を噴霧した場合を考える。健全部では撥水性や気化等により早期に液



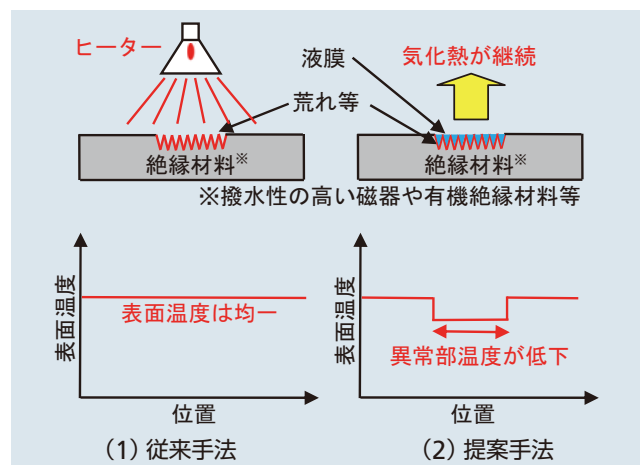
第1図 絶縁材料の劣化事例

2 設備表面の劣化判定

構造物等の表面の物理的な劣化診断には、目視点検、写真撮影、デジタルカメラ、サーモグラフィ法、レーザー表面計測の他、近年では画像認識技術を活用した診断方法も開発されている。今回は、それら診断技術の内、サーモグラフィ法を用いた設備の微小な表面劣化の検出手法の開発を行った。

(1) サーモグラフィ法の課題

設備の物理的な劣化診断技術として、設備表面の熱画



第2図 アクティブ法の概要図

膜は喪失するのに対し、異常部は表面積が増加し液層が保持されやすいため、異常部では液層の気化や吸熱が継続し、健全部に対し異常部の温度低下が大きくなる。提案手法は、これらの健全部と異常部の気化速度差を利用した、これまでにない手法である。

(3) 異常部の検出

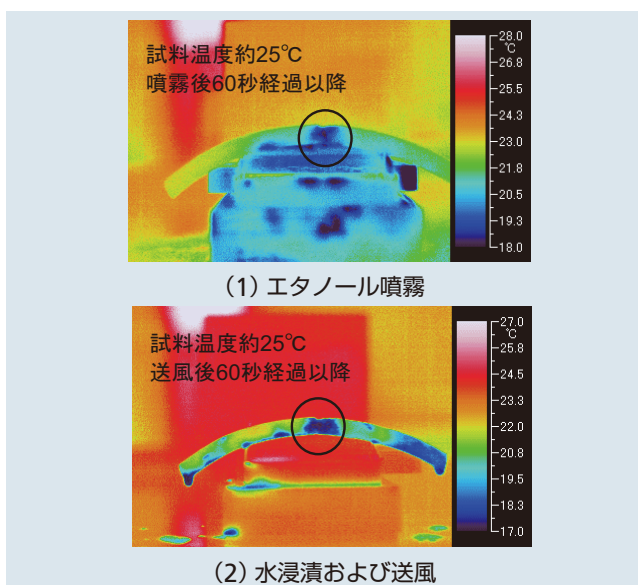
提案手法の検証については、異常部として有機絶縁材料表面に荒れが生じている引下線および本体磁器の表面に幅50 μ m程度のクラックが発生したPCを試料として用いた(第3図)。

まず、試料表面にエタノールを噴霧、もしくは試料を水に浸漬させた後取出す。続いて、試料から0.4mの位置より試料表面の熱画像を取得する。ここで、本手法は液体が効率的に気化されることが重要であるため、水に浸漬させた場合については試料表面へ送風を行った。この時の熱画像の経時変化から異常部での温度低下有無を確認し、異常部の検出可否について検証した。ここで、液体を噴霧した場合については作業者による設備への直接噴霧、水に浸漬させた場合については雨天後等の水が潤沢に異常部へ供給された状態を想定している。



第3図 検証用試料

引下線の場合では、エタノールを噴霧した場合および水に浸漬させた後に送風した場合ともに、健全部に対し異常部の温度が2 $^{\circ}$ C程度低下し、異常部が可視化されている(第4図)。また、試料温度を変化させた場合についても確認し、エタノールを噴霧した場合では試料温度が

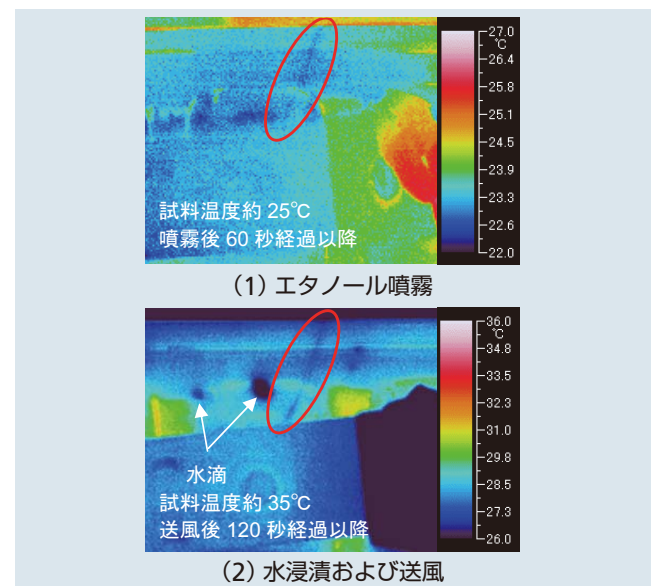


第4図 引下線表面の熱画像

25 \sim 50 $^{\circ}$ C、水浸漬させた後に送風した場合には15 \sim 50 $^{\circ}$ Cの範囲で異常部の可視化が可能であった。

PCの場合では、水浸漬した後送風した場合で異常部とは別に水滴による温度低下が見られるものの、健全部に対し異常部の温度が2 $^{\circ}$ C程度低下しており、いずれの場合も異常部が可視化されている(第5図)。また、エタノールを噴霧した場合には試料温度が20 \sim 35 $^{\circ}$ C、水浸漬させた後に送風した場合には25 \sim 70 $^{\circ}$ Cの範囲で異常部の可視化が可能であった。

本検証により、提案手法を用いて、自ら熱を発生しないような表面劣化を検出可能であることを明らかにした。



第5図 引下線表面の熱画像

3 今後の展望

今回、アクティブ法における新たな熱負荷付与方法について検討し、これまで可視化が困難であった設備表面の微小な劣化を可視化させることができた。本手法は、電力設備だけでなく幅広い設備の表面劣化検出に適用可能な技術である。今後は下記について検討を行い、さらなる現場の労力低減や作業環境の改善に役立つ技術の提案を目指し、下記について検討をすすめる。

(1) 環境ノイズの影響

設備が現場もしくは屋外に施設された状態における、日射、反射、その他熱源による検出感度への影響を評価する。

(2) 作業性の向上

噴霧や熱画像取得については、設備への接近作業が必要となるため、ドローン技術等を用いた作業や測定可否について検討をすすめる。

(3) 異常部検出の高度化

AI等を用いた画像認識技術の活用による異常部検出の自動化や精度向上について検討をすすめる。



執筆者／松尾 顕守