

# 真空遮断器絶縁フレームの劣化評価手法の検討

固体絶縁物沿面の劣化兆候の検出に向けて

Consideration of a Deterioration Assessment Method for the Insulating Frames of Vacuum Circuit Breakers  
In order to Detect Signs of Deterioration of the Creepage Surfaces of Solid Insulators

(電力技術研究所 電力ネットワークG 送変電T)

真空遮断器の絶縁フレーム(ポリエステル樹脂)には支持物としての機能の他に絶縁性能が求められる。絶縁性能の低下による不具合を未然に防止するためには、最適な保守・点検により設備を適切に維持管理していくことが重要である。今回、撤去機器の調査および加速劣化試験により、電気的・化学的評価を行い、加水分解に着目した劣化メカニズムを提案し、絶縁フレーム表面の水酸基の生成と表面抵抗の低下に相関関係が見られたことから、水酸基の量を把握することが劣化評価手法に成り得る可能性があることが示唆された。

(Transmission and Substation Engineering Team, Power Network Group, Electric Power Research and Development Center)

For insulating frames of vacuum circuit breakers (polyester resin), insulation properties are required in addition to functioning as supports. In order to prevent problems caused by the deterioration of insulation performance, it is important to appropriately maintain facilities through optimal maintenance and inspection. Chubu Electric carried out electrical and chemical assessment through investigation of the removed equipment and accelerated deterioration tests, and suggested a deterioration mechanism focusing on hydrolysis. Since a correlation was found between the hydroxyl formation and the decrease of resistance on the insulating frame surface, it was suggested that determining the hydroxyl amount can be a method for deterioration assessment.

## 1 背景と目的

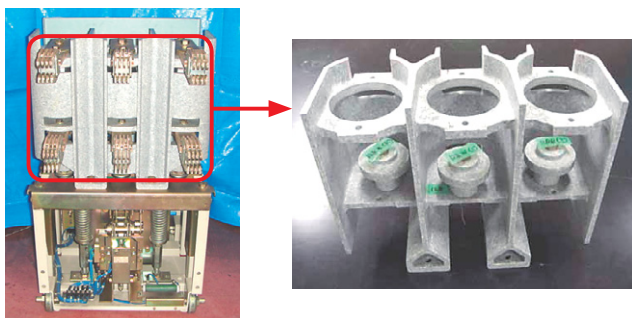
真空遮断器の絶縁フレーム(第1図参照)には支持物としての機能の他に絶縁性能が求められる。

しかしながら近年、絶縁フレームの材質や設置環境により絶縁フレーム表面の絶縁性能が低下し、不具合に進展する事例が散見される。真空遮断器は変電所の主要機器として設置台数も多く、今後経年により同様の事象が発生することが懸念される。そこで、撤去機器の調査および加速劣化試験により、絶縁フレーム表面の絶縁性能調査および機器の設置環境調査を行い、絶縁フレームの劣化メカニズムの解明と劣化評価手法の確立を目指した。

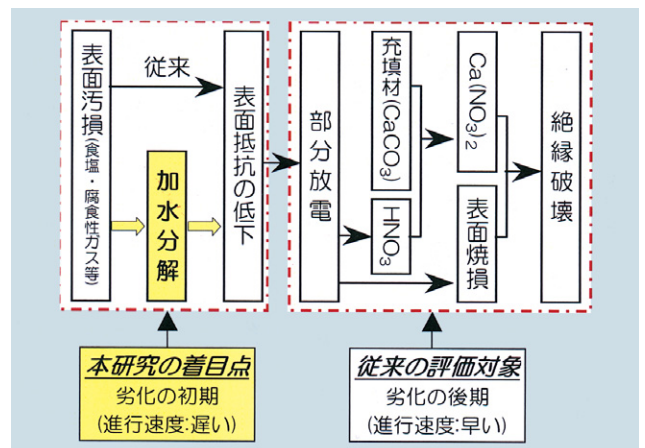
る手法が提案されている。しかし、これら診断は絶縁破壊に至る劣化メカニズムにおいて劣化後期の評価であり、また、絶縁抵抗と相関性の高い評価は困難であった。

そこで、今回新たに劣化初期の段階で評価が可能となる劣化評価手法を検討した。不具合品調査の結果、不具合が発生した絶縁フレームからは、本来検出されないはずの水酸基等の親水性官能基が多く検出されたことから、絶縁フレームそのものの加水分解に着目し、加水分解に起因する劣化が発生していると考えた(第2図参照)。

加えて、機器の設置環境調査からは硫酸イオン等が加水分解による劣化を促進する環境因子となっている可能性が示唆された。



第1図 真空遮断器(左)と絶縁フレーム(右)の外観



第2図 絶縁フレームの劣化メカニズムと今回の着目点

## 2 研究の概要

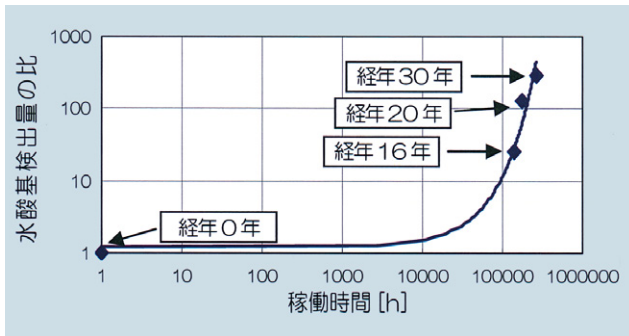
### (1) 加水分解への着目

従来、絶縁フレームの劣化評価手法は主に絶縁抵抗測定によって行われてきたが、周囲の温湿度による影響を受け、劣化兆候を正確に把握することは困難であった。また、最近では絶縁物の表面に付着している硝酸イオンの調査、光沢・色調等の情報から劣化兆候を推測す

### (2) 赤外分光分析法による水酸基の検出

絶縁フレーム表面(経年0年相当品、16、20、30年)の赤外分光分析結果をもとに経年(稼働時間)と水酸基検出量の比(経年0年相当品を基準とした)の関係を第3図に示す。同図より経年の増加とともに水酸基の増加傾向を確認できる。後述の表面抵抗測定結果と比較したところ劣化兆候が確認された絶縁フレームでは、とり

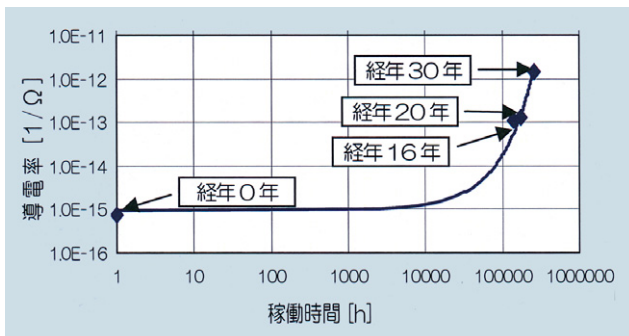
わけ水酸基の増加が顕著であった。これにより、本来は疎水性の絶縁フレームが加水分解により親水化し、環境中の温湿度変化により表面の絶縁性能が低下していくものと推定できる。



第3図 絶縁フレーム表面の水酸基検出量

### (3) 表面抵抗測定

(2) 項と同一試料における絶縁フレームの表面抵抗測定を二重リング電極法に準じて行った。測定は恒温恒湿槽を使用し、温度を25℃～65℃まで10℃間隔で上昇させながら連続測定を行った。導電率(表面抵抗の逆数)の測定結果(温度35℃、湿度90%)を第4図に示す。同図より経年の増加とともに導電率の増加傾向を確認できる。

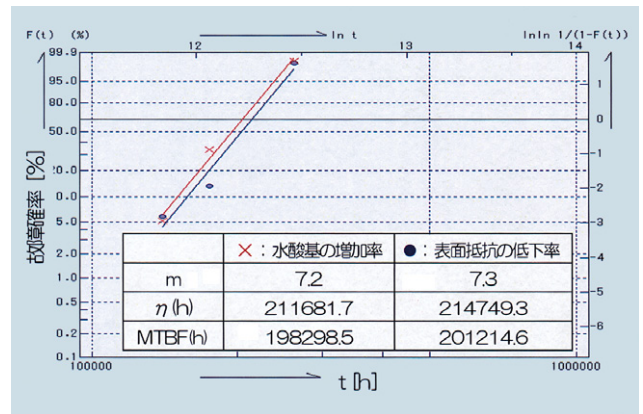


第4図 絶縁フレーム表面の導電率

### (4) 加速劣化試験による検討

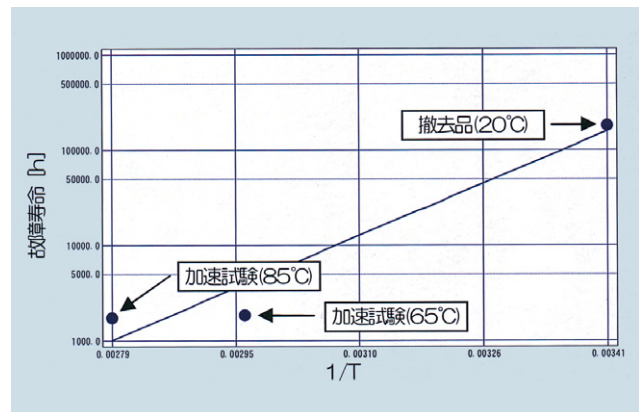
第3図と第4図を比較対照したところ、水酸基の増加傾向と導電率の増加(表面抵抗の低下)傾向に相関関係が示唆された。

そこで、加速劣化試験により水酸基と表面抵抗の相関係数の算出を試みた。第5図に撤去品(経年30年)を100%とした時の水酸基の増加率と表面抵抗の低下率のワイブル解析図を示す。同図より、各々の形状パラメータ(m)および尺度パラメータ(特性寿命( $\eta$ ))から約25年にピークを迎える摩耗故障モードであると判断できる。また、各々の傾きはほぼ等しいが、縦軸の切片は水酸基の増加率のほうが表面抵抗の低下率に対して高く、劣化率は早く上昇する。このことから、表面抵抗を測定するよりも水酸基の量を把握することにより、不具合に至る前の劣化兆候を検出できると考えられる。



第5図 ワイブル解析図

水酸基の増加量と表面抵抗の低下を定量的に評価するため、加速劣化試験(65℃、85℃(湿度85%))を行った。水酸基の増加率に基づくアレニウスプロット図を第6図に示す。同図より加水分解反応における加速率(活性化エネルギー $\phi=0.7\text{eV}$ )が算出された。また、同図を用いることにより余寿命推定の試みが可能となった。



第6図 アレニウスプロット図

## 3 まとめ

絶縁フレーム表面の絶縁性能の低下は加水分解に起因する劣化メカニズムであることを提案し、樹脂表面の水酸基の生成と表面抵抗の低下に相関関係が見られたことから、水酸基の量を把握することが定量的な劣化評価手法に成り得る可能性があることが示唆された。

## 4 今後の展開

各種調査結果から絶縁フレームの不具合は加水分解に起因する劣化に加えて硫酸イオンによる影響もあることが示唆された。このため、亜硫酸ガス曝露試験による加速因子の特定および現地で診断可能となる劣化評価手法について検討を行う予定である。



執筆者/和田忠幸