

油絶縁機器の油中水分評価

新たな絶縁油劣化診断手法の開発

Evaluation of Moisture in Oil at Oil Insulated Equipment

Development of Newly Diagnosis Methods for Insulating Oil Degradation

(工務技術センター 技術G)

当社では機器の延命化使用および保守点検の合理化を進めており、油絶縁機器の絶縁油劣化に対する見極めが必要になってきている。劣化が進展する要因としては主に油中に溶存している水分が影響していることが示唆されているが、明確ではなかった。

そこで、油絶縁機器全般の保全に対する油中水分の挙動や影響を探るとともに油中水分が機器の絶縁性能へ影響を与えるメカニズムを解明した。その結果、絶縁油の劣化要因をつかむことができ、新たな劣化診断手法を開発することができたため、紹介する。

(Technical section, Electrical engineering technology center, Power system division)

CHUBU challenges to use of equipment toward life extension and to execute rationalization of maintenance, therefore it is necessary to evaluate insulating oil degradation of oil insulated equipment at substation. It was suggested that moisture in oil is related to degradation, but it was not clear so far.

Therefore, behavior and influence of moisture in oil were investigated for general oil insulated equipment condition, and the deterioration mechanism regarding insulation performance also was studied.

As the result, degradation factor of insulating oil have been grasped, and newly diagnosis methods for insulating oil degradation have been developed.

1 研究の背景

近年の点検合理化により、機器の点検周期は延伸傾向にある。特に電気回路の遮断・投入等によるアーク閉閉を伴い、なおかつ絶縁油が外気と接触している機器である油入遮断器(以下OCBと呼ぶ)や負荷時タップ切換装置(以下LRと呼ぶ)は、絶縁油の濾過による手入れを行うものの、古い絶縁油を長年用いる傾向にある(第1図)。



第1図 油絶縁機器

2 サンプル調査

当社管内変電所の稼働中のOCB・LR・変圧器(合計20台)から絶縁油を採取したところ、油中水分が多めであるサンプルが存在した。同時にこれらの劣化油は赤褐色に色付いていることが分かった(第2図)。

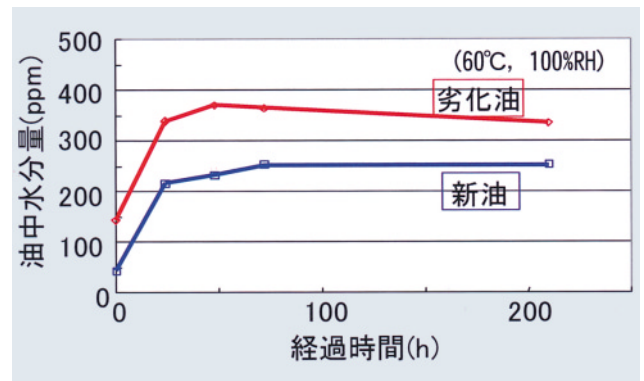


第2図 サンプル油と油中水分量(常温状態)

3 飽和水分量の測定

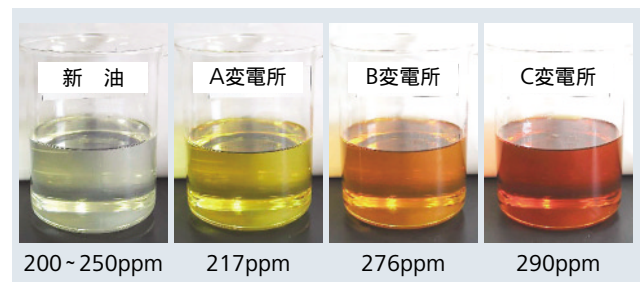
これらの劣化油がいったいどれほど水を吸う能力を持っているかを確認するために、高温・高湿度による同一条件での加熱吸湿試験を実施し、油の飽和水分量を測定した。その結果、劣化油は飽和水分量が大きくなっており、油中に浸漬させていた鉄片に発錆が見られた。

すなわち、劣化油は水を多く吸いやすい特性になっており、この水分が金属部品の発錆を引き起こす要因につながっていることが推測された(第3図)。



第3図 加熱吸湿による油の飽和水分量

また、主なサンプル油の測定結果を比較すると、油の変色度合いと飽和水分量の大きさが、ほぼ同様な傾向になっていることが分かった(第4図)。

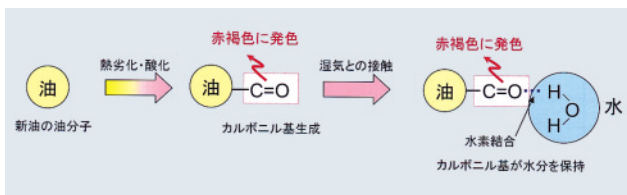


第4図 各種サンプルの飽和水分量比較(新油とLR劣化油)

4 劣化メカニズムの特定

化学分析の結果、劣化油の飽和水分量が大きくなる事象は、熱劣化等にて油中に親水性の高いカルボニル基が多く生成されることが原因であることを突き止めた。

カルボニル基とは、LRやOCBのアーキ閉閉による「熱劣化」と外気からの「酸素との反応(酸化)」により、絶縁油が化学的に反応してできる官能基である。これは赤褐色の発色団であり、親水性が強い。つまり油は劣化が進むほど赤褐色に色付くとともに、水を吸いやすくなる(飽和水分量が大きくなる)性質を持つ(第5図)。



第5図 油劣化によるカルボニル基の生成

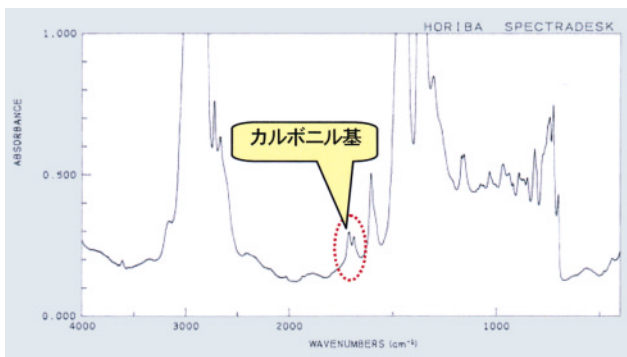
5 絶縁油の劣化診断方法の考案

今回、特定した絶縁油の劣化状態を的確に診断するための手段として、実機サンプル油の調査を重ねて、以下の2つの手法を確立することができ、具体的な診断手法を開発した。

(1) カルボニル基定量分析法

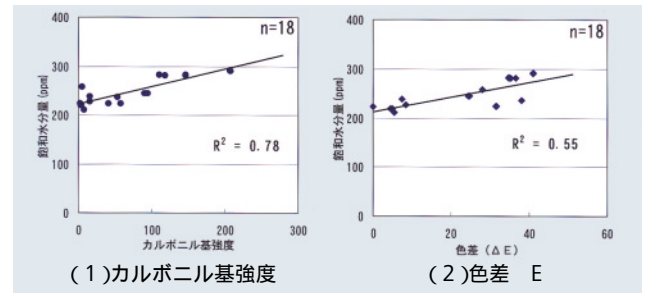
フーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR) を用いて、油中のカルボニル基を測定する手法である。

劣化油を分析すると、新油には見られない $1,710\text{cm}^{-1}$ 近傍の波長部分にピークが発生する。これはカルボニル基の含有を示しており、この検出強度を計測することでサンプル油中に存在するカルボニル基の含有量をおおまかに特定することができる(第6図)。



第6図 化油のFT-IRスペクトルの例

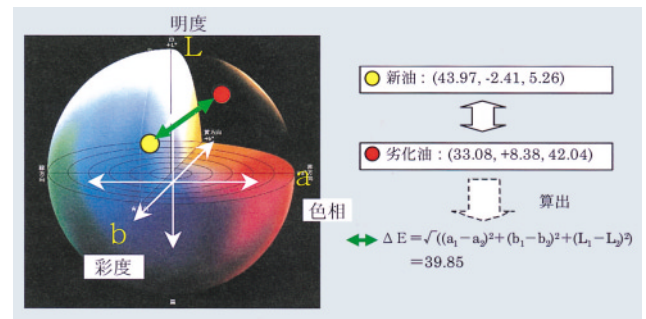
このカルボニル基の検出強度は、劣化油の飽和水分量と強い相関があることが今回分かっており、これにより絶縁油の劣化度合いを推定することができる(第7図の(1))。



第7図 飽和水分量の関係

(2) 色差 E による評価法

国際照明委員会(CIE)で規定されている「L*a*b*表色系」を用い、絶縁油の色を座標軸で数値化した上で、今回、色差として新油と劣化油との差異 E を算出する手法を考案した(第8図)。



第8図 色の座標表示と色差 E の算出方法

この E は劣化油の飽和水分量と相関があることが今回分かっており、これにより絶縁油の劣化度合いを推定することができる(第7図の(2))。

なお色差は市販の色差計を用いることで容易に測定することができるため、現場にて手軽に診断作業が実施できる簡易法としての位置付けである(第9図)。



第9図 色差計

6 おわりに

今回の研究では、今まで不明確であった油中水分が関係する絶縁油の劣化プロセスを解明することができ、効果的な診断方法を考案することができた。また絶縁油の適切な交換に向けた指標や、機器の保全への活用が見込まれる。



執筆者 / 杉本敏文
Sugimoto.Toshifumi@chuden.co.jp