

# 電力機器・設備の診断技術と今後の課題



東京都市大学  
工学部 電気電子工学科  
教授

**江原由泰** Yoshiyasu Ehara

近年、世界規模で高度情報化社会を迎え都市機能の高度化や、企業における電力需要の増加に伴い、電力系統には限りなく高い安全性が求められている。中でも電力機器・設備は社会インフラ維持のための中枢であり、一度これらが停電などの事故を引き起こすと社会的影響は大きく、企業の経済的損失は甚大なものとなる。そのため、電力機器などの絶縁状態を検出する診断法は、停電事故によるさまざまな損失を未然に防止する手段として古くから重要視されてきた。さらに近年では電力機器の劣化状態を把握し、故障による損失を未然に防ぐだけでなく、これらを寿命限界まで有効に利用することが求められている。

絶縁診断技術は1980年頃より活発に行われ、大学や電力機器・設備メーカーなどで絶縁劣化診断の試験法、余寿命推定が研究・開発されてきた。当初は電力機器などを停電して行うオフライン診断であったが、その後には活線・運転状態におけるオンライン診断のデータが蓄積されはじめた。諸外国においても、電力設備の管理は停電事故を未然に防止するということから極めて関心が高く、新しい劣化診断技術が開発され、一部は国内に導入されはじめている。アジア圏では、定期的な劣化診断の実施やオンライン診断装置の導入へ向けて、より積極的な活動を始めている。実際には日本国内よりも海外の方が活発に活線診断の導入が進んでおり、劣化診断の判定基準に関して詳細に議論されている。

多くの絶縁材料は電力機器・設備ごとに変遷を遂げている。天然絶縁材料から人工絶縁材料へ転換し、さらに高度にして多様化してきた。絶縁技術も進歩して、絶縁破壊理論や絶縁寿命論が成立し、電界計算法および種々の新しい計測法も確立され、絶縁材料技術は成熟期に移行した。このような電気絶縁材料の変遷に伴い、現在使用されている電力機器などは製造年代や電圧階級により絶縁材料や構造などの異なるものが混在する状況となっている。これらの絶縁診断には対象となる電力機器に使用された材料の劣化メカニズムを正確に把握し、その特性に基づいた最新の絶縁劣化診断の適用が必要となる。

電力機器・設備などの寿命のとらえ方には二つあるとさ

れている。一つは物理的寿命で、故障頻度が高くなり停電による損失が多くなった時点や、性能が低下し使用上の安全が維持できないと判断した時点、性能劣化により維持管理費の増大が著しくなった時点などである。IEC60216によれば、寿命点 (end point) は初期物性値の50%低下点としてある。また、回転機においては絶縁耐力の寿命限界は運転電圧の2倍+1kV (2E+1) とした基準で実際に適応されている。

電力機器に関して開発初期の問題は経年とともに明らかとなり、新規に製造される機器のほとんどは対策が施されている。信頼性が向上した機器の課題としては、その絶縁寿命がどうやって訪れるのか、どのように推定するのか、という余寿命診断技術が挙げられる。最近造られた電力機器の絶縁は堅牢となり、徐々に劣化診断が困難になると嘆く技術者もいる。メンテナンスの立場では、突然死は禁物である。劣化には必ず何がしかの信号が発せられており、これらの信号を検知し診断する技術が必要である。メンテナンスフリーの機器は事故を起こすことなく寿命を全うし、更新を迎えるのが理想と言える。これを実現するためには余寿命診断技術の開発が不可欠と言える。

もう一つの寿命は、これまで使用されてきた電力機器などが物理的寿命になる前に訪れる、社会的寿命である。この寿命は交換部品の入手が困難になった時点や、熟練技能者がいなくなり、修理が不可能になった時点となる。社会的寿命はユーザーごとに異なり、機器に対するメンテナンス思想やアセットマネジメントにより左右される。また、社会的寿命に近い電力機器などを、できるだけ長く適切にメンテナンスし管理・運用することも重要になってきている。

電力機器に使用される絶縁材料は、メーカーの仕様に合わせて開発したものが多く、汎用的な製品が少ない。加えて、電力機器は使用実績が重視されるため、仕様変更が少なく、10年振りに発注する製品などもある。更に、ここ数年で原材料（特に石油化学製品）が環境規制対応を理由に、廃番となるものが増えている。このような材料の入手

難と小ロット品のために採算が合わないなどの理由から、絶縁材料の生産中止を余儀なくされる場合もある。このままでは、国内から絶縁材料を安定供給するのが困難となり、社会的寿命が早まるのが危惧される。

絶縁診断から見た電力機器の今後の課題を抽出してみる。変圧器は用途や容量の違いも幅広く、各々に診断ニーズや診断コストも異なる。部分放電測定では絶縁材料だけでなく設計（形状、大きさ）や測定方法により、検出レベルや帯域が異なっている。したがって対象変圧器に固有の診断となり、診断基準の共通化が難しいと考えられる。しかし、診断技術の向上や普及拡大のためにも、診断事例や試験結果の共有化を図る仕組みが整備されることが望まれる。また、モールド変圧器は比較的新しく導入されたが、既に高経年化しつつあり、その劣化診断に関する要求が高まっている。

近年の回転機では、部分放電や巻線の振動を常時監視し、異常の兆候を初期段階で検出し処置することが求められており、海外を中心にオンライン診断技術が実用化されている。今後は国内において、オンライン診断データの蓄積と共有化の仕組み作りが課題となる。また、インバータ駆動電動機における部分放電は、従来の商用周波電源による計測法では検出できないため、外部ノイズと峻別できる測定法の検討などが課題である。

配電用遮断器は磁気、少油量、真空、ガス遮断器と変遷してきたが、開閉回数が少ない遮断器では社会的寿命から更新を余儀なくされるケースが増えている。レトロフィット型の遮断器を用いて更新する場合には、残存機器の寿命とのバランスに配慮を要する。また、レトロフィットにおいては、連結部など既設との取り合い寸法の調整に時間を要することもある。遮断器や配電盤では無停電で常時診断できる技術の開発が課題と言える。またGIS/GCBなどのガス絶縁機器の場合、環境問題からドライエアガスなどSF<sub>6</sub>代替ガスの開発が課題になっている。

電力機器・設備の絶縁診断に関する技術は、今

後も設計・製造から運転・メンテナンスに至るまで必要不可欠である。電力機器などの寿命は長く、新規に設計や製造、設置に携わった技術者の多くは、その機器などの更新判断を後人に委ねることになる。絶縁材料技術は成熟期に移行したが、診断技術は未だ成熟していない。新しい材料などに対する精度の高い診断技術の構築には、長い年月を要したフィールドデータの蓄積が必要となる。これら膨大なデータを解析するには、情報技術を駆使することが肝要であろう。30年ほど前

には人工知能の実用化を図り、劣化診断にもエキスパートシステムの導入が図られた。しかしながら、当時はまだ情報技術が発達しておらず、大規模な知識の取得が困難であったため下火となった。現在は当時と比べ、格段に情報ネットワークが拡充されている。診断技術にもIoTといった先端技術を活用し、膨大なデータを収集・分析することが、上述した課題の解決手段となることであろう。