

受配電機器劣化診断システム

Degradation Diagnostic System for Power Distribution Equipment

*先端技術総合研究所
†同研究所(博士(工学))
‡受配電システム製作所

要 旨

サーキュラーエコノミー実現のためには、機器の状態を把握し適切なメンテナンスによる製品寿命の長期化が重要である。三菱電機では、これまで受配電機器の劣化診断を数多く実施してきたが、機器の停電や現地への作業員派遣が必要であった。そのため、稼働を止めることができない重要な設備での劣化診断は困難であり、また専門技術者を派遣する費用も見過ごすことのできない課題になっていた。

今回、従来の診断実績で顧客から得られたデータを活用し、受配電機器を低コスト(機器停電及び現地作業が不要)で劣化診断可能なシステムを開発した。このシステムは機器内に劣化判定センサを設置し、取得した環境データ(温湿度等)及びこれまで蓄積してきた診断データをベースに、当社独自に開発した診断モデルによって受配電機器内の絶縁物の余寿命を予測するシステムである。

1. ま え が き

受配電機器は電気エネルギーを工場や建物へ供給する役割を担っている重要な設備であり、長期間にわたって信頼性を確保して稼働する必要がある。特に、高圧電気設備で電氣的トラブルが発生すると、生産損失や設備補修など工場や建物に与える影響が非常に大きくなる。受配電機器のトラブル(電力の供給障害等)を未然に防いで、適切な設備更新をするためには、受配電機器の寿命を決定する絶縁物の劣化診断が重要である。

当社が2003年から実施している従来の劣化診断⁽¹⁾では、絶縁物表面のイオン量や色彩値から、劣化度と相関の高い絶縁物の表面抵抗率を算出し、診断する(図1)。イオン採取や色彩測定等の作業は診断対象の受配電機器がある現地に作業員が赴いて実施するため、機器の稼働停止や専門技術者の派遣が必要であった。そのため、止められない重要な設備での劣化診断は実施できておらず、また、専門技術者を派遣する費用も課題になっていた。

本稿では、これらの課題に対応することを目的に、独自に開発した受配電機器劣化診断システムについて述べる。この劣化診断システムによって、設備を停止させることなく、専門技術者の派遣も不要になり、より効率的な劣化診断が可能になる。

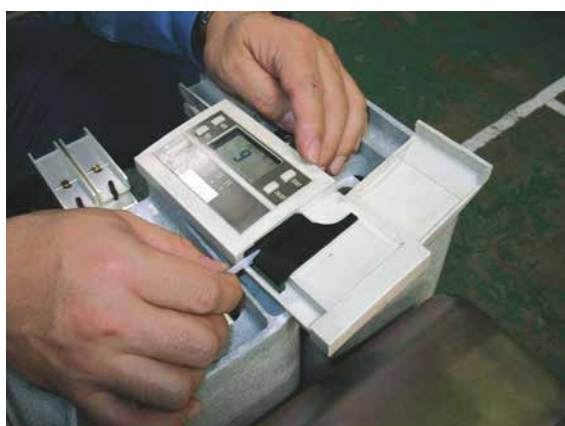


図1. 従来の劣化診断の様子

2. 受配電機器劣化診断システム

独自に開発した診断システムでは、診断対象機器の絶縁物の種類や使用年数等の“対象機器データ”，従来診断の3,000件以上の診断結果をまとめた“蓄積診断データ⁽²⁾”，受配電機器内に設置された劣化判定センサから得られる“環境データ”の3種類のデータから、絶縁物の劣化度の指標である表面抵抗率算出モデルを構築した(図2)。これによって、絶縁物の劣化度を簡易に推定可能になり、新品データと診断時での表面抵抗率推定値から得られる経年劣化直線から、余寿命を算出する。この章では、診断に用いるデータの詳細や、具体的な絶縁物の表面抵抗率算出手順、また診断の流れやその効果について述べる。

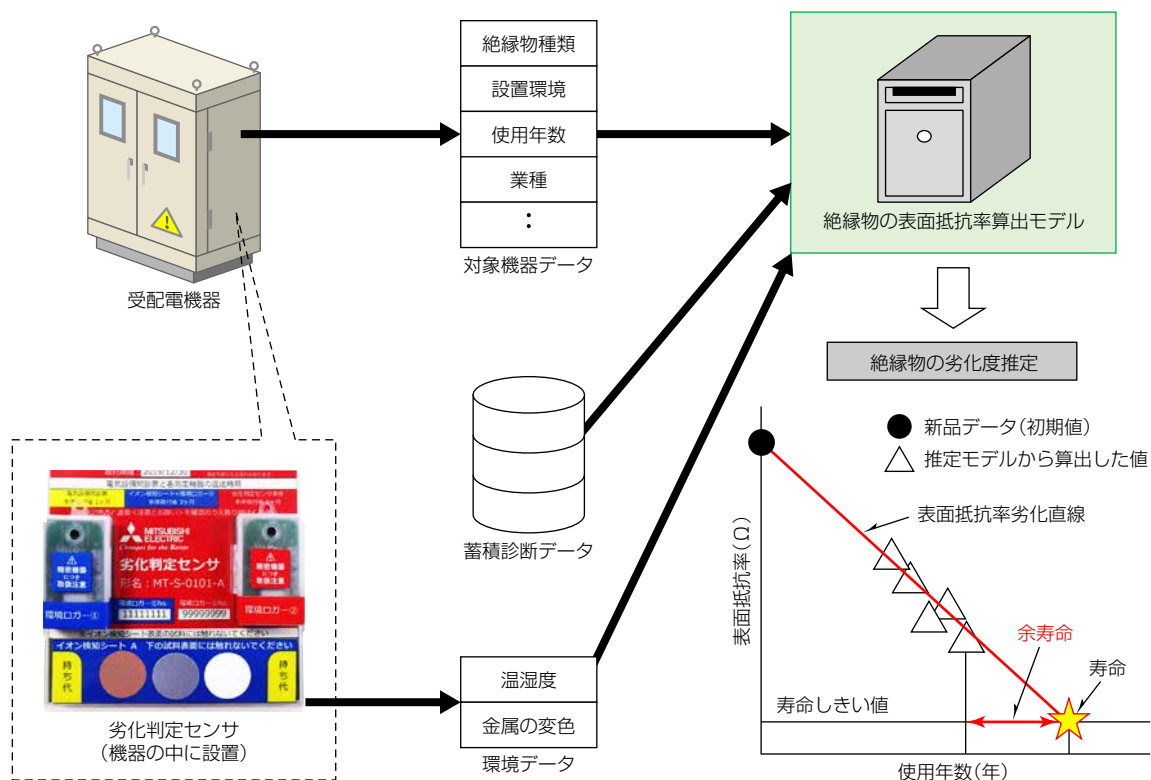


図2. 独自開発の診断システム概要

2.1 診断に用いるデータ

2.1.1 対象機器データ

絶縁物種類(ポリエステル絶縁物、エポキシ絶縁物、フェノール絶縁物等)、設置環境、使用年数、業種等のユーザーの機器使用状況に関するデータであり、診断開始時に顧客に回答してもらう“電気設備問診票”から取得する。

2.1.2 蓄積診断データ

2003年から蓄積してきた従来診断の3,000件以上の診断結果をまとめたデータである。例えば、機器使用年数と表面抵抗率(平均値)の関係や、各業種でのイオン付着速度等がある(図3、図4)。図3から、どの絶縁物も使用年数と表面抵抗率には相関があり、ポリエステル絶縁物の表面抵抗率の低下が最も大きいことが分かる。また、図4から、絶縁物の劣化に影響を与えるイオン付着速度(量)は鉄道会社が最も多く、次いで火力発電所、金属会社と業種によって速度が異なることが分かる。

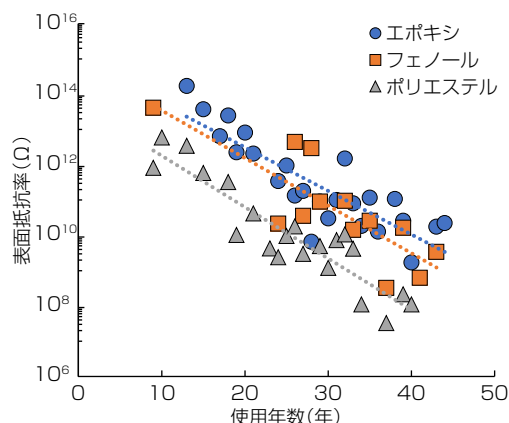


図3. 各絶縁物での使用年数と表面抵抗率(平均値)の関係

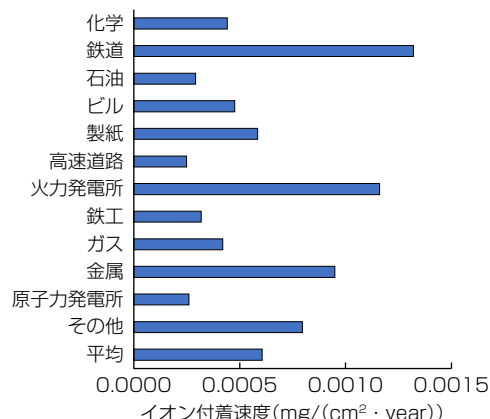


図4. 各業種でのイオン付着速度

2.1.3 環境データ

温度や湿度、大気中の酸性ガスは絶縁物の劣化に影響する。特に、湿度は絶縁物の表面抵抗率に及ぼす影響が大きく、低湿領域と高湿領域で表面抵抗率の値が4桁以上異なる場合がある(図5)。開発した劣化判定センサでは、環境ロガーから温湿度を、イオン検知シートから大気環境に存在するイオン量を測定できる(図6)。環境データは、劣化判定センサをユーザーの診断対象設備に一定期間取り付けることによって取得する。

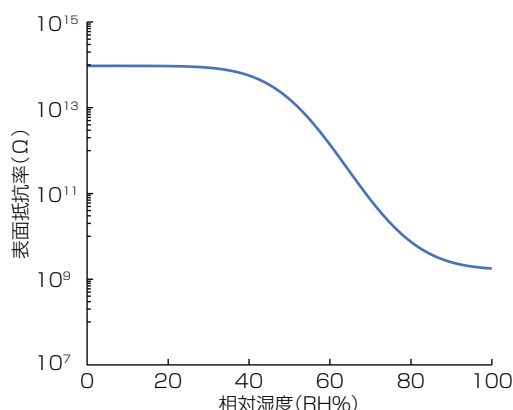


図5. 相対湿度と表面抵抗率の関係



図6. 受配電機器の診断に使用する劣化判定センサ

2.2 絶縁物の表面抵抗率算出モデル

絶縁物の表面抵抗率算出モデルは“データベース”と“表面抵抗率推定エンジン”から構成される(図7)。“データベース”には2.1節で述べたデータが保存されている。“表面抵抗率推定エンジン”には、従来診断で蓄積してきたデータ(絶縁物の種類、イオン付着速度、使用年数、温湿度等)と絶縁物の表面抵抗率の関係を解析することで作成した回帰式が格納されている。顧客の業種や対象機器の絶縁物の種類から、回帰式のパラメーターをデータベースから選定し、温湿度等の環境データを回帰式に入力することで診断対象絶縁物の表面抵抗率を算出する。

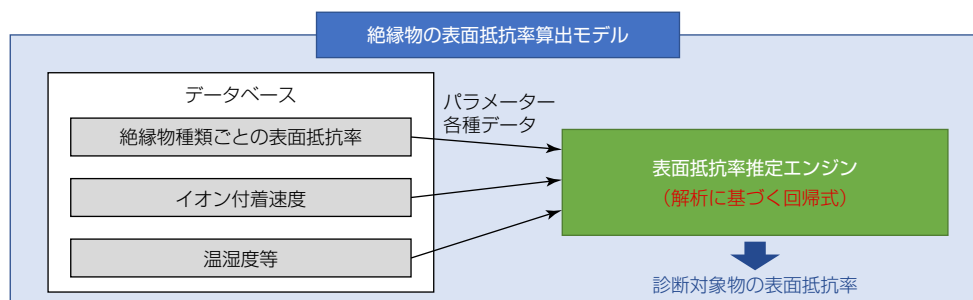


図7. 絶縁物の表面抵抗率算出モデルの構成

2.3 劣化判定センサを用いた診断の流れ

- 診断は劣化判定センサを用いて、次の手順で行う(図8)。
- (1) センサーキット(劣化判定センサ)を顧客に届ける。
 - (2) 顧客自身で診断対象機器内に劣化判定センサを設置する(例えば制御室などの非充電部)。
 - (3) 6か月間、診断対象機器内の環境データを測定し、測定完了後に劣化判定センサを当社に返送する。
 - (4) 独自開発の診断システムによって、劣化判定センサのデータとユーザーの機器使用データ(絶縁物の種類、使用年数等)を解析して診断を実施し、絶縁物の寿命・余寿命を算出する。

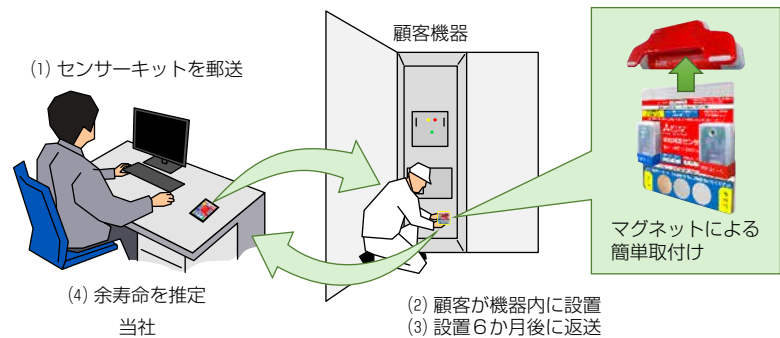


図8. 劣化判定センサを用いた診断方法

2.4 開発による効果

従来診断と劣化診断システムの診断精度をフィールドテストによって評価した結果、劣化診断システムの診断精度は従来診断±数年程度であり、同等の精度で診断できることを確認した(図9)。また、劣化診断システムでは、劣化判定センサの設置だけで診断が可能になるため、従来診断では必要であった、設備の電力停止が不要になった。これに加えて、専門技術者の派遣が不要になるため、低コスト(従来診断と比較すると約50%の診断コスト)での診断が可能になった(表1)。

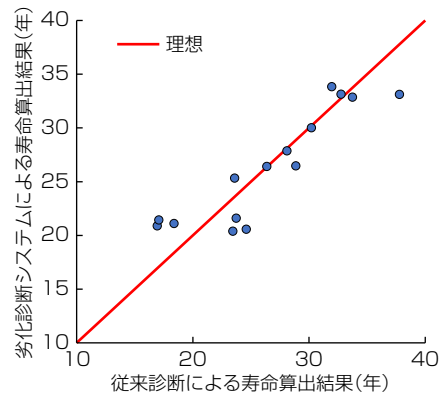


図9. 従来診断と劣化診断システムの診断精度評価結果

表1. 従来診断と劣化診断システムの対比表

	従来診断	劣化診断システム
設備電力停止	× (必要)	○ (不要)
技術者派遣	× (必要)	○ (不要)
診断コスト	△ (高)	○ (低: 従来比約50%)

3. む す び

サーキュラーエコノミー実現のための技術開発事例として、受配電機器劣化診断システムについて述べた。この開発によって、受配電設備を持つ数多くの事業者にとって重要な課題である効率的な設備の運用に一層貢献できると考えている。今後は、更なる顧客の安心・安全な設備運用に向けた技術開発に取り組んでいく。

参 考 文 献

(1) 三木伸介, ほか: 受配電設備絶縁物の余寿命診断技術, 電気学会論文誌B, **127**, No.7, 863~869 (2007)
(2) 三木伸介, ほか: 受配電設備絶縁物の経年劣化に影響する要因, 電気学会論文誌A, **135**, No.1, 34~40 (2015)