スマート保安技術カタログ
(電気保安)

－第 20 版－

独立行政法人 製品評価技術基盤機構
電気安全評価センター

バージョン情報

<table>
<tr><th>版数</th><th>発行/改訂日</th><th>内　　容</th></tr>
<tr><td>第1版</td><td>2022年 7月8日</td><td>保技2021 10001-01の新規登録、初版発行</td></tr>
<tr><td>第2版</td><td>2022年 7月29日</td><td>要素2022 00001-01の新規登録

誤字脱字の訂正</td></tr>
<tr><td>第3版</td><td>2022年 9月30日</td><td>保技2022 10002-01の新規登録</td></tr>
<tr><td>第4版</td><td>2022年 11月30日</td><td>要素2022 00002-01の新規登録</td></tr>
<tr><td>第5版</td><td>2022年 12月9日</td><td>要素2022 00003-01の新規登録

訂正：保技10002-P11　(4) 絶縁状態監視と真空遮断機の新旧比較
<table>
<tr><th>訂正文</th><th>原文</th></tr>
<tr><td>ポリエステルプリミックス（炭酸カルシウム）は湿性を持つため、水を呼び込み絶縁劣化が起こりやすい。</td><td>ポリエステルプリミックス（炭酸カルシウム）湿性を持つため、水を呼び込み絶縁劣化が起こりやすい。</td></tr>
<tr><td>エポキシを主剤としているため、ポリエステルプリミックスより、絶縁劣化に対して強い。</td><td>エポキシを主剤とするポリエステルプリミックスよりエポキシ製の方が絶縁劣化に対して強い</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>第6版</td><td>2023年 3月17日</td><td>保技2022 10003-01の新規登録</td></tr>
<tr><td>第7版</td><td>2023年 5月12日</td><td>要素2022 10004-01の新規登録</td></tr>
<tr><td>第8版</td><td>2023年 7月31日</td><td>要素2023 00005-01の新規登録、要素2023 00006-01の新規登録

誤字脱字の訂正</td></tr>
<tr><td>第9版</td><td>2023年 9月11日</td><td>要素2023 00007-01の新規登録</td></tr>
<tr><td>第10版</td><td>2023年 10月23日</td><td>要素2023 00008-01の新規登録</td></tr>
</table>

版数	発行/改訂日	内　　容
第11版	2024年 1月31日	保技2023 10004-01の新規登録 保技2023 10005-01の新規登録（要素2022 00001-01の削除） ※ 要素2022 00001-01の技術は、第18回プロモーション委員会で実証データと検証評価の妥当性・実効性が確認されたため、保技2023 10005-01に区分を変更
第12版	2024年 3月29日	保技2023 10006-01の新規登録
第13版	2024年 5月15日	要素2023 00009-01の新規登録
第14版	2024年 7月10日	要素2024 00010-01の新規登録
第15版	2024年 8月9日	要素2024 00011-01の新規登録
第16版	2024年 11月1日	要素2024 00012-01の新規登録、保技2024 10007-01の新規登録
第17版	2024年 12月26日	要素2024 00013-01の新規登録、要素2024 00014-01の新規登録
第18版	2025年 4月18日	要素2024 00015-01の新規登録
第18.1版	2025年 6月20日	当該案件連絡先等の更新
第19版	2026年 9月11日	要素2025 00016-01の新規登録、誤字脱字の訂正、 図の一部差替・削除・出典追記
第20版	2026年 10月28日	要素2026 00017-01の新規登録

※ 本技術カタログは予告なく更新することがありますので、必ず最新のバージョンをご利用ください。最新のバージョンは以下のURLからダウンロードできます。

【NITEホームページ（スマート保安）】

https://www.nite.go.jp/gcet/tso/smart_hoan_catalog.pdf

はじめに

近年、AI、IoT、ロボット、ドローン等の新技術とデータを活用したいわゆる「スマート保安」に注目が集まっています。独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）は、電気保安分野においてスマート保安技術の的確な導入促進に貢献するため、スマート保安技術やデータを活用した新たな保安方法の妥当性を確認し、官民間・業界間でその知見を共有する場としてスマート保安プロモーション委員会を立ち上げました。そして、当該委員会において妥当性・実効性を確認した新しいスマート保安技術をスマート保安技術カタログ（電気保安）としてとりまとめました。

本技術カタログは、スマート保安技術としての活用が可能又は期待されると評価された「基礎要素技術」と、スマート保安を導入する対象設備での実証試験により成果が評価された「保安技術モデル」に分類されており、電気設備の設置者等が保安技術導入・促進を検討する際の参考資料として広く活用されることを目的としています。

なお、電気設備の設備構成や設置環境は事業所によって異なり、本技術カタログに掲載された「基礎要素技術」や「保安技術モデル」を導入しても十分な効果が得られないこともあります。そのため、設置者や電気主任技術者において、設備構成や重要度、導入する保安技術の性能、保安品質の確保及び経済性等を総合的に検討・判断することが求められます。また、スマート保安技術を適用して点検内容や点検頻度等を変更する場合、各産業保安監督部への手続き(保安規程変更届等)が必要となります。

本技術カタログに掲載されている内容は、全て事業者からの許諾を得て転載しています。本技術カタログに掲載された「基礎要素技術」や「保安技術モデル」の活用に際しては、技術の詳細も含め各事業者に直接問合せをお願いします。

目 次

１．適用の範囲・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

２．用語の定義・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

３．技術カタログの一覧表　　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2

４．技術カタログの詳細　　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3

１．適用の範囲

本技術カタログに登録されている「基礎要素技術」と「保安技術モデル」は、「スマート保安プロモーション委員会」(事務局:NITE)において妥当性・実効性を確認した新しいスマート保安技術であり、スマート保安の導入・促進に寄与すると期待される技術を公表したものである。

なお、電気設備の設備構成や設置環境は事業所によって異なり、電気設備の種類や構成、設置環境等によっては、掲載されている保安技術を導入しても十分な効果が得られないこともあることから、掲載されている保安技術を導入又は活用することを検討する場合は、技術的な適用評価に加えて、保安品質の確保や投資効果等を十分に考慮して判断することが重要である。本技術カタログに掲載された「基礎要素技術」や「保安技術モデル」の活用に際しては、技術の詳細も含め各事業者に直接問合せ願いたい。

２．用語の定義

（１）基礎要素技術

電気設備に実際に採用できる可能性のある新しいスマート保安技術であって、まだ実設備での実証がなされていない技術を「基礎要素技術」と言い、技術個別単位に評価する。

なお、保安技術モデルに相当する技術であっても、実証試験或いは効果評価が十分でない場合、提案事業者と協議し「基礎要素技術」として評価する選択もある。

①概略性能と活用例と②模擬又は試験設備での試験データの説明資料等により技術性能と活用の可能性について技術評価を行う。(センサー、システム、運用の単位での評価も可)

（２）保安技術モデル

現場の電気設備での実証試験等の結果を踏まえ、従来業務の代替が可能な新たなスマート保安技術であると評価した技術を「保安技術モデル」と言い、総合的な運用単位で評価する。

なお、既存技術の組合せにより保安品質や業務効率の向上が検証され、実装又は普及拡大が期待できる保安技術も審議対象とする

①新技術導入の有効性とメリット②、新技術評価に係る実証データと分析結果、

③安全性、信頼性、コスト評価、④導入・拡大への課題、規制等の見直し内容について技術評価を行う。

３．技術カタログの一覧表

基礎要素技術一覧表　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2-1

保安技術モデル一覧表　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2-4

3.1　基礎要素技術一覧表

管理番号	対象設備	活用シーン	保安技術名称	技術概要	活用する技術							団体名または企業名	登録年月日 修正年月日	備考
					デジタル化	IoT機器類	ドローン類	通信関係	システム	統計・AI	運用			
要素2022 00001-01	（削除）削除日：2023年11月28日　削除理由「基礎要素技術」として掲載されていたが、現場運用を重ねて、実証データと実証評価が纏められ、プロモーション委員会で妥当性・実効性が評価され、2023年11月28日「保安技術モデル」に区分変更となった。													
要素2022 00002-01	需要設備、発電所	小型無線式振動データ収集装置を対象回転機械設備に設置し、収集した振動加速度データ等を基に機械の異常を早期検出することで機械故障によるトラブルや損失を未然に防止する。	小型無線式振動データ収集装置と振動データ監視・分析技術	小型無線式振動データ収集装置(ワイヤレス)で収集した振動データと温度データを専用クラウドに蓄積し、日常巡視を含む点検結果データのデジタル化と遠隔監視を行うシステムであり、閾値設定による警報の通知や測定した振動加速度スペクトル（8Hz～10,000Hz）を時系列で3次元グラフ化して異常兆候の推移(変化)を見える化することで機械異常を早期に発見できる技術。	○	○		○	○			株式会社 酉島製作所	2022.9.26	
要素2022 00003-01	需要設備、発電所	零相電圧及び零相電流の常時監視により、地絡遮断電流よりも小さい地絡電流で絶縁劣化を早期に検出し、高圧地絡停電事故を未然防止する。	高圧絶縁監視機能搭載SOG制御装置による絶縁劣化の予兆検知技術	絶縁監視機能搭載地中線用GR付高圧交流負荷開閉器（UGS/UAS）に内蔵されている零相変流器や零相変圧器等を活用して、地絡動作値より低い設定値の絶縁低下或いは放電性の微地絡を検出して警報を発する装置である。 （注）微地絡とは、零相電圧(Vo)や零相電流(Io)が地絡動作設定値に至らないレベルの地絡や継続時間が短く地絡動作に至らない地絡と定義する。		○		○			○	一般財団法人 関東電気保安協会 株式会社 三英社製作所	2022.11.7	
要素2022 00004-01	石炭火力・バイオマス発電所	ローラ軸受損傷検出装置（トルクセンサ）により、同ローラ軸受の損傷を早期段階で発見・表示し、ベルトコンベアローラの不具合を防止する。	ベルトコンベアローラの軸受損傷を早期検知する技術	石炭やバイオマス燃料等の搬送ベルトコンベアにおいて、ローラ軸受損傷検出装置（トルクセンサ）をベルトコンベアのローラ軸受部に設置し、同ローラ軸受の損傷を早期段階で発見・表示することにより、誰でも安全かつ効果的なメンテナンス業務が可能であり、ベルトコンベアローラの不具合を防止する。		○		○				株式会社 三和テスコ	2023.3.27	
要素2023 00005-01	需要設備	電路を停電せずに絶縁抵抗を絶縁抵抗計と同等の精度で常時監視する非接地式低圧電路専用絶縁監視装置であり、閾値設定による警報を発報することにより予防保全が可能となる。	低圧非接地式回路の絶縁抵抗を高精度に計測・監視する絶縁監視技術	データセンターや半導体工場（Fab）等の停電が許されない非接地式低圧電路において、変圧器二次側の非接地式低圧回路と大地との間に内部抵抗（高抵抗）を介して接続し、直流低電圧(20V)を回路に重畳することで、重畳計測ニットの内部抵抗に流れる電流を検出・演算して絶縁抵抗を求める絶縁監視装置である。設定した絶縁抵抗値を下回ると警報を発報する機能も有している。		○		○			○	株式会社 関電工	2023.6.01	
要素2023 00006-01	需要設備、発電所	手持ちのスマートフォンやパソコンなど多種多様な通信媒体間で、現場映像のリアルタイム共有の他、グループ通話で同時通話やポインタ機能を有する現場作業に最適化した遠隔現場支援システムである。	手持ちのスマートフォン等を活用した遠隔現場支援システム	遠隔地にいる管理者（熟練者）と現場作業者をつなぐ新しいコミュニケーションツールであり、多彩な通信媒体に専用アプリをダウンロードしてアカウントを作成することで手軽に利用可能で、電話と同じようにボタンひとつで相手を呼び出すことができ、グループ通話では最大10人までの同時通話ができる。また、お互いに示したい箇所を画面上で指示・確認できるポインタ機能などで現場の状況が一目で把握できることや、写真や画像はクラウドに保管されて個人端末には残らず機密情報漏洩対策に配慮されていることなどの現場作業に適した機能を有している。				○	○			株式会社 クアンド	2023.6.19	
要素2023 00007-01	需要設備、発電所	誘導電動機の電源線に電流センサ(CT)を設置し、収集したデータを基に電動機及び回転機械の異常を早期検出することで機械故障によるトラブルや損失を未然に防止する。	回転機械設備の電流解析による状態監視技術	プラント設備の保全業務の遠隔常時監視において、回転機械設備の状態監視を比較的に簡単に導入・設置可能な「電流センサー（クランプ）を活用した電流情報量分析」を実施する診断技術である。電流センサーを制御盤内に設置することで、振動センサーと同様な監視・診断が可能であり、従来の診断技術では活用が難しかった特殊環境下の回転機械設備についても異常を兆候の段階で発見すること並びにインバータの異常についても診断が可能となる。	○	○		○	○			株式会社 高田工業所	2023.7.21	
要素2023 00008-01	需要設備	特高受変電設備の順次更新において、構内高圧ケーブルや高圧変電設備の絶縁劣化状態を常時監視することにより、設備毎の地絡事故発生の前兆現象を把握し、計画的な更新をサポートすることが可能となる。	微地絡及び間欠地絡が検出可能なディジタル形保護継電器を使用した高圧絶縁監視装置	特高受変電設備の高圧配電盤に使用する地絡継電器に、通常の地絡継電器の動作レベルに達しない微小な電流が流れる「微地絡」や高圧ケーブルの水トリーが進展することによって瞬間的に地絡が発生する「間欠地絡」を検知・発報する機能及び地絡電流を常時監視・記録する機能が付加されたディジタル形保護継電器であり、専用の絶縁監視装置と接続することでグラフ表示による管理が出来る。新規設備に限らず既存設備における運用も考慮しており、高圧地絡事故の前兆現象を捉えることによる予防保全を可能としている。		○		○	○			株式会社 日立産機システム	2023.8.29	
要素2023 00009-01	架空送電設備	架空送電線上空を飛行するドローンを用いて、位置情報とカメラ姿勢を含めた多視点情報から三次元の位置を特定することで点群を生成し、取得した点群を用いて送電線の弛みや横揺れの影響等を考慮した樹木と送電線との離隔を現場にて解析・評価する。	ドローンを活用した送電設備への接近木調査の効率化技術	送電線の径間に沿ってその上空に商用の可視カメラ搭載小型ドローンを飛行させ、撮影した写真画像から三次元の座標値を持ったデータ（点群）を取得し、送電線と樹木等の離隔を評価するワークフローである。送電線の弛み（弛度）が通常時と最大潮流時（最大負荷時）で異なることや横揺れの影響等も配慮し、カテナリー式（双曲線関数）による仮想送電線を定義することで、さまざまな架線状況に対応した離隔を評価可能で、その結果を二次元や三次元表示で視覚的に参照できる。ドローンによる撮影飛行から点群作製及び解析までの作業を同日中に実施可能である。	○		○	○	○			一般財団法人 電力中央研究所	2024.3.28	

管理番号	対象設備	活用シーン	保安技術名称	技術概要	活用する技術							団体名または企業名	登録年月日 修正年月日	備考
					デジタル化	IoT機器類	ドローン類	通信関係	システム	統計・AI	運用			
要素2024 00010-01	需要設備	保護回路を二重化したマルチリレーにおいて、設備運用中でも片系で保護を行いながら保護特性試験を実施する自動点検機能により、年次点検における停電時間の短縮や点検費用の削減に加えて、試験で変更した設定値の戻し忘れなどの設定値に係る人為ミスを防止することや試験前後における設定値の確認作業の大幅な短縮が可能となる。	自動点検機能を搭載したマルチリレー	保護、計測、制御の機能をすべて一台に集約したマルチリレーに自動点検機能(保護リレーの保護特性試験等を外部試験装置を用いずにリレー本体内で自動試験する機能)を追加したことにより、保護機能試験を処理ユニット(監視PC)から遠隔で行うことができる。自動点検機能は、停電点検での遮断器動作時間と保護特性試験信号を発生させて保護回路が動作して遮断器の連動トリップ動作確認が完了するまでの時間の計測並びに設備運用中(無停電)でも片系で保護を行いながら保護回路が動作するまでの時間を計測する3種類の試験機能を有する。この機能により、年次点検における停電時間の短縮や点検費用の削減に加えて、試験前後の設定値の確認時間の大幅な削減や設定値に係る人為ミスを防止することが可能となる。なお、この装置は、電力監視システムのヒストリカルトレンド機能によるI_0，V_0監視機能やノートPCから設定値の確認・設定及び保護特性試験の実施が可能な機能を保有する。	○	○		○	○			三菱電機 株式会社	2024.5.30	
要素2024 00011-01	需要設備	サーモパイルアレイセンサーを固定設置して常時監視することで、発熱に関する不具合箇所の前兆をいち早く検知・通報・早期対応し、不具合発生率の低下と高い稼働率を確保する発熱監視技術である。	サーモパイルアレイセンサーによる発熱監視システム	この装置は、測定エリアからの赤外線エネルギーを検知し、温度換算して出力する視野90°のサーモ パイルアレイセンサーとセンサーから出力されたデジタルデータを集約、各種設定、各画素の温度表示(色と数値)及び閾値を越えた温度を検出した際にアラーム出力するコントローラによって構成されている。なお、PLC等を利用した導入者独自のアルゴリズムの構築環境において、専用PCソフトでの詳細な熱画像表示や各素子の温度表示を遠隔地で監視・運用可能としており、小型・低価格で比較的容易に導入することやスモールスタートが可能である。	○	○		○	○			エスエスシー 株式会社	2024.6.24	
要素2024 00012-01	需要設備、発電所	中大容量の配電用変圧器に水素ガスセンサを設置し、変圧器内部の絶縁油が分解された時に生成される水素ガス量の増加を常時監視する。これにより、変圧器の状態を把握し健全性を確保すること並びに変圧器の内部異常や経年劣化をリアルタイムに監視する。	水素ガスセンサを用いた油入変圧器の状態監視	油入変圧器内部の放電や過熱などの異常時には、様々な種類の可燃性ガスが生成されるが、水素ガスは全ての異常モードで比較的に発生量の多いガスである。水素ガスセンサは、水素ガスと油温の検出に機能を限定し、水素が金属合金を通過すると抵抗値が増加する特性を利用しており、変圧器絶縁油中に含まれる水素ガス量を油温を考慮したトレンド管理・監視することで、変圧器の状態を把握して異常予知による保全を目的としている。なお、異常発生原因を特定するためには、絶縁油の採油による他の可燃性ガスの含有確認やフルフラール分析の結果を踏まえ、総合的に判断をすることが望ましい。	○	○					○	株式会社日立産機システム	2024.9.17	
要素2024 00013-01	風力発電所	ボルト頭部変形量からボルトの軸力を推定することができる技術であり、トルクレンチによるボルトの増締め確認点検(トルク)を、非接触によるDIC画像計測技術とシミュレーション技術を活用したボルト締結状態の評価手法とすることで、従来作業を簡素化しつつボルト締結状態を簡単かつ正確に評価することができる。	デジタル画像相関法を用いたボルト軸力計測技術	設備同士の結合にはボルト締結が最も多く使用されており、適切な締付力(軸力)による締付管理が設備維持では重要である。本技術は、ボルトを締め付けると軸力によりボルト頭部に曲げモーメントによる変形が生じるが、このボルト頭頂面の変形(圧縮ひずみ)と締付け軸力は比例関係であることが確認されている。 予めランダムパターンを塗布したボルト頭頂面をカメラで撮影し、デジタル画像相関(DIC)法を用いて計測した頭部変形量と前もって有限要素法(FEM)解析によって得られた頭部変形量との比較により、頭部変形量からボルトの軸力を推定することができる技術であり、ボルト結合部の摩擦影響が小さく、軸力値の正確な測定が実現可能な手法である。	○	○					○	株式会社 日立ハイテク 株式会社 日立製作所	2024.11.1	
要素2024 00014-01	需要設備、発電所	本技術は、スマートグラスの活用により作業員はフリーハンドで作業が可能であり、点検手順等の相談・指示などを同じ目線で遠隔支援ができ、マニュアルや手順書等を検索・確認できるなどの特徴的な機能を持つ、現場作業の技術支援や人材育成等を目的とした遠隔現場作業支援システムである。	スマートグラスを活用した遠隔現場作業支援システム	本産業用スマートグラスは、現場作業向けの開発品であり、スマートグラスを装着した作業員と管理者のPCを専用ソフトウェアで接続することで、現場作業員がハンドフリーで操作(音声コマンド)し、補正機能によりブレのない4K撮影が可能なカメラにより同じ目線での現場情報を管理者へ共有可能としている。加えて、録画・写真撮影機能の他、非透過型で日中の明るい環境下でも画面が見やすいディスプレイでマニュアル等の検索・閲覧機能や、騒音下でも音声を聞き取れる骨伝導ヘッドホンの提供など多様な遠隔支援ができる作業支援システムであり、熟練技術者の現場ノウハウと技術力を効果的かつ継続的に継承することで、均質な保安品質を確保しつつ技術者不足や効率的な作業につながる遠隔現場支援の技術である。	○	○			○			フィールドクロス 株式会社	2024.11.25	
要素2024 00015-01	火力発電所、水力発電所	本技術は、非GPS環境下においてもLiDARを用いて自己位置推定を行え、全周を覆われた球体ガードを採用し、接触や衝突時に機体が大きく傾いても姿勢を保ち墜落を防止できる機能を持つドローンであり、タンクや煙突の内部などの特殊な環境下での使用を考慮しており、作業員の安全性確保、労務負担及び点検作業の準備に係る時間と費用が削減可能である。	屋内施設向け球体点検ドローンを活用した設備点検	火力発電所のボイラ点検・煙突内部点検、水力発電所の水路内部の点検等においては、閉所での作業や粉塵や有害ガスなど過酷な環境下での点検作業への対応が課題となっている。本ドローンは、非GPS環境下においてLiDARとSLAM処理を活用した自己位置の認識機能と3Dマップ作成、飛行安全面を考慮した全周を覆われた球体ガードの採用、接触時に機体が大きく傾いても姿勢を保ち墜落を防止できるモーター回転制御及び計測器を装脱着できる補助ペイロードなどを有する球体ドローンである。GPSが届かずかつ過酷な条件下であってもピタリと制御できること、リアルタイムに3Dマップを作成して正確な自己位置を認識できること、点群情報と高精度な撮影映像の組み合わせにより点検対象の3Dモデル上での直感的な確認と座標情報による不具合箇所の位置を特定できる。なお、映像や検査データを取得・蓄積できることから、後日の再確認・検証や点検担保も可能である。	○		○	○	○		○	ブルーイノベーション 株式会社	2025.1.31	

管理番号	対象設備	活用シーン	保安技術名称	技術概要	活用する技術							団体名または企業名	登録年月日 修正年月日	備考
					デジタル化	IoT機器類	ドローン類	通信関係	システム	統計・AI	運用			
要素2025 00016-01	風力発電所	風力発電所のタワーフランジの締結ボルトにおけるトルクレンチによる増締め確認点検をひずみセンサーによる測定で代替する手法である。ボルト締結状態を簡単かつ正確にを遠隔で常時監視できる。	風力発電タワーフランジ締結ボルトの軸力の遠隔監視システム	風力発電設備のタワーは、輸送上の制約から複数のセクションに分割して製造され、建設現地にてボルト接合されるのが一般的である。この接合部は運転時の曲げモーメントや振動、あるいは外気温差による熱応力に常時さらされており、ボルトの緩みや疲労損傷のリスクが存在している。本技術は、風力発電所のタワーフランジ部の、加工した締結ボルトへひずみゲージを装着し、ひずみゲージから取得した値をクラウドに送信し、遠隔で常時監視できる。取得したデータはWEBブラウザでダッシュボードでボルトごとの軸力トレンド表示が可能で、異常検知時にメールで異常を通知できることから、点検業務の効率化・高度化が可能となる。	○	○		○	○		○	豊田通商株式会社 SMK株式会社 ユニタイトシステムズ株式会社	2026.3.27	
要素2026 00017-01	送配電設備	本技術は、従来は専門の作業員2名が車で巡回し、目視で行っていた配電設備の営巣巡視業務を、専用の営巣撮影器具を設置した走行車両から配電設備を撮影し、動画をGPU搭載PCでAI解析（画像認識技術）することで営巣を検出・判定して、撤去工事の迅速な手配を可能とする営巣検知システムであり、営巣巡視業務の効果的かつ大幅な業務効率化と、経済性の向上が期待できる。	営巣巡視業務におけるAI活用による業務効率化（営巣検知システム）	営巣撮影器具（車両上部に取り付けるカメラ等をパッケージ化した撮影装置）を搭載した車両が、巡視経路を走行しながら道路左右の配電設備を撮影し、その映像を営巣検知AIで解析することで、配電設備における営巣の有無を判定し、その結果を表示する。解析方法は、走行中にリアルタイムで判定する方式と、帰所後に撮影動画をGPU搭載PCへ取り込み一括判定する方式から選択可能である。 本システムによる検知結果は、地図上への営巣位置のマッピングやメール通知による早期共有などの可視化機能とあわせて確認することができ、営巣の撤去工事の迅速な手配を可能とする。なお、営巣の有無に関する最終判断は、AIが抽出した営巣検知画像を作業員が目視で確認して行う。	○					○	○	四国電力送配電株式会社 NTTドコモソリューションズ株式会社	2026.7.14	

3.2 保安技術モデル一覧表

管理番号	対象設備	活用シーン	保安技術名称	技術概要	活用する技術							団体名または企業名	登録年月日 修正年月日	備考
					デジタル化	IoT機器類	ドローン類	通信関係	システム	統計・AI	運用			
保技2021 10001-01	需要設備	特別高圧受変電設備において、Voセンサー(地絡過電圧)と部分放電センサーを設置した高圧電路絶縁状態の常時監視及び熱画像診断装置等の活線測定器類の活用による無停電年次点検(停電点検3年1回、他2年は無停電年次点検を実施)の導入	高圧絶縁状況の常時監視	「受変電設備の監視装置導入及び点検方法の工夫による無停電年次点検の実施」の導入保安技術は次の通りとする。 （１）高圧絶縁監視装置:Voセンサー(地絡電圧の検出)による絶縁状態の常時監視 （２）超音波センサー(部分放電音の検出)による絶縁劣化現象の常時監視 （３）温度センサーによるコンデンサー・リアクトルの外箱温度の常時監視 （４）熱画像診断装置(サーモグラフィー等)による接続状態及び過熱箇所の確認 （５）デジタル測定器(Iorクランプリーカー)による低圧絶縁抵抗の測定 （６）クランプ式接地抵抗測定器の活用	○	○		○	○		○	・対象設備 メプクス豊洲 ・設置者 清水建設株式会社 ・保安技術提供者 (株)エネサーブ神奈川	2022.03.28	
保技2022 10002-01	需要設備	特別高圧受変電設備において、監視カメラ(画像認識を含む)や計測装置等による遠隔監視及び収集データの蓄積機能により、現場巡視点検頻度を月1回とし、多機能形デジタル継電器(IoとVo)、部分放電検出器(TEVセンサ)等を活用した絶縁状態の常時監視を導入することにより、停電年次点検を6年1回、他5年は無停電年次点検(活線診断装置による診断)の年次点検を導入	巡視点検の遠隔監視と特高受変電設備の絶縁状況等の常時監視	「特高受変電所の巡視点検と年次点検の手法及び頻度変更」の導入保安技術は次の通りとする。 （１）遠隔監視巡視点検（24時間365日常時監視と定例目視巡視点検の分担・併用） ア　目視点検からIoT機器活用による点検手法の変更（監視カメラや計測装置による点検データの常時取得） イ　収集データの常時閲覧機能による効果的な保安管理の実施（いつ・何処でも確認可能） ウ　収集データの保存・累積（経過観察、故障予知、寿命診断等への活用） （２）年次点検（常時監視＋定期メンテナンス） ア　多機能形デジタル継電器と部分放電検出器等を活用した絶縁状態の常時監視と計測記録 イ　特高変圧器及び特高真空遮断器の故障徴候の早期検出や寿命診断 ウ　超音波検出装置及び熱画像診断装置等の実施による無停電年次点検の導入 エ　細密点検時に遮断器の開閉機構動作確認と部品交換等のメンテナンスの徹底 （３）計測装置、センサ類、多機能形デジタル継電器及び部分放電検出器等のセンサ類の検出データを累積・保存し、AIを活用した自動化、効率化に向けた実証及び検証を実施	○	○		○	○		○	・対象設備 株式会社明電舎沼津事業所 ・設置者 株式会社明電舎	2022.08.22	
保技2022 10003-01	需要設備	高圧受変電設備において、漏洩電流方向判別センサー、零相変流器及び部分放電センサーを設置した高圧電路絶縁状態の常時監視及び熱画像診断装置等の活線測定器類の活用による無停電年次点検(停電点検3年1回、他2年は無停電年次点検を実施)の導入	高圧絶縁状況の常時監視（高圧受変電設備）	「高圧受変電設備の監視装置導入及び点検方法の工夫による無停電年次点検の実施」の導入保安技術は次の通りとする。 （1）漏洩電流方向判別センサー（Z-IV）と零相変流器（ZCT）の組み合わせによる絶縁状態の常時監視と地絡事故時の方向性判別（構内と構外事故の判定） （2）超音波センサー（部分放電音の検出）による絶縁劣化現象の常時監視 （3）温度センサーによるトランス・コンデンサ・リアクトルの外箱温度の常時監視 （4）熱画像診断（サーモグラフィー）による接続状態及び過熱箇所の確認	○	○		○	○		○	・対象設備 物流センター ・保安技術提供者 エネサーブ株式会社	2023.01.24	
保技2023 10004-01	需要設備	重要かつ高経年な特高受変電設備において、絶縁劣化の兆候を早期に検知し、稼働中の設備の状態把握(劣化進展・寿命予測)・管理することにより、故障予測や高経年設備の更新をサポートすることが可能となる。	製鉄所変電施設におけるスマート保安技術	特高受変電設備の電路や機器に、電圧センサー、過渡接地電圧センサー、高周波電流センサー等の各種センサーを設置し、計測した電圧や電流波形をPRPD(位相分解部分放電)とTF マッピングを活用して解析することで、雑音やノイズによる影響を弁別・除去し、高い精度で部分放電の種類と発生部位を特定することで、劣化予兆の把握と設備保守の時期の適正化が可能となる。	○	○		○		○	○	・対象設備 JFEスチール株式会社西日本製鉄所/倉敷地区 ・保安技術提供者 JFEスチール株式会社	2023.10.31	
保技2023 10005-01	需要設備、発電所	零相電圧及び零相電流の常時監視により、微地絡を検出し地絡停電事故の前兆として警報を発し、保守対応することによって地絡停電事故を未然防止する。	高圧絶縁監視機能の導入による高圧地絡停電事故の前兆検知技術	高圧受電設備に設置されている柱上用高圧交流負荷開閉器(PAS)に高圧絶縁監視機能付方向性SOG制御装置(CHZ-E形)を設置することで、地絡保護に加えて微地絡時の零相電圧と零相電流を検出して警報を発する機能及び微地絡検出時に本装置内へのログデータの保存機能などを保有しており、高圧電路の絶縁状態の常時監視が運用可能となり、突発的な高圧地絡停電事故のリスク低減を図ることができる。		○		○			○	株式会社 戸上電機製作所	2023.11.28	要素2022 00001-01 からの区分変更
保技2023 10006-01	需要設備	過去の事故データ等を分析し、事故や故障の発生リスクを極限に小さくしたコンパクトかつ信頼性の高い柱上受電設備とすることに加えて、既存のスマート保安技術(計測値の常時監視とデジタル測定器)を活用した点検手法との組合せで構築された、現場における実証試験で得られた知見と主任技術者等の意見を反映した普及拡大に向けたEV急速充電設備専用のスマート柱上受電設備に係る保安管理技術	スマート保安技術を活用した柱上受電設備(EV急速充電専用)の保安管理技術	本受電設備は、配電設備と同様なコンパクトな構成とした信頼性の高い設備仕様かつ月次点検のデジタル化などの既存のスマート保安技術を活用した点検手法の組み合わせによる「スマート柱上受電設備」であり、年次点検は、柱上設備点検の品質確保と作業安全を考慮して高所作業車を活用した作業を行う。 (1) 過去の事故データ等を分析し、事故や故障の発生リスクを極限に小さくしたコンパクトかつ信頼性の高い柱上受電設備の仕様 ア 電力引込から柱上開閉器(遮断機能付)やVCT及び変圧器(1台)とコンパクトな構成 イ 塩害対策の機器類の使用を基本とし、高圧ケーブルは使用せず、構成機器(開閉器や高圧コンデンサを省略)や接続点を極限まで少なくし、台風などの災害、他物接触(鳥獣、樹木等)及び絶縁劣化等による事故リスクを低減 (2) 既存のスマート保安技術の活用 ア 電圧・電流・漏洩電流の計測値を遠隔監視 イ 熱画像診断装置(サーモピュア等)と超音波診断装置(ウルトラホン等)を月次点検で活用	○	○		○			○	株式会社e-Mobility Power	2024.2.28	

管理番号	対象設備	活用シーン	保安技術名称	技術概要	活用する技術							団体名または企業名	登録年月日 修正年月日	備考
					デジタル化	IoT機器類	ドローン類	通信関係	システム	統計・AI	運用			
保技2024 10007-01	太陽電池発電所	本技術は、太陽光発電設備の点検・メンテナンスにおいて、携帯端末（スマートフォンやタブレット）の活用やメンテナンス業務のデジタル化による管理業務の的確化と効率化を推進する管理システムである。 特に小規模事業用太陽光発電設備においては、低価格での点検及び管理業務のデジタル化の推進が可能で、太陽光発電設備を的確かつ長期安定的に運用することが期待できる。	太陽光発電設備の保守メンテナンスの効率・的確化のための管理システム	本システムは、発電設備の配置図や設置機器や専門企業等の発電事業運営情報を登録し、現場で通信環境に左右されず点検や測定結果もタブレット等で入力することで、点検やメンテナンスの実施報告書の自動作成、種々の添付書類を取り込む機能やインシデント情報の自動登録に加えて、スケジュール管理、リペアマネジメント、インシデント管理等による実施状況とプロセスの把握と遅延防止及び発電所運営関わる関係者との情報共有が可能となっている。 (1) 携帯端末入力で早く、確実な点検・計測結果の電子保存とインシデント管理の実現 (2) 発電所や設備情報をデジタル化し、一元管理、現場でもデータ活用を実現 (3) O＆M報告書のデジタル化で多種多様なO＆Mの報告書類を自動作成・出力の実現 (4) 点検・修理・設備データ等を登録、検索ができ、履歴や作業スケジュールを共有化 (5) 通信困難・不通な地域・場所での利用を想定した運用の実現	○			○	○		○	エナジー・ソリューションズ株式会社	2024.9.17	

４．技術カタログの詳細

基礎要素技術カタログ　　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3-1

保安技術モデルカタログ　　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3-3

4-1　基礎要素技術カタログ

1　要素 2022 00001　（削除）

※削除日：2023 年 11 月 28 日　削除理由：「基礎要素技術」として掲載されていたが、現場運用を重ねて、実証データと実証評価が纏められ、プロモーション委員会で妥当性・実効性が評価され、2023 年 11 月 28 日「保安技術モデル」に区分変更となった。

2　要素 2022 00002　小型無線式振動データ収集装置と振動データ監視・分析技術

・・・・・・・・・・　要素 00002-P1 ～ -P10

3　要素 2022 00003　高圧絶縁監視機能搭載 SOG 制御装置による絶縁劣化の

予兆検知技術　・・・・・・・・・・　要素 00003-P1 ～ -P8

4　要素 2022 00004　ベルトコンベアローラの軸受損傷を早期検知する技術

・・・・・・・・・・　要素 00004-P1 ～ -P7

5　要素 2023 00005　低圧非接地式回路の絶縁抵抗を高精度に計測・監視する

絶縁監視技術　・・・・・・・・・・　要素 00005-P1 ～ -P6

6　要素 2023 00006　手持ちのスマートフォン等を活用した遠隔現場支援システム

・・・・・・・・・・　要素 00006-P1 ～ -P6

7　要素 2023 00007　回転機械設備の電流解析による状態監視技術

・・・・・・・・・・　要素 00007-P1 ～ -P8

8　要素 2023 00008　微地絡及び間欠地絡が検出可能なディジタル形保護継電器を使用した

高圧絶縁監視装置　・・・・・・・・・・　要素 00008-P1 ～ -P6

9　要素 2023 00009　ドローンを活用した送電設備への接近木調査の効率化技術

・・・・・・・・・・　要素 00009-P1 ～ -P7

10 要素 2024 00010　自動点検機能を搭載したマルチリレー

・・・・・・・・・・　要素 00010-P1 ～ -P7

11 要素 2024 00011　サーモパイルアレイセンサーによる発熱監視システム

・・・・・・・・・・　要素 00011-P1 ～ -P8

12 要素 2024 00012　水素ガスセンサを用いた油入変圧器の状態監視

・・・・・・・・・・　要素 00012-P1 ～ -P6

13 要素 2024 00013　デジタル画像相関法を用いたボルト軸力計測技術

・・・・・・・・・・　要素 00013-P1 ～ -P6

14 要素 2024 00014　スマートグラスを活用した遠隔現場作業支援システム

・・・・・・・・・・　要素 00014-P1 ～ -P6

15 要素 2024 00015　屋内施設向け球体点検ドローンを活用した設備点検

・・・・・・・・・・　要素 00015-P1 ～ -P7

16 要素 2025 00016　風力発電設備タワーフランジ締結ボルト軸力の遠隔監視システム

・・・・・・・・・・　要素 00016-P1 ～ -P7

17 要素 2026 00017　営巣巡視業務における AI 活用による業務効率化（営巣検知システム）

・・・・・・・・・・　要素 00017-P1 ～ -P7

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2022　00002-01		
技術区分	IoT センサー		
保安技術名称	小型無線式振動データ収集装置と振動データ監視・分析技術		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術　　登録年月日:　2022 年 9 月 26 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	需要設備、発電所		
活用シーン	小型無線式振動データ収集装置(b-Monitor2)を対象回転機械設備に設置し、iOS 端末または受信機(ゲートウェイ)を経由して振動データと温度データをクラウドに保存することで遠隔地から機械の状態を確認・把握できる。また、収集した 10,000Hz までの振動加速度データ等を基に機械の異常を早期検出することで機械故障によるトラブルや損失を未然に防止することが可能となる。		

1．技術内容

本技術は、小型無線式振動データ収集装置(b-Monitor2)で収集した振動データと温度データを専用クラウドに保存することで、振動データ監視と収集データ分析による回転機械の異常を早期に発見する「回転機械モニタリングシステム(TR-COM システム)」である。

（1）システム概要

TR-COM システムは、小型無線式振動データ収集装置(センサ)の内部保存された対象機械の振動加速度、振動速度、温度の収集データを、現場巡視等において iOS 端末（専用アプリ）を用いて月 2 回程度の頻度で TR-COM クラウドにデータ転送、あるいは人がなかなか近寄れない場所などはゲートウェイを常設することでセンサからデータ受信してクラウドに転送する仕組みとなっている。

クラウドに保存された収集データは、ユーザー自身が遠隔地から PC の WEB ブラウザで機械の状態監視およびデータ分析ができる。

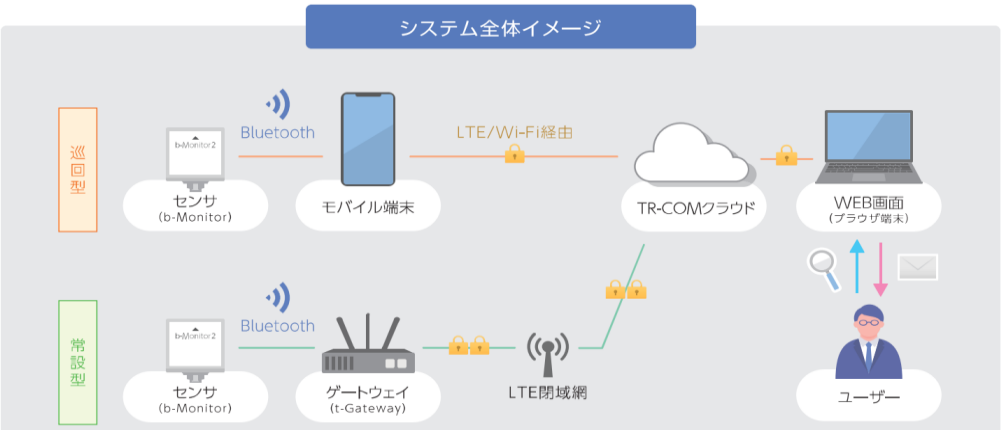


図 1　TR-COM システム構成図

管理番号	要素 2022　00002-01

（2）センサ設置と運用イメージ

ア　センサは、小型無線式（センサ外観を図 2 に示す）で、電源はリチウム電池としていることから、監視対象の回転機械に電源及び制御配線工事なしで設置し、利用することができる。



図 2　センサ外観

イ　データ収集は、iOS 端末を利用して、機械に設置されたセンサから約 20m 離れた位置からデータ収集(Bluetooth low energy(2.4GHz)方式)ができる。

データ収集しているイメージを図 3 に示す。

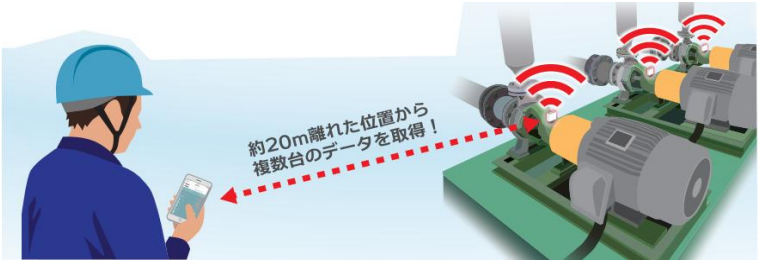


図 3　現場巡視等における、iOS 端末を用いたデータ収集イメージ

ウ　クラウドに保存されたデータは、TR-COM システムにて収集データ監視とデータ分析が行われ、設定されたしきい値を超えた場合や機械状態が変化して FFT データ（振動スペクトル）が変化した際に、変化通知メール(異常時)によりユーザーに通知される。

また、定期レポートを通知させることも可能である。運用イメージを図 4 に示す。

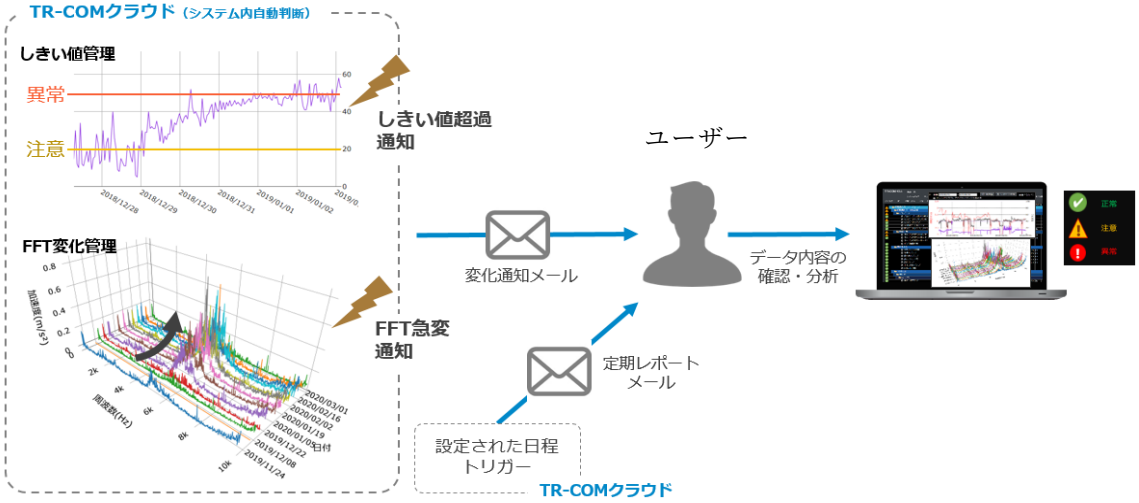


図 4　TR-COM システム運用イメージ

管理番号	要素 2022　00002-01

2．検証データと特徴

（1）振動加速度による早期異常検出

図 5 は、ポンプの軸受が焼き付いて動作しなくなるまでを実験した事例の収集データであり、振動を「変位」、「速度」、「加速度」で測定し、振動スペクトルを時系列に並べている。この実験結果では、「変位」データで監視しているとポンプが故障する 2 日前に急激な変化が見られる。また、「速度」データで監視していると約 1 ヶ月前に顕著な異常兆候が見られ、「加速度」データで監視していると約 3 ヶ月前に異常兆候の変化が見られる。

この実験結果から、振動は「加速度」がもっとも早期に異常が検出できることが分かる。そのため、TR-COM システムでは、「加速度」による測定で早期の異常検知に取り組んでいる。

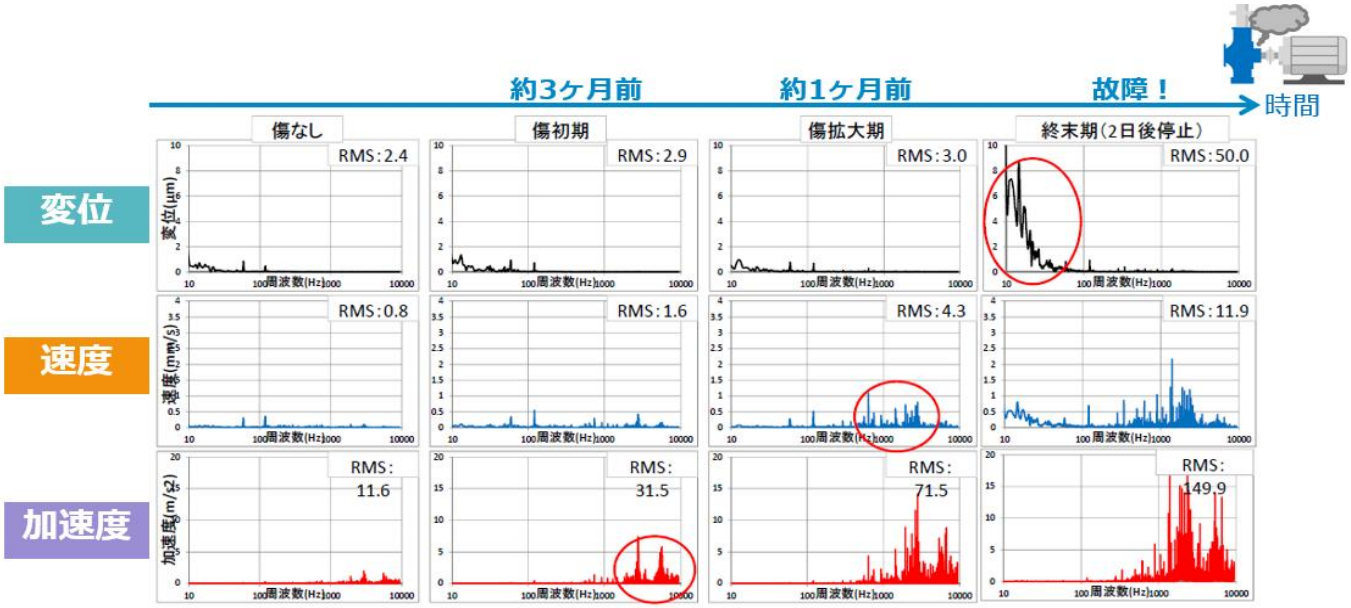


図 5　振動測定による異常検知タイミング実験結果

（2）従来の回転機械監視手法と課題

ア　従来の回転機械の監視は、DCS（分散型制御システム）の様な高機能かつ高価な常設システムを除くと、以下の 3 つの手法が一般的に多く利用されている。

① 聴診棒を用いて人の耳で判断する。

② ハンディタイプのポータブル振動計を用いて振動を測定する。

③ 有線または無線式振動センサを設置して振動の大きさを測定する。

イ　これらの手法は各種課題がある。

① ベテランの管理者は、聴診棒で機械の振動を耳で音として判断して状態を推定している。

振動周波数帯は 10,000Hz の高周波まで聞き取れるが、音の変化で機械の状態を推定するには、経験とノウハウなど熟練した技術が必要である。

② 手でポータブル振動計のプローブを機械に押し付けた場合、接触共振により 1,000Hz 程度までしか精度よく測定できない。また、測定箇所の選定、押し付け方など習熟が必要で、毎回同じ精度で安定した測定をするには 熟練した技術が必要である。

管理番号	要素 2022　00002-01

③　有線または無線式振動センサを設置して利用する場合、多くの製品では振動の大きさ（RMS 値）を監視して異常を判断するが、原因推定までは難しい。また、インバータ装置を使って設備を運用した場合、インバータのキャリア周波数による特有の振動が加わり、回転機械が正常状態でも大きな振動値となり傾向監視が難しい。

なお、電源配線や制御配線の施工が必要となり、費用と時間が掛かる。

（3）TR-COM システムが提案する振動監視手法

熟練技術者が聴覚による音の変化と異常の見極めを行うと同等の保全管理を、振動スペクトルを時系列に蓄積および監視することで、視覚的に捉えることができる。(デジタル化と異常兆候推移の見える化)

また、時系列に蓄積された振動スペクトルの形状から機械の異常原因を推定することが可能である。

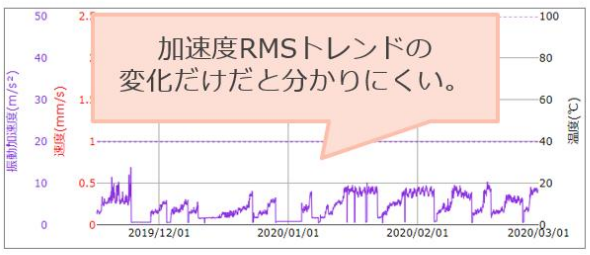
この手法は、熟練技術者の可聴領域に近い 10,000Hz までの振動加速度データを常設したセンサで抽出し、蓄積することで実現できる。

図 6 の右図は、初期の軸受傷を経過観測した事例である。

本グラフは、センサで収集した振動加速度スペクトルを時系列に蓄積しており、グラフ内の一本一本が 1 回ごとに測定した振動加速度スペクトル（8Hz～10,000Hz までのスペクトル）である。手前のスペクトルが古い測定日で、奥が新しい測定日のデータであり、3 次元グラフ表示している。

この事例では、6,000Hz 付近の山の形状が少しずつ大きくなっており、軸受の初期傷による振動が時間と共に変化していることが見て取れる。

一般的に多く利用される左図の振動トレンド（横軸：時間、縦軸：振動加速度 RMS 値）では、軸受に傷が発生した事が分かりにくいが、右図の様に振動スペクトルを時系列に表示すると、変化を容易に判断できる。また機械の異常ごとに、振動スペクトル蓄積グラフの形状に特徴があるので、異常原因の推定まで行うことができる。



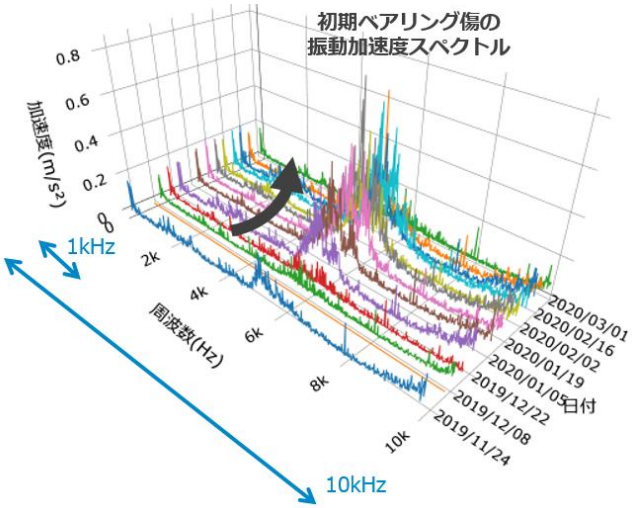


図 6　初期軸受傷の振動スペクトル

管理番号	要素 2022　00002-01

（4）TR-COM の特徴

ア　センサは後付で簡単設置

センサは、電池を電源とした無線方式のワイヤレスのために、電源・配線工事が不要で、対象機械にセンサを簡単に後付けすることができる。

設置方法は、センサ本体から M6 サイズのネジが出ているので、基本的には対象機械にねじ込んで固定する。ただし、対象機械にネジ穴加工が難しい場合は、専用の取付台座を金属の様に固まるエポキシパテ又は接着剤で対象機械に堅牢に取り付けて、センサを取付台座にねじ込むことで利用が可能である。



図 7　センサ(b-Monitor2)と取付台座の外観

イ　振動は 10,000Hz まで測定可能

図 8 の左図に示す軸受傷の初期段階（左）では、右図の時系列振動スペクトルに示すように 6,000Hz などの周波数に山の形状として異常兆候が現れる。(軸受によって特徴周波数は異なる)

ポータブル振動計のプローブを手で測定する場合は、接触共振で 1,000Hz 程度まで、一般的な無線式振動センサは 2,000～3,000Hz までしか測定できない製品が多い。

そのため、図 8 のような初期の軸受傷の異常兆候は検出できないと想定できる。

TR-COM システムでは、10,000Hz までを分解能 1Hz で測定し、3 次元グラフとしているので異常兆候の早期検出が可能である。

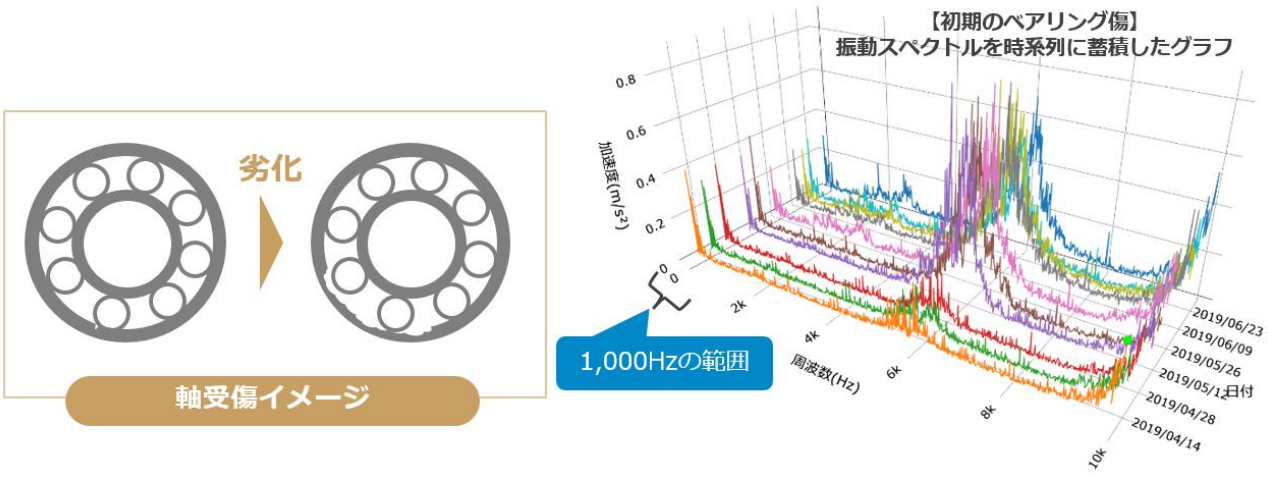


図 8　軸受傷イメージと振動スペクトル

スマート保安技術カタログ

資料-2.4

管理番号	要素 2022　00002-01

ウ　振動スペクトル形状で原因推定

振動スペクトルを時系列に蓄積し、機械の状態変化を振動スペクトル形状で表すことにより、異常兆候を視覚的に把握することができる。なお、振動スペクトル形状から既知の現象かどうかを確認でき経過観察が可能である。

この振動スペクトル形状は、機械や機械異常の種類によって特徴的に表れるので、形状によって異常の原因推定に役立てることができる。

例として、特徴的な異常原因と時系列蓄積した振動スペクトル形状を図 9 に示す。

図 9 の左は「初期の軸受傷」、中央は「軸受の潤滑不良と外輪クリープ」、右は「ポンプの過少流量や吐出し部詰まり」が発生した際の振動スペクトル形状である。

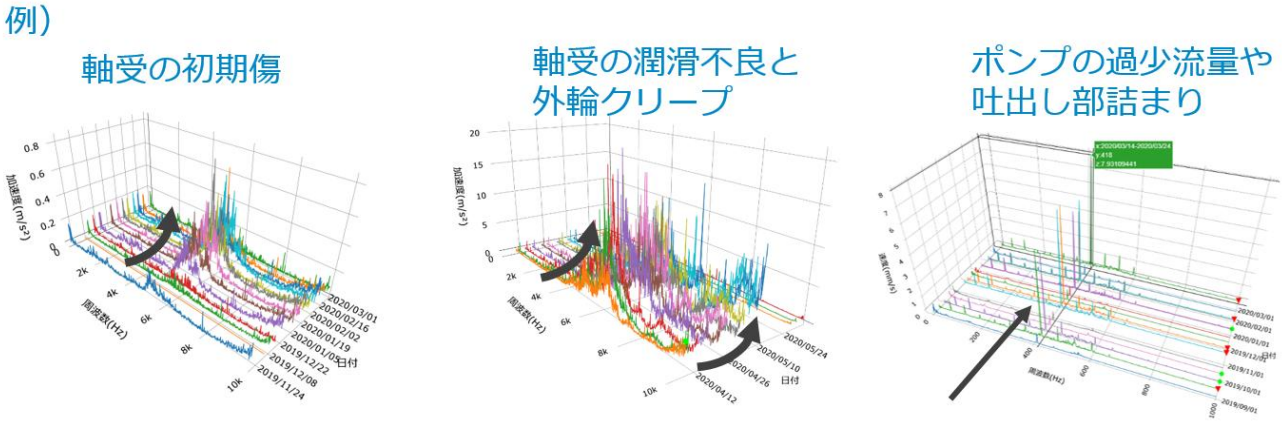


図 9　異常原因別の時系列蓄積した振動スペクトル形状(事例)

(参考)　TR-COM システムで特定可能な故障要因の例示

① ころがり軸受の潤滑異常、ころがり軸受の初期傷およびクリープ
② インバータ駆動での軸受異常
③ アンバランス、ミスアライメント
④ ポンプの過少流量や吐出し部詰まりによる脈動

開発者名称	株式会社 酉島製作所
連絡先等 (担当者、組織名、 住所、電話番号)	(当該案件連絡先) 担当者：事業開発統括本部 スマートメンテナンス推進部 高曽 哲英 〒569-8660　大阪府高槻市宮田町 1-1-8 TEL：072-695-0551(代表)　　E-mail：n-koso@torishima.co.jp

管理番号	要素 2022　00002-01

3．機能と仕様

（1）TR-COM システムの主要機能概要

ア　管理 WEB 画面

①　監視対象の機器ごとに現在の状態（正常、注意、異常）が一覧で管理できる。
（図 10 の右図を参照）

②　グラフ表示は、温度・振動の大きさを傾向管理できるトレンドグラフ（図 10 の左上を参照）とどんな振動周波数が大きいか原因推定する FFT 分析画面（図 10 の左下を参照）などがある。



図 10　WEB 画面イメージ

イ　スマートログ機能

設備機器の日常点検では、異常兆候があった場合にどのように効率的に記録を残して共有するかが課題となる。

TR-COM システムでは、対象機械に紐づけて「メモ機能」、「写真」、「音声」、「動画」を記録として保存することができる。また、普段の日常点検項目を自由に追加し点検フォーマットを自分で作成できるため、振動と温度だけでなく、電流、流量、水漏れ、潤滑オイル量など自社の点検項目フォーマットを作成可能である。

点検時は、iOS 端末から点検結果および「メモ機能」、「写真」、「音声」、「動画」をクラウドに保存できるため、日常点検のペーパーレス化(デジタル化と電子保存)にも取り組むことが可能である。

スマートログ機能のイメージを図 11 に示す。

資料-3.2

管理番号	要素 2022　00002-01

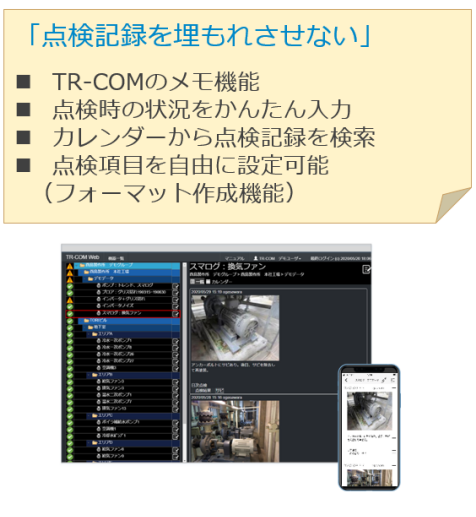


図 11　スマートログ機能

（2）センサ仕様と動作モード

TR-COM システムのセンサ仕様を表 1 に示す。

センサは、動作モードにより電池寿命とデータ保存周期が異なるため、動作モードを表 2 に示す。

表 1　センサ仕様



項目	仕様
外形寸法	38mm×24mm×38mm
質量	約 50ｇ（電池含む）
計測内容	温度 振動加速度 RMS 振動速度 RMS FFT 波形
計測仕様	1 軸加速度：±30G 測定周波数：8Hz～10,000Hz
無線	Bluetooth low energy（2.4GHz）
動作温度範囲	周囲温度：-20～60°C 設置面温度：-20～85°C
防水防塵保護	IP66
電源	塩化チオニルリチウム電池（専用）

※　設置対象機械の回転数は 480rpm 以上を推奨

管理番号	要素 2022　00002-01

表 2　センサ動作モード(電池寿命とデータ保存周期)

		重点モード	標準モード	省電力モード※2
電池寿命（目安）※1		1 年	2 年	3 年
保存周期	振動加速度 RMS、温度	1 時間	1 時間	12 時間
	振動速度 RMS	1 日	1 日	3 日
	FFT	1 日	7 日	14 日

※1：電池寿命の条件は、周囲温度 25℃環境で、FFT 保存周期でデータを取得した場合

※2：省電力モードは、常時連続動作する機械で利用可能

※3：電池は、専用のパッキン付属の塩化チオニルリチウム電池である。(ユーザー交換可能)

（3）クラウドストレージのサービス内容

① クラウドストレージは、1 契約（アカウント）ごとに基本容量 50GB が利用可能である。
なお、追加容量が必要な場合は、50GB 単位での追加設定となる。

② データ量の目安は、センサ 500 台で 1 年間利用した場合に 50GB 程度（センサ収集データのみ、写真・音声・動画を含まず）である。

③ クラウドストレージの容量が満杯になった場合は、古い日付データから順次削除され、新しいデータが保存される。

管理番号	要素 2022　00002-01

4．参考資料

（1）酉島製作所製ポンプへのセンサ設置

酉島製作所が提供するポンプには、TR-COM のセンサを取り付けるネジ穴が標準で準備されているので、センサをねじ込むだけで、すぐに TR-COM システムを利用可能である。（図 12 を参照）



図 12　酉島製作所製ポンプにセンサを設置した状態

（2）ゲートウェイ仕様

センサの収集データを常時取得する場合のゲートウェイ（受信機）は、独自 LTE 閉域網を利用しているため通信費を含めてレンタル提供となる。

表 3　ゲートウェイ仕様



項目	仕様
外形寸法	172mm×114mm×43mm
質量	約 600g
電源	AC100～240V（AC アダプタ使用）
動作温度範囲	-20°C～70°C
防水防塵保護	IP40
接続センサ数	最大 50 台
センサからデータ取得周期	随時（センサでデータ生成された時）
遠隔操作	任意操作で取得（振動加速度 RMS、FFT データ）

※屋外などで使用するために、防水ボックス仕様の製品あり。

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2022　00003-01		
技術区分	IoT センサー		
保安技術名称	高圧絶縁監視機能搭載 SOG 制御装置による絶縁劣化の予兆検知技術		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術　　登録年月日:　2022 年 11 月 7 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	需要設備、発電所		
活用シーン	高圧地中引込受電点に当該開閉器を設置し、検出センサは零相変流器や零相変圧器等を活用（新規センサ不要によりコスト削減）して、引込設備から受電設備機器までの広範囲を常時監視し、地絡遮断電流よりも小さい地絡電流で絶縁劣化を早期に検出して警報を発することで、地絡事故の発生前に設備点検やメンテナンスが可能となり、高圧地絡停電事故の未然防止が図られる。		

1．技術内容（特徴、仕様、性能など）

(1) 技術の概要

絶縁監視機能搭載地中線用 GR 付高圧交流負荷開閉器（UGS/UAS）に内蔵されている零相変流器や零相変圧器等を活用して、地絡動作値より低い設定値の絶縁低下或いは放電性の微地絡を検出して警報を発する装置である。

注）微地絡とは、零相電圧(Vo)や零相電流(Io)が地絡動作設定値に至らないレベルの地絡や継続時間が短く地絡動作に至らない地絡と定義する。

(2) 想定している電気保安の活用例

高圧地絡停電事故の多くは、設備機器の経年劣化や雨水浸入などによる絶縁低下に起因しての地絡事故が原因となっている。

そのため、引込口開閉器において、地絡遮断電流（数百 mA）よりも小さい地絡電流（数 mA）を前兆現象として検出することで、地絡事故の発生前に設備点検やメンテナンスを実施し、高圧地絡停電事故の未然防止を図る。

(3) 装置の特徴(機能)

ア UGS/UAS 内部の ZCT 以降、高圧引込ケーブル、キュービクル内の高圧機器（遮断器・開閉器類、変圧器、コンデンサなど）の高圧側の全域が検出範囲となる。

イ SOG 装置に絶縁監視機能を搭載し、絶縁状態を常時監視することで、絶縁に関するトラブルに繋がる恐れが高い絶縁抵抗の低下（閾値管理）と放電性の微地絡（閾値管理）を検出・発報する機能を有する。

ウ 微小な零相電流 Io を検出・判定するので負荷電流や静電容量等による影響を除くため、下記の補正処理（ノイズの除去）を行う。

① ZCT 出力に対して FFT 処理を適用し、絶縁低下によらない周波数成分を除去する。

② CT 出力および UGS/UAS 製造段階で取得した開閉器のセンサ特性記憶を用いて、負荷電流に起因する ZCT 出力の誤差成分を除去する。

③ 現地の系統条件に起因する対地静電容量等による零相電流値を残留分誤差として除去する。

管理番号	要素 2022　00003-01

エ 制御装置表示部の警告表示点灯状態により「微地絡（放電性の絶縁低下）、警戒（長期的に進行する絶縁低下、3MΩ 相当）、特別警戒（長期的に進行する絶縁低下、1MΩ 相当）」の警報種類及び点灯か点滅の内容の組み合わせにより、現地で過去の履歴と現時点の絶縁状況の把握が可能である。

オ 一定の時間間隔(60 秒)で取得した計測情報や絶縁低下検出の結果を記録し、90 日間保持可能である。（古いデータから上書きサイクル）

カ 絶縁監視の検出状況（警報）は、無線通信を活用して専用サーバへの伝送やスマートフォンなどへのショートメッセージ(SMS)で通知可能である。（サービス機能）

キ 絶縁監視の検出状況（計測情報）データを表示部の保守通信端子からパソコンに直接取得可能(有線通信)であり、ユーザー自身で検出前後等のデータ分析ができる。（サービス機能）

(4) 検出範囲

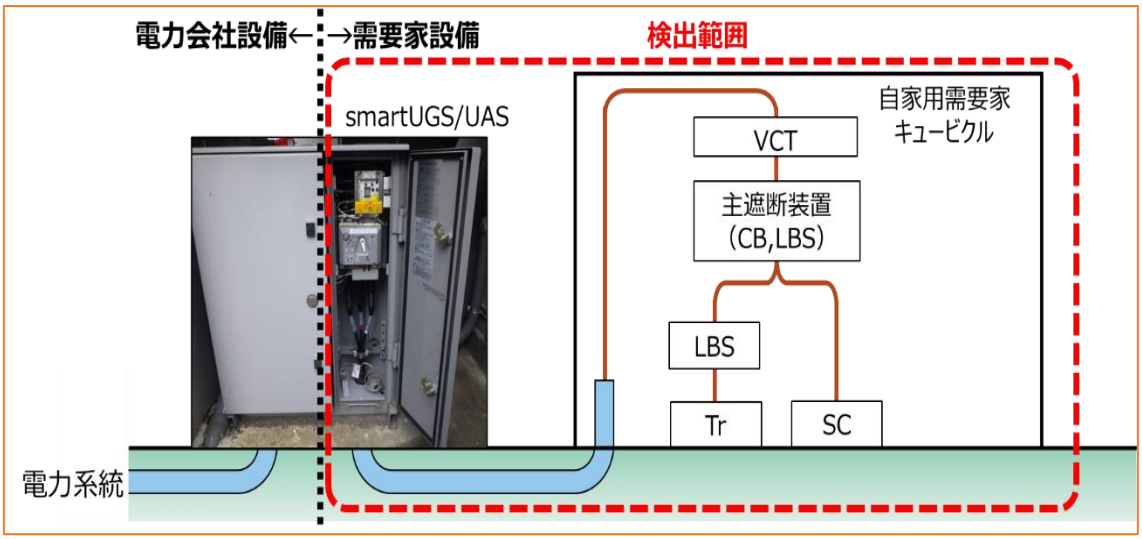


図 1　絶縁監視可能な高圧設備の範囲

図 1 に示すとおり、UGS/UAS 電源側の ZCT 以降の全ての高圧機器の絶縁状態の管理が可能(検出範囲)となる。また、開閉器に内蔵された継電器用センサの併用により、新規センサを設置することなく低コストで絶縁状態の常時監視(閾値管理)が出来るため、採用が容易でコストパフォーマンスも高い。

管理番号	要素 2022　00003-01

(5) 保護原理(概念)

SOG 制御装置は、高圧電路に設置されている地絡検出装置で零相電圧 Vo 及び零相電流 Io を検出し、進み 135 度～遅れ 45 度の範囲の場合需要家側と判断し、構内外の事故の発生側を判定できる。(図 2)

図 3 に絶縁状況検出の領域を示す。橙色枠が従来の SOG 制御装置の検出範囲であり、地絡事故として開閉器を開放する。黄色枠が「放電性の微地絡」、青色枠が「長期的に進行する絶縁低下」の検出範囲であり、本技術では従来の検出範囲より微小な零相電流 Io 及び動作時間の領域で微地絡及び絶縁低下を区分して検出する事による絶縁状態の常時監視が可能となっている。

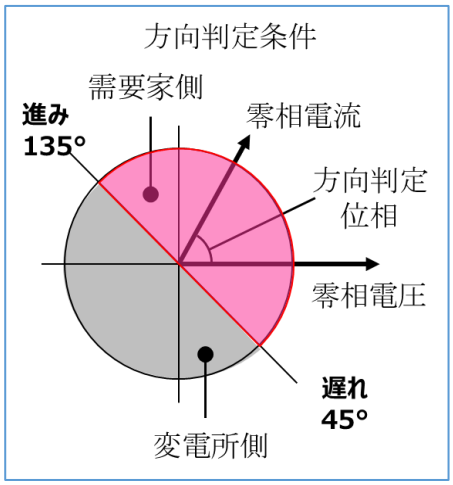


図 2　方向性判定条件

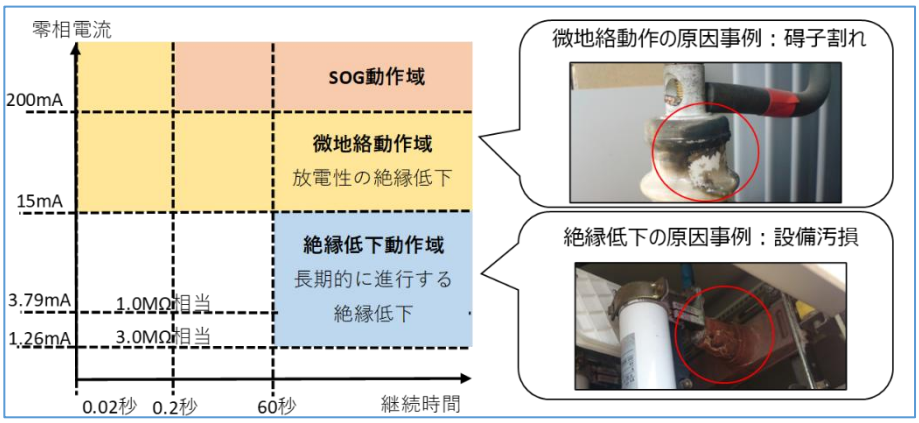


図 3　絶縁状況検出領域

表 1 に高圧絶縁監視機能搭載 SOG 制御装置の設定項目一覧を示す。SOG 動作、微地絡動作、絶縁低下の検出対象に対して、個別に動作電流 、動作時間を設定することが可能となっている。

表 1　高圧絶縁監視機能搭載 SOG 制御装置の設定項目一覧表

絶縁検出	動作電流 [mA]	動作時間
SOG動作	200-400-600-800-1000 5段切替	0.2-0.4-0.6 [s]3段切替
微地絡動作	15（実効値）	0.02~1.2[s]
絶縁低下	1.26(警戒閾値 絶縁抵抗値3MΩ相当：実効値) 3.79(特別警戒閾値 絶縁抵抗値1MΩ相当：実効値)	1~60[m]

資料-1.4

管理番号	要素 2022　00003-01

(6) 制御装置の表示部の説明

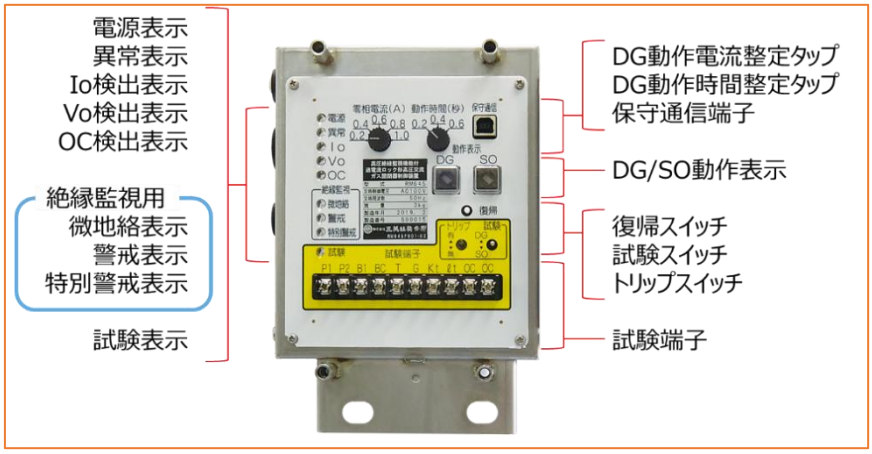


図 4　制御装置表示パネルの配置

図 4 に高圧絶縁監視機能搭載 SOG 制御装置の表示パネルの配置を示す。
表 2 に絶縁監視用表示器の機能概要、表 3 に絶縁監視機能の定格を示す。

表 2　絶縁監視用表示器の機能概要

絶縁監視用表示器の機能概要	
名称	機能概要
微地絡表示	点灯状態により微地絡（放電性の絶縁低下）検出状態を表示する。
警戒表示	点灯状態により警戒（長期的に進行する絶縁低下、3MΩ相当）検出状態を表示する。
特別 警戒表示	点灯状態により警戒（長期的に進行する絶縁低下、1MΩ相当）検出状態を表示する。

表 3　絶縁監視機能の定格

絶縁監視機能の定格	
名　称	定　格
微地絡検出閾値	15mA
絶縁低下検出　警戒閾値	1.26mA（絶縁抵抗値3MΩ相当）
絶縁低下検出　特別警戒閾値	3.79mA（絶縁抵抗値1MΩ相当）
絶縁低下検出位相範囲	進み135°　～(0°　)～遅れ45°
計測ログ記録間隔	60秒毎
計測ログ記録件数	129600件（90日分）

※ 微地絡検出には方向判定機能は搭載されていない。

資料-2.1

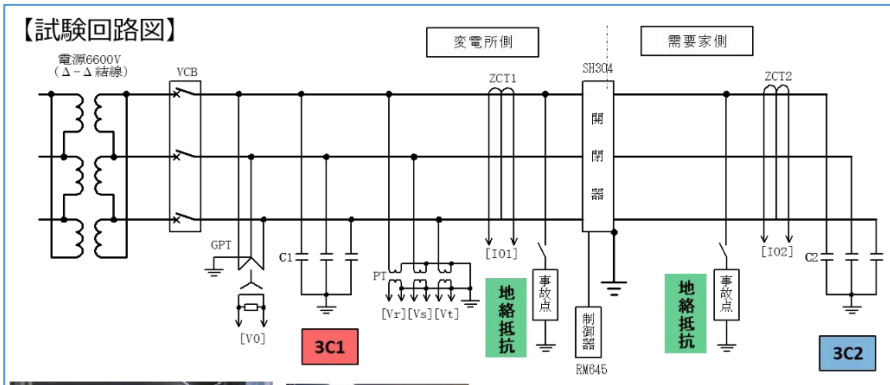
管理番号	要素 2022　00003-01

2．模擬地絡試験による検証

(1) 絶縁低下検出機能の試験

変電所側の対地静電容量を考慮した実環境に近い模擬試験構成として、図 5 に示す試験装置を設定し、長期的に進行する絶縁低下の検出状況を確認・評価した。

【試験回路図】




試験状況


地絡抵抗BOX

【試験条件】

対地静電容量 [μF] 変電所側 3C1	対地静電容量 [μF] 需要家側 3C2	地絡抵抗 [MΩ]	残留分
3.0	0.9	-	新規取得
		4	開放条件で取得した値を保持
		2	
		0.67	
9.0	3.0	-	新規取得
		4	開放条件で取得した値を保持
		2	
		0.67	
15.0	3.0	-	新規取得
		4	開放条件で取得した値を保持
		2	
		0.67	

図 5　絶縁低下検出試験回路および試験条件

表 4　絶縁低下検出試験の試験結果

試験条件		理論値			試験結果				判定
方向	地絡抵抗 [MΩ]	⊿Io [mA]	⊿Vo [V]	警報	⊿Io [mA]	⊿Vo [V]	方向判定	警報	判定良否
－	－	0	0	－	0.16	0.07	変電所側	－	良
変電所側	4	0.22	0.78	無	0.25	0.76	変電所側	無	良
変電所側	2	0.44	1.56	無	0.49	1.74	変電所側	無	良
変電所側	0.67	1.31	4.64	無	1.55	4.84	変電所側	無	良
需要家側	4	0.73	0.78	無	1.09	0.810	需要家側	無	良
需要家側	2	1.47	1.56	警戒	2.01	1.71	需要家側	警戒	良
需要家側	0.67	4.40	4.67	特警	5.16	4.48	需要家側	特警	良

① 変電所側 3C1：3.0μF と需要家側 3C2：0.9μF での試験回路構成における各試験条件の試験結果を、表 4 に示す。

変電所側と需要家側に模擬接地抵抗を接続して地絡試験を実施した結果、理論値に近い電圧・電流値による検出確認により、微地絡または絶縁低下の検出機能が正しく作動したことが検証された。

② 変電所側 3C1：9.0μF と需要家側 3C2：3μF および変電所側 3C1：15μF と需要家側 3C2：3μF での試験回路構成における試験結果も同様に良好であった。

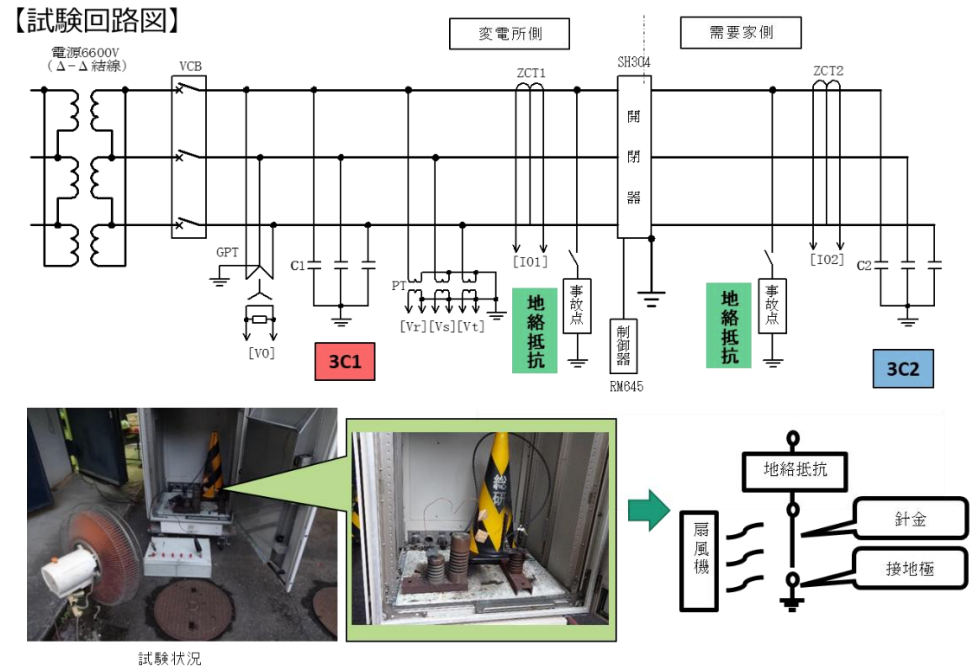
資料-2.2

管理番号	要素 2022　00003-01

(2) 微地絡検出機能の試験

変電所側の対地静電容量を考慮した実環境に近い模擬試験構成として、図 6 に示す試験装置を設定し、部分放電等による微地絡の検出状況を確認・評価した。

なお、放電現象は針金を接地極に瞬間的に近接させることで模擬した。



【試験条件】

対地静電容量 [μF]		地絡抵抗 [MΩ]
変電所側 3C1	需要家側 3C2	
3.0	0.9	0
3.0	0.9	0.03
3.0	0.9	0.13
9.0	3.0	0.13
15.0	3.0	0.13

図 6　微地絡検出試験回路および試験条件

表 5　絶縁低下検出試験の試験結果

試験条件			理論値	試験結果			判定
対地静電容量[uF]		地絡抵抗 [MΩ]	Io [mA]	検出Io[mA]		微地絡警報	判定良否
変電所側 3C1	需要家側 3C2			最小	最大		
3.0	0.9	0.03	97.68	89.3	100.2	有	良
3.0	0.9	0.13	22.59	20.4	25.9	有	良
9.0	3.0	0.13	21.99	19.6	23.1	有	良
15.0	3.0	0.13	24.43	20.8	25.6	有	良

① 変電所側 3C1 を 3.0、9.0、15.0μ に設定した場合に需要家側 3C2：0.9、3.0μF の場合の試験回路構成における各試験条件の試験結果を、表 5 に示す。

② 変電所側および需要家側の対地静電容量を変化させた検証試験の結果、理論値に近い微地絡電流が流れて正しく動作(警報)することが検証された。

管理番号	要素 2022　00003-01

(3) フィールド試験

現在、保守管理を受託している需要設備 19 箇所に設置してフィールド試験を行っている。図 7 に計測された零相電流の推移の一例を示す。全ての設備において、微地絡および絶縁低下の警報閾値レベルまでの微地絡電流は発生していない。

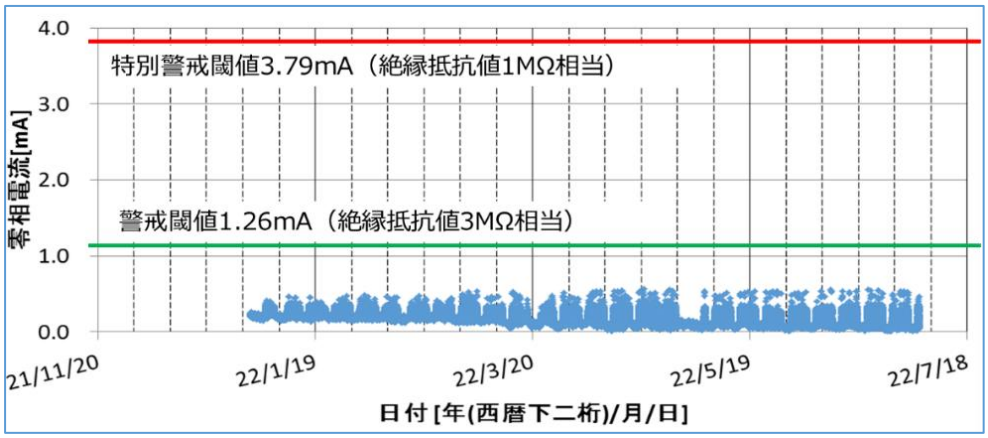


図 7　フィールド試験における微地絡電流の推移

3．常時監視の運用方法（サービス機能）

絶縁状態の常時監視により検出した警報をお客さまサーバへの伝送やスマートフォンなどへショートメッセージ(SMS)にて通知する機能があり、速やかな前兆現象の把握と対応が可能となる。



4．今後の予定

(1) フィールド試験を拡大および継続するとともに、フィールド試験での課題である微地絡検出の方向判定機能搭載に向け、実証中である。

(2) AI を活用したデータのトレンド管理により、絶縁劣化に係るトラブルの予測や事故の発生が想定される電気設備の特定等について研究開発を実施中である。

開発者名称	一般財団法人関東電気保安協会、株式会社三英社製作所
連絡先等 (担当者、組織名、 住所、電話番号)	（当該案件連絡先） 一般財団法人関東電気保安協会　総合技術グループ　担当者：鈴木　正美 〒108-0023　東京都港区芝浦 4-13-23　MS 芝浦ビル 7 階 ℡：03-6453-8888　E-mail：masami-suzuki01@kdh.or.jp

スマート保安技術カタログ

資料-3

管理番号	要素 2022 00003-01

別添:詳細仕様書・写真

共通仕様項目			
開閉器 適用規格 JIS-C4607「引外し形高圧交流負荷開閉器」			
定格電圧	7.2kV	定格周波数	50Hz
定格電流	300A ※	操作方法	手動式
定格耐電圧	60kV		
※SH431 400Aタイプも有ります (UGSのみ)			
制御装置 適用規格 JIS-C4601「高圧受電用地絡継電装置」 適用規格 JIS-C4609「高圧受電用地絡方向継電装置」			
定格制御電圧	AC100V（変動範囲 AC85～110V）	制御電源表示	LED （緑）
定格周波数	50Hz	動作表示	
地絡動作零相電流整定値	0.2-0.4-0.6-0.8-1.0（A）5段切替	（地絡、過電流）	マグサイン（橙） 手動復帰
地絡動作零相電圧整定値	完全地絡時の5%固定	（自己診断）	LED （赤） 自動復帰
地絡動作時間整定値	0.2-0.4-0.6（秒）3段切替		Io、Vo、OC、トリップ（誤設定防止）点滅
地絡動作位相範囲	進み 135°～遅れ 45°	動作表示	
ロック電流値	650A（動作範囲 450A 以上 650A 以下）	外部警報接点容量	AC100V 7A、DC100V 0.4A
試験方法	手動方式および自己診断方式	質量	3kg
制御電源用変圧器部仕様			
定格電圧	一次側 6.6kV／二次側 105V	定格耐電圧	60kV
定格周波数	50Hz		
絶縁監視部仕様			
微地絡検出レベル	15mA	特別警戒閾値	3.79mA（同1MΩ相当）
警戒閾値	1.26mA（絶縁抵抗値3MΩ相当）		



smart UGS SH304-RM645

・ガス絶縁方式を採用し20年以上の販売実績から得られたノウハウを凝縮した高い安全性と信頼性
・小型軽量で取付作業が容易



smart UAS SB089-RM656

・気中絶縁方式を採用したクリーンな開閉器
・既設UGSやモールドジスコンの交換に最適（モールド母線対応品）
・小型軽量で取付作業が容易

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2022　00004-01		
技術区分	その他		
保安技術名称	ベルトコンベアローラの軸受損傷を早期検知する技術		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術　　登録年月日:　2023 年 3 月 27 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	火力発電所、バイオマス発電所		
活用シーン	石炭やバイオマス燃料等の搬送ベルトコンベアでは、ローラの回転不具合等による運転停止や火災発生の危険性があり、定期的な熟練者による目視・聴覚での稼働状態における点検が必要である。 ローラ軸受損傷検出装置（トルクセンサ）をベルトコンベアのローラ軸受部に設置し、同ローラ軸受の損傷を早期段階で発見・表示することにより、誰でも安全かつ効果的なメンテナンス業務が可能であり、ベルトコンベアローラの不具合を防止できる。		

1．技術内容

(1) 技術の概要

石炭・バイオマス発電所のベルトコンベア（以下「コンベア」という。）に設置したローラ軸受損傷検出装置（トルクセンサ）で、同ローラ軸受が損傷して焼付きが発生するトルクよりも低いトルクを検知し、同軸受の損傷を早期段階で発見・表示できる技術。

(2) 装置の仕組み

ア　コンベアにおいて、一般的に使用されているローラ軸（シャフト）を、トルクセンサのトルクアームに差し込み、専用スタンドにセットする。

イ　トルクセンサの専用スタンドは、シャフトを差し込んだトルクアームと接触している支持部分(滑り軸受)の材質、表面性状(粗さ)及び受口形状により、設計段階でトルクアーム(シャフト)が回転を始めるトルク値(すべり摩擦トルク)を決定できる。なお、トルクアームとスタンド部分には、粉塵対策カバーを取り付けることで、粉塵等にも対応している。

ウ　軸受の損傷が進み、ローラ内部の摩擦係数が高くなると、ローラ回転が重く（ローラ内部軸受のころがり摩擦力で決まるトルクがトルクアームを支持する滑り軸受のすべり摩擦力で決まるトルクより大きく ）なり、設定したトルク値を超えるとトルクアームが回転する仕組みである。なお、トルク設定値は、ローラ内部の軸受が損傷して焼付きが発生するトルク値よりも低いトルク値（焼付きトルクの約 30%）を閾値とし、ローラ内蔵軸受の初期段階の損傷を発見する。

エ　トルクアームが回転するとアーム先端に接続されているステンレスワイヤが引かれ、ワイヤの先に取り付けられた軸受損傷表示装置の色玉が引かれることで、損傷を検知・確認することができる。

なお、ステンレスワイヤは、PTFE(テフロン)チューブに収められており、自在に屈曲可能で、表示器を安全かつ見やすい位置に設置可能である。

オ　トルクを検知及び表示する機構は、機械的な仕組みで行うため、電源及び制御電線を必要としない。

資料-1.2

管理番号	要素 2022　00004-01

(3) 原理

既設のコンベアのローラ軸受部(スタンド)を専用スタンドに交換し、シャフトを差し込んだトルクアームをセットすることにより、一般的には固定状態にあるシャフト部ではあるが、軸受損傷(ボールベアリングの傷、変形等)によるころがり摩擦力(トルク)が増加し、設定されたすべり摩擦力(トルク)よりトルクアームとスタンドの金属接触部の摩擦力(トルク)が大きくなるとトルクアームが 50 度まで回転して、接続されたワイヤを引き、表示部の色玉を動かすことで、初期段階の軸受損傷を検知できる。

なお、トルクアームが一旦回転すると、ベルトとローラを持ち上げてリセットするまで残置表示となる。

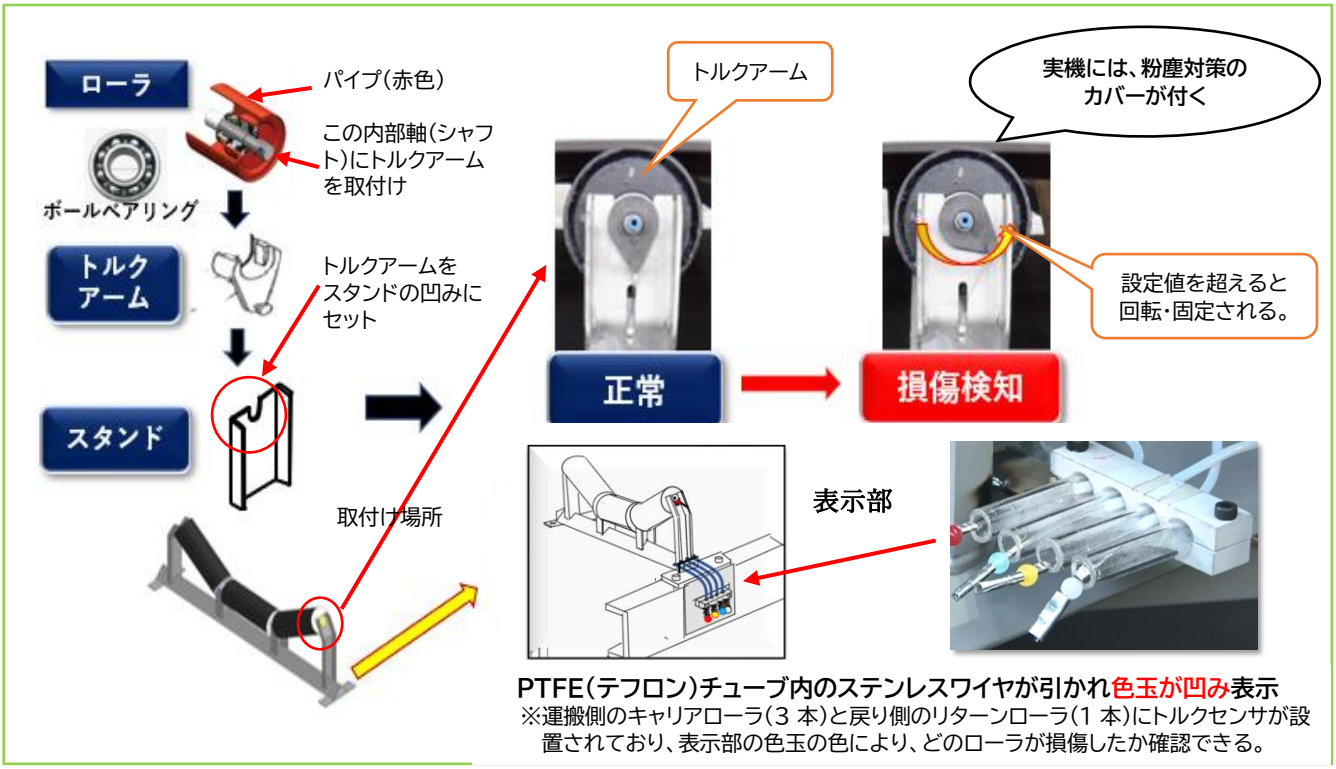


図 1　トルクセンサの構成図

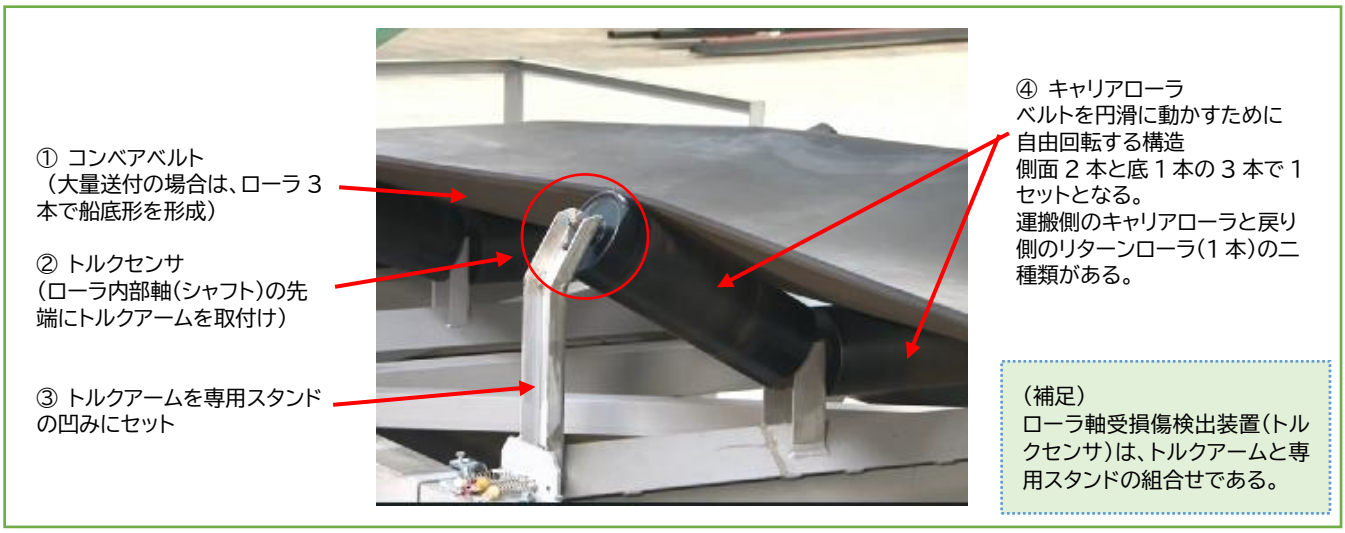


図 2　ベルトコンベアとローラの構成図

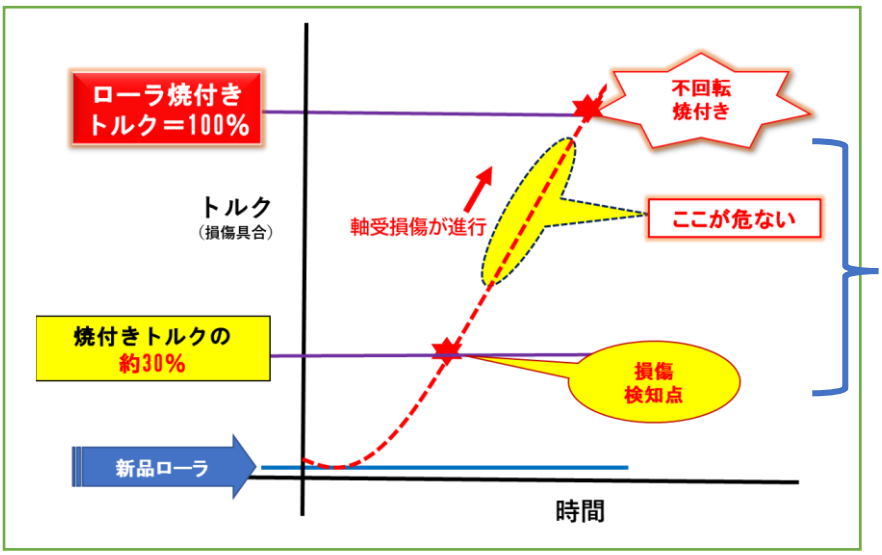
(参考) 大量搬送用のコンベアのベルトは、平形ではなく 3 本のローラで船底形を形作り搬送している。ローラは、軸と外枠のパイプがボールベアリングを介して取付けられ、自由回転する構造となっており、寸法は JIS（日本産業規格）で規定されている。

資料-1.3

管理番号	要素 2022　00004-01

(4) 性能及び特徴

ア 設定トルク閾値は、ローラはまだ不規則に回転しているが振動や音が発生している初期レベルの損傷を検知するものとし、損傷ローラが軸焼付き（ロック)時のトルク値の約 30%として設計している。



① 軸受(ボールベアリング)が金属疲労や油切れなどにより、傷や変形等の損傷が発生し、ローラが回転し難い或いは時々不回転となり、振動及び音が大きくなっていく。
② ローラの不回転等が発生すると軸受部で金属同士の摩擦等が発生し、過熱や火花が発生する。

図 3　軸受損傷におけるシャフトのトルク値と時間経過の関係のイメージ

イ 現行のコンベアローラの点検は、熟練者が目視・聴覚により軸受の損傷状況を判断している。

運転中の設備の現場巡視において、目視点検ではカバー越し或いはカバーを持ち上げてローラの動きを点検し、聴覚点検では低周波音を確認しているが、他の機器の音が大きいことやコンベアの積載量が少ない時には音が小さくなるために故障を発見し難い状況にあった。

コンベアローラの点検をトルクセンサにより代替することにより、次のようなメリットがある。

① 巡視者に熟練技能が不要となり、要員数が削減できる。(単独作業も可能)

熟練技術者の目視・聴覚による点検からセンサによる機械表示の確認となり、少人数かつ技術レベルに依存しない点検が可能となる。

② 密閉コンベアカバーの開閉が不要で、コンベアに接近しないで確認が可能なため安全である。

ローラ軸受部の目視や音を確認する必要がないので、運転中のコンベアカバーの開閉操作が必要なくなり、開閉操作の手間だけでなく回転部への巻込まれ事故も無くなる。

③ 表示は残値式なので運転中でも運転停止後でも同レベルでの確認が可能である。

トルクアームは一旦回転するとローラを持ち上げてリセットしないと表示がそのままであるので、運転停止後でもローラ軸受損傷が確認できる。

④ 電源及び配線が不要で、防爆エリアへの設置が可能である。

粉塵が多い場所や可燃物の運搬等のコンベアにも簡単に設置可能である。

⑤ 既設キャリアスタンドに容易に取り付けられる。

既設のキャリアスタンドを一括で取り替える方式とスタンドのみを交換する方式があり、短時間での交換が可能である。

⑥ ローラは既存の標準ローラをそのまま使用できる。

ローラ軸受先端部にトルクアームを装着するため、既存品がそのまま使用できる。

管理番号	要素 2022　00004-01

2．検証データ等(研究または実証試験)

(1) 試験方法

電動機により試験対象ローラを、回転数約 400 回/分で回転させ、トルクセンサの作動を確認した。

ア　試験対象ローラ(3 種類)

① 未使用品(新品ローラ)

② 火力発電所等の現場実機で軸受が損傷したと判断されたローラ。

熟練技術者が軸受破損と判断したローラ 4 台、軸受損傷のおそれがあるローラ 1 台（音も小さく、軸受温度も上がっていない破損が小さいローラ)、の計 5 台。

③ 軸受損傷を模擬したローラ

バルーンの空気圧力を調整してローラ内面に接させてトルク値を変化させて動作値を計測した。

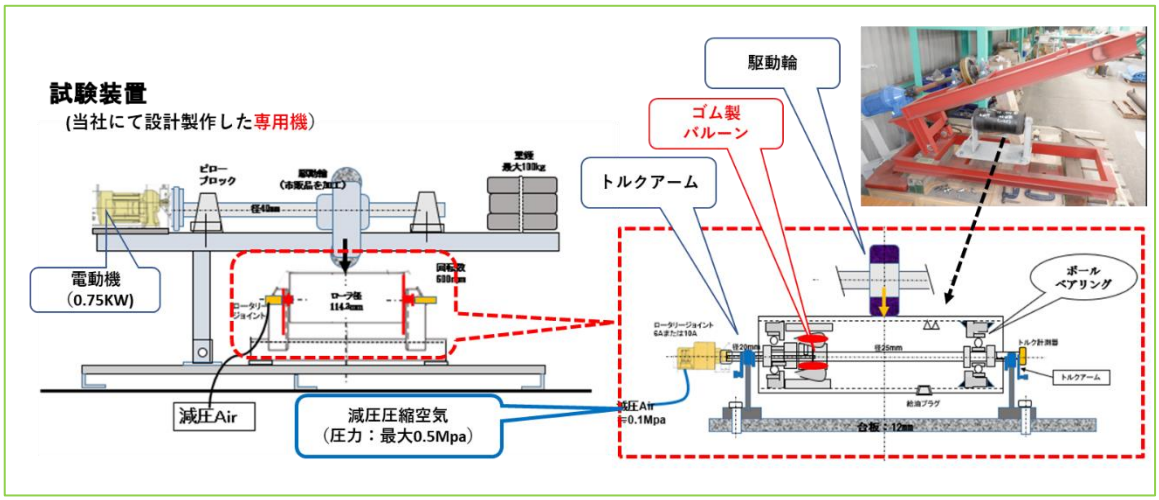


図 4　トルクセンサの動作模擬試験機

イ　取得データ

① 検知時のトルク測定（一部計算)。

② 軸受近傍の温度(熱画像)、騒音(振動)。

(2) 試験結果のデータ　　表　試験結果のデータ

	ア,自由回転 ➡停止時間	イ、騒音 測定/暗騒音	ウ,軸受近傍 温度/環境温度	エ,検知可否 （検知トルク%）	オ,検知静摩擦係数 μ	評価
実機で破損したローラ① ベルト幅750㎜　キャリア	50秒 (損傷が小)	70dB /40dB	約20° /15℃	検知しない	0	× 軸移動あり
実機で破損したローラ② ベルト幅750㎜　キャリア	13秒	80dB /40db	同上	○検知 （約15%）	0.18	○
実機で破損したローラ③ ベルト幅750㎜　キャリア	25秒	79dB /40dB	/30°	○検知 （約13%） ゆっくりと	0.15	△
実機で破損したローラ④ ベルト幅900㎜　キャリア	15秒	85dB /50dB	/33°	○検知 （約13%）	0.16	○
実機で破損したローラ⑤ ベルト幅900㎜　キャリア	20秒	同上	同上	○検知 （約13%）	0.16	○
未使用ローラ(新品)	40秒 (上記とメーカが違う)	50dB /60db	/15℃	検知しない	0	

管理番号	要素 2022　00004-01

(3) 評価

ア 熟練技術者が軸受破損と判断したローラ 4 台は、自由回転時間に多少の差はあるがいずれも手で軽く回転する状態であり、ローラの軸受損傷レベルは摩擦係数μ＝0.1～0.2 の範囲と想定される。

実験の結果、4 台すべてにおいて軸受損傷により上昇したトルクを検知し、ローラ焼付き時のトルクを 100%とすると、概ね 13～15%のトルク値で検知しており、満足できる結果を得た。(設定閾値は 30%を想定。)

今後、検知する閾値の設定については、設備の実態と保守管理レベルにより設定することとしたい。

イ 試験ローラ①(軸受損傷のおそれがあり、予防保全的に交換したローラ)は、新品と同様に検知しなかった。

検知しなかった原因は、軸がブレてはいるがベアリング自体は損傷が少ない(音も小さく、軸受温度も上がっていない)ローラであり、いずれ軸損傷が進み、センサが検知するトルクが発生すると思われる。

3．今後の展開予定

火力・バイオマス発電所の燃料搬送ベルトコンベアローラの目視・聴覚による巡視点検をトルクセンサで代替することで、ローラ内軸受故障を初期段階で発見でき、かつ点検品質の向上が見込めること、コンベア火災の予防につながること、コンベア付近での危険な巡視作業頻度を減少させること及びセンサの設置も比較的に容易であることから、今後、現場設備での運用環境下(粉塵や錆等の影響)における実証試験を重ねて運用評価データ及び運用に関する知見の収集を積み重ねる。

材質選択やトルク閾値設定及び健全性確保に向けた管理手法が確立された場合は、導入による品質向上、業務効率化及び安全確保への効果は大きく、更にセンサの表示機能を光ファイバセンサに置き換え、故障位置の特定と遠隔で常時監視が行える研究開発を進めることにより、無人化及び遠隔巡視によるコンベアのメンテナンス業務の改善及び火力発電所の構外遠隔監視の導入促進に寄与すると想定している。

4．特記事項（課題、考慮すべき事項、その他）

(1) トルクセンサの粉塵・固化対策

コンベアからの落粉及び周辺環境（粉塵等）等に起因するトルクアームの回転阻害及び検知の閾値に対する影響について、試験装置での模擬試験に加えて、実設備環境での実証試験等を行い、対策を進める。

(2) トルクセンサ（トルクアーム）が破損した場合の発見方法の研究。

トルクアームは、構造が簡単な機械式の装置であり、衝撃荷重等にも耐えるように材質・構造を考慮しているが、万が一の破損対応として、数ヶ月ごとの定期点検を推奨し、損傷の有無が発見しやすい方法を研究する。

開発者名称	株式会社 三和テスコ
連絡先等 (担当者、組織名、 住所、電話番号)	(当該案件連絡先) 組織名・部署：株式会社三和テスコ 技術開発室 担当者：室長 安藤 隆 〒760-0065　香川県高松市朝日町 4-11-67 TEL：087-821-4431　E-mail：t.ando@sanwa-tesco.co.jp

資料-3.1

管理番号	要素 2022　00004-01

別添: 詳細仕様書・オプション

1. キャリアスタンド及びリターンブラケットにおける、センサの位置
   ① キャリアスタンドのローラ毎に 1 個、計 3 個設置
   ② リターンブラケットのローラに 1 個
   ③ トルクセンサ（トルクアーム）の回転をステンレスワイヤに伝え（ワイヤを引き）スタンド端部の表示部に表示する。（ステンレスワイヤは PTFE 樹脂チューブで保護している。）

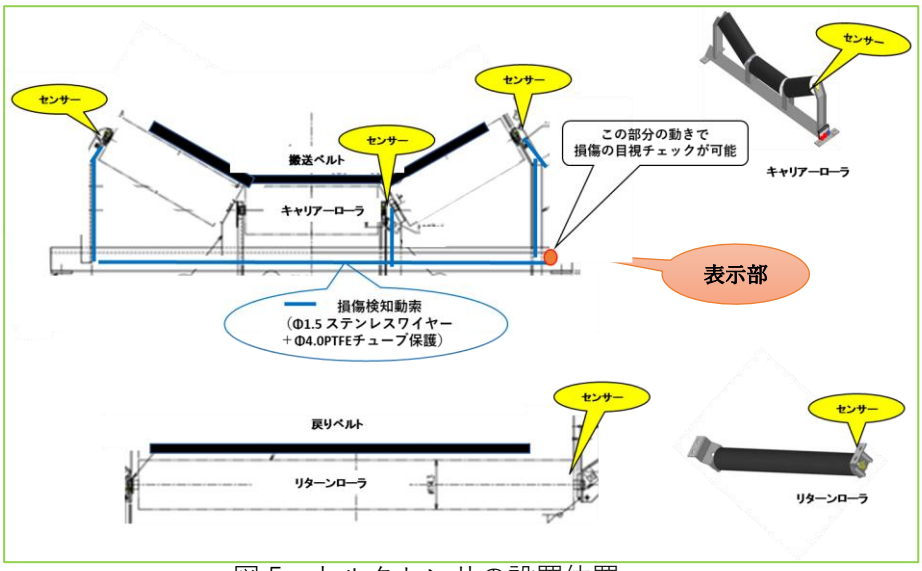


図 5　トルクセンサの設置位置

2. トルクセンサの設置方法

既設キャリアスタンドを、センサ付スタンドに交換する方法と、既設スタンドにセンサを取り付ける方法の手順を説明。（所要時間はいずれの方法でも 20 分程度。）



図 6　トルクセンサの取付方法

スマート保安技術カタログ

資料-3.2

管理番号	要素 2022　00004-01

別添: 詳細仕様書・オプション

(参考資料)

○ トルクセンサと光ファイバケーブル（センサ）とを組み合わせて遠隔監視（IoT）。

センサの表示機能を光ファイバセンサに置き換え、故障位置の特定と遠隔で常時監視が行える研究開発を進めることにより、無人化及び遠隔巡視によるコンベアのメンテナンス業務の改善及び火力発電所の構外遠隔監視システムの開発を目指す。　（工場の試験コンベアで実証済。）

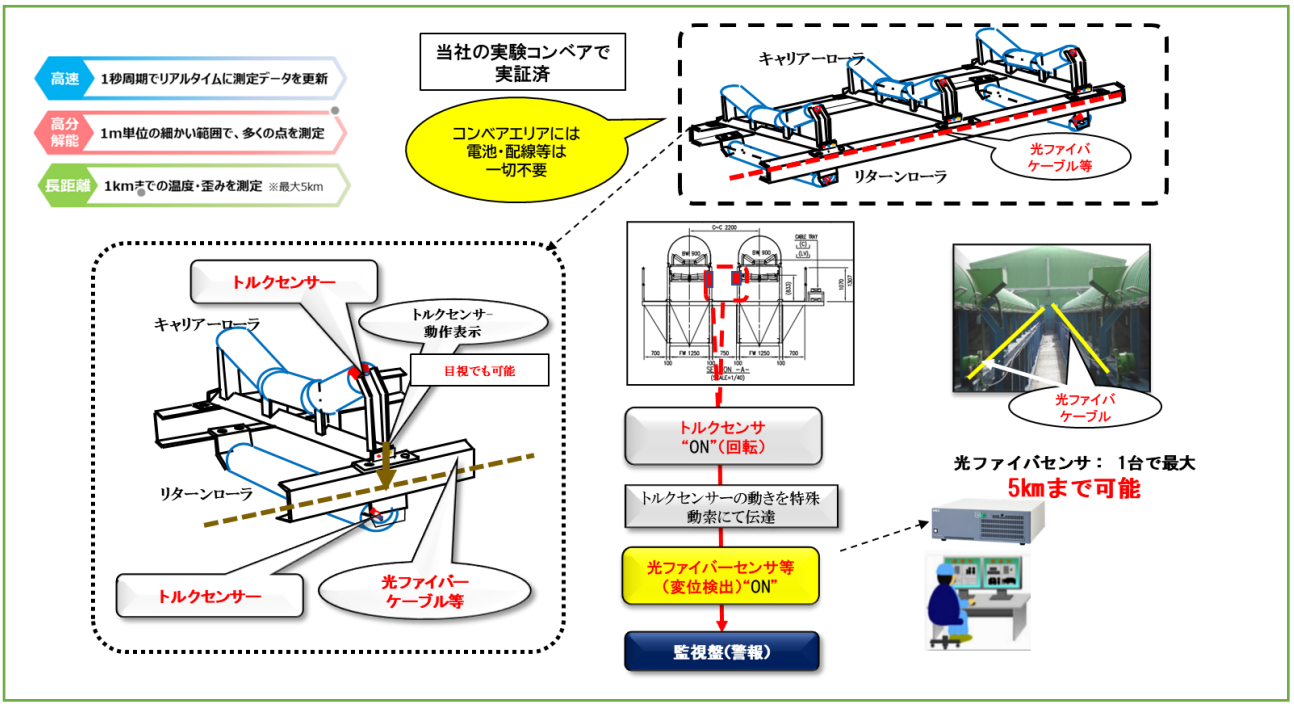


図７　トルクセンサと光ファイバを組合せた遠隔常時監視の構成図

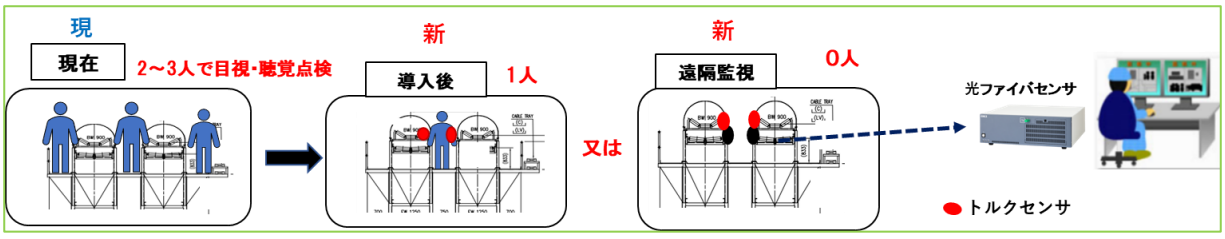


図８　センサ導入による段階的な巡視手法の変更概念図

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2023　00005-01		
技術区分	IoT センサ		
保安技術名称	低圧非接地式回路の絶縁抵抗を高精度に計測・監視する絶縁監視技術		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術　　登録年月日:　2023 年 6 月 1 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	需要設備		
活用シーン	データセンターや半導体工場（Fab）等の停電が許されない非接地式低圧電路において、大地との間に内部抵抗（高抵抗）を介して直流低電圧(20V)を重畳し、重畳計測ユニットの内部抵抗を流れる直流漏れ電流を検出・演算して絶縁抵抗値を算出並びに閾値設定による警報を発報することにより、電路を停電せずに絶縁抵抗を絶縁抵抗計と同等の精度で常時監視する非接地式低圧電路専用絶縁監視装置である。		

1．　技術内容

(1) 技術の概要

変圧器二次側の非接地式低圧回路と大地との間に内部抵抗（高抵抗）を介して接続し、直流低電圧を回路に重畳することで、重畳計測ニットの内部抵抗に流れる電流を検出・演算して絶縁抵抗を求める絶縁監視装置である。設定した絶縁抵抗値を下回ると警報を発報する機能も有する。

(2) 想定している電気保安の活用例

非接地式低圧回路では、活線における低圧絶縁監視装置（B 種接地線の漏れ電流検知）での検出は困難であり、停電困難な設備にも関わらず、毎年停電して絶縁抵抗を測定する必要がある。

当該絶縁監視装置を設置することにより、非接地式低圧回路の絶縁抵抗値の常時計測が可能となり、絶縁低下箇所の早期把握や定期点検における低圧回路の停電点検周期を延長することが期待できるとともに、電気保安品質と生産性の向上が可能である。

(3) 装置またはシステムの特徴

ア 変圧器二次側の対地電圧 460V 以下の交流の非接地式低圧回路（単相 2 線式・単相 3 線式・三相 3 線式・三相 4 線式）の絶縁抵抗を活線状態で 5.0～999.9kΩ の範囲で、5.0～9.9kΩ±10％、10.0～999.9kΩ±5％の精度で測定できる。(測定精度は JIS C 1302 に規定されている絶縁抵抗計の抵抗測定の許容差に準拠)

イ 非接地式低圧回路と大地との間に内部抵抗（高抵抗）を介して、直流低電圧(20V)を重畳し、重畳計測ユニットの内部抵抗に流れる直流漏れ電流を検出・演算して絶縁抵抗値を算出する。

ウ 校正用抵抗による絶縁抵抗測定値の精度の計測試験、通信や計測ユニット機能確認試験及び監視装置の正常動作確認など多様な性能維持に係る自己診断を自動で実施し、異常時には警報を発報する。

エ 一定の時間間隔で取得した計測データを記録し、監視計測ユニットとパネルコンピュータに 3 年間保持することが出来る。(3 年分以降は古い記録より消去（1 日単位)。また、パネルコンピュータで容易に過去のデータ及び履歴を確認することができる。

管理番号	要素 2023　00005-01

オ　絶縁抵抗値の管理は、2 段階（注意、警戒）の警報を設定可能であり、発報する絶縁抵抗値は 10～1000kΩ の任意、時限は 3～999 秒の任意に設定することが出来る。なお、警報復帰値は絶縁抵抗設定値の 150%となる。

カ　重畳計測ユニットは、既設配電盤ブレーカの二次側など取付け場所に制限はなく、無停電かつ安全、簡単に後付けや取外しが出来る。

キ　1 台のパネルコンピュータで管理できる監視計測ユニットは 10 台（変圧器 10 台）である。

ク　中央監視装置との通信機能を有し、遠隔監視での保守業務の効率化に貢献できる。

ケ　絶縁抵抗値の継時変化を捉えることで、絶縁低下の前兆の把握が可能となる。

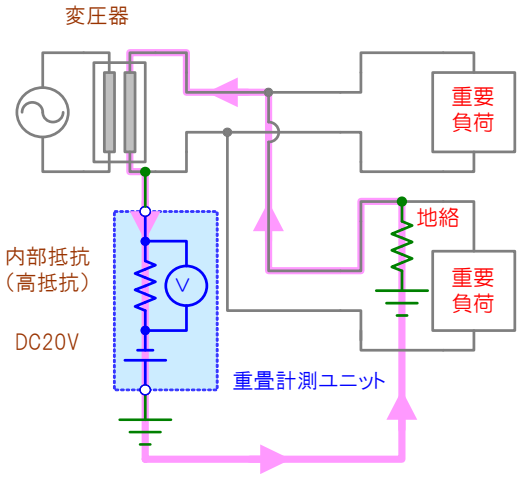


図１　直流電圧の重畳による絶縁管理の概念図

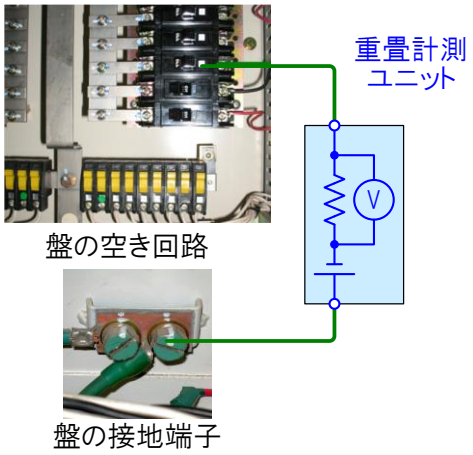


図２　重畳計測ユニットを後付けした例

(4) 構成図

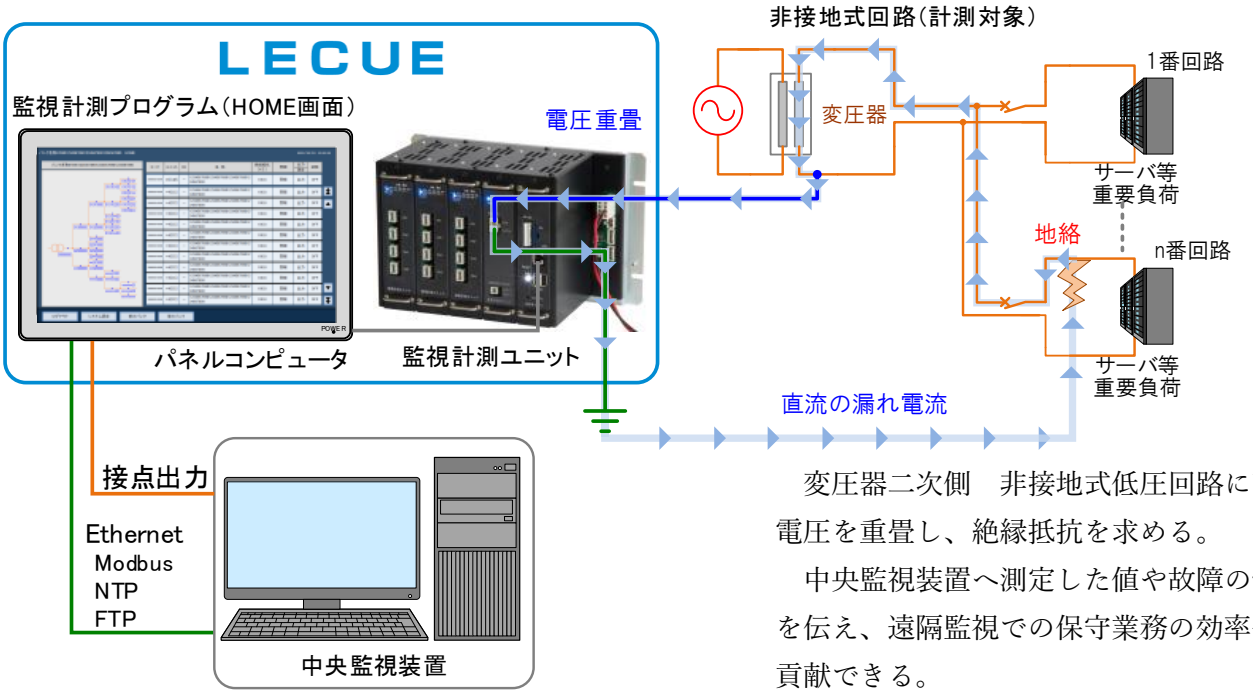


図３　構成図

変圧器二次側　非接地式低圧回路に直流電圧を重畳し、絶縁抵抗を求める。

中央監視装置へ測定した値や故障の情報を伝え、遠隔監視での保守業務の効率化に貢献できる。

資料-2.1

管理番号	要素 2023　00005-01

2．検証データ

（1）型式試験

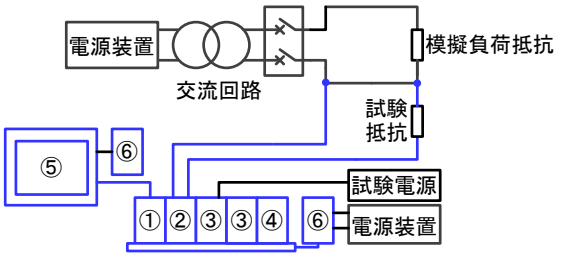
性能を確認する型式試験のうち、固有誤差は 5%に対し最大 0.4%と非常に優秀な試験結果であった。

表 1　型式試験

試験No.	010105	試験項目	固有不確かさ
試験項目	IEC 61557-8 5.2.1		

試験方法

重畳計測ユニットの重畳出力端子に交流回路を接続して試験する。試験点は，有効測定範囲の最大表示値及び最小表示値，並びに中央表示値の3点とし，試験は，試験抵抗を調整して行う。



①:ZMユニット　②:重畳計測ユニット　③:電流計測ユニット
④:接点出力ユニット　⑤:パネルコンピュータ　⑥:電源

試験結果

固有誤差は，最大0.4%であった。

60Hz

絶縁抵抗（kΩ）		AC:0V		AC:100V		AC:200V		AC:300V	
試験	真値	測定（kΩ）	誤差（%）	測定（kΩ）	誤差（%）	測定（kΩ）	誤差（%）	測定（kΩ）	誤差（%）
0	0	0.3	—	0.3	—	0.3	—	0.3	—
500	501.5	500.6	-0.2	500.4	-0.2	500.4	-0.2	500.5	-0.2
1000	1000.4	998.7	-0.2	998.7	-0.2	998.7	-0.2	998.7	-0.2

50Hz

絶縁抵抗（kΩ）		AC:0V		AC:100V		AC:200V		AC:300V	
試験	真値	測定（kΩ）	誤差（%）	測定（kΩ）	誤差（%）	測定（kΩ）	誤差（%）	測定（kΩ）	誤差（%）
0	0	0.3	—	0.3	—	0.3	—	0.3	—
500	501.5	500.6	-0.2	500.4	-0.2	500.4	-0.2	500.5	-0.2
1000	1000.4	998.7	-0.2	996.2	-0.4	996.1	-0.4	996.2	-0.4

評価方法

有効測定範囲の固有誤差は，表示値の±5%を超えてはならない

試験結果　良

（2）実フィールド（データセンター）の非接地式低圧回路での評価試験

変圧器二次側の低圧回路で絶縁抵抗が低下していることを確認し、探査した結果、絶縁不良と絶縁抵抗が低下している分岐回路が特定でき、早期に保全計画を立てることができた。図 4 に変圧器単位の絶縁抵抗値データ、図 5 に変圧器 2 次側の No.1～20 の分岐回路のうち絶縁が低下した回路の絶縁抵抗値データを示す。No.14 の分岐回路は絶縁不良、No.13 の分岐回路は絶縁劣化の前兆を捉えている。

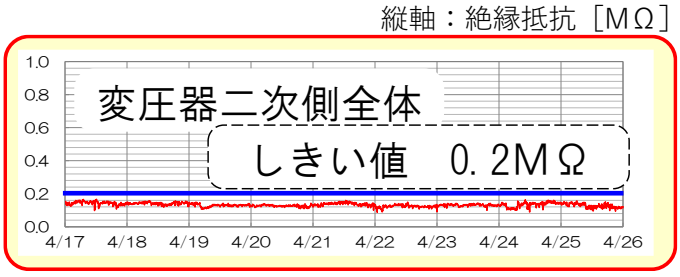


図 4　変圧器二次側の絶縁抵抗値

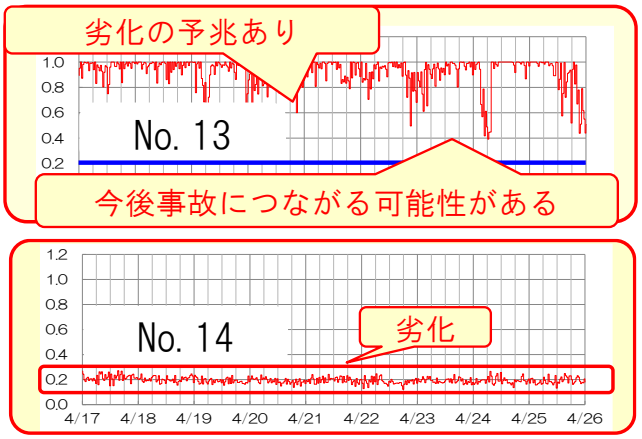


図 5　分岐回路 No.13、No.14 の絶縁抵抗値（分岐探査の結果）

資料-2.2

管理番号	要素 2023　00005-01

3．運用方法

監視計測ユニットやパネルコンピュータは、電気設備の近傍に設置し、中央監視装置で遠隔監視を行う。

(1) 障害が発生したとき、中央監視装置（ア）への警報発報

・絶縁抵抗がしきい値よりも低下したとき

・LECUE が故障したとき

のどちらが発生したか中央監視装置で把握できる。

(2) パネルコンピュータ（イ）で状況を確認

発生日時、警報モード、警報名称、絶縁抵抗が低下した

バンクの確認後に施設管理者へ連絡し、対策を開始する。

・LECUE が故障したときは、メーカーへ連絡する。

(3) 回路の絶縁抵抗が低下したとき

絶縁低下した変圧器二次側で直流漏れ電流センサなどを用い

（ウ）で探査を行う。

絶縁抵抗が低下した分岐回路を特定した後、保全計画を立てる。

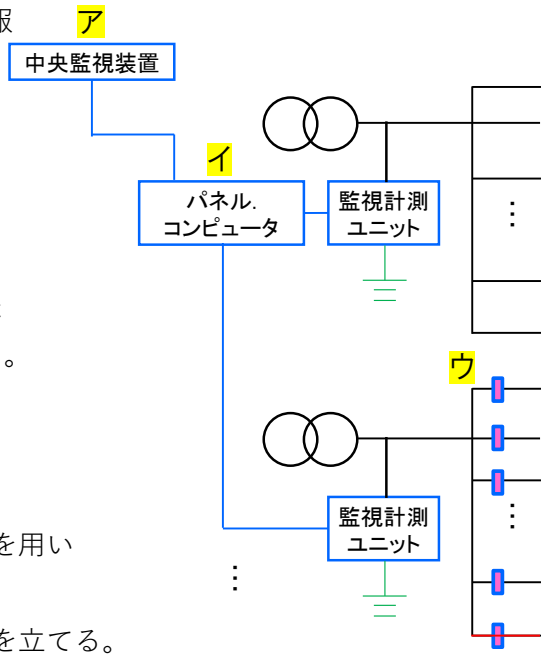


図 6　システムの概要図

4．特記事項

分岐回路の探査

絶縁抵抗が低下した分岐回路には、地絡箇所を介して直流電流が流れているので、直流漏れ電流センサでこの直流電流を検出することにより、絶縁抵抗が低下した分岐回路を特定することができる。

測定範囲、クランプの口径、記録方法などを考慮し、直流漏れ電流センサを選定する。

管理番号	要素 2023　00005-01

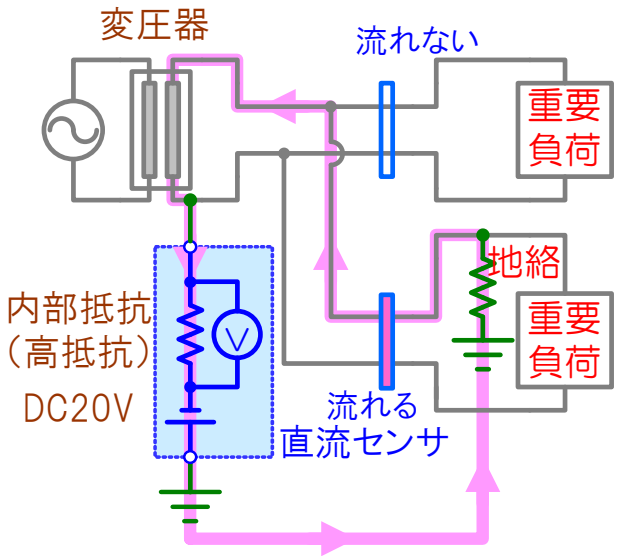


図 7　市販の DC 電流計測器を用いた分岐回路の探査例

5．今後の予定

当該絶縁監視装置の導入件数を増やすとともに、計測データなどを収集し、トレンド監視に用いる判定値などを検討する。

当該絶縁監視装置を設置することにより、停電が困難な設備の非接地式低圧回路の絶縁抵抗値の常時監視が可能となり、絶縁低下箇所の早期把握や定期点検における低圧回路の停電周期を延長することが期待できる。今後はクラウドなどの利用などにより、現場データを収集し、データ解析を積み重ねることで、非接地式低圧回路の CBM 管理への知見所得を予定している。

さらに、将来は常時絶縁抵抗測定による機能無停止点検とすることで、保守管理の品質向上と生産性の確保に貢献したい。

開発者名称	株式会社 関電工
連絡先等 (担当者、組織名、 住所、電話番号)	（当該案件連絡先） 組織名・部署：株式会社 関電工　技術開発ユニット 技術開発部 技術戦略チーム 担当者：坂本　英雄 〒108-8533　東京都港区芝浦 4-8-33 TEL ：050-3144-1434　E-mail：sakamoto-h04@kandenko.co.jp

資料-3

管理番号	要素 2023　00005-01

別添: 詳細仕様書

表 2　詳細仕様書

項目	適用
適用電路	非接地式低圧電路　単相2線･単相3線･三相3線･三相4線 対地電圧AC460V以下
測定範囲	5.0～999.9kΩ　5kΩ未満は「0.0」, 1000kΩ以上は「OVER」と表示
測定精度	5.0～9.9kΩ±10%, 10.0～999.9 kΩ±5% JIS C 1302　2018　に規定されている精度に準拠
警報設定	発報　10～1000kΩ, 時限:3～999±1秒
	復帰　発報設定の150%, 時限:3～999±1秒
	警報精度　±5%
警報モード	軽故障…絶縁抵抗が低下したとき　設定値が正しく書き込まれなかったとき(注意, 警戒の二種類, 値は任意に設定)
	重故障…通信異常など, LECUE本体に異常が発生したとき
	ランプ表示, 接点出力
設置場所	屋内仕様　使用環境　　0～50℃　85%RH以下(結露無きこと)
適合規格	IEC　61557-8 相当(絶縁監視装置の規格)

※　軽故障、重故障とも重要な情報であり、絶縁抵抗が閾値よりも低下したときを軽故障、本体に発生した異常を重故障と区別して本システムでは取り扱っている。

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2023　00006-01		
技術区分	現場支援		
保安技術名称	手持ちのスマートフォン等を活用した遠隔現場支援システム		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術　　登録年月日:　2023 年 6 月 19 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	電気設備全般		
活用シーン	遠隔地にいる管理者（熟練者）と現場作業者をつなぐ新しいコミュニケーションツールであり、手持ちのスマートフォンやパソコンなど多種多様な通信媒体間で、現場映像のリアルタイム共有の他、グループ通話で同時通話が可能であり、音声文字変換、お互いに示したい箇所を画面上で指示・確認できるポインタ機能など、現場作業に最適化した機能を有した遠隔現場支援システムである。		

1.　技術内容（特徴、仕様、性能など）

（1）技術の概要

オフィスや自宅など、離れた場所にいてもまるでその場にいるかのように「あれ、これ、それ」が伝わる現場に最適なリモートワークツールであり、現場版の Zoomともいえる。

特徴的な機能として、多彩な通信媒体を活用できること、電話と同じようにボタンひとつで相手を呼び出せること、最大 10 人までグループ通話で同時通話が可能であること、ポインタ機能などで現場の状況が一目で把握できること、写真や画像はクラウドに保管されて個人端末には残らず機密情報漏洩対策に配慮されていること等がある。（図 1、2 参照）

手持ちのスマートフォン等に専用アプリをダウンロードしてアカウントを作成することで手軽に使用可能となる。



図 1　実際の使用例

・4 人の同時通話
(緑:現場、桃、青、黄)
・ポインタ表示　3 個
(操作者名を色表示)
・テキスト表示
(色で記載者が判る)

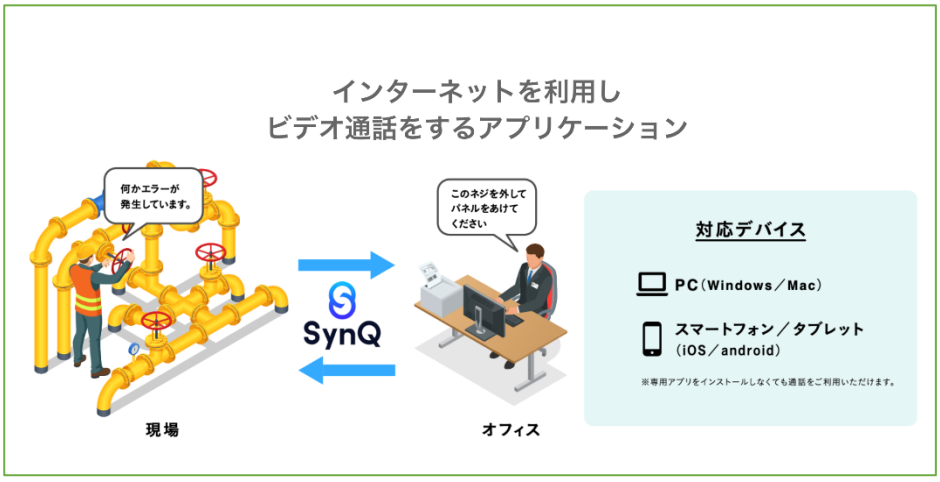


図 2　機能の概要

スマート保安技術カタログ

資料-1.2

管理番号	要素 2023　00006-01

（2）装置又はシステムの特徴(仕様・性能等)

ア　対象デバイス

Windows および Mac のブラウザや（Windows のみデスクトップアプリも利用可能)、iPhone・Android など幅広いモバイル端末で利用可能である。※

電話回線ではなくインターネット回線（WebRTC）を利用したリアルタイム通話ツールである。

※ 利用可能なデバイス

（PC)

デスクトップアプリ：Windows11 最新推奨

ブラウザ版：Google Chrome 最新推奨（Mac はブラウザ版のみ）

(モバイル)

iPhone 8 以降：iOS14 以降利用可能 最新推奨

Android 9 以降：最新推奨、Android タブレット サポート対象外

イ　機能と特徴（図 3、図 4 参照）

① 発着信機能

登録した相手に電話のようにボタンひとつで発着信することができる。

② ビデオ通話とポインタ表示

スマートフォン等のアウトカメラ画像が受信側で表示され共用できると同時に、双方別々のポインタを表示可能。(現場では音声と画像を共用してもどの対象物を指しているのか判らないことが多い)

・すべての通話参加者が自分の名前が表示されたポインタを相手に示すことができる。

③ 遠隔撮影、録画機能

受信側が必要に応じて写真撮影・録画が可能で、双方から通話中や終了後も確認できる。

④ お絵描き、音声文書変換、テキストメッセージの送信

・写真に手書きメモを残すことか可能で、メモは保存される。

・騒音等を考慮しテキストメッセージを送信可能、また、PC では音声文字変換での送信も可能。

⑤ 画面共有

PC の画面に読込み表示(例:図面)されているものを共有可能。ポインタによる明確な指示が可能。

⑥ グループ機能、複数人通話

・プロジェクトごとのグループ編成が可能。

・最大 10 人までグループ通話で同時通話が可能。(ほとんどの機能が利用可能)

⑦ クラウド保存

撮影・録画したものはすべてシンクリモートのクラウドに保存。ダウンロードも可能。

⑧ メンバ管理、着信履歴

グループ内の参加状況が確認できる。発信・着信、不在着信が確認できる。(一対一通話のみ)

⑨ 個人端末に情報が残らない設計

通話中に撮影した写真や動画はすべてクラウドに保管され、個人端末には残らず機密情報漏洩対策が可能。

管理番号	要素 2023　00006-01



図 3　ビデオ通話・発着信に関する機能



図 4　重要箇所を記録する機能

（3）電気保安(保全)への活用想定

ア　経験の浅い現場技術者への遠隔サポートにより、熟練技術者不足を緩和できる。
　　単独点検が早期に可能となることや設備内容による担当選定の必要性がなくなる。

イ　新しい設備や高度な技術が増加する中での現場技術者の精神的負担の軽減
　　判らないことや迷ったことがあればベテランに見てもらってアドバイスが貰える。

ウ　事故応動等の作業の合理化又は宿直勤務要員の削減
　　事故復旧時に管理者やベテランの判断が可能、あるいは出向人数を絞れる。

エ　現場技術継承問題への取組み(育成・OJT・安全確認)
　　技術継承問題として、現場 OJT[On The Job Training]及び新人現場教育の遠隔安全管理と現場指導等の現場育成支援システムとして活用できる。

オ　選任又は統括主任技術者への報告及び情報共有(現場担当者)
　　現場担当者と電気主任技術者等が常に情報共有可能となり運用幅が広がる。

管理番号	要素 2023　00006-01

2．他業種での活用状況

建設業（建築・設備・土木など）や製造業（産業機器・産業用ロボット・資材)、インフラ業（交通・ネットワーク)、行政など幅広い現場で導入・運用されている。

（1） 運用実例

ア　通信ネットワーク企業での保全現場における協力会社とのコミュニケーション（図 5 参照）

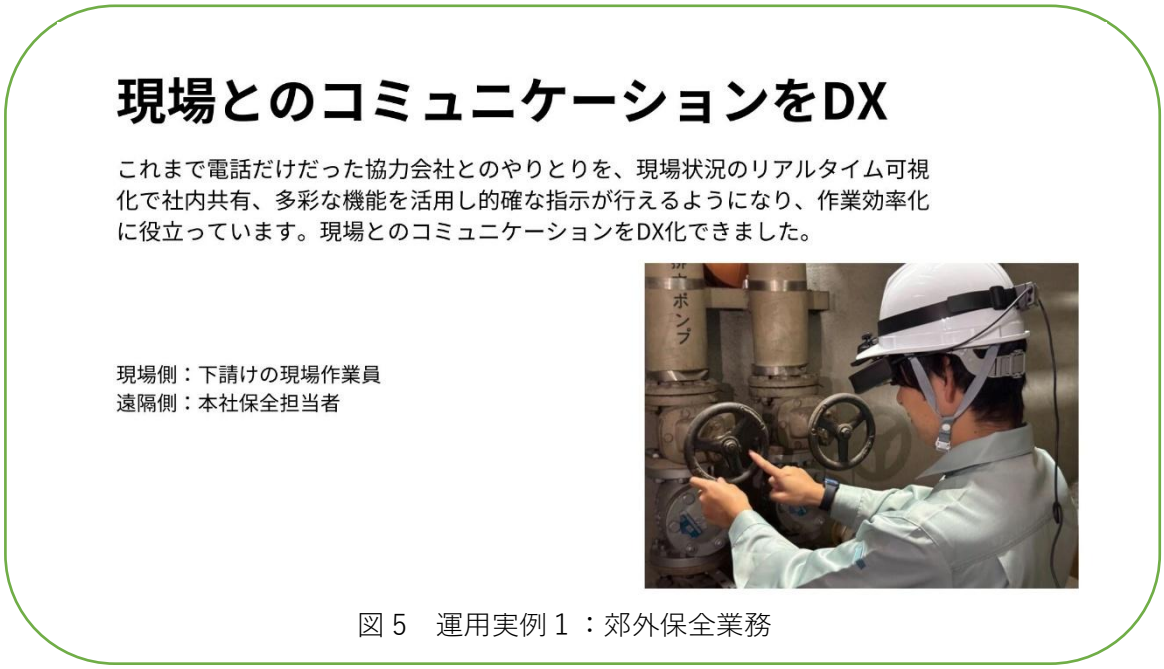


図 5　運用実例 1 ：郊外保全業務

イ　機器製造企業での見積作成のための現場調査（図 6 参照）



図 6　運用実例 2 ：技術営業業務

管理番号	要素 2023　00006-01

3．運用方法

（1）料金プラン

スマートグラスやウェアラブルカメラなどを導入するよりも安価で手軽に始められる料金プランが選択可能である。（図 7 参照）

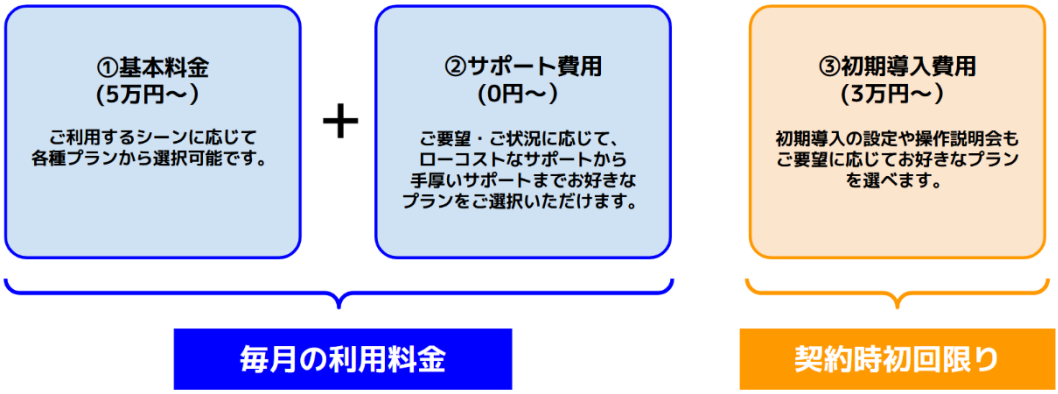


図 7　料金プランの一例

（2）費用効果

業種や業務によって費用効果の試算は異なるが、全般として移動時間やそれに伴う人件費・交通費が様々な業種において削減され、費用効果の試算として算出しやすい。（図 8 参照）

ただし、遠隔支援による業務の効率化・迅速化や業務運営の柔軟対応など、費用効果の試算が難しい運営効果への貢献が大きいことや、スモールスタートが可能なこともポイントである。



図 8　業種・業務による費用効果試算例

スマート保安技術カタログ

資料-2.3

管理番号	要素 2023　00006-01

4．特記事項

（1） システムの健全性担保

ア　ISMS 認証の取得

国際規格「ISO/IEC 27001：2013」の認証を 2022 年 10 月 24 日付で取得済み。

イ　Microsoft Azure 標準のセキュリティ対策を適用

ウイルス検知システムは Azure に準拠している。

ウ　個人端末に情報が残らない設計

通話中に撮影した写真や動画はクラウドに保存され、現場の機密情報漏洩対策が可能になる。

エ　サイバー対策

WAF（Web アプリケーションファイアウォール）を導入し、通信やデータの暗号化によって十分な対策がなされている。

（2） 今後の展開予定

現場運用における課題とカスタマー要望を検討し、次の 3 機能を開発・実装予定である。

ア　長時間通話をつなぎ続けながら両手を空けた作業が必要な場合

2023 年秋以降で外部カメラ連携を実装予定であり、ヘルメットの横に装着できるカメラをスマートフォンと有線で繋ぎ、スマートフォンを持たずに映像を配信できるようになる。(両手フリーで作業が可能)

イ　インターネット環境が脆弱な現場での利用

オフライン（インターネットがない状態）の現場においてカメラで撮影した動画や映像を、オンライン環境に戻った後に共有しながらポインタなどでコミュニケーションできるオフライン機能を開発予定である。(電波が届かない或いは弱い場所などでの運用)

ウ　取得した動画を活用したナレッジマネジメント機能の研究・開発

動画に映っている映像や会話から現場の知識や技術を蓄積させ、現場の新人が困った時に自分で必要な情報を検索したり、トラブルシューティングガイドが作成できるようなナレッジマネジメントの機能を研究・開発していく。

開発者名称	株式会社 クアンド
絡先等 (担当者、組織名、 住所、電話番号)	（当該案件連絡先） 組織名・部署：株式会社 クアンド　SynQ 事業部 担当者：笹木 椿 〒810－0041 福岡市中央区大名 2-4-22　3F　OnRAMP 内 ℡：050-5830-3789　E-mail：cs-support@quando.jp

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2023　00007-01		
技術区分	IoT センサー		
保安技術名称	回転機械設備の電流解析による状態監視技術		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術　　登録年月日:　2023 年 7 月 21 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	需要設備、発電所		
活用シーン	本技術は、プラント設備の保全業務の遠隔常時監視において、回転機械設備の状態監視を比較的に簡単に導入・設置可能な「電流センサー（クランプ）を活用した電流情報量分析」を実施する診断技術である。電流センサーを制御盤内に設置することで、振動センサーと同様な監視・診断が可能であり、従来の診断技術では活用が難しかった特殊環境下の回転機械設備についても異常を兆候の段階で発見すること並びにインバータの異常についても診断が可能となる。		

１．技術内容

三相誘導電動機の固定子電流を電流センサで計測し、得られたデータを時間領域解析の 3 種類のパラメータと周波数領域解析の 5 種類のパラメータにより、電動機、回転機械本体（接続部、ポンプ等）及び電源（インバータを含む）部位の異常を診断・検知する電流情報量診断システム（T-MCMA®）である。

（１）技術の概要

固定子による回転磁界の中を回転子が横切ると回転子に誘導的に起電力が発生し、誘導電流が流れ、この誘導電流により新たな回転磁界ができ、固定子の巻線に微弱な逆起電力を励起する。

回転機械に①磁気ギャップの不平衡、②回転子・固定子の電気抵抗の変化、③負荷・トルクの変動等の異常があると磁界が乱れ、固定子電流に変化が発生するが、この変化を解析することでどの部位でどの様な異常がどの程度発生したのか判定する仕組みである。

（２）システムの構成

三相誘導電動機に接続されている配電盤の動力線にクランプ型のセンサを取付け、計測した電流信号を計測ユニットで変換して、通信回線にて専用のクラウドサーバ（TM-CLOUD®）にデータを保存し、クラウド上の解析ソフトで診断（解析）を行う。その解析・蓄積された結果データをお客様からのインターネット VPN（仮想専用線）の活用により閲覧できる。

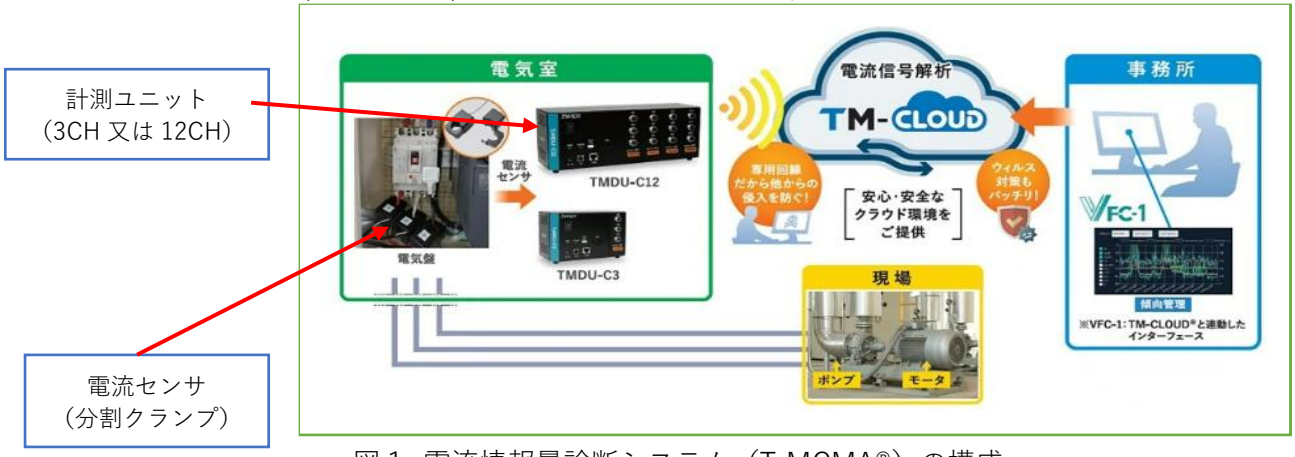


図１　電流情報量診断システム（T-MCMA®）の構成

管理番号	要素 2023　00007-01

（3）機能と特徴

ア モータ本体と負荷側機械を診断

コイルの絶縁やロータ異常などのモータ部（電気的）と、モータに直結されているカップリングやベアリング異常などの回転機械本体部（機械的）の異常を検知できる。

イ 幅広い適用範囲（一般回転機械／低速回転機械／高速回転機械／高圧モータ／低圧モータ）

電流計測によるデータ分析・診断の仕組みを採用しているので、電動機の種類、電圧及び設置形態等にほとんど制限はない。

ウ インバータ診断、巻線絶縁劣化診断、電源品質モニタリング、過渡電流診断、プロセス診断

振動診断に劣らない機械的な異常診断に加えて、電気的な異常診断、電源品質診断及びインバータ診断など多様な診断・管理を実施できる。

エ 無線ネットワーク及びクラウドコンピューティングによる多チャンネルオンライン監視・診断

信頼度が高い NTT Com 閉域網による無線ネットワークを使用し、専用クラウドに計測データを蓄積及び診断結果を保存して、お客様からの VPN（仮想専用線）の活用により閲覧を可能としている。

オ 少ない初期投資で、オフライン／オンライン／遠隔での監視・診断

特殊な計測装置を設置する必要がなく、汎用計測装置（クランプセンサ等）によるデータの収集・解析により、少ない資金でかつ定期的或いはオンライン上で遠隔監視診断と傾向管理が可能である。

カ クラウド上で一元管理が可能。回転機器の状態はメールで通知

計測データは計測ユニットの SD カードに収納及びクラウドへの蓄積が可能で、回転機器に異常が発生した場合は、お客さまへのメール通知が可能である。

（4）診断パラメータ

ア 簡易診断

確率密度分布解析と時間領域解析によるものが 3 種類、周波数領域（FFT）解析によるものが 5 種類、合計 8 種類の診断パラメータのそれぞれの変化やパラメータ毎の相関状態を確認することで回転機械の状態を解析できる。

確率密度分布解析　と　時間領域解析			
1	KI	回転機械系状態全般を監視するパラメータ KI：Kullback-Leibler Information	正常な電流時系列波形の確立密度分布と点検状態の電流時系列波形の確率密度分布を比較するもので、0に近いほど良好な状態で数字が大きくなると異常と判断。 キャビテーションなど電流がランダムに変化し確率密度分布が変動しＫＩが悪化する。
2	Irms	回転機械負荷・状態変動を監視するパラメータ	電流実効値
3	Iub	三相電流のバランスを監視するパラメータ	三相電流アンバランス
ＦＦＴ解析　（周波数領域）			
4	Lpole	モータ回転子劣化状況を監視するパラメータ	極通過周波数側帯波電流成分　と　電源周波数電流成分比率
5	Lshaft	モータ接続軸系芯ずれ、曲がり、接触などの異常荷重を監視するパラメータ	回転周波数側帯波電流成分　と　電源周波数電流成分比率
6	IHD	電源品質・インバータ状態を監視するパラメータ IHD：Individual Harmonic Distortion	最大高調波電流成分　と　電源周波数電流成分比率
7	THD	電源品質・インバータ状態を監視するパラメータ THD：Total Harmonic Distortion	全高調波電流成分　と　電源周波数電流成分比率
8	Lx	対象機器の特定部位や装置の状態を監視するパラメータ	回転機の特徴周波数側帯波電流成分　と　電源周波数電流成分比率

図 2　簡易診断パラメータの内容一覧

資料-1.3

管理番号	要素 2023　00007-01

イ　精密診断

電流波形脈動解析、高周波領域電流の包絡線処理・解析、電流波形歪み解析（高調波解析）を用い、簡易診断で確認された結果を専門技術者が精密診断。

（ア）　電流波形脈動解析（側帯波解析）

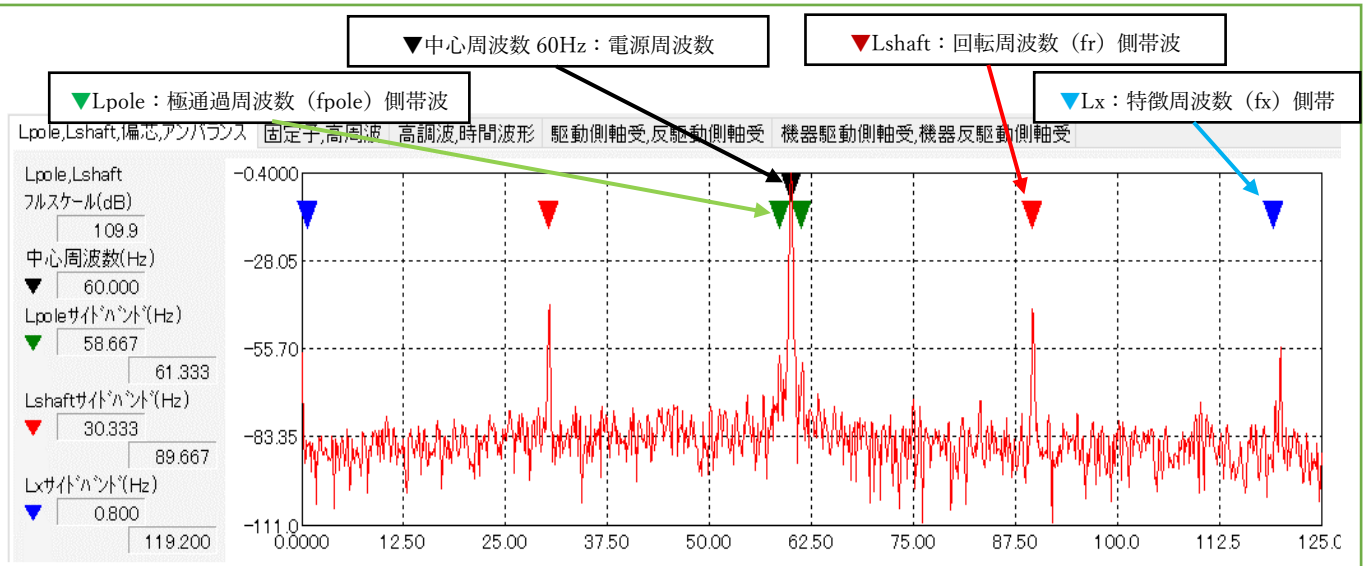
モータ本体の状態診断及び被駆動機械の状態診断。

（イ）　高周波領域電流の包絡線処理・解析

フィルタリング、包絡線処理の電流信号に FFT を行い、高周波電流成分エネルギー強さを算出。

（ウ）　電流波形歪み解析（高調波解析）

電源品質監視、インバータ診断。



▼：Lpole　ピークが高く立つと、モータ回転子バー緩み・折損の異常検出ができる。

▼：Lshaft　ピークが高く立つと、モータ接続軸系芯ずれ、接触、曲がり異常状態検出ができる。

図 3 側帯波解析：モータ回転子バーとモータ接続軸系の精密診断画面の例

ウ　傾向管理

８種類のパラメータを傾向管理グラフ画面として表示し、推奨のしきい値（危険：赤、注意：黄）と表示プロットされたデータを見て、劣化予測や整備時期を計画することができる。

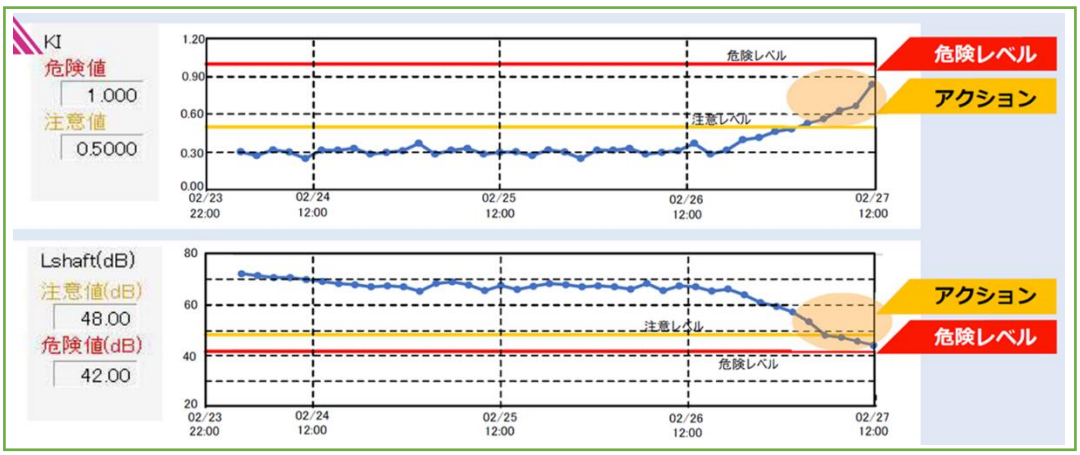


図 4　傾向管理のグラフ表示例（KI と Lshaft）

資料-2.1

管理番号	要素 2023　00007-01

2　検証データ（異常診断事例）

（1）回転軸異常の検知事例

診断パラメータ（Lshaft・Lx）の傾向変化（約 20 日（A から B）間の悪化傾向）から遠心ポンプのミスアライメントを発見した。設備点検を実施し、基礎劣化によるベースのアンカーボルトのゆるみとそれに伴うポンプのカップリングの芯ずれを確認した。

表 1　各パラメータの変化（日別平均値）

	KI [-]	Lpole [dB]	Lshaft [dB]	Irms [A]	THD [%]	IHD [%]	Lx [dB]
計測日A	0.075	61.33	57.10	7.08	1.50	0.997	73.21
計測日B	0.154	62.70	41.99	7.14	1.53	1.14	57.62

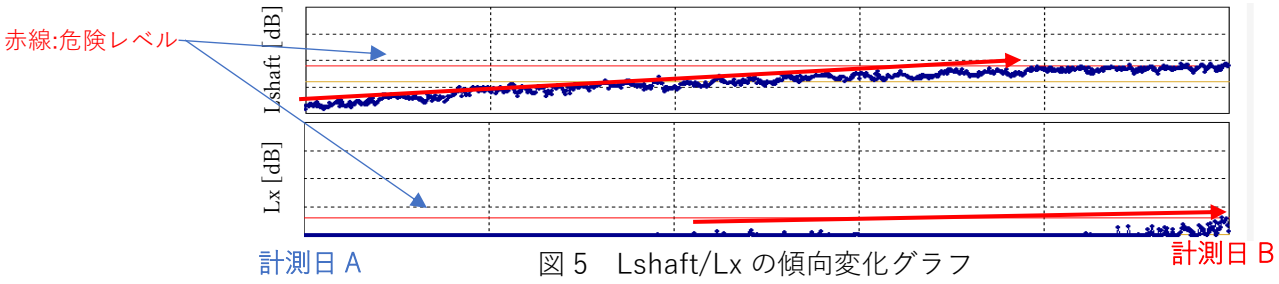


図 5　Lshaft/Lx の傾向変化グラフ

Lshaft：モータの回転周波数成分の電流レベルを示すパラメータ
回転軸系の状態を監視し、値が小さいほど悪い状態となる。
Lx：回転周波数の 2 倍成分の電流レベルを示すパラメータ
アンバランスやミスアライメントを監視し、値が小さいほど悪い状態となる。

（2）プーリ・ベルト異常の検知事例

診断パラメータ（Lx）の傾向変化からベルト及びプーリの異常を発見した。点検を実施し、ベルトのバタつき及びプーリの大きな摩耗を確認した。ベルト及びプーリを交換後、値は改善した。

表 2　各パラメータの変化（日別平均値）

	KI [–]	Lpole [dB]	Lshaft [dB]	Irms [A]	THD [%]	IHD [%]	Lx [dB]
整備前	0.42	53.3	52.6	6.4	2.6	1.7	36.1
整備後	0.53	56.7	51.3	6.4	2.8	2.0	46.3

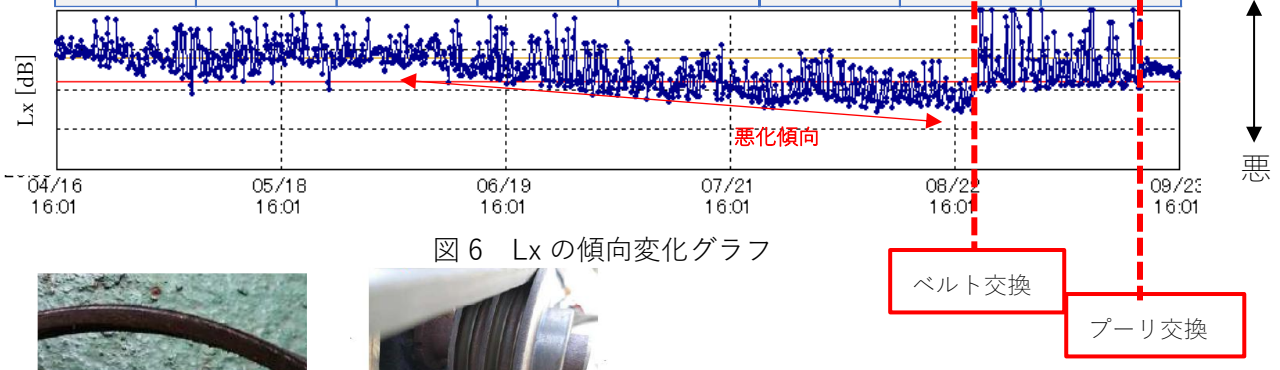


図 6　Lx の傾向変化グラフ

Lx：ベルト通過周波数×2 成分（2fb）を示すパラメータ。



ベルト側面摩耗し芯線露出⇒交換

両プーリとも底当たりはないが
摩耗は激しい。⇒プーリ交換を計画

図 7 異常のあったベルト（左）・プーリ（右）

管理番号	要素 2023　00007-01

（3）インバータ異常診断事例

簡易診断において、KI、Lshaft、IHD の注意閾値の超過が確認されたので、精密診断にて電流波形と高調波波形の診断を行いインバータの劣化と判定した。インバータ設備の整備を行い、再度、精密診断を実施した結果、電流波形、高調波波形が正常になった。

表 3　インバータ異常の事例　（縦型水中ポンプ 30kW、 インバータ駆動）

	KI	Lpole (dB)	Lshaft (dB)	Irms(A)	THD(%)	IHD(%)	Lx(dB)	Iub(%)
U 相	1.382	51.94	47.71	35.55	4.021	3.708	-	0.8074
V 相	1.386	52.88	47.60	35.92	3.969	3.643	-	
W 相	1.301	53.82	47.94	36.13	4.051	3.737	-	
注意値	1 以上	48 以下	48 以下	-	5 以上	3 以上	-	3 以上
危険値	2.0 以上	42 以下	42 以下	-	7 以上	5 以上	-	5 以上

（注）IHD：最大高調波成分と電源周波数電流成分比率

○ インバータ異常の特徴 1 ：電流ピーク値の不揃があるとインバータの劣化が進行していると推定できる。

○ インバータ異常の特徴 2：高調波解析結果からパターン：$h=6i\pm1$　$i=1,2,3,\cdots$の 5 次、7 次高調波が顕著に現れ、 $h=6i\pm3$・・・の 3 次、9 次より高い場合はインバータの劣化が進行していると推測できる。

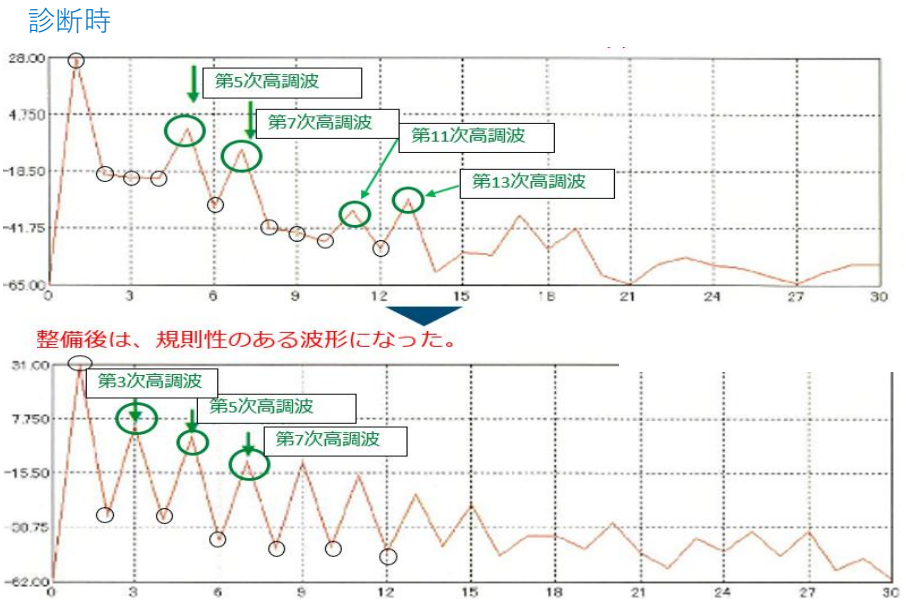


図 8　高調波波形（IHD）の状態確認例

スマート保安技術カタログ

資料-2.3

管理番号	要素 2023　00007-01

3．機器仕様

（1）計測ユニットの外観



3CH：センサ 3 個接続



12CH：センサ 12 個接続

（注）　12CH タイプは回転機械 4 機～最大 12 機（単相計測時）まで計測可能

（2）仕様

		TMDU-C3B	TMDU-C12B
使用条件	動作温度範囲	5℃～ 50℃	
	動作湿度範囲	RH10% ～ RH85%	
	動作雰囲気	極端な振動がないこと、および腐食性雰囲気でないこと。	
	ノイズ規格	IEC61000（イミュニティ規格）準拠	
電源		AC アダプタ（DC12V） AC 電源 100V 50/60Hz または、外付けバッテリ	AC アダプタ（DC12V） AC 電源 100V 50/60Hz
外形寸法／重量		177.2W × 117.2H × 90.2D ／ 800g	300.2W × 117.2H × 90.2D ／ 1.4kg

4．想定している電気保安の活用例

（1）電気事業者が所有する発電設備や送配変電設備、工場や大型施設等が所有する設備に使用されるポンプ・ブロアなどの回転機械の電気的異常・機械的異常の状態変化を監視して維持管理することで設備の予防保全や計画的な設備更新を図り、設備保全（電力保全）を確保するためのシステムツールとして活用。

（2）クラウドによる遠隔監視で設備の状態監視を遠隔で行うことで、少子高齢化に伴う人材不足や設備の高経年化に精通した熟練者の不足などの問題解決につながるシステムとして活用。

（3）地下水中ポンプや立ち入りが困難な危険場所、劣悪な環境にある回転機械の安心安全な遠隔監視。

5．今後の展開予定

（1）風力発電、水力発電などでの異常監視への適用を検討、デモ計測を行えるフィールドを調査中。

（2）高速道路トンネルのジェットファンについては、一部採用されており、全国へ展開を検討中。

（3）温暖化による洪水などで河川の排水ポンプ、地下街の排水ポンプなど緊急時に正常な運転が必要とされるため、状態管理用として展開を検討中。

（4）AI による自動監視システムを目指して開発検討中。

開発者名称	株式会社　高田工業所
連絡先等 (担当者、組織名、住所、電話番号)	（当該案件連絡先） 組織名・部署：株式会社高田工業所 診断ソリューション部 担当者：西野 健児 〒806-8567 福岡県北九州市八幡西区築地町 1-1 TEL：093-632-2502　E-mail：diag-ser@takada.co.jp

資料-3.1

管理番号	要素 2023　00007-01

別紙：その他資料

（1）電流情報量診断システム（T-MCMA®）パンフレット

T-MCMA®とは？

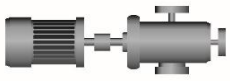
電流センサを配電盤内の動力線にクランプし、計測したモータの駆動電流信号を解析することにより、回転機械のモータと負荷側機械の状態を監視・診断するシステムです。

T-MCMA
TAKADA-Motor Current Multiplex Analysis

T-MCMA®の特徴

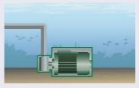
1. モータと負荷側機械の状態を監視・診断
2. 回転機械設置場所と関係なく、動力線にクランプセンサを取り付けるだけで、計測・診断が可能
3. 幅広い適用範囲
   - 一般回転機械
   - インバータ駆動機械
   - 低速回転機械
   - 高圧モータ等
4. インバータ診断、コイル絶縁劣化診断、電源品質モニタリング、過渡電流診断、プロセス診断
5. 無線ネットワークおよびクラウドコンピューティングによる多チャンネルオンライン監視・診断
6. 少ない初期投資で、オフライン／オンライン／遠隔での監視・診断

様々な部位の異常を検知

部位	検知可能項目
モータ部 	・ロータ（回転子）異常 ・ステータ（固定子）異常 ・ベアリング異常 ・コイル絶縁異常
回転機械本体部 	・ベルト、プーリ異常 ・基礎取付け異常 ・駆動部異常 （ベルト、チェーン、減・増速機） ・カップリング異常 ・回転軸異常 ・翼異常 ・ベアリング異常
電源 	・電源品質（三相バランス） ・インバータ異常 ・漏電、欠相

こんな場所のモータ・ポンプもOK！

1 河川・液中
- ・軸流ポンプ
- ・水中ポンプ



2 高所
- ・撹拌機



3 危険エリア
- ・高温、放射能
- ・酸欠、防爆、毒ガス

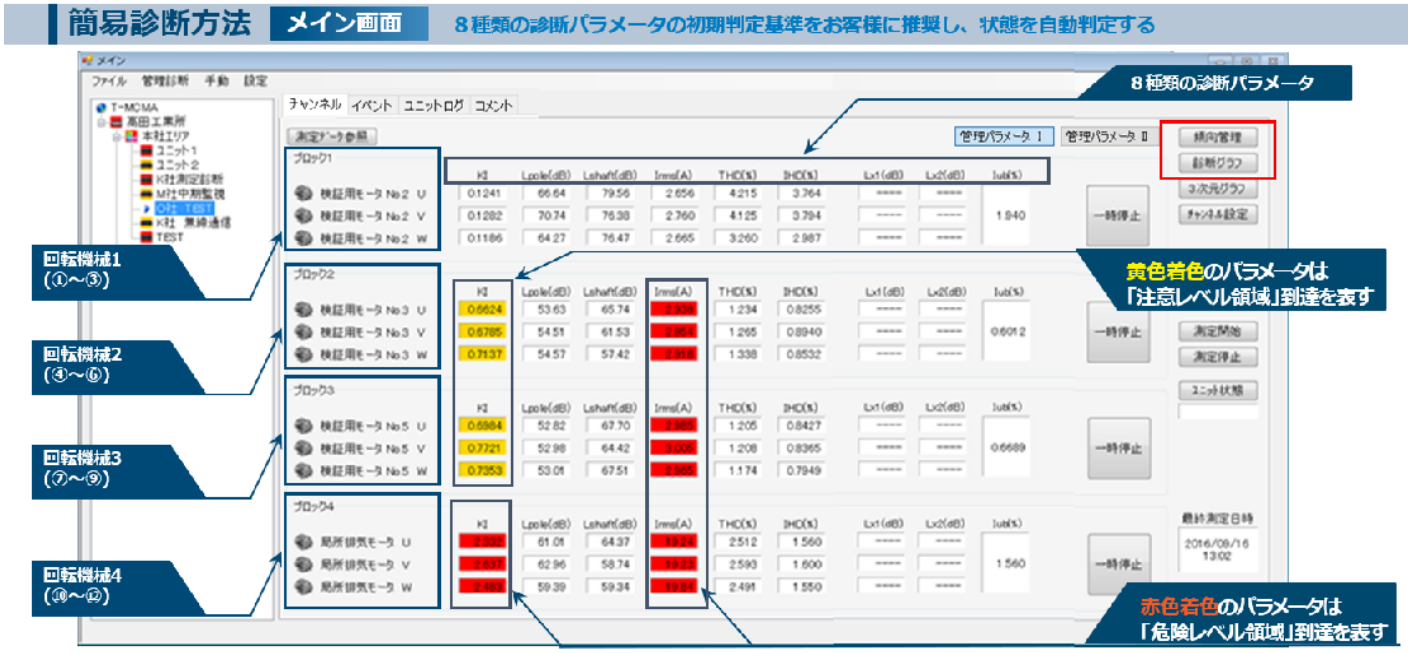


02

資料-3.2

管理番号	要素 2023　00007-01

（2）診断モニタ

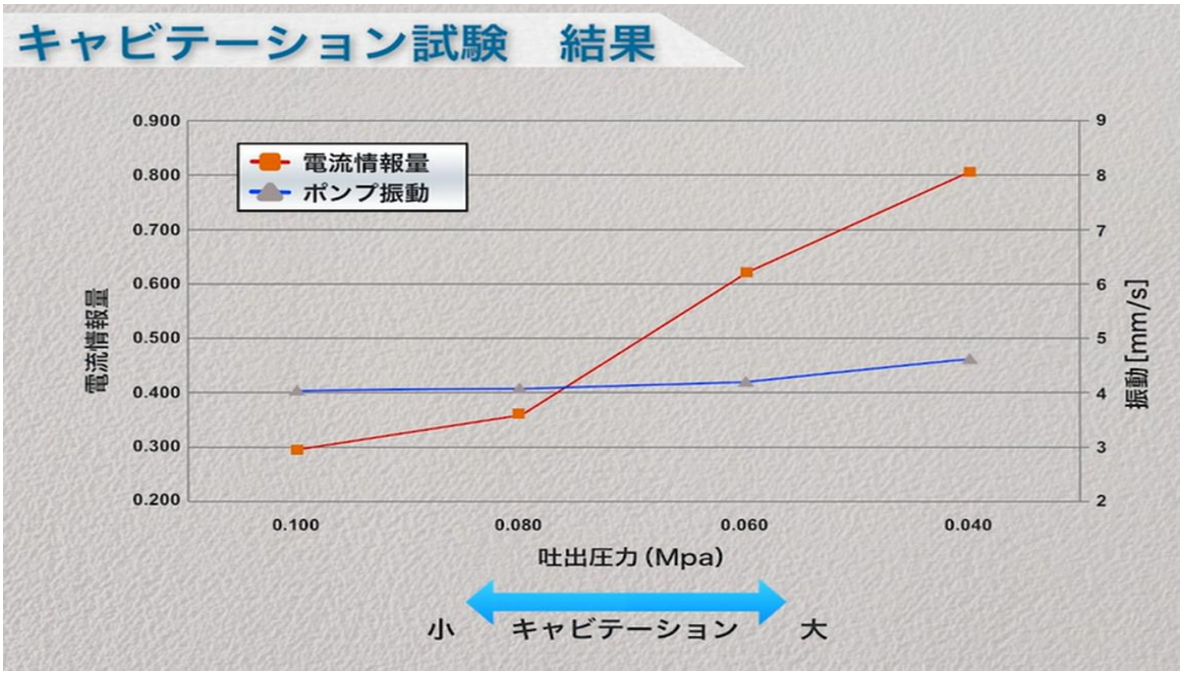


（注１）　個別に設定された閾値により、黄色表示：注意レベル、赤色表示：危険レベル、を示す。

（注２）　閾値は当初推奨値で設定し、設備の状況により微調整する。

（3）流体系異常検出実験検証（KI と振動速度の比較）

振動センサでは捉えにくいキャビテーションを比較的高感度で捉えられる。



キャビテーション状態における T-MCMA®と振動診断結果比較

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2023　00008-01		
技術区分	IoT センサー		
保安技術名称	微地絡及び間欠地絡が検出可能なディジタル形保護継電器を使用した高圧絶縁監視装置		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術	登録年月日:　2023 年 08 月 29 日	
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	需要設備		
活用シーン	本技術は、特高受変電設備の更新において、順次更新する必要のある構内高圧ケーブルや高圧変電設備の絶縁劣化状態を常時監視することにより、設備毎の地絡事故発生の前兆現象を把握し、計画的な更新をサポートすることが可能となる。特に絶縁状態の管理が困難な高圧ケーブルの絶縁劣化に特化した間欠地絡検知機能は、高圧ケーブルの水トリー現象による地絡事故の初期段階での前兆現象を捉えることが可能である。		

1.　技術内容

(1) 技術の概要

特高受変電設備の高圧配電盤に使用する地絡継電器に、通常の地絡継電器の動作レベルに達しない微小な電流が流れる「微地絡」や高圧ケーブルの水トリーが進展することによって瞬間的に地絡が発生する「※間欠地絡」を検知・発報する機能及び地絡電流を常時監視・記録する機能が付加されたディジタル形保護継電器(ICU-T)であり、専用の絶縁監視装置(H-MACS)と接続することでグラフ表示による管理が出来る。新規設備に限らず既存設備における運用も考慮しており、高圧地絡事故の前兆現象を捉えることによる予防保全を可能としている。

※ 間欠地絡とは、ケーブル内に経年劣化によって水トリーが進展すると、瞬間的に地絡電流(針状波)が流れた後、即座に絶縁が回復するなどの現象が繰り返されるものと定義する。

(2) 想定している電気保安の活用例

特別高圧受変電設備の更新において、順次更新する必要のある構内高圧ケーブルや高圧変電設備の絶縁劣化の状態を常時監視することにより、設備毎の地絡事故発生の前兆現象を把握し、更新計画をサポートできる。また、地絡事故の初期段階での前兆現象を捉えることが可能であり、地絡事故発生前に設備点検することで停電事故の未然防止が図れる。

(3) 装置又はシステムの特徴（仕様、性能など）

ア　微地絡と間欠地絡の検出機能を持つ、高圧絶縁監視が可能な装置で常時監視することで、地絡事故発生までの時間的猶予のある初期段階で前兆を捉え、警報出力する。

イ　継電器本体には、事故発生の前後 20 サイクルの電圧、電流、零相電圧、零相電流のサンプリング値を記録しており、記録したデータはパソコンを接続して読み出し、Microsoft Excel の専用マクロを使用しグラフ化することで、事故時の様相を把握することが可能である。また、要因解析や事故報告に活用できる。

ウ　新規設備だけでなく、既存設備に継電器(ICU-T)及び専用の零相変流器(ZCT)を追加で配置し、既存設置の接地形計器用変圧器(EVT)を活用することで、既存高圧変電設備の絶縁劣化も監視可能である。

エ　専用の絶縁監視装置(H-MACS)と接続することで、絶縁監視管理グラフ(分布、劣化量、劣化速度)が確認可能となる。

資料-1.2

管理番号	要素 2023　00008-01

(4) 原理概念と構成例

特別高圧受変電設備の高圧電路において、接地形計器用変圧器 EVT(非接地系又は 10A 接地系)を用いて零相電圧(V_0)を、高圧配電盤内の各フィーダ(高圧ケーブル)に取り付ける ZCT を用いて零相電流(I_0)を計測し、高圧地絡に係る「微地絡」及び「間欠地絡」の現象を別々の機能で常時監視する。

両地絡ともに湿気等の環境影響にもよるが、発生の初期段階では発生間隔が長く、発生を繰り返しながら徐々に発生間隔が短く、さらに、地絡電圧・電流の値が大きくなり、地絡継電器の動作整定値を超えて、地絡事故(停電)に至る。

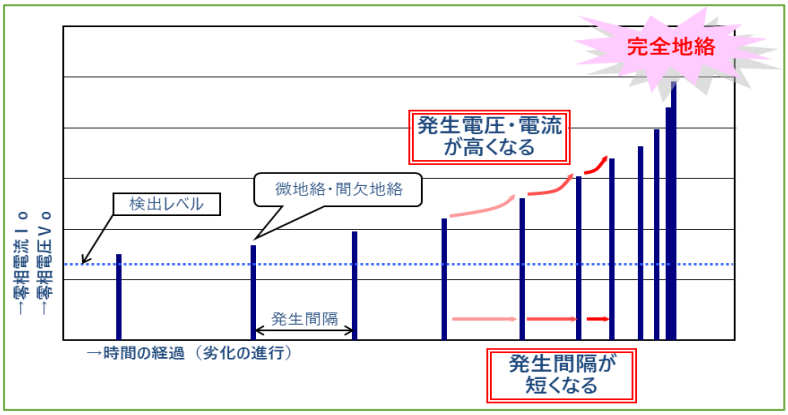


図１　絶縁劣化のメカニズムの例示

ア　各フィーダ(高圧ケーブル)に取り付けられた ZCT の零相電流と EVT の零相電圧の計測値を比較することで、どの高圧電路で微地絡及び間欠地絡が発生したか判別できる。

イ　微地絡の検出は、EVT の零相電圧と ZCT の零相電流の波形位相を比較する。零相電圧と三相の相電圧の位相を比較することで、どの相で微地絡が発生したか判別できる。なお、遮断器の開閉やノイズに伴う誤検出を防止するために、検出値を零相電流は 50mA 以上、零相電圧は 5V 以上とし、微地絡の発生現象が一定時間継続する特性を考慮して、動作時間は 10 秒以上の設定としている。

ウ　間欠地絡の検出は、EVT の零相電圧(波高値)と ZCT の零相電流(波高値)をピークホールドし、波形の位相を比較する。零相電圧(波高値)と三相の相電圧の位相を比較することで、どの相で間欠地絡事故が発生したか判別できる。なお、雷サージなどによる誤検出を防止しつつ初期状態の間欠地絡を的確に捉えるために、零相電流(波高値)は 70.7 Apeak 以上、零相電圧(波高値)は 28.3 Vpeak 以上、動作時間は 60 m 秒(50Hz 時：3 サイクル相当、60Hz 時：3.6 サイクル相当)以上の設定としている。

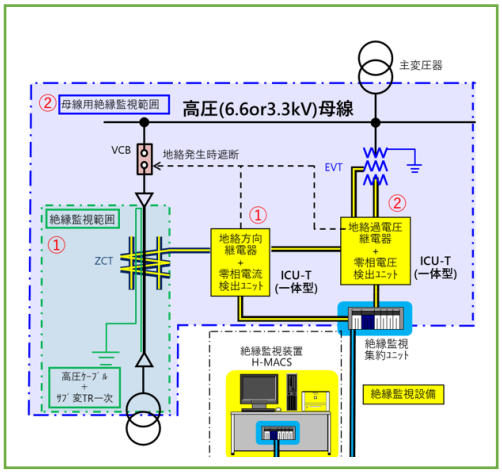


図２　新規設備のシステム構成例

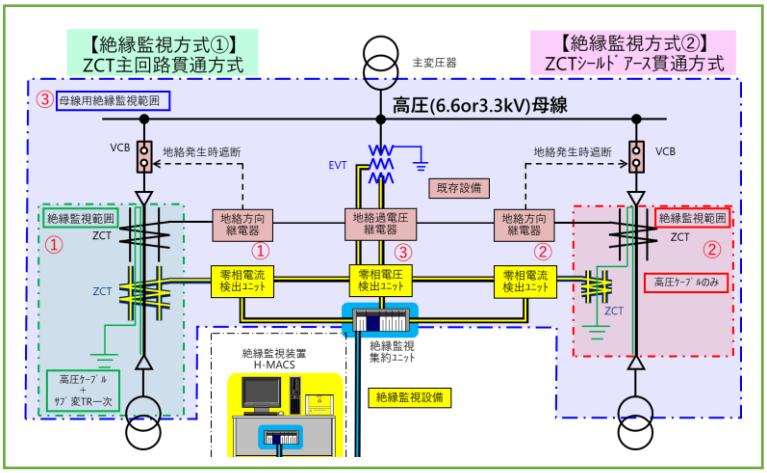


図３　既存設備のシステム構成例

資料-2.1

管理番号	要素 2023　00008-01

2．検証データ等（研究または実証試験）

試験設備での間欠地絡動作試験は、JEC-2512(2002 年版)に基づいた①ケーブルに小さな穴(ピンホール)をあけ、そのケーブルを塩水に浸して高電圧を印加しての継電器動作確認と、②針ギャップに放電電圧を印加して間欠地絡動作確認を行い、様々な条件において間欠地絡検知機能が仕様通りであることを確認した。

(1) ピンホールのあるケーブルを塩水に浸しての継電器動作確認試験

① 印加直後に間欠地絡検出機能(67K)は正常に動作したが、地絡方向保護機能(67)は動作しなかった。

② 連続した電圧印加により断続的に間欠放電が発生していたが、やがて完全地絡に移行し、地絡方向保護機能(67)が動作した。

③ 同一母線上の事故フィーダのみ検出・動作し、健全フィーダでの誤動作はなかった。

(2) 針ギャップ放電による間欠地絡検知機能試験

ア　試験方法

6.6 kV を印加した回路に針ギャップ放電(間欠地絡)を発生させる。

イ　試験結果

①当該故障模擬回路にて間欠地絡検知機能が動作すること及び間欠地絡相を正しく判定できること並びに別の健全回路では検出しないことを確認した。

②地絡の前兆である間欠地絡のみを検出し、地絡方向保護機能(67)は動作しないことを確認した。

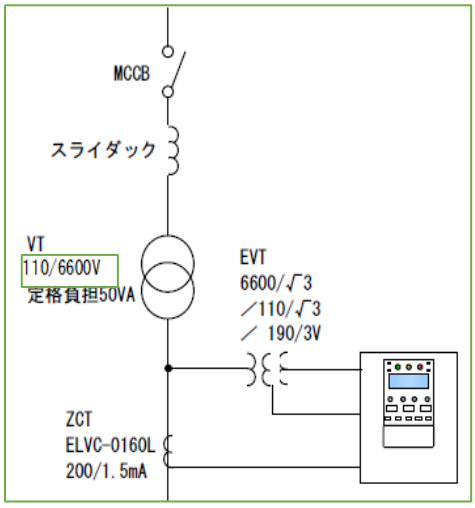


図 3　試験回路

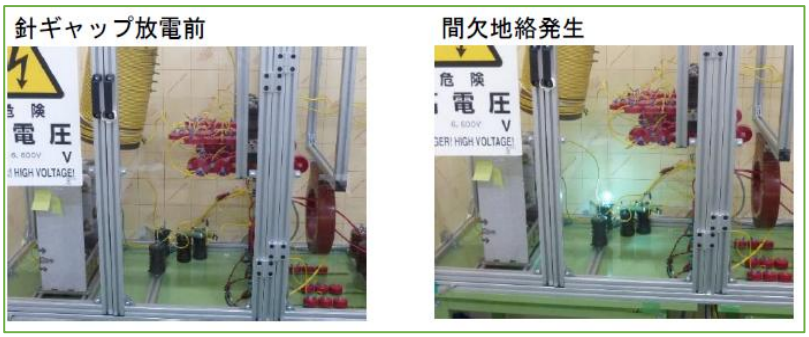


図 4　試験時の様子

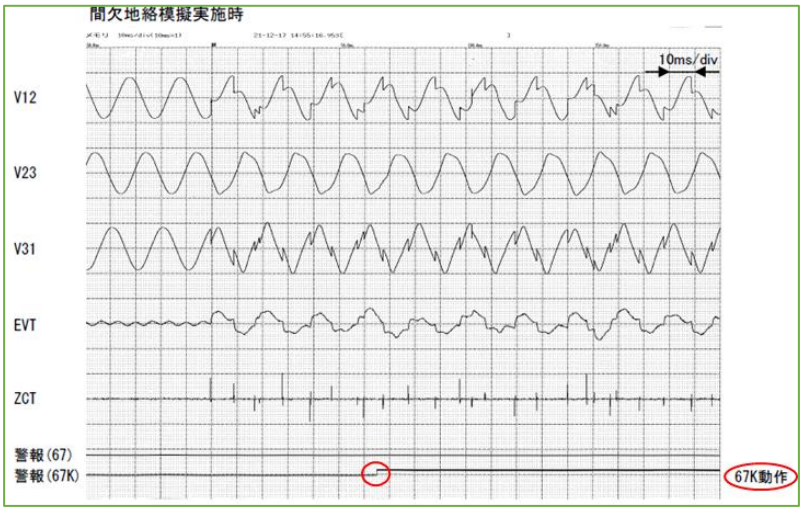


図 5　試験結果波形

スマート保安技術カタログ

資料-2.2

管理番号	要素 2023　00008-01

3．運用方法

専用の絶縁監視装置を導入することで、地絡電圧及び地絡電流を常時監視・記録することにより絶縁劣化の前兆現象の把握と進行をデータ分析し、メンテナンス及び設備更新計画等の参考資料として活用できる。下図は微地絡や間欠地絡による絶縁劣化が徐々に進行することを判り易く説明した模擬データによるサンプル図である。



図 6　地絡過電圧・地絡電流の劣化量グラフ例

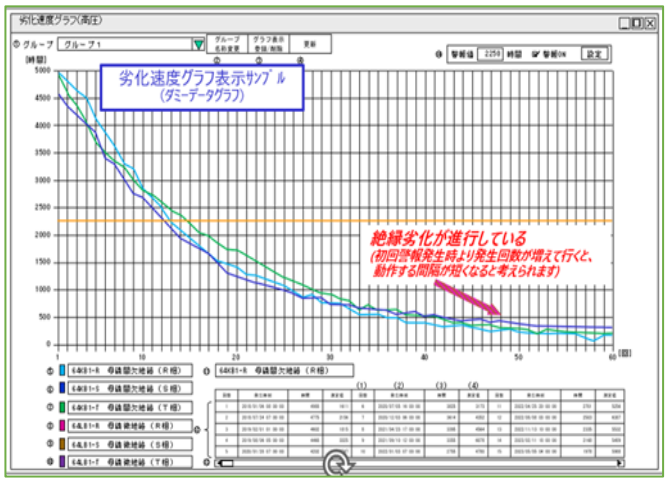


図 7　絶縁劣化速度の推移グラフ例

4．特記事項

既に 113 事業場（約 1000 台導入）に本機器を設置しているが、現在の運用方式はスタンドアローンとなっており、現地(専用の絶縁監視装置内)でのみデータを収集・累積している状況である。今後、このデータを入手・解析して得られた知見がスマート保安推進に寄与することを期待する。

5．今後の予定

高圧受変電設備での専用零相電圧検出器(ZPD)を使用しての絶縁監視方式を開発中である。

開発者名称	株式会社 日立産機システム
連絡先等 (担当者、組織名、 住所、電話番号)	（当該案件連絡先） 組織名・部署：受配本戦略統括部　コンポーネントエンジニアリング部 担当者：スマート保安お問合せ窓口 〒101-0021　東京都千代田区外神田一丁目 5 番 1 号　秋葉原ファーストビル TEL：03-6271-7001（代表）　E-mail：smart-hoan@hitachi-ies.co.jp

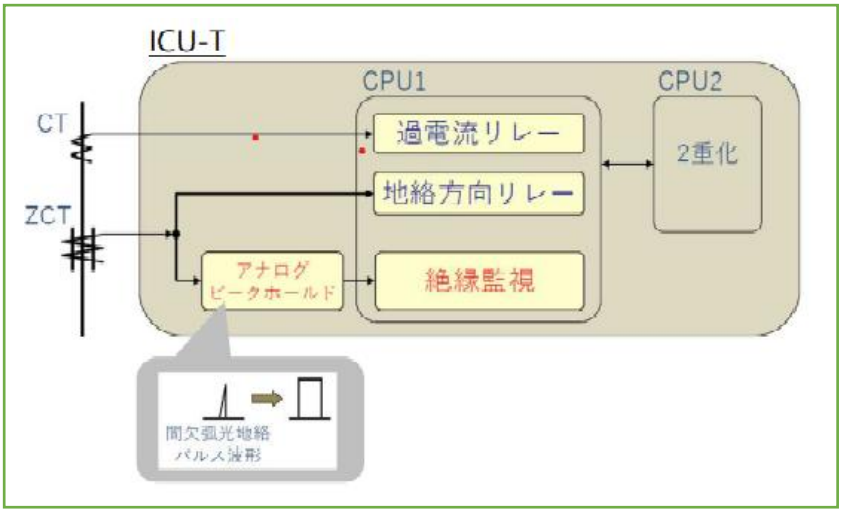
資料-3.1

管理番号	要素 2023　00008-01

別添: 写真・図面

(1) ICU-T 外観写真及び一般仕様





No.	項目		仕様
1	制御電源		DC100/110V -20% +30%　：電流容量　最大 0.2A
2	定格電流		CT2 次　：1A　：負担 0.1VA 以下
3	定格電圧		VT2 次　：110V EVT3 次：110V/190V ZPC2 次：1V
4	定格周波数		50Hz/60Hz
5	環境	周囲温度	性能保証：　0℃～40℃ 動作保証：-10℃～55℃ （ただし、-10℃～55℃は 1 日数時間程度を許容する。） 保　　存：-20℃～60℃
6		相対湿度	日平均 30～90%　（結露しないこと）
7		雰囲気	著しい塵埃(じんあい)、腐食性ガスがないこと
8		標高	2,000m 以下
9	性能	商用周波耐電圧	AC2,000V　1min
10		雷インパルス耐電圧	4,500V　1.2/50μs
11		過負荷耐量	電流回路：定格電流の 40 倍　1s 間 電圧回路：定格電圧の 1.15 倍　3 時間
12		耐振動	振動数　：16.7Hz 複振幅　：0.4mm(前後、左右、上下) 加振時間：600s(各方向とも) 加速度　：0.2G
13		耐衝撃	30G：3 方向　各 3 回
14		絶縁抵抗	DC500V メガーで 10MΩ以上　（電気回路一括対地間）

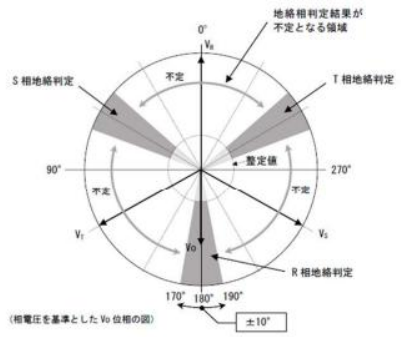
(2) 主な保護機能整定値

	地絡リレー	微地絡	間欠地絡
整定値	100～1000mA(100mA単位) 誤差：整定値±10%	50～1000mA(100mA単位) 誤差：整定値=50mA：±20% 整定値≧100mA：±10%	50×√2 ～ 100×√2 Apeak (10×√2Apeak単位) 誤差：整定値±50Apeak
動作時間	0.1s～10.0s(0.1s単位) 誤差：整定値<2s：±100ms 整定値≧2s：±5%	10s～100s(1s単位) 100s～500s(10s単位) 誤差：整定値±5%	60～100ms (10ms 単位) 100～1000ms (100ms 単位) 誤差：整定値<100ms：±50ms 整定値≧100ms：±100ms
波形の特徴	正弦波に近い	正弦波に近い	パルス波(針状波)

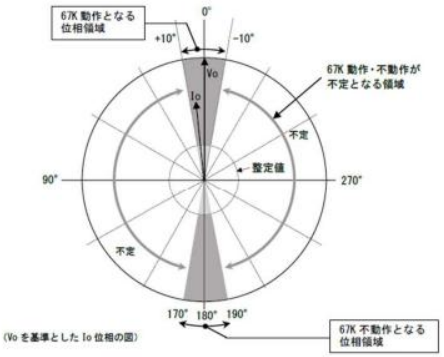
資料-3.2

管理番号	要素 2023　00008-01

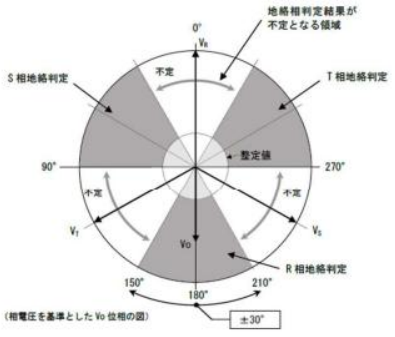
(3) 間欠地絡及び微地絡の位相判定



間欠地絡方向(67K)、間欠地絡過電圧(64K)
地絡相判定　位相特性



間欠地絡方向(67K)、地絡方向判定　位相特性



微地絡方向(67L)、微地絡過電圧(64L)
地絡相判定　位相特性

間欠地絡の場合は、零相電圧の波形と零相電流の波形の電圧と電流の立ち上がりのずれが±10°以内なら事故回線と健全回線を正しく判定できる。(製品保証値)

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2023　00009-01		
技術区分	ドローン、システム		
保安技術名称	ドローンを活用した送電設備への接近木調査の効率化技術		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術　　登録年月日:　2024 年 3 月 28 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	架空送電設備		
活用シーン	架空送電線上空を飛行するドローンを用いてオーバーラップした直下視画像を多数空撮し、全球測位システム（GNSS）による位置情報とカメラ姿勢を含めた多視点情報から三次元の位置を特定することで点群を生成し、取得した点群を用いて送電線の弛みや横揺れの影響等を考慮した樹木と送電線との離隔を現場にて解析・評価する。地上測量による労務負担を軽減し、短時間に精度よく架空送電線と樹木の離隔を評価できる。		

１．技術内容

本技術は、ドローンによって撮影した写真画像から架空送電線（送電線）と接近木との距離（離隔）を精度良く、即日に調査可能とすることで、調査のコスト低減・省力化を図り、保安伐採業務を支援することを適用目的とする。

(1) 技術の概要

本技術は、送電線の径間に沿ってその上空に商用の可視カメラ搭載小型ドローンを飛行させ、撮影した写真画像から三次元の座標値を持ったデータ（点群）を取得し、送電線と樹木等の離隔を評価するワークフローである。送電線の弛み（弛度）が通常時と最大潮流時（最大負荷時）で異なることや横揺れの影響等も配慮し、カテナリー式（双曲線関数）による仮想送電線を定義することで、さまざまな架線状況に対応した離隔を評価可能で、その結果を二次元や三次元表示で視覚的に参照できる。ドローンによる撮影飛行から点群作製及び解析までの作業を同日中に実施可能である。

(2) 想定している電気保安の活用例

送電線と周辺の物体との間には規定の離隔を確保することが定められている。送電線周辺に生育する樹木の枝葉は成長に伴って送電線に接近する。このため、一般送配電事業者は、離隔に応じて伐採などで対応している。離隔評価には、LiDAR（Laser Imaging Detection and Ranging）を搭載した航空機レーザー測量が主に用いられているが、緊急の場合など航空機レーザー測量が難しい場合や伐採木の特定のために地上測量が行われる。樹木の繁茂等で見通しが悪い場所では、作業員が鉄塔に登って目測する場合もあり、労務負担や精度のばらつきが課題であった。その課題を解決するため、属人的な確認作業をドローンに代替させることにより、省力化と精度確保を図る。

(3) 装置の特徴

本ワークフローは、ア.精度よく点群を取得するための手法と、イ.点群にもとづいて送電線と樹木等の離隔を評価する離隔評価ツールで構成される（詳細は別添 1）。

ア. 精度よく点群を取得するための手法

① 使用するドローンは、ジンバルによる姿勢安定機能を備えた 4K 画質のカメラを搭載し、全球測位

管理番号	要素 2023　00009-01

システム（GNSS）を利用した自動操縦に対応した市販のクアッドコプタを想定している。

② 点群を取得するために、視野の一部が互いに重複（オーバーラップ）した写真画像を多数撮影し、撮影位置とカメラの角度や焦点距離を特定することにより被写体の三次元的な位置を特定する Structure from Motion（SfM）または Photogrammetry（フォトグラメトリ）と呼ばれる技術を用いる。着色された点群が LiDAR より低コストで入手できるのに加え、歪みのない上空からの俯瞰画像など多様な出力が得られる。こうしたフォトグラメトリを行う商用ソフトは複数存在する。

③ 次の条件を満たすことで、精度よく点群を生成できる（詳細は別添 2）。

「径間上の往復飛行による直下視画像撮影を基本とする」、「電線位置で 85%以上のオーバーラップ率を確保する」、「下相電線の外径＞GSD※1 となる高度範囲で飛行する」、「オーバーラップ率、軌道、高度いずれかを変えて複数回飛行する」

④ ③の条件に加えて、より精度よく点群を生成するために、次の条件が推奨される（詳細は別添 2）。

「鉄塔を視野に入れた斜め画像を複数取得する」

⑤ 基地局などを参照する高精度測位機能を備えていないドローンを用いる場合でも、次の条件を満たすことで、精度良くジオリファレンシング（地理座標と点群を対応）できる（詳細は別添 2）。

「鉄塔アーム先端など 4 箇所程度を GCP※2 として利用する」

※1　GSD (Ground Sampling Distance)：カメラの撮像画素 1 つあたりの捉える範囲。
※2　GCP(Ground Control Point)：地上に設置した基準点（既知座標）。

イ．離隔評価ツール

① 送電線の弛み（弛度）が通常時と最大潮流時（最大負荷時）で異なることや横揺れの影響等も配慮し、カテナリー式（双曲線関数）による仮想送電線を定義し（図 6）、仮想送電線と下方の点群との最短距離（ユークリッド距離）を離隔として算出する（詳細は別添 3）。

② 離隔距離に応じて色分けすることで、接近状態を段階的に明示している。その結果は、三次元の点群あるいは二次元の分布として点群ビューワやブラウザ、数値地理情報システム（GIS）ソフト等で閲覧可能（図 9・10）な汎用データ形式で提供される。

③ 樹冠に相当する点群から生成したグリッドモデルの形状から樹頂位置を推定し、離隔距離と併せて判定することにより、伐採が必要な樹木の位置や本数の特定を支援する機能を備える（図 5）。



図 1　ドローンによる点群の取得と離隔評価の概念

資料-2.1

管理番号	要素 2023　00009-01

2．検証データ等(研究または実証試験・運用)

(1) 精度よく点群を取得するための手法

飛行高度、飛行速度、オーバーラップ率、GSD を変化させて点群を生成し、生成した点群との地上の検証点（基準点）（図 2）からの偏差及び電線の再現率を評価した。また、複数回飛行を行うことでの異高度の画像の組合せや、斜めから撮影した画像の組合せから点群を生成し、電線位置の地上の検証点（基準点）からの偏差を検証した。結果、1 往復で画像を撮影する場合においては、電線の径間方向の再現率 50%以上を得るためには、電線直径以上のサンプリング率（電線直径/GSD）>1 かつオーバーラップ率 85%以上が望ましいこと（図 3･4)、異高度の画像（図 4）や斜めから撮影した画像を組み合わせることで精度が向上する事等が判明した。

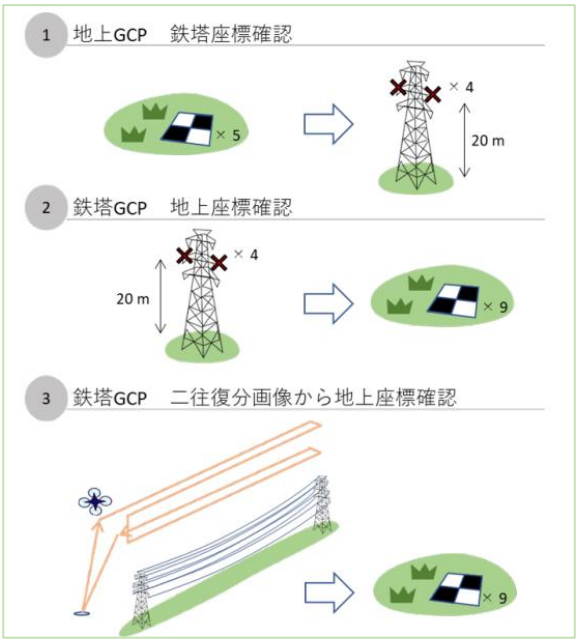


図 2 基準点及び撮影のイメージ

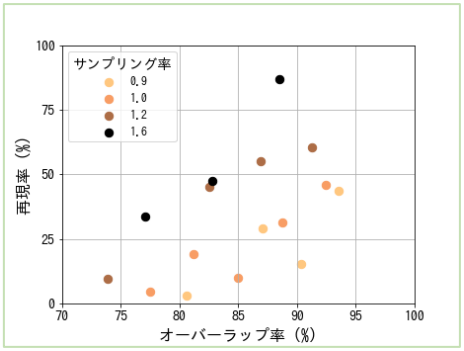


図 3 オーバーラップ率と電線再現率の関係

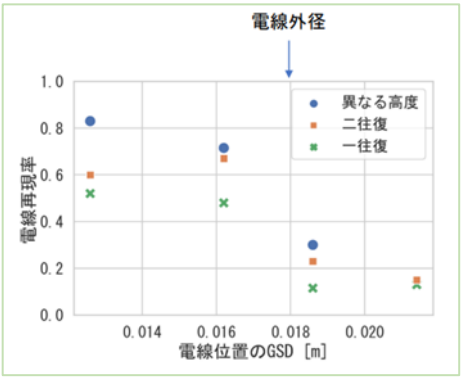


図 4 GSD と電線再現率の関係

(2) 離隔評価ツール

取得した点群をカテナリー曲線で近似し、仮想電線を生成した。電線は最大潮流時には通常時より弛むこと、風による横揺れがあることを仮定して電線の可動範囲を定義し、接近状態を段階的に明示するために離隔距離に応じて彩色するヒートマップを作成した。ツールには上空から撮影した画像にヒートマップや樹頂の推定位置を重ねて参照する機能があり、電線周囲の状況を把握しやすい樹木離隔の情報を得る事ができた（図 5)。現場にフォトグラメトリを実行可能な性能を持つ PC を持ち込んでデータを整理すれば、ドローン飛行からデータ作成までその日のうちに完了することができる。なお、本ツールは航空機レーザー測量による点群にも適用できる。

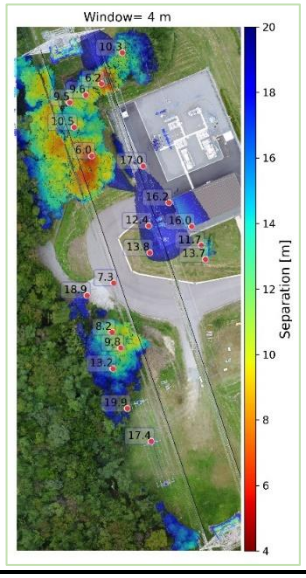


図 5 樹頂と離隔のオーバーレイ表示

管理番号	要素 2023　00009-01

3．運用方法（場所、業務内容、操作など）

典型的な実施工程を下表に示す。

表１　ドローンによる離隔評価の実施工程

No.	工程	実施場所
1	自動操縦プログラム等の事前準備	事業所
2	対象径間を見通せる箇所に離着陸地点を設定	現地
3	自動飛行によるドローンからの撮影	現地
4	取得した画像から点群やオルソモザイク（俯瞰画像）を作製	現地
5	離隔評価ツールによる離隔距離の計算	現地
6	離隔計算結果に基づく伐採木の本数算出	現地
7	保安伐採発注のための仕様作製	事業所

4．特記事項（課題、考慮すべき事項、その他）

想定されるインシデントは、墜落とそれに伴う機材・データの喪失、バッテリーへの衝撃を発端とする火災、墜落による人身被害であり、予防的対応が主となる。

表２　想定インシデントに対する対応例

対応	種別
原則として国交省の定める昼間の目視内飛行	予防
運用時には対象地域に第三者が存在しないことを確認	予防
商用の小型ドローンを基本スペックで運用し、メーカーの定める気象条件内で、撮影が可能な状況にて運用する	予防
国交省のドローン情報基盤システム2.0（DIPS2.0）に従い、点検、計画通報、事故時の報告を行う	管理
賠償責任保険の加入を原則とする	事後対応

5．今後の予定

枝葉が繁茂していると幹の位置を検出することができず、樹木個体を特定することが難しいことに対応し、林冠の形状から樹木個体を特定する技術を開発する。

開発者名称	一般財団法人　電力中央研究所
連絡先等 (担当者、組織名、 住所、電話番号)	（当該案件連絡先） 組織名・部署：一般財団法人　電力中央研究所　サステナブルシステム研究本部 担当者：中屋 耕 〒 270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL：070-6568-9817　E-mail：cow@criepi.denken.or.jp

スマート保安技術カタログ

資料-3.1

管理番号	要素 2023　00009-01

別添: 詳細仕様書・オプション

1 離隔評価ワークフロー

表 3　離隔評価ワークフロー

1 点群生成

- 1 フライトプランの設定
- 2 ドローンによる画像撮影
- 3 点群の作成

1 精度よく点群を取得する手法の提案

- 着実に点群を取得するための撮影要件
- 飛行高度・速度と撮影インターバルの組み合わせ

（電力中央研究所研究報告：SS22002、SS22010）

2 離隔評価

- 4 電線支持点、中間点の読み取り
- 5 仮想送電線の生成
- 6 規定離隔モデルの生成
- 7 点群のスクリーニング
- 8 離隔点群の出力

2 離隔評価ツールの開発

- 現場でワンストップで離隔評価を行う
- 仮想電線を設定（現況、設定値に対応）
- モバイルGISアプリ等による離隔表示

（電力中央研究所研究報告：SS22003, SS23007）

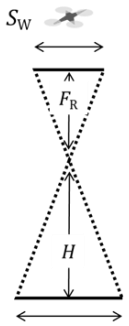
2 提案する推奨条件

表 4　提案する推奨条件

	項目	必要性	目的
1	径間上の往復飛行による直下視画像撮影を基本	高	効率的なドローン運用
2	電線位置で85%以上のオーバーラップ	高	電線再現率向上
3	下相電線の外径＞GSDとなる高度範囲で飛行	高	電線再現率向上
4	オーバーラップ、軌道、高度いずれかを変えた複数回飛行	高	点群再現率・取得確度向上
5	鉄塔アーム先端など4箇所をGCPとして利用	推奨	ジオリファレンシング
6	鉄塔を視野に入れた斜め画像を複数取得	推奨	位置精度・電線支持点再現性向上

GSD（Ground Sampling Distance）：撮像位置のピクセル間距離（1つの画素が捉える範囲）、カメラとの距離や解像度で決まる
GCP（Ground Control Point）：地上検証点
ジオリファレンシング：特定の精度（公共測量要件など）で座標値が特定されていること

GSDについて



実焦点距離F_R (mm)と高度H (m)および受光素子サイズの横幅S_W (mm)、地上での撮影幅D_W (mm)を用いて

$$H = D_W \cdot F_R / S_W \quad (1)$$

GSDとイメージ幅imW（画素数）の関係を用いて、高度とGSDの関係は以下の通り

$$D_W = \mathrm{imW} \cdot \mathrm{GSD}/100 \quad (2)$$

$$H = \frac{\mathrm{imW} \cdot \mathrm{GSD} \cdot F_R}{100 \cdot S_W} \quad (3)$$

資料-3.2

管理番号	要素 2023　00009-01

3 仮想送電線と離隔の定義

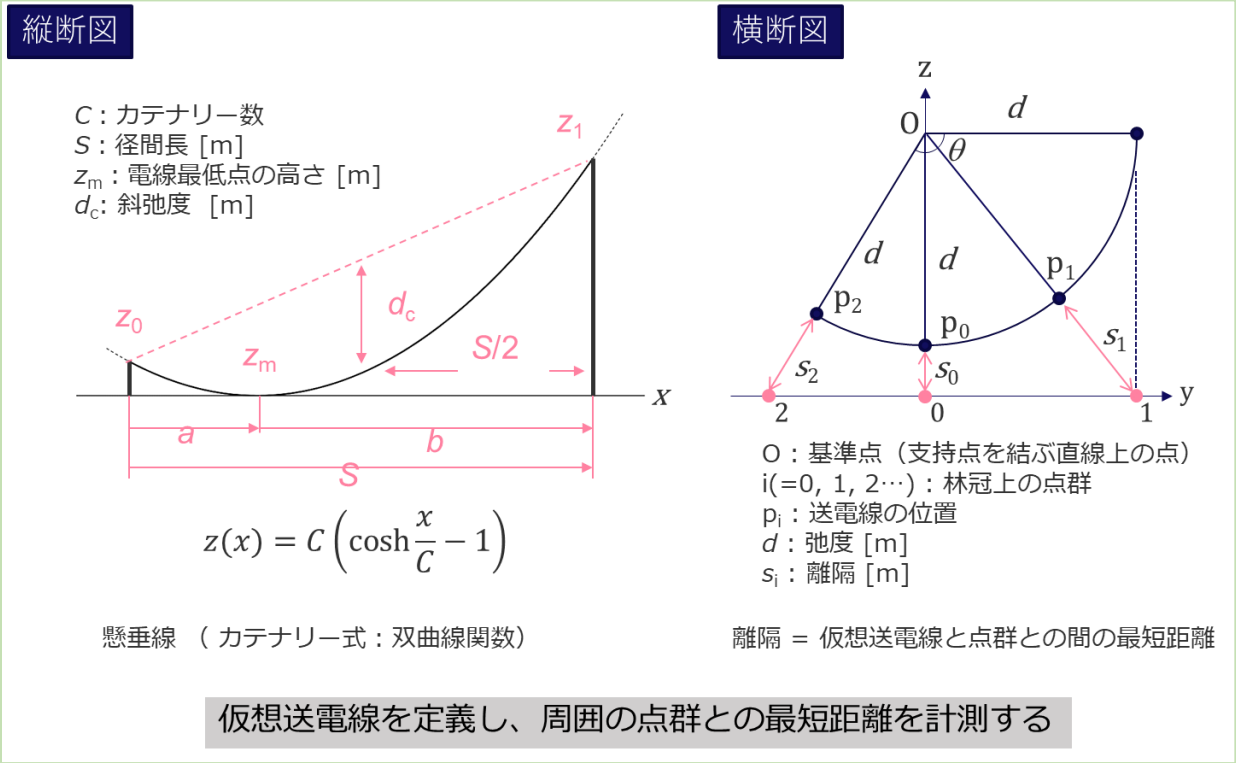


図 6　仮想送電線と離隔の定義

4 参考文献

[1] 中屋耕，大石祐嗣，鈴木準平，送電線と樹木の離隔計測への小型無人飛行機の適用性評価，研究報告，2016, V15004.

[2] 中屋耕，小型無人航空機を活用した架空送電線の離隔評価手法の開発 －精度におよぼす影響要因の評価－，電力中央研究所研究報告, 2022, SS22002.

[3] 中屋耕，小型無人航空機を活用した架空送電線の離隔評価手法の開発 －送電線の動的変位を考慮した離隔評価手法－，電力中央研究所研究報告, 2022, SS22003.

[4] 中屋耕，小型無人航空機を活用した架空送電線の離隔評価手法の開発 －離隔評価に適した点群の取得手法－，電力中央研究所研究報告, 2022, SS22010.

[5] 中屋耕，ドローンによるフォトグラメトリを活用した架空送電線下の接近木調査手法の開発，電力中央研究所研究報告, 2024, SS23007.

管理番号	要素 2023　00009-01

別添: 写真・図面



図 7 架線状況から離隔を評価する GUI

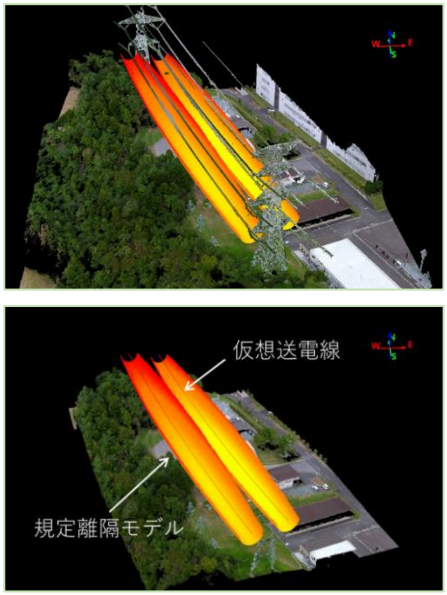


図 8 規定離隔モデルの定義と余分な点群の削除

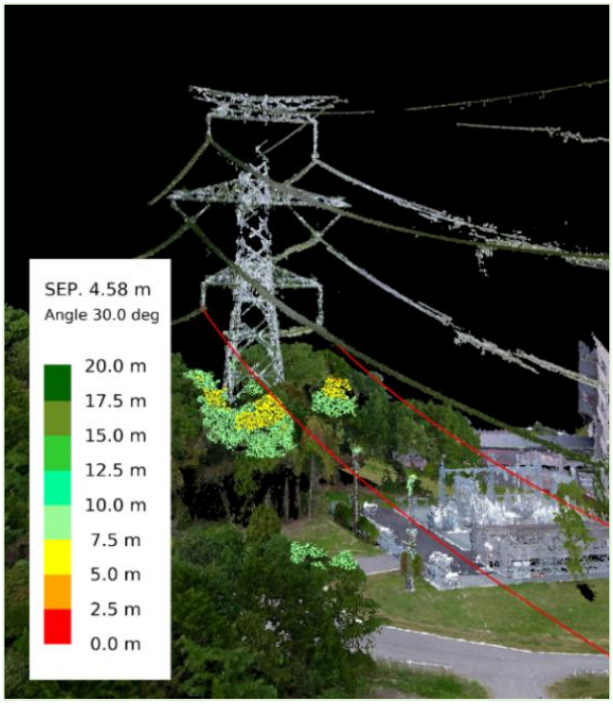


図 9 点群上に離隔ヒートマップをオーバーレイ

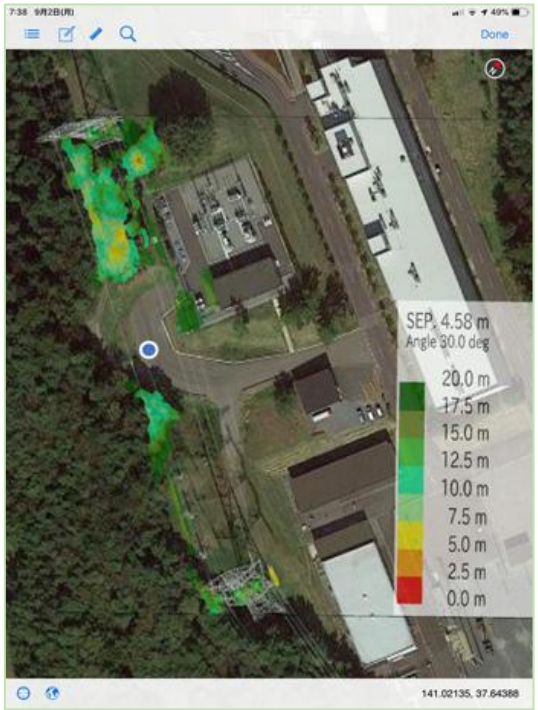


図 10 モバイル端末でのヒートマップ平面表示

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2024　00010-01		
技術区分	IoT 機器、システム		
保安技術名称	自動点検機能を搭載したマルチリレー		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術　　登録年月日:　2024 年 5 月 30 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	需要設備		
活用シーン	保護、計測、制御の機能をすべて一台に集約したマルチリレーにおいて、保護回路を二重化し、設備運用中でも片系で保護を行いながら保護特性試験を実施する自動点検機能を追加して機能試験を自動化することで、試験要員の削減及び停電時間の短縮や無停電での保護リレーの性能試験が実施可能となる。 年次点検における停電時間の短縮や点検費用の削減に加えて、試験で変更した設定値の戻し忘れなどの設定値に係る人為ミスを防止することや試験前後における設定値の確認作業の大幅な短縮が見込まれる。		

1．技術内容

(1) 技術の概要

保護、計測、制御の機能をすべて一台に集約したマルチリレーに自動点検機能※1 を追加することで、受配電設備の定期点検を効率的に実施することが可能となる。

ア 保守点検業務の省力化

システム化により、点検業務で専用試験器の準備など点検を行うまでの付帯作業が削減可能となり、点検業務の作業人員を削減できる。

イ 試験時間の短縮化

試験準備～実行を PC から自動で行うため、試験器準備、設定、試験、撤収に係る作業が削減されるために、短時間で試験が完了する。

ウ 点検周期の長期化

設備運用中に保護リレーの特性試験(無停電)を行い、保護性能の健全性を担保することで試験周期の延長が可能である。

エ 点検品質の均一化

点検試験における設定誤り、設定の戻し忘れを回避し、点検品質の均一化や大幅な設定値の確認作業の短縮が可能である。

※1 自動点検機能とは、保護リレーの保護特性試験等を、外部試験装置を用いずにリレー本体内で自動試験する機能。

(2) 機能と特徴

ア 機能

① 自動点検機能

自動点検機能にて、下記の機能試験を処理ユニット(PC)から遠隔で行うことができる。

a 操作連動試験(停電点検時)

マルチリレーの遮断器制御回路より遮断器を動作させ、遮断器動作時間を計測し、良否を判定する。

管理番号	要素 2024　00010-01

b 保護連動試験(停電点検時)

マルチリレーの内部機能により、保護特性試験信号を発生させ、保護回路を動作させて保護回路が動作し、遮断器の連動トリップ動作確認が完了するまでの時間を計測して良否判定を行う。

c 保護特性試験(停電中でなくとも試験可能)

マルチリレー(MP31)の内部機能により、保護特性試験信号を発生させ、保護回路を動作させて保護回路が動作するまでの時間を計測し、良否を判定する。

◆ 入力回路の二重化を活用し、点検時は片系で保護を行いながら点検を行う。無保護時間をなくすことにより、無停電での点検が可能となる。(図 1)

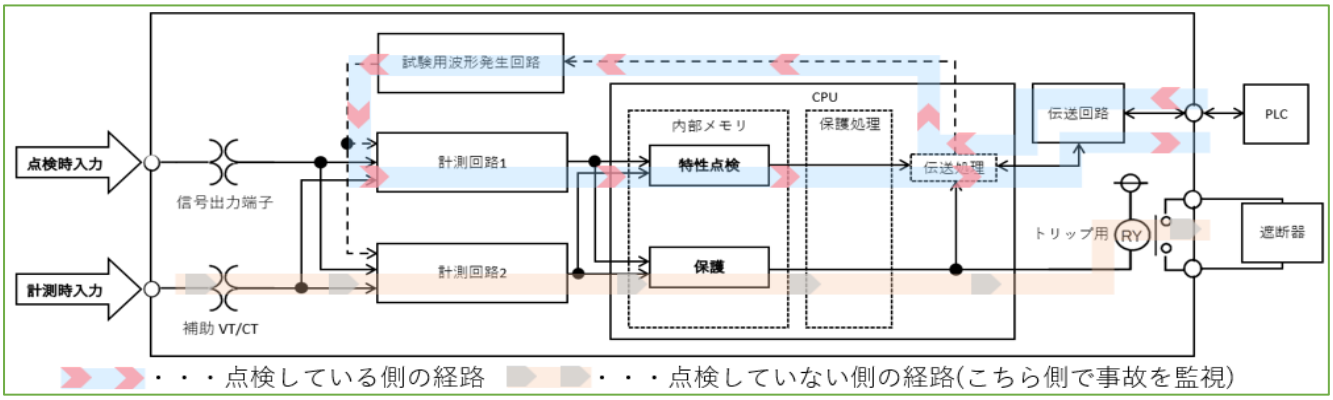


図 1　片系で保護を行いながらの点検(保護回路の二重化)

② I_0, V_0監視機能(図 2)

マルチリレーから収集した I_0, V_0（零相電流・零相電圧）を、電力監視システムのヒストリカルトレンド機能に登録することにより、長期期間での傾向監視を行うことで高圧電路における地絡の早期検出を行うことができる。(高圧絶縁監視機能)



図 2 ヒストリカルトレンド表示画面

管理番号	要素 2024　00010-01

③ マルチリレーツール(図 3)

マルチリレー(MP31)単体でもマルチリレーツールを使用することでノート PC から設定値の読出しや書き込み、保護特性試験の実施が可能である。(専用ソフトウェア、USB ケーブルが必須)

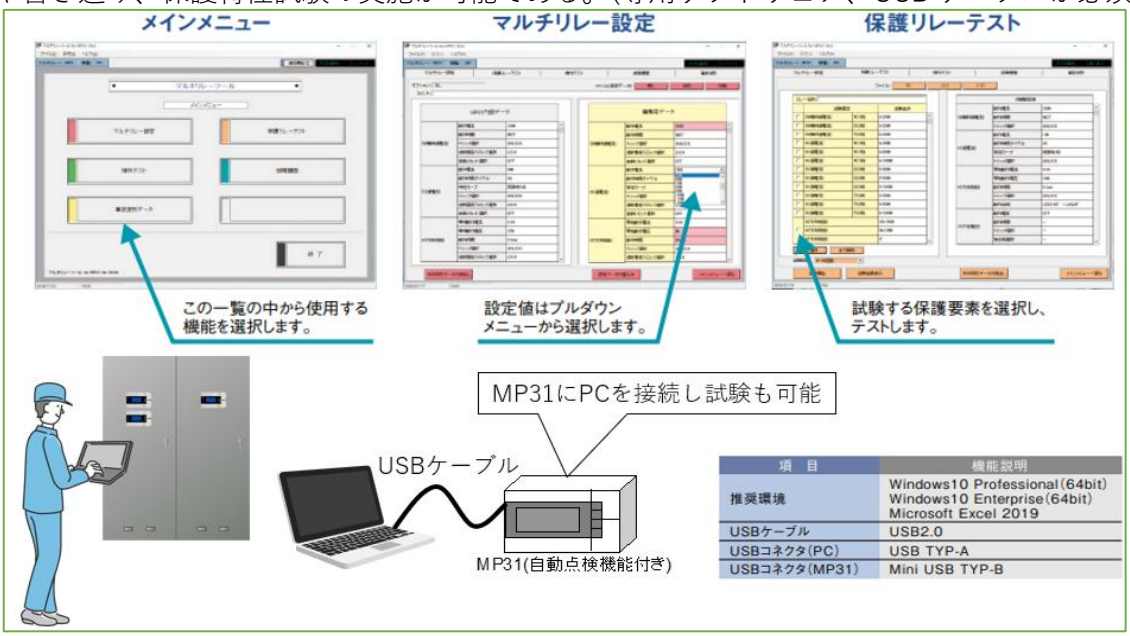


図 3 マルチリレーツール詳細図

イ 特徴

① 自動点検機能により、次のメリットがある。

a 保守点検業務の作業人員を削減できる。

b 試験準備から実行まで全て監視 PC から自動で行うため、短時間かつスムーズに試験ができる。

c 誤記、判定ミス、整定値の誤り、設定の戻し忘れなどを防止でき点検品質を均一化できる。

② 自動点検機能による機能試験の日時をカレンダーで任意に設定・確認できる。

③ 保護回路の二重化により、無保護時間をなくし、無停電での保護リレーの特性試験ができる。

④ 試験結果及び試験前後の整定値を自動的に帳票化することで、結果の確認や比較ができる。(図 4)

⑤ I_0, V_0値をトレンド管理することで高圧絶縁監視機能として活用できる。

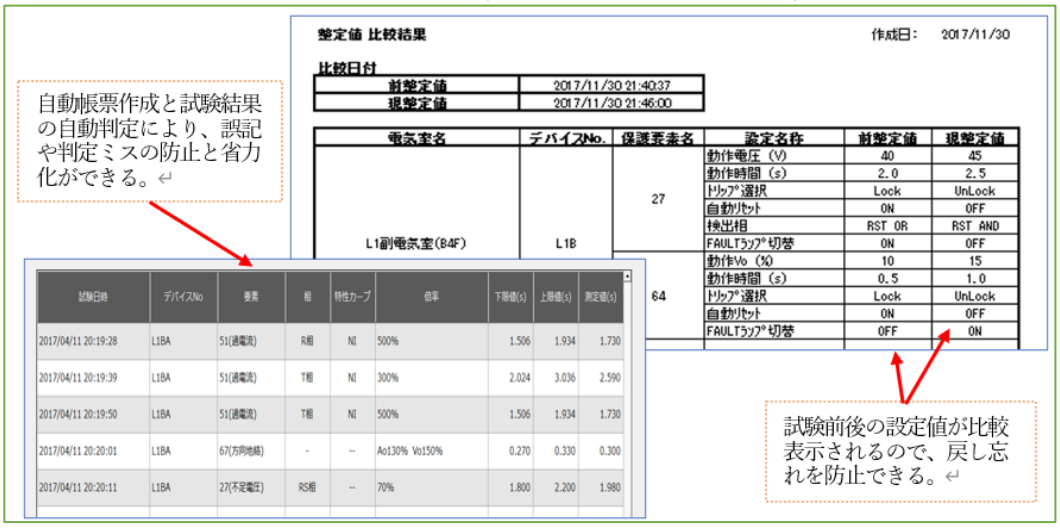


図 4 試験結果(左下)と試験前後の整定値比較表(右上)の帳票例

スマート保安技術カタログ

資料-2

管理番号	要素 2024　00010-01

2．導入効果及び運用実績

(1) 導入効果の評価

ア 一般的な電気室(マルチリレー13 台)の規模での点検作業時間の比較を実施した。
従来点検では試験項目によって最大 3 人で対応していたが、自動点検システムを用いることにより、1 人での点検が可能となり、総点検時間は 75%削減(20 時間 → 4.9 時間へ)された。

イ 保護特性試験により、MP31 の保護特性の健全性を定期的にチェックするとともに、簡単に設定値の確認が可能となり、お客様の安心に寄与した。

(2) 運用実績

自動点検機能は、三菱電機株式会社の受配電監視制御システム（MELSAS-S）のオプション機能として搭載が可能な機能であり。保護リレーに MP31 を使用している電力監視システムへの機能追加であれば、ハードウェアの追加は必要無く、ソフトウェアの追加のみで、安価で機能を実現できる。

なお、2001 年より交通、ビル、工場を中心に 2024 年現在で 104 件の納入実績があり、納入当初の初期不具合を解消してからは自動点検機能付きマルチリレーの不具合報告はない。

3. 特記事項

(1)すでに別の電力監視システムを導入している場合は別で設置する必要があり、更新のタイミングで同時導入し、1 つの電力監視システムで自動点検機能を付加することが可能となる。

(2)点検条件の設定後は自動で点検を実施するために、保護設定及び手動試験に係る技術継承ができない技術力低下のリスクを避けるため、保安力の維持向上に関する研修を定期的に行うことを推奨する。

開発者名称	三菱電機株式会社
連絡先等 (担当者、組織名、住所、電話番号)	（当該案件連絡先） 組織名・部署：三菱電機株式会社 受配電システム製作所 開発戦略プロジェクトグループ　新事業創出グループ 担当者： 小須田　貴之 〒 763-8516　香川県丸亀市蓬莱町 8 番地 TEL：0877-24-8023　E-mail：Kosuda.Takayuki@ak.MitsubishiElectric.co.jp

資料-3.1

管理番号	要素 2024　00010-01

別添: 詳細仕様書・オプション

◆ マルチリレー(MP31)

従来の単機能の保護リレーとは異なり、高機能と信頼性をコンパクトに凝縮したマルチリレー。

ア 高機能

① 計測、保護、制御の機能を 1 台に集約。

② ワイドレンジ CT との組み合わせにより、CT を交換せずに CT 一次定格の切り替えが可能。

③ 監視システムとの組合せにより、自動点検システムを構築でき、設備運用中に保護特性の確認が可能。

イ 信頼性

① 電流/電圧などの入力回路を冗長化し信頼性を向上した。

② 携帯電話の電磁波や、外来ノイズ、サージに対して高い耐量を保有。

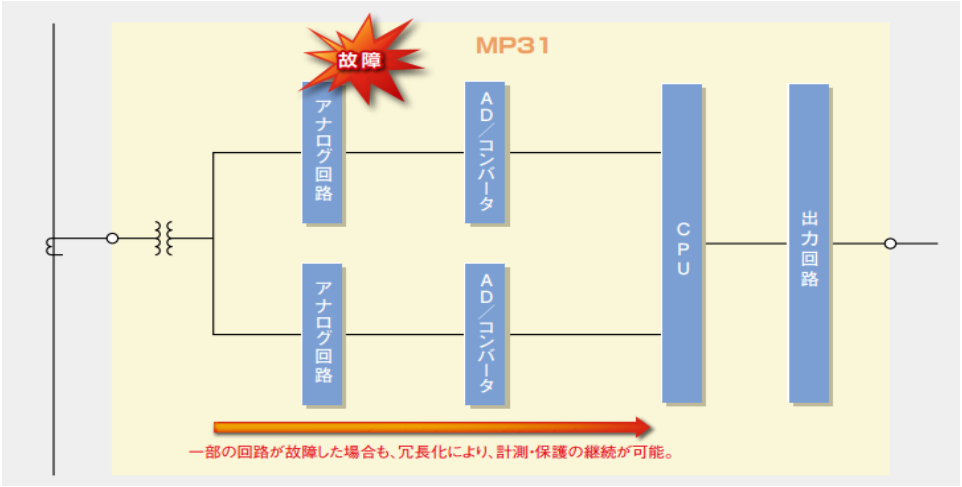


図 5 マルチリレー(MP31)の保護回路図

a. 内部計測回路を二重化し、通常運用時は両回路のサンプリングデータの AND にて保護判定。

b. 保護特性試験時は、二つの計測回路を切換えて試験を実行するため、設備運用中（停電無し）での保護特性試験を実施可能。

c. 保護特性試験の実行は、電力監視システムのスケジュール機能にて、設定されたスケジュールにて自動で実行。

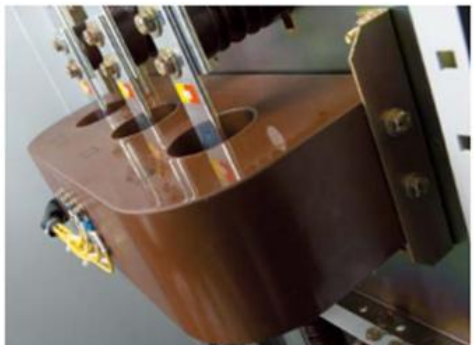


図 6 ZCT 一体型ワイドレンジ CT



図 7 マルチリレー(MP31)外観

資料-3.2

管理番号	要素 2024　00010-01

項　目			仕　様
制御電源			DC75～260V、AC85～250V（50/60Hz）瞬低20ms許容
消費負担	制御電源※1		DC110V:6VA以下　DC220V:6VA以下　AC110V:13VA以下　AC200V:16VA以下
	VT回路		0.1VA以下/1回路
	CT回路		0.1VA以下/1回路
停電保証			各設定値および故障履歴、Wh、varh、V_{0max}、DA_{max}、DW_{max}の値をEEPROMにてバックアップします。
使用温度範囲			−20～60℃
使用湿度範囲			10～90%RH（但し結露のないこと）
保存温度範囲			−20～70℃
保存湿度範囲			10～90%RH（但し結露のないこと）
標高			2000m以下
耐ノイズ			ノイズシミュレータ:2kV$_{P-P}$、1μs/100ns ダンピングオシレータ:周波数1.0～1.5MHz、電圧（第1波～Peak）2.5～3.0kV
耐静電気			±8kV（非接触）
耐インパルス（1.2/50μs）			電気回路一括～E端子:±4.5kV　VT/CT回路相互間:±4.5kV　（伝送ラインを除く）
耐電圧			電気回路一括～E端子:AC2000V/1min　電気回路相互間:AC2000V/1min　（伝送ラインを除く） 出力接点極間:AC1000V/1min
過負荷耐量	電流		5A×1.3倍（連続） 200A、1s、2回（1min間隔）
	電圧		110V×1.15倍、3h
	零相電流	ZCT	30A
		3CT	200A、1s、2回（1min間隔）
	零相電圧	ZPD	7V×1.1倍
		EVT	7V×1.1倍（EVT変換拡張ユニットにて190/110Vを7Vに降圧）
絶縁抵抗			電気回路一括～E端子間:DC500Vにて10MΩ以上
耐振動			16.7Hz、振幅0.4mm、10min、XYZ方向 10Hz、振幅5mm、30s、XYZ方向
耐衝撃			500m/s^2、XYZ方向、各2回
耐電磁波			携帯電話（2GHz帯/0.25W）、PHS（1.9GHz帯/10mW）:密着状態で使用可能です。 無線LAN（IEEE 802.11a/b/g）:密着状態で使用可能です。 各種トランシーバ（154MHz/5W、468MHz/5W）:20cm以上離れて使用してください。
質量			2kg以下
構造			固定形（引出し形ではありません）

表 1 マルチリレー（MP31）一般仕様

機　能	内　容
保護機能	50、51、67、51G、27、59、64、46、49 各保護要素の警報表示は、設定により汎用出力1～8から出力可能です。
警報機能	27H、95、デマンド上限 各保護要素の警報表示は、設定により汎用出力1～8から出力可能です。
計測機能	A、DA、DA_{max}、V、W、DW、DW_{max}、Wh、var、varh、Hz、cosφ、A_0、V_0、V_{0max} 高調波計測（3/5/7/9/11/13次、総合2～15次）
制御機能	遮断器のON/OFF、REMOTE/LOCAL切換え、REMOTE/LOCAL使用選択、 トリップロック設定、投入ロック設定、汎用入出力設定、CB-ONタイマ、モータ始動時51、49インターロック
機器監視機能	遮断器動作監視
フェールセーフと自己診断機能	遮断器ON/OFF出力およびTRIP出力の監視、CPU、メモリ、ADコンバータ、内部電源出力の異常監視、 アナログ回路の冗長化
履歴機能	過去5回分の故障電流または電圧、動作時間（始動入力から保護継電器動作までの経過時間）、 モータ運転回数、モータ運転時間
CC-Link, CDL伝送機能（オプション）	各種計測量、保護動作情報、遮断器のON/OFF状態などの送信および中央からの遮断器のON/OFF操作
トランスデューサ機能（オプション）	各種計測量のアナログ出力（DC4～20mAまたはDC0～5V、Wh、varhはパルス出力）

表 2 マルチリレー（MP31）機能詳細仕様

資料-3.3

管理番号	要素 2024　00010-01

◆ 受配電監視制御システム(MELSAS-S)

受変電設備の高度な状態監視・制御を提供

① 操作性・視認性向上
　・グラフ、メータなど必要な情報が一目瞭然

② 保護リレー自動点検機能搭載
　・自動で**運用中に保護リレーの定期点検実施**可能
　・点検レポートも自動作成

③ Web による遠隔監視の実現

④ 電力データロギング、デマンド監視・制御、
　・力率改善制御で省エネ実現



図 8 受配電監視制御システム(MELSAS-S)外観

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2024　00011-01		
技術区分	IoT センサー		
保安技術名称	サーモパイルアレイセンサーによる発熱監視システム		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術　　登録年月日:　2024 年 6 月 24 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	需要設備、発電設備		
活用シーン	電気保安点検では、非接触温度測定装置(サーモビュアー等)による接続部や端子部の過熱、変圧器の過負荷及び電線の発熱バランスの確認など点検・測定のデジタル化が進められている。このシステムは比較的安価かつ容易に導入可能なサーモパイルアレイセンサーを用いた発熱監視に関する技術であり、管理対象設備にセンサーを固定設置して発熱を常時監視することで、不具合箇所の前兆をいち早く検知・通報し、早期対応することで不具合発生率の低下と高い稼働率を確保することを目的としている。		

1.　技術内容

(1) 原理

サーモパイルは、複数の熱電対を直列に接続したもので、熱エネルギーを電気エネルギーに直接変換する変換器であり、サーモパイル素子の受光部が赤外線を受けると熱へと変換され、ゼーベック効果※により電圧へと変換され出力される。(図 1)

サーモパイルアレイセンサーは、複数の素子(サーモパイル)がセンサー内部に整列して配置接続されている。

(例: 8×8 素子や 32×32 素子の配列)

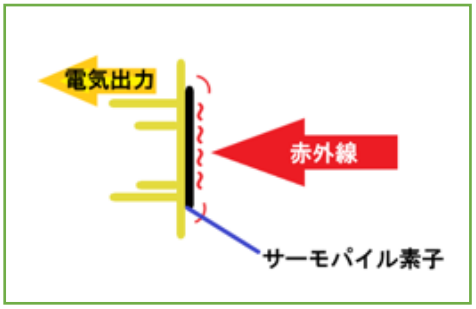


図 1　エネルギー変換の概念

※ ゼーベック効果とは、異なる金属または半導体に温度差を設けると電圧が発生する現象で、熱電効果の一種である。

(2) 機能

この装置は、測定エリアからの赤外線エネルギーを検知し、温度換算して出力する視野 90° のサーモ パイルアレイセンサーと、センサーから出力されたデジタルデータを集約し、各種設定、各画素の温度表示及び閾値を越えた温度を検出した際にアラーム出力するコントローラによって構成されている。(図 2)

コントローラの画面で各センサーの計測温度を確認できる他、付属の専用 PC ソフトにより、各センサーの熱画像及び各素子の温度をコントローラ経由で PC にて確認することができる。



コントローラ　48×48×73mm　120g　　センサー　45×45×19mm　35g

図 2 温度監視ユニットの外観

なお、サーモパイルアレイセンサーは、熱画像(サーモグラフィ)を作り出すことができるため、異常発熱の検知に容易に使用可能で、近接距離や広い空間でも計測可能であり、火災防止、予知保全及び省エネ等の多くの分野での活用が見込まれる。

管理番号	要素 2024　00011-01

(3) 装置の特徴

ア 通常モード(928 画素)と高速モード(232 画素)の選択肢があり、各画素の温度分布を検知し、コントローラで設定した閾値を越えた際にアラームを出力する。

なお、データサンプリングは、通常モードが約 1 秒/台、高速モードが約 0.5 秒/台である。

イ センサーの視野角は 90×90° と近接距離での計測を可能としており、10cm の距離で 20cm×20cm、1m の距離で 4 ㎡の範囲をカバーできる。

ウ センサー計測温度は 0°C～250°Cであり、温度分解能は 0.1°Cである。

エ コントローラ 1 台につき最大 16 個のセンサーを接続可能であるが、センサーからコントローラ間配線距離(RS485 通信)は 15m以内とする。

オ アラームは、閾値設定の入・切と視野内固定 16 エリアの閾値超過(temp)の他、センサー通信異常(comm)を通知する。

カ 導入者の自社監視システム内にセンサー単体を接続する場合(コントローラ無しで運用できるシステムを保有する事業者)には、通信プロトコルを特別公開可能としている。

キ 無償の専用 PC ソフトによって、PC に熱画像表示させて温度分布の可視化や発熱部の特定に活用することが可能の他、画面表示の各画素には温度が表示されており、色と数値により発熱状況が把握できる。

ク センサーとコントローラを一式とした小型でコンパクトな構成となっており、低価格かつスモールスタートが可能な製品となっている。

(4) 構成図

複数のセンサー(最大 16 台)で取得した温度データを有線通信(RS485)でコントローラに集約し、コントローラで設定した閾値を越えた温度を検出した際にはアラーム出力し、警報器やメール通知システムを利用して担当者へ異常を通知する。(図 3)

異常通知を受けた担当者は、現場に出向きコントローラでログ確認し、対象設備の点検及び復旧作業を行い、復旧後にコントローラのアラームクリア操作を実施する。

また、遠隔地での発熱の常時監視としては、コントローラから各センサーの温度分布データを有線接続(RS485 ModbusRTU)で取得することができるので、PLC を利用した導入者独自のアルゴリズムの構築環境において、専用 PC ソフトでの詳細な熱画像表示や各素子の温度表示を運用可能としている。

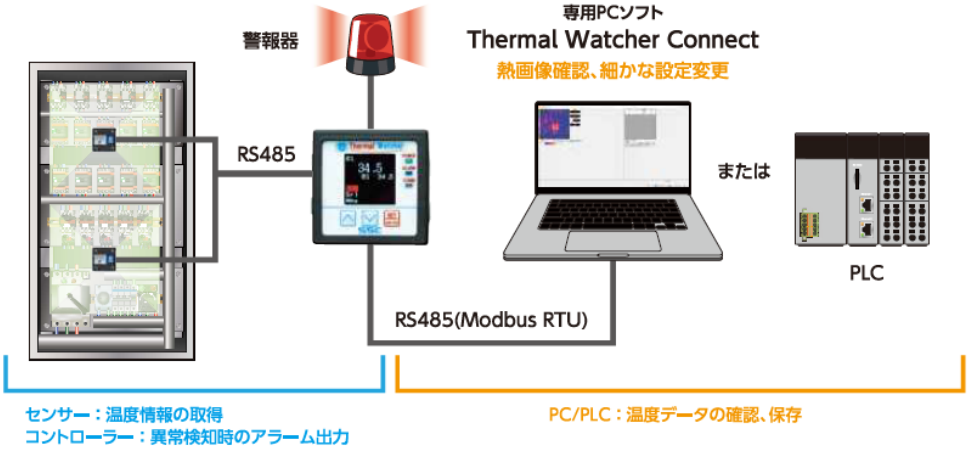


図 3　構成図

管理番号	要素 2024　00011-01

2．電気保安の活用例（保全員が行う制御盤点検の自動化/常時監視）

過去に過負荷による発火事故が発生し、保全員が毎日巡回点検している電気設備点検業務の効率化を目的に、制御盤点検の自動化による人的コスト削減と常時監視による設備安全性の向上をはかる。

ア 現行の作業形態

保全員が制御盤や設備をハンディサーモカメラで定期的に測定・確認している。

イ 改善後の監視体制

① サーマルウォッチャーを制御盤内に設置し、温度データをコントローラから取得し、制御盤を開けずに温度監視が可能となった。（点検の自動化）

② 常時監視により温度異常(発熱)を早期検知・通報し、保全員が即応することでトラブルの未然防止をはかる。（前兆現象の把握による予防保全）

③ 今まで見ることができなかった細かな温度変化を見ることが可能となった。

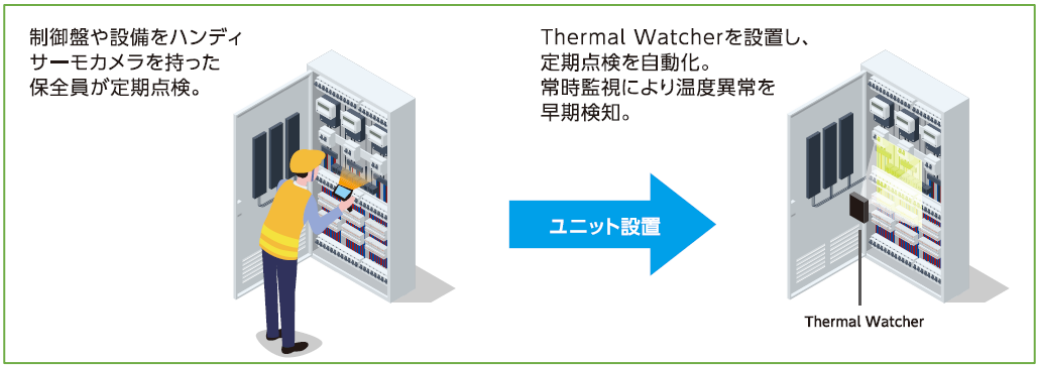


図 4　巡視点検の改善事例

3．検証試験

（1）試験方法

開発事業者のキュービクル内の変圧器 2 台を監視対象として、ユニット(センサー2 台)を設置し、2024 年 1 月から温度データと運用に係る知見の収集を実施している。(図 5)

キュービクル内の変圧器及び周囲の温度データを通常モード(928 画素)にて約 1 分間隔で取得し、警報通知に加えて、計測した温度データはパソコンで閲覧・保存している。

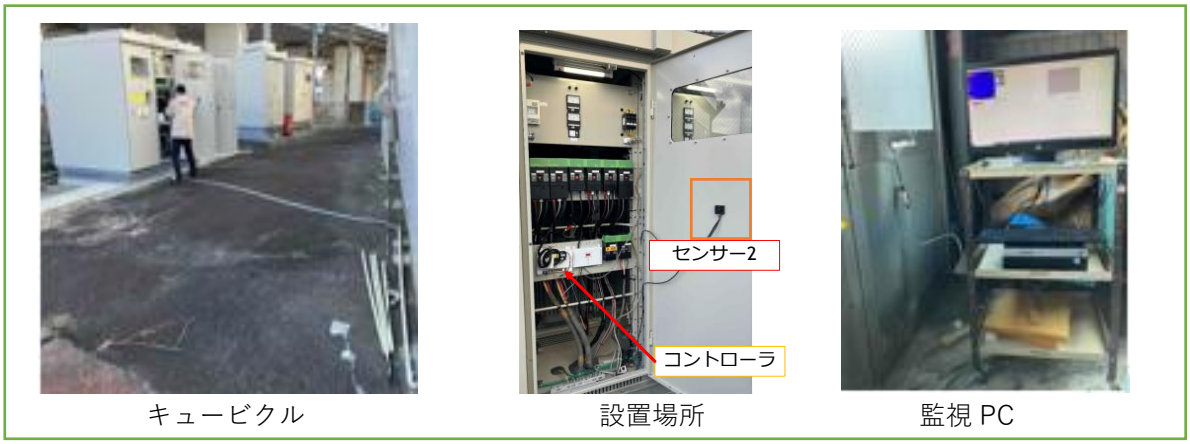


図 5　試験環境の概要

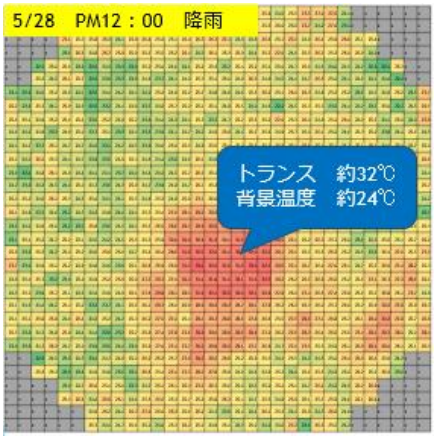
管理番号	要素 2024　00011-01

（2）試験結果

ア 温度計測データ表示



監視対象写真



温度分布

図 6　計測温度データの分布図

イ 総合評価

① コントローラ又は PC による運用だけでなく、通信回線(無線を含む)を利用した遠隔地での常時監視でも十分に活用可能である。

② 監視する対象物や監視目的及び頻度等を十分に検討し、最適な監視手法や製品(画素数)を選択することが経済的かつ品質上で重要である。

③ アラーム閾値の一定設定機能に加えて、可変閾値設定ができる機能があると利便性が向上するのではないかと検討中である。(変化する周囲温度との差分を閾値設定とするなど)

ウ 運用時に考慮すべき事項

① アクリル板を避けて設置する或いは赤外線透過アクリル板等を使用する必要がある。
（赤外線は透明なアクリル板であっても透過しないために計測不能）

② 塵埃や湿気の多い場所では、レンズ部の保護或いは定期的な清掃が必要である。

③ 直射日光や他機器の放熱など周囲環境を考慮する必要があり、太陽光反射や日光による鉄板等の温度上昇の影響を確認し、設置場所やアラーム設定上で考慮する必要がある。

・ 冬場でもキュービクルの鉄板が日光にさらされ続けるとキュービクル内部壁面がトランス表面以上に高温となった現象が確認された。

・ キュービクルの点検窓(ガラス)からの日差しで、鉄板或いは配線用遮断器本体が温められて、約 40～45℃の温度が表示された。(図 7)

④ 赤外線放射率が低く反射率が高い光沢のある金属の温度計測では、正確な温度測定ができないので、接続金属端子部等では金属端子本体ではなく保護被覆や電線の温度変化で判断することを検討する必要がある。



図 7　直射日光の影響

スマート保安技術カタログ

資料-2.3

管理番号	要素 2024　00011-01

4．運用方法

本装置から出力されるアラーム出力を警報器や通知システムと連携させた遠隔監視を行い、発報時に現場保全員が速やかな点検と早期復旧を実施する運用となる。

(1) 異常時にはアラーム出力と連携させた警報器等により、現場担当者へ異常を通知する。

なお、コントローラとデータ通信装置を活用して、アラーム内容の確認・判断や設定値の変更及びアラームクリア等が遠隔地操作で可能となる。

(2) 保全員は、異常が発生した箇所をコントローラの異常ログで確認し、不具合発生箇所を点検し、速やかに復旧業務にあたる。

(3) 異常ログの確認や設定変更は、コントローラの液晶表示をボタン操作で切り替えて実施する。

5．今後の予定

(1) 実証試験

ア　SSC 三重拠点キュービクル内での検証試験を継続する。

イ　年間(四季)によるデータ推移やイレギュラー発生等を検証する。

ウ　キュービクル内の設備全体を対象とした発熱管理の評価試験を実施する。

エ　LBS を測定対象にしたデータ取り(ヒューズや接続部)を実施する。

(2) 複数社による評価

キュービクルメーカーを含めた複数社が検証及び評価を進める。

(3) AI による異常判断

別件で試験中の AI 学習機能内蔵 CPU(マイコンチップ)をサーマルウォッチャーに利用できないか検討中であり、クラウドや外部サーバーでデータ解析や良否判断するのではなく、AI 活用による判断はユニット内で完結することを目指す。

これにより閾値の定値設定が不要となり、現場に合った判定ができる可能性がある。

開発者名称	エスエスシー株式会社
連絡先等 (担当者、組織名、 住所、電話番号)	（当該案件連絡先） 組織名・部署：営業部　班長 担当者：渡辺　クリストファー　真 〒 511-0911　三重県桑名市大字額田 293 番地 ℡：0594-33-3080　E-mail：watanabe@ssc-inc.jp

資料-3.1

管理番号	要素 2024　00011-01

別添: 詳細仕様書・オプション

1．温度監視ユニットの仕様［Thermal Watcher コントローラ(SRW-100) センサー（SSW32-01)］

表 1　コントローラ　SRW-100 の仕様 1

項目	内容
電源電圧	DC 24V±10%
消費電流	30mA
センサー接続台数	16台
保存温度範囲（※）	-20～65℃
使用温度範囲（※）	-20～65℃
保存湿度範囲（※）	90%RH以下
使用湿度範囲（※）	90%RH以下
質量	約120ｇ（付属コネクタを含む）

※　氷結及び結露無きこと

表 2 コントローラ　SRW-100 の仕様 2

項目	内容
サンプリング周期	通常モード：約1秒/台 高速モード：約0.5秒/台
表示分解能	0.1℃
ホスト間通信	RS-485【Modbus RTU】 通信速度：変更可能 115,200、57,600、38,400、 19,200、9,600bps
センサー間通信	RS-485、Modbus RTU（通信速度：115,200bps）
アラーム出力	1ch（フォトMOSリレー）　最大定格26.8V, 100mA
ID設定	設定画面にて設定　1～247
終端抵抗	設定画面にて設定 センサー側：OFF/ON 外部通信側：OFF/ON
アラーム内容	閾値超過(temp)、センサー通信異常(comm)
最大ケーブル長(※1)	10m　（SRW-100 ～ PC等のホスト機器）

※1　保証対象外ではあるが、長距離通信(250～500m)の参考試験を実施し、外部干渉がないなどの条件下で通信確保が可能であることを確認している。(現場での通信試験を実施して採用判断すること)

資料-3.2

管理番号	要素 2024　00011-01

表 3 センサー　SSW32-01 の仕様 1

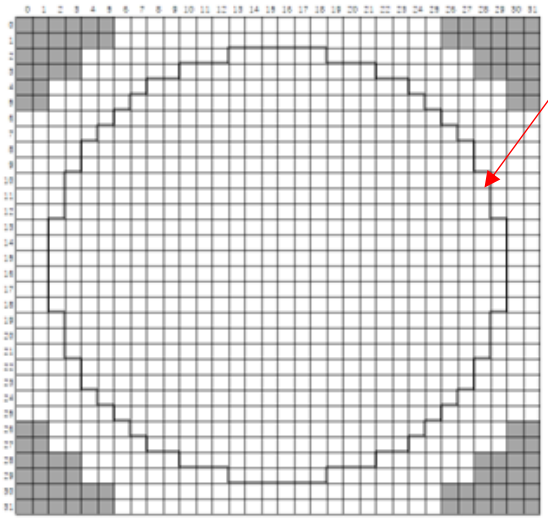
項目	内容
電源電圧	DC 24V（SRW-100より供給）
消費電流	20mA
保存温度範囲（※）	-20～70°C
使用温度範囲（※）	-20～70°C
保存湿度範囲（※）	95%RH以下
使用湿度範囲（※）	95%RH以下
質量	約35ｇ（付属コネクタを含む）

※・・・氷結及び結露無きこと

表4　センサー　SSW32-01 の仕様 2

項目	内容
視野角	X 方向：90°、Y 方向：90°
検出分解能	通常モード：928画素 高速モード：232画素
計測温度範囲　（※1）	0.0～250.0°C
精度　（※2）	±3°C or （対象温度-周囲温度）×±3% の大きい方
コントローラ間通信	RS-485、Modbus RTU（通信速度固定：115,200bps）
ID設定	DIPスイッチにて設定（ID：1～16）
終端抵抗	DIPスイッチにて設定（ON/OFF）
最大ケーブル長	15m（SSW32-01 ～ SRW-100） SSW32-01複数接続の場合は合計ケーブル長

※1　温度範囲外も-20.0～999.0°Cまでの範囲も測定可能だが 0.0～250°Cの範囲外の精度は成り行きのため精度保証外とする。
※2　図 8 の精度定格範囲にて 3×3 画素以上で対象を計測した場合の中央画素の温度値とする。



太枠より外側のピクセルは、面積効果により精度が低下する可能性がある。黒色付きピクセルは無効エリアである。

図 8　精度定格範囲（太枠内）

管理番号	要素 2024　00011-01

別添: 参考資料・写真

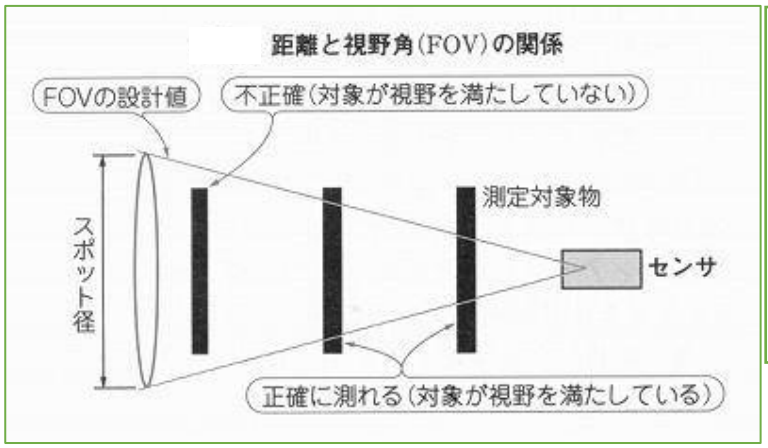
2．サーモパイルアレイセンサーの使用上の注意点(参考)

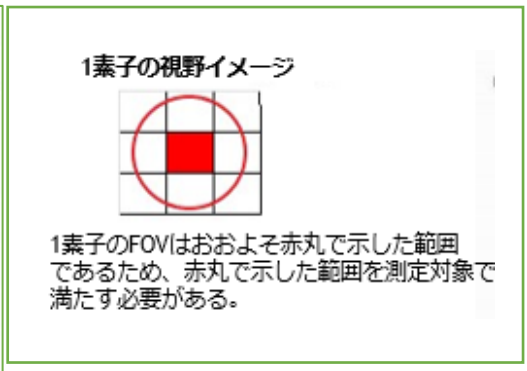
対象物との距離に依存しない条件を守ること。

センサーの 1 素子の視野角(FOV : Field of view)以上に測定対象物が大きい事が必要条件である。

下図のような視野角と距離が無関係になる 条件を守る必要がある。

一般的には、測定対象の寸法が視野径に関する提示仕様値の 1.5 倍程度(以上)を確保する事が精度の高い温度測定の条件となる。





3．温度監視ユニットの外観(Thermal Watcher)



図 9　温度監視ユニット　左：コントローラ(SRW-100)　右：センサー(SSW32-01)

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2024　00012-01		
技術区分	IoT センサ		
保安技術名称	水素ガスセンサを用いた油入変圧器の状態監視		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術　　登録年月日:　2024 年 9 月 27 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	需要設備、発電設備の変圧器		
活用シーン	高圧受変電設備において、中大容量の配電用変圧器に水素ガスと温度の検出機能に限定した水素ガスセンサを設置して、変圧器内部の放電や過熱により絶縁油が分解された時に生成される水素ガス量の増加を常時監視する。これにより、変圧器の状態を把握し健全性を確保すること並びに変圧器の内部異常や経年劣化をリアルタイムに確認することができる。そして、他の測定結果と総合的に評価することで現行設備を極力延命しつつ、安全確保を前提とした定期・計画的な更新をサポートすることが可能である。		

1．技術内容

(1) 技術の概要

油入変圧器内部の放電や過熱などの異常発生時には、異常モードによって絶縁油や絶縁紙から様々な種類の可燃性ガスが発生するが、水素ガスは全ての異常モードで比較的に発生量の多いガスである。

水素ガスセンサ(図 1)は、水素が金属合金を通過すると抵抗値が増加する特性(図 2)を利用し、変圧器絶縁油の水素ガス量と油温を常時監視することで、変圧器の状態を把握し異常予知による保全を目的としている。



図 1　水素ガスセンサの外観

変圧器内部の放電や過熱などの異常モードによって様々な種類の可燃性ガスが生成されるが、発生した可燃性ガスの種類、パターンから変圧器内部の異常の有無と原因を推定する手法は、電気協同研究会の判定基準をベースとして一般的に広く普及している。

絶縁油の可燃性ガスの成分量を把握するには、数年に 1 回停電して変圧器から絶縁油を採取し、専門分析機関に分析※1 を依頼する必要があるが、採取する手間が発生し、採取方法や外部環境により分析結果がばらつくことがある。

水素ガスセンサは、全ての異常モードの中で、生成に必要なエネルギーが小さくかつ比較的に発生量の多い水素ガスに機能を限定してトレンド管理することにより、徐々に進展していく異常の傾向を早期に捉えることが可能となる。

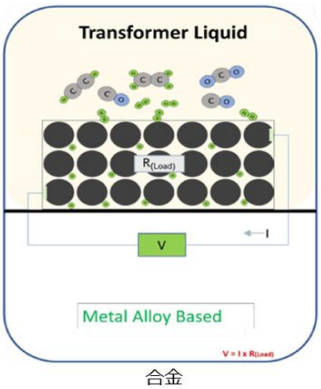


図 2　検出原理図※2

なお、突発的な異常によるガス量増加をリアルタイムで検出・警報等が可能ではあるが、最終的な判断は採油による試験やフルフラール分析の結果を踏まえることが望ましい。

※1　ガスクロマトグラフィー: 試料気化室で気化した試料を各成分に分離し、検出器で各成分の量を測定する。
※2　水素ガスセンサメーカの資料を引用

管理番号	要素 2024　00012-01

(2) 装置又はシステムの特徴（仕様、性能等）

ア　水素ガスセンサの仕様

① 水素に特化した合金個体センサ

② 計測範囲は、25～5000 ppm

③ 再現性は、測定値の±10%または±15ppm の大きい方

④ 使用可能油温度は、-40～105 °C（限界：-40～135°C）

イ　油中で直接測定するので、ガス抽出やキャリアガスを必要としない

ウ　様々な油種に対応(鉱物油・天然エステル・合成エステル・シリコーン)

エ　トレンド管理に加え、突発的な異常による水素ガス量増加をリアルタイムで検出・警報発報等が可能

オ　連続油温モニタリング(油中の水素ガス量は油温に影響される。)

カ　変圧器の運転を停止することなく排油弁に設置可能

キ　機種変更により変圧器油中または変圧器ガス空間に設置可能

ク　期待動作寿命は 10～12 年であり、自動校正機能により、10 年間のメンテナンス費用ゼロを実現

(3) 構成図、原理概念等

水素ガスセンサは、対象となる油入変圧器の排油弁に簡単に取り付けられ(図 3)、絶縁油に含まれる水素ガス濃度と油温を、通信線を通して常時、遠隔で監視することが可能である。常時監視することで得られたデータをもとに水素ガス濃度と油温をトレンドグラフ管理(図 4)することで変圧器の異常兆候の傾向が把握できる。

なお、水素ガス濃度は、温度に依存する傾向(油温下降でガス濃度下降)を示しており、変圧器の運転中の油温に影響されるので、油温を考慮したトレンド管理の必要がある。

水素ガス量で警報等を発報する機能を採用する場合の警報発報の判断基準を表 2 に示す。



図 3　排油弁への取付状態

品名	水素ガスセンサ
計測範囲	25～5000ppm
再現性	測定値の±10%または±15ppm の大きいほう
油温範囲	-40～105°C(限界：-40～135°C)

表 1　水素ガスセンサの主な仕様

判定値	設定根拠
200ppm	詳細ガス分析推奨レベル (電気協同研究会記載の平常運転変圧器台数比率が 100%になる下限値)
400ppm	電気協同研究会の要注意レベルⅠ
前月最大値 +70ppm	電気協同研究会の注意レベル

表 2　判定基準

資料-2.1

管理番号	要素 2024　00012-01

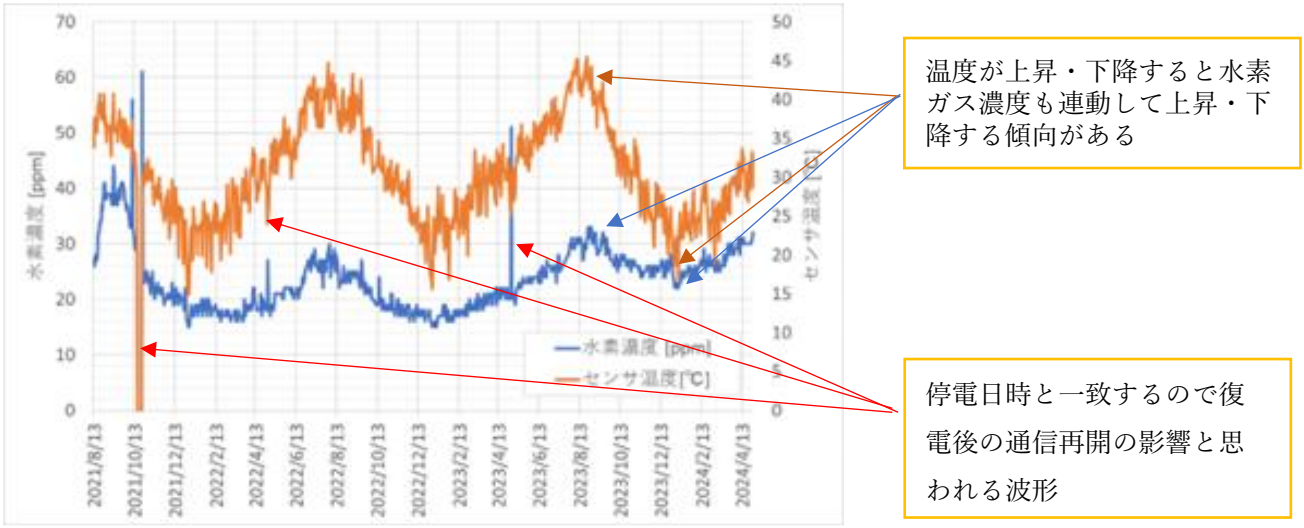


図 4　水素濃度と油温のトレンドグラフ

2．検証データ等

(1) 局部加熱試験

水素ガスセンサによる異常検知を目的とし、タップ部の局所加熱を模擬した事故状態を意図的に作り出して、検出可否の評価を実施した。

変圧器の排油弁に水素ガスセンサを取り付けた状態で設定条件に従い通電を実施し、10 分毎に「経過時間」、「周囲温度」、「油温度」(センサ内)、「通電電流」、「水素ガス量」の変化を測定して、水素がどのような傾向を示すか確認すると同時に絶縁油を採取して分析機関で通常実施しているガス分析を行い、水素ガス量を比較・検証した。

局所加熱で生成された水素ガスを排油弁に取付けた水素ガスセンサで検出できることを確認した。また、変圧器は水素検出の段階でも稼働しており、電気特性上の変化は見られなかったことから、常時監視による早期発見に対する有効性を確認した。

(2) 現場検証試験

定期点検において、使用年数 16 年の高圧変圧器(750kVA)の 1 台のガス分析結果が、水素とエタンで要注意(表 3)となり、同時期に導入した他変圧器と比較して可燃性ガス生成量が多いことから、絶縁油の経年劣化の可能性もあるものの、内部異常ではないかを懸念した。

なお、変圧器本体の点検結果に異常が見当たらないことや変圧器の過去からの負荷状況が不明なことから、当該変圧器の絶縁油を入れ替えた後に生成ガス量を定点測定することで内部異常か経年劣化かの判定※を行う方針とした。

※　新しい絶縁油のガス濃度がどの様に変化するのかを確かめることで、事故原因を見極める。

ガス分析データ

ガス成分	油入替前 (2022年5月)
H_2(水素)	449
CH_4(メタン)	159
C_2H_6(エタン)	609
C_2H_4(エチレン)	18
C_2H_2(アセチレン)	ND
CO(一酸化炭素)	291
CO_2(二酸化炭素)	5,854
TCG(総可燃性ガス)	1,526

表 3　当該変圧器のガス分析結果

管理番号	要素 2024　00012-01

ア 検証方法

① 変圧器の絶縁油を新しい油に取り替えて水素ガスセンサを設置し、水素ガス量のトレンド管理を行った。

② 採油による油中ガス分析を実施し、結果を比較した。

イ 結果(図 5)

① 急激な水素ガス量の増加※はなかった。

② 1 年後の可燃性ガス量の増加は僅かであった。

※ 巻線の部分放電やアーク放電などが発生すると水素ガス濃度が急激に上昇し、可燃性ガス量も増加する。

ウ 最終判断

① 水素ガス量のトレンド管理及び油中ガス分析結果から、内部異常の可能性はなく変圧器の過負荷等による絶縁油の経年劣化と判定し、継続使用可とした。

② 一年間の観察期間中に水素ガスセンサで常時監視を行うことで突発的な事故リスクを大幅に低減することができ、顧客設備の安定稼働に寄与し、導入への良好な評価をいただいた。

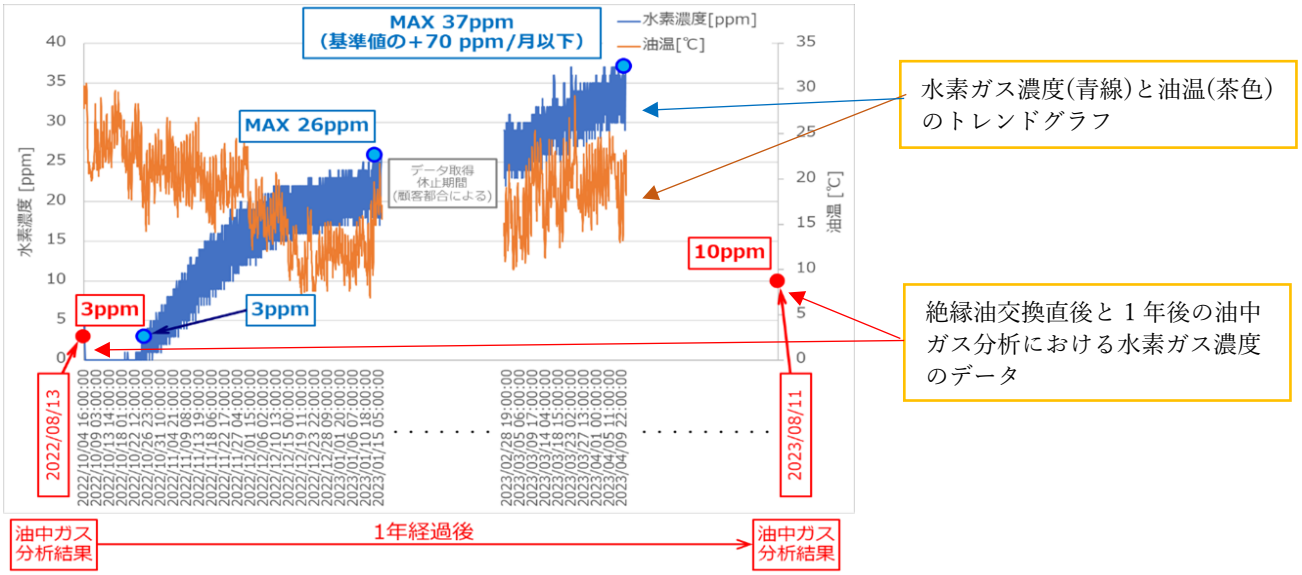


図 5　センサ設置後の水素ガス量の推移とガス分析結果

(3) 実証データの取得

弊社内において、2021 年 8 月から様々な容量・年代の変圧器に水素ガスセンサを取り付けて、実証試験を継続している。(300kVA～750kVA、1997 年～2022 年)

(実証の主たる目的)

ア 突発的に発生する変圧器故障による停電事故の未然防止のための変圧器異常の予知管理を目的としたトレンドデータの取得及び知見の習得

イ 保安規程における絶縁油のガス分析等の検査の代替として、水素ガスセンサの状態監視に係るデータ及び運用・管理方法の確立（停電による採油などの作業を削減する）

ウ 将来的な TBM(定期点検)→CBM(状態監視)への移行にむけた保安のスマート化(省力化)の推進

スマート保安技術カタログ

資料-2.3

管理番号	要素 2024　00012-01

3　活用方法

本技術は、変圧器内部の放電や過熱などの異常が発生した際に、絶縁油や絶縁紙から可燃性ガスが発生すること、特に発生量が多い水素ガス濃度を監視していることから、下記の環境下で使用可能である。

(1) 変圧器の容量に関わらず適用可能

(2) 高圧だけでなく特別高圧の電圧階級でも適用可能

(3) 絶縁油種別も鉱油だけでなく植物油にも適用可能

(4) 水素ガスセンサは屋外での使用も可能なため、変圧器の設置場所も屋外、屋内ともに適用可能

4　特記事項

変圧器内部で何らかの異常が発生すると絶縁油内に水素ガスが発生するが、さまざまな異常要因で発生するため、水素ガス検知のみで異常原因を特定することはできない。

異常発生原因を特定するためには、絶縁油の採油による他の可燃性ガスの含有確認やフルフラール分析の結果を踏まえ、総合的に判断をすることが望ましい。

【凡例】◎:重要度大　○:重要度中

異常モード	発生原因	水素(H_2)	メタン CH_4	エタン C_2H_6	エチレン C_2H_4	アセチレン C_2H_2
過熱	低温	○	◎	◎	—	—
	中・高温	○	○	—	◎	—
	700℃以上	○	—	—	◎	◎
放電	部分放電	◎	—	—	—	◎
	アーク放電	◎	—	○	—	◎

表 4　可燃性ガスの生成要因とその重要度

5．今後の予定

現在、社内の実負荷設備において、製造年や絶縁油種別が異なる変圧器に水素ガスセンサを設置して実証試験を進めデータを収集しており、これらのデータを解析して異常判定の手法の確立や確度を高め、保安業務の効率化をさらにめざしていく。

また、保守業務の省力・効率化のために、測定データは場所や時間に制限されずにいつでも閲覧したいというニーズが高いため、測定データをインターネット上で扱えるようにし、アクセス権のある方であればリアルタイムに閲覧、異常発生の有無を確認できるよう、ネットワーク環境での運転支援サービスを展開する予定である。

開発者名称	株式会社 日立産機システム
連絡先等 (担当者、組織名、住所、電話番号)	（当該案件連絡先） 組織名・部署：セールスエンジニアリング統括部 コネクティッド機器エンジニアリング部 担当者：スマート保安お問合せ窓口 〒101-0021 東京都千代田区外神田一丁目 5 番 1 号 秋葉原ファーストビル TEL：03-6271-7001（代表）　E-mail：smart-hoan@hitachi-ies.co.jp

資料-3

管理番号	要素 2024　00012-01

別添: 詳細仕様書・オプション

1．　水素ガスセンサの外観と特徴

(1) 早期故障検知を助ける水素に特化した合金固体センサ。
(2) リアルタイム、オンライン、連続モニタリング。
(3) 自動校正により、10 年間のメンテナンス費用ゼロを実現。
(4) 時間ベースのメンテナンスから状態ベースのメンテナンスへの移行。
(5) オンライン DGA デバイスとして FM 規格 6520 を満たす唯一のセンサ。
(6) 変圧器の運転を停止することなく設置可能。
(7) 計画外停止のリスクを約 50%低減(CIGRE TB642/2015)。
(8) 油中で直接測定。ガス抽出やキャリアガスを必要としない。
(9) 全ての油種に対応。鉱物油、天然エステル油、合成エステル、シリコーン。
(10) センサは変圧器油中又は変圧器ガス空間に設置可能。
(11) 連続油温モニタリング。
(12) RS-485 上の Modbus と DNP3。
(13) IP68 定格、C5-M 海洋要件を上回る。
(14) マルチガスモニタの約 20 分の 1 のコスト。

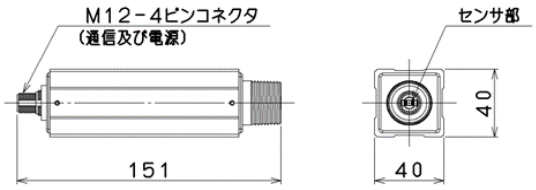


図 6　水素ガスセンサの外観・寸法

2．弊社内での実証試験データの例

水素濃度(濃茶色)と変圧器下部油温(茶色)を抜粋したデータを示す。

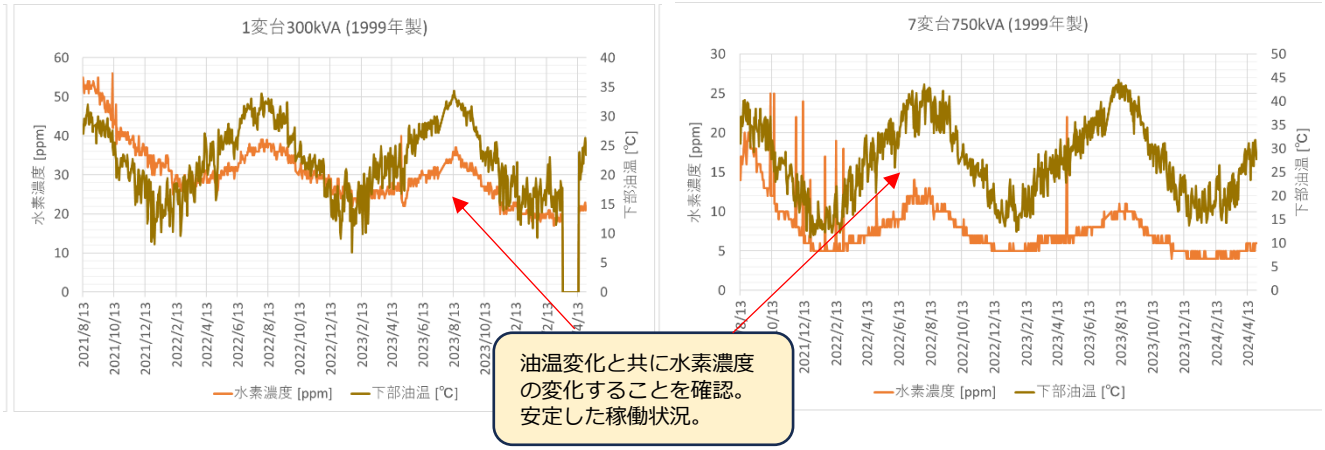


図 7　種々の変圧器での実証データ

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2024　00013-01		
技術区分	IoT センサ		
保安技術名称	デジタル画像相関法を用いたボルト軸力計測技術		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術　　登録年月日:　2024 年 11 月 1 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	風力発電所、その他(ボルト締結部)		
活用シーン	本技術は、予めランダムパターンを塗布したボルト頭頂面をカメラで撮影し、デジタル画像相関(DIC)法※1 を用いて計測した頭部変形量と前もって有限要素法(FEM)解析※2 によって得られた頭部変形量との比較により、頭部変形量からボルトの軸力を推定することができる技術である。この非接触による DIC 画像計測技術とシミュレーション技術を活用したボルト締結状態の評価手法により、風力発電所等でのトルクレンチによるボルトの増締め確認点検(トルク)といった従来作業を簡素化しつつ、ボルト締結状態を簡単かつ正確に評価することが可能となる。		

1．技術内容（特徴、使用、性能など）

風車法定点検におけるタワーフランジボルト点検は、測定機器で軸力又は締付トルク等を確認することになっており、毎年、ボルト総数の 10%又は 8 方位以上の何れか多い本数のボルトを油圧式トルクレンチにて締付確認を実施している。しかし、大型ボルトのために油圧工具が重たく取り扱いが大変、また高所かつ狭所での作業環境で重労働であり、安全性の確保や作業工数が掛かるなどの課題がある。

また、現在のボルト締付管理方法は、トルクレンチで締め付けるトルク法が主流であるが、同じボルトでも摩擦条件(潤滑油の状態や錆等の影響)が異なると同じトルク値で締めても得られる軸力値が大きく異なる。本技術は摩擦影響が小さく、軸力値の正確な測定を実現可能な手法である。

(1) 技術の概要（ボルトの軸力計測技術の原理）

設備同士の結合にはボルト締結が最も多く使用されており、適切な締付力(軸力)による締付管理が設備維持では重要である。

ア 基本原理

ボルトを締め付けると軸力によりボルト頭部に曲げモーメントによる変形が生じるが、このボルト頭頂面の変形(圧縮ひずみ)と締付け軸力には比例関係があり、ボルト頭頂面のひずみ分布(変形量)を計測することで締付け軸力を推定する（図１）。

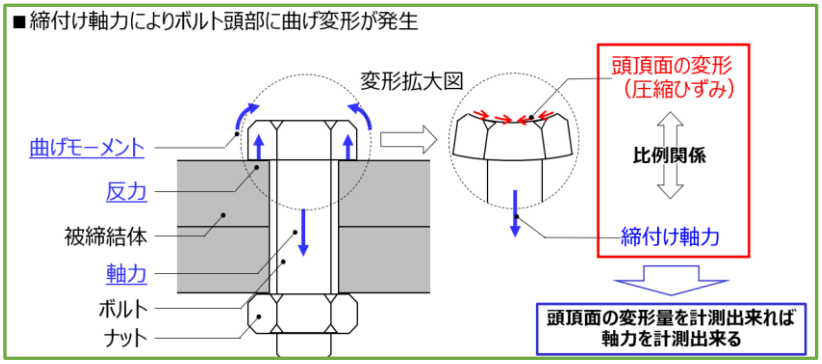


図１　ボルト締付け時に発生する負荷と変形の関係

(※1) デジタル画像相関法（DIC：Digital Image Correlation）とは、物体表面に描かれた変形前後のランダムパターン画像をカメラで撮影し、デジタル画像処理技術を用いて物体表面の変位やひずみ、応力などを評価分析する手法である。

(※2) 有限要素法(FEM：Finite Element Method）とは、工学や物理学などの分野で、複雑な形状や材質の物体や構造物の解析を行うために用いられる数値解析手法の一つで、物体や構造物を小さな要素に分割し、それらの要素の性質を数値化して計算を行うことで、全体の挙動を解析する手法である。

管理番号	要素 2024　00013-01

イ　変形量の計測方法

ボルト頭部に生じた曲げ変形量を DIC 法を用いて計測し、測定対象表面に塗布したランダムパターンの変形前後の画像を比較して、表面の移動量を評価する（図２）。

ウ　ボルト軸力の計測の手順

① ランダムパターンの準備と評価領域の定義

a. ボルト頭頂面にスプレーなどでランダムパターンを塗布する。

b. 測定点を中心とした評価領域を定義する。

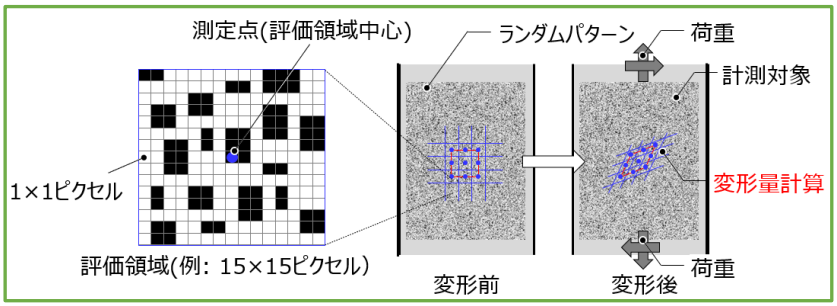


図２　デジタル画像相関法(DIC)による変形量の計測方法
（出典元　日本機械学会論文集(2022), vol.88, No.912）

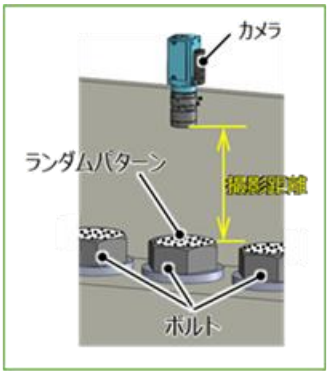


図３　カメラによる頭頂面の撮影

② 計測装置のセッティングと初期状態の撮影(図３)

ボルト上部にカメラを設置し、あらかじめランダムパターンを塗布したボルト頭頂面を撮影する。

③ ボルト頭部の変形量の計測

ボルトを締めて軸力をかけると頭頂面のランダムパターンが変形するため、カメラでボルト頭頂面を再び撮影し、評価領域中心の移動量から変形量（ひずみ）を推測する。

④ 軸力の推定

a.　様々なボルト締付軸力に対応する頭頂部ひずみを FEM で求めて、それら蓄積したデータベースを使用する。

b.　DIC 法で計測した値と頭頂部ひずみに合致する FEM 解析値を探索する(図４)。

c.　合致した FEM 解析値に対応する締付軸力を、測定対象ボルトの軸力と決定する。

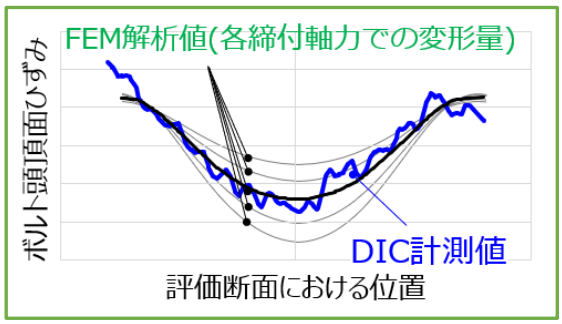


図４　ボルト頭頂面のひずみ分布図

(2) 本技術の特徴

ア　ネジ接触面の摩擦影響を受けずに、軸力値を小さいばらつきで計測することが可能である。

イ　熟練度に左右されない軸力測定が容易で、個人の技能力にも左右されない。

ウ　頭頂面に塗布したランダムパターンを使用する計測のために、ボルトへの機械加工が不要である。

エ　非接触で軸力測定が可能なために、点検・測定所要時間を削減できる。

オ　画像情報を用いることで軸力計測とトレーサビリティの両立を実現する。

カ　油圧式トルクレンチのように大きな機材を必要とせずに簡易に軸力を測定できる。

資料-2.1

管理番号	要素 2024　00013-01

2．検証データ等(研究または実証試験・運用)

(1) ボルト軸力計測

M10、M20 ボルトを対象に、段階的にトルクを付与するボルト締付け試験において、ボルト頭頂面のひずみ計測と推定軸力の精度を検証した。

軸力計測精度を確認するためにボルト首下に貼り付けたボルトゲージ(図５)を用いて計測した軸力(実測)と提案手法を用いて計測した軸力(DIC 計測値)の値を比較検証した結果、軸力測定の偏差は約 10%以下となった(図６)。

※　詳細な検討内容は、日本機械学会論文集(2022), vol.88, No.912 を参照

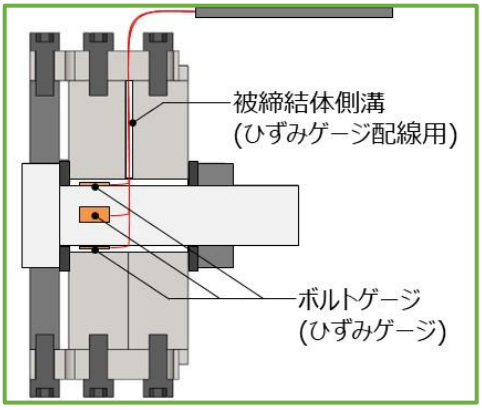


図５　ボルトゲージによる軸力計測
（出典元　日本機械学会論文集(2022), vol.88, No.912）

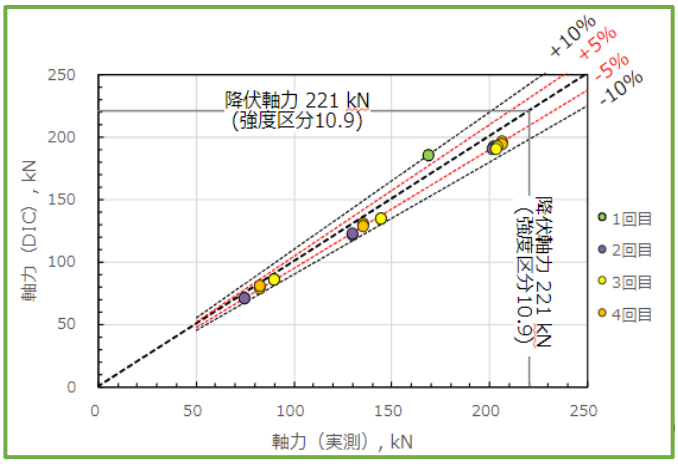
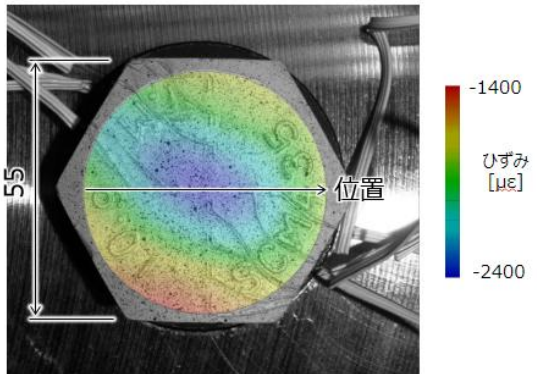


図６　M20 ボルト軸力の実測値と DIC 計測値の関係

(2) M20、M36 ボルトを対象に、風車タワーフランジ部のボルト接続を想定した各種締め付け方法(油圧テンショナや油圧トルクレンチなど)に対応するモックアップ設備において、ボルト頭頂面のひずみ計測と推定軸力の精度を検証した。

モックアップ設備により M20 と M36 ボルトの軸力を計測した結果、軸力(実測)に対する軸力(DIC)の偏差は両ボルト共とも降伏軸力付近で約 10%以下であることが確認できた(図７)。

モックアップ設備により M36 ボルトの軸力を計測
締付け方法：油圧テンショナによる締付け



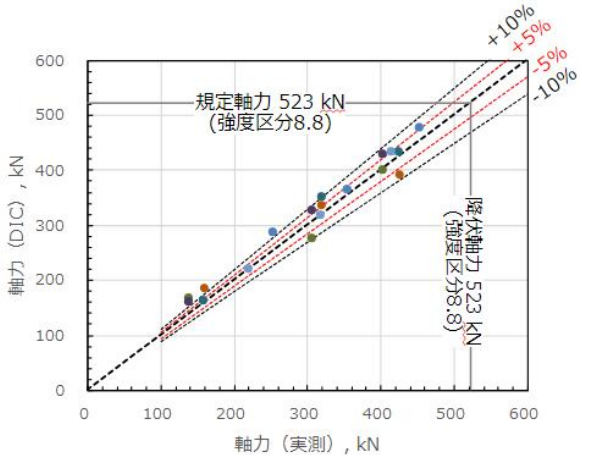


図７　M36 ボルト軸力の実測値と DIC 計測値の関係

管理番号	要素 2024　00013-01

3．運用方法（場所、業務内容、操作など）

風車法定点検におけるタワーフランジボルト点検での運用を想定している。

(1) 従来の点検手順

ア 油圧式トルクレンチを各タワーフランジ部へ搬入。

イ ボルト総数の 10%又は 8 方位以上の何れか多い本数のボルトを、油圧式トルクレンチにて締付け確認を実施。

ウ ボルトの緩みが無いことを確認出来た場合は点検作業完了。

エ ボルトの緩みが確認された場合は全てのボルトの増締め作業を実施して、点検作業完了。

(2) 本技術を活用する場合に想定する点検手順(図 8)

ア ボルト総数の 10%又は 8 方位以上の何れか多い本数のボルトを本技術で軸力値をチェック。

イ ボルトの緩みが無いことを確認出来た場合は点検作業完了。

ウ ボルトの緩みが確認された場合は油圧式トルクレンチを現場に搬入し、全てのボルトの増締め作業を実施して、点検作業完了。

※ ボルト増締め作業は、必ず油圧式(もしくは電動式)トルクレンチで実施する必要がある。

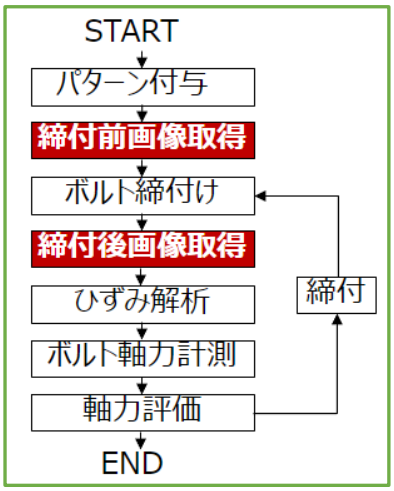


図 8　ボルト軸力の計測工程図

(3)　本技術を活用することで、以下の導入効果を想定している。

ア　点検作業効率の向上。

イ　重い機材(油圧式トルクレンチ等)の搬入、使用機会の低減。

ウ　ボルトの締結管理の精度向上。

(4) 想定されるリスクと解決策

ア ランダムパターンの経年劣化(汚れ、剥がれ)による計測への影響

本技術の原理から、マーク箇所の汚れ、経年によるマークの劣化などが生じると計測が出来なくなるもしくは計測精度が低下する恐れがあるので、前回撮影画像に対するひずみ分析が出来なくなる等の事象を防止するために、パターンを保護する及び耐久性を高める技術を確立する。

イ 撮影設定、撮影画像の不備又は締付前後の画像データ消失

撮影や画像データに関するトラブルを未然防止するために、想定リスクに対応する回避策を抽出し、システムによる回避方法やマニュアル及びチェックリストを整備する。

ウ 画像取得時における軸力計測精度におよぼす因子(撮影距離、角度、位置、照明など)

撮影環境(照明や画像のブレ)により計測が出来なくなる、もしくは計測精度が低下する恐れがあることから、実用化に向けて各因子の影響度を定量化し、ロバスト性を高める。

管理番号	要素 2024　00013-01

4．今後の予定

(1) 今後の開発スケジュール

ア プロトタイプにより現場における実地検証をおこなうことで作業性を重視した製品化を推進。

イ パターンの高耐久化などの想定されるリスクの対策。

ウ 軸力推定システムの開発(図９)。

エ データ管理システムの開発(個別画像の管理，軸力の管理)。

オ 実機による実地適用評価後にローンチ。

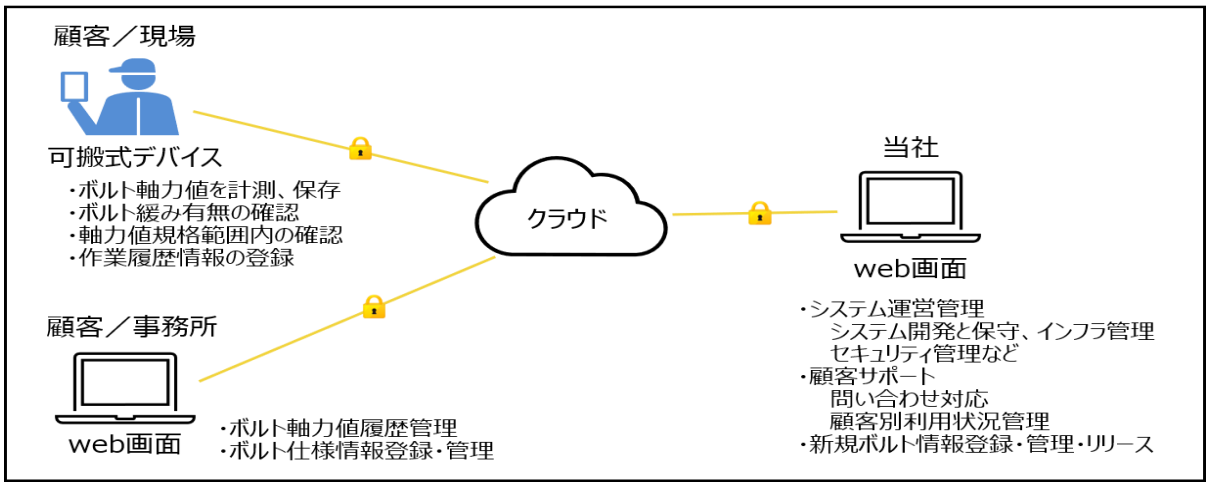


図９　ボルト診断システムのイメージ図

(2) 軸力(実測)に対する軸力(DIC)の偏差の改善

実証試験数を積み増し、軸力測定の偏差±5%を目標として検討を推進する。

(3) 風車法定点検以外の用途の提案

汎用性の高い技術であることから、ボルト締結管理が安全面、コスト面に影響を与える可能性のある市場への提案を推進する。

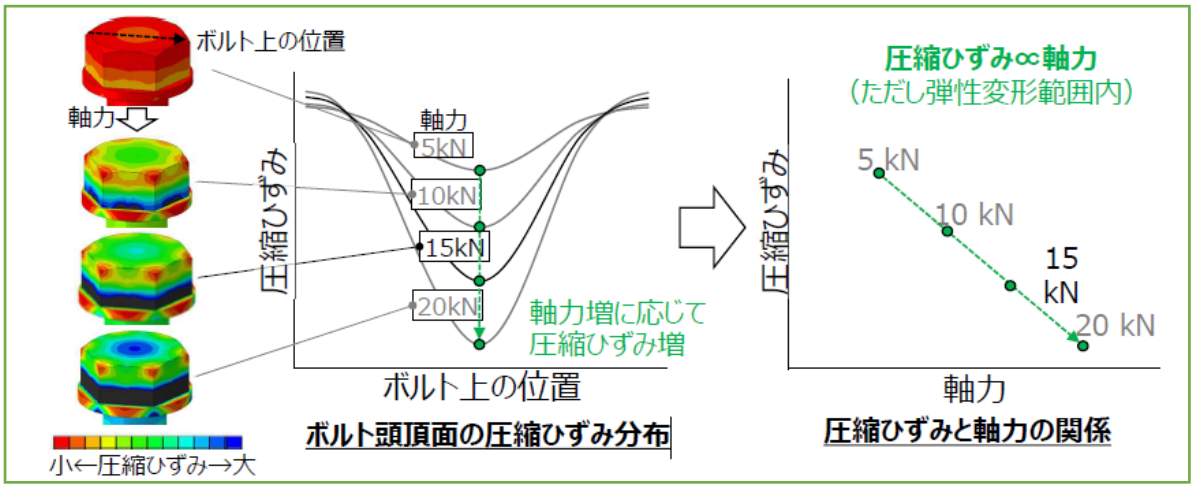
開発者名称	株式会社 日立ハイテク　株式会社 日立製作所
連絡先等 (担当者、組織名、住所、電話番号)	（当該案件連絡先） 株式会社日立ハイテク　産業・社会インフラ事業統括本部 ＩＳ事業本部 社会インフラ設計部 新事業創生グループ 担当者：石田 貴光 〒369-0395 埼玉県児玉郡上里町嘉美１６００番地 ℡：080-6772-6336 E-mail：takamitsu.ishida.rc@hitachi-hightech.com

資料-3.1

管理番号	要素 2024　00013-01

別添: 詳細仕様書・オプション

1．ボルトに作用する軸力と変形の関係



2．(参考資料)

(1) 想定している活用例

ア ボルト締結部の高信頼性確保による品質及び安全性の向上

① ボルトの締付け状態(摩擦など)や締付け作業の属人性によるボルト締付け状態(軸力)のバラツキを抑制。

② 製造、検査部門におけるボルト増し締め漏れの抑制を目的とした作業履歴管理の強化。

③ 各ボルト軸力のバランスを効率的に均一化することでフランジ部からの漏洩事故を低減。

イ 適正安全率での設計の見直しによる製造コスト低減と軽量化の実現

トルク法を前提とした安全率による過剰設計(下限軸力値による設計など)の見直しによる原価低減や軽量化を実現。

ウ ひずみゲージ、超音波式軸力計の代替

① ひずみゲージによるボルト軸力計測に必要なボルトへのゲージ貼り付けやリード線の接続等が困難な場合におけるひずみゲージの代替。

② 超音波式軸力計によるボルト軸力計測に必要なボルト両端の鏡面加工が困難な場合における超音波式軸力計の代替。

(2) 今後の推進事項

ア ナット側計測の対応

イ 連続モニタリング対応

ウ 複数ボルト同時計測の実現

エ ドローンなどのロボットへの搭載

オ 特殊ボルト計測の対応

カ 高耐久パターニング(マーキング)やマーク保護方法の開発と実装

キ 撮影環境による計測精度低下を回避するシステムの構築と実装

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2024　00014-01		
技術区分	IoT、作業支援システム		
保安技術名称	スマートグラスを活用した遠隔現場作業支援システム		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術　　登録年月日:　2024 年 11 月 25 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	需要設備と発電所		
活用シーン	本技術は、スマートグラスの活用により作業員はフリーハンドで作業が可能なこと、点検手順等の相談・指示などを同じ目線で遠隔支援ができること及びマニュアルや手順書等を検索・確認できるなどの特徴的な機能を持つ、現場作業の技術支援や人材育成等を目的とした遠隔現場作業支援システムである。熟練技術者の現場ノウハウと技術力を効果的かつ継続的に継承することで、均質な保安品質を確保しつつ技術者不足の解消や作業効率化につながる遠隔現場支援ができる。		

１．技術内容（特徴、仕様、性能など）

巡視・点検・メンテナンスは、技術員が単独或いは複数人で現場に出向いて行う必要があり、経験や五感に依存するアナログ的な部分が大きく、技術員が習得すべき知識・技能は質及び量とも増加しており、精神的負担が大きいとの声が多く、業務分担の専門・細分化や遠隔現場支援システムの導入・構築による現場遠隔サポート及びノウハウ等の継承に係る整備が急務となっている。

(1) 技術の概要

本産業用スマートグラス(InfoLinker3)(図 1）は、現場作業向けの開発品である。スマートグラスを装着した作業員と管理者の PC を専用ソフトウェアで接続することで、現場作業員がハンドフリーで操作(音声コマンド)し、補正機能によりブレのない 4K 撮影が可能なカメラにより同じ目線での現場情報を管理者へ共有可能としている。加えて、録画・写真撮影機能の他、非透過型で日中の明るい環境下でも画面が見やすいディスプレイでマニュアル等の検索・閲覧機能や、騒音下でも音声を聞き取れる骨伝導ヘッドホンの提供など多様な遠隔支援ができる。(図 2)



図 1　スマートグラスの外観

(2) 特長

ア ヘッドマウントの軽量化(150g)

・データ処理部とバッテリーをネックバンド(380g：バッテリーを含む)に集約し、頭部への負荷を軽減できる。

イ LTE 通信機能を搭載

・ネットワーク活用を前提とし、Wi-Fi、テザリングにも対応。

ウ 稼働中のバッテリー交換による長時間稼働を実現

・4,900 mAh の大容量バッテリー。

・ホットスワップによる稼働中のバッテリー交換が可能。
（内蔵バッテリーにより、通話中においてもバッテリー交換が可能。）


図 2　スマートグラスを装着した作業風景

管理番号	要素 2024　00014-01

エ 誤認識の少ない音声コマンド操作(作業性の向上)

・マジックワード付音声コマンド。

・音声コマンド・タッチパッド・ボタン操作。

オ 屋外雨天でも使用できる防塵・防水性能(活用現場の拡大)

・防水試験：IPX5、防塵試験：IP6X

(3) 機能

ア 遠隔作業支援（作業サポート）(図 3)

ビデオ通話による遠隔指示で現場作業を効率化しモニタリングを行う。

① 事務所にいる管理者が、ペイント機能によりポイント指示できる。
画面に文字やマークを直接記載することで明確なポイントを示す。

② PC 画面(図面や動画）の共有が可能。
PC 操作者が提示する資料を作業者と共有できる。

③ PC からスマートグラスをリモート操作が可能。
動画・写真撮影、ズーム、ライト点灯、音声ミュートの機能。

④ 複数台のスマートグラスや PC 使用などとのグループ通話に対応している。



図 3　作業サポートによる遠隔支援の機能

イ 作業ナビゲーション(図 4)

管理者が作成した作業要領に沿った作業ペースの実施・管理及び作業記録を保存できる。

① 作業手順がディスプレイに表示され指示に沿って作業を実施する。

② 作業手順に沿って作業を行った作業記録、撮影した写真・動画がエビデンスとして残せる。

③ 管理者が作成する作業要領書を直感的なインターフェイスで操作ができる。



図 4　作業ナビゲーションの画面例

管理番号	要素 2024　00014-01

ウ 作業記録保存(作業レコーダ)

作業者目線で作業映像を撮影し、スマートグラスの内蔵ストレージに記録保存する機能により、作業内容のエビデンス確保や通信できない環境での作業記録が可能である。

エ データ閲覧(作業ファイル)

前もってスマートグラスの内蔵ストレージに保存した資料、写真及び動画ファイルを、通信できない環境(オフライン)でも閲覧が可能である。

オ その他

① 音声コマンド操作に対応しており、作業中でもフリーハンドで作業可能である。
(作業を中断しないで資料や手順の確認が可能であり、両手を使った作業に集中できる。)

② 骨伝導ヘッドホン(オプション)により騒音下でも明瞭に音声を聞くことができる。

(4) 運用イメージ図

本装置の機能を活用した運用イメージを図 5 に示す。

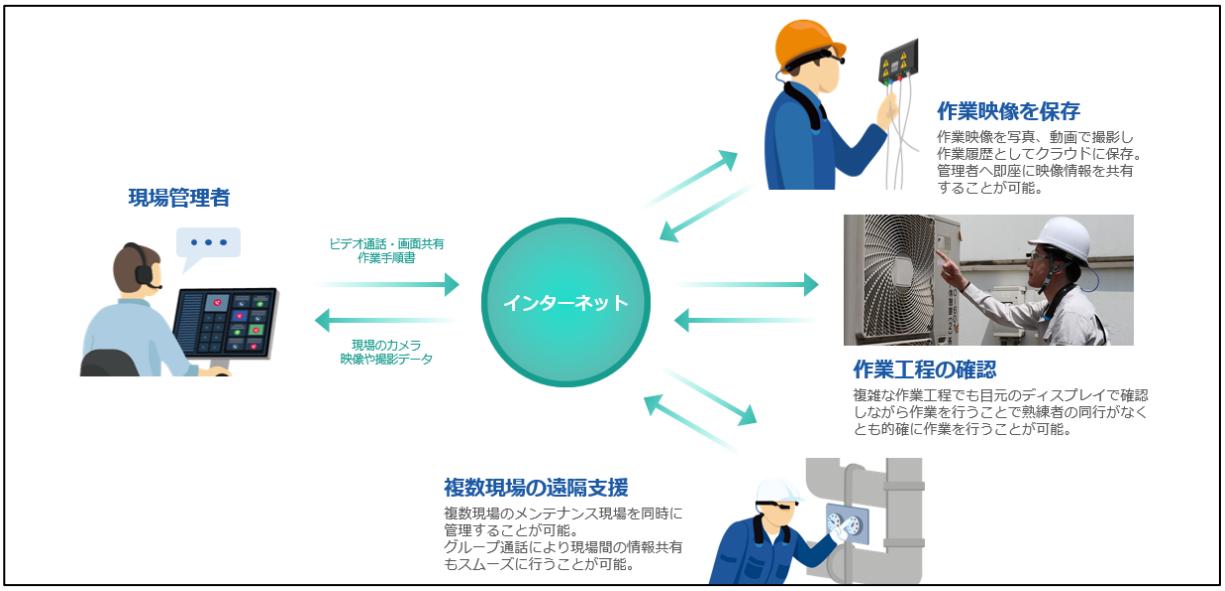


図 5　現場作業における運用イメージ図

(5) スマートグラスを活用することで得られるメリット(図 6)



図 6　スマートグラスを活用することで得られるメリット

スマート保安技術カタログ

資料-2.1

管理番号	要素 2024　00014-01

2．検証データ等

重要なインフラ施設内の設備の保守・点検業務及びメンテナンスにおいて、「スマートグラス導入による品質確保を維持しながらダブルチェック等の業務効率化、単独作業における作業員の安全向上及び遠隔での立会いや検査等」の現場検証を行った。

(1) 主なる目的

現場の作業者と確認者の二名体制でのダブルチェックの遠隔化

ア 作業者が単独で確認を実施していても、確認者は配信された映像から遠隔地でのダブルチェックが可能であるか。

イ 確認者は、1 人で複数作業のダブルチェックを同時に行うことができること及び作業の効率化が図れること。

(2) 主な検証事項

ア カメラ・ディスプレイの視認性。

イ ビデオ通話等の通信性。

ウ 装置の装着感や操作方法等の作業性。

エ バッテリーや防水等の本体性能。

(3) 第 1 回検証における改善要望が反映されていることを第 2 回検証で確認し、実作業にて問題なく使用が可能であることが確認され、導入が推進された。

(4) 導入後も改善・要望項目を吸い上げ、製品のアップデートを実施している。

3．電気保安（保全）への活用想定

(1) 熟練点検者でもなくても誰でも点検できる遠隔技術支援

ア 現場点検者がスマートグラスを装着し、管理者は遠隔でチェック、作業支援を行う。

イ 新人及び転職者を早期に育成することが可能となる。

(2) 事故応動時の技術及び安全確保の支援

ア 遠隔地の熟練者からスマートグラスを装着した未熟練者にオンラインでアドバイスを実施する。

イ 熟練者は、複数の現場を並行して指導、アドバイスできるため、効率的な人材育成や安全教育が可能となる。

(3) 定例安全管理の支援

ア 定例的な現場パトロールを遠隔にて実施、安全管理業務を的確かつ効果的に行うことが可能となる。

イ 熟練者の通常業務の実施状況がチェック可能となる。

多様な電気設備や高度な電気機器類等が増加傾向にあるが、保安人材不足は年々深刻化しており、現場作業員や業務管理者の業務負担を極力軽減しつつ現場の業務品質を維持する効果的な取組みが求められており、本作業支援システムは、現場作業員への技術サポート、遠隔ダブルチェック、作業手順支援及び作業安全に関する確認等が可能となることから、早期技術者育成、技術継承、作業者の安全確保などが可能となる。

スマート保安技術カタログ

資料-2.2

管理番号	要素 2024　00014-01

4．特記事項（課題、考慮すべき事項、その他）

(1) 導入した場合の注意点・考慮すべき内容

ア 最初は慣れないので一定の教育とサポートが必要

① 導入及び熟練教育カリキュラムの整備・実施。

② 現場操作支援のサポート体制を構築する。

イ 地下や電波が届かない場所での運用と対策

① 電波が届かない場所での運用方法をルール化する。

② マニュアルや点検資料等は事前にダウンロードすることを徹底する。

ウ 電池容量の対応

① 使用時間が長い場合は、交換用の電池の携帯を標準とする。

② 充電装置の整備と計画的な交換の実施。

エ 個人情報保護・機密情報の観点

定期的な個人情報保護・機密情報に関する教育を徹底する。

オ InfoLinker3 自体の紛失

① PC 管理画面から紛失した InfoLinker3 のログインを無効化する。

② InfoLinker3 の設定で撮影データの自動削除を有効にする。

(2) 導入費用及び効果

ア 初期導入費用

スマートグラスの購入と初期セットアップ費用。

イ ランニング費用

ソフトのライセンス料及びデータ通信費用。

ウ 主な経済効果(活用内容により変動)

建設業の現場監督業務における遠隔対応による効果例。

① 移動時間の削減　　⇒　ストレスの削減、実務時間の増加

② 移動費・宿泊費の削減　　⇒　経費削減

③ 現場確認件数・実務時間の増加　　⇒　生産性が向上

5．今後の予定

スマートグラスにおける AI の活用(開発検討中)

(1) 撮影した写真・動画をサーバー上の AI で分析し、分析結果をスマートグラスで活用する機能。

(2) 作業サポートでの通話中に指示者へも分析結果を共有する機能。

(3) 遠隔操作での撮影時も AI 分析を利用できる機能。

(4) 外部連携用の撮影 API と AI サーバーとの連携機能。

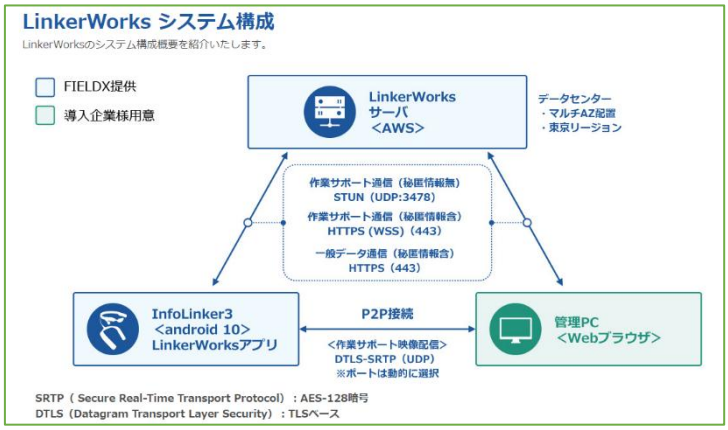
開発者名称	フィールドクロス株式会社
連絡先等 (担当者、組織名、 住所、電話番号)	（当該案件連絡先） フィールドクロス株式会社　セールスチーム 担当者：藤原　正英 〒101-0064 東京都千代田区神田猿楽町二丁目 8 番 11 号 VORT 水道橋 III 8F StartupSide Tokyo 内 ℡：050-5445-5381　E-mail：sales.team@fieldx.co.jp

資料-3

管理番号	要素 2024　00014-01

別添: 詳細仕様書・オプション

1 . LinkerWorks　システム構成(図 7)



2 . LinkerWorks　動作環境(表 1)

管理者向けのウェブサービスは下記のプラットフォームに対応する。

プラットフォーム	対応バージョン等
Windows PC	Windows 10以降
Macintosh	macOS 10.15以降
Apple iPhone	サポート対象外
Apple iPad	iOS 15.2以降 （一部使用制限あり）
Android スマホ	サポート対象外
Android タブレット	サポート対象外

名称	推奨バージョン等
Microsoft Edge	最新バージョンを推奨
Google Chrome	最新バージョンを推奨
Safari	最新バージョンを推奨 （iPadのみ）
Mozilla Firefox	サポート対象外
Microsoft IE	サポート対象外

3 . InfoLinker3 の製品仕様(図 8)

製品名	InfoLinker3	操作インターフェイス	・ボタン （電源、音量上げ/下げ、決定、戻る） ・タッチセンサー ・音声コマンド操作機能
本体構成	ネックバンド + ヘッドマウント		
CPU	Qualcomm Snapdragon SDM845		
OS	Android 10.0	重量（ネックバンド）	約380 g（バッテリー込み）
RAM	4GB	重量（ヘッドマウント）	約150 g
ユーザーメモリ	64GB	携帯電話回線	4G/LTE対応 SIMカードスロット搭載（nanoSIM）
ディスプレイ	μOLED（有機EL）nHD+（640×400）	無線LAN	2.4GHz（b/g/n）、5GHz（a/ac）
光学モジュール	0.56型（8.0mm×12.0mm）視野角: 20.2°	近距離無線通信	Bluetooth5.0 BR / EDR / LE
カメラ	F値：1.8 / 画角：78.2° ・静止画1,200万画素 ・動画 4K 30fps 電子式ブレ補正機能	GNSS（衛星測位）	GPS / QZSS（みちびき）
		外部端子	・USB充電/給電 ・4極イヤホンジャック（CTIA） ・骨伝導ヘッドホンジャック
スピーカー	ネックバンド 1.0W	センサー類	・9軸（加速度、ジャイロ、地磁気） ・照度
マイク	2マイクアレイ方式 ノイズキャンセル機能	防塵防水	IP65相当
バイブレーション	ネックバンドに搭載	動作環境	・温度：-20℃～50℃ ・湿度：30%～90%
ライト	トーチライト機能	製造国	日本
バッテリー	・4,900mAh リチウムイオン ・ユーザーにて交換可能 ・ホットスワップ対応		

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2024　00015-01		
技術区分	ドローン		
保安技術名称	屋内施設向け球体点検ドローンを活用した設備点検		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術　　登録年月日:　2025 年 1 月 31 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	火力発電設備、水力発電設備、プラント等		
活用シーン	本技術は、非 GPS 環境下においても LiDAR※1 を用いて自己位置推定を行え、飛行安全面を考慮した全周覆われた球体ガードを採用し、接触や衝突時に機体が大きく傾いても姿勢を保ち墜落を防止できる機能を持つドローンであり、タンクや煙突の内部などの特殊な環境下での使用を考慮しており、天井などの高所点検でも足場組立やクレーンが必要なく、作業員の安全性確保、労務負担及び点検作業の準備に係る時間と費用が削減可能で効率的に点検ができる技術である。		

1．技術内容（特徴、仕様、性能など）

（1）技術の概要

火力発電所のボイラ･煙突内部の特殊な環境下での使用を考慮し、非 GPS 環境下において LiDAR※1 と SLAM 処理※2 を活用した自己位置の認識機能と 3D マップ作成、飛行安全面を考慮した全周を覆われた球体ガードの採用(図 1)、接触時に機体が大きく傾いても姿勢を保ち墜落を防止できるモーター回転制御及び計測器を装脱着できる補助ペイロードなどを有するドローンである。



図 1　球体ドローンの外観
Photo courtesy of Flyability

（2）想定している電気保安の活用例（図 2)

火力発電所のボイラ点検・煙突内部点検、水力発電所の水路内部の点検等においては、閉所での作業や粉塵や有害ガスなど過酷な環境下での点検作業が必要となるため、現場作業員の安全性確保と身体的負担を軽減しつつ現場の業務品質を維持かつ効率化できる取組みが求められている。このような一般的なドローンの活用が躊躇われる環境下の点検・メンテナンスに、特殊な構造や機能を有するドローンを活用し、代替点検を運用拡大することで、作業員の作業環境の改善、労力と点検作業の準備に係る時間或いは点検費用の削減が可能となる。

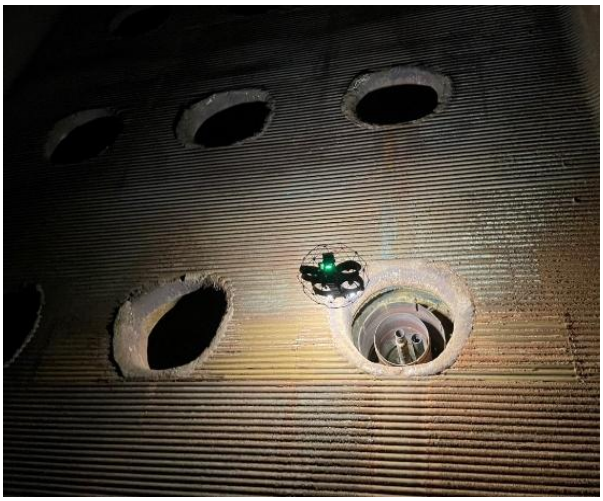


図 2　ドローンによるボイラ点検の様子

※1 LiDAR(Light Detection And Ranging)：レーザー光を照射してその反射光の情報をもとに対象物までの距離はもちろん、位置や形状まで正確に検知できる計測技術であり、高解像度の地図作成や自動運転などへの活用が進んでいる。
※2 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)：位置特定と地図作成を同時に行う。移動するドローン等から自分の位置を推定しながら周囲の環境の地図を作成する技術で、GPS が使用できない屋内環境や地下などで有効である。

管理番号	要素 2024　00015-01

（3）装置又はシステムの特徴（仕様・性能等）

ア　最新の SLAM 技術を活用した安定化アルゴリズムにより、ドローンのわずかな予測不能動作を検出し、補正指示がフライトコントローラーに送られることから、GPS が届かずかつ過酷な条件下にあってもピタリと空中に静止できる。

イ　リアルタイムに 3D マップを作成し、正確な自己位置を認識できることから、LiDAR によって高密度な点群マップを作成し、操縦者は安全な場所からリアルタイムで機体の位置を常に把握できるので、点群データとして屋内高所などの 3 次元データ化を実現できる。

ウ　動画（4 K または FHD）と画像（1,200 万画素）双方を飛行中に撮影でき、かつ上下 180 度カメラをチルトさせることで広範囲を効率的に撮影できる。

エ　16,000 lm の照度の LED ライトを搭載し、暗所でも対象物を鮮明に照らし出せ、斜光および防塵照明システムにより、目視点検と遜色ない画像を撮像できる。

オ　全周覆われた球体ガードにより、施設へ衝突した際の損傷を防ぐことや狭小空間で施設に接触や衝突して機体が大きく傾いても、独自モーター回転制御で姿勢を回復し墜落を防止できる。

カ　水しぶきや粉塵のある過酷な環境での飛行に対応（防塵性と防水性 IP44 相当の設計）。

キ　点群情報と撮影映像から、点検対象の 3D モデル上での直感的な確認と座標情報による不具合箇所の位置を特定できる。

ク　飛行時間は最大 12.5 分、一回の飛行で 1.6km 以上飛行できる。

ケ　LiDAR 専用デバイスと補助ペイロード用デバイスを装脱着できるモジュラー式ポートで機能を拡張できる。

（4）システム構成（図 3）

球体ドローン、操縦アプリ、解析ソフトから構成される。

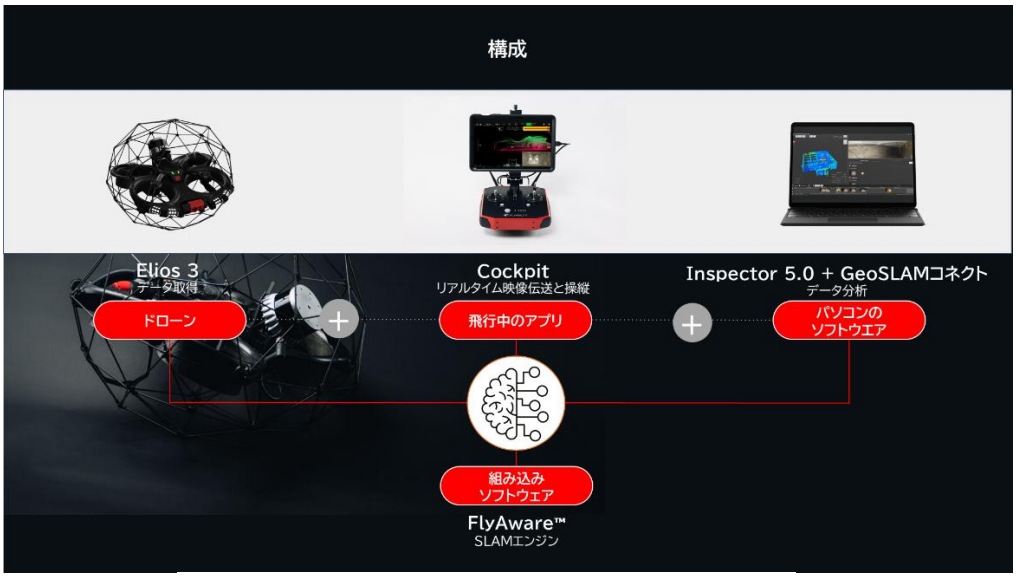


図 3　構成要素

Photo courtesy of Flyability

■ 機体と送信機は Wifi2.4Ghz 帯による直接通信（外部ネットワーク環境不要）

■ データは内蔵 SSD に保存

管理番号	要素 2024　00015-01

2．検証データ等(研究または実証試験・運用)

（1）突風時のホバリング性能試験

飛行の信頼性・安全性が求められるドローンに対して、突風や様々な方向からの気流の影響を検証するために風洞試験を実施した。その結果、風速 5.0 m/s の状況下において最大移動量は水平方向に 31cm、鉛直方向には 5cm と安定しており、ドローンが落下するといった事象は発生しなかった。

風風速 3.0 m/s と 5.0 m/s の場合の試験結果を表 1 に示す。

表 1　突風に対するホバリング性能の風洞実験の結果

①風速：3.0 m/s の場合	②風速：5.0 m/s の場合
正面　水平方向　最大移動量　5 cm	正面　水平方向　最大移動量　23 cm
鉛直方向　最大移動量　3 cm	鉛直方向　最大移動量　5 cm
側面　水平方向　最大移動量　10 cm	側面　水平方向　最大移動量　31 cm
鉛直方向　最大移動量　3 cm	鉛直方向　最大移動量　2 cm

（2）ボイラ点検での運用事例（図 4）

アルゼンチン最大の独立系エネルギー会社では、ボイラ点検に本技術を適用した結果、従来の手法と比較して 42 万ドル（約 4,500 万円）のコストカットを実現した。このコストカットの内訳は、従来の点検手法で必要だった足場の資材調達・設営・撤去に関するコストが節約できたことに加えて、従来手法では 7 日間かかっていた稼働停止期間が 2 日間に短縮(発電ロスの削減に貢献)できたことが挙げられる。

さらに、保障の有効期限内で問題ないと思われていた部分を点検した結果、破損が発見されたことにより、保険で賄うことができただけでなく、危険な事故を未然に防ぐこともできた。



図 4　ドローンが撮像した内部破損の画像
Photo courtesy of Flyability

（3）海水埋没配管の点検事例（図 5）

国内大手の石油化学会社で、ドローンの活用により、海水埋設配管内の清掃前に補修を要する損傷の有無を確認することで、それまで 5 日間かかっていたプラント設備冷却用（海水）の埋設配管の内部点検作業を 2 時間で完了することができた。長距離にわたる配管の中から、詳細検査や補修が必要な箇所を早期把握することで、補修方法、工期、優先順位を早期に見積もることができ、定期補修工事の工期内完工が可能となった。



図 5　配管内の点検に進入する球体ドローン

管理番号	要素 2024　00015-01

（4）電力設備点検事例（図 6）

国内大手の電力会社では、2019 年から火力発電所のボイラ点検・煙突内部点検・橋梁点検などにドローンを活用し、社内での業務効率化を進めている。さらに、社外のお客様に対しても、煙突内部や橋梁の点検に加え、ダクト内部や水路など様々なインフラ設備点検にドローンを活用し、多くの実績を挙げている。



図 6　ドローン点検運用の様子

（5）水力発電所の水路内点検（図 7）

従来、水力発電所の水路内点検は、人が直接水路内に入り目視により行われているが、水路によっては急傾斜や暗所、狭所等を有する現場も多く、100m 程度の点検を行うのに丸 1 日かかる個所もある。このため、作業員の安全面でのリスクや業務負担、作業員による点検精度のバラつきや変状個所の見落とし等が大きな課題であった。

そこでドローン点検を導入することより、このような現場の点検作業時間がわずか 1 時間程度と大幅に短縮された。また、作業員が暗くて狭い水路内に入る必要がなくなり、作業環境や安全性が大幅に向上。さらに、付属ソフトによりデータ化（3 次元点群データ：図 8）することで、点検品質も従来に比べて一層向上した。



図 7　水路内に進入するドローン

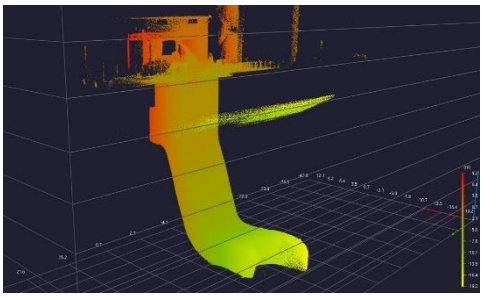


図 8　水路内部の 3 次元点群データ

3．運用方法（場所、業務内容、操作など）

（1）利用プラン

購入プランと点検委託プランを提供している。購入プランでは講習会や電話相談のほか、動産総合保険・施設所有管理者賠償責任保険、修理期間中の代替機の提供といったオプションも用意している。点検委託プランでは、ドローン操縦や各種申請手続きなどを一括して依頼することができる。

（2）運用方法

購入プラン、点検委託プランのいずれでも、事前の打合せによる準備が重要である。

運用フローを図 9 に示す。

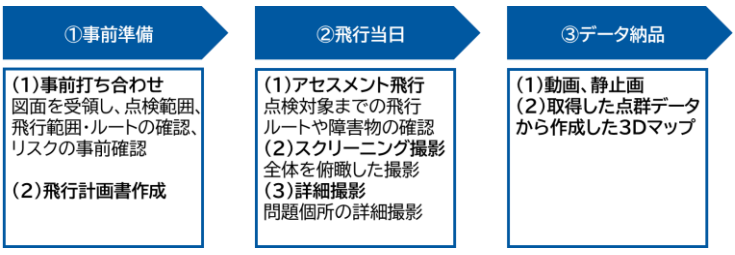


図 9　運用フロー

管理番号	要素 2024　00015-01

4．特記事項（課題、考慮すべき事項、その他）

（1）飛行時間の限界が最大 12 分と限られている

① 帰還時間と予備時間を考慮した飛行工程を予め策定しておく必要がある。

② 点検時間に応じたバッテリの交換個数の確保。

（2）風速 5m 以下で運用する必要がある

特に屋外での飛行の際は風速に注意して飛行し、煙突等のドラフト気流にも注意する必要がある。

（3）バッテリの管理

バッテリ異常によるトラブルリスクを下げるため、バッテリのサイクル数やセルバランスを必ずチェックしてから飛行する必要がある。

（4）飛行中の注意点

事前打合せの段階では把握できなかった、図面にない突起物や、粉塵過多など現場の状況に注意して飛行をする。

（5）操作技能の不足による事故

過去にパイロットの不注意・技術不足によるドローンのケージ部分が突起物に引っ掛かる墜落事故の事例があったので、導入事業者がドローンの性能を十分に引出し、安全に運航できるための知識と技能を習得する講習会を開催している。

5．今後の予定

電力業界においては、現在火力発電所を中心に導入が進んでおり、今後は原子力発電所や水力発電所への導入推進を実施する予定である。また、サービス提供形態においてもエンドユーザーの活用頻度に合わせたプラン展開していく予定である。

さらに、今後は UT 検査ペイロードによる肉厚測定の効果検証も進めていく予定である。本デバイスは 2024 年 5 月よりリリースしている ELIOS 3 に追加搭載可能なもので、非破壊検査の分野で活用が期待される。



図 10　UT 検査ペイロードを搭載したドローン
Photo courtesy of Flyability

開発者名称	ブルーイノベーション株式会社
連絡先等 (担当者、組織名、 住所、電話番号)	（当該案件連絡先） 組織名・部署：営業部 担当者：遠藤　隆太 〒 113-0033　東京都文京区本郷 5-33-10 いちご本郷ビル 4F ℡：03-6801-8781　E-mail：inspection@blue-i.co.jp

管理番号	要素 2024　00015-01

別添: 詳細仕様書・オプション



図 11　機能一覧

表 2　機体の仕様

主な用途	デジタルツインの構築(LiDAR・SfM)、目視点検
取得データ	あらゆる可視データ、リアルタイム 3 次元データ（LiDAR･SLAM）
飛行時間	12.5 分（ペイロードなし） / 9.1 分（LiDAR 搭載時）
サイズ	縦：38 ㎝、横：48 ㎝　重量：2350g
搭載カメラ	可視カメラ（4 K）赤外線カメラ
明るさ	16,000 lm
飛行安定化	◎（SLAM により安定）
飛行中の自己位置推定	○（3D ライブマップ・距離計・気圧センサー・簡易コンパス）
追加センサー搭載	○（2 ポート：LiDAR 用、補助用）
３D モデリング	◎（LiDAR・SfM による高精度測量）

表 3　高精度 LiDAR ペイロードの仕様

正確度	0.1%ドリフト
1σ精度	± 6 mm
照射距離	最大 100 m
スキャン速度	1.3M ポイント/秒

表 4　UT 検査ペイロードの仕様

精度	± 0.1 mm
測定範囲	0.8 mm ～ 250 mm（材質、温度等により異なります）

資料-4

管理番号	要素 2024　00015-01

別添: 写真・図面



図 12　3D ライブマップ(自己位置認識)
Photo courtesy of Flyability

搭載された LiDAR は周囲をスキャンし、高密度な点群マップを作成します。
このマップはタブレットにリアルタイムに表示され、パイロットは機体の正確な位置を簡単に把握できます。

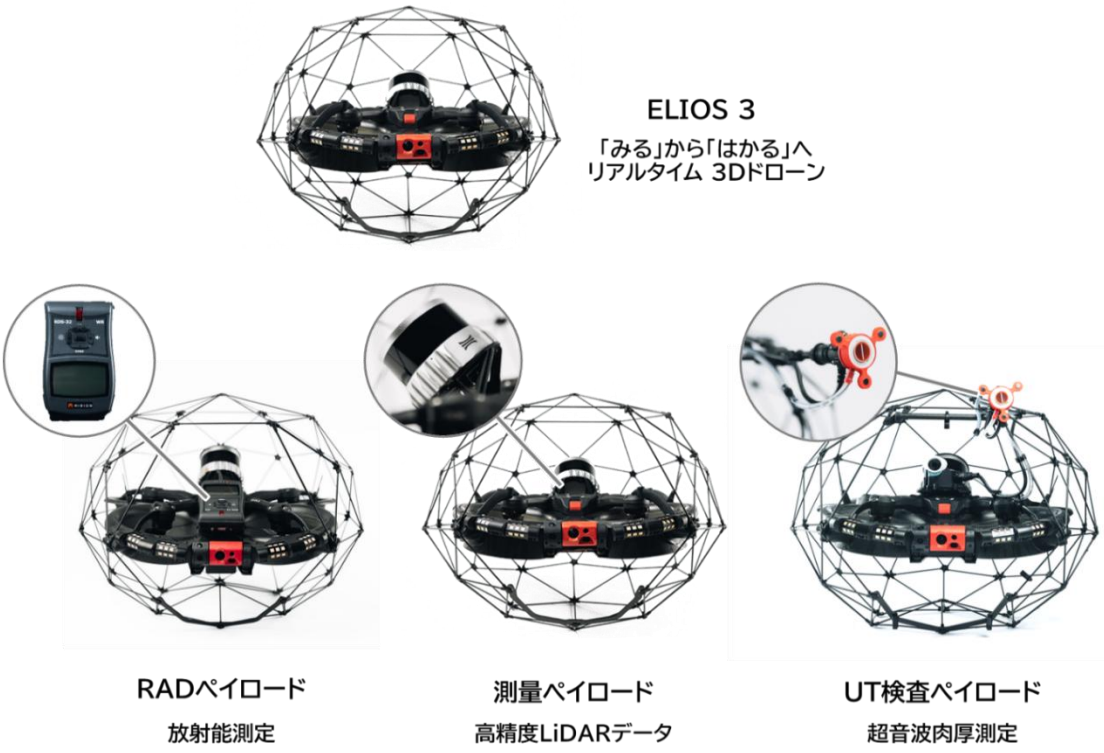


図 13　追加搭載可能なペイロードシリーズ
Photos courtesy of Flyability

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2025　00016-01		
技術区分	センサー		
保安技術名称	風力発電設備タワーフランジ締結ボルト軸力の遠隔監視システム		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術　　登録年月日:　2026 年 3 月 27 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	風力発電設備		
活用シーン	本技術は、従来定期的に行っていたトルクレンチによるボルトの増し締め確認点検をひずみセンサーによる常時状態監視で代替する手法である。タワーフランジ部を締結するボルトにひずみゲージを貼り付けてあり、ひずみセンサーはケーブルで IoT デバイスへ接続されており、取得した計測データを産業用 PC 経由でクラウドへ送ることで、遠隔地(運転制御所等)でボルト軸力を常時監視して、フランジ結合部の健全性を担保することが可能となる。		

1．技術概要

風力発電設備のタワーは、輸送上の物理的制約から複数のセクションに分割して製造され、建設現地にてボルト接合されるのが一般的であり、接合部は運転時の曲げモーメントや振動、あるいは外気温差による熱応力に常時さらされており、ボルトの緩みや疲労損傷のリスクが存在している。

このため、保守管理においては合マークによる視認確認、打音点検、油圧トルクレンチを用いた増し締め等の定期的なメンテナンスが不可欠であり、地震や台風といった自然災害後の緊急点検を含めて、地理的制約下での技術者の派遣に伴う多大な労力とコストが設備運用の大きな負担となっている。

(1) ボルト軸力状態監視のシステム構成

ボルト円筒部にひずみゲージを対角に 2 枚貼り付けた「IoT ボルト」と、防水構造でボルト頭部に磁石で固定し、ひずみ、電池残量を測定、Bluetooth®経由で産業用 PC にデータを送信する「IoT デバイス」で構成(Syncbolt®)されており、産業用 PC 間は「Ethernet 通信」と「RS-485 通信」の冗長化されたケーブルで接続され、収集したデータは有線あるいは LTE 回線でクラウドに送信・蓄積されることで、事業者等は Web ブラウザでボルト軸力を常時監視できる。図 1 にシステム構成を示す。

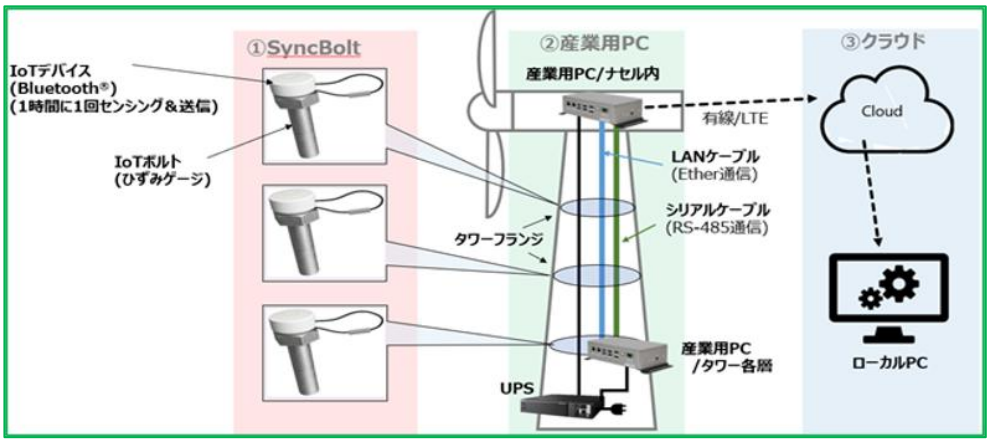


図 1　ボルト軸力遠隔監視のシステム構成

資料-1.2

管理番号	要素 2025　00016-01

(2) IoT ボルトの構成及び原理

ボルトの六角ヘッドの下方円筒部のひずみゲージ貼付け位置に、ボルト強度を担保するためにネジ有効断面積を下回らないように溝加工を行い、その溝にひずみゲージを対角に 2 枚貼り付ける（図 2)。

なお、製品引張試験及び変形性能試験による信頼性試験において、ボルト加工の状態に関わらず、強度試験を満足する結果となり、加工の有無による機械的強度の差は見られないことが確認されている。

ひずみゲージは、金属箔の電気抵抗変化を利用したセンサーであり、貼り付けた物体が伸びるとゲージ内の金属箔も伸びて抵抗値が増加し、この抵抗値の微細な変化を電気信号として取り出すことで、物体に加わっている正確な力を算出できる。ひずみゲージ法では、物体の変動を直接測定できるため使用環境による影響やボルト径違いへも適用可能であり、画像解析法など他方式と比べて最も測定誤差を抑えられる方式である。

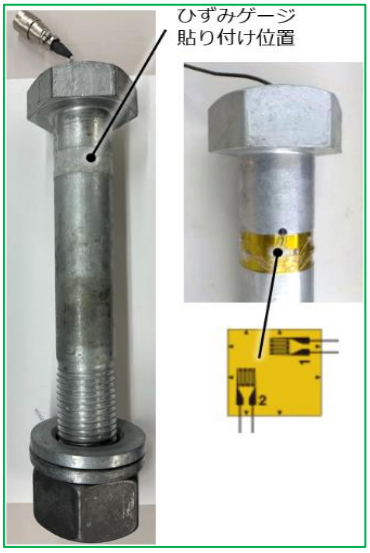


図 2　IoT ボルト

ひずみゲージの出力値は、貼付け時の微妙な貼付けズレによって出力値に誤差が生じるため、ひずみゲージを貼り付けたボルトの個々に対してそれぞれ引張試験(65%耐力／85%耐力の 2 点)を行い、そのボルトに設置される IoT デバイスにて個体ばらつきを調整(キャリブレーション※)する（図 3)。

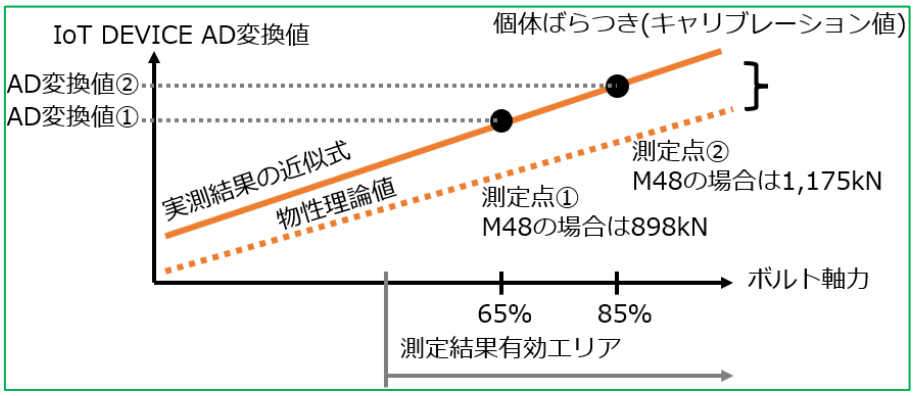


図 3　キャリブレーション手法

※ キャリブレーションとは、測定器の誤差を標準器と比較して、正確な値が計測できるように調整する一連の作業を指す。

(3) システムの特徴

ア. IoT ボルトは、風力発電設備のタワーフランジボルト（フランジ接合部を締結するボルト）として使用されているものと同一製造ロットのボルトにひずみゲージを貼り付けたものであり、機械的性質及び性能は同等である。

イ. トルクでなく軸力を直接計測できる(誤差±5%以内)。

ウ. ボルトの軸力を常時監視し、ボルトの緩みや異常を早期検知できる。

エ. IoT デバイスは 5 年以上動作可能（1 時間に 1 回測定時)。

オ. 計測データはクラウドへ蓄積し、クラウドへアクセスし PC 端末等で表示できる。

カ. WEB ブラウザでボルトごとの軸力のトレンドを表示できる（データ可視化システム)。

キ. 異常検知時（事業者で定める閾値以下)にメールで異常を通知できる。

資料-2.1

管理番号	要素 2025　00016-01

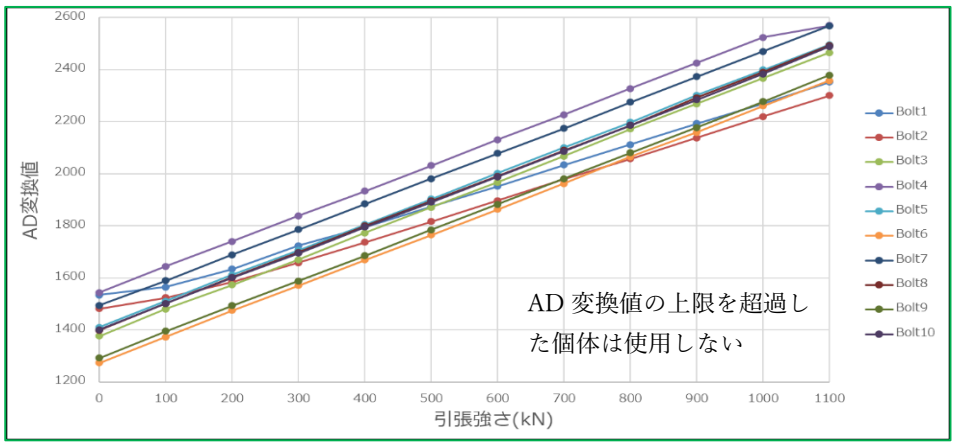
2．検証データ等

(1) 製品引張試験及び変形性能試験（ボルトの強度の試験）

本技術では、ボルトの表面を加工してひずみゲージを貼り付けるため、加工による機械的強度の低下がないか検討した。ボルトに引張荷重・ねじりをそれぞれ加える試験において、加工無しのボルトと比べて強度の低下は確認されなかった。

(2) 製品引張試験時の軸力値

ア．10 本のボルトに対して引張試験を行い、引張荷重とひずみゲージの出力値の関係が線形であることを確認した（図 4)。実際の使用においては、事前に試験を行って線形で使用できることを確認したものを用いる。これにより、正しくキャリブレーションが行えることがわかる。



＜測定データ＞
・IoT DEVICE 試作品での取得データ（キャリブレーション未適用）
・ボルト軸力状態に合わせて AD 変換値が変動＝ひずみゲージによる軸力値測定が可能

図 4　引張過重とひずみゲージの出力値(AD 変換値)の関係

イ．呼び径 7 種（M36、M39、M42、M48、M56、M64、M72）のボルトに対して引張試験（耐力：100%・85%・65%）を行い、実際にかけた引張荷重とキャリブレーション後の軸力値の比較を行った。結果、全ての条件において測定誤差は 5%以内であった。

(3) 運用中の風力発電設備での実証実験

実際に商用運用している風力発電所において、2 段階の実証試験を実施した。

ア．第一段階(実環境での Bluetooth®を介した軸力データ取得)

実環境での Bluetooth®を介した軸力データ取得を目的として「IoT ボルトと IoT デバイス」3 セット、「ホスト」及び「送受信装置」のシステム構成機器を設置し、約 1 年間のデータを取得した（図 5)。

図 6 の軸力測定データから、締め付け直後から数日経過後に生じた初期のリラクゼーション後は一定の軸力を維持していることが確認された。

データ推移では、約 10kN 程度の軸力変動が見られるが、未締結状態で測定したボルトの測定結果（図 6 右上）でも同様に、3kN から-8kN と約 10kN 程度の変動が見られ、風力発電機の揺れ等による影響よりもマイコンの AD 変換誤差が影響したと推察される。

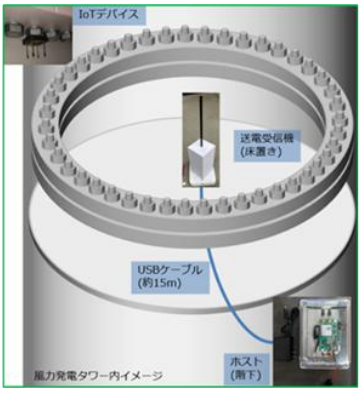


図 5 実証試験システム構成

管理番号	要素 2025　00016-01

実証試験では、通信障害などにより一部のデータが欠落しているが、締め付け直後に生じるリラクゼーション（1.163kN→1.142kN）を捉えており、リラクゼーション後の約 1 年間にはほとんど緩みが生じておらず（1.142kN →1.126kN: 1.3%減少）、締め付け目標軸力の 1.060kN を上回っていた。

なお、同設備に設置した別の IoT ボルトの測定データも締め付け直後のリラクゼーション、軸力誤差などは同様の傾向が確認され、システムの有効性が確認できたと同時に、この実証実験で得られた課題の整理・検討を行い、装置類の改善を図った。

[実証試験の結果の活用]

a. IoT デバイスは、ワイヤレス給電から電池駆動仕様に変更する。

b. 商用電源喪失対策として UPS を導入する。

c. 遮蔽物による LTE 回線の喪失の影響を防止するために、送受信装置の設置場所を検討する。

d. 落雷を 2 回ほど観測したが、機器への影響は確認されなかった。

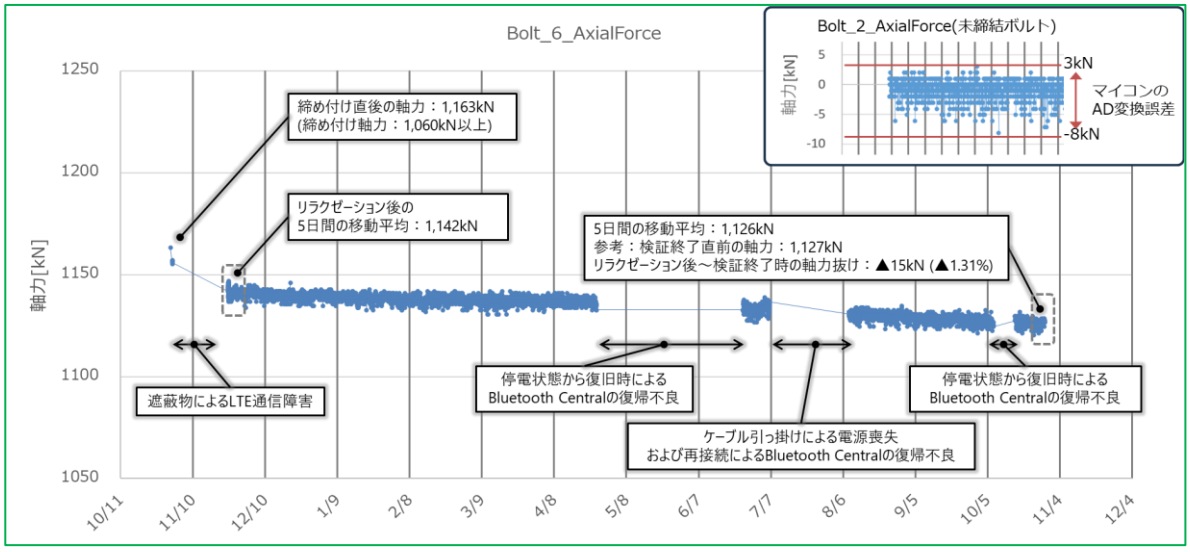


図 6　実証試験における軸力測定データの推移

イ. 第二段階(量産機器構成の効果検証)

実験機器の実証試験の結果により十分な有効性が得られたことから、第二段階の量産機器構成による実証試験を実施することとし、 IoT デバイスの通信対向機として産業用 PC を使用すること、LTE 端末の設置場所の変更、有線通信の長尺化などの量産機器構成の現場実証試験を継続して実施中である。

a. 実証実験機器構成からの変更点

① IoT デバイス制御機器を試作機（Raspberry Pi）から産業用 PC(Windows OS)に変更する。

② LTE 端末設置場所をタワー内からナセル内へ変更する。

③ 有線通信を USB（50 m）ケーブルから Ethernet/RS-485（100 m）ケーブルに変更する。

b. 検証結果による対策

① 産業用 PC ハングアップ対策として、定期的なリブート機能を仕様に追加する。

② ナセル内において、通信障害は確認されなかった。

③ 通常動作時での LTE 通信、Ethernet 通信、RS-485 通信のデータエラーは発生しなかった。

なお、数日間停電が続いた場合には、UPS の容量が枯渇した。

管理番号	要素 2025　00016-01

3　運用方法

風力発電設備のタワーフランジを締結するボルトでの運用については、下記の方法を予定している。

(1) タワーフランジを締結部の各層においては、同一製造ロットのボルトを使用し、フランジの一周に使用する全体のボルト本数のうち、10%分を IoT ボルトにして、図 7 のように等間隔に設置する。

(2) IoT ボルトと IoT デバイスをコネクタで接続し、図 8 のように、IoT ボルト及び IoT デバイスに負担がかからないように固定する。IoT デバイスは、IoT ボルトに隣接した他のボルト頭部にマグネットで固定する。

(3) 計測は電池消費を抑えつつ、軸力低下や異常兆候を捉えるために、1 時間に 1 回周期での定期計測により、軸力データを収集する。

(4) 軸力データは、タワー内及びナセル内に配置した産業用 PC を介してクラウドに送られ、遠隔地にある PC 端末等から確認できる。

(5) 事業者等は、風力発電設備のタワーフランジボルトの設計値に基づいて軸力の低下や異常変動を検知する閾値を設定する。本システムは異常検知時にメールで通知することもできる。

(6) 万が一、本システムの機能が停止した場合には、各事業者の保安規定に基づいた従来のメンテナンス方法へ切り替える。

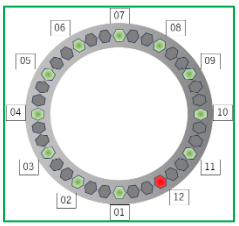


図 7　IoT ボルト設置数

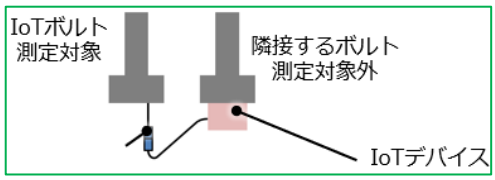


図 8　IoT デバイス設置方法

スマート保安技術カタログ

資料-4

管理番号	要素 2025　00016-01

4．特記事項

運用上の課題や製品を使用する際に考慮すべき事項は次の通り。

ア． IoT ボルトと IoT デバイスは１：１でキャリブレーションを実施しており、組み合わせを変更することはできない。ただし、IoT デバイスを交換する場合は、交換後の IoT デバイスに対応する IoT ボルトのキャリブレーションデータを引き継ぐことができる。

イ．軸力低下や異常変動を検知する閾値は、風力発電設備のタワーフランジボルトの設計値に基づいて、事業者等と協議のうえ決定する。

ウ．情報セキュリティ面では LTE 回線でプライベート IP を利用して AWS との通信に限定し、SSL/TLS 通信により、情報セキュリティリスクを低減させる。ログイン情報は各社の情報セキュリティマネジメントに基づいて管理を行う。

5．今後の予定

本技術は、従来行っていた現場作業のトルクレンチによるボルトの増し締め確認点検を、ひずみゲージ測定による軸力の遠隔状態監視へと代替する手法である。ボルトの軸力を高精度かつ遠隔で状態監視できることから、点検品質の向上とともに、点検頻度の延伸や、遠隔からの点検実施など、風力発電設備メンテナンスの効率化に寄与することが期待される。

開発者名称	豊田通商株式会社、ＳＭＫ株式会社、ユニタイトシステムズ株式会社
連絡先等 (担当者、組織名、住所、電話番号)	（当該案件連絡先） 組織名・部署：豊田通商株式会社 メタル＋（Plus）本部 条鋼鋼管事業部 担当者：柴田 邦宏 〒450-8575 愛知県名古屋市中村区名駅４丁目９番８号 ℡：052-584-5000（代表） E-mail：kunihiro_shibata@toyota-tsusho.com （デバイス・システム開発） 組織名・部署：ＳＭＫ株式会社 ＳＣＩ事業部 営業部 担当者：西浦 真平 〒142-8511 東京都品川区戸越６丁目５番地５号 ℡：03-3785-1111（代表） E-mail：nishi108@smk.co.jp （ボルト開発） 組織名・部署：ユニタイトシステムズ株式会社 営業部 担当者：井上 富美久 〒651-2271 兵庫県神戸市西区高塚台３丁目１番地 12 号 ℡：078-991-2233（代表） E-mail：inoue@unytite.com

資料-5

管理番号	要素 2025　00016-01

別添: ボルトの強度について

ひずみゲージ貼付け位置のボルト断面積よりも、ネジ有効断面積の方が細い関係となっている。ひずみゲージ貼付け部の溝加工は、切り欠きの影響が出ないように大きな R 形状で B-B から A-A 及び B-B から C-C につないでおり、貼付け部の溝加工の有無に関わらずボルト強度は担保される。(有効断面積比較：図 9)

なお、製品引張試験及び変形性能試験の結果から、加工の有無による機械的強度の差は見られないことが確認されている。

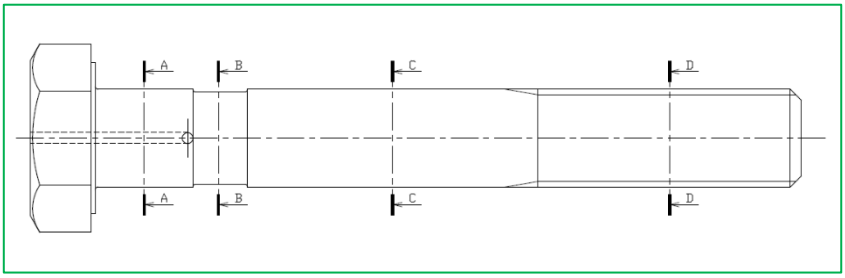


図 9　IoT ボルトの有効断面積比較

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2026　00017-01		
技術区分	デジタル化、AI、運用		
保安技術名称	営巣巡視業務における AI 活用による業務効率化（営巣検知システム）		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:　基礎要素技術　　登録年月日:　2026 年 7 月 14 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	配電設備		
活用シーン	送配電事業者の配電設備保守管理において、カラス等の営巣を発見・撤去する作業は重要である一方、巡視範囲が広域かつ長距離に及ぶため、多大な労力を要する点が課題となっている。 本技術は、従来は専門の作業員 2 名が車で巡回し、目視で行っていた配電設備の営巣巡視業務を、専用の営巣撮影器具を設置した走行車両から配電設備を撮影し、動画を GPU（大量の計算を並列に高速処理するための計算装置）搭載 PC で AI 解析（画像認識技術）することで営巣を検出・判定して、撤去工事の迅速な手配を可能とする営巣検知システムであり、営巣巡視業務の効果的かつ大幅な業務効率化と、経済性の向上が期待できる。		

1．技術内容（特徴、仕様、性能など）

(1) 技術の概要

本技術は、営巣撮影器具（車両上部に取り付けるカメラ等をパッケージ化した撮影装置）と、NTT ドコモソリューションズ株式会社が提供する「Deeptector®（注 1）（営巣検知サービス）」をベースとした画像認識技術「営巣検知 AI」により構成される営巣検知システム（以下、「本システム」という）である。営巣撮影器具を搭載した車両が、巡視経路を走行しながら道路左右の配電設備を撮影し、その映像を営巣検知 AI で解析することで、配電設備における営巣の有無を判定し、その結果を表示する。解析方法は、走行中にリアルタイムで判定する方式と、帰所後に撮影動画を GPU 搭載 PC へ取り込み一括判定する方式から選択可能であり、現在四国電力送配電では帰所後の一括判定方式を採用している。

本システムによる検知結果は、地図上への営巣位置のマッピングやメール通知による早期共有などの可視化機能とあわせて確認することができ、営巣の撤去工事の迅速な手配を可能とする。なお、営巣の有無に関する最終判断は、AI が抽出した営巣検知画像を作業員が目視で確認して行う。

（注 1）Deeptector は、NTT ドコモソリューションズ株式会社の登録商標

(2) 背景

配電設備においては、毎年春先から初夏にかけてカラス等が巣作りのために運んだ木の枝や針金類が電柱上の電線に接触し、停電事故を引き起こす恐れがある。営巣に起因する事故は四国電力送配電管内で毎年約 20 件発生しており、事故が発生すると、お客さまへの影響や復旧作業の負担が大きいため、その未然防止策として年間約 2 万個の営巣を撤去している。

一方、配電線は四国全域に約 4.6 万 km にわたり敷設されており、

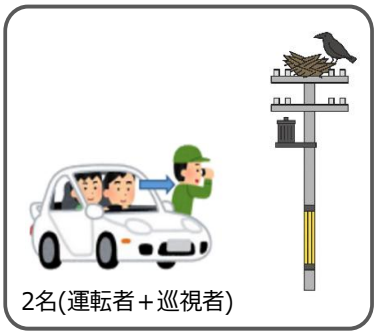


図 1　営巣巡視の概念図

管理番号	要素 2026　00017-01

従来は配電知識を有する作業員 2 名が車両で巡回（図 1）し、道路左右の配電設備を目視して営業の有無を確認していたため、広域にわたる巡視に多大な労力を要する点が課題であった。

(3) 装置およびシステムの特徴（仕様・性能等）

ア 営業撮影器具（図 2）

① 高画質の市販カメラ 2 台、ドライブレコーダー、モバイルバッテリーおよびファンで構成されたパッケージ型の装置であり、種々の車両上部に簡単かつ短時間で取り付けられるよう新規開発した。

② 2 台のカメラのパン角（進行方向に対する左右の向き）とチルト角（水平面に対する上下の向き）は、走行時に道路左右の電柱をそれぞれ最適に撮影できる角度に固定されている。

③ 2 台のカメラは、走行しながら道路左右の電柱の高精細な動画を長時間（約 7 時間）連続撮影できる。

④ アルミ筐体に防水リベットや防水テープ等を採用し、IPX2（小雨や水滴に耐えられる等級）の防水性能を有する。



図 2 営業撮影器具

イ 営業検知 AI

① 営業検知 AI は深層学習（Deep Learning）の代表的な手法である CNN（Convolutional Neural Network：画像認識に広く用いられる AI モデル）を採用し、画像内にあらかじめ学習した対象物を検出する物体検出型で営巣を判定する。

② GPU 搭載 PC に撮影した動画データを読み込ませるだけで、AI 判定および結果表示が可能である。

③ 完成営巣だけでなく、作成中営巣、枝、ハンガーを区別して検知することで、営巣完成前の早期発見が可能となる。

④ 営巣と確信している度合い（確信度）を算出して、あらかじめ設定した閾値（営巣検知 AI が営巣として出力するための判定基準値）を超えた場合に、営巣として検知出力する仕様である。この出力結果に基づき、最終判断は作業員が画像を目視確認して行う。

ウ 運用・可視化

① リアルタイム検知と帰所後の一括判定を選択できる。リアルタイム検知方式を選択した場合は、巡視中に判定結果を事務所に通知できるため、都度、必要な処置を実施できる。

② 地図上への営巣位置のマッピングやメール通知による早期共有などの可視化機能を有し、電柱番号、時刻、営巣の完成度などを一覧で確認できる。

③ カラスの習性から営巣が繰り返し作られる電柱や停電事故の影響が大きい電柱等、あらかじめ指定した電柱のみ判定閾値を低く設定できる機能や、指定した電柱の写真を必ず提示する機能を有する。

④ 確信度が閾値を超えた複数の営巣候補画像を効率的に確認できるようにし、作業員による最終確認と対象電柱の特定を支援する。

管理番号	要素 2026　00017-01

(4) 構成図、原理概念等

①　「Deeptector（営業検知サービス）」（図 3）は、道路上に配置された電柱の点検において、車載カメラ、AI 画像認識技術を用いて巡視業務を効率化する。

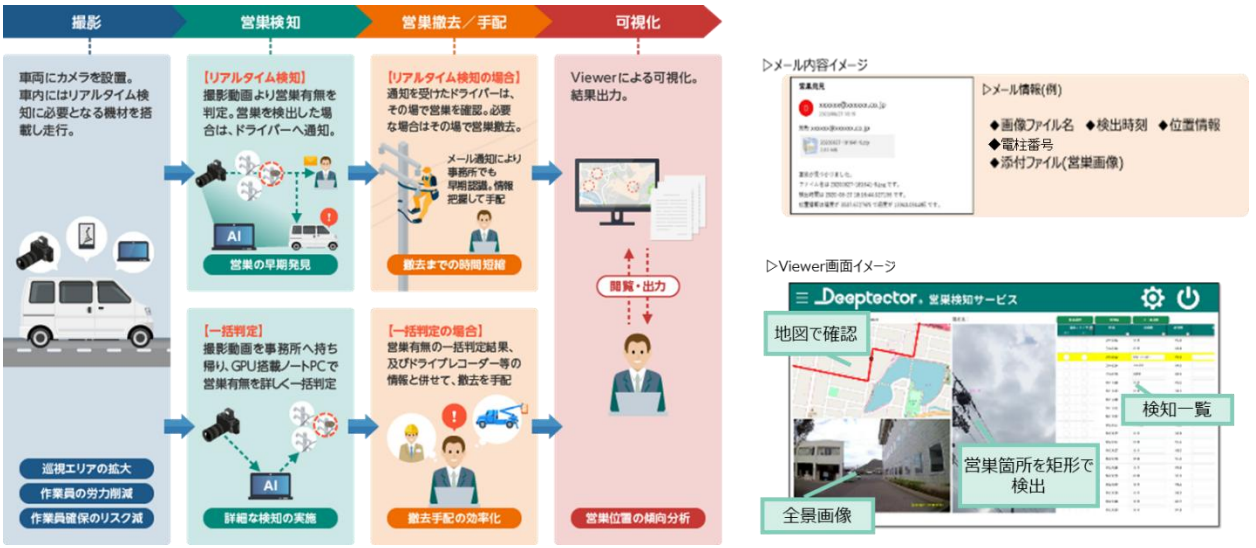


図 3　Deeptector（営業検知サービス）の概要

②　営業巡視の従前とシステム活用後の運用比較

a 従前の営業巡視（図 4 左）

過去に営業が確認された電柱を中心に巡視しており、毎週の定期巡視のほか、停電事故の可能性が高まる雨天の前日には臨時巡視を行うなど、毎年、全社で延べ約 4 千人・日を費やしている。巡視によって供給支障事故に繋がる営業が発見された場合は、手作業で撤去指示書を作成し工事手配を行う。

b システム活用後の営業巡視（図 4 右）

配電設備の専門知識を有しない作業員でも、1 名で走行エリア全域の巡視が可能となるほか、システムによる撤去指示書作成機能の活用により、一連の業務を効率化できる。

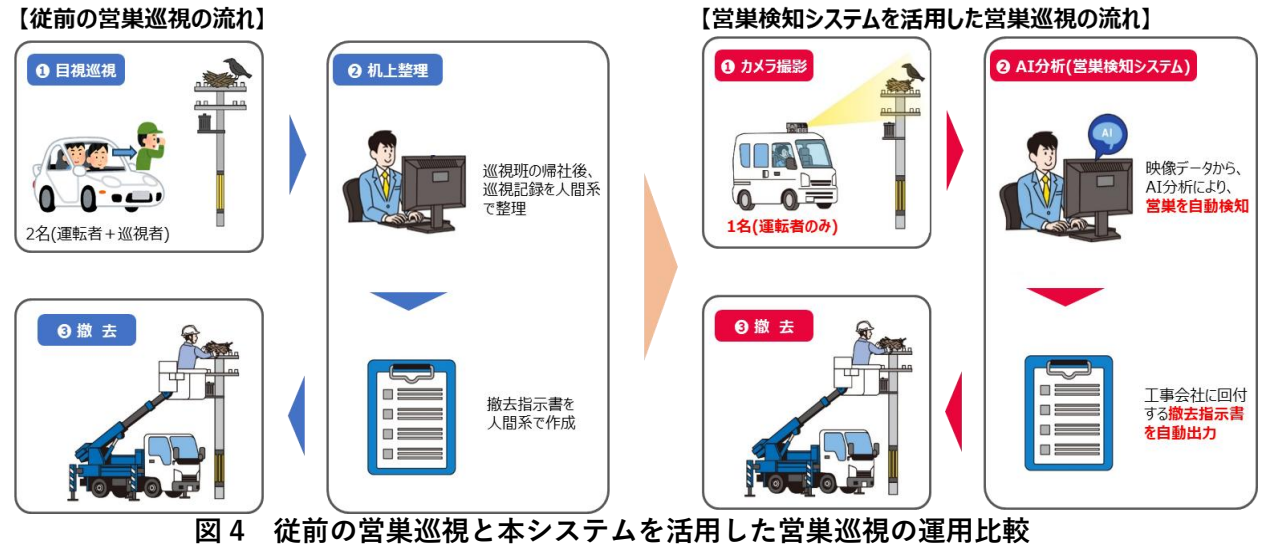


図 4　従前の営業巡視と本システムを活用した営業巡視の運用比較

管理番号	要素 2026　00017-01

2．検証データ等（実証試験・運用）

(1) 学習データ

① 営巣検知 AI の認識精度を高めるため、天候 2 種類（晴天、曇天）とロケーション（背景）3 種類（市街地、郊外、山）を組み合わせた 6 つの環境条件について、完成営巣、作成中営巣、枝、ハンガー別に各 500 枚を目安とした画像データを準備した（図 5）。画像は手動による静止画撮影に加え、車載カメラの動画からも切り出して収集した。

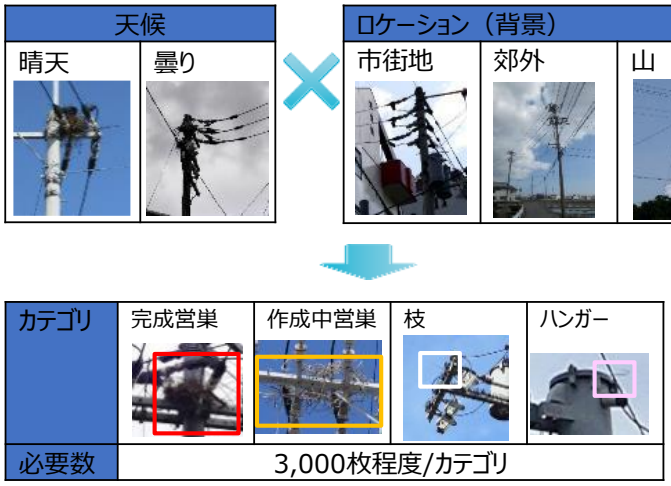


図 5　営巣判定の学習データ

② 営巣シーズンにおいて実際の営巣写真・動画を 3 年にわたり収集し、追加学習データとした。また、営巣は作り始めから完成まで形状が大きく異なるため、営巣の完成度に応じた画像を学習データとして収集したほか、巡視時の天候や電柱の背景によらず高い再現率（実際に存在した営巣のうち営巣検知 AI が検知できた割合）となるよう、天候・背景ごとに学習を重ねた。

③ 営巣検知 AI が営巣と誤って判定しやすい変圧器、引込設備、鉄塔、樹木等について、「営巣でない物」として認識させた。

(2) 実証試験方法

本システムの性能検証にあたっては、営巣の目視巡視を行う車両に営巣撮影器具を搭載し、巡視ルート走行時に撮影した映像データを本システムで解析することで、作業員による目視巡視結果と営巣検知 AI による検知結果を比較した。営巣検知 AI による再現率は検知対象とする営巣の完成度や判定閾値の設定により変動するため、業務運用面を考慮して目標再現率を約 9 割として検証を行った。

なお、停電事故の回避を最優先とし、多少の誤検知があっても検知漏れを極力減少させる考え方に基づき、再現率の向上を優先して検証している。

● 再現率の算定式

再現率 ＝ 正検知数 ÷ 実際の営巣数

＝ 正検知数 ÷（正検知数 ＋ 未検知数）

・実際の営巣数：作業員が営巣巡視点検で営巣と判断した件数

・正検知数：営巣検知 AI が正しく営巣を検知した件数

・未検知数：実際には営巣が存在したものの、営巣検知 AI が検知できなかった件数

管理番号	要素 2026　00017-01

(3) 実証試験結果

完成営巣と作成中営巣を対象とした作業員（目視）と営巣検知 AI による巡視結果の比較では、作業員による営巣巡視点検の発見数 229 件に対して、営巣検知 AI の正検知数は 200 件であり、作業員による目視での営巣巡視点検結果を基準とした再現率は 87%であった（表 1）。

表 1　作業員と営巣検知 AI の巡視結果比較（完成営巣と作成中営巣を対象）

営巣検知 AI の検知数（正検知＋誤検知）	作業員の発見数 a	営巣検知 AI の正検知数 b	再現率 b/a
3,754 件	229 件	200 件	87%

この結果から、目標とした約 9 割に近い再現率で営巣を検知できることを確認しており、作業員による最終確認を組み合わせることで、従前の営巣巡視の代替として活用可能と判断した。なお、本結果は四国電力送配電が設定した判定閾値に基づくものである。

(4) 判定閾値等を活用した検知漏れ低減の工夫

営巣の判定閾値については、閾値を高くすると明らかに営巣と判断できるものしか検知せず、逆に閾値を低くすると営巣でないものも多く検知してしまう（誤検知）ため、適切な判定閾値を基本値として設定している。一方、カラスの習性から頻繁に営巣が作られる電柱や停電事故の影響が大きい電柱等については、他の電柱よりも営巣の見逃しを減らしたいというニーズがある。そこで、指定した電柱のみ閾値を低く設定できる機能や、指定した電柱の写真を、判定結果にかかわらず必ず提示する機能を実装し、システム全体として営巣の検知漏れ低減を図った。

(5) 作業員による確認時の見落とし低減の工夫

AI が抽出した営巣候補画像のうち、確信度が最も高い画像であっても、作業員による最終確認に必ずしも適した画像とは限らず、電柱が小さく映っている場合やハンガーの有無等が不明な場合があるため、閾値を超えた営巣候補画像は全て効率的に確認（連続した複数の画像を表示）できるようにして、営巣の確認漏れを減らした。本機能は、対象電柱の特定作業にも役立っている。このように、GPU 搭載 PC での AI 判定結果を効率的に確認できる仕組みとしたことで、1.5 時間の巡視に対し 10 分弱という短時間での確定判定を可能にしている。

3．業務効率化・経済性評価

本システムを全社展開した場合の運用効果として、巡視を 2 名体制から 1 名体制に変更することにより、四国電力送配電では年間の人役が延べ約 4 千人・日から約 2 千人・日となり、すべての営巣巡視を本システムで実施できれば延べ約 2 千人・日の削減効果が見込まれる。また、配電設備に関する専門知識を有しない作業員でも巡視が可能となることや長時間の巡視でも同一の判定方法を適用できることから、人件費単価の削減による更なる経済性の向上も見込まれる。

スマート保安技術カタログ

資料-2.3

管理番号	要素 2026　00017-01

4．特記事項（課題、考慮すべき事項、その他）

（1）営業検知 AI による営業候補の抽出結果のみで営業の有無を確定せず、検出した確信度の高い営業検知画像を作業員が最終確認して営業の有無を確定する運用としている。

（2）再現率向上に向けて実証試験の学習データだけでなく、地域特有の営業の形状、背景、天候、電柱に取り付けられた設備等の新たなバリエーションを収集し、継続的に追加学習、判定閾値および運用方法の見直しを実施する必要がある。

（3）撮影条件によっては、営業の色が設備と同化する場合や営業が電柱の裏側にある場合等は、未検知となる可能性があり、撮影方向、画角（カメラで撮影できる範囲)、天候などを考慮して運用する必要がある。

（4）判定閾値を低くすると見逃しは減少する一方で誤検知が増加し、作業員が最終確認する画像数は増えるため、停電事故回避を最優先とした運用方針と確認作業量を踏まえて閾値を設定する必要がある。

現時点では、一定程度の誤検知を許容しても検知漏れを極力低減することを優先し、再現率を重視した閾値を設定している。

（5）現在の営業撮影器具は、晴天・曇天での使用を想定しているものの、急な雨などを考慮して IPX2 の防水性能を有する。

5．今後の予定

実証試験の結果を踏まえて導入拡大を進めるとともに、その効果の最大化を目指した現場運用手法の構築と、再現率の更なる向上に向けた改良を継続する。また、配電設備に関する専門知識を有しない作業員による巡視への適用拡大や他の巡視業務への展開を図る。

さらに、本システムのベースとなった Deeptector の巡視ソリューションでは、営業検知サービスに加え、つるつた検知サービスおよび設備把握サービスを提供しており、これらのサービスについても、継続的な AI 精度向上、機能改善に取り組む。

開発者名称	四国電力送配電株式会社
連絡先等 (担当者、組織名、住所、電話番号)	○ 本システムに係る問合せ先 組織名： 四国電力送配電株式会社 部署： 配電部 通信システム部 住所：〒760-8610 香川県高松市丸の内 2 番 5 号 TEL：087-802-6360（代表） 問い合わせフォーム： https://www.yonden.co.jp/inquiry/other/ ○「Deeptector 巡視ソリューション」の問合せ先 組織名：NTT ドコモソリューションズ株式会社 部署：ネットワーククラウド事業本部 住所：〒141-0031 東京都品川区西五反田 2-11-20 五反田ブリックビル TEL：03-5435-4558　E-mail： dl-contact@nttdocomo.com

管理番号	要素 2026　00017-01

（参考資料）

1．四国電力送配電における運用方法

本システムの運用は、営巣撮影器具を搭載した車両による撮影巡視から、AI 判定、作業員による最終確認、撤去手配までの一連の業務で構成される。従来、配電知識を有する作業員 2 名で行っていた営巣巡視を、運転者 1 名による撮影と帰所後の AI 解析・確認へと置き換えることで、巡視業務の効率化を図る。

具体的な運用手順を表 2 に示す。

表 2　運用手順

手順	内容
①　撮影巡視	営巣撮影器具を取り付けた車両で、巡視経路を走行し、道路左右の配電設備を 2 台のカメラで撮影する。
②　営巣検知 AI 判定	GPU 搭載 PC に撮影した動画データを読み込ませ、営巣検知 AI が営巣候補を検出して結果を表示する。リアルタイム検知と帰所後の一括判定を選択可能（四国電力送配電は一括判定を採用）。
③　最終確認	営巣検知結果を作業員が確認し、営巣の有無を最終判断する。電柱番号、時刻、営巣の完成度等を一覧で確認でき、閾値を超えた複数画像も確認できる。
④　撤去手配	地図上への営巣位置のマッピング等の可視化機能を用いて対象電柱を特定し、撤去工事を迅速に手配する。

4-2　保安技術モデルカタログ

1　保技 2021 10001 高圧絶縁状態の常時監視　・・・・・・・・・・　保技 10001-P1 ～ -P11

2　保技 2022 10002 巡視点検の遠隔監視と

特高受変電設備の絶縁状況等の常時監視　・・・・・・・・・・　保技 10002-P1 ～ -P17

3　保技 2022 10003 高圧絶縁状況の常時監視（高圧受変電設備）

・・・・・・・・・・　保技 10003-P1 ～ -P12

4　保技 2023 10004 製鉄所変電施設におけるスマート保安技術

・・・・・・・・・・　保技 10004-P1 ～ -P6

5　保技 2023 10005 高圧絶縁監視機能の導入による高圧地絡停電事故の前兆検知技術

(要素 2022 00001-01 からの区分変更)

・・・・・・・・・・　保技 10005-P1 ～ -P11

6　保技 2023 10006 スマート保安技術を活用した柱上受電設備

(EV 急速充電専用)の保安管理技術　・・・・・・・・・・　保技 10006-P1 ～ -P10

7　保技 2024 10007 太陽光発電設備の保守メンテナンスの効率・的確化のための管理システム

・・・・・・・・・・　保技 10007-P1 ～ -P12

スマート保安技術カタログ

資料-1

管理番号	保技2021　10001-01		
技術区分	IoTセンサー		
保安技術名称	高圧絶縁状況の常時監視		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: スマート保安技術モデル　　登録年月日: 2022年 03月 28日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	特別高圧受変電設備		
活用シーン	特別高圧受変電設備において、Voセンサー(地絡過電圧)と部分放電センサーを設置した高圧電路絶縁状態の常時監視及び熱画像診断装置等の活線測定器類の活用による無停電年次点検(停電点検3年1回、他2年は無停電年次点検を実施)の導入		

1．導入するスマート保安技術の概要

今回、導入する主なスマート保安技術は次の通りである。

（1）高圧絶縁監視装置:Voセンサー(地絡電圧の検出)による絶縁状態の常時監視

地絡電圧を検出するVoセンサーは、特別高圧変圧器の高圧回路に設置されるEVT(接地変圧器)の三次巻線に接続され、地絡過電圧継電器の電圧設定値の30%以上の地絡電圧を検出すると「警報」を発信する。

（2）超音波センサー(部分放電音の検出)による絶縁劣化現象の常時監視

電気保安分野で使用されている超音波式放電探知器(ウルトラフォン等)の小型版で、特に重要な遮断器に近接した場所に固定設置し、絶縁劣化の初期段階で発生する部分放電を常時監視して、設定値を超過したら警報を発する。

（3）温度センサーによるコンデンサー・リアクトルの外箱温度の常時監視

温度が上昇する恐れがある機器(コンデンサー・リアクトル等)の外箱に磁石で温度センサーを接触させ、温度を常時監視し、設定値を超過した場合に警報を発する。

（4）熱画像診断装置(サーモグラフィー等)による接続状態及び過熱箇所の確認

充電状態で機器及び接続部等の放射温度を測定・判定する。

接続部の締付け状況の確認、電気機器本体の一部発熱などの確認に有効である。

（5）デジタル測定器(Iorクランプリーカー)による低圧絶縁抵抗の測定

無停電年次点検において、低圧部の停電による絶縁抵抗測定の代替えとして、有効漏れ電流Iorを測定できるIor測定器(デジタル測定器)を活用し、絶縁状態を確認する。

（6）クランプ式接地抵抗測定器の活用

クランプ式接地抵抗計による接地抵抗の測定を行う。

スマート保安技術カタログ

資料-2.1

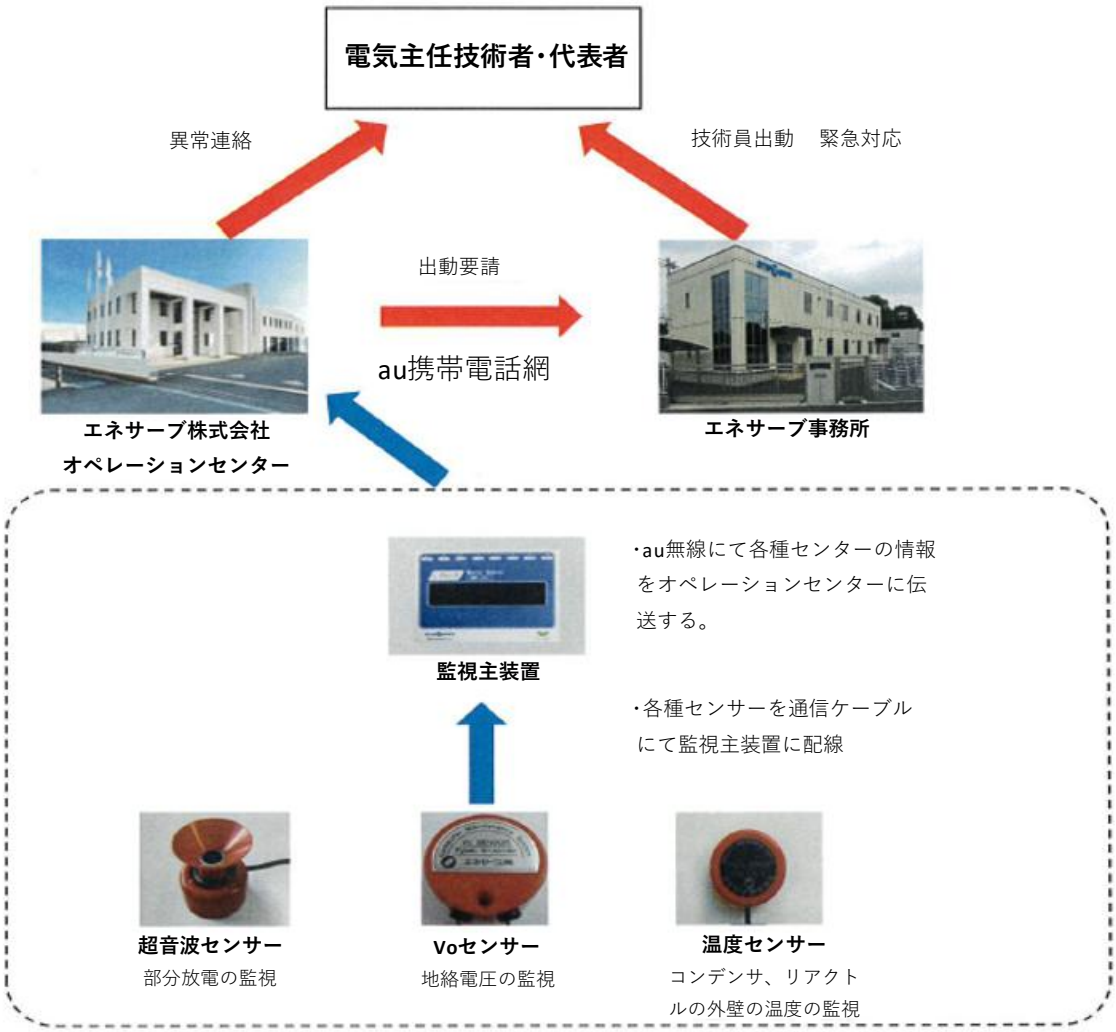
管理番号	保技2021　10001-01

2．スマート保安技術の内容

（1）常時監視

エネサーブの電力設備保守点検等契約(G-PacsBasic)システムの仕組み

①電力設備常時監視システムの体制



･お客様の受変電設備に絶縁劣化、機器温度等の事故予兆が検出できるセンサー（エネサーブ製）を設置し、エネサーブ株式会社オペレーションセンターにて２４時間３６５日監視をする。異常時にはオペレーションセンターからお客様へ連絡をし、必要に応じてエネサーブの技術員が現場に出向き原因の究明、対策を提案する。

※電気事故の予兆を捉え、対応することにより事故を未然に防ぐことがこのシステムの目的である。

（2）活線測定器(デジタル)等の一覧

ア	赤外線サーモグラフィー	FLIR iシリーズ	フリアーシステムズジャパン
イ	非接触Iorクランプリーカー	MCL-500IRV 等	マルチ計測器
ウ	クランプ式接地抵抗計	MET-X	マルチ計測器

スマート保安技術カタログ

資料-2.2

管理番号	保技2021　10001-01

3．スマート保安技術の導入によるメリット及び課題

（1）導入メリット

ア　受変電設備の保守運用における安全面の強化

① 年1回の絶縁抵抗測定に替えて、絶縁状態を24時間365日常時監視することで、絶縁劣化による不意な停電の防止など、絶縁状態管理の保安力が向上する。

② 設置された各種センサーから警報が発報された場合、オペレーションセンターから当該事業所に連絡するとともに、専門技術者を派遣し、事故調査と原因究明を早急に実施する体制が整えられることにより、電気保安品質の向上が望める。

③ 事故発生又は不具合発見後の対応から、各種センサーによる常時監視で事故等に至らない軽度な現象を早期に捉え、対応策を検討・実施することにより事故の未然防止に努めることができる。

イ　対象施設の運用面の向上

当該施設は、オフィス、店舗、駐車場及び公共交通関連施設が入居しており、停電点検が3年に1回となったことから、 毎年の全館停電による8時間前後の営業停止時間が2年間は不要となり、施設利用率や利便性の向上が図れた。

ウ　停電準備・復電に係る経費及び要員の削減

停電の準備及び復電後の確認までに要する労力は大きく、次の効果が認められる。

① 停電点検の技術要員10人日が無停電点検の2年間は削減される。(年間点検費用の20%)

② 停電点検の約半年前からの各テナントとの停電日時調整(管理会社の負担軽減)

③ 課金用検針装置の誤差修正と各種高度機器の停止・運転開始作業(トラブル対応を含む)

（2）課題(懸念事項)と対策

ア　全停電の回数減少に伴う設備管理員の停電操作対応能力の維持

停電操作手順のマニュアルを整備し、年1回の停電復電操作の研修会を実施する。

イ　設備更新工事の日程調整(停電点検に合わせて工事を実施していた。)

多くの設備更新や増設工事は、一部の停電範囲に限られることから、緊急性や停電範囲を検討して必要な時期と日程を設定し、安全と利便性を確保する。

ウ　受変電設備の清掃

設置及び周囲環境を考慮し、必要により粉塵や湿気対策を行い、3年1回の清掃で保守維持できるように整備する。(粉塵や湿気による部分放電が発生した場合、超音波センサーで早期に検知し、対策の検討・実施する。)

4．特記事項（考慮すべき事項、その他）

(1) 超音波センサーは、近傍に高調波を発生している装置がある場合、検知確度が低くなる恐れがあるので調査・検討が必要である。

(2) 超音波センサーは、屋内又は躯体内の使用に限定する。
（防水機能及び外部からの種々の音波が影響することを考慮）

(3) 監視主装置は、携帯電話網の通信回線を使用しているので、地下又は金属遮蔽物のある建物内では、通信品質が確保できない場合があるので事前確認が必要である。

スマート保安技術カタログ

資料-2.3

管理番号	保技2021　10001-01

5．メブクス豊洲における停電年次点検を3年1回とする前提条件及び技術要件

停電年次点検を1年1回から3年に1回に変更し、他の2年は活線診断装置等を活用した無停電年次点検を実施する点検内容と周期とする。

（1）前提条件

ア　巡視点検等における主任技術者の点検内容及び点検頻度は従前通りの実施とすること。

イ　直前の停電点検等において異常がなかったこと。

（2）技術要件

ア　特別高圧受変電設備は高信頼度の製品を使用していること。
（日本電機工業会における保守点検時期が3年又は6年）

イ　特別高圧受変電設備の整備計画が作成されていること。

ウ　特別高圧受変電設備の計測類、継電器及び各種センサー等の動作警報表示等を管理センターで常時監視していること。

エ　高圧電路の絶縁状態の常時監視をVoセンサーで実施し、補助として超音波センサーによる高圧遮断器の絶縁劣化現象を常時監視すること。

オ　年次点検において、熱画像診断装置を用いた過熱状態(接続部や機器)等の確認及び活線絶縁抵抗測定と接地抵抗測定を実施すること。

対象設備名称	メブクス豊洲
設置者、住所、設備概要	清水建設株式会社 東京都江東区豊洲６丁目４番３４号
	22kV本線・予備線受電　設備容量 10,000kVA　複合施設ビル
当該案件連絡先等（担当者、組織名、住所、電話番号等）	(当該案件連絡先) 株式会社エネサーブ神奈川 担当者：営業担当　藤原　将太 〒194 - 0004　東京都町田市鶴間四丁目9番27号 ℡ 042-850-6905　E-mail s.fujiwara@ene-kana.com (G-PacsBasicシステムに関する連絡先) エネサーブ株式会社 〒520 - 2152　滋賀県大津市月輪2丁目19番6号 コールセンター0120-109-246　E-mail call@eneserve.co.jp

スマート保安技術カタログ

資料-3.1

管理番号	保技2021　10001-01

別添: 詳細仕様書

(1) マスターモジュールの仕様

・各センサーの警報データを携帯電話網で管理センターに送信する装置

・送信データは内部メモリーに30日間保存



機　　能	停電検知機能	商用電源AC100Vを監視し、設備の停電を検知する。
	通信機能	KDDI packetOne網(携帯電話)を利用してオペレーションセンターとの通信機能。
	バックアップ電池の搭載	マスターモジュールは商用電源AC100Vにて稼働し、停電などでAC100V電源がなくなったとしてもバックアップ電池を搭載している為、停電通知が可能。
外形寸法	W　２４６　×　D　７８　×　２００(mm)	
取付箇所	電気室の壁、Cub内の空きスペース	
取　　付	木板、プラボックス等を用いてネジ取付	
備　　考	・データの送信は１回~４回/日に設定可能。また現場より手動送信可能。 当システムは事故予兆を未然に察知するための監視である為、予兆を検出した時のみの通信及び定期伝送を基本としている。 ・通信がうまくいかなかった場合、10回のリトライを行う。通信が完了すればデータは保存され、合わせて通信ログの完了フラグに確認可能。 リトライ失敗時は、オペレーションセンターからエネサーブ事業所に連絡を入れ、エネサーブ事業所の担当者が調査復旧を行う。 ・G-Pacs設置場所(メブクス豊洲)とオペレーションセンターとの通信はネットワークに接続せず、KDDI packetOne網を使用。AU回線は閉域網を使用しているため外から入れない。また、受信システム側は離隔環境にあり、社外及び社内からも入れないようになっており、外部からの不正アクセス等は困難である。 ・マスターモジュールは独自のプログラミング言語である為、WindowsのようなOSは使用しておらず、更新については原則不要である。ただし、エネサーブ側で必要な場合はアップグレードを行う場合がある。 ・マスターモジュールの健全性として、データ受信確認を毎日行っており、データを受信して値を持たせており、バックアップ電池の劣化が把握できる。停電点検時には実際に停電信号が発報するかを確認する。 ・マスターモジュールの校正については、毎日の定期通信で正常に動作しているかを確認する。また、年次点検時に接点の確認等を行い、必要に応じて交換などの対応を行う。	

管理番号	保技2021　10001-01

別添: 詳細仕様書

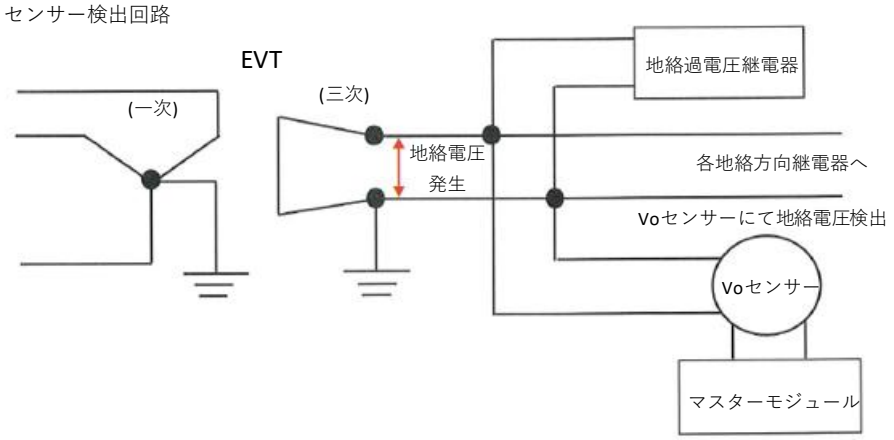
(2) Voセンサーの仕様

・22kV本線・予備線の各接地変圧器(EVT)の三次巻線に接続

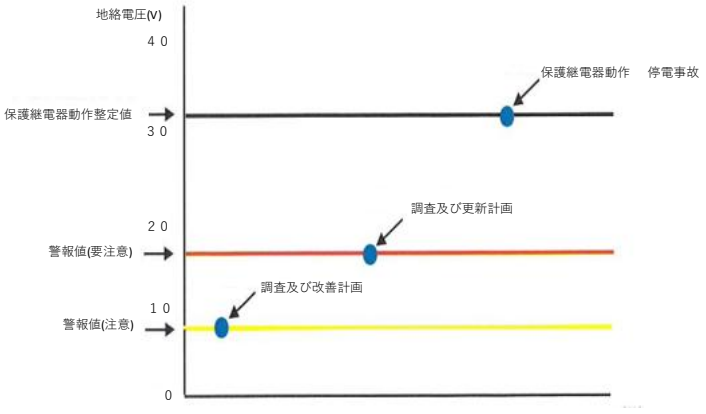
・EVTの地絡過電圧により地絡事故を判定し、警報信号を発報

・検知する地絡電圧の基本設定値は、地絡過電圧継電器のVo設定値の30%

センサー検出回路



機　　能	地絡電圧の監視	地絡電圧を監視することで、高圧回路の絶縁を監視する。 基本警報値は地絡過電圧継電器の整定値の30%とし、警報値の 設定は１V単位で変更可能。
計測範囲(Vo)	１９０Vの場合 7.5 V~２３７.５ V　１１０の場合 5.5 V~１３７.５ V	
精　　度	± 5 %	
外形寸法	Φ５０×２６(D)　(mm)	
取付箇所	EVTの３次	
取　　付	EVTの３次にセンサーを割り込み、ネジ取付でセンサーを固定	
備　　考	・Voセンサーの時限は、当該センサーが遮断を目的としていない為、マスターモジュール 側で最大40Hz(0.8秒)に区切った中で異常電圧を検出し、記録・警報する。 ・Voセンサーの精度確認については、停電年次点検時に試験器にて精度の確認やセンサーの 接点確認・目視を行い汚損等も含めて必要に応じて交換などの対応を行う。	





スマート保安技術カタログ

資料-3.3

管理番号	保技2021　10001-01

別添: 詳細仕様書

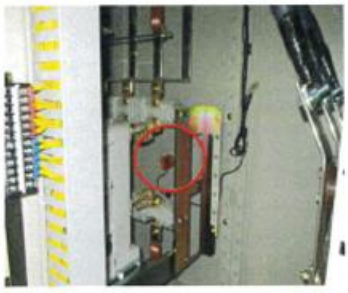
(3) 超音波センサーの仕様

・ 絶縁物の表面等で発生する部分放電(絶縁劣化等に伴う)を検出する。

・ 検出方位±30度以内、検出可能距離1.5m以内

・ 検出感度　57dB



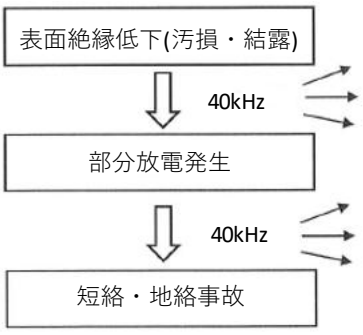


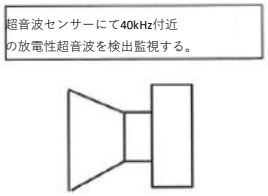
機　　能	部分放電の監視	絶縁劣化過程で初期の絶縁不良である部分放電を検出監視し、放電音が連続的に発生した場合に警報。 ※センサーは40kHzの超音波を監視する。 理由は配電設備が設置されている空間では、数キロヘルツ以下の音響が存在することが多い為、外乱のノイズの少ない帯域である40kHzの監視としている。
検出範囲	方向は機器垂直軸に対して約±３０度以内、検出可能距離は約１.５m以内	
外形寸法	Φ５６×４５(D)　(mm) /貫通Φ２４(mm)	
取付箇所	遮断器及び開閉器の周辺	
取付	マグネットにて取付	
備　　考	・超音波センサーは絶縁上の欠落及び絶縁物の表面に流れる微小電流を検出する。 ・超音波センサーの検出時限は、6分間毎に部分放電の回数をカウントし、50回以上を故障信号としてセンサーに発報する。50回以下(50回以上も記録)は発生回数を記録している。 ・超音波センサーの精度確認については、停電年次点検時にセンサーの接点確認や目視を行い汚損等も含めて必要に応じて交換などの対応を行う。	

ア.原理、有効性

絶縁物に汚損や結露が生じると絶縁物の表面が絶縁低下し、部分放電が発生する。

これを超音波センサーで検出し、監視する。

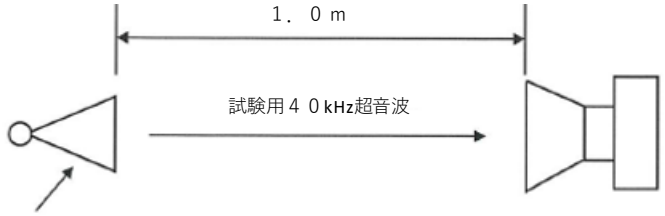




管理番号	保技2021　10001-01

別添: 詳細仕様書

イ　超音波センサーの性能試験



超音波送信用圧電素子
(テスト用発信機)

送信用圧電素子も４０kHz １００mVp-pの
信号を与えた時に、１m離れた場所で検出可能。

実測データサンプル数１０

項　　目		R4016AI受信機
４０kHzにおける感度(dB)	(平均値) (最小値~最大値)	－５７ －５８．０～－５６．６
最大感度受信周波数(kHz)	(平均値) (最小値~最大値)	４０．１ ３９．９～４０．３
出力インピーダンス(Ω)	(平均値) (最小値~最大値)	５，３２０ ４，８９０～５，４４０
１kHzにおける静電容量(pF)	(平均値) (最小値~最大値)	２，１８０ ２，１００～２，３３０

条件:０ dB＝１ V/μ bar、 RL=３．９ kΩ、距離＝３０ cm

スマート保安技術カタログ

資料-3.5

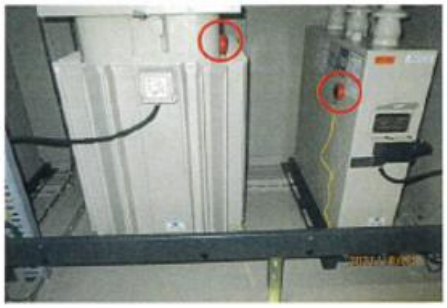
管理番号	保技2021　10001-01

別添: 詳細仕様書

(4) 温度センサーの仕様

・コンデンサーやリアクトルは、高調波や過電圧により素子の過負荷となり焼損する恐れがある。
このような温度上昇を常時監視し、事故の未然防止を行う。





機　　能	外壁温度の監視	コンデンサ、リアクトルの外壁温度監視
測定範囲範囲	７０℃検知、１０５℃検知	
外形寸法	Φ４７×１２(D)（mm）	
取付箇所	コンデンサ、リアクトル	
取　　付	マグネットにて取付	
備　　考	・温度センサーの精度確認については、停電年次点検時にセンサーの接点確認や目視を行い 汚損等も含めて必要に応じて交換などの対応を行う。	

スマート保安技術カタログ

資料-4

管理番号	保技2021　10001-01

別添: 参考資料

(1) 運用実績

Voセンサーと超音波センサーが設置されている特別高圧需要設備は、（株）エネサーブ神奈川で累計86件、エネサーブグループ全体で累計233件（2021年現在）となっている。

センサーが異常を検知し、事故を未然に防止した事例は、Voセンサーで2件、超音波センサーで2件となっており、不意な停電や重大な損傷事故等を防止しており、事故の未然防止に効果がある。

ただし、Voセンサーでの誤警報や検出不能の事例は報告されていないが、超音波センサーについては誤警報による事例が2物件で報告されている。

(2) Voセンサーによる事故の未然防止事例

地絡過電圧継電器は動作していないが、Voセンサーが異常を検知したので専門技術員が出向して現地調査をおこなったところ、停電による点検が必要と判断して絶縁抵抗測定を実施し、サブ変電所への送り高圧ケーブルの絶縁不良を発見した。

当該高圧ケーブルを切り離して復電し、後日更新工事を実施した。

(3) 超音波センサーによる事故の未然防止事例

超音波センサーが異常を検知したために、現地調査を実施したところ、サブ変電所送りの真空遮断器(VCB)の絶縁樹脂部分でトラッキングを起こしている箇所を発見した。

(4) 超音波センサーの誤警報事例

屋外に設置されたキュービクルに激しい雨と強風が打ち付けて発生した音を、キュービクル内に取り付けられていた超音波センサーが異常検知して警報を発信した。当初は現地調査で原因不明であったが、同様な気象条件で数回誤警報が発生したので、この特殊な環境下での事例が検証された。

資料-5

管理番号	保技2021　10001-01

別添: 写真・図面

(1) 装置の取付写真



写真 - 1　マスターモジュール

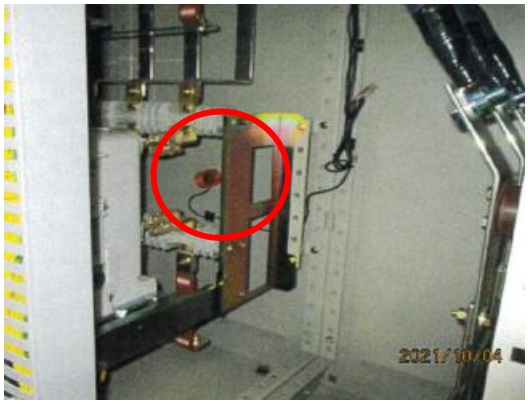


写真 - 2　超音波センサー

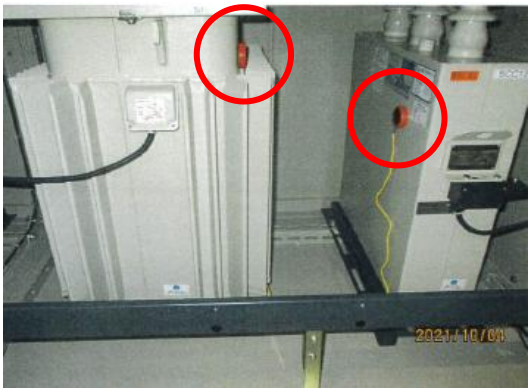


写真 - 3　温度センサー

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	保技2022　10002-01		
技術区分	IoTセンサー		
保安技術名称	巡視点検の遠隔監視と特高受変電設備の絶縁状況等の常時監視		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: スマート保安技術モデル　　登録年月日: 2022年 8月 22日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	特別高圧受変電設備		
活用シーン	監視カメラ(画像認識を含む)や計測装置等による遠隔監視及び収集データの蓄積機能により、現場巡視点検頻度を月1回とし、多機能形デジタル継電器(IoとVo)、部分放電検出器(TEVセンサ)等を活用した絶縁状態の常時監視を導入することにより、停電年次点検を6年1回、他5年は無停電年次点検(活線診断装置による診断)の年次点検とする。		

1．導入するスマート保安技術の概要

今回、導入する主なスマート保安技術は次の通りである。

（1）遠隔監視巡視点検（24時間365日常時監視と定例目視巡視点検の分担・併用）

ア　目視点検からIoT機器活用による点検手法の変更（監視カメラや計測装置による点検データの常時取得）

① 「数字メータ認識、針メータ認識、色認識」活用による指示値の数値・デジタル化

② 計測装置等の点検データ等のデジタル化

③ 携帯端末機による点検及び端末機画面への収集データ等の自動取得・表示

イ　収集データの常時閲覧機能による効果的な保安管理の実施（いつ・何処でも確認可能）

ウ　収集データの保存・累積（経過観察、故障予知、寿命診断等への活用）

（2）年次点検（常時監視＋定期メンテナンス）

ア　多機能形デジタル継電器と部分放電検出器等を活用した絶縁状態の常時監視と計測記録

① 地絡過電流(Io)と地絡過電圧(Vo)の計測値の常時監視と異常警報通知機能

② 部分放電検出器(TEVセンサ)による部分放電の徴候検知

イ　特高変圧器及び特高真空遮断器の故障徴候の早期検出や寿命診断

① N2ガス圧検知、部分放電検出器の他、油中ガス分析器(実証中)による常時監視

② 真空監視装置による特高真空バルブの真空度の監視(検証中)

ウ　超音波検出装置及び熱画像診断装置等の実施による無停電年次点検の導入

① ウルトラホンやリークホンなどを活用し、リーク放電等の前兆現象の把握

② サーモビュア等を活用し、発熱状態(接続部や機器)や熱分布等の確認

エ　細密点検時に遮断器の開閉機構動作確認と部品交換等のメンテナンスの徹底

① 遮断器類の開閉信頼度確保(グリスレス又は長寿命グリスの採用)

② メンテナンス周期に伴う保守及び部品交換の実施

（3）計測装置、センサ類、多機能形デジタル継電器及び部分放電検出器等のセンサ類の検出データを累積・保存し、AIを活用した自動化、効率化に向けた実証及び検証を実施

スマート保安技術カタログ

資料-1.2

管理番号	保技2022　10002-01

（４）概念図

監視システムの監視装置（OPMS）

・特別高圧及び高圧機器の絶縁状態監視（地絡過電流、地絡過電圧、部分放電等）、故障表示（軽故障・重故障）、計測（電流、電圧等）及び状態監視・制御(遮断器入切)を一括して管理している。

・監視センターで常時監視し、故障はメール等にて登録している電気担当者に配信している。



（５）対象設備の外観

環境配慮型＋リモート監視機能付＋IoT機器設置　スマート保安特高変電所

特別高圧受変電設備は最新ICT機器を導入し、スマート保安を目指した保安技術の実証試験とデータ採取を目的としたスマート保安の具体的な設置事例を展示



スマート保安技術カタログ

資料-2.1

管理番号	保技2022　10002-01

2．スマート保安技術の内容

（1）巡視点検の点検手法の見直し(遠隔監視と人による現場巡視点検の併用)

機械監視が可能な巡視項目(計測装置や監視カメラ等の活用)は常時監視とし、困難な巡視項目は携帯端末機を活用しつつ人による現場巡視頻度を見直す(月1回の頻度)ことにより、点検データのデジタル化促進と点検品質の維持・向上及び効果的な巡視を目指す。

① 遮断器の動作回数や開閉状態表示、温度、ガス圧、油量などのメータ読等の機械監視が可能な目視点検は、監視カメラと自動認識機能を活用して数値化や画像認識を実施する。

② 機械監視が困難な巡視項目(変色、フィルタ汚れ等は、携帯端末機を活用した現場入力を実施する。なお、自動監視しているデータはクラウド上へ格納され、点検報告書の作成は自動作成されインターネット経由で何時でも何処からでも閲覧可能である。

・現状設備の巡視における201点件数の内、59点検数が常時監視（リモート）となる。

・映像監視カメラ：7台、画像認識カメラ：39台、アナログ入力：228点/デジタル入力：168点

・カメラ及びセンサ類は品質が高い業務用とし、機能消失又は定常値から著しく外れたデータを検出した場合、警報等により通知するなど監視信頼度を担保している。

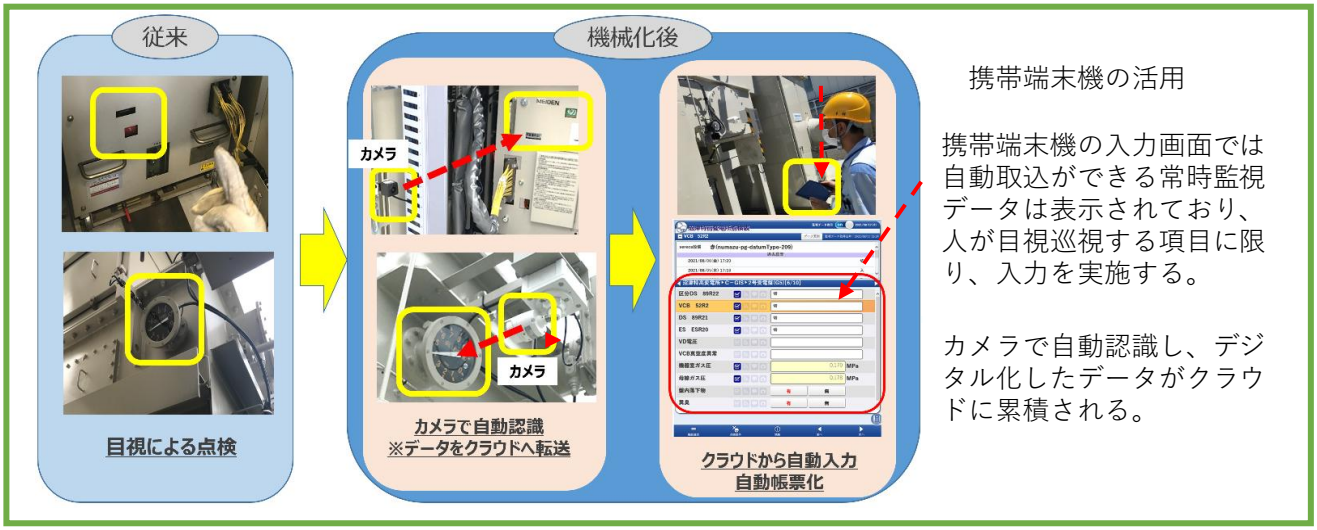
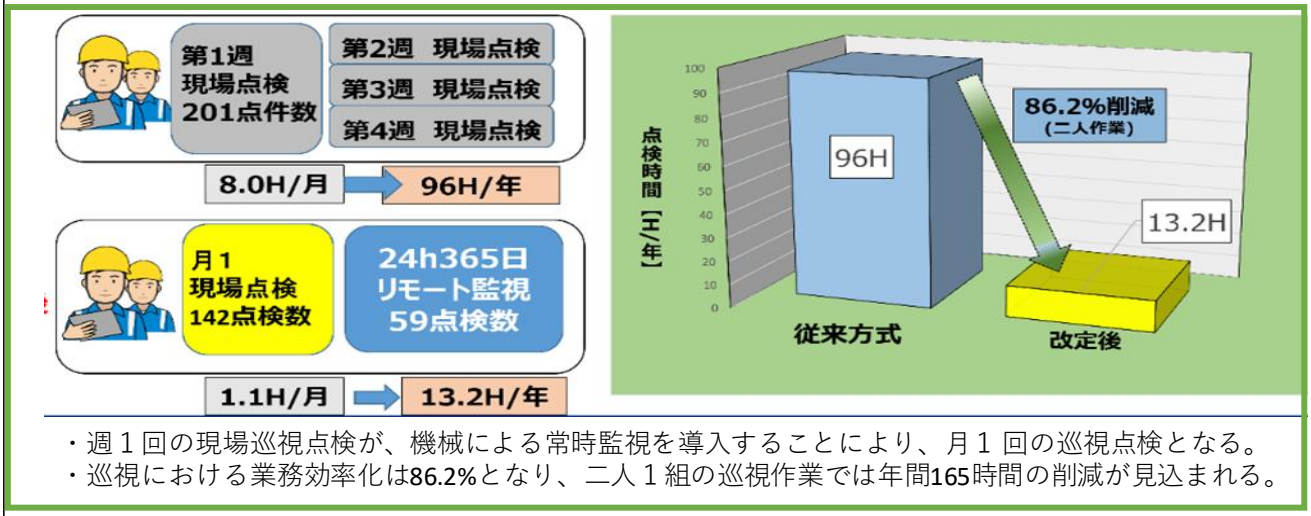


図-1 画像認識カメラの設置と携帯端末機の活用事例



・週1回の現場巡視点検が、機械による常時監視を導入することにより、月1回の巡視点検となる。
・巡視における業務効率化は86.2%となり、二人1組の巡視作業では年間165時間の削減が見込まれる。

図-2 機械監視と人による現場巡視の併用による内訳及び効率化

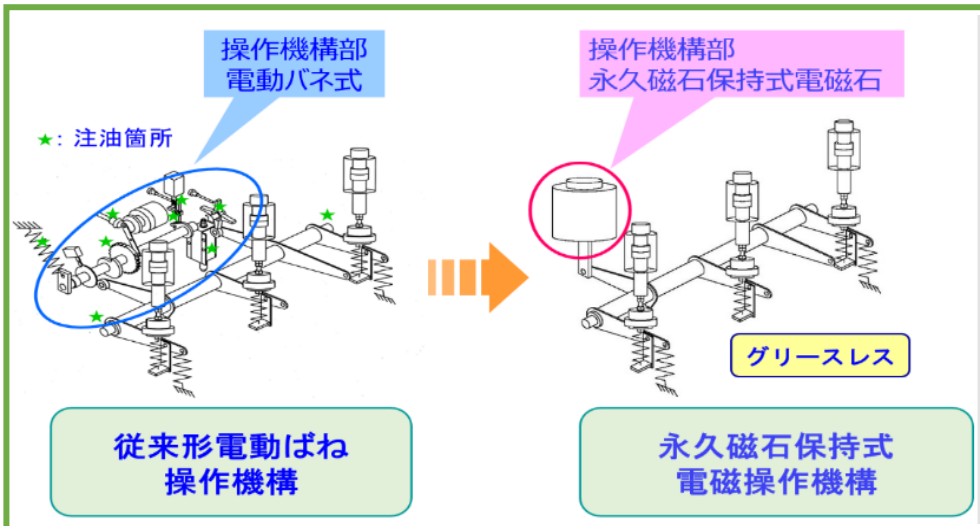
管理番号	保技2022　10002-01

（２）年次点検の点検手法の見直し(高信頼度機器の採用と絶縁監視及び無停電年次点検の導入)

ア　高信頼度機器の採用

特高受変電設備の特高及び高圧の遮断器には、開閉信頼度を担保するために開閉機構の改善(三相一括駆動形電動ばね操作機構や永久磁石保持式電磁操作機構等)及び長寿命グリス又はグリスレスを採用した製品を使用する。

なお、これらの機器のメンテナンス期間(6年又は12年)はメーカー保証によるものに限る。



・電動ばね操作機構では可動部に鉱物グリスを塗布し、動作や経年による凝固等の劣化の管理が必要で定期的な注油や塗替えのメンテナンスが発生。
・電磁操作とすることで電動ばね等の部品が低減され、信頼性

図-３ 従来製品のバネ機構と電磁操作機構の操作機構の比較(高圧遮断器)

イ　絶縁状態の常時監視

多機能形デジタル継電器と部分放電検出器等を活用した絶縁状態の常時監視と計測記録

(ア) 多機能形デジタル継電器



図-４ 多機能形デジタル継電器 IPMATⅢSの外観

・オールデジタル方式を採用し、保護・監視・制御・計測機能を搭載している。
・常時監視の自己診断機能で継電器の健全性を確保し、故障時には警報を発する。
・保護機能はCPUを二重化し、故障発生に対する信頼性を高めている。
・特高、高圧受電盤から高圧電動機に至る機種をシリーズ化している。
・接地変圧器(EVT)の地絡過電圧(Vo)、地絡過電流(Io)、位相(Φ)及び動作時間(s)を監視することにより、絶縁状態の常時監視を実施し、設定値(警報及び動作設定)を超過すると警報若しくは遮断動作を実施する。

※ 地絡に関する整定値と動作時間設定例

・51G　Io:100～3000mA　時間:0.05～10.00S
・67G　Vo:3～80V　Io:100～3000mA　位相0～80°　時間:0.1～10.0S

管理番号	保技2022　10002-01

（イ）部分放電検出器(TEVセンサ)

絶縁劣化の前兆現象として発生する部分放電により、変圧器の壁面などに発生する過渡接地電圧(TEV)を測定することで絶縁劣化の徴候検知を行う。

ＴＥＶセンサ





部分放電検出装置

・部分放電を含むノイズを100MHｚでデータ取得
・部分放電信号をソフトウェア検出
・環境ノイズ測定機能
・部分放電検出レベルを設定可能
・波形取得機能
・自己診断機能搭載

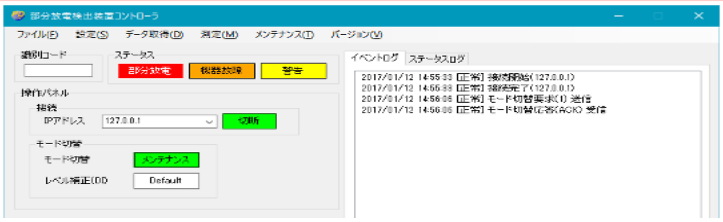
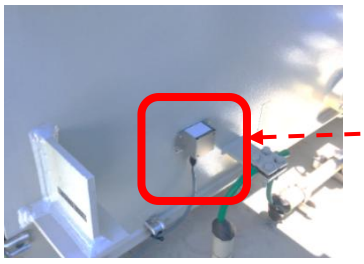


図-５ 部分放電検出装置とTEVセンサ及び特徴



変圧器の壁面に設置されたTEVセンサ
(主に変圧器内部の放電を検知する目的)

図-６ 部分放電検出装置とTEVセンサの設置例

ウ　故障徴候の早期検出や寿命診断

（ア）油中ガス分析器(実証中)

変圧器内部で発生する部分放電やアークによる絶縁油中の水素ガス濃度を常時監視することにより、経過観察による故障徴候の早期検出や寿命診断への活用を実施する。

・変圧器　絶縁油中のH2及びH2Oのモニタリング装置
・廃油弁に取付可能



図-７ 変圧器廃油弁に設置した油中ガス分析器

スマート保安技術カタログ

資料-2.4

管理番号	保技2022　10002-01

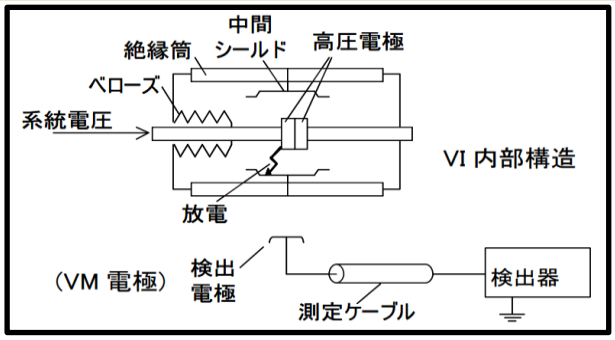
（イ）真空監視装置(検証中)

特高真空遮断機(VCB)の真空バルブ(VI)の充電中の真空度の劣化を測定、監視を行う。

・真空度が劣化するとVI内部ではパルス状の放電が発生する。(パッシェンの法則)

・パルス信号としてVIの近くに設置したセンサーで測定し検出を行う。

・検出したパルス状の振動電流の周波数帯、信号レベル、放電発生パターンを判定して、警報を発報させる。

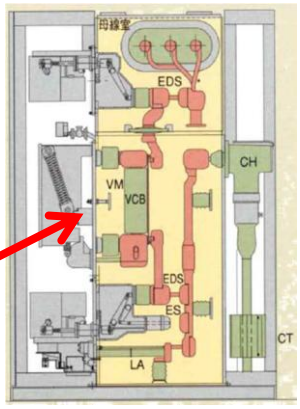


・真空劣化時の耐電圧低下により、高圧電極と中間シールド間でパルス状の放電が発生。
・センサでパルス状の振動電流を測定、検出器に送信。
・真空度監視装置で振動電流の周波数帯、信号レベル、放電発生パターンを判定し、警報を発報。



真空監視装置
(VM-100)

VI 背後に配置したVM電極により、VI放電信号を検出



エ　超音波検出装置及び熱画像診断装置等の実施による無停電年次点検

停電点検の年を除く他の年の年次点検は、熱画像診断装置や超音波診断装置などの無停電診断装置を活用した無停電年次点検を実施する。

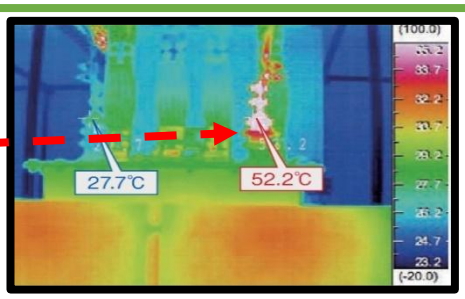
・ウルトラホンやリークホンなどを活用し、リーク放電等の前兆現象の把握

・サーモビュア等を活用し、発熱状態(接続部や機器)や熱分布等の確認



サーモヒュアカメラによる診断

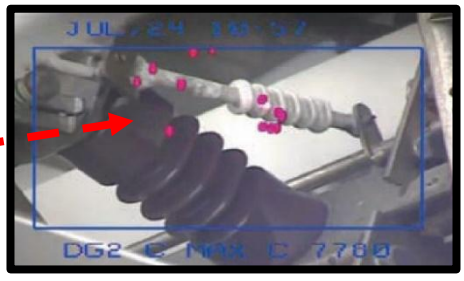
変圧器高圧側ブッシングの左側が過熱
(端子部の緩み?)





コロナ検出カメラによる診断

高圧交流負荷開閉器(LBS)の樹脂製碍子に部分放電が発生している。(赤点部)



スマート保安技術カタログ

資料-2.5

管理番号	保技2022　10002-01

3．スマート保安技術の導入によるメリット及び課題

（1）導入メリット

ア　巡視点検(リモート監視と点検支援システム)

① 巡視点検データ精度の向上と巡視点検作業時間の短縮

② データ量の増加(週1回→5分毎)と蓄積したデータの設備状態診断への活用の可能性

③ 何時でも何処からでも、変電所の状況把握が可能(フレキシビリティ)

④ 管理値の逸脱によりアラーム送信(計測値等の閾値監視)

イ　年次点検(停電年次点検6年に1回、他5年間は無停電年次点検)

① 生産調整や停電の準備及び復電後の確認作業が6年に1回に減少

② 無停電年次点検の導入による年次点検作業員減

③ 無停電年次点検は平日作業(休日出勤無し)となり、働き方改革が推進した。

ウ　ICT化(通信技術を活用したコミュニケーション)

① 機器に設置されたIoTセンサから送信されたデータが蓄積されており、前回の点検以降の稼働状態を事前把握できることや経過観察が可能で故障徴候の早期検出や寿命診断への活用が期待される。

② 特別高圧受電設備における新たなスマート保安技術の実装実験の実施や実証試験結果評価並びにデータ取得が可能であり、技術開発や運用・導入に係る知見の蓄積が期待される。

スマート保安技術カタログ

資料-2.6

管理番号	保技2022　10002-01

（２）課題(懸念事項)への対策

ア　サイバーセキュリティー対策

インターネットを使用しているので、次のようなセキュリティー対策を実施している。

＜サーバ側の対策＞
【技術的対策】
・認証（シングルサインオン）
・データ保護（アクセス制御、暗号化）
・暗号化通信（SSL）
【運用】
・ISMS(ISO/IEC 27001）取得
・定期的なセキュリティ診断
・PSIRT、SOC運用※（準備中）

＜現場側の対策＞
【技術的対策】
・設備内閉域網接続（NW分離）
・暗号化通信（インターネット）
・ガイドラインに沿った設計、製造、検査
【物理的対策】
・設備やコントロール盤の施錠管理
・監視カメラ（侵入者検知機能付き）

イ　技術継承

スマート保安導入に伴い現場技術者の技術力の維持・向上を目的に研修カリキュラムを作成し、積極的な技術力向上推進を実施する。

・特高受変電設備システム技術研修

模擬設備において停電及び復電切替、トラブルシューティング、一般点検、

・お客様メンテナンス技術研修電気設備のメンテナンス技術の習得を目的とするお客様体験実習で、運用技術，保守点検方法及び安全遵守を基本とする。

なお、現場操作や緊急時の対応方法及び関係法規、環境問題の習得する。



スマート保安技術カタログ

資料-2.7

管理番号	保技2022　10002-01

4．明電舎沼津事業所における巡視点検及び年度点検の点検手法と点検頻度の変更に係る前提条件並びに技術要件

①監視カメラや計測装置等による機械監視できる点検項目は、365日24時間の常時監視の遠隔巡視点検とし、その他の点検項目は人の目視による現地巡視点検を1カ月1回とすること、

②停電年次点検を1年1回から6年に1回に変更し、他の5年は活線診断装置等を活用した無停電年次点検を実施する年次点検の点検内容と点検周期とすること。

（1）前提条件

ア 巡視点検に係る遠隔監視装置の設置から現時点までの運用において、遠隔巡視点検と現場巡視点検の結果に不具合やトラブルが発生していないこと。

イ 直前の特別高圧受変電設備の停電年次点検において、不具合や異常がなかったこと。

（2）最終的な案件承認に関する技術要件の概要

ア 特別高圧受変電設備は、高信頼度の製品(点検時期が6年又は12年)を使用していること。

イ 特別高圧受変電設備の整備・更新計画が作成されていること。

ウ 特別高圧受変電設備の計測類、継電器及び各種センサ類の動作警報表示等を管理センター(特高監視盤を含む)等で常時監視していること。

エ 特別高圧受変電設備の遠隔巡視点検は、管理センター或いはタブレット等で常時監視・確認ができること。

オ 特別高圧及び高圧電路の絶縁状態の常時監視は、多機能形デジタル継電器(IoとVo)、部分放電検出器(TEVセンサ)などの検出データを複合的に判断し、最終確認として超音波診断装置等による診断を実施すること。

カ 油中ガス分析器及び真空監視装置は、絶縁状況及び機器の健全性確保に向けた補完的監視装置として運用すること。

キ 監視カメラ、計測装置及びセンサ類による機械監視に代替できるものは、常時監視の遠隔巡視点検とし、その他の点検項目は人の目視による現地巡視点検として分担・併用すること。

ク 無停電年次点検において、熱画像診断装置や超音波診断装置を用いた過熱状態(接続部や機器)等の確認を実施すること。

対象設備名称	株式会社明電舎沼津事業所　特別高圧受変電設備
設置者、住所、設備概要	株式会社明電舎 静岡県沼津市東間門字上中溝515番地 66kV本線・予備線受電　変圧器容量 15,000kVA×2台　　工場
当該案件連絡先等（担当者、組織名、住所、電話番号等）	(当該案件連絡先) 株式会社明電舎沼津事業所 生産統括本部　生産技術部　施設課 担当者：大西　祐次 TEL 055-929-5196（直通） 内線5196(8-31-5196) E-mail oonishi-y@mb.meidensha.co.jp 〒246-0001　静岡県沼津市東間門字上中溝515番地 ℡ 055-921-5111(代表)　　ＨＰアドレス：http://www.meidensha.co.jp

管理番号	保技2022　10002-01

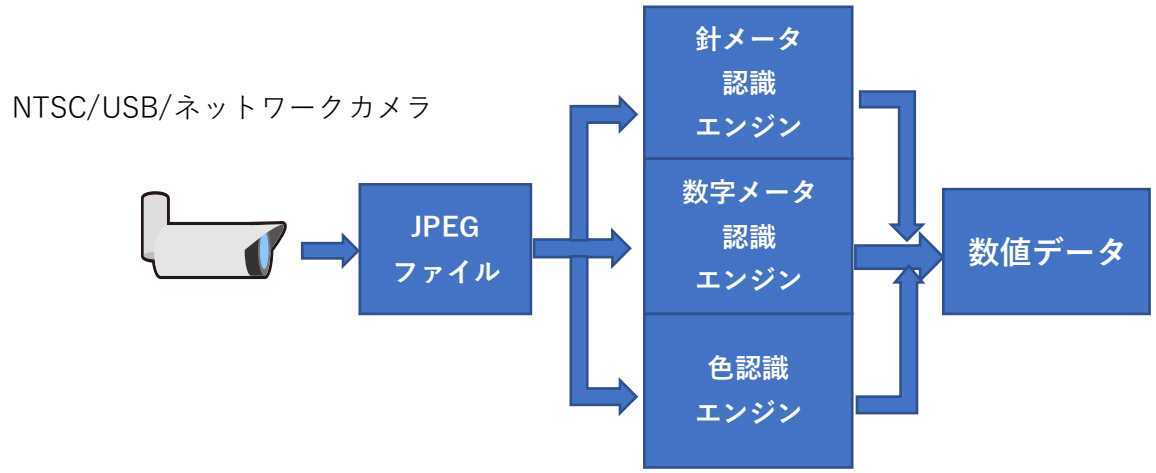
別添: 詳細仕様書と参考資料

(1) 画像認識エンジン

数字メータ認識エンジン／針メータ認識エンジン／色認識エンジン

特徴:カメラは、USB／ネットワーク／ＮＴＳＣのカメラに対応

図-B1　カメラによる画像認識の構成



(2) 巡視点検におけるカメラ、計測装置及びセンサ類の活用

IoT機器の導入による巡視の点検手法と点検頻度の見直しは表-B1のとおり

表-B1　日常巡視点検の点検手法と点検頻度の新旧比較

設備区分		巡視点検					
		旧			新		
機器	監視項目	手法	周期	記録	手法	周期	記録
変電所全体	外観	目視	週1回	点検表（紙ベース）	カメラ	常時監視 ＋ 5分毎にデータ蓄積 ＋ 月1回現地巡視点検	クラウドへデータ蓄積 ＋ データ閲覧
C-GIS	開閉表示 ガス圧	目視 目視	週１回 週1回		画像認識 アナログ入力		
変圧器	油温 油面 Ｎ２ガス圧 油漏れ 部分放電	目視 目視 目視 目視 聴覚	週1回 週1回 週1回 週１回 週１回		画像認識 画像認識 画像認識 カメラ 部分放電検出器		
高圧盤	開閉表示 部分放電 発熱	目視 聴覚 －	週1回 週１回 －		画像認識 部分放電検出器 温湿度センサ		
低圧盤	Tr温度 部分放電 発熱	目視 聴覚 －	週1回 週１回 －		画像認識 部分放電検出器 温湿度センサ		

管理番号	保技2022　10002-01

別添: 詳細仕様書と参考資料

(3) クラウド監視システムの詳細

・常時監視システム
・点検データは明電クラウドへ蓄積
・データ保管期間は、設備導入～設備廃棄まで(契約により選択可能)
・データ閲覧は、インターネット接続環境があれば何処からでも何時でも閲覧可能

(4) 絶縁状態監視と真空遮断機の新旧比較

効果内容		改善前	改善後
絶縁状態監視	常時監視	アナログ型保護継電器を使用 ※リレー特性の経年劣化が発生	第３世代のデジタル保護継電器 絶縁状態は常時監視しておりトレンド管理が可能 リレー特性による経年劣化は無い **CPU完全二重化による信頼度向上 （自己診断機能）**
	計　測	計測機能は無し	**電圧･電流計測：1.0級の精度 事故電流記録(波形等)：トリガ前19サイクル、後8サイクル**
真空遮断機の劣化	グリス関係	鉱油系のグリスを使用、低温時と経年経過で固着する可能性が有る。１年毎のメンテナンスが必須	合成油系のグリスに変更、更にグリスレス構造に変更することで、低温時と経年劣化の対策を実施。 12年毎の精密点検時のメンテナンス
	操作機構	小さな蓄勢爪を操作する複雑なバネ機構のため復元力が弱くなると、グリスの固着に影響された。	電磁操作式に変更になり、バネに影響がないシンプルな機構を採用。
	絶縁フレーム (構造変更)	三相一体型の絶縁フレームは、経年劣化で表面を伝い相間短絡が発生する。	三相分離型の絶縁フレームに変更。 経年劣化しても相間に空気層があるため、相間短絡が発生しない。
	絶縁フレーム (材料変更)	ポリエステルプリミックス（炭酸カルシウム）は湿性を持つため、水を呼び込み絶縁劣化が起こりやすい。	エポキシを主剤としているため、ポリエステルプリミックスより、絶縁劣化に対して強い。

(5) 多機能形デジタル継電器の機能・仕様一覧表

表-B2 多機能形デジタル継電器の機能・仕様一覧表

機能	仕様 下記の電流整定値は CT 定格 5A の場合で、CT 定格 1A の場合は 1/5 となります。(広域 W は除く)			広域 W 複合広域	W 複 合	R 受 電	T 変圧器	H 電動機
	デバイス	整 定 範 囲	動 作 時 間					
保護	51L	20～160%、ロック（1%ステップ）	N＝0.5～10.0（0.1 ステップ）4 特性（定、反、長、超）	○2				
		1.0～8.0A、ロック（0.1A ステップ）第２高調波抑制付	N＝0.5～10.0（0.1 ステップ）4 特性（定、反、長、超）		○2	○3	○3	
	51H	200～1600%、ロック（10%ステップ）	INST、0.04～1.00s　定限時（0.01s ステップ）	○2				
		10～80A、ロック（1A ステップ）第２高調波抑制付	INST、0.04～1.00s　定限時（0.01s ステップ）		○2	○3	○3	
	51	In×2.0～16.0、ロック（0.5 ステップ）	INST、0.04～1.00s　定限時（0.01s ステップ）					○
	51G（ZCT）	100～3000mA、ロック（10mA ステップ）	0.05～10.00s　定限時（0.01s ステップ）			○		○
			0.10～10.00s　定限時（0.01s ステップ）	○	○			
	51G（残留）	0.1～2.5A、ロック（0.1A ステップ）第２高調波抑制付	N＝0.5～100.0（0.1 ステップ）2 特性（定、反）			○		○
	27AND	10～110V、ロック（1V ステップ）	0.05～10.00s　定限時（0.05s ステップ）	○3	○3			
	27OR	10～110V、ロック（1V ステップ）	0.05～10.00s　定限時（0.05s ステップ）	○3	○3			
	59	100～150V、ロック（1V ステップ）	0.1～10.0s　定限時（0.1s ステップ）	○2	○2			
	64L（EVT）	3～80V、ロック（1V ステップ）	0.2～30.0s　定限時（0.1s ステップ）	○	○			
	64L（ZPD）	30～400mV、ロック（5mV ステップ）	0.2～30.0s　定限時（0.1s ステップ）	○	○			
	64H（EVT）	3～80V、ロック（1V ステップ）	0.2～30.0s　定限時（0.1s ステップ）	○	○			
	64H（ZPD）	30～400mV、ロック（5mV ステップ）	0.2～30.0s　定限時（0.1s ステップ）	○	○			
	67G（ZCT、EVT）	I0：100～3000mA、ロック（10mA ステップ） V0：3～80V（1V ステップ） φ：0～80°（1° ステップ）	0.1～10.0s　定限時（0.1s ステップ）	○	○	○		○
	67G（ZCT、ZPD）	I0：100～3000mA、ロック（10mA ステップ） V0：30～400mV（5mV ステップ） φ：0～80°（1° ステップ）	0.1～10.0s　定限時（0.1s ステップ）	○	○			○
	67G（残留、EVT）	I0：0.1～2.5A、ロック（0.1A ステップ） V0：3～80V（1V ステップ） φ：0～80°（1° ステップ）	0.1～10.0s　定限時（0.1s ステップ）			○		○
	67G（残留、ZPD）	I0：0.1～2.5A、ロック（0.1A ステップ） V0：30～400mV（5mV ステップ） φ：0～80°（1° ステップ）	0.1～10.0s　定限時（0.1s ステップ）					○
	49TR	In×1.05～1.20、ロック（0.01 ステップ）	2～120s　反限時（1s ステップ）					○
	49AL	許容上昇：60～125℃、ロック（5℃ステップ） 定格上昇：5～150℃、ロック（1℃ステップ）	発熱時定数：0～180 分（5 分ステップ）					○
	48	In×2.0～4.0、ロック（0.1 ステップ）	2～120s　反限時（1s ステップ）					○
	47	0.40 ～ 0.80、ロック（0.01 ステップ）	1.0～4.0s　定限時（0.1s ステップ）					○
	46	2.0、ロック	1s					○
	87T	30～50%、ロック（10%ステップ）第２高調波抑制付	50ms 以下				○3	
	87I	Id ≧ 8PU、ロック	45ms 以下				○3	

資料-3.3

管理番号	保技2022　10002-01

別添: 詳細仕様書と参考資料

(6) 遮断器の従来型と最新型の点検周期比較

特高受変電設備の特高及び高圧の遮断器には、開閉信頼度を担保するために開閉機構の改善(三相一括駆動形電動ばね操作機構等)及び長寿命グリス又はグリスレスの製品

表-B3 特高設備(C-GIS:[SF-6]と[ECO])の新旧点検周期比較表(カタログ抜粋)

		従来C-GIS					Eco C-GIS					
点検項目		巡視点検	普通点検	細密点検	臨時点検	点検周期	巡視点検	普通点検	細密点検	臨時点検	点検周期	対象設備
項目	点検細目											
外部点検	異常音、異臭の有無確認	○				巡視時	○				巡視時	設備全般
	圧力計·開閉表示器の指示確認	○				巡視時	○				巡視時	設備全般
	締付部のチェック		○			1回/3年		不要	○		1回/6年	設備全般
操作装置	開閉動作		○			1回/1年		不要	○		1回/6年	遮断器 EDS操作装置 ES操作装置
	開閉操作試験		○			1回/3年		不要	○		1回/6年	
	清掃、給油			○		1回/6年			○		1回/6年	
	操作機構内部·補助開閉器の点検			○		1回/6年			○		1回/6年	
測定試験	制御回路絶縁抵抗測定		○			1回/3年		不要	○		1回/6年	遮断器 EDS操作装置 ES操作装置 避雷器
	主回路絶縁抵抗測定		○			1回/3年		不要	○		1回/6年	
	開閉操作試験 (現場での電圧による閉極·開極時間、三相不揃いの測定)			○		1回/6年			○		1回/6年	
	最低動作電圧測定、引き外し自由試験			○		1回/6年			○		1回/6年	
	圧力スイッチ·警報接点の動作値測定			○		1回/6年			○		1回/6年	
	漏れ電流の測定			○		1回/6年			○		1回/6年	
	真空度異常の有無の確認			○		1回/6年			○		1回/6年	
シーケンス試験	機器動作、インターロック条件確認			○		1回/6年			○		1回/6年	設備全般
規定開閉回数に達した場合	遮断部あるいは断路部点検手入れ及び、摩耗部品の交換				○					○		設備全般
	必要箇所の点検手入れ及び、部品の交換				○					○		
各種点検により異常を発見した場合	必要箇所の点検手入れ及び、部品の交換				○					○		設備全般

表-B4　高圧汎用遮断器の新旧点検周期比較表

点検種別	主要点検項目	気中盤用従来形VCBの点検周期(電動バネ操作)	VR-D形VCBの点検周期(電磁操作)
普通点検	真空インタラプタの清掃	3年	6年
	絶縁物の清掃	3年	6年
	開閉動作試験	3年	6年
	主回路絶縁抵抗の測定	3年	6年
	制御回路絶縁抵抗の測定	3年	6年
細密点検	真空インタラプタの接点消耗量確認	6年	12年
	真空度の良否判定	6年	12年
	主回路断路部の清掃及びグリースアップ	6年	12年
	操作機構への注油	6年	不要
	開閉特性の確認	6年	12年

管理番号	保技2022　10002-01

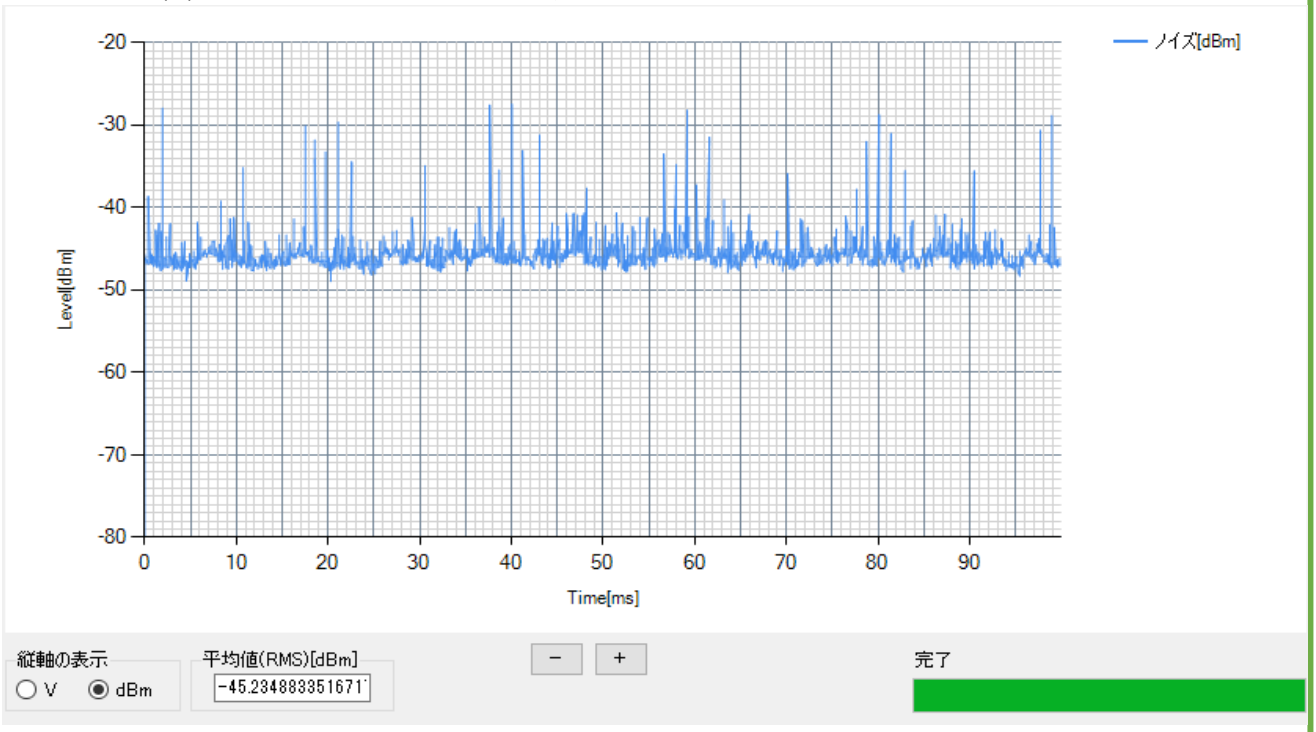
別添: 詳細仕様書と参考資料

(7) 部分放電検出器(TEVセンサ)の機能

絶縁劣化で発生する部分放電(PD)では、紫外線・超音波・接地線の高周波電流・タンク壁面の過渡接地電圧(TEV)を測定対象とする検出法があるが、得手不得手があり測定対象機器やその設置環境に応じた最適な手法を選定する必要があり、躯体内では機械的振動ノイズに強いTEVセンサを選定する。

なお、現場運用において、特高ケーブルヘッドの接触不良、C-GISの支持碍子のボイドによる部分放電、特高油入計器用変圧器(VT)の絶縁劣化の前兆、高圧発電機の局部絶縁劣化の検出事例がある。

図-B2 TEVセンサによる部分放電の検出波形例



(8) 水素ガス検出器の検証試験と評価

従来品（SmartDGA）が使用できないために、代替品として燃料電池式油中水素ガスセンサ(ProGuard-101)が使用できるか検証実験を実施して、動作と適用環境に問題ないことを確認した。

なお、従来品に比較して機器費用が25%程度と費用効果も高い。



図-B3　水素ガス検出器の検証試験

【評価方法】

センサ付簡易タンクを恒温槽に入れ、温度と水素濃度の測定値を比較する。

スマート保安技術カタログ

資料-3.5

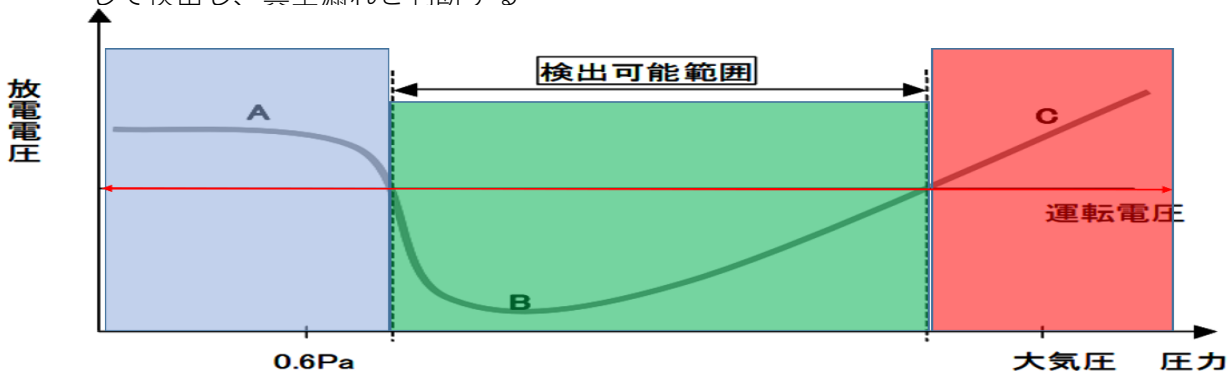
管理番号	保技2022　10002-01

別添: 詳細仕様書と参考資料

(9) パッシェンの法則と真空監視の関係

図-B4　パッシェンカーブ例

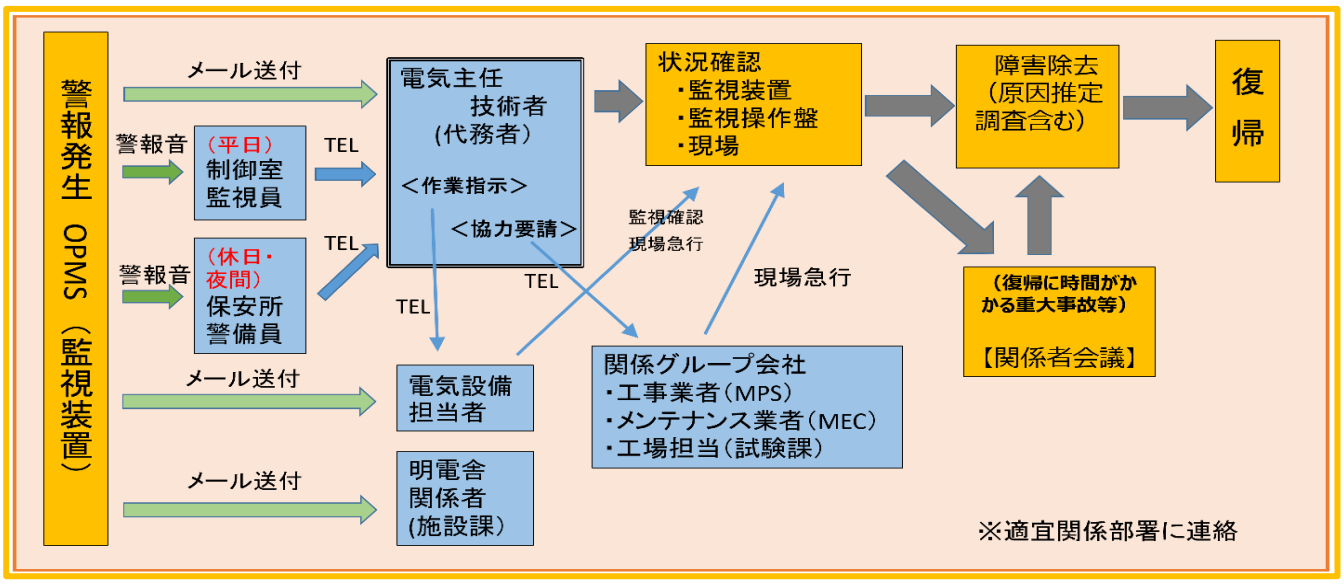
A領域：真空度が良好で運転電圧に対して十分な耐電圧を保持している。
B領域：パッシェンの底といわれ最も放電しやすく、漏れたガスが大気の場合は３００V、ＳＦ-６では５００Ｖで放電する。Ｂ領域の運転電圧で発生した放電現象を信号として検出し、真空漏れと判断する



(10) 警報発生時の対応手順

・監視装置で警報が発生すると、警報音が鳴り関係者にメールが送信され、電気主任技術者（代務者）にはメールとともに、平日は監視員、休日夜間は警備員から電話で連絡がある。
・連絡を受けた電気主任技術者（代務者）は、状況確認から障害除去及び復帰までの全てを指揮監督し、電気設備担当者への作業指示（主に初動対応）、関係グループ会社に協力要請（専門家による障害除去、原因推定調査）を行う。
・復旧に時間がかかる重大事故等は関係者を招集し対策会議を開く。
・適宜関係者に連絡し各部署が連携して対応する。
・電気主任技術者（代務者）は、端末（スマホ・タブレット等）に入る情報を整理し、状況判断を行い各電気担当者に展開を実施し即応する。

(注) 代務者とは電気主任技術者と同等の能力又は資格を有するものいう。



スマート保安技術カタログ

資料-4.1

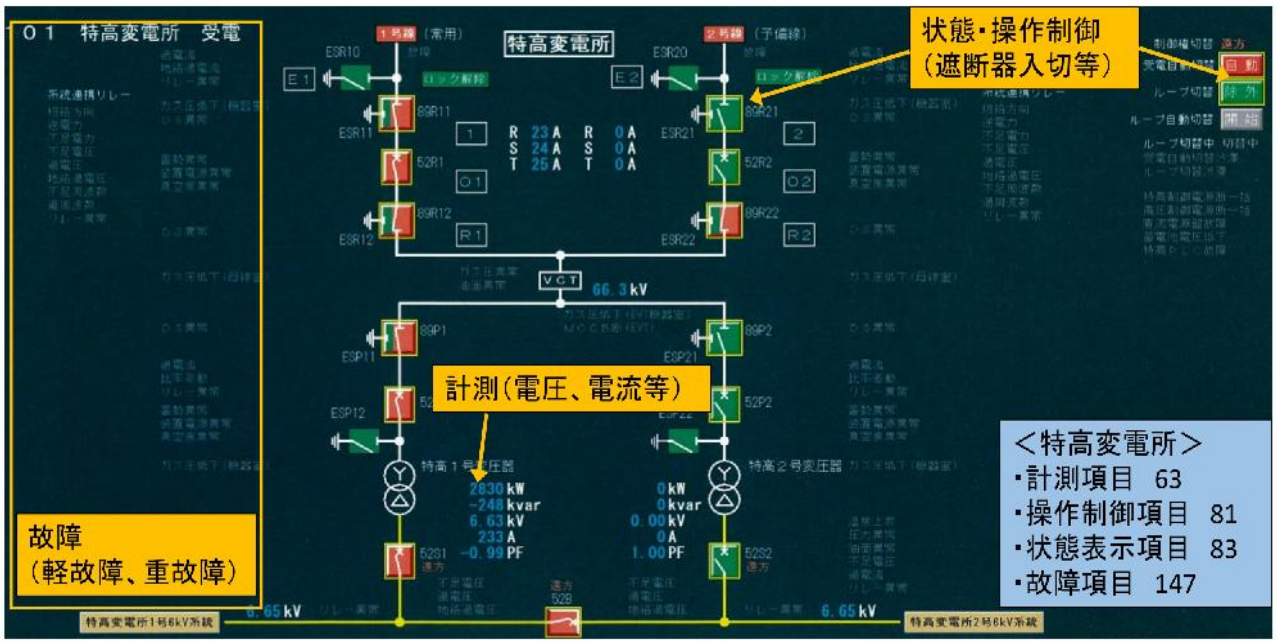
管理番号	保技2022　10002-01

別添: 参考資料

(1) 特高受電所の監視・制御

特高受電所の状況監視は管理センターの監視装置(OPMS)で表示される。

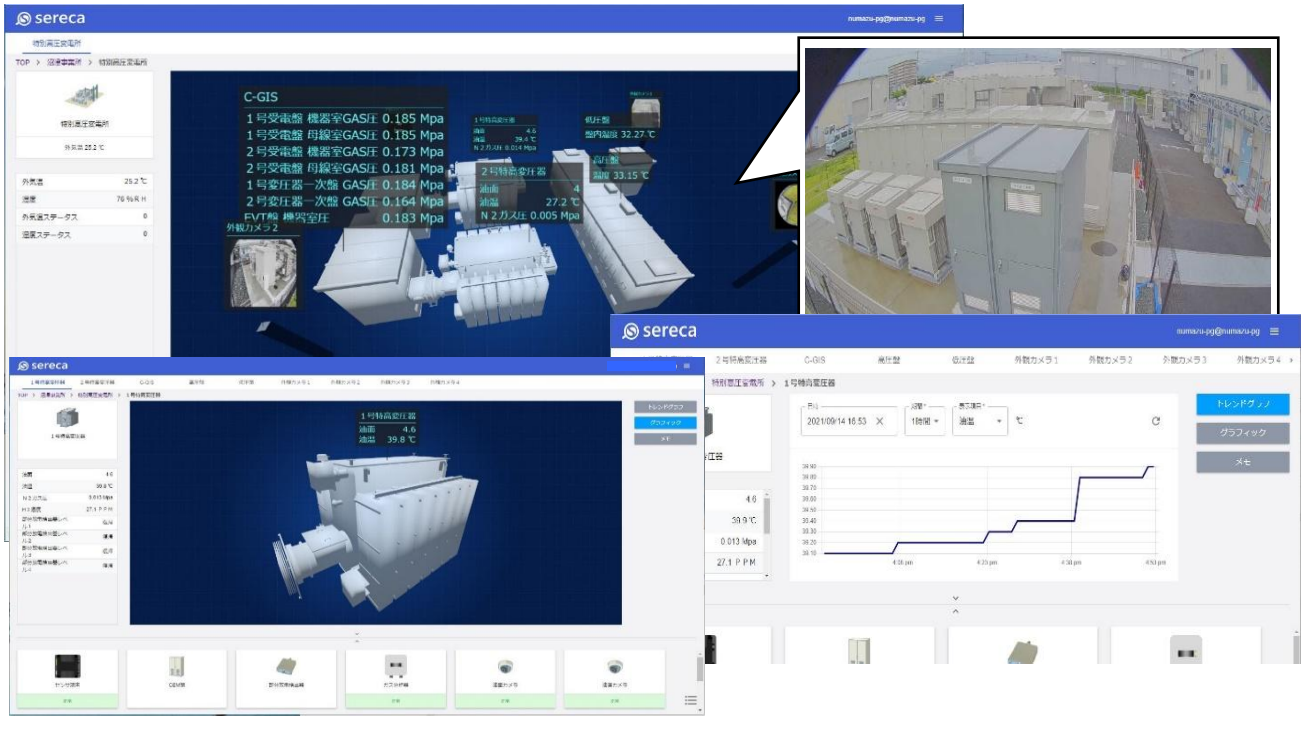
図－C1特高受電所の監視装置(OPMS)の画面



(2) クラウドリモート監視システム

特高受電所の計測値や監視データを明電クラウドに送信するシステムを構築すると、
遠隔地からも何時でもリモートによる変電所の状況監視が可能である。

図－C2 遠隔地からの変電所監視システム



スマート保安技術カタログ

資料-4.2

管理番号	保技2022　10002-01

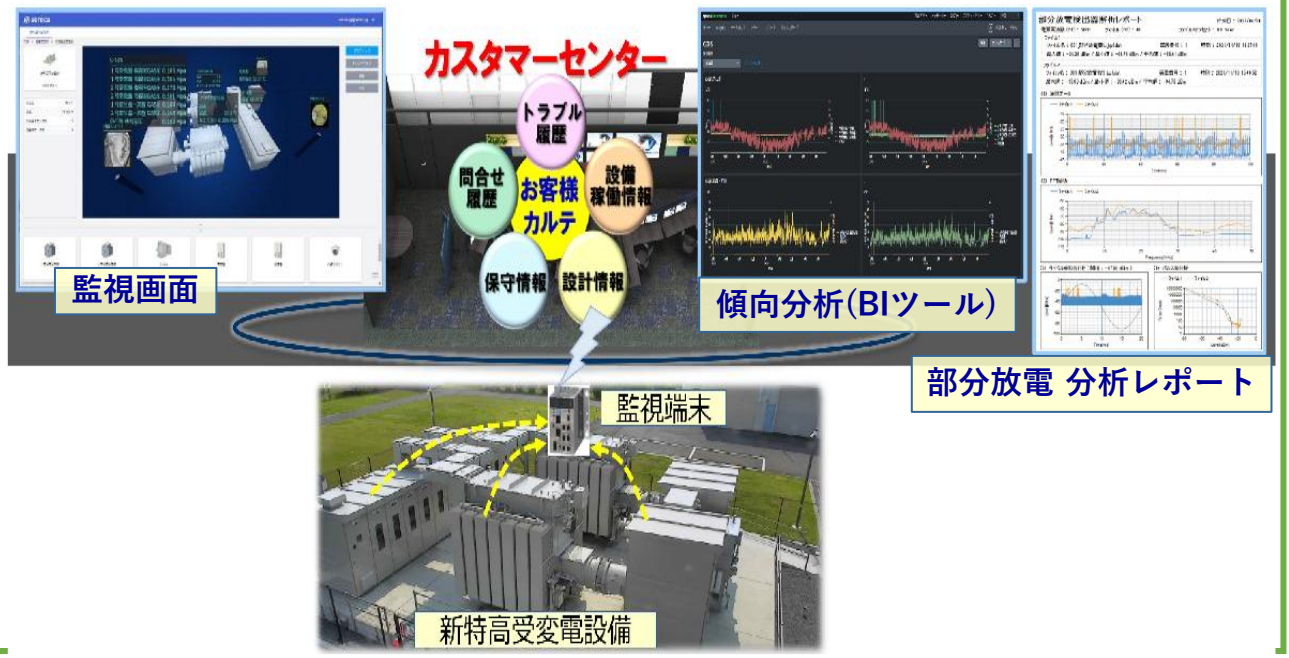
別添: 参考資料

(3) 特高受変電設備のリモート監視(カスタマーセンター)

・ガス圧と外気温による絶縁耐力や油面低下など、絶縁劣化の傾向監視。

・定期的に内部放電発生状況を分析しレポートを作成、部分放電の傾向を監視。

図－C3　カスタマーセンターによるリモート監視



(4) 技術研修センター「 Manabi-ya」によるお客様技術支援

常時監視による現場点検作業の減少や事故・トラブルの減少に伴う現場技術継承は、弊社の技術研修センターでのお客様技術支援研修によって補うサポート体制を構築している。

図－C4　お客様メンテナンス技術研修





○ お客様の技術研修サポート
　お客様主体で電気設備のメンテナンス技術研修を実施する。

○ お客様メンテナンス技術研修
　電気設備のメンテナンス技術の習得を目的とした教育プログラム
・運用技術、保守点検方法及び安全遵守を基本とした研修
・現場再現操作及び緊急時の対応方法の習得

スマート保安技術カタログ

資料-5

管理番号	保技2022　10002-01

別添: 写真・図面

(1) 装置の取付写真（参考）

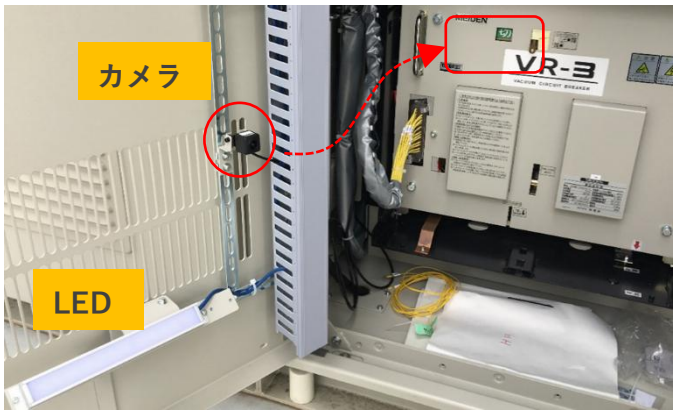


写真 - D1　高圧盤のカメラとLED
（イメージ）

■三相分離型の絶縁フレームに変更。
経年劣化しても相間に空気層が
あるため、相間短絡が発生しない。
■ポリエステルを主剤とするポリエ
ステルプリミックスよりエポキシ
製の方が絶縁劣化に対して強い

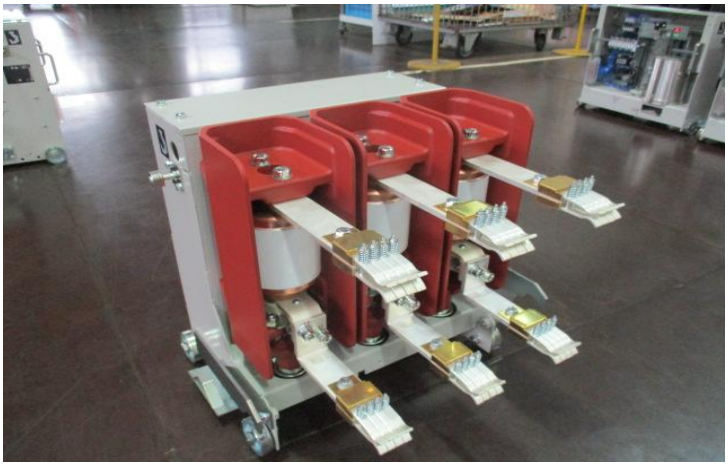


写真 - D2　高圧汎用遮断器

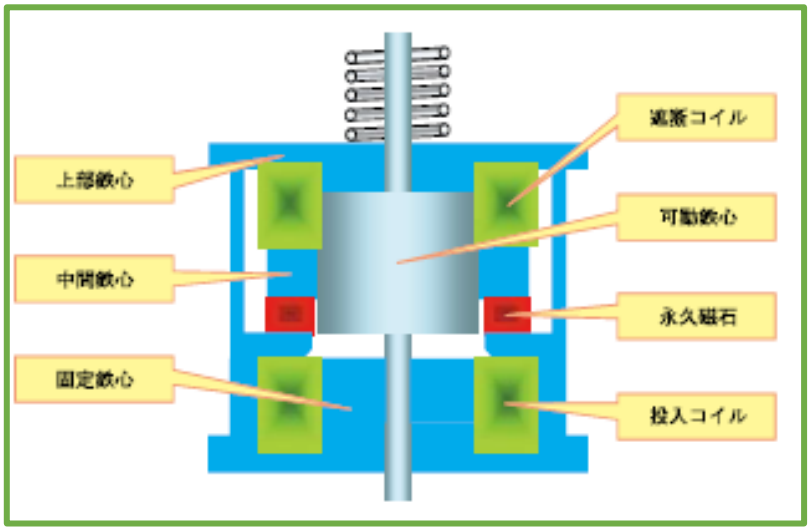


写真 - D3　電磁操作投入機構

■開閉操作部を電磁操作機構
採用で、構成部品を最小数
１０点として、機構を単純
構造化することでグリース
レス化を実現して信頼性の
向上を図った。

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	保技 2022　10003-01		
技術区分	IoT センサー		
保安技術名称	高圧絶縁状況の常時監視（高圧受変電設備）		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: 保安技術モデル　　登録年月日:　2023 年　1 月 24 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	高圧需要設備		
活用シーン	高圧受変電設備において、漏洩電流方向判別センサー、零相変流器及び部分放電センサーを設置した高圧電路絶縁状態の常時監視及び熱画像診断装置等の活線測定器類の活用による無停電年次点検(停電点検 3 年 1 回、他 2 年は無停電年次点検を実施)の導入		

1．保安技術の概要

今回導入する主なスマート保安技術は次の通りである。

（1）　漏洩電流方向判別センサー（Z-IV）と零相変流器（ZCT）の組み合わせによる絶縁状態の常時監視と地絡事故時の方向性判別（構内と構外事故の判定）

・ 高圧ケーブルに零相変流器（ZCT）を、シールドアースに漏洩電流方向判別センサー（Z-IV）を取付け、漏洩電流が設定値を超過したときに、漏洩電流値、Hz 数、方向性の情報を警報として発する。

（2）　超音波センサー（部分放電音の検出）による絶縁劣化現象の常時監視

・ 電気保安分野で使用されている超音波式放電探知機で、特に重要な遮断器に近接した場所に固定設置し、絶縁劣化の初期段階で発生する部分放電を常時監視して、設定値を超過したときに警報を発する。

（3）　温度センサーによるトランス・コンデンサ・リアクトルの外箱温度の常時監視

・ 温度が上昇する機器の外箱に磁石で温度センサーを接触させ、温度を常時監視し、設定値を超過したときに警報を発する。

（4）　熱画像診断（サーモグラフィー）による接続状態及び過熱箇所の確認

・ 充電状態で機器及び接続部等の放射温度を測定・判定する。接続部の締付け状態の確認、電気機器本体の一部発熱などの確認に有効である。

スマート保安技術カタログ

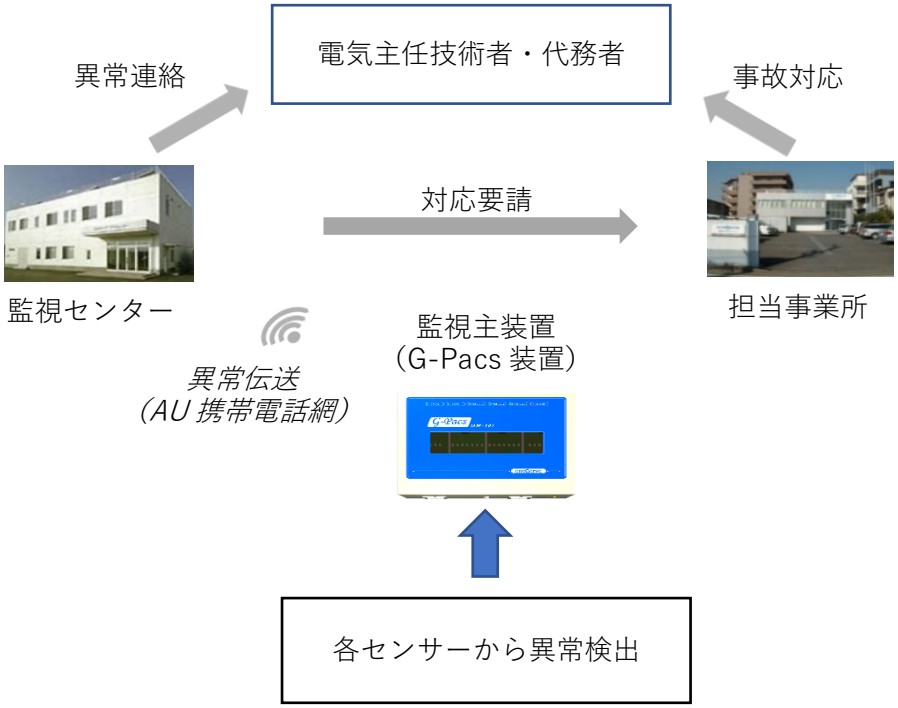
資料-2.1

管理番号	保技 2022　10003-01

2．技術の内容、仕様等

（1）　常時監視

常時監視、連絡体制、及び事故対応の仕組み



（2）　活線点検の導入

通常毎年停電して行う年次点検を３年に１回とし、他の２年は無停電にて点検を行う活線点検手法を取り入れる。

活線点検の内容は、遮断器等の機器・母線線路関係は音響、振動、及び異臭の有無を調査する。また、サーモグラフィカメラを使用し、接続状態及び過熱箇所を確認する。

（3）　停電点検における絶縁診断（ＰＩ法(※)）の実施

通常の絶縁抵抗測定に加え、当社オリジナルの非破壊絶縁診断装置を用いて、電気設備の絶縁状態を診断する。

(※）当社オリジナル非破壊絶縁診断装置について

直流電圧を 1～6ｋＶまでステップにて印加し、絶縁抵抗を測定する。極端な漏洩電流の増加による絶縁低下、及び放電現象があった場合、自動的に印加電圧を遮断する。

スマート保安技術カタログ

資料-2.2

管理番号	保技 2022　10003-01

3．導入によるメリット及び課題

（1）メリット

ア　受変電設備の安全面の強化

①　活線で絶縁状態を常時監視することにより、絶縁劣化の前兆現象が把握できる。

②　地絡事故の前兆を捉えて保全することにより電気事故を未然に防止できる。

③　各種センサーが異常を検出した際、必要に応じて当社技術員が原因究明を行う体制を整えているため、緊急時の迅速対応が可能である。

イ　施設運用面の向上（無停電年次点検時）

①　停電点検による業務停止の作業準備と復電後の原状回復作業が不要となる。(4 人日減)

②　停電による機器・サーバー等の故障またはトラブルのリスクを削減する。

③　各部門との停電調整が不要となる。

ウ　点検費用削減

①　無停電年次点検の導入により３年トータルでの点検費用を４０％削減。

②　停電作業に伴う仮設発電機借用及び設置作業費用の４４８万円が削減。

③　深夜作業に伴う設備担当者の追加人件費の削減。及び労働環境の改善。

エ　機器更新工事の予算取り

①　点検費用の削減分を機器更新工事の予算に充当できる。

（2）課題（懸念事項）と解決策

ア　塵埃の蓄積により毎年清掃をしないと電気事故が起こらないか心配である。

（解決策）一部の製造業種で発生する膨大な塵埃を除き、業務用では３年毎の停電点検では通常問題ないレベルの塵埃量である。どうしても心配な場合は、接合部へのアクリルカバー等の取付けを行う。常時監視において、高圧漏洩電流や部分放電等の異常発生の状況により清掃を行う必要があると判断した場合、その箇所のみ部分停電を取り清掃を行う。

イ　通常、停電点検と同時に行う電気工事が、無停電点検の年はできないのではと心配である。

（解決策）機器更新計画をしっかりと立て、全停電が必要な工事は停電点検の年で、部分停電ですむ工事は活線点検の年に工事箇所のみの部分停電を行う。また停電点検年、無停電点検年とは関係なく緊急工事を想定し、停電できる体制を構築しておく。

スマート保安技術カタログ

資料-2.3

管理番号	保技 2022　10003-01

4．前提条件及び技術要件

停電年次点検を 1 年 1 回から 3 年に 1 回に変更し、他の 2 年は活線診断装置等を活用した無停電年次点検を実施する点検内容と周期とする。

（1）　前提条件

ア　巡視点検等における主任技術者の点検内容及び点検頻度は従前通りの実施とすること。

イ　直前の停電点検等において異常がなかったこと。

ウ　低圧設備の絶縁抵抗測定及び接地抵抗測定の実施者、点検手法及び点検頻度は、適用する施設の管理体制により異なることから、委員会での技術要件評価については高圧受変電設備の点検に限定するものとする。

（2）　最終的な案件承認に関する技術要件の概要

ア　高圧受変電設備は高信頼度の製品を使用していること。（点検時期が 3 年又は 6 年）

イ　高圧受変電設備の更新計画が作成されていること。

ウ　高圧電路の絶縁状態の常時監視を漏電電流方向判別センサーと零相変流器の組合せで実施し、補助として超音波センサーにより高圧遮断器の絶縁劣化現象を常時監視すること。

エ　トランス、コンデンサ、リアクトルの外壁温度を温度センサーで常時監視すること。

オ　センサー類による常時監視は、エネサーブ株式会社の監視センターにて 24 時間 365 日実施し、異常時には監視センターからユーザーに連絡を行い、必要に応じて専門技術員を現場に出向させて対応する体制があること。

カ　無停電年次点検において、熱画像診断装置を用いた過熱状態(接続部や機器)等の確認を実施すること。

対象設備名称	物流センター
設置者、住所 設備概要	首都圏 6kV 受電　設備容量 5,650kVA　大型物流倉庫
当該案件連絡先 (担当者、組織名、住所、電話番号)	エネサーブ株式会社 担当者：営業統括部　コールセンター 〒540-0012 大阪府大阪市中央区谷町 1 丁目 5 番 7 号　ストークビル天満橋 1 0 階 ℡ 0120-109-246　E-mail call@eneserve.co.jp

スマート保安技術カタログ

資料-3.1

管理番号	保技 2022　10003-01

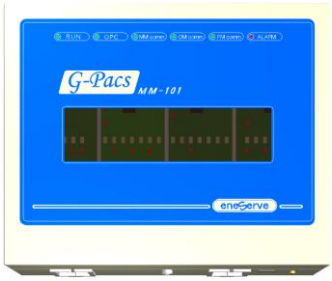
別添: 詳細仕様書、オプション、データ等

（1）　監視主装置（マスターモジュール）の仕様

ア　データ送信は、異常信号（リアルタイム)、計測値を送る定期信号（1～4 回/日）の 2 種類。マスターモジュールより手動伝送も可能。

イ　AU 携帯電話網は閉域網を使用しており、マスターモジュールと監視センター間のみ通信を行う専用回線であるため、外部からの侵入は不可能である。通信内容は独自のプロトコルを使用し外部から内容を読み取ることは不可能である。

ウ　マスターモジュールは独自のプログラミング言語で設計されており、Windows などの汎用 OS を使用していないためソフトの更新は必要ない。





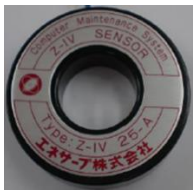
項目		仕様	備考
電源供給		AC100V±10%（50/60Hz）	
消費電力		7W	マスターモジュール（MM）は単体
接続台数		MAX　15 台	16 台目はメンテナンスモジュール用
通信方式		RS-485	専用プロトコル
通信距離		500m（総延長）	使用環境により異なる
拡張スロット		MAX　4 スロット	オプションモジュール（OM）拡張（SPI 通信）
外部機器（FM）	接続台数	MAX　15 台	ファンクションモジュール（FM）
	通信方式	RS-485	専用プロトコル
	通信距離	50m（総延長）	使用環境により異なる
機能		停電検知機能	AC100V を監視し停電を検知
		バックアップ電池	停電時に時刻を保持
		通信監視	OM/FM の通信を監視
外形寸法		W246×D78×H200（mm）	
重量		2.6ｋｇ	MM 単体
取り付け		ネジ取り付け	付属取付板を使用

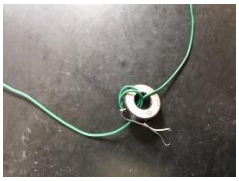
資料-3.2

管理番号	保技 2022　10003-01

（2）　漏洩電流方向判別センサー（Z-IV）の仕様

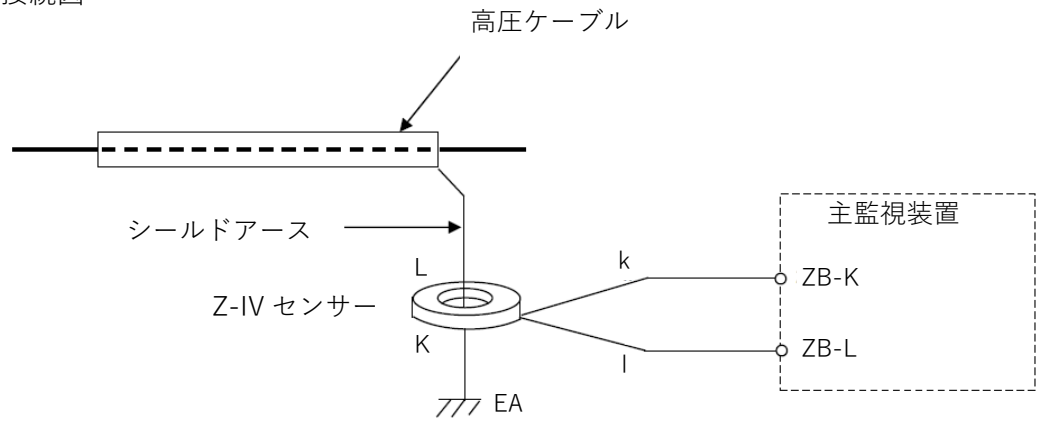
ZCT の零相電流と Z-IV で検出した電流の位相を比較し、漏洩電流の絶対値と地絡事故時に内部事故か外部事故かを判断する。





項目	仕様	備考
貫通電流	5mA～200mA	最大電流 200A
検出範囲	10mA 以上	OM-CMS の場合
巻線比	約 2000：1	
機能	零相の貫通電流を約 1/2000 で出力	
精度	±5%	
負担抵抗	2.2ｋΩ	OM-CMS（ZB 端子内蔵）
絶縁抵抗	100MΩ以上	at 500V メガー
耐圧	AC1000V　1 分間	
使用温度	－25～75℃	
使用湿度	25～85%　RH	結露なきこと
外形寸法	Φ56×14(D)(mm)/貫通Φ24(mm)	
取付	貫通線に固定	

接続図



資料-3.3

管理番号	保技 2022　10003-01

（3）　分割型 ZCT（ZCT-80 マルチ計測器株式会社製）



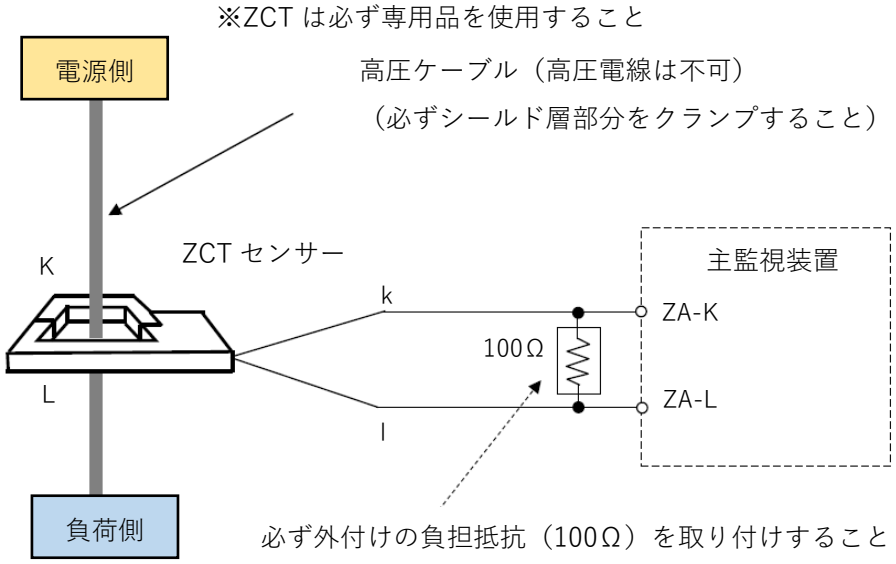



項目	仕様
使用範囲	AC1mA～1000A（許容電流）
精度	±10％
外形寸法	138（W）×225（H）×37（D）（ｍｍ）
取付箇所	高圧ケーブル（引き込み線又はサブ変電所送りのケーブル）
取り付け	高圧ケーブルにクランプして取り付け
対応ケーブル	22～200sq（ZCT1100 型を使用した場合 325sq まで取付け可能）

※漏洩電流方向判別センサーの動作性能の関係で、22sq の場合は 50Hz 13m、60Hz 10.7m 以上の長さが必要である。

接続図

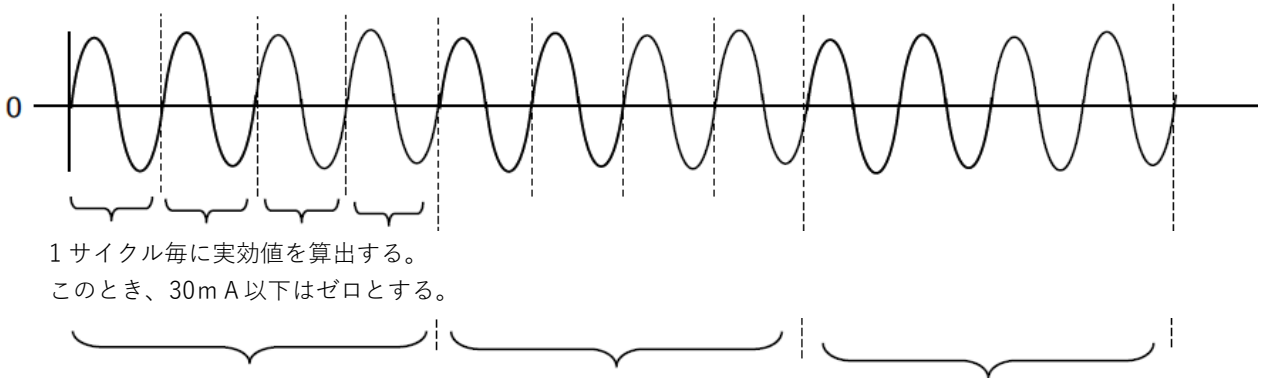
■高圧漏洩電流の計測及び監視用 ZCT センサー



管理番号	保技 2022　10003-01

（4）　高圧漏洩の算出方法

ア　高圧漏洩の算出方法

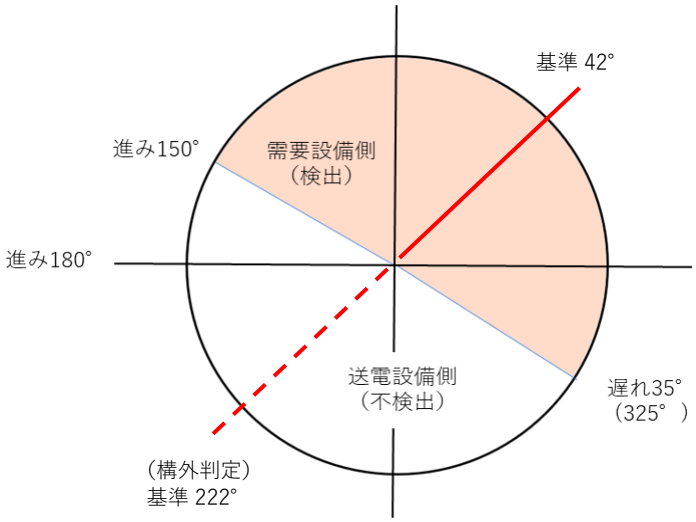


4 個の実効値の数値が出たところで 4 サイクル分の実効値の平均を取る。
この平均値を最小単位時間当たりの高圧漏洩電流とする。

（定期データ）
この 1 コマ分の数値から、最小値、平均値、最大値を選択して、指定時間ごとにデータを保存する。
（警報設定）
この 1 コマ分の数値が比較設定値を超えた場合に警報発報する。警報発報した場合は、警報検出から 10 コマ分（4 サイクル×10）の数値の中から最大値の数値を計測値として伝送する。

イ　方向判別の算出方法と位相比較図

Z-IV センサーから基準波形を ZB 端子に入力する。
1 サイクル毎に基準波形のゼロクロスポイントを算出し、ZCT センサーから ZA 端子に入力した比較波形のゼロクロスポイントとの位相のずれ（時間のずれ）を 1 サイクル毎に比較し、進み 150 度、遅れ 35 度であれば構内、それ以外は構外とし、判別不能の場合は誘導とする。
算出サイクル数は警報検出してから 40 サイクルとなる。



※ Z-IV センサー電流を基準として、ZCT 零相電流（高圧地絡電流）は、進み 150 度から遅れ 35 度までの範囲を動作域（構内）として判定する。
　当システムでは、構内判定を 0 度ではなく、42 度を基準とし、構外判定を 222 度付近としている。

資料-3.5

管理番号	保技 2022　10003-01

(5)　温度センサー

変圧器、コンデンサ、リアクトルの外箱温度監視。
絶縁劣化要因のひとつに温度が挙げられる。ヒートサイクルを繰り返すことにより絶縁物の劣化につながり、コンデンサ、リアクトルや高調波または過電圧により素子の過負荷となり、本体温度が上昇して容器の破損につながる。このような温度上昇を常時監視し事故の早期発見を促す。





項目	仕様		備考
計測範囲	T-70A	70°C検知	検出条件により機器を使い分け
	T-105A	105°C検知	
機能	検出温度を超えると接点解除 検出温度以下で接点復帰		
精度	±10%		
使用温度	0～130°C		
使用湿度	25～85%　RH		結露なきこと
外形寸法	Φ47×12（D）（mm）		
取り付け	マグネットで取り付け		マグネット一体型

機器名	種類	センサー警報値
変圧器	油入式	７０°C
	乾式	１０５°C
コンデンサ	油入自冷式 窒素ガス封入式	７０°C
リアクトル	油入自冷式	７０°C
	モールド	１０５°C

参考　変圧器：「JIS C４００３：２０１０」で定められている耐熱クラス（絶縁階級）
コンデンサ・リアクトル：JEMA が出している「知っておきたい高圧進相コンデンサ設備の正しい取扱い」内の「３.高圧進相コンデンサ設備の保守点検チェックポイント」

管理番号	保技 2022　10003-01

（6）　超音波センサー

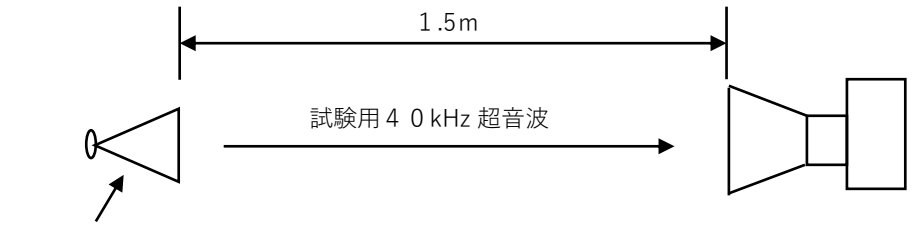
絶縁劣化過程で初期の絶縁不良である部分放電を検出監視し、放電音が連続的に発生した場合に警報を発信する。超音波センサーは 40kHz の超音波を監視する。





項目	仕　　様
検出範囲	方向は機器垂直軸に対して約±３０度以内、検出可能距離は約１.５ｍ以内
外形寸法	Φ５６×４５（D）（ｍｍ）/貫通Φ２４（ｍｍ）
取付箇所	遮断器及び開閉器の周辺
取り付け	マグネットにて取付け
備　　考	・超音波センサーは絶縁上の欠落及び絶縁物の表面に流れる微小電流を検出する。 ・超音波センサーの検出時限は、６分間毎に部分放電の回数をカウントし、５０回以上を故障信号としてセンターに発報する。５０回以下（５０回以上も記録）は発生回数を記録している。 ・超音波センサーの校正については、超音波センサーは電流値などを計測する計測機器ではないため、特段校正は行わない。ただし、停電年次点検時にセンサーの接点確認や目視を行い汚損等も含めて必要に応じて交換などの対応を行う。 ・超音波センサーは雨音を拾うため、屋内変電所に取り付けること。

● コロナ放電の際に発生する約 40kHz の超音波を検出することにより部分放電の計測を行う。



超音波送信用圧電素子
（テスト用発信機）

送信用圧電素子に４０kHz　１００ｍＶｐ－ｐの
信号を与えた時に、1.5m離れた場所で検出可能。

項　　目		R４０１６A1受信機
４０ｋHzにおける感度（dB）	(平均値) (最小値～最大値)	‘－５７ －５８．０～－５６．６
最大感度受信周波数（ｋＨｚ）	(平均値) (最小値～最大値)	‘４０．１ ３９．９～４０．３
出力インピーダンス（Ω）	(平均値) (最小値～最大値)	５，３２０ ４，８９０～５，４４０
１ｋＨｚにおける静電容量（ｐＦ）	(平均値) (最小値～最大値)	２，１８０ ２，１００～２，３３０

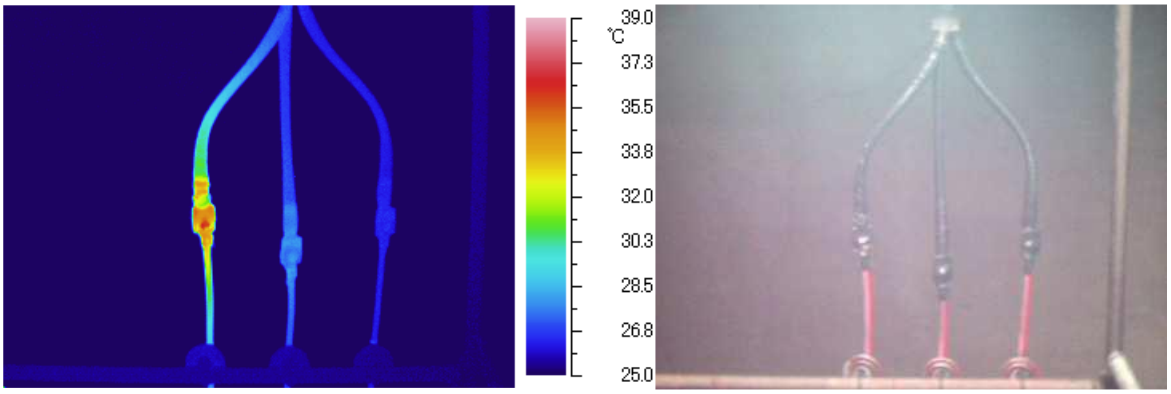
条件：０ｄＢ＝１Ｖ/μｂａｒ、RL＝３．９ｋΩ、距離＝３０ｃｍ

管理番号	保技 2022　10003-01

（7）　熱画像診断

無停電点検時には機器のボルトの弛み、接触不良の確認ができない為、ボルトの弛み、接触不良の確認の代用として熱画像診断を使用する。

［熱画像］　　［可視画像］



撮影日時：5月25日10：43
天気：晴
設備環境：屋内フレーム
周囲温度：25°C
負荷電流：左相51A
電圧：6,600V
最高温度：36.6°C
状況：高圧接続部接触不良による発熱

判定基準測定時の負荷状況を把握し、定常負荷と考えた場合、下記の通り判定する。
（負荷が増す可能性のある場合、そのことを加味し判定する。）

良　　好	温度上・各相の差異が殆んどない場合。
要　　注	若干の温度上昇があり、且各相に差異がある場合。
危　　険	最高温度上昇限度をこえる場合。 最高温度上昇限度を超えなくても各相の差異が極端な場合。

スマート保安技術カタログ

資料-4

管理番号	保技 2022　10003-01

別添: 写真・図面

マスターモジュール
（監視主装置）



ZCT
（漏洩値計測）



Z-IV
方向判別
センサー



温度センサー



超音波センサー



スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	保技 2023　10004-01		
技術区分	IoT 機器と分析システム		
保安技術名称	製鉄所変電施設におけるスマート保安技術		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: 保安技術モデル　　登録年月日:　2023 年 10 月 31 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	特別高圧受変電設備		
活用シーン	特高受変電設備の電路や機器に、電圧センサー、過渡接地電圧センサー、高周波電流センサー等の各種センサーを設置し、計測した電圧や電流波形を PRPD(位相分解部分放電)と TF マッピングを活用して解析することで、雑音やノイズによる影響を弁別・除去し、高い精度で部分放電の種類と発生部位を特定することで、劣化予兆の把握と設備保守の時期の適正化が可能となる。		

１．保安技術の概要

（１）技術の背景

特別高圧受変電設備は日本に 1 万数千件あり、建設後 30 年から 40 年経過している設備が数多く、一括での設備更新が必要となるが、生産体制の維持や投資費用の関係で、産業界の中心的な企業においても、機器単位の更新に留まっていることが多い。この様な重要な設備を計画的に更新するためには、現行設備を極力延命しつつ定期的部分更新を実施する必要があり、現在稼働中の設備の状態把握(故障・寿命予測)は重要となる。

特に社会的に重要度の高い設備においては、新旧設備ともにデジタル技術を活用した電気設備の CBM(Condition Based Maintenance)管理と予兆管理の導入が望まれている。

今回提案の保安技術は、特高・高圧受変電設備へ高周波パルス信号を検知する電圧センサー、TEV センサー（過渡接地電圧センサー)、HFCT（高周波電流センサー）を設置して常時監視をし、捉えた波形を数学的に変換した 2 種類のグラフを用いてノイズの中から部分放電を抽出し、劣化予兆を検出できる技術である。

なお、部分放電を捉えた場合、別途現場で超音波センサーや熱画像センサーを用いて劣化位置を探査し劣化原因を特定することで重大事故防止と設備更新や保守のタイミングの適正化を図ることができる。

（２）原理

特高受変電設備の電路や機器に、電圧センサー、TEV センサー、HFCT を設置し、計測した電圧や電流波形を解析し、部分放電を監視することで、絶縁劣化の予兆を検知することができる。

ア　発電機に電圧センサーを設置し、部分放電を計測する。

イ　配電盤に TEV センサーを設置し、部分放電から生じる過渡接地電圧を計測する。

ウ　特別高圧または高圧ケーブルまたは変圧器に HFCT を設置し部分放電から生じる電流を計測する。

エ 上記の各種センサーで検出したパルス信号一つひとつから次の 4 つの情報を読み取る。（図１）

p：パルスの波高値（部分放電の強度に比例）

q：電源周期に対するパルスの発生位相

F：パルスの周波数帯域

T：パルスの継続時間

管理番号	保技 2023　10004-01

オ　上記４つの情報の内、[p]と[q]を PRPD グラフに、[F]と[T]をＴＦマップにプロットする。

カ　発生源が同じパルスは類似したＦとＴの特徴量を持つためＴＦマップ上でかたまり（クラスタ）となって現れるため、クラスタ毎に PRPD グラフを描き直し、PRPD パターンを標準パターンと比較することでノイズや放電の種類を弁別する。（図２）

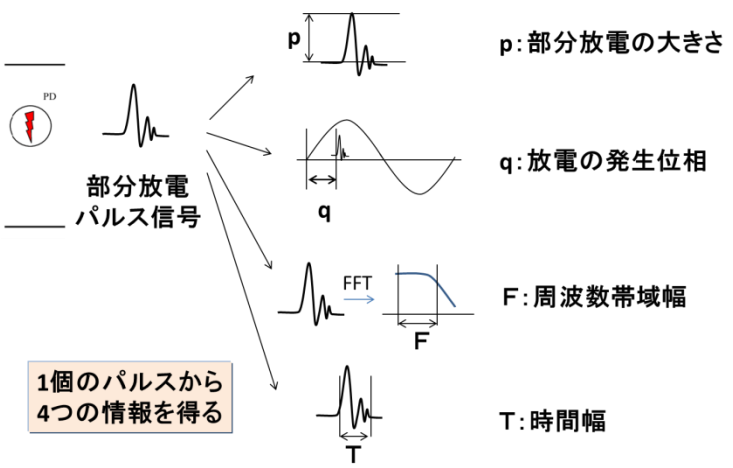


図１　パルス信号からの情報抽出

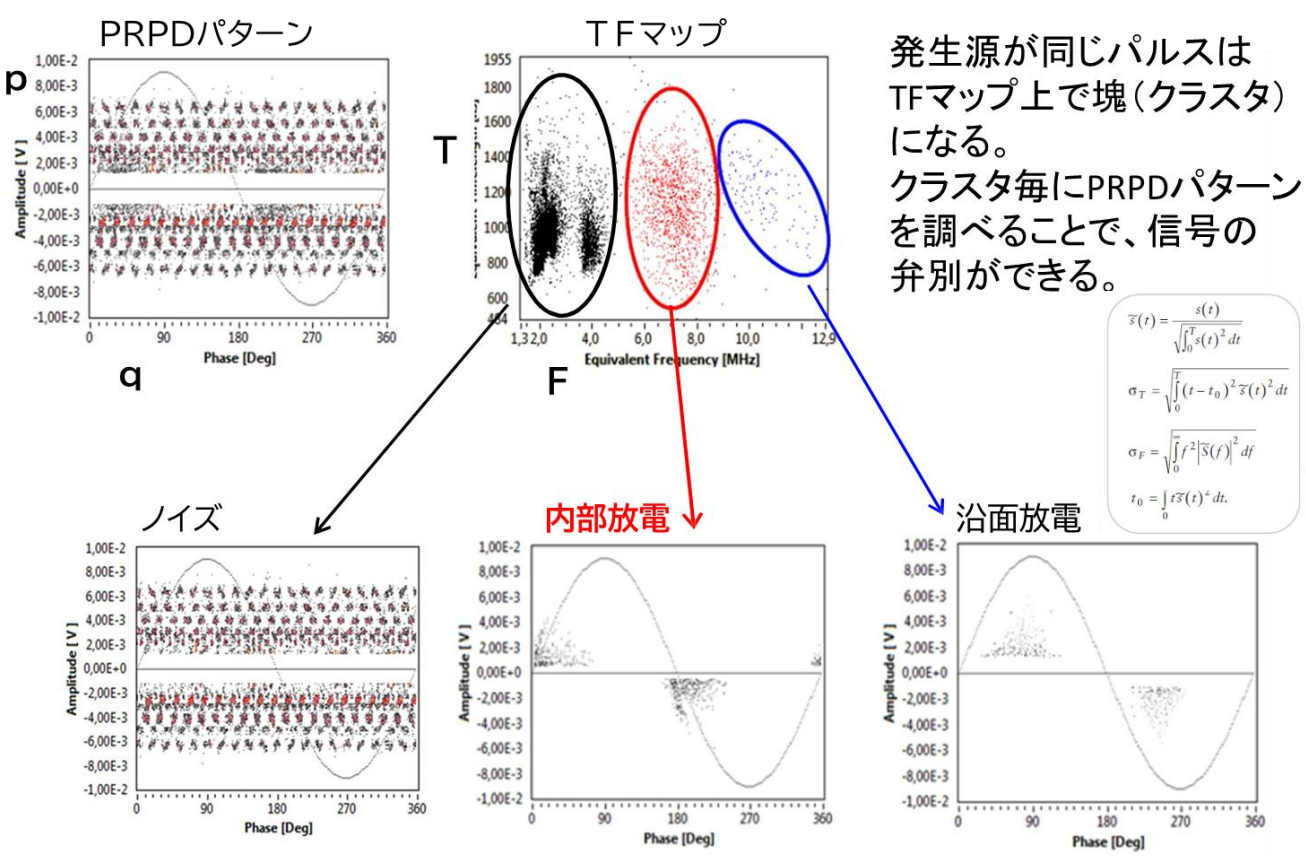


図２　ＴＦマップを用いた特徴抽出

資料-2.1

管理番号	保技 2023　10004-01

2．技術の内容

図 3 の部分放電監視システムの概要図を用いて機能の概要を説明する。部分放電が生じた際に生じる信号は図 1 で示したような形状の数 n～数十 n 秒（n：10^{-9} 秒）で立ち上がる急峻なパルス信号で、収集装置では各種センサーが検出した一つひとつのパルスを広帯域の A/D 変換器でデジタル信号に変換し、[p],[q],[F],[T]の各値を演算した後、内部の記憶装置に記憶する。計測時間が所定の時間（例えば 30 秒）に達するか、またはパルスの数が所定の数（例えば 10,000 点）に達したら一回の測定を終了し、PRPD パターンと TF マップを描き、データを中央監視室に置いたサーバーに伝送する。中央監視室のサーバーは、伝送されたデータを予め設定した TF マップのクラスタ毎に仕訳けてノイズ以外のデータの放電パルスの最大値のトレンドを表示する。オペレータはトレンドの異常な上昇が認められた場合、図 4 に示す手順で詳細解析を行い、危険な放電と認められた場合は放電原因の探索を行い、設備の健全化を図り、重大事故を防止する。

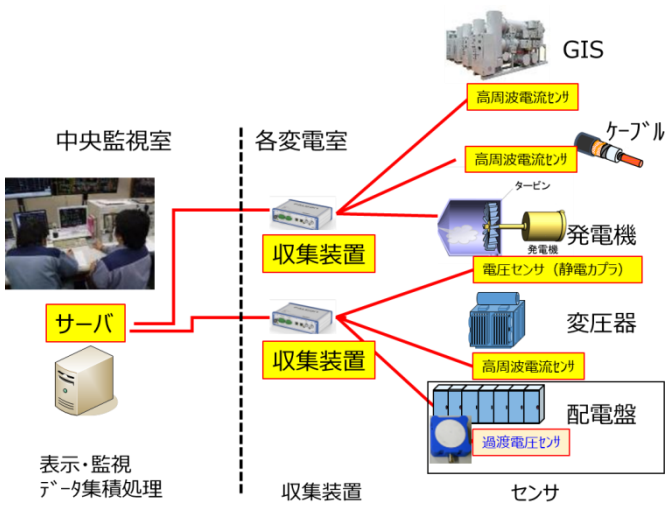


図 3　部分放電監視システムの概要図

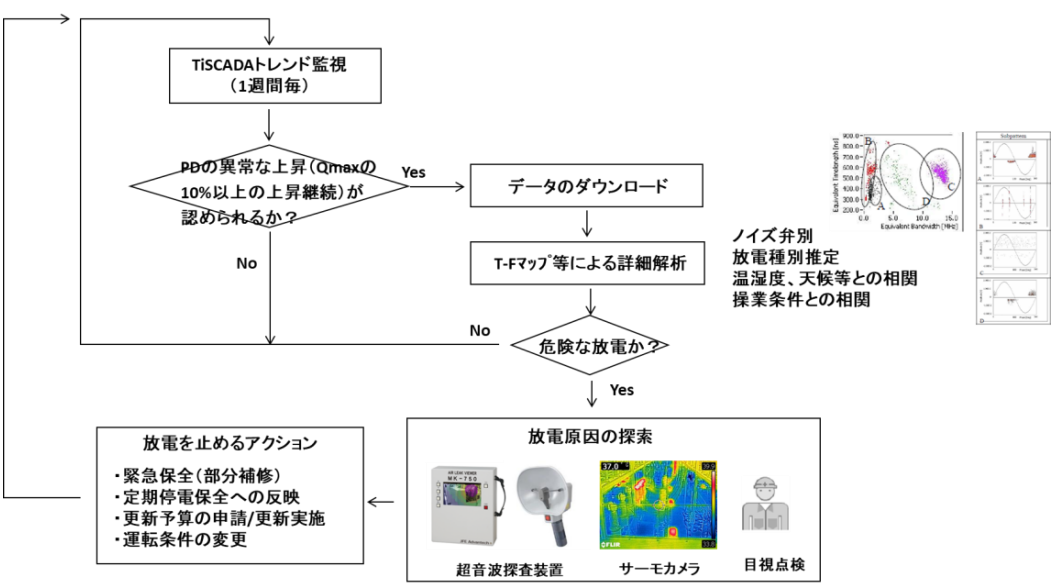


図 4　放電が検出された時のアクション

資料-2.2

管理番号	保技 2023　10004-01

3．絶縁劣化予兆の検出事例

11kV の配電盤で 1 年間に亘って TEV センサーで部分放電の推移を監視した事例を図 5 に示す。この事例では、当初部分放電は検出されなかった配電盤で部分放電が次第に増加していたが、12 月から減少傾向に転じて、春先から再び増加傾向が見られるようになった。

これらの経過データから配電盤を停電して点検したところ、図 6 に示すように計器用変流器に放電の痕跡が確認された。この変流器を更新したことにより部分放電の検出は無くなり、問題なく運用出来ている。

この部分放電を見逃して放置していると、いずれ絶縁破壊し、11kV 配電盤の母線事故という重大事故に進展していた可能性が高いと考えられる。

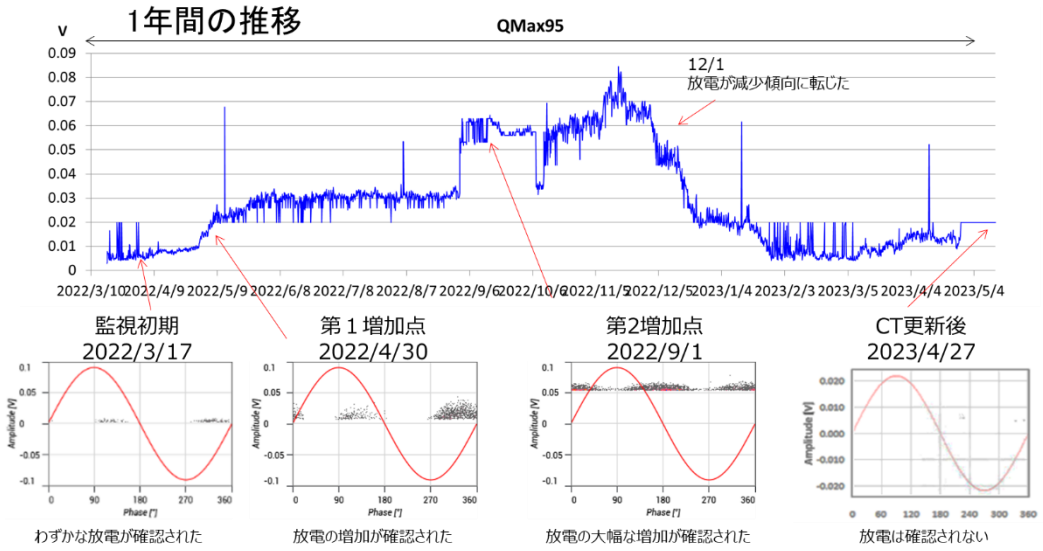


図 5　11kV 配電盤での部分放電検出事例

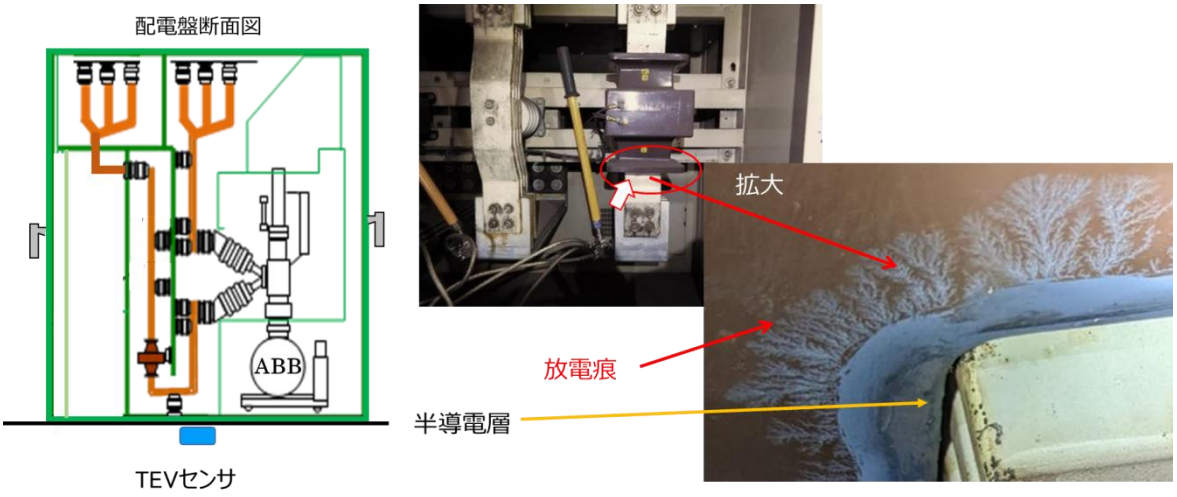


図 6　計器用変流器での部分放電の痕跡事例

資料-2.3

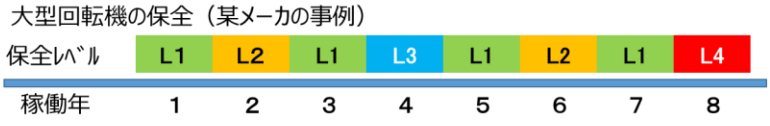
管理番号	保技 2023　10004-01

4．導入によるメリット及び課題

特別高圧受変電設備の劣化予兆による重大事故防止のメリットは、老朽化した受配電・電力設備の使用延長または更新判断の根拠に大きく寄与しているものの、事業所の生産物や規模、受変電設備の重要度によって評価が千差万別で定量化することは難しい。そこで比較的共通する話題として部分放電監視による発電機のロータ抜き定検の周期適正化の検討案があり、このメリットを例として説明する。

一般に発電機の保全は、メーカが定めた保全周期と保全レベルに基づいて TBM(Time Based Maintenance)保全プログラムを組み立てる場合が多い。図 7 に某メーカの保全プログラムの事例を示すが、8 年を 1 サイクルとして、L1～L4 の保全を繰返し実施する。この中で L4 保全は、発電機のロータを引き出して行う大規模な保全で、絶縁診断も実施するなど数千万円の費用が必要になる。オンラインの部分放電監視システムを導入すると絶縁の劣化状態を常に把握できるため、事前にロータ抜き点検の要否が判断でき、一般的には L4 保全を延長することができるようになる。

図 8 に TBM と CBM の保全プログラムの比較例を示すが、このケースでは L4 保全 2 回分を不要とする規模の金額と保全時間が短縮されるメリットが生まれることが分かる。



保全ﾚﾍﾞﾙ	L1	L2	L3	L4
TBM時の周期	0.5～1年	1～2年	3～5年	8～12年
保全時間	4～8時間	8～16時間	5日	10日
要員	SE×1人	SE×1人	SE×2人 助成1人	SE×2人 助成2人
保全項目	・目視点検 ・運転履歴評価 ・電圧、電流、温度、振動、冷却確認 ・寿命部品の交換（フィルタ、オイル、ブラシ等）	L1に加え ・固定子絶縁抵抗　回転子、励磁器の絶縁抵抗（可能な場合）測定	L2に加え ・軸受け点検 ・クーラ清掃 ・ファイバスコープによるロータ点検	L2に加え ・軸受け点検 ・クーラ清掃 ・ロータ抜き点検 ・絶縁診断

図 7　保全プログラムの例

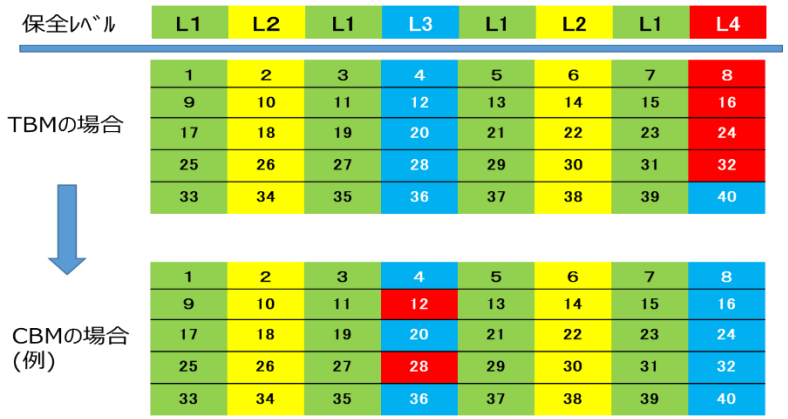


図 8　TBM と CBM の比較例

スマート保安技術カタログ

資料-2.4

管理番号	保技 2023　10004-01

５．特記事項

今回、インバータやコロナノイズの多い製鉄所に於いて、最先端の部分放電検出システムと特徴抽出による弁別技術：ＴＦマッピングの適用事例を紹介した。従来、オンラインで部分放電を検出することは予防保全上有効であることは知られているが、ノイズ弁別や放電種の弁別がネックになり十分な活用が出来ていないと思われる。例えば、空気中で放電が生じるコロナ放電は、絶縁物に直接ダメージを与えるものではないため大きな問題にはならないが、有機絶縁物の表面や内部で生じる部分放電は、絶縁物に直接ダメージを与えて絶縁破壊事故に進展し、停電事故等となる可能性がある。

ＴＦマッピングによる特徴抽出技術は、ノイズ弁別だけでなく放電種の弁別も可能なためオンライン部分放電監視の活用範囲を大幅に広げるものと考えられる。

ただし、電気設備で使用されている有機絶縁物は、部分放電を許容した設計になっていないため、部分放電を検出したら放電の発生部位を特定し、放電を止める処置をとる必要があるが、オンライン部分放電検出は緒に就いたばかりで、どれくらいの放電量や放電期間が許容できるのかなどの知見が十分に蓄積されていないこともあり、部分放電に関する運用基準を定められていない。従って、現段階では保安規程に反映することはできないが、今後、多種多様な放電パターンと知見を収集することにより、高経年設備に限らず新設または既設設備のスマート保安の推進にも寄与することが期待される。

６．スマート保安推進への期待

重要かつ高経年な特高受変電設備において、絶縁劣化の兆候を早期に検知することにより、稼働中の設備の状態把握(劣化進展・寿命予測)と継続管理することで、保安レベルを維持しつつ計画的な高経年設備の更新をサポートすることが十分可能である。 特に、重畳したノイズ弁別機能は、早期段階の絶縁劣化による微小な部分放電を捉えるのに必要な技術であり、多種多様な放電パターン図と知見を収集することにより、高経年設備に限らず 新・既設設備のスマート保安の推進にも寄与することが期待される。

対象設備名称	ＪＦＥスチール株式会社　西日本製鉄所（倉敷地区）
設置者、住所 設備概要	ＪＦＥスチール株式会社　西日本製鉄所（倉敷地区） 岡山県倉敷市水島川崎通り１丁目 受電電圧：110 kV　受電変電所容量：680 MVA　製鉄所
当該案件連絡先 (担当者、組織名、住所、電話番号)	ＪＦＥスチール㈱西日本製鉄所（倉敷地区）エネルギー部エネルギー技術室 担当者：上山　哲平 〒712 -8511　岡山県倉敷市水島川崎通り１丁目 ℡：086-447-2020　E-mail：t-ueyama@jfe-steel.co.jp

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	保技 2023　10005-01		
技術区分	IoT センサー		
保安技術名称	高圧絶縁監視機能の導入による高圧地絡停電事故の前兆検知技術		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: 保安技術モデル　　登録年月日:　2023 年 11 月 28 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	需要設備、発電所		
活用シーン	高圧受電設備に設置されている柱上用高圧交流負荷開閉器(PAS)に高圧絶縁監視機能付方向性 SOG 制御装置(CHZ-E 形)を設置することで、地絡保護に加えて微地絡時の零相電圧と零相電流を検出して警報を発する機能及び微地絡検出時に本装置内へのログデータの保存機能などを保有しており、高圧電路の絶縁状態の常時監視が運用可能となり、突発的な高圧地絡停電事故のリスク低減を図ることができる。		

1．保安技術の概要

（1）仕組み(原理等)

PAS に内蔵されている地絡検出装置(ZCT と ZPD)を活用し、保護継電器の地絡動作設定値より低い零相電圧(Vo)、零相電流(Io)を検出することで、継電器動作に至らない微小地絡や短時間の地絡事故を※微地絡現象として警報を発し、地絡事故の前兆として把握することができる。なお、高圧絶縁状態を常時監視することで、電気保安管理の品質向上が十分可能となり、停電年次点検の頻度の見直しが期待できる。

※ 微地絡とは、零相電圧(Vo)や零相電流(Io)が地絡動作設定値に至らないレベルの地絡や継続時間が短く地絡動作に至らない地絡と定義する。

（2）電気保安の活用

従来の地絡保護は SOG 制御装置で地絡検出を行い、PAS を開放して配電線への波及事故を防止していたが、本製品(高圧絶縁監視機能付方向性 SOG 制御装置)を導入することにより、地絡保護に加えて高圧電路の絶縁状態の常時監視が可能となり、突発的な高圧地絡停電事故のリスク低減を図ることができる。

なお、本装置の導入メリットは下記のとおりである。

ア　保安レベルの向上

① PAS に内蔵された ZCT 以降、PAS 内部と二次側配線、高圧ケーブル、主遮断装置開閉器類、計器用変成器、変圧器及び高圧コンデンサの一次側までの高圧電路を監視・検出範囲として、高圧絶縁状態の常時監視が可能となる。

② CHZ 本体表示部での微地絡・地絡検出ログの現地確認やオプションの OUD 遠隔監視サービスを利用することで、微地絡発生の把握が可能となり、地絡事故に至る前の計画的な細密点検や設備更新のきっかけとすることで、早期対応により突発的な地絡停電事故を防ぐことができる。

イ　コストメリット、導入のしやすさ

① 既設の戸上電機製作所製 SOG 制御装置(方向性に限る)と上位互換性があり、SOG 制御装置の交換により、新規だけでなく、現在使用中の既設設備においても、速やかに高圧絶縁監視機能の導入・運用が可能となる。

管理番号	保技 2023　10005-01

② 開閉器内蔵の保護継電器用の地絡検出装置(ZCT と ZPD)をそのまま活用するため、新たに絶縁監視のためのセンサー類を設置する必要がなく、機器費用と工事費が低く抑えられる。

③ 設置者や主任技術者が必要とする管理レベルに対応するために、CHZ 本体表示部のログ表示、CSV ファイルの取得、メール通知及びデータ常時取得・蓄積の機能が用意されており、現場完結から遠隔監視まで種々の管理方法の選択が可能となっている。

（3）装置又はシステムの特徴(仕様・特徴等)

ア　PAS の電源側に設置された ZCT 以降、PAS 内部・二次側配線、高圧ケーブル、主遮断装置、開閉器類、計器用変成器、変圧器及び高圧コンデンサのほぼ全高圧電路部分が検出範囲となる。図 1 に本装置の高圧絶縁監視の検出範囲を示す。

イ　検出値の選択(Vo、Io 及び動作時間)に加えて、検出条件の選択(①Vo のみ、②Io のみ、③Vo＆Io、④Vo＆Io＆位相)が可能かつ幅広く設定できる。(設定項目一覧は、別添の装置詳細を参照)図 2 に地絡と微地絡の検出領域範囲比較を示す。

ウ　微地絡検出時に本装置内へログデータを保存(最大 100 件)し、表示部にて動作ログを確認できる。

エ　現在の零相電圧(Vo)、零相電流(Io)の計測値を確認(表示機能)できる。

オ　既設の戸上電機製作所製の方向性 SOG 制御装置と交換することで高圧絶縁監視ができる(互換性)。

カ　SOG 制御装置と絶縁監視に個別の自己診断機能を保有し、故障時は異常表示灯により故障表示する。

キ　オプション等の導入により可能となる追加機能

① 本装置に保持している収集データは PC を接続し、CSV ファイルとして収集し、確認できる。

② 本装置の故障時(自己診断機能)及び微地絡確定時に接点出力(無電圧 a 接点)を利用して、設置者が設置している監視盤にそれぞれの警報信号を通知できる。

③ オプションで提供している OUD 遠隔監視サービスを導入することで、微地絡確定時に必要な箇所へメールで通知できる。

④ 本装置の拡張機能として「地絡状態監視装置」を設置することにより、微地絡・地絡発生前後の Vo 値、Io 値及び 10 分毎の Vo 値、Io 値の平均値と最大値を収集可能となる。

※　OUD 遠隔監視サービスとは、電池式の通信機器にて LPWA 通信により登録されたメールアドレスへ通知を行うサービスで、月額使用料のみで運用可能となる。

ク　構成図、原理概念等

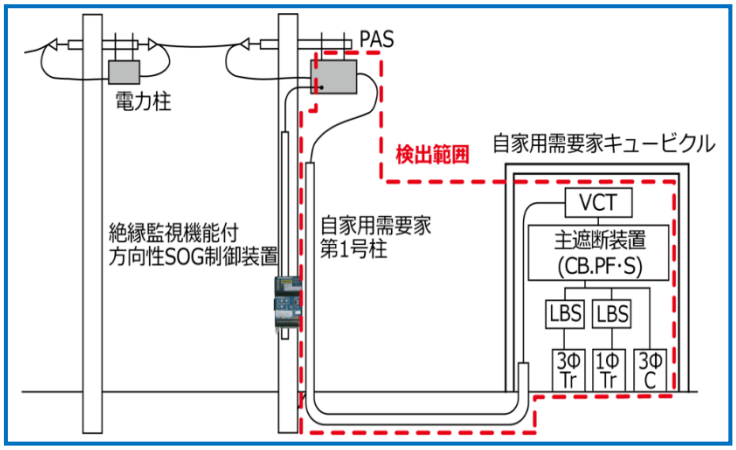


図 1　高圧絶縁監視の監視・検出範囲

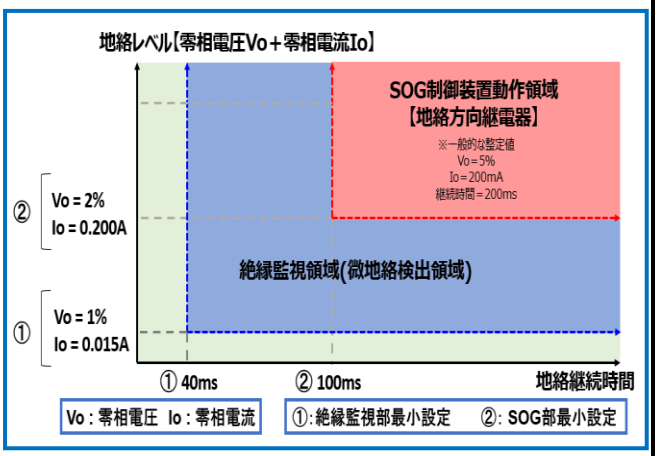


図 2　地絡と微地絡の検出領域範囲比較

資料-2.1

管理番号	保技 2023　10005-01

2．検証データ等(研究又は実証試験・運用)

（1）模擬試験

人工地絡試験機を用いて、高圧ケーブルの水トリー現象、碍子の破損、樹木及び鳥獣接触の各種地絡を擬した試験を行い、その時の現象記録と地絡波形を測定・収集した。

「鳥獣接触や機器損傷」などは突発的な地絡事故となることが多々あるが、「碍子破損や劣化、樹木接触及び高圧ケーブルの絶縁劣化」などは、徐々に絶縁破壊が進む現象が多いこと及び短時間で解消する地絡事故(微地絡発生)になり得ること並びに地絡発生の機器（ケーブル・枝木・鳥獣・碍子）毎の地絡波形に特徴があることが確認できた。

※ 試験データの詳細は、別添:基礎要素技術:要素 2022 00001-01 の概要を参照

（2）現場における微地絡現象検出の実証データ

CHZ(高圧絶縁監視機能付方向性 SOG 制御装置)の取得データを、リアルタイムに当社の地絡状態監視サーバーへ送信するために「地絡状態監視装置」を開発し、全国 37 ヶ所の高圧需要家に実証試験への協力を頂き、この装置を現場に設置された CHZ へ付加することで、次の機能の運用が可能となった。

ア　CHZ の微地絡・地絡検知をトリガーとして、その前後の 1.5 秒間(前 1 秒、後 0.5 秒)の Vo 値と　Io 値をサーバーに送信する。

イ　10 分毎の Vo 値と Io 値の平均値、最大値を算出し、60 分周期でサーバーへ送信する。

ウ　微地絡・地絡確定時は、指定されたメールに発生警報通知を送信する。

エ　送信されたデータは、サーバー内で波形に変換・蓄積され、閲覧とデータ分析が可能である。

この地絡状態監視装置を設置して、高圧絶縁の遠隔常時監視にてデータを収集した結果、高圧ケーブルの微地絡、鳥獣(猫及びヒヨドリ)接触による微地絡と地絡、設備の絶縁劣化(降雨による絶縁劣化と推定)の状況を捉えて、取得した実証試験データと模擬試験データとの比較検証・評価を行った。図 3 に微地絡・地絡データ収集システムの概要を示す。

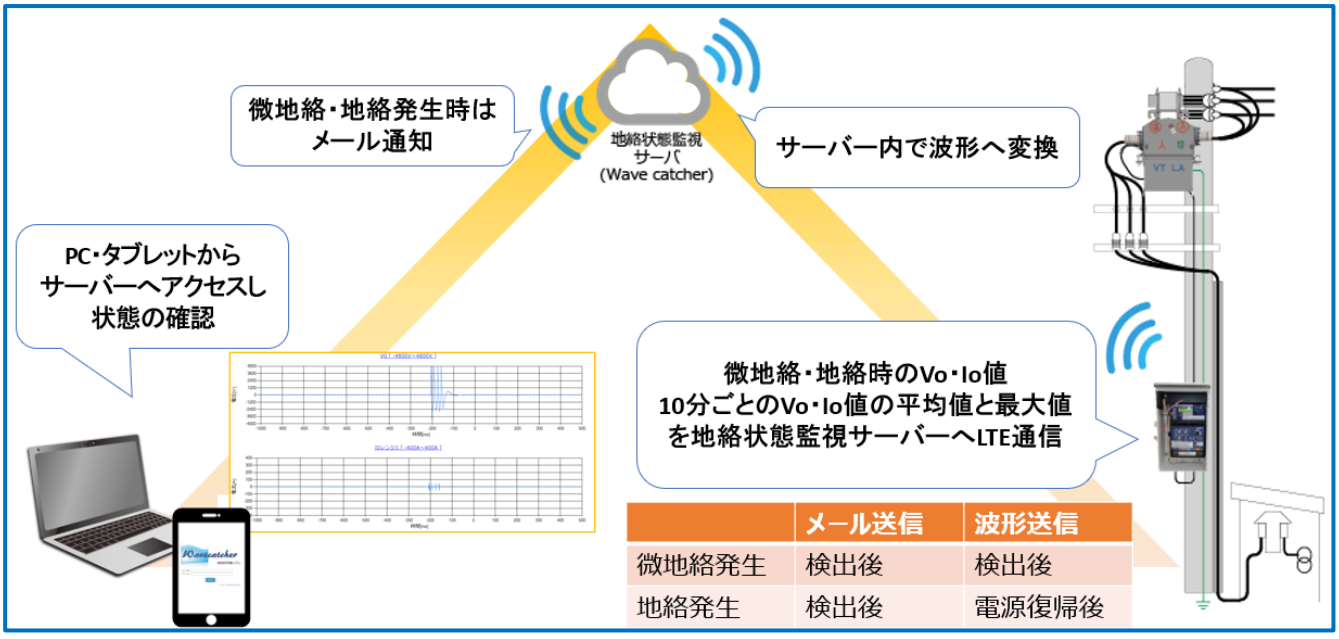


図 3　微地絡・地絡データ収集システムの概要

資料-2.2

管理番号	保技 2023　10005-01

（3）実証試験における高圧ケーブルの絶縁劣化事例(水トリーと推察)

ア 年次点検において、引込高圧ケーブルの絶縁抵抗が 600 MΩ に低下しており、絶縁劣化が懸念されたことから本装置を設置して、高圧絶縁の遠隔常時監視を行い、設置 6 カ月後に微地絡を検出した。なお、微地絡の検出の連絡を受けて、確認・検討後に交換手配を行い、交換工事を実施した。

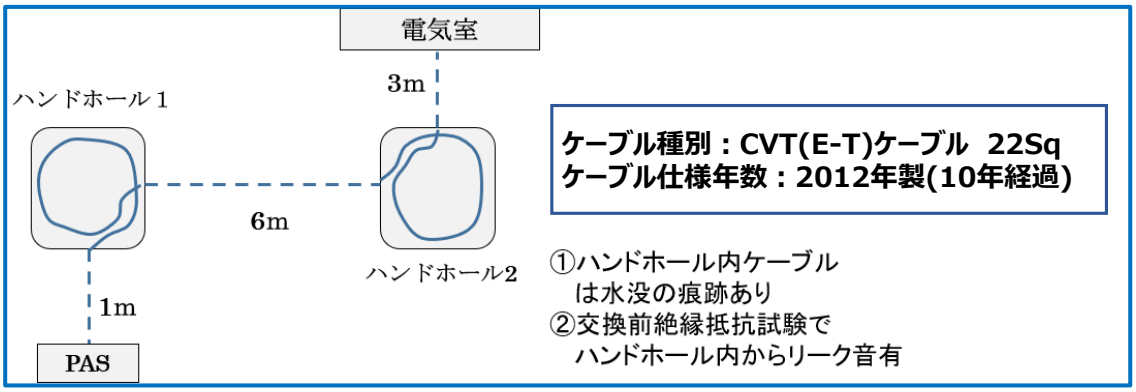


図 4　微地絡発生時現場の高圧ケーブルの配線状況

イ 微地絡検出及び原因調査経緯

① 2021 年 12 月　年次点検時(お客様にて点検)

絶縁抵抗測定結果(導体－遮蔽銅テープ間)

1000V メガにて R 相が 600 MΩ と絶縁低下が見られた。

② 2022 年 5 月

CHZ 及び地絡状態監視装置を設置

（絶縁監視部検出設定　15 mA 1%　Vo＆Io＆Ph　40 ms　1 回）

（SOG 部検出設定　　0.2 A　5%　Vo＆Io＆Ph　0.2sec）

③ 2022 年 11 月

CHZ の微地絡ログを確認（地絡状態監視サーバーから検出メール通知もあった）

④ 2022 年 12 月　　高圧ケーブル交換工事

ケーブル交換前に現地にて外観点検と絶縁抵抗測定を実施

絶縁抵抗測定（ハイビットメガ）3 相一括　3000 V 印加で電流増加

絶縁抵抗測定（ハイビットメガ）3 相一括　10000 V 印加でリーク音発生（ハンドホール 2）

⑤ 2023 年 1 月

お客様から提供いただいた事故ケーブルの調査を実施

ウ 調査結果

当該ケーブルについて、当社試験装置にて詳細な調査を実施した。

① 絶縁抵抗測定

1000 V メガにて　R 相＝40 MΩ（2 回目 190 MΩ）　S 相＝20 MΩ　　T 相＝30 MΩ

② X 線・CT 画像検査

リーク音が発生している部位を特定して撮影し、事故状況を分析した。

管理番号	保技 2023　10005-01

当該高圧ケーブルを詳細に外観点検すると、ケーブル外側の被膜(ビニルシース)には熱によると思われる部分的な溶融は見られるものの損傷(孔)は確認できなかった。慎重に解体を進めると、遮蔽銅テープや外部半導電層は一部焼損しており、絶縁体(架橋ポリエチレン)には地絡によると思われる損傷(孔)が開いていた。(孔は導体まで絶縁体を貫通している。)

図 5 に X 線透視 CT システムで撮影した高圧ケーブルの事故箇所の詳細調査(X 線 CT 画像)を、図 6 に高圧ケーブルの事故箇所の解体調査(外観)を示す。

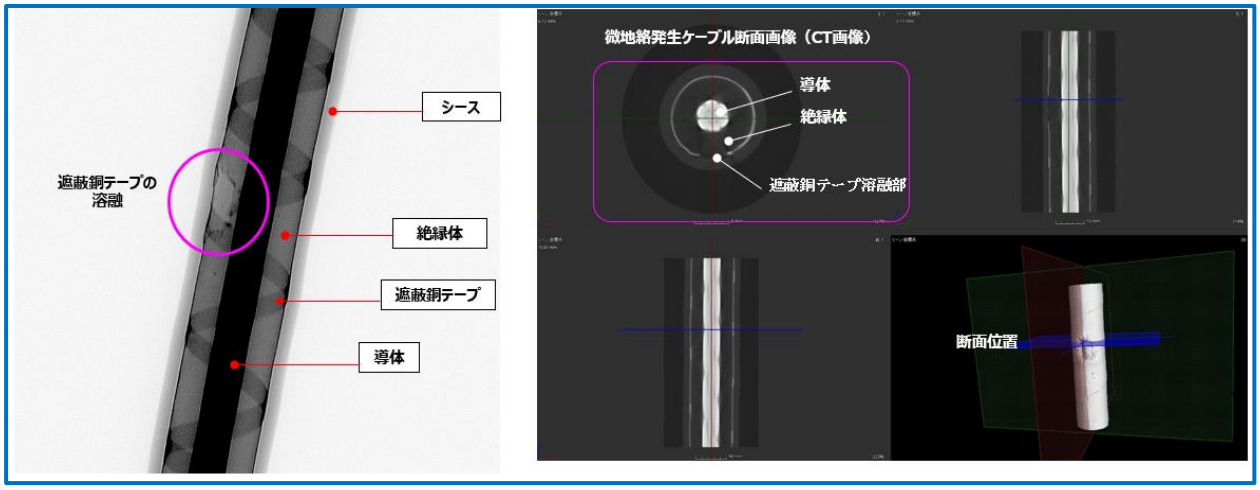


図 5　高圧ケーブルの事故箇所の詳細調査(X 線 CT 画像)

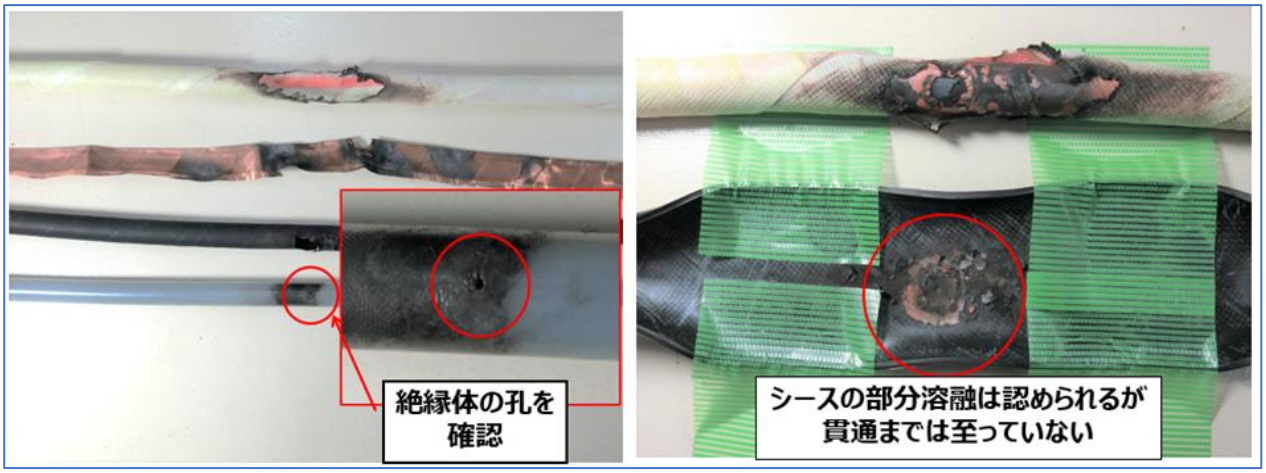


図 6　高圧ケーブルの事故箇所の解体調査(外観)

③ 評価

現場で微地絡が発生したケーブルと人工地絡試験にて人工的に微地絡を模擬させたケーブル(水トリー想定)の損傷状況を比較したところ、遮蔽銅テープなどの焼損状況や絶縁体の損傷跡、その他の様相が非常に酷似していることが確認された。加えて、微地絡発生時の波形を比較したところ、Vo と Io 共に同様の波形パターンが読み取れた。図 7 に人工地絡試験ケーブルと現場のケーブルとの外観比較、図 8 に人工地絡試験ケーブルと現場のケーブルとの微地絡波形比較を示す。

人工地絡試験での知見から、当該ケーブルも微地絡が継続状態で使用を続けていれば、やがて地絡へ移行し、SOG が動作、地絡停電事故となった可能性が高いと考えられる。

資料-2.4

管理番号	保技 2023　10005-01



図 7　人工地絡試験ケーブルと現場のケーブルとの外観比較

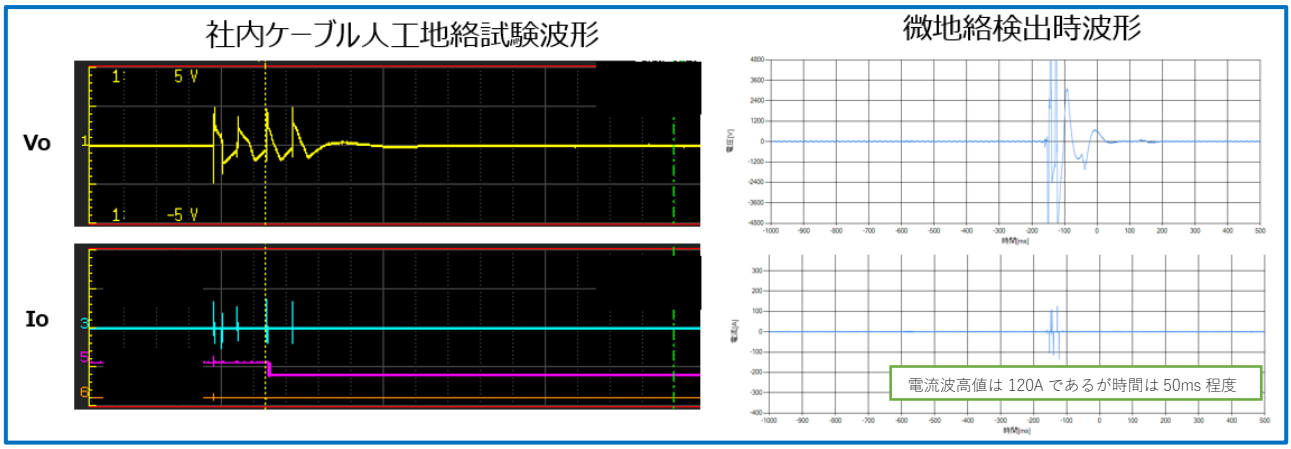


図 8　人工地絡試験ケーブルと現場のケーブルとの微地絡波形比較

（4）高圧ケーブルの人工地絡試験時の画像(参考)

高圧ケーブルの微地絡は閃光を伴う間欠地絡であり、パルス状の地絡電流(波高値数十 A～数百 A)が間欠的に流れるが、電流の流れる時間は数 ms から数十 ms 程度と短い特徴がある。

図 9 に微地絡時の瞬間的な閃光の様子を示す。微地絡の再現度を高めるために水中で人工地絡試験を実施した。

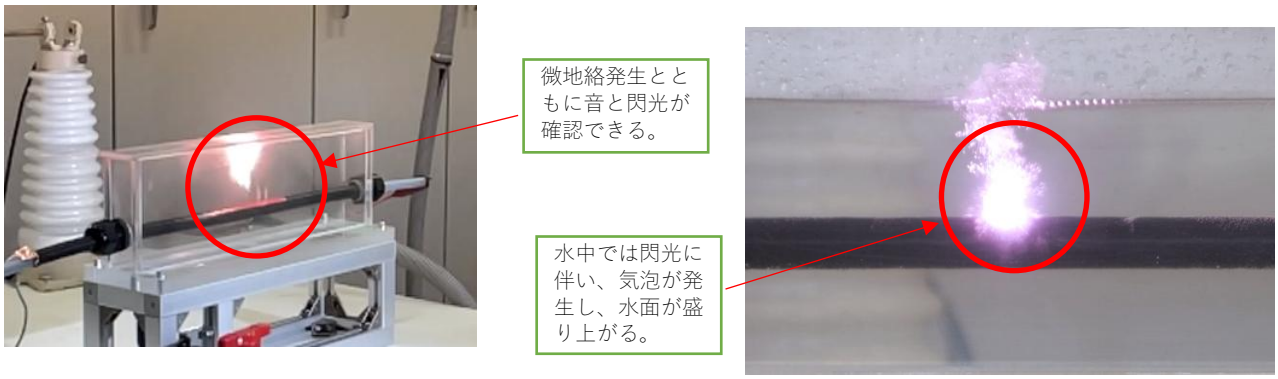


図 9　人工地絡試験（微地絡）の様子（左：気中、右：水中）

スマート保安技術カタログ

資料-2.5

管理番号	保技 2023　10005-01

3．運用方法

（1）CHZ では動作ログの保存(最大 100 件)が可能なため、巡視や点検時に動作表示やログを確認し、微地絡の検出が記録されていれば、それをきっかけに臨時点検等を実施する。

なお、CHZ にパソコン(PC)を接続し、詳細なログデータを取得・分析することも可能である。



図 10　CHZ の動作ログ表示と PC 接続によるデータ抽出

（2）本装置には、微地絡検出時、GR/SO 動作時及び自己診断異常時(高圧絶縁監視部、SOG 制御部)の動作表示だけでなく、動作通知のための接点出力(無電圧 a 接点)が装備されており、設置者が高圧受電設備に警報回路を敷設している場合は警報盤に動作通知が可能である。

なお、オプションの OUD 遠隔監視サービスを利用することで、簡単に遠隔常時監視が運用可能となり、現場から離れていてもタイムリーに微地絡の検出などの動作情報を取得することができる。

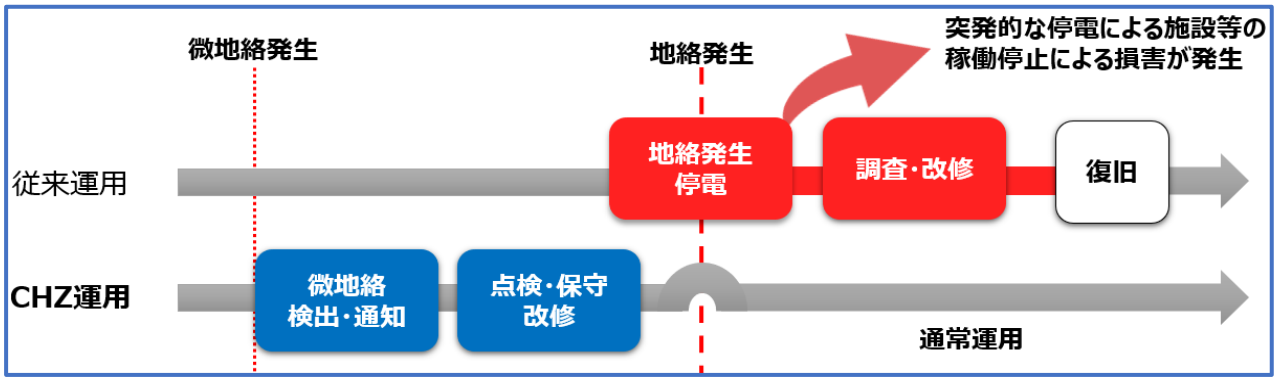


図 11　CHZ を運用した突発的な停電防止対策フォロー図

4．今後の予定

（1）地絡電流波形を用いた AI による地絡事故原因特定技術の確立

（2）Vo 及び Io トレンドデータを用いた AI による地絡事故予兆検知技術の確立

上記 2 項を実現するために高圧需要家へ実証の協力を依頼し、多種多様な事故データの取得を継続して実施し、地絡事故の予防保全に向けた知見を蓄積する。

当該案件連絡先(担当者、組織名、住所、電話番号)	組織名・部署：株式会社戸上電機製作所　経営戦略室　経営戦略グループ 担当者：平川　将紀 〒840-0802 佐賀県佐賀市大財北町 1-1 TEL：0952-25-4129E-mail：m-hirakawa@togami-elec.co.jp

スマート保安技術カタログ

資料-3.1

管理番号	保技 2023　10005-01

別添: 詳細仕様書、オプション、データ等

1．装置詳細

高圧絶縁監視機能付方向性 SOG 制御装置(CHZ)の機能配置図を図 12 に示す。一般的な SOG 制御装置の機能に高圧絶縁監視の機能が追加されており、SOG 制御装置部の上部に新たな高圧絶縁監視部が配置された区分構成となっている。

なお、SOG 制御装置部と高圧絶縁監視部とは区別された独立回路となっており、地絡事故時の継電器機能の確実な動作を担保すると同時に、両装置とも無電圧接点出力の動作通知用接点と自己診断異常通知用接点を持ち、警報監視盤への接続或いは通信装置を追加することで、遠隔での動作状態の把握と機能維持管理を可能としている。

高圧絶縁監視部には、微地絡動作 LED 表示や PC 接続端子の他にデジタル表示の画面があり、現場で現在の計測値(Vo・Io 値)表示と微地絡動作記録の確認(最大 100 件)ができる。

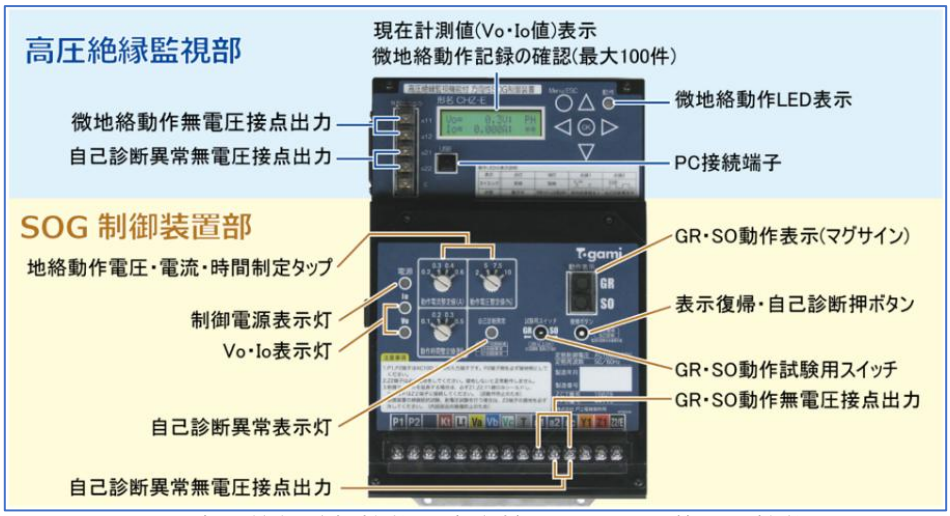


図 12　高圧絶縁監視機能付方向性 SOG 制御装置の機能

表 1　設定項目一覧置の機能

	項目	SOG制御装置部	絶縁監視部
①	Vo設定	2/5/7.5/10%	1/2/3/4/5/6/7/8/9/10%
②	Io設定	0.2/0.3/0.4/0.6A	0.015～0.040 : 0.005A刻み 0.040～0.100 : 0.010A刻み 0.100～0.600 : 0.100A刻み
③	地絡(微地絡) 動作時間設定	100/200/300/500ms	40～100 : 10ms刻み 100～500 : 50ms刻み
④	位相設定 (負荷側判定範囲)	−60°～+120°	−60°～+120° −45°～+135°
⑤	地絡(微地絡)検出条件	方向性のみ(Vo,Io,位相)	Vo＆Io＆位相 Vo＆Io Voのみ Ioのみ

高圧絶縁監視機能付方向性 SOG 制御装置(CHZ)は、PAS に内蔵されている地絡検出装置(ZCT と ZPD)で検出される零相電圧 Vo と零相電流 Io を SOG 制御装置部の設定値より低く、動作時間を短く設定することにより、微地絡を検出して警報を発する、いわゆる高圧絶縁監視の一種である。

資料-3.2

管理番号	保技 2023　10005-01

別添: 詳細仕様書、オプション、データ等

2．オプション機器



地絡状態監視装置

・CHZ へ拡張設置が可能
　絶縁状態監視装置のコネクターを接続する。
・CHZ の微地絡・地絡検知をトリガーとしてその前後の Vo 値、Io 値を収集し、データをサーバーへ送信（LTE）
・10 分毎の Vo 値、Io 値の平均値と最大値をサーバーへ送信



CHZ



図 13　地絡状態監視装置

OUD 遠隔監視サービス



CHZとOUD通信端末
接続例

LPWA通信

OUDシステム





OUD通信端末

・電池駆動のため電源工事が不要

●メール通知で確認できる情報
・微地絡検出
・GR / SO動作
・自己診断異常(絶縁監視部)
・自己診断異常(SOG制御部)

図 14　OUD 遠隔監視サービスの構成

資料-4.1

管理番号	保技 2023　10005-01

別添: 基礎要素技術:要素 2022 00001-01 の概要

○ 模擬試験による検証データ等

人工地絡試験を用いて、高圧ケーブル、碍子、樹木及び鳥獣接触の各種地絡を模擬した微地絡・地絡事故を発生させて、その時の現象(映像記録)と地絡波形(データ)を記録した。

（1）試験方法(高圧ケーブルの例)

・ケーブルにΦ0.6mm の穴を導体まで貫通させ、塩水を少量(約 0.01cc～0.1cc の範囲)注入して、導体と遮へい層間に高電圧を印加した。

・同資料で複数回続けて地絡を発生させることで、初期異常(微地絡)～故障異常(地絡事故)までの水トリーによる絶縁劣化を模擬した。

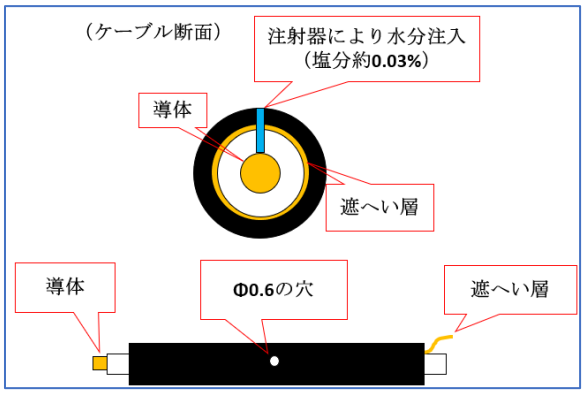


図 15　人工地絡試験の試料

（2）試験結果(高圧ケーブルの例)

ケーブル(新品)及びケーブル(中古品：地絡事故発生ケーブル)の合計 7 本に地絡試験を実施した。

表 2　人工地絡試験の結果

絶縁監視部	SOG部	合計
検出	未検出	35
検出	検出	15
試験回数合計		50

合計 50 回(絶縁監視、SOG 部共に未検出結果は除く)絶縁監視部が動作した試験において、同時に SOG 動作(地絡事故)が発生した割合は 30%で、絶縁監視部(微地絡)だけの動作が 70%であった。この結果から地絡事故まで至らないケーブル絶縁劣化を検出・警報できる可能性は高く、地絡停電事故の未然防止が期待できる。

（3）波形データ(高圧ケーブルの例)

ア　新品・中古ケーブル共に、人工地絡試験を複数回実施することで、ケーブルの劣化進行(Φ0.6 の穴が徐々に拡大)により地絡継続時間が延び、「絶縁監視部」、「SOG 部」共に未検出状態から、まず「絶縁監視部」が検出し始め、数回地絡を繰り返すと「SOG 部」も動作するようになる。

【 波形：ケーブル】　　微地絡：検出　地絡：未検出

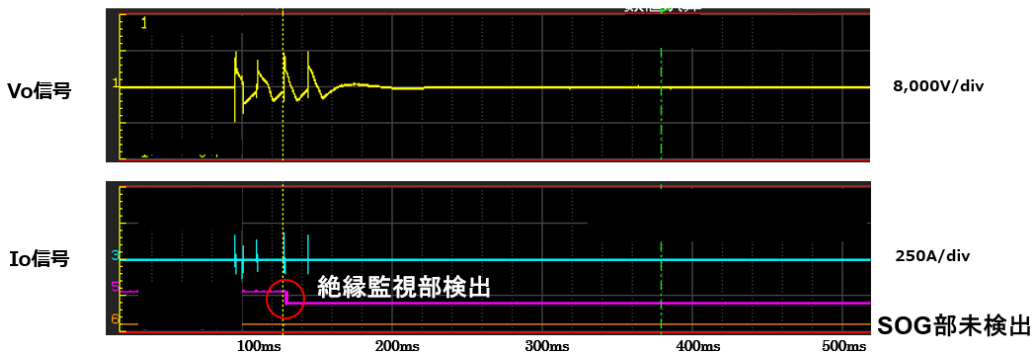


図 16.1　高圧ケーブル(Φ0.6 mm の穴)の地絡試験波形(微地絡)

管理番号	保技 2023　10005-01

イ　新品・中古ケーブル共に、微地絡から地絡へと推移した結果が見られた。連続して試験を重ねて終盤になってくると、「絶縁監視部」、「SOG 部」共に検出状態に移行する。また、「SOG 部」が検出するような状態でも絶縁抵抗が 2,000 MΩ 以上ある場合があり、アークにより注入した水分が蒸発かつ排出することで絶縁が回復したと推測される。

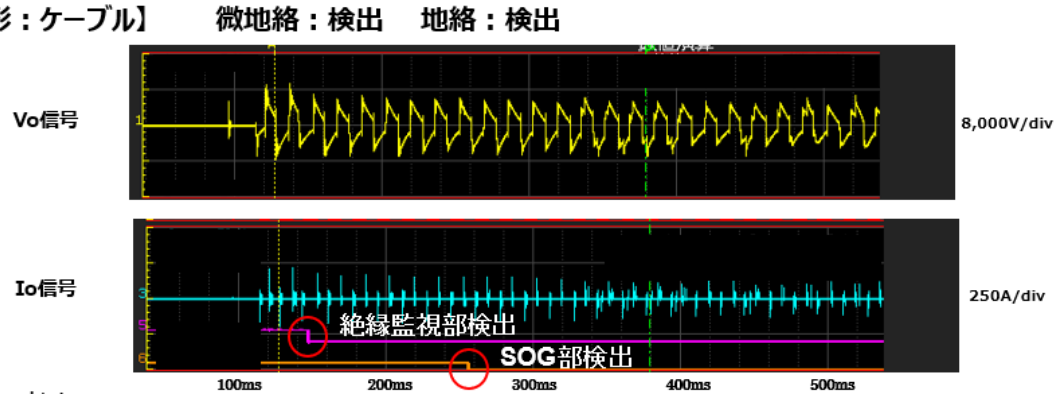


図 16.2　高圧ケーブルの地絡試験波形(地絡事故)

（4）波形データ(小枝接触の例)

・小枝の表面ではなく、内部を通って地絡が起きていた。(接触した箇所に焼け焦げた跡が残っていた)

・枝葉の葉の部分については、葉脈を通って地絡が起きていた。(葉脈が若干変色していた)

・針状の波形ではなく、商用周波数成分が見られ、微地絡を検出してからも地絡レベルが増加している三角波形が見られる。今回の試験では地絡の検出までは至らなかったが、繰り返し枝葉が接触することによって地絡レベルが増加し地絡に至ることが考えられる。

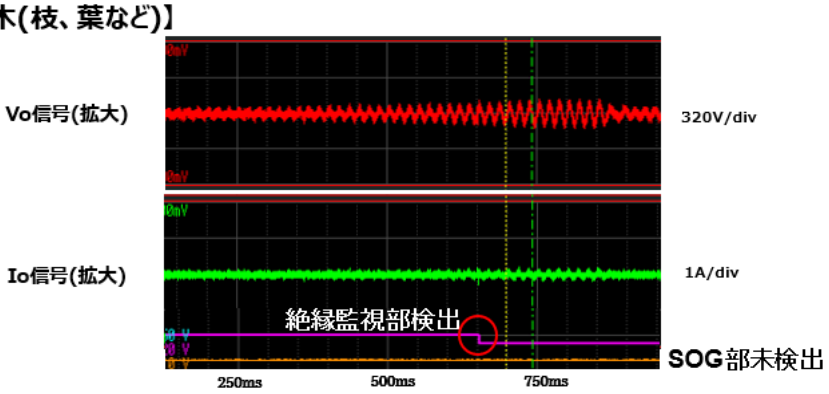


図 17　小枝接触の地絡試験波形

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	保技 2023　10006-01		
技術区分	計測装置、デジタル測定器		
保安技術名称	スマート保安技術を活用した柱上受電設備(EV 急速充電専用)の保安管理技術		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: 保安技術モデル　　登録年月日:　2024 年 2 月 28 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	需要設備		
活用シーン	本機器は過去の事故データ等を分析し、事故や故障の発生リスクを極限に小さくしたコンパクトかつ信頼性の高い柱上受電設備とすることに加えて、既存のスマート保安技術(計測値の常時監視とデジタル測定器)を活用した点検手法との組合せで構築されている。現場における実証試験で得られた知見と主任技術者等の意見を反映した EV 急速充電設備専用のスマート柱上受電設備に係る保安管理技術である。		

1．　EV 急速充電設備の整備に向けた情勢

カーボンニュートラルに資する EV の普及には急速充電設備の普及が必須であり、EV のバッテリーの性能向上及び大容量化に伴い、より高出力急速充電器の整備が求められており、国のグリーン成長戦略では 2030 年度までに全国で 3 万口を整備する目標が掲げられている。

e-Mobility Power(以下、eMP)では、経路充電の主力機器として短時間充電が可能な高出力急速充電器（AC400 V 90～180 kW 級）を採用し、2030 年度までに全国で 1 万口を整備することとしているが、設置推進には、設置場所、費用及び電気主任技術者確保の課題が大きく、総合的に検討した結果、高圧受電設備については省スペース・安価・短工期で設置可能な「柱上変圧器方式」とし、電気主任技術者は外部委託が可能性・実効性が高いと判断しているものの、現行の電気保安に関する規制では実現困難な事項があり、早急な条件整備が必要となっている。

2．ＥＶ急速充電設備の設置促進

(1) 設置促進のために必要な条件

ア EV 車の普及・拡大には、充電設備の早期かつ先行的な整備が必要であり、充電の目的と過ごす場所による普通充電と急速充電器のベストミックスが求められる。

イ 充電設備を設置する事業者の確保及び拡大条件を整える必要がある。

・充電設備整備事業の投資効果と採算性の確保及び規制等における障害事項の見直し

ウ 設置推進には、設置場所、費用及び電気主任技術者確保の課題が大きい。

・速やかに展開できる設置場所を有する企業との提携並びに占有者の要望対応

・設置台数確保には、低コスト化及び施工期間の短縮が必要

・保守・メンテナンス事業者の安定的な確保

エ 設置場所としては、理想的な充電時間 15 分に対して、待機することが苦とならない施設に併設することが社会的ニーズであり、充電器の空白地帯がないこと。

オ 設置及び運用において、環境負荷に配慮した設備とすることが重要である。

以上の条件から、高速道路、道の駅および商業施設（コンビニ、ホームセンター、ガソリンスタンド等）が、効果的かつ稼働率が高い充電ポイントであり、急速充電設備の設置場所として最適である。

資料-1.2

管理番号	保技 2023　10006-01

(2) 設備構築における課題

ア 充電設備の設置に係る課題を整理すると表１のとおりである。

表１　EV 急速充電設備の設備設置に係る課題

課題１	スペース	● 都市圏のコンビニや自動車ディーラーの駐車スペースは狭隘で、設置先企業からは**充電設備は極限までコンパクトにして欲しい**との強い要望がある ● 駐車スペース以外のキュービクル設置場所の確保が困難なために、高出力充電器の設置を断念する事態も発生している。
課題２	コスト	● 一般送配電事業者（以下、一送）の託送供給等約款には400V供給メニューが存在しないため、自ら高圧6kVで受電して400Vに変圧する必要がある ● 自家用設備としてキュービクル等を設置するため、**イニシャルコストが高額**となる
課題３	工期	● 受電設備であるキュービクルを設置するには基礎工事を含めて3日程度の工期が必要となり、**工事期間中は駐車場が利用できずに、設置パートナーからは早期工事終了を要望される**

イ 現状の設備構築及び保守保安面において、キュービクル式と柱上式を表２で比較した。

表２　キュービクル式と柱上式の設備構成及び保守保安の比較

	項目	キュービクル式	柱上式
設備構築	設置スペース	×：キュービクル，電源配管スペース要	◎：左記の設備スペース不要 充電器の設置スペースで可
	工期	△：全体工期で3日 ただし、現場打基礎の場合　＋1W	○：全体工期で2日 ・キュービクル基礎・配管工事が不要 ・ケーブル端末処理が不要
	コスト	△：標準 キュービクル価格　＋　施工費用	○：キュービクル式より低コスト 機器及び施工費用の抑制
保守保安	品質	○：一般的な外観点検	×：高所に設置された設備の点検に課題
	頻度	○：隔月点検、無停電点検	×：毎月点検、毎年停電点検 柱上設備点検で高所作業あり
	設備信頼性	○：標準 ただし、SC無しと過負荷の恐れなし。	○：機器を必要最小限とした設備 高圧ケーブル・SC無しと過負荷の恐れなし。 ○：電力会社と同等の仕様を採用
	コスト	○：標準	×：キュービクル式より高コスト ※実証実験点検費用で試算

設置推進には、EV 車所有者の充電ニーズに的確に応えられる充電場所の確保が第一優先であり、コンビニ、ガソリンスタンド及びホームセンター等の駐車場施設に併設するには、受電設備については省スペース・安価・短工期で設置可能な「柱上変圧器方式」が最適である。

(3) 保安体制の検討

現状では、自家用電気工作物の需要設備としての保安体制となる。

ア 電気主任技術者を、選任、兼任、統括とした場合

・電気主任技術者が 1700 人程度必要であり、設置事業者の社員での保安要員確保は困難である。

・全国規模の保安管理組織体制の構築と的確な事故対応などの保安確保に課題がある。

イ 外部委託とした場合

・現状でも要員不足が深刻化しており、新たな電気設備への継続的な要員確保は困難とされている。
キュービクル式(隔月点検)での必要要員数は 150 人程度（柱上式：毎月点検　250 人程度)

・ 柱上の高所作業は、作業者の安全確保のための特別な対応策が必要となる。

・ 柱上受電設備は、キュービクル式受電設備よりも換算係数が大きく、労務負担が大きいために一人当たりの担務件数が少なくなる（40%減)。

・ 柱上受電設備の柱下の目視点検では、点検者の経験・技量により点検品質の確保に懸念がある。

スマート保安技術カタログ

資料-2.1

管理番号	保技 2023　10006-01

3．スマート柱上変電設備の実証試験

(1) 基本構成

ア スマート保安技術を活用した柱上受変電設備であり、スマート保安キュービクルの技術要件（遠隔点検による月次点検の代替)を参考に、既存のスマート保安技術の手法を追加した構成とした。

イ 過去の事故事例に照らし合わせて、配電設備と同様なシンプルな構成とすることや月次点検のデジタル化推進でリスク低減を図った。

ウ 年次点検での柱上の高所作業における安全確保を目的に、高所作業車を活用することとした。

(2) 実証試験

ア ホームセンター 3 店舗で、別供給のスマート柱上受電設備として 2023 年 3 月より実証試験を開始

イ 設備内容等

① 変圧器 100 kVA(6600/400 V) の柱上受電設備(高圧受電設備規程による上限制限)

② 56 kW×2 台出力の急速充電器を 45 kW×2 台の出力制限で運用

ウ 内容

兼任電気主任技術者(eMP)とし、保安法人がサポート点検を実施する保安管理体制とした。

① 柱上可視カメラによる点検（接触、腐食、変色、発熱） → eMP で月 1 回以上確認

② 低圧絶縁監視装置による遠隔監視 → 保安法人に業務委託

③ 計測値監視システムによる運転状況確認
(電圧、電流、電力、漏洩電流) → eMP、保安法人に業務委託し各種データ採取

④ 現地点検と可視カメラ目視点検の比較 → eMP、保安法人に業務委託し現地点検（毎月）

⑤ 現地での熱画像による発熱確認 → 保安法人に業務委託で現地点検（2 カ月に 1 回）

⑥ 点検時間の確認 → eMP、保安法人による点検時間の収集

(3) 特徴

ア 電力引込から柱上開閉器(遮断機能付)、VCT、変圧器 1 台とシンプルな構成とした。
高圧ケーブルは使用せず、必要最小限の構成機器(開閉器や高圧コンデンサを省略)や接続点を極限まで少なくし、他物接触(鳥獣、樹木等)や絶縁劣化等による事故リスクを低減した。

イ 各設備の配慮事項（信頼性の高い機器の構成と仕様）

① 信頼性の高い高圧ピン碍子の使用（塩害や汚損等の環境対応）

② 充電部が一切ない設備構成（高圧充電部に容易に接触できない構造）

③ 避雷器(LA)の設置（誘導雷等による絶縁劣化リスクの低減）

④ 電圧・電流等の常時監視(変圧器 2 次側)

⑤ 低圧絶縁監視装置設置(漏電遮断器が設置されており、必要性の検討)

⑥ 主要機器にサーモラベル貼付(柱上開閉器と変圧器)

⑦ 充電器容量に応じた過負荷とならない変圧器選定

ウ 月次点検では、デジタル測定器(熱画像診断装置等)を活用し、柱下からの目視点検に加えて、測定値をデジタル化(点検判断の数値化とデータ保存)する。

(4) 効果把握の内容

実証試験により、保安品質の確保と保安管理の実効性を評価・確認する。

ア 必要最小限の柱上受電設備としたメリット・デメリットの現場検証

イ スマート保安技術を導入した柱上受電設備の諸データ収集と保安品質の検証

ウ 外部委託を担う電気主任技術者の総合評価

エ 点検時間の検証

資料-2.2

管理番号	保技 2023　10006-01

(5) 実現に向けた道筋

現場実証試験を実施し、試験結果による新たな保安技術をプロモーション委員会で審議し、技術の妥当性・実効性及び保安点検の効果・効率化の評価を行い、妥当性評価が得られた場合は、当該保安技術の導入促進をはかるための課題や普及促進方策、制度改正等の必要性等を関係個所に情報提供する。

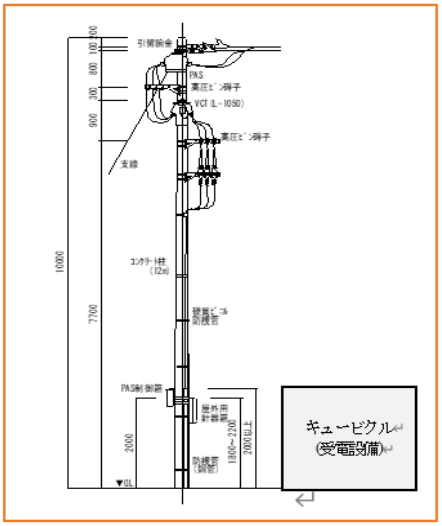


図 1 一般的な第 1 号柱の装柱

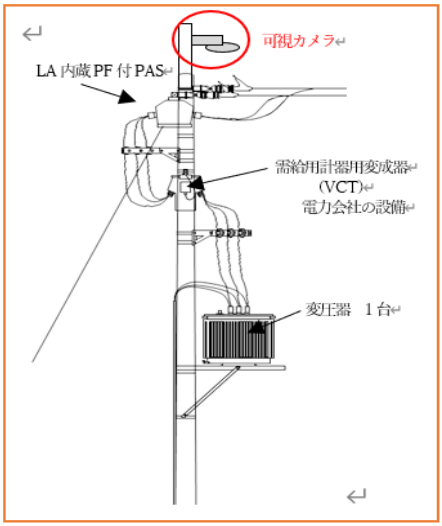


図 2 柱上受電設備と可視カメラの装柱

4．実証試験結果

(1) 可視カメラ

ア 可視カメラの設置目的は、スマート保安キュービクルにおいて可視カメラを使用した点検が採用されていたことから、カメラ設置条件（電路を引き出す部分および本体の大半を撮影できるもの）を満たし、各機器の設置状況及び各機器と電線の接続状態を確認することで、この屋外設備においても月次点検（外観目視点検）代用になるかを検証・評価した。

イ 可視カメラを電柱頂部に設置し、360 度及び拡大機能を有する高価な監視カメラを使用しているため、一部に死角は発生するものの、通常の外観点検と遜色がない点検が可能であり、遠隔で何時でも何処からでも設置状態が確認可能である。

ウ 月次点検は、主として五感による目視点検となっており、全ての点検内容をセンサ類に置き換えることは難しく、現行のルールにおいては遠隔によるカメラ点検と現地目視点検を組み合わせたものとなる。なお、この屋外設備においては、上部からカメラ点検する優位性が乏しい（絶対的必要性が見出せない）こと及び初期費用が高額かつ保守費用がほぼ倍となることから、費用対効果が見込めないと同時に周囲へのプライバシー配慮等から運用が難しいと判断した。



写真 1　カメラ画(変圧器上面)



写真 2　カメラ画(開閉器上部)

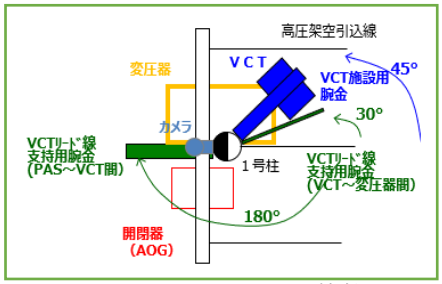


図 3　カメラ設置の装柱図
(効果的な設置場所の検討)

管理番号	保技 2023　10006-01

(2) 計測装置及び低圧絶縁監視装置

ア 計測項目(電圧・電流・漏洩電流)と常時監視システム機能

① 電圧・電流を計測・データ化し、計測値の常時監視、変圧器の過負荷警報の通報及び日常の負荷状況をデータ分析して運転状態を把握することは、電気設備の健全な運用だけでなく、予知保全の観点においても、常時監視システム機能は有用といえる。

電圧(400 V)は、380V～410 V と若干の変動幅が見られ、電力は EV 車電池の性能(温度等)・残量により、急速充電器の充電能力の範囲内で大きく変動することが確認された(図 4 を参照)。

② 漏洩電流は、電線路が短くかつ充電器 1 台の負荷であり、充電中に変動はあるものの最大で数 mA に留まった。

イ 低圧絶縁監視装置

試験実施中に、発報は 1 件もなかった。

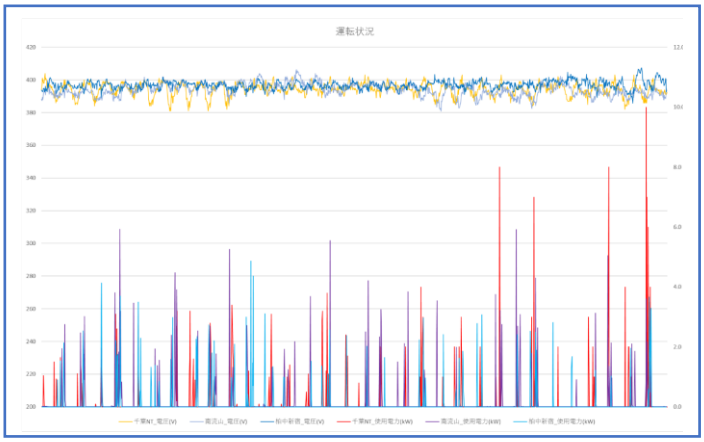


図 4　電圧・電流・電力のデータ

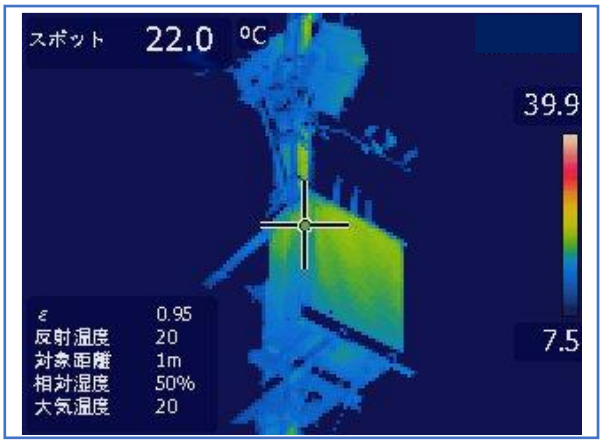


図 5　柱上受電設備の熱画像

(3) 柱下からの目視点検とデジタル測定器の活用

高圧ケーブル、電力コンデンサ及び直列リアクトルの設置が無く、柱上開閉器、VCT 及び変圧器 1 台のコンパクトな受電設備であり、柱下からの目視点検に加えて、熱画像診断装置を活用して受電設備全体の発熱箇所や熱分布などを確認した。また、超音波診断装置（ウルトラホン）を使用した点検においても異常がないこと（【補足】参照）を確認した。

これらの試験結果から、目視点検に加えてデジタル測定器を効果的に活用することによって、十分に保安品質を確保できると判断した。

(4) 点検時間の確認

コンパクトな受電設備と充電器 1 台の設備構成であり、月次点検は 20 分程度で完了した。

(5) 設備点検者の点検手法への評価

ア 本設備形態は、過去に電気事故が多く発生している高圧機器類を無くすことで電気事故リスクが大きく軽減されていること、設備がシンプルな構成であることに加え、遠隔常時監視により点検負担も大きく軽減されている。

イ 点検作業をする作業者の安全確保が最優先であることから、柱上における年次点検を安全に作業できる装置(高所作業車等)の使用や周辺環境への配慮も必要である。加えて、際限のない柱上化を防止するため、受変電設備や負荷設備の構成などに一定の条件を設けて設備限定することも希望する。

資料-2.4

管理番号	保技 2023　10006-01

5．スマート柱上受電設備の概要

実証試験で得られた結果や保安法人等の意見を反映した EV 急速充電設備専用のスマート柱上受電設備の概念は、図 6 のとおりである。

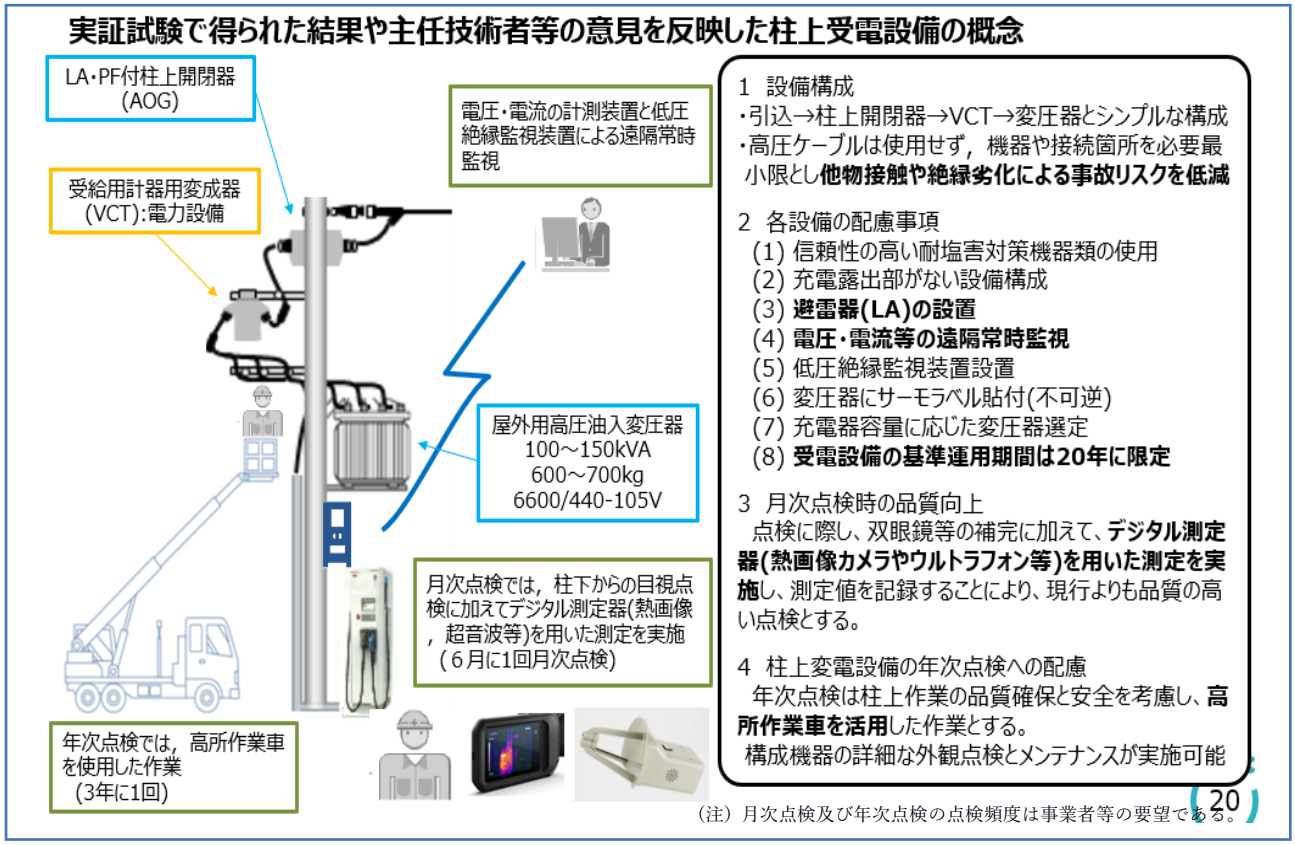


図 6　EV 急速充電設備専用のスマート柱上受電設備の設備及び点検手法

(1) 過去の事故データ等を分析し、事故や故障の発生リスクを極限に小さくしたコンパクトかつ信頼性の高い柱上受電設備の仕様とした。

ア 電力引込から柱上開閉器(遮断機能付)や VCT 及び変圧器(1 台)とコンパクトな構成とした。

イ 塩害対策の機器類の使用を基本とし、高圧ケーブルは使用せず、構成機器(開閉器や高圧コンデンサを省略)や接続点を極限まで少なくし、台風などの災害、他物接触(鳥獣、樹木等)及び絶縁劣化等による事故リスクを低減した。

(2) 既に確立されている保安技術による点検手法等を活用することにより、事故・トラブルの発生確度は低下し、総合的な保安点検品質は向上すると考えられる。

(3) 信頼性の高い設備仕様と既存のスマート保安技術を活用した点検手法の組合せにより、適切な点検頻度における保安管理の品質を確保することとした。

(4) 活用する既に確立されている保安技術

ア 計測装置による測定値の常時監視

電圧・電流・漏洩電流の計測値を遠隔監視する。

イ 月次点検でのデジタル測定器の活用

熱画像診断装置(サーモビュア等)と超音波診断装置(ウルトラホン等)を月次点検で活用し、年次点検より短周期で発熱箇所(各相バランスを含む)や絶縁状態を確認する。

スマート保安技術カタログ

資料-2.5

管理番号	保技 2023　10006-01

6．その他

高圧受電設備規程(JEAC 8011:日本電気協会)では、柱上式の受電設備における主遮断装置が PF-S 型使用においては変圧器容量 100kVA が上限となっており、CB 型は使用しないできないことになっている。

現在展開している EV 急速充電設備は、充電出力 100~180 kW が主力となっており、変圧器容量は 150 kVA 以上が望ましいので、柱上式の受電設備における変圧器容量制限の緩和が必要である。

7．最終評価

EV 急速充電設備の設置推進には、設置場所、費用及び電気主任技術者確保の課題が大きく、総合的に検討した結果、高圧受電設備については省スペース・安価・短工期で設置可能な「柱上変圧器方式」とし、電気主任技術者は外部委託が可能性・実効性が高いと判断しているものの、現行の規制と電気主任技術者不足に実現困難な課題があり、早急な条件整備が求められている。

本受電設備は、配電設備と同様なコンパクトな構成とした信頼性の高い設備仕様かつ月次点検のデジタル化などの既存のスマート保安技術を活用した点検手法の組み合わせによる「スマート柱上受電設備」とし、年次点検は、柱上設備点検の品質確保と作業安全を考慮して高所作業車を活用した作業とすることで、保安レベルの維持・向上と生産性の向上の両立が十分可能かつ作業安全に配慮した設備構成であり、EV 急速充電設備の設置促進も期待できる保安技術である。

なお、EV 急速充電設備専用の柱上受電設備を外部委託として実現するには、1 件当たり換算係数や点検頻度の見直しが必要であり、制度改正等の要望を関係個所に働きかける予定である。

当該案件連絡先 (担当者、組織名、住所、電話番号)	組織名・部署：株式会社 e-Mobility Power 担当者：上原　裕二 〒108-0075 東京都港区港南二丁目 13 番 34 号　NSS-Ⅱビル 7 階 ℡：070-8693-4140　E-mail：uehara.yuji@e-mobipower.co.jp

スマート保安技術カタログ

資料-3.1

管理番号	保技 2023　10006-01

別添: 詳細仕様書、オプション、データ等

1．[補足] 超音波診断装置（ウルトラホン）による柱上設備の異常検知実験

(1) 実験方法

ア 高圧ピン碍子（亀裂加工済）に塩水噴霧し、絶縁低下状態を模擬する。

イ 高圧ピン碍子に高電圧（3,810 V）を印加する。

ウ イの状態で、地上高７ m付近の高圧ピン碍子の放電状況をウルトラホンで測定する。

(2) 実験結果

地上から放電（図７の測定値・補正値）を検知可能であることを確認した。



図７　超音波診断装置（ウルトラホン）による柱上設備の異常検知実験

2．スマート柱上受電設備のリスク評価

(1) 人身安全

ア 感電　① 充電部が露出しない絶縁処理、接地施工、昇柱防止対策
② 低圧：漏電遮断器設置
③ 高圧：容易に接触できない構造・機器配置、地上高５ m以上に機器設置

イ 墜落　① 高所での点検・作業は高所作業車使用

(2) 設備安全

ア 設備倒壊　① 強度設計
② 地震等による変圧器の振れ止めアングルの追加

イ 接続不良　① AOG(LA 付 PF 内蔵 PAS)の使用による接続点の低減

ウ 絶縁劣化　① 避雷器の設置
② 高圧ケーブル不使用
③ ウルトラホンによる点検

エ 漏油等　① 充電器出力を超える変圧器設備容量の選定
② サーモラベルによる温度管理
③ 熱画像による点検

オ 樹木・鳥獣　① リスクの高い接続点の重厚な絶縁処置



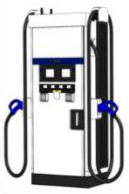
写真３　デジタル測定器の活用

資料-3.2

管理番号	保技 2023　10006-01

別添: 詳細仕様書、オプション、データ等

3．(参考)EV 急速充電設備の仕様

充電器メーカ	ABB	東光高岳	DELTA	ニチコン	新電元工業
外観	Terra184 	HFR1-120B10-A7 	EVHJ104 	NQD-UCX04 	SDQC2F90XT4415 
入力電圧	三相4線式 400V±15%	三相３線式 400V±10%	三相4線式 400V±15%	三相4線式 400V±10%	三相4線式 400V±15%
総出力	180kW（120kW）※	120kW	100kW	100kW	90kW
最大出力/充電口	90kW（450V×200A）	90kW（450V×200A）	90kW（450V×200A）	90kW（450V×200A）	90kW（450V×200A）
充電口数	2口	2口	2口	2口	2口
ブーストモード対応	対応可（200A15分）	対応可（200A15分）	対応可（200A15分）	対応可（200A15分）	対応可（200A15分）
変圧器容量	200kVA（150kVA）	150kVA	150kVA	150kVA	100kVA
CHAdeMO認証	Ver1.2	Ver2.0	Ver1.2	Ver2.0	Ver1.2
OCPP/OTA機能	有（OCPP1.6）	有（OCPP1.6）	有（OCPP1.6）	有（OCPP2.0）	有（OCPP2.0）
設置面積 (単位mm)	0.50m² W565xD880xH1900	0.48m² W750×D642×H1994	0.47m² W800×D590×H1500	0.28m² W700×D400×H1900	0.48m² W800×D600×H1900
画面 ①言語 ②カスタマイズ	①英語、日本語 ②カスタマイズ可 OTA	①日本語、英語 ②カスタマイズ可 OTA	①日本語、英語 ②カスタマイズ可 OTA	①日本語、英語 ②カスタマイズ可 OTA	①日本語、英語、中国語 ②カスタマイズ可 OTA

※実証実験はABB製充電器の出力制限（45kW×２）して，運用中

図 8　EV 急速充電設備専用の製造者と仕様一覧

スマート保安技術カタログ

資料-3.3

管理番号	保技 2023　10006-01

別添: 詳細仕様書、オプション、データ等

4．従来設備、新旧 EV 用受電設備の構成比較

電気設備			KB屋外		柱上変圧器式		KB屋外
			需要設備	EV急速充電設備	需要設備	EV急速充電設備	太陽電池発電所
設備容量			150kVA	150kVA	100kVA	150kVA	150kVA
設備の特徴	高圧機器	PAS	○	○	○(AOG)	○(AOG)	○
		避雷器	△ 任意設置(PAS)	○ (PAS内蔵)	△ 任意設置(AOG)	○(AOG内蔵)	○ (PAS内蔵)
		碍子	○	○	○	○	○
		屋外電線	無 一部設備は有	無 一部設備は有	○	○	無 一部設備は有
		VCT	KB内	柱上	柱上	柱上	KB内
		高圧ケーブル	○	○	×	×	○
		LBS	○	○	×	×	○
		屋内電線	○	○	×	×	○
		変圧器	2台以上	1台	2台以上	1台	1～2台以上
		直列リアクトル	○	×	○	×	×
		高圧コンデンサ	○	×	○	×	×
		低圧配電盤	○	○	○	×	○
	負荷設備		多種多様	充電器1台 8年で交換	多種多様	充電器1台 8年で交換	PCS+パネル等
	設備変更の有無		有	無	有	無	無
	過負荷		業種等で有	無	業種等で有	無	無
	特徴		標準	・充電器単独 ・SC、SRが無 ・避雷器設置	限定的な設置 比較的小規模	・充電器単独 ・SC、SRが無 ・簡素化設備 ・避雷器設置 ・使用期間20年に限定 ・耐塩型機器の使用	・回転機類が無 ・SC、SRが無 ・発電所内

図 9　需要設備、太陽電池発電所及び新旧 EV 用受電設備の設備構成比較表

点検技術	管　理　内　容	旧柱上受電設備	スマート柱上受電設備	備　考
月次点検	・外観点検: 絶縁状態、接触，腐食，変色，発熱	・柱下からの目視	・柱下からの目視 **・デジタル測定器の活用**	**数値による点検判断の追加**
	・測定: 電圧・電流等	・電圧・電流の現地取得 ・B種漏れ電流測定	**・電圧・電流の現地取得** **・低圧絶縁監視装置の設置**	常時監視
年次点検	・外観点検: 絶縁状態、接触，腐食，変色，発熱	・柱下からの目視 ・昇柱による点検	・柱下からの目視 **・デジタル測定器の活用** **・高所作業車の活用**	数値による点検判断の追加 ・詳細な外観点検
	・測定・試験(絶縁、接地抵抗、継電器等)	・絶縁抵抗、接地抵抗測定 ・継電器動作試験	・デジタル測定器の活用 ・接地抵抗測定 ・継電器動作試験(3年1回)	**無停電年次の導入**
	・メンテナンス(油点検、マス締め等)	・昇柱による作業	**・高所作業車の活用**	安全作業
変圧器の電圧・電流	電圧の範囲、負荷の運転管理	・月次で現地記録	**・常時データ収集**	**常時運転管理**
	過負荷警報	・無し或いは現地発報	**・常時監視と遠隔発報**	過負荷管理
変圧器の油温把握	変圧器油の温度管理	・現時点の温度確認 (温度計の表示値)	・現時点の温度測定と分布 ・サーモラベルの貼付け (過去の最高温度の把握)	絶縁油の劣化管理
受電設備の構成	構成機器の仕様	・屋外に配置した屋外機器	**・耐塩害機器の採用** **・最小機器構成の設備設計** **・高信頼度機器の採用** **・設備変更が無い。** **・20年で受電設備更新**	**過去の事故分析による対策仕様**
負荷設備	構成機器の内容	・多種多様	**・充電器1台の設備** **(8年で更新)**	**単種類負荷設備**

図 10　旧柱上受電設備とスマート柱上受電設備の保守管理に係る比較表

スマート保安技術カタログ

資料-1

管理番号	保技 2024　10007-01		
技術区分	作業管理支援		
保安技術名称	太陽光発電設備の保守メンテナンスの効率・的確化のための管理システム		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分: 保安技術モデル　　登録年月日:　2024 年 9 月 17 日		
修正履歴	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日	Ver　　年　月　日
対象設備	太陽光発電所		
活用シーン	本技術は、太陽光発電設備の点検・メンテナンスにおいて、携帯端末（スマートフォンやタブレット）の活用やメンテナンス業務のデジタル化による管理業務の的確化と効率化を推進する管理システムである。 特に小規模事業用太陽電池設備においては、低価格で点検及び管理業務のデジタル化を推進可能で、太陽光発電設備の的確かつ長期安定的に運用することが期待できる。		

1．保安技術の概要

(1) 概念

太陽光発電所を長期かつ安全・安定的に事業運営するためには、多種多様な太陽光発電の設置環境に対して、適切なメンテナンスが必要である。

業務内容は点検、是正、部品交換、修繕、除草、洗浄など多岐に渡り、発電事業者や電気主任技術者及びメンテナンス専門事業者との情報共有と連携が重要である。

本システムは、発電設備の配置図や設置機器や専門企業等の発電事業運営情報を登録し、現場で通信環境に左右されず点検や測定結果もタブレット等で入力することで、点検やメンテナンスの実施報告書の自動作成、種々の添付書類を取り込む機能やインシデント情報の自動登録に加えて、スケジュール管理、リペアマネジメント、インシデント管理等による実施状況とプロセスの把握と遅延防止及び発電所運営関わる関係者との情報共有が可能となっている(図 1)。



図 1　管理システムの概念

(2) 課題と開発趣旨

1000 件以上の小規模発電所や太陽電池モジュール数万枚に及ぶメガワット(MW)級の太陽光発電所を管理している O＆M(Operation & Maintenance）や TAM(Technical Asset Management）事業者はメンテナンスを効果的かつ効率的に実施するために以下の様な課題を抱えている。

ア　業者毎に異なる書式の紙と PDF の報告書が混在しており、報告書の精査、メモや写真台帳をＰＤＦ等へ紐づけなど、書類の整理と管理に大きな労力がかかる。

イ　点検結果や遠隔監視装置のアラート等の不具合、異常値、懸念事項等のインシデントに対し、是正完了までのプロセス管理が困難で是正処置の可否、優先順位、業者の管理など、属人的な業務管理のため、一貫性が欠けていた。そのため、インシデントからアクシデントを発生させないプロセス管理が急務であった。

管理番号	保技 2024　10007-01

ウ　高圧や特別高圧等の発電所は平地だけでなく山の斜面、大型倉庫の屋根、水上、農地、カーポート等広大な敷地の多種多様な場所へ設置されているため、太陽電池モジュール、架台、フェンス、排水等の修繕すべき故障箇所の記録と把握が大変であり、修理業者への的確な指示も難しく、修理前後のエビデンス情報が修理業者、発電事業者の両方から求められている。

エ　点検・修理・除草・洗浄・清掃等の報告書形式や時系列がバラバラで整合性が無く、発電事業者の業務管理部門や TAM のマネジメントが大変で、故障原因の調査にも取扱説明書や過去資料の確認などに時間と労力を要していた。

オ　管理件数が少ない場合は EXCEL 等で管理が十分だったが、低圧発電所では 1 日あたり 5 や 7 件と件数が増えていくと、全体管理、報告書作成、スケジュール調整が困難になり、人員増も無く、費用負担を抑えつつデジタル化による業務の効率化と長期安定的な事業の構築が急務である。

カ　管理システムの導入に際し、社内の情報セキュリティ上の制限で、社用ＰＣやタブレット・スマートフォンに市販アプリをインストールができない。

キ　山間部などに太陽光発電所が設置されている場合が多く、インターネットの通信環境が悪い、不通の場合がある。インターネットに接続できない等の理由でタブレット等が利用できないことがあるため、オフラインでもタブレット等を利用したい。

これらの課題に対して、本システムを有効に活用することで、確実に発電所の長期かつ安全・安定的な事業運営を効果的かつ効率的に実施可能となる。また、本技術は太陽光発電所設備の点検、メンテナンスにおいて、情報端末（スマートフォンやタブレット）の活用やメンテナンス業務のデジタル化による管理業務の的確化と効率化を推進することが可能である。

特に、小規模事業用太陽光発電所においては、低価格で点検及び管理業務のデジタル化を推進可能で、太陽光発電所の的確かつ長期安定的な運用が期待できる。

2．技術の内容、仕様等

(1) システムの仕組み

実際の点検作業や発電事業支援活動で、蓄積したノウハウをもとに開発し、経済産業省のスマート保安技術導入の KPI への対応及び長期安定運用を想定した O＆M＋TAM 管理システムである。

パソコンや現場での携帯端末（スマートフォンやタブレット）を利用して、

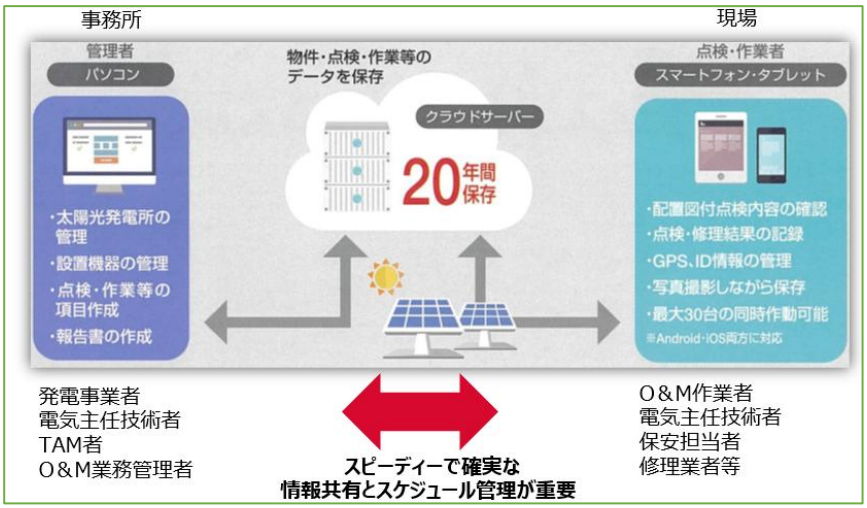


図 2　管理システムの構成と仕組み

① 携帯端末入力で早く、確実な点検・計測結果の電子保存とインシデント管理の実現。

② 発電所や設備情報をデジタル化し、一元管理、現場でもデータ活用を実現。

③ O＆M 報告書のデジタル化で多種多様な O＆M の報告書類を自動作成・出力の実現。

管理番号	保技 2024　10007-01

④ 点検・修理・設備データ等を登録、検索ができ、履歴や作業スケジュールを共有化。

⑤ 通信困難・不通な地域・場所での利用を想定した運用の実現。

の機能を活用し、現場作業及び管理業務の的確化と効率化を推進する(図 2)。

(2) システムの利用環境(2023 年度末時点)

① パソコン

・ＯＳ：Microsoft Windows 10 以上。

・CPU：Core i3 以上。

・メモリ：2ＧＢ以上。

・ＨＤＤ：10ＧＢ以上の空き容量。

② タブレット・スマートフォン

・OS：iOS バージョン 9.0 以降もしくは Android バージョン 7.1.2 以降。

・ストレージ：1 GB 以上。

③ ブラウザ：

・Google Chrome の最新バージョン。

④ サーバー

・AmazonEC2(メインサーバー)と AmazonS3(データサーバー)を利用。

(3) 機能と特徴

① 作業結果を自動で報告書(点検内容、点検前後の写真、故障箇所・内容）として作成できる。

② PCS の警報やデータ等の外部データの連携及び読込みができる。

③ 共有・閲覧制限を細かく設定・管理できることで、各事業者で必要な情報共有が可能となる。

④ 収集データを CSV ファイルで出力や読込みができる。

⑤ アラート機能(年次報告、Ｏ＆Ｍ などの設定した期日超過）を設定できる。

⑥ 過去のインシデント、事故、スケジュール（補修・点検等）のプロセスと実績を一元管理できる。

⑦ 発電事業に関する発電所個別の諸情報の設定と事業運営体制表の作成と一元管理ができる。

⑧ 発電所構成図や作業(巡回点検、破損及び修理、駆付け、除草等）する場所をマッピングできる。

⑨ インピーダンス・開放電圧測定の結果を無線接続で直接取込むことができる。

⑩ タブレット等で作成した EXCEL、WORD やサーモカメラ画像などを添付し、報告書に付加できる。

⑪ 構成機器情報(本体、部品、交換予定、連絡先）や入場に関する情報、備忘録メモの登録ができる。

⑫ パソコン、スマートフォン及びタブレット等からブラウザ上で使用でき、オフラインでも使用できる。

⑬ フォルダー内の資料を URL 送信できる。

⑭ スケジュールの検索、絞り込み（管理項目、担当者、任意検索)、実施済と未実施の表示ができる。

資料-2.3

管理番号	保技 2024　10007-01

(4) 主たるシステム画面

ア 初期画面

全発電所共通は、「インシデント管理」、「スケジュール」、「予定と実績」などや、各種「O＆M 項目」、「O＆M プラン」などのマスタ設定ができる(図 3)。



図 3　ログイン後の初期画面

イ マスタ登録

O＆M 項目(業務・作業の種別)を任意に作成、追加・編集し、マスタ登録ができる。また、CSV 機能の利用で新規、編集の登録ができる(図 4)。



図 4　O＆M 項目のマスタ登録画面(新規・追加・編集)

資料-2.4

管理番号	保技 2024　10007-01

ウ 表示画面の選択

設備情報などの表示は、**項目 O&M** と**図面 O&M** の 2 種類を使分けや組合せて利用できる(図 5)。

① 項目 O&M：項目(文字)の表示により対象設備を選択・入力する。(定例点検に適す)

② 図面 O&M：図面等で表示され、必要な箇所をプロットして入力する。(異常個所の特定に適す)

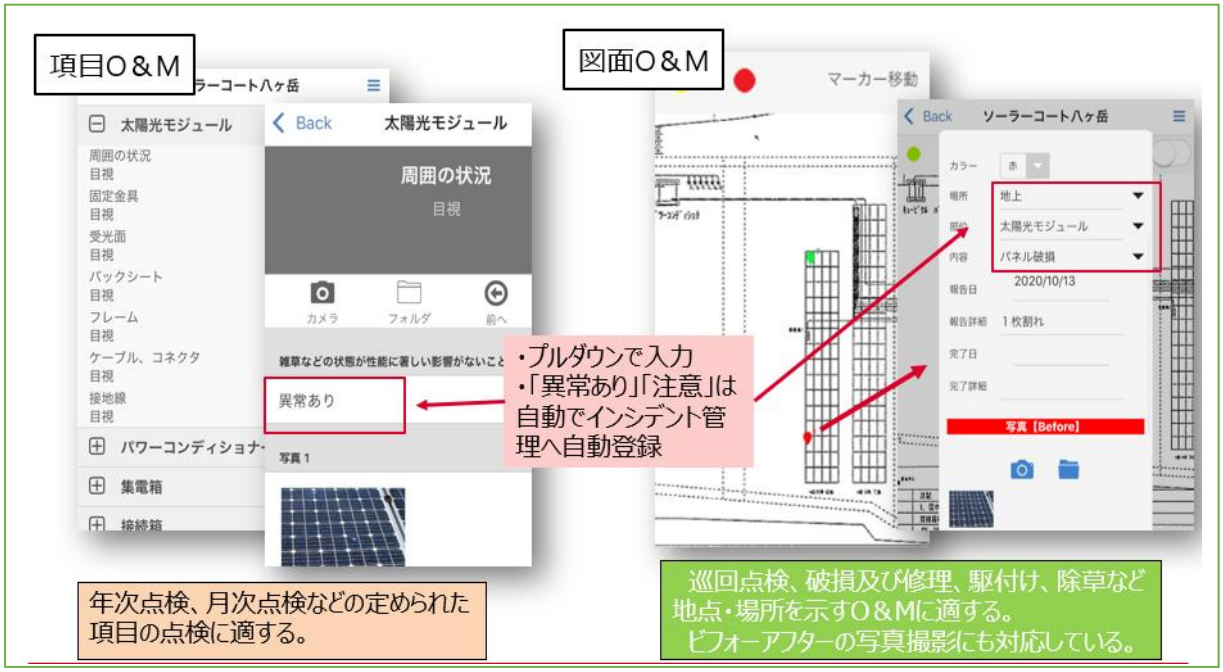


図 5　項目 O&M と図面 O&M の表示画面

エ インシデント管理

インシデント発生から是正までのプロセスと実績を一元管理し、 アクシデント発生を防止する(図 6)。



図 6　インシデント管理画面とプロセス管理画面

管理番号	保技 2024　10007-01

オ　診断測定器との連携

アイテス社のソラメンテで測定したインピーダンス・開放電圧測定結果の自動取込み(無線連携)と自動グラフ化及び報告書作成ができる(図 7)。



図 7　測定器とのデータ連携と報告書等の自動作成のイメージ図

カ　不具合発見時の記録実例

発電所構成図や作業(巡回点検、破損及び修理、駆付け、除草、パネル洗浄等)する場所をマッピングでき、マッピング点毎に点検内容、点検結果、作業の前後の写真等の情報の登録ができる(図 8)。



図 8　不具合発見時の記録方法と表示画面

管理番号	保技 2024　10007-01

キ　携帯端末機(スマートフォン等)による点検項目と操作画面

現場で携帯端末(スマートフォンやタブレット）を活用し、入力が簡単・スムーズ、確実な点検・計測結果の電子保存が可能となる(図 9)。

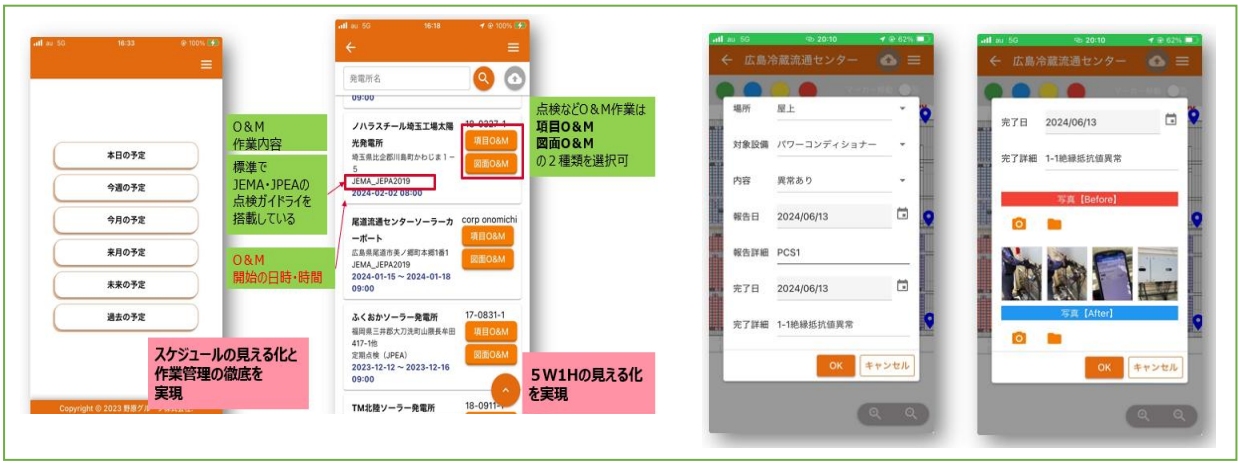


図 9　携帯端末機(スマートフォン等)の選択・入力画面

ク　作業実後の報告等

作業(巡回点検、破損及び修理、駆付け、除草等)する場所をマッピングするだけでなく、作業前後の写真撮影により、作業の適正実施を担保する(検収の省略も選択肢)(図 10)。

また、従来では手間がかかり、実行が困難だった草刈り作業中の安全管理を、写真(日時、GPS）撮影により、作業員の安全確保と熱中症対策(保護帽、手袋、長袖、長ズボン、安全長靴飛び石対策、空調服）の実施状況も遠隔にて確認可能である。



図 10　作業前後の写真撮影による実施状況の確認

管理番号	保技 2024　10007-01

ケ 写真添付、報告書作成

点検等の作業結果を自動で報告書(点検内容、インシデント情報の自動抽出、除草・是正の前後写真、故障箇所のマッピング・内容、計測結果等)として作成できる(図 11)。

なお、写真等のデータには、位置情報(GPS)と日時が記載されるので、場所の把握、実施日時及び作業状況の担保とすることも可能となる。



図 11　点検等の O＆M 報告書の出力事例

3．現場検証と評価

(1) 利用実績(一部抜粋)

多種多様な設備、活用内容において、管理システムを活用して、導入後のヒアリング等で効果及び改善要望等を集約した。

① 弊社 TAM・O＆M 契約先の 2 社(大手流通、上場建設会社)
② 大手ハウジンググループ企業
③ 低圧専門 O＆M 企業
④ EPC(特高・高圧)O＆M 部門

(2) 効果

① 写真撮影による Before・After を活用し、パワコン再稼働後の写真を撮影することで、再稼働忘れが無くなった。(作業後の現状復帰の担保) ⇒ 発電量の確保
② 業務管理部(全国、協力会社多数)による報告書の集約整理が効率化 ⇒ 従来の 3 倍のスピード
④ 点検作業者の事務所での書類作成残業時間 80%削減 ⇒ 従来(4～5 時間)を導入後(30 分～1 時間)
⑤ 業務分担変更による業務効率化 ⇒ 事務所の事務担当者が報告書類を出力・修正・整理し、作業責任者は確認とコメントのみ記入する業務分担を実施した。
⑥ 報告書の自動作成機能の活用 ⇒ 報告書類の作成枚数が 1～3/日から 10～15 枚/日に増加
⑦ 成果物の査閲と承認及び提出を紙とハンコからデータ（DVD-R）へ変更 ⇒ 顧客報告に係る事務処理時間と書庫保管場所の大幅な削減を行った。(300 分から 10 分に短縮)

管理番号	保技 2024　10007-01

(3) ヒアリング結果(一部抜粋)

① 過去と今後の予定と実績が何時でも何処でも確認できる。
② 資料や報告書などの問合わせへの電話やメールの返答待ちが減った。
③ マッピング機能で不具合の場所がわかりやすく表示できる。
④ ビフォーアフター写真の活用で、丁寧な仕事を事業者に認められた。
⑤ 施錠した写真が GPS と日時付きのため、完了報告、証明として利用している。
⑥ 修理する場所、地点がわかりやすく、修理後の写真も撮れる。
⑦ フェンスの傾き箇所、破損個所の場所と写真で説明しやすくなった。
⑧ CSV 機能で入力更新の事務作業が格段に早くなった。
⑨ 不要、重要度の低い確認を報告するためのメールや電話が大幅に減った。
⑩ マッピング機能付きのため、毎回写真を同じ場所で確実に撮影・記録できる。

4．導入効果の試算(概算)

導入効果については、太陽光発電所の設置方式・場所、環境、太陽光パネルの容量、PCS 等の構成、管理内容の選択により、試算内容が大きく異なることから、一般的な太陽電池発電所の概算試算として示す。

(試算条件)

(1) 設備条件は、平地(積雪なし)、地上設置太陽光発電所、交流出力 1000ｋW、パネル容量 1200ｋW
(2) 管理システムを導入前と導入後の年次点検及び直流部の実際の精密点検記録を基に試算
(3) 現場作業と事務所での作業・管理業務の時間比較

区分	業務項目	実施内容		削減効果	備考・効果理由
		従来	SSG20導入		
現場作業	保安業務（3名）	全て手作業	携帯端末機の活用(入力、報告書)	約3割	前頁参照
	保安業務（3名移動時間除く）	全て手作業	携帯端末機の活用(入力、報告書)	約6割	前頁参照
	定例巡回保守（1名）	全て手作業	携帯端末機の活用(入力、報告書)	約4割	過去と比較・照合、マッピング、ボードと手書き記入
	事故対応(PCSアラート)駆付け	電話連絡（口頭）、報告書確認	SSG１９クラウドの共有、携帯端末の活用	約3割	過去の事例確認、マニュアル、計測他
	修理（太陽電池モジュール）	点検報告書のコピー、場所探し	SSG２０クラウドの共有、携帯端末の活用	約3割	場所・搬入搬出経路の計画探索、ボードと手書き記入
	図面作成（新規作成）	CAD製図	google map　取込み	約9割	設計士によるCAD作成とスクリーンショット
	草刈・太陽電池モジュール洗浄	全て手作業	携帯端末機の活用(入力、報告書)	約3割	過去と同場所の撮影、マッピング、ボードの手書き
管理業務	スケジュールの調整等	EXCELで作成し、電話・メール	SSG２０クラウドの共有	約9割	30分→１分（画面上で修正＝情報端末の自動修正）
	点検等計画の作成・管理	EXCELで制作し、手帳、メール	SSG２０クラウドの共有	約2割	SSG20に定型フォーマット有り
	報告書等の作成・整理・集約	全てPCで手作業、写真台帳	SSG２０クラウド、統一報告書	約8割	自動EXCEL点検表とCSVデータ入出力による比較
	修理依頼・検収関係	点検報告書のスキャンと送信・発注書・捺印	SSG20クラウドの共有、データ送信	約8割	インシデント管理とクラウド上で確認
	施主への報告等	必要部数を紙の報告書（社印、捺印）	SSG20クラウドの共有、データ送信	約9割	データ送信は数分、クラウド閲覧は0分
	草刈・太陽電池モジュール洗浄の報告書	全てPCで手作業、写真台帳、マッピング	SSG２０クラウド、マッピング・統一報告書	約9割	BeforeAfter写真台帳とマッピングが自動作成

表１　管理システム導入効果の概算試算一覧表

スマート保安技術カタログ

資料-2.9

管理番号	保技 2024　10007-01

5．特記事項（考慮すべき事項、その他）

(1) 通信困難・不通な地域・場所においては、事前に必要な情報やデータを端末機にダウンロードし、現地ではオフライン状態で資料参照や点検結果データ入力等を、通信可能な地域・場所でデータをアップロードするなどの運用が可能となっている。

(2) 情報端末に接続できるサーモカメラ、特殊カメラを活用可能でその場で撮影した写真・画像(データ)が登録・添付できる。

(3) GPS 情報や日時を自動登録する機能により、改ざんができない確実なエビデンス情報が取得・登録できる。

(4) 管理システムの導入に際し、まずは体験トライアル(1 カ月無料)によって、機能や操作性等を確認することを推奨している。

(5) 現場での携帯端末機の活用状況により、通信データ量が増加するので通信環境とデータ通信料金プランの選択は運用方法を事前に検討することが望ましい。

(6) OS 環境の変更(バージョンアップ)でタブレットの利用制限・不可が発生することがある。

6．今後の予定

ア 遠隔監視装置及び AI 学習との連携

現場で確認した結果内容を AI に再学習させ、故障診断・故障予知情報を連携する仕組みにより、アラート発報から点検・駆けつけ点検、是正処置、完了までの高度な管理と精度の向上を目指す。

イ 計測データを用いた予知保全を想定したデータの二次活用

測定結果データの経時変化と異常値の抽出を自動化し、異常判定やトラブルの早期予測・迅速対応を目指す。

ウ インシデントデータの高度利用

インシデント管理データを集積・解析し、アクシデント発生までのプロセスの知見を集約し、予知保全による事故防止を推進する。

連絡先等 (担当者、組織名、住所、電話番号)	（当該案件連絡先） 組織名・部署：エナジー・ソリューションズ株式会社 GX 事業統括部 om's 推進部 担当者：徳永　彰 〒 101-0062　東京都千代田区神田駿河台 2-3-11 ヒューリック御茶ノ水ビル 11 階 tuk TEL：03-6256-8095　E-mail：akira.tokunaga@energy-itsol.com

スマート保安技術カタログ

資料-3.1

管理番号	保技 2024　10007-01

別添: 詳細仕様書、オプション、データ等

1．　SUN SUN GURED 20 (SSG20)の機能一覧(図 12)

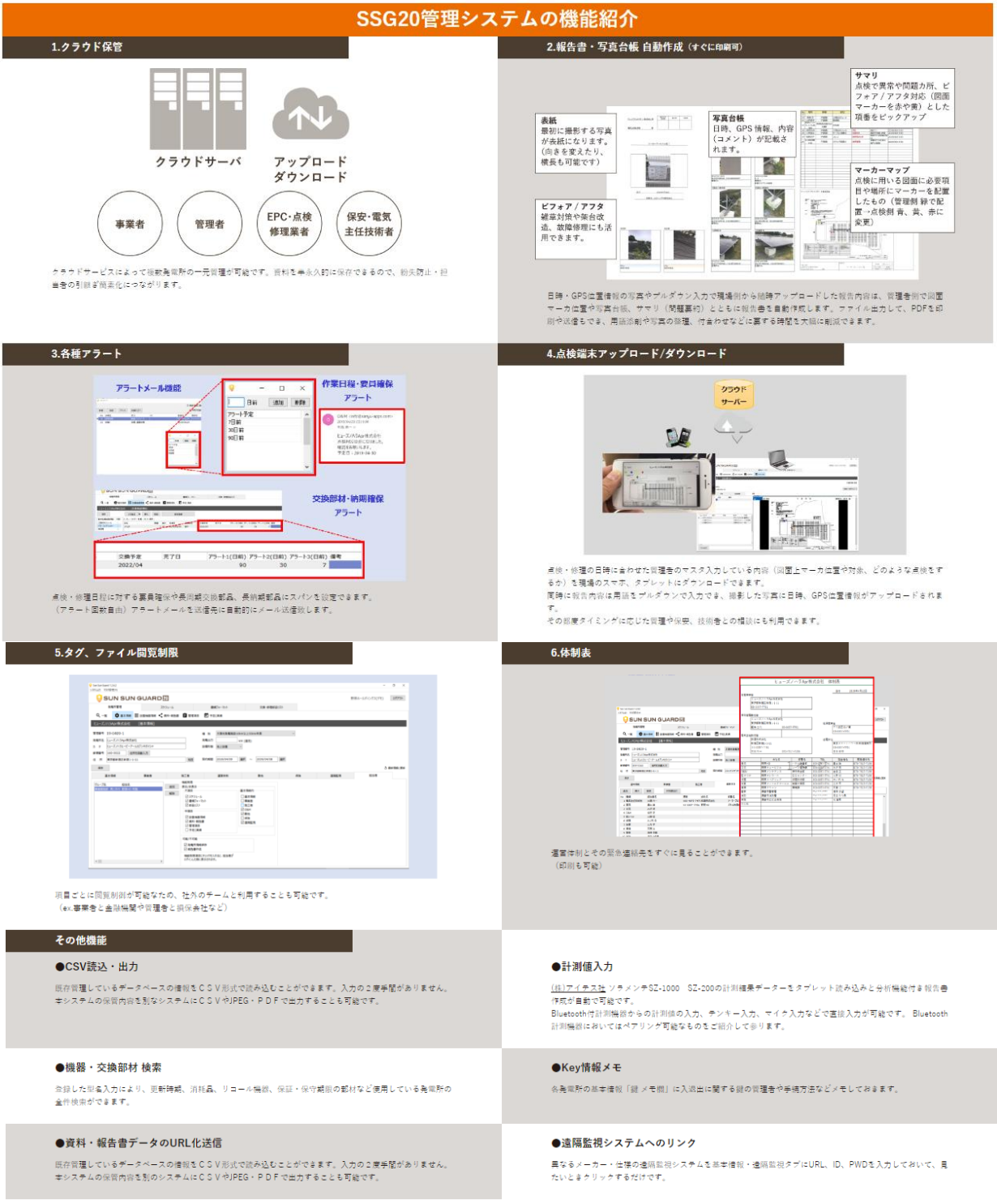


図 12　SSG20 管理システムの機能紹介

スマート保安技術カタログ

資料-3.2

管理番号	保技 2024　10007-01

2．携帯端末機(スマートフォン等)の操作機能

(1) 点検結果の見える化機能

点検及び管理業務において、過去の情報をビジュアル化で共有することにより、現場把握がし易く、作業の効率化と的確な点検実施が可能となる(図 13)。



図 13　点検結果の見える化の画面

(2) 資料の共有、閲覧、ナビの機能

マニュアル、結線図、構内地図、入口鍵番号、連絡網、安全関係書類などが閲覧可能であり、MAP(マップ)を選択すると太陽電池発電所までの経路が確認できる(図 14)。



図 14　資料の共有、閲覧、ナビの機能の画面

スマート保安技術カタログ(電気保安)

2026 年 10 月 28 日　　第 20 版発行

発行　　独立行政法人　製品評価技術基盤機構　電気安全評価センター
〒151-0066　東京都渋谷区西原 2-49-10
https://www.nite.go.jp/gcet/index.html

本カタログに掲載されている内容は、全て事業者からの許諾を得て転載しています。
本カタログの無断複写・複製(コピー等)は、著作権法上の例外を除き禁じられています。