設備保全を支援する設置環境診断技術

明石延英 Nobuhide Akashi
野田和宏 Kazuhiro Noda
桐生一志 Hitoshi Kiryu

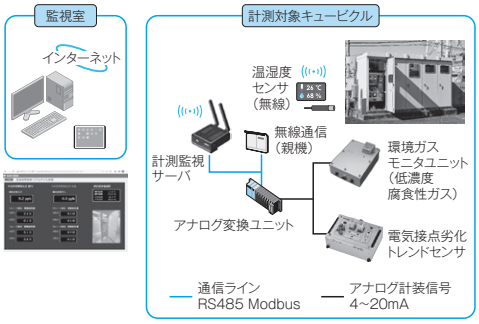
キーワード 環境診断，腐食性ガス，絶縁低下，接触不良，メンテナンス，予防保全，劣化診断

概　要

長期にわたって使用される電気設備は，様々な要因で劣化が進行する。当社は，その劣化要因のうち，劣化の進行速度に大きく関与する環境ストレスの監視装置を開発し，サービスへ展開している。

内容は，低濃度（数十ppbオーダ）の腐食性ガスの計測装置，補助継電器など電気接点を有する制御機器の導通不良の予兆を監視する装置である。また，キュービクル内の温湿度・露点温度・汚損度から絶縁低下傾向を予測・監視する装置の開発にも取り組んでいる。

これら設置環境を監視する装置によって，設備の置かれている環境ストレス度合を定量化し，設置環境の改善や劣化進行の抑制などに役立て，お客様保全活動の支援・環境要因によるトラブルの未然防止・障害リスク低減に貢献する。



設置環境監視装置のシステム構成例（イメージ図）

1　まえがき

特高あるいは高圧受変電設備は，様々な環境下で運用されている。その中でも代表的なストレス要因である温湿度やじんあい・腐食性ガスなどは，設備の故障発生確率の大小に影響するため，点検や部品交換などの保全計画は，その環境に応じて変更する必要がある。

当社では，20年ほど前から，劣化に伴い発生する現象をいち早く捉える試みとして，熱画像装置や部分放電検出装置などを活用し，故障や事故発生の未然防止に努力してきた。しかしながら，受変電設備は運転環境によって思わぬ不具合が発生する。そのため，この問題解決の取り組みとして，設置環境を監視する装置の開発とサービス展開によって，劣化を抑制する保全の推奨，設備信頼性向上への支援に努めている。**本稿では，これまで開発してきた設置環境監視装置や，今回新たにバージョンアップした機能などを紹介する。**

2　設置環境監視装置

2.1　環境ガスモニタ

2.1.1　背景と目的

電気設備に悪影響を及ぼす環境要因は様々である。その中でも環境要因の一つである腐食性ガス，例えば硫化水素ガスは，数十ppbオーダの低濃度であっても電気設備を腐食劣化させ，導通不良や絶縁劣化により電気設備の信頼性に大きな影響を与える。

電気設備を長期的に安定して稼働させるためには，電気設備の劣化状態を把握するだけではなく，この環境要因を把握することが非常に重要である。

2.1.2　特長

本装置は，これまで計測が困難であった数十ppb

オーダの低濃度腐食性ガスの連続的かつ長期的な計測を可能とした装置である。

対象ガスは硫化水素のほか，二酸化窒素・二酸化硫黄・塩素・アンモニア及びオゾンの6種類で，各種センサを交換することで各ガス濃度を計測できる。また，外部出力機能（4-20mA）を備えており，ロガーや伝送機器との組み合わせで，環境変化の記録や把握を容易にし，効率的な電気設備の監視・管理が実現できる。**第 1 図**に環境ガスモニタを示す。

2.1.3　監視事例

下水道水処理施設や清掃工場では，処理過程で腐食性ガスである硫化水素ガスが生成され，電気設備を腐食させることがあるため，今回某下水道処理施設で本装置の有効性及び定量化（見える化）を検証した。本装置とガス検知管には，硫化水素ガス濃度の高い相関性が得られた。**第 2 図**に本装置とガス検知管の硫化水素ガス濃度の計測結果の比較例を示す。また，**第 3 図**に光触媒式腐食性ガス分解装置（エアプリフ）による制御盤内の硫化水素ガス低減効果の確認事例を示す。

2.1.4　今後の展開

本装置の活用によって腐食性ガスの定量化（見える化）・数値化が実現し，設置環境に応じた適切な対策・対応を提案できる。この状態監視保全（CBM）によるソリューションサービスは，お客様保全計画の最適化に大きく貢献することが期待できる。

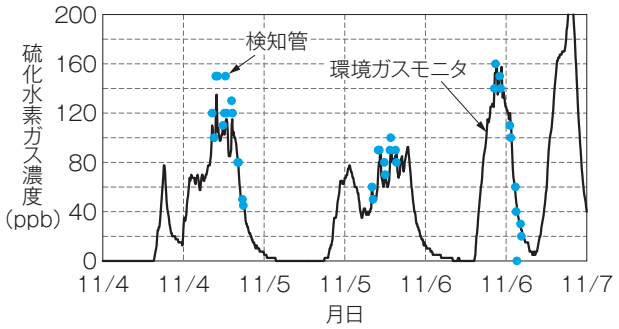
2.2　設置環境診断センサ

2.2.1　背景と目的

電気設備の劣化進展要因の一つとして，温湿度やじんあい・腐食性ガスなど，様々な環境ストレスが

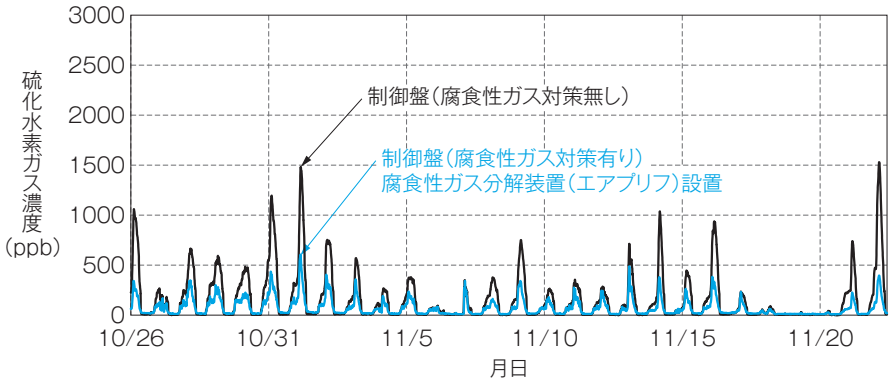
第 1 図　環境ガスモニタ

環境ガスモニタの外観を示す。当社と明電北斗㈱との共同開発品で，低濃度の腐食性ガスを長期間モニタリングする。



第 2 図　検知管とのガス濃度計測結果比較例

ガス検知管と本装置の比較から高い相関性を確認した。

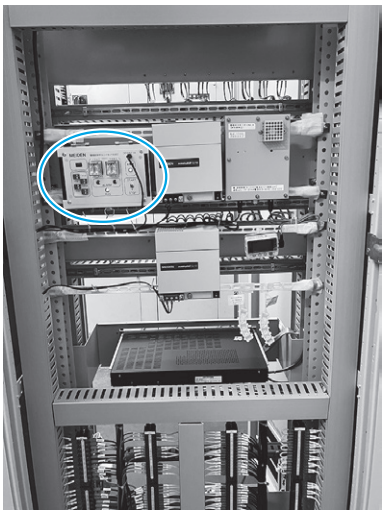


第 3 図　硫化水素ガス低減効果の確認事例

光触媒式腐食性ガス分解装置（エアプリフ）の設置有無によって，硫化水素ガス濃度の差（低減効果）が確認できる。また，1回／日の設備の可動状況による濃度変動が確認できる。

第 4 図　電気接点劣化トレンドセンサ

電気接点劣化トレンドセンサの外観を示す。実機レベルのセンサ（補助リレー）で，接触抵抗の上昇から腐食性環境をモニタリングする。



第 5 図　電気接点劣化トレンドセンサのキュービクル内設置状況

電気接点劣化トレンドセンサのキュービクル内設置状況の一例を示す。

第 6 図　電気絶縁汚損劣化トレンドセンサ

電気絶縁汚損劣化トレンドセンサ（試作機）の外観を示す。汚損物蓄積センサで絶縁低下傾向をモニタリングする。

挙げられる。これら設置環境を監視し，設備に悪影響を及ぼす要因を早期に除去・軽減することが予防保全上，非常に重要である。

電気接点劣化トレンドセンサは，制御機器の腐食や汚損などによる接点導通不良を実機レベルで予兆監視する。また，現在開発検証中の電気絶縁汚損劣化トレンドセンサは，キュービクル内の汚損状態と周囲の温湿度変化による絶縁低下の兆候を汚損物蓄積センサで予兆監視する。

2.2.2　特長

(1) 電気接点劣化トレンドセンサ　　キュービクル内に設置できる小形・軽量な現場据え置き形で，実機に使用されているものと同一の腐食環境に敏感な補助継電器を実環境下に暴露し，腐食進行のバロメータである接点接触抵抗を連続モニタする。**第 4 図**に電気接点劣化トレンドセンサの外観を，**第 5 図**にキュービクル内設置状況の例を示す。また本センサは，スタンドアローンでの使用のほか，通信機能でリアルタイム遠隔監視も行うことができる[1]。

(2) 電気絶縁汚損劣化トレンドセンサ　　電気設備に使用されている電気絶縁物の性能劣化（絶縁低下）は，表面に付着した汚損物質と周囲の温湿度変化が大きく影響し，この周囲環境の変化と絶縁部位からの漏れ電流は相関関係がある。本センサは，キュービクル内に設置できる小形・軽量な現場据え置き形で，くし形電極など汚損蓄積を捉えるセンサを用い，漏れ電流のトレンドから絶縁低下の進行を予測する。**第 6 図**に試作した電気絶縁汚損劣化トレンドセンサの外観を，**第 7 図**にキュービクル内設置状況の例[2]を示す。

2.2.3　監視事例

(1) 電気接点劣化トレンドセンサ　　**第 8 図**に某下水道処理施設での監視事例を示す。腐食性ガスの濃度が極めて低い監視室に比べ，処理設備などの電気室のデータは，僅か数日で接点の接触抵抗増加を確認でき，環境ストレスの高い状態であることが分かる。制御機器の接触不良などシステム障害を招くおそれがあることを確認した。

⑵ 電気絶縁汚損劣化トレンドセンサ　当社の屋外JISキュービクルを対象に本センサを設置し，データの取得と有効性の検証を行っている。**第 9 図**にその計測事例を示す。盤内結露が起きやすい状況下（湿数 (注1) が小さい）で漏れ電流の増加が確認でき，キュービクル内汚損状況によって，主要機器の絶縁低下の予測が期待できる。

第 7 図　電気絶縁汚損劣化トレンドセンサのキュービクル内設置状況

電気絶縁汚損劣化トレンドセンサのキュービクル内設置状況の一例を示す。

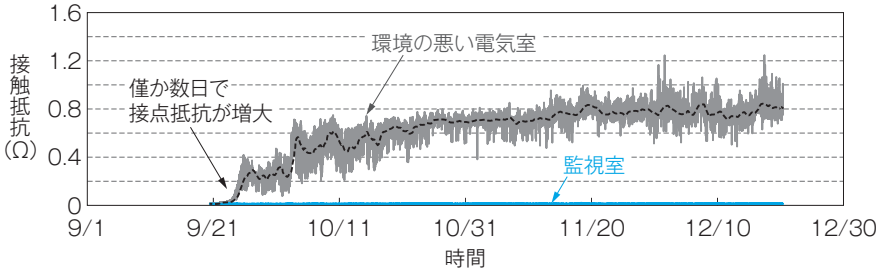
2.2.4　今後の展開

本センサを当社メンテナンスサービスに活用し，設備ごとに異なる環境因子に応じた対応，部品交換や修繕など，保全計画の最適化に役立て，環境要因による設備トラブルの未然防止・障害リスクの低減に貢献していく。

2.3　絶縁低下監視装置（絶縁低下予兆モニタ）

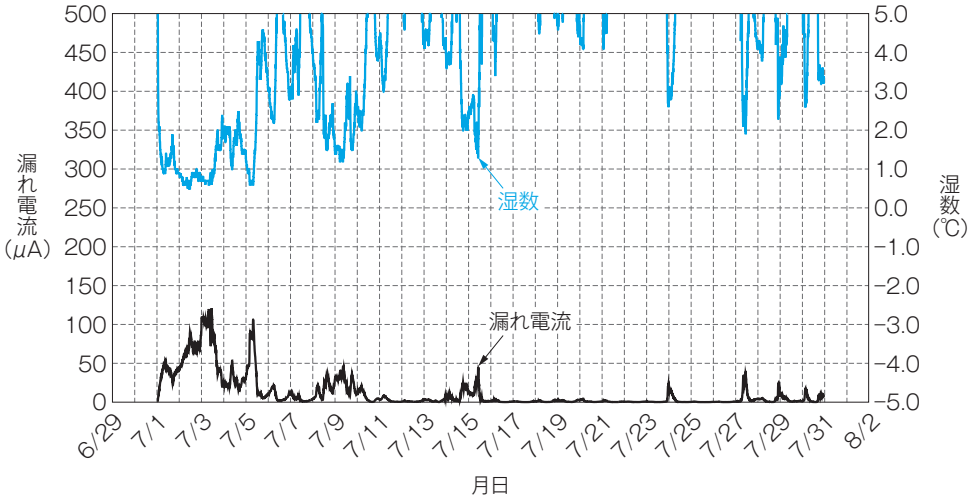
2.3.1　背景と目的

当社では，環境ストレスのうち，温湿度（露点温度），汚損度（等価塩分付着密度）をモニタし，絶



第 8 図　監視事例

各電気室の接点接触抵抗の経時変化を示す。環境の悪い電気室は，僅か数日で接触抵抗の増大が確認できる。



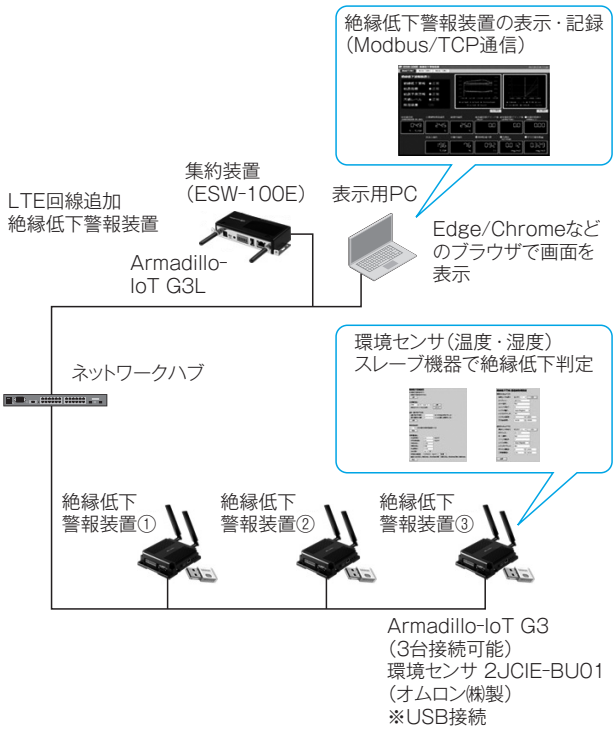
第 9 図　計測事例

汚損・吸湿による漏れ電流の変化を示す。結露が起こりやすい環境下で漏れ電流の増加が確認でき，絶縁低下の予測ができる。湿数（盤内温度と露点との差）が小さいほど漏れ電流が増加していることが分かる。

縁低下の予兆を捉える絶縁低下監視装置を開発し，検証を進めて機能アップを図っている。本装置は，測定したい場所の年間浮遊粉じん量から，当社検証に基づく計算式によって1年間で蓄積される汚損レベルを推測し，絶縁物表面の温度と湿度，露点温度から湿数を求め，絶縁低下を予測する装置である。**第10図**に装置の外観と構成イメージを示す。

今回，この機能に加え，結露警報の重要な指数となる湿数のデマンド監視を追加し，事前に結露及び絶縁低下を防ぐ対策の必要性を知らせる機能，除湿装置を稼働させるためのデジタル出力（DO），外部から容易に状態を画面表示，確認するための携帯電話通信機能（LTE）による通信機能を追加し，検証している[3]。

(a) 外観



(b) 構成イメージ

第10図　絶縁低下監視装置

絶縁低下監視装置の外観と構成イメージを示す。

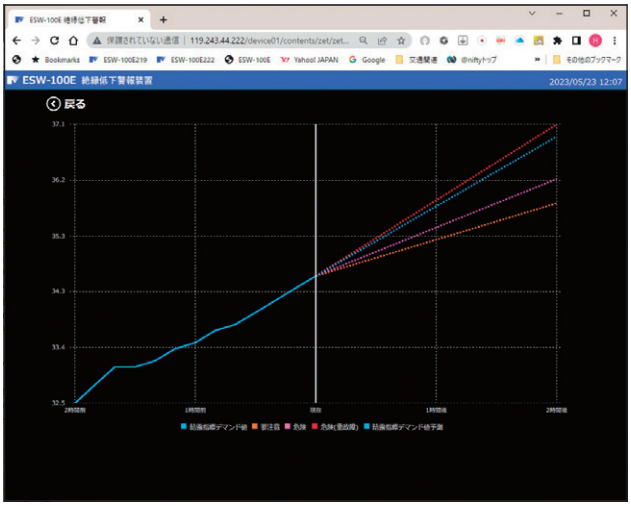
2.3.2　機能追加

(1) 湿数のデマンド機能　　結露しやすさの目安となる湿数を監視することは，絶縁低下を防ぐ上で大きな指標となる。そこで当社では，1時間後の湿数を予測することで，精度の高い監視装置として機能すると考えた。

これまでは，湿数3℃以下，予測等価塩分付着密度が中汚損レベル，相対湿度が70%を目安に要注意レベルの絶縁抵抗低下警報を発報していたが，これに加え，10分間の移動平均及び湿数の変化量をトレンド管理し，結露しやすさのデマンドグラフを作成，一定の上昇率を超えた場合に，結露事前警報を発報させる機能を追加した。これにより，事前に湿数の低下を防ぐことができる。**第11図**に湿数デマンドグラフの一例を示す。

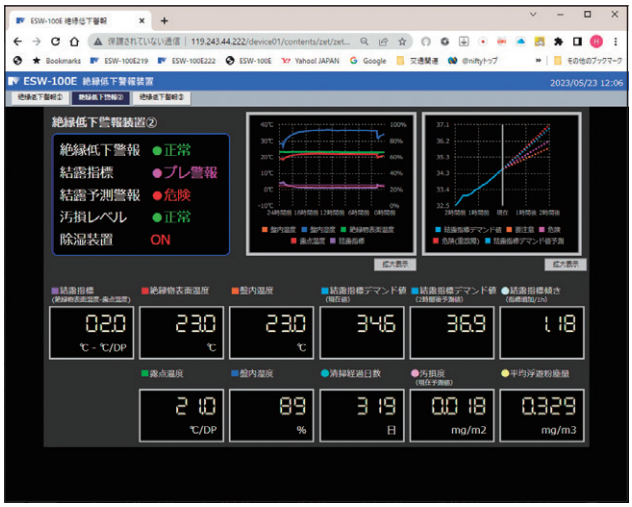
(2) DO機能　　本装置の検証過程で，絶縁低下予測が十分に機能することが確認されたため，今回，DO機能を新たに追加した。これにより，除湿装置を効率的に運用できる。

(3) LTEによる通信機能　　これまでは，Ethernetを使用した監視システムのみであったが，今回の改良に伴い，携帯電話回線のLTE通信機能を実装し，より容易に監視することが可能になった。一般的なブラウザで表示できるため，スマートフォンなどの携帯端末での表示もできるようになった。



第11図　湿数デマンドグラフ例

結露予測機能の表示例を示す。湿数のトレンド管理によって結露発生を予測する。



第12図　計測画面例

絶縁低下監視装置の計測画面を示す。今回，湿数デマンド機能追加に伴い，表示画面を変更している。

2.3.3　監視事例

当社屋外に設置されているJISキュービクルを対象に本装置を設置し，現在データの取得，有効性の検証を引き続き行っている。**第12図**に全体の計測画面例を示す。

2.3.4　今後の展開

本装置は，現在検証用の表示画面になっている。今後，画面を分かりやすくし，データ出力方法を改良して，他の設置環境監視装置と一体化して実用化を目指す。

3　むすび

当社が開発した設置環境診断技術の取り組みの一例を紹介した。

今後は，本稿で紹介した設置環境監視装置の複合化技術に取り組み，当社メンテナンスサービスへの展開・推進によって，お客様の予防保全計画（点検・修繕・更新）の立案・策定を支援し，お客様の視点に立ったサービス提供にまい進する所存である。

・Ethernetは，富士フイルムビジネスイノベーション㈱の登録商標である。
・Armadilloは，㈱アットマークテクノの登録商標である。
・USBは，USB Implementers Forumの登録商標である。
・Microsoft Edgeは，Microsoft Corporationの登録商標である。
・Chromeは，Google LLCの登録商標である。
・Modbusは，Schneider Electric Inc.の登録商標である。
・本論文に記載されている会社名・製品名などは，それぞれの会社の商標又は登録商標である。

（注記）

注1．湿数：露点温度差。天気予報用語。気温と露点温度の差。湿数が3℃以下で結露の可能性が高くなる。

《参考文献》

(1) 桐生一志・野田和宏：「メンテナンスの最適化を支援する環境診断技術」，明電時報369号，2020/No.4，pp.6-9
(2)「電気絶縁汚損劣化トレンドセンサの開発」，明電時報370号，2021/No.1，p.28
(3) 桐生一志・野田和宏：「メンテナンスの最適化を支援する環境診断技術」，明電時報369号，2020/No.4，pp.6-9

《執筆者紹介》

明石延英
Nobuhide Akashi
㈱明電エンジニアリング
電気設備診断技術の開発に従事

野田和宏
Nobuhide Akashi
㈱明電エンジニアリング
電気設備診断技術の開発に従事

桐生一志
Hitoshi Kiryu
㈱明電エンジニアリング
電気設備診断技術の開発に従事