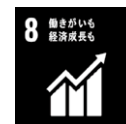


一般論文

関連するSDGs



腐食検知センサの開発

Development of Corrosion Detection Sensor

千 林 暁 Sembayashi Satoru	福 永 哲 也 Fukunaga Tetsuya
土 井 英 治 Doi Eiji	中 島 聡 Nakajima Satoshi
山 田 洋 治 Yamada Yoji	野 口 優 弥 Noguchi Yuya
東 勇 吾 Higashi Yugo	宇 都 宮 里 佐 Utsunomiya Risa
坪 田 浩 治 Tsubota Koji	

概要

近年、電気設備メンテナンスの適正化、省力化のニーズが高まっている。電気設備は上下水道施設など、腐食性ガスが発生する施設にも設置され、腐食性ガスは電気機器に使用されるプリント基板などの故障原因となる。

今回、代表的な腐食性ガスである硫化水素による機器故障リスクを推定できる腐食検知センサを開発し、製品化した。本稿では、本センサの特長と、フィールド事例について紹介する。

Synopsis

In recently years in Japan, maintenance work for electric equipment is increasingly required to be conducted at more appropriate timing with less manpower. Some electrical equipment is installed in facilities where corrosive gas is generated, such as water and sewerage facilities. We have developed a “Corrosion Detection Sensor” as part of its multiple environment sensor series.

This new sensor enables the visualization of corrosion caused by corrosive gas (hydrogen sulfide) in the installation environment of electrical equipment to facilitate the prevention of electrical device failures.

1. はじめに

当社は、一般的な需要家である工場・ビル等以外に、水処理施設など腐食性ガスが発生する施設にも、電気設備を納入している。水処理施設で特に問題となる腐食性ガスは硫化水素である。硫化水素による不具合を防止するため、当社はガス対策装置を開発し、納入してきた⁽¹⁾。今回、設備運用のさらなる安心の実現の目的として、硫化水素による機器故障リスクを推定できる機器を開発したので紹介する。

2. 硫化水素による腐食リスク

硫化水素の電子機器への影響に関する国内規格として、一般社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA) が定める「JEITA IT1004 産業用情報処理・制御機器設置環境基準」がある。本基準に定められている機器設置に関する、硫化水素ガス環境におけるクラス分けを表1に示す。FAパソコン・シーケンサを含む電子機器を設置する環境は、ClassAが望まれることが分かる。一方、人が硫化水素臭を感じるためには、

30ppb以上が必要であるといわれており、Class A相当の硫化水素濃度は、人では検知することができない。

表 1 硫化水素環境に対する機器設置基準

クラス	環 境	硫化水素濃度	設置可能な電子機器
Class S3	温度・湿度が高く ガスが多い環境	100ppb 以上	電子機器の 設置はしない
Class S2	温度・湿度が高く ガス若干ある環境	10~100ppb	電子機器の 設置はしない
Class S1	湿度がやや高く ガスが少ない環境	3~10ppb	電子機器の 設置はしない
Class B	湿度が比較的 低く ガスが少ない環境	3~10ppb	モニタ・マウス キーボード 周辺機器類
Class A	温度・湿度が低く ガスが検知されない 良好な環境	3ppb 以下	FA パソコン シーケンサ

次に、硫化水素によるプリント基板腐食事例を図 1 に示す。本事例において設置環境の硫化水素濃度は 200~300ppb である、このような環境では早ければ 1 年以内で機器故障に至る事例が確認されている。プリント基板の腐食は主としてスルーホールから発生し、導電性の腐食生成物が基板表面を水平方向に進展して（以下、腐食進展と記述）、プリント基板の回路間を短絡し、故障に至っていることが確認された。

上記故障リスクの定量評価の目的で、複数の硫化水素環境に模擬基板（プリント基板）を設置し、硫化水素の暴露の程度（本稿では硫化水素濃度と暴露日数の積を濃度日数積（単位：ppb・日）と記述）に対する腐食進展距離の調査を実施した。腐食進展状況を示す写真を図 2 に、濃度日数積に対する腐食進展距離を図 3 にそれぞれ示す。

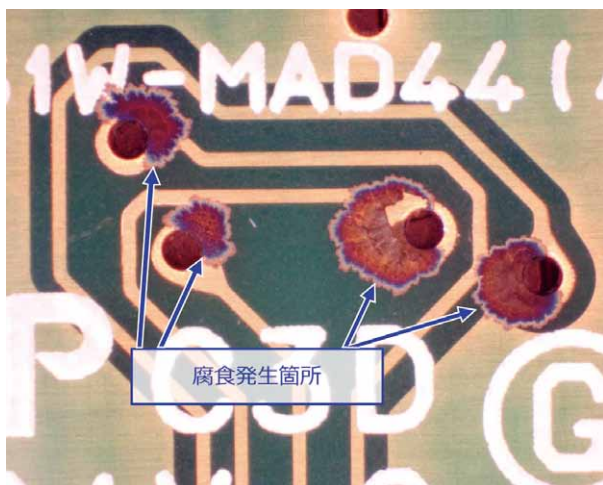


図 1 プリント基板腐食事例

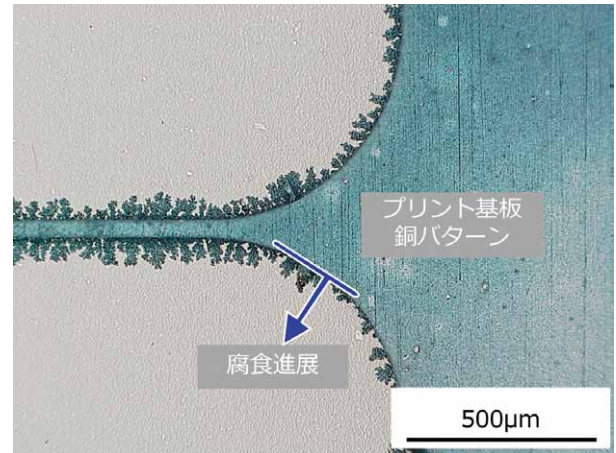


図 2 腐食進展状況

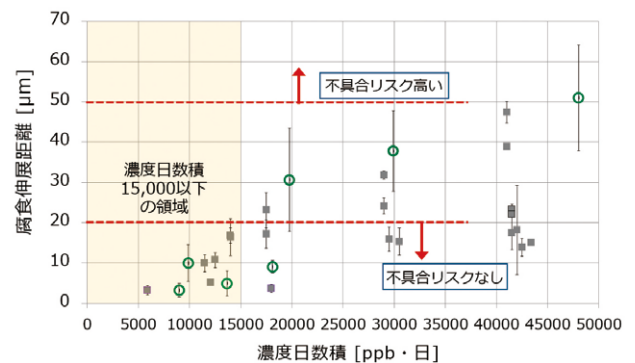


図 3 濃度日数積に対する腐食進展距離

図 2 において、模擬基板の銅パターン端部から腐食進展することが確認されている。図 3 は模擬基板の各濃度日数積毎の腐食進展距離をプロットしたものである。丸プロットがフィールド試験データ、四角のプロットが模擬環境による試験データである。複数の試験条件において、濃度日数積が 10,000~15,000ppb・日（濃度 200ppb の環境で 50~75 日相当）の範囲を超えてくると、腐食進展が顕著となり、プリント基板の故障発生リスクが増加することを確認した。

硫化水素が発生する可能性がある場所に電子機器を設置する際には、機器故障を防止するために何らかの対策が必要である。

3. 硫化水素濃度測定事例

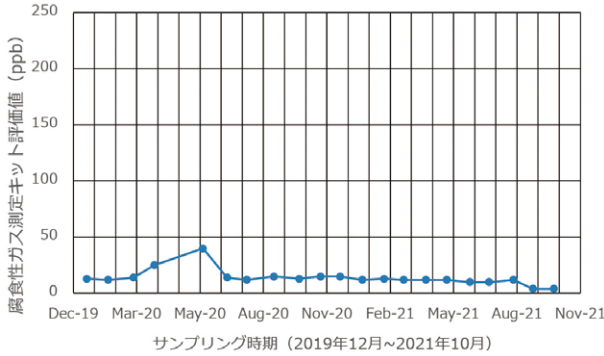
水処理施設電気室の硫化水素濃度測定事例を図 4 に示す。本測定は市販されている腐食性ガス測定キットにより実施した 1 カ月毎の濃度平均値（日安濃度）である。

(a) の場所では硫化水素濃度の変動は比較的少ないが、(b) の場所では変動が非常に大きく、高濃度の時期もあることが分かる。このように測定時期や測定

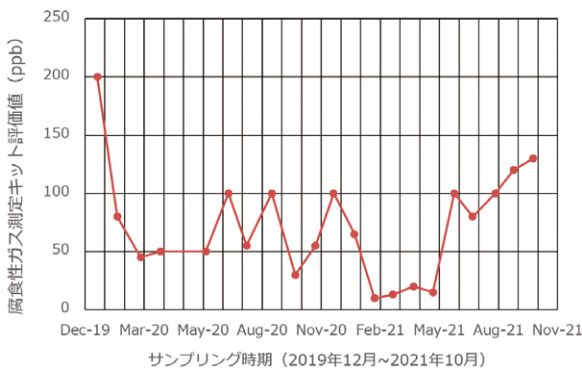
場所によって、設備環境の硫化水素濃度は変動する可能性がある。硫化水素によるリスクや濃度低減対策の継続性を常時監視し、監視結果に基づき適切にメンテナンスを実施することにより、電気設備の安心運用が実現できる。

表2 仕様概要

項目	仕様	
	MES-42	MES-43
外形・質量	本体:W50×H79×D120(mm)・250g 以下 センサヘッド:W51×H30×D91(mm)・200g 以下	
制御電源	AC80~264V(47~63Hz)	DC80~143V
測定項目	硫化水素濃度推定値/機器故障リスク段階/温度	
機器設定・データ収集	USB 端子(USB2.0 準拠) 専用ソフトを無償提供	
ロギング点数	40,000 点	
通信機能	有線(RS-485)	無線(920MHz 帯マルチホップ)



(a) 硫化水素濃度が比較的低い事例



(b) 硫化水素濃度が比較的高い事例

図4 電気室の硫化水素濃度測定事例

4. 腐食検知センサ MES-42/43

腐食検知センサの写真を図5に、仕様概要を表2にそれぞれ示す。本センサは当社製品である複合環境センサのラインアップ機種となる⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。



図5 腐食検知センサ写真

本装置は小型軽量で以下のような特長を持つ。

- ①電気機器の故障リスクを「見える化」
当社独自技術により、硫化水素濃度（目安濃度）、機器故障リスク段階を数値化できる。
- ②リモート監視機能
計測したデータを通信機能により自動収集・リモート監視可能。通信方式は有線または無線タイプより選択できる。
- ③データロギング
計測したデータを40,000点（1時間に1回のロギングで約4年分）内部メモリに記録。記録したデータはUSB端子より専用ソフト（当社HPよりダウンロード可能）を利用してパソコンに出力できる。
- ④簡単設置

センサ本体、センサヘッドともに軽量かつコンパクトで、センサ本体は標準の取り付けレール（DINレール）に設置できる。また、汎用ソケットにより簡単に取付・交換が可能である。

4.1 硫化水素濃度推定

本センサヘッドは、発光源、反射板およびフォトセンサ（受光部）から構成されている。測定のプロセスは以下のとおりである。

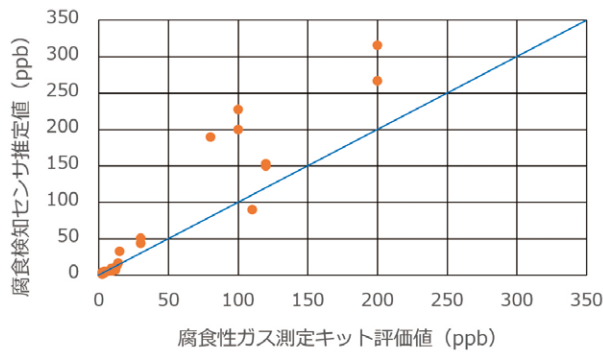
- ①発光源から発生した光が反射板（銀）により反射されフォトセンサに到達する。
- ②銀は硫化水素に反応し、変色する性質がある。反射板が変色すると反射率が低下し、フォトセンサに到達する光量が減少する。
- ③フォトセンサは、到達した光量が減少すると、内部抵抗が上昇する特性がある。フォトセンサと電測抵抗の直列回路に直流電圧を印加した時の電測抵抗の分担電圧（以降、センサ出力と表記）の低下を検知することにより、光量の減少を測定できる。

④センサ出力の低下速度と硫化水素濃度に相関性があることから、硫化水素濃度を推定できる。

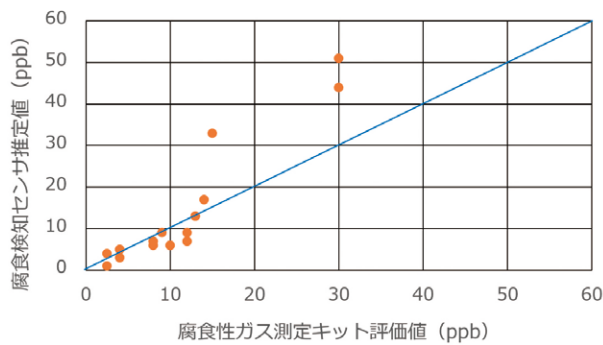
表3に、各硫化水素濃度暴露条件における反射板の変色状況を、図6に市販されている腐食性ガスの測定キットによる硫化水素濃度測定結果と、本センサの濃度推定結果の比較をそれぞれ示す。

表3 反射板の変色状況

濃度日数積 (ppb・日)	0(新品)	300	700
腐食進行状況	腐食なし	軽微	腐食進行初期
表面状態			



(a) 高濃度条件も含めた相関性確認グラフ



(b) 低濃度条件拡大グラフ

図6 腐食性ガス測定キットとの比較結果

表3より、濃度日数積の増加と変色度合に相関性があることが分かる。硫化水素濃度については、腐食性ガス測定キットによる評価結果に対して同等かやや高濃度の推定結果であることを確認した。

4. 2 電気機器の故障リスク推定

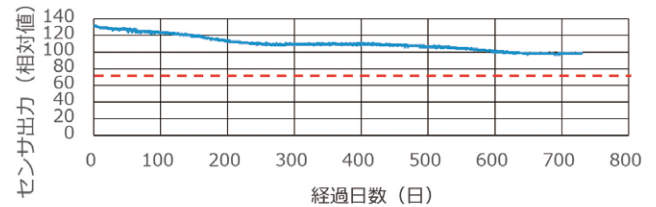
4. 2. 1 硫化水素による故障リスクがない場合

硫化水素による故障リスクがない環境における本センサの測定結果を図7に示す。

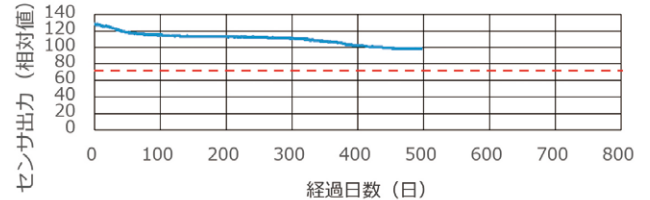
(a)は当社京都工場内、(b)、(c)は水処理施設のガス対策を施した盤内に本センサをそれぞれ設置した際の測定結果であり、その周囲環境状態とガス対策は以下のとおりである。

(b)の環境は、硫化水素が比較的高濃度(10~100ppb、夏場に硫化水素濃度上昇傾向)であり、ガス対策として盤内には内気循環型の硫化水素ガス低減装置が収納されている。

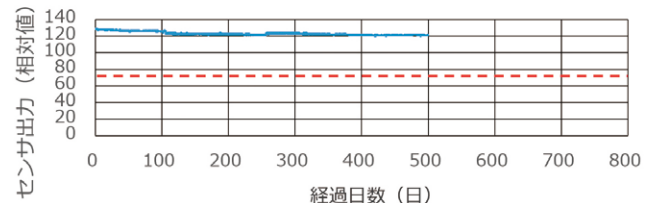
(c)の環境は、比較的低濃度(15ppb程度)である。ガス対策として内気循環の硫化水素低減対策と併せて盤内への腐食性ガスの侵入防止目的で盤内に硫化水素を除去した外気を導入して加圧状態としている⁽¹⁾。



(a) 当社京都工場内



(b) 硫化水素高濃度環境のガス対策盤内



(c) 硫化水素低濃度環境のガス対策盤内

図7 硫化水素による故障リスクがない環境の測定結果

図7(a)において、当社京都工場環境では、本センサ出力は時間の経過とともに低下するが、その低下速度は緩やかである。この出力低下要因は、反射板の酸化、または段ボールなどから発生する微量の硫化水素の影響と考えられる。

図7 (b) の硫化水素高濃度環境のガス対策盤内環境において、本センサ出力の低下傾向は、当社京都工場環境とほぼ同等であることから、盤内の硫化水素低減対策が有効であり、その効果が継続していることが確認できる。

図7 (c) の硫化水素低濃度環境のガス対策盤内において、本センサ出力の低下は当社京都工場環境と比較し、より緩やかである。硫化水素の低減対策として、盤内を加圧する方式は非常に優れていることが確認できた。

一方、硫化水素がある環境では後述の4.2.2に示す如く、低濃度であってもセンサ出力は比較的短期間（2～3か月）に低下する。盤内環境の硫化水素低減効果の継続性や硫化水素濃度低減フィルタの交換時期の判断について、センサ出力のしきい値（図7中のそれぞれのグラフに点線で表示）到達の有無により判断することが出来る。

4. 2. 2 硫化水素環境下のリスク段階推定

硫化水素が比較的低濃度（15ppb程度）環境下における本センサによる測定結果の一例を図8及び図9に示す。図8が測定日に対するセンサ出力のトレンドグラフ、図9が腐食性ガス測定キットの月次評価値による濃度日数積に対するセンサ出力のトレンドグラフである。

センサ設置以降のセンサ出力の推移は、以下のとおりであることを複数の事例より確認した。

- ・初期～A点：センサ出力低下期間
硫化水素が存在する環境下では、センサ出力（初期値:130）が低下し、図8に示すしきい値（70）未滿となる。センサ出力がしきい値に到達したときをA点としている。
- ・A～B点：センサ出力極小値⇒一時的な上昇期間
センサ出力がいったん極小値を迎え、その後一時的に上昇する。センサ出力が極小値を通過し、一時的に上昇し始めたときをB点としている。
- ・B～C点：センサ出力再低下期間
センサ出力が一時的に上昇した後、最終的に極小値にむかって低下する。センサ出力がほぼ極小値点まで低下したときをC点としている。

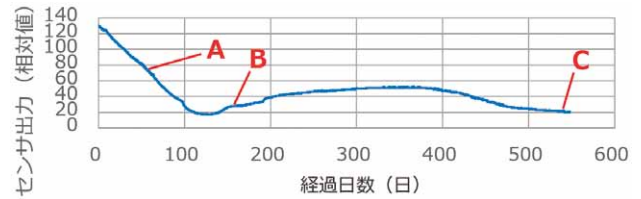


図8 センサ出力結果一例

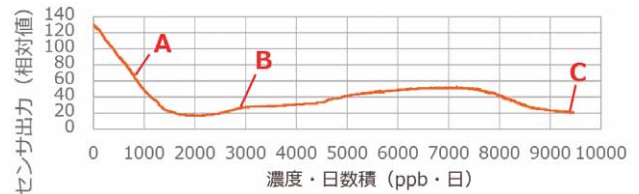


図9 濃度日数積に対するセンサ出力

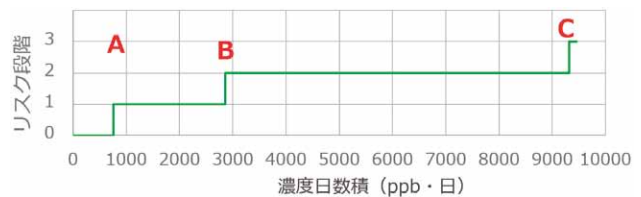


図10 リスク段階推定結果

4. 2. 3 機器故障リスク段階推定

硫化水素による機器への影響について、図8及び図9のセンサ出力の経時変化から以下に示す4段階（0～3）で評価し、機器故障のリスクを推定ができることを確認した。

リスク段階推定結果を図10に示す。それぞれのリスク段階は以下のとおりである。

- ・リスク段階：0（硫化水素影響なし）
図8においてA点に達する前は硫化水素影響がないと推定できる。
- ・リスク段階：1（硫化水素影響あり）
センサ出力が低下し、A点に達した場合は、硫化水素発生環境であり、影響ありと推定できる。
- ・リスク段階：2（腐食進行）
センサ出力が極小値となり、B点に達した場合は、濃度日数積が2,000～3,000ppb・日に達したと推定される。プリント基板の腐食が進行し始め、故障リスクがあると推定できる。
- ・リスク段階：3（機器故障リスク増加）
センサ出力が再び極小値付近まで低下し、C点に達した場合は、濃度日数積がおよそ10,000ppb・日まで達していると推定される。この段階では故障リスクが増加していると推定できる。

5. センサデータの活用

5.1 推定結果の表示

硫化水素濃度および機器故障リスク段階推定結果は、専用の表示・設定ソフト（当社HPよりDL可能）により確認ができる。

また、「リスク段階 1」となった時点で、本センサフロントパネルの保守ランプが、点灯するとともに接点信号を出力する。本接点出力機能は、硫化水素対策盤内環境の効果継続の簡易監視などの用途に利用できる。

5.2 リモート監視

本センサは通信機能を有しており、硫化水素濃度と機器不具合リスク推定結果の詳細をリモート監視することが可能である。図11に、リモート監視の構成例を示す。

通信方式は、有線（MES-42：RS-485）と無線（MES-43：920MHz帯マルチホップ）のいずれかを選択可能である。本通信方式は、当社の複合環境センサと共通であり、容易に複数種のセンサを組み合わせリモート監視することが可能である。図11においては、当社の複合環境センサMES-52/53との組み合わせ事例を示している。

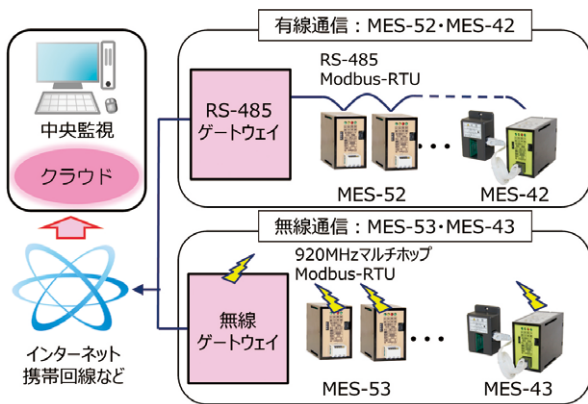


図11 リモート監視の構成例

6. まとめ

電気設備の故障未然防止とメンテナンス効率化の実現に向けて、腐食検知センサを開発した。本センサは硫化水素濃度と機器故障リスク段階の推定が可能であることを特長とする。

当社は、複合環境センサシリーズのさらなるラインアップ化と診断技術の向上を推進し、今後も引き続き、電気保安のスマート化に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 土井他：「腐食性ガス対策技術の開発」、日新電機技報、Vol.58 No.1、pp.33-38(2013.4)
- (2) 千林他：「複合環境センサと環境データの活用」、日新電機技報、Vol.63 No.1、pp.63-68(2018.4)
- (3) 千林他：「一般塵埃検知センサの開発」、日新電機技報、Vol.65 No.2、pp.76-81(2020.12)
- (4) 千林他：「SDGsの達成に貢献する環境センシング技術」、日新電機技報、Vol.66 No.2、pp.28-31(2021.11)

執筆者紹介



千林 暁 Sembayashi Satoru
電力・環境システム事業本部
ソリューションシステム事業部
電子機器開発部 グループ長



福永 哲也 Fukunaga Tetsuya
電力・環境システム事業本部
ソリューションシステム事業部
電子機器開発部 主任



土井 英治 Doi Eiji
電力・環境システム事業本部
ソリューションシステム事業部
画像応用装置部 グループ長



中島 聡 Nakajima Satoshi
電力・環境システム事業本部
ソリューションシステム事業部



山田 洋治 Yamada Yoji
電力・環境システム事業本部
ソリューションシステム事業部
産業・交通設計部長



野口 優弥 Noguchi Yuya
研究開発本部
技術開発推進センター



東 勇吾 Higashi Yugo
研究開発本部
技術開発推進センター 主任



宇都宮 里佐 Utsunomiya Risa
研究開発本部
技術開発推進センター 主幹



坪田 浩治 Tsubota Koji
電力・環境システム事業本部
ソリューションシステム事業部
電子機器開発部長