

一般論文

腐食性ガス対策技術の開発

Development of Corrosive Gas Measure Technology

土井 英治\* 梶 充\*  
E. Doi M. Kaji

概要

下水処理プラントでは、硫化水素ガスが発生する事は一般的に知られている。このガスには腐食要素が含まれており、近年このガスによる電子機器の故障が問題になってきている。

背景には、RoHS指令に対応した鉛フリーハンダの採用によるプリント基板の耐腐食性能の低下が考えられ、この腐食防止対策が課題となっている。

本稿では、腐食性ガスを含む環境下に設置される電子機器を、腐食から守る技術について紹介する。

Synopsis

In the sewage disposal plant, it is generally known that hydrogen sulfide gas will be emitted.

The corrosion element is contained in this gas and failure of the electronic device by this gas is becoming a problem in recent years.

The fall of the corrosion-proof performance of the printed circuit board by adoption of the lead free solder corresponding to RoHS Directive can be considered for a background, and this measure against corrosion control has become it with the subject.

In this paper, the technology of protecting the electronic device installed under the environment containing corrosive gas from corrosion is introduced.

1. はじめに

ここでは、硫化水素ガスによる腐食故障事例を元に、環境調査から原因を特定し、腐食性ガス対策技術として開発した内容について説明する。

主として今回開発した「加圧機能付き腐食性ガス除去フィルターユニット」について紹介するが、開発途中で判った腐食性ガス対策についてのノウハウも合わせて紹介する。

2. 硫化水素ガスによる腐食故障

ここでは、実際の腐食状況の実例を紹介する。

図1は、下水処理プラントに納入した監視装置が、設置後10ヶ月でシステム故障を起こした状況である。

原因はネットワーク通信用HUBの故障であり、分解調査の結果プリント基板の腐食が原因と判った。

その後の環境調査で、「硫化水素ガスが0.2ppm存在する環境」であった。

次項にて、この環境がどういう状態なのかを説明する。

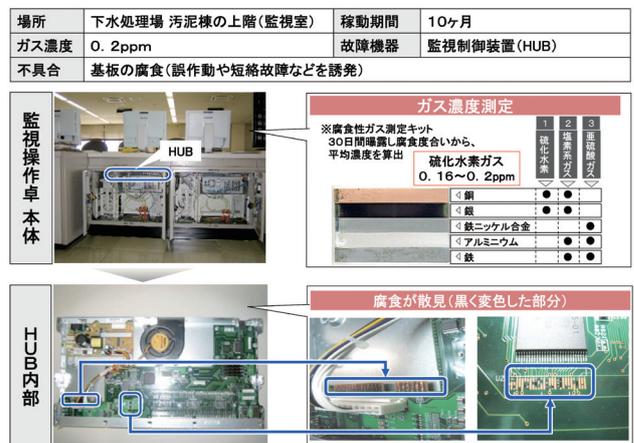


図1 硫化水素による不具合例

\*新エネルギー・環境事業本部

### 3. 硫化水素ガスの危険性と、電子機器への影響

ここでは、硫化水素ガスの危険性について説明する。

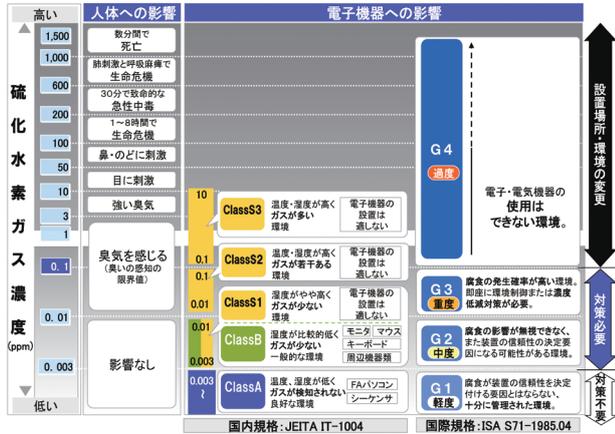


図2 硫化水素ガスの危険性

図2において、左側に記述しているのは「人体への影響」である。テレビ報道などで良く聞くのは火山などでの中毒であるが、それは100ppmという高濃度の状態である。

低濃度領域で考えると、「臭気を感じる：人間が臭いと感じられる限界」は約0.03ppm以上である。

一方、電子機器への影響を考えると、国内規格として(社)電子情報技術産業協会(JEITA)が定める「JEITA IT-1004 産業用情報処理・制御機器設置環境基準」に規定値が示されている。

この基準では、電子機器の設置する環境での硫化水素ガス濃度は、ClassA 0.003ppm以下にする必要がある事が判る。

また、国際規格である「ISA S71-1985.04」においても、G1 0.003ppm以下と同等の数値が規定されている。

この数値は、人間が臭気を感じる限界値よりも一桁以上低い値であり、人が気付かない間に電子機器の腐食が進行し故障に至る要因となっている。

次項にて、ガス濃度の測定方法について紹介する。

### 4. 硫化水素ガス濃度の測定方法

腐食性ガスの濃度測定方法には、図3に示す3種類の方法がある。

各方式にはそれぞれ特徴があるが、ガス濃度測定には、以下に示すそれぞれの特徴から、腐食性ガス測定キットによる測定方式を採用する。

1) 検知管方式 は即時分析が出るがClassA 0.003ppmの低濃度までの測定ができない。

2) サンプル気体採集によるイオンクロマトグラフ分析方式 は、低濃度までの分析が可能だが、分析費用がコスト高である。

方式	結果判明期間	方法	測定範囲	測定特性	測定期間	費用	測定範囲	総合評価
1) 気体検知管	即日	吸引ポンプにより、気体検知管に一定量の気体を通すことにより、対象気体に反応して変色する位置の目盛りで濃度を測定する方法。	~0.05ppm以上	瞬時値	○	○	×	×
2) サンプル気体採集イオンクロマト分析	数日	気体をインピンジャ溶液吸引方で超純水に捕集し、イオン交換樹脂層に対するイオンの吸着力の差を利用して、分離・定量を行なう方法。	~0.0002ppm以上	瞬時値	△	×	○	△
3) 腐食性ガス測定キット	1ヶ月(詳細分析は+1ヶ月)	5種類の金属の試験片を測定場所に30日間吊り下げ、金属片の変色と「標準色見本」とを比較して、おおよその濃度を知ることができる。また、蛍光X線分析により詳細な濃度測定が可能。	~0.005ppm以上	平均値	×	○	○	○

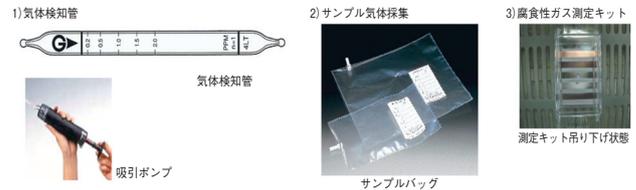


図3 腐食性ガスの濃度測定方法

また、これらの測定値は瞬時値であり、濃度が変動するフィールド環境下では、正確性に欠ける。

これに比べ、3) 腐食性ガス測定キットによる測定方式は、ClassA相当の0.005ppmの低濃度までの測定が可能であり、1ヶ月の平均値が判る為、フィールド環境下での正確な値の測定が可能と考えられる。

次項にて、ガス濃度の低減方法について紹介する。

### 5. 硫化水素ガス濃度の低減方法

ガス濃度の低減方法としては、次の3つの項目にて実現する。

1. ガス侵入防止方法
2. ガス除去方法
3. アウトガス対策方法

次項でその詳細について説明する。

#### 5.1 ガス侵入防止方法

まず、ガス侵入防止方法の基本は、密閉度の向上である。

しかし、自立閉鎖盤は構造的に完全密閉が不可能であり、隙間が存在してしまう。

高濃度の腐食性ガスを含む環境下に設置すると、このドアの隙間やケーブルの引き込み口など微小な隙間から侵入する腐食性ガスが無視できない量になり、十分なガス侵入防止効果が得られないという問題がある。

この問題の解決の為、以下に述べる密閉+加圧方式を採用した。

##### 5.1.1 密閉

密閉度の強化方法については下記の4箇所の対策にて実施する。

###### (1) 筐体構造

全周溶接の溶接構造とする。

尚、既設置などリベット構造または全周溶接されていない盤への対応は、ウレタン製シーリング剤にて密封処理を実施する。

(2) 扉パッキン

扉部のパッキンと筐体の接触面積が密閉度に大きく影響する。

接触面積が最大となる様、パッキン貼付位置の調整を実施する。

(3) ハンドル

扉パッキンの押え込み圧力も密閉度に大きく影響する。

図4に示す通り扉ハンドルの締め込みトルク強化の為、大型のハンドルを採用する。



図4 扉ハンドルの締め込みトルク強化方法

(4) ケーブル引込部

密閉化工法の実施

図5に示す通り従来工法は、複数本をインシュロックで束ねて入線する方法が一般的である。

しかしこの方法ではケーブル間には封止用樹脂パテが入らず、隙間が生じていた。

密閉化工法は、密閉化を優先することを目的とし、一本ずつ入線して周囲を封止用樹脂パテで埋めることにより、ケーブル間の隙間を最小限にすることが出来る。

また、塩ビ割蓋と筐体底面との間はウレタン製シーリング剤にて、密封処理コーキングを実施する。

この時使用するシーリング剤の材質は、ガス透過率の低さと、硬化後でも取り剥がしが容易なウレタン系シーリング剤を採用する。

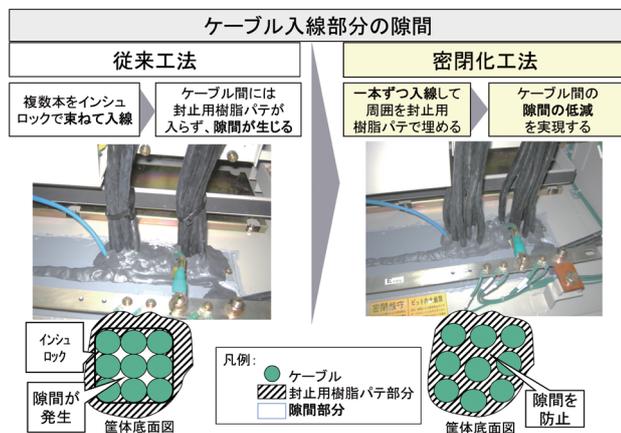


図5 ケーブル引込部の密閉化工法

5. 1. 2 加圧

前述の通り、自立閉鎖盤は構造的に完全密閉が不可能であり、隙間ができてしてしまう。

隙間があれば、分子の自由運動により気体分子は侵入してしまう。

この隙間から、ガスの侵入を防止するには、内部から外部に向けて0.5~1.0m/sの風速が必要である。

この風速は、自立閉鎖盤の内部と外部の気圧差約5~10paにする事で実現できる。

この気圧差の実現方法については、次項ガス除去方法で説明する。

5. 2 ガス除去方法

ガス除去は、一般的にガス除去フィルターにて実施する。

ガス除去フィルターは、大きく分けて2種類に分類できる。

- 1) 物理吸着方式
- 2) 化学吸着方式

電子機器の腐食防止用途としては、化学吸着方式を採用する。

それぞれの特徴と採用理由を次で述べる。

物理吸着方式の代表は活性炭である。その特徴は、ガス除去スピードが速く、除去容量が多い事であり、主に臭気対策目的の脱臭用として用いられる。

しかし、低濃度領域では除去したガスの再放出が発生する場合がある。これは濃度平衡吸着という現象で、周囲濃度が高いと吸着方向に働き、逆に低濃度になると、濃度を一定に保とうとする働きにより放出に転じる。

この特徴が故、低濃度を目的とする対策には不向きと考える。

一方、化学吸着方式は、ガス吸着スピードは遅いが、除去容量も多く、除去したガスの再放出は起きない。この特徴により低濃度までのガス除去が可能となる。

図6により化学吸着方式の仕組みを説明する。

吸着したガスは化学反応により、別の物質に変えて固化する。

この化学反応は非可逆反応の為、元のガスには戻らない。よって、除去したガスの再放出は起きない。

また、物理吸着方式と化学吸着方式を組み合わせ、それぞれのメリットを活かし、除去容量は少ないが、除去スピードが速く、低濃度領域までの除去が可能なフィルターも開発されている。

通常は化学吸着方式の単独フィルターで対応する。

高濃度環境の場合は、まず化学吸着方式フィルターで粗取りし、取り切れないガスを物理吸着+化学吸着方式フィルターで緻密取りするダブルフィルターで対応する。



図6 ガス除去フィルター

### 5. 2. 1 加圧機能付き腐食性ガス除去フィルターの紹介

前述の通り、自立閉鎖盤（密閉盤）に対するガス対策は加圧によるガス侵入防止が効果的である。

しかし、一般的には加圧機能が無い、密閉+内部循環方式のガス除去装置であった。

今回、図7で示す通り、一つのファンで加圧機能と腐食性ガス除去を可能とする「加圧機能付きガス除去フィルターユニット」を開発し、腐食性ガス対策装置と、密閉型筐体について権利化した。

ここで、図8 詳細説明図を用い、監視操作卓用のユニットを例に動作を説明する。

①シロッコファンにより、②外気導入口と③内気循環導入口から空気を導入し、④比率調整器で内気/外気の導入比率を調整し、規定圧力となる量の外気を導入する。この外気（腐食性ガスを含んだ空気）を⑤ガス吸着剤を通す事により、監視操作卓内部にガスを除去した空気を圧送する。

この空気により、内部の圧力を上昇させ、同時に外気による冷却効果も得ることができる。

除去し切れず、卓内に侵入したガスについては、内気循環により除去することができる。

ここで重要なポイントは2つ有る。一つは吸着効果を最大限に活かす為の吸着剤の通過風速の制御、もう一つは内圧を一定に保つための外気導入量の制御である。

この二つの制御を一つのファンで実現可能とする為、シロッコファンを採用した。

採用理由は、図9に示す通り、シロッコファンは、軸流ファンと比べて、圧力損失が変化しても安定した風量を得ることができるという特徴故である。

### 5. 3 アウトガス対策

前述の腐食性ガス対策をしても、ガス濃度が下がらない場合がある。

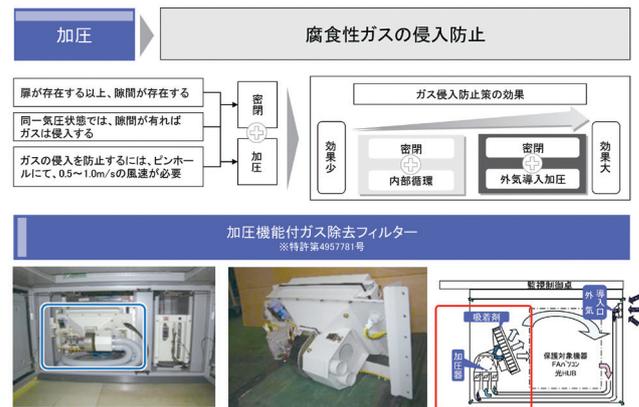


図7 加圧機能付き腐食性ガス除去フィルターユニット

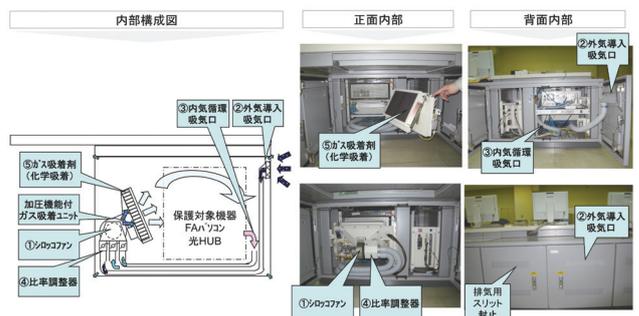


図8 詳細説明図……ガス除去フィルターユニット

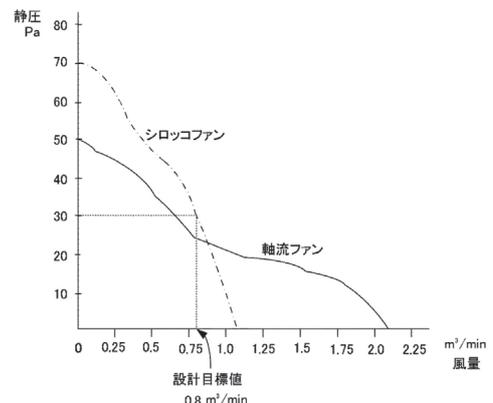


図9 シロッコファン及び軸流ファンの風量と静圧の関係

これは、アウトガスによる影響が考えられる。アウトガスとは、物質から発生する腐食性ガスの事を言う。

図10に示す通り、アウトガスには大きく分けて2つのタイプが有る。

一つは、製造過程で腐食性ガスを含んだ物である。代表的な物はゴム製品である。製造過程で硫黄加硫したゴムは、腐食性ガスを発生する。

この場合、有機過酸化物で加硫されたゴムを採用する事で防止できる。

その他に、ダンボール箱にも腐食性ガスを発生させる物が有り、製品の輸送時など注意が必要である。

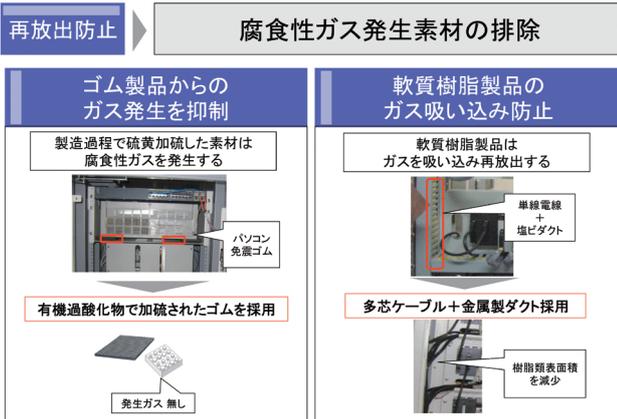


図10 アウトガス（再放出）対策

もう一つは、腐食性ガスの吸い込みである。

一般的に、軟質樹脂製品はガスを吸い込みやすい性質を持っている。

先に述べた濃度平衡吸着の現象により、周囲濃度が低くなった時に、ガスが再放出される。

電子装置で良く使用される塩ビ製のダクトや電線の被覆がこれに相当する。

この場合、金属製に変更する事や、多芯ケーブルへの変更による表面積の低減などにより、防止が可能である。

## 6. コーティングによる腐食対策について

比較的低濃度の場合、簡易的な腐食対策として、プリント基板へのコーティング剤塗布がある。

ここで注意すべきは、コーティング剤の種類である。

ウレタン系のものやエポキシ系のものが好ましい。

図11に示すように、腐食性ガスが硫化水素の場合、ガス透過係数は、シリコンと比較してウレタンやエポキシは非常に低い。

そのため、ウレタン系やエポキシ系のコーティング剤は、ガス透過率が低く、腐食性ガスの侵入を防ぐのに好適である。

尚、この対策としては、塗布の作業性からウレタン系コーティング剤を採用した。

## 7. 適用製品の紹介

前述の腐食性ガス対策技術を用いた製品について紹介する。

電子機器を収納する筐体は、主に自立閉鎖盤と監視操作卓の2種類に分類される。

### 1) 自立閉鎖盤（新設）

自立閉鎖盤への適用例を図12に示す。

この装置はプラントの現場設備付近など、周囲の腐食性ガスの周囲濃度が比較的高い場所に設置される事が多い。

ガス透過係数比較 (1)			
	シリコン	ウレタン	エポキシ
H <sub>2</sub> S	750	0.47	0.026
H <sub>2</sub> O	2700	80	29
O <sub>2</sub>	45	0.12	0.022
評価	×	○	◎

単位:  $10^{-12} \frac{\text{cm}^3 \cdot \text{cm}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}}$  ※数値が低いほど、ガスを透過しにくい

図11 コーティング剤のガス透過係数比較

そのため、密閉度を上げ、外気導入量を極力抑える必要がある。

また、周囲温度が高い場合は、熱対策として密閉型の熱交換器を設置し、冷却する。

納入実績として、硫化水素ガス濃度0.4ppmの周囲環境に設置し、盤内部の濃度をClassA相当 0.005ppm以下に抑える効果を得ている。

### 2) 監視操作卓

監視操作卓への適用例を図13に示す。

この装置は操作員が常駐している監視室など、腐食性ガスの周囲濃度が比較的低い場所に設置される事が多い。

また、空調設備が整った環境が多く、熱対策は外気導入による冷却効果のみで実施する。

納入例として、硫化水素ガス濃度0.2ppmの周囲環境に設置し、盤内部の濃度をClassA相当 0.005ppm以下に抑える効果を得ている。

### 3) 自立閉鎖盤（既設）への適用 [開発中]

既設の自立閉鎖盤については、盤内に空きスペースが無く、加圧機能付きガス除去フィルターユニットが実装できない事がある。

この対応として、図14に示す外付けタイプを開発中である。

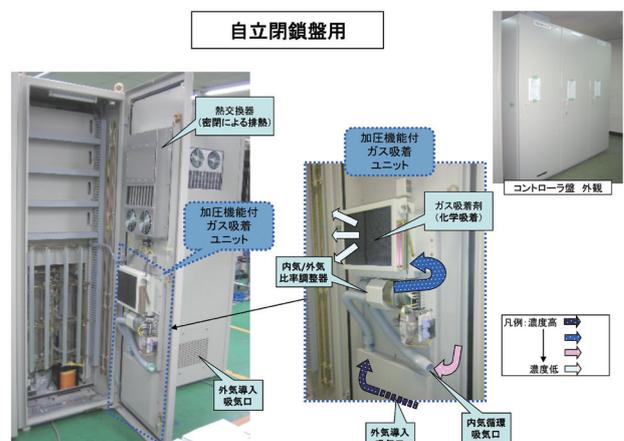


図12 自立閉鎖盤（新設）への適用例

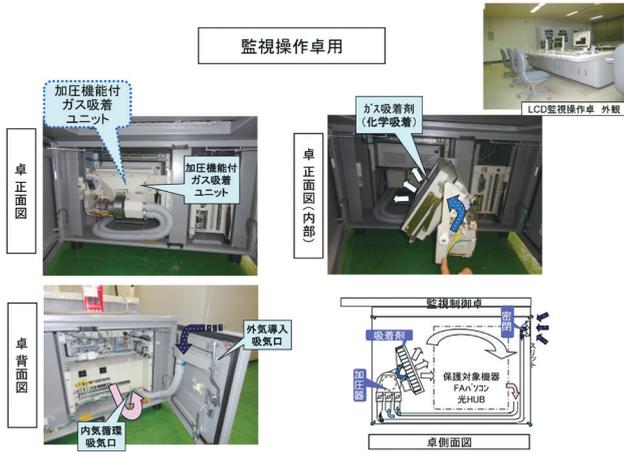


図13 監視操作卓への適用例

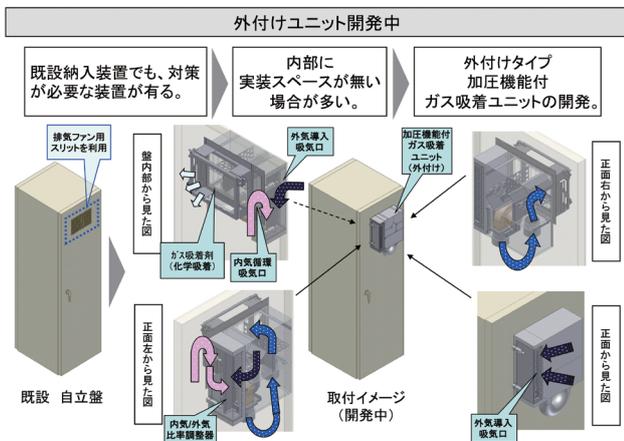


図14 自立閉鎖盤（既設）への適用

## 8. まとめ

腐食性ガスは、人間が臭気を感じない程度の低濃度でも、電子機器には大きな影響が有る。

結果として、気付かない間に腐食が進み、装置故障に至ってしまうケースが多い。

まずは、しっかりとした環境調査を実施し、環境に応じた対策を行う必要がある。

今回紹介した腐食性ガス対策技術を用い、腐食による装置故障ゼロを目指すとともに、公共インフラ設備の安定運用と装置の延命化に貢献する事が大きな目的である。

### 参考文献（引用文献）

- (1) 村田 誠四郎：財団法人腐食防食協会編「電子機器部品の腐食・防食Q & A」、pp.81(2006)

## 執筆者紹介



土井 英治 Eiji Doi  
新エネルギー・環境事業本部  
ソリューションシステム事業部  
開発部 主査



梶 充 Mitsuru kaji  
新エネルギー・環境事業本部  
ソリューションシステム事業部  
製造部 グループ長