

(一社) 東北空調衛生工事業協会
令和4年度 技術講習会 (WEB)

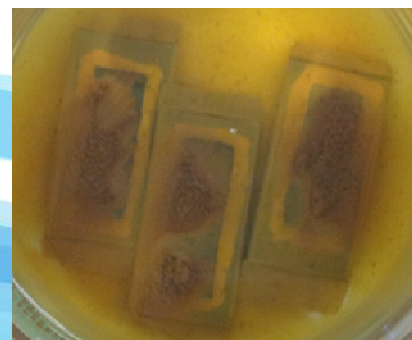


『無薬注型防食システム“Corro-Guard[®]”について』

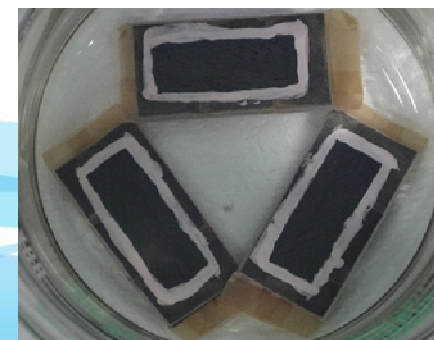
～環境にやさしい腐食対策で設備の長寿命化に貢献～

2022年 09月14日 (水) 13:40～14:15

新菱冷熱工業株式会社



a) 東京都水



b) 開発した処理水

写真 開発した水処理の腐食抑制効果
(SGP黒、32日間浸漬、室温、無攪拌)

経営企画本部 中央研究所 松川 安樹

目次

1. はじめに（腐食について）
2. 代表的な腐食事例と事例解析の結果
3. 無薬注型防食システム“Corro-Guard®”

1. はじめに（腐食について） 3/11

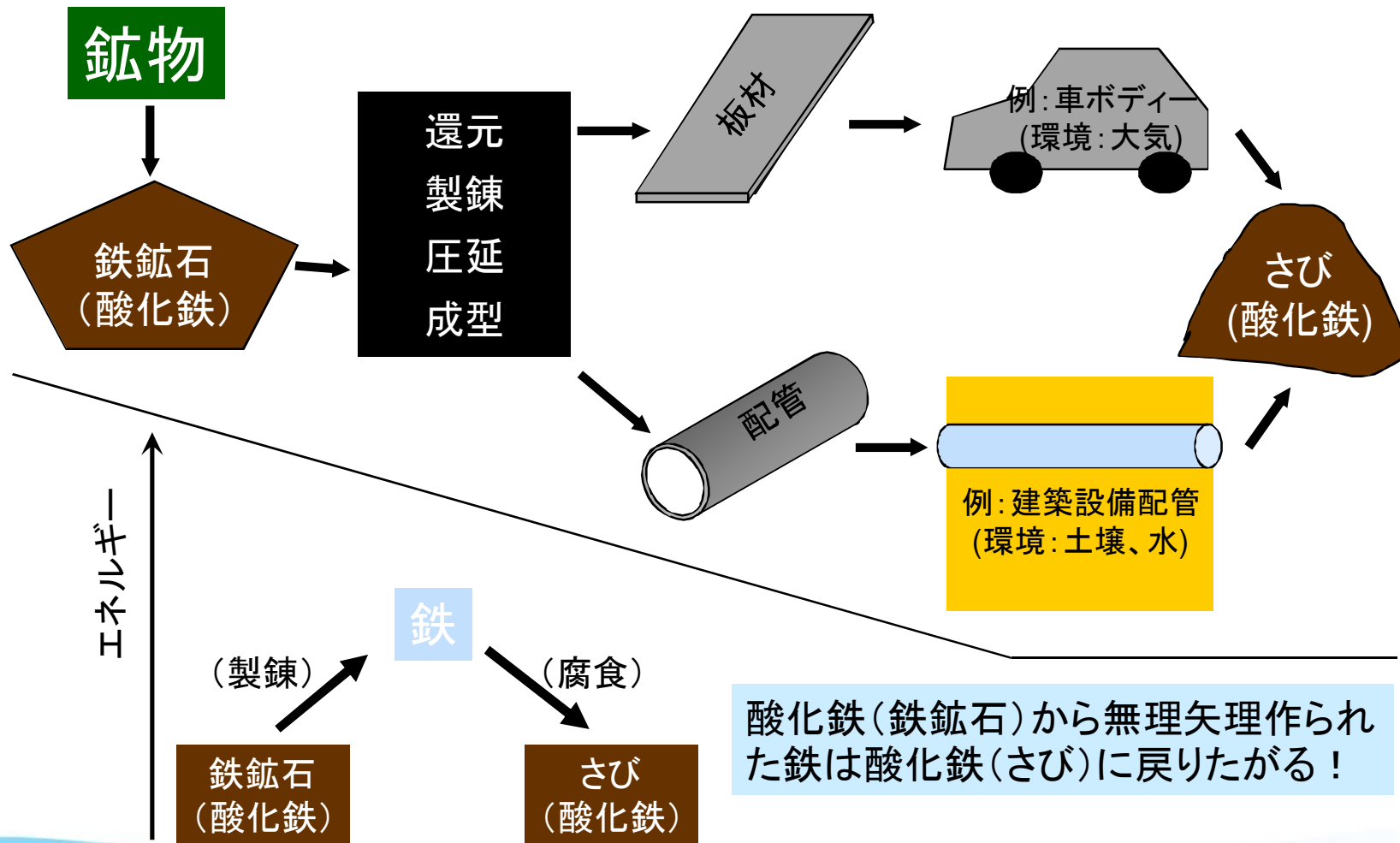
開発した技術の内容をお聞きいただく前に、
次の内容をご理解ください。

①金属がさびるのは必然の現象

②腐食は電気化学反応

→ 酸化反応（例： $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}$ ）と
還元反応（例： $\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow 2\text{OH}^-$ ）
の**二つの反応が必ずセットで発生する。**

① 金属がさびるのは必然の現象



酸化鉄(鉄鉱石)から無理矢理作られた鉄は酸化鉄(さび)に戻りたがる！

1. はじめに（腐食について） 6/11

開発した技術の内容をお聞きいただく前に、
次の内容をご理解ください。

①金属がさびるのは必然の現象

②腐食は電気化学反応

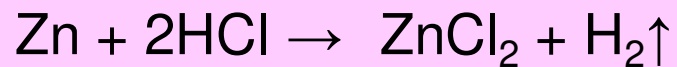
→ 酸化反応（例： $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ ）と
還元反応（例： $\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$ ）
の二つの反応が必ずセットで発生する。

② 腐食は電気化学反応（酸化・還元反応がセットで発生する）

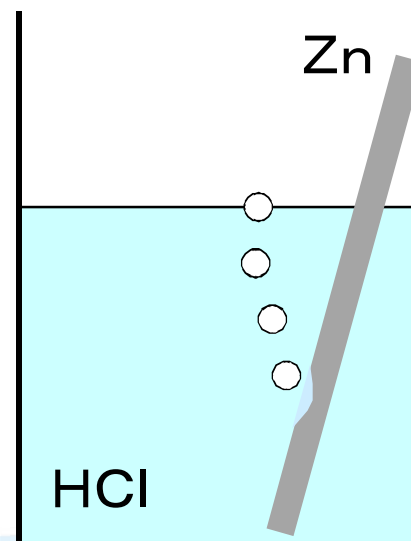
酸性溶液（例えば，HCl）中に亜鉛（Zn）板を投入すると・・・

気泡が発生して，亜鉛板が溶ける。
この気泡の正体は，水素ガス（H₂）

この反応を化学式で書くと，



この反応は次の2つの素反応から成る

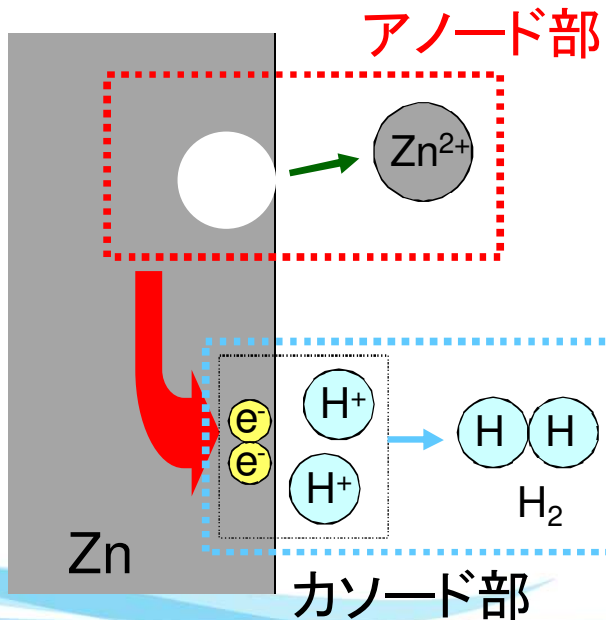




アノード反応(酸化反応)
…電子を放出する



カソード反応(還元反応)
…電子を吸収する



電子の授受が行われる反応
→電気化学反応

②腐食現象は電気化学反応。
二つの反応が必ずセットで
発生する。

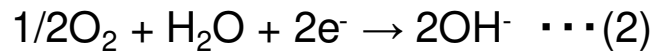
水道水中で鉄がさびるときの反応は？



アノードで出る電子をどこかで消費しないといけない
何がこの電子を消費するのか？

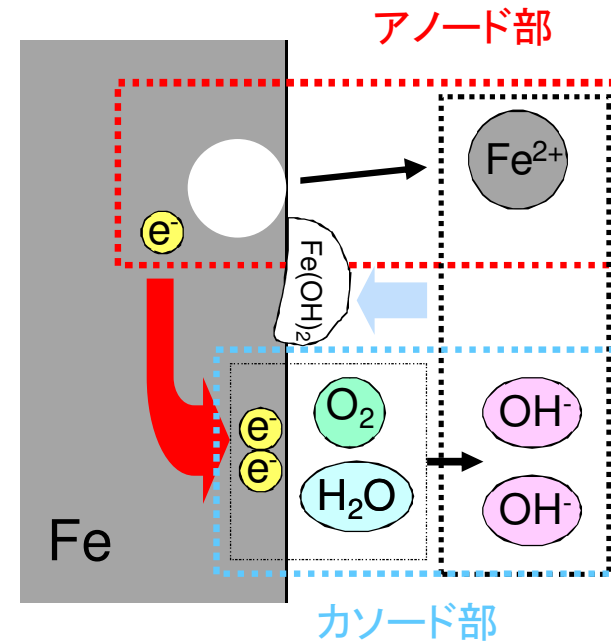
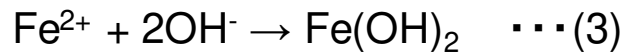
水中で酸素が消費される！

カソード:



溶存酸素の還元反応

電気的中性条件から



浸漬直後



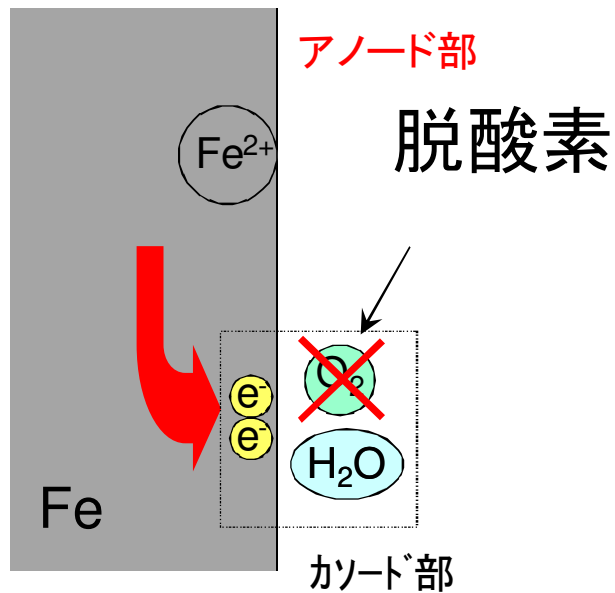
半年後

アノード反応とカソード反応を確認することで、 腐食の原因や対策を検討できる。

例1

脱酸素による腐食対策。

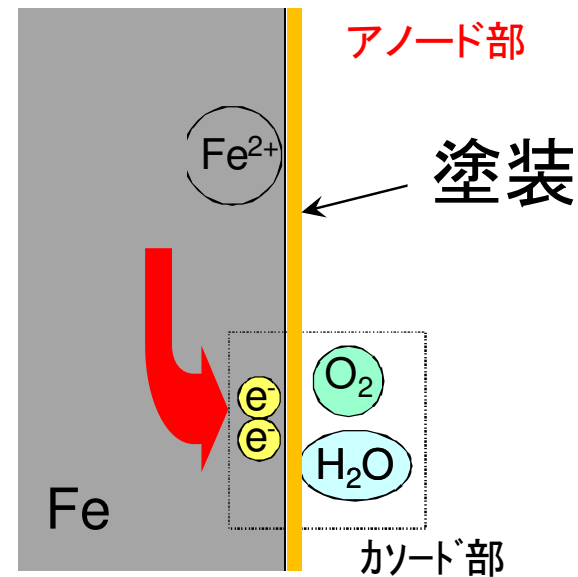
→ カソード反応の抑制



例2

塗装による腐食対策。

→ アノード・カソード両反応の抑制



1. はじめに（腐食について）

11/11

まとめ

『腐食』をコントロールすることで、設備機器・配管の安心・安全を確保することができます。

次の内容をご確認いただいた上で、ご聴講をお願いします

①金属がさびるのは必然の現象

②腐食は電気化学反応

→ 酸化反応（例： $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}$ ）と

還元反応（例： $\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow 2\text{OH}^-$ ）

の二つの反応が必ずセットで発生する。

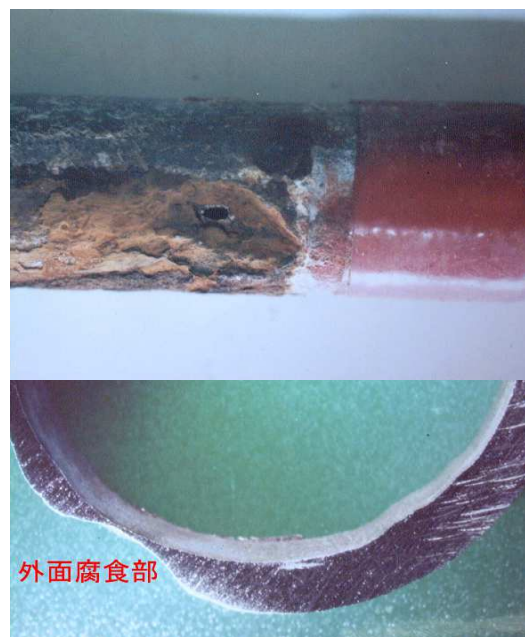
目次

1. はじめに（腐食について）
2. 代表的な腐食事例と事例解析の結果
3. 無薬注型防食システム“Corro-Guard®”

2-1 代表的な腐食事象(1/2)

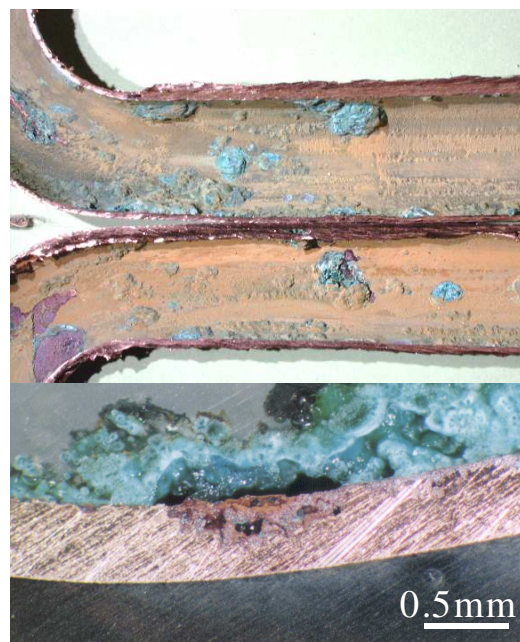
空調設備

冷水配管保温材下の 外面腐食



材料:20A SGP白
経年:約2年

空調機銅コイルの I型孔食



材料:15φリン脱酸銅
経年:約1年

蒸気還水配管の 炭酸腐食



材料:50A SGP黒
経年:3年1ヶ月

2-1 代表的な腐食事象(2/2)

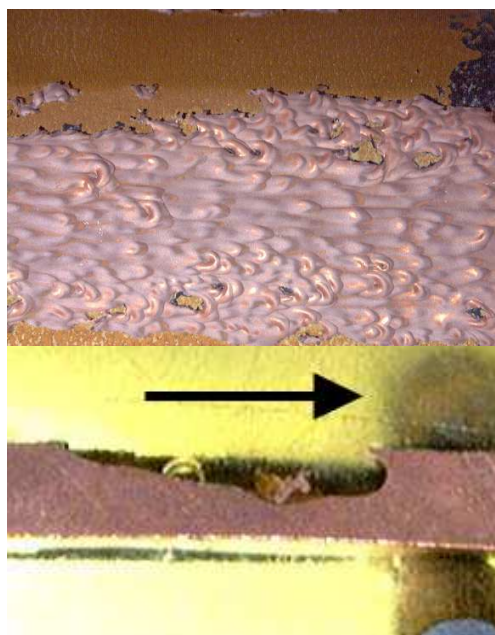
衛生設備

給水用ライニング鋼管の 異種金属接触腐食



材料:50A VLP
経年:約11年

給湯用銅配管 の潰食



材料:50φリン脱酸銅
経年:約7年

黄銅製衛生金物の 脱亜鉛腐食



材料:40φPトラップ
経年:約3年

2-1 代表的な腐食事例 まとめ

建物内では、腐食の教科書に掲載されているほとんどの腐食現象が発生している。

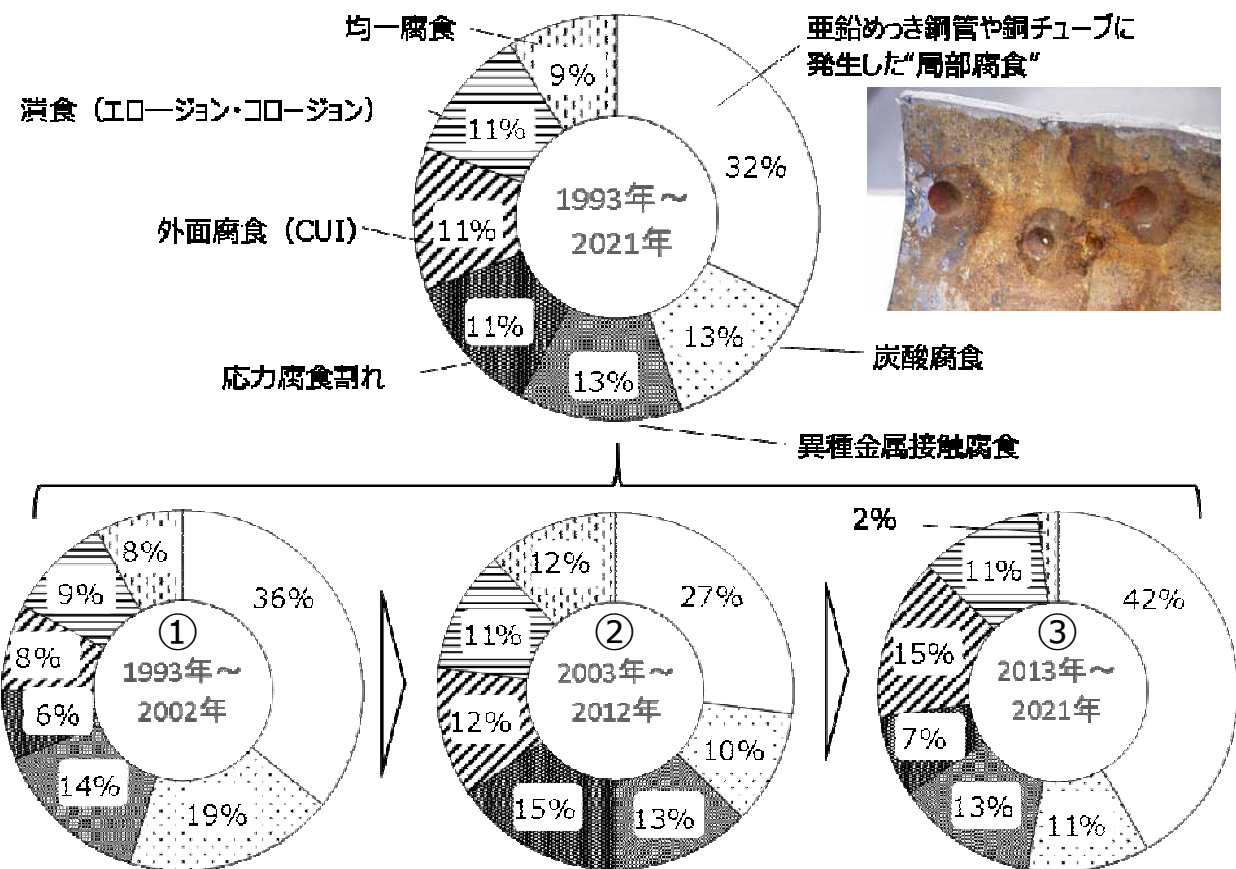


経験するまで、知らない人が多い。



技術者少ない → 技術の水平展開 困難

2-2 事例解析の結果



a) 全体

- ・様々な腐食が発生
- ・異種金属接触腐食、潰食 ⇒ 減
- ・局部腐食の割合 ⇒ 多

b) 年代別

①(1993～2002年)と②(2003～2012年)の比較

- ・外面腐食 ⇒ 増
- ・炭酸腐食 ⇒ 減

②(2003～2012年)と③(2013～2021年)の比較

- ・異種金属接触腐食等 ⇒ 少
- ・局部腐食 ⇒ 増

図3 建築設備機器・配管に発生した腐食事例解析の結果
(1993～2021年に弊社が経験した腐食事例を腐食形態別に分類)

腐食事例の現状 まとめ → 局部腐食の対策が急務

①配管：亜鉛めっき鋼管・炭素鋼鋼管

- a) 空調設備
 - (1) 開放式 冷温水・冷却水
 - (2) 密閉式 冷温水
- b) 消火設備
 - スプリン
 - クラ配管



200A×150A

写真 冷却水配管、5年で漏水

参考資料 松川ら：亜鉛めっき鋼管の電位逆転現象による局部腐食現象の解析（その1 研究の歴史と事例解析）、空気調和・衛生工学会論文集、No.146, pp.45-53（2009） など

②機器：熱交換器銅チューブ

- a) 空調設備
 - (1) 開放式 冷温水・冷却水
 - (2) 密閉式 冷温水
- ⇒ 空調機 熱交換器
- 冷凍機 熱交換器

I 型孔食

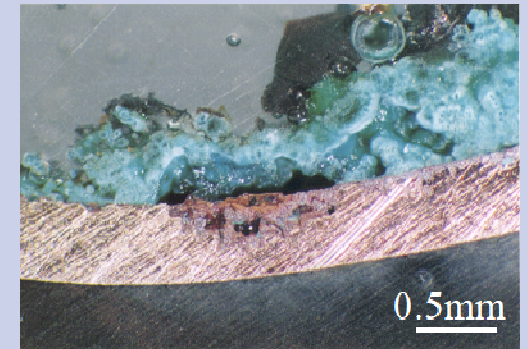


写真 空調機熱交換器、5年で漏水

参考資料 松川ら：空調機銅チューブの腐食、材料と環境2003講演集(2003),pp137-140 など

目次

1. はじめに（腐食について）
2. 代表的な腐食事例と事例解析の結果
3. 無薬注型防食システム“Corro-Guard®”

3. 無薬注型防食システム“Corro-Guard®”

- ① 技術の概要
- ② 腐食対策技術の詳細
- ③ 導入事例
- ④ 導入後の運用

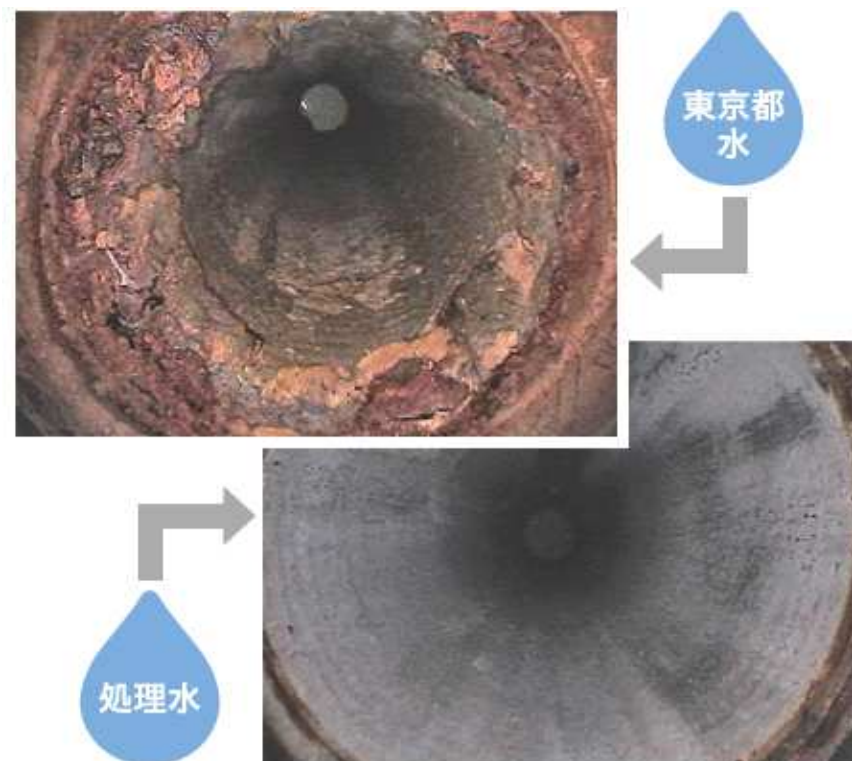


図 配管内面の腐食状況
(1年間通水後の状態、32A SGP白)

3. 無薬注型防食システム“Corro-Guard®”

- ① 技術の概要
- ② 腐食対策技術の詳細
- ③ 導入事例
- ④ 導入後の運用

- (1) 特長
- (2) 対象設備
- (3) 期待される効果

1. 技術の概要

(1) 特長

① 防錆剤を使用しない防食技術
(予防保全技術)



写真 アニオン交換樹脂

② 腐食センサーによる「腐食の見える化」
(予知保全技術)



写真 腐食センサー

(特許第6114437号、特許第6329672号)

→ 予防保全技術と予知保全技術の組合せで、設備の長寿命化に貢献

(2) 対象設備

- ・ 国内外のすべての建物
(新築・既設の両方に適用)
- ・ 冷温水設備 (密閉・開放)
- ・ 冷却水設備 (初期のみ)
- ・ 消火設備



→ 炭素鋼鋼管や熱交換器銅チューブ
に発生する腐食 (全面腐食・局部腐食) を防止

(3) 期待される効果

① 設備の長寿命化

- 局部腐食を防止
- 更新した空調機や冷凍機の熱交換器銅チューブの腐食対策に有効

② フラッシング作業の効率化

- 無排水フラッシング
- フラッシングの完了基準の策定

③ BCP対応

- 災害発生時に空調用水を生活用水として利用可



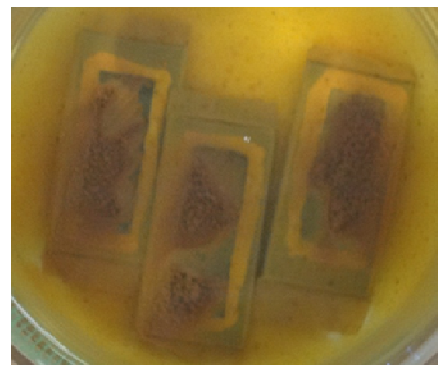
← 更新した空調機の銅チューブが運用開始から数年で漏水した事例



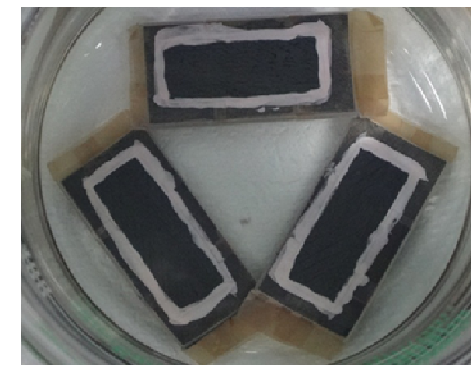
3. 無薬注型防食システム“Corro-Guard®”

- ① 技術の概要
- ② 腐食対策技術の詳細
- ③ 導入事例
- ④ 導入時の注意事項
- ⑤ 導入後の運用

- (1) 開発の背景
- (2) 防食方法
- (3) 防食効果



a) 東京都水



b) 開発した処理水

写真 開発した水処理の腐食抑制効果
(SGP黒、32日間浸漬、室温、無攪拌)

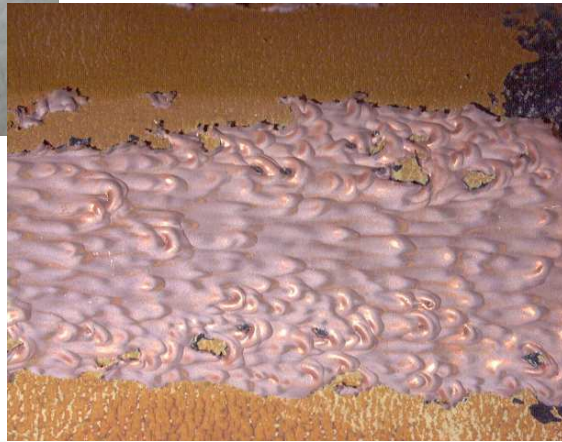
(1) 開発の背景 (1/4)

- 配管の長寿命化を図るために、腐食対策は重要な課題。
- 亜鉛めっき鋼管や銅管の**局部腐食対策は確立されていない。**

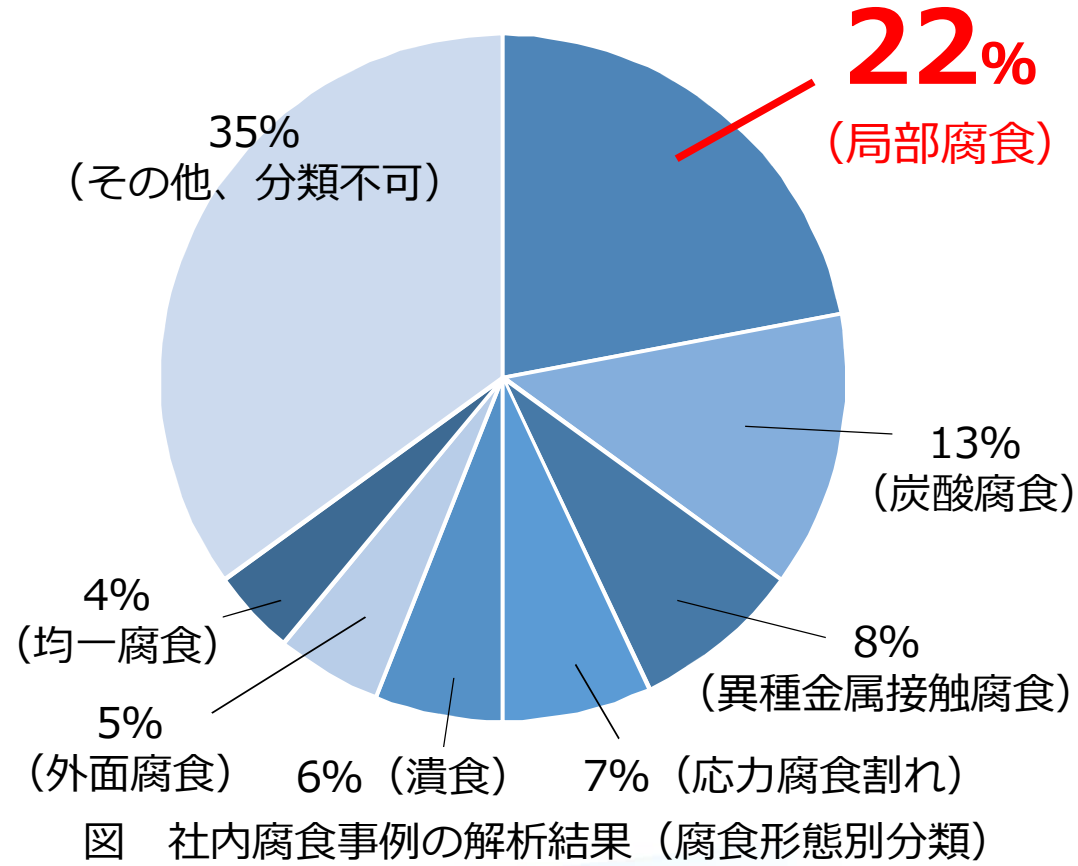
減少している腐食



塩バイニング鋼管
の異種金属接触腐食
(11年で漏水)



給湯銅管の潰食
(7年で漏水)



(1) 開発の背景 (2/4)

《局部腐食の抑制方法に関するアイデア》

25年間実施してきた基礎研究で得た知見



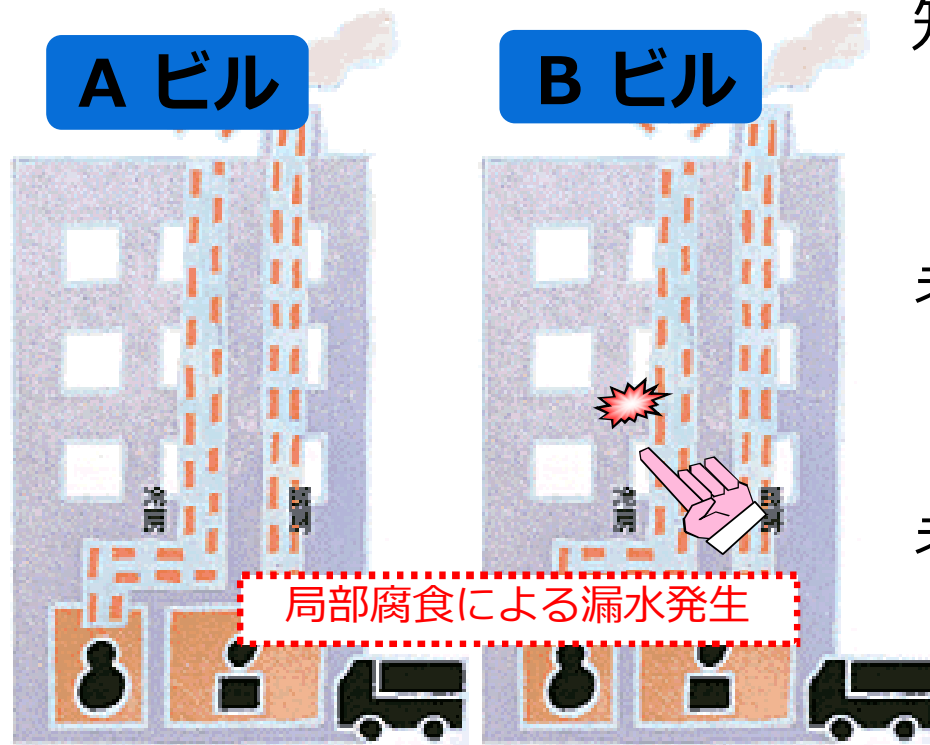
過去に対応した500件以上の腐食事例



局部腐食の抑制には、配管施工の初期段階
腐食の起点を作らないこと が有効

(1) 開発の背景 (3/4)

【局部腐食の発生要因】
(事例解析で得た知見)

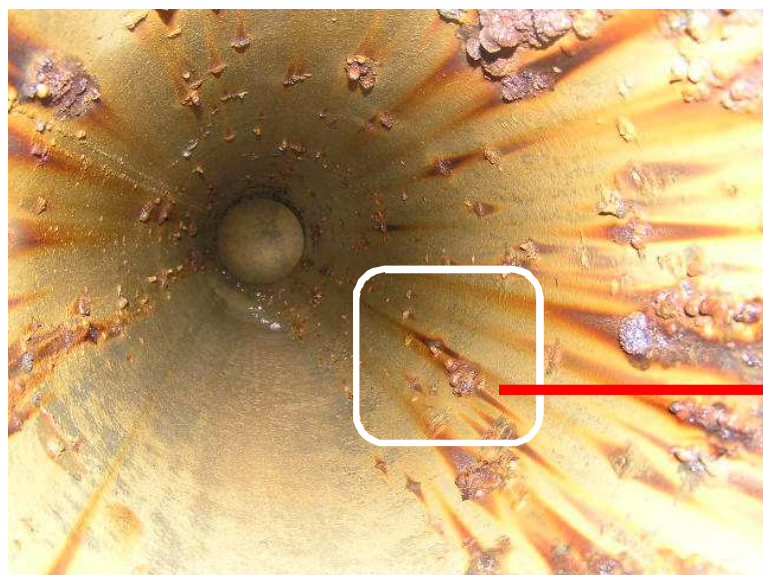


- 知見 1 : 材料や水質が同じでも腐食する時としない時がある。
- 知見 2 : 建物内の特定の箇所だけで腐食する。



- 考察 1 : **金属が最初に水に接触した時の環境** が大きく影響している。
- 考察 2 : 水張り・フラッシング時に局部腐食の起点ができるかどうかで設備の寿命が決まる。

局部腐食が発生するイメージ



冷却水配管の局部腐食
冷却水、SGP白、250A、9年で漏水

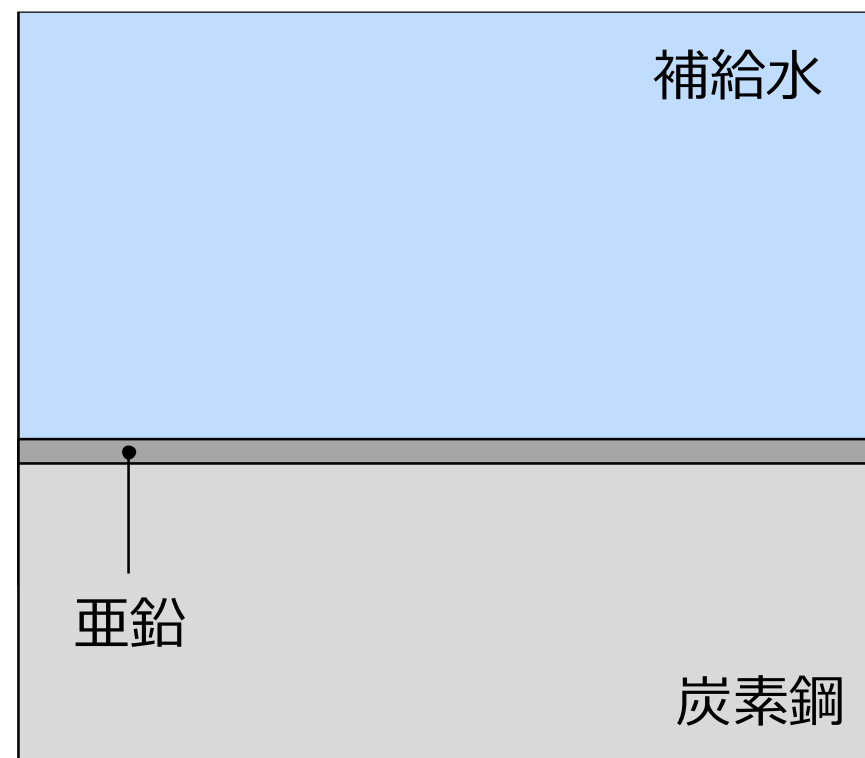
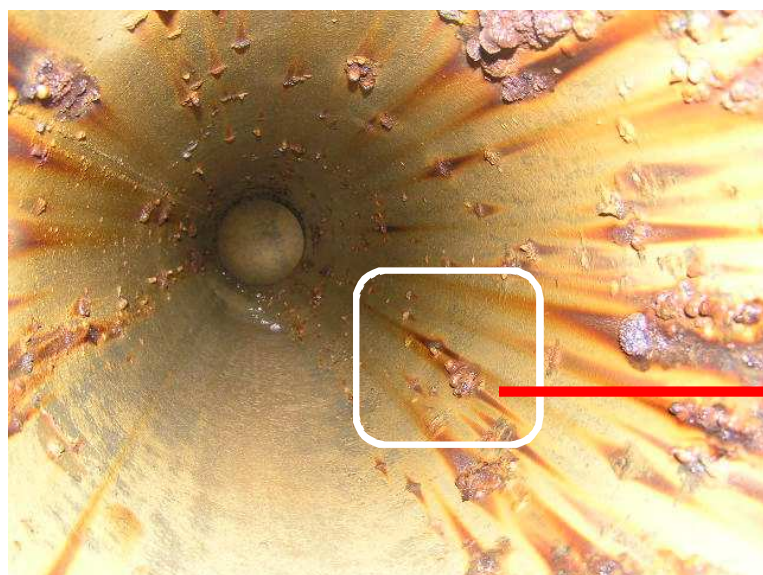


図 亜鉛めっき鋼管の断面

局部腐食が発生するイメージ



冷却水配管の局部腐食
冷却水、SGP白、250A、9年で漏水

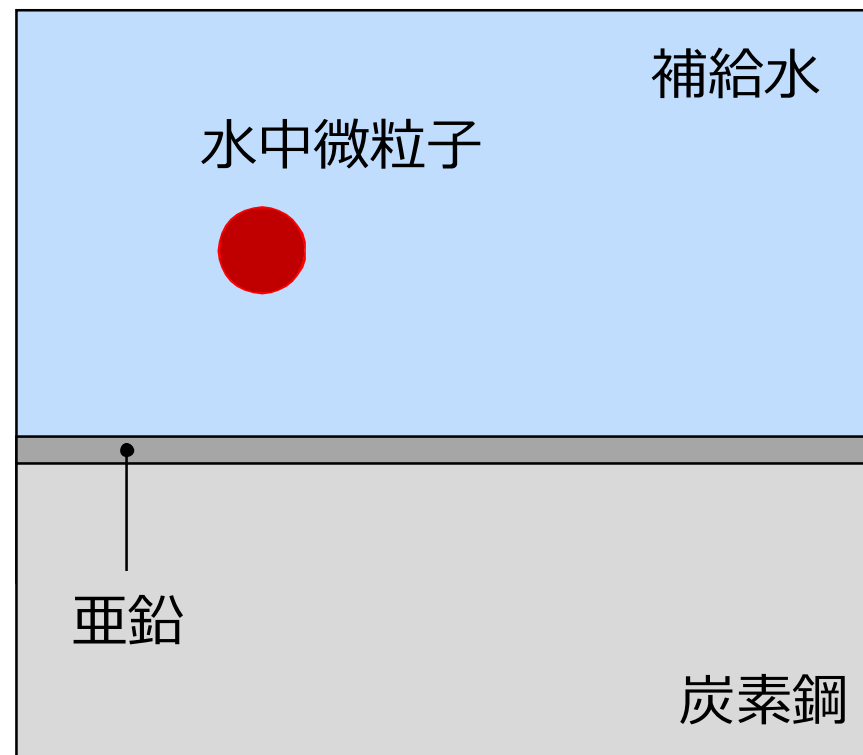
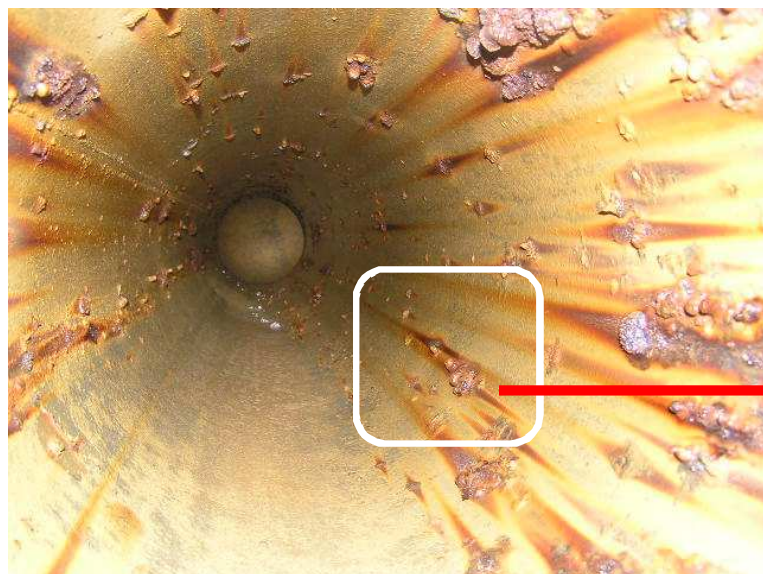


図 亜鉛めっき鋼管の断面

局部腐食が発生するイメージ



冷却水配管の局部腐食
冷却水、SGP白、250A、9年で漏水

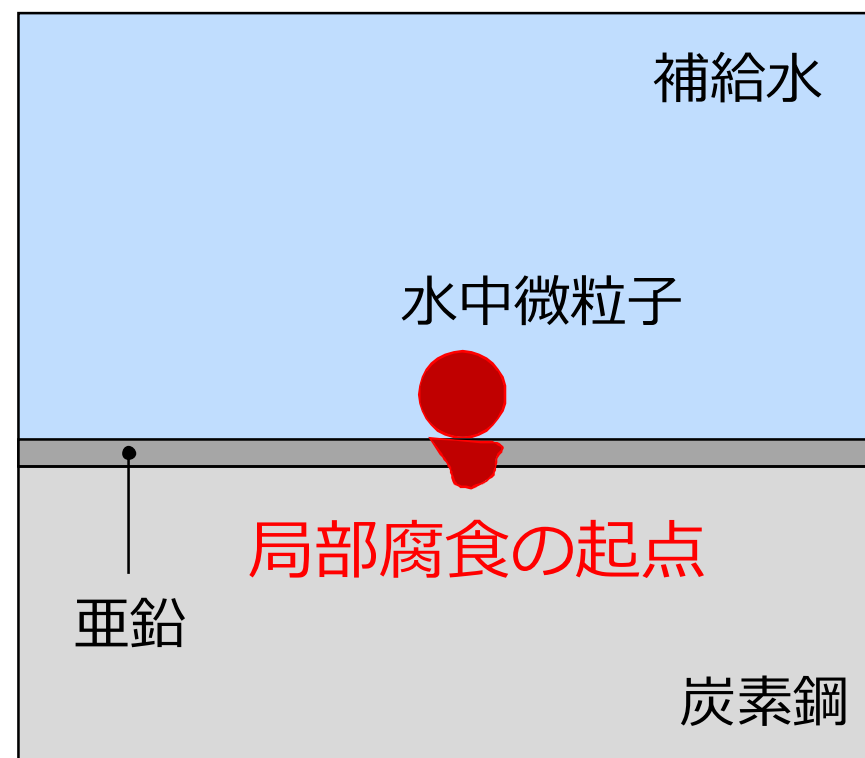
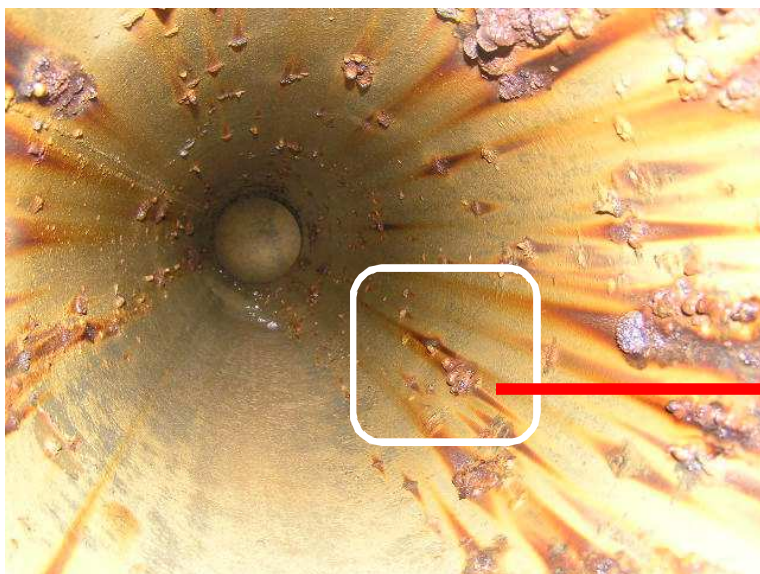


図 亜鉛めっき鋼管の断面

局部腐食が発生するイメージ



冷却水配管の局部腐食
冷却水、SGP白、250A、9年で漏水

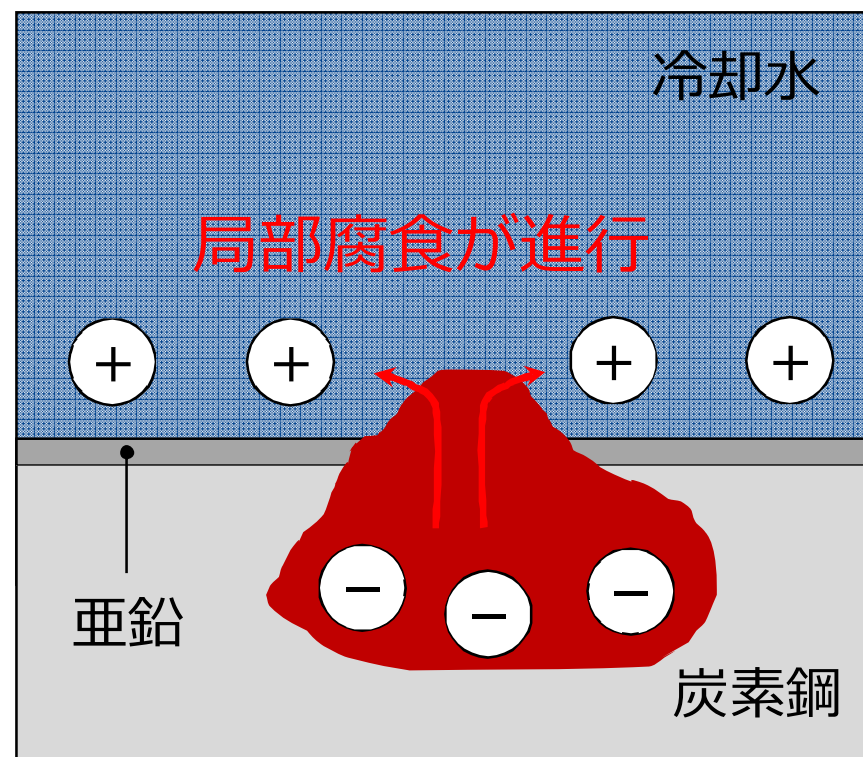
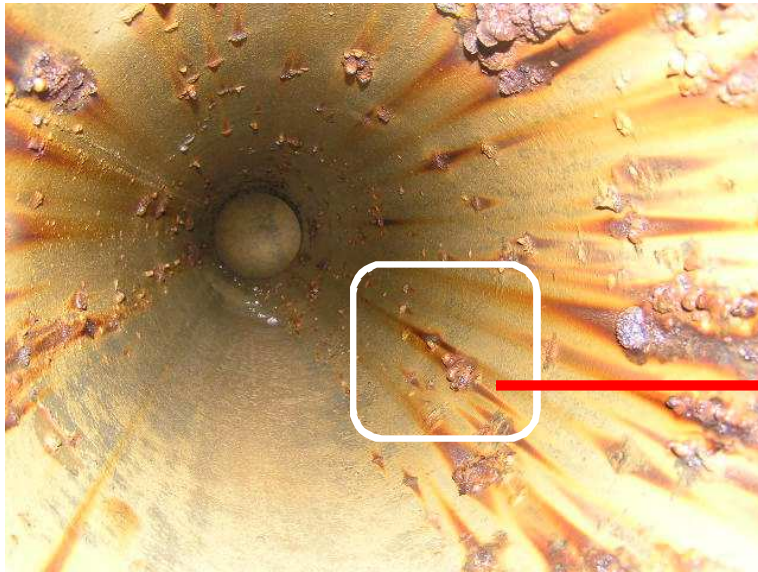


図 亜鉛めっき鋼管の断面

局部腐食が発生するイメージ

水張直後に局部腐食の
起点をつくらないことが重要



冷却水配管の局部腐食
冷却水、SGP白、250A、9年で漏水

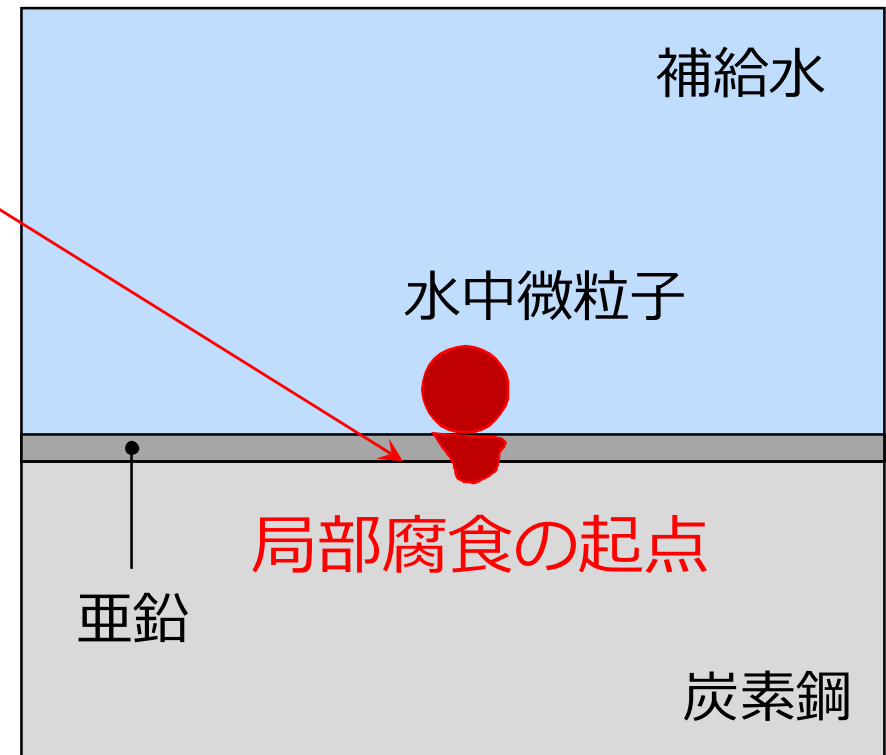


図 亜鉛めっき鋼管の断面

(2) 防食方法

- ① 防錆剤を使用しない防食技術
(予防保全技術)



写真 アニオン交換樹脂

- ② 腐食センサーによる「腐食の見える化」
(予知保全技術)



写真 腐食センサー

(特許第6114437号、特許第6329672号)

→ 予防保全技術と予知保全技術の組合せで、設備の長寿命化に貢献

(2) 防食方法 (1/4)

1) 水道水中の成分と腐食性

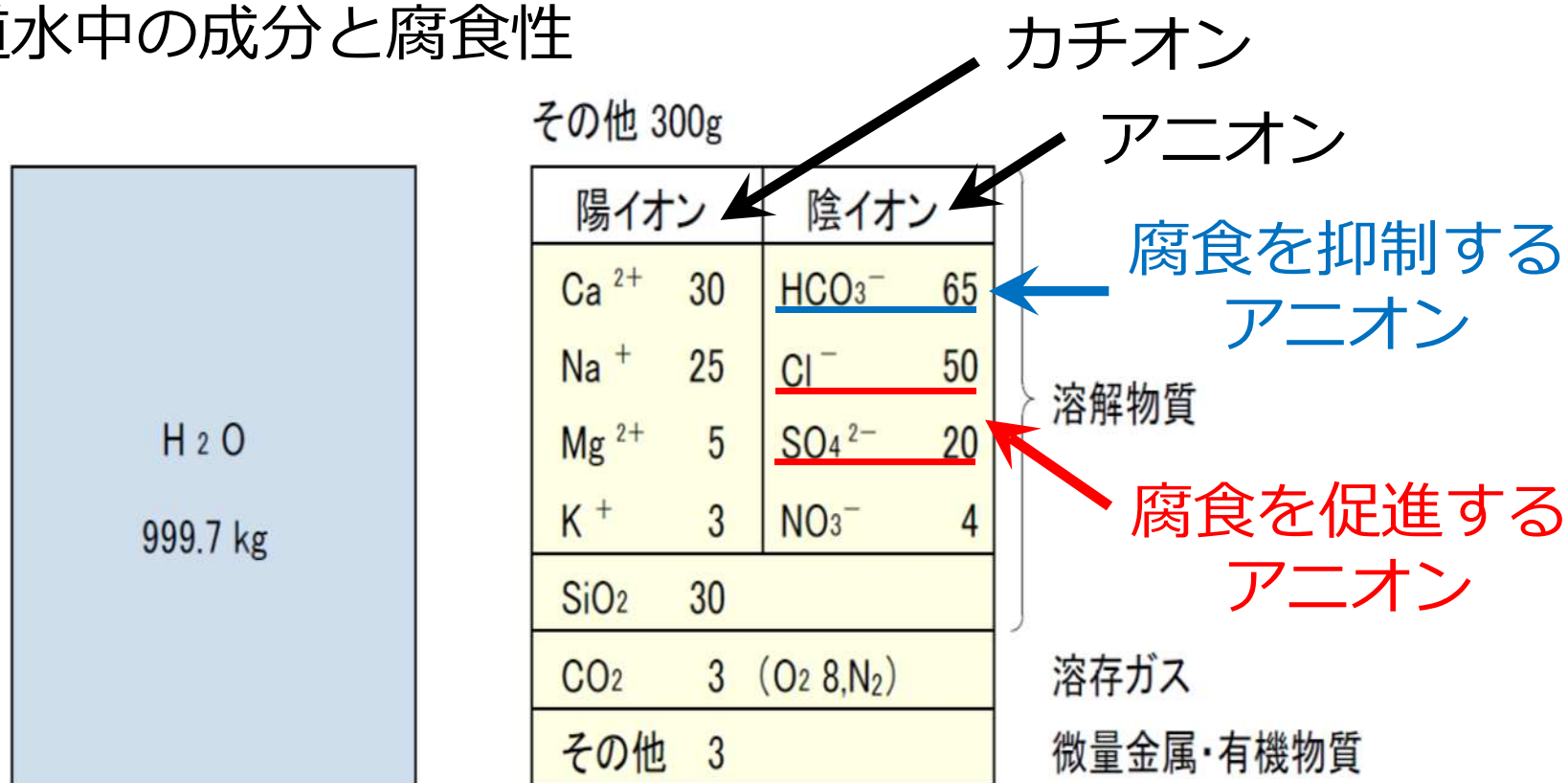
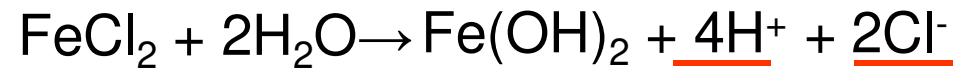
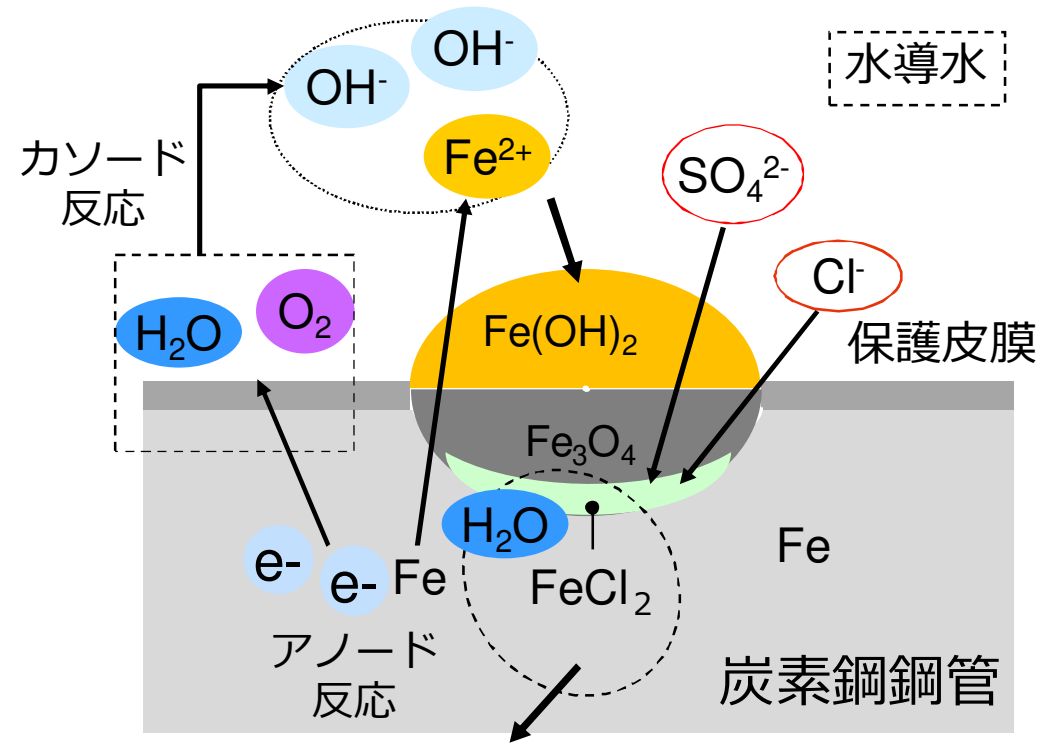
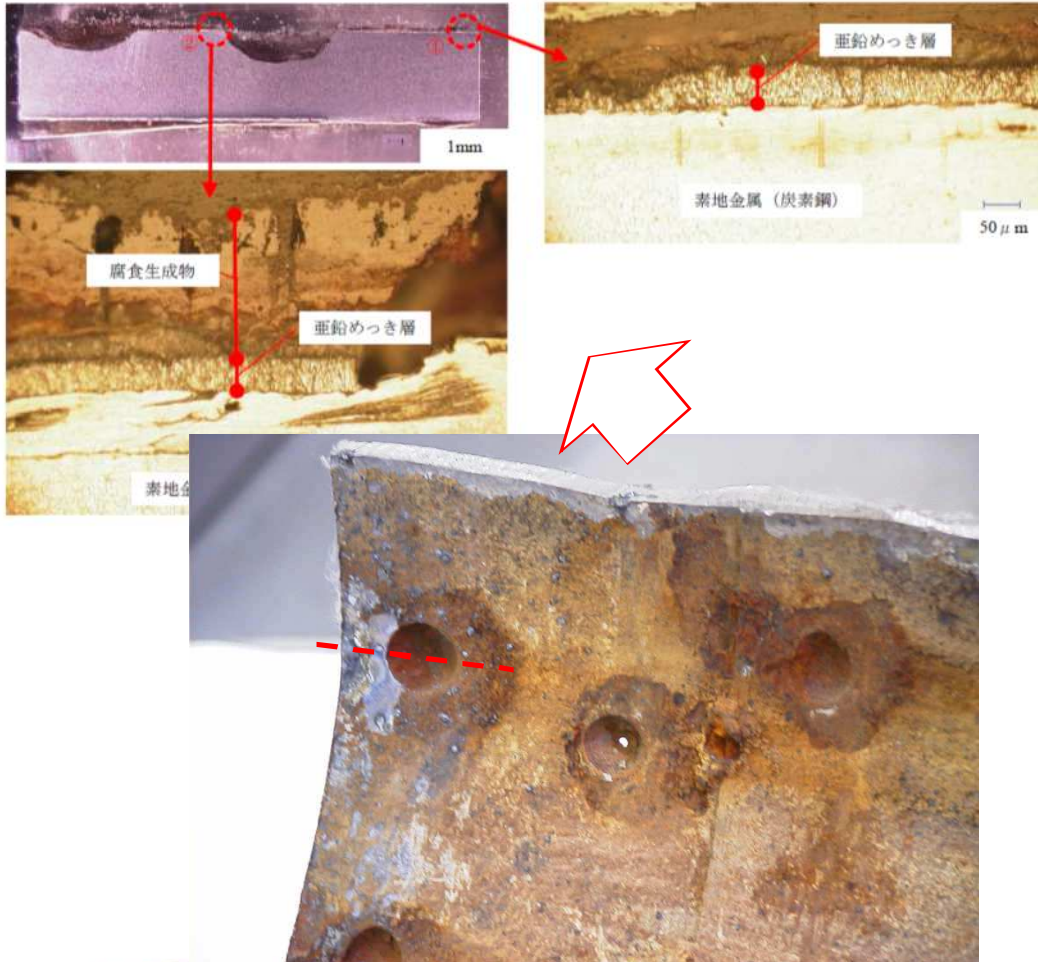


図 東京の水道水 (1000kg) に含まれる物質の重量の一例

参考資料：腐食センターニュースNo.057

解説：局部腐食の発生機構



孔食内部は低pH（酸性）、濃Cl⁻環境へ

局部腐食は、SO₄²⁻とCl⁻の濃縮により促進される

(2) 防食方法 (2/4)

2) アニオン交換処理水のイメージと水質変化

アニオン交換処理

腐食性のイオン

防食性のイオン

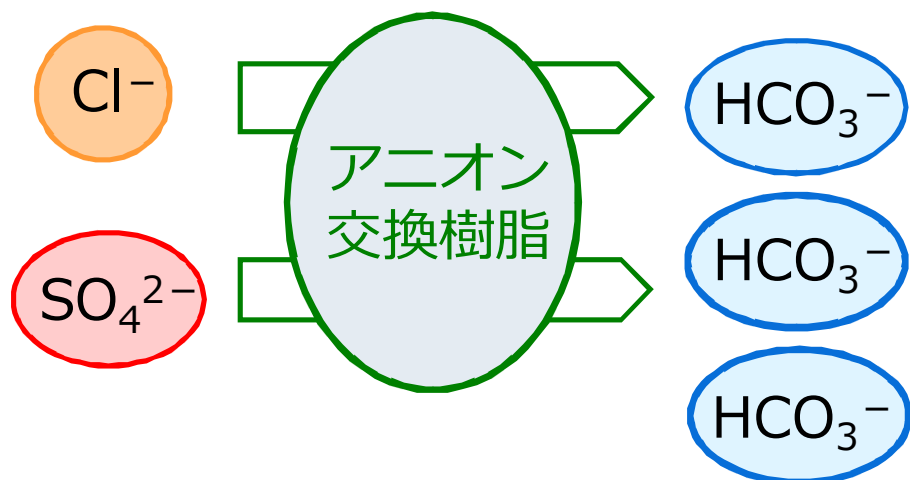


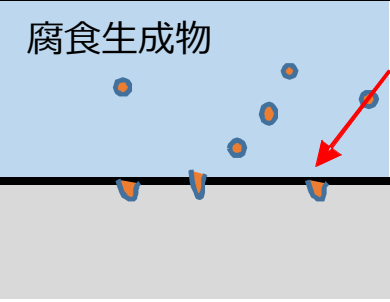
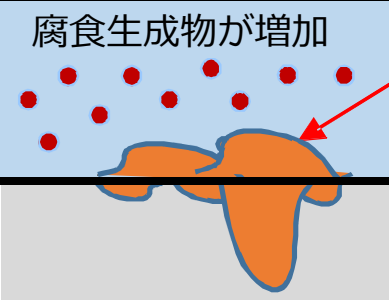
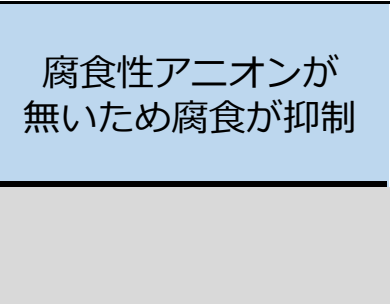
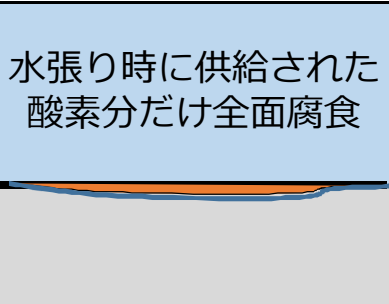
表 アニオン交換処理前後の水質分析結果

項目	東京都水道水	
	処理前	処理後
pH (25℃) 曝気後	7.96	8.21
全硬度 (Ca+Mg) (mg/L)	56	55
Cl ⁻ (mg/L)	10 →	1未満
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	24 →	1未満
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	55 →	111

→ 水道水に含まれるイオンの割合を調整することで防食する技術

(2) 防食方法 (3/4)

アニオン交換処理による腐食対策のイメージ

補給水の種類	水張り直後	数日後 (滞留状態で放置)	数年後
水道水	Cl^- SO_4^{2-} Mg^{2+} Ca^{2+} HCO_3^- Na^+ 腐食性のイオン (Cl^- 、 SO_4^{2-})	腐食生成物  局部腐食の起点	腐食生成物が増加  局部腐食が進行して漏水
	金属配管断面		
処理水	HCO_3^- HCO_3^- Mg^{2+} Ca^{2+} HCO_3^- Na^+ 防食性のイオン (HCO_3^-)	腐食性アニオンが無い ため腐食が抑制  局部腐食の起点ができない	水張り時に供給された酸素分だけ全面腐食  局部腐食の起点ができない
	金属配管断面		

(2) 防食方法 (4/4)

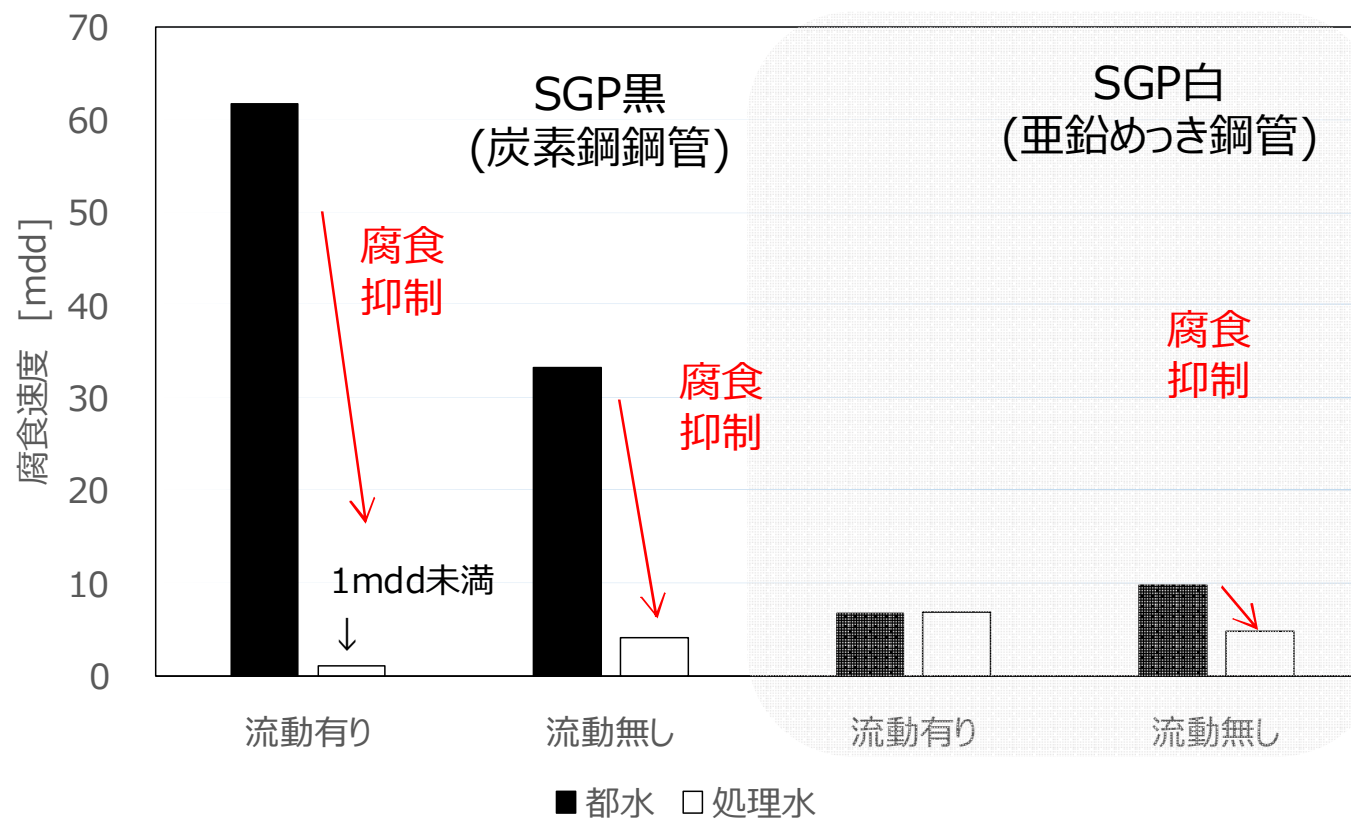
■ 他の防食処理との比較

他の防食処理では対応できない**局部腐食も防止できる**

表 当社開発品と既存の水処理との比較

項目		当社開発品	薬注処理	脱酸素処理
① 防食性能	全面腐食	○	◎	◎
	局部腐食	◎	△	△
② 環境への負荷		◎	×	◎
③ コスト	イニシャル	△	○	△
	ランニング	◎	△	△

(3) 防食効果 炭素鋼鋼管および亜鉛めっき鋼管



腐食速度は、炭素鋼で最大1/60以下、亜鉛で1/2以下

大気開放+50℃昇温 循環後 SGP-黒

試験開始後312日

処理水



東京都水



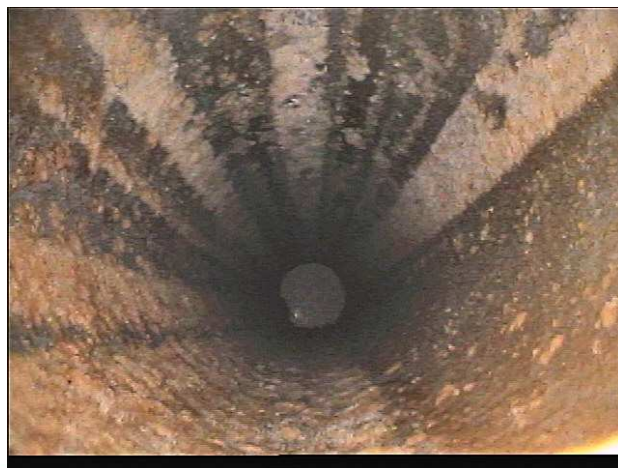
大気開放 + 50°C昇温 循環後 SGP-白

試験開始後312日

処理水



東京都水



3. 無薬注型防食システム“Corro-Guard®”

- ① 技術の概要
- ② 腐食対策技術の詳細
- ③ 導入事例
- ④ 導入後の運用

③ 導入事例

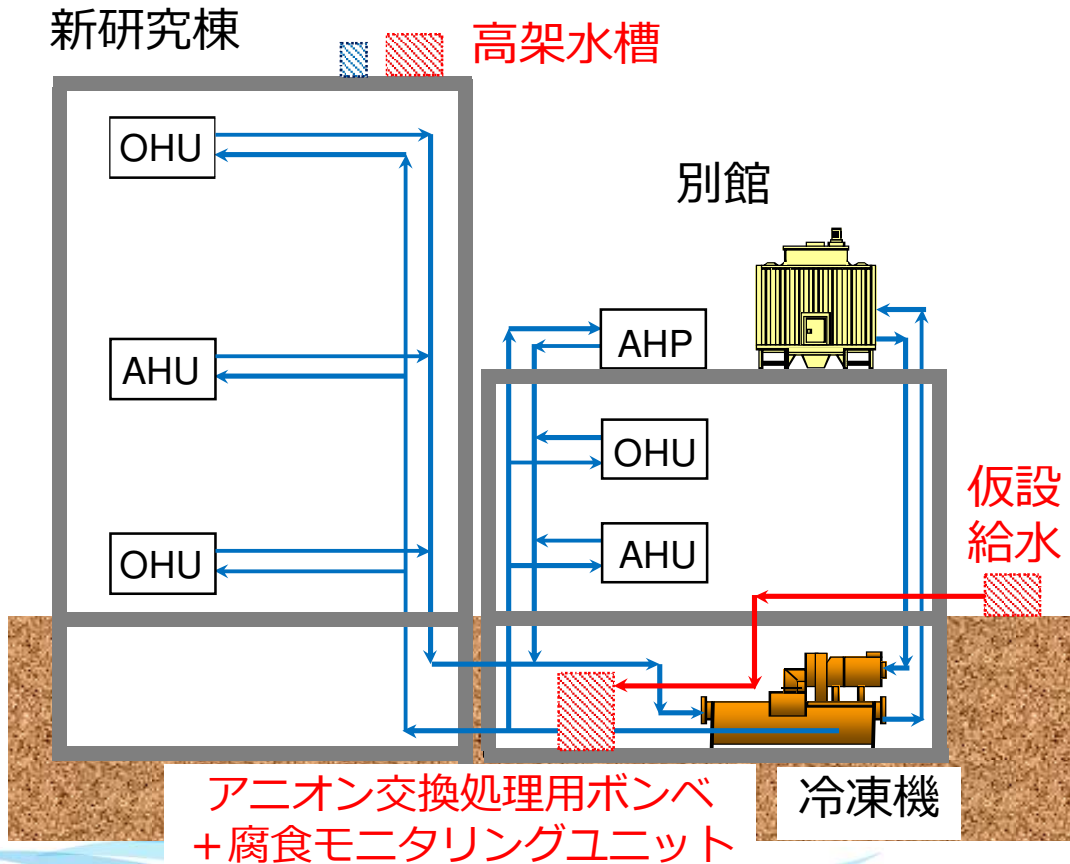
2018年以降、**8** 施設に導入。

N o.	物件名		新築／既設	系統	保有水量[m ³]	導入年月
1	某大学病院	東京都	新築	冷水・温水（密閉回路）	70	2018.6
2	某地域熱供給施設	東京都	既設	冷水・温水（蓄熱槽あり）	7,000	2018.7
3	某事務所ビル	神奈川県	新築	冷水・温水（密閉回路）	180	2018.11
4	某展示場	東京都	新築	冷水・温水（密閉回路）	12	2019.4
5	某事務所ビル	東京都	新築	冷水・温水（密閉回路）	5.3	2020.1
6	某事務所ビル	東京都	新築	冷水・温水（密閉回路）	15.3	2020.4
7	某データセンター	大阪府	新築	冷水（密閉回路）	200	2021.12
8	某製薬会社 研究所	神奈川県	新築	冷水・温水（密閉回路）	1000	2022.1

都内某病院への導入事例

(VE提案：ステンレス鋼管 → 白ガス管 + Corro-Guard)

【システム図】



建物規模

研究棟：地上13階、地下 2階
別館：地上 6階、地下 2階

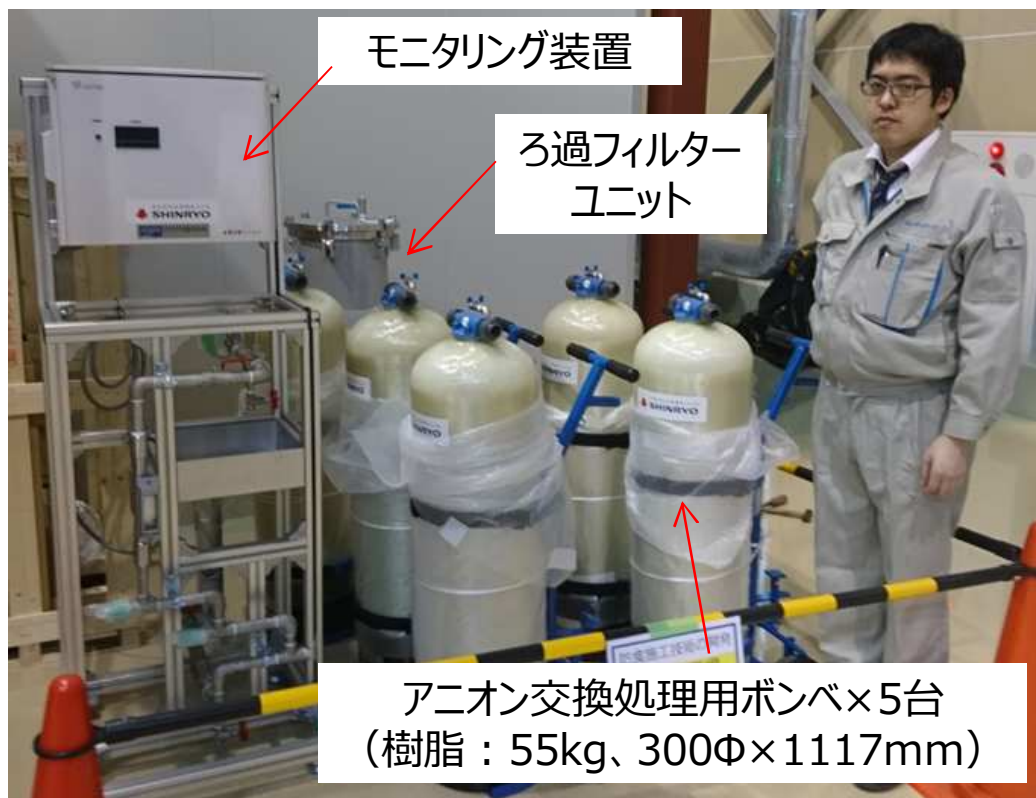
保有水量

68m³ (冷水：35m³、温水：33m³)

Corro-Guard®の仕様

- ・ アニオン交換処理用ポンベ 5本
(処理可能水量：16m³/本)
- ・ 腐食モニタリングユニット 1台

【 都内某病院に導入したCorro-Guardの外観】



(1) Corro-Guard®の導入フロー (1/2)

① 水張り

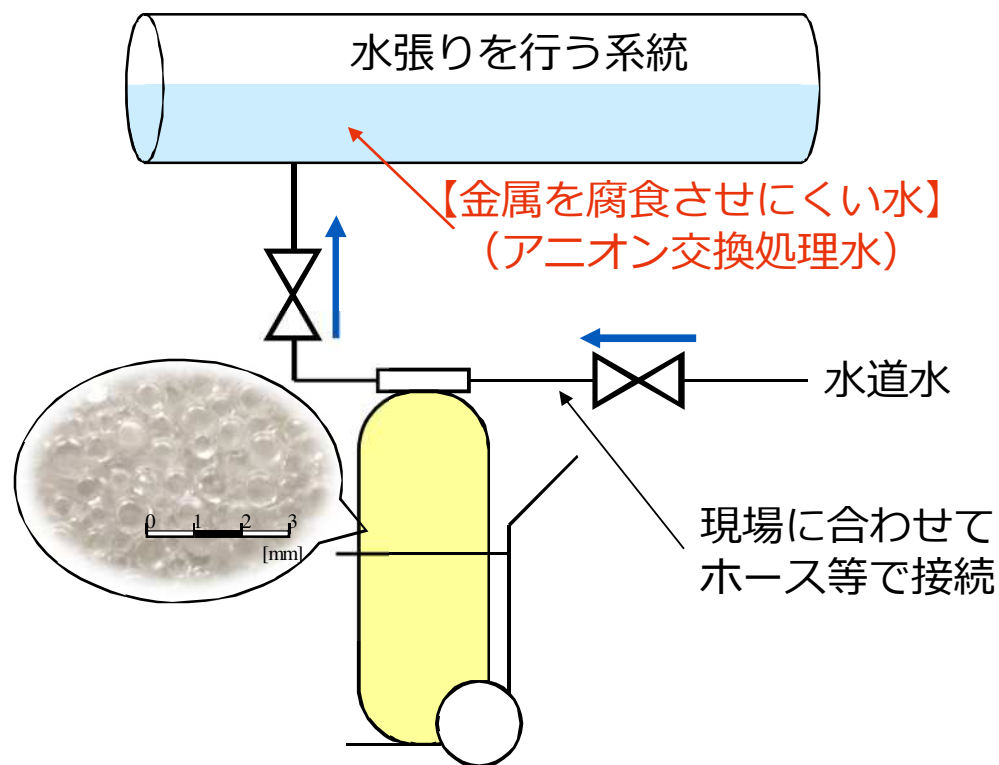


② フラッシング



③ 腐食モニタリング
(運用段階)

・ 水道水から「金属を腐食させにくい水」を作り
水張りに使用



(1) Corro-Guard®の導入フロー (2/2)

① 水張り



② フラッシング →



③ 腐食モニタリング
(運用段階)

pH8.0以上、DO：1mg/L未満、
濁度：5度未満で
フラッシング終了

・循環ろ過によるフラッシング (無排水)



(特許第6114437号)

3. 無薬注型防食システム“Corro-Guard[®]”

- ① 技術の概要
- ② 腐食対策技術
- ③ 導入事例
- ④ 導入後の運用

1. 技術の概要

(1) 特長

① 防錆剤を使用しない防食技術
(予防保全技術)



写真 アニオン交換樹脂

(特許第6114437号、特許第6329672号)

② 腐食センサーによる「腐食の見える化」
(予知保全技術)

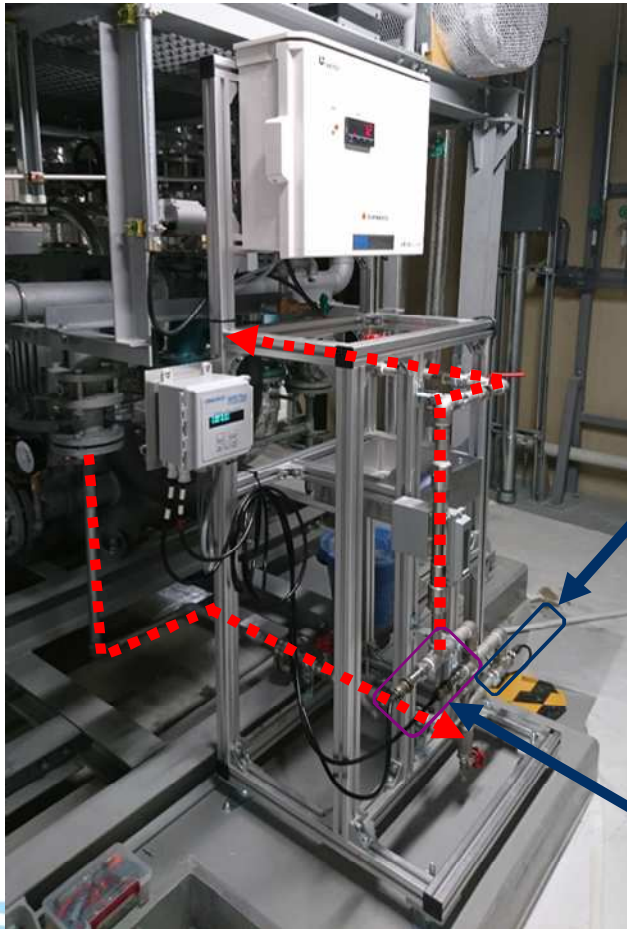


写真 腐食センサー

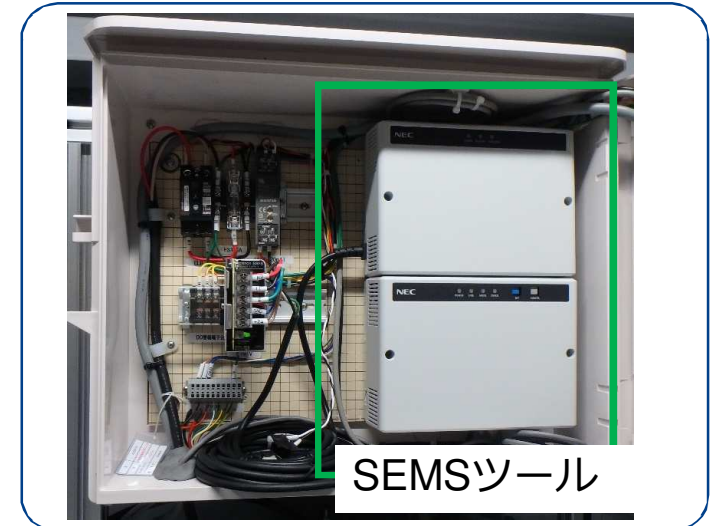
→ 予防保全技術と予知保全技術の組合せで、設備の長寿命化に貢献

都内某大学病院 Corro-Guard 腐食モニタリング装置

① 腐食モニタリング装置の仕様



蛍光式溶存酸素計



SEMSツール



腐食センサ電極 (鉄)



腐食センサ電極 (銅)

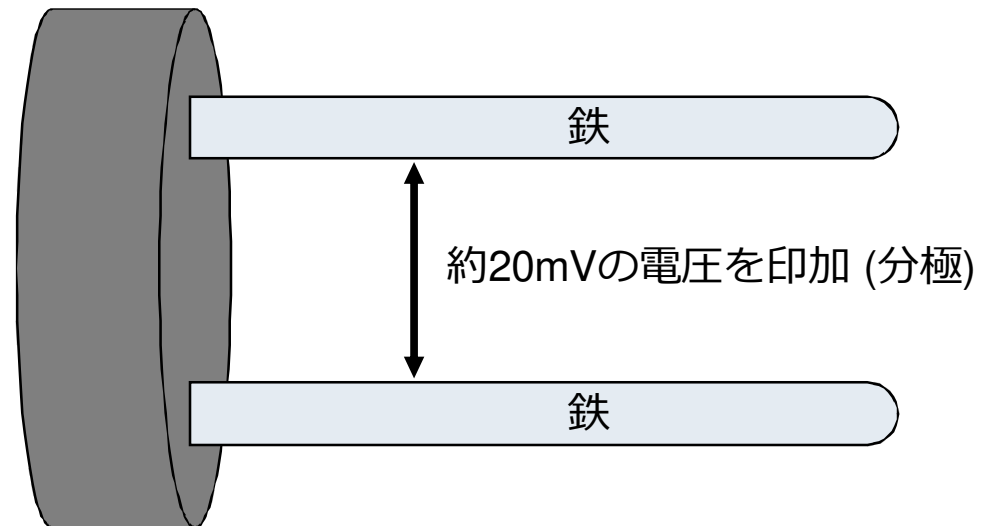
② 腐食モニタリング方法 (センサの測定原理について)

腐食計 : LINEAR POLARIZATION RESISTANCE (LPR) CORROSION RATE INSTRUMENT
9030Plus

測定原理 : LPR(直流分極法)

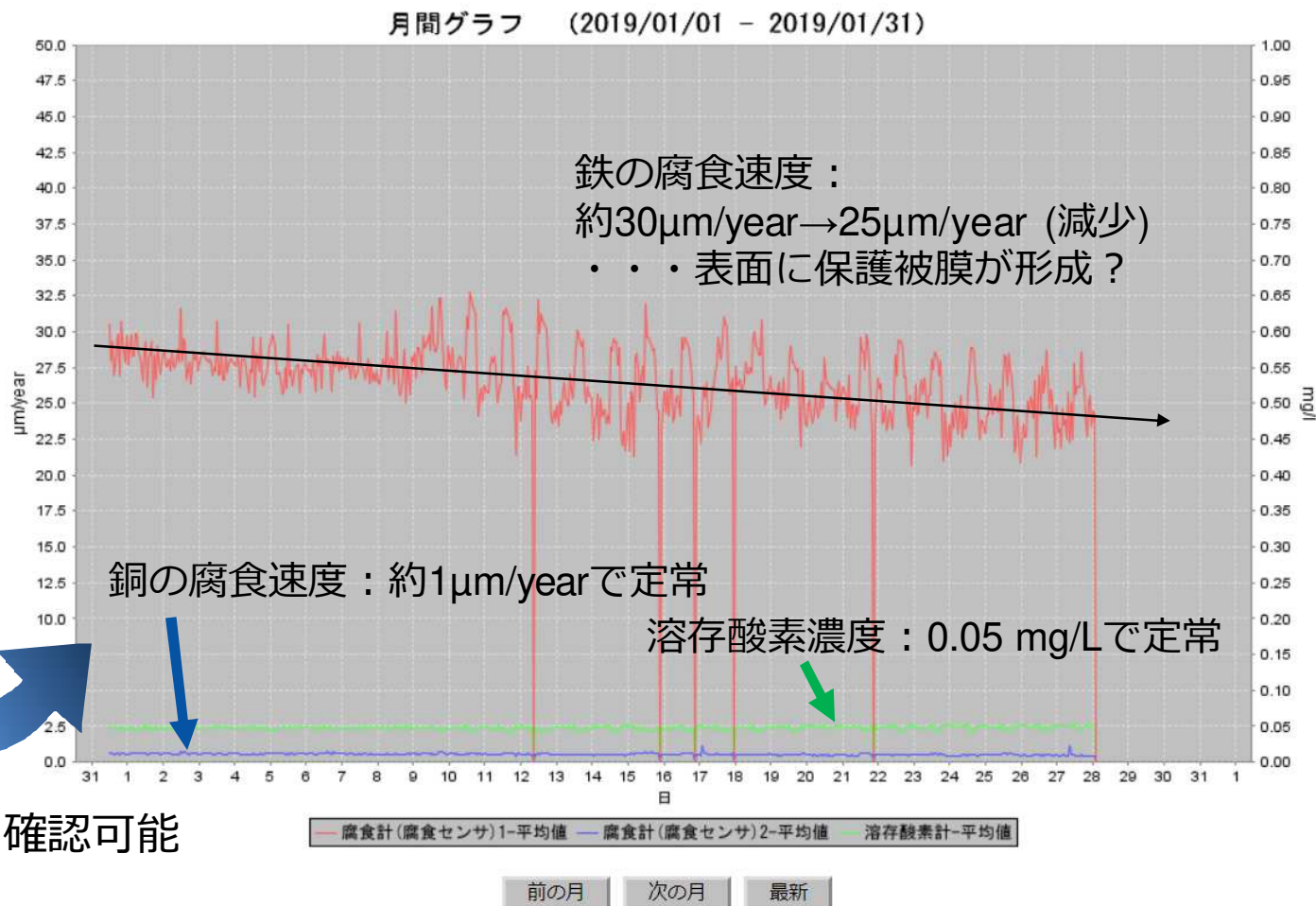
メーカー : COSASCO (アメリカ)

価格 : 約50万



- ① 電極間に約20mVの電圧を印加し、流れた電流を計測
- ② オームの法則 ($V=IR$)から、電極表面の抵抗値 Ω を算出
- ③ 抵抗値と腐食速度の相関関係から、腐食速度を算出

③ 腐食モニタリングの現状



自席で導入物件の腐食状況を簡単に確認可能

再確認：期待される効果

① 設備の長寿命化

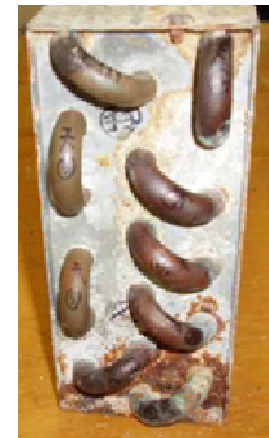
- 局部腐食を防止
- 更新した空調機や冷凍機の熱交換器銅チューブの腐食対策に有効

② フラッシング作業の効率化

- 無排水フラッシング
- フラッシングの完了基準の策定

③ BCP対応

- 災害発生時に空調用水を生活用水として利用可



← 更新した空調機の銅チューブが運用開始から数年で漏水した事例



まとめ

無薬注型防食システム (*Corro-Guard*[®] : コロガード) を導入することで

- 1) 設備の長寿命化により『安全』と『安心』を提供
- 2) 持続可能な社会の実現に貢献

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



よろしく
お願いします

防食技術の開発は、横浜国立大学リスク共生社会創造センターとの共同研究の一環で行われたものです。

横浜国立大学 朝倉祝冶名誉教授、三宅淳巳教授、
岡崎慎司教授、伊藤大輔特別研究教員

共同研究推進委員会

小玉俊明様・委員長（株）カホーテック

藤井哲雄様（有）コージョソテック

高崎新一様（株）ベンチャーアカデミア

山手利博様（武蔵野腐食防食研究室）

縣邦雄様（アクアス株）