

鉄バクテリア存在下における維持管理を 考慮したステンレスタンクの設計事例

日本水工設計株式会社

東京支社 水道部 設計二課
(現所属 海外事業部 技術課)

池田 春樹

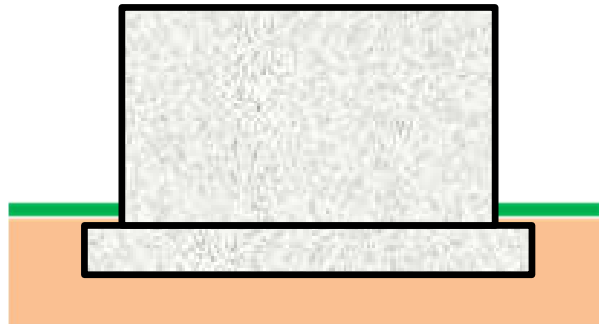
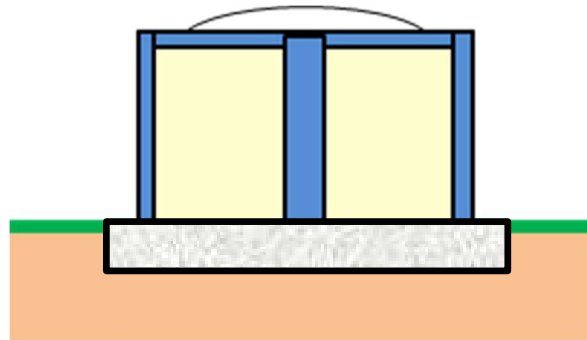
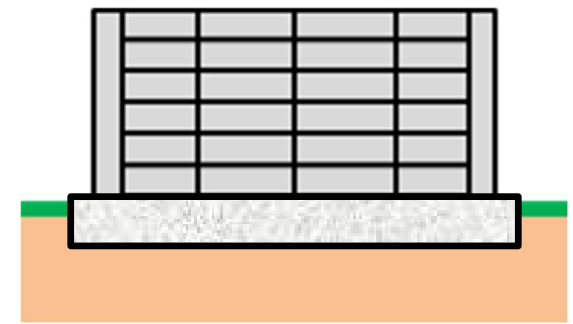
鉄バクテリア存在下における維持管理を考慮した ステンレスタンクの設計事例

【発表次第】

1. はじめに
2. 配水池整備計画について
3. 配水池材質の選定
4. 鉄バクテリア存在下におけるステンレスタンクの腐食対策
5. 得られた知見

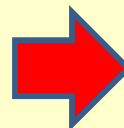
1. はじめに

【配水池の材質】

鉄筋コンクリート製
(RC製)プレストレスト
コンクリート製 (PC製)ステンレス製
(SUS製)

ステンレスタンク

材質の特性上、腐食が生じにくく、防食対策の必要がないため維持管理性に優れる

 建設費用は嵩むものの、ライフサイクルコストを抑えることが可能

「メンテナンスフリー」に疑問！

本当にメンテナンス
フリー？ステンレスタンクを採用した事例について紹介

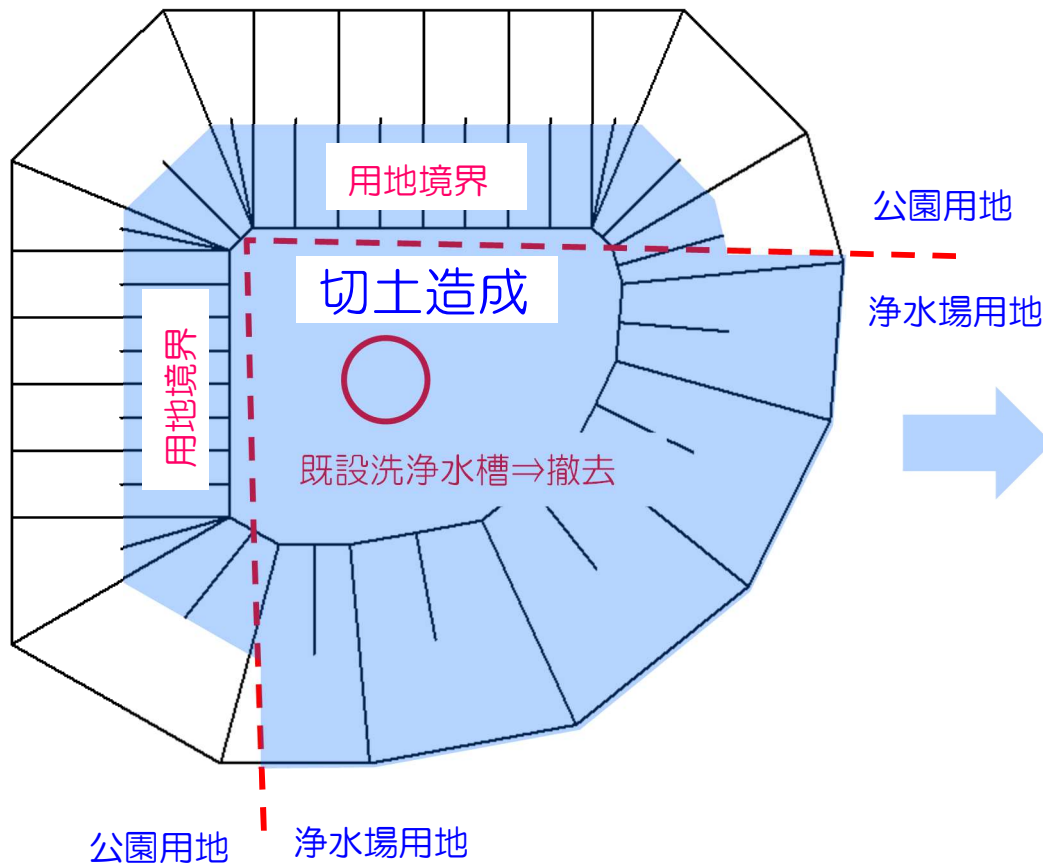
【本発表対象の配水池】

- A市浄水場の更新に伴い、配水池を更新する必要があった。（既設配水池はRC製）
- 浄水場の更新は、既設浄水場用地内で浄水処理の運転を継続しながら更新を行う。
（スクラップ & ビルド）
- 有効容量は約2,000m³

2. 配水池整備計画について

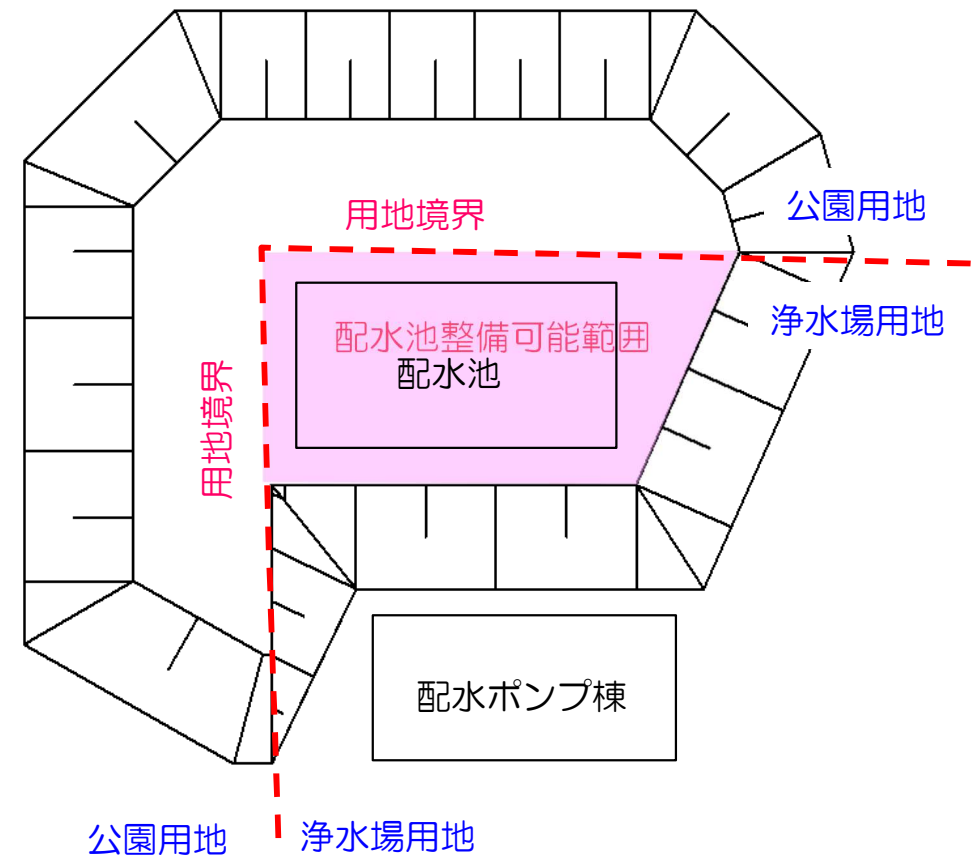
【既設配置図】

現況で丘陵地形の上に整備されている
既設逆洗水槽を撤去



【更新後配置図】

造成（切土）して配水池新設整備



浄水場用地は公園用地に隣接

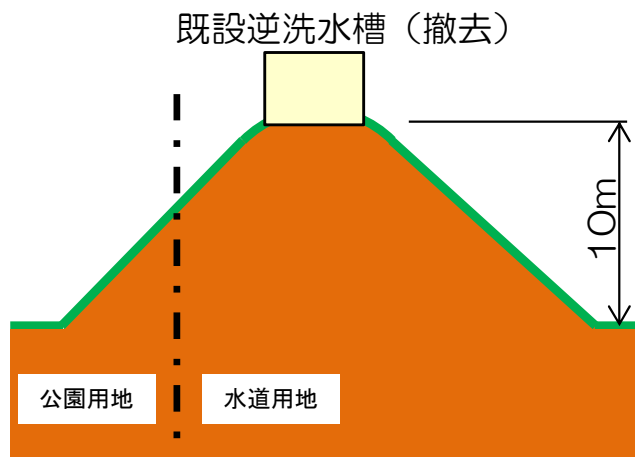
⇒ 更新時、掘削：公園用地内でも○、配水池躯体：公園用地内は×

2. 配水池整備計画について

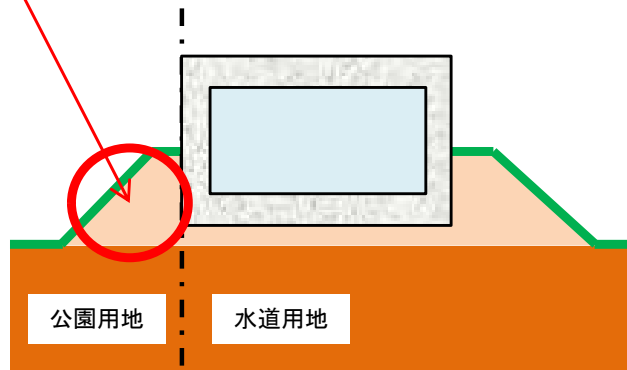
- 公園用地の掘削量は極力減らしたい
- 設置高さが低いと切土量が増大

整備位置が高いため、
ろ過池の逆洗にも使用可能

【現況】

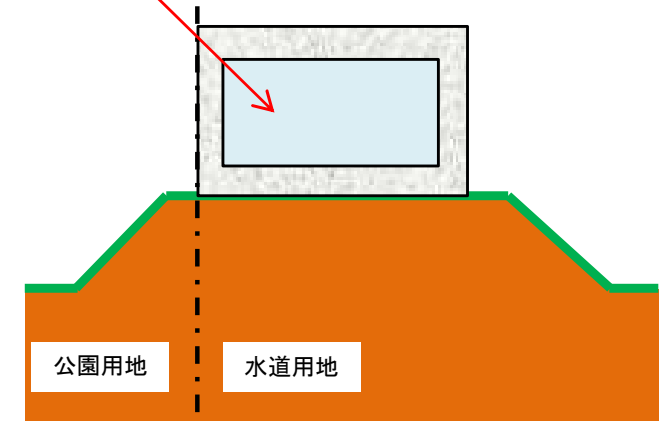


a) 一般的な配水池 (地下式・半地下式)



流入ポンプ揚程小or不要 ○
切土量大→工期嵩む △
公園用地の掘削量多い △
⇒ 不採用

b) 地上式配水池



流入ポンプ揚程大 △
切土量小→工期短縮 ○
公園用地の掘削量少 ○
⇒ 採用

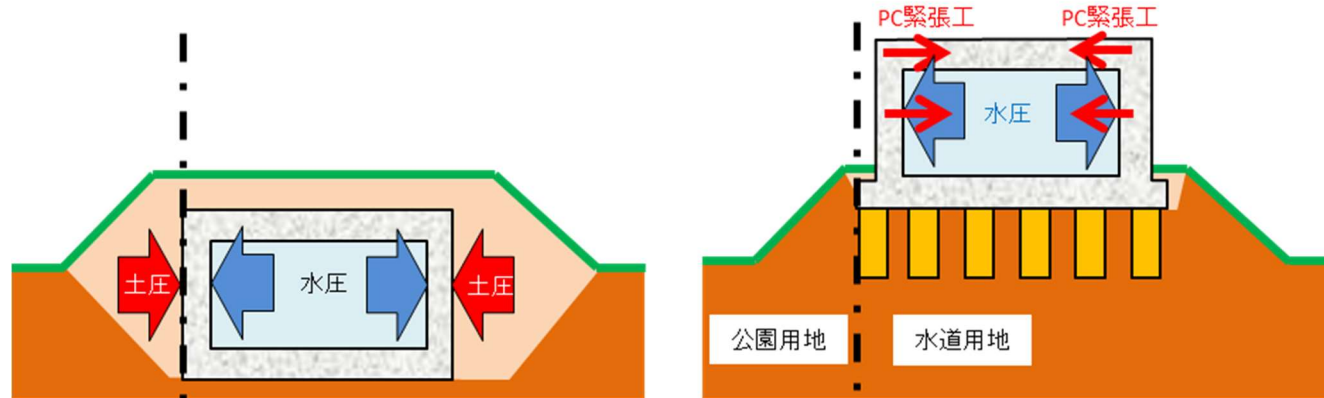
背の高い構造物（配水塔など）

➡ 面積をコンパクトにできるが、躯体及び基礎の施工性、維持管理性から不利

配水池（有効水深：3～6m程度）を
地上式で建設した場合について検討

3. 配水池材質の選定

(1) 鉄筋コンクリート製 (RC製)



(1) 地下式

土圧により水圧による広がりを抑える。今回は前述の通り採用しない。

(2) 地上式

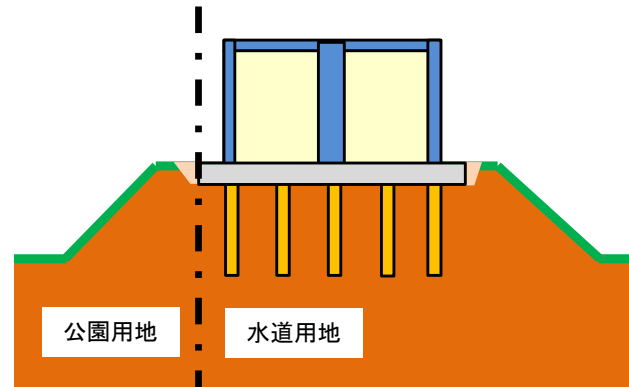
土圧が掛からないため、PC緊張工を行い、水圧による広がりを抑える必要がある。

- 一般的に材料・工事費が安価な工法であり、池状構造物等に多く用いられている。
- 重量が大きい^{ため}、基礎工事の規模が増大。
- 鉄筋腐食対策として防食塗装を用いることが多く、20年程度の周期で内外面防食塗装の塗り替えが必要。
- 地上式においては外側に広がろうとするためひび割れに伴う漏水が生じる。

➡ 地上式RC構造でPC緊張工を計上する必要があった。

3. 配水池材質の選定

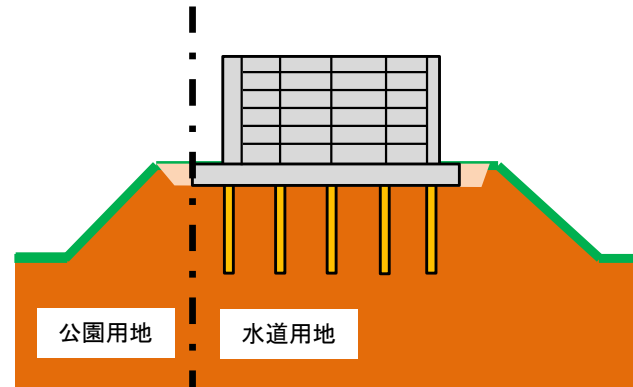
(2) プレストレストコンクリート製 (PC製)



- コンクリートに**緊張力**を与えることで地上式であっても内水圧に抵抗
 - ➡ RC製より**ひび割れが生じにくく、壁厚を薄くできる。**
 - ➡ 壁を薄くすることで材料費や基礎に掛かる**費用が低減可能。**
- 維持管理はRC製同様、**20年程度の周期で内外面防食塗装の塗り替えが必要**
- プレストレスを作用させる工程があるため、**施工の難易度が高い。**
- **円筒形が標準**であり、今回の用地では配置の**制約が大きくなる。**

3. 配水池材質の選定

(3) ステンレス製 (SUS製)



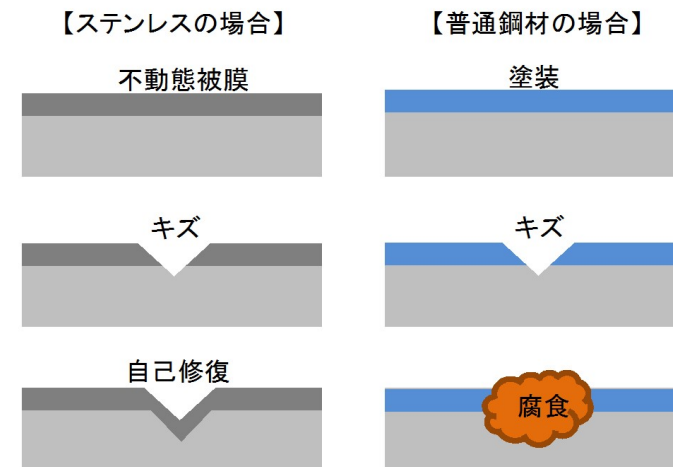
- 重量が軽く、**工期が短縮可能**。
- 材料の耐食性が高いことから、**防食塗装が不要**。
- 将来撤去する際には材料の**リサイクルが容易**。
- 他構造形式と比べ**材料費が高い**。
- 全面ステンレス溶接のため、**高い施工技術も必要**。

➡ **ライフサイクルコストが縮減可能**

ステンレス（Steel Use Stainless）とは・・・

- 鉄（Fe）を主成分（50%以上）とし、
クロム（Cr）を10.5%以上含む合金
- 表面に形成された**不動態被膜**により
錆びにくい材質。
- 不動態被膜は傷ついて破壊されても瞬時に再生する性質**
⇒ **高い耐食性が実現**

【ステンレスの自己修復】



- イオン化傾向が「銅」と同じ程度であり、大部分の金属より安定しているため、
異種金属接触による腐食が生じにくい。
⇒ 「**錆びにくい**」材質ではあるが、「**錆びない**」材質ではない。
- 耐食性は成分によって異なる。ステンレスタンクには、SUS304、SUS316、SUS329J4Lなどが用いられる。（耐食性は304<316<329J4L）
- 通常の鋼材**は、酸化して錆が生じるため**表面に塗装**を施して使用することが前提。

配水池材質選定表

項 目	SUS 製	PC 製	RC 製
建設費	546 百万円	492 百万円	613 百万円
維持管理費	28 百万円	173 百万円	134 百万円
解体・撤去費	68 百万円	60 百万円	67 百万円
処分費	▲13 百万円	9 百万円	16 百万円
ライフサイクルコスト（60 年）	629 百万円	734 百万円	830 百万円
工期（現場）	4 ヶ月	6 ヶ月	7 ヶ月
考察	本浄水場における条件では最も<u>施工性が良く、工期短縮を図ることができる。</u> <u>高い耐食性能によりメンテナンスに必要な手間やコストを低減でき、ライフサイクルコストで最も安価のため、採用案とする。</u>	<u>建設費を抑えることができるものの、施工性、再利用、工期の点でステンレス案に劣る。</u>維持管理費及び撤去工事における費用と建設副産物の処分等を踏まえると高額であり、不採用とする。	本浄水場における施工条件では地下式が難しく<u>地上式となるため高額</u>であり、施工性も他案より劣る。維持管理及び撤去工事における費用と建設副産物の再利用を踏まえると高額であるため、不採用とする。
評価	◎（採用）	△	△

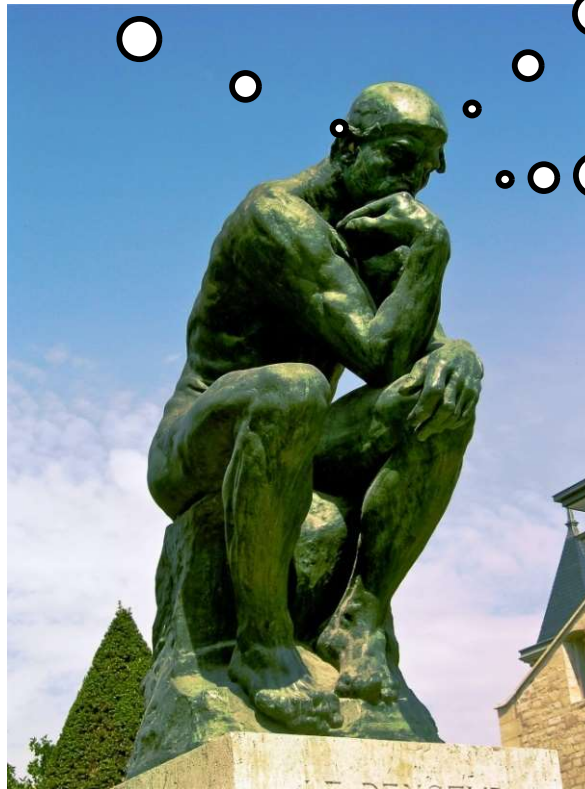
ステンレスタンク（SUS製）がメンテナンスフリーであり、ライフサイクルコストに優れている。

A市でステンレスタンクは初めての採用

本当に
メンテナンスフリー？

清掃頻度はどのくらい？

維持管理項目？



供用開始から年数を経た他自治体のステンレスタンクの清掃に同行し、
維持管理方法を調査！

4. 鉄バクテリア存在下におけるステンレスタンクの腐食対策

4-1. 配水池内の鉄バクテリア検出（B市の事例）

他自治体におけるステンレスタンクの整備事例を参考に**維持管理費の妥当性を確認**することを目的として、B市に整備されたステンレスタンク（水源は自己水源（地下水）と用水受水（表流水）の混合、容量は約10,000m³）の清掃時に内部を調査する機会を設けた。



【外観】



【天井】



【内部補強】



【マンホール】



【底部ピット状況】



【内部補強】

4. 鉄バクテリア存在下におけるステンレスタンクの腐食対策

4-1. 配水池内の鉄バクテリア検出（B市の事例）



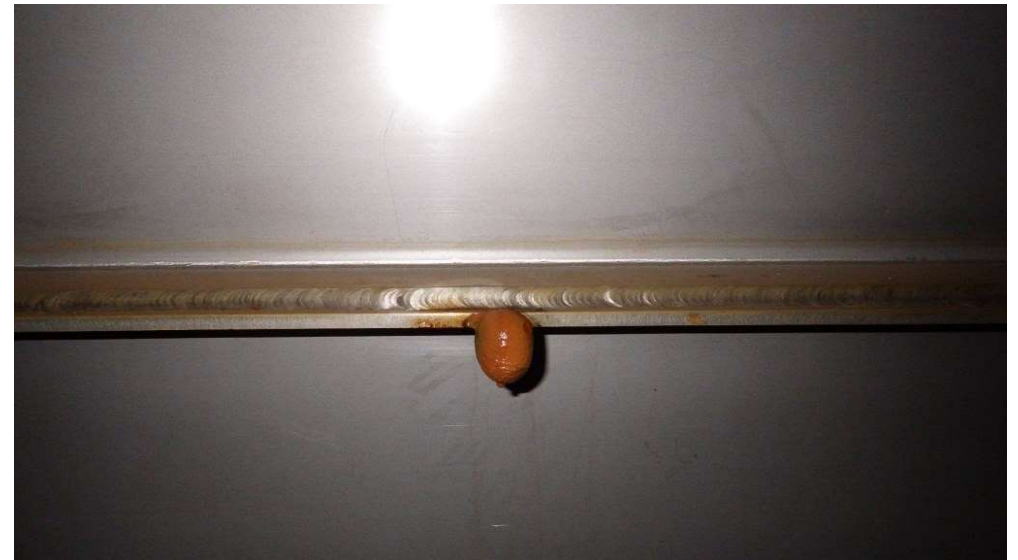
【底部補強材の腐食①】



【底部補強材の腐食①（拡大）】



【内部補強材（水平方向）の腐食①】



【内部補強材（水平）の腐食①（拡大）】

4. 鉄バクテリア存在下におけるステンレスタンクの腐食対策

4-1. 配水池内の鉄バクテリア検出（B市の事例）



【底部補強材②の腐食】



【底部補強材③の腐食】



【側壁の腐食】



【既補修箇所】

4. 鉄バクテリア存在下におけるステンレスタンクの腐食対策

4-1. 配水池内の鉄バクテリア検出（B市の事例）



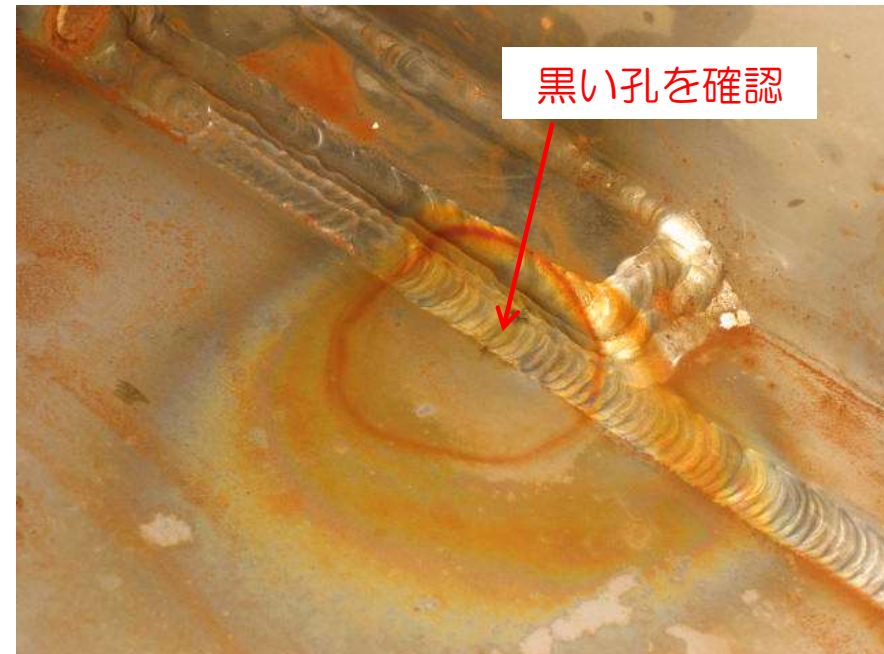
【内部補強材の腐食②】



【内部補強材の腐食③】



【既補修箇所の腐食】



【腐食スライム除去後】

4. 鉄バクテリア存在下におけるステンレスタンクの腐食対策

4-2. 鉄バクテリアによるステンレスの腐食発生要因の推定

【B市ステンレスタンク調査結果】

- ① 鉄分酸化により茶色のスライムが形成。
- ② スライム状の鉄錆を除去すると中心に黒い点の腐食。
- ③ **水の流れが滞留しやすい箇所**（補強材と壁の間等）で腐食が発生。
- ④ ステンレス材質に**SUS304を水中で用いた部分**に腐食が発生。
- ⑤ 地下水と浄水処理済みの表流水の混合水を原水とする配水池内で発生。
- ⑥ 配水池内の水中には、
塩素で死滅するはずの「鉄バクテリア」を検出！
（数十個程度／100ml）
- ⑦ **清掃は3年に1度**程度の頻度で実施。
- ⑧ 腐食箇所は**20箇所程度**である。

4. 鉄バクテリア存在下におけるステンレスタンクの腐食対策

4-2. 鉄バクテリアによるステンレスの腐食発生要因の推定

鉄バクテリア（鉄細菌）とは・・・

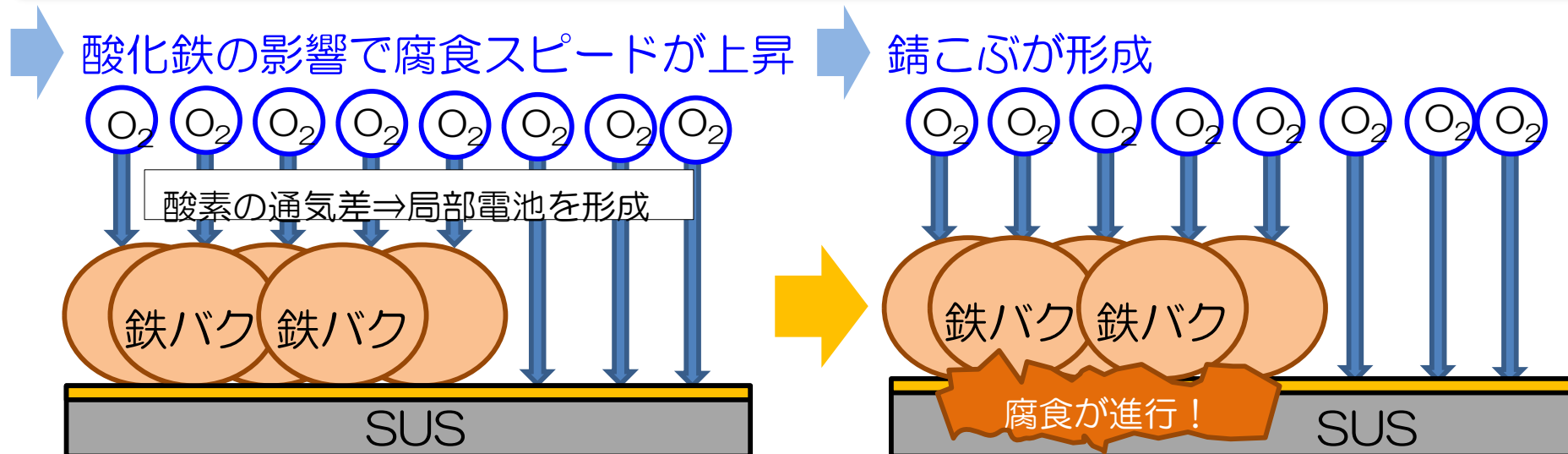
水中に溶存している鉄を酸化し、水に不溶性の水酸化鉄（Ⅱ）又は（Ⅲ）とし、これを菌体の内外に沈着、蓄積する性質を持つ細菌

➡ 酸化鉄となる（死骸でも）

➡ ステンレス表面のキズに沈着すると異種金属接触腐食の可能性あり

もしくは・・・ 酸素濃淡電池

鉄バクテリアの付着したステンレス表面は、水酸化鉄がある場所とない場所を通気差が生じ、**局部電池を形成**⇒不動態被膜が破壊

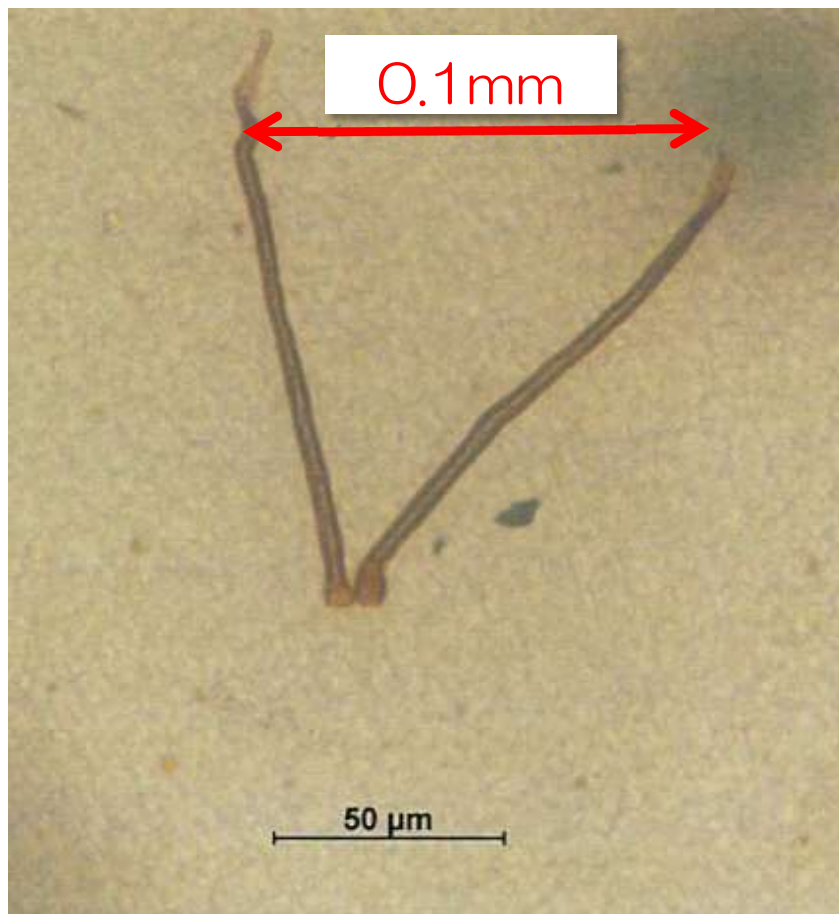


4. 鉄バクテリア存在下におけるステンレスタンクの腐食対策

4-3. A市既設配水池からの鉄バクテリア検出

【調査目的】 更新対象浄水場内の既設配水池において鉄バクテリアを測定し、**現行の塩素滅菌の性能を確認**するとともに、**新設する配水池の材質**の検討資料とする。

更新対象浄水場の既設配水池でも少数の鉄バクテリアを検出！



Crenothrix polyspora (×400)

本来、鉄バクテリアは、

浄水処理の過程で除去されているべき



配水池内の残留塩素濃度は0.9mg/ℓ程度確保



今回も、大半は塩素滅菌により
死滅していたものと推測



検体の採取箇所が、

水流が少なく残留塩素濃度が低下しやすいエリア
(流出側上層)であったことから存在が可能

4. 鉄バクテリア存在下におけるステンレスタンクの腐食対策

4-5. ステンレスタンクの腐食対策方法と対策費用

【ステンレスタンクの腐食対策】

腐食箇所を補修するため、耐腐食性能に特に優れる

SUS329J4Lの板材を溶接して取り付ける方法

① 1箇所あたり10万円程度（直接工事費）

② 5年に1回の清掃で5箇所程度の補修を仮定

直接工事費： 5,500千円（/60年）



経費込み： 10,000千円（/60年）



項 目	SUS製	PC製	RC製
建設費	546百万円	492百万円	613百万円
維持管理費	当初28百万円→ 38百万円	173百万円	134百万円
解体・撤去費	68百万円	60百万円	67百万円
処分費	スクラップ ▲13百万円	9百万円	16百万円
ライフサイクルコスト(60年間)	639百万円	734百万円	830百万円

腐食箇所の補修を加味しても評価順位に変動はなく、
発注者との合意により、ステンレスタンクを採用

5. 得られた知見

ステンレスタンクは、建設費用が嵩むものの、維持管理費を抑えることができるという長所がある。



ステンレスタンク内に鉄バクテリアが存在した場合には、腐食対策のための補修が必要！

本事例では、維持管理費を加味してRC製やPC製の配水池とのライフサイクルコストの比較

⇒ ステンレスタンクの維持管理費は大きく増加せず、比較案の評価に変動はなかった。

5. 得られた知見

【今後の課題】

ステンレスの腐食の原因

- 塩素やきずによる不動態被膜の破壊
- 異種金属接触腐食
- 滞留による微生物繁殖等の要因

解明！

対策効果を明確にし、対策方法を確立！

5. 得られた知見

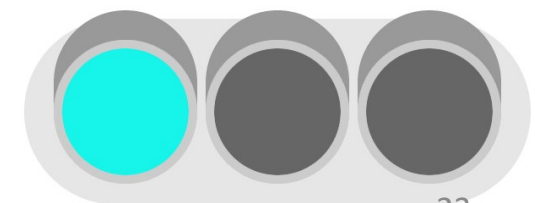
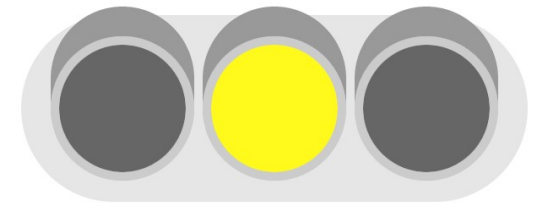
【飲み水の安全に向けて】

- 「おいしい水」へのニーズ ⇒ 低い塩素濃度で配水
- 技術の継承が懸念される事業体が多い
- 本事例における「鉄バクテリア」も本来は浄水処理の過程で除去されているはず

最も優先すべき「飲み水の安全」に
黄色信号！



今後は飲み水の安全を確保するための、
適切な水質管理が実施されるように
働きかけることが重要！



(公社) 全国上下水道コンサルタント協会
技術報告集 (第34号)

「鉄バクテリア存在下における維持管理を考慮したステンレスタンク的设计事例」



ご清聴
ありがとうございました