



都合により一部のデータについて非表示としています。

1

第56回下水道研究発表会（R1.8.8）

N-8-2-2

# 下水処理場における 耐硫酸防食被覆工法の 現地調査結果について

日本下水道事業団 技術戦略部 技術開発企画課

○中西 啓，山下 洋正（現・土木研究所），清水 克祐



### JSの取組み状況

- 1987年:「コンクリート防食塗装指針(案)」を制定。
- 1991年:「コンクリート防食指針(案)」を制定。
- 2001年:「下水道構造物に対するコンクリート腐食抑制技術及び防食技術の評価に関する報告書」(技術評価)
- 2002年:「下水道構造物に対するコンクリート腐食抑制技術及び防食技術指針・同マニュアル」制定  
→性能評価型への移行
- 2007年:JS防食マニュアル第1次改訂  
→性能規定を定め品質強化
- 2008年:「耐硫酸モルタル防食技術」(技術評価)
- 2012年:JS防食マニュアル第2次改訂  
→耐硫酸モルタル工法追加
- 2015年:「シートライニング工法(光硬化型)による防食技術」(技術評価)
- 2017年:JS防食マニュアル第3次改訂  
→プリプレグ工法追加、JIS対応

→JSでは、硫酸によるコンクリート腐食に係る各種の防食被覆工法について技術開発を行うとともに、技術基準の整備を継続的に行ってきた。



## ● 調査内容(位置づけ)

3

JS技術開発基本計画(第4次) H29~33年度

開発目標

総合的な下水道施設腐食対策技術の確立

開発課題

耐硫酸防食被覆工法の事後調査

現地調査

有機酸・炭酸による腐食の対策技術の確立

下水道施設の金属腐食に関する調査研究

下水道施設の腐食対策技術の体系化

★様々な要因(硫酸、有機酸、炭酸)によるコンクリート腐食に対する防食技術を開発・実用化することにより、下水道施設における総合的な腐食対策を確立。



## 調査目的

実際の腐食環境条件と施工後の防食被覆層の劣化状況の関係把握



JS防食マニュアル※における耐硫酸防食被覆工法の課題抽出



下水処理場における防食技術の改良・向上

※日本下水道事業団「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル」(平成29年12月)



## 腐食環境調査

調査項目		調査内容	
腐食環境指標	液相中	水温,pH,ORP	硫化物生成状況
	気相中	H <sub>2</sub> S濃度,CO <sub>2</sub> 濃度	硫化水素ガス発生状況
防食被覆面		表面pH	硫酸の生成状況

## 詳細調査（現地試験）

調査項目	調査内容	
目視（表面異状）	目視、計測、記録	膨れ・ひび割れ・剥離 軟化・脆弱化・摩耗等
接着試験	防食被覆層の付着強度（建研式引張強度試験機）	



## 詳細調査（物性試験）

試験項目	調査内容
引張試験	防食被覆層の引張強度(JIS K 7164)
曲げ試験	防食被覆層の曲げ強度(JIS K 7017)
バーコル試験	防食被覆層の硬度(JIS K 7060)
防食被覆層厚さ測定	防食被覆層の厚さ(マイクロメーター)
硫黄侵入深さ	防食被覆層及びコンクリートへの硫酸イオンの侵入深さ(EPMA分析)
中性化深さ測定	コンクリート中性化深さ(JIS A 1152)



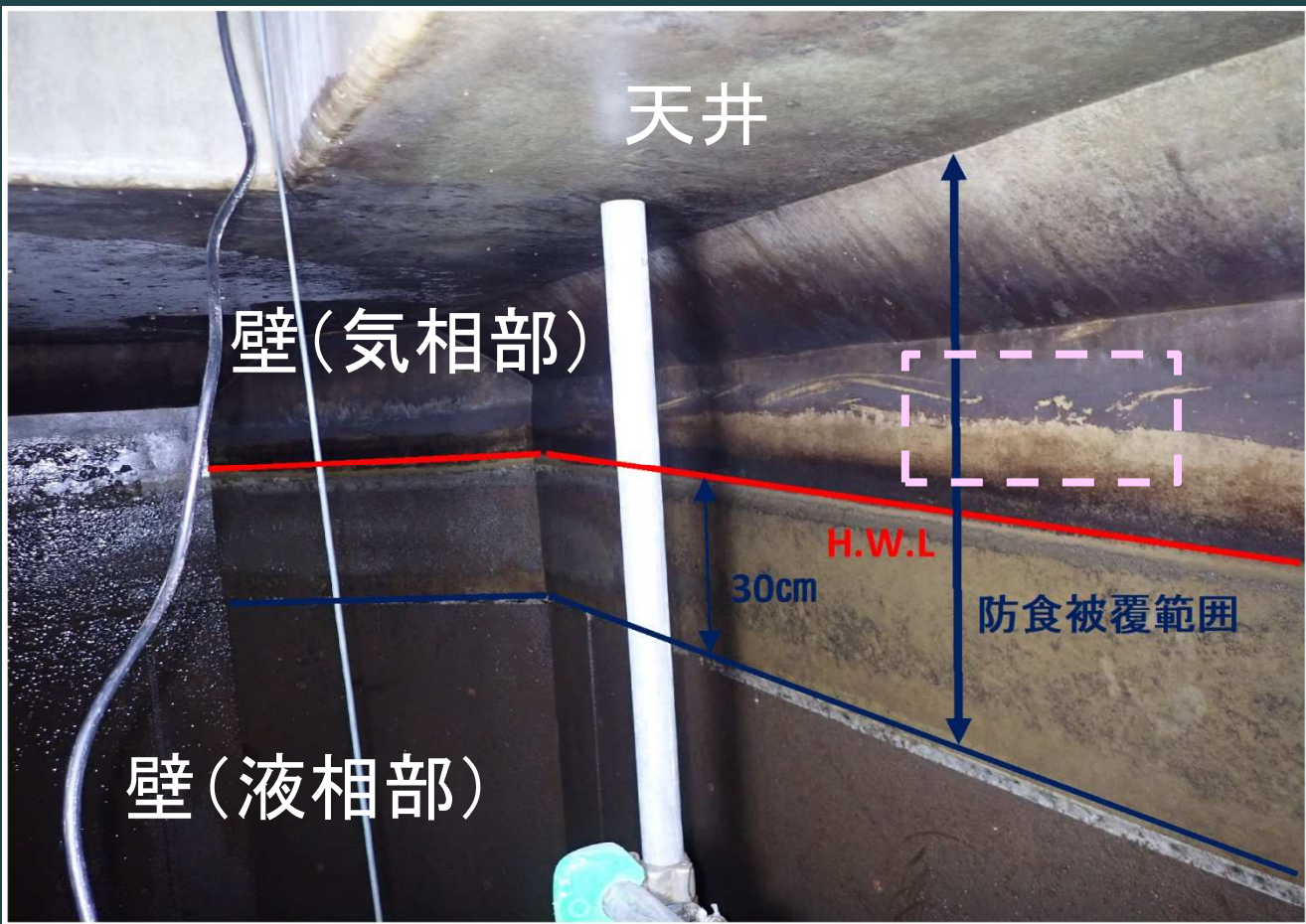
## 現地調査先一覧

調査先		A箇所	B箇所	C箇所
対象施設			プリアレーション タンク(気相部)	濃縮汚泥受槽 (気液界面)
防食被覆層	工法		塗布型ライニング 工法(C種)	塗布型ライニング工 法(D種)
	材料		セラミックライニン グ材	ポリアウレア樹脂
防食被覆層 供用年数			4年経過(H26~)	13年経過(H17~)
躯体 供用年数			25年経過 (H5~)	13年経過 (H17~)
調査期間				H31.2.19~3.13



# ● 調査結果

B箇所  
プリアレーションタンク(気相部)

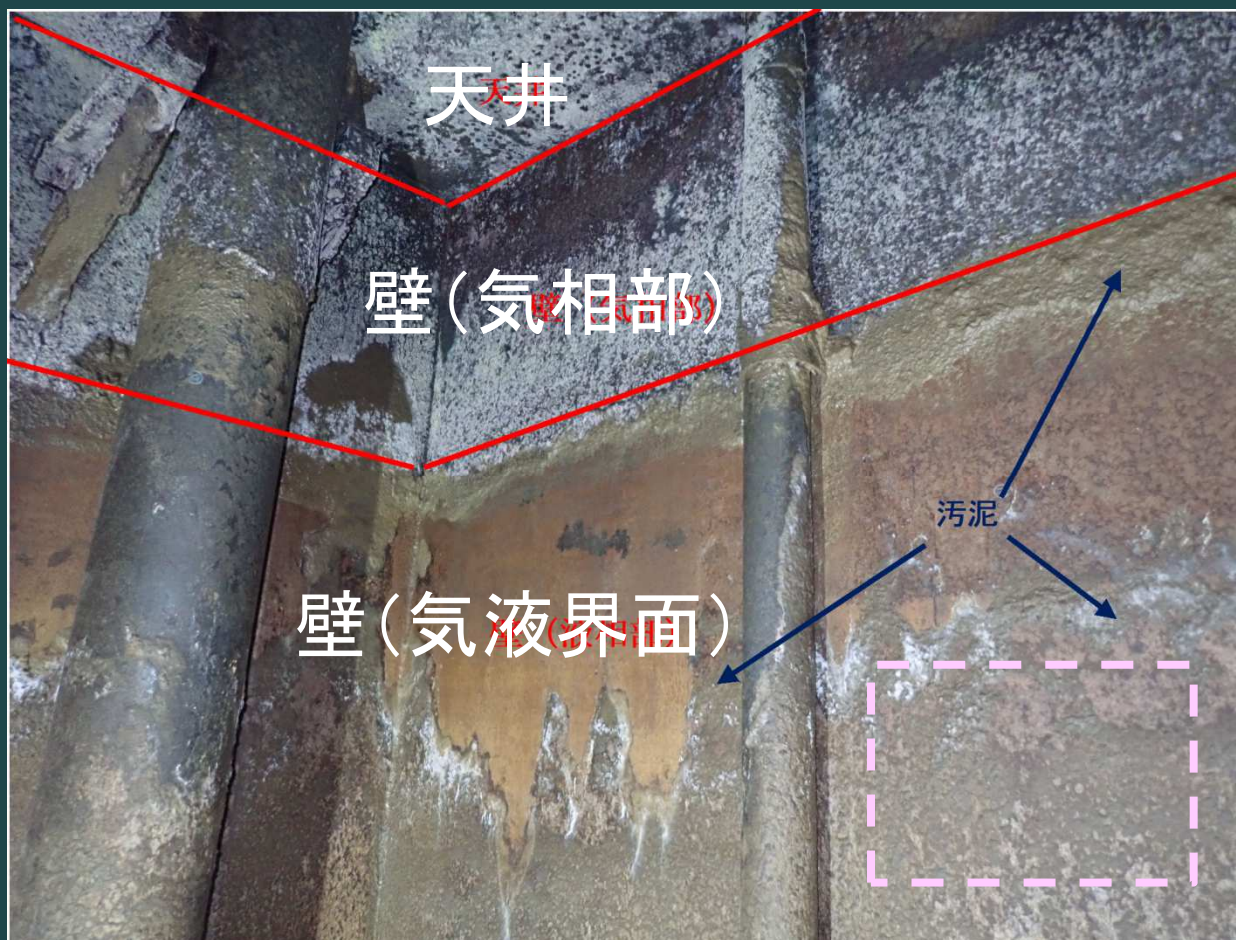






# ● 調査結果

C箇所  
濃縮汚泥受槽(気液界面)







## 腐食環境調査

調査項目			A箇所	B箇所	C箇所	
腐食環境指標	液相中	水温	A箇所	プリアレーションタンク (気相部)	濃縮汚泥受槽 (気液界面)	
		pH			13.0℃	14.0℃
		ORP			6.8	5.0
	気相中	H <sub>2</sub> S濃度			50	<u>-45</u>
		防食被覆面			表面pH	平均:9.1ppm 最大:72.6ppm
						<u>2</u>

→特にC箇所では、硫化水素ガス濃度がJS 防食マニュアルの設計腐食環境 I 類(50ppm以上)を大きく上回った。



## 詳細調査(現地試験)

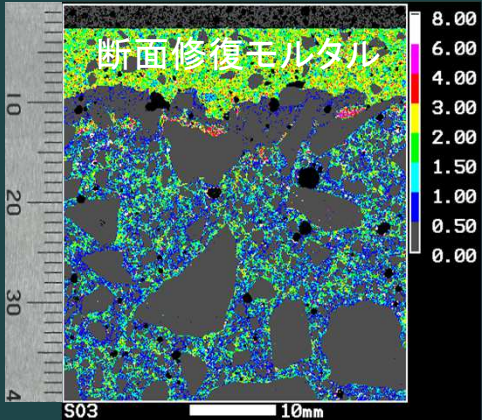
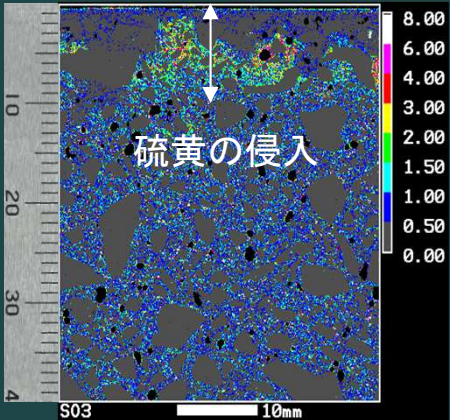
試験項目		A箇所	B箇所	C箇所
目視 (表面異状)				
			膨れや浮きは見られず健全な状態	<u>壁や床に防食被覆層の膨れや浮きあり</u>
			3.41N/mm <sup>2</sup> (2.27)	<u>0.30N/mm<sup>2</sup>(0.20)</u>
接着試験	測定値 (強度比※)			
	破断状態	断面修復材と防食被覆層の間	素地調整材と防食被覆層の間	

※品質規格の接着強度1.5N/mm<sup>2</sup>に対する比率

→C箇所では、JS 防食マニュアルで求めている品質規格の接着強度1.5N/mm<sup>2</sup>に対して、下回る結果となった。また、いずれもプライマー部で破断していた。



## 詳細調査(物性試験)

試験項目	A箇所	B箇所	C箇所
硫黄侵入深さ (コンクリート)			
		0mm	<u>9mm</u>
硫黄侵入深さ (防食被覆層)		<u>22.0μm</u>	<u>114μm</u>
中性化深さ 測定		0mm	0.7~5.5mm
防食被覆層 厚さ測定		2.06mm	4.38mm


→C箇所では、防食被覆層下のコンクリートへの硫黄の侵入や中性化の進行を確認。  
→いずれも、防食被覆層自体への硫黄の侵入はほとんど確認されなかった。





## 詳細調査(物性試験)

( )内は、当初の測定値

試験項目	A箇所	B箇所	C箇所
引張試験		 測定不能	引張強さ: <b>3.371MPa</b> (15MPa)
曲げ試験		弾性率: 22.6MPa (不明)	弾性率: <b>64.8MPa</b> (192MPa)
バーコル試験		39 (不明)	<u>測定不能: 柔らか過ぎ</u> (不明)

→C箇所では、引張・曲げ試験で強度の低下が見られ、バーコル試験結果からは、防食被覆層が変質している可能性が見られた。



## 現地調査結果まとめ

本調査では、3箇所の下水処理施設における現地調査によって、以下の結果が得られた。

- ▶ 防食被覆層の接着強度について、プライマーを使用する防食被覆工法においてプライマー部の接着強度が低下する事例が確認された。
- ▶ いずれの箇所においても、防食被覆層自体の硫黄侵入に対する遮断性が確認された。
- ▶ 硫化水素濃度が高い環境にあり、表面異状(膨れや浮き)がみられた箇所では、防食被覆層下のコンクリートへの硫黄の侵入や中性化が進行する事例が確認された。

## 今後の予定

- ▶ 引き続き、他の下水処理施設での現地調査を実施し、実際の腐食環境条件と施工後の防食被覆層の劣化状況の関係等について把握を進める予定である。
- ▶ 調査先の選定に当たっては、調査実施箇所数に限りがあるので、防食被覆層の供用年数や工法を絞り込んで統計的にまとめられるような調査データを蓄積する。



— 謝 辞 —

本調査の実施にあたり、ご協力を頂いた自治体関係者各位に感謝の意を表します。

ご清聴いただきありがとうございました。