

## コンクリート防食について ～下水道関連施設の化学的浸食～

昭和電工建材株式会社  
技術部 若林

## 説明内容

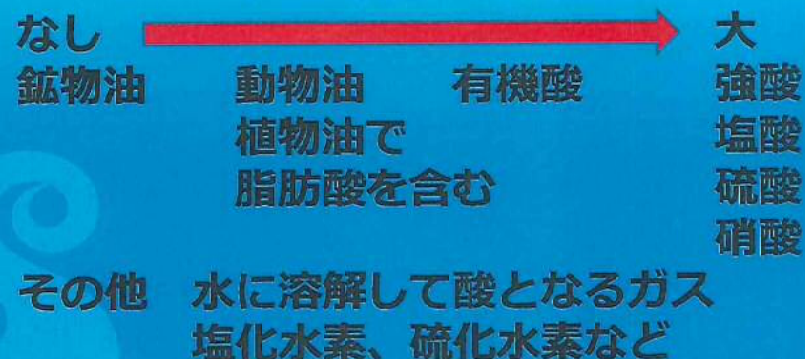
1. 下水道施設のコンクリート腐食について
2. 下水道施設の劣化状況の実例
3. SDKKの防食ラインナップについて
4. ビルピットの腐食について
5. 厨房排水槽の防食について

## コンクリートの劣化について

- ・ 中性化
- ・ 塩害
- ・ 凍害
- ・ ASR (アルカリシリカ反応)
- ・ 火害
- ・ 化学的侵食
- ・ 疲労

## 化学的侵食について

### コンクリートに対する侵食の程度





## 硫化水素によるコンクリート 腐食・劣化現象について



1900年：米国ロサンゼルス市における下水管きよの劣化  
(明治33年)

エジプトのカイロ市・南アフリカのケープタウン市  
オーストラリアのメルボルン市等で  
下水管きよの腐食劣化が問題となった

★当時は、下水管きよのコンクリート腐食は、化学反応だけで  
進行すると考えられており、初めて硫酸酸化細菌が関与してい  
ると報告されたのが1945年

1985年：米国環境保護庁  
(昭和62年)

「下水道施設の臭気と腐食対策に関する設計マニュアル」を刊行

## 硫化水素によるコンクリート 腐食・劣化現象について



日本下水道事業団の取り組み

昭和62年：「コンクリート防食塗装指針(案)」制定

平成 3年：「コンクリート防食指針(案)」制定

平成 5年：コンクリート防食指針(案)改訂

平成 9年：コンクリート防食指針(案)改訂

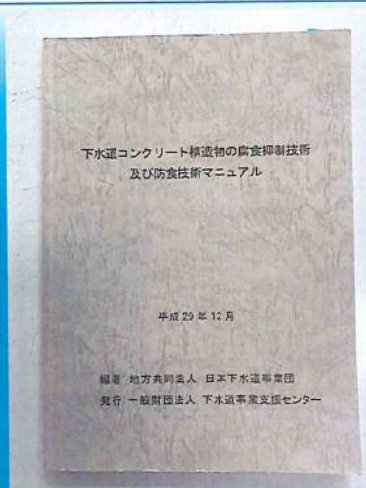
平成14年：「下水道コンクリート構造物腐食抑制技術及び  
防食技術指針・同マニュアル」の制定

平成19年：上記改訂(第1次)

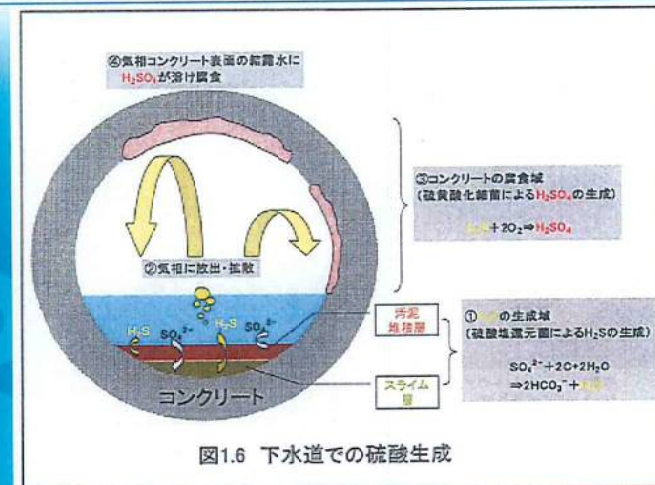
平成24年：上記改訂(第2次)

平成29年：上記改訂(第3次)

## 下団マニュアル(平成29年度版)

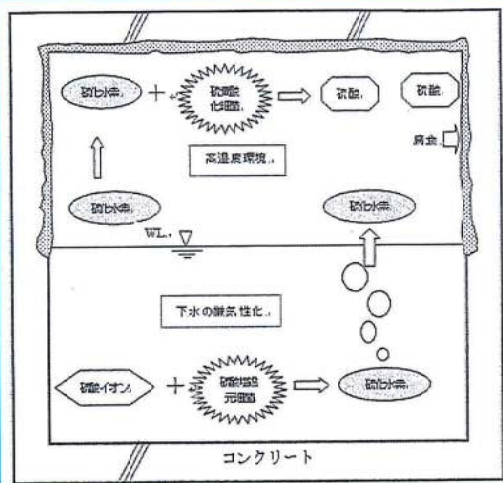


## 下水道施設の腐食について





## 下水道施設の腐食について



## 下水道施設内での腐食メカニズム



- 1) 下水中の硫酸塩の混入  
上水、し尿、洗剤等に起因
- 2) 硫酸塩からの硫化物の生成  
$$\text{SO}_4^{2-} + 2\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{S} + 2\text{HCO}_3^-$$
  
…硫酸塩還元細菌
- 3) 硫化水素の気相中への拡散  
$$2\text{H}^+ + \text{S}^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S} \uparrow$$
- 4) 硫化水素からの硫酸生成  
$$\text{H}_2\text{S} + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$$
 …硫黄酸化細菌

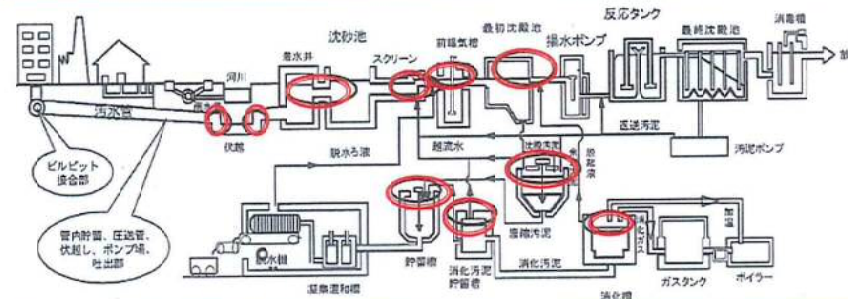
## 下水道施設内での腐食メカニズム



- 5) コンクリート中の水酸化カルシウムと硫酸の反応  
$$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 (\text{二水石膏})$$
  
(体積膨張)

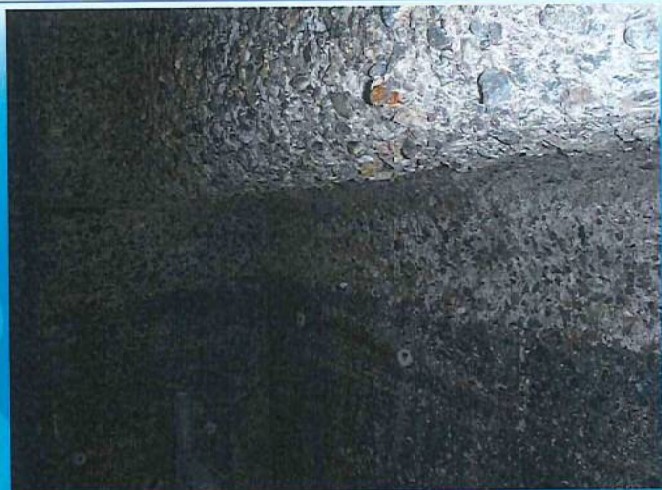
- 6) エトリンガイトの生成  
$$\text{CaSO}_4 + \text{C}_3\text{A} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{エトリンガイト}$$
  
(体積膨張)

## 下水道施設における硫化水素ガスが発生しやすい部位





コンクリートの劣化部（気相部）



既存塗膜の膨れ



爆裂の状況  
～塗膜ピンホール由来～



爆裂の状況





天井部鉄筋腐食状況

SHOWA  
DENKO



天井部外側クラック発生状況

SHOWA  
DENKO



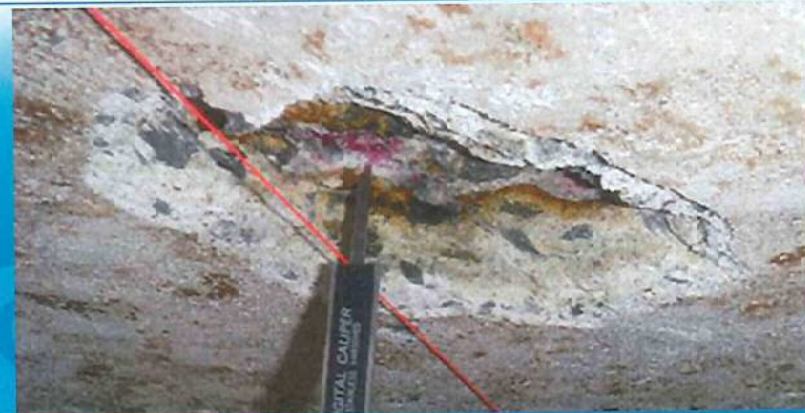
マンホール廻りの劣化状況

SHOWA  
DENKO



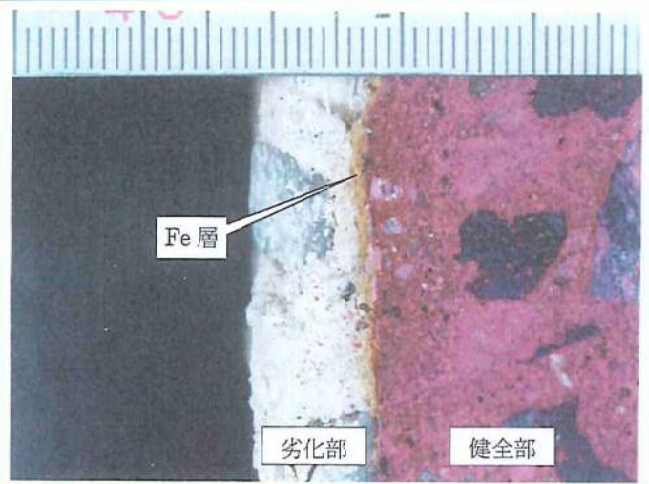
コンクリート劣化 (Fe層)

SHOWA  
DENKO

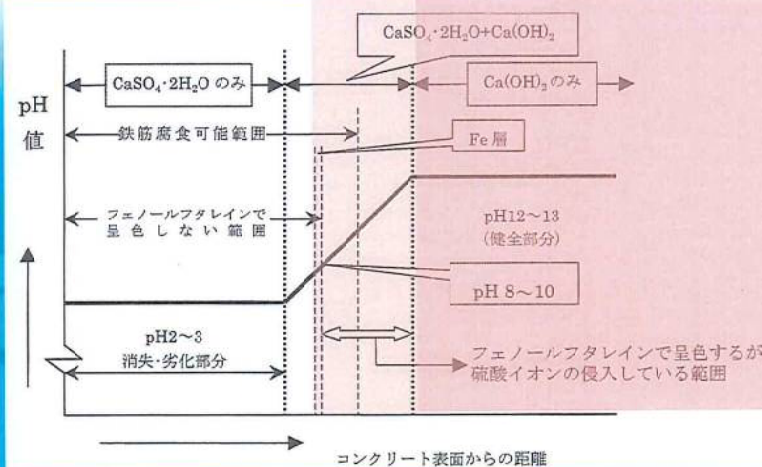




## コンクリート劣化部の断面写真の例



## 腐食環境の特定と診断



## 腐食環境の分類



分類	腐食環境
I類	年間平均硫化水素ガス濃度が <b>50ppm以上</b> で、コンクリート腐食が極度にみられる腐食環境
II類	年間平均硫化水素ガス濃度が <b>10ppm以上50ppm未満</b> で、コンクリート腐食が顕著に見られる腐食環境
III類	年間平均硫化水素ガス濃度が <b>10ppm未満</b> ではあるが、コンクリート腐食が明らかにみられる腐食環境
IV類	硫酸による腐食はほとんど生じないが、コンクリートに接する液相が酸性状態になりえる腐食環境

## 設計腐食環境、点検・修繕・改築と工法規格



防食被覆工法	工法規格									
	塗布型 ライニング 工法		シートライニング工法						モルタル ライニング 工法	
			成形品 後貼り型		プリプレグ 後貼り型		懸掛型			
設計腐食環境	I類	D種	—	D種	D種	D種	—	—	—	—
	II類	C種	D種	—	D種	—	D種	—	C種	—
	III類	B種	C種	—	—	—	—	—	B種	C種
	IV類	A種		—	—	—	—	—	—	—
点検・修繕・ 改築の難易性	容易	困難	容易	困難	容易	困難	容易	困難	容易	困難

SDKKの防食ラインナップ



## 塗布型ライニング工法



	C種	D種
エポキシ樹脂	ショウゼットC-1 ショウゼットNC-C ショウゼットNCY-C	ショウゼットD-1 ショウゼットNC-D ショウゼットNCY-D
ビニエステル樹脂	ショウゼットC-2	ショウゼットD-2

## 防食工事施工フロー ～施工前～



事前調査実施  
中性化深さ等の調査

## ～超高压洗浄～



超高压洗浄

超高压洗浄後



## ～防錆処理～



防錆剤塗布



断面修復工  
～プライマー塗布・断面修復～

SHOWA  
DENKO



プライマー噴霧



耐硫酸モルタル施工

～素地調整工～

SHOWA  
DENKO



～防食工～

SHOWA  
DENKO



～防食工～  
中塗り×2回

SHOWA  
DENKO





～防食工～  
上塗り



完成



プリプレグ後貼り型シートライニング  
工法



ショウ



工程	型	可使用時間
下地処理		
一液型ウレタン塗布		30～60分間
光硬化型バテ塗		30～40分間
シート貼付け		30～40分間
段差処理		30～40分間
光照射		
外観検査		

モルタルライニング工法



ショウゼット防食モルタル

表 5-16-2 耐硫酸モルタルの防食被覆層の厚み (C 種)

腐蝕浸透深さ (mm) ①	設計厚さ (mm)
1.1 以下	5
1.2 以上	6
1.3	7
1.2	8
2.0	9
2.2	10
2.5	13
2.7	12
2.9	18
3.2	14
3.4	15
3.7	16
3.9	17
4.1	19
4.4	19
4.6	20
4.9	21
5.1	22
5.3	23
5.6	24
5.8	25

表 5-16-1 耐硫酸モルタルの防食被覆層の厚み (B 種)

腐蝕浸透深さ (mm) ①	設計厚さ (mm)
2.0 以下	5
2.1 以上	6
2.6	7
3.0	8
3.4	9
3.9	10
4.1	11
4.7	12
5.1	13
5.2	14
5.9	15
6.4	14
6.8	17
7.2	18
7.8	19
8.6	20
8.4	21
8.9	22
9.3	23
9.7	24
10.1	25

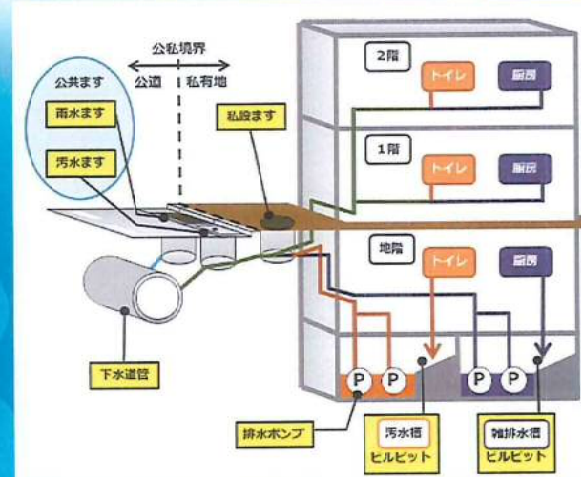
※ 腐蝕浸透深さは裏面から計測する。計測する際は、112 日間の浸透深さを示す。

※ 腐蝕浸透深さは裏面から計測する。計測する際は、112 日間の浸透深さを示す。



# ビルピットの腐食について

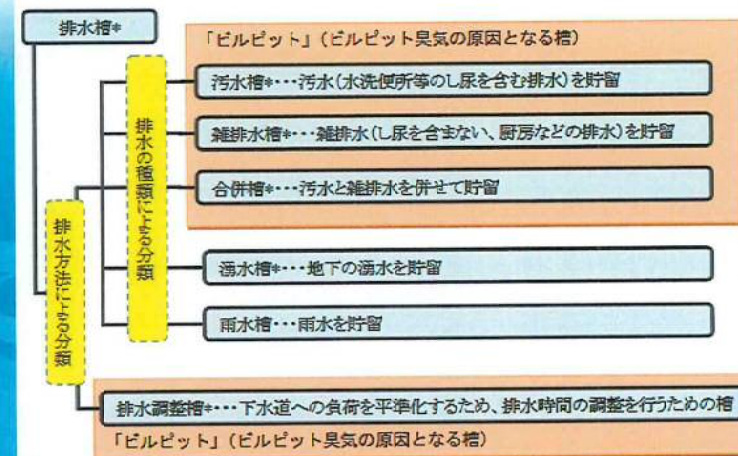
# ビルピットとは？



# ビルピットとは？

ビルの地下にある厨房やトイレ等は、下水道管より低い位置にあるため、排水を自然流下で排水することができない。そのため、地下部分(場合によっては地上部も含む。)で発生した排水をポンプでくみ上げて下水道に排除するために、一時的に排水を貯留する槽が「排水槽\*」である。

# 排水槽の種類





## 下水道施設での防食ライニング

【状況】「下水道施設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」(以下、防食マニュアル)による規格、A種、B種、C種、D種は腐食環境によって分類した仕様が生まれ施工されています。

防食材の種類：エポキシ樹脂、ポリウレア樹脂、ビニルエステル樹脂、ウレタン樹脂、他



## 有機酸対応型の防食ライニングがなぜ必要か？

### 厨房排水槽の設計

【状況】

商業施設の厨房排水槽（厨房除害施設）、雑排水槽、汚水槽等の防食ライニングでは、防食マニュアルによる規格、

**C種、D種**によって仕様が生まれ施工されています。

## 防食ライニングを施工している箇所

### \*汚水槽・雑排水槽

気相部⇒硫化水素によって腐食劣化する。

### \*厨房排水槽（厨房除害施設）

液相部⇒流入する排液により腐食劣化する。(有機酸)

近年、防食ライニングを腐食させ、コンクリート躯体を侵す事例が増えてきてます。

## ビルピットにおける腐食機構の解明

竹中工務店様と共同研究を行い、ビルピットにおける防食塗膜の劣化要因の特定を行った。

⇒日本建築学会大会 近畿 2014年 関東 2015年

「ビルピット用ライニング材の厨房排水による劣化機構に関する研究 その1~5」



高級脂肪酸    オレイン酸  
低級脂肪酸    酢酸 酪酸 プロピオン酸 吉草酸 等



腐食するとどうなる？

気相部 = 硫化水素が原因による  
防食ライニングの天井部表面腐食



腐食するとどうなる？

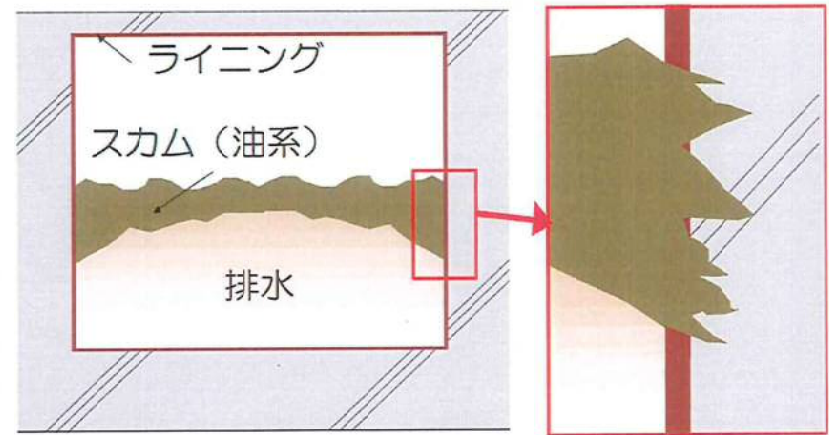
液相部 = 有機酸が原因による防食ライニングの壁部表面腐食



腐食のメカニズム

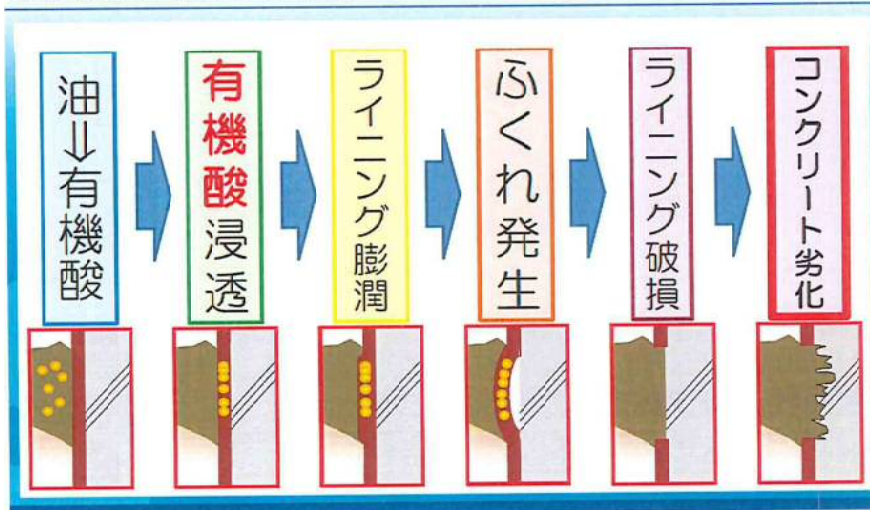


腐食のメカニズム





## 腐食のメカニズム



## 有機酸とは

食品に含まれる有機物が水中で分解して生成される酸を**有機酸**（例：食用油・魚油、牛脂等から派生）と呼びます。

この**有機酸**が防食ライニング層を腐食させることが、近年確認されています。

また、洗剤に含まれている界面活性剤なども腐食させる要因のひとつとして考えられています。

## 清掃前の状況



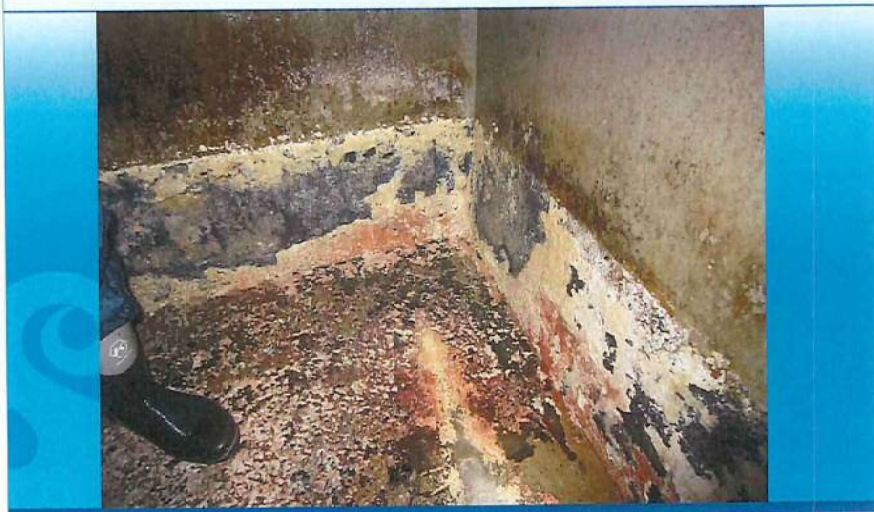
## 喫水部の状況





喫水部の状況2

SHOWA  
DENKO



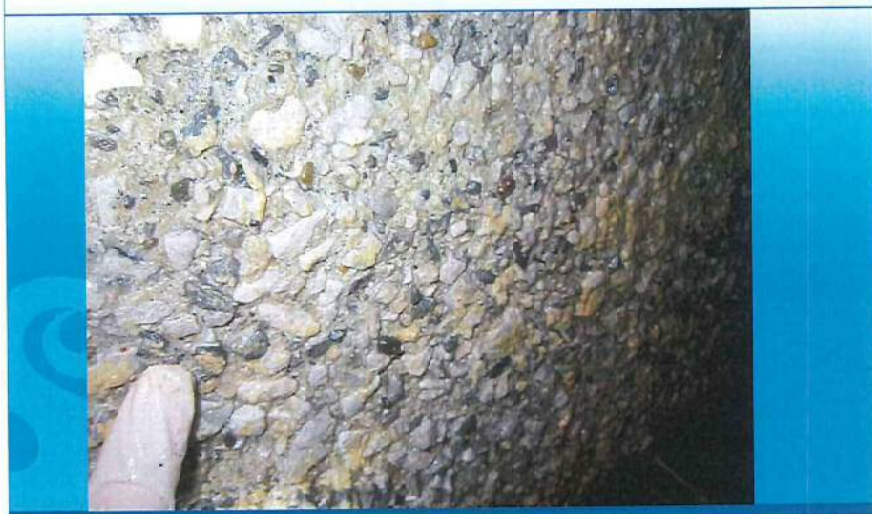
喫水部の状況3

SHOWA  
DENKO



喫水部の清掃後の状況

SHOWA  
DENKO



床面の塗膜劣化

SHOWA  
DENKO





## 気相部の状況



## ビルピットの劣化状況



## 下水道施設と ビルピットでは腐食環境が違う



### 【下水道施設】

硫酸（無機酸）によるコンクリート腐食・劣化を防止するため耐硫酸性の高い防食ライニングを施工して対応しているが、近年有機酸による劣化の報告を確認。

### 【ビルピット】

汚水・雑排水・厨房排水が流入するビルピットは、通常の無機酸だけではなく有機物の流入による有機酸の生成に起因する、無機・有機混酸の腐食がみられる。

**ビルピットには有機酸対応型のライニング材が必要です。**

## 有機酸腐食事例について





# 現場補修テスト施工



# 有機酸対応型ライニング材施工状況



1

補修施工  
防食ライニング塗布  
ショウゼットNCY工法



2

補修施工  
厚みを管理し規定量を塗付



3

補修施工  
防食ライニングの施工完了



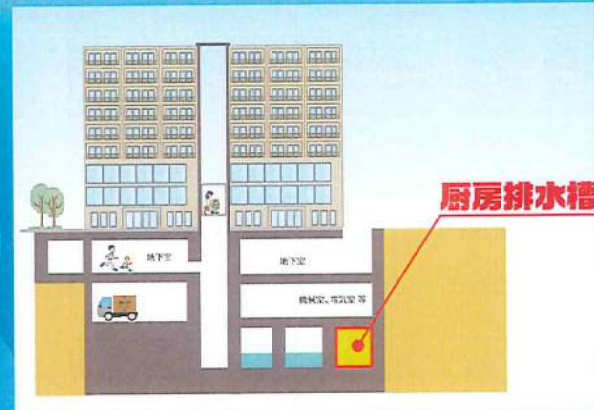
# 完了



# 厨房排水槽（厨房除外施設）



➔ 有機酸対応型防食材





## SDKKラインナップ



ビルピット対応

エポキシ樹脂系

ショウゼットNCY工法(C,D種対応)

ビニルエステル樹脂系

ショウゼットC-2工法、D-2工法

ショウゼットVE-1000S(光硬化シート)



ご清聴ありがとうございました。

終