

電子放出菌と導電性下水管による戦略的な 下水道の長寿命化に関する研究 (第2年度)

山口大学工学部循環環境工学科
今井 剛

1

研究背景：硫酸の生成による下水管の腐食²

- 今後、耐用年数を超える下水道施設が急速に増加
- 下水管路の維持管理における問題の1つが下水管内で発生する

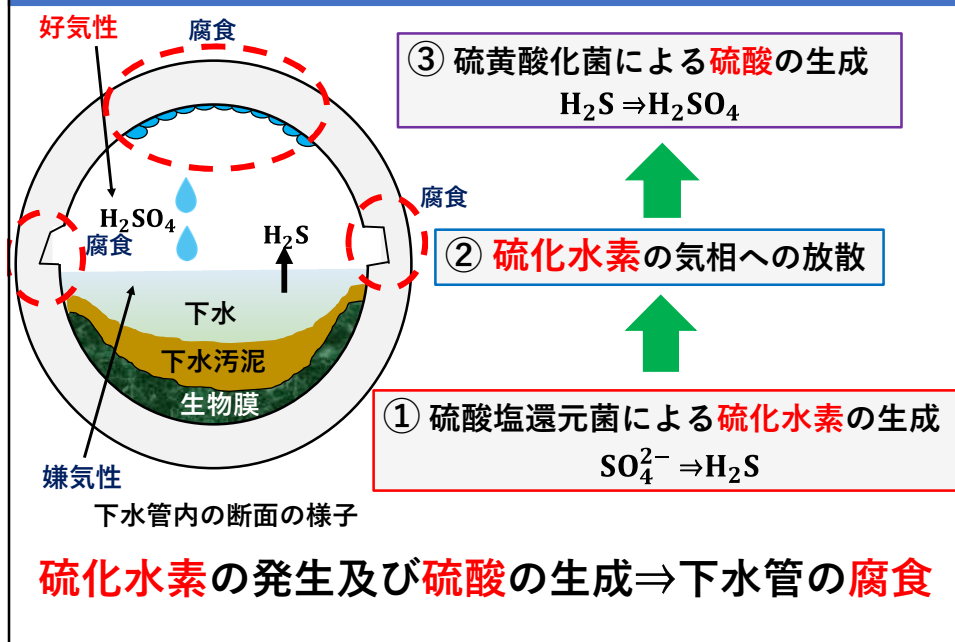
硫化水素に起因するコンクリートの腐食



通常下水管は公道の地下に埋設されていることから**道路の陥没事故**を引き起こす

2

研究背景：硫酸の生成による下水管の腐食²



3

下水管の腐食を抑制する既存手法³

- ・ 薬品添加による硫化水素の生成抑制
 酸素, 硝酸ナトリウム, 殺菌剤 (ClO₂等)
- ・ 硫化水素の除去
 酸化剤 (NaClO₂, H₂O₂等), 硝酸ナトリウム, 鉄塩
- ・ 新規コンクリート管の開発
 防菌・抗菌コンクリート, ライニング管



曝気槽にて2年間曝露試験を行ったテストピースの腐食状況比較



6年7ヶ月経過 無添加品



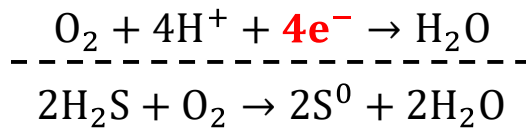
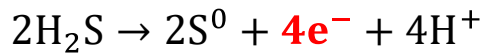
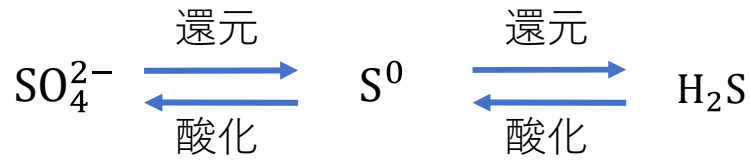
6年7ヶ月経過 1%添加品

出典 https://bic.gr.jp/about_bic/

4

硫黄の酸化・還元反応

5

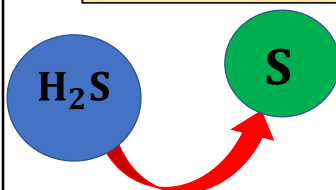
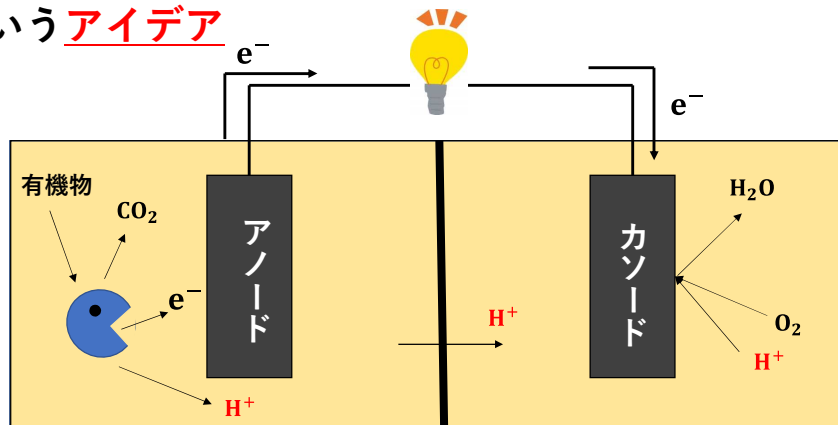


電子(e^-)の伝達経路がないと、反応が起こらない

5

微生物燃料電池(MFCs)の応用による嫌氣的硫黄酸化⁶

という アイデア

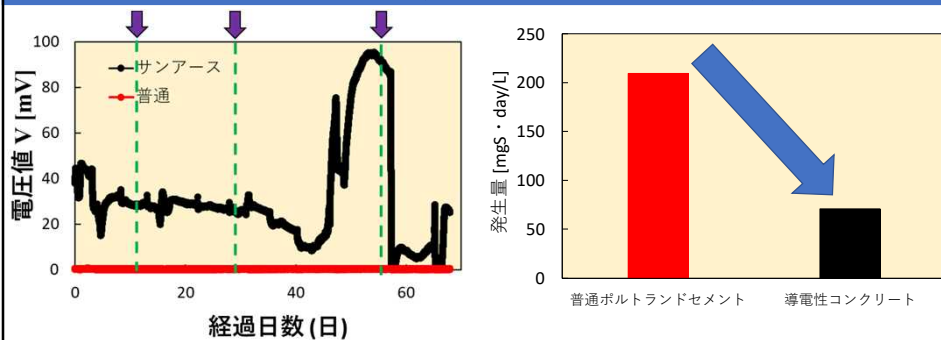


嫌氣的環境下であっても電子の伝達経路があれば、硫化水素が微生物により酸化されその発生抑制ができる

6

先行研究（昨年度に発表）

7



(1) 市販の導電性コンクリートのサンアースで最大100 mVを得た。
 ⇒ 嫌気的环境下にありながらも **電子伝達経路の提供**により硫化水素を硫黄へ酸化する可能性を見出した

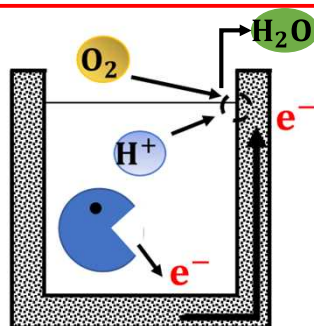
(2) 硫化物濃度が50%減少
 ⇒ **硫化水素の抑制効果の実証**がなされた

7

硫化水素抑制メカニズムの検証

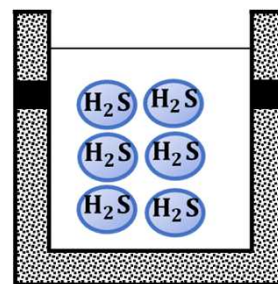
8

① 電子放出菌による
生物学的酸化



生物学的酸化

② 導電性物質への吸着



導電性物質への吸着

8

研究目的

9

(1)電子放出菌による硫化物の生物学的酸化の検証

- ・ 下水汚泥中に生息する電子放出菌の分離培養
- ・ 電子放出菌による硫化物低減効果の評価

(2)新規導電性コンクリートの開発

- ・ 新規導電性物質の選定及びコンクリートの導電率向上
- ・ 導電性物質による硫化物の吸着
- ・ 硫化物の低減効果の促進

9

電子放出菌による硫化物の生物学的酸化¹⁰

下水汚泥からの電子放出菌の分離培養



電子放出菌の同定



コンクリートへの植菌



植菌による硫化物の低減効果の評価

10

下水汚泥からの電子放出菌の分離培養及び同定¹¹



電子放出菌の培養の様子

培地の組成

Miller LB(Luria-Beterni) : 25 g/L

- Trypton 1%,
- Yeast extract 0.5%,
- NaCl 1%
- pH 7 ± 0.5 (25°C)

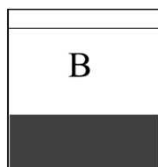
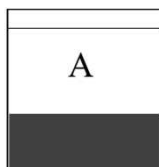
16S rRNA による電子放出菌の同定

試料	種別	細菌種
余剰汚泥	M1	<i>Morganella morganii</i>
	M2	<i>Proteus alimentorum</i>
消化汚泥	F1	<i>Proteus mirabilis</i>
	F2	<i>Shigella sonnei</i>

11

コンクリートへの電子放出菌の植菌¹²

12



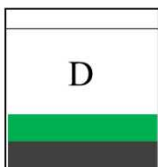
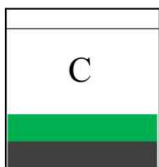
●実験条件

A: 普通ポルトランドセメント+消化汚泥

B: サンアース+消化汚泥

C: 普通ポルトランドセメント+消化汚泥+植菌

D: サンアース+消化汚泥+植菌



●植菌した電子放出菌(M1～F2の混合)

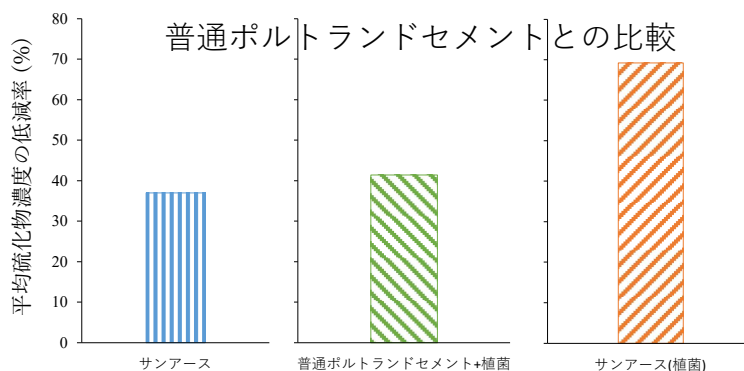


種別	細菌種
M1	<i>Morganella morganii</i>
M2	<i>Proteus alimentorum</i>
F1	<i>Proteus mirabilis</i>
F2	<i>Shigella sonnei</i>

12

電子放出菌の植菌による硫化物の低減

13



電子放出菌による **電子放出が容易な環境（電子伝達経路）** の提供



電子放出菌による嫌気的環境下での
生物学的な硫化物の酸化

13

新規導電性コンクリートの開発

14

導電性物質の配合及び選定



電気抵抗率の測定



導電性物質による硫化物の吸着性の評価

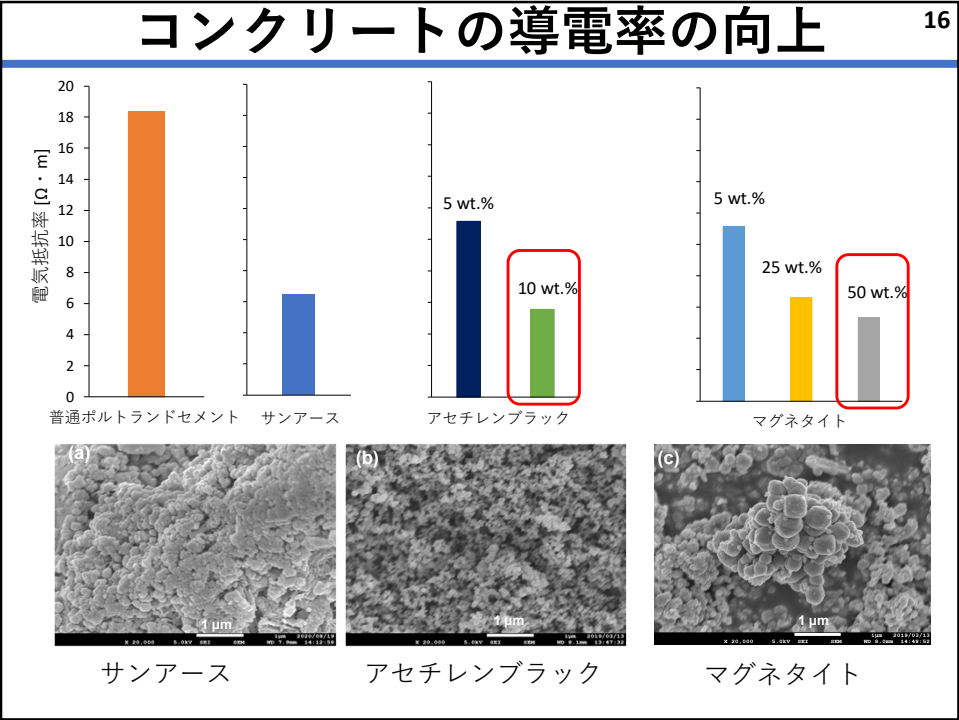


硫化物低減効果の評価

14

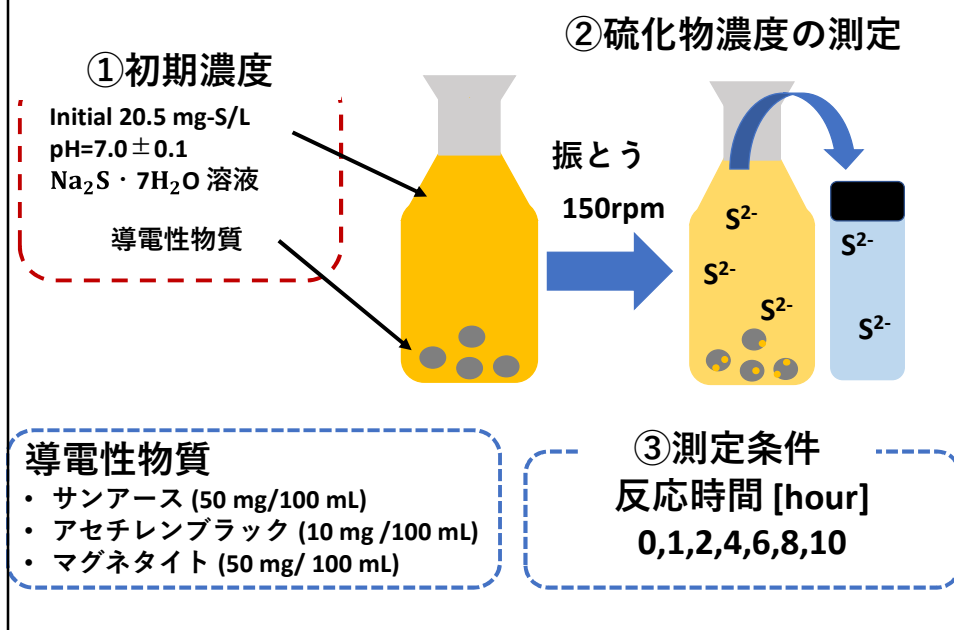
導電性物質の選定及び配合					15
No.	普通(%)	アセチレンブラック(%)	マグネタイト(%)	サンアース(%) 市販の導電性コンクリート	
①	100	-	-	-	
②	-	-	-	100	
③	90	10	-	-	
④	95	5	-	-	
⑤	95	-	5	-	
⑥	75	-	25	-	
⑦	50	-	50	-	

15



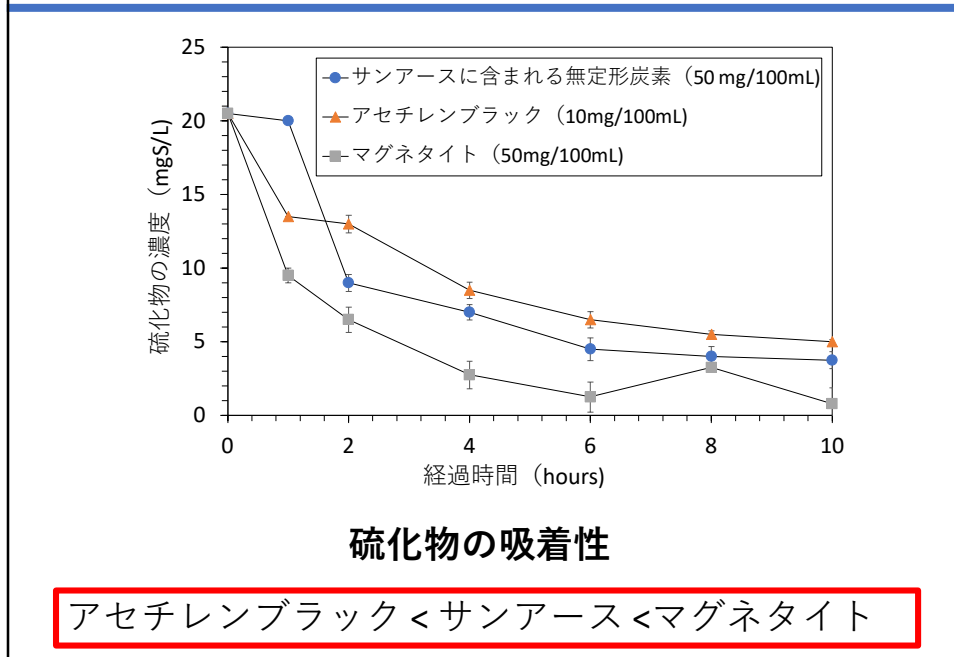
16

導電性物質による硫化物の吸着・低減効果の寄与¹⁷



17

導電性物質による硫化物の吸着低減効果の寄与¹⁸



18

硫化物低減効果の評価

19

測定項目: pH, 硫酸イオン、硫化物(H_2S , HS^- , S^{2-})

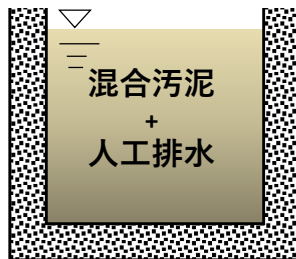
測定期間: 134 日間 (13,28,45,70,103,122日に glucose、 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ を添加)

模擬下水:混合汚泥 (消化汚泥+余剰汚泥をそれぞれ50 % vol 投入), 人工排水

○供試体の特徴

コップ型

→供試体内部に補強筋(鉄筋)の配置のため、
電圧値の測定は不可

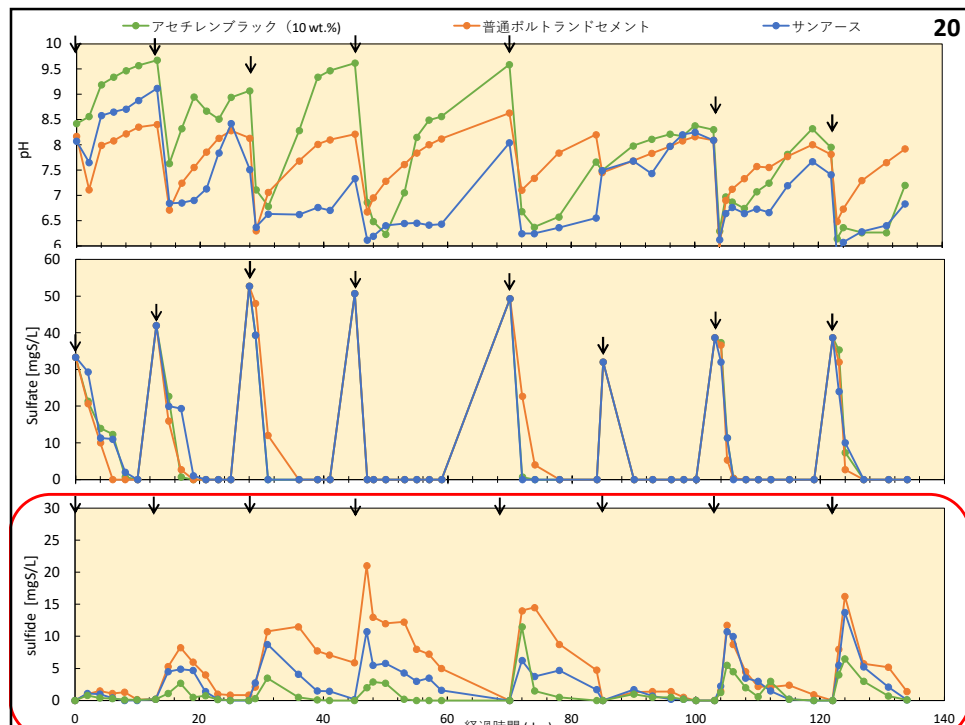


コップ型供試体

使用したコンクリート材料(導電性物質)

- ・ 普通ポルトランドセメント
- ・ サンアース(市販の導電性コンクリート)
- ・ アセチレンブラック(5 wt.%, 10 wt.%)
- ・ マグネタイト (5 wt.%, 25 wt.%, 50 wt.%)

19

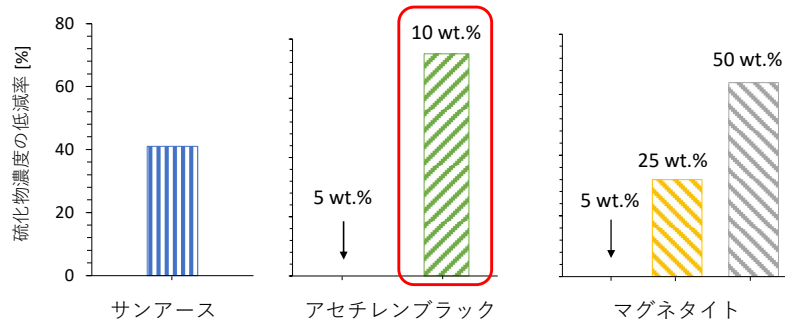


20

硫化物低減効果の評価

21

普通ポルトランドセメントに対する硫化物の低減効果

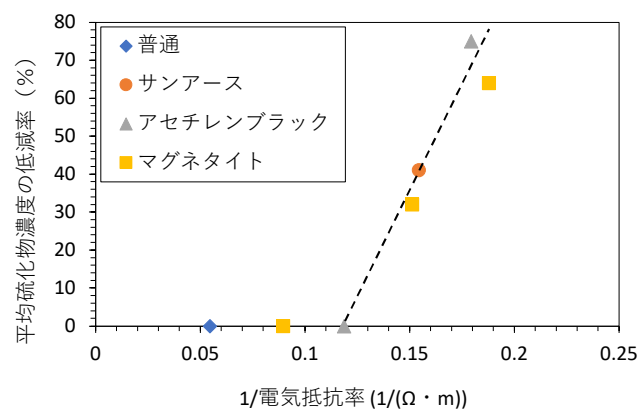


硫化物の低減効果

サンアース < マグネタイト (50 wt.%) < アセチレンブラック (10 wt.%)

21

コンクリートの導電性と普通ポルトランドセメントに対する²² 硫化物の低減率の関係



22

1. 電子放出菌による硫化物の生物学的酸化

- ・ 電子放出菌の植菌による硫化物の低減を確認
- ・ 硫化物が電子放出菌により生物学的に酸化された

2. 新規導電性コンクリートによる硫化物の低減効果

- ・ サンアース(市販の導電性コンクリート)に比べ、アセチレンブラック10 wt.%、マグネタイト50 wt.%の配合により硫化物の低減効果が促進された。

- ・ 新規導電性コンクリートの強度の測定及び製造コストの試算
- ・ コンクリート表面近傍における電子放出菌の菌叢解析による電子放出菌の集積の確認
- ・ 実下水を用いた長期間の実証実験

ご清聴ありがとうございました。

本研究は一般財団法人国土技術センターの補助を受けて実施しました。
ここに記して感謝の意を表します。

25