

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

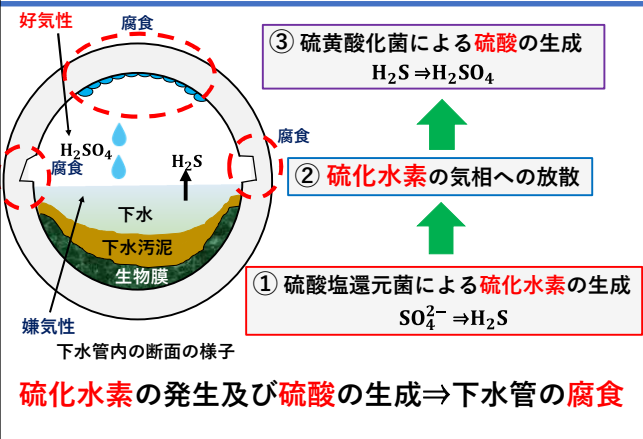
山口大学工学部循環環境工学科
今井 剛

1



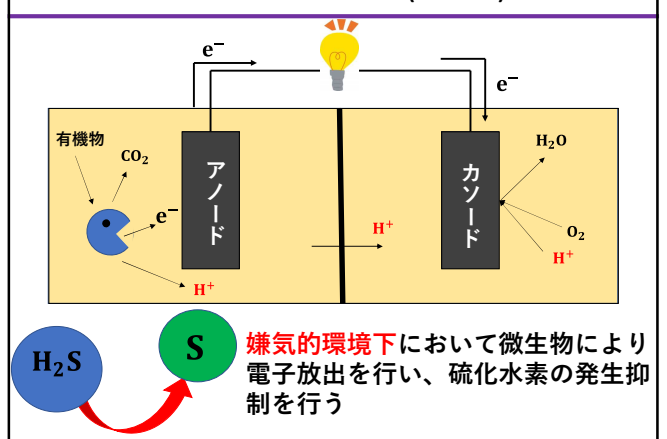
2

1.背景 硫酸の生成による下水管の腐食



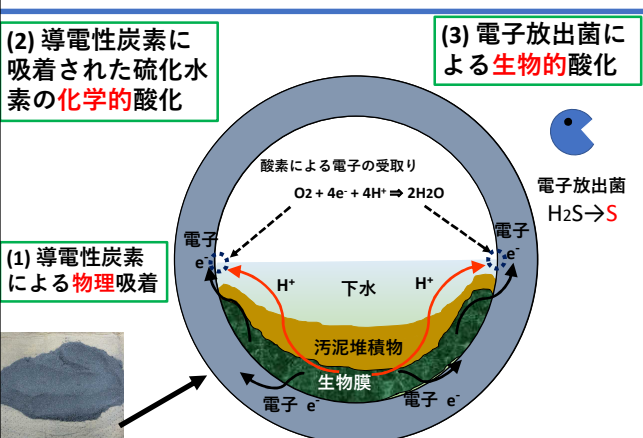
3

微生物燃料電池(MFCs)



4

2.目的 硫化水素の抑制メカニズムの解明



5

硫化水素発生抑制の検証の流れ

- (1) 導電性供試体の作製,電気抵抗率測定
- ↓
- (2) 導電性炭素による硫化水素の吸着性の評価
- ↓
- (3) 空気中の酸素への電子伝達の確認
- ↓
- (4) 硫化水素の発生抑制の実証
- ↓
- (5) 発生抑制におけるメカニズムの検証

6

硫化水素発生抑制の検証の流れ

5

(1) 導電性供試体の作製,電気抵抗率測定

(2) 導電性炭素による硫化水素の吸着性の評価

(3) 空気中の酸素への電子伝達の確認

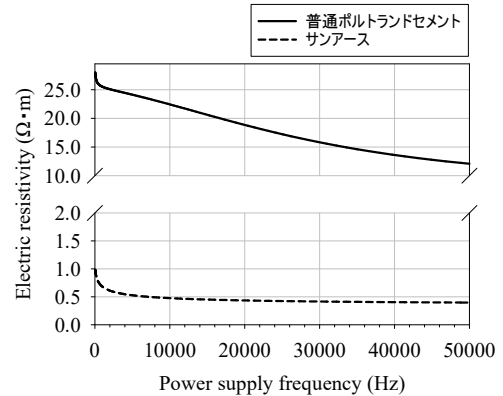
(4) 硫化水素の発生抑制の実証

(5) 発生抑制におけるメカニズムの検証

7

供試体の電気抵抗率

6



8

硫化水素発生抑制の検証の流れ

7

(1) 導電性供試体の作製,電気抵抗率測定

導電性コンクリートの方が、
電気抵抗率が低い
→電子の移動が容易である ✓

9

硫化水素発生抑制の検証の流れ

8

(1) 導電性供試体の作製,電気抵抗率測定

(2) 導電性炭素による硫化水素の吸着性の評価

(3) 空気中の酸素への電子伝達の確認

(4) 硫化水素の発生抑制の実証

(5) 発生抑制におけるメカニズムの検証

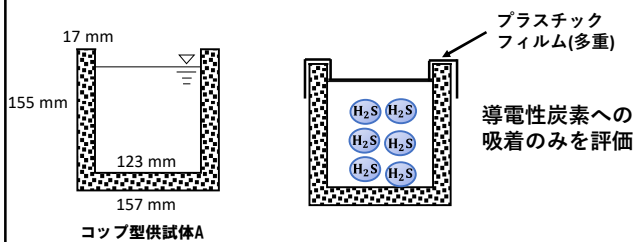
10

実験方法: 硫化水素吸着実験

9

実験条件および測定項目

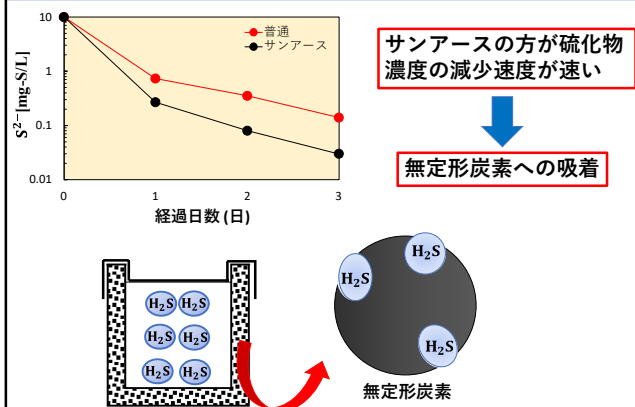
- DO: 0.1 mg/L 以下(窒素曝気)
- pH: 7 ± 0.1 (塩酸溶液1N)
- Na₂S · 9H₂O(硫化ナトリウム): 10 mg-S/L (実験開始時)
- 硫化物濃度(メチレンブルー法)



11

硫化水素吸着実験

10



12

硫化水素発生抑制の検証の流れ

11

(1) 導電性供試体の作製, 電気抵抗率測定

(2) 導電性炭素による硫化水素の吸着性の評価

→ 無定形炭素への硫化水素の吸着 ✓

(3) 空気中の酸素への電子伝達の確認

(4) 硫化水素の発生抑制の実証

(5) 発生抑制におけるメカニズムの検証

13

硫化水素発生抑制の検証の流れ

12

(1) 導電性供試体の作製, 電気抵抗率測定

(2) 導電性炭素による硫化水素の吸着性の評価

(3) 空気中の酸素への電子伝達の確認

(4) 硫化水素の発生抑制の実証

(5) 発生抑制におけるメカニズムの検証

14

実験方法: 電圧測定実験

13

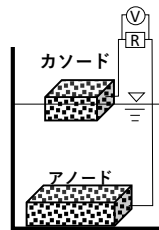
測定項目: 発生電圧値

測定期間: 66日間(15,30, 56日 グルコース、 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 添加)

模擬下水: 消化汚泥と余剰汚泥の混合#1 (50% vol)+ 人工排水*

混合汚泥のSSおよびVSS濃度

混合汚泥#	余剰汚泥 (mg/L)		消化汚泥 (mg/L)	
	SS	VSS	SS	VSS
#1	1,560	1,200	10,200	8,600
#2	2,980	2,300	31,800	14,200
#3	5,700	4,700	11,800	8,600

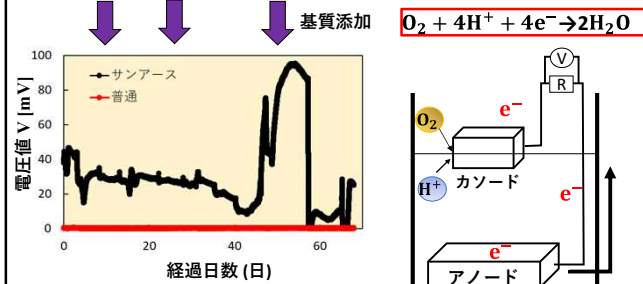


板状型供試体

15

実験結果: 電圧測定実験

14



サンアースでは最大100 mVを得た。
⇒ 嫌気的環境下でありながらも、
電子伝達経路の提供を実現

16

硫化水素発生抑制の検証の流れ

15

(3) 空気中の酸素への電子伝達の確認

→ 嫌気的条件下において、水面付近に存在する溶存酸素への電子伝達の確認 ✓

17

硫化水素発生抑制の検証の流れ

16

(1) 導電性供試体の作製, 電気抵抗率測定

(2) 導電性炭素による硫化水素の吸着性の評価

(3) 空気中の酸素への電子伝達の確認

(4) 硫化水素の発生抑制の実証

(5) 発生抑制におけるメカニズムの検証

18

実験方法: 硫化水素抑制実験 17

測定項目: pH, 硫酸イオン濃度、硫化物イオン濃度
 測定期間: 66日間(15,30, 56日 グルコース、MgSO₄ · 7H₂O添加)
 模擬下水: 消化汚泥と余剰汚泥の混合#2 (50 % vol)+人工排水*

人工排水の主成分*

Table 1 Composition of the substrates*					
Glucose (9.4 g/L)		Skim milk (9.3 g/L)		Mixed VFAs*	
A	2.0 mL/L	A	-	A	2.0 mL/L
B	10.0 mL/L	B	-	B	10.0 mL/L
C	1.0 mL/L	C	-	C	1.0 mL/L
NaHCO ₃	4.0 g/L	NaHCO ₃	4.0 g/L	NaHCO ₃	6.0 g/L
K ₂ HPO ₄	4.0 g/L	K ₂ HPO ₄	4.0 g/L	K ₂ HPO ₄	6.0 g/L
Yeast	0.1 g/L	Yeast	0.1 g/L	Yeast	0.1 g/L
A	(NH ₄) ₂ HPO ₄				350.0 g/L
B	KCl				75.0 g/L
	MgCl ₂ ·6H ₂ O				81.0 g/L
	NH ₄ Cl				85.0 g/L
	MgSO ₄ ·7H ₂ O				25.0 g/L
	FeCl ₃ ·6H ₂ O				42.0 g/L
	CoCl ₂ ·6H ₂ O				1.8 g/L
C	CaCl ₂ ·6H ₂ O				150.0 g/L

コップ型供試体A

19

実験結果: 硫化水素抑制実験- I 18

基質添加

サンアースを用いることにより硫化物濃度が50%減少
 →硫化水素の抑制効果の実証

化学的または生物学的酸化による抑制 or 導電性炭素への吸着?

20

硫化水素発生抑制の検証の流れ 19

(4) 硫化水素の発生抑制の実証

→導電性コンクリートを用いることにより硫化水素の発生抑制が実現可能✓

21

硫化水素発生抑制の検証の流れ 20

- (1) 導電性供試体の作製, 電気抵抗率測定
- (2) 導電性炭素による硫化水素の吸着性の評価
- (3) 空気中の酸素への電子伝達の確認
- (4) 硫化水素の発生抑制の実証 ◎
- (5) 発生抑制におけるメカニズムの検証

22

硫化水素発生抑制の検証の流れ 21

- (2) 導電性炭素による硫化水素の吸着性の評価
- (3) 空気中の酸素への電子伝達の確認
- (4) 硫化水素の発生抑制の実証
- (5) 発生抑制におけるメカニズムの検証

23

3. 実験方法: 硫化水素抑制実験- II 22

測定項目: pH, 硫酸イオン濃度、硫化物イオン濃度
 測定期間: 18日間(10日目 グルコース、MgSO₄ · 7H₂O添加)
 使用汚泥: 消化汚泥と余剰汚泥の混合#3 (50 % vol)+人工排水*

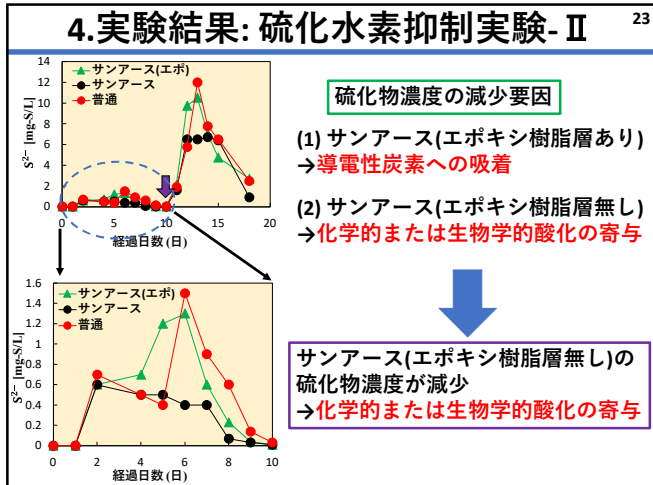
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

✗

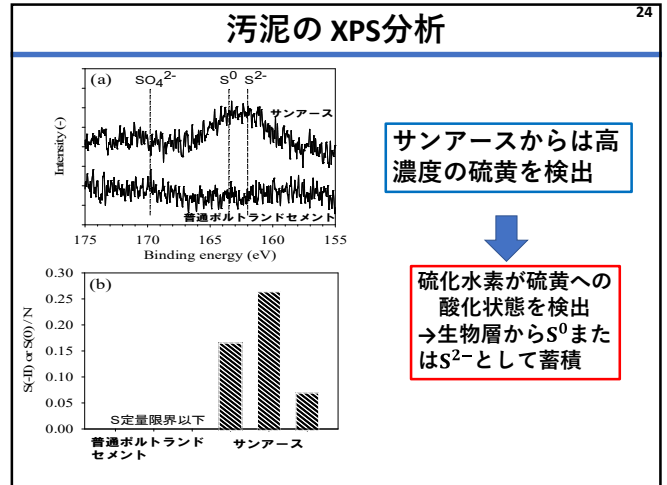
$O_2 + 4H^+ + e^- \rightarrow 2H_2O$

化学的酸化 生物学的酸化 導電性炭素への吸着

24



25



26

硫化水素発生抑制の検証の流れ 25

(5) 発生抑制におけるメカニズムの検証

→ 化学的または生物学酸化による硫化水素の抑制

27

5. まとめ 26

- 導電性コンクリートは硫化水素の発生抑制に**有効**
- 嫌気的環境下において**電子伝達経路の提供**が実現可能
- 硫化水素が**硫黄へ酸化され、汚泥堆積層、生物膜への蓄積**

⇒ 本研究が**下水道施設の戦略的な長寿命化の一助**となりえることが示された

28

今後の課題 27

- 硫化水素の発生抑制メカニズムの解明
→ **化学的又は生物学的酸化の寄与**の検証
→ **硫黄の物質収支の検討**(硫黄の定量的評価)
→ 現地実験で**長期間の実証実験**(実験規模の拡大)
- 新規導電性コンクリートの開発
→ **導電性物質**の選定

29

貴センターより研究開発助成をいただき、誠にありがとうございました。

30