

海底泥を用いた高濃度塩分排水処理に関する基礎研究

日大生産工(院) ○鈴木 藍

日大生産工 高橋 岩仁・佐藤克己・森田弘昭

1. まえがき

海水由来の高濃度塩分を含んだ汚水は、活性汚泥の処理機能を低下させる恐れがある¹⁾²⁾³⁾。日本は、低平地の少ない急峻な地形のため、多くの下水処理場が沿岸部に建設されている。そのため、海水由来の高濃度塩分を含んだ不明水や、水産加工場排水処理を余儀なくしている処理場が多い。さらに、地震や老朽化などの要因により、破損した管渠からの連続的な海水の流入が危惧される⁴⁾。国外においても、今後、下水道が普及していくと考えられる東南アジアを中心とした発展途上国では、多くの都市が海沿いの平野部に存在していることから、処理場は海岸近くに建設されることが予想される。これは、昨今の気候変動に伴う海面上昇や大型の台風の影響による冠水被害などにより、今後、さらに顕在化されるものと思われる。

既往の研究では、礫間生物膜法を用いることで海水中有機物を除去できると報告⁵⁾されている。一方で、低温期における低濃度・難分解性有機物を含む実海水を用いた連続実験では、栄養塩の除去が主であり有機物の浄化効果はあまり期待できないと報告⁶⁾がされている。また、伊藤らによると、効率的分解菌を用いた実験で混合培養系における海水中有機物の除去が可能であるとの報告⁷⁾がされている。大谷らの報告⁸⁾によると、干潟には日および季節による条件で変化し続けるが堆積した有機物が分解されることをCO₂フラックスの測定により言及している。

本報では、干潟の自浄作用に着目し高濃度塩分を含む汚水を処理する方法として、海底泥由来微生物を活用する方法について基礎的な実験を行った。

2. 実験条件

2.1 試料について

海底泥は、江戸川左岸の汽水域において、干潮時に潮が引いた海底面から2cm程度の海底

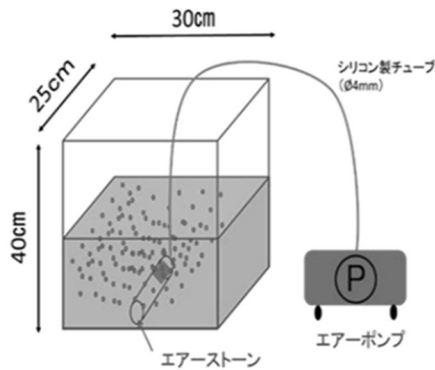


図1 実験装置

表1 実験条件

CASE	試料条件	MLVSS (mg/L)
1	エアレーションのみ	3000
2	BOD-SS 負荷 (0.2) にて培養	3000

泥を採取した。採取地の塩分濃度は2.4%であった。

海底泥中の微生物量については、海底泥の強熱減量を微生物量と仮定した。海底泥100g当たり2.3gの強熱減量であり、微生物量は2.3%と仮定した。

2.2 実験装置

図1に実験装置を示す。実験槽は、アクリル製の矩形容器(25cm×30cm×40cm)を用いた。アクリル容器は内部の状況を容易に確認できるように透明なものとした。活性汚泥への空気供給は、小型のエアーポンプ（安永社：エアーポンプ AP-40P40）と内径4mmのシリコン製チューブに接続したエアーストーンを用いて槽内容酸素量が平均4~5mg/L程度となるように設定した。

Fundamental research on high-salinity wastewater treatment
using seabed sediment

Ai SUZUKI, Iwahito TAKAHASHI, Katsumi SATOU and Hiroaki MORITA

2.3 実験方法

表1に試料の実験条件, 表2, 3に人工基質の詳細を示す. 所定の濃度に調整した人工海水と人工基質を実験装置に投入し処理特性を検討した. 実験は回分式にて実施した.

図2にSV₃₀の様子を例示する. CASE1, CASE2ともに固液分離が明瞭に行われなかったため, 1時間のエアレーションを行った後に15分間静置した上澄み液を採取し測定を行った.

また, 実験に使用した海底泥は人工基質による培養を行わずにエアレーションのみで保存したCASEとMLVSSを測定し, BOD-SS負荷を0.2に設定した上で毎日人工基質を投入し培養したCASEとした.

測定項目はBOD, COD, T-N, T-P, pHとした. また, 高塩分環境下である為CODは, COD_{ALK}(アルカリ性100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素要求量)を用いて測定を行った.

3. 実験結果および考察

3.1 実験結果

図3にpHの経時変化を示す, CASE1と比べてCASE2が酸性となっていることが確認された. また, 両CASEともに時間経過によりpHの上昇がみられた. これは, 添加した基質に含まれる有機物が分解される際に生じるアンモニア態窒素によるものと考えられる.

表2 人工基質の組成

水道水(L)	15
スキムミルク(g)	6.00
硫酸アンモニウム(g)	2.82
リン酸二水素カリウム(g)	0.27
炭酸水素ナトリウム(g)	6.00
炭酸ナトリウム(g)	0.375

表3 人工基質の設定濃度

成分	濃度(mg/L)
BOD	200
T-N	10
T-P	2



図2 SV₃₀の様子

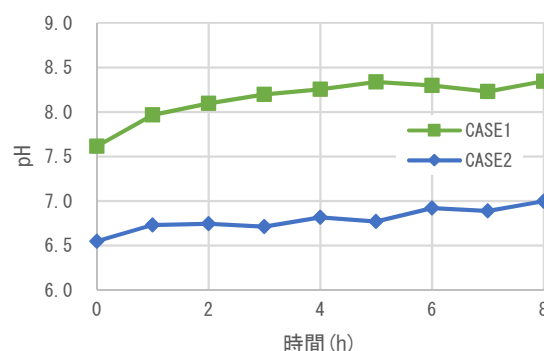


図3 pH 経時変化

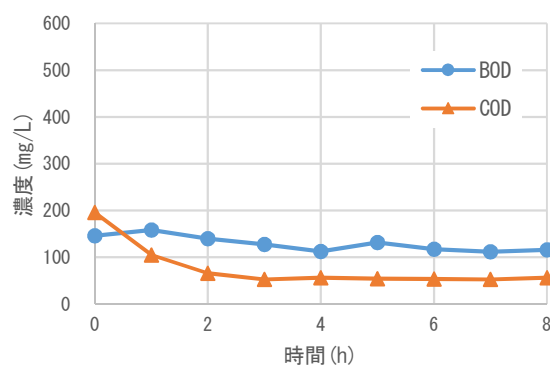


図4 CASE1 有機物濃度 経時変化

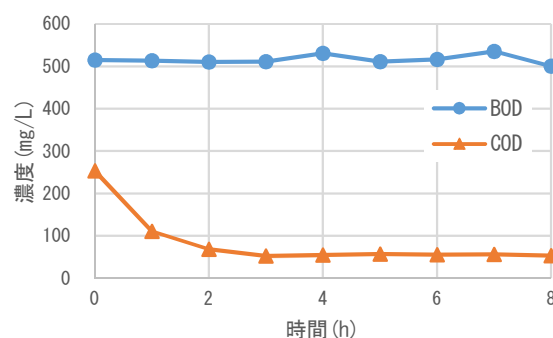


図5 CASE2 有機物濃度 経時変化

図4, 5に有機物濃度の経時変化を示す. BODにおいて両CASEともに増減の傾向は確認されなかったが, CODにおいては両CASEとも減少傾向が確認された. なお, 有機物の減少はCODから確認されたがBODの減少がみられなかったことおよびCASE2においてCODと比べてBODが相当程度高いことから有機物を分解する塩分の影響によりフラン瓶中の微生物が適切に機能しなかった可能性が考えられる.

図6, 7にT-N, T-Pの経時変化を示す. CASE1のT-Nのみ若干の減少傾向を示したが, 他のCASEにおいては減少が確認されなかった.

3.2 分解速度による検討

一般に, 微生物による物質の分解現象は, 物質の濃度に比例する次の一次反応式で表わされる:

$$\frac{dc}{dt} = -KC_{(t)} \cdot \cdot \cdot \cdot (1)$$

C: 時刻における物質濃度(mg/L)

K: 分解速度 (定数)

同一の反応時間での評価であれば除去率でも同じ傾向が把握できる. 本実験では測定値に若干のばらつきがみられたことと, 有機物濃度の減少が, 一次反動的に減少していたことから, 測定データより, 一次反応式の分解速度を求めるために, (1)式の解を以下のように対数変換する:

$$\log_{10}C_{(t)} = -Kt + \log_{10}C_0 \cdot \cdot \cdot \cdot (2)$$

C₀: 初期時刻における有機物濃度(mg/L)

図8に計算結果を例示する. 測定時間とBOD, COD_{ALK}の値から最小二乗法で傾き(分解速度 K [1/h])を求め, 決定係数を算出した.

表4に有機物濃度を用いて算出した分解速度と決定係数を示す. CASE1のBODにおいて決

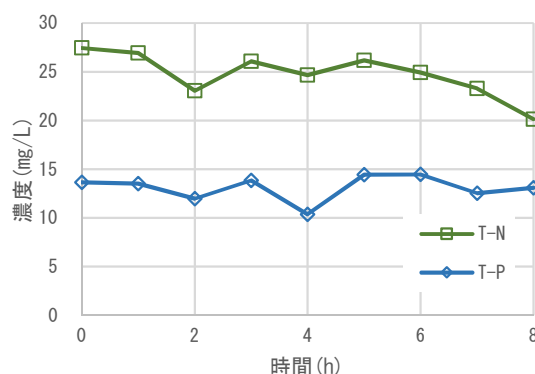


図6 CASE1 T-N T-P 経時変化

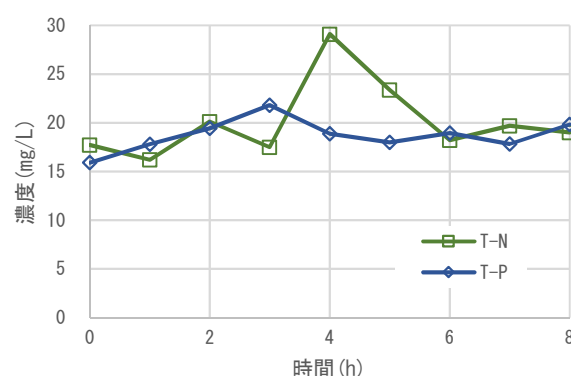


図7 CASE2 T-N T-P 経時変化

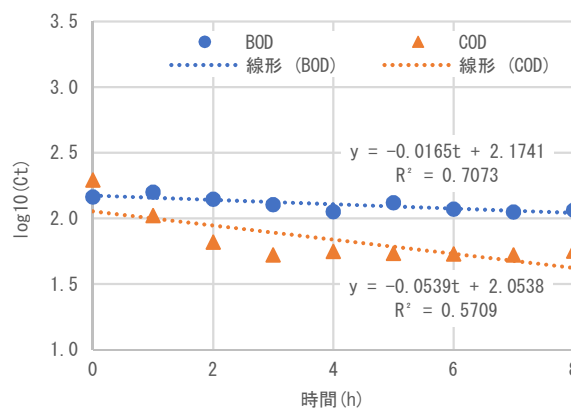


図8 各濃度対数と時間との関係

表4 分解速度

CASE	BOD		COD	
	分解速度 (1/h)	決定係数	分解速度 (1/h)	決定係数
1	0.013	0.707	0.068	0.571
2	0.002	0.008	0.084	0.556

表5 分解速度の比較

項目 (COD)	本報告		反応槽	既往報告 ⁵⁾
	CASE1	CASE2		
分解速度 (1/h)	0.068	0.084	0.090 ~0.500	0.200 ~0.700

定係数が大きくなることが確認された。これは、BODが緩やかに減少しているためであると考えられる。一方、CASE2におけるBODは決定係数が小さくなっており測定値のバラツキによるものであると考えられる。また、BODの分解速度は両CASEともに小さい値となった。CODは、決定係数が0.5程度となった。原因として海底泥を15分間静置した後に採水を行ったが、固液分離が良好に行われなかったことによる測定値のバラツキと考えられる。

表5に既往の報告および下水処理場における標準活性汚泥法の反応槽の分解速度を示す。本報で得られた分解速度は標準活性汚泥法における反応槽とほぼ同程度であり、海底泥単体での排水処理の可能性を示唆する結果となった。一方で、海水中有機物除去の既往報告と大きく乖離する結果となった。

4. まとめ

本報告では、高濃度塩分環境下での海底泥による有機物処理特性を検討した。その結果、以下の知見が得られた。

- 1) 海底泥は有機物を除去する能力を持っていることが確認された。
- 2) COD 測定結果から算出した分解速度は下水処理場と同等の分解速度となった。
- 3) 採取した直後の海底泥は窒素除去を行う能力を有していたが、人工基質で培養した海底泥はその能力が観測されなかった。

今後の課題として、BOD 測定方法の見直しとT-Nの挙動を解析するためにNO₃-Nの測定とDOの測定が必要であると考えている。また、固液分離が良好に行えていないことが考えられるため、懸濁物質を除去できる装置で実験を行う必要があると考えている。

参考文献

- 1) 本多淳裕 他：活性汚泥処理施設における海水混入下水浄化の実際，下水道協会誌，Vol.2 No.13, pp.1-16 (1963)
- 2) 佐藤孝彦 高木証弥：活性汚泥に対する塩化ナトリウムおよび海水の影響について，下水道協会誌，Vol.4 No.37, pp.14-20 (1967)
- 3) 神林大介 他：高濃度塩分対応活性汚泥法に関する基礎研究，第56回下水道研究発表講演集，N-9-4-4, pp.980-982 (2019)

- 4) 塩川敦司 他：海水の浸入箇所を特定する新たな可能性，下水道協会誌，Vol.48 No.585, pp.116-122 (2011)
- 5) 小田一紀 他：海水浄化への生物膜法の応用に関する基礎的研究，海岸工学論文集，第37巻，pp.838-842 (1990)
- 6) 小田一紀 他：礫間生物膜の海水浄化効果と現地へのその応用に関する基礎研究，海岸工学論文集，第39巻，pp.991-995 (1992)
- 7) 伊藤禎彦 他：海水中有機物に対する効率的分解菌の活用方法に関する研究，海岸工学論文集 第41巻，pp.1076-1080 (1994)
- 8) 大谷優里 他：都市近郊の人工干潟における有機物の分解特性に関する一考察ーチャンバー法によるCO₂フラックスの測定ー，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.67, No.2, pp.976-980 (2011)