

活性汚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) ○土井 和希

日大生産工 高橋 岩仁・佐藤 克己・南山 瑞彦 日大生産工 (非常勤) 森田 弘昭

1. はじめに

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、水産加工場からの排水処理を余儀なくされ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、破損した管渠から連続的な海水の流入が危惧される¹⁾。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、さらに顕在化されるものと思われる。今後、国外においても、下水道の普及が進んで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。既往の研究では、塩分濃度が 0.4% になると活性汚泥の処理機能が大幅に低下することが報告されている²⁾。活性汚泥とともに好塩菌を用いた RBC ユニットにおける研究では、塩分濃度が上昇するにつれて COD 除去に影響を及ぼすと言及している³⁾。同様に坂口らの報告によれば、魚加工工場における排水処理において、処理水の塩分濃度が上昇するほど COD の除去率が小さくなる⁴⁾。

一方、活性汚泥処理施設において、海水が流入した後に時間経過により BOD 除去率が改善したとの報告がされている⁵⁾。また、神林らの報告では、十分な馴致により塩分含有排水の有機物除去の可能性を示唆した⁶⁾。これらの研究結果から、塩分含有排水は活性汚泥処理に影響を与えるものの、適切な馴致を伴う活用により、有機物処理が可能であると考えられる。しかし、高濃度塩分条件下での活性汚泥処理について塩分濃度と処理機能の関連性に対する詳細な検討は十分にされていないのが現状である。

本研究は、高濃度塩分環境下での活性汚泥の処理特性の把握のために基礎的な研究を

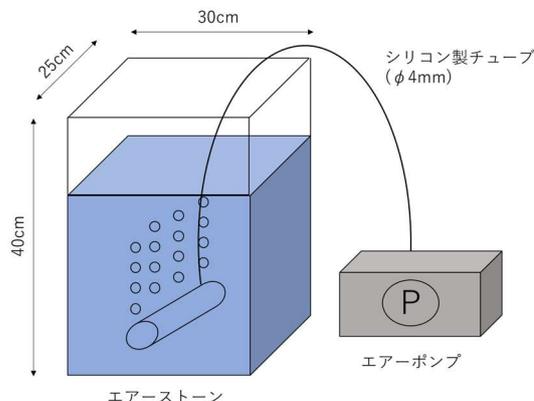


図 1 実験装置概略図

表 1 実験条件

CASE	塩分濃度 (%)	馴致条件	SVI	MLSS 濃度 (mg/L)
1	0	人工基質	107	1576
2	1	人工基質 +塩分濃度 (1%/day)	39	1547
3	2	人工基質 +塩分濃度 (2%/day)	70	1974
4	2	人工基質 +塩分濃度 (0.1%/day)	42	2157

表 2 人工基質の設定濃度

成分	濃度 (mg/L)
BOD	200
T-N	10
T-P	2

Study on Treatment of High-Salinity Wastewater Using Activated Sludge.

Kazuki DOI, Iwahito TAKAHASHI, Katsumi SATO, Mizuhiko MINAMIYAMA
and Hiroaki MORITA

行った。なお、高濃度塩分とは、海水の塩分濃度を想定しており、本研究では、海水流入環境下における活性汚泥の適応を最終目的としている。

2. 実験条件および方法

活性汚泥は、本学から最も近いN市浄化センターから採取した返送汚泥を使用した。実験で使用する際は、下水道施設計画・設計指針と解説（日本下水道協会，2019）に基づきMLSS濃度を1500～3000mg/Lに調整した。

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。

活性汚泥を実験装置に投入し、そこに市販されている海水魚飼育用の人工海水粉末（Aquarium Systems社）を添加して塩分濃度を調整した。

表1に馴致条件および使用した活性汚泥の性状を示す。

実験条件は大きく4パターンとした。

CASE1では、塩の添加をせずに塩分濃度0%で測定を実施した。

CASE2では、馴致を行わずに塩を添加し、塩分濃度1%で測定を実施した。

CASE3では、馴致を行わずに塩を添加し、塩分濃度2%で測定を実施した。

CASE4では、1日0.1%ずつ2%まで塩分濃度の馴致を行い塩分濃度2%で測定を実施した。

表2に今回使用した人工基質の設定濃度、表3に人工基質の組成を示す。

品質が安定した基質を用いて、塩分条件のみを変更した実験を行うために基質はスキムミルクを主としたものを使用した。人工基質は下水処理場に流入する下水を想定し、BOD 200mg/L，T-N10mg/L，T-P2mg/Lと初期値を設定した（表3）。なお、スキムミルクのみでは、T-N，T-Pの栄養塩類が不足することから、T-N，T-Pを設定濃度となるようにこれらの成分を含む薬品を添加した。

実験は、アクリル製の矩形容器を用いた回分式を採用し、各条件に設定した活性汚泥

表3 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

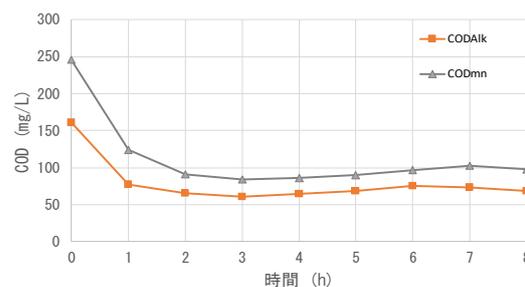


図2 CASE1 経時変化

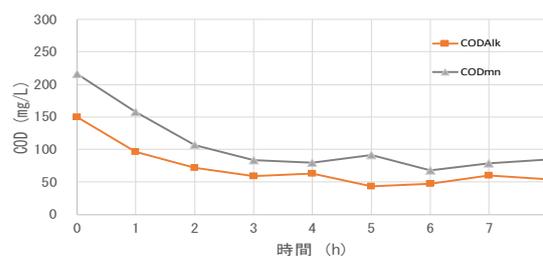


図3 CASE2 経時変化

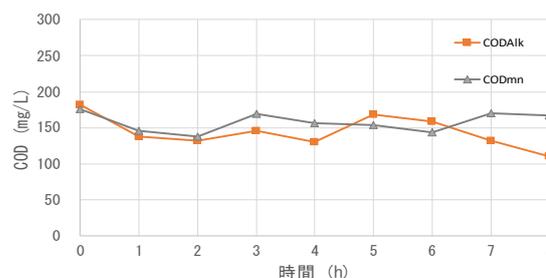


図4 CASE3 経時変化

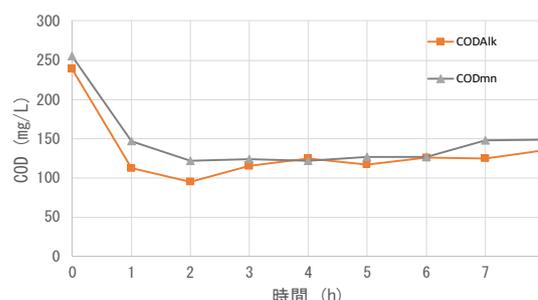


図5 CASE4 経時変化

15Lに人工基質を投入後、8時間の水質を1時間ごとに観測した。なお、測定時には曝気を止め10分間の固液分離を行い、分離された上澄み液を採取し、水質分析を行った。測定項目はBODとCODの2つとした。また、高塩分環境下であるために、CODの分析にあたって塩分の影響を受けないCOD_{Alk}（日本下水道協会、2012）と硝酸銀溶液を添加したCOD_{mn}で測定を実施した。

3. 実験結果および考察

図2～図5にCASE1～CASE4のCOD経時変化、図6にCASE1～CASE4のBOD経時変化を示す。また、表4～6にCOD除去率とBOD除去率を示す。なお、CODは0～8時間の間で多少、増減したため、実験開始から2時間後の値を記載した。

CASE1では、塩を添加せずに有機物濃度を測定した。その結果、COD_{Alk}、COD_{mn}ともに2時間の曝気で60%近くの有機物の除去が確認できた。また、BODは8時間で96.78%の有機物の除去が確認でき、COD、BODともに減少傾向を示した。

CASE2では、塩分の馴致を行わずに塩分濃度1%の条件下で有機物濃度を測定した。BOD、CODともに減少傾向は確認され、塩分濃度0%のCASE1と同程度の処理能力があると示された。

CASE3では、塩分の馴致を行わずに塩分濃度2%の条件下で有機物濃度を測定した。その結果、CASE1の半分程度の処理能力になっていることが示された。BOD経時変化はCASE1、CASE4と比較すると傾きが小さく、8時間時点での除去率も低い値を示しているが減少傾向は示した。COD_{Alk}、COD_{mn}ともに、減少傾向は確認できなかった。

CASE4では、馴致速度を0.1%/dayに設定した上で2%まで馴致を行い、実験に使用した。COD_{Alk}、COD_{mn}ともに、CASE1に近い経時変化を示したが、8時間時点でのCOD値はCASE1よりも高い値を示している。2時間時点でのCOD_{mn}除去率が一番高い値となった。BOD除去率もCASE1に近い変化を示し、CASE3よりも高い値を示した。

CASE1、CASE4において、BODは時間経過とともに、減少傾向を示しているが、COD_{Alk}、COD_{mn}の値が上昇するタイミングがあることが確認された。これは、BODが減少傾向にあることか

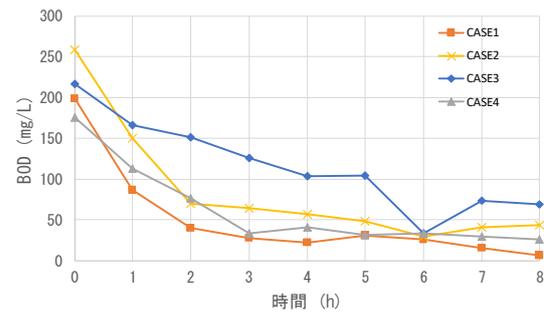


図 6 BOD 経時変化

表 4 COD_{Alk} 除去率

CASE	時間	COD _{Alk} 除去率 (%)
1	2	59.39
2	2	52.10
3	2	27.79
4	2	60.46

表 5 COD_{mn} 除去率

CASE	時間	COD _{mn} 除去率 (%)
1	2	62.88
2	2	50.43
3	2	21.59
4	2	52.11

表 6 BOD 除去率

CASE	時間	BOD 除去率 (%)
1	8	96.78
2	8	82.92
3	8	65.81
4	8	85.18

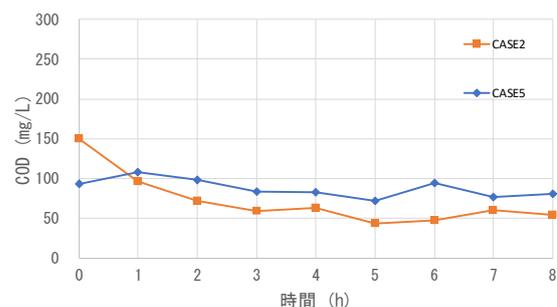


図 7 COD_{Alk} 経時変化

ら、過曝気による汚泥の解体の影響でCOD値が上昇しているものと考えられる⁷⁾。CASE3とCASE4を比較した場合、BODとCODともにCASE4の方が高い処理効率を示している。このことから、塩分濃度2%時は活性汚泥の処理能力が低下する一方で、馴致を行うことにより、2%の塩分環境下でも処理を行うことが可能である。

昨年度までの急激に塩分濃度を1%まで上昇させたケースをCASE5とし、CASE2とのCOD_{AIR}経時変化を図7に示す。

CASE5では、CASE3と似た変化を示し、8時間経過してもCODは減少傾向を示さなかった。

昨年度は、1%の塩分濃度でも処理に影響が生じていたが、本年度は塩分濃度1%時でもCODは減少傾向を示し、塩を添加しないCASE1と同程度の処理を行うことが可能であった。これは、使用している活性汚泥が昨年度とは違うものになっているため、昨年度までは存在しなかった塩分濃度1%の環境下でも有機物処理が可能な細菌類が本年度使用した活性汚泥に存在していたことが原因であると考えられる。

4. まとめ

本報告では、高濃度塩分環境下での活性汚泥の有機物処理に馴致が有効であるかを検討した。その結果、以下の知見が得られた。

- 1) 馴致を行うことで、2%の塩分環境下でも活性汚泥は有機物の除去が可能であることが確認された。
- 2) 馴致を行っていない通常の活性汚泥にも採取場所や時期によって塩分濃度1%でも処理が可能な細菌類が存在する可能性がある。
- 3) 過曝気による汚泥の解体からCOD値に影響が生じていることが確認された。

今後の課題として、活性汚泥の攪拌方法の見直しと測定者によるバラツキをなくすためにCODの測定方法の見直しが必要であると考えられる。また、馴致した活性汚泥中の菌叢を塩分濃度0%時の菌叢と比較し、高濃度塩分環境下でも処理が可能な細菌類を判別し、効率の良い培養方法を検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 塩川敦司・石川清志・瀬長清人・島袋浩明 (2011) 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, pp116-122.

- 2) 佐藤孝彦・高木柁弥 (1967) 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.
- 3) Kargi, F.・Uygur, A. (1997) Biological Treatment of Saline Wastewater in a Rotating Biodisc Contactor by Using Halophilic Organisms. Bioprocess Engineering, Vol.17, No.2, pp.81-85.
- 4) 坂口平・横田勝司・桜井一平 (1973) 水質汚濁防止に関する研究 (第1報) 魚加工廃液の活性汚泥処理について. 衛生科学, 19(2) pp106-109.
- 5) 本多淳裕・伊藤尚失・井上善介・近藤潔 (1963) 活性汚泥処理 水混入下水浄化の実際. 下水道協会誌, Vol.2 No.13, pp.1-16.
- 6) 神林大介・森田弘昭・佐藤克己・高橋岩仁 (2019) 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
- 7) 株式会社小川環境研究所 No.67: 過曝気への状態変化
<http://www.ogawa-eri.co.jp>
(参照 2023-09-29)