

2-2-1 放線菌発泡スカム対策を目的とした消泡剤の性能比較

中部下水道事務所 芝浦水再生センター 高橋 由香里
(現 施設管理部環境管理課)
横田 智之 (現 施設管理部環境管理課)
中川 遼太郎、小山 祐樹
森田 健史 (現 森ヶ崎水再生センター)
生井 智仁 (現 水道局)

1. はじめに

芝浦水再生センターでは、反応槽において放線菌による発泡が例年発生し、過去には発泡スカムが覆蓋を持ち上げて反応槽外に流出したこともあり、維持管理面の課題となっている(図1)。コロナ禍においては流入負荷の減少により一時的に発泡が収束していたが、コロナ禍の終焉に伴って発泡が再発するようになり、改めて対応を迫られた。そこで、反応槽に投入する消泡剤を選定するため、生物由来の発泡に効果があるとされるエーテル系A~D、エステル系E、エーテル+エステル系Fの消泡剤(以下、エーテル系等)と、汎用性が高いとされるシリコン系Gの全7種類の消泡剤を用意し、消泡性能や水処理に及ぼす影響を検証するテーブル試験を行った。さらに、試験結果をもとに選定した消泡剤を実際に反応槽に投入し、その効果を検証した。得られた知見について報告する。



図1 反応槽からあふれた発泡スカム

2. 消泡性能試験

消泡性能を定量的に評価するため、当初、消泡剤を添加した活性汚泥の水面上に発泡スカムを追加し、攪拌により消泡剤を拡散させ、消泡されるまでの時間を測定する方法を検討した。しかし、消泡の判断が困難であるとともに、攪拌による物理的消泡の影響を取り除くことができなかった。

そこで、発泡スカムを混合した活性汚泥に消泡剤を添加し、曝気により生成した発泡量で評価する方法を採用した。具体的には、活性汚泥と発泡スカムを一定の比率で混合した試料について、200 mLメスシリンダーに100 mL分取後、消泡剤を添加して1.5 L/分で曝気し、一定の発泡容量(以下、評価基準)に到達するまでの所要時間(以下、抑泡時間)を比較した(図2)。消泡剤の添加率は4条件(1、3、4、5 mg/L)とし、繰り返し回数2~3回の平

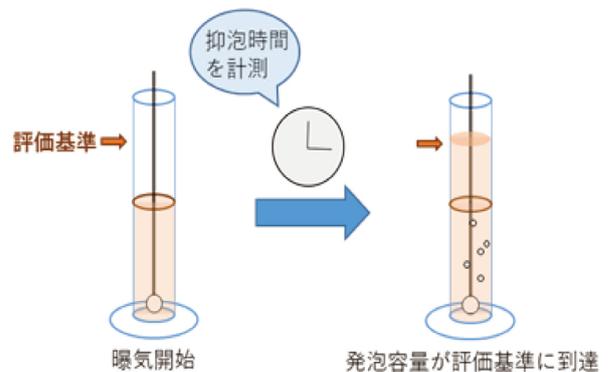


図2 消泡性能試験

均値で評価した。活性汚泥と発泡スカムの混合比、評価基準、添加率等の試験条件は、消泡剤の性能差が明確にみられるよう、試験を実施する毎に事前の確認試験を行い設定した。

消泡性能試験の様子（曝気開始 10 秒後）を図 3、消泡性能試験（12 月及び 2 月実施）の結果の一例を図 4、5 に示す。シリコン系 G は無添加の場合と同様に、曝気直後に発泡容量が評価基準に到達していることが伺える。この傾向は実施した全ての消泡性能試験において確認されたため、シリコン系 G の放線菌由来の発泡スカムに対する消泡性能は著しく低いことがわかった。シリコン系はエーテル系等と比べて疎水性が高く、消泡剤が気泡を覆う泡膜中に浸透しにくいと考えられる。一方、エーテル系等はいずれも顕著な消泡効果があった。

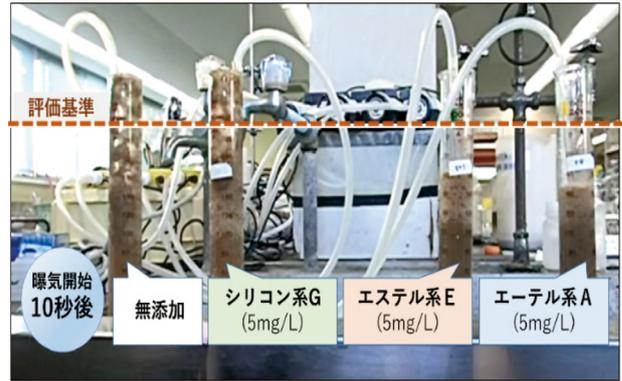
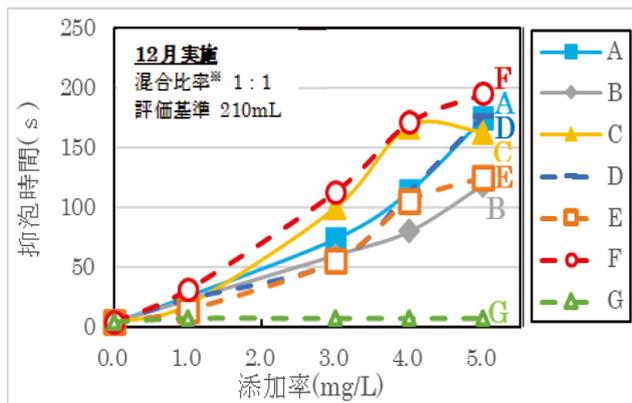
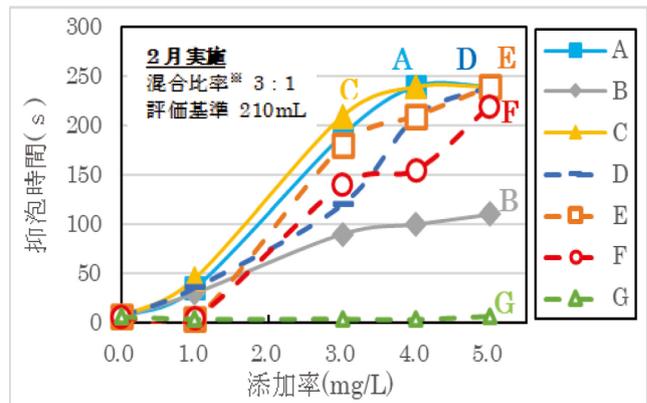


図 3 消泡性能試験の様子



※活性汚泥と発泡スカムの混合比率（活性汚泥：発泡スカム）

図 4 消泡性能の比較（12 月実施）



※活性汚泥と発泡スカムの混合比率（活性汚泥：発泡スカム）

図 5 消泡性能の比較（2 月実施）

3. 水処理に及ぼす影響

3.1 消泡剤の特性等

消泡剤添加率 5 mg/L 相当の BOD、COD 及び単位 MLSS 当りの酸素利用速度 Kr の測定結果を表 1 に示す。BOD 及び COD は十分に小さく、Kr についても無添加の活性汚泥の測定値 25.2 mg/(gSS・h) と比較して顕著な差は見られなかった。したがって、消泡剤が放流水質に及ぼす影響は小さいことがわかった。ただし、Kr の測定の際、消泡剤を添加した後に曝気を行うと、Kr の測定値自体に影響は見られなかったが、DO 濃度上昇に必要な曝気時間が長くなる現象が見られた。

表 1 消泡剤の特性一覧

消泡剤	A	B	C	D	E	F	G
分類	エーテル系				エステル系	エーテル+エステル系	シリコン系
比重	0.99	約0.99	0.99	0.99	0.998	約0.99	約1.0
BOD(mg/L)	0.03	0.13	0.17	0.01	0.95	0.75	0.21
COD(mg/L)	0.95	0.97	0.94	0.92	0.99	0.96	0.12
Kr (mg/(gSS・h))	24.5	24.5	25.2	23.2	24.5	23.9	24.5

3.2 酸素溶解効率

Kr 測定の際に見られた曝気時間が長くなる現象について、酸素溶解効率の低下に起因すると考え、非定常法による総括酸素移動容量係数 KLa を測定することとした。下水処理水 1 L に添加率 2 mg/L となるように消泡剤を添加した後、0.2 L/分の条件で曝気し、DO 濃度の経時変化を調べた。

$\ln(Cs-C)$ (Cs : 飽和 DO 濃度、 C : 時間 t における DO 濃度) の経時変化と、この近似直線の傾きから算出した KLa を図 6 に示す。 KLa は消泡剤の添加により 2 割から 4 割の減少がみられ、消泡剤により酸素溶解効率が低下することがわかった。したがって、DO 制御の反応槽においては、消泡剤の投入により一時的に送風量が増加することが示唆された。酸素溶解効率が低下するメカニズムとしては、消泡剤添加によって引き起こされた気泡の合一による気泡界面積の減少等が報告されている¹⁾。

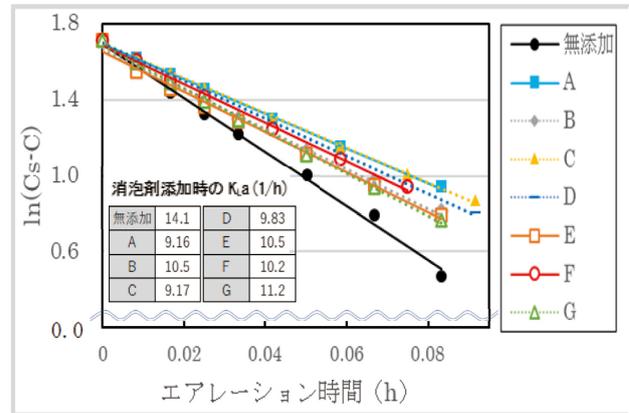


図 6 $\ln(Cs-C)$ の経時変化

3.3 活性汚泥への毒性

消泡剤自体が活性汚泥に対して毒性を有するのか検証するため、消泡剤と十分に接触させた活性汚泥について硝化速度を測定した。添加率 5 mg/L となるように消泡剤を添加した活性汚泥 1 L を 18 時間攪拌し、静置後、消泡剤による酸素溶解効率の低下の影響を排除するため、上澄み水を消泡剤を含まない反応槽流入水に置換して硝化速度を測定した。

$NOx-N$ の経時変化と単位 MLSS 当りの硝化速度を図 7 に示す。無添加と消泡剤を添加した条件で単位 MLSS 当りの硝化速度に違いは見られず、消泡剤が活性汚泥に与える毒性は小さいことがわかった。

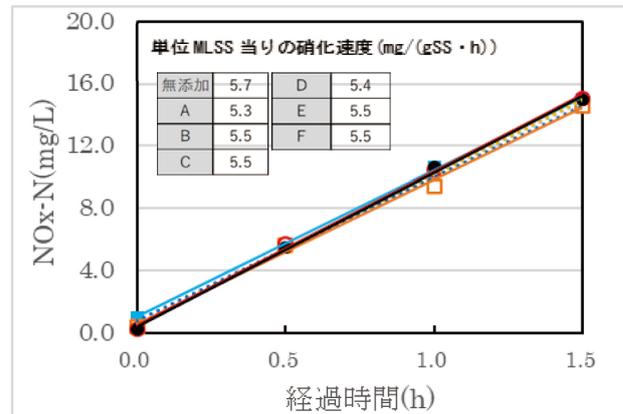


図 7 $NOx-N$ の経時変化

4. 実施設での効果検証

テーブル試験の結果を踏まえ、水面全面が発泡スカムで覆われた反応槽系列 (表 2) に対し、エーテル系等のうち、エーテル系 A を槽容積当り 0.36mg/L の添加率で複数箇所に分散投入した。その結果、一時的な送風量の増加はあったものの (図 8)、短時間で完全に発泡スカムを消失することができた (図 9)。

表 2 処理状況 (令和 4 年度平均)

処理方式 (槽数)	擬似AO法 (2)
処理水量 (m ³ /日)	50,030
HRT (h)	10.8
BOD容積負荷 (kg/(m ³ · 日))	0.31



図8 消泡剤投入による送風量の変化

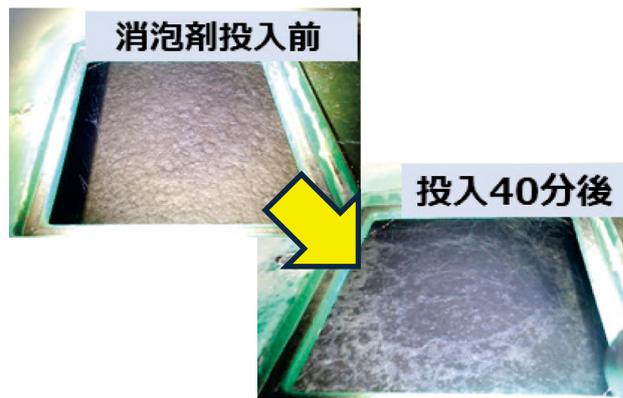


図9 消泡剤投入による発泡スカム消失

5. まとめ

全7種類の消泡剤について、消泡性能や水処理に及ぼす影響を検証するテーブル試験を行った。また、試験結果をもとに選定した消泡剤を実際に反応槽に投入し、その効果を検証した。得られた成果は以下のとおりである。

- ・放線菌由来の発泡スカムに対して、エーテル系等の消泡剤が有効である。
- ・消泡剤の添加により一時的に酸素溶解効率が低下し、DO制御の反応槽においては送風量が増加する。
- ・消泡剤が活性汚泥に与える毒性は小さい。
- ・エーテル系の消泡剤を反応槽へ投入した結果、短時間で完全に発泡スカムを消失することができた。

参考文献

- 1) 小野寺正幸ら：「微生物の好気培養に及ぼす消泡剤の影響について」、新潟工科大学、研究紀要、第1号、1996年