

3,5-ジクロロフェノールの長期連続運転条件における余剰汚泥削減効果

呉工業高等専門学校 学生会員 ○角 有紗

1. はじめに

活性汚泥法において、有機物を分解する過程で発生する過剰菌体である余剰汚泥の処理は本法による廃水処理技法における最大の未解決課題であり、数多くの余剰汚泥削減技法開発が進められている。本研究室においては、上記削減技法の1種である脱共役法による余剰汚泥削減を進めてきている¹⁾。脱共役法とは図1に示す生物のATP合成の特異的阻害剤（脱共役剤）を用いて余剰汚泥削減を行う技法である。本薬剤は生物呼吸鎖における細胞膜内外のプロトン転移体であり、この作用により有機物分解に伴う電子伝達を阻害せずにプロトン駆動力の形成のみを阻害することが出来る。結果として有機物を除去しながらATP合成のみが阻害され、増加することが出来ない「やせの大食い」の汚泥となる。

本研究室においてはペンタクロロフェノールの中間代謝産物である3,5-ジクロロフェノール（DCP）が余剰汚泥生産量の削減に効果的であることを見出しているが²⁾、本剤を用いた活性汚泥リアクターを長期運転した際に、その効果が長期間維持可能であるかは不明である。本研究においては、ジャーファーマンターを用いた活性汚泥リアクターを長期間運用し、3,5-DCP添加による余剰汚泥削減効果の消長を検証した。

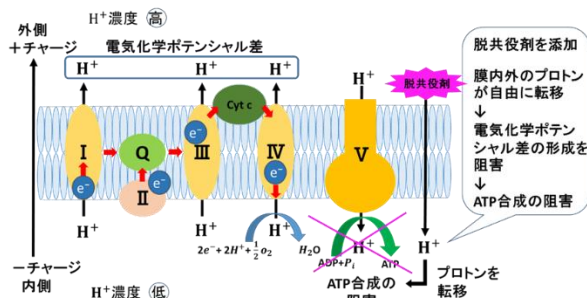


図1 呼吸鎖における脱共役剤の働き

2. 実験内容

2.1 活性汚泥リアクター慣養

本実験では、広浄化センターより分譲を受けた活性汚泥を種汚泥として用いた。基質組成として用いる人工廃水（SWA）組成は平石らを参考とした³⁾。3,5-DCP添加による効果比較を行う前段階としてSWAによる汚泥馴養を5か月間実施し、処理能力の安定を確認した後本実験（3,5-DCP添加効果比較）に供試した。

2.2 リアクターの運転

ジャーファーマンターを用いて作成した活性汚泥リアクター2基（3,5-DCP添加系および無添加系とする）に、約5ヶ月間馴養した活性汚泥を半量ずつ分割し、1500mLとなるようメスアップした。ここにSWA（COD負荷：360mg-COD）を、送液ポンプを用いて連続的に供給した。水理学的滞留時間4.2日、さらに片方の3,5-DCP添加系に供給する培地を入れたメディウム瓶には終濃度100μMとなるように3,5-DCPを添加した。運用時には菌体の流出を防止するため、汚泥排出時には汚泥を沈殿させることで上清のみを排出した。

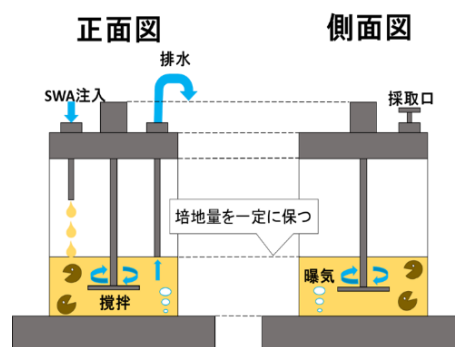


図2 ジャーファーマの概要図

2.3 測定項目

(1) 活性汚泥濁度測定

吸光光度計により濁度（O.D.660）を算出した。各ジャーファーマ内の活性汚泥を10mLずつコニカルチューブに採取し、これを超音波破碎機（Ultrasonic Homogenizer LUH150）45.0%に設定し約10秒かけてからO.D.660を測定した。これを約2ヶ月程度行い、3,5-DCP添加系および無添加系の濁度変化を比較した。

(2) COD測定

培養期間中に採取した3,5-DCP添加系および無添加系のCOD_{Cr}を吸光度法で測定し、運用期間中の有機物処理能力の変化を評価した。

(3) 菌叢解析

3,5-DCP添加系および無添加系の真正細菌叢を比較し、3,5-DCP添加の影響を評価した。比較解析手法としてMiseq（イルミナ社）を使用し、集積培養物から得られた粗抽出DNAを16S rRNA V3-V4領域を標的する真正細菌ユニバーサルプライマーを用いて増幅し、得られたPCRアンプリコンを同装置によ

キーワード：脱共役剤、余剰汚泥削減

〒737-8506 広島県呉市阿賀南2-2-11 呉工業高等専門学校 TEL 0823-73-8400

り網羅的に解説することでリアクター陰極を構成する真正細菌叢遷移を解明した。

3. 実験結果および考察

(1) 活性汚泥濁度測定

約 2 ヶ月にわたり、週 2 回程度のペースで汚泥濁度の測定したものをグラフにしたものが図 3 である。濁度の数値に約 0.210 の差が生じており、3,5-DCP 添加系が無添加系の数値よりも濁度が低いという結果が得られた。また汚泥濁度の数値を用いて、 $y = 0.6921x$ の式²⁾より汚泥重量(VSS-g)を求めた。両者の重量の数値に約 0.373 の差が生じており、3,5-DCP 添加系が無添加系の数値よりも重量が小さいという結果が得られた。

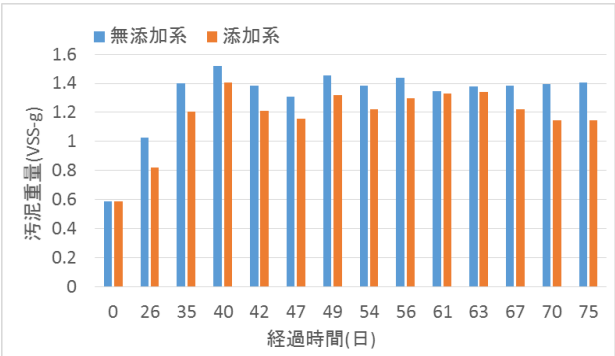


図 3 汚泥濁度の比較

(2) COD 測定

3,5-DCP 添加系と無添加系とを比較し COD 量に重大な差が生じていないことが判明した。更に SWA 原液と培養上清の COD の差から COD 除去率を算出した。これより、3,5-DCP 無添加系の有機物除去は平均 91.8%、3,5-DCP 添加系の COD 除去は平均 90.7%という結果を得た。両者とも高い除去率を示し、なおかつ両者に重大な差は確認されなかった。

更に COD 除去率、培地流量、および汚泥重量から汚泥収率(同化的に処理された COD 率)を算出した。結果を図 4 に示す。重量を処理日数ごとに差を計算した平均が、3,5-DCP 無添加系は約 0.342 が示され、3,5-DCP 添加系は 0.280 という結果を得た。

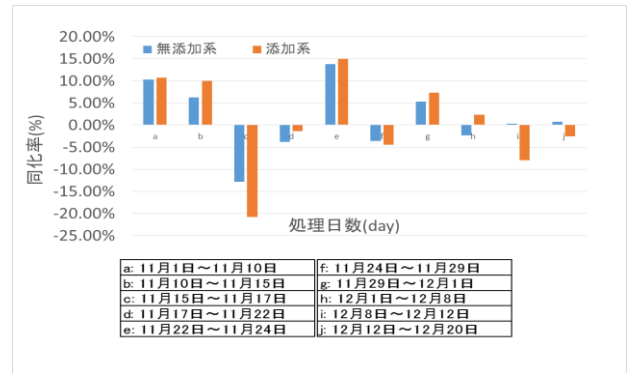


図 4 COD 同化率の比較

両者の活性汚泥重量に明確な差が生じていることが言える。また、余剰汚泥(g-COD)の平均が、3,5-DCP 無添加系は約 1.895、3,5-DCP 添加系は約 1.673 という結果を得た。脱共役作用により余剰汚泥の発生が 0.222%抑えられていると言える。

(3) 菌叢解析

3,5-DCP 添加系と無添加系の菌叢解析結果を図 5 に示した。全体として両者の組成は類似しており従って 3,5-DCP 添加による活性汚泥群集構造への影響は軽微であると考えられた。この結果は Kimura et al., 2016¹⁾において示される結果と異なるものとなった。当該論文においては添加に伴い菌叢が大きく変化し、3,5-DCP への耐性化 (i.e.削減効果の消失) が進行した。

当該論文と本研究との差異は 3,5-DCP の添加法にある。当該論文においては、1 週間に一度 150 mM 濃度に 3,5-DCP を添加し半回分培養を行うことで 3,5-DCP 濃度が希釈により漸減するシステムであるのに対し、本研究においては人工廃水中に予め添加するシステムを用いている。本研究で採用した添加法を用いることで 3,5-DCP 添加による余剰汚泥削減効果を長期間運用可能であることが示された。

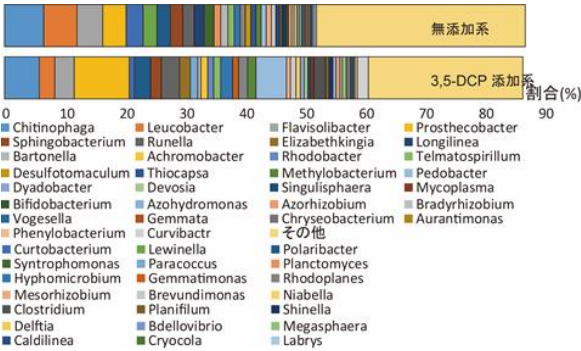


図 5 3,5-DCP 添加系の菌叢解析

4. 結論

- (1)3,5-DCP を添加すると汚泥濁度が小さくなった。
- (2)3,5-DCP を添加すると余剰汚泥の発生を抑制することができた。
- (3)3,5-DCP を添加しても菌叢に影響は及ぼさなかった。

5. 参考文献

1. Hiraishi A, Ueda Y, Ishihara J: Applied and environmental microbiology, pp. 992-998. 1998.
2. Kimura Z-i, Hirano Y, Matsuzawa Y, Hiraishi A: Journal of bioscience and bioengineering, pp. 467-474. 2016.
3. Matsuzawa Y, Kimura Z-I, Nishimura Y, Shibayama M, Hiraishi A: Journal of Water Resource and Protection, 214p. 2010.