

間欠接触酸化法を用いた汚泥減量装置の製作と性能評価

Production of a Sludge Reduction System Using Intermittent Contact Oxidation

Process and Its Performance Evaluation

学籍番号 47-196801
氏名 小野 圭哉
指導教員 佐藤 弘泰 教授

1. はじめに

小規模処理場における下水汚泥の処理が問題になっている。下水汚泥を再資源化することで処理費用を削減する技術も存在するが再資源化のため技術は、設備が多く必要であり初期投資や運転管理のための人件費が多くかかるなど小規模処理場では採算が取れない。しかし、一般的に下水処理場において下水を浄化すると下水汚泥が生成される。下水汚泥は生成当初はほぼ水分で構成されている。小規模下水処理場では汚泥を処理する施設そのものを所有していない場合も珍しくない。その場合、バキュームカーや移動式脱水車を用いて汚泥処理を行う設備がある場所まで輸送を行うことで処理を行っている。輸送距離が長くなると輸送コストが高くなる。輸送する汚泥量を減らすことが出来れば輸送コストを削減することが出来る。

小規模処理場での汚泥減量実現のために本研究室で使用されている間欠接触酸化法が適用できるのではないかと考えている。間欠接触酸化法（ICOP：Intermittent Contact Oxidation Process）とは担体を下水と空気に交互に接触させることで下水管路内において担体に微生物を付着させ、曝気を行わず好氣的条件下で有機物を除去する技術である。間欠接触酸化法は運転管理がシンプルであり、小林（2019）より汚泥

の減量化を行うことが可能であることがわかっている。

小林（2019）は、間欠接触酸化法を用いて汚泥の減量に関する研究を行った。その主な成果には以下のものである [1]。

- 1) 汚泥減少量を酸素消費量で推定することが可能である
- 2) 汚泥の処理においては見かけ上の表面積が重要である
- 3) 汚泥減量にはミミズやチョウバエなどの高等生物が大きく影響を与えている可能性を示唆

2. 目的

小林（2019）は管路内浄化の装置を汚泥処理に転用していたため、処理を水路の底面にスポンジを設置した装置で検討した。そのため、処理性能は設置面積に比例し、空間を有効に利用するものではなかった。そこで、本研究では間欠接触酸化法を用いた汚泥減量装置の設置面積当たりの汚泥減量能力を高めることを目的とする。汚泥減量を向上させるためにスポンジを立体的に配置した実験室規模の装置を作成し汚泥減量能力を評価することとした。また、実験前半において原因は不明だが偶然チョウバエ等高等生物が全く発生しなかったため、後半に意図的にチョウバエを導入し、チョウバエが汚泥減量に与える影響について調査した。

3. 実験の方針

2021年8月2日から9月15日まで実験1を行った。実験1はスポンジを立体的に配置した汚泥減量装置の試運転をした。実験2は2021年10月12日から開始した。実験2は実験1で発生した問題に対して対策を行い汚泥減量能力に関する検証を行った。検証内容としてはチョウバエが発生しなかった状況を利用し11月14日までチョウバエがない状態の汚泥減量能力について測定した。その後11月15日に装置内部にチョウバエを移植し汚泥減量能力にどのような変化が出るかを12月23日まで調査した。チョウバエは菅野終末処理場で発生した装置から成虫数匹と幼虫のいるスポンジの一部(3×5×1cm)スポンジ槽に入れることで移植を行った。

測定項目は、汚泥濃度(SS)、酸素消費速度、SVI、ORPである。SSは貯泥槽内1Lに汚泥が何mg存在するかを示す指標。酸素消費速度は1日当たりに消費された酸素量である。汚泥を分解するときには酸素を必要とするため完的に減少する汚泥の量を調べることが出来る。SVIは1gの汚泥が占めるml体積(SVI)を用いて評価した。ORPは汚泥の酸化還元の状態を把握するために測定した。

4. 実験1

4.1 実験装置概要

プラスチック製のコンテナ(27.8×15.3×16.5 (cm)、容量7L)に1×14×15 (cm)のスポンジを14枚、1cm間隔でステンレスの針金で固定した。スポンジと装置底部を隔てるために高さ0.5cmのスペーサーの上に設置した。なお実験室の空

調を25°Cに固定した。

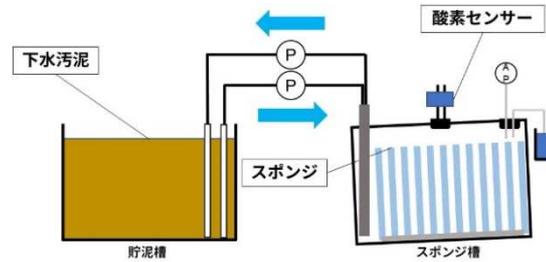


図1 実験1の装置概要図

4.2 運転方法

貯泥槽にSS濃度5,000mg/Lで4.5L入れ、平日毎日7,000mg/Lの汚泥1/10と入れ替えた。貯泥槽から3時間に1回スポンジ槽に送泥し10分後返泥した(以下「循環頻度」と呼ぶ)。また、最後の1週間のみ入れ替える汚泥の濃度をSS10,000mg/Lに変更した。装置は室温を25°Cに設定した実験室内に設置した。

4.3 実験結果

貯泥槽のSS濃度の推移(図2)を見ると大きく振れていることが分かる。大きく振れている理由は、スポンジ槽側に汚泥が堆積してしまっ汚泥が貯泥槽に返送されなかったことが原因である。酸素消費速度(図3)は徐々に右肩上がりになっている。後半、大幅に上昇しているのは投入する汚泥のSS濃度を2倍にしたためであると考えられる。また、酸素消費速度は平均で2.8g/m²/dayで最大4.7g/m²/dayであった。小林(2019)の結果では装置内に温度が25°Cの時11.5g/m²/dayなので、酸素消費速度は数値的には下回っている。汚泥容積に関しては装置が不安定であり評価を行う事は出来なかった。

汚泥がスポンジ槽に堆積することを防ぐためにスポンジサイズを1/3に縮小し、スポンジと装置底部を隔てるためのスペー

一の足の高さを 2 倍に変更した。そして、投入する汚泥濃度を 7,000mg/L から 10,000mg/L に変更し実験 2 を行った。

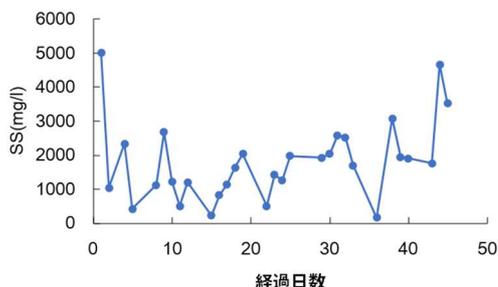


図 2 実験 1 の SS 濃度推移

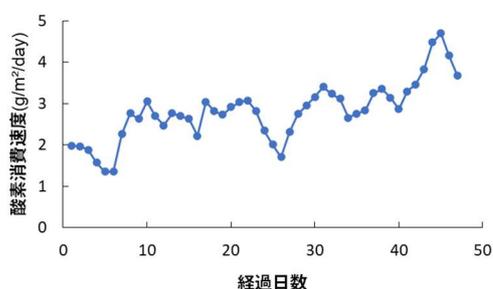


図 3 実験 1 の酸素消費速度

5. 実験 2

5.1 装置概要

実験 2 では汚泥がスポンジ槽に堆積することを防ぐためにスポンジサイズを 1/3 に縮小し (1×10×10cm を 7 枚)、スポンジと底部を隔てるためのスペーサーの足の高さを 2 倍に変更した。そして、挿入する汚泥濃度を 7,000mg/L から 10,000mg/L に変更し実験室の温度を 25°C に設定したが設定ミスにより 14 日目まで 25°C より低かった。15 日目以降は 25°C である。

5.2 運転方法

運転開始時に SS 濃度 10,000mg/L の汚泥 4L を入れ、平日毎日 10,000mg/L の汚泥 1/10 と入れ替え実験を行った。運転開始から 13 日目までは循環頻度は 3 時間に 1 回であったが 14 日目から 1 時間に 1 回に変

更を行った。実験開始してから高等生物が発生しなかったため 35 日目にはスポンジ槽内部にチョウバエの成虫数匹と幼虫の生息するスポンジの小片を汚泥分解用のスポンジの上に乗せ、さらに 38 日間実験を行った。なお、35 日目以前は装置内にチョウバエは見られなかった。

測定項目は、SS、酸素消費速度、SVI、10 月 18 日と 11 月 9 日に 24 時間貯泥槽の ORP を測定した。SS、SVI は汚泥の入れ替え直前にサンプルを取得したものをを用いた。

5.3 実験結果及び考察

実験 2 の SS 濃度の推移 (図 4) は実験 1 (図 2) と比べて安定した。やや大きな変化もあったが、スポンジ槽の維持管理でスポンジ槽内部に溜まっていた汚泥を貯泥槽に移したためである。

実験 2 の酸素消費速度 (図 5) は実験 1 (図 3) と比べて概ね上昇していた。また、空調を改善し汚泥循環頻度を増やした数日後に酸素消費速度が上昇した。実験 2 では空調などの変更後の酸素消費速度平均 5.9g/m²/day となりチョウバエの移植を行った後の酸素消費速度の平均は 6.6 g/m²/day となった。

汚泥容積の指標である SVI は、悪化してしまった。しかし、未処理の汚泥に対しては SVI 悪化を防ぐことが出来ている可能性がある。

5.4 管路型との比較

本研究では、スポンジを立体的に配置し fill&draw 方式で安定して運転し、汚泥減量能力を測定することが出来た。立体型装置は設置面積当たりの効率を上げることが容易に行える。仮に 1m³ の装置を作成しスポンジを 50%ほど詰めた場合の酸素消費速

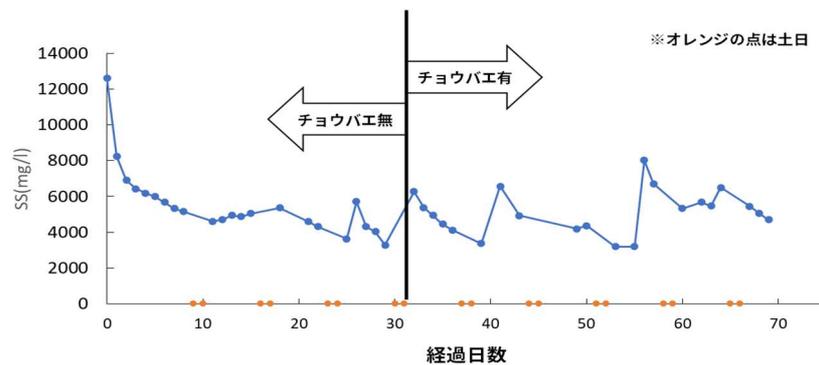


図4 実験2のSS濃度推移

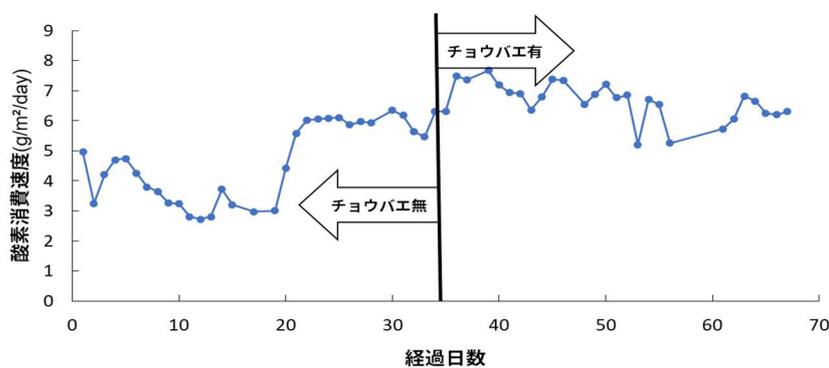


図5 実験2の酸素消費速度

度はチョウバエが発生した場合、25°Cで最大 662g-O/day となる。これは、およそ 30 人分の汚泥を 1 日に分解することが出来ることを示している。なお、小林は管路型装置を積層して設置した場合の性能を試算している。本検討の結果は、それをやや上回る数字である。概ね良好な結果を得ることが出来た。

しかし、スポンジ単位面積の酸素消費速度では小林 (2019) の結果を上回ることが出来なかった [1]。上回ることが出来なかった理由としては、スポンジ 1 枚が薄い、fill & draw 方式で運転していたなど高等生物の生息に適していない方法で運転していたことによる可能性が高い。fill & draw 方式は担体が水没する瞬間が発生してしまいチョウバエの幼虫の生育には過酷な状況を生

み出していた可能性が高い。

5. まとめ

本研究ではスポンジを立体的に配置した汚泥減量装置でも汚泥質量を減量できることが分かった。また、汚泥減量にチョウバエが影響を及ぼしていることが分かった。そして、装置容積 1m³でスポンジ充填率 50% の場合 662g-O/day (25°C) の酸素消費速度となり約 30 人分の汚泥を分解することができ、装置面積当たりの汚泥減量では管路型を上回ることが出来た。

参考文献

- [1] 小林 駿 (2019), 「間欠接触酸化法を利用した汚泥減量技術の開発と小規模下廃水処理施設への適用可能性」 東京大学修士論文