

間欠接触酸化法による汚泥減量へのイトミミズの寄与の 評価の試み

An Attempt to Evaluate Contribution of Tubifex to the Reduction
of Sewage Sludge in Intermittent Contact Oxidation Process

学籍番号 47-196736
氏名 宋 翰祥
指導教員 佐藤 弘泰 教授

1. はじめに

1.1 研究背景

下水処理プロセスで発生する汚泥は最初沈殿池から取り除かれる初沈汚泥と最終沈殿池から引き抜かれる余剰汚泥からなる。1990年代以前では約9割が埋め立て処分され、衛生上では好ましくないほか、埋立処分場の浸出水による地下水汚染問題なども発生した。従来、汚泥埋め立て処分量を削減するために、濃縮・脱水・焼却などによって汚泥の容積を減らし、衛生的で取り扱いやすい状態にしていた。更に、資源としての汚泥は再生利用やエネルギー回収などの技術も日進月歩である。しかし、人口密度が低い地域では、汚泥処理施設が過疎化かつ機能が単一のほか、汚泥発生量が少なく資源化するのに採算が合わないため、汚泥の有効利用が困難な場合も存在する。そこで、下水道財政と今後人口減少傾向を考慮した小規模処理施設への新技術の開発が迫られる。

間欠接触酸化法（ICOP）は無曝気で微生物担体であるスポンジを下水と空気に相互に接触させることで有機物負荷を酸化的に除去できる方法である。微生物は担体中の水分に溶解する空気中の酸素を利用して下水から貯蔵した有機物を酸化的に利用す

る。エネルギーの利用量削減や処理効果が複合といったメリットが期待されている。過去の研究では、1、好気化条件下、水質浄化のほか汚泥減容効果もある。2、高等生物であるイトミミズが出現したことが確認された。

従来、土壌中に生息するミミズによるミズコンポストは既に多くの研究者により汚泥の分解に効果があることが判明している。しかし、イトミミズに関する定量化および汚泥分解の文献は少ない。また、多種菌類を代表とする微生物と微小動物が共存した複雑な生態系では、食物連鎖が形成して汚泥の分解を促進できる。間欠接触酸化法を背景としたイトミミズが汚泥減容への寄与とその定量化を研究することによって、将来処理施設への導入可能性及び最適化を図り、発生する汚泥を抑制することには意義がある。

1.2 研究目的

本研究では、イトミミズの定量化手法を確定し、汚泥減容効果とイトミミズの量の関係を示すことを目的とする。

2. 実験方法

本研究の最終目的へ向け、イトミミズを中心に以下の四つの実験を行う。

2.1 イトミミズを室内飼育の実験

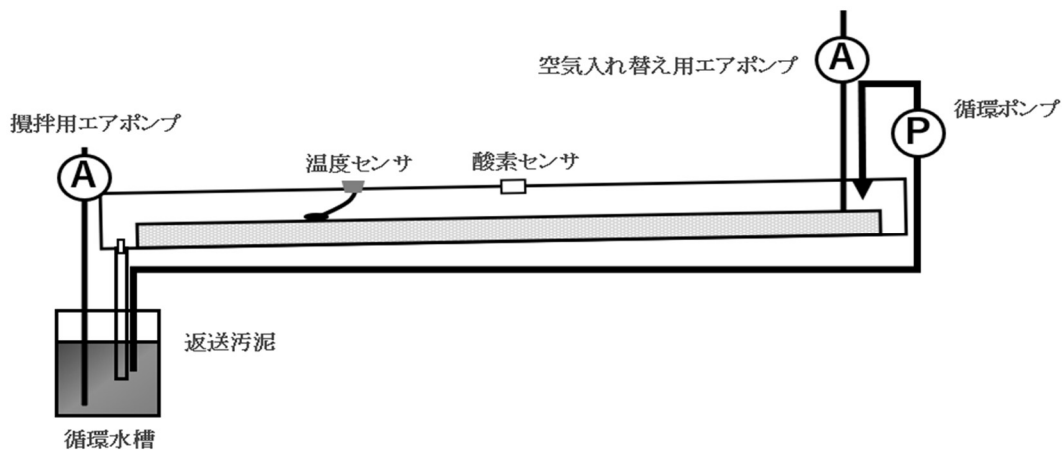


図1 間欠接触酸化法を用いた実験リアクターの概略図¹⁾

実験 2.2、2.3 及び 2.4 における必要なイトミミズ量を確保するための実験である。菅野終末処理場から取った返送汚泥を栄養分として与え、実験室でスポンジ担体を用い、イトミミズの培養条件を確立し、実験に必要な量のイトミミズを供給することが目的である。12 月末までの実験では、

- 1) 一回目：イトミミズの生存を確認してから蓋なし室温状態で一日おきに MLVSS 濃度が 4992mg/l の返送汚泥を 20ml 与えて培養した。添加する汚泥負荷が 0.356mg/(ml・day)。
- 2) 二回目：蓋には 4 つ直径 3 cm の穴を開けてからティッシュでカバーした。室温状態で一日おきに MLVSS 濃度が 4986mg/l の返送汚泥を 25ml 入れた。添加する汚泥負荷が 0.416mg/(ml・day)。すべての容器をシェーカーに置き、回転速度を 20min⁻¹ に設定した。
- 3) 三回目：容器 M2 を以下のように設置した。モーターと支持台を糸で結び、モーターが駆動する度に支持台は水平面下 0.05π [rad] の位置から水平面上 0.05π [rad] の位置まで傾き元の位置に戻る。Arduino 制御によりモーターをコントロールし 15 分毎に 1 度この動作を繰り返す。室温状態で

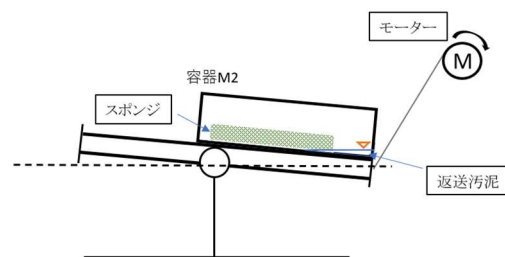


図2 支持台を制御するイメージ図

一日おきに MLVSS 濃度が 4990mg/l の返送汚泥を 25ml 入れた。添加する汚泥負荷が 0.417mg/(ml・day)。飼育するミミズは市販のイトミミズを使用。11 月に入り、電気毛布で被ることで容器の温度を高くする。

2.2 イトミミズの回収実験

イトミミズをスポンジから回収できることが定量化する前提である。ここで、二つのステップに分けて実験を行った。まず、イトミミズの回収方法について、イトミミズを篩（目開き：800 μm）の上に置き、チオ硫酸ナトリウムで塩素中和した水道水を篩の網と接することができる高さまで容器に注ぎ、イトミミズが液体中に沈むのを待つ。次に、イトミミズをスポンジから追い出す方法はイトミミズの負の走光性を用いて実験を行った。スポンジの真上 19 cm ところ

に線型 LED 光源を設ける。

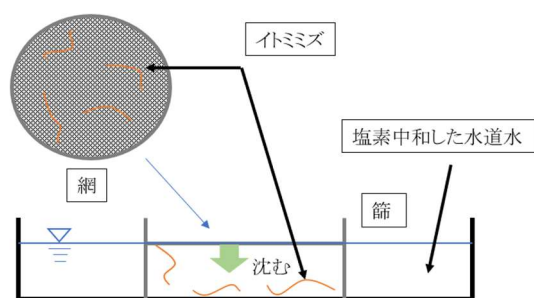


図3 篩でミミズを回収する実験

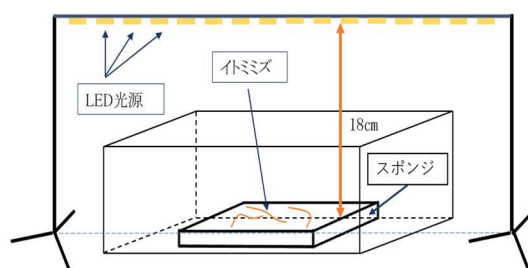


図4 LED光源によってミミズをスポンジから追い出す実験

電源をつけ、スポンジ表面にイトミミズを置き、イトミミズの移動特性を観察する。効率よくイトミミズを回収する方法を見出すために、光照射の有無、スポンジを支持する道具および最初に添加したミミズの量などの条件を変えて以下の五つの実験を設計した。

- A、暗室 篩 イトミミズ約 0.5ml
- B、LED 篩 イトミミズ約 0.5ml
- C、LED 篩 イトミミズ約 1.0ml
- D、LED 棚 イトミミズ約 0.5ml
- E、LED 棚 イトミミズ約 1.0ml

それぞれの回収量とそれに必要な時間で評価する。

2.3 イトミミズの定量化実験

イトミミズの定量化について、破壊的手段と非破壊的手段の二つに分けられる。破

壊的手段では、イトミミズを一匹ずつ回収し、イトミミズの命を犠牲にして乾燥重量を測ることによって比較的に精確に定量化することができる。本研究は非破壊的手段を中心にして定量化手法を確立する。イトミミズの体積を測る器材として、①0.1ml 刻みの 1ml 注射器外②5ml 試験管（手動で刻みを記す）③0.05ml 刻みの 10ml 駒込ピペット（最大 0.8ml まで）の三種で実験する。イトミミズを 0.1ml、0.2ml、0.3ml、0.4ml、0.5ml、0.6ml、0.8ml、1.0ml 取り、バランストレイ（質量測定用のプラスチック製の使い捨て容器）に入れ、湿重量を測った。

2.4 イトミミズの汚泥減容への効果

イトミミズの有無による汚泥減容への影響を実験で示したい。反応容器を 8 個用意して 2 組に分けてそれぞれ A1-A4、B1-B4。各容器に内壁に酸素センサーシールを貼る。実験材料を各容器に以下のように入れる。

表 5 各容器の実験条件

A1 : スポンジだけ	B1 : スポンジだけ
A2 : スポンジ+VSS 0.05 g の汚泥	B2 : スポンジ+VSS 0.10 g の汚泥
A3 : スポンジ+イトミミズ 0.5ml	B3 : スポンジ+イトミミズ 0.5ml
A4 : スポンジ+VSS 0.05 g の汚泥+イトミミズ 0.5ml	B4 : スポンジ+VSS 0.10 g の汚泥+イトミミズ 0.5ml

8 個の容器をインキュベーターに入れて、1h ごとに酸素分圧を測定する。

3. 実験結果及び検討

3.1 イトミミズの室内飼育手法の検討

1) 一回目の実験結果：イトミミズが全て死亡。イトミミズが集まりやすいスポンジ底部にはかなりの黒い汚泥が確認でき、嫌気状態になることが分かった。

検討：

- ① 添加した汚泥の量が過剰化
- ② 容器内の液体の流動性が足りないため、

酸素の提供にも影響を出した。

2) 二回目の実験結果：

- ① シェーカーの使用はスポンジ低層部の酸素不足の改善に効果が見えない。
- ② 汚泥の中にはミミズもしくはミミズの卵包が存在する

3) 三回目の実験：イトミミズが増えることもなく、減ることもなく一定の量を維持する。温度は高くなったが、水の内部蒸発による影響も考えられる。

3.2 イトミミズの回収実験

イトミミズの回収実験について、実験 A では、12 時間後イトミミズと泥の混合物を約 0.4ml 回収した。実験 B では、2 時間後イトミミズと泥の混合物を約 0.4ml 回収した。実験 C では、6 時間後イトミミズと泥の混合物を約 1.1ml 回収した。実験 D では、2 時間後イトミミズと泥の混合物を約 0.4ml 回収した。実験 E では 4 時間後イトミミズと泥の混合物を約 1.2ml 回収した。

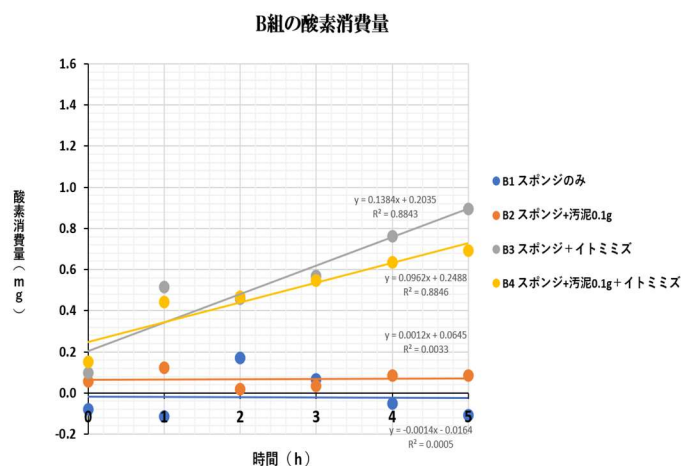
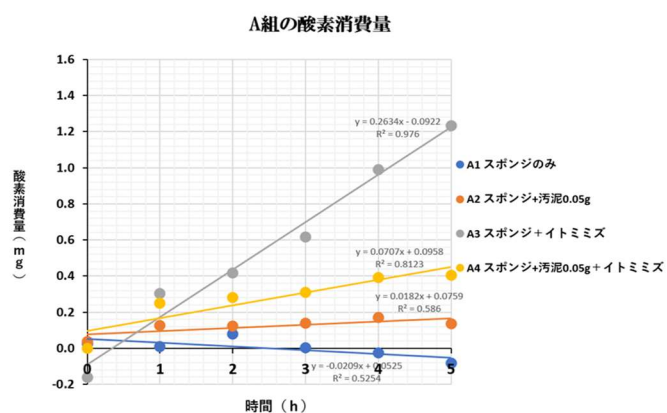
検討：

回収効率に大きく影響する要因は光の有無、イトミミズの初期添加量及び回収率の期待値の三つであることが分かった。

3.3 イトミミズの定量化実験

いずれの器材も良好な線形関係を表せる。①器材の内径が小さければ小さいほど、操作上では難しくなる。試験管の内径が大きいと、精度は手動で刻みをつくったため、他の二つと比べて見劣る。②C-3 と C-5 の結果を C-2 と C-4 と比べて、イトミミズの量が多ければ多いほど、測定する際に誤差も大きくなる。その誤差は水の量とイトミミズのフンによるものだと考えられる。③操作上の難易度と精度から注射器外筒が最適な手段だと考える。

3.4 イトミミズの汚泥減容への効果



4. 終わりに

本研究においては、イトミミズを中心にして実験を行った。イトミミズを微生物担体であるスポンジから回収する方法を提案した。また、イトミミズ量が少ない場合での定量化手法についても検討した。イトミミズの重量と体積の関係を築き、体積を測ることによって重量を算出できる方法である。

参考文献

- 1) 小林駿(2020).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廃水処理施設への適用可能性, 東京大学大学院新領域創成科学研究科修士論文
- 2) 日本下水道協会(2012) 下水道統計第 66 号
- 3) 稲森悠平,最新環境浄化のための微生物学, 講談社サイエンティフィク (2008) ,p.243 - 296