

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

Development of Sludge Reduction Technology using Intermittent Contact Oxidation
Process and Its Applicability to Small Scale Wastewater Treatment Plants

学籍番号 47-186759
氏名 小林 駿
指導教員 佐藤 弘泰 准教授

1. はじめに

一般的な汚泥処理が[濃縮→(消化)→脱水→有効利用]と進んでいくのに対して、小規模下廃水処理施設では脱水設備を保有していないことが多い。そのような処理施設での汚泥処理は[貯留もしくは濃縮→脱水設備のある処理場までの輸送]となっておりこの輸送コストが大きな負担となっている。いくつかの小規模処理施設においては移動式脱水車による処理を行っている地域もあるが老朽化が大きな課題となっている。高価な設備であるため更新が難しく、将来的にはバキュームカーによる汚泥輸送に代わる可能性があるが、長い輸送距離や人材減少から汚泥処理の負担は依然として大きい。今後、施設老朽化や人口減少による下水道財政の悪化に伴い汚泥処理を十分に行えない地域が全国的に発生する可能性がある。

既存の汚泥処理技術は消化工程の効率化や脱水後の有効利用を対象としたもの、大都市での適応を前提としたものが多く、小規模処理施設向け、特に汚泥輸送の負担を減らすことを目的とした汚泥減量技術は少ない。そのため、そのような地域に適用できる低コストで維持管理が容易な汚泥処理技術があるとよい。

一方本研究室で研究を行っている間欠接触酸化法は無曝気で下水中の有機物を除去する方法である。これまでの研究から本手法によって前述の課題を解決できる可能性が示されている。

2. 目的

本研究では各要因(厚み、運転条件、温度、長期間)による汚泥減量への影響を調査し今後の装置開発に繋がる基本的な汚泥減量能を評価すること、またそれらを用いて間欠接触酸化法を活用した汚泥減量装置を提案することを目的とした。

3. 実験方法

図1に示す実験装置を使用してA~Cの実験を行った。

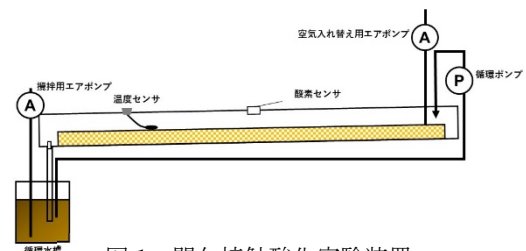


図1 間欠接触酸化実験装置

装置は下水処理場内に設置し、同様の設計のG1,G2二つの装置を使用した。実験に用いる汚泥はすべて同処理場内の返送汚泥を使用した。容積 3.78 L の直方体水路に700×800×10mm の連続気泡ポリウレタンス

ポンジ(BCD-2 アキレス株式会社)を設置した。水路内部における酸素消費速度と温度変化を確認するため酸素センサ、温度センサを設置した。循環水槽内に返送汚泥と水道水の混合液(5~5.5L)を添加し、循環用ポンプ(500~550ml/min)を一定時間ごとに稼働させることで水路内を間欠的に循環させた。循環の際には循環水槽に沈殿している汚泥を攪拌するために攪拌用エアポンプを起動させた。各実験において6時間ごとにエアポンプにより水路内の空気を入れ替えた。

実験Dでは容積0.0105L(30×35×10mm)の酸素センサを取り付けた密閉反応器を使用した。

実験A：汚泥の質量・体積減少の確認

図1の装置を用いて「15分循環、45分間干出」という条件で約1週間の運転を行った。運転開始時と終了時の装置全体に残存している汚泥について、汚泥の強熱減率量(VS)、1gの汚泥が占めるml体積(SVI)を比較することで汚泥の質量・体積としての減少を確認した。スポンジ厚を10、20mmとする2つの装置を運転し厚みの影響を確認した。9月20日~9月26日、9月26日~10月3日までの2回行った。

実験B：運転条件による影響評価

図2のように1日当たりの循環回数が異なる6つの条件で運転を行い、酸素消費速度の比較を行うことで汚泥減量性能の比較を行った。温度も並行して測定した。

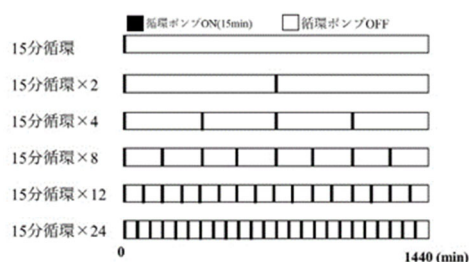


図2 運転パターンイメージ図

実験C：長期間運転の影響

実験B終了後の装置を継続して使用した。約1週間ごとに循環水槽の汚泥を入れ替えた。なお11月20日より電気毛布による装置の加温を行った。

実験D：温度による影響評価

実験C中の実験装置より採取したスポンジ(30×35×10mm)を反応器内に静置した。容器を10、20、22、30℃に設定したインキュベータ内で5時間培養し、各温度における酸素消費速度を比較した。

4. 実験結果

実験Aの結果を表1に示す。すべての系においてVSが減少した。減少率は最大で37%であった。減少したVS量をCOD量に換算した値と消費された酸素量は概ね一致した(図3)。汚泥の体積(SVI)も減少した。また各結果でスポンジ厚による差は確認されなかった。

実験Bの結果を図3に示す。循環回数と酸素消費速度には有意な関係が見られなかった。

実験C中の酸素消費速度の推移を図4に示す。酸素消費速度は2.9~12.6 g/m²・Dayで推移し、平均全平均は6.9 g/m²・Dayであった。

表 1 実験 A の結果

運転期間	リアクター温度(°C)	スポンジ厚(mm)	VS量の推移(mg)	VS減少率(%)	汚泥減少量(mg-O)	酸素消費量(mg-O)	SVI
9/20~9/26	24	10	7333→5113	27	3100	3267	181→58
9/20~9/26	26	20	8093→5113	30	3232	3821	181→60
9/26~10/3	25	10	7513→4770	37	4123	6178	311→170
9/26~10/3	27	20	7513→4680	37	3992	3974	311→122

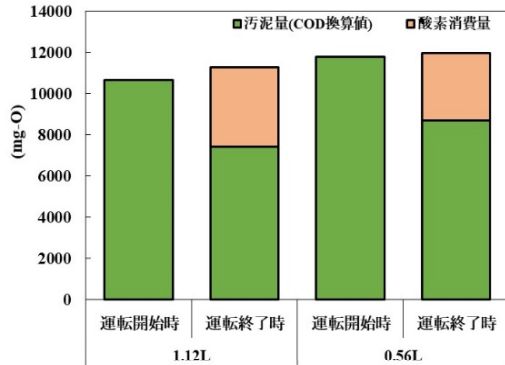


図 3 汚泥減少量と消費酸素量

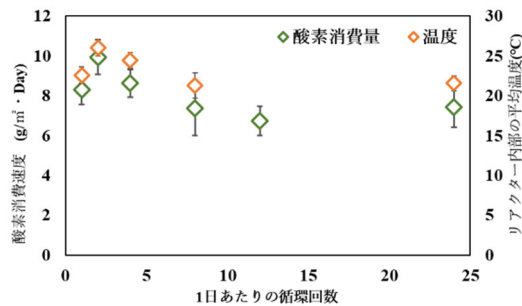


図 4 実験 B の結果

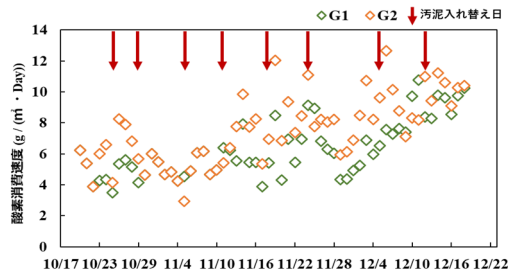


図 5 実験 C の結果

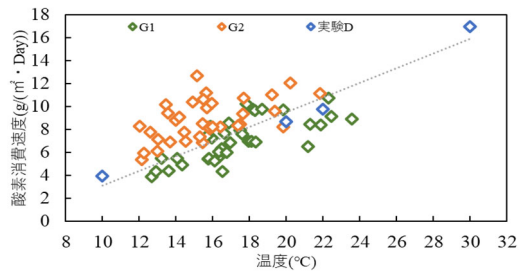


図 6 実験 C.D の結果

た。毛布による加温を開始した 11 月 20 日からは酸素消費速度が増加した。

実験 D の結果と C の温度と酸素消費速度を図 5 に示す。いずれの結果においても温度上昇に伴い酸素消費速度は増加した。最大消費量は実験 D において 20°C で約 8.7 g/m³・Day、30°C で約 17 g/m³・Day であった。

5. 考察

表 1 より間欠接触酸化法によって汚泥は質量・体積共に減少することが分かった。特に体積としての減少は重要である。小規模施設において汚泥は汚泥貯留槽に一時的に貯留され、一定間隔で外部の処理施設に輸送される。汚泥体積が減少すれば輸送頻度が減ることになる。この結果から本手法が汚泥減量技術として有用であることが示された。また図 3 に示されるようにから汚泥の減量が好氣的に発生していることが分かった。スポンジ厚による影響がなかったこと、好氣的な反応であることを考えると、スポンジの見掛け上の表面積(内部の空隙を含まない)が性能に影響すると考えられる。

図 4 からは汚泥の循環に性能を促進する効果はなく、スポンジに汚泥を添加する意味を持つ操作であること、1 日 1 回程度で十分であることが示唆された。ここからは実際の装置として運転する際に掛かるエネルギーコストが小さいと言うことが出来る。

図 5 からは長期間運転に伴うスポンジの

閉塞により性能が致命的なまでに低下することがないように考えられる。しかし長期間とは言え 9 週間程度の運転であったため、さらに運転が長期間に及べば異なる挙動を示す可能性がある。そのため今後より長期間の挙動を観察する必要がある。

図 6 では温度と酸素消費速度に相関がみられたことから加温することで本手法の性能を向上できることが分かった。また、同様の条件であるにも関わらず、G2 の酸素消費速度が大きく出ている。水路内部を観察したところ G2 内部には大量の水棲ミミズが存在していた。つまり、本手法においては長い食物連鎖の形成によるエネルギー消費が汚泥減量に寄与している可能性がある。そのため、より多くの高等生物を装置系内に保持することでさらに性能を向上できることが示唆された。

6. 予想される装置と適用可能性の評価

本実験から得られた結果をもとに図 7 に示すような装置を考えることが出来る。

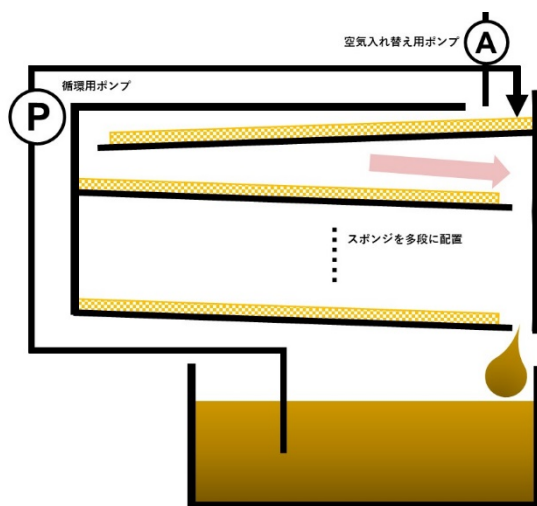


図 7 予想される装置構成

本研究で使用した装置と類似した構造であり、小規模処理施設の汚泥貯留槽と接続する。また表面積を確保するために多段に配

置する。底面を金網状にすることも考えられる。本装置の汚泥減量性能は以下のように見積もることが出来る。使用できる装置体積が 1 m^3 として、スポンジ厚 10 mm とし、勾配 2% だとスポンジ ($1250 \times 80 \text{ mm}$) を 33 段重ねることが出来る (約 2 cm 間隔となる。つづら折りとなるため流下方向を短くする)。ここで実験 C の結果を用いると 20°C において $287 \text{ g-O/m}^3 \cdot \text{Day}$ という性能になる。1 日当たりの発生汚泥量を COD で考えると、1 人が 1 日に COD あたり 100 g 排出するとし、汚泥転換率を 40% とし、 $40 \text{ g-o/人} \cdot \text{Day}$ 。つまり間欠接触酸化装置 1 m^3 で 1 日に 14 人分の汚泥を質量として半減することが出来る。仮に 30°C まで加温できるのであれば性能は $561 \text{ g-O/m}^3 \cdot \text{Day}$ まで上昇する。

この装置の利点として 1) 無曝気技術である、2) 簡単な設備のみで構成される、3) 装置に追加・除去がしやすく、将来的な負荷変動にも対応できる、という点が挙げられ、安価で人口増減にも対応可能な装置となる。このことから小規模施設にて適用できる可能性は十分にある。

7. まとめ

本研究では間欠接触酸化法によって汚泥が質量・体積ベースで減量することを示した。また循環回数ではなく温度が性能に影響を与えることが示された。さらに高等生物の出現により性能が向上することが示唆された。見積もられた減量性能は質量として $287 \text{ g-O/m}^3 \cdot \text{Day}(20^\circ \text{C})$ でありいくつかの利点から小規模処理施設における汚泥処理の負担を軽減する技術となりうることを示した。今後は汚泥体積減少の更なる確認と指標の算出、汚泥減量メカニズムの解明、最適化した装置の設計を行う必要がある。