

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：55503

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2021

課題番号：19K23542

研究課題名（和文）排水の流量変動にも対応できる無曝気・分散型の生活排水処理技術の開発

研究課題名（英文）Development of energy-saving municipal wastewater treatment technology as a distributed treatment system

研究代表者

段下 剛志（Danshita, Tsuyoshi）

徳山工業高等専門学校・土木建築工学科・助教

研究者番号：20846604

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、スポンジ担体を用いた生活排水処理装置の開発を目指し、そのために重要な観点となる装置内での生活排水の滞留特性に関する研究と保持された微生物のポテンシャルを定量する方法に関する考案を行った。装置内で排水の滞留時間を十分に確保するためには、スポンジ担体に微生物が付着・増殖することが最も重要であると示された。また、微生物のポテンシャルを定量するための方法である好気性活性（汚濁物質の減少速度を測定する方法）と酸素利用速度（溶存酸素の減少速度を測定する方法）の相互関係を示すことで、より簡易的に・正確に定量できる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は排水処理のインフラが不十分な開発途上国での適用を意図して実施してきたが、これは将来的には人口減少地域における分散型の生活排水処理として日本でも適用できる可能性も秘めるものであるという観点で、社会的意義がある。また、本研究結果において実施した、微生物活性の評価手法における相互関係を見いだしたという試みは、現場で測定することで得られるデータから、実験室で測定することで得られるデータに換算できる、つまりニーズのある指標をより簡易的にかつ正確に得られるということに繋がる。この試みは前例が少なく、学術的意義も大きい。

研究成果の概要（英文）：In this study, a novel wastewater treatment reactor using sponge media was applied to develop a energy-saving municipal wastewater treatment technology. This study suggested that increasing microorganisms is the most important to satisfy wastewater retention characteristics. In addition, this study applied aerobic activity test and oxygen uptake rate test to evaluate the microbial activity. Interrelationship between aerobic activity and oxygen uptake rate was confirmed by using sodium acetate as a substrate. It may contribute simple and accurate measurement of microbial activity.

研究分野：上下水道工学

キーワード：生活排水処理 流量変動

1．研究開始当初の背景

これまで社会インフラの整備が十分でない開発途上国あるいは新興国における下水処理技術として、スポンジを微生物保持担体とする散水ろ床法の一種、Down-flow Hanging Sponge（以降、DHS）法の適用を試みる研究が遂行されてきた。DHS 法の特徴は、排水がスポンジから滴り落ちる際に溶存酸素を獲得できるため、曝気なしで好気性処理（BOD 除去および硝化）を実現できる点である。また、スポンジ担体には、活性汚泥よりも約 10 倍高濃度の汚泥が保持されることから、汚泥の自己分解を促進し、余剰汚泥の発生量を 80% 以上削減可能である。以上より、DHS 法は、活性汚泥法よりも省エネルギーで維持管理が容易な処理技術である。よって、分散型の生活排水処理技術として DHS 法の適用を目指すことも重要である。ここで解決しなければならない課題の一つが、処理対象の規模が小さいほどより顕著に現れる流入排水の流量変動への対策である。この課題を解決するために、流量変動条件下でも DHS 法の処理性能を安定化させるために必要な基礎的知見の収集を行う必要があった。

2．研究の目的

本研究では、「DHS 法の処理性能を安定化させるための基礎的知見を得る」ということを目的とし、物理学的そして生物学的な観点から研究を遂行した。物理学的観点として、DHS 法における排水の「滞留特性」について着目し、流量の変動がある場合に滞留特性がどのように変化するのかを明らかにすることを目的とした。また、生物学的観点として、スポンジに保持された微生物のポテンシャルをより、簡易的かつ正確に把握する方法を検討するために、広く用いられている 2 つの手法である好気性活性（基質の減少速度に測定に基づく直接評価）と酸素利用速度（DO の減少速度に基づく間接評価）の相互関係を明らかにすることを目的とした。

3．研究の方法

本研究は、実験室規模の DHS 装置を製作し、実験室内で実施した。実験装置は横幅 40 mm、断面積 437.5 mm² の三角柱状のスポンジ 33 個を、縦方向に貼り付け、吊り下げたものを用いた。微生物保持担体とした水容積装置容積と流量から算出される理論的な滞留時間（Hydraulic retention time、以降 HRT）に対する実際の HRT を求めるために、飽和食塩水を用いたトレーサー試験を実施した。また、本実験装置を用いた生活排水の連続処理試験では、校内浄化槽から採取した実排水を用い、恒温室に装置を設置することで、処理温度を 20 程度に保って実施した。連続処理試験では、有機物除去と硝化性能について評価するために、COD、BOD、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素等を測定した。微生物のポテンシャルの定量評価においては、校内浄化槽の曝気槽から採取した汚泥を対象に、酢酸ナトリウムまたは塩化アンモニウムに対する処理ポテンシャルを評価した。様々な温度条件下において、好気性活性と酸素利用速度の同時測定を行うことで、相互関係を検証した。

4．研究成果

流量および装置容積から計算した理論的 HRT を 0.5 から 6.0 時間に設定した条件下で、微生物が付着する前の担体における実 HRT は、理論的 HRT に対して 10% 程度に留まった。装置への散水箇所を増設することで、短絡流の改善を試みたが、効果はほとんど確認されなかった。しかし、排水の連続処理運転を開始し、微生物が付着増殖することで、実 HRT に対しては 40% 程度まで向上した。本 DHS 装置は、有機物除去に関しては性能が安定していたものの、硝化性能に関しては性能が安定せず、流入したアンモニア性窒素に対して約 50% 程度のみ硝化に留まっており、硝化能力が相対的に低い状況であった。流量の増加が発生する条件における滞留特性を調査したところ、流量が突発的に増加しても短絡流が発生することがなく、処理水質が一定流量時に比べて大幅に悪化することもなかった。微生物のポテンシャル評価において、酢酸ナトリウムを用いて好気性活性と酸素利用速度を同時測定した場合に、両者には明確な線形関係があることを示すことができた。一方で、塩化アンモニウムを基質とした場合では、汚泥の絶対的な活性が低いことも影響してか、線形関係を見いだすことは困難であった。これより、現段階では「有機物除去に関して」という限定的な条件ではあるものの、現場でも測定できる可能性を持つ酸素利用速度から、より処理現場へフィードバックしやすい好気性活性へ換算する可能性が示された。

以上の成果より、本研究は基礎的知見の収集という観点から、DHS 法を分散型排水処理技術と

して適用していくための一歩に貢献するものとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Danshita Tsuyoshi, Yoochatchaval Wilasinee, Takemura Yasuyuki, Miyaoka Yuma, Kada Mai, Tepjun Wachira, Thonglee Sirikes, Sonaka Hideaki, Yamaguchi Takashi, Tomioka Noriko, Banjongproo Pathan, Okadera Tomohiro, Ebie Yoshitaka, Syutsubo Kazuaki	4. 巻 55
2. 論文標題 Performance evaluation of a down-flow hanging sponge (DHS) reactor as a decentralized domestic wastewater treatment system in tropical regions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Science and Health, Part A	6. 最初と最後の頁 847 ~ 857
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/10934529.2020.1748472	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 段下 剛志, 酒井 謙伍, Adeline Seak May Chua, Wilasinee Yoochatchaval, 竹村 泰幸, 珠坪 一晃.
2. 発表標題 開発途上国における無曝気型スポンジろ床を用いた下水処理水の仕上げ処理
3. 学会等名 土木学会中国支部第72回研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 段下 剛志, 伊藤 高太, 青木 紳悟, 尾崎 優衣, 村川 玄樹, 石井 貴大, 山本 勉
2. 発表標題 微生物活性を定量する二つの手法における相互関係の評価
3. 学会等名 第56回日本水環境学会年会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------