

ABR-DHS 法による生活排水処理システムの開発

長岡技術科学大学大学院 ○ (非)酒井謙伍, (学)曾我徹, (正)渡利高大, (正)幡本将史, (正)山口隆司
東京電力ホールディングス株式会社 経営技術戦略研究所 (非)矢畷 健史

1. はじめに

地震や水害などの災害時, 上下水道や電気などが寸断され, トイレが使用できない事態が頻発している. 災害時に発生するトイレの問題は, 仮設汲み取り式トイレの劣悪な環境を敬遠してトイレに行くことを避けること, 更にトイレを敬遠するが故に飲食を控え, エコノミークラス症候群や持病の悪化を引き起こす等の 2 次災害も多数報告されている¹⁾. そのため, 今後の発生が想定される巨大な震災等の非常時においても機能する持続可能で快適な水洗トイレの確保が求められている. これまでに, 浴槽, 手洗い場などで利用された排水をトイレの洗浄水として利用する研究²⁾や, トイレの水洗に利用された排水の再利用に関連した研究³⁾が報告されているが, 物理的な処理を中心としたものが多く, 電力の使用が制限される状況において, その使用が困難なものも多い.

本研究では, 嫌気性処理である Anaerobic Baffled Reactor (ABR)と好気性処理である Downflow Hanging Sponge (DHS)を用いた生活排水処理プロセスの開発を行う. ABR は排水を上下にリアクター内を通過させることによって固形分の除去に優れている. また, 高い汚泥滞留時間 (SRT)を確保でき, 効率的に有機物除去が可能であるという特徴を持っている. DHS は, スポンジを微生物保持担体として用いた散水ろ床法

であり, スポンジ担体を通過する際に空気中から酸素を取り込むことが可能で, 曝気を必要としないため, 少ないエネルギー消費で有機物やアンモニア除去が可能である. 以上の利点から ABR-DHS 法に着目し, 災害時にも使用可能な生活排水処理システムの設計を試みた. また, 処理施設は高低差の位置エネルギーとソーラーパネルを組み合わせ, 可能な限り外部からの電力を使用しない排水・給水処理システムとした. 設計した生活排水処理システムを学内に設置し, 講義棟で発生した手洗い水等の生活排水やし尿を処理し, トイレの洗浄水として再利用を行った.

2.1 実験内容・構成

図 1 に本実験に使用した生活排水処理システムの概略図を示す. 本システムの一日の計画処理量は最大 280L/day と想定し, 設計を行った. 本処理施設は, 貯留タンク (有効容積:4000L), ABR (有効容積: 1000L), DHS (有効容積: 6.8L), 重力式膜ろ過槽, 給水タンクにより構成した. ABR は 5 つの 300L タンクを接続して作成した. ABR は, 長岡中央浄化センターより採取した中温消化汚泥 200L を投入した. DHS は, 取水時と排水時にポンプにより揚水が可能であり, 電源はソーラーパネルにより発電機能, 充電機能を付している. また, バッテリーへの充電によって,

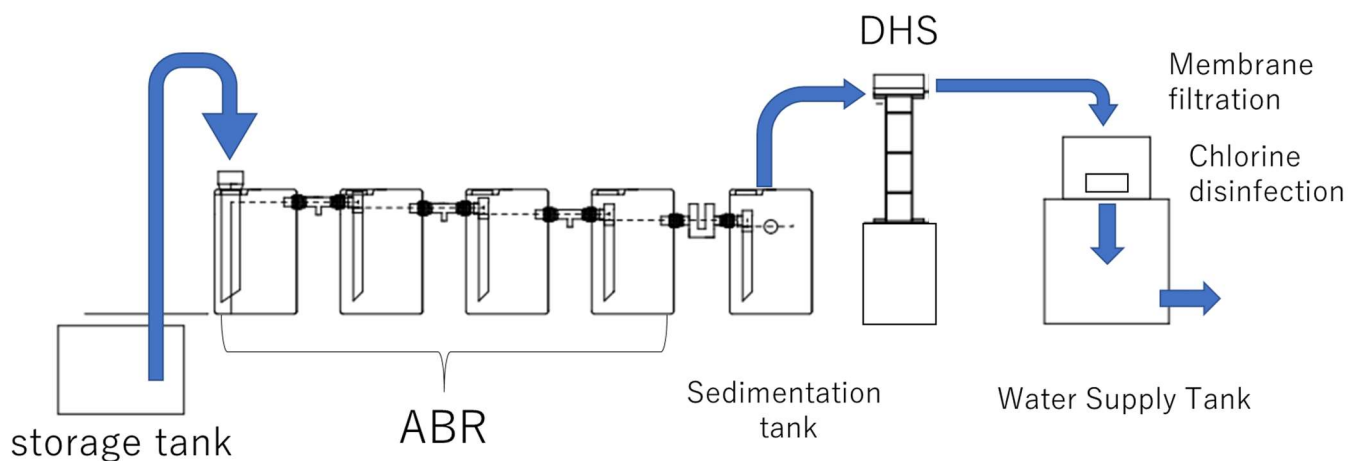


図 1 生活排水処理施設 概略図

夜間の運転も可能であり、DHS カラムには、スポンジ 320 個 (0.0213L/個-スポンジ) を充填した。また、膜処理槽で使用する膜はセラミック膜を使用した。

講義棟で発生した生活排水は貯留タンクに送られ、水中ポンプによって ABR に送水した。送水された生活排水は、ABR で嫌氣的に処理したのち、沈殿槽に貯留した。さらに、沈殿槽に貯留された生活排水は DHS により揚水され、重力による自然流下を行ったのち、再度揚水され、膜処理槽に送水した。膜処理では、同時に塩素による消毒が行われ、処理水を給水槽に貯留した。また、処理施設の運転前に太陽光発電による運転の可否の確認を行った。

2.2 測定項目

運転開始からの流入水、ABR 流出水、DHS 流出水、膜処理水のサンプリングを行い、水質分析を行った。測定項目は COD_{cr}(HACH)、色度の測定を行った。

3. 測定結果及び考察

測定によって得られた結果を図 2 に示す。

3.1 太陽光パネルを用いた DHS の連続処理運転実験

太陽光パネルは、処理施設付近で可能な限り、日当たりの良い場所に設置した。運転実験では、流量を 4 L/h で設定し、日中の継続的な日光により、十分な水量の揚水が可能であることが確認された。また、バッテリーに蓄電することによって夜間の運転も可能であった。

3.2 ABR の性能評価

運転開始から ABR の流入と流出 COD の平均値は、流入が 200(±72.6)mg/L、流出が 116(±21.5)mg/L であり有機物の除去が確認された。しかしながら、生活排水の発生量が少なく十分な処理性能が発揮できていないと考えられる。

3.3 膜処理の性能評価

膜処理槽の流入と流出の COD 平均値は流入が 129(±11.8)mg/L、流出が 41.7(±7.41)mg/L であった。また、膜処理槽の流入水と流出水の色度の除去率は 14.8% であり、運転開始から 8 日目に膜処理槽の流出水の溶解性 COD の測定を行ったところ、溶解性 COD が 92% 含まれていた。そのため、膜処理槽の流出水にはセラミック膜で除去が困難な溶解性物質が含まれていると考えられる。

4. 今後の予定

今後の予定は、本学講義棟で発生した下水の連続処理実験を行い、安全で衛生的な再生水の生産と処理能力の評価を継続する。さらに、より詳しい処理プロセスの解明のため、トイレの使用者に使用内容を記録し、使用回数と排水の理化学的性状から、総負荷量を算出する。また、再生水の供給は、処理施設出口部分の目標水質を再生水の水洗用水の水質基準⁴⁾に準拠するため、再生水の運転管理のための測定項目も、濁度、大腸菌群数、色度、pH、残留塩素、臭気、外観として計測を行う予定である。

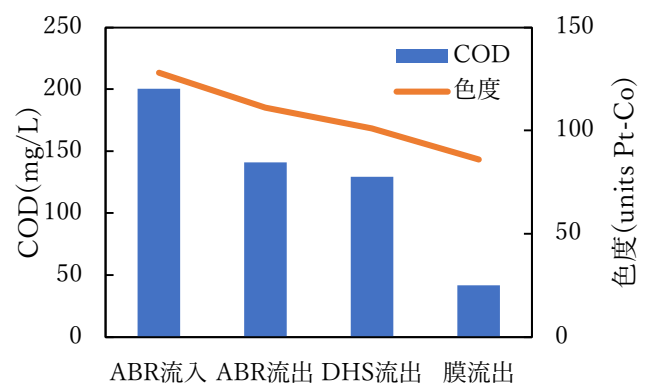


図 2 COD と色度の変化

5. 参考文献

- 1) 内閣府 (防災担当), 2016. 避難所におけるトイレの確保・管理ガイドライン.
- 2) Xueli Ren, Yanyan Zhang & Hongbin Chen (2019) "Graywater treatment technologies and reuse of reclaimed water for toilet flushing" Environmental Science and Pollution Research (2020) 27:34653–34663
- 3) 自立型トイレの洗浄水を再生する浄化ユニットの水処理性能 横手亮太 Journal of Japan Society on Water Environment Vol.43, No.3, pp.69-78 (2020)
- 4) 下水処理水の再利用水質基準等マニュアル 国土交通省都市・地域整備局下水道部 国土交通省国土技術政策総合研究所