

自立型トイレの水再生システムの水質浄化性能の検証

日本大学 学生会員○遠藤 竜成

日本大学 正会員 中野 和典

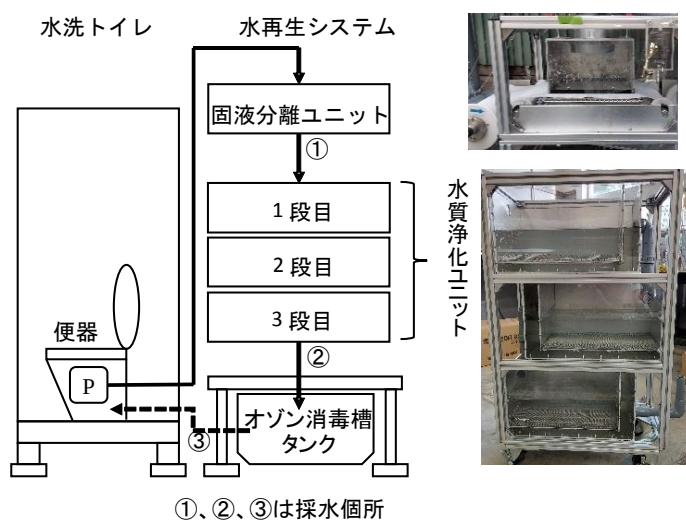
株式会社 e6s 非会員 高波 正充

1.研究背景と目的

上下水道インフラが整備済みの先進国においても、ライフラインが寸断される非常時には、既設の水洗トイレが使用不可となることが問題となっている。一方、世界の3人に1人にあたる23億人がトイレの無い生活をしており、SDGsの6番目のゴールは「世界中に安全な水とトイレを」とされている。水洗トイレの洗浄水をその場で直ちに浄化し、洗浄水として再生利用する自立型トイレがあれば、上下水道インフラに頼らずに、そのようなトイレ問題の解決に繋がるのが考えられる。本研究グループでは、そのような自立型トイレを実現することを目指し、水再生システムの試験機を製作して、その実用性を試験する実証実験を行ってきたが、トイレの使用回数(大便)に伴い、水再生システムのろ材の透水速度がボトルネックとなり、洗浄水の再生が間に合わなくなることが課題であった。その対策として、固液分離過程を水質浄化過程から独立させると共に、交換が可能なろ材を固液分離過程に適用することを考案した。本研究では、新たに開発した不織布を用いた固液分離ユニットと装置をコンパクト化した水質浄化ユニットを導入した水再生システムを仮設水洗トイレと組合せた自立型トイレを試験運用し、水再生システムの水質浄化性能を評価した。

2 自立型トイレの概要と試験運用方法

図-1に示すように本研究で調査対象とした自立型トイレは、水洗トイレと水再生システムで構成されている。水再生システムは、固液分離ユニット(SU)、水質浄化ユニット(PU)及びオゾン消毒槽タンク(OT)で構成されている。SUは、トイレを使用する(大便)毎にロール状の不織布を送り出しつつ巻き取ることで、常に新しい不織布で固液分離を行う仕組みとした。PUは3段のろ床で構成され、1、2段目のろ床には有機物、色度及び臭気の除去性能が高い活性炭が、3段目のろ床にはアンモニアの吸着性能が高いゼオライトが充填されている。1、2段目のろ床には水平流を適用し、活性炭とトイレ排水の接触時間を確保した。これに対し3段目には干満流を適用し、ゼオライトに吸着したアンモニアの硝化の促進を試みた。OT内にはオゾン発生装置を設置し、オゾンによるトイレ排水の殺菌を行った。これらの水再生システムの水質浄化性能を評価するため、トイレを5回使用する(大便)毎にSU、PU及びOTそれぞれの処理水を採水し、水質浄化性能を評価した。評価項目はSS、CODcr、色度、大腸菌、アンモニア、全窒素(T-N)及び全リン(T-P)とした。



①、②、③は採水箇所
図-1 自立型トイレの概要及び採水地点

3.結果及び考察

自立型トイレの運用期間65日間における使用回数(大便)は45回であった。運用期間におけるSU、PU及びOTそれぞれの水質浄化性能の経時変化を図-2に示す。SSに着目すると、SU処理水の平均濃度856mg/Lに対し、

キーワード:自立型トイレ、水再生システム、水質浄化性能

〒963-8642 福島県郡山田村町徳定字中川原1 日本大学工学部 土木工学科 環境生態工学研究室

PU 及び OT 処理水の平均濃度はそれぞれ 158 及び 85mg/L であり、除去率はそれぞれ 81.5% 及び 90.1% であった。COD_{Cr} では、SU 処理水の平均濃度 2085mg/L に対し、PU 及び OT 処理水の平均濃度はそれぞれ 271 及び 185mg/L であり、除去率は 87.0 及び 91.1% であった。どちらの水質項目とも 65 日間の運用期間において水質浄化性能は安定していた。SS と COD_{Cr} 濃度間の相関係数は、SU、PU 及び OT 処理水でそれぞれ 0.12、0.39 及び 0.54 であり、どれも強い相関は見られなかったが、水再生が進むにつれて相関が増すことが示唆された。

色度に着目すると、SU 処理水の平均色度 639 度に対し、PU 及び OT 処理水の平均色度はそれぞれ 29 及び 19 度であり、除去率は 95.5 及び 97.0% であった。65 日間の運用期間において色度は安定しており、トイレ使用者に違和感を与えない再生水をトイレ洗浄水として供給することができた。色度と COD_{Cr} 濃度間の相関係数は、SU、PU 及び OT 処理水でそれぞれ 0.51、0.43 及び 0.39 であり、どれも相関は同程度であったが、水再生が進むにつれて相関が減少する傾向となった。

大腸菌数に着目すると、SU 処理水の平均 7.1×10^5 個/mL に対し、PU 及び OT 処理水の平均個数はそれぞれ 4.0×10^4 及び 1.0×10^4 個/mL であり、除去率は 94.4 及び 98.5% であった。オゾン処理後も大腸菌が生残していたことから、想定した通りにオゾン発生装置が機能していなかったことが明らかとなった。

アンモニアに着目すると、SU 処理水の平均濃度 150mg-N/L に対し、PU 及び OT 処理水の平均濃度はそれぞれ 33 及び 30mg-N/L であり、除去率はそれぞれ 78.0 及び 80.0% であった。これに対し T-N では、SU 処理水の平均濃度 225mg-N/L に対し、PU 及び OT 処理水の平均濃度はそれぞれ 43 及び 36mg-N/L であり、除去率はそれぞれ 80.9 及び 84.0% であった。SU、PU 及び OT 処理水の T-N に占めるアンモニアの割合はそれぞれ 67、77 及び 83% であり、水再生が進むにつれて増加する傾向となったが、再生したトイレ洗浄水からアンモニア臭がすることは無かった。

T-P に着目すると、SU 処理水の平均濃度 34.0mg-P/L に対し、PU 及び OT 処理水の平均濃度はそれぞれ 13 及び 7.2mg-P/L であり、除去率はそれぞれ 61.8 及び 78.8% であった。他の水質項目と比較してリンの除去性能は低いことが示された。

4.まとめ

本研究で新たに開発した水再生システムによる SS、COD_{Cr} 及び色度の除去率は、トイレ使用回数 50 回程度では低下せず、90% 以上を維持できた。一方アンモニア、T-N 及び T-P の除去率は低下する傾向が見られたが、トイレ使用者に不快感を与えない水質を維持することが出来た。しかし、再生水に大腸菌が生残していたことから、オゾンによる殺菌については改善の必要がある。

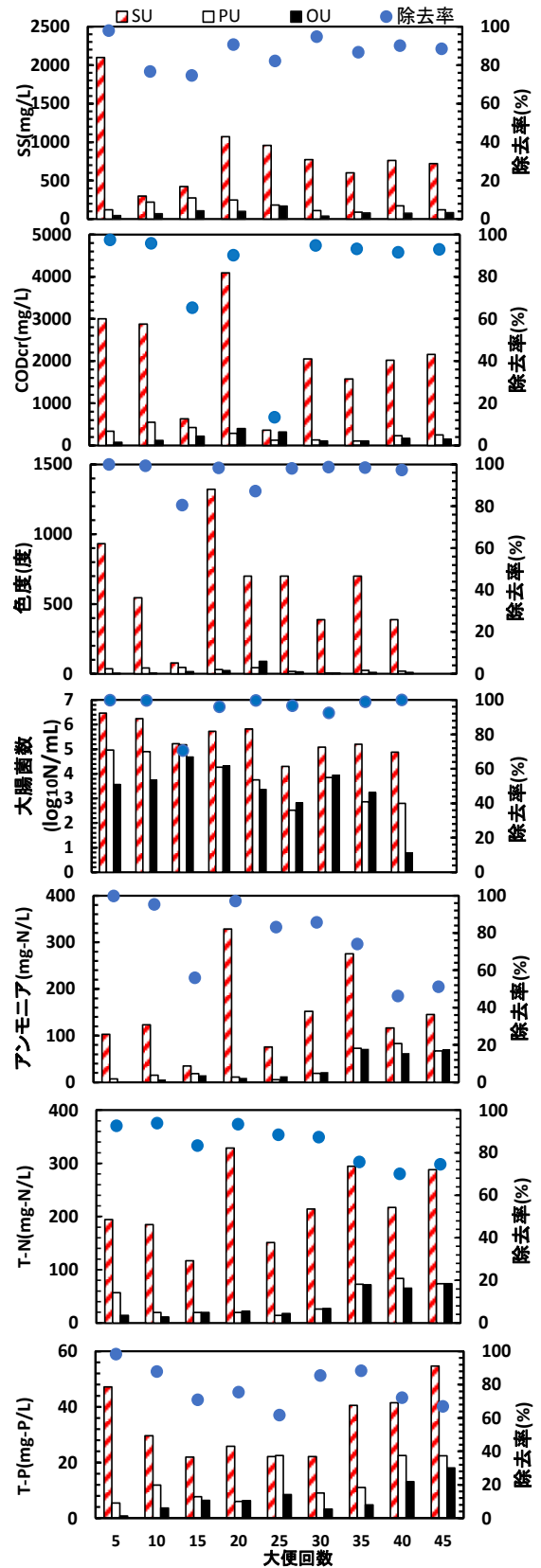


図-2 運用期間におけるSU,PU,OTの水質浄化性能の経時変化