

洗浄水自浄型トイレシステムのモニタリング調査

日本大学	学生会員	○宮田	芳徳
日本大学		野村	陸
日本大学		中村	和徳
日本大学		橋本	純
日本大学	正会員	中野	和典

1. 背景と目的

下水処理場や浄化槽で導入されている活性汚泥法は、福島第一原発事故により放射性物質が拡散し避難指示区域となった場所では、安定して使うことができない。それは、浮遊微生物を高濃度に維持することで排水処理を行う活性汚泥法の水質浄化性能は、微生物が生きていくために必要な排水の流入が途絶えたり不安定化すると維持できないためである。そのため被災地のような不安定な条件下でも使用可能な排水処理システムの開発が必要である。また災害時に考えられるトイレ事情として、大地震の際はライフラインが止まってしまうためトイレの水が流せないことや仮設されるトイレは汲み取り式であるため、最小限の水しか流せず、快適なトイレには程遠いのが現状である。もし、排水をその場で浄化し、洗浄水として再利用できるようなトイレがあれば復興支援技術として貢献するものとなる。そのような観点から本研究室では、洗浄水自浄型トイレシステムを試作し、2016年6月14日に飯館村の農家の庭に設置した。本研究では、この飯館村に設置したトイレシステムの水質浄化性能と臭気をモニタリングし、その性能と快適性を確認するとともに、改善すべき課題の抽出を試みた。

2. 洗浄水自浄型トイレシステムの概要

本研究で調査対象とした洗浄水自浄型トイレシステムの外観と構造を図-1に示す。本システムは、トイレの洗浄排水を直ちに浄化して洗浄水として再利用する完全閉鎖システムであり、排水を出さないゼロエミッションシステムである。浄化装置は、ろ材を充填した4つのコンテナにより、洗浄排水を4段階のろ過処理で浄化する仕組みである。洗浄排水原水が流入する1段目には、固形分の除去と乾燥を狙いとしたリサイクルガラス造粒砂、2段目にはアンモニアの吸着に優れたゼオライト、3段目にはリンの吸着に優れたケイ酸カルシウム、4段目には処理水の脱色を狙いとする活性炭が充填されている。本トイレは市販の仮設トイレを活用しているが、洗浄水を再利用することで使用可能な水量制限がないため、一回の洗浄水量を通常の家用地用トイレと同様の約12Lに設定した。これにより、従来の仮設トイレでは不可能であった快適なトイレを実現することを目指した。

3. 調査方法

本システムの使用状況と浄化性能を把握するための現場調査を毎月一回実施した。使用状況は、トイレの利用者が記入した使用記録を回収することで把握した。浄化性能は、再利用する洗浄水が貯留されている洗浄水一次タンク内の水質を測定することで評価した。測定項目は、懸濁性物質(SS)、BOD、COD、総窒素(T-N)、総リン(T-P)の各濃度、大腸菌群数、pHとした。トイレの快適性の評価として、ニオイセンサにより臭気レベルを測定した。

4. 調査結果と考察

(1) トイレの使用状況

記録紙によるトイレ使用状況を表-1に示す。6ヶ月で大便12回、小便42回の使用であり、平均すると3.4日に1回程度の使用頻度であった。

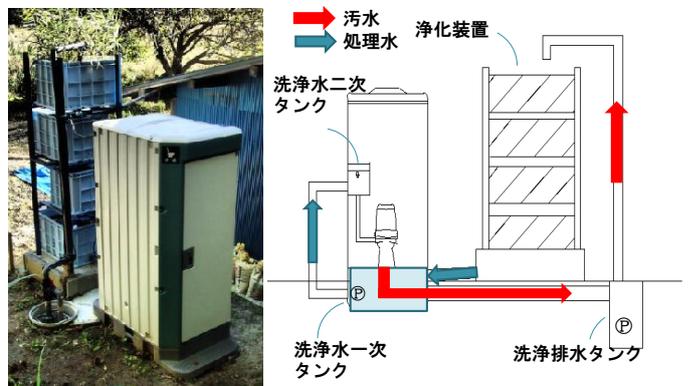


図-1 洗浄水自浄型トイレの外観と構造

キーワード： トイレシステム、自浄システム、排水処理、人工湿地

連絡先 〒 963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 日本大学工学部 環境生態工学研究室

これが避難指示区域である飯館村におけるトイレ使用の現状であり、使用頻度が非常に低くかつ安定していないことが明らかであった。このような状況では、浄化槽や下水処理場の活性汚泥中の微生物は活性を失ってしまうため、安定した排水処理を行うことは不可能である。本システムをそのような状況で運用した結果について以降で述べる。

(2) 洗浄水自浄型トイレシステムの浄化性能の評価

表-2 に洗浄水一次タンクの水質と各種水質基準の比較を示す。6回の調査で得られた平均値で評価すると、SS、BOD、COD_{Cr}、T-N、T-P の各濃度、大腸菌群数及び pH は、それぞれ 21.1、2.4、7.0、6.2、0.2mg/L、78 個/mL 及び 6.51 であり、すべての項目で一律排水基準と浄化槽法認定基準を満足していた。河川の水質基準に当てはめると大腸菌群数を除いて B 類型に相当し、水道 3 級に該当した。大腸菌群数は、再生水の基準の一つである修景用再生水利用基準にも適用されており、再生水として洗浄水を利用する上で重要な指標である。本システムの洗浄水は人の手に触れることはなく、直接的な衛生的リスクは小さいと考えられるが、当初 0.5 個/mL であった大腸菌群数濃度が 6 ヶ月後には 260 個/mL にまで増加しており、何らかの除菌や消毒対策を検討する必要がある。

大腸菌群数以外では T-N 濃度が高い傾向であった。その内訳は図-2 に示すように、硝酸態窒素が多くを占めており、2 段目のコンテナに充填したゼオライトに吸着したアンモニア態窒素の硝化が進行していることが示された。硝酸態窒素の低下には脱窒に適した嫌気的環境が必要であり、今後 T-N 濃度が増加するのであれば対策が必要となる。

(3) 洗浄水自浄型トイレシステムの快適性の評価

トイレの快適性は臭気によって左右されると考え、本調査では快適性の評価にニオイセンサによる臭気測定を採用した。本システムの中で最も臭気が高いと考えられる浄化装置の臭気を測定した結果を表-3 に示す。洗浄排水原水が流入する 1 段目の臭気が最も高く、その臭気レベル値は平均値で 15 であった。一方、最終処理段である 4 段目の臭気レベル値は平均で 4 であった。一般家庭のトイレの臭気レベル値は 50 程度であることから、本システムの臭気は極めて弱く、従来の仮設トイレでは不可能であった快適なトイレが実現できたと言える。

5. まとめ

飯館村に設置した洗浄水自浄型トイレシステムの水質浄化性能を調査した結果、トイレの使用頻度が少なく、従来の活性汚泥法が使用できない状況下でも、問題なく洗浄水の浄化処理が行え、洗浄水の自給が行えたことが確認できた。しかし、洗浄水中の大腸菌群数は増加しており改善すべき課題であることがわかった。臭気レベルは一般家庭のトイレと比べても低い値であり、従来の仮設トイレでは不可能であった快適なトイレが実現できていた。

謝辞 本研究は、平成 28 年度文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業(S1391007)の支援を受けて実施した。ここに記して謝意を表する。

表-1 トイレの使用状況

使用期間	大便	小便
6/14~7/18	記録なし	記録なし
7/19~8/30	1	19
8/31~9/29	1	5
9/30~10/14	2	4
10/15~11/22	6	11
11/23~12/20	2	3
合計	12	42

表-2 洗浄水一次タンクの水質と各種水質基準の比較

採水日	項目(mg/L)						項目(個/mL)	
	SS	BOD	COD _{Cr}	T-N	T-P	pH	大腸菌群数	
7/19	20.8	5.46	7	5.94	0.16	6.68	0.5 ¹	
8/31	※	※	※	※	※	※	※	
9/30	19.6	1.22	9	4.86	0.13	6.05	6.8 ²	
10/14	21.1	1.53	12	6.73	0.23	6.64	110 ²	
11/22	22.5	1.95	5	6.72	0.26	6.30	110 ²	
12/20	21.6	1.78	4	6.58	0.25	6.85	260 ²	
平均	21.1	2.39	7	6.17	0.21	6.51	78	
浄化槽法認定基準	-	10以下	10以下	10以下	1以下	-	-	
一律排水基準	200mg/L以下	160以下	160以下	120以下	16以下	5.8~8.6	3000個/mL以下	
修景用再生水利用基準	-	-	-	-	-	-	1000個/100mL以下	
河川の水質基準B類型	25mg/L以下	3mg/L以下	-	-	-	6.5~8.5	5000個/100mL以下	
河川の水質基準C類型	50mg/L以下	5mg/L以下	-	-	-	6.5~8.5	-	

※台風8号による雨水流入により採水を断念 ¹平板培養法で行った ²メンブレンフィルター法で行った

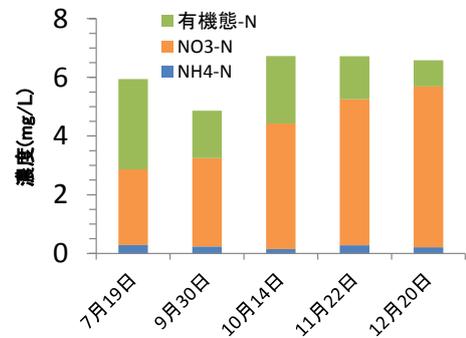


図-2 窒素成分内訳

表-3 浄化装置の臭気レベル値の変遷

調査日	段数			
	1段目	2段目	3段目	4段目
9月30日	14	6	2	1
10月14日	10	5	3	2
11月22日	19	12	8	6
12月20日	18	10	9	5
平均	15	8	6	4