

## 災害時にも運用可能な循環型生活用水処理システムの開発

長岡技大・院 学生会員 ○酒井 謙伍, 三輪 徹  
 正会員 渡利 高大, 幡本 将史, 山口 隆司  
 東京電力 HD (株) 非会員 矢畷 健史

### 1. はじめに

大規模な災害は上下水道や電気などのライフラインを寸断し、公共施設や家庭のトイレが使用困難になる事態を引き起こしている。また、災害時において、避難者は仮設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次災害が多数報告されている<sup>1)</sup>。そのため、今後の発生が想定される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。そこで本研究では、生活用水をトイレ洗浄水として利用することを目的とした電力制限下においても、稼働する水処理システムの構築を行う。水処理システムは災害時においても利用が可能である高低差の位置エネルギーと太陽光発電による電気エネルギーを組み合わせ、可能な限り外部からの電力を使用しないシステムとした。トイレの再生水の目標は、下水処理水のトイレ洗浄水への再利用のための水質基準<sup>3)</sup>を目標値とする。水処理システムは学内に設置し、講義棟の一部で発生した手洗い水等の生活排水やし尿を処理して、トイレの洗浄水として再利用を試みた。

### 2. 実験内容・構成

図1に本研究に用いた水処理システムの概略図を示す。水処理システムは貯留槽、Anaerobic baffled reactor : ABR, Downflow hanging sponge : DHS, 膜処理槽, 貯水槽により構成した。1日の予想生活排水量を240 L、水処理システム全体でHRTが5 dayとなるように設計した。講義棟で発生した生活用水は貯留槽に送られ、水中ポンプによってABRに送水される。生活用水は、はじめに有効容積1250 L(250 L×5層)のABRにより嫌気処理を行った。ABR処理水は、太陽光発電により稼働するDHS(有効容積6.8 L)で好気処理後、膜処理槽へと送水した。膜処理槽ではMF膜によるろ

過と次亜塩素酸ナトリウムによる消毒を行い、次亜塩素酸ナトリウムは運転開始から遊離残留塩素濃度が0.20 mg/Lの濃度となるように投入した。再生水は貯水槽に貯水し講義棟のトイレ洗浄水として供給を行った。オーバーフロー防止のためABRの5層目から貯留槽、膜処理槽からABRの5層目にそれぞれ返送管を設置した。表1は、下水処理水のトイレ洗浄水への再利用のための水質基準<sup>2)</sup>を示す。

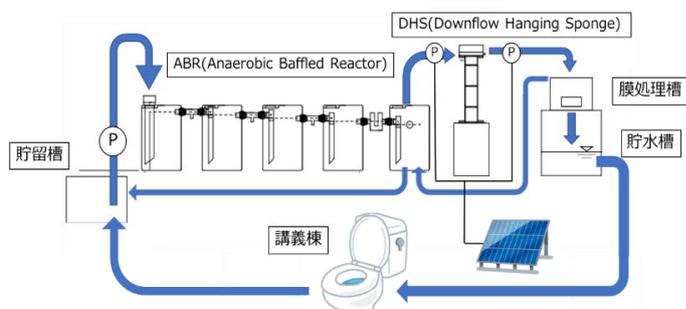


図1 水処理システム概略図

### 3. 分析項目

貯水槽より水洗トイレに供給される再生水を採取し、下水処理水のトイレ洗浄水への再利用基準項目である濁度、pH、残留塩素、臭気、外観、大腸菌の測定を行った。濁度は排水色度試験器を用いて測定し、残留塩素はポータブル式の遊離残留塩素計を用いて遊離残留塩素濃度測定した。外観、臭気は下水試験方法<sup>3)</sup>に従い評価を行い、大腸菌は特定酵素基質培地法による測定を行った。

### 4. 実験結果

本研究では、講義棟で発生した生活用水が予想排水量より少なかったため、結果として運転開始から1日の流入量を50 L/day、HRTを25 dayとして運転を行った。以下に運転の処理特性を示す。図2(a)~(c)に得ら

キーワード 災害, ABR, DHS, MF膜

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1 長岡技術科学大学 Mail s183260@stn.nagaokaut.ac.jp

れた結果を示す。本研究で得られた再生水の濁度と pH は、平均値がそれぞれ  $0.8 \pm 0.7$  度、 $6.93 \pm 0.51$  であり、それぞれ下水処理水のトイレ洗浄水に再利用に関する水質基準を満たしていた。しかし、遊離残留塩素濃度は運転開始から 49 日目と 63 日目に  $0.00 \text{ mg/L}$ 、111 日目に  $0.05 \text{ mg/L}$  と水質基準を下回った。これは膜処理槽流入水に含まれるアンモニアの分解により消費され減少したと考えられる。そのため、63 日目に投入量を遊離残留塩素濃度が  $0.30 \text{ mg/L}$  になるよう再設定した。しかし、63 日目以降も遊離残留塩素濃度が減少傾向にあり、111 日目に水質基準を下回り、再生水の遊離残留塩素濃度が  $0.30 \text{ mg/L}$  になるように再度調整を行った。168 日目の流入生活用水と再生水のアンモニア濃度の測定を行った結果、それぞれのアンモニア濃度は  $157 \text{ mg/L}$ 、 $44 \text{ mg/L}$  となり、アンモニアが再生水内に高濃度で存在することから、今後次亜塩素酸ナトリウムの投入量を増やす必要があると考える。

また、運転開始から 105 日目以降の再生水の外観は浮遊物、沈殿物は確認されず、無色透明であり、臭気は微量の塩素臭が確認された。大腸菌測定では、127 日目に測定を行い大腸菌は検出されなかった。

## 5. まとめ

本学講義棟の生活用水を処理システムで処理した結果、濁度は 2 度以下、pH は  $5.8 \sim 8.6$  の範囲内、外観は無色透明であり、臭気は微量な塩素臭が確認され、大腸菌は検出されず、再生水のトイレ洗浄水としての利用基準を満たした。しかし、遊離残留塩素濃度は水質基準である  $0.1 \text{ mg/L}$  を下回る場合があった。そのため、今後の予定として、次亜塩素酸ナトリウムの投入量の増加を行うとともに処理システムの最適化を行うことで DHS でのアンモニア量の削減を行う。

## 6. 参考文献

- 1) 特定非営利活動法人日本トイレ研究所, 2013. 東日本大震災 3.11 のトイレ現場の声から学ぶー. 特定非営利活動法人日本トイレ研究所.
- 2) 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(2005) 下水処理水の再利用水質基準等マニュアル
- 3) 日本下水道協会 下水試験方法 上巻 2012 版

表 1 下水処理水のトイレ洗浄水への再利用水質基準

項目	水質基準	測定機器・方法
大腸菌	不検出	特定酵素基質培地法
濁度	2度以下	排水色度測定器
pH	5.8~8.6	ポータブルマルチ水質計
外観	不快でないこと	下水試験方法
臭気	不快でないこと	下水試験方法
残留塩素	遊離残留塩素 $0.1 \text{ mg/L}$ 以上 又は 結合残留塩素 $0.4 \text{ mg/L}$ 以上	ポータブル遊離残留塩素計

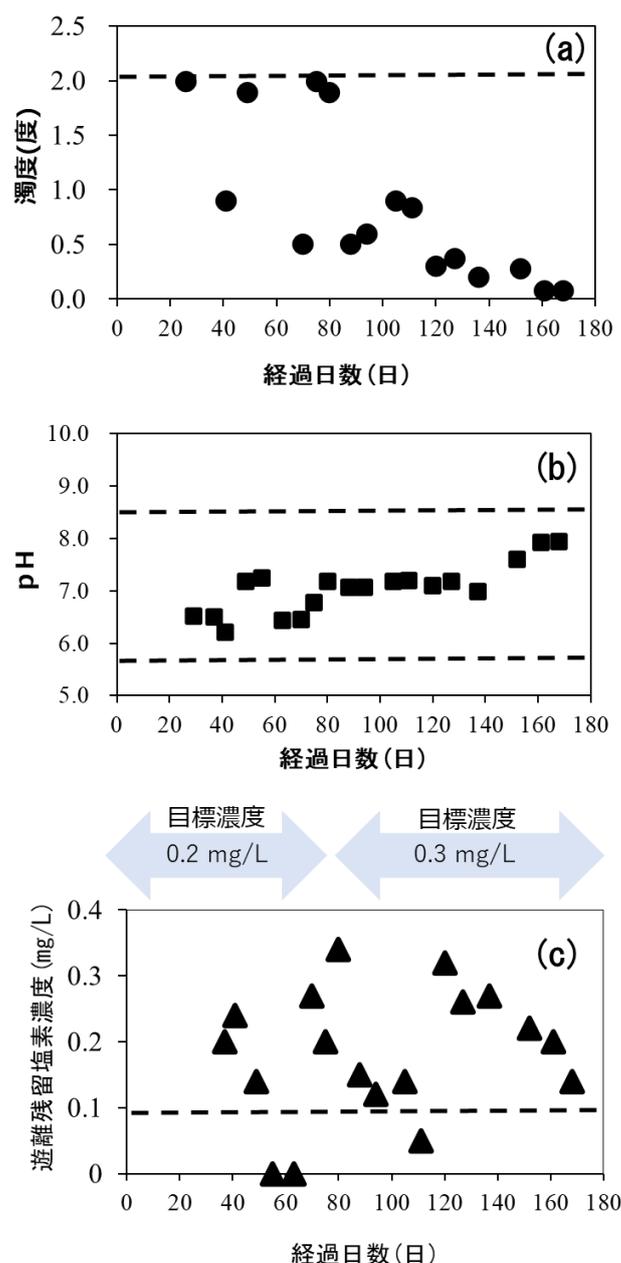


図 2 再生水の (a) 濁度, (b) pH, (c) 遊離残留塩素濃度の経日変化