

災害避難所を対象とした簡易水インフラシステムの提案

呉高専 正会員 ○谷川 大輔
 呉高専 非会員 藤井 治樹
 呉高専 非会員 マラル ボルドバートル

1. はじめに

近年、豪雨災害による大規模な土砂災害が日本各地で頻発しており、それに伴い上下水道が長期間利用不可能となる事態が発生している。多くの被災者が生活をおこなう災害避難所において、水インフラの機能を維持することは重要である。従って、災害時に運用可能な避難所向けの簡易水インフラシステムが求められている。また、現在、多くの被災者を受け入れる避難所としては、小中学校が活用されている事例が多い。そこで、本研究では、小中学校への設置を想定した災害時に運用可能な簡易下水処理および中水生成システムを提案した。また、提案システム内では、下水中に含まれる栄養素および下水処理過程で生成する副産物を用いた食糧生産も試みた。

2. 実験方法

図1に提案システムの概略図を示す。本システムは、嫌気性バッフル反応器 (Anaerobic Baffled Reactor: ABR) と下降流懸垂型スポンジ (Down-flow Hanging Sponge: DHS) リアクターを組み合わせた ABR-DHS システムによる下水処理、下水処理水中の栄養素および下水処理副産物を用いた作物生産および魚類飼育、下水処理水と砂ろ過を用いた中水生成の大きく3つのパートで構成されている。

下水処理部分では、ABR で有機物の大部分を除去し、DHS では残存有機物およびアンモニアの酸化を目的としている。下水処理水は後段の水槽に流入し、処理水中の窒素・リンは水槽内の植物によって利用される。また、DHS で発生したろ床バエおよびプランクトンが水槽内の魚の餌となる。水槽の水は後段の砂ろ過槽内で固形物が除去され、最終処理水が中水となる。

ABR は塩ビパイプにより作製し、4つのコンパートメントで構成、有効容積は0.8 Lとした。DHS は0.5 Lのペットボトルを加工し、内部にスポンジ担体を有効容積0.15 Lとなる様に充填した。水槽の容積は17.3 Lとし、魚類としてメダカを飼育、水菜とトマトを水耕栽培した。メダカへの給餌および植物への肥料の供給は一切おこなわなかった。砂ろ過槽には、平成30年7月豪雨で発生し、埋立処分用に選定された災害土砂をろ材として用いた。

供試廃水には、呉市広浄化センターで採取した初沈後の下水および呉高専学生食堂で発生した廃水を適宜希釈した模擬廃水を用いた。実験装置は25℃に調整した室内に設置し、連続実験を実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 ABR-DHS システムによる廃水処理性能

表1に ABR-DHS システムによる廃水処理性能を示す。まず、有機物除去に着目すると、廃水中の化学的酸素要求量 (Chemical Oxygen Demand: COD_{Mn}) および生物化学的酸素要求量 (Biochemical Oxygen Demand: BOD) は、ABR で28%と70%、ABR-DHS システムでは60%と86%が除去されており、優れた有機物除去性能が確認された。また、ABR-DHS システムの水理学的滞留時間 (Hydraulic Retention Time:

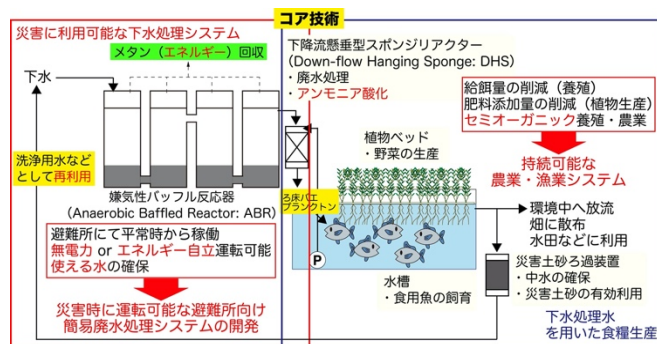


図1 提案システムの概略図

キーワード 下水処理、中水生成、有価物生産、食物連鎖、災害避難所

連絡先 〒737-8506 呉市阿賀南2-2-11 呉工業高等専門学校 環境都市工学分野

T E L 0823-73-8955

HRT) は 12 時間と、通常の活性汚泥法と比較して 4 時間程度長く設定しているが、活性汚泥法で必要な曝気動力が不要であることから、電力の供給制限が発生した場合においても、良好な処理性能を維持できると考えられた。

次に、栄養素である窒素・リンに着目すると、ABR-DHS システム内での窒素除去率は 12%と低く、リン濃度は大きな変動が確認されなかった。一方で、魚に対する毒性を有するアンモニアは 60%が DHS 内で硝酸にまで酸化されており、後段の水槽への影響は低減されていたことが考えられた。

3.2 ABR-DHS 処理水からの有価物生産性

表 2 に水槽の流入出水中の窒素・リン・鉄濃度を示す。窒素・リン・鉄共に、水槽内で濃度が減少していることが確認された。また、水菜とトマトの成長、および水槽内に植物プランクトンの発生が確認されていたことから、処理水中の栄養素が良好に利用されていたことが確認された。

水槽内のメダカは、給餌を一切おこなわない環境下において、60 日以上生存していた。DHS 処理水と水槽内の原生動物を顕微鏡観察したところ、DHS 処理水中にはゾウリムシやワムシ等の大型の原生動物が存在していたのに対し、水槽内ではアルセア等の小型の原生動物が主体となっていた。したがって、DHS 処理水中の大型の原生動物を捕食することで、メダカが生存しており、水槽内で食物連鎖が形成されていたことが示唆された。

3.3 砂ろ過による中水生成性能

図 2 に砂ろ過前後の浮遊物質 (Suspended Solids: SS) 濃度および濁度を示す。砂ろ過により、水槽流出水中の SS の 88%が除去されており、濁度も検出限界値以下まで低下していることが確認された。写真 1 に、砂ろ過前後の水の外観を示す。砂ろ過前は植物プランクトン由来の緑色を呈していたが、砂ろ過後はほぼ無色透明になっていることが確認された。

最終処理水中には少数の大腸菌が存在していたが、次亜塩素酸ナトリウムを容積ベースで 0.02%添加することにより未検出となり、その際の残留塩素濃度は約 1 mg/L であった。したがって、災害土砂をろ材として用いた場合でも、適切に塩素消毒をおこなうことで中水としての利用可能な水質を得られることが確認された。

4. まとめ

本研究で提案したシステムを用いることで、災害時においても下水処理および中水生成が可能となることが確認された。また、下水中の栄養素および下水処理副産物であるろ床バエや原生動物を有効活用することで、食糧の生産も同時に達成可能となることが示唆された。

表 1 ABR-DHS システムによる廃水処理性能

項目	単位	廃水	ABR	DHS
COD	mg/L	68	49	27
BOD		207	63	29
アンモニア	mgN/L	28	35	14
硝酸		0	0	15
亜硝酸		0	0	0
全無機態窒素		28	35	29
リン酸	mgP/L	4.60	3.70	4.26

表 2 水槽流入出水の水質

項目	単位	水槽流入	水槽流出
アンモニア	mgN/L	14	2
硝酸		15	18
亜硝酸		0	0
全無機態窒素		29	20
リン酸	mgP/L	4.26	3.07
鉄	mg/L	0.38	0.14

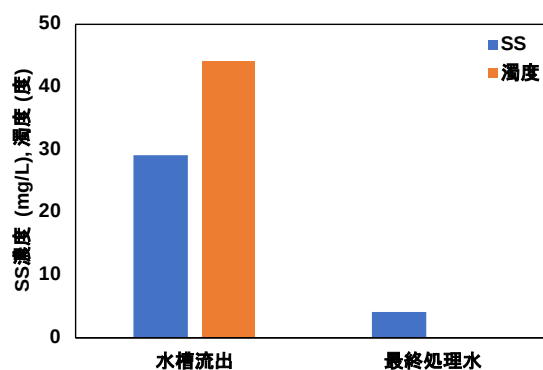


図 2 砂ろ過前後の SS 濃度および濁度



写真 1 砂ろ過前後の水の外観