

有価物活用型の簡易水インフラシステムの検討

呉工業高等専門学校 正会員 ○谷川 大輔

呉工業高等専門学校 非会員 下村 謙太

1. はじめに

現在の日本の下水処理システムはエネルギー消費量が高く、老朽化も進んでおり、処理性能の低下などが生じる危険性がある。そのため、今の下水処理システムに求められているのは現存の施設を活用する形で処理性能を保ったまま省エネルギー・低コストで運用可能にすることである。また、下水処理水中には植物やプランクトンの栄養となる成分が多く含まれており、その有効利用も求められている。そこで本研究では、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)を組み合わせた ABR-DHS システムを利用した省・創エネルギー型下水処理と、水槽を用いたバイオアッセイ、人工湿地による栄養塩除去と有価物・雑用水の生産を組み合わせた、有価物活用型の水インフラシステムの検討を行った。

2. 実験方法

図1に本研究で用いた水インフラシステムの概略図を示す。本システムは、下水処理部分として ABR-DHS システム、バイオアッセイを目的とした水槽、植物による栄養塩除去と土壌によるろ過を目的とした人工湿地で構成した。ABR および DHS の有効容積はそれぞれ、0.8 L、0.15 L とした。水槽内ではメダカを飼育し、人工湿地ではミニトマトを栽培した。メダカへの給餌は一切おこなわなかった。人工湿地の土壌には、平成30年7月豪雨の災害土砂を用いた。供試廃水として、大豆たんぱく、樽酒、トイレトーパー、油、および味噌を実下水の炭水化物、たんぱく質、脂質と同程度になる様に混合した模擬下水を用いた。実験では、徐々に廃水流量を増加させながら運転をおこなった。ABR および DHS の水理学的滞留時間(Hydraulic Retention Time: HRT)は、5-10 時間および1-2 時間であった。

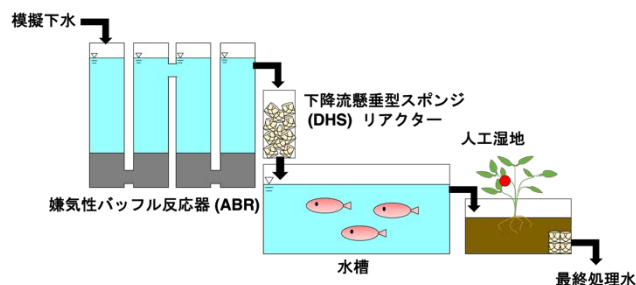


図1 水インフラシステムの概略図

3. 結果および考察

3.1 ABR-DHS システムによる下水処理性能

図2に模擬下水、ABR および DHS 処理水の化学的酸素要求量 (Chemical Oxygen Demand: COD) および生物化学的酸素要求量 (Biochemical Oxygen Demand: BOD) 濃度の平均値を示す。ABR において、COD と BOD はそれぞれ 81.3%および 76.5%除去されており、システム全体での COD および BOD 除去率はそれぞれ 91.0%と 85.5%であった。一方で、ABR におけるメタン生成量は $0.02 \text{ m}^3/\text{m}^3$ -下水と非常に低く、活性汚泥法で生成した余剰汚泥を嫌気性消化した場合に比べて、僅か 4%のメタン回収率であった。ABR-DHS システムは無曝気で運転可能であることから、ABR によるエネルギー回収性能は低いものの、処理の省エネルギー化は可能であることが確認された。

図3に ABR および DHS 処理水のアンモニア態窒素および硝酸態窒素濃度の平均値を示す。DHS 内において、ABR 処理水中のアンモニアの 47.1%が除去され、その内 77.6%が硝酸にまで酸化していることが確認された。DHS における窒素除去率は 14.3%であり、既往の研究における窒素除去率の 50%以下と低い結果が得られた。

連続実験期間中における DHS 処理水の COD, BOD およびアンモニア態窒素濃度の平均値はそれぞれ、

キーワード 下水処理, 有価物回収, 人工湿地, 栄養塩除去, 省エネルギー

連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南2-2-1 1 呉工業高等専門学校 環境都市工学分野

TEL 0823-73-8955

31 mg/L, 25 mg/L および 12 mgN/L であった。DHS 処理水が流入する水槽の HRT は 4.6 日であったが、水槽内の溶存酸素 (Dissolved Oxygen: DO) 濃度の平均値は 5.74 mg/L であり、水槽内でのメダカの生存も確認された。DHS 処理水中には、輪形動物門や線形動物門の原生動物の存在が多数確認された。したがって、DHS 処理水は自浄作用に適用可能なレベルまで浄化されており、かつ DHS 処理水中の原生動物がメダカの餌として連続的に供給され、水槽内での食物連鎖が形成されていたことが示唆された。

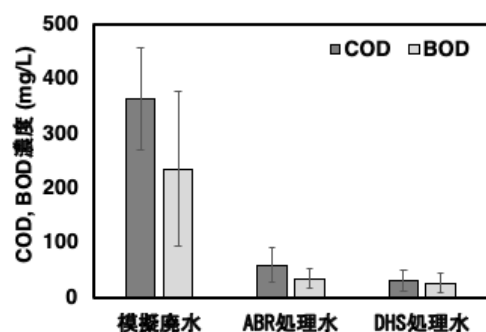


図2 模擬下水, ABR および DHS 処理水の COD および BOD 濃度の平均値

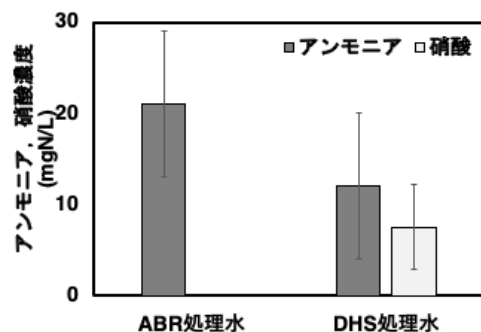


図3 ABR および DHS 処理水のアンモニア態窒素および硝酸態窒素濃度の平均値

3. 2 人工湿地による栄養塩除去性能

図4に DHS 処理水および最終処理水の全無機態窒素およびリン酸濃度の平均値を示す。人工湿地における全無機態窒素およびリン酸の除去率はそれぞれ 97.0%および 78.6%であった。連続実験期間中の人工湿地におけるミニトマトの収量は、0.387 t/a であり、一般的な収量である 0.7 t/a の約 50%であった。一方で、収穫したミニトマトと市販のミニトマトの糖度を比較したところ、市販のトマトの糖度が 5.9–7.1 Bx であったのに対し、本研究で収穫したトマトの糖度

は 7.3–7.8 Bx と高い傾向が確認された。下水汚泥由来の肥料を使用した「じゅんかん育ち」の野菜では糖度が高くなることが報告されており、下水処理の後段に人工湿地を設置することで、下水汚泥を経由せずに下水中の栄養塩から糖度の高い作物が栽培可能となることが示唆された。

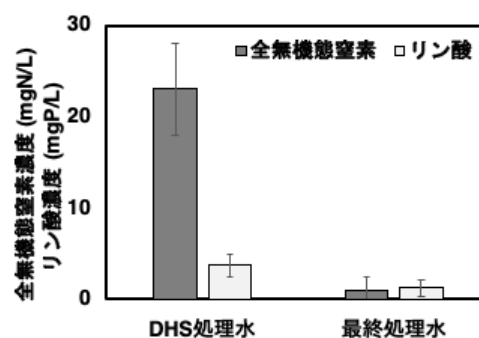


図4 DHS 処理水および最終処理水の全無機態窒素およびリン酸濃度の平均値

3. 3 最終処理水の雑用水利用の可能性

表1に最終処理水質と雑用水基準を示す。最終処理水質は外観、大腸菌および濁度において基準値を超えていることが確認された。外観については、模擬下水に含まれている大豆タンパクや味噌由来の色が残存していたことが考えられた。大腸菌と濁度については、測定期間の 40%では基準値をクリアしていることが確認された。したがって、人工湿地のろ過能力の向上、および塩素消毒等を組み合わせることで、最終処理水を雑用水として利用可能となることが示唆された。

表1 最終処理水質と雑用水基準

水質項目	単位	最終処理水	雑用水基準
pH	-	7.0±0.4	5.8–8.6
臭気	-	無臭	異常でないこと
外観(色度)	度	193±143	ほとんど無色透明であること
大腸菌	CFU/mL	57±124	検出されないこと
濁度	度	15±21	2度以下

4. まとめ

本研究で提案するシステムを用いることで、栄養塩除去を含んだ下水処理を省エネ・低コスト化すると共に、下水汚泥を経由しない形での下水からの有価物生産が可能となることが示された。また、人工湿地におけるろ過性能の向上および塩素消毒等を組み合わせることで、最終処理水を雑用水と再利用可能な水インフラシステムとなりうることが示唆された。