

地域資源を活用した省エネルギー・処理水利用型下水処理システムの検討

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○間 美奈
 呉工業高等専門学校 非会員 阿良田 紫千
 呉工業高等専門学校 正会員 谷川 大輔

1. 研究背景

現在日本における下水処理の課題の1つに、人口減少・高齢化社会の進行に伴う、使用料収入減少が懸念される。そのため、低コストで安定的・持続的な下水管理を継続することができる処理システムが必要となってくる。また、下水中からのエネルギー回収、資源利用にも近年注目が集まっており、省エネルギーかつ資源回収可能な処理システムの重要性も高まっている。そこで本研究では、広島地域域廃棄物である牡蠣殻の下水処理への活用に着目し、省エネルギー・処理水利用型下水処理システムの検討を行った。

2. 実験方法

図1に提案システムの概略図を示す。提案システムは、牡蠣殻-下降流懸垂型スポンジ (Oyster Shell - Downflow Hanging Sponge: OS-DHS) リアクター、人工湿地、ろ過装置で構成した。OS-DHSリアクターは、無曝気の散水ろ床とし、上段に牡蠣殻、下段にポリウレタンスポンジを微生物担体として充填した。OS-DHSでは、下水中の有機物およびアンモニアの酸化を目的とし、牡蠣殻担体によるpH調整効果にも期待した。人工湿地ではオクラを栽培し、OS-DHS処理水中の窒素とリンの除去を目的とした。また、OS-DHSリアクター内の牡蠣殻担体から溶出したミネラル分による、植物の成長促進効果にも期待した。ろ過装置では、川砂と竹炭をろ材として充填し、人工湿地処理水の一部を流入させて下水処理水の再生を目指した。

供試廃水は生活排水を想定し、大豆タンパク、廃酒、トイレットペーパー、廃油、塩化アンモニウムを混合して作成した。供試廃水のpH、化学的酸素要求量 (Chemical Oxygen Demand: COD) 濃度、生物化学的酸素要求量 (Biochemical Oxygen Demand: BOD) 濃度、アンモニア濃度、リン酸濃度はそれぞれ、6.8, 308

mgCOD/L, 303 mgCOD/L, 31 mgN/L および 1.1 mgP/L であった。本研究では、水理学的滞留時間 (Hydraulic Retention Time: HRT) を短縮しながら運転をおこなった。OS-DHSと人工湿地のHRTはそれぞれ、14.3 時間から 12.5 時間、26.2 時間から 23.0 時間まで短縮した。

ろ過装置はシステムのHRTの短縮後、処理水質が安定した後に設置し、人工湿地処理水の一部を 2.0 m/日のろ過速度で供給した。ろ層の閉塞が確認された後、0.4 m/分の速度で逆洗浄を実施し、逆洗浄時間ごとの濁度を測定することで、適切な逆洗浄時間を検討した。

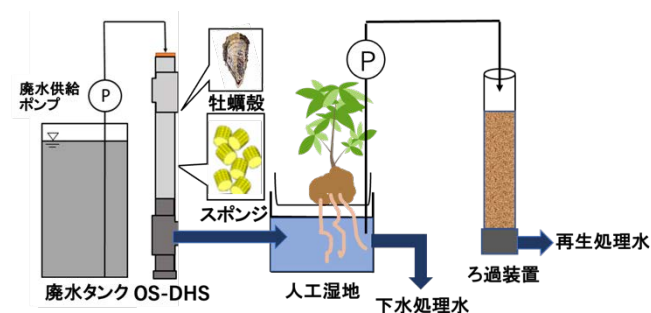


図1 提案システムの概略図

3. 実験結果

図2にシステム内におけるCOD濃度およびBOD濃度の挙動を示す。COD除去率は、OS-DHSで91.1%、システム全体では92.1%と高い除去率となった。BOD除去率は、OS-DHSで74.7%、システム全体では76.5%となりCODと比較してやや除去率が低くなっていた。また、OS-DHS出口および人工湿地出口のBOD濃度がCOD濃度が高くなっていることが確認された。本研究ではBODの分析に硝化抑制剤を添加していないため、アンモニアの酸化によって消費された酸素量であるN-BODが含まれたことが考えら

キーワード 下水処理, 省エネルギー, 処理水再生, 牡蠣殻, 人工湿地

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 環境都市工学科 TEL0823-73-8955

れた。一方、OS-DHS 内の牡蠣殻担体通過後の COD 濃度を測定したところ、流入 COD の約 50% が除去されていることが確認された。したがって、牡蠣殻表面に付着した微生物によって有機物の酸化がおこなわれており、牡蠣殻が微生物担体としての機能を十分有していることが確認された。

図 4 に期間 2 のシステム内における窒素濃度の挙動を示す。OS-DHS 内でのアンモニア除去率は 14.4% であり、除去されたアンモニアの 89.9% が硝酸となっていた。実験期間中、亜硝酸は検出されなかった。このことから、OS-DHS 内では硝化反応が進行後、スポンジ担体内部の無酸素部分で脱窒反応が進行していたことが推察できた。

人工湿地内では、アンモニア、硝酸の両方が除去されており、全無機態窒素除去率は 39.4% であった。また、人工湿地内でのリン酸除去率は 69.6% であり、廃水由来のカリウムも消費されていることが確認された。実験期間中における廃水処理量当たりのオクラ生産量は 0.36 kg/m^3 -廃水であり、オクラの利用による栄養塩除去が進行していたことが示唆された。

図 4 に逆洗浄時の濁度変化を示す。逆洗浄による濁度除去率は逆洗浄時間 30 分では 56.1%，240 分では 81.9% となり、逆洗浄時間を長くすることで、濁度除去率の大幅な向上が確認された。逆洗浄では、開始から 60 分程度まで濁度が直線的に減少し、その後はなだらかに減少する傾向が見られた。一方で、今回の実験における逆洗浄時間は、既往の研究と比較して長く、実用化を想定すると不適切であることが考えられた。今後は、逆洗浄速度も含めて、運転管理方法の最適化を検討していくこととした。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に総括する。

- (1) OS-DHS において、COD 除去率 91.1%，BOD 除去率 74.7% を達成した。微生物保持担体の 50% を廃棄物である牡蠣殻に置き換えた条件でも、良好な有機物除去性能が確認されたことから、より低コストかつ省エネルギー型の下水処理システムとしての適用可能性が期待された。
- (2) 人工湿地において、全無機態窒素の 39.4%，リン酸の 69.6% が除去された。廃水処理量当たり 0.36 kg/m^3 のオクラが生産されたことから、下

水中の栄養塩除去と食糧生産の同時達成が可能となった。

- (3) ろ過装置の運転条件では、逆洗浄時間が長くなる程、ろ層内に蓄積した濁質の除去率が向上し、閉塞までの期間が長くなることが確認された。今後は、逆洗浄の頻度や逆洗浄時間等、効率的な運転条件を検討していくことが課題となった。

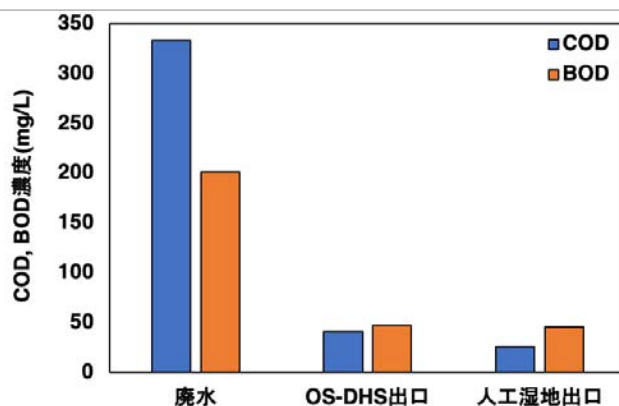


図 2 システム内における COD 濃度および BOD 濃度の挙動

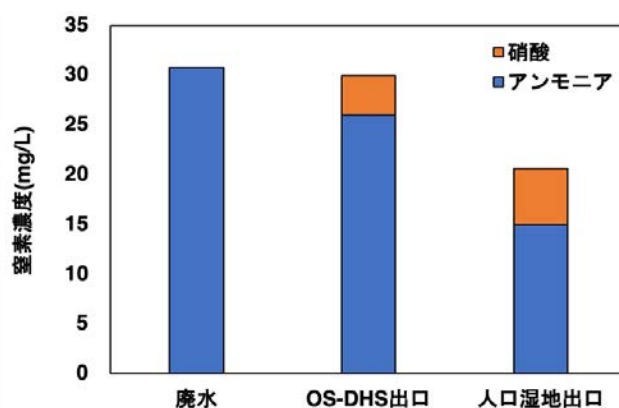


図 3 システム内における窒素濃度の挙動

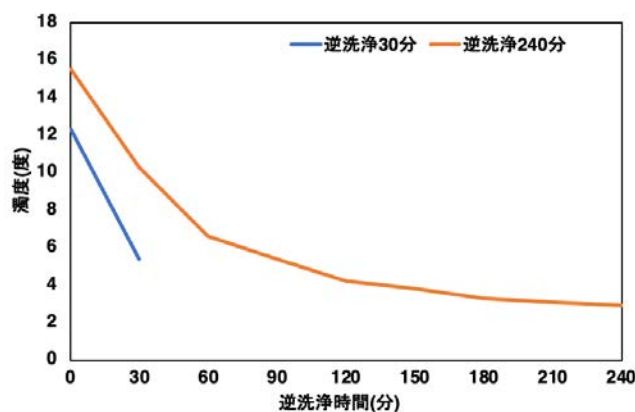


図 4 逆洗浄時の濁度変化