

食堂廃水処理水を栄養源として活用した閉鎖型循環型養殖システムの提案

吳高専 学生会員 ○Osman Muhamad Afif
 吳高専 非会員 大野耕平
 吳高専 正会員 谷川大輔

1. はじめに

本研究では下降流懸垂型スポンジ (Down-flow hanging sponge: DHS) リアクターとアクアポニックスを組み合わせた閉鎖型陸上養殖システムを検討した。同システムを用いた過去の研究結果では、窒素以外の栄養素の不足が、植物による窒素利用における律速因子となり、結果として水槽内に窒素が蓄積してしまうことが確認されている。蓄積した硝酸は、化学肥料を追肥し、不足する栄養素を補うことで、植物による利用を促進可能となることが明らかになっている。しかしながら、追肥は運転コストの向上を招き、化学肥料の魚への長期的な影響の評価もあまだされていない。そこで、本研究では、提案システムに有機性廃水処理水を栄養源として添加することで、システムの運用が可能か検討した。

2. 実験方法

図1に本研究で用いたシステムの概略図を示す。本システムは養殖水槽、植物ベッド、DHS リアクターで構成されている。魚体としてナイルティラピア (30 匹) を、植物として豆苗、チンゲン菜、カイランを用いた。給餌は1日3回実施し、ティラピアの成長に伴い給餌量を増加させた。実験期間中、DHS 内での脱窒反応を進行させるため、pH 低下時に酢酸ナトリウム (100 gCOD/L) を添加した。栄養源として供給した食堂廃水処理水の組成はpH (7.9) アンモニア (9 mg/L)、亜硝酸 (0 mg/L)、硝酸 (6 mg/L)、リン酸 (14.5 mg/L)、カリウム (7 mg/L)、鉄 (0.36 mg/L)、亜鉛 (0.23 mg/L) であった。添加量は 49 日まで 100 mL/日、60 日目から 200 mL/日に設定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 循環型養殖システムの性能評価

図2に水槽の pH、アンモニア態窒素濃度、亜硝酸態窒素濃度、硝酸態窒素濃度の経日変化を示す。水槽内の平均 pH は 6.9 で、ホックハイマーとウィートンが提案した最適 pH レベル 7.0~7.5 よりも少し低かった。運転 50 日目までは、pH が 6.0 以上に維持されていたが、給餌量の増加に伴い、硝酸の蓄積と pH の低下が見られ、硝酸除去の為、

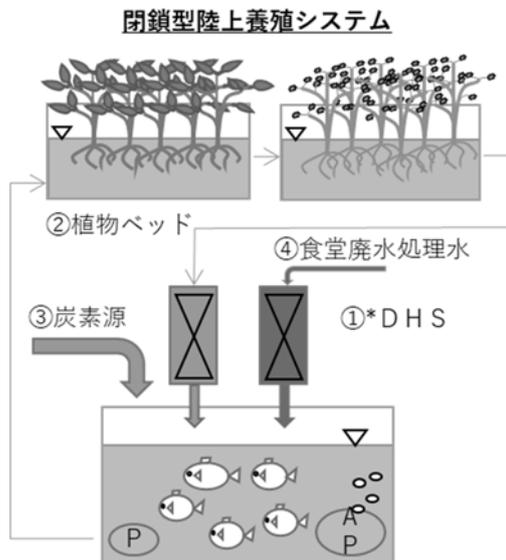


図1 システムの概略図

炭素源添加による脱窒反応の促進が必要となった。

pH が適切に制御されていた期間では、アンモニア濃度は 0.5 mgN/L 未満に抑えられたが、pH が 4.9 まで低下した運転 87 日目以降は、硝化反応が停止し、96 日目にアンモニアが最大 3.11 mg/L まで蓄積していた。一方、亜硝酸は、5 mgN/L 以上に上がると、植物と魚類に悪影響を与えることが知られている。本研究では 16 日目の 0.35 mg/L が亜硝酸の最大濃度となり、運転期間を通して蓄積は確認されなかったため、亜硝酸酸化細菌は高い活性を維持していたことが示唆された。

3.2 水槽内の栄養物質のバランス

図3は主要栄養素である硝酸態窒素濃度、リン酸態リン、カリウムの経日変化を示す。103 日目まで、硝酸塩とリン酸塩は継続して増加した。実験期間における硝酸の最高濃度は 65.5 mgN/L であった。廃水処理水を添加していなかった昨年度の実験では、硝酸濃度の最大濃度は 100 mg N/L を超えていた。また、廃水処理水の添加量を 200 mL に増やした以降、硝酸の蓄積が平衡状態となっていることが確認された。したがって、廃水処理水中の微量栄養により、植物による硝酸の利用が促進されたことが考えられた。微量栄養素であ

キーワード アクアポニックス、DHS リアクター、微量栄養素

連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南 2-2-11 呉工業高等専門学校 Tel.0823-73-8955

る鉄、亜鉛、ニッケル、銅、マンガン濃度の経日変化を示す。鉄は主に植物による硝酸の取り込みを促進させることが知られている。実験期間を通じて水槽内の鉄濃度は大きく変動していた。実験開始 5 日目の鉄は 0.11 mg/L であったが、豆苗を植えるとすぐに消費された。したがって、植物の成長に伴って、鉄が消費されていることが確認された。銅、ニッケル、マンガンの水槽内の濃度は、測定機器の検出限界値以下であった。これらの元素が不足した場合、植物の病気であるクロシスや着色異常、壊死病変は発生することが知られている。しかしながら、実験期間中において、いずれの野菜にも生育異常は確認されなかった。したがって、これらの微量元素についても、植物が正常に生育するのに十分な量が存在していると考えられた。

3.3 窒素収支

図 5 に本システムにおける窒素収支を示す。過去の研究事例から、餌中に含まれる窒素の 30% が魚体になると仮定した。硝酸、アンモニア分は水槽内の濃度に水槽内の液量を乗じて算出した。脱窒による窒素除去分は、谷川らの研究に基づいて、酢酸ナトリウム溶液の 30% が脱窒により利用され、酢酸を用いた脱窒反応における理論上の COD/N 比を用いて算出した。豆苗、カイラン、チンゲン菜による窒素利用分は、各野菜の全窒素濃度と収穫量を使用して計算した。実験期間において、餌由来の窒素の 9% が野菜によって利用されていることが確認された。したがって、供給された窒素の 39% を食料として収穫することが可能となった。一方、窒素収支において未知分が 18% 確認された。実験期間中に、窓に近い側の植物ベッド内に、藻類が発生していることが確認されている。よって、この未知分は、増殖した藻類や餌の食べ残し、および DHS リアクター内の菌体増殖に利用されている部分であることが推察された。

4. まとめ

本研究により、食堂廃水処理水中には植物の生育に十分な栄養素が含まれており、提案システムにおける微量栄養の補填が可能となることが明らかとなった。また、当該廃水処理水添加による、魚への生育阻害も確認されなかった。したがって、廃水処理水中の有価物を活用した、持続可能な養殖システムの構築が可能となることが考えられた。一方で、野菜の成長速度にまだ課題が残ったため、適切な廃水処理水の添加量を検討することが必要となった。

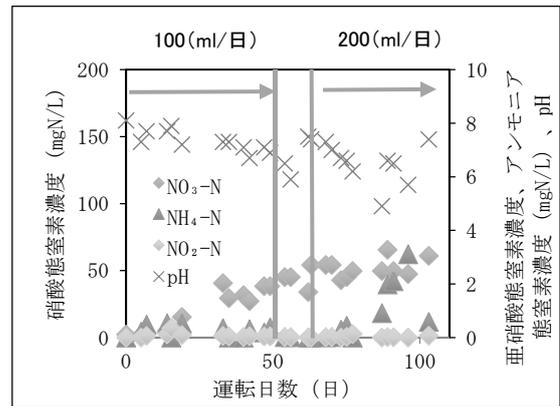


図 2 無機態窒素濃度と pH の経日変化

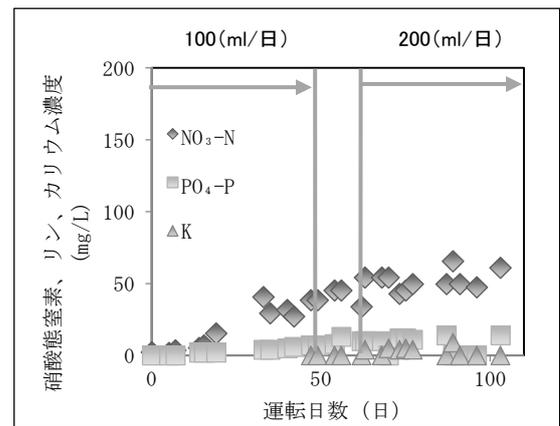


図 3 主栄養素濃度の経日変化

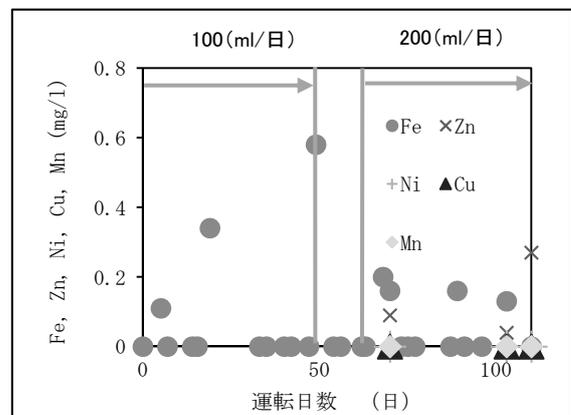


図 4 微量栄養素の経日変化

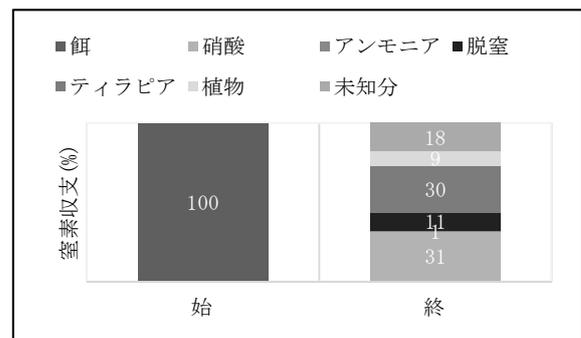


図 5 窒素収支