

揚水インターバルがアクアポニックスの 水質浄化性能に及ぼす影響

○日本大学 学生会員 迎 竜博
日本大学 正会員 中野 和典

1. 背景と目的

アクアポニックスとは水耕栽培と水産養殖を組み合わせたシステムである。水産養殖では、水棲生物の糞尿に含まれる魚にとって毒性の強いアンモニア態窒素($\text{NH}_4^+\text{-N}$)などの蓄積が問題視されている。アクアポニックスでは、水産養殖に使用される飼育水を植物の液肥とすることで窒素成分を抑制できることや飼育水中の生物化学的酸素要求量(BOD)を低く維持することでエアポンプの動力を削減できることなど、本来かかるコストを抑えることを可能としている。

本研究では、水耕栽培の代替として観葉植物を植栽したろ床と金魚飼育水槽を組み合わせたアクアポニックスを作製し、金魚飼育水槽からろ床への揚水インターバル(Pumping Interval:PI)条件を変化させる実験を行い、PI条件がろ床の水質浄化性能に及ぼす影響を検証し、その結果を用いて水質浄化性能と省エネ性を両立させる最適なPI条件を検討した。

2. 実験方法

本研究で使用したアクアポニックスを図1に示す。金魚飼育水 80L を入れた桶を2つ準備し、ろ床を組み合わせた。ろ床は3段で構成されており、3段すべてにゼオライトを充填したものと3段すべてに活性炭を充填したものを準備した。それぞれの各段の表層には観葉植物(ポトフ)を植栽した。このような多段型ろ床にタイマー制御した揚水ポンプで金魚飼育水を汲み上げ、3段のろ床を通過した処理水が桶に戻るようにした。1回の揚水量は 6.8L とした。蒸発等による減水分を2週間に1回補給し、金魚飼育水の量を一定に維持した。金魚(コメット、中和金)の飼育数は8匹とし、与える餌の量は1日に 1.5g とした。最初にPI条件を6hに設定し10日間実験を行った。次いでPI条件を4、2、1、0.5及び0.25hに短縮した実験をそれぞれ10、10、10、29及び18日間行った。最後にPI条件1hを19日間行った。2つのアクアポ

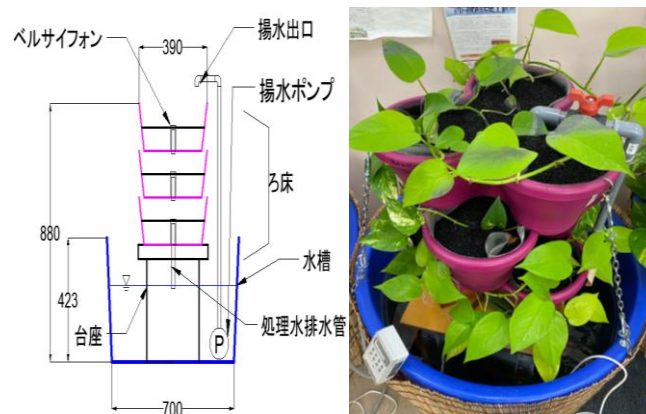


図1 使用したアクアポニックスの構造と外観

ニックスの金魚飼育水の採水を週2回行い、CODcr、T-N、アンモニア態窒素($\text{NH}_4^+\text{-N}$)、硝酸態窒素($\text{NO}_3^-\text{-N}$)及び T-P 濃度を測定し、アクアポニックスの水質浄化性能を評価した。

3. 実験結果及び考察

3.1. PI条件がアクアポニックスのCODcr浄化性能に及ぼす影響

図2に各PI条件での金魚飼育水の水質の変遷を示す。CODcrに着目すると、PI条件6hではCODcr濃度が急増し、ゼオライトを用いたアクアポニックスでは7日間で 8.0mg/L に達した。一方、活性炭では7日間で 3.0mg/L に達した。その後、PI条件を短縮した結果、CODcr濃度のばらつきはあるものの濃度は徐々に低下し、ゼオライトを用いたものでは0.25h、活性炭を用いたものでは0.5hのPI条件でCODcrが検出されないレベルにまで低下した。これらの結果から金魚8匹を飼育する条件では、PI条件をゼオライトろ床では0.25h、活性炭では0.5hとすれば、エアポンプが不要なレベルにCODcr濃度を維持可能なことが示された。

3.2. PI条件がアクアポニックスの窒素浄化性能に及ぼす影響

窒素に着目すると、ゼオライトろ床では、PI条件6hか

キーワード: アクアポニックス 活性炭 ゼオライト 揚水インターバル

〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1 日本大学 工学部 土木工学科 環境生態工学研究室

ら 1h まで T-N 濃度は一定の濃度を保っていた。しかし、PI 条件を 0.5h へ短縮した結果、安定していた T-N 濃度が増加し、0.25h では 26.0mg-N/L に達した。この T-N 濃度の挙動は NO_3^- -N 濃度と一致していた。6h の PI 条件では NO_3^- -N 濃度は T-N 濃度の約 66% を占め、2h では約 87%、0.5h 以降では約 99% を占めた。これらの結果から、ゼオライトろ床では、PI 条件が 2h までは金魚の窒素排出量とろ床での窒素除去量のバランスが安定していたが 2h より短いと金魚の排出量が上回ることが明らかとなった。その原因として、CODcr 濃度の低下に示されるように、PI 条件が短くなると好気条件が強化され、脱窒に必要な有機物が不足したことが考えられた。そこで本実験の最後に PI 条件を 1h に戻すことで嫌気条件の強化を試みたが、CODcr 濃度は増加せず、T-N 濃度の改善もできなかった。

これに対し活性炭ろ床では、PI 条件を 0.25h まで短縮しても T-N 濃度は増加せず、濃度は全ての PI 条件で 4.0mg-N/L 以下で安定していたことから、ゼオライトろ床とは異なる機構で窒素成分が除去されていたことが推察された。

NH_4^+ -N 濃度は、PI 条件が 4h までゼオライト、活性炭ろ床ともに増加した。活性炭ろ床では魚の致死量近くの 2.8mg-N/L まで増加し、T-N 濃度の約 78% を占めたのに対して、ゼオライトろ床では 1.0mg-N/L まで上昇したが、これは T-N 濃度の約 10% に過ぎず、毒性の強い NH_4^+ -N の抑制にはゼオライトの方が優れていた。その後、PI 条件を短縮させた結果、2h 以降ではゼオライト、活性炭ろ床ともに NH_4^+ -N は検出されない濃度まで減少した。これらの結果から PI 条件の短縮により、好気条件が強化され、どちらのろ床でも NH_4^+ -N の抑制ができることが示された。

3.3. PI 条件がアクアポニックスのリン浄化性能に及ぼす影響

T-P に着目すると、どちらのろ床も PI 条件に関係なく徐々に増加する傾向となった。ゼオライトろ床の実験終了時の T-P 濃度は 8.3mg-P/L であり、1 日当たりの増加量は 0.06mg-P/L であった。一方、活性炭ろ床では実験終了時に 26.6mg-P/L まで増加し、1 日当たりの増加量は 0.1mg-P/L であった。活性炭ろ床の T-P 濃度はゼオライトろ床と比べると平均して常に 12.2mg/L 濃度が高かった。このことからリン除去性能はゼオライトのほうが優れていることが示された。実験終了時に観葉植物をろ床から

回収して実験前後の重さを比較したところ、ゼオライトろ床では 2g の増加であったのに対し、活性炭ろ床では 90g 増加していた。この結果より、活性炭ろ床では植物の成長が旺盛であったことが明らかとなり、T-N 濃度が低いレベルで維持された機構として植物による吸収が推察された。

4. まとめ

PI 条件 6h では、脱窒による窒素除去性能が発揮されるが、CODcr 及び NH_4^+ -N 濃度は高く、魚が死滅するリスクが顕著となった。一方、PI 条件 0.5h 以下では、CODcr 及び NH_4^+ -N 除去性能が発揮されるが、T-N 濃度は抑制できなかった。これに対し、PI 条件 2h と 1h では全ての水質項目で一定の抑制効果を得ることができた。省エネ性の観点でも両条件の間であり、水質浄化性能と省エネ性を両立させる最適な PI 条件は 2h と 1h であったと言える。

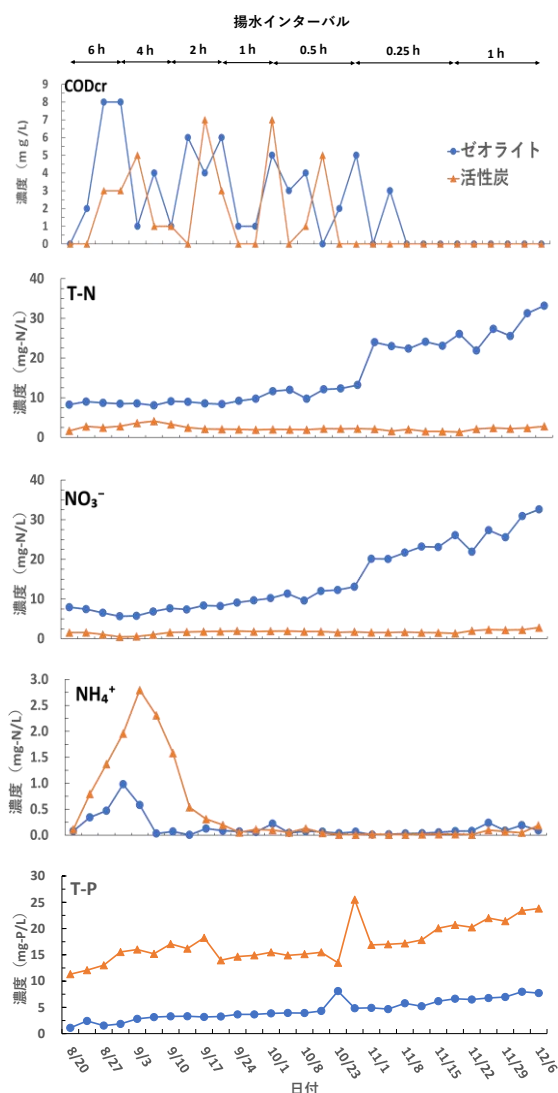


図2 金魚飼育水の水質の変遷