

植物及びろ材の種類が重層型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 茅場 勇人
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魚の養殖と植物の水耕栽培を組み合わせたシステムである。魚が汚した水を植物の肥料とすることで、養殖魚と作物の同時生産と環境配慮を両立する持続可能な産業として近年注目されている。水耕栽培に魚の養殖を組み合わせることで、それぞれを単独で行った場合と比較して、還元効率は全窒素(T-N)で最大 2.1 倍、全リン(T-P)では最大 3.7 倍となることが報告されている。さらにアクアポニックスでは、水産養殖で毒性が問題となる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。

植物無しでのろ床で実施したこれまでの研究の課題は、金魚飼育中に硝酸性窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)が蓄積することであった。好気的な金魚飼育水を循環させるため、ろ床での脱窒が進まないことが、その原因であった。したがって、脱窒の改善は難しいことから本研究では、ろ床に植物を植栽したろ床をアクアポニックスに適用し、植物がろ床に付加されることによる水質浄化性能への効果を検証することにした。さらに本研究では、アンモニア性窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)の吸着性能に優れるゼオライト及び水質浄化性能全般に優れる活性炭をろ床とした場合の水質浄化性能を検証した。

2. 実験方法

2.1. 植物がアクアポニックスの水質浄化性能に及ぼす影響

植物の効果を検証したアクアポニックスを図 1 に示す。金魚(コメット、中和金)の飼育数は 9 匹とし、与える餌の量は 1 日に 1.0g とした。ろ床への飼育水の揚水は 2 時間毎に 6.8ℓ とした。

2.2. ろ材の種類がアクアポニックスの水質浄化性能に及ぼす影響

ろ材としてゼオライトと活性炭を用いた場合の浄化性

キーワード: アクアポニックス 活性炭 ゼオライト 植物

能を検証したアクアポニックスを図 2 示す。上段 3 段のろ床に活性炭を、下段 3 段のろ床にゼオライトを使用し、それぞれ独立して金魚飼育水が流入し、同一の金魚飼育槽に処理水が戻る仕組みとした。金魚(コメット、中和金)飼育数は 9 匹とし、与える餌の量は 1 日に 1.0g とした。ろ床への飼育水の揚水は 2 時間毎にそれぞれ 3.4ℓとした。水質の測定項目は T-N、T-P、COD、NH₄-N、亜硝酸性窒素(NO₂-N)、NO₃-N、有機態窒素(ON)、リン酸性リン(PO₄-P)、有機態リン(OP)とした。

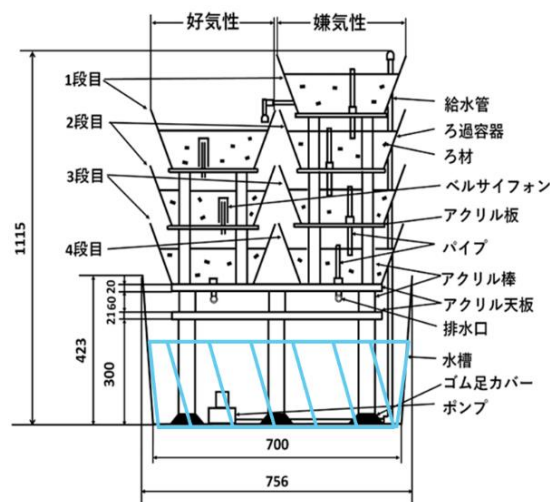


図 1 植物の効果を検証したアクアポニックスの概要

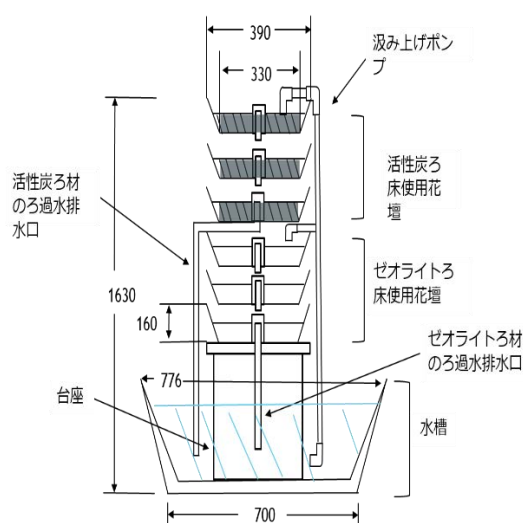


図 2 ろ材の効果を検証したアクアポニックスの概要

3. 実験結果及び考察

3.1. 植物がアクアポニックスの水質浄化性能に及ぼす影響

図 3 にアクアポニックスの植物の有無による金魚飼育水の窒素及びリン濃度の違いを示す。植物無しのアクアポニックスでは 21 日間で飼育水中の T-N 濃度が 11.5mg-N/L 増加したのに対し、植物有りのアクアポニックスにおける増加濃度は 3.03mg-N/L であり、植物が存在することで飼育水中の窒素濃度が 73%低下した。両者の濃度差と飼育水量の積から推定した植物による窒素除去量は 766 mg-N であり、1 日当たり 36.5 mgの窒素が植物に吸収されたと推察された。

リンに着目すると、植物無しのアクアポニックスでは 21 日間で T-P 濃度が 0.49mg-P/L 増加したのに対し、植物有りのアクアポニックスにおける増加濃度は 0.33mg-P/L であり、植物が存在することで飼育水中のリン濃度は 33%低下した。濃度差と飼育水量より推定した植物によるリン除去量は 14 mg-P であり、植物に吸収されたリン量は 1 日当たり 0.69 mgと推察された。

3.2. ろ材の種類がアクアポニックスの水質浄化性能に及ぼす影響

ゼオライト及び活性炭をろ材に用いたアクアポニックスの飼育水に含まれる窒素成分の濃度の推移を図 4 に示す。70 日間で金魚飼育水の T-N 濃度は 7.3 mg-N/l 増加したことから、1 日当たりの窒素濃度の増加量は 0.1 mg-N/l であった。ゼオライトろ床でろ過された処理水の窒素濃度は徐々に増加し、70 日後の濃度では 3.6 mg-N/l であった。一方、活性炭ろ床でろ過された処理水でも同様に窒素濃度は徐々に増加したが、70 日後の濃度は 2.1 mg-N/l であり、ゼオライトよりも窒素濃度を低く維持できることが明らかとなった。どちらの処理水も窒素の存在形態は硝酸態であり、毒性の強いアンモニアや亜硝酸態窒素は 0.1 mg/l 未満に抑制できた。

ゼオライト及び活性炭をろ材に用いたアクアポニックスの飼育水に含まれるリン成分の濃度の推移を図 5 に示す。70 日間で飼育水中の T-P 濃度が 10.1 mg-P/l 増加したことから、1 日当たりのリン濃度の増加量は 0.14 mg-P/l であった。ゼオライトろ床及び活性炭ろ床でろ過された処理水のリン濃度は徐々に増加し、70 日後の濃度はそれぞれ 10.0mg-P/l 及び 10.1 mg-P/l であったことから、両者のリン除去性能に大差はないことが明らかとなった。

ゼオライト及び活性炭をろ材に用いたアクアポニックスの飼育水に含まれる COD 濃度の推移を図 6 に示す。70 日間で COD 濃度が 10 mg/l 増加したことから、1 日当たりの COD 濃度の増加量は 0.14 mg/l であった。ゼオライトろ床及び活性炭ろ床の処理水の COD 濃度は、56 日目以降では検出されなくなり、どちらのろ床も時間の経過と共に生物学的作用が付加され、高い有機物除去性能が発揮されることが明らかとなった。

4. まとめ

本研究により、アクアポニックスに植物が存在することによる窒素及びリン除去性能の改善効果を確認することができた。今後は魚の飼育数と必要な植物量のバランスを検証する必要がある。さらに本研究により、ゼオライト及び活性炭をろ材に用いた場合の浄化性能を明らかにすることができた。これらを植物と組み合わせることで更なる水質改善が期待できる。

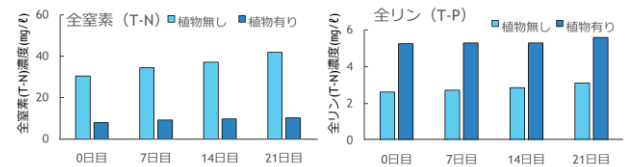


図 3 植物がアクアポニックスの窒素及びリン除去性能に及ぼす影響

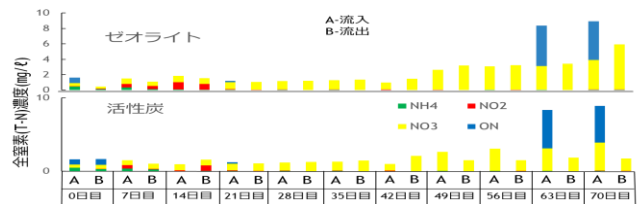


図 4 ゼオライト及び活性炭ろ床の T-N 除去性能の比較

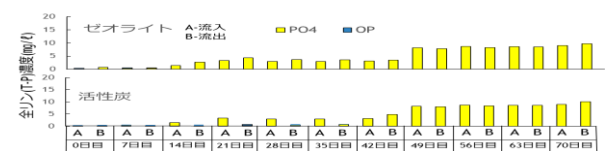


図 5 ゼオライト及び活性炭ろ床の T-P 除去性能の比較

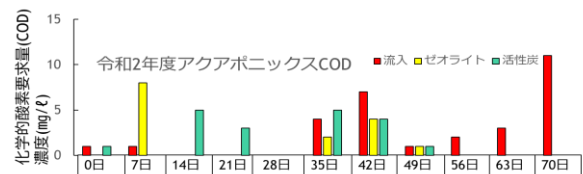


図 6 ゼオライト及び活性炭ろ床の COD 除去性能の比較