

DHS リアクターを用いたアクアポニックスシステムの性能評価

長岡技術科学大学大学院 (非) ○藤本泰地 (正) 渡利高大 (正) 幡本将史 (正) 山口隆司

1. はじめに

アクアポニックスとは閉鎖型陸上養殖 (RAS) と水耕栽培を組み合わせたものであり、魚が排泄したアンモニアを硝化菌によって植物の栄養素である硝酸に分解し、植物は硝酸を養分として成長する。その際、植物が天然の浄化装置の役目を果たし、綺麗になった水が再び魚の水槽へと戻る循環型農法である。水換えや化学肥料も不要といった利点があるが、運転に必要なイニシャルコストが高額であるといった課題がある。さらに、水処理システムに必要な生物処理槽の前段に養殖水槽から発生する残餌や糞等の固形物を回収する物理ろ過装置が必要であることから、固形物に含まれる潜在的な栄養も排除する可能性がある。加えてメンテナンスが煩雑であり、複数の機材を使用するため故障のリスクが高い。そこで我々の研究グループでは、開発途上国向けに設計された、物理ろ過機能と生物処理機能を備えた下降流懸垂型スポンジ (DHS) リアクターを使用し、システムを簡素化・固形物の有効利用を促進し、栄養源を最大限に活用する省エネ・省コスト型アクアポニックスシステムの構築を目指している。

本研究では、従来のアクアポニックスシステムで用いられている MBBR リアクターと DHS リアクターの処理性能評価及びアクアポニックスシステムの比較試験を行った。

2. 実験方法

2.1. リアクター運転条件

システムの概略図を図 1 に示す。実験に用いる水槽、水耕栽培槽は 100 L, 300 L とし、DHS リアクターを用いたアクアポニックスシステムを Run1, MBBR を用いたアクアポニックスシステムは Run2 とした。Run1 の MBBR のリアクター容積は 10 L とし、HRT を 5 分とした。Run2 に使用される、DHS リアクターの運転条件は比表面積 $1.87 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-3}$ の新品ポリウレタンスポンジ (33 mm × 33 mm × 33 mm) 担体をランダムに 78 個充填し、総スポンジ容積は 2.00 L とした。DHS リアクターの HRT は 2 分とした。各システムの水耕栽培の

HRT は 6 時間とした。光は LED ライト (LED Eco Slim, オーム電機ダイレクト株式会社) を用いて PPFD を $250 \mu \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 明暗周期 16/8 h 周期で照射した。室温は $21 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ とした。供試魚としてコチョウザメ (*Acipenser ruthenus*), 供試野菜としてリーフレタス (*Lactuca sativa L.* “Greenwave”) を用いた。

運転は、植物の有無で 2 つの Phase に分けて行う。Phase 1 は、システムの立ち上げ期間とし、運転開始 1 週間まで魚の養殖のみを行う、Phase2 は、アクアポニックスシステムの評価期間とし、養殖とともにレタスの栽培も行った。

コチョウザメの初期魚体密度は、Run1,2 それぞれ $9.47 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, $9.28 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ とした¹⁾。給餌は、飽食給餌方式とし体重の 2% 量を毎日 6 回に分けて市販の飼料 (マス EP2.0, 日本農産工業) を与えた。

リーフレタスは、5~7 葉に成長した苗を選抜し、栽植密度が $48 \text{ 株} \cdot \text{m}^{-2}$ となるように水耕用ラフトに定した。

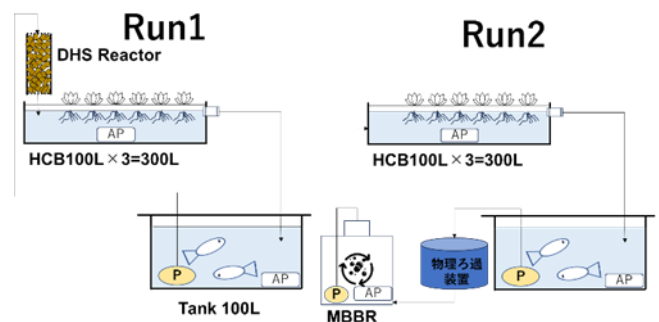


図 1 アクアポニックスシステムの概要図

2.2. 測定項目

サンプルは、養殖水槽、リアクターの流出 (リアクター Eff.), 水耕栽培槽の流出 (HCB Eff.) から採取し、毎日測定する。測定項目は、pH, 水温, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, TP とした。リーフレタスは、葉数, 最大葉長を測定し、植物成長率を評価する。

3. 実験結果及び考察

図 2 に測定結果を示す。Phase1 において $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は 7 日目に Run1,2 Tank それぞれ $5.08 \pm 2.86 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$, $6.83 \pm 3.24 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$ であり、時間の経過とともに蓄

積した。一方、Phase1 の NO_2^- -N は Run1,2 Tank それぞれ $0.059 \pm 0.025 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$, $0.061 \pm 0.025 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$ であり、 NO_3^- -N は Run1,2 Tank でそれぞれ $0.27 \pm 0.34 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$, $0.18 \pm 0.06 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。これは、Phase1 において DHS リアクター、MBBR 共にリアクター内部に硝化菌が増殖しておらず、そのまま魚体や残餌由来の NH_4^+ -N が水槽内に蓄積したためである。Phase2 の NH_4^+ -N は Run1,2 Tank でそれぞれ $13.69 \pm 5.04 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$, $16.06 \pm 4.60 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。16 日目ではそれぞれで $25.2 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$, $25.9 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$ で本実験の最高値を示した。これは、水容積に対してコショウザメの飼育密度が高密度であったことが要因であると考えられる。これを踏まえ、この日の測定後、 NH_4^+ -N の濃度を低下させるために養殖水槽内の養殖水を 75%、水の入替えを行った。Phase2 の NO_2^- -N は Run1,2 Tank でそれぞれ $1.50 \pm 2.01 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$, $0.29 \pm 0.29 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$ であり、 NO_3^- -N は Run1,2 Tank でそれぞれ $0.063 \pm 0.008 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$, $0.057 \pm 0.013 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。Run1 は、Run2 と比較して、経過日数が早い段階で NO_2^- -N 濃度の上昇が速いことから DHS リアクターは MBBR よりも早期にスタートアップできると考えられる。Phase2 における Tank に対する HCB 流出水の TP 除去量は Run1,2 でそれぞれ $0.77 \pm 1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $0.70 \pm 28 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。これは、システム全体の NH_4^+ -N が高濃度であったため、リーフレタスによる栄養塩の吸収の阻害を受けやすい環境下であったことが考えられる。Run1,2 葉数、最大葉長の測定結果を示す。Run1 は、Run2 と比較して植物成長率が高いことが確認された。DHS リアクターを用いたアクアポニックスシステムは、従来のアクアポニックスシステムと比較し、食料生産性が向上することが示唆された。

4. 結論

DHS リアクターを用いたアクアポニックスシステムは、従来の水処理システムと比較して、 NO_2^- -N 濃度が早期にわたって上昇したことからシステムのスタートアップが早いことが示唆された。

5. 今後の予定

今後、パイロットスケールの DHS リアクターを用いたアクアポニックスシステムを立ち上げ、実証試験を行う予定である。

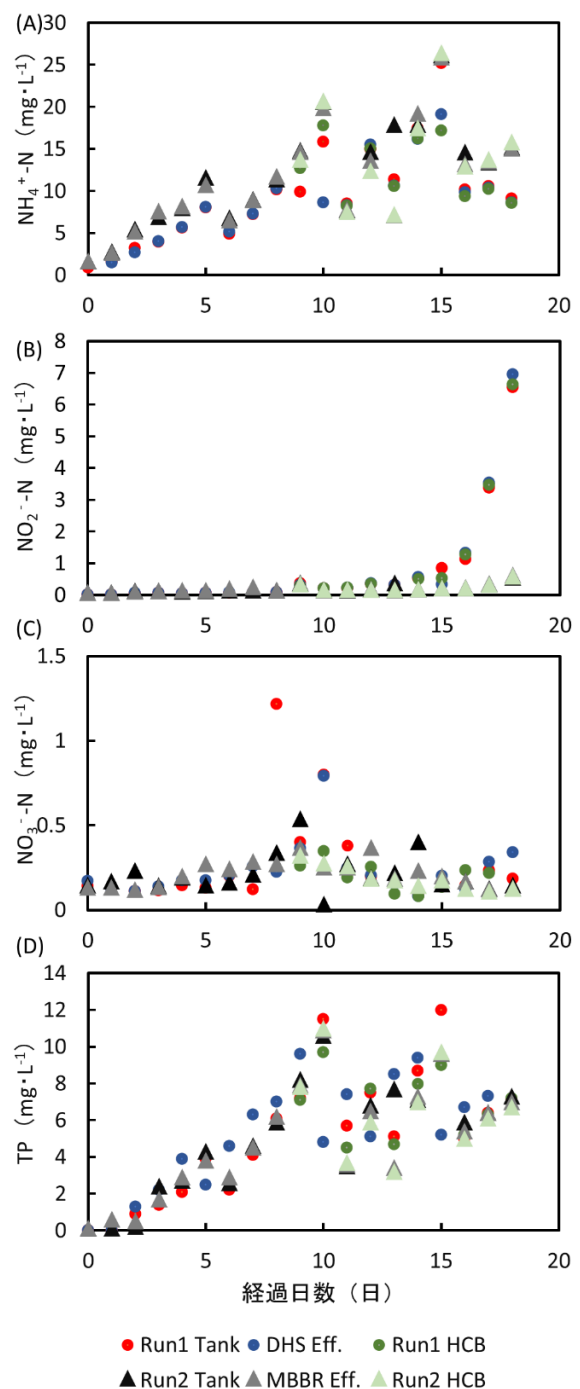


図 2 (A) NH_4^+ -N, (B) NO_2^- -N, (C) NO_3^- -N, (D) TP の測定結果

表 1 リーフレタスの葉の枚数、最大葉長

| 日 | 葉 (枚数) | | 最大葉長 (cm) | |
|----|---------------|---------------|----------------|----------------|
| | Run1 | Run2 | Run1 | Run2 |
| 18 | 5 | 5 | 5.2 ± 0.2 | 5.9 ± 0.8 |
| 28 | 8.1 ± 0.7 | 7.0 ± 1.0 | 11.7 ± 1.3 | 10.8 ± 1.8 |

参考文献

1. Mikhail et al (2013) FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 558