

# アフリカに適用可能な DHS-アクアポニックスシステムの構築

長岡技術科学大学大学院 (非) ○大野 拓摩, (学) 濱浦 裕晃, (非) Nur Adlin, (正) 渡利 高大, (正) 幡本 将史,  
(正) 山口 隆司  
長岡工業高等専門学校 (正) 村上 祐貴

## 1. はじめに

現在, アフリカなどの開発途上国ではタンパク質やビタミンの摂取不足が深刻化しており, その供給方法が課題となっている. また, 世界人口の増加に伴い, タンパク質の需要拡大が予測されており, 高効率で生産可能な食糧生産システムが求められている. アクアポニックスは養殖 (Aquaculture) と水耕栽培 (Hydroponics) を組み合わせた食糧生産システムである. 本システムのメリットは養殖廃水を植物の栄養源として供給することで, 水の利用効率を最大化し, 環境への負荷を低減できる点であるが, 省エネルギーで高効率な水処理装置によって高い水質を維持することが求められている.

スポンジを微生物保持担体として用いる Down-flow Hanging Sponge (DHS) リアクターはこれまで, 閉鎖循環式陸上養殖に適用した例が報告されており, 高いアンモニア除去性能や養殖水槽内への高い DO 供給能が示されている<sup>1)</sup>. また, DHS リアクターはスポンジが保持している硝化菌等の好気性微生物が消費する酸素量以上の酸素を取り込むため<sup>2)</sup>, 水槽内への酸素供給の一つとして期待される. そのため, 魚の養殖に必要な曝気装置を削減することにより, 開発途上国において省エネルギー, 低コストでの食糧生産が期待されている.

本研究では DHS リアクターを用いて, アフリカ諸国に適用可能なアクアポニックス技術の開発を目的として, ナイルティラピア (*Oreochromis niloticus*) とケール (*Brassica oleracea L. var. acephala DC*) の養殖・栽培を行った.

## 2. 実験方法

図 1 に本実験に使用したアクアポニックスシステムの概略図を示す. 養殖水槽と水耕栽培槽の水量はそれぞれ 300 L, 150 L とした. DHS リアクターは高さ 100.5 cm, 内径 8.0 cm の容積 5.05 L の槽にスポンジ担体 (DHS G3: 33 mm × 33 mm × 33 mm) を 80 個

(スポンジ容積 : 2.05 L) 充填し, 水面に出ているスポンジは約 40 個 (スポンジ容積 : 約 1.03 L) とした. 本実験における DHS リアクターの水理的滞留時間は 0.12 min, 水耕栽培槽の水循環流量は 160 L・h<sup>-1</sup> 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) を用いて水耕栽培槽に 12 h 周期で照射した.

ナイルティラピアは 29 匹飼育し, 初期魚体密度は, 3.47 kg・m<sup>-3</sup> とした. 給餌は飽食給餌方式で毎日午前と午後の 2 回に分けて市販の試料 (NICO PET ORIGINAL, 株式会社キョーリン) を与えた. 魚の成長は 10 匹をランダムに捕獲した. 体重は電子天秤を用いて測定し, 体長は鼻先から尾鰭の先端を測定板を用いて測定して評価した. 測定した平均体重から, 日間増重速度 (WG) を式 1 より算出した<sup>3)</sup>.

$$WG = (BW_f - BW_i) / (D_f - D_i) \quad (\text{式 1})$$

ここで, BW<sub>i</sub>: 開始時の平均体重 (g), BW<sub>f</sub>: 終了時の平均体重 (g), D<sub>i</sub>: 開始時の飼育日数, D<sub>f</sub>: 終了時の飼育日数とした.

ケールは, 種子をトレーに播種し, 3 日間浸種させたのち, 発芽した種子を水耕栽培槽に移植した. 栽植密度は, 63 株・m<sup>-2</sup> であった.

サンプルは養殖水, 水耕栽培槽流入水, 水耕栽培槽流出水を採取した. 測定項目は pH, DO (Dissolve Oxygen), 水温, TAN (Total Ammonia Nitrogen), NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, TP, SS とした.

システムの構成は DHS なし, DHS あり, 水耕槽と DHS を加えたアクアポニックスシステムの 3 段階とした (表 1).

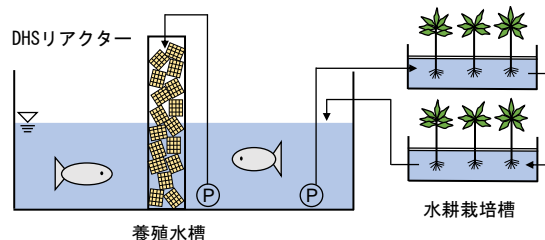


図 1 アクアポニックスシステムの概略図

表1 運転条件

経過日数	運転条件	
	DHS設置有無	水耕槽設置有無
Phase 1	0 ~ 7	×
Phase 2	7 ~ 37	○
Phase 3	37 ~	○

### 3. 実験結果および考察

図2に TAN, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, TP の測定結果を示す。TANはPhase1で線形的に増加し、水槽内に1.0482 mg-N・day<sup>-1</sup>の速度で蓄積した。これは、Phase1において、リアクターを設置していないため、魚から排出されたTANがそのまま蓄積したためである。一方、Phase2では、硝化反応の進行に伴いTAN濃度は減少し、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N濃度は増加した。Phase3では、TAN, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N濃度は安定し、養殖水槽内の濃度はそれぞれ2.97±0.50 mg-N・L<sup>-1</sup>, 0.64±0.41 mg-N・L<sup>-1</sup>であった。一方、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, TPは蓄積し、Phase2ではそれぞれ12.3±11.3 mg-N・L<sup>-1</sup>, 19.6±7.4 mg-N・L<sup>-1</sup>であり、Phase3ではそれぞれ46.6±10.9 mg-N・L<sup>-1</sup>, 53.3±8.0 mg-N・L<sup>-1</sup>であった。Phase3における水耕栽培槽によるNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, TPの除去率はそれぞれ1.05±4.68%, 2.92±12.8%であった。これは、ケールが発芽してすぐに移植したため、吸収する栄養塩が少量であったためだと考えられる。また、養殖水槽と水耕栽培槽の割合は1:0.5であり、ティラピア養殖水に対してケール栽培水量が少ないことが要因であると考えられる。

図3にティラピアの体重, 体長の測定結果を示す。魚の日間増重速度はPhase1と2, Phase3でそれぞれ1.33 g・day<sup>-1</sup>, 1.81 g・day<sup>-1</sup>であり、アクアポニックスシステムは魚の成長に影響を及ぼさないことが示唆された。加えて、野菜の同時生産が可能であるため、従来の陸上養殖システムと比較し、食糧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において、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, TPの除去率はそれぞれ1.05±4.68%, 2.92±12.8%であった。これは、水耕栽培水量が養殖水量と比較し、十分でなかったためであると考えられる。一方、野菜の栽培は魚の成長に影響を与えないことが示唆された。

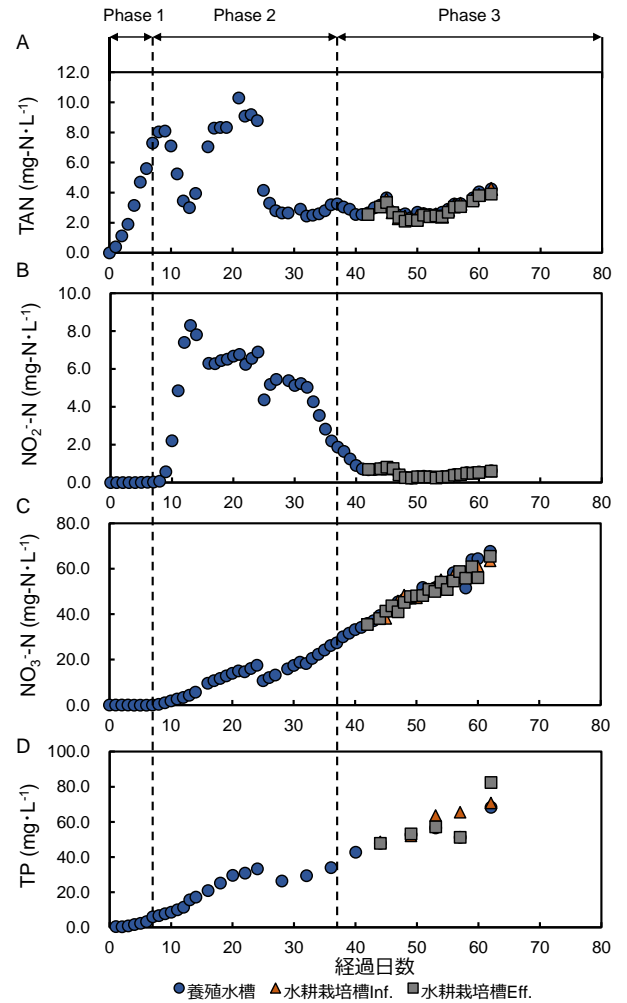


図2 (A) TAN, (B) NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, (C) NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, (D) TP の測定結果

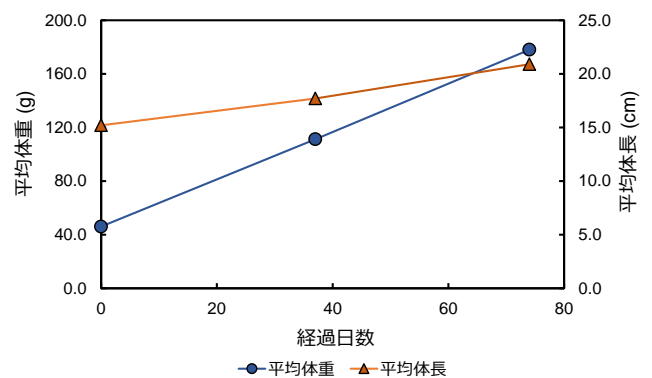


図3 ティラピアの平均体重および体長の推移

### 参考文献

1. T. Watari et al., Aquaculture, 532, 735997 (2021)
2. S. Uemura et al., Int J Environ Res. ;10 (2):265-272 (2016)
3. W. Kotcharoen et al., International Biodeterioration & Biodegradation, 164, 105299 (2021)