

## 傾斜土槽法を用いた閉鎖循環式陸上養殖システムの排水処理性能評価

香川高等専門学校 賛助会員 ○佃凌介 戸井風希 根ヶ山裕矢 松木順聖  
香川高等専門学校 正会員 多川正

### 1. はじめに

将来、世界的な人口増加に伴い、家畜の餌となる穀物などの供給が追いつかず、世界中でタンパク質不足が起こると予測される。アフリカの発展途上国であるケニアにおいては、国民のタンパク質摂取量が慢性的に不足しており、動物性タンパク質の国内調達の方策として淡水魚の陸上養殖が注目されている。しかしながらケニアにて陸上養殖技術を導入しようとした場合、先進国の陸上養殖システムにおいても海面養殖と比較してコストが高いことが懸念されており<sup>1)</sup>、そのまま先進国の技術移転を行ったとしても、設備の導入や維持管理に膨大な費用が掛かってしまう。これらの問題点を踏まえて、ケニアには途上国の環境や社会的条件に適合した適正な低コストで高効率、かつ簡単な作業で運用することができる陸上養殖システムの開発とそれと並行して行うことができる食糧生産システムの開発が必要である。本研究では、これまで途上国の下水処理などにおいて研究実績のある傾斜土槽法を用いて、ナイルティラピアを閉鎖循環飼育している飼育水の連続浄化処理の水質分析を行い、飼育水浄化装置の能力の検証を行った。

### 2. 実験方法

前報告の途上国のケニアに適した適正技術のアクアポニックスの満たすべき条件から、図-1 に考案したアクアポニックスシステムの構成を示した。飼育水槽は 100 L の開放形の長方形水槽を用い、体長 4~6 cm のナイルティラピアを 10~20 匹程度投入し、人工配合餌 7 g を 1 日朝夕 2 回、自動給餌装置にて給餌した。飼育水槽の水はチューブポンプにて 396 L/日の流量にて水槽底部から組み上げ、容量約 6 L のプラスチック容器に約 3~5 cm 角に切断したスポンジ担体を充填した処理槽を、傾斜をもたせて 2 段縦に直列で設置し、上部から散水することで重力流れにて処理槽を通過することで浄化され、飼育水槽に処理水が循環される。また、処理槽最上部は、ポンプより組み上げた魚の排泄物や残餌を補足沈殿回収可能な越流型の構造を設け、定期メンテナンス時に回収した。傾斜土槽法の特徴としては、処理に際してエアレーションが不要なため、消費電力が極小で、汚泥の濃度管理が不要であるため、非常に安価で誰でも自作が可能な点である。さらに処理槽内に充填する担体をスポンジや軽石、かぬま土など自由に変更可能で、浮遊物質や有機物を除去したい場合はスポンジを用い、リンを回収したい場合は軽石を用いるなど、排水の浄化においてその適応性が極めて高い。また、これらの担体も途上国内において容易に安価に調達可能であるため、傾斜土槽法を用いたアクアポニックスシステムは真に途上国向けの適正技術であると考えられる。

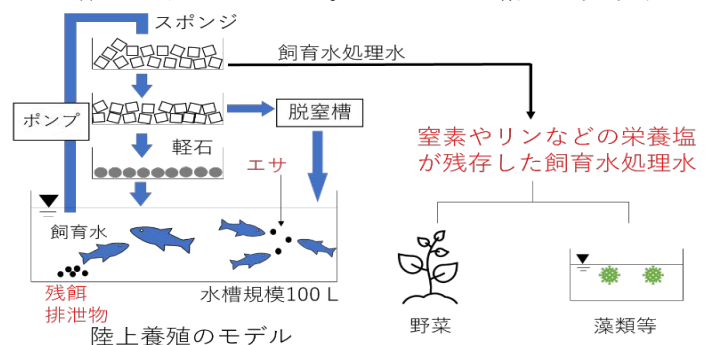


図-1 アクアポニックスシステムの構成

また、飼育水は窒素やリンなどの栄養分を含んでいるため、飼育水の一部を利用して野菜や藻類などの魚の餌の一部を栽培・増殖させることが可能である。飼育に伴い、残餌や魚の排泄物由来のアンモニアは魚毒性が高いため、傾斜土槽法にて有機物除去に加え、アンモニアを酸化して硝酸を生成させる硝化反応の機能を持たせることが重要である。さらに、硝酸の高濃度の蓄積は、pHの低下や魚の餌の摂取行動に影響を及ぼし、高効率な魚の成長に負の影響を及ぼすため、その際には脱窒槽に処理水を通水させることで、蓄積した硝酸を窒素ガスに還元してpHの上昇や魚への悪影響を緩和させる。浄化能力の検証は、飼育水を定期的に採水し、pH、溶存酸素(DO)、浮遊物質(SS)、色度、COD<sub>Cr</sub>、T-N、アンモニア性窒素、硝酸性窒素について分析を行った。

### 3. 実験結果および考察

浄化能力の検証は、11/9 から 12/9 の 1 ヶ月間、9 回のサンプリングを集中的に行い、水質分析を行った。この間、飼育水中のナイルティラピアは 10 匹 (12~25 cm 程度)、飼育水量 100 L、水温は室温(20~14℃程度)、給餌は 7 g を 2 回と一定に整えた。表-1 に飼育水の水質分析結果を示した。

表-1 pH, DO, SS, 色度, CODcr, 硝酸性窒素の測定結果

	pH	DO (mg/L)	SS (mg/L)	色度 (PtCo)	CODcr (mg/L)	硝酸性窒素 (mg/L)
11月9日	5.06	7.86	1	65	73	97
11月10日	4.26	9.49	2	71	63	142
11月11日	4.13	9.1	1	68	75	86
11月17日	3.89	9.46	1	54	40	120
11月18日	3.84	10.87	1	47	125	116
11月24日	3.74	9.38	1	44	132	244
11月25日	3.77	9.49	1	45	48	134
12月8日	3.89	10.36	0	51	65	247
12月9日	3.74	10.13	1	46	50	252

飼育水の pH は、検証開始時は 5 程度であったが、徐々に低下し、1 ヶ月後には 3.74 まで低下した。DO は養殖に問題ないレベルを常に維持できていた。CODcr については 40~132 mg/L とばらつきが大きいですが、11/24 に 132 mg/L まで上昇してもその後すみやかに浄化が進行し、最終的には 50 mg/L 程度で落ち着いた。この数値は、前述のケニアの河川の水質分析値とほぼ同等であるが、100 L の飼育水に対して 6 L×2 槽規模の処理装置にて浄化が確認できたので、更に浄化を向上させるには処理装置の更なる容量アップや更なる段数の増加などで対応できると考えられる。SS は傾斜土槽にて非常に良好に除去され、また残餌や排泄物も装置流入部にて効果的に沈殿回収できていることが確認でき、考案した構造は十分に機能を発揮したと言える。装置の硝化能力の検証のため、硝酸性窒素の分析結果に着目すると、飼育水槽中の硝酸性窒素濃度は 97 mg/L から最高で 252 mg/L まで上昇していた。これは、傾斜土槽内の担体表面や内部に硝化細菌が十分に保持され、アンモニアの硝化反応が傾斜土槽にて進行していることを裏付けている。一方では硝化反応の進行により飼育水の pH が 3.74 まで低下し、魚の餌の摂取行動がおとなしくなり、水槽内底部にて常に待機しているような行動を示した。蓄積した硝酸性窒素の除去のため、11/24 に次発表者が開発した脱窒槽を追加設置した結果、硝酸性窒素は 244 mg/L から 134 mg/L まで一時的に低下したが、その後すぐに 250 mg/L 程度まで上昇し、継続的な脱窒機能が観察されなかった。この原因として、脱窒槽内の DO 濃度が高い、脱窒に必要な有機物が完全に不足していることなどが推察されたため、脱窒槽単独での評価試験を行い、脱窒能力の検証を行うことで原因を追求する。

### 4. まとめと今後の予定

傾斜土槽による浄化装置は、飼育水量 100 L、ナイルティラピア 10 匹を飼育する条件において、容積 6 L×2 槽の小規模でありながら SS, CODcr および硝化反応は十分な能力が発揮され、アンモニアの蓄積などによる魚の全滅などは発生しなかった。今後は蓄積した硝酸性窒素を効率よく除去する脱窒槽が重要であるため、構造や設置方法の更なる検証に努める。

### 参考文献

1) 迫る危機、広がる陸上養殖, 毎日新聞, 2023.1.7.