

途上国に適応可能な閉鎖循環式アクアポニックスシステムの開発

香川高等専門学校 正会員 ○多川正 賛助会員 戸井風希 佃凌介 根ヶ山裕矢 松木順聖
惣田睦生 田井彩花 学生会員 西岡一樹

1. はじめに

SDGsの第2の目標である、“飢餓をゼロに”は、人口爆発による食料不足、特にタンパク質源の確保が世界的に困難になっており、さらに地球温暖化に伴う海洋の海水温度上昇や酸性化による魚介類の生産性の低下、南北格差による食料の途上国から先進国、新興国の流れによる貧富の差が拡大するなど、地球規模で問題をより複雑化している。このような中、これまでに世界の水産物需要が増大し、1人当たりの食用水産物年間消費量は2012年では20kgを超え、この半世紀の間に5倍にも達しているが、これはこれまでの主たる人口増加地域であるアジア地域の影響が大きく、今後はアフリカ地域において人口増加による魚介類を含む動物性タンパク質摂取量の増加が見込まれ、水産資源の確保に養殖は必須で、さらに海洋のみの養殖では場所が不足すると考えられる¹⁾。

東アフリカ地域の中核で経済成長を遂げているケニアにおいて、タンパク質の摂取不足による人体の成長への影響が課題となっている。成長に必要な必須アミノ酸が含まれる動物性タンパク質より、一部必須アミノ酸が欠乏する植物性タンパク質の方が安価であるため、経済的な理由より植物性タンパク質しか摂取していない人口の割合が多い。ケニアの現在の人口は、2022年12月時点で約5,500万人であり、6割以上が農業に従事するが、5歳以下発育障害児の割合は約26%と高い傾向にある²⁾。世界中でタンパク質不足が予測される中、ケニア政府は自国民のタンパク質不足改善に向けて、内水面養殖を推進しているが、安価な国産配合飼料の不在や慢性的な水資源不足等が課題となっている。

本研究では、電力供給や水資源、農家の購買力などのケニアにおける様々な制約条件に対応した高効率かつ適正技術のアクアポニックスシステムを開発することを目的とし、システムに要求される必要条件の検証と整理を行った。

2. 開発するアクアポニックスシステムの特徴

アクアポニックス(Aquaponics)とは魚の養殖(Aquaculture)と水耕栽培(Hydroponics)を併せた造語である。このシステムの特徴は人工的に閉鎖循環の空間を作り出すことにより、ケニアを含めたアフリカの地域などの植物の生育に難しい不毛地において閉鎖循環式の陸上養殖を行うことで、周辺環境に負荷をかけずに、乾燥地域における食料を生産することを目的としている。図-1に代表的な閉鎖循環式陸上養殖システムの構成を示した。閉鎖循環式陸上養殖とは、飼育槽の水を常に浄化して再度飼育槽に戻すことによって、外部環境に汚染した水を直接排出しない養殖方式である³⁾。アクアポニックスの基本的な考え方としては、飼育水を浄化装置にて浄化後、野菜の水耕栽培や養殖魚の餌を培養し、さらに養殖時に排出される魚の排泄物や一部の残餌を利用し、これを水耕栽培の肥料として活用し、養殖と水耕栽培を併せて行うシステムのことである。一般的に陸上養殖のメリットは、飼育環境の人為的管理が可能で、環境負荷が低減され、場所の制約が少なく、作業量が低減される点が挙げられる。先進国で導入されている閉鎖循環式陸上養殖システムでは、水質浄化や細菌・ウイルスなどの疾病予防のため、物理化学処理や紫外線殺菌を使用し、魚の体調管理をしなければならないのが現状である。

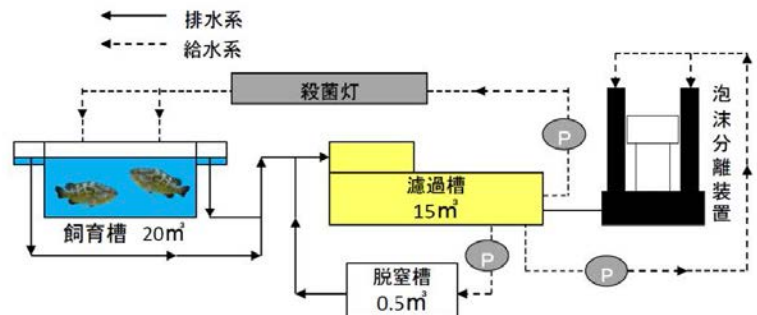


図-1 閉鎖循環式陸上養殖のシステム構成例³⁾

対象国ケニアの環境や社会的、経済的現状を鑑みて、以下の条件を満足するアクアポニックスシステムを開発することが必要であると考えられた。

- ・電源：エアレーションポンプおよび浄化装置のみに用いるが、極力電力は使わないことが望ましい。実験期間後半には、後述する傾斜土槽法は流下する過程において DO が大気中から十分に取り込まれるため、飼育水槽に流下循環する処理水のみにて飼育水中の DO が飼育に問題ないレベルまで保つことが可能か検証する。
- ・飼育水：河川などの淡水資源を利用して飼育水の水処理を行い、循環再利用する閉鎖循環式を前提とする。ケニアの首都ナイロビを流れるナイロビ川の水質は、pH: 6.9-7.8, 水温 18.3-25°C, BOD 10.9-25.3 mg/L とかなり汚染が進行しており⁴⁾、開始前に浄化装置にてあらかじめ循環処理を行う必要がある。蒸発等による減少分のみ河川水を少量ずつ補充することを想定する。
- ・光源：コスト削減のために自然光のみとする。
- ・敷地：管理が容易な水槽規模 1,000 L とする。なお、実証実験では 1/10 の 100 L の水槽を用いた。
- ・養殖魚：雑食性で全長 80 cm, 3 kg 以上にも成長し、アフリカ地域においてよく食される淡水魚のナイルティラピア (*Oreochromis niloticus*) を対象とし、餌は現地で調達可能な配合餌 Fugo Tilapia Pre-Grower 2 mm floating pellet を用いる。排水を用いて繁殖させた餌の開発が成功した場合はそちらを主に用いる計画だが、収率が低い場合は主たる配合餌の補助として用いる。飼育密度は 1,000 L の水槽あたりにナイルティラピア 100 匹を飼育する。なお、実証実験には市販の配合餌を用いた。
- ・野菜：水耕栽培を基本とし、比較的乾燥に強く、ケニア国内で多く食されるトマトなどを対象とする。
- ・餌の飼育：ナイルティラピアが多く摂食する葉緑素が多い藻類や、動物性の餌を栽培飼育する。
- ・コスト：初期投資、電気代、水道代の高さが普及を妨げる問題となるため、先進国の 1/10 程度を目指し、農家にとって許容可能な初期投資額は 20 万円程度までとする。
- ・疾病予防：殺菌方法として電気や化学薬品を使用せず、殺菌効果のある銅イオンを適応する。
- ・水質浄化システム：途上国の下水処理や日本国内のキッチン排水処理として高い浄化能力が発揮される、傾斜土槽法⁵⁾を用いたシステムを考案する。傾斜土槽法は BOD、浮遊物質の除去、安定化に優れ、さらに魚の排泄物や残餌に含まれる魚にとって有毒なアンモニアを硝化細菌により硝酸まで硝化させる能力も有している⁶⁾。しかしながら飼育水中の高濃度の硝酸性窒素の蓄積は、pH の低下や魚の活性の低下などを招き、成長に長期間を有して効率が低下し、かつ疾病に対する抵抗も低下するため、別途脱窒槽を開発付加し、飼育水中の硝酸性窒素を低減させることが必要である。

3. おわりに

筆者らの研究グループにより、100 L 規模の飼育水槽を用いて、実際に 1 年間、ナイルティラピアを対象に、2 項に述べた条件を念頭に途上国に適応可能な閉鎖循環式アクアポニックスシステムのプロトタイプを試作し、実証実験を行った。研究グループより、傾斜土槽法を用いた飼育水の排水処理性能評価、脱窒装置の開発および排水を用いた藻類等の魚の餌の飼育の 3 つの成果について、続けて報告を行う。

参考文献

- 1) 山本義久, 森田哲男監修: 循環式陸上養殖-飼育ステージ別<国内外>の事例に見る最新技術と産業化, p.30, 緑書房, 2017.
- 2) 国際市民グループ「日本リザルツ」: ケニアの子供たちの食生活, 2019.10.13.
- 3) 水産庁: 陸上養殖勉強会のとりまとめについて, 平成 25 年 10 月.
- 4) Mbui Damaris et. al., : The state of water quality in Nairobi Riber, Kenya, Asian Journal of Research in Chemistry, vol.9, 11, 579-586, 2016.
- 5) 生地正人: 傾斜土槽法による BOD、窒素、リン含有汚水の浄化に関する研究, 博士論文, 2012.
- 6) 生地正人, 井上雄二, 末次綾, 奥村朋子, 出濱和弥, 多川正, 中矢雄二: スポンジ担体を用いた傾斜土槽法による有機性汚濁物質と栄養塩類の同時浄化, 水環境学会誌, vol.37, 4, 145-153, 2014.