

## 日本気候下における循環型食糧生産の長期実験に伴う水質の変動

前橋工科大学大学院

学生会員 三崎貴弘 中央大学 正会員 平野廣和

## 1. はじめに

閉鎖循環型食糧生産システムの一例として、アクアポニックスが挙げられる。このシステムの特徴は、人工的に閉鎖循環の空間を創設することにより、植物の生育の難しい不毛地において周辺環境に負荷をかけないことを目的とし、乾燥地帯における食糧生産を前提としている。このシステムでは、養殖魚が排出する糞などを基とする窒素分や燐成分と植物が吸収する成分の均衡が保てることにより、一つの循環型社会を形成することが可能である<sup>1), 2)</sup>。本報では、アクアポニックスの長期の水使用に伴う硝酸と燐酸の推移に着目し、アクアポニックスの小型実験装置を東京都八王子市の中央大学多摩キャンパス内の屋外に設置し、2005年4月より2006年7月にかけて長期の実験を行った成果を報告する。

## 2. アクアポニックス実験

本実験に用いたアクアポニックスの小型実験装置の概念図を図-1に、実際の装置を写真-1に示す。実験に使用した装置は、魚を飼育する幅600mm・奥行き295mmの水槽を主とし、これにゴムホースで連動した水耕栽培所を持つ装置(以下、好気性-1とする)、好気性細菌(硝化バクテリア)を用い水耕栽培面積が好気性1と比べて2倍の装置(以下、好気性-2とする)と好気性と嫌気性細菌を用い好気性-2と同じ水耕栽培面積の装置(以下、嫌気性とする)の3つである。これは、園芸用プランタと衣装ケースという汎用製品を流用したものであり、外側の衣装ケース内に水槽から水を小型ポンプでくみ上げて供給し、プランタの中に敷き詰めているセラミックス製の人工骨材を通して水がプランタの中に毛細管現象で吸い上げられる様な構造になっている。

養殖魚はクロメダカを100匹ずつそれぞれの実験装置の水槽に入れた。メダカが死んだ場合は、死んだメダカを取り除いて、代わりに近いサイズの予備のメダカを水槽に入れ、絶えず各水槽のメダカの数100匹となるようにした。2005年4月から10月にかけて実施した比較実験に使用した栽培植物は、アシタバ、ミニトマト、ミニキュウリ、ナス、トウガラシとマリーゴールドであり、ミニトマトを植物生育の指標とした。2006年4月から7月にかけて実施した変動実験の植物は、ミニトマトを単一植物として選定した。

屋外の気温が30を超えると、実験装置の周りに水を

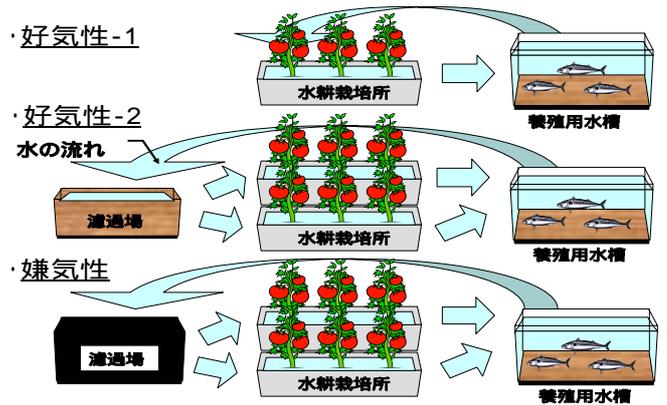


図-1 小型実験装置の概念図



写真-1 好気性-2装置の写真(2005年6月)

撒くことにより、気化熱で実験装置周辺の気温を下げることにした。そして、夜間の水温を一定に保つために、水槽に電気ヒーターを入れた。また水耕栽培所をビニールシートで覆って温室にして、熱を逃がさないように試みた。これで、雨水進入を防いでいる。水質計測には、(株)共立理化学研究所製のA-8800Mという水質分析計を使用した。

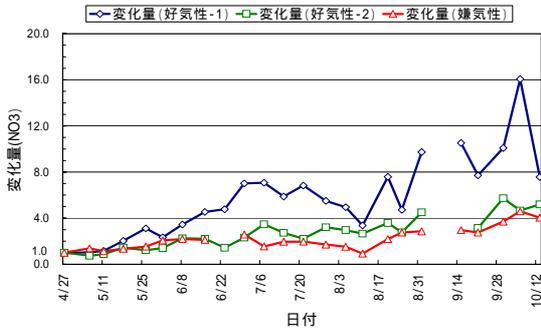
## 3. 計測結果と考察

実験の計測期間は、比較実験を実施した4月27日から10月13日の25週間分と変動実験を実施した4月28日から7月17日の12週間分であり、このデータから考察を行う。この期間のデータは、比較実験の硝酸濃度の変化量を図-2に、比較実験の燐酸濃度の変化量を図-3に、変動実験の硝酸濃度の変化量を図-4に、変動実験の燐酸濃度の変化量を図-5に示す。

図-2と図-3のデータは、比較実験の硝酸濃度と燐酸濃度を変化量のデータである。栄養塩類を評価する方法として、週に1度実験装置ごとに硝酸と燐酸の濃度を計測し、水耕栽培所に植物を植えた4月27日のデータを基準値として、各濃度の変化量に換算した。

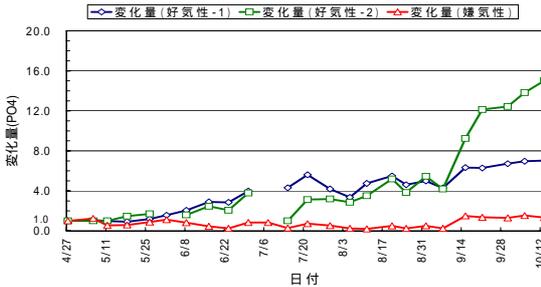
Key Word: 循環型社会, 水の循環使用, 硝酸, 燐酸, アクアポニックス

〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町460番地1 前橋工科大学大学院 河川・水文環境研究室 TEL & FAX: 027-265-7355 (研究当時: 中央大学大学院)



注：図中のグラフ欠損はデータの欠落を示している。

図-2 比較実験の硝酸の推移



注：図中のグラフ欠損はデータの欠落を示している。

図-3 比較実験の磷酸の推移

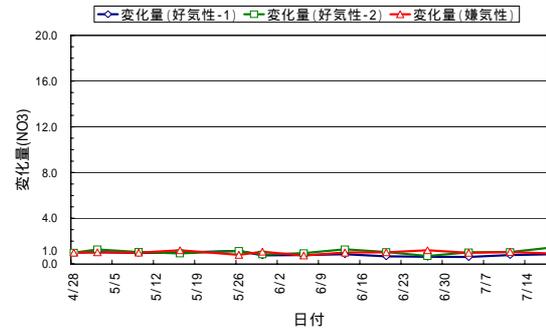


図-4 変動実験の硝酸の推移

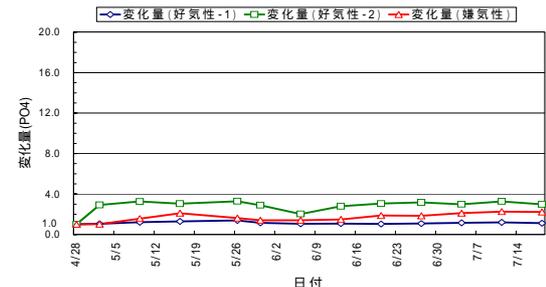


図-5 変動実験の磷酸の推移

図-4 と図-5 のデータは、変動実験の硝酸濃度と磷酸濃度の変化量のデータである。評価方法として、比較実験と同様に、4月28日のデータを基準値とした。

図-2 と図-4 を比べると、比較実験の硝酸濃度の変化量のデータが上昇し、この計測期間においては植物による硝酸の吸収とメダカより排出される硝酸の吸収の均衡が得られていない。1年間水を使用し続けた後に行われた変動実験時においては硝酸濃度のデータは、基準値とした4月28日の水質データと同じ値を計測期間中は指し示し続ける結果となった。

図-3 と図-5 を比べると、比較実験の磷酸濃度の変化量のデータが上昇し、嫌気性以外は磷酸の均衡は得られていない。変動実験の磷酸濃度のデータは、好気性-1 は変化量の基準と同じ値と、好気性-2 は3倍の値と、嫌気性は2倍の値と均衡が得られた。本研究において、水槽にいるメダカ100匹に毎日3回約5gずつ与えられる餌に含まれる窒素分と磷成分の排出とミニトマトによる窒素分と磷成分の吸収の均衡が保たれている。このため、変動実験の結果は、硝酸と磷酸の上昇・下降が大きかった比較実験の結果と比べて安定しており、水質は約12ヶ月を経て安定するものと推察される。これは、本研究に使用したアクアポニクス実験装置において比較実験時には、硝化細菌がメダカの排泄物の量や排泄回数に対応し繁殖するのに時間を要したのではないかと考えられる。

硝化細菌を安定して繁殖させることが可能となる

ならば、アンモニウムや亜硝酸の蓄積や pH 値の急激な増減など、養殖魚の成長と水耕栽培植物の生育への影響を少なくし、安定した食糧生産へと繋がる可能性が高い。

#### 4. おわりに

本報では、2005年4月より約15ヶ月間の長期にわたり実験を継続して、比較実験と変動実験の硝酸と磷酸の変化量を比較した。この結果より、水質は約12ヶ月を経て安定し、従来水質維持に必要であると言われていた化学薬品を使用せず、また水を交換することなく、アクアポニクスの水質を維持することが可能であった。変動実験においてメダカ100匹から排出される硝酸濃度と磷酸濃度と植物が吸収するこれらの栄養塩類の均衡する値を得ることができた。

今後、アクアポニクスにおいて硝化細菌を安定して繁殖させるまでの間に、薬品を使用せず栄養塩類の値を安定化させ養殖魚の育成と水耕栽培植物の生育を維持していく手法を検討していくことが必要である。

#### <参考文献>

- 1) 三崎貴弘, 平野廣和: 日本気候下における一つの循環型食糧生産方法としてのアクアポニクスシステム, 土木学会関東支部第33回技術研究発表会, -34, 2006.3.
- 2) 三崎貴弘, 平野廣和: 日本気候下におけるアクアポニクスを用いた循環型社会構築のための長期実験, 土木学会関東支部第34回技術研究発表会, -6, 2007.3.