

食料生産を前提とした小型実験設備を用いた循環型社会への一つの試み

中央大学大学院 ○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つの例として、アクアポニックスシステムが挙げられる。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¹⁾とし、乾燥地帯における食糧生産²⁾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やりん酸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。一方、我国においても地球温暖化等の影響や都市のヒートアイランド化などにより年々平均気温の上昇や乾燥化が進行している。そこで、我国の都市部における気候下において、アクアポニックスの持つ特性の一つである閉鎖循環型システムに着目し、これが適用可能であるかを小型実験設備を用いて検討を行った。本報では本システムの小型実験装置³⁾を八王子市の中央大学・多摩キャンパス内の屋外に設置して、2004年4月より12月にかけて長期計測を行ったので、これに関して報告する。

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システム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。実験装置は魚を飼育する幅60cm・奥行き29.5cm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設けている。これは、園芸用も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。

養殖魚は黒メダカを当初約60匹用意した。栽培した植物は、バジル、ロケットサラダ、インゲン豆、ペチュニア、マリーゴールド、パセリ、明日葉、京茄子の花物・葉物・実物などを選んだ。ところで、夏期は実験設備の周りに水を撒くことにより、気化熱で実験設備周辺の気温を下げることを試みた。冬期は、アクアポニックスシステムに電気ヒーターを入れて、水温を23℃の一定に保ち、水耕栽培所をビニールで覆って温室にして、熱を逃がさないように試みた。

3. 計測結果と考察

実験の計測期間は、2004年4月1日から12月20日の38週間分であり、このデータから考察を行う。この期間のデ

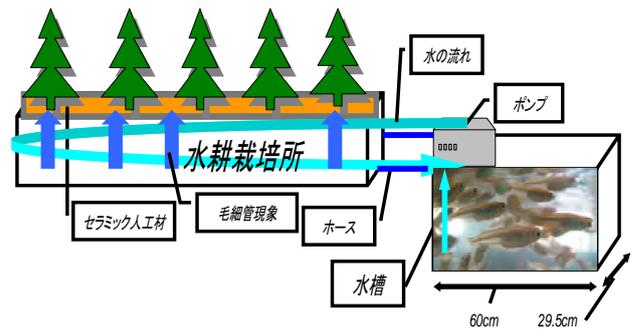


図-1 アクアポニックスシステム概念図

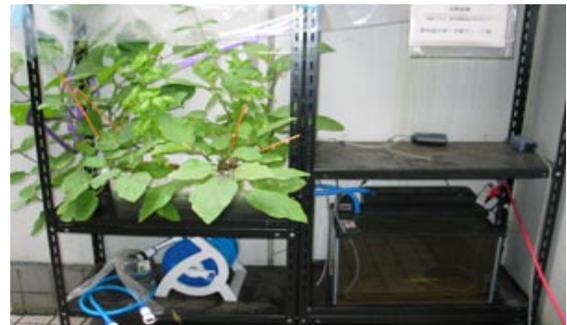


写真-1 アクアポニックスシステム (2004年8月)

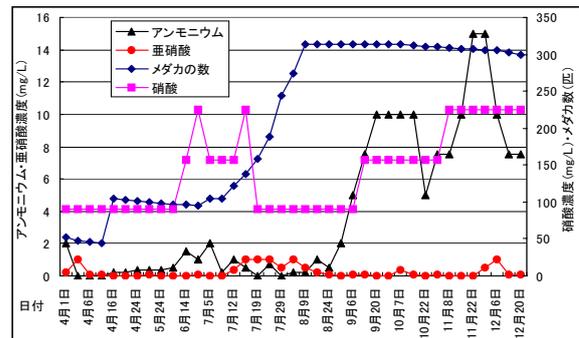


図-2 メダカの数と窒素成分の推移

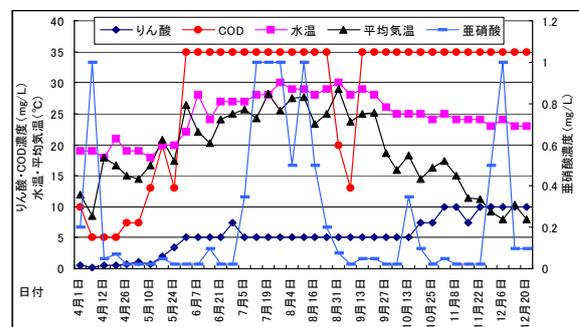


図-3 COD・りん酸・亜硝酸と水温・平均気温

ータは、メダカの数増加に伴うアンモニウム・亜硝酸・硝酸の窒素分を図-2に、化学的酸素消費量 (COD) の推移

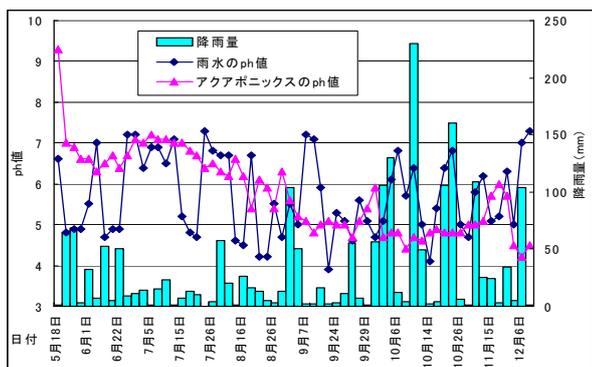


図-4 降雨量と pH 値の推移

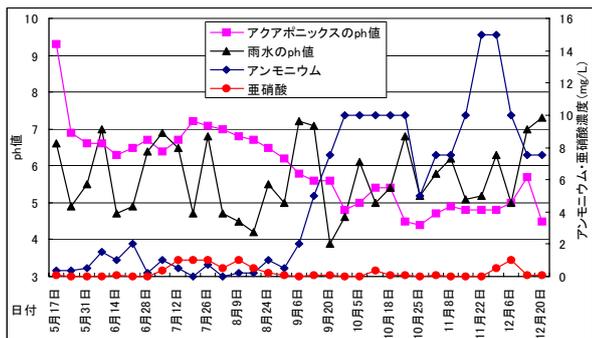


図-5 pH 値の要因と推移

と特に関係しているりん酸・亜硝酸と水温と平均気温を図-3に、降雨量とそれに伴う pH 値の推移を図-4にそれぞれ示す。

図-2より、黒メダカの個体数は、当初約60匹であったが、5月から6月にかけて産卵により増加し、8月9日に成魚と同じ大きさに成長したので、この黒メダカをアクアポニックスシステムの水槽に移した。この時点で314匹である。アンモニウム濃度は5月31日に上昇を始め、この後11月22・29日に最高15mg/Lという値を示した。亜硝酸濃度は7月5日に上昇を始めているが、全期間において0.02～1mg/Lの間を推移している。硝酸濃度は9月13日までは90mg/L、メダカの数の増加以降に157.5～225mg/Lという値を指し示している。これは、黒メダカの排泄物や餌の食べ残しがまずアンモニウムとして排泄され、硝化細菌により亜硝酸、その後硝酸に分解されていることを指し示していると考えられる。なお、12月に入り水耕栽培所を温室状にはしていたが、植物の生育が停止し枯れてしまう事態になったため、硝酸濃度は6月から10にかけての値と比べて高い水準になっている。

図-3より、りん酸濃度は5月31日より5mg/Lという値を指していたが、メダカの増加後から2ヶ月遅れて7.5～10mg/Lという値を示した。COD濃度は5月31日よりメダカの増加後も35mg/Lという値を指し示している。今回のアクアポニックス実験におけるりん酸とCOD濃度は6月より10月にかけてほぼ同じ値を指し示した。これらの値は6月

から10月にかけての植物の生育との均衡点と考えられる。メダカの数が300匹を超えた後はCODのみがほぼ同じ値を指し示している。りん酸濃度は、上記硝酸濃度と同じ原因によって上昇したと考えられる。また、水温は4月から5月まで約18℃、6月から8月まで約24℃、9月から11月まで約23℃推移したことがわかる。ここでの平均気温は、東京都八王子市の1日の平均気温⁴⁾を示している。

図-4より、pH値は前半には約7.0を示しているが、9月6日以降から低下を始め12月15日には4.2という値を指し示している。8月中旬から9月上旬にかけて、雨水のpH値は4.0から5.5位の間の雨が150mm以上降り続いたことから、アクアポニックスのpH値はそれに比例するように少しずつ低下することとなった。これに関連して、アクアポニックスシステム上部に雨水確保用の容器を設置し、雨水のpH値を計測した結果とアクアポニックスのpH値とアンモニウム・亜硝酸との関係を図-5に示す。pH値の上昇原因としては、水中におけるアンモニア(NH₃)からアンモニウム(NH₄⁺)の変化が挙げられる。pH値の下降原因としては、アンモニア酸化細菌(*Nitrosomonas*)によるアンモニウム(NH₄⁺)から亜硝酸(NO₂⁻)への分解に伴う酸化とアクアポニックスを屋外設置に伴う酸性雨の侵入を挙げられる。なお、このようなpHの変化から、結果的に酸性土壌に強い植物が最後まで生育をすることとなった。

4. おわりに

このように、雨水の侵入を許してしまったが、システム自体のpH値は、上記のさまざまな要因によって低下し続けることが課題として残ることになった。水耕栽培において、pH値の増減は植物の生育に影響を及ぼし、水中の硝酸を吸収する量が減り、養殖魚の成育にも害を及ぼすことになる。このため、アクアポニックスの本来の養殖と水耕栽培を同時並行的に行い食糧生産するという目的から逸れてしまうために避けなければならないことである。そして、225mg/Lという硝酸は植物中の高濃度硝酸態窒素の蓄積となり、製品作物としての価値を損なうので、嫌気性細菌による脱窒反応を活用し硝酸濃度の減少とpH値の上昇を行うという、pH値を中和させる緩衝剤以外の方法も検討する必要がある。

<参考文献>

- 1) Jame E. Rakocy: Recirculating Aquaculture Systems, 2nd Edition, pp631-pp672, 2002
- 2) 三崎貴弘他：循環型社会の一つの試みとしてのアクアポニックス，土木学会関東支部第31回技術研究発表会，VII-16，2004
- 3) 三崎貴弘他：小型実験設備を用いた循環型社会への一つの試み，土木学会関東支部第32回技術研究発表会，VII-49，2005
- 4) 気象庁・電子閲覧室・昨日までのデータ（統計値）
<http://www.data.kishou.go.jp/etrn/>