

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 ○学生員
中央大学 正会員

三崎 貴弘
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。アクアポニックス(Aquaponics)とは、魚の養殖(Aquaculture)のaquaと水耕栽培(Hydroponics)のponicsと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創設することにより、周辺環境に負荷をかけないことを目的として考案¹⁾されたものである。ところで、このシステムは、日本に代表される四季を持つ地域では実績がほとんどないこと、さらに我国の魚、植物での適用が無いことなど確認すべきことが残されている²⁾。

そこで、本報ではアクアポニックスシステムの小型実験装置を屋外に設置して、この中に一つの循環型社会を構築した。これを2004年4月より2004年10月にかけて7ヶ月間の長期に渡り計測を行ったので、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を写真-1に示す。実験装置は魚を飼育する幅60cmの奥行き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よう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。

アクアポニックス内での水の流れは、まず養殖魚用の水槽でメダカを飼育し、水槽の底に敷いてある砂でメダカの糞や食べ残した餌をバクテリアにより分解する。次に水耕栽培所へ供給することにより、植物の栄養に活用し、同時にそこで水の濾過を行い水槽に水を戻す構造となっている。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、



写真-1 アクアポニックスシステム

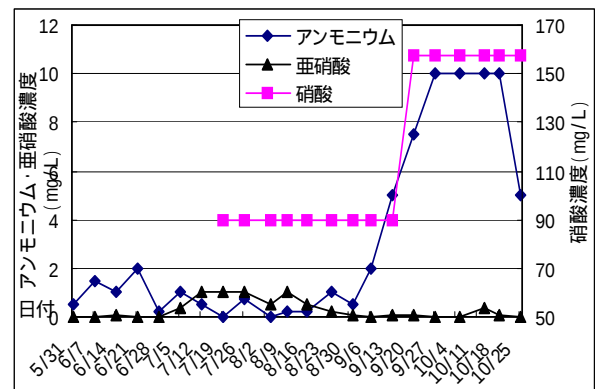


図-1 アクアポニックスの窒素分の推移

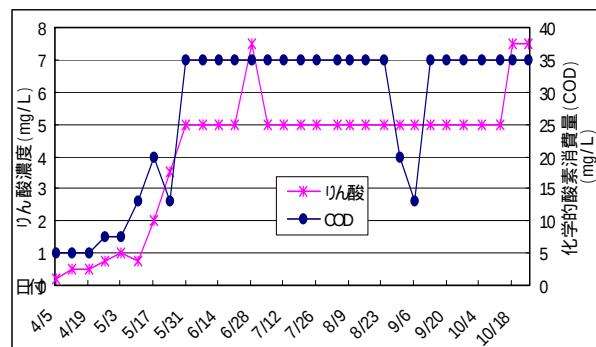


図-2 リン酸・CODの推移

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5日から同年10月25日の30週間分であり、このデータから考察を

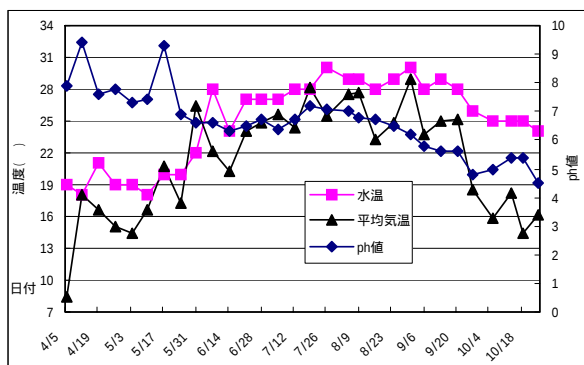


図-3 水温・平均気温・pH 値の推移

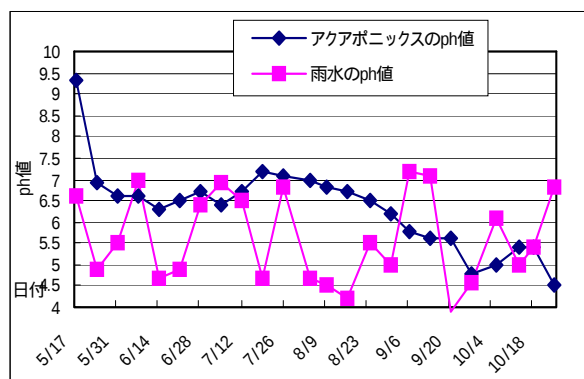


図-4 アクアポニックスと雨水の pH 値

行う。この期間のデータは、アンモニウム・亜硝酸・硝酸の窒素分を図-1 に、りん酸・化学的酸素消費量 (COD) を図-2 に、pH 値・水温・平均気温を図-3 にそれぞれ示す。なお、図-1 に関しては、窒素分が安定してから 2004 年 5 月 31 日以降のデータをここでは表示することとする。

図-1 より、亜硝酸濃度は 7 月 5 日に上昇を始め、全期間において 0.02 ~ 1mg/L の間を推移している。アンモニウム濃度は 5 月 31 日に上昇を始め、硝酸濃度は 9 月 13 日までは 90mg/L、それ以降に 157.5mg/L という値を指し示している。硝酸濃度は 9 月 6 日からのアンモニウムの増加に伴い、9 月 20 日に急激に上昇を始めている。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、バクテリアにより亜硝酸、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、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。このことから、アンモニウム濃度は 9 月 6 日以降に徐々に濃度が上昇し、最高 10mg/L という値を示した。

図-2 は、りん酸濃度は 5 月 31 日より 5 ~ 7.5mg/L という値を指し、COD 濃度は 5 月 31 日より 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 月よりほぼ

同じ値を指し示し、メダカの数 が 300 匹を超えた後も同じ値を指し示している。これらの値は植物の生育の均衡点と考えられる。

図-3 より、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³⁾を示している。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最終的には 4.5 という値を指し示している。これは、アクアポニックスシステムに雨水の侵入を許してしまったため、アクアポニックスの pH 値が急激に低下したと推定される。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 値の関係を図-4 に示す。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。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することとなった。

4. おわりに

今回の実験と長期に渡る計測において、日本の気候下においてもアクアポニックスシステムを活用することは可能であることが確かめられ、小さな空間で一つの循環型社会を構築することができた。これは、本小型実験設備を用いた実験において、りん酸・化学的酸素消費量 (COD) 等の物質の均衡する点を得られたことによる。一方、窒素分の均衡点は、養殖する魚と水耕栽培する植物の選択によって特に左右され易いと考えられる。また、屋外において雨水の侵入を許すようなシステムを構築したことは、システムの維持管理において課題を残すこととなった。そのため、ハウス状の覆い無しで屋外にアクアポニックスシステムを設置することは、酸性雨の本システムへの侵入を許すことにつながり、pH 値の急激な減少を招くことに繋がった。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すので、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。

参考文献

- 1) Jame E. Rakocy: Recirculating Aquaculture Systems, 2nd Edition, pp631-pp672, 2002
- 2) 三崎貴弘, 平野廣和: 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 回技術研究発表会公演概要集, -16, 2004
- 3) 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/etn/>