日本気候下におけるアクアポニックスを用いた循環型社会構築のための長期実験

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．2005年に行われた実験において，水耕栽培面積の差や通性嫌気性細菌を用いた実験装置より異なった硝酸と燐酸の結果[1),2)]を得た．本報では，水を取り替えることなく継続し長期の水使用に伴う水質の変動を明らかにするために，2005年に使用した小型実験装置をそのまま利用し，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て，2006年4月より7月にかけて計測を行ったので，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．実験に使用した実験装置は，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は100匹となるようにした．栽培植物は，ミニトマトを単一植物として選定した．屋外の気温が30℃を超える日は，実験装置の周りに水を撒くことにより，気化熱で実験装置周辺の気温を下げることとした．

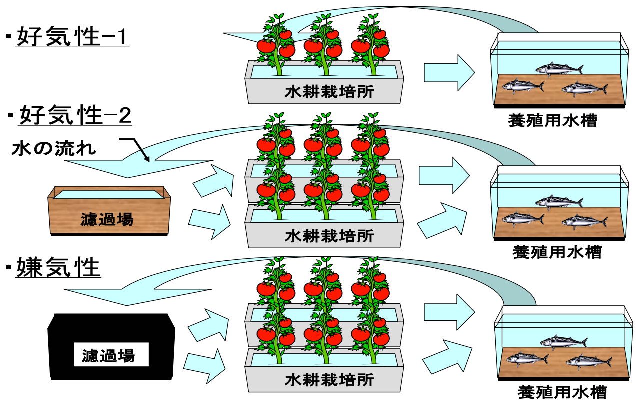

図-1　小型実験装置の概念図

写真-1　好気性-2 の写真（2005 年 6 月）

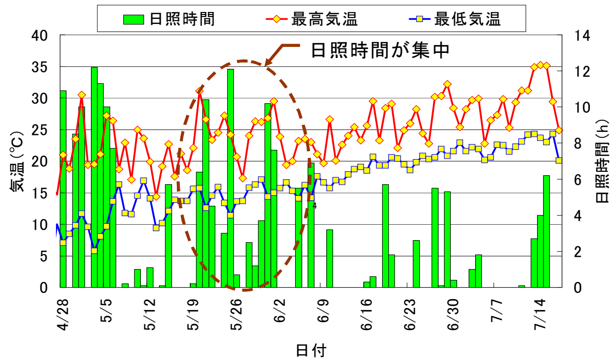

図-2　実験期間中の気象

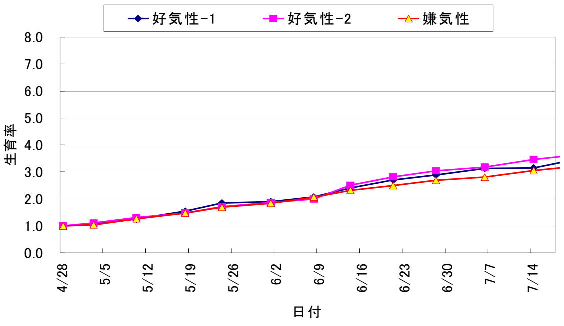

図-3　ミニトマトの生育率

Key Word：循環型社会，栄養塩，アクアポニックス

〒192-0393　東京都八王子市東中野　742-1　中央大学大学院総合政策研究科　TEL:042-674-4170　FAX:042-674-4118

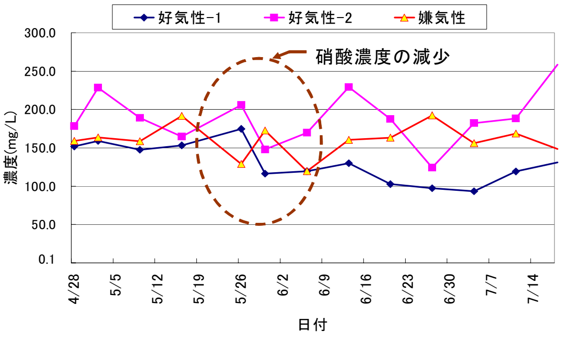

図-4 硝酸濃度の推移

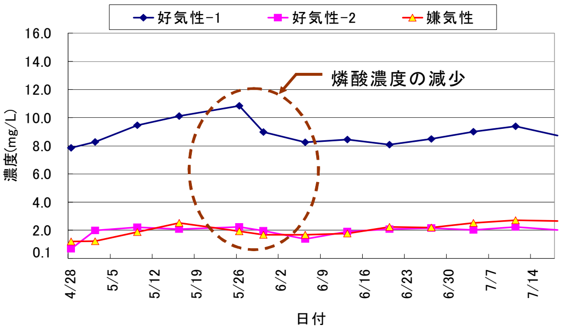

図-5 燐酸濃度の推移

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Λ-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，2006 年 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，実験期間中の八王子市の気象 3)を**図-2** に，ミニトマトの生育率を**図-3** に，硝酸濃度の推移を**図-4** に，燐酸濃度の推移を**図-5** にそれぞれ示す．

図-2 より，4 月 28 日から 7 月 17 日までの計測期間中の最高気温は，約 20 から 30℃へ，最低気温は約 5 から 25℃へ推移している．日照時間は，計測期間を通じてのべ 195.0 時間であった．計測期間中に，日照時間が集中したのは，4 月 28 日から 5 月 6 日と 5 月 20 日から 6 月 8 日までの期間である．ミニトマトは実験開始約 1 ヶ月後の 4 月 28 日に好気性-1 に 4 本，好気性-2 と嫌気性にそれぞれ 8 本ずつ植えた．トマトが根を伸ばして実験装置に根を張るまでに時間が必要であることを考慮し，特に総日照時間が 74.7 時間である 5 月 20 日から 6 月 8 日に注目する．

トマトの生育を評価する方法として，週に 1 度実験装置ごとにトマトの高さを計測し，トマトを植えた 4 月 28 日の高さを基の高さ 1 として，基の長さで割って生育の変化量に換算した．その後，各装置の変化量を平均し求めている．

図-3 より，4 月 28 日から 6 月 1 日にかけて各実験装置でミニトマトの生育の差はない．6 月 14 日以降，嫌気性のトマトは実が赤く成熟した時期であり，他の実験装置と比べて高さ方向に生育が進んでいない．

図-4 より，好気性-1 の硝酸濃度は，4 月 28 日から 5 月 26 日まで約 150mg/L，5 月 30 日から 7 月 17 日まで約 120mg/L で推移している．これに関連して**図-2** より，日照時間が集中しトマトの生育により硝酸値が減少したと考えられる．好気性-2 は，4 月 28 日から 7 月 17 日まで約 170mg/L，嫌気性は約 160mg/L であり，好気性-1 と比べ変動している．好気性-1 は，ミニトマトの実ができることはなく高さ方向に生育していたが，好気性-2 と嫌気性は赤い実を収穫することができたためと考えられる．

図-5 より，好気性-1 の燐酸濃度は，4 月 28 日から 7 月 17 日までは約 8～10mg/L の間で推移している．好気性-2 と嫌気性は，約 2.0mg/L となっている．好気性-1 のトマトは 4 本，好気性-2 と嫌気性には 8 本植えられており，本数の違いが約 4～5 倍の差として燐酸濃度の違いとなったと考えられる．本実験において，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燐成分の排出とミニトマトによる窒素分と燐成分の吸収の均衡が保たれている．このため，2006 年の実験結果は，栄養塩類の上下変動が大きかった 2005 年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考えられる．

4. おわりに

2005 年 4 月より約 15 ヶ月間の長期にわたり，水を交換することなく循環して使用することができた．2006 年の実験において，各実験装置の魚と植物により硝酸と燐酸の値が均衡し，水質は約 12 ヶ月を経て安定するものと考えられる．しかし，日照時間が集中した 5 月 20 日から 6 月 8 日において，栄養塩類の低下が見られることから，本実験で得られた均衡は，養殖魚数と植物の数において最適な関係ではないと推測される．今後，本実験を継続して行い最適な養殖の魚数と水耕栽培面積の関係を明らかにし，食糧生産性を高め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ックスシステム，土木学会関東支部第 33 回技術研究発表会，Ⅶ-34，2006.3.

2) 三崎貴弘，平野廣和：閉鎖循環型食糧生産における DO と pH が水耕栽培植物に与える影響について，土木学会第 61 回年次学術講演会，Ⅶ-123，2006.9.

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/etrn/