

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

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、野菜と魚を同時に育てることが出来るアクアポニックスシステムが挙げられる¹⁾。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リン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できる。著者らは現在まで、植物の生育状況が硝酸値とリン酸値に与える影響について主として各種の考察²⁾を行ってきた。本報では、植物の生育にとって必要不可欠な要素であるDOやpHに着目して、アクアポニックスシステムの水質にどのような影響を与えかつ、植物の生育に影響を及ぼすかに関して考察する。

2. アクアポニックス実験

2004年に設置した実験設備（以下、好気性-1とする）と2005年に設置した好気性細菌と嫌気性細菌を繁殖させる専用のろ過場を付けた2つの実験装置の概念図を図-1に、実際の装置を写真-1に示す。なお、この2つの設備は、好気性-1によって2004年に得られた高濃度硝酸値を緩和することを目的として、水耕栽培所の面積を2倍とした。

本実験に使用した実験設備は、好気性-1、好気性細菌を用い水耕栽培所の面積が好気性-1に比べて2倍の設備（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と同じ水耕栽培所面積の設備（以下、嫌気性とする）の3つである。

養殖魚は黒メダカを100匹ずつそれぞれの実験設備の水槽に入れた。黒メダカが死んだ場合は、これを取り除いて、代わりに近いサイズの予備の黒メダカを水槽に入れ、絶えず各水槽の黒メダカの数100匹となるようにした。栽培植物は、明日葉、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る。日中の気温が30℃を超える日は、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にした。そして、夜間の水温を一定に保つために、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20℃の一定に保った。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多目的水質分析計を使用した。アクアポニックス実験設備は、中央大学・多摩キャンパス内の屋外に設置した。

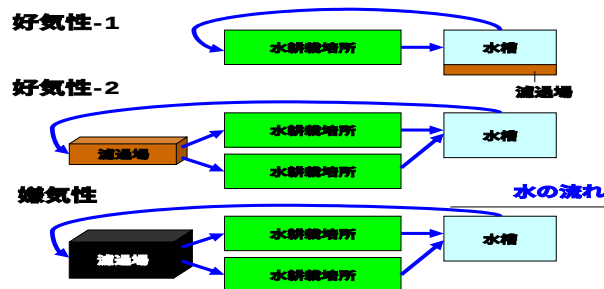


図-1 アクアポニックスシステム概念図



写真-1 アクアポニックスシステム(2005年6月)

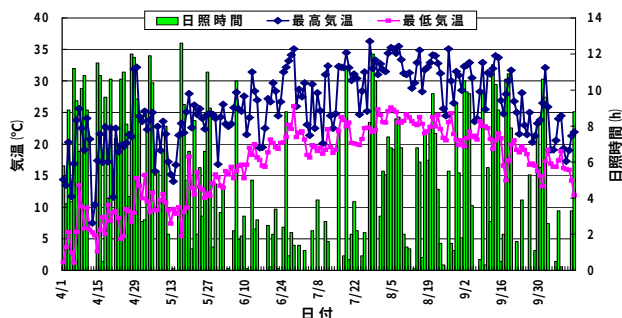


図-2 日照時間・最高気温・最低気温の推移

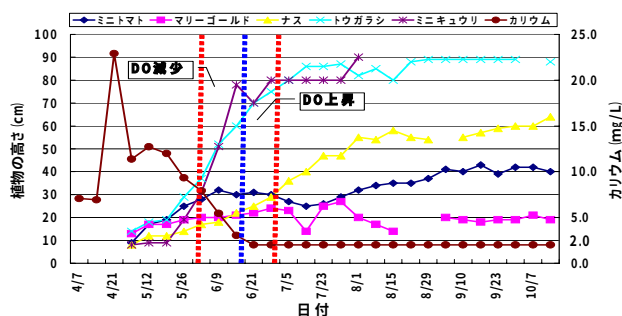


図-3 植物の生育（好気性-2）とカリウムの推移

3. 計測結果と考察

実験の計測期間は、2005年4月7日から10月13日の28週間分であり、このデータから考察を行う。東京都八王子市³⁾1日の日照時間・最高気温・最低気温を図-2に、好気性-2設備の水耕栽培植物の生育とカリウムの推移を図-3

Key Word : 循環型社会, 水耕栽培, 溶存酸素, pH, 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 平野廣和研究室 TEL:042-674-4170 FAX:042-674-4118

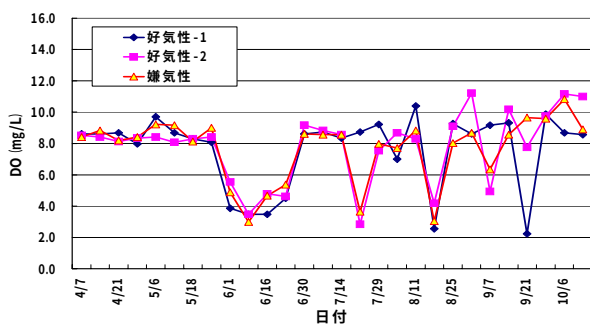


図-4 溶存酸素の推移

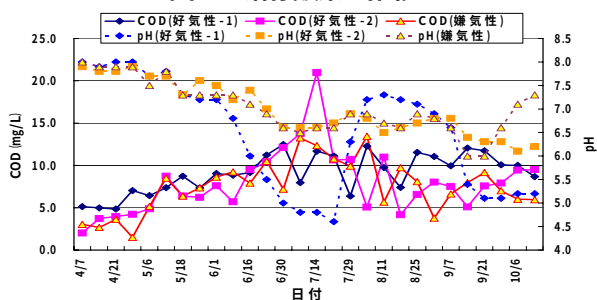


図-5 化学的酸素消費量とpHの推移

に、溶存酸素（DO）の推移を図-4 に、化学的酸素消費量（COD）とpH値の推移をそれぞれ示す。

(1) 日照時間、最高・最低気温に関して

図-2 より、日照時間は、5月30日から7月22日にかけて4時間未満の日が続いている。実験期間中における最高気温は8月3日から8日にかけて33℃以上を記録しており、2005年の最高気温を記録した期間であった。最低気温は、4月1日に1.3℃を記録している。

(2) 植物の生育とカリウムに関して

図-3 より、植物は実験開始から1ヵ月後の4月30日に水耕栽培所に植えた。カリウムの値は、実験開始から1週間後の4月7日に7.1mg/Lであり、4月21日に最高22.9mg/Lという高い値を記録している。実験に使用している汲み置かれた水道水からはカリウムは検出されておらず、メダカの餌に微量のカリウムが検出された。植物を植えた4月30日以降よりカリウムの値は減少し、6月16日には使用している水質計のカリウム測定の下限值2.0mg/Lとなり、その後もこの値が続いている。3つの実験設備とも、植物は5月12日より生育を開始しているが、特に5月26日から6月28日にかけて急激に成長した。トウガラシはこの期間に46cm、ミニキュウリは61cm成長した。

(3) DOに関して

図-4 より、DOは3つの実験設備とも平均的に8.0前後を指し示している。しかしながら、6月1日から16日にかけて5.5から3.5mg/Lに減少しており、16日から23日にかけて3.5から5.4mg/Lに上昇している。これに関連して図-3より、植物の生育が最も進んだのは6月1日から16日

の間であった。この期間は図-2より、日照時間が少なく、また気温が上昇していた。このため植物は、光合成よりも根から養分を含んだ水と酸素を吸収して成長したと推察する。植物の成長は、6月16日から23日にかけてよりも6月1日から16日にかけてより進んでおり、より多くの酸素を必要とし、この期間DOは減少傾向にあったと考えられる。6月16日から23日にかけては、植物の成長よりも実験設備に使用されているエアープンプ（8～9L/m）の能力が上回り、逆にDOは上昇したと考える。

(4) pHとCODに関して

図-5 より、硝化作用によってメダカから排出される糞に含まれているアンモニウムから硝酸に変化する過程に起因するpH値の低下を確認できる。pH値は、好気性-1は6月8日から7月21日にかけて6.8から4.6に低下し、好気性-2と嫌気性では6月8日から7月7日にかけて7.2から6.6に低下した。しかしながら、好気性-1では、7月21日から8月5日にかけて4.6から7.2に回復している。これは、硝化作用によって生じる水素イオン（H⁺）よりもエアープンプが水中から大気中に放出する水素イオンの量が上回った可能性がある。図-2と図-3より、日照時間は7月23日より増え始め、これに合わせて植物は光合成を再開したと考える。有機物量を表すCOD値は、好気性-1では7月21日から8月20日にかけて11.1から7.4mg/Lに低下し、好気性-2では同期間にかけて10.6から4.2mg/Lに低下し、嫌気性では7月21日から9月1日にかけて10.8から3.8mg/Lに低下している。栄養塩を吸収する植物の生育が鈍り始めた9月7日以降COD値は上昇し、硝化作用が進みpH値については減少したと考える。

4. おわりに

本報では条件の異なった3つの実験設備を使用し、水耕栽培所に植えられた植物の生育が実験設備の水質に与える影響について考察を行ってきた。植物の生育は、アクアポニックスシステムにおいては水質を維持管理する重要な要素であり、DO・COD・pHの値に直接的に影響を与える。このため、植物の生育に最適な環境を作ることが、アクアポニックスシステムにとって重要である。今回は、数多くの植物を水耕栽培所に植えたために、植物による生育期間の違いと生育環境の違いが生じた。今後、単一品種の植物だけを水耕栽培所に植えて、水質の変化と水の使用量などを検討していきたい。

<参考文献>

- 1) James E. Rakocy: Recirculating Aquaculture Systems, 2nd Edition, pp631-pp672, 2002
- 2) 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) 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/etrm/>