

# バランスドアクアリウムにおける物質循環

石川県立金沢泉丘高等学校理数科

北中 凌 國光 優貴 寺内 理音 南保 歩 西村 憲悟

## 要旨

我々は人間の手を加えることなく水槽内の水質や物質循環、食物循環が維持されるバランスドアクアリウムを作った。ペットボトルを用いて作った水槽内に、ミナミヌマエビ(*Neocaridina denticulate*) (以下、エビとする。)、オオカナダモ、枯草菌や硝化菌等からなる市販のバクテリア剤、蒸留水を入れ経過を観察し、エビの生存可能水質を COD(化学的酸素要求量)、アンモニウムイオン、硝酸イオンに注目して考察した。その結果、バクテリア剤により化学的酸素要求量に加え、硝酸イオンとアンモニウムイオンの値の上昇も抑えることができ、エビの生存可能水質を人間の手を加えることなく維持することができた。

## 1. 研究背景・目的

現在、魚類を飼育する際には水質管理や餌やりなど、人間による多くの手が加えられる必要がある。家庭などでの小規模な飼育から水族館などでの大規模な飼育まで、それらにかかるコストは決して小さくない。そこで、人間の手が加えられずとも成立する水槽、すなわちバランスドアクアリウムの成立条件などを研究し、完成させることがコストカットにつながると考えた。

## 2. 予備実験

### (1) 目的

エビを死因が水質の悪化に限定される環境で生活させることで、死亡に直結する水槽内の物質を探る。

### (2) 方法

2リットルペットボトルの下半分を用いて水槽とし、水槽の中には蒸留水 500ml、オオカナダモ 15g、ミナミヌマエビ 1 尾を入れる。水槽を約 25℃、明期 12 時間(照度 3700lux)・暗期 12 時間周期の条件下の恒温器の中に入れ、エビが死ぬまで 1 日 1 回アンモニウムイオン、硝酸イオン、COD の濃度をパ

ックテストで測定する。実験は 3 回行った。

アンモニウムイオンは尿成分で、エビ自身にも有毒であり、COD はエビの排せつ物の有機物量を表し、水の汚染の指標となる。環境基準値は湖沼の場合 8ml/L 以下である。自然環境下でこの値より高い場合は、分解者による分解と酸欠も考えられる。エビが死んだ場合、原因と考えられる。硝酸イオンはアンモニウムイオンが硝化菌によって酸化されることで生成されるもので、硝化菌がどれだけ働いているのかを知ることができる。

ミナミヌマエビを用いた理由は、寿命が一年近くあること、雑食で藻類やデトリタスなどを食べることで、体長が 2 cm ほどの小型であること、沼地のようなほとんど水の流れのない場所で生育しており、溶存酸素濃度が高くないでもいいこと、元来アクアリウムでの鑑賞用に用いられていることなどにより使用した。



### (3) 仮説

環境汚染指標としてアンモニア態窒素が用いられていることから、我々はアンモニウムイオンによる水質の悪化でエビが死亡すると考えた。

### (4) 結果

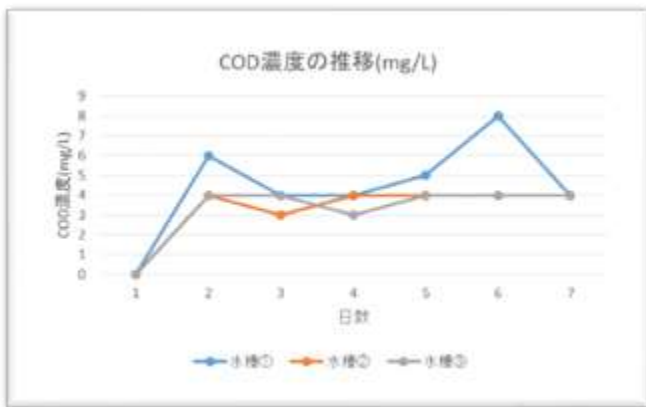


図1 予備実験のCOD濃度の移り変わり

水槽①のアクアリウムが7日目に死亡が確認された。他の2つのアクアリウムは7日間生きていた。エビが死亡するまで、アンモニウムイオンと硝酸イオンの濃度は3つの水槽において約4ppmで安定していた。なおこの2つの値に関しては変化がなかったのでグラフは省略している。

しかしCODの濃度に関しては水槽①でエビの死亡前日に約8ppmまで上昇していた。

### (5) 考察

仮説として挙げていたアンモニウムイオン濃度の上昇は死因に影響を及ぼしていない。エビは特にCOD濃度上昇による水質の悪化つまり、エビの排泄物が増加し、分解者による溶存酸素量の減少によりエビが死亡したと考えられる。

## 3. 本実験

### (1) 目的

予備実験よりCODの濃度上昇がエビの死因と考えられたので、エビの排泄物である有機物の分解、およびアンモニア処理を考慮し、市販のバクテリア剤(EBPS (株)ソネケミファ製:Effective Bacteria Pack Solution)を使用し、水槽内の物質循環をコントロールした。バクテリア剤の中の枯草菌は有機物分解によりCOD値を抑える目的で、硝化菌はエビの排泄するアンモニアを硝化し硝酸イオンに変えるため、また腸内細菌はエビの腸内環境を整えるために入っている。なお、アンモニウムイオン、硝酸イオン等はオオカナダモの窒素同化により利用され、オオカナダモの成長に使われると考えられる。これらによる水槽内での物質循環を表したのが図2である。そこでエビが生存できる水質(主にCOD濃度)を維持するために必要なバクテリアの量を求めた。

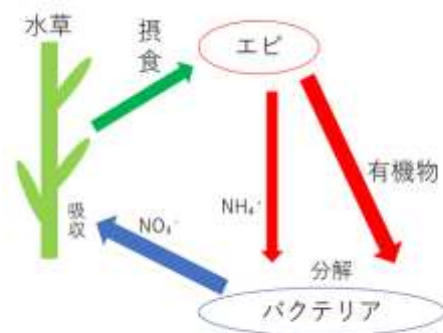


図2 水槽内の物質循環

## (2) 実験方法

2リットルペットボトルの下半分を用いて水槽とし、蒸留水 500ml、オオカナダモ約 5g、ミナミヌマエビ 1尾、バクテリア剤を 8ml、10ml、15ml、50ml 入れ、エビが死ぬまで 1日 1回アンモニウムイオン、硝酸イオン、COD の濃度をパックテストで計測した。  
※なお本実験で用いるバクテリアの量は、予備実験の結果をもとに決定した。

## (3) 仮説

バクテリアの量を増やすにつれて水質 (COD、硝酸イオン、アンモニウムイオンの濃度) が低い値で安定しやすくなり、エビが死亡することはなくなる。

また安定する濃度には下限があり、バクテリアの量が十分な量に達すると、COD、硝酸イオン、アンモニウムイオンの安定する値はそれ以上小さくならない。

## (4) 結果

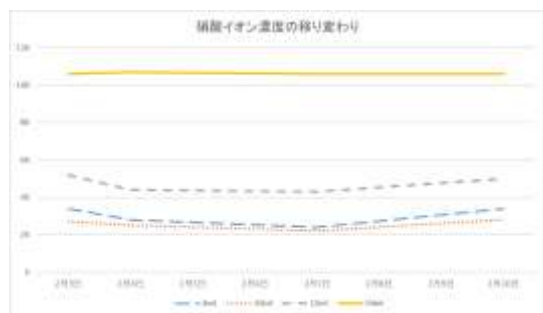


図3 水槽中の硝酸イオン濃度の変化

各アクアリウム内の硝酸イオン濃度に差はあったが、どのアクアリウムもその値はおおよそ一定に安定していた。

また、各アクアリウム内のエビはすべて一か月以上生存した。

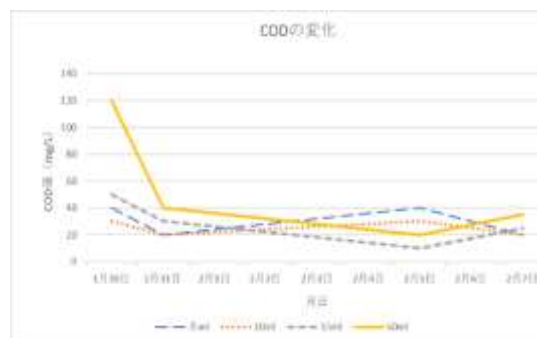


図4 水槽中の COD の変化

COD の値においては、10ppm から 30ppm の間でばらつきがあったが、すべてのエビが予備実験時よりも長く生きていた。

アンモニウムイオンについては、すべてのアクアリウムで初日から計測終了日まで、0.2ppm から変化がなかった。

## (5) 考察

硝酸イオン濃度に差があったが、すべてのエビが約一か月生きており、濃度が安定していたため、バランスドアクアリウムは成立しているといえる。

また、COD の濃度にばらつきがありながらも、すべてのアクアリウム内の COD の濃度が一定の値になっており、バクテリアが COD を分解したと考えられる。

また COD 濃度にばらつきがありながら、すべてのエビが生存していたことから、エビに無害な有機物も存在していたと考えられる。

## 4. 結論

COD、硝酸イオンともに濃度が収束したため、バランスドアクアリウムは成立したといえる。また蒸留水 500ml、オオカナダモ 15ml、エビ 1尾での条件では、我々の使用したバクテリアは少なくとも 8ml 投与すればバランスドアクアリウムが成立する。

## 5. 今後の展望

我々の作成したもののアクアリウムは開放型であるため、常に水の供給を必要としている。ペットボトルにキャップをし、密閉環境下で酸素の循環まで可能なアクアリウムを目指したい。

また今回の実験では消費者としてエビを1尾用いたが、2尾以上に増やし繁殖させた場合の成立条件、ほかの水生生物を用いた場合の成立条件を調べたい。

加えて、今回の実験ではアクアリウムがある空間は常に25℃、日照12時間としたため、厳密に自然を再現したとは言い難い。今後はより自然の状況に近い状況にすることで、更に実用的な結果を得る実験を行いたい。

## 6. 謝辞

研究を進めるにあたり、北陸先端科学技術大学院大学の小田和司先生や、本校教諭の谷畑響先生をはじめとする多くの方々にご協力頂いたことを深く御礼申し上げます。

## 7. 参考文献

注水量, 通気量が循環濾過水槽の水質とヨーロッパウナギの成長に及ぼす影響

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/aquaculturesci1953/28/1/28\\_1\\_26/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/aquaculturesci1953/28/1/28_1_26/_article/-char/ja/)