

大型水槽展示を目標とした幼魚アカメの飼育について ～淡水飼育から汽水飼育への円滑な移行の方法～

大淀川学習館
技師 濱田 洋輔

【 研究動機及び概要 】

大淀川学習館(以下、「当館」とする)では大淀川河口に生息する生物、「アカメ」成魚 2 個体(通称アカメ 1 号、アカメ 2 号)を展示飼育しているが、高齢と予測され、今後生体展示の維持が難しい。したがって、次の展示個体を確保するにあたり、借用及び購入したアカメ幼魚を研究対象とし、汽水への移行を目標として淡水飼育から汽水飼育への円滑な移行方法を模索した。

はじめに

当館開設以来、環境保護のシンボリック的存在として飼育・展示しているアカメは、当館を象徴するサカナとして市民にも親しまれており、今後も生体展示を継続していく必要がある。

現在、大型水槽において展示しているアカメ 2 個体は推定年齢 20 歳以上(一般的なアカメの寿命が 20 年と言われている)と想定されるため、今後、生体展示を維持していくためには、次世代のアカメを大型水槽に展示することが不可避である。

しかし、宮崎県においてアカメは「宮崎県で絶滅危惧Ⅱ類、指定希少野生動物に指定ⁱ⁾」されており、展示目的の採捕許可取得が難しい状況である。したがって、宮崎県以外からアカメを導入する必要があるが、体長 1m を超えるアカメの成魚を移動させることは、移動中の生体維持及び金銭的な面から、現実的ではない。

よって、必然的に他県産のアカメ幼魚を購入する等、当館にて育成する必要があるが、過去、当館において大型水槽へ移行したアカメが定着した前例はなく、アカメの幼魚を大型水槽へ移行・定着させる技術の確立が必要であることから、本課題を設定した。

第 1 章 研究の概要

1-1 研究の目的

大型水槽展示に適した 2 個体ⁱⁱ⁾(通称アカメ 3 号、アカメ 4 号)を対象として、淡水飼育から汽水飼育への切り替える方法を検証し、今後のアカメ展示に必要な飼育技術を確立することを目的とする。

1-2 研究計画

(1) 研究計画「塩分濃度調節法」

- ① 期 間：6 月 16 日～9 月 8 日
- ② 検証対象：アカメ 3 号(推定年齢 4 歳)全長約 40cm
平成 25 年にペットショップで購入。高知県産。
- ③ 方 法：塩分濃度を徐々に上げていき、個体の汽水への順応を高めていくことで、淡水飼育から汽水飼育へ円滑に切り替えることが出来るか検証する。

ⁱ⁾ 宮崎県版レッドデータブック改定検討委員会.2010.宮崎県の保護上重要な野生生物 改定・宮崎県版レッドデータブック 2010 年度版.鉾脈社,宮崎県.より引用

ⁱⁱ⁾ 自然環境下において、生後 3 年目のアカメは、体長がおおよそ 50cm を超えるとされている。現在、当館においては、アカメの幼魚 11 個体を淡水飼育している。本研究の検証対象とした 2 個体は、生後 3 年以上飼育しているにもかかわらず、体長がおおよそ 40cm であり、水槽の大きさが成長を阻害する要因になっていると考えられたため、検証対象として適当と考えた。

(2) 研究計画「短期移行法」

- ① 期 間：12月1日～12月5日
- ② 検証対象：アカメ4号（推定年齢3歳）全長約38cm
平成28年 桂浜水族館から貸与。高知県産。
- ③ 方 法：淡水から汽水への移行期間を短くし、個体へのストレスを低減させ、円滑な移行が出来るか検証する。

第2章 研究の実際

2-1 塩分濃度調節法

① 汽水下における塩分濃度への順応

自然環境下のアカメは、産卵や気候変動に応じて、淡水と汽水を行き来していることが分かっている。当館のアカメ幼魚は淡水飼育であるため、大型水槽での汽水飼育に切り替えた場合、塩分濃度に順応するために臓器が変化することが考えられる。

そこで、アカメ水槽（淡水飼育下）の塩分濃度を調整（1週間に0.1%ずつ塩分濃度を上昇）して、浸透圧に対する耐性を得てから、大型水槽へ移行することが妥当であると考え、塩分濃度を徐々に上昇させる期間を設けた。塩分追加開始は6月16日であり、9月8日の時点で、目標値とする大型水槽の塩分濃度（1.5%）になるよう調整を行った。

② 生体へ負荷軽減

アカメへの負荷を軽減するため、状態（食欲減退・吐き戻し・過剰反応等）に応じて、濾過方法と飼育水交換法の変更を用いて水質の維持管理を行った。水質測定には、亜硝酸値ⁱⁱⁱの変遷を測定することとした。測定には、テトラテスト亜硝酸試薬（Spectrum Brands Japan co., ltd）を用いた。

③ 濾過方法

・投げ込み濾過

水槽の中にフィルターそのものを入れて使用するタイプの濾過器。一般的に濾過と同時に、エアレーション^{iv}も行うことができる。今回は濾過、エアレーションを同時に行うことが可能な、「水作 エイトコア Lサイズ」を用いることとした。

・外部・上部並行濾過

外部・上部濾過を用いることで、より濾過機能を期待することが可能。また、密閉型の外部濾過器^vと、開放型の上部濾過器^{vi}でそれぞれ嫌気性・好気性どちらの種類のバクテリアも繁殖が可能。

④ 飼育水交換法

・淡水置換—汽水追加調整法

淡水を、亜硝酸値が0.000になるまで置換（水替え）する。その後、海水を足して塩分濃度を調整する方法。

・バッチ式交換法

塩分濃度と水温が同じ水を60cm水槽に準備する。その後、飼育水を排水し、60cm水槽の水と

ⁱⁱⁱ 尿として出たアンモニアが硝化菌（アンモニア酸化細菌）によって酸化されて**亜硝酸**になる。その後、硝化菌（亜硝酸酸化細菌）によって酸化され、**硝酸塩**になり、最終的に**窒素**として空気中に漂う。そのうち、アンモニア、亜硝酸、硝酸塩は毒性があり、高濃度になると水質悪化及び、魚類に悪影響を及ぼすとされる。「理想的な亜硝酸レベルは0.8mg/l以下

（*Spectrum Brands Japan 株式会社HP（<http://spectrumbrands.jp/aqua/fishkeeping/special/water/water03.html>）引用。」「中毒症状としては、呼吸困難、眼の白濁、ふらふら泳ぐ、水槽の横に横たわるなどです（*オーダーメイド水槽・オーバーフロー水槽・爬虫類用ケージコットアップHP（<http://www.cot-up.com/contents7.html>）引用。）」とされている。

^{iv} 水中に空気を送り込み、泡を作って水をかき混ぜ、水中に空気を溶かし込むこと。

^v 水槽から離して濾過器を設置し、濾過を行う。濾材を入れる容器内は、物理濾過（砂などで不純物を取り除く）と生物濾過（バクテリアの定着により、水質浄化を行う。）を行う層に分かれるため、濾過能力が高い。また、空気に触れない密閉型構造となっており、モーターにて水の給水・排水を行うことができる。

^{vi} 水槽のフレームの上に濾過器を設置して濾過を行う。水槽内の水をポンプで吸い上げて濾過槽を通し、水槽へと戻す仕組み。生物濾過、物理濾過どちらも行うことが可能。空気と触れ合う面積が大きいため、濾過バクテリアが繁殖しやすい。

入れ替える（飼養水槽は 120cm 水槽。亜硝酸の基準値は 0.8 mg/l 以下）。

⑤ 生体へ負荷測定

塩分濃度を調整するにあたり、アカメへの負荷は、通常飼育下より高くなると考えられたため、塩分濃度上げ幅を調整する指標として、アンモニア値及び硝酸値を追加して測定することとした。

測定回数は週一回とした。

測定には、①BICOM パックテスト（ $\text{NH}_3/\text{NH}_4^-$ 用）、②Tetra Marine 6 in 1（ NO_3 用）を用いた。

⑥ 結果

6 月 16 日～7 月 11 日投げ込み濾過での飼育を行った（以降、第 1 期とする）。塩分濃度を上昇させる際、淡水置換－汽水追加調整法は非合理的であったため、6 月 30 日よりバッチ式交換法を採用した。バッチ式交換法は、淡水置換－汽水追加調整法の様に、亜硝酸を完全除去できないため、水替え回数を増やして対応を行った。表 1 は塩分濃度と亜硝酸値を表したものであるが、7 月 11 日より、塩分濃度 0.3% 下において、亜硝酸値が基準値 0.8 mg/l を大きく上回ったため、翌日投げ込み濾過器を撤去し、外部・上部並行濾過を行った。

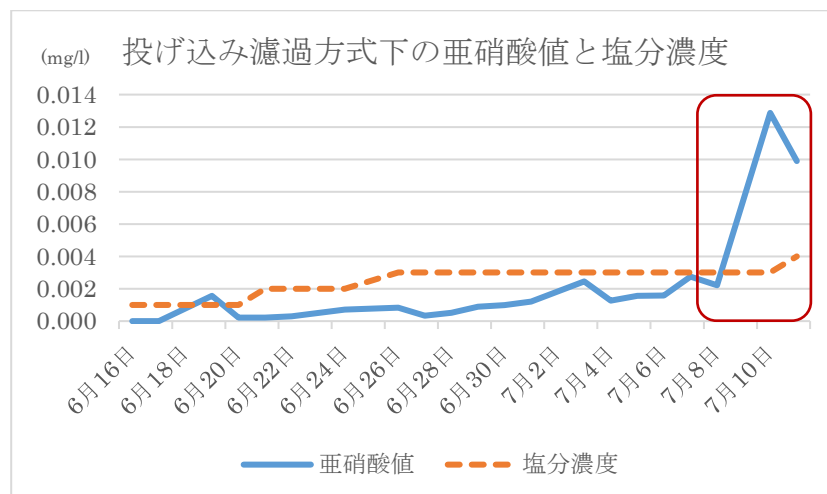


表 1. 投げ込み濾過方式下（6 月 16 日～7 月 10 日まで）の亜硝酸値と塩分濃度

7 月 12 日～19 日（以下、第 2 期とする）まで、外部・上部並行濾過を行った。1 期より水替え回数を増やすも亜硝酸値が下がらず。開館前測定値の平均が 0.983 mg/l と、基準値を常に上回る状態が続いていた。硝酸値も最大値 250 mg/l を記録。また、エサ食いが悪く、水槽内での暴れも頻発。7 月 19 日より、生物濾過を機能させるために、既に立ち上がっている海水水槽の生物濾過濾材と、設置済みの外部濾過内の生物濾過濾材を、塩分濃度上昇時に入れ替えることにした。

7 月 20 日～24 日（以下、第 3 期とする）は、開館前の亜硝酸値平均が 1.358 mg/l である。暴れが酷く、顎下に内出血を確認。鱗の剥がれも見受けられ、食欲も低下している。そこで、外部濾過器を 1 台増やし、活性炭を入れて亜硝酸値の低下を図った。

7 月 25 日～8 月 12 日（以下、第 4 期とする）は、開館前の亜硝酸平均が 0.475 mg/l であり、基準値を下回るようになった。しかし、閉館後の暴れがあったのか、鱗の剥がれが時折見られた。そして、8 月 12 日早朝 5 時、警備員の方が水槽下で横たわり死亡したアカメを発見。

表 2 は各期の亜硝酸値平均を表したものであるが、濾過を安定させるのに 1 ヶ月以上かかる。表 3 は第 1 期、第 2、3、4 期の水替え回数平均値であるが、1 ヶ月で水替え回数が約 2 倍に跳ね上がっている。つまり、長期的な塩分濃度調節法は、アカメへの負荷を増大させてしまう。

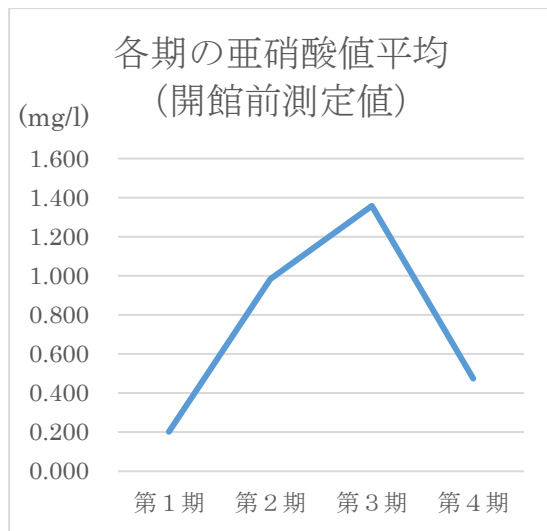


表2. 各期の亜硝酸値平均

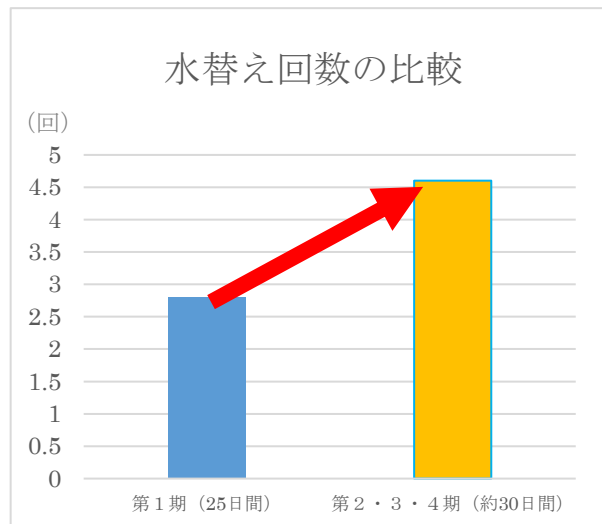


表3. 水替え回数の比較

2-2 短期移行法

① 塩分濃度調節法における問題点の検証

残念な結果ではあるが、塩分濃度調節法においては、アカメの幼魚を大型水槽へ移行することがかなわず、他の方法を検討することとした。

検討に際して、まず、アカメ3号の死因特定を県水産試験場の協力を得て、実施した。

- ・ 検証期日：8月25日（土）
- ・ 検証方法
 - ア 解剖
 - エラ、その他内臓の異常無し。
 - イ 顕微鏡観察
 - 寄生虫の発生無し。
 - ウ 全身観察
 - 顎の下に10mm程度の内出血を特定、また、ウロコのはがれが多数有り。
- ・ 検証結果

塩分濃度の上昇に伴った水質悪化により、過剰な水替え等がストレスとなり、免疫機能が低下したことが原因となって、滑走細菌^{vii}に感染し、酸素欠乏症による呼吸困難状態が続いた。そのため、水槽内での暴れ(苦しみ)が多発し、水槽壁面への衝突によって外傷を負い、体力や生命維持機能が著しく低下したことで死亡したと考えられる。



写真1 鱗はがれ痕



写真2 顎下の内出血

^{vii} 匍匐(ほふく)細菌ともよばれ、液体中では菌体を屈曲させて運動し、寒天培地のような個体の表面ではナメクジのようにゆっくり滑る(または這う)運動をして移動する細菌群をいう。魚類の免疫低下により感染し、皮膚の爛れ、鱗剥がれ、炎症性の突起等が見られるようになる。

② 塩分濃度調節法における問題点の解消

塩分濃度調節法における問題点を解消する方法を模索するために、アカメ飼育の実績がある、桂浜水族館、四万十川学遊館あきついお、大分県番匠おさかな館の3施設を視察した。桂浜水族館、四万十川学遊館あきついおについてはアカメ幼魚から成魚まで飼育経験がある。

体長 1～2 cm程度の稚魚からアカメの汽水飼育を行っている四万十川学遊館あきついおの飼育法は、本研究において検証対象とするアカメの体長を考えると難しい。一方、桂浜水族館は、短期間での汽水移行により、汽水移行時に死滅する淡水性バクテリア（生物濾過を行う際に水質浄化に作用する）が原因となる水質悪化を憂慮しなくてよい。また、繁殖に2～3ヶ月の期間を要する海水性バクテリアの繁殖も待たなくてよい。そのため、複雑な装置が必要な生物濾過を用いず、当館でも導入が容易な投げ込み濾過による水質維持が可能となるため、桂浜水族館の飼育法を参考にした。

四万十川学遊館あきついおの飼育法	桂浜水族館の飼育法
適性体長 1～2 cm以下	適性体長 約 40 cm以上
濾過方法 生物濾過	濾過方法 外部濾過→海水かけ流し
手順 ①アカメを幼魚の状態から汽水で飼育 1cm～9cm 程度→海水：淡水＝3：7 10cm～ →海水：淡水＝1：1 （生物濾過大型、ポンプは水槽の水が 5 回転/h するものを使用） ②50cm 以上になったら大型水槽移行 （生物濾過特大、ポンプも大型だが、5 回転/h するものを使用）	手順 ①アカメを約 40cm 以上になるまで淡水飼育（外部濾過使用） ②40cm になったら淡水→大型水槽の水と入れ替える（1 週間程度そのまま飼育） ③大型水槽へ移行し、そのまま飼育。（海水かけ流しのため、濾過使用せず）

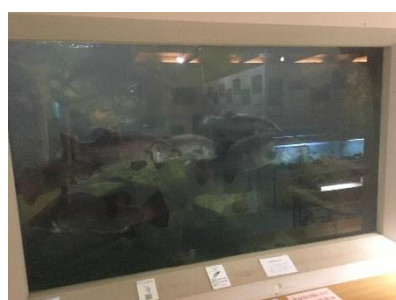


写真3 あきついおの大型水槽



写真4 桂浜水族館の大型水槽

③ 短期移行法の実行

当館における短期以降法による汽水移行には、120cm 水槽、投げ込み濾過を使用した。また、水替えに関しては、あらかじめ 60cm 水槽に飼育水と同じ塩分濃度、水温の水を準備し、バッチ式水替えを行った。

月・日	塩分濃度	水質の状態	亜硝酸値	生体の状況
12月1日	0.9	水交換前 (8:30)	※淡水時 0.276	安定
		水交換後 (15:00)	0.201	
12月2日	1.5	水交換前 (8:30)	0.300	〃
		水交換後 (15:30)	0.126	
12月3日	1.5			休館日のため未確認
12月4日	1.5	水交換前 (8:30)	0.612	安定
		水交換後 (15:00)	0.114	
12月5日	1.5			大型水槽へ移行→成功

④ 大型水槽への移行後

現在、アカメ 4 号は、大型水槽にて成魚アカメ 2 匹と共に展示飼育を行っており、異常行動も見られず、エサもよく食べ落ち着いている。今後とも成長の様子を見守っていききたい。

おわりに

長期的に行う塩分濃度調整法よりも、スパンの短い短期移行法の方が、淡水から汽水への移行が円滑に行えることが明らかとなった。現在、幼魚アカメを飼育している水槽（最大 120cm）及び濾過システムでは、汽水飼育環境下で水質を安定させることが難しい。長期的に水質を安定させるためには、濾過装置の増設やシステム改善に加えて、有害物質を除去するバクテリアを濾過装置内に定着させることが必要である。また、個体への負荷を軽減させなければ、円滑な汽水飼育への移行が難しい。その過程においてアカメ 3 号を失ってしまったことは非常に残念である。今後、残りのアカメ幼魚を確実に大型水槽へ移行していききたい。また、今回、研究の一環として訪れた高知県四万十市にて、四万十川学遊館の協力を得てアカメの稚魚を採捕することができた。今年度蓄積した飼育技術を生かして、稚魚から展示生体へと育成する技術も確立したい。

最後に、アカメ飼育に関する助言や情報を提供して頂いた、桂浜水族館、四万十川学遊館あきついお、大分県番匠おさかな館の皆様、アカメ死亡個体の検査をして頂いた、宮崎県水産試験場の魚病指導専門員岩田一夫様に心から感謝申し上げます。そして、本研究を進めるにあたり、サポート・協力をして頂いた当館職員の皆様に謝意を表します。

追記：当館で平成 28 年度ペットショップから購入し、飼育したアカメ 5 号（推定年齢 3 歳）全長約 36cm も短期移行法で、平成 31 年 1 月 16 日に大型水槽へ移行した。

引用文献・参考文献・参考資料リスト

- ・小学館の図鑑 Z、日本魚類館～精緻な写真と詳しい解説～、中坊徹次、小学館
- ・宮崎県水産試験場 岩田一夫（資料）「展示水槽飼育アカメ（*Lates japonicus*）の単成虫症」
- ・水産用水基準（2005 年度版）平成 18 年 3 月、社団法人日本水産資源保護協会、P3～P8）
- ・環境省レッドリスト 2018、別添資料 6-1_環境省レッドリスト 2017 からの新旧対照表【⑤汽水・淡水魚類】（五十音順）
(<https://www.env.go.jp/press/105504.html>)
- ・QUBE アクアリウム全種類一覧！水槽用フィルター・濾過器（水中ポンプ）の選び方と各特徴
(<http://qube-aquarium.com/all-filter/>)
- ・Jelly fish farm ARCADIA, 【亜硝酸塩】アンモニアが硝化菌により分解（酸化）された結果発生する有害物質
(<https://jf-farm.com/post-970/>)