

河川基金助成事業
研究レポート

「マツカサガイの緊急避難のための技術開発」

助成番号：2022 - 5411 - 003

愛媛大学附属高等学校
理科部

学校名：愛媛大学附属高等学校
校 長：吉村直道
顧 問：松本浩司
班 長：渡壁咲希

2022 年度

1. 研究の目的

淡水性二枚貝のイシガイ類であるマツカサガイは、国内外で個体数が急減している。2021年5月に発見された愛媛県内で唯一再生産が行われている東予の生息地では改修工事が予定されており、至急避難させる必要がある。個体数減少の原因解明や、一時的な野外個体の避難には水槽飼育が欠かせないが、イシガイ類は水槽飼育が難しいとされている。そこでこの研究では、大規模な緊急避難が必要になった時のために、本来の生息地ではないため池と、学校の水槽でマツカサガイを飼育できるかを調べた。さらに、それらで飼育した時の成長率や死亡率が、野外の生息地と比べて大きな差がないか比較した。

2. 研究の動機

愛媛県では、イシガイがすでに絶滅し、残されたマツカサガイも、少なくとも10年以上稚貝が育っていない危機的な状況だと聞いていた¹⁾。そんな中、稚貝が生まれ、育っている健全なマツカサガイ生息地が県内ではじめて、去年見つかった。しかし、その生息地は数年以内に大規模な改修工事が行われる予定があると知った。生息地では、田植え前の水路清掃によって、マツカサガイが陸揚げされて死んでいる個体が多いことを知った。そこで理科部では今年から、水路清掃に参加して手伝うと共に、陸揚げされたマツカサガイを水路に戻し、その一部を飼育実験に使って、緊急避難のための研究をすることにした。

3. 研究の方法

3.1 マツカサガイの入手と個体識別

2022年5月1日に東予地方のマツカサガイ生息地で田植え前の水路清掃が行われた際に、私たちも地元の方々と協力して泥の陸揚げ作業を行った。この泥の中から救出した総数119個体のマツカサガイを、この研究に用いた。

成長率や死亡率を比較するためには、個体ごとの成長と生存の記録を残す必要がある。イシガイ類二枚貝は、カワシンジュガイ類など100年以上生きるものも存在し²⁾、マツカサガイの場合は寿命が少なくとも20年以上と言われるが、詳細は不明である上、二枚貝を対象とした長期追跡が可能な識別方法は確立されていない。先行研究には、油性マーカーで殻に書き込んで識別している例があるが³⁾、マーカーでは長期的な追跡には不適である上、マツカサガイは成長過程で殻長側の殻表面が剥がれていく特徴があるため、やがて識別が不可能になる。そこで、殻に識別番号を削る方法と、金属タグを取り付ける2種類の識別を、どちらも個体に施した

(図1)。番号を削る際には、先端直径が1.0mmの小型ダイヤモンドビットを取り付けた電動ミニルーターを用い、殻を貫通しないように表面だけを慎重に削った。この方法は、金属タグのように脱落することがない利点がある一方、マツカサガイは成長と共に古い部分の殻表面が徐々に剥がれていくため、長期的には消失する欠点がある。金属タグは、東京海洋大学の特許技術（特許第3962808）を元にアワビの産地証明などのために開発された株式会社イー・ピーアイのアバロン・タグ®を用いた。左殻腹側に削り入れた個体番号と同じ個体番号を刻印して、左殻後方に取り付けた（図1）。金属タグは事前にラジオペンチで殻の形にあわせて緩やかに湾曲させておき、瞬間接着剤で金属タグの外側の部分のみを殻と接着させて固定した。



図1 (上) 2種類の個体識別を施したマツカサガイ。殻頂付近の表面が剥がれている。成長に伴って、個体識別番号付近まで剥がれていく。

3.2 飼育条件

私たちが昨年、愛媛県のマツカサガイの緊急避難生息域外保全候補地として選んだため池の中心部（水深8.6m地点）に、水面下1.6m地点に設置したカゴ（三甲株式会社の角形野菜籠（460mm×300mm×130mm）ポリプロピレン製）に入れた9個体にも同様の個体識別を施した。ため池では、適したカゴの設置場所を知るために、水利組合の許可を得た上でゴムボートとソナーを用いて、ため池の底の起伏を調査した上で、増水や台風時にも影響を受けないと思われる場所を選んで設置した。

2022年5月6日・6月10日に採集した109個体のマツカサガイを、採集した東予生息地の農業用水路の水、愛媛県中予地方のマツカサガイの生息が確認されているが再生産が行われていない河川の水、愛媛大学附属高校の井戸水、愛媛大学附属高校内を流れる農業用水路の水、汲み置き水道水、純水の6種類の飼育水で飼育した。水槽内の飼育水はすべて9Lとし、東予生息地の水は4台、他は2台ずつ、合計14台の水槽（縦 182mm×横 312mm×高さ 238mm）で飼育した。各水槽には粒径1.15mmの川砂を厚さ5cmずつ、東予生息地の河川の水を用いた水槽4台の内2台には川砂を敷かず飼育した。餌はReed Mariculture社製の甲殻類・貝類の生物餌料として市販されている冷蔵濃縮微細藻類であるShellfish Diet 1800（細胞密度 約20億細胞/mL）と、海産植物プランクトンであるナンノクロロプシスを1水槽20 μ Lずつ合計40 μ Lを週6回与えた。急激な水質の変化を防ぐために月、水、金曜日に全ての水槽を3Lずつ同じ水で水替えを行った。水温は常温とした。殻長測定は計測誤差を小さくするためにすべて1人が担い、3回デジタルノギスで慎重に計測した後、その平均値を求めて殻長の値とした。飼育中の全個体の殻長を2022年6月4日、7月13日、8月7日、9月12日、2023年3月7日に計測した。マツカサガイ生息地の水路に戻した個体は、2022年6月4日、7月8日、8月13日9月23日、2023年1月31日、3月10

日に、3月7日に殻長計測した。計測時には、金属タグ周辺の殻の様子や金属タグが脱落しているかどうかを観察、記録して、金属タグを取り付けた日からの残存率を求めた。

3.3 水質とプランクトン叢

水質は、水路とため池表層の水、くみ置きの水をそれぞれ採水し、DO(溶存酸素量)、TDS(溶解性蒸発残留物質)、EC(電気伝導率)、カルシウムイオン Ca^{2+} 、pH(水素イオン指数)を測定した。

プランクトン叢は、中予生息地、東予生息地、学校の水路でそれぞれ500ml採水し、それぞれ20 μm メッシュのプランクトンネットで濾過し、プランクトン密度を高めた後、遠心分離機を用いて全量を沈殿させた。そうして得られた全てのプランクトンをカウンティングチェンバーと光学顕微鏡(400倍)で観察し、確認されたプランクトンの全てを属レベルで同定し、その細胞数も記録した。

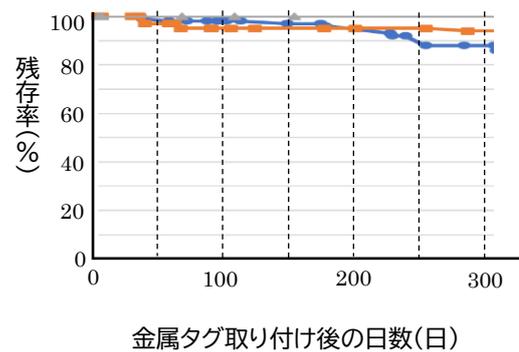


図2 金属タグを取り付けてからの日数と残存率。どれも高い確率でタグが確認できた。特に、砂のないため池のかごの個体からは、1つも脱落しなかった。

4. 結果

4.1 個体識別の有効性

研究期間中に、土水路中や水槽飼育中で、マツカサガイの左殻腹側に削り入れた個体番号が見えにくくなった個体は発見されなかったが、個体番号を削り入れた殻表面の一部分が破損していた個体や、細かい部分が分かりにくい個体はいた。金属タグは巻貝のアワビ用に開発されているため、二枚貝のマツカサガイの場合は、殻を開けた際に外とう膜を挟み込まないように、片側の殻にそっと差し込んだだけである上、アワビに取り付けるときのようにペンチで挟みつけることができなかった。また、脱落防止のとげのようなかえしも機能していなかった。しかし、金属タグをとりつけてから300日後であっても、金属タグ残存率はため池100%、水槽94%、東予生息地86%と、いずれも非常に高かった(図2)。金属タグを取り付けた後、水槽で飼



図3 飼育中に死亡した個体の殻を内側から観察した様子。上から39日後、218日後、257日後の様子。光沢のある真珠層が金属タグ表面を覆い、堅く固定されていることが確認された。

育中に死亡した個体や、野外で拾った貝殻の内側を観察したところ、1ヶ月程度では変化が見られなかったが（図3上）、やがて金属タグ部分に真珠光沢が確認される白い物質で覆われて見えなくなり（図3下）、殻と一体化していった。

4.2 飼育結果

10 か月間成貝マツカサガイを飼育した結果（図4）、愛媛県中予地方のマツカサガイ生息河川水の水槽で生存率100%を維持できた。愛媛県東予地方のマツカサガイ生息地と愛媛大学附属高校内の農業用水路、愛媛大学附属高校内の井戸水の生存率がいずれも92%、水道の水槽は83%であった。水槽の底に川砂を敷かなかった愛媛県東予地方のマツカサガイ生息地の水槽が67%。純水の水槽が50%と最も低かった。

各水槽の殻長成長量を比較すると（図5）、夏の成長量に比べ冬の成長量が小さい。成長が良かったのは純水、くみ置きした水道水で、東予生息地や中予生息地の水を用いた水槽飼育では、成長量が小さかった。また、東予生息地に戻した個体の成長も、初夏から夏は良くなく、秋、冬の成長量が大きかった。

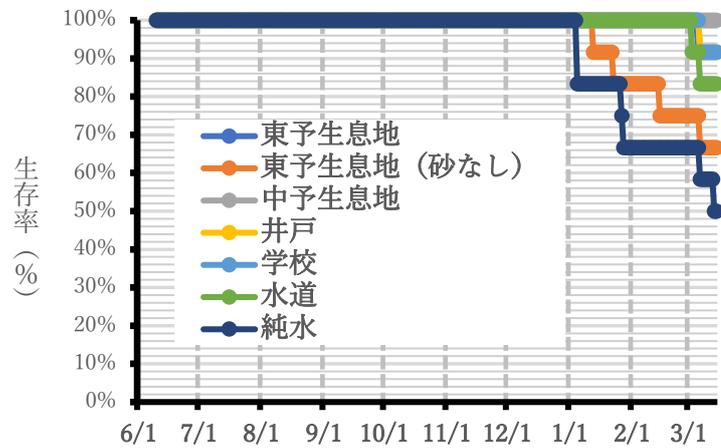


図4 マツカサガイの生息が確認されているが再生産が行われていない中予河川水の水槽で生存率100%を維持できた。純水の水槽の生存率が50%であり最も低かった。

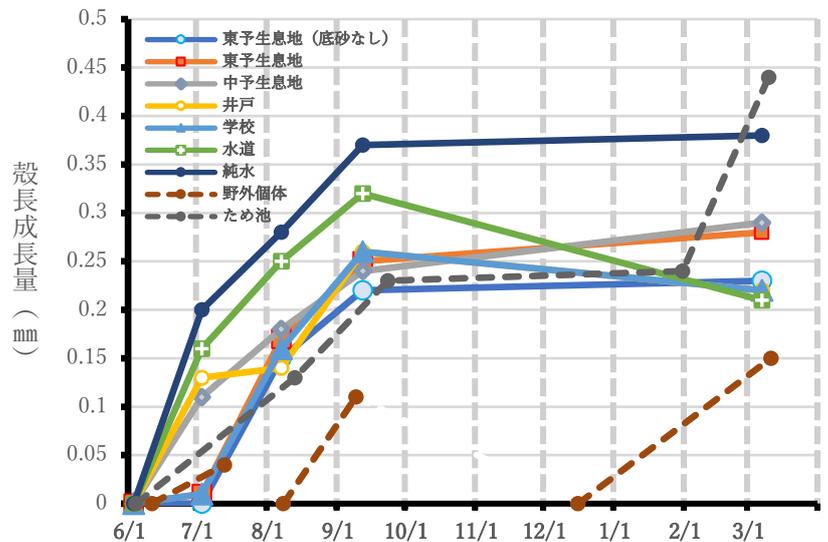


図5 10 か月間の水槽とため池での飼育個体と、東予の生息地の個体の殻長成長量。各飼育水の殻長成長量に大きな差は見られなかった。生息地の値は10 か月間続けて同一個体の再捕獲できなかつたので途切れている。

4.3 水質とプランクトン叢

各水質測定の結果は表1の通りである。ため池のDO値が小さく、中予生息地や学校水路のTDS値、pHが大きい傾向があった。プランクトン叢調査の結果は図6に示した。属の構成に違いがあったけれど、どこも珪藻が豊富であった。特

に、中予生息地の細胞密度が他の10倍程度と、非常に大きかった。

表1 各地、水槽飼育に用いた水のカルシウム硬度、EC、TDS、DO、pHの値。値に大小はあったが、どの水でも生存率が高かった。

	カルシウム硬度(mg/L)	EC (mS/m)	TDS:0.5 (ppm)	TDS:0.7 (ppm)	DO (%)	pH
ため池	10	11	60	90	68.3	7.58
東予マツカガイ生息地	7	14	40	50	89.7	7.14
中予マツカガイ生息地	30	25	130	170	97.7	8.07
学校内水路	20	17	90	120	91.0	8.23
水道水の汲み置き	15	13	90	90	94.9	7.95

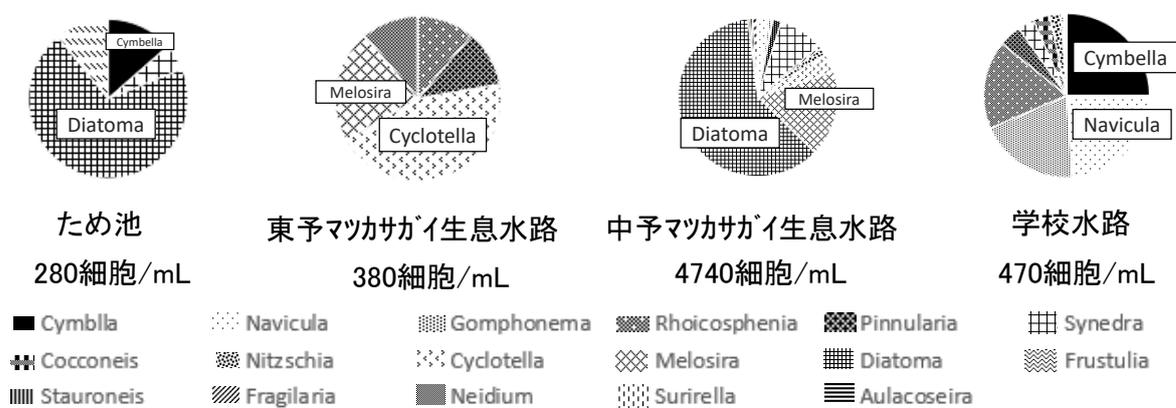


図6 どこも、珪藻が多数生息していた。古くからマツカサガイの生息が知られていた中予は、細胞密度が非常に高かった。新たに見つかった生息地である東予の水路は、その1/10の密度であった。

5. 考察

5.1 個体識別の有効性

金属タグを用いた個体識別は、その脱落率が非常に小さかったことから、この方法の有効性を示すことができた。

5.2 飼育条件

ため池に入れたマツカサガイは、砂のないカゴに直接入れているだけで死亡することなく維持できたが、水槽飼育では半年を超えたあたりから死亡個体が多くなったため、水槽飼育の際には砂を入れた方が良くと考えられた。池は濁っているため底の状況がつかみにくい、ソナーで得られた等深線によってカゴの設置に最適な場所を知ることができた。飼育水については、純水は避けた方が良さそうではあったが、この飼育期間では大きな差はないようだった。成長量については、どの飼育条件でも半年で0.3~0.4mm程度と小さく、野外と水槽では水温の差や餌量の差もあるため、こ

の研究で何か明らかにすることはできなかった。

5.3 水質とプランクトン叢

マツカサガイの水槽飼育は困難で、水槽飼育のためには生息地の水を飼育水に使い、定期的に水を入れ替える必要があるとされてきた。この研究結果から、少なくとも水道水の汲み置きでも半年間は飼育でき、底の砂がなくても維持できることが明らかになった。今後も同条件で飼育を継続するので、年単位の結果については今後明らかにできるだろう。純水や水道水、井戸水での飼育も可能であったことから、生息地の水に含まれている餌生物に頼らずとも、今回用いた市販の海産プランクトンで飼育できることも明らかになった。ため池のDO値が小さかったが、マツカサガイの生存には関係がない程度で（未発表データ）、その他の水質データについても生息地やその他で大きな差はなかった。餌の細胞密度については、これまで中予生息地の細胞密度からマツカサガイの移植や緊急避難先には高い細胞密度が必要だと考えられてきたが⁴⁾、東予生息地の細胞密度が小さかったことから、1/10程度の細胞密度で良いと分かった。

5.4 緊急避難生息域外保全

当初予定していた、500Lタンクを用いた屋外飼育は、急遽緊急避難生息域外保全が必要になったため実施できなかった。しかし、このタンクを用いて、水槽と同じ餌を用いた飼育方法で、5月、さらに11月から3月まで、年間を通じて愛媛県内で緊急避難生息域外保全が必要になった3つの個体群を学校で受け入れ、死亡させることなく生息地に戻すことができた。農業用水路は、天候の影響だけでなく農作業や水路改修の影響で、長期間水がなくなることが多い。受け入れなければ、それらマツカサガイは死亡しており、ある個体群は確実に全滅していたため、今後も受け入れ可能な設備を維持しておくことにした。

6. まとめ

大規模な緊急避難生息域外保全が必要な際にはため池で受け入れることが可能であること、数ヶ月という短期間で数百個体程度までの緊急避難生息域外保全であれば水槽で受け入れることが可能であることと、それぞれの方法を確立することができた。

7. 謝辞

愛媛県立衛生環境研究所生物多様性センターの皆様、愛媛大学理学部理学科生物学コースの井上幹生先生、畑啓生先生、大学院生の皆様に感謝致します。本研究は、公益財団法人河川財団の河川基金助成事業によって実施しました。

8. 引用・参考文献

- 1) 桑原 明大, 松葉 成生, 井上 幹生, 畑 啓生 (2017) 愛媛県松山平野におけ

るイシガイ科貝類個体群の衰退. 保全生態学研究, 22:91-103

- 2) Bauer G (1992) Variation in the life span and size of the freshwater pearl mussel. J Anim Ecol 61:425-436
- 3) 永山滋也、塚原幸治、萱場祐一 (2018) 土地区画整理に向けた流水生イシガイ類の一時的な移植場所と移植時期の検討. 応用生態工学, 20 : 179-193
- 4) 吉見翔太郎、井上幹生、畑啓生 (2018) 愛媛県松山平野における湧水性水域へのマツカサガイの試験的導入. 保全生態学研究、23 : 99-114