

(第41回山崎賞 児童・生徒の部優秀賞)

ツメタガイはおいしいアサリをどう探す？

浜松学芸中学校・高等学校
3年 渋谷美濤・窪園悠花・河合陽祐

1 動機

アサリ *Ruditapes philippinarum* 資源の減少は、1990年代から現在に至るまで30年以上の長きにわたり全国的な規模で起こっており、原因解明は水産上、大変重要な課題であるため、多くの研究者がこの問題に取り組み、様々な減少要因が指摘されてきた(内田ほか 2024)。しかし、全国的なアサリ資源の減少を説明する共通的要因が解明されたとは依然として言い難いのが現状であり、多くの要因が複雑に絡み合った現象であると推定される。



図1. アサリ食害者ツメタガイ

アサリは浜名湖内で最も生産量、生産額が多い重要水産物であるが、生産量は1987年の約8千トンをピークに著しく減少し、1992年以降は2～3千トンで推移している(静岡県水産・海洋技術研究所「浜名湖のアサリの現状 浜名湖重要貝類生産安定化研究(平成9年～13年)」。 <https://fish-exp.pref.shizuoka.jp/03research/3-3-1-9.html> 最終確認2024年4月15日)。資源減少の原因は、塩分濃度の上昇や、栄養塩の不足、海水温の上昇など多岐にわたり、ツメタガイ *Glossaulax didyma* による被害も一因と考えられる(図1)。

我々はツメタガイによるアサリ食害への影響を明らかにするために、アサリ貝殻への捕食痕に着目して研究を進めてきた(図2)。ツメタガイは潮間帯から水深10cm～50cm程度の砂地の浅海に多く分布し、殻幅50mm程度に達する中型の肉食性巻貝であり、夜行性で砂のなかを活発に動き回り、殻から大きく露出した軟体部でアサリ貝殻を完全に覆いつくして捕食する(水野知己 2006)。さらに、アサリなどの二枚貝を捕まえると、やすりのような歯舌を用いて獲物の殻の最も尖ったところである殻頂部を平らに削っていき、2mm程度の穴をあけて軟体部を食べることが知られている(水野知己 2006)。そこで、本年度はツメタガイの基本的な生態およびアサリ捕食への影響を、実験および観察により明らかにしたいと考えた。



図2.アサリの貝殻に空いたツメタガイ食痕

2 研究目的

本研究では、アサリ天敵であるツメタガイに着目し、ツメタガイが嗅覚を活用して海水中でアサリを探索していると仮説を立てた。そして、ツメタガイが誘引または忌避反応を示す化学物質の候補を明らかにすることで、ツメタガイの能動的な化学サンプリング行動の解明を目指した。その後、探索実験により化学物質への誘引効果を検証した。また、ツメタガイ卵囊の移動分散実験により、卵囊や幼生時の移動分散能力の高さを評価した。最終目標としては、野外において効率的な誘引効果のある化学物質を用いたツメタガイ捕獲方法を開発することで、アサリ資源の安定化に寄与することにより採貝漁業の振興に供することを目的とした。

3 研究方法

(1) 食痕調査

アサリ貝殻の殻長(横方向の長さ)、殻高(縦方向の長さ)、厚さ、捕食痕の内径のそれぞれを電子ノギス(精度: ±0.01mm)によって計測した(図3)。また、捕食痕の位置は、殻長方向と殻高方向にそれぞれ5分割した座標(合計25分割)を記したシートを貝殻に当てて識別した(図4)。

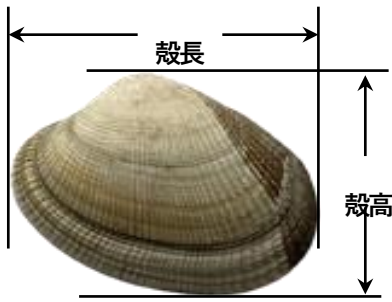


図3. アサリ貝殻の殻長と殻高

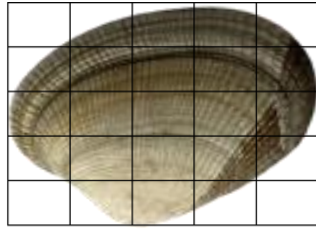


図4. アサリ貝殻を25分割し捕食痕の位置を確認

(2) 化学物質反応実験

化学物質反応実験装置の上流側の2つの容器から、海水と水溶液をチューブからツメタガイが入っている実験装置(図5)に流した。ツメタガイの化学物質に対する誘引忌避効果は、実験終了時のツメタガイの位置をもとに3段階で評価した。水溶液には、浜名湖から採集した海水と比較するために濃度を 0.01~0.1mol/L の5段階で変化させた NaCl、MgCl₂、KCl、CaCl₂、L-グルタミン酸ナトリウム、イノシン酸、コハク酸二ナトリウム、グアニル酸の合計8種類の水溶液を使用した。

(3) 卵嚢の移動分散実験

浜松市中央区雄踏町宇布見の浜名湖岸でツメタガイ卵嚢(図6)を採集後、高さ、直径、下部、重量を測定した。トロ船の底に厚さ5cmの砂と海水を水深10cmで満たし、中央に卵嚢を置いた。コンテナボックスを10秒周期で5回振動させた後に卵嚢の状態を確認し、その後20cmずつ振幅を増加した。卵嚢が破壊されるまで振幅を増加させて、最大振幅が1.2mになるまで継続した。

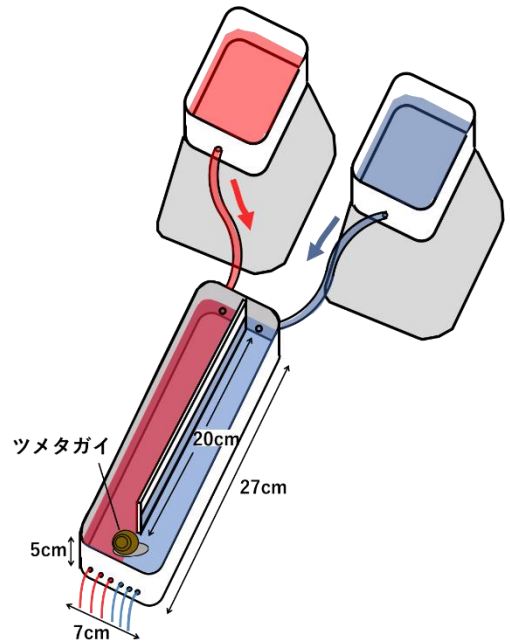


図5. 化学物質反応性実験装置



図6. ツメタガイ卵嚢

4 研究の結果

(1) 食痕調査

浜名湖畔で無作為に採集した合計302個のアサリ貝殻のうち、133個(44.0%)に捕食痕が確認できた。捕食痕があったアサリの貝殻での平均殻長は2.7cmであったのに対して、捕食痕のない貝殻の平均殻長は3.2cmにも達し、大きな差がみられた(図7)。アサリ貝殻の殻長と捕食痕の内径とのあいだに相関は全くみられなかった($R^2=0.003$)。合計124個のアサリ貝殻において、捕食痕の位置を25区画のなかで記録したところ、殻頂部分に62個(50%)の捕食痕があり、殻頂周辺部を含む周囲4区画で合計90個(70%)も捕食痕数があった(図8)。

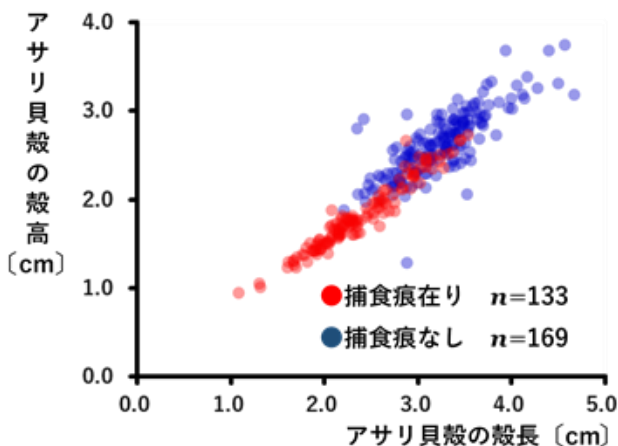


図7. 捕食痕の有無によるアサリ貝殻の殻長と殻高



図8. アサリ貝殻で記録された捕食痕の分布

(2) 化学物質反応実験

無機塩類4種では、特に低濃度のMgCl₂水溶液に対してツメタガイは弱い誘引効果を示した(図9)。しかし、濃度が高くなるにつれて、MgCl₂水溶液に対するツメタガイへの誘引効果は著しく低下し無反応となっていた。KCl水溶液とCaCl₂水溶液に対しては同様の傾向がみられた。NaCl水溶液に対しては濃度が低いときには弱い忌避反応を示したものの、その他は無反応であった。うま味成分4種のなかでは、低濃度時においてコハク酸二ナトリウムに対しては全般的に強い誘引効果を示したのが特徴的であった(図10)。次に、グアニル酸とL-グルタミン酸ナトリウムでは濃度に関わらずほぼ無反応を示した。一方で、イノシン酸に対してはツメタガイでは濃度が高くなるにつれて著しい忌避効果を示した。

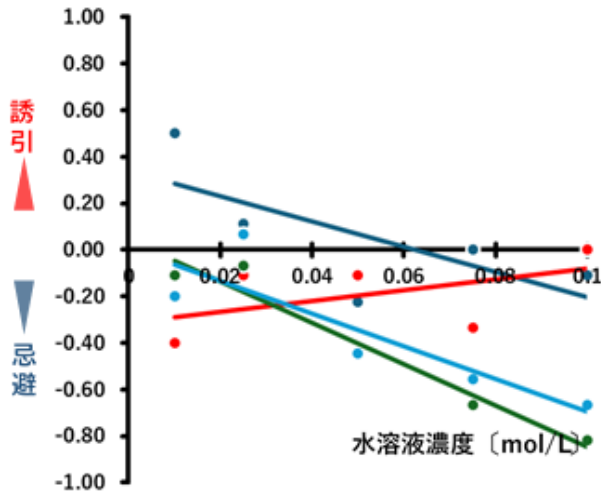


図9. 無機塩類4種類に対する誘引忌避効果
●MgCl₂、●NaCl、●KCl、●CaCl₂

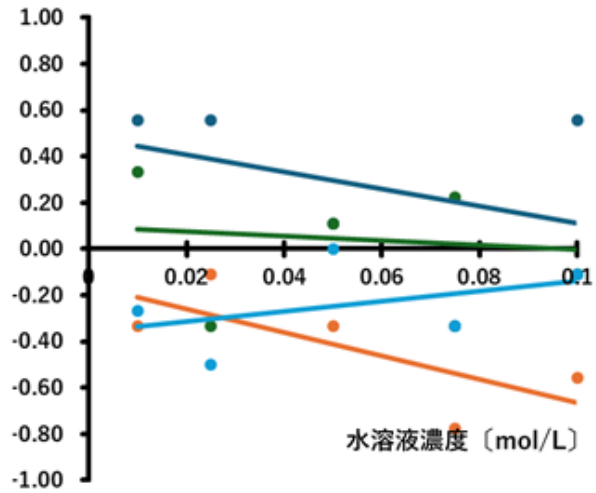


図10. うま味成分4種類に対する誘引忌避効果
●コハク酸二ナトリウム、●グアニル酸、
●L-グルタミン酸ナトリウム、●イノシン酸

(3) 卵嚢の分散移動実験

ツメタガイ卵嚢の移動距離と移動分散実験時での振幅とのあいだには強い正の相関がみられ、振幅を大きくするほど卵嚢の移動距離も大きくなった(図8、 $R^2=9.872$)。本実験では、周期10秒に揃えた上で、振幅のみを20cmから120cmまで変化させた。これは、実験中にトロ舟を等速度で移動していたと仮定すると、8.0cm/sから48cm/sまでの6倍の速さの変化に当たる。トロ舟の移動を速くすることで卵嚢の移動距離も増加したのだろう。卵嚢の下部直径と移動距離とは相関はみられなかった(図12、 $R^2=0.0599$)。卵嚢の移動しやすさは、大きさとは無関係であり、どのような大きさの卵嚢であっても、一定距離を移動分散する可能性があることが示された。

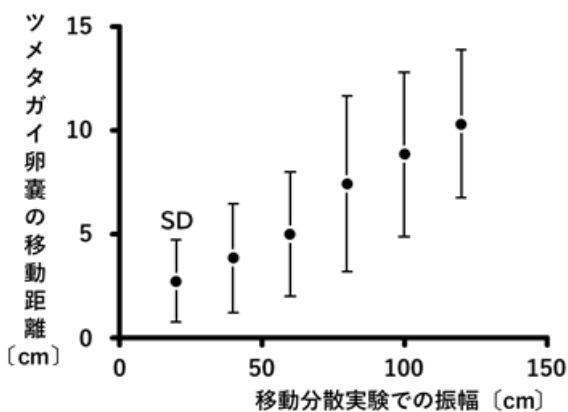


図11. ツメタガイ卵嚢の移動距離と実験時の振幅
※SDは標準偏差を示す。

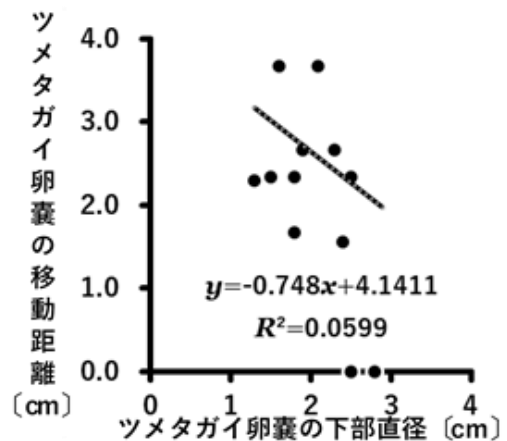


図12. ツメタガイ卵嚢の形態と移動距離

5 考察

アサリ貝殻の厚さには殻長とのあいだに、中程度の正の相関がみられた。大きく成長したアサリほど殻長が大きくなると推定されることから、貝殻の厚さはアサリの成長と深い関係があると推定される。このことから、ツメタガイが小さな殻高の貝殻(厚さが薄いアサリ)を選好して捕食している可能性が示された。ツメタガイはアサリの大きさをどのように認識しているのか、未解明である。また捕食痕の位置を25個の区画のなかで記録したところ、殻頂周辺部を含む周囲4区画では合計90個(70%)も捕食痕数がみられた。ツメタガイは殻頂部に捕食痕を開ける傾向が強く示された。化学物質反応実験では、低濃度の $MgCl_2$ 水溶液に対してツメタガイは弱い誘引効果を示したが、濃度が高くなるにつれて無反応となった。塩化マグネシウムによる麻酔効果が報告されており、マガキ *Magallana gigas* では 0.037mol/L の塩化マグネシウムへの曝露、ツキヒガイ *Ylistrum japonicum* では 0.4mol/L 塩化マグネシウムの関殻筋への在射により関殻筋が弛緩されることが報告されている(Namba et al. 1995; 上水樽・安楽 1990)。本研究から、ツメタガイに対する塩化マグネシウムの麻酔効果は、 0.02mol/L ~ 0.04mol/L で確認された。KCl水溶液と $CaCl_2$ 水溶液に対しての強い忌避反応は、アルカリ性であるKCl水溶液と $CaCl_2$ 水溶液に生命の危機を感じたからだと考えられる。NaCl水溶液に対して、大半が無反応であったのはNaClが海水中にもっとも豊富に存在するためであろう。最も強い誘引反応を示したコハク酸二ナトリウムは貝類のうま味を呈し、アサリに多く含まれている。また、コハク酸二ナトリウム水溶液の実験時では、ツメタガイが触覚をハッキリと伸ばして探索行動を示していたのが特徴的であった。この結果より、捕獲装置の誘引餌にコハク酸二ナトリウムを混合させることで、効率よくツメタガイを捕獲できる可能性が示された。グアニル酸とL-グルタミン酸ナトリウムがほぼ無反応を示したのは、餌ではない植物性のうま味成分には反応しなかったためではないだろうか。海洋動物性のうま味成分であるイノシン酸に対して忌避反応を示したのは意外であるが、忌避剤として用いることができるかもしれない。移動分散実験により、振幅を大きくするほど卵囊の移動距離が大きくなったことから、ツメタガイ卵囊は荒天時に大きく移動する可能性が考えられる。さらに、卵囊の下部直径と移動距離とは相関はみられなかったことから、どの大きさの卵囊も一定距離を移動分散する可能性があることが示された。ツメタガイの卵囊は小さなものでも大量の卵を含んでいることから、卵囊の大きさによる駆除の優先順位はなく、見つけ次第駆除すべきであることを明らかにすることができた。

6 謝辞

本研究は、山崎自然科学教育振興会の研究助成を受けて遂行可能となった。また、研究について丁寧にご指導していただいた浜松学芸中学校・高等学校の伊藤信一教諭に心から感謝申し上げます。

7 引用

- 水野知巳(2006)アサリの天敵・「ツメタガイ」と「サキグロタマツメタ」について. 三重県科学技術振興センター, <http://www.sea.pref.mie.jp/mirainet/h18/asarinotenteki.PDF>. 2024年4月16日最終確認。
- Namba, K・M. Kobayashi・S. Aida・K. Uematsu・Y. Kondo, Y. Miyata (1995). Persistent relaxation of the adductor muscle of oyster *Crassostrea gigas* induced by magnesium ion. *Fish. Sci.*, 61: 241-244.
- 静岡県水産・海洋技術研究所(2002) 浜名湖のアサリの現状 浜名湖重要貝類生産安定化研究(平成9年~13年), <https://fish-exp.pref.shizuoka.jp/03research/3-3-1-9.html>, 2024年4月15日確認。
- 内田基晴・石樋由香・渡部諭史・辻野陸・手塚尚明・高田宣武・丹羽健太郎(2024) 栄養塩・餌料環境に依存したアサリの分布: アサリ安定同位体比がアサリの生産性指標となり得る可能性. *日本水産学会誌*. 90(4): 294.
- 上水樽豊己・安楽和彦(1990) ツキヒガイ関殻筋への塩化マグネシウム注射による関殻. *日水誌*. 65: 856-859.