

3 種の海産性巻貝類における

すみわけ行動の教材化に向けた授業実践

本木和幸（長崎大学大学院教育学研究科）

大庭伸也（長崎大学教育学部）

はじめに

理科教育において、観察・実験は学習者の学習意欲の喚起や学びを深める上で効果的である。現行の高等学校学習指導要領解説理科編理数編でも、「生物」において、「多種多様な生物や生物現象についての観察、実験などを生徒がねらいを明確にして行うことを通して、生物や生物現象を理解させ、生物学的に探究する能力や態度を身につけさせる」とあり、生物を用いた観察・実験の必要性が述べられている。しかし、高等学校「生物」の授業では、進学に向けた知識習得偏重な学びが多く行われており（山路ら 2008）、特に生態学分野では生きた教材を用いた観察・実験が難しいことが報告されている（水澤 2016）。教材生物に適した生物の条件として①入手が容易であること、②飼育や栽培が容易であること、③安全であることなどが挙げられる（竹下・富川 2014）。

海産性巻貝類のアラレタマキビ *Nodilittorina radiata* (Souleyet in Eydoux & Souleyet, 1852)、タマキビ *Littorina brevicula* (Philippi, 1844)、イシダタミ *Monodonta labio* (Linnaeus, 1758) は、日本において一般的であり入手が容易である。飼育も容易で、著者の 1 人・本木は飼育に用いる海水の塩類濃度調整のみで、室内において 2 か月間アラレタマキビ、タマキビ各約 100 匹とイシダタミ約 50 匹の飼育を行ったが、3 種ともほぼ全個体が生存した（本木 未発表）。アラレタマキビは熱や乾燥にも強いことが報告されている（和田・伊藤 2000）。また、3 種は毒性や噛む、刺すなどの物理的な危険性はないと考えられる。海岸において、アラレタマキビは潮間帯上縁部および潮上帯に、タマキビは潮間帯に、イシダタミは潮間帯および潮下帯に棲んでおり、3 種はすみわけを行っていること、特にアラレタマキビは海水をかけると出殻反応を示し、海水から逃避することが知られている（大沢・佃 1958）。すみわけは高等学校「生物」の「生態と環境」に出てくる用語であり、多様な種が共存する仕組みを考える上での重要な内容である。「生態と環境」のすみわけの内容において、学校内で実践可能な観察・実験の例はほとんど確認できない。著者らは昨年アラレタマキビの逃避行動観察と、逃避行動に影響する要因の調査を行った。結果として、学校内で生じると考えられる騒音や、個体ごとの体サイズによる影響は確認されなかった（本木・大庭 2019）。本研究では、海産性巻貝類を用いたすみわけの実験と観察方法の確立を目指し、大学生を対象

に授業実践を行った。その結果をもとに、実験を行う上での最適な実験時間と実験人数（巻貝類の個体数）を考察した。

材料と方法

3 種の海産性巻貝類

実験に使用した海産性巻貝類を示す（図 1）。

アラレタマキビ

殻高約 5mm。北海道以南および中国大陸沿岸に分布する。外海に面した岩礁域の飛沫帯に棲息し、満潮時にも海水に浸らないような場所に群生している。

タマキビ

殻高約 12mm。北海道以南および中国大陸沿岸に分布する。外海に面した岩礁域の潮間帯に棲息している。

イシダタミ

殻高約 25mm。北海道から九州まで広く分布する。潮間帯岩礁域および潮下帯に棲息している。



図 1. 実験に用いた 3 種の海産性巻貝類
左からイシダタミ，タマキビ，アラレタマキビ。

採集地と飼育方法

実験に使用した個体を，長崎県長崎市手熊町の海岸より 2018 年 4 月 27 日に採集し，室内で種ごとに別々のバケツ（15L）に分けて飼育をした。飼育用バケツには，置き石と現地で収集した海水を入れ，採集から 5 日後に実験に使用した。海水の塩類濃度がアラレタマキビの海水逃避行動に影響があるため（本木・大庭 2019），淡水を足すことで海水の塩類濃度を約 3.5%に保った。

観察方法

プラスチック容器（直径 129mm×高さ 97mm，リスパック株式会社，岐阜）に，カップの底から 1cm の位置を 0 として，そこから 1cm ごとに数値を 7 まで記入した。海水をプラスチックカップの 0 を記入した位置まで入れ，海水面とした。その中に巻貝を 1 個体静置し，10 分間巻貝の行動を観察した。観察開始から 1 分ごとの，海水面からの逃避距離を整数で表し，スコアとした（例えば巻貝の体の一部が 4 を超え，5 に届いていなければスコアは 4 となる）。受講者 1 人につき 2 種（アラレタマキビ，タマキビ）を 5 個体ずつ観察した。各受講者は 5 個体を同時に観察することを 2 回繰り返した。イシダタミについては著者の 1 人・本木が 5 個体のみを観察した。

授業実践

2018 年 5 月 2 日に，生物学実験 I の中の『海産性巻貝類の行動観察』で授業を実践した。受講者は中学校教諭一種免許状（理科）および高等学校教諭一種免許状（理科）の取得を志望する学生 13 名（大学院生 1 名を含む）である。受講者には，生物のすみわけについてと観察方法（前述）を説明した後に，4 班（2～4 人／班）に分けて観察を行った。

最適な観察方法の調査

3 種の海産性巻貝類において，どれくらいの時間で海水逃避行動の距離の違いおよび種による違いが認められるのかを調査するため，12 名（1 名は観察結果の不備があったため除外）の結果より，海産性巻貝類 3 種の 1 分ごとの平均スコアを多重比較検定 Tukey-Kramer 法を用いて比較した。

行動観察中に，海水逃避行動を示し 1 度海水面から離れた個体が，時間が経過すると方向転換し海水面の方へ戻っていく行動（海水復帰）が観察された。海水復帰行動を行った個体の割合が 2 種（アラレタマキビ，タマキビ）の間で違いがあるのかを χ^2 検定を用いて比較した。またタマキビについては，個体ごとに海水復帰を開始する時間を調べた。

最適な観察者数（個体数）の調査

2 種（アラレタマキビ，タマキビ）において，どれくらいの観察者数（個体数）の結果を集計すれば海水逃避行動の距離の違いが認められるのかを調査するため，個人（5 個体ずつ），班（10～20 個体ずつ），全体（60 個体）それぞれの集計単位で平均スコアに違いが認められるのかを調べた。個人，班では，実験開始 10 分後の平均スコアをマンホイットニ U 検定で比較した。全体では，イシダタミの結果も加えて繰り返しのある二元配置の分散分析を用いて，各時間の平均スコアを比較した。

すべての統計解析にはエクセル統計（柳井 2011）を用いた。

結果

最適な実験時間の調査

アラレタマキビは実験開始 6 分後からタマキビと、7 分後からイシダタミと海水面からの逃避距離の有意な差が認められた (図 2)。

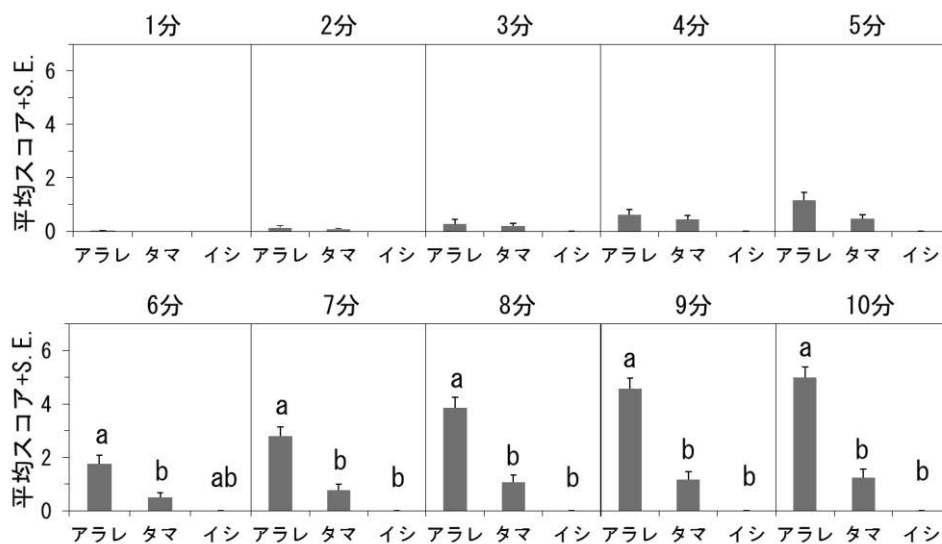


図 2. 1 分ごとの 3 種のスコア比較

アラレタマキビ, タマキビ, イシダタミをそれぞれ, アラレ, タマ, イシと表記する。

異符号間に有意差が認められた ($P < 0.05$, Tukey-Kramer 法)。

図 3 にアラレタマキビとタマキビの海水復帰を行った個体数を示す。各種 60 個体中, アラレタマキビが 1 個体, タマキビが 19 個体海水復帰を行っており, アラレタマキビに比べてタマキビは有意に海水復帰を行う個体の割合が高いことがわかった。

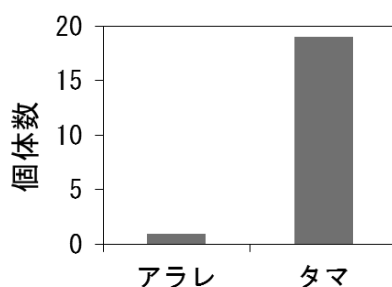


図 3. 海水復帰を行った個体数の比較

2 種間に有意差あり ($P < 0.001$, χ^2 検定)

海水復帰を行ったアラレタマキビ 19 個体の頻度分布をみると, 実験開始 3 分後に 2 個体, 5 分後に 6 個体, 6 分後に 3 個体, 7 分後に 1 個体, 8 分後に 4 個体, 9

分後に 2 個体，10 分後に 1 個体海水復帰を開始した（図 4）。

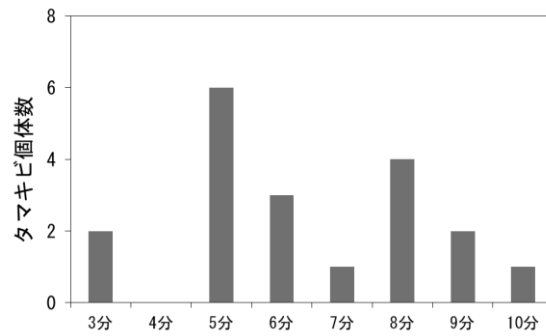


図 4. タマキビの海水復帰開始時間の頻度分布

最適な観察者数（個体数）の調査

個人（5 個体／人）では，2 種の平均スコアに有意な差が認められるもの 8 例と，認められないもの 5 例が確認された（図 5）。班（10～20 個体／班）では，4 つの班全てでアラレタマキビがタマキビよりも有意にスコアが高かった（図 6）。

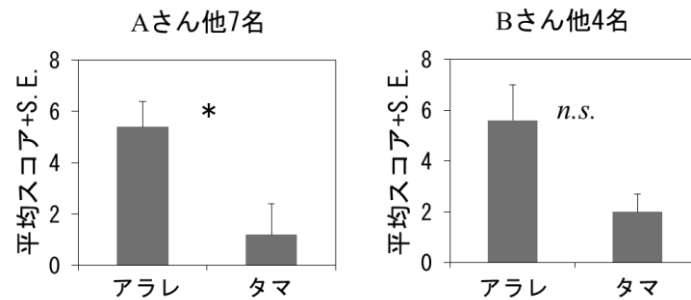


図 5. 個人ごとの 2 種の平均スコアの比較例

*は $P < 0.05$ ，*n.s.*は $P > 0.05$ を示す（マンホイットニ U 検定）。

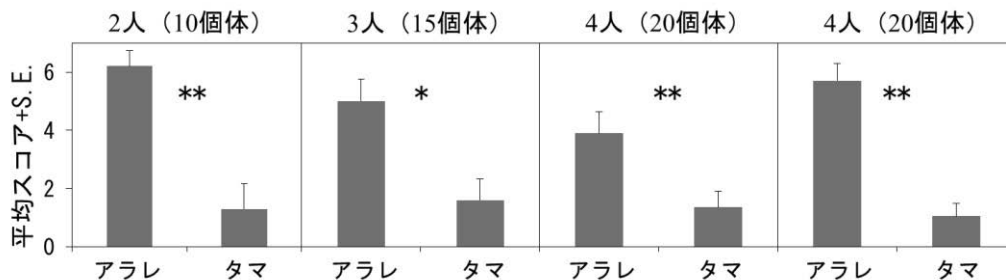


図 6. 各班の 2 種の平均スコアの比較

*は $P < 0.05$ ，**は $P < 0.01$ を示す（マンホイットニ U 検定）。

図 7 および表 1 に全体（各種 60 個体／クラス）の結果を示し、3 種のスコアの変化が有意に異なることが確認された。二元配置の分散分析の結果、種と時間の相互作用が有意となり、スコアの時間的推移は種ごとに異なることが分かった。

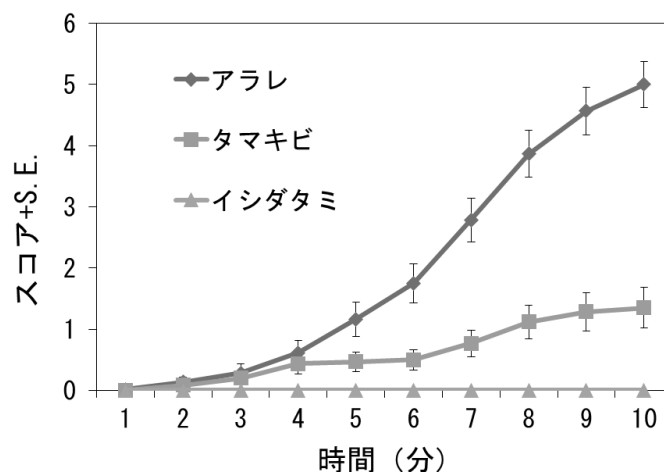


図 7. 時間ごとの 3 種の平均スコアの推移

表 1. 3 種の平均スコアに関する繰り返しのある二元配置の分散分析の結果

変動要因	自由度	平均平方	F 値	P 値
種	2	335.07	93.05	<0.001
時間	9	164.76	45.75	<0.001
種*時間	18	33.89	9.41	<0.001
誤差変動	1220	3.60		

考察

3 種の平均スコアの比較において、アラレタマキビは 6 分からタマキビと、7 分からイシダタミと有意な差が認められた（図 2）。また、タマキビはアラレタマキビに比べ顕著に海水復帰を行う個体が確認された（図 3）。海水復帰を行う個体は、3 分から海水復帰を開始していた（図 4）。これらより観察時間は、6 分以上必要であり、10 分あれば十分に種ごとの海水に対する反応の違いを観察できることが示唆される。

観察者数に関しては、1 人（5 個体）ではアラレタマキビとタマキビで有意な平均スコアの差は認められない場合があった（図 5）が、班（10～20 個体）および全体（60 個体）では種ごとの平均スコアに有意な差が認められた（図 6, 7, 表 1）。これより班（10～20 個体）単位もしくはクラス全体で観察結果の集計を行う必要があることが示唆される。観察に用いた 3 種の海産性巻貝類は、採集地で入手

が容易であり、特にアラレタマキビとタマキビは1つの岩(約1 m³)で数百個体の入手が可能であり、飼育も容易であるため、1度の採集で全クラス分の個体を賄える。また、1度に5個体ずつ10分間の観察でアラレタマキビとタマキビを合わせても観察自体は20分で完了する。50分間を基本とする高等学校の授業において、十分に実施可能な実験時間である。騒音や個体間の体サイズがアラレタマキビのスコアに影響しない(本木・大庭 2019)ことも含め、3種の海産性巻貝類は実験生物として適していることが確認された。

今回の研究では、3種を別々のバケツ内で飼育したが、昨年の飼育(本木 未発表)ではアラレタマキビとタマキビ、アラレタマキビとイシダタミの2つのバケツに2種ずつを投入し、飼育した。1種ずつ飼育すると、アラレタマキビはバケツの海水面近くにも群棲するのに対して、2種で飼育するとアラレタマキビは海水面の近くから、バケツ上部に移動し、海水面近くではタマキビもしくはイシダタミが群棲した。野外において乾燥や熱などの厳しい無機質な環境に耐えるための行動と考えられる、アラレタマキビのつま先立ち行動(和田・伊藤 2000)も、バケツ飼育時に観察することができた。このような状況を生徒に観察させ、比較させることや、行動の理由を考えさせることも、種が共存する仕組みとしてのすみわけを理解する助けとなる可能性がある。実験時に、タマキビとイシダタミを1個体ずつ投入したプラスチックカップと、タマキビ2個体を投入したプラスチックカップでの海水復帰行動を行うタマキビの個体数を比較する実験も、生徒のすみわけの理解や生物への興味や関心を高めることに有意義である可能性がある。

昨年の研究(本木・大庭 2019)では、採集地の最高潮位差が150cmを下回るときはアラレタマキビの海水からの逃避距離が大きく低下することが確認された。今回は授業実践日の最高潮位差が188cmだったため、3種の平均スコアに有意な差が認められた可能性がある。最高潮位差150cm以下の日は、長崎市において1月に1~3度のみであるため、観察・実験実施に大きな影響はないと考えられるが、最高潮位差150cm以下の日における観察時間、観察人数の条件も検討する必要がある。また、潮位差は地域においても異なるため、今後は別地域で採集した海産性巻貝類3種を用いて、潮汐と海水からの逃避距離との関係を調べる必要があるだろう。

文献

- 大沢済・佃弘子(1958) アラレタマキビの出殻反応誘発および抑制効果における陽イオン間の関係. 動物学雑誌 67 (1・2): 14.
- 竹下俊治・富川光(2014) 第8章 生物教材の開発と学習指導, 「中等理科教育」.
- 磯崎哲夫(編). 協同出版, 東京. pp. 225-253.
- 三浦知之(2008) 干潟の生きもの図鑑. 南方新社, 鹿児島. pp.197.

- 水澤玲子 (2016) 生態学分野の教材・手法の共有に関する高校教員の取り組み.
日本生態学会誌 66 : 629-638.
- 文部科学省 (2009) 高等学校学習指導要領解説理科編理数編. 学校図書株式会社,
東京. pp.232.
- 山路裕昭・中西弘樹・星野由雅・古賀雅夫・福山豊・椛島成治・樋口精一郎・陣
野信孝・近藤寛 (2008) 教育学部生を対象とした高校化学・生物実験に関す
る調査の結果について. 日本科学教育学会年会論文集 28 : 619-620.
- 本木和幸・大庭伸也 (2019) アラレタマキビの海水逃避行動に影響する要因.
長崎県生物学会誌 (84) : 印刷中.
- 柳井久江 (2011) 4Steps エクセル統計第3版. オーエムエス出版, 東京.
- 和田哲・伊藤篤 (2000) アラレタマキビ *Nodilittorina radiata* におけるつま先立ち
行動. 高知大学海洋生物研究報告 20 : 15-24.