

## Short Report

## レイシガイの摂餌行動、蝸集、卵囊に関する基礎的研究

## レイシガイ駆除技術の開発に向けて（1）

岡野桂樹<sup>1</sup>，大石哲也<sup>1</sup>，松山大志郎<sup>2</sup>，中林信康<sup>2</sup>，保坂芽衣<sup>2</sup>，尾崎紀昭<sup>1</sup>，  
 小黒-岡野美枝子<sup>1,3</sup>，山田潤一<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 秋田県立大学 生物資源科学部 応用生物科学科

<sup>2</sup> 秋田県水産振興センター，<sup>3</sup> ヤマザキ学園大学

レイシガイは肉食性の巻貝であり、イワガキ稚貝を食害することが知られている。イワガキは、秋田県の夏の代表的な味覚であり、レイシガイの食害はイワガキの資源保護の重大な障害であることから、その駆除は緊急の課題である。本研究では、レイシガイの摂餌行動、誘因要因、蝸集、および卵囊について検討した。その結果、摂餌後に満腹となったレイシガイがケミカルシグナルを放出し、他のレイシガイを誘因することで、蝸集が起こる可能性を明らかにすることができた。また、レイシガイは1個体あたり、 $32 \pm 15$ 個（ $N=16$ ）の卵囊を形成し、それらの中で約5000の胚（幼生）を20日以上かけて丹念に扶育する様子が観察できた。したがって、レイシガイは特殊な卵囊をつくることで、卵囊をつくらない他の貝と比べて極少数の受精卵から効果的に子孫を残せることが明らかとなった。この性質を逆用し、卵囊が特に黄色に見える状態で、デッキブラシなどを用いて卵囊を傷つけることで、比較的簡単に次年度以降のレイシガイの個体数を減らせると思われる。本研究から、誘因因子やレイシガイの特性を利用して、イワガキ稚貝の周辺からレイシガイを駆除する手法の開発の前提となる基礎的な知見を得ることができた。

キーワード：レイシガイ，肉食性巻貝，イワガキ稚貝の食害，レイシガイの駆除，卵塊，蝸集

イワガキ・アワビなどを主体とした磯根漁業は、秋田県の沿岸漁業を支える重要な漁業である（山田，2011 など）。磯根漁業はまた、一般的に初期投資がほとんど不要で、操業経費も少なく安定した漁獲が見込める。したがって、秋田県水産業が最も渴望している漁業への新規就労者に魅力的な漁業である。

イワガキはミルクのような濃厚な味わいを特徴とする秋田県の夏を代表する食材で、秋田県の漁獲量は全国の約20%を占め、漁獲高は2億円を突破している。しかし、イワガキは成長が遅く、資源量の減少が大きな問題となっている。

イワガキの資源量の減少のひとつの要因は、一度漁獲した岩などの基質への再付着が難しいことがあげられる（山田，2011 など）。この問題については、

水産振興センターの精力的な研究により、イワガキ幼生の付着時期の直前に、付着基質をクリーンアップすることで解決されつつある（加藤，2014；猿田，2013）。ところが、付着した貴重なイワガキ稚貝の多くがレイシガイ（*Thais bronni*，または *Reishia bronni*，図1）の食害によって、死に至らされることが明らかとなった（加藤，2014；猿田，2013）。

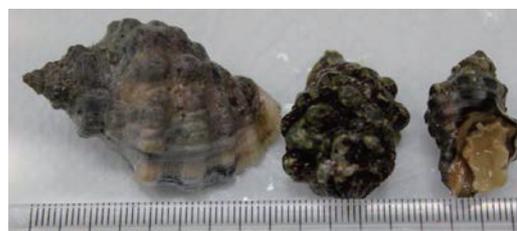


図1 レイシガイ

レイシガイは軟体動物門・腹足綱・吸腔目・アツキガイ科・レイシガイ亜科 (<http://www.godac.jamstec.go.jp/bismal/j/view/9035697>; Barco *et al.*, 2010) に属し、イワガキ、ムラサキイガイ、フジツボなどの殻に孔をあけ、捕食する肉食性の巻貝である。分布域は北海道南部以南の岩礁域潮間帯から潮下帯で、水深 1～10 m くらいに生息する。近縁種のイボニシ (*Thais clavigera*) については、特に環境ホルモン関連で多数の論文 (Choi *et al.*, 2013; Ho *et al.*, 2014 など) があるものの、レイシガイについてはきわめて少ない。

レイシガイは 6 月になると、動きが活発化し蛸集を始める。産卵のシーズンは 7～8 月であり、その時期には大きな卵塊を形成するとともに、卵塊を覆うようにレイシガイの蛸集が見られる (山田, 私信)。本研究では、6～7 月における初期の蛸集が摂餌行動と関連すると推測し、まず摂餌行動と蛸集に関する基礎的研究を行った。ついで、レイシガイの駆除を考える上で、欠かせない生殖システム、特に効率的な生殖のカギを握る卵塊と卵囊の性質について検討した。

これらの基礎的な検討を足掛かりにして、蛸集の性質を逆用して、イワガキ稚貝の周辺からレイシガイを効果的に駆除する手法の開発を目指していきたい。

## 材料と方法

実験に用いたレイシガイは、にかほ市金浦、にかほ市象潟、および潟上市天王における潜水調査で採取したものを使用した。レイシガイの餌には、イワガキ稚貝が貴重なため、ムラサキイガイを用いた。

摂餌行動の観察には、15 cm の立方体水槽 (小水槽, Nisso) を用い、餌とレイシガイを入れて、タイムラプスビデオ (JVC ビデオカメラ GZ-G5) で追跡した。走査型電子顕微鏡は日立走査型電子顕微鏡 SU8100 を使用した。100 L 水槽 (上面ろ過) を用いた自由行動観察実験には、レイシガイ 200 個体と、餌として大量のムラサキイガイを共存させ、水温を 24 °C (産卵期の 7～8 月の水温) または 18 °C (活動が活発化する 6 月の水温) に保ち、その行動を 11～12 月の約 2 ヶ月間にわたり、タイムラプスビデオ

撮影とデジタルカメラ (Canon EOS KissX5) での定時撮影を併用して追跡した。

レイシガイの誘引要因を調べるためには、屋内 20 kL 丸形水槽の内壁に沿って容量 15 L のバケツ 3 つ (A, B, C) を等間隔に配置し、バケツ内にレイシガイや餌となるムラサキイガイを収容し実験した。バケツにはチューブにより海水を 12 mL/秒で通水し、海水はバケツ上部に開けた直径 1 cm の穴からバケツの外壁を伝い静かに流れ落ちるようにした。水槽は中央に向かって浅く傾斜が付いており、バケツから流れ出た海水は中央から排水される形とした。水槽中央部での水深は約 5 cm とし、そこにレイシガイ 40 個体を置き、レイシガイがどの方向に移動したかを記録した。実験はバケツの位置を変えて各 6 回行い、水槽の傾き、光量など、バケツの位置による偏りがないようにした (中林, 2014; 松山, 2015; 谷口, 2005)。

卵囊や幼生の顕微鏡写真には、ライカ MC120HD デジタルカメラを装着した倒立顕微鏡 (Nikon-TE300) と実体顕微鏡 (Nikon-SMZ800) を用いた。

## 結果と考察

### 小型水槽中でのレイシガイの摂餌の観察

肉食性の巻貝は、穿孔腺という酸を分泌する器官を持ち、硫酸を分泌して付着性の貝やフジツボの炭酸カルシウムでできた殻に孔をあけ、捕食すると言われている。



図 2 レイシガイの捕食

実際にレイシガイがムラサキイガイを捕食する行動を観察 (図 2) したところ、上殻と下殻の境界部分の比較的殻が薄い部分を狙って被うようにへばりつき、その後、殻が開き、内部をしゃぶりつくす独特の行動が観察できた。

レイシガイに捕食されたムラサキイガイの殻を光学顕微鏡 (図 3A), および走査型電子顕微鏡 (図 3B) で観察したところ, 上殻の外縁部に円形の穿孔が見られた。

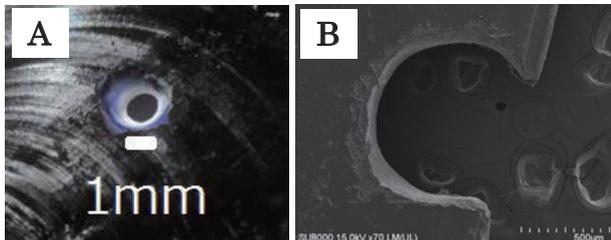


図3 レイシガイが摂餌したムラサキイガイにあけた孔  
A: 光学顕微鏡写真、B: 電子顕微鏡写真。

### 100 L 水槽中での摂餌行動と蛸集

水槽内で蛸集は観察できるだろうか。蛸集と産卵のシーズンではない 11~12 月に, 産卵期の水温を模倣し, 餌を十分に与えた条件下で, レイシガイの蛸集と産卵が見られるかどうかを調べた。この際, 蛸集は 2 日間以上ほとんど動きがなく, 10 個体以上のレイシガイが密集して分布する状態と定義した。餌が十分にある状態の行動はきわめて特徴的で, 蛸集 (図 4) と摂餌行動 (分散して餌に群がる行動) を繰り返した。すなわち, 蛸集は 5 日~13 日間続き, その後いっせいにムラサキイガイに 2~3 日間群がり, 摂餌を済ますとまた蛸集する行動を繰り返した。この現象の解釈は単純ではないが, 満腹になったレイシガイが交尾 (受精) または防御のため, 集合する可能性が考えられる。ただし, この条件下では, 産卵は全く観察できなかった。

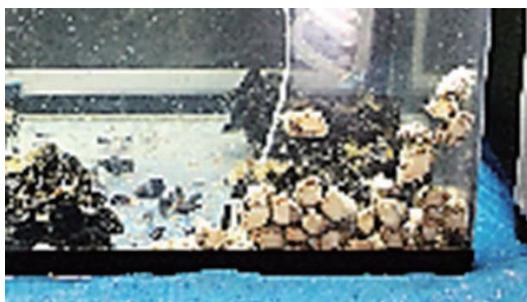


図4 レイシガイの水槽内での蛸集

### レイシガイの誘引要因の検討

図 4 の実験とは別角度から, レイシガイの蛸集・誘引要因を調べるため, 水産振興センターの屋内 30

kL 水槽 (底面直径 3.6 m, 中央がくぼんでいる) を使い, A: ムラサキイガイ 10 個体, B: レイシガイ 20 個体, および C: ムラサキイガイ 10 個体を摂食中のレイシガイ 20 個体を入れた 3 個のバケツから, 流速 12 mL / 秒で海水を流し, 中央にレイシガイ 40 個体を入れ, どの方向に誘引されるかを調べる実験を行った (中林, 2014; 松山, 2015, 図 5)。その結果, 有意 ( $P < 0.016$ ) にムラサキイガイを摂食中のレイシガイを入れたバケツ流域に集まった。さらに, 摂食されたムラサキイガイと摂食したレイシガイへの誘引を調べたところ, ムラサキイガイを摂食したレイシガイに有意に ( $P < 0.005$ ) 誘引された (中林, 2014; 松山, 2015)。

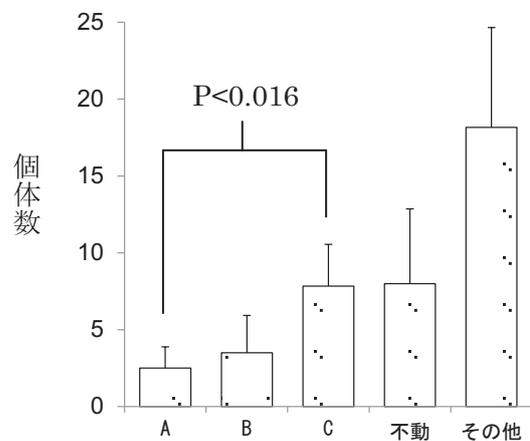


図5 レイシガイの誘引要因の検討  
A, B, C: は本文参照 (平成 26 年度秋田県水産振興センター事業報告書から許可を得て転載)

この結果は, 摂餌後のレイシガイが何らかのケミカルシグナルを放出し, 他のレイシガイを誘引する可能性を示唆している。現時点では, 誘引シグナルがレイシガイ排泄物 (餌の代謝物など) 中の化学物質である可能性が考えられるが, その点については今後さらに検討する必要がある。もうひとつ注意を要する点は, レイシガイの一部の集団だけが蛸集したり, 誘引されたりすることである。たとえば, 図 5 においても, 摂餌後のレイシガイが放出する物質に誘引活性がある可能性が高いが, 不動やその他域 (図 5) に分布するレイシガイが多数あった。また図 4 の 100 L 水槽中での蛸集の場合も, この場所に蛸集したレイシガイは水槽全体をみれば, むしろ少数派であり, 他の場所に蛸集する集団や, 単独で行

動する多数のレイシガイも観察された。したがって、餌取りして満腹になったレイシガイが誘因（蛸集）シグナルを放出するとしても、その応答はレイシガイの生理的な条件（満腹度、生殖器の成熟度、性別、その他）に大きく影響を受けると考えられる。満腹時に出すシグナルが成熟雄雌の交尾のための蛸集の引き金となるならば、蛸集した集団の性比や生殖器の成熟度が重要となる。一方、そのシグナルがレイシガイ同士を蛸集させ、大きな集団をつくることで、他の捕食生物から身を守るためのものとするれば、性比や生殖器の成熟度ではなく、直前の餌とり行動に参加していた個体同士が蛸集する可能性が高い。これを識別するためには、図4、図5の実験の再現性を確認するとき、同時にレイシガイの個体識別を行うことが重要である。

### レイシガイの卵塊と卵囊

レイシガイの産卵の特徴は卵塊（図6A）を形成することである。卵塊について、さまざまな倍率で写真に撮り、詳細に観察したところ、卵塊は約5mmの高さを持つ円筒状の卵囊（図6B、図7）が並列に連なった構造を有することが分かった（図6B）。

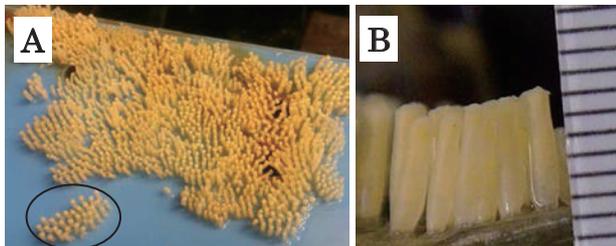


図6 レイシガイの卵塊 (A)と卵塊を構成する卵囊 (B)

\* 黒丸内は1個体が産卵した卵囊の集合体

卵囊の上部は孵出時に開く開口部となっており、20～25日後、開口部からベリジャー幼生（図8）が孵出した。柱部分は十分な強度と柔軟さを持つ素材（Rapoport & Shadwick, 2007）で形づくられ、内部には捕食を防ぐ忌避物質が含まれるとの報告がある（Shiomi *et al.*, 1998）。卵囊の下部はレイシガイが分泌する生物接着剤で、岩やプラスチックコンテナなどの基質にしっかり固定されていた。接着剤は分泌時にはかなり流動性が高いようで、お互いの卵囊は下部の接着剤でつながり、卵囊の塊同士はさらに接

着剤でつながって、大きな卵塊を形成していた。

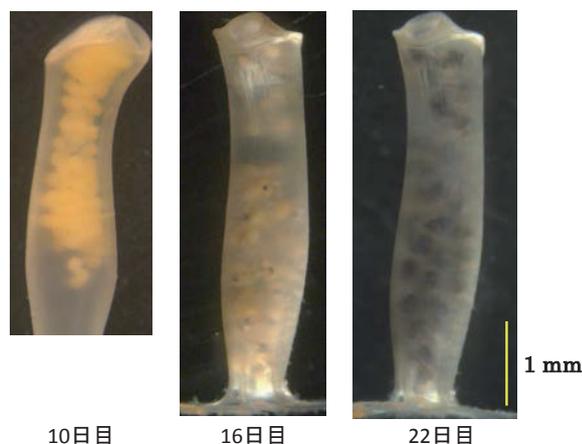
### レイシガイの産卵数の推定

実験室内でのレイシガイの産卵のビデオ記録には成功しなかったが、水産振興センター水槽での産卵の時間経過を観察したところ、卵囊数十ずつが、ひとつの塊を形成して増えている様子が認められた（図6A黒丸）。そこで、その数十の塊を1個体が産卵した集合と考え、計測したところ、卵囊の塊は32±15（平均±標準偏差、N=16）個の卵囊から構成されていた。レイシガイについて、ひとつの卵囊にくつの胚（幼生）が含まれているかについてのデータはないが、近縁のイボニシで計測された例をみると、卵囊1個あたり、胚（幼生）を約150含むと推定されていた。この結果を元に1個体のレイシガイが産卵する卵数を推測すると、約5,000（32×150=4,800）と見積もることができる。この数値はレイシガイと同様に卵囊を形成するバイ貝（約12,000, [http://kagoshima.suigi.jp/ayumi/book/03/a03\\_01\\_03\\_06.pdf](http://kagoshima.suigi.jp/ayumi/book/03/a03_01_03_06.pdf)）と同等の値であり、卵囊をつくらない他の貝類の産卵数（たとえば、アワビ：100万～400万 <http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cmsdata/9/0/6/906b5a32c1b656b816ff471cdb90f1d5.pdf>, ホタテガイ：数千万～1億, <http://aomoritomoya.co.jp/scallop/seichou.html>）と比べると劇的に少ない。これは、レイシガイが高機能性の卵囊をつくることで、産卵数を極端に抑えていることを意味する。逆に考えれば、卵囊（卵塊）を効果的に破壊できれば、その海域で生息するレイシガイの個体数を劇的に減らせる可能性がある。

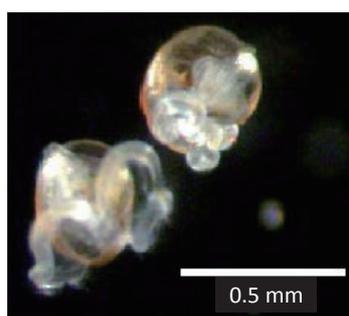
### 卵囊中の胚発生

卵囊の発見時を産卵0日とすると、図7の例では、室温条件下（22～25℃）で、22日目にベリジャー幼生を孵出した。この例では、黄色胚の発生は約10日間続き、10日目に卵囊内でゆっくりした動きが観察できるようになった。この時点で胚を卵囊外にだし、海水中で一晩放置したところ、すべての胚は死滅していた。16日目になると幼生に黒い点が観察されるようになり（図7中）、卵囊内での積極的な動きが観察され始めた。22日目の写真（図7右）を撮影後約1時間で、上部の蓋が取れて開口部が形成され、

そこから 1 個体ずつベリジャー幼生 (例: 図 8) が  
 孵出する様子が観察できた。



**図7 レイシガイの卵囊の経時変化**  
 左: 産卵後 10 日目の卵囊, 中: 産卵後 16 日  
 目の卵囊, 右: 産卵後 22 日目で孵出 1 時間  
 前の卵囊.



**図8 孵出したレイシガイのベリジャー幼生**

10 日目以降であっても、卵囊内が黄色に見える状態では、運動性が乏しく、卵囊外では生きていけない可能性が高い。一方、黒くなり始めた 15~16 日目以降はかなりの運動性が観察でき、ベリジャー幼生に達しているようで、捕食されなければ、海水中でも生存できる可能性がある。このことから考えて、フィールドにおいて卵塊の色が黄色であれば、卵塊は取り除く必要はまったくなく、デッキブラシのようなもので卵囊に傷をつければ、誕生するベリジャー幼生の数を劇的に減らせる可能性があることが判明した。黒ずんでからの幼生において、卵囊が必須であるかどうかは今後の研究課題である。

## 結論

本研究の結果から、実海域で 6 月に見られるレイシガイの蝸集は、餌取り後に満腹となったレイシガイが他のレイシガイを誘因するケミカルシグナルを分泌することで引き起こされる可能性が明らかとなった。また、7~8 月に見られる卵塊を、特に黄色に見える状態で、デッキブラシなどを用いて傷つけることができれば、次年度以降のその海域におけるレイシガイの個体数を減らすことができる可能性が明らかとなった。ケミカルシグナルの同定と総合的なレイシガイ駆除手順の確立が今後の課題である。

## 謝辞

本研究は、秋田県立大学平成 26 年度産学連携・共同研究推進事業 (秋田県立大、秋田県水産振興センター) の支援を受けて行われた。

## 文献

- Barco, A., Claremont, M., Reid, D.G., *et al.*, (2010). A molecular phylogenetic framework for the Muricidae, a diverse family of carnivorous gastropods, *Mol. Phylo. Evol.*, 1025-1039.
- Choi, M., Moon, H.B., Yu, J., Cho, H., & Choi, H.G. (2013). Temporal trends (2004-2009) of imposex in rock shells *Thais clavigera* collected along the Korean coast associated with tributyltin regulation in 2003 and 2008. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 64(3): 448-55.
- Ho, K.K., Leung, P.T., Ip, J.C., Qiu, J.W., & Leung, K.M. (2014). *De novo* transcriptomic profile in the gonadal tissues of the intertidal whelk *Reishia clavigera*. *Mar. Pollut. Bull.*, 85(2): 499-504.
- Rapoport, H.S. & Shadwick, R.E. (2007). Reversible labile, sclerotization-induced elastic properties in a keratin analog from marine snails: whelk egg capsule biopolymer (WECB), *J. Exp. Biol.*, 210: 12-26.
- Shiomi, K., Ishii, M., Shimakura, K., Nagashima, Y., & Chino, M. (1998). Tigloylcholine: A new choline ester toxin from the two species of muricid gastropod (*Thais clavigera* and

*Thais bronii*, *Toxicon*, 36(5): 795-798.

加藤芽衣 (2014). 「水産資源戦略的増殖推進事業 (イワガキ漁場再生パイロット事業)」『平成 25 年度秋田県水産振興センター業務報告書』, 1-5.

猿田光春 (2013). 「イワガキの漁場再生への取り組み」『平成 25 年度秋田県青年・女性漁業者交流大会資料』, 11-15.

谷口洋基 (2005). 「トゲスギミドリイシを使ったシロレイシガイダマシの誘引実験」『みどりいし』, 16, 20-22.

中林信康 (2014). 「イワガキ増産への新たな取り組み」『平成 26 年度日本水産学会東北支部大会 講演要旨集』, 6-7

松山大志郎 (2015). 「藻場と磯根資源の維持・増大及び活用に関する技術開発 (レイシ駆除技術開発)」『平成 26 年度秋田県水産振興センター事業報告書』 in press.

山田潤一 (2011). 「イワガキの資源添加技術の開発」『平成 21 年度秋田県水産振興センター事業報告書』, 188-191.

〔平成 27 年 6 月 30 日受付  
平成 27 年 7 月 31 日受理〕

## Preliminary analyses of feeding behavior, swarming behavior and egg capsule characteristics in carnivorous sea snail, Reishigai, *Thais bronni*

Keiju Okano<sup>1</sup>, Tetsuya Ooishi<sup>1</sup>, Daishiro Matsuyama<sup>2</sup>, Nobuyasu Nakabayashi<sup>2</sup>, Noriaki Ozaki<sup>1</sup>,  
Mieko Oguro-Okano<sup>1,3</sup>, Junichi Yamada<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Department of Biotechnology, Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University,

<sup>2</sup> Akita Prefectural Institute of Fishery, <sup>3</sup> Yamazaki Gakuen University

Rock oysters are commonly consumed in Akita prefecture as a summer delicacy. However, the slow growth rate and the damage to juvenile rock oysters by Reishigai (*Thais bronni*) have hampered their reproduction. Here, we investigated the fundamental properties of Reishigai in terms of feeding behavior, swarming behavior and egg capsule characteristics, to achieve their biological control proximate the commercial rock oyster habitats. We found that chemical cue(s) released from the fully-fed Reishigai could attract other Reishigai and result in Reishigai's swarming behaviors. Identification of the chemical cue(s) can be used for their biological control. In addition, we also found that one Reishigai formed  $32 \pm 15$  (N=16) egg capsules and produced ca. 5000 larvae, which is a much smaller number than that of other shellfishes which directly give birth to larvae without forming any egg capsules, suggesting the importance of the egg capsule for the reproduction of Reishigai. This evidence suggests that destruction of the egg capsules of Reishigai around the rock oyster habitats by using a sort of scrubbing brushes could effectively reduce the harmful effects of Reishigai on the rock oyster population.

**Keywords:** carnivorous sea snail, *Thais bronni*, rock oyster, swarming behavior, egg sac, Reishigai