

## 鹿児島県喜入干潟おけるヘナタリの内部成長線解析に基づく生活史

平田浩志郎・富山清升

〒 890-0065 鹿児島市郡元 1-21-35 鹿児島大学理工学部地球環境科学科

## ■ 要旨

軟体動物の多くは、身を守るために貝殻を形成する。硬い殻の中に身を隠すことによって、環境の変化や外敵からの捕食から逃れることができる。さらに貝殻は体を支える機能も担っている。殻の形成には、外套膜の辺縁部が関係している。殻皮と呼ばれる有機物の膜が分泌され、その上に炭酸カルシウムの結晶が付加されながら大きく発達していく。このような成長は付加成長と呼ばれるが、付加成長の特徴として成長線の形成が挙げられる。成長線は様々な成長障害（ディスターバンズ）で貝殻に記録されていき、成長の記憶として重要視されている。しかし日本国内で、この成長線観察に関する過去の研究は化石を用いたものを除いて他になく、現生する巻貝での研究はまったく行われていない。本研究では、海産巻貝であるヘナタリ *Cerithidea (Cerithideopsis) cingulate* (Gmelin, 1791) の内部成長線観察の手順を確立することを目的とした。サンプルは鹿児島県鹿児島市喜入町の愛宕川流域における干潟、石油基地前の干潟とマングローブ林内の2地点で採集し、50 cm × 50 cm のコドラートをそれぞれ3箇所ランダムで設置し、その中にある全個体採集した。これを2010年12月～2011年12月まで、毎月の大潮干潮時に行った。採取した個体は、まず観察する

個体の殻高・殻幅をカーボンファイバーノギスで計測した。研磨作業は#400の研磨粉でグラインダーにかけ荒削り処理を行い、その後研究室に持ち帰って#4000の研磨粉を用いて鏡面研磨処理を行った。鏡面研磨処理を行ったサンプルは、双眼実体顕微鏡で内部成長線のようなものは観察できるが、さらに明瞭にするため、内部成長線が酸に対して他よりも耐性があるという特徴を活かし、エッチング処理を行った。エッチング処理では、まずHClを用いて研磨処理を行った断面を溶かし、水でよく洗った後に、CH<sub>3</sub>COOHを用いてさらに溶かし、水でよく洗い断面に凹凸を作った。これをSUMP処理を用いて凹凸の型を取り、さらに光学顕微鏡で観察した。結果として、海産巻貝のヘナタリで内部成長線観察を行うことができた。しかし、本研究において内部成長線がどのような要因（例えば、冬の成長停滞）で形成され、また、どの時期に形成されるかは断定することはできなかった。おおよその年齢測定も行うことはできなかった。しかし、内部成長線観察のなかで同じ科に属するフトヘナタリ *Cerithidea rhizophorarum* とエッチング処理に要する時間が大きく異なっていたことから、ほかの細かな要因も考えられるが、少なくとも底質環境の違いやその食性に関する考察ができた。さらに、過去の研究からも明らかになっているが、殻幅のサイズ（細かく言えば、殻口縁）と内部成長線には何らかの関係があると考えられた。今後の課題として、内部成長線観察と殻のサイズ頻度分布などから、内部成長線の形成時期を調査し、またヘナタリの寿命など調査する必要があるだろう。内部成長線は、今後の海産巻貝類の研究で生活史や年齢測定において、非常に重要な情報を提供してくれるものと考えられる。

Hirata, K. and K. Tomiyama. 2020. Life history of gastropod species *Cerithidea cingulate*, based on annual ring analysis of shell, in Kiire, Kagoshima, Japan. *Nature of Kagoshima* 46: 345–350.

✉ KT: Department of Earth & Environmental Sciences, Faculty of Science, Kagoshima University, 1-21-35 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan (e-mail: tomiyama@sci.kagoshima-u.ac.jp).

Published online: 13 February 2020  
[http://journal.kagoshima-nature.org/archives/NK\\_046/046-068.pdf](http://journal.kagoshima-nature.org/archives/NK_046/046-068.pdf)

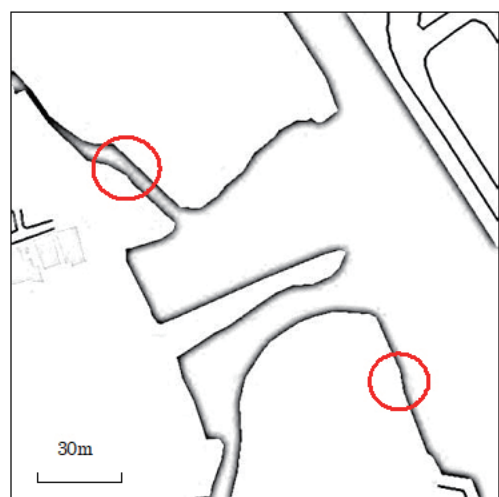


Fig. 1. 調査地. 鹿児島県鹿児島市喜入町愛宕川流域の干潟.

## はじめに

軟体動物の多くは、身を守るために貝殻を形成する。硬い殻の中に身を隠すことによって、環境の変化や外敵からの捕食から逃れることができる。さらに貝殻は体を支える機能も担っている。殻の形成には、外套膜の辺縁部が関係している。殻皮と呼ばれる有機物の膜が分泌され、その上に炭酸カルシウムの結晶が付加されながら大きく発達していく。このような成長は付加成長と呼ばれるが、付加成長の特徴として成長線の形成が挙げられる。貝類の内部成長線は成長の軌跡が記録されたものであり、中でも顕著な成長輪が形成されることがある。それが年1回の場合には、特に年輪と

呼ばれる。しかし、その成長輪が年輪であるかどうか、またいつ形成されるのかを特定することは困難である。

貝殻に記録された成長の軌跡として内部成長線はこれまでも重要視されてきたが、今日まで海産巻貝類の内部成長線観察に関する研究は化石を除いてほとんどなく、また、現生する巻貝での研究は国内ではまったく行われていないため、観察手順等の確立もしていない。

そのため、巻貝の詳しい生態や年齢を調査するためにも、本研究では鹿児島県喜入干潟における巻貝（ヘナタリ）における成長線観察方法の確立を目的とした。本研究により海産巻貝での内部成長線観察の手順が確立し、応用することが可能であれば、今後の海産巻貝類の研究において、生活史や年齢測定的基础研究として非常に重要な情報を提供してくれるものと考えられる。

## 材料と方法

### 材料

ヘナタリ *Cerithidea (Cerithideopsis) cingulate* (Gmelin, 1791) 本種はインド・西太平洋域の内湾の干潟や河口干潟に生息し、日本国内では山口県北部・房総半島以南の干潟に分布するフトヘナタリ科の巻貝である。殻高は3 cmほどで、高い円錐形をしており、殻の色は黄色からオレンジ色のものが多い。殻表には螺肋が明瞭であり、成熟後は殻口縁 (Lip) が著しく拡大する。その前端は水管溝をこえてのびる。鹿児島県レッドデータブックによると、準絶滅危惧種に指定されており、各地で急激な減少または絶滅が報告されている種であるが、本研究の調査地には多数生息している。

### 調査地

鹿児島県鹿児島市喜入町にあるこの干潟は、愛宕川流域 (31°23'N, 130°33'E) に形成されている (Fig. 1)。この干潟の周辺にはメヒルギやハマボウからなるマングローブ林があり、太平洋域では北限となっている。しかし現在、この干潟も道路開発事業が進んでおり、それに伴って環境が変化しているところもある。また、この干潟にはウミ



Fig. 2. ヘナタリ全体図 (側面).

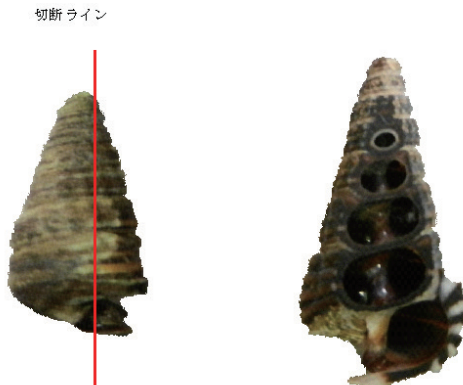


Fig. 3. 切断ラインと断面図.

ニナ科のウミニナ *Batillaria multiformis* (Lische, 1869), フトヘナタリ科のフトヘナタリ *Cerithidea rhizophorarum* A. Adams, 1855, ヘナタリ, カワアイ *Cerithidea djadjariensis* (Martin, 1899), ヒメカノコ *Clithon oualaniensis* (Lesson, 1831) などが生息している。

#### 調査方法

採集期間とその頻度は2010年12月～2011年12月までで月に1度、大潮の干潮時に行った。調査区域は石油基地前の干潟、マングローブ林内の2地点 (Fig. 1), それぞれに50 cm × 50 cm の



Fig. 4. 研磨処理. 荒削りの様子. グラインダーに研磨粉(カーボランダム)をのせ、水をまき、研磨している様子.

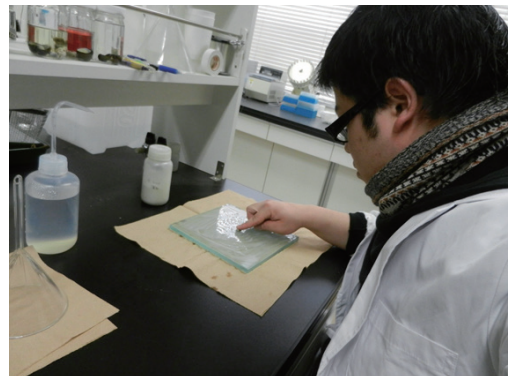


Fig. 5. 研磨処理. 鏡面研磨処理の様子. ガラス板上に水と研磨粉(アラランダム)をのせて研磨している様子.

コドラートをランダムに3か所設置し、その中の表層の砂泥ごと採集した。採集したものを1.5 mmのふるいで洗い、残ったもの全てを研究室に持ち帰り冷凍した。その後、肉眼でヘナタリとそれ以外の貝類に分類した。さらに、乾燥させたサンプルの殻高・殻幅 (Fig. 2) をノギスを使い計測し、記録した。

#### 内部成長線観察の方法

採集したサンプルは内部成長線観察のため、以下の手順で処理をした。初めに殻のサイズ測定を行い、測定した後に研磨処理を行った。切断した断面の内部成長線を顕微鏡を用いて観察した (Fig. 3)。以下に詳しい観察方法を手順ごとに記述する。

**殻のサイズの測定** 乾燥させた殻は、殻高 (殻頂から水管溝先端までの長さ) と殻幅 (体層の最





Fig. 6. SUMP 処理の道具.

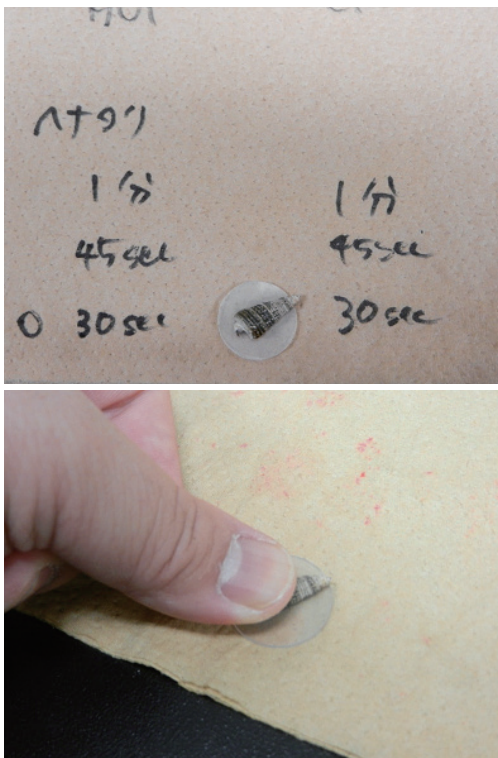


Fig. 7. SUMP 処理の様子. 研磨面に SUMP 液を塗り、SUMP プレートに押し付けている様子. しばらく押し付けた後は乾燥するまで待ち、SUMP プレートを専用のボードに貼り付け観察する.

も膨らんだ部分の長さ)をカーボンファイバーノギスで 1/10 mm まで測定し、記録した (Fig. 2).

**研磨処理** 研磨作業は初めに、石工室にて # 400 の研磨粉 (カーボランダム) を使用して荒削り処理を行った (Fig. 4). この時、殻が直線上を往復するように動かし、グラインダーの全面を万遍なく使うように研磨することが必要である.

荒削り処理終了時には、# 400 のカーボランダムが残留しないように十分に水洗いした.

荒削り処理を終えたサンプルを実験室に持ち帰り # 4000 の研磨粉 (アランダム) とガラス板を用いて鏡面研磨処理を行った (Fig. 5). これは、後述するエッチング処理の際に必要な手順である. この処理ではガラス板上に水とアランダムをのせて、断面を滑らかにしていくが、後の観察で滑らかになっていない個体があった場合は、もう一度、鏡面研磨処理を繰り返した.

**顕微鏡観察** 研磨処理を行ったサンプルを双眼実体顕微鏡を用いて観察した. この時、しっかりと鏡面研磨処理が行われているかを確認した. 同時に内部成長線が観察できるかも確認した.

**エッチング処理** この処理では、まず 3% の HCl にサンプルを浸し十分に水洗い、乾燥した後同サンプルを 3% の  $\text{CH}_3\text{COOH}$  に浸した. 切断面を溶かす処理であるが、内部成長線は、エッチング処理に対して比較的耐性のある層であるという特徴を持つことから、内部成長線とその他の部分に凹凸を作った. 後の観察で明瞭に内部成長線を観察するためには、この作業が適切に行われている必要があった.

**SUMP 処理による観察** エッチング処理を行った断面に SUMP 液を塗り、SUMP プレートに押し付け、充分乾燥させたのちに剥がし、凹凸の型をとった (Figs. 6, 7). その後、光学顕微鏡を用いて観察した.

## ■ 結果

### ヘナタリにおける内部成長線観察手順の確立

海産巻貝類の内部成長線観察に関する文献等は化石を除いて、少なくとも日本国内に失却する恐れがあったため、予備観察としてフトヘナタリ (フトヘナタリ科) で観察方法に記述したような手順と同様の観察を行った. ここで内部成長線を観察するにあたって、殻を削る必要があった. しかし、腹足類は殻が螺旋状に形成されるため、最大成長軸に沿って切断することは困難であるため、腹足類の殻の殻軸を垂直に切断することによって成長線を断続的に観察することができる

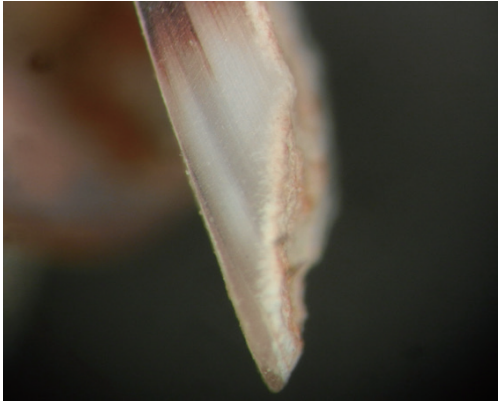


Fig. 8. 双眼実体顕微鏡による内部成長線の観察の例. 成長線らしきものは観察できるが、この状態では内部成長線であるかどうか判別できない。

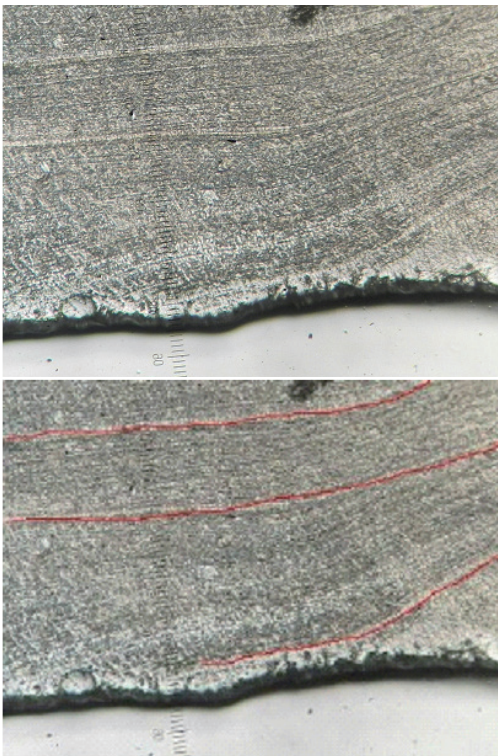


Fig. 9. ヘナタリの殻口縁 (Lip), SUMP 処理による内部成長線の観察の例. 前園・富山 (2011) によると、鹿児島県袴腰海岸におけるクジャクガイの年齢査定から外部成長線の形成は1年に1本だけ形成されることが分かっているが、ヘナタリでも同様のことが言えるかを明らかにすることはできなかった。

(Tojo and Masuda, 1999). この報告をもとに殻軸に沿って削り、先に記述した手順で行った観察では他の線 (内部成長線とは異なる線) が多くみられ、正確な観察は困難であった。しかし安東・富

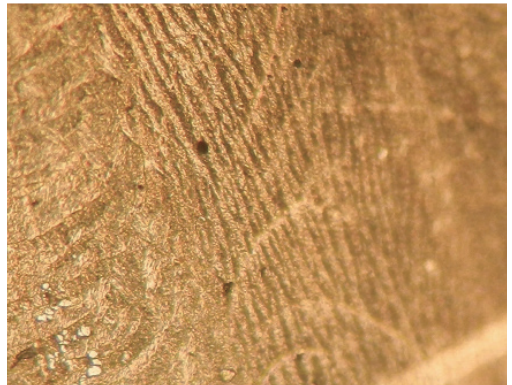
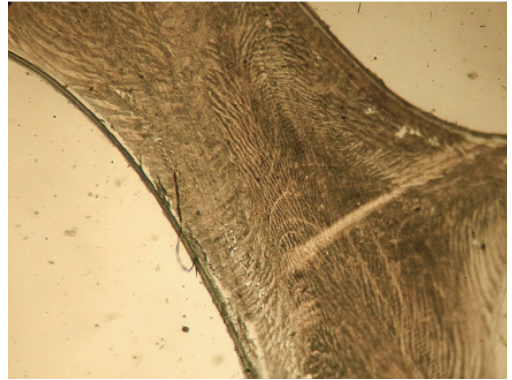


Fig. 10. フトヘナタリの殻軸における内部成長線の例. 内部成長線だと思われる線のほかにもたくさんの線が観察される。

山 (2005) による、ヘナタリの殻幅が平均して 8.0–9.0 mm 以上に達した個体のほとんどが大きく肥厚した殻口縁 (Lip) を形成し、またこの Lip 形成には少なくとも 2 年かかるということ、Lip が形成されたあとは殻の成長が停止するとの報告と、フトヘナタリで行った予備観察から、本種による観察には Lip を用いて行うほうがより確かな観察、年齢測定ができると推定できた。

上記のことから研磨処理は Lip を残すように切断したが、グラインダーやガラス板上に押し付ける力が強いと Lip が欠けてしまい、観察が困難になった。

エッチング処理に関しては、その種ごとに HCl, CH<sub>3</sub>COOH に浸す時間が異なるため、それぞれの浸す時間を変えて行い、SUMP 処理による観察で最も明瞭に観察できた時のエッチング処理に要した時間を、その種のエッチング処理に最適な時間とした。最適時間より長いと溶けすぎて、



また、短くても凹凸がはっきり作られず明瞭な内部成長線の観察は困難であった。

フトヘナタリのエッチング処理に必要な時間は HCl が約 30 秒、 $\text{CH}_3\text{COOH}$  が約 60 秒であったのに対し、同じフトヘナタリ科であるヘナタリは HCl が約 30 秒、 $\text{CH}_3\text{COOH}$  が約 30 秒と、フトヘナタリよりも酸に対して耐性がないことが分かった。

顕微鏡観察では、双眼実体顕微鏡では内部成長線らしい線は確認できたものの、計測までは困難であった (Fig. 8)。しかし SUMP 処理を行い光学顕微鏡で観察するとはっきりと観察することができた (Fig. 9)。

## ■ 考察

エッチング処理によるフトヘナタリ (Fig. 10) とヘナタリの最適時間の違いは、本研究において明らかにすることができなかった。しかし真木ほか (2002) によるフトヘナタリとヘナタリの胃内容物の顕微鏡観察から、フトヘナタリはクロロフィルの多い植物細胞を多く摂取していることが分かっており、さらに本研究の調査地で、ヘナタリは潮間帯中部、フトヘナタリはマングローブ林内、つまり潮間帯上部に生息していたことから少なくとも食性の違い、底質環境の相違などから殻の構成要素の違いが関係していると考えられる。

本研究によって、先に記述した手順ではっきりとヘナタリの内部成長線を観察することができた。観察したものの多くは 3-4 本の内部成長線が観察できたが、寿命や成長線がどの時期に形成されるかなどは明らかにすることはできなかったが、これをヘナタリの年齢とすることはできない。なぜならば殻には環境の変化だけではなく、生殖に伴う成長障害や疾病、外套膜が物理的に傷つけられるといった成長障害など、様々な内的要因・外的要因のディスタートで内部成長線が形成されるからである。しかしこの観察手順の確立を応用し、様々なデータと照らし合わせることで、ヘナタリがどの時期に成長線を形成するか、Lip 形成後何年生きるのかといった寿命を測定でき、より詳しくヘナタリの生態を知ることができると

考えられる。

今後の課題として、内部成長線観察と殻のサイズ頻度分布などから、内部成長線の形成時期を調査し、またヘナタリの寿命など調査する必要があるだろう。内部成長線は、今後の海産巻貝類の研究で生活史や年齢測定において、非常に重要な情報を提供してくれるものと考えられる。

## ■ 謝辞

本研究を行うにあたり、適切なお指導ご助言をいただきました鹿児島大学理学部地球環境科学科多様性生物学講座と富山研究室の方々に心より感謝いたします。山本啓治先生 (鹿児島大学理学部) には実験器具等を使用させていただき大変お世話になり、心から感謝いたします。調査に同行していただいた北迫大和、春田拓志の各氏に深く感謝いたします。用皆依里様 (鹿児島学 URA センター) と本村浩之先生 (鹿児島大学総合研究博物館) には投稿でお世話になりました。本稿の作成に関しては、日本学術振興会科学研究費助成金の、平成 26-29 年度基盤研究 (A) 一般「亜熱帯島嶼生態系における水陸境界域の生物多様性の研究」26241027 - 0001・平成 27-29 年度基盤研究 (C) 一般「島嶼における外来種陸産貝類の固有生態系に与える影響」15K00624・平成 27-30 年度特別経費 (プロジェクト分) 一地域貢献機能の充実「薩南諸島の生物多様性とその保全に関する教育研究拠点整備」、および、2019 年度鹿児島大学学長裁量経費、以上の研究助成金の一部を使用させて頂きました。以上、御礼申し上げます。

## ■ 引用文献

- 阿安東美穂・富山清升, 2005. マングローブ干潟におけるヘナタリ (腹足綱: フトヘナタリ科) のサイズ分布の季節変動. *Venus*, 63: 145-151.
- 前園浩矩・富山清升, 2011. 桜島潮間帯のクジャクガイ生活史と年齢査定に基づく個体群動態の解析. 鹿児島大学理工学研究科地球環境科学専攻修士論文.
- 真木英子・大滝陽美・富山清升, 2002. ウミニナ科 1 種とフトヘナタリ科 3 種の分布と底質選好性: 特にカワイイを中心として. *Venus*, 61: 61-76.
- Tojo, B. and F. Masuda, 1999. Tidal growth patterns and growth curves of the Miocene potamidid gastropod *Vicarya yokoyamai*. *Paleontological Research*, 3: 193-201.