

殻の内部成長線解析に基づく 桜島袴腰大正溶岩の潮間帯におけるイシダタミの生活史

奥 奈緒美・富山清升・橋野智子

〒 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

イシダタミ *Monodonta labio confuse* は、日本においては北海道以南に分布している転石海岸の潮間帯に多く生息する海産巻貝である。本種の生活史や生態に関する研究例は多いが、本種の成長線を用いた研究例は少ない。橋野 (2010) は、細かな内部成長線も含めたすべての内部成長線を数えるといった内容の研究を行った。本研究では、その中でも太い内部成長線 (年輪) を数えることで、より詳細な生活史や齢の調査が可能であるかを検討した。同時に採集した殻高サイズを測った。サンプルは、鹿児島市桜島横山町の袴腰海岸の潮間帯で、月に 1 回 2007 年 7 月から 2009 年 10 月の期間に集めたものを使用した。観察しやすいように貝を処理した後、殻をグラインダーにかけて削った。削った断面には内部成長線が観察できる。デジタル顕微鏡を用いて、175 倍で殻頂を中心に内部成長線を撮影して記録した。殻の断面に見られる縞状の太い内部成長線 (年輪) のみを数えた。x 軸に殻高、y 軸に内部成長線数の散布図を作成した。内部成長線と殻高の相関は、殻高 10 mm 未満の範囲が一番大きい。10 mm を境に相関係数の値は小さくなっていった。一定のサイズまでは本数と殻高の相関があるといえ、殻高サイズが一定以上のサイズを超えると相関がなくなるこ

がわかった。このことから、体サイズを測定して齢の決定をすることは難しいことがわかった。従来のサイズ頻度分布を使った齢査定では、新規個体の進入時期と成長停滞の期間はわかるが、齢を決定することはできない。イシダタミの外部成長線は不明瞭であるが、内部成長線は明瞭なので、今後の生活史や齢の調査に使えられると思われる。

■ はじめに

イシダタミは、北海道以南に生息する藻食性の腹足類の巻貝で、岩礁性の海岸や転石海岸の潮間帯に普通に見られるが、2009 年 5 月の与論島では採集されなかった。通常は潮間帯の中部から下部で生活しているが、繁殖期には満潮線付近に集まることが知られている。したがって、イシダタミは潮間帯の巻貝の生活史や齢を研究する対象動物として扱われてきた (橋野, 2010)。袴腰海岸は 1914 年の桜島の大爆発の際に流れ出した溶岩でできた転石海岸であり、様々な大きさの転石によって覆われ、鹿児島湾内にある。桜島の潮間帯の生物に関する研究例はいくつかあるが、年齢査定を中心とした研究例は少ない。また通常、巻貝の成長速度と齢を調べる研究は、Sumikawa (1955), Kojima (1962), Nakano and Nagoshi (1981, 1984), Takada (1996) の研究のように、その殻高や殻幅を計測し、それらのサイズ頻度ヒストグラムを作成して齢を判別する間接的な方法がとられてきた。例外として、アマオブネのような外部成長線が明瞭な種に関しては、外部成長線が年輪として用いられた (橋野, 2010)。サイズ頻度ヒストグラムを使う方法は、年齢群をみるために長期間にわたり定期的な多くのサンプルの採集が必要である。そして、生活史を直接見ることはできず、全体の数の体サイズの特徴のみでしか表すことが

Oku, N., K. Tomiyama and T. Hashino. 2020. Life history of *Monodonta labio confusa* Tapprone-Canefri, 1874, based on annual ring analysis of shell, in Sakura-jima, Kagoshima Bay, Japan. *Nature of Kagoshima* 46: 371-381.

✉ 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: 28 February 2020
http://journal.kagoshima-nature.org/archives/NK_046/046-073.pdf

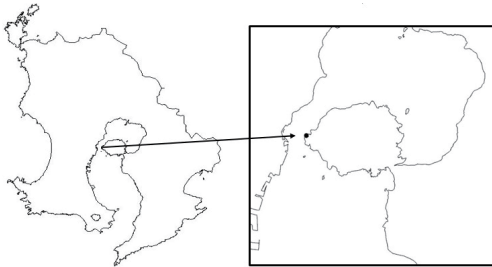


図1. 桜島における調査地の位置。



図2. 桜島袴腰転石海岸の調査値の様子。

できない。

アマオブネの外部成長線は明瞭であるが、今回研究の材料にしたイシダタミの外部成長線は不明瞭だった。Sumikawa (1955) もイシダタミに明瞭な外部成長線が認められなかったことを報告している。しかし、成長線には Nakaoka and Matsui (1994) の二枚貝フリソデガイに見られるような、貝殻の表面に刻まれる外部成長線と貝殻の内部に形成される内部成長線の2種類がある。しかし、イシダタミの外部成長線の確認は困難である。そのことからイシダタミの生活史を調べるときは、体サイズを測定し、コホート解析を行う従来の齢査定が主流であった(橋野, 2010)。しかし、袴腰海岸で採集したイシダタミから作成したサイズ頻度ヒストグラムには、齢級群をだせるような明瞭なモードが少ない(橋野, 2010)。

内部成長線を利用した生活史の推定は、サイズ頻度ヒストグラムを使用するよりも、詳細に検証できる。各サンプルの内部成長線の幅のパターンが少しずつ違っていたので、各個体の過去の生活史を知ることが可能であると思われる。しかし内部成長線が何本で1年を表しているのか、どのような環境下で内部成長線が形成されるのかを決める必要がある。

橋野 (2010) で報告されていた内部成長線が、太い内部成長線(年輪)以外の薄い内部成長線も含め、計測されていたので、断面を観察し、明瞭な太い内部成長線(年輪)のみ計測した。イシダタミの内部成長線は数が多いので、冬の低温期と夏の繁殖での成長遅滞の他に、食料供給・密度・水温など様々な要因により、何回も成長遅滞が起こっている可能性が高い。今回の調査では、太い

内部成長線数と殻高は散布図からほとんど相関がないといえた。また100%積み上げ棒グラフの結果から、イシダタミは年に2回太い内部成長線を形成することがわかった。

本研究では、イシダタミの太い内部成長線(年輪)を数えて、イシダタミの体サイズと太い内部成長線数の関係の調査と年間の太い内部成長線の形成回数についての考察をした。

■ 材料と方法

材料

イシダタミ *Monodonta labio confuse* は軟体動物門腹足綱前鰓亜綱板足目ニシキウズガイ科に属し、潮間帯で普通にみられる藻食性の巻貝である(奥谷, 2006)。イシダタミは巻貝にしては動きが速い。調査の際、磯を静かに動かさないと、転がって逃げることが多い。桜島袴腰海岸で採集されたイシダタミの殻高は最大27.1 mmであった。殻は中小型で円錐形、石灰質で堅固。殻表には石畳状の彫刻があり、外部成長線は不明瞭である。殻の内面は真珠光沢が著しい。殻口は白く切れ込みがあるので、牙状突起のようにみえる。蓋は円く革質で、多く巻いた多旋型。雌雄異体。生殖は体外受精。博多湾の浜男海岸では、各個体の産卵回数は年に1回である(Sumikawa, 1955)。卵は緑色で海中に放散される。卵本体の直径は140–150 μm、ゼラチン質の膜まで測ると235–390 μm 東北大学臨海実験所の浅虫附近における産卵期は7–8月で、繁殖期には高潮線附近に数個体ずつ集合して分布し、繁殖期以外では平均潮位から低潮線下に生息し、繁殖に関連した季節的移動が見られる

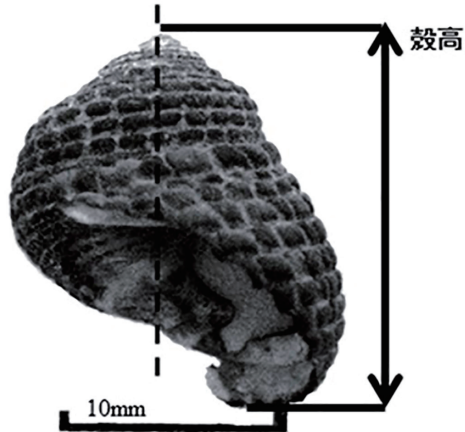


図3. イシダタミガイの殻高の計測位置。

(Kojima, 1962). 同様に考えるなら、袴腰海岸では、8-9月に高潮線付近に分布していたため、そのころが繁殖期のピークで、さらに10月から2月にかけてごく少数が高潮線付近に分布していたため、その頃まで繁殖期が続いていると考えられる(橋野, 2010). 志摩半島では、個体群の殻高サイズ構成の分析から、本種には3つの年齢群が認められ、成長曲線が一生を通じてほぼ直線で、1年の成長では冬に緩慢になり、春から初夏及び秋に活発になり、夏に停滞することが判った(Nakano and Matsui, 1994). 袴腰海岸での新規個体の加入は11月から始まり12月から1月にかけて加入し続け、3月には加入は落ち着く(野中ほか, 2001). 本種は、夏に潮間帯の下部で集中して増加し、秋には上部に分散する(Nakano and Nagoshi, 1981, 1984). 晴天の干潮時には、本種は、潮間帯の転石の下や岩の割れ目に隠れているため、乾燥には弱いと考えられる。袴腰海岸の潮間帯では生息数が多く、他の転石の少ない砂海岸や護岸された海岸では、袴腰海岸に比べて生息数が少なかった。秋から冬にかけて稚貝が潮間帯底質に定着する。博多湾浜男海岸での死亡率は夏から冬にかけて高く、寿命が大多数で2年半から3年である(Sumikawa, 1955).

調査地

鹿児島市桜島横山町の溶岩なぎさ遊歩道沿い



図4. イシダタミガイの殻を縦方向に切断し、研磨した状態。

の袴腰海岸の北緯31度35分、東経30度35分の地点で採集した(図1, 2). この海岸は巨礫の点在する転石海岸で、潮間帯はイシダタミが好む転石地帯が続いている。転石は1914年の噴火の溶岩流に由来している。海岸には様々なサイズの転石がみられる。転石は安山岩質溶岩特有の多孔質で不定形。礫は粒径256mm以上を巨礫、粒径64-256mmを大礫、粒径4-64mmを中礫、粒径2-4mmを小礫とよぶ。礫サイズの構成や、地形、転石層の厚さなどは潮位や場所によって異なる。

方法

サンプルの採集方法 桜島袴腰海岸の潮間帯で干潮時に2007年7月から2009年10月に月に1回、イシダタミ約200個体を採集した。1つの裂け目や転石の下にいる個体を全て採集し、乾燥機に1週間入れて乾燥した。殻の状態が割れ・殻頂の大きな欠けのないものを月ごとに約30個選んだ。削る前に乾燥した肉を取り除き水洗いした。殻の殻高を1/10mmまでノギスで測定した。

サンプルの研磨方法 選び出した殻をグラインダーで縦半分に分けた(図3)。最初は#200の研磨粉で半分近くまで削り、次に#200より細かい#800の研磨粉で縦半分まで削った。仕上げに#2000の研磨粉を用いて、硝子盤で磨いた。削った殻は全部で860個体であった。

記録方法 研磨した標本は、KEYENCE社のデジタルHFマイクロスコープVH-8000を用いて、175倍で殻頂を中心に殻の断面を撮影した(図4)。

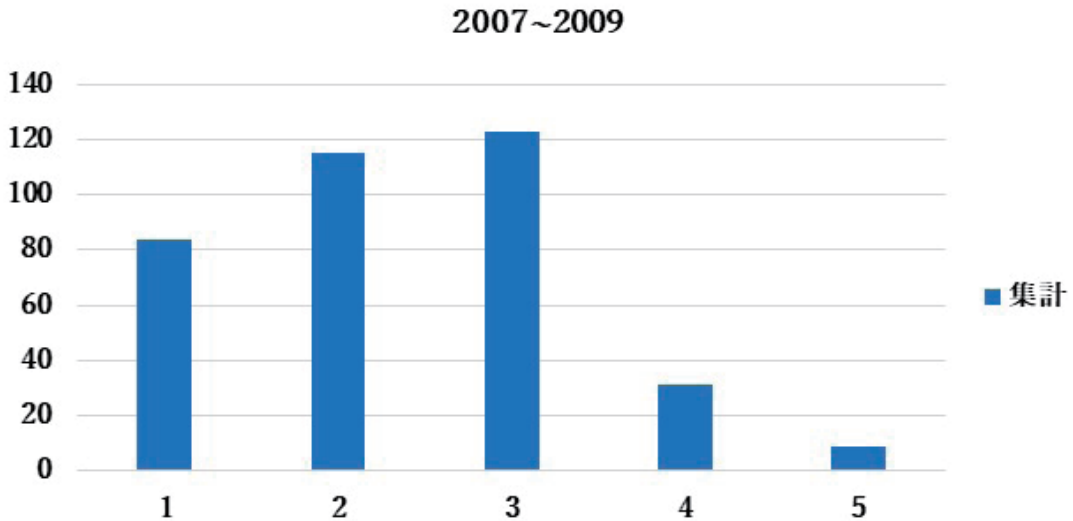


図5. 2007年7月から2009年10月におけるイシダタミガイの太い内部成長線の本数. x軸：太い内部成長線数, y軸：個体数, 棒グラフ.

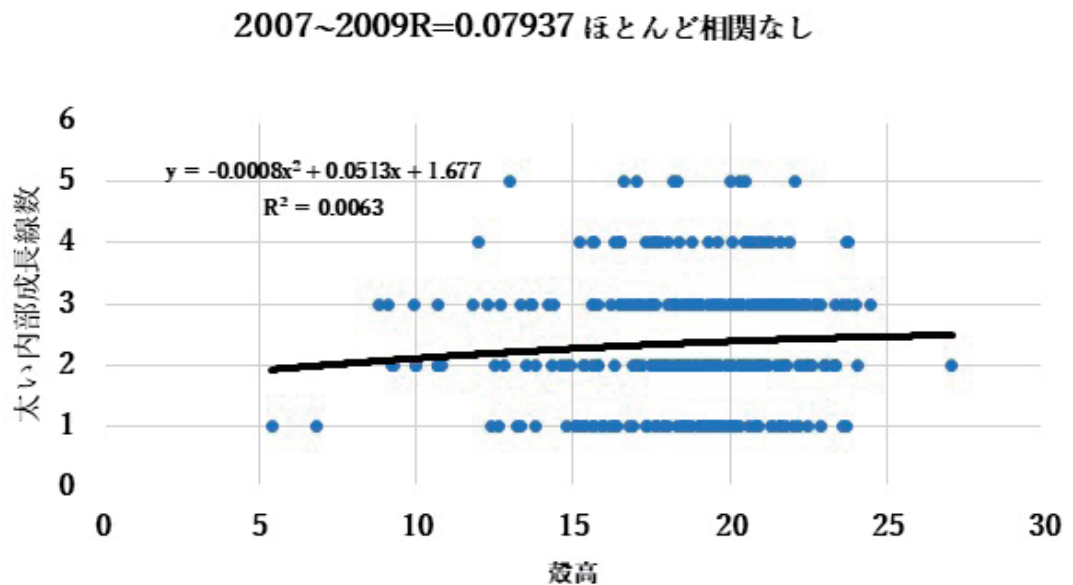


図6. 2007年7月から2009年10月におけるイシダタミガイの太い内部成長線数と殻高との関係.

殻の断面に白と水色(もしくは茶色または乳白色)の縞が見られるので、白色やその他の色の縞の本数を数えた。顕微鏡を用いた直接観察で、縞が密集して太い内部成長線の本数が数えられない場合は、Photoshop Elements 6.0 を使い、画像を階調の反転やレベル補正などの処理をして縞の本数を数えた。個体数 — 内部成長線本数、内部成長線と殻高の相関、個体数 — 内部成長線本数 (本数が

奇数か偶数か)、個体数 — 各月、を使い散布図を作成した。

殻のサイズ頻度分ヒストグラムの作成 殻高サイズと殻の太い内部成長線と比較するために、同じ場所、同じ期間において毎月約200個体採取し、1/10mmまでノギスで殻高を測定し、サイズ頻度分ヒストグラムを作成した。

内部成長線 内部成長線は、殻の表面や内部

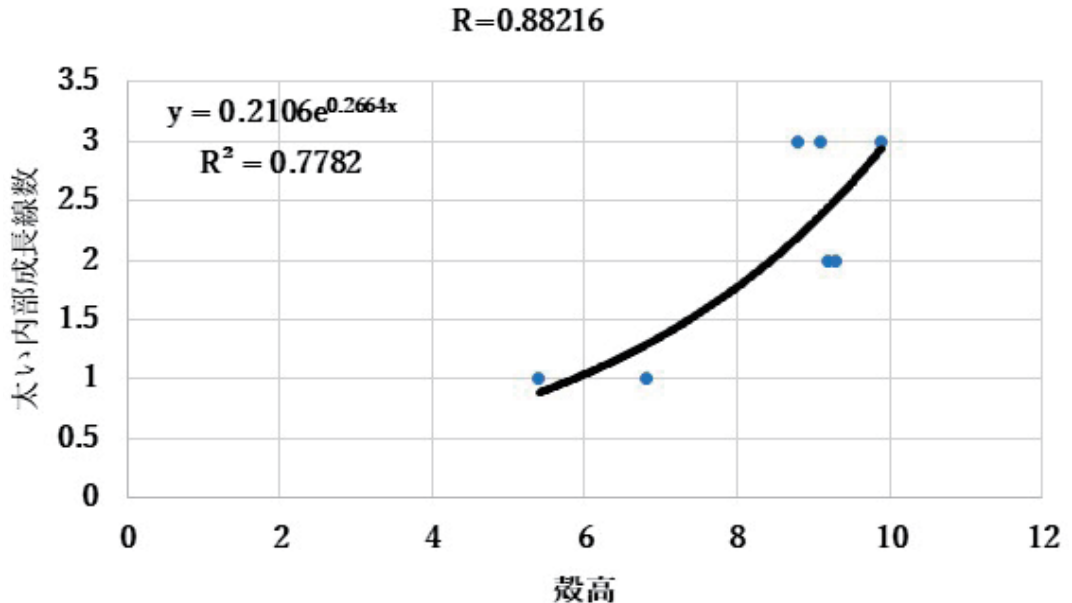


図7. 2007年7月から2009年10月における、殻高10 mm以下の個体におけるインダタミガイの太い内部成長線数と殻高との関係。

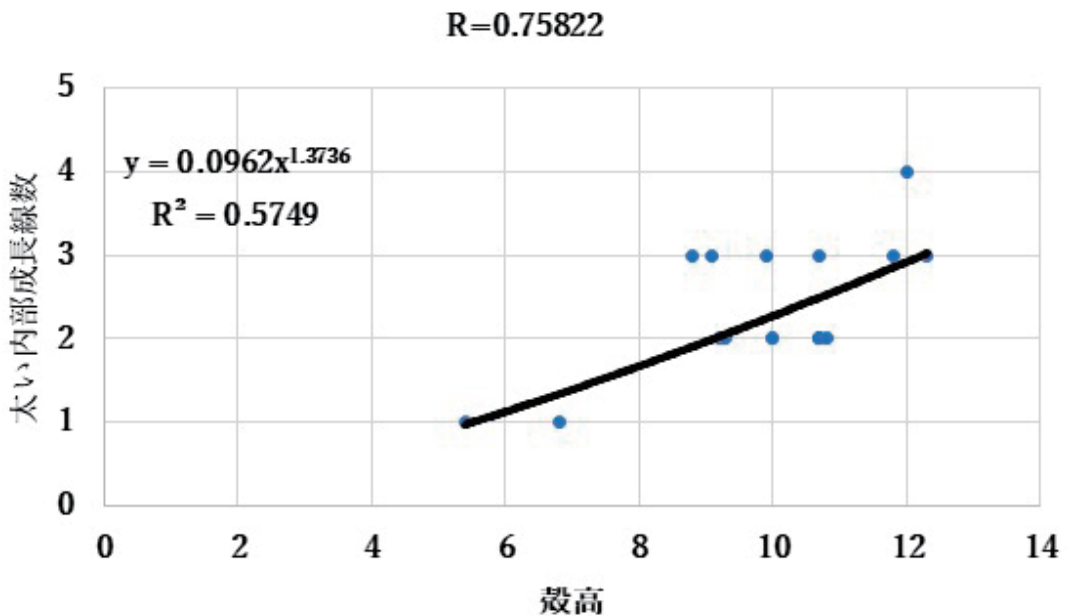


図8. 2007年7月から2009年10月における、殻高12.4 mm以下の個体におけるインダタミガイの太い内部成長線数と殻高との関係。

にでき、樹木の年輪のように縞模様になっている成長線は、夏の繁殖活動に栄養を投資して殻への栄養が減るとき、冬に気温が低下することで成長遅滞が起こるときにできるとされている。他の成長線ができる要因は、水温と他の気候条件、食料供給または栄養状態、密度効果の年間変化また

は種内競争が挙げられている（橋野，2010）。

■ 結果

個体数本数

x軸は太い内部成長線数、y軸は個体数として、棒グラフを作った（図5）。例年、内部成長線数

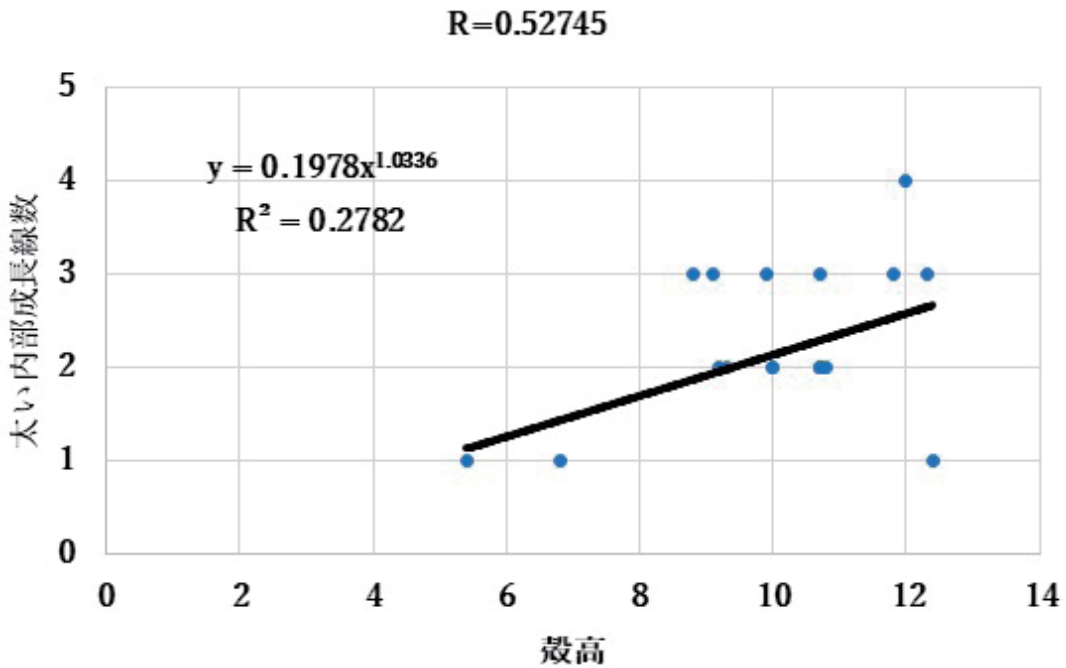


図9. 2007年7月から2009年10月における、殻高 12.5 mm 以下の個体におけるイシダタミガイの太い内部成長線数と殻高との関係。

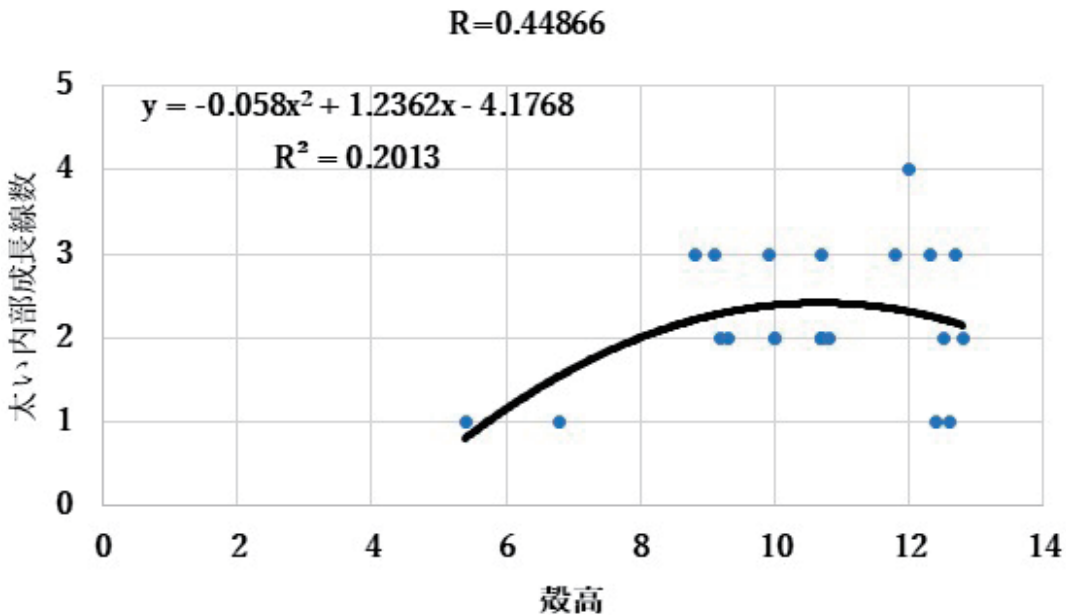


図10. 22007年7月から2009年10月における、殻高 13 mm 以下の個体におけるイシダタミガイの太い内部成長線数と殻高との関係。

が増えるに従い、個体数は減少するが、本研究を行った年は異なった。x = 1-3 までのとき、個体数は増加し、x = 3 でピークとなった。x = 4 以降は大きく減少した。この結果により、年によって定着数変動することがわかった。2007年7月

から2009年10月の期間における太い内部成長線数 (x) と個体数 (y) の関係は、(x, y) = (1, 84), (x, y) = (2, 115), (x, y) = (3, 123), (x, y) = (4, 31), (x, y) = (5, 9) である (総計 362 個体)。

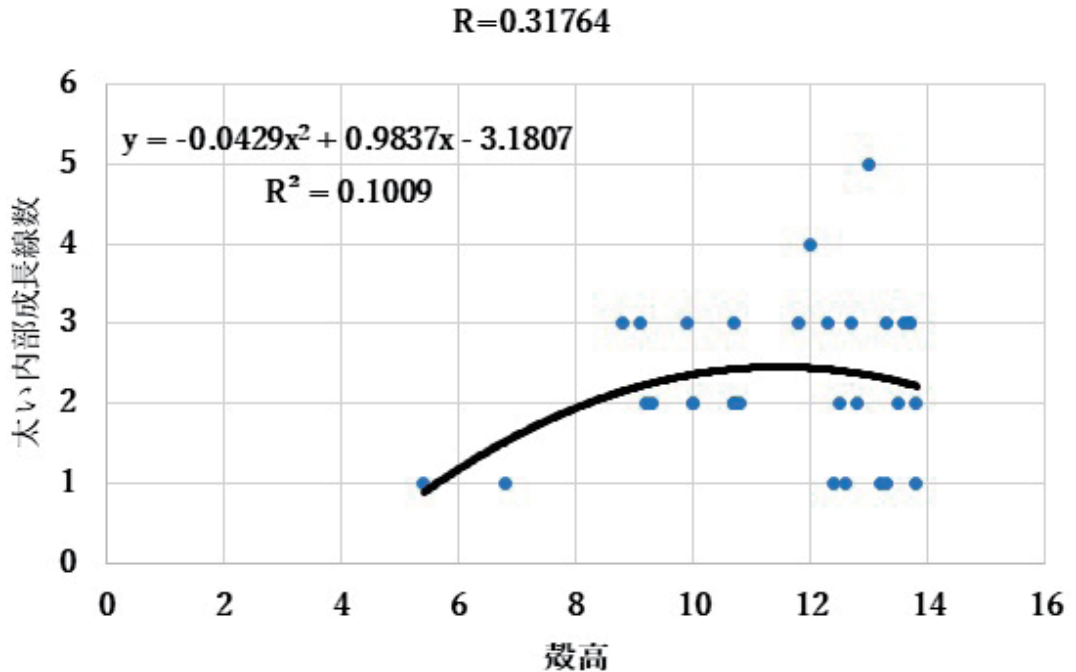


図 11. 2007 年 7 月から 2009 年 10 月における, 殻高 14 mm 以下の個体におけるインダタミガイの太い内部成長線数と殻高との関係.

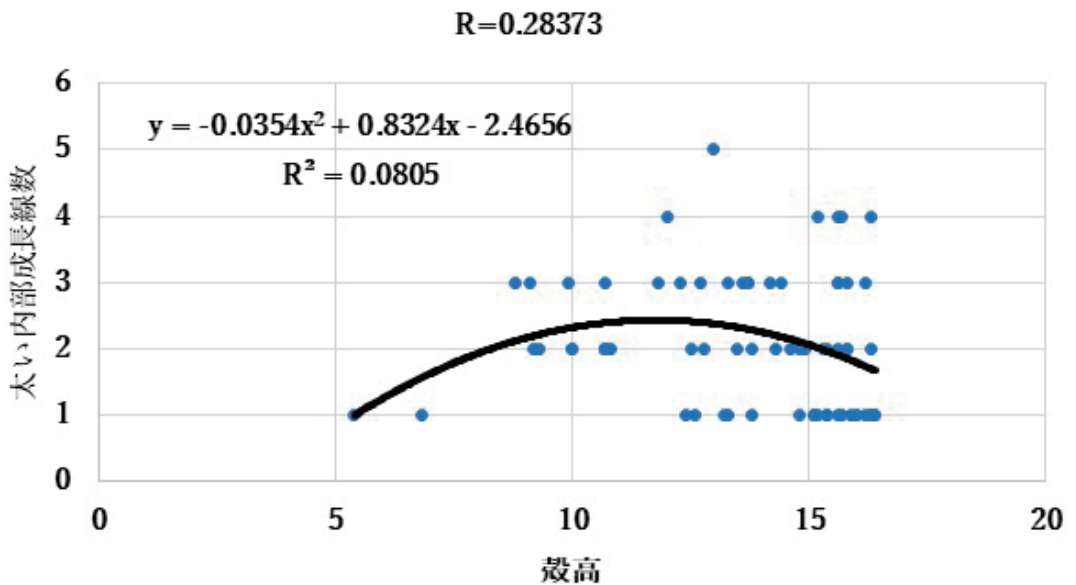


図 12. 2007 年 7 月から 2009 年 10 月における, 殻高 16.5 mm 以下の個体におけるインダタミガイの太い内部成長線数と殻高との関係.

散布図からの太い内部成長線と殻高の相関

散布図を内部成長線数と殻高の相関を調べるために, 小さいサイズから作成したとき, x 軸は太い内部成長線数, y 軸は殻高として, 散布図を作った. R^2 は決定係数を表す. R^2 は原データと

傾向線がどれほど一致しているかを表す. R^2 の値は 0-1 の間で, 1 に近いほど信頼度が高い. また R は相関係数を表し, 0.7-1.0 はかなり強い相関を示す. 0.4-0.7 はやや相関がある, 0.2-0.4 は弱い相関がある. 0-0.2 はほとんど相関なしとす

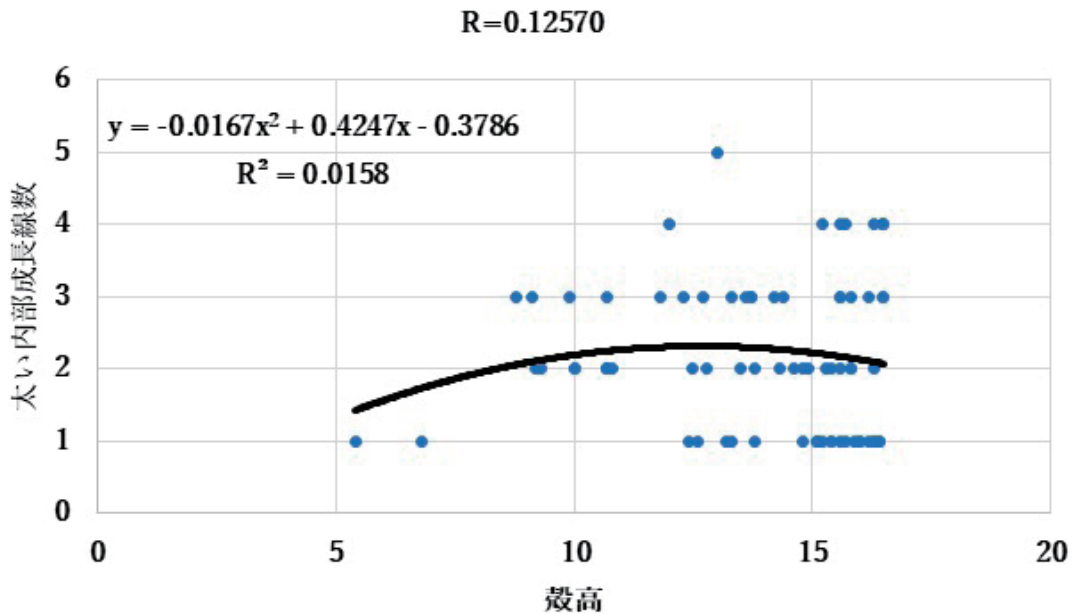


図 13. 2007 年 7 月から 2009 年 10 月における、殻高 16.6 mm 以下の個体におけるイシダタミガイの太い内部成長線数と殻高との関係。

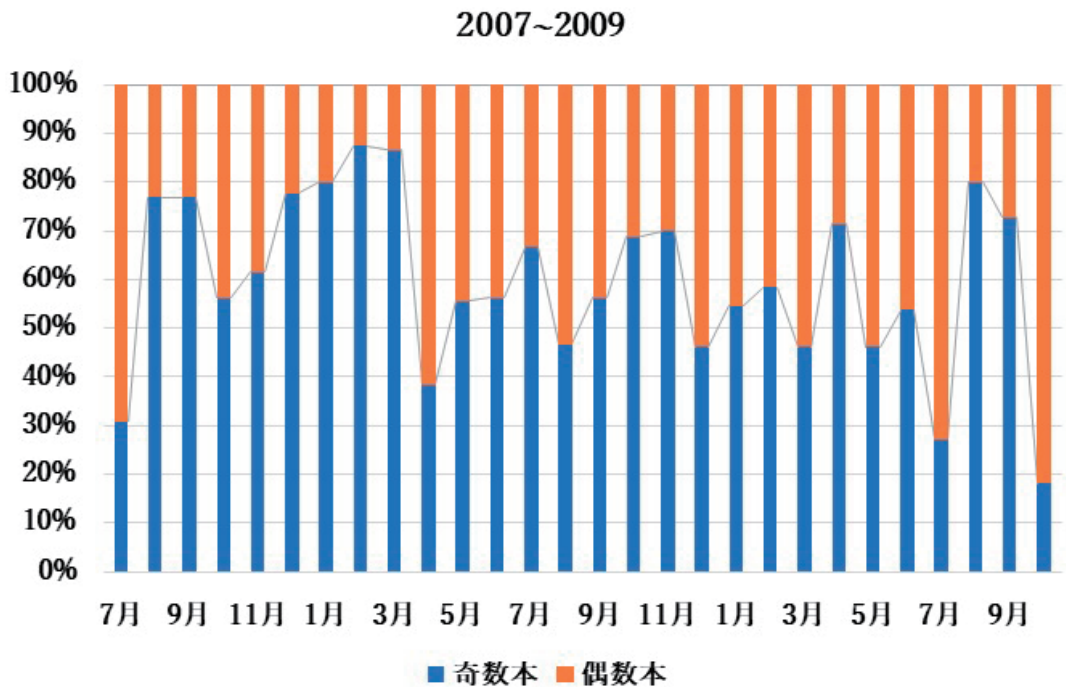


図 14. 2007 年 7 月から 2009 年 10 月における、イシダタミガイの太い内部成長線数の偶数本と奇数本の個体数の割合の月変化。下：奇数本の個体，上：偶数本の個体。

る。

2007 年 7 月から 2009 年 10 月の期間における内部成長線と殻高の相関係数は、 $R = 0.07937$ であり、ほとんど相関なしという結果が出た (図 6)。

しかし $y < 10$ の範囲では $R = 0.88216$ であり、かなり強い相関があることを示した (図 7)。 $y = 10$ を境に相関係数の値は小さくなっていった。 $y < 12.4$ では $R = 0.75822$ (図 8)、 $y < 12.5$ では $R =$

2008年

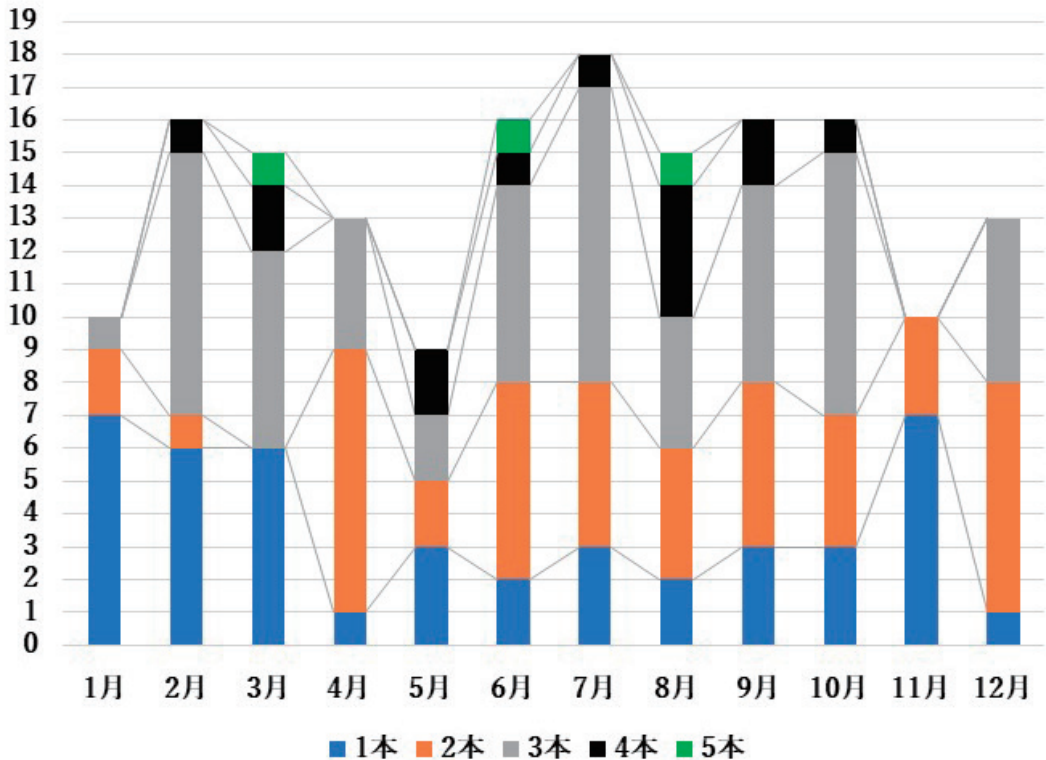


図15. 2008年における、イシダタミガイの太い内部成長線本数の月別変動。下から、1本、2本、3本、4本、5本。x軸：各月、y軸：太い内部成長線数、棒グラフ。

0.52745 (図9), $y < 13$ では $R = 0.44866$ (図10), $y < 14$ では $R = 0.31764$ (図11), $y < 16.5$ では $R = 0.28373$ (図12), $y < 16.6$ では $R = 0.12570$ ほどほとんど相関なしという結果が出た (図13)。

以上の結果から、一定のサイズまでは本数と殻高の相関があるといえる。 $y < 12.4$ まではかなり強い相関があり、 $y < 12.5$ になると相関が徐々に小さくなり、 $y < 16.6$ ではほとんど相関なしという結果が出た。このように、殻高サイズが一定以上のサイズを超えると相関がなくなることがわかる。

個体数奇数偶数 (各月)

年間何本太い内部成長線が形成されるのかを確認するために、x軸は各月、y軸は%として、100%積み上げ縦棒グラフを作った (図14)。積み上げ縦棒グラフは、内部成長線数が奇数本であ

るか偶数本であるかの2種類によって構成されている。2007年7月における奇数本の占める割合はおよそ30%であり、繁殖シーズンに内部成長線数の奇数本の割合が減少していることがわかる。一方、2007年の12-3月(冬期)における奇数本の占める割合は、およそ80-90%であり、非常に高い割合を示す。以上の結果から、繁殖シーズン(7月前後)と冬期の年2回、イシダタミは成長遅滞が起こることがわかる。

しかし、2007年7月から2009年10月の長い期間でみると、誤差が生じており、年2回成長遅滞が起こるとは断定できない。その理由としては、冬の低温期と夏の繁殖で起こる成長遅滞の2本の内部成長線の他に、食料供給・密度・水温など様々な要因により何回も成長遅滞が起こり、年に何回も内部成長線が形成されるためだと考えられる。

個体数（各月）

12ヶ月分の標本がある2008年のサンプルに限って、x軸は各月、y軸は太い内部成長線数として、棒グラフを作成した（図15）。しかし、この棒グラフから読み取れる傾向は特になかった。

■ 考察

本研究では調査期間が約2年という短期間であることと、サンプル採集地が桜島袴腰大正溶岩の潮間帯のみということが影響し、イシダタミのみの太い内部成長線分析となってしまうが、調査期間を増やしサンプル採集地を増やすことにより、より多くの海産巻貝に本研究と同様の内部成長線分析方法が応用できるのではないかと考えられる。

本研究で、イシダタミの太い内部成長線の最大値は5本と確認することができた。しかし、この太い内部成長線の本数がそのまま海産巻貝の年齢を表すことはできない。なぜならば殻には、冬の低温だけでなく夏の乾燥や、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アクシデントによる成長障害など、様々な内的要因・外的要因のディスタージで内部成長線が記録される可能性があるからである。よって、他のウミナガ等の巻貝の他種で確認されたように太い内部成長線が1年に2本できるとは断定できない。これは、イシダタミガイでは、明瞭な太い内部成長線に加え、太い内部成長線と区別の困難な薄い内部成長線が、年間に何回も形成される事に因る。しかし、内部成長線は、確実に各個体の生存時間を反映したものであると考えられる。

散布図から内部成長線数と殻のサイズにおいて、相関関係を読み取ることはできず、殻の成長と内部成長線数の増加が同時に進行しているとは言えなかった。このことから、イシダタミガイでは、殻高サイズを用いた年齢推定やコホート解析を行うことは難しいと考えられる。

本研究で殻サイズの小さな個体の採集数が少なかったのは、今回調査したイシダタミが幼貝から急激に殻高サイズが増加し成貝に成長し、その後、殻高の成長は停止し、殻高の成長が止まると

内部成長線が増加する成長パターンをとるからではないかと考えられる。本研究では内部成長線がどのような要因で殻に記録されるかははっきりとは断定できなかった。これは、冬の低温期と夏の繁殖で起こる成長遅滞の2本の太い内部成長線の他に、食料供給・密度・水温など様々な要因により何回も成長遅滞が起り、年に何回も薄い内部成長線が形成されるため、と思われる。重要な今後の課題として内部成長線の形成要因の調査が必要であろう。内部成長線は、今後の海産巻貝の研究での生活史や年齢の調査において、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、研究の進め方について適切にご指導を頂きました富山清升研究室の皆様へ深く感謝申し上げます。加えて、論文の書き方についてご指導、ご助言を頂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の富山研究室の皆様方にも心より感謝申し上げます。また、本研究を行う際に石工室を利用させていただきました同学科の山本啓司先生にも深くお礼申し上げます。用皆依里様（鹿児島学URAセンター）、および、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27-31年度特別経費（プロジェクト分）—地域貢献機能の充実—「薩南諸島の生物多様性と其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

橋野智子, 2010. 鹿児島湾におけるイシダタミガイの生活史—殻の年輪分析に基づく年齢推定を含めた考察. 鹿児島大学理学部地球環境科学科卒業論文.

- Kojima, Y., 1962. On the spawning of a top-shell, *Monodonta labio* (Linnè). *Venus*, 22 (2): 200–203.
- Nakaoka, M. and Matsui, S., 1994. Annual variation in the growth rate of *Yoldia notabilis* (Bivalvia: Nuculanidae) in Otsuchi Bay, northeastern Japan, analyzed using shell microgrowth patterns. *Marine Biology*, 119: 397–404.
- Nakano, D. and Nagoshi, M., 1981. Age structure and growth in a population of *Monodonta labio* (Linnaeus). *Venus*, 40 (1): 34–40.
- Nakano, D. and Nagoshi, M., 1984. Growth and death in an intertidal population of *Monodonta labio* (Linnaeus) (Prosobranchia, Trochidae). *Venus*, 43 (1): 60–71.
- 野中佐紀・鎌田育江・富山清升, 2001. 桜島袴越大正溶岩の岩礁性転石海岸における藻食性腹足類4種の生息密度とサイズ頻度分布の月変化. *九州の貝*, 57: 19–33.
- 奥谷喬司, 2006. フィールドベスト図鑑 18 日本の貝1巻貝. 学習研究社, 東京.
- Sumikawa, S., 1955. Longevity of a gastropod, *Monodonta labio* (Linne) in Hakata Bay. *Science and Human Life, Fukuoka Women University*, 3 (1): 75–82.
- Takada, Y., 1996. Seasonal and vertical variations in size structure and recruitment of the intertidal gastropod, *Monodonta labio*. *Venus*, 55 (2): 105–113.