

鹿児島湾におけるゴマフニナ (腹足綱：ゴマフニナ科) の殻の内部成長線解析

尾花京佳・林 佑香・富山清升

〒 890-0065 鹿児島市郡元 1-21-35 鹿児島大学理工学研究科理学系生物学コース

要旨

鹿児島市の桜島袴腰海岸において、ゴマフニナ *Planaxis sulcatus* (Born, 1778) (盤足目ゴマフニナ科) のサイズ頻度分布とゴマフニナの内部成長線を観察し、ゴマフニナの生活史を明らかにした。2021年1月から2021年12月まで、毎月大潮時に潮間帯でサンプルを見つけ取りで50個体採取した。殻高と個体数のヒストグラムから、冬にゴマフニナの稚貝の新規加入が確認でき、稚貝の新規加入は冬から春にかけて行われていると推測できた。各月のサンプルの中から、ランダムに5個体ずつ選び研磨処理を行い、内部成長線とみられる縞を確認できた。濃い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る積み上げ縦棒グラフより、繁殖シーズン(繁殖最盛期)と冬期の年2回、ゴマフニナは成長遅滞が起こることがわかった。

はじめに

本研究の研究材料であるゴマフニナ *Planaxis sulcatus* (Born, 1778) は、前鰓亜門盤足目ゴマフニナ科に属し、インド太平洋域に広く分布する南方系の貝で、紀伊半島南部の外洋性岩礁に普通にみられる。直接波がぶつかることのない比較的波の穏やかな岩礁や転石帯の潮間帯中部で、岩の凹みなどにおびたしい数で集合している。殻が黒っぽく見えるのは、殻表が藍藻などの微小な藻類に覆われているためで、手軽にそぎ落とすことができる。藻類をそぎ取れば殻の表面には黒と白の斑

点を散らしている。

干潮時に干出しているものは、いくら辛抱強く見続けても全く動かず、歩き回ることも、餌を取ることもない。取り上げてみると、殻口にわずかに水が滲み出て、貝蓋の外に細長い糞がたくさんついていることもある。小さな個体は、岩の小さな凹みやわずかに生えた藻類の下に潜んでいることが多く、直射日光に当たるのが小さい貝にとっては耐えられないと推測できる。満潮時に、潮がさして海水に浸かるようになると、一斉に活発に動き始め、これまでの密な大きな群れがもぞもぞと崩れるようにして散っていく。このように、ゴマフニナの活動する時期は冠水時に限られる。また、ゴマフニナは岩上の微小な藻類をかじりとして食べるため、密度の高い場所は周辺よりも岩が白っぽく見えるほどである。

ゴマフニナには雄がないことが知られている(西平, 1988)。5月から9月ごろに大きめの個体は幼生を持っている。繁殖の最盛期に貝を割ってみるとほとんど全てが幼生を持っており、それぞれの個体がおびたしい数の幼生を産む。ゴマフニナは背中あたりに子供を育てるための袋があり、そこで幼生を哺育する卵胎生の貝である。幼生は0.1 mmほどの巻貝上のベリジャー幼生で、海水中に産み出されてプランクトンとして暮らす。冬から春にかけて岩の表面に1 mmほどの子貝を確認できる。これが1年で1 cmほどに成長して成貝となる(西平, 1988)。

上記のような報告はあるが、ゴマフニナの基

Obana, K., Y. Hayashi and K. Tomiyama. 2022. Annual ring analysis of shell of *Planaxis sulcatus* (Born, 1778) (Gastropoda: Planaxidae) in Kagoshima Bay, Kagoshima, Japan. *Nature of Kagoshima* 48: 267–274.

✉ KT: Department of Earth & Environmental Sciences, Faculty of Science, Kagoshima University, 1-21-35 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan (e-mail: k2490509@kadai.jp).

Received: 3 March 2022; published online: 7 March 2022; https://journal.kagoshima-nature.org/archives/NK_048/048-047.pdf

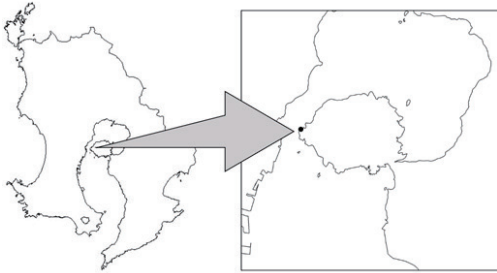


Fig. 1. 調査地概要.



Fig. 2. 桜島袴腰大正溶岩の岩礁性転石海岸調査地の様子. 写真上：満潮時の潮間帯上部付近, 写真下：大潮時の潮間帯下部付近.



Fig. 3. ゴマフニナの調査地での様子.

礎生態についてははっきりとした研究例がない。そこで本研究では、ゴマフニナの生活史を明らかにする目的の一つとして鹿児島県桜島海岸における本種の季節変動に伴う殻高・殻幅のサイズ頻度分布・相関と、殻の内部成長線の観察を行った。

他種の貝類の内部成長線からはその種の生活史や生活環境に関わる重要な生活の痕跡が記録されている。しかし、ゴマフニナの内部成長線の研究はまったく行われていない。内部成長線の観察によりゴマフニナの詳しい生態や年齢が分かるようになれば、今後の海産巻貝類の研究において重要な情報になっていくと考えられる。

材料と方法

材料 本研究では、ゴマフニナ (Fig. 4) を調査対象とした。ゴマフニナの学名は *Planaxis sulcatus* (Born, 1778) であり、分類は、軟体動物門・腹足綱・吸腔目・ゴマフニナ科・ゴマフニナ属である。分布は、本州中部以南、インド太平洋域の

潮下帯の岩礁の間である。明らかな螺肋上に黒地に白のだんだら模様があり、このタイプの他に、螺肋がはっきりしないものや波形のイナズマ模様もある (波部ほか, 1994)。

調査地概要 本研究で取り扱ったゴマフニナの採集は、鹿児島県鹿児島市桜島町に位置する袴腰海岸で行った。(Fig. 1)。桜島が噴火したときに溶出した大正溶岩が基盤となっている海岸である。この海岸には、様々な大きさの転石があり、岩礁海岸と転石海岸の二つの性質を併せもつ (Fig. 2)。本研究では調査時に潮間帯を上部と下部に分けた。各部の境界線は、地面の湿り具合や転石の大きさ、藻類の生えている様子から判断した。下部では、その他の個体が優先しており、まったく個体が見つからなかった。本研究では、石の層が厚く、転石が多く分布している上部を中心に採集し、ここで多くの個体が取れた。

月ごとの定期調査の方法 本種の生活史を調べるために、2020年1月から2021年12月まで毎月1回桜島袴腰の調査区で、大潮時に潮間帯の

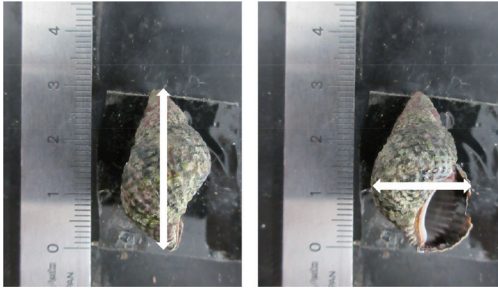


Fig. 4. ゴマフニナの殻高と殻幅の計測. 写真の縦が殻高、横が殻幅を表す.



Fig. 5. ゴマフニナの断面図.

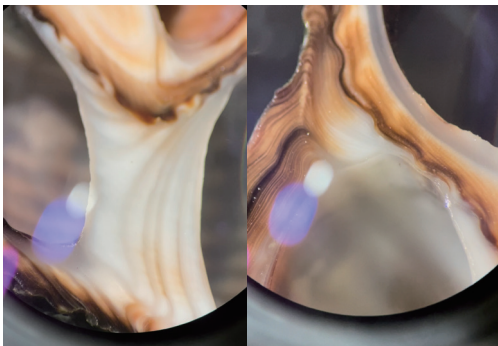


Fig. 6. 実体顕微鏡での内部成長線観察.

上部を中心に採集した。調査区全域にて見つけ取りで毎月 50 個体採取した。採集後、研究室にてカーボンファイバーノギスで 0.1 mm の単位まで殻高、殻幅を測定し記録した。測定終了後、冷凍庫で保管した。基本的に採集した貝は今後ほかの研究で活用できるように冷凍保存し、調査区へは戻していない。

殻高殻幅の測定 採集したゴマフニナを冷凍保存し 50 個体中ランダムに各月 5 個体ずつ選んだ。その後、殻高と殻幅をカーボンファイバーノギスで 0.1 mm まで測定した。

研磨処理 測定を済ませた 5 個体のサンプルを石工室にて最初の研磨を行った (Fig. 7)。石工



Fig. 7. 石工室での研磨の様子.



Fig. 8. #1500 と #4000 の研磨粉とガラス板を用いて鏡面研磨処理の様子.

室での研磨は #150 の研磨粉とグラインダー使用して観察したい滑層の断面がしっかり見えるまで荒削り処理を行った (Fig. 5)。グラインダーの上に研磨粉をまぶし、回転台の上に水を少し出し、これらを手で伸ばしてから手作業でサンプルを動かして研磨を行った。このとき、グラインダーの上で円を描くようにサンプルを研磨するのではなく、サンプルがグラインダーの半径に沿って直線状を往復するように動かし、グラインダー全面を万遍なく研磨する必要がある。グラインダーでの研磨の後、#600 の研磨粉とガラス板を用いてサンプルをさらに研磨した。これらの荒削り終了後には、#150 と #600 の研磨粉が残らないよう、グラインダーとガラス板のそれぞれを十分に洗い流した。その後分析室にて、#1500 と #4000 の研磨粉とガラス板を用いて鏡面研磨処理を行った (Fig. 8)。ガラス板の上に研磨粉と水をのせ、サンプルの断面がなめらかになるまで研磨した。鏡

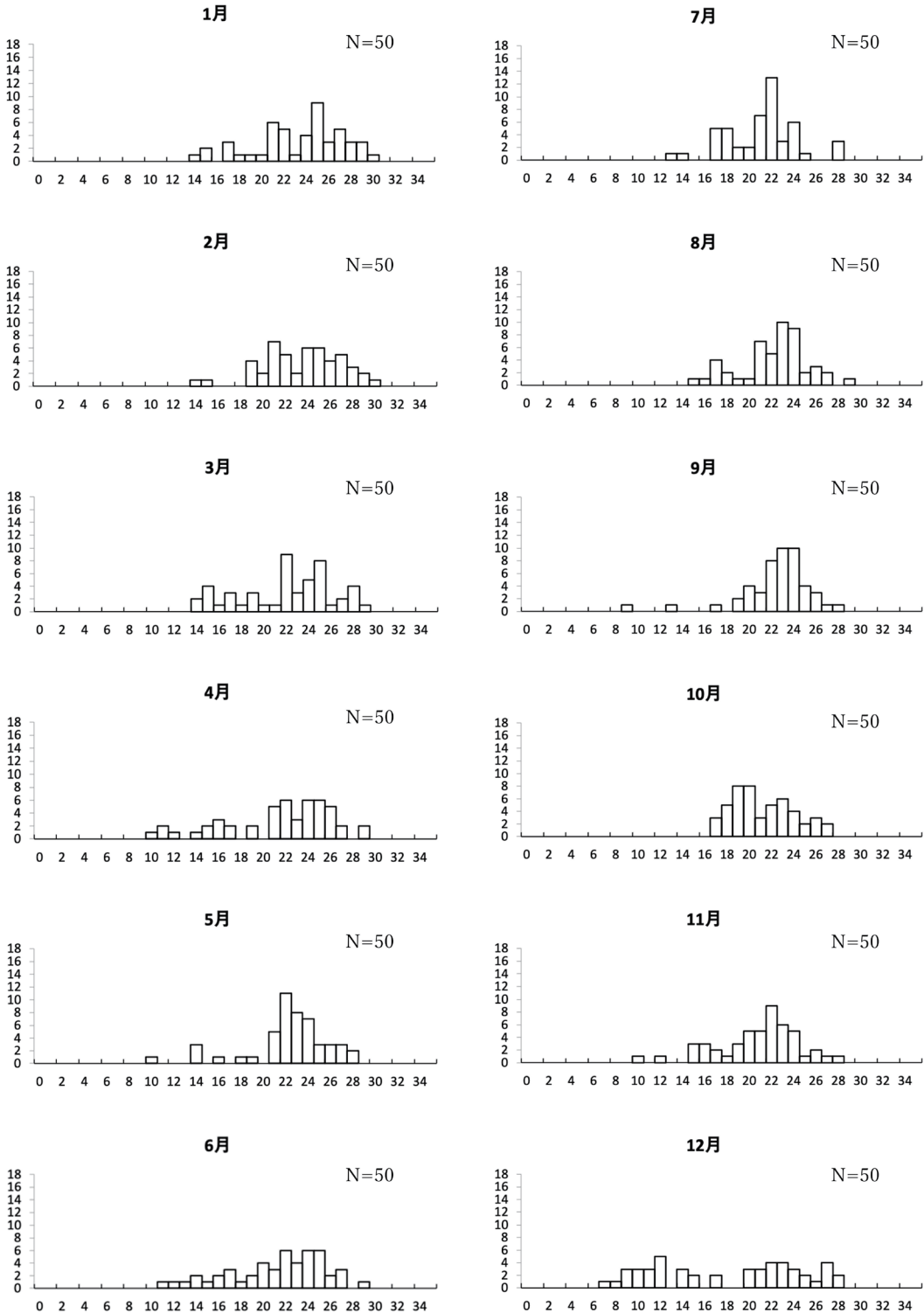


Fig. 9. 2021年のゴマフニナの殻高のサイズ頻度分布のグラフ。縦軸は個体数の頻度、横軸は殻高 (mm) で表示。

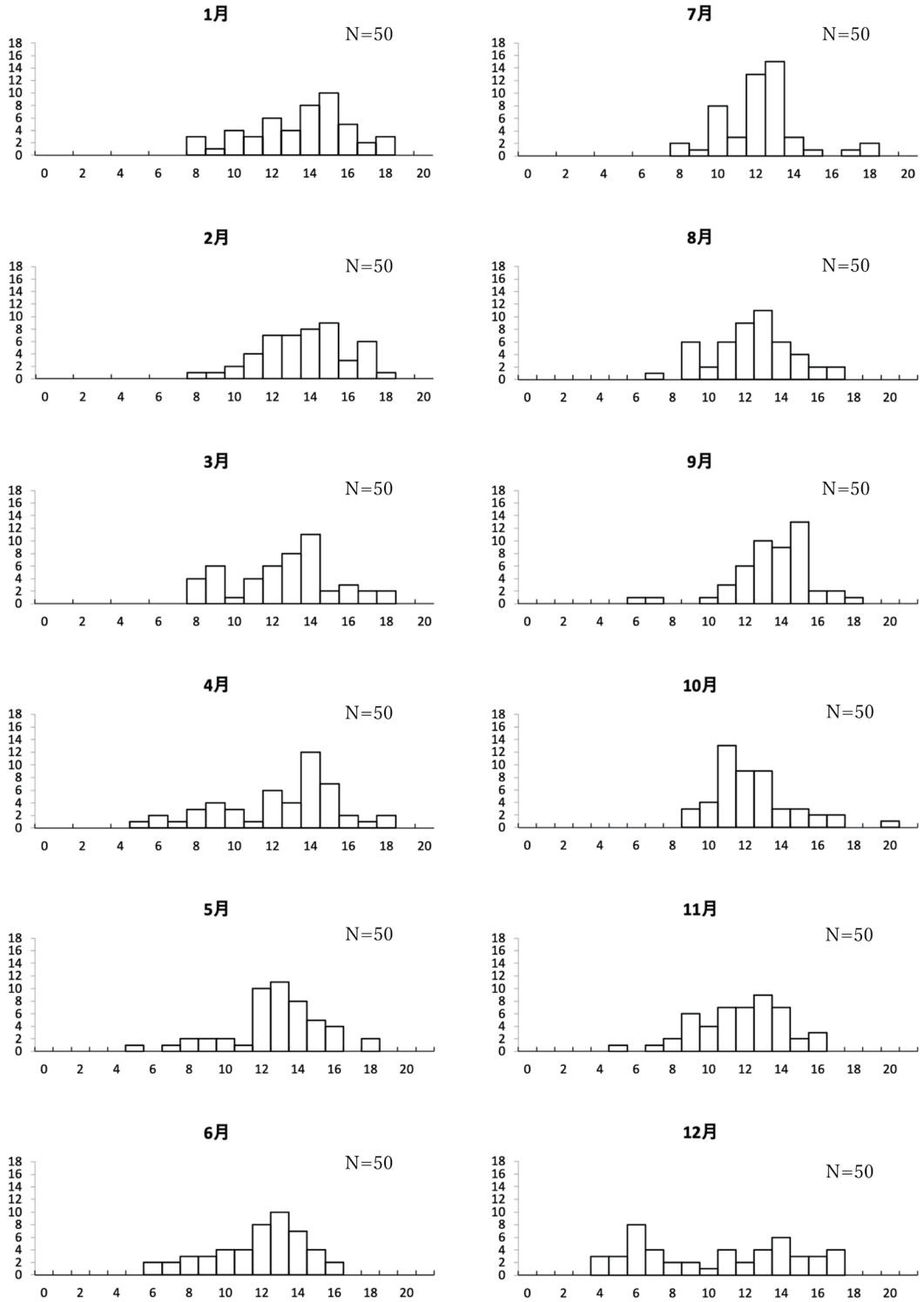


Fig. 10. 2021年のゴマフニナの殻幅のサイズ頻度分布のグラフ。縦軸は個体数の頻度、横軸は殻幅 (mm) で表示。

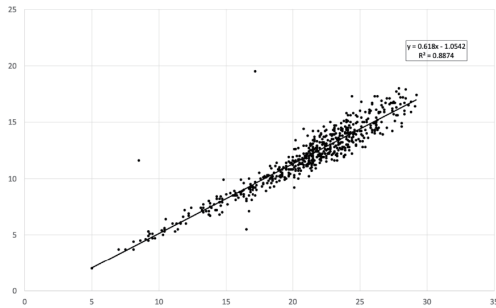


Fig. 11. 2021年のゴマフニナの殻高-殻幅相関図. 縦軸: 殻幅 (mm), 横軸: 殻高 (mm).

面研磨処理がしっかり行われているか確認するために、サンプルの研磨した断面を、双眼実体顕微鏡を用いて観察し、縞が明瞭に観察できるよう、断面にグリセリンを塗って測定した。今回、エッチング処理 (1N 塩酸 40 秒, 1N 酢酸 30 秒), スンプ処理を行った。しかし、内部成長線のレプリカが明瞭ではなく、エッチング処理をせずに双眼実体顕微鏡で観察・計測する方が、内部成長線を明瞭に観察できると判断し、エッチング観察は行わなかった。

結果

殻高のサイズ分布の季節変化 各月ごとに殻高を測定しヒストグラムを作成して Fig. 9 に示した。1年間を通して、大幅広く分布していることがわかった。サイズのピークはそれぞれ、1月は 25 mm, 2月は 21 mm, 3月は 22 mm, 25 mm, 4月は 22 mm, 24 mm, 25 mm, 5月は 22 mm, 6月は 22 mm, 24 mm, 25 mm, 7月は 22 mm, 8月は 23 mm, 9月は 23 mm, 24 mm, 10月は 19 mm, 20 mm, 11月は 22 mm, 12月は 12 mm という結果になった。

2021年1月には1年間を通して最大である、29.2 mm の個体が確認でき、2月には1年を通して最小である、0.5 mm を確認できた。1月, 2月, 3月, 7月, 8月, 10月では 12 mm 以下の個体が確認できなかった。

殻幅のサイズ分布の季節変化 各月ごとに殻幅を測定しヒストグラムを作成して Fig. 10 に示した。殻幅も殻高同様1年間を通して、大幅広く

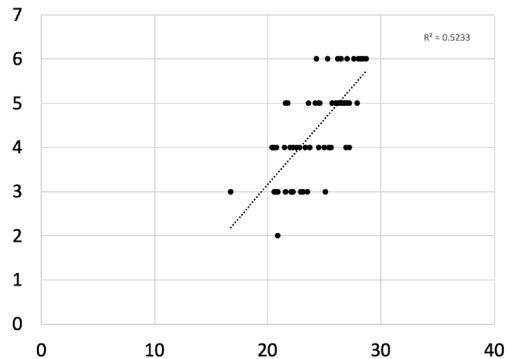


Fig. 12. ゴマフニナの殻高と内部成長輪数の相関. 横軸: 殻高 (mm), 縦軸: 内部成長輪数 (本).

く分布していることがわかった。サイズのピークはそれぞれ、1月は 15 mm, 2月は 15 mm, 3月は 14 mm, 4月は 14 mm, 5月は 13 mm, 6月は 13 mm, 7月は 13 mm, 8月は 13 mm, 9月は 15 mm, 10月は 11 mm, 11月は 13 mm, 12月は 6 mm という結果になった。

2021年5月には1年間を通して最大である、18 mm の個体が確認でき、2月には1年を通して最小である、0.2 mm を確認できた。

Fig. 11 は、2021年の殻高と殻幅の相関を表したグラフである。グラフより、殻高と殻幅は強い正の相関を持っていることがわかった。また、相関図で外れてしまっている点があることがわかる。これは、殻長が少し欠けてしまっている個体が含まれたことによってできてしまったものだと考えられる。

内部成長線観察の結果 各月ごとに 50 個体からランダムに 5 個体ずつとり、年輪数を数えた (Fig. 6)。ゴマフニナの内部成長線の形状としては、内部成長線とさらに細かい微細内部成長線が観察された。1月, 5月, 6月, 7月, 9月, 12月は奇数本優先, 2月, 3月, 4月, 8月, 10月, 11月は偶数本優先という結果になった (Fig. 14)。殻高と年輪数の相関を見てみると $R^2 = 0.5233$ という結果になり、やや相関が見られた (Fig. 12)。全期間の総計 60 個体の内部成長輪数ごとの個体数は、2本が 1 個体, 3本が 14 個体, 4本が 18 個体, 5本が 16 個体, 6本が 11 個体という結果になった (Fig. 13)。また、年間何本太い内部成

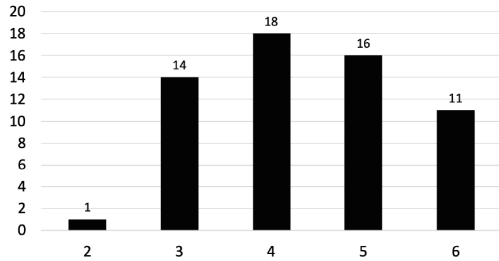


Fig. 13. ゴマフニナの内部成長線（成長輪）数の頻度分布。縦軸：個体数（個），横軸：内部成長輪数（本）。

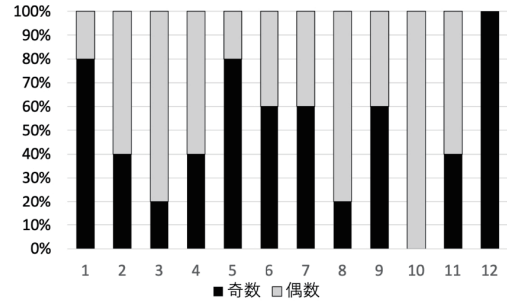


Fig. 14. ゴマフニナの月ごとの内部成長線数の奇数個と偶数個の割合。縦軸：割合（%），横軸：月。

長線が形成されるのか確認するために、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 (Fig. 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ある。2021年7月8月における奇数本の占める割合は平均およそ40%であり、繁殖シーズンに内部成長線の割合が減少していることがわかる。一方、2021年12-2月（冬期）における奇数本の割合は、平均およそ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（繁殖最盛期）と冬期の年2回、ゴマフニナは成長遅滞が起こることがわかる。

考察

ゴマフニナの個体と殻高のヒストグラムの結果から、ゴマフニナは、5月から9月にかけて20 mmを超える個体の数が増加しており、ゴマフニナの稚貝の新規個体加入は冬から春にかけて安定的に行われていると推測される。

2021年12月から4月で確認できる殻高の小さな個体群の割合が多いのはその前の繁殖期で発生した新個体群だと思われる。また、2021年12月から4月は14 mmにサイズピークをもっていることから、冬の間は成長スピードが遅くなっていると考えられる。1年間を通して、比較的殻高・殻幅のサイズ頻度分布に変化がないことから、本種の寿命は1年以上であると考えられる。

また、桜島袴腰海岸におけるシマベッコウバイ (*Japeuthria cingulata*) のサイズ頻度分布の報告 (黒木, 2020) では、シマベッコウバイは、9月から1月にかけて10 mm以下の個体の数が減

少しており、シマベッコウバイの稚貝の新規加入は春から夏にかけて安定的に行われていると推測されており、本種とは異なる結果となっていた。そのため、本種とは異なった生活史を送っていると考えられる。

次に、ゴマフニナの内部成長線観察についてである。結果から、繁殖シーズン（繁殖最盛期）と冬期の年2回成長遅滞が起こり、内部成長線が形成されることがわかった。内部成長線観察から貝類の内部成長線には、これまでに年輪、日輪、潮汐輪があると報告されている (Nakaoka, 1992; Nakaoka and Matsui, 1994)。また、微細内部成長線の形成には、内的要因として生殖活動に伴うものや疾病などがあり、外的要因として水温、潮汐、塩分濃度などがある (富山ほか, 2011)。今回、ゴマフニナの内部成長線の双眼実体顕微鏡を用いた観察は比較的明瞭であった。しかし、内部成長線の数え方の定義や資料がまったくないことから、内部成長線とさらに細かい微細内部成長線を見分けて、正確な本数を数えることが困難であった。

冬期のゴマフニナの成長速度の低下と内部成長線の形成は、栄養状態の悪さに起因していると考えられている (Nakaoka, 1992)。底生珪藻や海水から供給される有機物などの堆積物食性動物の餌が最も少なくなると予想され、この時期の底質への有機物フラックスが少ないことが示唆された (Nakaoka, 1992)。繁殖最盛期の夏にも成長は鈍るようであるが、繁殖にエネルギーを振り向けるからと予想できる (西平, 1988)。

今後研究するにあたって、荒削りの際に削り残しがないようにすることと、エッチング処理の有無の判断、内部成長線と微細内部成長線との関連の調査などが必要である。内部成長線の数が増えられ、ゴマフニナの年齢が分かればより信頼性の高いデータが得られると考える。

謝 辞

本研究を行うにあたり、適切なご指導、ご助言をいただいた鹿児島大学理学部地球環境科学科多様性生物学講座生態学研究室の皆様にご心からお礼申し上げます。また、助言や励ましを頂いた鹿児島大学理工学研究科富山研究室の皆様にご深く感謝申し上げます。本稿の作成に関しては、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–令和 2 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、令和 3–4 年度基盤研究 (C) 一般「都市生態系における外来種および適応在来種の都市進化生態学的分析」21K12327–

0001、平成 27–令和 3 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その保全に関する教育研究拠点整備」、および 2021 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

- 波部忠重・奥谷喬司・西脇三郎, 1994. 軟体動物学概説上巻. サイエンティスト社, 東京. 34 pp.
- 波部忠重・奥谷喬司・西脇三郎, 1996. 軟体動物学概説下巻. サイエンティスト社, 東京. 52 pp.
- 黒木理沙, 2021. 桜島袴腰大正溶岩の岩礁性転石海岸におけるシマベッコウバイのサイズ頻度分布による季節変化. 鹿児島大学理学部地球環境科学科卒業論文.
- Nakaoka, M., 1992. Age determination and growth analysis based on external shell rings of the Protobranch Bivalve *Yoldia notabilis* Yokoyama in Otsuchi Bay, northeastern Japan. *Benthos Research*, 43: 53–66.
- 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.
- 西平守孝, 1988. サンゴ礁の渚を遊ぶ—石垣島・川平湾. おきなわ文庫, 那覇.
- 山角公彦・富山清升・吉本 健, 2010. 鹿児島県桜島海岸におけるゴマフニナの生活史—精子と卵子の形成季節と性比の検一. 鹿児島大学理学部地球環境科学科卒業論文.
- 富山清升・平田浩志・安東美穂・金田竜祐, 2011. 鹿児島湾におけるヘナタリ *Cerithidea (Cerithiopsis) cingulate* (Gmelin, 1791) の殻の内部成長線解析. *日本生物地理学会誌*, 70: 87–97.