

桜島袴腰大正溶岩におけるシマベッコウバイの サイズ頻度分布の季節変化とその生活史

黒木理沙・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

はじめに

鹿児島県の桜島に位置している袴腰海岸は、桜島が 1914 年に噴火したときに溶出した溶岩で覆われている転石海岸である (吉本, 2012). この海岸には複数種の海産肉食性貝類が生息している (伊藤, 1999; 奥谷, 2000). 本研究の材料であるシマベッコウバイ (*Japeuthria cingulata*) は潮間帯の岩礁に生息する巻貝である (波部ほか, 1994, 1996). シマベッコウバイは袴腰海岸で 1 年を通して安定して存在している種である. また, 貝類の内部成長線からはその種的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. ウミノナヤイシダタミガイ, ヘナタリなどの他の海産の巻貝は性成熟に 2 年かかり, 成熟後は殻の成長が止まることが知られている (鎌田, 2000; 吉本, 2012; 柳生, 2013). そのため, 性成熟とともに殻の成長が停止するこれらの貝類では様々な研究が行われてきた. しかし, シマベッコウバイは成熟後も殻の成長が停止せず, 成長し続けることが分かっている. そのため, シマベッコウバイの内部成長線の研究も同様にあまり行われていない. 内部成長線の観察によりシマベッコウバイ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. そこで本研究では, 桜島袴腰海岸の潮間帯に生息するシマベッコウバイの生活史を明らかにするため, 殻高, 殻幅のサイズ頻度分布と殻の内部成長線の観察を行った.

材料と方法

調査地概要

シマベッコウバイの採集は, 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). 袴腰海岸は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. この海岸は, 岩礁海岸と転石海岸の二つの性質を併せもち, 数 m の岩から数 cm の小石まで様々な大きさの転石が存在する. そして, 転石層の厚さも下層の砂が見える程度から数 10 cm の深さまでと潮位やその場所によって異なり, 潮間帯の環境は変化に富んでいる (Fig. 2). また, 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. 上部では, 石の層が厚く全く個体が見つからなかった. 本研究では, 石の層が薄く, 砂地のある下層を中心に採集し, ここで多くの個体がとれた (Fig. 3).

材料

シマベッコウバイ *Japeuthria cingulate* (Reeve, 1847) は, 軟体動物門, 貝殻亜門, 腹足綱, 新腹足目, エゾバイ科に分類され, 潮間帯の岩礁に生息する肉食性の巻貝である (波部ほか, 1994, 1999). イソノナに似るが, 太く短い紡錘形, 殻表には暗緑色の地に不規則な褐色の線状模様がある. 殻口の外唇内壁はくもった青白色で, 肋状の襷がある. 分布は, 伊豆諸島伊南, 西太平洋の潮間帯の岩礁である. シマベッコウバイの属するエ

Kuroki, R. and K. Tomiyama. 2021. The life history of intertidal gastropod species *Japeuthria cingulata* in Hakamagoshi, Sakurajima, Kagoshima, Japan. *Nature of Kagoshima* 47: 331–343.

✉ 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: 6 March 2021; published online: 10 March 2021; http://journal.kagoshima-nature.org/archives/NK_047/047-058.pdf

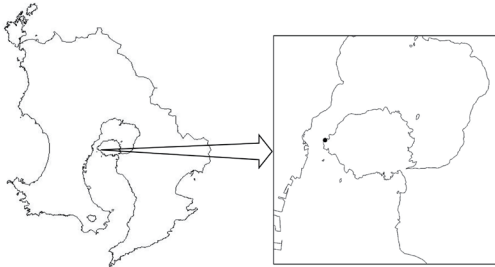


Fig. 1. 調査地地図. 黒丸は調査地の位置を示す.



Fig. 2. 桜島袴腰大正溶岩の岩礫性転石海岸の調査地各部分の様子.

ゾバイ科は、軟体は触覚の外側基部に眼があり、物は長い。歯舌は方形の中歯に通常3歯尖の縁歯がある。そして、その長い物を餌動物の巻貝類、二枚貝類、棘皮動物などの開口部から挿入し、肉を食いちぎって食べる、食いちぎりという摂食様式をとる。また、摂食者であると同時に死骸食、腐肉食を行うものが多く、嗅検器がよく発達しており、死骸や死にかけた動物がいると臭覚によって集まってくる。(波部ほか, 1999) シマベッコウバイは1年を通して安定して存在している普通種にも関わらず、生態学的な研究はあまり行われていない。



Fig. 3. シマベッコウバイの調査地での様子.

調査方法

月ごとの定期調査の方法 本種の生活史を調べるために、2017年12月から2018年11月までと2018年12月から2020年11月まで毎月1回桜島袴腰の調査区で採集した。調査区全域にて見つけ取りで毎月50個体採集した。このとき、2019年1月と2019年3月は採集個体数がそれぞれ41個体と42個体であった。また、2019年8月と9月は天候不良によりデータ欠損であった。採集後、研究室にて表面の砂を落とすため、ざるを用い水洗いを行った。その後、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 (Fig. 4)。測定終了後、10個体は内部成長線観察のために乾燥機により十分に乾燥させ、残りの個体は冷凍庫で保管した。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冷凍保存し、調査区へは戻していない。

内部成長線観察の手順

乾燥と殻高殻幅の測定 採集したシマベッコウバイを乾燥機で10個体十分乾燥させた。その

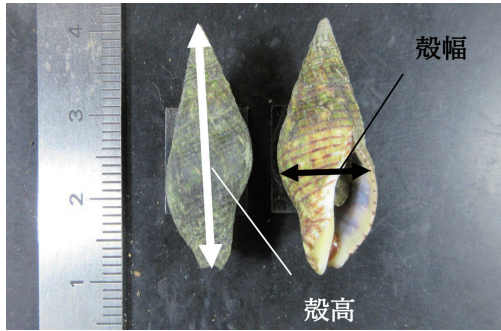


Fig. 4. シマベッコウバイの殻高, 殻幅. 写真の矢印は左個体が殻高, 右個体が殻幅を表す.

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. このとき, 研磨後に計測した個体がどの個体であるかわかるように, 測定した個体それぞれに番号を振った.

研磨処理 測定を済ませた 10 個体のサンプルを, 石工室にて最初の研磨を行った. 石工室での研磨は # 150 の研磨粉とグラインダーを使用して観察したい滑層の断面がはっきり見えるまで荒削り処理を行った. 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. 荒削り終了時には, # 150 の研磨粉が残留しないように十分に水洗いを行った. 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, 表面をなめらかにした. このときも同様に, # 600 の研磨粉が残らないように十分に水洗いを行った.

その後分析室にて, # 1500 の研磨粉とガラス板を用いて鏡面研磨処理を行った. ガラス板の上に研磨粉と水をのせ, サンプルの断面がさらになめらかになるまで研磨した. 鏡面研磨処理が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た. このときの観察でなめ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行った (Fig. 5).

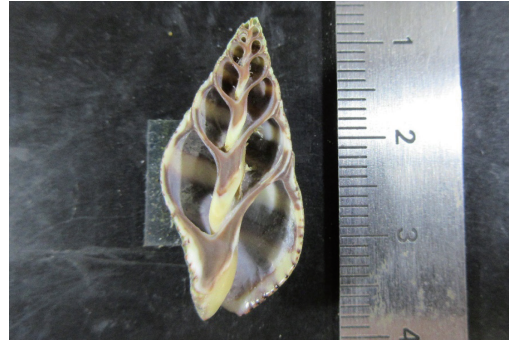


Fig. 5. シマベッコウバイ研磨後.

エッチング処理 エッチング処理とは切断面にある特定の構造を溶かす処理である. この処理では, まず 3% の HCl (濃塩酸) にサンプルを浸し十分に水洗い, 乾燥した後に同サンプルを 3% の CH_3COOH に浸した. 内部成長線はエッチング処理に対して比較的耐性があるという特徴がある. この特徴を利用し, 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.

スンプ処理 スンプ処理は, 観察したい物の表面の構造を細かい部分まで型を取るように写し取り観察する方法である (金田, 2013). この観察法の利点は, 光を通さない観察物が顕微鏡で直接観察できない場合に, 表面の構造であれば観察を可能にできる点である. サンプルは光を通さない観察物であるためこの方法を用いて観察を行った.

エッチング処理を行いしっかりと洗い流し乾燥させた後, サンプルの断面にスンプ液をはけで塗った. このとき, スンプ液が薄くなるように注意した. スンプ液が分厚いと, 乾燥まで時間がかかるとともにサンプルの凹凸を十分に写し取れないためである. スンプ板にスンプ液を塗った断面を貼り付け 10 分乾燥させた. このとき凹凸がはっきりと出るように, スンプ板とスンプ液を塗った断面を指で押し付けた. 十分乾燥したらスンプ板をはがしスンプ台紙に張り付け, 凹凸の型を取った. その後, 光学顕微鏡を用いて内部成長線の観察を行った.

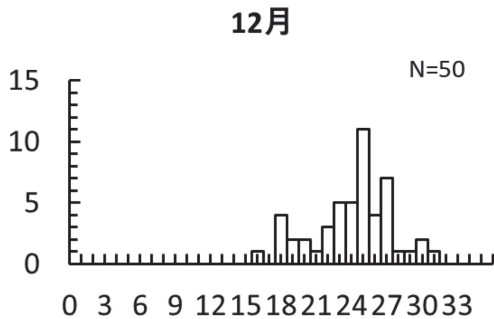


Fig. 6. 2017年の殻高のサイズ頻度分布のグラフ。縦軸は個体数の頻度、横軸は殻高 (mm) で表示。

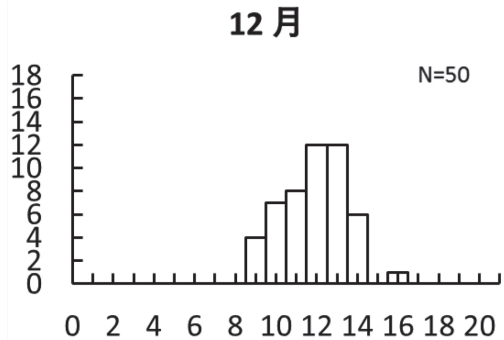


Fig. 7. 2017年の殻幅のサイズ頻度分布のグラフ。縦軸は個体数の頻度、横軸は殻幅 (mm) で表示。

結果

殻高のサイズ分布の季節変化 Fig. 6は縦軸を個体数の頻度、横軸を殻高 (mm) として示したグラフである。桜島袴腰大正溶岩の岩礁性転石海岸において、2017年12月は18 mm, 25 mm, 30 mmにサイズピークをもつグラフになり、わずかであるが16 mmにサイズピークをもつグループも確認できた。2018年1月は、22–24 mmにサイズピークをもつグループが存在し、わずかに33 mmにサイズピークをもつグループも確認できた。2月は21 mm, 25 mm, 26 mm, 30 mmにサイズピークをもつグループが存在し、わずかであるが12 mmにサイズピークをもつグループも確認でき稚貝の新規加入も確認できた。3月は、20 mm, 24 mm, 28 mmにサイズピークをもつグループが存在し、わずかであるが11–12 mmにサイズピークをもつグループが確認でき、稚貝の新規加入がみられた。4月は16 mm, 19 mm, 25 mmにサイズピークをもつグループが存在していた。5月は14 mm, 20 mm, 25 mmにサイズピークをもつグループが存在し、わずかであるが31 mmにサイズピークをもつグループも確認できた。6月は14 mm, 22 mmにサイズピークをもつグループが存在し、わずかであるが11 mmにサイズピークをもつグループ確認でき稚貝の新規加入がみられた。7月は16 mm, 18 mm, 24 mmにサイズピークをもつグループが存在し、わずかであるが10–12 mmにサイズピークをもつグループが確認でき稚貝の新規加入がみられた。8月は15 mm, 18 mm, 21 mmにサイズピークをもつグループが存

在し、わずかであるが13 mmにサイズピークをもつグループも確認でき稚貝の新規加入がみられた。9月は17 mm, 19 mm, 26 mm, 30 mmにサイズピークをもつグループが存在し、わずかであるが12 mmにサイズピークをもつグループが確認でき稚貝の新規加入がみられた。10月は19 mm, 23 mm, 26 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。11月は25 mm, 27 mmにサイズピークをもつグループが存在し、わずかであるが35 mmにサイズピークをもつグループも確認できた。

2019年の殻高グラフでから、1月は15 mm, 20 mm, 25 mm, 26 mmにサイズピークをもつグラフになり、わずかであるが11 mm, 31 mmにサイズピークをもつグループも確認できた。2月は11 mm, 17 mm, 22 mm, にサイズピークをもつグループとなり、わずかであるが25 mm, 26 mmにサイズピークをもつグループも確認できた。3月は9 mm, 14 mm, 18 mm, 27 mm, 30 mmにサイズピークをもつグラフになった。4月は7 mm, 18 mm, 23 mm, 30 mmにサイズピークをもつグラフとなった。5月は16 mm, 21 mm, 24 mm, 27 mmにサイズピークをもつグラフとなった。6月は19 mm, 22 mm, 23 mmにサイズピークをもつグラフとなり、わずかに30 mm, 31 mmにサイズピークをもつグラフも確認できた。7月は18 mm, 23 mm, 28 mmにサイズピークをもつグラフとなった。10月は8 mm, 11 mm, 12 mm, 17 mm, 23 mm, 31 mmにサイズピーク

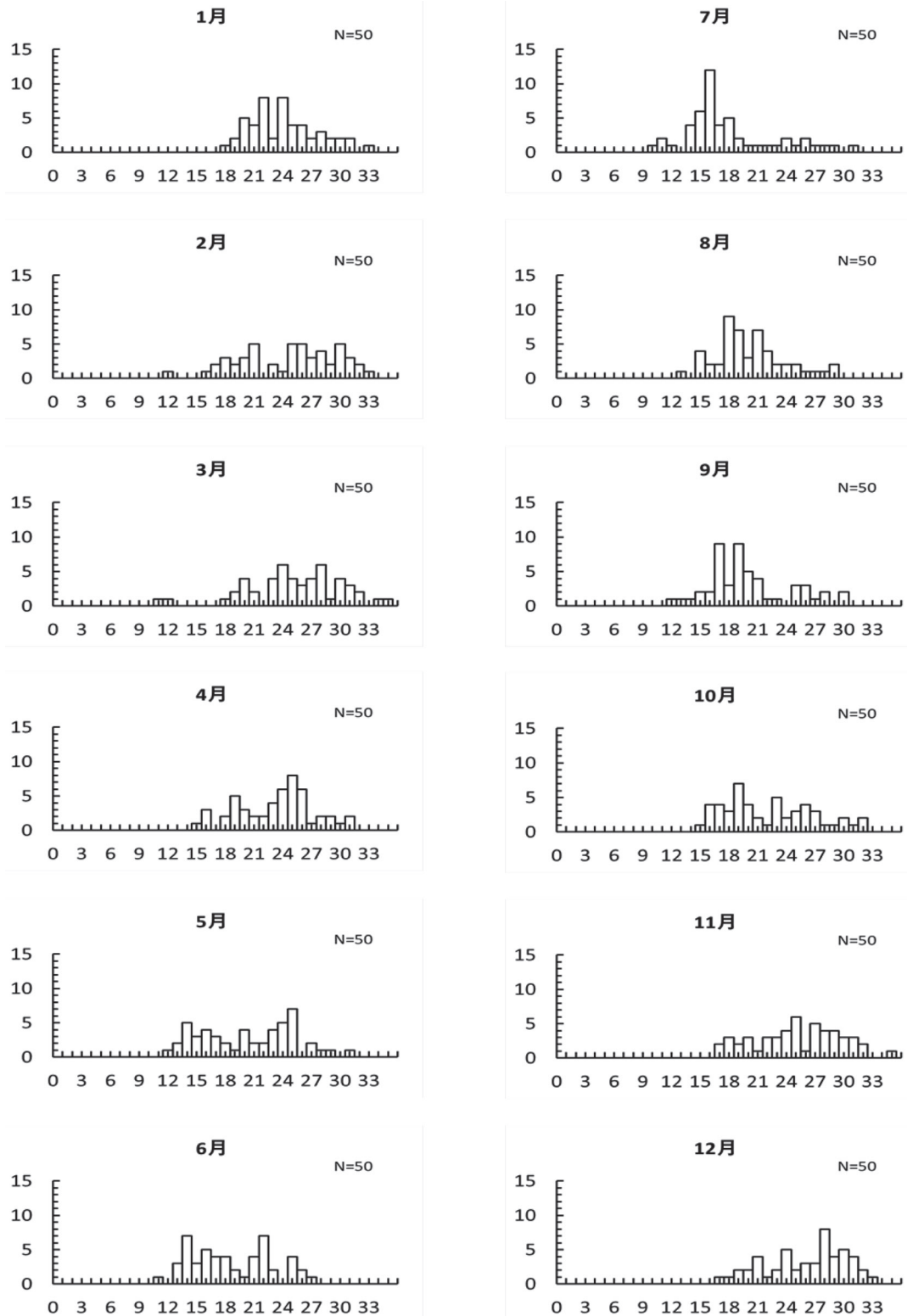


Fig. 8. 2018年の殻高のサイズ頻度分布のグラフ。縦軸は個体数の頻度、横軸は殻高 (mm) で表示。

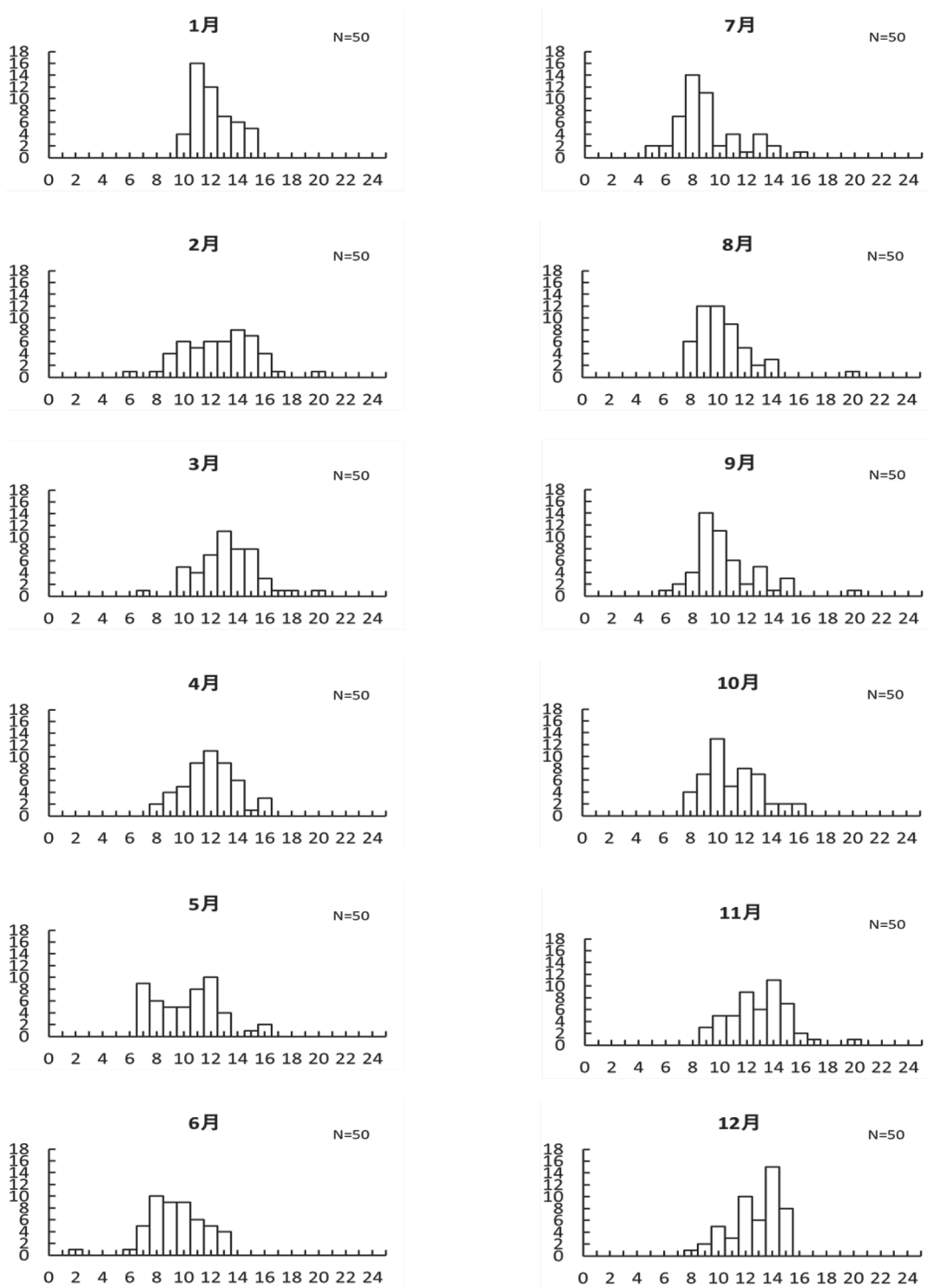


Fig. 9. 2018年の殻幅のサイズ頻度分布のグラフ。縦軸は個体数の頻度，横軸は殻幅（mm）で表示。

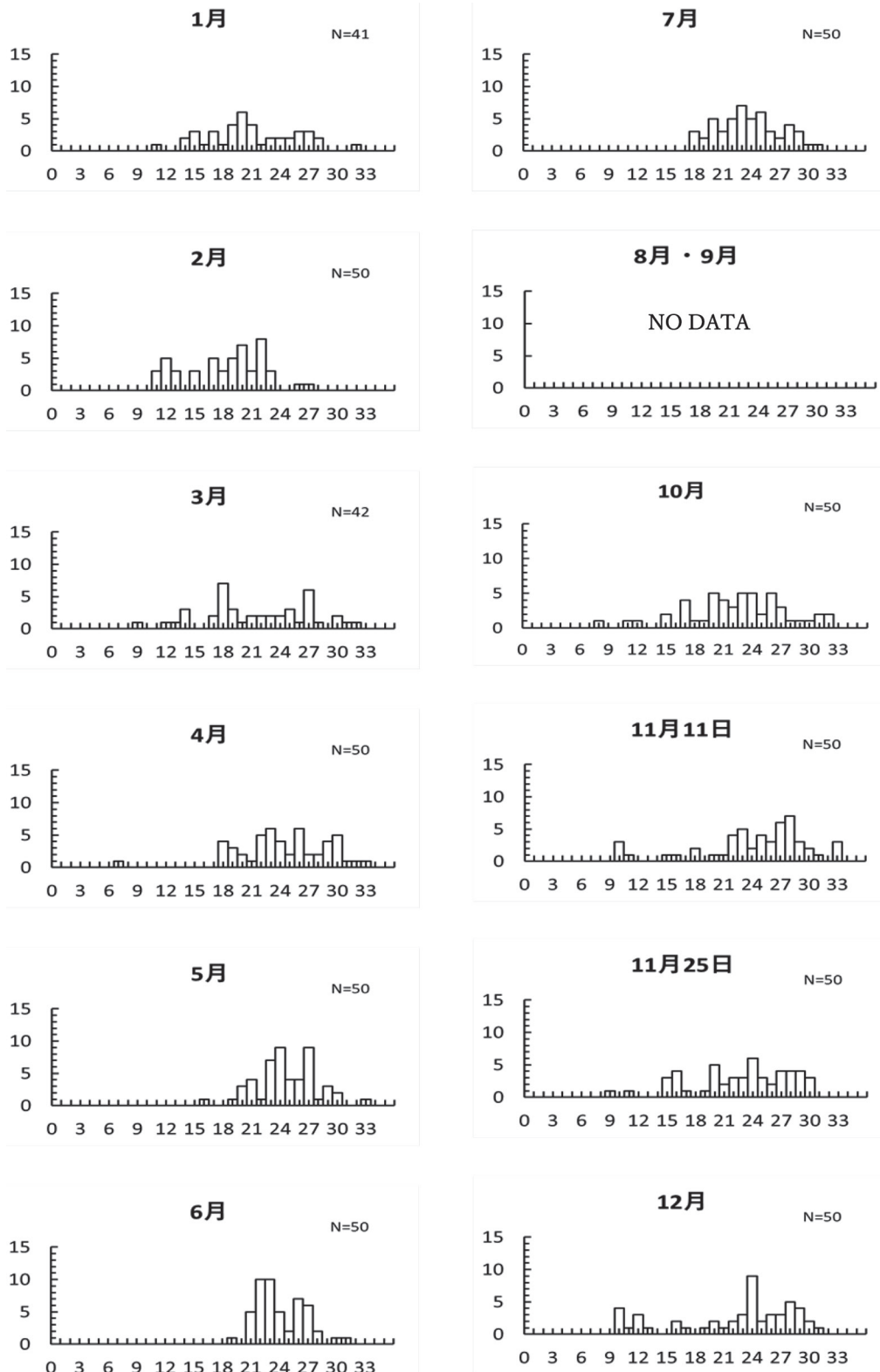


Fig. 10. 2019年の穀高のサイズ頻度分布のグラフ。縦軸は個体数の頻度、横軸は穀高 (mm) で表示。

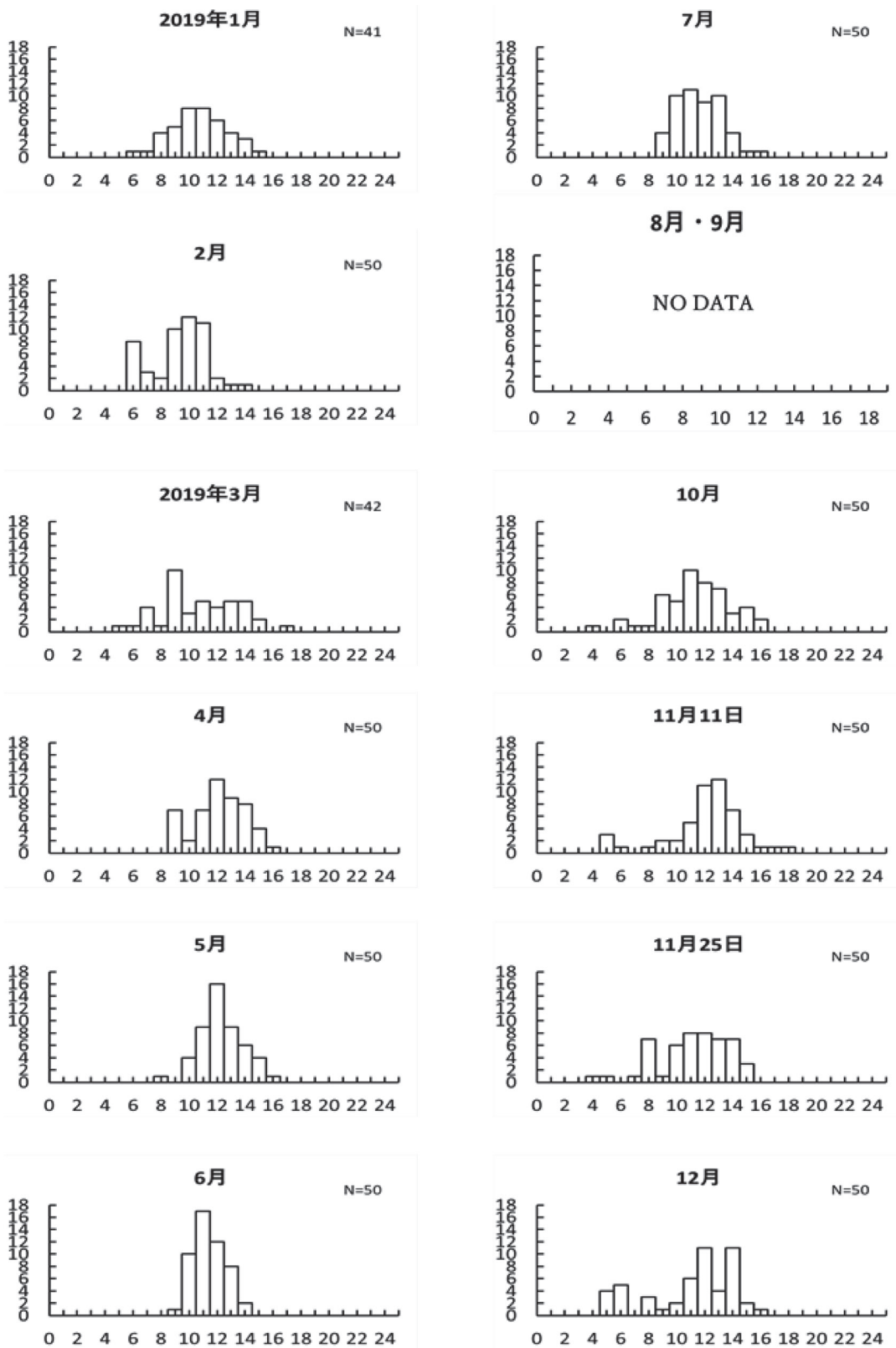


Fig. 11. 2019年の殻幅のサイズ頻度分布のグラフ。縦軸は個体数の頻度、横軸は殻幅 (mm) で表示。

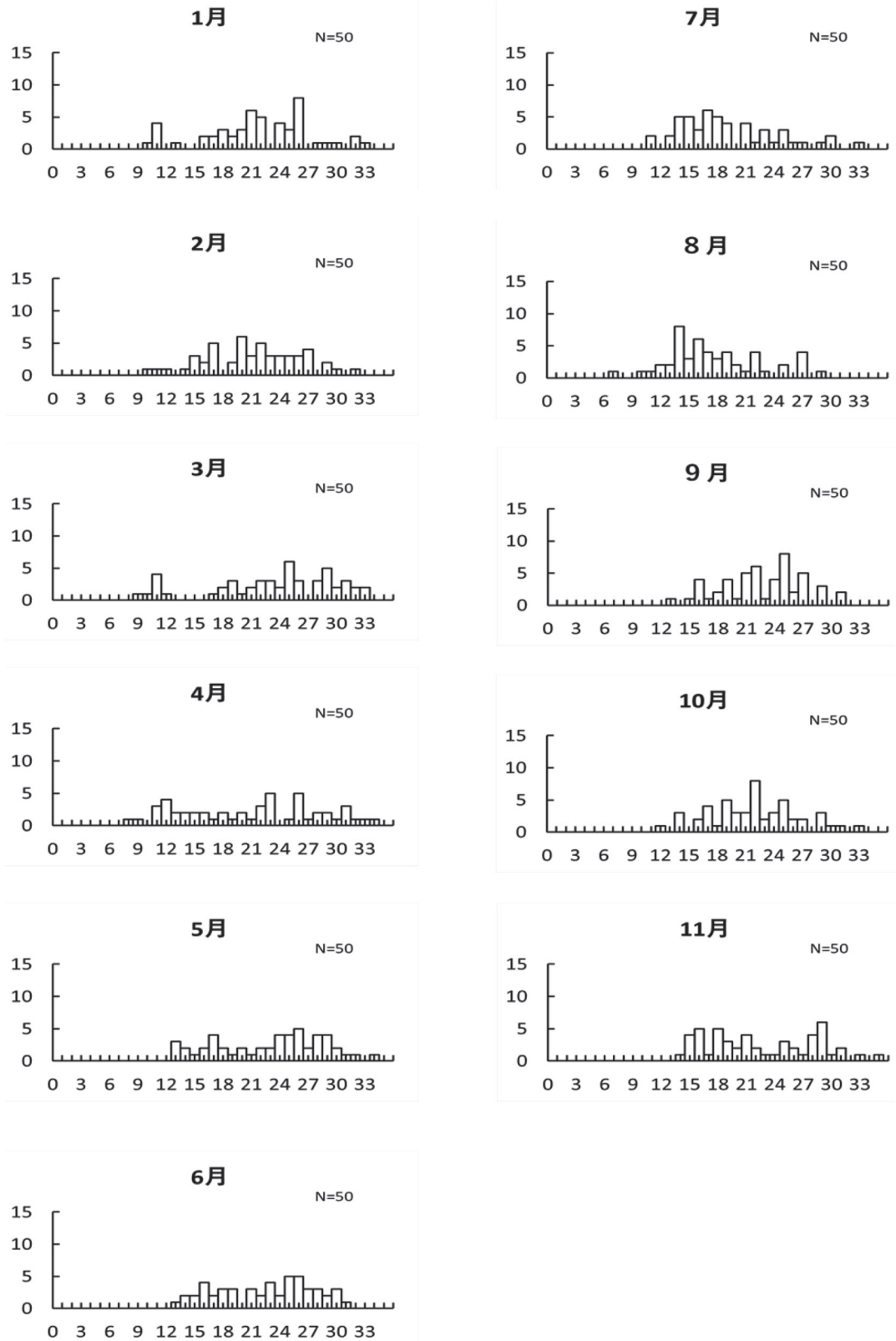


Fig. 12. 2020年の殻高のサイズ頻度分布の季節変化。縦軸は個体数の頻度、横軸は殻高 (mm) で表示。

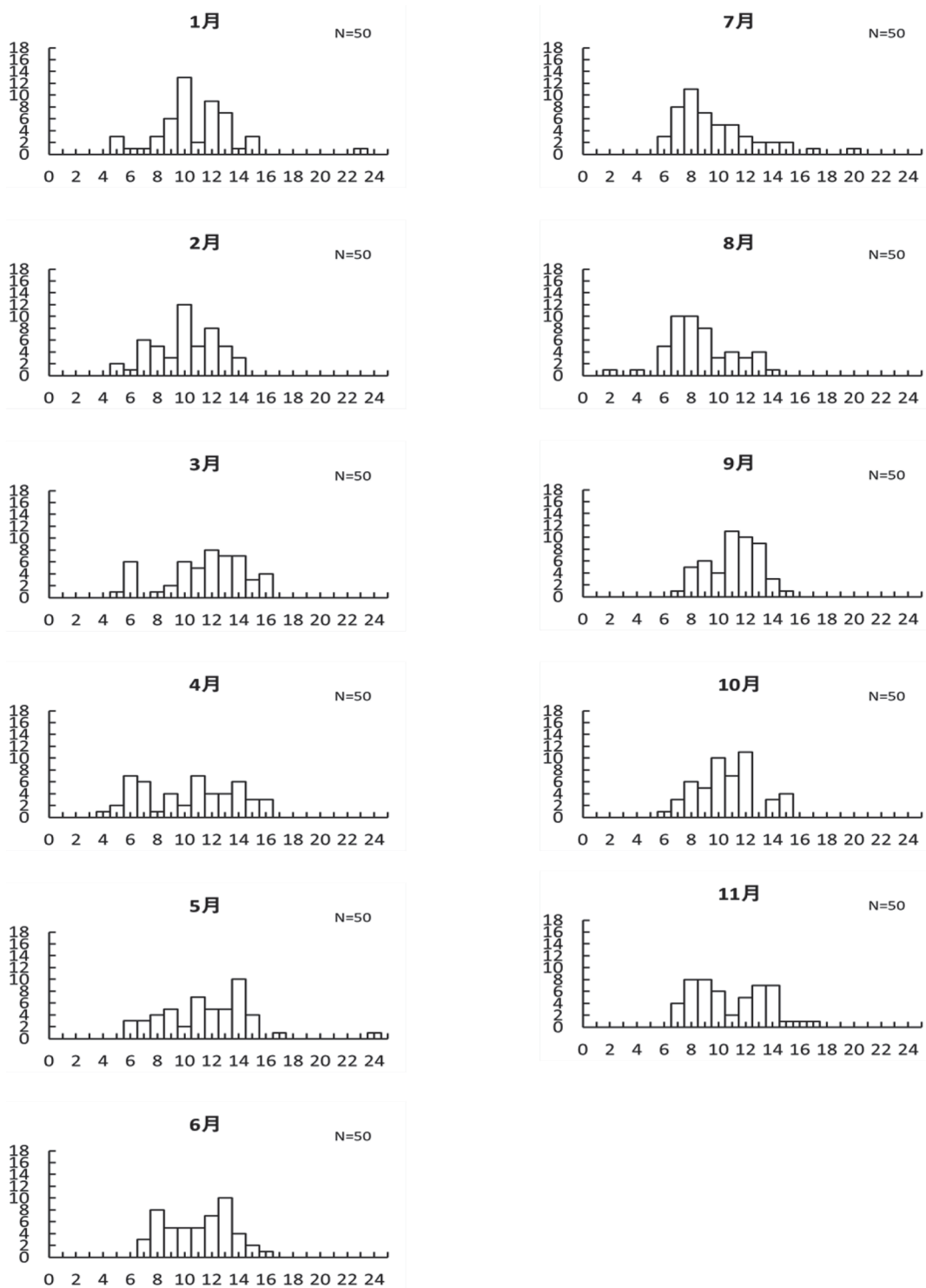


Fig. 13. 2020年の殻幅のサイズ頻度分布のグラフ。縦軸は個体数の頻度、横軸は殻幅（mm）で表示。

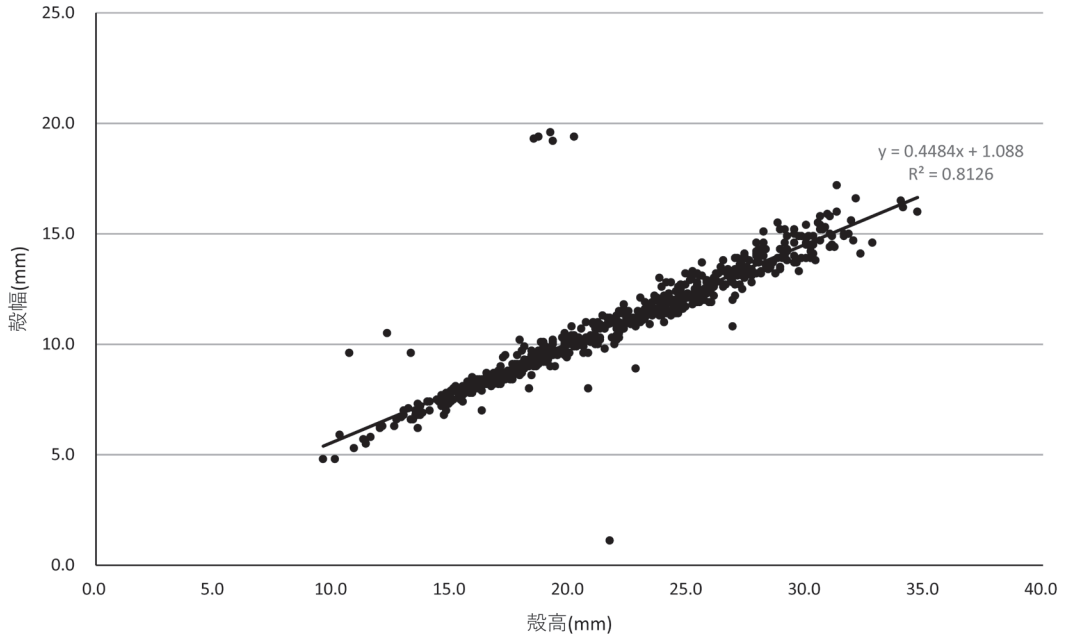


Fig. 14. 2018年の殻高—殻幅相関図.

をもつグラフとなった。11月11日は10 mm, 15 mm, 18 mm, 22 mm, 28 mmにサイズピークをもつグラフとなった。11月25日は9 mm, 11 mm, 16 mm, 24 mm, 27–29 mmにサイズピークをもつグラフとなった。12月は10 mm, 16 mm, 24 mm, 28 mmにサイズピークをもつグラフとなった。

2020年の殻高グラフから、1月は11 mm, 18 mm, 21 mm, 25 mmにサイズピークをもつグラフとなった。2月は10–12 mm, 17 mm, 20 mm, 27 mm, 29 mmにサイズピークをもつグラフとなり、稚貝の新規加入がみられた。3月は9 mm, 11 mm, 19 mm, 25 mm, 29 mmにサイズピークをもつグラフとなった。4月は9 mm, 12 mm, 23 mm, 26 mm, 31 mmにサイズピークをもつグラフとなり、稚貝の新規加入がみられた。5月は13 mm, 16 mm, 26 mm, 32 mmにサイズピークをもつグラフとなった。6月は16 mm, 22 mm, 26 mm, 30 mmにサイズピークをもつグラフとなった。7月は10 mm, 17 mm, 21 mm, 30 mmにサイズピークをもつグラフとなった。8月は6 mm, 14 mm, 22 mm, 27 mmにサイズピークをもつグラフとなり、稚貝の新規加入がみられた。

9月は12 mm, 16 mm, 25 mm, 29 mmにサイズピークをもつグラフとなった。10月は12 mm, 17 mm, 22 mm, 29 mmにサイズピークをもつグラフとなった。11月は15 mm, 18 mm, 21 mm, 29 mmにサイズピークをもつグラフとなった。

2018年のグラフより、2月、3月、6月、7月、9月で殻高11 mm以下にサイズピークをもつグループが確認でき、これらの月に稚貝の新規加入がみられた。また、2019年も同様に1月、3月、4月、10月、11月、12月で殻高11 mm以下にサイズピークをもつグループが確認でき、稚貝の新規加入がみられた。2020年では、1月、2月、3月、4月、8月で殻高11 mm以下にサイズピークをもつグループが確認でき、稚貝の新規加入がみられた。

殻幅のサイズ分布の季節変化 2017年12月は12 mm, 14 mmにサイズピークをもつグループが存在し、わずかであるが16 mmにサイズピークをもつグループも確認できた。2018年1月は11 mmにサイズピークをもつグループが存在していた。2月は10 mm, 14 mmにサイズピークをもつグループ存在し、わずかであるが6 mmにサイズピークをもつグループが確認でき稚貝の新規加入

がみられた。3月は10 mm, 13 mmにサイズピークをもつグループが存在し、わずかであるが7 mmにサイズピークをもつグループが確認でき稚貝の新規加入がみられた。ほかに、6月、7月、9月も2-7 mmにサイズピークをもつグループが確認でき、稚貝の新規加入がみられた。

2019年1月は6 mm, 7 mm, 10 mm, 11 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。2月は6 mm, 10 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。3月は4 mm, 7 mm, 9 mm, 13 mm, 14 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。4月は9 mm, 12 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。5月は8 mm, 12 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。6月は9 mm, 11 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。7月は9 mm, 11 mm, 13 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。10月は4 mm, 6 mm, 11 mm, 15 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。11月11日は5 mm, 10 mm, 13 mm, 16-18 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。11月25日は5 mm, 8 mm, 11 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。12月は5 mm, 6 mm, 8 mm, 12 mm, 14 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。

2020年1月は5 mm, 10 mm, 12 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。2月は5 mm, 10 mm, 12 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。3月は6 mm, 12 mm, 16 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。4月は6 mm, 11 mm, 14 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。5月は9 mm, 11 mm, 14 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。6月は8 mm, 10 mm, 13 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。7月は8 mm, 14 mm, 17 mm, 20 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。8月は2 mm, 4 mm, 7 mm, 13 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。9月は9 mm, 11 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。10月は8 mm, 12 mm, 15 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。11

月は8 mm, 14 mm, 15-18 mmにサイズピークをもつグループが確認できた。

Fig. 14は、2018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分かる。これは、殻頂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。

考 察

まず、シマベッコウバイの各月のサイズ頻度分布のグラフにおいて貝類に一般的な1峰型や2峰型のグラフにならなかったことについてである。これは、ウミユナなどの貝は性成熟に2年かかり、性成熟が止まるとともに殻の成長が止まる。そのため、1峰型や2峰型のグラフとなる。しかし、シマベッコウバイは成熟後も殻が成長し続けることが分かっている。そのため、貝類に一般的な1峰型や2峰型のグラフにならなかったと考えられる。

次に、シマベッコウバイの稚貝の新規加入についてである。殻高が10 mm以下の個体が2019年の10月、11月、12月を除いては、2018年、2019年、2020年で、2月、3月、4月、7月、8月に採集された。このことより、シマベッコウバイは春から夏にかけて安定的に稚貝の新規個体加入が行われていると考えられる。2019年の10月、11月、12月に殻高11 mm以下の個体が採集されたことについては、潮間帯の貝が冬の寒さをしのぐために集まる習性によるものであると考えられる。夏に採集できなかった個体が冬の寒さにより集まり、偶然その地点を採集したことによりできた結果ではないかと考えられる。

次は、殻の内部成長線の観察についてである。本来であれば、殻の内部成長線の観察を行い観察できた内部成長線の本数からその個体のおおよその年齢を出すところまで行う予定であった。しかし、コロナウイルスの影響もあり、思うように研究が行えず今回は、殻の内部成長線の観察時のエッチング処理の塩酸と酢酸にそれぞれ浸すのに

最適な時間の割り出しまでを行った。その結果より、それぞれ 30 秒ずつ浸すのが最適であるとはわかったが、1 分浸した個体でも内部成長線の観察を行うことができた。これは、観察できた個体の殻が固く、内部成長線がより密に形成されたことによると考えられる。

今後の課題としては、潮間帯の貝が繁殖期と冬の成長遅滞によって年に 2 回内部成長線を形成することと殻の内部成長線の観察によりシマベッコウバイの各個体の年齢を算出することができる。そして、個体の年齢の算出後は、生命表分析を行いシマベッコウバイの死亡率や増加率を出すことが可能となる。これにより、より明確なシマベッコウバイの生活史が明らかになると考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、適切なお助言およびご指導いただきました富山清升研究室（鹿児島大学工学研究科）の皆様方や、新型コロナウイルス症（COVID-19）惨禍の中、多くの方々から調査や論文作成にあたり多くの助言やご協力を頂きました。鹿児島大学理学部地球環境科学科多様性生物学講座の先輩方や鹿児島大学理学部地球環境科学科 4 年生皆様方に深く感謝申し上げます。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山本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–令和 2 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、2020 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.
- 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.
- 伊藤年一, 1999. 学研生物図鑑 貝 I [巻貝]. 株式会社学習研究社, 東京.
- 鎌田育江, 2000. 火山溶岩の転石海岸における肉食性貝類 3 種の生活史と分布について. 2000 年鹿児島大学理学部生物学科卒業論文.
- 金田竜祐, 2013. 鹿児島県喜入干潟における海産巻貝（ウミミナ; *Batillaria multiformis*）の貝殻内部成長線分析. 2013 年鹿児島大学理学部地球環境科学科卒業論文.
- 奥谷喬司, 2000. 日本近海海産貝類図鑑. 東海大学出版会, 東京.
- 柳生良太, 2013. 桜島袴腰海岸におけるシマベッコウバイ *Japeuthria cingulata* の内部成長線の観察. 2013 年鹿児島大学理学部地球環境科学科卒業論文.
- 吉本 健, 2012. 桜島袴腰潮間帯における肉食性巻貝類の生活史と生態. 2012 年鹿児島大学理学部地球環境科学科卒業論文.