

鹿児島県桜島袴腰海岸におけるミミエガイ (二枚貝綱：フネガイ科)の性転換の調査

山口龍太郎・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

鹿児島県桜島の袴腰大正溶岩の海岸において、潮間帯岩礫地に足糸で付着している生態を持つミミエガイ *Arcopsis symmetrica* (Reeve, 1844) の生活史や性比に関して調査を行った。本種は、季節によって性比が著しく変動することが判明した。足糸によって半固着性の生活をとっていることから、本種が長距離を移動しているとは考えられず、雌雄の性転換を行っていることが強く示唆された。

はじめに

フネガイ目フネガイ科に属するミミエガイ *Arcopsis symmetrica* (Reeve, 1844) (Bivalvia: Archidae) は、三陸以南、太平洋各地に分布する二枚貝である。鹿児島県の桜島袴腰海岸は、大正溶岩が流れ込んで形成された岩礫海岸である。その潮間帯には、ムラサキクルマナマコ *Polycheira rufescens* (Brandt, 1835)、ムラサキグミモドキ *Afrocumis africana* (Semper, 1867) などのナマコ類や、シマベッコウバイ *Japeuthria cingulata* (Reeve, 1847)、カヤノミカニモリ *Clypeomorus bifasciata* (G.B. Sowerby II, 1855)、イシダダミガイ *Monodonta confuse* Tapparone-Canefri, 1874 などの巻き貝やミミエガイ、エガイ *Barbatia lima* (Reeve, 1844)、クジャクガイ *Septifer bilocularis* (Linnaeus, 1758) などの二枚貝と多様な生物が生息している。ミミエガイは潮間帯の岩礫下の岩礫に足糸で付着して生活している。

ミミエガイは、潮間帯の小型二枚貝であるため、その研究例は少ない。本種的生活史については河野ほか (2000) によって殻の分析を行った研究は行われているが、十分なデータ、研究例が少ないのが現状である。また山下 (2009) の研究によってミミエガイの性転換の可能性も示唆されている。そこで、本研究では、ミミエガイの個体群の変動を調査し、各月のサイズ頻度分布を出すことでより詳しい生活史と各月の個体の雌雄の比率を調べることで性転換の有無を明らかにすることを目的にした。

材料と方法

材料 ミミエガイは、潮間帯の転石の下面に足糸で付着している生活型をとる。殻は長方形でよくふくらみ、後方はわずかに細まる。殻表には放射肋がある。靱帯面中央に黒い菱形の靱帯がある。また、靱帯面はきわめて狭い。殻幅約 12 mm、殻高約 8 mm。分布は房総半島以南 (奥谷, 2000)。

調査地 調査は鹿児島県鹿児島市桜島袴腰海岸 (31°35'N, 130°36'E) の潮間帯で行った。桜島袴腰海岸は、桜島が大正 3 年に噴火した際に流れ込んだ大正溶岩によって形成された転石海岸であり、内湾のため 1 年を通じて、波の穏やかな場所である。海岸線は複雑に入り組んでいる。潮間帯の傾斜は緩やかであるが、潮間帯上部では傾斜が比較急になっている。この海岸には溶岩の岩礁が点在し、その間が溶岩由来の転石が埋められてい

Yamaguchi, R. and K. Tomiyama. 2022. Sexual ecology of intertidal bivalve species, *Arcopsis symmetrica* (Reeve, 1844) (Bivalvia: Archidae), in Hakamagoshi, Sakura-jima Island, Kagoshima, Japan. *Nature of Kagoshima* 48: 249–256.

✉ 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: 28 February 2022; published online: 2 March 2022; https://journal.kagoshima-nature.org/archives/NK_048/048-045.pdf



Fig. 1. 調査地の写真. 鹿児島県鹿児島市桜島の袴腰大正溶岩の海岸.

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2つの性質を合わせて持つ. 通常の転石海岸とは異なり, 礫は円礫ではなく, 安山岩質溶岩特有の多孔質で不定形の形状をしている. 桜島の岩礁海岸の堆積物は層状構造をなし, すぐに下に砂や礫が見える場所から, 約1 m近くの深さまで何層も転石が重なった場所など, 変化の富んだ潮間帯を形成する. 転石のサイズは数 cm の小石から, 数 m の岩まで存在する.

殻サイズの測定 調査は, 2011年12月から2012年12月の期間に大潮時の干潮時前後に採集を行い, 調査地で目視可能なミミエガイ100個体以上を目安に, できる限り小さな個体も採取するようにした. 採集した貝は, 研究室に持ち帰り, 冷凍保存したのち, 解凍して殻幅をノギスで0.1 mm単位まで測定し, 測定結果を月別に殻幅を5 mmごとに, ヒストグラム表示した.

雌雄判別の分析 2011年の12月から2012年の12月の間に採集したミミエガイの雌雄判別を行った. それぞれの月の大潮時に月1回, 調査地にてミミエガイを採集した. その個体は, 持ち帰った後, 冷凍庫に保存した. 採集した個体からランダムに10個体を選び, サンプルを水で解凍し, 殻を割り, 生殖腺をつぶしてプレパラートを作り光学顕微鏡を用いて雌雄判別を行った. その際, 生殖腺が発達でであろうと思われる可能性のある極端に小さい個体は除外した. 顕微鏡観察により, 精子の有無, および, 卵の有無を確認し, その判別の結果を月ごとに示した.



Fig. 2. 採集直後のミミエガイ. 鹿児島県鹿児島市桜島の袴腰大正溶岩の海岸.



Fig. 3. ミミエガイと体内から取り出した生殖腺.

結果

殻幅サイズ頻度分布の季節変化 Figs. 4, 5は, 桜島袴腰海岸におけるミミエガイの殻幅サイズ頻度分布の季節変化を示している. どの月でもサイズピークは10 mm前後であり, 0.8–0.9 mm, 0.9–1.0 mm, 1.0–1.1 mmの間の範囲に現れており, この他の値で, ピークが見られることはなかった.

2012年1月, 3月, 4月, 5月, 6月, 7月, 8月, 9月, 12月に6.0 mm以下のサイズの小さな個体が採集された. その割合について見てみると2012年7月, 12月を除く1月, 3月, 4月, 5月, 6月, 8月, 9月においては2%にも満たない値をどの月も示した. 7月, 12月ではどちらも約5%と他の月と比べて高い値を示した. また, 7 mm以下のサイズの個体の割合を見てみると, 一番高い割合を示したのは2012年7月の約9.5%で, その次に高い2012年12月で約8.9%, 2012年8月で7.6%という値を示した. 一番低い割合を示した月は2012年5月の1%で, 2011年12月, 2012年1月の約1.8%という値を示した.

7月を除いたすべての月において, 9–11 mmの範囲まではサイズが大きくなるにつれて, 頻度が増加する傾向が見られた. また, 2月を除いたすべての月において, 各月のピークのサイズ, 範囲を超えると, サイズが大きくなるにつれてその頻度は減少する傾向が見られた.

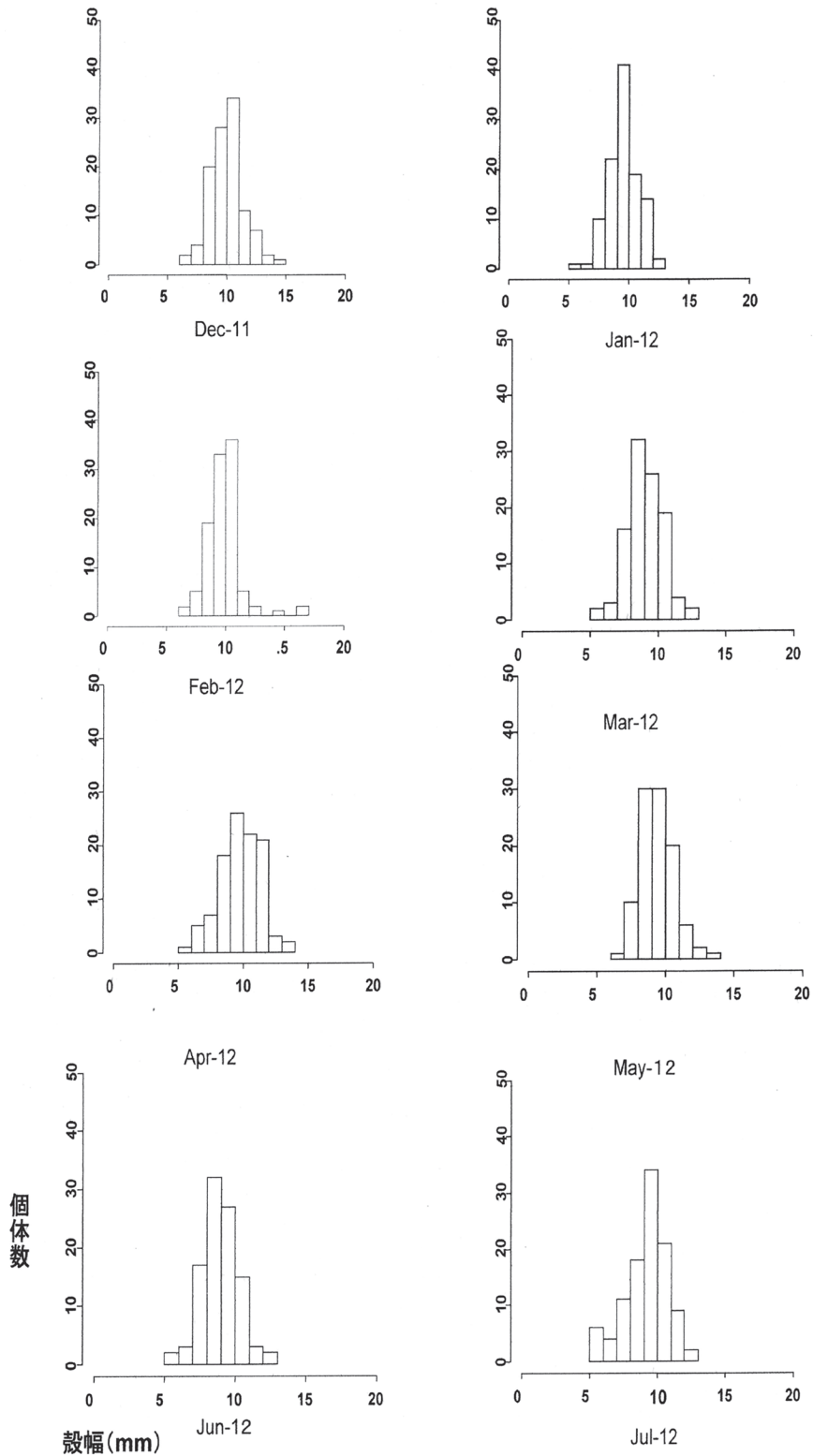


Fig. 4. ミミエガイの殻幅サイズ頻度分布の季節変化 (1). 2011年11月～2012年7月. 桜島の袴腰大正溶岩の海岸.

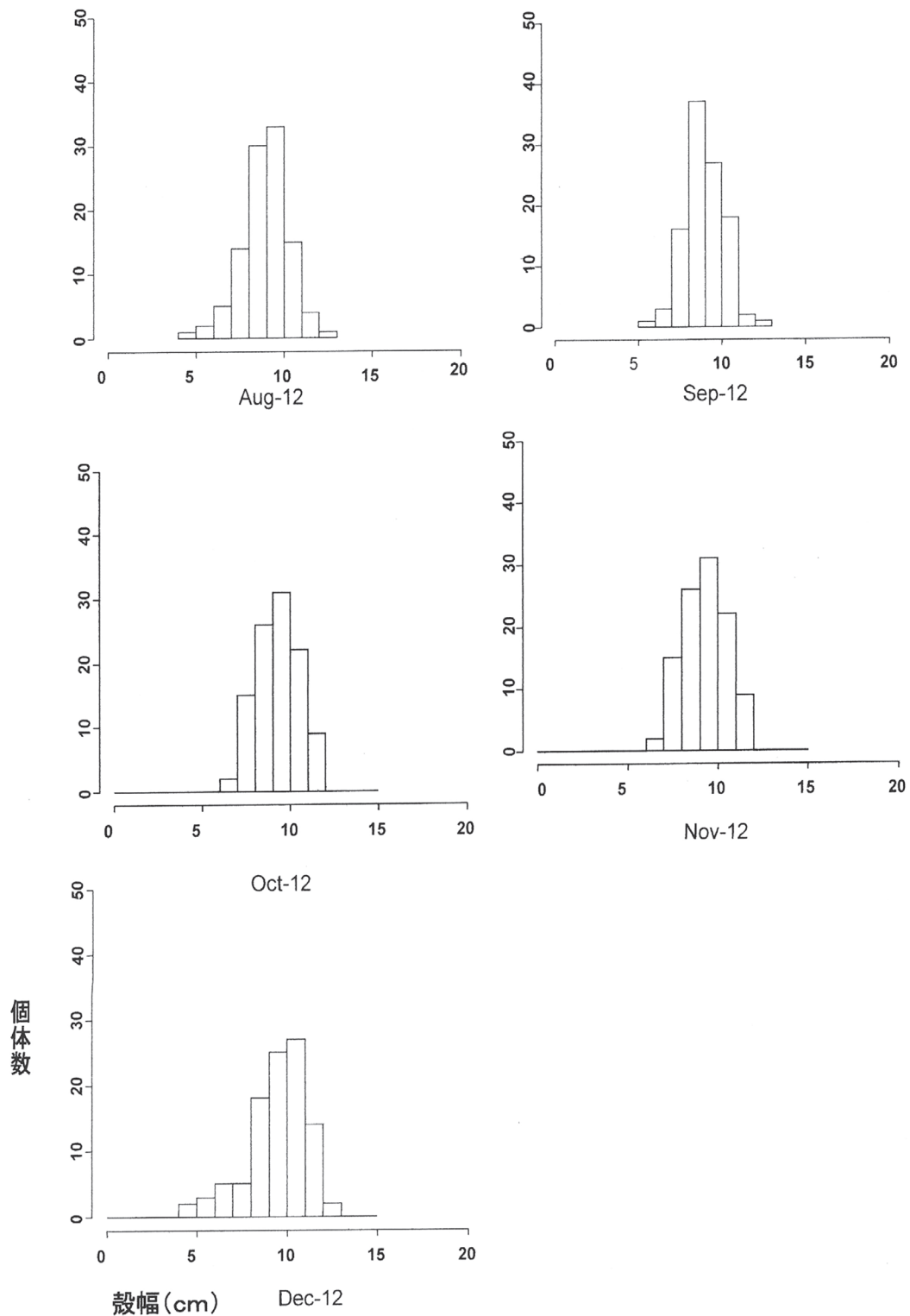


Fig. 5. ミミエガイの殻幅サイズ頻度分布の季節変化(2). 2012年8月～2012年12月. 桜島の袴腰大正溶岩の海岸.

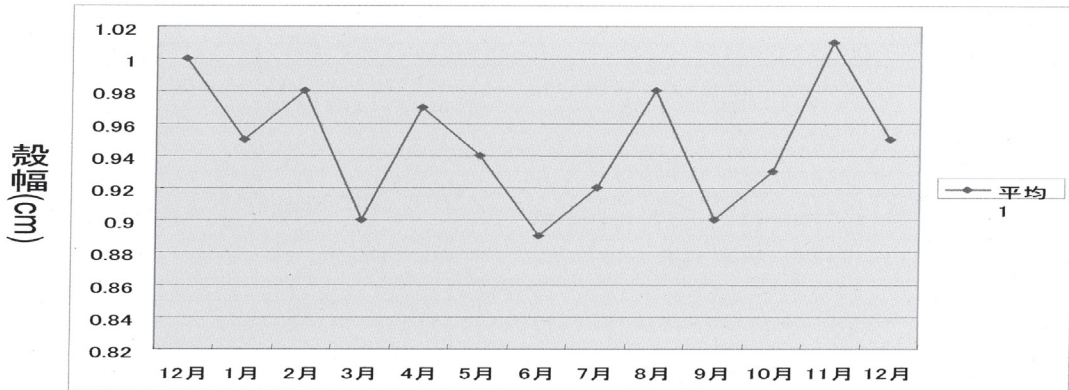


Fig. 6. ミミエガイの殻幅平均サイズの月別変動 (1). 鹿児島県鹿児島市桜島の袴腰大正溶岩の海岸.

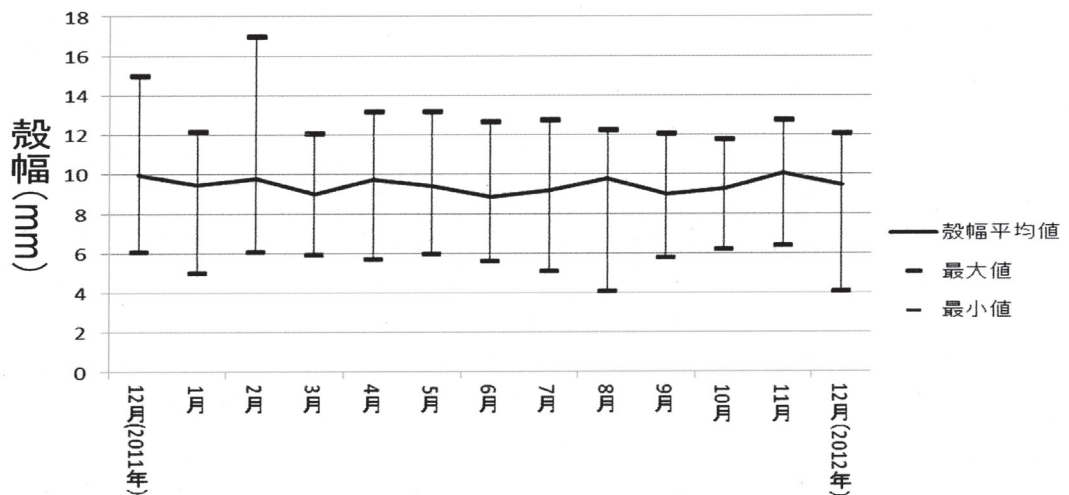


Fig. 7. ミミエガイの殻幅平均サイズの月別変動 (2). 鹿児島県鹿児島市桜島の袴腰大正溶岩の海岸.

調査期間を通して、ヒストグラムが新しい個体群の加入を表す双峰型を示すことはなかった。すべての月において、一つの山でできた単峰型を示した。最小値、最大値に若干の違いは見られるものの5-6 mm 前後から、13-14 mm 前後で一つの山を示していた。また2012年5月には他の月と違い2つのピークを示した。0.0-0.9 mm の範囲の個体と、0.9-10.0 mm の範囲の個体数は同じだった。

各月の最小サイズは、2012年8月、2012年12月で4 mm 前後であったが、その他の月では5-6 mm 前後であり大きな違いは見られなかった。最大値のサイズ17 mm の個体が現われたのは、2011年2月のみであった。また、2011年12月に

採集された最大サイズが15 mm であり、この2つの月を除いたすべての月において12-13 mm 前後の範囲で値をとっており、最小値と同様に大きな違いは見られなかった。また、13 mm 以上の個体が採集されたのは、2011年12月、2012年4月、5月のみで、どの月も個体の割合は3%未満であった。また、12 mm 以上の個体の割合について見ると、2011年12月、2012年4月、11月を除く全ての月において5%未満であった。一番高い数値を示したは11月であり、約12%とほかの月と比べて高い数値を示した。

ヒストグラムの山の形は左右対称ではなく、各月でサイズの小さい方、大きい方にピークが極端ではないが、やや偏って見られた。ピークのサイ

ズについては2012年1月, 7月, 11月では, ほかの月と比べると頭一つ抜けている。また, 2012年2月のヒストグラムは13-14 mmの範囲の個体は採集されず, 途切れた形になっている。

雌雄判別の分析 Figs. 6, 7は, 雌雄判別分析の結果を表に示したものである。ミミエガイの個体をランダムに10個体選び, 解剖し, 生殖腺を光学顕微鏡で観察した結果である。個体が小さく生殖腺が未発達である可能性があるものは初めから除外してある。

結果として, 生殖腺の観察では, 卵の確認された個体と, 精母細胞の確認できた個体に分けて分別し, それぞれの個体数を示した。

2011年12月から2012年12月の調査期間, 蔵卵個体は全ての月において確認された。6月から8月を除く, 全ての月において卵の確認された個体が, 精母細胞の確認できた個体を上回った。6月から8月の割合は, 6月では, 卵子有り: 卵子無し = 3 : 7, 7月と8月では2 : 3, と精母細胞が確認できた個体が若干多いのに対して, 2011

年12月では7 : 3, 4月, 9月では4 : 1となるが, 2012年1月, 2月, 5月, 10月, 11月では9 : 1, 3月では10 : 0と卵の確認された個体の割合がかなり高くなることが示された。6月から8月とそれを除く各月で卵の確認された個体と精母細胞の確認された個体との割合が真逆の値になった。

また, 性比についても算出してみた。性比は, 卵の確認された個体を雌, 精母細胞の確認できた個体を雄と仮定し, (雌の個体数) / (雄の個体数 + 雌の個体数) によって算出し, 値は0から1の数値で示す。結果として, 調査期間の性比の平均は約0.75であった。年間を通して雌の個体が雄の個体を上回った。

考 察

サイズ頻度分布の季節変化 山下 (2009) のミミエガイの生活史の調査によると, 調査地において4 mm以下の個体を確認していたが, 今回の研究では確認することができなかった。この原因としてあげられるのは新規加入個体となるべき小

Table 1. ミミエガイの雌雄判別の月別変化。鹿児島県鹿児島市桜島の袴腰大正溶岩の海岸。

2011年12月			2012年1月			2012年2月			2012年3月			2012年4月			2012年5月			2012年6月		
size mm	♀	♂	size mm	♀	♂	size mm	♀	♂	size mm	♀	♂	size mm	♀	♂	size mm	♀	♂	size mm	♀	♂
9.7	○		8.4	○		8.5		○	8.7	○		9.9	○		8.2	○		7.5	○	
9.8	○		8.5	○		9.0	○		9.2	○		10.0		○	8.4	○		7.6		○
10.1	○		8.9		○	9.8	○		9.3	○		10.4	○		10.1	○		8.0		○
10.3	○		9.3	○		10.0	○		9.5	○		10.7	○		10.2	○		8.4	○	
11.5		○	9.7	○		10.2	○		9.7	○		11.9		○	10.3		○	8.6		○
		○	10.0	○		10.3	○		10.4	○		12.0	○		10.6	○		8.8		○
12.1	○		10.1	○		10.5	○		10.5	○		12.1	○		10.7	○		9.0		○
12.2			10.2	○		10.6	○		11.0	○		12.2	○		11.0	○		9.3	○	
12.3	○		11.3	○		11.2	○		12.0	○		12.3	○		11.1	○		9.9		○
12.5			12.2	○		12.5	○		12.1	○		13.1	○		12.1	○		12.2		○
個体数	7	3	個体数	9	1	個体数	9	1	個体数	10	0	個体数	8	2	個体数	9	1	個体数	3	7
2012年7月			2012年8月			2012年9月			2012年10月			2012年11月			2012年12月					
size mm	♀	♂	size mm	♀	♂	size mm	♀	♂	size mm	♀	♂	size mm	♀	♂	size mm	♀	♂	size mm	♀	♂
9.2		○	8.0		○	8.0		○	8.5	○		9.6	○		8.3	○				
9.5	○		9.3	○		8.2	○		8.9	○		10.0	○		8.9	○				
9.8		○	9.6	○		8.5		○	9.4	○		10.3		○	9.4	○				
10.3		○	9.7		○	8.8	○		9.9	○		10.4	○		9.5	○				
10.6		○	9.8		○	9.3	○		10.0	○		10.5	○		10.0	○				
10.8	○		10.8		○	9.4	○		10.6	○		11.1	○		10.4		○			
10.9		○	11.1	○		9.5	○		10.9	○		11.3	○		11.2	○				
11.2		○	11.2		○	10.0	○		11.2	○		11.9	○		11.6	○				
11.4	○		12.8	○		11.2	○		11.5	○		12.2	○		11.9	○				
13.2	○				○	12.7	○		11.8		○	12.5	○		12.1		○			
個体数	4	6	個体数	4	6	個体数	8	2	個体数	9	1	個体数	9	1	個体数	8	2			

さい個体は、今回の行った調査とは異なる場所に生息しており、サイズによる棲み分けが行われている可能性も考えられる。また他の原因として、サイズが微小で見つけられなかった可能性もある。これに関しては稚貝が岩の下や、岩と岩との隙間、岩の割れ目に入っており採集できなかった可能性もある。また、潮下帯から水深4-5m付近までがミミエガイの生息地であることが知られており（山下，2009）、潮下帯に稚貝の個体群が生息していた可能性もある。また調査期間を通してサイズ頻度分布に極端に大きな変動が無かったため、新規加入の時期は明確には分からなかった。しかし、2012年1月、3月から9月、2012年12月に6mm以下の小さい個体が採集された。この個体を稚貝と見なすと、ミミエガイの繁殖・産卵が年間を通して行なわれている可識生が考えられる。また、各月のヒストグラムからも分かるように調査期間を通して、サイズに多少のばらつきはあるものの、ピークのサイズ範囲や、最小値に大きな変動が無いため、1年を通して繁殖・産卵をしている可能性がある。これは過去の山下(2009)の研究によっても示唆されており、今回の研究でもほぼ同じような結果が得られた。

ミミエガイの寿命については、調査期間中採集できないほど個体数が著しく減少するといったことはなく、毎月十分な個体数が採集できたことから少なくとも1年以上生きるものと考察した。しかし、今回の調査では正確な年齢構成を、はっきりと示すことはできなかった。

雌雄判別の分析 雌雄判別の分析の結果として、今回のデータの結果から、6-8月を除く全ての月では卵を持った細胞が多いのに対して、6-8月では精母細胞を持った個体が多く見られた。この結果から、桜島袴腰海岸におけるミミエガイの繁殖期は6-8月であるということが出来る。また、この時期に繁殖・産卵のために性転換が行われている可能性も示唆される。

性転換の可能性について考察してみると、雌雄判別分析の結果から、6-8月と6-8月を除く全ての月との、卵細胞の有無を比較すると、精母細胞を持つ個体が6-8月で著しく高い結果となっ

た。十分にこの時期に性転換していることが考えられる。しかし、性転換の過程に関して、同一個体を追跡した観察していないため断言することはできない。また、雌個体と雄個体が調査を行った場所と別の場所に生息している事も考えられる。サイズ頻度分布の考察でも触れたが、ミミエガイの生息場所は水深4-5m付近でも生活している個体が確認されており、そこに精子を持った雄の個体がいる可能性もある。

調査期間を通して、サイズ構成に著しい変動が無かったため、サイズと性比の相関関係は検出できなかった。しかし、河野（2000）の過去のミミエガイの研究結果を考慮すると、河野は幼貝の個体の加入は8月から始まり、10月に最も多くの幼貝加入を確認しており、また、4月と6月を除く月でも幼貝の個体が採集されている。新規個体の加入期が、少なくとも2期以上に分かれていること、ミミエガイの繁殖・産卵が夏の終わりから秋にかけて行われていることを推定している。この研究結果も考慮し、今回の調査データを照らし合わせて考察すると、ミミエガイは、夏以降の幼貝の増加、10月に幼貝の個体が最も多く採集されたこと、6-8月に雄個体が著しく増えたことから、主に6-8月の夏の時期にかけて繁殖・産卵が行われていることが示唆される。また、この時期に性転換が行われていることが強く示唆される。

6-8月の性比は、雌個体に偏っている。性比の偏りに関しては、性転換の他に、雌雄の生息場所が異なっている可能性も排除出来ない。しかし、本種は足糸で岩に半固着する生活型のため、足糸を切って長距離移動する生態あったとしても、短時間での移動は考えにくい。また、何らかの環境ホルモン物質によって性比異常がおこり雄の個体が雌化した可能性も考えられる。過去の研究では、大滝ほか（2001）は、フトヘナタリの性比異常に関し、有機スズ剤による海洋汚染、つまり、環境ホルモン物質によって引き起こされるインボセックスによる繁殖力の低下や、生息域の汚染による幼生や幼貝の高死亡率の可能性を挙げている。インボセックスとは巻き貝の雌に雄の生殖器と輸精

管が形成されて発達し、産卵できなくなる一連の症状を指している。その結果、生殖障害を伴うため、新規個体の加入が困難になり、地域の生息数が減少し、個体群の維持が困難になる状態を指している。これは巻き貝の例ではあるが、桜島袴腰海岸に生息しているミミエガイも何らかの環境ホルモン物質によって雄が雌化している可能性も考えられる。

今回の調査を行った鹿児島市桜島袴腰海岸には、他にも多くの軟体動物の種が生存しており、ミミエガイも生態学的に非常に重要な位置を占めていると思われる。しかし、船舶から流出する油や汚染物質がこの地域の生息生物に悪影響を与えている可能性もある。今回の研究で、ミミエガイは繁殖・産卵は主に6月から8月にかけて行われていること、その際に性転換が行われている可能性を示唆できた。今後は、同一個体のマーキングによる追跡調査や、より細かい生殖腺形成の観察が求められる。

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の皆様にご心より感謝いたします。また、適切なお指導をしていただいた鹿児島大学大学院理工学研究科地球環境科学専攻富山研究室の方々、鹿児島大学理学部地球環境科学科多様性生物学講座の方々に深くお礼申し上げます。軟体動物の生殖腺の観察方法に関して御教示

を下された東京都立大学理学部生物学科発生学研究室の大岡忠一先生にお礼申し上げます。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26–32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3–5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外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

- 奥谷喬司. 2000. 日本近海産貝類図鑑. 855 pp. 東海大学出版会, 東京.
- 河野舞子. 2000. 多孔質溶岩, 性の転石海岸における固着性二枚貝3種の個体群変動. 鹿児島大学理学部地球環境科学科卒業論文.
- 伊藤年一. 1983. 学研生物図鑑貝II. 273 pp. 学習研究社, 東京.
- 山下 彩. 2009. 桜島袴腰海岸におけるエガイとミミエガイの生活史調査. 鹿児島大学理学部地球環境科学科卒業論文.
- 大滝陽美・真木英子・富山清升. 2001. 北限のマングローブ林周辺干潟における腹足類5種の垂直分布. 九州の貝, 57: 35–45.