

マングローブ干潟におけるヘナタリ *Cerithdea cingulate* (Gmelin, 1790) のサイズ頻度分布の季節変化と ω 指数に基づく他種との共存関係

平田今日子・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

ヘナタリ *Cerithdea cingulata* (Gmelin, 1790) は、フトヘナタリ科に属する巻貝で、内湾の干潮帯に生息する。そのヘナタリにおける季節のサイズ分布を研究した。ヘナタリの殻高は 20–30 mm で、殻の形態は輪郭が直線的な円錐形をしており、体層の右には太く張り出した縦張筋があり、前面は平坦になる。外唇は大きくそりかえり、ウミニナの仲間では特徴的な口の形である。調査は鹿児島県鹿児島市喜入町を流れる愛宕川の河口干潟 (23°23' N, 130°33' E) 調査区の設置はマングローブ林の植生がないところから愛宕川の下流に向かいそれぞれ station E, station F を約 20 m の間隔を空け設置した。調査方法は 2005 年 1–12 月の期間に毎月 1 回、大潮または中潮の日の干潮時に調査区内の個体採集を行った。各 station に 50 × 50 のコドラート内の砂泥を深さ 2 cm まで掘り、掘りあげた砂泥を 1.5 mm のふるいで洗い流し、残ったものを冷凍保存した。その後、出現個体数を記録した。さらに、ヘナタリについてのみ殻幅をノギスを使い、0.1 mm 単位で計測した。サイズ頻度分布の季節変化結果から、各 station とも 2–4 月は 10 mm 以下の稚貝でピークをつくっているが夏季を過ぎる頃から成貝のグループに融合されて

いった。 ω 指数結果はヘナタリーウミニナは年間を通じて数値がマイナスを示す月がほぼ見られなかったのに対して、ウミニナーカワアイ・ヘナタリーカワアイは年間を通じて数値が大きいもので -0.4 までだがマイナスを示す月が多く見られた。密度変化の結果はウミニナとヘナタリに関しては年間を通じて大きな変化は見られなかった。カワアイに関しては季節に関係なく増減が見られた。これらの結果より各 station でのヘナタリは 2–4 月にかけて 10–11 月に新規加入した個体が多く出現するようになり、6 月以降成長していることがわかった。また、それらの稚貝は成長し 15 mm 以上の成貝グループに融合されていくと考えられる。また、 ω 指数の結果より、ヘナタリとウミニナは大変親密な関係にあることがわかった。最後に、季節による密度変化の結果よりヘナタリ・ウミニナは夏季を過ぎる頃から減少の傾向が見られたことと過去のデータより、移動、捕食された、種内の競争または、死亡したと考えられる。カワアイの関しては不規則に出現するため季節に関係ないと考えられる。

■ はじめに

イヘナタリ *Cerithdea cingulata* (Gmelin, 1790) は、フトヘナタリ科に属する巻貝で (奥谷, 2000), 内湾の干潮帯に生息する (Fig 1)。ヘナタリの生活史についてフィリピンでは 3–8 月に最も多くが確認され、孵化したベリジャー幼生は約 2 週間自由浮遊したのち定着すること、岡山県での観察では 7–8 月に産卵が行われること (波部, 1955), シンガポールでは夏に新規加入が起り、成貝は産卵後に死亡すること (Vohra, 1970) が報告されている。また、鹿児島県では 5 月以降上流部の個体が下流部に移動すること (若松・富山,

Hirata, K. and K. Tomiyama. 2018. Seasonal changes in the size distribution of *Cerithdea cingulata* (Gmelin, 1790) and coexistence relations with the other species based on ω -index on the mangrove tidal flat. *Nature of Kagoshima* 44: 163–172.

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

Published online: 28 Feb. 2018

http://journal.kagoshima-nature.org/archives/NK_044/044-023.pdf



Fig. 1. ヘナタリの標本写真. 左:殻口が肥厚した成熟個体, 右:殻口が肥厚していない未成熟個体.



Fig. 2. 調査地で採集された貝類. 左:ウミニナ, 右:カワアイ.

2000) や、産卵に要する時間や卵の形状・産卵後の状態、孵化幼生の形態についての報告がある(網尾, 1963). さらにヘナタリは粒子の細かい泥地に対する選好性があり(真木ほか, 2002; 山本・和田, 1999), 水はけのよい泥地を回避することが知られている(Vohra, 1970). 真木ほか(2002)はヘナタリを含むウミニナ科・フトヘナタリ科腹足類の同所的生息を可能にする要因として、干潟底質による微小生息域の違いを挙げている. 以上のような先行研究の例から判るように、ヘナタリの生活史は生息地によって大きな違いがあること明らかである. ヘナタリは生活環境によって生活史が大きく異なっている可能性もある. しかし、ヘナタリに関して、稚貝の新規加入時期等の個体数の季節変動を一年間通じて複数ヶ所で比較する研究は安東・富山(2002)が行なったもののみである.

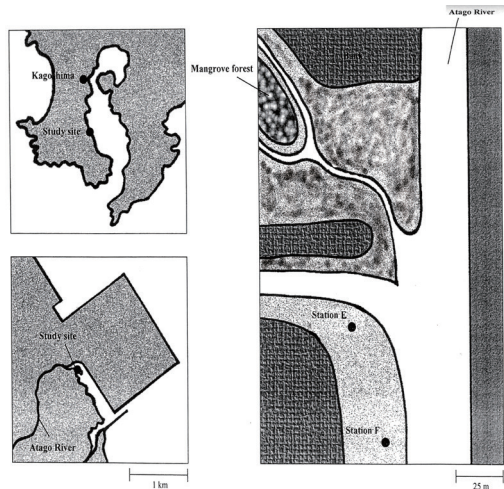


Fig. 3. 調査地の地図. 鹿児島県鹿児島市喜入町を流れる愛宕川河口のマングローブ干潟.

安東・富山(2002)は、ヘナタリ成貝個体数が一年を通して安定せず激減することから下流部へ成貝が季節的に移動しているのではないかとの仮説を提示した. そこで、本研究では、安東・富山(2002)の研究場所よりも下流部において2ヶ所を調査区に決定し、季節的な個体数変動を追って行った. 他のウミニナ類との種間関係を調べるため、同所的生息の程度を ω 指数から推定し、変動を比較した.

■ 材料と方法

材料 ヘナタリは国外では、インド・西太平洋、国内では房総半島以南、四国、九州に生息し、県内では、鹿児島湾、種子島、奄美大島などの内湾の干潟や河口干潟に生息している. 主に、淡水の影響する内湾干潟砂泥の底床にウミニナ類とともに生息する. 南方ではマングローブ林周辺の砂泥地などに多産する. 殻高は20–30 mmで、概観は輪郭が直線的な円錐形をしており、体層の右には太く張り出した縦張助があり、前面は平坦になる. 外唇は大きくそりかえり、ウミニナの仲間では特徴的な口の形である. ヘナタリは、確実に絶滅の方向へ向かっている危険に位置づけられている(和田ほか, 1996)ほか、鹿児島県レッドデータブックでは、現時点での絶滅危険度は小さいが、生息・

生育状況の推移からみて、絶滅危惧として上位ランクに移行する要素を有すると判断される準絶滅危惧種に指定されており（鹿児島県，2003），各地で急激な減少や絶滅が報告されている。しかし，本研究の調査地には多数生息している。

調査地 調査は鹿児島県鹿児島市喜入町を流れる愛宕川の河口干潟（23°23' N, 130°33' E）で行った（Fig. 3）。愛宕川は鹿児島湾の日石原油基地の内側に河口があり，この河口部で八幡川と合流している。干潟周辺にはメヒルギやハマゴウからなるマングローブが広がっており，太平洋域における北限のマングローブ林とされている。調査地の周辺の干潟にはウミナナ科のウミナナ *Batillaria multiformis* (Lischke, 1869)，フトヘナタリ科のフトヘナタリ *Cerithidea rhizophorum* (A. Adams, 1885)，ヘナタリ，カワアイ *Cerithidea djadjarjensis* (Martin, 1899) のほかに，ヒメカノコ *Clithon oualaniensis* (Lesson, 1831)，アラムシロ *Reticunassa festiva* (Powy, 1833)，コゲツノコブエ *Cerithium coralium* (Kiener, 1841) などの巻貝が生息している（Fig. 2）。

調査地の設置 調査は鹿児島県鹿児島市喜入町を流れる愛宕川の支流の河口干潟で行った。愛宕川は鹿児島湾の日石原油基地の内側に河口があり，この河口部で八幡川と合流している。マングローブ林の植生がないところから愛宕川の下流に向かいそれぞれ station E, station F を約 20 m の間隔を空け設置した（Fig. 3）。

調査方法 2005 年 1-12 月の期間に毎月 1 回，大潮または中潮の日の干潮時に調査区内の個体採集を行った。各 station E と station F に 50 × 50 のコドラート内の砂泥を深さ 2 cm まで掘り，掘りあげた砂泥を 1.5 mm のふるいで洗い流し，残ったものを冷凍保存した。その後，出現個体数を記録した。さらに，ヘナタリについてのみ殻幅をノギスを使い，0.1 mm 単位で計測した。ヘナタリは成長すると殻口が大きく外に広がり，外唇肥厚反転する。殻幅を計測する際に，殻口が肥厚した個体と殻口が肥厚してない個体（以下，肥厚個体，非肥厚個体と呼ぶ）のく区別も記録した。また，ヘナタリ，カワアイにおいては貝卵の付着状況も

肉眼で見える範囲内で記録した。月ごとにヘナタリ，ウミナナ，カワアイの分布がどのように変化するかを調べるため，各月の各種個体数を用いて ω 指数 (Iwao, 1977) を求めた。 ω 指数は群集生態学の分析で頻用される指数であり，2 種間の独立的分布に対する相対的な分布の重なり度の尺度を数値化したものである (安東・富山, 2002)。数値 ω は，分布が完全に重なっているとき最大値 1，独立分布の時 0，完全に排他的なとき最小値 -1 をとる。 ω 指数は 2 種間の独立的分布に対する相対的な分布の重なり度の尺度であり，次式で表される。

$$\omega_{xy} = \frac{\gamma - \gamma_{\min}}{1 - \gamma_{\min}} = \frac{m_x m_y - m_x m_y}{(m_x + 1)(m_y + 1) - m_x m_y} \quad \gamma \geq \gamma_{\min} \text{ のとき}$$

$$\omega_{xy} = \frac{\gamma - \gamma_{\min}}{\gamma_{\min}} = \frac{m_x m_y}{m_x m_y} - 1 \quad \gamma \leq \gamma_{\min} \text{ のとき}$$

ω は，分布が完全に重なっているとき最大値 1，独立的分布のとき 0，完全に排他的なとき最小値 -1 をとる。

種 X と種 Y に属する個体が同一空間に分布すると仮定する。種 X に対する種 Y の平均こみあい度は

$$\bar{m}_{xy} = \frac{\sum_{j=1}^Q x_{xj} x_{yj}}{\sum_{j=1}^Q x_{xj}}$$

であり，種 Y に対する種 X の平均こみあい度は

$$\bar{m}_{yx} = \frac{\sum_{j=1}^Q x_{xj} x_{yj}}{\sum_{j=1}^Q x_{yj}}$$

ここで， x_{Xj} と x_{Yj} はそれぞれ j 番目の区画内の種 X と種 Y の個体数であり， Q は総区画数である。

個々の種内の平均こみあい度が次式

$$\bar{m}_x = \frac{\sum_{j=1}^Q x_{xj} (x_{xj} - 1)}{\sum_{j=1}^Q x_{xj}}$$

と

$$\bar{m}_y = \frac{\sum_{j=1}^Q x_{yj} (x_{yj} - 1)}{\sum_{j=1}^Q x_{yj}}$$

で表されるとき，種 X に対する種 X と種 Y 両種の平均こみあい度は

$$\bar{m}_{x,x+y} = \bar{m}_x + \bar{m}_{xy}$$

となる。同様に種 Y に対する種 X と種 Y 両種の

平均こみあい度は

$$\dot{m}_{x,y} = \dot{m}_y + \dot{m}_x$$

である。もし種Xと種Yの区別をしなければ、
両種を含む全体のこみあい度は

$$\dot{m}_{x,y} = p(\dot{m}_x + 1 + \dot{m}_y) + (1-p)(\dot{m}_y + 1 + \dot{m}_x) - 1$$

となる。ここで、

$$p = \frac{\sum_j x_{xj}}{\sum_j x_{xj} + \sum_j x_{yj}}$$

である。

γ は χX_j と χY_j との間のある種の相関係数と一致しており、直線関係 $\chi X_j = a\chi Y_j$ にどの程度近いかわす。

$$\gamma = \sqrt{\frac{\dot{m}_x \dot{m}_y}{\dot{m}_x \dot{m}_y} \left/ \left(\frac{\dot{m}_x + 1}{\dot{m}_x} \right) \left(\frac{\dot{m}_y + 1}{\dot{m}_y} \right) \right.}$$

■ 結果

サイズ頻度分布の季節変化

2005年1-12月の各stationにおけるヘナタリの殻幅サイズ分布をFigs. 5, 6に示す。

Station E では2-4月にかけて10 mmの非肥厚個体でピークをつくっている。5-7月になるとピークが10 mm以上に変化する。わずかではあるが、2-4月には17-21 mmの肥厚個体が存在する。また、2-4月にかけて3-13 mmの非肥厚個体が増加している。5月になると15-20 mmで非肥厚個体、肥厚個体ともに増加している。また2-4月まで3-13 mmと15-20 mmでつくられていた二山型が5月になるとはっきりと二山型になった。また、5月になると非肥厚個体のピークのサイズが大きいほうに移動している。8月まではサイズの小さいものが二山型のピークをつくっていたが、8・9月は大きなサイズが二山型のピークをつくっている。また9月になると、3 mm以下の新規加入がみられ、10月になると5 mm以下の稚貝でピークをつくっている。9月以降station Eにおける全体の採取個体数が減少している。Station Eは年間を通じて夏季と1月に肥厚個体の増加がみられた。また年間を通じて二山型の

グラフを確認することができる。

Station F では2-4月にかけて10 mmの非肥厚個体グループがピークをつくっている。5月以降ピークが11 mm以上に成長する。そして、11 mm以上のグループに融合されていく。1月に5 mm以下の稚貝でピークが作られている。5月以降では7 mm以下の稚貝が急激に減少したと同時に、はっきりと二山型が確認できるようになった。10月と11月に5 mm以下の新規加入が起こっている。Station Eに比べると肥厚個体は全体的に多く、特に5・6・7月に多くみられた。9月以降station Fにおける全体の採取個体数が減少しているが、一山型をつくっており、ピークは15 mm以上の成員である。年間を通じて6月までは二山型のグラフが確認できるが7月以降一山型に変化した。

幼生の定着状況

Station E 6月に採取したウミニナに小さな白い卵がほぼ全部のウミニナに付着していた。その月のヘナタリには10分の1程度でしかなかった。7月になると、6月と変わらずウミニナには白い卵が付着していた。ヘナタリは6月に付着していた量よりも約2倍増えていた。8月になると、ウミニナに付着していた卵が全体の10分の1程度に減少した。またヘナタリには数える程度でしかなかった。9月以降ではウミニナ・ヘナタリともに卵の付着が見られなかった。

Station F 6月のウミニナにほんの少し卵がつき始めていた。ヘナタリにかんしては全体の半分くらいに付着していた。7月になると、ヘナタリには全体の10分の3の卵が付着していた。ウミニナに関してはほとんど付着が見られなかった。8月以降にウミニナ・ヘナタリともに卵の付着がみられなかった。

ω 指数 2種間の ω 指数の季節変化をFig. 6に示す。

季節に関すること

ヘナタリ—ウミニナ Station E, Fともに3月に減少する傾向が見られる。また、4月にはまた増加し、6月にはまた減少している。Station Fが

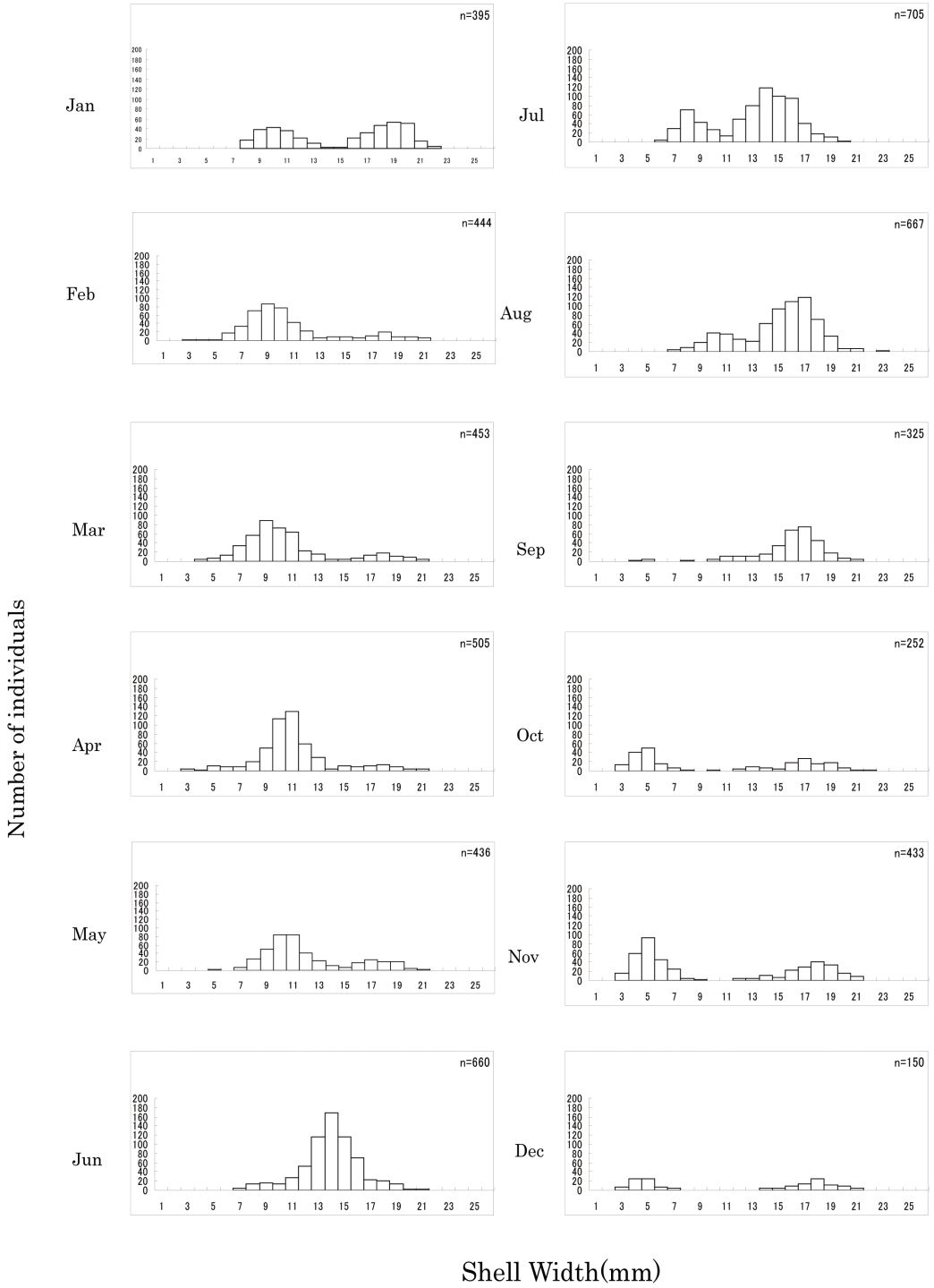


Fig. 4. 2005年1-12月における Station E におけるヘナタリの殻幅サイズ頻度分布の季節変化. 白抜き：非肥厚個体, 黒塗り：肥厚個体.

station E と同じような増減が見られるがすべて 1 ヶ月遅れて傾向が現れている.

ヘナタリ—カワアイ Station E, F とともに 5 月を除く全ての月で増減の同じ増減の傾向が見られ

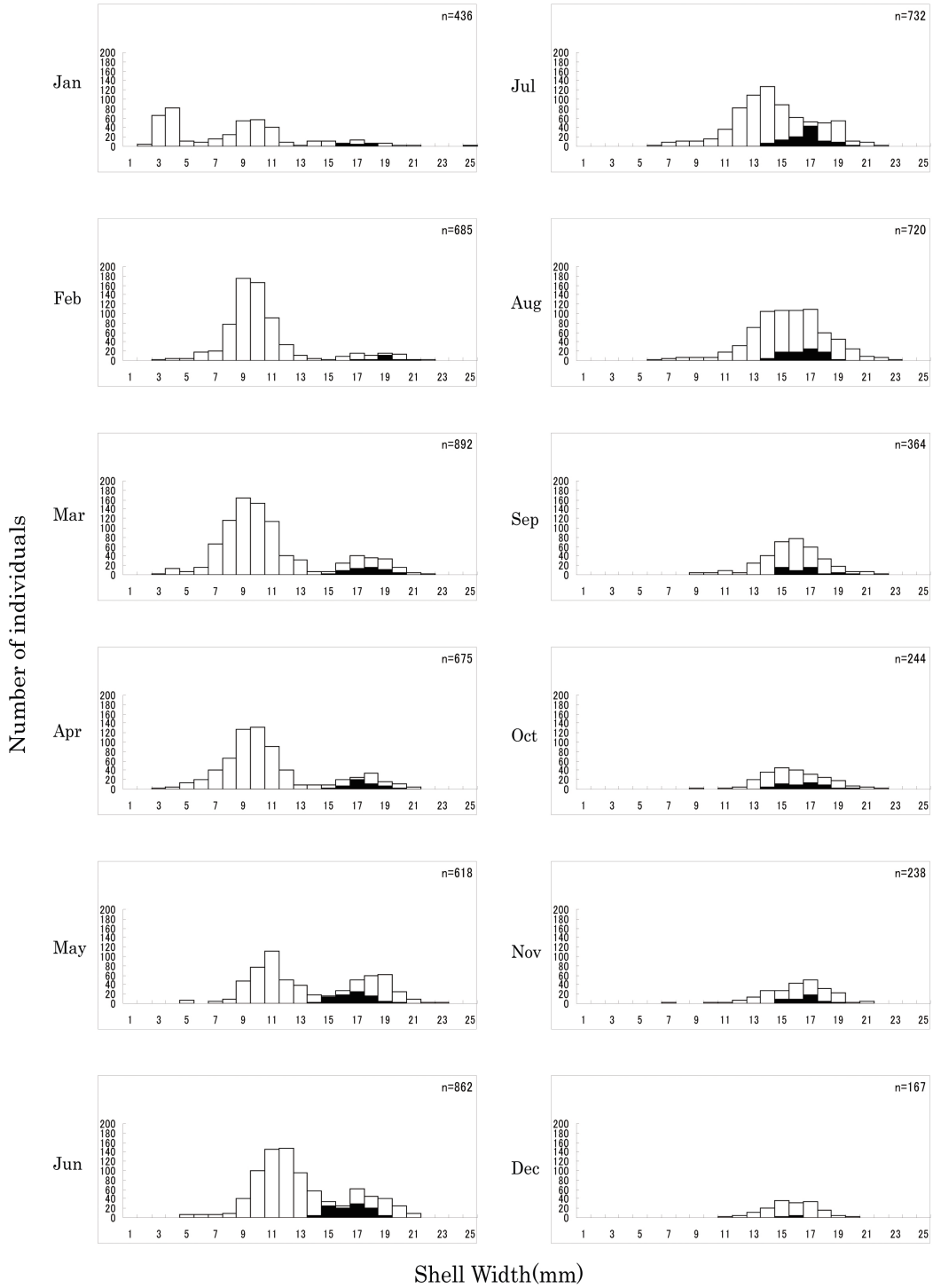


Fig. 5. 2005年1-12月における Station Fにおけるヘナタリの殻幅サイズ頻度分布の季節変化. 白抜き：非肥厚個体，黒塗り：肥厚個体.

る。8・9・11月の分布では重なりが見られた。また全体的に7月以降減少の傾向が見られると、

同時に大きな個体数の変動が見られなくなった。クワアイーウミナ Station E, Fともに、1-4月

は重なりがない月もあるがほぼ増減は同じ傾向を示している。また8月に重なりが見られる。Station Fでは7月以降増減の変動が見られるが、station Eでは大きな変動がなく12月まで横ばいが続いている。

グラフに関すること

ヘナタリ—ウミナ 変動が激しかったが2・5・8・10月に重なりがみられた。数値は一年通じてほぼプラスを示した。

ヘナタリ—カワアイ 8・9・11月に重なりがみられたが、数値はマイナスを示す月が多かった。

ウミナ—カワアイ 変動が多く重なりは8月にしかみられなかった。また station E に関してはほとんどの月でマイナスの数値がみられ、夏季を過ぎてからは常にマイナスであった。

密度変化

各 station における個体密度の季節変化を Fig. 7 に示す。

ヘナタリ 年間を通じてめだった変動はみられなかったが、各 station とも2月に少し増加したが、3月に増加はみられなかった。6・7・8月に年間を通じてもっとも密度の高い時期になっているが、9月になると各 station とも減少の傾向がみられる。各 station による年間を通じて密度変化に大きな違いはみられなかった。

ウミナ 年間を通じてめだった変動はみられなかったが、ヘナタリ同様、各 station とも2月に少し増加し、3月には減少している。Station E は1-6月まで増加月と減少月が交互にみられる。それに対して station F では6月までは増加しているが、6月以降減少、わずかな増加、変化なしといった月が続いている。ウミナに関して年間を通じて各 station における微妙な違いがみられた。

カワアイ 年間を通じて3種の中でもっとも密度が低く、変動の大きい種でもあった。Station E において4月と10月にもっとも密度の低い月であったのに対し、2月と5月と8月には密度の高い月であった。また station F においては5月と12月に最も密度の低い月なのに対して、1月と6

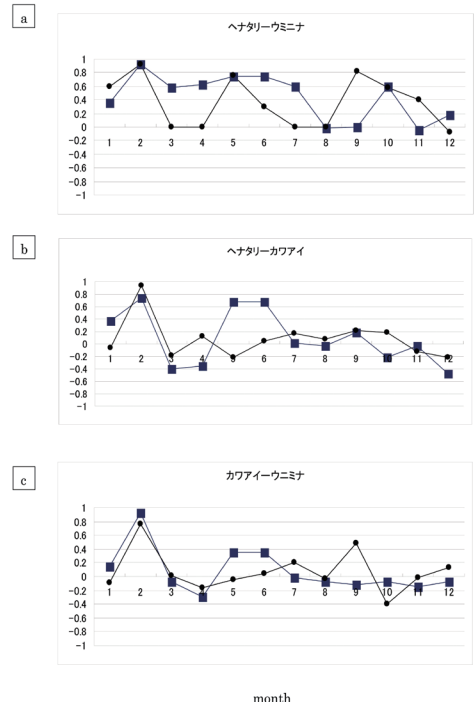


Fig. 6. ヘナタリ, ウミナ, カワアイのそれぞれ2種間での ω 指数の季節変化. (a): ヘナタリとウミナの間での ω 指数変化, (b) ヘナタリとカワアイの間での ω 指数変化, (c) カワアイとウミナの間での ω 指数変化. ■: Station E, ●: Station F.

月と8月に最も密度の高い月をであった。各 station における違いははっきりみられ、ウミナ・ヘナタリとはまったくちがう傾向がみられた。

考察

各 station において、1月に殻幅 3.0 mm 未満の非肥厚個体グループを確認することができる。このグループは前年の夏に産卵された卵から孵化し、秋に新規加入した稚貝グループである。このグループのピークは5月ごろから12月にかけて移行し、稚貝の成長が確認できる。

各 station において10-11月に新規加入がみられた。本研究で使用したふるいの目は約 1.5 mm であり、ふるいの目よりも小さな個体が採取されていない可能性が高い。そのため、実際の稚貝の着床時期は、10月よりも若干早いものと考えられる。ヘナタリは砂粒で表面が覆われた卵紐を産卵し、卵は底層上にほとんど全部露呈したままで

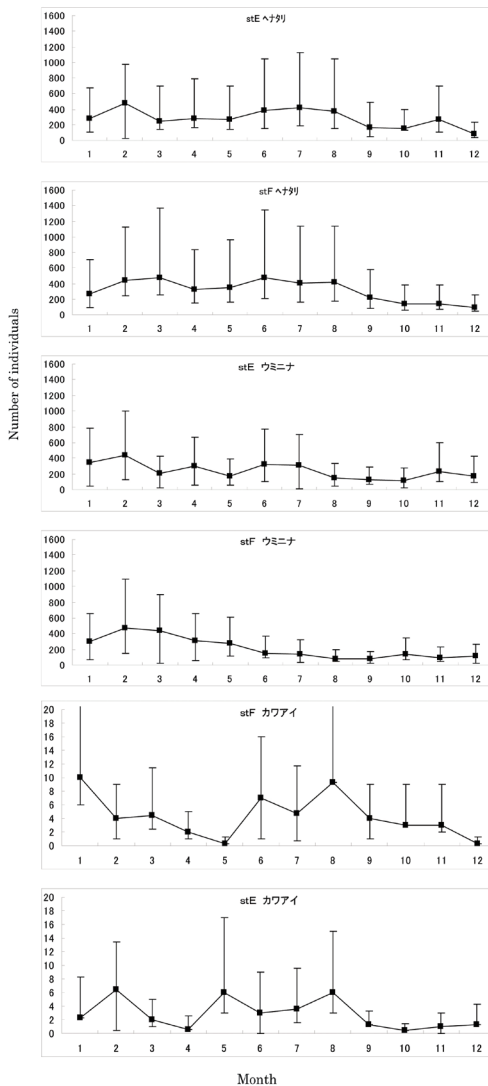


Fig. 7. ヘナタリ, ウミニナ, カワイの Station E と Station F における個体数密度の季節変化.

地盤には付着せず、孵化後は浮遊生活を送るプランクトン幼生期を持つことが報告されている (波部, 1965; 網尾, 1963). したがって, 本研究の肉眼で記録したウミニナ・ヘナタリに付着していた卵はヘナタリのものではないと考えられる. しかし, 卵の付着状況から唆すると, 夏季前に多く付着しており夏季を過ぎるころにはなくなっていたため夏季に孵化したと考えられる. しかし, この卵は何の卵かは詳しく調べないとわからない. 年間を通じたサイズ頻度分布の結果より, 10

月になると各 station に稚貝の新規加入が見られる. Station E で 10 月 11 月にみられた新規加入が 12 月にはみられないのは採取個体数が少ないためであり, 新規加入個体がなくなってしまったのではないと考えられる. これらの新規加入個体は 7-8 月に産卵された卵から生まれたプランクトン幼生が, 夏の間浮遊生活を送り, 10 月頃になると着底を始めるためだと考えられる. 海水に運ばれてきた幼生は 2 つの station で同時期に定着していないかもしれないが調査区の station E・station F 間には高低差がほとんどないため, 正確な定着時期を知るためには卵紐の確認と 2 mm 未満の稚貝についてのサイズ構成を詳しく調査する必要があるだろう. また station F の方が station E よりも肥厚個体が多いことから稚貝の新規加入も多いと予想されたが, そのような結果は得られなかった. つまり, 成熟個体が多い場所=新規加入が多いということはないと考えられる. これは成熟個体が各 station で産卵するが, 幼生は何かの影響で違う場所で定着する, または産卵を行うために成熟個体が違う場所へ移動しているのではないかと考えられる.

また, 本研究では安東・富山 (2002) が調査したヘナタリのサイズ頻度分布の結果よりも肥厚個体の割合は少なくなっているのは, 本研究の調査区が安東の調査区よりも下流部であったことから, 肉眼での判別であるため, 誤差が生じたと考えられる.

各 station において 2-4 月に 10 mm 以下の非肥厚個体がピークをつくっているが 5 月以降急激に減少している. このことから非肥厚個体が成長し, 成熟個体グループに融合されたのではないかと考えられる. また, 本研究では 4 月以降肥厚個体の増加がみられることより, この時期に肥厚個体が出流部に移動してくるか, 2-4 月に稚貝であったものが成長したと考えられる. シンガポールでの成貝は 4-6 月の産卵前に干潟上部へ移動し, 産卵後の 7-8 月には大部分が死亡する (Vohra, 1970) が報告した結果とは一致しなかった.

4 月以降の各 station において肥厚個体が station E よりも下流部である station F において肥厚個体

が多く出現したという結果は、大きな個体は小さな個体よりも上部でたくさん出現したという若松・富山 (2000)、干潟の下部にいた若い *kor* 個体の多くは、成長すると干潟の上部移動する傾向にあるという安東・富山 (2002) の報告とは一致しなかった。これは、本研究において調査地が高低差の見られない調査区であったことと、狭い干潟内での他種とのすみわけ、調査地の底質がヘナタリの好む泥地で station によるちがいがあまりなかったからだと考えられる。サイズ頻度分布より肥厚個体のサイズが各 station とも 15–20 mm で成長がみられなかったことより、成熟個体は 20 mm で成長がとまると考えられる。

また、下夏季を過ぎる頃からヘナタリ・ウミニナにおいて各調査区での密度変化の平均値に減少の傾向がみられた。Station E では 11 月にわずかに増加したが、やはり 12 月には減少していた。また station F においても 6 月から減少している。この結果より、ヘナタリは各 station から稚貝、成貝にかかわらず 6 月以降減少している。サイズ頻度分布の結果より成貝のめだつた減少がみられないのに密度が減少していることより、全体的に何らかの理由で移動している、種内での競争がおきている、また他種による捕食がおきていると考えられる。

ω 指数の結果から、ヘナタリとウミニナは年間を通じてマイナスを示す月が少なかったことより、2 種間で排他的な傾向は確認できず、種間競争は起きていない (安東, 2002) と一致する。ヘナタリとウミニナに対してウミニナとカワアイ、ヘナタリとカワアイは年間を通じて大きな変化はないが、排他的な傾向がみられたことより、それぞれの種で季節的な移動をもたらすのは底質選好性以外の要因が関係しているのではないかと考えられる。また、Vohra (1970) は、ヘナタリは中潮位から低潮位にかけて多く分布することを報告している。これらの報告と今回求めた ω 指数の結果より、カワアイとヘナタリは同じ干潟内の上部と中部以下にすみわけを行うことで、同所的生息を可能にしている (安東・富山, 2002) と一致した。

以上のことから、ヘナタリは成貝になると干潟の上流部へ移動しているという過去の報告は確認できなかったため、干潟の全ての成貝のヘナタリが上流部へ移動しているとは考えられないことが明らかになった。

ヘナタリは絶滅危惧種とされているが (和田ほか, 1996; 山本・和田, 1999)、本研究の調査区である愛宕川下流の干潟では各 station において出現個体数は多く、稚貝の新規加入による世代交代も確認することができた。今回設置した調査区以外の場所でも出現率は高く、ヘナタリは喜入の干潟の生態系の中で重要な位置を占めていると考えられる。今後ヘナタリの生態を詳しく明らかにしていくことは、河口干潟の環境指標生物としてのヘナタリの保全と、ヘナタリが生息できる環境の保全につながるだろう。

■ 謝辞

本研究の調査をするにあたり、武内有加さん、原口由子さん、前島信行さん、堀ノ内甲市さん、古川洸太郎さん (以上、鹿児島大学理学部)、後藤隆介さん、渡邊賢作さん (以上、鹿児島大学工学部)、福山みなさん (鹿児島大学教育学部)、および、倉地真兒さん (鹿児島大学農学部) には喜入に同行いただいた。また、鹿児島大学理学部地球環境科の鈴木英治氏ほかの先生方に調査や論文作成にあたりたくさんの助言をいただきましたことを心より感謝いたします。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 27–29 年度特別経費 (プロジェクト分) ー地域貢献機能の充実ー「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、2017 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いただきました。以上、御礼申し上げます。

■ 引用文献

- Adachi, N & Wada, K. 1999. Distribution in relation to life history in the direct-developing gastropod *Batillaria cumingi* (Batillariidae) on two shores of contrasting substrate. *Journal of Molluscan Studies*, 65: 275–287.
- 安東美穂・富山清升. 2002. マングローブ林におけるヘナタリ (複足綱: フトヘナタリ科) のサイズ分布の季節変化. *Venus*, 63 (3-4): 145–151.
- 網尾 勝. 1963. 海産腹足類の比較発生学ならびに生態学的研究. 水産大学校研究報告, 12: 15–144.
- 風呂田利夫. 2000. 内湾の貝類, 絶滅と保全—東京湾のウミナ類衰退からの考察—. 月刊海洋/号外, 20: 74–82.
- 波部忠重. 1955. カワアイとフトヘナタリの産卵. *Venus*, 18 (3): 204–205.
- Iwao, S. 1977. Analysis of spatial association between two species based on the interspecies mean crowding. *Researches on Population Ecology*, 18 (2): 243–260.
- 真木英子・大滝陽美・富山清升. 2002. ウミナ科1種とフトヘナタリ科3種の分布と底質選好性: 特にカワアイを中心にして. *Venus*, 61: 61–76.
- 奥谷喬司 (編著). 2000. 日本近海産貝類図鑑: pp. 132–133. 東海大学出版会.
- Vohra, F. C. 1971. Zonation on a tropical sandy shore. *Journal of Animal Ecology*, 40: 679–708.
- 和田恵次・西平守孝・風呂田利夫・野島 哲・山西良平・西川輝昭・五嶋聖治・鈴木孝男・加藤真・島村賢正・福田 宏. 1996. 日本における干潟海岸とそこに生息する底生生物の現状. *WWF Japan Science Report*, 3: 5–22.
- 若松あゆみ・富山清升. 2000. 北限マングローブ林周辺干潟におけるウミナ類分布の季節変化. *Venus*, 59: 225–243.
- 山本百合亜・和田恵次. 1999. 干潟に生息するウミナ科貝類4種の分布とその要因. *南紀生物*, 41 (1): 15–22.