

## 鹿児島県喜入町のマングローブ干潟におけるヘナタリ *Cerithidea cingulata* (Gmelin, 1791) の生活史と $\omega$ 指数に基づく種間関係の分析

片野田裕亮・中島貴幸・小麦崎 彰・轟木直人・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 *Cerithidea cingulata* (Gmelin, 1790) は、潮間帯や内湾の干潟などの汽水域に生息する巻貝である。本研究では、ヘナタリのサイズ頻度分布の季節変化を調査し、生活史を明らかにすることを目的とした。また、同所に生息するウミニナ、カワアイとの種間関係の調査及び、3種の個体密度の調査を行なった。ヘナタリの殻は高い円錐形をしており、殻高は2-3 cm、殻口が大きく外側に広がり、前端は水管溝をこえて伸びるのが特徴である。また、ある程度殻が成長すると、殻口が肥厚反転して、本種独特の殻口形態となる。調査は鹿児島県鹿児島市喜入町を流れる愛宕川(23°23'N, 130°33'E)の河口干潟で行なった。調査地は、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 の間隔を空けて設置した。2006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3つ設置した 50 × 50 cm のコドラート内の砂泥を約 2 cm の深さまで掘り、掘りあげた砂泥を 1.5 mm のふるいで洗い流し、残ったものをサンプルとして研究室に持ち帰った。その後、各コドラートに含まれるヘナタリ、ウミニナ、カ

ワアイを肉眼で分類し、種ごとに出現個体数を記録した。また、ヘナタリについては殻幅を、ノギスを用いて 0.1 mm 単位まで計測して記録し、肥厚個体と非肥厚個体の区別も記録した。サイズ頻度分布の季節変化の結果から、各 station において 9-10月に 2 mm 未満の個体の新規加入がみられた。また、各 station とも 2-7月に 7.0 mm 未満の稚貝グループにサイズピークがあるが、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。 $\omega$  指数の結果は、ヘナタリーウミニナが各 station ともに年間を通してほとんどの月でプラスの値を示したのに対して、ヘナタリーカワアイ、ウミニナカワアイは各 station ともに年間を通してほとんどの月で 0 に近い値を示した。密度変化の結果は、ヘナタリとカワアイは station E よりも station F のほうが密度が高く、ウミニナは station F よりも station E のほうが密度が高くなっていった。サイズ頻度分布の季節変化の結果より、各 station でのヘナタリは、2-7月にかけて2年前に新規加入した個体が成貝へと成長し、9-10月に成貝が産んだ卵から孵化した稚貝の新規加入がみられることがわかった。また、 $\omega$  指数の結果より、ヘナタリ・ウミニナ・カワアイは互いに排他的な傾向はみられず、種間競争は起きていないと考えられる。また、密度変化の結果より、ヘナタリとウミニナとカワアイの分布は重なってはいるが、ヘナタリとカワアイが干潟の下部を好み、ウミニナが干潟の上部を好んで分布していると考えられる。

### ■ はじめに

ヘナタリ *Cerithidea cingulata* (Gmelin, 1790) は、フトヘナタリ科に属する巻貝で、おもに淡水の影響する内湾干潟の砂泥の底床にウミニナ類とともに棲息する (Fig. 1)。南方ではマングローブ周辺

Katanoda, Y., T. Nakashima, A. Komugizaki, N. Todoroki and K. Tomiyama. 2018. Life history of *Cerithidea rhizophorarum* and coexistence relations with the other species based on  $\omega$ -index on the mangrove tidal flat, Kiire, Kagoshima, Japan. *Nature of Kagoshima* 44: 189-199.

✉ 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: 9 Mar. 2018

[http://journal.kagoshima-nature.org/archives/NK\\_044/044-026.pdf](http://journal.kagoshima-nature.org/archives/NK_044/044-026.pdf)



Fig. 1. 調査地で採集された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ウミナナとカワアイの標本。左：ウミナナ，右：カワアイ。

の砂泥地などに多産するが、内地では減少傾向にある。ヘナタリは生活史については、フィリピンにおいて、孵化したベリジャー幼生が約2週間自由浮遊したのち定着すること (Lantin-Olaguer and Bagarinao, 2001)、岡山県の観察では7-8月に産卵が行なわれていること (波部, 1955)、シンガポールでは夏に新規加入が起こり、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, 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 (山本・和田, 1999; 真木ほか, 2002)、水はけのよい泥地を回避すること (Vohra, 1970) が報告されている。真木ほか (2002) はヘナタリを含むウミナナ科・フトヘナタリ科腹足類の同所

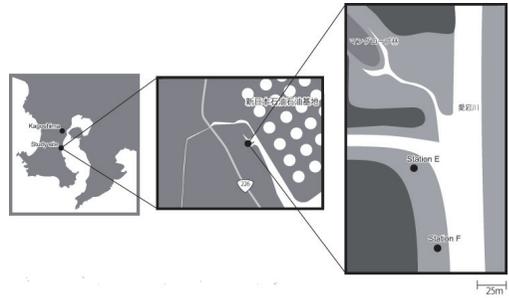


Fig. 3. 調査地の地図。鹿児島県鹿児島市喜入町を流れる愛宕川河口のマングローブ干潟。

的生態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、ヘナタリは生活史は生息地によって大きな違いがあることが明らかである。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1年間通して複数ヶ所で比較する研究は安藤 (2005) が3年間と平田 (2006) が1年間行なったのみである。

そこで、本研究では、安藤 (2005) 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なった平田 (2006) の追跡調査を行なった。他のウミナナ類との種間関係を調べるため、同所的生態の程度を $\omega$ 指数から推定し、変動を比較した。また、ヘナタリ・ウミナナ・カワアイ各種の季節的な密度変動の調査を行なった。

## ■ 材料と方法

**材料** ヘナタリは、国外ではインド洋・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。南方ではマングローブ林周辺の砂泥地などに多産する。殻は高い円錐形をしており、殻高は2-3 cm。殻口が大きく外側に広がり、前端は水管溝をこえて伸びるのが特徴である。また、ある程度殻が成長すると、殻口が肥厚反転して、本種独特の殻口形態となる。ヘナタリは、絶滅・絶滅寸前・危険・希

少・普通・状況不明というランク分けの中で、今すぐ絶滅に瀕するというわけではないが、現状では確実に絶滅の方向へ向かっていると判断され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(富山ほか, 2003)、各地で急激な減少や絶滅が報告されている。東京湾では1980年代に消滅している(風呂田, 2000)が、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)で行なった(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からなるマングローブ林が広がっており、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 rhizophorarum* (A. Adams, 1855)、ヘナタリ、カワアイ *Cerithidea djadjariensis* (Martin, 1899)のほかに、ヒメカノコ *Clithon oualaniensis* (Lesson, 1830)、アラムシロ *Reticunassa festiva* (Powy, 1833)、コゲツノブエ *Cerithium coralium* (Kiener, 1841)などの巻貝が生息している(Fig. 2)。

**調査区の設定** 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なった。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。調査区は、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 の間隔を空けて設置した。

**調査方法** 2006年1月～2006年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なった。各 station E と station F に3つ設置した50×50 cm 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、残ったものを研究室に

持ち帰り冷凍保存した。その後、各コドラート内に含まれるヘナタリ、ウミナナ、カワアイを肉眼と顕微鏡で分類し、出現個体数を記録した。さらに、ヘナタリについての殻幅をノギスで0.1 mm 単位まで計測し、記録した本研究で調査対象としたヘナタリは、殻頂が欠けた個体が多いため殻高は測定項目から外し、殻幅をもって個体のサイズとした。ヘナタリは成長すると殻口が大きく外に広がり、外唇が肥厚反転する。殻幅を計測する際、殻口が肥厚した個体と殻口が肥厚していない個体(以下、肥厚個体、非肥厚個体と呼ぶ)の区別も記録した。また、月ごとにヘナタリ、ウミナナ、カワアイの分布の重なり度がどのように変化するかを調べるため、各月の個体数を用いて $\omega$ 指数(Iwao, 1977)を求めた。 $\omega$ 指数は2種類の独立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。

$$\omega_{11} = \frac{\gamma - \gamma_{min}}{1 - \gamma_{min}} = \sqrt{\frac{m_x m_y - m_x m_y}{(m_x + 1)(m_y + 1) - m_x m_y}} \quad \gamma \geq \gamma_{min} \text{ のとき}$$

$$\omega_{11} = \frac{\gamma - \gamma_{min}}{\gamma_{min}} = \sqrt{\frac{m_x m_y}{m_x m_y}} - 1 \quad \gamma \leq \gamma_{min} \text{ のとき}$$

$\omega$  は、分布が完全に重なっているとき最大値1、独立の分布のとき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

$$m_{xy}^* = \frac{\sum_{j=1}^Q x_{xy} x_{yj}}{\sum_{j=1}^Q x_{xy}}$$

であり、種Yに対する種Xの平均こみあい度は

$$m_{yx}^* = \frac{\sum_{j=1}^Q x_{xy} x_{yj}}{\sum_{j=1}^Q x_{yj}}$$

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

$$m_x^* = \frac{\sum_{j=1}^Q x_{xy} (x_{xy} - 1)}{\sum_{j=1}^Q x_{xy}}$$

と

$$m_y^* = \frac{\sum_{j=1}^Q x_{yj} (x_{yj} - 1)}{\sum_{j=1}^Q x_{yj}}$$

で表される時、種Xに対する種Xと種Y両種の平均こみあい度は

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

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

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

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

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

となる。ここで、

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

である。

$\gamma$ は $\chi X_j$ と $\chi Y_j$ との間のある種の相関係数と一致しており、直線関係 $\chi X_j = a\chi Y_j$ にどの程度近いを示す。

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

## ■ 結果

### サイズ頻度分布の季節変化

2006年1月～2006年12月の各stationにおけるヘナタリの殻幅サイズ分布をFigs. 4, 5に示す。Station Eでは、1月には1.1–2.0 mmの非肥厚個体にサイズピークがあり、2–7月には6.1–7.0 mmの非肥厚個体にサイズピークがあるが、8–9月になるとサイズピークが8.1–9.0 mmの非肥厚個体と肥厚個体に移行する。1月には、1.1–2.0 mmの非肥厚個体と6.1–7.0 mmの非肥厚個体にサイズピークがある二山型のグラフになっているが、1.1–2.0 mmの非肥厚個体は7月まで月をおうごとに減少し、7月には6.1–7.0 mmの非肥厚個体にサイズピークがある一山型のグラフになっている。8–12月にかけて新たに1.1–2.0 mmの非肥厚個体が発見しており、9–12月には1.1–2.0 mmの非肥厚個体と8.1–9.0 mmの非肥厚個体と肥厚個体にサイズピークがある二山型のグラフになっている。

10–12月には1.1–2.0 mmの非肥厚個体にサイズピークがある。Station Eは年間を通して、夏季に肥厚個体の割合が高くなっている。

Station Fでは、1–8月にかけて5.1–6.0 mmの非肥厚個体にサイズピークがある。1–5月には、1.1–2.0 mmの非肥厚個体と5.1–6.0 mmの非肥厚個体にサイズピークがある二山型のグラフになっているが、1.1–2.0 mmの非肥厚個体の割合は2月以降月をおうごとに減少し、8月には6.1–7.0 mmにサイズピークがある一山型のグラフになっている。1月以降サイズピークをつくっている5.1–6.0 mmの非肥厚個体の割合は3月以降減少し、8月にはサイズピークが6.1–7.0 mmの非肥厚個体へと移行している。9–12月にかけて新たに1.1–2.0 mmの非肥厚個体が発見しており、10–12月には1.1–2.0 mmの非肥厚個体と4.1–5.0 mmの非肥厚個体にサイズピークがある。Station Fもstation Eと同様、夏季に肥厚個体の割合が高くなっている。

各stationを比較すると、station Eがstation Fよりも年間を通して肥厚個体の割合が高く、9月以降の1.1–2.0 mmの非肥厚個体の割合が高くなっている。

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 各stationともに1–3月にかけて減少し、4–5月にかけて増加する傾向がみられる。また、各stationともに8月から10月にかけて増加し、11月には減少して12月には再び増加する傾向がみられる。Station Eは年間を通してほとんど変化はみられないが、7月に大きな増加がみられる。Station Fは年間を通して大きな変化がある。3, 4, 8月にはω指数の値が0に近くなっているが、その他の月はω指数の値は高くなっている。

ヘナタリ—カワアイ 各stationともにω指数の値は0に近くなっているが、station Fでは1月と12月にω指数の値が1に近くなっている。Station Eはカワアイの採取個体数が非常に少なく、ω指数を算出できない月があったが、算出で

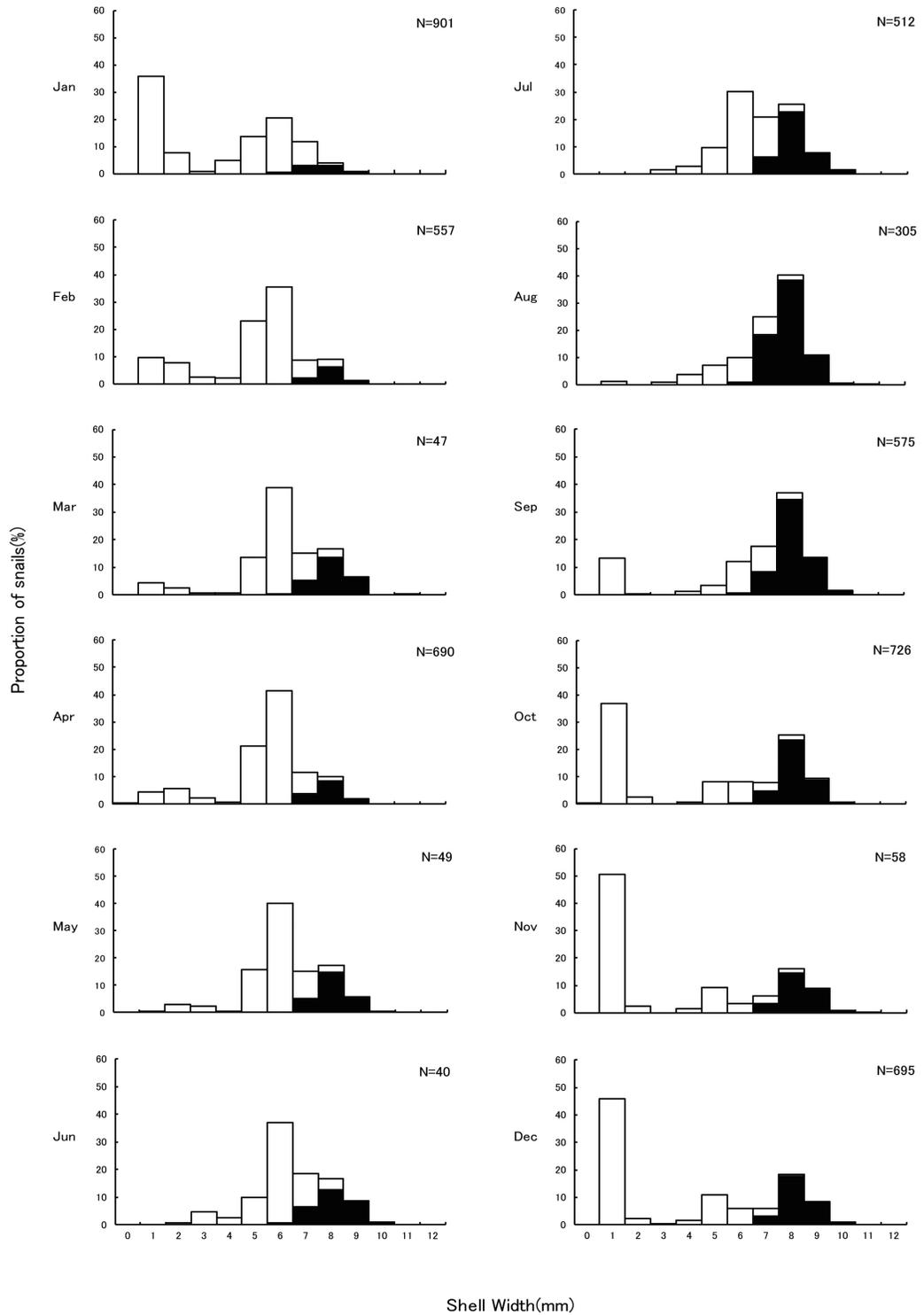


Fig. 4. 2006年1月～12月のStation Eにおけるヘナタリの殻幅サイズ頻度分布の季節変化。白抜き：非肥厚個体（未成熟個体），黒塗り：肥厚個体（成熟個体）。

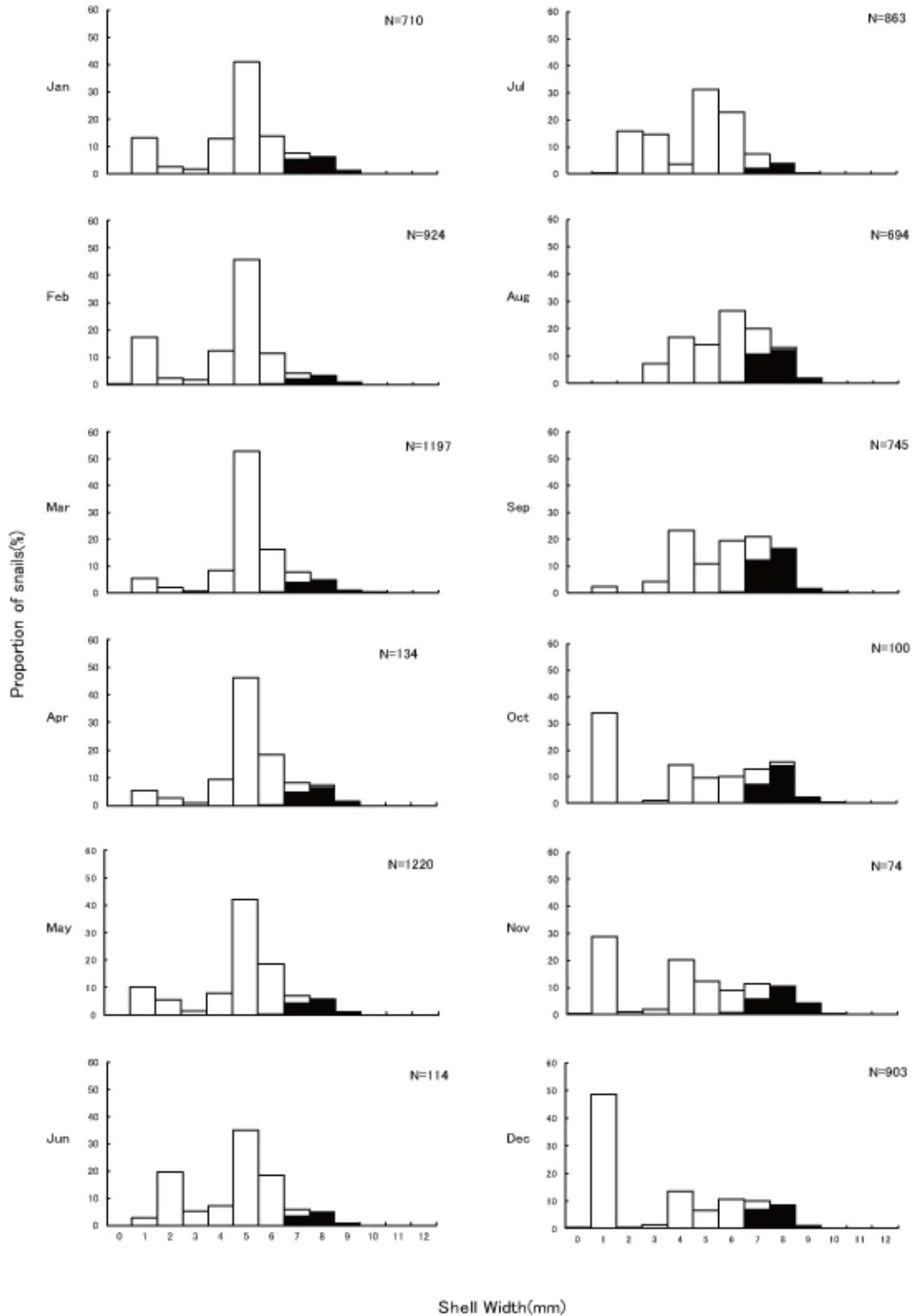


Fig. 5. 2006年1月～12月のStation Fにおけるヘナタリの殻幅サイズ頻度分布の季節変化. 白抜き：非肥厚個体（未成熟個体），黒塗り：肥厚個体（成熟個体）.

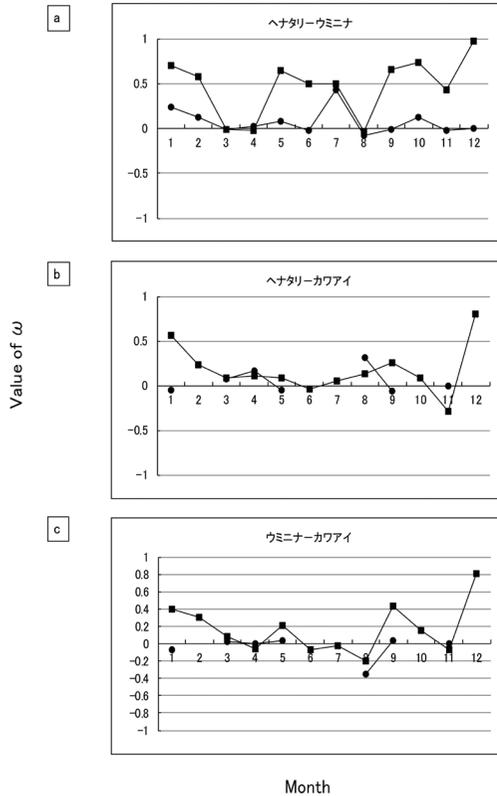


Fig. 6. ヘナタリ・ウミナ・カワアイ 3 種の間における 2 種間の  $\omega$  指数の季節変化. 四角: Station E, 丸: Station F. a: ヘナタリとウミナの間での  $\omega$  指数の季節変化, b: ヘナタリとカワアイの間での  $\omega$  指数の季節変化, c: ウミナとカワアイの間での  $\omega$  指数の季節変化.

きた月をみると年間を通して  $\omega$  指数の値にほとんど変化はみられなかった.

カワアイーウミナ 各 station ともに  $\omega$  指数の値は 0 に近づいているが, station F では 12 月に  $\omega$  指数の値が 1 に近づいている. Station E は, ヘナタリーカワアイと同様にカワアイの採取個体数が非常に少なく,  $\omega$  指数を算出できない月があったが, 算出できた月をみると年間を通して  $\omega$  指数の値にほとんど変化はみられなかった.

グラフに関すること

ヘナタリーウミナ 各 station ともに年間を通してほとんどの月でプラスの値を示した. Station E では 7 月以外の月で少ししか値の変動がみられなかった. Station F では値の変動が激しく, 2-3 月, 7-8 月に大きな減少がみられ, 4-5 月, 8-9 月,

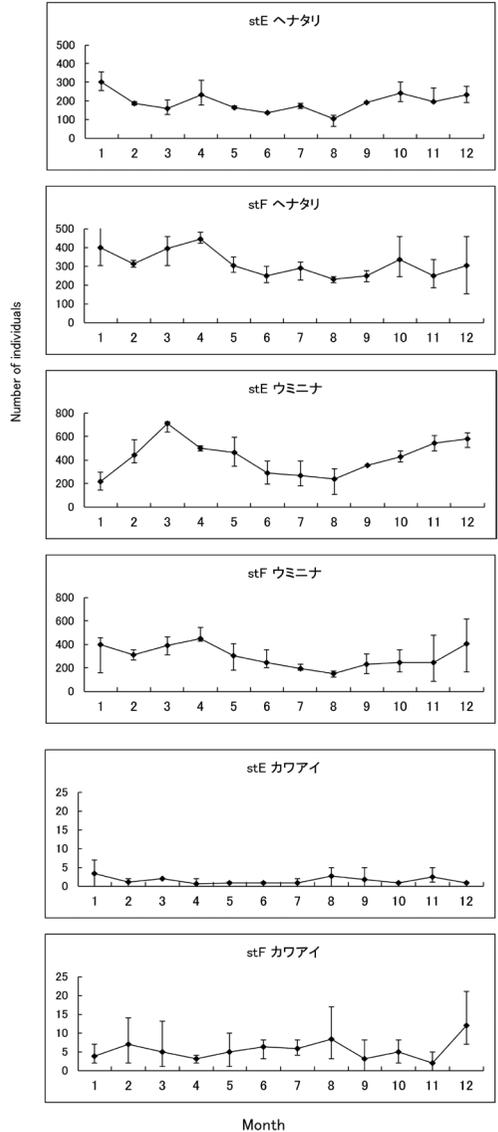


Fig. 7. 各 station における個体数密度の季節変化. 個体数は, 50 cm  $\times$  50 cm 方形区の中で採集された個体の数. 個体数密度は, 方形区の平均値で表した. 黒丸が平均値. パーは最大値と最小値を表す.

11-12 月に大きな増加がみられた.

ヘナタリーカワアイ 各 station ともに年間を通してほとんどの月で 0 に近い値を示した. Station E では年間を通して少ししか値の変動がみられなかった. Station F では 1-3 月, 9-11 月に大きな減少がみられ, 11 月には大きな増加がみられた.

ウミナーカワアイ 各 station ともに年間を通してほとんどの月で 0 に近い値を示した. Station

Eでは年間を通して少ししか値の変動がみられなかった。Station Fでは1-4月、9-11月に大きな減少がみられ、11-12月に大きな増加がみられた。

#### 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 Station E と F の密度変化は年間を通して同調する傾向にある。各 station とも4月以降密度が減少し、8月以降密度が増加する傾向があり、5-9月に最も密度の低い時期となっている。Station E よりも station F のほうが各月の密度が高くなっている。

ウミナナ Station E と station F の密度変化は年間を通してほぼ同調する傾向にあり、各 station とも8月以降密度が増加する傾向がある。Station E では3月以降に密度が減少するのに対し、station F では4月以降に密度が減少する傾向がある。1月以外の各月で station F よりも station E のほうが密度が高くなっている。

カワアイ 11月以外の各月で station E よりも station F のほうが密度が高くなっている。Station E は1年を通してほとんど密度変化がみられず、5-7月にかけて密度の変動が全くみられなかった。Station F は station E に比べて密度変化が激しく、2、8、12月に密度が高く、1、4、9、11月に密度が低くなっている。各 station における密度の季節変化の違いがはっきりみられ、ヘナタリ・ウミナナとは全く異なる傾向がみられた。

#### ■ 考察

各 station において1月に殻幅 1.1-2.0 mm 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と考えられる。このグループのサイズピークは3月頃から12月にかけて移行し、12月には station E で 5.1-6.0 mm、station F で 4.1-5.0 mm の非肥厚個体の割合が増加しており、稚貝の成長が確認できる。

各 station において9-10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、実際の着底時期は9月よりも若干早いものと考えられる。9-10月に見られる新規加入個体は、7-8月に産出された卵から孵化したプランクトン幼生が夏の間浮遊生活を送り、9-10月頃になると着底を始めるためだと考えられる。正確な着底時期を知るためには、卵紐の確認と殻幅 1 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。平田 (2006) は、各 station において10-11月に新規加入がみられたと報告している。新規加入の時期については、稚貝の着底状況が各年の気候や気温などの環境条件によって変化するため、年によってずれが生じるのではないかと考えられる。

9月以降確認される 1.1-2.0 mm の新規加入個体グループは、station E のほうが station F よりも割合が高くなっているが、これは産出された卵から孵化したプランクトン幼生が着底するのが下流である station F よりも上流である station E のほうが早いために、ふるいで採取できるサイズに成長するのが早くなるためではないかと考えられるが、station E と station F の距離は 20 m 程しか離れておらず、高低差もほとんどないため、偶然 station E のほうが station F よりも新規加入個体の割合が高くなったとも考えられる。幼貝の着底状況が河川の上流と下流で変化するかを知るためには、もっと距離の離れた調査区を上流と下流に設置し調査する必要がある。

2月以降 station E では 6.1-7.0 mm の非肥厚個体グループにサイズピークがあり、station F では 5.1-6.0 mm の非肥厚個体グループにサイズピークがあるが、ヘナタリは、着底した 2 mm 未満の稚貝が1年かけて殻幅 5.0 mm 程度まで成長し、さらに1年かけて肥厚個体の平均的サイズである 8.0-9.0 mm に成長するという安藤・富山 (2005) の報告より、これらの個体グループは前年に新規加入した個体グループであると考えられる。Station E では、2-7月に 6.1-7.0 mm の非肥厚個体グループの割合が高くなっているが、8月には 8.1-9.0 mm 以上の非肥厚個体と肥厚個体グループの割合が高くなっていることから、2-7月の

6.1–7.0 mm の非肥厚個体グループの成長が確認できる。Station F では、1–7 月に 5.1–6.0 mm の非肥厚個体グループの割合が高くなっているが、8 月には 6.1–7.0 mm 以上の非肥厚個体と肥厚個体グループの割合が高くなっていることから、1–7 月の 5.1–6.0 mm の非肥厚個体グループの成長が確認できる。

年間を通して station E における肥厚個体の割合が station F における肥厚個体の割合よりも高いことから、安藤・富山 (2005) の報告と同様に成長に伴って干潟上部へ分布域を広げるのではないかと考えられる。このことは、ヘナタリの肥厚個体が砂地である干潟上部を好み、非肥厚個体は泥地である干潟下部を好む底質選好性があるという安藤・富山 (2005) の報告からも示唆される。各 station とともに、8–9 月に肥厚個体の割合が高くなり、9 月以降肥厚個体の割合が減少していることから、Vohra (1970) のシンガポールでの成貝が 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という報告とは、成貝の干潟上部への移動時期と産卵後の死亡時期に 2 ヶ月ほどずれがある。本調査地では、産卵後の成貝の死亡は確認されておらず、過去の研究でシンガポールのヘナタリと日本のヘナタリの生活史の違いが示唆されていることから、今回の 2 ヶ月のずれは生活史の違いによるものだと考えられる。

サイズ頻度分布のデータより、肥厚個体のサイズが各 station とともに 10.1–11.0 mm 以上の個体がみられなかった。また、安藤 (2005) における同調査地の上部干潟においても肥厚個体のサイズが 11.0 mm 以上の個体がみられないことにより、ヘナタリは 11.0 mm 前後で成長が止まると考えられる。

$\omega$  指数の結果から、ヘナタリーウミナは年間を通し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みられず、種間競争は起きていないと考えられ、平田 (2005)、安藤 (2002) の報告と一致する。また、station E ではすべての月で  $\omega$  指数の値が 0 に近づいているのに対して、station F では、3, 4, 8 月を除くす

べての月で  $\omega$  指数の値が 1 に近づいていることから、station E よりも station F のほうがヘナタリとウミナナの分布の重なりが大きいと考えられる。

ヘナタリーカワアイ、ウミナカワアイは、 $\omega$  指数が各 station とともに年間を通して 0 に近い値をとっていることから独立分布をしており、2 種間で排他的な傾向はみられず、種間競争は起きていないと考えられる。ヘナタリーカワアイ、ウミナカワアイの station F の 12 月の  $\omega$  指数の値が 11 月に比べて急激に上昇しているのは、真木 (2002) のカワアイは寒い時期に活動しないという報告から、気温が低いカワアイの行動が不活発になり、たまたま密集していた場所で材料を採取したためだと考えられる。

ヘナタリは、各 station とともに 8 月以降に密度が増加している。この密度増加の時期は、サイズ頻度分布で示した 9–10 月に新規個体が加入する時期と重なっているため、8 月以降に密度が増加しているのは新規個体が加入しているためだと考えられる。このことは、ウミナにもあてはまる。ウミナは春から秋にかけて生殖活動を行なうことが杉原・富山 (2002) や吉田・富山 (2003) の調査により示唆されている。また、ヘナタリ、ウミナともに 6–8 月に密度が低くなっている。ヘナタリは、Vohra (1970) によるシンガポールでの調査により成貝は産卵後に死亡することが報告されている。本調査地でも、成貝が産卵後に死亡したために 6–8 月に密度が低くなっている可能性が考えられるが、過去の研究で、本調査地での成貝の産卵後の死亡についての報告がないため、この時期に新規加入がなく、寿命により死亡する個体が常に存在することにより密度が低くなるなどの他の要因も十分に考えられる。ウミナについても、過去に成貝が産卵後に死亡することについての報告がなく、今回はウミナについてのサイズ頻度分布の調査を行っていないため、成貝が産卵後に死亡するために密度が低くなっている可能性も考えられるが、この時期に新規加入がなく、寿命により死亡する個体が常に存在することにより密度が低くなるなどの他の要因も十分に考えら

れる。

今回の調査においては、11–12月にヘナタリにおいて多くの肥厚個体の死亡が確認できた。これは、殻頂部分が破損していたため、冬場の餌不足による鳥類のヘナタリの捕食行動によるものだと考えられるが、冬場に密度の減少がみられないため、鳥類の捕食による個体数の減少量よりも新規加入による個体数の増加量のほうが多いのではないかと考えられる。

ヘナタリとカワアイは、station Eよりもstation Fの密度が高く、ウミニナはstation Fよりもstation Eの密度が高いことから、ヘナタリとウミニナとカワアイの分布は重なってはいるが、ヘナタリとカワアイが干潟の下部を好み、ウミニナが干潟の上部を好んで分布していると考えられる。ヘナタリ、カワアイに比べ、ウミニナの淡水耐性が高いことが若松・富山(2000)の塩分濃度変化耐性の調査で報告されていることから、ヘナタリとカワアイが干潟の下部を好み、ウミニナが干潟の上部を好むことが確認できる。

ヘナタリは、危険種とされている(和田ほか, 1996)が、本研究の調査地である愛宕川河口のマングローブ干潟ではどのstationにおいても出現個体数は多く、稚貝の新規加入におけ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、ヘナタリは喜入のマングローブ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繋がるだろう。

## ■ 謝辞

本研究の調査をするにあたり、論文作成にあたりご協力いただきました多様性生物学講座の先輩方から感謝申し上げます。ご多忙の中、共に調査していただいた富山研究室の皆様方に心からお礼申し上げます。また、鹿児島大学理学部地球環境科学科の鈴木英治先生をはじめ、ほかの先生方や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先輩方、鹿児島大学理学部地球

環境科学科富山研究室、鈴木研究室のみなさん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)–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、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頂きました。以上、御礼申し上げます。

## ■ 引用文献

- Adachi, N and 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.
- 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.
- 安東美穂. 2005. マングローブ干潟におけるヘナタリ *Cerithidea cingulate* (Gmelin, 1791) のサイズ分布の季節変化. 鹿児島大学大学院理工学研究科地球環境科学専攻修士論文.
- 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.
- 風呂田利夫. 2000. 内湾の貝類, 絶滅と保全—東京湾のウミニ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*, 8 (3): 204–205.
- 平田今日子. 2006. マングローブ干潟におけるヘナタリ *Cerithidea cingulate* (Gmelin, 1791) のサイズ分布の季節変化. 鹿児島大学理学部地球環境科学科卒業研究論文.
- Iwao, S. 1977. Analysis of spatial association between two species based on the interspecies mean crowding. *Researches on Population Ecology*, 18 (2): 243–260.
- Lantin-Olaguer, I., and Bagarinao, T. U. 2001. Gonadal maturation, fecundity, spawning and timing of reproduction in the mud snail, *Cerithidea cingulata*, a pest in milkfish ponds in the Philippines. *Invertebrate Reproduction and Development*, 39 (3): 195–207.
- 真木英子・大滝陽美・富山清升. 2002. ウミニナ科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.
- 増田 修・内山りゅう. 日本産淡水貝類図鑑2 汽水域を含む全国の淡水貝類. 株式会社ビーシーズ, 59: 64–67.
- 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. *貝類学雑誌*, 59: 225–243.
- Wells, F. E. 1983. The Potamididae (Mollusca:Gastropoda) of Hong Kong, with an examination of habitat segregation in a small mangrove system. In: B. Morton and D. Dudgeon (eds.) *Proceeding of the Second International Workshop on the Malacofauna of Hong Kong and Southern China*, Hong Kong, 1983, pp.140–154. Hong Kong University Press, Hong Kong.
- 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.