短 報

小型巻貝 2 種におけるソデカラッパからの
被食回避に及ぼす人工海藻の影響山田秀秋,^{1*} 早川 淳,² 中本健太,²
河村知彦,² 今 孝悦³(2015 年 7 月 23 日受付, 2015 年 10 月 28 日受理,
2015 年 12 月 25 日 J-STAGE 早期公開)¹(国研)水産総合研究センター東北区水産研究所,²東京大学大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センター,³筑波大学下田臨海実験センターEffects of artificial seaweed on vulnerability of
two gastropod species (*Cerithium zonatum* and
Clypeomorus bifasciata) to carnivorous crab
*Calappa hepatica*HIDEAKI YAMADA,^{1*} JUN HAYAKAWA,²
KENTA NAKAMOTO,² TOMOHIKO KAWAMURA²
AND KOETSU KON³¹Tohoku National Fisheries Research Institute, Fisheries
Research Agency, Shiogama, Miyagi 985-0001, ²International Coastal Research Center, Atmosphere and Ocean
Research Institute, The University of Tokyo, Otsuchi, Iwate
028-1102, ³Shimoda Marine Research Center, University
of Tsukuba, Shimoda, Shizuoka 415-0025, Japanキーワード: 隠れ場, 小型巻貝, ソデカラッパ, 被食軽
減効果, 捕食-被食関係, マイクロハビタ
ット

熱帯・亜熱帯の藻場・干潟域では, 海草・海藻類の群落やサンゴ礁, サンゴ砂などにより様々なマイクログラビタットが形成され, それぞれに異なる小型無脊椎動物が生息することによって高い種多様性が維持されている(山田ほか, 未発表)。これらの多種多様な無脊椎動物の多くは, 一次消費者であるとともに,^{1,2)} 水産有用種を含む稚魚類の主要な餌料生物でもあるため,^{3,4)} 食物網において重要な役割を担っている。以上のことから, マイクログラビタットスケールでの各種無脊椎動物による棲み分けの実態やその成立機構についての知見は, 藻場・干潟域の成育場機能の保全を進めるうえで重要な情報となる。

ヒメクワノミカニモリ *Cerithium zonatum* およびカヤノミカニモリ *Clypeomorus bifasciata* は, 亜熱帯浅海域等に生息するオニツノガイ科巻貝類である。⁵⁾ 沖縄県石垣島沿岸では, これらの巻貝の生息域付近の砂泥域には, 肉食性カニ類のソデカラッパ *Calappa hepatica* が高

密度で分布する(山田, 未発表)。ソデカラッパは, 巻貝類を捕食することが知られているため,⁶⁾ ヒメクワノミカニモリやカヤノミカニモリと遭遇すればそれらを捕食すると考えられる。

沖縄県石垣島における出現様式をマイクログラビタットスケールでみると, ヒメクワノミカニモリは, 藻場・干潟域に群落を形成するホソカゴメノリ *Hydroclathrus tenuis* 等の小型海藻葉上に多数生息している(山田, 未発表)。ホソカゴメノリは, 網目状の藻体を有する小型海藻で, 冬季から春季には浅海域に比較的大きな群落を形成するが,⁷⁾ 夏季には可視的な藻体はほとんどみられなくなる(山田, 未発表)。このような小型海藻がヒメクワノミカニモリの隠れ場として機能しているとする, その分布量の時空間的な変動がソデカラッパによる被食率に重大な影響を及ぼす可能性がある。一方, カヤノミカニモリは, 干潟域汀線付近の転石(礫を含む直径 5-20 cm 程度の石)帯を主な生息場としている(山田, 未発表)。転石帯では基質構造の季節的変動はほとんどないため, 大規模な攪乱が生じない限り, 砂泥域に生息するソデカラッパと遭遇することは少ないと考えられる。そこで, 本研究では, 小型海藻を隠れ場として利用すると考えられるヒメクワノミカニモリと, 利用しないと考えられるカヤノミカニモリを用い, 小型海藻を模した人工海藻に対する行動様式や, 人工海藻によるソデカラッパからの被食軽減効果を室内飼育条件下において調べた。

実験は, 深さが 30 mm となるように海水を入れた 400 L の角形 FRP 水槽(長さ 1400 mm, 幅 600 mm, 高さ 490 mm)を用い, 止水・室内自然光下で実施した。実験中の海水温は約 28-29°C の範囲にあった。砂泥底に生息するソデカラッパは砂に潜る性質を有するが,^{6,8)} 砂を入れると供試個体の計数が困難となるため, 本研究では砂を入れずに実験を行った。実験区として, 人工海藻区と対照区を設定した。人工海藻区では, 長さ 500 mm に切断した緑色ナイロン製の人工海藻(川島商事 キンラン) 6 片を, 水槽左右いずれかの幅 600 mm の範囲内に水底を埋め尽くすように敷き詰めた(Fig. 1)。人工海藻は, 全体が水面下にある状態とした。対照区には人工海藻は入れなかった。人工海藻区においても, 水槽中央部(幅 200 mm)には構造物のないエリアを設定した。1 実験区あたり 8 水槽(合計 16 基)を用いて, 人工海藻区と対照区を交互に配置した。また, 人

Fig. 1 Schematic drawing of the experimental tank with artificial seaweed (top view). Artificial seaweed was randomly arranged on the left or right side of the tank ($n=8$). In the control, no artificial seaweed was placed in the tank ($n=8$). Ten snails for each species per tank were placed on central area (gray area) 20 h before one predator was introduced. Parameters on vulnerability were compared between treatments 24 h after exposure to the predator.

工海藻区における人工海藻の位置は左右同数となるようランダム配置した。

石垣島名蔵湾のホソカゴメノリ藻体上からヒメクワノミカニモリを、石垣島浦底湾汀線付近の転石帯においてカヤノミカニモリを採集し、ホソカゴメノリ藻体および小型礫と共に、流水状態の 1000 L 水槽に収容した。翌日、1 実験水槽につき両種 10 個体ずつ（2 種で合計 20 個体/水槽）について、海水入りシャーレ内で殻高測定用画像を撮影した後、実験水槽中央エリアに静置した。ヒメクワノミカニモリおよびカヤノミカニモリの各水槽における平均殻高は、それぞれ 10.4–12.6 mm および 16.9–19.2 mm の範囲にあり、いずれの種においても平均殻高に実験区間で有意差は認められなかった (t -test, $p>0.05$)。なお、本研究で対象とした巻貝 2 種の最大殻高はいずれも約 20 mm と報告されている。⁵⁾ 実験に用いたカヤノミカニモリ個体は最大殻高に近い約 20 mm に達したが、ヒメクワノミカニモリはその半分程度であり、幼貝であった可能性がある。

実験水槽に巻貝を収容した翌日（20 時間後）、対照区において巻貝全個体が生残していることを確認した。次に、人工海藻への寄りつき状況を確認するため、人工海藻区 8 水槽における人工海藻があるエリアとないエリアの巻貝個体数を目視で調べた。この際、攪乱を避けるために、人工海藻に隠れている個体の数は種毎の投入総個体数と視認個体数との差から求めた。また、各水槽の中央エリアにいる個体は計数から除外した。その結果、ヒメクワノミカニモリでは 79 個体中 79 個体が、カヤノミカニモリでは 78 個体中 66 個体が、人工海藻設置エリア内に位置しており、両種ともにエリア間で有意差がみられた ($\text{paired } t$ -test, $p<0.001$)。このため、両種

は人工海藻に寄りついていたと判断された。さらに、全 16 水槽における巻貝 2 種の個体数について、各水槽の片側 60 cm 幅エリア内における分布個体数を分析したところ、両種の個体数には有意差はなかった ($\text{paired } t$ -test, $p=0.76$)。この結果から巻貝 2 種の分布に偏りはないと判断され、他種を排除するような場を巡る著しい競合はなかったとみなされる。

ソデカラッパは、名蔵湾の藻場・干潟域で採集した。本種はサイズによって捕食できる巻貝の上限サイズが異なり、本研究で用いた最大サイズの巻貝（殻高約 20 mm のカヤノミカニモリ）の場合には、甲幅約 45 mm 以上の個体が捕食できることが予備実験の結果から判っている（山田, 未発表）。そこで、甲幅 50 mm 以上のソデカラッパのみを実験に用いた。採集したソデカラッパを流水状態の 500 L 水槽中に収容し、養魚用配合飼料を 6 日間与えた後、実験開始前の 3 日間絶食条件下においた。上述した巻貝分布位置確認の直後に、ソデカラッパ 1 個体を各水槽中央エリアに入れ、巻貝と同居させた。ソデカラッパの甲幅 (carapace width: CW) は、人工海藻区で 51.91 ± 2.64 mm CW (mean $\pm$ standard deviation, $n=8$)、対照区で 52.64 ± 2.13 mm CW であり、実験区間で有意差は認められなかった (t -test, $p>0.05$)。同居開始から 24 時間経過後、生き残った巻貝の個体数を計数すると共に分布位置を確認した。

実験終了時において、供試したソデカラッパの全個体が生残しており、人口海藻区では、いずれも人工海藻直下にいた。巻貝 2 種のいずれについても、全被食個体が殻を割られており、軟体部は残っていなかった。それに対して、殻が割られていなかった個体は全て生残していた。また、ヒメクワノミカニモリの被食個体は貝殻全体が粉碎されていたが、カヤノミカニモリでは、殻口から螺層に沿って螺旋状に続く欠損がみられた。

ヒメクワノミカニモリの被食個体数は、人工海藻区で 0.75 ± 0.89 個体、対照区で 7.13 ± 2.59 個体であった (Fig. 2)。一方、カヤノミカニモリの被食個体数は、人工海藻区で 3.00 ± 3.02 個体、対照区で 3.00 ± 3.51 個体であった。4 群間で多重比較を行った結果、ヒメクワノミカニモリの人工海藻区と対照区との間にのみ有意差がみられた (Steel-Dwass test, $p<0.05$)。生残個体の分布位置をみると、一部の個体が壁面を昇り水面よりも上部に定位していた（以後、これらを逃避個体と称する）。逃避個体数は、ヒメクワノミカニモリでは、人工海藻区で 0 個体、対照区で 1.88 ± 1.73 個体であり、カヤノミカニモリでは、それぞれ、 0.25 ± 0.71 個体ならびに 1.63 ± 1.41 個体であった。両種とも、逃避個体数は対照区で有意に多かった (Wilcoxon test, $p<0.01$)。

実験の結果、ヒメクワノミカニモリにおいてのみ人工海藻の被食軽減効果が認められた。人工海藻区ではヒメ

Fig. 2 The number of predated individuals of *Cerithium zonatum* in tanks with artificial seaweed (Cz-A: $n=8$) and those of the control (Cz-C: $n=8$), and *Clypeomorus bifasciata* in tanks with artificial seaweed (Cb-A: $n=8$) and those of the control (Cb-C: $n=8$). Different letters (a and b) indicate a significant difference between treatments (Steel-Dwass test, $p<0.05$). Vertical bars indicate SD.

クワノミカニモリのほとんどが生き残っており、それら全個体が人工海藻の葉状部に位置していた。野外におけるソデカラッパは、砂泥直上を歩行しながら鋏脚で砂泥内部を探索して接触した生物を捕獲する。⁶⁾このような捕食者の場合は、本実験の人工海藻区のカヤノミカニモリのように水槽底面よりも上方に位置する生物は捕食対象とはなりにくいと推察される。さらに、本研究と同様の飼育実験により、視覚捕食者であるハリセンボン *Diodon holocanthus* によるヒメクワノミカニモリの被食も人工海藻によって軽減されることが判った (山田, 未発表)。天然環境下においてヒメクワノミカニモリは、人工海藻よりも複雑な形状を有するホソカゴメノリ等の小型海藻の群落内で多く観察される。このような海藻群落内に潜り込む行動様式は、様々な捕食者に対して被食軽減効果を有すると考えられる。一方、人工海藻区で生き残っていたカヤノミカニモリの多くが人工海藻直下の水槽底面上にあり、人工海藻内に潜り込んでいた個体は観察されなかった。被食個体数は人工海藻区と対照区とで同数であり、人工海藻に被食軽減効果は認められなかった。天然環境下のカヤノミカニモリは、干潮時には干出した転石上に多数生息しているのに対して、満潮時には、多くの個体が冠水した転石下またはその周縁に生息していた (山田, 未発表)。本飼育実験においても、構造物がある場合には逃避個体はごく一部であった。これらのことから、カヤノミカニモリは、冠水時には転石などの構造物の下に隠れることで様々な捕食者からの被食を回避していると推察される。本研究で用いた人工海藻のような性状の構造物では、下部に隠れただけではソデカラッパとの接触頻度が低減されず、被食軽減効果が働かなかったと考えられる。

本研究で用いた巻貝は種間で殻高が大きく異なってお

り、ヒメクワノミカニモリは幼貝であったと推察される。ヒメクワノミカニモリは大型個体も植物葉上に出現するのに対して、カヤノミカニモリは幼貝でも植物葉上には出現しない (山田ほか, 未発表)。このことから、サイズによって結果が異なる可能性は低いと考えられるものの、野外における分布様式も含めた詳細な研究が必要である。

本研究で認められた巻貝2種の行動様式から、藻場・干潟内には多様なマイクロハビタットが存在するが、それぞれのマイクロハビタットを利用する巻貝類はそれぞれの環境に適応した行動様式を示していると推察された。このことは、多様なマイクロハビタットの存在が、それぞれの生息環境に適した行動様式を示す底生動物の生残を支えることで、多様性の維持や生態系の安定に寄与することを示唆している。

謝 辞

飼育実験の実施に際しては、西海区水産研究所亜熱帯研究センターの照屋和久センター長ならびに職員の方々にご高配を賜った。この場を借りて厚くお礼申し上げる。本研究は、JSPS 科研費 25292115 の助成を受けた。

文 献

- 1) Greenway M. Trophic relationships of macrofauna within a Jamaican seagrass meadow and the role of the echinoid *Lytechinus variegatus* (Lamarck). *Bull. Mar. Sci.* 1995; **56**: 719–736.
- 2) Tavares MR, Grande H and Jacobucci GB. Habitat and food selection by herbivorous amphipods associated with macroalgal beds on the southeast coast of Brazil. *Nauplius* 2013; **21**: 9–15.
- 3) Nakamura Y, Horinouchi M, Nakai T, Sano M. Food habits of fishes in a seagrass bed on a fringing coral reef at Iriomote Island, southern Japan. *Ichthyol. Res.* 2003; **50**: 15–22.
- 4) Fukuoka K, Yamada H. Food habits of juvenile tuskfishes (*Choerodon schoenleinii* and *C. anchorago*) in relation to food availability in the shallow waters of Ishigaki Island, southwestern Japan. *Fish. Sci.* 2015; **81**: 331–344.
- 5) 奥谷喬司 編著. 「日本近海産貝類図鑑」東海大学出版, 東京. 2000.
- 6) Miller BA. The biology of *Terebra gouldi* Deshayes, 1859, and a discussion of life history similarities among other terebrids of similar proboscis type. *Pac. Sci.* 1975; **29**: 227–241.
- 7) Yamada H, Nanami A, Ohta I, Fukuoka K, Sato T, Kobayashi M, Hirai N, Chimura M, Akita Y, Kawabata Y. Occurrence and distribution during the post-settlement stage of two *Choerodon* species in shallow waters around Ishigaki Island, southern Japan. *Fish. Sci.* 2012; **78**: 809–818.
- 8) Bellwood O. Systematics, biogeography and functional morphology of the box crabs (Family Calappidae). PhD thesis, James Cook University, Townsville. 2002.