汽水棲巻貝ワカウラツボ（腹足綱：ワカウラツボ科）の分布に関係する要因
Factors Affecting the Distribution of a Brackish Water Snail, *Iravadia* (*Fairbankia*) *sakaguchii* (Gastropoda, Iravadiidae)

小林由佳¹⁾・和田恵次^{2),*}・杉野伸義³⁾

¹⁾ 奈良女子大学人間文化研究科生物科学専攻, 〒630-8506 奈良市北魚屋西町

²⁾ 奈良女子大学理学部生物科学科, 〒630-8506 奈良市北魚屋西町

³⁾ 株式会社関西総合環境センター, 〒541-0052 大阪市中央区安土町 1-3-5

Yuka KOBAYASHI¹⁾, Keiji WADA^{2),*} and Nobuyoshi SUGINO³⁾

¹⁾ Department of Biological Science, Graduate School of Human Culture, Nara Women's University, Kitauoya-nishimachi, Nara 630-8506, Japan

²⁾ Department of Biological Science, Faculty of Science, Nara Women's University, Kitauoya-nishimachi, Nara 630-8506, Japan

³⁾ Kansai Environmental Engineering Center Co., Ltd. 1-3-5, Azuchi-cho, Osaka 541-0052, Japan

Abstract: Factors affecting the spatial distribution of the brackish water snail *Iravadia* (*Fairbankia*) *sakaguchii* were investigated in the field in the Waka River Estuary (34°10'N, 135°10'E) of central Japan and in the laboratory. The snails occurred under stones partially buried on intertidal muddy flats. A tracking survey of marked snails released beneath stones revealed that many of the snails moved among the stones. Observations in tide-simulating tanks indicated that most of the snails came out from beneath the stones and were active during both daytime and nighttime submergence. Salinity tolerance tests in the laboratory showed that the snails died within 6 days at 0 psu, 7 days at 5 psu, and 12 days at 10 psu, whereas no snails died during 13 days of exposure to higher salinity conditions (20-35 psu). Neither immigration nor retention rates of snails differed significantly between partially buried stones and non-buried stones artificially placed in the field. This indicates that the extent of burial of the stones is not critical for habitat selection by the snails. Preference tests conducted in the laboratory and in the field revealed that the snails prefer mud to sand under the stones. Retention and survival rates were lower for snails released with stones in the lower intertidal zone than for those released with stones in the middle intertidal zone, and this suggests the importance of tidal exposure in habitat selection of *I. (F.) sakaguchii*.

Key Words: activity pattern, brackish water snails, intertidal level, individual movement, *Iravadia* (*Fairbankia*) *sakaguchii*, salinity tolerance, spatial distribution, substrate preference.

はじめに

ワカウラツボ *Iravadia* (*Fairbankia*) *sakaguchii* は、和歌山県和歌山市の和歌浦を模式産地として Kuroda & Habe (1954) が記載した殻長 6 mm 以下の小型巻貝である。しかし、その後、模式産地では都市開発に伴う水質汚濁等の環境変化のために絶滅したとされ、かつ新産地も見出されなかったため、長らく“幻の貝”と呼ばれてきた(木村 1987)。1980 年代以後伊勢湾から三河湾(木村 1989; 木村・木村 1999)、有明海(木村 1987; 福田 2000)、瀬戸内海(福田ら

1990; 室原 2000) から、数箇所の産地が見出された。さらに 1999 年には、一度は和歌浦から絶滅したものと考えられていたワカウラツボの生息が、同地より確認された(木邑ら 2001)。

ワカウラツボに関する研究としては、上記の採集記録がいくつかあるものの、他には生息場所についての定性的記載(福田ら 1990; 木村・木村 1999)があるのみである。

本種の生息場所は、汽水域泥干潟に半ば埋もれた石又は倒木の下という極めて特異的なものであり、このような環境に生息している底生動物についての生態的知見は、これまで調べられた例がない。さらに、希少種である本種の保全を考える上で、分布に関する知見は不可欠であると考えられる。

本研究では、和歌山県和歌浦に生息するワカウラツボの

Received 19 Nov. 2002 Accepted 4 Mar. 2003

*: Corresponding author

分布特性を明らかにするとともに、野外での石の埋没選好実験、底質選好実験、潮位高選好実験、定住性の観察、室内での底質選好実験、塩分濃度耐性実験、潮の干満に伴う活動性観察から、本種の分布を決定している要因について検討した。

材料と方法

調査は、和歌山県和歌山市和歌浦湾に注ぐ和歌川の河口域 ($34^{\circ}10'N$, $135^{\circ}10'E$) で、2000年4月から2002年6月までの期間に行った (Fig. 1)。

ワカウラツボ生息域の環境条件

ワカウラツボが生息している場所の環境条件を明らかにするため、和歌川河口域の干潟をほぼ全域にわたって踏査し、その中で本種の生息が見られた地点について、塩分濃度、潮位高、石の特徴、石下の底質を調べた。

塩分濃度の測定は、2000年7月3日から7月4日にかけて生息域の4地点 (Fig. 1: 矢印の場所) で行った。MDS-CT (アレック電子(株)製) を各地点の平均水面となる位置に設置し、塩分濃度 (電気伝導度) を1時間間隔で24時間測定した。

生息している潮位高の範囲は、2000年7月2日にワカウラツボの生息地15地点において、満潮位の水位に対する高低差によって測定した。

ワカウラツボの生息が見られる石の特徴を調べるため、2002年6月25日 (大潮時) にワカウラツボの生息が見られる紀三井寺川の中流域の幅1.5 m、横10 m、つまり約15 m²の範囲にある径6~25 cmの石の中から、ワカウラツボの生息が見られる石100個と見られない石100個をランダムに選び、石の長径、短径を測定し、地下に埋没している最も深い部位の地表面からの深さを求めた。また、ワカウラツボが見られる石では、ワカウラツボが存在している部位の地表面からの深さを測定した。

石下の底質条件は、生息地15地点において、2000年7月2日に、表層泥 (深さ約2 cmまで) を約120 ml採取して調べた。採取した泥は、標準ふるいによるふるい分析 (75 μ m以上の粒子) と土壌粒子懸濁液の比重測定による沈降分析 (75 μ m未満の粒子) とによる粒度分析に供した。

定住性

ワカウラツボ各個体の個々の石に対する定住性を明らかにするために、本種の生息する紀三井寺川の中流域に2つの調査区 (Fig. 1: St. 1, St. 2) を設け、そこで標識個体の位置の追跡を2000年4月から9月にかけて行った。St. 1は、1.7 m $\times$ 1 m (平均海水面に対する高さ: -14~-4 cm) の区域で、泥上に石が4つ散在する (Fig. 2)。St. 2はSt. 1から約10 m離れており、0.9 m $\times$ 1 m (-21~-13 cm) の範囲に、約35個の石が泥上に密集する (Fig. 2)。4月21日 (大潮時) に調査区域内のすべての石を裏返して、見つかったワカウラツボすべて (殻長3.5~5 mm) を採り、各個体の殻表背面側にペイントマーカーペンで標識を施し、標識が乾いてから、元の石の下に元の状態に戻した (St. 1: N=38, St. 2: N=190)。同一の石下にいる集団の個体は同じ色で標識し、石間の移動を追えるようにした。標識個体の放逐後、1週間、3週間、1.5ヶ月、3ヶ月、4ヶ月、5ヶ月の期間において、調査区域にある石を裏返して、各石下

Fig. 1. Map showing the study sites in the Waka River Estuary. Solid marks indicate the places where *Iravadia (Fairbankia) sakaguchii* occurred and environmental conditions such as substratum under stones, height in the intertidal zone, character of stones, and salinity (arrowed places) were recorded. At Sts. 1 and 2 the movement of marked snails was examined, and at Sts. 3 and 4 the field experiments were conducted.

ごとの標識個体並びに未標識個体の数を記録し、さらに、調査区域の周囲10 m以内にある石についても標識個体の有無を確認した。再発見された個体については同じ色の標識を再度施してから、再発見された石の下に戻した。

潮の干満に伴う活動性

ワカウラツボの潮の干満に伴う活動性を知るため、潮汐周期を野外生息地と同じように設定した潮汐水槽に入れたワカウラツボの定時的観察を、夏期と冬期にそれぞれ1日行った。潮汐水槽内に、小穴をあけたプラスチックの容器 (20.5 cm $\times$ 13 cm $\times$ 高さ8.3 cm) を設置し、容器内に泥を敷き、そこに石2個 (大きさ8 $\times$ 5 cm, 7.5 $\times$ 4.2 cm) を深さ約1 cmまで埋め込ませ、その石下に、ワカウラツボ100個体 (殻高3.5~5.0 mm) を入れ、1週間後に定時的観察を行った。観察は、満ち潮時は20分間隔、引き潮時は1時

Fig. 2. Map showing arrangement of stones on mud at Sts. 1 and 2, where the movement of snails between stones was examined.

間隔で行い、石下から外に出現している個体を、水面下、泥上、石表上の3つに区分し、それぞれの個体数を記録した。観察期間は、夏期は2000年6月18日午後7時から6月19日午後8時まで、冬期は2001年12月19日午前10時から12月20日午前11時まで行い、観察期間中の気温は22.1~25.0°C、15.0~18.0°C、水槽の水温は23.4~26.8°C、15.0~17.5°C、照度(自然光)は0~423 lx、0~596 lxで、塩分濃度はどちらも16 psuであった。

塩分濃度耐性実験

塩分濃度 0 psu, 5 psu, 10 psu, 20 psu, 30 psu, 35 psu の各条件下での耐性実験を、2001年8月21日から9月2日にかけて室内で行った。実験個体は、2日前に野外生息地から採集し、実験開始までは15 psuの水で飼育したものを使用した。各塩分濃度の水を充滿させた1つの円筒型容器(直径15 cm、高さ9 cm)に、ワカウラツボ10個体(殻長4.0~4.5 mm)を入れ、暗室下25°Cの恒温条件下で、1日1回生存個体数を13日間記録した。生存の確認は、針を軟体部に当てて反応を見ることに加え、海水中に入れて活動の有無を見ることで行った。0 psuは蒸留水を用い、各塩分濃度は蒸留水に人工海水(日本動物薬品(株)製)を加えて作り、これらの海水は2日に一度は入れ替えた。

潮位高と残存数

潮位高によってワカウラツボの残存数に違いがあるかを調べるための野外実験を、生息地近くで、干潟の中で石がない場所(Fig. 1)で、2001年8月9日(大潮時)から8月30日にかけて行った。ワカウラツボが生息している潮位高範囲内にある地点(平均海水面に対する高さ:-19 cm)と生息範囲よりも下位にある地点(-53 cm)の2地点を選び、それぞれにレンガ(21 cm×10 cm×高さ5 cm)を5個ずつ3 cm間隔に汀線に対し平行になるよう設置し、各レンガ下にペイントマーカーで標識したワカウラツボ10個体(殻長3.5~4.5 mm)を放した。レンガの大きさは、野外で生息する石のサイズの範囲内にあるもので、放逐個体数も、野外の密度条件内にあるものである。標識は、同一レンガ下の個体に同色を施すようにして、レンガ間の移動を追えるようにした。設置してから21日後に、レンガを裏返し、各レンガ下にいる残存個体数と

Fig. 3. Grain size composition of mud and sand used for the substrate preference tests.

移入した未標識個体数を記録した。

底質選好性

底質が砂または泥という違いによって、ワカウラツボの移入及び残存に違いが生じるかを調べるための野外実験を、ワカウラツボの生息している転石の散在する泥干潟域(Fig. 1)で行った。移入についての実験(実験1)は、2001年9月4日(大潮時)から9月18日にかけて行った。レンガ(21 cm×10 cm×高さ5 cm)2つを1セットとして、合計10セット計20個のレンガを、平均海水面に対する高さが約12 cmの干潟上に、汀線に対して平行になるよう一列に並べた。1セット内のうち底質を3 cmの深さまで砂(Fig. 3)にしたレンガをランダムに1つ選び、もう片方は生息地の泥(Fig. 3)のままとした。砂は、和歌川河口域の河口近くの砂浜のものを、また泥は生息地の泥を使用し、これを各レンガの下に敷くには、一旦元の泥を深さ約3 cmまで掘り出し、そこへ砂または泥を導入するようにした。設置から14日後に、レンガを裏返し、レンガごとに移入してきた個体の数を記録した。

残存についての実験(実験2)は、2001年9月18日(大潮時)から10月1日にかけて、実験1と同じ場所で行った。レンガ2つを1セットとして、合計10セット計20個のレンガを、平均海水面に対する高さが約12 cmの干潟上に、汀線に対して平行になるよう一列に並べた。1セット内のうち底質を3 cmの深さまで砂にしたレンガをランダムに1つ選び、もう片方は生息地の泥のままとした。使用した泥と砂は実験1と同じであり、敷くには一旦元の泥を深さ約3 cmまで掘り出し、そこへ砂または泥を導入するようにした。レンガ放置後、実験地近くで採集したワカウラツボ(殻長3.5~4.5 mm)にペイントマーカーペンで標識を施し、各レンガ下に10個体ずつ放した。標識は、同一レンガ下の個体に同色を施すようにして、レンガ間の移動を追えるようにした。設置から14

日後に、レンガごとに標識個体の残存数、標識個体の移動数、未標識個体の移入数を記録した。

室内での砂と泥に対する選好実験を、2001年7月11日に行った。泥を敷いた潮汐水槽内で約2週間飼育しておいたワカウラツボ20個体(殻長4.0~4.5 mm)を用い、1個体ごとに、泥と砂を半分ずつ敷いたシャーレ(直径9 cm)の砂と泥の境に配置し、2時間後、個体が砂と泥のいずれの区画にいるかを記録した。使用した砂と泥は、野外での底質選好実験で使用したものと同一とした。シャーレの砂と泥には、15 psuの海水を加えて湿らせた状態にしておいた。

石の埋没と移入数・残存数

ワカウラツボは、野外で1 cmから10 cmほど埋没した石に生息している。埋没した石と泥上に置いたままの石(=非埋没)との間で、ワカウラツボの移入及び残存に違いがあるかを調べるための野外実験を、ワカウラツボの生息している転石の散在する泥干潟域(Fig. 1)で行った。

移入についての実験(実験1)は、2001年6月5日(大潮時)から6月20日まで行った。レンガ(21 cm×10 cm×高さ5 cm)を泥上に3 cm埋没させたもの(埋没)と泥上にそのまま設置したもの(非埋没)を1セットとし、10セットのレンガ計20個を、平均海水面に対する高さが約12 cmの干潟上に、汀線に対して平行になるよう一列に並べた。レンガの設置は、埋没の場合は、元の泥を深さ約3 cmまで掘り出してから、そこにレンガを置くようにし、非埋没の場合は、表層をならして凹凸のない状態にしてからレンガを置くようにした。セット内のレンガの間隔は3 cmにそろえたが、セット間の間隔は3 cmから60 cmであった。各セット内で、埋没させる方とさせない方の配置はランダムになるようにした。設置から15日後にレンガを裏返し、レンガごとに移入した個体の数を記録した。

残存についての実験(実験2)は、2001年6月21日(大潮時)から7月5日にかけて行った。レンガを泥上に3 cm埋没させたもの(埋没)と泥上にそのまま設置したもの(非埋没)を1セットとし、10セットのレンガを、平均海水面に対する高さが約12 cmの干潟上に、汀線に対して平行になるよう一列に並べた。レンガの設置は、埋没の場合は、元の泥を深さ約3 cmまで掘り出してから、そこにレンガを置くようにし、非埋没の場合は、表層をならして凹凸のない状態にしてからレンガを置くようにした。セット内のレンガの間隔は3 cmにそろえたが、セット間の間隔は3 cmから40 cmであった。各セット内で、埋没させる方とさせない方の配置はランダムになるようにした。レンガの設置後、実験地の近くで採集したワカウラツボ(殻長3.5~4.5 mm)にペイントマーカーペンで標識し、各レンガ下に10個体ずつ放した。標識は、同一レンガ下の個体に同色を施すようにして、レンガ間の移動を追えるようにした。設置から14日後に各レンガについて、標識個体の残存数、標識個体の移動数、及び未標識個体の移入数を記録した。

結 果

ワカウラツボ生息域の環境条件

ワカウラツボ生息地周辺の海水塩分濃度は、1.6~29.4 psuの間を変動した。即ち、淡水に近い状態から海水まで

Table 1. List of macrofauna co-occurring with *Iravadia sakaguchii* under stones in the mud flat in the Waka River Estuary.

Mollusca	
Gastropoda	<i>Clithon retropictus</i> <i>Batillaria cumingi</i> <i>Littorina brevicula</i> <i>Phenacolepas</i> sp. <i>Brachystomia bipyrarnidata</i> <i>Assimineia</i> spp.
Bivalvia	<i>Xenostrobus atratus</i> <i>Laternula marilina</i> <i>Crassostrea gigas</i>
Arthropoda	
Crustacea	<i>Balanus albicostatus</i> Amphipoda spp. <i>Macrophthalmus japonicus</i> <i>Ilyoplax pusilla</i> <i>Hemigrapsus penicillatus</i> Grapsidae sp.
Annelida	<i>Polychaeta</i> sp.

の幅広い範囲をその変動幅としてもっている。生息地の潮位高は、平均海水面に対して-39~20 cmで、干潮時には完全に干出す位置にある。石下の底質は、シルト・粘土含量が16.3~73.4%と非常に高いこと、及び中央粒径も0.02~0.49 mmと低いことから、非常に泥質の場所であることがわかる。

ワカウラツボの生息していた石の大きさは、中礫から大礫ほどであり、その表面積(32~491 cm²)は、存在していた石の範囲(28~491 cm²)とほぼ同じであった。石の埋没深度は、1~10 cm(N=100)であった。石の埋没している最も深い位置の深さを見たところ、ワカウラツボのいる石(mean±SD=4.1±2.0 cm, range=1~10 cm, N=100)の方が、いない石(mean±SD=1.9±2.2 cm, range=0~8.5 cm, N=100)よりも有意に深かった(Mann-Whitney U-test: $p<0.01$)。また、埋没が1 cm未満の石では、ワカウラツボは見られなかった。ワカウラツボがいる石下部位の地表面からの深さは、1~10 cmの範囲であった(mean±SD=3.1±1.7 cm, N=100)。

ワカウラツボと同じ転石下で見られた他の大型底生動物には、軟体動物腹足綱の5種とカワザンショウ類、二枚貝綱の3種、節足動物甲殻綱の十脚類4種、フジツボ類1種と端脚類数種、環形動物多毛綱の各1種が認められた(Table 1)。

石間の移動

各調査区内で追跡調査の日ごとに確認された標識個体・未標識個体の数を見たところ、標識後1週間の4月27日には未標識個体が見られ、それが日を追って増加し、反対に標識個体が減ってゆき、5ヶ月後の9月26日には、St. 1では標識個体はわずかに5%しかいなくなり、St. 2では、標識個体は全く見られなくなった(Fig. 4)。

Fig. 4. Temporal change in the numbers of marked snails (solid bars) and non-marked snails (open bars) found at St. 1 and St. 2 after release of the marked snails on 21 April.

標識個体の再発見位置は、St. 1 では全て元の同じ石の下であったのに対し、St. 2 では、多くが元の石とは異なる石で再発見されていた (Table 2).

Table 3 は St. 2 における再発見標識個体のうち、異なる石に移動した個体数とそれらの平均移動距離及び最大移動距離を示している。調査域内では、移動個体は日が続いて増加しているが、平均移動距離、最大移動距離は日が続いてもあまり変化していない。調査域内では、放逐後 1 週間ほどで最大 40 cm 移動した個体が確認された。また、7 月 15 日には、調査域から 20 cm, 100 cm, 130 cm 離れたところにそれぞれ 1 個体、さらに 8 月 15 日には、調査域から 15 cm 離れたところに 2 個体、160 cm 離れたところに 1 個体いるのが確認された。

潮の干満に伴う活動性

室内で観察された活動別に見た個体数の時間変化 (Fig. 5) によると、夏、冬ともに昼夜関係なく活動個体数は冠水直後に急増し、その後、なだらかに減少し、干出時はほとんど活動しないことがわかる。活動個体の大半は、泥上又は石表面にいてるもので、その個体数は、夏、冬ともにほとんど同じ時間変化を示した。Floating する個体はごくわずかであるが、これも、泥上、石上のもの同様に、昼夜を問わず冠水直後に多くなる傾向を示した。ただし、floating 個体は、冬は夏に比べてその割合が際立って低かった。

塩分濃度耐性実験

10 psu 以下の塩分濃度条件下では、日が続いてつれて生存個体数が減少し、0 psu では 6 日目、5 psu では 7 日目、10 psu では 12 日目に全個体が死亡した (Fig. 6)。20 psu 以上の濃度では実験期間中、個体の死亡は全く見られなかった。

潮位高と残存数

個体の残存を上部と下部で比較したところ、残存数は、上部 (mean $\pm$ SD = 4.8 ± 2.4 , N = 5) が下部 (mean $\pm$ SD = 0.4 ± 0.9 , N = 5) よりも有意に高かった (Mann-Whitney U-test: $p < 0.01$)。消失個体のうち死殻が確認された個体の数 (死亡数) を上部 (mean $\pm$ SD = 0.4 ± 0.5 , N = 5) と下部 (mean $\pm$ SD = 2.8 ± 0.8 , N = 5) で比較すると、下部のほうが有意に高かった (Mann-Whitney U-test: $p < 0.01$)。

底質と移入・残存

実験 1 において、14 日後の移入数を、砂 (mean $\pm$ SD = 2.2 ± 4.0 , range = 0~10, N = 10) と泥 (mean $\pm$ SD = 12.6 ± 12.3 , range = 0~33, N = 10) 条件間で比べたところ、泥のほうが砂より有意に多かった (Wilcoxon signed-rank test: $p = 0.04$)。実験 2 において、14 日後の残存数は、砂 (mean $\pm$ SD = 1.6 ± 2.6 , range = 0~7, N = 10) と泥 (mean $\pm$ SD = 1.9 ± 2.9 , range = 0~8, N = 10) 条件間で有意な差は見られず (Wilcoxon signed-rank test: $p = 0.84$)。残存数と移入数の合計についても、砂 (mean $\pm$ SD = 2.0 ± 2.7 , range = 0~7, N = 10) と泥 (mean $\pm$ SD = 6.4 ± 12.0 , range = 0~37, N = 10)

Table 2. Temporal changes in the number of marked snails rediscovered at the station where they had been released initially (N_1) and the number of marked snails rediscovered under stones different from those under which they had been released (N_2). The snails were released on 21 April at St. 1 and St. 2.

	St. 1			St. 2		
	N_1	N_2	$N_2 \times 100 / N_1$	N_1	N_2	$N_2 \times 100 / N_1$
27 Apr.	22	0	0	20	15	75
9 May	10	0	0	54	37	69
10 June	12	0	0	41	40	98
15 July	8	0	0	3	3	100
15 Aug.	5	0	0	0	0	0
26 Sept.	4	0	0	0	0	0

Table 3. Numbers of marked snails at St. 2 that moved from their initial dwelling stones (N), and the distance moved (maximum and mean $\pm$ SD in cm), recorded 6 days, 18 days, and 44 days after initial release on 21 April.

	27 Apr. (6 days)	9 May (18 days)	5 June (44 days)
N	15	37	40
Maximum	40	52	48
Mean $\pm$ SD	20.2 $\pm$ 8.6	25.9 $\pm$ 11.7	22.8 $\pm$ 9.0

条件間で有意な違いが見られなかった (Wilcoxon signed-rank test: $p=0.72$).

室内での底質選好実験では、実験に用いた 20 個体のうち、泥を選んだ個体が、砂を選んだ個体よりも有意に多かった (mud=17, sand=3, Binomial test: $p<0.05$).

石の埋没と移入・残存

実験 1 において、15 日後の移入数を、埋没 (mean $\pm$ SD = 12.8 $\pm$ 9.2, range = 0~22, N = 10) と非埋没 (mean $\pm$ SD = 9.2 $\pm$ 7.3, range = 0~27, N = 10) 条件間で比較したところ、有意な違いは見られなかった (Wilcoxon signed-rank test: $p=0.14$).

実験 2 においては、14 日後の残存数を、埋没 (mean $\pm$ SD = 1.8 $\pm$ 3.3, range = 0~10, N = 10) と非埋没 (mean $\pm$ SD = 3.1 $\pm$ 2.6, range = 0~9, N = 10) 条件間で比較したところ

有意な違いは見られなかったが (Wilcoxon signed-rank test: $p=0.26$), 残存数と移入数の合計については、埋没 (mean $\pm$ SD = 5.0 $\pm$ 7.1, range = 0~23, N = 10) より、非埋没 (mean $\pm$ SD = 16.0 $\pm$ 8.8, range = 0~28, N = 10) のほうが有意に多い結果を示した (Wilcoxon signed-rank test: $p=0.03$).

考 察

移動と活動性

標識個体の位置を調べた結果、短期間で、調査区域内にある周辺の石だけでなく、調査区域外へも移動した個体が確認された。さらに、調査区域内で標識個体が減少し、反対に時間とともに未標識個体が多く見られるようになった。これらの結果から、ワカウラツボは、石を基盤として生活しているものの、石間を頻繁に移動するものが結構いることがわかる。

このような移動は、室内観察で見られたように、昼夜問わず満ち潮時に一部の個体が石の下から泥上に出てきて、crawling や floating により他の石下に移動することにより、起こるのであろう。Floating は、ミズツボ科の *Hydrobia ulvae* (Newell 1962) や、ウミニナ科のホソウミニナ (Adachi & Wada 1999) などで知られる、水面直下で本体を逆さにして浮遊する行動で、crawling に比べると速くへ移

Fig. 5. Daily activity patterns of snails observed in a tide-simulating tank. The numbers of active snails are shown separately for those floating at the water surface, emerging onto the exposed surfaces of stones, and emerging onto the mud substratum. Submerged and exposed periods are indicated by shaded and open bars, respectively. Summer: 18–19 June, 2000, Winter: 19–20 December, 2001.

Fig. 6. Results of salinity tolerance tests under six different salinity conditions for 13 days in aquaria, expressed in terms of survivorship.

動できると考えられる。近辺の石間の移動は、crawlingにより、広範囲の移動はfloatingによって生じているのかもしれない。

塩分濃度

ワカウラツボの野外生息地は、海水塩分濃度範囲が1.6～29.4 psuであることから、限りなく淡水に近い状態になることもあるが、最大時でも完全海水に至らない場所であるといえる。一方、塩分濃度耐性実験より、本種は、10 psu以下の塩分濃度に長期間さらされると死亡することが明らかとなった。このことから、実際の野外生息地では、長時間さらされると死亡するような低塩分濃度を一時的にも体験して生息していることを示唆する。

北欧の干潟汽水域に生息するワカウラツボ科に近縁なミズツボ科Hydrobiidaeの小型巻貝 *Hydrobia ulvae*, *H. neglecta*, *H. ventrosa*, *Potamopyrgus jenkinsi* においては、その分布を決定している要因として塩分濃度が大きく関わっていることが報告されている (Fenchel 1975)。また、Newell (1964) は、*H. ulvae* において、塩分濃度が上流への分散を制限していることを、低塩分濃度条件下での活動性の低下に基づいて示唆している。ワカウラツボも同様に、低塩分濃度への耐性の弱さが、上流への分布を制限している可能性がある。逆に、高塩分濃度への耐性があることを考えると、より下流の河口近くでも生息できると考えられる。しかし、実際に生息が見られないのは、塩分濃度以外の他の要因、例えば底質が好適な泥の場所がないこと等が関わっているのかもしれない。

潮位高

ワカウラツボは、実際に生息している潮位高範囲よりも下部（低潮位付近）に置かれると、生息域内の中潮帯付近に置かれる場合よりも残存数が少なく、かつ死亡数が多かった。このことは、低潮位付近が、生息に適していないことを示している。その理由としては、長期間水面下に置かれることが生存上何らかの不利な点があるということと、干潮時に中潮帯は被わず、低潮位付近を被う水の塩分濃度が不適な条件をもっていることが考えられる。本種

を、サンプル瓶内で海水の水面下に放置し続けると死亡個体が見られたことから、常に水面下にいる状況が本種を死亡させる可能性がある。一方、塩分濃度耐性実験では、10 psu以下の塩分濃度下に連続して置かれると死亡する個体が出現しており、もし、中潮位ではさらされず、低潮位付近でさらされる水がかなり低塩分であれば、そのことが、その地域の生存を不適にしている可能性もある。

底質

野外・室内における底質選好実験結果から、ワカウラツボは、移入においては泥を好む傾向が見られたが、残存では泥または砂のいずれかを選好する傾向は示さなかった。ワカウラツボが、分散し、分布を広げる際、底質が泥であるところに多く移入することが、ワカウラツボの実際の生息地に反映されていると理解できる。

石の埋没

野外では、一定範囲に見られる石のうち、ワカウラツボが見られる石は、見られない石に比べて有意に深く埋没しており、埋没が1 cm未満の石では、本種は確認されなかった。この事実から、本種は、埋没した石のほうを、埋没していない石より好むと推察される。しかし、野外実験においては、本種は、移入数・残存数ともに埋没した石で多くなるわけではなく、さらに、実験2の移入数と残存数の合計を見たところ、非埋没の石の方がその頻度が高かった。つまり、野外実験からは、埋没している石のほうを、埋没していない石より好むことを示す結果は得られなかった。

しかし、実際に野外では埋没した石に生息が見られることから、埋没する石の作る別の何らかの要因を考える必要がある。その要因として、2つの可能性があるだろう。1つは、捕食者の影響である。ワカウラツボと同所的に生息する大型底生生物 (Table 1) のうち、ワカウラツボの捕食者となりうる肉食性をもつものは、ケフサイソガニである (奥井・和田 1999)。捕食者であるケフサイソガニの石下への侵入は、埋没した石より非埋没の石のほうが容易であるため、埋没した石に生息が限られる結果になるのではないかと。2つ目として、今回の実験に使ったレンガの形状と実際の野外における石の形状との違いによる点である。即ち、今回の実験では、石の埋没面が基底に対して垂直になっていたが、実際の石の埋没面は垂直になっているのはほとんどない。また、実際に野外で見られる石の表面の形態は不規則な凹凸をなし、レンガのような平坦な形状ではない。野外で見られる石が、その形の不規則性から、基底との設置面に本種の生息に好適な空間を形成しているのかもしれない。ワカウラツボの移入や残存が、単なる石の埋没深度よりも、埋没角度や石表面の不規則な凹凸の有無に関係している可能性もあるだろう。

まとめ

干潟上の転石下に生息しているワカウラツボの各個体は、昼夜を問わず、冠水している時間帯に石の下から出て、crawling や floating を行い、その個体の一部が元の石ではなく他の石下にもぐることにより、石間の移動が生じ、さらにそれは近隣の石だけでなく広範囲にも及ぶ。しかし、一方で本種の移動は、本種の環境要求性により一定の地域に制限されると言える。低塩分濃度耐性の弱さが、上流への分布を制限している可能性がある一方、高塩分濃度耐性の強さは、より下流での生息が可能であることを示唆するが、下流域では転石下の底質が、選好性の低い砂であるために、分布していないとみられる。さらに、潮位高に関しては、少なくとも低潮位付近は好まず、中潮帯付近に生息地は決定される。また、泥上にある埋没した石の下に住みつくが、石が単に埋没しているかそうでないかが分布要因として大きく関わっているとは言えない。

謝 辞：本研究を進めるにあたり、数々の適切な助言を頂いた奈良女子大学理学部の渡邊勝敏助教授をはじめとする集団機能学分野の研究室の皆様、野外調査に協力頂いた野元彰人氏をはじめとする国土環境株式会社の皆様、そして原稿への有益な助言をいただいた編集委員長の朝倉彰博士と2名の査読者、並びに Mark Grygier 博士の方々に、厚くお礼申し上げます。なお、本研究の一部は、「わかやま海域環境研究機構」の委託による干潟生態系調査として行った。

引用文献

- Adachi, N. and K. Wada 1999. Distribution in relation to life history in the direct-developing gastropod *Batillaria cumingi* (Batillariidae) on two shores of contrasting substrata. *Journal of Molluscan Studies*, 65: 275-287.
- Fenchel, T. 1975. Factors determining the distribution patterns of mud snails (Hydrobiidae). *Oecologia*, 20: 1-17.
- 福田 宏 2000. 巻貝類 I. 佐藤正典 (編), 有明海の生きものたち, 海游舎, 東京, pp. 100-137.
- 福田 宏・前田和俊・河辺訓受 1990. ワカウラツボの瀬戸内海での産出と種名. *南紀生物*, 32: 103-108.
- 木邑聡美・野元彰人・中西夕香・杉野伸義 2001. 和歌浦で再発見されたワカウラツボ (腹足綱). *南紀生物*, 43: 38-40.
- 木村昭一 1987. ワカウラツボを有明海にて採集. *南紀生物*, 29: 95.
- 木村昭一 1989. ワカウラツボを汐川干潟 (三河湾) にて採集. *南紀生物*, 31: 130-131.
- 木村昭一・木村妙子 1999. 三河湾および伊勢湾河口域におけるアシ原湿地の腹足類相. *日本ベントス学会誌*, 54: 44-56.
- Kuroda, T. and T. Habe 1954. New aquatic gastropods from Japan. *Venus*, 18: 71-79.
- 室原誠司 2000. 大分県及び福岡県周防灘沿岸から産出のワカウラツボ. *九州の貝*, 55: 39-42.
- Newell, R. 1962. Behavioural aspects of the ecology of *Peringia* (= *Hydrobia*) *ulvae* (Pennant) (Gastropoda, Prosobranchia). *Proceedings of the Zoological Society of London*, 138: 49-75.
- Newell, R. 1964. Some factors controlling the upstream distribution of *Hydrobia ulvae* (Pennant), (Gastropoda, Prosobranchia). *Proceedings of the Zoological Society of London*, 142: 85-106.
- 奥井智子・和田恵次 1999. 潮間帯転石地に生息するカニ類の分布と食性. *南紀生物*, 41: 31-36.