

兵庫県新温泉町の砂浜海岸におけるスナガニ類の出現および 生息密度に影響する要因

宇野 拓実¹⁾・宇野 政美²⁾・和田 年史^{3)*}

Factors affecting occurrence and abundance of the ghost crabs (genus *Ocypode*) on several sandy beaches in Shinonsen-cho, Hyogo Prefecture, Honshu, Japan

Takumi UNO¹⁾, Masami UNO²⁾ and Toshifumi WADA^{3)*}

Abstract

We surveyed occurrence and abundance of the ghost crabs (genus *Ocypode*) on six sandy beaches in Shinonsen-cho, Hyogo Prefecture, western Honshu, Japan. The burrows of ghost crabs appeared in early May after overwintering, and occurred at almost everyday since June when the temperatures on and in the sand constantly exceeded 20.0 °C. The burrow density was different among beaches and annually changed even the same beach. Multiple regression analysis revealed the effects of beach length and sand hardness on the burrow density. The abundance of the ghost crabs was relatively high at sandy beaches with short length. We also found a small beach of high burrow density in the bay area. The results indicate that most ghost crabs inhabited at stable sandy beaches less affected by coastal erosion. Moreover, the abundance was extremely low at sandy beaches with high value of sand hardness, which was presumably caused by anthropic impact in coastal areas.

KeyWords: Anthropic impact, Conservation, Hyogo prefecture, *Ocypode*, Sand hardness, Sandy beach length

はじめに

砂浜海岸は波浪や海流の影響を強く受けることから物理的に厳しい環境下にあるが、藻場や干潟等の他の沿岸域と同様に、多様な動植物が生息し、豊かな生態系が構成されている場所として知られている (Brown and McLachlan, 1990; McLachlan and Brown, 2006). しかし、近年、特に適切な管理が行われていない海岸部

においては、オフロード車の乗り入れやゴミの散乱等の無秩序な利用によって、砂浜生態系への影響が懸念されている (e.g., Schierding et al., 2011; Schlacher and Thompson, 2012). また、外海に面する波浪環境の厳しい砂浜海岸では、波の作用によって陸地が削り取られる海岸侵食が深刻な問題となっている (宇多, 1997, 2004). 海岸侵食の問題では、砂浜生物の生息場所そのものが削り取られてしまうため、生物に及ぼす影響は甚大である.

1) 新温泉町立浜坂中学校 〒669-6702 兵庫県美方郡新温泉町浜坂77-185. Hamasaka Junior High School, Hamasaka 77-185 Shinonsen-cho, Hyogo, 669-6702 Japan.

2) 〒669-6702 兵庫県美方郡新温泉町浜坂2415-4. Hamasaka 2415-4, Shinonsen-cho, Hyogo, 669-6702 Japan.

3) 鳥取県立博物館付属山陰海岸学習館 〒681-0001 鳥取県岩美郡岩美町牧谷1794-4. Coastal Branch of Tottori Prefectural Museum, Makidani 1794-4, Iwami-cho, Tottori, 681-0001 Japan.

* Corresponding author

* E-mail: wadat@pref.tottori.jp

砂浜海岸の適切な管理と保全が早急に求められている中で、砂浜海岸の人的利用の影響を評価する生物指標としてスナガニ属 (Genus: *Ocypode*) のカニ類 (以下、スナガニ類) が注目されている (e.g., Barros, 2001; Neves and Bemvenuti, 2006; Lucrezi et al., 2009)。

スナガニ類は砂浜海岸を代表する生物の一つで、日本沿岸にはスナガニ *O. stimpsoni*・ミナミスナガニ *O. cordimanus*・ツノメガニ *O. ceratophthalma*・ナンヨウスナガニ *O. sinensis*・ホンコンスナガニ *O. mortoni* の5種が確認されている (酒井, 1976; Huang et al., 1998; Sakai, 2000; 岸野ほか, 2001)。スナガニ以外の4種は沖縄諸島よりもさらに南方の地域にも分布していることから亜熱帯・熱帯性種と考えられ、東北地方以南の日本各地に生息するスナガニのみが温帯性種として知られている (三宅, 1983; 峯水, 2000)。近年の温暖化に伴って、黒潮による暖流の影響が強い太平洋側の砂浜海岸や内湾域では南方系のミナミスナガニ・ツノメガニ・ナンヨウスナガニが分布域を拡大し、各地の砂浜海岸において生息場所や餌をめぐる種間競争が生じている可能性が指摘されている (淀ほか, 2006; 真野ほか, 2008; 渡部ほか, 2012)。一方、暖流の影響が比較的小さく、冬季の海水温が低い日本海側の海岸では、温帯性のスナガニが広く分布しているが、最近では南方系のミナミスナガニとツノメガニの亜成体が発見されている (本尾, 2003; 高田・和田, 2011)。和田 (2009) は鳥取県の砂浜海岸において巣穴の宿主をスナガニと見なして、その分布と海岸侵食との関係を報告しているが、上述した南方系種が混在している可能性がある (高田・和田, 2011)。

スナガニ類は夏季を主な活動期とし、冬季は砂中に形成した巣穴内で冬眠する (酒田市立酒田中央高等学校第一理科部, 1968; 真野ほか, 2008)。活動期の夜間には摂餌を行い、日中は巣穴内に留まることが多い。食性は二枚貝類・小型の甲殻類・昆虫類などの動物性のものを好むが、砂中に含まれる珪藻類も摂食する。最近では、沿岸開発や内湾環境の悪化を懸念して広島県 (2003)、愛媛県 (2003)、熊本県 (2004) がスナガニをそれぞれの県版レッドデータブックで準絶滅危惧種 (NT) に選定しているほか、海岸侵食の影響を受けやすい外海に面する山形県 (2003) でもスナガニがレッドリストに掲載されている (ランクは準絶滅危惧)。それにもかかわらず、いずれの地域においてもスナガニ類の生息密度やその増減に関わる環境要因について、これまでほとんど調べられていない。そこで本研究では、兵庫県新温泉町の砂浜海岸においてスナガニ類の出現および生息密度に影響する要因を明らかにすることを目的とした。

材料と方法

本研究は2008年5月から2010年10月にかけて、兵庫県新温泉町の砂浜海岸である居組県民サンビーチ・諸寄海水浴場・塩谷海水浴場・塩谷むこう島周辺・浜坂漁港・浜坂県民サンビーチの6箇所で実施された (図1)。スナガニ類の出現開始時期については、2010年に浜坂県民サンビーチで調査が行われた。越冬期である3月から活動盛期である8月にかけてほぼ毎日、砂地に開いた巣穴を徒歩でくまなく探して出現の有無を確認した。スナガニ類は深さ数 cm から50 cm 以上の砂中の巣穴内で冬眠することが知られているため (酒田市立酒田中央高等学校第一理科部, 1968; 淀ほか, 2006)、気温・砂地表面温度・砂中温度をそれぞれ記録した。砂中温度については、鉄の杭 (幅1 cm, 長さ1.2 m) で深さ20 cm・40 cm・60 cm・80 cm の穴をそれぞれ開けた後に、アルコール棒状温度計を穴に差し込んで計測した。砂中温度の計測では、約5分間定位させた後に0.1℃単位で読み取った。深さ40 cm から80 cm の砂中温度は調査期間を通してほぼ同じ値で (最大の温度差は2℃)、巣穴の掘り取りによって事前に調べた調査域のスナガニ類の生息砂中深度が10 cm から40 cm の間であったことから (平均 = 23.7 cm, n = 50)、出現開始時期に影響する砂中温度は深さ20 cm と40 cm の2地点を指標とした。

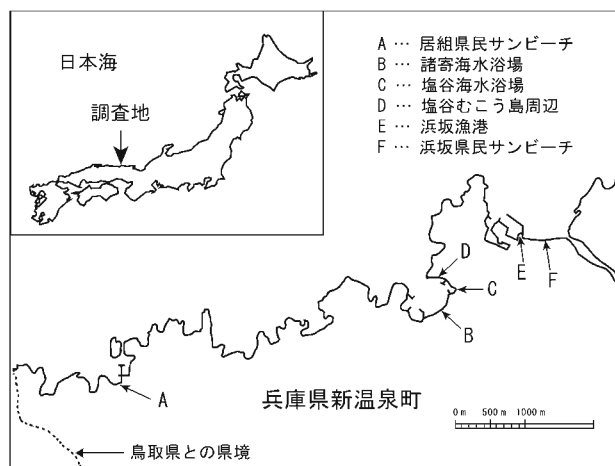


図1 調査地位置図 (兵庫県新温泉町)。

各砂浜海岸におけるスナガニ類の生息個体数は、先行研究にならって砂地に形成された巣穴数をカウントして推定した (e.g., Barros, 2001; Lucrezi et al., 2009)。スナガニ類の巣穴は、口径3 cm程度で砂地表面に円形に開口し、出入口が一箇所の場合だけでなく、Y字型で出入口が二箇所の巣穴も知られている (歌代・堀井, 1965; Seike and Nara, 2008)。巣穴数のカウントは、おもに晴天および曇りの日の朝 (6:30~8:40) に行い、晴天が続く日の日中にはスナガニ類が巣穴の開口部をふ

さぐことが知られているため（酒田市立酒田中央高等学校第一理科部，1968；和田ほか，未発表データ），晴天時の昼間には行わなかった．砂浜海岸の汀線付近から海岸線に沿って歩きながら両手を広げた範囲内の巣穴をすべて数え，適宜カウントした範囲の砂地に木の棒で印を付けて重複カウントすることを避けた．巣穴のカウント作業は個々の調査域を通して一人の調査員が担当したが，調査域が広い居組県民サンビーチおよび浜坂県民サンビーチについては，砂浜を半分に分けて二人で実施した．巣穴の開口部の直径が1 cmを超えるスナガニ類の巣穴については，その周辺の形状等から容易にスナガニ類のものと判断できるが，それ以下の小型の巣穴については，同所的に生息する端脚目ハマトビムシ類（*Talitridae* spp.）が形成する巣穴と混同される可能性があるため，口径が約1 cm以下の小さな巣穴は計測せずに除外した．各砂浜海岸におけるスナガニ類の生息密度は，それぞれの調査域で巣穴が確認された範囲を巻尺で実測して生息面積（ m^2 ）を算出し，1 m^2 当たりの平均巣穴数で表した．

スナガニ類の生息密度の違いに影響する要因としては，（1）砂浜の幅，（2）砂浜の長さ，（3）基底砂粒の粒度，（4）土壌硬度の4項目を調べた．砂浜の幅（m）と長さ（m）については，国土地理院の1/25,000地形図（URL: <http://watchizu.gsi.go.jp/>）のHP上計測機能を利用して算出した．砂浜の幅は汀線から直線的に最も幅の広い地点間を計測し，砂浜の長さについては汀線に沿って海岸の端から端までを測った．各砂浜海岸の基底砂粒の粒度組成の算出については，Buchanan（1984）に従って粒度分析を行った．すなわち，各調査地点においてスナガニ類の巣穴が形成されている周辺の砂地表面（表面積15 cm^2 ×深さ5 cm）の約100 gをサンプルとして，それらの砂を0.125 mmから4 mmまでの6種類の篩に通し，それぞれの篩に残った粒子の重量（g）および総重量に対する割合（%）を求めた．砂の中央粒径値は $\text{md}\phi$ で表し，篩に残った砂の粒径が4 mm以上の礫（ $<-2\phi$ ），2～4 mmの細礫（ $-2\sim-1\phi$ ），1～2 mmの極粗砂（ $-1\sim0\phi$ ），0.5～1 mmの粗砂（ $0\sim1\phi$ ），0.25～0.5 mmの中砂（ $1\sim2\phi$ ），0.125～0.25 mmの細砂（ $2\sim3\phi$ ），0.064～0.125 mmの極細砂（ $3\sim4\phi$ ）に分けて測定した．砂のサンプルは2009年7月に採取し，山陰海岸学習館の実験室で分析された．砂地の硬さを表す土壌硬度については，土壌硬度計（プッシュプルケージRX-100，アイコーエンジニアリング）を用いて各砂浜海岸の砂地の重量キログラム（kgf）を測定した．土壌硬度の測定は2010年8月に実施し，スナガニ類の巣穴が確認された波打ち際から陸側に向かって，約1メートルの間隔で10点から16点を計測し，それらの平均値をその砂浜の土壌硬度とした．

スナガニ類の生息密度の違いに影響する要因の分析では，各砂浜海岸における生息密度を目的変数とし，上述

した4つの環境要因データを説明変数として重回帰分析（ステップワイズ法）を行った．目的変数とした生息密度は，スナガニの活動盛期である6月から8月までのデータを用いて，各砂浜海岸の平均巣穴数と生息面積（ m^2 ）から算出された．天候の違いによる影響を避けるため，雨天時に計測したデータ（ $n = 3$ ）は分析から省いた．各砂浜海岸におけるスナガニ類の生息密度は年によって大きく変動したため（結果参照），2008年から2010年までのそれぞれの年ごとに平均値を算出して分析に用いた．重回帰分析では，多重共線性の問題を避けるために，事前に各説明変数間の相関関係を調べた結果，各説明変数間で有意な相関は確認されなかった（Spearmanの順位相関係数，すべて $r < 0.65$ ， $n = 6$ ， $P > 0.05$ ）．統計解析はSPSSバージョン20.0を用いて行なわれた．

結果と考察

スナガニ類の生息状況と出現開始時期

本研究では，兵庫県新温泉町の砂浜海岸6箇所においてスナガニ類の巣穴が確認された．各調査地点においてスナガニ類の巣穴は汀線付近に集中し，幅の広い砂浜海岸においては波打ち際から離れた陸側の砂地でも巣穴が確認された．しかし，波打ち際から離れた陸側に広がる海浜植物の植生帯には，その境界線付近を除いて，巣穴を見つけることはなかった．日本海側でも記録のある南方系のミナミスナガニは潮上帯から海岸植物の植生帯をおもな生息場所とするのに対して，ツノメガニは温帯性種のスナガニと同じ汀線付近をおもな生息場所とする（George, 1980；淀ほか，2006；渡部ほか，2012）．今回の調査で植生帯に巣穴が見つからなかったことから，本調査地点においてミナミスナガニの生息個体数は少ないと推測される．ツノメガニについては，冬季の海水温が日本海側と比べて高い太平洋側の海岸や内湾域であっても越冬や繁殖ができないとされていることから（淀ほか，2006；渡部ほか，2012），本研究で確認された巣穴はスナガニまたはツノメガニの当歳個体のものと考えられた．

浜坂県民サンビーチにおける2010年の調査において，スナガニ類の巣穴を初めて確認したのは5月7日で，その前日の気温・砂浜表面温度・砂中温度（深さ20 cmおよび40 cm）はそれぞれ26.5℃・29.5℃・23.0℃・19.0℃であった（図2）．前々日のそれらの温度と比べると，砂中温度にはほとんど変化がなかったが，気温と砂浜表面温度はそれぞれ4.5℃と6.3℃の上昇があり，これらの温度上昇がスナガニ類の出現のきっかけとなった可能性が考えられる．その後の5月中は，スナガニ類の巣穴が断続的に出現し，気温・砂浜表面温度・砂中温度も上下動を繰り返した（図2）．スナガニ類の巣穴がほぼ毎日すべての砂浜海岸で確認されるようになった6月以降

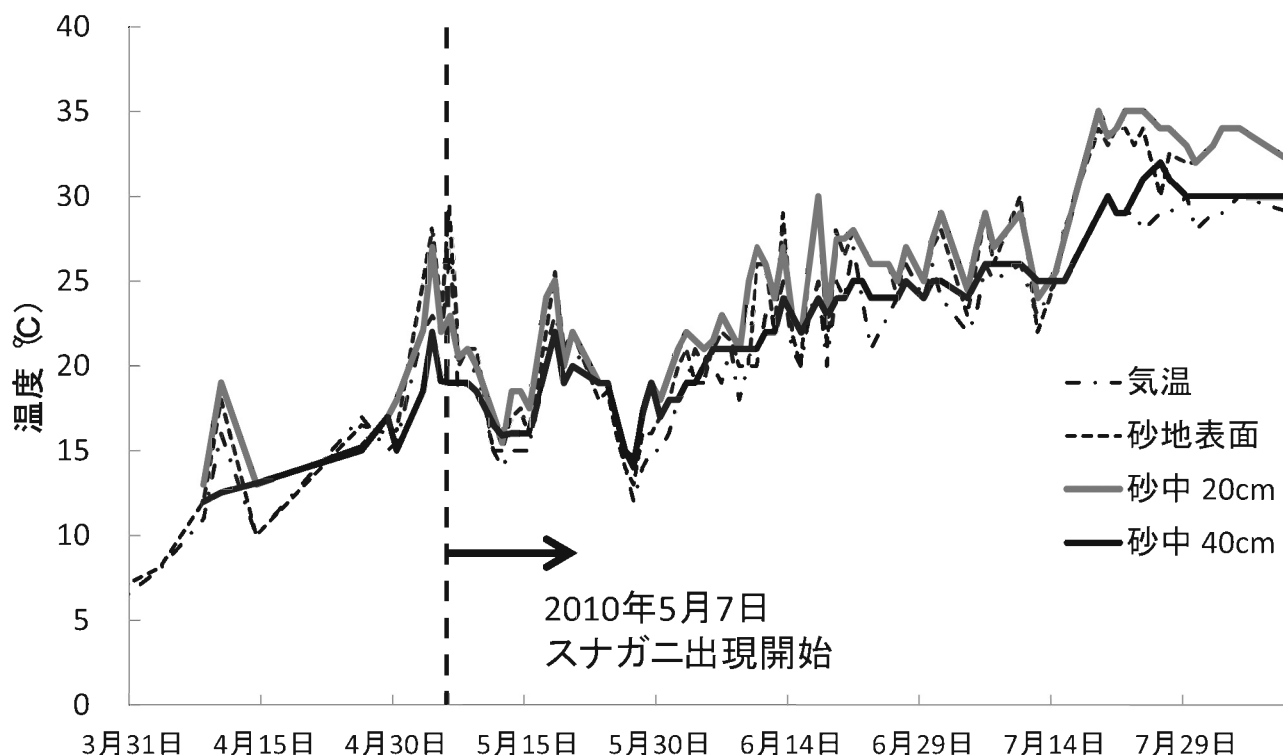


図2 スナガニ類の出現開始時期と温度の関係（浜坂県民サンビーチ）

は、最初の3日間の砂中温度（深さ40 cm）を除いて、計測したすべての温度が20℃を超える日が続いた（図2）。これらのことから、他地域でも報告されているように（酒田市立酒田中央高等学校第一理科部，1968；真野ほか，2008），本調査地においてもスナガニ類は気温や砂中温度の上昇をきっかけに活動し始め、それらの温度が安定して20℃を超える6月以降に活動盛期を迎えることが示された。

生息密度に影響する要因

本研究で調査した6箇所の砂浜海岸においては、2010年の塩谷海水浴場を除いて、スナガニ類の巣穴が毎年確認された（表1）。巣穴数から推定された生息個体数は、それぞれの砂浜海岸の間で大きく異なり、居組県民サンビーチ（平均巣穴数 ± 標準偏差 = 2092.5 ± 797.6; $n = 4$ ）・諸寄海水浴場（295.9 ± 173.9; $n = 7$ ）・浜坂漁港（78.1 ± 46.3; $n = 34$ ）・浜坂県民サンビーチ（56.0 ± 75.8; $n = 52$ ）・塩谷向こう島周辺（33.1 ± 19.1;

$n = 8$ ）・塩谷海水浴場（0.6 ± 1.1; $n = 9$ ）の順に多かった（表1）。それらの中には有意差が認められた。

（Friedman test, $\chi^2 = 15.0$, $P = 0.01$ ）。さらに、同じ海岸であっても年ごとの生息個体数に違いがみられ、諸寄海水浴場では2008年にわずか8個（ $n = 1$ ）しか確認されなかった巣穴が、2009年と2010年では平均300個以上に増加した（ともに $n = 3$ ）。また、浜坂県民サンビーチでは2008年に平均385個（ $n = 2$ ）が確認されたのに対して、2009年と2010年では平均50個以下に減少した（それぞれ $n = 3$ と $n = 47$ ）。スナガニ類の生息個体数が増加した諸寄海水浴場では、砂浜東側の突堤（61 m）と沖側の消波ブロック（離岸堤約100 m）が2008年6月に新たに設置されており、これらによって翌年以降に砂浜の面積が増加したことが生息個体数の増加要因の一つとして考えられる（図3）。一方、浜坂県民サンビーチにおける生息個体数の減少に関しては、本調査を開始した2008年から継続して重機を使った砂浜整備を確認しており（図4）、それらの影響も否定できないであろう。

表1 各砂浜海岸におけるスナガニ類の平均巣穴数と生息面積から推定した生息密度

	居組県民サンビーチ			諸寄海水浴場			塩谷海水浴場			塩谷むこう島周辺			浜坂漁港			浜坂県民サンビーチ		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
N	1	1	2	1	3	3	1	4	4	2	4	2	3	3	28	2	3	47
平均巣穴数 (個)	1378	1588	2702	8	323.3	364.3	2	0.8	0	42.5	16.8	50	86.3	16	83.4	385	49	40.8
生息密度 (個/m ²)	0.171	0.197	0.336	0.004	0.178	0.201	0.006	0.002	0	0.219	0.086	0.258	0.676	0.125	0.653	0.060	0.008	0.006



図3 突堤及び消波ブロックの設置による砂浜面積の変化：諸寄海水浴場で（a）2009年8月15日及び（b）2010年7月17日に撮影された写真。



図4 重機を使った砂浜海岸の整備（浜坂県民サンビーチで2010年8月2日撮影）。



図5 海水浴客による砂浜海岸の利用状況（塩谷海水浴場で2009年8月14日撮影）。

各砂浜海岸におけるスナガニ類の生息密度および環境要因データについては、それぞれ表1と2に示す。生息密度は、生息面積が最も小さかった浜坂漁港で最も高い値を示した（0.125～0.676個／㎡）。生息個体数が最も少なかった塩谷海水浴場は、生息密度においても最も低い値であった（0～0.006個／㎡）。砂浜の幅と長さの範囲は、それぞれ10.8～100 mと22.6～575 mであった。基底砂粒の中央粒径値（範囲：0.58～1.57φ）は浜坂漁港と浜坂県民サンビーチの2箇所が高く、0.5～1 mmの粗砂であったのに対して、その他の4箇所は0.25～0.5 mmの中砂であった。砂地の土壌硬度については、居組県民サンビーチ・塩谷海水浴場・塩谷向こう島周辺の3箇所

で高く、その他の3箇所で比較的低い値であった。

スナガニ類の生息密度を目的変数とし、4つの環境要因データを説明変数とした重回帰分析の結果、各砂浜海岸におけるスナガニ類の生息密度の違いは、砂浜の長さおよび土壌硬度によって説明された（表3）。すなわち、スナガニ類の生息密度と砂浜の長さおよび土壌硬度にはそれぞれ有意な負の関係があり、砂浜の長さが短い海岸ほど生息密度が高く、砂地が硬い海岸ほど生息密度が低いことが明らかとなった。砂浜の長さについては、スナガニ類が卵から孵化して海に放たれ、浮遊幼生期を経て砂浜に着底することだけを考えると（酒田市立酒田中央高等学校第一理科部，1968），砂浜の長さが長い方が生

表2 各砂浜海岸におけるスナガニ類の生息面積および環境要因データ

調査場所	生息面積（㎡）	砂浜の幅（m）	砂浜の長さ（m）	砂の中央粒径値（φ）	土壌硬度（kgf）
居組県民サンビーチ	8052.8	100	179	1.57	27.81
諸寄海水浴場	1815.2	28	280	1.51	5.86
塩谷海水浴場	341.1	65	65	1.38	36.13
塩谷むこう島周辺	194.0	10.8	54	1.49	25.25
浜坂漁港	127.7	11.3	22.6	0.61	5.55
浜坂県民サンビーチ	6455.9	53	575	0.58	4.91

表3 スナガニ類の生息密度を目的変数とした重回帰分析の結果

説明変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t値	P値	F値	R ²	P値
砂浜の幅	0.003	0.425	1.51	> 0.05	4.04	0.47	< 0.05
砂浜の長さ	-0.001	-1.029	-3.60	< 0.01			
砂の中央粒径値	-0.064	-0.137	-0.57	> 0.05			
土壌硬度	-0.014	-0.897	-2.55	< 0.05			

息密度を高めるように思われる。しかし、スナガニ類は着底後も同じ砂浜海岸に依存して成長し、繁殖・越冬すると考えられる。このことは、海岸の人的利用がスナガニ類の個体群密度に直接影響を及ぼす点からも示唆される (e.g., Schlacher and Lucrezi, 2010; Noriega et al., 2012)。さらに、海岸侵食の影響は甚大で、砂浜が削り取られることによってスナガニ類やその餌生物となる様々な砂浜生物が生息場所を失うことが報告されている (Peterson et al., 2000; 和田, 2009, 2010)。それゆえ、スナガニ類に適した生息環境としては、人的利用や海岸侵食などの影響が少ない、安定した砂浜であると考えられる。本研究でスナガニ類の生息密度が最も高かった浜坂漁港は湾内に位置し、波浪による砂浜の砂の移動が少なく、最も安定した砂浜環境であった。これらのことがスナガニ類の生息密度を高め、生息密度と砂浜の長さの負の関係を導いたのであろう。

スナガニ類の生息密度の違いに影響したもう一つの環境要因は土壌硬度で、塩谷海水浴場においてその値が最も高かった (表2)。塩谷海水浴場は、スナガニ類の生息密度が最も高かった浜坂漁港と同様に湾内に位置し、比較的安定した砂浜環境であるにもかかわらず、スナガニ類の巣穴数が極端に少なかった (表1)。スナガニ類の生息密度に影響する砂地の硬さは、人々の海岸利用によるものと考えられる。漁港内に位置する砂浜 (浜坂漁港) を除いて、本研究で調査したすべての砂浜海岸は、夏季に海水浴場として人々に利用されている。特に塩谷海水浴場は、浜坂漁港関連道路が整備された2007年以降、毎年多くの海水浴客が訪れて、後浜から汀線付近までのほぼ全域が駐車スペースとなっている (図5)。近年、砂浜海岸に対する人々のニーズが多様化する中で、砂浜への自動車の乗り入れや大型の重機を使用した海岸清掃等による海岸動植物の生息環境の減少や生態系の攪乱が問題視されている (Brown and McLachlan, 1990; McLachlan and Brown, 2006)。さらに、Schlacher et al. (2007) はオフロード車の乗り入れとスナガニ類の高い死亡率との関係についても報告している。本研究は、スナガニ類の生息密度が砂浜海岸の人的利用の有効な生物指標となり得ることだけでなく、それに影響する土

壌硬度も間接的な指標の一つとして活用できることを示した。今後、海浜動植物の生活史や生息環境に配慮した海岸保全策を検討していくためには、各砂浜海岸においてスナガニ類の生息密度をモニタリングしつつ、それぞれの環境データを継続的に蓄積していく必要がある。そのような長期的なモニタリングを継続することによって、現在多くの地域で問題となっている海岸侵食による砂浜消失や生物多様性の減少を生態学的な視点からも評価できるようになるだろう。

謝 辞

本研究を進めるにあたって、多くの指針や議論を与えてくださった兵庫県美方郡新温泉町の福原陽一郎氏と兵庫県三田市の佐藤隆士博士にお礼申し上げる。また、本研究にご協力くださった鳥取県立博物館の山口勇人専門員、新温泉町山陰海岸ジオパーク館の谷本勇館長、鳥取県立博物館付属山陰海岸学習館のスタッフの方々、本稿に対して有益な助言を与えてくださった奈良女子大学の和田恵次博士および匿名の査読者の方々に深く感謝する。

要 旨

兵庫県新温泉町の砂浜海岸でスナガニ類の出現および生息密度に影響する要因を調べた。スナガニ類の巣穴は5月上旬から各砂浜海岸に出現し、気温・砂浜表面温度・砂中温度が安定して20℃を超える6月以降になってほぼ毎日確認されるようになった。巣穴数から推定されたスナガニ類の生息個体数は各砂浜海岸で大きく異なり、同じ海岸であっても年変動が確認された。スナガニ類の生息密度に影響する要因を調べた重回帰分析の結果、砂浜の長さと土壌硬度で説明されることが明らかとなった。すなわち、砂浜の長さが短い海岸ほど生息密度が高く、砂地が硬い海岸ほど生息密度が低かった。これらのことから、スナガニ類の生息に適した砂浜環境は、海岸侵食等の影響が少なく安定していて、人的利用等によって砂地が硬くなっていない海岸であると考えられた。

文 献

- Barros, F. (2001) Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches. *Biological Conservation*, **97**: 399-404.
- Brown, A. C. and McLachlan, A. (1990) *Ecology of Sandy Shores*. Elsevier, Amsterdam. 328 pp.
〔須田有輔・早川泰博（訳）（2002）砂浜海岸の生態学. 東海大学出版会, 東京. 427 pp.〕
- Buchanan, J. B. (1984) Sediment analysis. In "Methods for the Study of Marine Benthos (2nd ed.)", eds by Holme, N. A. and A. D. McIntyre, Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 41-65.
- 愛媛県（2003）愛媛県の絶滅のおそれのある野生生物－愛媛県レッドデータブック－. 愛媛県自然保護課, 松山.
- George, R. W. (1980) The distribution and evolution of the ghost crabs of Hong Kong with a description of a new species. *Proceedings of the First International Marine Biological Workshop*, **1**: 185-194.
- 広島県（2003）改訂・広島県の絶滅のおそれのある野生生物－レッドデータブックひろしま2003－. 広島県環境局自然環境保全課, 広島.
- Huang, J. F., Yang, S. L. and Ng, P. K. L. (1998) Notes on the taxonomy and distribution of the closely related species of ghost crabs, *Ocypode sinensis* and *O. cordimanus* (Decapoda: Ocypodidae). *Crustaceana*, **43**: 100-102.
- 岸野 底・米沢俊彦・野元彰人・木邑聡美・和田恵次（2001）奄美大島から記録された汽水産希少カニ類12種. 南紀生物, **43**: 15-22.
- 熊本県（2004）熊本県の保護上重要な野生動植物－レッドリストくまもと2004－. 熊本県環境生活部自然保護課, 熊本.
- Lucrezi, S., Schlacher, T. A. and Walker, S. (2009) Monitoring human impacts on sandy shore ecosystems: a test of ghost crabs (*Ocypode* spp.) as biological indicators on an urban beach. *Environmental Monitoring and Assessment*, **152**: 413-424.
- 真野 泉・堂浦 旭・大森浩二・柳沢康信（2008）四国太平洋岸に共存するスナガニ属3種の季節的な分布パターンおよび食性. 日本ベントス学会誌, **63**: 2-10.
- McLachlan, A. and Brown, A. (2006) *The Ecology of Sandy Shores*. 2nd edition. Academic Press, Burlington. 373 pp.
- 峯水 亮（2000）ネイチャーガイド 海の甲殻類（監修：武田正倫・奥野淳児）. 文一総合出版, 東京. 344 pp.
- 三宅貞祥（1983）原色日本大型甲殻類図鑑（Ⅱ）. 株式会社保育社, 大阪. 277 pp.
- 本尾 洋（2003）日本海産カニ類－Ⅰ. 既知種. のと海洋ふれあいセンター研究報告, **9**: 55-68.
- Neves, F. M. and Bemvenuti, C. E. (2006) The ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) as a potential indicator of anthropic impact along Rio Grande do Sul coast, Brazil. *Biological Conservation*, **133**: 432-435.
- Noriega, R., Schlacher, T. A. and Smeuninx, B. (2012) Reductions in ghost crab populations reflect urbanization of beaches and dunes. *Journal of Coastal Research*, **28**: 123-131.
- Peterson, C. H., Hicherson, D. H. M. and Johnson, G. G. (2000) Short-term consequences of nourishment and bulldozing on the dominant large invertebrates of a sandy beach. *Journal of Coastal Research*, **16**: 368-378.
- Sakai, K. (2000) On the occurrence of three species of crabs on Shikoku Island, Japan, and a new species, *Pinnotheres taichungae* nov. spec., from Taiwan. *Crustaceana*, **73**: 1155-1162.
- 酒井 恒（1976）日本産蟹類. 講談社, 東京. 461 pp.
（日本語版）, 773 pp.（英語版）, 251 pp.（図版）.
- 酒田市立酒田中央高等学校第一理科部（1968）山形庄内海岸におけるスナガニ（*Ocpoda stimpsoni* ORTMANN）の生態. 山形県酒田市立酒田中央高等学校研究収録, **1**: 43-69.
- Seike, K. and Nara, M. (2008) Burrow morphologies of the ghost crabs *Ocypode ceratophthalma* and *O. sinensis* in foreshore, backshore, and dune subenvironments of a sandy beach in Japan. *Journal of the Geological Society of Japan*, **114**: 591-596.
- Schierding, M., Vahder, S., Dau, L. and Irmiler, U. (2011) Impacts on biodiversity at Baltic Sea beaches. *Biodiversity and Conservation*, **20**: 1973-1985.
- Schlacher, T. A. and Lucrezi, S. (2010) Compression of home ranges in ghost crabs on sandy beaches impacted by vehicle traffic. *Marine Biology*, **157**: 2467-2474.
- Schlacher, T. A. and Thompson, L. (2012) Beach recreation impacts benthic invertebrates on ocean-exposed sandy shores. *Biological Conservation*, **147**: 123-132.

- Schlacher, T. A., Thompson, L. and Price, S. (2007) Vehicles versus conservation of invertebrates on sandy beaches: mortalities inflicted by off-road vehicles on ghost crabs. *Marine Ecology*, **28**: 354-367.
- 高田宜武・和田恵次 (2011) ツノメガニ (スナガニ科) の日本海沿岸からの初記録. *Cancer*, **20**: 5-8.
- 歌代 勤・堀井靖功 (1965) 現棲スナガニ *Ocypoda stimpsoni* ORTMANN の生態と生痕－生痕の生物学的研究・そのⅣ－. 新潟大学教育学部高田分校研究紀要, **9**: 121-141.
- 宇多高明 (1997) 日本の海岸侵食. 山海堂, 東京. 442 pp.
- 宇多高明 (2004) 海岸侵食の実態と解決策. 山海堂, 東京. 304 pp.
- 和田年史 (2009) 鳥取県の砂浜海岸におけるスナガニの分布. 鳥取県立博物館研究報告, **46**: 1-7.
- 和田年史 (2010) 鳥取県東部の砂浜海岸の侵食によって生命の危機に瀕したスナガニの発見. 山陰自然史研究, **5**: 85-86.
- 渡部哲也・淀 真理・木邑聡美・野元彰人・和田恵次 (2012) 近畿地方中南部沿岸域にスナガニ属4種の分布－2002と2010年の比較. 地域自然史と保全, **34**: 27-36.
- 山形県 (2003) 山形県の絶滅のおそれのある野生生物－レッドデータブックやまがた－. 山形県文化環境局環境政策推進室, 山形.
- 淀 真理・渡部哲也・中西夕香・酒野光世・木邑聡美・野元彰人・和田恵次 (2006) 南方系種を含むスナガニ属3種の和歌山市における生息状況: 2000-2003年. 日本ベントス学会誌, **61**: 2-7.

(2012年 8 月 2 日受付)

(2012年 10 月 24 日受理)