

論文

能登半島外浦海岸における埋在性端脚類 ナミノリソコエビ *Haustorioides japonicus* の生態

高松 司^{*1} 柳井 清治^{*2}

要 旨

日本海沿岸の潮間帯に高密度で生息する端脚類ナミノリソコエビ (*Haustorioides japonicus*) の生息環境を明らかにするため、石川県能登半島外浦沿岸で北から富来、甘田、千里浜、今浜、高松の5地点において、砂の粒径や潜砂行動、塩分濃度や生態系での役割について実験と解析を行った。個体数調査の結果、各海岸によって個体密度には大きな違いが見られ、特に千里浜から今浜にかけて2～3万個体/m²の高い密度が観察された。砂の粒径は場所によって大きく異なるが、今浜・千里浜では125 μmが9割を、富来では250 μm以上の粗砂が9割以上を占めていた。潜砂実験から、富来から得られた粒径の粗い砂には潜砂をすることが難しいということが分かった。また淡水が流入する河口付近の生息密度は著しく低かった。また潮間帯に生息するカレイ稚魚は、ナミノリソコエビを餌としている可能性が胃内容物や安定同位体比測定結果から示唆された。以上の結果から、本種がこの地域の海浜生態系において重要な役割を果たしており、同時に潜砂できる細粒の砂浜海岸を保全することが重要であることがわかった。

キーワード：ナミノリソコエビ／能登半島／海浜生態系／潜砂実験

はじめに

全国的に海岸侵食による砂浜の減少は深刻となっており、その対策が各地で行われている。石川県北部海岸の千里浜海岸においても海岸侵食は大きな問題となっており、1988年から2008年までの20年間で約30～50mの汀線後退が報告されている(石川県千里浜再生委員会, 2015)。そして海岸線の侵食により、海岸に生息する様々な希少生物が絶滅に瀕することが大きな問題となっている。とくに千里浜海岸より北部の海岸に生息し、石川県の絶滅危惧Ⅰ類に指定されているイカリモンハンミョウ(コウチュウ目ハンミョウ科)の個体数も年々減少し、2005年には石川県指定天然記念物、石川県指定希少野生動植物種に指定されている(石川県, 2018)。

これまでイカリモンハンミョウの餌生物に焦点を当て、打ち上げ海藻を住处とするハマトビムシ類の役割について研究が行われてきた(佐藤ほか, 2005)。しかしイカリモンハンミョウはハマトビムシ以外に様々な底生動物や昆虫を摂食すること

が知られており(佐藤ほか, 2005)、生息地周辺の動物相について詳細に検討する必要がある。本研究では砂浜に生息し、イカリモンハンミョウの餌として重要と考えられるマクロベントス、その中でもナミノリソコエビに焦点を当てた。ナミノリソコエビ(*Haustorioides japonicus*)とは、日本海側の島根県、太平洋側は宮城県まで出現の砂浜海岸の汀線域において高密度に出現する埋在性の端脚類である(Takada et. al., 2016)。石川県でも、汀線域に典型的な少数種による高密度のマクロベントス群集形成の主体となっている(のと海洋ふれあいセンター, 2009; 2010; 2011; 2012)。この生物を研究対象とする理由は、ナミノリソコエビがその膨大な個体数から砂浜海岸汀線域における重要な底生生物であり、実際野外においてイカリモンハンミョウに捕食されたことが観察されている(上田未公表資料)ためである。

これまで、北海道に生息するナミノリソコエビの生活史や繁殖生態(上平, 1990a; 1990b)、砂浜の硬度と潜砂行動の関連性(梶原・高田, 2008)について多くの研究がされてきた。また、石川県においては個体数調査が行われている(環境省自然環境局生物多様性センター, 2007)が、

^{*1} 石川県立大学 環境科学科 平成25年度卒業生

^{*2} 石川県立大学 生物資源環境学部 環境科学科

微生物環境との関連については詳しく調べられていない。

そこで、本研究では生息環境、とくに海岸砂の粒径や塩分環境との関係性と砂浜生態系における生態的な役割について明らかにすることを目的とする。

1. 研究方法

1) 対象生物

本研究で対象とするナミノリソコエビ (*H. japonicus*) (図1) は、体長は最大で 1.5cm、寿命は 1 年程度でその繁殖期は北海道南部では 4～6 月であるが、早春と初夏にも抱卵する個体もいることが報告されている (上平, 1990a)。その生息域は砂質海岸の潮間帯と亜潮間帯にあるが、通常波の影響がない潮上帯にも生息する場合もある (上平, 1990a)。非常に高密度に生息することから、砂浜生態系において食物連鎖の中で重要な位置を占めると推定されている (梶原・高田, 2008)。その生息密度は海中のみならず砂浜の環境要因にも影響を受け、とくに前浜の勾配とも相関が高いことが報告されている (Takada et al., 2013)。

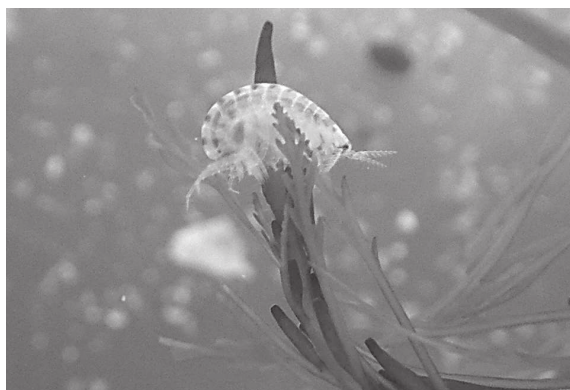


図1 海藻上に定位するナミノリソコエビ

一般に砂浜の生態系は複雑であり、珪藻による一次生産や打ち上げ海藻、動物の死骸などを起点とし、それ利用する腐食者や濾過摂食者、さらに魚類や鳥などの高次捕食者へとつながってゆく (Brown and McLachlan, 2002)。ナミノリソコエビ科端脚類もこの系に大きな役割を果たし、動植物の遺骸を直接魚類などの高次消費者に結びつける役割を演じ、循環を短縮し能率的にしていると考えられる。実際にクサフグ、オキタナゴ、トビヌメリなどが本種の重要な餌料となっていることが報告されている (Takahashi et al., 1999)。

また、本州より南ではスナガニ類が分解者と

なって有機物の分解・輸送・再生の役割を担っているが、北海道南部・砂浜群系の潮間帯と亜潮間帯ではナミノリソコエビ科端脚類がこの役割を代わりに果たしていると考えられている (上平, 1990a)。以上の点から見ても砂浜生態系の維持のためにナミノリソコエビは重要だと考えられる。

2) 調査地域の概要

石川県西部海岸沿いを中心にナミノリソコエビの個体調査を行った。千里浜海岸を中心に北から富来海岸、甘田海岸、千里浜海岸、今浜海岸、高松海岸の 5 つの地点で調査を行った (図2)。底質の粒度組成によって個体数にバラつきが出ると考えたため、できるだけ粒度組成が違う地点をこれまでの報告 (坂井ほか, 2000) をもとに選出した。その中で特に粒径に大きな違いが見られる富来海岸、甘田海岸、千里浜海岸について記述する。

千里浜は能登半島の付け根に位置する、砂浜海

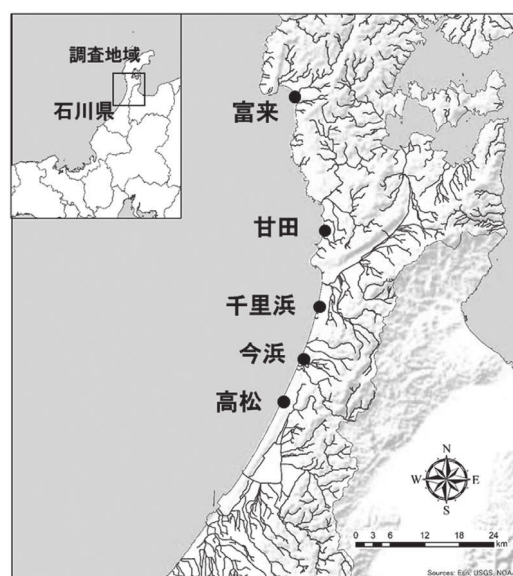


図2 調査地位置

岸である。特に千里浜から今浜までの約 8km は自動車で行き、渚ドライブウェイという名前で有名である。砂帯の幅は 35m 程度であり、石川県の観光地の一つを担っており、近年その減少が著しいことから石川県により養浜事業も積極的に行われている (石川県千里浜再生委員会, 2015)。海底地形の特徴として、水深 5m を中心として砂州が 2 段、3 段に発達しており、海底勾配は約 1/80～1/200 である (早川ほか, 2009)。植生はクロマツ (*Pinus thunbergii*) を中心に植栽が進められており、砂防林の役割を果たしている。

甘田海岸は石川県羽咋郡志賀町に位置する砂浜海岸である。砂帯の幅は25～30 m程度で植生はクロマツやニセアカシヤ (*Robinia pseudoacacia*) が中心である。この海岸では環境省と石川県の絶滅危惧Ⅰ類に指定されているイカリモンハンミョウ (*Cicindela anchoralis*) が多く見られる (佐藤ほか, 2005)。

富来海岸は本研究の調査地点で最北端の海岸である。この海岸を含め、南は福浦地区から北は西浦地区までの約30kmの海岸は、日本海の荒波によって侵食された奇岩や断崖が多く存在している。この地域は貝類が豊富に採れる砂浜であり、砂浜の粒径や性質は他の4地点と比べ大きいのが特徴である。砂帯の幅は20～25 mほどである。

底質の粒度組成の違いとナミノリソコエビの個体数の関係について明らかにするため、上記5地点で調査を行った。さらに甘田海岸において、甘田川 (流域面積14.86ha、流路長770m、河口での川幅約5m) が流れ込んでおり、その塩分濃度がナミノリソコエビの生息密度に与える影響を調査した。

3) 野外調査

ナミノリソコエビのサンプリングを2ヵ月に1度の頻度で、北から富来海岸、甘田海岸、千里浜海岸、今浜海岸、高松海岸で実施した。実施したのは2013年6月13日、9月5日、10月28日の計3回である。各海岸で採取地点を3か所、100m間隔で設定した。そして、各地点において汀線で波が引いた瞬間にT型瓶 (広口T型瓶: 容量300ml、口径6cm、高さ9cm) を砂に差し込み、ナミノリソコエビと砂を採取した。採集した地点では水温と塩分濃度の測定を合わせて行った。採集した個体はクーラーボックスに入れて持ち帰り砂と個体を分離し、エタノールで保存後、実験室内で個体数のカウントを行った。

甘田海岸では甘田川が海に流れ込む河口域を中心ポイントとし、そこから南北に100m間隔、計5地点 (河口をA0、北にAN1、AN2、南部でAS1、AS2とする) でサンプル採集を行った。この海岸での詳細調査は、2013年5月23、7月31日、9月17日の計3回である。1つの地点で3反復、合計15サンプル採集した。また、採集地点の水温、塩分濃度も計測した。

4) 室内実験

(1) サンプル処理と砂の粒度分析

各海岸の粒度組成を調べるために、砂のサンプル採集を行った。各海岸において地表数cmの表土層を除去し、その下の砂を移植ごてでサンプルを採集した。持ち帰ったサンプルは後日ふるいにかけて粒度組成を調べた。回収したサンプルを砂ごと1mmのふるいの上に出し、砂と生物を分けた。その後ふるいに残った生物はスクリー管瓶に入れ、エタノールで保存した。カウントをする際には、シャーレにスクリー管瓶を全て取り出し、ナミノリソコエビを選別した。さらにそのサイズにより分け、別々にカウンターにより計数した。ナミノリソコエビは春には大型の越冬群 (長期世代群) と、早春に発生したばかりの小型の未越冬群 (短期世代群) が混在するが、秋には短期世代群だけとなり、発生時期が異なるさまざまな大きさの個体が認められる (のち海洋ふれあいセンター, 2016)。また北海道における調査では、春～夏季は抱卵した成体と発生したばかりの幼体が混在し、幼体の体長は3～4mm以下であり成体はそれ以上のサイズで抱卵するものが多いことが報告されている (上平, 1990b)。本調査で膨大な数のサンプルを細かく幼体と成体に分けるのは困難であるため、ここでは3mmのサイズを境界にして、それ以上の大型個体とそれ以下の小型個体に分けて記載することにする。

各地点の砂の粒度組成を調べるためにふるい分けを行った。持ち帰った砂は送風定温乾燥機を用いて温風を80℃に設定し48時間かけて乾燥させた。その後砂を100g量りとり、ふるい分けを行った。満遍なく分布するように手を回しながら約1分振り続けた。ふるいは1mm、500μm、250μm、125μm、100μm、75μmのものを用いた。



図3 ナミノリソコエビ潜砂実験の方法

(2) 潜砂実験

潜砂実験の概要を図3に示す。直径30cmタライの中にふるいを置き、そこに塩ビ管（直径24cm、高さ10cmそして厚さ3mm）を重ねた。次に各海岸で採集した砂を塩ビ管内に敷き詰め、海水を静かに塩ビ管に注いで空気を抜きながら砂面より上まで海水を冠水させた。あらかじめ塩ビ管には砂面を基準に-1cmから-10cmまで印をつけておき、冠水させた状態から印をつけた各水位まで海水を抜いた。各水位に設定してから1時間後、ナミノリソコエビ大型個体を10個体砂の表面に静置し実験開始直後、30分後、60分後の様子を観察した。

ナミノリソコエビの潜砂行動に関して、完全に砂の中に潜った状態を潜砂、体の一部分のみ潜った状態を部分潜砂、まったく潜れなかった状態を潜砂できずと判定した。1cmごとの水位差で、同じ設定で2回行い、合計20個体のデータが得られるまで実験を行った。実験終了後に山中式硬度計を用いて砂の硬度を測定した。硬度は3回測定し、その平均値をその水位における硬度の値とした。なお、この実験は梶原・高田（2008）によるナミノリソコエビの潜砂行動におよぼす飽和水位の影響に関する実験を参考にした。この実験ではさらに異なる粒径の砂を用いて、潜砂行動の比較を行った。また、今浜海岸と千里浜海岸の粒度組成がほぼ同じだったことから今浜海岸の砂を用いての潜砂実験は行わなかった。

(3) 塩分濃度耐性に関する飼育実験

個体数調査のためのサンプルとは別に飼育実験用のナミノリソコエビを採取し、実験室に持ち帰って飼育実験を行った。塩分濃度を0%、10%、20%、30%に設定し、濃度ごとに水槽を3つずつ用意した。一つの容器につきナミノリソコ

エビ大型個体を10個体飼育し、濃度ごとの生存日数の比較を行った。使用した海水は千里浜海岸で採取したもので、あらかじめポリタンクに海水を入れておいた。また、塩分濃度を低くする際には純水、高くする際には人工海水を使用した。海水濃度計PAL-06S（アタゴ社製）で濃度を随時確認しながら濃度設定を行った。ナミノリソコエビの塩分濃度耐性を調べる実験の飼育開始は2013年8月20日、飼育終了は9月4日で、14日間の飼育観察を行った。

(4) 安定同位体による食物連鎖網の解析

ナミノリソコエビと砂浜に生育・生息する動物・植物の安定同位体比を調べることにより、ナミノリソコエビの餌源とナミノリソコエビを利用する動物を推定した。地引網により今浜地区の海岸を50m区間底引きし、波打ち際の魚類や甲殻類を捕獲した。捕獲した魚介類は実験室に持ち帰り、恒温乾燥機により60℃で48時間乾燥後、腹部の筋肉を取り出し粉砕機を使用してなるべく細かく粉砕した。また、海水のサンプルを2リットルボトルに採取し、実験室に持ち帰りGFFフィルターでろ過後、マイナス20℃の冷凍庫で保存した。海藻と落葉のサンプルは今浜海岸の海浜で堆積したものを採集し、実験室に持ち帰り脱引水により洗浄後高温期により、60℃で48時間乾燥後、粉砕機を用いて細かく粉砕した。

次に植物性のサンプルは約1.5mg、動物性のサンプルは約0.8mgずつ量り取り、スズ箔に包んだ。石川県立大学保有の質量分析装置（ISO Prime100、Elementar UK社）を用いて $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ の標準試料との割合を求めた。全てのサンプルは各個体2反復測定した。10サンプル測定するごとに1つ標準試料（馬尿酸）を測定し、値の補正を行った。

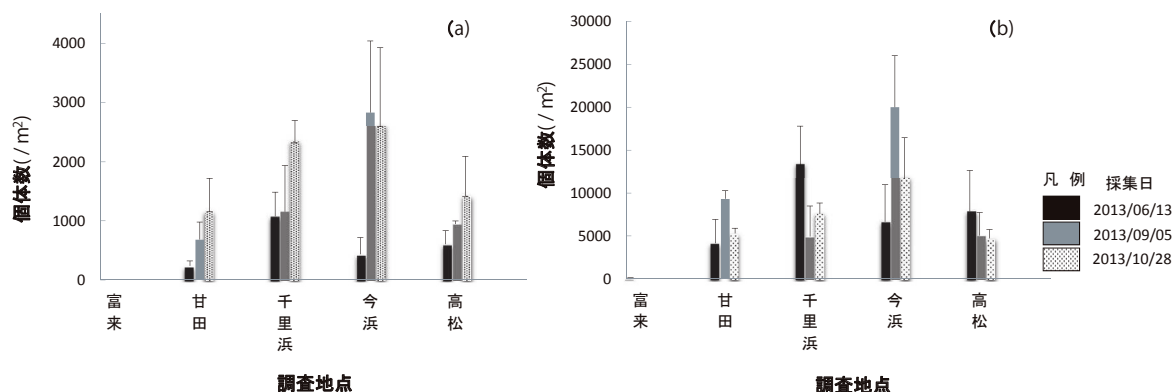


図4 羽咋海岸5地点のナミノリソコエビ大型 (a) と小型 (b) 個体密度

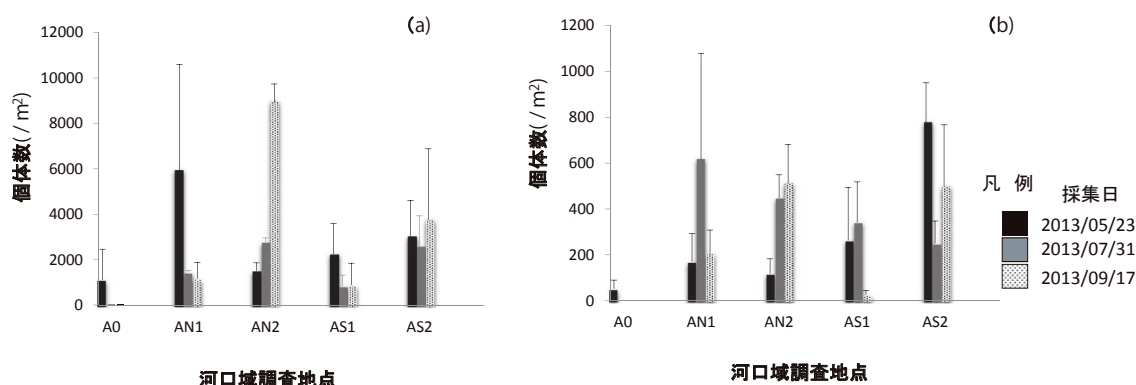


図5 甘田海岸5地点のナミノリソコエビ大型 (a) と小型 (b) 個体密度

表1 甘田海岸の地点別塩分濃度 (‰)

地点	2013/5/23	2013/7/31	2013/9/17
A0	0	3	6
AN1	15	22	23
AN2	17	24	22
AS1	19	25	18
AS2	18	24	20

表2 甘田海岸の地点別水温 (℃)

地点	2013/5/23	2013/7/31	2013/9/17
A0	21.8	26.4	21.3
AN1	20.2	29.9	26.0
AN2	20.8	30.5	25.7
AS1	21.0	30.3	25.9
AS2	21.1	29.2	26.0

2. 結果

1) ナミノリソコエビの生息密度

図4は5地点の海岸で採集されたナミノリソコエビを大型と小型個体に分けて、それぞれの個体数を示したものである。グラフの横軸は地点、縦軸は個体数を表している。各月ではばらつきはみられるものの、全ての地点で大型より小型個体の数が多かった。また千里浜海岸、今浜海岸、高松海岸でナミノリソコエビの個体数が多い傾向にある。反対に富来海岸ではナミノリソコエビをほとんど確認することができなかった。塩分濃度と水温は6月 (18 ~ 21‰、23 ~ 27℃)、9月 (23 ~ 26‰、27 ~ 28℃)、10月 (18 ~ 21‰、20 ~ 22℃) と調査日によって変動しているが、地点ご

との明瞭な違いは見られなかった。

甘田海岸河口域での個体数と塩分濃度・水温を、月ごとに図5と表1、2に示した。河口 (A0) は河川が流れ込んでいる影響で塩分濃度、水温がほかの地点に比べて低い傾向がある。また、ナミノリソコエビの個体数も A0 地点では極端に少ない傾向にある。月日ではばらつきは見られるものの、どの地点においても大型より小型個体の数が多く、また河口から離れるほど (例えば AN2、AS2) 密度は高い傾向があった。

2) 砂の粒度組成分析

各地点の粒度組成の割合を円グラフで示した (図6)。5つの海岸の中で一番粒径が粗かったも

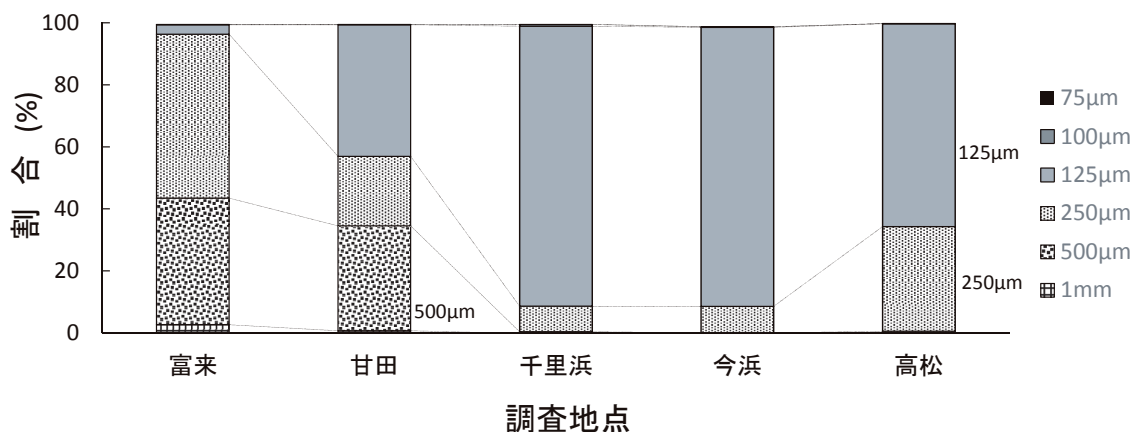


図6 羽咋海岸5地点の砂粒径組成

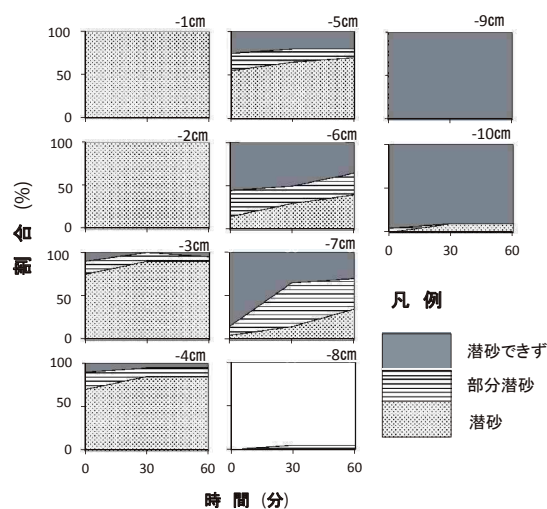


図7 甘田海岸砂による潜砂実験

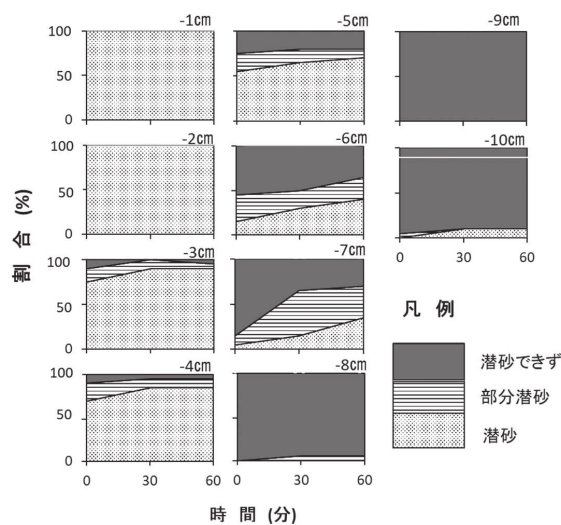


図8 千里浜海岸砂による潜砂実験

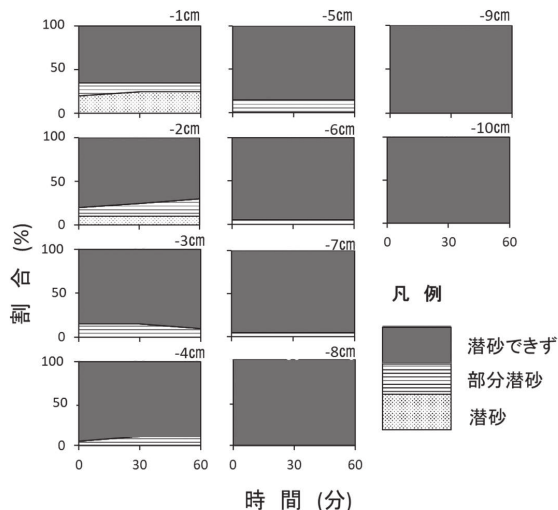


図9 富来海岸砂による潜砂実験

のは富来海岸で、 $500\mu\text{m}$ 以上が41%を占め、次いで $250\mu\text{m}$ が53%を占めていた。甘田海岸においては $500\mu\text{m}$ が34%、 $250\mu\text{m}$ が22%、そして $125\mu\text{m}$ が43%、今浜と千里浜海岸は殆ど同じ組成で $125\mu\text{m}$ の粒径が9割以上を占めていた。高松海岸は $250\mu\text{m}$ が34%、 $125\mu\text{m}$ が65%とやや粗い成分が多くなっていた。

3) 異なる地域の海岸砂による潜砂実験

甘田海岸の砂を用いたナミノリソコエビの潜砂実験の結果を、図7に示す。水位が-2cmまでは1時間以内に全ての個体が潜砂状態となった。-3cmからは潜砂、部分潜砂及び潜砂できない状態の個体が出現した。さらに水位が下がるにつれて部分潜砂及び潜砂できない個体が増加し、-8cmでは潜砂した個体は出現しなかった。

次に千里浜海岸の砂を用いた潜砂実験の結果を図8に示す。水位が-2cmまでは全ての個体が潜砂したものの、水位が低くなっていくにつれて部分潜砂、潜砂できない個体が増加し、-8cmではほぼ潜砂または部分潜砂できた個体がいなくなった。甘田とほぼ同様な傾向であるが、千里浜の方が-7cmでの潜砂した個体がやや多かった。

富来海岸の砂を用いた同じ潜砂実験の結果を図9に示す。水位が-1cmのときから部分潜砂、潜砂できない個体が出現した。水位が-3cmのときから潜砂した個体は出現せず、水位が-8cmになると全ての個体が潜砂できなくなった。他地域の砂による実験に比べて富来砂では潜砂できた個体が大幅に減少していた。

3地区の潜砂実験における、土壌硬度と水位の関係を図10に示す。甘田・千里浜においては水位と硬度が比例関係にあり、水位が下がるほど硬度が増してゆく。一方富来に関しては同様に水位が下がるにつれて土壌硬度は増してゆくが、その傾きは緩く土壌硬度が3で頭打ちとなる。

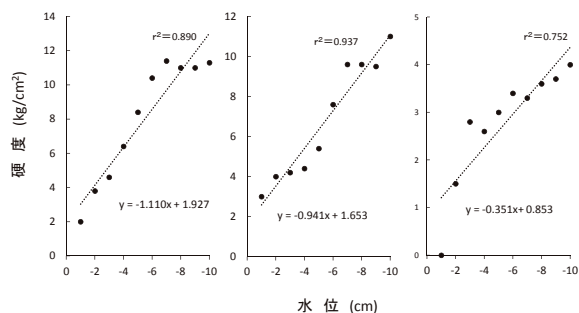


図10 潜砂実験における硬度と水位の関係

4) 塩分に関する飼育実験

異なる塩分濃度で飼育した個体数の変化を、図 11 に示した。塩分濃度が 0‰ では実験開始直後から死亡する個体が出現し、ほかの濃度に比べて明らかに生存期間が短く、飼育開始から 6 日目で全ての個体が死亡した。次に生存期間が短かったのは 30‰ の濃度の個体で、15 日目で全ての個体が死亡した。10‰ と 20‰ で飼育された個体は生存期間が長く 10‰ が飼育開始から 24 日目で、20‰ が 29 日目で全ての個体が死亡した。

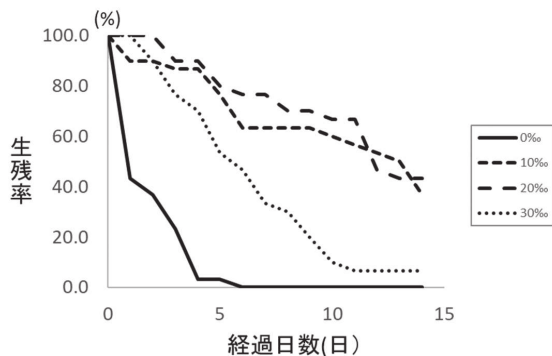


図 11 塩分濃度の違いによる生残率の違い

5) 海浜生物の胃内容物と安定同位体比測定

底引き網によって捕獲した魚の胃内容物を観察した結果、クロウシノシタ (*Paraplagusia japonica*) とイシガレイ (*Kareius bicoloratus*) の消化管内からナミノリソコエビの個体が確認された。

次に今浜において 2013 年 5 月に地引網を曳き、そこで捕獲された魚類や甲殻類などの安定同位体比測定を行った結果を図 12 に示す。ナミノリソコエビは $\delta^{13}\text{C}$ が δ -19‰、 $\delta^{15}\text{N}$ が 4‰ 前後であった。餌源の一つとみられる海藻類の安定同位体比とは

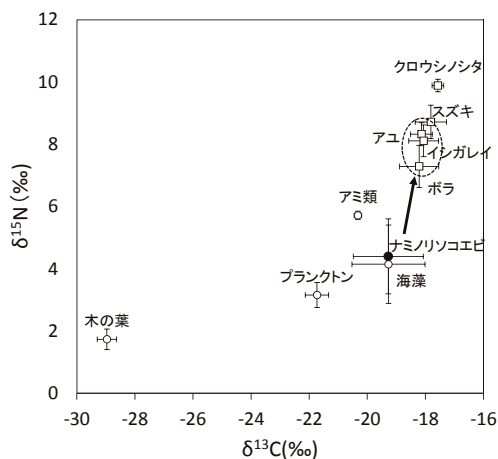


図 12 海浜生物の炭素・窒素安定同位体比分布

とんど違わなかった。一方、ナミノリソコエビを捕食していると考えられるイシガレイは $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ それぞれ -18.1、8.1‰、またボラ (*Mugil cephalus*) も -18.2、7.3‰、さらにスズキ (*Lateolabrax japonicus*) など -17.8、8.7‰であり、栄養段階が一段階上の食物連鎖 ($\delta^{13}\text{C}$ で 1‰、 $\delta^{15}\text{N}$ で 3‰濃縮) の値に近い場所に位置していた。(図中破線丸)

3. 考察

1) ナミノリソコエビの分布と粒度組成の関係

本研究の個体数調査の結果から、富来海岸ではナミノリソコエビがほとんど確認されなかった。その原因として考えられるのが、富来海岸の砂の粒度組成である。今回の調査で 5 つの調査地の中で、富来海岸の砂の粒径が最も粗いことが確認された。砂はほぼ 500 μm と 250 μm の粗粒砂で構成されており、他の海岸で見られた 125 μm 以下の細粒砂はほとんど確認されなかった。次に粒径が粗かったのは甘田海岸で、125 μm の砂の割合はおよそ 40% を含んでいた。また今浜、千里浜、高松はナミノリソコエビの個体数が多く、のと海洋ふれあいセンター (2016) の調査結果と同じ傾向であった。ここでは 125 μm の細粒砂の割合が 60% 以上と高かった。したがってナミノリソコエビが生息するのに必要な砂の粒径として 125 μm が半分以上必要であると推測される。

これまでの研究で粒径が細かい海岸では砂中での海水の滞留時間が長くなり、滞留時間の増大が毛管飽和水帯の砂面付近の水位上昇に関与している可能性がある (Brown and McLachlan, 2005)。汀線から浜崖までの距離が広く勾配が緩い場合は、砂面近くまで毛管飽和水帯が広がっていると考えられる。また、粒径の細かい砂のほうが、ナミノリソコエビは潜砂できるということが潜砂実験から明らかになった。これらの結果と他地域の事例 (新潟県、北海道など) を総合すると、勾配の緩い砂浜とそこに分布する細粒砂はナミノリソコエビが高密度に分布する可能性が高いと言える。

2) 潜砂実験

今回の実験結果から、砂浜の飽和水位の変化に伴い砂の硬度が変化し、それがナミノリソコエビの潜砂行動に大きく影響することが示された。これまで飽和水位の変化によって硬度が変化し、生

息する生物の潜砂に影響することが報告されていた(梶原・高田, 2008)が、異なる砂の粒径での比較実験は本報告が初めてである。実際の砂浜でも寄せ波と引き波の周期に対応して、砂が飽和・不飽和状態を繰り返し、同じ地点でも砂表層の硬度が大きく変化すると考えられる。しかし今回の実験から場所ごとの砂の粒径の違いも、ナミノリソコエビの潜砂行動に大きく影響することがわかった。

今回実験に使用したナミノリソコエビは採集時に3mmの目合のふるいで選別された大型個体である。実際の砂浜にはより小型な個体も生息しているが、小型個体の潜砂能力が大型個体よりも劣ると考えられることから、飽和水位の低下の影響は小型個体により強く表れると考えられる。そして、今回の実験から粒径の粗い富来海岸の砂は他の地点の砂に比べて硬度が小さいにもかかわらず、潜砂が著しく困難であった。その原因として考えられるのは、上記でも述べたように粒径が粗いことによって海水の滞留時間が短くなり、水分が流亡し潜砂をするのに適さない条件になっているからだと考えられる。本実験では砂の硬度のみを計測したが、砂中の飽和状態も合わせて計測することで、粒径とナミノリソコエビの分布域の比較を行えると推測される。佐々ほか(2010)によれば、海岸砂のサクシンの値がナミノリソコエビなどの底生生物の分布に大きく影響し、本種の場合1kpaを上回ると急激に生息密度が減少すると報告している。砂の粒径はサクシンと相関が高く、砂粒間の張力が本種の潜砂能力に大きく影響すると考えられる。

3) ナミノリソコエビの分布と塩分濃度の関係

甘田海岸の河川周辺で行ったナミノリソコエビの個体数調査と塩分濃度耐性に関する飼育実験の結果から、ナミノリソコエビは淡水に対して耐性がないことが明らかになった。個体数調査では、地点A0では塩分濃度が0～6%であったが、常時河川水が流入し、塩分濃度が最も薄い場所であった、その結果ナミノリソコエビはほとんど確認されなかった。また、飼育実験では濃度が0%の条件下で飼育した個体はすぐに死亡してしまい、ついで30%の順に死亡した。このことは塩分濃度が極めて低い場所や高い場所においてはナミノリソコエビの生息が難しく、塩分濃度が中程度の場所がもっとも適していると考えられる。

4) ナミノリソコエビの砂浜生態系への食物連鎖に与える影響

安定同位体比解析結果から、砂浜生態系の他の生物との関連性が明らかになってきた。ナミノリソコエビは主に潮間帯に漂うデトリタスを利用することが報告されている(Kaneko and Omori, 2003)。しかし海藻の安定同位体比とほぼ同じ位置にあるため、他の植物プランクトン、珪藻類およびデトリタスなどを利用している可能性があるが、この点についてはさらに検証が必要である。

またナミノリソコエビを利用する魚類に関しては、砕波帯を遊泳するイシガレイやボラなどの炭素・窒素安定同位体比の値は栄養段階が一つ上がったところに位置していた。地引網によって捕獲されたカレイ類稚魚の胃内容物を分析した結果、その中からナミノリソコエビが確認された。この結果から石川県の浅海域においてナミノリソコエビ→カレイ類の稚魚という食物連鎖が成り立っている可能性が示された。

一般にヨコエビ類はカレイ類の重要なエサ生物である。マコガレイの飼育において、ナミノリソコエビが捕食されることは確認されている(Nakaya et al., 2004)。また、人工岩礁周辺に生息するマコガレイの食性を調査したところ、消化管内の動物個体数を調べた結果、節足動物門ヨコエビ亜目がおおよそ45.5%を占めていた(伊藤ほか, 2008)。河口域に生息するトンガリヨコエビは河口域に堆積した落ち葉を利用し、そしてこのヨコエビはクロガシラカレイの稚魚に食べられている(櫻井ほか, 2007)。これらのことから海浜生態系の優占種であるナミノリソコエビは、この地域の中で特にカレイ類やボラなどの砕波帯に生息する稚魚の餌生物として重要な役割を果たしている可能性が高い。さらに汀線に打ち上げられた場合は、砂浜に棲むイカリモンハンミョウなどの希少生物にも利用される。したがって陸域、海域両方の生態系に大きな役割を果たしていると考えられる。

おわりに

本研究では、石川県でも深刻化する海岸侵食によって影響を受ける砂浜生態系の生物、その中でも個体数が最も多いナミノリソコエビに着目して研究を行った。本研究からナミノリソコエビは細粒な砂浜に高密度に出現するということが分かった。また、潜砂実験から粒径の粗い砂では潜砂するのに不適であることがわかり、砂の粒径が粗

い富来海岸において、ナミノリソコエビがほとんど出現しなかった理由も解明できた。

これまで、海岸保全活動の一環として養浜事業が行われてきている。この事業により、他地域から採取された異なるサイズの砂を投入することによる、環境や底生生物に対する影響は現段階では認められていない。しかし今後豊かな砂浜生態系を維持する上でも、適切な粒径の砂浜の維持が重要であり、今後とも砂浜環境を注視してゆく必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたり、石川県立大学 上田哲行名誉教授にはイカリモンハンミョウと砂浜生物に関してご教示を頂いた。また石川県立大学環境科学科 25 年度卒業生の鷺津隼平君をはじめ、流域環境学研究室学生諸氏には現地調査や魚類捕獲のための地引網で多大な協力を頂いた。以上の関係各位に記して深謝する。

引用文献

- Brown A.C., McLachlan A. 2002. 砂浜海岸の生態学. 須田 有輔・早川 康博 学出版会 427p.
- Defeo O., McLachlan A. 2005. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. *Marine Ecology Progress Series* 295:1-20.
- 早川和宏・由比政年・石田 啓. 2009. 石川県千里浜海岸における海浜地形変化に関する基礎的研究. *日本海域研究* 40: 37-49.
- 石川県ホームページ
http://www.pref.ishikawa.lg.jp/sizen/reddata/rdb_2009/4_ato/kennsaku2/documents/5-17ikarimonnanmyou_1.pdf
- 石川県千里浜再生委員会
<http://www.pref.ishikawa.lg.jp/kasen/chirihama-saisei/index.html> (2015年3月31日確認)
- 梶原直人・高田宜武. 2008. ナミノリソコエビ *Haustorioides Japonicus* (端脚目:ナミノリソコエビ科)の潜砂行動におよぼす飽和水位の影響に関する実験的研究. *水産工学* 45: 151-156.
- 上平幸好. 1990a. 北海道南部の砂質海岸に生息するナミノリソコエビ科端脚類の生活史. *甲殻類の研究* 18: 53-70.
- 上平幸好. 1990b. 北海道南部の砂質海岸に生息するナミノリソコエビ科端脚類の発生と生長. *甲殻類の研究* 19: 27-42.
- Kaneko K, Omori M. 2003. Diel and tidal migrations and predator-prey relationships of macrobenthic animals in intertidal sandy beaches of Sendai Bay, northern Japan. *Benthos Research* 58(1):43-49.
- 環境省自然環境局生物多様性センター. 2007. 生物多様性調査・種の多様性調査(石川県)報告書.49.
- Nakaya M, Takatsu T, Nakagami M, Joh M, Takahashi T. 2004. Prey choice order of *Crangon uritai* as a predator for juvenile *Pleuronectes yokohamae*. *Aquaculture Science*. 52(2):121-128.
- のと海洋ふれあいセンター. 2009. I-石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査研究報告.のと海洋ふれあいセンター年次報告15: 39-40.
- のと海洋ふれあいセンター. 2010. I-石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査.のと海洋ふれあいセンター研究報告16: 39-42.
- のと海洋ふれあいセンター. 2011. II-石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査.のと海洋ふれあいセンター研究報告17: 42-46.
- のと海洋ふれあいセンター. 2012. I-石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査.のと海洋ふれあいセンター研究報告18: 45-49.
- のと海洋ふれあいセンター. 2016. I-石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査.のと海洋ふれあいセンター研究報告22: 21-27.
- Okumura T., Kajihara N, Nagasawa T. Distribution of benthic macrofauna in sandy beaches of Fukui and Ishikawa prefectures, Japan. *Bulletin of the Japan Sea National Fisheries Research Institute (Japan)* [Internet]. 2001 [cited 2018 Sep 16]; Available from: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=JP2001005117>
- 坂井恵一・福島広行・東出幸真. 2000. 石川県の砂浜海岸における汀線付近の砂の粒度組成について. *のと海洋ふれあいセンター研究報告*6: 9-18.
- 櫻井泉・柳井清治・伊藤絹子・金田知紀. 2007. 河口域に堆積する落ち葉を起点として食物連鎖の定量評価. *北水試研報* 72: 37-45.
- 佐々真志・梁順普・渡部要一・梶原直人・高田宜武. 2010. 砂浜海岸における水産有用魚類の餌資源生物分布に果たすサクシヨンの役割. *土木学会論文集b2(海岸工学)* 66: 1126-1130.
- 佐藤綾・上田哲行・堀道雄. 2005. 打ち上げ海藻を利用する砂浜の小型動物相: ハンミョウとハマトビムシの関係. *日本生態学会誌*55: 21-27.
- Takada Y, Kajihara N, Iseki T, Yagi Y, Abe S. 2016. Zonation of macrofaunal assemblages on microtidal

sandy beaches along the Japan Sea coast of Honshu. Plankton and Benthos Research 11(1):17–28.

Takada Y, Kajihara N, Mochizuki S, Murakami T. 2015. Effects of environmental factors on the density of three species of peracarid crustaceans in micro-tidal sandy shores in Japan. Ecol. Res. 30(1):101–9.

Takahashi K, Hirose T, Kawaguchi K. 1999. The Importance of Intertidal Sand-burrowing Peracarid Crustaceans as Prey for Fish in the Surf-zone of a Sandy Beach in Otsuchi Bay, Northeastern Japan. Fisheries science. 65(6):856–64.

Ecology of Intertidal sand burrowing amphipod (*Haustorioides japonicus*) in Western Noto Peninsula, Ishikawa, Japan

Takamatsu, Tsukasa (Department of Environmental Sciences,
Ishikawa Prefectural University, Graduated in Fiscal 2014)

Yanai, Seiji (Department of Environmental Sciences, Ishikawa Prefectural University)

Abstract

Intertidal sand burrowing amphipod (*Haustorioides japonicus*) emerges at high density in the shoreline of the coast of the Japan Sea. We conducted ecological research of this species, and aimed to show the importance of conservation of beach environment inhabiting this species. Five beaches of Western Noto Peninsula were selected to measure the density of this species, and their environment such as sand particle size, salinity and food web were examined. As a result of population survey, remarkable difference in individual density was observed by each coast, and the highest density was observed from Chirihama to Imahama Beach. The grain size of beach sand varied greatly depending on the location, but at Chirihama Beach, around 125 μ m occupied for 90%, while at the Togi Beach, more than 250 μ m occupied 90% or more. Sand burrowing experiment demonstrated that *H. japonicus* could not burrow the coarser sand collected from Togi beach. Population density around river mouth was the lowest, which suggest that this species cannot survive in lower salinity environment. This result was supported by rearing experiment with different salinity condition. A number of *H. japonicus* were found in the gut of juvenile flounder dwelled intertidal zone. The stable isotope analysis demonstrates food web at the sandy beach and suggests that *H. japonicus* is major prey for juvenile fishes dwelling swash zone. Based on these results, it is revealed that this species plays an important role in the beach ecosystem, and at the same time it is important to preserve the sandy beach coast with fine grain size that *H. japonicus* can burrow.

Key words: *Haustorioides japonicus*, Noto Peninsula, Sandy beach ecosystem, burrowing experiment.