HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	函館の砂質海岸における大形動物の生態学的研究：Ⅱ．フクロエビ類の分布およびその成因について
Author(s)	上平，幸好
Citation	北海道大學水産學部研究彙報，30(2)，133-143
Issue Date	1979-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23682
Type	departmental bulletin paper
File Information	30(2)_P133-143.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北大水産彙報
30(2), 133-143. 1979.

函館の砂質海岸における大形動物の生態学的研究
II. フクロエビ類の分布およびその成因について

上平幸好*

Ecological Studies of Macrofauna on a Sandy Beach of Hakodate, Japan
II. On the distribution of peracarids and the factors influencing their distribution

Yukiyoshi KAMIHIRA*

Abstract

This paper deals with the horizontal and vertical distributions of peracarids and the factors affecting their distribution on the intertidal zone at the open sandy coast of Hakodate. According to the field observations from September, 1970 to November, 1972, two patterns of horizontal distribution were generally recognized. The first type was the density gradient of the animal population running parallel to beach lines. The second, the peracarids, expanded into the offshore in reverse-triangular form corresponding to the formation of a minute section of the topography on shore. These two distribution patterns were mainly affected by wave actions, tidal changes, and the variations in the minute topography. On the other hand, the vertical distribution in the sands was influenced by the biological characteristics of the species, such as the ability to burrow into the sands and tolerate the dry condition.

緒　　言

わが国では，岩石海岸潮間帯に生息する動物の生態学的研究の多いのに較べて，砂質海岸潮間帯からの研究は，保護海岸や包囲海岸に形成される干潟での研究報告が若干あるものの[1-8]，開放海岸からのものは少なく[9-11]，特に北海道からの報告は皆無と云ってよい。この主な理由は，その底質が極めて単純な砂から構成され，かつ底質の移動性が大きく不安定な環境であるため，生物相が貧弱であろうということと，出現する動物の分類学的研究がおくれているため，研究対象として避けられていることによるものと思われる。

著者は，津軽海峡にひらいている海岸の砂浜で，無脊椎大形動物の生態学的調査を行っているが，本研究は，野外におけるフクロエビ類の分布の観察と実験室内で行動を観察した結果から，その分布の成因についての知見を得たので報告する。

* 北海道大学水産学部浮游生物学講座
(Research fellow: *Laboratory of Plamktology, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)
現住所：函館大学生物学研究室
(Present address: *Laboratory of Biology, Hakodate College, 142 Takaoka-Cho, Hakodate, 042, Japan*)

調 査 地 の 概 況

観察の対象となった砂浜は，函館市の大森浜と称される約7kmの砂浜で，ここは通称御殿山を最高地点（335m）とする函館山と，渡島半島を結ぶ陸繋砂州の東側に位置し，津軽海峡に面した開放海岸である（図1）。汀線から護岸壁までの幅は，最干潮時でも35mにすぎない小規模なもので，海浜断面から判断すると平滑緩斜海岸に属する。なお，大森浜とこれが隣接する汐首岬から恵山岬に至る沿岸水域は，夏季には津軽暖流の勢力下にある。また，春季と秋季で津軽暖流の勢力が強い場合には，この水域に親潮の沿岸湧昇が生じて，沿岸は親潮系水の影響をも受けることが知られている。

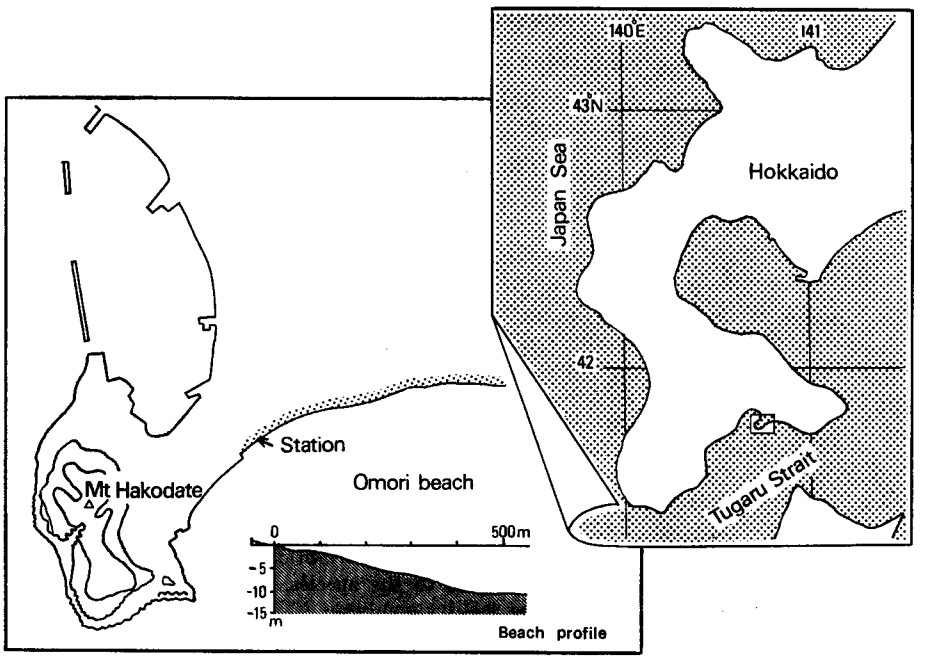


Fig. 1. Location of sampling stations of macrofauna on sandy beach of Hakodate, Hokkaido.

材 料 と 方 法

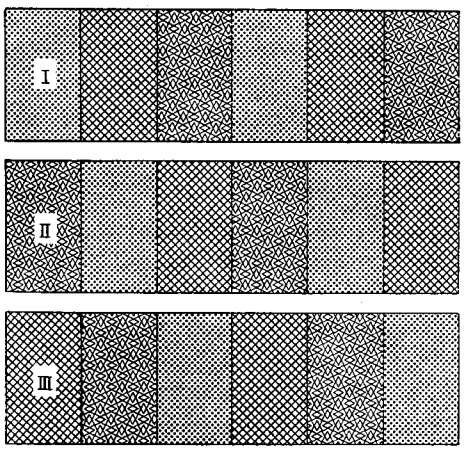
潮間帯の砂中に生息するフクロエビ類の採集には，円筒形の金属製またはプラスチック製の2種類のサンプラーで砂を採り，これをナイロン袋に移して直ちに研究室に運び動物の選別を行った。サンプラーは口径6.4cm，高さが10cmのものを使用したが，このサンプラーサイズの決定には，当砂浜でのフクロエビ類の生息深度とサンプラーあたりの平均採集個体数ならびに変動係数などを考慮した上で，定量的な個体密度の推定に適当な大きさであるという予備調査の結果が参考にされた。動物の選別には游泳力を利用し，水道水を注ぎ砂を攪伴して0.25mmの目合の篩に集めるという浮揚法の変法を用いた。この方法では動物の砂からの抽出効率は95%以上に達する。

野外における動物分布の成因を解析するために，静止水での游泳速度，底質の選択性，砂中潜入深度および乾燥耐性について実験を行った。静止水中の游泳速度の測定には，細長いプラスチック製の水槽を用い，一定距離を動物が游泳するのに必要とする時間を種ごとに20回測り，1秒あたりの

游泳距離として表わした。次に動物が底質に潜入するときの，その粒度に対する選択性を調べるために，プラスチック板の仕切で6個の小区画に分割することができる水槽を準備した。これに3段階に篩別した海砂（2～1mm，1～0.5mm，0.5mm 以下）を組合せて敷き，各小区画に種ごとに 4～10 個体ずつ入れ，動物が底質に潜入し，静止した後に仕切の板を取り除き，24時間後に動物の潜んでいる位置を調べた。この実験は，もし動物に底質の粒度に対する選択性があれば，好ましい粒度からなる砂中に多数観察され，選択性がないとどの底質にも等しい個体数が観察されるであろうという仮定に立つものである。なお，動物は狭い水槽中では游泳し壁に接触すると，その付近の底質に潜入することが頻繁に観察されるので底質の配置には図2のような配慮をして5回ずつ繰返し実験した。底質への潜入深度を調べるために，図3のような角型水槽を用意して野外で観察される底質の堆積状態を種々再現し（図9），動物を砂表面に置いてから下部より徐々に海水を増し，底質の表面上 1cm まで浸した。1分後に海水を減じ 15°C の恒温器中に保管し，12時間後に動物が潜んでいる深さを観察した。乾燥に対する耐性については，濾紙を敷いたシャーレに動物を入れ恒温器中で各設定温度での生存時間を測定したが，死亡時の判定は動物に振動と針による接触刺戟を与えても，脚を動かさなくなった時とした（これは，この時点でブアンの固定液に動物を浸しても全く刺戟に対する反応を示さないという結果を参考にしたものである）。

観 察 結 果

野外における動物分布　当水域の潮間帯の砂中には，フクロエビ類は 12月から 5月までの6か月



: medium sand, : coarse sand,
: very coarse sand.

Fig. 2

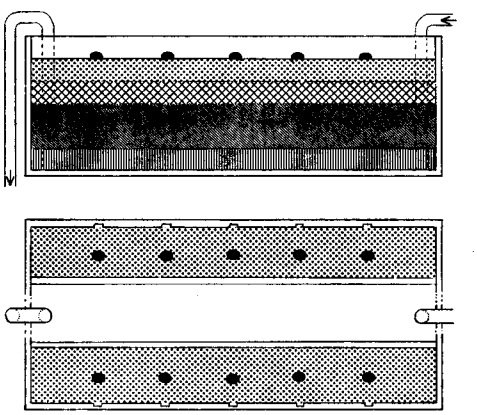


Fig. 3

Fig. 2. Arrangment of different size grains in experimental water tank. (As peracardis hide into the substratum near the wall when the animals touch the water tank, the sand's arrangment is needed to examine the size selection ability of the substratum by the animals.)

Fig. 3. Equipment for observed animals's burrowing position. Various size sand were vertically arranged in water tank, and sea water was poured into the vessel from the right tube. (After 1 minute, the water was taken away from left tube, and the equipment kept up at 15°C incubater. After 12 hours, burrowing animal's position was observed. Vertical arrangment of the sands in this figure corresponds to Fig. 9V).

間は出現しないことが予備調査で知られているので，観察は1970年6月から1972年11月まで3年にわたる出現期の各月中旬に1回ずつ，合計15回行った。この間に採集された種類は次のとおりである。

MALACOSTRACA 軟甲亜綱
Peracarida フクロエビ上目
Mysidacea アミ目
Archaeomysis kokuboi Ii コクボムカシアミ
Isopoda 等脚目
Excirolana japonica (Thielemann) ヒメスナホリムシ
Amphipoda 端脚目
Orchestia platensis Kröyer ヒメハマトビムシ
O. ochotensis Brandt オオハマトビムシ
Haustorioides japonicus Kamihira ナミノリソコエビ

このうち各調査時に出現したものは，コクボムカシアミ・ヒメスナホリムシおよびナミノリソコエビの3種で，ヒメハマトビムシとオオハマトビムシは，夏期に高潮線付近の調査地点で極く少数個体が採集されたにすぎない。

1. 動物の水平的分布 潮上帯から潮下帯への方向の地形は，砂質海岸につくられる微地形，ビーチカスプの発達がみられた場合と，波による砂浜の浸蝕が少なく微地形が形成されず平坦な汀線をもつ場合とがあり，前者は6回，後者は7回観察され，他の2回は，それらの中間にあって移行的段階にあるものであった。この2型の汀線の状況と動物の水平分布とは関連し，それぞれ1970年9月および10月に代表された。すなわち，9月の調査時に汀線は護岸壁より約10mのところにあり（図4），ビーチカスプの凹は7m，凸は9mのところにみられ，稜と稜との幅は約10mであった。当日午前10時から午後3時までの観察中にカスプいっぱいに波が押し寄せたのは5回ほどで，カスプの

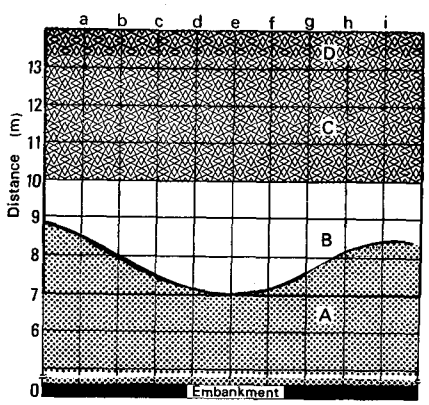


Fig. 4

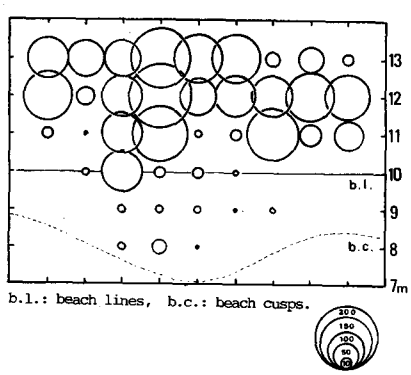


Fig. 5

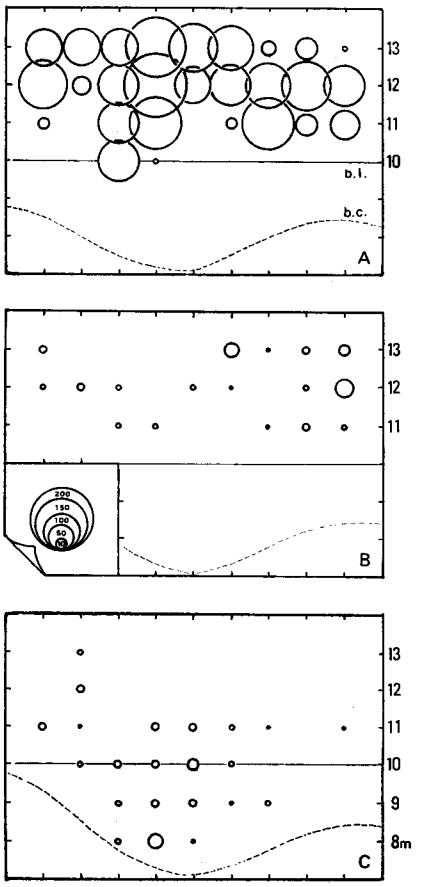
Fig. 4. Beach condition of investigation area. A: dry sand, B: slightly wet sand, C: wet sand, D: sea water-covered a sand. Arabic numerals show the distance from embankment.

Fig. 5. Horizontal distribution of peracarids on intertidal zone in September, 1970. Circular size shows the animal numbers per sampler (30 cm^2 in the base area, with 10 cm in height).

背後の砂は表面がよく乾燥していた。また，打ち上げ波が引き，砂が瞬間的に露出する位置は護岸壁より 13m のところである。このような当日の微地形を 1 単位として，1m ずつの等間隔採集を 81 地点で行ない，図 5 にサンプラーあたりの全採集個体数を示したが，動物は護岸から 8m 先の湿砂中ではじめて出現し，ほぼカスプの凹部を頂点とする逆三角状に分布し，特に波によく洗われる砂中に多く出現した。種類別に分布をみると図 6 A, B, C のようになる。ナミノリソコエビは汀線より波が引いてよく砂が露出する地帯に多く分布し，コクボムカシアミも同じ地帯に少数ではあるがほぼ一様に分布した。これとは対照的に，ヒメスナホリムシは汀線より潮上帯側のカスプの湾入部奥深くまで，少数ではあるが広く分布した。なお，ヒメハマトビムシとオオハマトビムシは高潮線付近で 1 標本に 1 個体ずつ観察されたのみである（図 4 の 6c, 6i の地点）。

10月の調査時にはカスプの形成がみられず，動物は 11m 付近ではじめて出現し低潮亜帯付近の 15m まで観察された（図 7）。個体密度は 14m 地点で最も多く，次いで 13m 地点であるとともに，汀線に平行なほぼ同じ密度分布であることが注目される。種類別にはナミノリソコエビが圧倒的に多く全個体数の 98% を占め，コクボムカシアミとヒメスナホリムシは 1% ずつで，その出現はランダムであった。

2. 動物の垂直的分布 砂中の生息深度の測定には，目盛をつけた透明なプラスチック製サンプラー



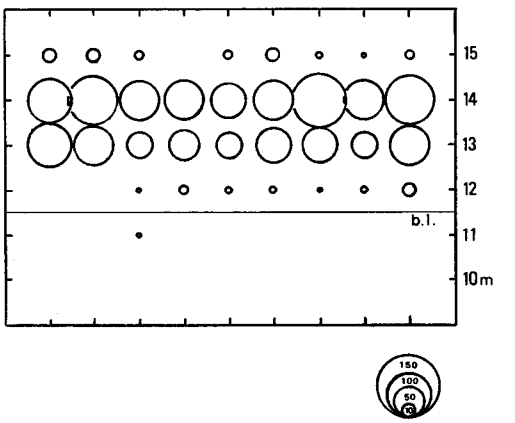


Fig. 7. Horizontal distribution of peracarids in October, 1970. Circular size shows animal numbers per sampler.

Fig. 6. Abundance of three peracards in September, 1970. A: *Haustorioides japonicus*, B: *Archaeomysis kokuboi*, C: *Excirolana japonica*.

が用いられた。動物の生息深度は種による違いがみられたが，時期的な差がないので，ここでは1971年7月に行った観察例をあげる。調査当日はバームが良く発達し，汀線は護岸壁より22mくらいのところに存在した。19mから25mまでにヒメスナホリムシ，23mから29mまでにコクボムカシアミとナミノリソコエビが生息していて，水平的には1970年9月型の分布と同じ傾向を示していた。ヒメスナホリムシが潜んでいた深さは，20～25mの地帯での中砂（μd 285, So 1.433, Sk 0.955）と粗砂（μd 860, So 1,540, Sk 0.964）の境まででであった（図8）。粗度組成の違いが本種の潜入深度を規定し，垂直的分布を決める要因の1つになっていることがうかがわれた。ナミノリソコエビが最も深く潜っていた地点は25m付近で深さ1.5cm，また29mで0.5cmの深さであり，ともに中砂層で，表面が粗砂からなる30～31mでは生息は観察されなかった。この種の潜入深度の相違もまた底質の粒度組成と関連があると考えられる。コクボムカシアミの潜入深度は0.5～1cmまでで大きな差はない。以上のようなフクロエビ類の垂直分布は，先に述べた9月型の水平的分布のときに特に明瞭に観察されたことが注目される。

10月型の時もナミノリソコエビとコクボムカシアミの生息深度は浅く，1cmまでの底質のごく表面近くの中砂層中に観察された。ヒメスナホリムシも前者とその潜んでいる深さは大きく違わず，潮上帯に近いところではやや深く1.5cmまで，潮下帯近くの粗砂からなる底質表面では0.5cmのところまでで採集され，垂直分布は基本的には9月型と同じと判断された。

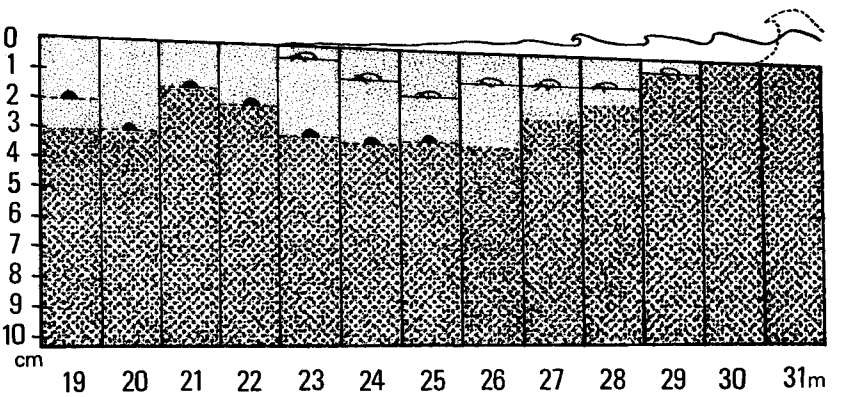


Fig. 8. Occurrence depth of two sandy beach animals. ◓: *Excirolana japonica*, ◓: *Haustorioides japonicus*. Both animals were limited by the texture of the sand, but the former was stronger than the latter in burrowing ability.

室内実験による分布の検討

1. 游泳速度 フクロエビ類の数量的水平分布は，微地形の有無と極めて密接な関係をもつことが野外観察の結果から得られたが，この分布の成因を確めるための静止水中での游泳速度の実験では，コクボムカシアミは6.24±0.37cm/secで，ヒメスナホリムシは16.45±3.38cm/sec，そしてナミノリソコエビは11.50±0.80 cm/secであった。この時の動物の生体重量は，それぞれ14.8mg，58.3mg，13.1mgである。ビーチカスプが形成される時化たときの打ち上げ波の速度は，波高50cmで1.95±0.26m/sec，1mで3.08±0.56m/secであって，このときの波のエネルギーは，動物の個体密度が最も多い地点に底面が平らで背面が丸味を帯びた石（長軸が7.3cm，短軸が4.6cm，重量128.5g）を置いたとき，その石をそれぞれ0.5m，1.70m移動させるほど強く底質表面の砂粒子も攪乱され，フクロエビ類の游泳力は時化たときの波の力に抗しえるものではないことが明らかとなった。

2. 底質の選択性 海浜の構成物質の粒径は，汀線付近で大きく沖へむかって細かくなり，また汀線付近でもステップと砂州のところで，粗大な粒子が卓越すると云われるが[12]，当調査地点の潮間帯という狭い範囲でも，その底質表面の粒子は低潮亜帯で粗く高潮亜帯で細いという違いが認められた。底質粒子の分布状態が動物の分布と密接な関連があることはこれまでの研究で指摘されていることであり[8,13-16]，この点に留意し潮間帯を構成している底質を極粗砂・粗砂・中砂の3段階に粒径区分し，フクロエビ3類種の粒度の選択性を観察した。実験に供した3種類とも各粒度とそこに潜んでいた個体数との間には有意な差は認められず（コクボムカシアミ： $F_0=0.300<F_{4,2}^{2}(0.05)$，ヒメスナホリムシ： $F_0=1.904<F_{4,2}^{2}(0.05)$，ナミノリソコエビ： $F_0=0.019<F_{4,2}^{2}(0.05)$），選択性があるとの結論は下しにくく，わずかにヒメスナホリムシは極粗砂よりも中砂を好む傾向がうかがわれたにすぎない（表1）。以上の1と2の実験観察より，潮間帯の砂中に生息するフクロエビ類は時化たとき打ち寄せる波に抗しきれず砂中より巻き上げられ移動をよぎなくされるが，潮上帯に達するまでに波のエネル

Table 1. *Experimental results of substratum size selection by three peracarids.* (*Arabic numerals correspond with* Fig. 2)

	A. kokuboi			*E. japonica*			*H. japonicus*		
	V.	C.	M.	V.	C.	M.	V.	C.	M.
I	10	8	6	9	11	10	20	17	23
	9	7	8	8	14	8	23	14	23
	6	9	9	8	12	10	17	23	20
	7	9	6	10	10	10	16	20	24
	8	6	9	8	10	12	20	20	20
II	7	7	10	9	9	12	22	11	27
	7	8	9	7	11	12	17	15	28
	13	6	5	10	6	14	25	16	19
	8	10	6	12	7	11	22	15	23
	7	8	9	10	8	12	23	14	23
III	5	9	10	8	9	13	19	23	18
	6	7	11	11	9	10	23	20	17
	8	9	7	11	9	10	16	30	14
	8	9	7	7	13	10	18	32	10
	6	8	10	11	13	6	18	28	14
	115	120	122	139	151	160	299	298	303

V: very coarse sand, C: coarse sand, M: medium sand.

ギーの弱わまった地点で，特に底質粒度の選択をすることなく潜り込むものと理解された。

3. 潜入深度 コクボムカシアミは游泳力の持続性が強く典型的なエビ相をなし，ヒメスナホリムシは背腹に扁圧しており，ナミノリソコエビは左右に側扁した体形をなしていて底質への潜入方法とその深度にも違いが認められた。コクボムカシアミは底質に平行に体を位置させ，胸肢で砂を沸き立たせるようにして体を沈め舞い落ちる砂で体を覆う。これに対してヒメスナホリムシとナミノリソコエビは胸肢を使い砂粒を堀り頭部から潜り込み，ヒメスナホリムシは砂中深くに身を沈めるがナミノリソコエビは頭部だけを砂表面に出して触角を活発に動かし口脚を用いて索餌活動をするという違いがあった。本実験でコクボムカシアミはどの粒度層でも1cmまでの深さに潜んでいたのに対し，ヒメスナホリムシは0.25～0.50mmの砂粒では水槽の5cmの底面までに約80%が達していて，さら

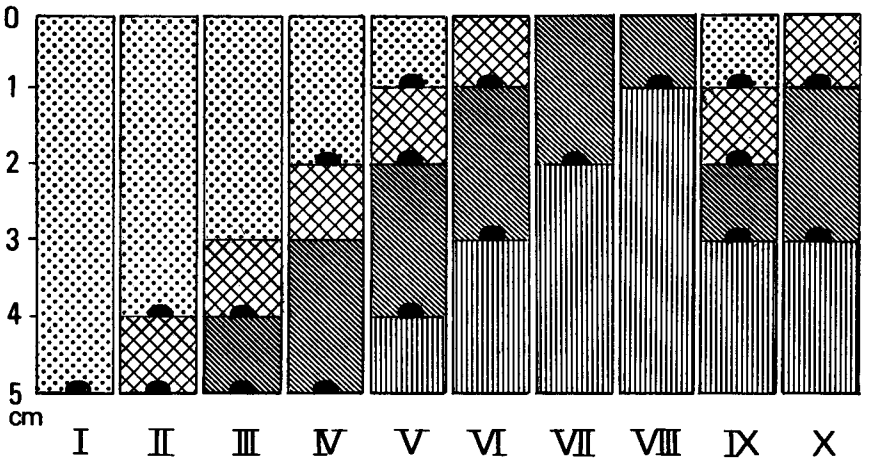


Fig. 9. Burrowing depth of *Excirolana japonica* in various experimental sand layers. The sand stratifications show the schema of vertical section that was observed in intertidal zone. Movement was very often limited by boundary layers.

に深く潜れそうである。しかし底質が粒度別に層化されていると，層と層との境が本種の潜入をしばしば阻止している状態が観察された（各実験平均72%，図9）。ナミノリソコエビは実験I～Vの0.25-0.50mmの砂粒では2cmの深さまで潜り込むが，0.5～2mmの砂粒では間隙を利用して1.5cmまで潜入していた。

4. 乾燥耐性 潜入深度を調べる実験では，採集したばかりの游泳力の活発な個体が用いられたが，一定時間後の観察時にしばしばコクボムカシアミが，まれにナミノリソコエビが死亡していた。動物の取扱いには十分気をつけていたので，この原因を砂粒中の間隙水の減少（乾燥）によるものと考え，乾燥に対する耐性を調べた。3種とも低温で長時間生存し高温では短時間で死亡したが（表2），種類別にはキチン外皮の薄いコクボムカシアミがもっとも弱く，次いで外皮は厚いが底節板の発達の悪いヒメスナホリムシが，そして外皮が厚く底節板も良く発達しているナミノリソコエビが最も乾燥に強いという結果が得られた。先の実験でヒメスナホリムシが全く死亡していないのに，最も乾燥に強いはずのナミノリソコエビがまれに死亡していたのは，前者は底質中に深く潜り込むことができ水槽の底近くにある間隙水を利用していたのに，後者は深く潜ることができなかったためと理解された。

Table 2. *The survival time at various air temperatures of three peracarids. The survival time has become shorter with increase in temperature.*

Temperature (°C)	*A. kokuboi*	*E. japonica*	*H. japonicus*
10	105±15 min.	120±30	120±30
15	90±15	105±15	105±30
20	75±15	75±15	90±15
25	60±15	60±15	90±15
30	45±15	50±10	75±15

論　　議

ビーチカスプが形成されるときの打ち上げ波の移動速度は，動物の静止水中での游泳力に比べて12-49倍ほどであり，この時の波のエネルギーは大礫をもかなり移動させる力があった。生体重量の極

めて小さい動物が砂表面にあるとき，またはその近くに潜んでいるばあい容易に移動させられると考えられる。打ち上げ波は勾配の大きい潮上帯近くに達するとその力は急速に衰えるが，フクロエビの底質の粒度に対する選択性は，室内実験で確められたように前浜で一般に観察される粒度範囲では見出されていないので，波の到達地点までの底質に潜入するものと考えられる。

実際に野外で動物が波により運搬移動させられることは，比較的波の穏やかな 1971 年 8 月における 1 観察例からも明かである（表 3）。当日の干潮時は 7 時 35 分，満潮時は 12 時 35 分であり波が定点に達する回数が多くなるにつれて，採集された個体数は明かに増加した。これは典型的な夏の良く晴れた日の潮汐周期による潮の満ちと海風による波によるものであり，カスプが形成されるような時化の波の強さでなくとも動物は移動することを示すであろう。なお，砂中に潜んでいる動物がどのようにして波に反応し，移動するのかについてはあまり明かではないが，森[9,10]はフジノハナガイ *Chion dysoni* の潮汐周期移動を観察し，この貝が砂中からとび出すのは打ち寄せる波の振動を感知することによるものであろうと考えている。また恩藤[11]もフクロエビ類のハマダンゴムシ *Tylos granulatus* とヒゲナガハマトビムシ *Talorchestia brito* は，波の周期的運動に伴ない移動し，波が浜に与える機械的振動および波により生ずる水流という環境因子が関係をもつことを報告している。

Table 3. *Animal number in sampler collected at the survey point and wave frequency with time elapsed.*

Time of observation	Wave frequency*	Animal numbers**
10:20-10:25	6	7
10:50-10:55	4	8
11:20-11:25	10	20
11:50-11:55	11	81
12:20-12:25	12	130
12:50-12:55	12	145

* reached to survey point.
** collected by sampler just after each time at survey point.

潮間帯の生物の生活を規定する要因として，波浪の強さ，潮汐そして底質の性状は特に重要なものと云われるが[12]，フクロエビ類の分布については粒度組成・有機物量などの環境因子と密接に関連しているという報告があり[13-16]，また分布を摂食様式を関連させた研究もある[17]。ところで当調査地点の前浜にカスプの形成されていないときの波の動きは，海岸線に平行に寄せては戻る往復運動として観察されたので，游泳が微弱でしかもプランクトベンシックなフクロエビ類は，波の強さがほぼ一定なとき岸に平行にほぼ等密度な水平分布をなすことが期待された。しかし，寄せる波は実際には多少とも強弱があるため潮上帯および潮下帯付近で低密度，その中間で高密度という 1970 年 10 月に観察されたような（図 7），汀線に平行ではあるがより幅のある広がりをもった数量的水平分布をなすものと理解された。一方，カスプが形成されているときの波の動きは複雑となり，海岸線に垂直に進んだ波は砕けて海浜面を打ち上げ，稜で 2 分し隣接した 2 つの湾の岸に沿って進む。それはエネルギーを消費して止まるか，反対側からきた水とぶっかって止まる。いったん止まるとその打ち上げ波は重力の影響だけを受け，最も急な（最短距離の）路を通って沖の方に戻るが，その急な路は水を湾の中央にある水路に導き，このとき下る水の速度は大きく底質をも動かす。そして次にくる波の前面で水は急に止められている[18]。このため動物の分布も，基本的にはカスプの形成されていないときのように，岸に平行に等密度な広がりをもつものの湾の中央潮下帯に近いところで特に密度が大きく，稜の近くでは底質の粒度が荒く潜入が阻止され，また湾奥部でも下る水の大きな速度のため底質が動

かされ不安定なため密度が小さいという 1970 年 9 月に観察された（図 5） 逆三角形の水平的分布が形成されるものと考えられた。

9 月型の水平分布のとき，高潮亜帯にはヒメスナホリムシそして中・低潮亜帯にはコクボムカシアミとナミノリソコエビが生息するよう帯状分布が頻繁に観察されたが，これは海浜の状況から前日にかなり波浪が強く，場所によっては波が護岸壁近くまで押し寄せることもあって動物も移動をよぎなくされ，その後の天気の回復で波が穏やかになったとき，動物の 1 部にはこの急激な波浪の変化に応じ移動しきれずに高潮亜帯にとり残されたと考えられる。しかし，とり残されたもののうちヒメスナホリムシは深く砂中に潜り込むことによって乾燥に耐えたが，潜入力の弱いコクボムカシアミとナミノリソコエビは，表層で砂の乾燥とともに死亡したためと判断された。このことはコクボムカシアミとナミノリソコエビの遺骸がしばしば浪痕を描いて砂表面に堆積していたことと，先の室内実験の観察からも裏付けられる。すなわち，コクボムカシアミの索餌活動は游泳中になされ，底質への潜入は体の休止を捕食者からの逃避にあり，その潜入方法は前述したように他 2 種に比べて特異で深く潜れない。ナミノリソコエビの游泳は場所の移動が主で，索餌は底質に潜り体を支えながら頭部をその表面に出し，水流によって運ばれてくる餌を捕えることが一般的である。このような索餌方法は砂中生息性の端脚類 *Bathyporeia* spp. でも知られている[19]。一方，ヒメスナホリムシの索餌活動は游泳しながら行うが，体型は背腹に扁圧されているため，打ち上げ波に乗ったとき先述の 2 種よりも遠方まで運ばれやすいことが野外で観察されており，しかも深く潜るのでかえって波浪の変化に対応できず高潮亜帯に取り残されるという結果になり，図 6 および図 8 でみたような帯状分布が形成されたと考えられる。

以上のごとく，浅砂浜潮間帯に生息するフクロエビ類の水平的分布は，波の物理的な力に依るところが大きいが，これに微地形の発達ぐあいも関与しており，重直的分布には動物自身の形態とそれに伴う底質への潜入能力，索餌の行動様式，乾燥耐性というような生物的諸性質が主に反映していると考察した。

謝　　辞

本論文の御校閲ならびに御助言を戴いた北海道大学水産学部教授箕田嵩博士に深甚なる感謝の意を表する。また研究中終始有益なご教示を賜わった前北海道大学教授川村輝良博士に厚くお礼申し上げる。本研究は函館大学特別研究費の援助によりなされた。ここに記して謝意を表する。

文　　献

1) 原田英司・川那部浩哉 (1955) コメツキガニの行動と相互作用. 日生態会誌 **4**, 162–165.
2) 小野勇一 (1957). チゴガニの個体間の相互関係. 同誌 **59**, 87–89.
3) 小野勇一 (1960). 同上 (II) 集団の高密度調節機能つにいて. 同誌 **10**, 161–168.
4) Ono, Y. (1962). On the habitat preference of ocypoid crabs I. *Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. E (Biol.)*, **3**, 143–163.
5) Ono, Y. (1965). On the ecological distribution of ocypoid crabs in the estuary. *Ibid.* **4**, 1–60.
6) 秋山章男・松田道生 (1974). 干潟の生物観察ハンドブック. 335 p. 東洋館出版社, 東京.
7) 和田恵次・土屋 誠 (1975). 蒲生干潟における潮位高と底質からみたスナガニ類の分布. 日生態会誌 **25**, 235–238.
8) 土屋 誠・栗原 康 (1976). 宮城県蒲生干潟における底生動物の分布と微細粒子の挙動に関する研究. 生理生態 **17**, 145–151.
9) 森 主一 (1938). フジノハナガイの潮汐周期移動とその行動解析, I. 動物学雑誌 **50**, 1–12.
10) 森 主一 (1950). 同上 II. 同誌 **59**, 87–89.
11) 恩藤芳典 (1958). ハマダンゴムシの日週期活動. IV. 波の週期的な運動に伴なう週期活動（ヒゲナガハマトビムシとの比較), 日生態会誌 **8**, 84–90.

12) 時岡隆ほか (1972). 海浜域における生物群集の構造と維持. p. 204–206. 海の生態学. 317 p. 築地書館, 東京.
13) Wieser, W. (1959). The effect of grain size on the distribution of small invertebrates inhabiting the beach of Puget Sound. *Limnol. Oceanogr.* **4**, 181–194.
14) Meadows, P.S. (1964). Substrate selection by *Corophium* species. The particle size of the substrates. *J. Anim. Ecol.* **33**, 387–395.
15) Marzolf, G.R. (1965). Substrate relations of the burrowing amphipod *Pontoporeia affinis* in lake Michigan. *Ecology*, **46**, 579–592.
16) Fincham, A.A. (1971). Ecology and population studies of some intertidal and sublittoral sand-dwelling amphipods. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* **51**, 471–488.
17) Sanders, H. (1958). Benthic studies in Buzzards Bay. I. Animal-sediment relationships. *Limnol. Oceanogr.* **3**, 245–258.
18) Bascom, W. (1964). *Kaiyo no kagaku.* (Translated from the English by Yoshida, K. and Uchio, T., 1970), 288p. Kawade Syobo Shinsya, Tokyo. (In Japanese).
19) Nicolaisen, W. and Kanneworff, E. (1969). On the burrowing and feeding habits of the amphipods *Bathyporeia pilosa* Lindstrom and *Bathyporeia sarsi* Watkin. *Ophelia*, **6**, 231–250.