

## 鹿児島県吹上浜における 漂着物が小型底生生物の群集構造に及ぼす影響

南條楠土<sup>1†</sup>, 古賀洋平<sup>2</sup>, 春原祥吾<sup>2</sup>, 須田有輔<sup>1</sup>

### Effects of drifting materials on benthic macrofaunal community in Fukiagehama Beach

Kusuto Nanjo<sup>1†</sup>, Yohei Koga<sup>2</sup>, Shogo Sunohara<sup>2</sup> and Yusuke Suda<sup>1</sup>

**Abstract:** In order to clarify the effects of drifting macrophyte wracks and other materials on benthic macrofaunal community in sandy beaches, species richness and abundance of small benthic macroinvertebrates and sediment conditions (median grain size, sediment moisture, penetration resistance and temperature) were compared among the macrophyte wrack area (MA), drifting material area (DM) and sand area (SA) in the reflective, intermediate and dissipative beach type zones in Fukiagehama Beach, southern Kyusyu island, in May and October, 2015. A total of 4,200 individuals, comprising 12 species (7 families) were collected by quantitative sampling. Talitridae was the most dominant family in species richness and abundance (5 species, 4,453 individuals). In May, *Sinorchestia nipponensis* was particularly dominant, comprising 41.4% of the total individual number, whereas *Excirolana chiltoni* was most dominant in October (35.7%). In addition, terrestrial beetles such as Staphylinidae sp. and Hydrophilidae sp. were also collected. Mean species and individual numbers were significantly higher in MA and DM compared to SA in May, suggesting such drifting wracks and materials may be important for Talitridae as food sources and low temperature- and moist-microhabitats. However, such tendencies did not observed in October, when *Excirolana chiltoni* was dominant. For such an infaunal species, macroalgal wrack and other materials on sediment surfaces may not be a determinant factor affecting their distributions.

**Key words:** sandy beach, macrophyte wrack, drifting material, benthic macrofaunal community, Talitridae

## 緒 言

砂浜は沿岸に形成される砂を主とした地形であり、海浜植生の前縁から低潮時の引き波の最下降点までの陸地部分である<sup>1)</sup>。砂浜では潮や波の影響によりドリフトラインが日々形成され、そこには打ち上げられた海藻や植物片などが線状に堆積する。砂浜は生息する生物の少ない場所であると認識されがちであるが、近年の研究により、砂浜にもスズキ科やウシノシタ科などの魚類<sup>2,3)</sup> やスナガニ類やハマトビムシ類などの小型無脊椎動物<sup>4)</sup> など、多くの生物が生息することが明らかにされてきた。

豊かな生物群集を有する砂浜の一例として鹿児島県の吹

上浜が挙げられる。吹上浜の大きな特徴は、同海岸北部では急勾配で砂粒の大きい反射型砂浜、南部では勾配が緩やかで砂粒の小さい逸散型砂浜という異なる砂浜タイプがひとつの砂浜内に存在していることである<sup>5)</sup>。また吹上浜は東シナ海に面する開放的な砂浜であるため、様々なタイプの生物が生息すると同時に多くの漂着物が国内外から流れ着く<sup>6)</sup>。漂着物としてよくみられるのは褐藻ホンダワラ科の海藻類、木片、貝殻、さらに破損したブイやペットボトルといった人工物である<sup>6)</sup>。こうした漂着物の下にはハマトビムシ類などの小型底生生物が多数群生するのがしばしば観察されるため、これらの生物にとって漂着物は重要な生息場所を提供していると考えられる<sup>7)</sup>。しかし、国内に

1 国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産大学校 生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University)

2 国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産大学校 生物生産学科 学生 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University)

† 別刷り請求先: knanjo@fish-u.ac.jp

における漂着物に関する研究では、環境問題の観点から漂着物そのものを調査するビーチコーミング<sup>8)</sup>や、漂着物処理方法<sup>9)</sup>を検討したことが多い。さらに、漂着海藻を利用する小型底生生物群集に関する研究は、海藻が大量に打ちあがる海外の砂浜において行われたものが多く<sup>7, 10, 11)</sup>、日本のように漂着海藻の量が相対的に少ない一般的な砂浜における研究例はほとんどない。このため、国内の砂浜において漂着物の種類や有無によって、その周辺に生息する底生生物の種類や個体数がどのように変化するかはよくわかっていない。一般に砂浜は植物プランクトンや底生微細藻類などによる自生的生産性が低いため、漂着海藻などの他生的資源が生態系に及ぼす影響が大きいといわれている<sup>1)</sup>。したがって、漂着海藻が砂浜の生物を介して砂浜生態系の物質循環に及ぼす影響を明らかにするためにも、漂着海藻と底生生物の関係を検討することは重要であると考えられる。

そこで本研究では鹿児島県吹上浜を調査地とし、漂着物の量が異なる反射型、中間型、逸散型の3タイプの砂浜において、漂着物の有無や種類の異なる場所間で小型底生生物の種数、個体数、種組成が異なるかどうかを調べた。また、底質の粒径や含水率、地中温度などの物理環境の変化も同時に調べることで、漂着物が砂浜の小型底生生物の群集構造にどのような影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とした。

## 材料と方法

### 調査地と調査期間

調査地である鹿児島県吹上浜は薩摩半島の西岸に位置し、海岸総延長約30 kmにも達する日本有数の長大な砂浜海岸である<sup>12)</sup> (Fig. 1)。同海岸は北部から南部にかけて海岸勾配が緩やかになるとともに砂浜幅が増大する特徴をも

つ<sup>12)</sup>。これらの特徴を地形動態理論<sup>13)</sup>に基づいて分類すると、吹上浜は北部から順に反射型砂浜(神之川地区)、中間型砂浜(京田地区)、逸散型砂浜(小湊地区)の3タイプに区分することができるため、本研究ではこの3タイプの砂浜を調査地点とした (Fig. 2)。

3つの砂浜タイプの調査地点において、まずドリフトライン上を歩いて漂着物を目視で確認し、漂着物の有無と種類の条件が異なる3種類の調査区をそれぞれ4ヶ所ずつ設定した ( $n = 4$ ) (Fig. 3)。

- (1) 漂着海藻区 (Macrophyte wrack area ; MA) : ホンダワラ科などの海藻が漂着した場所
- (2) 漂着物区 (Drifting material area ; DM) : 木片、貝殻などの海藻以外の物が漂着した場所
- (3) 砂裸地区 (Sand area ; SA) : 漂着物が存在しない場所

調査は2015年5月(春季)と10月(秋季)の大潮と中潮時において満潮から1~2時間後に行った。なお、5月の

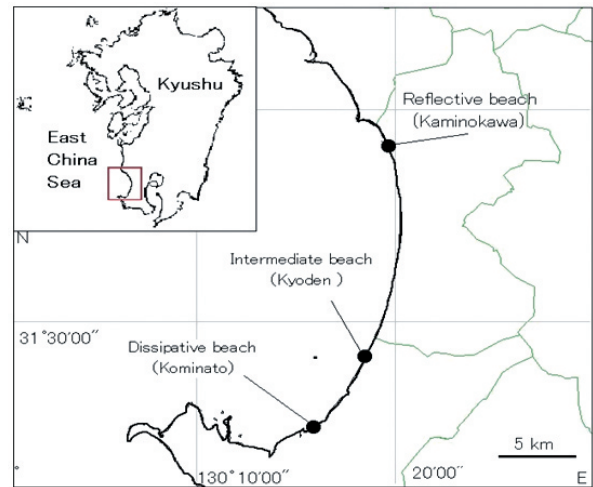


Fig. 1. Map of the Fukiagehama Beach located on southwestern Kyushu, which includes reflective, intermediate and dissipative beach types.

### Reflective beach



### Intermediate beach



### Dissipative beach



Fig. 2. Reflective, intermediate and dissipative beaches in the Fukiagehama Beach.

反射型と中間型、10月の反射型砂浜においては漂着海藻が存在しなかったため、漂着海藻区を設けることはできなかった。

#### 物理環境

各砂浜タイプの調査区において底質の含水率、中央粒径値、貫入度、および地中温度を計測した。各項目について、3種類の調査区ごとに繰り返しの数はコドラート数と同様の4とした ( $n = 4$ )

中央粒径値はふるい分析法によって求めた。まず、各砂浜タイプの調査区において表層の砂約150 gをプラスチック容器(縦4 cm × 横3 cm × 深さ2 cm)を用いて採集した。塩抜き処理後の砂サンプルを1 L容器に入れ、過酸化水素を加えて有機物を除去した。その後、乾燥させたサンプルをマイクロ形電磁振動ふるい器(筒井理化学器械製, M-2型)を用いてふるい分けた。その際、2000, 1000,

500, 250, 180, 125, 63  $\mu\text{m}$ の目合いのステンレス製のふるいを用いた。その後、電子天秤を用いて各ふるいに残留したサンプルを1/1000gまで秤量した。

含水率については漂着物のある区画では漂着物直下の表層の砂を、砂裸地区では表層の砂をティースプーン1杯で約4 gすくい取った後に、密閉できる袋に詰めた。研究室に戻った後、持ち帰った砂サンプルを1/1000 gまで秤量し、乾燥処理後の重量の減少量より含水率(%)を算出した。

底質の固さの指標として、各調査区の底質貫入度を調べた。各砂浜タイプの調査区においてDigital Force Gage (AD-74932A-50N, エー・アンド・デイ社製, 550 g)を使用し、測器の測定棒を底質に垂直になるように配置し、ゼロ補正をおこなった。自重で沈むように測器を支え、測定部が底質に3 cm沈んだときの値を貫入度として記録した。なお、測器の自重だけでは測定部が沈まない場合は、

Macrophyte wrack area



Drifting material area



Drifting material area



Sand area



Fig. 3. Macrophyte wrack area, drifting material area and sand area in the Fukiagehama Beach.

測定棒が3 cm沈むまで測定者が上方より徐々に力を加えた。

また, 各砂浜タイプの調査区において, 屈曲温度計を用いて表層から0 cm, 5 cm, 10 cmの深さの地中温度を測定した。

### 漂着物と底生生物

各砂浜タイプの調査区において, 海藻や漂着物が中に納まるように50 cm×50 cmのコドラートを置き, 漂着物に付着している底生生物を逃がさないようにコドラート内の漂着物を45 Lゴミ袋にすばやく入れた。そのあと, 口を絞った袋の中に殺虫剤スプレーを噴射して底生生物を処理した。漂着物を除いたコドラート内において10 cmの深さまでシャベルにより砂を採集し, 掘った砂を目合1 mmのふるいでふるって底生生物と砂を分けた。各調査区においてそれを4回繰り返した (n = 4)。採集した生物は調査日時と調査番号を記入したラベルと共に不織布に入れて現地でホルマリン固定した。回収した生物サンプルを小型生物と漂着物に選り分け, 森野<sup>14)</sup>と森野・向井<sup>15)</sup>にしたがって各生物の種同定を行った。次に底生生物の個体数を計数し, 湿重量を秤量した。また, 採集した漂着物の湿重量も秤量した。

### 統計解析

出現した底生生物の平均種数と個体数が砂浜タイプ間と調査区間でどの程度異なるかどうかを調べるために, 5月と10月のデータに対してそれぞれ二元配置分散分析を行った。この分析の結果, 交互作用が見られた場合には, 一元分散分析と多重比較法 (Turkey-Kramer法) を用いて砂浜タイプ間と調査区間における有意差の有無を検討した。また, 貫入度, 中央粒径値, 含水率についても同様に解析した。地中温度については, 砂浜タイプ, 調査区, および深さを要因として三元配置分散分析を行った。解析の際にデータの等分散性と正規性を得るため, 含水率のデータは逆正弦変換 ( $\arcsin\sqrt{x}$ ) を, それ以外のデータは対数変換 [ $\log(x+1)$ ] を行った。以上の統計解析には, 統計解析ソフトウェア SPSS Statistics Version 22 (International Business Machines Corporation, 2013) を用いた。

## 結 果

### 物理環境

中央粒径値は5月と10月ともに北側の反射型から南側の逸散型に向かって小さくなる傾向が認められ (Table 1), これらの値は砂浜タイプ間で有意に異なり, 反射型で最も大きく, 逸散型で最も小さかった ( $p < 0.01$ ) (Table 2)。各砂浜タイプにおける平均中央粒径値は, 反射型で $0.41 \pm 0.2 \sim 0.51 \pm 0.1$  mm, 中間型で $0.20 \pm 0.1 \sim 0.30 \pm 0.1$  mm, 逸散型で $0.19 \pm 0.1 \sim 0.34 \pm 0.2$  mmであり (Table 1), 反射型は中砂～小礫, 中間型は細砂～粗砂, 逸散型は細砂～中砂の粒子で主に構成されていた。一方, 調査区間に違いは認められなかった。

含水率は5月では調査区間で有意に異なり, 砂裸地区よりも漂着海藻区と漂着物区で有意に高かった ( $p < 0.01$ ) (Tables 1, 2)。一方, 10月では砂浜タイプ間で異なり, 反射型で最も低かった ( $p < 0.001$ ) (Tables 1, 2)。

底質の貫入度は5月と10月ともに砂浜タイプ間で異なり, 反射型で低く, 逸散型で高かった ( $p < 0.01$ )。一方, 調査区間に違いは認められなかった。

地中温度は5月と10月ともに深さによって異なり, 表層0 cmで最も高く, 10 cmで最も低かった ( $p < 0.001$ ) (Tables 1, 2)。また, 5月では調査区間でも異なり, 漂着海藻区と漂着物区よりも砂裸地区で有意に高かった ( $p < 0.05$ ) (Tables 1, 2)。一方, 10月では反射型と中間型よりも逸散型で高い傾向にあった ( $p < 0.01$ ) (Tables 1, 2)。

### 漂着物と底生生物

5月の調査では, 漂着物はすべての砂浜タイプにみられ, 主に木片, 貝殻, 落葉などであった。一方, 漂着海藻はホンダワラ類 *Sargassaceae* sp. が逸散型においてのみ認められた。各砂浜タイプにおける漂着物の平均重量は, 反射型で $2805.3 \pm 574.9$  g /0.25 cm<sup>2</sup>, 中間型で $1312.5 \pm 750.1$  g /0.25 cm<sup>2</sup>, 逸散型で $253.5 \pm 189.7$  g /0.25 cm<sup>2</sup>と反射型で最も多かった。逸散型にみられた漂着海藻の平均重量は $84.5 \pm 82.7$  g /0.25 cm<sup>2</sup>であった。10月では, 漂着物の重量は反射型で $95.3 \pm 45.0$  g /0.25 cm<sup>2</sup>, 中間型で $125.5 \pm 82.3$  g /0.25 cm<sup>2</sup>, 逸散型で $219.0 \pm 198.9$  g /0.25 cm<sup>2</sup>と逸散型で多い傾向がみられた。中間型と逸散型でみられた漂着海藻の重量はそれぞれ $99.5 \pm 39.6$  g /0.25 cm<sup>2</sup>,  $198.0 \pm 106.3$  g /0.25 cm<sup>2</sup>であった。

生物調査の結果, 合計7科12種4,200個体の生物が採集された (Table 3)。このうちハマトビムシ科 *Talitridae* が

5種2,168個体を占め、種数と個体数ともに最も多かった。これらのハマトビムシ類は特に5月に多く出現し、個体数の最も多かったニホンスナハマトビムシ *Sinorchestia nipponensis* は1,738個体（総個体数の41.4%）採集された（Table 3）。これに次いでスナホリムシ科のヒメスナホリムシ *Excirologa chiltoni* が1,501個体（35.7%）を占め、本種は10月に多かった（Table 3）。また、これらの他にナミノ

コガイ *Latona cuneata*、ハマダンゴムシ *Tylos granuliferus* などのほか、ハネカクシ科 *Staphylinidae* sp. やガムシ科 *Hydrophilidae* sp. などの陸上昆虫類も採集され、これらは特に5月に多かった（Table 3）。

小型底生生物の平均種数と個体数は、5月では砂浜タイプ間と調査区間で有意に異なり、漂着物のある2区のほうが砂裸地区よりも有意に多かった（ $p < 0.001$ ）（Table 4）。

**Table 1** Mean values ( $\pm$  SD) of environmental factors at each area in each beach type in May and October. MA, macroalgal wrack area; DM, drifting material area; SA, sand area.

		May								
		Reflective beach			Intermediate beach			Dissipative beach		
		MA	DM	SA	MA	DM	SA	MA	DM	SA
Median diameter (mm)			0.45 $\pm$ 0.1	0.46 $\pm$ 0.1		0.25 $\pm$ 0.1	0.28 $\pm$ 0.1	0.19 $\pm$ 0.1	0.20 $\pm$ 0.1	0.20 $\pm$ 0.1
Sediment moisture (%)			3.35 $\pm$ 0.9	1.05 $\pm$ 1.1		8.08 $\pm$ 0.5	1.65 $\pm$ 1.3	11.57 $\pm$ 7.0	7.70 $\pm$ 1.8	3.80 $\pm$ 3.7
Penetration (N)			9.00 $\pm$ 1.1	6.21 $\pm$ 2.4		15.20 $\pm$ 3.3	17.08 $\pm$ 10.9	18.54 $\pm$ 7.0	17.29 $\pm$ 3.1	14.03 $\pm$ 2.3
Temperature (°C)	0 cm		23.8 $\pm$ 0.9	31.6 $\pm$ 2.3		27.1 $\pm$ 1.0	35.3 $\pm$ 1.9	24.6 $\pm$ 2.3	24.5 $\pm$ 0.6	26.4 $\pm$ 0.3
	5 cm		22.8 $\pm$ 0.5	27.9 $\pm$ 0.9		25.6 $\pm$ 1.1	31.6 $\pm$ 2.8	24.0 $\pm$ 1.3	23.8 $\pm$ 0.5	24.6 $\pm$ 0.3
	10 cm		22.9 $\pm$ 0.3	25.3 $\pm$ 1.9		23.8 $\pm$ 0.3	26.5 $\pm$ 2.3	22.8 $\pm$ 1.0	22.6 $\pm$ 0.5	22.3 $\pm$ 0.5

		October								
		Reflective beach			Intermediate beach			Dissipative beach		
		MA	DM	SA	MA	DM	SA	MA	DM	SA
Median diameter (mm)			0.51 $\pm$ 0.1	0.41 $\pm$ 0.2		0.25 $\pm$ 0.1	0.30 $\pm$ 0.1	0.20 $\pm$ 0.1	0.27 $\pm$ 0.1	0.34 $\pm$ 0.2
Sediment moisture (%)			3.48 $\pm$ 1.8	2.21 $\pm$ 2.1		9.53 $\pm$ 4.1	19.56 $\pm$ 6.5	14.80 $\pm$ 9.5	12.42 $\pm$ 1.7	8.06 $\pm$ 3.4
Penetration (N)			4.46 $\pm$ 1.5	7.96 $\pm$ 3.58		22.25 $\pm$ 11.0	18.15 $\pm$ 6.9	25.65 $\pm$ 10.2	6.00 $\pm$ 0.2	5.56 $\pm$ 0.4
Temperature (°C)	0 cm		31.0 $\pm$ 2.2	34.5 $\pm$ 0.9		29.0 $\pm$ 0.6	30.9 $\pm$ 1.8	32.0 $\pm$ 0.4	30.9 $\pm$ 0.8	31.3 $\pm$ 0.5
	5 cm		27.0 $\pm$ 3.0	31.3 $\pm$ 0.7		26.0 $\pm$ 1.1	28.0 $\pm$ 1.4	28.1 $\pm$ 1.0	27.6 $\pm$ 0.5	28.8 $\pm$ 0.9
	10 cm		22.0 $\pm$ 2.2	26.0 $\pm$ 2.0		23.3 $\pm$ 1.6	25.1 $\pm$ 1.0	23.8 $\pm$ 1.0	26.0 $\pm$ 0.4	24.8 $\pm$ 1.3

**Table 2** Results of a three-way ANOVA and two-way ANOVA testing differences in median grain size, sand moisture, penetration resistance and sand temperature among areas and beach types in May and October. Ref, reflective beach; Int, intermediate beach; Dis, dissipative beach; MA, macroalgal wrack area; DM, drifting material area; SA, sand area.

		May					October				
		df	MS	f	p	Tukey test	df	MS	f	p	Tukey test
Median grain size											
Beach type		2	0.108	50.02	< 0.001*	Dis < Int < Ref	2	0.070	7.903	< 0.01*	Dis < Int < Ref
Area		2	0.001	0.216	0.807		2	0.018	2.099	0.145	
Beach type $\times$ Area		2	0.001	0.141	0.870		2	0.002	0.220	0.882	
Residuals		21	0.002				21	0.009			
Sediment moisture											
Beach type		2	0.854	1.058			2	6.6	22.18	< 0.001*	Ref < Int, Dis
Area		2	4.774	5.913	< 0.01*	SA < MA, DM	2	0.260	0.878		
Beach type $\times$ Area		2	0.737	0.913			2	0.433	1.459		
Residuals		21	0.807	19.74			21	0.297			
Penetration resistance											
Beach type		2	3.892	7.304	< 0.01*	Ref < Int, Dis	2	17.18	28.50	< 0.001*	Ref, Int < Dis
Area		2	0.363	0.680	0.517		2	0.757	1.257		
Beach type $\times$ Area		2	0.219	0.411	0.668		2	0.236	0.392		
Residuals		21	0.533				21	0.603			
Sand temperature											
Beach type		2	0.028	60.74	0.341		1	0.004	7.054	< 0.01*	Ref, Int < Dis
Area		2	0.033	72.24	< 0.05*	DS, MA < SA	2	0.002	2.939	0.059	
Depth		2	0.024	51.89	< 0.001*	0 cm < 5 cm < 10 cm	3	0.092	178.5	< 0.001*	0 cm < 5 cm < 10 cm
Beach type $\times$ Area		3	0.010	21.62	0.215		2	0.002	1.403	0.256	
Beach type $\times$ Depth		4	0.001	2.288	0.961		3	0.001	0.994	0.416	
Area $\times$ Depth		4	0.003	6.885	0.892		6	0.001	1.487	0.215	
Beach type $\times$ Area $\times$ Depth		6	0.001	0.533	0.712		6	0.000	0.902	0.498	
Residuals		21					21				

特に個体数は逸散型の漂着海藻区において他の区よりも顕著に多かった (Fig. 4)。また個体数は反射型よりも中間型と逸散型で多かった ( $p < 0.001$ )。

一方, 10月では5月とは異なる傾向が認められた。平均種数は砂浜タイプ間で有意に異なり ( $p < 0.001$ ), 中間型で多い傾向にあった (Fig. 4)。個体数においては一次の交互作用がみられたが (Table 4), その後の解析では有意な差は認められなかった。

各砂浜タイプの調査区に出現した優占種の個体数割合を Fig. 5に示した。5月ではほとんどの砂浜タイプの調査区においてハマトビムシ類が大部分を占め, ニホンスナハマトビムシやヒメハマトビムシ *Platorchestia joi*が多かった。また, 漂着海藻区と漂着物区には陸生昆虫類のハネカクシ科やガムシ科も出現した (Fig. 5)。一方, 10月では5月に優占していたハマトビムシ類の個体数は減少し, 代わりにヒメスナホリムシが顕著に多かった。

## 考 察

本研究により, 鹿児島県吹上浜において, 漂着物は小型底生生物の群集構造に大きな影響を及ぼすことが明らかになった。特にホンダワラ類の流出量が増加する5月において, その傾向は顕著であった。この時期, 吹上浜の潮間帯ではハマトビムシ類が優占しており, 漂着海藻区と漂着区におけるこれらの種数と個体数は砂浜地区よりも顕著に多く, さらに, 漂着海藻区では漂着物区よりも個体数が多かった。アメリカ西部, ソマリア, およびオーストラリア南西部の砂浜においても, 漂着海藻量の多い砂浜では小型底生生物の種数や個体数が豊富であることが報告されているため<sup>7, 10, 11</sup>), 漂着海藻量と底生生物の種数や個体数が正の関係を示すことはある程度一般的な傾向であると考えられる。一方, 吹上浜では10月にはヒメスナホリムシが優占しており, 漂着物の有無や種類によるこれらの個体数の変化は5月よりも不明瞭であった。

物理環境について調べた結果, 調査区間で明瞭な差異が

**Table 3** Total number of individuals of small benthic macroinvertebrates collected at each area in each beach type in May and October. MA, macroalgal wrack area; DM, drifting material area; SA, sand area.

Family	Species	May									October									
		Refletive			Intermediate			Dissipative			Refletive			Intermediate			Dissipative			
		MA	DM	SA	MA	DM	SA	MA	DM	SA	MA	DM	SA	MA	DM	SA	MA	DM	SA	
Donacidae	<i>Latona cuneata</i>																			
Talitridae	<i>Sinorchestia nipponensis</i>		11	1	68	21	1441	64	13		1			2	15					
	<i>Platorchestia joi</i>		21		61		73	99	1				33	2						4
	<i>Sinorchestia sinensis</i>						14	5												
	<i>Trinorchestia trinitaris</i>		23	1							2				3			1		24
	Talitridae spp.		5		6		4	4	6		1		33	1			3			
Cirolanidae	<i>Excirrolana chiltoni</i>				36		62	4	2			3	754	251	135	29	128		97	
Tylidae	<i>Tylos granuliferus</i>		2		2		4	2												
	Idoteidae sp.										1									
Formicidae	Formicidae sp.				7															
Staphylinidae	Staphylinidae sp.				9		207	6						1						
Hydrophilidae	Hydrophilidae sp.				37		233	2												

**Table 4** Results of a two-way ANOVA testing differences in mean numbers of species and individuals among areas and beach types in May and October. Ref, reflective beach; Int, intermediate beach; Dis, dissipative beach; MA, macroalgal wrack area; DM, drifting material area; SA, sand area.

	May					October				
	df	MS	f	p	Tukey test	df	MS	f	p	Tukey test
Number of species										
Beach type	2	1.165	11.18	< 0.001*		2	1.508	14.68	< 0.001*	
Area	2	2.583	24.79	< 0.001*	SA < MA, DM	2	0.045	0.440	0.649	
Beach type × Area	2	0.156	1.499	0.246		2	0.237	2.303	0.103	
Residuals	21	0.104				21	0.103			
Number of individuals										
Beach type	2	13.16	37.40	< 0.001*	Ref < Int, Dis	2	29.4	33.22	< 0.001*	
Area	2	27.63	78.51	< 0.001*	SA < MA, DM	2	0.557	0.629	0.542	
Beach type × Area	2	0.095	0.270	0.766		2	3.557	4.021	< 0.05*	
Residuals	21	0.352				21	0.885			

生じていたのは底質の含水率と地中温度であり、砂の粒径や貫入度に大きな差はみられなかった。一般に砂浜の潮間帯には植生や岩礁などの自然の構造物がほとんどないため、日射による影響を受けやすい。これにより、干潮時の後浜では底質が乾燥し、地中温度も短時間で急激に上昇する。砂浜に生息している表在性の小型端脚類は曇りや雨天時、または夜間の低温・高湿条件で活発に活動し<sup>16)</sup>、高温・乾燥への耐性があまり強くないため<sup>17)</sup>、これらの生物にとって日中の干潮時は厳しい環境となる。これに対し、漂着海藻や漂着物の下は日射が遮られるために含水率が高く、地中温度もある程度相対的に低く保たれていた。したがって、ハマトビムシ類にとって漂着物の下は日中の高温・乾燥条件にさらされる干潮時に利用することのできる好適

な微細生息場であると考えられる。

また、漂着物の種類の違いに着目すると、特に5月には重量の多い漂着物区よりも、重量の少ない漂着海藻区で小型底生生物の個体数が多かった。これは漂着海藻そのものやその付着物をハマトビムシ類が餌として利用しているためであると考えられる。実際、調査期間中に採集された漂着海藻のホンダワラ類には、藻体だけでなく、表面に付着するデトリタスや、海藻とともに流れ着いたワレカラ類などの小型底生生物が確認されたため、これらがハマトビムシ類にとって重要な餌資源となっていると思われる。藻場から流出した流れ藻が砂浜の小型端脚類の餌となることは海外の砂浜からの報告されている<sup>18)</sup>。Ince et al. (2007) はオーストラリア南西部の砂浜において小型底生生物の炭

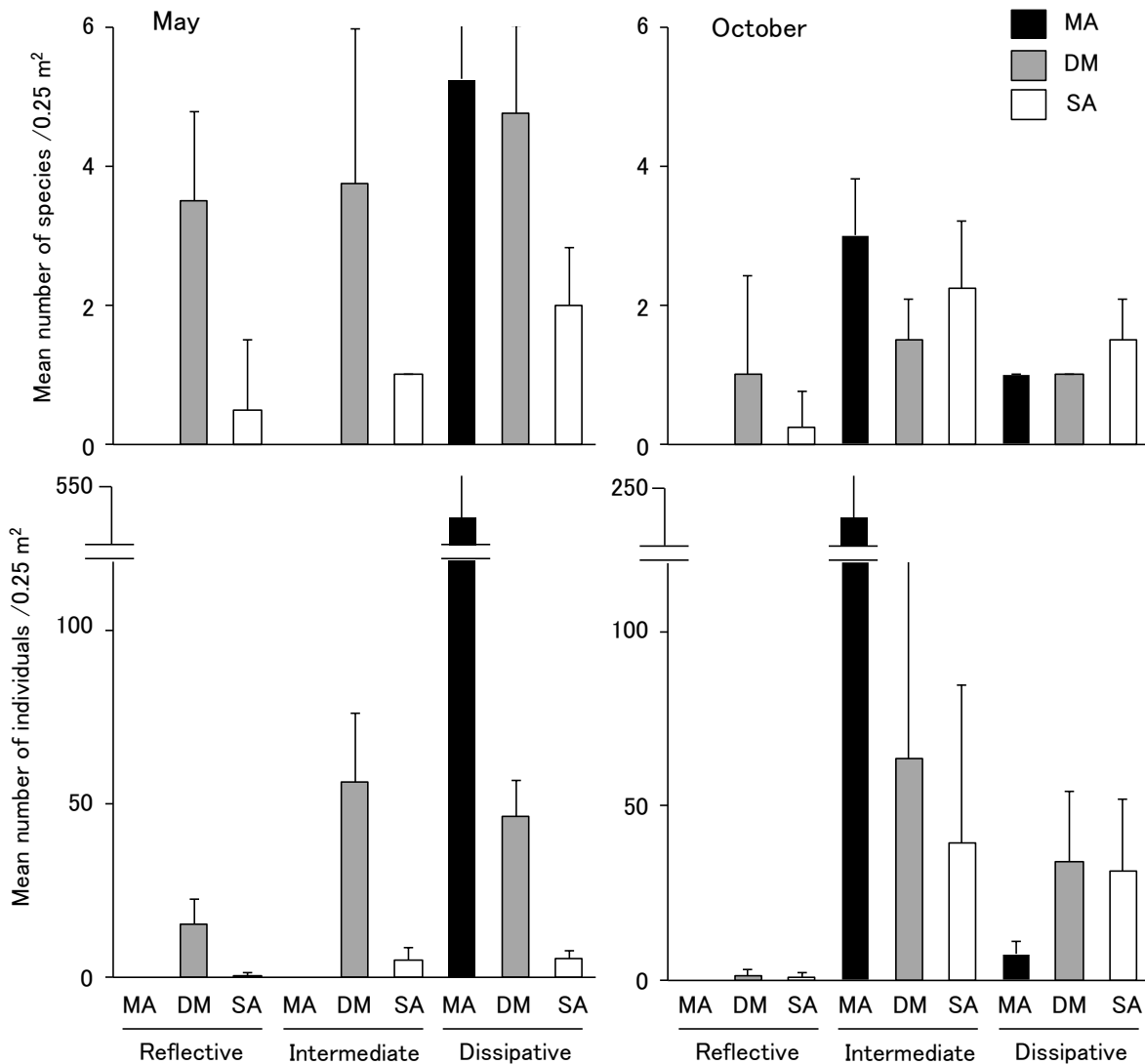


Fig. 4. Mean numbers of species and individuals of small benthic macroinvertebrates at each area in each beach type in May and October. MA, macrophyte wrack area; DM, Drifting material area; SA, sand area.

素・窒素安定同位体比を調べ、これらの端脚類は漂着した紅藻や海草由来の炭素を同化していることを示した<sup>7)</sup>。さらに、ハネカクシ類などの陸上昆虫はこのハマトビムシ類を捕食するために漂着海藻に分布するため<sup>7, 10)</sup>、海域生態系由来の有機物がハマトビムシ類を介して陸上生態系へと取り込まれる栄養フローが存在することが示唆されている。したがって、漂着海藻は他の漂着物と同様に含水率や地中温度が好適な環境を提供するだけでなく、ハマトビムシ類にとって餌資源としての役割も果たしていると考えられる。この2つの要因により、ハマトビムシ類が漂着物、特に漂着海藻に多く群生するということが示唆された。

ただし、小型等脚類のヒメスナホリムシは漂着物に対して顕著な反応は示さなかった。本種はハマトビムシ類とは異なり埋性であり、干潮時には基本的に底質中に生息する<sup>19)</sup>。また、肉食性が強く、打ちあがった動物の遺骸などを摂餌する。このため、底質表面に存在する漂着海藻に餌場や隠れ場としてあまり依存しないものと推測される。

以上より、日本国内の砂浜においても、漂着海藻、および漂着物は砂浜の小型底生生物の群集構造に大きな影響を及ぼし、特に表在性のハマトビムシ類にとって餌や隠れ場を提供する重要な資源となっていることが示唆された。一方、埋性のヒメスナホリムシにとってはその重要性は相対的に低いと考えられた。小型底生生物は砂浜生態系の浄化作用に重要な役割を果たす生物群であるため、これらの生物による他生的資源である漂着海藻の利用様式を詳細に検討することは重要である。今後は、底生生物にとって漂着海藻が実際に餌となっているかを安定同位体分析で調べるとともに、餌や生息場としての相対的な重要性を種ごとに検討する必要がある。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、様々な便宜を図っていただいた南さつま市金峰町京田地区自治会長の西村輝夫氏ならびに

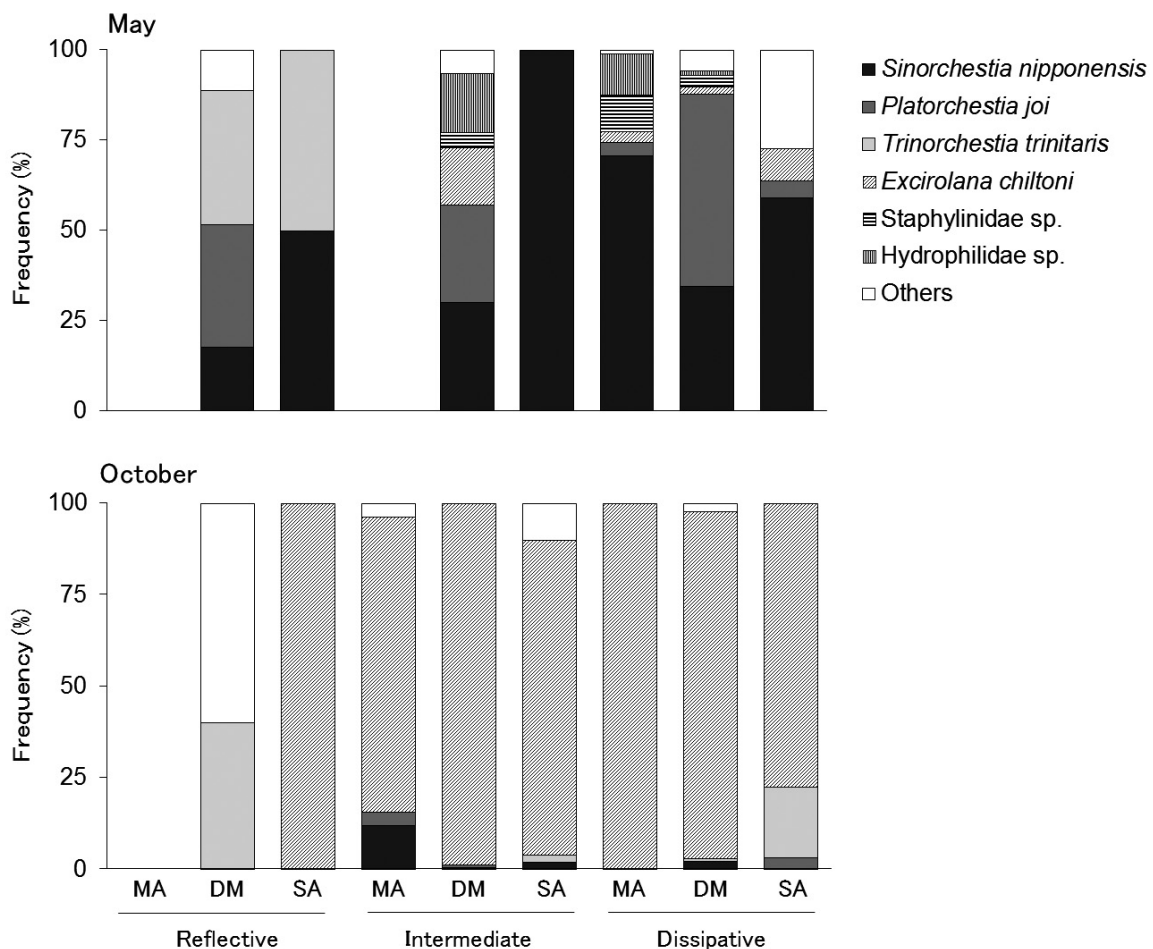


Fig. 5. Frequency of occurrences of dominant species of small benthic macroinvertebrates occurring at each area in each beach type in May and October. MA, macrophyte wrack area; DM, Drifting material area; SA, sand area.



京田地区の住民の方々に厚くお礼申し上げる。調査当時、水産大学校水産学研究科漁業技術管理学専攻、および水産大学校生物生産学科の学生であった浅井貴恵氏、石山雄大氏、鈴木雄太氏、原壮大朗氏、片山晶弘氏、濱田真悠子氏には標本採集に惜しめない協力をしていただいた。これらの方々に感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 須田有輔, 早川康博. 砂浜海岸の生態学. 東海大学出版社, 東京 (2002): Ecology of Sandy Shores. Brown AC and McLachlan A. Elsevier, New York (1990)
- 2) 須田有輔, 中根幸則, 大富 潤, 國森拓也. 開放的な砂浜海岸である鹿児島県吹上浜のサーフゾーン魚類相. 水大校研報, **63**, 1-15 (2014)
- 3) Nakane Y, Suda Y Sano M. Responses of fish assemblage structures to sandy beach types in Kyushu Island, southern Japan. *Mar Biol*, **160**, 1563-1581 (2013)
- 4) 大富潤, 高野知則, 須田有輔, 中村正典, 早川康博. 九州南部の吹上浜近岸帯における海産無脊椎動物の出現パターン. 鹿児島大学水産学部紀要, **54**, 7-14 (2005)
- 5) 角田清美. 鹿児島県・吹上浜砂丘の地形について. 駒沢地理, **9**, 117-123 (1973)
- 6) 鹿児島県. 鹿児島県海岸漂着対策推進地域計画. (2012)
- 7) Ince R, Hyndes GA, Lavery PS, Vanderklift MA. Marine macrophytes directly enhance abundances of sandy beach fauna through provision of food and habitat. *Estuar Coast Shelf Sci*, **74**, 77-86 (2007)
- 8) 藤枝繁, 池田治郎, 牧野文洋. 鹿児島県の海岸における発砲プラスチック破片の漂着状況. 日本水産学会誌, **68**, 652-658 (2002)
- 9) 藤原陽一郎. 瀬戸内海での海岸漂着物の処理における実践事例 (特集 地域の自然を守り, 地域づくりに活かす). えひめ地域政策研究センター, 41-45 (2015)
- 10) Colombini I, Aloia A, Fallaci M, Pezzoli G, Chelazzi L. Temporal and spatial use of stranded wrack by the macrofauna of a tropical sandy beach. *Mar Biol*, **136**, 531-541 (2000)
- 11) Dugan JE, Hubbard DM, McCrary MD, Pierson MO. The response of macrofauna communities and shorebirds to macrophyte wrack subsidies on exposed sandy beaches of southern California. *Estuar Coast Shelf Sci*, **58**, 25-40 (2003)
- 12) 西 隆一郎. 吹上浜の物理環境と砂浜の形成要因. 日本水産学会誌, **74**, 928-929 (2008)
- 13) Short AD ed: Handbook of beach and shoreface morphodynamics. John Wiley and Sons, Ltd., Chichester (1999)
- 14) 森野 浩. 節足動物門甲殻亜門軟甲綱ヨコエビ目 (端脚目): 日本産土壌動物 分類のための図解検索第二版, 青木淳一 (編), 東海大学出版, 秦野 (2015)
- 15) 森野 浩, 向井 宏. 砂浜フィールド図鑑 (1) 日本のハマトビムシ類. 海の生き物を守る会, 京都 (2016)
- 16) 佐藤 綾, 上田哲行, 堀 道雄. 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 (2005)
- 17) Marsden ID. Kelp-sandhopper interactions on a sand beach in New Zealand. I. Drift composition and distribution. *J Exp Mar Biol Ecol*, **152**, 61-74 (1991)
- 18) Crawley KR, Hyndes GA. The role of different types of detached macrophytes in the food and habitat choice of a surf-zone inhabiting amphipod. *Mar Biol*, **151**, 1433-1443 (2007)
- 19) 庄司 謹. ヒメスナホリムシの研究. 採集と飼育, 日本科学協会, **13**, 315-316 (1951)