

### 第3章 渚の生物生産能

#### 第1節 垂直護岸・消波ブロック護岸及び砂浜における生物相の特徴

鍋島靖信・矢持 進・有山啓之・睦谷一馬・日下部敬之・佐野雅基

渚は埋立や護岸造成などによる人為的改変を最も受け易い場所であり、今後こうした変化は避けようがないものかもしれない。都市化が進む内湾沿岸における海岸のあり方を考え、渚の生態系の保全に向けて開発に対して的確な提言を行うため、同一海域における海岸形状の相違によって出現する生物相にどのような違いがあるかを明らかにすることは重要と考えられる。このため、大阪府阪南市尾崎の垂直護岸・消波ブロック護岸及び砂浜における生物相を調べ、海岸形状の相違による分布生物種の相違やその季節的消長について検討した。

#### 材料と方法

調査は1989年5月から1990年3月まではほぼ隔月に6回、大阪府阪南市尾崎にある尾崎港の垂直護岸と消波ブロック護岸及び尾崎港の南側の砂浜で行なった(図1)。生物採集は3水深帯

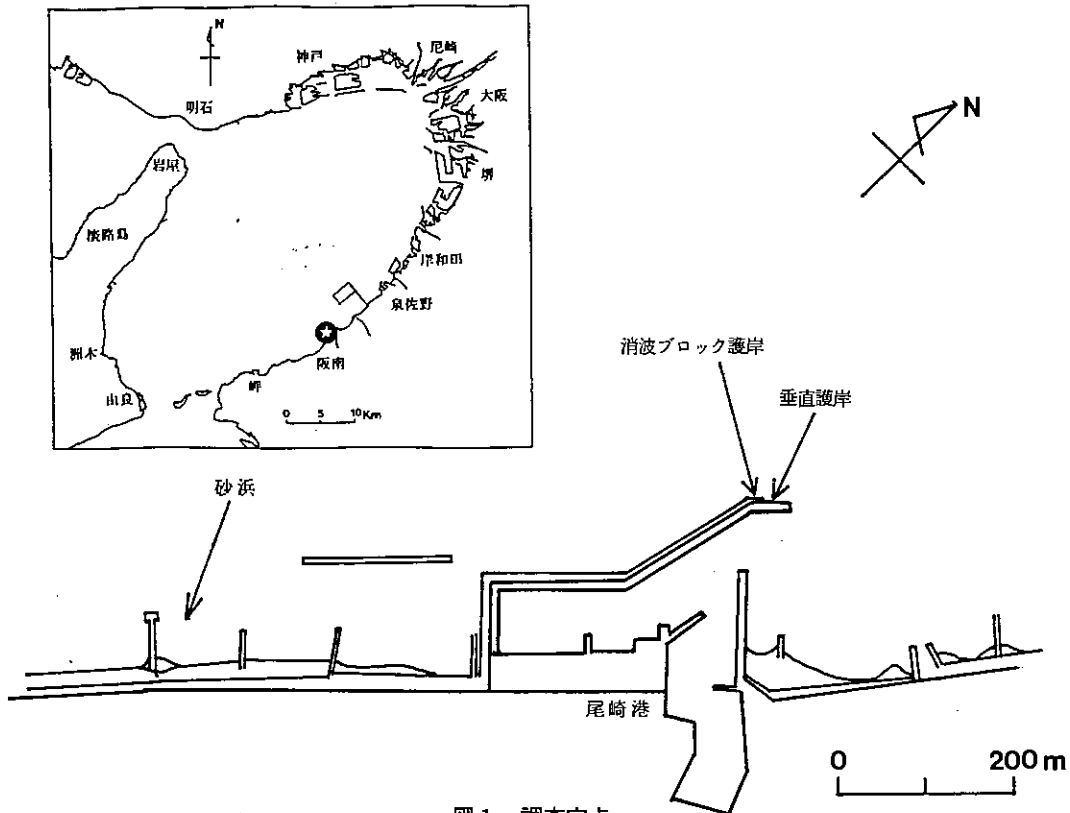


図1 調査定点

(上層：CDL+0.7m, 中層：CDL-0.8m, 下層：CDL-2.3m) で50×50cmの方形枠を用い、方形枠内を写真撮影した後、0.5mm目の網袋を用いて行った。垂直護岸と消波ブロック護岸においては、基質上の生物を磯ガネで網袋中に掻き落とし、砂浜においてはCDL+0.7mの定点はショベルで、CDL-0.8mとCDL-2.3mの定点はタモ網で、それぞれ10cmの深さまで砂を掬って採集した。なお、水面下にある定点の採集はスキューバ潜水によって行なった。採集物は0.5mm目の篩をとおり、篩に残った全生物をホルマリン固定し、持ち帰って種を査定し、種ごとの個体数と湿重量を測定した。

調査時の水温・塩分については、垂直護岸と消波ブロック護岸近傍の表層と底層で測定し、砂浜では砕波帯とその沖(中層および下層の生物採集定点)の表層水と底層水について測定するとともに、底質の粒度組成も併せて調査した。また、1990年8月10日から11日には水温と塩分の日変化を調査した。

## 結果および考察

### 1. 海岸形状と生物相

#### 1) 調査定点の環境

##### a. 水温・塩分

調査時の水温、塩分を表1に示した。調査定点が近接する垂直護岸と消波ブロック護岸での水温は、垂直護岸の表層で8.3~25.9℃、底層で8.2~26.4℃、消波ブロック護岸の表層で8.2~25.8℃、底層で8.2~26.1℃の範囲を推移し、表層では5月を除いて0.2℃以下の差で、底層では0.3℃以下の差で近似した。砂浜では表層で7.8~25.9℃、底層で8.0~26.1℃の範囲を推移

表1 調査時における水温・塩分

海岸形状	項目/調査月日	5月22日	7月13日	9月22日	12月11日	1月31日	3月19日
垂直護岸	表層水温	17.9	24.1	25.9	13.2	8.3	11.1
	底層水温	17.1	23.9	26.4	13.2	8.2	11.2
	表層塩分	31.84	30.91	30.46	31.72	31.18	30.99
	底層塩分	32.53	31.12	30.73	31.72	31.18	31.04
消波ブロック護岸	表層水温	18.7	24.3	25.8	13.2	8.2	11.2
	底層水温	17.1	24.2	26.1	13.3	8.2	11.2
	表層塩分	30.9	30.88	30.39	31.69	31.18	31.02
	底層塩分	32.54	31.08	30.79	31.69	31.23	31.05
砂浜	表層水温	18.3	24.8	25.9	13.3	7.8	12.7
	底層水温	17.1	24.4	26.1	13.1	8.0	12.2
	表層塩分	31.09	26.59	29.81	31.69	31.1	30.44
	底層塩分	32.58	30.98	30.67	31.74	31.13	31.04

\*表層は水深0m層, 底層はCDL-0.8mまたはCDL-2.3m層

し、垂直護岸や消波ブロック護岸に比較して表層では0.1～1.6℃の差で、底層では0～1.0℃の差で、季節による水温の上昇や下降が垂直護岸や消波ブロック護岸より大きく現われている。

塩分に関しては垂直護岸の表層は30.46～31.84、底層で30.73～32.53、消波ブロック護岸の表層で30.39～31.69、底層で30.79～32.54、表層の塩分は0.07以下の差で、底層は7月を除いて0.06以下の差で近似した。また砂浜では表層が26.59～31.69、底層が30.67～32.58の範囲を推移し、7月と9月の砂浜表層で雨水や家庭廃水等の流入によると考えられる塩分低下がみられた。砂浜は垂直護岸や消波ブロック護岸に比較して、表層で0.03～4.32の差がみられたが、底層では0.04～0.14と表層水に比較して差が小さく、3海岸形状とも近い値を示した。

1990年8月10日から11日に垂直護岸と砂浜で測定した水温・塩分の日変化を表2に示した。砂浜での表層水温は日の出前の午前5時に垂直護岸より低くなるほかは、常に砂浜で水温が高く、底層水温は砂浜が常に垂直護岸より高かった。砂浜の表層水と底層水は外気温の影響を受け易く、水温の変化が大きくなることがうかがえた。塩分は表層・底層ともに垂直護岸より砂浜で低くなっている。

表2 1989年8月10日から11日の水温と塩分の日変化

海岸形状	項目/時刻	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00	02:00	05:00	08:00
垂直護岸	表層水温	27.7	28.2	28.5	27.4	26.1	26.8	26.8	26.3
	底層水温	27.0	27.8	27.2	26.2	25.5	25.4	25.3	25.1
	表層塩分	30.09	30.22	30.02	30.43	31.3	30.7	30.53	30.73
	底層塩分	30.36	30.46	30.81	31.21	31.69	31.68	31.71	31.63
砂浜	表層水温	28.3	29.1	29.2	27.8	27.6	27.1	26.7	26.6
	底層水温	28.1	27.9	28.0	26.7	25.9	26.7	26.3	26.1
	表層塩分	29.86	29.79	29.5	29.45	29.7	30.3	30.55	30.78
	底層塩分	29.96	30.25	30.41	31.18	31.36	30.55	30.92	31.1

## b. 底質

垂直護岸は尾崎港の防波堤先端部にあり、コンクリートの垂直護岸の中層(CDL-80cm)付近に波浪を堤防内部に導いて緩衝する空所が設けられている。消波ブロック護岸は垂直護岸のごく近傍にあり、消波ブロックが海底まで傾斜して積まれている。砂浜は尾崎港の南側にあり、海岸から沖に向かって延びる突堤にはさまれ、調査定点では沖からの波浪が直接打ち寄せるが、調査定点の北側の海岸では沖に離岸堤が設けられている。

砂浜における調査定点の粒度組成を表3に示した。砂浜上層(CDL+0.7mの定点)の年間の平均粒径は0.250～0.425mm、中層(CDL-0.8mの定点)は0.250～0.425mm、下層(CDL-2.3mの定点)は0.106～0.250mmの範囲にあり、上層の定点ほど粒の荒い粒子が多くなっている。これは砂浜上層の底質は波に洗われ、粗い粒子は残るが、細かい粒子は沖へ持ち去られ、やや沖側の海底に堆積するためと考えられる。

表3 砂浜の粒度組成

調査時期	粒径\層	上層	中層	下層
1989年5月22日	0.063<	2.4	1.7	2.3
	0.063 $\geq$ X>0.106	0.2	0.4	1.7
	0.106 $\geq$ X>0.250	1.8	7.1	17.8
	0.250 $\geq$ X>0.425	46.1	89.6	77.5
	0.425 $\geq$ X>0.850	12.1	0.7	0.3
	0.850 $\geq$ X>2.000	6.8	0.1	0.1
	X $\geq$ 2.000	30.6	0.5	0.4
1989年7月13日	0.063<	0.2	3.0	3.7
	0.063 $\geq$ X>0.106	0.1	1.5	3.7
	0.106 $\geq$ X>0.250	1.2	5.7	41.1
	0.250 $\geq$ X>0.425	92.0	76.2	51.2
	0.425 $\geq$ X>0.850	4.3	2.9	0.3
	0.850 $\geq$ X>2.000	0.4	1.9	0.0
	X $\geq$ 2.000	1.8	8.8	0.0
1989年9月22日	0.063<	1.8	2.0	3.8
	0.063 $\geq$ X>0.106	0.1	0.5	4.1
	0.106 $\geq$ X>0.250	1.5	4.2	22.3
	0.250 $\geq$ X>0.425	75.7	89.4	69.1
	0.425 $\geq$ X>0.850	11.5	3.9	0.5
	0.850 $\geq$ X>2.000	3.2	0.1	0.3
	X $\geq$ 2.000	6.3	0.0	0.0
1989年12月11日	0.063<	0.9	1.6	1.2
	0.063 $\geq$ X>0.106	0.0	0.6	5.1
	0.106 $\geq$ X>0.250	7.4	38.4	79.4
	0.250 $\geq$ X>0.425	65.6	57.2	11.8
	0.425 $\geq$ X>0.850	11.8	1.9	0.5
	0.850 $\geq$ X>2.000	1.6	0.2	0.3
	X $\geq$ 2.000	12.8	0.1	1.7
1990年1月31日	0.063<	0.7	1.2	1.6
	0.063 $\geq$ X>0.106	0.1	0.1	3.0
	0.106 $\geq$ X>0.250	5.4	6.7	70.9
	0.250 $\geq$ X>0.425	57.8	35.9	21.3
	0.425 $\geq$ X>0.850	16.7	39.7	0.7
	0.850 $\geq$ X>2.000	9.8	8.1	0.2
	X $\geq$ 2.000	9.6	8.3	2.2
1990年3月19日	0.063<	0.7	1.3	2.0
	0.063 $\geq$ X>0.106	0.1	0.7	4.9
	0.106 $\geq$ X>0.250	5.5	50.1	78.0
	0.250 $\geq$ X>0.425	52.5	45.9	12.2
	0.425 $\geq$ X>0.850	21.8	1.0	0.6
	0.850 $\geq$ X>2.000	10.6	0.4	0.4
	X $\geq$ 2.000	8.9	0.6	1.9
年間平均	0.063<	1.1	1.8	2.4
	0.063 $\geq$ X>0.106	0.1	0.6	3.8
	0.106 $\geq$ X>0.250	3.8	18.7	51.6
	0.250 $\geq$ X>0.425	64.9	65.7	40.5
	0.425 $\geq$ X>0.850	13.0	8.3	0.5
	0.850 $\geq$ X>2.000	5.4	1.8	0.2
	X $\geq$ 2.000	11.7	3.0	1.0

\*単位は%，上層はCDL+0.7m，中層はCDL-0.8m，下層はCDL-2.3m

## 2) 動物相

### a. 出現種数

海岸形状ごとの層別動物門別総出現種数を表4に、その時期別出現種数を表5に示した。

垂直護岸：出現種は3層ともに11動物門にわたる動物が出現し、年間出現種数は上層が96種、中層が185種、下層が181種で、3層の総出現種数は11動物門232種であった。調査回次当りの出現種数は上層では35～54種と少ないが、中層では84～102種、下層では74～98種と多かった。時期的には上層では9月から3月に出現種数が多く、中層と下層では周年高く安定している。

表4 海岸形状別動物門別総出現種数

海岸形状 動物門/層	垂直護岸				消波ブロック護岸				砂 浜				3海岸・層 総出現種数
	上層	中層	下層	小計	上層	中層	下層	小計	上層	中層	下層	小計	
海綿動物	3	6	3	6	2	4	2	4					6
腔腸動物	4	6	5	7	3	4	4	5	1		2	2	9
扁形動物	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
紐形動物	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
袋形動物	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
軟体動物	18	32	32	43	25	29	34	45	2	12	11	17	65
環形動物	30	53	60	68	35	52	59	70	10	29	35	51	100
節足動物	32	52	46	65	27	45	44	54	11	36	54	65	121
星口動物									1			1	1
触手動物	4	13	14	16	4	13	11	15			1	1	20
棘皮動物		6	5	6	1	6	5	7					8
原索動物	1	14	13	17	2	13	14	16			1	1	22
脊椎動物	1			1	1	1		1			2	2	3
合計	96	185	181	232	103	170	176	220	26	80	109	143	358

\*小計とは垂直護岸・消波ブロック・砂浜それぞれにおける3層の総出現種数を表わす。

消波ブロック護岸：年間の出現種数は上層が12動物門103種、中層が12動物門170種、下層が11動物門176種で、3層の総出現種数は12動物門220種であった。調査回次当りの出現種数は上層では29～60種、中層では67～92種、下層では78～96種と、中層と下層での出現種が多い。時期的には7月に3層とも出現種数が減少し、特に上層での減少の度合いが大きいが、中・下層では高く安定していた。

砂浜：年間の出現種数は上層では6動物門26種、中層では6動物門80種、下層では10動物門109種が出現し、年間の総出現種数は11動物門143種であった。調査回次当りの出現種数は上層では2～12種と極めて少なく、中層では9～37種、下層は15～57種と深い場所ほど出現種数が多い傾向があり、時期的には3層とも7月に最も多く、1月に少なかった。

本調査での3海岸形状における総出現種数は358種にのぼり、最も多い動物群は節足動物門の121種、次いで環形動物門の100種、軟体動物門の65種、原索動物門の22種、触手動物門の

表5 時期別動物門別出現種数

採取層	場所 動物門/時期	垂直護岸						年間出現種数	消波ブロック護岸						年間出現種数	砂 浜						年間出現種数	
		5月	7月	9月	12月	1月	3月		5月	7月	9月	12月	1月	3月		5月	7月	9月	12月	1月	3月		
上層	海綿動物	1			1	2	1	3				1	1	1	1	2							
	腔腸動物	1	4	3	3	3	2	4	2	1	3	2	3	2	3	1			1			1	
	扁形動物		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
	紐形動物	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
	袋形動物		1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1				1	
	軟体動物	9	6	8	7	8	7	18	15	8	14	8	5	11	25	1		1				2	
	環形動物	10	10	19	20	11	15	30	22	8	18	15	13	14	35	4	5	1	1	2	2	10	
	節足動物	13	15	18	16	20	17	32	16	10	18	11	14	17	27	1	7	2	2			1	11
	星口動物																		1			1	
	触手動物			2	2	3	1	4	2		2	2	2	1	4								
	棘皮動物											1		1									
	原索動物			1	1	1		1				1	2	2	2								
	脊椎動物				1			1				1		1									
合計		35	38	54	54	51	46	96	60	29	59	45	43	51	103	8	12	5	5	2	3	26	
中層	海綿動物	4	4	4	3	2	3	6	3	1	1	2	1	2	4								
	腔腸動物	3	4	4	4	3	2	6	1	2	3	2	4	2	4								
	扁形動物	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1				1	
	紐形動物	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	袋形動物	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	
	軟体動物	12	12	14	13	16	14	32	14	6	11	13	15	15	29	3	4	7	2	1		12	
	環形動物	25	25	27	26	23	26	53	25	23	23	26	18	26	52	7	15	12	11	2	5	29	
	節足動物	27	35	35	31	32	28	52	25	26	32	33	23	26	45	14	16	12	7	4	7	36	
	星口動物																						
	触手動物	7	3	7	3	6	5	13	7	2	3	3	5	4	13								
	棘皮動物	3	5	4	4	4	1	6	5	3	1	3	3		6								
	原索動物	10	4	4	4	4	2	14	10	1	1	5	2	1	13								
	脊椎動物												1	1	1								
合計		94	95	102	91	93	84	185	92	67	78	90	75	80	170	26	37	34	21	9	14	80	
下層	海綿動物	2	1	1	2	2	2	3	1	1	2	1	2	1	2								
	腔腸動物	1	3	2	4	2	1	5	1	2	2	4	2	1	4			2		1	1	2	
	扁形動物	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1					1	
	紐形動物	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	袋形動物	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1		1	1		1	1	
	軟体動物	12	11	12	16	14	14	32	13	8	12	15	22	19	34	4	9	4	1		1	11	
	環形動物	32	32	28	30	29	27	60	37	30	28	26	28	28	59	10	16	22	10	6	14	35	
	節足動物	30	25	26	27	21	17	46	18	26	26	29	30	25	44	19	29	23	14	6	20	54	
	星口動物																						
	触手動物	6	7	6	6	5	5	14	5	2	4	5	2	5	11				1			1	
	棘皮動物	3	3	3	3	2	1	5	4	1	3	2	2	3	5								
	原索動物	9	5	8	6	5	4	13	8	5	4	8	5	3	14		1			1		1	
	脊椎動物															1		1				2	
合計		98	90	89	97	83	74	181	89	78	84	93	96	89	176	36	57	54	28	15	38	109	
全出現種数		137	132	129	132	121	106	232	142	104	109	119	119	109	220	53	72	68	41	21	42	143	

20種があげられる。垂直護岸と消波ブロック護岸における出現種数は年間232種と220種と多く、両者はほぼ近い値を示すが、砂浜では143種と出現種が少ない。出現種数は各海岸形状ともに中・下層で多く、上層に少ない傾向は同様であるが、垂直護岸や消波ブロック護岸は砂浜に比較して冬季における出現種の減少が少なく、周年安定している。これを各海岸形状別の各層における年間最大出現種数を最小出現種数で割った変動係数で表わすと、垂直護岸では上層から下層に1.5→1.2→1.3、消波ブロック護岸では2.1→1.4→1.2、砂浜では6.0→4.1→3.8となり、3海岸形状ともに中・下層と比較して上層は変動が大きく、特に砂浜での変動が大きい。砂浜の上層は満潮時以外は干出し、波浪や外気温の影響を直接受けることや、砂の粒子が粗いため、漂着種と限られた内在性動物以外は生息しない。中層と下層は潮下帯にあるので、波浪や温度変化などの影響が上層より穏やかで、底砂がやや安定すること、調査点の周辺の海底に石が点在するため、砂中に住む内在性動物種に加え、砂底や岩石上に住む表在性動物も出現し、上層に比較して出現種数が多くなっている。また、垂直護岸や消波ブロック護岸で出現種が多いのは、安定した基質上にマガキ、ムラサキイガイ、海藻などが付着し、貝殻や足糸、藻体がつくる間隙や表面に端脚類などの小型甲殻類や多毛類などが、多く住み着くためである。

#### b. 個体数

海岸形状ごとの出現個体数を層別動物門別時期別に表6に示した。

垂直護岸：調査回次当りの出現個体数は0.25m<sup>2</sup>あたり上層では5月から9月に $1.5 \times 10^4 \sim 7.4 \times 10^4$ 個体と多いが、12月から3月に $1.5 \times 10^3 \sim 4.5 \times 10^3$ 個体に減少する。中層でも5月から9月に $1.5 \times 10^4 \sim 2.4 \times 10^4$ 個体と多いが、12月から3月に $4.6 \times 10^3 \sim 5.6 \times 10^3$ 個体に減少する。下層では5月から12月に $4.3 \times 10^3 \sim 1.5 \times 10^4$ 個体と多いが、1月から3月に $1.5 \times 10^3 \sim 1.8 \times 10^3$ 個体に減少し、3層ともに冬季に減少する傾向がみられる。ここでの主要な出現動物である軟体動物、環形動物、節足動物に注目すると、垂直護岸上層の年間出現個体数では節足動物が最も多く、次いで環形動物と軟体動物が同程度で多数を占め、節足動物と軟体動物は5月から9月に多く、環形動物は9月から12月に多く出現する。中層では節足動物が最も多く、次いで軟体動物、環形動物の順で、節足動物、軟体動物は5月から9月に多く、環形動物は9月をピークに周年出現している。下層では環形動物が最も多く、次いで節足動物、軟体動物の順で、環形動物と節足動物は5月から12月に多く、軟体動物は5月から9月に多く出現している。

消波ブロック護岸：調査回次当りの出現個体数は0.25m<sup>2</sup>あたり上層では5月から12月に $1.2 \times 10^4 \sim 4.0 \times 10^4$ 個体と多いが、1月から3月に $0.7 \times 10^4 \sim 1.8 \times 10^3$ 個体に減少する。中層では5月から12月に $5.7 \times 10^3 \sim 1.8 \times 10^4$ 個体と多いが、1月から3月に $2.1 \times 10^3 \sim 3.0 \times 10^3$ 個体に減少する。下層では周年 $6.9 \times 10^3 \sim 3.6 \times 10^4$ 個体と出現個体数が多く、冬季の減少は上・中層ほど顕著ではない。消波ブロック護岸上層の年間出現個体数では節足動物が最も多く、次いで軟体動物、環形動物の順となっている。中層では節足動物が最も多く、次いで軟体動物と環形動物が同程度に出現する。下層では環形動物が最も多く、次いで軟体動物と節足動物が同程度に出現する。

表6 時期別動物門別出現個体数

採取層	場所	垂直護岸							消波ブロック護岸							砂浜										
		動物門/時期	5月	7月	9月	12月	1月	3月	合計	5月	7月	9月	12月	1月	3月	合計	5月	7月	9月	12月	1月	3月	合計			
上層	海綿動物	+			+	+	+	+				+	+	+	+											
	腔腸動物	36	7	851	395	68	60	1417	80	9	253	351	74	24	791	1				1				2		
	扁形動物		179	843	87	9	6	1124	106	83	91	69	16	10	375											
	紐形動物	97	30	285	43	38	19	512	93	168	91	33	8	29	422											
	袋形動物		8	256	256	24	18	562	242		156	256	12	56	722	1		2							3	
	軟体動物	1402	1782	1832	458	122	112	5768	3153	1249	4676	839	46	179	10142	1		1							2	
	環形動物	328	171	3176	1213	465	522	5875	1229	174	1934	2623	177	902	7039	5	76	82	120	2	38				323	
	節足動物	13407	71947	24390	2058	741	739	113282	10914	29250	32408	7798	376	580	81326	1	12	22	42			7			84	
	星口動物																			1					1	
	触手動物				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
	棘皮動物											1			1											
	原索動物				1	+	1	2					+	+	+	+										
	脊椎動物					1		1					2		2											
合計		15270	74124	31694	4511	1468	1476	128543	15817	30933	30609	11972	709	1790	100820	9	88	107	164	2	45				415	
中層	海綿動物	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
	腔腸動物	705	1242	3455	168	114	71	5755	519	178	3028	463	101	115	4404											
	扁形動物	106	251	308	38	32	22	757	41	268	428	51	32	5	825				1						1	
	紐形動物	17	32	15	21	26	18	129	74	38	21	21	17	27	198	21	11	6	3	2	3				46	
	袋形動物	23	324	924	640	214	318	2443		228	896	768	92	298	2282	7	18	1				33	1		60	
	軟体動物	7337	7051	2279	623	827	664	18781	4435	3094	1551	555	448	854	10907	7	52	11	8	1					79	
	環形動物	1303	1417	2659	1770	1245	1448	9943	2747	1011	3132	2145	385	898	10318	9	10368	120	50	13	12				10672	
	節足動物	5823	13765	13128	2256	2292	2002	39366	3187	1094	9389	1635	1046	830	17181	304	436	227	60	9	23				1059	
	星口動物																									
	触手動物	+	+	+	+	+	8	8	1	+	+	+	+	+	2	3										
	棘皮動物	29	25	39	12	8	2	115	44	5	2	17	7		75											
	原索動物	6	1	4	30	1	1	43	7	+	+	8	+	+	15											
	脊椎動物												1	1	2											
合計		15449	24108	22811	5558	4760	4554	77740	11025	5916	18447	5663	2129	3030	46210	348	10985	356	121	58	39				11817	
下層	海綿動物	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
	腔腸動物	34	71	44	89	14	24	276	151	81	1400	198	117	82	2029				9		1	1			11	
	扁形動物	57	51	161	27	10	22	328	18	24	136	14	29	39	260			44							44	
	紐形動物	55	20	9	12	15	29	140	79	10	22	13	6	25	155	1	83	36	5	32	29				186	
	袋形動物	10	264	237	144	100	202	957		1504	1248	1152	110	444	4458	30		1	2						87	
	軟体動物	2003	1902	2944	411	192	145	7597	3239	9219	1348	442	541	1028	15817	30	48	13	2						97	
	環形動物	3196	2171	6690	2531	487	855	15590	6558	22187	11956	8941	4774	8459	62875	1153	272	498	42	8	96				2068	
	節足動物	2245	1041	4535	1009	610	501	9941	1888	2445	5460	2217	1304	1115	14429	656	3140	215	385	422					5348	
	星口動物																									
	触手動物	23	75	64	28	2	6	198	+	12	20	+	+	13	45										+	
	棘皮動物	31	18	76	41	15	1	182	23	2	16	17	6	5	69											
	原索動物	84	268	16	13	12	3	396	47	28	11	15	11	2	114			1							2	
	脊椎動物																		1		5					6
合計		7738	5881	14776	4305	1457	1788	35945	12003	35512	21617	13009	6898	11212	100751	1871	3588	777	436	464	713				7849	
合計		38457	104113	69281	14374	7635	7818	241728	38945	72361	79673	30644	9736	16022	247281	2228	14561	1250	721	524	797				20081	

\* 0.25㎡当たりの個体数



砂浜：出現個体数は垂直護岸や消波ブロック護岸に比較すると極めて少ない。調査回次当りの出現種数は0.25㎡あたり上層では7月から12月に88～164個体で、1月から5月には2～45個体とさらに少なくなる。中層では7月に $1.1 \times 10^4$ 個体と特異的に多いが、1月から3月には39～58個体と少なくなる。下層では7月をピークに周年 $4.4 \times 10^2 \sim 3.6 \times 10^3$ 個体と出現個体数が多い。砂浜上層では1年を通じて環形動物が最も多く、次いで節足動物で、この2動物門で全体の98%を占める。中層では7月に環形動物が大量に出現したため、年間合計では環形動物が最も多く、次いで節足動物が大きな割合を占めている。下層では節足動物と環形動物が拮抗するものの、年間合計では節足動物が多い。砂浜では上層ほど出現個体数の減衰が激しくなっている。

3海岸形状とも層別時期別出現個体数は概ね夏季（7月～9月）に多く、冬季（12月～3月）に減少する傾向がみられる。ここで3海岸形状の各層における最大出現個体数を最小出現個体数で割った変動係数を求めると、垂直護岸では上層から下層に $50.5 \rightarrow 5.3 \rightarrow 10.1$ 、消波ブロック護岸では $55.9 \rightarrow 8.7 \rightarrow 5.1$ 、砂浜では $53.5 \rightarrow 279.1 \rightarrow 8.2$ となる。垂直護岸と消波ブロック護岸は近似しているが、砂浜の中層では特異な数値を示している。これは7月に環形動物が大量に発生し、3月に極めて少数の生物しか出現しなかったため、大きな数値を示しているが、これを除くと、3海岸形状ともに上層では $50.5 \sim 55.9$ の範囲であるに対し、中・下層では $5.1 \sim 10.1$ の範囲と、変動が小さいことがうかがえる。特に上層では冬季に個体数が激減するのに対し、中・下層では減少の割合が小さいのが特徴的である。この原因として、上層では干出や季節的な環境変化が厳しく生物が死滅したり、移動したりすることや、波浪による脱落などの可能性が考えられる。

年間の出現個体数が最も多い動物門は、垂直護岸と消波ブロック護岸では上層から下層に節足動物→節足動物→環形動物と共通するが、砂浜では上層から下層に環形動物→環形動物→節足動物で、基質の相違が大きな影響を与えている。

### c. 湿重量

海岸形状ごとの動物湿重量を層別動物門別時期別に表7に示した。

垂直護岸：上層では7月と9月に0.25㎡あたり1.3kg、中層では5月から9月と3月に1.8～4.0kg、下層では9月に1.4kgと湿重量が多い。月平均湿重量は上層が0.75kg、中層が2.10kg、下層が0.35kgと中層が多く、ここでの主要な出現動物である軟体動物、環形動物、節足動物に注目すると、軟体動物が最も多く、次いで節足動物、環形動物の順で、3層とも同じ傾向がみられた。

消波ブロック護岸：上層では5月に0.25㎡あたり1.1kg、中層では7月を除いて1.1～1.6kg、下層では3月に1.0kgと湿重量が多い。月平均湿重量は上層が0.47kg、中層が1.18kg、下層が0.55kgと中層が多く、動物群別には上層と中層では垂直護岸と同様に軟体動物が最も多く、次いで節足動物、環形動物の順であったが、下層では軟体動物、環形動物、節足動物の順であった。

砂浜：湿重量は極めて少なく、上層では0.25㎡あたり0.0～1.8g、中層では0.2～9.3g、下層では1.1～19.2gに過ぎなかった。月平均湿重量では上層が0.43g、中層が3.1g、下層が5.7gと、下層が多く、動物群別には3層とも節足動物が最も多く、次いで環形動物、軟体動物

表7 動物門別時期別湿重量

採取層	場所	垂直護岸							消波ブロック護岸							砂浜									
		動物門/時期	5月	7月	9月	12月	1月	3月	平均	5月	7月	9月	12月	1月	3月	平均	5月	7月	9月	12月	1月	3月	平均		
上層	軟体動物	607.1	515.5	1071.4	478.7	182.1	513.4	561.4	1025.8	184.9	58.4	245.5	81.9	506.0	350.4	0.0	0.0							0.0	
	環形動物	4.9	3.3	5.6	3.0	1.9	7.9	4.4	17.0	4.0	9.7	9.4	0.9	6.5	7.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	節足動物	28.2	794.8	180.6	29.4	10.9	8.1	175.3	32.5	113.7	222.6	237.3	5.2	5.7	102.8	0.1	0.0	0.2	1.6			0.3	0.4		
	棘皮動物											0.2			0.2										
	その他	2.2	1.3	10.5	4.0	5.8	0.7	4.1	7.5	3.1	3.4	8.4	1.8	1.7	4.3	0.1		0.0	0.2					0.1	
	小計	642.4	1314.9	1268.1	515.1	200.7	530.1	745.2	1082.8	305.7	294.1	500.8	89.8	519.9	465.5	0.3	0.0	0.2	1.8	0.0	0.3	0.4			
中層	軟体動物	3196.1	3321.0	1723.0	646.6	718.6	1855.9	2010.2	1026.5	655.2	1468.9	1046.5	1088.0	1520.6	1134.3	0.1	3.3	0.0	0.0	0.0					0.7
	環形動物	13.7	13.5	9.1	1.6	2.6	4.3	7.5	27.4	5.1	5.1	3.4	1.1	1.9	7.3	0.0	5.5	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	1.1		
	節足動物	40.5	61.1	53.2	58.0	20.2	27.5	43.4	21.4	2.9	15.1	20.6	21.6	10.7	15.4	1.5	0.4	4.2	1.7	0.2	0.4	1.4			
	棘皮動物	15.9	2.7	2.5	2.4	0.6	0.0	4.0	12.2	0.2	0.0	1.0	0.2		2.7										
	その他	29.1	42.7	43.1	13.2	31.6	19.9	31.6	45.9	10.5	39.2	8.4	10.6	22.6	22.9	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	小計	3305.3	4041.0	1830.9	721.8	773.6	1907.6	2296.7	1133.3	673.9	1528.3	1079.9	1121.5	1555.8	1182.1	1.7	9.3	5.1	1.8	0.2	0.5	3.1			
下層	軟体動物	13.2	51.0	1288.3	156.4	13.1	11.5	255.6	14.3	121.8	773.8	429.0	340.8	675.9	392.6	0.2	0.7	0.0	0.0					0.0	0.2
	環形動物	30.2	24.7	21.2	22.1	2.5	6.0	17.8	62.6	104.9	38.7	83.7	64.9	121.2	79.3	0.6	4.1	3.1	0.3	0.1	0.2	1.4			
	節足動物	4.2	7.3	30.8	55.3	57.5	24.7	30.0	8.0	1.1	19.4	47.4	61.1	114.9	42.0	0.2	1.7	1.0	18.9	0.5	1.1	3.9			
	棘皮動物	0.4	0.2	0.9	5.2	0.2	0.0	1.2	0.3	0.0	1.1	0.0	0.0	41.7	7.2										
	その他	23.6	135.1	38.1	32.7	18.8	4.1	42.1	84.4	41.6	19.1	28.1	15.8	6.1	32.5	0.1	0.3	0.7	0.0	0.3	0.1	0.3			
	小計	71.5	218.3	1379.3	271.7	92.1	46.3	346.5	169.7	269.4	852.1	588.2	482.6	969.8	553.6	1.1	6.8	4.8	19.2	0.8	1.5	5.7			
3層	平均	1339.7	1858.1	1492.8	502.9	355.5	828.0	1062.8	795.3	416.3	891.5	723.0	564.6	1011.8	733.8	1.0	5.4	3.4	7.6	0.3	0.8	3.1			

\* 0.25㎡当りの湿重量, 単位はg, 0.0は0.1以下を示す。

の順となっている。

海岸形状別に月平均湿重量を比較すると、上・中層では多い順に垂直護岸→消波ブロック護岸→砂浜、下層では消波ブロック護岸→垂直護岸→砂浜で、3層平均湿重量は垂直護岸では1.06kg、消波ブロック護岸では0.73kg、砂浜では僅か3.1gで、垂直護岸→消波ブロック護岸→砂浜の順となる。しかし、垂直護岸や消波ブロック護岸で湿重量の大きな部分を占めるのは、港湾岸壁などに多いマガキやムラサキガイ、管棲多毛類などで、それらは水産生物の餌料としては肉質部が全体重の20%以下で、しかも硬い貝殻や棲管に閉じ込もっているため、食物連鎖に組み込まれ難い欠点がある。

#### d. 優占種

個体数において10%以上の組成比を占める種を表8に、湿重量組成に10%以上の組成比を占める種を表9に示した。複数の調査回次にわたって個体数あるいは湿重量に10%以上の組成比を占めるものを優占種と定義し、特に個体数と湿重量ともに複数の調査回次にわたって10%以上の組成比を占めるものを第1優占種、個体数あるいは湿重量のいずれかに複数の調査回次にわたって組成比10%以上を占めるものを第2優占種とし、表10に示した。

垂直護岸：個体数では上層はイワフジツボが5月から1月に優占し、中層はムラサキガイが5月から7月と3月に、ウミズムシが5月から9月に、下層はPolydora spp. が9月から12

表8 個体数に10%以上の組成比を占める動物

海岸形状	調査時期 優占種名	垂直護岸						消波ブロック護岸						砂浜						
		5月	7月	9月	12月	1月	3月	5月	7月	9月	12月	1月	3月	5月	7月	9月	12月	1月	3月	
上	層																			
	イソギンチャク目													11.1						
	線虫綱													11.1						
	マガキ								10.7											
	ムラサキイガイ							17.7						11.1						
	Syllinae													22.2						
	ヒゲトゴカイ						15.5													
	<i>Ceratonereis mirabilis</i>																		50.0	
	ミズヒキゴカイ													11.1						
	カザリゴカイ科													11.1						
	<i>Hydroides elegans</i>													11.1						
	エゾカサネカンザシ									11.2		20.7			73.9					
	貧毛綱																76.6	73.2	50.0	82.2
	イワフジツボ	80.0	95.4	73.1	24.3	28.7			24.0	92.9	76.3	53.4	21.6				19.6	25.0		
	ヒメスナホリムシ																			
	ニセスナホリムシ																			15.6
シリケノウミセミ						18.5						15.1	11.0							
カマキリヨコエビ							34.7													
昆虫綱(類)														11.1						
中	層																			
	ウメボシイソギンチャク				14.9						16.3									
	線虫綱					11.5					13.6									56.9
	ムラサキイガイ	44.2	27.0				10.2	35.8	50.7			10.4	21.0							
	マガキ						10.7													
	<i>Pseudopolydora</i> sp.														71.2					
	<i>Rhynchospio</i> sp.														17.6					
	コオニスビオ																12.4			
	ミツバネスビオ																			10.3
	エゾカサネカンザシ										11.4									
	貧毛綱																			20.7
	サンカクフジツボ					19.2														
	ポドトリア科														12.4					
	ウミミズムシ	11.7	27.2	22.4							28.9									
	<i>Melita</i> spp.							14.3												
	マルソコエビ														54.9	19.7	21.5			15.4
Hauatoriidae														13.2	10.4	10.7			10.3	
<i>Callinassa</i> sp.															19.1	10.7			12.8	
下	層																			
	線虫綱						11.3													
	モツボ科								10.4											
	マガキ				13.4															
	ムラサキイガイ	10.5	22.0							22.4										
	<i>Nereis multigaitka</i>							11.1												
	ミナミシロガネゴカイ																		20.6	
	<i>Aonides</i> sp.																			12.1
	Syllinae			11.2																
	<i>Eleone</i> sp.																			12.7
	<i>Pseudopolydora</i> spp.		15.2						10.7	18.0										21.5
	<i>Rhynchospio</i> sp.																			26.3
	<i>Paraprionospio</i> sp. A																			22.0
	<i>Polydora</i> spp.				31.8	15.0		12.6			30.9	11.3								
	<i>Pista</i> sp.					16.2														
	エゾカサネカンザシ								33.6	36.6	12.2	30.4	41.9	55.9						
サンカクフジツボ						10.5														
ノルマンタナイス		13.3																		
ウミミズムシ		11.7																		
マルソコエビ														23.0	27.5	14.3	54.6	65.9	56.9	
Hauatoriidae																	23.9	24.1	10.2	
<i>Corophium acherusicum</i>																	29.7			
ニホンドロソコエビ																	15.0			

\* 値は0.5以上の動物の個体数組成(%)

表9 湿重量に10%以上の組成比を占める動物

海岸形状	調査時期 優占種名	垂直護岸						消波ブロック護岸						砂浜					
		5月	7月	9月	12月	1月	3月	5月	7月	9月	12月	1月	3月	5月	7月	9月	12月	1月	3月
上層	ムラサキイガイ	15.5	12.1			20.7			11.9		15.8								
	マガキ	73.0	26.4	84.0	88.8	68.6	93.6	84.8	51.3		46.7	74.6	91.2						
	<i>Ceratonereis mirabilis</i>																	50.0	
	貝毛綱																	50.0	
	ヒメスナホリムシ															100	90.4		
	ニセスナホリムシ																		100
	イワフジツボ		60.1	14.0					36.9	72.2	46.3								
中層	ムラサキイガイ	92.3	89.9	85.0	67.5	76.3	90.9	83.0	94.8	71.7	93.3	92.7	84.7						
	マガキ				21.4	16.4				24.2		13.0							
	ヒメスナホリムシ																	94.7	
	ニホスナモグリ+ <i>Callianassa</i> sp.													77.7		70.6	72.2		68.8
	アサリ															35.2			
	<i>Pseudopolydora</i> sp. A															47.7		11.8	
	トゲトゲツノヤドカリ																	10.6	
	ウモレマメガニ																		16.7
下層	イソギンチャク科																11.4		
	ヒモムシ類																		25.6
	シマメノウフネガイ				16.3														
	キセウタガイ科															13.3			
	ムラサキイガイ		11.9	90.2	37.4		10.8		41.8	89.7	63.5	33.4	62.0						
	マガキ											23.2							
	<i>Eleone</i> sp.																	11.2	
	<i>Pseudopolydora</i> spp.																	31.6	
	<i>Rhynchospio</i> sp.																	11.2	
	エゾカサネカンザシ		12.8						29.4	33.5		10.9	11.0	10.2					
	<i>Pyura</i> sp.								34.8										
	<i>Didemnum</i> sp.									11.5									
	ユウレイボヤ			37.4															
	カラスボヤ			10.2															
	スゴカイイソメ																29.9		
	タマシキゴカイ																27.8		
	<i>Amides</i> sp.																	13.6	
	<i>Paraprionospio</i> sp. (A)																	40.9	
	マルソコエビ																		35.4 26.7
	Haustoriidae																		18.3
アナジャコ																13.6			
<i>Callinassa</i> sp.																		20.7	
サンカクフジツボ				17.2	59.0	52.9													
アミメキンセンガニ																		10.7	
イシガニ																	91.3		
ウモレマメガニ																		10.0	
シロボヤ						15.0													

\* 値は0.5%以上の動物の湿重量組成 (%)

月と3月に、ムラサキイガイが5月から7月に優占した。

湿重量では上層はマガキが周年優占し、ムラサキイガイが5月から7月と1月に、イワフジツボが7月から9月に優占した。中層においては周年ムラサキイガイが優占し、マガキが12月と1月に優占した。下層ではムラサキイガイが7月から12月と3月に、サンカクフジツボが12月から3月に優占した。

垂直護岸上層の第1優占種としてはイワフジツボ、第2優占種にはマガキ、ムラサキイガイ、中層の第1優占種はムラサキイガイ、第2優占種にはウミミズムシ、マガキ、下層の第1優占種はムラサキイガイ、第2優占種は *Polydora* spp., サンカクフジツボがそれぞれ出現した。

表10 個体数と湿重量における優占種

## 垂直護岸

調査層	優占種	個体数 優占 回数	平均 組成比	湿重量 優占 回数	平均 組成比
上層	◎イワフジツボ	5	60.3	2	37.1
	○マガキ			6	72.4
	○ムラサキイガイ			3	16.1
中層	◎ムラサキイガイ	3	27.1	6	83.7
	○マガキ			2	18.9
	○ウミミズムシ	3	20.4		
下層	◎ムラサキイガイ	2	16.3	4	37.6
	○ <i>Polydora</i> spp.	3	19.8		
	○サンカクフジツボ			3	43.0

## 消波ブロック護岸

調査層	優占種	個体数 優占 回数	平均 組成比	湿重量 優占 回数	平均 組成比
上層	◎イワフジツボ	5	53.6	3	51.8
	○シリケンウミセミ	2	13.1		
	○エゾカサネカンザシ	2	16.0		
	○マガキ			5	69.7
	○ムラサキイガイ			2	13.9
中層	◎ムラサキイガイ	4	29.5	6	86.7
	○マガキ			2	18.6
下層	◎エゾカサネカンザシ	6	35.1	5	19.0
	○ <i>Polydora</i> spp.	2	21.1		
	○ <i>Pseudopolydora</i> spp.	2	14.4		
	○ムラサキイガイ			5	58.1

## 砂 浜

調査層	優占種	個体数 優占 回数	平均 組成比	湿重量 優占 回数	平均 組成比
上層	◎ヒメスナホリムシ	2	22.3	2	95.2
	○貧毛類	4	70.5		
中層	◎ <i>Callianassa</i> sp.	3	14.2	3	70.5
	○ <i>Haustoriidae</i> sp.	4	11.2		
	○マルソコエビ	4	27.9		
	○ <i>Pseudopolydora</i> sp. A			2	29.8
下層	◎マルソコエビ	6	40.4	2	31.1
	○ <i>Haustoriidae</i> sp.	3	19.4		

◎：第1優占種 ○：第2優占種

消波ブロック護岸：個体数では上層はイワフジツボが5月から1月まで、エゾカサネカンザシが12月と3月に、シリケンウミセミが1月から3月に優占し、中層はムラサキイガイが9月から12月を除く全調査時に、下層は周年エゾカサネカンザシが優占し、そのほか *Pseudopolydora* spp. が5月から7月に、*Polydora* spp. が9月から12月に優占した。

湿重量では上層はマガキが9月を除く全調査時に、イワフジツボが7月から12月に、ムラサキイガイが9月と1月に優占した。中層ではムラサキイガイが周年優占し、マガキが9月と3月に多く見られた。下層ではエゾカサネカンザシが9月を除いた全調査時に、ムラサキイガイが7月から3月に優占した。

消波ブロック護岸上層の第1優占種としてはイワフジツボ、第2優占種にはマガキ、エゾカサネカンザシ、シリケンウミセミ、ムラサキイガイが、中層の第1優占種はムラサキイガイ、第2優占種はマガキ、下層の第1優占種はエゾカサネカンザシ、第2優占種はムラサキイガイ、*Polydora* spp., *Pseudopolydora* spp. があげられる。

砂浜：個体数では上層は貧毛類が9月から3月、ヒメスナホリムシが9月から12月に優占した。しかし、5月には9個体、1月には2個体と無生物状態に近い状態であったため、この月に出現した動物は組成比が高い値を示している。中層ではマルソコエビと *Haustoriidae* が7月と1月を除く全調査時に、*Callianassa* sp. が3月と9月から12月に優占した。下層ではマルソコエビが周年優占し、*Haustoriidae* が12月から3月に優占した。中・下層では多毛類と端脚類が優占している。

湿重量では上層はヒメスナホリムシが9月から12月に優占し、5月と7月および1月には湿重量が少なく、測定が出来なかった。中層ではニホンスナモグリとこれ同種と考えられる *Callianassa* sp. が7月と1月を除く全調査時に優占し、*Pseudopolydora* sp. A が7月から9月に優占した。下層においてはマルソコエビのみが1月から3月に優占した。

砂浜の上層の第1優占種としてはヒメスナホリムシが、第2優占種には貧毛類、中層の第1優占種としては *Callianassa* sp., 第2優占種にはマルソコエビ、*Haustoriidae*, *Pseudopolydora* sp. A が、下層の第1優占種としてはマルソコエビ、第2優占種には *Haustoriidae* がそれぞれ出現した。

潮汐や波浪の影響をうける海岸生物は、種のもつ耐乾性や耐温性などによって海から陸に向かって帯状に分布し、視覚的に確認されやすいことからこの分布パターンについては過去からよく研究されている。帯状分布種は緯度によってその構成種が変化するが、生態的に類似した種で構成されている。垂直護岸における動物の帯状分布を目視観察結果も含め優占生物群集でゾーン分けすると、イワフジツボ→マガキ→ムラサキイガイ+ウミミズムシ→ムラサキイガイ+サンカクフジツボ+*Polydora* spp. という構成になる。消波ブロック護岸を優占生物群集で上層から下層にかけてゾーン分けすると、イワフジツボ+シリケンウミセミ→マガキ→ムラサキイガイ→エゾカサネカンザシ+*Polydora* spp.+*Pseudopolydora* spp. という構成になる。このように、垂直護岸や消波ブロック護岸での帯状分布には、イワフジツボ→マガキ→ムラサキイガイ→多毛類とい

た共通性がみられた。また、個体数における優占種は小型甲殻類、貝類、多毛類が、湿重量における優占種は石灰質を分泌する貝類や管棲多毛類などが占め、両者とも内湾の港湾岸壁に普通にみられる生物で、ほぼ同一海域にある垂直護岸と消波ブロック護岸では比較的類似した優占種や帯状分布が出現した。

砂浜についても同様に優占生物群集でゾーン分けすると、ヒメスナホリムシ+貧毛類→*Callianassa* sp.+*Pseudopolydora* sp. A→マルソコエビ+*Haustoriidae* という構成になる。砂浜の帯状分布を研究した Dahl (1952) の基本パターンによると、砂浜の潮上縁辺帯はハマトビムシ、スナガニ類、潮央帯はスナホリムシ科の等脚類、潮下縁辺帯はヨコエビ類やスナホリガニ類という構成であるとされている。しかし、尾崎の砂浜は潮上帯が石積みで狭いため、ハマトビムシやスナガニは出現しないが、潮間帯以下では出現種において共通性が見られた。

#### e. 生物多様度

各海岸形状の調査定点各層に出現した動物について、シャノン・ウェーバーの多様度指数( $H'$ )をもとめ、表 11 に示した。シャノン・ウェーバーの多様度指数 ( $H'$ ) は種の多様性と均衡性に重点をおいた指数で、その計算式は  $H' = -\sum p_i \log_e p_i$  で、 $p_i$  はある種の個体数の全体の個体数に占める割合を表わす。多様度の高さは海域での食物連鎖網の複雑度とそのシステムの安定度を表わす指標として有効で、この値が高いほど生物の生育環境が良好であることを表わしている。

表 11 多様度指数 ( $H'$ )

海岸形状	層/時期	5月	7月	9月	12月	1月	3月	平均
垂直護岸	上層	0.97	0.28	1.34	2.76	2.78	2.84	1.83
	中層	2.29	2.44	2.98	3.16	3.47	3.24	2.93
	下層	3.09	3.10	2.72	3.24	3.58	3.24	3.16
	平均	2.12	1.94	2.35	3.05	3.28	3.10	2.64
消波ブロック護岸	上層	2.10	0.42	1.10	1.89	2.81	2.90	1.87
	中層	2.54	2.31	2.79	3.37	3.49	3.24	2.95
	下層	2.52	2.01	2.71	2.82	2.75	2.25	2.51
	平均	2.39	1.58	2.20	2.69	3.01	2.80	2.44
砂 浜	上層	2.04	1.11	0.69	0.67	0.69	0.54	0.96
	中層	1.69	1.08	2.60	2.57	1.38	2.48	1.96
	下層	2.02	2.28	2.59	1.62	0.98	1.81	1.88
	平均	1.92	1.49	1.96	1.62	1.02	1.61	1.60

\* シャノン・ウェーバーの多様度指数  $H' = -\sum p_i \log_e p_i$ ,  $p_i = n_i/N$ ,  
 $n_i$ : ある種の個体数,  $N$ : 全体の個体数

垂直護岸：上層では12月から3月に2.76~2.84と高く、中層では上層より全般に高いが、特に12月から3月に3.16~3.47を示し、下層では9月を除いて周年3.09~3.58と高かった。年

間の平均値は上層から下層へ1.83→2.93→3.16と、下層へ向かうほど高くなっている。

消波ブロック護岸：上層では1月から3月に2.81～2.90と高く、中層では12月から3月に3.24～3.49と特に高い値を示し、下層では9月から1月に2.71～2.82と高い。年間の平均値は上層から下層へ1.87→2.95→2.51と、中層で高くなっている。

砂浜：上層では5月の2.04が最高で、他の月は1.11以下と低い。中層では9月から12月と3月に2.48～2.60と高く、下層では5月から9月に2.02～2.59と2.0以上の値を示した。年間の平均値では上層から下層へ0.96→1.96→1.88と、中層で最も高くなっている。

海岸形状別の3層平均は垂直護岸が2.64、消波ブロック護岸が2.44、砂浜が1.60と垂直護岸が最も高くなっている。垂直護岸と消波ブロック護岸では最高値を示すのは12月から3月の水温が低い時期で、この時期は個体数が減少するが、種別の個体数にバラツキが比較的小さいため、この多様性指数の特性によって数値は高くなっている。また、3海岸形状とも上層で低く、下層または中層で高くなっているのは、中層や下層での種数や個体数の変化が上層に比較して穏やかであることに起因している。

f. 出現種の食性

海岸形状別に出現する動物をその食性により、藻食種、肉食種、懸濁物食種（デトライタス食種を含む）に分類し、その種数を表12に、個体数組成を表13に、湿重量組成を表14に示した。

表12 食性別出現種数

調査月	海岸形状 食性/層	垂直護岸			消波ブロック護岸			砂 浜		
		上層	中層	下層	上層	中層	下層	上層	中層	下層
5月	藻食種	7	6	4	9	13	5			1
	肉食種	8	19	17	8	10	12	1	5	7
	懸濁物食種	20	69	77	43	73	72	7	21	28
7月	藻食種	3	3	3	5	3	3			
	肉食種	9	19	17	9	12	15	1	7	11
	懸濁物食種	26	73	70	15	52	60	11	30	46
9月	藻食種	4	5	4	7	5	4			
	肉食種	14	25	20	13	17	16	1	7	11
	懸濁物食種	36	72	65	39	56	64	4	27	43
12月	藻食種	5	6	4	4	4	2		1	
	肉食種	12	18	21	15	23	22	1	7	10
	懸濁物食種	37	67	72	26	63	69	4	13	18
1月	藻食種	3	3	3	3	6	7			
	肉食種	13	17	17	11	12	18		2	3
	懸濁物食種	35	73	63	29	57	71	2	7	12
3月	藻食種	4	5	5	6	6	7			
	肉食種	13	20	14	13	20	23	1	1	6
	懸濁物食種	29	59	55	32	54	59	2	13	32
年間	藻食種	9	9	7	10	13	8		1	1
	肉食種	23	40	43	19	33	38	4	22	25
	懸濁物食種	64	136	130	74	122	130	22	57	83



表13 食性別出現個体数組成

調査月	海岸形状	垂直護岸			消波ブロック護岸			砂 浜		
	食性/層	上層	中層	下層	上層	中層	下層	上層	中層	下層
5月	藻食種	2.0	12.7	6.0	2.7	10.1	5.0			0.1
	肉食種	2.8	7.2	13.6	5.8	6.8	7.8	22.2	8.9	14.8
	懸濁物食種	95.2	80.2	80.4	91.5	83.1	87.2	77.8	91.1	85.2
7月	藻食種	0.2	28.1	5.8	3.0	2.6	0.1			
	肉食種	0.9	5.6	21.3	2.1	11.2	5.6	1.1	0.5	7.5
	懸濁物食種	98.9	66.3	72.9	95.0	86.2	94.3	98.9	99.5	92.5
9月	藻食種	0.5	26.2	6.4	1.2	29.6	0.4			
	肉食種	9.5	9.2	10.0	4.4	10.5	8.1	19.6	15.0	28.8
	懸濁物食種	90.1	64.6	83.6	94.4	59.9	91.5	80.4	85.0	71.2
12月	藻食種	2.0	4.4	6.1	0.5	4.4	1.7		0.8	
	肉食種	20.1	15.3	21.3	13.9	22.5	16.5	25.0	12.4	10.8
	懸濁物食種	78.0	80.2	72.6	85.6	73.1	81.9	75.0	86.8	89.2
1月	藻食種	2.0	1.6	8.0	3.0	8.3	5.6			
	肉食種	24.5	24.3	18.9	26.4	16.3	11.2		10.3	7.5
	懸濁物食種	73.4	74.1	73.0	70.7	75.3	83.2	100.0	89.7	92.5
3月	藻食種	4.6	11.6	11.3	5.4	8.5	3.9			
	肉食種	35.7	17.3	19.9	26.1	15.4	10.6	15.6	7.7	9.0
	懸濁物食種	59.7	71.1	68.8	68.5	76.1	85.5	84.4	92.3	91.0
年間	藻食種	0.6	20.1	6.5	2.0	16.0	1.8		0.0	0.0
	肉食種	4.6	9.5	14.8	5.6	11.8	8.8	17.3	1.4	11.6
	懸濁物食種	94.8	70.3	78.7	92.5	72.2	89.5	82.7	98.6	88.3

\* 単位は%，砂浜での0.0は0.1以下を示す。

表14 食性別出現種湿重量組成

調査月	海岸形状	垂直護岸			消波ブロック護岸			砂 浜		
	食性/層	上層	中層	下層	上層	中層	下層	上層	中層	下層
5月	藻食種	6.0	0.5	6.0	6.6	1.3	1.0			1.0
	肉食種	1.5	1.5	10.9	0.9	1.5	4.7	8.7	1.2	22.2
	懸濁物食種	92.5	98.0	83.1	92.5	97.2	94.3	91.3	98.8	76.8
7月	藻食種	0.7	0.7	3.3	6.8	1.6				
	肉食種	0.4	1.2	2.8	1.1	0.8	2.1	20.0	0.6	6.4
	懸濁物食種	98.9	98.1	93.8	92.1	97.6	97.9	80.0	99.4	93.6
9月	藻食種	0.5	4.1	0.0	3.8	0.2	0.1			
	肉食種	0.6	2.6	0.9	3.8	2.9	1.7	95.0	7.3	8.3
	懸濁物食種	98.9	93.2	99.1	92.5	96.9	98.2	5.0	92.7	91.7
12月	藻食種	0.8	0.7	3.1	1.4	0.5	1.1		0.6	
	肉食種	1.4	0.3	3.1	2.4	0.7	2.0	90.4	19.1	95.9
	懸濁物食種	97.8	99.1	93.9	96.2	98.9	96.9	9.6	80.2	4.1
1月	藻食種	1.4	0.2	4.3	0.8	0.7	3.1			
	肉食種	1.1	0.9	3.5	0.9	0.6	7.5		90.0	32.3
	懸濁物食種	97.4	98.9	92.2	98.3	98.7	89.5	100.0	10.0	67.7
3月	藻食種	2.3	0.2	11.0	3.0	0.1	3.1			
	肉食種	0.9	0.7	0.9	0.8	0.2	7.7	97.0	2.9	22.6
	懸濁物食種	96.8	99.1	88.1	96.2	99.7	89.2	3.0	97.1	77.4
年間	藻食種	1.6	1.0	1.4	4.5	0.6	1.6		0.1	0.0
	肉食種	0.8	1.4	1.9	1.5	1.2	4.5	82.6	5.2	59.9
	懸濁物食種	97.5	97.6	96.7	94.0	98.2	93.9	17.4	94.8	40.1

\*単位は%，砂浜での0.0は0.1以下を示す。

垂直護岸：出現種数，個体数，湿重量ともに各層で懸濁物食種が最も多く，出現種数ではこれに次いで肉食種，藻食種の順となっている。上層の懸濁物食種の種数組成を計算すると70%以下であるが，中・下層では70%以上を占め，下層に向かうほど大きな値を示している。また，肉食種も中・下層で出現種数が多くなる傾向がみられる。個体数でも3層とも概ね懸濁物食種，肉食種，藻食種の順であるが，中層では5月から9月まで藻食種の個体数が肉食種を上回った。湿重量では上層で5月から7月と1月から3月に，中層では9月から12月に，下層では7月と1月から3月に藻食種が肉食種より多く出現した。

消波ブロック護岸：出現種数，個体数，湿重量ともに垂直護岸と同様に各層とも懸濁物食種が最も多く，出現種数では上層の5月を除いて，個体数では上層で7月，中層では5月と9月を除いて，肉食種，藻食種の順であった。湿重量では上層で5月から7月と3月に，中層では7月と12月から1月に藻食種が肉食種より多く出現した。下層では周年にわたり懸濁物食種，肉食種，藻食種の順であった。

砂浜：出現種数は3層とも懸濁物食種が最も多く，次いで肉食種で，藻食種は極めて少なかった。肉食種は上層ではほとんど見られないが，下層に向かうほど増加した。個体数組成でも3層ともに懸濁物食種が個体数の70%以上を占め，次いで肉食種で，藻食種はほとんど見られない。湿重量では3層ともに極めて少ないため，重量のある生物が数個体でも出現すると，その重量に大きく影響され，懸濁物食種と肉食種の占める割合は大きく変化した。

この海域では懸濁物食種が多く，肉食種は豊富に存在する懸濁物食種と僅かな藻食種を餌として生存している。懸濁物食種は海水の流動が絶えず餌料を供給するためか，湿重量が最も大きくなるが，藻食種は日射を受ける基質の面積やその上に生育する海藻の種類によっても制限される。このような餌料の供給量の差がこの海域での懸濁物食種→肉食種→藻食種の序列を決定すると考えられる。

#### g. 生活形態

軟体動物と節足動物をその生息場所によって，表在性種（基質の表面に生活する），半内在性種（基質に半分埋もれて生活する），内在性種（基質に埋もれて生活する。）に区分し，表在性種はさらに遊在性種（自由に移動する事が出来る）と固着性種（基質に付着して生活する）に細区分した。ここでの半内在性種は穿屈性種（基質に穴を掘って住む。），内在性種は間隙性種（基質中にもぐって住む。）で，それらの種数組成を表15に示した。

垂直護岸：軟体動物，節足動物ともに遊在種が全体の60%以上を占め，固着性種を合わせると，表在性種が90%以上を占め，水深が深くなるほどその割合が高くなった。半内在性種は少数出現したが，内在性種は出現しなかった。

消波ブロック護岸：軟体動物，節足動物ともに遊在種が60%以上を占め，固着性種を合わせると，表在性種が80%以上を占めた。遊在性種や固着性種の水深による増減はみられず，マガキなどの貝殻やその間隙に二次的に潜り込んで生活する内在性軟体動物（穿孔貝）が出現した。

砂浜：軟体動物の出現が少く，遊在性種（肉食性巻貝）と内在性種（二枚貝）は中・下層での

表15 生活形態別出現種数（組成）

動物門	生活形態		垂直護岸				消波ブロック護岸				砂浜				3 定点・層
	大区分	小区分	上層	中層	下層	小計	上層	中層	下層	小計	上層	中層	下層	小計	総計
軟体動物	表在性	遊在性種	61.1	67.7	71.0	76.2	60.0	65.5	61.8	68.2		54.5	54.5	47.1	69.2
		固着性種	33.3	29.0	25.8	21.4	28.0	27.6	32.4	25.0	100.0	18.2	9.1	17.6	18.5
	半内在性	穿屈性種	5.6	3.2	3.2	2.4	4.0	3.4	2.9	2.3					1.5
		間隙性種					8.0	3.4	2.9	4.5		27.3	36.4	35.3	10.8
節足動物	表在性	遊在性種	71.9	79.2	83.0	83.3	82.1	78.3	82.2	80.0	45.5	70.3	74.1	75.4	81.0
		固着性種	18.8	13.2	8.5	10.6	14.3	15.2	8.9	12.7			1.9	1.5	5.8
	半内在性	穿屈性種	9.4	7.5	8.5	6.1	3.6	6.5	8.9	7.3	36.4	18.9	14.8	13.8	8.3
		間隙性種									18.2	10.8	9.3	9.2	5.0

\*単位は%，また小計とは3層全体での出現種類組成を示す。

み出現し、石に着く固着性貝類は上層から下層まで出現するが、極めて少数である。節足動物の遊在性種は上層から下層に向かうほど出現種組成が高くなり、下層では垂直護岸や消波ブロック護岸と同程度の出現組成であった。また、半内在性種と内在性種は上層から下層まで少数が出現する。

垂直護岸と消波ブロック護岸はほぼ同様の傾向がみられるが、砂浜とは様相が異なっている。動物は基質の種類に規定され、特に砂浜下層において節足動物の遊在性種の比率が高いのは、調査定点付近の海底に石が点在するため、石が増加するほど多様な生活形態をもつ動物が増加する。

一般に同一海域にある岩礁海岸と垂直護岸、消波ブロック護岸、砂浜の生物相を比較した場合は、岩礁海岸が最も多様性に富んだ生物相が出現すると考えられる。これは起伏に富んだ岩や多様な粒子組成の基質が存在し、生物の生息場所としての多様な環境条件を備えていることと、藻類の生育に不可欠な日射を十分に受ける基質が豊富にあり、そこで生産される豊富な藻類を餌にする動物がより多く出現することによる。このため、懸濁物食種、藻食種、肉食種がバランスよく存在し、垂直護岸や消波ブロック護岸と砂浜を合わせた以上の生物相が出現すると考えられる。

### 3) 植物相

#### a. 出現状況

海岸形状ごとに緑藻・褐藻・紅藻の層別時期別出現種数と湿重量を表16に示した。

垂直護岸：垂直護岸では32種が出現し、そのうち上層では15種、中層では27種、下層では20種が出現し、中層で出現種数が多かった。上層では5月から9月までは1～3種と少ないが、12月から3月に6～10種に増加した。中層でも7月と9月に4～5種、5月と12月から3月に9～15種、下層でも7月から12月に1～4種、5月と1月から3月に7～14種と寒い時期に多く出現している。湿重量は上層では周年0.25m<sup>2</sup>当り3.3g以内で、緑藻を主に紅藻と褐藻がごく僅かしか出現しない。中層では5月と7月に褐藻類が多量に出現するため、116.2～447.9gを示

したが、9月から3月には4.0~26.4gと少ない。下層では褐藻が多量に生育するため、12月は29.3gと少ないが、そのほかの月は65.2~270.3gとほぼ周年にわたり高い値を示している。上層では緑藻、中層では褐藻と紅藻、下層では褐藻が多量に出現している。月平均湿重量は上層が0.9g、中層が103.0g、下層が132.3gと、下層で最も湿重量が多かった。植物門別にみると上層では緑藻→紅藻→褐藻、中層と下層では褐藻→紅藻→緑藻の順で、下層に向かうほど海藻の湿重量が多かった。

表16 海藻の出現種数と湿重量

海岸形状	採取層	植物門	出現種数						年間出現種数	湿重量						平均	
			5月	7月	9月	12月	1月	3月		5月	7月	9月	12月	1月	3月		
垂直護岸	上層	緑藻	1	1	1	3	4	3	5	3.3	0.3	0.1	0.3	1.2	+	0.9	
		褐藻				1	1	1	2				+	0.1	+	0.0	
		紅藻		1	2	2	5	5	8		+	+	1.0	0.6	0.4	0.4	
	中層	緑藻	2	1	1	2	3	2	3	1.4	0.5	+	+	0.1	0.2	0.4	
		褐藻	3	1	1	1	1	1	4	92.1	438.8	15.6	0.1	0.1	0.6	91.2	
		紅藻	4	3	2	8	11	12	20	22.7	8.6	0.1	7.9	3.8	25.6	11.5	
	下層	緑藻	1	1			2	1	2	+	+			+	+	0.0	
		褐藻	2	1	1	1	3	2	3	63.8	269.5	88.1	29.0	107.7	225.5	130.6	
		紅藻	4	1		3	9	11	15	1.4	0.8		0.3	0.5	6.9	2.0	
消波ブロック護岸	上層	緑藻	2	2	2	1	1		3	4.3	+	23.3	12.8	1.4		8.4	
		褐藻	2						1	3	0.2				+	0.1	
		紅藻	5		3	4	5	4	10	25.2		1.8	43.7	149.8	84.6	61.0	
	中層	緑藻	1	2	3	3	3	2	5	0.2	5.6	1.2	0.6	0.1	0.2	1.3	
		褐藻	1	2	1				2	3	2.7	8.9	16.7			0.6	7.2
		紅藻	6	6	2	11	12	16	22	474.8	264.6	3.2	43.0	159.6	385.1	221.7	
	下層	緑藻	3	1	1		2	1	3	1.0	0.2	+		1.1	+	0.5	
		褐藻	2	1		1	1	3	3	959.9	272.0		+	21.2	28.5	256.3	
		紅藻	7	5	1	7	14	7	18	270.5	48.4	0.2	8.3	134.7	38.1	83.4	
砂浜	上層	緑藻			1	2	1		3			+	1.0	+		0.3	
		褐藻															
		紅藻				1			1				0.1			0.1	
	中層	緑藻		2	2	1		1	4		3.8	0.1	+		0.1	1.0	
		褐藻															
		紅藻			2				2			0.9				0.9	
	下層	緑藻		1	2	2	2	2	4		1.3	0.4	0.1	+	0.9	0.5	
		褐藻					1	2	2					+	0.2	0.1	
		紅藻		1	2		6	11	12		6.5	0.5		0.4	0.3	1.9	

\*湿重量の単位はg/0.25m<sup>2</sup>

消波ブロック護岸：消波ブロック護岸では39種が出現し、そのうち上層では16種、中層では30種、下層では24種が出現し、垂直護岸と同様に中層での出現種数が多かった。上層では7月に2種と少ないほかは9月から5月に5~9種が出現した。中層では9月に6種とやや少ないほ

かは8~20種と出現種が多く、下層では9月に2種と少ないほかは7~17種と多かった。湿重量では上層は12月から3月にかけて56.5~151.2gと多く、その主体は紅藻であった。中層では9月と12月を除いて159.7~477.7gと、紅藻類が多量に出現している。下層では5月から7月に褐藻が272.0~959.9gと多く、1月と5月には紅藻が270.5~134.7gと多量に出現し、9月と12月を除いて66.6~1231.4gの湿重量を示した。上層では紅藻を主体に緑藻が、中層では紅藻を主体に褐藻と緑藻が、下層では褐藻を主体に紅藻も多く出現する。ここでは紅藻が上層にまで進出しているのが特徴的である。年間の月平均湿重量は上層が57.9g、中層が227.9g、下層が297.4gと下層ほど湿重量が多かった。植物門別にみると上層では紅藻→緑藻→褐藻、中層では紅藻→褐藻→緑藻、下層では褐藻→紅藻→緑藻の順で、水深によって順位が入れ替わっている。

砂浜：砂浜では18種出現し、そのうち上層では4種、中層では6種、下層では18種出現した。水深が深くなるほど底質が安定し、調査定点周辺の海底に石が点在するためか出現種数がやや多くなっている。上層では5月から7月と3月に海藻が出現せず、それ以外の月も3種以下で湿重量は極めて少ない。中層でも5月と1月に海藻の出現がみられず、それ以外の月も出現種は4種以下で、湿重量は極めて少ない。下層では5月以外はほぼ周年海藻の出現がみられたが、7月から12月までは4種以下と出現種が少なく、1月と3月には9種から15種と出現種が多いが、湿重量は少ない。上・中層では緑藻が主体で、紅藻も少量出現した。下層では紅藻が主体で、次いで緑藻が出現し、褐藻も僅かにみられた。湿重量が測定できる水準にあったのは、上層では12月に1.1g、中層では7月に3.8g、下層では7月に7.8gで、年間の月平均湿重量は上層が0.2g、中層が0.8g、下層が1.8gと、下層ほど湿重量が多かった。

本調査での3海岸形状における総出現種数は41種にのぼるが、砂浜では藻類の付着基質が乏しいため、出現種が極めて少ない。また、垂直岸壁と消波ブロック護岸を比較すると、斜度の緩い後方で出現種数が多く、特に紅藻が種数・湿重量ともに消波ブロック護岸に多いことが特徴的である。この理由として、消波ブロック護岸では潮流に運ばれてきた藻類の胞子が、波で斜面に打ち上げられ、次の波に洗われるまで基質面に留まり、相対的に基質に対する接触時間が垂直護岸より長くなり、付着しやすいことが考えられる。これは特に胞子に鞭毛を持たない（運動性の乏しい）紅藻に顕著に現われている可能性が考えられる。

海岸形状別に3層の月平均湿重量を比較すると、垂直護岸では78.8g、消波ブロック護岸では194.4g、砂浜では僅か0.9gで、多い順に消波ブロック護岸→垂直護岸→砂浜で、消波ブロック護岸は垂直護岸の2.5倍の湿重量があった。これは消波ブロック護岸はコンクリートの基質が傾斜しているため、藻類が日射を十分に受けることが出来ることも一因と考えられる。

#### b. 優占種

湿重量組成で10%以上の値を示す種を月別層別に表17に示した。このうち50%以上の組成比を複数の調査回次にわたって占める種を第1優占種とし、50%以下の組成比で複数回次に出現するものを第2優占種とした。

表17 湿重量に大きな組成比を占める種

調査層	項目	垂直護岸						消波ブロック護岸						砂 浜					
		5月	7月	9月	12月	1月	3月	5月	7月	9月	12月	1月	3月	5月	7月	9月	12月	1月	3月
上層	優占種名																		
	ケイソウ綱					68.3													
	ボタンアオサ		100.0							92.8									
	アオサ属	100.0		100.0	15.4	11.7		13.0			22.7						90.9		
	アマノリ属						50.0												
	フダラク				76.9	6.7	50.0	82.6		74.2	98.5	98.2							
中層	アナアオサ													100.0					
	アオサ属														10.0				
	ハネモ															100.0	100.0		
	カジメ	73.3	98.0	99.4						79.1									
	フダラク	17.9			82.5	35.0	89.0	99.2	78.8		72.7	95.0	98.5						
	ヒジリメン					10.0													
	オゴノリ				13.8	12.5					13.1						90.0		
	ツノマタ								15.9	15.2									
	イギス科					30.0													
	下層	アナアオサ													16.7				
アオサ属															44.4			20.0	
ハネモ																100.0		40.0	
ケウルシグサ																		13.3	
ワカメ												13.5	12.8						
カジメ		94.8	99.7	100.0	99.0	99.0	97.0	74.3	84.8				28.8						
フダラク								21.3		100.0	62.7	80.7	56.0					6.7	
オゴノリ														83.3	55.6		75.0	6.7	
ツノマタ									10.3										
ハイウスバリ																		25.0	6.7

\*単位は%

垂直護岸：上層ではボタンアオサを含むアオサ属が5月から1月まで出現し、フダラクが12月から3月に、珪藻が1月に、アマノリ属が3月に多く出現した。中層ではカジメが5月から9月に多く、フダラクが5月と12月から3月に、オゴノリが12月と1月に、イギス科の1種とヒジリメンが1月に出現した。下層ではカジメが周年にわたって多く出現した。

上層の第1優占種としてはボタンアオサを含むアオサ属とフダラクが、中層の第1優占種としてはカジメとフダラクが、第2優占種にはオゴノリが、下層の第1優占種にはカジメがあげられる。ここでの海藻群落を上層から下層にかけてゾーン分けすると、アオサ属→フダラク→カジメという構成になる。

消波ブロック護岸：上層ではフダラクが5月と12月から3月まで、ボタンアオサを含むアオサ属が5月と9月から12月に多く出現した。中層ではフダラクが9月を除いて周年、ツノマタが7月から9月に、カジメが9月に、オゴノリが12月に多く出現した。下層ではフダラクが5月と9月から3月に、カジメが5月から7月と3月に、ワカメは1月から3月に、ツノマタは7月に多く出現した。

上層の第1優占種としてはフダラクが、第2優占種としてはアオサ属が、中層の第1優占種としてはフダラクが、第2優占種としてはツノマタが、下層での第1優占種としてはフダラクとカジメが、第2優占種にはワカメがあげられる。ここでの海藻群落を同様にゾーン分けすると、アオサ属→フダラク+ツノマタ→カジメ+ワカメという構成になる。

砂浜：上層においては12月にのみアオサ属が多く出現した。中層においてはハネモが12月と3月に、アナアオサとアオサ属が7月と9月に、オゴノリが9月に出現した。下層ではオゴノリが5月と12月を除いた調査時に、アナアオサやアオサ属が3月と7月から9月に、ハネモが12月と3月に、ハイウスバノリが1月と3月に、ケウルシグサとフダラクが3月に多く出現した。

上層においては優占種と言えるものはなく、中層における第1優占種としてはハネモが、第2優占種としてはアナアオサを含むアオサ属が、下層での第1優占種にはオゴノリ、第2優占種にはハネモ、アナアオサなどのアオサ属、ハイウスバノリがあげられる。ここでの海藻群落をゾーン分けすると、アオサ属→ハネモ+アオサ属→オゴノリ+アオサ属+ハイウスバノリという構成になる。

## 2. まとめ

1982年8月から1983年8月まで隔月に、阪南町尾崎港前面の消波ブロック護岸において、関西国際空港の緩傾斜護岸の効果予測のために行った人工岩礁効果予測調査（鍋島、1984）では、CDL+48cm, -2cm, -52cm, -102cm, -152cmの5水深帯を調査し、動物291種、海藻58種が出現し、CDL-52±50cm層に生物現存量が多かった。今回の調査ではCDL+70cm, -80cm, -230cmの3水深帯を調査したところ、動物220種、海藻41種が出現し、調査水深帯数と調査水深の相違により種数はやや少ないものの、ほぼ近似した値を示した。海岸形状ごとの現存量を表18に示した。これによると、垂直護岸では上・中・下層の0.25m<sup>2</sup>あたりの月平均現存量は1.08

kg, 消波ブロック護岸では0.83kg, 砂浜では4.0gの生物が採取され, 垂直護岸が最も月平均現存量が多かった。また, 垂直護岸と消波ブロック護岸ともに中層(CDL-80cm)での湿重量が多く, 人工岩礁効果予測調査(鍋島, 1984)と同様の傾向がみられた。この水深帯は潮下帯の上部にあたり, 潮汐による干出を受けず, 満潮時にも十分な日射を受け, 潮流や波浪による海水流動が適度にある水深帯にあり, 動物や海藻の生育に適していることと, この水深帯がこの海域の優占種であるマガキやムラサキイガイの好適な水深帯にあるため, 湿重量が大きくなったものと考えられる。

表18 全生物現存量(動物+藻類湿重量)

海岸形状	層/時期	5月	7月	9月	12月	1月	3月	平均
垂直護岸	上層	645.7	1315.2	1268.2	516.4	6.0	530.5	713.7
	中層	3421.5	4488.9	1846.6	729.8	4.2	1934.0	2070.8
	下層	136.7	488.6	1467.4	301.0	108.2	278.8	463.5
	平均	1401.3	2097.6	1527.4	515.7	39.5	914.4	1082.7
消波ブロック護岸	上層	1112.7	305.7	319.2	557.3	151.2	604.5	508.4
	中層	1611.0	953.0	1549.4	1123.5	160.4	1941.7	1223.2
	下層	1401.1	590.0	852.3	596.5	157.0	1026.4	770.6
	平均	1374.9	616.2	907.0	759.1	156.2	1190.9	834.1
砂 浜	上層	0.3	0.0	0.2	2.9		0.3	0.6
	中層	1.7	13.1	6.1	1.8		0.6	3.9
	下層	1.1	14.6	5.7	19.3	0.5	3.0	7.4
	平均	1.0	9.2	4.0	8.0	0.2	1.3	4.0

\*藻類には珪藻, 藍藻, 緑藻, 褐藻, 紅藻を含む。単位は湿重量g/0.25m<sup>2</sup>

同一海域においてどのような海岸構造であれば, 生物生産に最も寄与するかを, 生物種と現存量の面から判断しようと試みた。砂とコンクリートという基質の種類の相違により生息種が大きく異なることは当然であるが, 同じコンクリート基質で作られた垂直護岸と消波ブロック護岸では, 動物現存量では前者が, 植物現存量では後者が大きく, 出現種や生物現存量を単純に比較するだけでは際だった差はみられなかった。垂直護岸と消波ブロック護岸で現存量に大きな割合を占めるのは, 基質に固着して有機懸濁物を濾過摂食する軟体動物で, これらの動物の多寡が海岸の価値を決める指数として有効か否か疑問がある。また, 消波ブロック護岸では基質が傾斜しているため, 基質表面に受ける日射量は相対的に大きく, 海藻類の現存量は垂直護岸の2.5倍と大きいことが特徴的である。消波ブロック護岸は垂直護岸より藻類の生育に適しており, 海水中の溶存態窒素や磷の固定に貢献するとともに, 藻食動物の生息場としても潜在能力が大きいと言える。

砂浜は今回の結果からは最も生物相が貧弱で生物現存量が低かったが, 漁業重要種であるガザミやクルマエビは幼稚仔期から若齢期に砂浜で生活し, 成長にともなって沖合漁場へ移動する。



また、砂浜は多毛類や二枚貝などの内在性動物やアナジャコ、ニホンスナモグリなどの半内在性動物が生息し、これらが漁業生物の餌料として重要な役割を果たし、ワタリガニ類、クルマエビ類、カレイ、キスなどは生息場として利用している。年によってはアサリが爆発的に発生するなどの例があり、潜在的な生産力を持っていると考えられる。

また、消波ブロック護岸は消波ブロックの作る空間にメバル、カサゴ、マダコなどが生息し、護岸の海域面積当りの基質表面積や基質で囲まれた空間容積は消波ブロック護岸が垂直護岸より圧倒的に大きく、したがって垂直護岸以上の漁業生物の収容能力を有していると考えられる。

生活史の特定の時期に渚周辺海域を利用することがわかっている種で、坪刈調査に入らなかった重要漁業生物も多く、本調査では移動能力の低い生物の生物相と現存量を比較した結果となっている。どの海岸形状が最も有効かを判断するにはより広範な視点から総合的に判断する必要がある。

## 要 約

- 1) 垂直護岸と消波ブロック護岸における出現種数はそれぞれ年間 232 種と 220 種と多いが、砂浜では 143 種と少ない。また、3 海岸形状とも中・下層で出現種が多く、上層に少ない傾向があり、垂直護岸や消波ブロック護岸は砂浜に比較して、中・下層では冬季における出現種の減少が少なく、周年安定している。
- 2) 出現個体数は 3 海岸形状とも概ね夏季（7 月～9 月）に個体数が増加し、冬季（12 月～3 月）に減少する傾向がある。特に上層では個体数の変動が激しいのに対し、中・下層では変動の度合いが小さい。
- 3) 動物湿重量の 3 層平均は垂直護岸で 1.06kg、消波ブロック護岸で 0.73kg、砂浜では僅か 3.1g で、垂直護岸での現存量が最も高かった。
- 4) 海岸形状ごとに出現動物の上層から下層の帯状分布パターンをみると、垂直護岸と消波ブロック護岸では、イワフジツボ→マガキ→ムラサキイガイ→多毛類という共通性がみられ、砂浜ではヒメスナホリムシ+貧毛類→*Callianassa* sp.+*Pseudopolydora* sp. A→マルソコエビ+*Haustoriidae* という群集構成になる。
- 5) 垂直護岸や消波ブロック護岸において、個体数で優占する種は小型甲殻類や貝類、多毛類で、湿重量では石灰質を分泌する貝類や管棲多毛類などである。両者ともに内湾の港湾岸壁にみられる生物相と類似している。
- 6) 海岸形状別の生物の多様度 ( $H'$ ) を比較すると、3 層の平均値は垂直護岸が 2.64、消波ブロック護岸が 2.44、砂浜が 1.60 と、垂直護岸が最も高かった。3 海岸形状とも上層で多様度が低く、垂直護岸では下層へ向かうほど高くなり、消波ブロック護岸と砂浜では中層で最も高くなっている。
- 7) 垂直護岸と消波ブロック護岸では懸濁物食種が出現種数、個体数、湿重量とも 3 層で最も大きな割合を占め、概ねこれに次いで肉食種、藻食種の順となっている。砂浜でも懸濁物食種が 3

層とも最も多く、次いで肉食種が多く、藻食種が極めて少ないのが特徴的である。また、肉食種は上層にはほとんど見られず、下層に向かうほど増加する。

8) 藻食種は海藻類に依存するため、種数、個体数、湿重量ともに消波ブロック護岸で最も多く、垂直護岸、砂浜の順に少なくなる。肉食種は豊富に存在する懸濁物食種とわずかな藻食種を餌に生存している。3 海岸形状とも餌料の豊富さによって、懸濁物食種→肉食種→藻食種の序列が決定されていると考えられる。

9) 垂直護岸と消波ブロック護岸とも出現する軟体動物と節足動物の60%以上を遊在種が占め、固着性種を合わせると、表在種が90%以上を占めている。また、遊在種の割合は上層から下層に向かうほど高くなった。砂浜では各層とも軟体動物が少なく、節足動物の表在性種（遊在性）と内在性種が中・下層でのみ出現した。

10) 垂直護岸での海藻の出現種は32種、消波ブロック護岸では39種、砂浜では18種で、総出現種数は41種であった。砂浜では付着基質に乏しいため、出現種は極めて少なく、垂直護岸と消波ブロック護岸では斜度の緩い後者で出現種数が多くなっている。

11) 垂直護岸での海藻の出現は上層から下層に15種→27種→20種、消波ブロック護岸では上層から16種→30種→24種と中層での出現種数が多く、砂浜では4種→6種→18種と、下層に向かうほど出現種数が多くなっている。

12) 垂直護岸においては上層で緑藻、中層では褐藻と紅藻、下層では褐藻が多量に出現した。消波ブロック護岸では上層では紅藻、中層では紅藻、下層では褐藻と紅藻が多く出現した。消波ブロック護岸で紅藻がよく生育するのは、消波ブロックの斜面に胞子が付着しやすいためではないかと考えられた。砂浜では上・中層では緑藻が、下層では紅藻が優占した。

13) 海岸形状ごとの海藻の帯状分布を優占種によって上層から下層にゾーン分けすると、垂直護岸はアオサ属→フダラク→カジメ、消波ブロック護岸ではアオサ属→フダラク+ツノマタ→カジメ+ワカメで、両海岸形状ともアオサ属→フダラク→カジメという共通性がみられた。砂浜ではアオサ属→ハネモ+アオサ属→オゴノリ+アオサ属+ハイウスバノリという構成になる。

14) 海藻の月平均湿重量は垂直護岸では0.25m<sup>2</sup>当り78.8g、消波ブロック護岸では194.4g、砂浜では僅か0.9gで、消波ブロック護岸は垂直護岸の2.5倍となっている。これは消波ブロック護岸はコンクリートの基質が傾斜しているため、藻類が日射を十分に受けることが出来ることも一因と考えられた。

15) 動物と藻類を合計した湿重量が垂直護岸および消波ブロック護岸の中層（CDL-80cm）で最も多くなるのは、主としてこの水深帯が潮下帯の上部にあたり、干潮時にも干出されず、満潮時にも十分な日射があり、潮流や波浪による海水流動も適度にあって、動物や海藻類の生育に適していることと、マガキやムラサキイガイの好適な水深帯にあたることに起因すると考えられる。

## 文 献

- 秋山章夫 (1983) 磯浜の生物観察ハンドブック, 磯浜の生態学入門, 11-79. 東洋館出版社
- \*Dahl, E. (1952) \*Some aspects of the ecology and zonation of the fauna on sandy beach. *Oikos.*, 4.
- 木元新作 (1976) 多様性と種類組成, 動物群集研究法 I, 共立出版
- 鍋島靖信 (1984) 人工岩礁効果予測調査, 関西国際空港建設計画検討のための漁業影響調査委員会報告, 69-118. 日本水産資源保護協会

---

\*は直接参照できなかったものを示す。