

燧灘における砂泥攪乱と植生

寺脇 利信・重田 利拓・新井 章吾

Vegetation on Sandy Substrata in Relation to Sediment Disturbance in Hiuchi-Nada

Toshinobu Terawaki, Toshihiro Shigeta and Shogo Arai

SCUBA observations were conducted in order to clarify the relationship between the vegetation and the degree of sediment disturbance to the sand substrata. Off Enoura on the northern coast of Hiuchi-Nada was selected as survey station of gentle sediment disturbance by current flow patterns and boat wakes, and as representative of flourishing vegetation sites. Off Minoura on the southern coast of Hiuchi-Nada was selected as survey station of strong sediment disturbance by wave power caused by seasonal wind during winter, and as poor vegetation sites.

Quadrats were taken from a depth of 1 m to 4 m based on the datum level (D.L.) for analysis of the size of ripple mark, coverage of seagrass and algae, the burrow opening density of thalassinidean shrimps at both stations on 20th and 21th December, 1995. Particle size distribution and ignition loss of sediment were also surveyed by a hand-held cylindrical core sampler to clarify the effects of physical factors such as wave, current and sand action on the vegetation.

At Enoura, the environmental features of the sand substrata were classified into three types as follows.

- ① Mediolittoral (Eulittoral) zone condition under large sediment disturbance: low ignition loss, low mud content level, high sorting of sediment, high median diameter level and clear ripple marks in the shallow and near the strait area.
- ② Upper infralittoral (Upper sublittoral) zone condition under gentle sediment disturbance: abundant seagrass and algae, no ripple marks, high ignition loss, high mud content level, medial median diameter level and low sorting of sediment.
- ③ Infralittoral (Sublittoral) zone condition under low sediment disturbance: high mud content level, high sorting of sediment and low median diameter level, in the deep and near the pit area.

At Minoura, the environmental features of the sand substrata were comparatively uniform and burrow opening density of thalassinidean shrimps was several times higher than at Enoura. The environmental features at Minoura were similar to both the mediolittoral zone and the upper infralittoral zone conditions at Enoura, although the survey station of Minoura is within the infralittoral zone in depth.

Key words: Burrow opening, Sediment disturbance, Sand substrata, Vegetation, Thalassinidean shrimps

近年、浅海の岩礁域と砂礫域について「水産的に有用な藻食性の磯根資源が環境の安定性の比較的低い場所に分布する」との仮説にそった住み場環境が論じられ(新井 1988), 工学的な視点からも磯根漁場造成における波による物理

的攪乱の重要性が指摘されている(川俣 1994)。一方、浅海の砂泥域では、波と流れによる砂泥攪乱により海草・アマモの生育が制限される(丸山他 1988)ことも知られている。

瀬戸内海については、紀伊水道、豊後水道、

関門海峡によって外海と隔てられ静穏と考えられているためか、波と砂漣に関する整理された情報は、筆者らが調べた範囲では見あたらない。一方、瀬戸内海の底質の粒径は、表層の潮流速の大きい海峡部で粗く、潮流速の小さい灘部で細かい（中田・平野 1984）。

燧灘は、瀬戸内海のほぼ中央部に位置しており、海水交流の面では最も閉鎖的な灘である。しかも、燧灘の南岸の東部海域では、比較的平坦で単調な地形の砂泥域が多いため、潮流が遅く（香川県 1987）、大潮時の表層の平均潮流速 0.3 ノット以下である（中田・平野 1984）。しかし、燧灘の南岸の東部に近い香川県多度津町で

は、最大風速 10 m/s 以上の日数が、全年で 78 日間もあり、1月に17日間と最も多い（環境庁 1988）。このように、特に冬期の北から西寄りの季節風がもたらす波により、燧灘の南岸の東部では頻繁に砂泥攪乱が生じていると推察される。

一方、燧灘の北岸では、島が多く地形が複雑で、大潮時の表層の平均潮流速 2 ノット以上の海域もあり、これらが底質粒子の移動に大きく関与する（中田・平野 1984）。しかし、燧灘北岸に近い広島市では、最大風速 10 m/s 以上の日数が全年で 32 日間と多度津町の半分以下で、しかも 3 月の 5 日間に中国山地越しに陸域から海

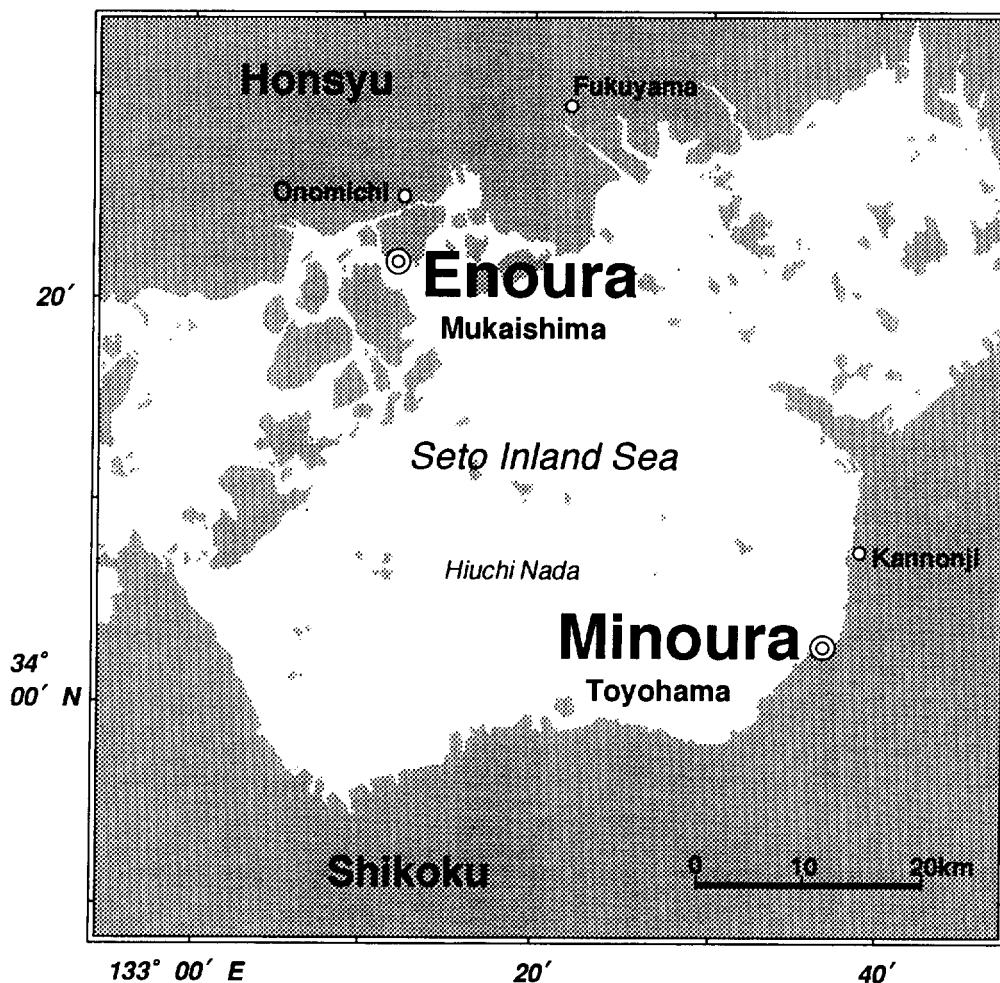


Fig. 1. Location of the two survey stations on the northern and southern coasts in the Hiuchi-nada, central Seto Inland Sea.

域に向いて吹く北の風が最も多い（環境庁 1988）。このように、燧灘北岸では、重要港湾である尾道糸崎港を利用する船舶の後流によって起こり表層を伝わる小さい波以外には、波による砂泥攪乱は小さい。

なお、砂漣は、波向と同じ方向で、水深、波高、周期との密接な関係のもとに、底質の特性に影響されて形状特性と消滅限界が変化することが実験的に確かめられている（榊山 1986）。そのため、砂漣の計測は、現地での波浪観測結果との整合性のさらなる高度化が必要ではあるけれども、潜水調査の際に現地海底に到達する波のエネルギーの大きさを、定性的に理解する程度には有効である。

以上のことから、本研究では、瀬戸内海中央部の燧灘を介して対面し、砂泥攪乱を生じさせる主要な力が、潮流と船舶の後流による小さな波である北岸と、吹走距離が長く大きな波である南岸に調査地点を選定し、砂泥基盤の表面形状（砂漣とアナジャコ類の巣穴の開口部）、底質、アマモなどの海草・藻類の植生の特徴を明らかにしようとする。

材料と方法

調査は、北岸ではアマモ群落が季節的消長において概ね最小となり（高場ら 1984；福田 1987）、南岸では北から西寄りの季節風がもたらす波で砂漣が明瞭化する時期を考慮して、Fig. 1 に示す 2 定点において、1995 年 12 月 20 日から 21 日にかけて行った。

まず、アマモなど海草・藻類の生育する定点として、北岸の広島県向島町江の浦地先を選定した。この定点は、海底の勾配が 1/10 と急で、流速が速い（中田・平野 1984）。対照として、燧灘東部の南岸の香川県豊浜町箕の浦地先を選定した。この定点は、海域が開放的で、勾配が 1/100 とゆるい。

江の浦地先では、アマモの分布調査を行った。汀線に平行方向にアマモ群落の中心部を横断する長さ 360 m の主調査測線を設けた。主調査測線を基点にし、7 カ所から岸沖方向に、スキューバ潜水し、ベルトトランセクト法により、調査測線上のアマモの被度を測定することによってアマモ群落の分布形状を把握した。次

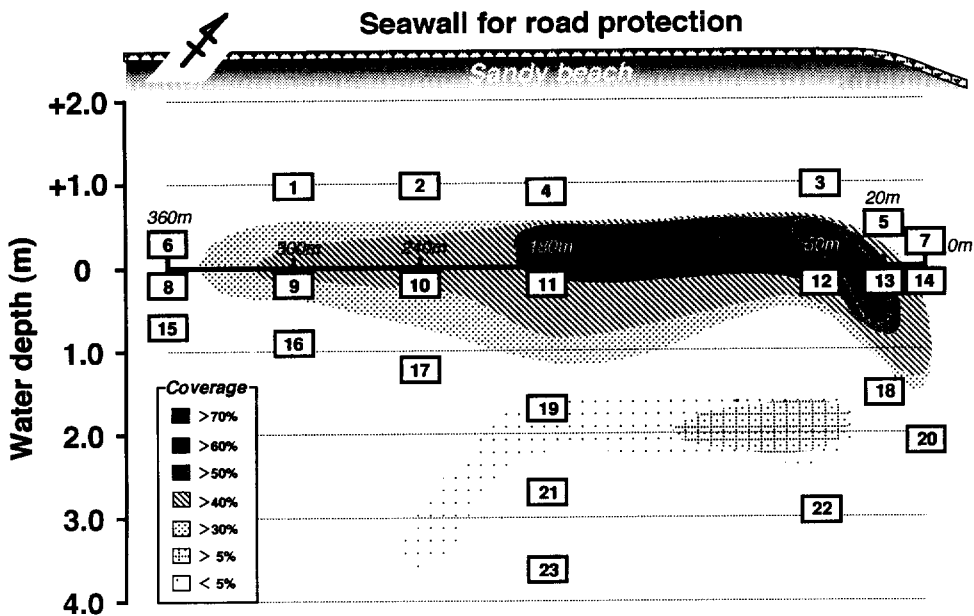


Fig. 2. A bird's eye view of the survey station and arrangement of the survey points at Enoura, Mukaishima.

Table 1. Whole data of water depth, ripple mark, burrow opening density, vegetation and sediment characteristics observed on the sand substrata at Enoura, Mukaishima

No.	Water depth (m)	Ripple height (cm)	Ripple length (cm)	Burrow opening density of thalassinidean shrimp (per m ²)	<i>Zostera</i> Coverage (%)	<i>Bryopsis</i> Coverage (%)	<i>Codium</i> Coverage (%)	<i>Diatoms</i> Coverage (%)	Median diameter (Φ)	Sorting (σΦ)	Ignition loss (%)	Mud content (%)
1	+1.0	5.0	62	-	0	0	0	0	-1.7	0.7	0.3	0.3
2	+1.0	4.6	60	-	0	0	0	0	-1.4	0.8	0.3	0.1
3	+1.0	3.3	40	-	0	0	0	0	1.6	0.8	0.7	1.0
4	+0.9	9.0	57	144	0	0	0	0	-1.3	0.8	0.3	0.2
5	+0.5	3.6	35	-	0	0	0	0	-2.0	1.2	0.6	1.0
6	+0.3	12.8	58	-	0	0	0	0	-2.1	0.4	0.2	1.0
7	+0.3	2.9	24	-	0	0	0	0	-2.0	0.9	0.3	0.1
8	0.2	0	0	-	0	0	70	20	-0.5	1.8	0.8	5.0
9	0.2	0	0	-	30	2.5	80	20	0.5	1.7	1.2	10
10	0.2	0	0	-	30	5	70	20	-0.2	1.9	1.0	5.0
11	0.2	0	0	720	50	5	50	40	1.2	1.9	1.3	8.0
12	0.2	0	0	-	40	5	40	40	2.0	1.6	1.8	15
13	0.2	0	0	-	60	5	10	60	1.7	2.2	1.3	9.0
14	0.2	0	0	-	0	2.5	90	5	0.6	2.3	1.0	4.0
15	0.7	0	0	-	0	0	80	20	0.3	2.2	1.3	10
16	0.9	0	0	-	0	0	70	20	0.3	2.1	1.1	8.0
17	1.2	0	0	-	0	2.5	60	30	0.1	2.2	1.2	8.0
18	1.5	0	0	-	0	5	50	30	1.6	2.0	1.8	12
19	1.7	0	0	672	5	5	25	60	1.6	2.1	1.5	12
20	2.1	0	0	-	0	0	0	80	1.0	2.2	1.3	15
21	2.7	0	0	96	2.5	10	40	30	2.6	1.2	3.9	32
22	2.9	0	0	-	0	0	0	90	3.0	1.2	3.7	37
23	3.6	0	0	0	0	0	5	60	3.5	1.2	4.8	52

Table 2. Whole data of water depth, ripple mark, burrow opening density, vegetation and sediment characteristics observed on the sand substrata at Minoura, Toyohama

No.	Water depth (m)	Ripple height (cm)	Ripple length (cm)	Burrow opening density of thalassinidean shrimp (per m ²)	Zostera coverage (%)	Bryopsis coverage (%)	Codium coverage (%)	Diatoms coverage (%)	Median diameter (Φ)	Sorting (σΦ)	Ignition loss (%)	Mud content (%)
1	1.0	1.8	12	208	0	0	0	0	1.8	0.6	1.1	1.0
2	1.1	1.6	10	768	0	0	0	0	1.9	0.5	1.2	0.5
3	1.3	1.6	10	816	0	0	0	0	1.9	0.5	1.2	0.6
4	1.4	1.6	9	1648	0	0	0	0	2.0	0.4	1.3	0.5
5	1.5	1.2	11	1808	0	0	0	0	1.9	0.5	1.3	1.0
6	2.0	1.1	8	704	0	0	0	0	1.9	0.4	1.3	0.8
7	2.3	4.5	26	1136	0	0	0	0	2.1	0.5	1.4	0.8
8	2.5	1.6	16	400	0	0	0	0	0.6	1.1	1.0	0.4
9	2.6	1.8	16	928	0	0	0	0	1.5	0.8	1.2	0.7

に、アマモ群落内とアマモ群落の縁辺、主に水深 (D.L. 基準) で 0.5 m の浅所および深所の砂泥域に、合計 23 点の調査測点を設けた (Fig. 2)。一方、箕の浦地先では、岸沖方向での環境

条件を把握するため、汀線と直角方向の沖出し長さ 120 m の調査測線上に 9 点の調査測点を設けた。

調査測点において、一辺 50 cm の方形枠を用い、最大の砂漣の長さ (峯から峯までの長さ)、砂漣の高さ (峯と谷の高低差)、海草・藻類の被度を測定した。海藻類の種名と学名の表記は吉田他 (1995) に従った。

方形枠内の巣穴の開口部は、散在する死骸および底質を掘り起こして生息を確認した範囲ではアナジャコ類 (thalassinidean shrimps) のものであった。そこで、その数を、江の浦地先の 180 m ラインの 5 測点と箕の浦地先の全測点で計数した。

底質分析に供するため、潜水により、内径 50 mm の円筒形の採泥器を用いて、調査測点における代表的な底質の場所で、底表から深さ 5 cm までの採泥を 2 回行い、シルト分も逃さぬように水中ですばやくビニール袋内に収納し 1 試料とした。底質試料については、粒径と強熱減量 (IL) を測定した。泥分率 (MC) は粒径 63 μm 以下の粒子の重量百分率として求め、強熱減量は 550 度で 6 時間燃焼した後に測定した。なお、調査測点の番号については、水深が浅い順に小さい番号を付した。

結 果

向島江の浦地先 結果を Table. 1 に示した。

砂漣は、水深 +1.0~0.3 m の測点では最大で長さ 62 cm、高さ 13 cm の明瞭な平行型の形状で見られたが、それ以深の測点では見られなかった。海草・藻類の最大被度は、海草のアマモ *Zostera marina* 60%、緑藻のミル *Codium fragile* 90%、寄り藻状態で見られるハネモ属 *Bryopsis* sp. 10%、また、砂泥の表面に生育する珪藻綱 90% まで、いずれも水深 0.2 m 以深に見られた。なお、珪藻綱は調査範囲の深所まで連続的に生育し被度が高くなったが、他の 3 種類は水深が深くなるに従い疎生となった。特に、アマモは水深 1 m から 2 m の間で、生育が見られず分布がとぎれていた。アナジャコ類の巣穴の開口部密度は、0~700 個/m² であった。

泥分率 (MC) は、水深 +1.0 m では 1% 以下であったが水深が深くなるにつれて高くなり、3.6 m では 52% に達した。中央粒径値 (MD) は、水深 0.3 m の -2.1Φ (礫) が最小 (粒径の絶対値としては最大) で水深 3.6 m の 3.5Φ (細砂) まで急激に大きく (粒径の絶対値としては小さく) なった。なお、粒径の分散度 (Sorting) は、アマモなどの海藻類の生育する水深 0 m ~ 2 m では最大 $2.3\sigma\Phi$ までであり、それより以浅でも以深でも低くなった。強熱減量 (IL) は、水深 +0.3 m の 0.2% から 3.6 m の 4.8% まで急激に高くなった。

豊浜箕の浦地先 結果を Table. 2 に示した。

砂漣は、水深 1.0 ~ 2.6 m の全ての測点で見られ、向きが西寄りで、水深 2 m で明瞭な並行型で最大の長さ 26 cm、高さ 5 cm まで見られ、浅所側でも深所側でも、やや亀甲型に不明瞭化した。また、アナジャコ類の巣穴の開口部密度は、200 ~ 1800 個/m² であった。

底質は、全ての測点で、泥分率 1% 以下であり、中央粒径値 $0.6 \sim 2.1\Phi$ (粗砂 ~ 細砂)、分散度 $0.4 \sim 1.1\sigma\Phi$ 、強熱減量 1.0 ~ 1.4% であり、各測点とも類似していた。

考 察

向島江の浦地先について 1 m 毎の水深帯で特徴を整理し、豊浜箕の浦地先と比較する (Fig. 3)。なお、神奈川県三浦半島西岸における年 4 回の底質調査の結果から、アマモ場とその周辺の砂泥域においては、粒径分布や強熱減量には大きな季節的变化が起こらない (川崎他 1988) とされている。

江の浦地先水深 0 m 以浅 底質は、泥分率 1% 以下と低く、中央粒径値 $-2.1 \sim 1.6\Phi$ (礫 ~ 中砂) と高く、しかも粒径の大きな粒子に分布が集中し、強熱減量 1% 以下と低い。これらは、基本的には、大潮時の表層の平均潮流速 1 ~ 2 ノットに達する布刈瀬戸に面していることによる特徴 (中田・平野 1984) である。さらに、明瞭な平行型の砂漣が見られたことから、重要港湾に指定されている尾道糸崎港を利用する船舶の後流によってつくられ、表層を伝わる波による攪乱が相乗していると考えられた。アナジャコ類の巣穴の開口部密度についても、100 個/m² と少なかった。

江の浦地先水深 1 m 以浅 アマモの垂直分布の中心の水深帯で、砂漣が見られず、泥分率 10%

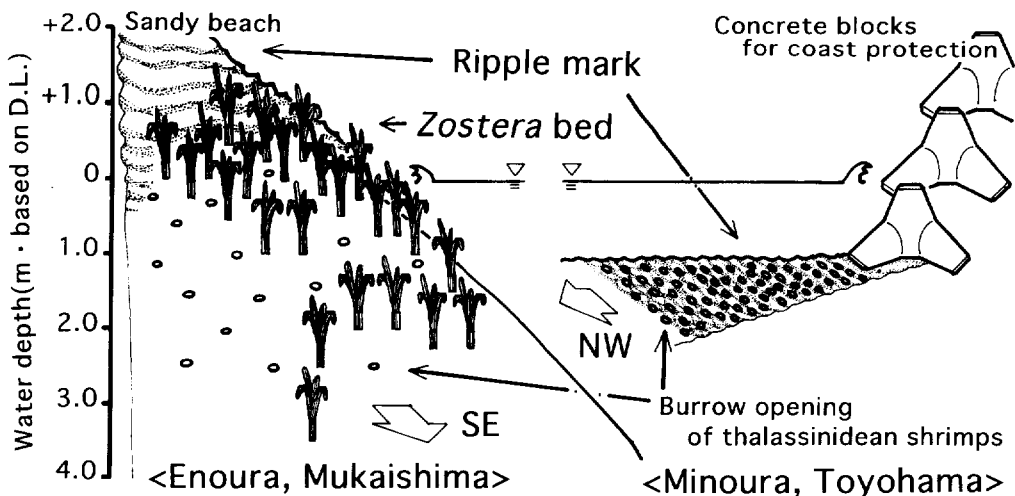


Fig. 3. Schematic illustration of the comparative features of topography, sediments, *Zostera* beds and burrow opening of thalassinidean shrimps on the sand substrata observed at both stations, Enoura and Minoura.

程度、中央粒径値 $-0.5\sim 2.0\Phi$ (粗砂~中砂)、分散度 $1.6\sim 2.3\sigma\Phi$ と粒径の大きな粒子から小さい粒子まで広く分布し、強熱減量 $1\sim 2\%$ と高くなって有機物が残存しやすくなるなど、わずか1 mの水深差で劇的に静穏な条件に変化する。アマモは砂泥中に根を伸長させて生育する多年生の海草である。これに対して、岩礁や礫に生育する海藻のミルが観察されることから、この水深の砂泥の粒子は、少なくとも数カ月の間、転動・反転しない程度には静穏である。更に極めて短命な珪藻綱にも着生面が得られる程度には、砂泥攪乱による微妙な基面の刷新が繰り返されている(新井 1988) ことも示唆される。ここでは、アナジャコ類の巣穴の開口部密度 700 個/ m^2 以上で、この定点の中では最も高密度であった。

江の浦地先水深 2 m 以浅 砂漣が見られず、泥分率、中央粒径値、分散度および強熱減量とも、アマモの垂直分布の中心の水深 1 m 以浅とほとんど同様の値である。それにも拘わらず、アマモが最大で被度 5% でしか見られない原因については、今回は明らかにできなかった。ただし、この水深帯では、アマモの疎生域はより深所側にあることから、光量によるアマモ限界域には当たらない。一方、アナジャコ類の巣穴の開口部密度は、 700 個/ m^2 近くで、1 m 以浅とほとんど同じ値である。

江の浦地先水深 3 m 以浅 砂漣が見られず、泥分率 $20\sim 40\%$ と高くなり、中央粒径値 $1.0\sim 3.0\Phi$ (中砂~細砂)と小さくなり、分散度 $1\sim 2\sigma\Phi$ と粒径の大きな粒子から小さい粒子まで広く分布し、強熱減量 $1\sim 4\%$ であった。アマモにとっては、光量の低下による生育制限の作用に加え、泥分率の高過ぎる軟弱な基盤では根を伸長させても草体の支持力が得られにくいという要因が作用しているよう。ミルなどの海藻類は、粒径の大きな粒子に着生し、アマモ草体による光量の減衰の影響を免れているものと考えられる。アナジャコ類の巣穴の開口部密度は低下した。

江の浦地先水深 4 m 以浅 砂漣が見られず、泥分率 50% 以上、中央粒径値 3.5Φ (細砂)、分散度 $1.2\sigma\Phi$ と粒径の小さな粒子に分布が集中し、強熱減量 5% と、砂泥攪乱がほとんど無く、ま

すます低光量で軟弱な基盤の条件に変化している。アナジャコ類の巣穴の開口部は見られなくなっている。

豊浜箕の浦地先 水深 $1\sim 3$ mで同様の砂泥基盤であり、最大の長さ 26 cm、高さ 5 cmの平行型の砂漣は、この時期の、燧灘をわたる西寄りの季節風で生じた波によるものである。底質は、泥分率 1% 以下と低く、中央粒径値 $0.6\sim 2.1\Phi$ (粗砂~細砂)、分散度が最大で $1.1\sigma\Phi$ と粒径が類似した範囲に集中し、強熱減量 1% 程度と低い。さらに、粒径分布の分散度が低く、泥分率と強熱減量の値が低いことから、類似する波高・周期の波が繰り返し押し寄せたことが分かる。

このことから、水深 $2\sim 3$ mにおいて明瞭な砂漣が形成される砂泥攪乱が継続する海域では、アマモなどの海草・藻類の生育が制限を受けると考えられる。一方、アナジャコ類の巣穴の開口部密度が、 2000 個/ m^2 に迫り、調査範囲内では最高の密度で、海草・藻類とは対照的であるので、その形成・維持機構に興味を持たれる。

向島江の浦地先と豊浜箕の浦地先の比較

江の浦地先においては、地先の砂泥域の環境を、海洋環境の生態区分(西村 1974)に従い、3つに類型化できる。すなわち、①砂泥攪乱が大きい潮間帯的な環境：浅くなるか布刈瀬戸側で、砂漣が見られ、粒径が大きいものに集中し、泥分率と強熱減量の値が低い環境 ②砂泥攪乱が中間的で潮下帯上部的な環境：アマモを含め海草・藻類の豊かな植生が認められ、粒径が中間的で幅広く分布し、比較的、泥分率と強熱減量の値が高く、砂漣がみられない環境 ③砂泥攪乱が小さい潮下帯的な環境：深くなるか地形的な凹部で、粒径の小さいものに集中し、泥分率と強熱減量の値が高い環境である。

これに対し、箕の浦地先では、アナジャコ類の巣穴の開口部密度が、江の浦地先よりも数倍の高密度である点が特徴であった。しかも、この地先は、潮下帯にあたるにも拘わらず、砂漣が見られ、粒径が狭い範囲に集中し、泥分率が低いことから、波による砂泥攪乱が大きく、江の浦地先の①の潮間帯的な環境との共通点がみ

られる。さらに、粒径が中央粒径値 $1\sim 2\Phi$ と比較的小さく、アナジャコ類の巣穴の開口部が見られる点からは、江の浦地先の②の潮下带上部の環境との共通点も含まれる。

今後の課題

一般的には分布範囲が比較的広いアマモ (Den Hartog 1970; 向井 1987) も、詳細に検討してみると、局地的には狭い範囲にしか見られない。そこで、今後は、底生生物について、局地的な分布の制限要因を明らかにするため、砂泥攪乱を生じさせる物理的要因と生物的要因を分離して把握し、総合的に解析する視点が重要である。

物理的要因に関連しては、海岸変形の過程における動的平衡相とみられる底生生物の分布 (土木学会 1996) と、波、流れ、底質移動の条件との関係の定量的な把握が課題である。特に、海岸構造物の耐波浪性を検討する場合よりも静穏な条件下での、微小な粒子の定量評価に資する研究 (伊福・住井 1993) との連携が必須である。

生物的要因に関しては、アナジャコ類の、より低位の分類群を明確にしなければならない。なぜならば、本研究で扱ったアナジャコ類の中で、スナモグリ科の種は、アナジャコ科の種よりも、生物攪乱によって底質を変化させやすい (玉置 1995) からである。

謝 辞

広島県水産試験場の高場 稔氏、香川県水産試験場の山賀賢一氏と藤原宗弘氏には、本研究の遂行に必要な情報を提供いただいた。広島県向島漁業協同組合と香川県豊浜漁業協同組合には調査現地の確保にご協力いただいた。水産工学研究所の高木儀昌博士と五洋建設株式会社の中瀬浩太氏には工学的な視点から有益なご助言をいただき、京都大学大学院理学研究科の伊谷行氏にはアナジャコ類の生態に関する教示をいただいた。現地調査では当所の後藤幹夫氏に、底質分析では枡上命子氏に協力いただいた。記して謝意を表する。

要 約

アマモなど海草・藻類が分布し、砂泥攪乱を生じさせる主要な力が潮流と船舶の後流による小さな波である瀬戸内海燧灘の北岸の広島県向島町江の浦地先と、対照に、吹走距離の長い大きな波である燧灘の南岸の香川県豊浜町箕の浦地先を選定した。

両定点の測点において、一辺 50 cm の方形枠を用い、砂漣の長さ高さ、海草・藻類の被度、アナジャコ類の巣穴の開口部密度を計測し、採泥し、粒径と強熱減量を測定した。北岸でアマモ群落の分布範囲が季節的に最小となり、南岸で季節風による波で砂漣が明瞭化する冬期 (1995年 12月 20日～21日) に調査した。

江の浦地先の砂泥域の環境を以下の3つに類型化した。

- ①砂泥攪乱が大きい潮間帯的な環境：浅くなるか布刈瀬戸側で、砂漣が見られ、粒径が大きいものに集中し、泥分率と強熱減量の値が小さい環境
- ②砂泥攪乱が中間的で潮下带上部的な環境：アマモを含め海草・藻類の豊かな植生が認められ、粒径が幅広く分布し、比較的、泥分率と強熱減量の値が高く、砂漣がみられない環境
- ③砂泥攪乱が小さい潮下帯的な環境：深くなるか地形的な凹部で、粒径の小さいものに集中し、泥分率の値が高い環境

箕の浦地先では、アナジャコ類の巣穴の開口部密度が、江の浦地先よりも数倍も高かった。しかも、水深が深く潮下帯であるにも拘わらず、砂漣が見られ、粒径が狭い範囲に集中し、泥分率が低かったことから、波による砂泥攪乱が大きく、江の浦地先の潮間帯的な環境との共通点がみられた。さらに、粒径が中央粒径値 $1\sim 2\Phi$ と小さく、アナジャコ類の巣穴が見られる点からは、江の浦地先の潮下带上部的な環境との共通点もみられた。

文 献

新井章吾, 1988: 磯根生物と住み場環境の安定性. 海

- 洋科学, 20, 355-362.
- Den Hartog, C., 1970: The sea-grasses of the world. Verh. K. Ned. Akad. Wet. Afd. Natuurkd. Ser. 2, 59: 1-275, North-Holland Publ. Com. Ams.
- 土木学会, 1996: 藻場造成技術. 原子力発電所の立地多様化技術 付属編-2 立地支援技術, 72-97.
- 福田富男, 1987: アマモ場造成に関する研究-V 天然におけるアマモの生育状況と環境条件. 岡山水試報, 2, 21-26.
- 伊福 誠・住井勝彦, 1993: 波浪による底質の移動に及ぼす粒径の影響. 海岸工学論文集, 40, 316-320.
- 香川県, 1987: 沿岸海域の環境. 燧灘東部海域環境開発調査報告書, 16-61.
- 川俣 茂, 1994: 磯根漁場造成における物理的攪乱の重要性. 水産工学, 3, 103-110.
- 川崎保夫・飯塚貞二・後藤 弘・寺脇利信・渡辺康憲・菊池弘太郎, 1988: アマモ場造成法に関する研究. 電力中央研究所総合報告, U14, 1-231.
- 環境庁, 1988: 瀬戸内海の環境. 1-67.
- 丸山康樹・五十嵐由雄・石川雄介・川崎保夫, 1988: 電源立地点の藻場造成技術の開発 第8報-アマモ場造成適地の砂地盤安定性の推定手法-. 電力中央研究所報告, U87069, 1-24.
- 向井 宏, 1987: アマモ (*Zostera marina* L.) の生態と生理. 海草藻場(特にアマモ場)と水産生物について. 漁場環境調査検討事業昭和56年度藻場特別部会とりまとめ, 日本水産資源保護協会, 1-48.
- 中田英昭・平野敏行, 1984: 瀬戸内海の流況. 海況に関する資料解析, 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告, 第35号, 環境班, 82-91.
- 西村三郎, 1974: 海洋における生物群集の構造・分布・維持. 海の生態学, 沼田真監修, 築地書館, 187-306.
- 榊山 勉・清水隆夫・斉藤昭三・鹿島遼一・丸山康樹, 1986: 砂連の形状特性と消滅限界. 電力中央研究所報告, 385050, 1-36.
- 高場 稔・米司 隆・溝上昭男, 1984: 松永湾, 百島におけるアマモ場の季節的消長について. 昭和59年度南西海区ブロック会議藻類研究会誌, 4, 10-18.
- 玉置昭夫, 1995: スナモグリ類による棲み場所の性状改変とベントス群集への影響. 棲み場所の生態学, 竹中康弘他編著, 平凡社, 129-171.
- 吉田忠生・吉永一男・中嶋 泰, 1995: 日本産海藻目録. 藻類, 43, 115-171.

1997年1月13日受理 (Accepted on January 13, 1997)

南西海区水産研究所業績 A 59号 (Contribution No. A59 from the Nansei National Fisheries Research Institute)

寺脇利信・重田利拓: 南西海区水産研究所 〒739-04 広島県佐伯郡大野町丸石 2-17-5 (T. Terawaki and T. Shigeta: Nansei National Fisheries Research Institute, 2-17-5 Maruishi, Ohno, Saeki, Hiroshima 739-04, Japan)

新井章吾: (株)海藻研究所 〒811-01 福岡県粕屋郡新宮町湊坂 3-9-4 (S. Arai: Marine Algae Resarch Co., Ltd., 3-9-4 Minatozaka, Shingu, Kasuya, Fukuoka 811-01, Japan)