

海岸構造物周辺の底生動物群集に関する現地調査

上月康則*・村上仁士**・伊藤禎彦***

1. 緒 言

近年、自然海岸や干潟の減少が進行している中では、たとえそれが防災を目的とした防波堤や離岸堤であっても、長期にわたって生態系と調和していることが社会的な責務となりつつある。この要求に応えるためには、海岸構造物の設置によってもたらされる生態系の変化を予測する手法を確立することが重要であろう。

海岸構造物の設置に伴う周辺環境の変化については富栄養化の観点から精力的に調査研究が行われてきた。しかしながら、生態系を中心としたものは底生動物を対象とした安永ら(1990)のものをはじめに二、三みあたる程度であり、生物群集の変化を一般化するには至っていない。また宇多ら(1992)は魚貝類を対象に離岸堤周辺の生態系予測手法を提案しているものの、定性的に出現生物の種を予測するにとどまっており、かつその精度も必ずしも十分とは言えない。

生態系の変化の傾向を把握するためにはこのような現地調査の他にも漁業従事者を対象としたアンケート調査も有効な手段の一つであろう。村上ら(1994)は詳細な既報の整理とともに徳島県の25の漁業協同組合員を対象にアンケート調査を実施した。その結果、離岸堤や防波堤など構造物の種類によって生物相の変化の傾向は異なることや、既報の構造物の生物増殖効果についても防波堤ではそのような傾向はみられないことなど貴重な知見を得ている。また海岸構造物周辺の生態系を一般化し、その変化を予測するためには、さらに詳細な調査と群集の解析が必要であることも指摘している。

そこで本研究では既存の海岸構造物が生態系にもたらした変化を把握することを目的に、村上ら(1994)のアンケート調査で環境の変化があったとされた海岸近傍の構造物周辺で、底生動物(マクロベントス)を対象とした調査を行った。結果については、まず動物群集と底質環境との関係について考察する。さらに群集を評価する指標について検討しつつ、多様性や重量など種々の観点

から各地点の底生動物群集を比較し、構造物設置によるマクロベントス群集の変化とその特徴について検討する。

2. 直立防波堤および離岸堤周辺における底生動物調査

2.1 調査概要

a) 調査方法

調査は徳島県北部の鳴門海岸に設置された直立防波堤1基と離岸堤2基の堤背後から砕波帯において行った。本文では2つの離岸堤のうち、図中に示す26の測点を設けた離岸堤と防波堤での調査結果について述べる。特に離岸堤では設置前の環境を知るために、堤外から約400mの11の地点(L. 16~L. 26)でも調査を行った。防波堤では1994年8月18~20日、離岸堤では12月17~20日に調査を行った。また防波堤内の水深は1.8~3.6m、離岸堤背後では0.8~2.2mであった。採取した試料水は全有機炭素濃度(TOC)を、底質は粒度分布、強熱減量(I.L.), 酸化還元電位(ORP)について測定した。試料は採取時の漏洩を少なくするために、潜水によって1.6m²×0.1mの底質を直接採取した。底生動物は1mmメッシュのふるいに残った底質試料中のものから採取し、種の同定、重量と体長を測定した。

b) 底生動物を対象とした理由

一般に生態系とは生物とその生活に関与する無機的環境を含めた系の全体をさすことから、生態系調査には多くの階層の生物を対象に行うことが望ましい。しかし、

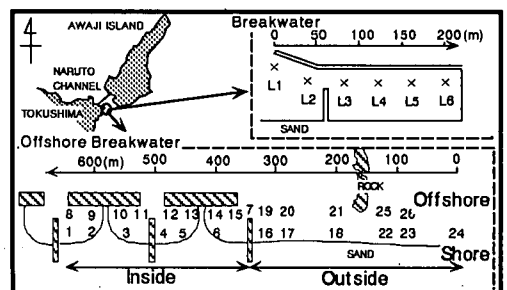


図-1 調査地点

* 正会員 工博 阿南工業高等専門学校講師 建設システム工学科

** 正会員 工博 徳島大学教授 工学部建設工学科

*** 正会員 工博 徳島大学助教授 工学部建設工学科

そのためには多くの時間と豊富な専門的な知識が必要であり、容易ではない。そこで本調査では効率的に調査を実施するために次に述べる理由から、底生動物のなかでも比較的体型が大きなマクロベントスを対象生物としてとりあげることにした。1) 世代交代時間が数カ月であることから長期間にわたる場の環境の変化をベントス群集は反映している。2) 魚類や浮遊性生物に比較して定着性であるので定量的把握が容易である。3) サイズの大きな生物の生息可能な環境は良好な環境の定義の一つであるとの観点からも、マクロベントスは調査対象生物として適していると考えられた。

2.2 水質・底質環境の変化

a) 防波堤

TOCは2.75~3.04 mg/lと水質には場所による差異は認められなかった。一方、底質にはL.1~L.6と湾奥に進むにつれて、それぞれの指標値に変化がみられた。結果を図-2にまとめて示す。横軸は堤先端にあるL.1からの距離を表す。

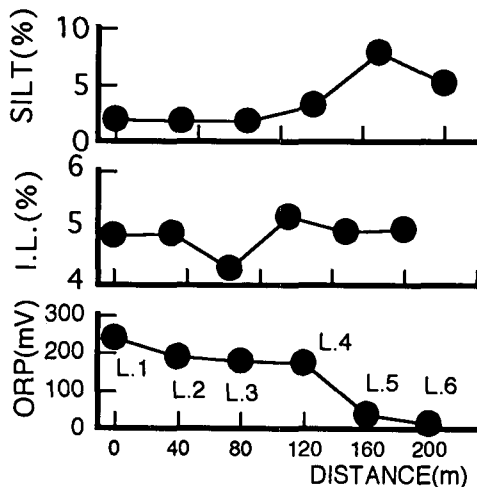


図-2 防波堤周辺の底質環境の変化

湾奥に進むにつれてシルト率、I.L.が増加、ORPが減少している。特にL.4以降のシルト率とORPの変化が顕著であった。このことから、防波堤の設置によって静穏域の形成と海水交換量が小さくなり、底質の細粒子化と還元化が生じたことがわかる。

b) 離岸堤

防波堤同様に TOCは1.49~2.91 mg/lの範囲にあり、堤の内外での水質の変化は明確には認められなかった。底質の分析結果を図-3にまとめて示す。横軸は離岸堤から最も遠い位置にあるL.24からの距離を表す。また同一距離の岸側(shore)と沖側、堤背部(offshore)の両地点で調査した結果はプロットを変えて表してい

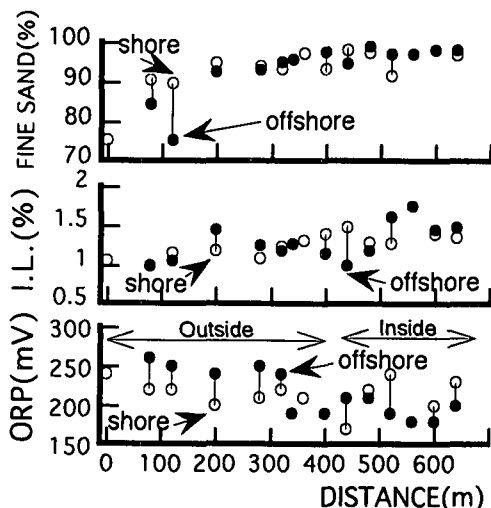


図-3 離岸堤周辺の底質環境の変化

る。

離岸堤の設置によっても、底質の細粒子化、有機物の堆積、還元化の傾向が認められ、特に堤背部沖側でのORP値の減少傾向が顕著であった。しかしシルト率は0.04~1.27%の範囲にあり、細粒子化の傾向もより粒径の大きな細砂率の変化からよく表現された。このように顕著な細粒子化は認められず、ORP値の変動も防波堤のそれに比べて小さかったことから、防波堤周辺に比較すると離岸堤設置による底質の変化は小さかったことがわかる。

2.3 マクロベントス相の変化

a) 種類数と個体数

出現したマクロベントス種数と1地点での個体数は、防波堤周辺では甲殻類6種、多毛類30種、出現個体数は13~112個体であった。離岸堤周辺では甲殻類7種、多毛類15種、出現個体数は1~265個体であった。

種類、個体数を各構造物別に図-4 a) b) に示す。図-4 b) には離岸堤の内外の結果を区別してプロットした。

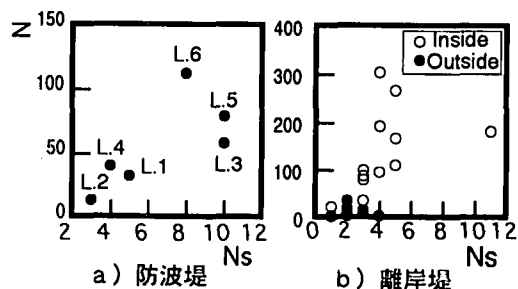


図-4 マクロベントス種類数 (N_s) と個体数 (N)

両図から種類数の増加と共に個体数も増加する傾向が認められる。特に離岸堤では堤外に比較して堤内において、この傾向が顕著にみられた。防波堤においても堤外に近い L1, L2 に比較して、湾奥にある L. 5 と L. 6 の両値は大きかった。このことから、いずれの堤の設置によっても生物種と個体数が増加したことがわかる。しかしながら、飼料となる有機物量 (I.L.) には堤内外で大きな差異がなかったことを考えると、堤内の生物は堤外のものに比較して限られた資源をより効率良く利用し、生息しているものと思われる。

つぎに生物種を甲殻類と多毛類に大別してベントス種の出現傾向について考察する。図-5 a) b) に各防波堤周辺に出現した各生物種の個体数を示す。

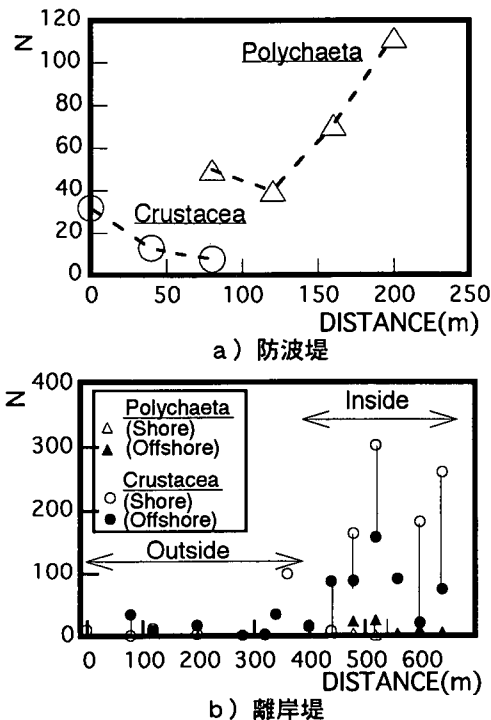


図-5 多毛類 (Polychaeta) と甲殻類 (Crustacea) の出現個体数

防波堤では湾奥に進むにつれて甲殻類が減少し、代わって多毛類が出現、増加した。離岸堤においても堤外から堤内に進むにつれて多毛類が少数出現していることがわかる。しかし甲殻類は離岸堤内においても増加しており、離岸堤での甲殻類の出現傾向は防波堤とは異なっていた。

また防波堤内の中央部にある L. 3 や離岸堤内の L1, 2, 3, 4, 8, 10, 11, 12 では多毛類と甲殻類が共に出現する地点が認められた。このことから、堤の設置によって両種の共存が可能な環境が形成されたことがわかる。

b) 底質環境とマクロベントス個体数の関係

マクロベントスの出現傾向は一般に底質環境との関係から説明されることが多い。そこでまず、各構造物周辺の甲殻類と多毛類の出現個体数と粒度組成の関係を図-6 a) b) に示し、考察を加える。

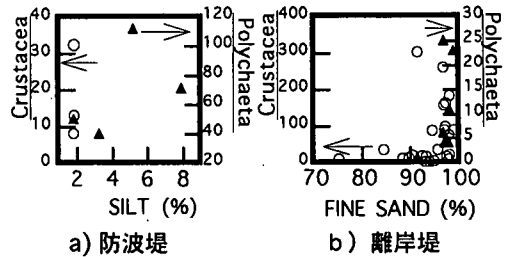


図-6 甲殻類、多毛類個体数と粒度組成の関係

図-6 a) からシルト率が2%以上になると甲殻類に代わって多毛類が出現し、シルト率の増加とともに増加していることが認められる。また図-6 b) からは甲殻類の個体数は細砂率の増加に比例しており、細砂率が95%以上になると多毛類も出現することがわかる。なお、先にも述べたように離岸堤周辺のシルト率は2%以下であったことも考慮すると、これらの調査水域で甲殻類と多毛類の共存可能な粒度組成はシルト率2%以下、細砂率95%以上の粒度組成であると考えられる。

つぎに ORP 値との関係から同様の考察を行う。ここでは構造物別ではなく、生物種別に甲殻類の個体数と ORP の関係を図-7 a) に、多毛類との関係を図-7 b) に示す。

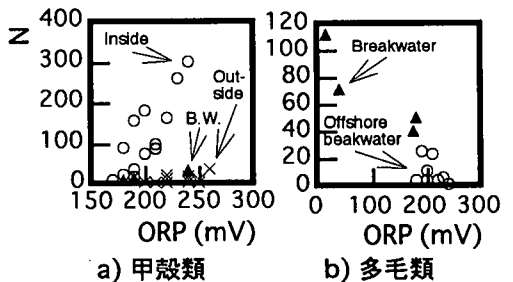


図-7 甲殻類、多毛類個体数と ORP の関係

図-7 a) から甲殻類は ORP 値 150 mV から出現し、値の増加に比例して出現個体数も増加することが認められる。この傾向は波当たりの強い離岸堤の堤外では明確でないが、堤内では顕著であった。また図-7 b) からも多毛類は ORP 値 250 mV から出現し、値の減少に伴って出現個体数も増加した。したがって、ORP 値から両種のベントスが生息可能な環境を示すと、それは 150~250 mV の範囲にある。

c) 離岸堤周辺のマクロベントス群集の類似度

ここでは Kimoto の類似度指数 (1967) を用いて、各地点で形成されるマクロベントス群集の関係とその変化の傾向をより定量的に把握しようと試みる。なお指数値は 1 に近いほど両地点のベントス群集は類似していることを意味し、表-1 には結果を網目の濃淡で表現した。白色は指数値が低く、濃くなるほどに指数値が増加し、類似していることを意味する。

表-1 離岸堤周辺のマクロベントス群集の類似度指数

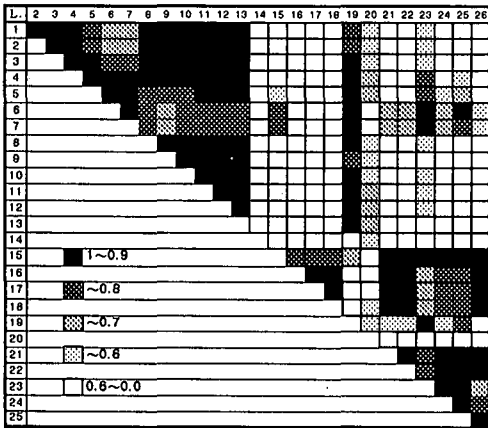


表-1 から離岸堤内の L. 1 から L. 13 と、堤外の L. 15 から L. 26 のそれぞれの地点間のベントス群集の指数値は大きく、堤内外の地点間の指数値は小さいことがわかる。この結果は、離岸堤の設置によって堤外とは異なったベントス群集が堤内に形成されたことを示している。また堤の内外の中間に位置する L. 6, 7, 15, 19 に形成されているベントス群集は堤内外いずれのものとも指数値が高かった。このことから、このベントス群集は両水域の群集の特徴を備えた、堤外から堤内のベントス群集に遷移する段階のものであると考えられる。

d) 離岸堤周辺におけるマルソコエビの体長と重量

離岸堤周辺での調査結果から最も多くの地点に共通

し、出現したマルソコエビの体長と重量からベントスの生態について簡単な考察を行う。結果を図-8 に堤の内外に区別して示す。

図-8 より離岸堤の内に比べて堤外のマルソコエビの体長と重量は数倍大きいことがわかる。2.3 a) でも述べたが、この結果からも堤内外の生物の飼料摂取、成長様式は異なっていると考えられる。

今後それぞれの生態系での有機物分解活性などを検討する場合には、このような調査結果も考慮する必要があると思われる。

3. 離岸堤周辺のマクロベントス群集の多様性

3.1 マクロベントス群集の多様性指数と冗長度

今後どのような環境を創造、保全すればよいのかについての議論を進めるためには、生物群集の多様性の大きさとその分布を把握しておくことも必要であると思われる。多様性とは生物種数が多く、各種の個体数が均等であることを意味するが、その指標としては Shannon や Brillouin の多様性指数が知られている。本研究では両指数の特徴と調査結果を考慮し、総個体数が有限である場合により合理的であると森谷 (1976) に指摘される Brillouin の多様性指数を用い、ベントス群集を評価することとした。また多様性指数には個体数の均等性の配慮に不備な点もあることから、Brillouin の多様性指数を基にした冗長度も併用し、よりの確にベントス群集の多様性を評価しようと試みる。

多様性指数 (D.I.) と冗長度 (R) の分布を構造物別にまとめて図-9 a) b) に示す。

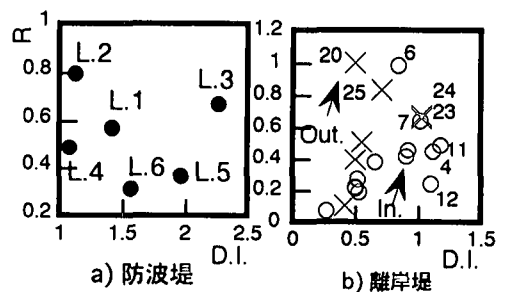


図-9 構造物周辺のベントス群集の多様性指数と冗長度

図-9 a) から、防波堤外に近い L. 2 では多様性指数が小さい、冗長度が大きい群集が形成されること、湾内の L. 5 では多様性指数が大きく、冗長度が小さい群集が形成される傾向にあることがわかる。また両指数値ともに大きい値 (2.3) を示した L. 3 は甲殻類と多毛類が共存する地点であった。

離岸堤周辺においても多様性指数の大きいベントス群集は L. 4, 11, 12 などの堤内で、冗長度が大きい群集は

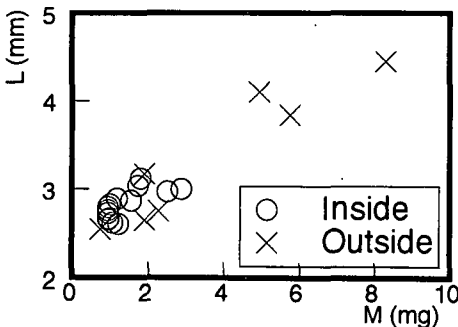


図-8 離岸堤周辺のマルソコエビの体長と重量

L. 20, 25 など堤外で認められた。また比較的高い多様性指数が大きい、多様性の高い群集は L. 23, 24, 7 の堤外あるいは堤内外の中間部に形成される傾向にあった。

3.2 マクロベントス群集の多様性指数と重量

生物群集の総重量はその生態系の生産量を表す指標であり、一般に多様性指数同様、環境が良好であるほど多い傾向にある。そこで図-10 に示す総湿重量と多様性指数との関係から、離岸堤周辺のベントス群集について考察を加える。

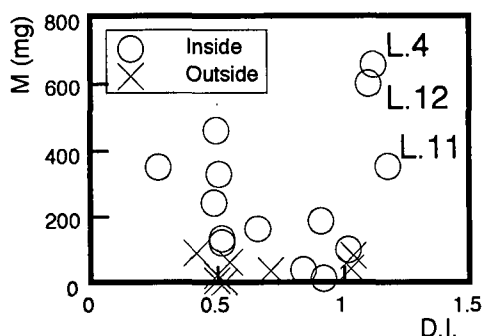


図-10 ベントス群集の多様性指数と総湿重量

図-10 から離岸堤周辺のベントス群集の多様性指数と総湿重量が比較的大きい群集は、堤内の L. 4, 11, 12 でみられ、これら3地点を除いた地点では両指標間に弱い負の相関が認められた。したがって、離岸堤の設置によって、これまでみられなかった多様性と生産量がともに大きいベントス群集が堤内に形成されたと言える。

以上、構造物周辺のベントス群集の多様性について種々の観点から検討を行ってきたが、河川のベントス群集に比較すると、その傾向にいくつかの相違がみられる。例えば、本調査では多様性指数と冗長度の間には一定の傾向は認められなかった。しかし同程度の TOC 濃度の河川でのベントス調査では、多様指数と冗長度の間には正の相関が明確に認められ、多様性指数も 2.85~3.91 と本調査結果の値よりも大きかった(上月ら, 1995)。さらに一般に得られるベントス種数も数倍多く、個体数も数10倍多い。このように沿岸域のベントス群集は河川のそれに比較すると種、個体数や多様性に乏しく、外的な影響を受けやすい生物群集であると言える。

河川のベントス群集も底質の攪乱や状態が不安定であると、多様性や個体数が減少する。このことを考えると、今後海岸構造物周辺のベントス群集の変化を定量的に把握していくためには、底質の移動量についても検討していく必要があると思われる。

4. 結 言

本研究では、海岸構造物の建設による生態系の変化予測手法を確立することを見据え、防波堤と離岸堤の設置によってマクロベントス群集がどのように変化したかについて、現地調査から検討を行った。得られた結果をつぎのとおりにまとめ結言とする。

- 1) 構造物の設置によって底質の細粒子化と還元化が生じた。この傾向は防波堤の設置によって顕著にみられた。
- 2) 個体数の増加と多毛類の出現が認められ、堤の背後では甲殻類と多毛類の両類が生息可能な環境も形成された。この傾向はシルト率と ORP から説明することができた。
- 3) 類似度からは、離岸堤内には堤外とは異なったベントス群集が形成されていることや、堤内外の中間部には両群集と共通する遷移段階にある群集が形成されていることが明らかになった。
- 4) マルソコエビの体長と重量から、堤内外のベントスの成長様式は異なることを指摘することができた。
- 5) 多様性からベントス群集の変化について検討した結果、離岸堤の設置によって群集の冗長度は低下するものの、多様性は増加する傾向にあることがわかった。
- 6) 堤内には多様性と生産量の大きいベントス群集も形成されていることが認められた。
- 7) 以上の結果と河川ベントス群集との比較から、今後流動や底質の移動の影響についても検討する必要があることを示すことができた。

謝辞: 本研究の調査、種の同定にご協力頂いた中野晴夫(富岡西高校)、石井義久(奥アンツーカー)、橋本光生(四電技術コンサルタント)の諸氏に謝意を表す。

参 考 文 献

- 宇多高明 (1992): 離岸堤設置に伴う生態変化予測手法に関する調査報告書, 土木研究所資料, 第 3106 号, pp. 2-128.
- 上月康則, 村上仁士, 伊藤慎彦, 森野健二 (1995): グムを有する農村域の小河川における底生動物群集調査, 土木学会年報, 第 50 回 (印刷中).
- 村上仁士, 伊藤慎彦, 上月康則, 藤田達也 (1994): 海岸構造物設置に伴う周辺環境・水産生物の変化に関する調査事例, 環境衛生工学研究, 第 8 号, 第 3 巻, pp. 275-280.
- 森谷清樹 (1976): 多様性指数による水環境の生態学的評価, 用水と廃水, Vol. 18, No. 6, pp. 57-76.
- 安永義暢, 日向野純也 (1990): 砂浜海域構造物周辺の環境と飼料生物の分布に関する基礎的調査, 水工研報告, 11, pp. 13-42.
- Kimoto, S. (1967): Some quantitative analysis on the Chrysomelid fauna of the Ryukyu Archipelago, Esakia, Kyushu Univ., pp. 27-54.