

防波堤の疑似岩礁効果について

谷野 賢二* ・ 明田 定満** ・ 佐藤 仁***
大森 康弘**** ・ 富士 昭*****

1. ま え が き

磯浜岩礁域はフジツボ類やムラサキガイ等に代表される付着性の強い種をはじめ、岩表面を自由に移動するウニ類や巻貝類、さらに海藻類など多様な生物が基質表面で競合しながら生息している場である。生物種群の組み合わせとそれらの現存量は、環境の特性や履歴を反映する指標であるといわれている。したがって、防波堤等の人工構造物の築造による新しい環境の創出は、生物種群の形成とその変遷を明らかにし得る点で極めて興味あるばかりでなく、人工構造物の天然岩礁域との対比により、底生生物生息場としての評価を可能とすることも考えられる。

著者らの属する水産土木研究室では、昭和62年度より防波堤などの漁港・港湾施設がもつ岩礁機能、すなわち防波堤設置に伴い、防波堤周辺に形成される岩礁性の水産動植物群落に関する調査を松前港、瀬棚港で実施してきた(武内ら、1990、1991)。平成4年度は、これまで有用水産生物(コンブ、ワカメ、ウニ)に限られていた調査種の範囲を他の生物にまで広げ、港湾構造物に生息する様々な生物が形成する群集の構造特性とその形成要因を把握することを試みた。本報告は、施工位置、水深、構造、施工年度の異なる防波堤を対象に、底生生物(ベントス)の群集構造についての解析を行い、構造特性を天然岩礁域のそれと比較することにより、港湾構造物がもつ生物生息場としての機能を検討するものである。

2. 調 査

(1) 調査方法

調査対象港は、北海道の日本海側に位置する瀬棚港である。防波堤および天然岩礁周辺の調査点21箇所(図一1)において鉛直方向に周辺の生物相を代表する5層(一部3～4層)で1m²の生物採集を行ない、種の査定およ

び動物については個体数、植物では湿重量の計測を行った。

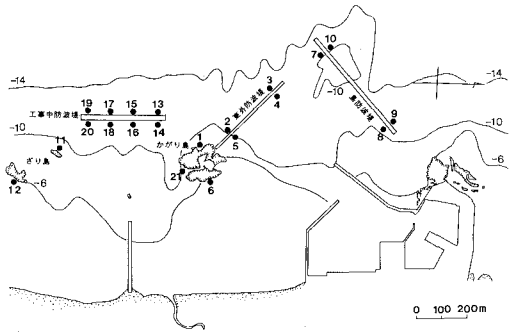
(2) 出現種と生物分布

採集された動物は計83種、植物は27種であった。主な出現種は、節足動物のイワフジツボ、チシマフジツボ、軟体動物のムラサキガイ、ニシキウズガイ科等で、編組比率(サンプル中のベントス全個体数に占める対象種の個体数)が0.01%以上を占める43種の個体数は全個体の99.8%を占め、また、植物ではホソメコンブが湿重量で全体の74.3%を占めていた。

(3) 群集構造の解析

今回の調査では、多地点からの多種、多個体数のベントスが解析の対象である。解析は、統計的手法である多変量解析が有効である。ここでは重みつき主成分分析法により解析を行った。全採集地点を対象とし、編組比率0.01%以上を占める動物43種の1m²当りの個体数(99採取地点×43種=4257変量)、植物については全出現種の湿重量(74採集地点×27種=1998変量)を使用して分析を行った結果、動物では5群集型(A～E)、植物では6群集型(a～f)に群分けできた。

それぞれの群集型について優占種、優占種の編組比率、主要種、含まれる種数、地点数および群集の特徴を表す指標としてそれぞれの群集がもつ種の豊富さ、多様性、均等性を示す、Margalefの種繁栄度(豊富度)、Shannonの種多様度、均等度を計算し、表一1、2に示した。なお、種多様度 H' 、均等度 J' 、豊富度 SR の計算式は以下の通



図一1 調査位置(瀬棚港)

* 正会員 工博 北海道開発局開発土木研究所水産土木研究室長
** 正会員 北海道開発局開発土木研究所水産土木研究室副室長
*** 正会員 北海道開発局開発土木研究所水産土木研究室
**** 正会員 北海道開発局札幌開発建設部札幌農務事務所
***** 水博 (株)エコニクス顧問

りである (たとえば, 木元新作, 1976).

$$H' = -\sum (n_i/N) \log_2 (n_i/N)$$

$$J' = H' / \log_2 S$$

$$SR = (S-1) / \log_2 (N)$$

ここに, n_i : i 番目の種の個体数 (1 m² 当り), N : 出現した総個体数, S : 出現総種類数である.

3. 生物の群集構造

(1) 群集構造の特性

動物および植物のそれぞれの群集構造の特性は以下のようによ約される.

a) 動物

A 群集型: ムラサキイガイ, チシマフジツボ, イワフジツボを多く含み, 種組成は豊富であるが, 上記3種に出現が片寄っていて多様性, 均等度はやや低い群集である.

B 群集型: 優占種は A 型と同じであるが, サンカクフジツボが加わるのが特徴. A 型よりやや少ない種組成であるが多様性, 均等度は高く, 種のバリエーションに富んでいる群集.

C 群集型: ニシキウズガイ科が多く含まれ, これにエゾバフンウニやキタムラサキウニが加わっている. 種組成は豊富で, 多様性, 均等度も高く B 型と同様バリエーションに富んでいる群集.

D 群集型: C 型と同様, ニシキウズガイ科が多く, これにチシマフジツボ, ムラサキイガイが加わる. 種組成の豊富さは C 型よりもやや劣るが, 多様性, 均等度ともにほぼ同様な群集.

E 群集型: イワフジツボが編組比率 95 % 以上を占め,

種組成は乏しい. 多様性も低く, しかも現存量はイワフジツボに集中しているので均等度が低い群集である.

b) 植物

a 群集型: ホソメコンブが多く全体の 90 % 近くを占め, これにアナアオサ, ワカメが加わる. 瀬棚港の植物群集の中ではやや種組成の豊富さに欠け, 多様性も低くまたホソメコンブに集中している事から, 均等度も低い群集である.

b 群集型: a 型と同様, ホソメコンブが多いが, アナアオサはなく有節サンゴモ亜科, クロハギナンソウが含まれている. 種組成は a 型よりも豊富で多様性も高い. 均等度も高く, ホソメコンブの編組比率が低い群集である.

c 群集型: エゾヤハズが優占し, スガモやアカバが加わっている. 構成種が豊富で, 多様性, 均等度も高い値でホソメコンブはないがバリエーションとしては多様な群集であるといえる.

d, e, f 群集型: d はアカバ, e はフシツナギ, f はハイミルが出現しているが, いずれも出現数が少なく, 群集として取り扱えないものである.

(2) 群集型の分布傾向

各採集地点の群集型の配置を図-2 及び図-3 に示した. 動物について各群集型の分布をみると, 水深の浅い部分ではチシマフジツボ, ムラサキイガイを多く含む A 型, もしくはイワフジツボが優先する E 型が多く出現し, A 型は工事中防波堤を除き外側の地点でやや深い所まで分布する傾向がみられ, E 型は水面際の第 1 層にのみ出現した. A, E 型よりも水深の深い部分ではニシキウズガイ科, コシダカガンガラ, エゾバフンウニ, キタム

表-1 動物群集の構造特性

群集型	優 占 種	編組比率	主 要 種	種類数	含まれる 地 点 数	豊富性	多様性	均等性
A 型	ムラサキイガイ	58.02	チシマフジツボ, イワフジツボ	59	27	8.139	1.194	0.293
B 型	ムラサキイガイ	45.20	チシマフジツボ, サンカクフジツボ	39	15	7.005	1.718	0.469
C 型	ニシキウズガイ科	42.10	エゾバフンウニ, キタムラサキウニ	54	24	10.415	2.305	0.621
D 型	ニシキウズガイ科	31.26	チシマフジツボ, ムラサキイガイ	41	24	10.415	2.305	0.621
E 型	イワフジツボ	95.95	ムラサキイガイ, チシマフジツボ	31	9	3.148	0.213	0.062

表-2 植物群集の構造特性

群集型	優 占 種	編組比率	主 要 種	種類数	含まれる 地 点 数	豊富性	多様性	均等性
a 型	ホソメコンブ	89.99	アオアオサ, ワカメ	13	29	1.682	0.474	0.185
b 型	ホソメコンブ	68.65	有節サンゴモ亜科, クロハギナンソウ	17	18	2.272	1.292	0.456
c 型	エゾヤハズ	25.11	スガモ, アカバ	20	23	3.297	2.320	0.774
d 型	アカバ	85.48	有節サンゴモ亜科	2	2	—	—	—
e 型	フシツナギ	80.00	クシベニヒバ	2	1	—	—	—
f 型	ハイミル	97.97	クシベニヒバ	2	1	—	—	—
海藻なし	—	—	—	—	25	—	—	—

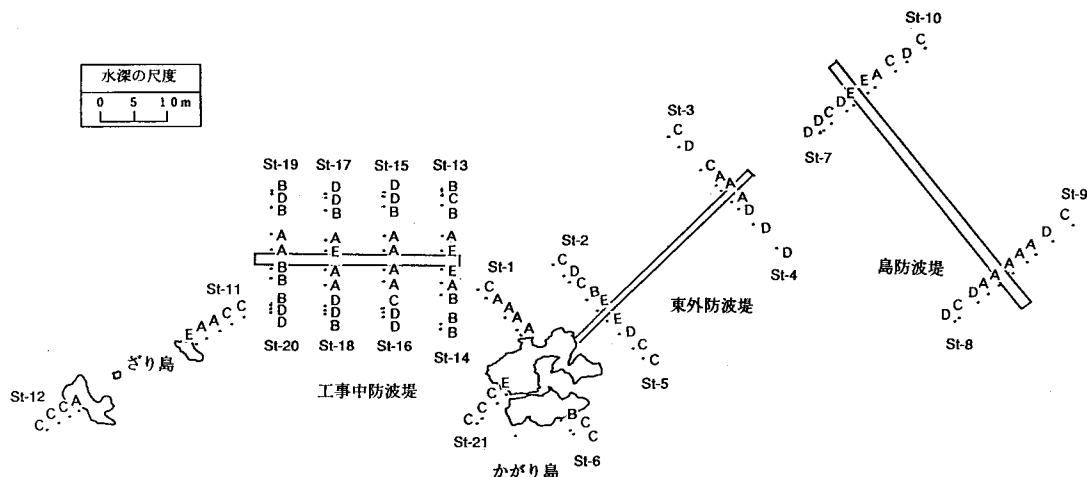


図-2 群集型の分布 (動物)

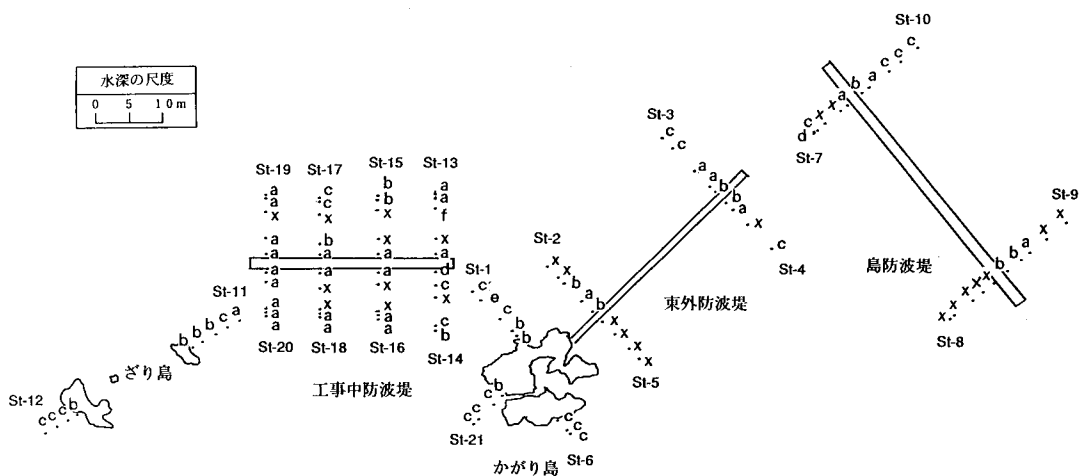


図-3 群集型の分布 (植物)

ラサキウニが多く含まれるC, D型が多く分布していたが, 工事中防波堤ではムラサキイガイ, サンカクフジツボを多く含むB型が比較的多く出現した。

図-3に示すように, 植物は工事中防波堤を除く地区でホソメコンブを多く含むa, b型が水深の浅い地点に多くみられ, 外側でやや深い地点まで分布する傾向を示した。又, 東外防波堤と島防波堤外側では表層よりやや下の部分にホソメコンブの比率が高いa型がみられる地点が多かった。a, b型の下方にはエゾヤハズもしくはスガモを多く含むc型が多く出現し, 植物無しの地点は, 東防波堤, 島防波堤の内側に多かった。一方, 工事中の防波堤では内, 外とも中層付近に植物無しの地点が多くみられたが, 表層と底層にホソメコンブが多いa型が多く出現した。

(3) 地域ごとの群集型の割合

群分けされた各群集型を天然岩礁(かがり島, ざり島), 東外防波堤, 島防波堤, 工事中の防波堤の4地域のそれぞれ内側, 外側に配置し, それぞれの地域に含まれる群集型の割合を上層(水深0~1m), 中層(1~4m), 下層(4m以深)に分けた。図-4に示すように, それぞれの地域と内在する動物の群集型をみると, 外側では天然岩礁の上層でチシマフジツボ, ムラサキイガイを主体とするA型とイワフジツボを主体とするE型が出現し, 中層ではA型が100%を占めていた。

防波堤域では東防波堤中層にムラサキイガイ, サンカクフジツボを含むB型の出現はあるものの, 類似した群集が出現した。下層では各地域ともニシキウズガイ科を主体とするC, D型が半分以上を占めているが, 天然岩礁ではA型の多いことおよび島防波堤と工事中防波堤で

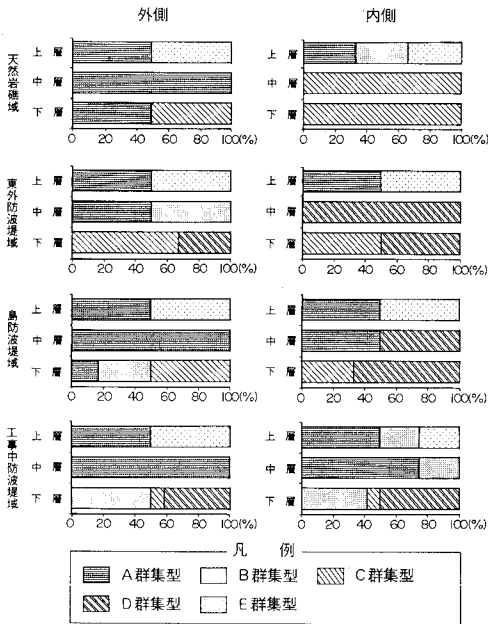


図-4 地域と含まれる群集型の割合 (動物)

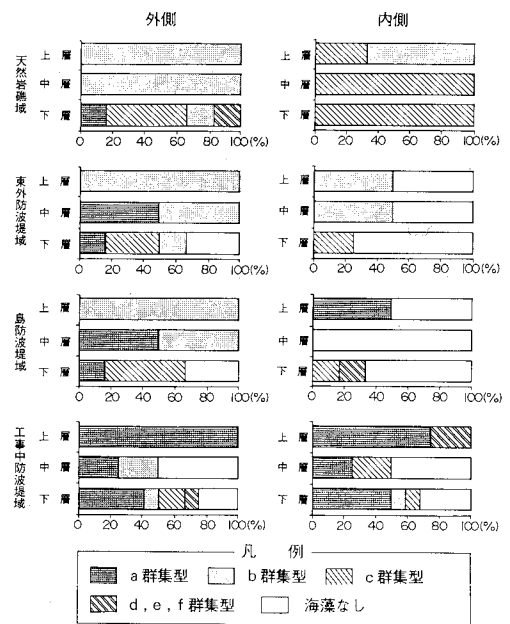


図-5 地域と含まれる群集型の割合 (植物)

はB型の出現が特徴的であり、上、中層に比べ地域による差が大きかった。一方、内側では上層で天然岩礁と工事中防波堤 (A, B, E型)、東外防波堤と島防波堤 (A, E型)の2つに区分されるが、B型の出現を除きほぼ類似していた。中、下層では島防波堤中層にA型が出現するものの、ニシキウズガイ科を優占種とするC, D型が多い点で共通し、工事中防波堤ではB型の出現が多い点でやや異なっていた。

植物は、図-5に示すように、外側では天然岩礁の上、中層でホソメコンブ、有節サンゴモ亜科を主体としたb群集が100%を占め、下層ではエゾヤハズ、スガモを主体とするc型が多くを占めていた。東防波堤、島防波堤においてもホソメコンブが上、中層で優占する点で天然岩礁と共通するが、中層においてはホソメコンブの編組比率が高いa型が多いという点が特徴的である。工事中の防波堤では上層がa型で占められ、下層でも比較的多く出現している点で他の地域とはやや異なっていた。

内側では、天然岩礁ではb型が多いが、中、下層ともc型が100%を占めていた。東外防波堤、島防波堤では海藻なしの地点が下層で多かったが、東外防波堤では上、中層にb型、下層にc型が、島防波堤では上層にa型、下層にb型が出現し、下層にアカバも出現した。工事中の防波堤では中、下層でa型が多く出現する点が特徴的で、内側、外側ともに他の地域とは異なった群集構造を示していた。

これらの傾向から、防波堤などの人工岩礁では、基質

が新しい間は単一の種が優占となるが、基質が古くなるに従い、構成種は豊富で、多様性、均等度が高くなり、天然岩礁における種の組成に近づく、と推察される。

4. 出現した主要種と環境との関わり

(1) 解析概要

ここまで主成分分析法による群集型分けと、水深や地域別にみられる群集型分布の特徴を探ってきた。このような各群集型の出現の仕方は、それぞれの環境要因反映のあらわれと考えられる。そこで、ここでは各群集型を代表する卓越種と環境因子との関係を考察することを試みた。ここで、取り扱った環境因子は波浪の強さ、水深、基質の性状である。このような質的な要因に関する情報に基づいて、量的に測定された外的基準 (ここではベントス種の個体数) の値を説明するための「数量化I類」により解析した。

前章で示した各群集型にみられる主要種はイワフジツボ、チシマフジツボ、サンカクフジツボ、ムラサキイガイ、ニシキウズガイ科、キタムラサキウニ、エゾパファンウニおよびホソメコンブである。環境因子として波 (波当りの判断には瀬棚港での波浪シミュレーション結果により強、中、弱)、水深 (0~1m, 1~4m, 4m以上)、基盤 (天然岩礁、消波ブロック、ケーソン垂直面)、基質の新旧 (天然岩礁、旧防波堤: 東外、島防波堤を示す、工事中防波堤) の4つについて () 内に示した値に1, 2, 3のダミー数値を付与することで各種出現個体数と

表-3 環境と生物の関わり

種 類	環 境 MCC 波					水深					基盤					新旧				
	PCC		得点			PCC		得点			PCC		得点			PCC		得点		
			1 強	2 中	3 弱			1 0~1 m	2 1~4 m	3 4 m<			1 天然 岩礁	2 消波 ブロック	3 垂直面			1 天然 岩礁	2 旧 防波堤	3 工事防 波堤
イワフジツボ	0.82	0.66	3280	4620	-15799	—	—	—	—	—	0.34	21224	-16531	-7857	0.10	-5754	3868	1414		
チシマフジツボ	0.79	0.32	93	-48	-127	0.21	28	36	-97	0.74	-184	-866	387	0.76	87	800	-459			
サンカクフジツボ	0.44	0.42	-14	20	-41	0.11	-15	-4	-2	0.30	11	-50	2	0.30	11	-50	2			
ムラサキイガイ	0.42	0.19	381	216	245	0.22	358	-343	-184	0.02	-82	35	15	0.22	-509	660	-167			
ニシキウズガイ科	0.44	0.21	9	-1	-7	0.23	-15	16	-1	0.21	63	-27	-17	0.17	-48	22	8			
キタムラサキウニ	0.56	0.36	2	0	-2	0.48	4	3	-1	0.30	8	4	1	0.29	10	-1	-2			
エゾパフンウニ	0.36	0.30	4	1	-4	0.12	-3	-1	1	0.17	3	-6	0	0.10	-1	2	-1			
ホソメコンブ	0.58	0.07	71	-74	9	0.44	-172	840	-324	0.40	-278	864	-303	0.17	-222	-212	226			

表中 MMC は種類と選定した環境因子全体の重相関係数, PCC は種類と各環境因子の偏相関係数を示す。各環境因子のダミー変数の内容はそれぞれ () 内に示した。

環境要因との相関および各環境因子との相関を数量化によって解析した。なお、イワフジツボはこれまでに示してきたようにすべてが水深0~1mに出現したため環境因子としての水深値ははぶき、サンカクフジツボについては出現位置からみて基盤と新旧が同じ基準となったので、同じ数値を記入した。

(2) 結果と考察

解析結果を表-3に示す。設定した環境因子と相関(重相関係数として表示してある)が高かったのは、イワフジツボ、チシマフジツボ、キタムラサキウニ、ホソメコンブ等であった。イワフジツボの出現量は波当りに大きく影響され、波当中~強の地点を、チシマフジツボは基盤と新旧の影響が大きく、垂直面や旧防波堤を好む傾向が示された。キタムラサキウニは各環境とも相関がやや低かったが、天然岩礁の上~中層に多い傾向が示された。

一方、ホソメコンブの着生量は水深や基質と相関が高く、水深1~4mの消波ブロック域に繁茂している結果が認められた。

今回、採用した環境因子は人工構造物や天然岩礁に生息する底生生物種群を大きく支配する要因が必ずしも選定されたわけではなく、動物種については基質のつくりだす形状の複雑さ、植物については日照の大きさなども対象とされなくてはならない。重相関係数の小さい値については生態に強く関連する環境因子の欠落によるものと考えられる。しかし、イワフジツボなど4種については生存を支配する環境要因のうち、50%以上がここで選定した環境因子に依存していることを示しており、数量化法で得られた解析結果は調査結果で得られた群集型の

分布をよく説明している点で注目される。

5. あとがき

瀬棚港の防波堤および岩礁域に生息する生物をその「群集型」という側面から主成分分析法を用いて解析を行い、生物群集の構造特性と群集型の人工構造物での分布について検討してきた。また、「何故その場所にその生物が多いのか」といった生物種と環境との関わりについて数量化法をにより検討した。それによれば、今回のデータからは全般に設定した環境因子と高い相関を得ることはできなかったが、イワフジツボと波浪、チシマフジツボと基質とその新旧、ホソメコンブは水深帯と基質に関係が深いことが示唆された。

数量化の手法自体は質的要素も解析可能である点で極めて有効なものであるが、これには各採集地点において種の生活に直接関連する物理的あるいは化学的な環境因子を質的にも量的にも具体的に把握することが必要である。特に、浅海磯浜域の底生生物は、空間分布を制限する要因として波浪の強さ、基質の微細地形、積算日照量などの気象条件が重視されているので、今後これらのデータ収集が課題となるだろう。

参 考 文 献

- 武内智行・宮本義憲・増田 亨 (1990): 防波堤周辺の水産生物生息分布状況調査—瀬棚港を例として—, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 828-832.
- 武内智行・増田 亨 (1991): 松前港における水産生物生息分布状況調査, 海岸工学論文集, 第38巻, pp. 921-925.
- 木元新作 (1976): 動物群集研究法 I—多様性と種類組成—, 生態学研究法講座 14, 共立出版社, 192 p.