

ホタテ貝殻礁に蛸集する底生生物群集の 特性について

CHARACTERISTICS OF BENTHIC COMMUNITY ON ARTIFICIAL REEFS OF SCALLOP SHELL

佐藤朱美¹・足立久美子²・牧田佳巳¹

Akemi SATO, Kumiko ADACHI and Yoshimi MAKITA

¹正会員 (独) 土木研究所 寒地土木研究所 水産土木チーム (〒062-0931 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目)

²正会員 水修 (独) 水産総合研究センター 水産工学研究所 開発システム研究室 (〒314-0421 茨城県鹿島郡波崎町海老台)

Recently, marine products are cultivated and preserved in the inside the harbor. Therefore, organic matter like feces of fishery products and remainder of feed is deposited at the bottom of aqua farm, and sediment is polluted. On the other hand, the promotion of utilization of the scallop shell exhausted 200,000t during year is a regional problem in Hokkaido. Then, we constructed the artificial reefs of scallop shell at the bottom of aqua farm and created detritus feeder's habitat, and aimed at the establishment of prevention technology of environmental deterioration that used detritus feeder's physiological function. In the main discourse, we compared shell reef's community and a peripheral benthic community, and examined the characteristic. As a result, the biota by a species different from a peripheral benthic community was formed in the shell reefs. Therefore, the installation of the shell reef obtained the characteristic of enabling the immigration of the benthos in the point of habitat creation.

Key Words : scallop shell, artificial reefs, benthic community, detritus feeder

1. はじめに

近年, 港内泊地等で水産物の蓄養・養殖が実施され, 養殖物の糞や残餌などの有機物が海底に堆積し底質が悪化している. 従来から, 海底環境を改善する対策として堆積したヘドロの浚渫, 石灰の投入等がなされているが, 効果の持続性に課題がある. 一方北海道では, 漁業活動に伴い各種水産廃棄物が排出され, 中でもホタテ貝殻は20万tで全体の約半分を占める. 貝殻の一部は, 堆肥化などにより再資源化されるが, 排出される貝殻の約半分は埋立処理される. 近年では, 埋立地不足, 保管に関する法的整備の進行, 環境問題に対する国民意識の高まり, 資源循環型社会構築の必要性などから, 貝殻を有効利用するための方策を検討することが緊急課題となっている.

そこで著者らは, 貝殻を海底に敷設しデトリタス食性生物の生息場を創出し, 生物的作用による水質・底質の悪化防止技術の確立に必要な基礎的調査を実施してきた.

(1) 底質悪化防止の考え方

具体的な水質・底質の悪化防止の概念は, 図-1に示す. 考え方の要点は以下の通りである.

- ① 貝殻礁を過栄養域～富栄養域の環境に設置する.
- ② 海底に設置したホタテ貝殻礁が, 有機物食性の生物 (例えば甲殻類や細菌など) の生息場となる.
- ③ 生物量, 生物種が増加する.
- ④ これらの生物が堆積した有機物を分解して, 無機化を促進する.
- ⑤ 底質のヘドロ化を抑制し底質悪化防止となる.
- ⑥ 堆積物の無機化が促進されることにより, 水質・底質悪化の防止が図られる.

貝殻礁を設置することによって, 上記の①～⑥の効果をねらう. 本論では, 貝殻礁への生物蛸集効果について着目し, 周辺の底生生物群集と比較を行い, その特性について検討した.

2. 調査概要

北海道室蘭港の湾奥である入江地区とホタテ貝の蓄養を行っている絵鞆地区を試験区（図-2）とした。

各試験区の水深約6m地点に試験礁（図-3、プラスチック製のネットの中にホタテ貝殻を充填した基質（φ150×300mm、約2kg）16本をマス状の架台に載せたもの）を2004.5.24～2005.2.1の期間設置した。基質は、間隙による生物増集効果を比較するため、原貝（空隙80%）、破碎貝（空隙70%）、比較対照として基質の貝殻を抜いたもの（以後貝殻無しと明記）とした。

設置後37（2004.6.24）、93（8.25）、170（11.10）、253（2005.2.1）日後にそれぞれの基質を回収し、増集した生物の種同定・計数、堆積物の分析（COD、T-S、IL、粒度組成、土粒子密度、TOC、TON）を行った。同試験区でセジメントトラップ（日油技研社製SMC7S-500）を用いて試験期間中30日間隔で沈降粒子を採取した。試験区周辺の環境を把握するため、期間中に計3回（2004.5.25、8.25、2005.2.1）、ダイバーにより海底面直上水を採水し、水質分析（pH、COD、T-N、T-P、D_O）を行うとともに、周辺部の底泥をスミスマッキンタイヤ型採泥器により採取し、底質分析（COD、T-S、IL、粒度組成、土粒子密度）および底生生物の種同定、計数を行った。

3. 結果と考察

(1) 貝殻試験礁を用いた現地調査結果

両地区とも水質に顕著な汚濁はみられないが、底質は汚濁傾向がうかがえる。特に絵鞆地区では、8月調査でCODが18.0mg/g乾泥、T-Sが2.1mg/g乾泥、I.L.が13.3%、2月調査でCODが21.0mg/g乾泥、T-Sが2.4mg/g乾泥、I.L.が15.3%といずれの値も高かった。水産用水基準（2000年版）では、CODは20mg/g乾泥以下、T-Sは0.2mg/g乾泥以下としている。T-Sについては入江地区、絵鞆地区ともに各調査時期で超えており、CODについては絵鞆地区で8月・2月調査でこえており汚濁傾向である。これは、当該地区でホタテ貝の蓄養などの漁業活動が行われていることに関係していると考えられる。

セジメントトラップで捕集された沈降粒子の全粒子フラックス量（30日毎）の経時変化を図-4に示した。入江地区は945～2,424 g-dry/m²/day、絵鞆地区は522～2,109g-dry/m²/dayの範囲であった。両試験区とも春季から夏季にかけて増加傾向で、夏季から冬季にかけて減少傾向であり、季節的な変動と推察される。湾奥に位置する入江地区では、絵鞆地区と比較して沈降量が多い傾向がみられた。また絵鞆地区では、入江地区に比較して季節的な変動とは別にフラックス量が増減していた。

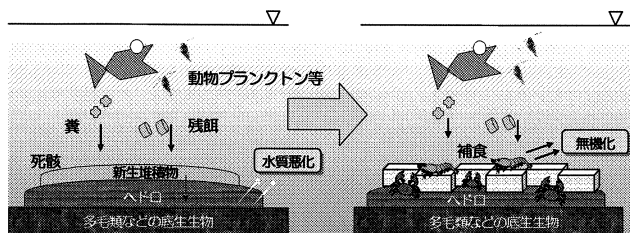


図-1 底質悪化防止イメージ



図-2 調査位置

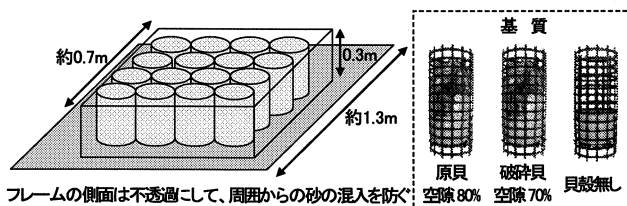


図-3 試験礁および基質イメージ

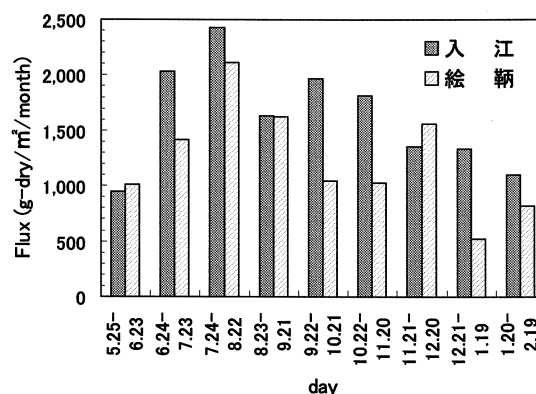


図-4 フラックス量の経時変化

凡例： ▨ 原索動物 ▩ 棘皮動物 □ 星口動物 □ 節足動物 ■ 環形動物 ■ 軟体動物 ▨ 紐形動物 ▩ 扁形動物

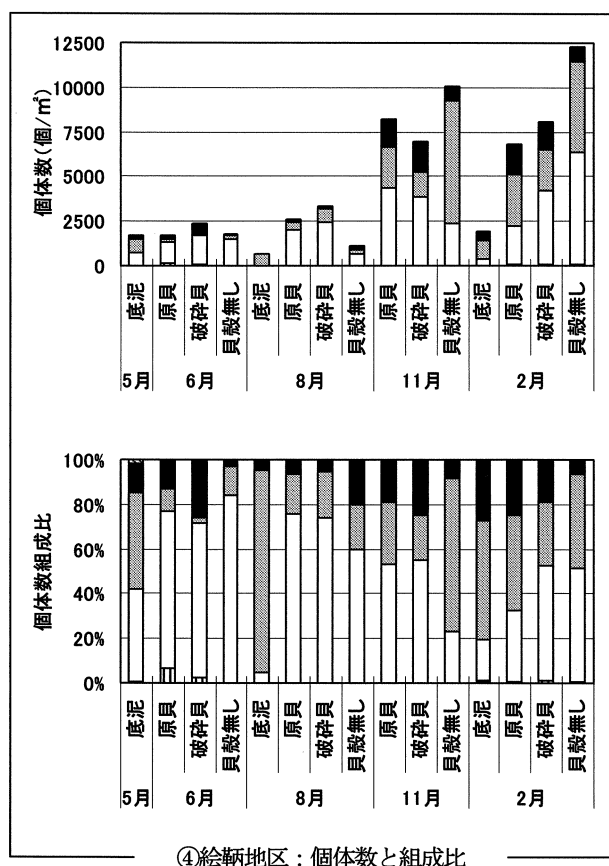
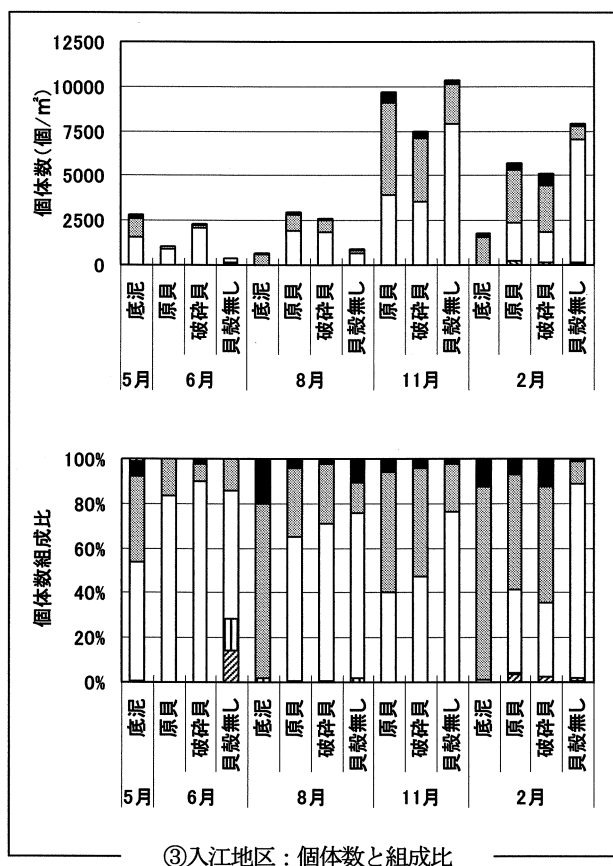
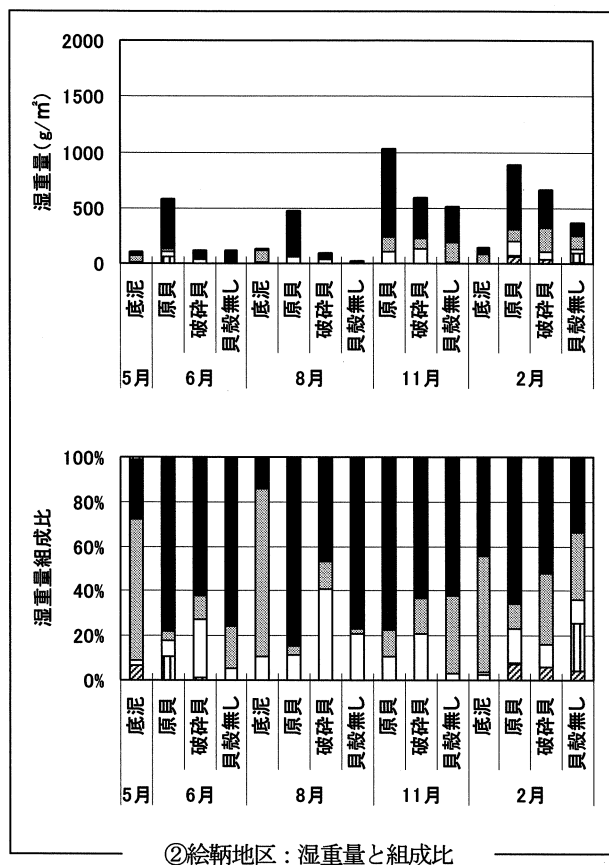
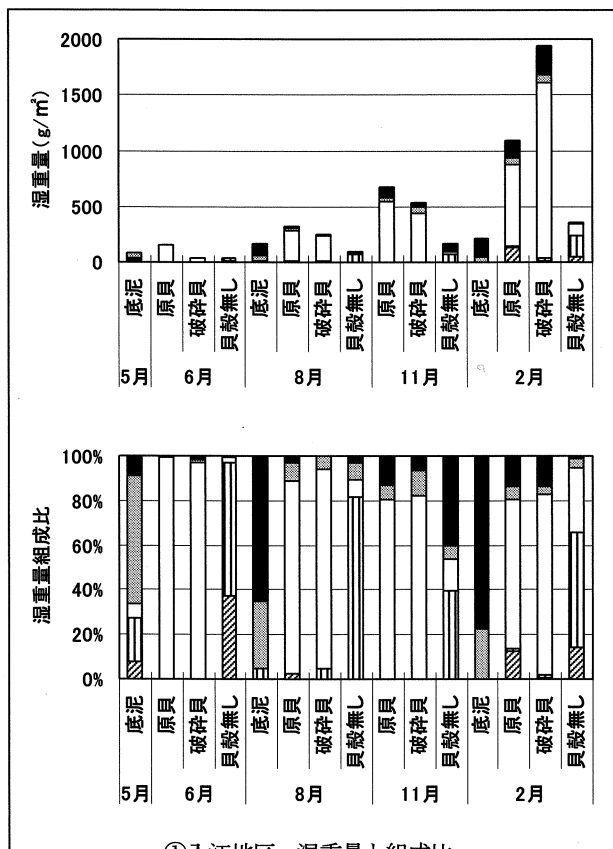


図-5 湿重量、個体数および組成比

底泥中のマクロベントスおよび試験礁に蟄集した生物の個体数を調査期、基質別に図-5に示す。

入江、絵鞆両地区とも底泥のマクロベントスの湿重量に変動はみられなかった。入江地区の原貝区と破碎貝区では時間の経過とともに湿重量が増加傾向であった。絵鞆地区は入江地区と比較して顕著ではなかったが増加傾向にあった。対照としての貝殻無し区では、入江、絵鞆両地区とも原貝区、破碎貝区に比較して湿重量が少なかった。湿重量組成についてみると、原貝・破碎貝区において、入江地区ではヨコエビ類などの節足動物が、絵鞆地区では二枚貝などの軟体動物が優占していた。貝殻無し区において、入江地区ではヒトデなどの棘皮動物が、絵鞆地区では貝殻区同様に軟体動物が優占していた。底泥において、入江地区では5月調査時は環形動物が、8月、2月調査時は軟体動物が、絵鞆地区では環形動物が優占していた。

貝殻を導入した試験区は、貝殻無し区や底泥に比べ生物量（湿重量）の増加が確認された。これは、ほぼ平面的に泥が堆積していた海底に、貝殻が設置されたことで、立体的かつ大小様々な空間が提供され、多くの生物にとって良好な生息場が創出された結果といえる。

また、生物種の構成から、貝殻区では周辺の底泥の出現生物と比較して、入江地区では節足動物の、絵鞆地区では軟体動物の湿重量が多かった。絵鞆地区において、破碎貝区と比較して原貝区の湿重量が増大した要因は、破碎貝区よりも創出された個々の間隙が大きいこと、比較的個体サイズが大きい二枚貝などの生物が蟄集したためである。また、入江、絵鞆両地区の底泥における出現生物では、富栄養域代表種のアサリ（*Ruditapes philippinarum*）や、汚濁指標種¹⁾として紹介されるミズヒギゴカイ（*Cirriiformia tentaculata*）が出現しており、出現生物からも底質の汚濁傾向にあるといえる。

図-5より、入江、絵鞆両地区とも底泥において、出現した生物の個体数が少なかった。組成比では両試験区とも5月調査時は節足動物が4割～5割程度を占めていたが、8月、2月調査時には組成比が減少し、環形動物の組成比が増加した。原貝区、破碎貝区、および貝殻無し区では、時間の経過とともに個体数が増加する傾向にあった。11月に個体数が最大となる試験区があるが、ヨコエビ類などの節足動物は夏季～秋季にかけて産卵する種が多数あることと、試験礁内に泥が溜まりはじめ、底生性の環形動物や節足動物が増加したことなどが要因として考えられる。

組成比についてみると、入江地区の原貝区、破碎貝区において、貝殻礁設置1ヶ月後は、甲殻類などの節足動物が80%以上占めたが、時間の経過とともに環形動物が増加し、2月調査時には節足動物が30%～40%程度、環形動物が50%程度となった。対照の貝殻無し区ではそのような傾向はみられず、2月調査時には節足動物が90%程度優占した。

絵鞆地区の原貝区、破碎貝区においては、原貝区では入江の原貝区、破碎貝区と同様に時間の経過とともに節足動物が占める比率が小さくなったが、破碎貝区では占める比率が小さくなったものの、入江地区ほど傾向として現れなかった。対照の貝殻無し区では入江地区とは反対に環形動物の占める割合が高くなった。また、絵鞆地区の試験礁区では湿重量で優占していた軟体動物が一定の割合で出現した。

(2) 貝殻礁に形成される生物群集の構造について

群集構造を検討するために、生物群集についてクラスター分析を用いて分類した。各種の変数については、比較する2地点間の類似性尺度を類似度として用いた。クラスター分析は、木元の類似度指数（ C_π ）²⁾を用いて、非加重群平均方式³⁾により行った。

$$C_\pi = \frac{2 \sum_{i=1}^S n_{1i} \cdot n_{2i}}{\left(\sum \pi_1^2 + \sum \pi_2^2 \right) N_1 \cdot N_2} \quad (0 \leq C_\pi \leq 1)$$

$$\sum \pi_1^2 = \frac{\sum (n_1)^2}{N_1^2} \quad \sum \pi_2^2 = \frac{\sum (n_2)^2}{N_2^2}$$

ここで、 N_1 及び N_2 は地点1及び地点2におけるサンプル総数、 n_{1i} 及び n_{2i} は地点1及び地点2における種 i の個体数である。 C_π は地点1及び地点2の種組成が同一な場合には1となり、共通種が存在しない場合は0となる。

クラスター分析による分類結果の樹状図を図-6に示した。類似度0.4を元に地点群に分類すると10群（A～J群）に分類された。分類されたA～J群について組成比5%以上の出現種を用いて整理した結果を表-1に、各基質の経時変化について整理した結果を表-2に示した。

入江・絵鞆地区とも貝殻礁（原貝・破碎貝区）に蟄集した生物の動物相は、時間の経過とともに変化した。

入江地区において、貝殻礁設置後1～3ヶ月では主にF、H群などのコノハエビ（*Nebalia bipes*）、ヤマトモエビ（*Eualus leptognathus*）、オホーツクトゲモエビ（*Spirontocaris ochotensis*）等の節足動物が優占する群であった。これらの種は、葉上性のデトリタス食性生物^{4,5)}である。本来は藻場を生息域とする生物が貝殻礁によって蟄集していることが推察された。貝殻礁設置後3ヶ月以降では、I群のスピオ科一種（*Capitella* sp.）、ニホンドロソコエビ（*Grandidierella japonica*）等の底泥に生息する種が優占する群であった。

絵鞆地区において、貝殻礁設置後1ヶ月ではD群のニホンソコエビ（*Grandidierella japonica*）、コノハエビなどの底泥に生息する種が優占する群であり、それ以降では、E群のメリタヨコエビ科の一種（*Melita* sp.）、ヤマトモエビなどの海藻間に生息する節足動物が優占する群であった。

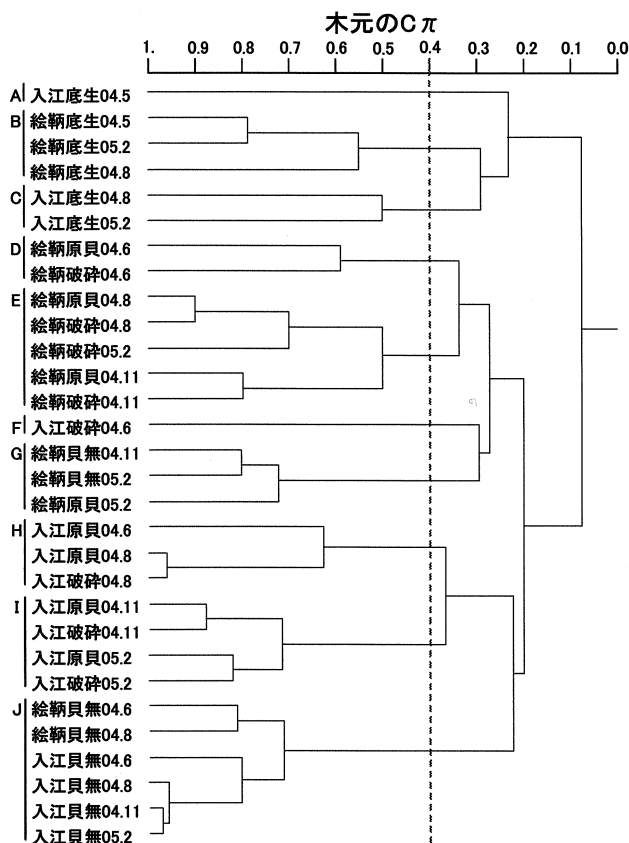


図-6 樹状図

原貝区において貝殻礁設置後9ヶ月では、G群のイトゴカイ科の一種（*Capitella* sp.），コノハエビなど底泥に生息する種が優占する群に変化していった。

各々の原貝・破砕貝の基質の違いによる動物相の差は入江地区の6月調査時と絵鞆地区の2月調査時以外みられなかったが、入江地区・絵鞆地区それぞれ固有の動物相が形成された。両試験区とも、貝殻礁設置当初は、小型甲殻類などが優占する動物相であったが、入江地区では時間の経過とともに多毛類が優占する動物相へと変化し、絵鞆地区は原貝区においては環形動物の組成比が増加する傾向にあった。

比較対照の貝殻無し区の動物相は、入江地区では時間の経過とともに大きく変化しなかったが、絵鞆地区では時間の経過とともに変化した。

入江地区の貝殻無し区では、ニホンドロソコエビの組成比率が時間の経過とともに40%程度から80%程度と高くなる傾向がみられた。ニホンドロソコエビは、砂泥底で生息する種である。貝殻無し区に浮泥が堆積するため本種が卓越したものと考えられる。絵鞆地区の貝殻無し区において、設置後1～3ヶ月では、J群のニホンドロソコエビが優占する群であったが、それ以降はイトゴカイ科の一種、コノハエビなどが優占するG群へと変化し底質汚濁傾向であった。

貝殻礁周辺の動物相は両試験区ともに時間の経過と

表-1 各群の優占種

群	地 点	優 占 種	生息地 ⁴⁾ 、食性等 ⁴⁾
A	入江底生2004. 5	トゲドロクダムシ ニカイチロリ科の1種 ニホンドロソコエビ	表在性 埋在性、DE、SU
B	絵鞆底生2004. 5 絵鞆底生2004. 8 絵鞆底生2005. 2	ミズヒキゴカイ科の1種 ミズヒキゴカイ ヒメシラトリガイ	環形動物 環形動物 軟体動物
C	入江底生2004. 8 入江底生2005. 2	ニカイチロリ科の1種 カザリゴカイ科の1種 ミズヒキゴカイ科の1種	環形動物 環形動物 環形動物
D	絵鞆原貝2004. 6 絵鞆破砕2004. 6	ニホンソコエビ コノハエビ	節足動物 節足動物
E	絵鞆原貝2004. 8 絵鞆破砕2004. 8 絵鞆原貝2004. 11 絵鞆破砕2004. 11 絵鞆破砕2005. 2	メリタヨコエビ科の1種 ヤマトモエビ コノハエビ	節足動物 節足動物 節足動物
F	入江破砕2004. 6	コノハエビ スナエビ ウロコムシ科の1種	節足動物 節足動物 環形動物
G	絵鞆貝無2004. 11 絵鞆原貝2005. 2 絵鞆貝無2005. 2	イトゴカイ科の1種 コノハエビ ニホンドロソコエビ	環形動物 節足動物 節足動物
H	入江原貝2004. 6 入江原貝2004. 8 入江破砕2004. 8	ヤマトモエビ オホーツクトゲモエビ ウロコムシ科の1種 スナエビ	節足動物 節足動物 環形動物 節足動物
I	入江原貝2004. 11 入江破砕2004. 11 入江原貝2005. 2 入江破砕2005. 2	スピオ科の1種 ニホンドロソコエビ スナエビ	環形動物 節足動物 節足動物
J	絵鞆貝無2004. 6 入江貝無2004. 6 絵鞆貝無2004. 8 入江貝無2004. 8 入江貝無2004. 11 入江貝無2005. 2	ニホンドロソコエビ	節足動物

注) DE：デトリタス食者，SU：懸濁物食者

表-2 各基質の経時的な分類

		2004年				2005年
		5月24日 設置	6月30日 37日後	8月25日 93日後	11月10日 170日後	2月1日 253日後
入江	原貝	—	H	H	I	I
	破砕貝	—	F	H	I	I
	貝無し	—	J	J	J	J
	底質	A	—	C	—	C
絵鞆	原貝	—	D	E	E	G
	破砕貝	—	D	E	E	E
	貝無し	—	J	J	G	G
	底質	B	—	B	—	B

表-3 貝殻礁と周辺底泥の出現種の比較

	入江8月		入江2月		絵鞆8月		絵鞆2月	
	種数	個体数/㎡	種数	個体数/㎡	種数	個体数/㎡	種数	個体数/㎡
貝殻礁	30	2,783	45	5,405	37	2,970	57	7,443
貝殻無し区	14	917	27	7,894	11	695	42	12,293
周辺底泥	22	702	25	1,773	23	1,135	40	1,890
全てに出現	3	782	5	1,956	1	178	16	16,156
底泥、貝殻礁に出現	5	116	5	894	7	854	6	644
底泥、貝殻無し区に出現	2	95	3	218	1	70	3	103
底泥のみに出現	12	401	12	240	14	388	15	329
貝殻礁、貝殻無し区に出現	6	1,338	14	11,198	5	1,803	5	3,893
貝殻礁のみに出現	16	1,600	21	468	24	1,279	20	375
貝殻無し区のみに出現	3	70	4	98	4	228	8	126
合計	47	4,402	64	15,072	56	4,800	73	21,626

もに大きく変化することはなかったが、各々の試験区固有の動物相が形成されていた。F、G群ともにイトゴカイ科の一種やウロコムシ科の一種などの多毛類や汚濁指標種とされるコノハエビが優占しており、出現生物からみ

でも底質が汚濁傾向にあるといえる。

貝殻礁と周辺底泥に出現した生物種を比較する(表-3)。表-3より、貝殻礁に出現した生物種は両試験区、全調査時期とも約半数が試験礁固有の種によって構成されていた。個体数は両試験区とも、8月調査時では、4~5割程度占めるが、2月調査時では1割未満であった。

貝殻礁周辺では出現せず、貝殻礁上で出現した種類は、岩上あるいは他の貝上で付着生活を送るアズマニシキガイ(*Chlamys farreri*)、葉上で生活を送るオホソクトゲモエビ、*Mysidella* sp.、エゾサンショウガイ(*Homalopoma amussitatum*)、コソドロトゲヨコエビ(*Liljeborgia serrata*)等の付着性の種や潮間帯の礫底等に生息する種がほとんどであった。

葉上生物にとって海藻(海草)は、食物資源としての価値よりも隠れ家や生息空間としての価値が高い⁵⁾と考えられている。貝殻礁の間隙が海藻と同様の機能を果たし、多くの葉上生物が生息可能になるものと考えられる。貝殻礁周辺は泥質底であるため、このような付着性の動物種が着底し生息する可能性が低いと考えられる。貝殻礁を設置することにより、これらの種の幼生等が流れによって輸送され貝殻礁の間隙に着底しやすい環境となり生息可能になったと考えられる。そのため、貝殻礁設置は、底生動物の新規生息場創出という観点では、周辺環境では卓越し得ない(出現し得ない)底生動物の加入を可能にしたという特性が考えられる。これは貝殻礁では周辺に存在し得ない特異な環境特性を有する底生動物の生息場となっており、固有の動物相を形成されていることよりも明らかと言える。しかしながら、これら試験礁に生息する底生動物の起源、あるいは試験礁への加入過程(生活のどの段階で加入するか)等生態的な知見については未解明な部分も多く、本研究では明らかにし得なかった。

また、調査期間中において時間経過と共に貝殻礁に浮遊泥が堆積していることが確認されている。そのため、時間経過において砂泥底に生息する種類が卓越する傾向も認められた。将来的に浮遊泥堆積に起因する動物相へ変化することも可能性として考えられ、貝殻礁周辺の動物相と同一化する可能性も示唆される。

4. おわりに

生物機能を利用した底質改善技術として、門谷らはイトゴカイ⁶⁾を用いて有機汚泥の摂食による底質浄化効果を実験によって明らかにしている。この技術を導入するには、利用するイトゴカイの同種が現場水域に生息していることが、生態系保全の観点からも重要と思われる。また、イトゴカイを培養する技術が必要であることが、導入を難しくしていると考えられる。さらに、導入された生物が天然環境で競合に敗れ消滅してしまう場合、培養して何度も導入する必要がある。本研究の方法は、貝殻礁を設置して周辺に生息する生物を増集させるため、技術的な難しさがないのが利点である。

今後は、貝殻礁に形成される底生動物群集による水質、底質悪化防止については、その効果の定量化、あるいは効果の持続性について検討する必要がある。特に、貝殻礁に形成される生物群集を構成する底生動物の生活型(特に摂餌型)を考慮し、長期的な動物相の変遷過程を把握していく必要がある。

参考文献

- 1) 北森良之助：環境指標としての底生動物(2)―指標生物を中心に―、環境と生物指標2、水界編、共立出版、pp. 265-273, 1975.
- 2) 木元新作：動物群集研究法 I ―多様性と種類組成―、共立出版、pp. 131-145, 1976
- 3) 小林四郎：生物群集の多変量解析、蒼樹書房、pp. 71-114, 1995
- 4) 澤村正幸：スガモ場における魚類・ベントス間の食物網構造、海洋と生物、vol122, No. 6, pp. 542-549, 2000.
- 5) 向井 宏：藻場(海中植物群落)の生物群集(5)―藻場構成植物と葉上性動物の相互作用―、海洋と生物、vol116, No. 4, pp. 276-281, 1994.
- 6) 門谷 茂、堤 裕昭：魚類養殖場へのイトゴカイによる浄化法、沿岸の環境圏、平野 敏行監修、フジテクノシステム、pp. 1097-1105, 1998