

# 白老港に設置したホタテ貝殻礁の生物蛸集効果

(独) 土木研究所寒地土木研究所 水産土木チーム ○岡元 節雄  
 北海道開発局 港湾空港部 港湾建設課 岩田 真  
 室蘭開発建設部 苫小牧港湾事務所 松野 健

港湾・漁港周辺海域は、水産有用種の生息場、中間育成・蓄養水面として貴重な領域である。一方、港湾・漁港内の水域は荒天時でも静穏である反面、外海との海水交換が悪く、水質や底質が悪化しやすい傾向にある。このため、生物の生息条件を満足する高度な水域環境の維持・改善が重要な課題となっている。ホタテ貝殻礁を用いた港内水質浄化対策の検討は、これまで落石漁港・江良漁港等で行われており、生物の蛸集効果が確認されている。本研究では、砂浜海域である白老港において、ホタテ貝殻礁と割ぐり石を用いた石かごの蛸集生物を比較して、ホタテ貝殻礁の生物蛸集効果を検討した。その結果、十分な生物蛸集効果が確認された。

キーワード：ホタテ貝殻礁、蛸集生物、自然環境調和型

## 1. まえがき

港内・泊地の水質底質浄化対策として、水産土木チームでは水産廃棄物を有効利用した「ホタテ貝殻礁」を提案している<sup>1)</sup>。これは、ホタテ貝殻の空隙部分に蛸集する生物の摂餌行動を含む食物連鎖や魚類または漁獲に伴

う系外排出によって、沈降した有機物の浄化が促進されるものである。

落石漁港では3年間の継続観測を行い、ホタテ貝殻礁の生物蛸集効果の持続性を確認した。また、さらなる効果を期待して、隙間なく大規模にホタテ貝殻礁を設置したところ、生物の蛸集量が減少した<sup>2)</sup>。この原因を、貝

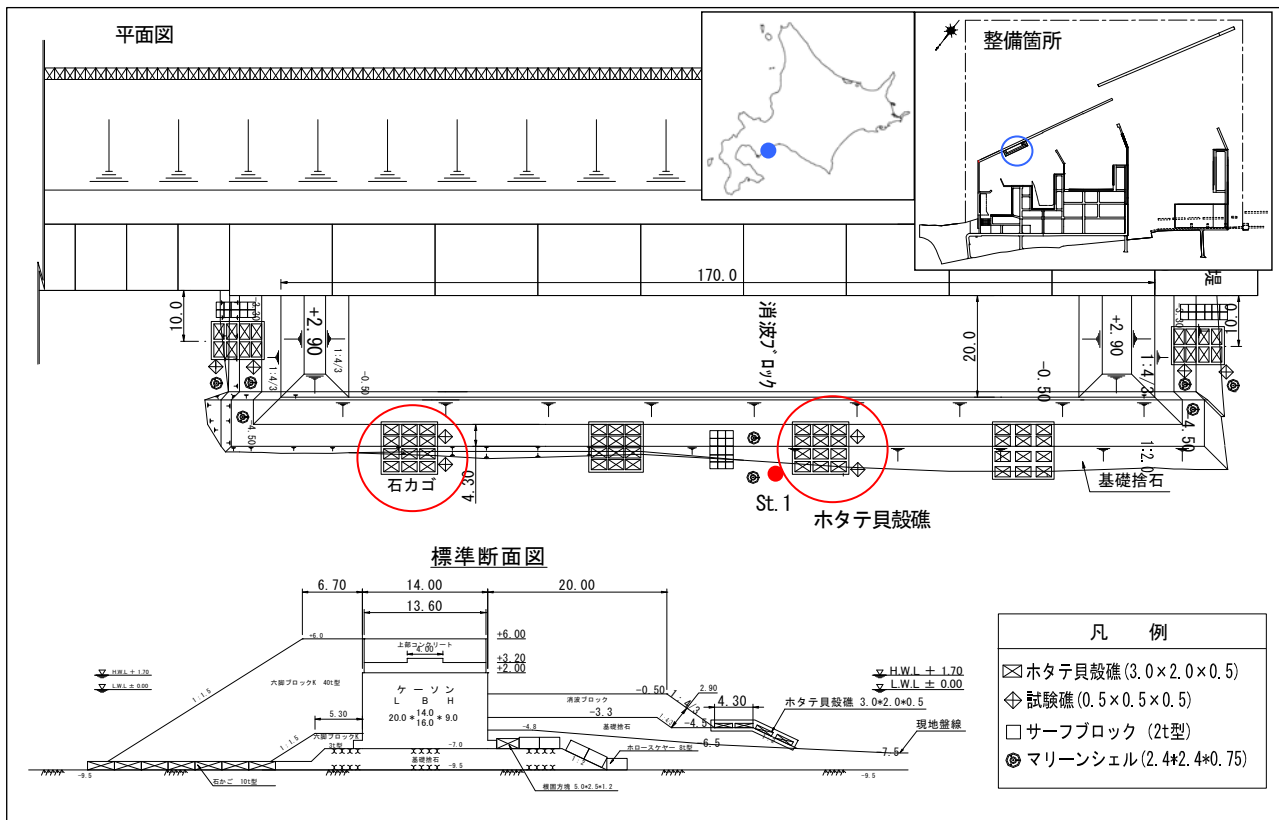


図-1 白老港浅瀬整備及び調査箇所図

殻礁の中心部まで生物蛸集が十分に進行しなかったことと考えると、通水孔を設けたホタテ貝殻礁を考案し、江良漁港に設置してその効果を確認することができた<sup>3)</sup>。このホタテ貝殻礁は、港湾・漁港工事で通常使用されている石かご用の金網を使用し、実用化の想定がされている。江良漁港の調査では、蛸集生物を安定同位体分析することで、ホタテ貝殻礁での食物連鎖網についても検証した。また、蛸集した生物で優占した環形動物及び節足動物の摂餌行動による有機物除去能力を室内実験で求めた<sup>1)</sup>。さらに、系外からホタテ貝殻礁への懸濁物質負荷、蛸集生物の摂餌行動、自然死亡、高次生物の摂餌行動を考慮した炭素・窒素の物質循環構造を解明することで、ホタテ貝殻礁の浄化能力を定量化した<sup>3)</sup>。

ホタテ貝殻礁を蓄養水面に設置した場合には、100%の物質循環は行われないものの、すでに底質の浄化能力があることが知られているナマコを放流して、浄化能力向上を図ることも提案した<sup>4)</sup>。また、浄化能力が定量化されたため、水質を確保するために蓄養の工程計画を検討することも可能であり、ホタテ貝殻礁はすでに実用レベルに達していると考えられる。しかしながら、これまでに行ったホタテ貝殻礁の生物蛸集に関する調査は、底質の汚濁が進んだ落石漁港と、岩礁地帯である江良漁港で行われているが、砂浜海域での調査は行われていない。

白老町は漁業が盛んで、年間を通じてさまざまな水産生物が水揚げされているが、周辺海域が砂質地帯であり、岩礁性の水産生物の生産高は少ない。一方、港内水域ではマナマコ、ウニの分布が確認され、2008年から特別採捕許可を得て漁獲を開始した。現在、白老町といぶり中央漁業協同組合白老支所は、港内水域の利活用について検討を進めているところである。

また、白老港では2010年に「砂浜海域に位置する港湾内の浅瀬における、水生・底生生物の生育環境の創出機能と、港内静穏度の向上機能の検証」を目的に浅瀬が整備された(図-1)。整備箇所は一般に水質底質環境が悪いとされる港奥部とし、同年9月に生物の蛸集効果や水質・底質の浄化効果が確認されているホタテ貝殻礁と、割りり石を使った石かごを設置した。

本稿では、砂浜海域である白老港に設置したホタテ貝殻礁の生物蛸集状況を把握するとともに、防波堤の基礎等に設置される石かごの蛸集効果も比較するために、割りり石を使った石かごの蛸集生物及び堆積物と比較検証したので、その結果について報告する。

## 2. 調査方法

調査は、図-1に示すホタテ貝殻礁と石かご(それぞれL3.0m×B2.0m×H0.5m)及び、その横に設置してあるホタテ貝殻礁と石かごの試験礁(それぞれL0.5m×B0.5m×H0.5m)(以下、貝殻試験礁、石かご試験礁とよぶ)お

よび対照区であるSt.1について行った。

水質調査は2011年10月7日、底質調査は2011年9月27日に行った。水質調査はバンドーン採水器を使ってSt.1の海底面直上から採水した。また、ホタテ貝殻礁にあらかじめ設置してある筒状の採水パイプを使って礁内の海水を採水し、溶存酸素(DO)、化学的酸素要求量(COD<sub>OH</sub>)の分析を行った。

底質調査は、St.1において、直径10cmの塩ビ管を用いて深度10cmまでの試料を採取し、表面部分と下層の

COD<sub>sd</sub>と全硫化物(T-S)の分析を行った。また、生物調査は全泥を分析試料として、種の同定、種別個体数の計数および湿重量の測定を行った。

試験礁の回収は2011年10月6日と7日に行った。試験礁は潜水士によって、水中で袋状の防水帆布を試験礁にゆっくりかぶせ、堆積物および蛸集生物が流失しないように慎重に回収した。得られた試料は、0.3mm目合いのふるいを用いて選別し、ふるい上に残った生物をホルマリンで固定して蛸集生物とみなし、種の同定、種別個体数の計数および湿重量の測定を行った。さらに、堆積物の体積、強熱減量、COD<sub>sd</sub>とT-Sの分析を行った。

## 3. 生物生息環境

### (1) 水質・底質

ホタテ貝殻礁の生物蛸集効果を検討するにあたり、生物の生息に適した環境であるかを確認するために水質・底質調査を行った。

海生生物の生息条件として重要な要因は、水温、塩分、DOである。水産用水基準は、水産の基盤として水域の望ましい水質基準を示したものである。表-1、2に水質分析結果、底質分析結果と水産用水基準の基準値を示す。なお、水産用水基準は一般海域および水産1種の基準値を掲載した。

水質について、水温と塩分はこの季節の白老港周辺海域との差はほとんど無く、DOについても水産用水基準よりも多いため、生物の生息環境は良港であると判断で

表-1 水質分析結果

項目	単位	St.1底層	ホタテ貝殻礁内	水産用水基準
水温	℃	15.3	—	※
塩分	PSU	33.1	—	—
DO	mg/l	8.0	7.8	6以上
COD <sub>OH</sub>	mg/l	<0.05	<0.05	1以下

※水産生物に悪影響を及ぼすほどの水温変化がないこと

表-2 底質分析結果

項目	単位	St.1表面	St.1下層	水産用水基準
COD <sub>sed</sub>	mg/g	12	15	20以下
T-S	mg/g	0.45	1.3	0.2以下

きる。

底質は、COD<sub>sed</sub>は基準をクリアしているものの、T-Sは基準を超えていた。貧酸素の底層では、酸素のまったく無い状態でも代謝を行う嫌気性細菌が、底質中の硫黄分や海水中の硫酸イオンを還元し、硫化物イオンを生成するため、硫化物が増加する。よって、底質には酸素が不足しているため、生物の生息環境としてはあまり適さない状態であると言える。

## (2) 試験礁内の生息環境

ホタテ貝殻礁が蛸集生物に提供する環境改善効果として、①魚類などの天敵から身を守ることができる生息空間の確保、②悪化した底質から離れて生活できる物理環境の改善が上げられる。

試験礁内の間隙及び堆積物の分析結果を表-3に示す。貝殻試験礁の間隙率は87.2%と、石かご試験礁の51.2%の約1.7倍であった。設置後1年経過した貝殻試験礁の間隙率は85.3%であり、石かご試験礁よりも多くの生息空間が確保されていた。貝殻試験礁の堆積物量は2.40、石かご試験礁は0.20であり、貝殻試験礁の方が非常に多くの堆積物があった。貝殻試験礁は石かご試験礁に比べ

表-3 試験礁内の間隙及び堆積物分析結果

項目	単位	ホタテ貝殻礁	石かご
礁の容積	ℓ	125.0	125.0
材の体積	ℓ	16.0	61.0
堆積物量	ℓ	2.4	0.2
間隙率(H22.9)	%	87.2	51.2
間隙率(H23.9)	%	85.3	51.0
強熱減量	%	6.6	11.0
COD <sub>sed</sub>	mg/g	12.0	23.0
T-S	mg/g	0.03	0.03
TOC	mg/g	16.0	32.0
T-N	mg/g	4.0	7.0

て多くの間隙を有していることは原因の一つであるが、ホタテ貝殻が割ぐり石に比べて平坦であり、さらに凹部が上面に位置している場合は、堆積物をトラップしやすくなっていることが大きな原因と考えられる。現時点では、貝殻試験礁の間隙は非常に大きく蛸集生物の生息環境は確保されている。設置後数年たつと堆積物によりホタテ貝殻礁の間隙が目詰まりを起こすことも懸念されるが、調査地点の貝殻試験礁の間隙率は1年間で1.9%減少したのみであり、今後も生物の蛸集効果は期待できる。

堆積物の分析結果からT-Sは基準値以下、石かご試験礁のCOD<sub>sed</sub>が水産用水基準の基準値を若干超えていた。なお、水質は表-1に示すとおり、十分なDOが確保されていた。このため、貝殻試験礁内の生物生息環境は良好な状態であると言える。

## 4. 試験礁の蛸集生物

試験礁に蛸集した生物と底質から採取した生物について、a 門別、b 生息区分別、c 摂餌様式別に整理して、それぞれの箇所と蛸集状況の特徴について考察する。

試験礁に蛸集した生物とSt.1の底生生物を門別に整理したものを図-2から図-4に示す。

蛸集生物は、貝殻試験礁が最も多く、次に石かご試験礁、底質の順だった。貝殻試験礁の間隙率が石かご試験礁より大きかったことから、蛸集生物の生息場が多く確保されていることが原因の一つと考えられる。

門別の蛸集生物の特徴は次のとおりである。①個体数について、貝殻試験礁では環形動物が優先していたのに対し、石かご試験礁では節足動物が優先していた。②底質には試験礁に多い節足動物がほとんどいなかった。

生息区分別<sup>50)</sup>に整理したものを図-5から図-7に示す。①St.1の底生生物はほとんどの種類が砂泥底または基質を選ばないを生息域としており、岩礁、藻場を生息域とする生物はあまり生息していないことが分かる。②砂泥底及び泥底を生息域とする生物は、石かご試験礁と比較して貝殻試験礁が多かった。石かご試験礁の堆積物量は0.20と非常に少ないため、砂泥底及び泥底を生息域とする生物の生息には適した環境でなかったと推察される。③貝殻試験礁には岩礁・藻場、砂泥底を生息域とする生物が蛸集しており、石かごや底質よりも生物の蛸集に対して良い環境を備えていると言える。

摂餌様式は、Jumars P A & Fauchald K<sup>7)</sup>による生物分類と、それ以外の不明な生物については口器の形態的な特徴、生活様式等を参考に懸濁物食、堆積物食、植食、肉食、雑食に分類した。結果を整理して、図-8から図-10に示す。

懸濁物食者は水中に浮遊している懸濁物を食するもので、堆積物食者は礁または海底に堆積したものを食するものである。植食者、肉食者は文字どおり海藻などの植

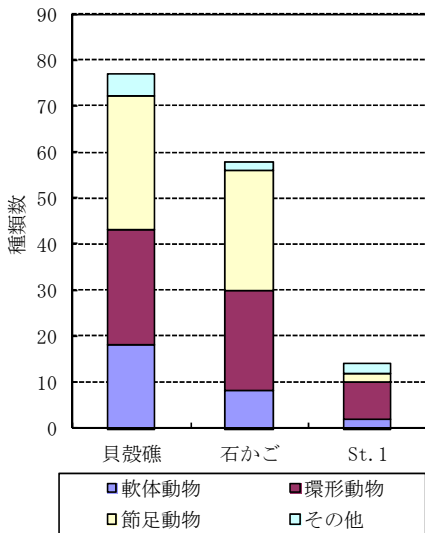


図-2 蛸集生物門別種数

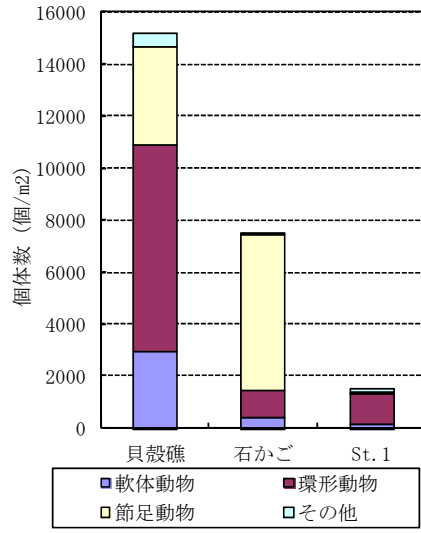


図-3 蛸集生物門別個体数

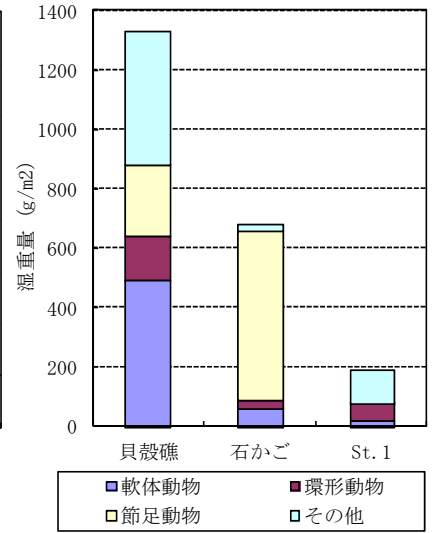


図-4 蛸集生物門別湿重量

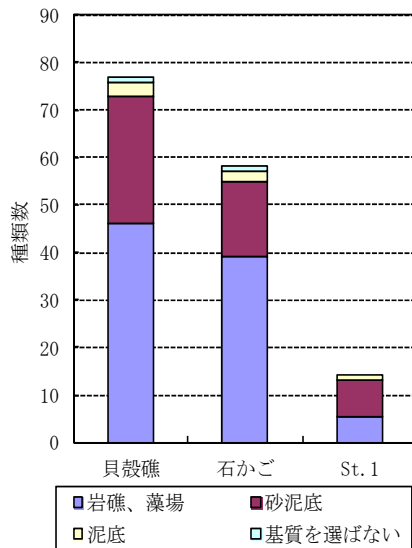


図-5 蛸集生物生息区分別種数

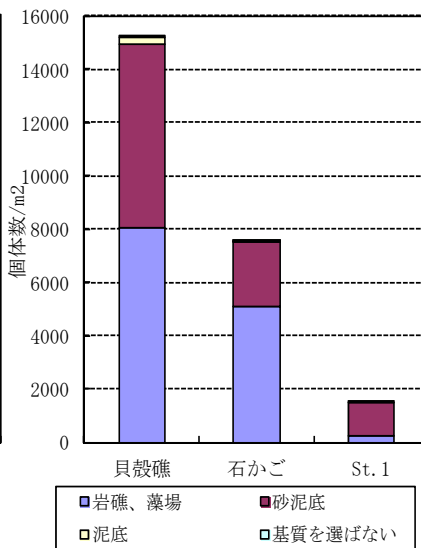


図-6 蛸集生物生息区分別個体数

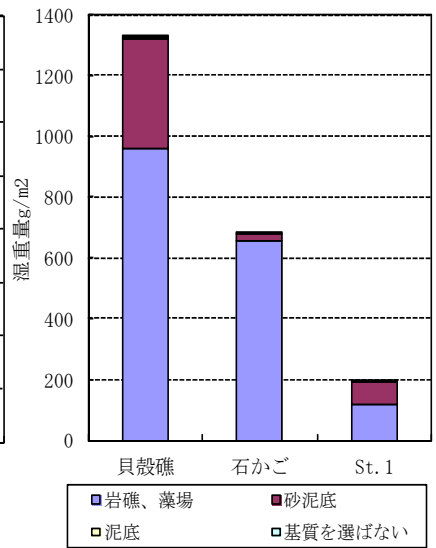


図-7 蛸集生物生息区分別湿重量

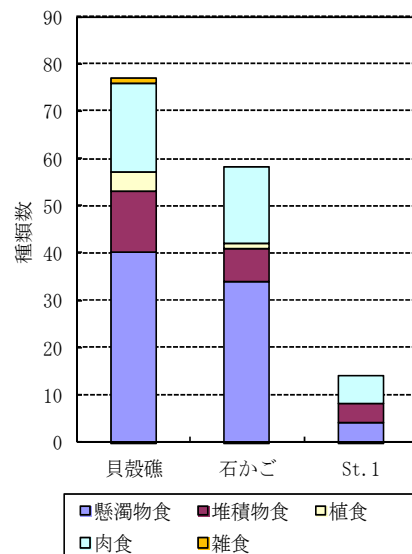


図-8 蛸集生物摂餌様式別種数

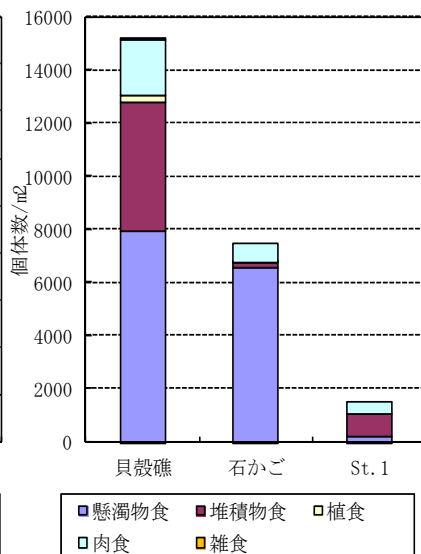


図-9 蛸集生物摂餌様式別個体数

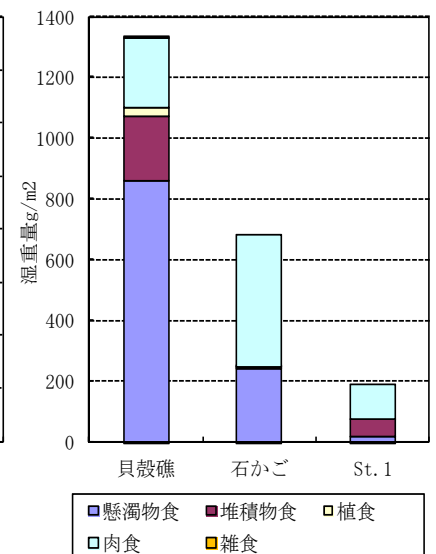
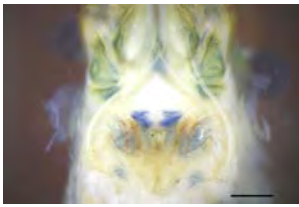


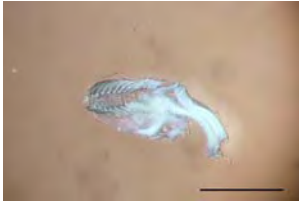
図-10 蛸集生物摂餌様式別湿重量



カラフトシマモエビ(懸濁物食)



Tharyx sp. (堆積物食)



ヒノデシタダミ(植食)



マダラウロコムシ(肉食)

写真-1 摂餌様式の口器の例

物、蛸集生物などの肉を食するものである。写真-1に摂餌様式の口器の例を参考に示す。

各地点においては、それぞれ懸濁物食者、堆積物食者が蛸集し、肉食者はそれらを食することで食物循環が成り立っており、さらに魚がそれらを食して系外に排出することで、礁内の物質を均衡に保つ役割をしている。

①図-9、図-10から石かご試験礁には、堆積物食者は少なかったことがわかる。石かご試験礁の堆積物量が非常に少なかったため、餌が不足していることが原因の一つと考えられる。また、試験礁の堆積物の分析結果から、強熱減量、COD<sub>sed</sub>、TOC、T-Nの値が貝殻試験礁より大きかったことは、堆積物食者が少なかったことにより、有機物を十分に消費されなかったことが要因と思われる。②底質には堆積物食者が多く懸濁物食者は少ない。③貝殻試験礁は懸濁物食者、堆積物食者のどちらも多く蛸集しており、石かごや底質よりも生物の蛸集に対して良い環境を備えていると言える。

また、貝殻試験礁には写真-2に示すマナモコの蛸集が21尾確認された。体長は最大で108mm、最小で45mmである(図-11)。村主<sup>8)</sup>によると、マナモコは1年で約6cm、2年で約13cm、3年で約18cmに成長する。よって、蛸集したマナモコは1~2歳のものであると推測される。貝殻試験礁が設置されてからの経過時間は1年である。白老港の港内水域には、近年マナモコが生息していることが確認されており、マナモコは港内に別々に生息していたものが蛸集してきたものと考えられる。白老港においてもマナモコの魚礁として効果があることが分かった。

また、貝殻試験礁には写真-3に示すようにタケギンボが産卵しているのが見つかった。落石漁港<sup>2)</sup>と江良漁港<sup>3)</sup>でもホタテ貝殻礁に魚卵が確認されており、白老港においても産卵礁としての効果があることが確認された。



写真-2 貝殻試験礁に蛸集していたマナモコ

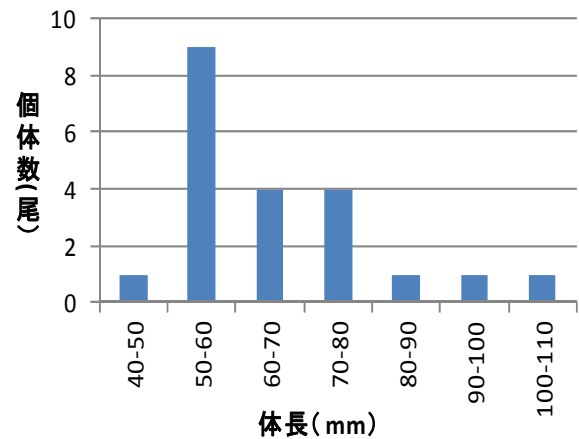


図-11 蛸集していたマナモコの体長別個体数



写真-3 ホタテ貝殻に産卵したタケギンボ

## 5. ホタテ貝殻礁と石かごの蛸集生物

ホタテ貝殻礁と石かごは、蛸集生物を確保したまま回収することができないことから、調査は潜水士によって目視観察で行った。

ホタテ貝殻礁と石かごに蛸集していた生物の個体数を図-12に示す。ホタテ貝殻礁は、エゾバフンウニ、クロ

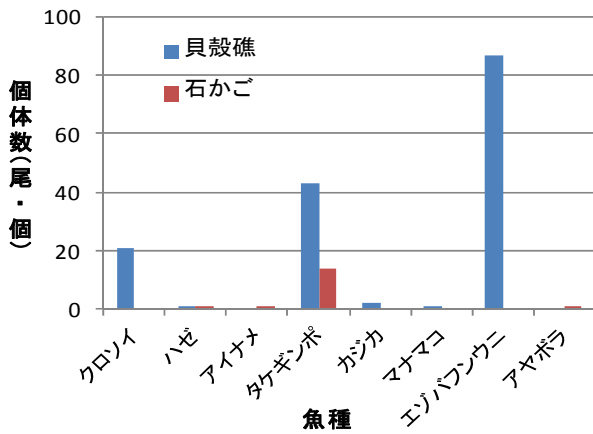


図-12 ホタテ貝殻礁と石かごの蛸集生物

ソイ、タケギンポなど蛸集数は155個体だったが、石かごはタケギンポが若干蛸集していたものの蛸集数は17個体と、ホタテ貝殻礁の約1/10程度だった。また、ホタテ貝殻礁には、近年白老港で漁獲があるエゾバフンウニ、マナマコ等の水産有用種が多く蛸集していた。試験礁の蛸集生物の調査結果から、貝殻試験礁は石かご試験礁と比較して多くの底生生物が蛸集していることがわかった。ホタテ貝殻礁には多く蛸集した底生生物を摂餌するために、多くの水産有用種が蛸集していると推察される。

## 6. まとめ

本稿では、砂浜海域である白老港に設置したホタテ貝殻礁の生物蛸集効果について、石かごと比較して検討した。その結果、ホタテ貝殻礁の方が蛸集生物量が多く、礁内の環境も悪化していなかったため、効果が大きいことが分かった。

本研究で得られた知見を以下に示す。

①貝殻試験礁の間隙率は約85%だった。石かご試験礁の間隙率は約50%であり、ホタテ貝殻礁は蛸集生物の生息空間をより多く確保できる。

②石かご試験礁には砂泥底及び泥底を生息域とする生物の蛸集が少なく、底質には岩礁、藻場を生息域とする生物が少なかったが、貝殻試験礁には両方の生物が蛸集

していた。本調査地点における貝殻試験礁の堆積物量は1年間で約240であり、石かご試験礁の0.20よりも多くの堆積物があったことが原因と考えられる。

③石かご試験礁には堆積物食者が少なく、底質には懸濁物食者が少なかったが、貝殻試験礁にはどちらも多く蛸集していた。石かご試験礁の堆積物に有機物が多く残っていた原因が、堆積物食者の蛸集が少なかったことであることが推察された。

④ホタテ貝殻礁には多くの生物が蛸集し、それらを捕食する水産有用種も蛸集していた。また、近年港内水域で確認されている、ウニ、マナマコも蛸集することが確認できた。

以上、砂浜海域に設置したホタテ貝殻礁の生物蛸集効果について報告した。しかし、砂浜海域特有の漂砂・浮遊砂による目詰まりに関してはまだ未解明な部分が多い。引き続き当海域を対象に研究を行う必要がある。

## 参考文献

- 1) 佐藤朱美・足立久美子(2005)：貝殻礁に蛸集したヨコエビ群による有機物除去能力の試算，平成17年日本水産工学会論文集，pp107-108.
- 2) 岡本健太郎・山本潤・大水達暁(2009)：ホタテ貝殻礁による効果の持続性とナマコ中間育成としての検討，第53回北海道開発局技術研究発表会.
- 3) 岡本健太郎・山本潤・福田光男・林田健志・峰寛明・大橋正臣・田畑真一(2011)：ホタテ貝殻礁の浄化効果の持続性と実用化に向けた検討，海洋開発シンポジウム講演集，第36回.
- 4) 岡本健太郎・片山勝・山田文人(2011)：実用型ホタテ貝殻礁の浄化効果と活用方法について，第54回北海道開発局技術研究発表会.
- 5) 西村三郎編著(1992)：原色検索日本海岸動物図鑑 [I]，保育者.
- 6) 西村三郎編著(1995)：原色検索日本海岸動物図鑑 [II]，保育者.
- 7) Jumars P A & Fauchald K. (1977)：Between-community contrasts in successful polychaete feeding strategies, Ecology of marine benthos, University of South Carolina Press, Columbia, SC., 1-20.
- 8) 村主昭成(1965)：ナマコ，浅海養殖60種，大西出版，東京，pp297-303.