

B-9 ホタテ貝殻礁を利用した蓄養水面の物質循環

○岡元 節雄^{1*}・山本 潤¹・大橋正臣¹・岡本 健太郎²・林田健志³

¹土木研究所寒地土木研究所（〒062-8602 札幌市豊平区平岸1-3-1）

²北海道開発局留萌開発建設部留萌港湾事務所（〒077-0048 留萌市大町1丁目1番地1）

³株式会社エコニクス（〒004-0015 札幌市厚別区下野幌テクノパーク1丁目2番14）

* E-mail: okamoto-s22aa@ceri.go.jp

1. はじめに

港内泊地や閉鎖水域における蓄養や養殖にともなう水質・底質の悪化は、魚介類の品質低下や斃死等の被害をもたらすため、各地で問題になっている。閉鎖水域に堆積した有機物は、堆積物食者によって分解されていくことが知られており、底生生物による底質浄化に関する研究は多く行われている。佐藤ら¹⁾は、底生生物の蛸集効果を利用した底質改善手法として、水産廃棄物であるホタテ貝殻を使用したホタテ貝殻礁を考案した。貝殻礁は、金属かごにホタテ貝殻を充填して底面に設置するものであり、水棲生物や底生生物の生息環境を創出し、蛸集した生物による浄化効果が期待するものである。

著者らは、図-1 に示す江良漁港に設置したホタテ貝殻礁（試験礁）を調査して、ホタテ貝殻礁の生物蛸集効果を確認した。さらに、系外から貝殻礁への懸濁物負荷を調査し、蛸集生物の有機物除去能力、炭素の物質循環構造の定量化を試みた。

2. 調査方法

ホタテ貝殻礁は潜水士が水中でプランクトンネット（58GG，目合い 0.3mm）を貝殻礁にゆっくりかぶせ、蛸集生物が流失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見なし、その後、実験室で種の同定、種別個体数の計数および湿重量の測定を行った。

底生生物の採取は、対照区である St.2 において直径 5cm の柱状採泥器を深度 10cm まで打ち込んで採取し、全泥を分析試料とした。

沈降物量調査は St.1 地点にセジメントトラップ（直径 30cm，高さ 50cm）を 2 個設置して平成 2009 年 9 月 30 日

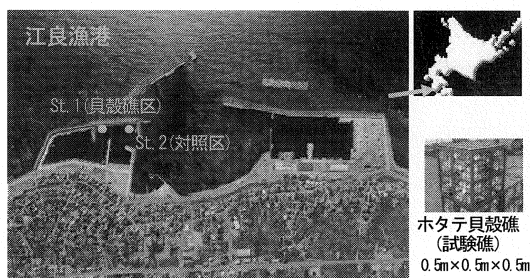


図-1 調査箇所図

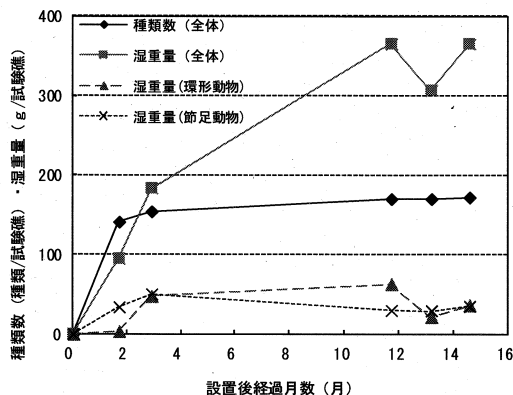


図-2 蛸集生物の湿重量と種類数の動向

～11 月 4 日の 35 日間、沈降物を採取した。採取した沈降物は湿重量、乾重量を計測し、CHN 分析計により TOC と T-N の分析を行った。

3. ホタテ貝殻礁の生物蛸集状況

貝殻礁は、2009 年 8 月 10 日に設置後 2010 年 10 月 21 日まで 5 回回収した。調査結果を図-2 に示す。

環形動物、節足動物は設置 3 ヶ月後から 20～60 g 程度

の蛸集量であった。設置 1 年後の調査からホヤ類や海綿動物などの付着性動物が増加したため、湿重量が大きく増加した。種類数については約 160 種類の生物の蛸集が確認され、そのうち約 8 割が軟体動物、節足動物、環形動物で占められていた。一方、対照区で行った 2010 年の底生生物調査では、個体数、湿重量は貝殻礁蛸集生物の約 1/2 であり、生物蛸集効果は大きい結果であった。

4. 蛸集生物の摂餌行動による有機物除去能力

貝殻礁の蛸集生物について、摂餌行動による浄化試験を行った。対象生物は貝殻礁に優占した生物（ヨコエビ・ゴカイ）とした。

蛸集生物は貝殻礁から採取したものを使用した。海水は貝殻礁近傍で採水し、濾紙等で不純物を取り除いた。浮泥はホタテ貝殻礁に堆積したものを採取し、1mm 目合いのふるいをかけて不純物を取り除いた。

蛸集生物は、排泄物が確認されなくなるまで数日間飼致した。試験は、ビーカーに堆積物と飼致した蛸集生物を添加した試験区（生物添加区）と堆積物のみを添加した試験区（対照区）を設定した。なお、ビーカーに入れた試料量を表-1に示す。

試験における水温は試料を採取した 11 月の海水温と同程度の 15℃とし、水温管理はインキュベーターにて行った。海水は 5 日毎に約 1/3 量の交換を行い、試験開始後、5 日、15 日、30 日にそれぞれの対照区、生物添加区の堆積物を回収し、乾重量の測定、TOC、T-N の分析を行い、各試験区の変動を確認し、対象生物による有機物除去能力を検証した。有機物除去能力は、佐藤ら²⁾による方法と同様に算定した。

ヨコエビ、ゴカイ等の貝殻礁に蛸集する堆積物食者は、摂餌行動に餌の選択性はなく、体内への同化時は必要な成分を吸収すると考えられる。つまり、ヨコエビ・ゴカイによる浄化の CN 比の範囲は、ヨコエビ・ゴカイ自身の CN 比と摂餌対象となる堆積物の CN 比の間に位置することが予想される。そこで、堆積物、除去物、ゴカイ・ヨコエビの CN 比について整理した。なお、ゴカイの CN 比はサイバゴカイの分析値（TOC=303.6mg/g(d), T-N=54.69mg/g(d)）から 5.55 と算出

表-2 蛸集生物の有機物除去能力と C/N 比

項 目	単 位	ヨコエビ	ゴカイ
炭素除去能力	mg/g(d)day	32.14	34.25
窒素除去能力	mg/g(d)day	3.20	2.20
除去物 C/N 比		10.04	15.57
堆積物 C/N 比		15.74	15.72
生物 C/N 比		4.14	5.55

し、ヨコエビの CN 比はテッポウエビの分析値（TOC=303.5mg/g(d), T-N=73.27mg/g(d)）から 4.14 と算出した。

整理した結果、表-2 に示すようにゴカイ・ヨコエビの浄化能力の CN 比は、ゴカイ・ヨコエビ自身と堆積物の CN 比の間に位置することが確認されたため、本試験結果の妥当性がうかがえる。また、ゴカイでは除去物の CN 比が堆積物の CN 比に近く、餌による影響が大きいことがいえる。現時点では試験のデータが少数であり不明な点が残るが、今後統計的にも検討していく必要がある。

5. ホッケ蓄養における貝殻礁の物質循環構造

貝殻礁の生物蛸集等による炭素・窒素の物質循環構造について、中田³⁾による生態系モデルに、ホタテ貝殻礁のサブモデルを追加する構成で検証した。サブモデルでは貝殻礁の負荷として、系外からの流入・沈降のほか、蓄養魚、蛸集生物の排泄・自然死亡とし、貝殻礁での消費として蛸集生物・高次生物の摂餌行動を考慮した。

蓄養対象魚は、上ノ国町で養殖が実施されているホッケとした。1999 年度の養殖における生残数は約 4 個体/m²であったことから、生け簀の水深を 2m として、8 個体/m²を収容量とした。ホッケ排泄物量は文献⁴⁾から 0.507g(d)/個体/day、排泄物の TOC は 195mg-C/g(d)、T-N は 69.1 mg-N/g(d)とし、1 日当たりのホッケの排糞による負荷量は、炭素で 98.87mg-C/個体/day、窒素で 35.03mg-N/個体/day と算出した。系外からの流入は沈降物調査の堆積物の湿重量と炭素・窒素の含有量を分析して懸濁物の負荷量を算出した。蛸集生物の自然死亡については文献⁹⁾から蛸集生物の優占種のゴカイ・ヨコエビの寿命を 1 年とし、斃死した生物は全て懸濁物になるとした。また、ゴカイ・ヨコエビの分析結果、ゴカイの TOC 値は 384.8mg-C/g(d)、T-N 値は 87.8mg-N/g(d)、ヨコエビの TOC 値は 303.5mg-C/g(d)、T-N 値は 73.3mg-N/g(d)と測定され、死亡生物の乾燥重量と分析値を乗じた値を自然死亡による負荷量とした。

一方、消費要因である蛸集生物の摂餌行動は、貝殻礁の優占種であるゴカイ・ヨコエビの室内試験で得た摂餌

表-1 ビーカーに入れた試料量

対象生物	試験区	海水量	堆積物量	生物量
ヨコエビ	対照区	1ℓ	7g(d)	—
	添加区	1ℓ	7g(d)	0.1g 程度
ゴカイ	対照区	500ml	7g(d)	—
	添加区	500ml	7g(d)	1 個体

量と、貝殻礁を設置して約1年経過した2010年に、3回収した平均の蛸集量を乗じた値とした。なお、室内試験結果からヨコエビの乾燥重量は湿重量の0.114倍、ゴカイの乾燥重量は湿重量の0.066倍とした。高次生物の摂餌行動は、安定同位体比分析で概ねゴカイ・ヨコエビを摂餌している魚類で、貝殻礁回収時に蛸集していた量を対象とした。摂餌量は文献⁹⁾から魚類の湿重量の8.71%/dayとし、これにゴカイ・ヨコエビの分析値を乗じた値とした。

以上により算出された貝殻礁における炭素循環を図-3に示す。負荷量は3,057.6mg-C/m²/day、消費量は960.8mg-C/m²/dayであり、31.4%の炭素が貝殻礁内で消費される結果であった。

次に、貝殻礁内の炭素消費量を更に大きくするために、貝殻礁にナマコを放流した場合について検証した。ナマコの放流密度は文献⁷⁾を参考に72個体/m²、平均湿重量は12.4g/個体とした。摂餌行動による炭素の消費量と浮泥を対象とした摂餌試験で得た値⁹⁾を引用して4.56mg/個体/dayとした。

ナマコを放流した場合のホタテ貝殻礁における物質循環において、負荷量はナマコを放流しない場合と変化はないが、消費量はナマコの摂餌量を加えて1,289.2mg-

C/m²/dayとなり、負荷量の42.2%の炭素を浄化する(図-4)という結果が得られた。

6. まとめ

本報では、江良漁港に設置した実用型ホタテ貝殻礁について、ホタテ貝殻礁の生物蛸集状況を調査した。また、蛸集生物の有機物浄化能力と汚濁負荷量から、蓄養水面におけるホタテ貝殻礁の物質循環構造の解明を行った。ホタテ貝殻礁には、ホヤや軟体動物を始め、他にも多くの生物が蛸集していたため、これらの浄化効果の解明が期待される。ホタテ貝殻礁を取り巻く物質循環モデルは、対象水域の水質変化を定量的に予測することが可能である。今後、水産物安定供給のための蓄養水面の効率的利用を検討する上で、広く利用されることが期待される。

本研究を進めるに際して、北海道大学大学院環境科学の門谷茂教授から貴重な御示唆をいただいた。現地観測では、函館港湾事務所の協力を得た。ここに記して皆様に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 佐藤朱美・足立久美子・大澤義之：ホタテ貝殻利用による港内等の水質・底質悪化防止の試み，平成15年度北海道開発局技術研究発表会，港-30，2003
- 2) 佐藤朱美，足立久美子：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年度日本水産工学会，pp.107-108，2005.
- 3) 中田喜三郎：生態系モデル-定式化と未知のパラメータ推定法-，J.Adv.Mar.Tech.Conf.Vol.8，pp.99-138，1993.
- 4) 平野 敏行監修：沿岸の環境圏，フジ・テクノシステム，pp.301-307，603，1998
- 5) 長沢和也：カイアシ類学入門-水中の小さな巨人たちの世界，東海大学出版会，pp.65-66，2005.
- 6) 平野敏行監修：沿岸の環境圏，フジ・テクノシステム，pp.603，1998.
- 7) 岡本健太郎・山本潤・大水達暁：ホタテ貝殻礁による効果の持続性とナマコ中間育成場としての検討，平成21年度北海道開発局技術研究発表会，環-8，2010
- 8) 岡本健太郎・山本潤・上平大介：底質が汚濁した港内でのナマコの摂餌行動について，平成20年度北海道開発局技術研究発表会，環-32，2009

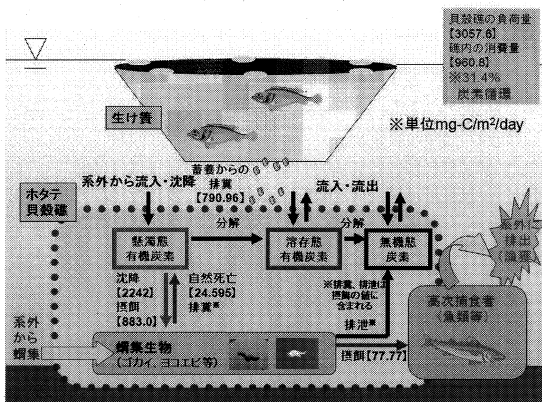


図-3 ホタテ貝殻礁の物質循環 (炭素)

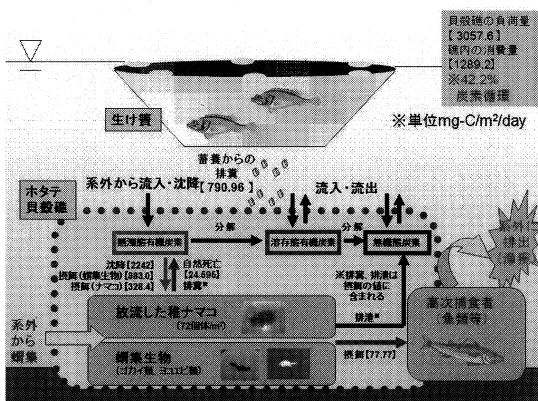


図-4 ナマコを放流した場合の物質循環 (炭素)