

貝殻魚礁構造物の物質循環促進機能

全国漁業協同組合連合会 資材課 課長役 田原 実

1. はじめに

貝類は古来より食され、貝殻は貝塚の出土品として小学生の授業で学ぶなど親しみやすく、また一部の漁業者の間ではカキ殻の堆積場はエムシ（ゴカイ類）の漁場となり漁業生産の向上に役立つことは古くから経験的に知られていた¹⁾。そして貝類養殖は安定した生産体系を確立し、副産物である貝殻も安定供給が可能で、有害な物質を含有していない安全性の高い材料である。

人工魚礁は 350 年以上の歴史があり、古くから漁業者の関心は高く、魚を集めて効率よく漁獲するための副漁具や水産生物の保護培養を図るために設置されている²⁾。

一方、漁場環境においては沿岸域の開発による生物生息場の減少や栄養塩の過度な供給による有機物の負荷等から生態系のバランスが崩れ生物生産の仕組みが損なわれている。

そこで貝殻を有効利用した生物の増殖機能に優れた人工魚礁の開発を行った。貝殻魚礁構造物に生息する様々な動物の食物連鎖による有機物の取込、分解および物質循環促進のメカニズムについての研究成果を報告する。

2. 貝殻魚礁構造物における食物連鎖

2-1) 選好性餌料動物³⁾の生息量

水産生物の保護培養にはその餌があるかどうかが生存のための重要な要因である。また多くの魚介類の餌となる小型動物を培養するためには様々な形状の小型空間が多数必要で、それらの空間には通水性が確保され酸素が十分に供給されなければならない。そこで小型動物培養基質の開発試験を行った。

(1) 小型動物が潜入可能な素材の比較

【方法】 直径 15 cm, 長さ 30 cm の高密度ポ

リエチレン樹脂製メッシュパイプの中にカキ殻、碎石（φ3～5cm）を充填したものと比較対照として同形のコンクリートシリンダーをテストピースとし、岡山県倉敷市沿岸の既設人工魚礁の上面（水深 3.5m～15m）に取り付け、2 年間に 9～10 回の頻度で回収し小型動物の分析を行った。

【結果】 素材別の餌料動物の着生量と調査年月の推移を図 1 に示す。魚介類が好んで摂餌する十脚類・多毛類等の選好性餌料動物はカキ殻が最も多く、コンクリートは少なく、碎石は両者の中間となった。

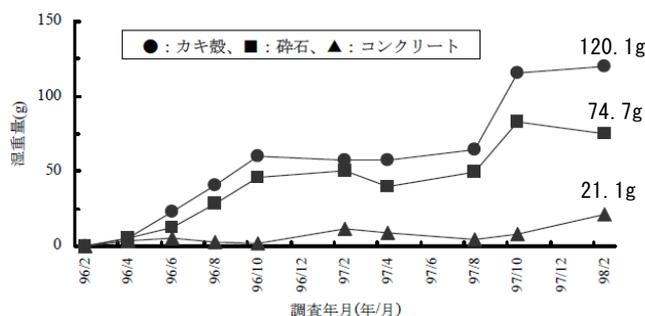


図 1 素材別の選好性餌料動物着生量

(2) 小型動物が潜入可能な表面積と空隙率の適正量

【方法】 テストピースに充填したカキ殻、アコヤガイ殻、碎石の数量から各素材の表面積を測定し、テストピースを水槽に浸して排斥水量より空隙率を求めた。表面積及び空隙率は表 1 のとおりであった。

表 1 各素材の表面積と空隙率

項目	マガキ殻	アコヤガイ殻	碎石	コンクリート
表面積(m ²)	0.988	1.145	0.694	0.177
空隙率(%)	82.1	85.0	47.9	0

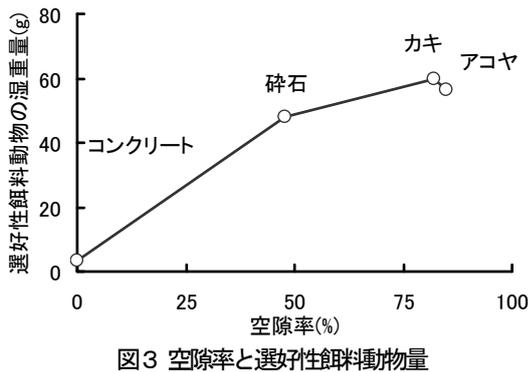
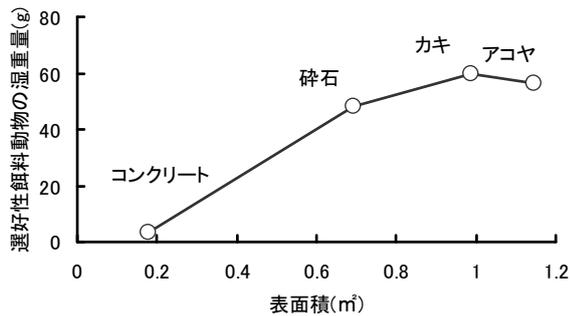
※1 数値は各テストピースのそれぞれ3個の平均を示す。

※2 表面積はパイプの表面積も含む。

【結果】 各素材の表面積と選好性餌料動物量の関係を図 2 に示す。表面積が大きくなるほど着生量は増大する傾向が見られるが、表面積の差が大きくなっても着生量の差は大き

くなっていない。これは素材の表面積が増大しても素材の密着部分等の生物生産に寄与しない部分が大きくなる為であると考えられた。

次に各素材の空隙率と選好性餌料動物量の関係を図 3 に示す。内部空隙のないコンクリートでは選好性餌料動物が少なく、カキ殻やアコヤガイ殻で高い値を示した。これは貝殻の重なりによって形成される小さな空間が多くできるためであると考えられた。



このように水産生物の重要な餌になりうる選好性餌料動物に適した構造は直径 15 cm、長さ 30 cm の大きさにおいて約 1m² の表面積、空隙率 82~85% であった。また小型動物は種や成育段階によって最適な隙間は変化するので一定間隔の隙間ではなくランダムに構成される空隙が有効であると考えられた。

(3) 貝殻の集積量と小型動物着生量

【方法】 貝殻の集積量が多くなった場合の付着動物への影響を試験した。1999 年 3 月、岡山県倉敷市沿岸の既設人工魚礁の上面（水深 15m）に長さ 2m×幅 2m×高さ 0.5m の貝殻ケースを設置し、中央付近に高さ 50 cm、直径 15cm のカキ殻テストピースを埋め込んだ。

3 年間に 5 回のテストピースを抜き取り、着生した動物を上、中、下層に 3 等分（約 17 cm 毎）して種の同定、湿重量を測定した。

【結果】 層別の付着動物量と経過日数を図 4 に示す。大半の動物が上層と下層に分布しており中層はわずかであった。従って効率的に小型動物が生産される構造は、流れ等によって通水性が確保される表面から 17cm 程度であり、開発した直径 15 cm の基質は効果的に生物生産がなされる構造であることがわかった。

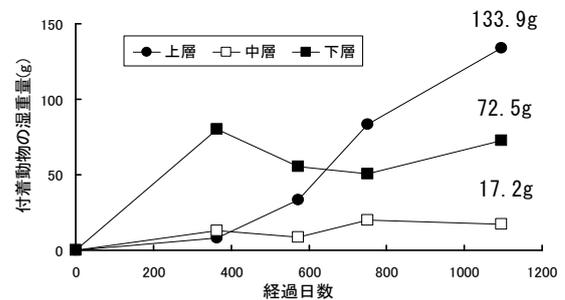


図4 層別の付着動物量

2-2) 魚類の摂餌による系外搬出

貝殻魚礁に蝟集した魚類の摂餌状況を確認し、系外搬出の定量化を試みた。

【方法】 三重県英虞湾の水深 7m に設置した貝殻魚礁において 2004 年 3 月～2006 年 2 月の間に 10 回の潜水目視観察を行い、確認された魚種、全長、個体数から全長-体重換算式を用いて蝟集生物量を算出した。また期間内に 3 回の刺網による漁獲を行い消化管内容物を確認した。

次に餌料動物と蝟集魚類による系外搬出速度を算出するため、2006 年 8 月～2007 年 3 月にテストピースを金網（目合い 12mm、20×20×40cm）で覆い、魚類の摂餌から隔離し（隔離区）、隔離していないもの（非隔離区）と小型動物の着生量を比較した。そして両者の差を魚類による摂餌量と仮定して魚礁における小型動物の魚類への転送速度を算出し、これを系外搬出速度として試算した。小型動物の乾重量への換算は 0.2945 (乾重量/湿重量)⁴⁾、乾重量から炭素量への換算は 0.3349 (炭素量/

乾重量) ⁴⁾, 餌料となる小型動物の魚類への
 転送効率は12.8% (餌料転換効率) ³⁾を用いた。

【結果】 蛸集生物量と調査年月の推移を図
 5に示す。魚礁では19種類の魚類が確認され、
 夏～秋に生物量が多くなった。潜水観察では
 ウミタナゴやイシダイ等が基質表面をついば
 む様子が確認され、刺網により漁獲したこれ
 ら魚類の消化管内容物には貝殻基質に生息す
 る甲殻類や多毛類、二枚貝類等の動物が多く
 確認され、群摂餌率は66.7～100%と高かった。

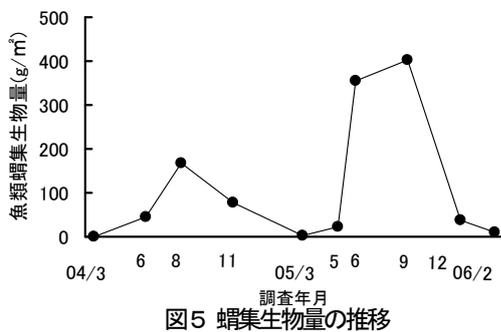


図5 蛸集生物量の推移

小型動物量と調査年月の推移を図6に示す。
 隔離区は小型動物量が増加し非隔離区に比べ
 て7ヵ月後(195日)には約1.4倍多くなった。両
 区の差は84日後の秋季には7,785g, 195日後の
 冬季には8,130gとなった。これらの値から魚
 類による系外搬出速度を求めると秋季
 $2.37\text{gCm}^{-2}\text{day}^{-1}$, 冬季 $0.04\text{gCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ となった。
 これらの食物連鎖の魚類の系外搬出ルートは
 水温などの環境変化による移動や漁獲等が考
 えられる。本研究は三重県地域結集型共同研
 究事業の一部として実施されたものである。

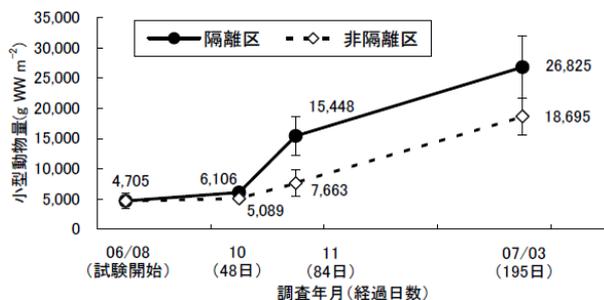


図6 隔離・非隔離による小型動物着生量

2-3) 生物による有機物の取込, 分解

小型動物培養基質には有機物除去に寄与

すると考えられる濾過食性の二枚貝類, ホヤ
 類等が着生する。これら動物による有機物の
 取込, 分解機能を検証した。

【方法】 2010年2月, 福井県敦賀市の水深
 3mに設置された貝殻テストピースを2010年11
 月～2011年9月の間に4回, 各2個を引き上げ,
 付着動物分析と有機物取込実験を行うために
 それぞれ1個を使用した。取込実験の対照区に
 は新規の小型動物が着生していないテストピ
 ースを用いた。

水槽内における取込, 分解実験については,
 試験区および対照区に細胞サイズ5.5～7.5μm
 程度の珪藻を添加し, 24時間後まで一定時間
 毎にそれぞれ採水を行って試料とした。それ
 らに含まれる珪藻細胞数, 有機態窒素量, 無
 機態窒素量 (亜硝酸態窒素量と硝酸態窒素量
 の総和), TOCを測定した。

【結果】 (1) 付着動物調査 テストピー
 スの二枚貝類, ホヤ類等の濾過食者とその他
 食性動物の各調査時の割合を図7に示す。濾過
 食者は48～74 %を占め, 2010年11月に最も多
 く, 2011年9月で最も少ない結果となった。濾
 過食者の組成については2010年11月以外はホ
 ヤ類が優占していた。

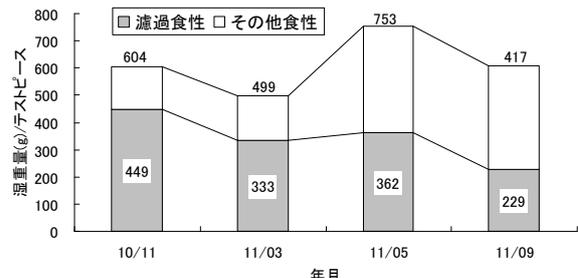


図7 濾過食性とその他食性動物

(2) 水槽内実験 珪藻細胞数の経時変化を
 図8に示す。試験区は実験開始直後から大き
 く減少し12時間後にはほぼ0になっていた。
 一方, 対照区ではほとんど変化しなかった。
 これはテストピースに付着した濾過食者が,
 珪藻を捕食したためと考えられた。有機態窒
 素量の経時変化を図9に示す。試験区では実
 験開始直後から急速に減少し, 対照区では大
 きな変化が見られなかった。無機態窒素量の

経時変化を図 10 に示す。試験区では有機態窒素とは異なり、時間経過とともに増加する傾向が見られた。これは、試験基質に生息する動物に取り込まれた有機態窒素が、動物の代謝によりアンモニア態窒素に分解され、これが酸化されることで亜硝酸態窒素及び硝酸態窒素に変化したためであると考えられた。

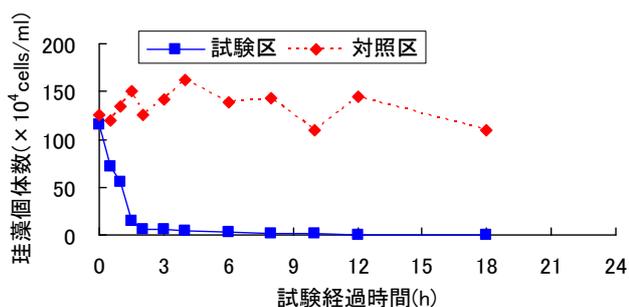


図8 水槽内における珪藻細胞数の経時変化 (2011年5月)

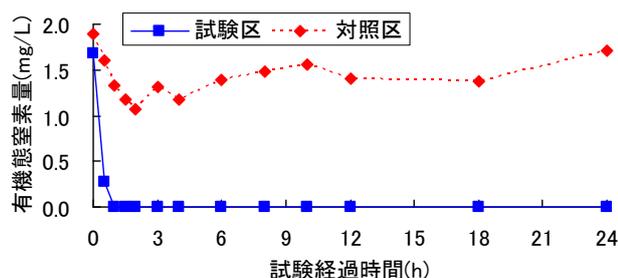


図9 水槽内における有機態窒素量の経時変化 (2011年5月)

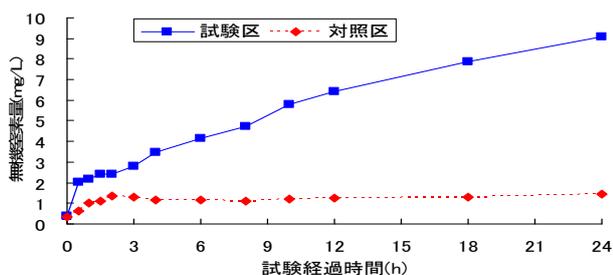


図10 水槽内における無機態窒素量の経時変化 (2011年5月)

TOC については、対照区ではほとんど減少が見られなかったのに対し、試験区では開始直後から減少し、18 時間以内にはほぼ 0 に近い値まで減少していた。これは珪藻に含まれる有機物がテストピースに固着・生息する動物に取り込まれた結果と考えられる。

以上のことから、貝殻基質に生息する動物が植物プランクトンを取り込むことによって有機懸濁物は動物の体内で無機化されて海藻

等が取り込みやすい形（栄養塩）で排出されることがわかった。またこれらの効果は季節によって変動はあるものの年間を通じて発揮されることが明らかになった。

3. まとめ

貝殻を有効利用した魚礁構造物には多様な小型動物が多く増殖し、有機物を取込み、無機化する。また小型動物を様々な魚類が摂餌し、水温等の変化や成育段階による移動、漁獲によって有機体として系外に搬出される。

このように、食物連鎖が形成し魚礁生態系が構築されることで物質循環が促進されることがわかった。ただし、魚礁構造物を設置しただけでは海域全体の環境を改善するのは困難であり、干潟、藻場、漁港・港湾のナーサリー化等の環境基盤を生物の生活史に応じて整備することや漁業者と連携した環境保全活動等のソフト面も合わせて取り組むことが重要である。

最後に、これら調査研究を実施するにあたってご指導、ご協力頂いた多くの方々に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 鳥井正也：水産系副産物（貝殻）の漁場造成事業への活用。水産工学, Vol. 44 No. 3, pp. 205-209, 2008.
- 2) 柿元皓：人工魚礁。財団法人漁港漁場漁村技術研究所, pp. 1-62, 2004.
- 3) 水産庁ら：平成 15 年度水産基盤整備生物環境調査「原単位把握のための調査」報告書, pp. 1-51, 2004.
- 4) 原口浩一ら：人工中層海底による養殖場沈降有機物の分解促進。日水誌 74(3), pp. 429-431, 2008.
- 5) 片山敬一ら：廃棄貝殻による人工魚礁漁場の造成。水産資源の先進的有効利用法（監修 坂口守彦・平田孝）。NTS, 東京, pp. 301-314, 2005.