

貝殻利用技術による漁港・港湾水域の環境改善に関する評価

穴口 裕司、藤澤 真也(海洋建設株式会社)

田中 文裕(NPO 法人里海づくり研究会議)、足立 吉宏(株式会社大本組)

大久保 賢治(岡山大学大学院環境生命科学研究科)

1. はじめに

漁港・港湾水域は、多くの水生生物にとって遊泳力の弱い幼稚仔期を中心に貴重な静穏水域となっている。また、全国的に磯焼けが進行している状況の中、漁港・港湾における護岸・防波堤や基礎マウンドなどの施設は、岩礁性藻場の付着基質としての有効活用も期待される。これらの水域は静穏であるが故に閉鎖性が強く流れが停滞し、水質・底質など水域環境の富栄養化の進行がしばしば見受けられるが、近年、わが国沿岸では、栄養塩不足が深刻な問題となっており、新たな栄養塩供給源となり得るプラスの側面も浮上してきた。

我々がこれまで研究開発を積み重ねてきた貝殻構造物(直径 15cm の円筒形メッシュパイプに貝殻をランダムに詰めたもの)は、貝殻の重なりによってできる隙間(空隙率 80%前後、長さ 30cm 当たりの表面積約 1

m²)において多種多様な固着・潜入動物が効率良く増殖することが確認されている^{1)、2)}。さらに、貝殻構造物は、海中に堆積したり浮遊したりする有機物をトラップし、多様な固着・潜入動物に摂食させて生物多様性と生物生産性を向上させるとともに、大型褐藻類の付着基質としても優れた機能を有している³⁾。また、貝殻を海底に敷設したり鋤きこんだりすることで、有機堆積物や有機懸濁物を腐食食物連鎖のサイクルに取りこみ、複数段階の動物による摂食-排泄の繰り返しによる分解を通じて無機化を促進し、底泥などに封じ込められた有機物を循環系に取り込むことで、新たな栄養塩の供給源をも生み出すことに繋がる。

このようなことから、漁港・港湾水域に貝殻利用技術を活用することで、幼稚仔に対するナーサリー機能や岩礁性藻場の付着基質としての機能を強化することができるものと考えている。本研究において、平成 21～23 年度にかけて 4 箇所の港湾水域(表 1)に貝殻構造物(図 1)を設置して、環境生物調査を実施し、その効果について定量的な評価を試みたのでここに報告する。

表 1 調査海域

海域	貝殻構造物	事業種類
福井県敦賀港	①水質改善礁	環境対策工事
福岡県博多港	②博多港湾型	航路浚渫工事 技術開発業務
宮崎県細島港	③直立面取付型	基質設置試験
高知県宿毛港	④宿毛港湾型	イメージアップ工事

2. 調査方法

1) 基本調査

基本的な環境条件と貝殻構造物における生物相を把握するために、以下の項目についての調査を行った。

(1) 水質環境

セッキ板による透明度の測定と Compact-CTD (JFE アドバンテック社製)による水温・塩分・DO・濁度の鉛直分布を測定した。

(2) 魚介類生息状況

潜水目視観察により貝殻構造物および対照区における魚介類の種、個体数、全長等を記録した。対照区は、敦賀港では貝殻構造物から 20m 離れた場所の基礎マウンド上部、博多港では同所に設置されている自然石、細島港・宿毛港では貝殻構造物を取り付けた位置と同水深帯のケーソン壁面とした。

(3) 固着・潜入動物の生息状況



図 1 調査した貝殻構造物

(左上: 敦賀港、右上: 博多港、左下: 細島港、右下: 宿毛港)

直径 15cm、長さ 30cm の貝殻テストピース（投影面積：0.045 m²）に固着・潜入する動物について、海中で動物が脱落しないよう木綿袋等に収容して回収し、種、個体数、湿重量の測定を行った。なお、対照区については、博多港では同所に設置されている自然石表面（0.04 m²）、細島港・宿毛港では貝殻構造物を取り付けた位置と同じ水深帯のケーソン壁面（0.04 m²）とし、敦賀港では対照区を設けなかった。

2) 有機物取り込みに関する調査

敦賀港及び博多港において、浮遊、懸濁、堆積する有機物の起源や、貝殻構造物の固着・潜入動物により餌として取り込まれる有機物の動態などを明らかにするために、以下の項目についての調査を行った。

(1) 流向・流速と濁度、クロロフィルの測定

貝殻構造物設置箇所にメモリー電磁流向流速計（JFEアレック社製）及び小型メモリークロロフィル濁度計（JFEアレック社製）を15日間以上設置し、期間中における流向・流速、濁度を測定した。

(2) 有機懸濁物量、堆積量の測定

敦賀港では貝殻構造物設置箇所の東西直近の2箇所、博多港では貝殻構造物の東西端それぞれ3箇所（計6箇所）において500mL採水し、冷蔵して持ち帰り、有機・無機炭素分析計（SieversTOC計 Innov0x ラボ型）により、TC、TOC、ICを分析、測定した。また、貝殻構造物設置箇所近傍及び対照区の2～3箇所にセディメントトラップを15日間以上設置し、堆積物を採取し、堆積量及び強熱減量を測定した。

(3) 小型動物による有機物取り込み実験

岡山県倉敷市釜島周辺海域で回収した貝殻テストピース（直径15cm、長さ30cm、設置後7年3ヶ月経過）を回収し、45cm×30cm×30cmの海水の入った水槽に静置し、倉敷市小原海域で採取した有機懸濁物（採取した浮泥内を比重法により鉱物由来の沈殿物と分けたもの）を添加し、一定時間毎に濁度等を測定するとともに500mLずつ採水してTN、DIN、TOCを分析、測定した。

3. 調査結果

1) 基本調査の結果

(1) 水質環境（表2）

透明度は博多港で1.5～2.2mと他の海域に比べ顕著に低く、濁度も6.0以上と高い値となり、浮遊懸濁物が多いことが示された。DOは底層ほど低い値となったが、いずれの海域においても5.8以上と生物の生息に必要な濃度が確保されていた（図2）。

(2) 魚介類生息状況

各海域における貝殻構造物及び対照区において確認

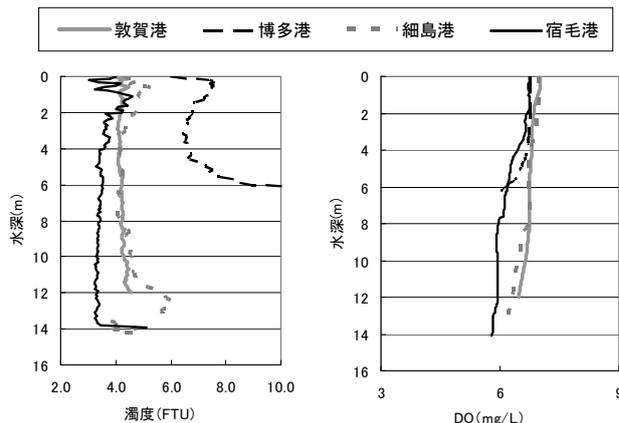


図2 各海域における濁度、DOの鉛直プロファイル

表2 水質環境の測定結果

海域	透明度 (m)	水温 (°C)	濁度 [※] (FTU)	DO [※] (mg/L)
敦賀港	4.0～5.5	15～26	3.8～4.6	6.5～7.5
博多港	1.5～2.2	24～25	6.0～10.6	6.0～7.0
細島港	7.0	25～27	3.8～6.1	6.2～7.6
宿毛港	8.0	27～28	3.0～5.1	5.8～6.8

※敦賀港(H24.10.15、11.6、11.29の3回調査平均)、博多港(H24.9.21、10.5、12.5の3回調査平均)、細島港(H22.9.6、H23.3.15、9.8の3回調査平均)、宿毛港(H24.8.8)

された魚介類の種数は、対照区で平均1～3種であったのに対し貝殻構造物で平均2～14種と多様であった。個体数は、各海域ともに対照区が平均で0.2～0.5個体に比べ貝殻構造物では0.9～13.6個体/m²と顕著に多く（図3）、港湾水域において貝殻構造物が多様な魚介類の棲息場として有効に機能していた。

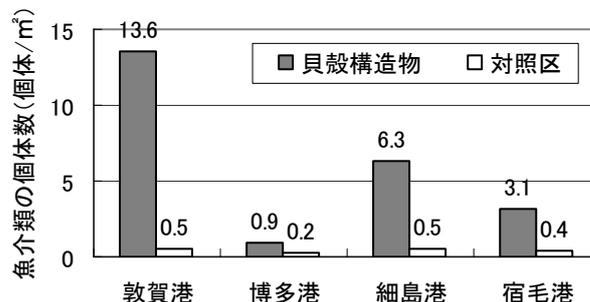


図3 確認された魚介類の個体数密度

(3) 固着・潜入動物の状況

固着・潜入動物の種数・個体数は、貝殻テストピースで60～119種、14千～120千個体/m²、対照区で26～72種、2千～38千個体/m²であり、貝殻構造物を設置することで生物多様性と生産性が向上していた。湿

重量(図4)は、対照区が0.1~3.3kg/m²であるのに対し貝殻テストピースで1.3~24.2kg/m²と顕著に多く、この内10%弱~30%前後が選好性餌料動物といわれる多毛類・軟甲類で占められ、魚介類に対する増殖効果にも優れることが改めて確認された。

2) 有機物取り込みに関する調査結果

(1) 流向流速と濁度、クロロフィルの関係

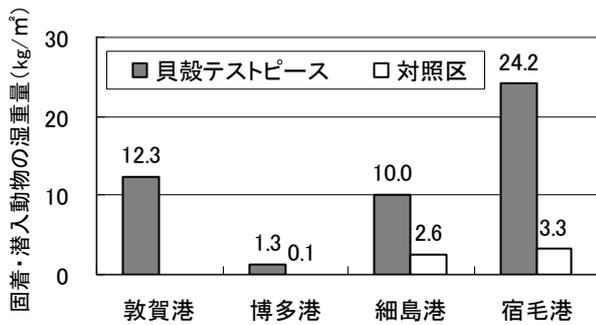


図4 固着・潜入動物の湿重量

※敦賀港では対照区を設定していない

敦賀港：流向は北西方向の一定流で復流は見られなかった。絶対流速は概ね10cm/s以下であり、北風が強く吹いた時に大きくなる傾向が見られた。観測地点の北側は防波堤によってさえぎられているが、湾口は北向きに開口していることから、流速の動向は日本海からの波のうねりに伴うものと考えられた。濁度は絶対流速と相関関係(ピアソンの相関係数0.52 図5)が見られ、風波に伴い懸濁物が増加することが示唆され

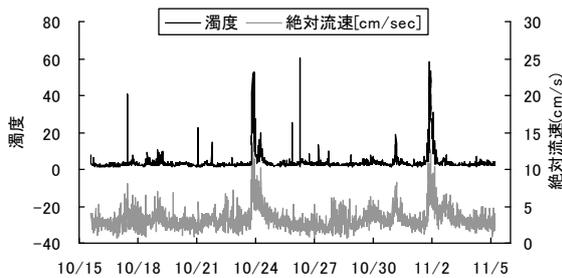


図5 絶対流速と濁度の観測値(敦賀港)

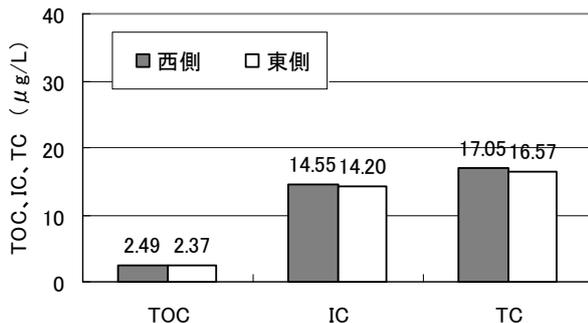


図7 貝殻構造物東西の採水分析結果(敦賀港)

た。濁度とクロロフィルaについても相関が見られ(ピアソンの相関係数0.65)、濁度の増減は植物プランクトンによるものと考えられた。

博多港：絶対流速は大潮時で5cm/s以下で、風速が強まると大きくなる傾向(最大10cm/s程度)が記録されたことから(ピアソンの相関係数0.40 図6)、本海域における流速は風によるものと考えられた。流速、濁度、クロロフィルaの間には相関は見られなかった。

(2) 有機懸濁物量、堆積量

敦賀港：流向流速計による観測では北西向きの流れが主流であったが、潜水調査時の流向は東向きで流速は1cm/s程度であった。IC、TCについては貝殻構造物の東側で西側よりも若干少ない傾向が見られた(図7)。TOCについては差はほとんど確認されなかった。堆積物量は平均乾重量で貝殻構造物直近が108.8~127.1g/m²/day(標準偏差14.5~15.4)、対照区が44.5~70.6g/m²/day(標準偏差2.5~5.7)と貝殻構造物直近で多かった。強熱減量は貝殻構造物で15.6~16.0%、対照区で14.3~14.4%となり、貝殻構造物付近で若干高い値となった。

博多港：流向流速計による観測では最大10cm/sの流れが確認されたが、調査時にはほとんど流れは発生していなかった。採水分析では、貝殻構造物の東側でTOC、IC、TCともに少なくなる傾向が見られた(図8)。堆積物量には貝殻構造物直近と対照区で明確な差は見られなかったが、強熱減量では若干ではあるが貝殻構造物で高い結果となった。

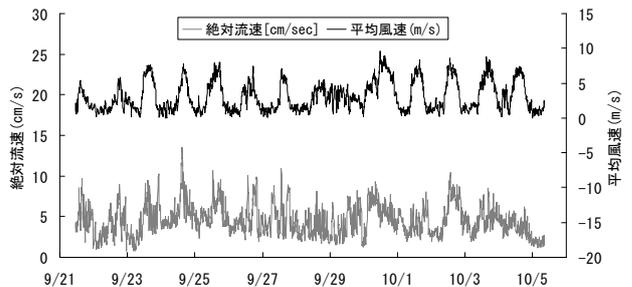


図6 絶対流速と平均風速の観測値(博多港)

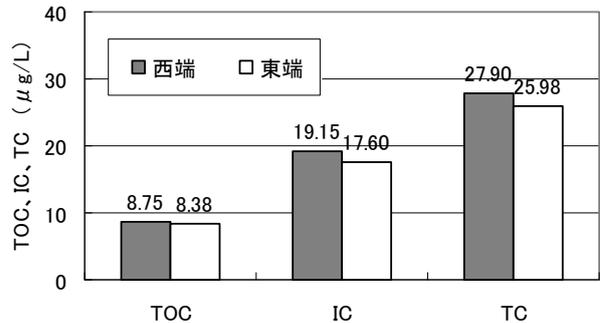


図8 貝殻構造物東西の採水分析結果(博多港)

(3) 小型動物による有機物取り込み実験

水槽内の濁度については、実験開始直後の 27.1 から 1 時間後には 7.2 と急速に減少し、3 時間後以降は 1.8 ~ 3.1 で推移した (図 9)。TN、DIN については濁度の減少と反比例して増加した (図 10)。TOC (図 11) については開始直後に減少し、その後増加した。これは、付着動物が湿重量で 1.42kg と顕著に多く (前述の 4 海域では 0.06~1.09kg)、実験時に腐敗臭が発生していたことから、実験開始前後にその一部が斃死し有機物が溶出したものと考えられた。

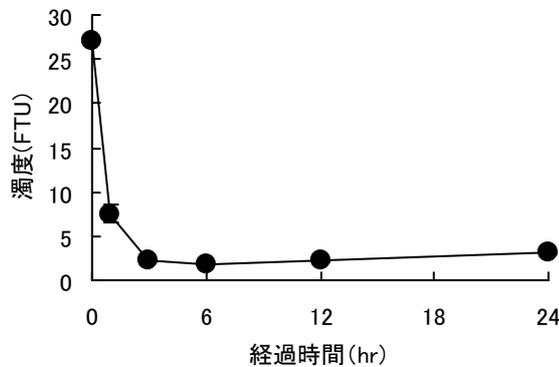


図 9 水槽実験における濁度の経時変化

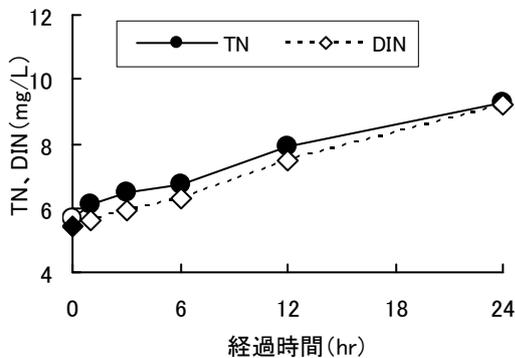


図 10 水槽実験における TN・DIN の経時変化

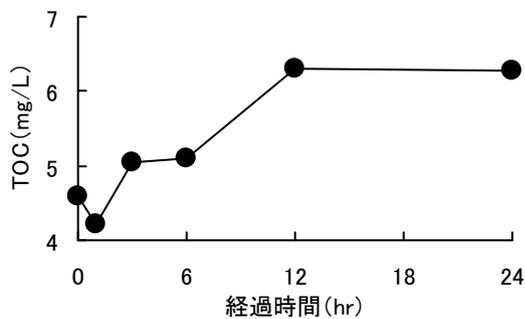


図 11 水槽実験における TOC の経時変化

5. 環境改善に関する評価

各港湾における調査結果より、魚介類ならびに固着・潜入動物の生息状況では、貝殻構造物でいずれも対照区より顕著に多く、生物棲息場として優れた機能を発揮し、港湾水域における生物多様性、生産性の向上に寄与していることは明らかである。水質環境については、貝殻構造物と対照区では明確な差は確認されていないが、敦賀港において潮下側で TC 等の値が低かったことから、貝殻構造物で浮遊する懸濁物が捕捉されている可能性がある。有機物の堆積については、貝殻構造物直近で対照区よりも多い結果となっており、これについては、貝殻構造物では前述のように多くの固着・潜入動物が生息しているため、これらに由来する有機物が構造物周辺で多い可能性が考えられた。また、有機物の取り込みに関する水槽実験では濁度と TOC が開始直後に減少し、DIN が増加したことから、貝殻テストピースの付着動物により有機懸濁物が取り込まれ分解されていることが示された。この結果は、加村ら (2011)⁴⁾、大原ら (2013)⁵⁾ による植物プランクトン (*Chaetoceros gracilis*) を有機物として添加したことによる実験結果とも合致し、本実験では実海域における有機懸濁物で再現することができた。

以上の検証結果から、貝殻利用技術を応用することで、生物生息環境の改善による幼稚仔のナーサリー機能増幅や無機栄養塩の供給による基礎生産向上など様々な波及効果が見込まれ、漁港・港湾水域における生物生産性、多様性を向上させるものと評価できた。

参考文献

- 1) 野田幹雄他: 内部空隙をもつ管状基質が無脊椎動物、特に魚類餌料動物の加入に与える効果、水産増殖, 50(1), pp37-46, 2002.
- 2) 吉田創他: 貝殻を利用した餌料培養基質の特性-基質の表面積、空隙率と着生量の関係-, 平成 13 年度日本水産工学会 学術講演論文集, pp19-22, 2001.
- 3) 片山貴之他: 基質によるカジメの固着力の変化, 平成 14 年度日本水産工学会 学術講演論文集, pp65-68, 2002.
- 4) 加村聡他: 港湾内に設置した生物生息基質の機能の定量化, 土木学会論文集 B3(海洋開発), 67(2), pp304-309, 2011
- 5) 大原啓史他: 港湾内に設置した貝殻を使用した水質改善礁の機能の定量化, 土木学会論文集 B3(海洋開発), 69(2), pp563-568, 2013.