

港湾施設に設置した貝殻を利用した 生物生息施設の効果

THE EFFECT OF THE NURSERY STRUCTURE MADE USE OF WASTE SHELL
INSTALLED AT PORT FACILITIES' NEIGHBORHOOD

片山貴之¹・藤澤真也²・廣田敏人³・前田智彦⁴・柿元皓⁵

Takayuki KATAYAMA, Shinya FUJISAWA, Toshihito HIROTA,
Tomohiko MAEDA and Hiroshi KAKIMOTO

¹ 理修 海洋建設株式会社 (〒711-0921 岡山県倉敷市 児島駅前1丁目75番地)

² 正会員 海洋建設株式会社 (同上)

³ 家島漁業協同組合 (〒672-0102 兵庫県姫路市 家島町宮110-1)

⁴ 兵庫県漁業協同組合連合会 (〒675-0163 兵庫県加古郡播磨町 古宮字堀坪1-4 のり流通センター内)

⁵ 財団法人漁港漁場漁村技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

For example vertical breakwater or sea bank, the plain shapes often cause biota simplification and material circulation system's stagnation. We have developed the nursery structure made use of waste shells to increase biodiversity and biomass and improve environment to install at those port facilities' neighborhood.

Compared the shell substrate with the same-sized concrete cylinder as assumed plain caisson, the more small animals were observed 1.1 to 1.2 times in the number of species and 2.8 to 10.8 times in biomass. It was remarkable that steal-type animals particularly increased in substrate. And more various fish species gathered on and around the structure than the surrounding sacrifice: 1.2 to 3.0 times in the number of species and 2.8 to 76.4 times in biomass. Sea cucumbers and pregnant fishes' gathering also support that those structure had the high-level nursery effect. Therefore, we conclude to make various animals increase and develop the surroundings with diverse biosphere to install this type structure at harbor area.

Key Words : Port facilities, nursery structure, waste shell, small animals, fish, biodiversity

1. はじめに

一般に自然海岸ではその海域特性に対応した生物が生息し、生物間の食物連鎖などにより生態系のバランスが保たれている。しかし、港湾や漁港の防波堤や護岸などの直立構造物などでは、岩礁域に比べて構造が単純な形状に起因する生物相の単純化や物質循環機能の低下などがある¹⁾。

野田ほか²⁾は、貝類養殖で発生する貝殻を利活用した貝殻基質は、基質自体に内部空隙があるため、付着動物や魚の餌となる餌料動物の着生量が高いことや、吉田ほか³⁾は、小型動物の着生に適した空隙は、貝殻をランダムに充填した場合に形成される空間で、その値は直径 150mm、長さ 300mm の空間内において、空隙率 82~85%、約 1m²の表面積を有するものであると報告しており、貝殻を用いた基質の小型動物の増殖の有効性を明らかにしている。

中泉ほか⁴⁾は、漁港内に放流魚の滞留のための保護育成施設として、貝殻を利用した構造物を設置す

ることで、放流魚の滞留機能、餌料培養機能、隠れ場機能などの水産資源増殖機能が強化できることを示している。

ここでは、生物層が貧弱である港湾施設において生物生息環境を創出するための施設の開発を目的として、貝殻を利用した構造物を港湾施設に併設し、港湾における生物多様性や資源量の増大に対する効果を検証した。

2. 研究の内容および方法

(1) 調査対象施設と調査海域

図-1 に示す調査対象とした生物生息施設(幅 2.4m、高さ 2.0m)は、直径 150mm、長さ 980mm、メッシュ目合 20mm×25mm の高密度ポリエチレンメッシュパイプ内にカキ殻を満充填した生物生息基質を製作し、鋼材を用いてパネル状にしたものを組み合わせた構造となっている。

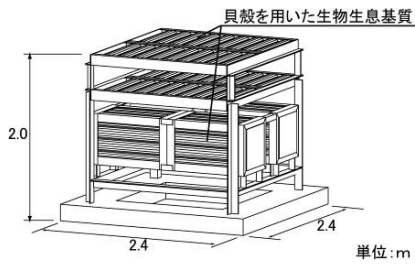


図-1 生物生息施設

この生物生息施設を 2005 年 12 月 16 日に図-2 に示す兵庫県姫路市家島の写真-1 の東防波堤のマウンド上（水深 D.L.-15.5m）に図-3、図-4 のように 2 基設置した。生物生息施設を設置した防波堤は、カーテン式で、コンクリート底板の上に鋼管を並べ水面付近にだけ、直立壁を設けた構造である。この防波堤はケーソンやブロックなどの重力防波堤と比べ軽量となるため、大規模な海底地盤改良が不要であることや海水交換機能を有しており、湾内の水質悪化を防ぐことが可能な特徴を持っている。

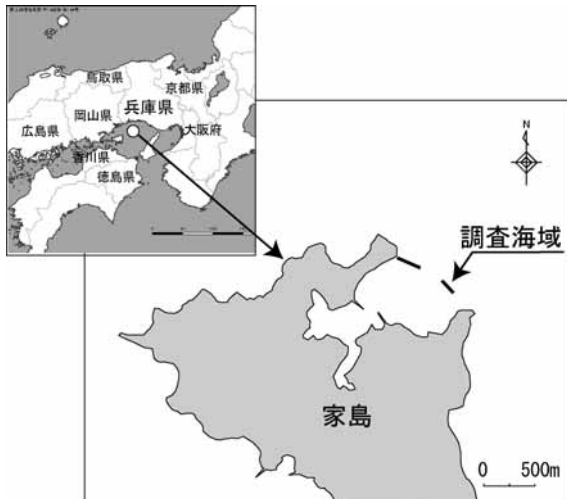


図-2 調査海域（兵庫県姫路市家島）



写真-1 兵庫県姫路市家島東防波堤



図-3 生物生息施設の設置状況

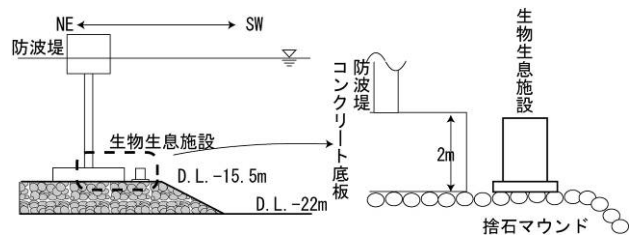


図-4 設置海域の断面および生物生息施設状況

(2) 調査内容および方法

本調査では、生物生息施設の生物増殖状況を明らかにするために表-1 に示す 2006 年 5 月から 2007 年 11 月までの間に以下の調査を実施した。

表-1 調査実施期間

項目	2006'		2007'		
	5/22	11/9	4/11	7/21	11/13
付着動物生息量調査					
魚介類蛸集状況調査					

a) 付着動物生息量調査

生物生息施設に取り付けた生物生息基質と同じ素材で直径 150mm、長さ 300mm の貝殻テストピース（以下、貝殻基質 写真-2）と防波堤ケーソンを想定した同型同大のコンクリート製シリンダー（以下、コンクリート基質 写真-2）をそれぞれ生物生息施設の設置時に写真-3 のように取り付け、2006 年 11 月と 2007 年 4 月に回収し、基質に生息する生物の種類、個体数、生物量（湿重量）を調べた。

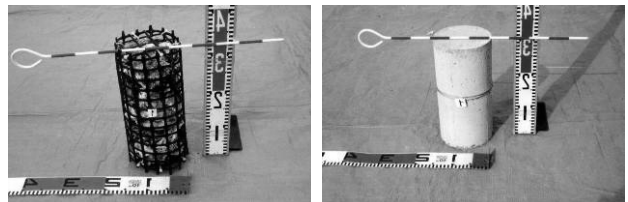


写真-2 テストピース（左：貝殻基質，右：コンクリート基質）



写真-3 テストピース取り付け状況

b) 魚介類蛸集状況調査

潜水土の目視観察により生物生息施設に蛸集する魚介類の種、個体数、全長を記録し、魚種別に、全長および個体数から福田⁵⁾が示す体長-体重換算

式を用いて蛸集生物量（湿重量）を算出した。また、図-3 に示すように生物生息施設から 10m 離れた捨石マウンド（範囲 4×4m）を対照区として選定し、同様の調査を実施した。

3. 結果および考察

(1) 基質構造による付着生物の差異

1年4カ月経過した2007年4月に引き揚げたテストピースの写真を写真-4に示す。1年以上経過した貝殻基質の内部からは、節足動物門軟甲類や小型魚類が出現した。また、コンクリート基質の表面には、フジツボが多数着生しており、表面が複雑化していることが確認された。



写真-4 引き揚げたテストピース-2007年4月（1年4カ月経過 左：貝殻基質、右：コンクリート基質）

ここで両基質の付着動物の出現種の中で、内部空隙で生活する動物（ここでは、環形動物門多毛綱遊泳目、軟体動物門腹足綱、節足動物門等脚目・十脚目、脊椎動物門、紐形動物門以下、基質の内在性動物）とそれ以外の基質の表面に生息する動物（ここでは、海綿動物門、刺胞動物門、環形動物門多毛綱定在目、軟体動物門斧足綱、原索動物門、節足動物門蔓脚下綱・端脚目など以下、基質の表在性動物）に分けた出現種数の経時変化を図-5示す。

引き揚げた両基質の付着動物の全出現種数は、2006年11月には貝殻基質で95種、コンクリート基質では88種、2007年4月には貝殻基質で102種、コンクリート基質では85種となり、貝殻基質の方がコンクリート基質より1.1~1.2倍多かった。貝殻基質では、軟体動物門、節足動物門十脚目、環形動物門多毛目、魚類の種類数が多く、コンクリート基質には、刺胞動物門、原索動物門の種類数が多かった。また、2006年11月から2007年4月では、これら動物類の種数が増えていた。

また、2種類のテストピースの基質の表在性動物では差が見られなかったが、基質の内在性動物では、貝殻基質の方がその種類数が多かった。今回、内部空隙の無いコンクリート基質でも、内在性動物の出現が確認された。柿元⁶⁾はコンクリート魚礁について時間の経過と共にイワガキなどが着生して表面が複雑になり、その隙間にはエビ・カニ類などの潜入動物が生息していたと報告している。今回引き揚げたコンクリート基質でも同様にフジツボなどの固着性動物が着生して、表面が若干ながら複雑化してお

り、それらの隙間に内在性動物が着生したものと考えられた。野田ほか²⁾は、貝殻基質および集積した貝殻のもたらす様々な大きさや形状の空間が、単純で平面な表面と比べ、複雑で多様な環境を提供しており、そのことが内部空隙で生活する動物など多様な生物群集成立の決定因子になると報告している。本調査の結果でも複雑で多様な環境である貝殻基質の方が単純な環境であるコンクリート基質に比べ、内在性動物の種類数が多くなったと考えられた。

調査2回分の両基質の付着動物の全出現種数は、169種であり、そのうち両基質共通の出現種が92種、貝殻基質のみの出現種が50種、コンクリート基質のみの出現種が27種となった。これは、既存のコンクリート製の防波堤に生物生息施設を組み合わせることで生物相が40%程度豊かになる可能性があることを示している。

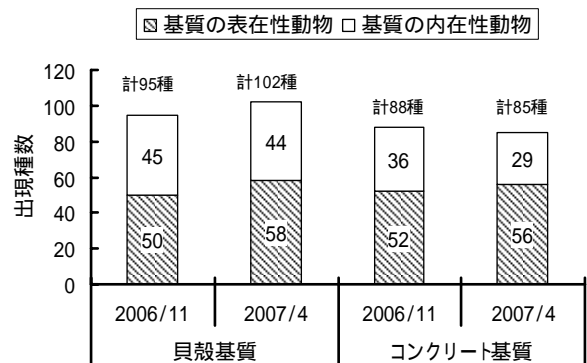


図-5 両基質の（全出現種数と基質の内在性動物と基質の表在性動物）出現種数の経時変化

貝殻基質およびコンクリート基質のテストピース1個あたりの生物量の経時変化を図-6に示す。

付着動物の生物量は、貝殻基質がコンクリート基質と比較して、2.9~10.8倍多かった。これは、貝殻基質からは軟体動物門（ムギガイなど）が多く出現したほか、節足動物門十脚目（テッポウエビ科、カニダマシ科など）や小型魚類（イソギンポ、イソハゼなど）などが多く観察されたことが大きく影響していた。一方、コンクリート基質では、海綿動物門や原索動物門などの着生が顕著であった。また生物量の経時変化では、貝殻基質は、節足動物門十脚目（テッポウエビ科、カニダマシ科など）、コンクリート基質では、海綿動物門が増加し、両基質にはその生物相に大きな違いが見られた。

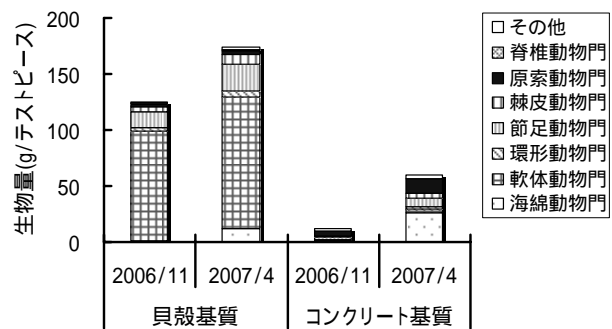


図-6 両基質の生物量の経時変化

これは、集積した貝殻のもたらす様々な大きさ
と形状の空隙がこれらの軟体動物門や節足動物門軟
甲類などの小型動物の生息に適していることや、そ
の他の要因として、片山ほか⁷⁾は、コンクリート基
質に生息する生物は魚類によって常に捕食され易い
環境になるため生物量が少なくなり、貝殻基質の場
合は、常に魚類によって捕食されている環境下でも
基質内部にも動物が残存し食べ尽くされることが無
く再生産され、持続的に生物が生息できるとの報告
をしていることから、本結果でもコンクリート基質
の生物量が少なく、貝殻基質の生物量が多くなった
ものと考えられた。

(2) 生物生息施設と港湾施設における魚介類の分布
生物生息施設および対照区で出現した魚種を表-
2、表-3 に示す。生物生息施設では写真 5 に示すメ
バル、カサゴ、キジハタ、イシダイ、スズメダイ、
ササノハベラ属の一種、チャガラ、マナマコなどの
魚種が調査毎に 6~12 種集積していた。それに対し、
対照区では、カサゴ、メバル、スズメダイ、ササノ
ハベラ属の一種などの魚種が調査毎で 3~6 種集積
しており、生物生息施設の方が 1.2~3.0 倍多かつ
た。生物生息施設では、カサゴ、メバル、スズメダ
イ、ササノハベラ属の一種、チャガラの 5 種、対照
区ではカサゴ、ササノハベラ属の一種が毎回の調査
で確認された。

表-2 生物生息施設で確認された魚種

魚種	06/5	06/11	07/4	07/7	07/11	出現回数
カサゴ						5
メバル						5
キジハタ						3
アイナメ						1
ブリ属の一種						1
マアジ						1
クロダイ						1
イシダイ						2
メジナ						1
スズメダイ						5
コブダイ						1
ササノハベラ属の一種						5
キュウセン						1
ヘビギンボ科の一種						0
イソギンボ科の一種						1
チャガラ						5
チチブ属の一種の一種						1
ハゼ科の一種						1
カワハギ						1
マナマコ						2
合計確認魚種	6	12	6	7	12	

表-3 対照区で確認された魚種

魚種	06/5	06/11	07/4	07/7	07/11	出現回数
カサゴ						5
メバル						3
キジハタ						0
アイナメ						0
ブリ属の一種						0
マアジ						0
クロダイ						0
イシダイ						0
メジナ						0
スズメダイ						4
コブダイ						0
ササノハベラ属の一種						5
キュウセン						1
ヘビギンボ科の一種						1
イソギンボ科の一種						0
チャガラ						1
チチブ属の一種の一種						0
ハゼ科の一種						0
カワハギ						0
マナマコ						1
合計確認魚種	5	6	3	3	4	

生物生息施設および対照区で確認した全魚種の
全長別の個体数の割合を図-7 に示す。

潜水目視観察で確認された全魚種の全長別の割
合を出したところ、対照区では全長 10~15cm の魚
種が全個体数の 79~98%を占めていたが、生物生息
施設では全長 5cm 以下が 3%、全長 5~10cm が 1~
36%、全長 10~15cm が 41~69%、全長 15~20cm が 3
~38%、全長 20cm 以上が 2~20%と、対照区と比べ
て確認された魚種の大きさが多様であった。これは、
単純な構造である捨石マウンドの対照区と比べ、生
物生息施設は、構造が複雑なため大きさの異なる魚
種が生息できたものと考えられた。

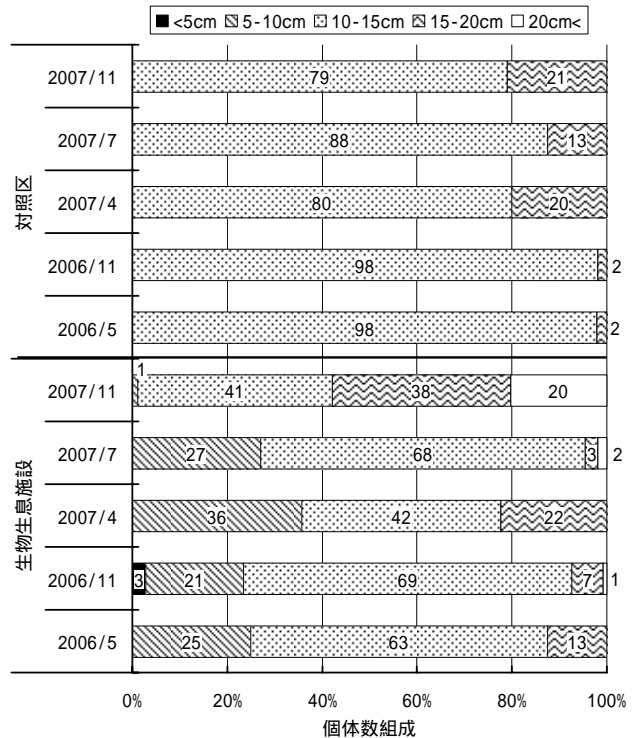


図-7 確認した全魚種の全長別の個体数の割合



写真-5 生物生息施設に蝟集するメバル (2006年11月)

生物生息施設および対照区で確認された魚類の蝟集生物量の経時変化を図-8 に示す。

生物生息施設での蝟集生物量は、春季(4月, 7月)に低位になり、秋季(11月)において高位になる季節変化が見られた。生物生息施設の蝟集生物量では、対照区と比較して著しく多く、その差は2.8~76.4倍で、さらに経過年数が増すほどその差は大きくなる傾向が見られた。伊藤ほか⁸⁾は人工魚礁などの漁場施設は魚の餌になる小型動物の増殖効果があること、柿元⁶⁾は人工魚礁構造物が魚類の逃避行動のための隠れ場効果があることを報告している。これらのことなどから、小型餌動物が増殖できる貝殻基質や、魚類の隠れ場になる空間がある生物生息施設にそれらの効果を求め魚が蝟集しているためと考えられた。

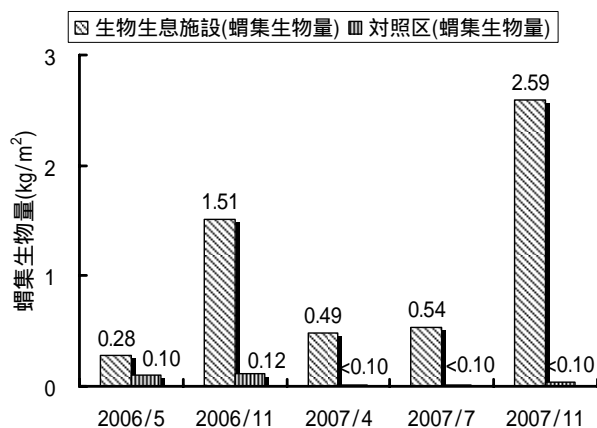


図-8 生物生息施設および対照区で確認された魚類の蝟集生物量の経時変化

マナモコは、付着珪藻や泥中の有機物、小動物、甲殻類などを餌料として利用しており⁹⁾、物質循環の重要な役割を担う生物である。そこで生物生息施設と対照区の単位面積当たりのマナモコの確認個体数を図-9 に示す。

調査中でマナモコは2006年5月と2007年4月の春季において出現し、生物生息施設では対照区と比べ、6.0倍以上の個体数が確認された。写真-6のように生物生息施設で確認したマナモコは基質表面を口で覆い索餌するような行動が確認されたことから、生物生息施設の貝殻基質表面の有機物や珪藻類、甲殻類などを摂餌していたと考えられた。

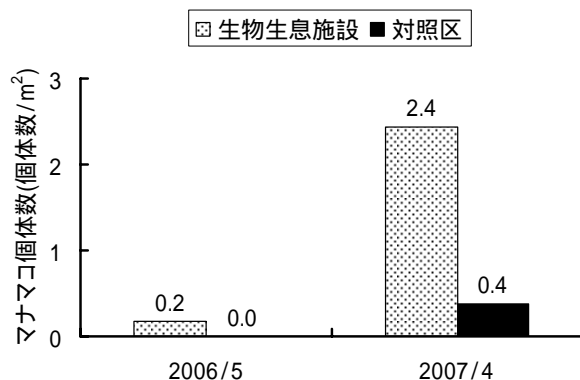


図-9 調査回別の単位面積当たりのマナモコの確認個体数

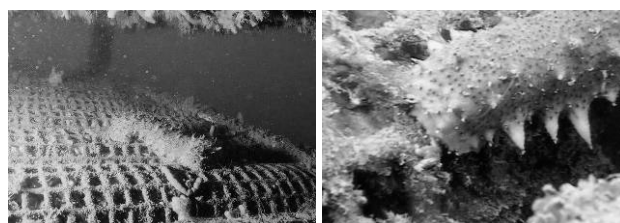


写真-6 生物生息施設で確認されたマナモコ(左)と貝殻基質表面を覆うマナモコ(右)

マナモコが多く確認された2007年4月の体長別のヒストグラムを図-10 に示す。

対照区で確認されたマナモコは主に15cm以上の個体しか確認されなかったが、生物生息施設では10cm以下から20cm以上までの様々な体長の個体が確認された。このことより港湾施設に生物生息施設を併設することで小型のマナモコを生息させ、資源量の増大に寄与することが期待された。

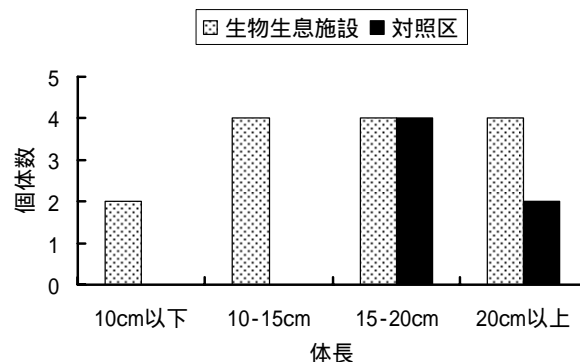


図-10 マナモコの体長別のヒストグラム(2007年4月)

生物生息施設では2007年4月に写真-7に示すカサゴ、2007年7月にキジハタの腹部が大きく膨らんだ個体が確認された。カサゴの産卵期は1~5月、キジハタの産卵期は6~9月であるため⁹⁾、時季的に来遊した抱卵親魚と考えられた。したがって、港湾施設に生物生息施設を併設することで産仔場や生育場機能も付加できるものと期待された。



写真-7 生物生息施設で確認されたカサゴ抱卵親魚

このように港湾施設に貝殻を用いた生物生息施設を併設することで、多種の効果を付加できることが期待された。しかしながら、港湾施設における生物分布は、その水深が一般に浅く、気象、海象、地形、流入河川が存在、船舶航行などの多くの要因によって、生物分布に偏りがあることから、新しい施設を併設するにあたっては、環境条件の現象を把握して、貝殻基質の特性を生かし、より効果が得られるように配置する必要があるであろう。

4. まとめ

生物生息施設に配置された貝殻基質に生息する小型動物は、コンクリート基質より種類数で1.1~1.2倍、生物量では、2.9~10.8倍多かった。これは、貝殻基質内部に生息する生物が多かったためであり、コンクリート製防波堤に生物生息施設を併設することにより、生物層が多様化することが期待された。

生物生息施設に蛸集した魚介類は、対照とした捨石マウンドと比較すると、種類数で1.2~3.0倍、蛸集生物量では2.8~76.4倍となり、魚類の蛸集機能が強く、経過年月が増すほどその差は大きくなる傾向が見られた。また、生物生息施設は捨石マウンドよりも様々な大きさの魚類が蛸集していた。

生物生息施設には、様々な大きさのマナモコが確認され、捨石マウンドと比べると個体数で6.0倍の差が見られた。

生物生息施設では、産卵・産仔時季にカサゴ、キ

ジハタの抱卵親魚が確認され、これらの繁殖活動の場となっていたと考えられた。

以上の結果から、形状が単純な直立防波堤などに貝殻を用いた構造物を生物生息施設として併設することによって、小型動物や魚類などの出現種数、生物量を増大させることが可能であり、港湾施設に豊かな生物生息環境が創出されるものと考えられた。

また、片山ほか⁷⁾や伊藤ほか⁸⁾は貝殻基質に生息する二枚貝や十脚目などの小型動物とそこに蛸集する魚類の消化管内容物が一致していることを明らかにしており、生物生息施設に生息する小型動物が、魚類によって捕食され、個体が系外へ移動することによって、有機物の系外流出が期待できることから、海域の環境改善への効果も期待される。

参考文献

- 1) 村上仁士, 上月康則, 三好順也, 野田巖, 久本忠則, 伊藤春樹, 岩村俊平, 北野倫生, 山本秀一: 直立型海岸構造物を利用した浅場創出事業. 海岸工学論文集, 第53巻. pp.1221-1225, 2006.
- 2) 野田幹雄, 田原実, 片山貴之, 片山敬一, 柿元皓: 内部空間を持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), pp.37-46, 2002.
- 3) 吉田創, 田原実, 片山貴之, 片山敬一, 柿元皓: 貝殻を利用した餌料培養基質の特性 基質の表面積, 空隙率と着生量との関係. 平成13年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp.19-22, 2001.
- 4) 中泉昌光, 川合信也, 押谷美由紀, 萱野泰久, 古村振一, 小畑泰弘: 天然幼稚魚や放流魚の滞留, 生息場を創出する漁港施設の開発. 海洋開発論文集, 第20巻, pp.1163-1168, 2004.
- 5) 福田富男: 各種魚類の相対成長式-体長, 全長, 体重の関係-. 岡山水試報2, pp.167-170, 1987.
- 6) 柿元皓: 人工魚礁. 財団法人漁港漁場漁村技術研究所, 2004.
- 7) 片山貴之, 加村聡, 原口浩一, 伊藤靖: 貝殻魚礁における魚類の摂餌状況. 平成20年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp.83-86, 2008.
- 8) 伊藤靖, 中野喜央, 藤澤真也: 人工魚礁の蛸集魚類と摂餌生態-漁場施設の魚類増殖効果に関する研究-. 水産工学 Vol.45 No.3, pp.195-206, 2009.
- 9) 社団法人全国漁港漁場協会: 漁港・漁場の施設の設計の手引 2003年版[下]. pp.829, 831, 882, 2003.