

# 人工魚礁における生物多様性に関する研究事例

穴口 裕司（海洋建設株式会社）、永松 公明（水産大学校）  
田原 実（全国漁業協同組合連合会）、足立 吉宏（株式会社大本組）

## 1. はじめに

人工魚礁は、本来魚介類を捕獲しやすいように集めるための副漁具的なものであったが、近年では餌料培養機能や産卵場機能などの増殖機能も重視されるようになり、貝殻や石材を組み込んだ魚礁が利用されるようになった<sup>1)</sup>。さらに、2010 年には愛知県名古屋市で生物多様性条約第 10 回締約国会議（CBD/COP10）が開催され、本年 9 月に閣議決定された「生物多様性国家戦略 2012-2020」において、生物多様性に配慮した漁港漁場の整備の推進が挙げられ、人工魚礁においても新たに生物多様性という観点からの研究が求められている。

人工魚礁が果たす役割としては、生態系の多様性、種の多様性が挙げられる。人工魚礁に様々な生物が付着するとともに、動物プランクトン等も増殖し、これらを餌としたり魚礁を棲みかとししたりする魚介類が集まり、新たな生態系が創出される<sup>1)</sup>。本報告では、貝殻魚礁など人工魚礁設置によるベントス・魚介類組成の変化、魚礁構造の違いによる漁獲物組成調査（標本船調査）、防波堤ケーソンへの活用実験の 3 つの事例を報告し、今後の人工魚礁技術の展開について述べる。

## 2. 魚礁設置によるベントス・魚介類組成の変化

### 1) 調査海域および調査方法

海砂採取跡地である広島県三原市幸崎沖海域<sup>2)</sup>（三原 2007 年設置）および海洋牧場として整備された岡山県備前市日生町海域（日生 2003 年設置）、笠岡市白石島海域（白石島 2000 年設置）で、貝殻魚礁を設置した地点（魚礁区）と、そこから 100～200m 離れた同水深帯の砂泥底・泥底（対照区）におけるベントスおよび魚介類の生息状況について、四季にわ



図 1 調査海域

たり各地点で 4 回（三原・白石島：2010 年 1 月～11 月、日生：2010 年 4 月～2011 年 1 月）の調査を実施した。

ベントスについては、潜水により魚礁区および対照区の任意の海底 0.1 m<sup>2</sup>における表層 5cm の底質を 3 回採取し、1mm 目合の篩で選別されたマクロベントスを対象に種の同定、個体数、湿重量の測定を行った。魚介類については、魚礁区および対照区における三枚刺網（高さ：1.3m、長さ 30m、目合：中網 4cm、外網 21cm）を使用した試験操業および潜水目視観察による生息状況を調査した。

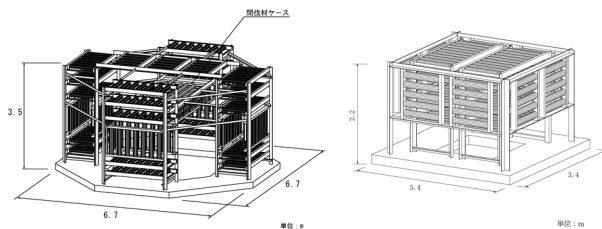


図 2 調査対象とした貝殻魚礁

左：三原（2007 年設置）

右：日生（2003 年設置）、白石島（2000 年設置）

### 2) 調査結果および考察

#### (1) ベントス

マクロベントスの分析結果の概要を表 1 に示す。各項目については、海域および季節による差異はあるものの、概ね同様の傾向を示した。魚礁区および対照区における種類数・個体数・湿重量については、全調査を通じて明らかに魚礁区の方が多く、特に日生および白石島では個体数の差に比して湿重量に顕著な差が見られた。このことから、魚礁区には大型の個体を含めた多様なマクロベントスが生息しているのに対し、対照区には小型の単一種が多くを占めていることが窺えた。このような差異は、魚礁区では、貝殻魚礁で発生・増加する動物が剥落・拡散もしくは移動したり、流況変化により底質粒度が変化したりした結果、直近のマクロベントス相をより複雑にしている<sup>1) 3)</sup> ためである。

#### (2) 魚介類

刺網で漁獲された魚種を表 2 に、潜水目視観察の結果を表 3 に示す。漁獲調査の結果では、各海域共に魚礁区の方が対照区に比べ種類数、個体数が多い結果となり、日生および白石島ではその差が顕著であった。また、漁

獲された魚種については、魚礁区でカサゴやメバル、キジハタなどの岩礁性魚類が多いのに対し、対照区ではシタビラメ類など砂泥～泥底の海底に生息する魚介類が主であった。潜水目視観察においては、魚礁区と対照区との差異はさらに顕著になっており、対照区ではカサゴやクラカケトラギス、ハゼ類などがわずかに確認されたのみだけであったのに対し、魚礁区ではカサゴ、メバル、キジハタ、マナマコなど常時4～11種の魚介類が確認された。

表1 各海域・地点におけるマクロベントスの種類数、個体数、湿重量

区域	海域	種類数	個体数	湿重量(g)
魚礁区	三原	75 (52~95)	358 (126~782)	17.0 (3.7~23.2)
	日生	49 (41~56)	534 (505~601)	37.9 (13.9~81.2)
	白石島	51 (29~72)	398 (101~782)	25.3 (5.5~50.0)
対照区	三原	53 (26~92)	174 (47~392)	11.7 (2.1~19.8)
	日生	20 (8~29)	314 (38~748)	6.4 (0.6~14.2)
	白石島	28 (20~36)	250 (68~627)	4.7 (0.9~15.2)

※上段は4回の平均値、下段の()内は数値の範囲を示す。

表2 各海域・地点における漁獲調査の結果

区域	海域	種類数	個体数	主な魚種
魚礁区	三原	3 (1~4)	6 (4~8)	カサゴ、メバル、オニオコゼ、キジハタ、セトダイ、イネゴチ、メタガレイ
	日生	4 (2~4)	5 (4~6)	カサゴ、アイナメ、クロダイ、ヒラメ、コウイカ、サルエビ、イシガニ、マナマコ
	白石島	4 (2~5)	14 (12~17)	カサゴ、メバル、アイナメ、キジハタ、マダイ、クロダイ、マアナゴ、シログチ、マナマコ
対照区	三原	2 (1~4)	3 (1~5)	カサゴ、メバル、オニオコゼ、キジハタ、セトダイ、シマウシノシタ
	日生	1 (0~3)	1 (0~4)	アカシタビラメ、コウイカ、アカニシ、イシガニ
	白石島	2 (0~6)	2 (0~8)	コノシロ、トカゲエソ、タマガンゾウビラメ、イヌノシタ、コウイカ

※上段は4回の平均値、下段の()内は数値の範囲を示す。

表3 各海域・地点における潜水目視観察の結果

区域	海域	種類数	個体数 (個体/m <sup>2</sup> )	主な魚種
魚礁区	三原	10 (8~11)	3.7 (1.9~6.9)	カサゴ、メバル、キジハタ、イシダイ、ヒラメ、カワハギ、ウマツラハギ
	日生	8 (4~10)	3.6 (2.0~5.9)	カサゴ、メバル、アイナメ、オニオコゼ、キジハタ、クロダイ、ウマツラハギ、マナマコ
	白石島	7 (5~8)	3.5 (2.2~5.6)	カサゴ、メバル、キジハタ、クジメ、クロダイ、ウマツラハギ、カワハギ、スジハゼ、マナマコ
対照区	三原	1 (0~2)	1 (0~2)	カサゴ、セトダイ、クラカケトラギス
	日生	1 (0~1)	0.6 (0~2.3)	スジハゼ
	白石島	2 (1~2)	0.2 (0.0~0.4)	スジハゼ、マナマコ

※上段は4回の平均値、下段の()内は数値の範囲を示す。

以上の結果より、貝殻魚礁を設置することにより多様なベントスや魚介類が生息するようになり、新たに複雑な生態系を形成していることが明らかとなった。本調査において対象とした貝殻魚礁は、貝殻の複雑な形状によってできる小空間に、多種多様な小型動物が生息することが知られており<sup>4)</sup>、これらが魚介類の餌として利用されることや剥落・移動したりすることにより魚礁周囲におけるベントス、魚介類に対する種の多様性への貢献が大きいものと考えられた。

### 3. 魚礁構造の相違による漁獲物組成の変化

#### 1) 調査海域および調査方法

長崎県平戸市を基地として主に釣りをを行う漁業者4名による標本船調査を実施した<sup>5)</sup>。調査期間は、2010年8月1日から2011年7月31日までの1年間とし、漁獲日誌から操業位置、漁場の種類(人工魚礁、天然礁、その他の区分など)、操業時間(移動時間を除く)、漁獲物の種組成と種別重量を、水揚清算仕切書から漁獲物の種別重量などの情報を収集した。操業位置は、標本船に1分刻み(緯度:約1,850m、経度:約1,550m)のマス目を入れた漁場図に記録を依頼し、その結果から人工魚礁(貝殻魚礁とそれ以外の人工魚礁の区分)、天然礁、その他に区分して整理した。

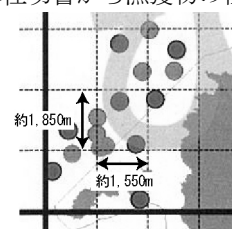


図3 漁場図

#### 2) 調査結果および考察

##### (1) 各漁場の利用状況

標本船4隻のそれぞれの年間出漁日数は139~177日/隻、年間操業時間は816~1,345時間/隻であった。漁法別に各漁場の利用率をみると(図4)、いずれの漁法でも最も多く利用されていた漁場は天然礁であり、年間操業時間の47.5~70.8%を占めていた。また、人工魚礁については、釣り(魚類)、刺網での利用率が高かった。

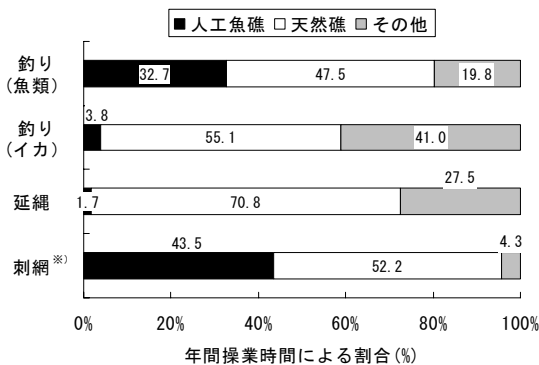


図4 漁法別による各漁場の利用率

※ 刺網は、操業回数より集計した。

## (2) 各漁場における漁獲物組成

釣り(魚類)による各漁場における主な漁獲物の CPUE を図5に示す。特に CPUE の高かった魚種の上位3種は、人工魚礁ではブリ、カサゴ、ヒラマサで、天然礁ではヤリイカ、イサキ、ブリで、両者に明らかな違いが見られた。また、貝殻魚礁とその他の人工魚礁で比較すると、貝殻魚礁ではカサゴ、マハタの割合が特に高く、人工魚礁においても部材種類や構造の違いによって漁獲組成が異なることがわかった。

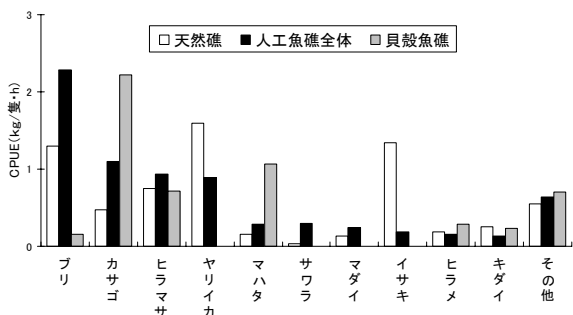


図5 釣り(魚類)による人工魚礁と天然礁および貝殻魚礁での主な漁獲物の CPUE (kg/隻・h)

## 4. 港湾における活用実験

### 1) 実験海域および調査方法

実験は、宮崎県日向市にある細島港で実施した<sup>6)</sup>。防波堤に据え付ける前の仮置き場にあるケーソンの直立面に2010年3月31日に貝殻基質を5種類、各10本、計50本取り付け付けた。貝殻基質は、小型魚類の隠れ場を想定してホタテガイおよびヒオウギガイ貝殻を等間隔に配置した隠れ場創出タイプと、小型の甲殻類や多毛類などの生物生息場を想定してマガキ、アコヤガイ、ヒオウギガイ貝殻をランダムに充填した小型生物タイプの計5種類となっている。設置位置は、既往最低潮位より下になるような高さとし、5本ずつのブロックを上下2段で合計10ブロック設置した。取り付け方法は、1本の

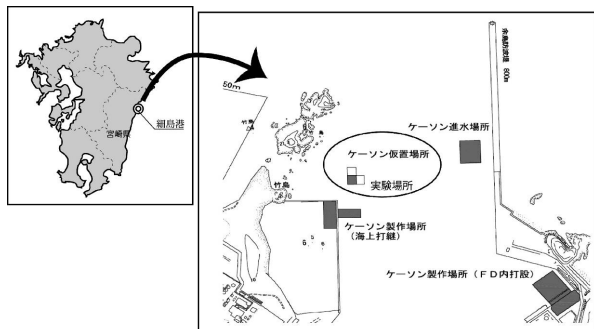


図6 実験海域

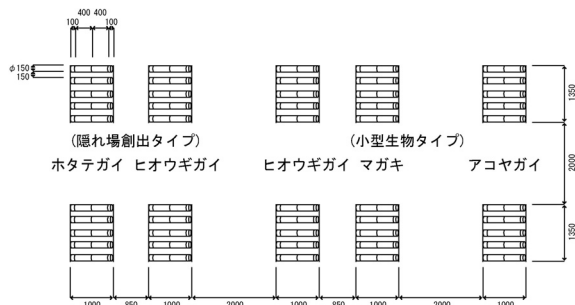


図7 貝殻基質の設置位置

貝殻基質(φ150mm、L=1,000mm)に対して3本の割合でステンレス製のリングによりケーソン直立面に設置した。

調査は、2010年9月および2011年3月、9月の計3回にわたり、小型動物の生息状況および魚介類の生息状況について実施した。小



図8 設置した貝殻基質

型動物については、貝殻の種類毎に5種類のテストピース(φ150mm、長さ300mm)を設置し、1種類ずつ生物が逸脱しないように袋に入れて回収した。また、対照区としてケーソン直立面の付着動物を剥ぎ取った(0.2m×0.2m採取面積0.04m<sup>2</sup>)。これらの小型動物については、可能な限り種を同定し、個体数と湿重量を測定した。

### 3) 調査結果および考察

5種類の貝殻テストピースおよび対照区で確認された小型動物の種類数、個体数、湿重量の推移を図9~11に示す。いずれの項目についても貝殻テストピースが対照区よりも顕著に高い値で推移した。隠れ場創出タイプと小型生物タイプを比較すると、個体数では明確な差は無いが、湿重量では隠れ場創出タイプが多い傾向が見られた。これは、隠れ場創出タイプは面構造が多いためフジツボ類などの固着性の動物が多かったことに起因している。また、各種貝殻テストピースについてシャノン・ウィナーの多様性指数H'を用いて評価すると、隠れ場創出タイプよりも小型生物タイプの多様性が高くなった。その他、潜水による目視観察では、貝殻基質に生息するカサゴやサザエ、ペラ類、ズメダイ類など多種多様な魚介類が確認され、隠れ場創出タイプ内に潜入する行動も見られた。これらのことから、貝殻基質の付加に

よりケーソンに多種多様な小型動物や魚介類の生息場を提供することができ、また貝殻を使用した施設でも構造が異なることによって生物多様性のさらなる向上に結びつくことが示された。

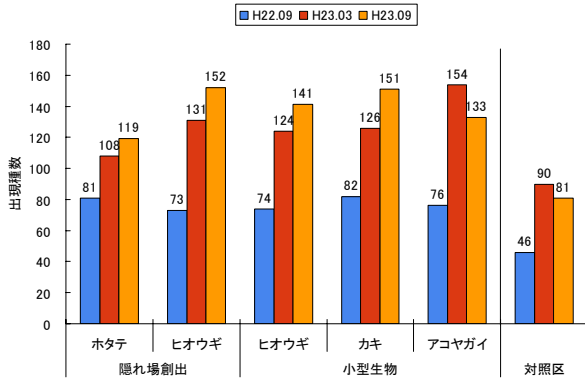


図9 各貝殻基質と対照区の種類数の推移

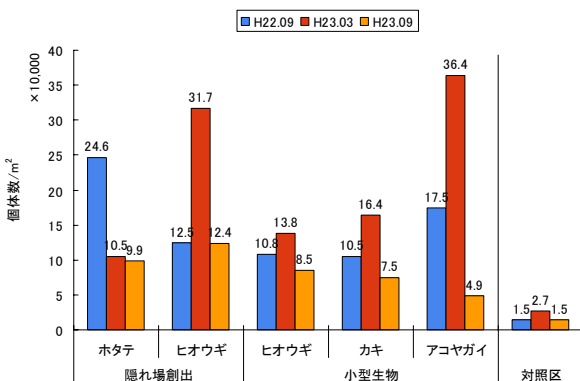


図10 各貝殻基質と対照区の個体数の推移

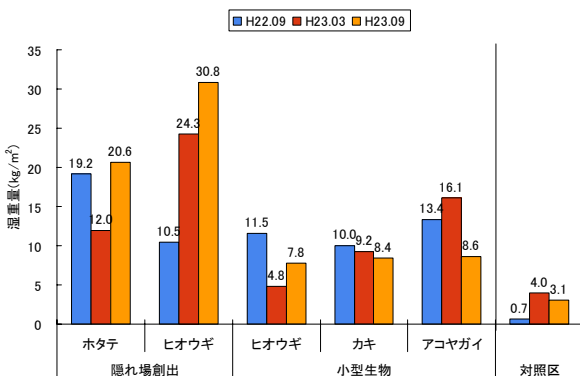


図11 各貝殻基質と対照区の湿重量の推移

表4 各貝殻基質の小型動物の多様度の推移 (シャノン・ウィナーの多様度指数  $H'$ )

調査年月	隠れ場創出タイプ		小型生物タイプ		
	ホタテ	ヒオウギ	ヒオウギ	カキ	アコヤ
2010.9	2.280	2.857	2.548	2.628	2.029
2011.3	4.218	2.608	3.514	3.772	3.045
2011.9	3.314	3.879	4.757	5.423	4.747

※シャノン・ウィナーの多様度指数 ( $H'$ ) は以下の式により求めた。

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \cdot \log_2 P_i \quad (0 \leq H')$$

ここに、Sは種類数、Piは番目の種の個体数が総個体数Niに占める割合を示し、Pi=ni/Nとなる。

## 5. 今後の展開

以上の報告は、これまでに25年以上にわたり実施してきた研究事例の一部であり、既往の膨大なデータを精査することで、人工魚礁と生物多様性に関する研究をさらに深め、今後の人工魚礁の評価の一助にしていきたいと考えている。さらに、活用の幅を広げ人工魚礁以外にも漁港や港湾における生物多様性の向上や沿岸環境の改善に資するため、福井県敦賀港や福岡県博多港などでモニタリングを継続しており、貝殻施設による物質循環の促進や水質改善など、その多様な機能の解明に努めているところである。

## 6. 参考文献

- 1) 柿元皓：人工魚礁。(財)漁港漁場漁村技術研究所，pp.1-62，2004.
- 2) 柳哲雄：里海創生生活動の現状，地球環境，16(1)：3-8，2011.
- 3) 伊藤靖・中野喜央・藤澤真也：人工魚礁およびその周辺における小型動物の分布—漁場正接の魚類増殖効果に関する研究-I—。水産工学，45(2)：101-110，2008.
- 4) 野田幹雄・田原実・片山貴之・片山敬一・柿元皓：内部空隙をもつ管状基質が無脊椎動物、とくに魚類餌料動物の加入に与える効果。水産増殖，50(1)：37-42，2002.
- 5) 藤澤真也・笹原昭・片山真基・宮本利文・伊藤靖：貝殻魚礁漁場の利用実態について。平成24年度日本水産工学会学術講演会講演論文集，pp23-26，2012.
- 6) 足立吉宏・吉栖伸輔・中野公望・中村誉之・片山貴之：ケーソン背面における貝殻施設の実験について～細島港ケーソン仮置き場の場合～，第37回海洋開発シンポジウム発表資料，2012.