

【報 文】

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^{1*}・永 松 公 明²・田 原 実³・足 立 吉 宏⁴

Some Examples to Study About the Biodiversity in Artificial Fish Reefs

Yuji ANAGUCHI^{1*}, Kimiaki NAGAMATSU², Minoru TAHARA³ and Yoshihiro ADACHI⁴

Abstract

In recent years, the biodiversity gets to be paid more attention to in the field installed artificial fish reefs. Therefore we present some examples to study in the followings ; ① change of the organism species community by artificial fish reefs installation, ② differences in the composition by the difference of fish catch thing between reef s structures, and ③ a practical use experiment in breakwater caisson.

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¹⁾。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、2012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るなど、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。

生物多様性条約では、生物多様性は「生態系の多様性」「種の多様性」「遺伝子の多様性」の3つのレベルで多様性があるとされ、その内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。人工魚礁においては、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、これらを餌とし魚礁を棲みかとする魚介類が集まり、新たな生態系が創出される¹⁾ ことにより生態系の多様性、種の多様性に大きく貢献し

ているものと考えられる。本報告では人工魚礁における生物多様性という観点から、①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、②魚礁構造の違いによる漁獲物組成調査 (標本船調査)、③防波堤ケーソンへの活用実験の3つの事例を報告し、生物多様性に関する今後の人工魚礁技術の展開について述べる。

2. 事例① 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

調査は、海砂採取跡地である広島県三原市幸崎沖海域²⁾ (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) で実施した。各海域に設置された貝殻魚礁 (設置面積 三原: 36.2m², 日生・白石島: 11.6m²) (Fig. 2) を魚礁区、そこから100~200m離れた同水深帯の砂泥底・泥底を対照区 (20~60m²) とし、ベントスおよび魚介類の生息状況について、四季にわたり各地点で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

2013年9月9日受付, 2013年9月10日受理

キーワード: 生物多様性, 人工魚礁, ベントス, 貝殻

Key words: Biodiversity, Artificial reef, Benthos, Shell

¹ Ocean Construction Co., Ltd, Kojima-Ekimae 1-75, Kurashiki, Okayama 711-0921, Japan (海洋建設株式会社 〒711-0921 岡山県倉敷市児島駅前1-75)

² National Fisheries University, Nagata-Honmachi 2-7-1, Shimonoseki, Yamaguchi 759-6595, Japan (水産大学校 〒759-6595 山口県下関市永田本町2-7-1)

³ National Federation of Fisheries Co-operative Associations, Co-op building 1-1-12, Uchi-Kanda, Minato, Tokyo 101-8503, Japan (全国漁業協同組合連合会 〒101-8503 東京都港区内神田1-1-12 コープビル)

⁴ Ohmotogumi Co., Ltd. Nagata-cho 2-17-3, Chiyoda, Tokyo 100-0014 (株式会社大本組 〒100-0014 東京都千代田区永田町2-17-3)

*Tel: 086-473-5508, Fax: 086-473-5574, yanaguch@kaiyoh.co.jp



Fig. 1 Investigation sites.

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0.1m²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。試験操業では、漁獲された魚種、全長、体重を計測した。目視観察では、確認された魚種、個体数等を記録し、個体数については1m²当りに換算して魚礁区と対照区の比較を行った。

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Table 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の割合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^{1),3)}ためである。

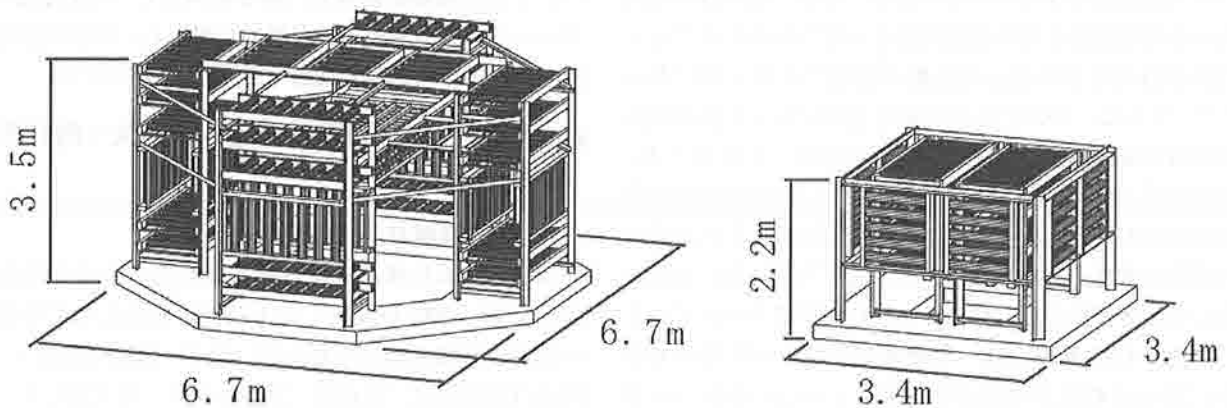


Fig. 2 Illustration of the observed artificial reefs with shell ; Mihara (the left figure), Hinase and Shiraishijima (the right figure).

Table 1 The number of kinds of the macro benthos, the number of individual and wet weight (the artificial reefs with shell and the control).

zone	area	The number of species	The number of individuals	wet weight (g)
Artificial fish reef	Mihara	75 (52~95)	358 (126~782)	17.0 (3.7~23.2)
	Hinase	49 (41~56)	534 (505~601)	37.9 (13.9~81.2)
	Shiraishijima	51 (29~72)	398 (101~782)	25.3 (5.5~50.0)
Control	Mihara	53 (26~92)	174 (47~392)	11.7 (2.1~19.8)
	Hinase	20 (8~29)	314 (38~748)	6.4 (0.6~14.2)
	Shiraishijima	28 (20~36)	250 (68~627)	4.7 (0.9~15.2)

※The upper row shows average value and the inside of () of the lower berth shows the numerical range.

(2) 魚介類

刺網で漁獲された魚種をTable 2に、潜水目視観察の結果をTable 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。

以上の結果より、貝殻魚礁を設置することにより貝殻魚礁とその周辺では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が形成され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⁴⁾、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⁵⁾。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

Table 2 The number of kinds of fishes, the number of individual and main species on fish catch investigation.

zone	area	The number of species	The number of individuals	The main species
Artificial fish reef	Mihara	3 (1~4)	6 (4~8)	<i>Sebastiscus marmoratus</i> (カサゴ), <i>Sebastes inermis</i> (メバル) <i>Inimicus japonicus</i> (オニオコゼ), <i>Epinephelus akaara</i> (キジハタ)etc
	Hinase	4 (2~4)	5 (4~6)	<i>Sebastiscus marmoratus</i> (カサゴ), <i>Hexagrammos otakii</i> (アイナメ) <i>Paralichthys olivaceus</i> (ヒラメ), <i>Apostichopus japonicus</i> (マナマコ)etc
	Shiraishijima	4 (2~5)	14 (12~17)	<i>Sebastiscus marmoratus</i> (カサゴ), <i>Sebastes inermis</i> (メバル) <i>Epinephelus akaara</i> (キジハタ), <i>Apostichopus japonicus</i> (マナマコ)etc
Control	Mihara	2 (1~4)	3 (1~5)	<i>Sebastiscus marmoratus</i> (カサゴ), <i>Sebastes inermis</i> (メバル) <i>Inimicus japonicus</i> (オニオコゼ), <i>Epinephelus akaara</i> (キジハタ)
	Hinase	1 (0~3)	1 (0~4)	<i>Cynoglossus joyneri</i> (アカシタビラメ), <i>Sepis esculenta</i> (コウイカ) <i>Rapana venosa</i> (アカニシ), <i>Charybdis japonica</i> (イシガニ)
	Shiraishijima	2 (0~6)	2 (0~8)	<i>Konosirus punctatus</i> (コノシロ), <i>Saurida elongata</i> (トカゲエソ) <i>Pseudorhombus pentophthalmus</i> (タマガンゾウビラメ)etc

※The upper row shows average value and the inside of () of the lower berth shows the numerical range.

Table 3 The number of kinds of fishes, the number of individuals and main species on diving viewing investigation.

zone	area	The number of species	The number of individuals per square meter	The main species
Artificial fish reef	Mihara	10 (8~11)	3.7 (1.9~6.9)	<i>Sebastiscus marmoratus</i> (カサゴ), <i>Sebastes inermis</i> (メバル) <i>Epinephelus akaara</i> (キジハタ), <i>Oplegnathus faciatu</i> (イシダイ)etc
	Hinase	8 (4~10)	3.6 (2.0~5.9)	<i>Sebastiscus marmoratus</i> (カサゴ), <i>Sebastes inermis</i> (メバル) <i>Hexagrammos otakii</i> (アイナメ), <i>Apostichopus japonicus</i> (マナマコ)etc
	Shiraishijima	7 (5~8)	3.5 (2.2~5.6)	<i>Sebastiscus marmoratus</i> (カサゴ), <i>Sebastes inermis</i> (メバル) <i>Epinephelus akaara</i> (キジハタ), <i>Apostichopus japonicus</i> (マナマコ)etc
Control	Mihara	1 (0~2)	1 (0~2)	<i>Sebastiscus marmoratus</i> (カサゴ), <i>Hapalogenys mucronatus</i> (セトダイ) <i>Paraperis sexfasciata</i> (クラカケトラギス)
	Hinase	1 (0~1)	0.7 (0~2.3)	<i>Acentrogobius pflaumii</i> (スジハゼ)
	Shiraishijima	2 (1~2)	0.2 (0.0~0.4)	<i>Acentrogobius pflaumii</i> (スジハゼ), <i>Apostichopus japonicus</i> (マナマコ)

※The upper row shows average value and the inside of () of the lower berth shows the numerical range.

に区分して整理した。

2) 調査結果および考察

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。漁法別による各漁場の利用率は、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 (Fig. 3)。また、人工魚礁については、魚類を対象とした釣り、刺網での利用率が高かった。

魚類を対象とした釣りによる、漁場ごとの主な漁獲物のCPUEを比較すると、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 (Fig. 4)。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。

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 (Fig. 5) で実施した⁶⁾。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本取り付けした (Fig. 6)。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

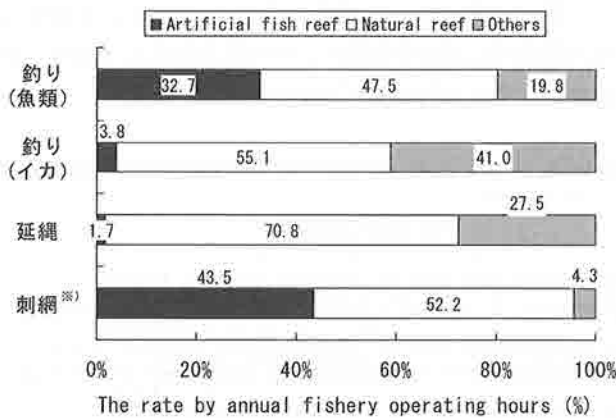


Fig. 3 The capacity factor of each fishery by a fishing method exception.

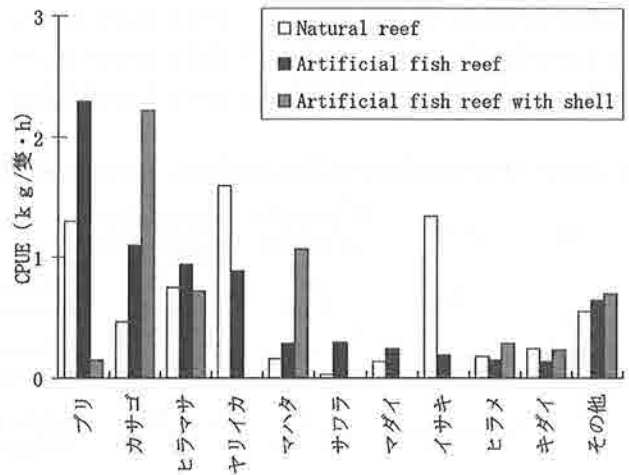


Fig. 4 CPUE of the kinds of main fish in the natural reefs, the artificial fish reefs, and the artificial fish reefs installed shell.

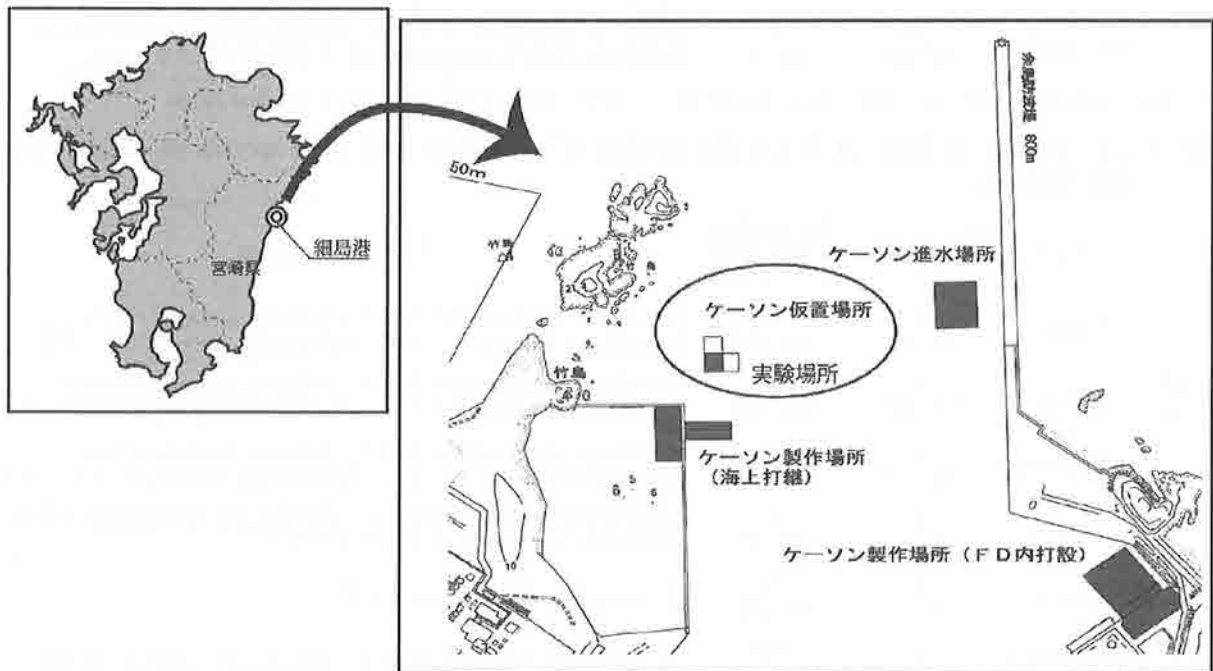


Fig. 5 Experiment harbor space

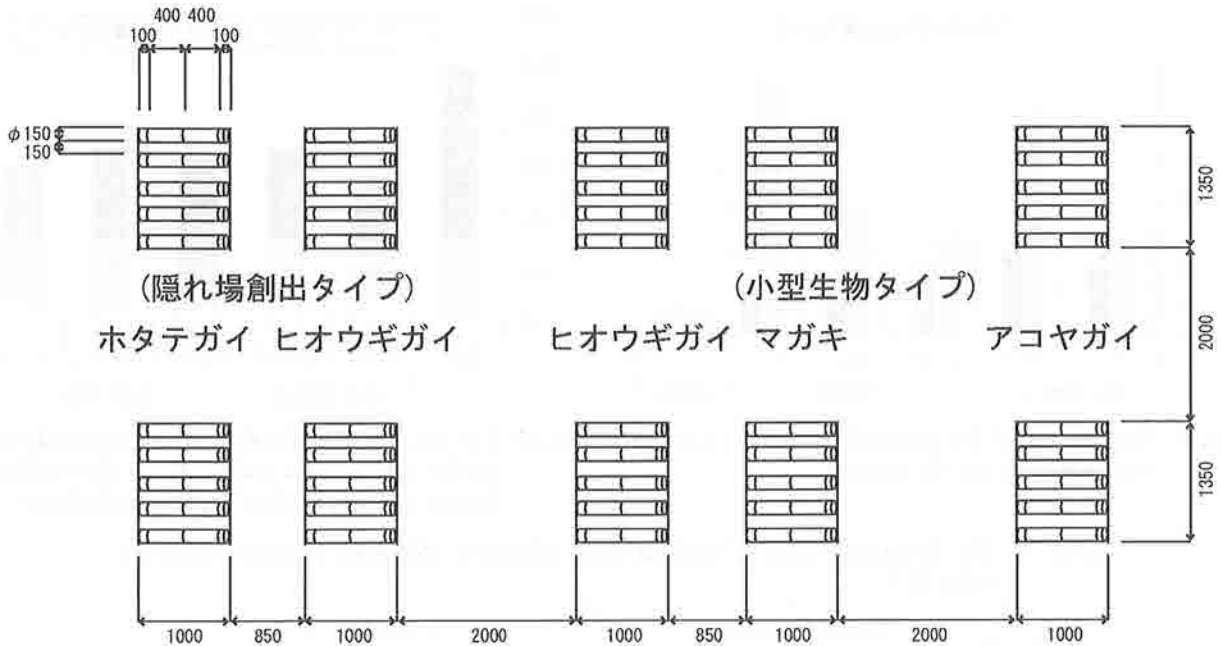


Fig. 6 The installation position of the shell substrata

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0.04m²）。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。

2) 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、湿重量の推移を見ると、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（Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9）。特に種類数に着目して、貝殻基質をケーソン直立面に付加することによる効果を検証すると、各種貝殻基質でケーソン直立面のみと比較して種類数が2倍程度増加し、全種合わせると3倍程度まで増加した（Fig. 10）。

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（Table 4）。

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、スズメダイ類など多種多様

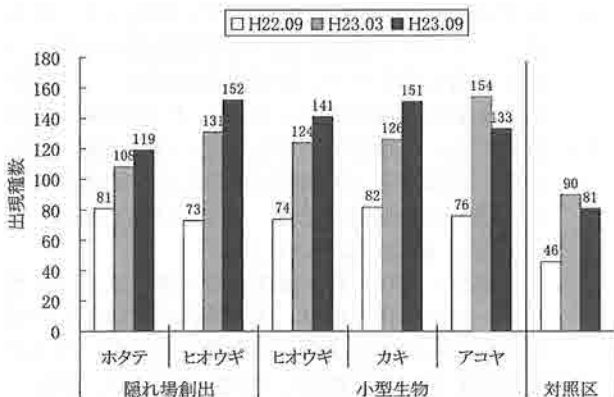


Fig. 7 The number of kinds of the attached animals in various shell substrata and the control.

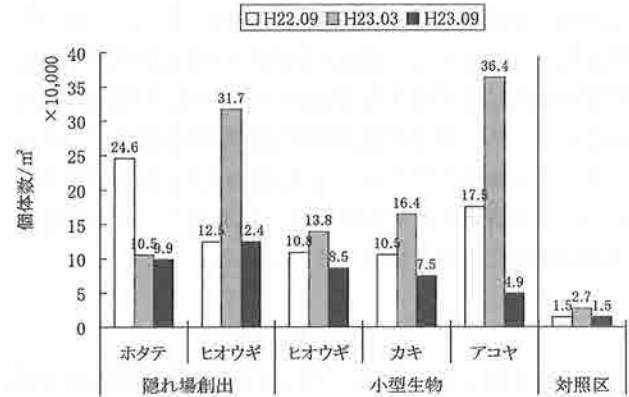


Fig. 8 The number of individuals of the attached animals in various shell substrata and the control.

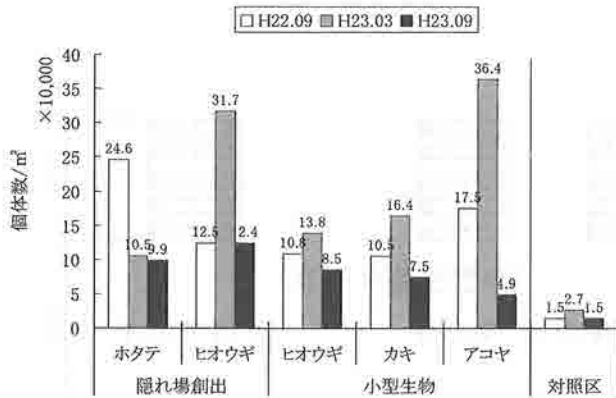


Fig. 9 Wet weight of the attached animals in various shell substrata and the control.

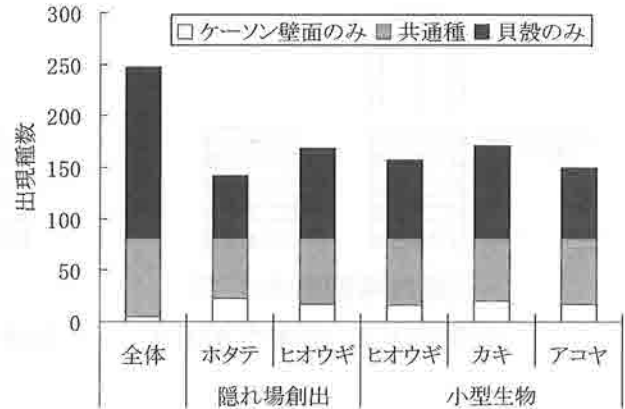


Fig. 10 The number of kinds of the attached animals only on the surface of a wall, only on the shell and both of common kinds of the attached animals.

Table 4 The diversity index of various shell substrata (Shannon-Wiener's diversity index H')

調査年月	隠れ場所創出タイプ		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。

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

ここに、 S は種類数、 P_i は i 番目の種の個体数が総個体数 N に占める割合を示し、 $P_i = n_i/N$ となる。

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。

5. おわりに

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、付着動物による水質改善効果についての評価^{7),8)}や物質循環の促進など、その多様な機能の解明に努めているところである。

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, pp.23-26, 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～。土木学会論文集B3(海洋開発), vol.68, 2：576-581, 2012.
- 7) 加村 聡・藤澤真也・片山貴之・斉藤達昭・岸本英昭・田原 実：港湾内に設置した生物生息基質の水質浄化機能の定量化。土木学会論文集B3(海洋開発), 67(2)：304-309, 2011.
- 8) 大原啓史・加村 聡・藤澤真也・井上弘之・斉藤達昭・田中丈裕・田原 実：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)：563-568, 2013.