

# 広島湾江田島沖の力キ養殖筏の垂下構造中にみられた魚類

|       |                         |
|-------|-------------------------|
| 誌名    | 生物圏科学                   |
| ISSN  | 13481371                |
| 著者名   | 坂井,陽一<br>清水,則雄<br>海野,徹也 |
| 発行元   | 広島大学大学院生物圏科学研究科         |
| 巻/号   | 52巻                     |
| 巻号補足  |                         |
| 掲載ページ | p. 25-33                |
| 発行年月  | 2013年12月                |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 広島湾江田島沖のカキ養殖筏の垂下構造中にみられた魚類

坂井陽一<sup>1)</sup>\*・清水則雄<sup>2)</sup>・海野徹也<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 広島大学大学院生物圏科学研究科, 〒739-8528 広島県東広島市鏡山1-4-4

<sup>2)</sup> 広島大学総合博物館, 〒739-8524 広島県東広島市鏡山1-1-1

**要 旨** カキ筏には多様な付着生物が生育することが知られており、魚類にとっても寄り付きやすい環境であることが示唆されている。しかし、カキ筏に具体的にどのような魚類が出現するのかについての知見は乏しい。そこで、カキ筏が数多く係留されている広島湾北部の江田島沖合において、カキ筏に出現する魚類の潜水目視調査を2011年8月と10月に実施した。マガキの垂下された水深5-9mを筏に沿って約50m遊泳しながら、水中構造内に存在する魚種と個体数を記録した。各月とも、マガキの成長した筏とマガキが垂下されて間もない筏について調査し、のべ400分の潜水観察により総計16科24種の魚類を確認した。そのほぼすべてが、沿岸岩礁域およびガラモ場にみられる魚種であった。クロダイ、アカオビシマハゼ、アミメハギ、カワハギの4種は、調査を実施した筏すべてにおいて出現が認められ、カキ筏環境への順応性の高さが伺われた。出現魚種数および出現個体数は、マガキの成長した筏が有意に高く、マガキの成長に伴い、より多様な魚が数多く寄り付きやすくなることが示唆された。

**キーワード**：出現魚種数、出現個体数、潜水センサス、広島湾、マガキ筏式垂下養殖

### 緒 言

広島湾はマガキの筏式垂下養殖が盛んな水域として知られており、そのカキ筏が海水面を占める総面積は200haにも及ぶ(松田, 2000; 木村・兼保, 2003; 永井, 2007)。カキ筏は、竹や木によって組まれた骨格構造が数カ所に固定されたフロートによって水面に浮かんでおり、その骨格からカキの幼生を付着させたホタテガイの貝殻(コレクター)を水中に吊り下げる構造となっている。この養殖育成方法は“本垂下”と呼ばれ、コレクターを40枚、20cm間隔で吊るした9-10mの針金(垂下連)が、1つの筏に約600本も吊り下げられる(木村・兼保, 2003; 永井, 2007)。垂下連には、マガキの成長とともに、フジツボ類、ホヤ類、コケムシ類などの無脊椎動物や海藻が多数付着することが知られており(荒川, 1985; 斉藤ら, 2008; Glennら, 2013)、またそれらを餌生物や生活場所として利用する魚類も出現・定着することが知られている(荒川, 1985; 斉藤ら, 2005, 2008)。

荒川(1985)は、カキ筏にみられる生物群集を総観する著書において、クロダイ、ウマヅラハギなどカキ筏の付着生物を餌として利用する魚類が出現すること、さらには垂下連構造を産卵の場として定住するギンポ(イソギンポ類)、ハゼ類などが出現する傾向があることを経験的な知見に基づき記している。このように、カキ筏が魚類生産に貢献しうる可能性が指摘されているものの、具体的にカキ筏に出現する魚類に関する定性的・定量的なデータを獲得した調査研究例は乏しい。数少ない調査例として、斉藤ら(2005)は、広島湾北部のカキ筏にて刺し網と釣獲により筏の周囲に出現する魚類の採集調査を実施し、20種の魚類を確認している。それらのうち、クロダイ *Acanthopagrus schlegelii*、シログチ *Pannahia argentata*、マコガレイ *Pleuronectes yokohamae*、ウマヅラハギ *Thamnaconus modestus*、コモンフグ *Takifugu poecilonotus* の5種の採集個体数が全体の8割を越え、これらの魚種の多くでカキ筏由来の餌生物が消化管内に確認されたことを報告している(斉藤ら, 2005, 2008)。この結果は、カキ筏の存在する環境がこれらの魚種の生存に正の影響を供していることを強く示唆し

ている。ただし、高密度に整列された状態で水中に吊るされたマガキ垂下連の間隙および垂下連上には、刺し網や釣獲の手法では確認が困難な魚類、特に小型種が存在するものと予想される。しかし、カキ筏の垂下構造内に出現する魚類については調査報告例が存在せず、人工浮き魚礁としてのカキ筏の機能評価のための基礎的な情報はいまだ十分ではない。

そこで本研究では、広島湾北部の代表的なカキ筏式垂下養殖ゾーンである江田島沖を調査水域とし、潜水具を使用した目視観察により、カキ筏の垂下連の構造内に出現する魚類を記録し、カキ筏の育む魚類群集の実像をより明確にするデータを獲得することを目的とした。広島湾のカキ筏にみられた魚種リストを報告し、カキ筏環境の育む魚類群集の特異性について考察する。

## 材料と方法

瀬戸内海中西部の浅海岩礁域においては、水温の周年変化に応じて出現魚種が大きく変動し、夏から秋にかけての高水温期に数多くの魚種がみられる傾向にあることが知られている（清水ら，2010；坂井ら，2010；河合ら，2013）。本研究では、カキ筏に寄り付く魚種をより多く確認することを目的に、高水温期にあたる2011年8月5日と2011年10月3日に潜水調査を実施した。8月と10月の調査日の月齢はそれぞれ5.4（中潮）と5.7（小潮）、日中の満潮時刻がそれぞれ13:32（呉での測位330cm）と13:55（325cm）、干潮時刻がそれぞれ07:16（62cm）と07:11（53cm）と、ほぼ同様の潮汐・潮位条件であった。いずれも上げ潮時の日中に潜水調査を実施した（8月11:25-12:40、10月11:30-13:05）。調査日の天候は晴れであった。

調査場所は、多数のカキ筏が係留されている広島湾北部の広島県江田島市沖合とした。マガキの育成を調整するために、春から夏にかけての高水温・低塩分の表層水を避けてマガキを5-10m 下げて垂下させる“深吊り育成”に対応した水域であり、調査場所周囲の水深は20-25m であった。カキ筏は天然竹を格子状に組み合わせて縦26m、横10m のサイズの骨格がつくられ、その直下に発泡スチロール性の大型のフロートが固定され、水面上に浮かんだ骨格からマガキを付着させたコレクターが針金で連なって垂下されていた。筏はワイヤーロープによって縦に6台連結されていたが、マガキの垂下・成長状態が同等なものが連続係留されていた2台ごとを調査単位とした。

8月の調査では、マガキの実りが相当に進み付着生物が豊富な状態の筏（前年からの継続養殖：“ノコシ”と呼ばれる）（以下8月 late 筏と表現；Fig. 1A）と、マガキが小さく付着生物も目立たない筏（以下8月 early 筏と表現；Fig. 1B）の2つを調査対象とした（北緯132°25'04"，東経34°16'11"）。この垂下・成長状態の異なる2種の筏は、ロープで互いに連結されていた。つまり、ほぼ同じ位置に存在していた。

10月の調査時には、8月 late 筏は水揚げ準備作業のために（広島県産カキの水揚げ解禁日10月15日）、すでに以前の調査地点には存在しなかった。そこで、マガキの実りがかなり進み、付着生物が多数存在していた別の筏を調査対象とした（以下10月 late 筏と表現する）（Fig. 1C）。この筏は、8月 late 筏の約20m 東側に係留されていた（北緯132°25'00"，東経34°16'19"）。また、8月調査時の early 筏は、10月の調査時にも同一地点に残っており、まだマガキはそれほど大きく成長しておらず付着生物もさほど目立たない状態であった（以下10月 early 筏と呼ぶ；Fig. 1D）。これらの2つを10月の調査対象とした。

8月 late 筏の垂下連においては、マガキは“深吊り育成”されており（Fig. 2A）、水深8m からおよそ水深15m まで垂下されていた。8月 early 筏の垂下連では、マガキは水面直下から垂下される“直吊り”であったが、マガキを垂下する針金の末端が筏に固定されたU字状の垂下状態（松葉吊り）になっており（Fig. 1B）、マガキは水深4.5m まで存在していた。前者については垂下連の上端から中央までの水深9-13m を、後者については垂下連の下部の水深4-5m を調査水深とした。水底は水深22m であった。10月 late 筏と10月 early 筏は、いずれも水面直下からマガキの垂下が始まる“直吊り”で、水深9m と水深8.5m までそれぞれマガキが存在していた。いずれもカキの垂下されたほぼ中央の水深にあたる水深5-7m を調査水深とした。調査地の水底は水深24m であった。調査水深の水温は、8月 late 筏が22℃、8月 early 筏が26℃、10月 late 筏が24℃、10月 early 筏が26℃と、ほぼ同等の水温条件であった。

潜水センサスは、以下の手順で実施した。スキューバ潜水具を用いた調査者5名が、調査筏それぞれの調査水深において、筏2つ分の長辺（52m）に沿ってゆっくり遊泳し（遊泳速度2.4-3.5m/分）、垂下連の周囲

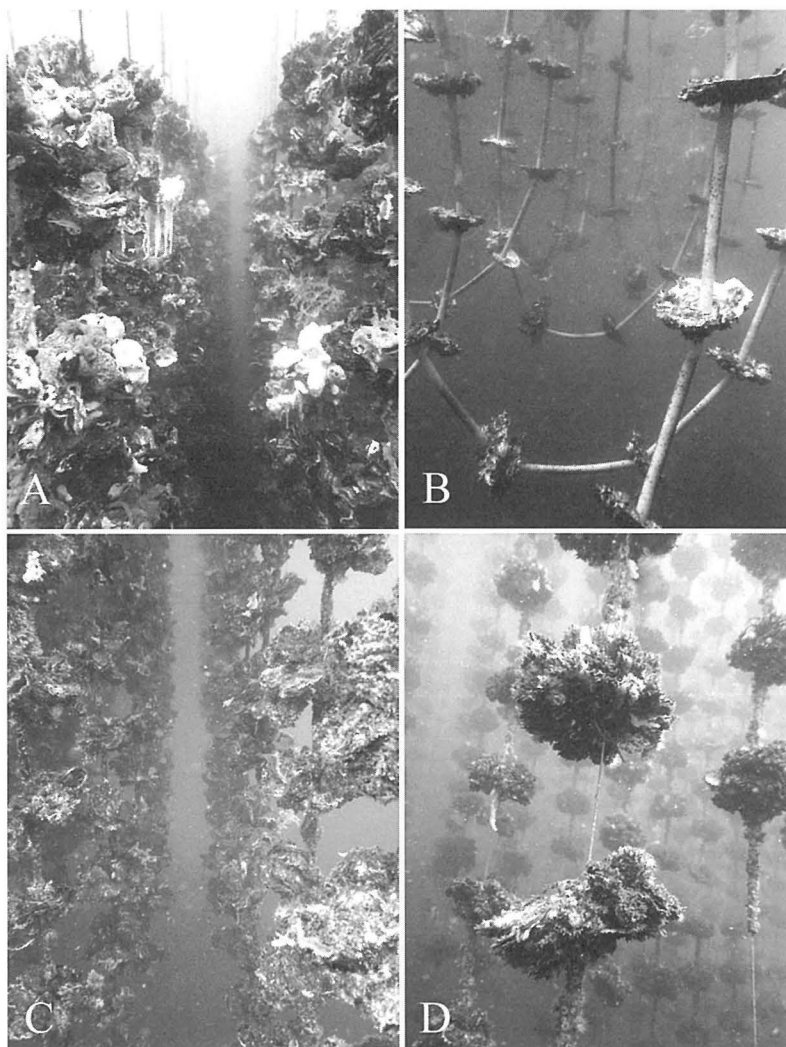


Fig. 1. The four oyster rafts investigated for the underwater census survey of fishes, moored off Eta-shima Island, northern Hiroshima Bay ( $34^{\circ}16' E$ ,  $132^{\circ}25' N$ ). In each of two study periods, August 5 and October 3, 2011, the rafts maintaining well-developed oysters (called "late raft"; A and C) and those having small oysters without harboring conspicuous adhesive animals ("early raft"; B and D) were surveyed. The rafts A and B were observed at August, and the other two were done at October. Oysters were dropped underwater at depths of 8-15m (A), 0-4.5m (B), 0-9m (C) and 0-8.5m (D).

およびそれらの内奥部を観察し、目視確認した魚種と個体数を記録した。各筏の積算観察時間はおよそのべ100分間であった。調査水深での水中の透視度は、両調査月ともにおよそ7-8mであり、垂下連列の中央部（外郭縁辺部より約5m内部）までを観察調査域とした。また、デジタルカメラでの画像撮影を観察記録の際にあわせて実施し、魚種同定の手がかりとなる外部形質の情報を補助的に収集した。

また、カキ筏直下の水底環境にどのような魚種がみられるのかを目視査察するため、10月 late 筏を対象に、水深24mの水底まで潜行し、出現魚種の観察記録を試みた。水底の透視度は2mほどで、落下した垂下連のワイヤーなどが散乱しており危険であったため、水底での滞在は5分ほどに限った。

出現魚類の分類学的な同定基準と種の定義は Nakabo (2002) に従った。

## 結果と考察

## カキ筏にみられた魚類群集の特徴

8月と10月におけるのべ400分間の潜水センサスにより、カキ筏の垂下連構造内に15科22種の魚類の出現を確認した (Table 1)。これらに加えて、カキ筏直下の水底に3魚種を確認し、総計16科24種の出現記録に至った (Table 1)。

Table 1. Fishes found on the oyster farming rafts moored off Eta-shima Island by the underwater visual census during warm water season in 2011. The late raft and the early raft maintained well-developed oysters and oyster spats, respectively (see Fig. 1). As a representative of the abundance, mean of cumulative number of individuals in each census survey (n=5) are also given for each species. Significant differences were found between the late raft and the early raft both in the abundance and in species number ( $P<0.01$  each) in both study periods. "B" indicates supplemental records in a limited observation (5min) at the water bottom (23m depth).

| 学 名                                       | 和 名      | August    |            | October   |            |
|-------------------------------------------|----------|-----------|------------|-----------|------------|
|                                           |          | Late raft | Early raft | Late raft | Early raft |
| Atheriniformes トウゴロウイワシ目                  |          |           |            |           |            |
| Atherinidae トウゴロウイワシ科                     |          |           |            |           |            |
| <i>Hypoatherina valenciennei</i>          | トウゴロウイワシ | 7.8       | 10.0       |           |            |
| Scorpaeniformes カサゴ目                      |          |           |            |           |            |
| Scorpaenidae フサカサゴ科                       |          |           |            |           |            |
| <i>Sebastiscus marmoratus</i>             | カサゴ      |           |            | B         |            |
| <i>Sebastes inermis</i>                   | メバル      | 0.2       |            | B         |            |
| Cottidae カジカ科                             |          |           |            |           |            |
| <i>Pseudoblennius cottoides</i>           | アサヒアナハゼ  | 0.4       |            | 0.2       | 0.2        |
| <i>Pseudoblennius percoides</i>           | アナハゼ     | 0.8       |            | 0.2       |            |
| Perciformes スズキ目                          |          |           |            |           |            |
| Moronidae スズキ科                            |          |           |            |           |            |
| <i>Lateolabrax japonicus</i>              | スズキ      | 0.2       |            |           | 1.0        |
| Carangidae アジ科                            |          |           |            |           |            |
| <i>Trachurus japonicus</i>                | マアジ      | 2.8       |            | 103.0     | 26.0       |
| Sparidae タイ科                              |          |           |            |           |            |
| <i>Acanthopagrus schlegelii</i>           | クロダイ     | 38.0      | 0.6        | 8.8       | 3.2        |
| Embiotocidae ウミタナゴ科                       |          |           |            |           |            |
| <i>Ditrema temmincki</i>                  | ウミタナゴ    | 43.0      |            | 15.0      | 1.4        |
| <i>Neoditrema ransonneti</i>              | オキタナゴ    | 0.4       |            |           |            |
| Pomacentridae スズメダイ科                      |          |           |            |           |            |
| <i>Chromis notata notata</i>              | スズメダイ    |           |            | 0.2       |            |
| Oplegnathidae イシダイ科                       |          |           |            |           |            |
| <i>Oplegnathus punctatus</i>              | イシガキダイ   |           |            | 0.4       |            |
| Labridae ベラ科                              |          |           |            |           |            |
| <i>Pseudolabrus sieboldi</i>              | ホシササノハベラ |           |            | B         |            |
| Tripterygiidae ヘビギンボ科                     |          |           |            |           |            |
| <i>Enneapterygius etheostomus</i>         | ヘビギンボ    |           | 0.2        |           |            |
| Blenniidae イソギンボ科                         |          |           |            |           |            |
| <i>Parablennius yatabei</i>               | イソギンボ    | 2.8       |            | 0.2       |            |
| <i>Omobranchius elegans</i>               | ナベカ      | 0.4       | 0.2        |           |            |
| Gobiidae ハゼ科                              |          |           |            |           |            |
| <i>Tridentiger trigonocephalus</i>        | アカオビシマハゼ | 0.4       | 0.2        | 3.6       | 0.6        |
| Siganidae アイゴ科                            |          |           |            |           |            |
| <i>Siganus fuscescens</i>                 | アイゴ      |           |            | 48.0      | 2.8        |
| Tetraodontiformes フグ目                     |          |           |            |           |            |
| Monacanthidae カワハギ科                       |          |           |            |           |            |
| <i>Rudarius ercodes</i>                   | アミメハギ    | 2.2       | 0.8        | 2.4       | 24.0       |
| <i>Thamnaconus modestus</i>               | ウマヅラハギ   | 0.2       |            | 3.0       | 0.8        |
| <i>Stephanolepis cirrhifer</i>            | カワハギ     | 0.6       | 0.2        | 1.8       | 22.0       |
| Tetraodontidae フグ科                        |          |           |            |           |            |
| <i>Takifugu pardalis</i>                  | ヒガンフグ    | 0.8       |            | 0.4       |            |
| <i>Takifugu poecilonotus</i>              | コモンフグ    | 0.4       |            |           |            |
| <i>Takifugu niphobles</i>                 | クサフグ     | 0.8       |            |           |            |
| Species number (n=5)                      |          | 8.6 ± 2.1 | 2.4 ± 0.9  | 9.0 ± 1.4 | 5.6 ± 1.1  |
| Abundance (total individuals/survey; n=5) |          | 102 ± 39  | 12 ± 14    | 187 ± 65  | 80 ± 20    |

小川 (1984) は、魚礁に蟄集する魚群の垂直構造を、魚類の行動型と対応した以下の6カテゴリーに分類している；Ⅰ型：強度の接触刺激を必要とするウナギ、アナゴなどの埋没型、Ⅱ型：胸びれや腹面など体の一部を接触させる定座型、Ⅲ型：ほとんど体を基質に接触させないがその至近距離に存在することが不可欠な岩礁性魚、Ⅳ型：固形体に定位行動はとるものの固形体との距離は離れても良いアジ、サバ、ブリなど遊泳力の高いもの、Ⅴ型：固形体の存在をまったく必要としない流体刺激のみで生活し得るマグロ、カツオ、シイラなど極めて遊泳力の高いもの。これらの区分のうちⅣ型とⅤ型は魚礁の上方部に出現する傾向にある。

本研究によってカキ筏の垂下連構造内に出現が認められた22魚種のうち、8月調査時のみに記録されたトウゴロウイワシ *Hypoatherina valenciennei* は、同種の群れと偶発的に遭遇したものであり、カキ筏への高い定住性をもつとは考えにくい。また、両調査月ともに出現しているマアジ *Trachurus japonicus* についても、さまざまな浮遊物や構造物に一時的に寄り付くことがよく知られており (井上, 1978; 小川, 1984)、本調査での出現も定住性の弱い一時的な出現と思われる。これら2種は、小川 (1984) の区分のⅣ型に相当するものである。

カキ筏垂下連構造中に確認した残り20魚種のうち、マガキの成長状態 (垂下期間の長さ) および調査時期に関わらず、すべての筏に共通して出現した魚種は、クロダイ *Acanthopagrus schlegelii*, アカオビシマハゼ *Tridentiger trigonocephalus*, アミメハギ *Rudarius ercodes*, カワハギ *Stephanolepis cirrhifer* の4種であった (Table 1; Fig. 2)。このうち小型魚種のハゼ科アカオビシマハゼは、マガキおよび付着生物に密着して定位しており、それらの生物が作りだす微小空間を隠れ家に使っていた (Fig. 2B)。カキ筏の構造物に強く依存して生活するⅡ型タイプ (小川, 1984) の典型と言える。婚姻色を呈したオス個体も確認でき、垂下連上で繁殖しているものと推察された。おそらくは浮遊生活を終えた幼魚時よりカキ筏へ定着し、隠れ家をうまく利用して生残し、高い出現頻度に至ったものと考えられる。

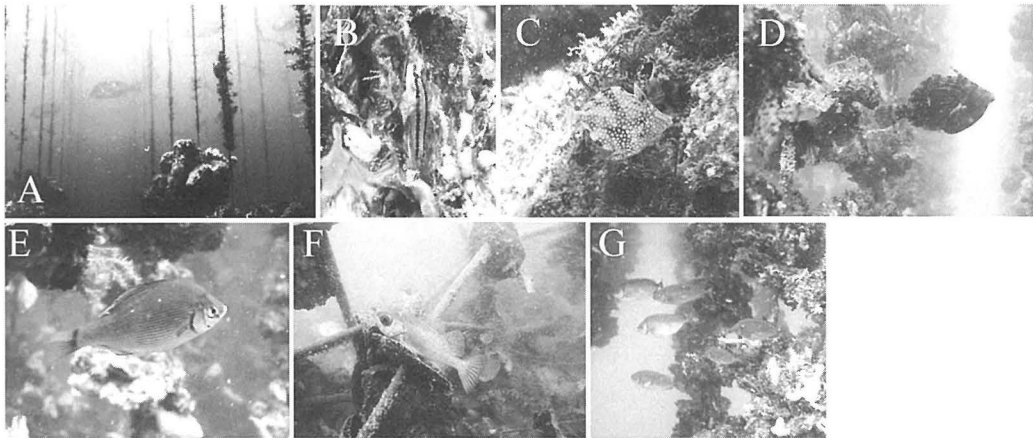


Fig. 2. Typical fishes found around the underwater structure of the oyster raft, moored off Eta-shima Island, northern Hiroshima-Bay. A sparid *Acanthopagrus schlegelii* found in groups above the oyster-clouded zone (< 8 m) at the late raft of August (A). A goby *Tridentiger trigonocephalus* had nests on oyster shells and adhesive benthic organisms (B). Filefishes *Rudarius ercodes* (C) and *Stephanolepis cirrhifer* (D), and a surfperch *Ditrema temmincki* (E) were often observed. These six species were commonly found in all surveyed rafts, except for *D. temmincki* in the early raft of August. At the water bottom (24 m) below the oyster raft, some scorpaenids including *Sebastes inermis* (F) were observed on a stack of broken parts of the rafts. Shoals of the rabbitfish *Siganus fuscus* feeding on algae on the surface of the oyster shells were often found in the late rafts of October (G).

残りの3魚種については、小川 (1984) のⅢ型タイプに相当するものである。クロダイは全長15cmを越える個体のみが記録され、全長40cmを越える大型個体も少なくなかった。マガキが大きく成長した8月 late 筏において、特に多くのクロダイ個体が確認された。そこでは、水面からマガキの垂下の始まる水深8mまでの針金のみ存在するゾーン (深吊り育成の“吊り手”と呼ばれる部分) に全長40cm 近い大型のクロダイ

10個体ほどが群がっていた (Fig. 2A)。同種の幼魚など小型個体がみられなかったことから、ある程度まで別の場所で成長した個体が、カキ筏へと寄り付いているものと推察される。成魚の餌場や隠れ場であるカキ筏の存在は、広島湾におけるクロダイの高い生産性 (海野, 2010) に寄与している可能性が高い。また、カワハギ科のアミメハギとカワハギについては、垂下連の針金に寄り添うように定位し、マガキの外殻や付着生物を盛んにつつくように採餌していた (Fig. 2C, 2D)。小型個体も多数みられ、さまざまなサイズ個体に餌場として利用されていることが伺われた。これらに加えて、ウミタナゴ *Ditrema temmincki* とウマヅラハギ *Thamnaconus modestus* も、8月 early 筏を除く3つの調査筏において出現し、上記4種に準じる優占的な出現をみせた (Table 1; Fig. 2E)。特にウミタナゴは高い出現個体数を記録し (Table 1)、マガキの垂下連の間隙で、マガキや付着生物の表面をつつくように盛んに採餌を行っていた。共通出現4種にウミタナゴとウマヅラハギを加えたこれらの6魚種は、いずれもカキ筏垂下構造の環境を餌場あるいは生活空間として利用する上での高い順応性を有していると考えられる。

清水ら (2010) と河合ら (2013) は、広島湾南東部の沿岸浅海域のホンダワラ類の海藻が繁茂するガラモ場の発達する岩礁域において、潜水センサスによる魚類相調査を周年にわたり実施し、それぞれ29科53種と24科50種の魚類の出現を記録している。本調査で確認した24魚種のうち、トウゴロウイワシを除く23種はすべて河合ら (2013) に記録されているものである。また、トウゴロウイワシ、オキタナゴ *Neoditrema ransonneti*, イシガキダイ *Oplegnathus punctatus*, イソギンポ *Parablennius yatabei*, ヒガンフグ *Takifugu pardalis* を除く19種は、清水ら (2010) の調査においても記録されている。すなわち、カキ筏垂下構造中に出現した魚類は、そのほぼすべてがガラモ場・岩礁域に出現するものであり、カキ筏のみに特異的に出現するような魚種は存在しなかった。

ただし、カキ筏垂下構造中に確認された魚類群集は、ガラモ場の魚類群集とは魚種構成のバランスがかなり異なっていた。本調査の出現頻度データをみる限り、カキ筏の垂下連構造内では、クロダイ、ウミタナゴやカワハギ類といった表層や中層で定位する遊泳・生活形態を有する魚類、すなわち小川 (1984) の言うⅢ型タイプ魚種に出現頻度が偏っている (Table 1)。広島湾周辺水域のガラモ場環境ではメバル *Sebastes inermis* やスズメダイ *Chromis notata notata* が数多くみられることが多いが (清水ら, 2010; 坂井ら, 2010; 河合ら, 2013), これら2種の出現は本調査筏においては目立たなかった (Table 1)。カキ筏における大型藻類の乏しさが、魚類の定着や生残を制限し、魚種の出現強度を偏らせる一因になっているのかもしれない。

斉藤ら (2005) は、広島湾北部のカキ筏において、刺し網と釣獲の手法による採集調査により、20魚種が筏の周囲に出現することを確認している。その20種のうち、今回の調査で記録された魚種と重複するのは、メバル、スズキ *Lateolabrax japonicus*, クロダイ、ウミタナゴ、ウマヅラハギ、ヒガンフグ、コモンフグ *Takifugu poecilonotus* の7種のみである。この重複種数の少なさは、垂下連構造内に焦点を当てた本研究との調査視点の違いゆえと考えられる。広角的な視点に基づく斉藤ら (2005) では、水中観察法では記録しにくい遊泳力の高い魚類5種、ナルトビエイ、コノシロ、マダイ、ボラ、マサバ、さらに、タマガンゾウビラメ、メイトガレイ、イシガレイ、マコガレイ、カナガシラ、シロギス、シログチ、キュウセンといった底生魚類8種を記録している。小川 (1984) は魚礁の蠕集効果の水平的な分布を分析する中で、異体類などの底生魚類に魚礁への依存性が高いものが存在することを述べており、このデータはカキ筏を取り囲む周辺環境における水平面での魚類蠕集効果を具体的に示したものである。垂下連構造内の魚類についての本調査データと、この斉藤ら (2005) による魚類データを相互補完すると、総計37魚種 [本調査による24種と、斉藤ら (2005) による遊泳力の高い5種、底生魚8種] が広島湾のカキ筏に出現する魚類として記録されたことになる。この魚種数は、ガラモ場での潜水センサスにより記録された50-53魚種 (清水ら, 2010; 河合ら, 2013), さらに安芸灘北部のアマモ・ガラモ混成藻場での曳網調査により記録された42魚種 (Kamimura & Shoji, 2009) に並ぶ値である。カキ筏の魚礁としての蠕集効果は、その出現魚種数を見る限り、瀬戸内海の自然沿岸環境に匹敵する多様度に富んだ魚類群集を生み出しうるものと考えられる。

また、8月と10月ともに、カキの実りの高い late 筏は、カキの生育過程にある early 筏よりも有意に多い魚種数 (species number) を記録した (2標本t検定, 8月,  $t=6.1$ , 10月,  $t=4.2$ , いずれも  $df=8$ ,  $P<0.01$ ; Table 1)。魚類個体数 (abundance = 生息密度) についても、8月10月ともに late 筏が有意に高い値を記録した (2標本t検定, 8月,  $t=4.8$ , 10月,  $t=3.5$ , いずれも  $df=8$ ,  $P<0.01$ ; Table 1)。マガキの成育に伴い、魚類の餌となるさ

まざまな付着生物を育むこと、また小型魚類にとってシェルターとなる空間が生み出されることによって、魚種多様性と高い生息密度がもたらされたものと思われる。係留期間の長いカキ筏を有効に活用することで、広島湾の魚類生産に貢献する魚礁効果が期待できるかもしれない。

### カキ筏の水底環境と出現魚種

水深24mの水底には、カキ殻やワイヤーなどが高さ1mほどの規模で山積していた (Fig. 2F)。その構造物上にカサゴ *Sebastiscus marmoratus* が定位し、周囲にメバルが遊泳静止していた。また、ホシササノハベラ *Pseudolabrus sieboldi* が構造物の間隙を自由に遊泳する姿が確認された。調査地周辺の水底は泥質であったため、本来は岩場環境に分布・生息するカサゴとホシササノハベラの2種 (坂井ら, 2010) が確認できたのは予想外であった。この筏では垂下されたカキは水深約10mで終わり、それ以深の水底までの水塊中に魚類はまったくみられなかった。それゆえに、カキ筏由来の水底堆積物の効果によって、岩礁を好む魚類 [小川 (1984) のⅡ型あるいはⅢ型タイプ魚種] の生息環境が創出されたものと推察される。水上での作業中に意図せず落下したものが堆積構造物の由来と推察されたが、魚類の生息密度の低い沖合の泥場にカキ筏が設置されることによって、カキ垂下連のある水深層だけでなく底層を含めた垂直的な魚類の生息が可能となっている。より環境負荷の少ない水底構造を計画的に創出することにより、さらなる魚礁効果の向上も期待しうる。

### アイゴの秋期出現について

アイゴ *Siganus fuscescens* は、8月の調査時にはみられず、10月に目立った個体数で出現した (Table 1)。全長10-15cmの個体からなる群れが、ウミタナゴ類と随伴するような形で盛んに摂餌を行っていた (Fig. 2G)。アイゴは藻類食の魚であり、日本海では藻場を消滅させる磯焼けを引き起こしている (藤田ら, 2006)。広島湾ではアイゴは幼魚の群れが夏期から出現し、冬期になると移動消失するが (河合ら, 2013)、瀬戸内海の冬期の水温が上昇傾向にあることから (樽谷, 2007)、同種の周年出現による藻場への悪影響が危惧されている (重田, 2008; 坂井ら, 2010)。今回の10月調査における出現頻度データは、高水温期に侵入したアイゴの摂餌場所およびシェルターとしてカキ筏が機能し、同種の生育・生残に貢献している可能性を示唆する。また、南方水域を主要分布域とするイシガキダイ *Oplegnathus punctatus* も10月調査時に確認された (Table 1)。他水域から広島湾に入り込んで来た魚類が、沖合に存在する豊かな餌場あるいは隠れ家としてカキ筏環境を利用することは十分に考えられる。南方系魚種の急増など異変の注視に、カキ筏をベースとした定期的な調査が有効かもしれない。

## 謝 辞

広島大学大学院生物圏科学研究科の大学院生であった坪井美由紀、日高研人、多田篤司の各氏には調査作業員としてデータ獲得にご協力頂いた。増井義也氏 (Blue7c) には潜水作業の補助として安全確保におけるご尽力を賜った。また、圓山晴信氏には、カキ筏へのアクセスを、野村健二氏 (マルケン水産) にはカキ筏での調査作業におけるご協力ご支援を賜った。越智雄一郎氏 (広島大学大学院生物圏科学研究科) には、船上からの調査作業の補助を担って頂いた。本プロジェクトをご提案下さった江田島市には、調査水域を管轄する漁協への事前告知など、多大なご協力を頂いた。広島大学大学院生物圏科学研究科の斉藤英俊准教授には本論文のご校閲および本研究への貴重なご意見を賜った。これらの方々はこの場を借りて深く感謝の意を表する。

本研究は平成23年度広島大学地域連携推進研究事業の支援を受け、プロジェクト「魚類によるカキならびにアサリの食害防除に関する生物学的研究」の一環として実施した。

## 引用文献

- 荒川好満. 1985. 食用カキ—移植にともなう付着動物の侵入. 「日本の海洋生物 侵略と攪乱の生態学」(沖山宗雄・鈴木克美編) 東海大学出版会, 東京: 69-78.
- 藤田大介・野田幹雄・桑原久実. 2006. 海藻を食べる魚たち—生態から利用まで. 成山堂書店, 東京.
- 広島県環境県民局環境部環境政策課. 2009. 平成20年度広島県内における温暖化調査結果. 広島県.
- 井上 実. 1978. 魚の行動と漁法. 恒星社厚生閣, 東京.
- Kamimura, Y., Shoji, J., 2009. Seasonal changes in the fish assemblage in a mixed vegetation area of seagrass and macroalgae in the central Seto Inland Sea. *Aquaculture Sci.* **57**: 233-241.
- 河合佑樹・坂井陽一・橋本博明. 2013. 広島湾と安芸灘の境界に位置する鹿島における浅海魚類相—潜水センサス法による魚種組成の周年変化の調査. *広島大学総合博物館研究報告*, **5**: 39-45.
- 木村知博・兼保忠之. 2003. 広島かきの養殖—主として昭和の発展と問題. 広島かき生産者協同組合, 広島.
- 樽谷賢治. 2007. 瀬戸内海の環境の30年間の変化—水産の環境モニタリング“浅海定線観測調査”のとりまとめ. *日本ベントス学会誌*, **62**: 52-56.
- 松田 治. 2000. 21世紀のカキ養殖への提言. *水産海洋研究*, **64**: 37-38.
- 永井達樹. 2007. カキ養殖. 「瀬戸内海事典」南々社, 広島: 397-399.
- Nakabo, T. (ed.) 2002. Fishes of Japan with pictorial keys to the species, English edition, Tokai University Press, Tokyo.
- 小川良徳. 1984. 魚礁と蠣集魚. 「人工魚礁」(佐藤 修編) 恒星社厚生閣, 東京: 32-45.
- 斉藤英俊・中西夕佳里・田中亜季・河合幸一郎・今林博道・重田利拓. 2005. 魚類の採餌場所としてのカキ筏の役割. 第7回広島湾研究集会「広島湾の資源培養型漁業の現状と問題点, 将来への提言」. *水産海洋研究*, **69**: 194-197.
- 斉藤英俊・中西夕佳里・重田利拓・海野徹也・河合幸一郎・今林博道. 2008. 広島湾におけるマガキ種苗に及ぼす魚類の捕食の影響. *日本水産学会誌*, **74**: 809-815.
- 坂井陽一・越智雄一郎・坪井美由紀・門田立・清水則雄・小路淳・松本一範・馬淵浩司・国吉久人・大塚 攻・橋本博明. 2010. 瀬戸内海安芸灘の浅海魚類相—ホシササノハベラとホシノハゼの分布に注目して. *生物圏科学*, **49**: 7-20.
- Satuito Cyril Glenn・山田秀樹・大橋智志・北村 等. 2013. 長崎県諫早湾のマガキ養殖場に出現する付着汚損生物の種組成と量的変化. *Sessile Organisms*, **30**: 1-10.
- 重田利拓. 2008. 瀬戸内海の魚類に見られる異変と諸問題. *日本水産学会誌*, **74**: 868-872.
- 清水則雄・門田立・坪井美由紀・坂井陽一. 2010. 潜水センサスを用いた瀬戸内海倉橋島における浅海魚類相—出現魚種の季節的消長. *広島大学総合博物館研究報告*, **2**: 43-52.
- 海野徹也. 2010. クロダイの生物学とチヌの釣魚学, 成山堂, 東京.

## A list of fishes found on the oyster farming rafts by the underwater visual census in northern Hiroshima Bay, Seto Inland Sea, Japan

Yoichi SAKAI<sup>1)</sup>, Norio SHIMIZU<sup>2)</sup> and Tetsuya UMINO<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, Kagamiyama 1-4-4,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

<sup>2)</sup>Hiroshima University Museum, Kagamiyama 1-1-1, Higashi-Hiroshima 739-8524, Japan

### Summary

The oyster farming rafts occupy 200ha of the water surface in Hiroshima Bay. Each floating raft (ca. 11m wide x 26m long) hangs a total of 600 wires (ca. 10m depth) each attaching 40 oysters' collectors, providing a complex underwater structure. Though the raft structure has been suggested to provide nursery habitats for fishes, information of fishes found around the oyster raft has been very limited hitherto. In order to obtain data of the species composition and the abundance of fishes occurring on the raft structure, we conducted visual census at off Eta-shima Island, northern Hiroshima Bay, during the daytime on August 5 and October 3, 2011. The collectors were dropped in 0-15m depth from floating rafts. Five observers swam for 52m along the outer edge of the raft in 5-9m depth, with recording fish species and individual numbers occurring within the structure (ca. 100min observation for each raft). The underwater survey was conducted for two types of the rafts in each survey month; a raft with well-grown oysters after overwintering (called the late raft) and one with oyster spats (called the early raft). A total of 24 fish species (16 families) were confirmed and almost of them (23 species) have ever been known as occurring on rocky reefs in Hiroshima Bay. Four fishes, a sparid *Acanthopagrus schlegelii*, a gobiid *Tridentiger trigonocephalus*, monacanthids *Rudarius ercodes* and *Stephanolepis cirrifer*, commonly occurred in all four surveyed rafts, suggesting their high abilities in fitting for the environmental conditions of the oyster rafts. The late rafts maintained significantly higher values both in mean fish species numbers and in mean fish abundance than the early rafts, implying that the environmental conditions would become attractive for fishes as a nursery habitat in accordance with the growth of oysters mooring for longer periods.

**Key words:** abundance, fishes, Hiroshima Bay, oyster raft, species composition, underwater census