

---

---

# 福岡県水産海洋技術センター研究報告

---

---

第 3 4 号

BULLETIN  
OF  
FUKUOKA FISHERIES AND MARINE TECHNOLOGY RESEARCH CENTER  
No. 34

福岡県水産海洋技術センター

2024年3月

# 目 次

## [研究報告]

1. 福岡県有明海におけるリシケタイラギの母貝育成場造成に向けた検討  
江崎 恭志・佐藤 尊明・合戸 賢利 ..... 1
2. KHV 病既発生河川におけるコイ放流再開の可能性について  
兒玉 昂幸・松本 昌大・伊藤 輝昭・中本 崇 ..... 11
3. 近年のノリ養殖環境と生産枚数の関係  
古賀 まりの・徳田 眞孝・藤井 直幹 ..... 19
4. 筑前海区いかかご漁業におけるコウイカ漁獲実態と系群診断  
金澤 孝弘 ..... 29

# 福岡県有明海におけるリシケタイラギの 母貝育成場造成に向けた検討

江崎 恭志・佐藤 尊明・合戸 賢利<sup>a</sup>  
(有明海研究所)

現在、本県が取り組んでいる有明海のタイラギ資源回復対策である母貝育成場造成事業について、中間育成および母貝育成の適正条件を既報により報告した。しかし、中間育成における適正収容密度や、母貝育成における親貝（大型貝）までの生残に向けた育成方法や育成条件については、未解決の問題が残されている。また、母貝育成場造成事業を運営する上では、中間育成場である港内静穏域のスペースや、母貝育成場における作業性も考慮しながら、効率的に実施していく必要がある。

そこで本研究では、育成条件のさらなる適正化を目的として、種々の条件の組み合わせによる育成試験を行った。その結果、中間育成における収容密度は16,000個/㎡までであれば生残に大きな支障はないものの、それを超えると生残率の大幅な低下を招くことがわかった。また、母貝育成における満1歳～満2歳産卵期の育成場所は、生残は港内静穏域、成長は沖合域がそれぞれ良好であったが、港内静穏域ではカゴの定期的な洗浄を行うことで成長が良くなったことから、当該期間の育成場所としては港内静穏域がより適当であることがわかった。以上の結果と既往知見を合わせ、母貝育成場造成事業の効率的運営に向けた適正なスケジュールを提案した。

キーワード：有明海、リシケタイラギ、母貝育成場造成、中間育成、母貝育成

有明海で漁獲されるタイラギ類は、漁業者の間で「ケン」と呼称される殻に鱗状の突起を持つリシケタイラギ (*Atrina pectinata lischkeana*) と、「ズベ」と呼称される鱗状突起を持たないタイラギ (*Atrina pectinata japonica*) の2種である。今回の報告では、潜水器漁業において漁獲対象として重要なリシケタイラギ（以下、「タイラギ」とする）について報告を行う。

有明海における潜水器漁業は1920年代から営まれ<sup>1)</sup>、タイラギ漁は冬季の重要な漁業であった。しかし2000年代に入ってその資源量は大きく減少<sup>2-4)</sup>、潜水器漁業は2012年以降12年連続の休漁を余儀なくされ<sup>5)</sup>ている。

タイラギの減耗要因としては、餌料不足<sup>2)</sup>、貧酸素<sup>2)</sup>、浮泥の堆積<sup>5)</sup>、底質中の硫化物<sup>6)</sup>、疾病<sup>7)</sup>、寄生虫（条虫）の関与<sup>8)</sup>、ナルトビエイによる食害<sup>9-11)</sup>等が指摘されているが、未だに特定されるには至っていない。

本県では2018年より、タイラギ資源回復対策として、種苗生産、中間育成および母貝育成場造成に取り組む中で、生残率の向上を目的として技術開発を図ってきた。こ

れまでの研究で、中間育成では港内静穏域にカゴを垂下し、浮泥や食害生物の除去等の管理を施すことで生残率の向上が図られること、また母貝育成では沖合域の海底にカゴを設置する育成方式を活用、移殖することで満1歳産卵後まで4～6割程度生残することがわかっている<sup>12)</sup>。

しかし、今後、母貝育成場造成の規模を拡大していく上では、中間育成では港内のスペースの制約上、より高密度の条件下で一定程度の生残を維持することが必要となる。また、母貝育成では産卵数の多い満2歳までの生残率が低く、母貝育成場としての機能はまだまだ不十分である。タイラギ資源回復の取り組みを効率的に推進するためには、これらの生育段階における生残率の向上が課題である。

そこで本研究では、中間育成および母貝育成における生残率向上のため、種々の条件による育成試験を行った。

## 方 法

### 1. 中間育成試験

a 現所属：水産振興課

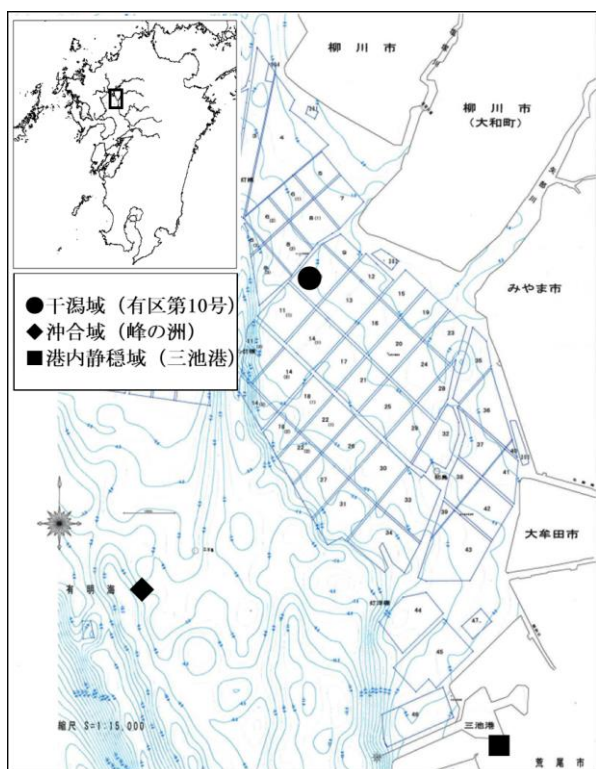


図1 中間育成および母貝育成試験場所の位置図

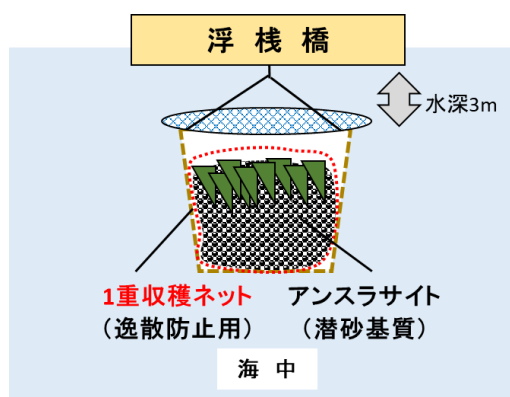


図2 中間育成カゴの模式図

中間育成における収容密度の上限を把握するため、港内静穏域（三池港 DL:5m）において（図1），丸形収穫カゴ（アロン化成（株）製 底面直径 32 cm。以下、「育成カゴ」とする）による育成試験を行った。

試験には、2022年6月に福岡県水産海洋技術センター（福岡市西区）で種苗生産した平均殻長 10mm の人工種苗を用いた。

収容密度は、他海区の知見で適正とされる 8,000 個/m<sup>2</sup><sup>13)</sup> の2倍である 16,000 個/m<sup>2</sup>（以下、「低密度」とする），32,000 個/m<sup>2</sup>（以下、「中密度」とする），

表1 母貝育成試験の条件および各育成場所の特性  
(管理手法・育成場所の選定)

育成場所	育成場所の特性		管理手法	
	場所の制約	管理労力	密度調整	基質洗浄
沖合域 (上架式)	なし	大 ・潜水が必要 ・海況の制約 (波浪・濁り)	500個/m <sup>2</sup>	なし
			250個/m <sup>2</sup>	あり
港内静穏域 (垂下式)	あり	小	500個/m <sup>2</sup>	あり
干潟域 (埋設式)	なし	中 ・埋設が必要 ・潮位の制約	500個/m <sup>2</sup>	あり

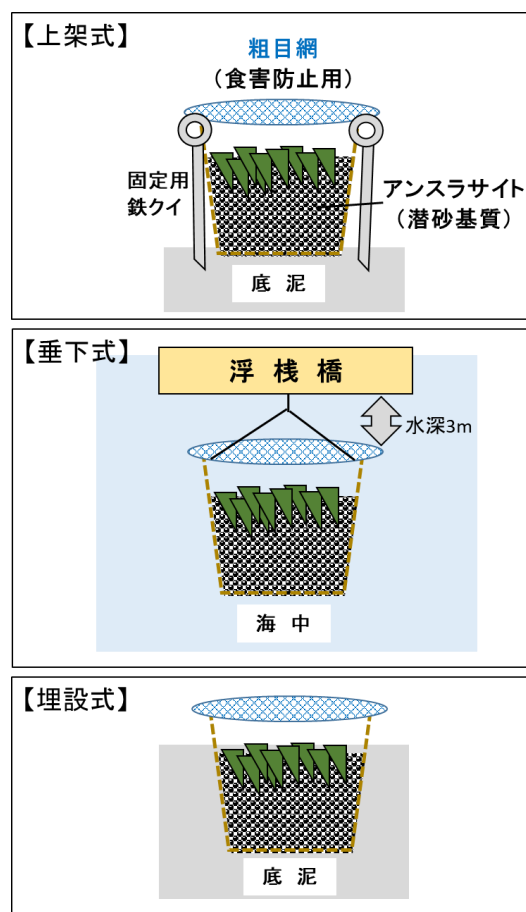


図3 母貝育成カゴの模式図

64,000 個/m<sup>2</sup>（以下、「高密度」とする）の3段階とし、試験区を設定した。また、各試験区の育成カゴの数は、各条件とも3個とした。

育成方式（図2）は、港内に既設の浮棧橋から水深 3 mに垂下した。育成カゴの仕様は、稚貝を潜砂基質（粒

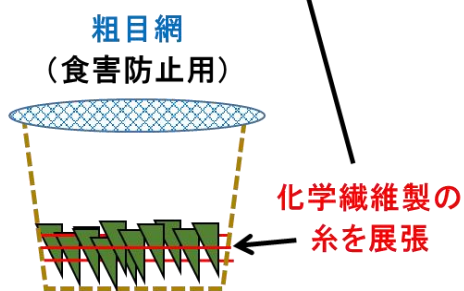
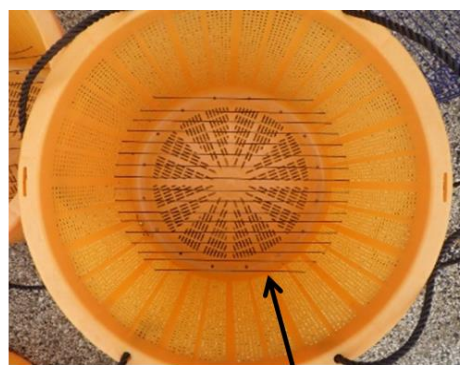


図4 新方式母貝育成カゴの模式図

径約 2mm のアンスラサイト) とともに逸散防止用の 1 重収穫ネット (目合 2mm) に入れ育成カゴに收容, さらに食害防止のため育成カゴ上面に粗目網 (目合 6mm) による保護を施した。また育成期間中の管理として, 2 週間に 1 回程度, 収穫ネット内の基質表面に堆積, 付着した浮泥, 食害生物等を, 漁船搭載の海水ポンプを用いて, 現場海水で洗い流し除去した。

育成は 2022 年 8 月 24 日～10 月 28 日に実施した。

試験終了時にすべての個体を取り上げ, 生残貝の計数を行うとともに殻長を測定し, 試験区ごとに, 生残率および平均殻長の比較を行うとともに, 検定 (t 検定) を行った。

## 2. 母貝育成試験 (満 1 歳～満 2 歳産卵期)

### (1) 管理手法・育成場所の選定

満 1 歳～満 2 歳産卵の期間における育成に適した管理手法および場所を把握するため, 母貝育成場である沖合域 (峰の洲 DL:5m), 港内静穏域 (三池港 DL:5m) および干潟域 (有区 10 号 DL:0m) において (図 1), 育成カゴによる育成試験を行った。試験の条件および各育成場所の特性を表 1 に示した。各試験区の育成カゴの数は, 各条件とも 3 個とした。

試験には, 2020 年 6 月に福岡県水産海洋技術センターで種苗生産し, 9 月から三池港で中間育成ののち, 2021 年 3 月に母貝育成場に移殖, 満 1 歳産卵後の 11 月まで育成した平均殻長 14cm の人工母貝を用いた。

收容密度は 500 個/㎡とした。ただし, 管理手法とし



図5 育成ネット (母貝育成)

での密度調整の効果検証のため, 沖合域については 250 個/㎡の条件も併せて設定した。

育成方式は, 沖合域は海底上に育成カゴを設置した上架式, 港内静穏域は上記中間育成試験と同じ垂下式, 干潟域は埋設式とした。育成カゴの仕様は, 母貝を潜砂基質 (粒径約 2mm のアンスラサイト) とともに育成カゴに收容, さらに食害防止のため育成カゴ上面に粗目網 (目合 12mm) による保護を施した (図 3)。ただし, 管理手法としての基質洗浄の効果検証のため, 沖合域については試験開始時まで育成に用いていた浮泥等が堆積した育成カゴをそのまま用いる条件 (以下, 「基質洗浄なし」とする) も併せて設定した。

育成期間中, 浮泥の除去等の管理は行わなかった。

育成期間は, 沖合域は 2021 年 11 月 18 日～2022 年 5 月 24 日, 港内静穏域は 2021 年 11 月 5 日～2022 年 5 月 18 日, 干潟域は 12 月 6 日～6 月 14 日とした。

試験終了時にすべての個体を取り上げ, 生残貝の計数を行うとともに殻長を測定し, 試験区ごとに, 生残率および平均殻長の比較を行うとともに, 検定 (t 検定) を行った。また併せて, 育成カゴ内部に堆積した浮泥の堆積厚を測定した。

### (2) 育成場所ごとの育成方式・管理手法の改良

上記試験 (1) の結果, 最も成長の良かった沖合域および最も生残の良かった港内静穏沖について, 沖合域においては生残率の向上, 港内静穏域においては成長の促進のための育成方式, 管理手法の改良を目的として, 試験 (1) と同じく満 1 歳～満 2 歳産卵の期間, 育成カゴおよび 3 段ポケットネット ((株)西海養殖技研製 73cm ×52cm 0.5 分メッシュ。以下, 「育成ネット」とす

る)による育成試験を行った。各試験区の育成カゴの数は、各条件とも3個とした。

### 1) 沖合域における生残率向上

沖合域での育成では、母貝場の水深が深いため懸濁した浮泥が育成カゴ内部に多く堆積する。そこで、従来使用してきた、潜砂基質にアンスラサイトを用いた方式(試験(1)に同じ。以下、「従来方式」とする)から育成カゴの仕様を変更し(以下、「新方式」とする)、その効果について検討した。新方式は、潜砂基質に代えて育成カゴの底面近くに水平方向に化学繊維製の糸を展張、これにタイラギの殻頂付近を挟み込み貝同士が相互に支え合うことで貝の立位を確保するとともに、堆積した浮泥が吸水口に達するのを回避することを図った(図4)。育成期間中、浮泥除去等の管理は行わなかった。

試験には、2021年6月に福岡県水産海洋技術センターで種苗生産し、9月から三池港で中間育成ののち、12月に母貝育成場に移植、満1年産卵後の2022年11月まで育成した平均殻長14cmの人工母貝を用いた。

収容密度は、試験終了時に貝の成長に伴い育成カゴ内部が過密とならない程度として750個/m<sup>2</sup>とし、2022年11月11日から2023年5月22日まで育成した。

試験終了時にすべての個体を取り上げ、生残貝の計数を行うとともに殻長を測定し、試験区ごとに、生残率および平均殻長の比較を行うとともに、検定(t検定)を行った。

### 2) 港内静穏域における成長促進

港内静穏域での育成では、育成カゴの垂下水深が浅いことから、育成カゴにフジツボ類、海藻等の付着生物による目詰まりが発生しやすく、カゴ内外の海水交換が悪化する恐れがある。そこで、育成期間を通じて育成カゴの定期的な洗浄を行い、その効果について検討した。育成カゴ洗浄は、毎月2回の頻度で、漁船搭載の海水ポンプを用いて現場海水で洗い流すことにより行った(以下、「洗浄区(無洗浄区)」とする)。育成方式は、試験1)の従来方式、新方式による育成カゴに加え、海中育成ネット(図5)も併せて用いた。

試験には、2021年6月に福岡県水産海洋技術センターで種苗生産し、9月から三池港で中間育成ののち、12月に母貝育成場に移植、満1歳産卵後の2022年11月まで育成した平均殻長14cmの人工母貝を用いた。

収容密度は750個/m<sup>2</sup>とし、2022年11月30日から2023年6月8日まで育成した。

試験終了時にすべての個体を取り上げ、生残貝の計数を行うとともに殻長を測定し、試験区ごとに、生残率および平均体長の比較を行うとともに、検定(t検定・2

要因の分散分析)を行った。

## 結 果

### 1. 中間育成試験

試験終了時の生残率と殻長を図6に示した。

生残率は、平均で低密度は52.3%、中密度は23.7%、高密度は13.8%と、密度が上がるに連れて低下した(5%有意水準)。

平均殻長は、低密度は39.7mm、中密度は36.6mm、高密度は38.4mmと、収容密度による有意差は見られなかった。

### 2. 母貝育成試験(満1歳~満2歳産卵期)

#### (1) 管理手法・育成場所の選定

試験終了時の生残率と殻長を図7に、浮泥堆積厚を表2に、育成カゴの状況を図8に、それぞれ示した。沖合域および干潟域では育成カゴ内部に相当程度の浮泥の堆積が、また港内静穏域ではフジツボ類や海藻等の付着生物による目詰まりが見られた。

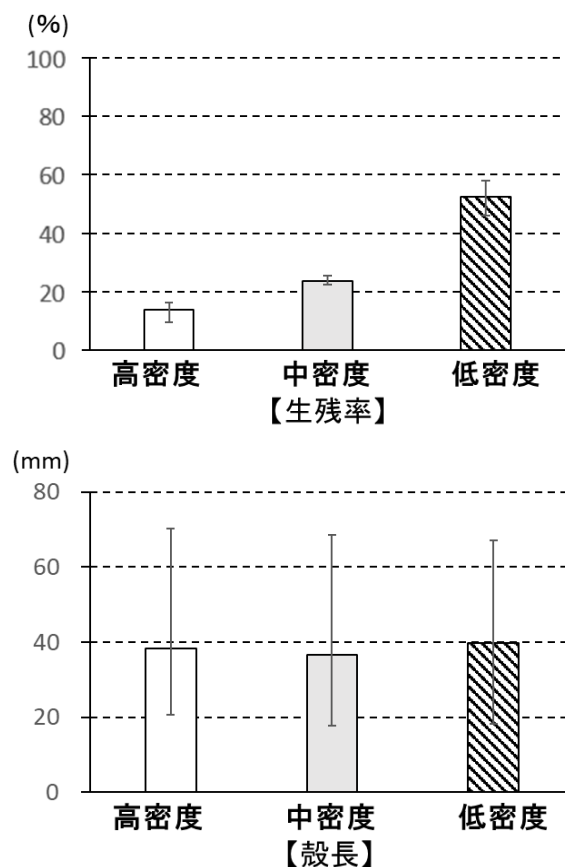


図6 中間育成試験終了時の生残率と平均殻長(収容密度別)



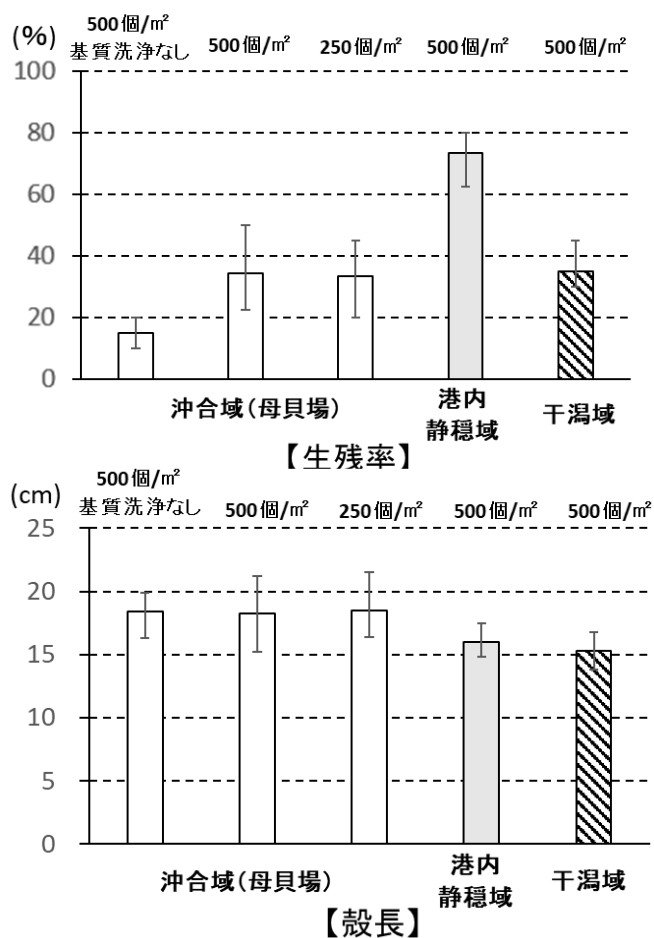


図7 母貝育成試験終了時の生残率と平均殻長（管理手法・育成場所別）

表2 母貝育成試験終了時の浮泥堆積厚（管理手法・育成場所別）

育成場所	浮泥堆積厚 (mm)	
沖合域	基質洗浄なし	38.2
	基質洗浄あり	25.4
港内静穏域	15.9	
干潟域	31.8	

生残率は、管理手法別では、沖合域の 500 個/m<sup>2</sup>は基質洗浄ありが34.2%だったのに対し、基質洗浄なしでは15.0%と低かった（1%有意水準）。また密度調整については、沖合域の 250 個/m<sup>2</sup>は 33.3%であり、500 個/m<sup>2</sup>と同等となった。育成場所別では、港内静穏域が 73.3%と最も生残率が高かった（1%有意水準）。

平均殻長は、沖合域の管理手法別では有意差が見られなかった。育成場所別では、沖合域の 500 個/m<sup>2</sup>は 18.3cm、港内静穏域は 16.0cm、干潟域は 15.3cm と、沖合域で最も成長が良好だった（1%有意水準）。



図8 母貝育成試験終了時の育成カゴの状況（管理手法・育成場所別）

上：沖合域 中：港内静穏域 下：干潟域

## （2）育成場所ごとの育成方式・管理手法の改良

### 1) 沖合域における生残率向上

試験終了時の生残率と殻長を図9に示した。

生残率の平均でみると、従来方式で47.8%だったのに対し、新方式は54.4%と高かったが、有意差は見られなかった。

平均殻長では、従来方式で18.3cmだったのに対し、新方式は18.1cmと、有意差は見られなかった。

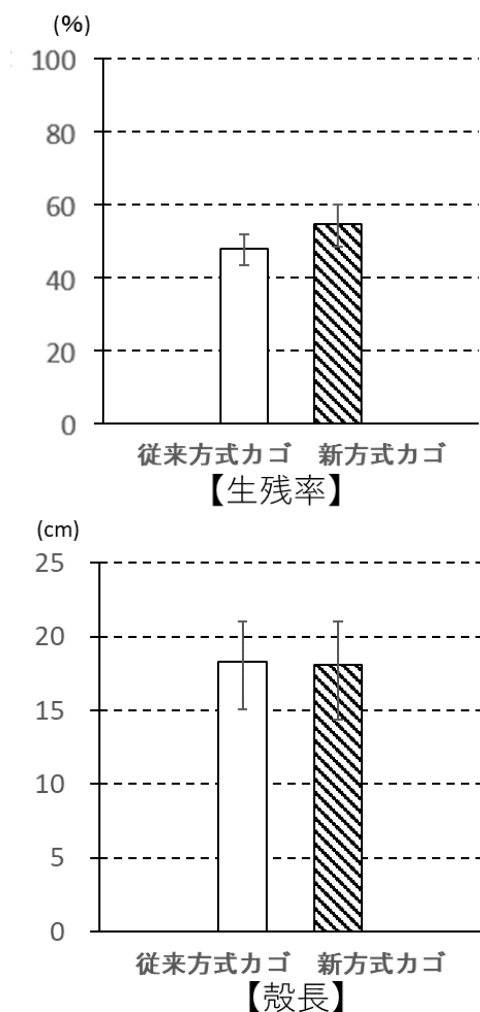


図9 母貝育成試験終了時の生残率と平均殻長  
(沖合域における育成方式別)

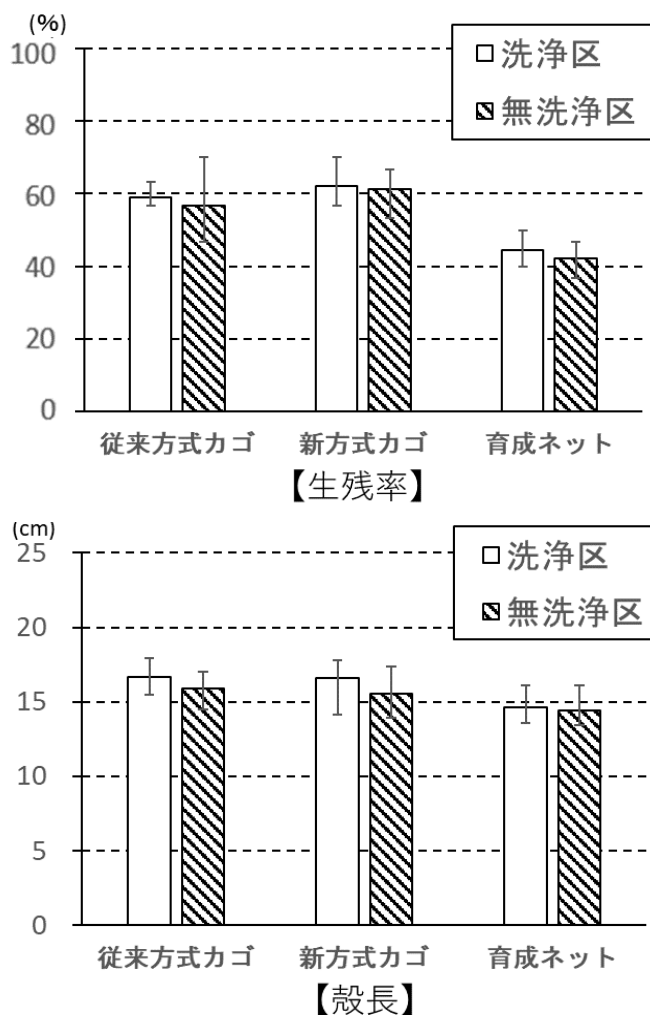


図10 母貝育成試験終了時の生残率と平均殻長  
(港内静穏域における育成方式・管理手法別)

## 2) 港内静穏域における成長促進

試験終了時の生残率と殻長を図10に示した。

生残率の平均で見ると、洗浄区は、従来方式、新方式、育成ネットでそれぞれ58.9%、62.6%、44.4%だったのに対し、無洗浄区は、各区で56.7%、61.1%、42.2%となり、洗浄区と無洗浄区の間で有意差は見られなかった。育成方式別に生残率の平均で見ると、同じ育成カゴによる新方式と従来方式の間では有意差は見られず、育成カゴと育成ネットで比較したところ、育成カゴの方が成長が良く、有意差が見られた(1%有意水準)。

平均殻長では、洗浄区は、従来方式、新方式、育成ネットの区では、それぞれ16.7cm、16.6cm、14.6cmであったのに対し、無洗浄区では、各区で15.9cm、15.5cm、14.4cmとなり、洗浄区が無洗浄区よりも成長が良く、有意差がみられた(1%有意水準)。育成方式別で見ると、同じ育成カゴによる新方式と従来方式の間では有意差は見られず、育成カゴと育成ネットで比較したところ、育成カゴの成長が良く、有意差が見られた(1%

有意水準)。

## 考 察

### 1. 中間育成試験

タイラギ稚貝の中間育成は、内湾の静穏域で、育成カゴを用いた垂下飼育により行われることが多い<sup>14)15)</sup>が、本県有明海は干満の差が大きく潮流が速いこと、またノリ養殖業との漁業調整上の理由から、干潟域および沖合域に、垂下施設を設置することは困難である。筆者は垂下飼育の代替として、既報<sup>12)</sup>により干潟域および沖合域における海底での中間育成の可能性について検討したが、双方とも生残率が著しく低い結果となったことから、本県有明海における中間育成は三池港内の静穏域で行うことが適当であると明らかになった。

ただし三池港においても、港湾管理上の観点から、垂下施設の規模は自ずと限定されるため、母貝育成場造成事業の将来の規模拡大を念頭に置けば、なるべく集約的



な高い収容密度条件下での育成が必要となる。筆者は既報<sup>12)</sup>により三池港での中間育成の適正密度について検討し、他海区の知見で適正とされる 8,000 個/m<sup>2</sup><sup>13)</sup>の 2 倍にあたる 16,000 個/m<sup>2</sup>で試験を行ったところ、生残率に有意な差はみられなかった。そこで本研究では、16,000 個/m<sup>2</sup>を超える高い密度での育成の可能性について検討した。しかし、16,000 個/m<sup>2</sup>を超える中密度、高密度の試験区では生残率が大きく低下し、結果的に育成カゴ 1 個当たりの生残数はいずれの密度でも低密度と同等程度に留まった。このことから、三池港における中間育成の収容密度は、16,000 個/m<sup>2</sup>までであれば生残に大きな支障はないものと推察される。

## 2. 母貝育成試験（満 1 歳～満 2 歳産卵期）

### （1）管理手法・育成場所の選定

有明海産タイラギの産卵は 6～8 月<sup>16) 17)</sup>に行われる。本県の母貝育成場において、生残数の推移をみると、満 1 歳産卵期までは、移殖数に対して 8～9 割程度が生残しているものの、満 2 歳産卵期までに、約 1 割に減耗する<sup>18)</sup>ことが分かっている。また、本県母貝育成場に移殖したタイラギ母貝の平均殻長は、満 1 歳で約 10～11cm、満 2 歳で約 17～18cm<sup>18)</sup>と、1 年間成長した後の殻長には大きな差がある。また、（旧）西海区水産研究所（（現）水産技術研究所長崎庁舎（長崎市））および（旧）瀬戸内海区水産研究所（（現）水産技術研究所百島庁舎）が実施した、満 2 歳以上の個体を用いた採卵試験では、雌 1 個体当たり数千万粒単位で産卵している<sup>19)</sup>など、タイラギの満 2 歳以上の親貝の産卵数は多く、満 2 歳以上の母貝による資源増殖効果は高いと考えられる。すなわち、満 2 歳産卵期まで高い生残率を維持するための技術開発が、母貝育成場造成事業を効率的に運営していく上で重要であると言えよう。このことから、本研究では満 1 歳産卵後～満 2 歳産卵前の期間における育成条件について検討した。

母貝育成については、（旧）西海区水産研究所が 2007 年に有明海で平均殻長 160mm まで成長させた事例<sup>20)</sup>をはじめ、各地で試験が行われてきた。これらの育成方式は、中間育成同様の育成カゴや、育成ネットによる垂下飼育である<sup>13)</sup>が、本県有明海では前述の理由により垂下飼育による母貝育成場の造成が困難である。筆者は既報<sup>12)</sup>により、沖合域海底において育成カゴを用いて満 1 歳産卵後までの育成を試み、移殖数に対し 4～6 割程度生残させることが可能となっている。

この育成方式では、満 1 歳産卵期を経た秋季には、貝の成長に伴い育成カゴ内部が過密となり、かつ浮泥が厚く堆積することがわかっている<sup>12)</sup>。その対策として、

一度育成カゴを回収し、必要に応じて収容密度を調整するとともに基質を洗浄するといった管理を実施することが考えられる。またその後の満 2 歳産卵期までの間、沖合域よりも生残・成長が良好な場所があれば、新たな設置場所とすることも考えられる。よって本研究では、密度調整や基質洗浄等の管理手法、沖合域や港内静穏域および干潟域等の育成場所等の諸条件について検討した。

その結果、まず管理手法別でみると、満 1 歳産卵後にそれまで育成した潜砂基質を洗浄せずに育成を継続した場合では、生残率が低下していたが、これは浮泥堆積の影響によるものと考えられる。塚本ら<sup>5)</sup>は、有明海産タイラギに対する室内実験による浮泥の暴露試験を行い、貝の潜砂状態を観察したところ、堆積する浮泥表面まで殻の上端が達するように潜砂深度を変化させ呼吸孔を確保していること、またそのような行動が取れなかった個体は浮泥が殻孔内に侵入した状態で死亡していることを確認した。また杉野ら<sup>6)</sup>は、本県有明海の天然タイラギの分布と底質との関係から、ほとんどタイラギの息が見られない不適条件として、浮泥堆積厚 20mm 超としている。本研究の育成期間の直近である 2021 年 11 月において、育成場所である峰の洲の海底における浮泥堆積厚は 4mm であり、本県有明海沖合域の中では平均 (2.9mm) よりはやや多い程度であった<sup>21)</sup>。このことから、沖合域の場所自体は浮泥堆積の観点からは不適条件ではなかったと考えられる。しかしながら、基質洗浄をしなかった場合、試験終了後の育成カゴ内部には他の試験区よりも厚く浮泥が堆積していたことから、長期間にわたり基質洗浄を行わなかったことが生残率に影響したものと推察される。

同じく、収容密度についてみると、密度を半分に減らした場合でも、生残、成長への影響は見られなかった。すなわち、本研究で設定した密度条件の範囲では、過密育成による悪影響は窺えなかったことから、作業効率や資材経費の制約を考慮すると、500 個/m<sup>2</sup>程度の密度での育成でも支障ないものと考えられる。

育成場所別では、本研究の結果から、生残については港内静穏域が、成長については沖合域が、それぞれ最も適していると考えられる。筆者は既報<sup>12)</sup>により、沖合域・港内静穏域・干潟域において、12 月に殻長約 4cm の 0 歳貝を翌年 4 月まで約 4 ヶ月間育成し、この期間における育成適地について検討したが、生残、成長とも沖合域が港内静穏域よりも良好だった。すなわち生残については本研究における 1 歳貝とは反する結果であった。このような結果となった要因は不明であるものの、0 歳貝と 1 歳貝で周辺の底質環境から受ける影響の度合いが異なっている可能性が考えられる。0 歳貝では生残・成

長ともに良好だったことから、沖合域の場所自体のタイラギ母貝育成場としての適性は高いと推察されるが、沖合域で定期的な浮泥の除去といった管理作業を行うには潜水が必要となり、特に冬季には時化に伴う波浪、濁りの影響により作業が困難となる場合が多い。そこで今後は、管理作業の省力化を目的とした育成方式の改良が、1歳貝の生残率の向上に繋がるものと期待される。

港内静穏域は、筆者による前述の0歳貝育成試験<sup>12)</sup>と同様、沖合域に比べ成長が悪かった。この要因も推測の域を出ないが、付着生物による目詰まりが育成カゴ内外の海水交換に悪影響を及ぼし、結果として餌料不足となった可能性がある。しかし、港内静穏域での育成は浮桟橋からの垂下式であるため潜水を要さず、冬季にも時化に伴う波浪や濁りの影響を受けずに管理作業を行うことが可能という利点がある。そこで今後は、定期的なカゴ洗浄を行うことにより、1歳貝の生残率の向上を見込むことができるものと思われる。

干潟域は、生残、成長とも沖合域・港内静穏域を上回ることにはなかった。干潟域は港内静穏域と異なり場所の制約がなく、かつ沖合域と異なり管理作業に潜水を要さないという利点があるものの、育成カゴを埋設する労力や作業に潮位の制約を受けるといった欠点もあることから、本研究の育成試験の結果も考慮すると、この期間の育成場所としての適性は低いものと考えられる。

## (2) 育成場所ごとの育成方式・管理手法の改良

### 1) 沖合域における生残率向上

沖合域は、生残、成長とも、新方式は従来方式と同等の結果となったことから、育成方式として新方式の方が優れているとは言えない。しかし、新方式の利点として、潜砂基質であるアンスラサイトを使用しないことで、資材購入に要する経費のほか、労力を軽減できる点が挙げられる。タイラギの満2歳以上の大型貝が潜砂しうる20cm厚を確保可能なアンスラサイトの重量はカゴ1個当たり11.5kgであり、これを使用しないことによる軽量化は移殖、管理、回収作業に伴う関係漁業者の身体的労力の軽減に大きく資すると考えられる。本研究の結果では、新方式が従来方式に生残、成長において劣ってはいなかったことから、今後は満1歳産卵後以降の殻長概ね14cm以上の貝については、新方式による育成を進めていくことが適当であろう。

### 2) 港内静穏域における成長促進

港内静穏域は、育成カゴ洗浄を行った場合には成長が良好になっており、育成カゴ洗浄が成長の促進に寄与したのと考えられる。上記試験(1)のとおり、港内静穏域は沖合域よりも生残では優れるものの、成長が悪か

った。しかし、育成カゴの洗浄作業を行うことで、より成長の促進も見込めることから、この期間の育成場所は、港内静穏域が沖合域よりも適当であると考えられる。ただし、港内のスペースの制約上、母貝の数量によっては全数を収容できない可能性もあり、そのような場合は、引き続き沖合域の母貝育成場を活用することも改善の選択肢となるだろう。

育成方式については、生残、成長とも育成カゴが育成ネットよりも良好であり、他海区および既報<sup>12)</sup>における若齢貝での試験<sup>13)</sup>でも同様の結果になっていたことから、垂下式によるタイラギ母貝育成は育成カゴにより行うことが適当と推察される。また、育成カゴの新方式、従来方式では生残、成長とも差がなく、育成カゴの仕様は港内静穏域においては影響を及ぼさないと考えられたが、前述の試験1)の沖合域について述べたように、アンスラサイトを使用しないことによる経費、労力の軽減という観点からは、新方式育成カゴの使用は有意義と言えるだろう。

### (3) 適正な母貝育成スケジュール案

本研究および既報<sup>12)</sup>の試験結果から、母貝育成場造成の適正なスケジュールとして、以下のとおり提案する(図11)。この方法により、母貝の成育段階に応じた育成が可能となり、タイラギの母貝育成場造成事業の効率的運営に資するものと考えられる。

- ① 港内静穏域で中間育成している稚貝のうち殻長4cm程度に達したものを、11~12月より育成カゴにより沖合域の母貝育成場に順次移殖。
- ② 併行して、過年度に移殖済みの1歳以上の貝を母貝育成場から回収、密度調整、基質洗浄等の管理を施し、翌年度産卵期まで育成カゴで港内静穏域に垂下。ただし港内のスペース不足の場合は、母貝育成場に再設置も可。
- ③ 産卵期までには港内静穏域の母貝をすべて沖合の母貝育成場に再設置、放卵させるとともに豪雨に伴う塩分低下による港内での減耗を回避。

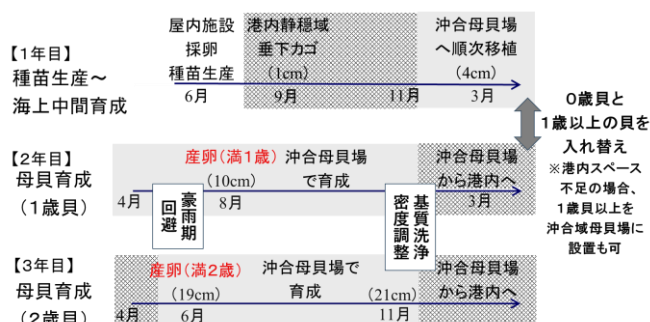


図11 母貝育成場造成の適正なスケジュール(案)

## 文 献

- 1) 山下康夫. 有明海産タイラギに関する研究－I 漁獲量変動の周期性について. 佐賀県有明水産試験場報告 1980 ; 7 : 85-88.
- 2) 松井繁明. 有明海北東部漁場におけるタイラギの資源変動. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2002 ; 12 : 29-35.
- 3) 環境省. 生物(3)有用二枚貝. 有明海・八代海等総合調査評価委員会報告 2017 ; 175-176.
- 4) 川原逸郎, 伊藤史郎. 2000年, 2001年夏季に有明海北東部漁場で発生したタイラギの斃死－I. 佐賀県有明水産試験場研究報告 2003 ; 21 : 7-13.
- 5) 塚本達也, 田中勝久, 那須博史, 松岡数充. 有明海の浮泥がタイラギに及ぼす影響. 水産増殖 2008 ; 56(3) : 335-342.
- 6) 杉野浩二郎, 吉田幹英, 山本千裕. タイラギの生息に適した底質条件の検討－タイラギの生息状況とその底質条件－. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2010 ; 20 : 53-60.
- 7) 前野幸男, 伊藤史郎, 山口敦子. 有明海におけるタイラギ大量斃死の病理学的解析. 西海区水産研究所主要研究成果集 2004 ; 7 : 14-15.
- 8) 吉田幹英, 筑紫康博, 松井繁明. 有明海におけるタイラギに寄生する条虫の幼生について－タイラギ斃死との関連について－. 福岡水産海洋技術センター研究報告 2005 ; 15 : 55-59.
- 9) 環境省. 有明海全体－有用二枚貝の減少. 有明海・八代海等総合調査評価委員会報告 2017 ; 366-376.
- 10) 川原逸郎, 伊藤史郎, 山口敦子. 有明海のタイラギ資源に及ぼすナルトビエイの影響. 佐賀県有明水産試験場研究報告 2004 ; 22 : 29-33.
- 11) 的場達人, 廣瀬道宣, 長本篤, 吉田幹英, 篠原直哉. 有明海福岡県地先におけるタイラギの斃死要因に関する研究IV. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2016 ; 26 : 1-8.
- 12) 江崎恭志, 合戸賢利. 有明海におけるリシケタイラギの中間育成および母貝育成の適正条件. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2023 ; 33 : 1-9.
- 13) 国立研究開発法人水産研究・教育機構. タイラギ種苗生産・養殖ガイドブック. 2019 ; 62-97.
- 14) 山本昌幸, 伊藤篤, 山崎英樹, 兼松正衛. 異なる基質・密度で垂下飼育したリシケタイラギ稚貝の生残率と成長率. 水産増殖 2017 ; 65(3) : 263-269.
- 15) 鈴木健吾, 塚本達也, 清水節夫, 伏屋礼子, 前野幸男. 各種の基質で垂下飼育したリシケタイラギの成長, 生残および潜行. 水産増殖 2013 ; 5(2) : 119-124.
- 16) 鈴木健吾, 塚本達也, 渡辺康憲, 興石裕一, 木元克則, 吉田幹英, 藤崎博, 藤井明彦, 那須博史, 前野幸男. 2003年から2005年までの有明海におけるたいらぎ類の浮遊幼生および稚貝の分布. 水産海洋研究 2009 ; 73(3) : 161-171.
- 17) 福元亨, 梅田智樹, 荒巻裕, 伊藤史郎. 有明海湾奥部におけるタイラギ浮遊幼生の生残に及ぼす低塩分の影響. 佐賀県有明水産振興センター研究報告 2017 ; 28 : 51-55.
- 18) 江崎恭志, 合戸賢利, 山田京平. 有明海環境改善事業(2)タイラギ調査. 令和2年度福岡水産海洋技術センター事業報告 : 234-241.
- 19) 国立研究開発法人水産研究・教育機構, 福岡県, 佐賀県, 長崎県, 熊本県. 平成29年度二枚貝資源緊急増殖対策委託事業報告書. 2018 ; 8-20.
- 20) 松山幸彦, 鈴木健吾, 伏屋玲子, 長副聡. 環境調和型タイラギ養殖技術と今後の展望. アクアネット 11月号 2009 ; 35-39.
- 21) 江崎恭志, 合戸賢利, 山田京平. 有明海環境改善事業(2)タイラギ調査. 令和4年度福岡水産海洋技術センター事業報告 2024 : 230-240.



## KHV 病既発生河川におけるコイ放流再開の可能性について

兒玉 昂幸<sup>a</sup>・松本 昌大<sup>b</sup>・伊藤 輝昭・中本 崇<sup>c</sup>  
(内水面研究所)

KHV 病既発生河川である筑後川、矢部川において調査を行った。両河川とも、無病コイを使用した河川水への暴露試験では KHV の感染は確認できなかった。ELISA 法で天然コイの抗体価を調べたところ、令和元年度、2 年度の筑後川の採捕群を除き、採捕群における抗体価は高い傾向を示した。また、PCR にて天然コイの脳と鰓における KHV 保持状況を検査すると、両河川とも、1 個体の脳で KHV が確認されたことから、小規模な KHV 病の発生が示唆された。鉄凝集法による河川水からの KHV の検出では、調査期間では河川水から KHV は検出されなかった。無病コイを使用した両河川での試験放流では、放流後の KHV 病の発生は確認できなかった。これらのことから、コイの放流を再開しても KHV 病による斃死が発生する可能性は低いと考えられたが、河川の天然コイの中では小規模の KHV の感染が発生している可能性があり、放流再開に伴うコイ資源の増加等の変化により KHV 病が大規模に発生する恐れがあるため、試験的な放流を継続し、長期的に河川状況を把握した上で判断する必要があると考えられた。

キーワード：コイ、KHV 病、放流

コイヘルペスウイルス病 (KHV 病) は平成 12 年にアメリカとイスラエルで新しいウイルス病として報告されて以降、ヨーロッパやアジアなど、各国で発生が報告され、日本では平成 15 年に霞ヶ浦で発生し、その後、全国に広がり、養殖及び天然水域の鯉へ多大な被害を及ぼした。

本県でも平成 15 年に KHV 病が食用鯉養殖場で初認<sup>1)</sup>された後、県内に広がり、主に筑後川と遠賀川流域を中心に発生域が広がった。そのため、本県では KHV 病のまん延防止ため、内水面漁場管理委員会指示により、KHV 病既発生河川からのコイの移動や KHV 病の陰性が確認されているコイ以外の放流が禁止されている。

一方、第 5 種共同漁業権でコイが設定されている河川では、資源増殖のため、放流を行う必要があるが、KHV 病に罹ったことのない KHV 病陰性コイを放流すると、免疫のないこれらのコイが KHV 病の感染源となり、新たな被害が発生する恐れがある。また、水産庁からの技術的助言により、KHV 病のまん延防止の観点から、コイについては、放流を行わなくても増殖を怠っていると認める必要はないとの見解が示されたことから、本県では漁業権者によるコイの放流が自粛されている。

しかし、漁業権者からは、河川におけるコイの資源が減少しているため、放流を再開したいという要望が上がっている。また、本県では、平成 24 年度以降、河川での KHV 病による被害が発生していない<sup>2-11)</sup>。これらのことから、本県河川におけるコイ放流再開の可能性を検討す

るため、本県の KHV 病既発生河川である筑後川と矢部川において調査を行った。

### 方 法

#### 1. KHV 無病コイの河川水への暴露

平成 30 年度から令和 5 年度にかけて、KHV 病発生時期である春期と秋期において、事前に KHV フリーであることを確認したコイを KHV 病既発生河川の河川水に暴露し、KHV に感染するかを確認した。

試験には、県内の養鯉業者や福岡県内水面漁業協同組合連合会から体長 10 cm 前後のコイを購入し、水産防疫対策要綱の病性鑑定指針記載の PCR 検査<sup>12)</sup> (以降、KHV の PCR 検査には同法を使用) にて KHV フリーを確認した後、試験に供した。PCR 検査では、DNA の抽出には DNeasy Blood&Tissue Kit (QIAGEN 社製)、DNA 増幅には TaKaRa Ex Taq Hot Start Version (タカラバイオ社製)、サーマルサイクラーには Gene Atlas G02 (astec 社製) を使用した。KHV 病既発生河川の河川水への暴露は、筑後川においては図 1 の St.1 で、矢部川においては St.2 で行った。購入したコイ 30 個体以上を、底に重りを付けた蓋つきのカゴ (三甲株式会社製、サンテナーA#50-3) に 10 個体ずつ収容し、川底から 50 cm ほど浮いた状態となるようにロープで吊るして暴露した。暴露期間は、輸出用ニシキゴイの検査法として用いられている同居法と同

a現所属：水産海洋技術センター

b現所属：水産振興課

c現所属：水資源対策課



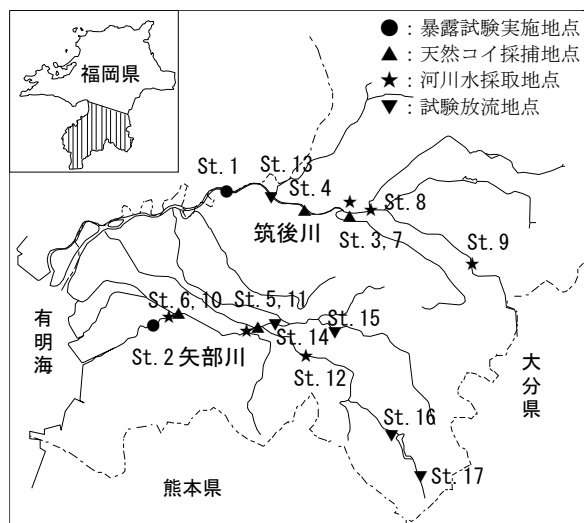


図1 各試験の実施地点

期間である21日間とし、期間中は無給餌とした。試験期間中は、水中用ペンダントロガー（Onset社製、HOBO UA-002-64）をカゴに取り付け、水温を測定した。

21日間の試験後、全試験魚の鰓を採取し、5個体/検体でPCR検査を行い、KHV陽性だった場合は1個体/検体で再検査を行った。また、試験期間中は2~3日毎にカゴの中を確認し、斃死魚がいた場合は回収し、鰓を対象にPCR検査を行った。

## 2. 天然コイにおける抗体価とKHV保持状態の把握による継続的な疾病感染状況の確認

平成30年度から令和2年度にかけて、筑後川、矢部川において採捕した天然のコイについて、鰓と脳においてKHVのPCR検査を行うとともに、血液の抗体価をELISA法にて検査することで、天然のコイが河川においてKHV病に罹患する状況にあるかを確認した。

試験で使用した天然のコイについては、群れを検査するため、同日、同箇所複数個体採捕された場合のみ使用した。筑後川では、平成30年度は図1のSt.3、令和元年度と2年度はSt.4、矢部川では、平成30年度と令和元年度はSt.5、令和2年度はSt.6で採捕した。採捕したコイからは、国立研究開発法人水産研究・教育機構が公開している方法に従って血液から血清を採取し<sup>13)</sup>、その後、鰓と脳を採取した。採取した血清からは、国立研究開発法人水産研究・教育機構が公開している方法に従って、マイクロプレートリーダー（Thermo Fisher Scientific社製、Multiskan FCアドバンス）にて血清中のKHV抗体価を測定した<sup>14)</sup>。鰓と脳は、それぞれ1個体/検体とし、KHVのPCR検査を行った。

## 3. KHV病既発生河川の河川水からのKHVの検出

令和3年度から令和5年度にかけて、筑後川、矢部川の河川水から、鉄凝集法にて河川水中のKHVの検出を行い、KHV病罹患魚や耐過魚からの河川水中へのKHV排出状況を確認した。

河川水の採取は、筑後川、矢部川の下流域、中流域、上流域の3地点（筑後川：図1のSt.7~9、矢部川：St.10~12）で行い、河川から直接500mlを採取した。河川水からのKHVの回収・抽出は、Kawato *et al*<sup>15,16)</sup>の鉄凝集法に基づいて行った。ただし、Kawato *et al*の鉄凝集法は海水サンプルからの凝集方法であり、条件を同じにするため河川水500mlに人工海水（富田製薬株式会社製、マリンアートHi）5gを添加した。また、凝集によるウイルス粒子の回収の成否を確認するため、マダイイリドウイルス（RSIV）50μl（2.0E+5コピー）の添加を全サンプルで行った。

ポリカーボネート製フィルター（アドバンテック社製、K080A047A）上に回収したウイルス粒子は、DNAの抽出まで-80℃で冷凍保管した。抽出したDNAは、リアルタイムPCR（Applied Biosystems社製、7300 Real-Time PCR System）で増幅し、判定を行った。プライマー及びプローブについては、KHVはOIEのマニュアル<sup>17)</sup>に、RSIVはKawato *et al*<sup>15,16)</sup>に従い、KHVは86f（GACGCCGAGACCTGTG）、163r（CGGGTCTTATTTTTGTCCTTGT）、109p（CTTCCTCTGCTCGGCGAGCACG）の、RSIVはMCP186F（CGGCCAGGAGTTTAGTGTGACT）、MCP288R（GCTGTTCTCCTTGCTGGACG）、MCP239P（TGTGGCTGCGTGTTAAGATCCCTCCA）の組み合わせで行った。ただし、両プローブとも末端の修飾は5' FITC(6-FAM)3' TAMRA 化修飾して使用した。また、プライマー及びプローブの終濃度は、KHVでプライマーが100nM、プローブで50nM、RSIVでプライマー・プローブともに200nMとなるように調整した。DNAの増幅にはKAPA probe force kit（KAPA BIOSYSTEMS社製）を使用し、98℃3分を1サイクル、95℃10秒→60℃30秒を45サイクルで増幅した。

## 4. KHV病既発生河川でのKHVフリーコイの試験放流

令和3年度から令和5年度にかけて、筑後川、矢部川で事前にKHVフリーであることを確認したコイを試験放流することで、KHV病による斃死が発生するかを確認した。

試験には、福岡県内水面漁業協同組合連合会から、PCR検査でKHVフリーを確認した体長10cm前後のコイを入手し、腹鰭を標識カットしたものを試験に供した。試験放流は、令和2年度、4年度、5年度は筑後川（図1のSt.13）で、令和3年度は矢部川（図1のSt.14~16）で

行い、原則 KHV 病発生時期に行った。試験放流後、地元内水面漁協等の協力の元、放流箇所の上流域において河川でのコイの大量斃死の有無について監視を行った。試験放流後の試験魚については、釣り等による採捕や地元内水面漁協への周知により、再捕を試みた。

## 結 果

### 1. KHV 無病コイの河川水への暴露

平成 30 年度から令和 5 年度にかけての暴露試験の結果を表 1 に示す。

試験中のカゴ内でのコイの斃死は、平成 30 年度の試験で春に 16 個体、令和元年度の試験で春・秋にそれぞれ 1 個体ずつ見られたが、他の年度の試験では、カゴ内でのコイの斃死は発生しなかった。また、令和 2 年春の試験では、試験期間中に 1 カゴの蓋が外れたため、10 個体が流失した。

試験で斃死したコイの PCR 結果は、平成 30 年度の斃死魚のうち腐敗が著しく検査が不可能だった 1 個体を除き、全て陰性だった。生残した個体も全て陰性だった。

試験期間中の水温は、春の試験で 13.9℃～27.3℃、秋の試験で 16.2℃～24.8℃であり、いずれの試験も水温は KHV 病発生水温の範囲内であった<sup>18)</sup>。

### 2. 天然コイにおける抗体価と KHV 保持状態の把握による継続的な疾病感染状況の確認

平成 30 年度から令和 2 年度にかけて採捕された天然コイの鰓・脳の PCR 結果と KHV 抗体価を図 2 に示す。

いずれの天然コイも、鰓からは KHV は検出されなかったが、脳からは、平成 30 年 7 月中旬の筑後川、令和元年 9 月下旬の矢部川で採捕された各 1 個体から KHV が検出された。

KHV 抗体価は、筑後川では、平成 30 年 4 月中旬の採捕群で 0.1～0.8、平成 30 年 4 月下旬の採捕群で 0.0～0.6、平成 30 年 7 月中旬の採捕群で 0.0～0.9、令和元年 8 月上旬の採捕群で 0.0～0.1、令和元年 9 月上旬の採捕群で 0.0～0.3、令和 2 年 9 月下旬の採捕群で 0.0～1.6、令和 2 年 11 月中旬の採捕群で 0.0～1.4 であった。矢部川では、平成 30 年 8 月上旬の採捕群で 0.0～1.6、令和元年 9 月下旬の採捕群で 0.0～1.6、令和 2 年 10 月下旬の採捕群で 0.0～0.9 であった。脳から KHV が検出された個体の KHV 抗体価は、筑後川個体で 0.9、矢部川個体で 0.7 であり、その採捕群の中では KHV 抗体価は高かった。

### 3. KHV 病既発生河川の河川水からの KHV の検出

令和 3 年度から令和 5 年度にかけて、筑後川、矢部川の河川水から、鉄凝集法にて回収したウイルスのリアルタイム PCR の結果を表 2 に示す。

凝集によるウイルス粒子回収確認用として添加した RSIV は、全サンプルで陽性であり、鉄凝集法による河川水からのウイルスの回収が確認された。

KHV については、いずれのサンプルからも検出されなかった。

### 4. KHV 病既発生河川での KHV フリーコイの試験放流

令和 3 年度から令和 5 年度にかけて、筑後川、矢部川で行った試験放流の結果を表 3 に示す。

筑後川では令和 2、4、5 年度に 5,500 個体、12,000 個体、10,000 個体を、矢部川では令和 3 年度に、4 箇所にそれぞれ 3,750 個体を試験放流した。いずれの年度も、コイの試験放流直後から年度末にかけて試験放流箇所の上流域で河川の監視を行ったがコイの大量斃死は確認されず、令和 2 年 4 月の試験放流以降、令和 5 年 11 月までの期間を通して、両河川でコイの斃死は報告されなかった。

また、試験放流箇所での採捕試験や漁業者への標識個体の提供依頼などを行ったが、令和 5 年 11 月までに再捕個体は確認できなかった。

試験放流時の水温は、16.3℃～26.7℃と、KHV 病発生水温の範囲内であった<sup>18)</sup>。

## 考 察

Yuasa *et al.* の試験では、KHV 感染後のコイからは、28℃では感染後 3～14 日間、16℃では感染後 7～40 日間、飼育水を通じての KHV 感染が成立するレベルのウイルスの流出があることが確認されている<sup>19)</sup>。しかし、今回行った河川水への暴露や河川水からの KHV の検出など、河川水を通じての KHV の感染が前提である試験では、KHV の感染や KHV の検出は見られなかった。そのため、試験期間中は、筑後川、矢部川においては、KHV 病の発生がなかった、もしくは発生が小規模だったことから感染魚から流出する KHV の量が少なく、河川水を通じての感染が成立するレベルではなかったと考えられた。

また、放流した KHV フリーコイと天然コイが接触可能な試験放流でも、小型コイの大量斃死など KHV 病の発生が疑われる状況は確認されなかったことから、KHV 病既発生河川である筑後川と矢部川では、コ

表1 暴露試験結果

年度	暴露期間	地点名	水温	暴露個体数	生残個体数	臨床検査	生残個体PCR結果	斃死個体数	斃死個体PCR結果
平成30	5月14日～6月4日	St.1	17.4～24.8℃	40	24	陰性	陰性	16	陰性（検査可能な15尾）
		St.2	18.6～23.9℃	40	40	陰性	陰性	-	-
	9月26日～10月17日	St.1	18.2～23.4℃	40	40	陰性	陰性	-	-
		St.2	18.9～24.8℃	40	40	陰性	陰性	-	-
令和元	5月13日～6月3日	St.1	20.9～24.4℃	30	29	陰性	陰性	1	陰性
		St.2	22.7～27.3	30	29	陰性	陰性	1	陰性
	10月18日～11月8日	St.1	16.2～24.2℃	30	30	陰性	陰性	-	-
		St.2	16.2～21.5℃	30	30	陰性	陰性	-	-
令和2	4月11日～5月8日	St.1	14.0～22.1℃	30	20（10個体流失）	陰性	陰性	-	-
		St.2	13.9～23.7℃	30	30	陰性	陰性	-	-
	10月2日～11月23日	St.1	18.7～23.4℃	30	30	陰性	陰性	-	-
		St.2	18.5～24.0℃	30	30	陰性	陰性	-	-
令和3	5月10日～5月31日	St.1	機器不調	30	30	陰性	陰性	-	-
		St.2	機器不調	30	30	陰性	陰性	-	-
	10月26日～11月16日	St.1	機器不調	30	30	陰性	陰性	-	-
		St.2	14.3～19.1℃	30	30	陰性	陰性	-	-
令和4	5月9日～5月31日	St.1	18.6～24.8℃	30	30	陰性	陰性	-	-
		St.2	機器不調	30	30	陰性	陰性	-	-
	10月11日～11月2日	St.1	16.7～23.9℃	30	30	陰性	陰性	-	-
		St.2	16.4～23.1℃	30	30	陰性	陰性	-	-
令和5	5月9日～5月31日	St.1	機器不調	30	30	陰性	陰性	-	-
		St.2	機器不調	30	30	陰性	陰性	-	-

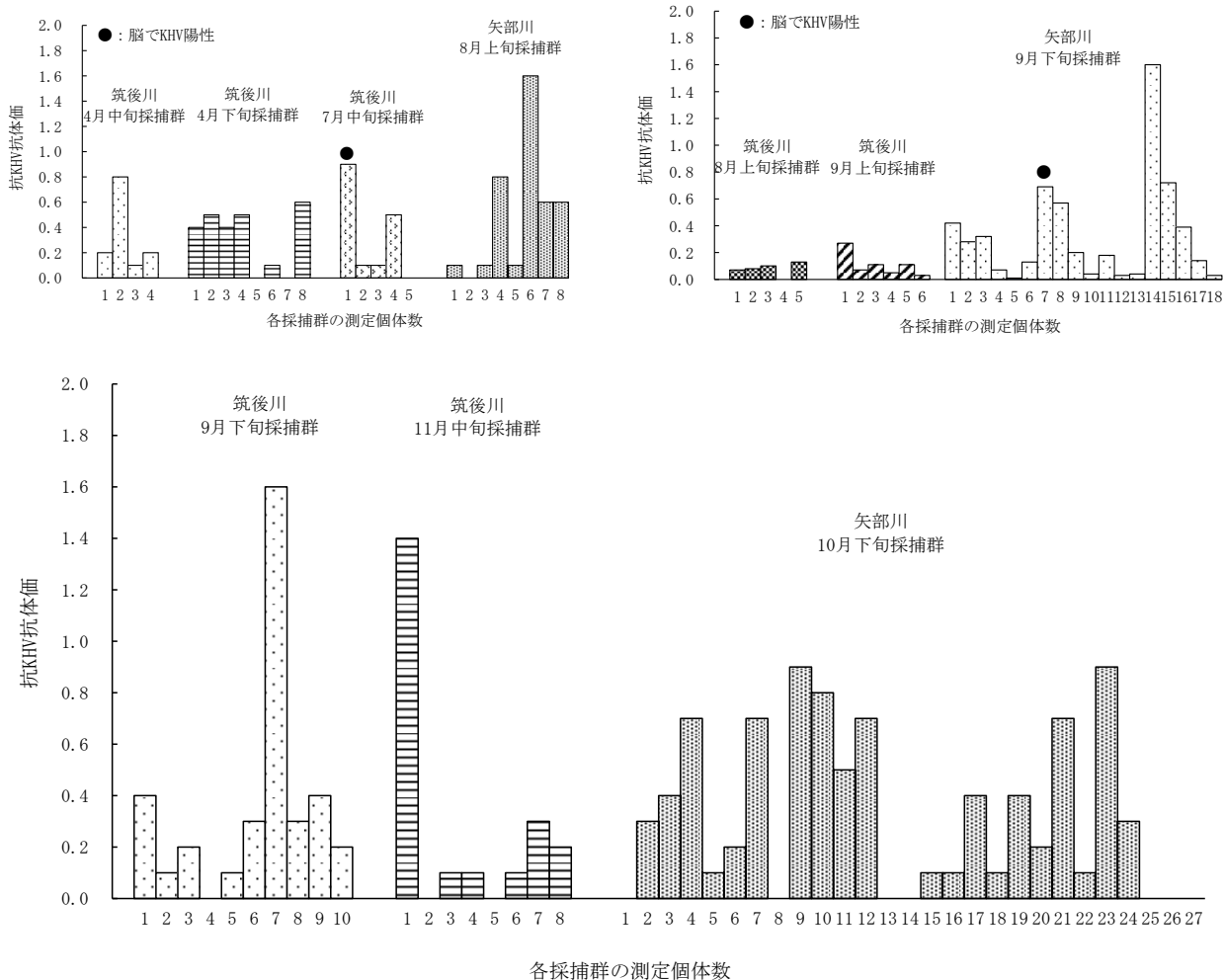


図2 各年度の天然コイの抗体価及びPCR結果（左上：平成30年度，右上：令和元年度，下：令和2年度）

表2 各年度の河川水からのKHV検出結果

年月日	河川名	流域	地点名	凝集成否	KHV検出	年月日	河川名	流域	地点名	凝集成否	KHV検出
R3. 11. 22	筑後川	下流	St. 7	○	陰性	R3. 6. 8	矢部川	下流	St. 10	○	陰性
R3. 11. 22	筑後川	中流	St. 8	○	陰性	R3. 6. 8	矢部川	中流	St. 11	○	陰性
R3. 11. 22	筑後川	上流	St. 9	○	陰性	R3. 6. 8	矢部川	上流	St. 12	○	陰性
R3. 12. 23	筑後川	下流	St. 7	○	陰性	R3. 12. 1	矢部川	下流	St. 10	○	陰性
R3. 12. 23	筑後川	中流	St. 8	○	陰性	R3. 12. 1	矢部川	中流	St. 11	○	陰性
R3. 12. 23	筑後川	上流	St. 9	○	陰性	R3. 12. 1	矢部川	上流	St. 12	○	陰性
R4. 4. 20	筑後川	下流	St. 7	○	陰性	R3. 12. 24	矢部川	下流	St. 10	○	陰性
R4. 4. 20	筑後川	中流	St. 8	○	陰性	R3. 12. 24	矢部川	中流	St. 11	○	陰性
R4. 4. 20	筑後川	上流	St. 9	○	陰性	R3. 12. 24	矢部川	上流	St. 12	○	陰性
R4. 5. 25	筑後川	下流	St. 7	○	陰性	R4. 4. 21	矢部川	下流	St. 10	○	陰性
R4. 5. 25	筑後川	中流	St. 8	○	陰性	R4. 4. 21	矢部川	中流	St. 11	○	陰性
R4. 5. 25	筑後川	上流	St. 9	○	陰性	R4. 4. 21	矢部川	上流	St. 12	○	陰性
R4. 6. 12	筑後川	下流	St. 7	○	陰性	R4. 5. 26	矢部川	下流	St. 10	○	陰性
R4. 6. 12	筑後川	中流	St. 8	○	陰性	R4. 5. 26	矢部川	中流	St. 11	○	陰性
R4. 6. 12	筑後川	上流	St. 9	○	陰性	R4. 5. 26	矢部川	上流	St. 12	○	陰性
R5. 4. 12	筑後川	下流	St. 7	○	陰性	R4. 6. 12	矢部川	下流	St. 10	○	陰性
R5. 4. 12	筑後川	中流	St. 8	○	陰性	R4. 6. 12	矢部川	中流	St. 11	○	陰性
R5. 4. 12	筑後川	上流	St. 9	○	陰性	R4. 6. 12	矢部川	上流	St. 12	○	陰性
R5. 5. 23	筑後川	下流	St. 7	○	陰性	R5. 4. 11	矢部川	下流	St. 10	○	陰性
R5. 5. 23	筑後川	中流	St. 8	○	陰性	R5. 4. 11	矢部川	中流	St. 11	○	陰性
R5. 5. 23	筑後川	上流	St. 9	○	陰性	R5. 4. 11	矢部川	上流	St. 12	○	陰性
						R5. 5. 16	矢部川	下流	St. 10	○	陰性
						R5. 5. 16	矢部川	中流	St. 11	○	陰性
						R5. 5. 16	矢部川	上流	St. 12	○	陰性

表3 各年度の試験放流結果

放流時期	放流个体数	放流河川	放流場所	放流後の斃死の有無	放流時水温	放流魚の再捕
令和2年4月9日	5,500個体	筑後川	St. 13	なし	16.3℃	なし
令和3年8月3日	15,000個体 (3,750個体/箇所)	矢部川	St. 14~17	なし	22.9℃~26.7℃	なし
令和4年6月17日	12,000個体	筑後川	St. 13	なし	23.3℃	なし
令和5年6月16日	10,000個体	筑後川	St. 13	なし	22.7℃	なし

イの資源量が少ないためコイ同士の接触が起きにくいなどの理由から、水平感染が成立しにくい状況であることが示唆された。

一方、天然コイの感染状況では、抗体価は一概にこの値より高ければ感染の可能性が高いという判定はできないため<sup>14)</sup>、脳からKHVが検出された個体の抗体価の平均値0.8の半分である0.4をひとつの基準としてみると、令和元年度と2年度の筑後川の採捕群ではKHV等に感染した可能性は低いと考えられたが、その他の採捕群では抗体価が0.4を超える個体の割合が高く、KHV等への感染が示唆された。

また、天然コイのPCR結果で鰓からのKHVの検出はなく、脳からの2個体のみであったことについては、KHV感染耐過魚におけるKHVの残存期間は鰓で90日、脳で1年以上であるため<sup>20)</sup>、鰓・脳ともにKHV

が検出されなかった個体は、過去にKHV病に罹患したか、CHV等への感染の影響によって抗体価が上昇した可能性が高いと考えられた。

脳からKHVが検出された個体は、筑後川の個体では体長が約30cm、矢部川の個体では体長が約45cmであった。体長から推定される最短の誕生年を考慮すると、筑後川の個体では平成28年から平成30年4月の間に、矢部川の個体では平成27年から令和元年6月の間にKHVに感染したと推察された。福岡県では、平成24年度以降、KHV病の発生は報告されていないことから<sup>2-11)</sup>、斃死が目立たない小規模でのKHV病の発生があったと示唆された。

以上のことから、現在、KHV病既発生河川である筑後川と矢部川では、コイの放流を再開してもKHV病による斃死が発生する可能性は低いと考えられた

が、河川の天然コイの中では小規模の KHV の感染が発生している可能性があり、放流再開に伴うコイ資源の増加等の変化により、KHV 病が大規模に発生する恐れがあることから、放流再開については、試験放流と放流後の KHV 病発生の監視を継続し、長期的に河川状況を把握した上で判断する必要があると考えられた。

## 謝 辞

本調査にご協力いただいた独立行政法人水資源機構筑後川局筑後川下流総合管理所筑後大堰管理所、国土交通省九州地方整備局筑後川河川事務所矢部川出張所、内水面漁業協同組合連合会アユ等中間育成施設、下筑後川漁業協同組合、矢部川漁業協同組合の皆様には厚くお礼申し上げます。また、鉄凝集法についてご指導・ご鞭撻いただいた国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所の河東康彦氏に深く感謝する。

## 文 献

- 1) 高橋実, 恵崎撰, 中本崇, 吉岡武志, 福澄賢二, 佐藤博之. 魚類防疫体制推進整備事業. 平成 15 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告. [https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H15\\_279-303.pdf](https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H15_279-303.pdf), 2023 年 11 月 30 日閲覧
- 2) コイヘルペスウイルス病対策チーム. コイヘルペスウイルス病対策事業. 平成 24 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告. [https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H24\\_347-375.pdf](https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H24_347-375.pdf), 2023 年 11 月 30 日閲覧
- 3) コイヘルペスウイルス病対策チーム. コイヘルペスウイルス病対策事業. 平成 25 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告. [https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H25\\_385-413.pdf](https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H25_385-413.pdf), 2023 年 11 月 30 日閲覧
- 4) コイヘルペスウイルス病対策チーム. コイヘルペスウイルス病対策事業. 平成 26 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告. [https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H26\\_413-436.pdf](https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H26_413-436.pdf), 2023 年 11 月 30 日閲覧
- 5) コイヘルペスウイルス病対策チーム. コイヘルペスウイルス病対策事業. 平成 27 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告. [https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H27\\_373-400.pdf](https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H27_373-400.pdf), 2023 年 11 月 30 日閲覧
- 6) コイヘルペスウイルス病対策チーム. コイヘルペスウイルス病対策事業. 平成 28 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告. [https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H28\\_348-376.pdf](https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H28_348-376.pdf), 2023 年 11 月 30 日閲覧
- 7) コイヘルペスウイルス病対策チーム. コイヘルペスウイルス病対策事業. 平成 29 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告. [https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H29\\_341-367.pdf](https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H29_341-367.pdf), 2023 年 11 月 30 日閲覧
- 8) コイヘルペスウイルス病対策チーム. コイヘルペスウイルス病対策事業. 平成 30 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告. [https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H30\\_327-355.pdf](https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/H30_327-355.pdf), 2023 年 11 月 30 日閲覧
- 9) コイヘルペスウイルス病対策チーム. コイヘルペスウイルス病対策事業. 令和元年度福岡県水産海洋技術センター事業報告. [https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/R1\\_320-348.pdf](https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/R1_320-348.pdf), 2023 年 11 月 30 日閲覧
- 10) コイヘルペスウイルス病対策チーム. コイヘルペスウイルス病対策事業. 令和 2 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告. [https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/R2\\_308-341.pdf](https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/R2_308-341.pdf), 2023 年 11 月 30 日閲覧
- 11) コイヘルペスウイルス病対策チーム. コイヘルペスウイルス病対策事業. 令和 3 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告. [https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/R3\\_301-331.pdf](https://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/info/jigyuu/upload/R3_301-331.pdf), 2023 年 11 月 30 日閲覧
- 12) 農林水産省. II 病性鑑定指針 1 魚類 (8) コイヘルペスウイルス病 (KHVD). 水産防疫対策要綱. [https://www.maff.go.jp/j/syouan/suisan/suisan\\_yobo/attach/pdf/index-26.pdf](https://www.maff.go.jp/j/syouan/suisan/suisan_yobo/attach/pdf/index-26.pdf), 2023 年 11 月 30 日閲覧
- 13) 国立研究開発法人水産研究・教育機構 旧増養殖研究所. 抗体 ELISA のためのコイの血清採取法. 魚病診断マニュアル. [https://nria.fra.affrc.go.jp/sindan/kenkyu/pdf/ELISA\\_s.pdf](https://nria.fra.affrc.go.jp/sindan/kenkyu/pdf/ELISA_s.pdf), 2023 年 11 月 30 日閲覧
- 14) 国立研究開発法人水産研究・教育機構 旧増養殖研究所. ELISA によるコイ血清中からの KHV 抗体測定法. 魚病診断マニュアル. <https://nria.fra.affrc.go.jp/kenkyu/KHV/ELISA.html>, 2023 年 11 月 30 日閲覧



- 15) Kawato Y, Ito T, Kamaishi T, Fujiwara A, Ototake M, Nakai T, Nakajima K. Development of red sea bream iridovirus concentration method in seawater by iron flocculation. *Aquaculture* 2016 ; **450** : 308-312.
- 16) Kawato Y, Mekata T, Inada M, Ito T. Application of Environmental DNA for Monitoring Red Sea Bream Iridovirus at a Fish Farm. *Microbiology Spectrum* 2021 ; **9**(2). <https://journals.asm.org/doi/10.1128/spectrum.00796-21>, 2023年11月30日閲覧
- 17) OIE (World Organisation for Animal Health) . CHAPTER 2.3.6. INFECTION WITH KOI HERPESVIRUS. *Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals*, tenth edition 2023. [https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health\\_standards/aahm/current/2.3.06\\_KHV.pdf](https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/aahm/current/2.3.06_KHV.pdf), 2023年11月30日閲覧
- 18) 飯田貴次, 佐野元彦. 4. コイヘルペスウイルス病. *ウイルス* 2005 ; **55** (1) : 145-152.
- 19) Yuasa M, Ito T, Sano M. Effect of water temperature on mortality and virus shedding in carp experimentally infected with koi herpesvirus. *Fish Pathol* ; **43** : 83-85.
- 20) 湯浅啓. コイヘルペスウイルス病のまん延防止に関する研究. *魚病研究* 2015 ; **50** (4) : 178-182.



## 近年のノリ養殖環境と生産枚数の関係

古賀 まりの・徳田 眞孝・藤井 直幹  
 (有明海研究所)

福岡県有明海区におけるノリ養殖の採苗日は従来 10 月 1 日を基準としていたが、2007 年度以降、水温にあわせ 10 月中旬以降に行われるようになった。そのため、秋芽網生産は水温の低い期間に行われることになり、水温と正の相関関係にあるアカグサレ病の病勢が弱まる傾向がみられた。また、秋芽網生産初期におけるアカグサレ病の病勢と秋芽網生産枚数は負の相関関係があり、秋芽網生産初期のアカグサレ病の病勢が秋芽網生産枚数に影響を及ぼすことが明らかとなった。

12 月以降は水温が 16℃未満（アカグサレ病の病勢が弱まる水温）となり、2 月以降は植物プランクトンの増殖により栄養塩が大きく低下する傾向にあることから、水温と栄養塩の条件において、ノリ養殖の効率的な生産適期は 12～1 月と推察された。

2007 年度以降、秋芽網から冷凍網への一斉張り替えは以前の 11 月中旬～12 月上旬より 3 週間程度遅れて、12 月上～下旬に行われているが、この時期に網の張り替えを行うことにより、養殖適期である 12～1 月が網の張り替え期間または張り替え後の網あたり生産枚数が少ない冷凍 1 回次の生産にあたるため、1 月の生産枚数が少ないことがわかった。また、この期間に網の張り替えを行わない場合を試算した結果、高品質なノリの生産枚数が増加すると推察された。

キーワード：福岡県有明海，ノリ養殖，アカグサレ病，水温，漁場環境，漁場利用

福岡県有明海区では、秋芽網生産、冷凍網生産の 2 期作体制でノリ養殖が行われている。漁場での採苗によりノリ養殖が開始され、ノリ芽を育てる育苗、替え網となる冷凍網の入庫、秋芽網生産の各作業が連続して行われる。その後、1 週間程度の休漁期間において冷凍網を張り込み、冷凍網生産が行われる。2006 年以前の採苗は、10 月 1 日を基準に行わ

れていたが、2005 年度に採苗時の高水温により採苗作業が長期化したこと、2006 年度に育苗期の高水温によりノリ芽が障害を受けたこと等から、2007 年度以降、水温が十分に低下した 10 月中旬以降に行われるようになった（図 1）。一方で 2007 年度以降も、従来どおり、アカグサレ病等の病害対策として秋芽網を一斉に撤去し、1 週間程度の休漁期間において

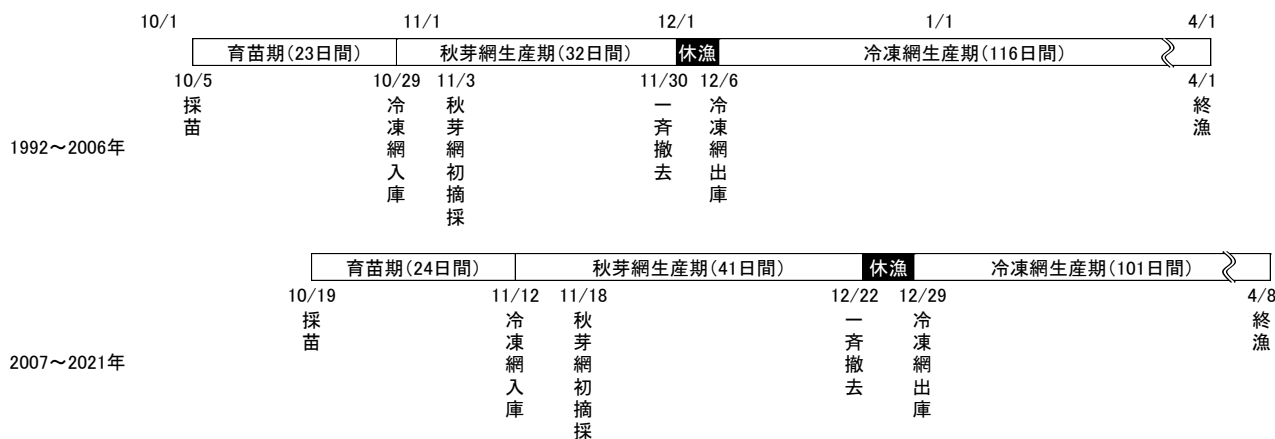


図1 ノリ養殖スケジュールの変化

冷凍網を張り込む漁場利用が行われている。

また、福岡県有明海区では、ノリ養殖経営体数が減少する一方で一経営体が利用する柵数は拡大しており<sup>1, 2)</sup>、一経営体における網の張り替え作業に要する時間が増加している。現在では、秋芽網の撤去作業は2週間程かかり、1週間程休漁期間があることから、最長で3週間程網が漁場に張られていない状態となっている。

本報では、近年のノリ養殖環境に適応した効率的な漁場利用を検討するため、秋芽網生産期のアカグサレ病の病勢と水温及び秋芽網生産枚数の関係を解析した。また、秋芽網の撤去、休漁期間、冷凍網の出庫の一連の流れを網の張り替えと定義し、ノリ養殖期の生産枚数と漁場環境の関係から12～1月に網の張り替えを行わない漁場利用による生産枚数増加効果を試算した。

## 方 法

### 1. 秋芽網生産期におけるアカグサレ病の病勢

アカグサレ病の重症度（軽度，中度，重度）は，2003～2021年度の秋芽網生産期における，本県ノリ養殖漁場内で週2回程の頻度で実施されている19点調査（図2）のノリ葉状態データを用い，既報の方法<sup>3)</sup>を参考に，表1の通り評価した。また，次式によりアカグサレ病指数を算出し，漁場全体でのアカグサレ病の病勢を評価した。

#### アカグサレ病指数

$$\text{アカグサレ病指数} = \frac{\text{重度の地点数} \times 3 + \text{中度の地点数} \times 2 + \text{軽度の地点数} \times 1}{\text{調査地点数}}$$

アカグサレ病の病勢は水温等の環境要因によって経時変化する（図3）ため，アカグサレ病指数の経時変化における極大値（ピーク値）を抽出し，極大時のアカグサレ病指数と水温の関係，また，極大時のアカグサレ病指数と秋芽網生産枚数の関係を解析した。水温は福岡県大牟田市地先（図2）の昼間満潮時観測値（以後，水温と表記する）を使用した。

### 2. 秋芽網生産期の水温と生産枚数の推移

1992～2021年度における採苗時の水温基調（採苗開始日から5日後までの平均水温），秋芽網生産開始時の水温基調（冷凍網入庫開始日から摘採開始5

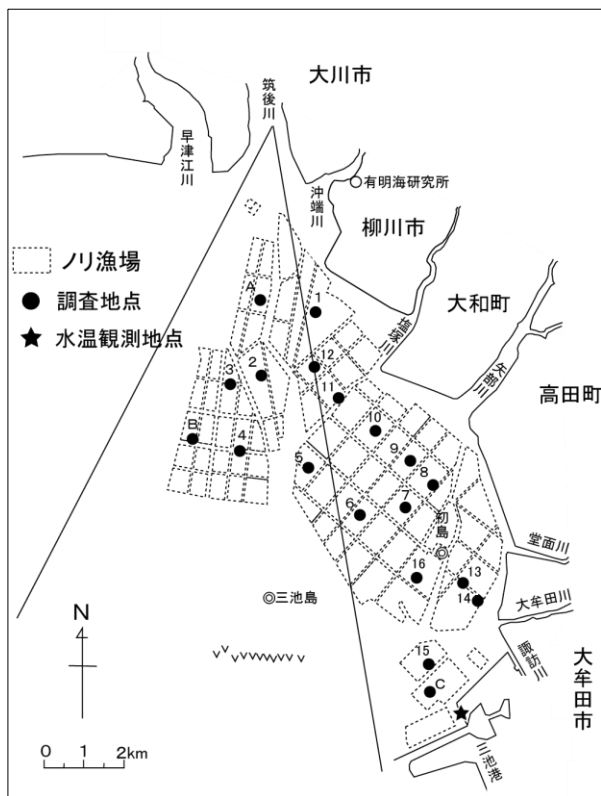
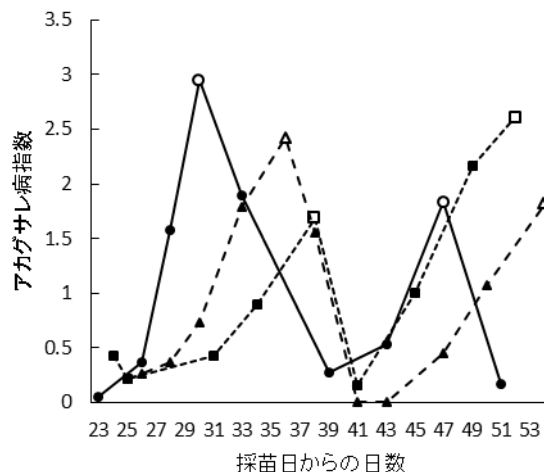


図2 19点調査地点

表1 アカグサレ病重症度評価基準

アカグサレ病重症度	視野直径0.07mmで顕微鏡観察した際の感染箇所数
軽度	20視野に1個以内
中度	2～19視野に1個
重度	1視野に1個以上



●— 2003年度 ---■--- 2011年度 ---▲--- 2015年度

図3 アカグサレ病指数の経時変化  
(2003～2021年度における秋芽網生産枚数下位3年，極大値を白マーカーで示す)

日後までの平均水温)の推移を、10月1日を基準に採苗を行っていた1992～2006年度と10月中旬以降に採苗を行っている2007～2021年度で比較した。

また、同期間における秋芽網生産枚数と総生産枚数に占める割合の推移を両期間で比較した。

### 3. ノリ養殖期の生産枚数と漁場環境

2017～2020年度において、2017年度は50人、2018年度は70人、2019年は37人、2020年度は20人のノリ養殖漁業者(福岡県有明海区研究連合会員)が、任意の漁場における摘採日、摘採回次、網あたり生産枚数の記録を行い<sup>4)</sup>、そのデータを集計した。漁業者は各自の利用漁場をおおよそ5～10日程度かけて摘採を行うため、5～10日に1度程度の頻度でデータが記録された。各月1～15日を上期、16～31日を下期とし、月上下期毎のデータ数の合計をその年の調査対象者の人数で除し、月上下期毎の摘採回数について、1人あたりの平均値を算出した。ここで、摘採回数はある期間に摘採が行われた回数を指すのに対し、摘採回次はその網で行われた何回目の摘採であるか、いわゆる1番摘み、2番摘みの番号を指すものとし、網あたり生産枚数の平均値を、摘採回次毎に集計した。

福岡県有明海区では、生産されたノリの大半は共販で販売されるため、共販で販売された枚数を生産枚数とし、共販毎の生産枚数を集計した。共販は、ノリ生産期である11～4月に、2週間に1回の頻度で行われており、共販日の前2週間に摘採、加工されたノリが共販に出荷、販売されるため、生産日と摘採、加工日には最大で2週間の差が生じるが、今回は共販日をその共販で販売されたノリの生産日とした。また、出品した共販で入札されず、次回以降の共販に再出品され、生産日と摘採、加工日に2週間以上の差があるノリも存在するが、全体の0.01%未満の枚数であるため、除外した。ノリ養殖経営体数の減少による利用柵数の減少が生産枚数に与える影響を除くため、共販毎の生産枚数をその年の利用柵数で除し、共販毎の柵あたり生産枚数を算出した。利用柵数は福岡有明海漁業協同組合連合会の「のり自営業者配分及び資格者調査」を用いた。2007～2021年度における共販毎の柵あたり生産枚数

の平均値を、上述の聞き取り調査と同様に月上下期毎に算出した。ここで、前述の摘採回次毎の網あたりの生産枚数は、その時点で漁場に張り込まれているノリ網1枚あたりの数値であるのに対し、共販毎の柵あたり生産枚数は漁期毎の調査による利用柵数あたりの数値である。すなわち、網の撤去が行われた場合、網数は減少するが、柵数は漁期中一定であり、今回、網と柵は区別して表記した。

漁場環境データについては、共販日前2週間の水温、無機三態窒素量(以下栄養塩)、プランクトン沈殿量の平均値をその共販で販売されたノリが生育した環境データとして月上下期毎に集計した。なお、栄養塩とプランクトン沈殿量は、19点調査結果を使用した。

### 4. 近年のノリ養殖環境に適応した漁場利用の検討

1992～2021年度の10～3月において、ノリの殻胞子放出に不適である水温24℃以上の期間<sup>5,6)</sup>、アカグサレ病被害拡大の目安である16℃以上の期間<sup>7)</sup>、19点調査により色落ちが確認された期間、漁期終了後の期間、採苗開始日、冷凍出庫開始日を整理した。

次に2007～2021年度におけるA等級、六、七等のノリの生産割合を月上下期毎に整理した。A等級は色落ちノリに付けられる等級である。六、七等は低品質なノリに付けられる等級で、品質低下の理由は色落ちやアカグサレ病等の病害の重症化等である。

## 結 果

### 1. 秋芽網生産期におけるアカグサレ病の病勢

2003～2021年度の秋芽網生産期において、アカグサレ病指数が極大値を示した回数を表2に示した。極大値が3回以上であったのは2009、2014年度の2か年度のみであったため、1、2回目の極大値について、水温や秋芽網生産枚数との関係を分析した。

極大時のアカグサレ病指数と水温の関係を図4に示した。アカグサレ病指数の1回目の極大値と水温には有意な正の相関が見られた( $r=0.49, p=0.03$ )<sup>8)</sup>が、2回目の極大値とは相関が見られなかった( $r=0.35, p=0.15$ )<sup>9)</sup>。

表2 アカグサレ病指数極大値の個数

年度	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
極大値の個数	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2



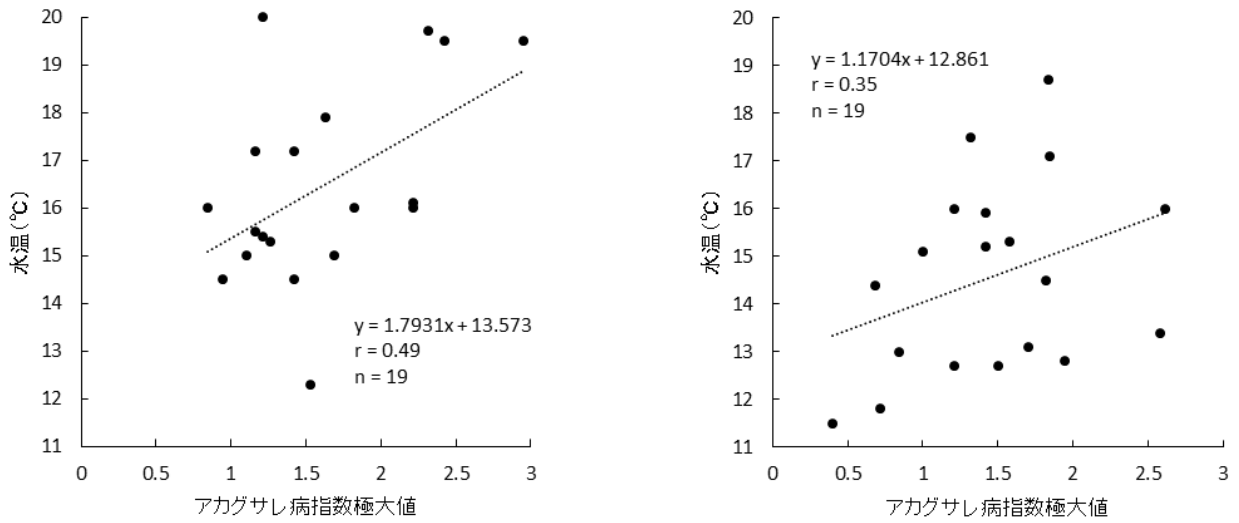


図4 水温とアカグサレ病指数  
(左は1回目, 右は2回目の極大値)

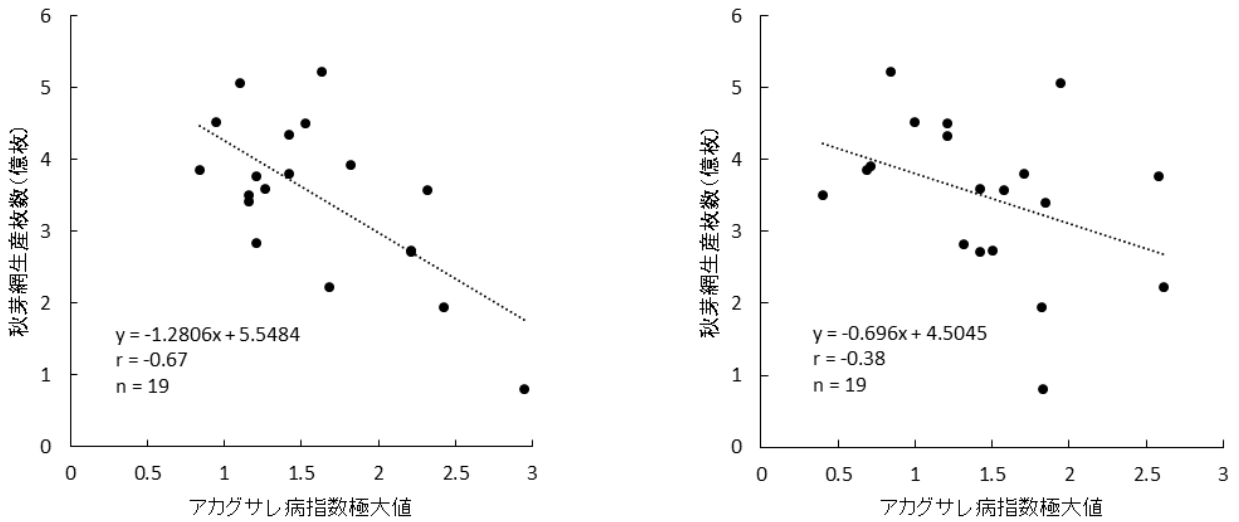


図5 秋芽網生産枚数とアカグサレ病指数  
(左は1回目, 右は2回目の極大値)

次に、アカグサレ病指数と秋芽網生産枚数の関係を図5に示した。アカグサレ病指数の1回目の極大値と秋芽網生産枚数には有意な負の相関が見られた ( $r=-0.67, p<0.01$ ) が、2回目の極大値とは相関が見られなかった ( $r=-0.38, p=0.11$ )。

## 2. 秋芽網生産期の水温と生産枚数の推移

1992～2021年度における採苗時の水温基調、秋芽網生産開始時の水温基調の推移を図6に示した。採苗を10月1日基準に行った1992～2006年度と採苗を10月中旬以降に行った2007～2021年度で採苗時の水温基調と秋芽網生産開始時の水温基調を比較するといずれも2007～2021年度で有意に低かった(順

に  $t(28)=5.74, p<0.01$ ;  $t(28)=5.21, p<0.01$ )。

次に、秋芽網生産枚数と総生産枚数に占める割合の推移を図7に示した。両期間で秋芽網生産枚数の平均値を比較すると、有意差は見られなかったものの、2007～2021年度で多い傾向が見られた ( $t(28)=1.95, p=0.06$ )。また、両期間で秋芽網生産枚数が総生産枚数に占める割合を比較すると、2007～2021年度で有意に高い結果となった ( $t(28)=2.51, p=0.02$ )。

## 3. ノリ養殖期の生産枚数と漁場環境

2017～2020年度における月上下期毎の任意の漁場数の1人あたり摘採回数(平均値)を、図8に示し

た。秋芽網生産期においては、11月下期または12月上期が最多であり、その後網の張り替えに向けて減少した。冷凍網生産期においては、1月下期に最多となり、その後漁期終了に向けて減少した。

次に、摘採回次毎の網あたり生産枚数の平均値を、図9に示した。ただし、延べ1,834個のデータのうち、秋芽網生産期の5回次の摘採、冷凍網生産期の10,11回次の摘採のデータはそれぞれ5,9,1個であったため、網あたり生産枚数の集計を行わなかった。秋芽網生産期と冷凍網生産期共に、1~3回次では摘採回次ごとに網あたり生産枚数が増加し、3~9回次では横ばいから微増で推移した。

2007~2021年度における、共販毎の柵あたり生産枚数、水温、栄養塩、プランクトン沈殿量の、月上

下期毎平均値の推移を図10に示した。ただし、2007~2021年度の15漁期のうち、4月上期の共販は9回、下期は6回のみであったため、4月上下期の集計は行わなかった。共販毎の柵あたり生産枚数は、11月下期~12月下期にかけて増加し、1月上期に減少した。その後再び増加し、2月上下期にかけてピークとなり、3月下期にかけて減少した。水温は、11月下期~1月上期にかけて急速に低下した後、2月上期にかけて緩やかに低下し、その後3月下期にかけて緩やかに上昇した。栄養塩とプランクトン沈殿量は、11月下期~12月下期までほぼ横ばいで推移し、1月上期以降プランクトン沈殿量が増加するのに伴い栄養塩が減少した。

#### 4. 近年のノリ養殖環境に適応した漁場利用の検討

1992~2021年度の10~3月において、水温24℃以上の期間、水温16℃以上の期間、19点調査により色落ちが確認された期間、漁期終了後の期間、採苗開始日、冷凍出庫開始日を図11に示した。アカグサレ病被害が拡大しにくい水温である16℃未満に水温が低下したのは11月13日~12月8日で、平均は11月28日であった。冷凍網生産期において、色落ちが開始した時期は、12月上期が1回、1月上期が3回、1月下期が8回、2月上期が8回、2月下期が1回、3月上期が4回、3月下期が1回、色落ちが発生しなかったのは4か年であった。冷凍網生産期においては、2021年を除き、色落ちが発生すると漁期終了まで色落ちが継続し、2月上期には30年間の内半数以上の年度で色落ちが発生していた。また、1992~2006年度の採苗開始日は10月1~13日で、平均は

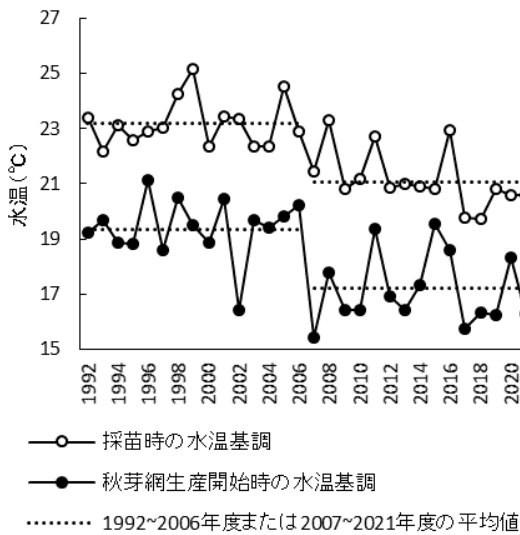


図6 採苗時・秋芽網生産開始時の水温の推移

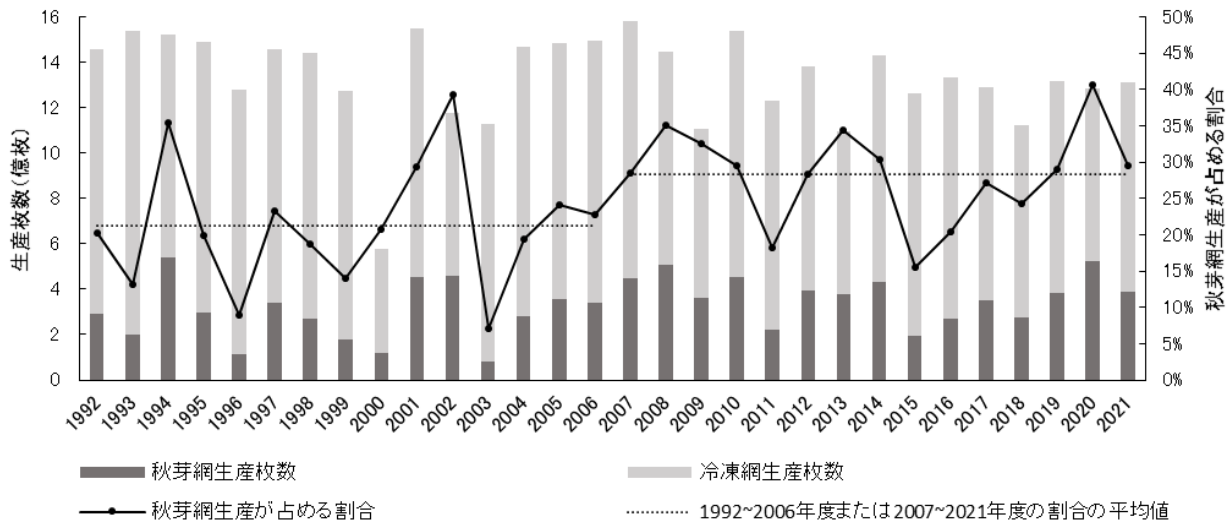


図7 秋芽網生産枚数・割合の推移

10月5日であり、冷凍網出庫開始日は12月2～15日で、平均は12月6日であった。それに対して、2007～2021年度の採苗開始日は10月14～27日で、平均は10月19日であり、冷凍網出庫開始日は12月20日～1月9日で、平均は12月29日であった。

次に、2007～2021年度におけるA等級、六、七等

のノリの生産割合を、月上下期毎に整理し、図12に示した。A等級は11月上旬～1月下旬にかけてほとんど生産されないが、2月上旬～3月下旬にかけて次第に増加していた。六、七等のノリは、11月下旬～12月下旬にかけて増加し、1月に減少した後、2月上旬以降再び増加していた。

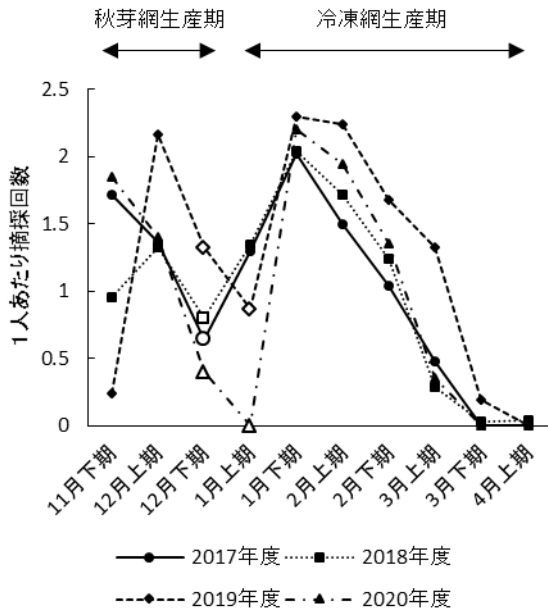


図8 摘採回数の推移

(網の張り替えが行われた期を白マーカーで示す)

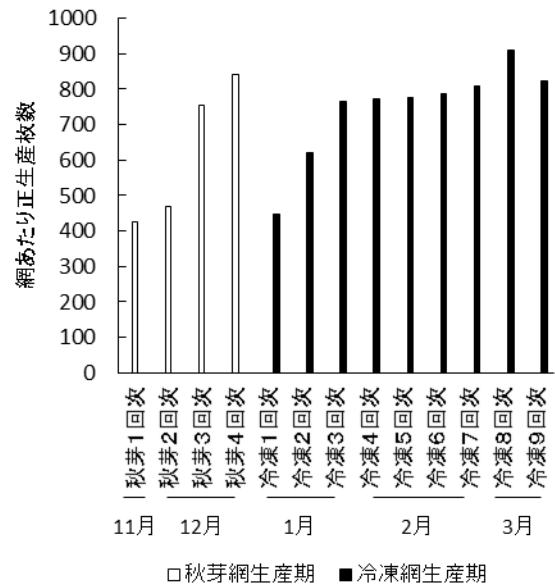


図9 摘採回次毎の網あたり生産枚数

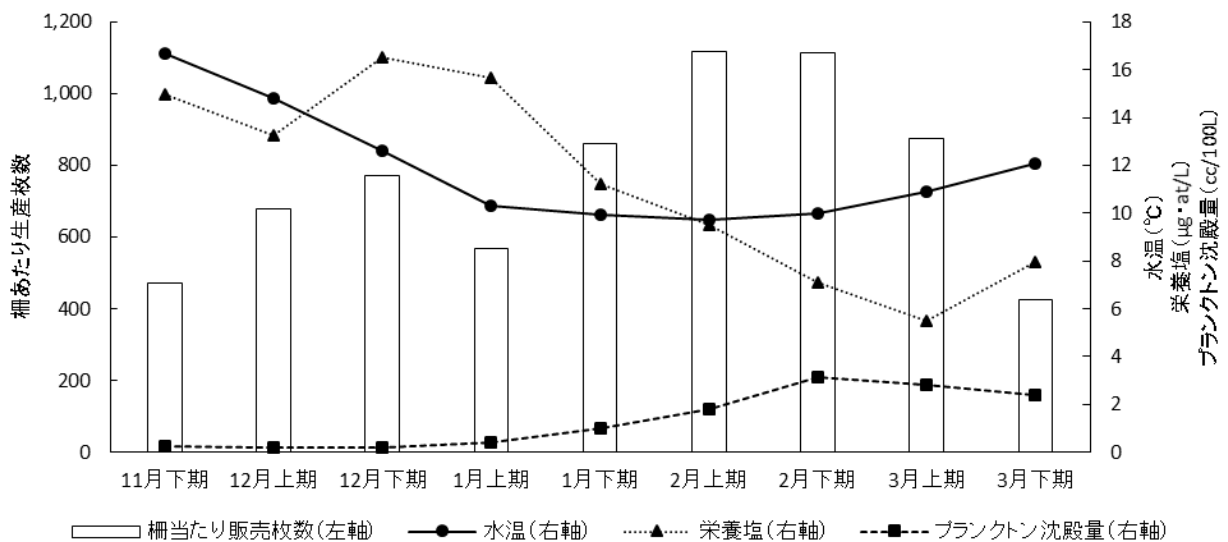


図10 籠あたり生産枚数と海況の月上下期別推移

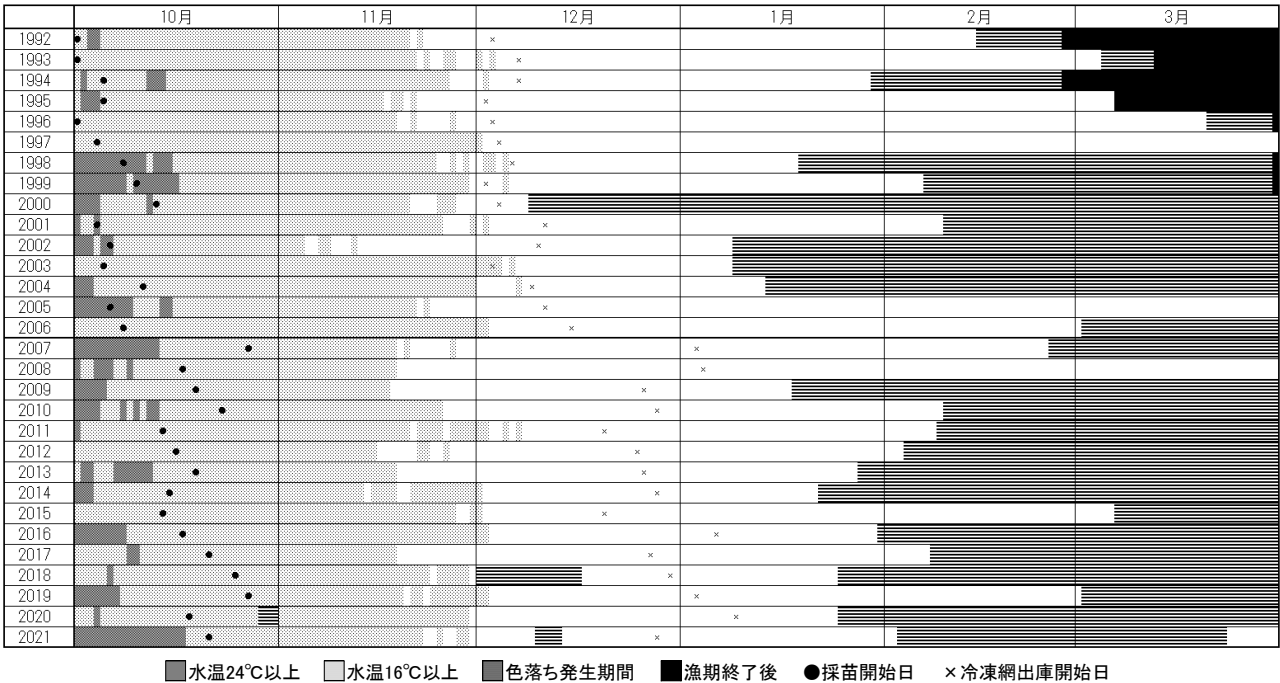


図11 年別ノリ漁期中の水温区分，色落ち発生期間と養殖スケジュールの関係

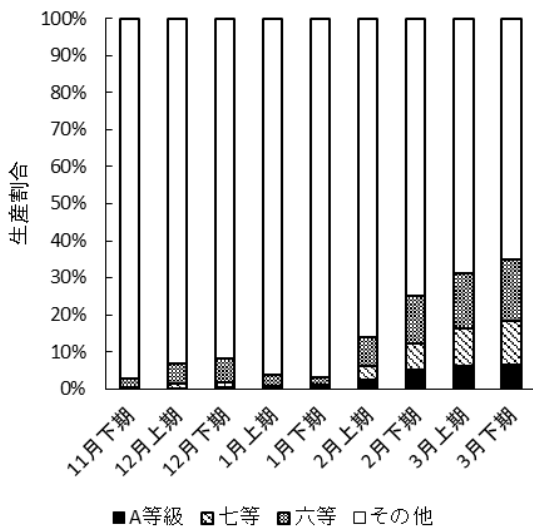


図12 低品質なノリの月上下期別生産割合

考 察

1. 秋芽網生産期におけるアカグサレ病の病勢

アカグサレ病指数の1回目の極大値と水温に有意な正の相関が見られた。アカグサレ病の菌糸は水温10～20℃の範囲で水温が高いほど生長が早く，遊走子放出までの所要時間が短く，遊走子の放出量が多くなる<sup>8)</sup>とされており，1回目の極大時の水温は

12.3～20.0℃，平均16.5℃であった。よって，この時期の水温がアカグサレ病菌の感染速度に与える影響は大きかったものとみられる。それに対し2回目の極大値と水温には相関が見られなかったが，これは，水温が11.5～18.7℃，平均14.6℃と1回目の極大時より低下しており，水温がアカグサレ病菌の感染速度に与える影響が小さかったためと推察された。

アカグサレ病指数の1回目の極大値と秋芽網生産枚数に有意な負の相関が見られた。このことは，秋芽網生産期初期のアカグサレ病の病勢がその後の秋芽網生産全体に影響を及ぼすことを示している。それに対し2回目の極大値と秋芽網生産枚数には相関が見られなかったが，これは2回目の極大時から秋芽網一斉撤去期限までの期間が4～32日間，平均13日間と生産期間が短く，この時点でのアカグサレ病の病勢が秋芽網生産枚数に与える影響が小さかったためと推察された。

また，これは，佐賀県海域での秋芽網生産期において，平均水温が高いほど生産枚数が少なく，アカグサレ病の被害度が大きいほど生産枚数が少ないという既存報告<sup>9)</sup>と同様の結果であった。

2. 秋芽網生産期の水温と生産枚数の推移

2007～2021年度は秋芽網生産期の水温が低下し，

アカグサレ病による被害が抑えられたため、1992～2006年度と比較すると秋芽網生産枚数が増加したと推察された。秋芽網を一斉に撤去し、1週間程度の休漁期間において冷凍網を張り込む漁場利用は、高水温の中で秋芽網生産を行い、アカグサレ病の被害が甚大であった時代に考案されたものであり、現在のように水温が十分に低下しアカグサレ病が蔓延しにくい状況で秋芽網生産を行うのであれば、アカグサレ病対策としての網の一斉張り替えの必要性は低いと考えられる。

### 3. ノリ養殖期の生産枚数と漁場環境

2017～2020年度における月上下期毎の任意の漁場で摘採が行われた回数の推移(図8)では、秋芽網生産においては11月下旬～12月上旬に最も多く摘採が行われるが、12月以降には秋芽網の一斉撤去に向けて網の撤去が開始されるため、漁場内の網の枚数が減少し、摘採回数が減少していた。冷凍網生産期においては1月下旬に最も多く摘採が行われるが、2月以降は色落ちが発生した漁場から網の撤去が開始されるために、漁場内の網の枚数が徐々に減少し、それに伴って摘採回数も減少していた。

摘採回数の増加に伴い回次毎の網あたり生産枚数が増加(図9)したのは、摘採回数を重ねるほどにノリ葉状体の葉厚と葉幅が増す<sup>10)</sup>ためである。網あたり生産枚数が増加したことで、秋芽網生産期開始後の11月下旬～12月下旬にかけて、また、冷凍網生産期開始後の1月上旬～2月上旬にかけて、共販毎の柵あたり生産枚数は増加していた。秋芽網生産および冷凍網生産の3回次の摘採以降、回次毎の網あたり生産枚数は横ばいから微増で推移していた(図9)のに対し、1月上旬と3月上下期の共販毎の柵あたり生産枚数が減少していた(図10)のは、網の撤去が開始され、漁場に張り込まれている網の枚数が減少し、摘採回数が減少したためである。すなわち、秋芽網生産期と冷凍網生産期の終盤で柵あたり生産枚数が減少するのは、網あたり生産枚数の減少によるものではなく、漁場内の網の枚数の減少によるものである。

2007～2021年度において、共販毎の柵あたり生産枚数が多いのは2月上下期である(図10)。これは、水温が10℃前後まで低下しアカグサレ病が蔓延しにくい環境で、冷凍網出庫後に摘採回数を重ね、網あたり生産枚数が増加しているためである。1月上下期は網の張り替えの影響で柵あたりの生産枚数

が少ないが、2月上下期と同様に水温が10℃前後まで低下しアカグサレ病が蔓延しにくい環境である。

そのため、網の張り替えを行わず、摘採回数を重ね網あたり生産枚数が増加した網で生産を行うと、生産枚数の増加が見込まれ、更に、2月上下期に生産されるノリよりも栄養塩が多い環境で生育するため、多くの高品質なノリが生産可能になると考えられる。

### 4. 近年のノリ養殖環境に適応した漁場利用の検討

12月上旬以降の水温はアカグサレ病被害が拡大しにくい水温16℃未満まで低下すること、また2月上旬には30年間のうち半数以上の年度で色落ちが発生していることから、ノリを最も効率的に生産できる適期は12～1月である。一方、2006年度以前は10月上旬～中旬に採苗を行っていたのに対し、2007年度以降は10月中～下旬に行うようになったため、秋芽網生産は開始時期が遅れ、生産期間も伸びた。よって、2006年度以前は12月上旬～中旬に冷凍網出庫を行っていたのに対し、2007年度以降は12月下旬～1月上旬に行うようになった。秋芽網の撤去は冷凍網出庫の3週間程前から開始されるため、12～1月には網の張り替え作業や張り替え後の網あたり生産枚数が少ない冷凍1回次の生産が行われ、1月の生産枚数は少なくなっている。

ここで、12～1月に網の張り替えを行わなかった場合の1月までの生産枚数増加効果について検討した。図10に示すとおり、1月上下期の生産水温は2月上下期とさほど変わらずアカグサレ病が蔓延しにくい時期であること、また、図12に示す通り、1月は2月と比較し低品質なノリの生産割合が低く、色落ちによるノリ網の撤去が行われにくいため、2月まで色落ちの発生がない漁期の2月と同等の生産効率かつ同等の枚数の網で生産可能と考えられる。仮に、2月の柵あたり生産枚数の平均値を1月の柵あたり生産枚数とすると、1月の柵あたりの生産枚数は1,431枚/柵から2,232枚/柵に増加し、1月までの柵あたり生産枚数が年間の柵あたり生産枚数に占める割合は、49%から60%に増加する。つまり色落ちが発生しにくい1月までの生産枚数が増加することで、色落ちしていない高品質なノリが増産され、収入の安定化が期待できる。色落ちノリの市場価値は低く、2007～2021年度における色落ち等級のA等級を除くノリの平均単価は11.3円/枚であるのに対し、A等級のノリの平均単価は6.25円/枚であり、

この単価差は生産金額に大きく影響を及ぼす。

以上のことから、2007年以降、水温低下後に採苗を行うようになったことで、秋芽網生産期が水温の低い時期に移行し、アカグサレ病の甚大な被害が抑えられるようになったため、アカグサレ病対策としての秋芽網から冷凍網への一斉張り替えは、その必要性が低くなったものと考えられた。

また、近年のノリ養殖の経営の大規模化により、一経営体における高品質なノリの生産に適した時期の網の張り替え作業に要する時間が増加しているため、網の一斉張り替え等、近年の養殖環境に合わせたより最適な漁場利用について、今後検討していく必要がある。また、これによって、色落ちしていない高品質なノリの安定供給が期待でき、産地規模の底上げに寄与できるものと考えられる。

## 文 献

- 1) 中原秀人, 篠原満寿美. 福岡県有明海におけるノリ養殖の個人経営体と協業の生産効率. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2021 ; 31 : 55-61.
- 2) 篠原満寿美, 中原秀人. 福岡県有明海におけるノリ養殖の協業動向と展開方向. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2019 ; 29 : 49-56.
- 3) 半田亮司. ノリ病害データの指数化について. 西海区ブロック藻類・介類研究会報 1989 ; 6 : 35-36.
- 4) 塩塚覚. 生産性を上げる摘み方とは～摘採間隔, 残す葉長との関係～. 私たちの海苔研究 2022 ; 69 : 18-28.
- 5) 阿部昇. ノリの種苗生産及び育苗管理に関する研究. 福岡県有明水産試験場臨時研究報告 1986 ; 1-78.
- 6) 三根崇幸, 横尾一成, 川村嘉応. 高水温条件下におけるノリの殻胞子放出. 佐賀有明水産振興センター研究報告 2007 ; 23 : 1-3.
- 7) 川村嘉応. 新・海苔ブック 技術編 2 海苔産業情報センター. 福岡. 2017.
- 8) 桜井保雄, 秋山和夫, 佐藤重勝. ノリあかぐされ病菌の遊走子の形成・放出について. 東北区水産研究所研究報告 1974 ; 33 : 119-127.
- 9) 藤武史行, 久野勝利, 伊賀田邦義. 有明海奥部の佐賀県ノリ養殖場におけるアカグサレ病および壺状菌病の発生. 佐賀有明水産振興センター研究報告 2009 ; 24 : 57-66.
- 10) 増田裕二, 山田秀樹, 横尾一成, 川村嘉応. 摘採回数異なるノリ葉体の厚さおよび自由水, 含水率の変化. 佐賀県有明海水産振興センター研究報告 2014 ; 27 : 55-59.



## 筑前海区いかかご漁業におけるコウイカ漁獲実態と系群診断

金澤 孝弘<sup>a</sup>

(水産海洋技術センター)

筑前海区いかかご漁業を対象として、2019年から2021年にかけて操業状況調査ならびに漁獲物調査を、2019年および2020年に漁獲物遺伝子調査を実施し、3海域(筑前海区西部海域、筑前海区中部海域、筑前海区東部海域)に分け整理、解析した。その結果、3海域の漁獲実態や遺伝的集団構造には共通性がみられ、筑前海に來遊するコウイカ主群は「同一系群」である可能性が高いと推察されたことから、筑前海におけるコウイカ來遊群の外殻背長と体重の関係式(雌、雄、総合)を提示した。

キーワード：筑前海、いかかご、コウイカ、漁獲実態、DNA、系群

コウイカ *Sepia esculenta* は、日本の本州中部からベトナム、東西太平洋のフィリピン諸島まで広く分布する底棲頭足類<sup>1)</sup>であり、筑前海区の全域に來遊する。その漁獲の多くが「いかかご漁業<sup>2)</sup>」による水揚げで占められており、福岡県においてコウイカは重要な魚種のひとつである<sup>3)</sup>。

筑前海区におけるコウイカ研究には、糸島地区を対象にした資源量推定<sup>4) 5)</sup>や数理モデルを用いた糸島地域の移動生態<sup>6)</sup>、人工柴を利用したコウイカ卵の保護手法<sup>7)</sup>、いかかご漁業で使用する「いかかご」の種類別漁具特性および漁労作業性<sup>8)</sup>についての報告があるものの、筑前海全域を対象にしたコウイカの漁獲実態を報告した研究は未だない。

一方、2021年12月に漁業法が改正、施行<sup>9)</sup>され、MSYベースの資源管理を掲げた新たなTAC候補魚種の選定、資源評価が進められている<sup>10)</sup>。資源評価は魚種ごとに、その評価対象の範囲である「系群」を設定し、「系群」の漁獲量を基軸に資源解析が進められていく<sup>10) 11)</sup>。こうしたなか、今般「唐津湾 コウイカ」についてもTAC候補魚種に係る新規該当魚種のひとつとして取り扱われることとなった<sup>12)</sup>。「系群」については、その捉え方や定義など、様々な議論があるが<sup>13)</sup>、一般的に「単位資源中において形態的に、ないしは形態的および生態的に、あるいは単に生態的に分離される小集団」とされており<sup>14)</sup>、その検出法としては、形態学的方法<sup>15)</sup>、生態学的方法<sup>16)</sup>、漁況学的方法<sup>16) 17)</sup>、寄生虫学的方法<sup>18)</sup>、集団遺伝学的方法<sup>19)</sup>が知られている。こうした様々な検出法から単一、あるいは複数を利用し、多角的な

調査・検討を加えることにより「系群」を診断する。

そこで、2019年から2021年にかけて筑前海区の全域を対象に「いかかご漁業」の操業状況や漁獲物等の調査を実施し、筑前海におけるコウイカの漁獲実態を把握するとともに、2019年および2020年に遺伝子分析を実施、「系群」について一考した結果を報告する。

### 方 法

筑前海を筑前海区西部海域、筑前海区中部海域、筑前海区東部海域(以下、「西部」、「中部」、「東部」と記載)の3海域に分割、集計した(図1)。なお、筑前海区における「いかかご漁業」は、知事許可漁業に指定されており、西部は2月5日から4月30日まで、中部および東部は2月5日から7月31日までと操業期間が規定されているほか、西部では佐賀県との協定により、解禁日が2月10日と定められている。

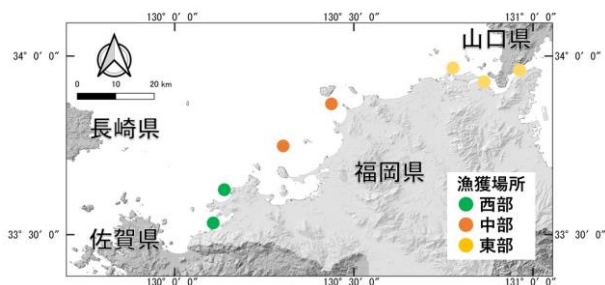


図1 筑前海区の3海域分割および漁獲物調査におけるコウイカ試料の漁獲場所

<sup>a</sup> 現所属：豊前海研究所



## 1. 操業状況調査

いかかご漁業者を対象に、2019年は西部で6名、中部で5名、東部で8名（合計19名）、2020年は西部で6名、中部で6名、東部で9名（合計21名）、2021年は西部で2名、中部で5名、東部で4名（合計11名）、3カ年で延べ51名に対して操業日誌の記帳を依頼した。操業日誌の記帳項目は、船名、漁獲日、揚籠数、サイズ別漁獲尾数とした。サイズ別漁獲尾数は、試料購入の実績から1箱あたりの尾数が、9尾前後を「大サイズ」、12尾前後を「中サイズ」、15尾前後を「小サイズ」とし、各サイズともに4kg/箱と定め、1尾あたりの重量を算出、サイズ別漁獲量を求め、月別CPUE(g/籠)とした。これを3海域ごとに集計し、3カ年における操業状況を把握、比較した。

## 2. 漁獲物調査

いかかご漁業で漁獲されたコウイカを対象に、図1に示した各海域の漁獲場所から、3カ年で4,371尾の試料を入手した。試料の内訳は、2019年は西部で347尾、中部で371尾、東部で598尾（合計1,316尾）、2020年は西部で548尾、中部で337尾、東部で634尾（合計1,519尾）、2021年は西部で532尾、中部で344尾、東部で660尾（合計1,536尾）であった。入手した試料は、外套背長(ML:mm)、体重(BW:g)、雌雄、生殖腺重量(GW:g)を測定したほか、生殖腺重量を①式により生殖腺重量指数(GSI:%)に換算し、成熟状況を把握した。なお、雌の生殖腺重量は卵巣、輸卵管、輸卵管腺、總卵腺、副總卵腺の合計重量とし、雄の生殖腺重量は精巣、貯精囊、輸精管、精夾囊の合計重量とした。

$$GSI = GW / BW \times 100 \cdots \textcircled{1}$$

これらの結果を月別に集計し、3海域ごとに整理、3カ年における漁獲物実態について把握、比較した。なお、5月の西部(操業期間外)および中部の試料については、入手することができなかった。

## 3. 漁獲物遺伝子調査

筑前海区では、重要水産資源対象魚種について、遺伝子分析を利用した系群解析(集団遺伝学的方法では、一般的な用語として「集団」を用いることから、この項目については以下、「集団」と記載)は、未だ実施されていない。本報告では、両親の遺伝情報が子に引き継がれる核DNAのマイクロサテライトDNAマーカー(以下、「msDNA」と記載)を使用することにより、筑前海区いかかご漁業で漁獲された3海域のコウイカについて、地域集団構造や集団間の遺伝的な特徴を把握した。

試料は、漁獲物調査で入手したコウイカ4,371尾のうち、2019年4月の試料から24尾(西部6尾、中部6尾、東部12尾)、2020年3月の試料から26尾(西部6尾、中部6尾、東部14尾)の合計50尾(西部12尾、中部12尾、東部26尾)について、雌雄別およびサイズ別に選抜した。選抜した凍結肉片からQiagen DNeasy Blood & Tissue kitを用いてDNAを抽出、X.Zheng et al.<sup>20)</sup>が開発したmsDNAの11遺伝子座のうち、既報<sup>19)</sup>で使用された9遺伝子座から、さらに対立遺伝子の有効数(A)や変動性が最も少なかった1遺伝子座を除いた8遺伝子座(*Secu6*, *Secu75*, *Secu84*, *Secu113*, *Secu117*, *Secu146*, *Secu164*, *Secu10*:表1)を利用して、PCRによりms領域を増幅させたのち、3500 Genetic Analyzerによるフラグメント解析から対立遺伝子を特定、遺伝子型を決定した。

このジェノタイプ結果を用いて、対立遺伝子の有効数やヘテロ接合体率等の指標をGENEPOP on the webで算出し、集団内の遺伝的多様性の評価を行うとともに、Structureによるクラスター解析(以下、「Structure解析」と記載)による集団検出を行った。この際、各試料の遺伝的構成を可視化するStructure解析のクラスター数(K)選定については、3海域の試料を使用したことから「K=3」まで考慮したほか、東部の一部漁業者から「強い東風が吹くと『他海区』からの移流群が多数みられる。」との情報等を鑑み、東部をさらに2区分した「K=4」についても検討した。併せて、レプリカ交換モンテカルロ法(以下、「MCMC」と記載)によるシミュレーションを「K=1」から「K=4」まで反復計算を20回実施し、有効なクラスター数(K)を求めた。なお、DNAの抽出やPCR等については、一般財団法人九州環境管理協会に委託した。

## 結 果

### 1. 操業状況調査

操業日誌の記帳の結果、1隻1操業あたりの平均揚籠数は、2019年が西部で216籠、中部で206籠、東部で89籠、2020年が西部で207籠、中部で174籠、東部で88籠、2021年が西部で233籠、中部で136籠、東部で58籠と、3カ年を通じて東部が最も少なく、最も多い西部と比較した場合、25%から43%に止まった。3カ年における海域別いかかご漁業の月別CPUE推移を図2に示した。各海域ともに、CPUEが最も高かったのは2021年で、2019年、2020年の順であった。

2019年をみると、西部および中部は4月下旬まで

表1 X. Zheng et al<sup>19)</sup> が開発した msDNA 遺伝子座 (11 座) のうち、本報告で使用した 8 座の概要

遺伝子座 (ローカス)	繰り返し配列 (リピート)	プライマー塩基配列 (5'-3')	アニー リング温度 (°C)	対立遺伝子数 (アレル数)	対立遺伝子 サイズ範囲 (bp)	ジーンバンク アクセッション No
<i>Secu6</i>	(AC) <sub>19</sub> (AT) <sub>3</sub> (AG) <sub>12</sub>	F: GACAATTTATCCATCGCACCT R: GCCGCTGGGTATTGATT	51	17	218-257	DQ656594
<i>Secu75</i>	(AC) <sub>36</sub>	F: CGTTGAAAATTGCGAC R: CAAGAGCTAGAACCCATAATA	52	27	165-215	DQ656585
<i>Secu84</i>	(GT) <sub>13</sub>	F: TCTTGGACTTCACGGGTTGT R: GCGGTATGGTCGAGTGTTTC	54	23	173-223	DQ656586
<i>Secu113</i>	(CA) <sub>27</sub> (TA) <sub>7</sub>	F: ACTCACAAACCAAGCATAAA R: ACACGGATAAGCAAATAAA	52	17	229-301	DQ656589
<i>Secu117</i>	(CA) <sub>34</sub>	F: GGTGGGGGTCAACTAAGT R: TATGGTCTTCTGCCTCGTGAT	52	23	218-281	DQ656590
<i>Secu146</i>	(AT) <sub>5</sub> (GT) <sub>26</sub>	F: TGAAGATAAGTAAGCACAAACAT R: CGTTATTTTTAGTGTTTATTC	49	13	160-190	DQ656591
<i>Secu164</i>	(GT) <sub>24</sub>	F: TTTACTCATTGCATCGTGTG R: CCCAAATTGCTCTACGT	49	22	220-273	DQ656592
<i>SecuC10</i>	(AT) <sub>4</sub> (GT) <sub>16</sub>	F: TTAGTAGCGAAGGAATCATA R: AAAGTTGTGCGTGGTTATC	53	23	202-267	DQ656593

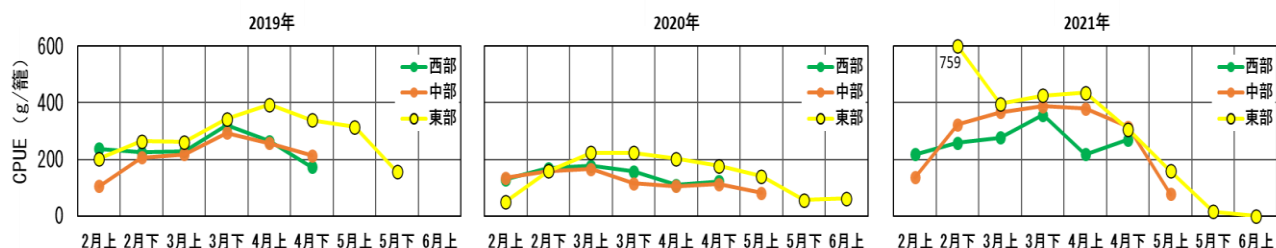


図2 3カ年における海域別いかかご漁業の月別 CPUE 推移

操業し、CPUE の最高値はともに 3 月下旬であった。東部は 4 月上旬に 393g/籠と最高値を示し、5 月下旬まで操業がみられた。

2020 年をみると、西部は 4 月下旬、中部は 5 月上旬まで操業し、CPUE の最高値はともに 3 月上旬であった。東部は 3 月上旬から下旬に CPUE の最高値を示し、6 月上旬まで操業がみられた。

2021 年をみると、西部は 4 月下旬、中部は 5 月上旬まで操業し、CPUE の最高値はともに 3 月下旬であった。東部は 2 月下旬に 759g/籠と極めて高い CPUE を示した。これは、操業隻数が 1 隻のみで、揚籠数が 15 籠から 25 籠と極端に少ない割に 50kg を超す漁獲量が原因であり、これを除けば 3 月上旬から 4 月上旬まで 400g/籠で推移し、4 月下旬以降、徐々に減少、6 月上旬まで操業がみられた。

海域別でみると、西部および中部の 2019 年および 2020 年は、ほぼ近似したグラフ形状であり、2021 年についても西部の CPUE にバラツキはあるものの、CPUE のピーク時期などから概ね同様の傾向であると類推できる。一方、東部については 3 カ年を通じ、西部および中部の CPUE を上回ったほか、CPUE のピーク時期や終漁が

他海域よりも半月から 1 カ月ほど遅れる傾向にあった。

## 2. 漁獲物調査

3 カ年における海域別雌雄別コウイカ外套背長組成の月別推移を図 3 に示した。雌雄別の試料数をみると、西部および中部は 2020 年 4 月を除き雌が多い状況にあったが、東部では初漁期である 2 月から 3 月に雄が多い傾向がみられた。次に、雌雄別の外套背長組成の月別推移をみると、雌は概ね単峰型を呈し、その組成ピークは 140mm から 150mm となっていた。それに対して雄の組成ピークは、雌ほど明瞭な単峰型がみられなかった。雄の組成ピークは 140mm から 180mm にみられ雌と同等か、それ以上を示し、その体サイズは雌と比べ幅広い組成範囲を成した。漁期後半における外套背長組成をみると、雌雄ともに 130mm 以下の個体割合が増加しており、特に東部で顕著な傾向が認められた。

3 カ年における海域別雌雄別コウイカ外套背長組成の年別推移を図 4 に示した。雌の平均外套背長は 2019 年が西部 147mm、中部 152mm、東部 148mm、2020 年が西部 148mm、中部 154mm、東部 148mm、2021 年が西部 146mm、中部 151mm、東部 150mm であった。また、雄の平均外套

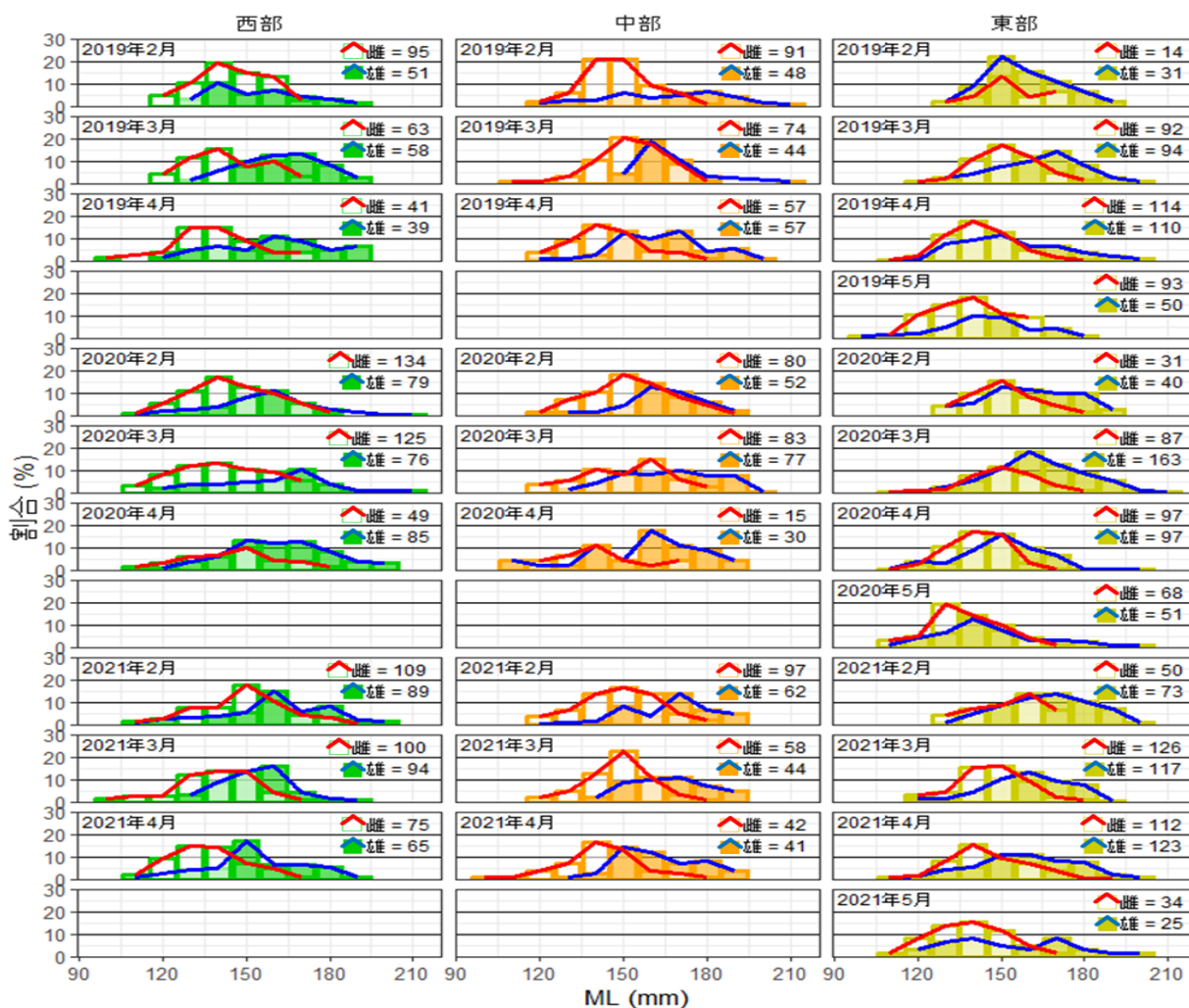


図3 3カ年における海域別雌雄別コウイカ外套背長組成の月別推移

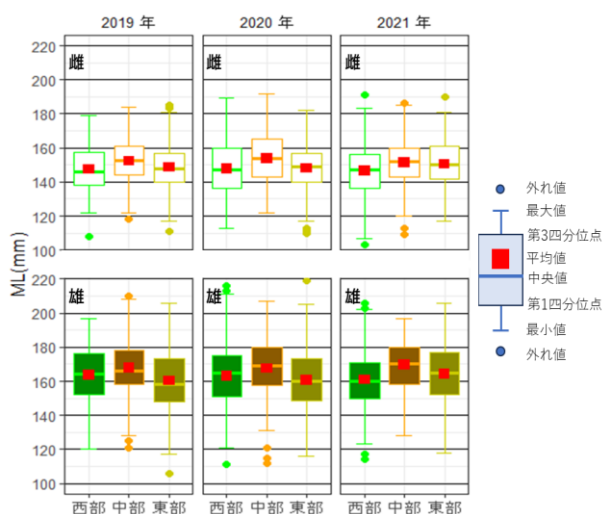


図4 3カ年における海域別雌雄別コウイカ外套背長組成の年別推移

背長は、2019年が西部163mm、中部168mm、東部160mm、2020年が西部163mm、中部168mm、東部161mm、2021年が西部161mm、中部170mm、東部164mmであった。

3カ年における海域別コウイカ雌雄割合を図5に示した。雌の割合は西部で53.8%から57.3%、中部で52.8%から59.8%であったが、東部は2019年が52.3%、2020年が47.5%、2021年が48.8%と、やや低い傾向にあった。

3カ年における雌雄別海域別コウイカGSIの月別推移を図6に示した。雌のGSIは3カ年を通じ8.9%から12.0%の範囲で、雄の3.0%から3.9%と比べ高い値を示したほか、雌雄のGSIが5月に低下する現象が認められた。なお、東部のGSIで、他海域と異なる変動が雌で2021年3月および2021年4月、雄で2019年4月にみられたものの、それを除けば3海域のGSIは、総じて雌雄ともに類似した変動を示した。

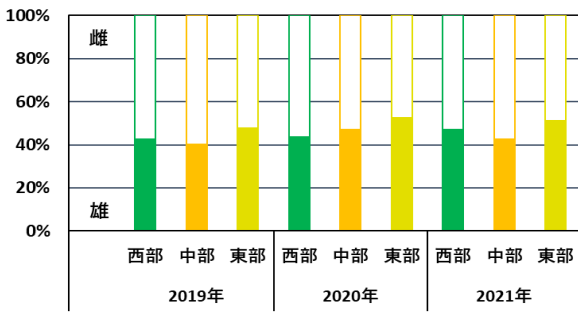


図5 3カ年における海域別コウイカ雌雄割合

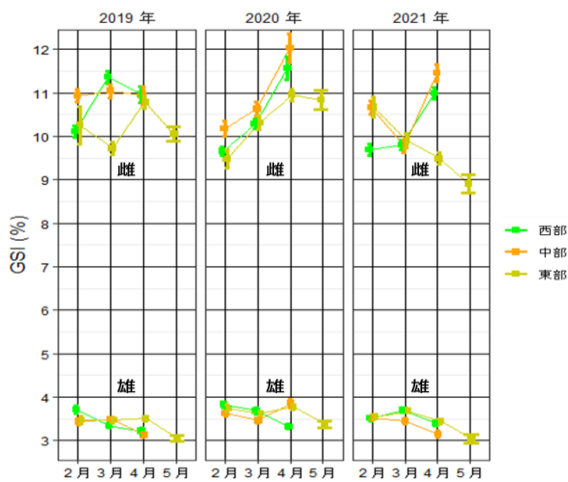


図6 3カ年における雌雄別海域別コウイカ GSI の月別推移

### 3. 漁獲物遺伝子調査

msDNA 遺伝子座 8 座を用いたコウイカ 50 尾のジェノタイプ結果を示した (表 2)。8 遺伝子座における遺伝子型の種類は 14 から 26 の範囲で、ヘテロ接合体は、いずれも 80%以上と多様であった。

遺伝的統計量として、遺伝的多様性を判断する際の指標となる対立遺伝子の有効数 ( $A$ )、ヘテロ接合体率、近交係数 ( $F_{is}$ ) を示した (表 3)。8 遺伝子座における 6 集団の対立遺伝子有効数 ( $A$ ) をみると 6 から 11 の範囲であった。ヘテロ接合体率の期待値 ( $H_e$ ) をみると *Secu164* は「2019 西部」で 0.773 と低い値を示したほかは、0.848 から 0.985 の範囲であった。ヘテロ接合体率の観測値 ( $H_o$ ) をみると *Secu6* は「2020 東部」で 0.571、*Secu113* は「2020 西部」で 0.667、*Secu146* は「2020 中部」で 0.667、*Secu164* は「2019 西部」で 0.667 と低い値を示したほかは、0.750 から 1.000 の範囲であった。ヘテロ接合体率の期待値 ( $H_e$ ) と観測値 ( $H_o$ ) の割合 ( $H_o/H_e$ ) をみると *Secu6* は「2020 東部」で 0.612、*Secu146* は「2020 中部」で 0.746 と低い値を示したほかは、0.800 から 1.158 の範囲であった。近交係数 ( $F_{is}$ ) は -0.177 から 0.397 の範囲であった。8 座の平均値をみると対立遺伝子の有効数 ( $A$ ) は 7.875 から 8.625 の範囲であった。ヘテロ接合体率の期待値 ( $H_e$ ) は 0.902 から 0.926 の範囲、ヘテロ接合体率の観測値 ( $H_o$ ) は 0.875 から 0.917 の範囲、ヘテロ接合体率の期待

表 2 msDNA 遺伝子座 8 座を用いたコウイカ試料 50 尾の遺伝子型

試料No	年月日	海域	ML(mm)	雌雄	<i>Secu6</i>	<i>Secu75</i>	<i>Secu84</i>	<i>Secu113</i>	<i>Secu117</i>	<i>Secu146</i>	<i>Secu164</i>	<i>Secu10</i>								
1	2019/4/23	西部	190	雌	256	258	181	191	188	194	237	264	235	245	162	182	220	272	233	247
2	2019/4/23	西部	171	雌	224	260	183	197	178	192	227	235	249	253	162	180	220	220	245	254
3	2019/4/23	西部	154	雌	224	236	175	193	178	188	229	264	249	251	174	188	216	262	242	245
4	2019/4/23	西部	156	雄	232	236	181	193	170	175	227	227	229	247	162	174	254	278	237	245
5	2019/4/23	西部	142	雄	230	234	193	203	174	178	229	231	229	241	166	172	220	256	229	240
6	2019/4/23	西部	127	雄	230	252	179	189	206	206	231	235	235	235	176	178	220	220	237	237
7	2019/4/22	中部	131	雌	224	228	175	181	200	202	235	268	241	249	168	176	254	258	231	247
8	2019/4/22	中部	155	雌	218	234	173	187	190	202	227	237	245	253	162	168	220	262	238	239
9	2019/4/22	中部	159	雌	222	250	173	175	180	204	229	235	229	243	168	174	220	254	240	245
10	2019/4/22	中部	141	雄	220	254	181	183	204	216	221	270	245	259	162	182	220	220	240	241
11	2019/4/22	中部	190	雄	230	242	175	203	188	188	260	274	237	247	168	178	218	250	254	261
12	2019/4/22	中部	158	雄	220	252	173	173	178	192	221	231	241	247	162	172	228	244	241	241
13	2019/4/22	東部	139	雄	226	236	179	185	174	188	229	235	241	245	178	182	250	252	242	242
14	2019/4/22	東部	136	雌	224	254	177	187	188	194	227	221	227	251	182	190	220	236	229	233
15	2019/4/22	東部	161	雌	234	236	185	191	178	178	255	270	251	259	168	186	220	252	242	258
16	2019/4/22	東部	124	雌	220	234	165	183	170	184	227	231	245	253	168	174	242	242	238	261
17	2019/4/22	東部	191	雄	226	260	181	189	180	188	221	229	225	227	176	188	220	220	253	254
18	2019/4/22	東部	138	雄	232	252	171	191	174	202	221	229	237	249	172	176	220	220	229	231
19	2019/4/22	東部	137	雌	224	256	165	191	190	192	227	229	247	265	184	186	218	256	237	263
20	2019/4/22	東部	130	雄	224	258	181	187	178	180	221	229	247	259	162	180	252	254	238	240
21	2019/4/22	東部	137	雄	226	250	171	207	188	188	229	231	237	259	168	180	220	248	249	258
22	2019/4/22	東部	170	雄	214	226	175	189	188	196	262	270	233	245	178	180	220	260	254	257
23	2019/4/22	東部	166	雌	228	228	165	171	178	178	229	235	247	247	168	180	218	250	249	260
24	2019/4/22	東部	165	雌	224	254	171	189	174	185	221	225	241	247	180	182	220	228	240	249
25	2020/3/9	西部	165	雌	234	236	179	187	188	195	227	227	241	257	168	176	220	256	231	240
26	2020/3/9	西部	118	雄	236	248	189	205	174	182	231	270	233	239	180	182	220	260	247	247
27	2020/3/9	西部	172	雌	230	254	175	191	188	194	221	229	233	235	162	180	220	260	240	245
28	2020/3/9	西部	201	雄	230	238	177	191	188	196	227	229	249	265	168	176	220	250	237	246
29	2020/3/9	西部	130	雄	216	230	165	189	170	192	239	260	245	247	172	182	224	252	238	239
30	2020/3/9	西部	216	雄	223	228	165	179	174	200	227	227	249	259	176	182	250	266	229	245
31	2020/3/26	中部	182	雌	222	222	173	197	200	210	235	270	243	247	172	182	220	254	245	250
32	2020/3/26	中部	124	雌	232	254	173	175	186	190	229	235	241	253	168	168	220	236	229	229
33	2020/3/26	中部	166	雌	224	234	185	191	194	202	229	231	247	249	180	186	228	230	256	258
34	2020/3/26	中部	164	雄	228	234	175	179	176	200	221	229	235	239	176	180	262	270	240	263
35	2020/3/26	中部	198	雄	224	228	177	195	180	185	231	264	245	251	168	182	216	246	227	237
36	2020/3/26	中部	142	雄	228	230	171	195	198	200	229	237	241	251	172	172	220	254	245	248
37	2020/3/8	東部	178	雌	218	218	171	193	174	188	231	231	255	257	176	184	220	254	229	238
38	2020/3/8	東部	161	雌	224	238	183	195	178	194	227	235	247	259	162	176	220	242	242	247
39	2020/3/8	東部	134	雌	234	234	195	199	174	190	223	231	247	253	160	180	256	260	238	252
40	2020/3/8	東部	136	雄	220	232	173	197	192	192	229	231	249	261	172	182	262	276	231	245
41	2020/3/8	東部	202	雌	222	222	185	191	190	190	221	239	247	249	180	182	220	266	229	231
42	2020/3/8	東部	190	雄	226	228	187	191	188	190	231	235	247	249	168	176	236	248	250	256
43	2020/3/8	東部	177	雌	232	232	185	213	188	190	231	235	245	265	176	182	220	260	231	244
44	2020/3/9	東部	125	雌	214	230	179	209	198	202	229	235	241	251	174	182	228	256	231	238
45	2020/3/9	東部	126	雄	222	222	177	191	180	185	231	264	245	251	168	182	216	246	227	237
46	2020/3/9	東部	145	雄	232	232	181	185	188	202	235	270	245	253	178	182	250	252	229	245
47	2020/3/16	東部	166	雌	224	252	177	195	218	218	229	237	245	245	170	180	218	254	229	242
48	2020/3/16	東部	126	雌	216	218	171	175	180	194	235	237	229	255	164	182	220	262	241	250
49	2020/3/16	東部	130	雄	236	238	171	171	170	174	227	235	243	245	174	182	220	254	233	245
50	2020/3/16	東部	194	雄	224	228	179	183	188	192	229	260	225	229	168	170	214	248	245	253

無着色はヘテロ接合体、着色はホモ接合体

値 (He) と観測値 (Ho) の割合 (Ho/He) は 0.971 から 1.004 の範囲で、近交係数 (Fis) は -0.005 から 0.032 の範囲であった。

一般的に、限られた集団内で繁殖が進むと、ホモ接合体が増加し、ヘテロ接合体が減少するため、ヘテロ接合体率の期待値 (He) や観測値 (Ho) , その割合 (Ho/He) は小さくなり、近交係数 (Fis) が大きくなる。今回の結果をみると、ヘテロ接合体率期待値 (He) や観測値 (Ho) , その割合 (Ho/He) は、いずれも 1 付近にあって大きく、近交係数 (Fis) は、いずれも 0 付近で小さい。因って、2 カ年における 3 集団は、いずれも遺伝的に均一で、分集団間の遺伝的分化は生じていないことを示した。

表 4 に Pairwise Fst 分析による年別海域別コウイカ 6 集団間の遺伝的分化を示した。Fst 値は 1 に近いほど遺伝子流動が少なく遺伝的分化の程度が大きくなる。表 4 に示した Fst 値は -0.0052 から 0.0160 の範囲で、いずれも極めて小さく、有意な集団間の遺伝的分化は認められなかった ( $\chi^2$  test  $p > 0.05$ ) 。

Structure 解析を用いた集団検出について、「K=2」

から「K=4」までの結果を図 7 に示した。図 7 の 50 本の帯は、表 2 に示した試料 50 尾に相当し、クラスター数 (K) に振り分けられたアサイメント確率ごとに帯の着色を変えて、試料 50 尾ごとの割合を表示したものである。年別、海域別、雌雄別、サイズ別で選抜した試料 50 尾によるアサイメント確率は、「K=2」から「K=4」のすべてでクラスター数 (K) と同数に等分され、試料 50 尾ごとの差は認められず、遺伝的分化はみられなかった。併せて、MCMC によるシミュレーション結果、対数尤度 (LnP) の平均値は「K=1」が -2225, 「K=2」が -2229, 「K=3」が -2235, 「K=4」が -2257 と、「K=1」が最も大きく、その標準偏差は「K=1」が 1.497, 「K=2」が 6.768, 「K=3」が 17.036, 「K=4」が 49.144 と、「K=1」が最も小さい。この結果から、有効なクラスター数 (K) は「K=1」と示唆された (図 8) 。

## 考 察

本報告では、2019 年から 2021 年にかけて、筑前海区

表 3 msDNA 分析を用いた年別海域別コウイカ 6 集団の遺伝的多様性

遺伝子座 (ローカス)	分析個体数 n	2019 西部	2019 中部	2019 東部	2020 西部	2020 中部	2020 東部
		6	6	12	6	6	14
Secu6	対立遺伝子の有効数 (A)	9.000	11.000	8.950	8.000	7.000	8.572
	ヘテロ接合体率の期待値 (He)	0.955	0.985	0.942	0.924	0.909	0.934
	ヘテロ接合体率の観測値 (Ho)	1.000	1.000	0.917	0.833	0.833	0.571
	(Ho)/(He)	1.048	1.015	0.973	0.902	0.917	0.612
	近交係数 (Fis)	-0.053	-0.017	0.028	0.107	0.091	0.397
Secu75	対立遺伝子の有効数 (A)	9.000	6.000	8.410	8.000	9.000	9.303
	ヘテロ接合体率の期待値 (He)	0.939	0.848	0.935	0.939	0.955	0.952
	ヘテロ接合体率の観測値 (Ho)	1.000	0.833	1.000	1.000	1.000	0.929
	(Ho)/(He)	1.065	0.982	1.070	1.065	1.048	0.975
	近交係数 (Fis)	-0.071	0.020	-0.073	-0.071	-0.053	0.026
Secu84	対立遺伝子の有効数 (A)	7.000	9.000	7.131	8.000	9.000	7.608
	ヘテロ接合体率の期待値 (He)	0.879	0.955	0.873	0.924	0.939	0.907
	ヘテロ接合体率の観測値 (Ho)	0.833	0.833	0.750	1.000	1.000	0.786
	(Ho)/(He)	0.948	0.873	0.859	1.082	1.065	0.866
	近交係数 (Fis)	0.057	0.138	0.147	-0.091	-0.071	0.139
Secu113	対立遺伝子の有効数 (A)	6.000	10.000	6.165	7.000	7.000	6.828
	ヘテロ接合体率の期待値 (He)	0.894	0.970	0.848	0.833	0.879	0.868
	ヘテロ接合体率の観測値 (Ho)	0.833	1.000	0.917	0.667	1.000	0.929
	(Ho)/(He)	0.932	1.031	1.081	0.800	1.138	1.070
	近交係数 (Fis)	0.074	-0.035	-0.085	0.216	-0.154	-0.073
Secu117	対立遺伝子の有効数 (A)	8.000	9.000	8.307	10.000	10.000	8.449
	ヘテロ接合体率の期待値 (He)	0.924	0.955	0.928	0.970	0.970	0.926
	ヘテロ接合体率の観測値 (Ho)	0.833	1.000	0.917	1.000	1.000	0.929
	(Ho)/(He)	0.902	1.048	0.988	1.031	1.031	1.003
	近交係数 (Fis)	0.107	-0.053	0.012	-0.035	-0.035	-0.003
Secu146	対立遺伝子の有効数 (A)	9.000	7.000	8.109	6.000	7.000	7.502
	ヘテロ接合体率の期待値 (He)	0.939	0.864	0.920	0.879	0.894	0.889
	ヘテロ接合体率の観測値 (Ho)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.667	1.000
	(Ho)/(He)	1.065	1.158	1.087	1.138	0.746	1.125
	近交係数 (Fis)	-0.071	-0.177	-0.091	-0.154	0.273	-0.130
Secu164	対立遺伝子の有効数 (A)	7.000	8.000	7.174	7.000	8.000	9.252
	ヘテロ接合体率の期待値 (He)	0.773	0.894	0.848	0.879	0.909	0.942
	ヘテロ接合体率の観測値 (Ho)	0.667	0.833	0.750	1.000	1.000	1.000
	(Ho)/(He)	0.863	0.932	0.885	1.138	1.100	1.062
	近交係数 (Fis)	0.149	0.074	0.120	-0.154	-0.111	-0.064
SecuC10	対立遺伝子の有効数 (A)	8.000	9.000	9.587	9.000	9.000	8.785
	ヘテロ接合体率の期待値 (He)	0.909	0.939	0.960	0.955	0.939	0.939
	ヘテロ接合体率の観測値 (Ho)	0.833	0.833	0.917	0.833	0.833	1.000
	(Ho)/(He)	0.917	0.887	0.955	0.873	0.887	1.065
	近交係数 (Fis)	0.091	0.123	0.047	0.138	0.123	-0.067
8座 平均値	対立遺伝子の有効数 (A)	7.875	8.625	7.979	7.875	8.250	8.287
	ヘテロ接合体率の期待値 (He)	0.902	0.926	0.907	0.913	0.924	0.920
	ヘテロ接合体率の観測値 (Ho)	0.875	0.917	0.896	0.917	0.917	0.893
	(Ho)/(He)	0.971	0.990	0.988	1.004	0.992	0.971
	近交係数 (Fis)	0.032	0.011	0.013	-0.005	0.009	0.030

表 4 Pairwise FST 分析による年別海域別コウイカ 6 集団間の遺伝的分化

pop	2019 西部	2019 中部	2019 東部	2020 西部	2020 中部	2020 東部
2019 西部						
2019 中部	0.0011					
2019 東部	0.0062	0.0018				
2020 西部	-0.0052	0.0051	-0.0018			
2020 中部	0.0116	-0.0160	0.0024	0.0071		
2020 東部	0.0062	0.0008	0.0035	0.0034	-0.0100	

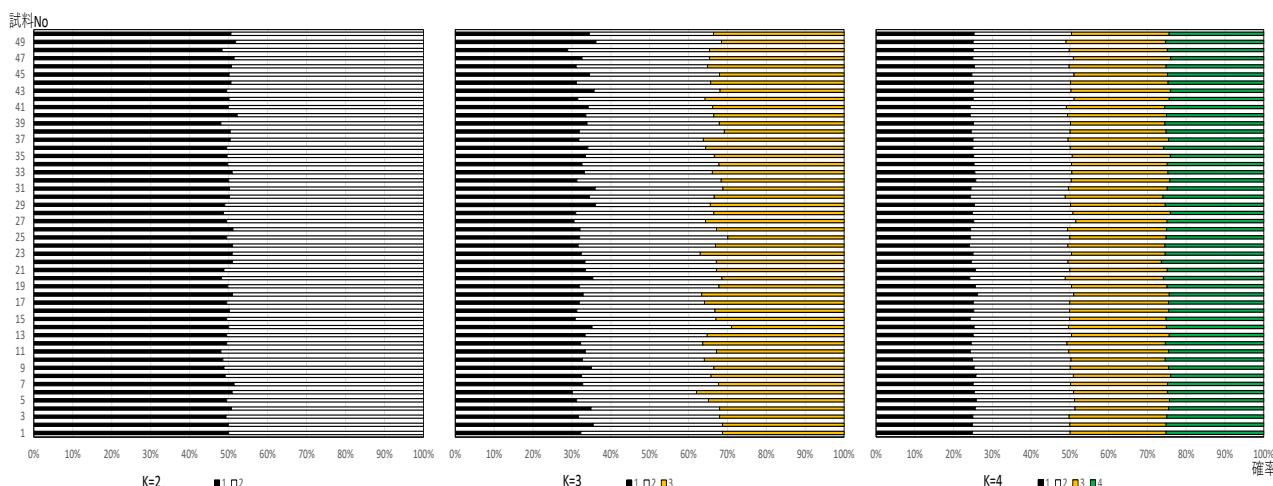


図 7 Structure 解析によるコウイカ試料 50 尾のアサイメント確率結果

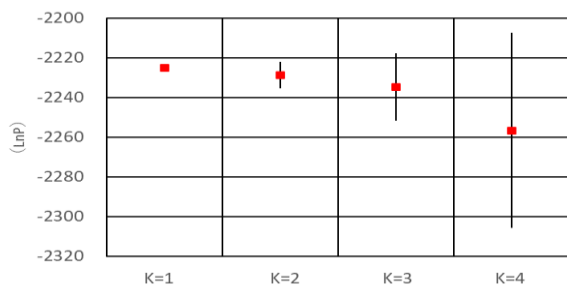


図 8 MCMC によるシミュレーション結果

いかかご漁業で漁獲されたコウイカを対象に、筑前海を 3 海域に区分し、「1. 操業状況調査」、「2. 漁獲物調査」、「3. 漁獲物遺伝子調査」を実施した。

まず、「1. 操業状況調査」では、資源状況を反映する指標として利用されている CPUE<sup>21)</sup> を用いて整理した結果、西部および中部の 2019 年および 2020 年については、CPUE やピーク時期が概ね同様であるが、東部は 3 年を通じ、西部および中部より CPUE が高く、ピーク時期は半月ほど遅く、終漁も半月から 1 カ月ほど遅い傾向を示した。

東部の CPUE が他海域よりも高い要因については、漁場特性を鑑みた場合、関門海峡付近で航路や潮流等の関

係上、漁場は他海域に比べ遙かに狭小で、且つ操業する漁業者および籠数が他海域に比べ圧倒的に少ないことから、1 隻 1 操業あたりの平均揚籠数は他海域よりも少ないものの、操業効率は非常に高い可能性があると考えられた。また、漁具特性を鑑みた場合、東部で使用する「いかかご」の多くは「鉄枠籠」であるが、西部および中部は主に「竹枠籠」を使用する。既報<sup>8)</sup>では「鉄枠籠の最大漁獲尾数および平均漁獲尾数は、竹枠籠の 1.5 倍および 2.0 倍と、鉄枠籠の優位性が際立つ」と指摘しており、こうした要因等から東部の CPUE は、他海域と比べ高い可能性があると考えられた。さらに、筑前海における 3 カ年のコウイカ漁況は、2019 年が平年並み、2020 年が不漁年、2021 年が豊漁年であったが、CPUE は 3 海域ともに豊漁年の 2021 年、平年並みの 2019 年、不漁年の 2020 年の順で大きく、筑前海に来遊するコウイカ資源についても、共通性がみられたと考えられた。

次に、「2. 漁獲物調査」であるが、月別推移では概ね単峰型を呈した雌に対し、雄では雌ほど明瞭な単峰型がみられなかったほか、雌雄ともに漁期後半、小型サイズの出現が増加する傾向がみられ、特に東部で顕著であった。これらについては今後、海域特性や漁具特性等の違いに目し、精査していく必要がある。

雌雄割合は、西部および中部における雌の割合が 3



カ年を通じ50%以上を占め、有明海<sup>22)</sup>に準じた結果となった。その一方、東部は2019年を除く2カ年において西部および中部と異なり、雌の割合が雄より低い唐津湾西側の佐賀県神集島の報告<sup>23)</sup>と類似した結果であった。この差については未解明であるため前述の課題と併せて、海域特性や漁具特性等の違いを踏まえつつ、雌雄の割合差に注目した多角的な究明が待たれるところであり、筑前海全域を対象に能動的漁具を使用した漁獲物調査の通年実施が、その一助となろう。

GSIは、3カ年を通じ3海域ともに、雌は10.5%前後、雄は3.5%前後と一様な推移を示した。こうした雌雄におけるGSIの傾向は、唐津湾西側の佐賀県神集島における結果<sup>23)</sup>と一致しており、産卵期で接岸するコウイカ来遊群の特徴を反映した結果であると云えよう。

最後に、「3.漁獲物遺伝子調査」であるが、2カ年3海域の50個体について、個別または集団の遺伝的多様性やPairwise F<sub>ST</sub>分析、さらにStructure解析やMCMCによるシミュレーションを進めた結果、集団間の遺伝的分化があるとは認められず、いずれもクラスター数(K)は「K=1」とする妥当性が伺えた。

こうした多角的な調査結果と前述した異なる漁況の試料が使用できたことを鑑みて3海域の「系群」を一考した場合、CPUEの推移や年変動の共通性、概ね単峰型を呈した外套背長組成、GSIの類似性、漁獲物遺伝子調査によるクラスター数「K=1」等から、筑前海の3海域に来遊するコウイカ主群は「同一系群」である可能性が極めて高いと推察された。そこで、解析に用いた3カ年のコウイカ試料を用いて外套背長と体重(雌・雄・総合)の関係について、図9および次式に示した。外套背長(ML: mm)と体重(BW: g)の関係式をみると、有明海<sup>24)</sup>と同様、雌雄に差が認められた。

$$\text{雌} : BW = 0.0004 ML^{2.7039} \quad (r = 0.9390)$$

$$\text{雄} : BW = 0.0006 ML^{2.6005} \quad (r = 0.9515)$$

$$\text{総合} : BW = 0.0011 ML^{2.5014} \quad (r = 0.9427)$$

今回、各調査の解析結果に基づき「同一系群」と

したところではあるが、コウイカの「生態」や「いかかご入籠機構」等の根幹的課題の解決に取り組むことは必須のこと、「1.操業状況調査」、「2.漁獲物調査」、「3.漁獲物遺伝子調査」のいずれにおいても残された課題が多数存在することから、信頼性の向上を図るうえでも継続調査は重要であり、調査内容の高度化や詳細化が求められる。例えば、「3.漁獲物遺伝子調査」で云えば「筑前海区のコウイカ資源は、唐津湾内で完結する」としてきた<sup>3)</sup>ところではあるが、その集団構造については課題を残していた<sup>4)</sup>。X.Zheng et al.はコウイカの集団構造について「コウイカ5群(愛知県、愛媛県、福井県、長崎県、Rizhao)を対象にmsDNA分析を行った結果、各群ともにF<sub>ST</sub>値は小さいものの有意な遺伝的分化が認められ、遺伝的距離が最も顕著であったのは、愛知県と4群であった。」と報告<sup>19)</sup>している。今回、筑前海に来遊するコウイカ主群において、明瞭な遺伝的分化があるとは認められず「同一系群」の可能性が高いとしたが、集団遺伝学的方法による集団判別は集団が大きくなる傾向にある<sup>25)</sup>ことから今後、他海区からの「移流群」等を遺伝的分化の差異で「系群分離」を考慮する場合、十分な試料数の確保は勿論のこと、対象海域を他海区まで拡大した横断的で包括的な検証を進めるなど、総合的な研究を持続的に取り組む必要がある。これに加え、コウイカの移動生態の観点から唐津湾を含む「地域群」の存在の可能性についても検討を進め、筑前海に来遊するコウイカについて再度「系群診断」すべきである。

## 謝 辞

本研究をはじめにあたり、貴重な情報の提供ならびにご助言をいただいた国立大学法人 東京海洋大学 学術研究院 海洋生物資源学部門の團重樹氏に心より謝意を表します。また、統計解析フリーソフトRのご指導および多大なご支援、ご協力を賜った国立研究開発法人

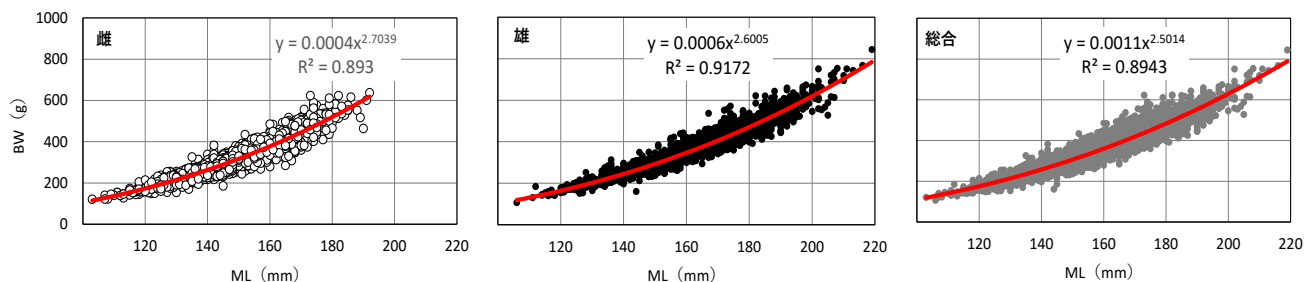


図9 コウイカ外套背長と体重関係(雌・雄・総合)結果

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター 底魚資源部の増淵隆仁氏ならびに関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。併せて、漁獲物遺伝子調査でご教示をいただいた一般財団法人九州環境管理協会 自然環境課の大井和之氏に対し感謝申し上げます。最後に、操業状況調査および漁獲物調査に、ご協力いただいた漁業者の皆様ならびに関係機関の皆様に対し深謝いたします。

## 文 献

- 1) 水産無脊椎動物学：培風館，昭和44年，208，(1969)。
- 2) 福岡県水産林務部漁政課．福岡県の漁具漁法，福岡．1991；121-122。
- 3) 国立研究開発法人 水産研究・教育機構．令和2(2020)年度 資源評価報告書 コウイカ(唐津湾)．<http://www.abchan.fra.go.jp/digests2020/trends/202010.pdf>，2022年10月15日閲覧
- 4) 伊藤輝昭，秋元聡．糸島地区におけるコウイカ資源量の推定．福岡県水産海洋技術センター 研究報告 2001；11：65-69。
- 5) 佐野二郎．糸島地区におけるコウイカの資源管理に関する研究．福岡県水産海洋技術センター 研究報告 2008；18：53-57。
- 6) 佐野二郎．数理モデルを用いた筑前海糸島地域におけるコウイカ移動生態．福岡県水産海洋技術センター 研究報告 2005；15：51-54。
- 7) 佐野二郎．コウイカの資源増大に関する研究．福岡県水産海洋技術センター 研究報告 2006；16：51-62。
- 8) 金澤孝弘，永松公明．筑前海区いかかご漁業の漁具診断．福岡県水産海洋技術センター 研究報告 2021；31：21-27。
- 9) 水産庁資源管理部管理課．新たな資源管理の部屋．<https://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/index.html>，2022年10月15日閲覧
- 10) 国立研究開発法人 水産研究・教育機構．資源評価関連情報．[http://www.fra.affrc.go.jp/shigen\\_hyoka/SCmeeting/2019-1](http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1)，2022年10月15日閲覧
- 11) 国立研究開発法人 水産研究・教育機構．わが国周辺の水産資源の現状を知るために．[http://abchan.fra.go.jp/pr/pamph\\_outline2007.pdf](http://abchan.fra.go.jp/pr/pamph_outline2007.pdf)，2022年3月15日閲覧
- 12) 国立研究開発法人 水産研究・教育機構．令和3(2021)年度 新規拡充魚種作業状況報告書 唐津湾コウイカ．[https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2021/trends\\_2021\\_11.pdf](https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2021/trends_2021_11.pdf)，2023年10月15日閲覧
- 13) 中坊徹次．系群あれこれ—水産資源学における種内個体群—．日本鯨類研究所 資源管理センター 水産資源管理談話会報 2003；31：3-22。
- 14) 久保伊津男，吉原友吉．水産資源学(改訂版)，共立出版，東京．1969：8-56。
- 15) 竹野功壘，浜中雄一，宮嶋俊明．日本海沿岸におけるヒラメ 1才魚の背・臀鰭条数と耳石初輪径の地理的変異．京都府立海洋センター 研究報告 1997；3：65-72。
- 16) 伊藤欣吾．東日本ヤリイカ個体群の分布回遊と資源変動要因に関する研究．青森県水産総合研究センター 研究報告 2007；5：11-75。
- 17) 木所英昭，八木佑太，阪地英男，山田徹生，本田聡，中川雅弘，栗田豊．ヒラメ *Paralichthys olivaceus* 漁獲量の海域別変動特性と資源評価における系群区分法の検証．日本水産学会誌 J-STAGE 早期公開版(2020)；1-11。
- 18) 長澤和也，森純太，岡村寛．東太平洋のアカイカ類の生物学的指標としての寄生虫。「外洋性大型イカ類に関する国際シンポジウム講演集」(奥谷喬司編)．海洋水産資源開発センター 1998；47-62。
- 19) Xiaodong Zheng, Minoru Ikeda, Lingfeng Kong, Xiangzhi Lin, Qi Li, Nobuhiko Taniguchi. Genetic diversity and population structure of the golden cuttlefish, *Sepia esculenta* (Cephalopoda: Sepiidae) indicated by microsatellite DNA variations. *Marine Ecology* 2009；30：448-454。
- 20) Xiaodong Zheng, Minoru Ikeda, Anna Barinova, Nobuhiko Taniguchi. Isolation and characterization of microsatellite DNA loci from the golden cuttlefish, *Sepia esculenta* Hoyle (Cephalopoda). *Molecular Ecology Notes* 2007；7：40-42。
- 21) 水産庁．漁獲物データ等の利用と調査船調査について．[https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h29\\_h/trend/1/t1\\_2\\_1\\_1.html](https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h29_h/trend/1/t1_2_1_1.html)，2022年10月15日閲覧
- 22) Watanuki N, Iwashita T, Kawamura G. Sex Composition and Sexual Maturity of *Sepia esculenta* Captured in Cuttlefish Basket Traps. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1993；59(6)：919-924。
- 23) 野田進治，野口弘三，古賀秀昭．イカ籠を用いたコウイカの産卵基質試験—II．佐賀県玄海水産振興



センター 研究報告 2005 ; 3 : 25-30.

- 24) 金澤孝弘, 伊藤輝昭. 有明海福岡県海域におけるコ  
ウイカの漁獲実態と生態. 福岡県水産海洋技術セン

ター 研究報告 2006 ; 16 : 77-82.

- 25) 田中昌一. 水産資源学総論, 恒星社厚生閣, 東京.  
1985 : 25-26.

福岡県水産海洋技術センター研究報告 第34号

編集委員

委員長	秋元 聡
委員	宮本 博和
	篠原 満寿美
	的場 達人
	池浦 繁
	藤井 直幹
	瀧上 哲
	江藤 拓也
	佐藤 利幸
	篠原 直哉

---

---

発行 2024年3月

発行者 福岡県水産海洋技術センター  
所長 林 宗徳

福岡県水産海洋技術センター 〒819-0165 福岡市西区今津 1141-1  
TEL 092-806-5251 FAX 092-806-5223

有明海研究所 〒832-0055 柳川市吉富町 728-5  
TEL 0944-72-5338 FAX 0944-72-6170

豊前海研究所 〒828-0022 豊前市大字宇島 76-30  
TEL 0979-82-2151 FAX 0979-82-5599

内水面研究所 〒838-1306 朝倉市山田 2449  
TEL 0946-52-3218 FAX 0946-52-3324

---

---