

# 放流技術開発事業

## (1) トラフグ

濱田 弘之・宮内 正幸

本事業はトラフグの効率的、経済的な放流技術の開発を目的として、放流適正種苗開発、放流技術開発、放流環境要因調査を行った。

### 結果および考察

#### 方 法

##### 1. 放流適正種苗開発

適正な中間育成技術を確立するため、収容密度別に育成した種苗を数段階の体長まで飼育し、生残、成長を調べた。また、健苗性評価手法を確立するため、育成種苗、天然魚、養殖魚の体成分を分析した。

##### 2. 放流技術開発

中間育成時の飼育密度や放流時の体長が放流後の生残等に与える影響を明らかにするために、育成条件別に内部標識（耳石染色）した種苗を放流し、混獲率や再捕率を比較した。また、一部の種苗では漁港内飼付型放流試験を実施した。

##### 3. 放流環境要因調査

種苗放流海域である福岡湾での許容放流尾数を明らかにするため、天然魚の現存量を推定し、現存量による体長体重関係の変動を調査した。

##### 1. 放流適正種苗開発

###### (1) 中間育成・放流実績

表1に示すとおり、平成10年度に標準体長35～60mmの種苗17万4千尾を受入れて鐘崎漁港内で7月2日から8月14日にかけて18～43日間の中間育成を実施し、全長59～92mmになった種苗10万5千尾を放流した（表1）。歩留まりは46～88%であった。なお、育成種苗のうち、1万8千尾については、中間育成途中で姫島漁港内に移送して9月9日まで育成した後、6千尾（全長133mm）を放流した。歩留まりは75%であった。

###### (2) 健苗性評価手法開発

天然魚と放流魚の体成分の相違から健苗性にアプローチした。まず、放流魚、天然魚、養殖魚がそれぞれの条件で長期間を経過した後でどのような差が生じているのか確認するために、昨年度には放流魚、天然魚および養殖魚2～3歳魚について水分含量、脂肪酸組成を比較した（表2）。その結果、水分含量は77～79%で大きな差は認められなかったが、脂肪酸組成では20:3nの含量が養殖魚のみ少なかった（表3）。このように長期間を天然環境で過ごした放流魚と天然魚では体成分に差が認められなかったことから、本年度は放流前の種苗の体成分とそれらが放流された後どのように天然魚の体成分に近づくのかを明らかにするために、放流前から放流4ヶ

表1 トラフグ中間育成、放流実績

| 地区名 | 中 間 育 成 |         |      |       |       | 放 流   |          |         |
|-----|---------|---------|------|-------|-------|-------|----------|---------|
|     | 受入月日    | 尾 数     | 平均全長 | 期間(日) | 歩 留   | 月 日   | 尾 数      | 平均全長    |
| 鐘 崎 | 7. 2    | 27,600  | 35mm | 18    | 72.1% | 7. 20 | 19,900   | 59～61mm |
| 鐘 崎 | 7. 2    | 22,600  | 35   | 26    | 80.1% | 7. 28 | (18,100) | *(70)   |
| 鐘 崎 | 7. 2    | 22,800  | 35   | 28    | 88.6% | 7. 30 | 20,200   | 69～71   |
| 鐘 崎 | 7. 2    | 16,200  | 35   | 35    | 61.1% | 8. 6  | 9,900    | 83      |
| 鐘 崎 | 7. 2    | 37,200  | 35   | 35    | 71.8% | 8. 6  | 26,700   | 78～84   |
| 鐘 崎 | 7. 2    | 33,000  | 35   | 43    | 46.4% | 8. 14 | 15,300   | 82～92   |
| 鐘 崎 | 7. 20   | 14,300  | 60   | 35    | 88.1% | 8. 14 | 12,600   | 91～92   |
| 姫 島 | 7. 28   | *(8100) | 70   | 43    | 75.3% | 9. 9  | 6,100    | 130～134 |
| 合 計 |         | 173,700 |      |       | 63.7% |       | 110,700  |         |

\* 姫島へ輸送

姫島の受入尾数は輸送時の事故によるへい死数を除く

表2 体成分分析用標本資料 (平成9年度)

| 番号       | 由来 | 性別 | 全長<br>(mm) | 体長<br>(mm) | 体重<br>(kg) | 肝重量<br>(g) | 生殖腺<br>重量(g) |
|----------|----|----|------------|------------|------------|------------|--------------|
| 980129-1 | 放流 | 雌  | 427        | 356        | 1.900      | 199        | 10.4         |
| 980129-2 | 天然 | 雄  | 415        | 344        | 1.360      | 139        | 25.6         |
| 980129-3 | 天然 | 雄  | 404        | 337        | 1.540      | 126        | 271.0        |
| 980206-1 | 放流 | 雌  | 407        | 353        | 1.670      | 126        | 9.7          |
| 980212-1 | 放流 | 雌  | 412        | 341        | 1.100      | 89         | 4.3          |
| 980212-2 | 放流 | 雌  | 440        | 375        | 1.720      | 260        | 23.0         |
| 980217-1 | 養殖 | 雄  | 369        | 312        | 1.155      | 134        | 168.0        |
| 980217-2 | 養殖 | 雌  | 386        | 324        | 1.090      | 193        | 6.0          |
| 980217-3 | 養殖 | 雌  | 371        | 314        | 1.040      | 190        | 6.7          |
| 980217-4 | 養殖 | 雌  | 381        | 323        | 1.125      | 200        | 7.0          |
| 980402-1 | 天然 | 雄? | 358        | 295        | 0.690      | 17.46      | <1           |
| 980402-2 | 天然 | 雌  | 425        | 343        | 1.423      | 184        | 6.3          |

鐘崎漁協延縄船から購入

表3 脂肪酸組成分析結果 (平成9年度)

| 脂肪酸区分     | 天然   | 放流   | 養殖   |
|-----------|------|------|------|
| 14:0      | 0.7  | 0.6  | 1.4  |
| 15:0      | 0.3  | 0.3  | 0.2  |
| iso16:0   | 3.9  | 3.3  | 2.5  |
| 16:0      | 17.2 | 17.5 | 18.7 |
| 16:1n-7   | 1.7  | 1.6  | 1.7  |
| 16:2n-4   | 0.5  | 0.4  | 0.4  |
| 17:0      | 0.4  | 0.4  | 0.3  |
| 16:3n-4   | 0.3  | 0.3  | 0.2  |
| iso18:0   | 0.8  | 1.1  | 0.7  |
| 16:4n-3   | 0.8  | 0.7  | 0.5  |
| 18:0      | 8.0  | 8.7  | 7.7  |
| 18:1n-9,7 | 9.3  | 10.3 | 9.4  |
| 18:1n-7   | 1.7  | 2.4  | 2.5  |
| 18:2n-6   | 1.7  | 1.1  | 2.2  |
| 18:3n     | 0.2  |      | 0.5  |
| 18:4n-3   | 0.2  |      | 0.2  |
| 20:0      |      |      | 0.2  |
| 20:1      | 1.0  | 1.0  | 0.8  |
| 20:2n-9   |      |      | 0.2  |
| 20:3n-9   |      |      | 0.2  |
| 20:3n     | 5.6  | 6.6  | 2.3  |
| 20:5n-3   | 7.5  | 7.7  | 9.8  |
| 22:0      | 0.4  | 0.6  | 0.2  |
| 24:1n-7   | 0.4  |      | 0.2  |
| 22:3      | 0.3  | 1.3  | 0.4  |
| 22:4      | 1.1  | 1.1  | 0.6  |
| 22:5      | 3.9  | 5.5  | 4.0  |
| 22:6n-3   | 28.8 | 25.9 | 28.7 |
| 24:1n-9   | 1.1  | 1.1  | 1.6  |
| others    | 2.3  | 0.6  | 1.4  |
| 脂質含量 (%)  | 1.0  | 0.8  | 1.0  |
| 水分含量 (%)  | 79.0 | 79.2 | 77.3 |

表4 体成分分析用標本資料 (平成10年度)

| 年月日    | 個体番号 | 全長  | 体長  | 体重    | 耳石染色による判定 |
|--------|------|-----|-----|-------|-----------|
| 980909 | 1    | 145 | 132 | 96.9  | (放流時)     |
| 980909 | 2    | 137 | 124 | 83.9  | (放流時)     |
| 980909 | 3    | 139 | 130 | 88.7  | (放流時)     |
| 981002 | 1    | 356 | 297 | 663.5 | 天然        |
| 981002 | 2    | 178 | 146 | 96.5  | 天然        |
| 981002 | 3    | 191 | 156 | 144.6 | 天然        |
| 981002 | 4    | 213 | 170 | 185.5 | 天然        |
| 981002 | 5    | 181 | 146 | 135.6 | 天然        |
| 981002 | 6    | 185 | 146 | 126.4 | 天然        |
| 981002 | 7    | 146 | 118 | 57.3  | 放流        |
| 981002 | 8    | 164 | 137 | 99.1  | 放流        |
| 981002 | 9    | 154 | 128 | 81.9  | 放流        |
| 981002 | 10   | 170 | 145 | 96.5  | 放流        |
| 981005 | 4    | 157 | 134 | 101.5 | 放流        |
| 981005 | 6    | 210 | 166 | 176.6 | 天然        |
| 981005 | 7    | 204 | 164 | 156.3 | 天然        |
| 981005 | 85   | 151 | 140 | 102.2 | 放流        |
| 981005 | 86   | 152 | 137 | 98.3  | 放流        |
| 981005 | 87   | 128 | 116 | 54.2  | 放流        |
| 981023 | 1    | 206 | 164 | 182.8 | 天然        |
| 981023 | 5    | 188 | 154 | 127.8 | 天然        |
| 981113 | 1    | 239 | 197 | 294.7 | 天然        |
| 981113 | 2    | 213 | 173 | 233.2 | 天然        |
| 981113 | 3    | 224 | 180 | 240.5 | 天然        |
| 981113 | 4    | 225 | 183 | 188.2 | 天然        |
| 981113 | 5    | 199 | 169 | 141.7 | 放流        |
| 981113 | 6    | 209 | 180 | 263.7 | 放流        |
| 981113 | 7    | 190 | 157 | 141.9 | 天然        |
| 981113 | 8    | 211 | 174 | 168.4 | 天然        |
| 981113 | 水槽-1 | 149 | 149 | 99.1  | 飼育        |
| 981113 | 水槽-2 | 141 | 141 | 88.2  | 飼育        |
| 981113 | 水槽-3 | 156 | 156 | 100.4 | 飼育        |
| 981207 | 1    | 155 | 137 | 120.5 | 飼育        |
| 981207 | 2    | 168 | 151 | 147.5 | 飼育        |
| 981207 | 3    | 175 | 160 | 161.3 | 飼育        |
| 981207 | 4    | 174 | 164 | 208.1 | 飼育        |
| 981207 | 41   | 199 | 160 | 137.6 | 天然        |
| 981207 | 42   | 202 | 160 | 195.6 | 天然        |
| 981207 | 43   | 184 | 146 | 148.4 | 天然        |
| 981207 | 44   | 193 | 154 | 173.2 | 天然        |
| 981207 | 45   | 201 | 171 | 164.8 | 放流        |
| 981207 | 46   | 196 | 161 | 158.6 | 放流        |
| 981207 | 47   | 187 | 151 | 136.2 | 放流        |
| 981207 | 48   | 180 | 151 | 131.8 | 放流        |

表5 中間育成概要

| 試験区            | 6cm放流区 | 7cm放流区 | 8cm放流区 | 8cm分槽区 | 8cm低密度区 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 育成期間           | 短期     | 中期     | 長期     | 長期     |         |
| 分槽の有無          | 無し     | 無し     | 無し     | 有り     | 無し      |
| 育成期間           |        |        |        |        |         |
| 育成開始日          | 7月2日   | 7月2日   | 7月2日   | 7月2日   | 7月20日   |
| 分槽日            |        |        |        | 8月6日   |         |
| 放流日            | 7月30日  | 8月6日   | 8月14日  | 8月14日  | 8月14日   |
| 中間育成開始時        |        |        |        |        |         |
| 体長 (mm)        | 29.2   | 27.7   | 27.7   | 27.7   | 45.5    |
| 標準偏差           | 2.99   | 3.43   | 3.43   | 3.43   | 3.8     |
| 体重 (g)         | 1.2    | 1.0    | 1.0    | 1.0    | 3.9     |
| 標準偏差           | 0.30   | 0.35   | 0.35   | 0.35   | 0.9     |
| 収容尾数           | 22800  | 32800  | 16400  | 16400  | 14300   |
| 収容密度           | 130    | 94     | 94     | 94     | 41      |
|                | (高密度)  |        |        |        | (低密度)   |
| 中間育成終了時        |        |        |        |        |         |
| 体長 (mm)        | 61.4   | 69.9   | 79.2   | 77.4   | 76.1    |
| 標準偏差           | 5.5    | 7.4    | 7.2    | 7.0    | 5.0     |
| 体重 (g)         | 10.9   | 15.7   | 21.6   | 21.0   | 19.8    |
| 標準偏差           | 2.8    | 4.9    | 4.1    | 6.1    | 4.0     |
| 取り上げ尾数         | 20200  | 21400  | 6600   | 7700   | 12600   |
| 収容密度<br>(尾/トン) | 115    | 61     | 38     | 22     | 36      |
| 生残率            | 88.6%  | 65.2%  | 40.2%  | 47.0%  | 88.1%   |

月後までの体成分を天然魚と比較した。(表4)。結果は水産大学校で現在解析中である。

これまでに数種の健苗性評価手法について検討してきた。次年度も簡便な健苗性評価手法を検討する予定である。これらの結果に基づき、事業化した場合の健苗性チェック手法を確立する必要がある。

## (2) 健苗育成技術開発

近年の天然資源の減少や将来の事業化を視野に入れた場合、可能な限り多数の種苗を放流できる技術を開発することが急務となっている。一方、全長7~8cmが適正放流サイズであり、このサイズより小型で放流した場合生残率が大きく減少することが明らかになっている。これらのことを踏まえ、現在の中間育成施設でできる限り多数の種苗を育成するため、8cm放流での適正収容密度(50尾/トン)より高密度(100~130尾/トン)で育成を開始し、サイズ別の育成結果からどのサイズまで育成できるかを検討するため、別表(表5)のような

中間育成を行い、結果を比較した。すなわち、130/トン育成・体長61mm放流区(6cm放流区)、94尾/トン育成体長70mm放流区(7cm放流区)、94/トン育成79mm放流区(8cm放流区)、8cm放流区と同じ条件で放流1週間前に分槽を行った試験区(8cm分槽区)を設定し、比較のため低密度(41尾/トン)での76mm放流区(8cm低密度区)を設けた。

各試験区の生残率を比較すると、6cm放流区と8cm低密度区では90%に近い高生残率であった。7cm放流区でも生残率は65%であった。これに対し、8cm放流区では生残率が40%あまりであった。8cm分槽区では47%と8cm区よりやや生残率が高く、分槽の効果が若干現れた。育成終了時の収容密度は6cm区が115尾/トンで最も高く、次いで7cm放流区が61尾/トンであり、8cm放流区では8cm低密度区と同じ40尾/トン足らずにまで減少した。8cm分槽区では分槽のため放流時の収容密度は22尾/トンであった。なお、8cmまで育成した3区では体長、体重に有意な差は認められな

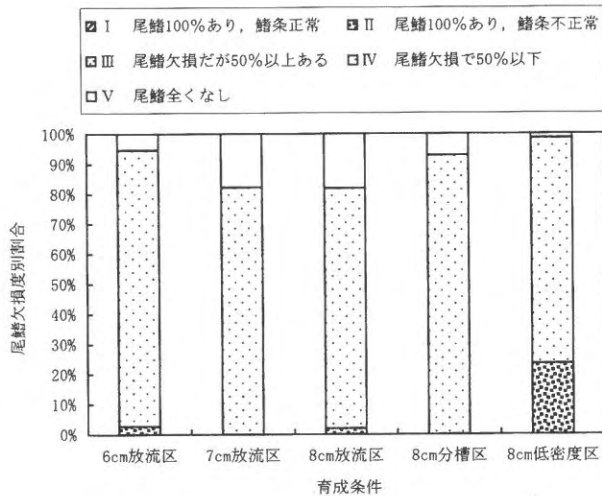


図1 育成条件別尾鰭欠損度割合

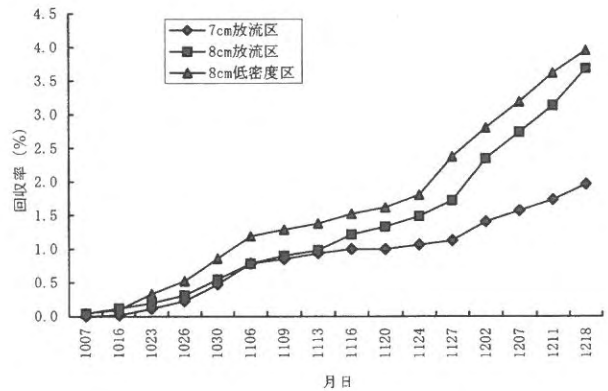


図3 育成条件別放流魚の回収率の推移

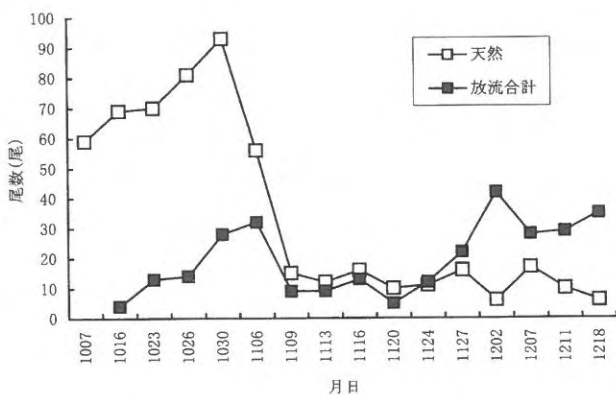


図2 放流魚と天然魚の漁獲尾数 (小型底びき網20隻当たり)

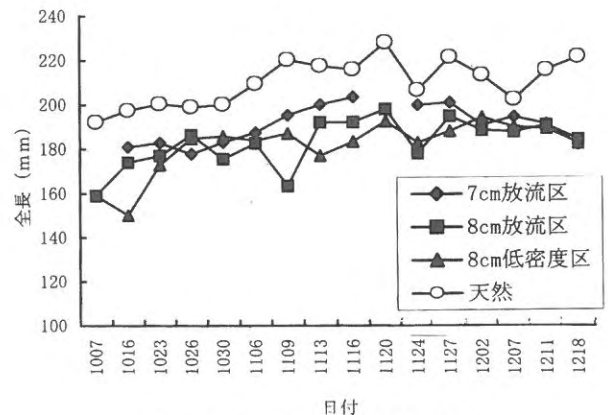


図4 育成条件別放流魚の全長の推移

かった。尾鰭欠損度は8cm低密度区で最も軽微であり、大サイズでの放流区ほど欠損割合が重度になる傾向にあった(図1)。8cm分槽区では6cm放流区と同程度であったことから、分槽により放流直前的高密度(重量密度)期の咬み合いが軽減されると考えられた。

以上のことから、130尾/トンの収容密度では6cmまでの育成が可能であり、100尾/トンでは7cmまでの育成が限界であると考えられた。分槽が可能であればさらに大サイズまでの飼育が可能と思われる。

### (1) 放流魚の短期追跡

上記の中間育成試験区のうち、7cm放流区、8cm放流区(分槽区を含む)、8cm低密度区分を8月中旬に福岡湾内に放流し、10~12月まで3ヶ月間の追跡を行った。

放流魚にはテトラサイクリンによる耳石染色で育成条件別に内部標識を施しており、調査期間内に福岡湾で混獲された1漁協分のトラフグ全数(1253尾)を買い上

げ、耳石を摘出して、放流魚を育成条件別に識別した。

小型底びき網によるトラフグの混獲尾数は例年同様、漁期前半には天然魚の割合が高く、後半には放流魚の割合が高くなった(図2)。

放流年内の幼魚期における回収率(放流尾数に対する混獲尾数の割合)では、放流群のうち、6cm放流区が漁期後半に他の2区より低く推移した(図3)。放流尾数に対する調査期間を通した各試験区の回収率は6cm放流区2.0%、8cm放流区3.7%、8cm低密度区4.0%であり、6cm放流区が他の試験区の半分であった。やはり小型群では限られた施設で多数育成することはできるが、何らかの形で放流直後の減耗を抑制する必要がある。

なお、放流後の体長は3試験区とも大差なく推移した。いずれの試験区も天然魚よりは小さめであった(図4)。



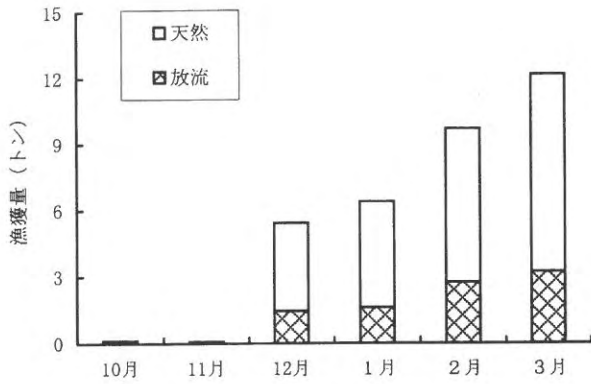


図5 筑前海のふぐ延縄によるトラフグ漁獲量推定値

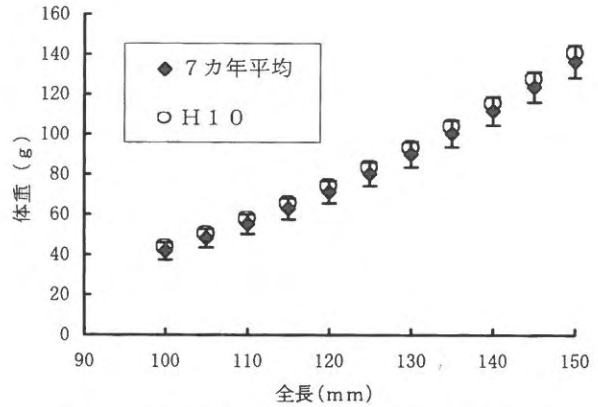


図7 平成10年と過去7カ年のトラフグ天然魚相対成長

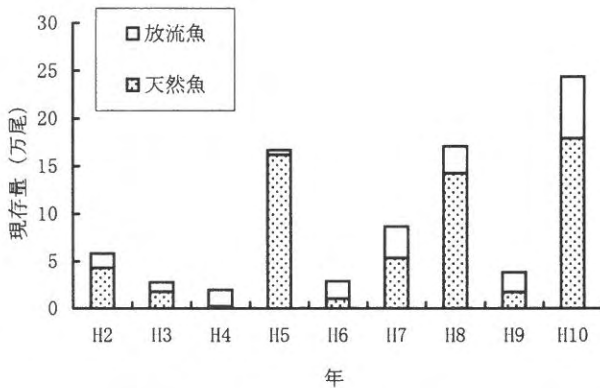


図6 福岡湾におけるトラフグ現存漁推定値

## (2) 放流魚の長期追跡

3月に他のトラフグ関連事業と併せて1～8kgの放流魚、天然魚合計182尾を買い上げた。内部標識および鱗変形の有無、年齢形質、生殖腺の組織学的検討について解析を進めている。また、ふぐ延縄漁業主要A漁協の仕切書から、本年度漁期におけるトラフグ総漁獲量に占める銘柄『放流』の割合を月別に算出した。これによると『放流』の月別漁獲割合は25～33%で推移しており、漁期通算では27%であった。

これを主要3漁協の仕切書から算出した筑前海のふぐ延縄漁業によるトラフグ漁獲量に乗じて、天然魚、放流魚の漁獲量を推定したところ、今漁期の漁獲量は天然魚25トン、放流魚9トン、合計34トンと推計された(図5)。

本調査の目的は放流効果(回収率)の把握にある。現在内部標識魚の追跡を実施しているが、放流魚の成長、生残、漁獲をモデル化し、県別の放流効果を推定するような試みにも取り組む必要がある。

## 3. 放流環境要因調査

放流魚の混獲率から平成10年の現存量を推定した。また、本年における天然魚の相対性長を過去7カ年の平均値と比較した。天然魚の現存量は18万尾と推定され、近年では最も多かったが(図6)、相対成長は他の年と大差なかったことから、放流尾数と合わせた24万尾では環境収容力を越えるに至っていないと考えられた(図7)。

天然資源の減少した現在、本事業で放流している規模の種苗添加では福岡湾の収容力を越えることは無いと考えられるが、最終的な結論を出すにはより多くの年の結果を総合する必要があると考えられることから、次年度も調査を継続する。

# 放流技術開発事業

## (2) エゾアワビ、アカウニ

太刀山 透・深川 敦平・福澄 賢二・小島 茂明<sup>1)</sup>

南方域におけるエゾアワビの放流技術開発並びにアカウニの放流効果の向上を目的とした。

### 1. 南方域におけるエゾアワビの生態及び回収率

福岡県でのエゾアワビの放流は、クロアワビの病害による種苗放流数の減少に対する暫時的対策として実施された。また、漁業者サイドでも、民間種苗生産業者からの購入により、種苗を入手し、放流する形態が定着しており、現在では年間数10万個が放流されている。しかしながら、南方域における放流エゾアワビの生態は明らかにされておらず、事業が先行しているのが現状である。

これまでの調査から、南方域においてはエゾアワビは、漁場の最も浅所に移動し、転石や岩盤の上面及び側面に表出する傾向が顕著であることを明らかにした。

そこで、本年度はエゾアワビの表出傾向並びに浅所への移動というクロアワビと異なる生態の検証さらには、その生態を利用した効果的な放流、漁獲方法について考察した。

## 方 法

### (1) エゾアワビとクロアワビの光に対する反応

供試した種苗はエゾアワビ、クロアワビの殻長30mm及び50mmの人工貝で、30mmサイズでは各20個、50mmサイズでは各10個を用いた。実験に用いた水槽は、縦200cm×幅100cm×深さ20cmのFRP製で、この半分をベニヤ板及び黒のビニールシートを用いて暗黒状態にし、照度、温度が調節可能な恒温室に收容した。水槽中央にアワビを置き、照度別、水温別に24時間後のアワビの位置を確認した。なお、実験中は、止水、微通気、無給餌とした。

### (2) エゾアワビの回収率の把握

放流したエゾアワビの累積回収率を把握するため、宗像郡大島において、海士漁(夏季)並びに磯見漁(冬季)時に各2~3回、漁獲されたアワビの殻長の測定及び種類(エゾアワビ、クロアワビ、メガイアワビ、マダカア

ワビ)の識別を行った。回収された放流エゾアワビの年齢の推定は、漁法別殻長組成から5~6年齢群に分離し、それぞれの年齢から放流年度を特定し、放流年度毎の回収個数を累計することにより、累積回収率を導いた。

調査対象とした放流群は、福岡県栽培漁業公社で生産した殻長10mmの種苗を、大島漁協において約1年間中間育成し、約30mmまで育成し、漁場に放流したものである。

クロアワビでは約30mmで放流した場合、放流後3年目から漁獲され始め、その後5~6年間でほぼ回収が終了する。また、漁獲され始めてから3年間で総回収個数の約80%を漁獲する<sup>1)</sup>。さらに、エゾアワビとクロアワビの成長には大きな差は認められない<sup>2)</sup>ことから、本報では、6~10年度に漁獲された2~6年度放流群について解析した。

### (3) 目的意識の差によるエゾアワビの採取状況

10年8月6日に、宗像郡大島二見浦地先の水深3m域で、3名が漁獲に対する異なる目的意識をもってスキューバ潜水し、発見したアワビを全て採取した。調査範囲は3名ともほぼ同じ場所であり、調査時間も同一である。これを、A漁場、B漁場の2ヶ所で実施した。

各調査員の設定は

- ・エゾねらい者：エゾアワビ及びクロアワビの生息状況を熟知したうえで、エゾアワビを目的種としての意識を持ち、漁獲調査する。
- ・クロねらい者：エゾアワビ及びクロアワビの生息状況を熟知したうえで、クロアワビを目的種としての意識を持ち、漁獲調査する。
- ・経験が浅い者：アワビ漁獲経験が浅い者である。

## 結 果

### (1) エゾアワビとクロアワビの光に対する反応

水温15℃でのエゾアワビ及びクロアワビの付着位置を図1に示した。殻長50mmサイズでの明区に位置した個

1) 東京大学 海洋研究所

エゾアワビ (30mm)

クロアワビ (30mm)

エゾアワビ (50mm)

クロアワビ (50mm)



図1 水温15℃での照度別エゾアワビ及びクロアワビの付着位置

エゾアワビ (30mm)

クロアワビ (30mm)

エゾアワビ (50mm)

クロアワビ (50mm)

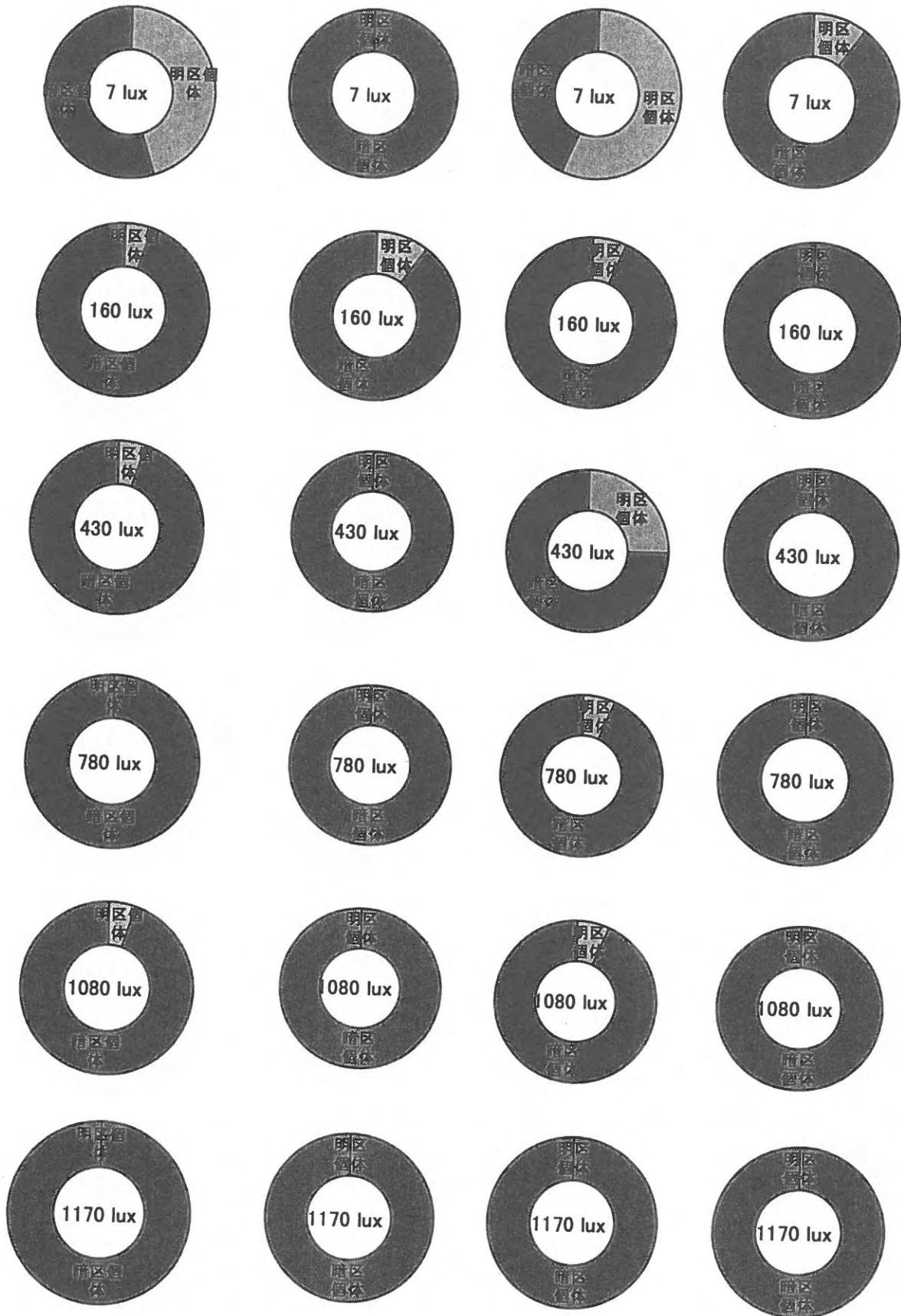


図2 水温20℃での照度別エゾアワビ及びクロアワビの付着位置

体の割合は、水面照度1,080lux以下ではエゾアワビが40~70%で、クロアワビの10%以下に比べ全般に高い値であった。30mmサイズでも同様に、エゾアワビの明区に位置した個体の割合は0~50%で、クロアワビの0~20%に比べ高いが、その割合は50mmサイズほど顕著ではなかった。1,170luxでは各サイズで、エゾアワビ、クロアワビとも10%以下となった。

水温20℃での両者の付着位置を図2に示した。全般的傾向は15℃と同様で、エゾアワビはクロアワビに比べ、明区に位置する個体の割合が高く、その傾向は30mmサイズより、50mmサイズで顕著であった。さらに、各サイズ、両者とも明区に位置する個体の割合は、15℃に比べ低かった。

このように、光に対するアワビの反応、いわゆる、負の光走性の割合は、エゾアワビはクロアワビより弱く、その傾向は大型貝で顕著であった。さらに、低水温ほど差は明瞭であった。この結果は、昨年度報告した、漁場での生息状況並びに模擬実験漁場での結果とよく一致している。このことから、表出並びに浅所への移動という、クロアワビとは異なるエゾアワビの生態は、負の光走性の割合の差により誘起されると推察された。

## (2) エゾアワビの回収率の把握

総漁獲個数に占める調査した標本数の割合（標本抽出率）を表1に示した。調査したアワビの数は976~

表1 漁獲物調査における標本抽出率

| 調査年度 | 漁獲個数(個) |       |        | 調査個数(個) |       |       | 標本抽出率(%) |      |      |
|------|---------|-------|--------|---------|-------|-------|----------|------|------|
|      | 海士      | 磯見    | 計      | 海士      | 磯見    | 計     | 海士       | 磯見   | 計    |
| 6    | 9,226   | 3,340 | 12,566 | 553     | 423   | 976   | 6.0      | 12.7 | 7.8  |
| 7    | 8,518   | 3,491 | 12,009 | 583     | 835   | 1,418 | 6.8      | 23.9 | 11.8 |
| 8    | 9,345   | 4,180 | 13,525 | 1,042   | 700   | 1,742 | 11.2     | 16.7 | 12.9 |
| 9    | 7,468   | 3,002 | 10,470 | 1,452   | 740   | 2,192 | 19.4     | 24.7 | 20.9 |
| 10   | 8,521   | 3,778 | 12,299 | 2,028   | 1,682 | 3,710 | 23.8     | 44.5 | 30.2 |

表2 放流エゾアワビの回収状況(大島)

| 放流年度 | 放流個数   | 漁獲年度別回収個数 |     |     |     |     | 累積回収個数(個) | 累積回収率(%) |
|------|--------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----------|----------|
|      |        | 6         | 7   | 8   | 9   | 10  |           |          |
| 2    | 68,000 | 445       | 282 | 118 | 44  | 10  | 899       | 1.3      |
| 3    | 56,000 | 151       | 239 | 268 | 165 | 22  | 845       | 1.5      |
| 4    | 69,000 |           | 190 | 315 | 206 | 158 | 869       | 1.3      |
| 5    | 39,000 |           |     | 260 | 231 | 195 | 686       | 1.8      |
| 6    | 19,000 |           |     |     | 191 | 149 | 340       | 1.8      |

3,710個で、標本抽出率は7.8~30.2%であった。特に、10年度は操業日、操業者による放流エゾアワビの偏りにより生じる誤差を小さくするため、調査個数の増加に努め、標本抽出率は海士が23.8%、磯見が44.5%であった。

6~10年度に漁獲したエゾアワビのうち、2~6年度に放流したエゾアワビの累積回収率を表2に示した。放流エゾアワビの累積回収率は1.3~1.8%であり、同じ大島における昭和56~59年度のクロアワビ放流群の累積回収率である23~37%<sup>6)</sup>に比べ極めて低い結果であった。

## (3) 目的意識の差によるエゾアワビの採取状況

アワビの潜水者別種類別の採取個数を図1に示した。A漁場でのエゾアワビ採取個数は、エゾねらい調査員が26個であったのに対し、クロねらい調査員は9個で、エゾアワビを漁獲する意識を持つことで17個の差が見られた。B漁場においても、エゾアワビの漁獲個数はエゾねらい調査員が21個、クロねらい調査員は4個であり、A漁場と同様にエゾアワビの漁獲差は17個であった。

クロアワビの漁獲個数は、A漁場では、クロねらい調査員が9個であったのに対しエゾねらい調査員は0個

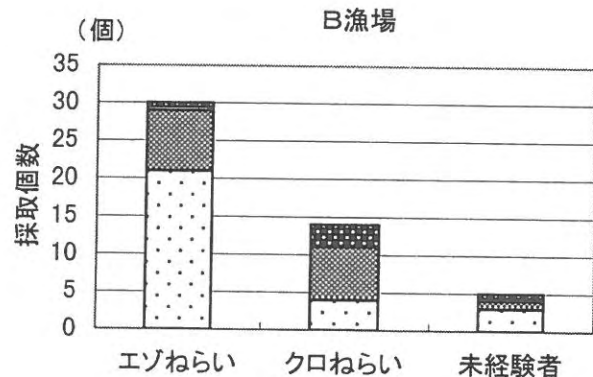
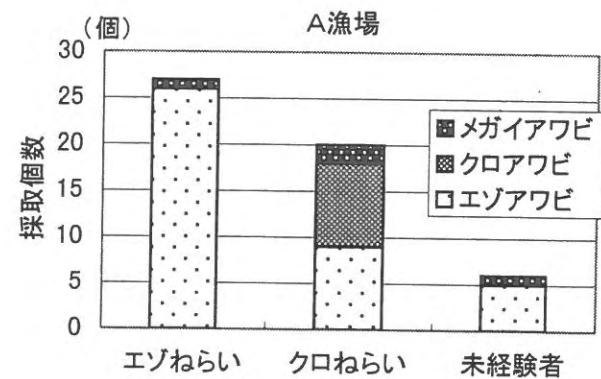


図3 潜水者別種類別アワビの採取個数



で、エゾアワビ漁獲個数と逆の結果となった。

一方、アワビ採取の経験が少ない調査員は、A漁場では6個の総採取個数のうちエゾアワビが5個で、クロアワビは0個であった。B漁場でも同様に採取個数はエゾアワビが3個、クロアワビが1個であり、両漁場とも採取個数が少ない中でもエゾアワビがその多くを占めた。

## 考 察

クロアワビの稚貝は水深0～3 m程度の浅所に生育し、成長に伴い沖合いのアラメ等の繁茂域に移動していく生態を示す。また、岩の下部に隠棲し、その傾向は夏に特に強い。一方、エゾアワビは冬季、夏季とも稚貝から成貝に至るまで潮間帯～水深2 m域の浅所の岩の上面及び側面に生息することは昨年度までに明らかにした。この生息生態の差は漁獲状況にも大きく影響する。

第1には、エゾアワビの生息水深帯と漁獲努力が主に向けられる漁場との関係である。放流エゾアワビが生息する浅所は、漁獲努力が集中して向けられるクロアワビの主な生息水深帯である5 m以深と異なる。漁獲の主たる目的種をクロアワビとしている筑前海の磯漁場においては、これまでと同じ水深帯に漁獲努力を向ければ、放流エゾアワビ資源に対する漁獲率及び回収率は低くなることが予測される。

第2には、(3)で見たように、漁獲者の目的種意識による漁獲状況の差である。エゾアワビの生息場所である浅い漁場で操業しても、漁獲時の目的種意識がクロアワビであれば、エゾアワビの漁獲個数は減少し、クロアワビが増加する。逆に、エゾアワビを目的種とすれば、エゾアワビの漁獲個数は増え、クロアワビが少なくなる。すなわち、隠棲するクロアワビを目的として漁をする漁業者の意識が石の表面に向かないため、表出するエゾアワビへの実質的漁獲努力が低下し、回収率も低くなることが考えられる。

第3には、エゾアワビの生息場所で、それを目的種として漁獲するという漁業者の動機づけのために、エゾアワビ放流漁場が他の非放流漁場と同等のCPU Eを有することが必要であろう。

そのため、エゾアワビを放流するにあたっては、このようなクロアワビとは異なる生息生態を踏まえた放流、漁獲方法が必要となる。

放流場所は、エゾアワビが放流した漁場の中で最も浅い場所に移動してくる性質を利用して、沖合の隆起岩礁域や入江的な水深が浅い漁場が適当と考えられる。

また、CPU Eを高めるためにも放流場所を分散せず、集中して放流し、集約的に漁獲することが有効と考えられる。

## 2. 分子生物学的手法による南方域におけるエゾアワビの再生産の確認

近年、クロアワビ (*Nordotis discus*) の亜種と考えられているクロアワビ (*N. discus discus*) とエゾアワビ (*N. discus hannai*) の間で、生息地を越えた放流が実施されるようになったことにより、地場集団の遺伝的攪拌が懸念されている。

これまで、こうした遺伝的攪乱を定量化するために、亜種に固有な遺伝的形質の検索を目的に、全国の集団について、ミトコンドリアDNAの塩基配列に基づいて解析を行った。その結果、クロアワビにおいてもサザエで示されたような、遺伝的に異なる2つのグループから集団が構成されていることが示された。しかし、サザエでは2つのグループの分布域が<sup>3)</sup>、基本的に黒潮流域と対馬暖流域に対応しているのに対して、クロアワビでは明確な地理的構造が見られなかった。これは、サザエが暖流域にのみ生息するため、個体の移動が一方向であるのに対し、クロアワビでは暖流と寒流の両方により輸送されるため、過去の氷期・間氷期サイクルの間に、両グループの個体が混じり合い、複雑な集団構造を形成してきたのに加え、長年の放流等の人為的攪乱により、地理的構造が失われているためと考えた。

昨年度は、アワビ集団の遺伝的構造を、さらに詳細に解析するためには、ミトコンドリアDNAとは独立な遺伝様式を持つ核DNA上に、遺伝子マーカーを確立する事を目的に、核DNA上の分子マーカーの検索を行い、エロンゲーションファクター1 $\alpha$ 遺伝子のイントロン領域の塩基配列が<sup>4)</sup>、集団内に十分な遺伝的変異を持ち、クロアワビ集団の遺伝的構造の解析に有効なマーカーとして、利用できることを明らかにした。

本年度は、昨年度開発した遺伝子マーカーを用いて、核DNAの遺伝子型組成が<sup>5)</sup>、地方集団間やクロアワビとエゾアワビ間、天然個体と種苗の間で違いがあるかを解析した。さらに、同一個体について、核DNAとミトコンドリアDNAの双方に基づく解析を行い、ミトコンドリアDNAによる遺伝子型と核DNA遺伝子型の集団内組成パターンが一致するかどうかを検定することにより、集団内の遺伝的変異の存在が<sup>6)</sup>、生殖的隔離を伴うか否かを検証した。また、交配実験などに際し、核DNA上の遺伝的変異をより簡便に検出する方法について検討した。

## 方 法

### (1) トータルDNAサンプルの調整

以下の操作により、PCR反応等を阻害する多糖類をほとんど含まない高純度のトータルDNA（核DNA＋ミトコンドリアDNA）を抽出・精製することができる。全ての操作は個体毎にエペンドルフチューブ（1.5ml）中で行う。

- a. アワビの筋肉を緩衝液（100mM EDTA(pH8), 10mM Tris(pH8), 150mM NaCl)0.5ml中ですりつぶす。
- b. 20% SDS 15  $\mu$ lを加え緩やかに10分間攪拌する。
- c. 5 M NaCl 60  $\mu$ lを加える。
- d. 水和フェノール、クロロフォルム 各300  $\mu$ lを加える。
- e. 10分間攪拌する。
- f. 12,000rpmで10分間遠心する。
- g. 上清を、500  $\mu$ lの100%エチルアルコールの入ったチューブに移す。
- h. 緩やかに攪拌する。
- i. 析出したファイバー状のDNAを1 ml 70%エチルアルコールの入ったチューブに移す。
- j. 12,000rpmで5分間遠心する。
- k. 沈殿を乾燥し、100  $\mu$ l滅菌蒸留水に溶かす。
- l. i.でファイバーが析出しないときは、12000rpmで10分間遠心し、沈澱を70%エチルアルコールで洗浄する。
- m. 得られたサンプルは、-20℃で凍結保存する。

### 2) PCR

トータルDNAサンプルを鋳型として、プライマーEF-HとEF-Bを用いて、以下の条件でPCR反応を行う。

- a. 94℃ 1分
- b. 92℃ 40秒
- c. 45℃ 1分
- d. 72℃ 3分 b～dを40回繰り返す。

上記のPCR産物を鋳型としてプライマーEF-HとEF-Crを用いて、以下の条件でPCR反応を行う。

- a. 94℃ 1分
- b. 92℃ 40秒
- c. 45℃ 1分
- d. 72℃ 2分 b～dを30～40回繰り返す。

表3 使用したプライマーの塩基配列

| Name    | Sequence                          |
|---------|-----------------------------------|
| EF-H    | 5'-GATATTGCTCTGTGGAARTTYGARAC-' 3 |
| EF-B    | 5'-CCNCCDATYTTTRTANACRTCYTG-' 3   |
| EF-F    | 5'-GCTTTCACCTTNGGNGTNAARCA-' 3    |
| EF-Cr   | 5'-GGATTATAACCGATYTTYTTDATRTA-' 3 |
| ABAL-1  | 5'-GGTTGATGCATATCATCGATCCC-' 3    |
| ABAL-2  | 5'-CTGAGTGGACAAGTAGTTGG-' 3       |
| ABALR-1 | 5'-TAGTGAACAATGGATGACTAGCAGC-' 3  |
| ABALR-2 | 5'-CAAGTCTGGACCATACAATCC-' 3      |

表4 解析したサンプル

| 種 類   | 産 地  | ミトコンドリア DNA遺伝子型 | サンプ ル 数 |
|-------|------|-----------------|---------|
| クロアワビ |      |                 |         |
| 福岡    | 天然個体 | K型              | 7       |
|       | 〃    | E型              | 7       |
| 長崎    | 人工種苗 | K型              | 8       |
|       | 〃    | E型              | 2       |
| 山口    | 天然個体 | K型              | 2       |
|       | 〃    | E型              | 8       |
| エゾアワビ |      |                 |         |
| 福岡    | 放流個体 | K型              | 6       |
|       | 〃    | E型              | 8       |
| 福島    | 人工種苗 | K型              | 10      |
| 宮城    | 天然個体 | K型              | 3       |
|       | 〃    | E型              | 7       |

### 3) シークエンス

2)で得られた、PCR産物を鋳型として、Sequenase PCR product sequencing kit(United State Biochem社)を使用し、以下のプライマーを用いて、塩基配列を決定する。プライマーの塩基配列は表3に示した。

EF-F, ABAL-1, ABAL-2, EF-Cr, ABALR-1, ABALR-2

## 結果及び考察

1) エロンゲーションファクター1 $\alpha$  (EF-1 $\alpha$ ) 遺伝子イントロン領域の塩基配列と個体間変異

表4に示したミトコンドリアDNA遺伝子型が既知の

<-- EXON INTRON -->  
 CCA CCA TAC TCT GAG GTAAGTGGCAATTC TATTACACCCTCTTACAGCATGCAGAACCAGATGTTTCATGGATCTAACCTATGCAAGCGTGCTTGGACAT  
 TTTGTACTGTAGATAGACATCAACAATGTTTCTGTGTGTTGGTCCAGTCTAATTCTTAGCTACCACCGTGAAGATCCAGGGTAGAATAGGCTTTCAGCTACCC  
 ATGCTTGCATAAAAGGGWCTAAACAGGTTCCGGTGGTCCAGGCTCACTGACTTGGTTGATGCATATCATCGATCCCAATTGCGTGGATCGATGTTTCATGATATCA  
 <----- ABALR-1 ----->  
 GTCCTGGATTGATGTTCCAGACTTGATTATTACAGACCGCCATCGTATAGCTATAATATTGCTGAGTGGCGCATTAAACACAACAAACCAATTCCTAGCCAMC  
 ATGATGCCAAGTAATTTTGTAGACAAATAGCAGAACGTTATGGCACTTCCCAAATMATGTAATTCGGGTTAATTTTCATGAATACAAAACATTGAGTGGCTGAAA  
 TGTTTACAACCTGAATTAGTAGAATTACGAAACCTGTCCTAATATTTGTAATATTTCTGAGTGGACAAGTAGTTGGTAACAATGCTGCTGTCATCCATTGTTCA  
 56  
 CTWVTTAGCTTAATGTGGACCCCTTGCCTCATTCCACTGCCAATGTTAACTTTCAGCAAGATGTTATTAATCCTGCATCTTTAATTATTGTTGGGATAGT  
 ACTAGCCCAGGGCTAGTCAGTTTCCCATTTTACACATTACAAGGTCATTTTCTTTGCAAGGCTAGCAACTATTTGGAATTTATTTCTTATCCTAHTATCTTATC  
 <----INTRON----->  
 CTTTTTCCCATTTAGGCA CGA TTT GAC GAA

図4 クロアワビのEF-1 $\alpha$ 遺伝子のイントロン部の塩基配列。数字は多型サイト。下線は、3塩基の挿入を示す。本研究で使用したプライマーの位置を図中で示す。

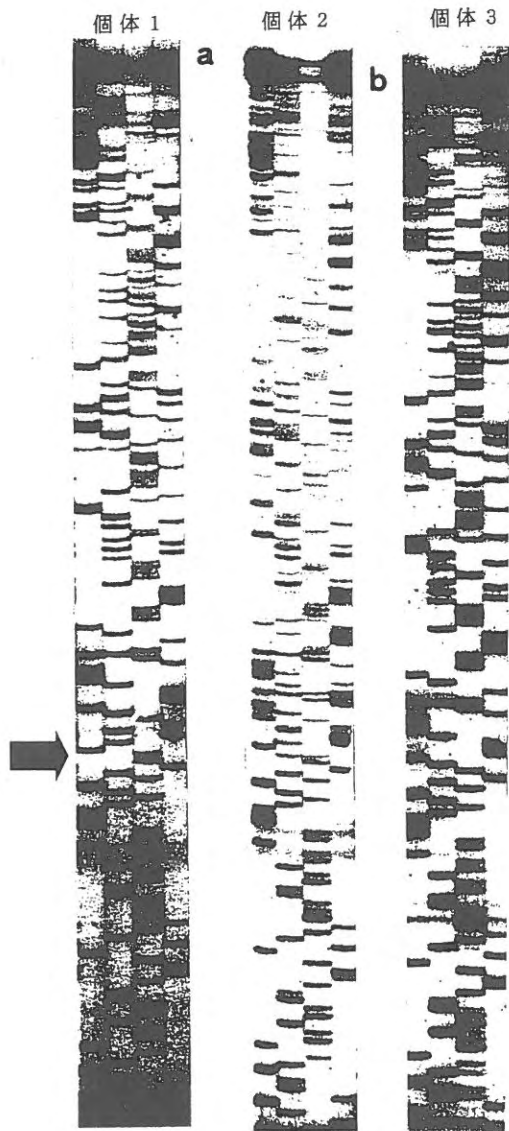


図5 3'側の挿入/欠失サイト変異によるシーケンスバンドパターンの違い。

クロアワビ及びエゾアワビ各34個体について、EF-1 $\alpha$ 遺伝子のイントロン部分の塩基配列を決定した。その過程で、昨年度報告した5'側の3塩基対の挿入/欠失変異の他に、新たに3'側に7塩基対の挿入/欠失変異が見つかった(図4)。

図5に新たに発見された3'側の挿入配列を持つ遺伝子を両親から受け継いだ個体(個体1, 遺伝子型+/+), 方親からのみ受け継いだ個体(個体2, 同+/-), 挿入のない遺伝子を両親から受け継いだ個体(個体3, 同-/-)について得られるシーケンス結果を示した。挿入サイト(矢印)までは、どの個体も同じバンドパターンを示すが、その後(図の上側), 個体1と個体3では異なるパターンを示し、個体2は両者を合わせたパターンを示す。個体1では個体3のサイト直後のパターンが、バンド7個を隔てた後に出現している。

## 2) 核遺伝子型の集団間変異

今回解析の対象とした個体の7つの塩基置換サイト(図4)及び2つの挿入/欠失サイトの形質を表5, 6にまとめた。このデータに基づき、各サイトに関する遺伝子型組成について、クロアワビとエゾアワビ間及び地方集団間、天然個体と種苗間で遺伝子型組成の違いがあるかをRoff and Bentzen(1989)の方法<sup>3)</sup>により解析した。

まず、2つの亜種が天然集団で共存する福岡県沖で採集されたクロアワビとエゾアワビの天然個体の間に、核

表5 インترون領域における多型サイトの遺伝子型組成 (クロアワビ)

| 集 団              |      | 福 岡 |    | 長 崎 |    | 山 口 |    |
|------------------|------|-----|----|-----|----|-----|----|
| ミトコンドリア DNA 遺伝子型 |      | K型  | E型 | K型  | E型 | K型  | E型 |
| 塩基置換             |      |     |    |     |    |     |    |
| サイト              | 遺伝子型 |     |    |     |    |     |    |
| 1                | AA   | 5   | 3  | 5   | 2  | 1   | 5  |
|                  | AT   | 2   | 3  | 3   | 0  | 1   | 3  |
|                  | TT   | 0   | 1  | 0   | 0  | 0   | 0  |
| 2                | AA   | 1   | 1  | 5   | 1  | 0   | 1  |
|                  | AC   | 5   | 4  | 3   | 1  | 1   | 4  |
|                  | CC   | 1   | 2  | 0   | 0  | 1   | 3  |
| 3                | AA   | 0   | 0  | 1   | 0  | 0   | 1  |
|                  | AC   | 2   | 1  | 3   | 1  | 0   | 2  |
|                  | CC   | 5   | 6  | 4   | 1  | 2   | 5  |
| 4                | AA   | 6   | 4  | 8   | 1  | 1   | 7  |
|                  | AT   | 0   | 0  | 0   | 1  | 0   | 0  |
| 5                | AA   | 7   | 5  | 8   | 2  | 2   | 7  |
|                  | AT   | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   | 0  |
| 6                | AA   | 7   | 4  | 5   | 2  | 2   | 7  |
|                  | AG   | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   | 0  |
|                  | AC   | 0   | 1  | 3   | 0  | 0   | 0  |
| 7                | AA   | 0   | 2  | 0   | 0  | 0   | 0  |
|                  | TA   | 3   | 2  | 3   | 0  | 1   | 2  |
|                  | TT   | 2   | 2  | 5   | 2  | 1   | 1  |
| 挿入(+)/欠失(-)      |      |     |    |     |    |     |    |
| a                | ++   | 3   | 5  | 6   | 2  | 2   | 6  |
|                  | +-   | 4   | 1  | 2   | 0  | 0   | 2  |
|                  | --   | 0   | 1  | 0   | 0  | 0   | 0  |
| b                | ++   | 0   | 1  | 0   | 0  | 1   | 0  |
|                  | +-   | 3   | 1  | 0   | 1  | 0   | 5  |
|                  | --   | 4   | 4  | 8   | 1  | 1   | 3  |

表7 福岡におけるクロアワビ-エゾアワビ間の核DNA遺伝子型組成の差の有意性の検定結果。及び $\cdot$ は、それぞれ5%水準、1%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す。

| ミトコンドリア DNA 型 | 変異サイト |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|
|               | 1     | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | a  | b  |
| K型のみ          | NS    | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| E型のみ          | NS    | NS | NS | NS | NS | .. | NS | ·  | NS |
| 全 個 体         | ·     | NS | NS | NS | NS | .. | NS | NS | NS |

DNA 遺伝子型組成に有意な差異があるかどうかをサイト毎に、K型とE型を別にした場合とそれらを合わせてひとつのグループとした場合とについて検定した (表7)。サイトaのE型およびサイト1の全個体について5%レベルの有意差が検出された。前者はエゾアワビのE型遺伝子頻度が高いこと、後者はクロアワビのT遺伝子

表6 インترون領域における多型サイトの遺伝子型組成 (エゾアワビ)

| 集 団              |      | 福 岡 |    | 福 島 |    | 宮 城 |    |
|------------------|------|-----|----|-----|----|-----|----|
| ミトコンドリア DNA 遺伝子型 |      | K型  | E型 | K型  | E型 | K型  | E型 |
| 塩基置換             |      |     |    |     |    |     |    |
| サイト              | 遺伝子型 |     |    |     |    |     |    |
| 1                | AA   | 5   | 5  | 6   | 2  | 4   |    |
|                  | AT   | 1   | 1  | 4   | 1  | 1   |    |
|                  | TT   | 0   | 0  | 0   | 0  | 1   |    |
| 2                | AA   | 1   | 2  | 5   | 1  | 0   |    |
|                  | AC   | 5   | 5  | 5   | 0  | 4   |    |
|                  | CC   | 0   | 1  | 0   | 2  | 3   |    |
| 3                | AA   | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   |    |
|                  | AC   | 3   | 2  | 3   | 0  | 1   |    |
|                  | CC   | 3   | 6  | 7   | 3  | 6   |    |
| 4                | AA   | 3   | 6  | 7   | 3  | 6   |    |
|                  | AT   | 0   | 0  | 2   | 0  | 0   |    |
| 5                | AA   | 4   | 8  | 8   | 3  | 6   |    |
|                  | AT   | 0   | 0  | 1   | 0  | 0   |    |
| 6                | AA   | 4   | 8  | 6   | 3  | 6   |    |
|                  | AG   | 0   | 0  | 2   | 0  | 0   |    |
|                  | AC   | 0   | 0  | 1   | 0  | 0   |    |
| 7                | AA   | 0   | 0  | 0   | 0  | 1   |    |
|                  | TA   | 2   | 3  | 3   | 1  | 0   |    |
|                  | TT   | 1   | 2  | 6   | 2  | 2   |    |
| 挿入(+)/欠失(-)      |      |     |    |     |    |     |    |
| a                | ++   | 2   | 2  | 2   | 1  | 4   |    |
|                  | +-   | 4   | 4  | 6   | 1  | 3   |    |
|                  | --   | 0   | 2  | 2   | 1  | 0   |    |
| b                | ++   | 0   | 0  | 0   | 1  | 1   |    |
|                  | +-   | 3   | 2  | 1   | 0  | 3   |    |
|                  | --   | 3   | 6  | 9   | 2  | 3   |    |

子頻度がやや高いためであるが、こうした特徴は他集団では見られず、クロアワビ-エゾアワビ間に固有の差とは考えにくい。E型及び全個体のサイト6での1%レベルの差は、クロアワビのE型個体のみがC遺伝子を持つためであるが、同じ変異が福島のエゾアワビ種苗からも検出されており、やはり亜種特異的な変異とは考えにくい。以上のように、今回の解析からは、クロアワビとエゾアワビを明確に区別する変異は発見されなかった。

次に福岡のクロアワビおよびエゾアワビ天然個体集団について、それぞれ宮城の天然個体集団との間に遺伝的差があるかどうかの検定を行った。(表8)クロアワビの福岡集団と山口集団の間には、K型個体についてサイトbに、E型個体及び全個体にサイト6に1%水準で有意な違いが検出された。前者は山口のK型個体のE型遺伝子が少ないためであるが、E型ではそうしたパターンは見られず、K型のサンプル数が少ないことからアーティファクトの可能性が高く、さらに多くのサンプルに基づく解析が必要であろう。後者は福岡のE型の1個体が持



つC遺伝子のために、サンプルサイズを考えると、距離的に近い福岡-山口間でも遺伝子交流の制限されている可能性を示唆する。エゾアワビの場合には、サイト2について、E型個体に5%レベルの、全個体で1%レベルの有意な違いが検出された。これは、福岡集団でAの遺伝子頻度がC遺伝子の頻度より高いのに対し、宮城集団では逆であるため、K型個体についても、統計的に有意ではないが同様の傾向が見られる。福岡集団と宮城集団間の遺伝的差異を反映しているものと考えられる。

長崎産のクロアワビ人工種苗及び福島産の人工エゾアワビ種苗について、同じ亜種の天然集団との遺伝的差異を検討した(表9)。長崎産のクロアワビ種苗は、サイト2のC遺伝子頻度がA遺伝子頻度より低い、サイト6にC遺伝子を持つ個体を含む、サイトbに+遺伝子がないなど、他集団に見られない特徴を持ち、福岡及び山口の天然集団との間に複数のサイトで統計的に有意な差が検出された。長崎産種苗の親貝の由来する天然集団のデータがないため、この差が地方集団間の遺伝的分化によるものである可能性も否定できないが、種苗を限られた個体数の親から生産する場合や継代飼育した個体を用いる場合、親が偶然持っていた天然では稀な遺伝的特徴を、多くの種苗が持つことも予想される。エゾアワビ種苗については、クロアワビに比べて差が小さいものの、サイトbの-遺伝子頻度が極めて高い点が特徴的である。種苗に特有の遺伝的特徴は、それらを天然に放流した後の生残や成長を追跡調査する際のマーカーとして利用できるかもしれない。

### 3) 核DNA遺伝子型とミトコンドリアDNA遺伝子型の比較

8年度に報告したミトコンドリアDNAの遺伝子型(K型とE型)の違いと核DNA遺伝子型の集団内組成パターンが一致するかどうかを検定した(表10)。K型とE型間で各変異サイトの各遺伝子型を比較したところ、6通りの組み合わせで有意な差が検出されたが、このうち5例は、1個体のみが持つ低頻度の遺伝子によるものである。また、エゾアワビ全個体のサイト6の有意差は、福島種苗からのみ検出されているG遺伝子によるものである。このように検出された有意な差は、ミトコンドリアDNAの遺伝子型による核遺伝子の差異を反映するものではなく、地方集団の遺伝的特性によるものと考えられる。このことは、遺伝的な隔離を伴わない種内変異であることを示唆する。かつて地理的に隔離された地方集団で分化したグループが、氷期後の分布域拡大と

表8 クロアワビ地方集団間における核DNA遺伝子型組成の差の有意性の検定結果。及び・は、それぞれ5%水準、1%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す。

| ミトコンドリア<br>DNA型 | 変異サイト |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                 | 1     | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | a  | b  |    |
| クロアワビ 福岡vs山口    |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| K型のみ            | NS    | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | .. |
| E型のみ            | NS    | NS | NS | NS | NS | .. | NS | NS | NS | NS |
| 全個体             | NS    | NS | NS | NS | NS | .. | NS | NS | NS | NS |
| エゾアワビ 福岡vs宮城    |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| K型のみ            | NS    | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| E型のみ            | NS    | ·  | NS | NS | NS | NS | NS | ·  | ·  | ·  |
| 全個体             | NS    | .. | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

人為的拡散により混合している過程にあると思われる。

表9 クロアワビ天然固体と種苗の間の核DNA遺伝子型組成の差の有意性の検定結果。及び・は、それぞれ5%水準、1%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す。

| ミトコンドリア<br>DNA型 | 変異サイト |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                 | 1     | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | a  | b  |    |
| クロアワビ vs福岡      |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| K型のみ            | NS    | ·  | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | .. |
| E型のみ            | ·     | NS | NS | .. | NS | NS | .. | NS | NS | NS |
| 全個体             | NS    | ·  | NS | .. | NS | NS | NS | NS | NS | ·  |
| クロアワビ vs山口      |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| K型のみ            | NS    | .. | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | .. |
| E型のみ            | NS    | NS | NS | .. | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| 全個体             | NS    | ·  | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | .. |
| クロアワビ vs福岡+山口   |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| K型のみ            | NS    | ·  | NS | NS | NS | .. | NS | NS | NS | .. |
| E型のみ            | NS    | NS | NS | .. | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| 全個体             | NS    | .. | NS | .. | NS | ·  | NS | NS | NS | ·  |
| エゾアワビ vs福岡      |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| K型のみ            | NS    | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | ·  |
| エゾアワビ vs宮城      |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| K型のみ            | NS    | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | .. |
| エゾアワビ vs福岡+宮城   |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| K型のみ            | NS    | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | ·  |

### 4) 核DNA上の遺伝子変異の簡便な検出

9年度に報告した核DNA上の遺伝子変異は、個体内の塩基配列の違いに基づくものであり、その検出には煩



表10 ミトコンドリアDNA遺伝子型による核DNA遺伝子型組成の差の有意性の検定結果。  
 ・及び・・は、それぞれ5%水準、1%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す。

|       |       | 変異サイト |    |    |    |    |    |    | a  | b  |
|-------|-------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|
|       |       | 1     | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |    |    |
| クロアワビ | 福岡    | NS    | NS | NS | NS | NS | ・・ | NS | NS | NS |
|       | 長崎    | NS    | NS | NS | ・・ | NS | NS | NS | NS | ・・ |
|       | 山口    | NS    | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
|       | 福岡+山口 | NS    | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
|       | 全個体   | NS    | NS | NS | ・・ | NS | NS | NS | NS | NS |
| エゾアワビ | 福岡    | NS    | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
|       | 宮城    | NS    | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
|       | 福岡+宮城 | NS    | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
|       | 全個体   | NS    | NS | NS | NS | NS | ・・ | NS | NS | NS |
| 福岡全個体 |       | NS    | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| 全個体   |       | NS    | NS | NS | ・・ | NS | NS | NS | NS | NS |

雑なシーケンシング作業を必要とする。そのため、多数の個体から特定の遺伝子型のものを選び出す、スクリーニングの作業には適さない。この点、挿入/欠失変異によるPCR産物の長さの差に着目すると、より簡便に個体の遺伝的性質の特定を行うことができる。

先に示した図5の各サンプルのシーケンス結果で、上側の太い4レーンに共通するバンド（a及びb）は、シーケンスプライマーからPCR産物の片方の端までの断片で、PCR産物の長さが長い程、上側に現れる。ここでは、aは7の塩基の挿入がある産物に、bはない産物に対応している。同様のことが、5'側の3塩基の挿入/欠失サイトに関しても成立するので、これら2ヶ所のサイトの変異から、アワビ個体を9種類の遺伝子型に分類することができる。

こうした塩基配列の挿入/欠失による遺伝子の長さの差は、PCR産物を電気泳動した時の移動度の差を利用して、以下の手順で、より簡便に検出できる。

①各アワビ個体から調製した、トータルDNAサンプルを鋳型として、プライマー EF-HとEF-Bを用いて、以下の条件でPCR反応を行う。

- a.94℃ 1分
- b.92℃ 40秒
- c.45℃ 1分
- d.72℃ 3分 b~dを40サイクル

②このPCR産物を鋳型として、プライマーEF-FとABALR-1及びABAL-2とEF-Crを用いて、以下の条件

でPCR反応を行う。

- a.94℃ 1分
- b.92℃ 40秒
- c.45℃ 1分
- d.72℃ 2分 b~dを30~40サイクル

③PCR産物を、遺伝子型が既知の個体によるPCR産物とともに、アクリルアミドゲル又はアガロースゲル上で泳動し、バンドの長さを判定する。

挿入/欠失型の変異は、塩基置換型の変異に比べ発生する頻度が低く同じ変異が独立に複数回生じる可能性は無視できる大きさである。また一度生じた変異は、長期間安定に保存される。イントロン上の変異は進化的に中立であるから、自然選択による生残率への影響を考慮する必要がない。したがって、イントロン領域の挿入/欠失による長さの変異は、複数世代に渡る現象を追跡するための優れた分子マーカーである。

この手法と9年度報告したPCR-RFLP法によるミトコンドリアDNA上の遺伝的変異の簡便な判定法を組み合わせるにより、親の組み合わせによる受精効率の違いを定量的に評価することが可能となる。例えば、クロアワビ及びエゾアワビの配偶子（精子または卵）が、同じ亜種の配偶子と受精しやすい性質があるかどうかを検証するには、あらかじめ成体の遺伝子型を調べ、核DNA遺伝子型（+/-）、ミトコンドリアDNA遺伝子型E型のクロアワビの雌雄個体と（-/-）・K型のエゾアワビ雌雄個体から配偶子を採取し、同一容器中で交配させ、生まれた幼生の遺伝子型を調べればよい。（+/-）の核DNA遺伝子型を持つものは、亜種間雑種であり、両親の組み合わせは、母親の型と一致するミトコンドリアDNAの遺伝子により判定できる。また幼生の成長に伴う遺伝子型組成の変化の追跡により、雑種個体とそうでない個体の間に生存率の差があるかどうか明らかにすることができる。同様にして、亜種間雑種個体の繁殖成功度の評価も可能である。

### 3. 漁業者によるアカウニ放流試験

スキューバ潜水による丁寧な放流をした場合の生残率を求める試験は過去行い、その結果は得られているが、漁業者が素潜りで放流した場合、その生残はどのように変わってくるのかを把握することを目的に、漁業者によるアカウニ放流試験を試みた。

## 方 法

平成7年5月9～10日に福岡市東区弘のウツリ瀬沖に、平均殻径 $12.7 \pm 2.3$ mmのアカウニ種苗、42,000個を地元漁業者10人が素潜りで放流した。放流は風の日を選び、波浪の影響による種苗の流失がないように心がけた。

放流時には50×50cm枠による海藻採取調査3点と、2×2m枠による動物採取調査1点を行った。

追跡調査を7～10年度にかけて年1回行い、2×2m枠を用いてアカウニの生息密度と成長について調査した。

## 結 果

当漁場は転石域であり、水深は3～5m程度である。放流場所の動物生息量を表11に、海藻着生量を表12に示した。動物ではサザエ、ウニ類及びヒトデ類が見られ、海藻ではクロメやアカモクを主体としたホンダワラ類が多く着生したホンダワラ類・アラメ類混生域であり、着生量は $28,702 \text{ g/m}^2$ であった。

追跡調査の結果を表13に示した。平均殻径12.7mmで放流した種苗が、放流約3年後にあたる10年5月では殻径43.4mmとなり、その間の成長は30.7mmであった。生息密度は、放流約8ヶ月後の8年1月には $12.8 \text{ 個/m}^2$ であったものが、2年後の9年6月には $4.3 \text{ 個/m}^2$ 、3年後の10年5月で $6.9 \text{ 個/m}^2$ であり、高い生息密度を維持していた。今後も調査を継続し、漁獲サイズの殻径60mmを越えた年に漁業者による一斉取り上げを行い、放流群を漁獲アカウニの殻径組成から分離し、放流アカウニの回収個数を推定するとともに、過去に同漁場で漁獲されたアカウニの平均的な漁獲量と比較することによって、放流効果を導き出したい。

## 文 献

- 1) 太刀山 透・二島賢二：筑前海におけるアワビの種苗放流効果、福岡県水産海洋技術センター研究報告、第1号、129-136(1992)
- 2) 深川敦平・伊藤輝昭：筑前海域におけるエゾアワビの成長について、福岡県福岡水産試験場研究報告、18、47-52(1992)
- 3) Raff, D.A. and P. Bentzen : The statistical

表11 弘（ウツリ瀬）の動物生息量

| 種 類     | 個 数<br>(個/m <sup>2</sup> ) | 大 き さ<br>(mm)   |
|---------|----------------------------|-----------------|
| サザエ     | 0.50                       | $78.6 \pm 20.1$ |
| トコブシ    | 0.25                       | $37.0 \pm 0.0$  |
| ムラサキウニ  | 8.25                       | $40.7 \pm 14.5$ |
| アカウニ    | 0.25                       | $49.7 \pm 0.0$  |
| バフンウニ   | 8.50                       | $22.8 \pm 5.1$  |
| イトマキヒトデ | 0.50                       | —               |
| アカヒトデ   | 0.25                       | —               |
| ヤツデヒトデ  | 2.00                       | —               |
| マナマコ    | 0.50                       | —               |

表12 弘（ウツリ瀬）の海藻着生量  
単位 g/m<sup>2</sup>

| 種 類    | 海 藻 着 生 量 (湿重量) |
|--------|-----------------|
| クロメ    | 2,547           |
| ワカメ    | 1,080           |
| アカモク   | 22,067          |
| ハハキモク  | 1,987           |
| エンドウモク | 27              |
| ウミウチワ  | 293             |
| ヘラヤハズ  | 60              |
| アミジグサ  | 7               |
| マクサ    | 240             |
| ユカリ    | 247             |
| 紅藻類    | 107             |
| ツノマタ   | 13              |
| ソゾ類    | 27              |
| 計      | 28,702          |

表13 アカウニ放流試験概要

| 調査年月日       | 平均殻長<br>(mm)   | 生息密度<br>(個/m <sup>2</sup> ) |
|-------------|----------------|-----------------------------|
| 平成7年5月9～10日 | $12.7 \pm 2.3$ | —                           |
| 平成8年1月22日   | $24.1 \pm 2.7$ | 12.8                        |
| 平成9年6月11日   | $38.1 \pm 8.4$ | 4.3                         |
| 平成10年5月14日  | $43.4 \pm 6.3$ | 6.9                         |

analysis of mitochondrial DNA polymorphisms  
and the problem of small samples, *Molecular  
Biology and Evolution*, 6, 539-545. (1989)

# 栽培漁業事業化総合推進事業

クルマエビ、ガザミ

福澄 賢二・深川 敦平・太刀山 透

本県におけるクルマエビ、ガザミの中間育成・種苗放流事業は各地区で行われており、現在、中間育成の手法は、従来の囲い網や築堤式にかわって陸上水槽による育成が主流となっている。福岡地区においては平成9年度に志賀島漁港内に大規模な陸上中間育成施設が完成し、福岡湾への放流用種苗を大量に確保することが可能となった。当施設では専任者による適正な飼育管理により、一層の歩留まりの向上と放流種苗の大型化が図られているところである。本事業は、当該施設における中間育成に対する指導を行うとともに、関係する漁業の操業実態及びクルマエビ等の分布移動生態の把握、種苗放流方法及び放流適地等の検討によって放流効果の向上を図り、福岡湾域漁場におけるクルマエビ、ガザミの栽培漁業技術の確立を目的とするものである。

## 方 法

### 1. 中間育成

中間育成は直径15mの円形キャンパス水槽17基を用いて行われている。水槽の底面は二重底とし、砂を厚さ約5cm敷き、クルマエビは年間3回に分けて合計2,000万尾、ガザミは年間1回で80万尾育成した。飼料は市販の配合飼料を用い、体重の5～15%の量を1日3回給餌した。

### 2. 漁獲実態調査

福岡地区におけるクルマエビの漁獲実態を把握するため、標本船として福岡市漁協志賀島支所、同弘支所、同伊崎支所、同姪浜支所のえびこぎ網漁船、計10統に対し、サイズ別のクルマエビ漁獲尾数及び操業区域について日誌記帳を依頼した。サイズは体長10cm未満を小サイズ、体長10～15cmを中サイズ、15cm以上を大サイズの3段階とし、操業区域は図1に示す区画別に整理した。

また、漁獲クルマエビの体長組成の変化をさらに詳しく把握するために、平成10年4月から12月までの期間に原則として月1回、福岡市漁協志賀島支所のえびこぎ

網漁業で漁獲されたクルマエビについて体長測定を行った。

### 3. 標識放流調査

放流クルマエビの放流後の移動状況及び成長を把握するため、19,500尾のクルマエビ種苗（体長55.0±11.0mm）に直径0.2mm、長さ1.0mmの金線標識を自動インジェクター装置で装着するとともに、右側の尾肢を切除して標識とし、平成10年10月23日に図2に示す福岡市西区今津地先に放流した。なお、今津地先は、湾西部の主要な種苗放流場所となっている。放流4時間後及び1, 2, 7, 35日後の計5回、図2に示す放流地点を中心とした10調査地点で開口幅80cmのポンプ桁網を100m曳網し、放流直後の移動状況を調査した。また、福岡市漁協志賀島支所で漁獲されたクルマエビを買い上げ、目視及び軟X線撮影によって標識の有無を確認し、放流クルマエビの成長及び移動状況を調査した。



図1 えびこぎ網操業区域区画

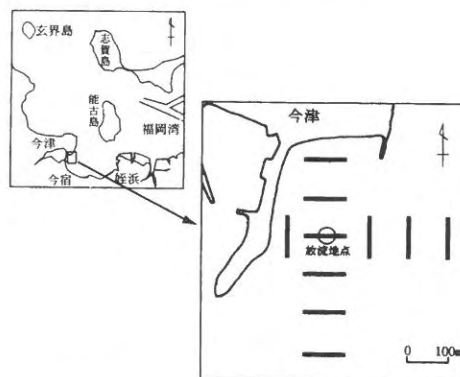


図2 放流地点周辺域におけるポンプ桁網調査地点 (—— 曳網区域)

## 結果及び考察

### 1. 中間育成

クルマエビ、ガザミの中間育成結果を表1に示した。

クルマエビは平均体長12mmで育成を開始し、飼育日数30～40日で放流時の平均体長は25～31mm、生残率は69～81%であった。特に生残率については、種苗生

産及び中間育成段階での防疫体制が確立したことにより病気の発生もなく、陸上水槽による中間育成を開始した平成7年度以降で最も良好であった。

ガザミについては、C1サイズ（平均甲幅長5mm）で育成を開始し、10日間の育成後、C3サイズ（平均甲幅長10.3mm）で放流し、生残率は30.8%であった。

表1 平成10年度 福岡地区におけるクルマエビ・ガザミ中間育成結果

| 種類    | 中間育成 |            |              |       |             | 放流           |              |            |              |
|-------|------|------------|--------------|-------|-------------|--------------|--------------|------------|--------------|
|       | 回次   | 搬入月日       | 収容尾数<br>(万尾) | 育成日数  | 飼育水温<br>(℃) | 放流月日         | 放流尾数<br>(万尾) | 生残率<br>(%) | 平均体長<br>(mm) |
| クルマエビ | 1    | 6.1～2      | 667          | 34～40 | 18.8～24.5   | 7.4, 7.11    | 495          | 74.2       | 25.7～29.6    |
|       | 2    | 7.30～31    | 667          | 30～35 | 25.0～29.5   | 8.29, 9.4～5  | 457          | 68.5       | 26.0～31.0    |
|       | 3    | 9.17, 9.28 | 666          | 30～40 | 24.3～17.9   | 10.24, 10.31 | 537          | 80.6       | 25.3～29.5    |
|       | (合計) |            | 2,000        |       |             |              | 1,489        | 74.4       |              |
| ガザミ   | 1    | 7.15       | 80           | 10    |             | 7.25         | 25           | 30.8       | 10.3         |

### 2. 漁獲実態調査

えびこぎ網の操業日誌から得た旬別・サイズ別のクルマエビ漁獲尾数の推移を図3に、1隻・1時間あたりの漁獲尾数の推移を図4に、福岡市における月別クルマエビ漁獲量の推移を図5に示した。なお、図4には平成9年度の結果（14隻分）もあわせて図示した。

漁獲尾数は、えびこぎ網操業開始期から徐々に増加し、6月下旬に漁期中のピークを示した後は減少に転じているが、8月上旬～10月中旬は3,000～4,000尾と比較的安定して推移している。図5にもあらわれているように、8～10月に相対的に漁獲尾数が多かったのが今年度漁期の特徴といえる。これが種苗放流による効果かどうかを判断するためには、さらに今後複数年にわたる調査が必要である。

サイズ別で見ると、小サイズの漁獲時期はほぼ夏期に限られており、中サイズ及び大サイズが漁獲の主体となっている。漁期を通じて中サイズと大サイズの双方が漁獲されていることから、漁期中に複数の漁獲加入群があることがうかがえた。

図4に示した単位あたりの漁獲尾数の推移についても図3と同様の傾向を示し、7月上旬に年間のピークを示している。9年度の結果と比較すると、全般的に今年度は著しく漁獲尾数が多く、クルマエビ資源の状態は良好だったといえ、特に夏期にその差が大きく、7月上旬には9年度の7倍もの漁獲尾数であった。

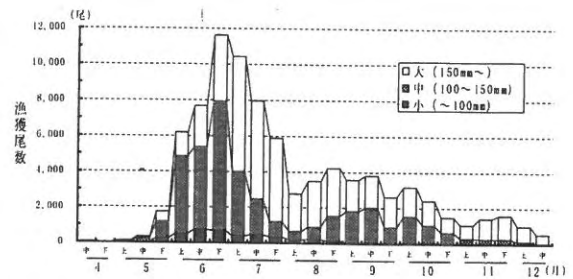


図3 えびこぎ網によるクルマエビ漁獲尾数の推移（操業日誌より）

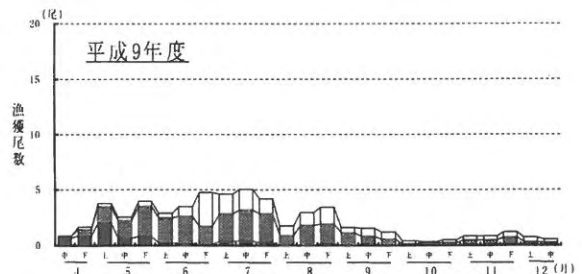
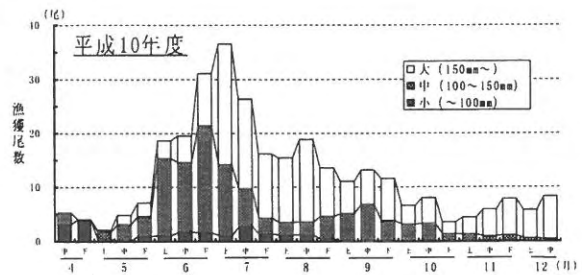


図4 えびこぎ網1隻・1時間あたりのクルマエビ漁獲尾数の推移（操業日誌より）



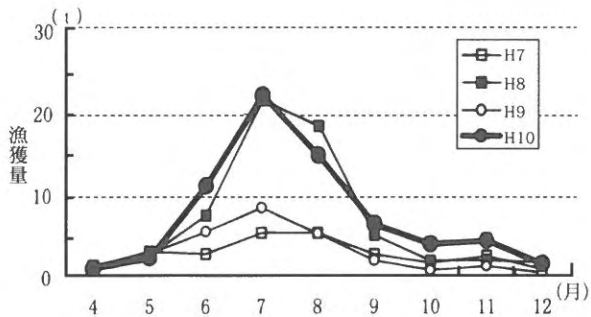


図5 福岡市における月別クルマエビ漁獲量の推移

えびこぎ網の漁場別1隻・1時間あたりのクルマエビ漁獲尾数から、5、7、9、11月分を図6に示した。

えびこぎ網では福岡湾内及び湾外北東部の漁場が漁期を通じて利用されており、湾内～湾口部漁場でクルマエビが多く漁獲される傾向にあった。

湾外の漁場では湾内漁場に比較して時期的な変化は小さかった。一方、湾内漁場では、7月は湾奥側漁場(D-5、E-4、E-5)でも32～37尾もの漁獲があったが、9月が11尾前後、11月が1～2尾と減少したのに対し、湾口側漁場(C-3、C-4、D-3、D-4)の漁獲尾数の減少幅は比較的小さかった。このことからクルマエビは7月から11月にかけて徐々に湾奥から湾口側へ移動してい

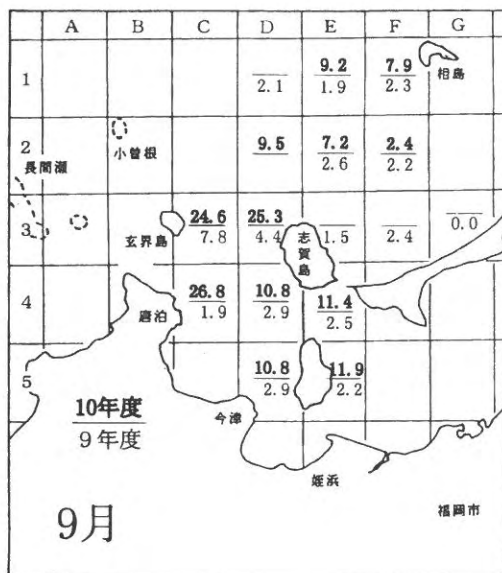
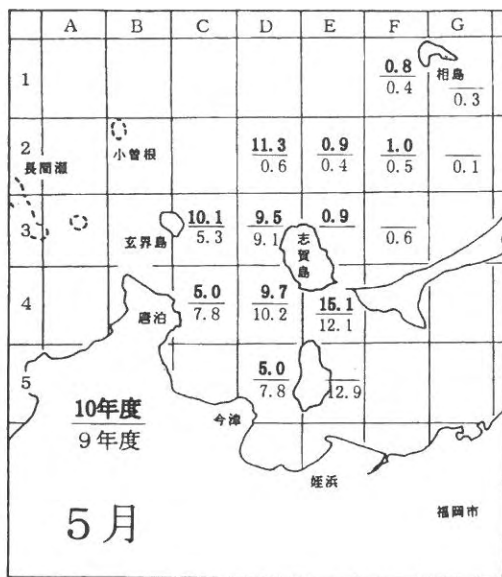


図6 えびこぎ網漁場別1隻・1時間あたりクルマエビ漁獲尾数

ることがうかがえた。また、9年度と比較すると、湾外漁場では大きな差はみられなかったが、湾内漁場では、5月を除き10年度が全般的に大きく上回っており、特に湾内漁場ではクルマエビ資源状態が著しく良好であったと考えられた。

漁獲クルマエビ調査の結果から得られた体長組成を図7に示した。

雌雄で成長の速度が異なり、雌の方が雄よりも大型の群としてあらわれているが、5月、7月はほぼ1群と考えられ、9月は雌では複数の群が認められ、11月には雌雄とも複数の群が認められる。このなかで種苗放流された個体群がどう位置づけられるかを判断するには、さらに詳しい調査を必要とするが、過去の調査結果から判断して、9月から12月に小型群で漁獲加入している群は、10年度1回次放流群を多く含んでいる可能性が高いと考えられる。

### 3. 標識放流調査

放流直後に行ったポンプ桁網による調査結果を図8に示した。

放流後4時間後は、放流地点が8尾と最も多く採捕されているが、東側へ100m移動している個体がこれに次いで多く、6尾採捕された。1日後は放流点から東側へ100m移動している移動個体が最も多く、また、北及び西側への移動も確認されたが、河口部に近い南側への移動個体は確認されなかった。2日後には採捕尾数が1または2尾と少なくなり、7日後は南側100mに1尾採捕されたにとどまり、35日後にはどの地点でも放流エビは採捕されなかった。これらのことから、放流エビの多くは7日前後までに放流地点から300m以上移動し、かなり広範囲に逸散していることが考えられた。

前述の調査に引き続き、漁獲クルマエビを11月～12月に3回、計1,781尾買い上げて調査したが、標識個体を確認することはできなかった。その原因として漁獲尾数に対して標識個体数が相対的に少ないことが考えられ、調査手法を再検討する必要がある。

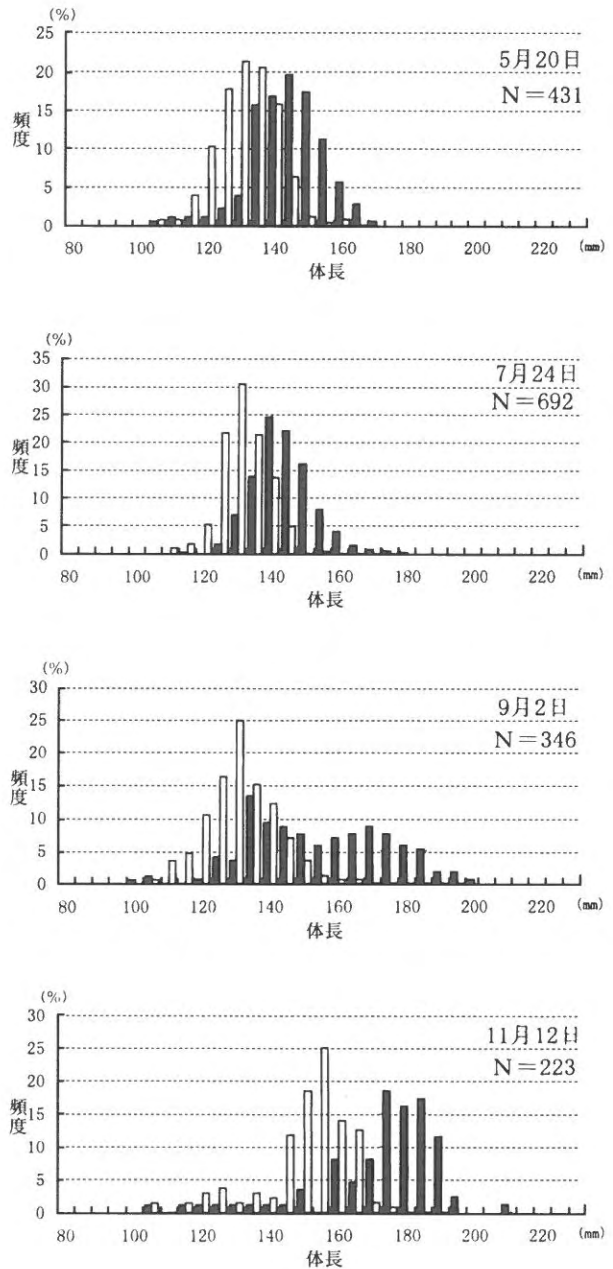


図7 漁獲クルマエビの体長組成

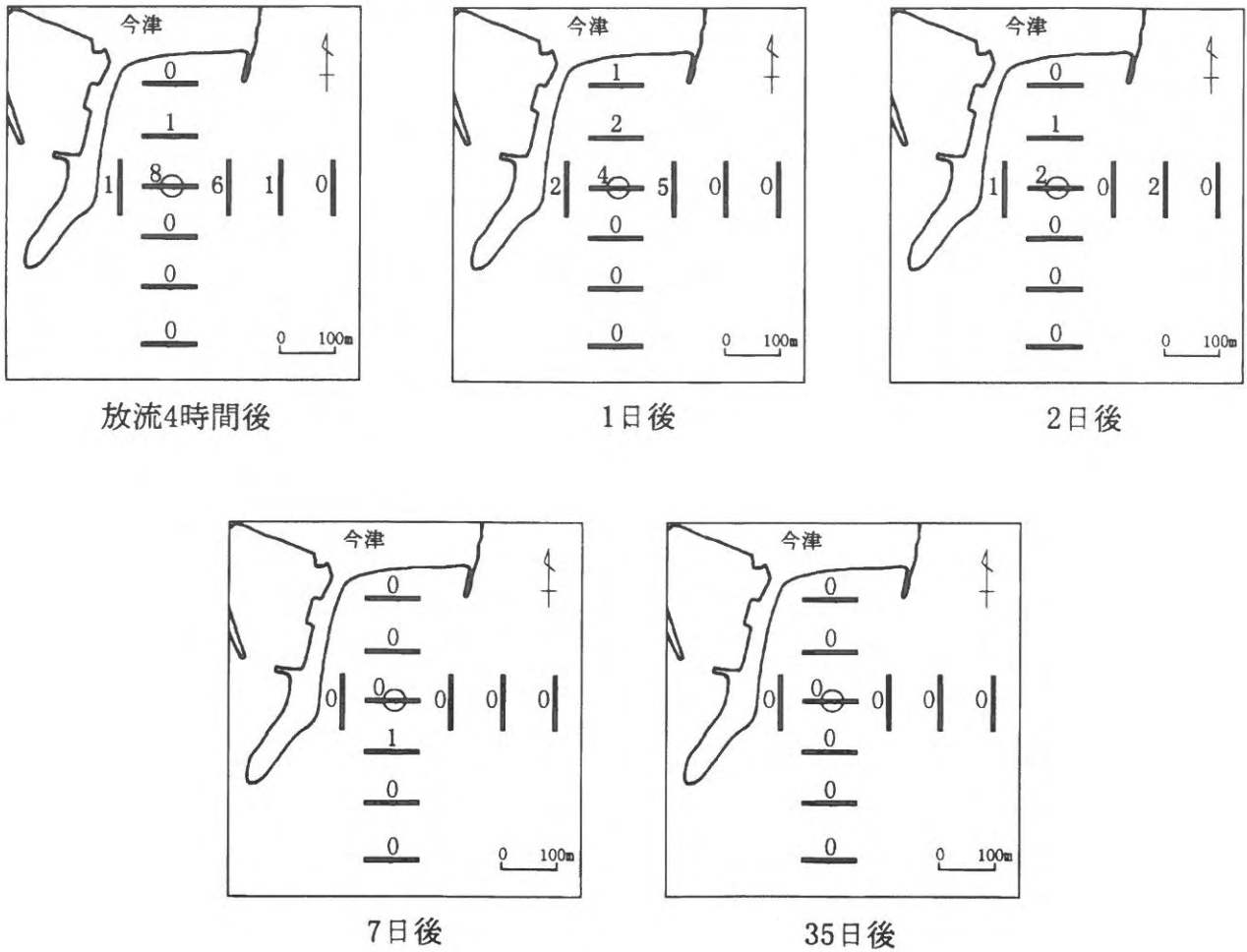


図8 ポンプ桁網による調査結果  
(数値は標識クルマエビの採捕尾数を示す)

## 文 献

- 1) 福澄賢二・筑紫康博・深川敦平・太刀山透：栽培漁業事業化総合推進事業（クルマエビ・ガザミ），平成9年度福岡県水産海洋技術センター事業報告書，115－118（1997）
- 2) 篠原直哉・筑紫康博・深川敦平・太刀山透：栽培漁業事業化総合推進事業（クルマエビ・ガザミ），平成8年度福岡県水産海洋技術センター事業報告書，31－34（1996）
- 3) 篠原直哉・佐々木和之・的場達人：栽培漁業事業化総合推進事業（クルマエビ・ガザミ），平成7年度福岡県水産海洋技術センター事業報告書，45－49（1995）
- 4) 篠原直哉・佐々木和之：栽培漁業事業化総合推進事業（クルマエビ・ガザミ），平成6年度福岡県水産海洋技術センター事業報告書，47－50（1994）
- 5) 福岡市経済農林水産局・（財）福岡県筑前海岸沿岸漁業振興協会：福岡湾におけるクルマエビ種苗の放流効果調査報告書（1987）
- 6) 日本栽培漁業協会：さいばい叢書—クルマエビ栽培漁業の手引き—（1986）

# 有明海地域特産種増殖事業

コウライアカシタピラメの種苗生産に関する研究

福澄 賢二・太刀山 透・深川 敦平・林 宗徳

ウシノシタ類は、有明海において漁業上重要な魚種であるが、近年漁獲量が著しく減少しており、漁業者から資源増大が強く望まれている。そこでウシノシタ類の増殖事業の一環として、ウシノシタ類の中でも特に高級魚とされ重要度が高いコウライアカシタピラメ *Cynoglossus abbreviatus* について種苗生産技術の開発を行うこととし、本年度はその基礎的な知見を得るため、採卵及び仔稚魚の飼育試験を行ったので報告する。

## 方 法

### 1. 採卵及びふ化

#### (1)自然産卵による採卵

平成10年2月に長崎県島原市沖合で漁獲された天然魚67尾(雌36尾、雄31尾;平均全長29cm)を親魚に用いた。これらを当センター内の5.5kl円形水槽内に収容し、冷凍オキアミまたは活ゴカイを毎日飽食給餌して養成した。採卵は自然産卵された卵をオーバーフロー排水とともに採卵ネットで毎朝回収する方法で行い、4月12日から開始した。採卵した卵は一定時間静置して浮上卵と沈下卵に分離してそれぞれの湿重量を計量した。浮上卵については、卵径を万能投影機により測定するとともに、11ピーカー内に約200粒収容し、18℃に設定したインキュベーター内に静置してふ化率を調べた。また、ふ化率調査後の仔魚をインキュベーター内で継続して無給餌飼育し、無給餌生残指数(SAI)を求めてふ化仔魚の活力の判定に用いた。なお、SAIは次に示す新聞・辻ヶ堂<sup>1)</sup>の方法により求めた。

$$SAI = \frac{\sum_{i=1}^k (N - hi) \times i}{N}$$

(Nは仔魚数、hiはi日目のへい死魚の累積尾数、kは生残尾数が0となった日)

#### (2)ホルモン投与による採卵

生殖腺刺激ホルモン投与による成熟促進の効果を確認するため、市販の胎盤性生殖腺刺激ホルモン(HCG)“ゴナトロピン(帝国臓器製薬)”を前述の採卵試験に用いた親魚20尾に投与して採卵を行った。投与量を魚体重1kgあたり250IU、500IUとした2区を設け、4月28日に各区雌6尾、雄4尾ずつの腹腔内に注射後、1.2kl円形水槽に収容して前記試験と同様の方法で採卵を行い、卵径の測定、ふ化率調査、無給餌飼育試験を行った。

### 2. 仔稚魚飼育試験

仔稚魚の飼育水槽には1kl黒色ポリエチレンタンクを用いた。採卵した浮上卵を微流水、微通気で卵管理し、ふ化仔魚を飼育水槽に収容して飼育を開始した。換水量は、ふ化直後は0.3回転/日とし、仔稚魚の成長に伴い3回転/日まで順次増やした。通気は水槽中央にエアストーン1個を配し、微通気とした。

餌料としてはS型シオミズツボワムシ(以下ワムシ)、アルテミア、配合飼料を仔稚魚の成長段階に合わせて順次与えた。ワムシ及びアルテミアは、市販の栄養強化剤で栄養強化したのちに投餌した。なお、ワムシ給餌期間中は飼育水にナンノクロロプシスを50万cell/mlとなるよう添加した。

飼育期間中は随時仔稚魚をサンプリングし、生残尾数の計数と全長等の測定を行った。

また、日齢4~6の仔魚の上顎長を計測し、代田<sup>2)</sup>の方法によって口径を求め、摂餌開始期における摂餌可能サイズを推定した。

## 結果及び考察

### 1. 採卵及びふ化

#### (1)自然産卵による採卵

採卵量及び飼育水温の推移を図1に示した。

4月16日から5月1日にかけて8回卵が採取され、1回あたり11.7~93.1g、合計321.7gの卵が得られた。そのうち浮上卵は合計145.7g、10.6万粒(1gあたりの平

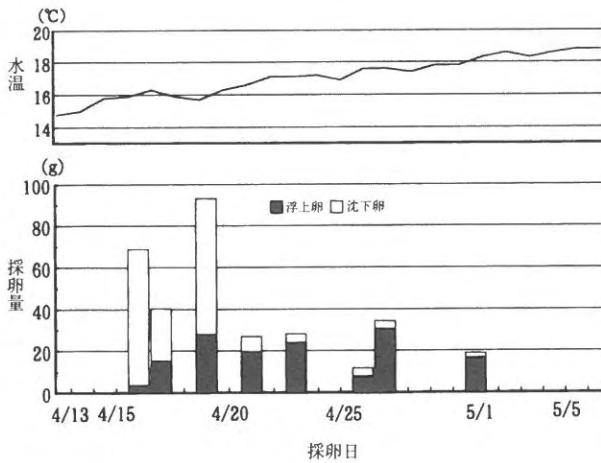


図1 自然産卵による採卵結果と飼育水温

均卵数は727粒)であった。各回の浮上卵率は5.3~89.2%で、4月21日以降は高率で安定していた。1尾あたりの産卵量は、各回の産卵個体の識別ができなかったため把握できなかった。採卵期間中の水温は15.7~18.3℃で推移した。

採卵量が最も多かったのは4月19日であったが、浮上卵率は悪く、仔稚魚の飼育に用いる卵としては、浮上卵率が高率で安定していた4月21日以降に採卵したものが適当と考えられた。ただし、藤田ら<sup>3)</sup>は、島原市沖における産卵期は3月中旬から4月中旬までとしており、今後はさらに早期からの採卵を試みる必要がある。

卵径の推移を図2に、ふ化率の推移を図3に示した。受精卵は、無色透明球形の多脂分離浮性卵で、採卵日ごとの平均卵径は1,020~1,220 $\mu$ mの範囲で推移し、4月26日に最大値を示した後は、期間終期にかけて小型化する傾向がみられた。

ふ化率は、0~97%で推移しており、変動幅が大きく、安定していなかった。なお、ふ化までに要する日数は4月19日採卵分までは3日、それ以降は2日であった。

無給餌飼育による仔魚の生残率の推移を図4に、SAIの推移を図5に示した。

無給餌で飼育した場合、日齢10~12に大量に死亡する例が多いことから、仔稚魚の飼育に際しては、この時期までに十分量の餌料を摂取させる必要があると考えられた。SAIは、38.9~120.1とばらつきがみられ、採卵日により仔稚魚の活性が異なることがうかがえた。また、SAIと浮上卵率、卵径、ふ化率との相関は認められず、卵質とSAIの関係は不明だった。

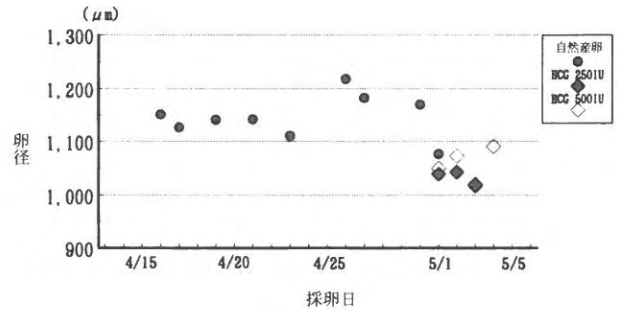


図2 卵径の推移

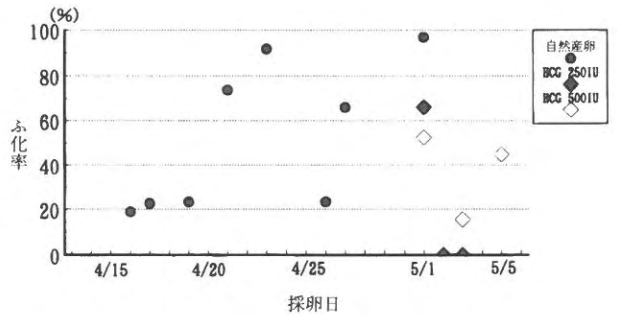


図3 ふ化率の推移

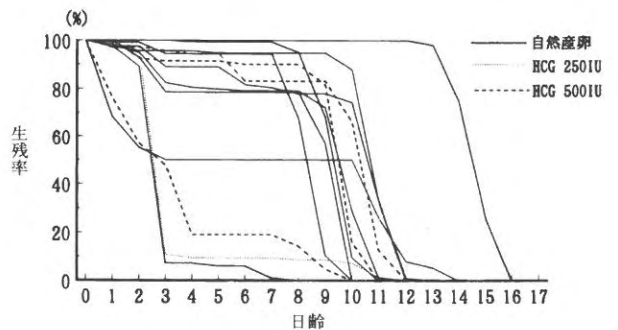


図4 無給餌飼育による生残率の推移

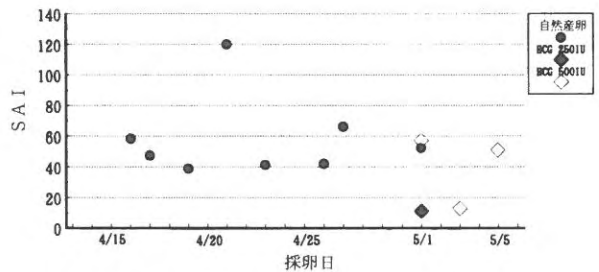


図5 無給餌生残指数(SAI)の推移



(2)ホルモン投与による採卵

HCG投与による採卵結果を図6に、卵径及びふ化率は図3及び図4に示した。

ホルモン投与後2日目（4月28日）には250IU区、500IU区ともに雌の腹部膨満が確認され、4日目（5月1日）に大量に採卵された。4日目の浮上卵率は250IU区が91.9%、500IU区が81.4%で、同時期における自然産卵で採卵したものとほぼ同等に高率だったが、ふ化率は、同日に採卵した自然産卵によるものが96.8%であるのに対し、250IU区が66.2%、500IU区が52.5%と、自然産卵による採卵に比べて劣っていた。また、5日目以降は採卵量が減少するとともに、浮上卵率、ふ化率が大きく低下した。これらのことから、この時期におけるHCG投与による採卵は、ある程度の採卵量は期待でき

るものの、卵質に問題があるために有効ではないと考えられた。

なお、得られた仔魚のSAIは図5に示すように11.3～57.1だった。

2. 仔稚魚飼育試験

日齢45までの飼育結果を表1に、仔稚魚の全長の推移を図7に、仔稚魚の発育過程を写真1に示した。

飼育試験には4月23日、4月27日及び5月1日採卵分の浮上卵を用いた。なお、水槽番号4はホルモン投与により採卵したものである。

ふ化当日の仔魚の大きさは、全長 $3.35 \pm 0.15$ mm、脊索長 $3.26 \pm 0.16$ mm、肛門前部長 $1.27 \pm 0.06$ mm、体高 $1.19 \pm 0.09$ mm、卵黄長 $0.92 \pm 0.09$ mm、卵黄高

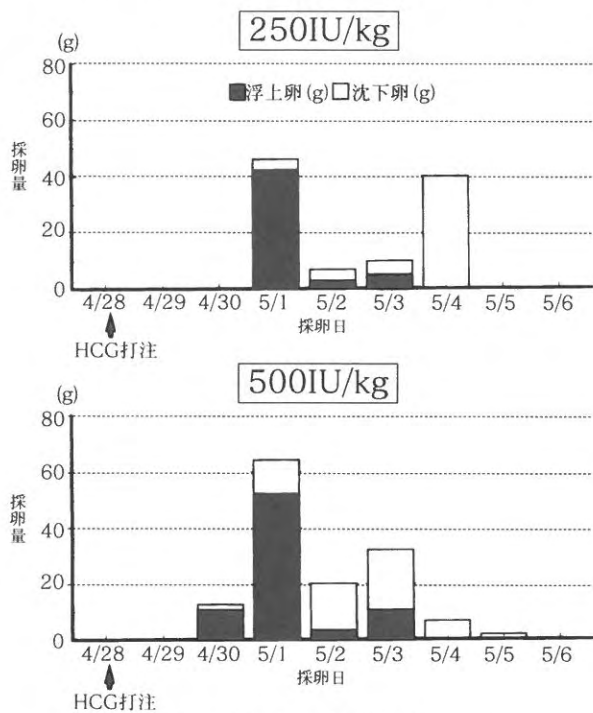


図6 HCG投与による採卵結果

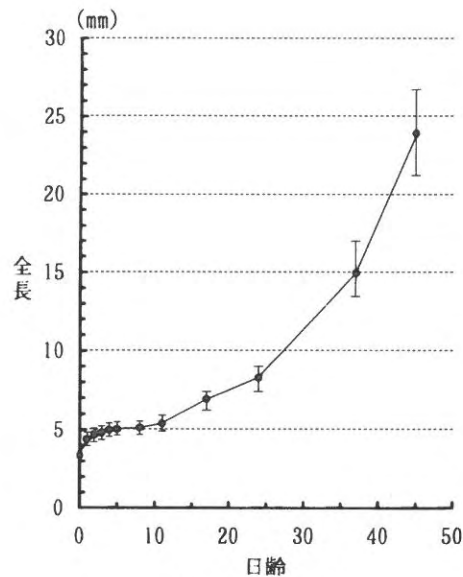
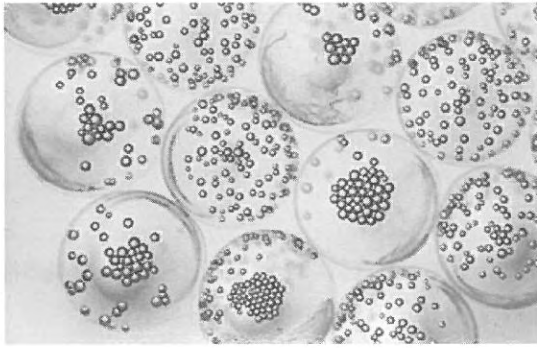


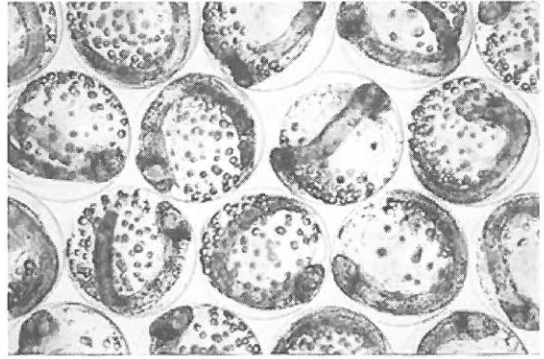
図7 全長の推移

表1 仔稚魚の飼育結果 (日齢0~45)

| 水槽番号             | 1           | 2          | 3          | 4          |
|------------------|-------------|------------|------------|------------|
| 採卵日              | 4/23        | 4/27       | 5/1        | 5/1        |
| 採卵方法             | 自然産卵        | 自然産卵       | 自然産卵       | ホルモン投与     |
| 収容尾数             | 18,200      | 15,100     | 17,300     | 27,000     |
| 飼育水温             | 18.2~20.8℃  | 18.0~20.2℃ | 19.2~21.2℃ | 19.4~21.5℃ |
| 給餌期間             | 日齢4~41      | 3~42       | 3~41       | 3~42       |
| ワムシ (給餌密度)       | (5 個体/ml)   | (10 個体/ml) | (5 個体/ml)  | (5 個体/ml)  |
| アルテミア            | 日齢20~45     | 18~45      | 20~45      | 20~45      |
| 配合飼料             | 日齢26~45     | 23~45      | 19~45      | 19~45      |
| 着底開始時日齢          | 25          | 30         | 30         | 28         |
| 試験終了時の生残尾数 (生残率) | 167 (0.92%) | 38 (0.25%) | 8 (0.05%)  | 17 (0.06%) |



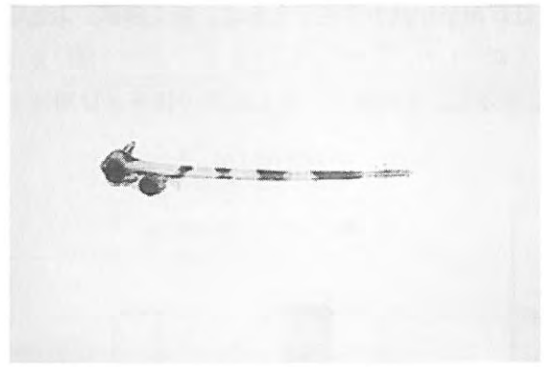
採卵当日 (直径1.2mm)



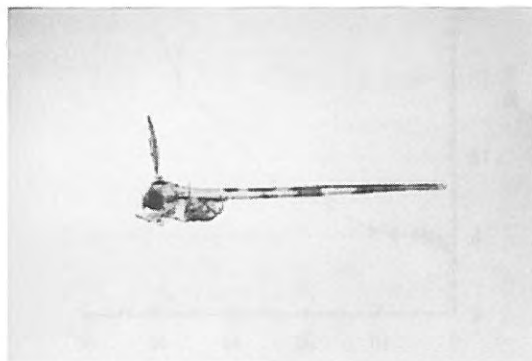
採卵2日目



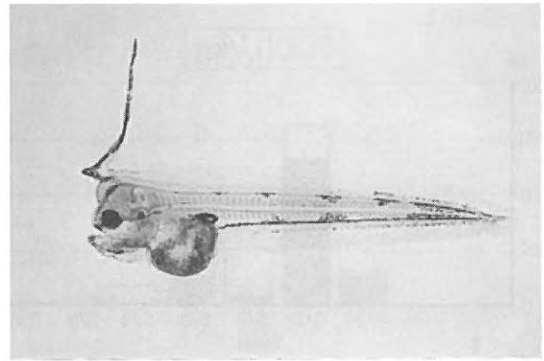
ふ化当日 (全長3.3mm)



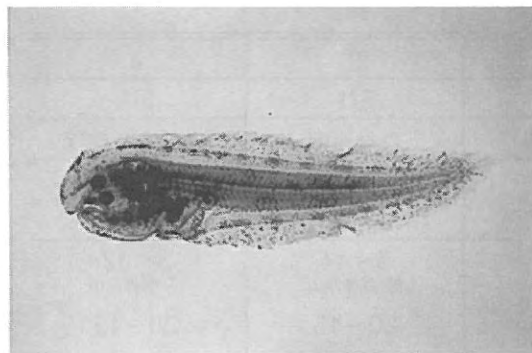
日齢3 (全長4.8mm)



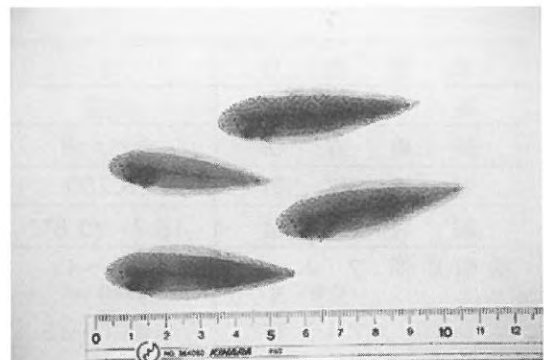
日齢6 (全長5.2mm)



日齢22 (全長10.4mm)



日齢36 (11.3mm)



日齢84 (全長48~59mm)

写真1 卵・仔稚魚の形態変化

0.72±0.08mmだった。本試験と同様に長崎県島原市沖合産の親魚を用いた藤田ら<sup>3)</sup>は、ふ化直後の仔魚の全長を3.31±0.10mmとほぼ同等であるのに対し、岡山県産である尾田・水戸<sup>4)</sup>は2.75~2.95mmと小型であり、有明海産と瀬戸内海産で地域的な差があるとも考えられた。

仔魚は日齢3に開肛し、日齢4に開口して一部の個体でワムシの摂餌が確認された。卵黄は日齢6にはほぼ吸収されていた。

日齢8前後から体高が相対的に増しはじめ、日齢30前後(全長約10mm)にヒラメ形に変態する個体が出現し、日齢40までに全ての個体で変態が完了した。これらは変態直前までは遊泳生活を行っていたが、変態終了直後からは水槽底面や側面への着底生活に移行し、着底位置からの動きも少なかった。なお、試験終了時(日齢45)における平均全長は23.94±2.68mmだった。

本種を含むカレイ目魚類仔魚の形態的特徴のひとつである背鰭伸長鰭条は、本種では1本であり、日齢3に形成されはじめ、日齢24に長さ2.79±0.76mmまで著しく発達したのち、急速に萎縮し、ヒラメ形に変態後はほぼ消失していた。

摂餌開始期にあたる日齢4~6における口径及び摂餌可能サイズと全長との関係を図8に示した。

代田<sup>2)</sup>は口径×0.5~0.75を摂餌可能サイズとしており、これにあてはめると0.2~0.3mmが摂餌可能サイズとなる。一方、S型ワムシの背甲長は100~210μm(平均163.3μm)<sup>5)</sup>であることから、尾田・水戸<sup>4)</sup>の報告と同様に、開口直後であってもS型ワムシはサイズの十分に摂餌可能と考えられた。

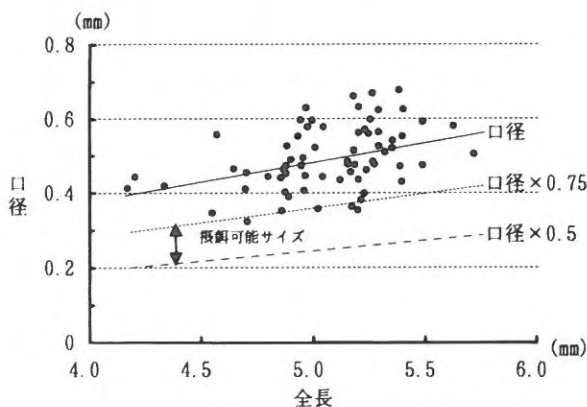


図8 口径と全長の関係

各水槽における生残率の推移を図9に示した。

試験終了時における生残率は、最も良かった水槽でも0.9%と低調で、特にふ化から日齢9~13までの間に大

幅な減耗がみられた。この時期が、前述の無給餌飼育試験における大量死亡時期にほぼ一致することから、減耗の大きな要因は摂餌不良によるものと推察される。仔魚の口径からはS型ワムシの摂餌が十分可能と考えられたため、摂餌不良はサイズ以外の要因によると考えられ、今後は摂餌開始期における摂餌状況の把握等により減耗要因を解明し、飼育初期における飼育方法の改善を図ることによって生残率の向上を図る必要がある。

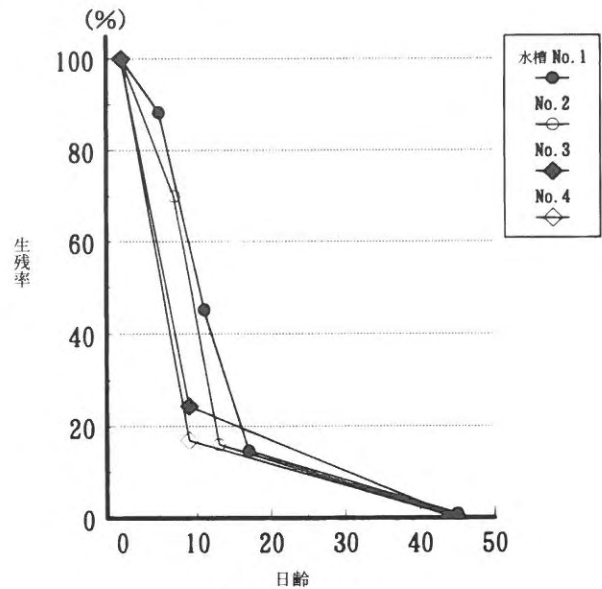


図9 生残率の推移

## 文 献

- 1) 新聞脩子・辻ヶ堂諦：カサゴ親魚の生化学性状と仔魚の活力について、養殖研究所研究報告，2，11-20 (1981)
- 2) 代田昭彦：魚類稚初期の口径に関する研究，日水試，36，353-368 (1970)
- 3) 藤田矢郎・北島力・林田豪介：コウライアカシタピラメの成熟促進，卵発生と飼育による仔稚魚の形態，魚類学雑誌，33，304-315
- 4) 尾田正・水戸鼓：コウライアカシタピラメ仔魚の相対成長，摂餌可能サイズと適正塩分濃度，岡山県水産試験場報告，9，85-88 (1994)
- 5) 大上皓久・前田譲：シオミズツボワムシの変異に関する研究-I，形態と大きさの変異について，昭和52年度日本水産学会春季大会講演要旨集，25 (1977)

# 防疫対策指導調査事業

## クルマエビ

筑紫 康博・行武 敦\*1・福澄 賢二・渡辺 健二\*1

本年度も昨年度に引き続き、クルマエビ等の疾病であるPAVの防疫を目的として、調査指導及び保菌検査等の事業を実施した。

### 方 法

#### 1 防疫体制

種苗生産・中間育成時におけるPAVウイルスの進入・感染を防ぐために、昨年度同様、次の体制をとった(表1)。

表1 筑前海区におけるPAVの防疫体制

| 栽培漁業公社   | 中間育成場  |
|--|--|
| (1)施設の消毒<br>(2)紫外線照射海水による洗卵<br>(3)隔離飼育<br>(4)親エビのウイルスチェック<br>(5)生産中のエビのチェック<br>ロット毎、水槽毎<br>ゾエア期←PCR検査<br>ミス期←PCR検査<br>出荷前←PCR検査<br>↓<br>出荷 | (1)施設の消毒<br>(2)外部、水槽毎の隔離の指導<br>(3)育成エビのウイルスチェック<br>水槽毎の検査<br>育成期間中←PCR検査<br>↓<br>放 流 |
| いずれの段階においても陽性が出た場合は殺処分とする。   | 育成途中で陽性が出た場合は殺処分を指導する。   |

#### (1)施設の消毒・隔離飼育

##### イ 種苗生産機関

- ①生産前に塩素等による水槽、器具、生産施設の消毒を行う。
- ②外部からの感染源持ち込み防止のため、生産施設は、関係者以外は立入禁止とし、施設の出入りの際は、手、体、足を消毒する。
- ③感染・発病の防止のために、受精卵を紫外線照射海水で洗浄し、ヨード剤で消毒した後に、種苗生産に用いる。
- ④水平感染防止のために、水槽毎に、器具を使い分け、水槽間の移動のときには、手、体、足の消毒を行う。

##### ロ 中間育成場

外部からの感染源の持ち込み、施設内での水平感染防止のため、以下の指導を行った。

- ①種苗搬入前に塩素による施設、器具等の消毒を行う。
- ②飼育期間中は、外部から施設内に入る場合は、手、

体、足の消毒を行う。

- ③水槽毎に飼育器具を使い分け、水槽間の移動のときは、手、体等の消毒を行う。

#### (2)検査体制

クルマエビ、ヨシエビの種苗生産、中間育成の各段階において、ウイルス(PRDV)のPCR法による検査を行った。

種苗生産時の検査は、原則として、親エビ、ゾエア、ミス、出荷前の計4回、中間育成時は、育成中、放流前及びその他必要に応じて検査を行った。また、福吉、福岡市(志賀島)については、1週間~10日ごとに検査を行った。なお、親エビについては、採卵に用いた個体の一部を凍結保存し、本年度の生産終了後に検査を行った。

種苗生産中に検査で陽性となった場合は、全て殺処分することとし、中間育成中に陽性となった場合は、殺処分を指導するという方針で臨んだ。

### 結 果

#### 1 種苗生産・配布

(1)平成10年度のクルマエビ生産状況及びPCR検査結果を表2に示した。

生産は3回に分けて行われた。親エビは九州の3県から合わせて6回購入した。前年度までは親エビの検査に血液を用いていたが、本年度は卵巣を用いた。幼生のPCR検査結果は、全て陰性であった。しかし、親エビについては、一部陽性となった(表3)。生産された種苗は、筑前海区の中間育成場、豊前及び有明海区の育成場等に出荷した。

(2)平成10年度のヨシエビ生産状況及びPCR検査結果を表4に示した。

生産は2回に分けて行われ、親エビは九州の1県から2回購入した。クルマエビと同様に、親エビの検査に卵巣を用いた。幼生のPCR検査結果は、全て陰性であったが、親エビについては、一部陽性となった。生産された種苗は、主に豊前海区の中間育成場に出荷し、一部は筑前海区に出荷した。

## 2 中間育成・放流

筑前海区における中間育成場の位置図を図1に示した。平成10年度にクルマエビの中間育成を行った漁協施設は5カ所であり、うち陸上施設4カ所、囲網1カ所である。

陸上中間育成場での育成状況を表4に示した。

陸上中間育成施設での育成期間は30～56日、放流時の平均体長は24.2～50.3mm、生残率は45～84.8%であった。

今年度は、PAVの発生はなかった。昨年度PAVの発生した福吉、福岡市（志賀島）については、用水を全て海水井戸水からの取水に切り換え、疾病の発生を抑えることができた。

## 考 察

海水井戸取水によって、中間育成場でのPAVの発生を抑えることができたが、その防御機構については未だ

に未解明のままである。この用水では、水槽内でのプランクトンや付着生物の発生が見られないことから、かなりの濾過能力があり、これによって、施設外の宿主生物を除去していることが予想される。今後、この面から機構の解明を行う必要がある。

本県では、生産規模、資金、人員等の制約から、採卵時の親エビの分養、幼生飼育前の親エビのPAV検査等を行っていない。そのため、それに代わるものとして、卵に対する紫外線照射海水による洗浄とヨード剤による消毒を行っている。実験室内ではヨード剤によってPAVウイルスが不活化されるが、それを事業規模で行った場合に卵消毒が有効であることを示した報告は今のところ見られない。しかしながら、全ての中間育成場で放流直前までPAVが検出されることはなかった。このことから、現状では卵消毒が有効であったと考えられるが、今後も親エビ、出荷種苗等の検査結果等を蓄積していく必要がある。また、幼生飼育前の親エビの検査と選別を簡便、迅速に行う方法を開発することも必要である。

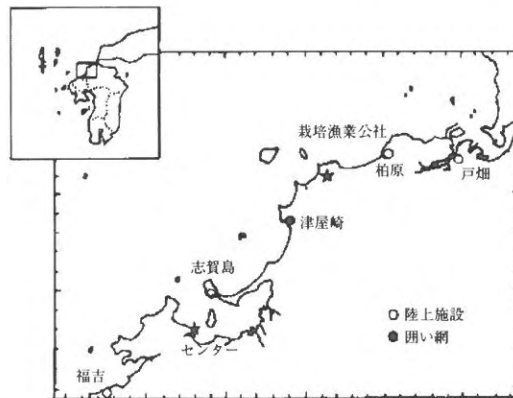


図1 筑前海区におけるクルマエビ中間育成場

表2 平成10年度の栽培漁業公社におけるクルマエビ生産状況

| 回次 | 親エビ | 生産開始月日 | 配布月日       | 親エビ数<br>(尾) | 生産尾数<br>(千尾) | PCR検査結果 |     |         |
|----|-----|--------|------------|-------------|--------------|---------|-----|---------|
|    |     |        |            |             |              | 親エビ     | ゾエア | ミシス 出荷前 |
| 1  | A   | 4月16日  | 5月28日～6月4日 | 301         | 14,411.2     | -       | -   | -       |
| "  | A   | 4月22日  | 6月4日～6月26日 | 302         | 11,632.8     | -       | -   | -       |
| 2  | B   | 6月18日  | 7月28日～8月7日 | 512         | 17,004.3     | 一部+     | -   | -       |
| 3  | B   | 8月10日  | 9月17日      | 136         | 647.1        | 一部+     | -   | -       |
| "  | C   | 8月12日  | 9月17日      | 153         | 3,191.4      | 一部+     | -   | -       |
| "  | C   | 8月21日  | 9月28, 29日  | 154         | 4,301.9      | 一部+     | -   | -       |

表3 平成10年度の栽培漁業公社におけるヨシエビ生産状況

| 回次 | 親エビ | 生産開始月日 | 配布月日       | 親エビ数<br>(尾) | 生産尾数<br>(千尾) | PCR検査結果 |     |         |
|----|-----|--------|------------|-------------|--------------|---------|-----|---------|
|    |     |        |            |             |              | 親エビ     | ゾエア | ミシス 出荷前 |
| 1  | A   | 7月7日   | 8月28, 31日  | 214         | 2,248.9      | 一部+     | -   | -       |
| 2  | A   | 7月15日  | 8月31日～9月3日 | 151         | 4,835.1      | 一部+     | -   | -       |

表4 平成10年度の筑前海におけるクルマエビ陸上中間育成の状況

| 漁協名 | 施設        | 1回次          |             | 2回次            |         | 3回次            |            |
|-----|-----------|--------------|-------------|----------------|---------|----------------|------------|
|     |           | 搬入日：尾数       | 放流日         | 搬入日：尾数         | 放流日     | 搬入日：尾数         | 放流日        |
| 戸畑  | 7m円形×1基   | 6月3日：10万     | 7月18日       | 8月6日：10万       | 9月19日   | 9月28日：10万      | 11月2日      |
| 柏原  | 10m円形×1基  | 6月5日：15万     | 7月16日       | 8月6日：15万       | 9月12日   |                |            |
| 福岡市 | 15m円形×17基 | 6月1, 2日：667万 | 7月4, 7, 11日 | 6月30, 31日：667万 | 9月4, 5日 | 9月17, 28日：667万 | 10月24, 31日 |
| 福吉  | 15m円形×6基  | 6月4日：200万    | 7月4, 25日    | 8月6日：100万      | 10月7日   |                |            |