

# DNA解析技術を用いたガザミの標識放流効果算出手法の検討

山本宗一郎

## 事業の目的

ガザミ(ワタリガニ)は豊前海において重要な魚種であり、「岬ガザミ」や「豊幸ガニ」といったブランド化も進められている。しかし、近年のガザミ漁獲量は不安定であるため、資源を維持しようと各地先で種苗放流が行われているが、その効果は明らかにされていない。

一般的な魚類の放流効果調査では鰭の切除やタグ装着等の外部標識を施し、漁獲物となった放流魚の混入状況から放流効果を推定する方法がとられている。しかし、脱皮を繰り返し成長するガザミには有効な外部標識技術が確立されておらず、魚類と同様の標識放流効果調査を行うことができない。

ところが、近年開発されたDNA解析技術を応用すれば、漁獲物のDNA解析により、ガザミの放流個体の有無を確認することができる。

そこで本試験では、DNA標識による放流効果調査の有効性を確認するための事前調査として、種苗放流が行われている干潟で定期的に採集された稚ガザミについてDNA解析を行い、放流個体の判別を行った。

## 事業の方法

### DNA標識放流

公益社団法人大分県漁業公社(以下、漁業公社)で生産された稚ガザミの親ガニDNAを標識として、2016年7月20日～8月8日に豊前海の各干潟でC2～C3サイズのガザミ(全甲幅約7mm～10mm)を放流した(表1)。

表1 種苗放流場所と親ガニとの関係

放流場所	放流日	放流サイズ	放流尾数	親ガニ
中津市	7/22	C2	134,600	B
宇佐市	7/22	C3	41,416	B
		C2	394,600	
豊後高田市	真玉	7/20	146,916	A
	見目	8/8	120,320	B, E
杵築市	7/28	C3	89,300	C
日出町	8/2	C3	229,416	D

### DNA解析個体の収集

種苗生産に用いた親ガニ5尾と生産されたガザミ種苗18尾を漁業公社から受け取り、DNA解析に供した。なお、ガザミ種苗については宇佐市と豊後高田市の各干潟への放流群の中から5～8尾を抜き取った。また、2016年8月8日に豊後高田市見目の干潟で放流された個体の追跡と採捕を目的とし、同年8月11日から10月27日にかけて放流場所周辺の干潟に生息している稚ガザミをたも網で577尾採集した。採集場所は図1のとおり、中真玉、白野、堅米、香々地、見目の干潟5カ所とした。ガザミはすべて実験室に持ち帰り、全甲幅を1mm単位で測定した後、-30℃で冷凍保存した。

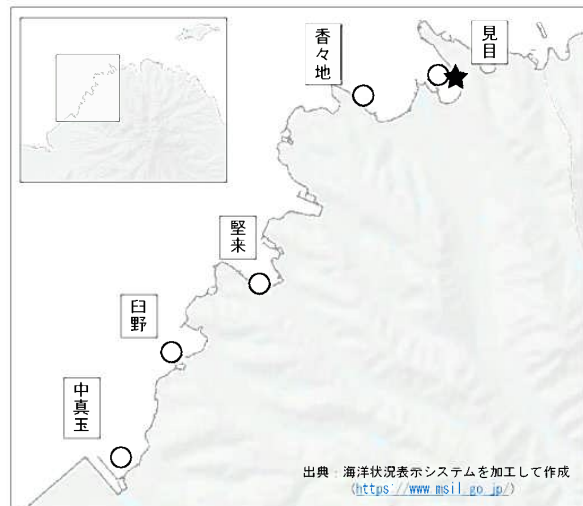


図1 稚ガザミの採集場所

### 集団飼育による放流ガザミの全甲幅推定とDNA解析用個体の選別

干潟では放流個体とともに大小様々なサイズの天然個体が混在している。よって、DNA解析に供する個体を効率的に選定する際は、放流個体の成長を推定し、その推定した大きさに近い個体を選別する必要がある。

そこで、放流ガザミの成長を推定するため、8月8日に豊後高田市見目の干潟で放流された群と同ロットのガザミ種苗5万尾を漁業公社から受け取り、施設内水槽で集団飼育実験を行った。

飼育実験は2016年8月11日から10月20日まで行っ

た。飼育水槽はコンクリートブロックを積み重ねた枠にブルーシートを内側に貼り漏水を防止したもの（縦 8m、横6m、高さ1m）とした。底には深さ10cmほど砂を敷き、水深0.3mとなるよう水位を調整し、砂ろ過海水を1日0.85回転させた。餌は稚魚用配合飼料(中部飼料株式会社 えづけーるL)や雑魚の切り身をほぼ毎日、適量給餌した。成長を追跡するため、期間中、定期的に水槽内のガザミを無作為に10尾以上取り出し、全甲幅の測定を1mm単位で行った。なお、ガザミは測定後、水槽に戻した。

測定したガザミの全甲幅と日齢から、表計算ソフトExcel(Microsoft社)のソルバーを用い最小2乗法によって次式のゴンペルツ式に当てはめ成長式を求めた。

$$L_t = L_{\infty} \exp(-e^{-k(t-t_0)})$$

$L_t$  : 全長(mm)

$t$  : ガザミのふ化日(7月22日)を日齢0歳とした日齢

$L_{\infty}$  : 極限全甲幅

$t_0$  : 係数

**DNA解析**

漁業公社の種苗生産で用いられた親ガニ5尾、放流前のガザミ種苗18尾、干潟で採集した稚ガザミ145尾について、マイクロサテライトDNA解析を一般社団法人家畜改良事業団に委託した。

**事業の結果**

**集団飼育による放流ガザミの全甲幅推定とDNA解析用個体の選別**

集団飼育実験によるガザミの全甲幅測定結果と成長曲線を図2に示す。全甲幅を測定したガザミは計564尾であり、以下のゴンペルツ式を得た。

$$L_t = 99.613 \exp(-e^{-0.0243(t-64.947)})$$

$r=0.815 \quad n=564$

この成長曲線より、表2に示すとおり、放流個体と概ね同サイズと推定される145尾をDNA解析に供した。

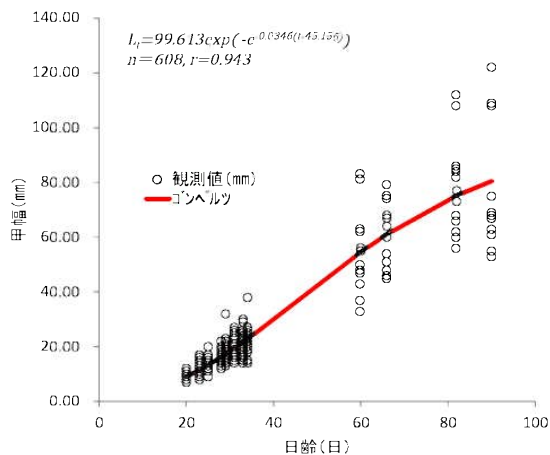


図2 測定ガザミの全甲幅と成長

表2 DNA分析用に選別した稚ガザミ

採集日	採集場所	全甲幅 (mm)	放流個体推定全甲幅 (mm)	選別尾数
8/22	白野	24	19	2
8/31	見目	23~39	30	7
	白野	21~40	30	5
9/1	堅来	23~40	30	6
	香々地	30, 39	30	2
9/6	白野	30~44	38	12
	見目	32~44	38	10
9/13	白野	38~60	46	10
	見目	45~56	46	5
9/16	白野	60	50	1
	見目	60	50	2
9/26	見目	37~78	61	25
10/3	見目	50~62	68	8
10/4	見目	49~64	69	8
10/11	中真玉	51~70	75	7
	見目	51, 58	75	2
10/12	見目	50~84	75	6
10/21	見目	68~103	82	14
10/25	中真玉	65~113	85	6
	見目	62~105	85	6
10/27	見目	71	86	1
計				145

**DNA解析**

種苗生産に用いた親ガニと生産されたガザミ種苗との親子関係を表3に示す。生産された種苗は7月22日宇佐放流群の2尾を除き、残り16尾について親ガニとの親子関係が確認できた。なお、宇佐放流群2尾の親子関係が確認できなかった原因は不明である。

表3 放流前の種苗と親ガザミの親子関係

採集日 (放流日)	採集 場所	全甲幅 (mm)	DNA解析 (親ガニ)
7/20	臼野	12	A
7/20	臼野	12	A
7/20	臼野	12	A
7/20	臼野	12	A
7/20	臼野	11	A
7/22	宇佐	7	B
7/22	宇佐	7	—
7/22	宇佐	8	—
7/22	宇佐	8	B
7/22	宇佐	8	B
8/8	見目	7	B
8/8	見目	7	B
8/8	見目	7	E
8/8	見目	7	E
8/8	見目	8	E
8/8	見目	7	E
8/8	見目	7	E
8/8	見目	8	E

表5 放流個体の各種データ

採集日	採集場所	全甲幅 (mm)	DNA解析 (親ガニ)
8/31	見目	37	E
9/6	見目	36	E
9/6	見目	35	E
9/6	見目	37	E
9/6	見目	32	E
9/26	見目	50	E
9/26	見目	44	E
9/26	見目	42	E
10/3	見目	56	E
10/3	見目	62	E
10/4	見目	54	E
10/4	見目	49	E
10/12	見目	53	E
10/21	見目	74	E
10/25	見目	75	E

各干潟で採集された稚ガザミのDNA解析結果を表4に、放流種苗と確認された個体の各種データを表5に示す。放流個体は、当該放流地点である見目干潟でのみ15尾確認することができ、放流種苗の一部は放流後、一定期間放流地点付近に留まることが明らかになった。

### 今後の課題

本実験により、放流ガザミのDNA標識の有効性を確認することができた。この手法を応用すれば、漁獲物中の放流個体を判別することができ、ガザミの放流効果を算出することができると考えられる。

表4 各干潟で採集された稚ガザミのDNA解析結果

採集場所	採集尾数	解析数	放流個体数
中真玉	56	13	0
臼野	155	30	0
堅来	14	6	0
香々地	18	2	0
見目	317	94	15
計	560	145	15

## ノリ網を活用したガザミの新たな放流方法の検討

山本宗一郎

### 事業の目的

大分県では1975年頃からガザミの種苗放流を行ってきたが、効果的な放流方法については、知見が乏しい。

放流直後のガザミ(C2~3サイズ)は魚類による食害を受けることが報告されており<sup>1)</sup>、放流初期の減耗要因の一つと考えられている。

一方、ガザミの中間育成において、ノリ網やキンランはシェルター(避難場所)として機能し共食いを軽減させ、ガザミの生残率を高めることが知られている<sup>2)</sup>。この知見から、放流現場においてもノリ網やキンランをガザミのシェルターとして活用できると考えられる。

そこで本事業では浅海チームの屋外水槽において、ノリ網をシェルターとして利用した放流シミュレーションを行い、現場応用の可能性を検討した。

また、ガザミは背地明度に対する選択性があり、明度差が大きい場合、暗部の背地に選択性を持つことが報告されているため<sup>3)</sup>、ノリ網の色による効果の違いについても検証した。

### 事業の方法

#### 実験水槽の設置

図1に実験水槽の概略図を示す。飼育水槽はコンクリートブロックを積み重ねた枠にブルーシートを内側に貼り漏水を防止したもの(縦8m、横6m、高さ1m)とした。底には深さ10cmほど砂を敷き、水深0.3mとなるよう水位を調整し、砂ろ過海水を1日0.85回転させた。

この水槽に白(無染色)、紫、青のノリ網(第一製網株式会社 特3号網 180m×1.8m)1枚ずつを束ねたもの(図2参照)を設置し試験区とし、網を設置していない箇所の対照区と合わせて1ブロックとし、これを4ブロック設けた。

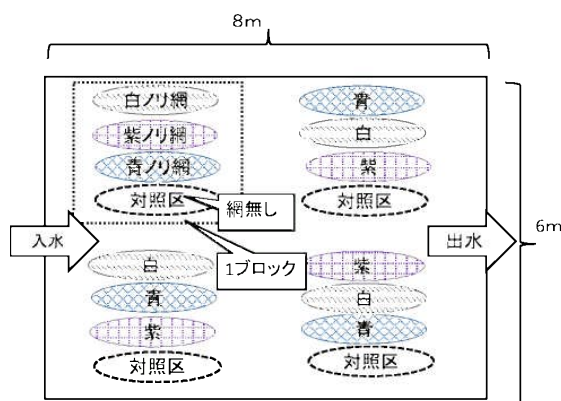


図1 実験水槽の概略図

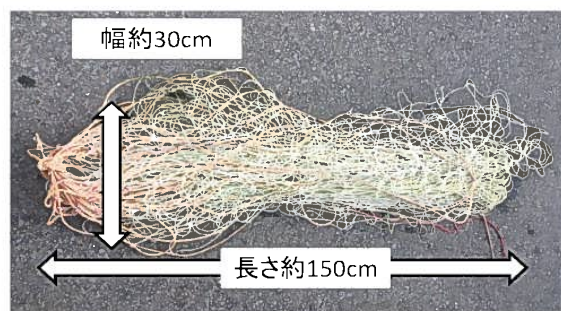


図2 束ねた1枚のノリ網

#### 収容尾数、給餌方法

公益社団法人大分県漁業公社(以下、漁業公社)で生産された5万尾のガザミ種苗(C2~C3サイズ)を水槽内に均一に分布するよう実験水槽に収容した。餌は稚魚用配合飼料(中部飼料株式会社 えづけーるL)を多少残餌が出る程度に毎日、朝夕1回ずつ給餌した。

#### 測定項目と測定方法

実験は2016年8月10日から8月25日にかけて行った。

##### 1. 個体密度

個体密度の測定は、2~3日おきに日中1回、1ブロック内のノリ網3色の試験区と対照区で行った。

試験区は、20cm×20cm枠を用い、枠内の網に付

着した個体、網の下に潜砂した個体を計数した。

同様に対照区は、20cm×20cm枠内の潜砂した個体を計数した。なお、ガザミが確認できなかった場合は、作業を2～3回繰り返した。計数したガザミは実験室へ持ち帰り全甲幅を1mm単位で測定した後、元の調査ブロックへ戻した。一度調査したブロックは採取による一時的な個体密度への影響があると考えられたため、5日以上の間隔をあけて調査した。

2. 全甲幅とガザミの成長

個体密度調査で測定したガザミの全甲幅と日齢から、表計算ソフトExcel(Microsoft社)のソルバーを用い最小2乗法によって次式のゴンペルツ式に当てはめ成長式を求めた。

$$L_t = L_{\infty} \exp(-e^{-k(t-t_0)})$$

$L_t$ : 全長(mm)

$t$ : ふ化日(7月22日)を日齢0歳とした日齢

$L_{\infty}$ : 極限全甲幅

$t_0$ : 係数

3. 飼育水温

試験区と対照区に水中用温度計測データロガー(Onset社 UA-001-08)を設置し、水温を1時間おきに測定した。

事業の結果

1. 個体密度

網の色別に付着した個体密度は白で0.0～100.0尾/m<sup>2</sup>、紫で50.0～275.0尾/m<sup>2</sup>、青で25.0～293.8尾/m<sup>2</sup>で推移した(図3)。実験期間を通じた平均密度は白で47.9尾/m<sup>2</sup>、紫で150.0尾/m<sup>2</sup>、青で140.0尾/m<sup>2</sup>であり、密度は紫、青、白の順で高かった。

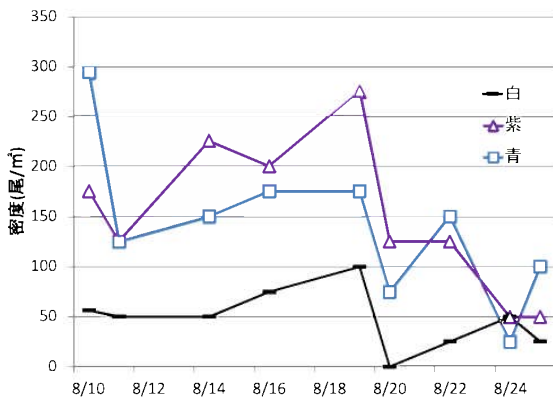


図3 網付着個体の密度変化(試験区)

試験区と対照区の潜砂個体密度は白で50.0～1,025.0尾/m<sup>2</sup>、紫で25.0～200.0尾/m<sup>2</sup>、青で50.0～1,125.0尾/m<sup>2</sup>、対照区で0.0～875.0尾/m<sup>2</sup>で推移した(図4)。

実験期間を通じた平均密度は白で341.7尾/m<sup>2</sup>、紫で136.1尾/m<sup>2</sup>、青で352.8尾/m<sup>2</sup>、対照区で201.4尾/m<sup>2</sup>であり、密度は青、白、対照区、紫の順で高かった。

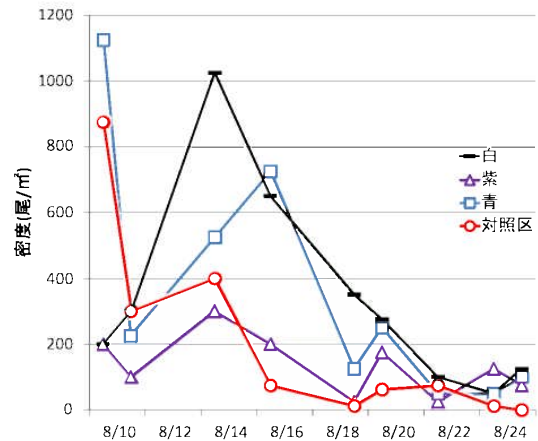


図4 潜砂個体の密度変化(試験区、対照区)

また、試験区のガザミは網に付着することにより、空間を立体的に利用していることから、ノリ網のシールド効果は網付着個体密度と潜砂個体密度の合算値をもって評価する必要がある。よって両者を合算した試験区の密度と対照区の潜砂個体密度を比較した。

試験区の密度は白で100.0～1,075.0尾/m<sup>2</sup>、紫で125.0～525.0尾/m<sup>2</sup>、青で75.0～1,418.0尾/m<sup>2</sup>、対照区で0.0～875.0尾/m<sup>2</sup>で推移した(図5)。実験期間を通じた平均密度は白で389.6尾/m<sup>2</sup>、紫で286.1尾/m<sup>2</sup>、青で493.8尾/m<sup>2</sup>、対照区で201.4尾/m<sup>2</sup>であり、密度は青、白、紫、対照区の順で高かった。

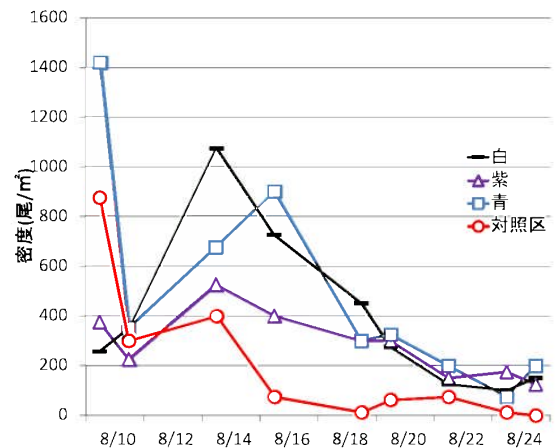


図5 試験区(網付着+潜砂)と対照区の密度変化

2. 全甲幅とガザミの成長

測定値と成長曲線を図6に示す。全甲幅を測定したガザミは計564尾であり、以下のゴンペルツ式を得た。

$$L_t = 189.012 \exp(-e^{-0.0243(t-64.947)})$$

r=0.815 n=564

この成長曲線から実験期間中(8月11日:日齢20~8月25日:日齢34歳)のガザミは全甲幅9.5mm(C3サイズ)から22.6mm(C5サイズ)へと成長したことが明らかになった。

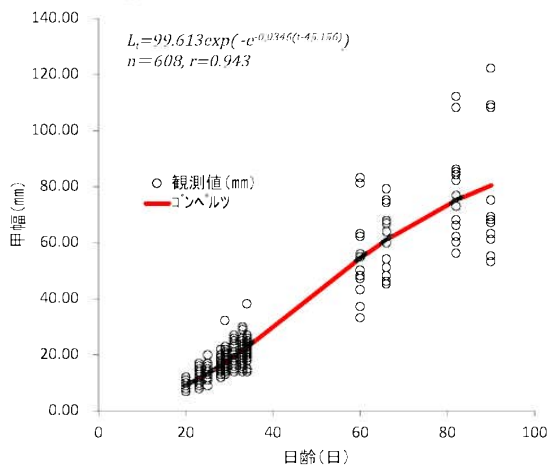


図6 測定ガザミの全甲幅と成長

### 3. 飼育水温

結果を図7に示す。実験期間中の水温は試験区の白で27.7~34.3℃、紫で27.6~34.4℃、青で37.4~34.4℃、対照区で27.6~35.0℃となった。いずれも最低水温は8月14日の7:00、最高水温は8月22日の15:00に記録された。一日の平均水温は試験区の白で29.2~30.9℃、紫で29.2~30.9℃、青で29.2~30.9℃、対照区で29.3~31.1℃となった。いずれも最低平均水温は8月16日、最高平均水温は8月22日に記録された。ノリ網が直射日光を遮ったため、対照区に比べ試験区で水温が低かったと考えられた。

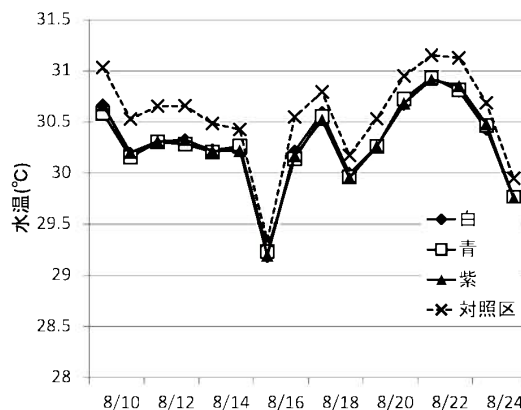


図7 試験区と対照区の1日の平均水温

以上の結果から、ノリ網はガザミの生息密度を高め、水温の上昇を抑える働きがあることが明らかになった。放流現場においてノリ網は放流種苗のシェルターとしての機能が期待できる。

### 文献

- 1) 有山啓之. 大阪湾におけるガザミの生態と資源培養に関する研究. 大阪府立水産試験場研究報告2000; 12: 1-90
- 2) 社団法人 全国豊かな海づくり推進協会. 平成20年度栽培漁業技術実証試験結果報告書 2009; 34-37.
- 3) 大分県浅海漁業試験場, 福岡県豊前水産試験場, 山口県内海水産試験場. 昭和54年度放流技術開発事業西部ガザミ班報告書 1980; 山21-山25

# 豊前海におけるアサリ資源回復に関する調査研究－1

## アサリ資源回復計画推進事業①(冬季の減耗対策・中津市小祝)

金澤 健

### 事業の目的

豊前海におけるアサリ資源が壊滅的な状況にまで減少したことを受け、県は漁業関係者と共に 2003 年度からアサリ資源回復計画を策定し、漁業管理の強化、資源供給漁場の造成等の施策を 2013 年度まで実施してきた。2014 年度からはこの回復計画に代わる「大分県豊前海アサリ資源復活に向けた指針」を策定し、引き続きアサリ資源管理の取り組みを行っている。平成 28 年度は、冬季の波浪によるアサリ減耗対策を検証し、漁場に生息しているアサリを翌年の春まで生残させることを目的として、試験を実施した。

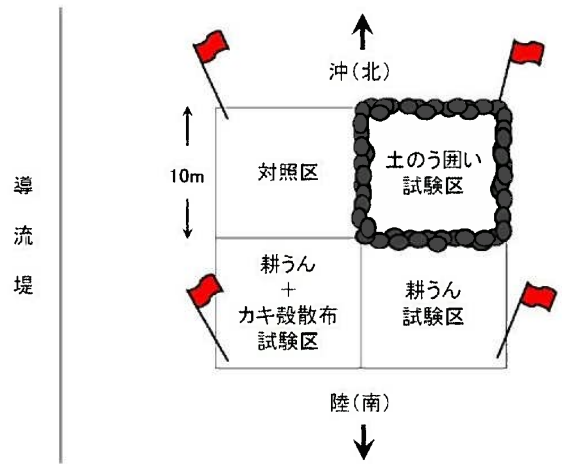


図2 試験区設定

### 事業の方法

#### 1. 試験区の設定

試験は中津市小祝地先(図 1)において実施し、4 つの試験区を設定した(図 2)。



図1 試験実施場所

土のう囲い試験区(以下、「土のう区」という。)は波浪によるアサリ逸散の防止の効果、耕うん試験区(以下、「耕うん区」という。)は底質の軟化によるアサリ潜砂促進及び嫌気状態にある底質の改善、耕うん+カキ殻散布試験区(以下、「カキ殻区」という。)は粒度組成の変化によるアサリ定着率の向上及び底質の硫化物の減少を検証するために設定した。

土のう区では、付近の砂れき 15～20kg 程度を土のう袋に詰めて、これを 2～3 段重ねて 10m × 10m の囲いを作成した(図 3)。



図3 土のう囲い試験区の作成

また、耕うん区とカキ殻区での耕うんは、小潮の干潮時にポンプでふかして行った(図 4)。



図4 ポンプによる耕うん

カキ殻区のカキ殻は、県漁協中津支店から約960kgを譲り受け、砕いて試験に供した。砕いたカキ殻の大きさの組成は図5のとおりであった。

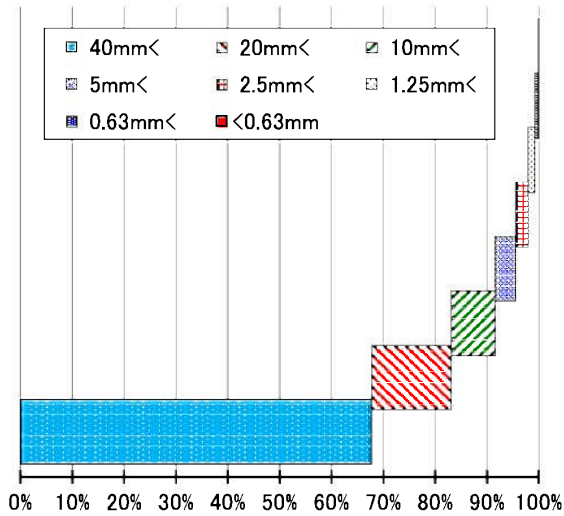


図5 カキ殻の大きさの組成

2) 方法

2016年11月25日に、当該試験区近隣から採捕した天然アサリを0.5kg/m<sup>2</sup>、750個体/m<sup>2</sup>となるよう各試験区に収容し、2017年1～3月の間に計6回、大潮の干潮時(約2週間)ごとに、生残及び成長の経過調査を行った。また、各試験区には、収容したアサリのうち250個体ずつに、色別(黄色、ピンク、赤、水色)のペイントによる標識を付け、逸散を調査した(図6)。



図6 ペイントによる標識付けした供試アサリ

事業の結果

1. 各試験区における生残

各試験区における生残個体数(個体/m<sup>2</sup>)及び重量(kg/m<sup>2</sup>)の推移は、図7、8のとおりである。

試験開始から約1ヵ月半後では、土のう区及び対

照区で増加、耕うん区およびカキ殻区で減少し、その後は漸減していき、試験開始約2ヵ月後からは、重量(kg/m<sup>2</sup>)、個体数(個体/m<sup>2</sup>)ともに、試験開始時の半分の水準で推移した。

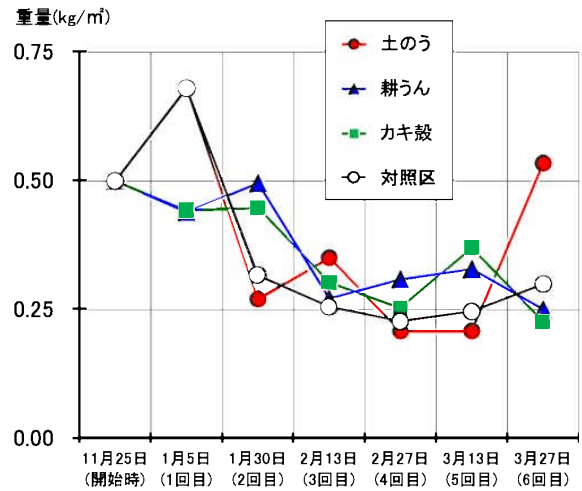


図7 各試験区における生残重量(kg/m<sup>2</sup>)の推移

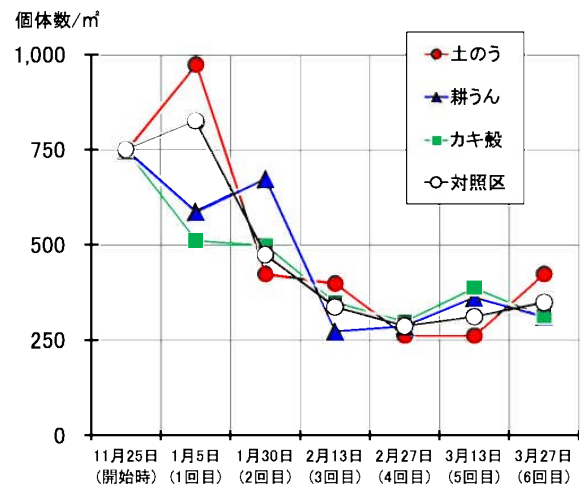


図8 各試験区における生残個体数(個体/m<sup>2</sup>)の推移

また、色別のペイントによる標識を付けた供試アサリは、いずれの試験区においても、調査期間中に確認することはできなかった。

2. 成長及び殻長組成の推移

各試験区における成長及び殻長組成の推移は、図9～15のとおりである。

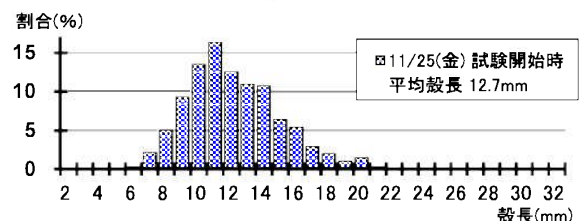


図9 試験開始時(11月25日)の殻長組成



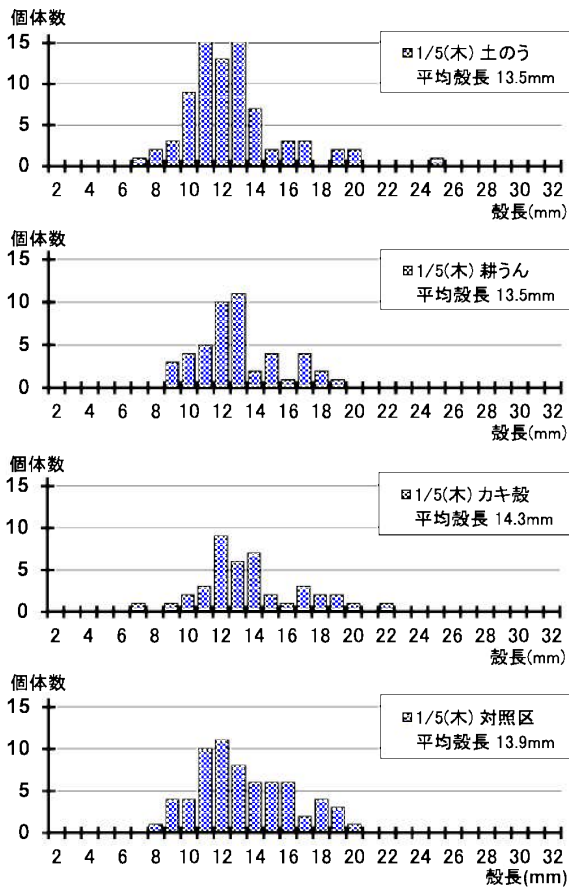


図10 試験開始約1ヵ月半後(1月5日)

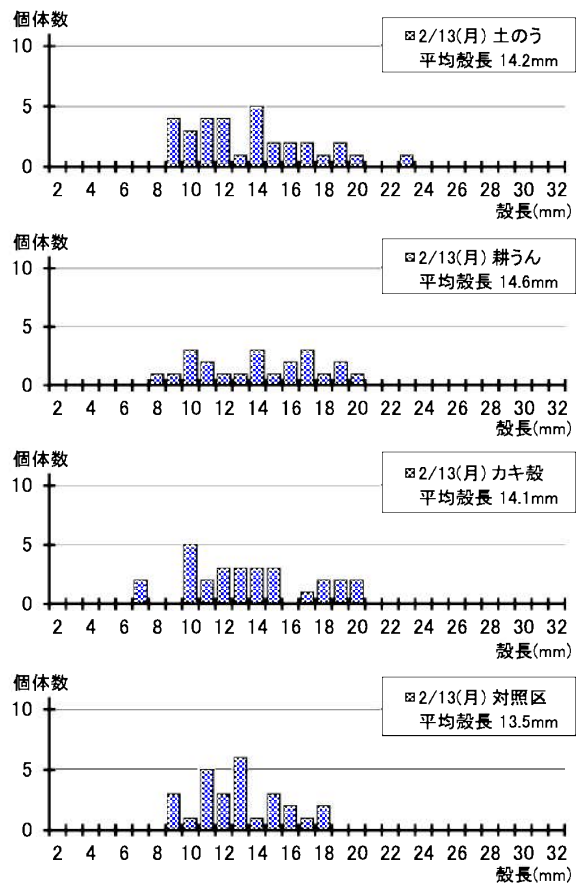


図12 試験開始約2ヵ月半後(2月13日)

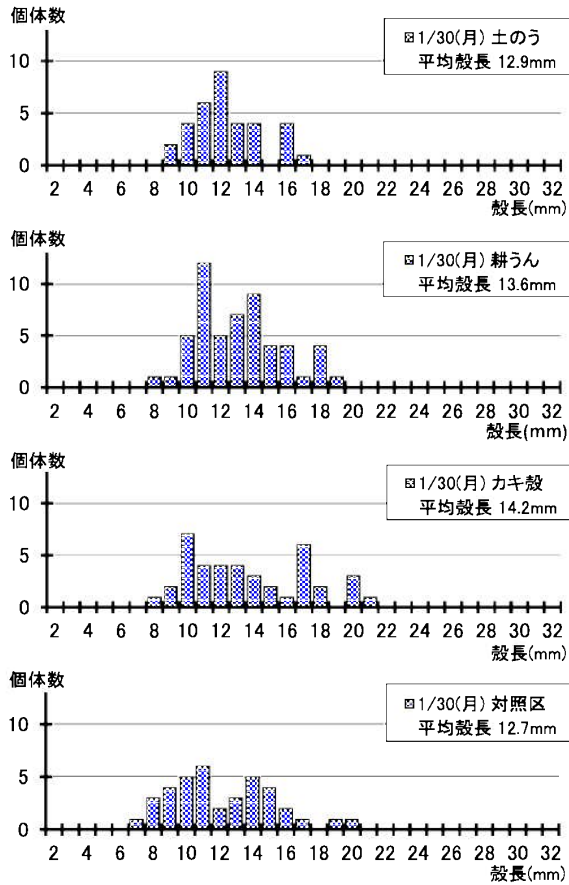


図11 試験開始約2ヵ月後(1月30日)

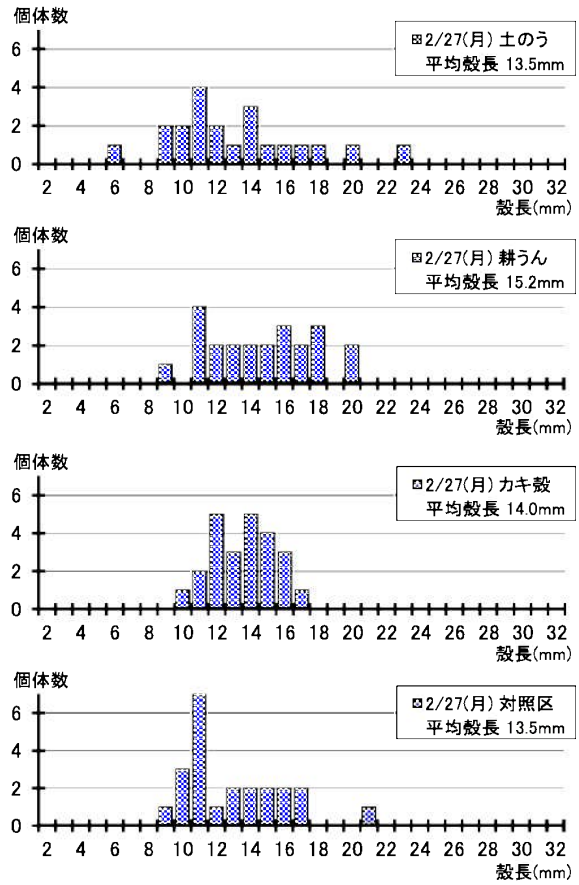


図13 試験開始約3ヵ月後(2月27日)

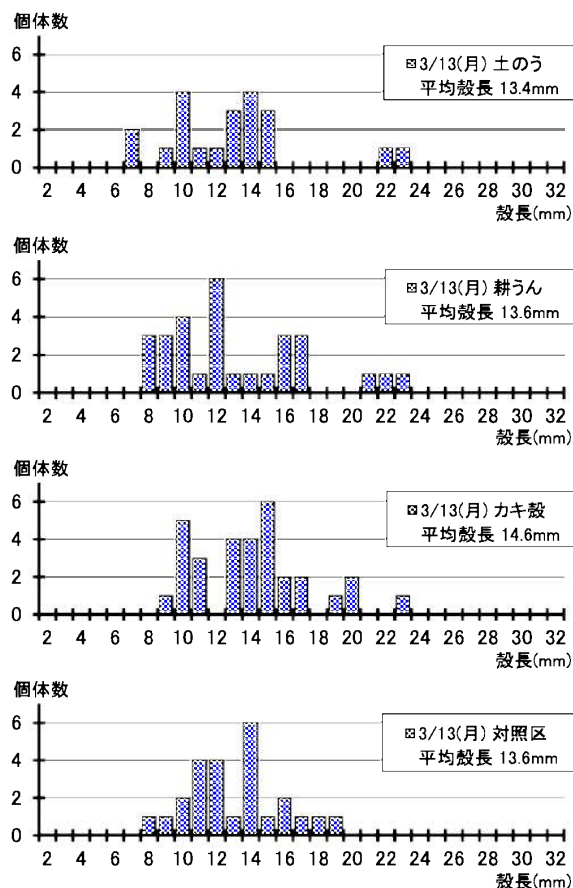


図14 試験開始約3ヵ月半後(3月13日)

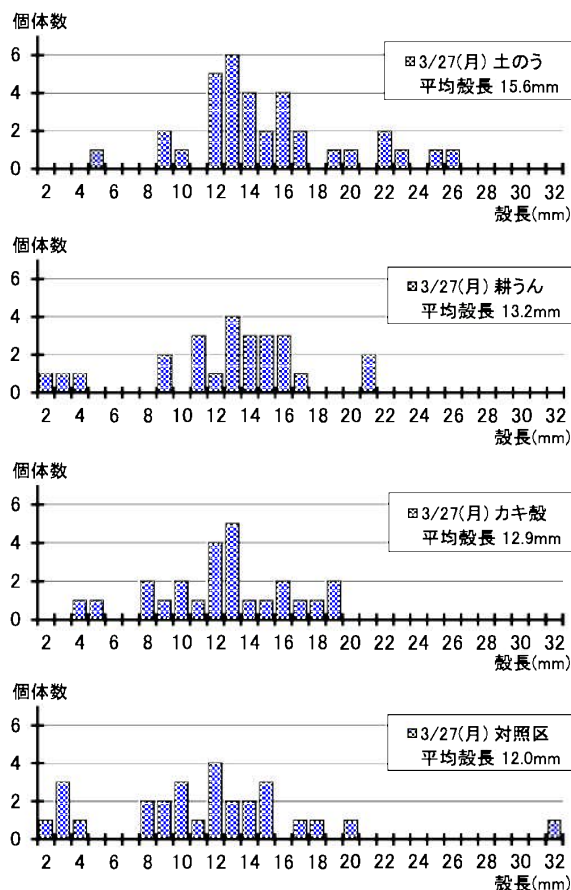


図15 試験開始約4ヵ月後(3月27日)

各試験区における成長は、試験開始3～4ヵ月後に、殻長20mmを超える個体が確認されたものの、平均殻長では、ほとんど成長がみられなかった。なお、3月27日の経過調査では、前年秋産まれと思われる殻長2～5mmのアサリが確認された。殻長組成については、試験期間中、各試験区による差は認められなかった。

### 今後の問題点

今回、各試験区の生残、成長に明確な差は認められなかった。

これは、想定以上の強い波浪により砂れきの移動が大きく、各試験区の底質が均一化されたこと、土のう袋2段積みでも、砂れきの動きを抑えることができなかったことなどが考えられ、次年度は冬季の波浪から砂れきの動きを抑え、その場にアサリを残せるような試験区の設定を検討する必要がある。

# 豊前海におけるアサリ資源回復に関する調査研究－ 1

## アサリ資源回復計画推進事業①（冬季の減耗対策・杵築市守江）

山田英俊

### 事業の目的

アサリ資源の減少要因の1つとして、冬季の波浪の影響による減耗が指摘されている<sup>1)</sup>。

そこで、本事業では、冬季の波浪等の影響を防止し、漁場に生息しているアサリを翌春まで生存させる方策を探るため、被覆網や土嚢を用いたアサリの保護試験を実施した。なお、本報告では土嚢の有効性を確認するための対照海域として、豊前海海域よりも冬季の波浪が穏やかな守江湾で実施した事例について記載する。

### 事業の方法

冬季の波浪等による減耗を防止し、海域に適したアサリ保護対策を検討するため、2016年11月29～30日に保護試験区画を杵築市守江地先に設定した。試験区として土嚢囲い区、被覆網区、対照区を設け(図1)、各区画に平均殻長7.5mmのアサリ人工種苗(浅海チーム2015年秋生産種苗、標識無し)を365個/m<sup>2</sup>の密度で収容した。各試験区におけるアサリの残留状況を把握するため、2017年2月15日に各試験区において20cm×20cmコドラート枠内の深さ10cm程度の底質を採取し(各試験区画3箇所)、2mm目合いのザルでふるったものからアサリを選別し、殻長や体重等を測定した。

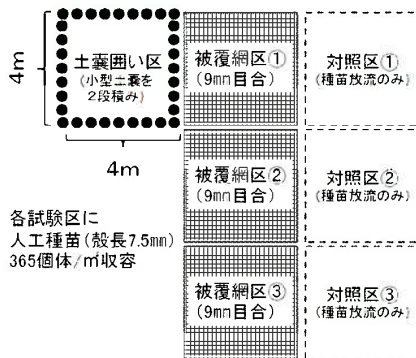


図1 試験区の設定概要

### 事業の結果

各試験区におけるアサリの平均残留率を図2に示した。人工種苗を収容した約77日後のアサリの残留率は土嚢囲い区で0%、被覆網区で30%、対照区で8%となった。残留状況を調査した際、土嚢囲い区では土嚢が若干崩れたり、土嚢袋内から土砂の一部が流出するなどして、囲いの高さが設置当初よりも低くなっている状況が確認された。一方、被覆網区については、網の顕著な埋没や網のはがれ、破損などは確認されなかった。被覆網区で残留率が高い一方で、底質表面が開放的な土嚢囲い区、対照区での残留率が低いことから、食害生物による捕食等の可能性が推測された。

以上のことから、杵築市守江地先における冬季のアサリ減耗対策としては被覆網を設置することが効果的であると示唆された。

今後は、アサリ人工種苗放流と被覆網保護を併用した事業規模でのアサリ資源増殖の取組が望まれる。

### 文 献

- 1) 鳥羽光晴. アサリの資源回復をめぐるこれまでとこれから－アサリ資源の減少に対する危機感や、回復への熱意を失わずに－. 豊かな海. 2015;36, 57-63.

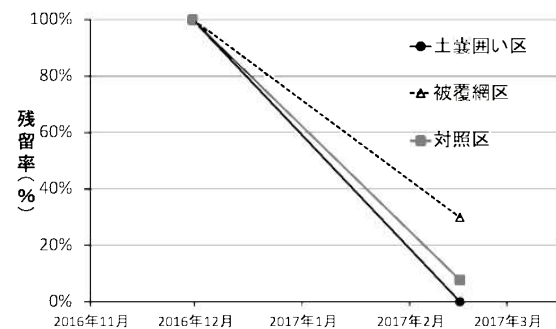


図2 各試験区におけるアサリの残留率

# 豊前海におけるアサリ資源回復に関する調査研究－1

## アサリ資源回復計画推進事業②（ナルトビエイ生態調査）

### （国庫補助）

酒井真梨子

#### 事業の目的

1986年以降、大分県のアサリ漁獲量は減少の一途を辿っており、その1つの原因としてナルトビエイによる食害が挙げられている<sup>1)</sup>。大分県周防灘海域（大分県漁協宇佐支店、中津支店）ではアサリ等の二枚貝を保護するため、2007年以降ナルトビエイの駆除が行われている。また、周防灘海域に來遊するナルトビエイについては春から秋にかけて周防灘海域から別府湾海域に來遊することが確認されているが、冬季の生息場所等不明な点も多い。

そこで本研究では、これまで継続実施されているナルトビエイ駆除の実績からその効果を検証する。さらに、ナルトビエイの標識放流を行い、周防灘海域（山口県、福岡県、大分県）からの移出および冬季の生息場所を明らかにすることにより効率的な駆除方法について提案することを目的とする。

#### 事業の方法

##### 1 駆除事業における調査

###### 1) 生物測定

2016年5月24日～9月21日の間、県漁協が周防灘で駆除したナルトビエイの体盤幅(DW)、性別、日別の駆除尾数、駆除重量、出漁隻数等により、出現傾向等を調査した（図1）。

##### 2 標識放流調査

###### 1) 調査海域

周防灘、別府湾、豊後水道の各海域において、ナルトビエイの標識放流を実施した（図1）。

###### 2) 調査方法

流し刺網（周防灘、別府湾）、定置網（豊後水道）により採捕されたナルトビエイに船上で標識を装着し、再放流した。

標識は一連番号を印刷したアトキンス型タグと任意の時間ごとに圧力(水深)と水温を記録すること



図1 調査海域

ができるアーカイバルタグの2種を用いた。

#### 事業の結果

##### 1 駆除事業における調査

2007年度から2016年度までの10カ年における県周防灘海域でのナルトビエイ駆除実績を表1に示した。本年度の駆除重量、駆除尾数およびCPUEは、それぞれ12.8t、1,785尾および11.5kg/隻・日であり、いずれも2007年度以降、最も低い値となった。

表1 ナルトビエイ駆除実績

駆除年度	延べ日数	延べ隻数	駆除重量(t)	駆除尾数(千尾)	平均体重(kg)	CPUE(kg/隻・日)
2007	46	231	95.9	11.6	8.3	41.5
2008	32	357	105.4	10.0	10.6	29.5
2009	50	89	21.1	2.6	8.1	23.7
2010	65	154	22.7	2.6	8.8	14.7
2011	60	151	35.1	3.9	9.1	23.2
2012	59	136	35.5	4.0	8.8	26.1
2013	76	252	45.4	7.3	6.2	18.0
2014	55	127	37.2	4.9	7.6	29.3
2015	64	109	18.5	2.9	6.4	17.0
2016	77	111	12.8	1.8	7.2	11.5

雌雄別の体盤幅組成を図2に示した。体盤幅組成の推移より、雄は2007年度以降、体盤幅800mm前後をモードとする年が多かったが、本年度は、750mm以下の個体の出現が比較的多かった。また、雌は今年度、体盤幅1,200mmを超える大型個体の出現はなかった。

ナルトビエイの駆除事業については10年が経過し、これまでに周防灘へのナルトビエイ大量出現の抑制と、それに伴う有用二枚貝等の食害防止に一定の効果をあげているものと思われる。将来に亘ってナルトビエイの大量出現を抑制するためには、ナルトビエイの資源量を把握した上で駆除を継続することが重要と考えられる。

## 2 標識放流調査

これまでの調査結果から、周防灘に出現したナルトビエイは、5～9月には福岡県荊田沖から周防灘東端の大分県姫島沖まで回遊し、9～12月の海水温の低下とともに別府湾海域を経由して越冬場所へ移動すると考えられている。また、2014年3月に豊後水道沿岸域で周防灘放流個体の再捕（移出）、2014年7月、8月および2015年6月に周防灘で豊後水道沿岸域放流個体の再捕（移入）があったことから、周防灘—豊後水道沿岸域間での交流が確認され、豊後水道沿岸域が越冬場所と推定されている<sup>2)</sup>。

本年度は、2016年5月24日～9月21日に周防灘（中津市沖、宇佐市沖、豊後高田市沖）で55尾、2016年9月29日～10月14日に別府湾（杵築市八坂川河口域）で20尾、2017年2月15日に豊後水道で1尾の標識放流を行った。標識の再捕実績を表2に示した。アトキンス型タグ装着個体が周防灘で9尾、別府湾で3尾再捕され、別府湾から周防灘への移動については今回も確認された。なお、アーカイバルタグ装着個体の再捕はなかった。

表2 ナルトビエイ標識再捕実績

放流場所	再捕場所	放流年度	再捕個体数	備考
周防灘	周防灘	H24(2012)	1	6/30
		H25(2013)		
		H26(2014)		
		H27(2015)	3	6/10、6/10、6/25
		H28(2016)	4	5/19、6/17、6/25、6/29
		H26(2014)		
別府湾	別府湾	H24(2012)		
		H25(2013)		
		H26(2014)		
豊後水道	豊後水道	H27(2015)		
		H26(2014)		
別府湾	別府湾	H24(2012)		
		H25(2013)		
		H26(2014)		
		H27(2015)	1	10/2
		H23(2011)	1	10/14
		H24(2012)		
豊後水道	豊後水道	H25(2013)		
		H26(2014)		
		H27(2015)	2	10/2、10/14
豊後水道	豊後水道	H26(2014)		
		H26(2014)		
		H26(2014)		
合計			12	

## 文 献

- 1)伊藤龍星、林 亨次、平川千修. 豊前海重要貝類漁場開発調査(5)バカガイの大量発生とナルトビエイによる食害被害. 平成18年度大分県農林水産研究センター水産試験場事業報告2008; 207-209.
- 2)崎山和昭、並松良美. 豊前海におけるアサリ資源回復に関する調査研究—1 アサリ資源回復計画推進事業②(ナルトビエイ生態調査). 平成26年度大分県農林水産研究センター水産研究部事業報告2014; 223-226.

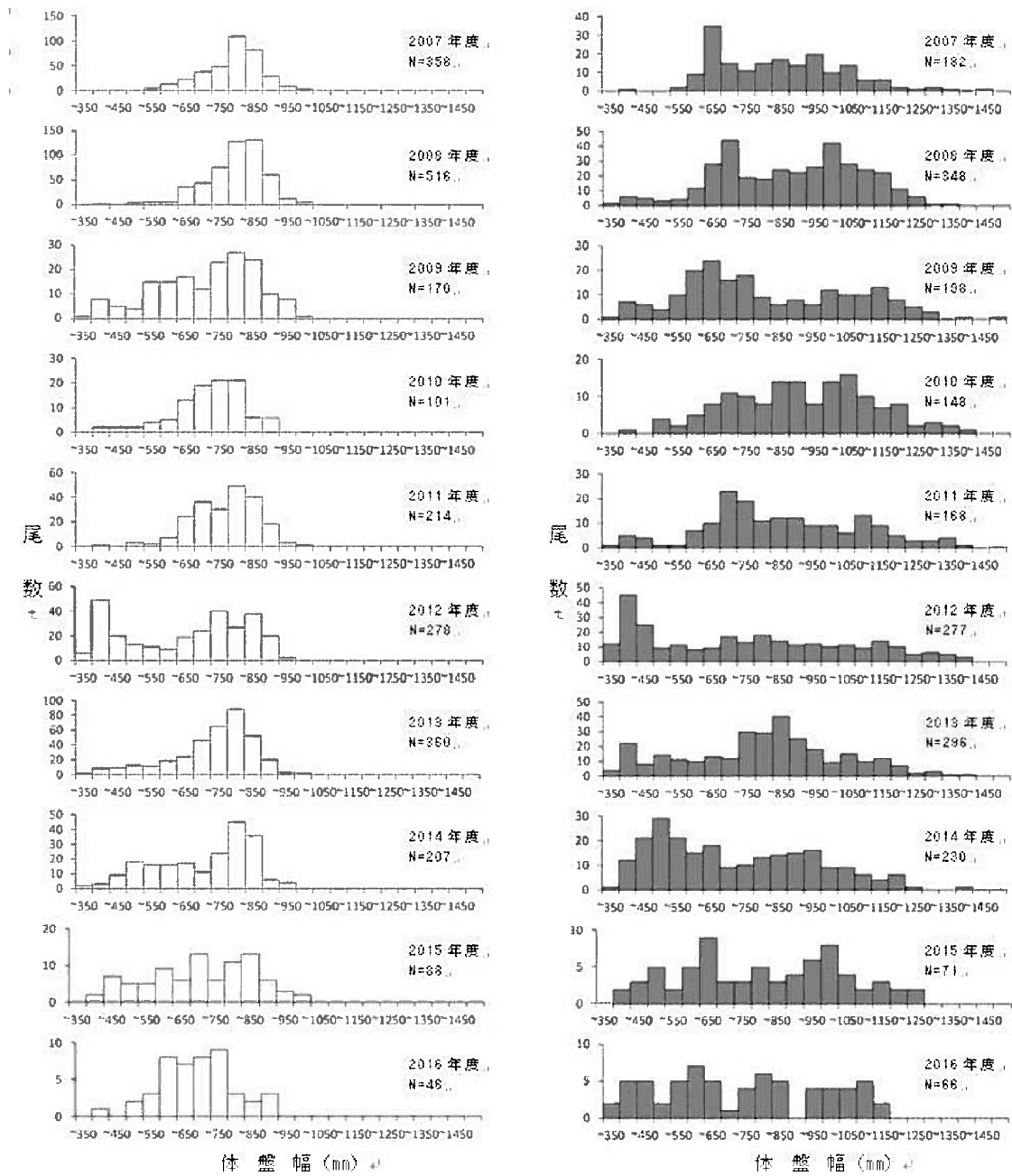


図2 駆除されたナルトビエイの体盤幅組成 (2007~2016年度)

左図：雄、右図：雌

## 豊前海におけるアサリ資源回復に関する調査研究－2 生態系ネットワークによるアサリ資源回復・生態系修復技術の開発 (アサリ稚貝吸引装置利用)

山田英俊

### 事業の目的

大分県豊前海域における近年のアサリ *Ruditapes philippinarum* 稚貝の発生状況については、局所的に良好な加入をみせる年もあるが、夏季から秋季にかけて、秋発生群も春発生群も大幅に減耗してしまう傾向にある<sup>1) 2)</sup>。また、アサリ稚貝を集積する効果がある一方で、餌や生息場所の競合・干潟の環境悪化を招くホトトギスガイマット内にあるアサリ稚貝についても、秋以降減耗していくことが漁業現場において経験的に知られている。

以上の点から、アサリ資源を回復していくためには、天然発生した稚貝を保護・移植するなどして成貝まで成長させる方策が重要であると考えられる。

そこで、干潟に発生した天然稚貝を有効活用するために、中津市小祝地先の干潟において、アサリ稚貝の定点モニタリング調査、アサリ稚貝吸引装置を用いた稚貝採集試験および採集した天然発生稚貝の移植試験などを実施した。

### 事業の方法

中津市小祝地先の干潟におけるアサリ稚貝の発生状況や生育状況を把握するため、図1に示す1定点においてアサリのモニタリング調査を実施した。20cm×20cmコドラート枠内の深さ10cm程度の底質を2枠分採取し、2mm目合いのザルでふるったものを標本として実験室に持ち帰った。持ち帰った標本からアサリを選別し、数量や殻長等を測定した後、生息密度を算出した。

砂原干潟のホトトギスガイマット内に高密度に発生したアサリ稚貝の効率的な採集方法を検討するため、アサリ稚貝吸引装置を用いた稚貝採集試験を実施した。試験は2016年9月8日～10月3日に中津市地先(図1)のホトトギスガイマットが形成された砂原干潟において、延べ15日間行った。アサリ稚貝の採集には、(国研)水産研究・教育機構水産工学

研究所等が開発したアサリ稚貝吸引装置<sup>3)</sup>を用いた。吸引作業は気温の低い、早朝～午前中の間に実施した。アサリ稚貝吸引装置の底質吐出ホースの先端に、目合い4mmの袋を設置してアサリ稚貝を含むホトトギスガイマットを吸引回収した。吸い上げた吸引物は海面上でふるって、大きなゴミや細かい砂などを簡易的に取り除いた後、吸引物の全体重量を測定し、そのうち1～2kg程度を標本として、実験室に持ち帰った。持ち帰った吸引物標本のうち、100g程度を無作為に取り出し、アサリとホトトギスガイ、その他(砂、木片、貝殻等)に選別し、重量を測定した。選別したアサリとホトトギスガイについては個体数、殻長、殻付重量を測定した。測定したアサリの重量割合等から、アサリ稚貝の採集量を推定した。

アサリ稚貝吸引装置で採集されたアサリを移植用種苗として利用可能か判断するため、2015年の吸引採集試験で採集したアサリ稚貝を中津市小祝地先の人工造成石原(図1)に移植し、成長・生残状況を確認した。2015年9月にアサリ稚貝吸引装置で採集したアサリ(平均殻長10.7mm)50個を収容したプラスチック製のカゴ(三甲株式会社製:ヤサイ籠2K)36基を人工造成石原に設置し、毎月3基ずつ回収して2016年9月までの生残・成長状況を把握した。



図1 試験実施箇所

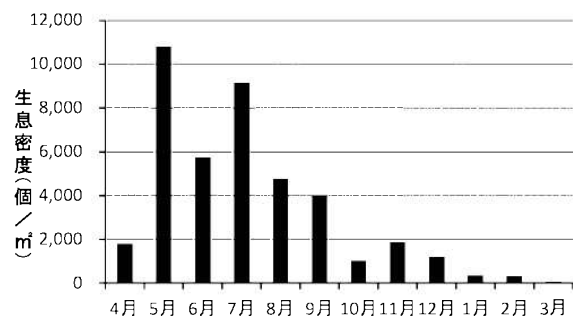


図2 中津市小祝地先の調査地点におけるアサリ生息密度の推移 (2016年4月～2017年3月)

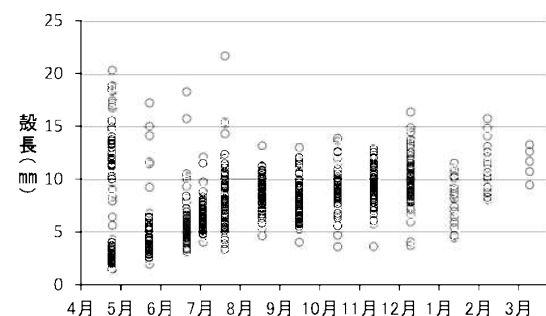


図3 中津市小祝地先の調査地点で採取されたアサリの殻長分布の推移 (2016年4月～2017年3月)

### 事業の結果

アサリ稚貝の定点モニタリング調査を行った結果、中津市小祝地先の干潟において、アサリ稚貝が4,000～10,000個体/m<sup>2</sup>の密度で発生していることが確認された(図2)。また、干潟に発生した稚貝は、7月下旬以降から成長が停滞し、9月中旬以降、生息密度が減少していく傾向がみられた(図3)。

ホトトギスガイマットが形成されている砂原干潟において、アサリ稚貝吸引装置を用いた採集試験を延べ15日間実施した結果、平均殻長9.5mmのアサリを100万個体採集した。また、形成されたホトトギスガイマットを破壊するとともに、平均殻長9.8mmのホトトギスガイ16万個以上を除去したと推計された。

試験期間中のアサリ稚貝採集量の推移を図4に示した。1日のアサリ稚貝採集数は0～24万個/日の範囲内で変動し、期間中の平均採集数は、7.7万個/日であった。15日間の吸引作業で、累計採集個数は100.7万個となった。また、吸引物に占めるアサリ稚貝の重量割合は12～67%の範囲内で変動し、期間中の平均重量割合は36%であった。

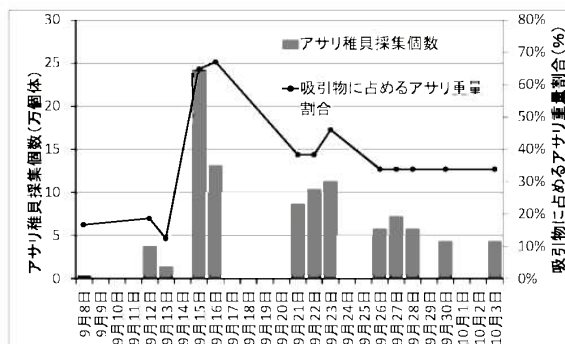


図4 アサリ稚貝吸引装置による採集個数および吸引物に占めるアサリ重量割合の推移 (2016年)

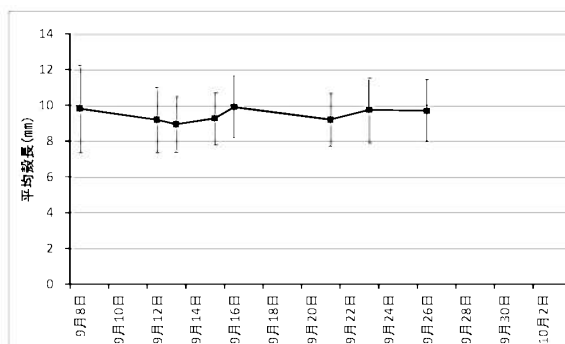


図5 アサリ稚貝吸引装置で採集されたアサリ稚貝の平均殻長 (±標準偏差) の推移 (2016年)

試験期間中に採集されたアサリ稚貝の平均殻長の推移を図5に示した。平均殻長は8.9～9.9mmの範囲内で変動し、期間中に採集されたアサリの平均殻長は9.5mmであった。採集試験期間中の殻長の増加傾向は確認されず、既往の知見<sup>4)・5)</sup>と同様に、アサリ稚貝の成長が停滞しているものと推察され、殻の膨らみが強い丸みを帯びた稚貝が多かった。

一方、1日のホトトギスガイの採集数は0～4.3万個/日の範囲内で変動し、期間中の平均採集数は、1.2万個/日であった。15日間の吸引作業で、累計採集個数は16.2万個となった。

表1に、2013～2016年における、アサリ稚貝吸引装置を用いたアサリ稚貝採集結果を示した。吸引採集したアサリ稚貝の平均殻長は4ヶ年とも10mm前後となっており、ホトトギスガイマット内に発生するアサリ稚貝の大きさの年変動は小さいものと推測された。一方、アサリ稚貝の採集個数は100万～1,468万個体と年によって異なる傾向がみられた。アサリ稚貝吸引装置によるアサリ稚貝の採集はアサリの天然発生稚貝の多寡により、採集効率が大きく変動する可能性が示唆された。

アサリ稚貝吸引装置で採集されたアサリ稚貝の成長・定着活力を把握するため、2015年9月～2016年9



表1 2013年～2016年におけるアサリ稚貝採集結果

	2013年	2014年	2015年	2016年
採集日数(日)	28	33	31	15
簡易選別後の採取物重量(kg)	7,000	1,650	1,778	545
選別後アサリ含有率(%)	42%	24%	61%	36%
アサリの平均殻長(mm)	9.7	9.2	10.0	9.5
アサリ採取重量(kg)	2,945	394	958	221
アサリ採集個数(個)	14,680,384	2,037,345	3,991,349	1,006,776

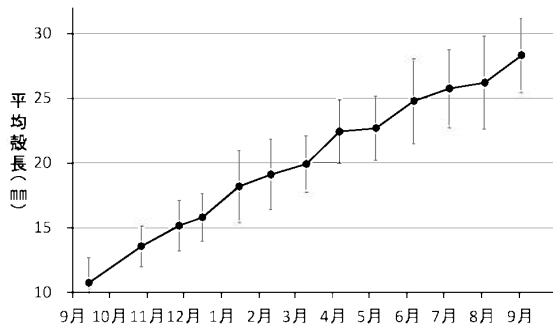


図6 人工造成石原に設置した飼育カゴ内に移植した吸引採集稚貝の平均殻長(±標準偏差)の推移(2015年9月～2016年9月)

月の間、飼育カゴを用いた人工造成石原への移植試験を実施した結果、2015年9月に平均殻長10.7mmで移植した吸引採集稚貝は、1年後の2016年9月には平均殻長28.3 mmに成長し、25%の個体が漁獲サイズ(殻長30mm)に到達した(図6)。1年後の平均生残率は27%であった(図7)。以上のことから、アサリ稚貝吸引装置で採集されても、アサリ稚貝は成長・定着する活力を持っていることが確認された。

以上のように、アサリ稚貝吸引装置は、砂原干潟において秋季以降、減耗していくアサリ稚貝を効率的に採集可能な手法と考えられた。また、干潟に発生し、減耗していく天然稚貝は、条件の良い場所へ移植すれば成貝まで成長することが確認された。今後は、アサリ稚貝吸引装置で採集された大量のアサリ稚貝を地先の漁場に移植・定着させる手法を開発する必要がある。



図7 人工造成石原に設置した飼育カゴ内に移植した吸引採集稚貝の平均生残率(±標準偏差)の推移(2015年9月～2016年9月)

### 文 献

- 1) 木村聡一郎. 1999～2010年における中津干潟のアサリ分布状況. 大分県農林水産研究指導センター研究報告(水産研究部編). 2012;2:25-30.
- 2) 木村聡一郎. 小祝地先における二枚貝類の分布. 大分県農林水産研究指導センター研究報告(水産研究部編). 2013;3:13-20.
- 3) 桑原久実・南部亮元. 天然アサリ稚貝の回収装置を用いた資源回復の試み. 豊かな海. 2014;33:39-43.
- 4) 浜口昌巳. 一次生産の変化と有用種の関係(二枚貝). 水産総合研究センター研究報告. 2011;34:33-47.
- 5) 木村聡一郎. 夏季におけるアサリの移動と形状. 大分県農林水産研究指導センター研究報告(水産研究部編). 2015;5:13-19.

# 下水処理管理運転が二枚貝生産に及ぼす影響調査

赤潮・貧酸素水塊対策推進事業

(国庫委託)

菅沼倫美・山田英俊・岩野英樹・伊藤龍星

本事業の詳細は、平成28年度赤潮・貧酸素水塊対策推進事業報告書「瀬戸内海等での有害赤潮発生機構解明と予察・被害防止等技術開発」（瀬戸内海赤潮共同研究機関）に記載したので、本報告はその概要のみを記載した。

## 事業の目的

近年、瀬戸内海では、貧栄養化による水産資源への影響が指摘されている。中津市終末処理場では、ノリ養殖時期に合わせて栄養塩の管理運転処理を行っており、本事業では、この下水処理管理運転が低次生産生物へ及ぼす影響について明らかにする。

## 事業の方法

下水処理管理運転を行った際の栄養塩が植物プランクトンやアサリに及ぼす影響を室内実験によって確認した。室内実験では、中津市終末処理場の最終処理水を混合した海水を用いて植物プランクトンの培養試験を実施し、処理水に含まれる栄養塩類で二枚貝類の餌料植物プランクトンが増殖可能か検討した。また、最終処理水を混合した海水を用いてアサリ稚貝の飼育試験を実施し、生残に影響を与えないか検討した。

下水処理管理運転の低次生産生物への影響評価については、水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所が中津市終末処理場から排出される処理水の周辺海域における動態を数値シミュレーションにより解析した。

## 事業の結果

### 1. 最終処理水を混合した海水を用いた植物プランクトンの培養試験

アサリ等の種苗生産時に餌料植物プランクトンとして使用している *Chaetoceros neogracile* の培養試験の結果、窒素源として最終処理水を加えた試験区と塩化アンモニウム ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )、硝酸ナトリウム ( $\text{NaN}_3$ ) を加えたポジコン区の最大比増殖速度、最高細胞収量は、窒素源を加えないネガコン区に比べて有意 ( $p < 0.01$ ) に高く、また、試験区とポジコン区で有意差 ( $p < 0.05$ ) は無かった。同様に、リン源として最終処理水を加えた試験区とリン酸二水素ナ

トリウム二水和物 ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) を加えたポジコン区の最大比増殖速度、最高細胞収量は、リン源を加えないネガコン区に比べて有意 ( $p < 0.01$ ) に高く、また、試験区とポジコン区で有意差 ( $p < 0.05$ ) は無かった。以上のことから、試験で用いた *Chaetoceros neogracile* は、最終処理水に含まれる栄養塩類 (DIN、DIP) を利用して増殖可能なことが確認された。

### 2. 最終処理水を混合した海水を用いたアサリ浮遊幼生・着底稚貝の飼育試験

最終処理水がアサリ浮遊幼生の成長と生残に与える影響試験においては、飼育水に最終処理水を20%混合しても、浮遊幼生は死亡せずに成長し、短期的な影響は確認されなかった。同様に、最終処理水がアサリ着底稚貝 (殻長1.4mm) の生残に与える短期的な影響試験では、飼育水に最終処理水を40%混合しても稚貝は死亡せず、短期的な影響は確認されなかった。

### 3. 数値シミュレーションによる下水処理管理運転の低次生産物への影響評価

河川水量の平水時に相当する2009年11月20日と降雨の影響により河川の増水がみられた2009年11月30日～12月1日の表層水の無機態窒素濃度の分布を計算した。計算期間における各排出源からの無機態窒素の負荷量のうち、処理場からは122kgN/dayの負荷があり、これは山国川負荷量の50%、二級河川負荷量の150%に相当した。中津市終末処理場から排出された処理水は、影響範囲は限定的であるものの周辺海域に栄養塩を供給していることがシミュレーションによって示された。平水時には、山国川よりも終末処理場の方が周辺海域への影響が大きいこと、増水時には、山国川の方が影響範囲は大きいものの流出した無機態窒素は拡散されて希釈されやすく、終末処理場由来の無機態窒素の方が高濃度のまま海域に滞留することが分かった。さらに、処理水が流れ込む干潟上の滞筋では無機態窒素濃度が常に高いことが分かった。

# 資源・環境に関するデータの収集・情報の提供—3

浅海定線調査等（周防灘）  
（一部国庫委託）

菅沼倫美・岩野英樹

## 事業の目的

周防灘南部海域の環境変動を把握し、予報に努めるとともに、漁業資源の予測に役立てることを目的として定線調査を行った。

## 事業の方法

図 1 に示す周防灘南部海域に設けた 16 定点において、毎月（月上旬）1 回、漁船「武丸」と調査船「豊洋」で海洋観測を行った。調査は Stn.5、11、12、16、18、19 を漁船「武丸」で、Stn.4、6、7、8、9、10、13、14、15、17 を「豊洋」で実施した。表 1 に調査実施日を示した。

調査項目は、気象が天候、気温、風向・風力、雲量であり、海象が波浪・うねり、水色、透明度、水温、塩分である。また、特殊項目として栄養塩（DIN、PO<sub>4</sub>-P）、溶存酸素量（DO）、COD、クロロフィル a 量を分析した。

分析は、溶存酸素量がウィンクラー・窒化ナトリウム変法<sup>1)</sup>、COD がアルカリ性過マンガン酸カリウム・ヨウ素滴定法<sup>2)</sup>により行った。クロロフィル a は Jeffrey & Humphrey の式<sup>3)</sup>を用いて求めた。栄養塩の分析はオートアナライザーによった。

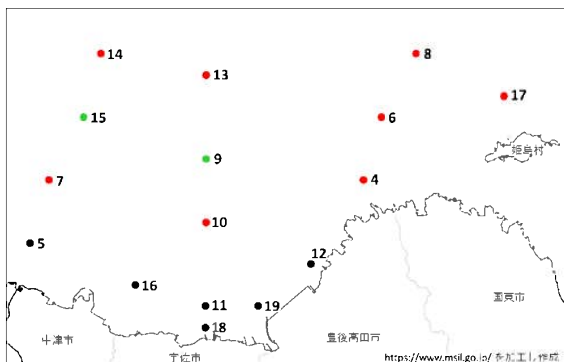


図1 浅海定線調査定点図

旬別の平均気温、降水量および日照時間は、大分地方気象台の地域気象観測（豊後高田市）のデータを用いた。

なお、海象、特殊項目の平年値は 1986～2015 年度の平均値を用い、平年偏差を表 2 に示した基準に

基づいて評価した。

また、参考資料として、巻末の資料編に本年度の観測結果を収録した。

表1 2016年度調査実施日

	武丸		豊洋	
第 1 回	2016年	4月4日	2016年	4月6日
第 2 回		5月10日		5月10日
第 3 回		6月3日		6月8日
第 4 回		7月4日		7月6日
第 5 回		8月1日		8月3日
第 6 回		9月6日		9月8日
第 7 回		10月3日		10月12日
第 8 回		11月7日		11月8日
第 9 回		12月5日		12月7日
第 10 回	2017年	1月5日	2017年	1月5日
第 11 回		2月7日		2月8日
第 12 回		3月1日		3月7日

表2 平年偏差の評価基準

階級	平年偏差の範囲
「平年並み」	$\delta < 0.6\sigma$
「やや〇〇」	$0.6\sigma \leq \delta < 1.3\sigma$
「〇〇」	$1.3\sigma \leq \delta < 2.0\sigma$
「かなり〇〇」	$2.0\sigma \leq \delta$

$\delta$ は平年偏差の大きさを表し、「〇〇」には「高め」、「低め」が入る。

## 事業の結果

### 1. 気象

旬別平均気温を図 2 に示した。4～10 月は平年並みからかなり高めと高め基調で推移し、特に 4 月上旬、5 月下旬、10 月上旬は過去 30 年で最高を記録した。11 月上旬は一時低めとなったが、その後は 1 月上旬まで高めで暖冬であり、12 月は 22 日に県内各地で観測史上最高値を更新し、豊後高田市では 21.6℃を記録した。2 月中旬以降は平年並みからやや低めと低め基調で推移した。

旬別降水量を図 3 に示した。降水量は 4～6 月はやや少なめからやや多めで推移した。7～8 月は高気圧に覆われ、平年並みからやや少なめで推移した。9 月には中旬に台風や前線の影響で 199.5mm とまとまった降雨があり、10～1 月上旬までは概ね平年

並みからかなり多めであった。1月中旬以降は高気圧に覆われる日が多くなり、平年並みから低めで推移した。

旬別日照時間を図4に示した。4～5月は平年より低めから多めで推移し、5月中旬は過去30年で最大の93.5hであった。6月は平年並みからやや少なめであった。7～8月は高気圧に覆われ、平年並みから多めで推移したが、9月に入ると台風や前線の影響を受け雨が多くなったことから少なめに転じ、10月下旬までやや少なめからかなり少なめとなり、9月中旬は過去30年で最少の27.4hであった。11～1月は概ね平年並みで、2月以降は高気圧に覆われる日が多く、3月下旬にやや少なめであったほかは平年並みから多めで推移した。

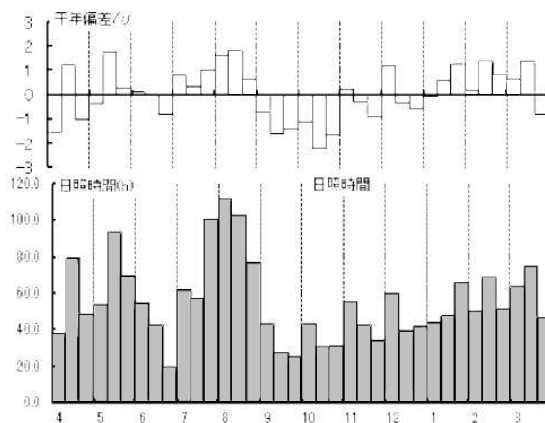


図4 豊後高田市における2016年度旬別日照時間  
(大分地方気象台地域気象観測(豊後高田市))

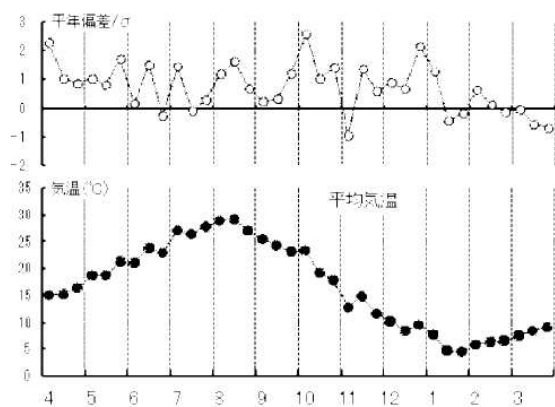


図2 豊後高田市における2016年度旬別平均気温  
(大分地方気象台地域気象観測(豊後高田市))

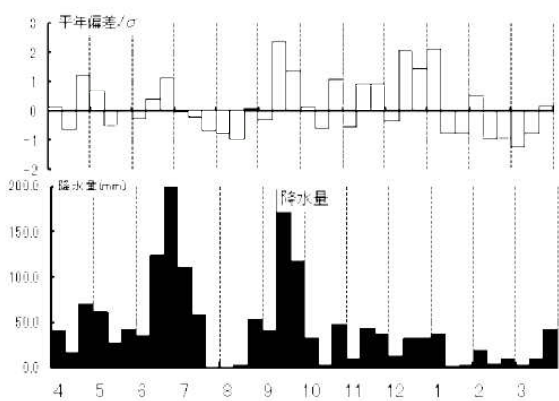


図3 豊後高田市における2016年度旬別降水量  
(大分地方気象台地域気象観測(豊後高田市))

2. 海象

水温の推移と標準化した平年偏差を図5に示した。4～8月は表層、底層ともに平年並みから高めと高め基調であった。9月は表層で低め、底層でやや低めに転じたが、その後10～3月は表層、底層ともに平年並みから高めと高め基調で推移した。

塩分の推移と標準化した平年偏差を図6に示した。表層、底層ともに年間を通じて平年並みからかなり低めと低め基調で推移した。

透明度の推移と標準化した平年偏差を図7に示した。3月にやや低めであったほかは平年並みからかなり高めと高め基調で推移した。

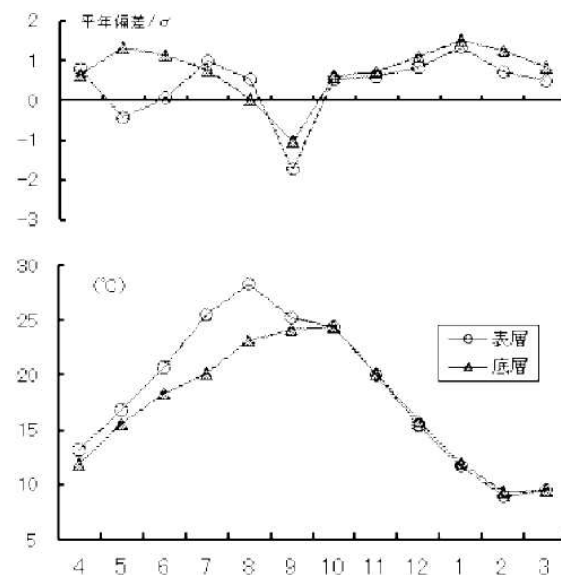


図5 水温の推移と標準化した平年偏差

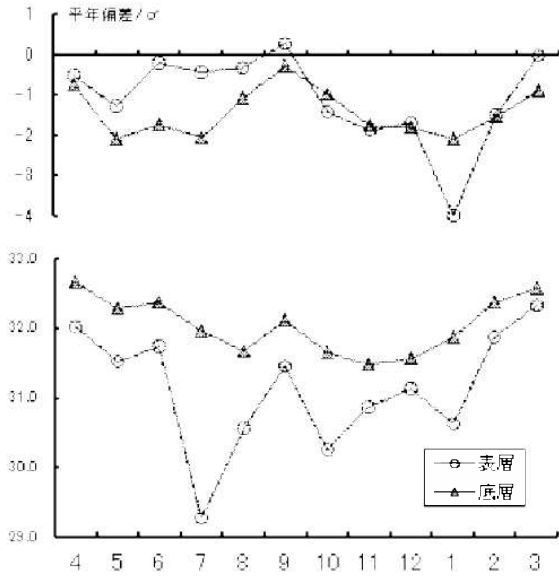


図6 塩分の推移と標準化した年平均偏差

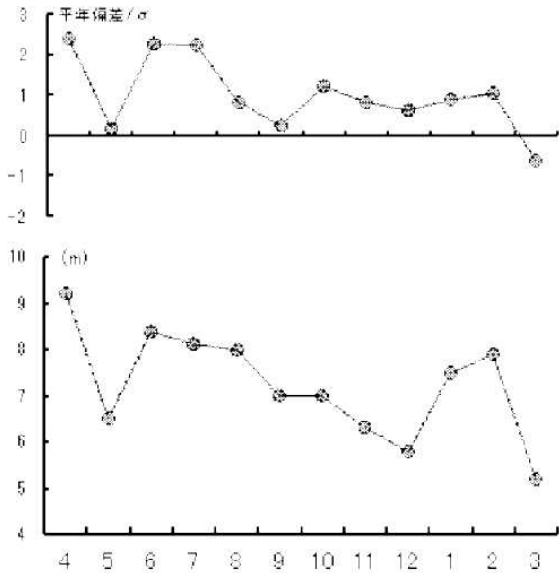


図7 透明度の推移と標準化した年平均偏差

3. 特殊項目

DIN の推移と標準化した年平均偏差を図 8 に示した。6 ～ 10 月は分析値が異常値となったため欠測扱いとしている。表層では 2 月にやや低めであったほかは年平均並みで推移し、底層では 1、2 月にやや低めであったほかは年平均並みで推移した。

PO<sub>4</sub>-P の推移と標準化した年平均偏差を図 9 に示した。4 月は表層、底層ともにやや低めであった。5 月以降は表層は 11 ～ 1 月がやや高めであったほかは年平均並みで推移した。底層は 5 ～ 8 月は年平均並み、9 ～ 1 月はやや高めから高めで、2 月以降は年平均並みで推移した。

溶存酸素量の推移と標準化した年平均偏差を図 10 に示した。表層では 10 月にやや高めであったほか

は年平均並みからかなり低めで推移した。底層は 4、5 月は低め、6 ～ 12 月は 10 月にやや低めであったほかは年平均並みからやや高め、1 月以降はやや低めからかなり低めで推移した。

COD の推移と標準化した年平均偏差を図 11 に示した。表層は年間を通じて年平均並みからやや低め、底層は年間を通じて年平均並みから低めで推移した。

クロロフィル a 量の推移と標準化した年平均偏差を図 12 に示した。表層では 11 月にやや高めであったほかは、年平均並みからやや低めで推移した。底層では 4 月にやや高め、7 月に高め、11 月にやや高めであったほかは年平均並みからやや低めで推移した。

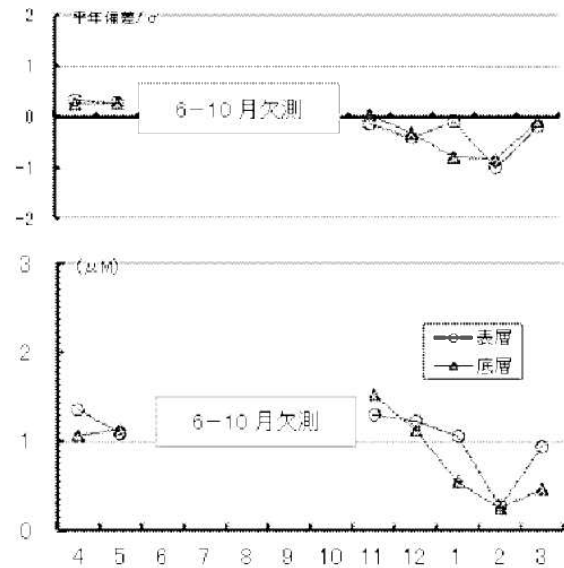


図8 DINの推移と標準化した年平均偏差

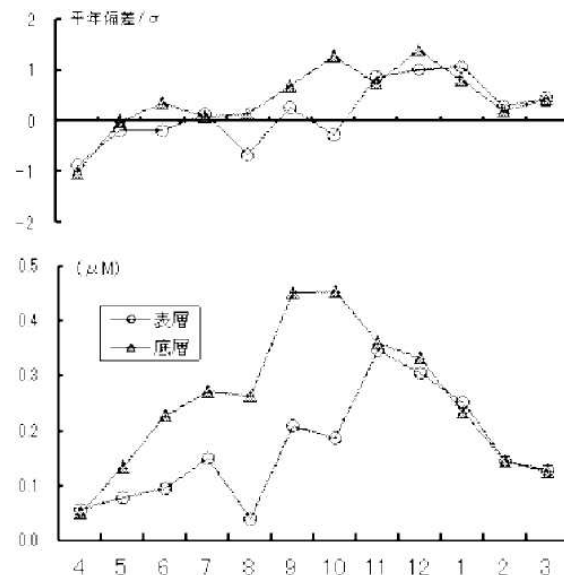


図9 PO<sub>4</sub>-Pの推移と標準化した年平均偏差

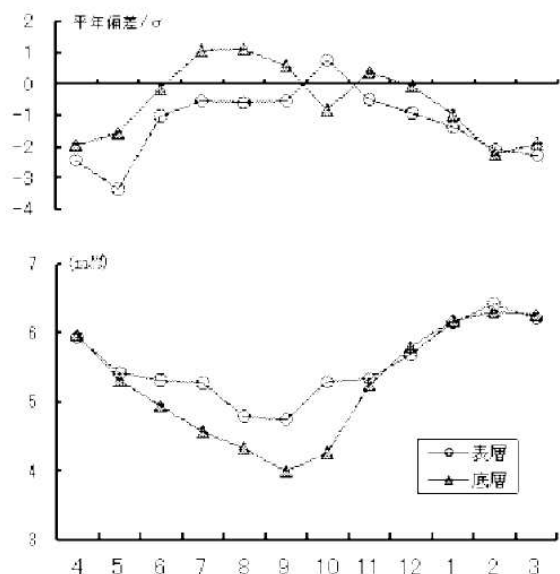


図10 溶存酸素量の推移と標準化した年平均偏差

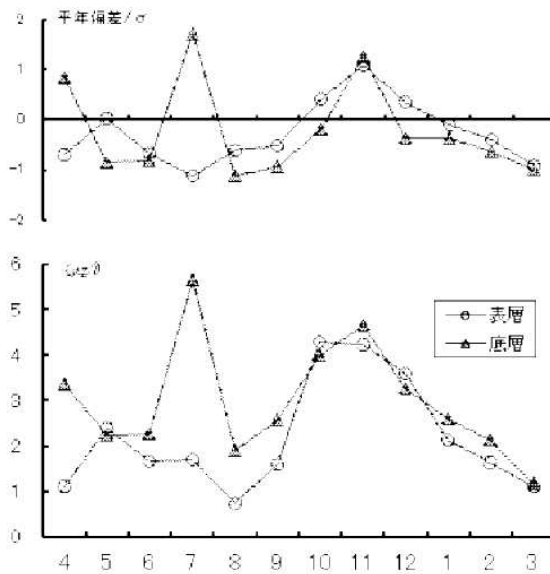


図12 クロロフィルa量の推移と標準化した年平均偏差

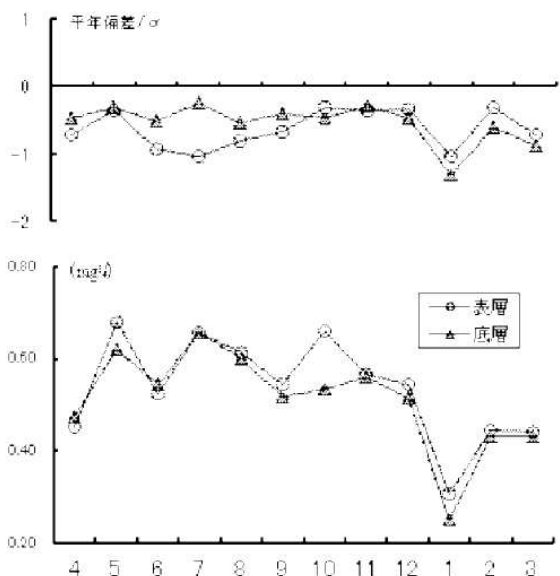


図11 CODの推移と標準化した年平均偏差

### 考 察

2016年度は年間を通して高水温、低塩分で推移した。気温が高く、日照時間も多めで推移したことが高水温につながったと考えられる。特に気温は過去30年の旬別平均値の最高値を更新した期間が多くある異常な年であった。また、近年塩分濃度が周年低い状態が続いている。1月の表層塩分の低下は12月中旬からの降雨量の影響を受けていると考えられるが、年間を通して豊後水道からの外海水の流入が少なくなっている可能性がある。

### 文 献

- 1) 日本水産資源保護協会：水質汚濁調査指針，恒星社厚生閣，東京．1980；154-159.
- 2) 日本水産資源保護協会：水質汚濁調査指針，恒星社厚生閣，東京．1980；160-162.
- 3) 日本水産資源保護協会：水質汚濁調査指針，恒星社厚生閣，東京．1980；324-325.

## 資源・環境に関するデータの収集・情報の提供－4 ノリ養殖安定対策推進事業（情報提供と技術指導）

菅沼倫美・岩野英樹

### 事業の目的

ノリ養殖漁家の経営安定を図るため、気象・海況・養殖技術・病害発生状況等についての情報提供や技術指導を行った。

### 1. 平成28(2016)年度のノリ養殖結果

#### 1) 採苗

10月13日に採苗を開始した養殖業者もあったが、多くは16日に採苗を開始した。水温は平年よりかなり高い日が多く、17~21日は平年値より1.7~2.9℃高かった。芽付きは20日の時点で顕微鏡1視野（100倍率）あたり1個未満の少なめから3~6個の普通、40個以上の濃いめと、採苗開始時期や種ガキの熟度によりばらつきがみられた。

#### 2) 養殖および病害状況

10月：高水温の影響か生長は鈍く、27日の時点で葉体は大きいもので0.6mmであった。下旬以降、珪藻が目立つようになり、24日には宇佐でクダムシが初見された。

11月：1日には中津、宇佐ともに肉眼視が可能になり、2次芽の放出、着生は良好であった。一方でアオノリや珪藻、クダムシの付着が目立ち、酸処理や干出のための高吊りが行われた。14日には竜王でバリカン症状が初認され、以降小祝にも拡大し、被害は長期に及んだ。冷凍網の入庫はバリカン症状がみられはじめた14日に開始されピークは16日で、20日には完了した。入庫枚数は695枚であった。

また、23日から宇佐で摘採が開始された。

12月：中津ではバリカン症状が続く中、被せ網の実施や冷凍網を一部出庫するなどの対策が行われた。また、珪藻の付着も多く、酸処理や干出のための高吊りが行われた。19日頃ようやく伸ばしたノリがみられるようになり、小祝では2~3日後に初摘採が行われた。竜王ではバリカン症状がいったん回復したのち再び症状がみられたが、29日には初摘採が行われた。

1月以降：1月10日頃、中津で赤ぐされ病が発生した。特に小祝漁場の東側がひどく、その後生産不能となった網もあったが、被害は拡大せず、小祝西、竜王で順調に生産が行われた。また1月下旬には宇佐、中津で一部冷凍網の出庫が行われ、宇佐では2月16日、中津でも2月末には冷凍網の摘採が開始されたが、秋芽網での生産も続けられた。色は年明け以降良かったが、1月末頃からやや色落ちし、その後も雨が少なく明瞭な回復はみられなかった。また、3月に入り一部の冷凍網でもバリカン症状が確認された。生産は4月上旬まで続いた。

表1 平成28年度乾ノリ共販結果〔上段：枚数（枚）、中段：金額（円）、下段：単価（円）〕

漁協名 支所名等	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回	第7回	第8回	第9回	1~9回	前年度累計 (平成27年度) 1~10回	対前年比 (%)
	H28.12.9	H28.12.21	H29.1.11	H29.1.25	H29.2.8	H29.2.22	H29.3.8	H29.3.22	H29.4.12	累計		
中津市 小祝	出	出	234,000 2,521,764	859,000 9,802,802	877,200 9,818,586	781,100 9,362,465	859,100 10,605,772	726,200 6,576,372	780,800 3,885,858	5,117,400 52,573,619	1,973,600 16,201,491	259.3 324.5
			10.78 11.41	11.19 11.99	12.35 9.06	4.98				10.27	8.21	125.1
中津市 中津東	品	品			285,000 3,321,491	257,400 3,109,078	224,600 2,840,999	68,900 633,091	122,100 689,909	958,000 10,594,568	485,100 3,980,073	197.5 266.2
	な	な			11.65	12.08	12.65	9.19	5.65	11.06	8.20	134.8
宇佐市	し	し			37,800 424,116					37,800 424,116	21,600 173,160	175.0 244.9
					11.22					11.22	8.02	140.0
大分県 計	0	0	234,000	859,000	1,200,000	1,038,500	1,083,700	795,100	902,900	6,113,200	2,480,300	246.5
	0	0	2,521,764	9,802,802	13,564,193	12,471,543	13,446,771	7,209,463	4,575,767	63,592,303	20,354,724	312.4
			11.41	11.30	12.01	12.41	9.07	5.07	10.40	8.21	126.8	

表2 乾ノリ供販結果の概要(過去15年間)

年度	経営体数	共販枚数 (千枚)	共販金額 (千円)	1経営体あたり 生産金額(千円)
14	71	28,290	152,885	2,153
15	67	10,219	51,397	767
16	57	8,948	47,336	830
17	50	18,963	112,070	2,241
18	42	10,496	63,245	1,506
19	38	9,313	42,453	1,117
20	31	8,794	41,580	1,341
21	27	6,847	36,559	1,354
22	24	7,647	47,749	1,990
23	21	7,003	49,897	2,376
24	19	6,620	40,878	2,151
25	17	5,147	26,662	1,568
26	15	5,948	41,518	2,767
27	14	2,480	20,355	1,453
28	13	6,113	63,592	4,542

## 3) 乾ノリ共販結果

本年度の乾ノリ共販結果を表1に、過去15年間の概要を表2に示した。今漁期は福岡市で計9回の共販が実施され、本県の出品は7回であった。共販枚数は611万枚(対前年比246.5%)、共販金額6,359万円(同312.4%)、平均単価10円40銭(同126.8%)、1経営体あたりの生産金額は454万円(同312.4%)であった。今漁期は2月中旬時点での全国共販枚数が、不漁であった前漁期をさらに4億枚下回るなどの状況から、異常な高単価となった。本県産のノリが平均単価10円を上回るのは、有明海で未曾有の色落ち現象が起きた平成12年度以来16年ぶりで、1経営体あたりの生産金額も記録の残る昭和38年度以降

では平成12年度に次いで2番目に大きい額となった。

## 2. 気象・海象

## 1) 水温

図1に高田港先端における水温の推移を示した。9月は台風の影響で平年よりかなり低い日もあったが、概ね平年並みで推移した。10月以降は概ね平年より高めで推移し、特に11月は高気圧に覆われ気温が高い状態が続いたことから水温も高めとなり、また、12月下旬は県内各地で最高気温を更新する異常な高気温の影響を受けかなり高めで推移した。

## 2) 比重

図2に高田港先端における比重の推移を示した。9月は非常に雨が多く、比重は度々低下した。10月は雨天も少なく、比重は20以上で安定していたが、11月下旬に大雨が降り一時比重が低下した。それ以降、降雨はあるものの比重は20以上で安定し、特に2月以降はまとまった雨が少なく、平年より高めで推移した。

## 3) 降水量

図3および図4に9～3月の高田および中津の旬別降水量を示した。9月は台風などの影響で中下旬に大雨があり、平年並み～かなり多めとなった。10月以降、高田では12月に平年より多めの降水量となったが、概ね平年並みで推移した。1月中旬以降は少雨傾向で、特に中津では1月下旬の降水量が過去30年で最低となった。

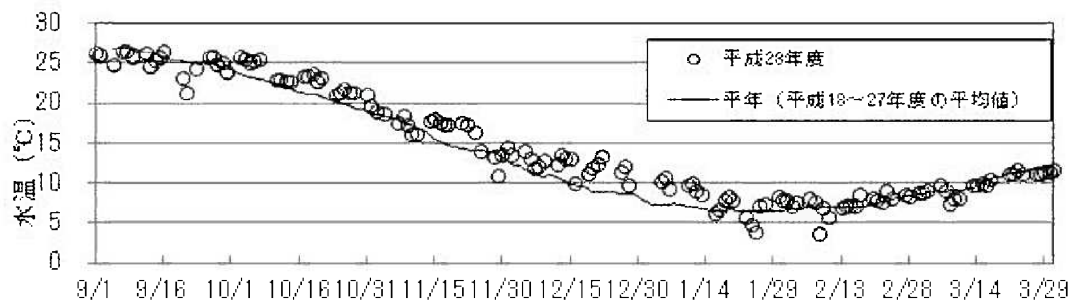


図1 高田港先端の水温(9月1日～3月31日)

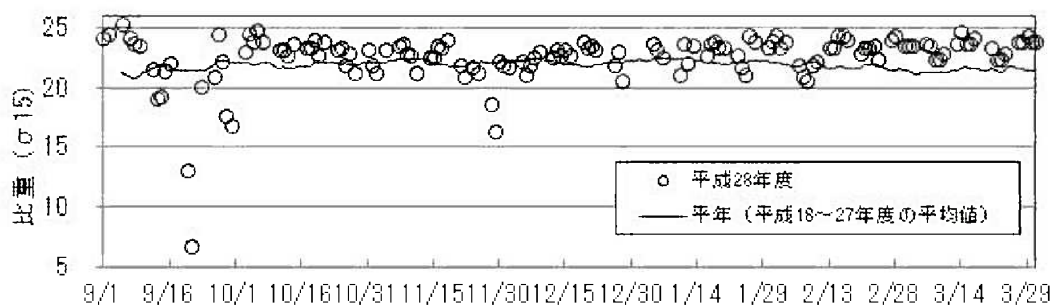


図2 高田港先端の比重(9月1日～3月31日)



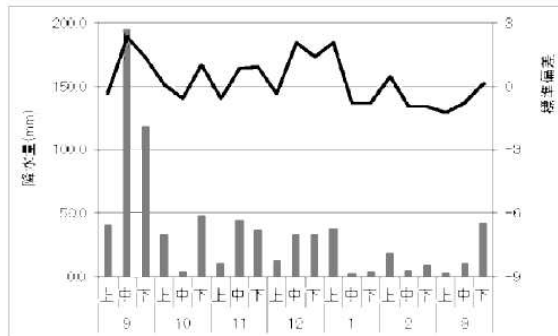


図3 旬別降水量（高田）

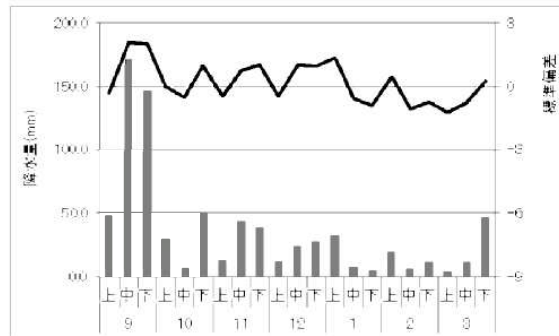


図4 旬別降水量（中津）

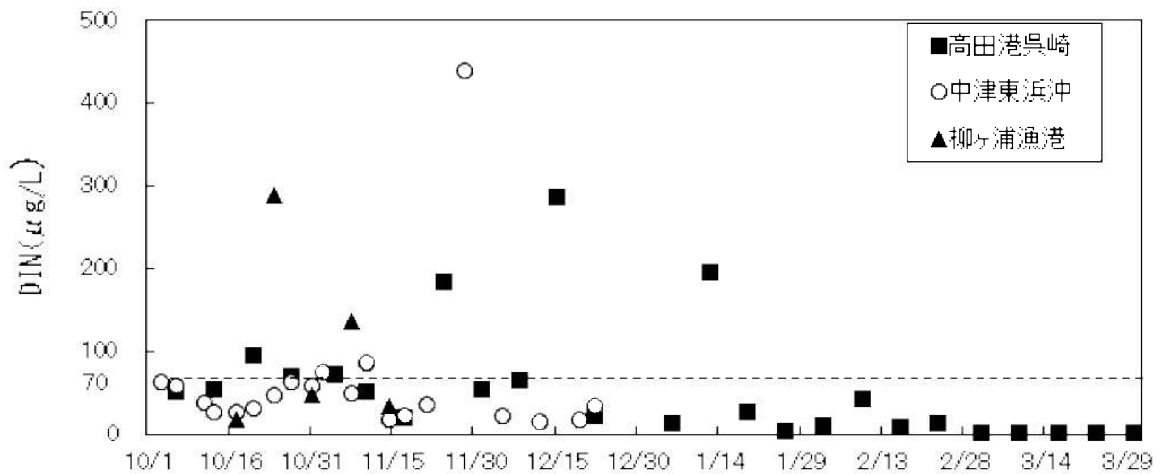


図5 溶存無機窒素量 (DIN) の変化 (10月1日~3月31日)

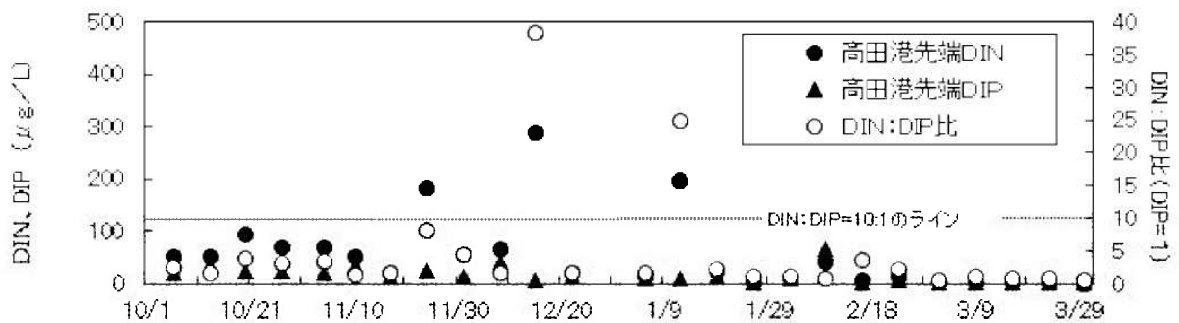


図6 高田港先端のDIN、DIP、DIN/DIP比 (10月1日~3月31日)

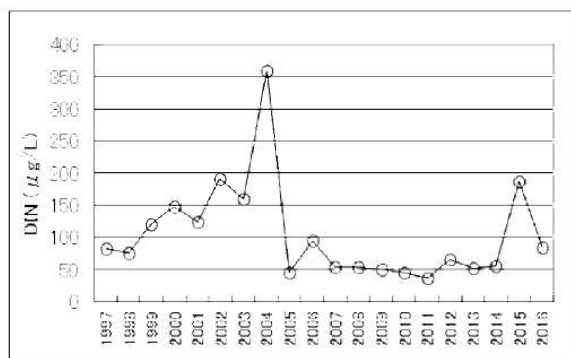


図7 高田港先端の平均DINの推移 (10-12月平均)

4) 栄養塩量 (溶存無機窒素量:DIN、溶存無機燐量:DIP)

図 5 に高田港先端、中津ノリ漁場および長洲漁港 (柳ヶ浦) における DIN の値を示した。10 月は下旬に前線の影響で 70 $\mu$ g/L を超える日もあったが、概ね低めで推移した。11 月も低め基調であったが、11 月 28 日に中津で 438.2 $\mu$ g/L と高い値を観測した。これは 11 月 27 日の大雨により窒素の添加があったためと考えられた。12 月以降は、降雨や時化による DIN の添加があり高い値を示す日もあったが、

低めで推移した。

図6に高田のDINとDIPを示した。DIPは1.1～64.2 $\mu\text{g}/\text{L}$ 、平均15.6 $\mu\text{g}/\text{L}$ であった。ノリ養殖にはDIN/DIP=10程度がよいといわれ、最も近い値を示したのは11月24日の8.0であったが、その他はDIN/DIP=5以下の日が多かった。

図7に過去20年間の10～12月の高田港先端の平均DINの推移を示した。2016年のDINの平均値は84.7 $\mu\text{g}/\text{L}$ となり、昨年の186.79 $\mu\text{g}/\text{L}$ の半分以下となったが、直近10カ年では2番目に高い値であった。

### 3. 検鏡観察および情報提供

平成28年10月4日から12月27日までの間、気象・海況・養殖管理・病害発生状況や対策などの情報(第1～25号)をJF中津支店へのFAX及び養殖業者へのメールにて発信した。また、DIN(溶存性無機態窒素量)の分析結果は採水日の翌日に速報した。

漁期中には各地の種系提供者をはじめ依頼者からの種系を検鏡し、芽付きの確認や病害の有無を診断するとともに、現地で幼芽の生育状況や病害発生状況などを調査した。これらの結果は生産者へ速やかに連絡した。検査依頼人数は延べ71人であった(表3)。

地区	9月	10月	11月	12月	1月	2月	計
小祝	0	17	4	3	1	0	25
中津東	0	8	5	1	0	0	14
宇佐	0	11	8	13	0	0	32
合計	0	36	17	17	1	0	71

## 4. 中津ノリ養殖漁場調査

### 1) 目的

11月以降のノリの生長遅滞について、養殖区画の泥が原因ではないかという意見や今年は網や支柱に付着物が多いという情報があり、JF中津支店からの調査依頼を受け実施した。

### 2) 方法

調査は12月28日に行い、調査点は小祝西、小祝東、竜王の各1点ずつ、計3点とした(図8)。水温、比重、pHを現地で測定し、表層水の採水とエクマンバージ採泥器を用いて泥の採取を行った。採水した表層水は一部を1 $\mu\text{m}$ のフィルターで濾過して懸濁物質量(SS)を測定し、水域の清濁の程度を示す指標とした。また、電子顕微鏡にてプランクトン類の観察を行った。採取した泥はCOD及び硫化物を測定し、底質の汚れの程度を示す指標とした。

### 3) 結果及び考察

調査結果を表4に示した。水温はこの時期としては平年<sup>※1</sup>より高い値を示したが、ノリの適温は16 $^{\circ}\text{C}$ 、生産面に主眼を置けば8～10 $^{\circ}\text{C}$ とされていることから、ノリの生育への影響としては大きな問題はないと考えられた。比重は平年<sup>※2</sup>よりかなり低い値を示したが、26～27日の計20mmを超える降雨の影響と考えられた。pHには異常はみられなかった<sup>※3</sup>。懸濁物質について、ヒトエグサ及びアマノリでは10 $\text{mg}/\text{L}$ 以上で光合成に影響があるとされており、ワカメでは安全限界が5 $\text{mg}/\text{L}$ とされている。今回の調査では特に竜王で16.3 $\text{mg}/\text{L}$ と高い値を示したが、27日から続いた平均4.8 $\text{m}/\text{s}$ の強風によるシケの影響が大きいと考えられた。また、泥のCOD及び硫化物はいずれの地点においても水産用水基準以下<sup>※4</sup>で、海中のプランクトンについても出現量は低く、付着性のものが目立って多いという状況ではなかった。以上のことから、漁場周辺環境には特に問題がないことが確認された。

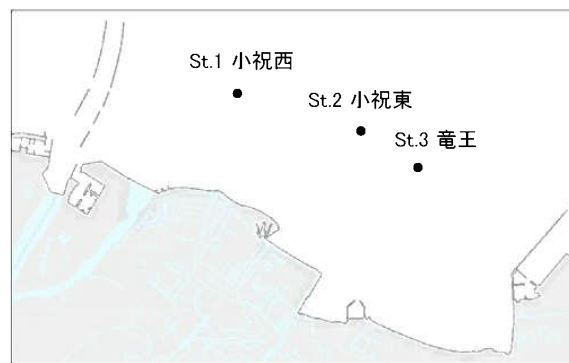


図8 中津ノリ養殖漁場調査点

表 4 中津ノリ養殖漁場調査結果

調査点	St. 1	St. 2	St. 3
	小祝西	小祝東	竜王
緯度 N33°	37'28.45	37'17.33	37'08.08
経度 E131°	12'26.59	13'16.03	13'30.51
時刻	13:07	13:35	14:00
水深 (cm)	70	60	50
水温 (°C)	10.4	9.7	10.4
比重 ( $\sigma_{15}$ )	14.9	12.3	14.4
塩分 (‰)	20.2	21.5	15.6
pH	8.09	8.09	8.10
懸濁物質 SS (mg/l)	8.2	10.6	16.3
COD (mg/g・乾泥)	2.18	1.82	1.49
硫化物 (mg/g・乾泥)	0.015	0.001	0.001
【プランクトン類】			単位：細胞/ml
鞭毛藻類			
<i>Ceratium fusus</i>	1	1	
珪藻類			
<i>Licmophora sp.</i>	1		
<i>Thalassiosira spp.</i>	2	17	1
<i>Leptocylindrus danicus</i>	2		2
<i>Coscinodiscus spp.</i>	2	1	
<i>Rhizosolenia spp.</i>	2		
<i>Chaetoceros spp.</i>	3	5	
<i>Thalassionema sp.</i>		5	
<i>Nitzschia sp.</i>		1	
羽状目	8	9	
不明	8		8

※ 1 …豊後高田市地先平年値 8.4 °C

※ 3 …海域の通常 pH7.8 ~ 8.4

※ 2 …豊後高田市地先平年値 22.6

※ 4 …水産用水基準 COD：20mg/g・乾泥 硫化物：0.2mg/g・乾泥

## 考 察

中津では、ノリ芽が切れたように短くなるいわゆる「バリカン症様」の症状が今年も長期に及び、摘採が遅れる要因となった。中津のノリ漁場では、これまでも水中ビデオカメラの設置で養殖ノリを食べるボラの行動が撮影されたり、防除網をすることで症状が回復したなどの調査結果も出ているが、バリカン症発生の原因は特定できていない。ノリの高単価が続く昨今、生産量を伸ばすためにも原因の解明と効果的な対策の考案が急がれる。

一方、2月以降は小雨で色が落ちたものの、中津はバリカン症終息以降、宇佐は今漁期を通し生産は順調であった。年明け以降水温が平年並みで推移したこと、また高単価がノリ漁業者の生産意欲を支えたことで、前年度から生産量が大きく増加したと考えられる。

## 参考文献

- 1) 大分県のり養殖安定対策推進協議会. ノリ養殖経営調査報告書 (平成 11 年度～13 年度), 2003.
- 2) 伊藤龍星・片野晋二郎・平澤敬一・田森裕茂・福岡和光. 浅海増養殖に関する研究(9)ノリ養殖バリカン症対策試験. 平成 16 年度大分県海洋水産研究センター事業報告, 196-198, 2006.
- 3) 伊藤龍星・林 亨次・中川彩子・寺脇利信・高木儀昌・森口朗彦. ボラによる養殖ノリの食害とバリカン症. 海苔と海藻, 75, 1-3, 2008.  
殖田三郎. 新編海苔養殖読本, 1973.
- 4) 日本水産資源保護協会編. 新編水質汚濁調査指針, 1980.
- 5) 日本水産資源保護協会. 水産用水基準(2012 年版), 2013.

## 有害赤潮・貝毒プランクトン調査ー1

赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業（周防灘広域共同赤潮調査）  
（国庫委託）

岩野英樹・宮村和良

本事業の詳細は、平成28年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業「赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業報告書「瀬戸内海等での有害赤潮発生機構解明と予察・被害防止等技術開発」（瀬戸内海赤潮共同研究機関）に記載したので、本報告はその概要のみを記載した。

### 事業の目的

瀬戸内海西部海域では有害赤潮プランクトンによる漁業被害が頻繁に発生しており、2012年夏季には、当該海域で広範囲にカレニア・ミキモトイ赤潮が発生し、県によっては、十数億円の過去最大の漁業被害が発生した。赤潮による漁業被害を未然防止および軽減するためには、赤潮発生海域を網羅した広域連携調査を実施する必要がある。本課題では、瀬戸内海西部海域において各機関が連携して広範な調査を実施し、有害赤潮プランクトンの発生状況および海洋環境を監視するとともに、既存のモニタリングデータの解析、数値モデルを用いた解析等によって当該海域における有害赤潮の発生シナリオを構築し、赤潮発生予察や漁業被害軽減に資することを目的とした。

### 事業の方法

周防灘西部、広島湾及び豊後水道・別府湾において、6県が共同で有害プランクトンのモニタリングや、海況、水質調査等を実施するとともに、当該海域での有害プランクトンの監視体制強化のため、遺伝子検出法を用いた高感度監視調査を実施した。

また、*Karenia mikimotoi*赤潮の発生シナリオ構築に向け、各県の参画機関が担当する地先海域での発生パターンを明らかにするため、*K.mikimotoi*の発生状況、気象条件、海洋環境等のデータセットを整理し赤潮の発生・非発生との関係を解析した。

### 事業の結果

#### 1. モニタリング調査

気象のうち降水量は、各観測所（広島市、豊後高田市、宇和島市）とともに、7月～8月に平年を下回っ

ていた他は、平年よりも多い傾向であった。日照時間は、4月中旬、5月中旬、7月上旬および8月上中旬は各観測所ともに平年を上回ったが、それ以外の時期は平年を下回る旬がほとんどで、特に6月は1ヶ月間の日照時間が平年に比べて短い傾向であった。平均気温は、豊後高田市および広島市では6月下旬を除いて高めで推移し、宇和島市では平年並みに推移した。

海況のうち水温は、周防灘西部の福岡県海域を除いて5月に平年より1℃以上高かった他は、平年より1℃以内の差で推移した。塩分は、豊後水道の大分県海域の5月および広島湾の9月を除いて平年より低い値で推移した。

有害プランクトンのうち*Karenia mikimotoi*は、周防灘西部では5月上旬から6月下旬までに各県海域で $10^2$ cells/mL未満で確認されたが、7月上旬に福岡県海域で $10^2$ cells/mL以上、大分県海域で $10^1$ cells/mL以上の増殖が確認された。その後、7月中旬までに $10^1$ cells/mL未満となり終息した。また、豊後水道では、期間中、 $10^1$ cells/mL未満で推移した。さらに、広島湾では、6月上旬から7月中旬まで $10^1$ cells/mL未満で推移したが、7月下旬には $10^1$ cells/mL以上、8月上旬には $10^2$ cells/mL以上に増殖した。その後、8月19日までに $10^1$ cells/mL未満となり終息した。

他の有害プランクトンは、*Cochlodinium polykrikoides*が7月上旬に周防灘西部の大分県海域で4 cells/mL、豊後水道の愛媛県海域で2 cells/mL確認された。

*Heterocapsa circularisquama*は、確認されなかった。

*Chattonella* spp. (*C.antiqua*、*C.marina*、*C.ovata*)は、期間中、周防灘西部、豊後水道および広島湾で $10^1$ cells/mL以下で散発的に確認された。

*Heterosigma akashiwo*は、周防灘西部、豊後水道および広島湾で1～40cells/mLの範囲で散発的に確認された。

#### 2. カレニア・ミキモトイ高感度監視調査

PCR法によって*K. mikimotoi*遺伝子の検出が顕微鏡観察では未確認である海水から多数確認され、赤潮発生予察に必要なシードポピュレーションの把握を迅速かつ効果的に行えることが再確認された。

冬季（2017年1月）に実施した調査においては、

顕微鏡観察では全ての海域で未確認であったが、PCR法によって、別府湾、豊後水道の大分県海域、愛媛県海域および広島湾で0.002 cells/mL、0.012 cells/mL、0.012 cells/mLおよび0.001 cells/mLの最高細胞密度で本種の遺伝子が検出された。今後、これらがシードポピュレーションとして機能する遊泳細胞となる可能性が示唆された。なお、周防灘西部ではPCR法によっても検出されなかった。

### 3. 当該年度結果の解析および考察

2016年度は、5月上旬から*K. mikimotoi*遊泳細胞の分布が低密度ではあるが広範囲で確認され、7月上旬に周防灘西部で、8月上旬には広島湾で赤潮を形成したが、発生期間はいずれも短かった。本事業以外の調査も含めた2016年4～11月の瀬戸内海西部・豊後水道海域における有害赤潮発生状況の特徴として、大分県入津湾で春季に*K. mikimotoi*の赤潮が形成されたこと、*K. mikimotoi*赤潮の最高細胞密度が低く発生期間が短かったことがあげられる。

本事業の結果から、夏季に*K. mikimotoi*が赤潮に至った要因について検討した。*K. mikimotoi*が赤潮を形成するには、赤潮形成時にシードポピュレーションとして機能する遊泳細胞の存在とその細胞が増殖する好適環境条件が必要である。

本事業の実施前である2016年1月ではPCR法によって本種の遺伝子が周防灘全域、豊後水道全域、別府湾および広島湾で0.004～0.038 cells/mLの範囲で検出された。5月以降はPCR法および顕微鏡下においても低密度ながらも各海域で確認された。これらがシードポピュレーションとして機能し、7月上旬に周防灘西部で赤潮を引き起こしたと考えられた。

さらに、赤潮を引き起こす好適環境について検討した。本種は非常に弱い光強度下で増殖することが可能であり<sup>1)</sup>、低日射量の年は他種に比べて相対的に増殖に有利であると考えられる。既往知見においても周防灘、豊後水道で大規模に本種の赤潮が発生した年には赤潮発生前に低日射量の期間が続くことが報告されている<sup>2)</sup>。本年度は、本種が低密度で分布した5月上旬以降、5月中旬を除いて長期間、瀬戸内海西部・豊後水道で例年に比べて日照時間が短く、既往知見と一致していたことから、5月下旬以降の低日照が好適環境条件となり、本種の増殖を促進させたと考えられた。ただし、今年と過去2カ年の赤潮発生時期における日照時間を比較すると、今年は例年に比べて旬別の日照時間が長かったことから発生規模が小さくなった可能性がある。なお、各

海域による発生時期・期間の違いについては、各海域における各種の環境条件の違いによって生じたと推測される。以上をまとめると、*K. mikimotoi*赤潮のシードポピュレーションとなる遊泳細胞が5月から各海域で分布し、それらが低日照の環境下で他種より効率的に増殖し赤潮形成に至ったが、その発生時期に日照時間が長かったため発生規模が小さくなったと考えられた。

### 4. 既存データ等を用いた解析

各県海域ごとに年別赤潮発生状況から、「発生」と「非発生」の2パターンに類型化し、発生パターンと関連性の強い環境条件を用いて判別分析を行った。なお、類型化は各県の赤潮警報もしくは注意報等に基づき100～2,000 cells/mLを目安に増殖期の最高細胞密度によって行った。多重共線性を配慮し、相関の強い条件を危険率5%で除いた後、分布形式(正規性)、等分散性を考慮し、線形判別分析もしくはマハラノビス距離による判別を行った。

各県参画機関の解析海域は、山口県が徳山湾、福岡県が周防灘西部、大分県浅海・内水面グループが周防灘南部、大分県水産研究部が佐伯湾、宮崎県が北浦地先、愛媛県が岩松湾、広島県が広島湾をそれぞれ対象にした。

## 文 献

- 1)山口峰生. *Gymnodinium nagasakiense*の赤潮発生機構と発生予察に関する生理生態学的研究. 南西水研研報1994; 27: 251-394.
- 2)西川智他. 魚介類の斃死原因となる有害赤潮等分布拡大防止のための発生モニタリングと発生シナリオの構築②瀬戸内海西部・豊後水道海域. 平成25年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業報告書「瀬戸内海等での有害赤潮発生機構解明と予察・被害防止等技術開発」, 瀬戸内海赤潮共同研究機関. 2014; 23-44.
- 3)茅野昌大他. 魚介類の斃死原因となる有害赤潮等分布拡大防止のための発生モニタリングと発生シナリオの構築②瀬戸内海西部・豊後水道海域. 平成27年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業報告書「瀬戸内海等での有害赤潮発生機構解明と予察・被害防止等技術開発」, 瀬戸内海赤潮共同研究機関. 2016; 28-66.

## 有害赤潮・貝毒プランクトン調査－2 漁場環境保全推進事業①（赤潮発生監視調査）

岩野英樹・菅沼倫美

### 事業の目的

赤潮による漁業被害の軽減及び被害の未然防止を図ることを目的に、周防灘南部を対象として赤潮調査を実施し、調査結果を関係機関に情報提供した。

また、赤潮発生機構の解明と予察手法の確立に資する基礎資料収集のために、気象や海象、水質調査も合わせて実施した。

### 事業の方法

図1に示す周防灘南部の調査点において、5～9月の毎月中旬に、表1に示した調査を実施した。また、毎月上旬に実施する浅海定線調査時に同様の調査を4～10月に実施し、本調査結果の補完を行った。なお、本調査の観測・分析方法は、浅海定線調査の各方法に準拠した。

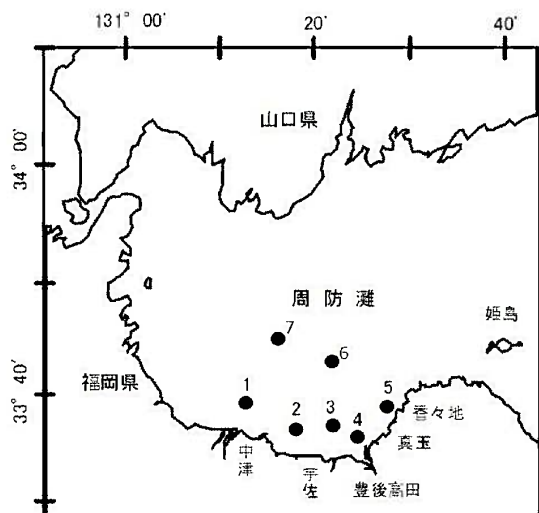


図1 調査定点図

また、10～3月の期間には、本事業報告の貝毒発生監視調査に記載の図1の調査点で、*K. mikimotoi* のモニタリングを同時に行った。

### 事業の結果

本年度の調査結果の概要は、以下のとおりである。

表1 調査定点の位置、調査項目

調査定点の位置	定点	北緯 (日本測地系)	東経	(該当する浅海定線調査定点)
	St.1	33° 39'	131° 12'	(St.5)
St.2	33° 37'	131° 18'	(St.16)	
St.3	33° 36'	131° 22'	(St.11)	
St.4	33° 36'	131° 25'	(St.19)	
St.5	33° 38'	131° 28'	(St.12)	
St.6	33° 43'	131° 22'	(St.9)	
St.7	33° 45'	131° 15'	(St.15)	

調査月日と調査項目・内容	月/日	調査項目	調査内容
	4/4	気象・海象	
5/10			
5/20			
6/3			
6/17			
7/4	水質		溶存酸素、NH <sub>4</sub> -N、NO <sub>2</sub> -N、NO <sub>3</sub> -N、PO <sub>4</sub> -P、クロロフィル-a
7/14			
7/22			
8/1			
8/17	プランクトン出現量		採水によるサンプリング
9/6			
9/14			
観測層	0.5m、5m、底上1m		

#### 1. 赤潮発生状況

2016年に発生した赤潮は、表2のとおり6件であり、内訳は *Karenia mikimotoi* が2件（周防灘、別府湾）、*Chattonella* spp.が1件（別府湾）、*Peridinium quinquecorne* が1件（周防灘）、*Karenia digitata* が1件（周防灘）、*Heterosigma akashiwo* が1件（周防灘）、であり、7月の *K. mikimotoi*（周防灘）により天然アワビ、サザエで漁業被害が発生した。

#### 2. 有害赤潮プランクトン等の出現状況

図2に有害赤潮プランクトン等の出現状況を示した。

##### 1) *K. mikimotoi*

*K. mikimotoi* は、前年度冬季の12月に呉崎岸壁で0.018cells/mL、同様に春季の3月に Stn.4、岐部で



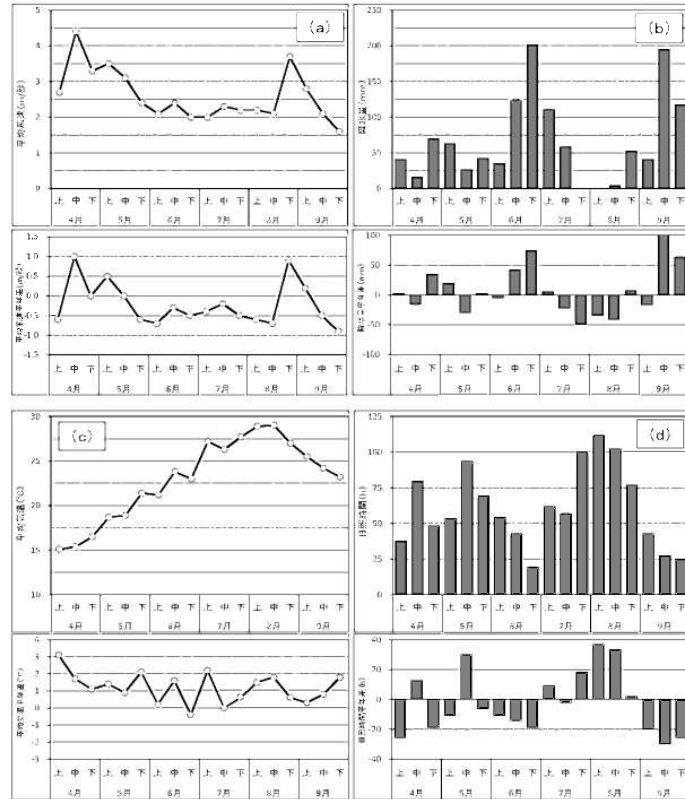


図3 豊後高田市における旬別気象データの推移  
 (a) : 平均風速、(b) : 降水量、(c) : 平均気温、(d) : 日照時間

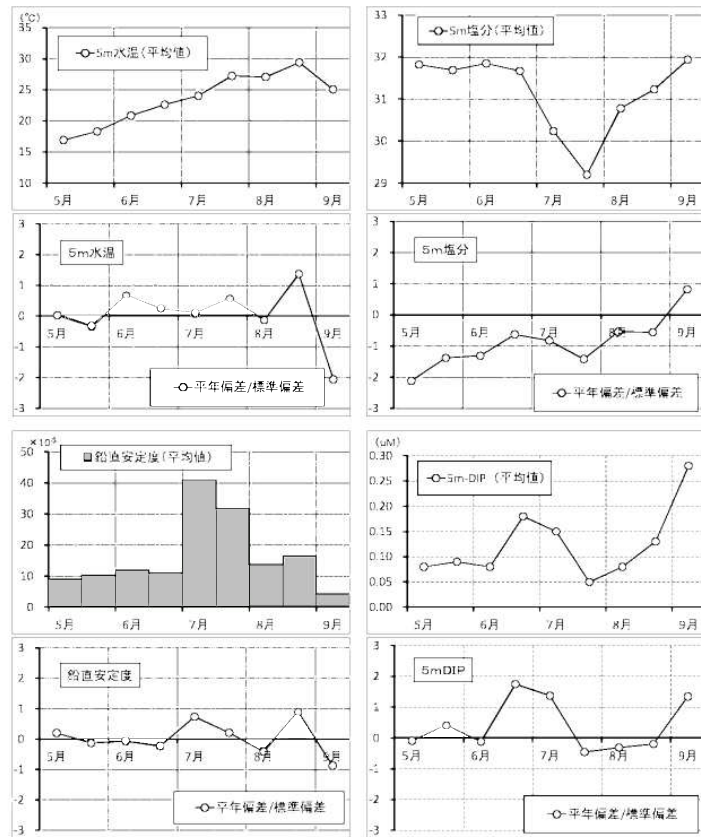


図4 周防灘における水温、塩分、鉛直安定度、DIPの推移



# 有害赤潮・貝毒プランクトン調査－3

## 漁場環境保全推進事業②（貝毒発生監視調査）

岩野英樹・菅沼倫美

### 事業の目的

広大な干潟を有する本県周防灘海域では、アサリ等の二枚貝を対象にした採貝漁業やマガキ等の貝類養殖業が行われている。別府湾北部の杵築市守江地先では、1953 年頃からカキ養殖業が行われているが、近年、周防灘から国東半島周辺においても、新たにマガキ養殖が行われるようになってきている。

本事業では、これら有用貝類の食品としての安全性を確保し、水産業の経営安定を図るために、貝毒原因プランクトンのモニタリング調査と貝毒検査を実施した。

### 事業の方法

#### 1. 貝毒原因プランクトンのモニタリング

プランクトンのモニタリングは、図 1 に示す 17 調査定点で 1～2 回/月程度の頻度で実施した。

各調査点の所定層で海水 1L を採水し、研究室に持ち帰り、目合い 10 μm の濾布を用いて 500ml の生海水を 5ml まで濃縮し、そのうちの 1ml 中のプランクトンを 1 回計数した。

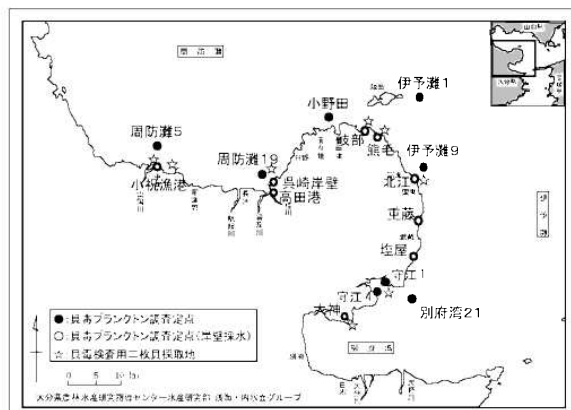


図 1 貝毒発生監視調査の定点

#### 2. 貝毒検査

麻痺性貝毒の検査は、エライサ法（Skit 新日本検定協会）により実施した。3 月のムラサキイガイについては、大分県農林水産研究指導センター水産研究部にエライサ検査を依頼した。対象二枚貝は、養殖マガキ、ムラサキイガイ、天然アサリであり、可食部を検査対象部位とした。

### 事業の結果

#### 1. 貝毒原因プランクトンのモニタリング

麻痺性貝毒原因プランクトンの *Alexandrium tamarense* が確認された。

*A. tamarense* は、2016 年 3 月 14 日～4 月 25 日に周防灘（小祝漁港、高田港、呉崎岸壁、小野田、岐部、熊毛、周防灘 5、周防灘 19）で確認され、最高密度は 3 月 22 日の呉崎岸壁で、330cells/L（水温 10.9℃）であった。また、2017 年は、2 月 8 日に周防灘 5 で 10cells/L（水温 9.0℃）が確認された。

#### 2. 麻痺性貝毒検査

麻痺性貝毒の検査結果は表 1 に示したとおりである。エライサ検査の結果、麻痺性貝毒は検出されなかった。

表 1 麻痺性貝毒検査結果

二枚貝名	産地	採取月日			検査月日			毒性 (MU/g)	検査結果 (μg/個)	分析手法
		月	日	曜日	月	日	曜日			
ムラサキイガイ	豊後高田市高田港	3	20	水	3	29	火	N.D.	12.4	エライサ法
養殖マガキ	杵築市守江港	3	21	木	3	21	火	N.D.	4.9	エライサ法
養殖マガキ	伊予灘大津	3	21	木	3	21	火	N.D.	5.2	エライサ法
養殖マガキ	中津市小坂	11	9	水	11	15	火	N.D.	3.7	エライサ法
養殖マガキ	豊後高田市高田港	11	10	木	11	15	火	N.D.	4.8	エライサ法
養殖マガキ	国東市緑谷	11	11	金	11	15	火	N.D.	5.8	エライサ法
養殖マガキ	国東市熊毛	11	11	金	11	15	火	N.D.	7.6	エライサ法
養殖マガキ	国東市北庄	11	11	金	11	15	火	N.D.	7.8	エライサ法
アサリ	中津市小坂	3	1	水	3	1	水	N.D.	3.2	エライサ法
養殖マガキ	豊後高田市高田港	3	8	木	3	13	月	N.D.	5.9	エライサ法
養殖マガキ	国東市熊毛	3	9	木	3	13	月	N.D.	11.7	エライサ法
養殖マガキ	杵築市守江港	2	10	金	2	12	月	N.D.	15.7	エライサ法

### 今後の留意点

大分県北部海域においては、過去に 4 種 (*Gymnodinium catenatum*, *Alexandrium catenella*, *A. tamarense* 及び *Alexandrium tamiyavanichii*) の麻痺性貝毒原因プランクトンが確認されており、2000 年には周防灘において *A. catenella* による養殖マガキの貝毒が検出され、出荷自主規制（27 日間継続）がとられている。

近年（2014 年～2017 年）、*A. tamarense* が春季に 4 年連続して出現し、2014 年 4 月には養殖ムラサキイガイ、2015 年 3 月には天然アサリで 0.1～0.2MU/g の麻痺性貝毒（エライサ法）が検出されている。

今後も、貝毒監視体制を強化し、貝毒原因プランクトンの定期的なモニタリング調査等により麻痺性貝毒に対する二枚貝類の安全性を確保していく必要がある。

## 養殖・種苗生産に関する技術指導－1 アサリ増養殖推進事業①（姫島アサリ養殖試験）

山田英俊

### 事業の目的

1994年以降、ウイルス性疾病（PAV）の発生に伴い大分県内の養殖クルマエビ生産量・生産額は激減した。クルマエビ養殖場では生産の回復・安定化が求められているものの、疾病発生を軽減するためにはクルマエビの飼育密度を下げる必要性があり、クルマエビ生産量の大幅な増加は見込めない現状にある。

このような中、クルマエビ養殖の過程で養殖池に大量発生する植物プランクトンや有機物の一部を有効活用したアサリ養殖技術開発が近年行われている<sup>1)</sup>。また、室内実験の結果、クルマエビは自身の体長の9.5%より大きなアサリや、殻長10mm以上のアサリを捕食した事例が少なかったことから、体長140mm以下のクルマエビと殻長10mm以上のアサリは共存可能と報告されている<sup>2)</sup>。そこで昨年度、経営の安定化を図るため、クルマエビ養殖場の既存の施設・環境特性を活用した複合養殖試験を実施し、1万㎡規模の養殖池でクルマエビとアサリの混合養殖に成功した<sup>3)</sup>。しかし、混合養殖の再現性とクルマエビ養殖に適した植物プランクトン量（透明度）を維持できるアサリの適正収容量の把握が課題として残されていた。そこで今回、混合養殖アサリの適正収容量を把握する目的で、2万㎡規模の築堤式クルマエビ養殖池を用いてクルマエビとアサリの地撒き混合養殖試験を実施した。

なお、この試験は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センターが実施する「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」の「二枚貝養殖の安定化と生産拡大の技術開発」により実施した。

### 事業の方法

試験には姫島村の4つの築堤式クルマエビ養殖池（19,300～21,400㎡）を使用し、それぞれにアサリ稚貝を収容する3,000㎡の試験区画を設定した（図1）。

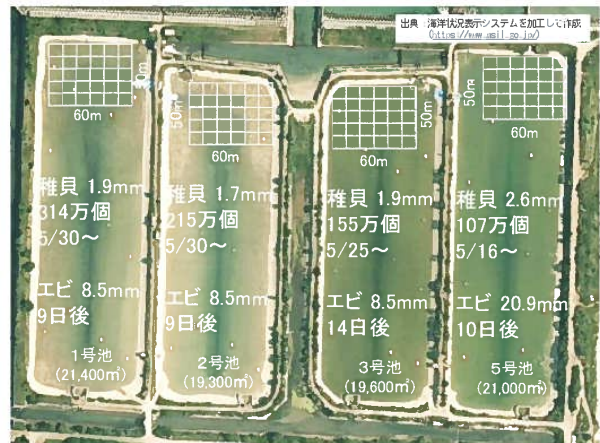


図1 試験養殖池の概要

まず、2016年5月16～30日に平均殻長1.7～2.6mmのアサリ稚貝を異なる数量（107万個、155万個、215万個、314万個/池）で単独収容した（合計791万個）。次に、稚貝収容の9～14日後に、平均体長8.5～20.9mmのクルマエビ種苗を各池に30万尾追加収容し、混合養殖を開始した。混合養殖池では、クルマエビに配合飼料を通常どおり給餌し、養殖池に自然発生したプランクトン（浮遊・底生性）等をアサリに摂餌させた。

各試験池におけるアサリの成長と生残状況を把握するため、1ヶ月毎に20cm×20cmコドラート枠内の深さ10cm程度の底質を潜水して採取し（各試験池6箇所）、2mm目合いのザルでふるったものからアサリを選別し、殻長や体重等を測定した。

### 事業の結果

アサリとの混合養殖に伴うクルマエビの極端な成長阻害は確認されなかった。養殖開始から約6ヶ月後の平成28年11月17日の時点で、殻長13.8～28.4mm（平均21.1mm）の混合養殖アサリが143万個（3.0トン）生産された。養殖池に殻長約2mmで収容したアサリ稚貝は、0.20mm/日の速さで成長し、クルマエビの捕食を受けにくい殻長10mmに約40日で達した。混合養殖アサリは7月まで順調に成長したが、8月上

旬～9月中旬にかけて成長が停滞し、昨年度の混合養殖事例よりも生育が劣る結果となった（図2）。なお、養殖池の水質・底質環境が悪化した影響か、8月上旬の調査時に一部の混合養殖アサリが砂の上に這い出したまま、潜砂しない事象が確認された。混合養殖池の底質に含まれる全硫化物量を調査したところ、8月～9月に高い傾向がみられ、昨年度の混合養殖事例よりも底質環境が悪い結果となった。

また、混合養殖池内のクルマエビの成長に伴い、アサリの生息密度が顕著に減少する傾向がみられなかったことから、クルマエビによるアサリの捕食は少ないものと判断された（図3）。

試験の結果、アサリの成長は昨年度より劣るものの、クルマエビとアサリが同一の養殖池で生産される混合養殖が再現された。また、アサリの養殖開始サイズが殻長2mmの場合、アサリを収容した10日後に体長8.5mmのクルマエビ種苗を追加収容する方法で、両種の地撒き混合養殖が可能であることが実証された。また、アサリの収容量を昨年度よりも大幅に少なく設定した結果、今年度は養殖池の透明度を低く保つことができた。しかし、従来のクルマエビ単独養殖のように底質環境が悪化し、アサリの成長が停滞したことから、2万㎡規模のクルマエビ養殖池の場合、殻長2mmのアサリ稚貝を300万個以上収容する際は、底質悪化防止を図る必要があると推測された。

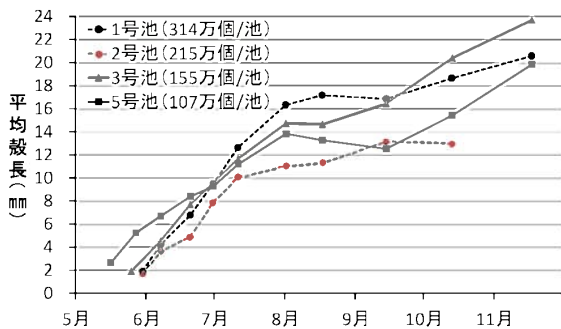


図2 混合養殖アサリの平均殻長の推移

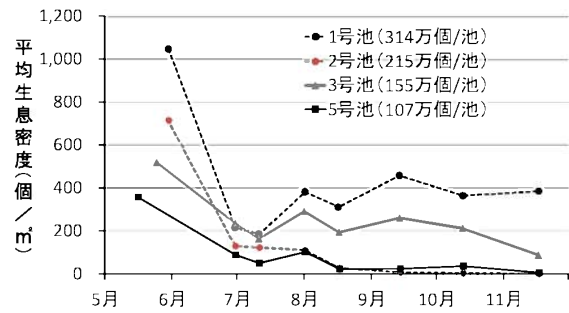


図3 混合養殖アサリの平均生息密度の推移

### 今後の問題点

今後は、クルマエビとアサリの混合養殖に適した透明度を維持できるアサリの適正収容量を引き続き把握する必要がある。また、クルマエビ養殖池からのアサリの効率的な漁獲方法を確立する必要がある。

### 文 献

- 1) 崎山一孝.アサリ養殖の実用技術 第4回 クルマエビ養殖場を利用したアサリの養殖. アクアネット 2014;12月号:58-60.
- 2) 吉田 歩, 山崎英樹, 伊藤 篤, 崎山一孝, 阪倉良孝.クルマエビの成長に伴う被食アサリの殻長の変化.水産増殖 2015;63:361-366.
- 3) 山田英俊. 養殖・種苗生産に関する技術指導-1, アサリ増養殖推進事業②養殖用アサリ種苗生産. 平成27年度大分水研事業報告 : 232-233.

## 養殖・種苗生産に関する技術指導－1 アサリ増養殖推進事業②（養殖用アサリ種苗生産）

山田英俊

### 事業の目的

アサリの餌となる植物プランクトンが大量に発生するクルマエビ養殖場でのアサリ混合養殖試験を行うため、試験に供する殻長1mmのアサリ稚貝を大量に確保することを目的としたアサリ人工種苗生産を実施したので報告する。

### 事業の方法

#### I 採卵に使用した親貝

使用した親貝は、大分県東国東郡姫島村地先において採捕されたものを使用した。

親貝を仕立てるための飼育は行わず、基本的に採捕の翌日または翌々日に採卵を実施した。

#### II 採卵及び浮遊幼生飼育（浅海チーム）

採卵は春と秋に行った。産卵の誘発には、千葉県水産研究センターの方法<sup>1)</sup>を参考に、反復温度刺激および生殖腺懸濁液の添加を併用して用いた。得られた受精卵は、洗卵後に1 t 円形ポリエチレン水槽に収容した。採卵翌日にD型幼生への変態・幼殻完成を確認した後、40 μmのプランクトンネットを用いて孵化槽からD型幼生を回収し、6 t 角型FRP水槽または30 t 角型コンクリート水槽へ収容して止水・微通気で飼育した。収容密度は1~2個体/mlとした。

なお、幼生および飼育水を適宜観察し、幼生の浮遊密度・遊泳活力や餌食いの低下、原生動物の増加等が確認された際には、適当なサイズのプランクトンネットを用いて幼生を回収・洗浄し、水槽換えを実施した。

給餌は、飼育開始当初、市販の *Chaetoceros calcitrans* と自家培養した *Pavlova lutheri* を混合して与え、殻長が概ね140 μmを超えてからは、自家培養した *C. gracilis* 及び *P. lutheri* を容量比1:1の割合で混合給餌した。給餌量は幼生の餌食いや残餌状況を観察して5,000~10,000細胞/mlの濃度の範囲内とした。また、島根県栽培漁業センターの方法<sup>2)</sup>を参考に、飼育水の細菌叢の安定を目的として市販の

*Nannochloropsis oculata* を5,000~10,000細胞/mlの濃度となる様に1日1回飼育水に添加した。

#### III 着底稚貝飼育（浅海チーム）

浮遊幼生の殻長が220μmを超え、足でほふくするフルグロウン期幼生が増えたことを確認してから、80~125 μmのプランクトンネットを用いて幼生を取上げ・洗浄し、着底基質として粒径0.5~1.0 mmの貝化石を100 g/ m<sup>2</sup>散布した稚貝飼育水槽に収容した。着底稚貝の飼育には6 t 角型FRP水槽または30 t 角型コンクリート水槽を使用した。遊泳個体が見られなくなるまでの間、止水・微通気とし、着底が完了した後は、通気を少し強めた。

給餌は自家培養した *C. gracilis* 及び *P. lutheri* を容量比1:1の割合で混合給餌した。給餌量は幼生の餌食いや残餌状況を観察して20,000~40,000細胞/mlの濃度の範囲内とした。

なお、着底稚貝および飼育水を適時観察し、稚貝の運動活力や餌食いの低下、死殻・原生動物の増加等が確認された際には、適当なサイズのプランクトンネットを用いて着底基質ごと稚貝を回収し、水道水で1分程度洗浄した後、水槽換えを実施した。

#### IV クルマエビ養殖場での種苗生産指導

クルマエビ養殖場において、アサリ種苗生産が可能となるよう、現地での種苗生産試験・技術指導として、今年度は、餌料プランクトン (*C. calcitrans*) の屋外培養試験を実施した。

### 事業の結果

#### I 採卵及び幼生、稚貝の飼育結果（浅海チーム）

採卵から殻長1 mmサイズまでの飼育結果概要を表1に示した。春採卵と秋採卵を実施し、平均殻長0.9~1.4 mmのアサリ稚貝を3,664万個体生産した。

春の採卵は2016年6月8日に1回実施し、1億650万粒の受精卵からD型幼生を1,728万個体回収し、飼育水槽に1,728万個体収容した。飼育の結果、着底直前と考えられる殻長220 μmのフルグロウン期幼生

1,535万個体が回収され、浮遊幼生飼育中の全体の生残率は89%となった。2016年9月に稚貝を計数したところ、平均殻長1.2mmの稚貝が575万個体生産された。

秋の採卵は2016年10月3日、10月17日、11月1日に3回実施し、6億724万粒の受精卵からD型幼生を1億2,952万個体回収し、飼育水槽に1億2,312万個体収容した。飼育の結果、着底直前と考えられる殻長220 $\mu$ mのフルグロウン期幼生8,888万個体が回収され、浮遊幼生飼育中の全体の生残率は72%となった。2016年12月～2017年3月に稚貝を計数したところ、平均殻長0.9～1.4 mmの稚貝が3,089万個体生産された。

なお、生産されたアサリ稚貝は、クルマエビ養殖場でのアサリ複合養殖試験に用いる予定である。

## II クルマエビ養殖場での種苗生産試験結果

2016年9月14日～9月21日に現地における*C. calcitrans*の屋外培養試験を実施した。

培養の結果、現地屋外においてアサリ浮遊幼生の餌料プランクトン(*C. calcitrans*)を0.5トン水槽で100万細胞/ml以上の密度まで人工培養できることが確認された。

市販品の餌料藻類 (*C. calcitrans*) を元種に用いて0.5トン水槽規模での拡大培養が可能であることが確認されたため、この手法を用いれば現地でのアサリ種苗生産において安定的に餌料を確保できることが示唆された。

なお、クルマエビ種苗生産用の大型水槽を用いたアサリ種苗生産は、成功事例が少ないため、生産技術の安定化・量産化が今後の課題である。

## 文 献

- 1) 千葉県水産研究センター. アサリ種苗生産の現場基礎技術. 2004; 52-63.
- 2) 佐々木正・常磐茂. 半屋外100 kL水槽を用いたイワガキ*Crassostrea nippona*付着期幼生の生産の試み. 水産増殖.2014;62:433-440.

表1 採卵及び幼生・稚貝飼育結果 (浅海チーム)

回次	採卵日	親貝由来	親貝総重量 (kg)	採卵数 (万粒)	D型幼生回収数 (万個体)	着底前幼生数 殻長220 $\mu$ m (万個体)	殻長1mm計数時			
							稚貝数 (万個体)	平均殻長 (mm)	計数日	
春採卵	1	2016年6月8日	姫島天然	4.6	10,650	1,728	1,535	575	1.2	2016年9月5日～9月26日
	小計			4.6	10,650	1,728	1,535	575		
秋採卵	2	2016年10月3日	姫島天然	9.3	20,837	3,104	1,903	575	1.4	2016年12月27日～12月28日
	3	2016年10月17日	姫島天然	7.1	17,962	5,288	4,322	1,548	1.3	2017年1月4日～3月1日
	4	2016年11月1日	姫島天然	6.1	21,925	4,560	2,664	967	0.9	2017年2月27日～3月6日
	小計			22.5	60,724	12,952	8,888	3,089		
合計			27.1	71,374	14,680	10,423	3,664			

## 養殖・種苗生産に関する技術指導－2

### ①タイラギ種苗生産

金澤 健

#### 事業の目的

タイラギ種苗生産については、本県では過去に、平成7～8年度、11～16年度の8カ年間、取り組んできたが、いずれも着底稚貝を得るまでには至らなかった。

近年、種苗生産技術は進展しており、(国研)水産研究・教育機構では、稚貝の量産に成功していることから、本県においても、関係機関と情報交換等をしながら、種苗生産研究を再開させることとした。

#### 事業の方法

##### 1. 親貝の確保

平成27年12月～28年4月の間、豊前海域において、小型底びき網(第3種貝けた網)により漁獲された無鱗型タイプの成貝(殻長20～25cm)約300個体を親貝として確保した。

##### 2. 親貝の養成

親貝は、平成28年5月上旬から、上浦(水産研究部)地先及び高田港内において、基質としてアンスラサイト(粒径1.5mm)を入れた農業用収穫カゴ(口径30cm×高さ28cm)(以下、「アンスラカゴ」という。)に、親貝を収容して垂下し、養成を開始した。養成期間中の水温推移は、図1のとおりである。

水温(°C)

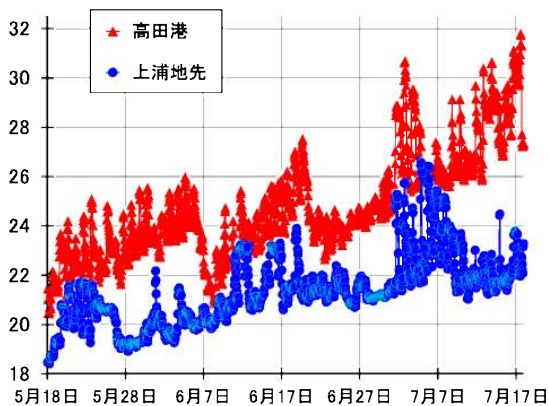


図1 各地先における養成期間中の水温推移

7月中旬から順次 アンスラカゴを陸揚げして、当施設内の1トン水槽に親貝を収容し、冷却機を使用して飼育水温を18～20℃に下げ、タイラギの代謝を抑えた状態で、*Chaetoceros calcitrans* 及び *Pavlova lutheri*(約500万細胞/mL)(以下、「キート」及び「パプロバ」という。)を1日2回、50L/回の給餌による養成(以下、「追い仕立て」という。)を行った。

また、親貝の一部については、天然海域における養成を行わず、当施設内において給餌のみ(上記餌料を1日2回、25L/回)での養成を行い、天然海域養成との成熟度を比較した。

なお、採卵誘発処理、産卵した親貝についても、再度、採卵に供するため、上記 追い仕立てを施した。

##### 3. 成熟度の調査

成熟度調査は、漁獲直後(養成前)、養成した親貝及び採卵誘発を行った親貝について、4月16日から9月11日までの間、計10回行った。1回の調査で2～11個体を使用し、殻長、つがい長、殻高、殻付き重量を測定した後、軟体部を切り出し、軟体部重量及び生殖腺も含めた内臓全部分の重量を測定し(図2、3)、以下に示す式により成熟度指数(以下、「IOV値」という。)を算出した。

$$\text{IOV値} = W/\text{SL}^3 \times 10^4$$

W(g):生殖腺も含めた内臓全部分の重量(閉殻筋(貝柱)や外套膜などを除いた軟体部重量)

SL(cm):つがい長(殻のちようつがいの部分の長さ)

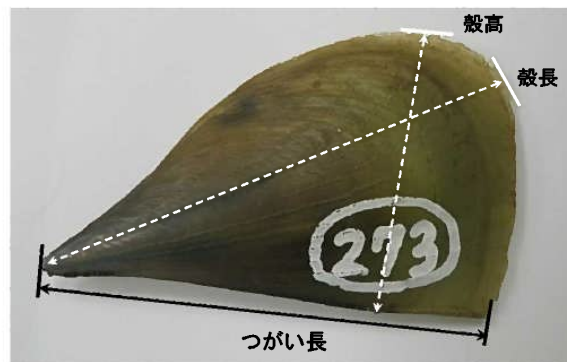


図2 タイラギ殻の測定部位



図3 生殖腺も含めた内臓の全部分

4. 採卵

1) 干出及び昇温刺激等による採卵

干出や昇温等の刺激を与えることにより産卵を誘発させる方法(以下、「通常採卵」という。)を用いた。

親貝は、採卵前日に、約 12 時間、水温 19 ~ 20 °C 前後に冷却した飼育水に収容した。翌日、殻に付着した汚れや生物等をブラシ等で落とし、そのまま、10 分間程度、干出した。その後、冷却水槽へ再度収容し、自然海水(約 25 °C)をかけ流して昇温した。水温 25 °C に達してから、キート及びパプロバ混合餌料を産卵水槽に 10 万細胞/mL になるように添加して、餌料による刺激を与え、さらにヒーターを使用して水温 25 °C 以上に昇温し、温度刺激を与えた。その約 1 時間後に、水槽換え(親貝移槽)による環境変化の刺激、タイラギの精子懸濁海水添加による刺激を与えた(図 4)。

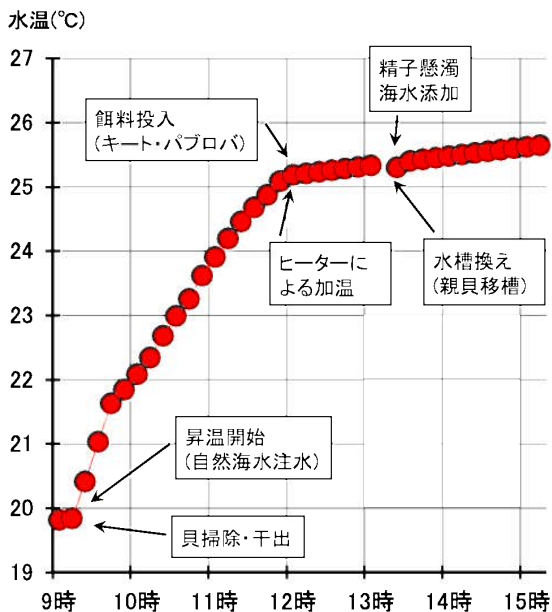


図4 産卵誘発方法(干出や昇温等による刺激)

2) 超低温処理による採卵

水温 10 °C 以下に 12 時間程度収容してから、干出や昇温等の刺激を与えることにより産卵を誘発させる方法(以下、「超低温処理」という。)を用いた。この方法は、通常採卵で産卵に至らなかった親貝を 2 週間程度、追い仕立てして採卵に供した。親貝を収容した水槽を、ウォータースバスを使用して徐々に冷やし、水温が 10 °C 以下になってから約 12 時間後に、貝掃除及び 10 分間程度の干出を行い、その後、水温約 16 °C の水槽に移し替え、自然海水をかけ流して昇温した。その後の産卵を誘発させるための手順等は、「通常採卵」と同様とした(図 5)。

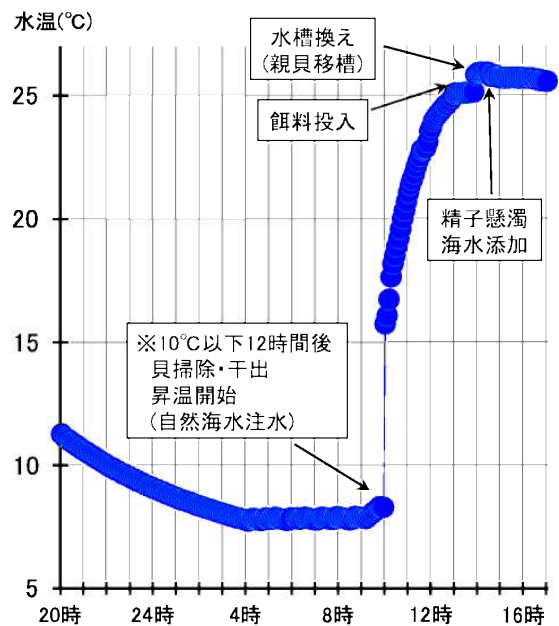


図5 産卵誘発方法(超低温処理)

5. 浮遊幼生の飼育

1) 飼育装置

浮遊幼生の飼育は、長崎県総合水産試験場が考案し、田崎真珠(株)、(国研)水産研究・教育機構とともに特許化し、さらに(国研)水産研究・教育機構瀬戸内海区水産研究所が改良を加えた装置(図 6-1、6-2)で行った。

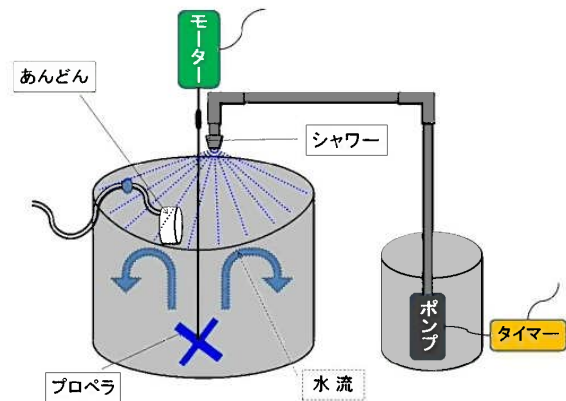


図6-1 浮遊幼生飼育装置の基本構造(模式図)



図6-2 浮遊幼生飼育装置(シャワー稼働中)

飼育水槽は、500L パンライト(黒)を使用した。シャワー(幼生が水面に張り付くのを防ぐために附設)は、タイマーにより30分に1回、5分間の噴射に設定した。換水はシャワーによる注水とした(1回の噴射で約5Lの注水があるため、換水率は0.48回転/日)。排水パイプの内側には、換水用のあんどんを附設した。あんどんの目合いは、ふ化直後の幼生、殻長100 $\mu$ m前後の時には40 $\mu$ mの目合いを、それ以降は成長に応じて、幼生の殻長の半分の大きさの目合いを、おおよその目安として使用した。

## 2) 浮遊幼生への給餌

餌料は、当施設で培養しているパブロバを与えた。給餌量は、飼育初期は飼育水槽(500L)中の餌料密度が1万細胞/mLとなるよう、また、幼生の平均殻長が140 $\mu$ m(おおよそ日齢15)を超えてからは1.5万細胞/mLを目安として、1日2回給餌した。

## 事業の結果

### 1. 成熟度調査

調査に用いた個体は合計54個体であり、このうち性別の判定が可能であった52個体の雌雄比は1.26:1であった。

4月16日、漁獲直後(養成前)のIOV値は平均23.2であったが、7月には、高田港における養成では平均32.4~39.2、上浦では52.3~72.2にまで、成熟させることができた。なお、施設内で養成を行った親貝のIOV値は、7月に平均13.0と、十分に成熟させることはできなかった(表1)。天然海域において養成した親貝は、個体差はあるものの、成熟度は採卵可能とされるIOV値35まで、概ね達した(図7)。

表1 成熟度の状況

調査日	養成場所	個体数				IOV値		
		雌	雄	不明	合計	雌	雄	平均
4月16日	漁獲直後(養成前)	6	5	0	11	27.8	17.6	23.2
7月2日	施設内	2	1	2	5	10.9	17.1	13.0
7月5日	高田港	3	2	0	5	43.4	32.9	39.2
7月7日	上浦	4	3	0	7	50.9	54.2	52.3
7月18日	高田港	4	3	0	7	31.0	34.2	32.4
7月27日	上浦(追い仕立て後)	1	1	0	2	86.0	58.4	72.2
8月13日	上浦(1回誘発済み群)	2	0	0	2	58.0	—	58.0
8月25日	上浦・高田港(1回誘発済み群)	3	4	0	7	50.3	63.5	57.9
9月1日	上浦・高田港(1回誘発済み群)	1	3	0	4	4.3	10.8	9.2
9月11日	上浦・高田港(1回誘発済み群)	3	1	0	4	5.9	5.6	5.8
合計		29	23	2	54			

成熟度指数 (IOV値)

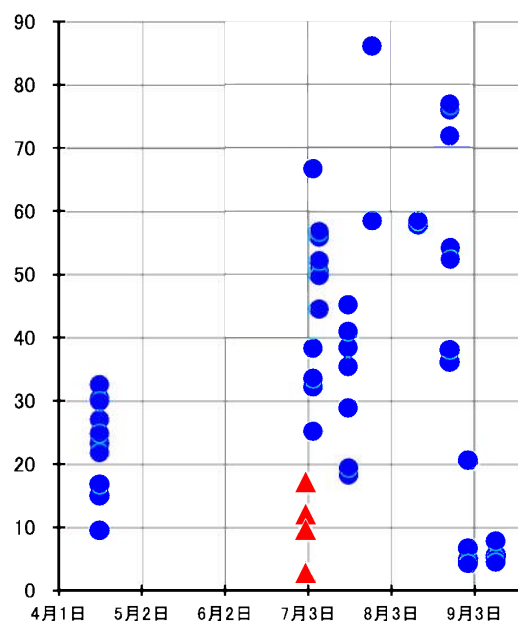


図7 成熟度指数の推移(▲は施設内での養成)

### 2. 採卵

採卵実施状況については、表2のとおりである。採卵は、7月20日から10月1日の間に、「通常採卵」6回、「超低温処理」6回の計12回行った。「通常採卵」では6回全てで採卵に至らなかったが、「超低温処理」では6回全てで採卵することができた。なお、「超低温処理」において、放精は確認できなかったため、放卵を確認した段階で、産卵水槽に精子懸濁海水を添加し、媒精を行った。

「超低温処理」による受精卵は、それぞれの回次で200万~3,600万粒が得られ、ふ化率は2.0~30.6%であった。



表2 採卵の実施状況と結果

回次	実施日	方法	成否	採卵数 (万粒)	幼生数 (万個体)	ふ化率 (%)
1回目	7月20日	通常採卵	×			
2回目	7月21日	通常採卵	×			
3回目	7月22日	通常採卵	×			
4回目	7月27日	通常採卵	×			
5回目	7月29日	超低温処理	○	1,000	130	13.0%
6回目	8月4日	通常採卵	×			
7回目	8月5日	超低温処理	○	300	80	26.7%
8回目	8月13日	超低温処理	○	3,600	1,100	30.6%
9回目	9月1日	超低温処理	○	2,000	300	15.0%
10回目	9月12日	通常採卵	×			
11回目	9月20日	超低温処理	○	3,000	60	2.0%
12回目	10月1日	超低温処理	○	200	60	30.0%
合計(平均)				10,100	1,730	(17.1%)

3. 浮遊幼生の飼育

1) 浮遊幼生の生残個体数の推移

飼育水槽内の浮遊幼生残個体数については、直径約 7mm のアクリル製パイプを用いて、数回、柱状に飼育水を採取して、その中の幼生を計数して推定を行った。各回次における生残個体数の推移は、図 8 のとおりである。

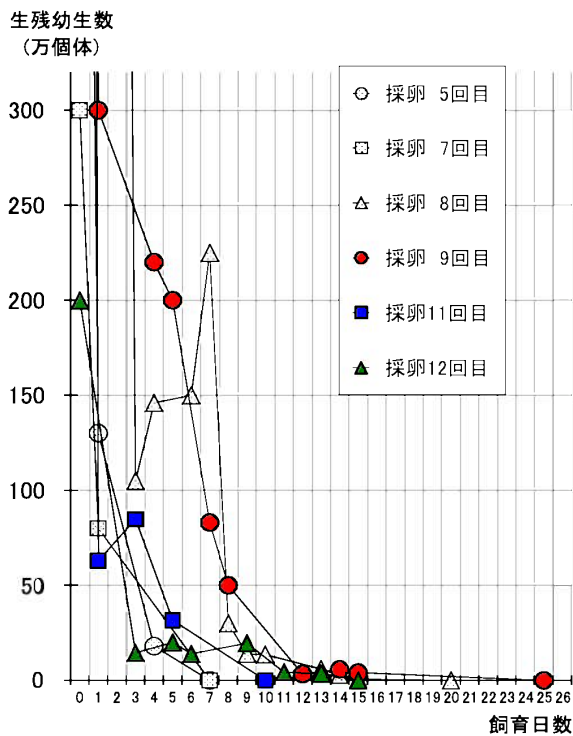


図8 飼育期間中における浮遊幼生の生残個体数の推移

各回次ともに、日齢 10 までに大きく減耗し、日齢 14 には、計数不能となるまで密度が低下した。採卵 8 回目の幼生飼育が日齢 20 まで、採卵 9 回目の幼生飼育が日齢 25 までとなったが、それ以降は計数不能となり、種苗生産を中止した。

2) 浮遊幼生の成長

飼育期間中における浮遊幼生の成長について、最も長く幼生飼育することができた採卵 9 回目の殻長の推移は、図 9 に示すとおりである。

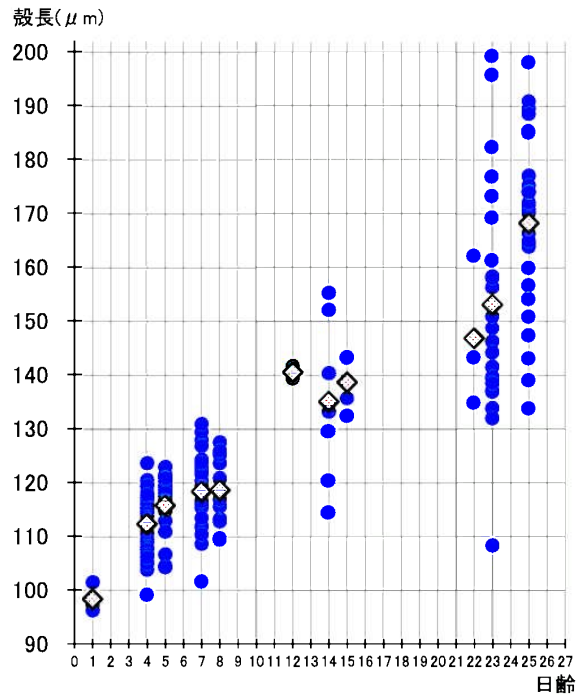


図9 飼育期間中における浮遊幼生の成長 (◇は平均殻長)

日齢 1 の平均殻長は 98.4μm であり、日齢 7 で平均殻長 118.4μm、日齢 14 で平均殻長 135.1μm となった。それ以降、日齢 25 で平均殻長 168.3μm となったが、最大は 198.2μm、最小は 134.0μm と、大きな成長差が確認された。飼育期間中の最大殻長は、日齢 23 の 199.3μm であった(図 10)。



図10 飼育期間中における最大殻長幼生(アンボ期) (殻長199.3μm、日齢23)

### 今後の問題点

天然海域(高田港、上浦地先)における養成及び追い仕立てにより、採卵可能とされるIOV値を35以上に成熟させることができたが、通常採卵では、産卵・放精には至らず、受精卵を得ることはできなかった。一方で、超低温処理では、試みた採卵で全て成功した。しかしながら、ふ化幼生の生残が悪く、日齢10までに大きく減耗し、最長で日齢25までの飼育となり、アンボ期以降の成長、生残に課題を残した。これは、親貝に対する10℃以下の「超低温」という処理方法により、卵質に悪い影響を与えていることが推測され、今後は、通常採卵による受精卵の確保に重点を置いて種苗生産を行う必要がある。

### 参考文献・資料

- 1) 吉田 裕. 貝類種苗学. 北隆館, 東京 1964 ; 128-130.
- 2) 小川 浩, 井本有治. 浅海増養殖技術開発 1. タイラギ種苗生産. 大分県浅海漁業試験場事業報告(平成6年度)1996 ; 1-2.
- 3) 小川 浩, 井本有治. 浅海増養殖技術開発 1. タイラギ種苗生産. 大分県浅海漁業試験場事業報告(平成7年度)1997 ; 1-2.
- 4) 松田正彦, 藤井明彦, 森 洋治, 桐山隆哉. 1. 介類種苗生産技術開発事業. 平成9年度長崎県総合水産試験場事業報告 1998 ; 53-57.
- 5) 明楽晴子. タイラギの種苗生産の技術開発について. うみうし通信 1998 ; 18 ; 8-9.
- 6) 松田正彦, 藤井明彦, 森 洋治, 桐山隆哉. 1. 介類種苗生産技術開発事業. 平成10年度長崎県総合水産試験場事業報告 1999 ; 51-54.
- 7) 中川彩子, 木藪仁和. 浅海増養殖に関する研究 (4)タイラギ種苗生産研究. 大分県海洋水産研究センター浅海研究所事業報告(平成13年度)2003 ; 11-12.
- 8) 中川彩子, 平川千修. 浅海増養殖に関する研究 (3)タイラギ種苗生産研究. 大分県海洋水産研究センター浅海研究所事業報告(平成14年度)2003 ; 11-12.
- 9) 川原逸郎, 山口忠則, 大隈 斉, 伊藤史郎. タイラギ浮遊幼生の飼育と着底・変態. 佐賀県有明水産振興センター研究報告 2004 ; 22 ; 41-46.
- 10) 中川彩子, 平川千修. 浅海増養殖に関する研究 (3)タイラギ種苗生産研究. 平成15年度大分県海洋水産研究センター事業報告 2005 ; 205-207.
- 11) 中川彩子, 平川千修. 浅海増養殖に関する研究 (3)タイラギ種苗生産研究. 平成16年度大分県海洋水産研究センター事業報告 2006 ; 179.
- 12) 川原逸郎, 大隈 斉, 山口忠則, 伊藤史郎. タイラギ浮遊幼生飼育における初期減耗の防止(短報). 佐賀県有明水産振興センター研究報告 2007 ; 23 ; 33-35.
- 11) 大橋智志, 藤井明彦, 鬼木 浩, 大迫一史, 前の幸男, 吉越一馬. タイラギ浮遊幼生および着底稚貝の飼育(予報). 水産増殖(Aquaculture Sci.) 2008 ; 56(2) ; 181-191.
- 12) 大橋智志. タイラギの種苗. 「海洋と生物216」生物研究社, 東京. 2015 ; 37(1) ; 43-52.
- 13) 兼松正衛. タイラギの種苗量産化技術開発に成功. 豊かな海 2016 ; 38 ; 3-7.
- 14) 金澤 健. 養殖・種苗生産に関する技術指導-2 ②タイラギ種苗生産. 平成27年度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告 2017 ; 234-235.
- 15) 山本昌幸. タイラギ・ミルクイの増殖技術開発. 平成28年度香川県水産試験場事業報告 2018 ; 22.

## 養殖・種苗生産に関する技術指導－2

### ②タイラギ増養殖

金澤 健

#### 事業の目的

小型底びき網の第3種貝けた網漁(以下、「貝けた」という。)では、殻長 20cm 未満の小型タイラギは、漁獲物の選別時に投棄されているが、この小型個体を有効利用するため、養殖適地を探索し、安価で簡便な養殖手法を開発することを目的とした。

なお、現時点では、未利用資源の有効利用が主目的であるが、将来的には、人工種苗を用いた豊前海における新たな増養殖の展開を目指す。

#### 事業の方法

##### 1. 干潟域(中津市小祝地先)における養殖試験

###### 1) 実施場所

中津市小祝地先の干潟域(以下、「干潟域試験区」という。)において実施した(図1)。



図1 実施場所 中津市小祝地先

###### 2) 方法

干潟域へのタイラギ移殖を 2016 年 7 月 5 日に実施した。供試貝は、2016 年 4 月に貝けたで採捕された無鱗型タイラギ(以下、「無鱗型」という。)で、殻長 100mm 前後の天然小型貝 10 個体を使用した。大潮の干潮時、海底 0.36 m<sup>2</sup>(一辺: 0.6m)の範囲内に供試貝を埋設し、食害防止のため目合い約 4mm の被せ網を施した。供試貝には、個体ごとの成長を把握するため、ペイントマーカー(商品名: ペンてるホワイト(中字))で、殻に個体番号を記載した。

移殖 2 日後に生残を確認した。

###### 3) 水温の測定

試験期間中の水温は、温度ロガー(TidbiD)を被せ網の端に装着し、1 時間ごとに自動測定した。

##### 2. 非干出域(国東市国見地先)における養殖試験

###### 1) 実施場所

国東市国見地先(権現崎沖)の水深 6 ~ 7m の非干出域(以下、「非干出域試験区」という。)において実施した(図2)。

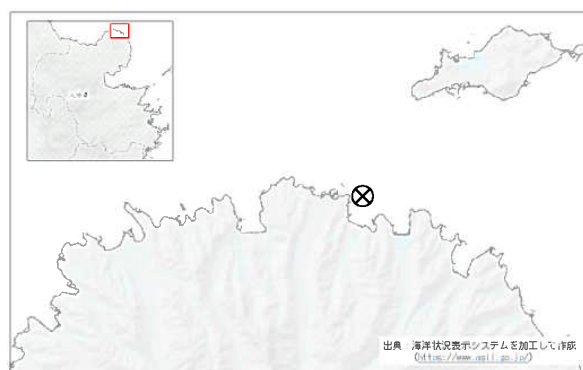


図2 実施場所 国東市国見地先(権現崎沖)

###### 2) 方法

非干出域へのタイラギ移殖を 2016 年 2 月 18 日に実施した。供試貝は、2015 年 12 月 ~ 2016 年 2 月の間に貝けたで採捕された無鱗型で、殻長 120 ~ 200mm 程度の天然貝 100 個体を使用した。地元潜水漁業者が潜水して、海底 6.25 m<sup>2</sup>(一辺: 2.5m)の範囲内に、供試貝を埋設し、食害防止のため目合い約 1cm の被せ網を施した(図3)。供試貝には、干潟域試験区と同様に、殻に個体番号を記載した。成長・生残の経過調査は、2016 年 3 ~ 9 月、2017 年 1 ~ 2 月に月 1 回、無作為に 5 ~ 10 個体を取り揚げ、殻長、つがい長、殻高、殻付き重量、軟体部重量、閉殻筋(貝柱)重量(以下、「貝柱重量」という。)及び生殖腺重量を測定した。生残については、潜水漁業者による目視及び指先の触感により推定した。

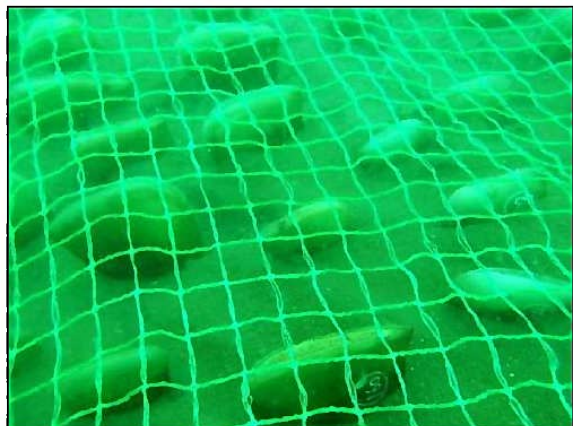


図3 被せ網の状況



図5 アンスラカゴへの収容状況

### 3) 水温の測定

試験期間中の水温は、水温ロガー(TidbiD)を被せ網の端に装着し、1時間ごとに自動測定した。

### 3) 水温及び塩分の測定

試験期間中の水温は、水温ロガー(TidbiD)をアンスラカゴに装着し、1時間ごとに自動測定した。また、塩分はコンパクト STD(形式:ASTD687)により、試験期間中に適宜、水深 0.1m 間隔で測定した。

## 3. 遊休クルマエビ養殖池における養殖試験

### 1) 実施場所

豊後高田市臼野の遊休クルマエビ養殖池(以下、「遊休エビ池試験区」という。)において実施した(図4)。



図4 実施場所 豊後高田市臼野  
遊休クルマエビ養殖池

### 2) 方法

遊休エビ池へのタイラギ収容を 2016 年 3 月 3 日に実施した。供試貝は、2016 年 2 月に貝けたで採捕された無鱗型で、殻長 131 ~ 147mm の天然貝 5 個体(以下、「中型個体」という。)、及び殻長 74 ~ 97mm の天然貝 10 個体(以下、「小型個体」という。)とした。供試貝は、基質としてアンスラサイト(破砕した無煙炭、粒径約 1.5mm)を入れた農業用収穫カゴ(口径 30cm × 高さ 28cm)(以下、「アンスラカゴ」という。)に収容した(図 5)。供試貝には、他試験区と同様に、殻に個体番号を記載した。成長・生残の経過調査を定期的に行った。

## 事業の結果

### 1. 干潟域試験区における養殖試験

#### 1) 成長及び生残

7 月 5 日から実施した試験では、2 日後の 7 月 7 日に全ての個体の死亡を確認した。

#### 2) 水温

試験期間中の水温を図 6 に示した。この期間は大潮であり、14 ~ 18 時の間は干潮時にあたり、晴天で日照の影響もあり、水温(干潟域の温度)は 30 °C を超えた。

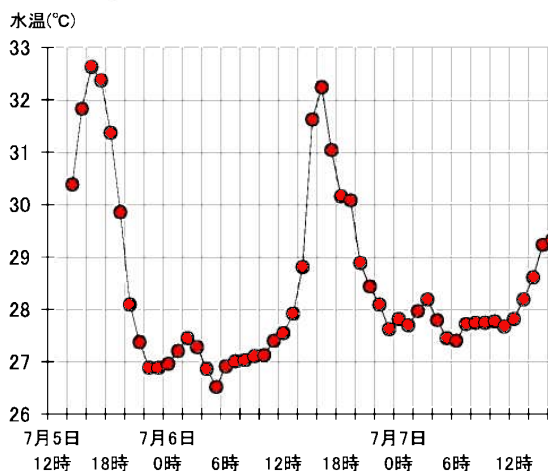


図6 干潟域試験区の水温推移

2. 非干出域試験区における養殖試験

1) 成長(殻長)

2016年2月18日から試験を開始し、3月30日まで(41日間)の成長を図7に示した。測定した10個体の成長は、増殻長-2.1～6.2mm、平均0.9mmであった。2個体で6.1～6.2mmの成長がみられた他は、ほとんど成長はみられなかった。なお、マイナス成長を示した個体については、試験開始時(埋設時等)のハンドリングによる殻の摩耗、もしくは殻長の測定誤差によるものと推察された。

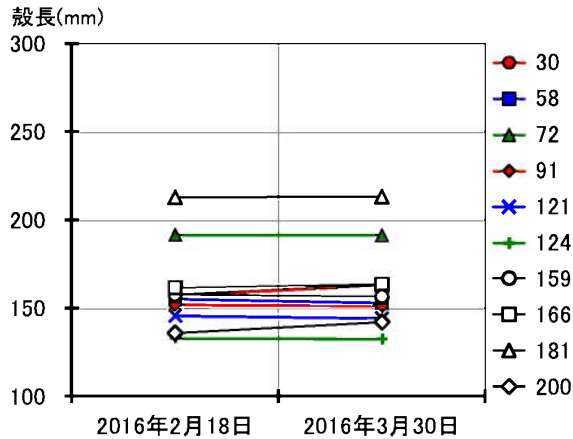


図7 2016年2月18日～3月30日(41日間)の成長

4月28日まで(70日間)の成長を図8に示した。測定した10個体の成長は、増殻長-2.8～8.0mm、平均1.5mmであった。2個体で7.4～8.0mmの成長がみられた他は、ほとんど成長はみられなかった。

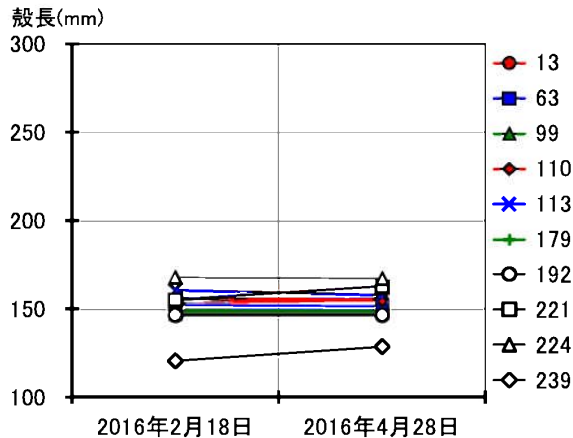


図8 2016年2月18日～4月28日(70日間)の成長

5月31日まで(103日間)の成長を図9に示した。測定した10個体の成長は、増殻長13.5～27.7mm、平均19.6mmであった。前月までの成長を考慮すると、直近1ヵ月間で、5mm/月程度の成長があったと推察された。

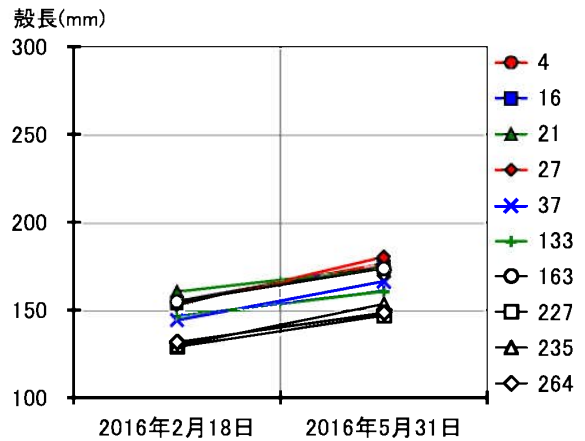


図9 2016年2月18日～5月31日(103日間)の成長

6月27日まで(130日間)の成長を図10に示した。測定した10個体の成長は、増殻長20.7～46.0mm、平均30.0mmであった。

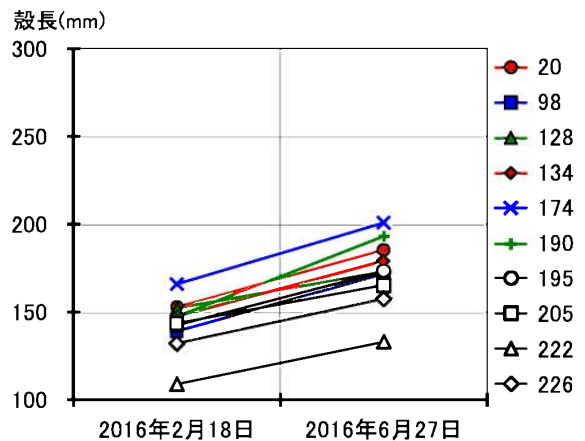


図10 2016年2月18日～6月27日(130日間)の成長

7月13日まで(146日間)の成長を図11に示した。測定した10個体の成長は、増殻長1.8～42.2mm、平均19.5mmであった。なお、試験開始時に殻長200mmを超える個体の成長は、増殻長1.8～22.0mmにとどまった。

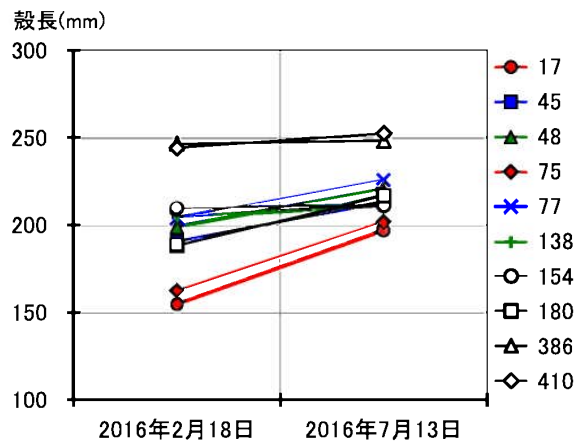


図11 2016年2月18日～7月13日(146日間)の成長

8月26日まで(190日間)の成長を図12に示した。測定した10個体の成長は、増殻長51.2～69.1mm、平均57.7mmであった。試験開始前に殻長150mm前後であった個体のうち半分以上が、約半年後には殻長200mmの商品サイズにまで成長することが確認された。

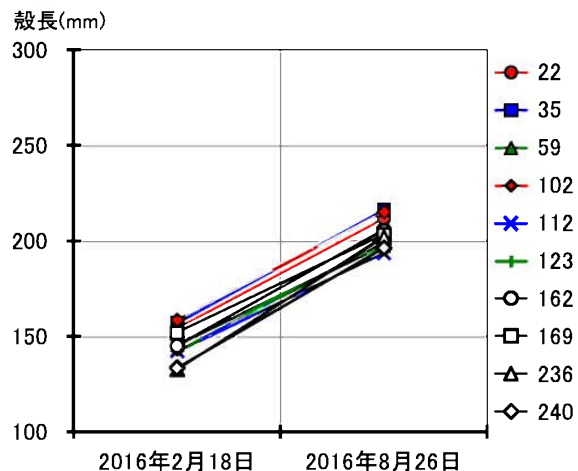


図12 2016年2月18日～8月26日(190日間)の成長

9月27日まで(222日間)の成長を図13に示した。測定した8個体の成長は、増殻長11.3～62.3mm、平均49.0mmであった。試験開始時に殻長209.4mmであった個体の成長は、増殻長11.3mmであり、7月の測定結果と同様に、殻長200mm以上の個体の成長が悪かった。

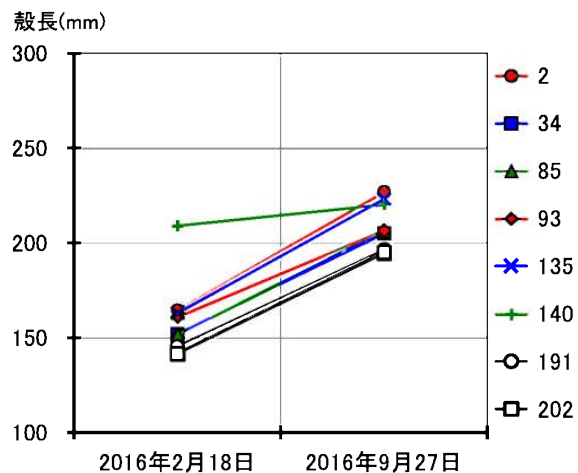


図13 2016年2月18日～9月27日(222日間)の成長

2017年1月27日まで(344日間)の成長を図14に示した。測定した10個体の成長は、増殻長72.0～101.5mm、平均86.2mmであった。試験開始前に殻長150mm前後であった個体の全てが、約1年後には殻長200mmの商品サイズにまで成長することが確認された。

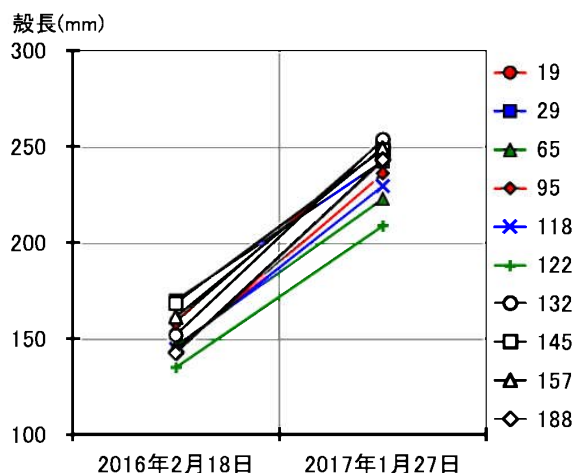


図14 2016年2月18日～2017年1月27日(344日間)の成長

2017年2月17日まで(365日間)の成長を図15に示した。測定のために取り揚げた6個体は、試験開始時に殻長191.5mm～243.6の大きな個体であったが、成長は増殻長24.9～65.4mm、平均44.0mmであり、試験開始時の殻長150mm前後の個体と比較すると、半分程度の成長であった。

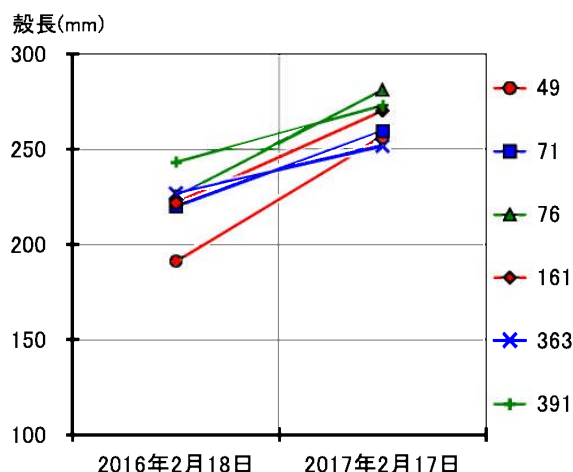


図15 2016年2月18日～2017年2月17日(365日間)の成長

2) 生残

潜水による目視及び指先の触感により生残を確認したが、生残率は約9割と推定された。8月に、食害等防止のための被せ網が破損し、5個体の死亡(死殻)が確認された(図16、17)。なお、被せ網の破損は、大型のカニ(イシガニ、ガザミ)によるものと推察された。

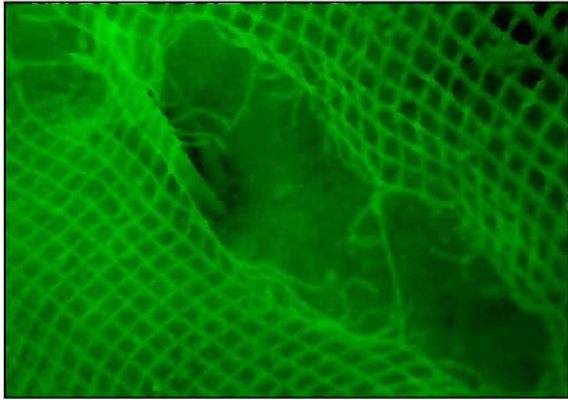


図16 被せ網の破損



図17 食害によるものと思われる死亡(死殻)

3) 貝柱重量の季節変動

2016年3月から9月及び2017年1月から3月の貝柱重量の変動を図18に示した。産卵期直後の8月及び9月において、殻長に対する貝柱重量が少なかった。

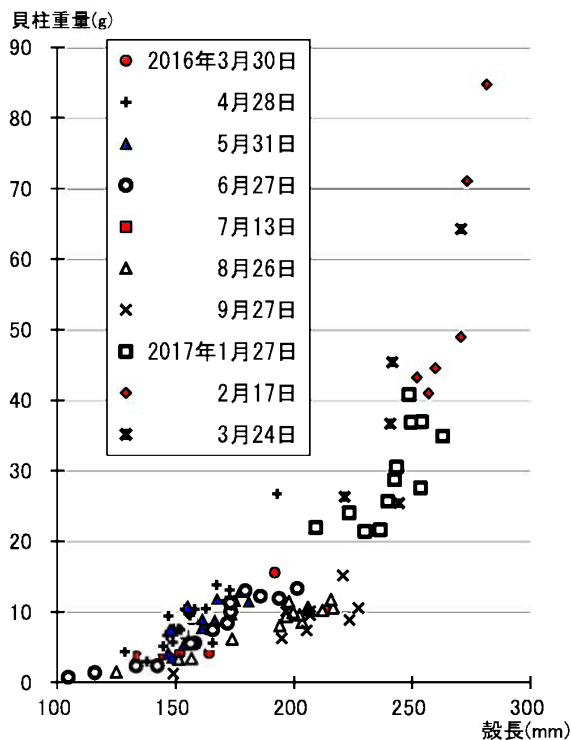


図18 貝柱重量の季節変動

4) 雌雄の比率

合計73個体の生殖腺を観察した結果、雌24個体、雄31個体(雌雄判別不能18個体)であり、雌雄の比率は約1:1.3であった。なお、雌雄判別不能個体は、9月に7個体と最も多く、これは産卵期後に生殖腺が退化したものと推察された。

5) 水温

試験期間中の水温を図19に示した。試験を開始した2月下旬は8℃前後で推移し、3月中旬以降から徐々に上昇し10℃を上回った。5月下旬に20℃を超え、7月上旬から8月上旬までは、概ね20℃から25℃の範囲で推移し、8月12日に最高値27.5℃を記録した。その後は、徐々に下降し、11月上旬に20℃前後まで低下し、1月中旬から3月上旬にかけては、10℃を下回ることが多くなった。

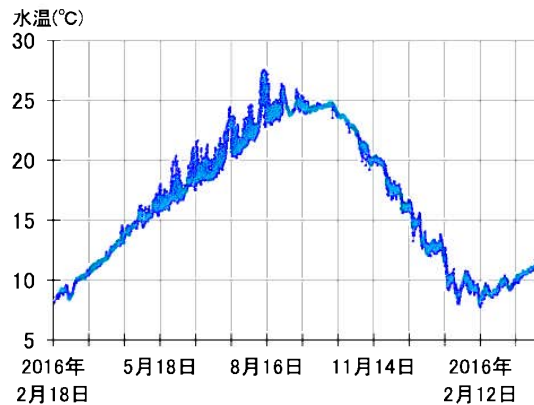


図19 非干出域試験区の水溫推移

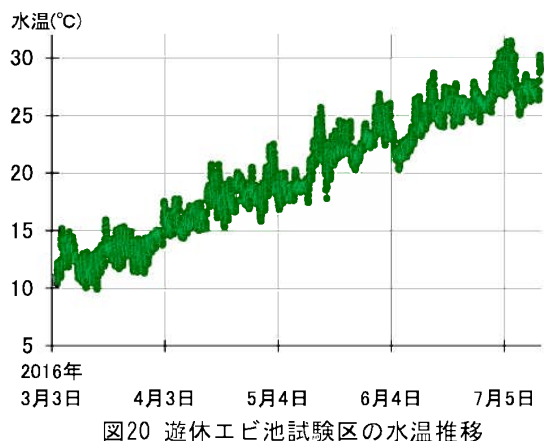
3. 遊休エビ池試験区における養殖試験

1) 成長及び生残

2016年3月3日から試験を開始したが、「小型個体」は、試験開始1ヵ月半後の4月17日には、半数の5個体が死亡した。その後、7月28日までに、更に4個体の死亡が確認されたため、当試験を終了した。なお、生残した1個体の成長は、増殻長6.3mmであった。「中型個体」は、7月28日までに5個体全ての死亡が確認されたが、死亡時期が特定できなかったため、正確な成長は不明であった。

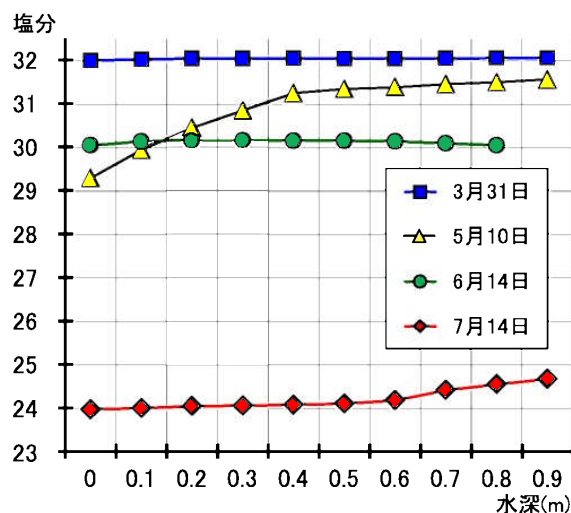
2) 水温

試験期間中の水温を図20に示した。試験を開始した3月上旬から下旬は、概ね10℃から15℃の範囲で推移し、4月中旬に20℃、5月中旬に25℃を超えた。その後、上下変動を繰り返しながら7月上旬には30℃に達した。



### 3) 塩分

タイラギは低塩分に弱いとされているため、降雨等の影響を受けやすいと考えられる遊休エビ池試験区の塩分を測定した。試験期間中の塩分を図 21 に示した。3 月 31 日の測定では、塩分は表層から海底まで、32.0 から 32.1 でほぼ均一であった。これは前日までの 11 日間、降水がなかったことにより(気象庁ホームページの気象統計情報(豊後高田市データ)より、以下 同)、通常の塩分で安定していたと推察された。5 月 10 日は表層で 29.3 と低く、前日の降水 32.5mm/日の影響と推察された。6 月 14 日は 2 日前に 25.0mm/日の降雨があったため、塩分は各層 30.1 から 30.2 と通常よりやや低かった。7 月 14 日は各層 24.0 から 24.7 と通常よりかなり低く、前日までの 6 日間で延べ 158.0mm の降水があり、この影響と推察された。



### 今後の問題点

干潟域試験区においては、夏季の大潮時に長時間の干出及び日照による干潟域の温度の上昇により、水深 10 ~ 30m に生息する無鱗型が成長・生残する環境としては、不適であると考えられた。今後、干潟域に多く分布する有鱗型を用いた試験を行う必要がある。

非干出域試験区においては、成長・生残ともに良好で、殻長 15cm サイズの個体が、1 年間で商品サイズである 20cm に達することが明らかとなり、貝けたによる混獲小型貝の有効利用の可能性が確認された。今後、他海域において、同様の手法を用いて、実証試験を行う必要がある。

遊休エビ池試験区においては、閉鎖的な環境であるため、水温の上昇及び降雨時の低塩分の影響を受け、低い生残率となったと推察された。今後、有鱗型を用いた試験を検討するとともに、水門の適切な管理(開け閉め)や、餌料環境(クロロフィル a 量 等)の調査も行い、タイラギ増養殖の適地であるかどうかを見極める必要がある。



## 養殖・種苗生産に関する技術指導－2

### ③高級二枚貝タイラギの先端的養殖技術の開発 (国庫委託)

金澤 健

#### 事業の目的

種苗生産、中間育成した殻長 3 ～ 5cm のタイラギ稚貝を、殻長 20cm 以上の商品サイズまで、良好な成長、死亡の低減、付加価値の向上を図りつつ、沿岸海域の多面的利用及び生産地の環境特性に合わせた低コスト養殖技術を開発することを目的とした。当事業は、国立研究開発法人 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所 海産無脊椎動物研究センター 貝類グループ(百島庁舎)(以下、「瀬水研百島」という。)が種苗生産を行い、その後、香川県水産試験場(以下、「香川水試」という。)及び山口県水産研究センター内海研究部(以下、「山口内海研」という。)が、殻長 3 ～ 5cm まで中間育成を担当、当浅海チームが中間育成後の稚貝を使った養殖試験を担当した。

なお、当事業は、平成 28 年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進会議委託事業「高級二枚貝タイラギの先端的養殖技術の開発」により実施した。

#### 事業の方法

##### 1. 養殖試験実施箇所

中津市小祝地先の干潟域(以下、「干潟域試験区」という。)、国東市国見地先(権現崎沖)の水深 6 ～ 7m の非干出域(以下、「非干出域試験区」という。)及び佐伯市蒲江名護屋湾内の養殖筏(以下、「湾内養殖筏試験区」という。)において実施した(図 1)。

##### 2. 養殖試験に使用した種苗

2016 年 7 月に、瀬水研百島が生産し、香川水試が、約 4 ヶ月間中間育成した殻長約 3cm の種苗(以下、「香川当歳貝」という。)、及び 2015 年 7 月に、瀬水研百島が生産し、山口内海研が、約 1 年間中間育成した種苗(以下、「山口 1 歳貝」という。)を試験に供した。なお、いずれの種苗も有鱗型タイラギである。

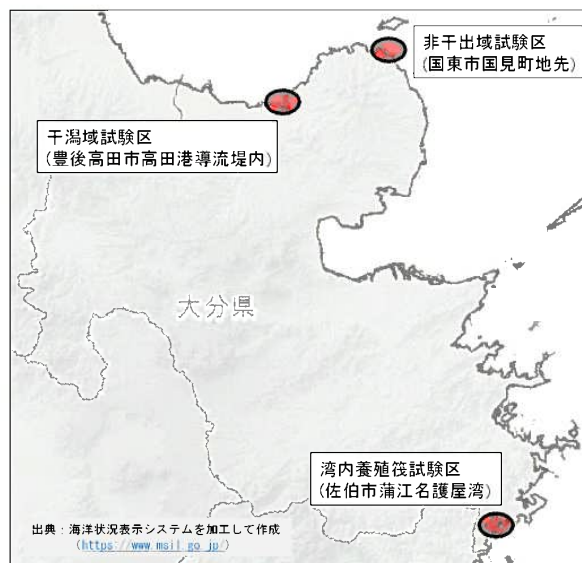


図1 養殖試験実施場所

#### 3. 養殖試験の手法

##### 1) 干潟域試験区

試験は 2016 年 12 月 16 日から実施した。供試貝は香川当歳貝 100 個体及び山口 1 歳貝 80 個体とし、それぞれ試験区内 10 箇所(St.1 ～ 10)に分けて移植した(図 2)。

香川当歳貝は、園芸用「育苗ポット」に砂を入れて、供試貝 1 個体/ポット区画(約 4cm 角)ずつ埋め込み、供試貝の足糸が砂粒に十分固定された状態になるまで、約 1 週間程度、陸上水槽で飼育してから、育苗ポットごと、干潟に移植した(図 3-1、3-2)。山口 1 歳貝は、供試貝を海底(干潟)へ直接埋設する方法で移植した。移植後は、2 週間に 1 度(大潮ごと)に、生残の経過を確認した。

また、干潟域試験区内においては、底質の差による成長及び生残の違いを確認するために、各移植箇所ごとに、粒度組成を分析した。粒度の各区分は、各目開きの金属製網ふるいを通したものを、礫(粒径 4mm 以上)、細礫(同 2mm 以上 4mm 未満)、極粗粒砂(同 1mm 以上 2mm 未満)、粗粒砂(同 0.5mm 以上 1mm 未満)、中粒砂(同 0.25mm 以上 0.5mm 未満)、細粒砂(同 0.125mm 以上 0.25mm 未満)、微粒

砂(同 0.063mm 以上 0.125mm 未満)及び泥(同 0.063mm 未満)として分画した。

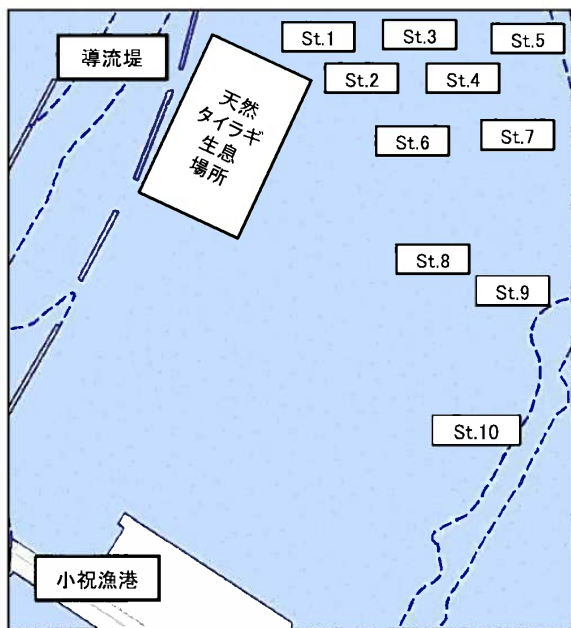


図2 干潟域試験区内 移殖箇所



図3-1 香川当歳貝を育苗ポットに埋設させ、干潟に出した様子



図3-2 上図の拡大

## 2) 非干出域試験区

試験は 2016 年 11 月 22 日から実施した。供試貝は、香川当歳貝 100 個体及び山口 1 歳貝 60 個体とした。なお、山口 1 歳貝には、個体ごとの成長を把握するため、ペイントマーカー(商品名:ペんてる

ホワイト(中宇))で、殻に個体識別番号を記載した。試験区内への移殖は、潜水漁業者によって海底へ直接埋設する方法で行い、被せ網による食害防止処置を施した。2 ヶ月 1 回程度、成長及び生残の経過を調査した。

## 3) 湾内養殖筏試験区

試験は 2016 年 11 月 15 日から実施した。香川当歳貝 90 個体を、基質としてアンスラサイト(破砕した無煙炭、粒径約 1.5mm)を入れた農業用収穫カゴ(口径 30cm × 高さ 28cm)(以下、「アンスラカゴ」という。)に收容する方法により(図 4)、また、山口 1 歳貝 60 個体を、アンスラカゴに收容する方法と、アコヤネットに挟んで收容する方法(図 5)により、いずれも養殖筏から垂下した。なお、アコヤネットに挟んで收容する方法では、一部の個体には、防汚及び食害対策のために、目合い 2mm のネットロンネット(通称「ミカンネット」と呼ばれる赤色のネット)で覆った。水深帯別での成長及び生残と、ネット等の汚れの比較を行うため、試験区は、水深 1.5m、3.0m 及び 5.0m の垂下水深帯を設けた(表 1)。



図4 アンスラカゴに收容する方法



図5 アコヤネットに挟んで收容する方法

表1 各試験区における供試員の個体数

		(個体数)						
		アンスラカゴ			アコヤネット			合計
試験区分 (垂下水深帯)		1.5m	3.0m	5.0m	1.5m	3.0m	5.0m	
香川当歳貝		30	30	30	—	—	—	90
山口1歳貝		10	10	10	10	10	10	60

4. 水温及びクロロフィルa量の測定

各試験区の環境を比較するため、試験期間中、水温ロガー(TidbiD)を被せ網やカゴ等の端に装着し、1時間ごとに自動測定した。また、餌料の指標の一つであるクロロフィル a 量は、90%アセトン抽出・吸光度測定、Jeffrey&Humphrey の式(高野 1980)によって測定した。

事業の結果

1. 干潟域(中津市小祝干潟)における養殖試験

1) 成長(殻長)

2016年12月16日から試験を開始し、2017年3月13日まで(88日間)行った。その間の成長について、香川当歳貝を図4に、山口1歳貝を図5に示した。

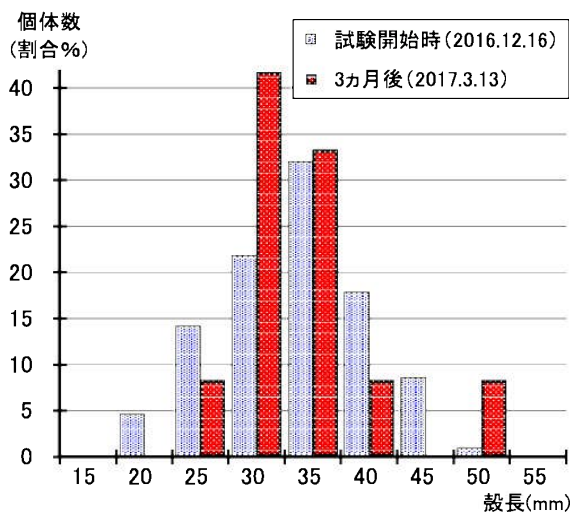


図4 干潟域試験区における香川当歳貝の成長

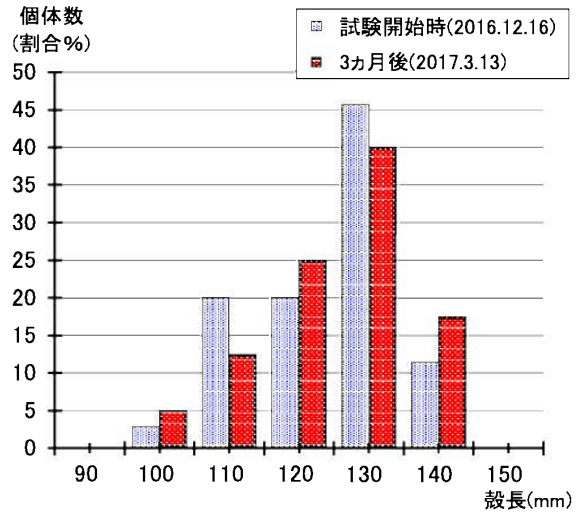


図5 干潟試験区における山口1歳貝の成長

香川当歳貝は、試験開始時の平均殻長は 36.3mmであったが、約3ヵ月後には平均殻長 35.9mmであり、冬期における成長は確認できなかった。山口1歳貝は、試験開始時の平均殻長は 130.5mmであったが、約3ヵ月後には平均殻長 129.8mmであり、香川当歳貝と同様に、冬期における成長は確認できなかった。

2) 生残

試験期間中の移殖箇所別の生残率を表2に示した。

香川当歳貝では、St.1～3及び6において、それぞれ供試貝10個体中1～5個体の生残を確認したが、St.4、5、7～10では生残を確認できなかった。干潟試験区内の全体での生残率は13%であった。

山口1歳貝では、St.1～9において、それぞれ供試貝8個体中2～8個体の生残を確認したが、St.10では生残を確認できなかった。干潟試験区内の全体での生残率は60%であった。

表2 干潟試験区内における移殖箇所別の生残率

		単位: %										
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10	合計
香川当歳貝		30	40	50	0	0	10	0	0	0	0	13
山口1歳貝		100	75	63	75	75	50	100	37	25	0	60

3) 水温

試験期間中の水温を図6に示した。試験を開始した12月中旬は12℃前後であり、その後、1月中旬から2月中旬は8℃前後で推移した。2月中旬から上昇に転じ、3月上旬以降は10℃を超えた。なお、

当試験区は、大潮の干潮時には、完全に干出する場所であり、干出時には外気温の影響を大きく受け、水温(砂れき中の温度)は大きく変動した。

水温(°C)

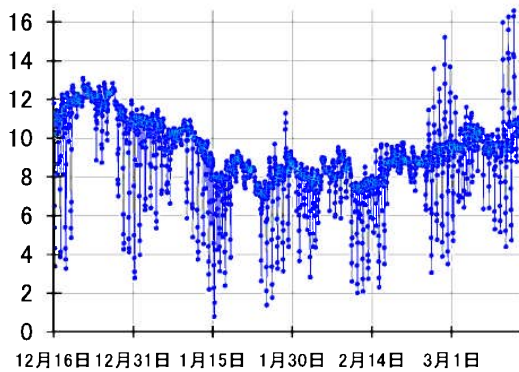


図6 干潟域試験区における水温推移

4) 粒度組成

試験区内の移植箇所 St.1、3、10、及び天然タイラギ(有鱗型)生息場所の粒度組成を図7に示した。生残率が100%であったSt.1、同63%であったSt.3と天然タイラギの生息場所の粒度は、同じような組成であり、粒径5mm以上の割合は、それぞれ46.1%、40.9%及び46.8%であった。一方、生残率0%であったSt.10の粒径5mm以上の割合は17.6%であり、生残率が高い箇所や天然タイラギの生息場所との粒度組成に、大きな違いが認められた。

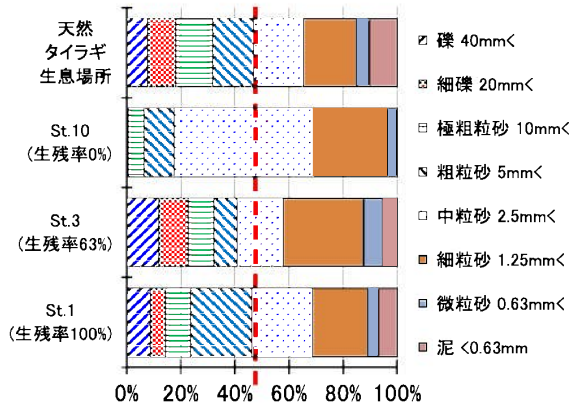


図7 干潟試験区内 移植箇所別の粒度組成

天然タイラギの取り揚げ時の様子を図8に示した。足糸には礫や貝殻などが絡め取られていて、これらが「アンカー」の役目をして、波浪や潮汐によって海底の砂れきが動いても、その場に留まることが可能と考えられ、流出することなく生息していたと推察された。このことから、天然タイラギ生息場所に近い環境のSt.1及びSt.3において生残率が高かったと推察された。



図8 天然タイラギ(有鱗型)の足糸の状況

2. 非干出域(国東市国見地先)における養殖試験

1) 成長(殻長)

2016年11月22日から試験を開始し、香川当歳貝については2017年4月5日まで(135日間)、山口1歳貝については3月24日まで(123日間)行った。その間の成長について、香川当歳貝を図9に示した。

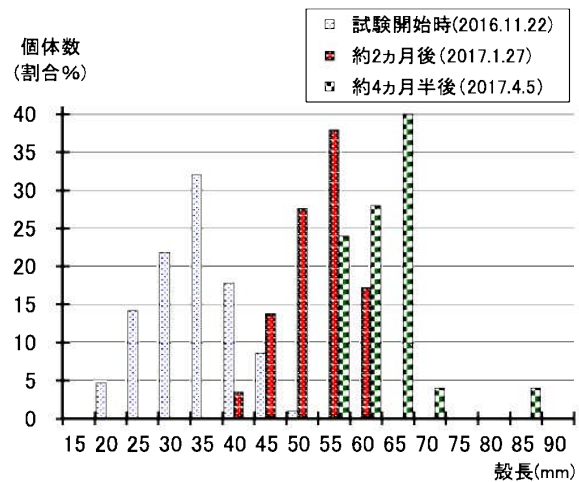


図9 非干出域試験区における香川当歳貝の成長

試験開始時の平均殻長は36.3mmであったが、約2ヵ月後には平均殻長は55.0mm、約4ヵ月半後には平均殻長59.3mmであった。

次に、山口1歳貝の成長について、図10に示した。凡例中の番号は、個体識別番号である。10mm以上の成長があった個体は●印、5~10mm未満の成長があった個体は■印、5mm以下の成長があった個体は▲印で示した。

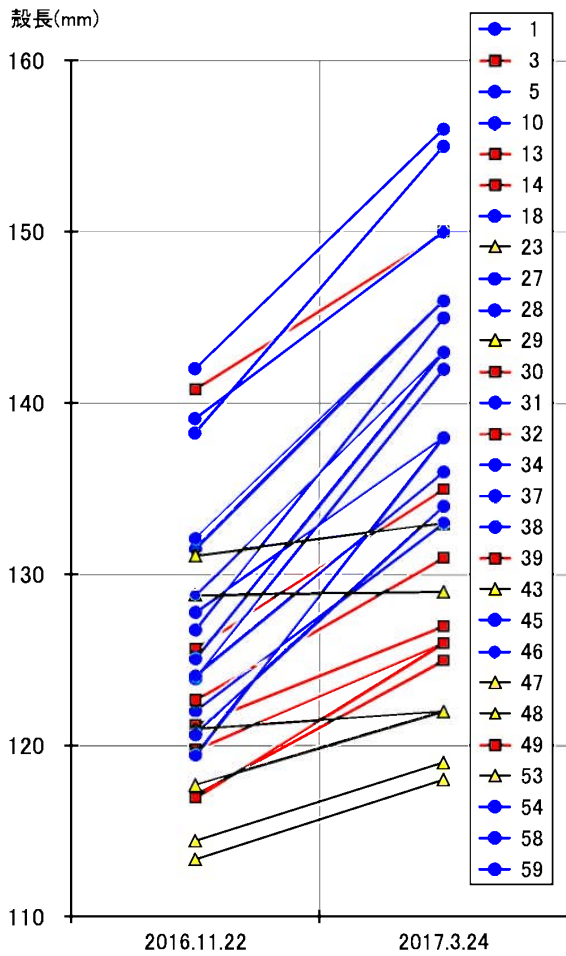


図10 非干出域試験区における山口1歳貝の成長

試験開始時の平均殻長は 125.5mm であったが、約 4 ヶ月後には平均殻長は 135.8mm であり、この間の成長の平均は 10.3mm であった。なお、最も成長の良かった個体で 18.5mm の増殻、最も悪かった個体で 0.2mm の増殻であった。

非干出域試験区においては、香川当歳貝及び山口1歳貝の冬期における成長が確認された。

2) 生残

漁業者の潜水による目視及び指先の触感により生残を確認した。香川当歳貝については、2017 年 1 月 27 日の経過調査時の生残率は、ほぼ 100%と推定されたが、4 月 5 日では約 25%と推定された。これは、1 月 27 日の経過調査時の取り揚げ、船上での殻長測定後、再び海底に埋設したことなど、人為的に与えたストレスにより、死亡したと推察され、殻長 30 ～ 50mm 程度の小型貝のハンドリングには、細心の注意が必要と思われた。

山口1歳貝については、2017 年 3 月 24 日の経過調査時の生残率は、ほぼ 100%と推定された。

3) 水温

試験期間中の水温を図 11 に示した。試験開始時

の 11 月中旬は 20℃前後であったが、1 月中旬に 10℃を下回り、2 月 12 日に最低水温 7.7℃を観測した。その後は、3 月中旬まで 8℃から 10℃の間で推移し、3 月下旬には 12℃前後に上昇した。



図11 非干出域試験区における水温推移

2. 湾内養殖筏(佐伯市蒲江名護屋湾)における養殖試験

1) 成長

2016 年 11 月 14 日から試験を開始し、2017 年 3 月 29 日まで(136 日間)行った。その間の成長について、香川当歳貝を図 12 に、山口1歳貝を表 3 に示した。

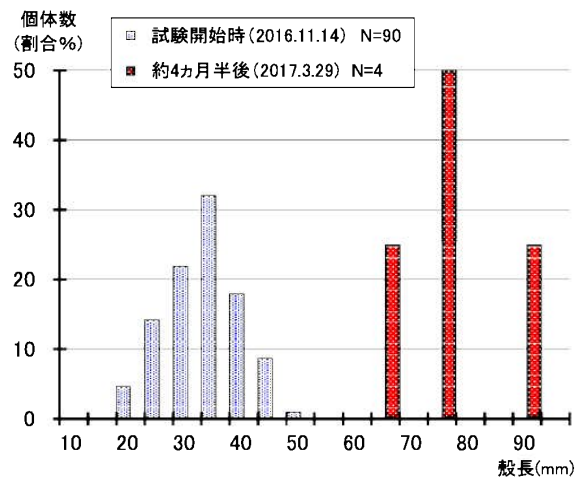


図12 湾内養殖筏試験区における香川当歳貝の成長

香川当歳貝については、試験開始時の平均殻長は 36.3mm であったが、約 4 ヶ月後には平均殻長は 77.6mm であり、この間の成長の平均は 41.3mm であった。最大で殻長 90.5mm の個体も確認され、翌年 3 月までの残り 1 年間で、当事業の目標「養殖期間 1 年半で殻長 20cm」を達成する可能性が出てきた。

表3 湾内養殖筏試験区における山口1歳貝の成長

試験区分	(単位: mm)		
	試験開始時 (2016.11.14) 平均殻長	約4か月半後 (2017.3.29) 平均殻長	平均 成長
アンズラカゴ 水深1.5m	123.59	158.63	35.03
アンズラカゴ 水深3.0m	131.10	166.90	35.81
アンズラカゴ 水深5.0m	131.67	150.00	18.33
アコヤネット 水深1.5m	131.50	137.32	5.82
アコヤネット 水深3.0m	128.95	130.57	1.62
アコヤネット 水深5.0m	125.14	134.00	8.86

山口1歳貝の成長について、試験期間中、アンズラカゴ試験区では、水深1.5mで平均35.03mmの成長、水深3.0mで同35.81mm、水深5.0mで同18.33mmであり、水深3.0m、1.5m、5.0mの順で成長が良かった。一方、アコヤネット試験区では、水深1.5mで平均5.82mmの成長、水深3.0mで同1.62、水深5.0mで8.86mmであり、水深5.0m、1.5m、3.0mの順で成長が良かった。また、アンズラカゴ試験区の方が、アコヤネット試験区よりも成長が良かった。これは、アコヤネット試験区では、特に水深3.0mにおいて、食害と思われる殻先端の破損(図13)が確認され、この破損による成長の停滞が原因と推測された。



図13 食害と思われる殻先端の破損

さらに、アコヤネット試験区では、付着生物が多く、これによる成長の停滞も推測された。なお、各水深における付着生物の状況は図14-1、図14-2及び図14-3のとおりで、定量的な測定は行っていないが、目視では、水深1.5mと3.0mが同程度、5.0mがそれより少ない状況であった。



図14-1 アコヤネット試験区 水深1.5m



図14-2 アコヤネット試験区 水深3.0m



図14-3 アコヤネット試験区 水深5.0m

## 2) 生残

試験期間中の生残率を表4に示した。

香川当歳貝のアンズラカゴの生残率は、水深1.5m及び3.0mでは6.7%、水深5.0mでは0%であった。

山口1歳貝のアンズラカゴでは70～100%であり、アコヤネットでは、水深1.5m及び3.0mでは、それぞれ50%、40%、水深5.0mでは100%であったが、水深1.5m及び3.0mの低い生残率は、食害による殻破損の影響が大きいと推察された。

香川当歳貝の低い生残率について、当該死亡貝のうち、軟体部が残っている個体は、アンズラサイトに深く埋もれた状態で確認されたことから、波浪等による筏の揺れが振動となってカゴに伝わり、試験

貝を深く埋没させ、死亡につながった可能性がある。一方、1歳貝では、同様の事例はみられず、これは、当歳貝に比べ1歳貝は斧足の力が強く、足糸も強く張り出せることから、埋没による影響を受けなかったと推察された。

表4 湾内養殖筏試験区内における生残率

水深	単位:%		
	香川当歳貝 アンスラカゴ	山口1歳貝 アンスラカゴ	アコヤネット
1.5m	6.7	80	50
3.0m	6.7	100	40
5.0m	0	70	100

3) 水温

試験開始時の11月中旬は、各水深帯ともに23℃前後であったが、1月中旬には15℃前後にまで下降し、最低水温は1月16日に14.4℃(水深5.0m)を観測した。その後は、3月下旬まで15℃から18℃の範囲で推移した。なお、試験期間中の各水深帯の平均水温は、水深1.5mでは17.91℃、3.0mでは17.89℃、5.0mでは17.78℃であり、ほとんど差は確認できなかった。

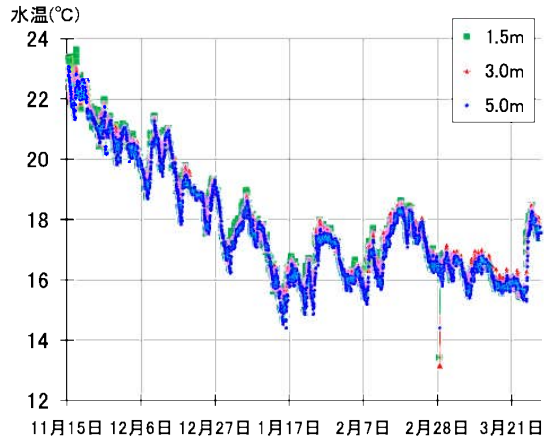


図8 湾内養殖筏試験区における水温推移

4. 各試験区におけるクロロフィルa量

試験期間中のクロロフィルa量の推移を図9に示した。干潟域試験区では1回の測定であったが、クロロフィルa量は、湾内養殖筏試験区、非干出域試験区、干潟域試験区の順で高い傾向となった。また、湾内養殖筏試験区の各水深帯のクロロフィルa量は、水深5.0m(平均4.02μg/L)、同3.0m(同3.65μg/L)、同1.5m(同3.18μg/L)の順で高い傾向となったが、今後も、周年にわたって測定して、推移を調べる必要がある。

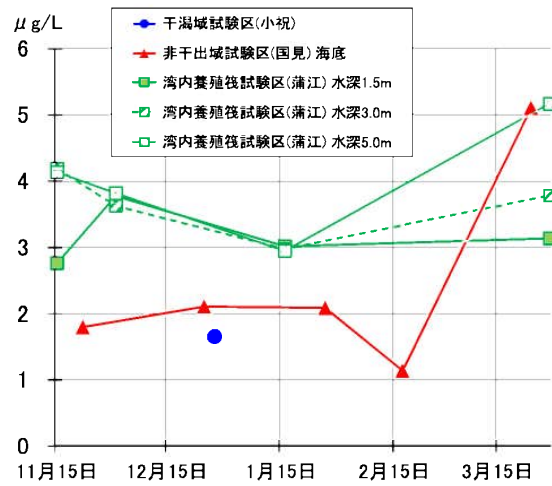


図9 各地先におけるクロロフィルa量推移

今後の問題点

今年度は、冬期における稚貝の成長及び生残の試験を行った。干潟域(中津市小祝干潟)では、成長はみられなかったものの、生残することは確認された。非干出域(国東市国見地先)では成長がみられ、今後、養殖試験場所として有望である。湾内養殖筏(佐伯市蒲江名護屋湾)からアコヤネットを使用した垂下では、付着生物による成長の停滞や魚類等と思われる被害も確認され、その対策が必要である。また、アンスラカゴを使用した垂下では、埋没して死亡する原因の究明、その対策が必要である。

## マコガレイの親魚飼育・採卵試験

山本宗一郎

### 事業の目的

大分県ではマコガレイの種苗放流を1970年頃から行っている。

現在、放流用マコガレイ種苗は公益社団法人大分県漁業公社国東事業場(以下、漁業公社)で生産されているが、漁業公社では近年の冬季海水温の上昇により、良質な受精卵の確保が困難になる可能性がある。仮にこのような事態に陥った場合、当施設以外で受精卵を確保する必要があるため、今回、浅海チームにおいてマコガレイの親魚飼育・採卵試験を行った。

### 事業の方法

#### 実験水槽の設置と親魚の養成

親魚は2017年1月24日に国東市沿岸で漁獲された雄25尾、雌19尾を用いた。

砂を敷いた2重底ろ過式構造のFRP水槽(縦2m、横1m、高さ0.7m)に、ろ過海水を1日7回転、水深0.6mとなるよう調整し、親魚を雌雄に分けて収容した。また、試験期間中は遮光するとともに、無給餌で養成した。

#### 受精卵の管理

放卵可能な雌から卵を採取し、雄1~3尾の精液を混合し受精させた卵を、遮光シートに付着させ水槽中に吊した。

受精卵の管理水槽としてFRP水槽(縦4.5m、横1m、高さ0.7m)に、ろ過海水を1日6.7回転、水深0.6mとなるよう調整した。

#### 各種試験項目

試験期間中の飼育水槽の水温、人工授精に用いた雌の全長を測定するとともに、受精から7~10日後の卵の発眼率を求めた。

### 事業の結果

試験期間中の水温の推移を図1に示す。水温は6.0~10.1℃の間で推移した。

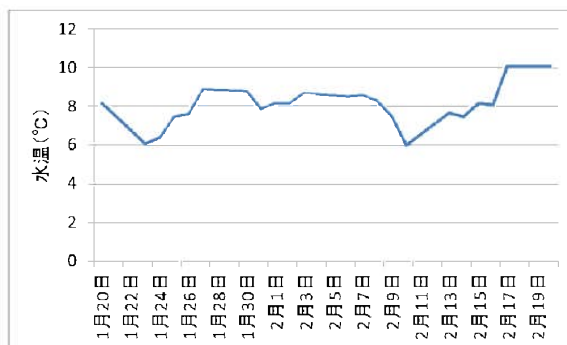


図1 飼育水槽の温度推移

人工授精に用いた雌の全長と受精卵の発眼率を表1に示す。受精卵を得るために用いた雌個体は5尾であり、各個体の受精卵の発眼率は0.0~81.1%の範囲であった。

なお、1月24日は腹部を軽く押し、卵の放出がみられ放卵可能であると確認された直後の個体から採卵し、1月27日、2月3日は放卵可能であると確認されてから1~2日後に採卵を行った。

表1 人工授精で用いた親魚と卵の発眼率

授精日	人工授精で用いた個体	雌の全長(mm)	受精卵の発眼率
1/24	雌A×雄1尾	245	7.0%
	雌B×雄1尾	249	0.0%
1/27	雌C×雄3尾	298	63.6%
2/3	雌D×雄3尾	340	59.0%
	雌E×雄3尾	270	81.1%

### 考察

1月24日に雌Aと雌Bから得られた受精卵の発眼率はそれぞれ7.0%と0%と低かった。この原因の一つとして、雌Aと雌Bの卵成熟が十分進んでいなかった可能性があり、採卵は放卵可能な状態から数日経過後に行うことで、発眼率を高めることができると



考えられた。

マコガレイ卵のふ化率は水温の影響を受けることが知られており、ふ化適温範囲は6～16℃であり、9℃前後が最適であると報告されている<sup>1)</sup>。本試験期間中の飼育水温はふ化適温範囲内で推移していたため水温環境は良好であったと考えられる。

本試験での発眼率の値にはばらつきがみられたため、より多くの雌個体を確保するとともに、成熟状況を確認しながら適時に人工授精を行い、発眼率の高い良質な卵を作出する必要がある。

## 参考文献

- 1) 山本孝治. マコガレイ卵の発生に及ぼす水温及び塩分の影響について. 朝鮮総督府水産試験場 1939; 2: 02-106

## 世界農業遺産関連調査 森林起源の有機物等と海洋の生態の関連の解明 (北海道大学への委託事業)

伊藤龍星・岩野英樹・山本宗一郎

### 事業の目的

国東半島宇佐地域は 2013 年 5 月に世界農業遺産に認定されたが、認定地域（国東半島宇佐地域）において、陸域のため池・クヌギ林と河川や海との関連を科学的に調査した研究事例はほとんどなく、認定地域の今後の維持・発展のためには水産も重要な要素となるため、ため池・クヌギ林と河川や海との関連を科学的に証明する必要がある。そこで、集水域にため池群やクヌギ林が点在する豊後高田市の桂川水系とそれらの少ない宇佐市の伊呂波川水系で調査を行い、ため池群やクヌギ林が河川の水質および海域の生態系に及ぼす影響を推定することを目的に調査を行った。調査期間は平成 26～28 年度の 3 年間で、今年度が最終年度であった。

### 事業の方法と結果



図1 伊呂波川（西側）と桂川（東側）

調査は大学への委託とした。平成 26 年度は京都大学、<sup>1)</sup> 27～28 年度は北海道大学へ委託し、いずれも浅海チームが調査協力を行った。

調査対象区域は、図1に示す桂川流域と伊呂波川流域の2カ所で、流路延長は前者が 29.5km、後者が 18.5km で流域面積は前者が 126.5km<sup>2</sup>、後者が 43.5km<sup>2</sup> である。

この 2 つの河川で、河川水質調査や河口生物調査等を行い、森林起源の有機物等が海洋へ及ぼす影響について比較した。

調査結果は、「森と海のつながりの研究報告書」として北海道大学から大分県庁の担当課（地域農業振興課）へ提出された。

また、今年度は調査最終年度のため、「世界農業遺産関連調査（森林起源の有機物等と海洋生態との関連の解明）結果報告会」と題して、関連する調査も含めて以下の報告会を開催し、成果の周知と情報発信を図った。

- ・開催日時：平成29年3月14日（火）14:00～ 17:00
- ・開催場所：大分県農林水産研究指導センター水産研究部浅海・内水面グループ浅海チーム

・報告内容

- 1) 「大分県国東半島における河川の水質と流域環境」（北海道大学 水産科学研究院 教授 笠井 亮秀）
- 2) 「国東半島における栄養物質動態の俯瞰的評価：森の影響を探る」（福井県立大学 海洋生物資源学部講師 杉本 亮）
- 3) 「国東半島・宇佐地域におけるニホンウナギを頂点とした生物生産構造」（京都大学 フィールド科学教育研究センター 教授 山下 洋）

さらに、平成29年度日本水産学会春季大会シンポジウム（「森山里海のつながりを科学で説明できるか？」平成 29 年 3 月 26 日、東京海洋大学）にて、以下の口頭発表を行い、本事業による調査と関連調査を含めた3年間の成果報告と情報発信を図った。

- ・課題名：流域圏における農林水産業と地域振興—世界農業遺産国東半島・宇佐地域の森川里海—  
○田村勇司（大分県水産振興課）・杉本 亮（福井県大海洋生資）・笠井亮秀（北大院水）・横山 寿・山下 洋（京大フィールド研セ）（○は発表者）

以下に発表要旨<sup>2)</sup>を記載する。

## 1. はじめに

大分県北東部の国東半島・宇佐地域は 2013 年 5 月に世界農業遺産に認定された。この地域では、ため池群による農業用水供給システムやシイタケ栽培原木等に利用されるクヌギ林が涵養する水資源の活用によって持続的な農業を可能としてきた。ため池やクヌギ林は栄養塩の供給等を通じて水圏生態系に大きな影響を与えている可能性があるが、科学的に調査した事例はほとんどない。本講演では、ため池やクヌギ林が生物生産にどのように機能しているかを中心に、水産資源の生産に対する流域構造の影響を明らかにし、地域を特徴づける農林水産物や生活文化を活用した流域振興策を検討する。

## 2. 陸起源生物の影響

対象地域では豊穡な土地から栄養塩や有機物が河川を通じて周辺海域へ流入することが予想されるが、流域の農地利用が進み、土地利用形態が異なる地域の河川は、下流や沿岸海域に与える影響が異なっていると考えられる。そこで、土地利用形態の異なる桂川水系（森林率 77%、クヌギ林が流域全体の 11.8%、農地率 17%）と伊呂波川水系（森林率 64%、クヌギ林 0.8%、下流域に水田等が多く農地率 29%）の 2 河川で土地利用形態、栄養塩濃度等を比較し生物生産との関わりを調べた。

流域面積あたり河川流量の増加に伴う POC、PON の増加率を比較すると、単位面積あたりの流域から海域への POC、PON の供給量は桂川の方が多かった。また、桂川上流の森林域において高濃度の DIN が河川に供給され、下流に向かって減少する傾向が認められた。一方、伊呂波川の DIN と両河川の DIP は上流の森林域では低濃度であったが流下に従って増加した。両河川の POM の C/N 比と  $\delta^{13}\text{C}$  の関係を見ると、同じ  $\delta^{13}\text{C}$  において桂川の C/N 比が高いことから、桂川の方が陸上有機物の影響をより強く受けていることが示唆された。また、栄養塩濃度、クロロフィル a 濃度とも桂川が高く、森林由来の栄養塩や有機物の供給が河川の基礎生産に影響を与えていると推察された。

## 3. 生物群集構造への影響

2 河川に生息する生物の安定同位体比分析の結果、両河川とも底生微細藻が基礎生産から魚類に至る植物網を支えていることが明らかになった。そこで、河川植物網の最上位に位置するニホンウナギの生産力を最終的な指標とし、その生産を支える生物群集構造を比較した。いずれの河川においてもニホンウナギの小型魚は水生昆虫、大型魚は魚類・エビ類を主食としていたが、桂川においてより小型のサイズで水中昆虫から魚類・エビ類への食性が移行することがわかった。また、餌生物である小型魚類・エビ類のバイオマスは桂川の方が有意に高く、ニホンウナギのバイオマスと成長速度も桂川が高いことから、森林からの栄養塩供給が基礎生産を高め、ニホンウナギの高バイオマス・高成長につながっていることが示唆された。

## 4. 地域振興策への展開

ニホンウナギは古来より食用として親しまれており、農林水産循環の象徴的な水産物として注目される。本研究の対象地域では、河川下流・河口域において伝統的に石倉漁でニホンウナギを漁獲している。石倉は大型魚を捕獲するという本来の目的だけでなく、餌生物を培養し、若齢魚に生育場を提供する機能も有している。つまり、石倉漁は、ニホンウナギ資源を保護しつつ、漁業資源と住民をつなぐ地域文化の一環としての役割も果たしている。世界的にも注目を集めるニホンウナギと地域の伝統療法である石倉漁に着目することで、世界農業遺産を基盤とした地域振興に新たな展望を拓きことが期待される。

## 文 献

- 1) 橋口峻也. 国東半島河川の流域特性が河川水質に及ぼす影響. 平成 26 年度京都大学卒業論文 2015.
- 2) 平成 29 年度日本水産学会春季大会講演要旨集 2017 : 10.

