

# 佐賀県有明海干潟における天然種苗を用いた干潟カキ養殖試験

豊福太樹・野口浩介

## Intertidal Oyster Culture using Natural Spat in Ariake sea of Saga Prefecture

Taiju TOYOFUKU and Kohsuke NOGUCHI

Single-seed culture technique serves high quality oysters. This culture is gradually expanding throughout Japan but has yet been introduced in Ariake sea of Saga Prefecture. This study aimed to clarify the settlement season and species composition of natural spat collection and investigate growth and fatness of them in the intertidal area. Spat settlement was first observed at 20°C or higher and increased around 25°C. PCR-RPLP identified all of forty specimens as *Crassostrea gigas*. The culture experiment during the period of August 2019 to February 2020 showed that the average and maximum weight were  $21.4 \pm 5.0$  g and 41.5 g, respectively, and that the rate of market weight of over 40 g was so low. The valves were oval to round shape and the fatness measurements were so high from 35.9 to 36.6%. Though the results suggested that the single-seed culture in this place is possible to product high quality oysters, further studies are required to efficiently enhance the grow faster.

佐賀県有明海に面する太良町糸岐地区では、主に干潟を利用した支柱式ノリ養殖や、サルボウ、アサリなどの二枚貝漁業が営まれている。しかしながら、当該地区のノリ養殖漁場では、赤潮による栄養塩の低下によって色落ち被害が発生するうえ<sup>1)</sup>、夏季の台風や低塩分、冬季の波浪等によって二枚貝資源が減少し<sup>2)</sup>、漁家経営は大変厳しいものとなっている。

このような中、夏場の高水温や低塩分に強い耐性を持つカキは<sup>3)</sup>、当海域において非常に有望な養殖対象種と考えられる。既に太良町から鹿島市にかけての西南部地区では、地先環境に適したカキ養殖の取組が行われ、太良町大浦地先では筏式養殖<sup>4)</sup>、鹿島市地先ではノリ養殖と併用したカキ養殖の試み<sup>5)</sup>が、他県産カキ種苗を用いて行われている。また、本海域の干潟にはマガキ、シカメガキ、スミノエガキの3種が生息しており<sup>6)</sup>、これら地場産の成貝を用いた延縄式養殖では、身入り向上による天然物との差別化によって、安定した収益を上げている（未発表）。

近年、干潟上でカキ養殖を行う新しい技術が海外から導入され、既に近隣県でも取組事例が報告されている<sup>7-9)</sup>。本手法は、クペル等の採苗器で稚貝を採苗した後、干潟上の施設に専用の養殖カゴを垂下し、干出を与えながら養殖する。本手法で生産されるカキは、殻の形状が良く、身の品質も良いことから市場での評

価が高く<sup>8)</sup>、他のカキとの差別化が期待される。

糸岐地区は広大な干潟が存在するため、干潟カキ養殖に適した環境と考えられる。また、有明海湾奥部では先に述べた3種のカキ種苗の採苗が可能とされており<sup>10)</sup>、地場産種苗を用いることは、種苗購入費用の削減や他県の生産不良に左右されないメリットがある。そこで本研究では、糸岐地区における干潟カキ養殖の有効性を検証するため、同干潟における天然種苗の採苗時期や、採苗される種苗の種組成およびそれらを用いた干潟カゴ養殖について試験を行った。

### 材料と方法

#### 天然採苗試験

2019年6月3日～8月5日および2020年5月8日～7月9日にかけて、図1に示す佐賀県藤津郡太良町糸岐川河口干潟で採苗試験を行った。方法は、図2に示すフランス式クペル20枚を1組にした採苗器1基を、地盤高2.0 mの同干潟の転石帯に置き、両端の金属杭を地盤に差し込み固定した。カキ付着数の確認は、月2回の大潮毎に3～5枚のクペルを無作為に回収し、クペル両面に付着したカキを計数し、設置日数から一日当たりの付着数を算出した。カキの付着が初認されてからは、調査日ごとに新しい採苗器と交換した。試験期間中の水温は、隣接する太良町大浦地区のカキ養殖筏の表層下0.5 mの1

時間ごとのロガー測定値を日平均に換算して使用した。



図1 試験漁



図2 クベル採苗器

### PCR-RFLP法による種同定

2019年7月18日～8月5日および2020年6月25日～7月8日に図1の漁場で天然採苗した後、後述する養殖試験と同様の方法で育成した40個体のカキと、2019年8月6日に太良町大浦地先で採集した地カキ10個を、PCR-RFLP法を用いて種同定した。まず各個体の閉殻筋を100%エタノール中で常温保存した後、20～25 mg/個を秤量して分析用検体とした。DNA抽出は、DNeasy Blood & Tissue Kit (QIAGEN 製)を用い、抽出した。DNAの濃度はQubit アッセイ蛍光光度計 (Thermo Fisher Scientific製)で測定し100 ng/μlに調整した。

PCRは飯塚ら<sup>11)</sup>の方法に従い、約530 bp のミトコンドリアDNAの16SリボソームRNA 遺伝子領域部分を増幅した。試薬組成は表1に示すとおりで、DNAポリメラーゼはTaKaRa Taq (タカラバイオ製)、プライマーセッ

トはFw primer (5'-CGC CTG TTT ATC AAA AAC AT-3') およびRv primer (5'-CCG GTC TGA ACT CAG ATC ACG T-3')を用い、増幅条件は既報<sup>11)</sup>のとおりとした。増幅後のPCR産物は、制限酵素AluIとDdeI (タカラバイオ製)を表2の組成で調整し、37°Cで2時間インキュベートした。反応後の産物は、DNA発色試薬Safe DNA gel stain (Invitrogen製)を用いた2%アガロースゲルで電気泳動し、得られた最大バンドサイズから種同定した。なお、反応後に得られる有明海産カキ3種の最大バンドサイズは、マガキ357 bp, スミノエガキ305 bp, シカメガキ216 bpである<sup>11)</sup>。また、マガキについては太良町大浦地区で垂下養殖されていた宮城県産マガキをポジティブコントロール (PC) とした。

表1 PCR反応試薬組成

| 試薬                       | 量    |
|--------------------------|------|
| Taq DNA Poly (5 U/μl)    | 0.25 |
| 10×Buffer                | 5    |
| dNTP (2.5 μM)            | 4    |
| Fw primer (100 pmol/μl)  | 0.5  |
| Rv primer (100 pmol/μl)  | 0.5  |
| DNA template (100 ng/μl) | 0.25 |
| DW                       | 39.5 |
| 合計                       | 50   |
|                          | (μl) |

表2 制限酵素処理試薬組成

| 試薬             | 量    |
|----------------|------|
| PCR product    | 5    |
| AluI (10 U/μl) | 0.25 |
| DdeI (10 U/μl) | 0.25 |
| 10× buffer     | 1    |
| 0.1%BSA        | 1    |
| DW             | 2.5  |
| 合計             | 10   |
|                | (μl) |

### 干潟カゴ養殖試験

糸岐川河口干潟におけるカゴ養殖カキの成長および身入りを把握するため、2019年8月5日～2020年2月26日にかけて養殖試験を行った。養殖施設は、図1の地盤高1.7 mの同干潟上に、2.4 m間隔でノリ養殖用合成支柱を計4本打ち込み、各支柱間には養殖カゴ垂下用のワイヤーを通し両端を固定した(図3)。養殖カゴは目合3～20 mmのバスケット (SEAPAジャパン製)を使用した。本試験地の試験期間中の干出時間は、当県が潮位基準としている六角川観測塔の予測値から推定した結果、平均3時間50分/日であった。

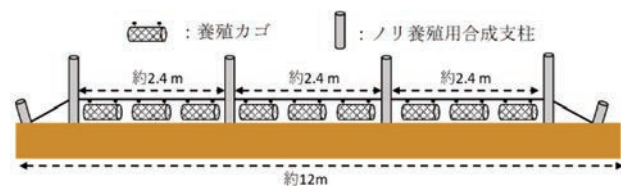


図3 養殖施設

試験区は、採苗試験と同様の方法で得た0.01~0.87 g (平均0.17 ± 0.27 g) の種苗を用いた採苗区、太良町大浦地先で採集した殻付き重量18.0~50.0 g (平均26.1 ± 8.1 g) の地カキを用いた地カキ区の2区を設けた。採苗区は、2019年8月5日に約80枚のクペルに付着していた稚貝を、現場海水で満たしたバケツ内で徒手により剥離し、目合3 mmカゴ計3個に約5千個/カゴの密度で収容した。地カキ区は、2019年8月6日に採集した個体を目合20 mmカゴ計3個に約2 kg/カゴの密度で収容した。両試験区ともに2019年8月5~6日に試験を開始し、1~2回/月の頻度で順次目合の大きいカゴに入れ替えを行うとともに、採苗区では小型個体を振るい落として密度調整を行った。なお、収容密度はカゴ容量の3分の1を超えない範囲とした。

カキの測定は1回/月の大潮干潮時に、10~30個体を無作為に取り出し、殻付き重量を測定した。1月以降は柔体部湿重量を測定し、身入り度(柔体部湿重量/殻付き重量) × 100% を算出した。なお2019年9~10月にかけて、試験中のカキにフジツボや新たな稚カキが多数付着したため、11月13日以降の採苗区では付着物を剥離した除去区、剥離しなかった未除去区を各1例設けて試験を継続した。

### 統計処理

統計ソフトR (Ver 3.6.1) を用いて、採苗除去区と未除去区の殻付き重量および身入りの平均値について、F検定で等分散性を確認した後にStudent' t検定を行った。

## 結果

### 天然採苗試験

2019年度の試験期間中、水温は緩やかに上昇し、6月10日に23℃台、7月6日に25℃台となった。稚貝の付着は、6月6~19日(22.2~23.6℃)までは全く確認されなかったが、6月20日~7月3日(23.6~24.7℃)の14日間の設置期間に、クペル1枚当たり6.5個/日の付着が初認された(図4)。その後、安定して25℃以上に達した7月17日~8月5日に8.5個/日と増加した。なお、試験期間を通じてフジツボ等の生物は付着しなかった。

2020年度の水温上昇は2019年度と比較すると早く、5月15日に20℃台、6月8日に23℃台、6月16日に25℃台と

なった。稚貝の付着は、5月8~22日(18.9~21.5℃)までは全く確認されなかったが、5月23日~6月8日(20.7~23.5℃)に、4.5個/日の付着が初認された(図4)。その後、6月25日~7月8日(23.1~25.7℃)には28.6個/日と急激に増加した。2020年度は、試験期間を通じて多数のフジツボが付着した。

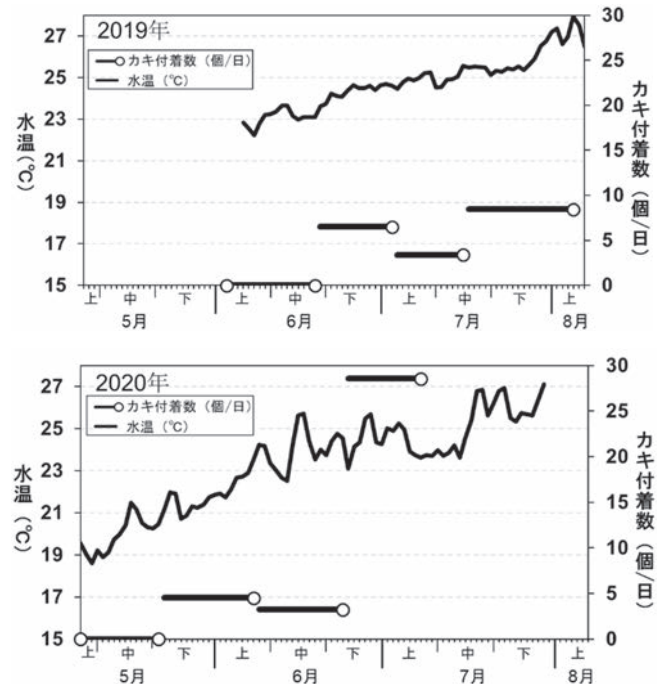


図4 採苗数の推移

### 天然種苗の種組成

糸岐川河口干潟で採苗した40個体および大浦地先で採集した地カキ10個体をPCR-RFLP法で種同定した結果、いずれの検体も約360 bpのマガキのポジティブコントロールと同じ切断パターンバンドが得られ、すべての検体がマガキであることが確認された(図5、表3)。

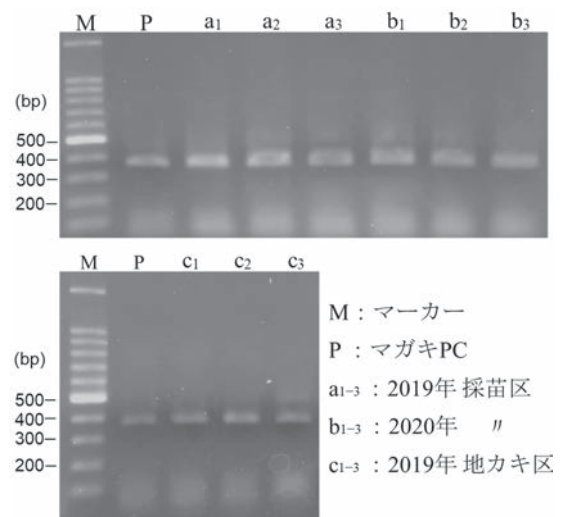


図5 PCR-RFLP法の電気泳動像



表3 天然採苗カキおよび地カキの種組成

| 年度     | 検体         | マガキ | シカメガキ | スミノエガキ |
|--------|------------|-----|-------|--------|
| 2019年度 | 大浦地先 地カキ   | 10  | 0     | 0      |
| "      | 糸岐川河口干潟 採苗 | 20  | 0     | 0      |
| 2020年度 | "          | 20  | 0     | 0      |

(個)

### 養殖試験の成長および身入り

採苗区は2019年8月5日の試験開始から11月13日までの100日間は緩やかな成長を示し、日間増重量は0.09～0.12 g/日、殻付き重量は10.9±2.8 gとなった(図6)。地カキ区は、8月5日～9月17日に一定の成長を示したが、その後は停滞した。また同期間に、両区ともフジツボや新たな稚カキが養殖カゴと養殖カキに大量に付着したためカゴ替えを行ったが、養殖カキに付着した付着物はその後も脱落することはなかった。特に地カキ区は、剥離除去が困難なほど大量に付着したことから試験を終了した。

採苗区については、11月13日に付着物を剥離した除去区、剥離しなかった未除去区に分けて試験を継続した結果、2019年12月12日～2020年1月15日にかけての日間増重量は、それぞれ0.12 g/日と0.02g/日、殻付き重量は16.4±4.7 gと11.9±2.4 gとなり、除去区は未除去区に対して有意に成長した( $p < 0.05$ )。2月26日の試験終了時では、試験区間で有意な差はみられなかったが( $p > 0.05$ )、除去区と未除去区の平均重量はそれぞれ21.4 ± 5.0 gと16.9 ± 7.9 g、最大サイズは41.5 gと35.9 gで、いずれも除去区の方が大きかった。また、一般的な製品規格である40 g以上の割合は、除去区、未除去区でそれぞれ5.6%と0%であった。

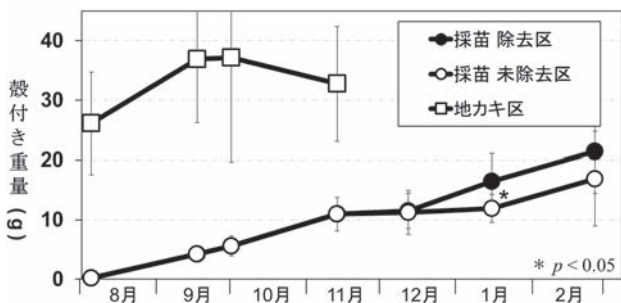


図6 殻付き重量の推移

生残状況は、平均重量が5 g以上に達した10月1日の目視調査で、およそ90%以上が生残しており、その後の調査でも除去区、未除去区ともに斃死個体はほとんど観察

されなかった。

1月の身入り度は、除去区、未除去区でそれぞれ32.9 ± 3.5%と32.8 ± 2.7%、2月は35.9 ± 5.0%と36.6 ± 3.2%で、両区とも2月の方が良かった。また、両月ともに試験区間で有意な差は見られなかった( $p > 0.05$ )。試験終了時のカキの形状は、除去区では丸みを帯びて表面も良く研磨されていたのに対し、未除去区では試験終了時まで付着した付着物によって殻表面は研磨されず、除去区と比べて不均整な形状であった(図7)。

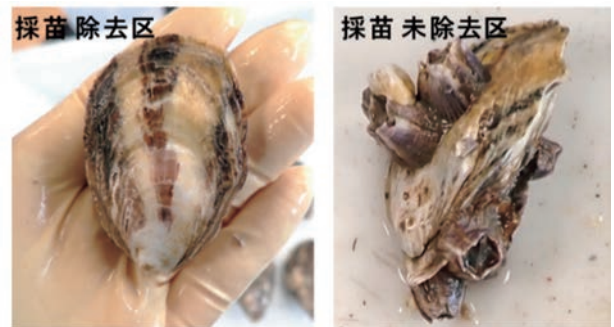


図7 採苗区の殻形状

### 考察

2019, 2020年に太良町糸岐川河口干潟で採苗したカキと大浦地先の地カキをPCR-RFLP法で種同定した結果、すべての検体がマガキであった。Hedgecockら<sup>6)</sup>の報告でも、有明海西岸から湾口部にかけてはマガキが優先するとされており、本結果も既報と一致する結果となった。ただ、シカメガキは試験地と隣接する多良川河口では確認されており<sup>6)</sup>、試験地ではわずかながらスミノエガキの生息も確認している(未発表)。八代海のシカメガキ<sup>12)</sup>及び有明海のスミノエガキ<sup>13)</sup>の産卵期は、一部マガキと重なっているため、年度や採苗時期によっては他2種が混入する可能性も考えられる。ただ、本試験から採苗主体はマガキとなる可能性が高いため、当該地区で養殖を行う場合、マガキの産卵時期や成長特性に合わせた採苗、養殖が適すると考えられた。

採苗試験では、2019, 2020年ともに20°C以上で稚貝の付着が初認され、25°C付近で採苗数が増加した。一般的にマガキの産卵は、水温上昇や塩分低下が刺激とされ、好適水温は23～30°Cで、最盛期は25°C以上と言われている<sup>14)</sup>。本試験では浮遊幼生調査をしていないが、2019年度は6月4～7日に試験地上流の嬉野で10.0～19.5 mm/日の降雨があり<sup>15)</sup>、6月10日には産卵好適水温の23°Cに達

したことで産卵が誘発され、6月20日～7月3日の初認に寄与した可能性が考えられた。一方、2020年度は5月14日までは20℃以下であったが、5月13～17日の期間に2.4℃上昇し、5月15～18日には24.5～52 mm/日の降雨があった<sup>15)</sup>。この短期間で2℃以上の水温上昇と、10 mm/日以上降雨は、産卵刺激となることが示唆されており<sup>16)</sup>、これらの要因が5月23日～6月8日の初認に寄与した可能性が考えられた。

また付着数の増加時期は、両年度とも25℃付近の水温帯と重なっていた。福岡県豊前海では25℃以上となる7月下旬から8月上旬に着生直前の大型幼生の出現ピークが確認されており<sup>17)</sup>、本研究と同様の結果となっている。このため安定して採苗できるのは25℃以上と考えられるが、一年以内の出荷サイクルの養殖では、初期産卵群を採苗する方が、飼育期間が延び、より大型個体の生産が期待できるため、付着が初認される20℃以前には採苗器を設置することが望ましい。また、2020年度はフジツボの付着も多数みられたことから、定期的に観察を行い、フジツボが優先した場合は剥離除去を行う必要もあるだろう。

天然採苗したマガキを用いて205日間の干潟カゴ養殖試験を行った結果、試験終了時の2月下旬には、付着物除去区で平均21.4 ± 5.0 g、最大41.5 gに達し、殻の形状と身入りともに優れたカキが生産された。特に身入り度は35.9～36.6%で、周辺海域の垂下養殖マガキ<sup>4)</sup>よりも高い値であった。ただ、他県の干潟養殖マガキの出荷サイズ40～45 g<sup>7)</sup>と比較すると小さく、製品規格に達した割合もわずかで、成長性に課題がみられた。この要因として、有明海産マガキの成長特性、付着物による成長阻害、干出時間の3つの要因が考えられた。

養殖試験で用いたカキはいずれも地場産マガキであったが、九州産のマガキは宮城県産と比較して成長が遅いため<sup>16)</sup>、先進県では選抜育種や早期採卵による人工種苗を用いることで、製品規格の割合を高めている<sup>7,18)</sup>。ただ、こうしたシングルシード人工種苗は高価であるため、安定して採苗可能な海域では、天然種苗の活用がコスト削減の観点から望ましい。本試験のように、天然採苗を用いても40 g以上の個体が一定数生産可能であるため、今後は十分量の天然種苗数を確保し、その後の養殖におけるサイズ選別を頻繁に行い、大個体を選別養殖

することが重要と考えられた。

付着物については、採苗区、地カキ区のいずれにおいても夏季にフジツボや新規の稚カキの付着がみられた。特に地カキ区は、剥離困難なほどの大量の付着物に覆われ、養殖自体が困難であった。採苗区では地カキ区ほどの付着はみられなかったため、11月に付着物を剥離した除去区と未除去区に分けて試験した結果、試験終了2月の平均重量は除去区の方が大きく、付着物が成長阻害要因の一つと考えられた。通常、干潟カゴ養殖では、潮流によってカゴが振られて内部のカキが転がるため、付着物が付きにくいと言われている<sup>9)</sup>。本試験で用いた地カキは、形状が不定の長方形であったため、カゴ内でカキが転がりにくく、結果として大量の付着物が付着したと考えられた。採苗区で付着物がみられた理由は特定できていないが、今後の対策として、養殖管理におけるカゴ替えの頻度を増やすことや試験地の流向を詳細に把握し、カゴ自体の動きを促すことが必要と考えられた。

干出時間については、本試験地の地盤高1.7 mの干出時間は平均約3時間50分/日と推定された。一般的に干潟養殖では、干出やカゴの動きにともなう摂餌時間の低下によってサイズは小型となる<sup>7,8)</sup>。そのため、仮に養殖場所を地盤高1.5 mとした場合、干出時間は一日当たり約1.0時間、試験期間全体では200時間程度短くなるため、本試験よりも高成長が期待される。今後、養殖場所については、実施漁業者の作業性や他漁業への支障等も配慮しながら、より低地盤での養殖を検討することも必要と考えられた。

本研究を概括すると、太良町糸岐川河口干潟では、20℃以上で稚貝の付着が初認され、25℃付近で増加した。また、同干潟で採苗される個体すべてがマガキであった。これら天然種苗を用いた干潟カゴ養殖試験では、付着物を除去した区で成長が優れたものの、40 g以上の個体割合は5.6%と少なかった。しかしながら、殻の形状は良く、身入り度も35.9～36.6%と高かったため、より大型の個体割合を増やすことができれば、当該地区において有望な養殖手法になると期待された。一方、地カキの利用は付着物の多さから、本養殖手法には不向きと考えられた。今後は、天然採苗種苗の利用を主として、養殖管理中の大サイズ選抜や試験地の流向の把握、低地盤漁場での養殖について検証する必要がある。

## 文献

- 1) 三根崇幸・増田裕二 (2017) : 平成26年度佐賀県有明海におけるノリ養殖の概要, 佐賀有明水振セ研報28, 135-141.
- 2) 神崎博幸・佃政則・津城啓子 (2017) : 多良川及び糸岐川河口干潟におけるアサリの個体群動態, 佐賀有明水振セ研報28, 73-79.
- 3) 日本水産資源保護協会 (2004) : 我が国の水産業 かき, 1-15.
- 4) 古川泰久・中牟田弘典 (2014) : 佐賀県有明海大地先における養殖マガキの育成状況, 佐賀有明水振セ研報27, 35-43.
- 5) 増田裕二・中牟田弘典・古川泰久・吉里敬祐 (2019) : 干潟およびノリ養殖施設を利用したカキ養殖の試み, 佐賀有明水振セ研報29, 62-65.
- 6) D. Hedgecock, G. Li M, A. Banks, Z. Kain (1999) : Occurrence of Kumamoto oyster *Crassostrea sikamea* in the Ariake Sea, Japan. *Mar Biol*, 133, 65-68.
- 7) 柳田いずみ (2019) : 大分県中津 : 国内干潟カキ養殖の先駆け「ひがた美人」, 月刊養殖ビジネス56 (5), 32-34.
- 8) 吉本剛宏 (2019) : シングルシードによる“日本式”バスケット養殖の普及, 月刊養殖ビジネス56 (5), 9-13.
- 9) 吉本剛宏 (2020) : 環境を活かしたバスケット養殖と華漣ブランドによる差別化, 月刊養殖ビジネス57 (9), 73-74.
- 10) 伊藤輝昭・松本昌大 (2013) : 有明海における有用カキ3種の分布と採苗に関する研究. 福岡水海技セ研報23, 47-51.
- 11) 飯塚祐輔・荒西太士 (2008) : 九州に分布するイタボガキ科カキ類DNA鑑定. *LAGUNA (汽水域研究)* 15, 69-76.
- 12) 永田大生 (2017) : シカメガキ (クマモト・オイスター) の生産と選抜育種に関する研究. 熊本水研センター研究報告10, 1-111.
- 13) 田中彌太郎 (1954) : 有明海産重要二枚貝の産卵期 II スミノエガキ及びマガキについて. *日本水産学会誌*, 19 (12), 1161-1164.
- 14) 宮城県 (1986) : 種ガキ種苗の確保. 宮城県の伝統的漁具漁法VII. 採苗技術, 26-42.
- 15) 気象庁 : 過去の気象データ検索.  
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 16) 内藤剛・後川龍男 (2016) : 筑前海におけるマガキ天然採苗技術の開発に関する研究. 福岡水海技セ研報26, 73-81.
- 17) 佐藤利幸・俵積田貴彦・野副滉 (2018) : 豊前海におけるマガキ浮遊幼生の出現動向. *福岡水海技セ研報28*, 13-17.
- 18) 岩永俊介 (2017) : シングルシード (一粒種マガキ) の生産工程モデルの開発. 長崎県漁業協組合連合会漁連だより (2017.3)