

## 鳥羽志摩海域におけるマガキの天然採苗の試み

館 洋・畑 直亜・齊藤洋一\*<sup>1</sup>・岩尾豊紀\*<sup>1</sup>

An attempt to collect the natural spat of Japanese oyster *Crassostrea gigas*  
in the coast of Toba-Shima, Mie prefecture

HIROSHI TACHI, NAOTSUGU HATA, YOUICHI SAITOU AND TOYOKI IWAO

キーワード：マガキ，天然採苗，鳥羽志摩海域，浮遊幼生

三重県のカキ生産量は約4,500トン(殻つき換算, 2009年)で、全国6位の生産県である(農林水産省 2011)。三重県の養殖マガキは、全国に先駆けて殺菌海水を用いたカキ浄化法を導入するなどの安全品質に対する取り組みが行われていることや、通常出荷まで2～3年かかるところを1年で出荷できるようになる生育のよさが特徴となっている(三重県 1997)。近年では三重県におけるマガキの主要産地である鳥羽市浦村町で焼き牡蠣小屋が建ち並び、多くの観光客でにぎわっている。三重県における天然採苗は紀北町の白石湖や英虞湾の一部で行われているが、マガキ養殖の主要産地である鳥羽志摩海域の生浦湾、および的矢湾では、種苗のほとんどを宮城県の万石浦や松島湾から購入している。しかし、2011年3月に東日本をおそった大震災により、種苗供給地である宮城県が被災したため、例年通り種苗の購入ができるか不明となり、県内の養殖海域で天然採苗を行うこととなった。

マガキの産卵は水温が20℃を超えた頃から始まり、25℃前後で最盛期になると言われる(宮城県 1986)。そのため、通常採苗は7～8月に行われ、この間、カキ稚貝の付着ピークが1～数回ある(小笠原ら 1980)。また、産卵を誘発する要因は、塩分や日射量、海水の流れなどにもよるが、急激な水温上昇が最も大きな要因と言われる(広島県 1985, 小笠原ら 1980)。カキの幼生は2～4週間、浮遊生活を送った後付着するが(広島県 1985)、幼生の遊泳力は弱く、潮流や風波などにより容易に運ばれていく(平田 2008)。そのため、天然採苗は通常、閉鎖性が強く、幼生が流出しにくい海域で行われる(広島県 1985, 小笠原ら 1980)。しかし、三重県における養殖マガキの主要産地では、比較的開放的で潮通しの良い海域で養殖が行われていることが多く、これらの海域では、容易に採苗できないことが予想された。そこで、我々は

天然採苗に適した場所と時期を判断するため、水質調査、親貝の成熟度調査、浮遊幼生調査、および採苗器に付着した稚貝数を計測する種見調査の4つの調査を2011年、2012年に実施した。

### 材料および方法

2011年は5月～9月にかけて、鳥羽海域、浦村海域、および的矢海域で、2012年は6月～8月にかけて鳥羽海域、および浦村海域で調査を実施した(Fig.1)。なお、鳥羽海域は鳥羽市水産研究所が、浦村海域、的矢海域は三重県水産研究所、伊勢農林水産商工環境事務所、および水産総合研究センター増養殖研究所が共同で調査を実施した。

#### 1. 水質調査

2011年調査では、5月24日～9月7日の間、2012年調査では、6月4日～8月30日の間、週1回～5回の頻度で実施した。調査地点はFig.1に示すとおりで、カキ養殖が行われている海域内から、偏りがないように選定し、2011年の調査では、鳥羽海域8地点、浦村海域10地点、および的矢海域5地点の計23地点とした。2012年調査は鳥羽海域4地点、浦村海域3地点の計7地点で実施した。鳥羽海域では、各調査地点において、カキ養殖の垂下水深のほぼ中央となる水深2mの水温、塩分、溶存酸素を多項目水質計(YSI Nanotech社, 85型)にて測定した。また、浦村海域、的矢海域では、各調査地点において、水温、塩分、溶存酸素、クロロフィルを多項目水質計(Hydrolab社, DS5s型)にて表層からB-1m層までを1m間隔で鉛直測定した。なお、調査は浮遊幼生調査時に併せて実施した。

\*<sup>1</sup> 鳥羽市水産研究所

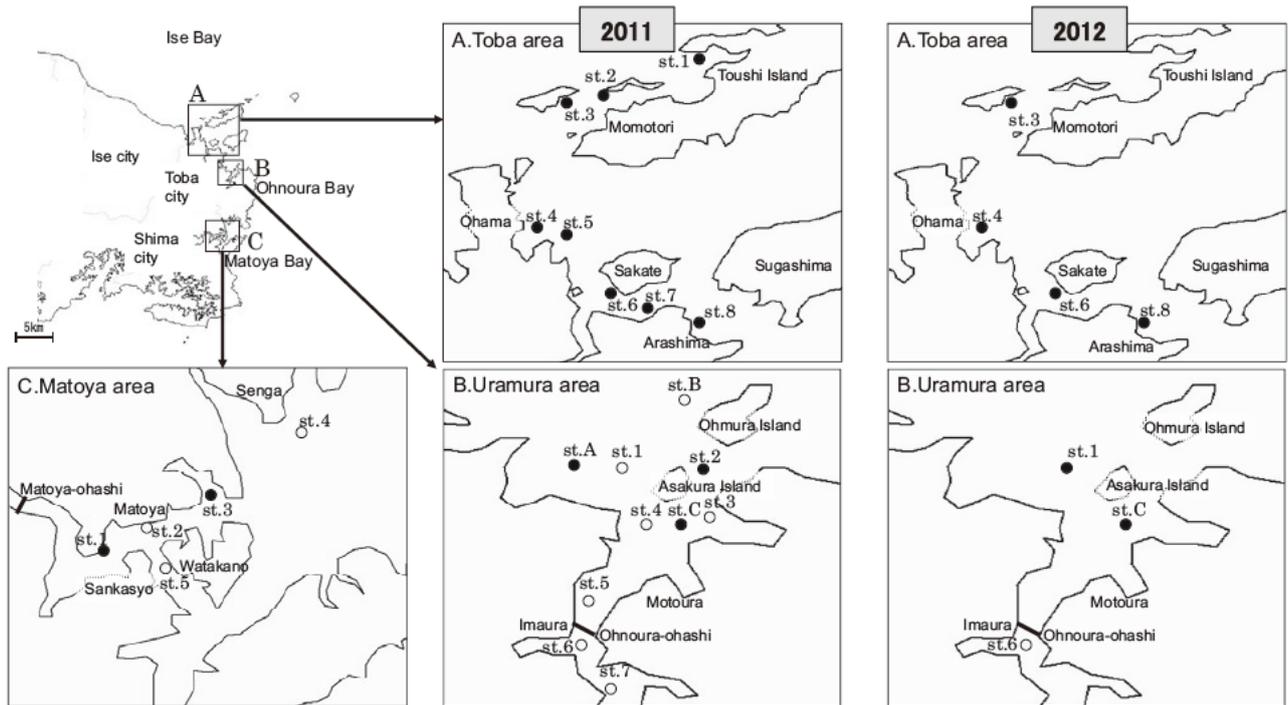


Fig. 1. Sampling stations of planktonic larvae and spats (newly settled juveniles) of the Japanese oyster in Toba, Uramura and Matoya areas (open and closed circle). Closed circle : Stations for sampling spats daily.

## 2. 成熟度調査

浦村海域、および的矢海域で、2011年5月16日～8月31日に週1回の頻度で実施した。調査地点は、筏の移動による環境変化を避けるため、調査期間中に移動が行われないことが確認できた浦村海域のSt.5、および的矢海域のSt.1とし、各地点の水深1～2mに垂下された二年貝の養殖マガキ各30個体を調査に用いた。成熟度はマガキの軟体部中央の縦断面で切断して、軟体部の断面長(A)と消化盲の断面長(B)を計測し、以下の式より算出した(宮城県1986)。

$$\text{成熟度 (\%)} = (A - B) \div A \times 100$$

## 3. 浮遊幼生調査

水質調査と同じ調査期間、調査地点で実施した。各調査地点で北原式プランクトンネット(口径:22.5cm,目合い:72 $\mu$ m)を水深5mから表層まで1回鉛直曳きし、ネット内に残ったプランクトン懸濁海水を容器に移して、エタノール終濃度が10%以上となるように99%エタノールを入れて固定した。これを実験室に持ち帰った後、時計皿によりカキ幼生を含む比重の高いプランクトンを分離し、ピペットで画線スライドにのせて、顕微鏡下でカキ類の幼生を識別しながら(田中1980)、サイズ別に計数した(小型幼生:150 $\mu$ m以下,中型幼生:151～210 $\mu$ m,大型幼生:211～270 $\mu$ m,成熟幼生:271 $\mu$ m以上)。なお、小型幼生についてはカキ以外の

二枚貝幼生も区別せずに計数した。

## 4. 種見調査

2011年調査では、6月30日～9月7日に、2012年調査では7月13日～8月30日に実施した。調査頻度は週1～2回で、調査地点は浮遊幼生調査と同様であるが、カキ稚貝の付着数が増加し始めた後は、休日を除く毎日調査を実施した。毎日調査した期間は、2011年調査の鳥羽海域が7月21日～7月29日、浦村、的矢海域が7月21日～8月31日で、2012年調査の鳥羽海域が7月23日～8月14日、浦村海域が7月19日～8月30日であった。また、毎日調査した地点はFig.1のとおり、鳥羽海域では全調査地点、浦村、的矢海域では2～3地点とした。種見調査に使用した調査用コレクターの模式図と、コレクターに付着したカキ稚貝の写真をFig.2に示した。ホタテ貝殻6枚(水深0.5m層3枚・1.5m層3枚)からなる調査用コレクターを、調査地点の筏に取り付けて、次の調査まで垂下した。調査コレクターの取り上げは垂下時と同じ時間帯とし、各層の3枚のホタテ貝殻のうち、中央の貝殻に付着したカキ稚貝、およびフジツボを拡大鏡(20倍)にて計数した。なお、一日あたりのカキ稚貝の付着数が50個/枚以上を採苗可能とし(広島県立水産海洋技術センター2005)、海域ごとの採苗可能日を計数した。

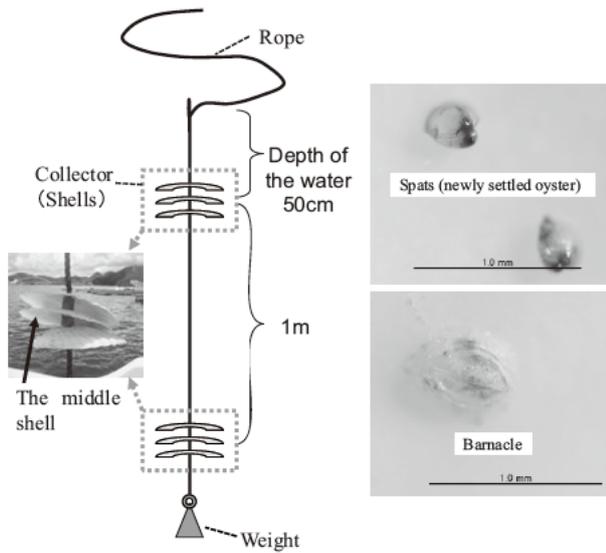


Fig. 2. The design of collector for collecting spats (left). Spats of the Japanese oyster (upper right) and a juvenile barnacle (lower right) settled on the collector. Numbers of spats and barnacle juveniles settled on the middle shell of the collector were counted in the present study.

結果

1. 水質調査

水深 2m における各海域の平均水温と平均塩分の変動を Fig.3 に示した。2011 年調査時の水温は、浦村海域に比べ、的矢海域では 1~3℃ 高めで推移した。また、各海域とも 6 月下旬、7 月初旬、7 月下旬、および 8 月初旬に水温の急激な上下変動が見られた。2012 年調査における鳥羽海域、および浦村海域の水温は、7 月下旬、8 月初旬に急激な上下変動が見られた。塩分は、伊勢湾の湾口に位置する鳥羽海域では浦村・的矢海域に比べ低く推移した。また、図には示していないが、溶存酸素は両年とも、5.0~9.0mg/L で推移し、貝類の生育に悪影響を及ぼすと言われる 3.5mg/L 以下（日本水産資源保護協会 1989）の貧酸素は観測されなかった。また、クロロフィルは、1.0~16.1 μg/L で推移し、カキの生育が阻害されるといわれる 1.0 μg/L 未満の低クロロフィル状態（藤沢 1994）は観測されなかった。

2. 成熟度調査

2011 年調査における成熟度の変動を Fig.4 に示した。成熟度は性成熟の過程で徐々に増加し、放卵放精直後に急激に低下する（松林 1986）。本調査でも成熟度が 10% 以上低下するような大幅な減少が観察された。浦村海域では試験を開始した 5 月 16 日~6 月 15 日までは 30~40% の間で推移したが、6 月 22 日には成熟度は増加して 40% を超えた後、6 月 30 日には 23% まで大幅に低下

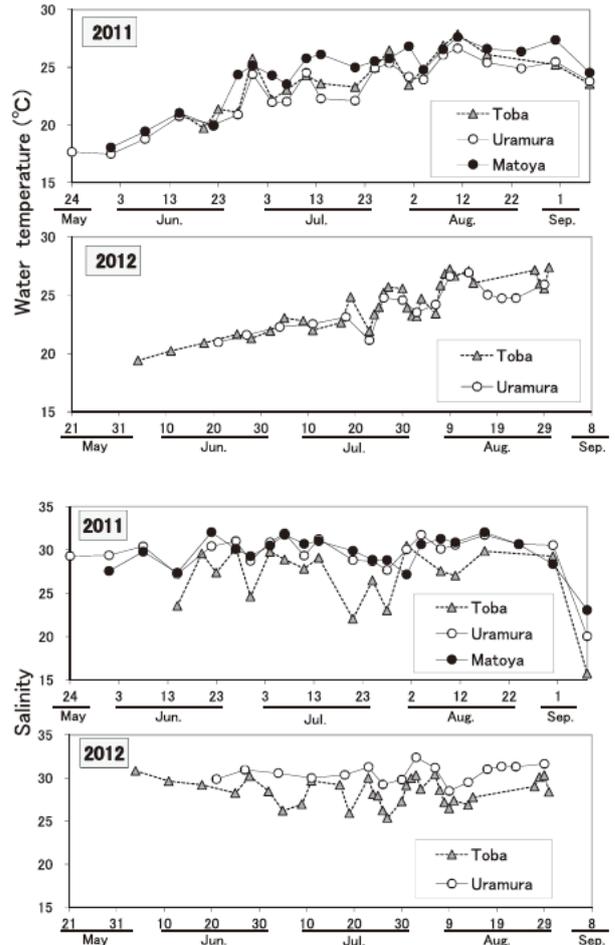


Fig. 3. Changes in seawater temperature and salinity in the 2m layer beneath the surface in Toba, Uramura and Matoya areas. Values indicate the means of all stations of each area in Fig. 1.

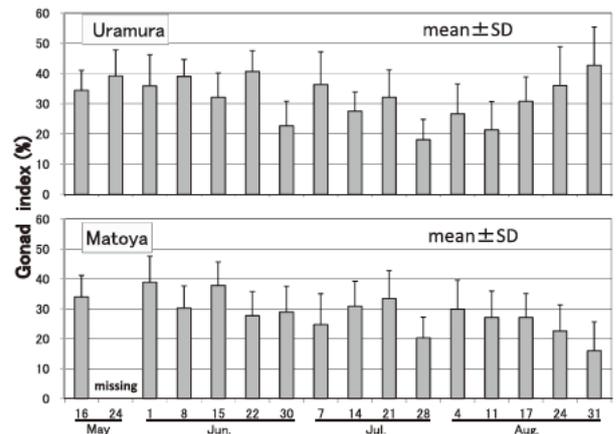


Fig. 4. Changes in gonad indices of adult oysters cultured in Uramura and Matoya areas in 2011. Values indicate the means ± standard deviations.

したことから、この間に産卵したものと推察された。その後は、7 月 7 日に再上昇し、7 月 14 日には低下、7 月 21 日にやや増加し、翌 7 月 28 日に 10% 台まで急減したことから、少なくとも 2 回の産卵があったものと推察さ

れた。8月に入ってからは成熟度の大きな減少は見られず推移した。一方、的矢海域では、浦村海域ほど明確な成熟度の低下は見られなかったが、7月21日～7月28日の間に成熟度が10%以上低下する大幅な減少が見られたことから、産卵があったものと推察された。これらの結果から、両海域とも6月中旬以降、1～数回の産卵があったものと考えられた。

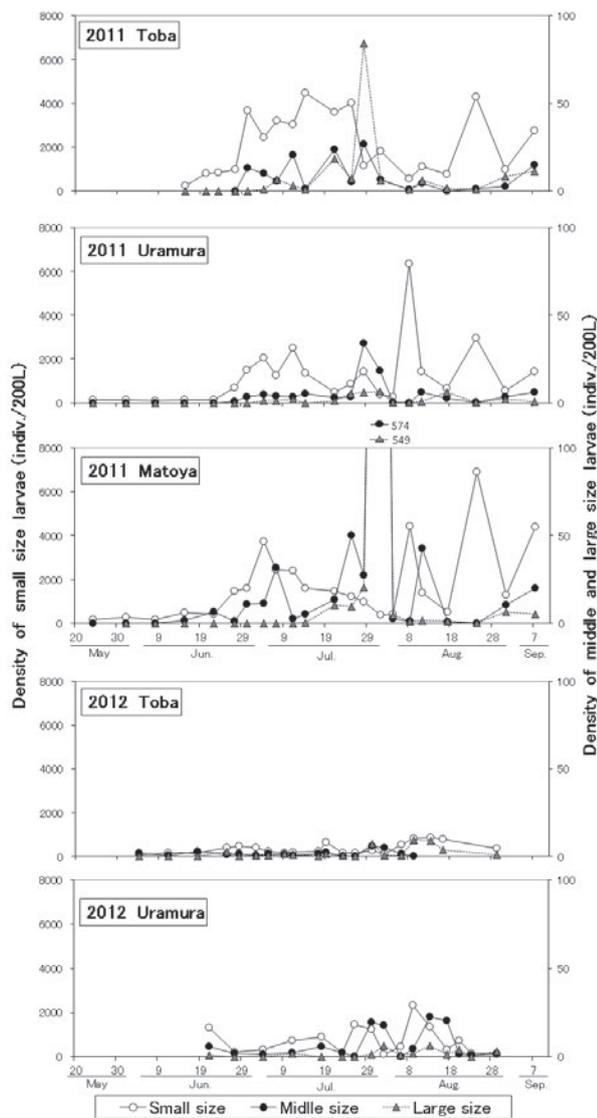


Fig. 5. Changes in densities of larval oysters in Toba, Uramura and Matoya areas. Values indicate the means of all stations of each area in Fig. 1. Small size  $\leq 150 \mu\text{m}$ ,  $151 \mu\text{m} \leq$  middle size  $\leq 210 \mu\text{m}$ ,  $211 \mu\text{m} \leq$  large size  $\leq 270 \mu\text{m}$

### 3. 浮遊幼生調査

鳥羽海域、浦村海域、および的矢海域における浮遊幼生の出現数を Fig.5 に示した。2011 年調査における鳥羽海域では、6月下旬から小型幼生が増加しはじめ、7月末までは数千個/200L レベルで安定して出現した。8月

に入ってからは低レベルで推移したが、8月下旬に再度増加が見られた。一方、中型幼生は6月末から8月初旬にかけて、数回の増加ピークが見られたものの、密度は小型幼生に比べてかなり少なく、数十個/200L レベルであった。また、大型幼生は7月下旬にピークが見られたが、8月以降は低密度で推移した。

浦村海域、および的矢海域でも鳥羽海域と同様、6月下旬から小型幼生が増加しはじめ、7月末までは数千個/200L レベルで推移した。8月以降も小型幼生による数回のピークが見られた。また、浦村海域では、中型幼生のピークは7月下旬の1回のみで、大型幼生は明確なピークは見られなかったのに対して、的矢海域では、中型幼生は数回のピークがあり、特に7月下旬には中型、大型幼生とも 500 個/200L を超える密度が観測された。

2012 年調査では、鳥羽海域で昨年と同様、6月下旬から小型幼生が増加しはじめたが、密度は低く、昨年の1/10 程度となる数百レベルで推移した。8月中旬以降は、やや増加したもののすぐに減少に転じた。中型、大型幼生も昨年に比べて低い密度で推移し、7月末以降にわずかに増加したが、明確なピークは見られなかった。一方、浦村海域では、調査を開始した6月下旬から小型幼生が千個/200L 前後見られ、その後も増減を繰り返して推移した。中型幼生は、7月末と8月初～中旬に増加が見られたが、大型幼生は明らかな増加は見られなかった。

また、後述する種見調査においてカキ稚貝付着数の最大ピーク前1週間において出現した中・大型浮遊幼生の水平分布を Fig.6 に示した。稚貝付着ピーク前には全ての調査地点で中・大型浮遊幼生が出現していた。鳥羽海域では桃取などの離島側より、小浜、安楽島などの本土側で出現数が多い傾向が見られたが、浦村海域では浮遊幼生の出現に、大きな偏りは見られなかった。また、的矢海域では湾口部より湾奥部で出現数が多い傾向が見られた。

### 4. 種見調査

鳥羽海域、浦村海域、および的矢海域における種見調査の結果を Fig.7 に示した。2011 年調査では、鳥羽海域で、7月下旬に3回にわたってカキの付着ピークが見られ、特に7月29日は100 個/枚を超える付着が見られた。また、8月以降も30 個/枚程度の増加が見られた。一方、浦村海域では7月29日からカキの付着数が増加しはじめ、8月1日には140 個/枚の付着が見られたが、その後は急速に減少した。浦村海域での付着のピークはこの1回のみで、その後増加は見られなかった。また、的矢海域では7月25日に付着数の増加が見られ、いっ

たん減少したものの7月30日から再び増加し、8月3日には190個/枚の付着が見られた。その後は急速に減少し、以降は大きな付着ピークは見られなかった。また、的矢海域では他の2海域よりフジツボの付着が多く見られた。採苗の目安となるカキ稚貝の付着数50個/枚以上の日数は、7月21日から7月29日まで毎日調査を行った鳥羽海域で3日間、7月20日から8月31日まで毎日調査を行った浦村海域と的矢海域ではそれぞれ3日間、5日間のごく限られた期間であった。

2012年調査では、鳥羽海域で7月下旬に50個/枚を超える付着が見られ、一旦減少したが、8月7日以降急速に増加し、8月9日には170個/枚の付着が見られたのち減少した。また、2011年調査の鳥羽海域ではフジツボの付着はほとんど見られなかったが、2012年は7月25日から付着数が増加し、観測を中断する8月中旬まで安定して出現した。一方、浦村海域では、種見調査を開始した7月19日からカキ稚貝の付着はごく低水準で推移した。8月8日になってようやく付着の増加が始まり、8月9日に43個/枚まで増加したが、翌日には減少に転じ、その後付着数が増加することはなかった。採苗の目安となる50個/枚以上に該当した日数は鳥羽海域で3日間、浦村海域では該当日はなかった。なお、種見調査は水深0.5mと1.5mのそれぞれで計測したが、付着数やピーク時期に大きな差は見られなかった。

鳥羽海域、浦村海域、および的矢海域におけるカキ稚貝の付着数の水平分布をFig.8に、フジツボの付着数の水平分布をFig.9に示した。2011年調査におけるカキ稚貝の付着数では、鳥羽海域、的矢海域で多く、浦村海域で少ない傾向にあった。2012年調査においても鳥羽海域は浦村海域に比べカキ稚貝の付着数が多い傾向にあり、St.8の安楽島で多かった。また、フジツボの付着数は、2011年調査では、的矢海域や浦村海域の湾奥部で多く、鳥羽海域や浦村海域の麻倉島周辺では少なかったが、2012年調査では、鳥羽海域で多く見られた。これらフジツボの多い海域では、カキ採苗時や採苗後のカキ生育の妨げとなった。

### 考察

2011年に実施した浦村海域、および的矢海域における成熟度調査では、6月中旬から1~数回にわたり成熟度の低下が見られたことから、当海域においてカキの産卵があったものと推測された。また、中型、大型幼生は、6月下旬以降に出現し、7月下旬の的矢海域のように一時的に増加することもあったが、それを除くと数個から数十個/200Lレベルで推移した。また、カキ稚貝の付着は、採苗の目安となる50個/枚以上の付着があった日数は鳥羽海域で3日間、浦村海域で3日間、的矢海域で

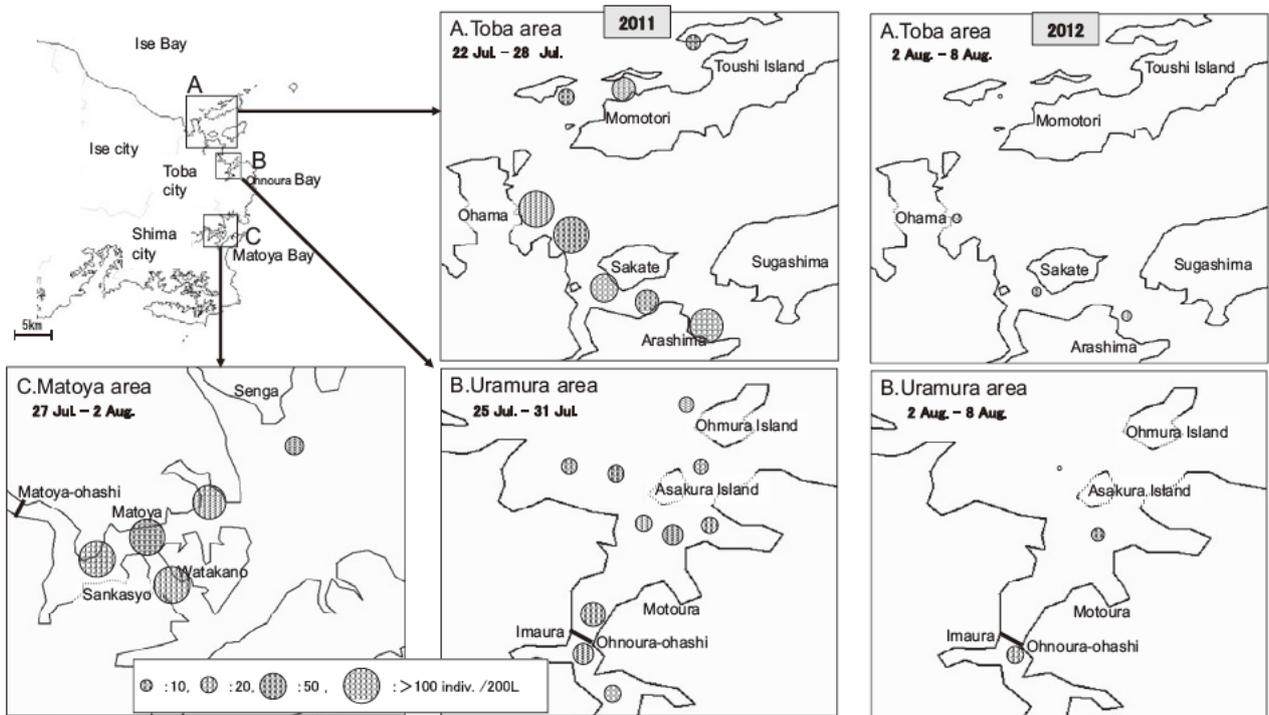


Fig. 6. Distributions of middle and large size larvae of the Japanese oyster in Toba, Uramura and Matoya areas.  $151\mu\text{m} \leq$  middle size  $\leq 210\mu\text{m}$ ,  $211\mu\text{m} \leq$  large size  $\leq 270\mu\text{m}$ . The size of the circles represents the mean density of larvae for each area during one week before the peak of settlement.

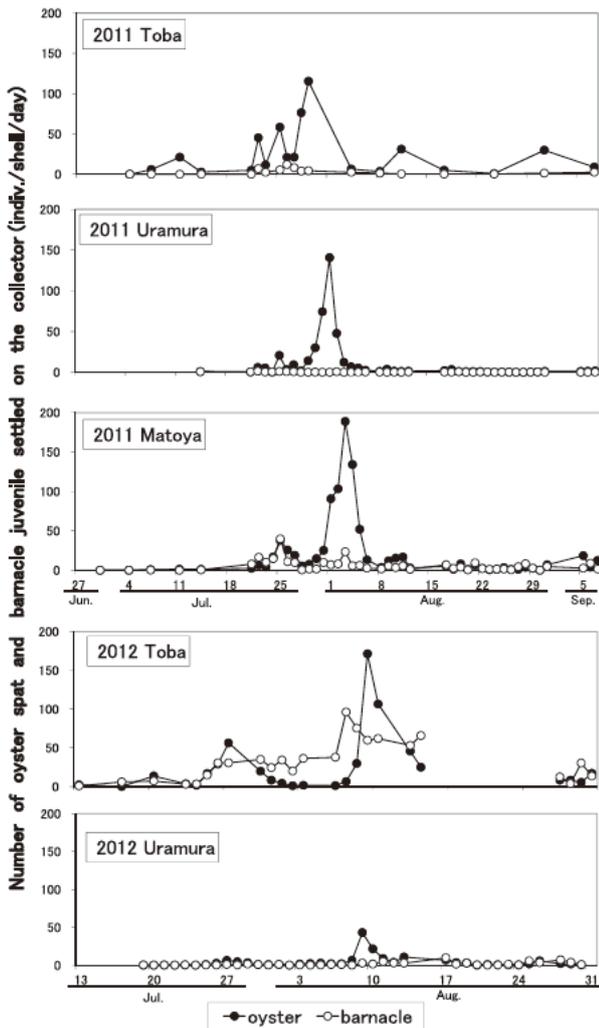


Fig. 7. Changes in numbers of oyster spat and barnacle juveniles settled on the collectors in Toba, Uramura and Matoya areas. Values indicate the means calculated from data from all layers of all stations for each area in Fig. 1.

5日間であった。2012年はカキ稚貝の付着数はさらに少なく、浦村海域では50個/枚以上の付着は見られなかった。これら幼生密度やカキ稚貝の付着数は天然採苗が行われる海域に比べてかなり低いと思われる。例えば、平成22年に行われた広島湾での調査（広島市2012）では、6月下旬から8月末までの平均密度は、中型幼生が311個/200L（最高：1,494個/200L）、大型幼生が64個/200L（最高：246個/200L）であり、種見調査による50個/枚以上の日数は13日間であった。また、2012年に行われた宮城県松島湾の調査（宮城県2012）での同時期における平均密度は、中型幼生が641個/200L（最高：5,960個/200L）、大型幼生が215個/200L（最高：1,646個/200L）で、種見調査による50個/枚以上の付着日数は10日間以上となっている。

これらの代表的な採苗海域に比べ、本調査海域でのカキ幼生数、および稚貝付着数が少ない理由は明確になっ

ていないが、次の2つの可能性が考えられる。一つは産卵数が少ないことである。通常、マガキの養殖期間は2～3年であるが、三重県におけるマガキ養殖期間は1年であり、産卵時期には一年ガキしか養殖されていない。一年ガキは二年ガキに比べ、産卵数は少ないとされており（松林1986）、産卵数が他の採苗海域より少ない可能性がある。もう一つの可能性として潮流による浮遊幼生の流出がある。カキの浮遊幼生は遊泳力が弱く、ほとんど潮流まかせに移動する（平田2009）。2011年調査では7月末から各海域で中、大型幼生の出現数が増加し、稚貝の付着数も増加したが、8月初旬には幼生数も稚貝付着数も大幅に減少している。鳥羽志摩海域では潮通りの良い漁場でカキ養殖が行われていることが多く、浮遊幼生の多くが付着前に湾外に流出している可能性が考えられた。また、幼生や稚貝の付着数が少ないこと以外にも採苗の妨げとなったのがフジツボを主とする付着物であった。的矢湾のように、比較的カキの付着数は多くても、フジツボの付着が多いために、採苗後フジツボに覆われてしまう状況が見られた（Fig.10）。さらに、2011年にはフジツボがほとんど見られなかった鳥羽海域において、2012年にはフジツボが多く出現するなど、出現状況が変動する現象も見られている。これらの結果を合わせて考察すると、当海域で短い付着ピークを逃さずに天然採苗するためには、水質調査や成熟度調査により産卵の有無を確認するとともに、浮遊幼生調査により稚貝の付着時期を予測し、それに基づき綿密な種見調査を実施することが必要と考えられた。また、より安定的に採苗するためには、これらの調査を継続して実施することでデータを蓄積し、より稚貝の付着が多く、より付着物の少ない海域を特定していくことが重要となる。また、採苗器に干出を与えて付着物を防ぎながら採苗したり、幼生の密度は低くてもフジツボなどの付着物が少ない海域では、採苗器の垂下時間を長くして付着稚貝数を増やすなどの、採苗方法の工夫が必要と考えられた。

鳥羽志摩海域におけるマガキの天然採苗の試み

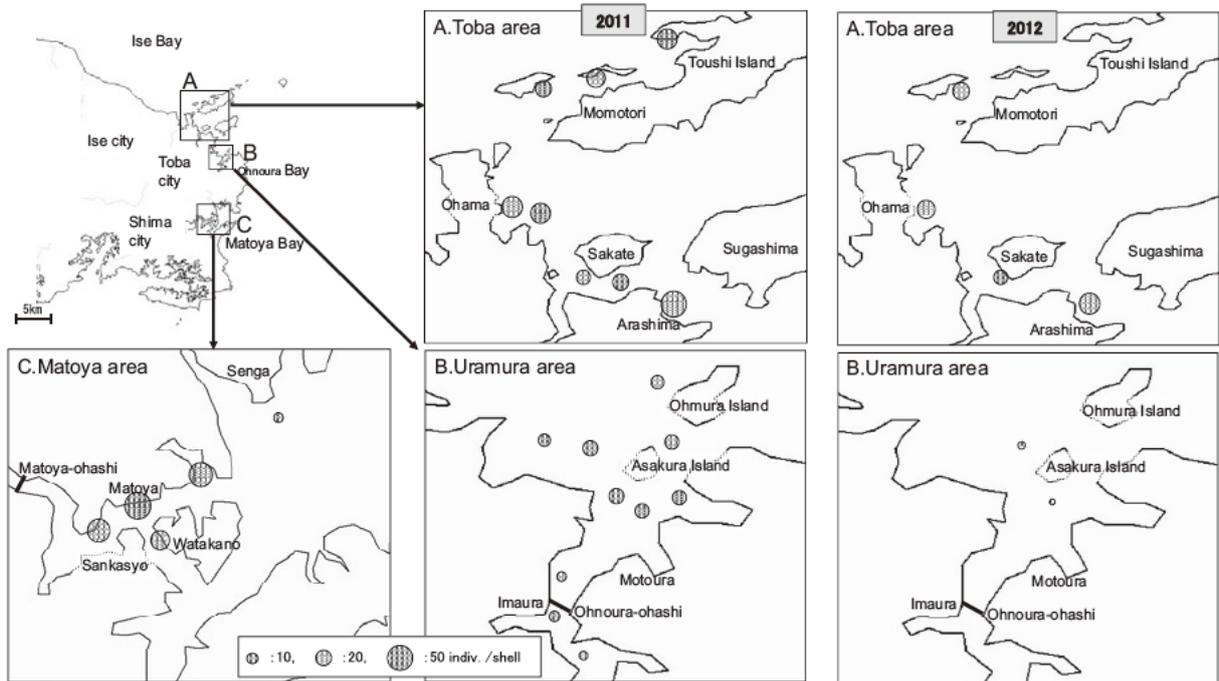


Fig. 8. Numbers of oyster spats settled on the collectors in Toba, Uramura and Matoya areas. The size of circles represents the mean value for each area during the entire period of sampling in each year.

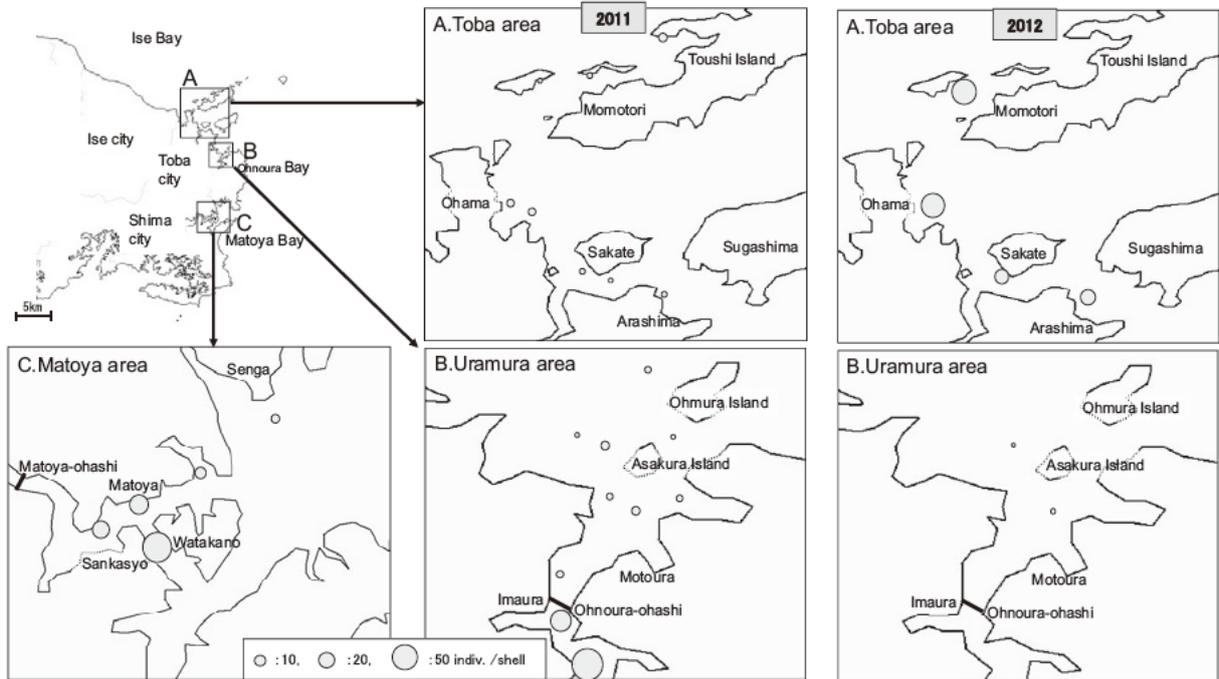


Fig. 9. Numbers of barnacle juveniles settled on the collectors in Toba, Uramura and Matoya areas. The size of circles represents the mean value for each area during the entire period of sampling in each year.

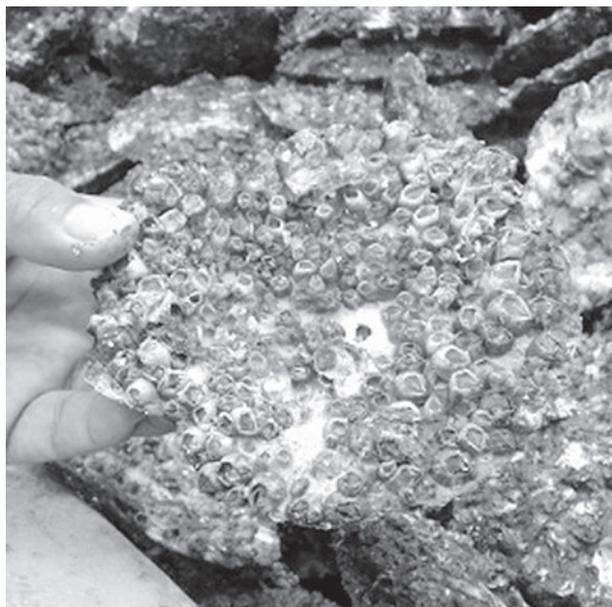


Fig. 10. A collector covered with barnacles.

## 要 約

1. 調査海域で6月から8月にかけてカキの産卵があったものと推察された。
2. 代表的な採苗地に比べ、幼生密度や稚貝付着数は低く、採苗が可能な期間は短かった。
3. フジツボの付着が多い海域では、採苗や採苗後の生育の妨げとなった。
4. 安定的に採苗できる海域の特定や、フジツボ対策を含めた採苗の工夫が必要と考えられた。

## 謝 辞

本調査を実施するにあたり、ご指導いただくとともに浦村海域、的矢海域の調査にご協力いただいた独立行政法人水産総合研究センター増養殖研究所の日向野純也グループ長、及び松本才絵研究員、試験実施について終始ご協力いただいた伊勢農林水産商工環境事務所の久野正博主幹、鳥羽磯部漁業協同組合およびカキ生産者の皆様に厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 農林水産省 (2011) : 平成 21 年漁業・養殖業生産統計年報, 138-152.
- 三重県 (1997) : 南勢志摩の牡蠣養殖, 1-17.
- 宮城県 (1986) : 種ガキ種苗の確保. 宮城県の伝統的漁

具漁法 養殖編.

小笠原義光・猪野 峻 (1980) : 日本の水産 鮑・牡蠣, (社) 全日本水産写真資料協会, 202-222.

広島県 (1985) : カキ採苗の手引き, 1-37.

平田 靖 (2008) : 広島湾のかき採苗不調と小雨の関係. 水産と海洋, 13, 1-2.

田中彌太郎(1980) : 二枚貝類幼生の同定 8. 海洋と生物 9, 2 (4), 289-291.

広島県立水産海洋技術センター (2005) : かき養殖種苗の現状. 広島かき養殖種苗管理のてびき, 1-4.

(社)日本水産資源保護協会 (1989) : 漁場環境容量策定事業報告書.

藤沢邦康 (1994) : 岡山県下のカキ養殖場におけるクロロフィル a の分布. 岡山県水産試験場報告, 10, 152-157.

松林 久行 (1986) : 仙台湾におけるカキ養殖技術の現状. 浅海養殖, 404-414.

広島市 (2012) : カキ採苗調査. 平成 22 年度広島市農林水産センター業務報告書, 30-34.

宮城県 (2012) : 沿岸養殖通報第 1 ~ 16 報. 宮城県水産総合センター HP.

平田 靖 (2009) : 広島湾海水流動モデルによるマガキ幼生の移動と生き残りの推定. 水産と海洋, 14, 1-2.