

島根県水産技術センター研究報告

第7号

2015年3月

島根県沿岸における二枚貝の増養殖に関する研究

勢村 均

# 島根県沿岸における二枚貝の増養殖に関する研究\*

## 目次

緒言	1
1 島根県漁業の変遷	1
2 島根県における養殖業の変遷	2
3 本研究の意義	5
4 本論文の構成と概要	5
第1章 イタヤガイ母貝の成熟促進に関する研究	14
1 イタヤガイ成貝における餌料プランクトンの種および濃度と濾水速度、消化率、同化速度との関係	14
2 投与餌料種による母貝の成熟過程の差異	17
3 飼育水温による成熟の差異	20
4 まとめ	22
第2章 イタヤガイの幼生飼育に関する研究	29
1 イタヤガイ幼生飼育において飼育水中に出現する細菌の数量的変動と幼生に及ぼす影響	30
2 飼育水中の細菌相の動態が幼生の生残および成長に与える影響	32
3 <i>Nannochloropsis</i> sp. の飼育水への添加が幼生の成長や生残に及ぼす影響	35
4 まとめ	37
第3章 イタヤガイ稚貝の天然採苗に関する研究	48
1 隠岐島浦郷湾におけるイタヤガイ母貝集団の造成が天然採苗に及ぼす効果	48
2 まとめ	51
第4章 養殖イワガキの成長と成熟生態に関する研究	58
1 垂下養殖イワガキの成長	58
2 養殖イワガキにおける最初の成熟過程	61
3 まとめ	64
第5章 総括	74
謝辞	77
文献	78
Summary	83
摘要	86
学位論文の基礎となる学術論文	88

\* 本論文は鳥取大学審査学位論文である。

## 緒言

2007 年度後半から、農産物輸出国の天候不順やエネルギー生産のための飼料・食料作物から資源作物への転換が進み、食料穀物の価格高騰が起きている。我が国の食料自給率は約 39% (カロリーベース) であり、先進国の中でも特に低く<sup>1)</sup>、自給率向上のための食料増産の必要性はより高まっている<sup>2)</sup>。食料の自給において 3 大栄養素である炭水化物および脂質については休耕田の復活や油脂性作物の栽培増加により対応可能と予測されるが、タンパク質については四方を海に囲まれた我が国では水産資源に依存せざるを得ない。しかし FAO<sup>3)</sup>によれば、海洋水産資源のうち約 1/2 が満限利用、約 1/4 が過剰利用か枯渇、残りの 1/4 が適度な利用か低・未利用とされている。また最近では原油の高騰が漁業経営を圧迫しており、資源面・経済面から獲る漁業による水産資源の確保は次第に困難になりつつある。

この点、二枚貝の養殖は稚貝を海中に垂下し無給餌で一定期間栽培後に収穫でき、沿岸海域の生産力を効率的に利用した環境に低負荷で持続性に優れ、原油などのエネルギーの消費も少ない、省エネルギー型漁業の一つであり、タンパク源確保の観点から今後重要性が増してゆくと考えられる。

1997 年から 2007 年にかけて、我が国の漁業による生産量は 598 万 4,857 トンから 439 万 6,826 トンまで減少したが、養殖貝類収穫量は全生産量に占める割合が 1 割程度と少ないものの、42 万トンから 49 万トンの間で比較的安定している<sup>4)</sup>。しかし、日本海側においては秋田県から島根県までの養殖貝類収穫量は 2007 年に 3,875 トンであり、全国の収穫量の約 0.9% を占めるに留まっている<sup>4)</sup>。この一因は、日本海側には冬期の風浪に耐えうる養殖場所が少ないことにあると考えられ、収穫量は新潟、石川県といった内湾域を持つ地域で多く、また、島根県は隠岐島に季節風を防ぐことができる内湾が多く、島根半島でも季節風の影響の少ない入り江が散在するため、養殖施設の設置が可能な水域が他の日本海側の県に比べて多いことから日本海側で第 3 位となっており<sup>4)</sup>、特に隠岐島において養殖への関心は高い。

本章では、島根県の漁業・養殖業の変遷を概観し、本研究の意義について述べる。

### 1 島根県漁業の変遷

本節では、島根県内の漁業の中で、沿岸漁業に占める養殖業の位置づけを探るため、漁獲統計に沿岸漁業の区分が設定されている 1979 年から 2005 年の 27 年間について解析を行った。なお、解析にあたって用いた資料は、1979 ~ 2005 年「島根県漁業の動き」(島根農林統計協会発行)である。

Fig. 1 に、島根県の 1979 年から 2005 年にかけての総漁獲量、沿岸漁業による漁獲量、および養殖の生産量を示した。本県の漁獲量は、1979 年の 24 万 9,075 トンから 1989 年の 56 万 2,119 トンまで順調に増加したが、以後減少に転じた。1995 年にマイワシ *Sardinops melanosticus* の漁獲が半減したため、漁獲量が大きく落ち込み、2001 年に 9 万 7,144 トンと最低を記録した後は 10 万トンから 12 万トン程度で推移した。

Fig. 2 に示すように本県で最も漁獲量の多い漁業種類は広義のまき網(大中まき網と巾着網)である。まき網漁業の漁獲量が全漁獲量に占める割合は 48 ~ 86% であり、中でもマイワシの漁獲が多かった 1989 年から 1995 年までは 80% 前後を占めた。

一方、沿岸漁業(定義: 漁船非使用、無動力、動力船 10 トン未満、定置網、地引き網および海面養殖の総称)の漁獲量は、1979 ~ 1983 年に 10 万 1,100 ~ 12 万 227 トンであり、全漁獲量の 32 ~ 40% を占めたが、それ以降漁業経営体の減少やそれに伴う漁獲量の減少のため、徐々に減少し、1998 年以降は 1 万トン台となった。それに伴い全漁獲量に占める割合も低下し、1989 年以降は 9 ~ 16% を占めるに止まった。

沿岸漁業のうち海面養殖の収穫量は、1985 年に 3,500 トンを記録したが、以降ブリ養殖やワカメ養殖が不振となって減少し、2003 年以降は 1,000 トン以下となった。Fig. 3 に示すように沿岸漁業漁獲量の中で養殖収穫量の占める割合は養殖以外の沿岸漁業が盛んであった 1989 年までは 2 ~ 5% であったが、1990 年以降のそれら沿岸漁業の漁獲量の減少に伴い相対的に養殖業が占める割合が上昇し、4 ~ 10% で推移しており、沿岸漁業の中で養殖業の重要度が高まりつつあると考えられた。

さらに、Fig. 4 に示すように本県の出雲、石見、および隠岐海區別に沿岸漁業の主要種類である刺し

網、イカ釣り、延べ縄、採貝藻、および定置網の総漁獲量と養殖収穫量を比較すると、養殖収穫量の占める割合は出雲海区で3～9% (平均5.6%)、石見海区で0～1% (平均0.5%)、隠岐海区で7～31% (平均16.4%) と、隠岐海区で際だって高く、隠岐における養殖業の重要度は極めて高い。

## 2 島根県における養殖業の変遷

本節では、本県の海面における養殖業の変遷を概観し、中でも本研究に関わりの深いイタヤガイとイワガキについては生態や漁業の概要、および両種が養殖種として選定された経緯や養殖技術開発の状況について記述する。

なお、本節では、「島根農林水産統計年報<sup>5)</sup>」を資料として用いた。Fig. 5 に島根県の魚介類養殖の生産量の変遷を魚種別に示した。

### 2.1 魚類・藻類養殖の変遷

Fig. 5 に示すように本県では、1965年からブリ *Seriola quinqueradiata* とワカメ *Undaria pinnatifida* の養殖が始まった<sup>6,7)</sup>。ブリ養殖は主に隠岐地区で発展し、1979～1996年にかけて800トンを超え、1996年には最高の2,270トンの収穫があった。ワカメ養殖は出雲地区と隠岐地区で発展し、1969～1993年まで1,000トンを超え、1974年には最高の3,336トンの収穫を揚げた。このように両種とも一時期本県の代表的な養殖魚種となっていた。その後、ブリ養殖は餌となるマイワシ漁獲量の急減や販売価格の低迷などにより廃業する生産者が増加し、現在は島内消費程度の養殖量となり、ほとんど実体がなくなった。ワカメ養殖はその後輸入の増加や販売価格の低迷、生産者の高齢化により生産量が減少したが、本県特産の「板ワカメ」に根強い需要があり、2008年も300トン程度と本県第1位の生産量となっている。

また、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* 養殖は、島根県栽培漁業センター(現:島根県水産技術センター栽培漁業部、以降省略)で1984年からヒラメの種苗生産が行われ、養殖用の種苗の供給が開始されたことにより事業化され<sup>8)</sup>、1987年から1994年にかけては100トン以上の生産を揚げた。しかし、それ以降、主に海面生け簀での疾病の発生や夏期高水温による斃死、および全国的な生産過剰による販売価格の下落・低迷により廃業が増加したため1997年

以降生産量が激減し、2005年以降は漁獲統計に載らなくなった。

### 2.2 二枚貝の養殖の変遷

本県における二枚貝養殖は、1907年頃から中海で始まったサルボウガイ *Scapharca kagoshimensis* 養殖が最も古い<sup>9)</sup>。この養殖は、天然で発生した稚貝を漁具を用いて採取して生育適地に放流し、商品サイズとなった時に漁獲する方法と、海中にワラなどで作った採苗器を垂下し、付着した稚貝を生育適地に放流して漁獲する方法があり、いずれも粗放的な養殖手法であった<sup>9)</sup>。生産量は1964年に111トン、1968年に651トンあり、その後200～300トンの生産があったが、環境悪化や干拓事業開始のため生産量が減少し、1978年には生産がなくなった<sup>9)</sup>。また、マガキ *Crassostrea gigas* は中海において1939年頃から民間業者が宮城県などから種カキを移入して養殖を開始した<sup>9)</sup>。1955年には970トンの生産があったが、1948年頃から大量斃死がたびたび発生し始め、1970年頃には養殖の実態がなくなった。

また、中海以外の地域での養殖は、1961年に民間業者が隠岐島西郷湾で始めたアコヤ真珠 *Pinctada martensii* 養殖とマガキ養殖が初めである<sup>9)</sup>。しかし、アコヤ真珠養殖とマガキ養殖はその後ほとんど規模が拡大せず、他地域への波及もほとんどなかった。アコヤ真珠とマガキに続いて、1972年より北海道からホタテガイ *Patinopecten yessoensis* の半成貝(殻長5～6cm)を導入し、海水温がホタテガイの温度耐性の上限である24℃になる前に出荷することで養殖を成立させようとしたが<sup>10)</sup>、長時間の搬送による斃死や成長不良により生産量が安定せず、1977、1979年の9トンを最高に、1979年以降は導入が中止された(Fig. 5B)。その後1980年から主に天然採苗により採取された稚貝を用いてイタヤガイ *Pecten albicans* 養殖が行われた<sup>11)</sup>。1984年には215トンと生産量が最大となったが、その年から天然採苗で得られる稚貝数が減少し、それを補うための人工種苗生産による種苗の供給も的確に行えなかったため、生産者の需要を満たせず、2003年以降は養殖生産がなくなった。1986年頃から隠岐地区の一部の生産者はイタヤガイ種苗の不足による養殖生産の縮小を回避するため、イタヤガイと同科のヒオウギ *Chlamys nobilis* を和歌山県、大分県などから導入し、1987年からは隠岐地区の民間業者がヒオウギの人工種苗生産を開始した。その後さらに

民間業者が1社参入し、現在計2社で種苗生産が行われている。生産量は1991年に13トンであったが1994年からは増加し、2003年を除いて22トンから56トンの間で推移している。本種は和歌山県、大分県などで先行して量産しており、後発の本県ではネット販売や島内向け販売などで販路が限られること、および同科のホタテガイに比べて小型のため一般の販売には不利であることなどから、生産量は低迷している。

また、イタヤガイの後継養殖種であるイワガキ *Crassostrea nippona* の人工種苗生産技術が開発され、1996年からは養殖イワガキの出荷が開始された。漁獲統計によれば、本県の養殖イワガキの生産量は1996年から2000年までは10トンレベルの生産量であった。しかし、1998年に島根県栽培漁業センターが種苗生産を開始し生産者へ稚貝の供給を始めるなどしたため、3年後の2001年には33tの生産量となり、その後、2008年に172トンまで増加して本県第2位の生産量となっている。生産額は2007年に1億円を越えた。

Fig. 6に示すように二枚貝の養殖量は、2003年までは全養殖生産量の10%以下であったが、それ以降10%以上となり、2007年以降は30%を越え、重要性を増している。

## 2.3 イタヤガイ養殖

### 2.3.1 生態と漁業

イタヤガイは漁業上重要な種を多く含むイタヤガイ科に属し<sup>12)</sup>、北海道以南の日本、中国、韓国、台湾沿岸の砂泥底に生息する二枚貝である。本種が主として漁獲されていた地域は東から千葉県館山海域、石川県外浦海域、鳥取県沿岸、島根県沿岸、福岡県玄界灘である<sup>13)</sup>。Table 1に、1956年から1993年までの本種の地域別漁獲統計を示す<sup>14)</sup>。

本種の年間総漁獲量は1トンから2万6,139トンまで著しい変動があった。最も多量に漁獲された年は1965～1967年の3年間であった。この時石川県および島根県で大量の漁獲が報告されたが、1987年以降は漁獲量が減少した。漁獲が報告されている府県のうち、石川県、鳥取県、島根県、福岡県、佐賀県および鹿児島県では多く漁獲されたが、比較的継続して漁獲されているのは鳥取県のみで、他は偶発的な大発生群を数年で漁獲しつくし、漁業が終了するという傾向が観察される。千葉県、神奈川県、三重県、大分県、京都府、および山口県では年間数

トンから数十トンの漁獲が1年から3年続いた後漁獲が見られなくなった。

このように本種の漁獲は偶発的な大発生とそれに引き続く漁獲により資源が枯渇するという過程をたどり、稚貝の継続的な添加が見られないため<sup>15)</sup>、資源管理による安定した漁獲は極めて困難である。

### 2.3.2 養殖業の変遷

本種が養殖対象としてとりあげられた要因は1978年から1980年にかけて島根半島で天然採苗が試みられ<sup>16)</sup>、養殖の事業化に十分な量の稚貝が得られる見通しがたったこと、および得られた稚貝を用いて島根県隠岐島西郷湾で試験養殖が行われ、養殖開始から殻長8cm以上となり出荷に至る期間が約1年であることや、養殖貝は天然貝に比べて軟体部重量が大きいことがわかったことからである<sup>17)</sup>。以後、島根県沿岸で天然採苗による稚貝の確保とそれを用いた養殖が事業化された。

### 2.3.3 養殖施設

本県での養殖は当初隠岐島西郷湾で試みられ、すぐに隠岐島島前海域や島根半島の内湾全域に拡大し、採苗稚貝数の増加に伴い次第に外海域にも拡大した。養殖施設は内湾の場合は筏から垂下する方式や中層浮子を使用しないのべ縄方式であるが、外海に面した沿岸や湾口の広い湾では中層に浮子のあるのべ縄方式であった。さらに水深50m前後の外洋域に1カ所、ホタテガイ外洋養殖施設と同様な施設が設置され、専用船で作業が行われていた<sup>18)</sup>。

### 2.3.4 養殖生産量

Fig. 5に養殖生産量を示す。生産量は1980年には30トンだったが、1983年には148トンと急増した。1984年には215トンと最大の生産量となったが、その年から天然採苗で得られる稚貝数の減少が始まった。そこで、生産者らの要望を受けて1991年から県が人工種苗生産により種苗を供給したが、生産技術の開発に時間がかかり、さらに生産者が必要とする数の稚貝を供給できなかったため、養殖イタヤガイの生産量は1991年以降減少し、2003年の11トンを最後に統計上は生産がなくなった。

### 2.3.5 天然採苗

天然採苗はホタテガイ同様、タマネギ袋に定置古網などを入れて膨らませて採苗器とし、のべ縄方式

の施設に採苗器を等間隔に取り付けた連を垂下する。通常は12月に垂下し、翌年5～6月に取り上げて採苗器に入った稚貝を回収する<sup>18)</sup>。前年の天然採苗により得られた殻長1cm以上の稚貝数と、養殖生産枚数の推移をFig. 7に示す。稚貝数は1979年の91.7万個から1981年の138.9万個まで緩やかに増加し、1982年に546万個と急増した後減少に転じ、1989年以降は100万個以下の水準となった<sup>11)</sup>。

### 2.3.6 イタヤガイの人工種苗生産

イタヤガイの人工種苗生産試験は掘田<sup>19)</sup>により最初に取り組み、その後1980年代から1990年代にかけて宮崎県、石川県、広島県の公立試験研究機関および和歌山県の民間種苗生産機関が種苗生産に取り組んだが、安定的な種苗生産技術の開発には至らなかった。本県では生産者の要望に応えるため、1988年から本種の種苗生産技術開発試験を始め、島根県栽培漁業センターで種苗を生産し生産者向けに供給を始めたのはFig. 8に示すように生産技術が開発された1990年以降からである。1996年に最高の52万6,000個の稚貝を出荷した。しかし、天然採苗量の減少に伴い、天然採苗由来の母貝の産卵誘発や幼生飼育の成績が次第に悪くなり、稚貝の生産量が低迷した。また、1998年にイワガキの人工種苗生産が開始されたことから生産量は漸次縮小し、2004年の9,000個を最後に中止された。しかし、本種の人工種苗生産技術開発の過程で得られた様々な知見は、後にイワガキの人工種苗生産技術を開発する際に非常に有用であった。

## 2.4 イワガキ養殖

### 2.4.1 生態と漁業

イワガキは、イタボガキ科に属し、我が国では北海道南部から九州までの外洋に面した水深2～20mまでの転石や岩礁に生息している。生息好適水温は5～25℃の範囲で、30℃近い水温にも耐えられる。また、塩分は28～35psuというごく限られた範囲に適応し、塩分が急激に変動しやすい内湾、潮間帯には生息せず、塩分など水質が安定し水交換のよい外海の海底を主な生活の場とする<sup>20)</sup>。

天然個体の主な産地は日本海側の秋田県、山形県、新潟県および鳥取県であったが、近年、市場での需要が増えたため、富山県、石川県、京都府といった日本海側の府県に加えて関東、四国、九州地方の県からの出荷も増加している（鈴木私信）。2001年の

全国の総漁獲量は2,135トン、漁獲金額8億4,785万円となっている<sup>20)</sup>。本種の養殖は、島根県や京都府といった日本海側の府県に加えて岩手県、宮城県や愛媛県、長崎県など、近年全国的に取り組みられるようになっている。

### 2.4.2 イワガキを養殖対象種として選定した経緯

天然イワガキは前述したようにかつては鳥取県、秋田県、山形県などの日本海側の一部の県で漁獲、消費され、地域特産種的な扱いを受けており、隠岐島では生息はしているが漁獲対象とはされず、食習慣もなかった。しかし、1980年代の末頃から東京など都市の住民にも本種が食用貝類として認知され始め、市場の拡大が期待された。また、その頃種苗数の減少などが原因でイタヤガイ養殖が低迷しており、イタヤガイに替わる種の種苗生産を島根県でも検討していた。

本種の天然採苗や養殖は1977年に秋田県で試みられていたが<sup>21)</sup>、事業化には至っていなかった。島根県における本種の養殖の実用化は1992年に人工種苗生産に全国に先駆けて成功し、試験養殖により2年あまりで商品サイズとなることを確認したことに始まる<sup>22)</sup>。引き続き隠岐島の一部の生産者が養殖を実施していたが、もともと食習慣がなかったこともあり、地元の市場では販売が困難なため、ネット販売や旅館への直接持ち込みなどで販売していた。1998年頃から大阪市場などから引き合いが始まり、イワガキ養殖への新規参入者も増加したことから、島根県はイワガキ養殖の振興を決め、県の施設でも種苗生産を開始したが、養殖イワガキがどの程度消費者へ受け入れられるか不明であった。そこで、2000年に隠岐島のイワガキブランド化推進協議会を設立し、「隠岐のいわがき」の名称を決定するとともに、マーケティング調査を行い、当面1,000トン程度の養殖イワガキのマーケットが存在するという調査結果が得られた<sup>23)</sup>。それ以降、島根県は本格的にイワガキを養殖対象種とし、種苗生産を始め様々な支援を行っている。

### 2.4.3 イワガキの人工種苗生産

本種の養殖用種苗は、ほぼすべてを人工種苗生産により供給されている。Fig. 8に示すように島根県栽培漁業センターの稚貝供給量は、1998年の採苗器9,000枚（稚貝数換算では約9万個）から漸増し、2009年には10万3,000枚（約103万個）となっ

ている<sup>24)</sup>。また、民間の主な種苗生産施設は2施設であり、年により変動が大きい、1施設で年間最大3万枚程度の種苗生産能力がある。

養殖イワガキの生産量は、種苗生産量の増加と共に増大し、2001年には33トンであったが、2008年には172トンとなった。

### 3 本研究の意義

島根県では隠岐島を中心に養殖が行われてきた。この水域ではかつてノリ養殖試験<sup>25)</sup>やマガキ養殖試験<sup>26)</sup>が行われていたが、いずれも生育不良や身入りの不良が生じ、結論として養殖場周辺水域が貧栄養のため事業化は困難と判断された。また、山陰から北陸の沿岸域では冬、夏期の透明度が高いことから、クロロフィルa量が少ない海域とされている<sup>27)</sup>。そのため、植物プランクトンを摂餌する二枚貝を養殖対象とする場合、クロロフィルa量が少ない環境でも成長し、商品となる種を選定する必要があった。そこで、島根県ではそのような水域でも生育し、商品化が可能なイタヤガイやイワガキを対象種として選定し、人工種苗生産技術や養殖技術を開発してきた。イタヤガイは、人工種苗の供給開始時期が遅れ、また、養殖では短期間で生産できるという点から要望数量が多かったが、生産できた量は養殖の継続には不十分であったため生産が中止された。しかし、食糧事情が変化すれば、再開の可能性は残っているとも考えられている<sup>28)</sup>。また、イタヤガイで培った技術を基に人工種苗生産技術を開発したイワガキは今のところ島根県がトップランナーとなっている。

本研究は当初、島根県の水産振興のために行ってきた。しかし、現状を俯瞰すると、本年70億人を突破し増え続ける世界人口やEEZを始めとする各国の資源の囲い込み強化等により、自国におけるタンパク源確保の必要性はさらに高まっている。二枚貝の養殖は前述のように、稚貝を海中に垂下し無給餌で一定期間栽培後に収穫でき、沿岸海域の生産力を効率的に利用した、環境に低負荷で持続性に優れ、燃油などのエネルギーの消費も少ない、省エネルギー型漁業の一つであり、タンパク源確保の観点から今後重要性が増してゆくと考えられている。本研究で対象としたイタヤガイやイワガキ等の外海に生息する二枚貝は、今後、餌料の少ない沖合域に設置可能な養殖施設を開発することにより、養殖が広く普及する可能性が高まるとともに、開発された種

苗生産技術は、その他の外海に生息する有用二枚貝類等にも応用できると考えられ、我が国におけるタンパク源確保に寄与できると考えられる。

### 4 本論文の構成と概要

本論文は、「第1章 イタヤガイ母貝の成熟促進に関する研究」「第2章 イタヤガイの幼生飼育に関する研究」「第3章 イタヤガイ稚貝の天然採苗に関する研究」「第4章 養殖イワガキの成長と成熟生態に関する研究」「第5章 総括」の全5章から構成される。各章の概要を以下に記す。

イタヤガイの人工種苗生産では、自然条件下で養成した1齢貝を母貝として用いた場合、産卵盛期が短いため生産時期が限られ、生産者からの稚貝の要望数量を満たせない可能性が高かった。そこで、母貝の成熟を促進することにより、生産可能な期間を延長することを目指して、第1章では、イタヤガイ母貝の成熟促進の可能性を投与餌料と水温から検討した。

また、人工種苗生産では、人為的な環境下で浮遊幼生が高密度に飼育されるため、これまで自然環境下では重要視されていなかった飼育水の物理・化学的な性質の変化やウイルス・細菌感染などの要因が幼生の主な減耗要因となっていた。これらの要因を制御することが人工種苗生産を安定させる上で重要であることから、第2章では、イタヤガイの人工種苗生産を安定させるための技術開発を目的に、人工飼育下でのイタヤガイ幼生と飼育水中の細菌相との関わり、および細菌相の制御手法について検討した。

さらに、人工種苗生産のみでは、生産者への種苗供給量に限界があること、種苗生産時に様々なコストが発生することなどから、種苗の販売価格の低減が困難であった。これに対し、変動は大きい、天然採苗は生産者にも取り組むことができ、かつ人工種苗生産に比べて低コストで種苗を確保できることから、第3章では、天然採苗量の増加を目的に、イタヤガイ母貝集団の造成が天然採苗に及ぼす効果について検討した。

次に、イタヤガイに引き続き取り組んだイワガキについては、人工種苗生産した稚貝の成長を確認する必要があった。また、カキ類の外部形態は生息環境により相違することが知られているため、養殖場所による成長の違いを知るためには、本種の成長を把握するのに最も適した部位を抽出する必要があ

る。そこで、第4章では、イワガキの増養殖の基礎的な知見を得ることを目的に、まず養殖イワガキの成長と形態変化を観察し、養殖イワガキと天然イワガキの成長パターンの差違を検討すると共に、イワガキの成長を解析するための実用的な測定部位の抽出を行った。さらに、資源を持続的に安定して生産

するために重要な情報である産卵開始年齢や大きさを推定することを目的に、生育環境がほぼ同様であり連続した観察が容易な養殖イワガキを対象にして、最初の成熟過程を観察した。

第5章では、本研究結果を総括した。



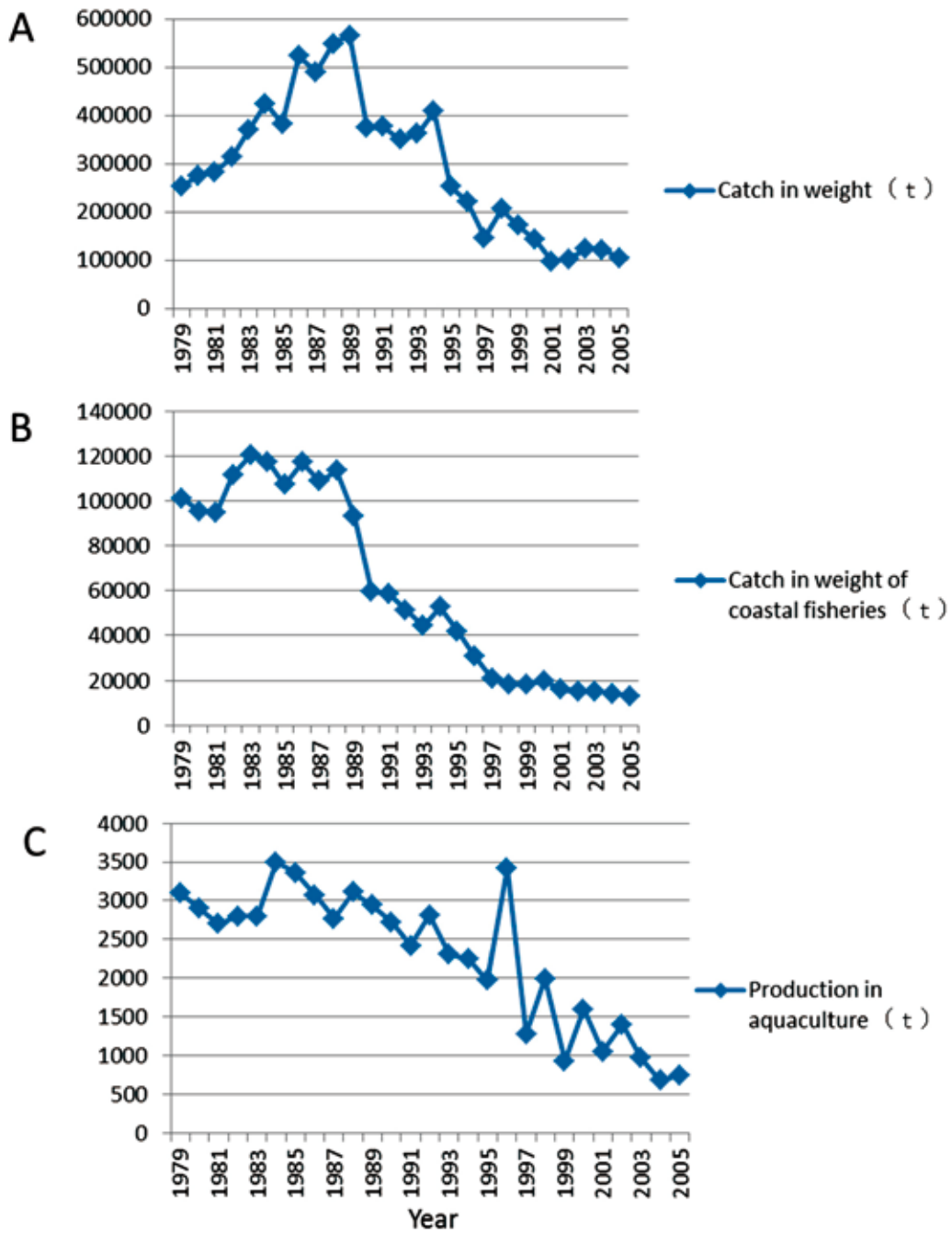


Fig. 1 Changes in annual catch in weight of fisheries, catch in weight of coastal fisheries, and annual production in aquaculture in Shimane Prefecture.  
 A: catch in weight of fisheries  
 B: catch in weight of coastal fisheries  
 C: production in aquaculture

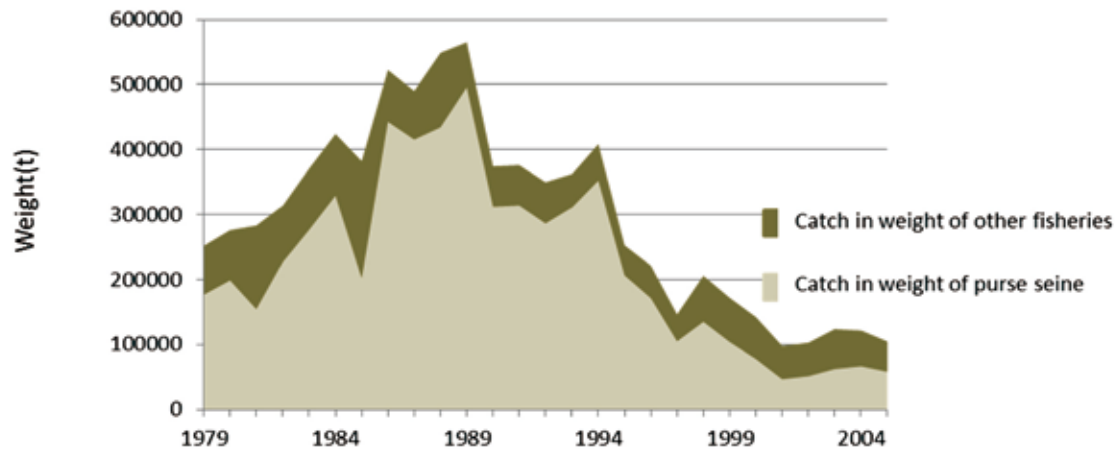


Fig. 2 Changes in annual catch in weight of purse seine and other fisheries.

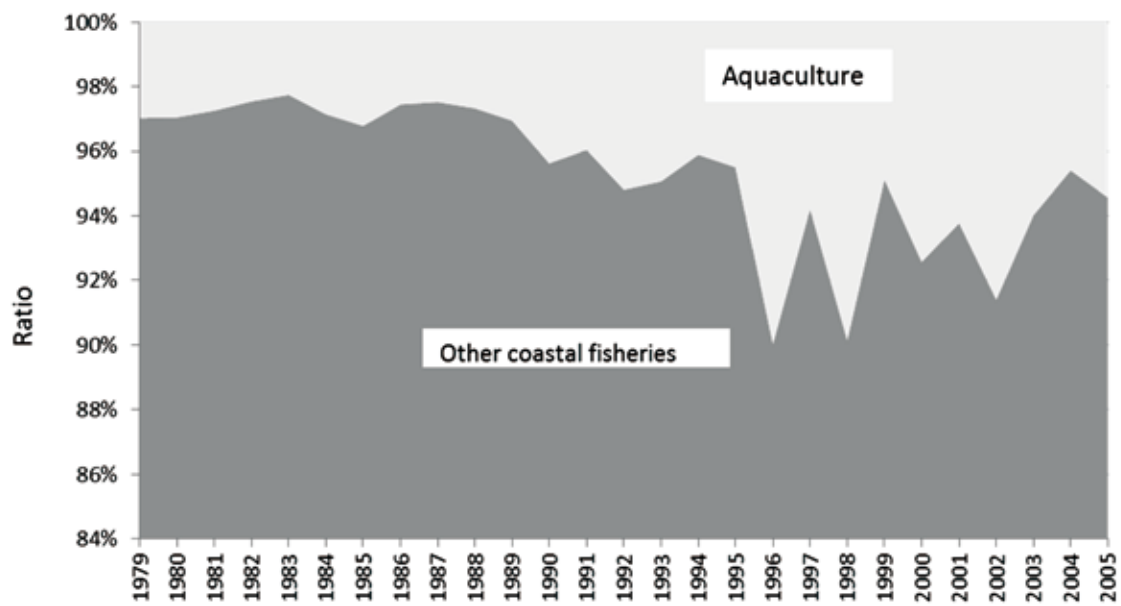


Fig. 3 Changes in ratio between annual catch in weight of coastal fisheries and production in aquaculture.

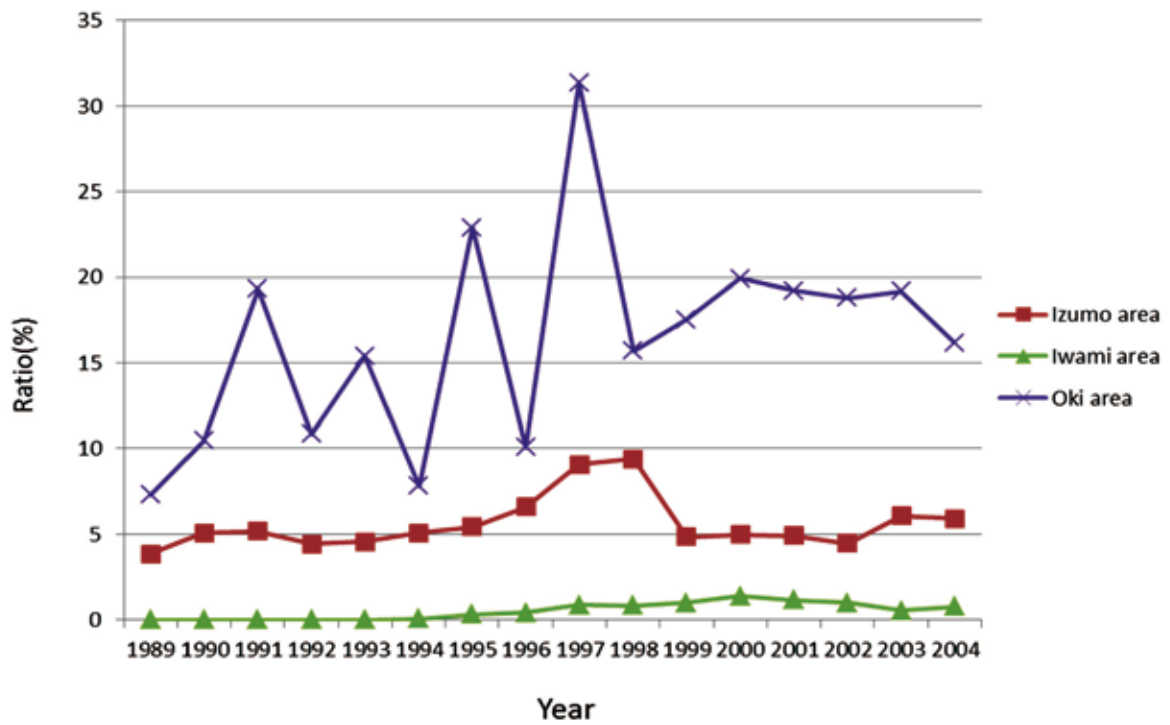


Fig. 4 Changes in ratio of production in aquaculture per catch in weight of coastal fisheries at each fisheries area in Shimane Prefecture.

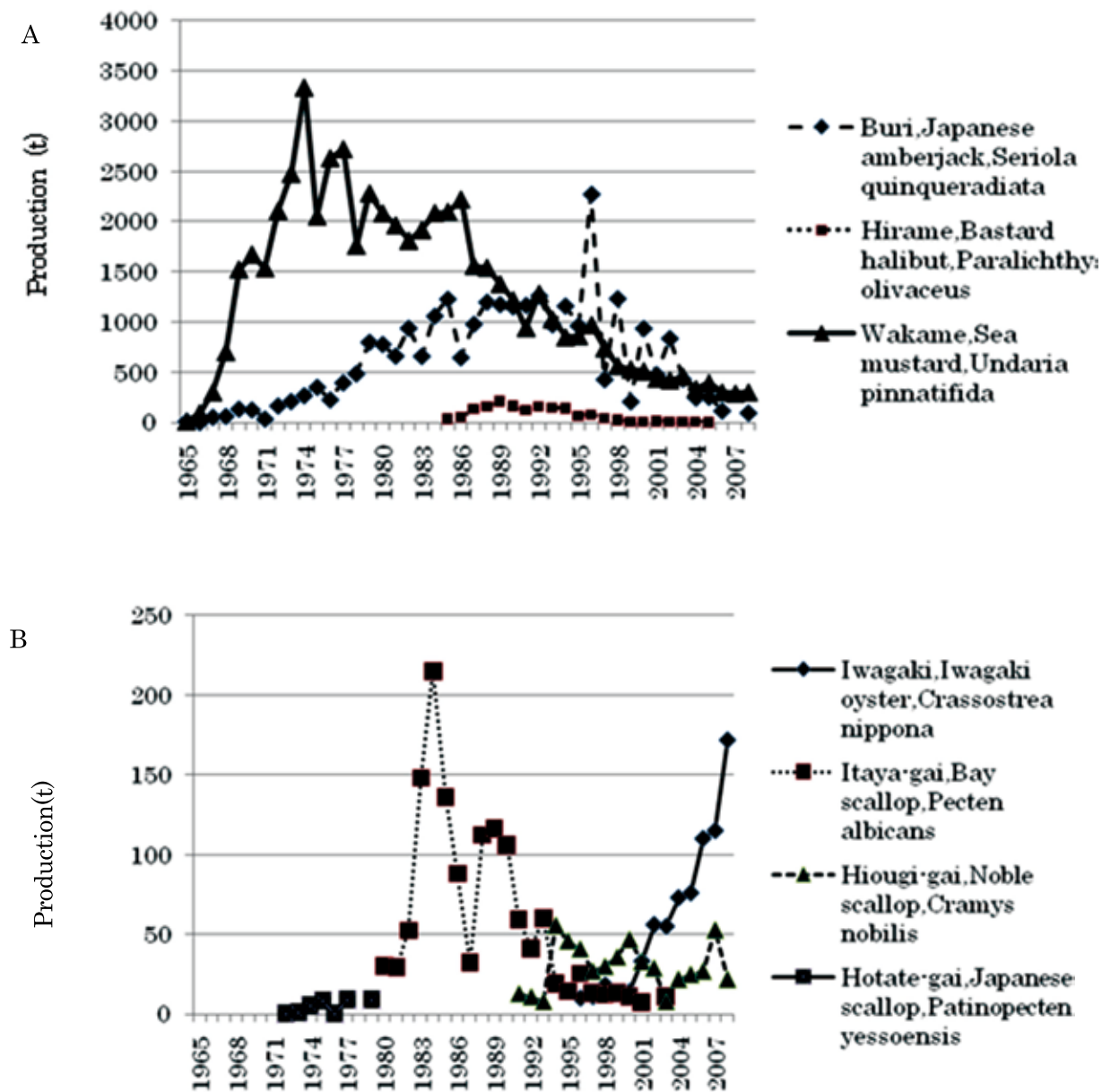


Fig. 5 Changes in annual production in aquaculture in Shimane Prefecture.

A: production of Buri, Japanese amberjack, *Seriola quinqueradiata*, Hirame, Bastard halibut, *Paralichthys olivaceus*, Wakame, Sea mustard, *Undaria pinnatifida*.

B: production of Iwagaki, Iwagaki oyster, *Crassostrea nippona*, Itaya-gai, Bay scallop, *Pecten albicans*, Hiougi-gai, Noble scallop, *Chlamys nobilis*, Hotate-gai, Japanese scallop, *Patinopecten yessoensis*.

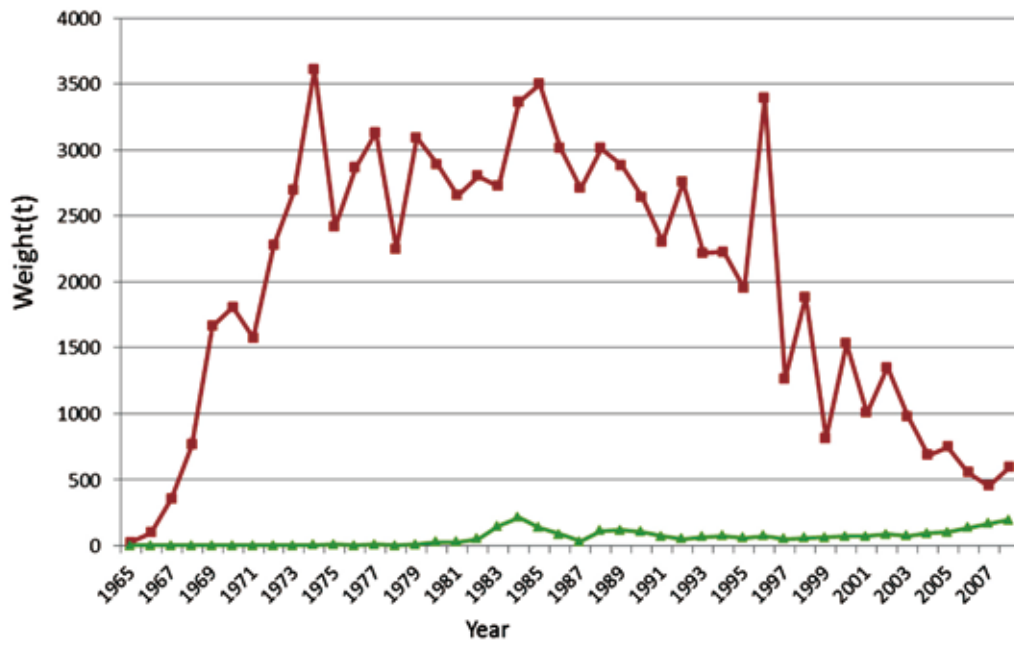


Fig. 6 Changes in annual production in aquaculture in Shimane Prefecture.  
 ■: total production  
 ▲: production of hanging culture of bivalves

Table 1 Changes in annual production of bay scallop *Pecten albicans* by fisheries in Japan. (Data source was reference 14)

Year	Total production (t)	Chiba Pref.	Kanagawa Pref.	Mie Pref.	Oita Pref.	Ishikawa Pref.	Kyoto Pref.	Tottori Pref.	Shimane Pref.	Yama-guchi Pref.	Fukuoka Pref.	Saga Pref.	Kagoshima Pref.
1956	265.3												265.3
1957	1990.6			14.6	3.2							552	1420.8
1958	1375.9	34.8		29.3			13.4	45		6		8.5	1238.9
1959	159.3				1		4.2	86					68.1
1960	80	3.3					7.7						69
1961	39.8				15.7		0.1	24					
1962	35.1					25	8.6			1			0.5
1963	53.4				52.8								0.6
1964	599							599					
1965	21021					2478		853	17690				
1966	20858					12876		397	6800			785	
1967	26139					26017		82			40		
1968	1161							730			431		
1969	737					319		418					
1970	495		29					74				392	
1971	261											261	
1972	279											279	
1973	365											365	
1974	215											215	
1975	2260										79	2181	
1976	814										575	239	
1977	888											888	
1978	143							103			40		
1979	188							186				2	
1980	36							36					
1981	29							29					
1982	30							30					
1983	53							53					
1984	38							38					
1985	13							13					
1986	62							62					
1987	1							1					
1988	5							5					
1989	4							4					
1990	44							44					
1991	5							5					
1992	0							0					
1993		0							0				

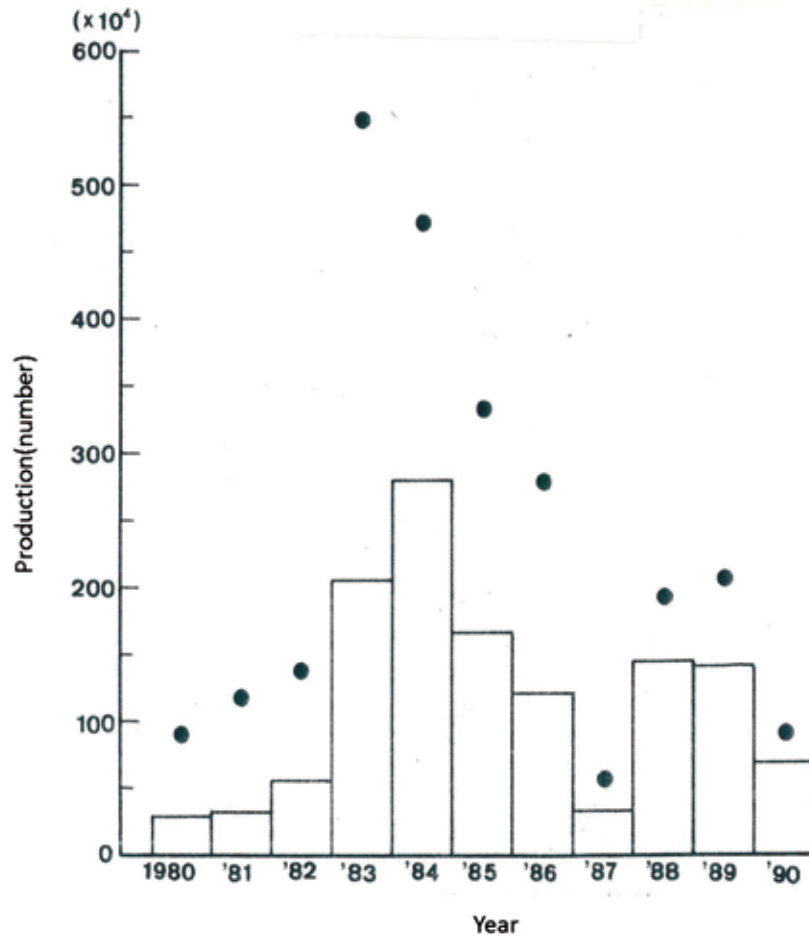


Fig. 7 Changes in annual production of bay scallop *Pecten albicans*.  
 ●: number of collected seeds in the previous year  
 Bars: number of production in aquaculture

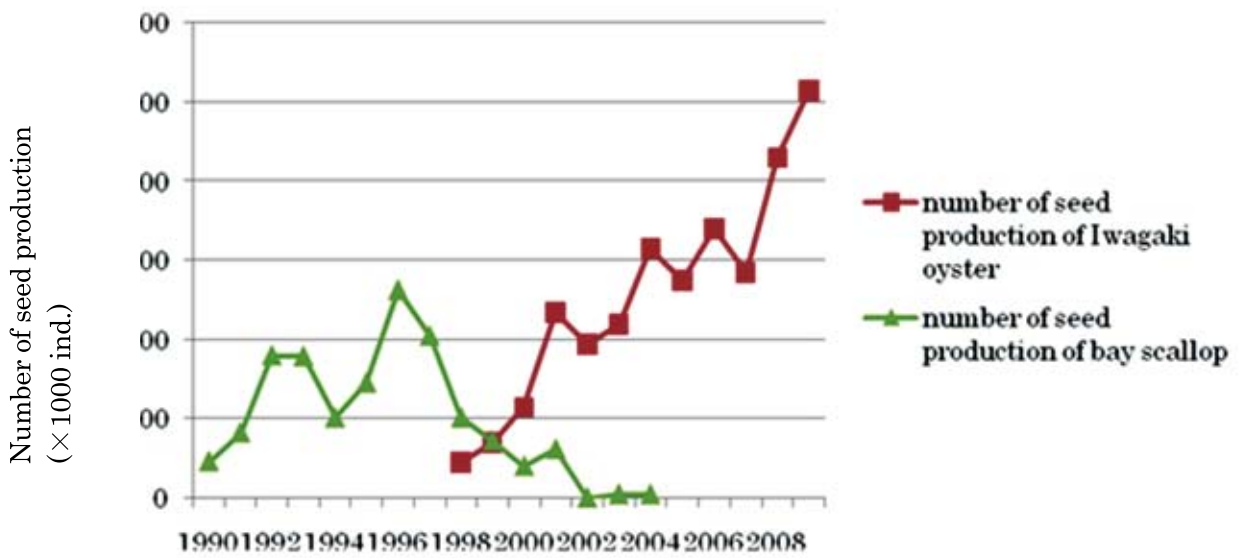


Fig. 8 Annual change of number of artificial seed production of Iwagaki oyster *Crassostrea nippona* and bay scallop *Pecten albicans*.