

令和元年度

さけ・ます等栽培対象資源対策事業
新規栽培対象種技術開発（二枚貝）

調査報告書

さけ・ます等栽培対象資源対策共同研究機関
新規栽培対象種技術開発（二枚貝）グループ

令和2年3月

目 次

(1) はじめに	p. 1-7
(2) 親貝の養成と採卵技術の開発	
① タイラギ親貝の養成と採卵技術の開発	p. 8-20
② ハマガリ親貝の養成と採卵技術の開発	p. 21-25
(3) 人工種苗生産技術の開発	
① タイラギ人工種苗生産技術の開発	p. 26-31
② ハマガリ人工種苗生産技術の開発	p. 32-45
(4) 人工種苗から成貝までの育成技術の開発	
① 瀬戸内海東部海域におけるタイラギ育成技術の開発	p. 46-49
② 瀬戸内海西部海域におけるタイラギ育成技術の開発	p. 50-55
③ 東京湾におけるハマグリ育成技術の開発	p. 56-57
④ 伊勢湾におけるハマグリ育成技術の開発	p. 58-62
(5) 母貝団地造成技術の開発	
① 瀬戸内海西部海域におけるタイラギの母貝団地造成技術の開発	p. 63-69
② 大分県北部海域におけるタイラギの母貝団地造成技術の開発	p. 70-73
③ 三河湾におけるハマグリの母貝団地造成技術の開発	p. 74-79
④ 伊勢湾におけるハマグリの母貝団地造成技術の開発	p. 80-83
(6) DNA 標識技術の開発	
① 有明海におけるタイラギの DNA 標識技術の開発	p. 84-92

(1) はじめに

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 兼松 正衛

【研究開発の目的】

近年、ホタテ、カキを除く二枚貝は、全国的に漁獲が低迷し、これまでのピークから較べ、タイラギは1/50、アサリは1/20、ハマグリは1/16にまで減少している。二枚貝に係る増殖等の取り組みは、漁協の単位などで行われてはいるものの、資源を回復させるまでには至らず、このままでは国内の二枚貝資源の安定供給に支障を来すことが懸念されている。特に有明海では、ハマグリとタイラギはアサリと並んで象徴的な二枚貝であり、周辺各地では古くから無くてはならない重要食材として親しまれてきた。有明海はかつて国内有数のタイラギ生産海域であり、タイラギ漁は地域経済を支える重要な産業でもあったが、様々な要因により、盛期の2万9千トンから漁獲ゼロの休漁状態へと追い込まれている。ハマグリ類は1965年には13,700トンあった漁獲が、1980年に2,000トンを下回って以後低迷し、2006年には867トン（うち有明海106トン）と往時の16分の1に減少している。現在環境省では絶滅危惧種としてレッドリストに掲載されている状況である。

このような国内資源状態の中で、需要に対応するために、両種は中国、台湾、韓国等からの輸入に大幅に依存するようになっており、ハマグリは90%以上、タイラギは約80%が輸入ものである。しかし、輸入の継続性、貝毒や農薬の検出等による食の安全・安心の毀損、産地偽装や不当表示、輸入活貝に混在する有害寄生虫や外敵生物の侵入による在来二枚貝への悪影響、生態系や遺伝的攪乱など、さまざまな問題が懸念されている。こうした背景から、水産業のみならず社会問題でもある両種の生産回復のための抜本的な方策及び持続的な生産が、漁業者や消費者から強く望まれている。

ここで、ハマグリは内湾域に広く低密度で分散生息しており稚貝の量的採捕が不可能なこと、タイラギは貴重な天然稚貝の採取に依存したのでは資源の再生産へ与えるダメージが大きいことから、資源回復のために天然稚貝を利用することは困難である。そこで、技術的課題の多いハマグリおよびタイラギの安定的な人工種苗生産技術の開発に取り組むとともに、親貝集団を造成するための稚貝育成技術を開発することで資源回復に向けた手法を開発することを目的とする。本事業は主要な産地である東京湾、三河湾、伊勢湾、瀬戸内海および有明海を中心として研究開発に取り組み、ハマグリおよびタイラギ資源の減少が著しい各海域へ広く成果を普及することを最終目標として、関係機関が有機的に連携した態勢で実施する。

【目標設定の妥当性】

タイラギの浮遊幼生は、D 型幼生への変態直後から個体同士が付着凝集し、気泡や飼育水槽の水面、壁面および底面へ付着して死亡するものが多く、アサリ・マガキ等で用いられる一般的な二枚貝類幼生の飼育方法ではわずか数日しか飼育出来ず、有効な種苗生産技術はなかった。この原因として幼生による粘液分泌、殻の物理化学的性状などが考えられているが、明確な結論は得られていない。このような状況の中で国立研究開発法人水産研究・教育機構では、平成 23～27 年にかけて、タイラギ浮遊幼生の飼育装置の改良等に取り組み、その結果、平成 25 年に浮遊幼生から変態した稚貝（着底稚貝）の生産に初めて成功するとともに、従来の生産記録（平成 18 年に長崎県総合水産試験場が生産した稚貝 1,500 個体）を大幅に更新する着底稚貝 7 万個体の生産を達成した。そして、平成 27 年には 190 万個体を生産するなど、大量種苗生産技術の基礎は徐々に向上しつつある。しかしながら、親貝の養成と採卵技術はいまだに不安定であり、人工種苗を用いた増養殖技術への展開に必要な、脆弱な稚貝から小型サイズまでの中間育成技術、母貝団地造成技術および再生産への寄与を把握するための DNA 標識技術については未開発の状態である。タイラギは古くから水産物として利用されているにもかかわらず、その生態や生理特性には不明な点が多く、種苗生産された着底稚貝以降の好適な飼育・餌料環境については十分に把握出来ていない。成貝までの育成技術の不安定さと、成貝の適正環境等の知見の少なさが母貝団地造成の隘路となっており、その技術開発が喫緊の課題となっている。

一方、ハマグリ種の種苗生産研究は 1950～80 年代にかけて取り組まれていたが、受精卵から稚貝までの生残率が低く、稚貝からの成長が遅く放流効果も低かったことから、ほとんどの機関で技術開発の取り組みを中止していた。近年、千葉県水産総合研究センターによって浮遊幼生期及び初期稚貝の飼育・餌料条件が見直され、1,000 万個オーダーの着底直前幼生（フルグロウン期）の飼育が可能となった。しかし、着底期前後に原因不明の大減耗を引き起こすことが問題となっている。また、初夏に採卵、育成した稚貝は秋季には殻長 2 mm 程度に成長するが、秋～冬季にカゴ等により保護育成しても生残が低く、成長も停滞するため、育成は困難であるのが現状である。そこで、採卵から成貝まで育成するシステムを開発し、人工種苗を活用して母貝場造成を行うためには、これらの問題を解決していく必要がある。

本研究開発では、これらの問題を解決するためにタイラギとハマグリの飼育研究に実績のある複数の機関が連携し、従来の飼育手法の検証と改良を行うとともに、他貝種で開発された飼育手法や機器類を導入することで、両種の種苗生産技術の開発を迅速かつ確実に遂行する計画となっている。さらに、母貝団地を造成するために適した環境条件を調査し、生産した人工種苗を適正配置した母貝場に放流し、母貝場における成長と生残、成熟と産卵の調査（タイラギ、ハマグリ）や DNA 標識技術に基づく再生産効果の調査（タイラギ）を行うことで、天然資源の加入量の底上げに貢献することを目標としている。

以上の理由から研究目標は「栽培漁業総合推進委託事業（新たな栽培対象種の技術開発促進）」の目的を達成するために妥当であると考えられる。

【研究開発の内容】

(1) 全体計画

本研究開発（全体計画 5 年間）では、タイラギとハマグリについて、親貝の養成と採卵技術、人工種苗生産技術、人工種苗から成貝までの育成技術、母貝団地造成技術および DNA 標識技術を開発する。親貝の養成と採卵技術では、天然採苗が難しいハマグリとタイラギについて、飼育環境下での良質な親貝の養成と、対象種に応じた産卵誘発等の採卵技術を開発する。人工種苗生産技術では、タイラギ、ハマグリについて、飼育環境における水温、栄養条件、餌料密度、飼育密度等を変化させ、大量死亡時期等の把握から、幼生飼育で回避すべき条件の検討および着底までの飼育方法の検討等を行う。人工種苗から成貝までの育成技術では、タイラギ、ハマグリについて、種苗生産された稚貝が移植可能と考えられる殻長サイズまでの飼育試験を行い、効率的・効果的に成貝まで育成する手法を検討する。母体団地造成技術では、タイラギ、ハマグリについて、母貝団地を造成するため、人工種苗を天然海域に移植し、成長、生残、成熟の調査を行い、母貝団地造成手法を検討する。DNA 標識技術では、タイラギについて、母貝団地に用いた人工種苗の再生産への寄与を把握し、効果的な母貝団地の造成を図るため、遺伝子型を分析し、DNA 標識技術を開発する。

なお、本事業では、実施計画及び実施結果について意見を求めるため、種苗生産・放流技術に精通した外部有識者を招聘し、検討会を各 1 回開催する。また、構成機関の連携強化を図り、技術開発を迅速かつ的確に推進するために、必要に応じて貝種ごとの現地検討会を開催する。

具体的な研究開発課題と担当機関は以下のとおりである。

(2) 研究開発課題と担当機関

1. 親貝の養成と採卵技術の開発

① タイラギ親貝の養成と採卵技術の開発：

国立研究開発法人水産研究・教育機構（増養殖研究所、瀬戸内海区水産研究所）

② ハマグリ親貝の養成と採卵技術の開発：

熊本県水産研究センター、国立研究開発法人水産研究・教育機構（増養殖研究所）

2. 人工種苗生産技術の開発

① タイラギ人工種苗生産技術の開発：

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）

② ハマグリ人工種苗生産技術の開発：

千葉県水産総合研究センター、愛知県水産試験場、熊本県水産研究センター

3.人工種苗から成貝までの育成技術の開発

①瀬戸内海東部海域におけるタイラギ育成技術の開発：

香川県水産試験場

②瀬戸内海西部海域におけるタイラギ育成技術の開発：

山口県水産研究センター 内海研究部

③東京湾におけるハマグリ育成技術開発：

千葉県水産総合研究センター 東京湾漁業研究所

④伊勢湾におけるハマグリ育成技術開発：

三重県水産研究所 鈴鹿水産研究室

4.母貝団地造成技術の開発

①瀬戸内海西部海域におけるタイラギの母貝団地造成技術：

山口県水産研究センター 内海研究部

②大分県北部海域におけるタイラギの母貝団地造成技術：

大分県農林水産研究指導センター 水産研究部

③三河湾におけるハマグリの母貝団地造成技術の開発：

愛知県水産試験場 漁業生産研究所

④伊勢湾におけるハマグリの母貝団地造成技術の開発：

三重県水産研究所 鈴鹿水産研究室

5. DNA 標識技術の開発

①有明海におけるタイラギの DNA 標識技術の開発：

国立研究開発法人水産研究・教育機構（中央水産研究所）

6. 検討会の開催

①研究推進会議の開催：

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）

②現地検討会の開催：

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）（タイラギ）

千葉県水産総合研究センター（ハマグリ）

【研究内容と方法】

1. 親貝の養成と採卵技術の開発

①タイラギ親貝の養成と採卵技術の開発

担当機関：国立研究開発法人水産研究・教育機構（増養殖研究所、瀬戸内海区水産研究所）

瀬戸内海および有明海産のタイラギ親貝を、三重県五ヶ所湾に位置する南勢庁舎地先筏

および香川県屋島湾に位置する屋島庁舎地先筏から垂下して養成飼育する。生殖巣が十分発達した時期に産卵誘発を行い、時期による誘発に対する反応率の違い、誘発に反応して産卵する個体としない個体の成熟状況との関係を明らかにし、安定的な成熟・採卵技術開発に取り組む。

②ハマグリ親貝の養成と採卵技術の開発

担当機関：熊本県水産研究センター、国立研究開発法人水産研究・教育機構（増養殖研究所）

有明海産の天然親貝を確保し、肥満度・成熟等の経時変化を把握することで、産卵可能時期を把握し、親貝養成・採卵時期を検討する。さらに、千葉県水産総合研究センターで実施している産卵誘発手法を活用して採卵に取り組む。

2. 人工種苗生産技術の開発

① タイラギ人工種苗生産技術の開発

担当機関：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）

タイラギの浮遊幼生を飼育するために、瀬戸内海区水産研究所において開発した連結式飼育装置などを用いて、飼育水槽内の水流が浮遊幼生の成長や生残に与える影響を調べて、人工種苗生産技術の安定化を検討する。

② ハマグリ人工種苗生産技術の開発

担当機関：千葉県水産総合研究センター、愛知県水産試験場、熊本県水産研究センター

千葉県水産総合研究センターの研究成果を活用してD型幼生から着底稚貝まで飼育し、特に、一番課題となっている着底期～初期着底稚貝期の大量減耗に対処するため、栄養条件（複合餌料）及び着底前後の飼育水の好適塩分濃度を検討する。

3. 人工種苗から成貝までの育成技術の開発

① 瀬戸内海東部海域におけるタイラギ育成技術の開発

担当機関：香川県水産試験場

着底直後の脆弱な殻長1cm程度の稚貝を、飼育容器の干潟への設置や小割生簀への垂下によって飼育し、地先海域を利用したコストパフォーマンスの高いタイラギの飼育方法を検討する。

② 瀬戸内海西部海域におけるタイラギ育成技術の開発

担当機関：山口県水産研究センター

垂下カゴ等を用いて効率的な放流種苗の育成技術を開発する。種苗の収容密度と成長、生残との関係など、最適な条件を検討する。

③ 東京湾におけるハマグリ育成技術の開発

担当機関：千葉県水産総合研究センター

得られた着底稚貝を幼生飼育と同様の飼育装置（ダウンウェリングによる多段式飼育装置）を活用して、干潟への放流サイズまで育成する飼育技術を開発する。さらに、成長が見

込まれる春季に干潟域で被覆網を活用した稚貝保護育成試験を実施し、簡便な被覆網の設置方法を検討する。

④ 伊勢湾におけるハマグリ育成技術の開発

担当機関：三重県水産研究所

伊勢湾におけるハマグリの主産地である桑名地区において、人工種苗をかご等に収容して野外飼育し、成貝まで低コストで飼育する技術を開発する。野外飼育する適地・環境条件は、後述する天然ハマグリの分布中心における水質等の調査結果にもとづいて決定する。

4. 母貝団地造成技術の開発

① 瀬戸内海西部海域におけるタイラギの母貝団地造成技術の開発

担当機関：山口県水産研究センター

好適な環境条件を解明し、放流条件（放流サイズなど）と放流手法（網の設置など）を組み合わせた効果的な母貝団地の造成方法を検討する。

② 大分県北部海域におけるタイラギの母貝団地造成技術の開発

担当機関：大分県農林水産研究指導センター水産研究部

大分県北部海域において、海底移植による増殖試験を実施し、成長や成熟等を調査することにより、人工種苗等を用いたタイラギ母貝団地造成の技術開発に取り組む。

③ 三河湾におけるハマグリの母貝団地造成技術の開発

担当機関：愛知県水産試験場

種苗生産及び中間育成によって得られたハマグリ稚貝を効率的、効果的に資源として、あるいは母貝となるように供給するにはハマグリの生活史に沿った種苗放流技術の開発が必要であることから、三河湾のハマグリがどのサイズの時期にどこに分布するのかを明らかにし、その環境要因を抽出して放流適地の選定を行う。

④ 伊勢湾におけるハマグリの母貝団地造成技術の開発

担当機関：三重県水産研究所

種苗の放流適地を明らかにするため、伊勢湾における天然ハマグリの主産地である桑名地区において、天然ハマグリの分布調査を実施する。また、分布中心の水質等の環境条件を確認する。選定した放流適地に種苗を放流し、かぶせ網等による母貝団地の造成技術を開発する。

5. DNA 標識技術の開発

① 有明海におけるタイラギの DNA 標識技術の開発

担当機関：国立研究開発法人水産研究・教育機構（中央水産研究所）

すでに同定済みの有明海産タイラギにおける一塩基多型（SNP）サイトの情報をもとに PCR プライマーおよびプローブを設計し、血縁解析のための SNP マーカーを開発する。

6. 検討会の開催

① 検討会の開催

担当機関：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）

外部有識者を招聘し、年度ごとの研究計画と成果の取り纏め等を検討するための検討会を年2回開催する。

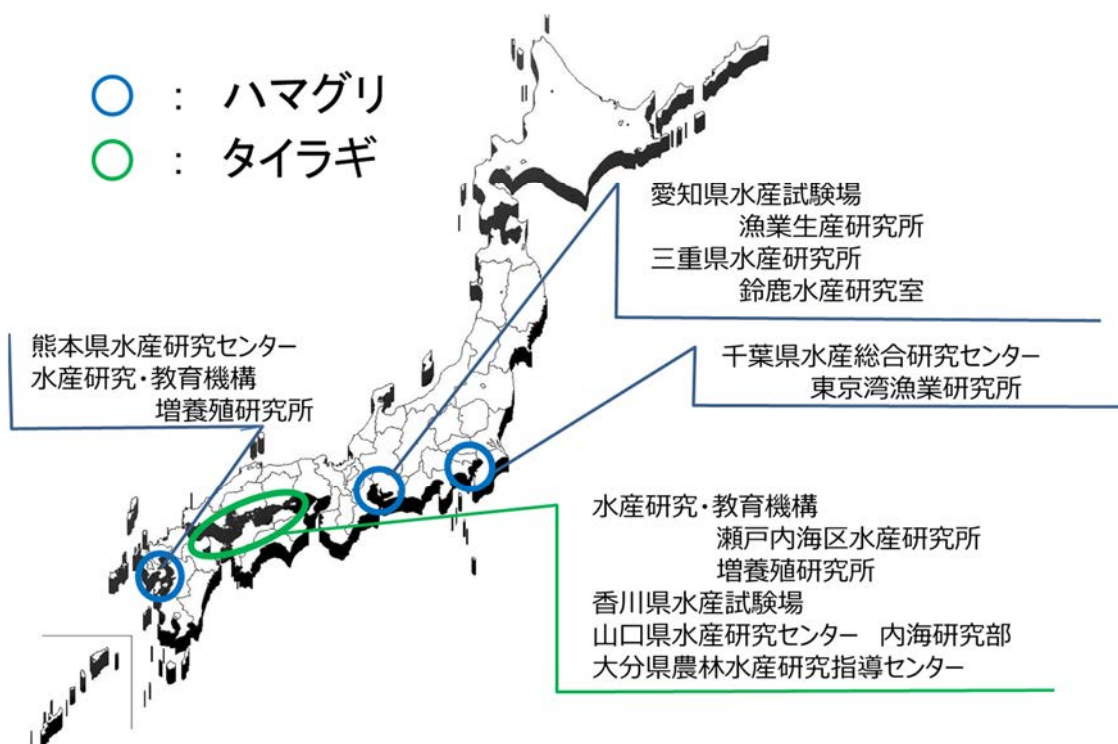
② 現地検討会の開催

担当機関：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:タイラギ）、千葉県水産総合研究センター（東京湾漁業研究所:ハマグリ）

構成機関の連携強化を図り、技術開発を迅速かつ的確に推進するために、必要に応じて現地検討会を開催する。

【図表】

貝種と実証試験海域



(2) 親貝の養成と採卵技術の開発

⑧ タイラギ親貝の養成と採卵技術の開発

国立研究開発法人水産研究・教育機構 増養殖研究所 育種研究センター

松本 才絵・舩山 翔平・淡路 雅彦

瀬戸内海区水産研究所 海産無脊椎動物研究センター

小島 大輔・前田 雪

1) 親貝養成

【目的】

瀬戸内海由来と有明海由来タイラギを親貝として養成した。瀬戸内海由来の貝は早期採卵(5月中)用に、有明海由来の貝は生殖腺が十分に発達する産卵盛期になるまで養成した。

【研究方法】

瀬戸内海由来親貝は2016年産人工種苗で、2018年1月から採卵直前の2019年5月まで三重県五ヶ所湾で垂下飼育した。

有明海由来親貝は2018年12月に有明海佐賀県海域の東部干潟で採取された天然貝で、2019年3月まで佐賀県太良町地先のカキ筏で垂下飼育の後、3月から採卵直前の6月まで五ヶ所湾で垂下飼育した。

【研究成果の概要】

瀬戸内海由来親貝は、生殖腺の発達状況を確認するため5月7日にメス3、オス2個体をサンプリングしたところ、IOV(生殖腺指数)が25~39と例年に比べてやや低めであった。さらに垂下飼育を継続し、メス21、オス10個体を5月22日に瀬戸内海区水産研究所百島庁舎へ輸送し、翌23日に採卵した。

有明海由来親貝77個体(佐賀県から78個体輸送うち1個体死亡)は3月22日に五ヶ所湾での垂下飼育を開始し、5月16日には38個体が死亡しているのを確認した。さらに垂下飼育を継続する間も死亡する個体があり、最終的にメス7、オス9個体を回収し、6月13日に百島庁舎へ輸送し採卵した。

【次年度に向けた提言】

タイラギを三重県五ヶ所湾で垂下飼育すると、水温は3~5月に15~20℃に上昇し、その間生殖腺が成長初期から成熟期を示すまでに発達し、IOVが上昇することが以前の調査から明らかになっていた。しかし近年の黒潮大蛇行の影響で、五ヶ所湾においても貧栄養、高水温の状態が続いており、このため2019年春に瀬戸内海由来親貝のIOVが例年より低めだったと考えられる。この状態は現在も解消しておらず、生殖腺の発達状況が例年と異なる可能性を考慮して養成する必要がある。

有明海由来親貝が養成中に大量に死ぬことは想定していなかった。次年度は垂下飼育を開始後、定期的に生存を確認する必要がある。

2) 採卵

【目的】

有明海各県のタイラギ種苗生産のバックアップとして、有明海由来の天然貝から採卵して孵化幼生を得る。瀬戸内海各県が実施する増殖技術開発試験のため、瀬戸内海由来のタイラギから採卵して孵化幼生を得る。

【研究方法】

有明海由来のタイラギは佐賀県産の天然貝を用いた。各個体の外套膜の粘液を採取して QuickGene DNA 組織キット S（富士フイルム和光純薬株式会社）で DNA を抽出し、ミトコンドリア DNA の COI 領域を LAMP（loop-mediated isothermal amplification）法で増幅して種判別を行った。LAMP 法による種判別は Hashimoto et al., (2018)の方法で行い、有鱗型である L2 型と判別された個体のみを採卵に用いた（78 個体中 75 個体が有鱗型）。

2019 年 6 月 12 日、増養殖研究所南勢庁舎の筏から供試貝を陸揚げして陸上水槽で馴致した。6 月 13 日、メス 7 個体オス 9 個体を瀬戸内海区水産研究所百島庁舎に 6 時間かけて輸送した。発時と着時の水温は、それぞれ 18.5℃と 18.3℃であった。到着後、メス 6 個体オス 7 個体を気温 23℃で 5~10 分間干出処理した。その後、25℃に調温した精巢懸濁海水（120mg/L）200L に浸漬した。その後供試貝は、25℃の新しい精密濾過海水（中空糸膜 0.2 μm 濾過）に 30 分~1 時間毎に 3 回移し替えた。水槽内に卵が確認された場合は海水を回収して、105 μm 目合いのポリエチレンネットでゴミを除き、17 μm ネットで卵を受けた。卵は 25℃の精密濾過海水で洗浄・計数して、水槽底面積あたり 4500 個/cm²を目安に孵化水槽 2 基に収容して水温 25℃、微通気で孵化させた。6 月 14 日午前、ふ化幼生数を計数して、幼生飼育水槽に移送した。

瀬戸内海由来のタイラギは香川県産の天然貝から生まれた人工貝を用いた。5 月 21 日、増養殖研南勢庁舎の筏から供試貝を陸揚げして陸上水槽で馴致した。5 月 22 日、メス 21 個体オス 10 個体を瀬水研百島庁舎に 7 時間かけて輸送した。発時と着時の水温は 20℃前後であった。到着後、19℃に調温した水槽に収容して一晩馴致した。5 月 23 日、馴致水槽が泡立つとともに朱色の卵が水槽底面にあり、馴致水槽収容後に放卵放精が起こったと考えられた。メス 21 個体オス 10 個体を気温 16.7℃で 20 分間干出した後、200L の精密濾過海水に浸漬して 25℃に加温し、卵と精子を含む馴致水槽の海水を 40L 加えた。約 2 時間後、反応がないためオス 1 個体を解剖して精巢懸濁液を水槽に加え（精巢濃度 175mg/L）、さらに 1 時間半後、精密濾過海水を 300L 加えた。供試貝はその後、30 分~1 時間毎に 25℃の新しい精密濾過海水に 4 回移し替えた。卵の回収、洗卵、孵化管理は有明海由来のタイラギと同様に行った。

【研究成果の概要】

有明海由来のメス 6 個体オス 7 個体から 6 月中旬に 1 億 7000 万粒、瀬戸内海由来のメス 21 個体オス 9 個体から 5 月下旬に 9400 万粒を採卵できた。得られた受精卵は 2 基の孵化槽に収容し、それぞれの水槽における孵化率は有明海由来が 53%と 60%、瀬戸内海由来が 60%と 74%であり、十分数の幼生が得られた（表 1）。両群とも従来よりも 2 週間～4 週間早く採卵でき、有明海由来は 3 月から、瀬戸内海由来は 1 年以上前から餌料環境が良好な三重県五ヶ所湾で養成した結果と考えられる。産卵誘発方法として 5℃の水温差と高濃度の精巢懸濁海水（精巢 100mg 以上/L）による刺激を行い、有明海由来群は処理後 1.5 時間以内の放卵放精が確認され、瀬戸内海由来群は採卵前日～当日に一度放卵放精していたにも関わらず処理後 2.5～3.5 時間で放卵放精が確認できた。本法による採卵は通算 6 回目の成功事例であり、今回の瀬戸内海由来を除けば 6 回全て 2 時間以内の放卵放精が確認されている。従来法よりも産卵誘発効果が強いと考えられ、採卵成功率の向上が期待できる。

【次年度に向けた提言】

佐賀県産の親貝は生残率が低く、3 月～6 月に養成した有鱗型 75 個体の内、採卵に使用できた個体は 14 個体（解剖オス含む）であった。6 月中旬の採卵後も死亡は続き、6 月下旬には半数の 7 個体になったため飼育を打ち切り、1 回しか採卵できなかった。その 1 回の採卵群で着底稚貝が生産できたものの、全く生産できない可能性も十分にあった。死亡原因については、同じ場所で養成していた瀬戸内海由来親貝の死亡が殆どなかったこと、西海区水研と佐賀県が管理していた同じ由来のタイラギでも死亡が頻発したことから、養成環境の問題ではなく養成前の親貝の状態が疑われる。佐賀県産の親貝は、12 月に佐賀県の干潟で採集して 3 月まで佐賀県内で垂下飼育していたことから、この時期の飼育環境が悪かった可能性がある。そこで、次年度はリスクを分散させるために、親貝の由来を数か所以上とするとともに、採集後直ちに三重県五ヶ所湾で養成することで採卵に使用可能な個体数を増やすことを提言したい。

【参考文献】

Hashimoto Kazumasa, Yamada, Katsumasa, Nagae, Akira, Matsuyama Yukihiro (2018). Lineage specific detection of the scaly form of the pen shell *Atrina* spp. by a loop-mediated isothermal amplification method. *Fisheries Science* 84. 10.1007/s12562-018-1231-4.

【図表】

表 1 有明海と瀬戸内海由来の親貝からの採卵結果

由来	採卵日	産卵誘発個体数		放卵放精率%		採卵数 (万)	孵化率%	備考
		メス	オス	メス	オス			
有明海	6月13日	6	7	83	86	17000	53, 60	
瀬戸内海	5月23日	21	9	29	100	9400	60, 74	採卵前に放卵放精あり

3) 人工受精

【目的】

これまでにタイラギ卵巣片からコラゲナーゼ消化して単離卵を得て、それをレチノイン酸処理することで卵成熟を誘起して、人工受精できることを明らかにした。この方法による受精卵から孵化した幼生を給餌飼育することで稚貝が得られ、人工受精により種苗生産できることを確認した。本研究では人工受精法の改良を進めるとともに、人工受精による種苗生産事例をさらに増やす。

【研究方法】

人工受精法については、コラゲナーゼ処理後の卵回収方法、精子のレチノイン酸処理の有無、媒精時の卵：精子の比率を検討した。

2019年7月23日に香川県水産試験場において、試験場筏で垂下飼育していた天然貝を親貝に用いて人工受精を行った。得られた幼生は給餌飼育した。

【研究成果の概要】

人工受精の工程では、単離卵をコラゲナーゼ処理後遠心して回収しているが、遠心機を使わず、プランクトンネットで回収できないか検討した。メス 3 個体についてそれぞれコラゲナーゼ処理後の単離卵懸濁液を等分し、一方は遠心して、もう一方はネットで洗卵、回収した。いずれにおいても回収できた卵数、回収した卵のレチノイン酸処理による GVBD (卵成熟誘起) 率に差はなく (図 1)、遠心機のない現場ではネットによる回収が可能である。

レチノイン酸処理により精子の運動が活発になることを確認しているが、人工受精の際に精子のレチノイン酸処理が必要であるか検討した。メス 3 個体についてそれぞれレチノイン酸処理後の卵懸濁液を等分し、一方はレチノイン酸を加えた、もう一方は加えない精子懸濁液で媒精した。いずれにおいても受精率、孵化率に差は認められず (図 2)、人工受精においては精子のレチノイン酸処理は必要ないとわかった。

これまで卵：精子の比率を 1:1000 にして媒精していたが、これが最適であるか検討した。メス 3 個体についてそれぞれレチノイン酸処理した卵のうち、5 万粒ずつビーカーに収容して卵：精子の比率が 1:100、1:300、1:1000、1:3000、1:9000 になるように媒精した。受精率は 1:100 では他より低く 1:300～9000 ではほぼ 100%、孵化率は 1:100 と 1:300 で他よりやや低く 1:1000～9000 では同程度であり（図 3）、卵：精子の比率は 1:1000 が最適であると考えられた。

香川県水産試験場筏で垂下飼育していたタイラギは、2019 年 7 月 23 日には既に産卵を終了している個体もあり、メス 10、オス 4 個体を解剖したうちメス 3（IOV35-42）、オス 3（IOV23-39）個体を人工受精に使用した。使用した貝の生殖腺の発達度は、組織観察より放出期を示していた。メス個体毎の採取卵数と孵化率は、それぞれ 12.6～21.0 万/卵巣 1g と 34.1～50.5%であり、これまで行ってきた人工受精の結果と同程度であった。得られた受精卵は一部を受精率、孵化率算出用にメス個体毎に 5L ビーカーに収容し、残りはまとめて 500L 孵化水槽に収容した。孵化幼生は、香川県水産試験場で給餌飼育され稚貝が得られた。

【次年度に向けた提言】

人工受精に垂下飼育親貝を用いた場合、産卵期には生殖腺が発達し十分量の卵を採取することができ、孵化率は概ね 30%以上であることがわかっている。香川県水産試験場筏で垂下飼育したタイラギの産卵期については以前の調査より 7 月下旬～8 月と考えられたが、2019 年は 7 月 23 日には既に産卵してしまった個体が多く認められた。作業の効率性からも、多くの個体がまだ産卵していない時期の親貝を用いるのが望ましい。

【図表】

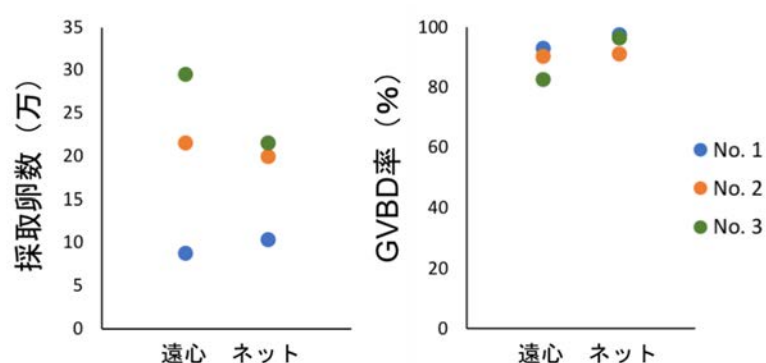


図 1 コラゲナーゼ処理後に遠心あるいはネットで回収したときの卵数（左）とその卵をレチノイン酸処理したときの GVBD 率（右）。メス個体毎の結果を示す。

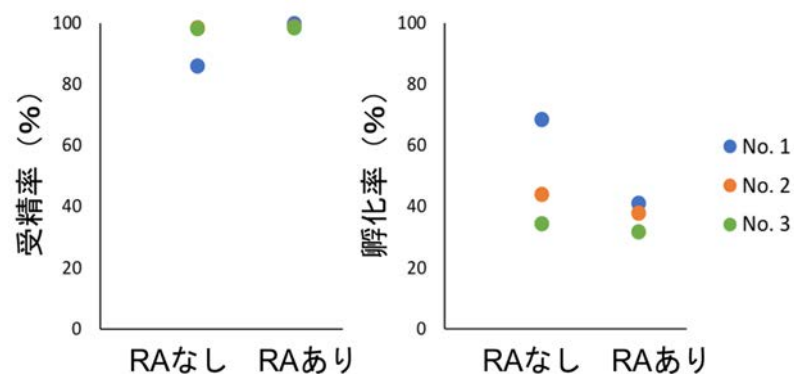


図2 精子のレチノイン酸 (RA) 処理なしあるいは処理ありで媒精したときの受精率 (左) と孵化率 (右)。メス個体毎の結果を示す。

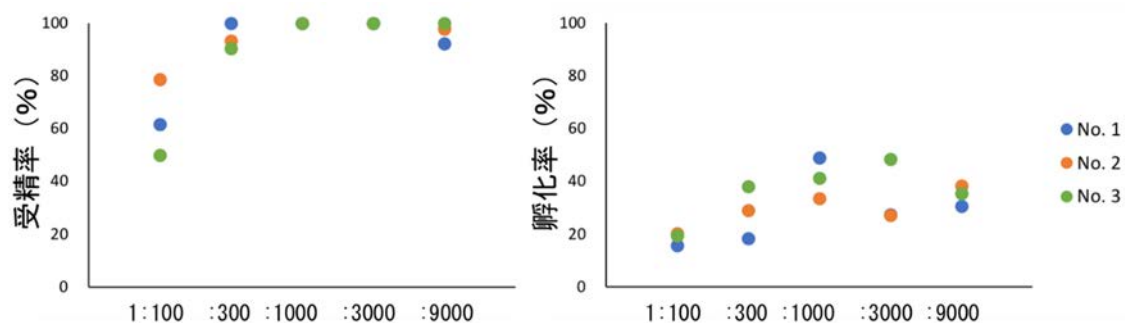


図3 卵：精子の比率をかえたときの受精率 (左) と孵化率 (右)。メス個体毎の結果を示す。

4) 関連技術開発

4-1) 親貝養成の効率化 (垂下網の検討)

【目的】

二枚貝類のための効果的な人工配合餌料は未だなく、大型貝類であるタイラギを長期間陸上飼育して成熟させることは困難である。そのため、親貝は天然海域に垂下して天然餌料を給餌させることで養成する。垂下網はこれまでタイラギ専用 (図4) のものを利用してきたが、養殖を想定して圧迫性を重視しているため、細かい目合いで通水性が低く、そのため付着生物が付きやすく、さらにタイラギ専用なので高価という問題があった。そこでアコヤガイ養殖で一般的な垂下網に着目した。これは目合いが粗いため通水性が良く、付着生物が付きにくく、さらに価格は約 1/5 である。本試験ではタイラギ親貝の養成用としてのアコヤガイ網の有効性を検討した。

【研究方法】

瀬戸内海由来のタイラギをタイラギ網とアコヤガイ網に収容して、3月下旬から6月下旬に百島庁舎内の実験池に垂下した。試験期間中は付着生物除去などの管理は一切行わなかった。試験開始時と6月下旬にタイラギを10個体程度解剖して、殻長、後閉殻筋（貝柱）重量、内臓重量（生殖巣と消化盲囊等を含む塊）を計測して、成熟指標である内臓指数と栄養指標である貝柱指数を算出した。両指標は塚本ら（2005）の方法を参考に、内臓あるいは貝柱重量（g）/殻長（cm）×10000の式で算出した。また生殖巣の一部をDavidson液で固定後にパラフィン包埋して、HE染色による組織切片標本を作製し、検鏡して成熟段階を調べた。

【研究成果の概要】

内臓指数は、3月下旬の試験開始時と比較して6月下旬のアコヤガイ網区で有意に上昇した（図5左、Tukey法 $p<0.05$ ）。6月下旬の両網区間に有意差はなかったが、開始時からの内臓指数の上昇率はアコヤガイ網区で22%、タイラギ網区で16%であった。貝柱指数は、試験開始時と比較して両網区とも有意に減少した（図5右、Tukey法 $p<0.05$ ）。6月下旬の両網区間に有意差はなかったが、開始時からの内臓指数の減少率はアコヤガイ網区で21%、タイラギ網区で34%であった。生殖巣の成熟段階は、アコヤガイ網区が成長後期・成熟期・放出期、タイラギ網区が成長後期と成熟期に判別された（図6）。

タイラギの主な栄養貯蔵組織は後閉殻筋であり、成熟期には重量が減少することが知られている。アコヤガイ網区ではその減少がタイラギ網区よりも緩やかで生殖巣がより増大し、放卵放精を示す放出期の発達段階がアコヤガイ網区のみ観察されたことから、アコヤガイ網はタイラギの親貝養成の垂下網として有効で、成熟促進に効果的であるだけでなく網換え等の管理労力の削減が期待できると考えられた。

【次年度に向けた提言】

本試験によってアコヤガイ網のタイラギ親貝養成用としての有効性が示された。アコヤガイ網は3年前（2017年度）から親貝養成用に利用しており、今年度で3回目になるが毎年確実に採卵出来ている。次年度の親貝もアコヤガイ網で養成する予定である。

【参考文献】

塚本達也・前野幸男・松井繁明・吉岡直樹・渡辺康憲（2005）. タイラギの性成熟と各種組織におけるグリコーゲン量との関係. 水産増殖 53, 397-404.

【図表】

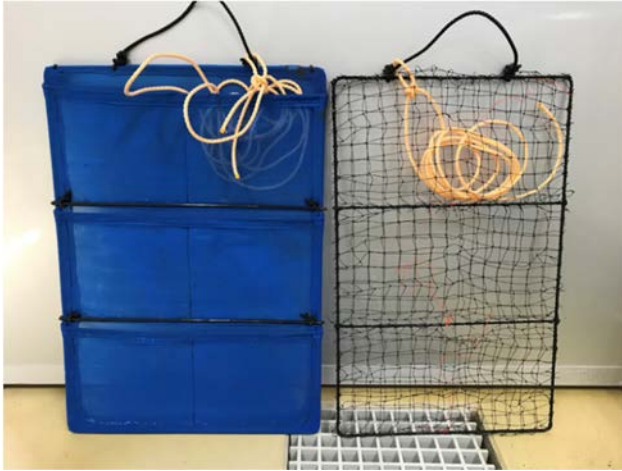


図4 タイラギ網（左）とアコヤガイ網（右）

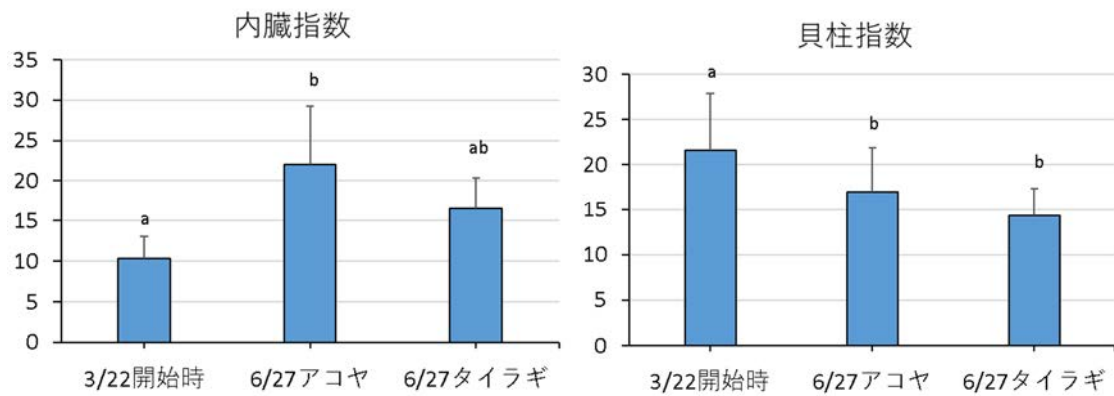


図5 アコヤガイ網とタイラギ網で垂下飼育したタイラギの内臓指数と貝柱指数
 平均値±標準偏差で示した。異なるアルファベットは有意差を示す (Tukey 法, $p < 0.05$)。

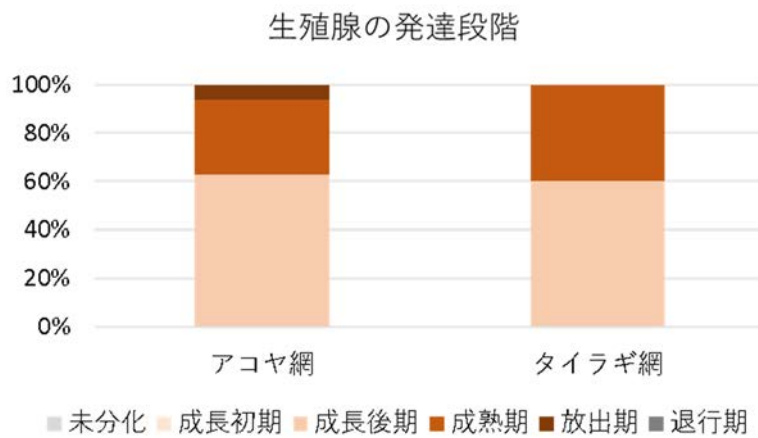


図6 アコヤガイ網とタイラギ網で垂下飼育したタイラギの生殖巣成熟段階

4-2) 産卵誘発処理の効率化

【目的】

〈個別産卵誘発の開発〉

タイラギの産卵誘発処理は、他の二枚貝類の処理を参考に経験的に行われてきたが、処理内容を比較検証した例はない。特にタイラギでは、準絶滅危惧種であり入手が困難、大型貝類であるため管理が困難、さらに産卵誘発刺激に対する反応性が低い、という問題があり比較検証試験の実施自体が難しい。タイラギの産卵誘発処理は通常雌雄各 15 個体程度の集団で行うため、試験区を設定するには多くの個体数を必要とするが、個体別に産卵誘発処理できれば、試験回数と試験区の数の問題を解決できるだけでなく個体差の検証も可能になる。本試験では、個別の産卵誘発処理の開発を目的とした。

〈産卵誘発反応性の評価法の検討〉

タイラギの採卵成功率はアサリ等の他の二枚貝類と比べて低い。上述のように産卵誘発処理が洗練されていないことに加えて、産卵誘発反応性の評価法がないことが問題となっている。内臓指数や生殖巣の組織切片観察で成熟しているかどうかは判定できるものの、成熟していても産卵誘発刺激に反応しないことがあり、計画採卵の障害になっている。そこで、本試験では産卵誘発反応性の評価法として、マガキ等で一般的な積算水温、そして非侵襲で採取できる血リンパ液中の新規指標の探索を行った。

【研究方法】

「個別産卵誘発法の開発」

5 月 24 日に一度採卵した瀬戸内海由来の親貝を 20℃で陸上飼育して、6 月 4 日に個体別に産卵誘発処理を行った。タイラギを 10 分後間干出後、25℃の精巢懸濁海水 (155mg/L) に浸漬して 1~1.5 時間毎に 25℃の精密濾過海水に移し替えて、4 時間後までの放卵放精状況を確認した。また得られた卵と精子を受精させて孵化状況を確認した。

「産卵誘発反応性の評価法の検討」

積算水温については、2015 年から 2019 年に瀬水研百島庁舎で行った採卵結果を用いて、使用した親貝群の積算水温と産卵成否を調べた。積算水温の基準温度は、赤繁 (1990) の方法を参考にマガキと同じ 10℃を基準にした。血リンパ中の新規指標探索については、個別採卵前後にメスの血リンパ液を後閉殻筋から注射器で採取して、採卵後の生残率、血リンパ中のグルコースとタンパク質濃度、およびタンパク質組成を調べた。血リンパ液は全重量の約 0.01%~0.2%に収まる程度の量を採取し、12,000 rpm で 1 分間遠心分離して上清を回収した。この血リンパ液上清を用いて、グルコースおよびタンパク質濃度をそれぞれグルコースアッセイキット(バイオビジョン)と Pierce™BCA タンパク質アッセイキット(Thermo

Fisher Scientific)により測定した。タンパク質組成は、血リンパ液上清を TCA/アセトン沈殿に供して脱塩およびタンパク質濃縮を行い、二次元電気泳動したのち、銀染色によりタンパク質を可視化した。

【研究成果の概要】

「個別産卵誘発法の開発」

産卵誘発処理 4 時間以内にメス 20 個体中 8 個体、オス 5 個体中 3 個体で反応が見られた(図 7)。7000 万粒の卵が得られ、翌日の孵化率は 46%であった。以上の結果から、個体別の産卵誘発処理でも放卵放精することが確認された。

「産卵誘発反応性の評価法の検討」

採卵に成功している群の積算水温は 550~1020℃、失敗している群は 50~1710℃であった。マガキでは 600℃が採卵の目安になっているが、タイラギでも 550℃と近い値であった(図 8)。この値が親貝養成場所の水温から採卵日を決める一応の目安になると考えられた。産卵成否は 2015~2019 年までの情報を利用したが、産卵誘発処理は同じではなく、年々改良している。したがって、550~1020℃の失敗群については、産卵誘発処理が適切でなかった可能性、採卵前に既に放卵放精していたため反応しなかった可能性がある。

注射器による血リンパ液採取を採卵前後に実施したが、採血個体の 40%で放卵が観察され、採血していない個体の放卵率も 40%であったことから、放卵への大きな影響はないと考えられた。産卵誘発後の生残率は、採血なし区、採血 1 回区(誘発前)、採血 2 回区(誘発前後)において 1 か月後までは差はなく、それ以降は採血 2 回区で生残率が低くなった(図 9)。

血リンパ液中のグルコース濃度は、検出感度が $1 \cdot 10000 \mu\text{M}$ のキットを用いて測定したが、測定した全てのサンプルで検出限界以下の値を示したため、産卵誘発に反応した群と未反応の群間での差や採卵前後の差は確認できなかった。血リンパ液中のタンパク質濃度は、測定した全個体のうち、最低値が 0.036 g/l、最高値が 2.4 g/l、平均値が 0.25 g/l、中央値が 0.10 g/l であった。産卵誘発に反応した群と反応しなかった群の採卵前のタンパク質濃度に有意な差はみられなかった(図 10-(1))。採卵前後では、産卵誘発に反応した 4 個体においては、タンパク質濃度が 5-82%に減少した。産卵誘発に反応しなかった 6 個体においては、2 個体で 130-273%増加し、残りの 4 個体で 19-73%に減少した。産卵誘発の成否とタンパク質濃度の変化率に有意な差はみられなかった(図 10-(2))。

血リンパ液のタンパク質組成を 2 次元電気泳動で調べた結果、図 11 のような電気泳動像が得られた。しかし、血リンパ液からのタンパク質収量が少なく、泳動したタンパク質量が少なかったため、安定した電気泳動像が得られず、産卵誘発に反応した群と反応しなかった群のタンパク質組成の差は確認できなかった。

【次年度に向けた提言】

個別産卵誘発法の開発に成功したため、採卵技術開発の障害であった試験回数と試験区数の問題が解決できる。次年度は個別産卵誘発法を活用して、産卵誘発処理の重要な要素である精巢懸濁海水の適正濃度の探索を提言したい。新規指標の探索に関しては、血リンパ液の成分を用いた比較が困難だったため、対象組織を生殖巣に変更し、生殖巣の生検法を確立して新規指標の探索を継続する。

【参考文献】

赤繁悟（1990）．広島湾におけるマガキ血清成分の季節変化．日本水産学会誌 56, 953-958.

【図表】



図 7 個別産卵誘発により 10L バケツ中で放卵するメス

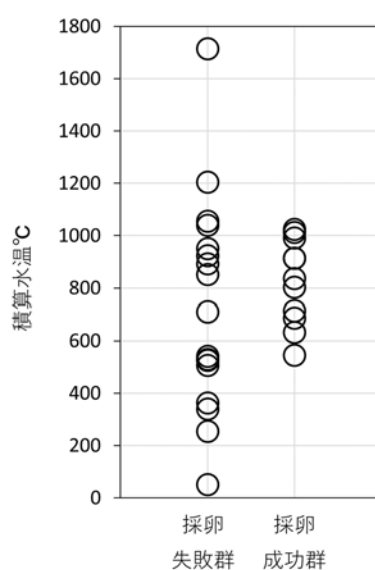
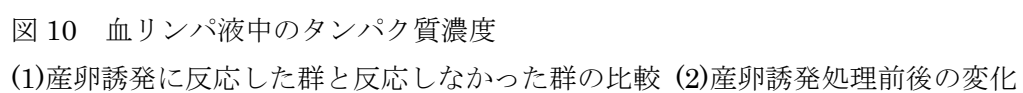
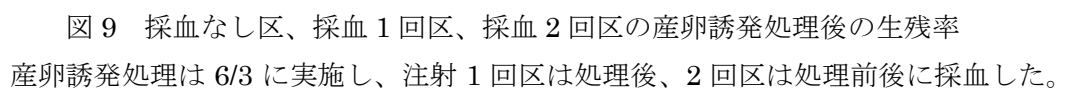
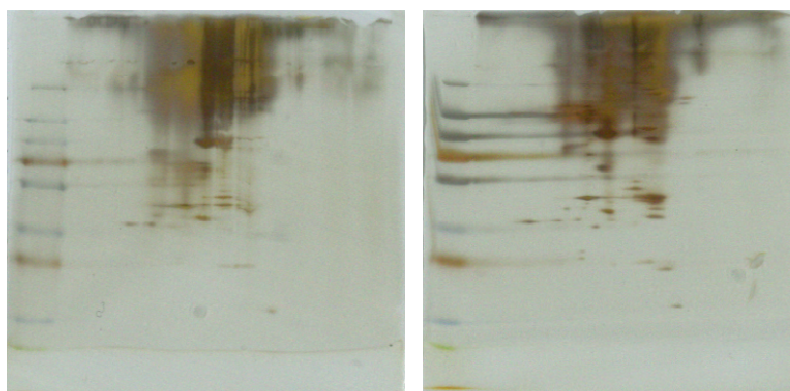


図 8 2015~2019 年の採卵成否と積算水温





採卵失敗

採卵成功

図 11 二次元電気泳動による血リンパ液中のタンパク質組成の比較

(2) 親貝の養成と採卵技術の開発

② ハマグリ親貝の養成と採卵技術の開発

熊本県水産研究センター

徳留 剛彦・中野 平二

国立研究開発法人水産研究・教育機構 増養殖研究所

松本 才絵

【目的】

ハマグリは、二枚貝の中でもアサリと並び、重要な水産資源として利用されてきたが、熊本県では、2006 年には漁獲が 106 トンとピーク時の 50 分の 1 にまで減少している。

ハマグリ資源の回復のためには、人工種苗を用いた母貝団地造成が必要とされており、安定的な人工種苗生産から母貝団地造成までの技術開発が不可欠となっている。

本研究では、種苗生産に必要な良質な卵を大量に確保するため、生殖腺成熟状況の調査と採卵技術を開発することを目的とした。

【研究方法】

① 生殖腺成熟状況の調査

1) サンプルング

2019 年 5 月 7 日～10 月 25 日の期間、熊本市地先の緑川漁場(図 1)から汐毎にサンプル(大サイズ 10 個、小サイズ 20 個)を入手し、殻高、殻長、殻幅、殻付重量、むき身重量を測定し、肥満度を算出した。測定後サンプルを Davidson 液で固定し、増養殖研究所に送付した。

2) 組織観察

軟体部の一部を Davidson 液で固定し、パラフィン包埋して切片を作製し、ヘマトキシリン・エオシン染色後に検鏡した。生殖腺の発達段階は、未分化期、成長初期、成長後期、成熟期、放出期、退行期の 6 段階に分類し判定した。

② 採卵技術の開発

1) 使用した親貝

川口漁業協同組合の生産者が緑川河口域で採捕したハマグリ(大サイズ、小サイズ)を買い上げ、採卵試験の親貝とした。持ち帰った親貝は、17℃に設定した恒温室内に設置した 100L パンライト水槽に収容し、1 日以上静置してから採卵誘発に用いた。

2) 採卵誘発方法

採卵誘発は、30L のパンライト水槽および 50L アルテミア孵化水槽に棒状の 150W ヒーターを投入し、水温 20℃から 30℃まで、1～2℃/時間のペースで水温を上昇させる緩慢昇温刺激にあわせ、水温が 25℃を超えた時に、あらかじめオスから切り出した精子を添加し、誘発刺激を行った。

得られた受精卵は、メッシュネット（目合：180 μ m（ゴミ取り用）、30 μ m（回収用））を用いて回収・洗卵した後、孵化水槽に収容し、水温が 25℃を下回らないように調整して孵化まで静置した。採卵した翌日に、表層に浮いている幼生を回収し、計数した。

【研究成果の概要】

① 生殖腺成熟状況の調査

1) サンプルング結果

サンプルング回次別の測定結果を表 1 に、期間中の推移を図 2 に示した。

大サイズの平均殻高は 37.77～49.37mm、平均殻長は 44.96～59.27mm、平均殻幅は 24.16～33.11mm、平均重量は 26.10～61.23g、平均むき身重量は 4.58～12.54g、肥満度は最高が 5 月 31 日の 14.9、最低が 9 月 6 日の 8.9 であった。

小サイズの平均殻高は 27.15～31.24mm、平均殻長は 31.98～37.12mm、平均殻幅は 17.51～20.08mm、平均重量は 10.16～15.14g、平均むき身重量は 1.69～2.81g、肥満度は最高が 7 月 8 日の 13.8、最低が 9 月 6 日の 9.4 であった。

肥満度について今回の調査実施期間（5 月～10 月）の範囲で 2006 年～2008 年のデータと比較すると、大サイズの最高値は 5 月、6 月、最低値は 8、9、10 月であり、小サイズの最高値は 6 月、7 月、8 月、最低値は 7 月、9 月、10 月であり調査年により 1 か月程度前後していた（表 2）。

また、2006 年～2008 年の通年の肥満度との比較でも、最高値は大サイズが 5 月、6 月、小サイズが 6～8 月、最低値は大サイズが 1 月、8 月、9 月、小サイズが 1 月、9 月であり、調査年により変化していた。

2) 成熟状況調査結果

組織観察したハマグリ（大サイズ 5 個体、小サイズ 10 個体）生殖腺の発達段階を図 3 に示した（左：大サイズ、右：小サイズ）。大サイズでは調査開始時の 5 月 7 日に既に主に成熟、放出期を示しており、その後、放出期の割合が増加した。7 月 8 日には退行期を示す個体が認められたが、8 月 22 日は全個体が放出期を示しており産卵期が継続していると考えられた。9 月 17 日以降は退行期あるいは未分化期を示しており、産卵が終了したと考えられる。小サイズにおいても大サイズと傾向は似ているが、5 月 7 日には成長後期と成熟及び放出期を示す個体が同程度あり、大サイズよりやや遅れて産卵盛期に入ったと考えられる。7 月 8 日には退行期を示す個体が認められ、7 月 16 日以降は退行期を示す割合が増加した。しかし 8 月 22 日までは放出期の個体も多く認められ、産卵期が継続していたと考えられる。9 月 17 日以降は退行期あるいは未分化期を示しており、大サイズ同様産卵が終了したと考えられた。

② 採卵技術の開発

採卵誘発試験を 4 回行い、その結果を表 3 に示した。6 月 10 日、6 月 18 日、7 月 2 日、7 月 29 日に行った採卵誘発試験全てで受精卵を得ることができた。採卵数は 194 万粒～

1,872 万粒、孵化率は 22.1%～69.8%、孵化幼生の正常 D 型幼生への変態率は 67.1%～93.7%であった。

採卵誘発試験での採卵結果を、親貝 1 個体あたりの産卵数（万粒）、孵化率（%）、正常な D 型幼生までの移行状況（%）を乗じて、誘発に使用した親貝 1 個体あたりから生まれる正常 D 型幼生数を算出した結果、6 月 10 日に行った採卵結果が最も良い結果であった。

【次年度に向けた提言】

① 生殖腺成熟状況の調査

成熟状況の指標となる肥満度について過去のデータと比較した結果、肥満度が最も高い月が年により 1 か月程度前後していた。これは各年の水温の変化によるものではないかと考えられるため、来年度の調査では今年度と同様の方法でサンプリングと組織観察を行うとともに、成熟と水温の関係を考察するため、漁場での水温ロガー等を用いた連続測定を行い、積算水温や日変化との考察を行いたい。

② 採卵技術の開発

今年度は、緩慢昇温刺激による産卵誘発方法により試験を行ったところ、有明海産の親貝でも問題なく受精卵を確保することができた。

緑川河口域における産卵期は、過去の肥満度の調査結果から、7～8 月にピークを迎えると予想されていた。しかし、組織観察の結果、7 月には生殖腺が退行期の個体が確認され、採卵試験においても採卵量が著しく減少した。これは、試験に使用したハマグリが産卵していたため、誘発反応が鈍くなってしまったと考えられたことから、産卵期が予想より早かったことが推察された。

次年度は、これらのことから採卵試験を今年度試験よりも早期から行うとともに、卵回収などの採卵作業の更なる効率化を行う必要がある。

【図表】

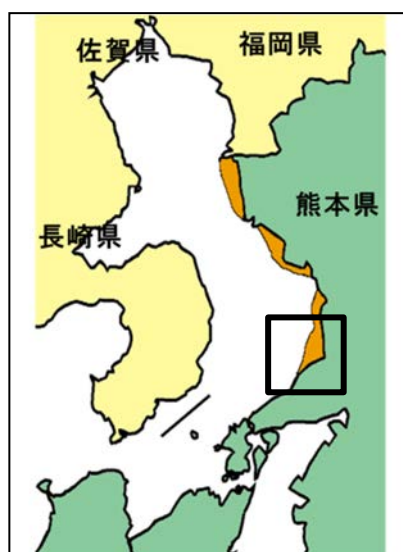


図 1 ハマグリ採取場所

大サイズ						
採取日	平均 殻高(mm)	平均 殻長(mm)	平均 殻幅(mm)	平均 重量(g)	平均むき身 重量(g)	肥満度
5月7日	46.24	55.04	30.18	47.73	10.72	13.9
5月14日	49.37	59.27	32.90	61.23	12.54	12.9
5月31日	45.58	54.55	30.72	50.34	11.53	14.9
6月21日	41.80	50.19	26.97	35.88	8.37	14.7
7月8日	44.23	53.15	29.56	43.36	9.26	13.3
7月19日	43.76	51.24	28.45	41.02	9.58	14.1
7月26日	41.95	50.46	28.23	35.70	6.47	10.8
8月22日	44.46	53.14	29.35	46.21	7.92	10.9
9月6日	49.17	58.59	33.11	59.69	8.51	8.9
9月17日	40.55	48.91	26.39	33.44	4.91	9.3
10月4日	37.77	44.96	24.16	26.10	4.58	11.0
10月25日	48.94	59.05	32.53	60.21	10.00	10.6
小サイズ						
採取日	平均 殻高(mm)	平均 殻長(mm)	平均 殻幅(mm)	平均 重量(g)	平均むき身 重量(g)	肥満度
5月7日	30.09	34.56	18.44	12.12	2.39	12.1
5月14日	28.25	32.78	18.20	11.14	1.94	11.4
5月31日	30.17	34.95	19.31	13.59	2.65	12.9
6月21日	30.06	34.37	19.15	13.03	2.70	13.3
7月8日	27.15	31.98	17.51	10.16	2.12	13.8
7月19日	28.85	33.32	18.61	11.88	2.25	12.5
7月26日	29.00	33.44	18.50	11.31	1.98	11.0
8月22日	30.24	34.34	19.48	13.35	2.48	12.1
9月6日	29.14	33.30	18.59	11.52	1.69	9.4
9月17日	29.46	35.02	18.81	12.81	2.00	10.1
10月4日	29.51	34.54	18.70	12.74	2.35	12.3
10月25日	31.24	37.12	20.08	15.14	2.81	11.7

表 2 年別肥満度最高、最低月(2019 年調査と同期間 5 月～10 月で比較)

年度	最高値(月)		最低値(月)	
	大サイズ	小サイズ	大サイズ	小サイズ
2006 (H18)	12. 6 (6 月)	13. 2 (6 月)	8. 4 (10 月)	9. 5 (10 月)
2007 (H19)	13. 3 (5 月)	13. 4 (8 月)	9. 6 (8 月)	10. 6 (7 月)
2008 (H20)	16. 1 (6 月)	14. 7 (8 月)	7. 3 (9 月)	8. 3 (9 月)
2019 (R1)	14. 9 (5 月)	13. 8 (7 月)	8. 9 (9 月)	9. 4 (9 月)

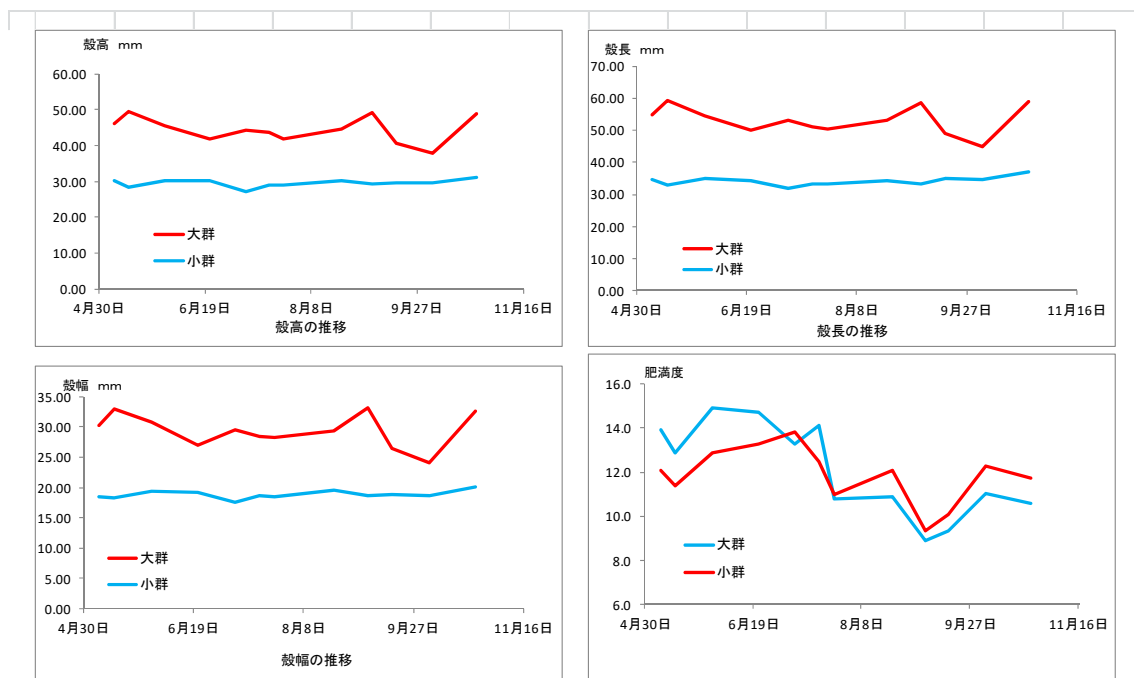


図2 期間中の各項目の推移

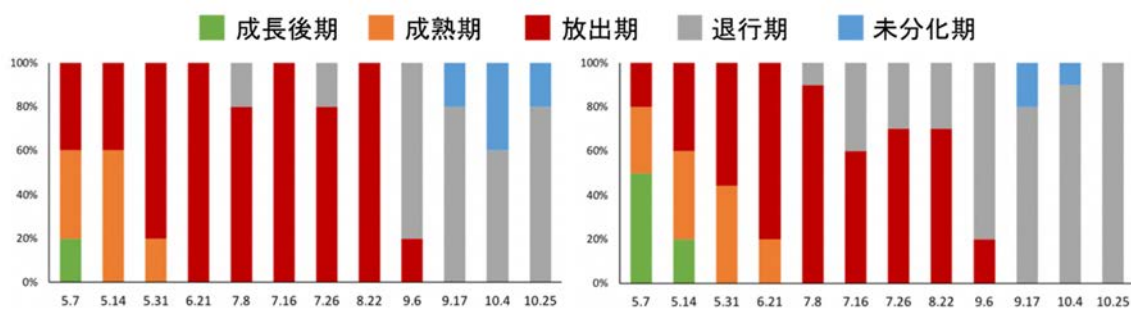


図3 組織観察によるハマグリ生殖腺の発達段階。

左：大サイズ5個体分、右：小サイズ10個体分の発達段階を示す。

表3 採卵誘発試験の結果概要（6/10～7/29）

採卵日	親貝				採卵結果					
	使用親貝量 (kg)	使用親貝数 (個)	平均殻長 (mm)	備考	採卵数 (万粒)	1個あたり産卵数 (万粒) ①	孵化数 (万個)	孵化率 (%) ②	正常D型 (%) ③	親貝1個あたり正常D型幼生数 (万個)
6月10日	0.65	37	37.51	大4個、小33個	1,872	51	413	22.1%	93.0%	10.4
6月18日	1.80	47	50.29	大47個	1,206	26	528	43.8%	67.1%	7.5
7月2日	1.20	25	56.23	大25個	201	8	140	69.8%	87.8%	4.9
7月29日	1.10	49	40.53	大29個、小20個	194	4	73	37.7%	93.7%	1.4
合計	4.75	158	-		3,473	-	1,155	33.2%	85.4%	-