

アサリ



<アサリ種苗>

1 生態

(1) 分布

樺太～九州・朝鮮・台湾・中国の内湾の潮間帯から 10m ぐらいまでの礫まじりの砂泥底に多い。山口県では、瀬戸内海側に広く分布するほか、日本海側の一部の内湾域にも分布がみられる。

(2) 生活史

アサリは雌雄異体で、山口県沿岸での産卵期は春と秋に見られる。放出された卵と精子は海中で受精し、受精卵はトロコフォア、D 状期、アンボ期、フルグロウン期を経て約 2～3 週間で着底生活に入る。

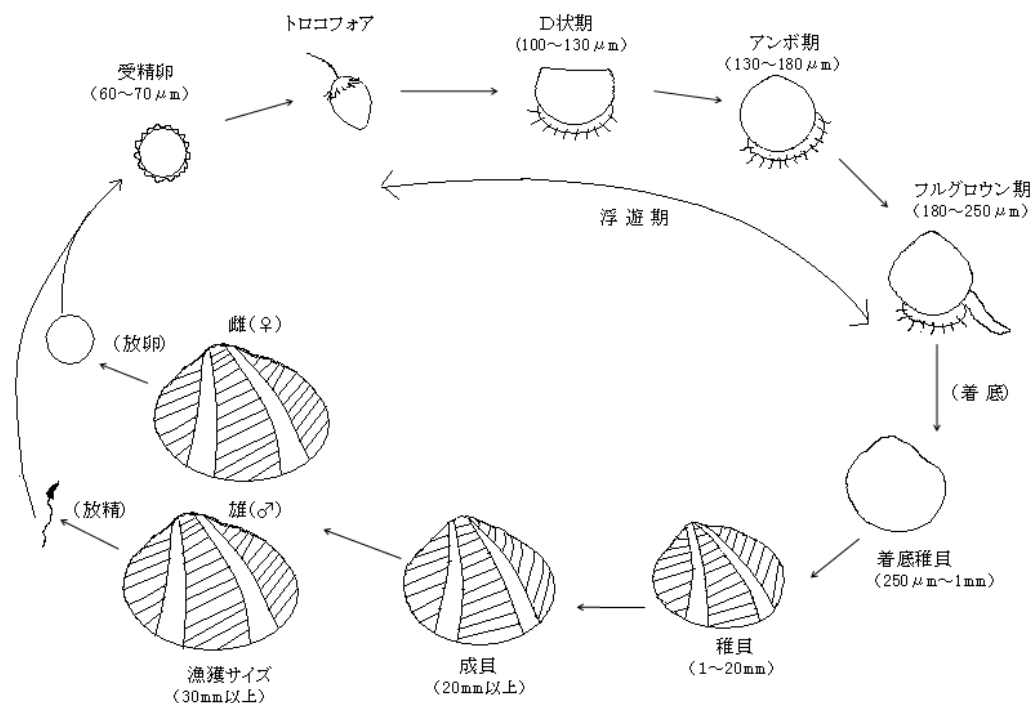


図1 アサリの生活史

(3) 成長と寿命

人工種苗生産における受精から殻長 1 mm までの成長、中間育成過程における殻長 1 mm から殻長 10 mm までの成長および殻長 10 mm で放流した場合の海域での成長は図 2 に示すとおりである。

本県沿岸では、満 1 年で殻長 20 mm～25 mm、満 1 年半～満 2 年で殻長 30 mm 以上となり漁獲サイズとなる。寿命は 5～7 年と思われる。

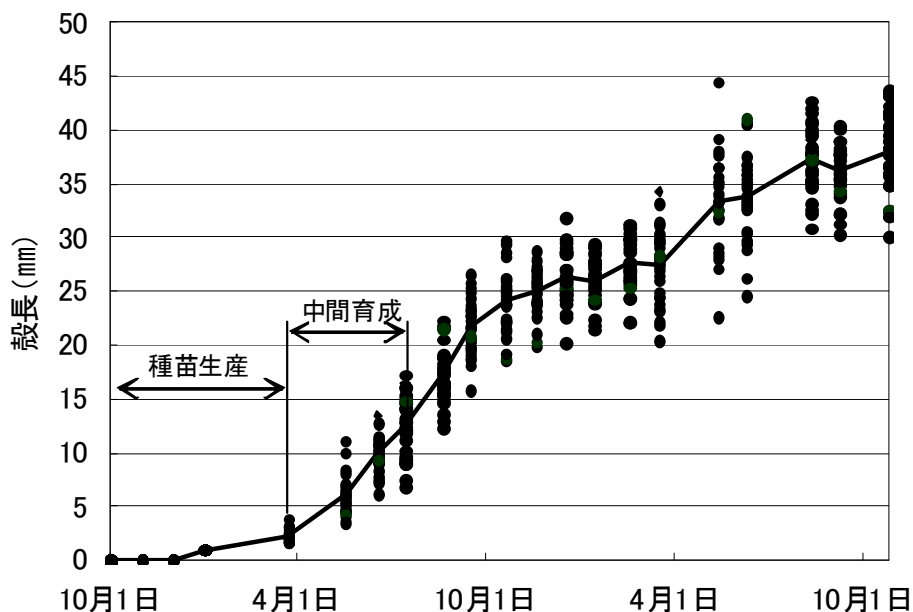


図2 人工種苗アサリの中間育成、放流による成長事例(2008年～2010年)

(4) 相対成長

殻長と体重の関係を図3に示した。また、殻幅と殻長の関係を図4に示した。殻長と殻幅の関係は、漁獲アサリをふるい選別する時に用いられる。

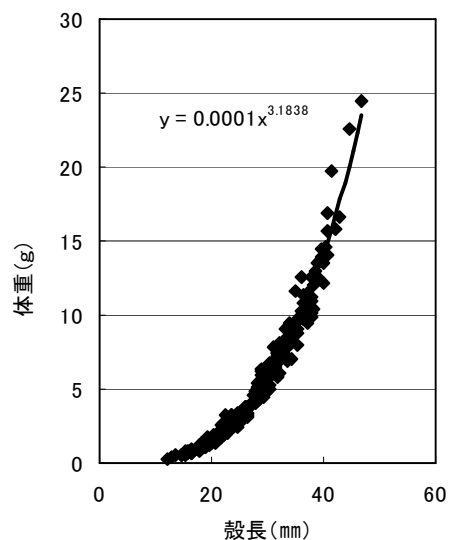


図3 アサリの殻長と体重の関係

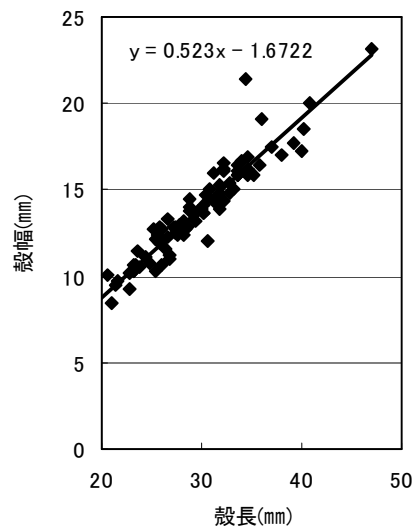


図4 アサリの殻長と殻幅の関係

(5) 移動

基本的には、アサリの移動はほとんど無いと考えてもよい。着底直後から殻長数mmの大きさまでは活発な匍匐活動が見られるが、これによって移動する距離は短く、5m未満である。ただし、波浪等により底泥が激しく移動する場所では、数百mの移動が確認されたこともある。アサリの潜砂深度は殻長の2～3倍であるが、

殻長数mmまでの稚貝は底泥表層に生息しているため、底泥と共に移動することが考えられる。

(6) 成熟と産卵

山口県における産卵期は、5月から6月及び、9月から10月にあるが、はっきりとした成熟のピークが見られるのは9月から10月である。

(7) 食性

一般的には、珪藻を中心とした浮遊性微細藻類を主としているが、波浪でまきあげられた底泥表面の付着性微細藻類やデトライタスなども餌料効果がある。

また、水中のブドウ糖やアミノ酸等の栄養物質を体表から直接吸収することが判明してきた。

(8) 害敵生物

アサリの害敵生物は多く、餌の競合、生息場の競合、食害の3つの点で、多様な生物がアサリの生息に影響を及ぼしている。

餌の競合と生息場の競合は、アサリと同じ二枚貝類(シオフキ、バカガイ等)が主であるが、水産上有用な生物である場合もあり、害敵とまでは言えないことも多い。ただし、ホトトギスガイは、水産上有用な生物でない上に、干潟表面でマット状となるため、底質を悪化させる等で影響が大きい。二枚貝類の他にも、甲殻類のアナジャコは、干潟に巣穴を作りアサリの生息場を奪っている。

食害生物は、巻貝類(キセワタ、ツメタガイ、アカニシ等)、タコ類(マダコ等)、エビ類(クルマエビ等)、カニ類(ガザミ、イシガニ等)、ヒトデ類(ヒトデ、スナヒトデ等)、魚類(クロダイ、ナルトビエイ等)等、多様で種類も多い。食害を受けるアサリの殻長も数mm～漁獲対象サイズにわたるため、食害は重要な問題である。特に近年では、ナルトビエイのような大型の食害生物も出現しており、放流したアサリが一潮で全滅してしまうケースもある。

主な害敵生物



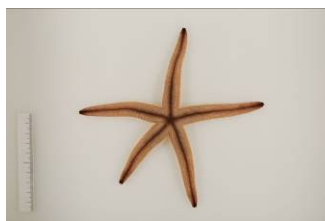
アカニシ



キセワタ



ツメタガイ



スナヒトデ



イシガニ



マダコ



クロダイ



ナルトビエイ



ホトギスガイ

(9) 生物特性

① 水温

水温に対して、アサリは幅広い適性を持っている。-2℃～35℃の範囲ではほとんどへい死しないとされるが、最適な水温帯は20℃～25℃と見られている。浮遊幼生においては、12℃～30℃の範囲で正常に発生することが確認されている。

② 空中活力

気温により違いが見られる。気温が低いと空中活力が高く、気温が高くなるにつれて空中活力も低くなる。気温15℃以下では7日以上での生残が見られたが、20℃で3.5日、25℃で2.8日、30℃で1.3日であった。

③ 塩分

水温同様に、塩分に対してもアサリは幅広い適正を持っている。海水比重が1.015～1.029の範囲ではへい死がみられない。また、水温が15℃～30℃の範囲であれば塩分濃度が25～35の範囲で潜砂率100%、水温が15℃であれば塩分濃度が20でも潜砂率100%である。

④ 溶存酸素量

酸素濃度がおよそ 1 ppm 以下の海水に、2 日以上曝されるとへい死が始まり、4 日以上継続すると大量へい死が発生する可能性がある。

2 種苗生産

(1) 親貝の確保

親貝は、9 月～10 月に干潟から採捕されたものの中から殻長 30 mm 以上のものを選出する。アサリを開殻して、生殖腺が白く大きく発達していれば成熟が進んでおり、採卵することが可能である。親貝の放卵数は一様ではないが、成熟していれば 1 個当たり最低 50 万個程度は見込まれるので、必要とする卵数からおよその親貝数を計算し、親貝の確保を行う。例えば、5 千万～1 億個の採卵を目指すのであれば 2 kg～4 kg の成熟した親貝を確保する必要がある。

持ち帰った親貝は、いったん排泄をさせておく。ただし、アサリが十分に成熟していた場合、この段階で産卵が行われる場合もあるので、採卵作業に関わる一連の準備を整えてから親貝の確保を行うのが望ましい。

(2) 採卵

採卵は干出刺激と温度刺激の組み合わせで行う。親貝を水道水で洗い、殻表面の汚れを落とした後に、屋内の風通しの良い場所に広げて干出刺激を行う。2 時間干出させた後に、自然水温海水（精密ろ過海水又は紫外線殺菌海水。以下、種苗生産の章の「海水」は、特に注釈がない限りこれらを指す）を溜めた産卵用水槽（親貝 2 kg～4 kg 程度であれば 200L 水槽）に収容し微通気する。この段階で産卵が行われる場合も多い。産卵用水槽に収容し 30 分間、産卵がなければ 5～6℃ 昇温させ、加温刺激を行う。加温した後、30 分間、産卵がなければ自然水温海水へ戻し、降温刺激を行い、30 分間様子を見る。その後は、加温刺激と降温刺激を交互に繰り返す（夏季の高水温時に行うのであれば、海水氷等で 5～6℃ 降温させ、自然水温で加温する）。温度刺激を繰り返しても産卵が見られない場合は、餌料プランクトンを高密度給餌して、給餌刺激を行う。また、数個の親貝を開殻して、成熟した生殖腺をメスで切開し、生殖腺内容物を海水に抽出した懸濁液を刺激に用いることも有効である。採卵誘発開始から 6 時間程度経過しても産卵がなければ産卵用水槽内の海水を換水して止水にし、通気をしておく。

(3) 受精卵処理

卵径より少し大きめのネット（ゴミ取り用、100 μm）を 20 μm のネットの上に重ねて洗卵用水槽（30L パンライト水槽）に十分弛ませて設置する。このとき、水槽内には予め海水を張り、わずかに掛け流しておく。産卵用水槽内の海水が産卵により白濁してきたら、白濁した海水をネットに移しゴミと余分な精子を海水で洗い流して除去する。20 μm ネット上の受精卵をわずかに海水を張った 30L パンラ

イト水槽に移した後、海水を十分に充填する。30分静置後、受精卵が沈降する性質を利用して、上澄み液と共に不良卵等の浮遊物を廃棄する。これを3回繰り返して沈下卵のみを採取して洗卵を終了し、卵数を計数する。受精卵を海水中に収容し、微通気攪拌する。収容数は直径約1mの1トン水槽であれば3,000万個程度を目安とする。

収容翌日に、トロコフォアが確認されたら、通気を止め、表層に集まった幼生をビニールチューブサイフォンで集める。夏季にはトロコフォアまでの変態時間が早いので早めに行う。また、秋季の水温が低い時期には、翌日においても変態が完了せず、水底に沈下している場合があるので、幼生が確認できない場合は水底を確認し、加温を行うか、時間をかけてトロコフォアを収容する。

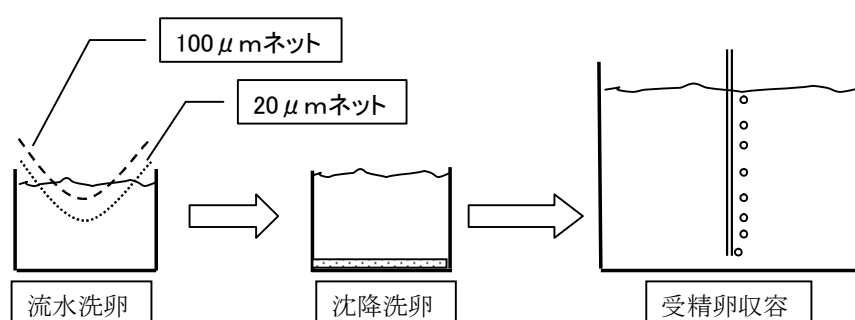


図5 受精卵の洗浄と収容

(4) 幼生飼育

集めた幼生は、1トン水槽に2個体/mL前後の密度となるように収容し、水槽中央部から微通気攪拌する。飼育水温は15°C～25°Cの範囲であれば特に問題ないが、秋季採卵の場合、自然水温が急に低下することも見られるので、ヒーターで水温が15°C以下とならないように加温する。幼生が着底するまでの約2～3週間は、餌生物のコントロール等の目的で水槽の上面を黒色ビニールシートで覆い、遮光する。飼育期間中は、水質維持管理のために、3日毎に飼育海水1/3量の換水を行う。

餌は、パブロバ(*Pavlova lutheri*)とナンノクロロプシス(*Nannochloropsis* sp.)の細胞数を1対8の割合で表1のように給餌する。給餌により、表1に示された飼育海水中的餌料細胞密度を保つ。そのためには、給餌前には残餌細胞数を計数し、飼育海水中的餌料細胞密度が予定密度となるように給餌量を調節する。

表1 投餌量

(単位: 10^3 cells/ml)

種類 \ 日齢	2～4	5	6～7	8	9～10	11	12～13	14～16	17
<i>Pavlova lutheri</i>	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.5	7.0	10.0	13.0
<i>Nannochloropsis</i> sp.	8	12	16	24	32	44	56	80	100

飼育海水中の残餌細胞数の計数方法は、厚型ホールスライドを用いて行う。対物レンズの視野径(A cm)、xy ステージの垂直微動1回転(B cm)とすると、微動1回転の検鏡体積(c)は、 $c = \pi (A/2)^2 \cdot B \text{ cm}^3$ となり、微動1回転でn個体の細胞数が計数された場合の細胞密度は、 (n/c) 個体/mLとなる。

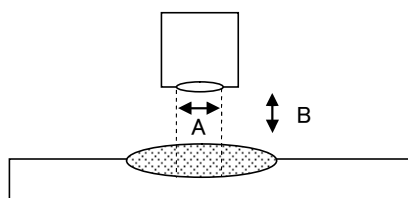


図6 厚型ホールスライドを用いた残餌細胞数の計数

(5) 着底稚貝飼育

浮遊幼生の平均殻長が $250 \mu\text{m}$ を超えてくると、足が形成され匍匐（ほふく）行動が見られるようになり、浮遊期から着底期へと変態する。この頃に、 $100 \mu\text{m}$ のネットを用いて浮遊幼生を回収する。また、水槽壁面や底を鳥の羽で軽くなぞり、既に着底している稚貝も同様に回収する。飼育水槽の洗浄を行った後に、 $500 \mu\text{m}$ のふるいを通した砂を水槽の底が見えなくなる程度に薄く均一に敷設する。

回収しておいた浮遊幼生を飼育水槽に再収容し、浮遊幼生を着底させる。飼育施設に余裕がある場合は、二重底砂床水槽を準備しておいて、浮遊幼生を収容する方法もある(二重底砂床水槽は、エアリフトを用いて、砂床を通した海水の循環により、水質と底質の安定を図れる利点がある)。

着底後は、微通気を通常通気とし、水槽内の海水を十分に循環させる。また、砂床表面の汚れを観察し、定期的な砂の洗浄を行う。その他の管理は、浮遊幼生飼育と同様に行う。

(6) 取り上げと輸送

平均殻長が $1 \text{ mm} \sim 2 \text{ mm}$ になると、成貝と同様の環境条件での飼育が可能となるため、放流サイズまで中間育成を行う。取り上げた種苗はビニール袋に海水とともに適量ずつ分け入れて、自然水温で運搬する(長距離運搬の場合はクーラーボックス等を用いる)。

3 中間育成

(1) 育成手法の選定

平均殻長が $1 \text{ mm} \sim 2 \text{ mm}$ になると、給餌量が急激に増加するため、屋内での人為的な飼育が困難となるので、以降を中間育成として飼育ステージを替える。中間育成の方法としては、海上垂下籠による飼育と、陸上で自然海水と培養餌料を併せて飼育する方法の二通りがある。本県では、主に後者による育成方法

の内、砂床式流水槽（「潜砂性二枚貝の養殖方法」山口県：特許第 4041915 号）を採用している。

海上垂下籠は、簡易な装置で実施でき、給餌を行う必要もなく籠掃除以外に管理の必要はないが、大量飼育が困難なこと、水面占用といった手続きが必要となる等の課題がある。実施方法の詳細についてはミルクイを参考にされたい。

(2) 適地

砂床式流水路では、自然海水の揚水と送水及び屋外餌料培養を行う大型水槽(30 トン～100 トン)からの餌料送水が可能な平地が必要である。また、自然海水中に含まれる天然餌料も活用するため、内湾性で富栄養な海域から揚水できることが望ましい。

(3) 育成施設の構造

砂床式流水路では、屋外に細長い水路状の水槽(0.5m×20m×深さ 0.2m)を設置する。水槽内の水深は 2 cm 程度と浅いため、水槽構造はコンクリートブロックや角材を並べて底と壁面をシートで覆う等の簡易なもので対応可能である。水槽の底全体に、砂を 2 cm の厚さで敷きつめて砂床とし、内部にアサリを収容する。1 水槽当たりの自然海水注水量は 1.2kL/h 以上とし掛け流しにする。海水の注水量が多いほどアサリの成長は良好だが、揚水ポンプに係る電気料もかさむため、1.2kL/h～2.4kL/h が経済的と思われる。水槽短辺の一方から自然海水を注水し、水槽内の水面から砂床表面までの水深が約 2 cm となるように、もう一方の水槽短辺の壁面高を調節し排水する。

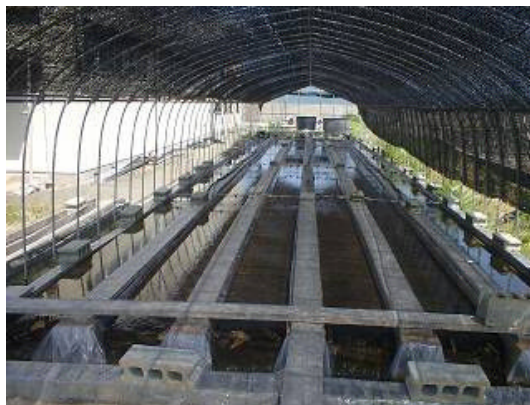


図 7 陸上中間育成施設の例

(4) 中間育成管理

中間育成開始時にアサリの成長を見込んだ飼育密度を設定すれば、中間育成期間中に密度調整を行う必要がなくなるので、アサリを砂床に収容し、自然海水を掛け流し始めてから取り上げまでに人手を要する管理はない。唯一、アサリの排泄物及び自然海水と共に侵入してくる競合生物(アオノリ等の藻類及びホトトギスガイやブドウガイなど)を排水と共に除去するために、週 1 回以上は、海水注水側から排水側へ熊手等で砂床表面を攪拌(かくはん)す

る必要がある。

5月中旬になると日差しが強くなり、砂床表面の付着性プランクトンの繁殖が阻害されるようになるため、寒冷紗で水槽上部を覆って遮光する。

(5) 餌料

自然海水中に含まれる天然由来の植物プランクトン、水槽底面の砂床表面に自然繁殖する付着性の植物プランクトン及び屋外水槽で粗放培養した餌料プランクトンを用いる。

屋外水槽で粗放培養する植物プランクトン種についてはナンノクロロプシスが最も簡易である。砂ろ過海水に施肥のみを行い、自然繁殖してくる珪藻等と併用すると良好な成長が見られるが、珪藻は安定した培養が難しい。止水状態で培養していた植物プランクトンが一定細胞密度に増加した段階で、給水を開始し、飼育水槽へ連続給餌を行う。ナンノクロロプシスを50トンのキャンバス水槽で培養した場合、50万～1000万 cells/ml に達した段階で、約600L/hの給水を行うと、合計100 m²の中間育成水槽に給餌が可能となる。約15kL/日の海水が入れ替わるので不足分について施肥で補うことで最低でも1週間は連続給餌が可能となる。

(6) 収容密度

適正な収容密度(個体数/m²)は、自然海水の給水量及び培養餌料の給餌量に関係している。また、中間育成期間中にアサリが成長するため、選別と密度調整が必要になる場合がある。

育成開始殻長2 mm、開始密度10,000個/m²、育成開始3月下旬～4月上旬、育成期間100日、自然海水注水量1.2kL/h、屋外培養ナンノクロロプシス(500万～1000万 cells/mL)給餌量6L/h/m²であれば殻長10 mmの取り上げまで選別や密度調整をする必要はない。

(7) 成長

2008年秋季生産の種苗を用いた2009年中間育成の例では、平均殻長2.3 mm(3月23日)であった稚貝が、99日目に平均殻長10.1 mm(6月30日)となった(図2)。

(8) 疾病

特に問題となるような疾病は報告されていない。しかし、6月～7月にへい死が見られるようになるが、原因は不明である。この時期は、梅雨時期で屋外餌料培養が不調となり、成長も停滞することが多いため、餌料不足となっている可能性もある。

(9) 生残率

殻長2 mmから殻長7 mmまでは、へい死は見られない。殻長が7 mmを超えて

くる6月中旬からへい死が見られるようになり、7月上旬の取り上げまでに20%~30%の減耗が発生し、殻長10mmサイズの取り上げまでの生残率は70%~80%である。

(10) 中間育成の終了と輸送

平均殻長が10mmを超えると、干潟への放流等が可能となる。また、中間育成時期は4月~7月であるが、7月下旬になると梅雨が明け、気温が急激に上昇するため、アサリの運搬と放流には好ましくない。そのため、平均殻長が10mmを超える6月下旬~7月上旬には中間育成を終了し、放流を行う。

ただし、夏の減耗が目立つ海域では、水温が低下する秋に殻長20mmで放流すると、7月に放流する殻長10mmと同様の効果を得られやすい。

取り上げたアサリはネット袋に5kg(約25000個)程度で収容し、気温20℃~25℃であれば、直射日光に曝されないようにして、自然温度下で運搬する。

気温が高い時期に運搬する場合は、クーラーボックスに収容し、氷が直接触れないように注意して運搬する。いずれも無水状態で輸送する。

3 放流

(1) サイズ、場所

カニ類、魚類(クロダイ、ナルトビエイ等)による食害が激しく、放流後に保護を行わなければ、ほとんど生残が見込めない。また、保護を行った場合でも、放流後の生残が確実なサイズは殻長10mm以上であることから、放流サイズは殻長10mm以上としている。

放流場所は、内湾性の波の穏やかな砂泥質干潟が良い。また、食害の影響を防ぐことができる礫混じりの干潟も望ましい。アサリは潮位±0cm~+100cmの範囲に多く生息していることが確認されてきた。干出時間の短い低い地盤が良好な成長を得るためには好ましいが、食害を防ぐための保護管理を行う場合は、比較的高潮位で干出する+50cm~100cmに放流すると管理が容易に行える。

近年では瀬戸内海沿岸海域の栄養塩減少から、アサリの餌料環境が悪化していると推察される。干潟内においてもアサリの成長する区域が限定的になっている傾向もあり、最初は小規模な放流区を複数箇所設置し、放流したアサリの成長と生残を観察する必要がある。

(2) 放流時の注意点

放流密度は、漁獲サイズの密度が300個~600個/m²の範囲となるように行う。殻長10mmの放流種苗であれば1000個/m²を目安に放流を行い、その後の生残状況を見ながら次年度以後は放流数を調整する必要がある。

放流と同時に、食害からの保護を行う。最も効果的な保護方法は、アサリを放流した干潟表面を網で覆って保護する「被覆網」を設置することである。

構造と設置方法が簡易であるので、多くの干潟で応用が可能である。

保護網の大きさは、作業人数にあわせる必要がある。大きな網は、設置するのは容易だが、設置後の管理(網の掃除や張替等)に多大な労力を要する。

1枚の保護網が4m四方であれば、どのような場面でも1~2名による作業が可能なので、この大きさを目安にすると良い。

保護網の目合いは10mm~15mm前後が望ましい。10mmを大きく下回るような目合いでは、網の抵抗が大きくなり、波浪による破損が激しくなる。また、15mmを大きく上回るような目合いでは食害を防ぐ効果が低下する。網の材質は、どのような物でも良いが、モノフィラメントは、付着物が少なく扱いやすい(耐久性はやや弱い)。網の四辺をロープで補強し、四隅と四辺の間を杭で固定する。図8に基本的な被覆網の例を示す。この例を参考に、地先に合った被覆網の設置方法を検討していくとよい。

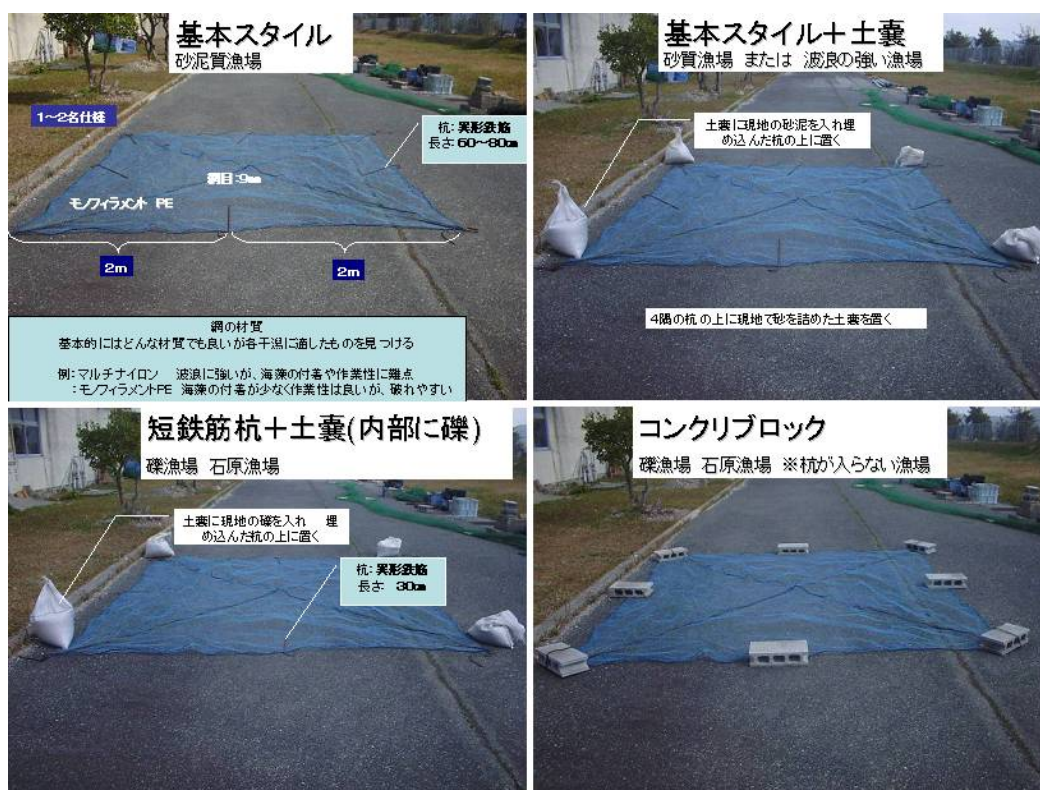


図8 被覆網の設置方法

3 その他

(1) 放流後の管理手法

被覆網を固定するための杭が抜けたりすると、網がめくれて、保護の役割が果たせなくなる。そのため、毎月1回は保護施設の確認を行い、網なりを整えたり、破損した箇所をテグス等で修繕すると保護効果を維持できる。

また、被覆網には多様な生物が付着する。特に、張ったままの被覆網は、干潟底面との摩擦により、網地表面が傷ついているため、生物の付着が多くなるので、年1回は、網を干したり、新しい網と交換すると良い。

4 参考資料

- 1) 桜井良三編(1986)：決定版 生物図鑑 貝類. (株)世界文化社, 333
- 2) (社) 日本水産資源保護協会(1980)：水生生物生態資料, 282-284
- 3) (社) 全国沿岸漁業振興開発協会(1996)：増殖場造成計画指針ヒラメ・アサリ編, 123-156
- 4) 山口県(1979)：アサリの生活史－産卵期. 大規模増殖場開発事業調査報告書(山口・大海湾築－アサリ), 65-67
- 5) 井上 泰(1980)：山口・大海湾におけるアサリの生態と環境について. 水産工学, 16(2), 29-35
- 6) 崔 相(1963)：アサリの移動について. 水産増殖, 11(1), 13-24
- 7) 倉茂英次郎・松本文夫(1957)：アサリの生態研究, 特に環境要素について. 水産学集成, 東大出版会, 611-655
- 8) 相島 昇(1993)：アサリ稚貝の潜砂行動に及ぼす水温と塩分の影響. 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 1, 145-150
- 9) 千葉県(2004)：アサリ種苗生産の現場基礎技術－富津研究所の経験
- 10) 大橋 裕他(1991)：アサリ種苗生産試験. 山口県内海水産試験場報告, 18号, 1-9
- 11) 松野 進他(2001)：二枚貝類種苗生産時の着底期における自動飼育法について. 平成11年度山口県水産研究センター事業報告, 278-280
- 12) 中野義久他(2000)：アサリの中間育成試験－Ⅰ. 山口県内海水産試験場報告, 28号, 72-74
- 13) 松野 進他(2000)：アサリの中間育成試験－Ⅱ. 山口県内海水産試験場報告, 28号, 75-77
- 14) 山口県(2000)：地域特産種量産放流技術開発事業報告書
- 15) 多賀 茂(2007)：潜砂性二枚貝の養殖方法. 特許第4041915号
- 16) 畑間俊弘他(2009)：二枚貝の陸上中間育成実用化試験. 平成19年度山口県水産研究センター事業報告, 172-174
- 17) 多賀 茂他(2003)：人工種苗によるアサリ放流技術開発試験-VIII. 平成13年度山口県水産研究センター事業報告, 135-140