

## 7 砕石敷設を実施する際の検討フロー

砕石敷設を検討する際は、一連の検討フローに従い**候補海域の選定**、**候補海域の調査**、**アサリ稚貝の死亡要因の検討**を行う。アサリ稚貝の主な死亡要因が、波・流れによる死亡である場合には砕石材の安定性を評価し、**適地選定**を行い砕石敷設を実施する。

### <解説>

#### 7.1 検討フロー

砕石敷設に関する検討のフローを図 7.1-1 に示した。まず、漁業者の要望や予備調査を踏まえて、湾内のどの海域（地区）を候補とするか、①**候補海域の選定**をする。続いて、②**候補海域の調査**を行う。海域の物理科学的特性や生物特性に考慮した調査がなされる必要があるが、特にアサリ稚貝の分布密度の変化から、アサリ稚貝が減少する時期やその殻長サイズを明らかにする。また合わせて、波・流れなどの流速観測や、底質特性の調査を行う。これら調査結果から、③**アサリ稚貝の死亡要因の検討**を行う。アサリ稚貝の主な死亡要因が、**波・流れによる死亡**である場合に砕石敷設は有効である。主な死亡要因がそれ以外である場合、アサリ稚貝が分布しない別要因を探索するとともに、④**他の対策の検討**が必要である。③より、アサリ稚貝の密度減少が、波・流れによる死亡と考えられた場合、候補とする⑤**砕石材の安定性の検討**を行う。アサリ稚貝を保護するためには、候補とする砕石材が敷設海域において波・流れによって移動されないこと、すなわち砕石自身が波・流れに対して安定である必要がある。ただし、敷設後にその場所で操業を行うのであれば、漁獲の妨げにならない砕石材を使用する必要がある。候補とする砕石材が波・流れに対して安定であると判断された場合、候補海域における⑥**適地選定**の後に、そのエリアに⑦**砕石敷設**を実施する。候補とする砕石材が波・流れに対して安定であると判断されない場合には、⑧**砕石材の変更**をするか、もしくは⑨**候補海域の変更**を行う。⑧、⑨ともに難しい場合には④他の対策を検討する必要がある。

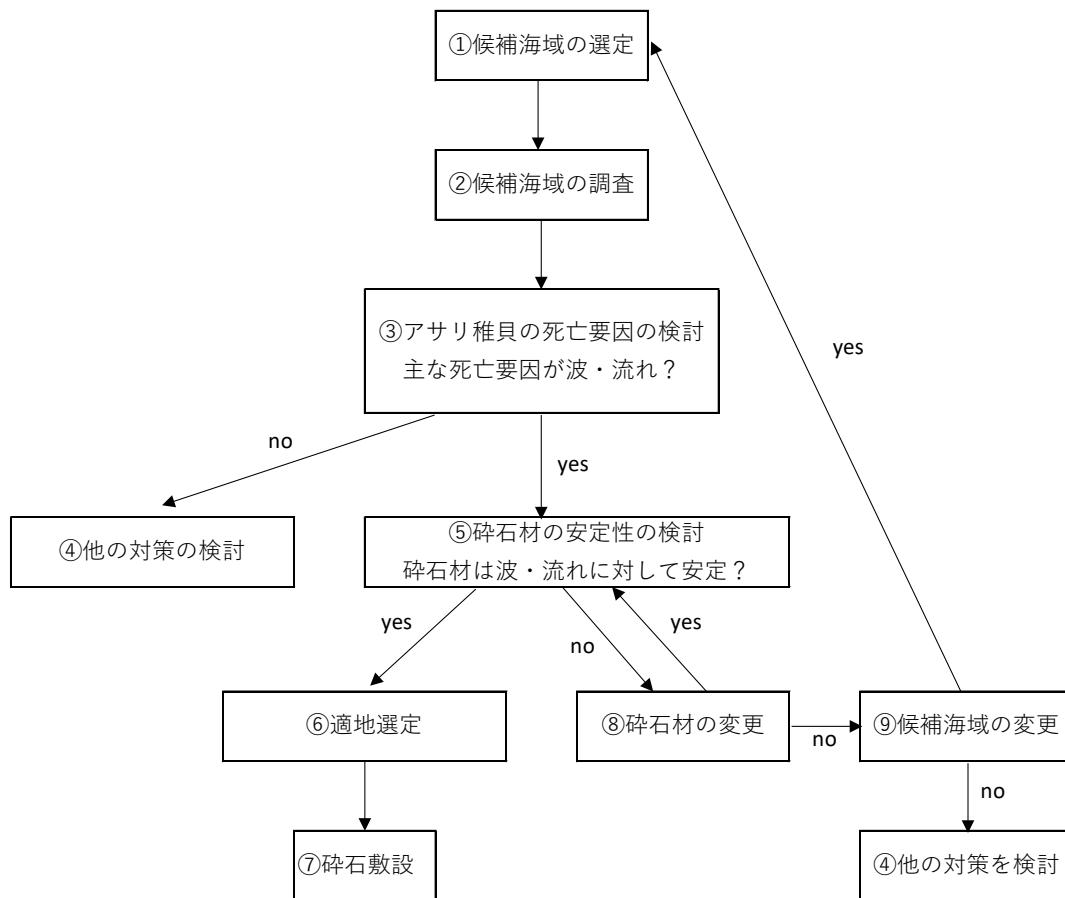


図 7.1-1: 砕石敷設を実施する際の検討フロー

## 7.2 候補海域の選定

候補海域の選定を行う場合、予備調査および既存文献の調査を行い、アサリ資源が高密度に分布する海域か、稚貝の着底が認められるか、あるいは少なくとも浮遊幼生の供給がある海域であることを確認する。移植放流を行う場合についても、過去にアサリ資源が分布していた海域であることを確認する。

## 7.3 候補海域の調査

アサリ生活史の説明と共に、アサリに関する基礎的な調査方法については、物理化学的特性と生物特性の2項目に分割して増殖場造成計画指針（全国沿岸漁業振興開発協会1997）に詳細が記述されている。また熊本県緑川河口の実際の干潟において砕石敷設を行い、流動条件との関係から稚貝の保護効果を推定した生嶋ほか（2012）の例も参考になる。アサリ分布密度の変化から、アサリ稚貝の分布密度が減少する時期やその殻長サイズを明らかにする。また合わせて、波・流れなどの流場の観測や、底質特性の調査を行う必要がある。6章で示したとおり、砕石効果は敷設する海域によっても、さらに同一海域においても敷設場所によって大きく変動する。可能であれば、大規模な砕石敷設を実施する前に、候補海域内の複数個所に小規模な砕石敷設を行い、事前にどの程度の効果があるか把握することが望ましい。

## 7.4 アサリ稚貝の死亡要因の検討

アサリの死亡要因としては、底質不適、食害生物、有害生物、競合生物、貧酸素、水質不適、波・流れによる死亡などが考えられる。候補海域の調査から、アサリ稚貝が減少する時期が明らかになる。これらの減少が低気圧通過時等の底面波浪流速が大きくなる時期と対応していれば、アサリ稚貝の主な死亡要因は、波・流れによる死亡である可能性が高い。アサリの主な死亡要因が波・流れではない場合、砕石敷設のみでは稚貝保護効果は限定され、他の方策を合わせて検討する必要がある。

## 7.5 砕石材の安定性の検討

波・流れによるアサリ死亡の改善には、アサリ稚貝が生息適地から波・流れで移動しないようにする必要がある。そのためには7.1 検討フローで記述したとおり、候補とする砕石材が敷設海域において波・流れによって移動しないこと、すなわち砕石自身が波・流れに対して安定である必要がある。波・流れ場における底質や稚貝の定位性の指標としてシールズ数が考えられる。シールズ数は、波・流れによる底質の移動しやすさを示す無次元量で、底質を動かそうとする波・流れによる外力と、底質の自重による抵抗力との比で表される指標である（参考資料1、参照）。一般に、シールズ数が0.043未満では底質は移動しないが、0.043～0.06で海底を転がる掃流移動が生じ始め、0.1以上で底質の浮遊移動が

起こる (Shibayama et al. 1982)。シーolz数は小さいほど底質は安定であると言え、アサリ漁場に密度が高く、粒径が大きな砕石を敷設することで、底質の安定性が促進される。その結果、アサリ稚貝は、足糸や斧足で底質の砕石に付着したり、砕石の背後に隠れたりすることで (遮蔽効果)、波・流れによる移動から保護される。シーolz数の計算には、予定する砕石材のサイズ (中央粒形) と合わせて、目的海域の底面波浪流速と地形データなどが必要となる。

### 7.5.1 底面波浪流速

底面波浪流速は実測の他、波浪場の数値計算から算定する方法や、換算沖波と浅水変形により算出する方法などがあり、詳細は藻場造成型漁港構造物 調査・設計ガイドライン (全国漁港漁場協会 2003) にまとめられており、計算には沖波データの入手が必要となる。藻場造成型漁港構造物 調査・設計ガイドラインに準拠すれば、沖波データは目的海域の近くに波浪観測所がある場合は、そこから波浪データを手に入して利用する。波浪観測は、港湾および漁港合わせて 50 ヶ所以上、また気象庁、海上保安庁、大学等の約 160 ヶ所で定常的に観測されているが、最も充実した波浪観測データはナウファス (全国港湾海洋波浪情報網: NOWPHAS: Nationwide Ocean Wave information network for Ports and Harbours) により公開されている (<https://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/>)。

### 7.5.2 地形データ

地形データについては、日本水路協会から海浜・沿岸域から沖合 60~70 マイルまでをカバーする海底地形デジタルデータ (M7000 シリーズ) が販売されている (<https://www.jha.or.jp/jp/shop/products/btdd/index.html>)。ただし、このデータは 1.0 m 間隔の等深線データであり、海区内の適地選定にはさらに精度の高い地形データが必要となる。この場合、自前での地形測量を行う必要があるが、音響測器を用いた測量の手引きとして「簡単に行える音響測器を用いた漁場調査に関する手引き」が水産研究・教育機構 神栖庁舎 水産工学部 (旧水産工学研究所) から公表されている ([http://nrife.fra.affrc.go.jp/topics/onkyoukiki\\_tebiki/onkyou\\_tebiki.pdf](http://nrife.fra.affrc.go.jp/topics/onkyoukiki_tebiki/onkyou_tebiki.pdf))。

本手引きは、水産基盤整備調査委託事業 (水産庁) の「アサリ漁業復活のための大規模漁場整備技術・維持管理手法の開発」(以下、水産庁事業「アサリ復活」) に基づくが、適地選定等で行われた詳細な計算方法等は上記事業の報告書から参照できる。基盤整備事業の報告書については以下の HP より公表されている (<https://www.mf21.or.jp/houkoku/index.asp>)。

## 8 適地選定の手順

砕石敷設の適地選定については候補海域においてアサリ生残の阻害要素を抽出し、それらの影響がないか、もしくは少ないエリアを抽出して適地を選定する。

### <解説>

具体的な適地選定の手順は以下のとおりである。

- ① アサリ分布特徴の把握
- ② アサリ生残の阻害要因の抽出
- ③ 阻害要因ごとの分布の把握
- ④ 重ね合わせによる適地の選定

ここでは伊勢湾 松阪地区（図 8-1）において行った適地選定を事例に説明する。松阪地区には三渡川と松名瀬という 2 つの海域があり、いずれにおいても、かつてアサリ漁場が形成されていた。

#### ①アサリ分布特徴の把握

松阪地区では 2012～2014 年にアサリの分布調査が行われている（羽生ほか 2017）。この調査に基づけば、アサリは水深 0～5.0 m で観察されており、分布中心は水深 0～1.0 m である。

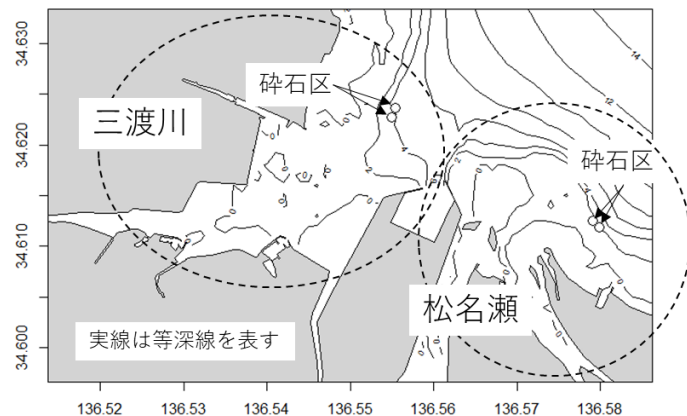


図 8-1：伊勢湾の松阪地区

#### ② アサリ生残の阻害要因の抽出

水産庁事業「アサリ復活」の一連の調査において、松阪地区における近年の生残に対する阻害要因として、1. 波・流れによる生残率の低下、2. 貧酸素水塊による生残率の低下、3. ヒトデ類による食害が確認されている。さらに敷設後の砕石効果の消失を避けるため、4. 漂砂の堆積についても評価し、適地選定を行った。

#### ③ 阻害要因ごとの分布の把握

##### 1. 波・流れによる生残率の低下

シールドズ数を指標として適地を選定した。シールドズ数の計算に用いる底面波浪流速は、次のように求めた。まず、後述の沖波条件でエネルギー平衡方程式（EBE）を数値計算で

解くことにより松阪地区の波浪場を求め、微小振幅波理論（参考資料 1、参照）で底面波浪流速  $U_{EBE}$  を算出した。次に、この  $U_{EBE}$  を、流向流速計で現地観測した底面波浪流速  $U_{obs}$  に合うように、次式（水産庁 2021）で  $U_{50}$  に補正した。また、予測誤差の影響を考慮した底面波浪流速として、下側確率が 95 % となる底面波浪流速  $U_{95}$  も次式で算出した。

$$U_m = \begin{cases} U_{50} = e^{0.7068 \log U_{EBE} + 0.7985} \\ U_{95} = e^{0.7068 \log U_{EBE} + 0.7985 + 0.6001} \end{cases}$$

EBE での沖側からの入射波は、2013～2017 年の各年に松阪沖の波高計で観測された最大波高とした（水産庁 2021）。5.0 m 以浅の海底基準面（海図における水深 0 m）には 2020 年の観測値を、5.0 m 以深のそれには海底地形デジタルデータ M7000 を用いた。波高推算の水位は、各最大波高が観測された時刻の水位（気象庁 鳥羽観測所）とした。当海域の底質の中央粒径は 0.2～0.8 mm であり、ここでは 7 号砕石に相当する中央粒径 3.0 mm と 6 号砕石に相当する 9.0 mm を敷設した場合のシールズ数を算出した。

図 8-2 は、 $U_{50}$  を用いて中央粒径 3.0 mm でのシールズ数を算出し、シールズ数が 0.1 以上となった 2013～2017 年の 5 年分の海域を半透明の赤色で重ね合わせたものである。緑色の海域が敷設適地であり、松名瀬では 4.0 m 以深と河川上流にしか敷設適地が認められない。一方で、三渡川では水深 0～4.0 m にも敷設適地が認められる。図 8-3 は中央粒径 3.0 mm で  $U_{95}$  を用いた場合のシールズ数を、図 8-4 は中央粒径 9.0 mm で  $U_{95}$  を用いた場合のシールズ数を示す。予測誤差の影響を考慮してより安全側に配慮する場合は、7 号砕石では敷設適地が認められないため、6 号砕石を選択する必要がある。

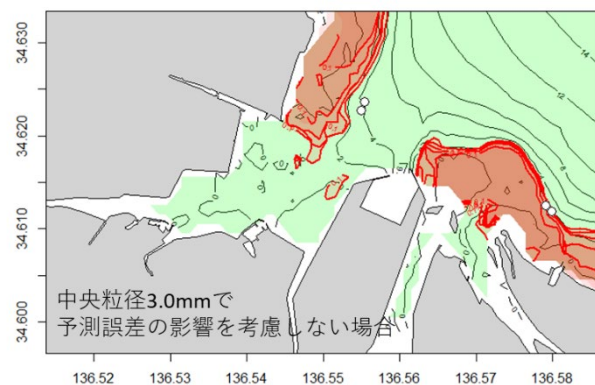


図 8-2: 中央粒径 3.0 mm で  $U_{50}$  を用いた場合のシールズ数

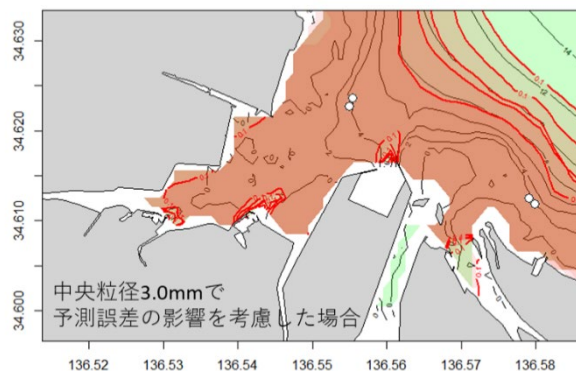


図 8-3: 中央粒径 3.0 mm で  $U_{95}$  を用いた場合のシールズ数 ( $\geq 0.1$  の海域 (赤色))

ると考えられる。

## 2. 貧酸素水塊による生残率の低下

水深別の溶存酸素濃度を指標として適地を選定した。ここでは、水深の異なる4か所に溶存酸素計を設置し、水位と溶存酸素濃度の関係から貧酸素水塊が出現する水深帯を推定した。

図8-5は2020年に観測された溶存酸素濃度と水深の関係を示したものである。図より、貧酸素水塊は上げ潮時に沖側から侵入していると推測される。無酸素水の出現は水深約3.0 m以深で観測されたため、ここでは水深3.0 mより浅い海域を敷設適地と見なした(図8-6)。

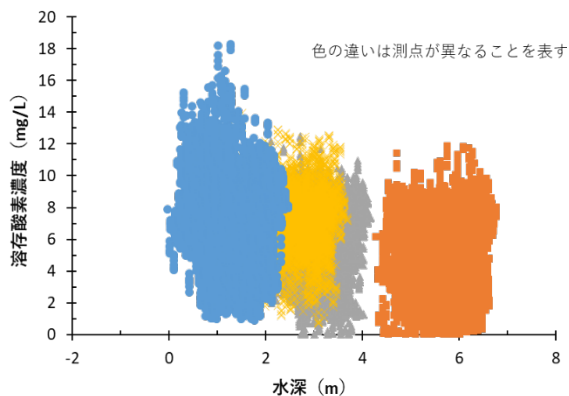


図8-5: 2020年に観測された溶存酸素濃度と水深の関係

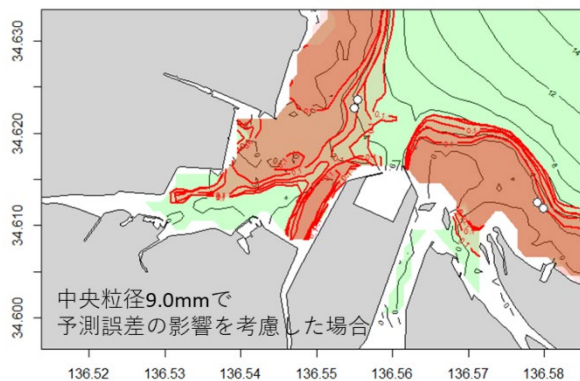


図8-4: 中央粒径9.0 mmでU<sub>95</sub>を用いた場合のシールズ数(≥0.1の海域(赤色))

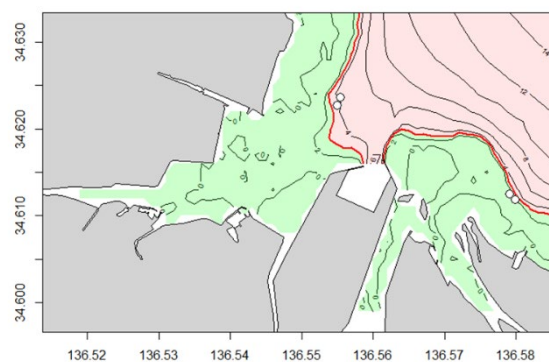


図8-6: 溶存酸素濃度からみた適地選定

## 3. ヒトデ類による食害による低下

水産庁事業「アサリ復活」の一連の調査において、松阪地区では、スナヒトデ、キヒトデ、モミジガイによるアサリの食害が確認されている。伊勢湾におけるこれらのヒトデ類の生息密度は、伊勢湾の湾口部に近いほど高いか、湾口部と水質環境が類似した海域に多いことが報告されている(Ganmanee et al. 2003a, b; 天川・関口 2015)。ここでは、複数

の敷設適地がある場合に、湾口部から遠い海域を敷設適地と判断することとした。

#### 4. 漂砂の堆積

2種類の指標により漂砂の影響を推定し、敷設適地を選定した。1つは、粒度組成から推定した平均的な流向（Gao and Collins 1992）であり、これにより、土砂が集積しやすい海域を推定した。もう1つは、中央粒径  $d_{50}$  の標準偏差であり、その大きさにより、粒度組成が変化しやすい海域を推定した。

粒度組成は、2013～2019年に2か月に1回、松阪地区の138地点で調査した粒径データを用いて、状態空間モデルにより松阪地区の5.0 m以浅全域（639地点）について求めた。

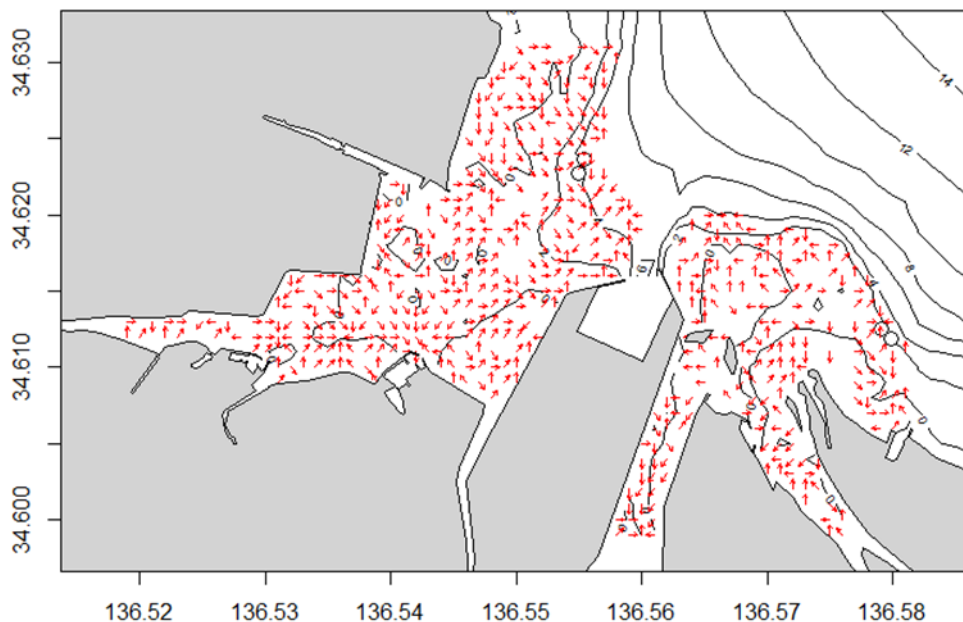


図 8-7: 漂砂から推定した平均流向

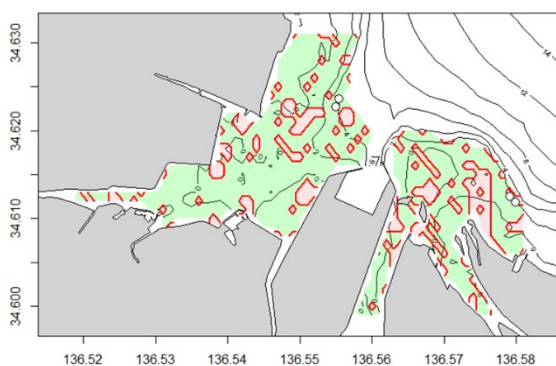


図 8-8: 平均流向からみた適地選定

図 8-7 は、平均的な流向を表す。図 8-8 の赤色の海域は、隣接する海域の流向が互いに向き合う海域や流向が推定できなかった海域を表し、これらの海域は、長期的に土砂が集積する可能性のある海域と推測されるため、碎石の敷設を避けるべき海域と見なした。

図 8-9 は、粒度組成から推定した中央粒径の標準偏差を表す。図 8-10 の赤色の領域は、中央粒径の標準偏差が 0.73 以上となった海域を示している。標準偏差の大きな海域は河川上流に集中していることから、松阪地区の土砂は主に河川から供給されているものと推測される。これらの海域は、河川出水により、短期的に粒度組成が大きく変動する海域と推測されるため、碎石敷設を避けるべき海域と見なした。なお、標準偏差のしきい値として、ここでは、現地調査において漂砂の堆積が確認されなかった三渡川碎石区での標準偏差 0.73 を採用した。

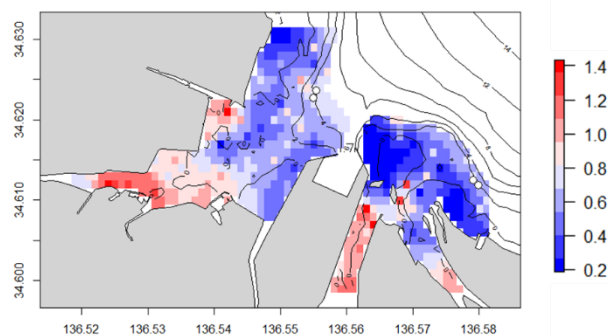


図 8-9: 中央粒径の標準偏差

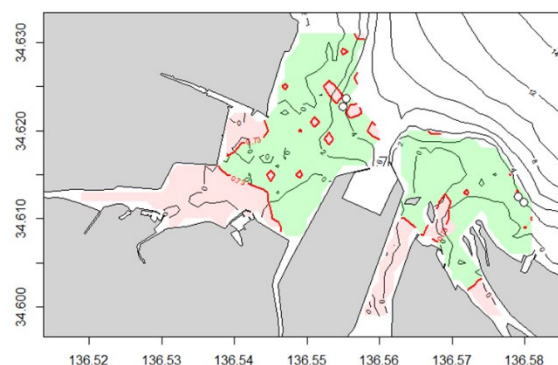


図 8-10: 中央粒径の標準偏差からみた適地選定

#### ④ 重ね合わせによる適地の選定

波浪の影響が大きい海域、貧酸素水塊の影響が大きい海域、漂砂

の影響が大きい海域を重ね合わせた結果、敷設適地は図 8-11 と図 8-12 に示した緑色の海域となった。前者は波浪の影響が大きい海域に図 8-2 を用いた場合を（ケース①）、後者は波浪の影響が大きい海域に図 8-4 を用いた場合（ケース②）の結果に対応する。

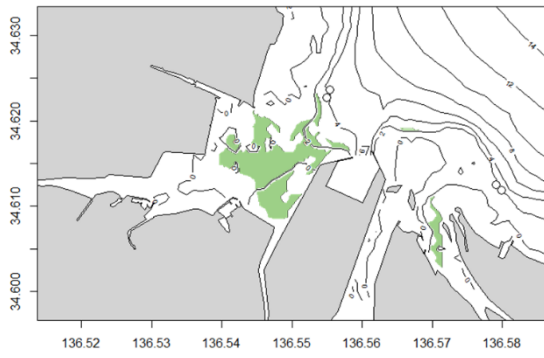


図 8-11: 砕石敷設適地  
(ケース①)

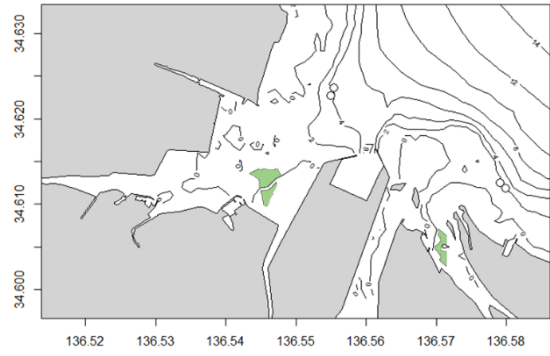


図 8-12: 砕石敷設適地  
(ケース②)

## 9 砕石敷設の材料と形状の設定

砕石の埋没を考慮し適切な材料、形状を選択する。

### <解説>

「アサリ漁場環境改善技術導入のための作業手引き」（水産庁 2018）によれば、砕石敷設による周辺環境への影響を考慮すると、敷設には天然砕石の使用が望ましい。また、砕石敷設の効果は周辺地盤への埋没によっても失われる。砕石の粒径が同様であれば、砕石一粒当たりの重量増加にとまぬ、周辺地盤への埋没が発生しやすくなる。同様に、砕石一粒当たりの重量が同様であれば、粒径が大きくなるほど埋没が発生しにくくなる。埋没の程度は現地地盤により異なるために、敷設前には小規模な試験実施を行うことが推奨される。

砕石の種類と大きさを表 9-1 に示した。参考資料 1、2 で示した通り、砕石のアサリ保護効果は砕石粒径が大きいほど大きい。一方で、砕石の粒径はジョレン等の漁具を使用した操業の妨げにならない範囲でなければならない。これらを踏まえれば、現状では 7 号または 6 号砕石の使用が適切であると考えられる。ただし、手掘りの採貝漁業や、アサリ資源保護等を目的として砕石敷設海域を禁漁区に設定するような場合には、これには当たらない。

表 9-1: 砕石の種類と大きさ

種類	品目	粒度範囲
クラッシュラン	C40	40mm-0mm
	C30	30mm-0mm
	C20	20mm-0mm
単粒度砕石	3号砕石	40mm-30mm
	4号砕石	20mm-30mm
	5号砕石	20mm-13mm
	6号砕石	13mm-5mm
	7号砕石	5mm-2.5mm
粒度調整砕石	M-40	40mm-0mm
	M-30	30mm-0mm
	M-25	25mm-0mm
スクリーニングス	F-2.5	2.5mm-0mm

### コラム：7号砕石区と6号砕石区の生物相と底質状況

東京湾 船橋地区に造成した令和元年6号砕石区及び令和元年7号砕石区において潜水観察を行ったところ、生物相及び底質の状態に明瞭な違いがみられた。

まず、7号砕石区の生物相は周辺の環境に近く、アカニシやアラムシロといった砂泥底に生息する生物を中心に確認された。一方、6号砕石区ではイソギンチャク類、ミドリイガイ、マガキ等の固着性生物が多く確認された。6号砕石区は7号砕石よりも安定性が高いため砕石が移動せず、岩礁に近い環境に遷移していると考えられる。また、6号砕石区は底質が固く締まっている状態であった。

6号砕石は7号砕石よりも安定性が高いが、岩礁化や底質の固化が起きやすいと考えられる。6号砕石のみで砕石区を造成するのではなく、7号砕石と混合して使用するという利用方法が有効となるかもしれない。

#### 砕石区に出現した生物

6号砕石区	7号砕石区
 <p>イソギンチャク類</p>	 <p>アカニシ</p>
 <p>ミドリイガイ</p>	 <p>アラムシロ</p>

## 10 施工方法の選定

敷設海域の水深および敷設規模、敷設コストを考慮し適切な工法を選定する。

### <解説>

砕石を用いた漁場整備の施工方法として、水深2 m以下（潮下帯）では、グラブ船による施工（図10-1）が一般的に行われている。しかし、水深2 m以浅（潮間帯）の海域には、グラブ船が入れないことから、バケツスロープ（小型船舶に装着）を用いた手作業による砕石投入が行われてきたが（図10-2）、大規模な造成は困難である。そこで、水産庁事業「アサリ復



図10-1：グラブ船による施工

活」では浅海域の覆砂工事で用いられてきた圧送ポンプを活用した砕石敷設手法の検討がなされている（図10-3）。これによれば、6号および7号砕石ともに圧送ポンプによる散布が可能であり、小潮時に施工することで、潮位の制限を受けることなく作業することができる。また施工直後に砕石表面に多少の不陸が生じていても、波浪や潮汐により均されて1週間程度で所定の厚さになる。ただし、圧送ポンプによる施工の課題として、①陸上部に圧送ポンプユニット・砕石の置場など広いヤードが必要になる。②短期間での施工は可能であるが、圧送ポンプユニットなどの設置期間が必要。③費用が高い等が挙げられる。砕石敷設方法の特徴および工費内訳をそれぞれ表10-1および表10-2に示した。敷設海域の環境や敷設規模、敷設コストを考慮し適切な工法を選定する必要がある。

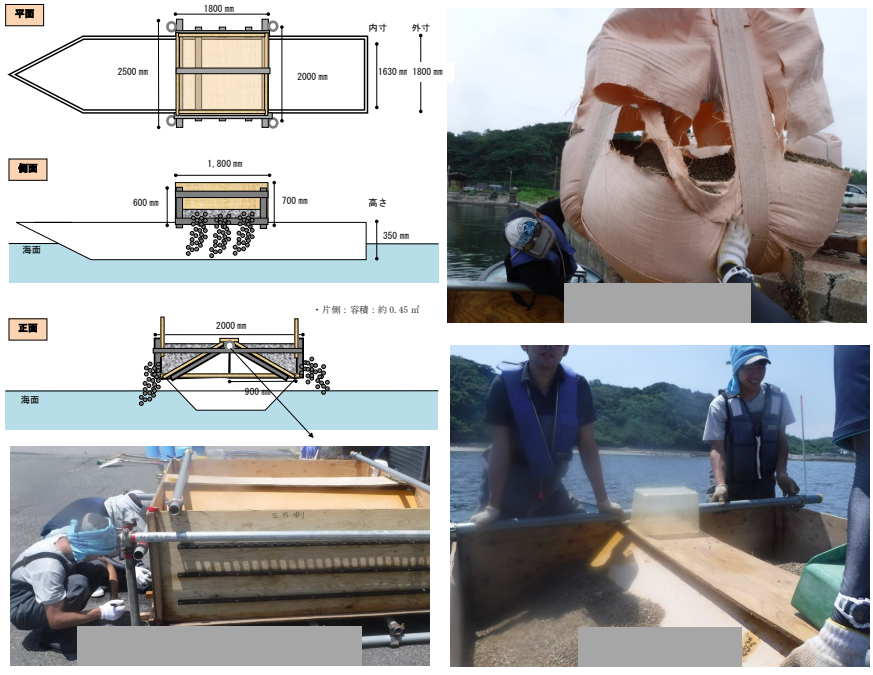


図 10-2 : バケツスロープによる施工

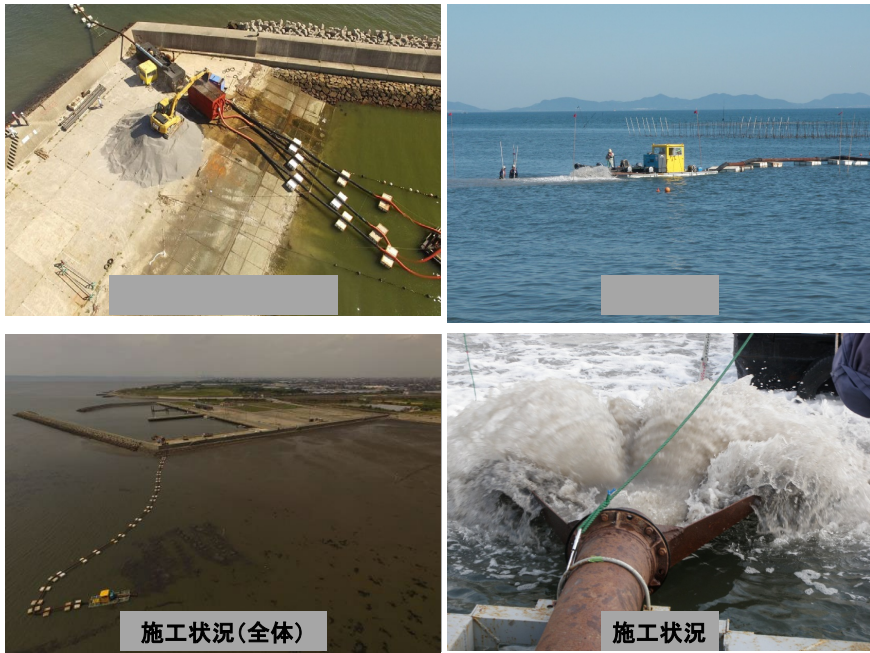


図 10-3 : 圧送ポンプによる施工

表 10-1：砕石敷設方法の特徴と大まかな工費

グラブ船による施工	圧送ポンプによる施工	バケツスロープによる施工
グラブ船(ガット船)を用いた砕石の投入方式。大容量グラブを使うことで工期を短くすることが出来るが、喫水が深いことから、浅場での施工は困難。	圧送ポンプにより、砕石を海上に送り、砕石を投入する方式。喫水が浅いことから、潮間帯などの浅場で施工が可能。	漁船にバケツスロープを設置して、漁業者が自身で施工が可能。潮間帯での施工は可能であるが、施工量が小さいため大規模造成には不適。
		
潮下帯	潮間帯(水深0.7mまではOK)	潮間帯
2,000万円(砕石費含む)	4,600万円(砕石費含む)	900万円(砕石費のみ)
敷設:3日、準備・撤去:2日	敷設:24日、準備・撤去:5日	敷設:167日(60m <sup>2</sup> /日)

(工事費・施工日数は大規模造成を想定して広さ 1ha、厚さ 0.2m としている)

(「グラブ船による施工」の工費は、回航費は含まない)

(圧送ポンプによる施工は、小島組(愛知県)の技術提供による)

表 10-2: 工費内訳

	グラブ船による施工	圧送ポンプによる施工	バケツスロープによる施工
直接工事費	1,200	2,500	900
共通仮設費	100	600	-
現場管理費	400	800	-
一般管理費	300	700	-
合計	2,000	4,600	900

・単位は万円、「グラブ船による施工」は、共通仮設費に回航費は含まれていない。

## 11 維持管理

砕石効果を維持するために、砂の堆積等をモニタリングするとともに、必要に応じて機能回復対策を講じる。

### <解説>

砂の堆積やホトトギスガイなどの阻害生物の増殖により砕石効果の機能低下が生じる場合がある。砕石敷設により整備した漁場を粗放的に利用するだけでなく、その機能を最大限に発揮するためには、砕石区への砂の体積等のモニタリング調査を行い、必要に応じた機能回復対策を講じることが重要である。

#### 11.1 砕石比率のモニタリング調査

砕石区への砂等の堆積により、砕石の持つアサリ保護機能の低下が生じる。そこで、砕石敷設後には、砕石区への砂等の堆積状況を経時的にモニタリングすることが望ましい。堆積状況の把握には、一般的にはコアサンプラー（図 11.1-1）が使用される。図 11.1-1 のコアサンプラーは、直径 5 cm の透明塩ビ管を使用し、先端部分を取り外し可能として作成されたものである。これを海底に突き刺して底土を採集し、採集後に両先端にゴム栓をすることで底土を研究室に持ち帰ることができる。持ち帰った底土サンプルは、表層から任意の層に切り分けて取り出せば、それぞれの層の砕石含有率を測定することができる。船橋地区の例では、敷設後の維持管理を全く行わない場合、敷設後 1～2 か月で砕石含有率が 78.5 %、後 1 年後で 31.8 %、2 年後で 19.5 % まで減少していた。ただし、伊勢湾の例では砕石含有率が 15 % 程度であっても砕石のアサリ保護効果は認められている。



図 11.1-1: コアサンプラー

#### 11.2 機能回復対策

##### 海底耕耘による方法

船橋地区に平成 30（2018）年 6 月に砕石敷設された H30 砕石区（6.3 参照）において、2018 年 8 月以降にアサリ漁業の阻害生物とされるホトトギスガイが大量発生し、10 月の調査時には 13,000 個体/m<sup>2</sup>以上（重量密度では 2,300 g/m<sup>2</sup>以上）の高密度に分布して足糸によるマット（図 11.2-1）を形成していた。そこでホトトギスガイの駆除と形成マットの破碎を目的とし、漁業で使用される底曳網用の桁（図 11.2-2）で海底を耕耘した。耕

耘の一ヶ月後の11月の調査では、個体密度、重量密度とも激減し、ホトトギスによるマットは確認されなかった。これらより、漁具による耕耘はホトトギスガイの駆除およびマットの破碎に大きな効果があることが確認された。また、桁曳、ジョレンなどを用いた漁業を行うことにより海底土が攪拌されることから、漁業活動は碎石効果の低下原因となる碎石表面に堆積した砂を取り除く効果が期待できる。



図 11.2-1 : ホトトギスガイマット



図 11.2-2 : 海底耕耘に使用した底曳網用の桁

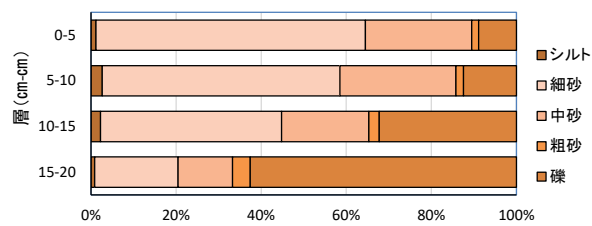
#### 水流噴射式桁による方法

伊勢湾東岸域の小鈴谷地区では、漁業者がアサリ漁獲に通常用いる噴流ポンプを備えた漁具（水流噴射式桁）の曳航による、底質の維持管理効果の検証試験が実施されている。使用した水流噴射式桁は桁幅が1 mで18個の水流吐出口が付けられており、ポンプにより採水された海水は消防ホース（約5 m）を介して桁の水流吐出口へ供給されて噴射し、表面の砂を吹き飛ばす構造となっている（図 11.2-3）。検証試験前（2019年6月）の表層から10 cmでの礫割合は9~13%と低かった（図 11.2-4）。しかし、水流噴射式桁を用いて対象海域内を曳網した結果、砂が水流噴射により吹き飛ばされて礫が表面に再出現し、10 cm深までの礫割合は58%まで回復した。以上より、漁具である水流噴射式桁の曳航で礫割合を増大させることが確かめられた。このことは、碎石区を水流噴射式桁を用いた漁場として利用することで、同時に維持管理効果が期待できることを示している。

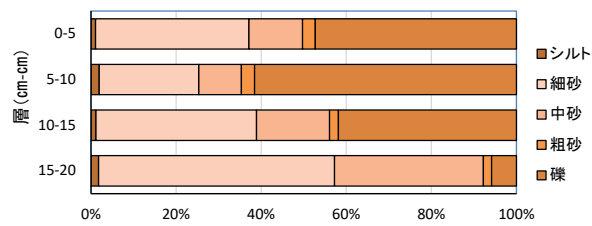


図 11.2-3 試験に用いた漁具（左）とポンプ稼働時の水流噴射（中）、および曳航試験時の様子（右）

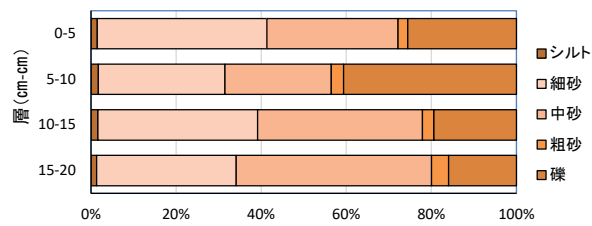
6月 試験前(維持管理8か月後)



7月 試験後(1日後)



8月 試験後(1ヶ月後)



10月 試験後(3ヶ月後)

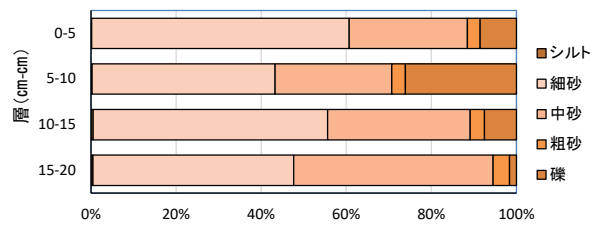


図 11.2-4：小鈴谷地区における水流噴射式けた曳航前後における砂粒径区分の割合(乾燥重量%)

## 12 引用文献（参考資料文献含む）

- 1) 愛知県（2008）愛知県水産概要図．愛知県農林水産部水産課．
- 2) 愛知県（1983）大規模増殖場開発事業調査総合報告書．水産庁編．昭和 57 年度版，14 福江地区，55．
- 3) 天川 哲也・関口 秀夫（2015）伊勢湾のメガベントス群集の分布と底層環境との関係．沿岸海洋研究，53，97–110．
- 4) Ganmanee, M., T. Narita and H. Sekiguchi (2003a) Some aspects of population dynamics of the asteroid *Luidia quinaria* in Ise Bay, Central Japan. Benthos Research, 58, 31–42.
- 5) Ganmanee, M., T. Narita, S. Iida and H. Sekiguchi (2003b) Feeding habits of asteroids, *Luidia quinaria* and *Astropecten scoparius*, in Ise Bay, Central Japan. Fisheries Science, 69, 1121–1134.
- 6) Gao, S. and M. Collins (1992) Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of “transport vectors”. Sedimentary Geology, 80, 47–60.
- 7) 日比野学・下村友季（2020）水産系モニタリングデータの収集と利活用．海洋と生物，42，49-55．
- 8) 羽生和弘（2015）伊勢湾南部の保護水面におけるアサリ資源量の長期変動．三重県水産研究所研究報告，24，19–36．
- 9) 羽生和弘（2016）伊勢湾南部の保護水面におけるアサリの生残と成長．三重県水産研究所研究報告，25，69–85．
- 10) 羽生和弘・国分秀樹・畑 直亜・水野知巳・長谷川夏樹・石樋由香・渡部諭史・藤岡義三・日向野純也・井上隆彦・田中良男・工藤倫彰・山田充哉・南部亮元・桑原久実（2017）伊勢湾 4 地区におけるアサリ資源量の推定と資源変動要因の抽出．水産海洋研究，81，110–123．
- 11) 生嶋登・斉藤肇・那須専史（2012）アサリ稚貝の着底と生残を促進するための碎石散荷と支柱柵設置の水力学的効果に関する干潟での野外実験．水産技術，5，75–86．
- 12) 柿野純・竹脇浩・鈴木和義（1984）最近の東京湾におけるアサリへい死現象とへい死調査に関する考察．千葉水試研報，42，23–28．
- 13) 柿野純・鳥羽光晴（1990）千葉北部地区におけるアサリ資源の特性について．千葉水試研報，48，59–71．
- 14) 蒲原聡・高須雄二・湯口真実・美馬紀子・天野禎也（2018）三河湾における栄養塩の低下．愛知水試研報，23，30-32．
- 15) 小林豊・鳥羽光晴（2017）東京湾盤洲干潟におけるカイヤドリウミグモの大量寄生によるアサリの死亡と漁業への影響．千葉水総研報．8，27–33．
- 16) 黒田伸郎・岡本俊治・松村貴晴（2017）三河湾のアサリ漁場周辺における浮遊幼生の出現密度．愛知水試研報，22，14-21．

- 17) 桑原久実 (2009) 底質の安定性からみた好適アサリ生息場環境. 「アサリと流域圏環境—伊勢湾・三河湾での事例を中心として」(生田和正・日向野純也・桑原久実・辻本哲朗編). 恒星社厚生閣, 東京, pp.61-70.
- 18) 松本才絵・淡路雅彦・日向野純也・長谷川夏樹・山本敏博・柴田玲奈・秦 安史・櫻井 泉・宮脇 大・平井 玲・程川和宏・羽生和弘・生嶋 登・内川純一・張 成年 (2014) 日本国内 6 地点におけるアサリの生殖周期. 日本水産学会誌, 80, 548–560.
- 19) 松村貴晴 (2019) 三河湾のアサリ, ノリ生産量と水質の変動. 水産海洋研究, 83, 107-109.
- 20) 三重県 (2011) 三重県アサリ資源管理マニュアル. 三重県水産研究所.
- 21) 宮川泰輝・松村貴晴・服部宏勇 (2020) カイヤドリウミグモの寄生がアサリの潜砂行動及び肥満度に及ぼす影響. 愛知水試研報, 25, 27-29.
- 22) Miyawaki, D. and H. Sekiguchi (2000) Long-term observations on larval recruitment processes of bivalve assemblages on temperate tidal flats. *Benthos Research*, 55, 1–16.
- 23) 岡本俊治 (2009) 三河湾のアサリ資源の現状と課題. アサリと流域圏環境-伊勢湾・三河湾での事例を中心として (生田ほか編), 水産学シリーズ 161, 恒星社厚生閣, 東京, pp.26-35.
- 24) 岡本隆 (2018) 千葉県のアサリ資源の現状. 東京湾の漁業と環境. 6, 9–11.
- 25) 佐藤誠浩・南部亮元・桑原久実・中林孝之 (2020) 振動流下における砕石敷設によるアサリ定位効果の検証. 土木学会 (海岸工学), 76(2), 1\_583-1\_588.
- 26) Shibayama, T. and Horikawa, K (1982) Sediment Transport and Beach Transformation due to Waves, Proc. 18th Coastal Eng. Conf., pp. 1439-1458.
- 27) 水産庁 (2018) アサリ漁場環境改善技術導入のための作業手引き. 増殖推進部, 72pp.
- 28) 水産庁 (2021) 令和 2 年度水産庁水産基盤整備調査委託事業成果報告書 アサリ漁業復活のための大規模整備技術・維持管理手法の開発.
- 29) 水産庁 増殖推進部研究指導課 (2012) ノリ色落ち対策に寄与する二枚貝増養殖技術ガイドライン (日向野純也・石樋由香編). 独立行政法人水産総合研究センター, 三重, 203pp
- 30) 砂村継夫・阪東浩造・堀川清司 (1978) 非対称砂れん上での砂移動機構と漂砂漁に関する実験的研究. 第 25 回海岸高嶺公園論文集. 250–254
- 31) 鳥羽光晴 (2016) 東京湾の研究を振り返って—江戸前の復活とは. 東京湾の漁業と環境. 7, 39–58
- 32) 鳥羽光晴 (2017) アサリ資源の減少に関する議論への再訪. 日本水産学会誌. 86, 914–941.

- 33) 鳥羽光晴・夏目洋・山川紘（1993）東京湾船橋地先におけるアサリの生殖周期. 日本水産学会誌, 59, 15-22.
- 34) 鳥羽光晴・小林 豊・石井 亮・岡本 隆・村内嘉樹・岡本俊治・山本直生・黒田伸郎・富山 毅・涌井邦浩・岩崎高資・張 成年・山本敏博・良永知義（2019）カイヤドリウミグモによる漁業被害とその対策. 生物科学, 70, 78-88.
- 35) 富山毅・山田勝雅・恩地啓実（2019）カイヤドリウミグモとアサリの寄生—宿主関係, 生物科学, 70, 89-94.
- 36) 村内嘉樹・岡本俊治・平井玲・宮脇大・山本直生・日比野学・川村耕平・原田誠・岡村康弘・服部克也（2014）知多半島東岸におけるカイヤドリウミグモの生活年周期とアサリへの寄生動態に及ぼす水温の影響, 水産増殖, 62 (2), 183-190.
- 37) 全国漁港漁場協会（2003）藻場造成型漁港構造物調査設計ガイドライン, 東京, 243pp.
- 38) 増殖場造成計画指針編集委員会（1997）沿岸漁場整備開発事業増殖場造成計画指針ヒラメ・アサリ編. 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会, 東京, 316pp.