平成 31 年度

水産基盤整備調査委託事業

大水深域の漁場整備における効果評価及び整備技術の開発

報告書

令和 2 年 3 月

一般財団法人 漁港漁場漁村総合研究所
国立研究開発法人 水産研究・教育機構
国立大学法人 三重大学

目次

a. 課題名

大水深域の漁場整備における効果評価と整備技術の開発

(1) 大水深域における整備効果の定量的な評価手法の開発

(2) 大水深域における今後の漁場整備の方向性の検討

b. 実施機関及び担当者名

(1) 大水深域における整備効果の定量的な評価手法の開発

国立研究開発法人水産研究・教育機構

井上 誠章・古市 尚基・三上信雄・桑原久実

国立大学法人 三重大学

金岩稔・増渕 隆仁

(2) 大水深域における今後の漁場整備の方向性の検討

一般財団法人　漁港漁場漁村総合研究所

伊藤　靖・三浦　浩

c．ねらい

新たな漁港漁場整備長期計画においては、重点課題の一つとして「豊かな生態系の創造と海域の生産力の向上」が掲げられている。具体的には、「沖合域においては、漁場整備による効果を的確に把握しつつ、新たな知見や技術を活かし、資源管理と合わせて効率的に整備を展開していく」ことが目標の一つとされている。

しかしながら、沖合域（大水深）で造成された漁場における効果の発現状態などの知見は十分に把握されていない状況にあることから、大水深域へ漁場整備を展開していくためには、これまで整備された保護育成礁やマウンド礁等により造成された増殖漁場において、漁場環境や漁業操業等の利用状況、対象魚種の資源状況、生態等に関する知見を収集・分析し、大水深域における漁場整備の効果を客観的に把握するとともに、今後の漁場整備を効果的に進めるための整備の方向性を整理する必要がある。

このため、(1) 既存の大水深域における漁場整備の効果について、定量的な評価手法の開発、(2) 大水深域における今後の漁場整備について、想定される魚種、海域及び施設の特性を十分に考慮した整備手法を客観的に検討する。

また、(1) 既存の大水深域における漁場整備の効果による定量的な評価手法の開発については、昨年度、日本海西部海域及び長崎県海域における魚礁の整備効果の評価手法の統計モデルにおける漁獲情報のデータベース化及び統計モデルの検討・作成に取り組み、本年度は日本海西部海域及び長崎県海域における評価手法の統計モデルの検証を行い、評価手法のマニュアル化を図る。

さらに、(2) 大水深域における魚種、海域及び施設の特性を十分に考慮した沖合域での漁場整備については、昨年度、TAC・TAE 対象魚種等（20 種・39 系群）増殖シナリオの検討により資源状況と生態、魚礁性の既往文献情報の収集・整理を行い、その内 2 魚種の増殖シナリオ（モデル）を作成し、また、高知県沖における浮魚礁の増殖・増肉効果の検討（現地調査含む）を実施した。本年度は、引き続き残りの TAC・TAE 対象魚種等の増殖シナリオや整備手法の検討・整理及び高知県沖における浮魚礁の増殖・増肉効果の検討（現地調査含む）を行う。以上の検討を行い、大水深域における漁場整備の方向性について提言することを目的としている。

以下、調査項目 (1)、(2) 別に記載する。

ｄ．方法

（1）大水深域における整備効果の定量的な評価手法の開発

CPUE 標準化手法と魚礁整備効果推定への応用

資源解析分野では、1 網当たり漁獲量や航海当たり漁獲量などの単位努力量当たり漁獲量（CPUE：Catch per unit effort）は資源量に関する重要な指標である。

しかし、単純に漁獲量/努力量で計算された CPUE は資源量だけではなく、海域や季節、漁具の種類など種々の要因の影響を受ける。そこで、資源の動向を把握するためには、資源量の年変動以外の影響を取り除く手法が必要となる。この手法を CPUE 標準化と呼ぶ。この手法を応用すれば、CPUE に与える魚礁以外の効果、すなわち資源量の年変動や、海域、季節、漁具などの影響を取り除いた魚礁効果の評価が可能である。

本調査では日本海西部海域の保護育成礁および長崎県の対馬周辺海域の魚礁を対象とし、Delta 型二段階法（Lo et al.,1992）を応用し、機械学習法や統計モデルを用いた CPUE 標準化を行うことにより魚礁の整備効果を推定した。

1）日本海西部海域における保護育成礁整備効果に係るモデル開発

1)-1 対象海域および使用データ

対象海域は、フロンティア漁場整備事業により保護育成礁が整備されている日本海西部海域とした（図 d-(1)-1)。

解析には、底曳き網漁業の漁獲成績報告書（以下、漁績）を再集計し、これに操業時の水深（Depth)、水温（Temp)、塩分（Salt)、流向（Dir）・流速（Sc)および代表底質(Bot)等を関連づけて昨年度作成された漁業情報データベース（漁業情報 DB）と各魚種の漁獲量割合（Per)を再計算して使用した。

また解析対象魚種は、ズワイガニメス、ズワイガニオス、アカガレイとした。ズワイガニオスには最終脱皮の終了したカタガニと最終脱皮前のミズガニの漁獲が含まれ、それぞれの資源に影響する要因は漁期によって異なることが予想される。そのため、カタガニが主に漁獲されているカタガニ漁期（11 月・12 月）と県（兵庫・鳥取県）のデータのみを解析対象とし、ズワイガニメスおよびアカガレイに関しても魚礁の整備効果を比較するためカタガニ漁期に絞って解析を行った。

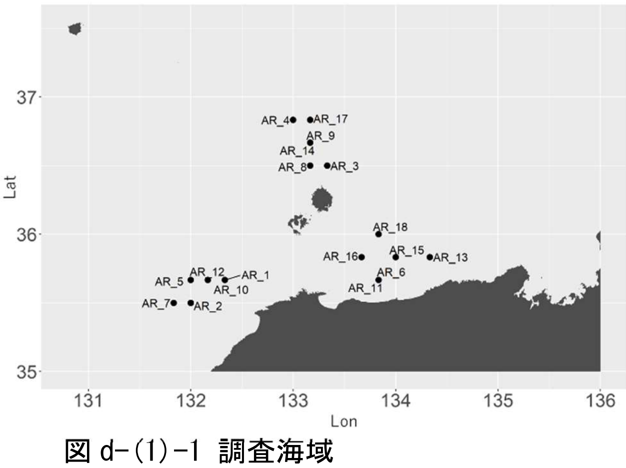


図 d-(1)-1 調査海域

1)-2 昨年度開発モデルの課題

昨年度は、漁業情報 DB のデータ量が膨大なため計算に長時間を要する問題が生じたため、水温や塩分濃度などの環境情報を除いたモデルを用いて、設置されている魚礁の平均的な整備効果を推定した。便宜上、昨年度のモデルを単純モデルとする。

しかし、魚礁効果を推定するためには、水温や塩分濃度といった環境情報を加味して魚礁の整備効果を説明できることが望ましい。そこで本調査では、Delta型二段階法（Lo et al.,1992）の理論を応用し、漁獲がある場所と漁獲がない場所を分けるモデル（漁獲確率モデル、1 段階目）と漁獲があるデータに絞り CPUE を推定するモデル（有漁漁獲モデル、2段階目）に分割することで計算を高速化し、両モデルの高精度化を行った。

また、現在整備されている魚礁は、設置環境が魚礁間で異なり、そのため整備効果も魚礁間で異なることが予想されることから、魚礁（18 基）別の漁獲の有無（AR_1～AR_18、漁獲なし：0、漁獲有り：1、表 d-(1)-1）を説明変数として加えることで、個々の魚礁について整備効果を推定した。

なお、昨年度に各漁区に投下される努力量を検討した結果は、魚礁設置の有無でほぼ変化しないと判断されたため、努力量モデルは新たに作成しなかった。

表 d-(1)-1　AR 名称対応表

使用名称	名称
AR_1	浜田沖漁場第 2 保護育成礁
AR_2	浜田沖漁場第 5 保護育成礁
AR_3	隠岐北方漁場第 1 保護育成礁
AR_4	隠岐北方漁場第 4 保護育成礁
AR_5	浜田沖漁場第 4 保護育成礁
AR_6	赤崎沖漁場第 3 保護育成礁
AR_7	浜田沖漁場第 6 保護育成礁
AR_8	隠岐北方漁場第 5 保護育成礁
AR_9	隠岐北方漁場第 6 保護育成礁
AR_10	浜田沖漁場第 1 保護育成礁
AR_11	赤崎沖漁場第 2 保護育成礁
AR_12	浜田沖漁場第 3 保護育成礁
AR_13	但馬沖漁場第 2 保護育成礁
AR_14	隠岐北方漁場第 2 保護育成礁
AR_15	赤崎沖漁場第 1 保護育成礁
AR_16	赤崎沖漁場第 4 保護育成礁
AR_17	隠岐北方漁場第 3 保護育成礁
AR_18	赤崎沖漁場第 5 保護育成礁

1)-3 モデルの改良と高精度化

本調査では、漁獲確率モデル（1段階目）に機械学習の1種であるランダムフォレストモデル（RF, Random Forest Model）を用い、有漁漁獲モデル（2段階目）には一般化加法モデル（GAM,Generalized Additive Model）を用いたDelta型二段階法により、ズワイガニメス、ズワイガニオス、アカガレイの魚礁効果を推定した。

1段階目として、一日の操業中における各魚種の漁獲の有無（PCatch）を応答変数とし、操業場所（Lat, Lon：連続変数)、操業年(Year:カテゴリカル変数)、操業月(Month:カテゴリカル変数)、県籍（Pref:カテゴリカル変数)、船のトン数（Ton：連続変数)、船の馬力(Bariki：連続変数)、水深(Depth：連続変数)、水温(Temp：連続変数)、塩分濃度（Salt：連続変数)、流速(Sc：連続変数)、流向(Dir:カテゴリカル変数)、代表底質（Bot:カテゴリカル変数)、曳網回数(Ef：連続変数)、と各魚礁別の魚礁の有無（AR_1～AR_18：カテゴリカル変数）を説明変数としてランダムフォレストモデルを構築した（式1)。

また、馬場・松石（2015）に従い、モデル内の決定木[1]の数は2,000とし、決定木に一度に使用する変数は2変数から32変数を試し、予測精度（1-OOB error rate）が最も高いモデルを探索した。

PCatch(0,1)～Lat＋Lon＋Year＋Month＋Pref＋Ton＋Bariki＋Depth＋Temp＋Salt
＋Sc＋Dir＋Bot＋Ef＋AR_1＋AR_2＋AR_3＋AR_4＋AR_5＋AR_6＋AR_7＋AR_8＋AR_9
＋AR_10＋AR_11＋AR_12＋AR_13＋AR_14＋AR_15＋AR_16＋AR_17＋AR_18　　（式1）

2段階目として、各対象魚種に関して、漁獲があった操業(有漁)データのみを用いて、一日の操業ごとの漁獲量(kg, Catch)を対数変換した値を応答変数とし、漁獲確率モデルと同様の説明変数に加えて各魚種の漁獲割合（Per：連続変数）を用いて有漁漁獲モデルとした。offset項[2]として対数変換した曳網回数を用いた。また、誤差項として正規分布誤差を仮定した（式2）。

今回、すべての説明変数を固定効果として扱うモデルを初期モデルとして考え、モデルの残差逸脱度を基準に、説明変数が連続変数である場合には、各説明変数の効果を1.固定効果[3]、2.平滑化[4]効果または3.ランダム効果のいずれとして取り扱うかを決

[1] ランダムフォレストにおいてはデータも変数も一試行ごとにランダムに選択することで、データ、変数両方の不確実性に対応する。その試行ごとに選ばれたデータ・変数を用いて、最もデータの均一度（Gini係数）を減らす変数を選択し、データの分類や回帰を行う。この一回の試行を決定木と呼ぶ。

[2]係数を1に固定した説明変数項。

[3]応答変数（左辺）の平均値に影響を与える説明変数（右辺)。

[4]応答変数の平均値に与える影響が複数の多項式を連続に合わせた形で説明する手法。

定した。

　また、説明変数がカテゴリカル変数の場合は、モデルの残差逸脱度[5]を基準に、説明変数を1.固定効果または2.ランダム効果のいずれかとして取り扱うかを決定した。

log(Catch)～Lat＋Lon＋Year＋Month＋Pref＋Ton＋Bariki＋Depth＋Temp＋Salt
＋Sc＋Dir＋Bot＋Per＋AR_1＋AR_2＋AR_3＋AR_4＋AR_5＋AR_6＋AR_7＋AR_8＋AR_9
＋AR_10＋AR_11＋AR_12＋AR_13＋AR_14＋AR_15＋AR_16＋AR_17＋AR_18
＋offset（log（Ef））＋正規分布誤差　　　　　　　　　　　　　　　　　（式2）

　本解析には、Windows版の統計言語である「R」を使用し(R Development Core Team,2019)、RFの推定にはrandomForestパッケージversion 4.6-14（Breiman et al., 2018）及びedarfパッケージversion 1.1.1（Jones, 2020）を、GAMの推定にはmgcvパッケージversion 1.8-31（Wood, 2019）をそれぞれ使用した。

1)-4 モデルの改良と高精度化

　一般的に各モデルから推定された標準化CPUEは資源密度の指標であるとみなされる。各魚礁効果の係数として推定される値は、魚礁別の整備効果とみなすことができる。ここで、操業年(Year)、操業月(Month)、県籍(Pref)、船のトン数(Ton)、船の馬力（Bariki)、水深(Depth)、水温（Temp)、塩分濃度(Salt)、流速(Sc)、流向（Dir)、代表底質(Bot)、曳網回数（Ef）を一定と見なし推定値を算出した。推定値の算出には、連続変数については平均値を使用し、代表底質、トン数および馬力は最頻値を用いた。

　魚礁がある場合のCPUEの推定値に魚礁がある場合の漁獲確率を乗算したものから、魚礁がない場合のCPUEの推定値に魚礁がない場合の漁獲確率を乗算したものを引き算することで（式3)、資源水準、操業月、操業船、海域の違い等の影響を取り除き、漁獲確率を考慮した純粋な各魚礁の整備効果を推定することができる。

　各魚礁設置効果の算出
各魚礁の整備効果＝
魚礁設置ありCPUE*魚礁設置あり漁獲確率－魚礁設置なしCPUE*魚礁設置なし漁獲確率
（式3）

1)-5 有識者及び魚礁関係者による統計モデル評価

[5]モデルによってデータのばらつきがどの程度説明できるかを表す指標。すなわち、この値が高いほどモデルの性能が高いことを表す。

本調査において推定された魚礁整備効果が実際の漁業実態や現場感覚に沿うものか、鳥取県有識者及び沖合底びき網漁業関係者に聞き取り調査をすることにより、得られた統計モデルの評価を行った。聞き取り調査に使用した資料を（図 d-(1)-2）に示した。聞き取り調査にご協力いただいた回答者は、鳥取県漁業協同組合・網代港支所指導課課長、鳥取県漁業協同組合副組合理事 網代港地区運営委員長、沖合底びき網 福昌丸および新勝丸である。

回答には、〇を記入（複数回答可）。

Q1：操業毎にカタガニもしくはメスガニ、ミズガニなどを狙って操業していますか？

はい・いいえ・どちらともいえない

Q2：狙って操業している場合、操業場所、漁区またはそれ以外を変えた操業を行っていますか？

操業場所・漁具・それ以外（　　　　　　　）

Q3：カタガニもしくはメスガニ、ミズガニが多く漁獲される場所はありますか？

はい・いいえ

Q4：カタガニが多く漁獲される場所はどのような環境ですか？

水深が深い・浅い　水温が高い・低い

（　　　　　　　　　　　　　　　）

Q5：メスガニが多く漁獲される場所はどのような環境ですか？

水深が深い・浅い　水温が高い・低い

（　　　　　　　　　　　　　　　）

Q6：ミズガニが多く漁獲される場所はどのような環境ですか？

水深が深い・浅い　水温が高い・低い

（　　　　　　　　　　　　　　　）

Q7：新たな魚礁が設置されるとしたら、その魚礁の周りで操業したいと思いますか？

はい・いいえ・どちらともいえない

Q8：魚礁は漁獲量の増減に効果がありそうですか？

はい・いいえ・どちらともいえない

Q9：魚礁の効果がありそうな海域（図参照）はありますか？

ない・隠岐北部・隠岐西部・隠岐東部

（　　　　　　　　　　　　　　　）

Q10：魚礁の効果あるとすれば、一網あたり？どのくらいの効果があると考えますか？

どちらともいえない・50kg 程度・100kg 程度・200kg 程度・200kg 以上

図 d-(1)-2 日本海西部海域 聞き取り調査資料

2） 長崎県海域における魚礁整備効果に係る統計モデルの開発

2)-1 対象海域および使用データ

昨年度作成した漁業情報 DB の予備検討から、最も操業・航海が多く、複数種について魚礁効果が算出される可能性が高い、対馬周辺海域を対象とした（図 d-(1)-3)。

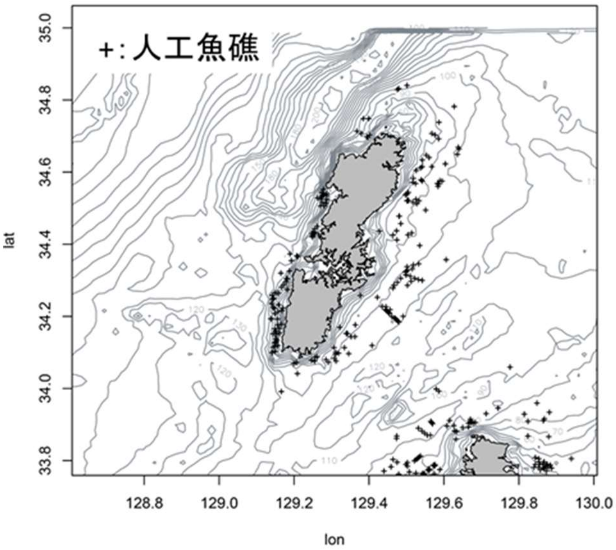


図 d-(1)-3 調査海域

昨年度作成された漁業情報 DB に収録されている 2014・2015 年の対馬 8 船（4.0～6.6t）の 3,177 航海分の漁業情報と環境情報（水温、塩分、流向、流速、底質）を再集計し、各船の日帰り航海当たり漁獲量（Kg・cruise^{-1}）と合わせて、航海平均の操業地点と、平均操業水深（Depth)、合計操業時間（T-time)、魚礁からの距離（Adist)、50m層平均水温（Temp50)、50m層平均塩分（Sal50)、50m層平均流速（Curr50）と航海中の最多流向（Dir）および最多底質（Bot）を算出し以降のデータ解析に使用した。

ただし、各平均値は航海中の各地点の操業時間での重みづけ平均とした。

2)-2 魚礁依存型の判定

昨年度の漁業情報 DB の解析から、対馬海域の小型漁船漁業における主要魚種と判断された漁獲魚種 8 種（メダイ、ヒラマサ、イサキ、マダイ、アカムツ、ブリ、マグロ類およびイカ類）のうち、明らかに魚礁周辺での漁獲がないと考えられるマグロ類を除く 7 種について、魚礁からの距離（Adist）による漁獲量の変化を視覚的に把握し、各魚種漁獲への魚礁依存度を判断することを目的として、累積漁獲・努力量曲線を作図した。

累積漁獲・努力量曲線は、全航海データ（3,177 航海）を魚礁からの平均距離（ADist）が小さい順に並び替えて、魚礁からの平均距離（ADist）を横軸、魚種別の累積漁獲量および累積努力量の割合を縦軸にして作図し、作図した曲線の形状から各魚種の魚礁依存型を判断した。

詳細は結果部で記述するが、累積漁獲量曲線の形状から、主要 7 種は、魚礁依存型（メダイ、ヒラマサおよびイサキ)、魚礁非依存型（ブリおよびイカ類）およびその中間型（マダイ）に分類された。そこで魚礁依存型の 3 魚種について、人工魚礁の効果推定を行った。

2)-3 統計モデルの検討・作成

魚礁依存型の 3 種は一本釣りで主に漁獲されるが、魚礁非依存型の 3 種は一本釣りとは異なり、ひき縄等により漁獲される（長崎県・土木センター、2014-2017)。柿元（1968）および漁港漁場漁村技術研究所（2004）は、魚礁効果範囲の具体的な定義は示していないものの（山内, 2010)、魚礁の効果範囲を魚種別に示しており、例えば浮魚類で魚礁縁辺から 300m、ヒラメ、ミシマオコゼ、かれい類では 400-800m 程度としている。そこで全 3,177 航海データのうち、マグロ類および魚礁非依存型の 3 魚種が漁獲された航海（有漁航海）と、明らかに魚礁依存型の魚種以外を狙った操業と考えられる魚礁からの平均距離（ADist）>4.0km の航海を取り除いた 1,637 航海データを全データより抽出し統計モデルを作成した。

2)-4 単純モデルの開発

一般的に、調査の対象海域によっては環境情報の取得が難しい場合も多い。また、最初から複雑な統計モデルを作成するのではなく、まずは単純な統計モデルを作成し検証を行いつつ統計モデルを高精度化していくことが効率的であると考えられる。そこで本調査ではまずは環境情報を用いず、漁獲情報のみを説明変数に用いた単純モデルの作成を行った。

本調査では、一般化加法モデル（GAM）を用いた Delta 型二段階法により、メダイ、ヒラマサおよびイサキの標準化 CPUE（sCPUE）を算出して各魚種の資源密度の指標とし、これを用いて魚種別に魚礁の効果範囲を推定した。

Delta 型二段階法では、一段階目として、各航海中に漁獲される確率、すなわち各航海の有漁確率（P）を応答変数に組み入れ、航海の行われた年（Year)、月（Month)、船（Ship）の別と、平均操業水深（Depth）とあわせて魚礁からの平均距離（ADist）および総操業時間（T-time）の対数をそれぞれ平滑化したものを説明変数とする有漁確率モデルを単純モデルⅠとした（式 4)。有漁確率モデルの応答変数の誤差構造は二項分布に従うと仮定し、リンク関数にロジット（logit）関数[6]を使用した。

log (P/1-P)～

Year + Month + Ship + s(Depth) + s(log [ADist]) + s(log [T-time])　（式 4)

s(): 平滑化説明変数

二段階目として、各魚種について、漁獲があった航海（有漁）データのみを用いて、航海当たり漁獲量（kg・$cruise^{-1}$）を算出して有漁 CPUE（$CPUE_{posi}$）とし、その対数を応答変数として上記と同様の説明変数から説明する有漁漁獲重量モデルを単純モ

6 一般的に、確率を推定する統計モデルでは誤差構造に二項分布、リンク関数にロジット（logit）関数を使用する。

デル II とした（式 5)。

$$\log(CPUE_{posi}) \sim$$
$$Year + Month + Ship + s(Depth) + s(\log[ADist]) + s(\log[T\text{-}time]) \quad (式5)$$
s(): 平滑化説明変数

有漁漁獲重量モデルの応答変数の誤差構造は正規分布を仮定し、リンク関数[7]に恒等（identity）関数[8]を使用して単純モデルを推定した。得られた各モデルの有意性を示すため、Null モデル（説明変数を使用せず左辺を一定値と仮定したモデル）と推定モデル間の尤度比検定[9]を行った。

本解析には Windows 版の統計言語である「R」を使用し(R Development Core Team, 2019)、GAM の推定には mgcv パッケージ version 1.8-23（Wood, 2018)の gam 関数と MuMIn パッケージ version 1.42.1（Barton, 2018)の dredge 関数を、尤度比検定には anova 関数をそれぞれ使用した。

2)-5 統計モデルの高精度化と最適モデル開発

各魚種について、上記の単純モデル I、II の説明変数に、環境情報である 50m層平均水温（Temp50)、50m層平均塩分（Sal50)、50m層平均流速（Curr50）と航海中の最多流向（Dir）および最多底質（Bot）を加えた改良モデル III（式 6）および IV（式 7）を作成し、さらに改良モデル III、IV について目的変数（左辺：有漁確率（P）または有漁 CPUE（$CPUE_{posi}$)）を説明するのに最適な右辺の説明変数の組み合わせを AIC 基準（赤池情報量規準: 統計モデルの良さを評価する指標）により探索し最適モデル V、VI を決定した（最適モデルについては結果部参照)。

---

[7]線形モデルの推定値は-∞から∞の範囲を取り得るが、例えば漁獲確率を説明するためには 0 から 1 の範囲内で観測値を説明する必要がある。その際の推定値の範囲を揃えるための変換関数。
[8]線形モデルの予測値と観測値の範囲に差がないときに、線形モデルの予測値を変換せずに受け渡す関数。
[9]使用する説明変数が変化した際の尤度の差が F 分布に従っているとして、その比の有意性を検定する手法。有意である場合には、その変数はモデルへの影響度が統計的に確かであることを表す。

$$\log(P/1-P) \sim \text{Year} + \text{Month} + \text{Ship} + \text{Depth} + s(\log[\text{ADist}]) + s(\log[\text{T-time}]) + \text{Temp50} + \text{Sal50} + \text{Curr50} + \text{Dir} + \text{Bot} \quad \text{(式 6)}$$

s(): 平滑化説明変数

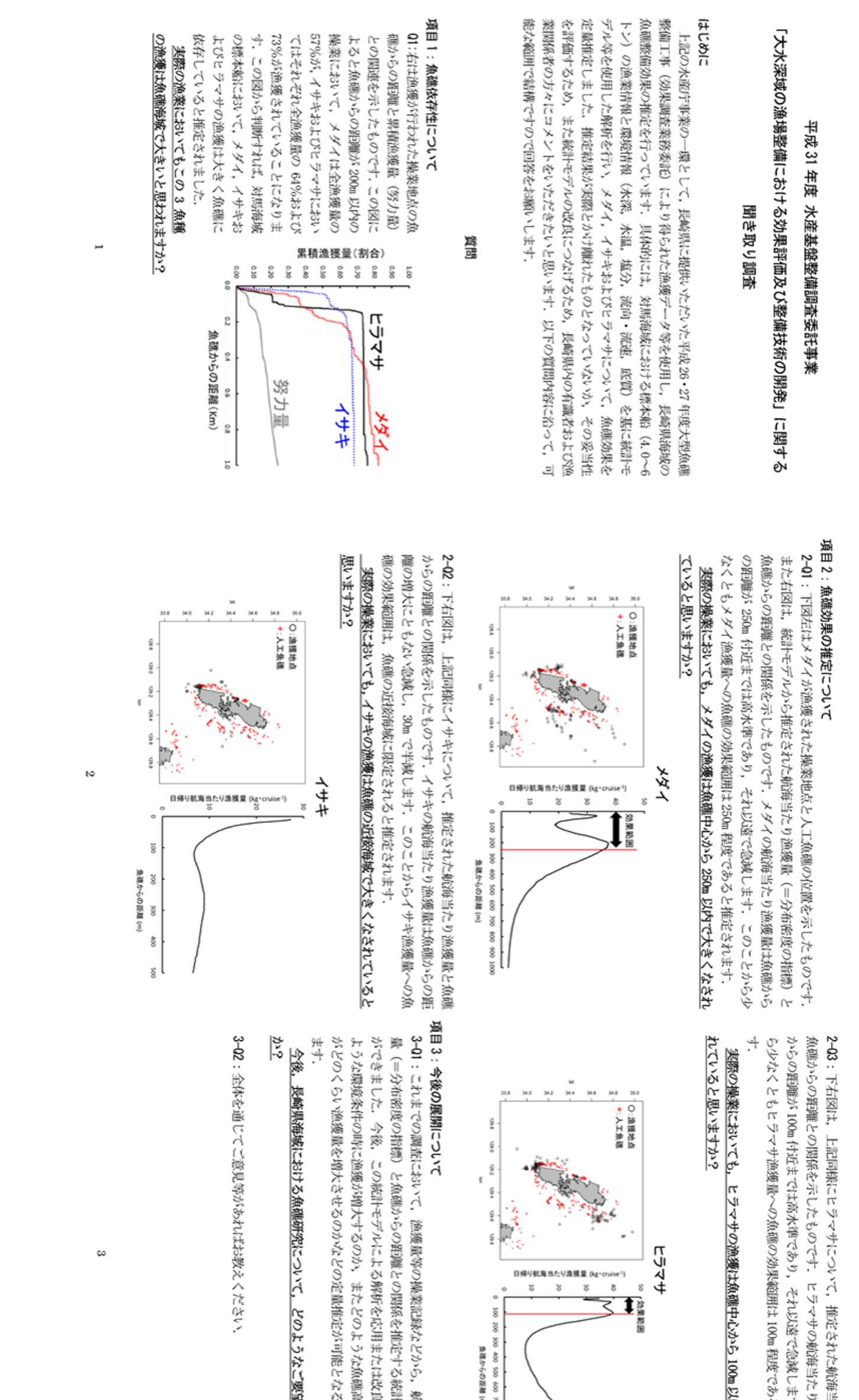
$$\log(CPUE_{posi}) \sim \text{Year} + \text{Month} + \text{Ship} + \text{Depth} + s(\log[\text{ADist}]) + s(\log[\text{T-time}]) + \text{Temp50} + \text{Sal50} + \text{Curr50} + \text{Dir} + \text{Bot} \quad \text{(式 7)}$$

s(): 平滑化説明変数

2)-6 有識者及び魚礁関係者による統計モデル評価

本調査では、得られた最適モデルを使用してメダイ、ヒラマサおよびイサキについて魚礁効果を定量推定した（結果部分参照)。この推定結果が実際の漁業実態や現場感覚に沿うものか、長崎県有識者及び魚礁関係者に聞き取り調査をすることにより、得られた統計モデルの評価を行った。

聞き取り調査は、長崎県市内（大波止ビル）にて 1 月 21 日に行われた令和元年度第 2 回 漁場整備に関する意見交換会において、聞き取り調査資料（図 d-(1)-4）を用いて行った。聞き取り調査にご協力いただいた回答者は、長崎県参事官および漁業整備班課長補佐、一般社団法人水産土木建設技術センター長崎支所調査役である。



平成 31 年度 水産基盤整備調査委託事業

「大水深域の漁場整備における効果評価及び整備技術の開発」に関する

聞き取り調査

はじめに

上記の水産庁事業の一環として，長崎県に提供いただいた平成 26・27 年度大型魚礁整備工事（効果調査業務委託）により得られた漁獲データ等を使用し，長崎県海域の魚礁整備効果の推定を行っています．具体的には，対馬海域における標本船（4.0～6 トン）の漁業情報と環境情報（水深，水温，塩分，流向・流速，底質）を基に統計モデル等を使用した解析を行い，メダイ，イサキおよびヒラマサについて，魚礁効果を定量推定しました．推定結果が実際とかけ離れたものとなっていないか，その妥当性を評価するため，また統計モデルの改良につなげるため，長崎県内の有識者および漁業関係者の方々にコメントをいただきたいと思います．以下の質問内容に沿って，可能な範囲で結構ですので回答をお願いします．

質問

項目 1：魚礁依存性について

Q1：右は漁獲が行われた操業地点の魚礁からの距離と累積漁獲量（努力量）との関連を示したものです．この図によると魚礁からの距離が 200m 以内の操業において，メダイは全漁獲量の 57%が，イサキおよびヒラマサにおいてはそれぞれ全漁獲量の 64%および 73%が漁獲されていることになります．この図から判断すれば，対馬海域の標本船において，メダイ，イサキおよびヒラマサの漁獲は大きく魚礁に依存していると推定されました．

実際の漁業においてもこの 3 魚種の漁獲は魚礁海域で大きいと思われますか？

1

項目 2：魚礁効果の推定について

2-Q1：下図左はメダイが漁獲された操業地点と人工魚礁の位置を示したものです．また右図は，統計モデルから推定された航海当たり漁獲量（＝分布密度の指標）と魚礁からの距離との関係を示したものです．メダイの航海当たり漁獲量は魚礁からの距離が 250m 付近までは高水準であり，それ以遠で急減します．このことから少なくともメダイ漁獲量への魚礁の効果範囲は 250m 程度であると推定されます．

実際の操業においても，メダイの漁獲は魚礁中心から 250m 以内で大きくなされていると思いますか？

2-Q2：下右図は，上記同様にイサキについて，推定された航海当たり漁獲量と魚礁からの距離との関係を示したものです．イサキの航海当たり漁獲量は魚礁からの距離の増大にともない急減し，30m で半減します．このことからイサキ漁獲量への魚礁の効果範囲は，魚礁の近接海域に限定されると推定されます．

実際の操業においても，イサキの漁獲は魚礁の近接海域で大きくなされていると思いますか？

2

2-Q3：下右図は，上記同様にヒラマサについて，推定された航海当たり漁獲量と魚礁からの距離との関係を示したものです．ヒラマサの航海当たり漁獲量は魚礁からの距離が 100m 付近までは高水準であり，それ以遠で急減します．このことから少なくともヒラマサ漁獲量への魚礁の効果範囲は 100m 程度であると推定されます．

実際の操業においても，ヒラマサの漁獲は魚礁中心から 100m 以内で大きくなされていると思いますか？

項目 3：今後の展開について

3-Q1：これまでの調査において，漁獲量等の操業記録などから，航海当たり漁獲量（＝分布密度の指標）と魚礁からの距離との関係を推定する統計モデルの作成ができました．今後，この統計モデルによる解析を応用または改良すれば，どのような環境条件の時に漁獲が増大するのか，またどのような魚礁高や空㎥の魚礁がどのくらい漁獲量を増大させるのかなどの定量推定が可能となる可能性があります．

今後，長崎県海域における魚礁研究について，どのようなご要望がありますか？

3-Q2：全体を通じてご意見等があればお教えください．

3

図 d-(1)-4 聞き取り調査資料

(2) 大水深域における今後の漁場整備の方向性の検討

大水深域における漁場整備の方向性は、対象魚種の系群ごとに成長段階の課題と対策を増殖シナリオとして整理し、既存の漁場整備技術の活用による整備手法を検討した。本課題を進めるにあたり、資源・生態及び整備技術・効果の 2 つの情報を整理した。それぞれの情報から対象種の資源増殖シナリオと人工魚礁の整備技術とその効果について整理し、資源増殖シナリオに適用できる整備技術のマッチングした情報から適地選定を行った。これらを統合して検討委員会による議論を経て今後の漁場整備の方向性を提示した。

本課題の業務フローを図 d-(2)-1 に、平成 31 年度の業務工程を表 d-(2)-1 に示す。

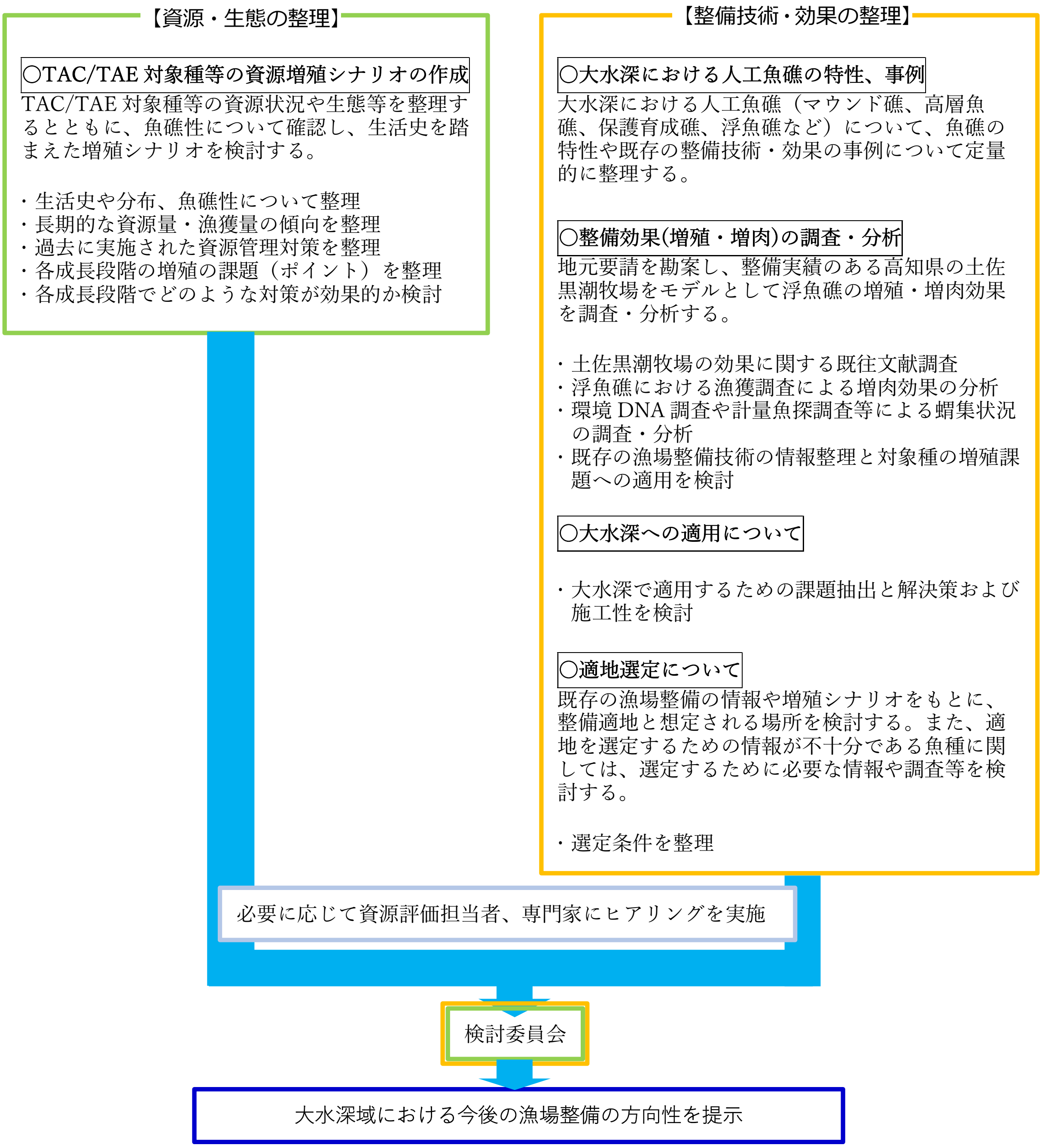

【資源・生態の整理】
〇TAC/TAE 対象種等の資源増殖シナリオの作成
TAC/TAE 対象種等の資源状況や生態等を整理するとともに、魚礁性について確認し、生活史を踏まえた増殖シナリオを検討する。
・生活史や分布、魚礁性について整理
・長期的な資源量・漁獲量の傾向を整理
・過去に実施された資源管理対策を整理
・各成長段階の増殖の課題（ポイント）を整理
・各成長段階でどのような対策が効果的か検討
【整備技術・効果の整理】
〇大水深における人工魚礁の特性、事例
大水深における人工魚礁（マウンド礁、高層魚礁、保護育成礁、浮魚礁など）について、魚礁の特性や既存の整備技術・効果の事例について定量的に整理する。
〇整備効果(増殖・増肉)の調査・分析
地元要請を勘案し、整備実績のある高知県の土佐黒潮牧場をモデルとして浮魚礁の増殖・増肉効果を調査・分析する。
・土佐黒潮牧場の効果に関する既往文献調査
・浮魚礁における漁獲調査による増肉効果の分析
・環境 DNA 調査や計量魚探調査等による蝟集状況の調査・分析
・既存の漁場整備技術の情報整理と対象種の増殖課題への適用を検討
〇大水深への適用について
・大水深で適用するための課題抽出と解決策および施工性を検討
〇適地選定について
既存の漁場整備の情報や増殖シナリオをもとに、整備適地と想定される場所を検討する。また、適地を選定するための情報が不十分である魚種に関しては、選定するために必要な情報や調査等を検討する。
・選定条件を整理
必要に応じて資源評価担当者、専門家にヒアリングを実施
検討委員会
大水深域における今後の漁場整備の方向性を提示

図 d-(2)-1 業務フロー

表d-(2)-1 業務工程(平成31年度)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
大水深域における今後の漁場整備の方向性の検討												
1.調査計画												
1）TAC・TAE対象種等（20種39系群）における整備手法を含む 増殖シナリオ及び想定される整備箇所の検討・整理												
2）高知県沖における浮魚礁の増殖・増肉効果の検討												
2.検討委員会の設置												
1）検討委員会の設置				○						○		

1）TAC・TAE 対象種等（20 種・39 系群）における整備手法を含む増殖シナリオ及び想定される整備箇所の検討

大水深域における漁場整備の方向性は、対象魚種の系群ごとに成長段階の課題と対策を増殖シナリオとして整理し、既存の漁場整備技術の活用による整備手法を検討した。業務フローを図 d-(2)-2 に、対象種一覧を表 d-(2)-2 に示す。

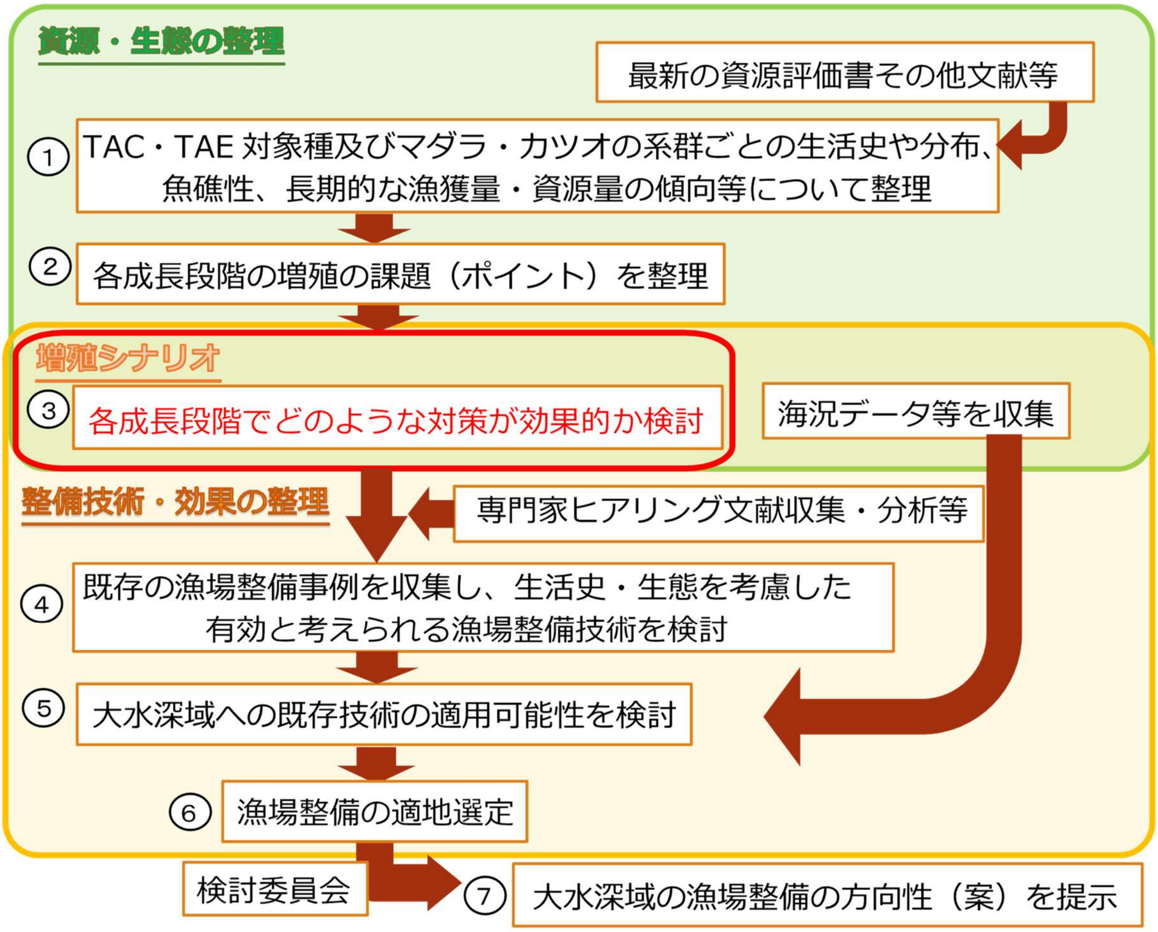


図 d-(2)-2 業務フロー

表 d-(2)-2 対象種一覧

TAC対象種	系群
サンマ	北太平洋系群
スケトウダラ	日本海北部系群
	根室海峡系群
	オホーツク海南部系群
	太平洋系群
マアジ	太平洋系群
	対馬暖流系群
マイワシ	太平洋系群
	対馬暖流系群
マサバ	太平洋系群
	対馬暖流系群
ゴマサバ	太平洋系群
	東シナ海系群
スルメイカ	冬季発生系群
	夏季発生系群

TAC対象種	系群
ズワイガニ	オホーツク海系群
	太平洋北部系群
	日本海系群A海域
	日本海系群B海域
	北海道西部系群
クロマグロ	太平洋系群

その他対象種	系群
マダラ	北海道系群
	太平洋北部系群
	日本海系群
カツオ	太平洋中西部系群

TAE対象種	系群
アカガレイ	日本海系群
イカナゴ	伊勢・三河湾系群
	瀬戸内海東部系群
サメガレイ	太平洋北部系群
サワラ	東シナ海系群
	瀬戸内海系群
トラフグ	日本海系群
	伊勢・三河湾系群
マガレイ	北海道北部系群
	日本海系群
マコガレイ	ー
ヤナギムシガレイ	太平洋北部系群
ヤリイカ	太平洋系群
	対馬暖流系群

※マコガレイは資源評価報告書がなく、資源動向調査報告書からも系群情報が読み取れないため、“ー”で示した

2）高知県沖における浮魚礁の増殖・増肉効果の検討

2)-1 既存資料の収集整理

高知県沖の浮魚礁（土佐黒潮牧場）における漁獲状況について、高知県より平成 17 年度～平成 30 年度の漁獲成績報告書を収集し、浮魚礁ごとにカツオ類及びマグロ類、その他魚種について漁獲状況を整理した。

2)-2 現場海域における現地調査

高知県沖の浮魚礁（土佐黒潮牧場）において、カツオを対象魚種として浮魚礁の増殖・増肉効果を検証することを目的とした。本年度調査では、浮魚礁のうち漁獲量の多いブイを検証地点として選択し、別途設けた対照地点とともに現地調査を春季と秋季の 2 季行い、得られた結果を比較することで浮魚礁の効果を検証した。

2)-2-1 調査内容

調査内容を表 d-(2)-3 に、各調査の目的は以下に示す。

①カツオの蝟集

浮魚礁にカツオが蝟集していることを明らかにするために、カツオの漁獲量が多い浮魚礁周辺で、漁獲調査、計量魚探調査、環境 DNA 調査により確認をする。

②餌生物の蝟集

カツオの餌となる小魚が蝟集していることを明らかにするために、計量魚探調査、環境 DNA 調査、魚卵・稚仔魚調査（高知県による実施）により確認をする。

③餌生物の捕食

カツオが浮魚礁に蝟集している魚（あるいは動物プランクトン）を捕食していることを明らかにするために、漁獲したカツオの胃内容物で確認をする。

④生殖腺成熟度（ＧＳＩ）

産卵状況を明らかにするために、胃内容物の分析（内容物の種類、重量の計測、胃充満度の測定）及び生殖腺熟度指数（GSI）で確認をする。

⑤餌生物の餌料環境

蝟集している小魚の餌が豊富にあることを明らかにするために、動・植物プランクトン調査で確認するとともに、躍層の状況を確認するために水質鉛直観測によりクロロフィル（蛍光強度)、水温、塩分を測定する。

表 d-(2)-3 調査内容

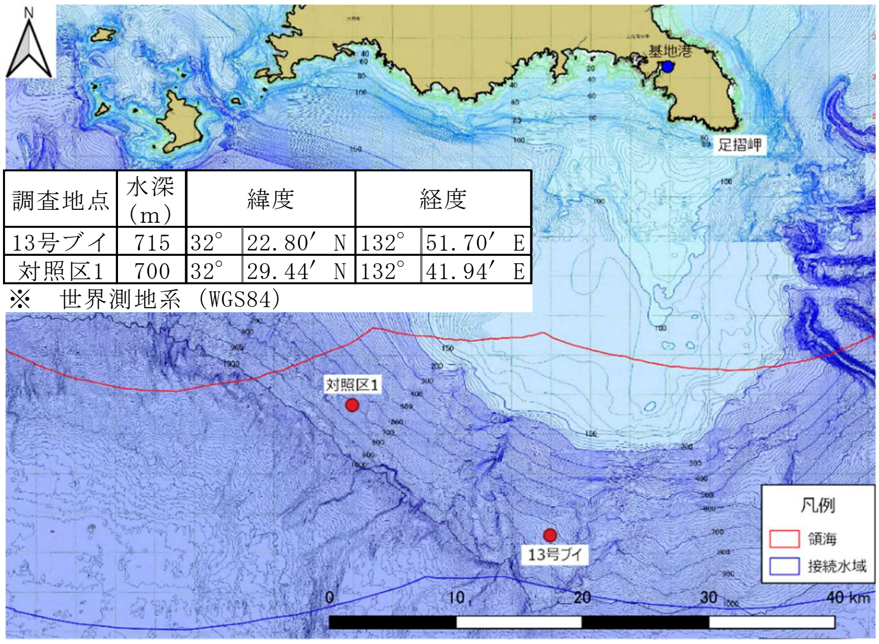
工種名称	調査内容			摘要
	設計仕様	単位	数量	
調査準備	調査準備 機材運搬	式 式	2 2	2季 2季
水質鉛直観測	蛍光強度鉛直測定 記録解析	地点 式	5 2	2地点×1季＋3地点×1季 2季
環境DNA調査	採水 試料運搬 分析試験	検体 式 式	5 2 2	2地点×1層＋3地点×1層 2季 2季
プランクトン（植物）調査	採水 試料運搬 分析試験	検体 式 式	10 2 2	2地点×2層＋3地点×2層 2季 2季
プランクトン（動物）調査	ネット採取 試料運搬 分析試験	検体 式 式	10 2 2	2地点×2層＋3地点×2層 2季 2季
魚卵・稚仔魚調査 （高知県による採取）	ネット採取 試料運搬 分析試験	検体 式 式	5 2 2	2地点×1層＋3地点×1層 2季 2季
漁獲調査	曳き縄（カツオ） 試料運搬 分析試験	検体 式 式	20 2 2	2地点×5尾×2季 2季 2季
計量魚探による観察調査 （春季は自主調査）	測線調査 記録解析	地点 式	3 2	1地点×1季＋2地点×1季 2季

2)-2-2　調査位置

調査地点は、高知県沖合の土佐黒潮牧場 13 号ブイ及びブイが設置されていない対照区周辺海域において、春季に 2 地点、秋季に 3 地点で実施した。調査地点の設定条件は以下に示す。

・13 号ブイ　：漁獲量が多い（漁獲金額が最も多い：表 d-(2)-4 参照）
・対照区 1　：周辺に浮魚礁がなく、黒潮の影響がない（流域の外側）
・対照区 2　：周辺に浮魚礁がなく、黒潮の影響がある（流域の内側）
※　黒潮流域の影響範囲については、海上保安庁「海洋速報」より想定した

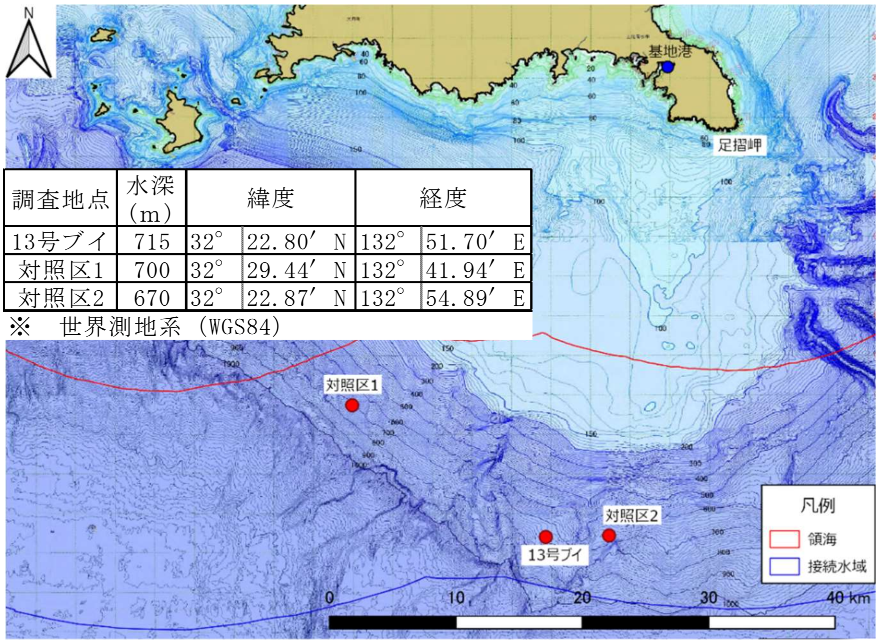
＜春季調査＞



調査地点	水深(m)	緯度		経度	
13号ブイ	715	32°	22.80′ N	132°	51.70′ E
対照区1	700	32°	29.44′ N	132°	41.94′ E

※　世界測地系（WGS84）

＜秋季調査＞



調査地点	水深(m)	緯度		経度	
13号ブイ	715	32°	22.80′ N	132°	51.70′ E
対照区1	700	32°	29.44′ N	132°	41.94′ E
対照区2	670	32°	22.87′ N	132°	54.89′ E

※　世界測地系（WGS84）

図 d-(2)-3 調査場所

表 d-(2)-4 土佐黒潮牧場の漁獲金額の推移

（単位：百万円）

ブイ / 年	高知沖 1号	足摺岬沖 9(2)号※	高知沖 12(3)号※	室戸岬沖 10(4)号※	足摺岬沖 13(5)号※	足摺岬沖 6号	室戸岬沖 16(7)号※	興津沖 8号	沖ノ島沖 11号	安芸沖 14号	芸東沖 15号	中芸沖 17号	足摺岬沖 18号	窪川沖 20号	大月沖 21号	甲浦沖 19号	合計	稼動基数	1基平均漁獲高
S.59 (1984)	S59.12設置																		
S.60 (1985)	0																		
S.61 (1986)	21	S62.3設置	S63.3設置																
S.62 (1987)	S61.12回収 S63.3再設	57	H9.3更新 H19.4更新	H1.3設置													57	1	57
S.63 (1988)	0	8	0	H8.3更新 H25.3更新	H2.2設置												8	2	4
H.1 (1989)	0	0	18	60	H9.3更新												78	3	26
H.2 (1990)	0	0	130	41	7	H4.2設置											178	4	44
H.3 (1991)	0	0	3	60	140	H18.1更新											203	4	51
H.4 (1992)	0	101	0	129	331	148	H5.3設置										709	5	142
H.5 (1993)	0	17	0	50	75	4	0										146	6	24
H.6 (1994)	0	H7.2更新 H17.2更新	0	25	178	27	38	H7.2設置 H18.1更新									268	5	54
H.7 (1995)	1	24	1	3	83	11	2	2	H8.2設置								126	7	18
H.8 (1996)	0	7	10	13	171	6	1	44	1	H10.3設置							253	8	32
H.9 (1997)	0	0	0	8	185	8	7	0	8	H20.7更新	H10.12設置						217	8	27
H.10 (1998)	H10.3回収	81	0	20	221	36	69	0	45	6	H24.5更新						479	9	53
H.11 (1999)		15	39	21	298	50	H10.12回収 H11.12設置	9	11	79	34.58	H11.12設置	H13.3設置				556	9	62
H.12 (2000)		2	54	0	103	44	19.24	2	66	14	H12.3回収 H13.4復旧	25	H23.11更新				330	10	33
H.13 (2001)		4	74	H13.6離脱 H15.3復旧	181	13	3	33	117	7	6	12	62				512	11	47
H.14 (2002)		44	20	H17.8回収 H17.10復旧	254	31	20	78	41	6	14	8	88				605	11	55
H.15 (2003)		33	1	8.1	H15.1離脱 H16.4復旧	3	27	1	24	6	13	26	82				223	11	20
H.16 (2004)		43	29	61	240	128	95	15	137	25	40	200	291				1,305	12	109
H.17 (2005)		1	2	6	150	0	41	0	H16.10離脱	3	94	2	20				319	11	29
H.18 (2006)		2	0	25	268	2	12	0	H19.2復旧	7	16	H17.9離脱	191				523	10	52
H.19 (2007)		3	7	7	365	29	5	6	112	3	90	H20.8復旧	43				670	11	61
H.20 (2008)		22	8	12	260	18	H20.3離脱	5	37	5	11	1	95				474	11	43
H.21 (2009)		0	1	3	175	1	H22.3復旧	1	27	21	9	69	35				342	11	31
H.22 (2010)		5	44	19	375	2	0	0	7	9	42	0	59	H22.10設置	H22.11設置	H23.3設置	562	12	47
H.23 (2011)		2	63	4	380	12	10	0	57	7	47	0	47	0	5	1	635	15	42
H.24 (2012)		1	3	0	277	5	3	0	46	7	2	1	46	7	18	20	436	15	29
H.25 (2013)		0	4	0	338	5	0	0	8	3	54	0	10	1	49	58	530	15	35
H.26 (2014)		20	59	4	208	32	24	7	7	2	6	11	25	24	80	62	571	15	38
H.27 (2015)		H27.3 陸寄せ 0	8	0	409	13	23	0	8	2	46	14	13	1	139	3	679	15	45
H.28 (2016)		5	30	0	134	H28.3 更新 1	0	H29.2 沖出し 0	21	6	62	27	79	0	119	11	495	15	33
H.29 (2017)		39	H29.3 更新 26	5	227	14	71	21	H29.12 位置変更 12	17	8	44	84	9	212	7	796	15	53
H.30 (2018)		1	19	25	234	27	8	0	10	H31.3 更新 3	67	1	2	15	32	13	457	15	30
累計	22	537	653	608	6,267	672	480	225	803	238	662	441	1,272	57	654	175	13,743	312	44
年平均	2	19	22	23	232	26	22	10	40	12	37	28	75	8	93	25			

※括弧内は旧黒牧番号

出典）：平成 30 年度高知県水産試験場事業報告書．高知県 HP.

2)-2-3　調査方法

a. 調査準備

本調査を実施するに当り、安全かつ確実・正確な作業方法・工程等を計画立案し、調査に必要な準備（調査機器の手配・関係機関との調整を含む）を行った。なお、調査工程及び調査地点は、調査前に黒潮流軸の状況を確認し、調査地点の条件を満たすよう留意して調整した。

b. 水質鉛直観測

水質鉛直観測は、プランクトン調査の採水層を決定するために、多項目水質計による水温・塩分・クロロフィル（蛍光強度）の鉛直観測を実施した。

①調査地点

春季：図 d-(2)-3 に示す 2 地点

秋季：図 d-(2)-3 に示す 3 地点

②調査日

春季：令和元年 6 月 5 日

秋季：令和元年 11 月 17 日

③観測機器

計　器　名	機　種　名	仕　様
メモリー式総合水質計	JFE アドバンテック社製 ASTD151	図 d-(2)-13 参照

④調査方法

メモリー式総合水質計を図 d-(2)-4 に示す方法で調査船より垂下し、海面から水深 100m程度まで 0.5m毎に水温・塩分・蛍光強度・濁度を計測した。

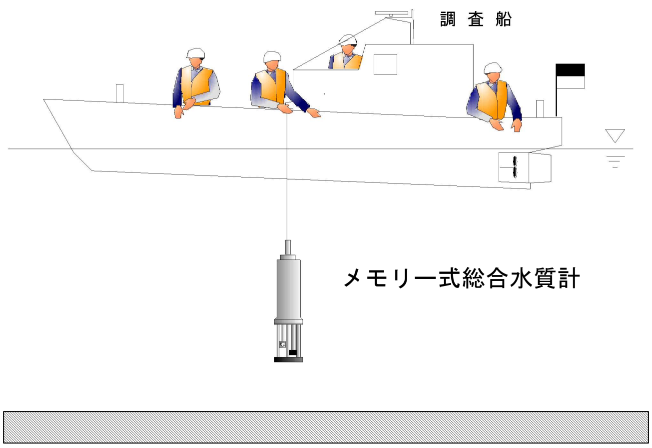


図 d-(2)-4 水質鉛直観測の概要

c.環境 DNA 調査

環境 DNA 調査は、調査地点周辺海域に生息する魚種の種類を確認し、カツオについてはその相対量を把握するために、採水分析を実施した。

①調査地点

春季：図 d-(2)-3 に示す 2 地点

秋季：図 d-(2)-3 に示す 3 地点

②調査日

春季：令和元年 6 月 5 日

秋季：令和元年 11 月 17 日

③観測機器

計　器　名	機　種　名	仕　様
バンドーン型採水器	離合社製	図 d-(2)-12 参照

④調査方法

希釈ハイターで洗浄したバンドーン型採水器を図 d-(2)-5 に示す方法で調査船より垂下し、魚探で反応が多かった水深 5mにおいて採水を行った。採取した試料（5 検体：春季 2 検体、秋季 3 検体）は、オスバン S を添加して固定し、冷暗所に保存して分析室に持ち帰り分析を行った。分析は、メタバーコーディング法を用いた種の同定と、カツオのリアルタイム PCR による定量分析を行った。

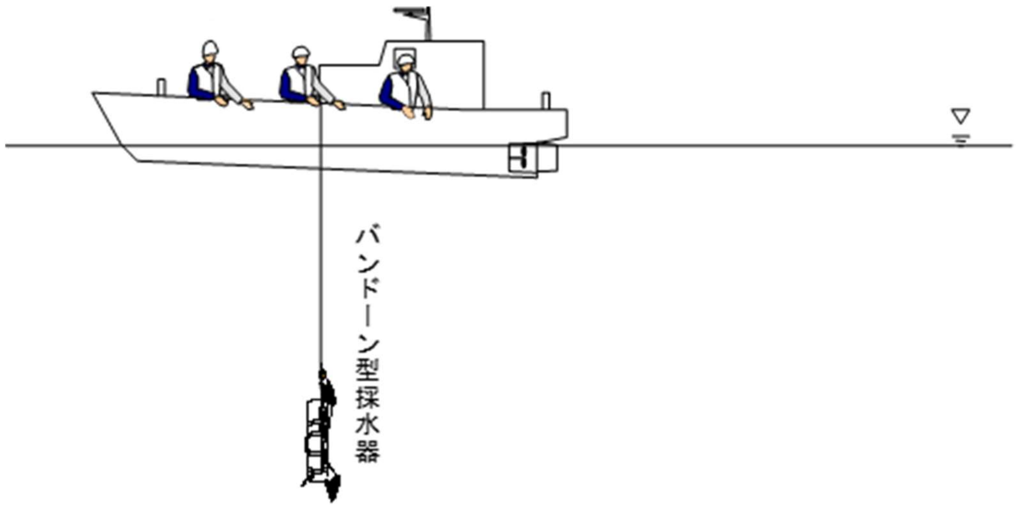


図 d-(2)-5 環境 DNA 調査方法の概要

※ 環境 DNA：環境中に放出された生物由来の DNA

試料に含まれる生物の DNA 情報（塩基配列）を解析することにより、生物種を特定する。

分析方法は、メタバーコーディング法による種の同定と、リアルタイム PCR 法による特定種の生息の有無や生物量の推定がある。

d. 植物プランクトン調査

植物プランクトン調査は、調査地点周辺海域の餌生物の餌料環境を明らかにするために、小魚、動物プランクトンの餌となる植物プランクトンの調査を実施した。

①調査地点

春季：図 d-(2)-3 に示す 2 地点
秋季：図 d-(2)-3 に示す 3 地点

②調査日

春季：令和元年 6 月 5 日
秋季：令和元年 11 月 17 日

③観測機器

計　器　名	機　種　名	仕　様
バンドーン型採水器	離合社製	図 d-(2)-12 参照

④調査方法

水質鉛直観測で蛍光強度が大きい水深を中層とし、表層と中層（春季：水深 40m、秋季：水深 70～80m）において、バンドーン型採水器を図 d-(2)-6 に示す方法で調査船より垂下し採水を行った。採取した試料（10 検体：春季 4 検体、秋季 6 検体）は、中性ホルマリンを添加して固定し、冷暗所に保存して分析室に持ち帰り分析を行った。

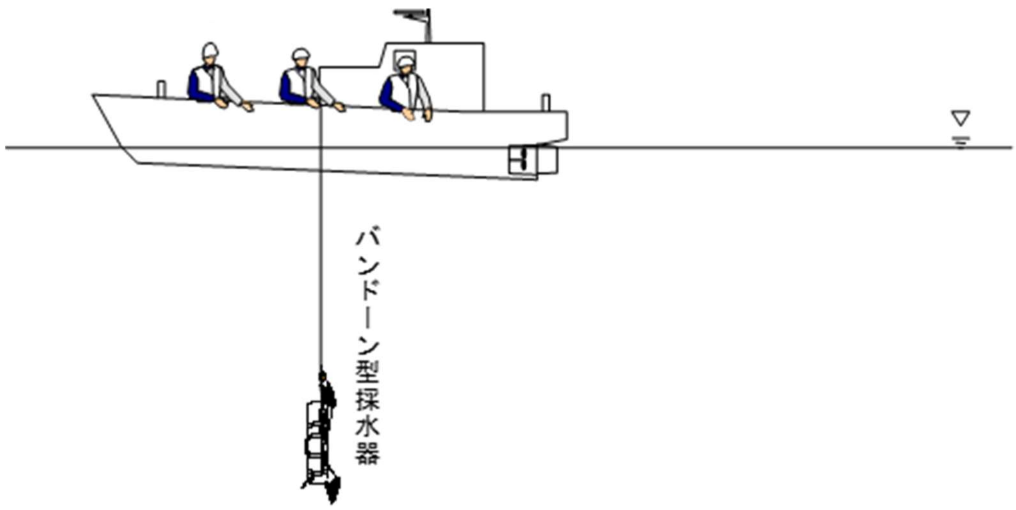


図 d-(2)-6 植物プランクトン調査方法の概要

e.動物プランクトン調査

動物プランクトン調査は、植物プランクトンと同様に調査地点周辺海域の餌生物の餌料環境を明らかにするために、小魚等の餌となる動物プランクトンの調査を実施した。

①調査地点

春季：図 d-(2)-3 に示す 2 地点

秋季：図 d-(2)-3 に示す 3 地点

②調査日

春季：令和元年 6 月 5 日

秋季：令和元年 11 月 17 日

③観測機器

計　器　名	機　種　名	仕　様
北原式プランクトンネット	離合社製	図 d-(2)-14 参照

④調査方法

植物プランクトン調査と同様に、水質鉛直観測で蛍光強度が大きい水深を中層とし、表層（海面～水深 10m）と中層（春季：水深 30～40m、秋季：水深 70～80m）において、北原式プランクトンネットを図 d-(2)-7 に示す方法で調査船より垂下し所定の水深帯で鉛直曳きを行った。採取した試料（10 検体：春季 4 検体、秋季 6 検体）は、中性ホルマリンを添加して固定し、冷暗所に保存して分析室に持ち帰り分析を行った。

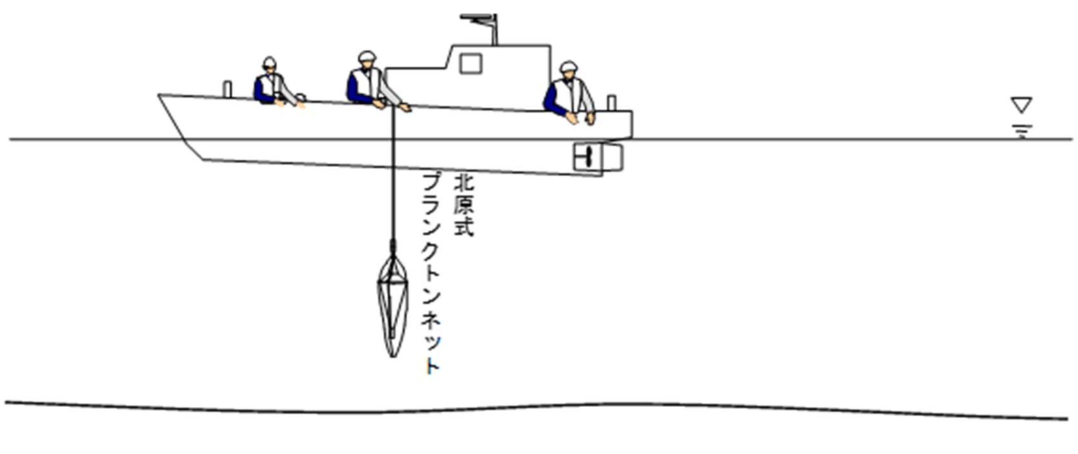


図 d-(2)-7 動物プランクトン調査方法の概要

f.魚卵・稚仔魚調査（高知県による採取）

魚卵・稚仔魚調査は、調査地点周辺海域のカツオの餌となる小魚等魚種の情報を明らかにするために、高知県水産試験場の土佐海洋丸により魚卵・稚仔魚調査を実施した。

①調査地点

春季：図 d-(2)-3 に示す 2 地点

秋季：図 d-(2)-3 に示す 3 地点

②調査日

春季：令和元年 6 月 5 日

秋季：令和元年 10 月 7 日

③調査方法

調査船「土佐海洋丸」に搭載されたマルチネットを図 d-(2)-8 に示す方法で調査船より垂下し表層で水平曳き（船速約 4knot で 5 分間）を行った。採取した試料（5 検体：春季 2 検体、秋季 5 検体）は、中性ホルマリンを添加して固定し、冷暗所に保存して分析室に持ち帰り分析を行った。

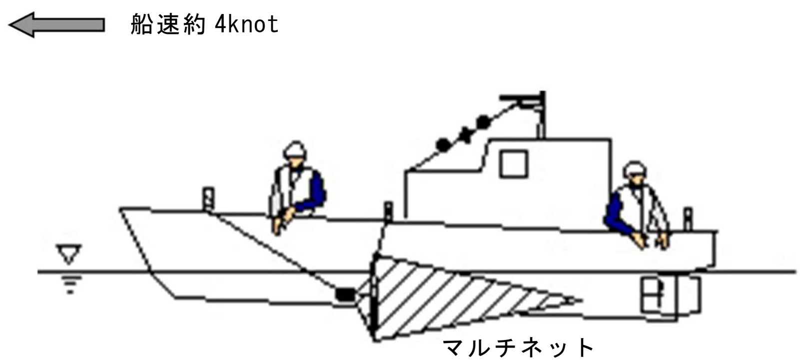


図 d-(2)-8 魚卵・稚仔魚調査方法の概要

g. 漁獲調査

漁獲調査は、調査地点周辺海域のカツオの蝟集状況及びカツオの餌となる小魚等魚種の情報を明らかにするために、曳き縄による漁獲調査を実施した。

①調査地点

春季：図 d-(2)-3 に示す 2 地点

秋季：春季調査と同じ 2 地点

②調査日

春季：令和元年 6 月 5～6 日、17 日、19～20 日

秋季：令和元年 11 月 15～16 日

③調査方法

曳き縄漁船を使用して図 d-(2)-9 に示す方法で曳き縄を垂下し、カツオを対象として 1 地点につき 5 検体漁獲した。漁獲した個体は、全長及び体長、体湿重量の計測を行い、計測後に胃及び生殖腺を取り出し計量後、10%ホルマリンを用いて固定した。固定した胃及び生殖腺は分析室へ搬入し、胃内容物の顕鏡を行った。なお、曳き縄により 5 検体漁獲できなかった場合は、調査地点付近で操業していた漁業者による漁獲物の買付により検体数を確保した。

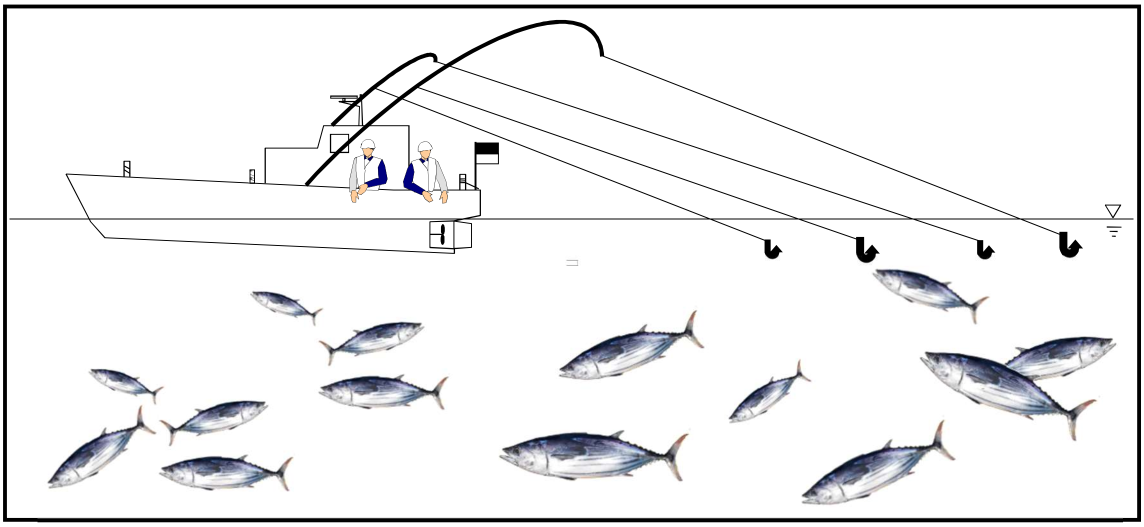


図 d-(2)-9 漁獲調査方法の概要

h. 計量魚探による観察調査

計量魚探による観察調査は、調査地点周辺海域に生息する魚類とプランクトン類の現存量を把握し、浮魚礁の蝟集効果及び増殖効果を検証するため、計量魚探による測線調査を実施した。

①調査地点

春季：図 d-(2)-3 に示す 1 地点 （13 号ブイ）

秋季：図 d-(2)-3 に示す 2 地点 （13 号ブイ及び対照区 1）

②調査日

春季：令和元年 6 月 19 日

秋季：令和元年 11 月 21～22 日

③観測機器

計 器 名	機 種 名	仕 様
計量魚群探知機（KSE-300）	ソニック社製	図 d-(2)-15 参照

④調査方法

調査船に計量魚群探知機を図 d-(2)-10 に示す方法で艤装し、海面から水深 100 mより深い水深までの魚類及びプランクトン類の分布状況を調査した。調査測線は、広領域と狭領域の 2 領域を設定し、広領域は測線長 4km（調査地点中心に半径 2km）の測線を 4 測線（45 度間隔）、狭領域は測線長 1km（調査地点中心に半径 500m）の測線を 8 測線（22.5 度間隔）の合計 12 測線を設定した。調査船の船速は、約 5knot とし、使用する計量魚群探知機は、魚類とプランクトン類の現存量を判別するため、38kHz と 120kHz の 2 周波を使用して実施した。

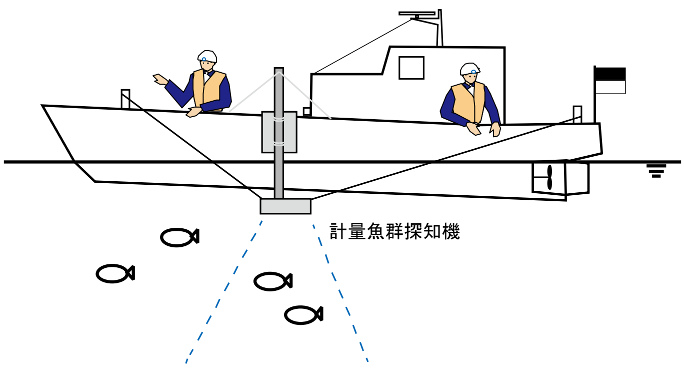


図 d-(2)-10 計量魚探による観察調査方法の概要

2)-2-4　主要機器

以下に使用した主な機器を示す。

名　称	GPS航法装置（GP33）
製　造	古野電気株式会社
アンテナ	GPS：12ﾁｬﾝﾈﾙ・WAAS：2ﾁｬﾝﾈﾙ
測　　位	ｵｰﾙｲﾝﾋﾞｭｰ、8ｽﾃｰﾄｶﾙﾏﾝﾌｨﾙﾀ
測位精度	GPS　　10m以下（2drms）
	MSAS　　7m以下（2drms）
	WAAS　　3m以下（2drms）
追尾速度	999.9kt
ﾋﾞｰｺﾝ周波数範囲	1575.42kHz
表示部	4.3型カラー液晶
表示モード	プロッタ、ハイウェイ、航法データ、ユーザー画面
航跡・目的地登録	航跡　　3000点
	目的地　　10000点
	ルート　　100ルート（目的地各30点）
防　　水	受信演算部（IP56）、アンテナ（IPx6）
電　　源	DC12V-24V、240～120mA（照明最大時）

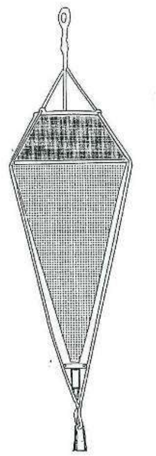
図 d-(2)-11 GNSS の仕様

採水量	6L、10L
全　長	60cm
材質	ポリエチレン
蓋	ゴム

図 d-(2)-12 バンドーン型採水器の仕様

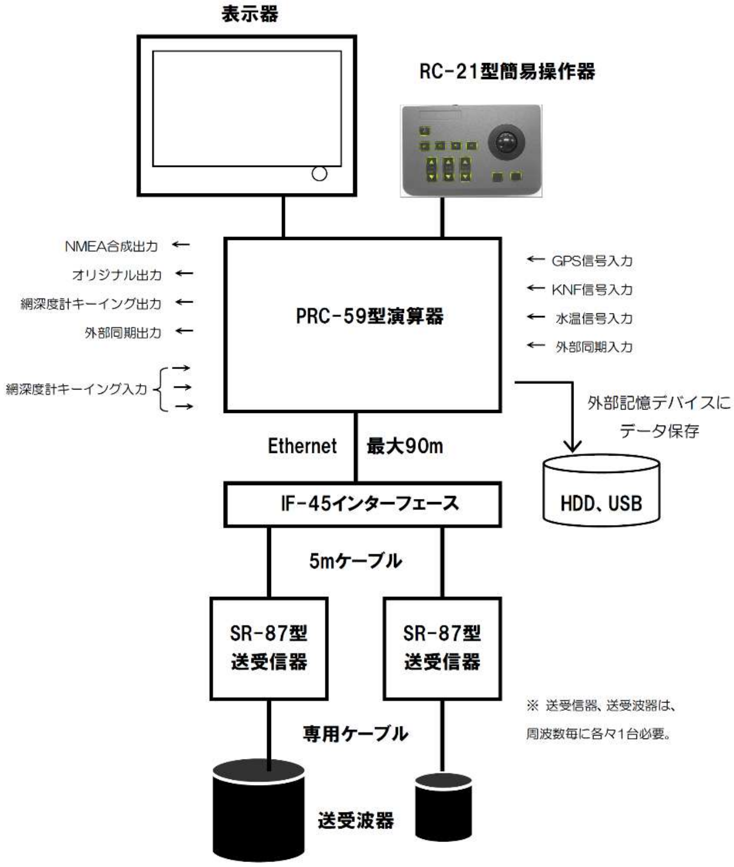
名　　称		RINKO-Profiler (ASTD151)			
製　　造		JFEアドバンテック株式会社			
測定項目	タイプ	測定ﾚﾝｼﾞ	分解能	精度	時定数
深度	半導体圧力センサ	0～600m	0.01m	0.3%FS	0.2秒
水温	サーミスタ	-5～40℃	0.001℃	±0.01℃	0.2秒
塩分	実用塩分式 電極式	0～40	0.001	±0.01	0.2秒
濁度	後方散乱方式	0～1000FTU ホルマジン基準	0.03FTU	測定値の±2%	0.2秒
ｸﾛﾛﾌｨﾙ	蛍光測定	0～400ｐｐｂ ウラニン基準	0.01ｐｐｂ	±0.1%FS	0.2秒

図 d-(2)-13 メモリー式総合水質計（ASTD151）の仕様



口　径	上部リング 約24cm 中部リング 約48cm
全　長	約110cm
ネット地	頭錐部　キャンバス地 ろ過部　NXX13 (100μm)
付属品	おもり(1.5kg)

図 d-(2)-14 北原式プランクトンネットの仕様

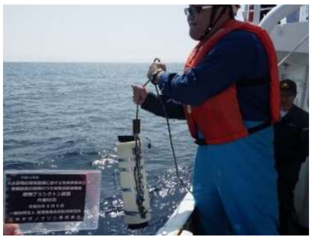
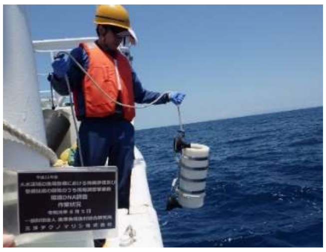
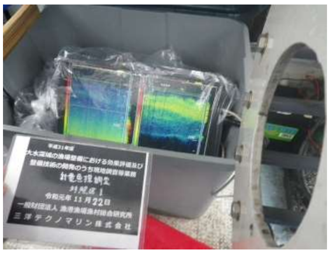


表示器	19インチ液晶カラーディスプレー	
周波数	38kHz、120kHz(スプリットビーム送受波器)	
探知能力	単体魚	550m、340m
	群体魚	1150m、480m

図 d-(2)-15 計量魚群探知機（KSE-300）の仕様

2)-2-5　作業状況

作業状況を以下に示す。

		
使用船舶 （漁船：隆丸）	使用船舶 （土佐海洋丸）	水質鉛直測定
		
植物プランクトン採水	動物プランクトン採取	環境 DNA 採取
		
曳き縄	胃内容物・生殖腺採取	魚卵・稚仔魚採取
		
計量魚探組立	計量魚探航走	計量魚探画面

(3) 検討会の設置

発注者を含む検討委員による検討会を開催し、本業務の課題や問題点について解決策を提示し、検討委員会での議論を経て成果に反映した。

検討委員を表 d-(2)-5 に示す。

検討委員会では、主に以下の内容を確認した。

① 対象種の特徴
TAC/TAE 対象種等について、生活史や生態等の整理結果の妥当性

② 対象種の魚礁性
既存資料から、魚種ごとの考えられる魚礁性の整理結果の妥当性

③ 資源増殖シナリオ
各成長段階の増殖の考え方および対策の検討結果の妥当性

④ 漁場整備技術・効果
魚礁性を踏まえた増殖効果をもたらす整備技術の検討結果の妥当性
増殖効果に対する知見の少ない浮魚礁については、漁獲調査や環境 DNA 調査及び蝟集魚類(餌生物)の種組成による増殖・増肉効果把握調査手法及び調査結果（増殖効果の潜在性）の考察の妥当性

⑤ 適地選定
漁場整備を行うための、増殖シナリオを踏まえた整備手法の妥当性

⑥ 今後の方向性
増殖シナリオへの適用に向け、今後必要となるその他の整備技術について

表 d-(2)-5 検討委員会委員一覧

役職	氏名	所属	専門分野
委員長	中田 英昭	長崎大学名誉教授	水産海洋
委員	中泉 昌光	東京海洋大学 先端科学技術研究センター (漁業地域再生プロジェクト)特任教授	水産土木 水産行政
委員	八木 宏	防衛大学校 システム工学群建設環境工学科 教授	水産工学
委員	岩田 繁英	東京海洋大学 海洋生命科学部海洋生物資源学科 助教	水産資源

e. 結果

（1）大水深域における整備効果の定量的な評価手法の開発

1）日本海西部海域における保護育成礁整備効果に係るモデル開発

1)-1 統計モデルの検討・作成

ズワイガニメス、ズワイガニオスおよびアカガレイのそれぞれについて、得られたモデルと初期モデルからの高精度化について以下に記述する。

1)-1-1 ズワイガニメス

漁獲確率モデルの変数数を探索した結果、本モデルの推定精度が最も高い一つの決定木で一度に使う変数数は 3 であった。また、本モデルのエラー率は 3.78%となったことから、本モデルでは 96.22％の精度で漁獲の有無を判断することができる。漁獲の有無に影響を及ぼす要因における変数の重要度を示す Gini 係数の平均減少度[1]から、上位 5 変数は、塩分濃度、水温、水深、流向、経度であった。また、各魚礁の有無で変化する漁獲確率の部分従属確率[2]（Partial Dependence）の差分（魚礁有りに対する漁獲有り確率-魚礁無しに対する漁獲有り確率）は、第 8 魚礁（AR_8）を除いてすべて負の値を示し、平均-0.009、最小値-0.045、最大値 0.001 であった。そのため、魚礁整備によりズワイガニメスの漁獲確率は低下すると考えられた（図 e-(1)-1)。

[1] Gini 係数とはデータの均一度を表す尺度で、低いほど均一度は高い。Gini 係数の平均減少度とは、それぞれの変数が使われた際に平均的にどの程度 Gini 係数を平均的に減少させるかを表す。すなわち、平均減少度が高い変数ほど、モデルへの貢献度が高いことを表す。

[2] あるひとつの説明変数を変化させた際に、予測値がどの程度変化するかを示したもの。

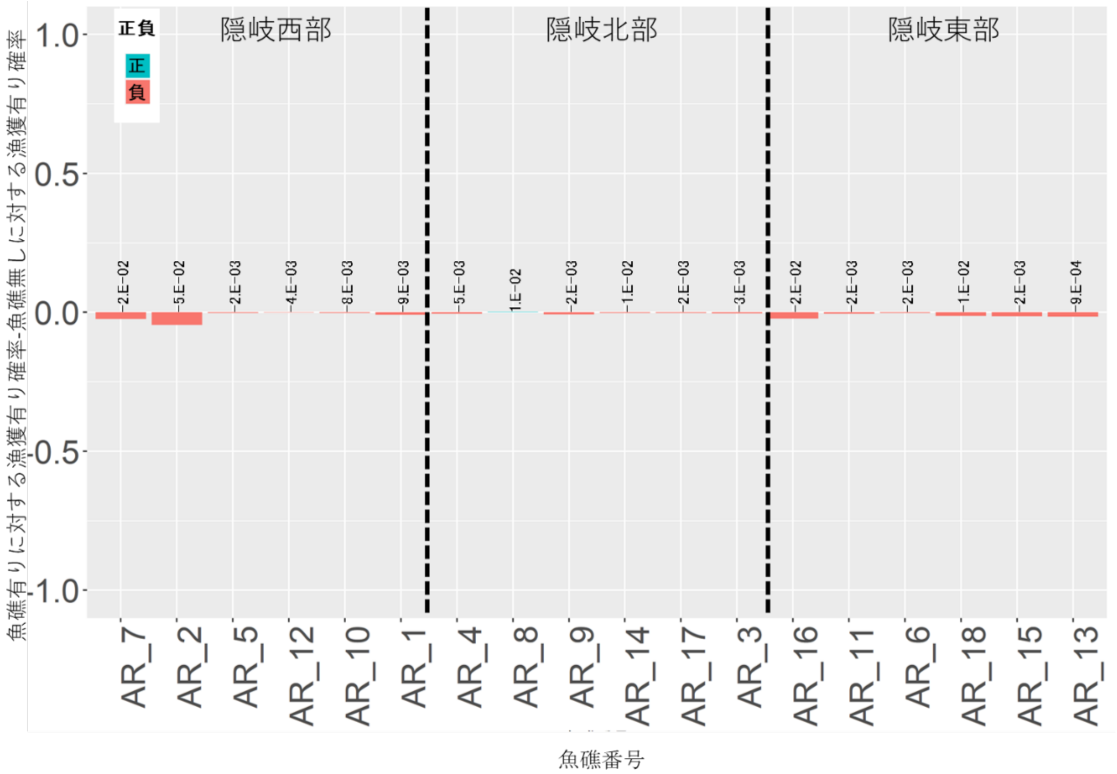


図 e-(1)-1 魚礁整備によるズワイガニメスの漁獲確率の変化

採択した残差逸脱度説明度[3]が最も高いモデルを式 8 に示す。有漁漁獲モデルの初期モデルの残差逸脱度説明度は 41.9%であり、採択モデルは 67.3%であったため、データのばらつきのうち 7 割近くをモデルによって説明できていることになった。この採択モデルは初期モデルから 25.4%説明度が向上していた。

各魚礁の有無で変化する有漁 CPUE(kg/曳網)の差分(魚礁有りとしたときの有漁 CPUE－魚礁無しとしたときの有漁 CPUE）の平均値は-1.268、最小値は-9.104、最大値は 31.574 であった（図 e-(1)-2)。

log(Catch)～
s(Lat,Lon)＋Year＋Month＋Pref＋re(Ton)＋re(Bariki)＋s(Depth)＋s(Temp)
＋s(Salt)＋s(Sc)＋Dir＋Bot＋Per＋AR_1＋AR_2＋AR_3＋AR_4＋AR_5＋AR_6＋AR_7
＋AR_8＋AR_9＋AR_10＋AR_11＋AR_12＋AR_13＋AR_14＋AR_15＋AR_16＋AR_17＋AR_18
＋offset(log（Ef））+正規分布誤差　　　　（式 8）

s()：平滑化説明変数、re()：ランダム変数

---

[3] モデルによってデータのばらつきがどの程度説明できるかを表す指標。すなわち、この値が高いほどモデルの性能が高いことを表す。

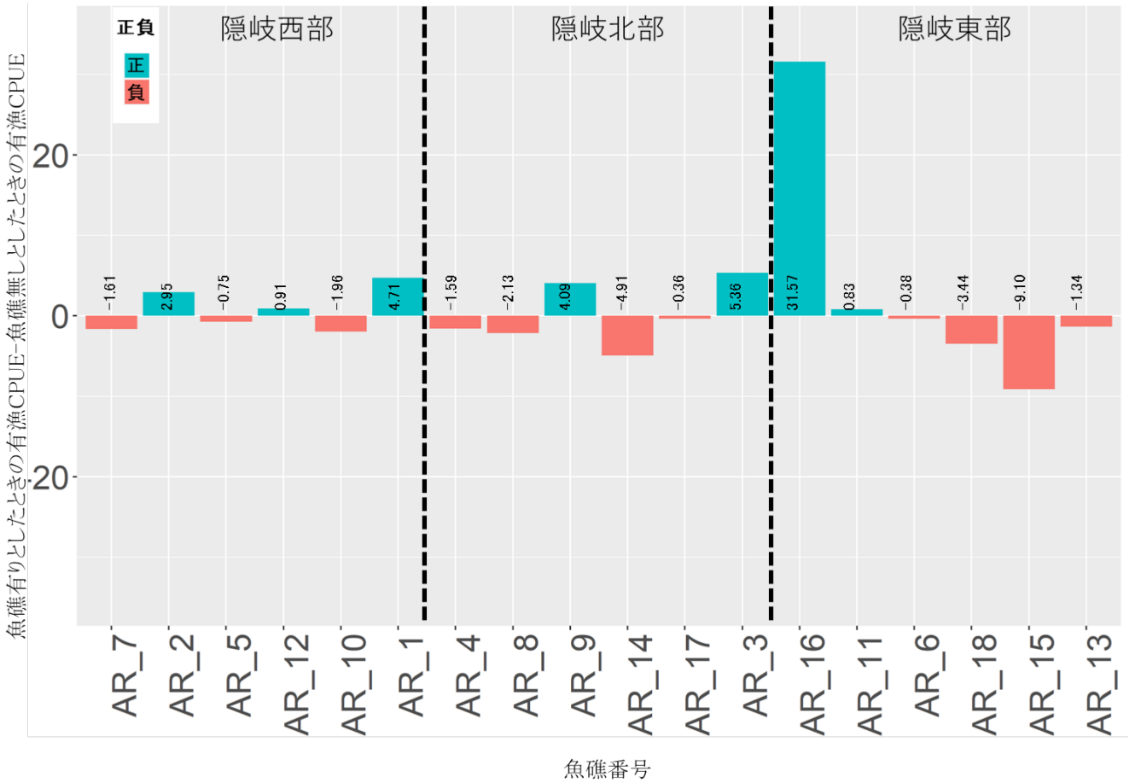


図 e-(1)-2 魚礁整備によるズワイガニメスの有漁 CPUE の変化

1)-1-2 ズワイガニオス

漁獲確率モデルの変数数を探索した結果、本モデルの推定精度が最も高い一つの決定木で一度に使う変数数は 12 であった。また、本モデルのエラー率は 3.0%となったことから、本モデルから漁獲の有無を 97.0%の精度で判断することができる。漁獲の有無に影響を及ぼす要因における変数の重要度を示す Gini 係数の平均減少度が最も多い上位 5 変数は、塩分濃度、水温、流向、馬力、水深であった。

なお、各魚礁の有無で変化する漁獲確率の部分従属確率の差分は、第 11 魚礁(AR_11)を除いてすべては負の値を示し、平均値-1.685e-03、最小値-2.755e-02、最大値 1.003e-03 であった。そのため、魚礁整備によりズワイガニオスの漁獲確率は低下すると考えられた（図 e-(1)-3)。

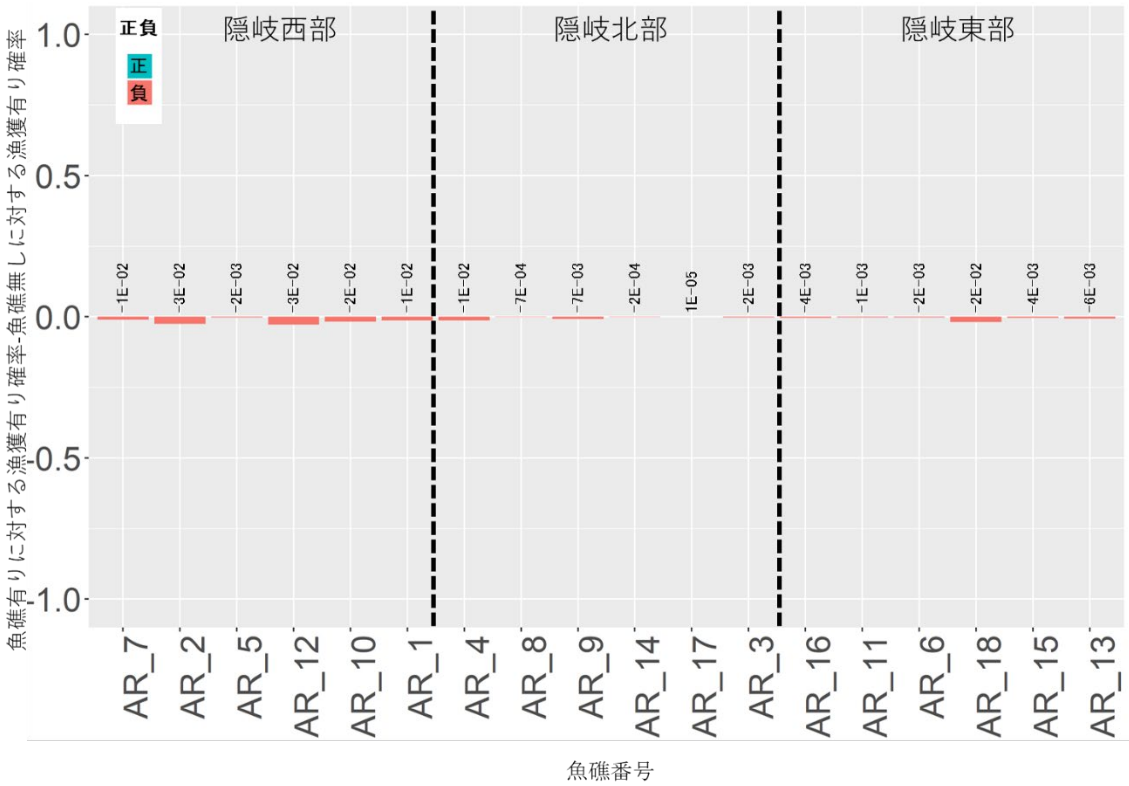


図 e-(1)-3 魚礁整備によるズワイガニオスの漁獲確率の変化

有漁漁獲モデルの初期モデルの残差逸脱度説明度は 74.1%であった。採択した残差逸脱度説明度が最も高いモデルを式 9 に示す。採択モデルの残差逸脱度説明度は 77.0%であり、データのばらつきのうち 8 割近くをモデルによって説明できていることになった。この採択モデルは初期モデルから 2.9%説明度が向上していた。

各魚礁の有無で変化する有漁 CPUE（kg/曳網）の差分の平均値は、平均 0.444、最小値-2.320、最大値 3.655 であった（図 e-(1)-4）。

log(Catch)～
s(Lat,Lon)＋Year＋Month＋Pref＋re(Ton)＋re(Bariki)＋s(Depth)＋s(Temp)
＋s(Salt)＋s(Sc)＋Dir＋Bot＋Per＋AR_1＋AR_2＋AR_3＋AR_4＋AR_5＋AR_6＋AR_7
＋AR_8＋AR_9＋AR_10＋AR_11＋AR_12＋AR_13＋AR_14＋AR_15＋AR_16＋AR_17＋AR_18
＋offset(log(Ef)) ＋正規分布誤差 （式 9）

s（）：平滑化説明変数、re()：ランダム変数

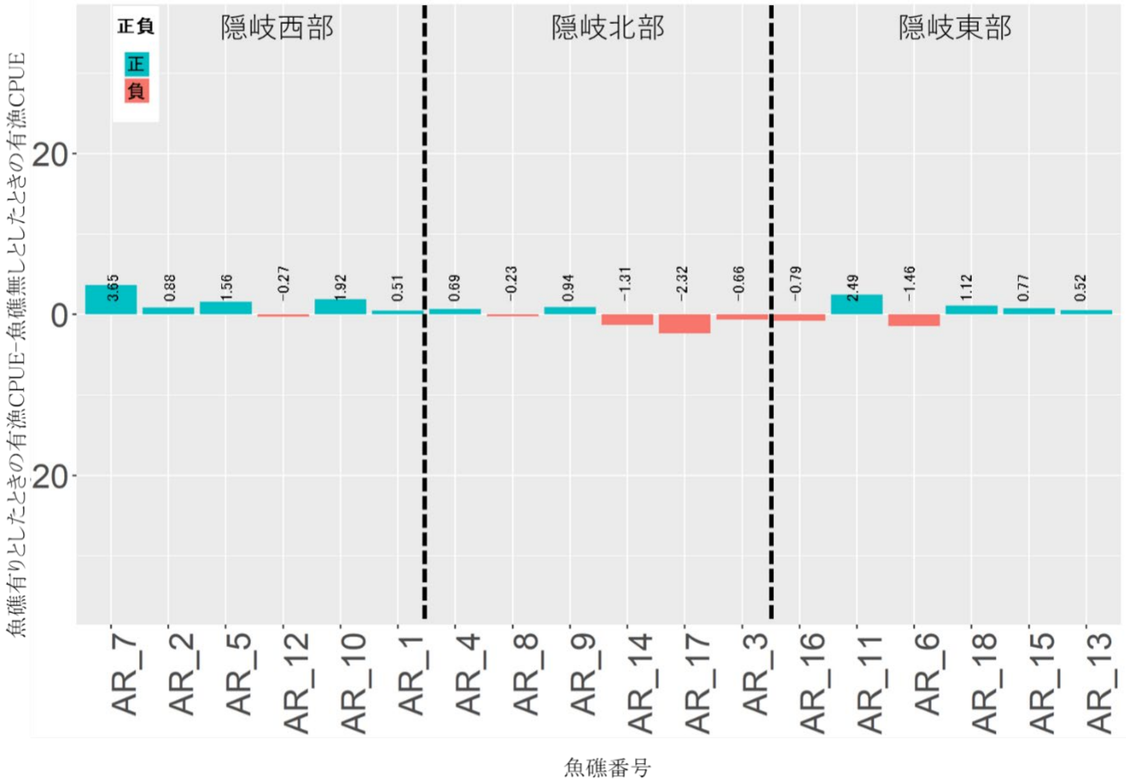


図 e-(1)-4 魚礁整備によるズワイガニオスの有漁 CPUE の変化

1)-1-3 アカガレイ

漁獲確率モデルの変数数を探索した結果、本モデルの推定精度が最も高い一つの決定木で一度に使う変数数は 2 であった。また、本モデルのエラー率は 18.4%であったことから、本モデルから漁獲の有無を 81.6%の精度で判断することができる。漁獲の有無に影響を及ぼす要因における変数の重要度を示す Gini 係数の平均減少度の上位 5 変数は、経度、水温、塩分濃度、緯度、馬力であった。

なお、各魚礁の有無で変化する漁獲確率の部分従属確率の差分は、魚礁ごとに正負は異なるが、平均-0.011、最小値-0.105、最大値 0.003 とアカガレイの漁獲確率に大きい変化は見られなかった（図 e-(1)-5)。

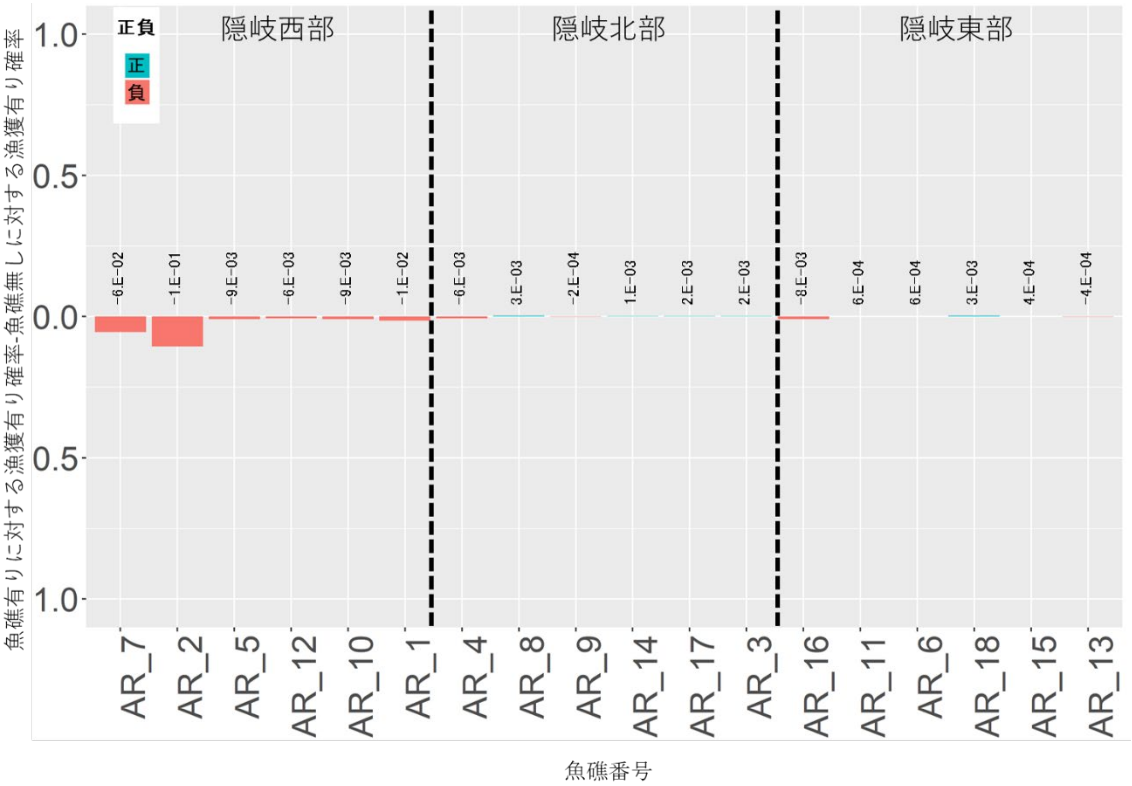


図 e-(1)-5 魚礁整備によるアカガレイの漁獲確率の変化

有漁漁獲モデルの初期モデルの残差逸脱度説明度は 24.6%であった。採択した残差逸脱度説明度が最も高いモデルを式 10 に示す。採択モデルの残差逸脱度説明度は 64.1%であり、データのばらつきのうち 6 割 5 分近くをモデルによって説明できていることになった。この採択モデルは初期モデルから 39.5%説明度が向上していた。

また、有漁漁獲モデルで求められた有漁 CPUE(kg/曳網)の平均-0.102、最小値-3.037、最大値 3.774 であった（図 e-(1)-6)。

log(Catch)～
s(Lat,Lon)＋Year＋Month＋Pref＋re(Ton)＋re(Bariki)＋s(Depth)＋s(Temp)
＋s(Salt)＋s(Sc)＋Dir＋Bot＋Per＋AR_1＋AR_2＋AR_3＋AR_4＋AR_5＋AR_6＋AR_7
＋AR_8＋AR_9＋AR_10＋AR_11＋AR_12＋AR_13＋AR_14＋AR_15＋AR_16＋AR_17＋AR_18
＋offset（log（Ef））+正規分布誤差　　　　　　　　　　　　　　　　　　（式 10）

s（）：平滑化説明変数、re()：ランダム変数

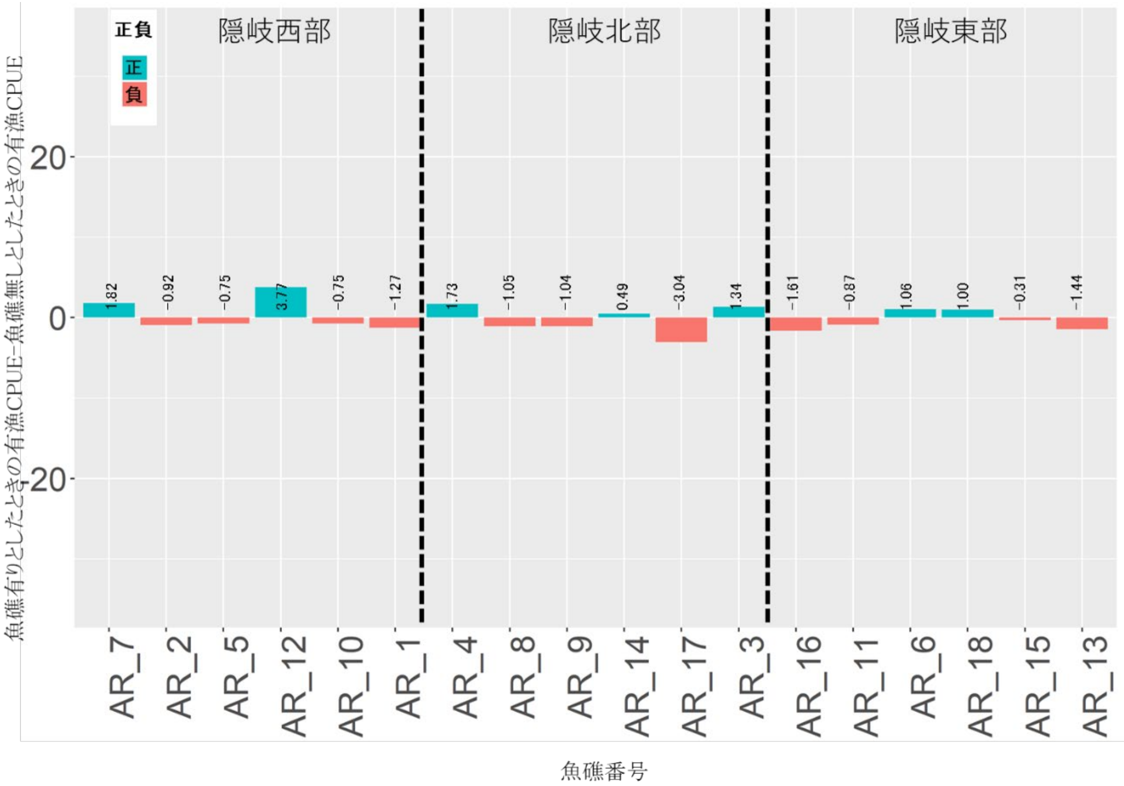


図 e-(1)-6 魚礁整備によるアカガレイの有漁 CPUE の変化

1)-2 漁獲確率を考慮した魚種別の魚礁整備効果推定

ズワイガニメス、ズワイガニオスおよびアカガレイそれぞれの魚種について、漁獲確率モデルを用いて、各魚礁の有無（AR_1～AR_18）以外の説明変数の効果を一定、かつ、平均的な操業と仮定し（各説明変数の詳細については表 e-(1)-1 に示した）、魚礁設置あり漁獲確率と魚礁設置なし漁獲確率をそれぞれ推定した。

また、同様に、平均的な操業を仮定し、有漁漁獲モデルから魚礁設置あり有漁 CPUE と魚礁設置なし有漁 CPUE をそれぞれ計算した。これらを用いて、式 3（p 6 参照）により各魚礁の魚礁整備効果を推定した。

表 e-(1)-1 推定算出に使用した説明変数と仮定値

種	モデル	応答変数	説明変数														
			Lat,Lon	Year	Month	Pref	Ton	Bariki	Depth	Temp	Salt	Sc	Dir	Bot	Per	Ef	AR1~AR18
ズワイガニメス	式8														3.E-03		
ズワイガニオス	式9	log(Catch)	操業があった場所	2005	11	49	85	661	-297.4	4.3	34.16	3.E-02	E	Sand	1.E-03	1	0 or 1
アカガレイ	式10														3.E-04		

1)-2-1 ズワイガニメス

ズワイガニメスの場合、魚礁整備効果推定値は、平均 0.887、最小値-8.940、最大値 29.015（kg/曳網）であった（図 e-(1)-7）。特に隠岐東部海域の AR_16 の整備効果

は顕著であり、1 網当たり約 29kg であった（図 e-(1)-7)。

魚礁が整備されている 2 ㎞四方内での操業は不可能であること、および、本調査では小漁区 18 ㎞四方内の平均的効果を算出していることを考えれば、魚礁整備効果の推定値が負の場合、これは魚礁の持つ保護効果を示している。

さらに、保護効果があるにも関わらず、正の効果が検出される場合、これは魚礁からのシミだし効果を示していると考えられる。

なお、ズワイガニメスに対する保護育成礁の整備効果は、全魚礁平均で 0.9kg/網、しみ出し効果は平均 6.3kg/網以上、保護効果は平均 2.6kg/網以上と推定された。

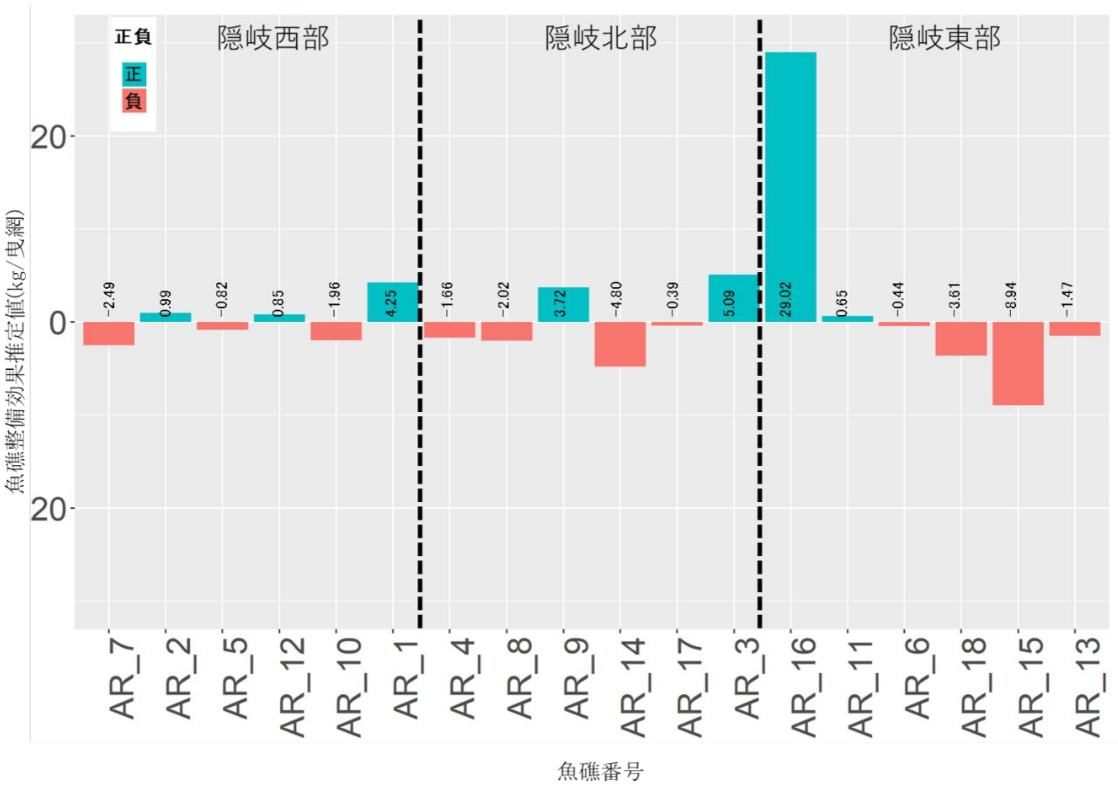


図 e-(1)-7 魚礁整備によるズワイガニメスの標準化 CPUE の変化

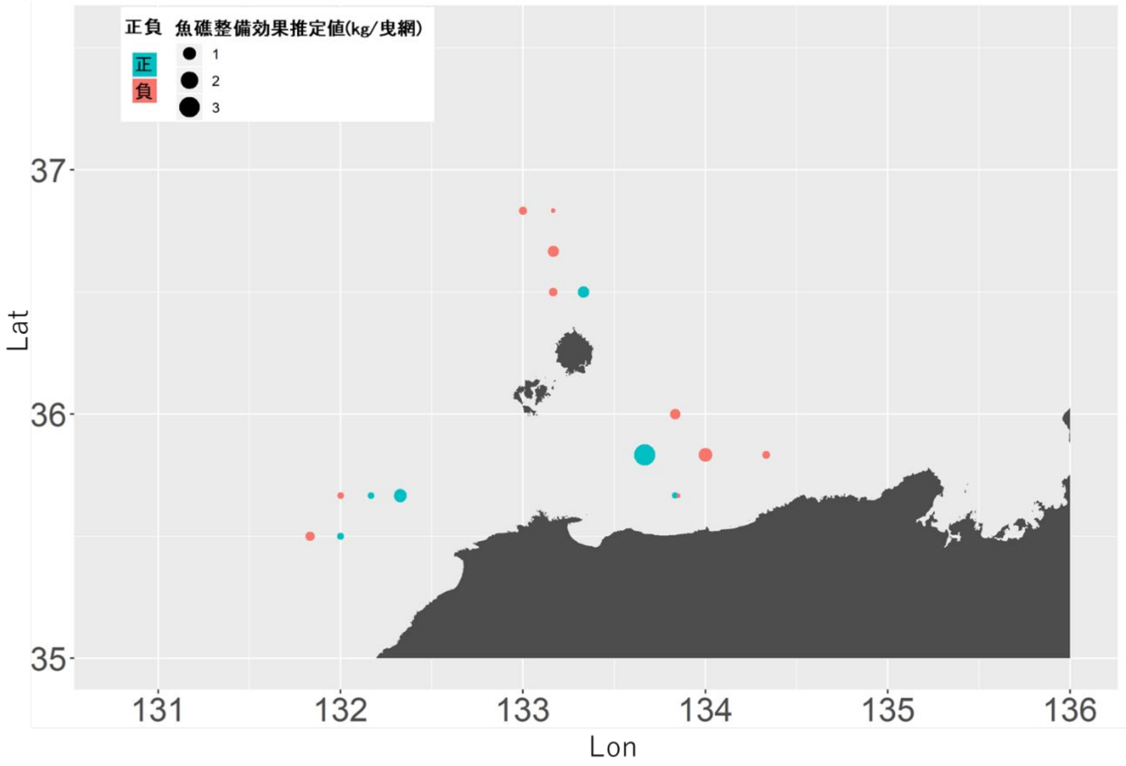


図 e-(1)-8 場所別の魚礁整備によるズワイガニメスの標準化 CPUE の変化

1)-2-2 ズワイガニオス

ズワイガニオスの場合、魚礁整備効果推定値は、平均 0.281、最小値-2.195、最大値 3.244（kg/曳網）であった（図 e-(1)-9）。一番高い整備効果を示した魚礁は、隠岐西部の AR_7 一網当たり約 3kg であった（図 e-(1)-10）。

また、魚礁によって CPUE が増大している、すなわちシミ出し効果が認められた魚礁は、隠岐西部、東部海域に多く、11 基であった（AR_7、AR_2、AR_5、AR_10、AR_1、AR_4、AR_9、AR_11、AR_18、AR_15、AR_13）。

なお、ズワイガニオスに対する保護育成礁の整備効果は、全魚礁平均で 0.3kg/網、しみ出し効果は 1.1kg/網以上、保護効果は 1.0kg/網以上と推定された。

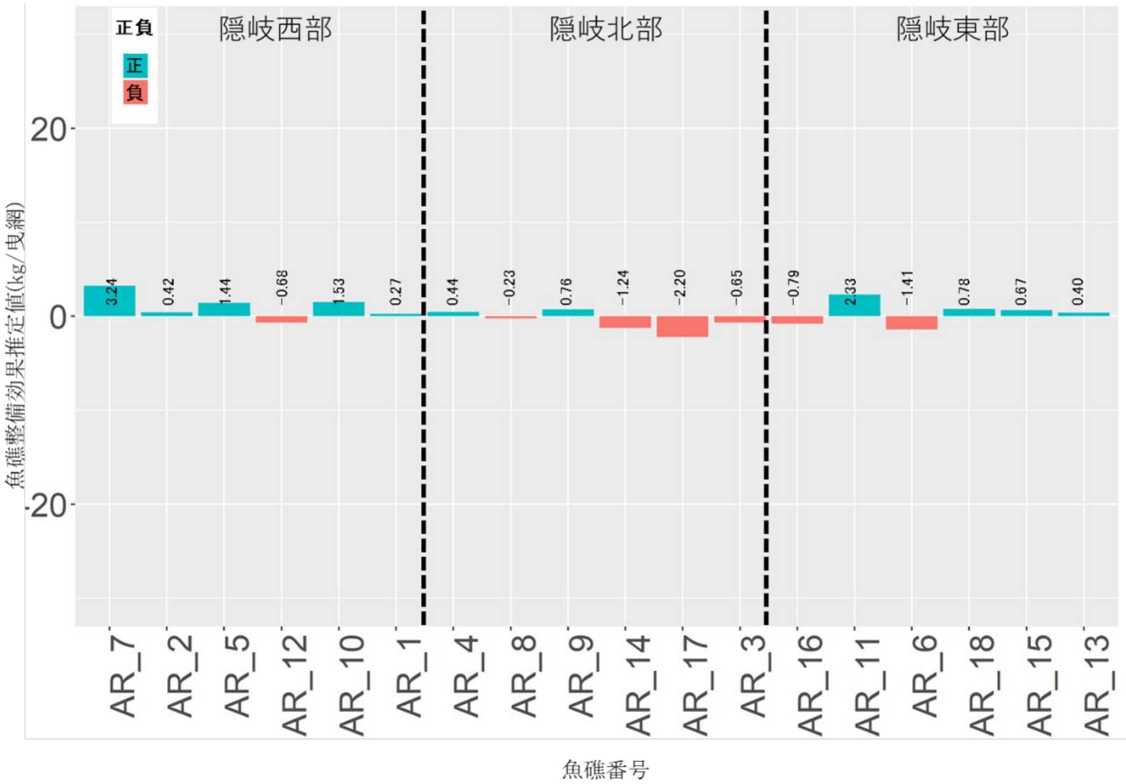


図 e-(1)-9 魚礁整備によるズワイガニオスの標準化 CPUE の変化

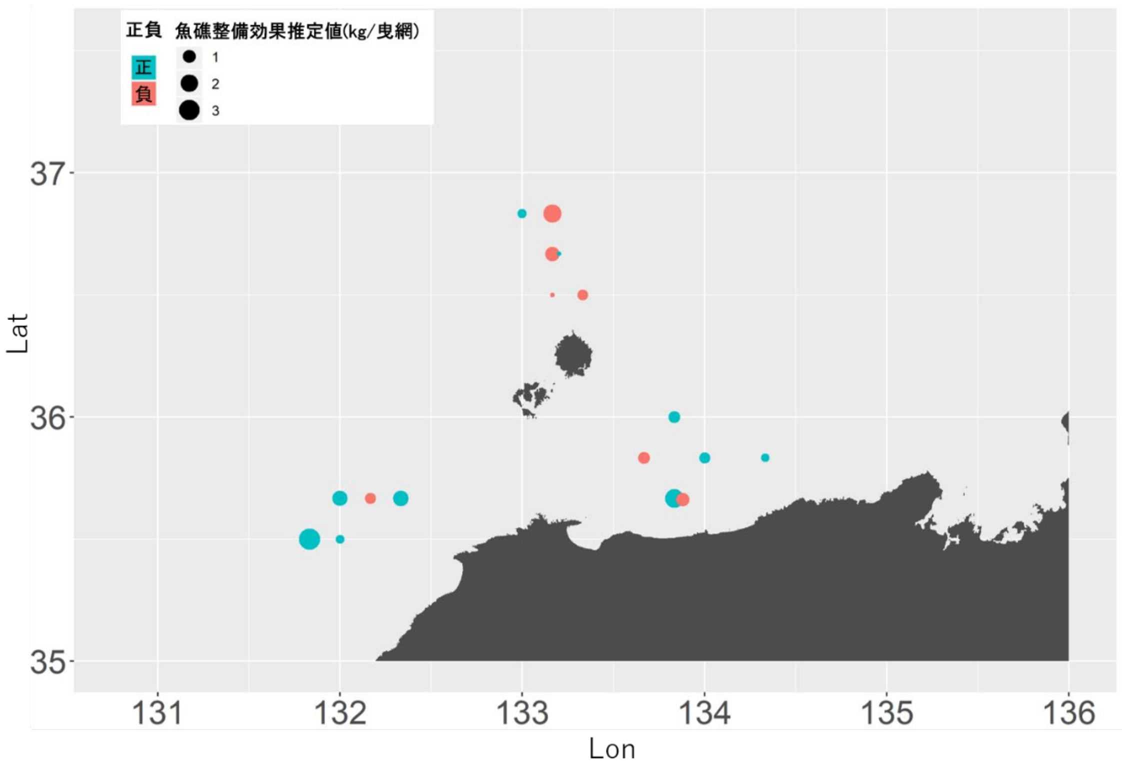


図 e-(1)-10 場所別の魚礁整備によるズワイガニオスの標準化 CPUE の変化

1)-2-3 アカガレイ

アカガレイの場合、魚礁整備効果推定値は、平均-0.159、最小値-2.925、最大値3.582（kg/曳網）であった（図 e-(1)-11）。一番高い整備効果を示した魚礁は、隠岐西部の AR_12 魚礁の一網当たり約 4kg であった（図 e-(1)-12）。

また、魚礁によって CPUE が増大している、すなわちシミ出し効果が認められた魚礁は、隠岐西部海域に多く 7 基であった（AR_7、AR_12、AR_4、AR_14、AR_3、AR_6、AR_18 魚礁）。

なお、アカガレイに対する保護育成礁の整備効果は、全魚礁平均で-0.16kg/網（保護効果が大きく、見かけ上マイナス）、しみ出し効果は 1.5kg/網以上、保護効果は 1.2kg/網以上と推定された。

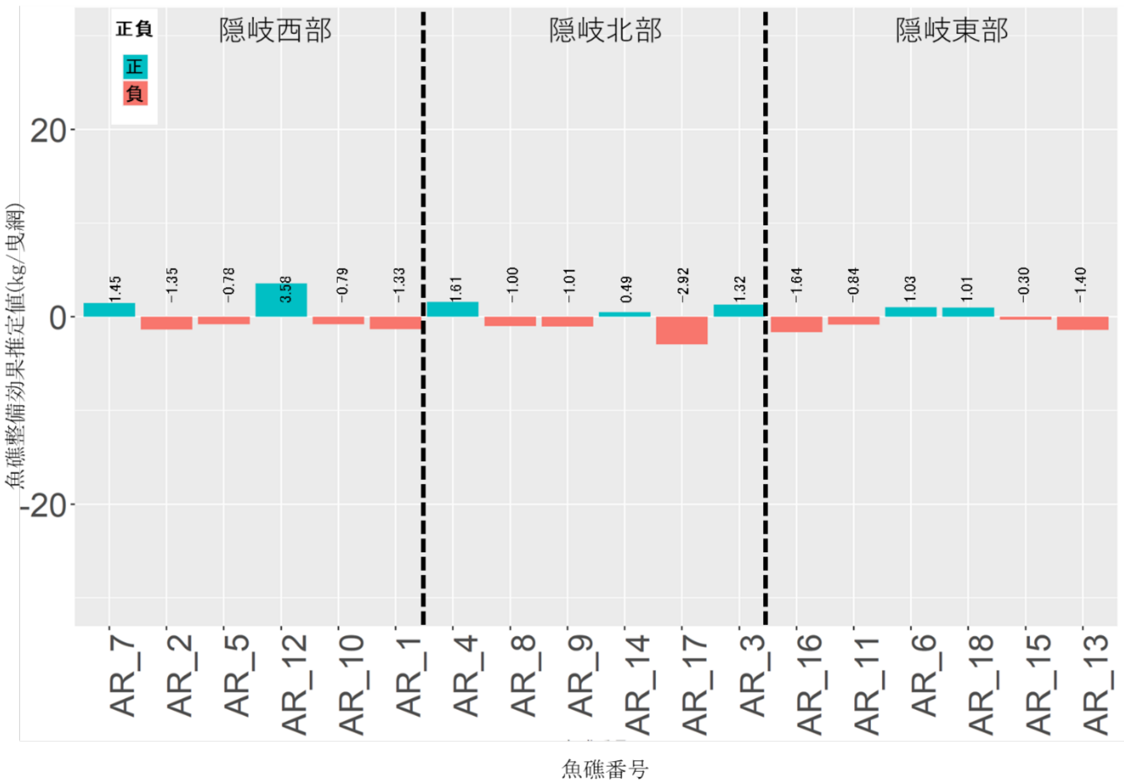


図 e-(1)-11 魚礁整備によるアカガレイの標準化 CPUE の変化

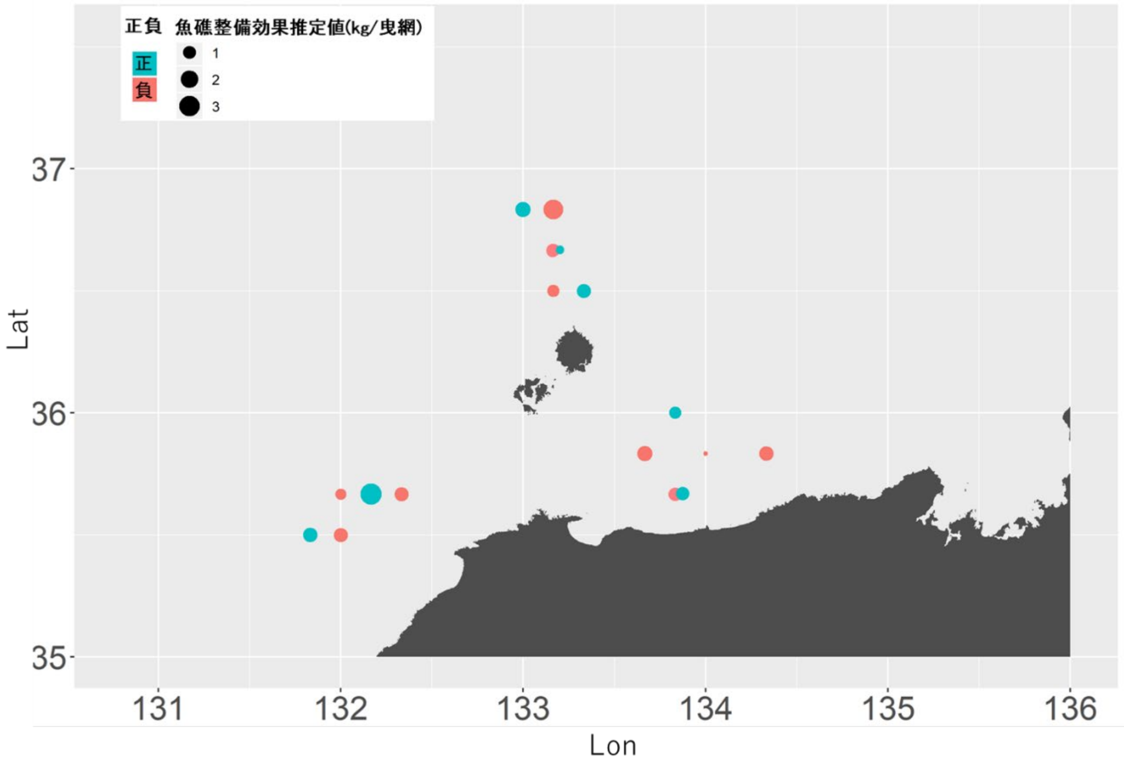


図 e-(1)-12 場所別の魚礁整備によるアカガレイの標準化 CPUE の変化

1)-3 鳥取県有識者及び底引き網漁業関係者による統計モデル評価

鳥取県網代漁港において聞き取り調査を行った。全体を通じて、本調査で得られた結果を支持する回答を得られた。

1)-3-1 魚礁効果の推定について

本調査では、魚礁の標準化 CPUE への効果はズワイガニメスで一番大きく、次いでズワイガニオスとアカガレイであると推定された。この点についても実際の漁業現場との感覚とよく一致している、との回答を得た。

ただし、操業中に使用する魚礁が今回調査に使用した魚礁以外の天然礁や沈船魚礁などを利用しているという回答もあり、今後の課題として魚礁周辺のズワイガニやアカガレイの詳細な分布状況等を調査する必要があると考えられた。

1)-4 既往文献を活用した統計モデルの妥当性検証

平成 22 年度から平成 29 年度に発行されている日本海西部地区漁場環境調査業務報告書および間辺ら(2014)の各魚礁のカゴ網およびトロール調査と比較した。今回の解析において、ズワイガニメスでは AR_16、AR_3、AR_1、AR_9、AR_2、AR_12、AR_11、ズワイガニオスでは AR_7、AR_11、AR_10、AR_5、AR_18、AR_9、AR_15、AR_4、AR_2、AR_13、 AR_1、アカガレイではAR_12、AR_4、AR_7、AR_3、AR_6、AR_18、AR_14にCPUE増大効果があり、結果は既往報告と一致した。

2）長崎県海域における魚礁整備効果に係る統計モデルの開発

2)-1 魚礁依存型の判定

各魚種の漁獲地点を（図e-(1)-13-15）に、魚礁からの平均距離（ADist）と累積漁獲量および累積努力量の関係を（図e-(1)-16, 17)に示した。魚礁からの平均距離（ADist）にかかわらず航海当たり漁獲量（kg・$cruise^{-1}$）が一定であれば、累積漁獲量の曲線は累積努力量の曲線に近づく。また、魚礁からの距離（ADist）が小さい海域で漁獲が多くなされる場合には累積漁獲量の曲線は累積努力量曲線より上に凸の、反対に魚礁からの距離（ADist）が大きい海域で漁獲が多い場合には下に凸の形状になる。この曲線形状から7魚種を魚礁依存型（メダイ、ヒラマサおよびイサキ）、魚礁非依存型（アカムツ、ブリおよびイカ類）およびその中間型（マダイ）に分類した。以下、魚礁依存型の3種について詳細を記述する。

累積漁獲量の曲線形状が累積努力量曲線と比較して上に凸なことから、メダイ、ヒラマサおよびイサキが魚礁依存型に分類された（図e-(1)-16,17）。3魚種ともに魚礁近接海域において急激に漁獲されており、メダイの場合、全努力量の13.0%のみしか投下されていない平均距離（ADist）≤0.2 kmの範囲内で、全漁獲量の56.6 %が漁獲されており累積漁獲量の傾きは大きかったが、それ以遠では傾きが急激に減少した。また、ヒラマサおよびイサキは、平均距離（ADist）≤0.2 kmの範囲内で、全体のそれぞれ73.2%および64.0%が漁獲されていた。

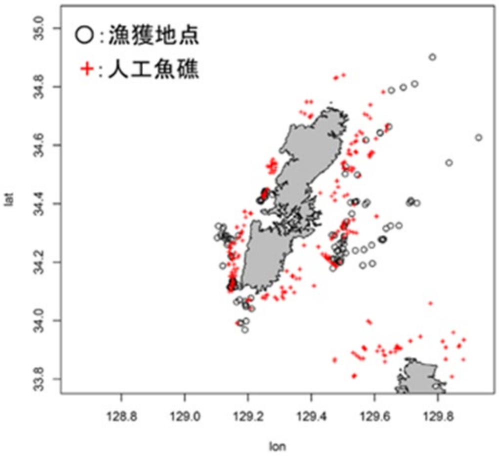


図 e-(1)-13 メダイ漁獲地点

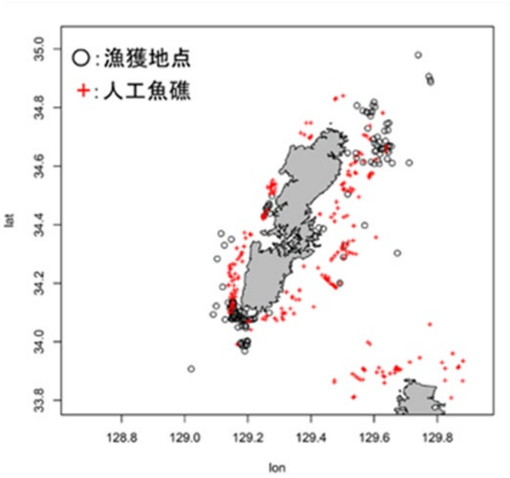


図 e-(1)-14 ヒラマサ漁獲地点

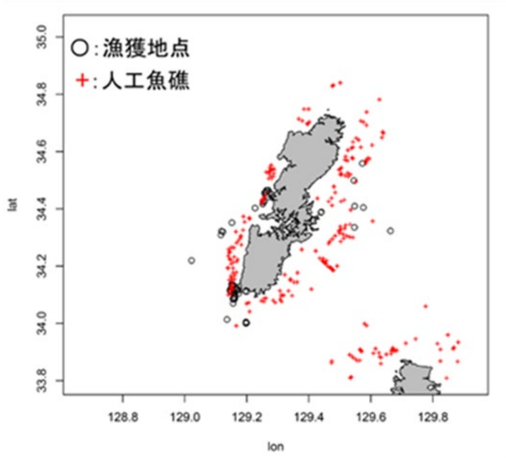


図 e-(1)-15 イサキ漁獲地点

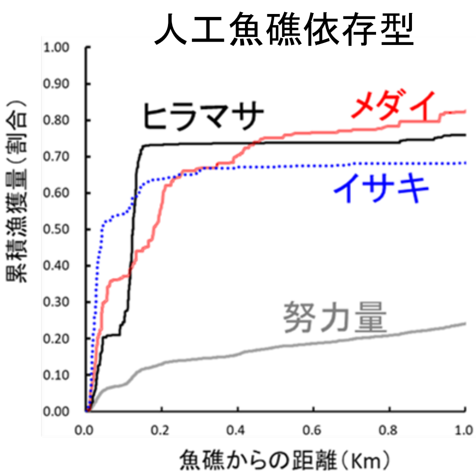


図 e-(1)-16 魚礁依存型の累積

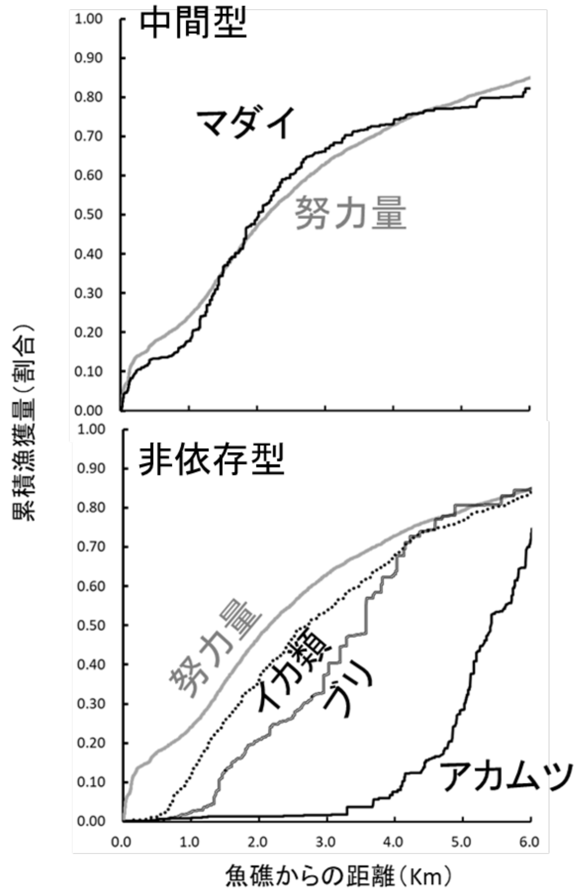


図 e-(1)-17 魚礁非依存型および中間型の累積漁獲量

2)-2 統計モデルの検討・作成

メダイ、ヒラマサおよびイサキのそれぞれについて、得られた最適モデルおよび単純モデルからの高精度化について、以下に記述する。

2)-2-1 メダイ

一段階目の有漁確率モデルのメダイ最適モデルⅤの説明変数には、全変数の中から、年（Year）、50m層平均塩分（Sal50）、最多流向（Dir）および最多底質（Bot）を取り除いた変数が選択された。

また、二段階目の有漁漁獲重量モデルのメダイ最適モデルⅥの説明変数として、年（Year）、月（Month）および最多底質（Bot）を取り除いた説明変数が選択された。両最適モデルと Null モデル[4]との尤度比は有意であった（尤度比検定, $p < 0.001$).

メダイの場合、有漁確率モデルの単純モデルⅠおよび最適モデルⅤの R^2（調整済み

---

[4]説明変数が切片だけ、すなわち全体の平均値のみで応答変数を説明するモデル。尤度比検定が有意であったことから、得られたモデルは統計的に意味があると言える。

決定係数：説明変数（右辺）が目的変数（左辺）を説明できる割合を表す値＝寄与率）は 0.34 および 0.52 であり、データのばらつきのうちそれぞれ、34%、52%がモデルによって説明され、単純モデルⅠから最適モデルⅤへの高精度化により 18%の精度向上（ΔR^2＝0.52-0.34=0.18）が認められた。

また、有漁漁獲重量モデルの単純モデルⅡおよび最適モデルⅥの R^2 は 0.26 および 0.39 であり、データのばらつきのうちそれぞれ、26%、39%がモデルによって説明され、単純モデルⅡから最適モデルⅥへの高精度化により 13%の精度向上（ΔR^2＝0.13）が認められた。

2)-2-2 ヒラマサ

一段階目の有漁確率モデルのヒラマサ最適モデルⅤの説明変数には、全変数の中から、年（Year）、50m層平均水温（Temp50）、50m層平均流速（Curr50）と最多流向（Dir）を取り除いた変数が選択された。

また、二段階目の有漁漁獲重量モデルのヒラマサ最適モデルⅥの説明変数には、全変数から 50m層平均水温（Temp50）および最多底質（Bot）を取り除いた説明変数が選択された。両最適モデルと Null モデルとの尤度比は有意であった（尤度比検定，$p < 0.001$）。

ヒラマサの場合、有漁確率モデルの単純モデルⅠおよび最適モデルⅤの R^2 は 0.36 および 0.55 であり、データのばらつきのうちそれぞれ、36%、55%がモデルによって説明され、単純モデルⅠから最適モデルⅥへの高精度化により 19%の精度向上（ΔR^2＝0.19）が認められた。

また、有漁漁獲重量モデルの単純モデルⅡおよび最適モデルⅥの R^2 は 0.55 および 0.58 であり、データのばらつきのうちそれぞれ、55%、58%がモデルによって説明され、単純モデルⅡから最適モデルⅥへの高精度化により 3%の精度向上（ΔR^2＝0.03）が認められた。

2)-2-3 イサキ

一段階目の有漁確率モデルのイサキ最適モデルⅤの説明変数には、全変数の中から、50m層平均水温（Temp50）、50m層平均塩分（Sal50）、最多流向（Dir）および最多底質（Bot）を取り除いた説明変数が選択された。

また、二段階目の有漁漁獲重量モデルのイサキ最適モデルⅥの説明変数には、船（Ship）、50m層平均流速（Curr）、最多流向（Dir）および最多底質（Bot）を取り除いた説明変数が選択された。両最適モデルと Null モデルとの尤度比は有意であった（尤度比検定，$p < 0.001$).

イサキの場合、有漁確率モデルの単純モデルⅠおよび最適モデルⅤの R^2 は 0.49 および 0.50 であり、データのばらつきのうちそれぞれ、49%、50%がモデルによって説

明され、単純モデルⅠから最適モデルⅥへの高精度化により1%の精度向上（ΔR^2＝0.01）が認められた。また、有漁漁獲重量モデルの単純モデルⅡおよび最適モデルⅥのR^2は0.27および0.29であり、データのばらつきのうちそれぞれ、27%、29%がモデルによって説明され、単純モデルⅡから最適モデルⅥへの高精度化により2%の精度向上（ΔR^2＝0.02）が認められた。

2)-3 最適モデルを用いた魚種別の魚礁整備効果推定

メダイ、ヒラマサおよびイサキそれぞれの魚種について、最適モデル用いて、魚礁からの平均距離（ADist）以外の説明変数の効果を一定として平均的な航海を仮定し（各説明変数の詳細については表e-(1)-2に示した)、魚礁からの距離（ADist）のみを10-1,000mまで変化させて両モデルから有漁確率（P）と有漁CPUE（CPUEposi）を推定し、それらを乗じて各魚種の標準化CPUE（sCPUE）を算出し、資源密度の指標とした。

表 e-(1)-2 最適モデルの説明変数と仮定値

種	Step	モデル	応答変数	説明変数(漁業情報)						説明変数(漁業情報)				
				Year	Month	Ship	Depth (m)	log (Dist) (m)	log (T-time) (min)	Temp50 (℃)	Sal50 (PSU)	Curr50 (m/s)	Dir*	Bot
メダイ	Step 1	Model I	log (P/1-P)	-	9	F	80.29	10-1000	294.2	16.9	34.2	-	-	-
	Step 2	Model II	log ($CPUE_{posi}$)	-	-	F	80.29	10-1000	294.2	16.9	34.2	0.16	NE	-
ヒラマサ	Step 1	Model III	log (P/1-P)	-	11	D	80.29	10-1000	294.2	-	34.2	-	N	-
	Step 2	Model IV	log ($CPUE_{posi}$)	2014	11	D	80.29	10-1000	294.2	-	34.2	0.16	N	-
イサキ	Step 1	Model V	log (P/1-P)	2014	9	E	80.29	10-1000	294.2	-	-		-	-
	Step 2	Model VI	log ($CPUE_{posi}$)	2014	9	-	80.29	10-1000	294.2	16.9	34.2	-	-	-

-: 最適モデルから除去された変数
*:方位

メダイの場合（図 e-(1)-18)、標準化 CPUE（sCPUE）は魚礁からの距離（Adist）200m 付近で最大の 37 kg・cruise^{-1}となり、魚礁からの距離（ADist）の増大とともに急速に減少した。これより魚礁の効果範囲は魚礁中心から 250m 程度であると推定された。さらに標準化 CPUE（sCPUE）が横ばいとなる魚礁からの距離（Adist）>600m の一般海域における標準化 CPUE（sCPUE）の最大値は魚礁からの距離（Adist）が 600m 付近の約 6 kg・cruise^{-1}であり、魚礁海域は約 6 倍（37/6 kg・cruise^{-1}）の資源密度増大効果があると推定された。

ヒラマサの場合（図 e-(1)-19)、標準化 CPUE（sCPUE）は魚礁からの距離（Adist）<100m の範囲内で最大の約 40kg・cruise^{-1}となり、魚礁からの距離（ADist）の増大とともに急速に減少した。これより魚礁の効果範囲は魚礁中心から少なくとも 100m 程度であると推定された。魚礁効果範囲外の一般海域における標準化 CPUE（sCPUE）の最大値は魚礁からの距離（Adist）が 940m 付近の約 24kg・cruise^{-1}であり、魚礁海域は約 1.7 倍の資源密度増大効果があると推定された。

イサキの場合（図 e-(1)-20)、標準化 CPUE（sCPUE）は魚礁からの距離（Adist）が 10mの魚礁近接海域で最大の約 27 kg・cruise^{-1}となり、魚礁からの距離（ADist）の増大にともない急減し、30m で半減した。このことからイサキ漁獲量への魚礁の効果範囲

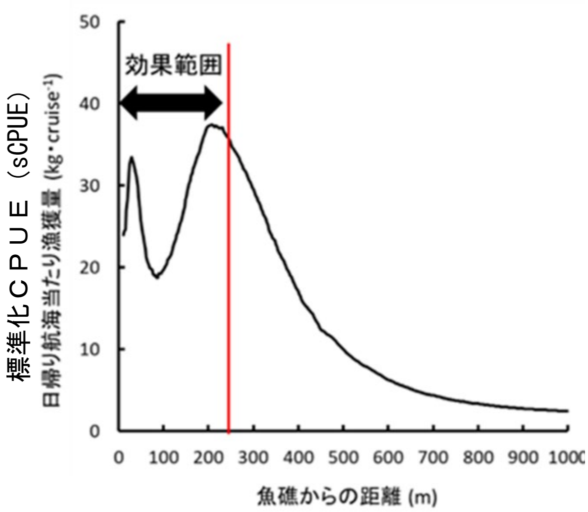


図 e-(1)-18 メダイ標準化ＣＰＵＥ

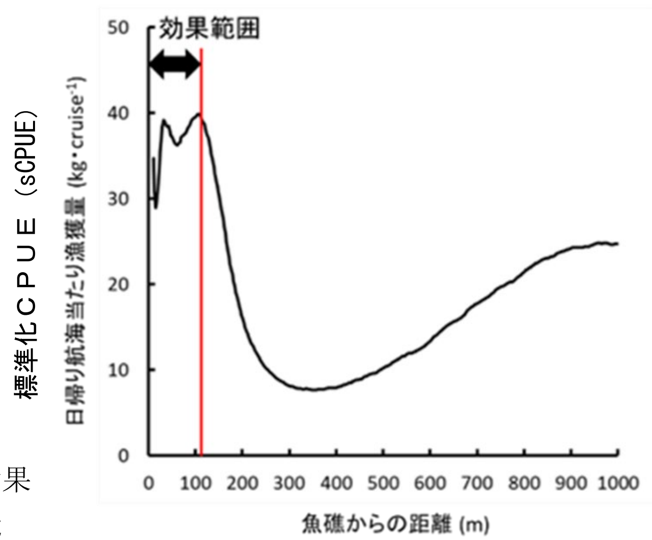


図 e-(1)-19 ヒラマサ標準化ＣＰＵＥ

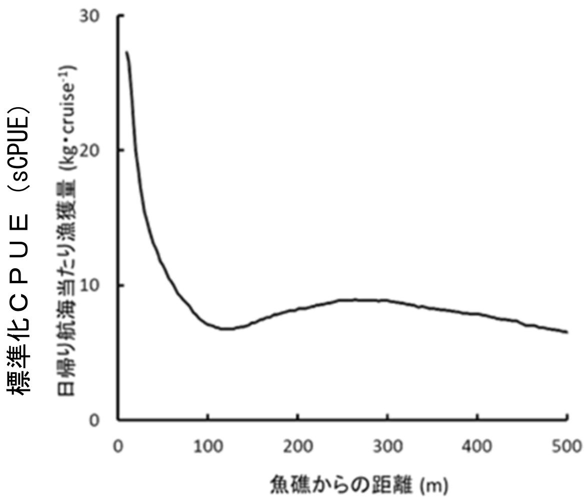


図 e-(1)-20 イサキ標準化ＣＰＵＥ

は、魚礁の近接海域に限定されると推定された。また魚礁効果範囲外の一般海域における標準化 CPUE（sCPUE）の最大値は魚礁からの距離（Adist）が 270m 付近の約 9kg・cruise^{-1}であり、魚礁近接海域は約 3 倍の資源密度増大効果があると推定された。

2)-4 長崎県有識者及び魚礁関係者による統計モデル評価

結果部記述のとおり、聞き取り調査を行った。全体を通じて、本調査で得られた結果を支持する回答を得られた。各質問事項とそれに対する回答結果を記述する。

2)-4-1 魚礁性依存性について

本調査では、上島西岸，上島北東および南東沖、下島の北西沖および南西岸を主として漁場が形成されていると考えられた。

また、本調査海域ではメダイ、イサキおよびヒラマサの漁獲は大きく魚礁に依存していると考えられたが、このことは実際の漁業現場における感覚とよく一致している、との回答を得た。

2)-4-2 魚礁効果の推定について

本調査では、メダイおよびヒラマサの効果範囲は魚礁中心から 250 m および 100 m 程度、イサキの場合は魚礁近接海域に限定されると推定された。この点についても実際の漁業現場との感覚とよく一致している、との回答を得た。

ただし、対馬沖は壱岐西沖等よりも海流がかなり速く、メダイ魚群は潮上(魚礁の南西側)に偏る傾向がある。こうした分布状況が本調査推定値へ影響している可能性は考えられる。

2)-4-3 今後の展開について

長崎県海域における今後の魚礁研究について、より効果的な魚礁配置、魚礁効果と海洋環境や魚礁形状（魚礁高および空 m^3 など）との関連についての研究が望まれるとの回答を得た。

＜課題（1）付録＞

魚礁効果評価マニュアル

1.はじめに

本調査の課題(1)大水深における整備効果の定量的な評価手法の開発では、日本海西部海域における保護育成礁整備効果と長崎県海域における魚礁整備効果の推定を行っている。前者は比較的集計精度の粗いデータセットである漁獲成績報告書(以下、漁績)に基づきデータベースを作成し、これを用いて効果推定を行っている。また後者は、漁績よりも集計精度の高いデータセットである標本船により取得されたデータに基づきデータベースを作成し、これを用いて効果推定を行っている。ここでは、まず漁業データから魚礁効果評価を行うために基本となる CPUE 標準化の簡単な説明を行い、その後に 1.漁績またはそれに類似する漁獲データが得られた場合、および 2.標本船データまたはそれに類似する漁獲データが得られた場合のそれぞれについて、本調査報告書の解析を例として、R 言語を使用して魚礁効果評価を行う際の簡便なマニュアルを記述する。本マニュアルの対象者は、機械学習法および統計モデルに関する素養があること、R 言語について初歩的な知識がある者とする。

2.CPUE 標準化

資源解析分野では、1 網当たり漁獲量や航海当たり漁獲量などの単位努力量当たり漁獲量(CPUE：Catch per unit effort)は資源量に関する重要な指標である。しかし、単純に漁獲量/努力量で計算された CPUE は資源量だけではなく、海域や季節、漁具の種類など種々の要因の影響を受ける。そこで、正確な資源の動向を知るためには、資源量の変動以外の影響を取り除く必要があり、この作業を CPUE 標準化と呼ぶ。この手法を応用すれば、CPUE に与える魚礁以外の効果、すなわち資源量の年変動や、海域、季節、漁具などの影響を取り除いたなるべく純粋な魚礁効果を評価できる可能性がある。本調査では、機械学習法および統計モデルを用いて、CPUE 標準化を行い魚礁効果の定量評価を行っている。

ある年の漁獲量(C)は、資源量(N)と努力量(E)の積に比例するとすれば、式(2.1)が成立する。これより式(2.2)が導かれ、CPUE は資源量に比例する。これより CPUE の変化は資源量の動向を知るための重要な手がかりとなることがわかる。

$$C = q \cdot E \cdot N \qquad (2.1)$$

$$\mathrm{CPUE} = C / E = q \cdot N \qquad (2.2)$$

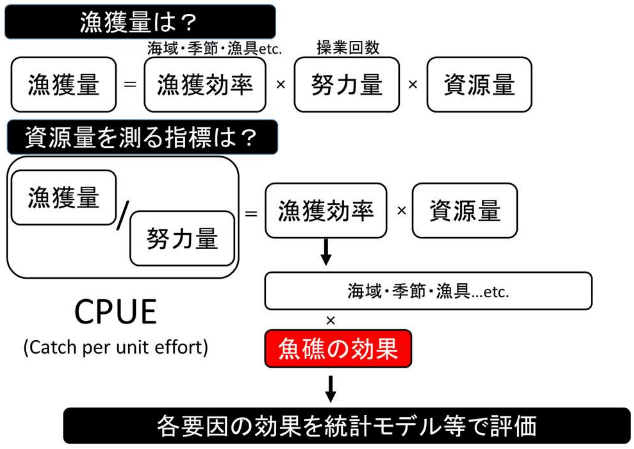
しかし比例定数であり漁獲効率と呼ばれる q は、海域(q_a)、や季節(q_s)、漁具(q_g)などにより変化し、それによって資源量(N)が仮に一定であったとしても CPUE は変化してしまう。

$$\mathrm{CPUE} = C / E = q \cdot q_a \cdot q_s \cdot q_g \cdot N \qquad (2.3)$$

そこで、観察された CPUE に対する $q_a \cdot q_s \cdot q_g$ の効果を除去し、なるべく純粋に資源量(N)の動向を示す CPUE、すなわち標準化 CPUE を算出し資源量の指数とする。標準化 CPUE は単純に割り算により求められた CPUE よりも、一般に実際の資源動向を反映すると考えられている。現状では統計モデルを用いて各要因の効果推定を行うことが多い。

3.魚礁効果推定への応用

資源解析分野で使用される CPUE 標準化手法の魚礁効果評価への応用を考える。ここでは CPUE に影響を与える要因(例えば、年：Year、季節：Season、そして魚礁の有無：AR)を説明変数(右辺)に、CPUE を応答変数(左辺)とする統計モデルを考える。資源解析分野では多くの場合、CPUE に対する年効果の変動(すなわち資源量の年変動)に注目するが、本マニュアルでは魚礁効果に注目する(右図)。統計モデルの一般的な解説については多くの書籍が出版されている。



統計モデルを用いることで右辺側は単純な一次式(予測子)となり以下のように記述できる(3.1)。

$$\log(\mathrm{CPUE}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \mathrm{Year} + \beta_2 \cdot \mathrm{Season} + \beta_3 \cdot \mathrm{AR} \qquad (3.1)$$

統計モデルによる推定により切片 β_0 と各変数の係数 β_1～β_2 が推定されるが、ここで係数 β_3 を魚礁効果と見なすことができる。ただし、上記の場合、漁獲が無い場合、すなわちゼロキャッチ(CPUE＝0)が存在する場合には CPUE の対数を取ることはできず、式(3.4)のままでは計算ができない。そこで解析を行うために種々の方法が提案されているが、本調査では Delta 型 2 段階法を用いている。Delta 型 2 段階法については下記項目 4、5 の解析例により説明する。

4.漁績またはそれに類似する漁獲データが得られた場合

4.1 使用データ

一日当たりの A 魚種の漁獲量(Catch:連続変数)、全漁獲量に対する A 魚種の漁獲割合(Per：連続変数)、漁獲の有無(Pos：漁獲あり＝1；漁獲なし＝0；カテゴリカル変数)と一日の代表的な操業場所 (Lat，Lon：連続変数)、操業年(Year:カテゴリカル変数)、操

業月(Month:カテゴリカル変数)、県籍(Pref:カテゴリカル変数)、船のトン数(Ton：連続変数)、船の馬力(Bariki：連続変数)、漁区平均水深(Depth：連続変数)、水深帯 200m、100m、50m の中で最も漁区平均水深と近い水深帯の漁区平均水温(Temp：連続変数)と同じく漁区平均塩分濃度(Salt：連続変数)、緯度・経度方向の流速ベクトル(m/s)から算出した流速(Sc：連続変数)と流向(Dir:カテゴリカル変数)、代表底質(Bot:カテゴリカル変数)、曳網回数(Ef：連続変数)、魚礁別の魚礁の有無(AR_1-AR_18：魚礁あり＝1；魚礁なし＝0；カテゴリカル変数)が作業ディレクトリに Test_dat.csv という名前の CSV ファイルとして保存されているとする。ただし作業ディレクトリは setwd()関数により指定することができる。また#以降のコメントは実行されない。

```
setwd("D:/usr/R/glmtest/")　#指定例
```

4.2 使用データの読み込み

R は CSV ファイルの第一行目にヘッダー行が含まれることを前提として動作する。次のように read.csv()関数を実行すれば R にファイルをロードできる。下の例では、dat という名前のオブジェクト(≒変数)に Test_dat.csv が代入される。また head()関数を用いれば、dat に代入されたデータの上から 6 行が表示される。

```
data <- read.csv("Test_dat.csv")
head(data)
```

4.3 使用データの構造と特徴

使用データがどのようなデータ形でどのような特徴を持つのか、またその個数や平均値などがどのような値となっているかは、新しいデータセットを使用するときに最初に確認しなければならない作業である。使用データの要約は summary()関数、データ形の確認は str()により行うことができる。カテゴリカル変数などの質的変数は出現個数などが、量的変数は平均値等が示される。

```
summary(data)#データの要約を確認
str(data) #データ形を確認
```

4.4 統計モデルの作成

本マニュアルでは機械学習法であるランダムフォレストモデル(RF：random forest Model)と一般化加法モデル(GAM：Generalized Additive Model)を用いた Delta 型二段階法により、A 魚種の標準化 CPUE を算出して資源密度の指標とし、これを用いて魚礁の効果を推定する。

4.4.1 Delta 型二段階法 第一段階(有漁確率モデル)

Delta 型二段階法では、第一段階として、各操業中に漁獲される確率(PCatch)を操業場所(Lat，Lon)、操業年(Year)、操業月(Month)、県籍(Pref)、船のトン数(Ton)、船の馬力(Bariki)、漁区平均水深(Depth)、漁区平均水温(Temp)、漁区平均塩分濃度(Salt)、流速(Sc)と流向(Dir)、代表底質(Bot)、曳網回数(Ef)、魚礁の有無(AR_1-AR_18)を説明変数とした RF を考える(4.1)。なお、モデル内の決定木数を 2,000 とし、結果が収束しているか確認する。また決定木に使用する変数は 2 変数から最大説明変数数を試し、モデルによる誤判別率であるエラー率(OOB error rate)を基準に予測精度が最も高いモデルを探索する。今回は説明変数として 2～32 変数を試行に使用したが、使用できる説明変数が使用データにより増減しても同様の考え方で推定が可能である。

PCatch(0,1)～Lat＋Lon＋Year＋Month＋Pref＋Ton＋Bariki＋Depth＋Temp＋Salt
＋Sc＋Dir＋Bot＋Ef＋AR_1＋AR_2＋AR_3＋AR_4＋AR_5＋AR_6＋AR_7
＋AR_8＋AR_9＋AR_10＋AR_11＋AR_12＋AR_13＋AR_14＋AR_15＋AR_16
＋AR_17＋AR_18　　(4.1)

R を用いて randomForest()関数を使用する場合には、randomForest ライブラリの読み込みが必要となる。

```
require(randomForest)
```

randomForest()関数の簡単な書式は randomForest (formula, ntree, mtry, data)である。formula にはモデルの式を、ntree には決定木数を、mtry には決定木に使用する変数数を指定する。また引数 data には使用データが代入されたオブジェクトを指定する。以下では randomForest ()関数の推定の結果のうち予測精度が最も高いモデルがオブジェクト res に代入される。

Number of trees は、決定木数を、No. of variables tried at each split は決定木に使用した変数数を示す。また、OOB estimate of　error rate は、モデルの誤判別率を示し、1-OOB error rate は推定精度を指す指標である。

```
set.seed(911)#乱数やランダムなサンプリングを行うモデルを実行する際には R 内の乱数種を固定しないとモデルを実行するたびに違う結果が出力される可能性があるため、set.seed()関数で乱数種を固定する。

nt <- 2000 #決定木数
dum <- data.frame(err.rate=0)
for(i in c(2:32){ #モデル内の変数を任意の数で変化させ、OOB error rate が少ない変数の数を決定する
res <- randomForest(factor(PCatch)~Lat＋Lon＋Year＋Month＋Pref＋Ton＋Bariki＋Depth＋Temp＋Salt＋Sc＋Dir＋Bot＋Ef＋AR_1＋AR_2＋AR_3＋AR_4＋AR_5＋AR_6＋AR_7＋AR_8＋AR_9＋AR_10＋AR_11＋AR_12＋AR_13＋AR_14＋AR_15＋AR_16＋AR_17＋AR_18,data=data,mtry=i,ntree=nt)
d <- mean(res$err.rate[,1)# OOB error rate を算出
dum<-rbind(dum,d)}

dum$mt <- c(1:32)
ss <- function(x){#一番小さい OOB error rate の変数の数を取り出す
  sort(x)[2]}
dum[dum$err.rate==ss(dum$err.rate),]$mt#一番小さい OOB error rate の変数数の確認

res <- randomForest(factor(PCatch)~Lat＋Lon＋Year＋Month＋Pref＋Ton＋Bariki＋Depth＋Temp＋Salt＋Sc＋Dir＋Bot＋Ef＋AR_1＋AR_2＋AR_3＋AR_4＋AR_5＋AR_6＋AR_7＋AR_8＋AR_9＋AR_10＋AR_11＋AR_12＋AR_13＋AR_14＋AR_15＋AR_16＋AR_17＋AR_18,
data=data,mtry=dum[dum$err.rate==ss(dum$err.rate),]$mt,ntree=nt)
```

4.4.2 Delta 型二段階法 第二段階(有漁漁獲重量モデル)

gam()関数の簡単な書式は gam(formula,family,data)である。formula にはモデルの式を、引数 family には応答変数の誤差分布として仮定する分布系を指定する(本マニュアルでは”gaussian”を指定する)。また引数 data には使用データが代入されたオブジェクトを指定する。カテゴリカル変数は数式内で as.factor(説明変数名)とすることで指定することができるが、モデル内よりもモデル外で指定し、前述の str()でカテゴリカル変

換されているか、そして変数名がどのようにR上で扱われているかを確認するほうが良い。また数式内でs(説明変数名)とすることで説明変数に対してスプライン補完により平滑化された曲線の当てはめが可能となる。加えて、s(説明変数名,bs=”re”)とすることでランダム効果として説明変数に加えることができる。以下ではgam()関数の推定の結果がオブジェクトbresに代入される。

本マニュアルでは、二段階目として、一日の操業ごとの漁獲量 (Catch) を対数変換した値を応答変数とし、漁獲確率モデルと同様の説明変数に加えてA魚種の漁獲割合(Per : 連続変数) を用いて有漁漁獲重量モデルとした。なお、offset項として対数変換した曳網回数を用いた。誤差項としては、正規分布誤差を仮定した (4.2) 。summary(pres)$dev.expと入力することで、モデルの推定精度指標の一つである逸脱度残差説明度を算出することができる。

log (Catch)～Lat＋Lon＋Year＋Month＋Pref＋Ton＋Bariki＋Depth＋Temp＋Salt
＋Sc＋Dir＋Bot＋Per＋AR_1＋AR_2＋AR_3＋AR_4＋AR_5＋AR_6＋AR_7＋AR_8
＋AR_9＋AR_10＋AR_11＋AR_12＋AR_13＋AR_14＋AR_15＋AR_16＋AR_17
＋AR_18＋offset (log (Ef)) +正規分布誤差 (4.2)

```
pdata<-subset(data,PCatch==1)#漁獲ありデータを抽出
pres <-gam(log(Catch)~Lat＋Lon＋Year＋Month＋Pref＋Ton＋Bariki＋Depth＋Temp
＋Salt＋Sc＋Dir＋Bot＋Per＋AR_1＋AR_2＋AR_3＋AR_4＋AR_5＋AR_6＋AR_7＋
AR_8＋AR_9＋AR_10＋AR_11＋AR_12＋AR_13＋AR_14＋AR_15＋AR_16＋
AR_17＋AR_18＋offset (log (Ef)),data=pdata,family=gaussian)

summary(pres)$dev.exp＃explained Devianceを算出
```

※本マニュアルでは説明を簡便にするためにすべての説明変数を固定効果としてモデルに入れる方法を記述する。説明変数が連続変数である場合、モデル内において各説明変数の効果を、1.固定効果(列名をそのままモデルに使用する)、2.平滑化効果(s(変数名)としてモデルに使用する)および3.カテゴリカル変数変換によるランダム効果(s(変数名,bs=”re”)としてモデルに使用する)のいずれとして取り扱うか指定でき、残差逸脱度が小さいほど良いモデルと判断できる。説明変数がカテゴリカル変数の場合は、説明変数を1.固定効果(列名をそのままモデルに使用する)または2.ランダム効果(s(変数名,bs=”re”)としてモデルに使用する)のいずれとして取り扱か指定できる。

4.5 魚礁効果評価

4.5.1 ダミーデータの作成

魚礁効果の指標となる標準化 CPUE を推定するためのダミーデータを作成する。ダミーデータ作成には expnad.grid()関数を使用する。引数名として、モデルの説明変数の列名と同様の名前を指定する必要がある。ここでは説明変数がカテゴリカル変数である場合は、モデル内で係数 0 として扱われている説明変数名を使用し、連続変数の場合は平均値を引数に指定する。

```
dummy <- expand.grid(Year = unique(sort(pdata$year))[1],
                     Month = unique(sort(pdata$month))[1],
                     Prefecture = unique(sort(pdata$prefecture))[1],
                     Dir = unique(sort(pdata$dir))[1],
                     Te = unique(sort(pdata$te))[2],
                     Latlon = unique(sort(pdata$latlon)),
                     Ton = 85,
                     Bariki = 661,
                     Depth = mean(pdata$depth),
                     Temp = mean(pdata$temp),
                     Salt = mean(pdata$salt),
                     Sc= mean(pdata$sc),
                     Per = mean(pdata$per2_48)
                     Ef = 1)

#推定のため操業があった緯度・経度を限定する
jk <- matrix(as.numeric(unlist(strsplit(as.character(dummy$Latlon),"-
"))),ncol=2,byrow=T)
dummy$Lat <- jk[,1]
dummy$Lon <- jk[,2]
```

魚礁のダミーデータに関しては魚礁の有り無し別に推定値を算出するため、ダミーデータ自体を 2 パターン用意する。

```
#魚礁が無しの場合のダミーデータ
dummy[,paste("ar",c(1:18),sep="_")] <- 0

#魚礁がありの場合のダミーデータ
dummy2 <- dummy
for(i in c(1:nrow(dummy2))){
   dummy2[i,paste("ar",i,sep="_")] <- 1
}
```

4.5.2 有漁確率モデルによる推定

有漁確率モデルの結果がオブジェクト res に代入されていると仮定する。mdarf パッケージ内の partial_dependence()関数を使用し、説明変数ごとの部分従属確率(Partial Dependence)を算出する。部分従属確率は、各説明変数が応答変数に対して確率的にどのように変化するかを推定している。

partial_dependence()関数は、引数として fit にモデル名(ここでは res)を、data に推定に使用するデータを、vars に説明変数名を指定する。

```
#魚礁ごとに Partial Dependence を計算する
pd_list1 <- partial_dependence(res, data = mdat, vars = "ar_1")
pd_list2 <- partial_dependence(res, data = mdat, vars = "ar_2")#以下省略#本来は、魚礁
の数だけ partial_dependence を算出するところだが、都合上省略し、
pd_list1~pd_list18 まで算出したとする）

#ptt に魚礁ごとの魚礁有り無しで変化する有漁確率を代入する
ptt <-data.frame(ar.nn=c(1:18),   pp0=c(pd_list1[1,3],pd_list2[1,3]…pd_list18[1,3]),
pp1=c(pd_list1[2,3],pd_list2[2,3]…pd_list18[2,3]))
```

4.5.3 漁獲確率を考慮した標準化 CPUE の算出

有漁漁獲重量モデルの結果がオブジェクト pres に代入されていると仮定する。predict()関数を使用し、GAM の推定値を算出する。predict()関数の引数には、fit にモデル名(ここでは pres)を、newdata に推定値算出に使用するデータを指定する。また、本件では対数正規分布を仮定したモデルの推定値算出方法を記載する。

まず、魚礁が無い場合の CPUE を算出する。

```
dummy$p0 <- predict(pres,newdata=dummy)
dummy$s0 <- predict(pres,newdata=dummy,se.fit=T)$se.fit
dummy$pred0 <- exp(dummy$p0+dummy$s0^2/2)
```

次に、魚礁がある場合の CPUE を算出する。

```
dummy$p1 <- predict(pres,newdata=dummy2)
dummy$s1 <- predict(pres,newdata=dummy2,se.fit=T)$se.fit
dummy$pred1 <- exp(dummy$p1+dummy$s1^2/2)
```

前述の ptt(魚礁ごとの魚礁有り無しで変化する有漁確率)を dummy に代入する。なお、pp0 は魚礁が無い場合の有漁確率、pp1 は魚礁がある場合の漁獲確率になる。

```
dummy$pp0 <- ptt$pp0
dummy$pp1 <- ptt$pp1
```

最後に、魚礁がある場合の CPUE の推定値に魚礁がある場合の漁獲確率を乗算したものから、魚礁がない場合の CPUE の推定値に魚礁がある場合の漁獲確率を乗算したものを引き算することで各魚礁設置の効果を算出することができる。

```
dummy$resid <- (dummy$pred1*dummy$pp1)-(dummy$pred0*dummy$pp0)＃各魚礁の
標準化 CPUE 算出
```

以上が、**漁績またはそれに類似する漁獲データが得られた場合の**魚礁の効果(標準化 CPUE)を算出する方法と例になる。

5.標本船データまたはそれに類似する漁獲データが得られた場合

5.1 使用データ

8 隻の標本船(A～H 船)の A 魚種の航海当たり漁獲量((CPUE(Kg・cruise^{-1}))、漁獲の有無(Pos：漁獲あり＝1；漁獲なし＝0)と各航海の平均操業地点などの漁業記録とともに、平均操業水深(Depth)、合計操業時間(T-time)、魚礁からの距離(Adist)、50ｍ層平均水温(Temp50)、50ｍ層平均塩分(Sal50)、50ｍ層平均流速(Curr50)と航海中の最多流向(Dir)および最多底質(Bot)の環境データ*が得られており(下記参照)、作業ディレクトリに Test_dat.csv という名前の CSV ファイルとして保存されているとする。ただし作業ディレクトリは setwd()関数により指定することができる。

Ship	Year	Month	CPUE	Pos	Lat	Lon	Depth	Ttime	Adist	Temp50m	Sal50m	Curr50m	Dir	Bot
A	y26	12	0	0	34.52969	129.2663	100	15	610.2005	16.581	34.306	0.083726	NE	Sand
A	y26	12	0	0	34.51175	129.2246	143.3665	221	3030.279	16.33383	34.30883	0.183488	N	Sand
A	y26	12	0	0	34.46627	129.2263	117.4839	62	2942.989	16.421	34.297	0.182003	N	Sand
A	y26	10	0	0	34.50568	129.2949	5	79	1992.03	21.992	33.698	0.362167	NE	Sand
A	y26	10	0	0	34.52567	129.3121	35	116	3610.057	21.624	33.558	0.228127	NE	Sand
A	y26	10	0	0	34.56439	129.2639	142.7362	235	3276.573	21.035	33.64929	0.412288	NE	Sand
A	y26	10	0	0	34.56611	129.267	134.4146	328	3454.434	21.00529	33.67129	0.419202	NE	Sand
A	y26	10	0	0	34.50388	129.2937	5	108	1923.187	21.013	33.726	0.397549	NE	Sand
A	y26	10	0	0	34.50752	129.2732	79	141	9.594029	21.973	33.832	0.217555	NE	Sand
A	y26	10	0	0	34.5011	129.294	5	165	1987.353	22.298	33.671	0.446972	NE	Sand
A	y26	11	0	0	34.53645	129.2748	91	35	901.8534	18.325	34.024	0.201159	NE	Sand
A	y27	12	0	0	34.50303	129.2925	5	139	1833.153	17.909	34.148	0.20601	NE	Sand
A	y26	2	0	0	34.5557	129.2617	139.0464	237	2332.468	14.456	34.366	0.264698	NE	Sand
A	y26	2	0	0	34.56944	129.265	148.749	247	3824.469	13.90333	34.41233	0.215372	NE	Sand
A	y26	2	0	0	34.56594	129.2648	143.6627	252	3434.199	14.4742	34.3582	0.221515	NE	Sand
A	y26	2	0	0	34.5685	129.2598	143.7158	95	3802.845	14.295	34.3665	0.075604	NE	Sand
A	y26	2	0	0	34.52537	129.3121	35	133	3601.388	14.128	34.369	0.073783	NE	Sand
A	y26	2	0	0	34.56693	129.2641	147.8397	443	3544.674	13.9625	34.36825	0.109041	NE	Sand
A	y26	2	0	0	34.56862	129.2649	149.8442	199	3730.088	13.77	34.376	0.119	NE	Sand
A	y26	3	0	0	34.56631	129.2686	125.3688	141	3485.238	13.657	34.3775	0.140616	NE	Sand

・
・
・

＊各環境データの入手には以下が利用できる。

水深データ

水深データは、日本海洋データセンター（JODC）（http://www.jodc.go.jp/jodcweb/index_j.html）が無償提供している。

時空間別、水温、塩分、流向・流速データ

時空間別の水温、塩分、流向・流速データは、国立研究開発法人 水産研究・教育機構の海況予測システム（FRA-ROMS；http://fm.dc.affrc.go.jp/fra-roms/）において、各日時・位置に対応した水深別データを無償提供している。

底質データ

一般財団法人日本水路協会海洋情報研究センターが、15 分メッシュごとに陸域、岩、礫、粗粒砂、中粒砂、細粒砂、砂泥（砂の重量比 50%）、砂泥（砂の重量比 25%）、泥、粘土、サンゴ、貝殻の割合が記録された底質のデジタルメッシュデータが有償提供している。

5.2 使用データの読み込み

Rは CSV ファイルの第一行目にヘッダー行が含まれることを前提として動作する。次のように read.csv()関数を実行すれば R にファイルをロードできる。下の例では、dat という名前のオブジェクト(≒変数)に Test_dat.csv が代入される。また head()関数を用いれば、dat に代入されたデータの上から 6 行が表示される。

```
dat <- read.csv("test_data.csv")
head(dat)

  Ship Year Month CPUE Pos      Lat      Lon    Depth Ttime     Adist  Temp50m   Sal50m    Curr50m Dir  Bot
1    A  y26    12    0   0 34.52969 129.2663 100.0000    15  610.2005 16.58100 34.30600 0.08372574  NE Sand
2    A  y26    12    0   0 34.51175 129.2246 143.3665   221 3030.2788 16.33383 34.30883 0.18348781   N Sand
3    A  y26    12    0   0 34.46627 129.2263 117.4839    62 2942.9893 16.42100 34.29700 0.18200275   N Sand
4    A  y26    10    0   0 34.50568 129.2949   5.0000    79 1992.0296 21.99200 33.69800 0.36216709  NE Sand
5    A  y26    10    0   0 34.52567 129.3121  35.0000   116 3610.0567 21.62400 33.55800 0.22812716  NE Sand
6    A  y26    10    0   0 34.56439 129.2639 142.7362   235 3276.5725 21.03500 33.64929 0.41228752  NE Sand
```

5.3 使用データの構造と特徴

使用データがどのような特徴になっているか、またその個数や平均値などがどのような値となっているかは、新しいデータセットを使用するときに最初に確認しなければならない作業である。使用データの要約は summary()関数により行うことができる。カテゴリカル変数などの質的変数は出現個数などが、量的変数は平均値等が示される。

```
summary(dat)
      Ship       Year          Month            CPUE              Pos              Lat             Lon
 H       :355   y26:857   Min.   : 1.000   Min.   :  0.000   Min.   :0.0000   Min.   :33.97   Min.   :129.1
 E       :351   y27:780   1st Qu.: 4.000   1st Qu.:  0.000   1st Qu.:0.0000   1st Qu.:34.13   1st Qu.:129.1
 D       :330             Median : 6.000   Median :  0.000   Median :0.0000   Median :34.30   Median :129.2
 F       :206             Mean   : 6.649   Mean   :  3.291   Mean   :0.1069   Mean   :34.30   Mean   :129.3
 B       :150             3rd Qu.:10.000   3rd Qu.:  0.000   3rd Qu.:0.0000   3rd Qu.:34.45   3rd Qu.:129.5
 A       :111             Max.   :12.000   Max.   :174.200   Max.   :1.0000   Max.   :34.79   Max.   :129.7
 (Other):134
     Depth            Ttime            Adist             Temp50m          Sal50m          Curr50m              Dir
 Min.   :  5.00   Min.   :   9.0   Min.   :   1.084   Min.   :12.12   Min.   :33.18   Min.   :0.00300   N      :774
 1st Qu.: 73.17   1st Qu.: 165.0   1st Qu.: 206.041   1st Qu.:14.23   1st Qu.:33.98   1st Qu.:0.08839   NE     :556
 Median : 80.78   Median : 277.0   Median :1353.342   Median :15.57   Median :34.30   Median :0.16160   E      :168
 Mean   : 80.29   Mean   : 294.2   Mean   :1413.011   Mean   :16.89   Mean   :34.20   Mean   :0.16385   SW     : 36
 3rd Qu.: 96.55   3rd Qu.: 425.0   3rd Qu.:2236.600   3rd Qu.:19.85   3rd Qu.:34.43   3rd Qu.:0.20860   NW     : 30
 Max.   :156.00   Max.   :1136.0   Max.   :3998.869   Max.   :23.62   Max.   :34.65   Max.   :0.61439   W      : 29
                                                                                                        (Other): 44
   Bot
 Mad :  71
 Rock:   6
 Sand:1560
```

5.4 統計モデルの作成

本マニュアルでは一般化加法モデル(GAM)を用いた Delta 型二段階法により、A 魚種の標準化 CPUE を算出して資源密度の指標とし、これを用いて魚礁の効果範囲を推定する。

5.4.1 Delta 型二段階法 第一段階(有漁確率モデル)

Delta 型二段階法では、第一段階として、各航海中に漁獲される確率、すなわち各航海の有漁確率(P)を応答変数に組み入れ、航海の行われた年(Year)、月(Month)、船(Ship)の別と合わせて、それぞれ平滑化した平均操業水深(Depth)、魚礁からの平均距離(ADist)および総操業時間(Ttime)の対数、環境情報である 50m層平均水温(Temp50)、50m層平均塩分(Sal50)、50m層平均流速(Curr50)と航海中の最多流向(Dir)および最多底質(Bot)を説明変数とする有漁確率モデルを考える(5.1)。ただし有漁確率モデルの応答変数の誤差構造は二項分布に従うと仮定し、リンク関数にロジット(logit)関数を使用した。 今回は説明変数として 11 変数を用いたが、使用できる説明変数が使用データにより増減しても同様の考え方で推定が可能である。

$$\log (P/1\text{-}P) \sim \text{Year} + \text{Month} + \text{Ship} + \text{Depth} + s(\log [\text{ADist}]) + s(\log [\text{T-time}]) + \text{Temp50} + \text{Sal50} + \text{Curr} + \text{Dir} + \text{Bot} \tag{5.1}$$

s(): 平滑化説明変数

R を用いて gam()関数を使用する場合には、mgcv ライブラリの読み込みが必要となる。

```
require(mgcv)
```

gam()関数の簡単な書式は gam(formula, family, data)である。formula にはモデルの式を、引数 family には応答変数(右辺)の分布型として binomial を指定する。また引数 data には使用データが代入されたオブジェクトを指定する。カテゴリカル変数は数式内で as.factor(説明変数名)とすることで指定する。数式内で s(説明変数名)とすることで説明変数に対してスプライン補完により平滑化された曲線の当てはめが可能となる。以下では gam()関数の推定の結果がオブジェクト bres に代入される。

```
bres <- gam(Pos~(as.factor(Ship)+as.factor(Year)+as.factor(Month)+s(Depth)
+s(log(Adist))+s(log(Ttime))+s(Temp50m)+s(Sal50m)+s(Curr50m)
+as.factor(Dir)+as.factor(Bot)),data=dat,family=gaussian)
```

オブジェクト bres に代入された結果は summary()関数により表示できる。

```
summary(bres)

Family: binomial
Link function: logit

Formula:
Pos ~ (as.factor(Ship) + as.factor(Year) + as.factor(Month) +
    s(Depth) + s(log(Adist)) + s(log(Ttime)) + s(Temp50m) + s(Sal50m) +
    s(Curr50m) + as.factor(Dir) + as.factor(Bot))

Parametric coefficients:
                     Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)        -6.244e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
as.factor(Ship)B    5.699e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
as.factor(Ship)C    6.081e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
as.factor(Ship)D    5.855e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
as.factor(Ship)E    5.589e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
as.factor(Ship)F    6.009e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
as.factor(Ship)G    5.950e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
as.factor(Ship)H    5.882e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
as.factor(Year)y27  2.148e-01  3.268e-01   0.657  0.51095
as.factor(Month)2  -6.864e-01  6.776e-01  -1.013  0.31103
as.factor(Month)3  -5.418e+00  1.324e+00  -4.093 4.26e-05 ***
as.factor(Month)4  -2.004e+00  6.845e-01  -2.927  0.00342 **
as.factor(Month)5  -2.721e+00  1.133e+00  -2.402  0.01630 *
as.factor(Month)6  -1.415e+00  6.533e-01  -2.166  0.03032 *
as.factor(Month)7   2.030e-01  6.686e-01   0.304  0.76140
as.factor(Month)8   1.775e+00  1.442e+00   1.231  0.21822
as.factor(Month)9   2.928e-01  1.623e+00   0.180  0.85681
as.factor(Month)10  7.510e-01  1.669e+00   0.450  0.65275
as.factor(Month)11  1.234e+00  1.559e+00   0.792  0.42858
as.factor(Month)12  8.838e-01  1.166e+00   0.758  0.44859
as.factor(Dir)N     2.411e-03  7.136e-01   0.003  0.99730
as.factor(Dir)NE   -1.824e-01  7.117e-01  -0.256  0.79775
as.factor(Dir)NW    1.290e+00  1.397e+00   0.924  0.35561
as.factor(Dir)S     1.360e-01  1.386e+00   0.098  0.92181
as.factor(Dir)SE   -5.387e-01  1.907e+00  -0.282  0.77759
as.factor(Dir)SW   -6.855e+01  1.118e+07   0.000  1.00000
as.factor(Dir)W    -6.775e+01  1.246e+07   0.000  1.00000
as.factor(Bot)Rock -1.263e+00  2.203e+00  -0.574  0.56629
as.factor(Bot)Sand -5.943e-01  1.014e+00  -0.586  0.55769
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:
                edf Ref.df Chi.sq  p-value
s(Depth)      7.278  7.789 21.683  0.00544 **
s(log(Adist)) 8.107  8.783 63.639 2.59e-10 ***
s(log(Ttime)) 6.540  7.722 46.308 1.50e-07 ***
s(Temp50m)    8.811  8.973 16.756  0.05170 .
s(Sal50m)     1.000  1.000  0.367  0.54457
s(Curr50m)    6.097  7.340 15.602  0.03863 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

R-sq.(adj) =  0.428   Deviance explained = 48.8%
UBRE =  -0.57  Scale est. = 1         n = 1637
```

赤枠の部分に注目すると、Pos が 1 となる確率 P を組み入れた応答変数への効果として、変数 Adist が統計的に有意な効果を持つことが示されている。ここで使用された統計検定は Wald 検定である。また R-sq(adj)=0.428 と示されている値は調整済み決定係数である。

ここまでにおいて、全説明変数を使用した有漁確率モデル(初期モデル)が推定できた。この初期モデルからさらに有漁確率(P)を組み込んだ目的変数(左辺)を説明するのに最適な右辺の説明変数の組み合わせを AIC 基準(赤池情報量規準: 統計モデルの良さを評価する指標)により探索し最適モデルを決定する。最適モデル選択は MuMIn ライブラリの読み込みが必要となる。

```
require(MuMin)
```

下記を実行すると、オブジェクト bres1 に最適モデルが代入される、また dredge()関数の引数 rank に AIC を指定することで AIC 基準での選択が可能となる(BIC を指定すれば BIC 基準での選択となる)。

```
options(na.action = "na.fail")
(bml <- dredge(bres,rank="AIC"))
bres1 <- get.models(bml,subset=1)[[1]]
```

オブジェクト bres1 に代入された結果は summary()関数により表示できる。

summary(bres1)

```
Family: binomial
Link function: logit

Formula:
Pos ~ as.factor(Month) + as.factor(Ship) + s(Curr50m) + s(Depth) +
    s(log(Adist)) + s(log(Ttime)) + s(Temp50m) + 1

Parametric coefficients:
                     Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)        -6.954e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
as.factor(Month)2  -6.409e-01  6.638e-01  -0.965  0.33434
as.factor(Month)3  -5.338e+00  1.291e+00  -4.134 3.57e-05 ***
as.factor(Month)4  -1.859e+00  6.450e-01  -2.882  0.00396 **
as.factor(Month)5  -2.607e+00  1.103e+00  -2.363  0.01814 *
as.factor(Month)6  -1.475e+00  6.094e-01  -2.420  0.01552 *
as.factor(Month)7   5.356e-02  5.868e-01   0.091  0.92727
as.factor(Month)8   1.456e+00  1.359e+00   1.072  0.28390
as.factor(Month)9  -1.258e-01  1.573e+00  -0.080  0.93625
as.factor(Month)10  3.436e-01  1.593e+00   0.216  0.82925
as.factor(Month)11  9.177e-01  1.486e+00   0.617  0.53699
as.factor(Month)12  9.556e-01  1.141e+00   0.838  0.40222
as.factor(Ship)B    6.297e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
as.factor(Ship)C    6.667e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
as.factor(Ship)D    6.455e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
as.factor(Ship)E    6.189e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
as.factor(Ship)F    6.581e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
as.factor(Ship)G    6.521e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
as.factor(Ship)H    6.462e+01  6.370e+06   0.000  0.99999
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:
                edf Ref.df Chi.sq  p-value
s(Curr50m)    4.808  5.977  12.31  0.05596 .
s(Depth)      8.610  8.881  25.12  0.00267 **
s(log(Adist)) 8.249  8.842  68.35 3.17e-11 ***
s(log(Ttime)) 6.517  7.701  50.97 3.33e-08 ***
s(Temp50m)    8.788  8.967  17.12  0.04420 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

R-sq.(adj) =  0.431   Deviance explained = 48.1%
UBRE = -0.57873  Scale est. = 1         n = 1637
```

res に代入されているモデル選択前の初期モデルと res1 に代入されている最適モデルの各 AIC は AIC()関数によって、すなわち AIC(res)および AIC(res1)と入力することでそれぞれ表示できる。

5.4.2 Delta 型二段階法 第二段階(有漁漁獲重量モデル)

二段階目として、各魚種について、A 魚種の漁獲があった航海(有漁)データのみを用いて、上記と同様の説明変数から目的変数(左辺：有漁 CPUE($CPUE_{posi}$))を説明する有

漁漁獲重量モデルを考える(5.2)。ただし、有漁漁獲重量モデルの応答変数の誤差構造は正規分布を仮定し、リンク関数に恒等(identity)関数を使用して初期モデルを推定する。

$$\log(CPUE_{posi}) \sim Year + Month + Ship + Depth + s(\log[ADist]) + s(\log[T\text{-}time]) + Temp50 + Sal50 + Curr + Dir + Bot \qquad (5.2)$$

s(): 平滑化説明変数

まず、オブジェクト dat に代入された全データの中から、漁獲があった操業(有漁操業)のデータ(CPUE>0)を抽出し、dat2 へ代入する。

```
dat2<-bdata[dat$CPUE>0,]
```

有漁確率モデル同様に、gam()関数による有漁漁獲重量モデルの推定結果がオブジェクト res に代入される。

```
bres <-gam(Pos~(as.factor(Ship)+as.factor(Year)+as.factor(Month)+s(Depth)
            +s(log(Adist))+s(log(Ttime))+s(Temp50m)+s(Sal50m)+s(Curr50m)
            +as.factor(Dir)+as.factor(Bot)),data=dat,family=binomial)
```

オブジェクト res に代入された結果は summary()関数により表示できる。

```
summary(res)
出力省略
```

有漁確率モデル同様に、下記の実行によりオブジェクト res1 に最適モデルが代入される。

```
options(na.action = "na.fail")
(ml <- dredge(res,rank="AIC"))
res1 <- get.models(ml,subset=1)[[1]]
```

5.5 魚礁効果評価

A 魚種について、有漁確率モデル(bres1)および有漁獲重量モデル(res1)の最適モデルを用いて、魚礁からの平均距離(ADist)以外の説明変数の効果を一定として平均的な航海を仮定し、魚礁からの距離(ADist)のみを 10–1,000m まで変化させて両モデルから有漁確率(P)と有漁 CPUE(CPUEposi)を推定し、それらを乗じて各魚種の標準化 CPUE を算出し、資源密度の指標とする。

5.5.1 ダミーデータの作成

第一段階の有漁確率モデルの最適モデル(bres1)の説明変数には、全変数の中から、年(Year)、50ｍ層平均塩分(Sal50)、最多流向(Dir)および最多底質(Bot)を取り除いた変数が選択された。また、第二段階の有漁漁獲重量モデルのメダイ最適モデル(res1)の説明変数として、年(Year)、月(Month)および最多底質(Bot)を取り除いた説明変数が選択されたとする。この場合、両モデルから共通に取り除かれた変数以外に一定値のダミーデータを代入し、魚礁からの距離(ADist)のみを 10–1,000m まで変化させて両モデルから有漁確率(P)と有漁 CPUE(CPUEposi)を推定する。ここでは、Month＝9 月、Ship＝F 船、Dist＝10-1,000ｍ,Dir=NE とし、Depth、T-time、Temp50、Sal50 および Curr50 にそれぞれの平均値を、また魚礁からの距離(ADist)のみを 10–1,000m まで変化させた値をダミーデータとして作成する。以下を実行して推定結果が得られるが、同様のダミーデータをエクセル等で作成して CSV ファイルに保存したものを読み込んでも構わない。

```
dummy<- expand.grid(Month=9,Ship="F",Depth=mean(dat$Depth),
            Ttime=mean(dat$Ttime), Sal50m=mean(dat$Sal50m),
            Curr50=mean(dat$Curr50), Dir="NE",
            Adist=seq(10,1000,length.out=400))
```

5.5.2 有漁確率モデルによる推定

有漁確率モデル(bres1)を使用し、これにダミーデータ(dummy)を代入して応答変数(log (P/1-P))を推定し、pred に代入する。newdata の引数として dummy を指定する。

```
pred <- predict(bres1,newdata=dummy,se.fit=T)
```

pred には推定された((log (P/1-P)))の値が代入されている。以下を実行すればこれを有漁確率(P)に変換し、その値は p に代入される。

```
ilogit <- function(x){(exp(x)/(1+exp(x)))}
p <- ilogit(pred$fit)
```

5.5.3 有漁漁獲重量モデルによる推定

有漁漁獲重量モデル(res1)を使用し、これにダミーデータ(dummy)を代入して応答変数である log($CPUE_{posi}$)を推定し、pred に代入する。こちらも同様に newdata の引数として dummy を指定する。

```
pred <- predict(bres1,newdata=dummy,se.fit=T)
```

pred には推定された log ($CPUE_{posi}$)の値が代入されている。以下を実行すればこれを kg ベースの実数($CPUE_{posi}$)に変換し、値は m に代入される。

```
m <- exp(pred$fit+pred$se.fit^2/2)
```

5.5.4 標準化 CPUE の算出

推定された有漁確率(P)と $CPUE_{posi}$ をダミーデータ(dummy)にバインドする。

```
dummy<-cbind(dummy, p, m)
```

最後に、p に代入されている有漁確率(P)と m に代入されている $CPUE_{posi}$ を掛け合わせれば、魚礁からの距離(ADist)を 10–1,000m まで変化させた場合の標準化 CPUE が計算される。下記では dummy の sCPUE にその値が代入される。

```
dummy$sCPUE <-dummy$p*dummy$m
```

以上が、**標本船データまたはそれに類似する漁獲データが得られた場合の**魚礁の効果(標準化 CPUE)を算出する方法と例になる。

(2) 大水深域における今後の漁場整備の方向性の検討

1) TAC・TAE 対象種等（20 種・39 系群）における整備手法を含む増殖シナリオ及び想定される整備箇所の検討・整理

1)-1 対象魚種の漁場整備の方向性の検討

各魚種の資源増殖シナリオは、既存資料調査やヒアリング調査により生活史や生態、整備技術等を整理し、各成長段階で考えられる増殖シナリオを網羅的に検討した上で、大水深域へ適用可能な整備技術を抽出して漁場整備の方向性（案）を系群毎に整理した。なお、各魚種の系群毎の資源増殖シナリオの詳細については、資料編に示す。

また、適地選定については、図 e-(2)-1 の検討フローに従って実施したが、浅海域の魚種や情報不足の魚種については、適地選定は実施していない。対象魚種を表 e-(2)-1 に示す。

表 e-(2)-1 対象魚種一覧

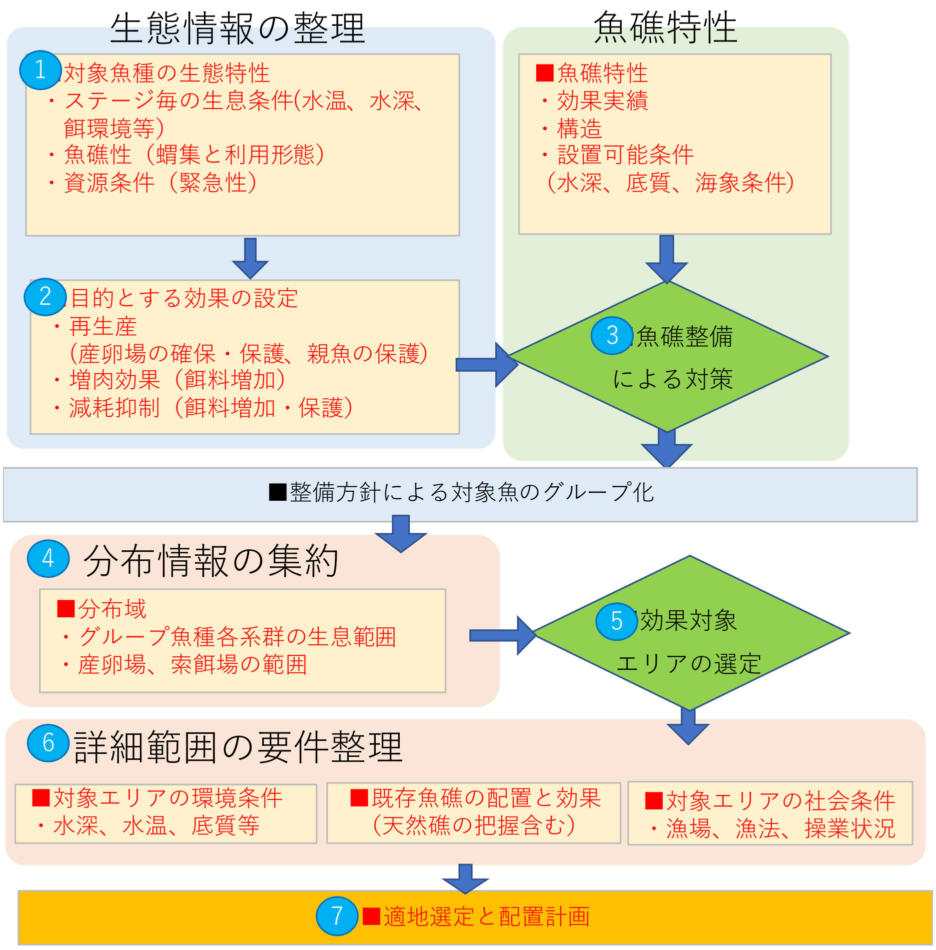
TAC対象種	系群
サンマ	北太平洋系群
スケトウダラ	日本海北部系群
	根室海峡系群
	オホーツク海南部系群
	太平洋系群
マアジ	太平洋系群
	対馬暖流系群
マイワシ	太平洋系群
	対馬暖流系群
マサバ	太平洋系群
	対馬暖流系群
ゴマサバ	太平洋系群
	東シナ海系群
スルメイカ	冬季発生系群
	夏季発生系群

TAC対象種	系群
ズワイガニ	オホーツク海系群
	太平洋北部系群
	日本海系群A海域
	日本海系群B海域
	北海道西部系群
クロマグロ	太平洋系群

その他対象種	系群
マダラ	北海道系群
	太平洋北部系群
	日本海系群
カツオ	太平洋中西部系群

TAE対象種	系群
アカガレイ	日本海系群
イカナゴ	伊勢・三河湾系群
	瀬戸内海東部系群
サメガレイ	太平洋北部系群
サワラ	東シナ海系群
	瀬戸内海系群
トラフグ	日本海系群
	伊勢・三河湾系群
マガレイ	北海道北部系群
	日本海系群
マコガレイ	―
ヤナギムシガレイ	太平洋北部系群
ヤリイカ	太平洋系群
	対馬暖流系群

※赤枠は浅海域の魚種、または情報不足により漁場整備の適地選定を提示しない系群を示す
※マコガレイは資源評価報告書がなく、資源動向調査報告書からも系群情報が読み取れないため、“―”で示した



生態情報の整理
1 対象魚種の生態特性
・ステージ毎の生息条件(水温、水深、餌環境等)
・魚礁性（蝟集と利用形態）
・資源条件（緊急性）
2 目的とする効果の設定
・再生産
（産卵場の確保・保護、親魚の保護）
・増肉効果（餌料増加）
・減耗抑制（餌料増加・保護）
魚礁特性
■魚礁特性
・効果実績
・構造
・設置可能条件
（水深、底質、海象条件）
3 魚礁整備
による対策
■整備方針による対象魚のグループ化
4 分布情報の集約
■分布域
・グループ魚種各系群の生息範囲
・産卵場、索餌場の範囲
5 効果対象
エリアの選定
6 詳細範囲の要件整理
■対象エリアの環境条件
・水深、水温、底質等
■既存魚礁の配置と効果
（天然礁の把握含む）
■対象エリアの社会条件
・漁場、漁法、操業状況
7 ■適地選定と配置計画

図 e-(2)-1 検討フロー

1)-1-1 漁場整備の方向性が同じ魚種についてグループ化

整理した各魚種の資源増殖シナリオに対し、生態特性が類似し、目的とする効果及び考えられる対策が同じ、または類似した魚種について、グループ化を行った。

適地選定については、複数の魚種に対して効果が期待できるよう、これらグループに対して検討した。表 e-(2)-2 にシナリオグループ一覧表を、資源増殖シナリオの概要を以下に示す。

グループ A：マアジ、マイワシ、マサバ、ゴマサバ
グループ B：マダラ
グループ C：ズワイガニ、アカガレイ
グループ D：マコガレイ
グループ E：スケトウダラ、サメガレイ、マガレイ、ヤナギムシガレイ
グループ F：イカナゴ、トラフグ
グループ G：ヤリイカ
グループ H：スルメイカ、クロマグロ、カツオ
その他：サンマ、サワラ
（情報不足のため、漁場整備の方向性検討のために必要な情報を示す。）

表 e-(2)-2 シナリオグループ一覧

シナリオグループ	対象種	系群	考えられる対策	想定シナリオ
A	マアジ	太平洋系群	回遊性の高い遊泳魚のへの対策として、魚礁設置による、餌生物の蝟集を目的とした対策。	マウンド礁 高層魚礁
		対馬暖流系群		
	マイワシ	太平洋系群		
		対馬暖流系群		
	マサバ	太平洋系群		
		対馬暖流系群		
	ゴマサバ	太平洋系群		
		東シナ海系群		
B	マダラ	北海道系群	産卵期には岸に寄ってくることから、産卵親魚及び仔稚魚の保護を目的した対策。	覆砂・捨石 マウンド礁 高層魚礁 従来型沈設魚礁
		太平洋北部系群		
		日本海系群		
C	ズワイガニ	オホーツク海系群	浮遊期の餌環境の改善及び漁獲圧低減のための対策。	従来型沈設魚礁 マウンド礁
		太平洋北部系群		
		日本海系群A海域		
		日本海系群B海域		
		北海道西部系群		
	アカガレイ	日本海系群		
D	マコガレイ	—	産卵期の漁獲及び初期減耗からの保護のや産卵場及び生息場の拡大、餌環境の改善等による対策。	捨石・覆砂 マウンド礁 従来型沈設魚礁
E	スケトウダラ	日本海北部系群	餌環境の改善による対策や、着底場の整備等による対策。	捨石 マウンド礁 従来型沈設魚礁
		根室海峡系群		
		オホーツク海南部系群		
		太平洋系群		
	サメガレイ	太平洋北部系群		
	マガレイ	北海道北部系群		
		日本海系群		
	ヤナギムシガレイ	太平洋北部系群		
F	イカナゴ	伊勢・三河湾系群	魚礁性が不明であり、生息環境が特異的であるため、産卵場の整備や生息場の創出による対策。	捨石・覆砂
		瀬戸内海東部系群		
	トラフグ	日本海・東シナ海・瀬戸内海系群		
		伊勢・三河湾系群		
G	ヤリイカ	太平洋系群	潮通しの良い場所への産卵場の保全・拡張による、新規加入量の増大を目的とする対策。	従来型沈設魚礁
		対馬暖流系群		
H	スルメイカ	冬季発生系群	生態系を通した、餌環境の改善による対策。	マウンド礁 浮魚礁
		秋季発生系群		
	クロマグロ	太平洋系群		
	カツオ	太平洋中西部系群		
その他	サンマ	北太平洋系群	情報不足のため、基礎調査を行う必要がある。	—
	サワラ	東シナ海系群		
		瀬戸内海系群		

：TAC対象種

：TAE対象種

：その他対象種

1)-1-1-1 マアジ（グループ A）

○<u>分布図</u>(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

太平洋　　　　　　　　　　　　対馬暖流

図 e-(2)-2 マアジの分布図

○<u>生活史概略図</u>

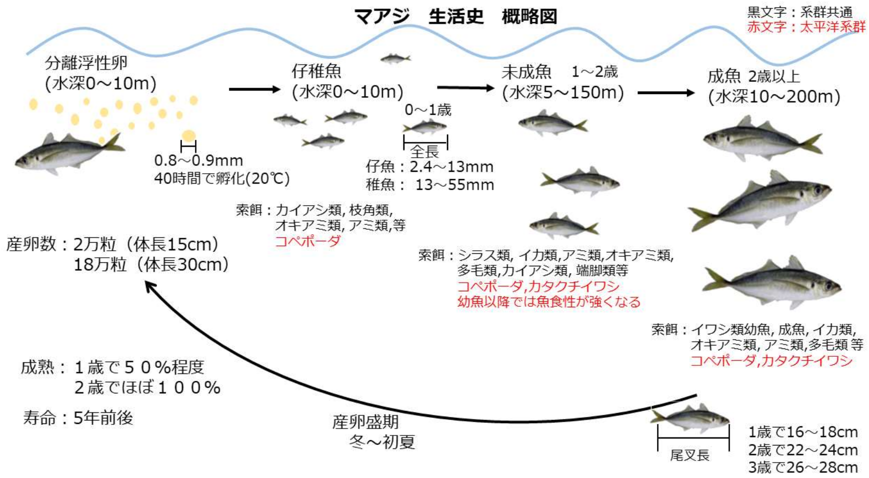


図 e-(2)-3 マアジの生活史概略図

○<u>成長段階ごとの漁場整備による対策</u>

表 e-(2)-3 マアジの成長段階ごとの魚礁整備による対策

成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策（魚礁）	施策の適応可能性	
				沿岸域（想定水深0～50m）	沖合域（想定水深50m以深）
卵	−	・分離浮性卵のため、卵そのものに対する対策は難しい。	−	×	×
仔魚 稚魚	餌環境の改善 基礎生産力の底上げ	・貝殻魚礁やコンクリートブロック魚礁等、様々なタイプの魚礁への魚礁性及び蝟集効果が確認されているため、マウンド礁や高層魚礁による餌環境の改善。	マウンド礁	○	△
未成魚	漁獲圧の低減 餌環境の改善	・親魚量と加入量には正の相関があり、0歳魚への漁獲圧の抑制により、資源量が増加する予測結果があるため、未成魚への漁獲圧を抑える高層魚礁の整備。 ・マウンド礁あるいは高層魚礁による餌環境の改善。	マウンド礁 高層魚礁	○	○
成魚		・高層魚礁でマアジに対する高い蝟集効果及び餌料生物に対する蝟集効果による餌環境の改善。 ・マウンド礁における動植物プランクトン増加、動植物プランクトンを捕食する小型魚介類の増加による餌環境の改善。 ・マウンド礁による基礎生産の底上げと高層魚礁による餌料生物の蝟集効果を組合せた相乗効果による餌環境の改善。		○	○
産卵親魚	親魚量の回復			○	○

※ △：沖合の表層にも分布する可能性があるため

○漁場整備の方向性

1.全成長段階　　　　　：マウンド礁

2.未成魚～産卵親魚　　：高層魚礁

○魚礁配置計画の方針

1.産卵場や、成長段階に応じた分布域であること。

2.魚礁間を移動する（3㎞範囲内）ため、他の魚礁や天然礁とのネットワークを築くよう、周辺に礁のある場所を選定すること。

3.産卵期には、沿岸に回遊するため、産卵親魚の保護を含め沿岸域にも魚礁を設置すること。

4.マウンド礁で餌料環境を改善し、付近に高層魚礁を設置することによって保護すること。

○魚礁配置計画図

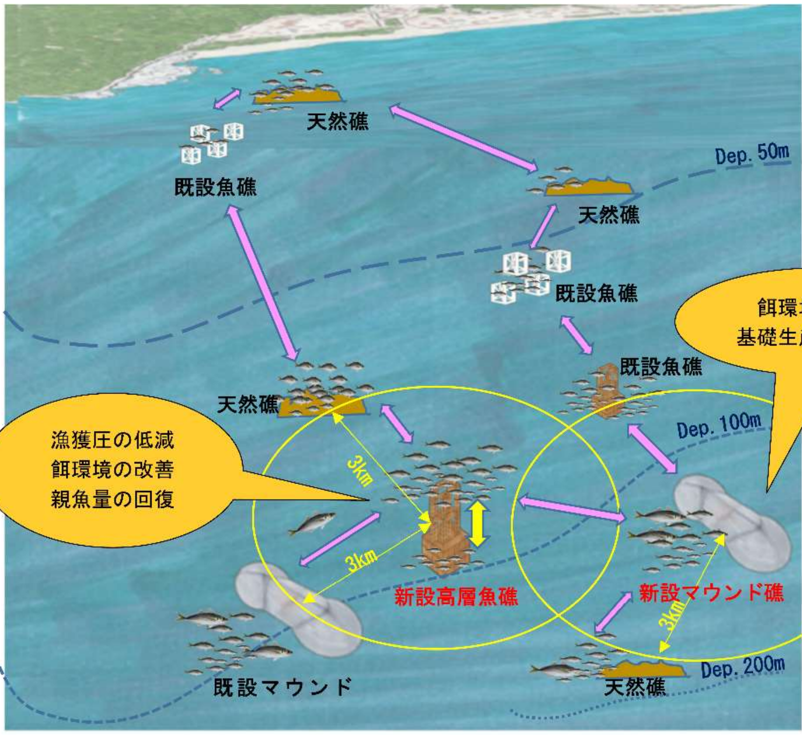


図 e-(2)-4 マアジの魚礁配置計画図

○課題

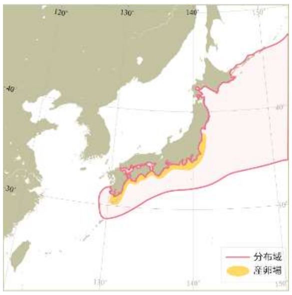
表 e-(2)-4 マアジの課題

成長段階	課題
卵	—
仔稚魚	仔稚魚の分布及び魚礁への蝟集について調査する必要がある。
未成魚	回遊経路を調査する必要がある。
成魚	回遊経路を調査する必要がある。
産卵親魚	産卵場を詳細に特定するための調査が必要である。

1)-1-1-2 マイワシ（グループ A）

○分布図(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

太平洋



対馬暖流

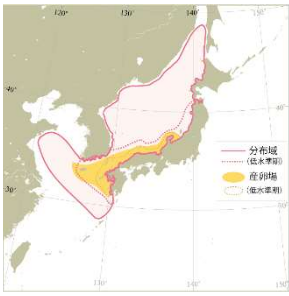


図 e-(2)-5 マイワシの分布図

○生活史概略図

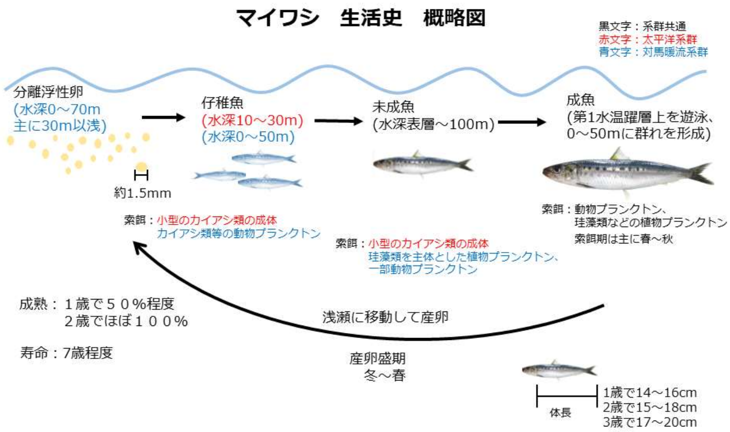


図 e-(2)-6 マイワシの生活史概略図

○成長段階ごとの漁場整備による対策

表 e-(2)-5 マイワシの成長段階ごとの漁場整備による対策

成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策(魚礁)	施策の適応可能性	
				沿岸域(想定水深0～50m)	沖合域(想定水深50m以深)
卵	－	・浮性卵のため、卵そのものに対する対策は難しい。	－	×	×
仔稚魚	餌環境の改善 基礎生産力の底上げ	・浮遊生活期の生残率は餌となるプランクトン等の密度によることから、これらの増殖効果が期待できるマウンド礁による餌環境の改善。	マウンド礁	○	△
未成魚		・成長段階を通してプランクトン食のため、マウンド礁による餌環境の改善。		○	○
成魚				○	△
産卵親魚	産卵親魚の保護	・マウンド礁による餌環境の改善及び保護区の設定による親魚の保護。		○	△

※ △：沖合の表層にも分布する可能性があるため

○<u>漁場整備の方向性</u>

1.仔稚魚～産卵親魚　：マウンド礁

○<u>魚礁配置計画の方針</u>

1.産卵場や、成長段階に応じた分布域であること。
2.回遊経路となる海域であること。
3.産卵親魚の保護のため、マウンド礁で餌環境を改善し、保護区域を設けることで増肉した個体の保護が可能であること。

○<u>魚礁配置計画図</u>

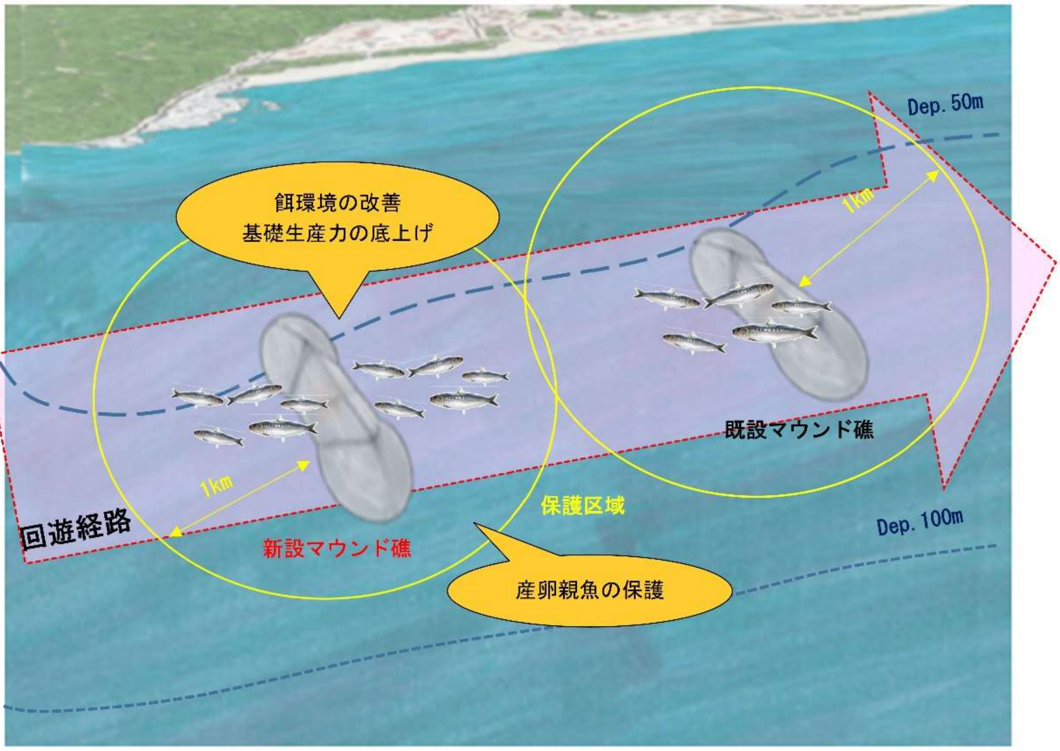


図 e-(2)-7 マイワシの魚礁配置計画図

○<u>課題</u>

表 e-(2)-6 マイワシの課題

成長段階	課題
卵	—
仔稚魚	仔稚魚の分布及び魚礁への蝟集について調査する必要がある。
未成魚	回遊経路を調査する必要がある。
成魚	
産卵親魚	産卵場を詳細に特定するための調査が必要である。

1)-1-1-3 マサバ（グループ A）

○<u>分布図</u>(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

太平洋　　　　　　　　　　　　対馬暖流

図 e-(2)-8 マサバの分布図

○<u>生活史概略図</u>

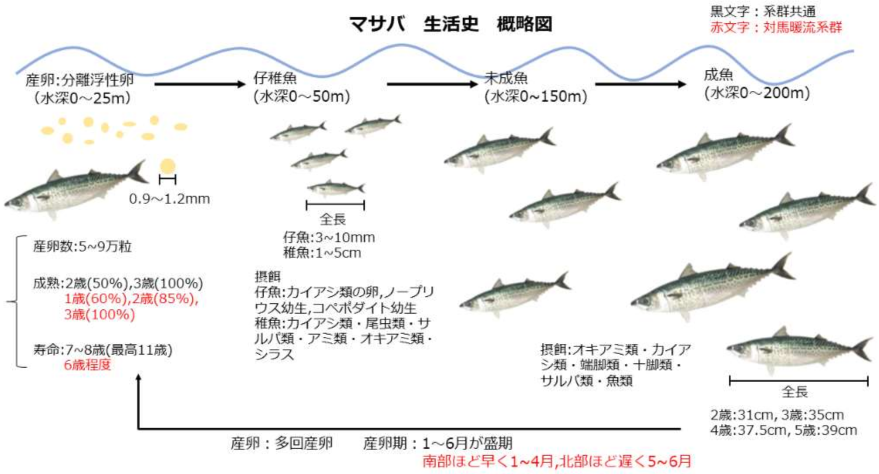


図 e-(2)-9 マサバの生活史概略図

○<u>成長段階ごとの漁場整備による対策</u>

表 e-(2)-7 マサバの成長段階ごとの漁場整備による対策

<table>
<tr><th rowspan="2">成長段階</th><th rowspan="2">目的とする効果</th><th rowspan="2">漁場整備による対策</th><th rowspan="2">対策
(魚礁)</th><th colspan="2">施策の適応可能性</th></tr>
<tr><th>沿岸域
(想定水深0～50m)</th><th>沖合域
(想定水深50m以深)</th></tr>
<tr><td>卵</td><td>—</td><td>・浮性卵のため、卵そのものに対する対策は難しい。</td><td>—</td><td>×</td><td>×</td></tr>
<tr><td>仔稚魚</td><td>餌環境の改善
基礎生産力の底上げ</td><td>・仔稚魚期の餌となるプランクトン類の増殖効果が期待できるマウンド礁による餌環境の改善。</td><td>マウンド礁</td><td>○</td><td>△</td></tr>
<tr><td>未成魚</td><td rowspan="2">漁獲圧の低減
餌環境の改善</td><td>・親魚量と加入量には正の相関があり、若齢魚への漁獲圧の緩和で、資源量が増加する予測結果があるため、未成魚への漁獲圧を抑える高層魚礁の整備。
・マウンド礁あるいは高層魚礁による餌環境の改善。</td><td rowspan="3">マウンド礁
高層魚礁</td><td>○</td><td>○</td></tr>
<tr><td>成魚</td><td rowspan="2">・高層魚礁でマサバに対する蝟集効果、餌料生物の蝟集効果による餌環境の改善。
・マウンド礁における動植物プランクトン増加、動植物プランクトンを捕食する小型魚介類の増加による餌環境の改善。
・マウンド礁による基礎生産の底上げと高層魚礁による餌料生物の蝟集効果を組合せた相乗効果による餌環境の改善。</td><td>○</td><td>○</td></tr>
<tr><td>産卵親魚</td><td>親魚量の回復</td><td>○</td><td>○</td></tr>
</table>

※ △：沖合の表層にも分布する可能性があるため

○漁場整備の方向性

１.全成長段階　　　　　：マウンド礁

２.未成魚～産卵親魚　：高層魚礁

○魚礁配置計画の方針

１.産卵場や、成長段階に応じた分布域であること。

２.回遊経路となる海域であること。

３.仔稚魚から成魚に成長するまでの過程で魚礁間の移動ができるようにすること。

４.マウンド礁で餌料環境を改善し、付近に高層魚礁を設置することによって保護すること。

○魚礁配置計画図

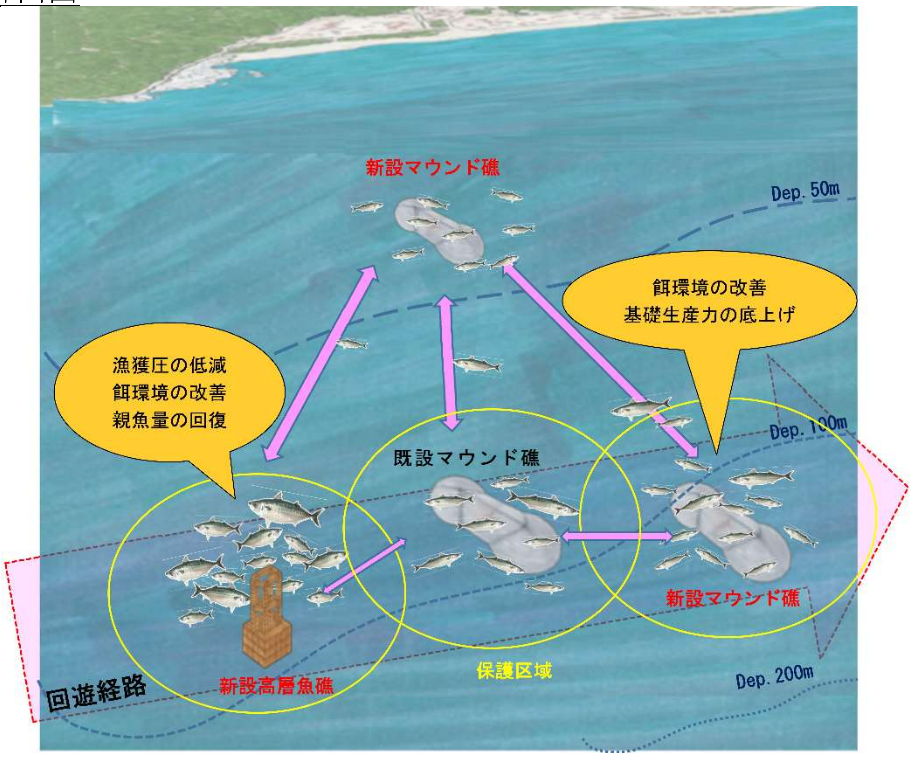


図 e-(2)-10 マサバの魚礁配置計画図

○課題

表 e-(2)-8 マサバの課題

成長段階	課題
卵	―
仔稚魚	仔稚魚の分布及び魚礁への蝟集について調査する必要がある。
未成魚	回遊経路を調査する必要がある。
成魚	
産卵親魚	産卵場を詳細に特定するための調査が必要である。

1)-1-1-4 ゴマサバ（グループ A）

○分布図(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

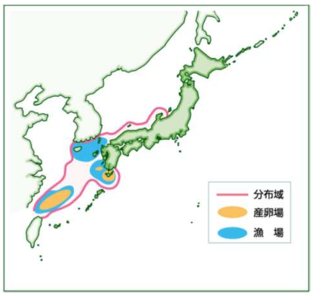


図 e-(2)-11 ゴマサバの分布図

○生活史概略図

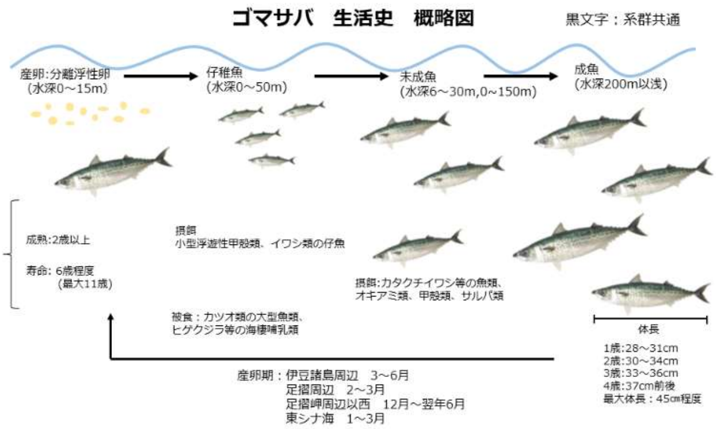


図 e-(2)-12 ゴマサバの生活史概略図

○成長段階ごとの漁場整備による対策

表 e-(2)-9 ゴマサバの成長段階ごとの漁場整備による対策

成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策(魚礁)	施策の適応可能性	
				沿岸域(想定水深0～50m)	沖合域(想定水深50m以深)
卵	－	・浮性卵のため、卵そのものに対する対策は難しい。	－	×	×
仔稚魚	餌環境の改善 基礎生産力の底上げ	・仔稚魚期の餌となるプランクトン類の増殖効果が期待できるマウンド礁による餌環境の改善。	マウンド礁	○	△
未成魚	漁獲圧の低減 餌環境の改善	・親魚量と加入量には正の相関があり、若齢魚への漁獲圧の緩和で、資源量が増加する予測結果があるため、未成魚への漁獲圧を抑える高層魚礁の整備。 ・マウンド礁あるいは高層魚礁による餌環境の改善。	マウンド礁 高層魚礁	○	○
成魚	漁獲圧の低減 餌環境の改善	・高層魚礁でゴマサバに対する蝟集効果、餌料生物の蝟集効果による餌環境の改善。 ・マウンド礁における動植物プランクトン増加、動植物プランクトンを捕食する小型魚介類の増加による餌環境の改善。 ・マウンド礁による基礎生産の底上げと高層魚礁による餌料生物の蝟集効果を組合せた相乗効果による餌環境の改善。	マウンド礁 高層魚礁	○	○
産卵親魚	親魚量の回復		マウンド礁 高層魚礁	○	○

※ △：沖合の表層にも分布する可能性があるため

○漁場整備の方向性

1.全成長段階　　　　　：マウンド礁
2.未成魚～産卵親魚　　：高層魚礁

○魚礁配置計画の方針

1.産卵場や、成長段階に応じた分布域であること。
2.回遊経路となる海域であること。
3.仔稚魚から成魚に成長するまでの過程で魚礁間の移動ができるようにすること。
4.マウンド礁で餌料環境を改善し、付近に高層魚礁を設置することによって保護すること。

○魚礁配置計画図

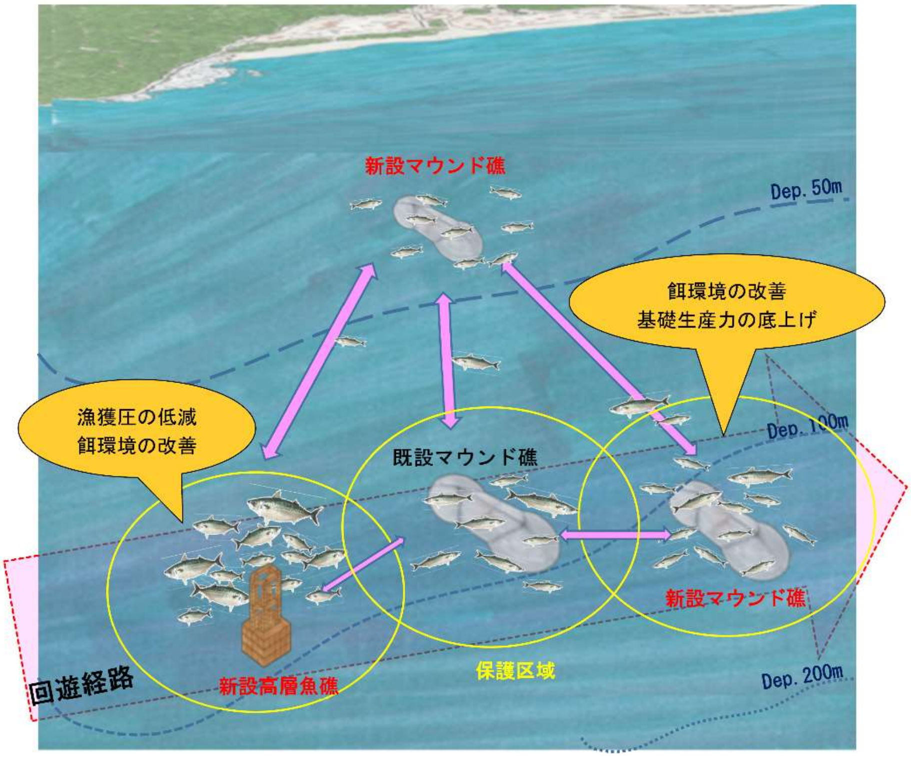


図 e-(2)-13 ゴマサバの魚礁配置計画図

○課題

表 e-(2)-10 ゴマサバの課題

成長段階	課題
卵	―
仔稚魚	仔稚魚の分布及び魚礁への蝟集について調査する必要がある。
未成魚 成魚	回遊経路を調査する必要がある。
産卵親魚	産卵場を詳細に特定するための調査が必要である。

1)-1-1-5 マダラ（グループ B）

○<u>分布図</u>(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

北海道系群（北海道太平洋　北海道日本海　　　　オホーツク海南部　　　　根室海峡）

太平洋北部　　　　　　日本海

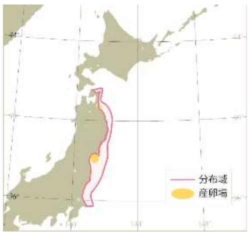


図 e-(2)-14 マダラの分布図

○<u>生活史概略図</u>

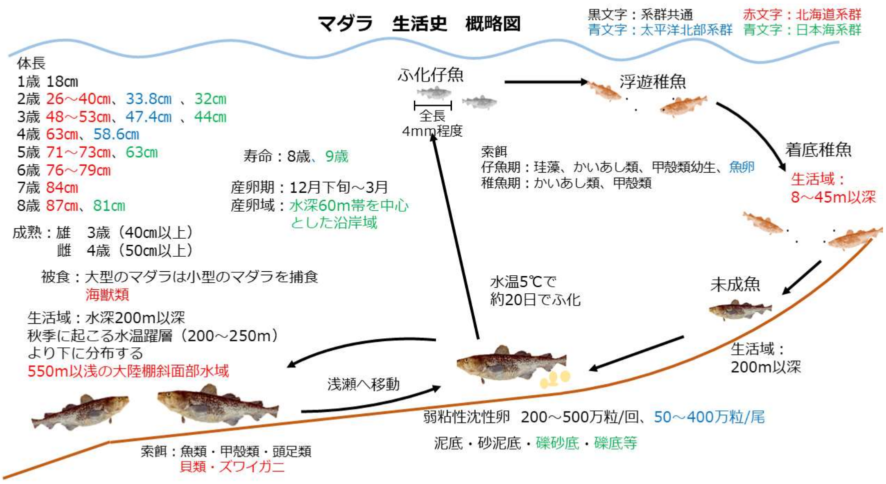


図 e-(2)-15 マダラの生活史概略図

○<u>成長段階ごとの漁場整備による対策</u>

表 e-(2)-11 マダラの成長段階ごとの漁場整備による対策

成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策（魚礁）	施策の適応可能性 沿岸域（想定水深 0～50m）	施策の適応可能性 沖合域（想定水深 50m以深）
卵	産卵場の保全・拡張	・産卵場の特定が必要。 ・産卵場と同様の底質環境を覆砂や海底耕耘により改善・拡張することによる増殖効果。	覆砂・捨石	○	×
仔稚魚	基礎生産力の底上げ 餌環境の改善	・表、中層域に栄養塩を供給し、プランクトン類を増殖させることによる餌環境の改善。	マウンド礁	○	×
未成魚（着底稚魚含む）	餌環境の改善	・未成魚、成魚、産卵予備群の生息海域に高さと内部空間のある高層魚礁を設置することで、マダラ資源の保護、増殖が期待。 ・沈設魚礁及び高層魚礁を設置して餌生物を蝟集させることにより餌環境の改善が期待。 ・従来型沈設魚礁による漁獲圧の低減と高層魚礁による餌料生物の蝟集効果を組合せた相乗効果による餌環境の改善。	高層魚礁 従来型 沈設魚礁	○	×
成魚				×	○
産卵親魚	産卵場の保全・拡張	・産卵場の特定が必要。 ・産卵場周辺での魚礁の設置による、産卵親魚の保護及び産卵場の保全。	従来型 沈設魚礁	○	×

○漁場整備の方向性

1．卵　　　　　　　：覆砂・捨石
2．仔稚魚　　　　　：マウンド礁
3．未成魚～成魚　　：高層魚礁、従来型沈設魚礁
4．産卵親魚　　　　：従来型沈設魚礁

○魚礁配置計画の方針

1.産卵場や、成長段階に応じた分布域であること。
2.餌となる多様な生物の蝟集のため、内部空間の広い構造とすること。
3.生息域の拡大のため、現在設置されている魚礁付近に設置すること。
4.漁獲圧低減のため、漁獲圧が高い区域に保護区域を設定すること。

○魚礁配置計画図

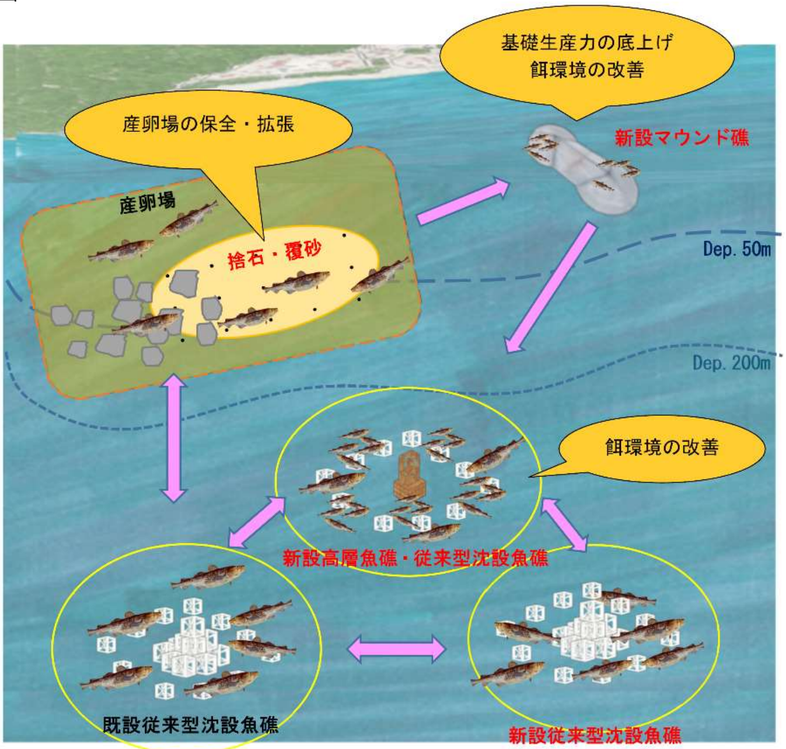


図 e-(2)-16 マダラの魚礁配置計画図

○課題

表 e-(2)-12 マダラの課題

成長段階	課題
卵	産卵場に適した底質環境の調査が必要である。
仔稚魚	仔稚魚の分布及び魚礁への蝟集について調査する必要がある。
未成魚	各成長段階の詳細な分布を調査する必要がある。 漁業との調整による設置海域、保護区域の設定が必要である。
成魚	
産卵親魚	産卵場を詳細に特定するための調査が必要である。

1)-1-1-6 ズワイガニ（グループ C）

○<u>分布図</u>(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

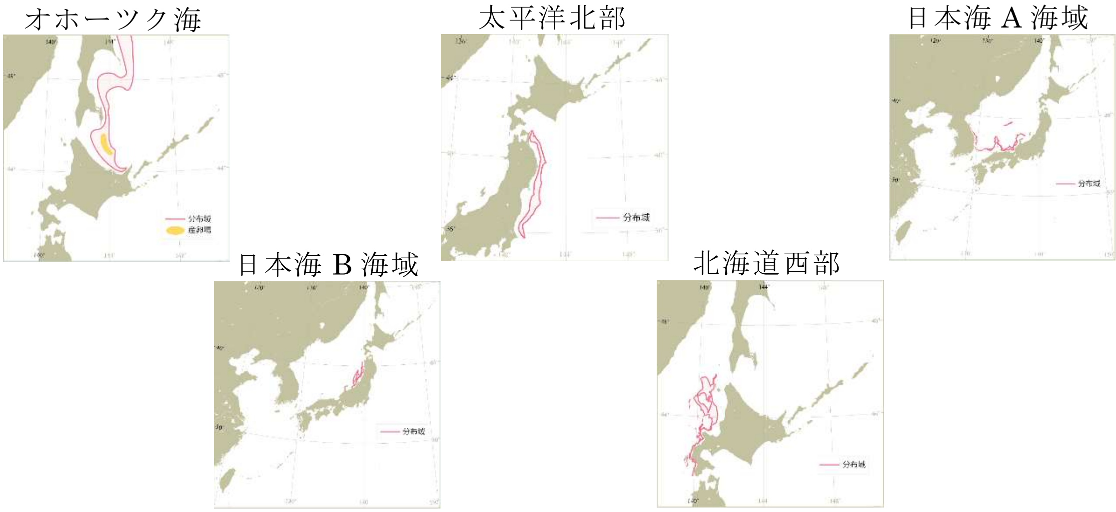


図 e-(2)-17 ズワイガニの分布図

○<u>生活史概略図</u>

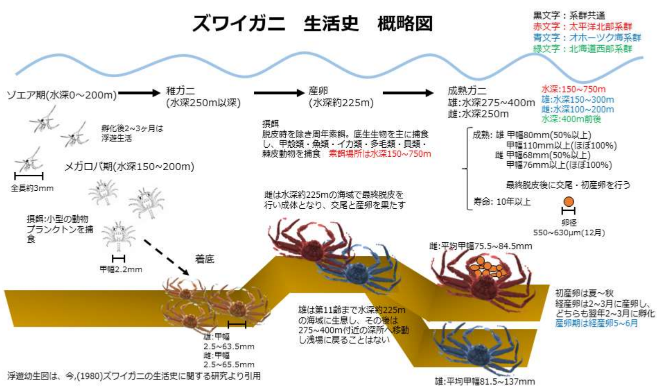


図 e-(2)-18 ズワイガニの生活史概略図

○<u>成長段階ごとの漁場整備による対策</u>

表 e-(2)-13 ズワイガニの成長段階ごとの漁場整備による対策

成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策(魚礁)	施策の適応可能性	
				沿岸域(想定水深0～50m)	沖合域(想定水深50m以深)
卵	抱卵メスガニの保護	・抱卵メスガニへの漁獲圧の抑制 ・底質の改善	従来型沈設魚礁	×	○
浮遊幼生	餌環境の改善 基礎生産力の底上げ	・マウンド礁により、栄養塩の供給、動植物プランクトン増殖の促進、餌環境の改善。	マウンド礁	×	○
稚ガニ	漁獲圧の低減 餌環境の改善	・従来型沈設魚礁設置により、底曳網漁による混獲防止	従来型沈設魚礁	×	○
成熟ガニ		・従来型沈設魚礁設置により、漁獲圧の抑制 ・従来型沈設魚礁設置により、餌となる底生生物を蝟集させ餌環境の改善。		×	○

○<u>漁場整備の方向性</u>

１．浮遊幼生　　　　　　　　　　　　　：マウンド礁

２．稚ガニ～成熟ガニ（産卵成体含む）　：従来型沈設魚礁

○<u>魚礁配置計画の方針</u>

1.産卵場や、成長段階に応じた分布域であること。

2.構造物を整備する箇所の流動場や水深、地形が安定しており、設置した際の強度が保てる底質であること。

3.周辺に整備実績があること。

○<u>魚礁配置計画図</u>

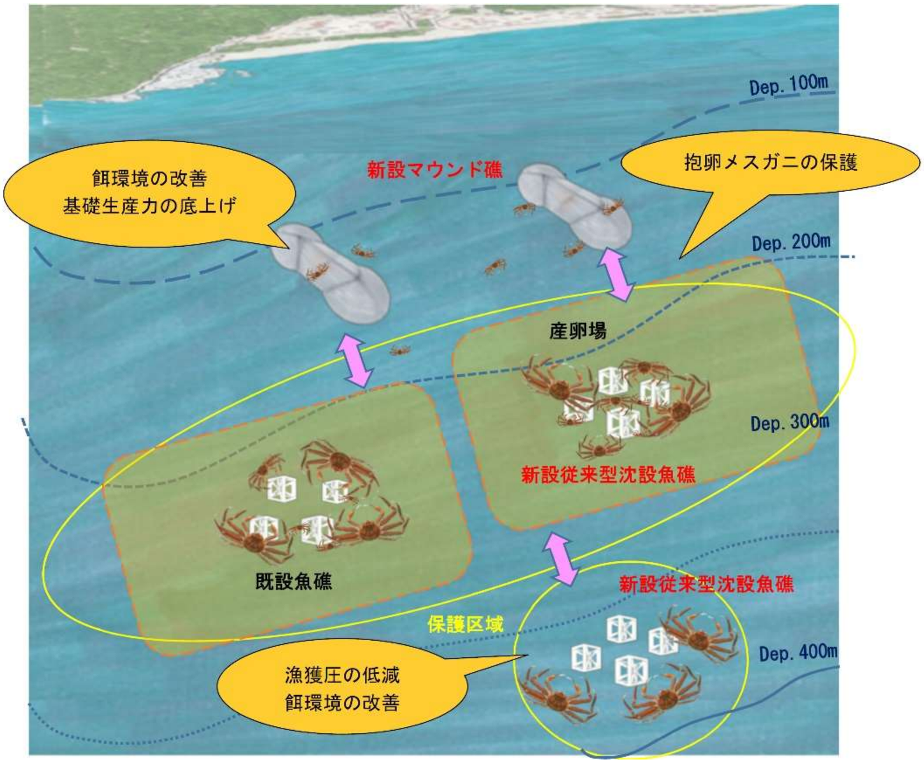


図 e-(2)-19 ズワイガニの魚礁配置計画図

○<u>課題</u>

表 e-(2)-14 ズワイガニの課題

成長段階	課題
卵	産卵場を詳細に特定するための調査が必要である。
浮遊幼生	各成長段階の詳細な分布を調査する必要がある。 漁業との調整による設置海域、保護区域の設定が必要である。
稚ガニ	
成熟ガニ	

1)-1-1-7 アカガレイ（グループ C）

○分布図(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

日本海

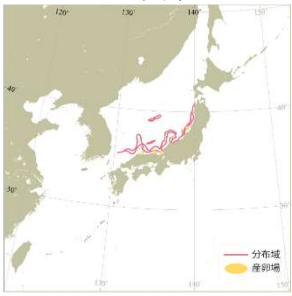


図 e-(2)-20 アカガレイの分布図

○生活史概略図

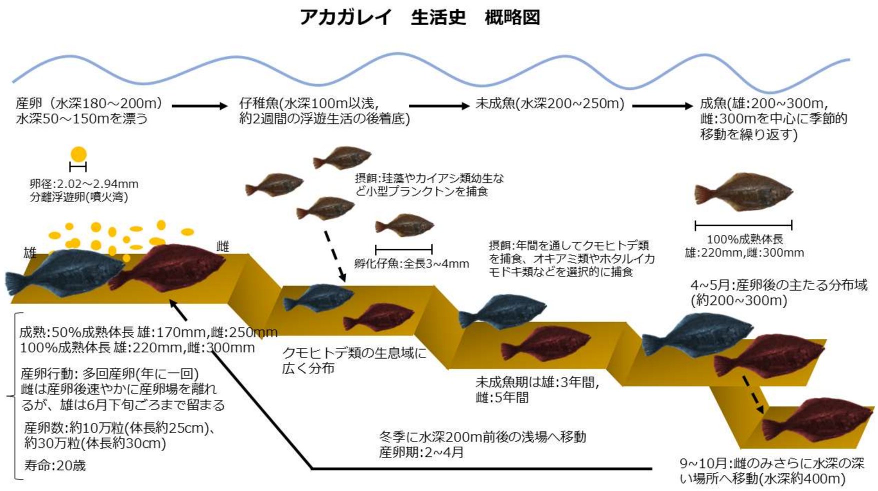


図 e-(2)-21 アカガレイの生活史概略図

○成長段階ごとの漁場整備による対策

表 e-(2)-15 アカガレイの成長段階ごとの漁場整備による対策

成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策（魚礁）	施策の適応可能性 沿岸域（想定水深0～50m）	施策の適応可能性 沖合域（想定水深50m以深）
卵	－	・分離浮遊卵のため、卵そのものに対する対策は難しい。	－	×	×
仔稚魚	餌環境の改善 基礎生産力の底上げ	・仔稚魚期の餌環境の改善を目的とし、餌生物を増殖させ、基礎生産を底上げするために、マウンド礁の整備。	マウンド礁	○	○
未成魚（着底稚魚含む）	漁獲圧の低減 餌環境の改善	・未成魚への漁獲圧を抑える従来型沈設魚礁の整備。	従来型沈設魚礁	×	○
成魚		・沈設魚礁へのアカガレイに対する高い蝟集効果、餌料生物の蝟集効果による餌環境の改善。 ・漁獲圧を抑える従来型沈設魚礁の整備。		×	○

○漁場整備の方向性

1.仔稚魚　　　　　　　：マウンド礁
2.未成魚～産卵親魚　　：従来型沈設魚礁

○魚礁配置計画の方針

1.産卵場や、成長段階に応じた分布域であること。
2.構造物を整備する箇所の流動場や水深、地形が安定しており、設置した際の強度が保てる底質であること。
3.周辺に整備実績があること。

○魚礁配置計画図

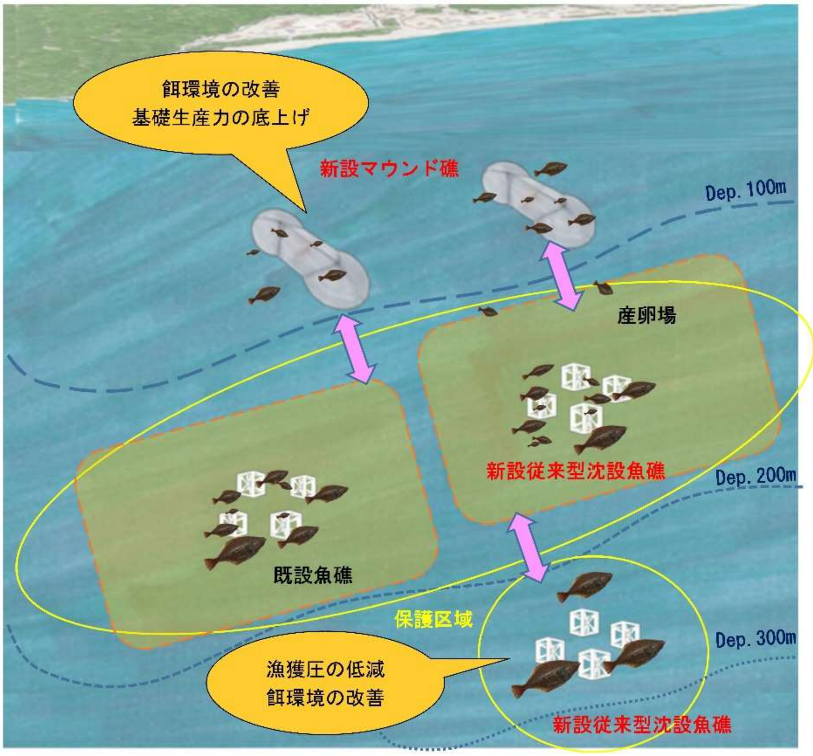


図 e-(2)-22 アカガレイの魚礁配置計画図

○課題

表 e-(2)-16 アカガレイの課題

成長段階	課題
卵	—
仔稚魚	仔稚魚の分布及び魚礁への蝟集について調査する必要がある。
未成魚	各成長段階の詳細な分布を調査する必要がある。 漁業との調整による設置海域、保護区域の設定が必要である。
成魚	
産卵親魚	

1)-1-1-8 マコガレイ（グループ D）

○分布図(出典：資源動向調査書・論文等を参考に事務局で作成)

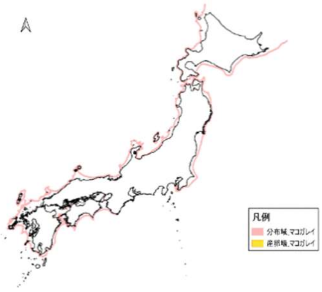


図 e-(2)-23 マコガレイの分布図

○生活史概略図

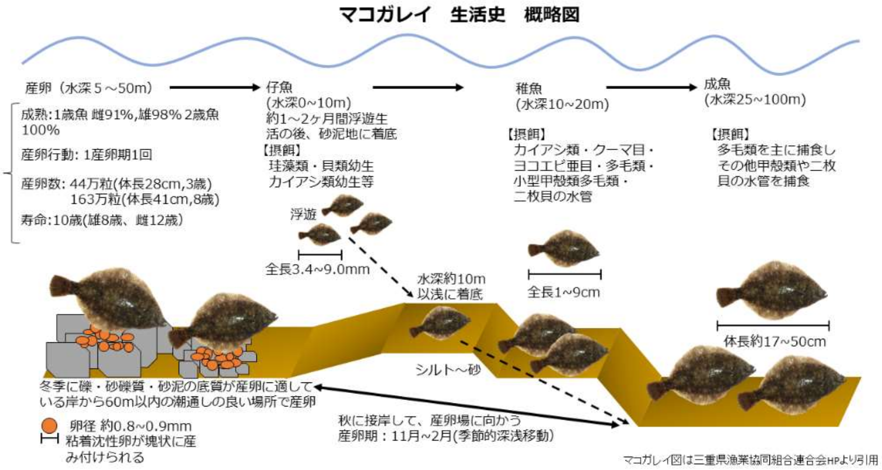


図 e-(2)-24 マコガレイの生活史概略図

○成長段階ごとの漁場整備による対策

表 e-(2)-17 マコガレイの成長段階ごとの漁場整備による対策

成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策(魚礁)	施策の適応可能性	
				沿岸域(想定水深0～50m)	沖合域(想定水深50m以深)
卵	産卵場の保全・拡大	・産卵や稚魚段階の減耗が大きいため、産卵場の保全及び拡大。	捨石・覆砂	○	×
仔魚	基礎生産力の底上げ	・孵化後約１ヶ月～2ヶ月間の浮遊生活を送るため、基礎生産を底上げし、より餌環境をよくするためにマウンド礁の整備。	マウンド礁	○	×
稚魚	着底と成長の促進 餌環境の改善	・稚魚段階での減耗が大きいため、捕食者からの逃避空間及び餌料環境の改善を目的とした藻場等の着底場の整備。 ・藻礁としての機能を付与した従来型沈設魚礁の設置により、生息場の造成。	マウンド礁 従来型沈設魚礁	○	×
未成魚・成魚	生息環境の拡大	・魚礁整備による生息環境の拡大。	従来型沈設魚礁	○	○
産卵親魚	産卵親魚の保護 漁獲圧の低減	・主漁期は産卵期前後であり、産卵親魚の保護のため、従来型沈設魚礁の設置及び保護区域の整備。		○	×

○漁場整備の方向性

1.卵　　　　　　　：捨石・覆砂
2.仔稚魚　　　　　：マウンド礁
3.稚魚～産卵親魚　：従来型沈設魚礁

○魚礁配置計画の方針

1.産卵場や、成長段階に応じた分布域であること。
2.産卵や稚魚段階での減耗を抑制するため、捨石や覆砂等で産卵場の保全及び拡大をすること。
3.産卵場及び魚礁間での移動ができるようにすること。
4.漁獲圧低減のため、隠れ場となる魚礁の設置及び保護区域の設定をすること。

○魚礁配置計画図

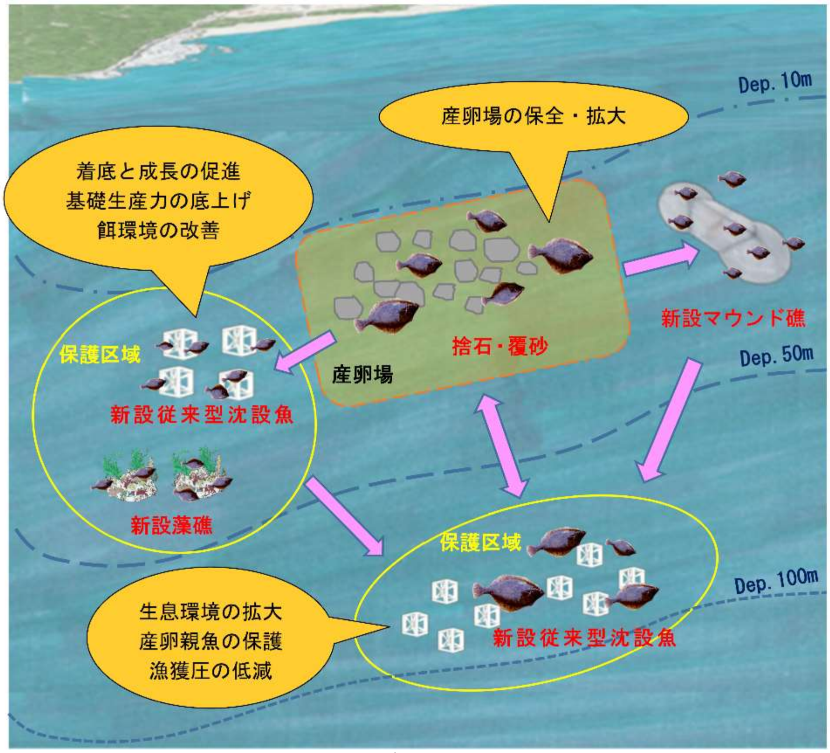


図 e-(2)-25 マコガレイの魚礁配置計画図

○課題

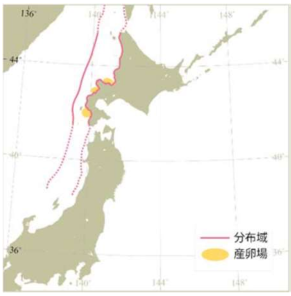
表 e-(2)-18 マコガレイの課題

成長段階	課題
卵	粘着沈性卵の産卵に適した底質を調査する必要がある。
仔稚魚	仔稚魚の分布及び魚礁への蝟集について調査する必要がある。
未成魚	回遊経路を調査する必要がある。
成魚	
産卵親魚	産卵場を詳細に特定するための調査が必要である。

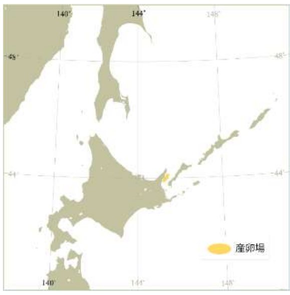
1)-1-1-9 スケトウダラ（グループ E）

○<u>分布図</u>(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

日本海北部



根室海峡



オホーツク海南部

太平洋

図 e-(2)-26 スケトウダラの分布図

○<u>生活史概略図</u>

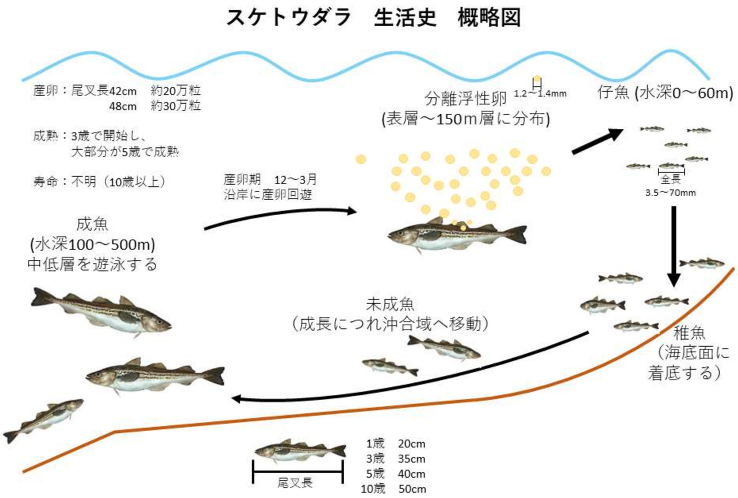


図 e-(2)-27 スケトウダラの生活史概略図

○<u>成長段階ごとの漁場整備による対策</u>

表 e-(2)-19 スケトウダラの成長段階ごとの漁場整備による対策

成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策（魚礁）	施策の適応可能性	
				沿岸域（想定水深0～50m）	沖合域（想定水深50m以深）
卵	–	・分離浮性卵のため、卵そのものに対する対策は難しい。	–	×	×
仔稚魚	基礎生産力の底上げ 餌環境の改善 0歳魚の保護	・マウンド礁の整備による、餌料プランクトンの増殖による基礎生産の底上げや餌環境の改善。 ・捨石での着底場の整備による、餌環境の改善。 ・捕食者や漁獲からの保護のための従来型沈設魚礁の整備。	捨石 マウンド礁 従来型 沈設魚礁	○	○
未成魚	漁獲圧の低減 餌環境の改善	・親魚量確保のためマウンド礁や従来型沈設魚礁による餌環境の改善。	マウンド礁 従来型 沈設魚礁	×	○
成魚	–	・魚礁性が不明であることから、成魚に対する漁場整備は難しい。	–	×	×
産卵親魚	餌環境の改善 産卵親魚の保護	・産卵回遊してきた親魚の餌として、マウンド礁によるプランクトンの増加による餌環境の改善と、従来型沈設魚礁による産卵親魚の保護。	マウンド礁 従来型 沈設魚礁	×	○

○漁場整備の方向性

1.仔稚魚　　　　　：マウンド礁
2.稚魚～未成魚　：捨石、マウンド礁、従来型沈設魚礁
3.産卵親魚　　　　：マウンド礁、従来型沈設魚礁

○魚礁配置計画の方針

1.産卵場や、成長段階に応じた分布域であること。
2.浮遊生活から、着底する稚魚を保護するために、捨石や保護区域を設定した従来型沈設魚礁を設置すること。
3.従来型沈設魚礁で保護し、マウンド礁で餌環境の改善を行うこと。

○魚礁配置計画図

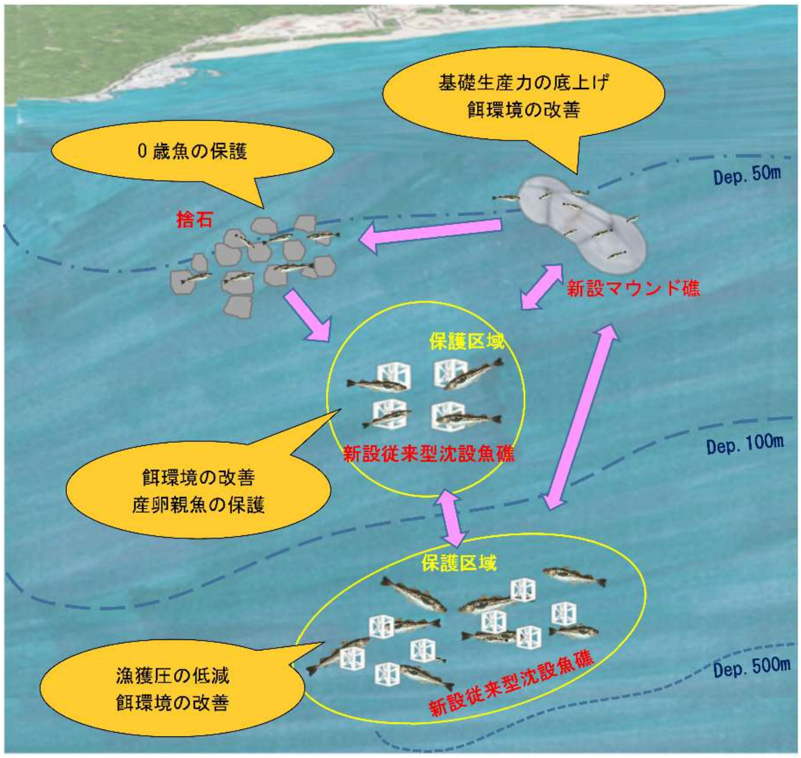


図 e-(2)-28 スケソウダラの魚礁配置計画図

○課題

表 e-(2)-20 スケソウダラの課題

成長段階	課題
卵	―
仔稚魚	稚魚の着底場を詳細に特定するための調査が必要である。
未成魚	未成魚の詳細な分布を調査する必要がある。
成魚	成魚の詳細な分布及び魚礁性について調査する必要がある。
産卵親魚	産卵場を詳細に特定するための調査が必要である。

1)-1-1-10 サメガレイ（グループ E）

○<u>分布図</u>(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

太平洋北部

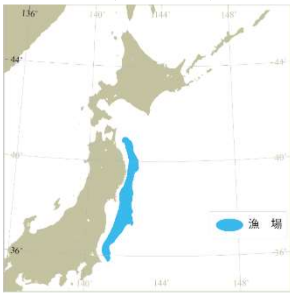


図 e-(2)-29 サメガレイの分布図

○<u>生活史概略図</u>

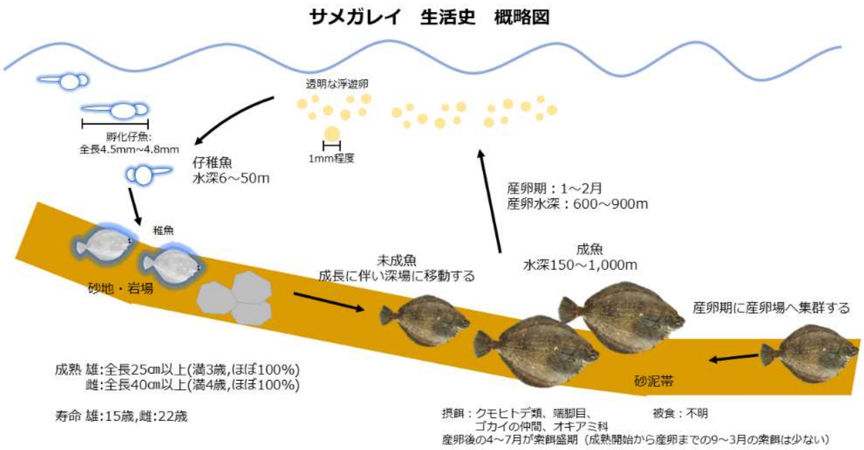


図 e-(2)-30 サメガレイの生活史概略図

○<u>成長段階ごとの漁場整備による対策</u>

表 e-(2)-21 サメガレイの成長段階ごとの漁場整備による対策

<table>
<tr><th rowspan="2">成長段階</th><th rowspan="2">目的とする効果</th><th rowspan="2">漁場整備による対策</th><th rowspan="2">対策(魚礁)</th><th colspan="2">施策の適応可能性</th></tr>
<tr><th>沿岸域(想定水深0～50m)</th><th>沖合域(想定水深50m以深)</th></tr>
<tr><td>卵</td><td>－</td><td>・分離浮性卵のため、卵そのものに対する対策は難しい。</td><td>－</td><td>×</td><td>×</td></tr>
<tr><td>仔稚魚</td><td>着底と成長の促進
基礎生産力の底上げ
餌環境の改善</td><td>・マウンド礁及び着底場の整備により、栄養塩の供給、動植物プランクトン増殖の促進、餌環境の改善。</td><td>捨石
マウンド礁</td><td>○</td><td>×</td></tr>
<tr><td>未成魚</td><td>－</td><td>・餌料生物や生息分布の詳細な情報が不明であるため、対策は難しい。</td><td>－</td><td>×</td><td>×</td></tr>
<tr><td>成魚</td><td>餌環境の改善</td><td>・索餌期間や餌料生物が限定的であるため、より効率的に索餌できるように餌環境の改善。</td><td rowspan="2">従来型
沈設魚礁</td><td>×</td><td>○</td></tr>
<tr><td>産卵親魚</td><td>産卵親魚の保護
漁獲圧の低減</td><td>・産卵前後に産卵場に集群する個体が集中的に漁獲されているため、産卵親魚の保護及び保護区域の設定による漁獲圧の低減。</td><td>×</td><td>○</td></tr>
</table>

○<u>漁場整備の方向性</u>

1.仔稚魚　　　　　　：マウンド礁
2.稚魚～未成魚　　　：捨石
3.成魚～産卵親魚　　：従来型沈設魚礁

○<u>魚礁配置計画の方針</u>

1.産卵場や、成長段階に応じた分布域であること。
2.着底稚魚の生息場を拡大するため、着底場の整備を行うこと。
3.新規加入を増やすため、産卵期から索餌期の漁獲を抑えるための保護区域を設定すること。

○<u>魚礁配置計画図</u>

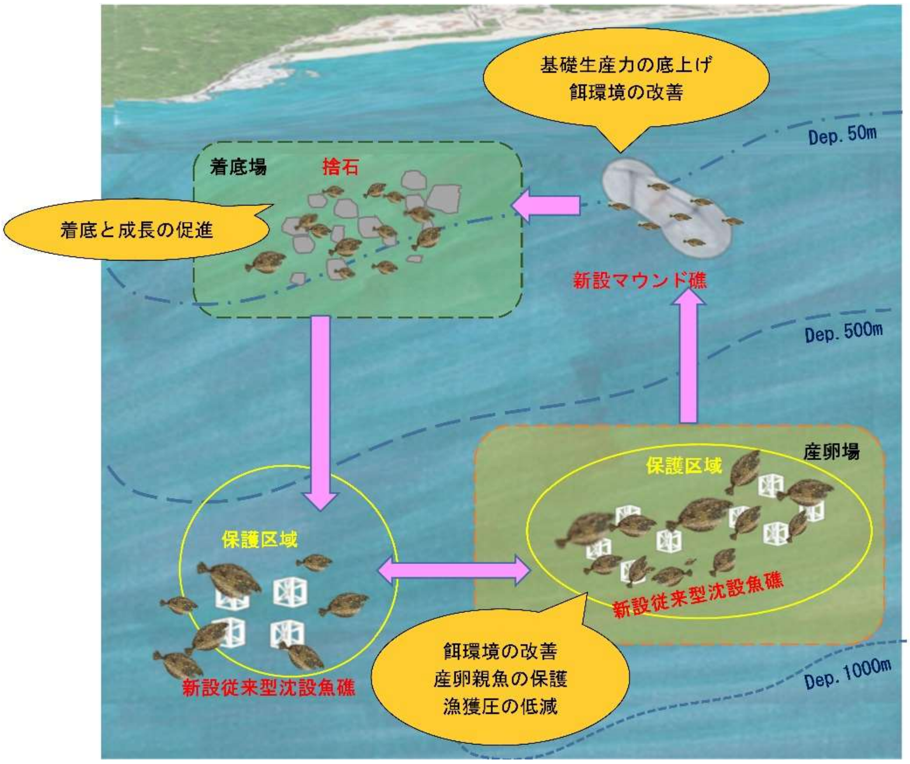


図 e-(2)-31 サメガレイの魚礁配置計画図

○<u>課題</u>

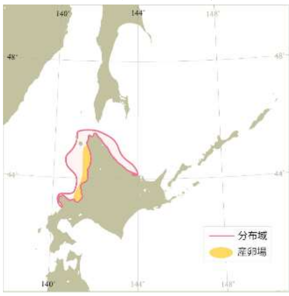
表 e-(2)-22 サメガレイの課題

成長段階	課題
卵	—
仔稚魚	着底場に適した場所、底質等を調査する必要がある。
未成魚	未成魚の詳細な分布や餌料生物等を調査する必要がある。
成魚	成魚及び産卵親魚の詳細な分布を調査する必要がある。 漁業との調整により、保護区域を設定する場所の検討が必要である。
産卵親魚	

1)-1-1-11 マガレイ（グループ E）

○<u>分布図</u>(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

北海道北部



日本海

図 e-(2)-32 マガレイの分布図

○<u>生活史概略図</u>

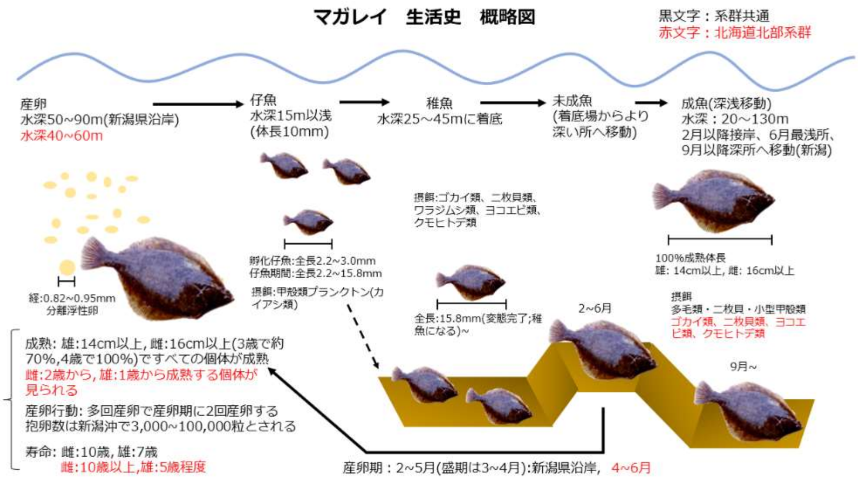


図 e-(2)-33 マガレイの生活史概略図

○<u>成長段階ごとの漁場整備による対策</u>

表 e-(2)-23 マガレイの成長段階ごとの漁場整備による対策

<table>
<tr><th rowspan="2">成長段階</th><th rowspan="2">目的とする効果</th><th rowspan="2">漁場整備による対策</th><th rowspan="2">対策
(魚礁)</th><th colspan="2">施策の適応可能性</th></tr>
<tr><th>沿岸域
(想定水深0～50m)</th><th>沖合域
(想定水深50m以深)</th></tr>
<tr><td>卵</td><td>－</td><td>・分離浮性卵のため、卵そのものに対する対策は難しい。</td><td>－</td><td>×</td><td>×</td></tr>
<tr><td>仔稚魚</td><td>着底と成長の促進
基礎生産力の底上げ
餌環境の改善</td><td>・マウンド礁及び着底場の整備により、栄養塩の供給、動植物プランクトン増殖の促進、餌環境の改善。</td><td>捨石
マウンド礁</td><td>○</td><td>×</td></tr>
<tr><td>未成魚</td><td rowspan="2">餌環境の改善</td><td rowspan="2">・適した生息環境を増やし、餌環境の改善。</td><td rowspan="3">従来型
沈設魚礁</td><td>×</td><td>○</td></tr>
<tr><td>成魚</td><td>×</td><td>○</td></tr>
<tr><td>産卵親魚</td><td>産卵親魚の保護
漁獲圧の低減</td><td>・産卵期に集中的に漁獲されているため、親魚の増加を目的として、産卵親魚の保護及び保護区域の設定による漁獲圧の低減。</td><td>×</td><td>○</td></tr>
</table>

○<u>漁場整備の方向性</u>

1.仔稚魚　　　　　　：マウンド礁
2.稚魚～未成魚　　　：捨石
3.成魚～産卵親魚　　：従来型沈設魚礁

○<u>魚礁配置計画の方針</u>

1.産卵場や、成長段階に応じた分布域であること。
2.着底稚魚の生息場を拡大するため、着底場の整備を行うこと。
3.新規加入を増やすため、産卵期の漁獲を抑えるための保護区域を設定すること。

○<u>魚礁配置計画図</u>

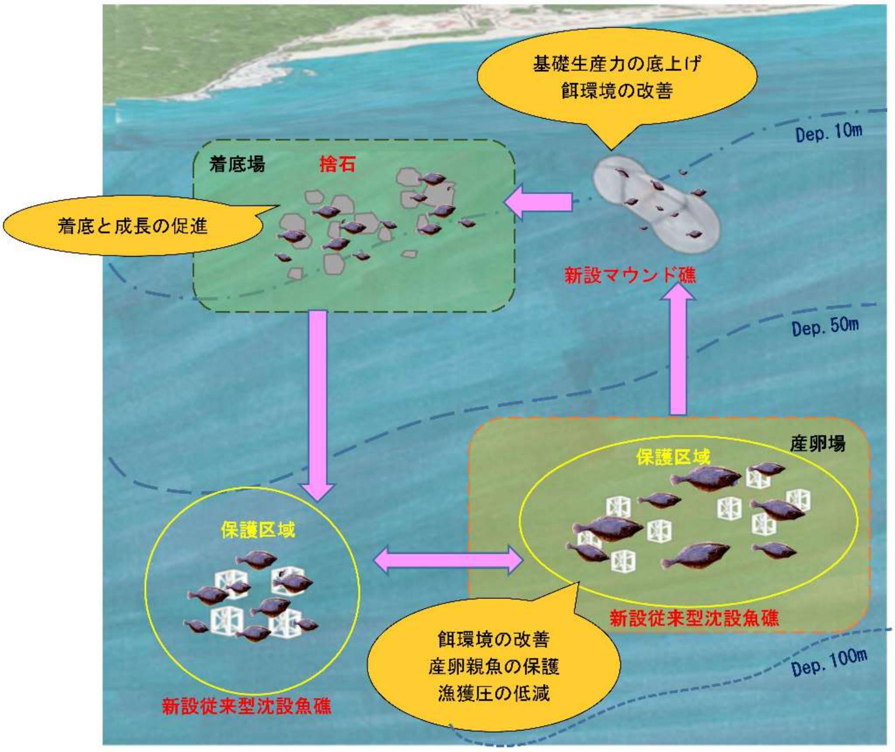


図 e-(2)-34 マガレイの魚礁配置計画図

○<u>課題</u>

表 e-(2)-24 マガレイの課題

成長段階	課題
卵	―
仔稚魚	着底場に適した場所、底質等を調査する必要がある。
未成魚	生息に適した環境を調査する必要がある。
成魚	生息に適した環境を調査する必要がある。
産卵親魚	漁業との調整により、保護区域を設定する場所の検討が必要である。

1)-1-1-12 ヤナギムシガレイ（グループ E）

〇<u>分布図</u>(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

太平洋北部

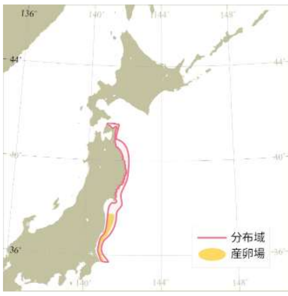


図 e-(2)-35 ヤナギムシガレイの分布図

〇<u>生活史概略図</u>

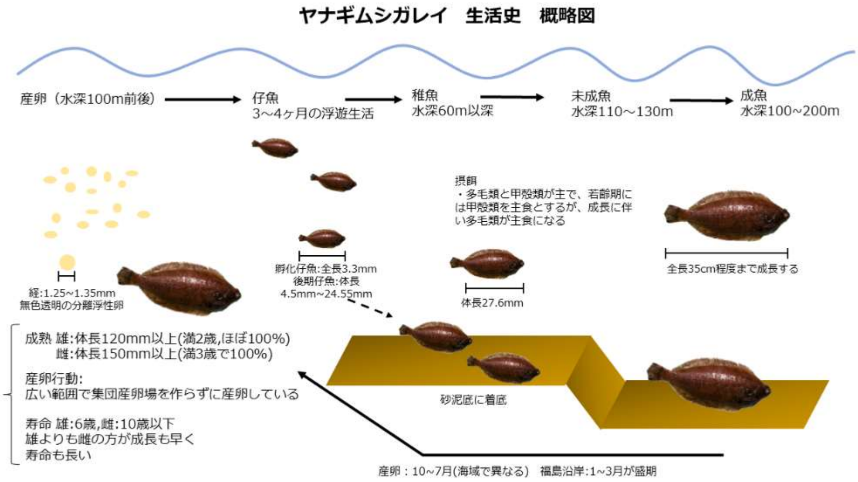


図 e-(2)-36 ヤナギムシガレイの生活史概略図

〇<u>成長段階ごとの漁場整備による対策</u>

表 e-(2)-25 ヤナギムシガレイの成長段階ごとの漁場整備による対策

成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策（魚礁）	施策の適応可能性 沿岸域（想定水深0～50m）	施策の適応可能性 沖合域（想定水深50m以深）
卵	–	・分離浮性卵のため、卵そのものに対する対策は難しい。	–	×	×
仔稚魚	着底と成長の促進 基礎生産力の底上げ 餌環境の改善	・マウンド礁及び着底場の整備により、栄養塩の供給、動植物プランクトン増殖の促進、餌環境の改善。	捨石 マウンド礁	×	〇
未成魚	餌環境の改善	・餌生物は主に多毛類や甲殻類であり、より効率的に索餌できるように餌環境の改善。	従来型 沈設魚礁	×	〇
成魚				×	〇
産卵親魚	産卵親魚の保護 漁獲圧の増加抑制	・加入量促進のための、親魚量の確保。 ・漁獲圧の現状維持。		×	〇

○<u>漁場整備の方向性</u>

1.仔稚魚　　　　　：マウンド礁
2.稚魚～未成魚　　：捨石
3.成魚～産卵親魚　：従来型沈設魚礁

○<u>魚礁配置計画の方針</u>

1.産卵場や、成長段階に応じた分布域であること。
2.着底稚魚の生息場を拡大するため、着底場の整備を行うこと。
3.親魚量確保による新規加入を増やすため、産卵期の漁獲を抑えるための保護区域を設定すること。

○<u>魚礁配置計画図</u>

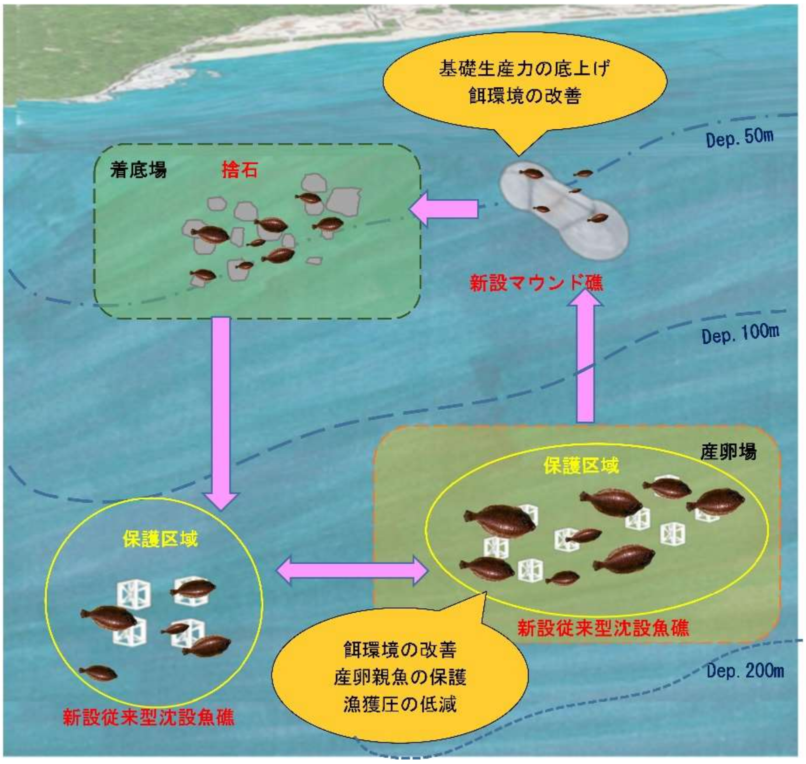


図 e-(2)-37 ヤナギムシガレイの魚礁配置計画図

○<u>課題</u>

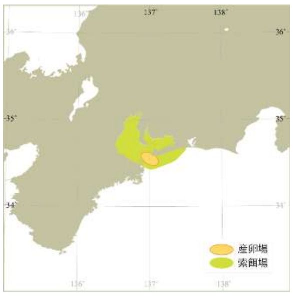
表 e-(2)-26 ヤナギムシガレイの課題

成長段階	課題
卵	—
仔稚魚	着底場に適した場所、底質等を調査する必要がある。
未成魚	餌生物の分布を調査する必要がある。
成魚	餌生物の分布を調査する必要がある。
産卵親魚	漁業との調整により、保護区域を設定する場所の検討が必要である。

1)-1-1-13 イカナゴ（グループ F）

○<u>分布図</u>(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

伊勢・三河湾



瀬戸内海東部

図 e-(2)-38 イカナゴの分布図

○<u>生活史概</u>略図

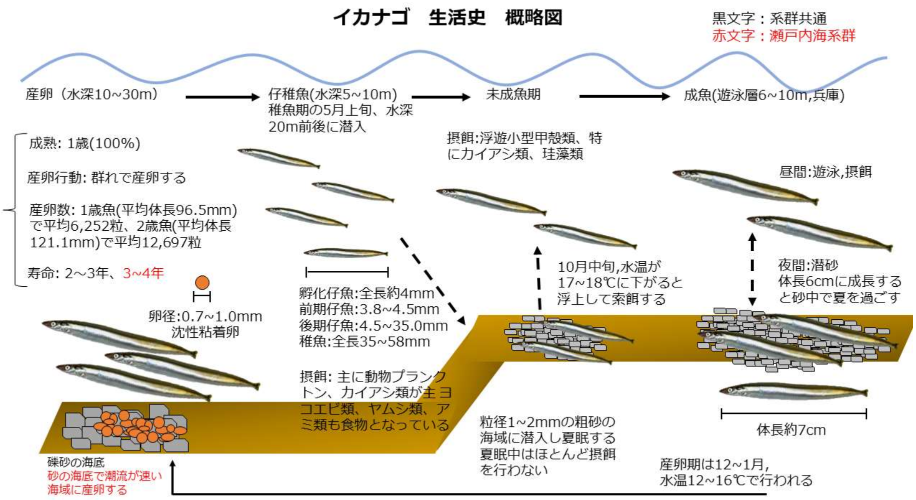


図 e-(2)-39 イカナゴの生活史概略図

○<u>成長段階ごとの漁場整備による対策</u>

表 e-(2)-27 イカナゴの成長段階ごとの漁場整備による対策

成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策（魚礁）	施策の適応可能性	
				沿岸域（想定水深0～50m）	沖合域（想定水深50m以深）
卵	産卵場の保全・拡張	・産卵場の特定が必要（瀬戸内海東部系群）。 ・産卵場と同様の底質環境を捨石や覆砂により拡張することによる増殖効果。	捨石・覆砂	○	×
仔稚魚	餌環境の改善基礎生産力の底上げ	・水深が浅い所に生息しているため、漁場整備による対策は難しい。	―	×	×
未成魚				×	×
成魚	生息場の拡張	・砂～礫の底質で、潜砂を行い夏眠するため、捨石や覆砂による生息場の拡大。	捨石・覆砂	○	×
産卵親魚	―	・魚礁性が不明であることから、産卵親魚に対する漁場整備は難しい。	―	×	×

○漁場整備の方向性

1.卵、成魚　：捨石・覆砂

○魚礁配置計画の方針

1.産卵場や、成長段階に応じた分布域であること。

2.産卵場や生息環境に適した流況や底質であること。

○魚礁配置計画図

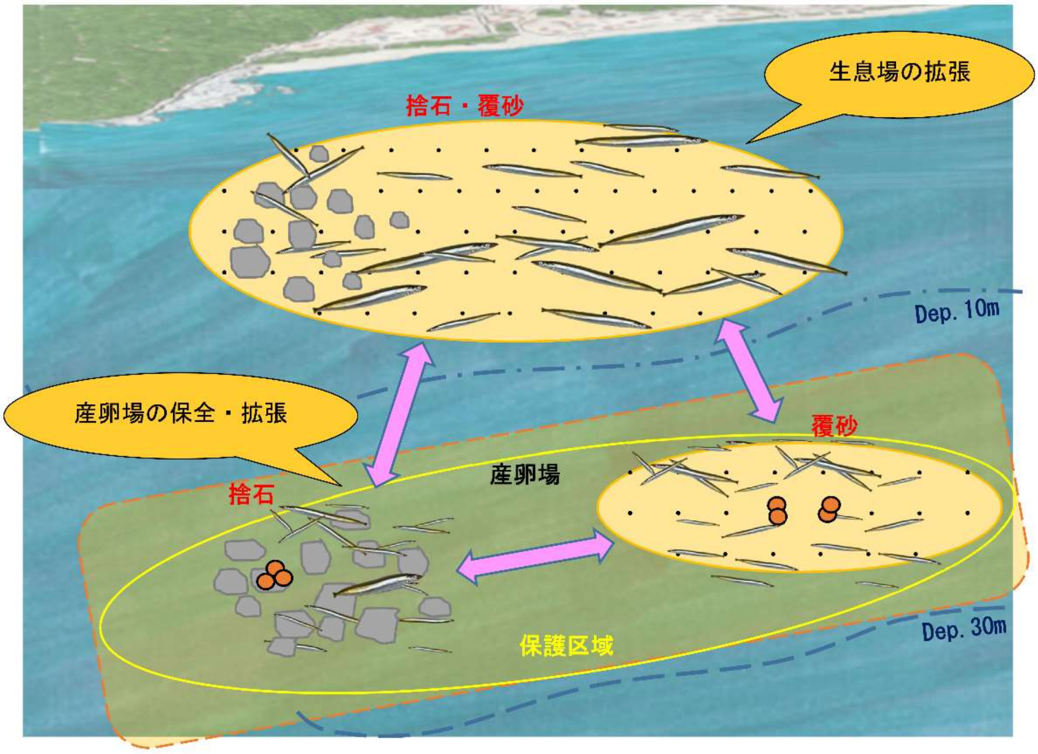


図 e-(2)-40 イカナゴの魚礁配置計画図

○課題

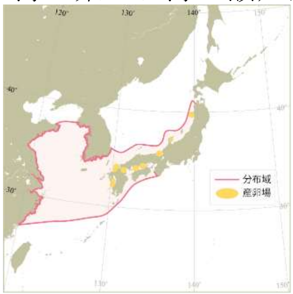
表 e-(2)-28 イカナゴの課題

成長段階	課題
卵	産卵場を詳細に特定するための調査が必要である（瀬戸内海東部系群）。
仔稚魚	餌環境の改善方法について、調査・検討する必要がある。
未成魚	餌環境の改善方法について、調査・検討する必要がある。
成魚	詳細な分布について調査する必要がある。
産卵親魚	魚礁性の有無について調査する必要がある。

1)-1-1-14 トラフグ（グループ F）

○分布図(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

日本海・東シナ海・瀬戸内海



伊勢・三河湾

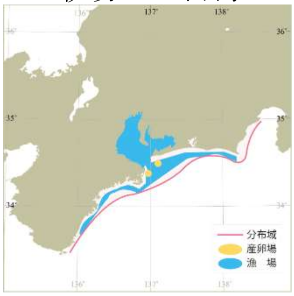


図 e-(2)-41 トラフグの分布図

○生活史概略図

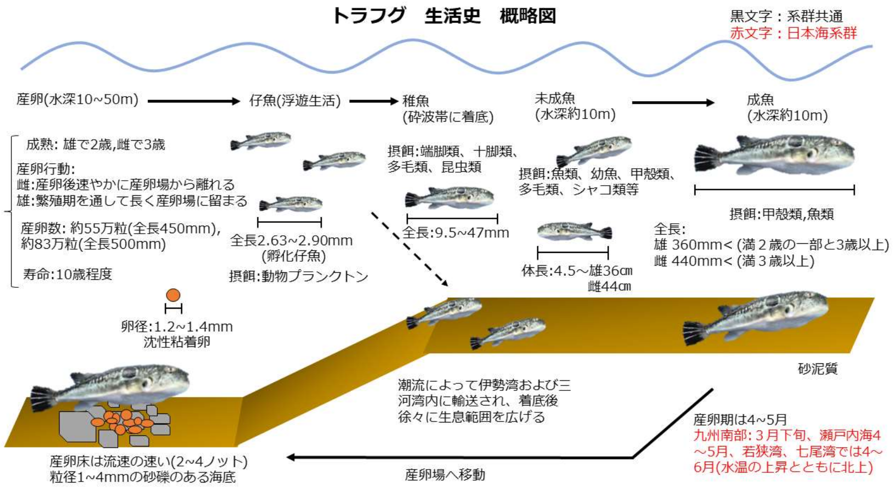


図 e-(2)-42 トラフグの生活史概略図

○成長段階ごとの漁場整備による対策

表 e-(2)-29 トラフグの成長段階ごとの漁場整備による対策

成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策(魚礁)	施策の適応可能性	
				沿岸域(想定水深0～50m)	沖合域(想定水深50m以深)
卵	産卵場の保全・拡張	・産卵場と同様の底質環境を捨石や覆砂により拡張することによる増殖効果。	捨石・覆砂	○	×
仔稚魚	生息場の創出	・水質環境改善効果があり、仔稚魚の生息場となる干潟・浅場を造成。	埋立	○	×
未成魚	生息場の創出	・生息環境の拡大のため、砂泥質の生息場を整備。 ・魚礁性が不明であることから、魚礁設置による漁場整備は難しい。	覆砂	○	×
成魚				○	×
産卵親魚				○	×

○漁場整備の方向性

1.卵　　　　　　　　　：捨石・覆砂
2.仔稚魚　　　　　　　：埋立
3.未成魚～産卵親魚　　：覆砂

○魚礁配置計画の方針

1.産卵場や、成長段階に応じた分布域であること。
2.産卵場や生息環境に適した流況や底質であること。
3.魚礁への蝟集は確認されていないため、覆砂や捨石、埋立等で生息環境を創出すること。

○魚礁配置計画図

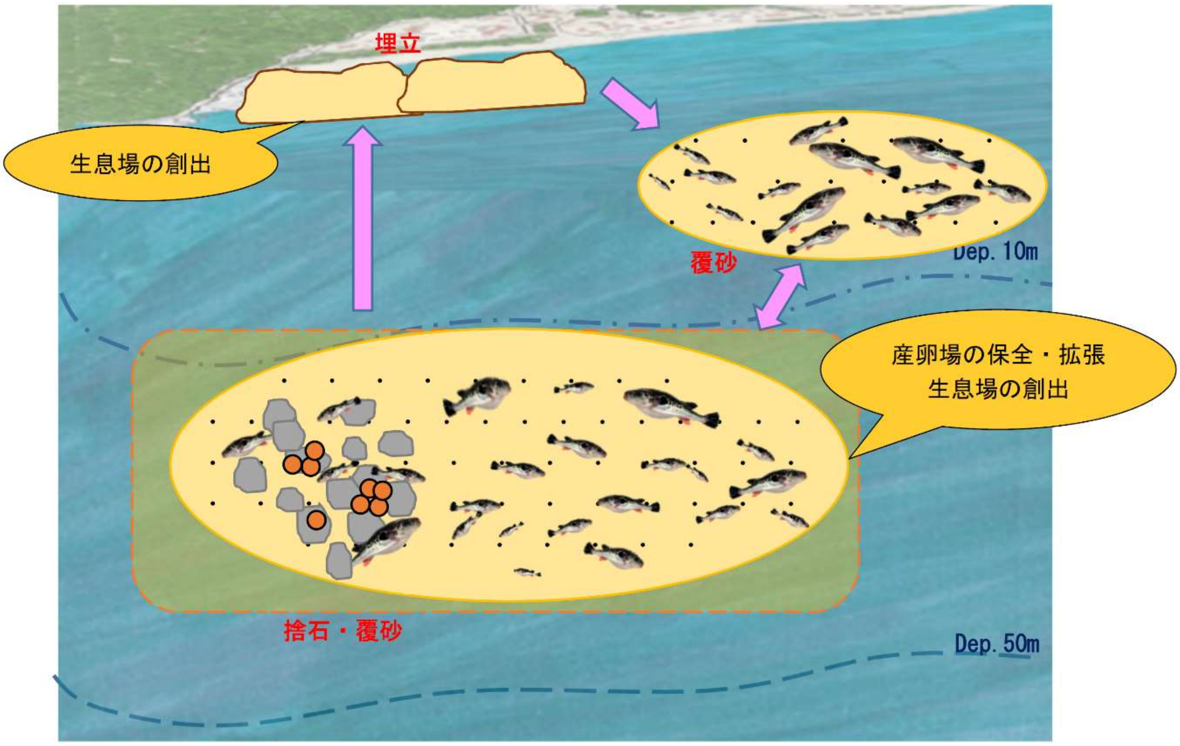


図 e-(2)-43 トラフグの魚礁配置計画図

○課題

表 e-(2)-30 トラフグの課題

成長段階	課題
卵	—
仔稚魚	各成長段階の詳細な分布を調査する必要がある。
未成魚	
成魚	
産卵親魚	

1)-1-1-15 ヤリイカ（グループ G）

○分布図(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

太平洋

対馬暖流

図 e-(2)-44 ヤリイカの分布図

○生活史概略図

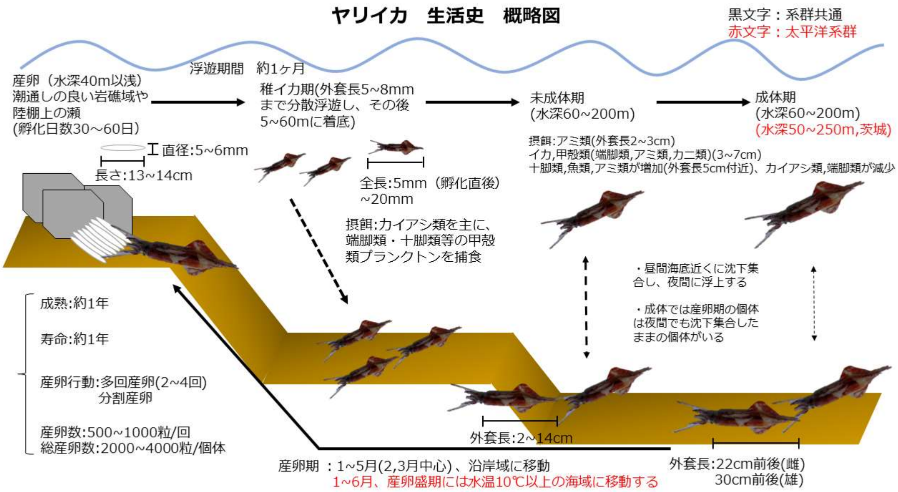


図 e-(2)-45 ヤリイカの生活史概略図

○成長段階ごとの漁場整備による対策

表 e-(2)-31 ヤリイカの成長段階ごとの漁場整備による対策

成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策(魚礁)	施策の適応可能性	
				沿岸域(想定水深0～50m)	沖合域(想定水深50m以深)
卵	産卵場の保全・拡張	・産卵場となる箇所周辺に従来型沈設魚礁を整備し、産卵場を拡張することによる増殖効果。	従来型沈設魚礁	○	×
稚イカ	生息場の創出	・魚礁性が不明であることから、魚礁設置による漁場整備は難しい。	―	×	×
未成体				×	×
成体				×	×
産卵成体	産卵場の保全・拡張	・産卵場となる箇所周辺に従来型沈設魚礁を整備し、産卵場を拡張することによる増殖効果。	従来型沈設魚礁	○	×

○漁場整備の方向性

1.卵、産卵成体　：従来型沈設魚礁

○魚礁配置計画の方針

1.産卵場に応じた分布域であること。

2.産卵場となる従来型沈設魚礁の整備により、産卵成体及び卵を保護すること。

○魚礁配置計画図

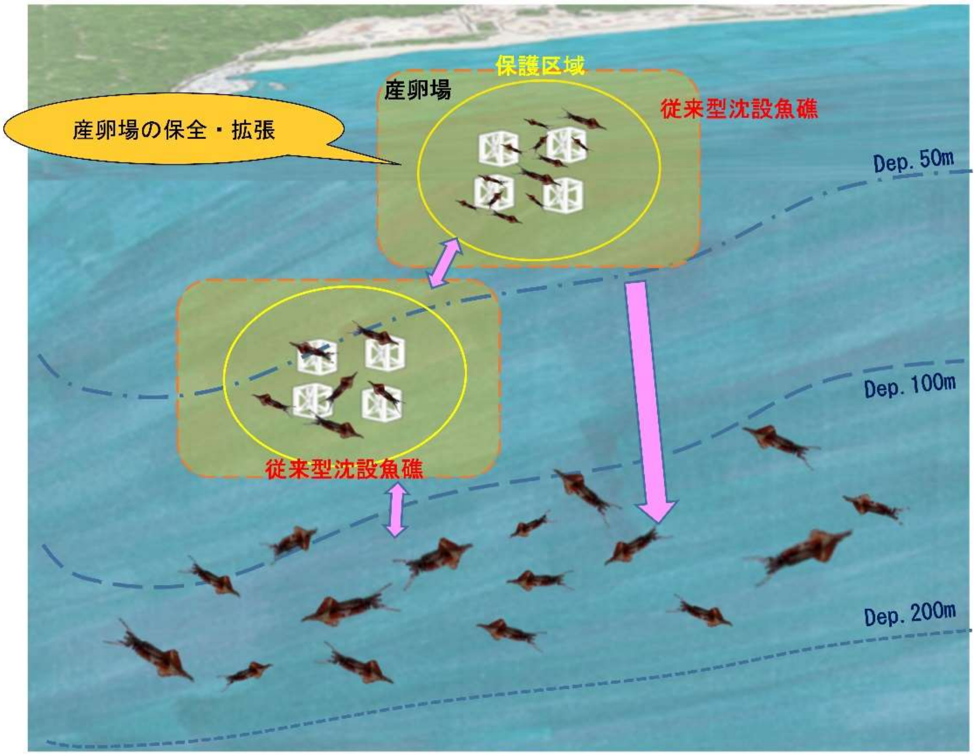


図 e-(2)-46 ヤリイカの魚礁配置計画図

○課題

表 e-(2)-32 ヤリイカの課題

成長段階	課題
卵	産卵場を詳細に特定するための調査が必要である。
稚イカ	各成長段階の詳細な分布及び魚礁への蝟集について調査する必要がある。
未成体	
成体	
産卵成体	産卵場を詳細に特定するための調査が必要である。

1)-1-1-16 スルメイカ（グループ H）

○分布図(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

秋季発生

冬季発生

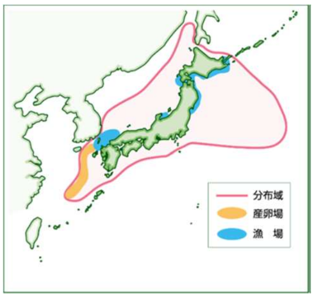


図 e-(2)-47 スルメイカの分布図

○生活史概略図

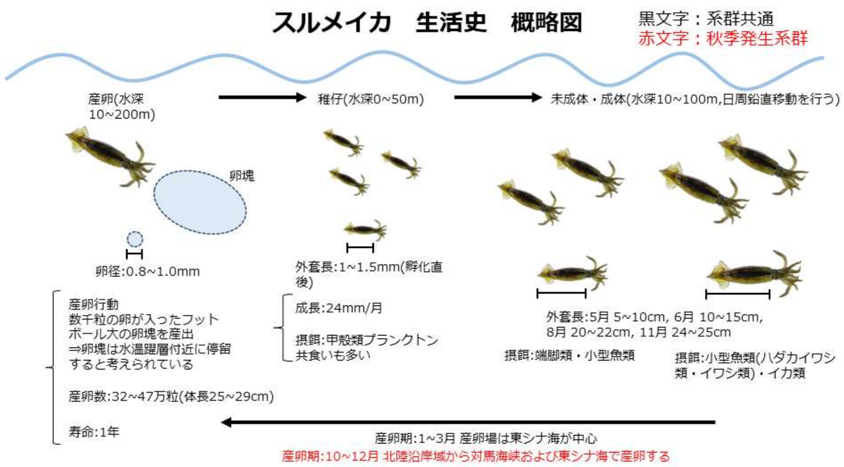


図 e-(2)-48 スルメイカの生活史概略図

○成長段階ごとの漁場整備による対策

表 e-(2)-33 スルメイカの成長段階ごとの漁場整備による対策

成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策（魚礁）	施策の適応可能性	
				沿岸域（想定水深0～50m）	沖合域（想定水深50m以深）
卵	－	・浮性卵が卵塊のため、卵そのものに対する対策は難しい。	－	×	×
稚イカ	餌環境の改善基礎生産力の底上げ	・マウンド礁の整備により、稚イカの餌となるプランクトン類の増殖効果や未成体、成体の餌料生物の蝟集効果による餌環境の改善。	マウンド礁	○	△
未成体				○	○
成体				○	○
産卵成体	－	・卵塊が壊れると食害により孵化できず全て死亡するため、産卵場周辺には構造物が無い方が良い。	－	×	×

※ △：沖合の表層にも分布する可能性があるため

○漁場整備の方向性

1.稚イカ～成体　：マウンド礁

○魚礁配置計画の方針

1.産卵場や、成長段階に応じた分布域であること。
2.マウンド礁を整備する箇所の流動場や水深、地形が安定しており、設置した際の強度が保てる底質であること。
3.マウンド礁を複数設置し、生息環境を拡大すること。

○魚礁配置計画図

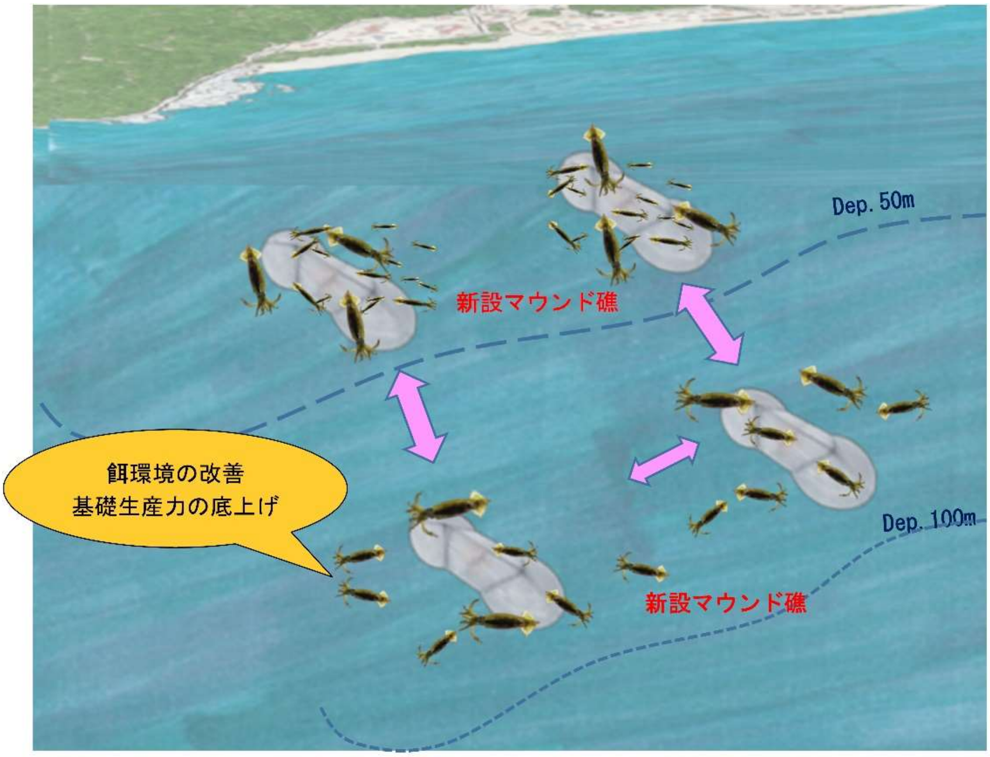


図 e-(2)-49 スルメイカの魚礁配置計画図

○課題

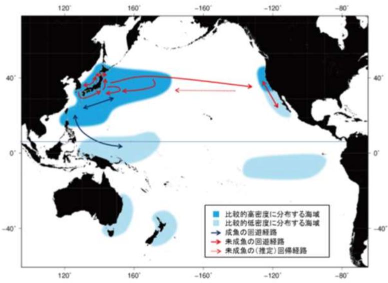
表 e-(2)-34 スルメイカの課題

成長段階	課題
卵	—
稚イカ	各成長段階の詳細な分布及び魚礁への蝟集について調査する必要がある。
未成体	
成体	
産卵成体	—

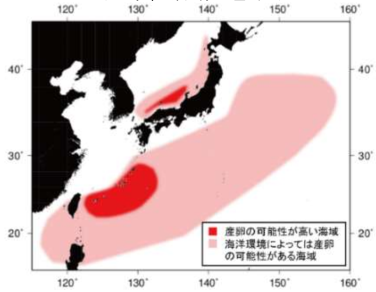
1)-1-1-17 クロマグロ（グループ H）

○分布図(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

太平洋系群



産卵場概念図



（日本周辺の主な漁場）

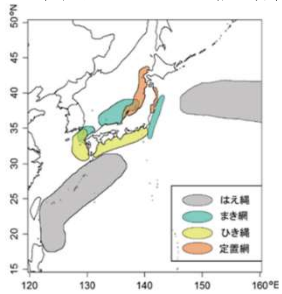


図 e-(2)-50 クロマグロの分布図

○生活史概略図

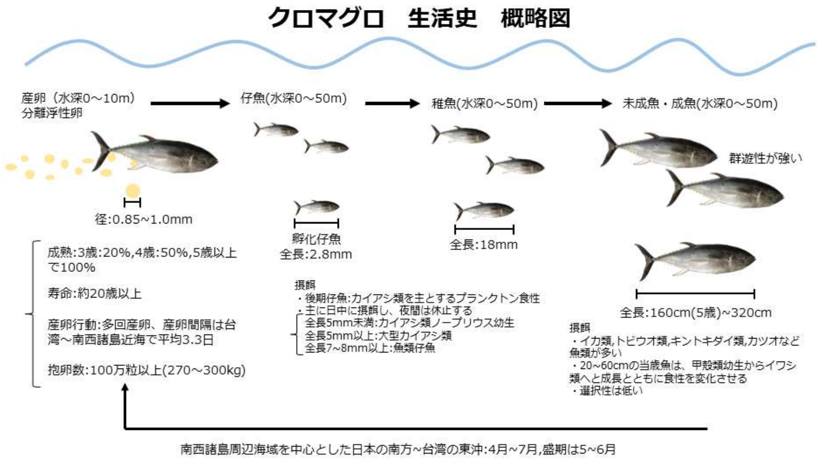


図 e-(2)-51 クロマグロの生活史概略図

○成長段階ごとの漁場整備による対策

表 e-(2)-35 クロマグロの成長段階ごとの漁場整備による対策

成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策（魚礁）	施策の適応可能性 沿岸域（想定水深0～50m）	施策の適応可能性 沖合域（想定水深50m以深）
卵	－	・分離浮性卵のため、卵そのものに対する対策は難しい。	－	×	×
仔稚魚	餌環境の改善 基礎生産力の底上げ	・仔稚魚の分布域が不明なため、仔稚魚に対する対策は難しい。	－	×	×
未成魚	餌環境の改善	・浮魚礁でクロマグロに対する蝟集効果、餌料生物の蝟集効果による餌環境の改善。 ・マウンド礁と浮魚礁の組み合わせにより、餌となるスルメイカの増殖とセットで考えた餌環境の改善。	マウンド礁 浮魚礁	○	○
成魚				○	○
産卵親魚	産卵親魚の保護	・漁場整備による対策は難しいため、漁獲制限等のソフト対策による産卵親魚の保護。	－	×	×

○漁場整備の方向性

1.仔稚魚～成魚　：マウンド礁
2.未成魚～成魚　：浮魚礁

○魚礁配置計画の方針

1.成長段階に応じた分布域であること。
2.回遊経路となる海域であること。
3.マウンド礁が整備可能な安定した流動場であり、餌生物（スルメイカ）の増殖が見込めること。
4.マウンド礁の増殖効果範囲内に浮魚礁を整備できる海域であること。

○魚礁配置計画図

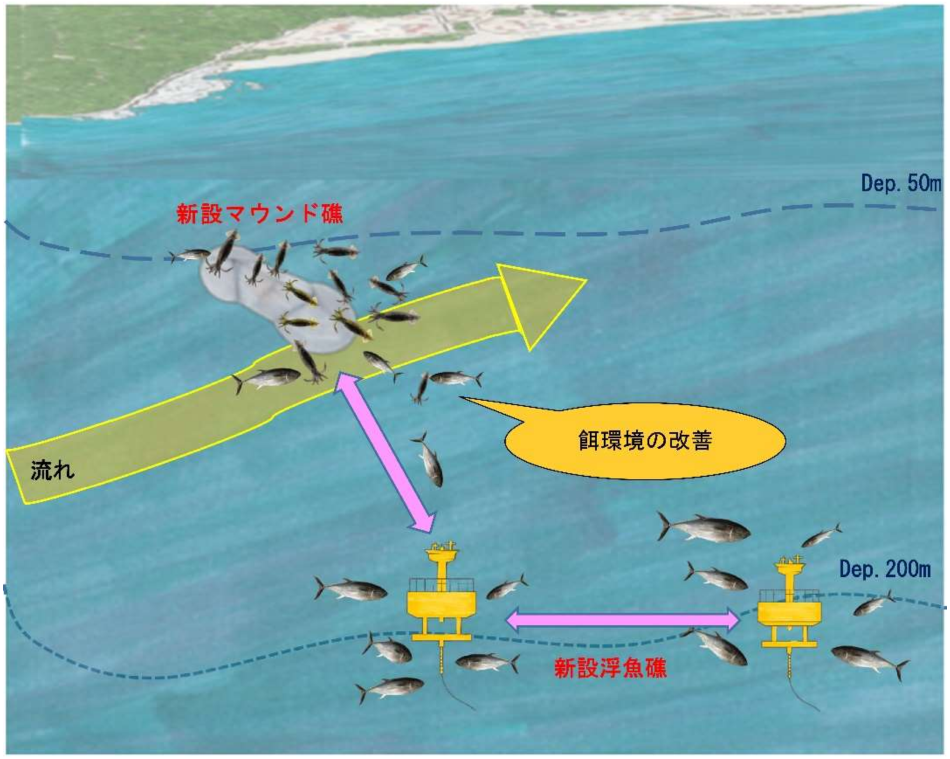


図 e-(2)-52 クロマグロの魚礁配置計画図

○課題

表 e-(2)-36 クロマグロの課題

成長段階	課題
卵	―
仔稚魚	仔稚魚の詳細な分布について調査する必要がある。
未成魚	回遊経路を調査する必要がある。
成魚	
産卵親魚	―

1)-1-1-18 カツオ（グループ H）

○<u>分布図</u>(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

太平洋中西部

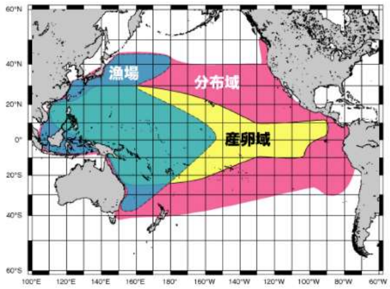


図 e-(2)-53 カツオの分布図

○<u>生活史概略図</u>

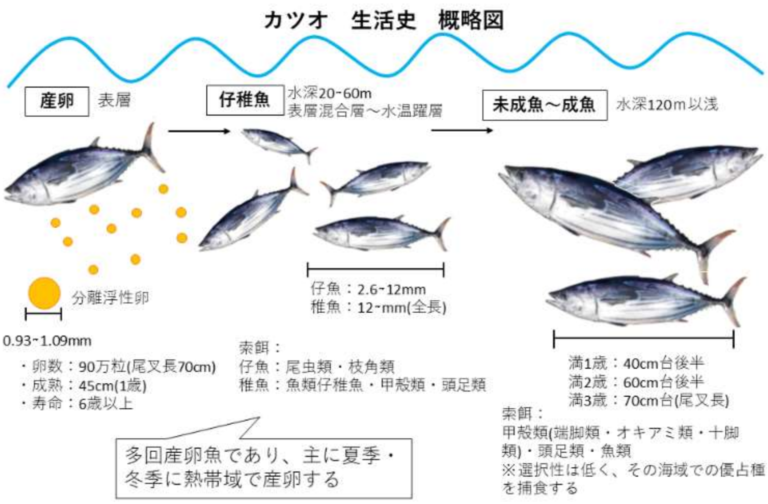


図 e-(2)-54 カツオの生活史概略図

○<u>成長段階ごとの漁場整備による対策</u>

表 e-(2)-37 カツオの成長段階ごとの漁場整備による対策

成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策(魚礁)	施策の適応可能性	
				沿岸域(想定水深0～50m)	沖合域(想定水深50m以深)
卵	－	・分離浮性卵のため、卵そのものに対する対策は難しい。	－	×	×
仔稚魚	餌環境の改善 基礎生産力の底上げ	・仔稚魚の分布域が不明なため、仔稚魚に対する対策は難しい。	－	×	×
未成魚	餌環境の改善	・浮魚礁でカツオに対する蝟集効果、餌料生物の蝟集効果による餌環境の改善。 ・マウンド礁と浮魚礁の組み合わせにより、餌となるスルメイカの増殖とセットで考えた餌環境の改善。	マウンド礁 浮魚礁	○	○
成魚				○	○
産卵親魚	産卵親魚の保護	・日本周辺海域に産卵場は分布していないため、産卵親魚に対する対策は難しい。	－	×	×

○<u>漁場整備の方向性</u>

　１.仔稚魚～成魚　：マウンド礁

　２.未成魚～成魚　：浮魚礁

○<u>魚礁配置計画の方針</u>

１.成長段階に応じた分布域であること。

２.回遊経路となる海域であること。

３.マウンド礁が整備可能な安定した流動場であり、餌生物（スルメイカ）の増殖が見込めること。

４.マウンド礁の増殖効果範囲内に浮魚礁を整備できる海域であること。

○<u>魚礁配置計画図</u>

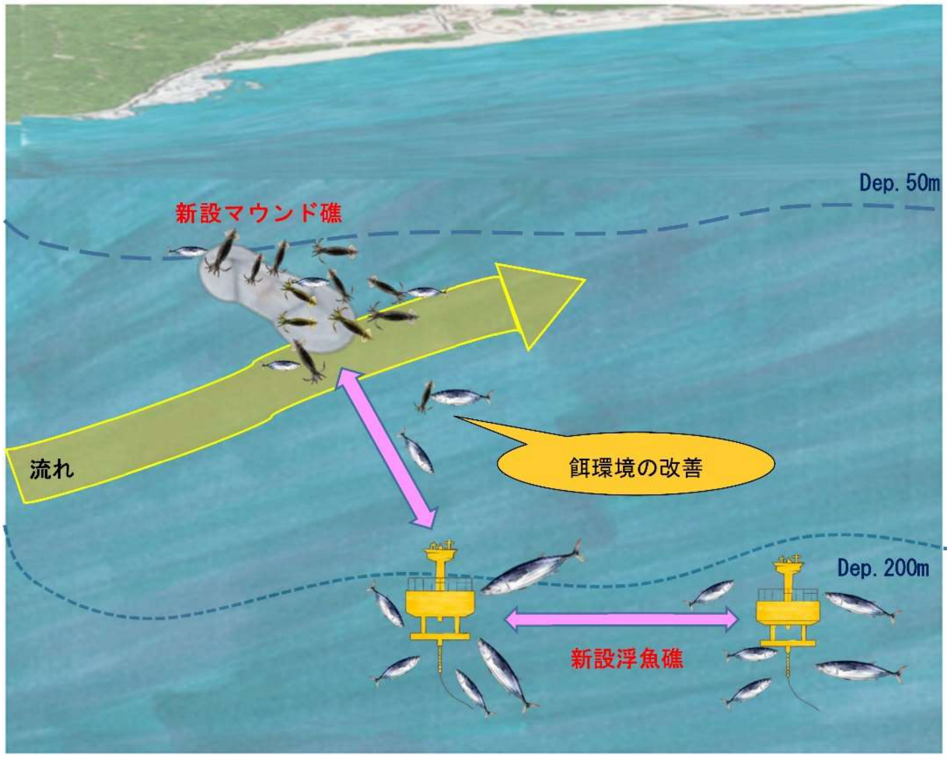


図 e-(2)-55 カツオの魚礁配置計画図

○<u>課題</u>

表 e-(2)-38 カツオの課題

成長段階	課題
卵	―
仔稚魚	仔稚魚の詳細な分布について調査する必要がある。
未成魚	回遊経路を調査する必要がある。
成魚	
産卵親魚	―

1)-1-1-19 サンマ（その他）

○分布図(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

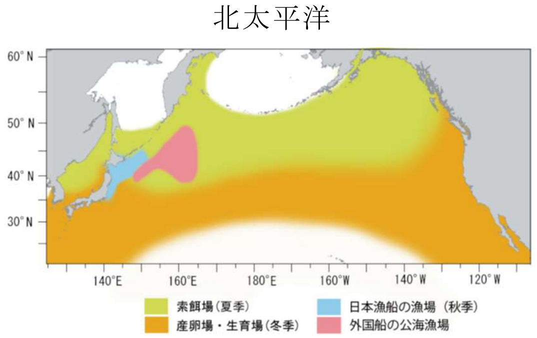


図 e-(2)-56 サンマの分布図

○生活史概略図

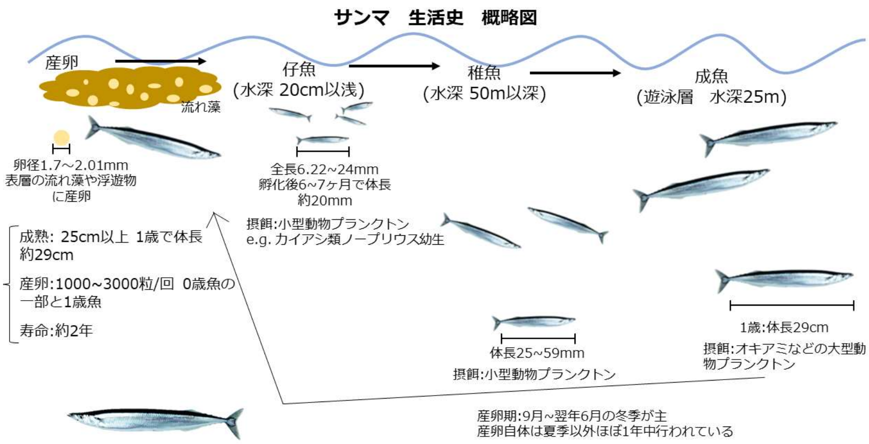


図 e-(2)-57 サンマの生活史概略図

○課題

表 e-(2)-39 サンマの課題

成長段階	課題
卵	流れ藻に産卵するため、産卵場の特定及び産卵しやすい環境の調査を行う必要がある。
仔稚魚	回遊経路及び魚礁性の有無について調査する必要がある。
未成魚	
成魚	
産卵親魚	

1)-1-1-20 サワラ（その他）

○分布図(出典：我が国周辺水域の漁業資源評価)

瀬戸内海　　　　　　　　東シナ海

図 e-(2)-58 サワラの分布図

○生活史概略図

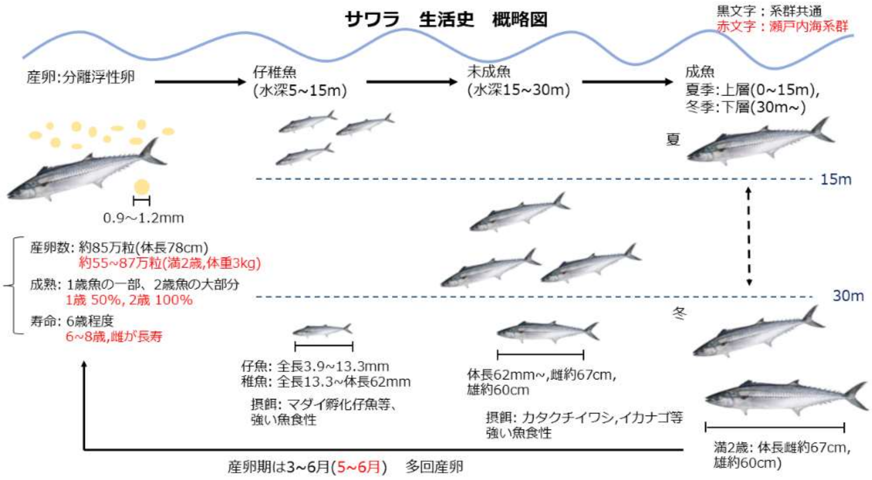


図 e-(2)-59 サワラの生活史概略図

○課題

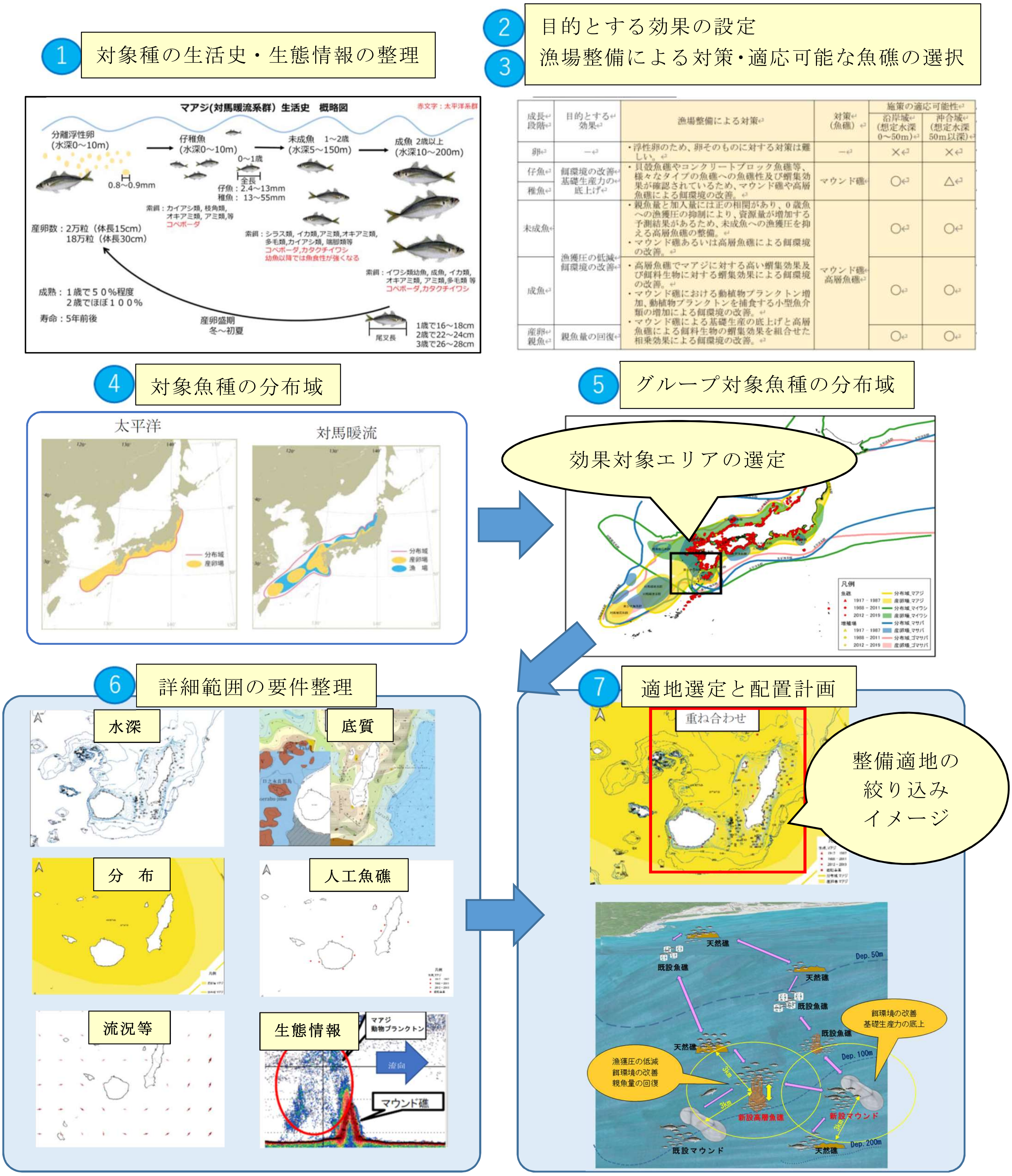
表 e-(2)-40 サワラの課題

成長段階	課題
卵	—
仔稚魚	仔稚魚の分布及び魚礁性の有無について調査する必要がある。
未成魚	回遊経路及び魚礁性の有無について調査する必要がある。
成魚	
産卵親魚	

1)-2 対象魚種の適地選定

1)-2-1 適地選定フロー

適地選定フローの一例を以下に示す。



成長段階	目的とする効果	漁場整備による対策	対策(魚礁)	施策の適応可能性	
				沿岸域(想定水深0～50m)	沖合域(想定水深50m以深)
卵	—	・浮性卵のため、卵そのものに対する対策は難しい。	—	×	×
仔魚 稚魚	餌環境の改善 基礎生産力の底上げ	・貝殻魚礁やコンクリートブロック魚礁等、様々なタイプの魚礁への魚礁性及び蝟集効果が確認されているため、マウンド礁や高層魚礁による餌環境の改善。	マウンド礁	○	△
未成魚	漁獲圧の低減 餌環境の改善	・親魚量と加入量には正の相関があり、0歳魚への漁獲圧の抑制により、資源量が増加する予測結果があるため、未成魚への漁獲圧を抑える高層魚礁の整備。 ・マウンド礁あるいは高層魚礁による餌環境の改善。	マウンド礁 高層魚礁	○	○
成魚		・高層魚礁でマアジに対する高い蝟集効果及び餌料生物に対する蝟集効果による餌環境の改善。 ・マウンド礁における動植物プランクトン増加、動植物プランクトンを捕食する小型魚介類の増加による餌環境の改善。 ・マウンド礁による基礎生産の底上げと高層魚礁による餌料生物の蝟集効果を組合せた相乗効果による餌環境の改善。		○	○
産卵親魚	親魚量の回復			○	○

図 e-(2)-60 適地選定の事例（グループ A）

1)-2-2 適地選定の考え方

適地選定は、漁場整備の対象とする成長段階に対して、構造物の絞り込み、環境条件の絞り込みを行った上で、魚種毎に漁場整備の適地と考えられる海域の選定を行った。

広域的（日本地図スケール）には、各系群の分布図及び生活史概略図を利用し、可能な限り同グループの複数種に効果が期待できる対象地域を選定する。次に、選定した対象地域から整備適地を絞り込む際に、詳細な各成長段階の分布図や対象地域の整備済漁場施設の効果調査結果、環境条件（水深、地形、水温、流況、底質、餌料生物分布）等の情報が必要になる。

本業務では、これらの条件を可能な限り重ね合わせて整備適地を選定したが、具体的な整備箇所を選定する際には成長段階ごとの詳細な分布・回遊経路や底質等の環境条件、既存魚礁の効果調査等、不足情報を補間するための調査や、漁場や操業状況等の社会的条件の調整が必要である。

表 e-(2)-41 適地対象地域の絞り込み条件例（マアジ）

<table>
<tr><td rowspan="6">項目</td><td>対象地域</td><td>成長段階</td><td>漁場整備の内容</td><td>環境条件</td><td>漁場整備の実績</td></tr>
<tr><td rowspan="5">太平洋系群
対馬暖流系群</td><td>卵</td><td>－</td><td>－</td><td>－</td></tr>
<tr><td>仔魚</td><td rowspan="2">マウンド礁</td><td rowspan="4">水深
地形
水温
流況
底質(地盤支持力)
餌料生物分布</td><td rowspan="4">漁場施設への蝟集
滞留期間
滞留時期
餌料生物分布</td></tr>
<tr><td>稚魚</td></tr>
<tr><td>未成魚</td><td rowspan="2">マウンド礁
高層魚礁</td></tr>
<tr><td>成魚</td></tr>
</table>

構造物を選定し、環境条件や漁場整備の実績により条件設定

広域（日本地図スケール）での絞り込み	
分布図	同グループの他魚種を意識した海域
生活史概略図	水平及び鉛直移動・回遊経路を考慮した海域

生活史及び分布図より効果的かつ効率的なエリアを選定

詳細な海域（対象地域スケール）での絞り込み	
詳細分布図	対象地域における成長段階別分布図や移動・回遊経路
漁場整備の実績	対象地域の整備済漁場施設の効果調査結果、既存魚礁との連携の可能性
環境条件	水深図、水深帯別水温、流況図、底質分布、プランクトン調査結果等

絞り込み条件より詳細な海域を選定

具体的な整備箇所（ピンポイント）での絞り込み	
不足情報の補間	対象地域における成長段階別分布図や移動・回遊経路の調査
	対象地域の整備済漁場施設の効果調査
	水温や流況、底質、プランクトン調査等の環境調査
社会的条件	漁場、漁法、操業状況等

1)-2-3 各グループの適地選定の一例

各グループの適地選定の一例を以降に示す。

1)-2-3-1 適地選定の一例（グループ A）

マアジ及びグループ A（マアジ、マイワシ、マサバ、ゴマサバ）の適地選定例を以下に示す。

マアジの成長段階別の対策を表 e-(2)-42 に、環境条件を表 e-(2)-43 に示す。なお、マアジと分布域やシナリオが類似しているグループ A（マアジ、マイワシ、マサバ、ゴマサバ）についても表 e-(2)-42 に示した。

マアジに対しては、マウンド礁及び高層魚礁ともに漁場整備の実績が有り、全ての成長段階に増殖効果が期待できるマウンド礁の整備が有効と考えられる。

マウンド礁の整備により局所的湧昇を強化することによって、底層からの栄養塩の供給を促進しその効果の拡充が考えられる。マウンド礁による餌料培養効果と高層魚礁による餌料生物の蝟集効果を組み合わせた相乗効果による餌環境の改善も有効と考えられる。本検討では、マウンド礁の整備を前提として適地選定を行った。

マウンド礁の整備を前提としてマアジの生息水深と水温を考慮すると、水深 200m 程度までの沿岸域で、湧昇流を発生させるための速い流れと底層に豊富な栄養塩がある海域を選定すれば良いと考えられる。

表 e-(2)-42 グループ A における成長段階別の対策

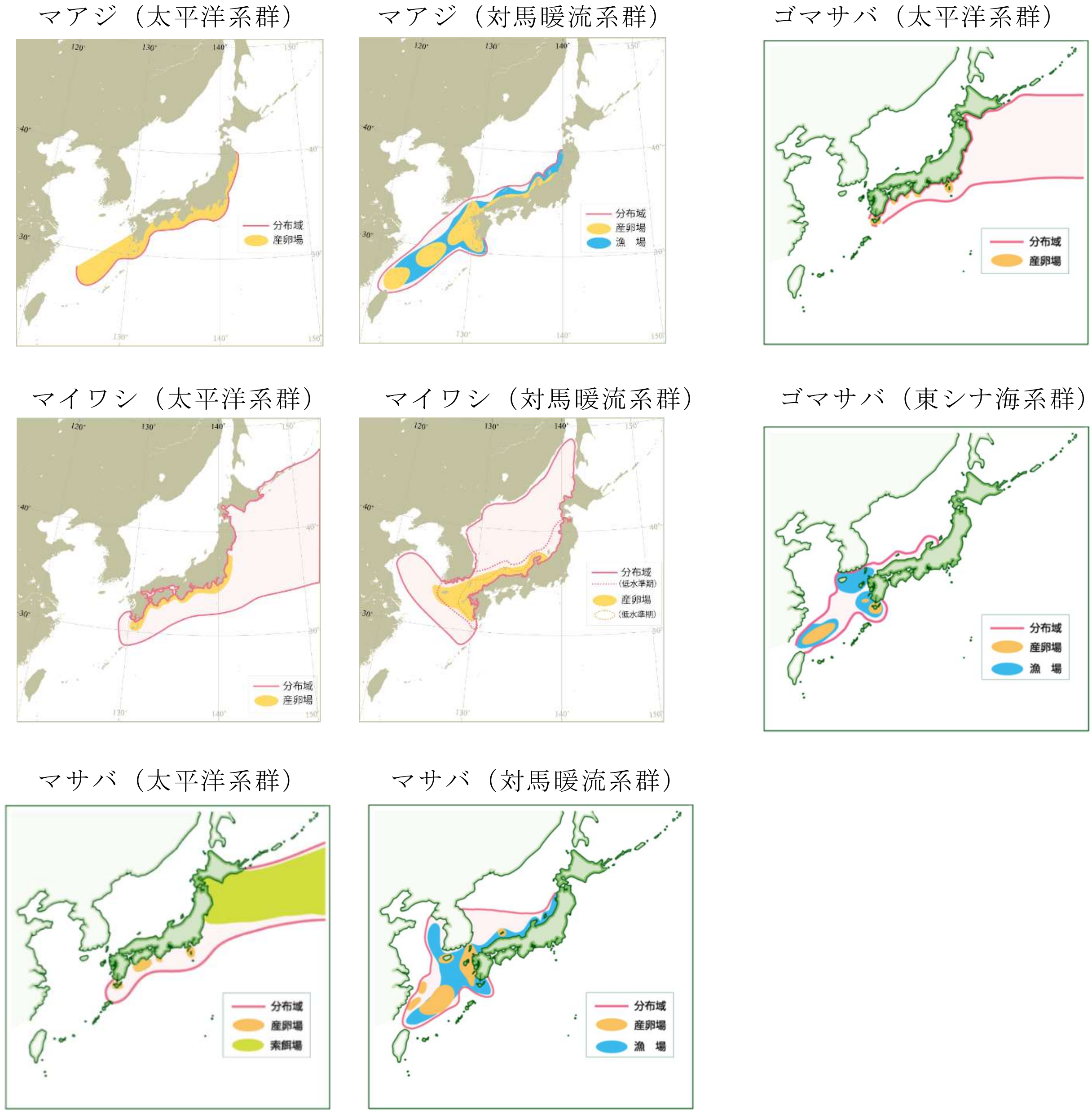
<table>
<tr><td>成長段階</td><td colspan="2">考え方（案）</td><td colspan="2">対策
（魚礁）</td><td colspan="2">整備実績
の有無</td></tr>
<tr><td>対象魚種</td><td>マアジ
マサバ
ゴマサバ</td><td>マイワシ</td><td>マアジ
マイワシ
マサバ
ゴマサバ</td><td>マアジ
マサバ
ゴマサバ</td><td>マアジ
マサバ
マイワシ</td><td>ゴマサバ</td></tr>
<tr><td>仔魚</td><td rowspan="2">餌環境の改善
基礎生産力の
底上げ</td><td rowspan="4">餌環境の改善
基礎生産力の
底上げ</td><td rowspan="5">マウンド礁</td><td rowspan="2">－</td><td rowspan="2">有</td><td rowspan="5">無</td></tr>
<tr><td>稚魚</td></tr>
<tr><td>未成魚</td><td rowspan="2">漁獲圧の低減
餌環境の改善</td><td rowspan="3">高層魚礁</td><td rowspan="3">有</td></tr>
<tr><td>成魚</td></tr>
<tr><td>産卵親魚</td><td>親魚量の回復</td><td>産卵親魚の
保護</td></tr>
</table>

表 e-(2)-43 マアジに対する環境条件の絞り込み

<table>
<tr><td>成長段階</td><td>水深</td><td>水温</td><td>流況</td><td>底質</td></tr>
<tr><td>仔魚</td><td rowspan="2">好適値：0～10m</td><td rowspan="2">好適値：15～20℃
限界値：12～30℃</td><td rowspan="3">－</td><td rowspan="5">－</td></tr>
<tr><td>稚魚</td></tr>
<tr><td>未成魚</td><td>好適値：10～50m
限界値：5～150m</td><td>好適値：20～25℃
限界値：15～26℃</td></tr>
<tr><td>成魚</td><td rowspan="2">好適値：10～90m
限界値：20～
200m</td><td rowspan="2">好適値：19～23℃
限界値：18～27℃</td><td rowspan="2">体長の 2.5 倍
相当(cm/s)</td></tr>
<tr><td>産卵親魚</td></tr>
</table>

<u>a. 対象魚種の分布域</u>

グループ A（4 魚種）の生息分布、産卵場分布より、生態特性が類似している複数種に対して最大の効果が得られると考えられる、分布域が重複したトカラ海峡付近を整備適地の一例として選定した（図 e-(2)-62 黒枠参照）。



出典）平成 30 年度及び令和元年度　我が国周辺水域の漁業資源評価

図 e-(2)-61 グループ A（4 魚種）の分布図

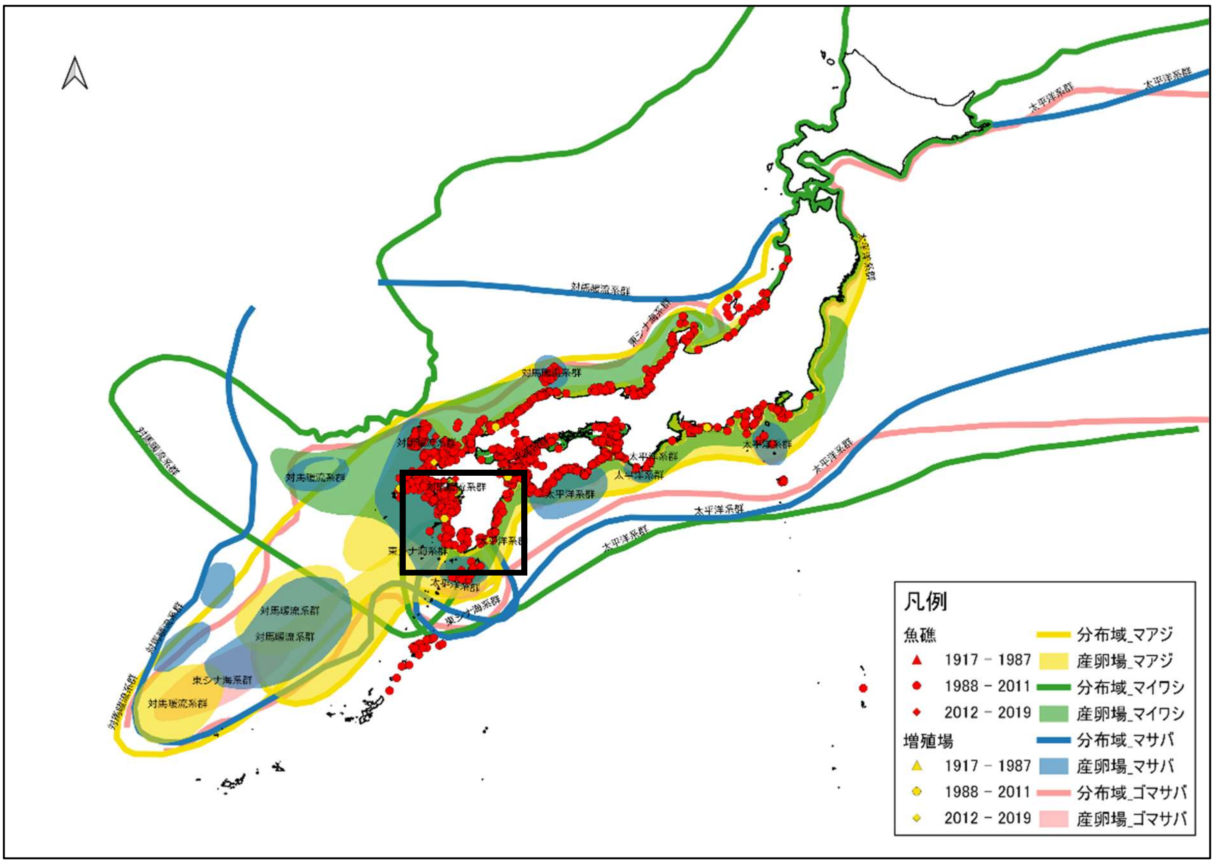


図 e-(2)-62 グループ A の分布図

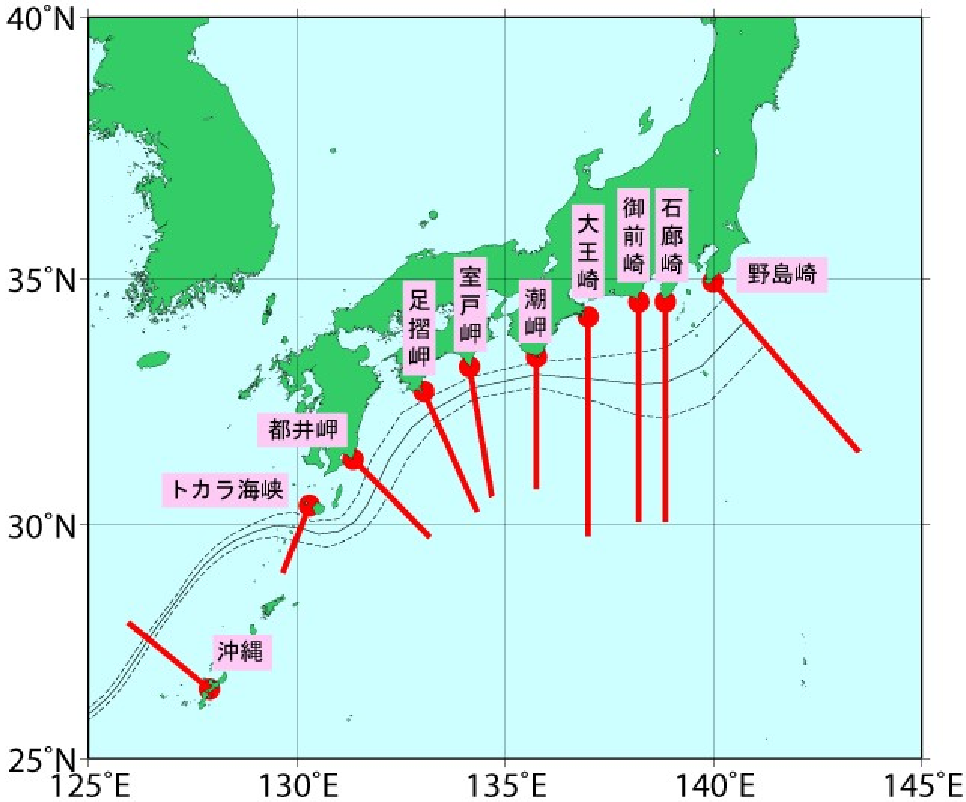
b. 地形等条件

マウンド礁の整備条件として、安定した速い流速と基礎生産力向上のための栄養塩類が重要である。

気象庁の「海洋の健康診断表：黒潮までの距離」（図 e-(2)-64 参照）によると、過去 5 年間で多くの測線において黒潮が離岸と接岸を繰り返しているが、トカラ海峡では一時的な離岸がみられるものの、測線の基点から 30km 付近にほぼ安定していることがわかる。

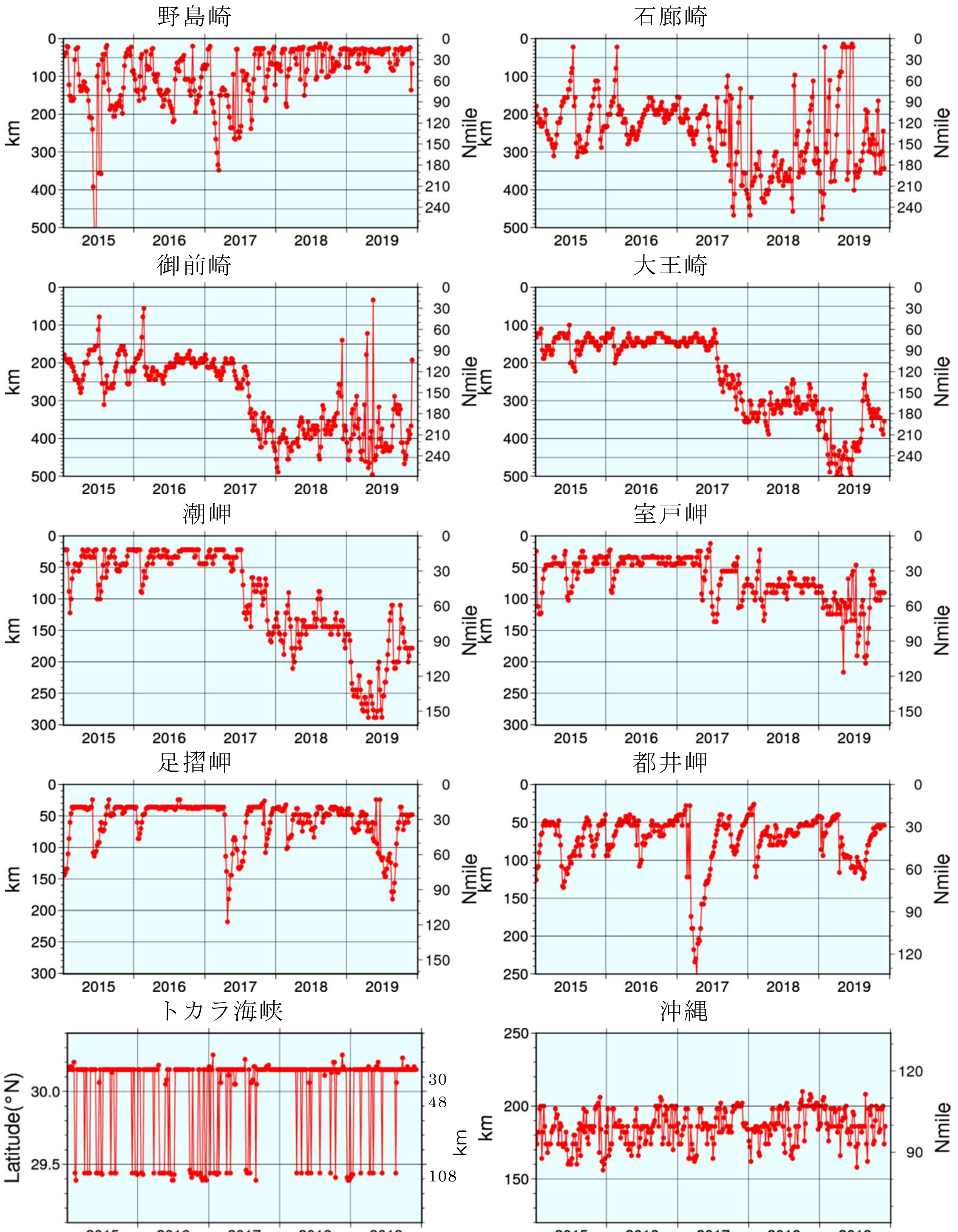
また、JAXA ひまわりモニタ「分野横断型プロダクト提供システム」のクロロフィル a 濃度分布（図 e-(2)-65 参照）によると、春季にトカラ海峡付近で高いクロロフィル a 濃度がみられ、栄養塩類の供給が良好な海域と考えられる。

従って、トカラ海峡付近は、黒潮による安定した一方向の流れ（東流）と速い流速（2knot 以上）があり、マウンド礁の設置により栄養塩の供給が期待できる海域と考えられる。



※ 赤丸は流軸距離算出の基準としている点
※ 実線は、1985 年から 2007 年までの平均的な黒潮流軸の位置
※ 破線は、黒潮流軸の標準的な変動幅（流軸距離の標準偏差を平均値からのずれで表したもの）
出典）気象庁 HP「海洋の健康診断表」

図 e-(2)-63 黒潮までの距離算出測線

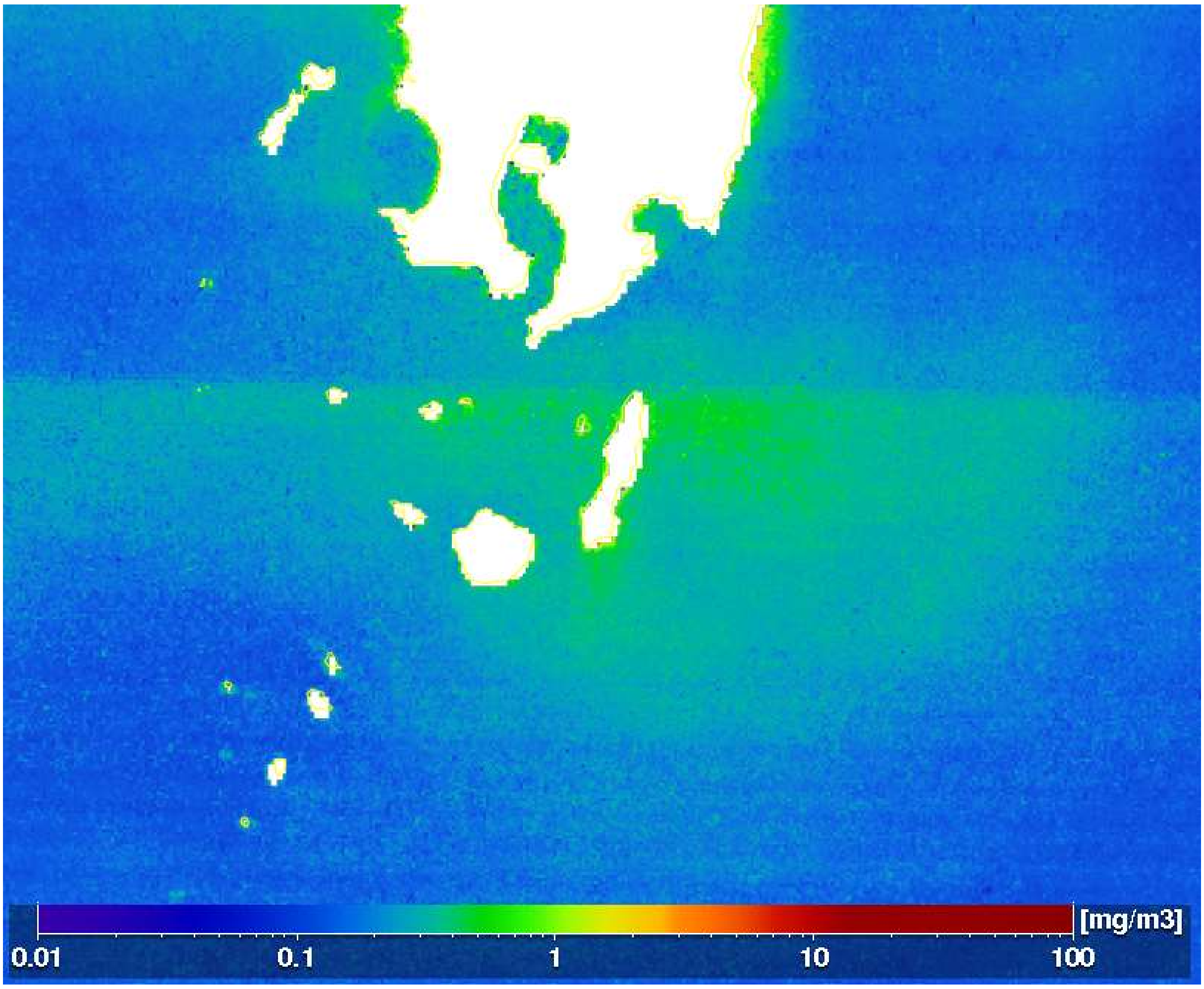


※　流軸までの距離は、基準となる点から黒潮流軸までのラインに沿った距離として定義

※　トカラ海峡においては、基準となる点からの距離ではなく、トカラ海峡における黒潮流軸の位置（緯度）

出典）気象庁 HP「海洋の健康診断表」

図 e-(2)-64 黒潮までの距離

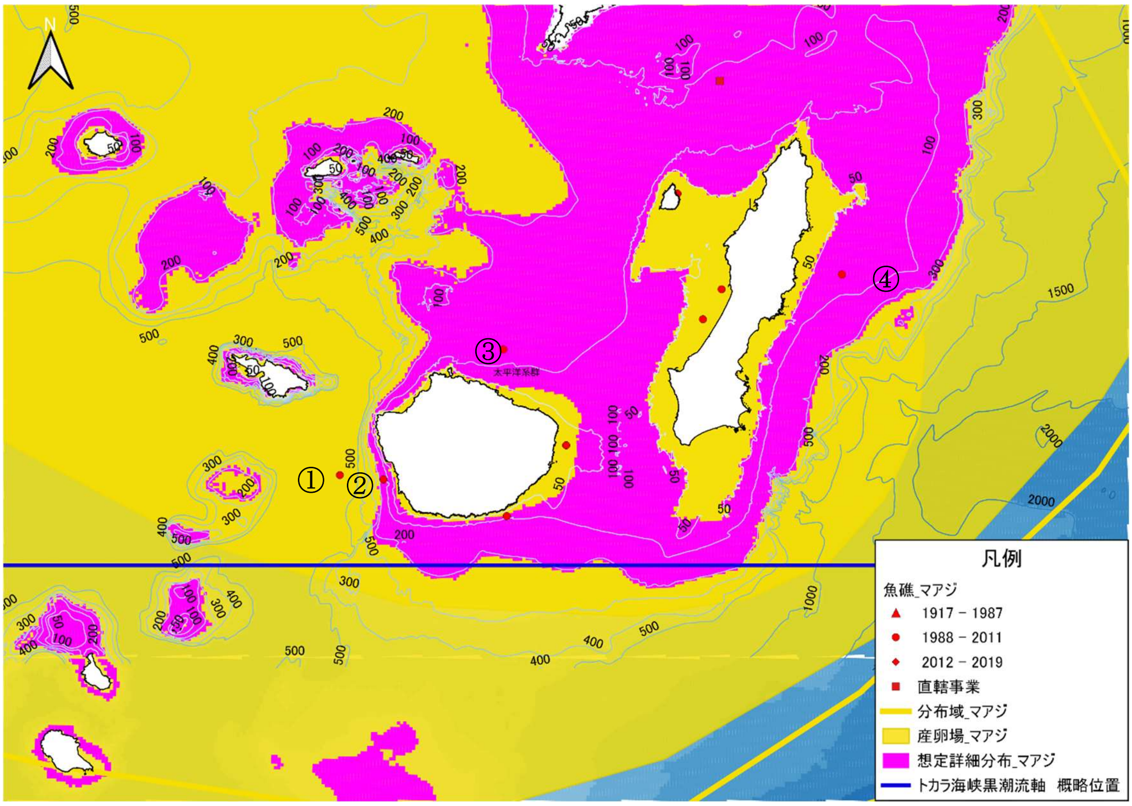


出典）JAXA ひまわりモニタ HP「分野横断型プロダクト提供システム」

図 e-(2)-65 トカラ海峡周辺海域のクロロフィル a 濃度分布図（2017 年 5 月）

c.既存の漁場整備実績

黒潮流軸が最も安定したトカラ海峡付近の屋久島・種子島周辺には、マアジを対象とした漁場整備の実績があり、高さ 20m 以上の高層魚礁もある。また、大隅海峡には直轄のマウンド礁が整備中であり、この海域はマウンド礁と高層魚礁の組合せを考慮した配置を考える事が可能な海域である。



※ 青線：黒潮流軸概略位置（北緯 30° 9′ 付近）

図 e-(2)-66 マアジの魚礁整備位置とトカラ海峡の黒潮流軸概略位置

表 e-(2)-44 屋久島・種子島周辺の高層魚礁一覧

番号	魚礁名	高さ	設置数
①	スーパーSK1300S	20m	2 基
	kk-21-C	21m	2 基
②	kk-21-C	21m	3 基
	スリースターリーフ I-2SN-FS4 型	20m	2 基
③	スーパーSK1300S	20m	1 基
	スリースターリーフ I-2SN-FS4 型	20m	3 基
④	スーパーSK1300S	20m	1 基
	AS 魚礁 20m-1 型	20m	1 基
	スリースターリーフ I-2SN-FS4 型	20m	4 基

d.適地選定

以上の結果より、マアジの生息水深と大水深域への整備を考慮して、マアジに対して図 e-(2)-67 に示す海域を漁場整備（主にマウンド礁）の適地として選定した。この海域は、マアジ以外のグループＡの魚種（マサバ、マイワシ、ゴマサバ）の分布域と重複しているため、複数種に対しても効果が期待できる海域である。

なお、詳細な整備箇所の選定については、この海域での既存魚礁の効果や各成長段階の詳細分布、回遊経路、栄養塩の分布等を現地調査により把握し、漁業との調整を図った上で整備適地を絞り込む必要がある。マウンド礁の整備条件を表 e-(2)-45 に、整備適地の絞り込みイメージを図 e-(2)-68 に示す。

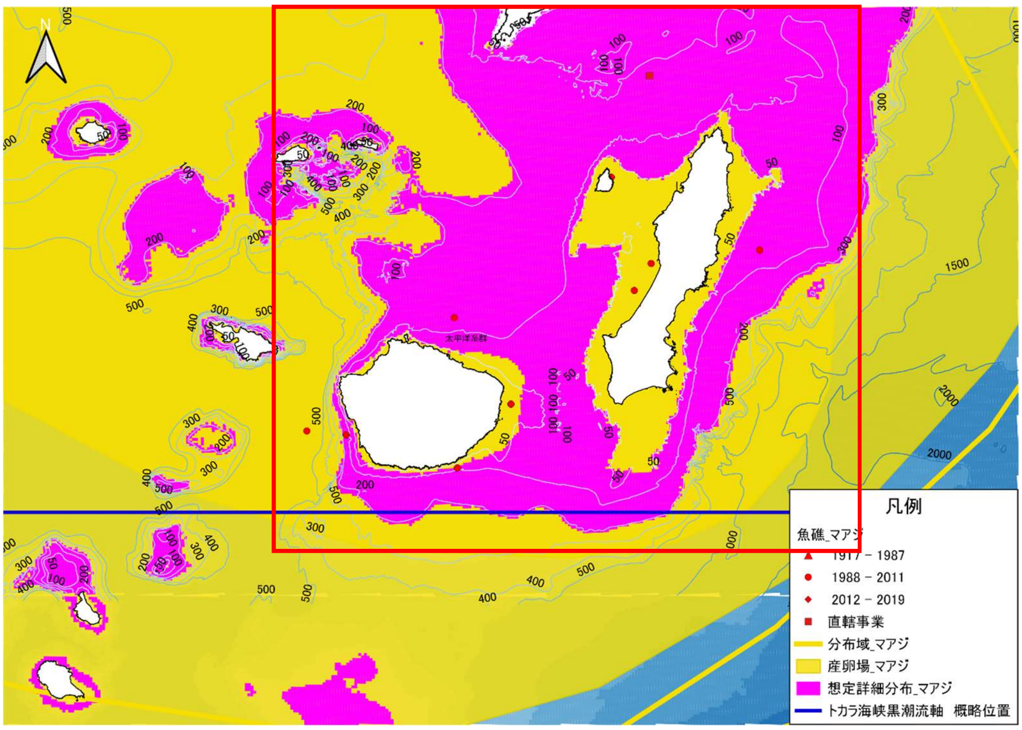


図 e-(2)-67 マアジの漁場整備適地海域（赤枠内）

表 e-(2)-45 マウンド礁の整備条件

地形	・堆、海脚、海嶺などの地形変化に富み、流動環境が多様な場所に隣接し、設置位置として起伏のない平坦な海底面の海域 ・波、流れにより洗掘、埋没、転倒、移動が生じない地盤
水深	・対象海域の成層深度、有光層、栄養塩鉛直分布を考慮して、湧昇流発生機能が効果的に発揮できる水深
流況	・湧昇効果が期待できる程度の流れがある海域 ・密度躍層が比較的弱い海域
水質	・底層の栄養塩密度が高く、マウンド礁の設置効果がある海域
安全性	・マウンド型構造物については、自重、浮力、波及び流れなどの作用に対して、マウンド材料が所用質量を満足している必要がある

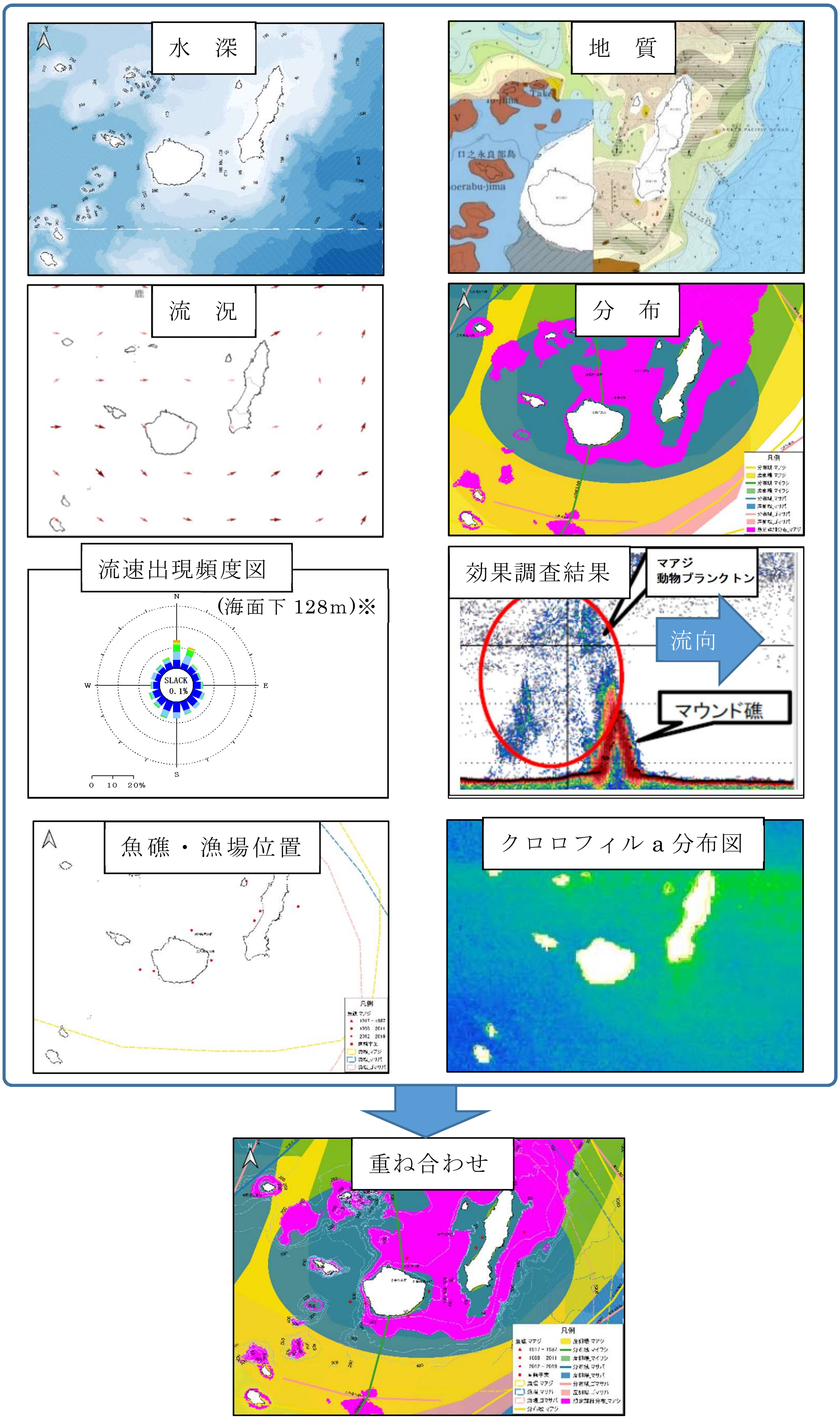


図 e-(2)-68 整備適地の絞り込みイメージ

※五島西方沖のマウンド礁を参考例とした。選定時には実際に調査する必要がある。

出典）平成 30 年度マウンド礁整備流況・水質調査業務報告書

1)-2-3-2 適地選定の一例（グループ B）

マダラの適地選定例を以下に示す。

マダラの成長段階別の対策を表 e-(2)-46 に、環境条件を表 e-(2)-47 に示す。

マダラに対しては、従来型沈設魚礁の漁場整備の実績が有り、未成魚（着底稚魚含む）以降の成長段階に増殖効果が期待でき、魚礁への蝟集が確認されている従来型沈設魚礁の整備が有効と考えられる。

また、ピラミッド型の高さのある魚礁への蝟集も確認されていることから、高層魚礁も有効と考えられ、従来型沈設魚礁と高層魚礁の組合せを考慮し、既存魚礁の位置と海域条件に応じて選択することとした。本検討では、従来型沈設魚礁の整備を前提として適地選定を行った。

従来型沈設魚礁の整備を前提としてマダラの生息水深と水温を考慮すると、水深 200m 程度の大陸棚海域で、流れが緩やかな海域を選定すれば良いと考えられる。

表 e-(2)-46 マダラにおける成長段階別の対策

<table>
<tr><th>成長段階</th><th>考え方（案）</th><th>対策（魚礁）</th><th>整備実績の有無</th></tr>
<tr><td>対象魚種</td><td colspan="3">マダラ</td></tr>
<tr><td>卵</td><td>産卵場の
保全・拡張</td><td>覆砂・捨石</td><td>―</td></tr>
<tr><td>仔稚魚</td><td>基礎生産力の
底上げ
餌環境の改善</td><td>マウンド礁</td><td>無</td></tr>
<tr><td>未成魚
（着底稚魚
含む）</td><td rowspan="2">餌環境の改善</td><td rowspan="2">高層魚礁
従来型
沈設魚礁</td><td rowspan="3">有</td></tr>
<tr><td>成魚</td></tr>
<tr><td>産卵親魚</td><td>産卵場の
保全・拡張</td><td>従来型
沈設魚礁</td></tr>
</table>

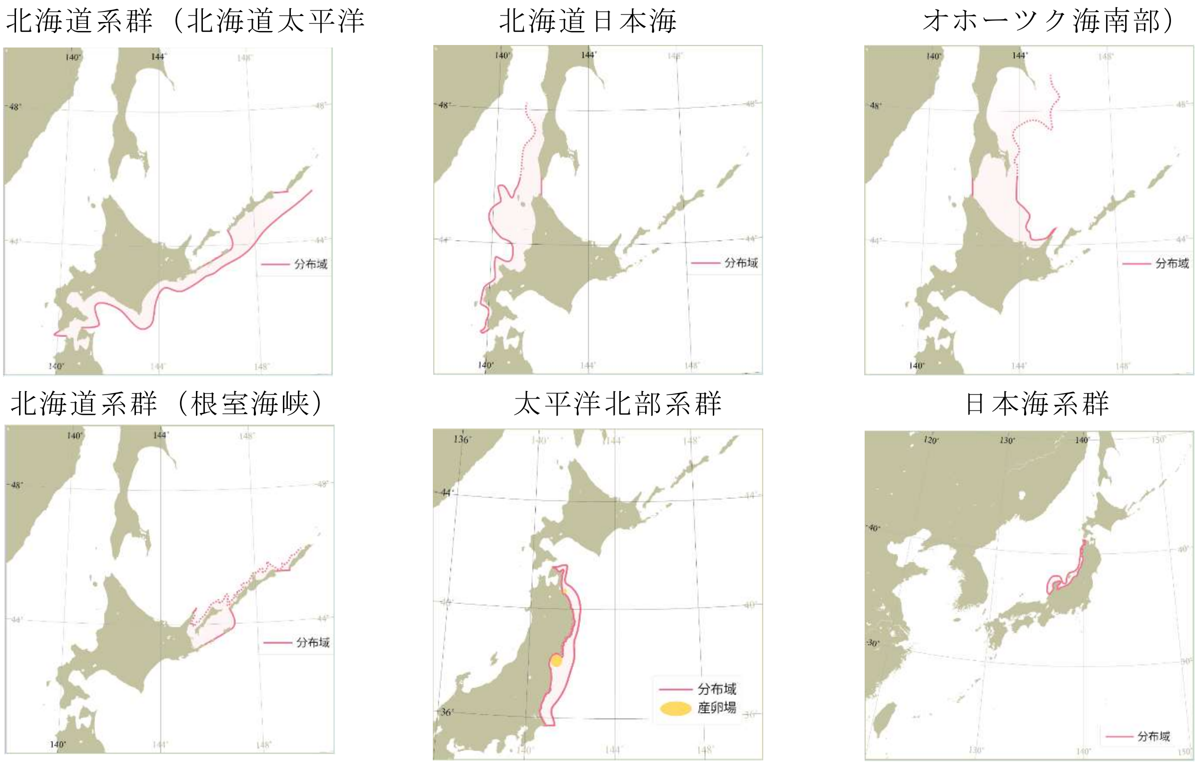
表 e-(2)-47 マダラに対する環境条件の絞り込み

<table>
<tr><th>成長段階</th><th>水深</th><th>水温</th><th>流況</th><th>底質</th></tr>
<tr><td>卵</td><td>100m 以浅</td><td>ふ化適温：3～6℃
好適値：3～8℃
限界値：2～14℃</td><td rowspan="5">―</td><td>泥底・砂泥底・
礫砂底・礫底等</td></tr>
<tr><td>仔稚魚</td><td>10～45m</td><td>7～8℃
限界値：～12℃</td><td rowspan="3">―</td></tr>
<tr><td>未成魚</td><td>200～400m</td><td rowspan="2">3～6℃
好適値：2～4℃</td></tr>
<tr><td>成魚</td><td>550m 以浅の大陸棚及び大陸棚斜面部水域</td></tr>
<tr><td>産卵親魚</td><td>100m 以浅</td><td>産卵時：5～9℃</td><td>泥底・砂泥底・
礫砂底・礫底等</td></tr>
</table>

a.対象魚種の分布域

マダラの生息分布、産卵場分布をみると、北海道周辺海域はマダラが広く分布する海域であり、増殖効果が期待できる海域と考えられる。

本検討では、漁場整備の実績と生態情報が得られやすい、北海道日本海海域を整備適地の一例として選定した（図 e-(2)-70 黒枠参照)。



出典）令和元年度　我が国周辺水域の漁業資源評価

図 e-(2)-69 マダラの分布図

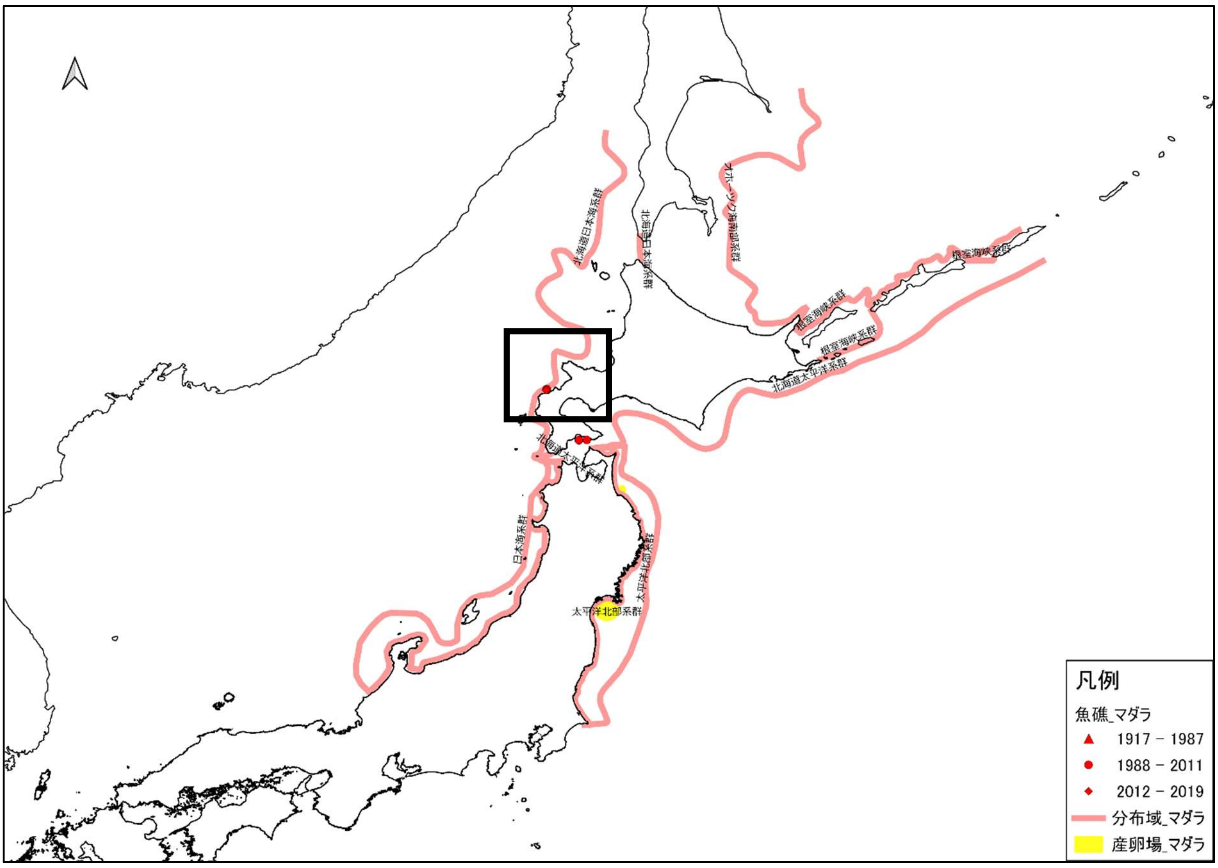


図 e-(2)-70 グループ B の分布図

b.地形等条件

従来型沈設魚礁の整備条件として、造成に適した海底地形（平坦で傾斜が緩やかな位置）が重要であり、既存の漁場整備の実績がある海域が整備適地と考えられる。

海洋状況表示システム「海しる」の海流統計（図 e-(2)-72 参照）によると、北海道日本海海域の流況は、水深 100～200m においては、全年統計で概ね流速 0.8knot までの緩やかな流況であり、魚礁設置に適していると考えられる。

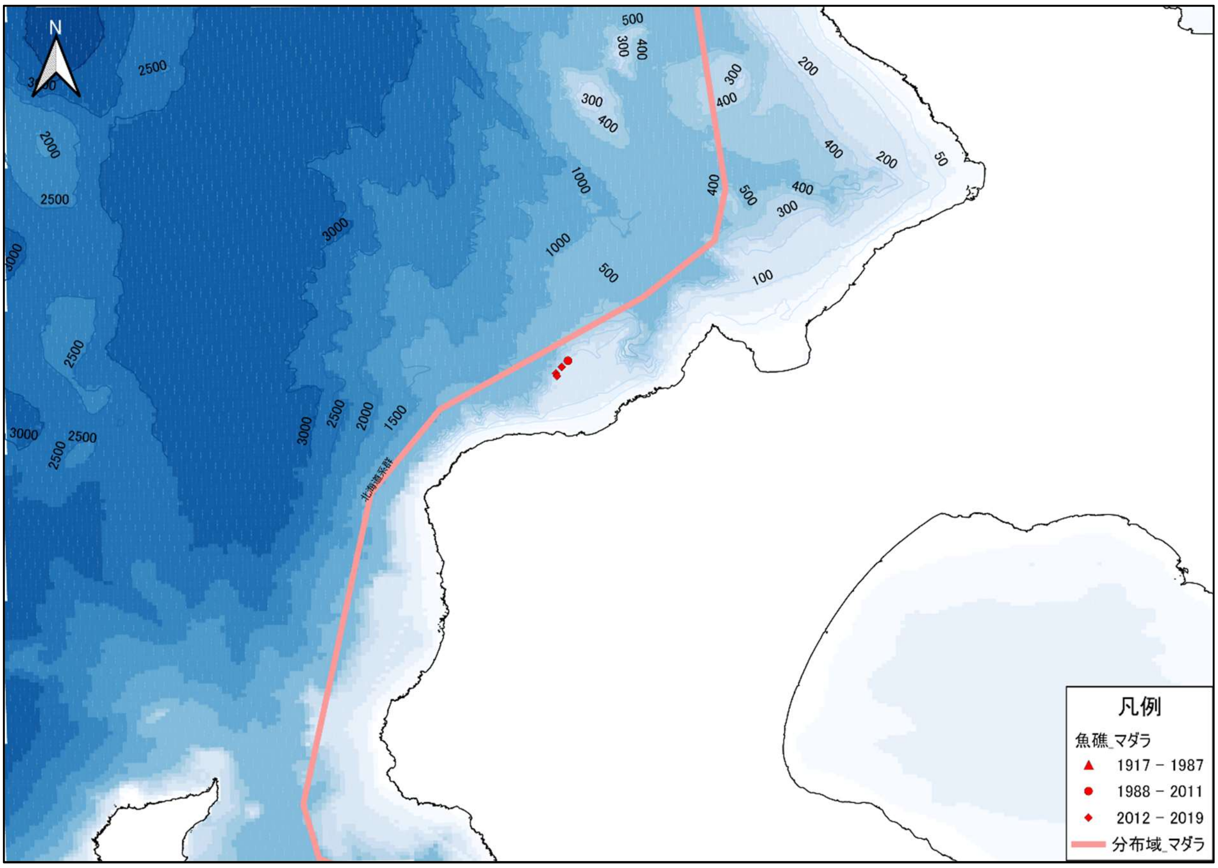
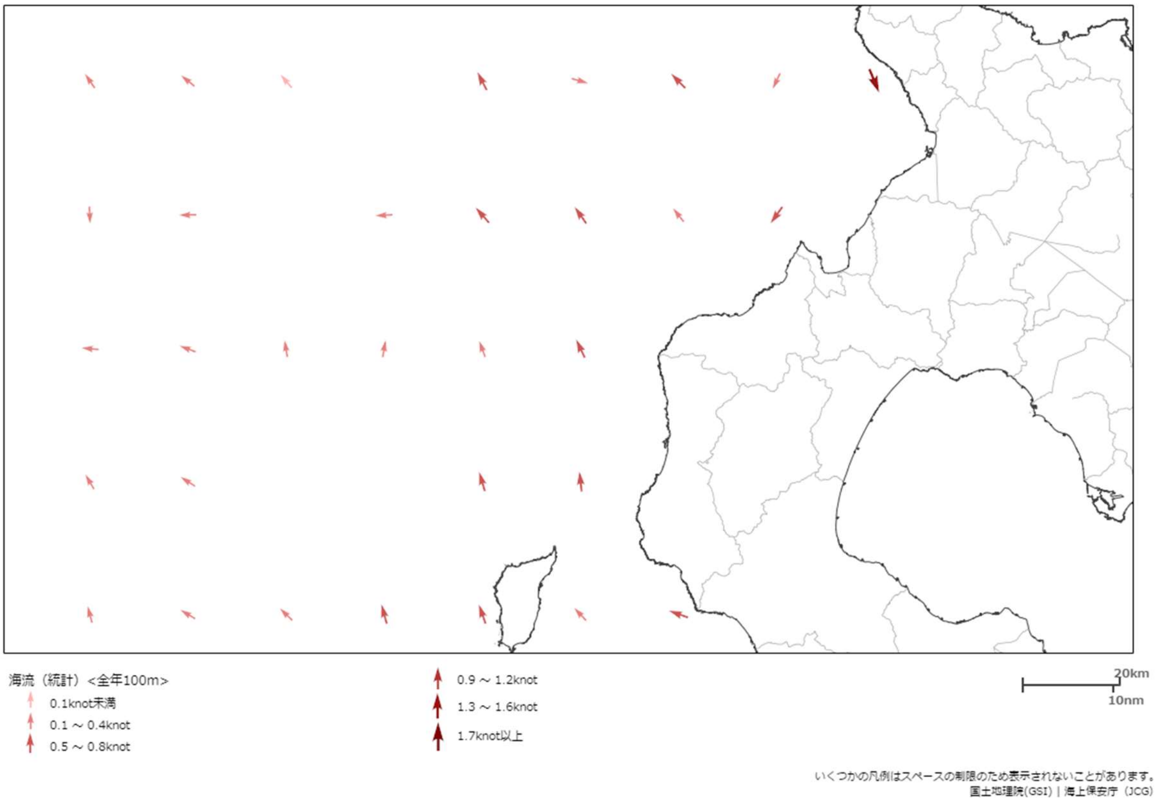
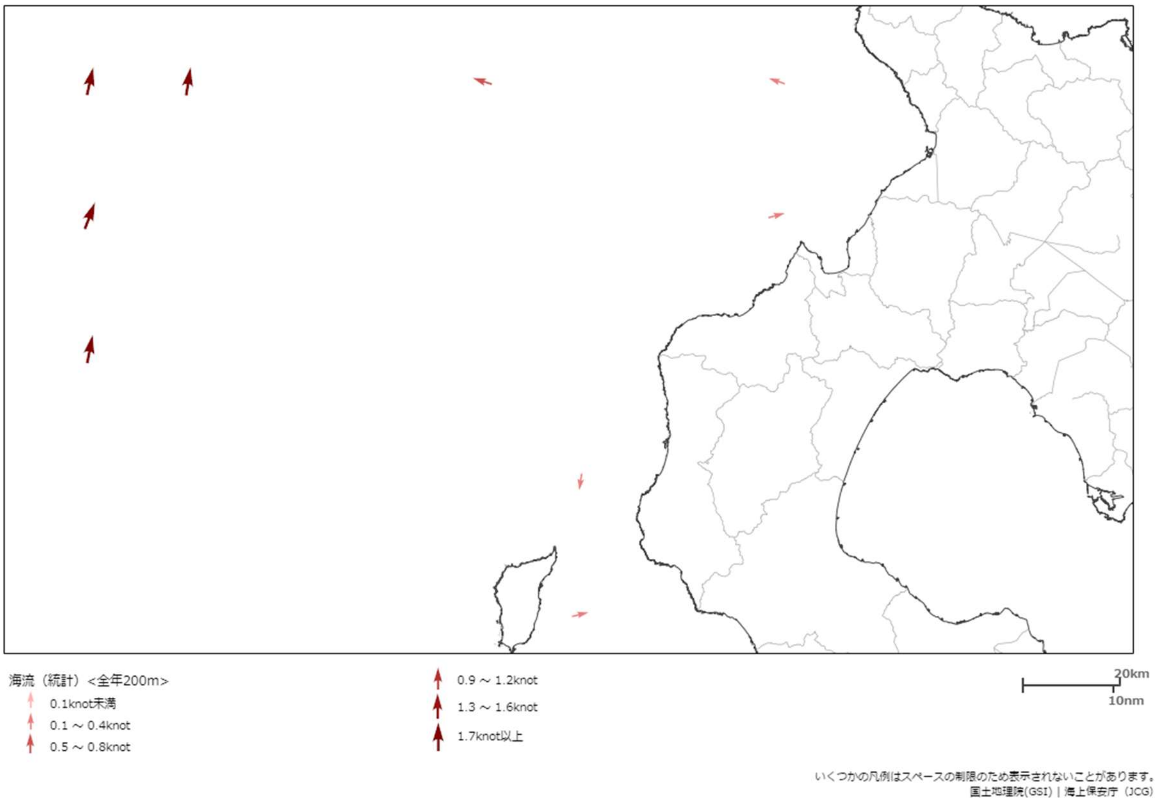


図 e-(2)-71 北海道日本海海域の水深図

出典）海洋状況表示システム HP「海しる」





出典）海洋状況表示システム HP「海しる」

図 e-(2)-72 北海道日本海海域の流況図（上：水深 100m、下：水深 200m）

c. 既存の漁場整備実績

北海道日本海海域には、島牧沖及び永豊沖にマダラを対象とした漁場整備の実績があり、2011～2017 年にかけて FP 魚礁及びピラミッド魚礁を群体として 4 箇所（約 7,000 ㎥／箇所）に設置している。また、マダラの未成魚以降の生息水深である水深 200～550m が付近に存在することから、既存の魚礁周辺に整備を行うことでさらなる増殖効果が期待できる海域と考えられる。

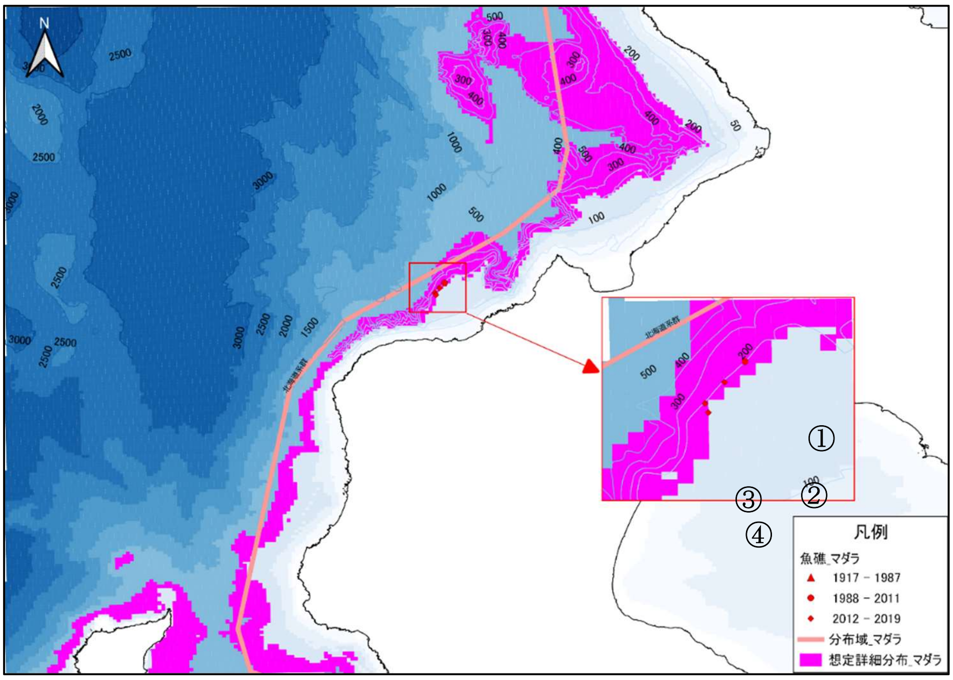


図 e-(2)-73 マダラの魚礁整備位置

表 e-(2)-48 島牧沖及び永豊沖の従来型沈設魚礁

番号	魚礁名	実施年度	設置水深	事業規模	備考
①	FP 魚礁 3.0 型 ピラミッド魚礁 P200AⅢ	2011 年	200m	6,992.2 ㎥	島牧沖合 第 2 群体
②	FP 魚礁 3.0 型 ピラミッド魚礁 P200AⅢ	2013 年	172～215m	6,992.2 ㎥	永豊沖合 第 1 群体
③	FP 魚礁 3.0 型 ピラミッド魚礁 P200AⅢ	2015 年	180～212m	6,992.2 ㎥	永豊沖合 第 2 群体
④	FP 魚礁 3.0 型 ピラミッド魚礁 P200AⅢ	2017 年	143～178m	6,992.2 ㎥	永豊沖合 第 7 群体

d.適地選定

以上の結果より、マダラに対して図 e-(2)-74 に示す海域を漁場整備（主に従来型沈設魚礁）の適地として選定した。この海域は、現在整備を進めている海域であるため、既存魚礁とのネットワークが構築でき、漁場の拡張及び増殖効果が期待できる海域と考えられる。

なお、詳細な整備箇所の選定については、この海域での各成長段階の詳細分布や回遊経路等を現地調査により把握し、漁業との調整を図った上で整備適地を絞り込む必要がある。従来型沈設魚礁の整備条件を表 e-(2)-49 に、整備適地の絞り込みイメージを図 e-(2)-75 に示す。

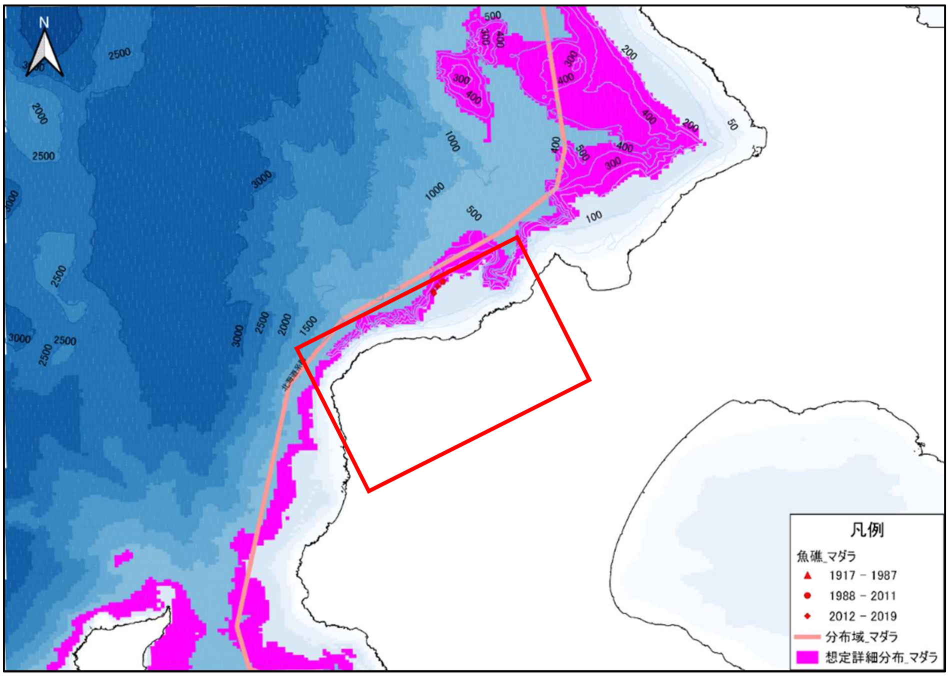


図 e-(2)-74 マダラの漁場整備適地海域（赤枠内）

表 e-(2)-49 従来型沈設魚礁の整備条件

地形	・平坦で傾斜の緩やかな位置 ・沈下・埋没・洗掘等が生じない地盤
水深	・保護対象とする魚種の成長段階の生息水深
安全性	・沈下を防ぐために、造成位置の地盤支持力が礁重量を上回ること ・埋没・洗掘を防ぐために、海底地質調査や流況調査等の結果に基づいて可能性が低いことの確認が必要 ・滑動や転倒を防ぐために、波や流れ、海底地形等の現地観測結果を十分に参考にして造成位置を決定することが必要 ・保護育成礁の位置を容易に特定できるように魚群探知機等で視認できる諸元を有すること

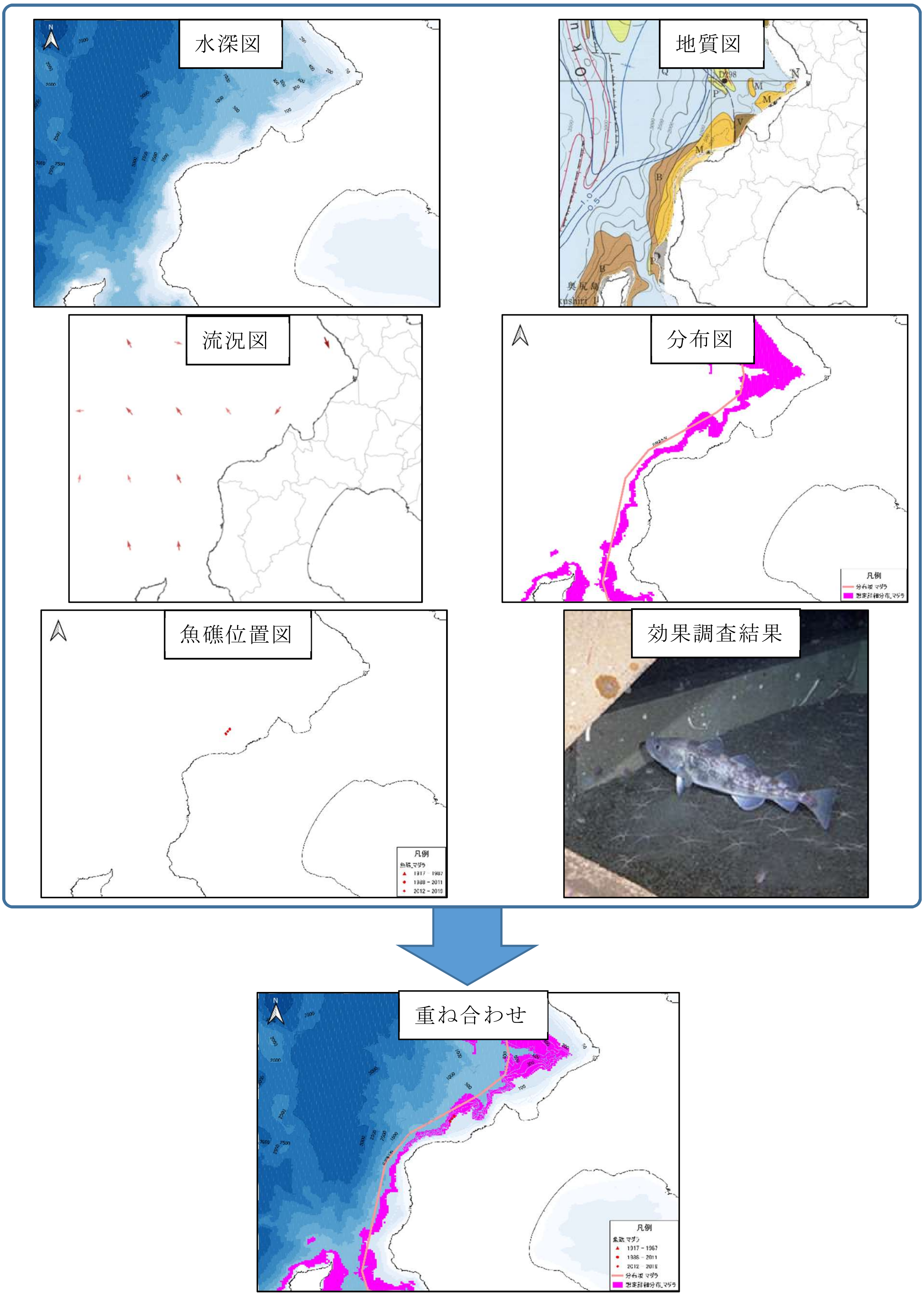


図 e-(2)-75 整備適地の絞り込みイメージ

1)-2-3-3 適地選定の一例（グループ C）

ズワイガニ及びグループ C（ズワイガニ、アカガレイ）の適地選定例を以下に示す。

ズワイガニの成長段階別の対策を表 e-(2)-50 に、環境条件を表 e-(2)-51 に示す。なお、ズワイガニと分布域やシナリオが類似しているグループ C（ズワイガニ、アカガレイ）についても表 e-(2)-50 に示した。

ズワイガニに対しては、従来型沈設魚礁の漁場整備の実績が有り、稚ガニ以降の成長段階に増殖効果が期待できる従来型沈設魚礁の整備が有効と考えられる。本検討では、日本海系群 A 海域で整備実績が豊富であり、増殖効果も確認されている従来型沈設魚礁の整備を前提として適地選定を行った。

従来型沈設魚礁の整備を前提としてズワイガニの生息水深と水温を考慮すると、水深 200m 以深の傾斜と流れが緩やかな海域を選定すれば良いと考えられる。

表 e-(2)-50 グループ C における成長段階別の対策

<table>
<tr><th colspan="2">成長段階</th><th colspan="2">考え方（案）</th><th>対策
（魚礁）</th><th>整備実績
の有無</th></tr>
<tr><td colspan="2">対象魚種</td><td>ズワイガニ</td><td>アカガレイ</td><td>ズワイガニ
アカガレイ</td><td>ズワイガニ
アカガレイ</td></tr>
<tr><td colspan="2">卵</td><td>－</td><td>－</td><td>－</td><td>－</td></tr>
<tr><td>浮遊
幼生</td><td>仔稚魚</td><td>餌環境の改善
基礎生産力の底上げ</td><td>餌環境の改善
基礎生産力の底上げ</td><td>マウンド礁</td><td>無</td></tr>
<tr><td>稚ガニ</td><td>未成魚
（着底稚魚を含む）</td><td rowspan="2">漁獲圧の低減
餌環境の改善</td><td rowspan="2">漁獲圧の低減
餌環境の改善</td><td rowspan="3">従来型
沈設魚礁</td><td rowspan="3">有</td></tr>
<tr><td colspan="2">成熟ガニ/成魚</td></tr>
<tr><td colspan="2">産卵成体</td><td>抱卵雌ガニの保護</td><td>産卵親魚の保護</td></tr>
</table>

表 e-(2)-51 ズワイガニに対する環境条件の絞り込み

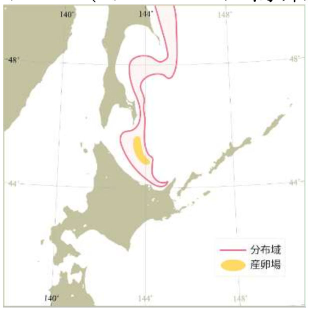
<table>
<tr><th>成長段階</th><th>水深</th><th>水温</th><th>流況</th><th>底質</th></tr>
<tr><td>浮遊幼生</td><td>0～200m</td><td>5～14℃</td><td rowspan="4">－</td><td rowspan="4">－</td></tr>
<tr><td>稚ガニ</td><td>250～400m 以浅</td><td rowspan="3">約 1℃</td></tr>
<tr><td>成熟ガニ</td><td rowspan="2">200～500m</td></tr>
<tr><td>産卵成体</td></tr>
</table>

a. 対象魚種の分布域

グループ C（2 魚種）の生息分布、産卵場分布をみると、北海道を除く日本海沿岸域は概ね重複した海域であり、これら 2 魚種の増殖効果が期待できる海域と考えられる。

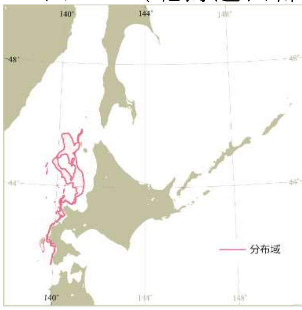
本検討では、ズワイガニ及びアカガレイの分布域が重複し、漁場整備が進んでいない海域を整備適地の一例として選定した（図 e-(2)-76 黒枠参照）。

ズワイガニ（オホーツク海系群）



ズワイガニ（太平洋北部系群）

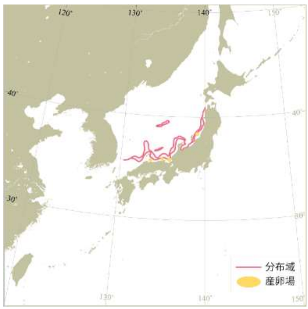
ズワイガニ（北海道西部系群）



ズワイガニ（日本海系群 A 海域）

ズワイガニ（日本海系群 B 海域）

アカガレイ（日本海系群）



出典）令和元年度　我が国周辺水域の漁業資源評価

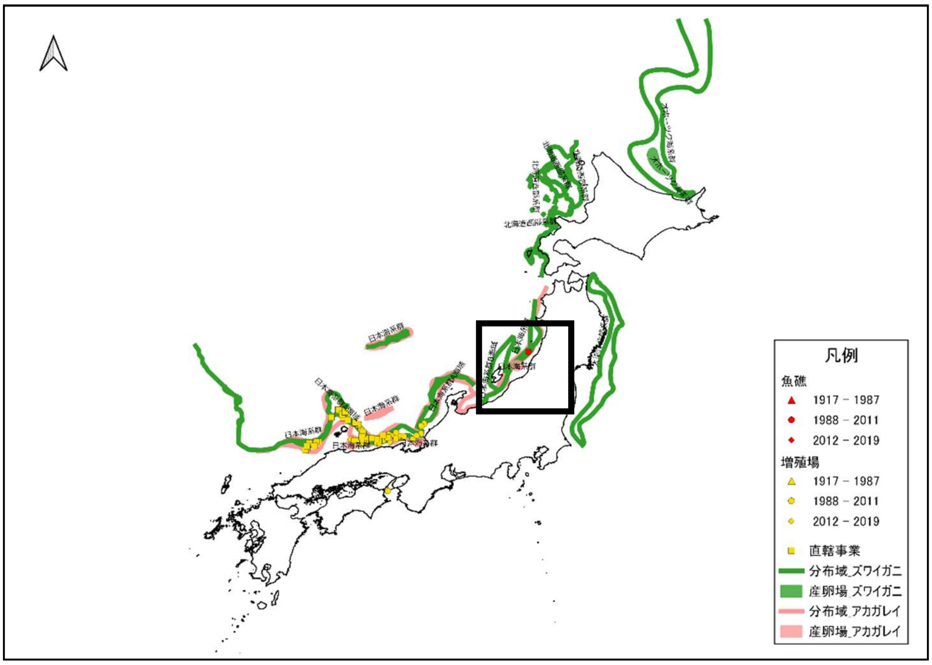


図 e-(2)-76 グループ C の分布図

b.地形等条件

従来型沈設魚礁の整備条件として、造成に適した海底地形（平坦で傾斜が緩やかな位置）が重要であり、既存の漁場整備の実績がある海域が整備適地と考えられる。

海洋状況表示システム「海しる」の海流統計（図 e-(2)-78 参照）によると、日本海東部海域の流況は、水深 100～200m においては、全年統計で概ね流速 0.4knot までの緩やかな流況であり、水深 200m 以深の海底付近ではさらに流れが減衰し、魚礁設置に適していると考えられる。

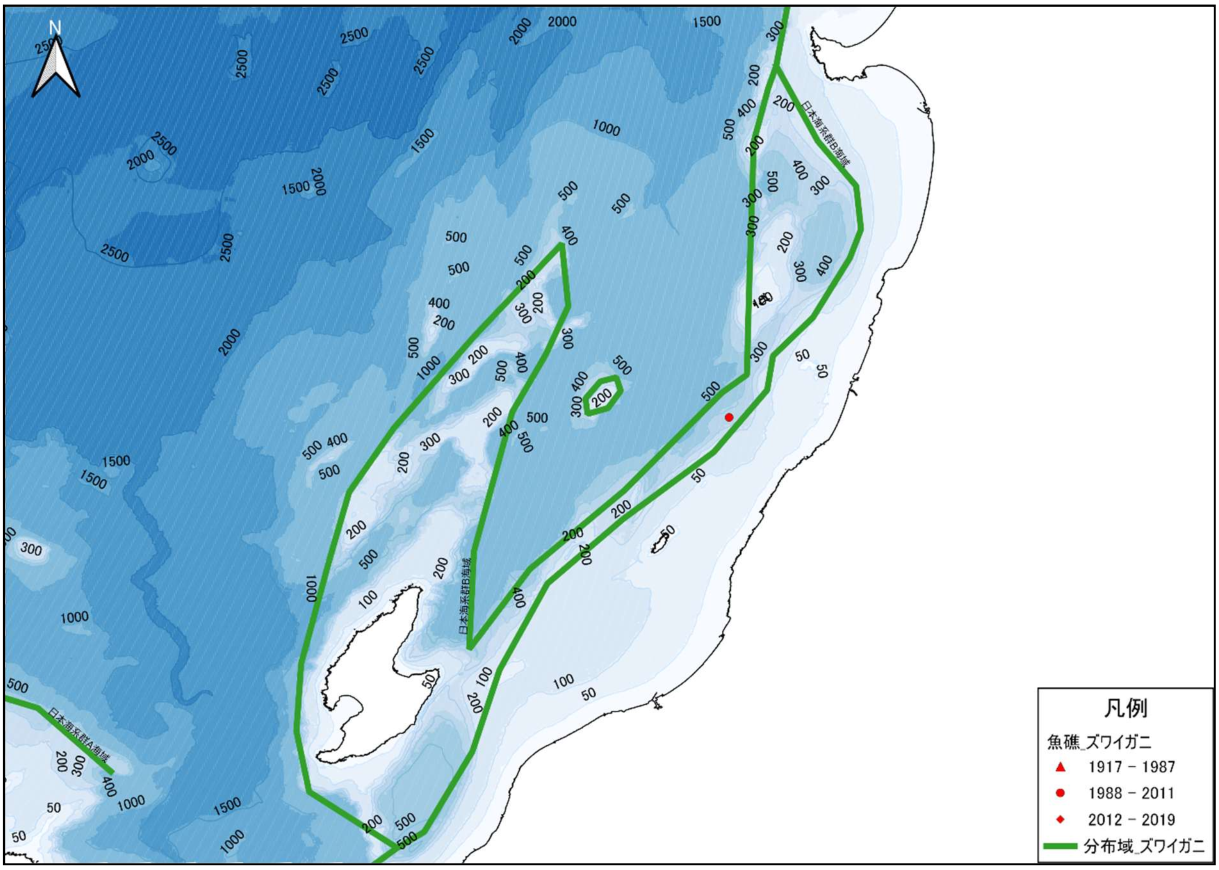
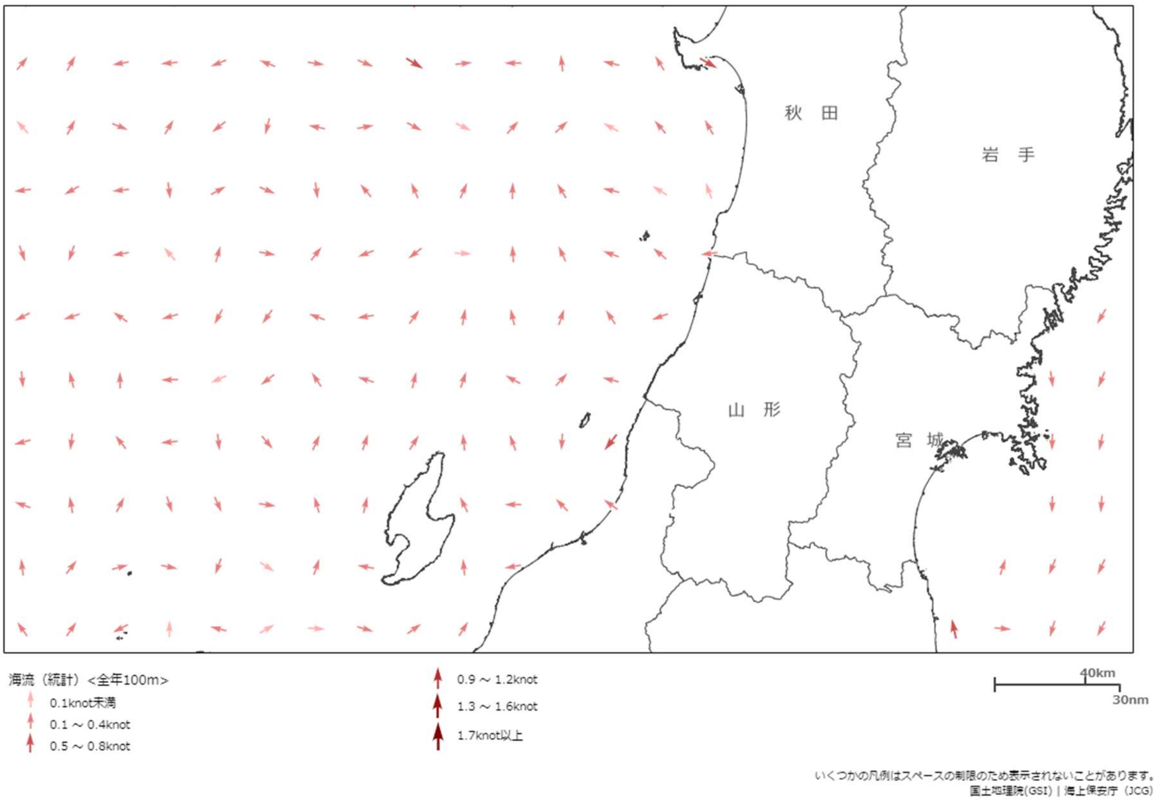
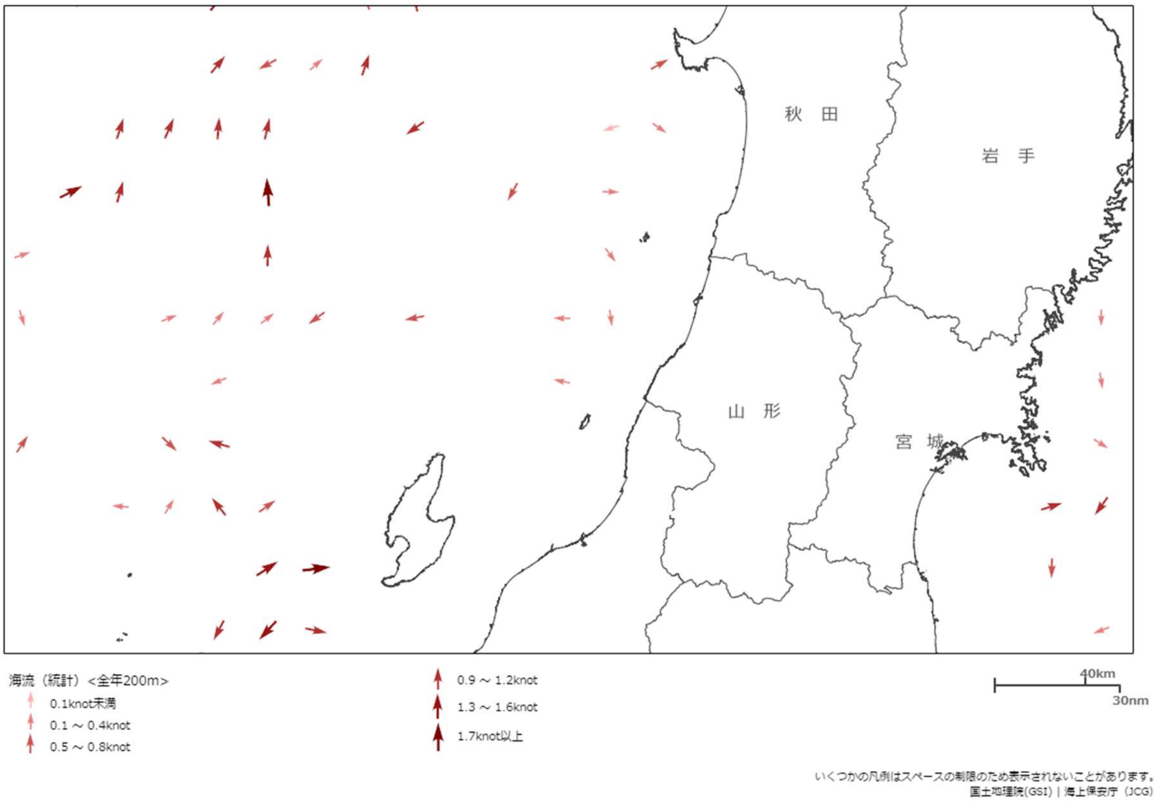


図 e-(2)-77 日本海東部海域の水深図





出典）海洋状況表示システム HP「海しる」

図 e-(2)-78 日本海東部海域の流況図（上：水深 100m、下：水深 200m）

c.既存の漁場整備実績

日本海東部海域には、山形県沖にズワイガニを対象とした漁場整備の実績があり、2,778 ㎥に 81 個の FP 魚礁を 1996 年に設置している。また、ズワイガニの生息水深である水深 200～500m（アカガレイ：水深 180～500m）が付近に存在することから、既存の魚礁周辺に整備を行うことで漁場を拡張でき、増殖効果が期待できる海域と考えられる。

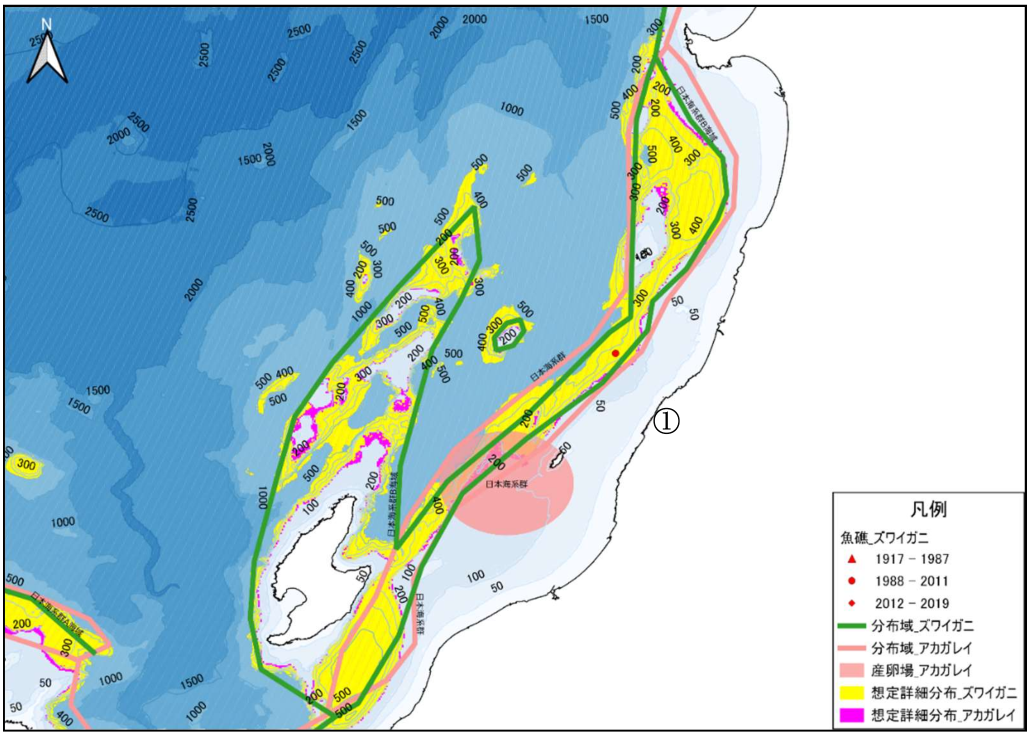


図 e-(2)-79 ズワイガニの魚礁整備位置

表 e-(2)-52 山形県沖の従来型沈設魚礁

番号	魚礁名	実施年度	設置水深	事業規模	設置数
①	FP 魚礁 3-45 型	1996 年	320m	2,778 ㎥	81 基

d.適地選定

以上の結果より、ズワイガニに対して図 e-(2)-80 に示す海域を漁場整備（主に従来型沈設魚礁）の適地として選定した。この海域は、グループ C のもう一つの魚種であるアカガレイの分布域及び産卵場と重複しているため、2 魚種に対して効果が期待できる海域と考えられる。

なお、詳細な整備箇所の選定については、この海域での既存魚礁の効果や各成長段階の詳細分布等を現地調査により把握し、漁業との調整を図った上で整備適地を絞り込む必要がある。従来型沈設魚礁の整備条件を表 e-(2)-53 に、整備適地の絞り込みイメージを図 e-(2)-81 に示す。

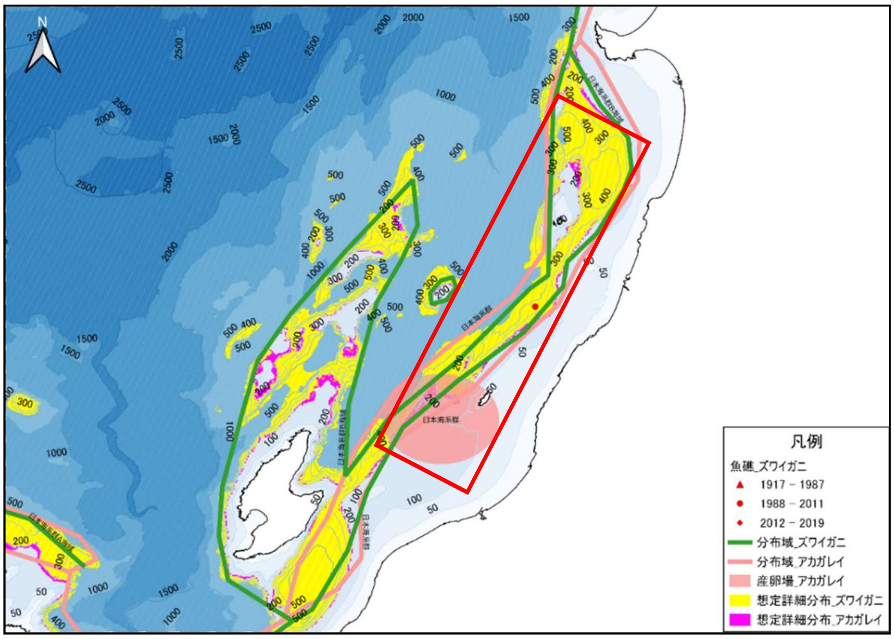


図 e-(2)-80 ズワイガニの漁場整備適地海域（赤枠内）

表 e-(2)-53 従来型沈設魚礁の整備条件

地形	・平坦で傾斜の緩やかな位置 ・沈下・埋没・洗掘等が生じない地盤
水深	・保護対象とする魚種の成長段階の生息水深
安全性	・沈下を防ぐために、造成位置の地盤支持力が礁重量を上回ること ・埋没・洗掘を防ぐために、海底地質調査や流況調査等の結果に基づいて可能性が低いことの確認が必要 ・滑動や転倒を防ぐために、波や流れ、海底地形等の現地観測結果を十分に参考にして造成位置を決定することが必要 ・保護育成礁の位置を容易に特定できるように魚群探知機等で視認できる諸元を有すること ・外部魚礁が漁船の牽引力に対する安定性を有すること

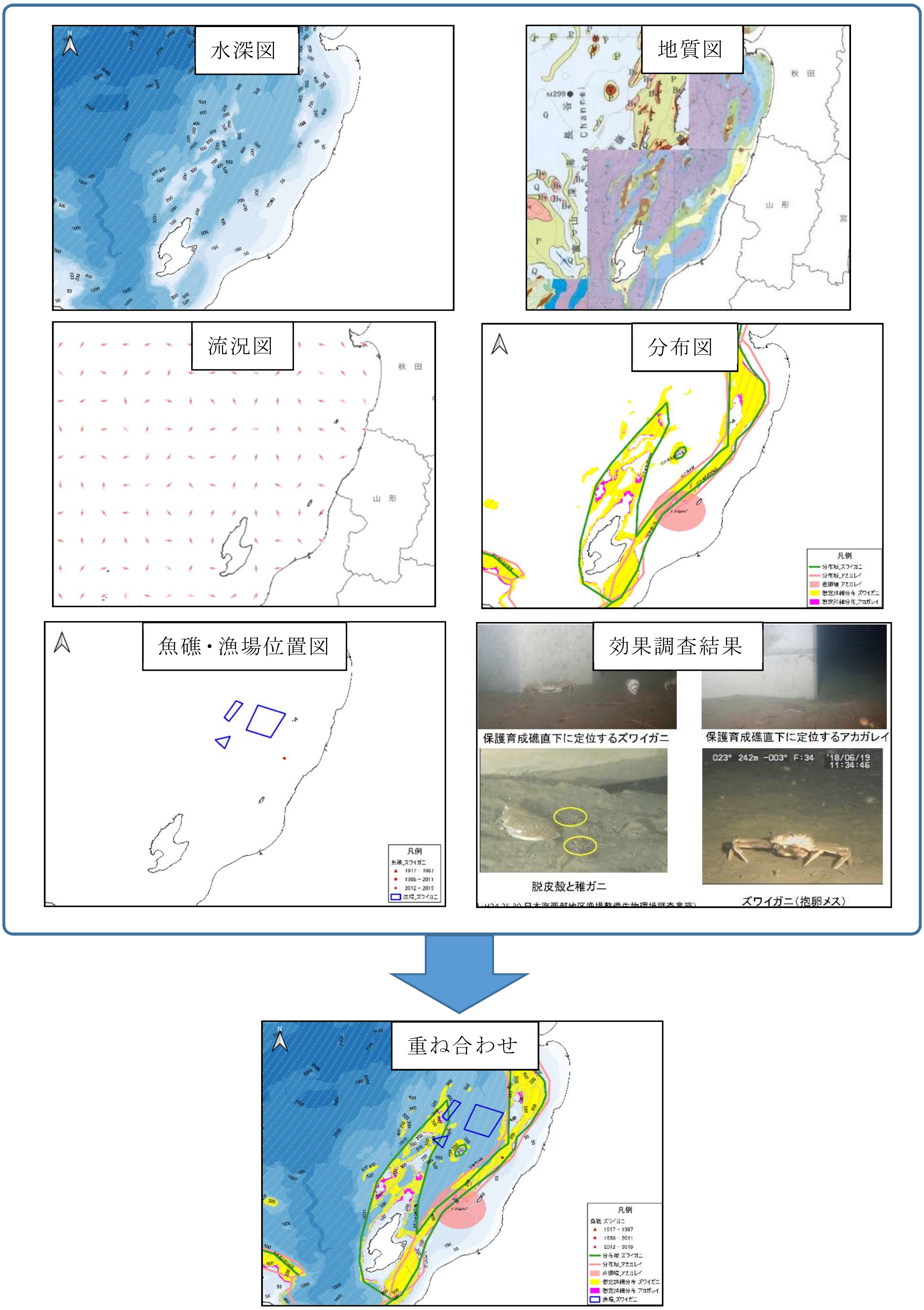


図 e-(2)-81 整備適地の絞り込みイメージ

1)-2-3-4 適地選定の一例（グループＥ）

スケトウダラ及びグループＥ（スケトウダラ、サメガレイ、マガレイ、ヤナギムシガレイ）の適地選定例を以下に示す。

スケトウダラの成長段階別の対策を表 e-(2)-54 に、環境条件を表 e-(2)-55 に示す。なお、スケトウダラと分布域やシナリオが類似しているグループＥ（スケトウダラ、サメガレイ、マガレイ、ヤナギムシガレイ）についても表 e-(2)-54 に示した。

スケトウダラに対しては、従来型沈設魚礁の漁場整備の実績が有るが、未成魚以降の成長段階に増殖効果が期待できるマウンド礁の整備が有効と考えられる。また、マウンド礁の整備により局所的湧昇を強化することによって、底層からの栄養塩の供給を促進しその効果の拡充が期待できる。本検討では、マウンド礁の整備を前提として適地選定を行った。

マウンド礁の整備を前提としてスケトウダラの生息水深と水温を考慮すると、水深 100m 程度までの沿岸域で、湧昇流を発生させるための速い流れと底層に豊富な栄養塩がある海域を選定すれば良いと考えられる。

表 e-(2)-54 グループＥにおける成長段階別の対策

成長段階	考え方（案）	対策（魚礁）	整備実績の有無
対象魚種	スケトウダラ		
卵	－	－	－
稚魚 （着底期以降）	餌環境の改善	捨石 従来型沈設魚礁	無
未成魚	0 歳魚の保護 漁獲圧の低減 餌環境の改善	捨石 マウンド礁 従来型沈設魚礁	有
成魚		－	
産卵親魚	餌環境の改善 産卵親魚の保護	マウンド礁 従来型沈設魚礁	

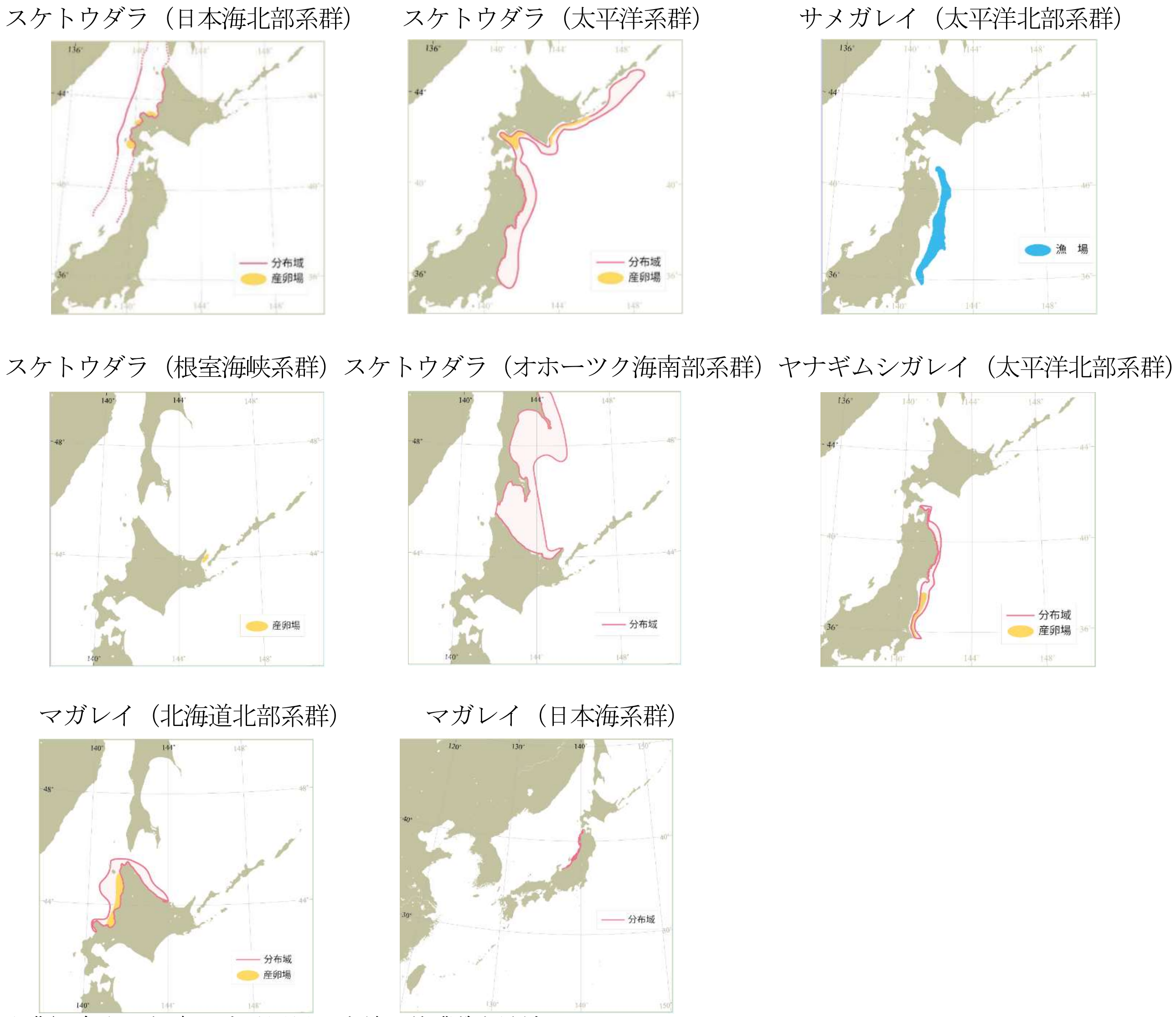
成長段階	考え方（案）		対策 （魚礁）	整備実績の有無	
対象魚種	サメガレイ	マガレイ ヤナギムシ ガレイ	サメガレイ マガレイ ヤナギムシ ガレイ	サメガレイ ヤナギムシ ガレイ	マガレイ
卵	－	－	－	－	－
仔稚魚	基礎生産力の底上げ 餌環境の改善		マウンド礁	無	無
未成魚 （着底稚魚含む）	着底と成長 の促進	着底と成長の促進 餌環境の改善	捨石	無	無
成魚	餌環境の改善		従来型 沈設魚礁	無	有
産卵親魚	産卵親魚の保護 漁獲圧の低減				

表 e-(2)-55 スケトウダラに対する環境条件の絞り込み

成長段階	水深	水温	流況	底質
仔稚魚	0～60m	0～8℃		
未成魚	100～500m	-1～4℃	—	—
成魚				
産卵親魚	100～500m 200m 付近に多い	2～5℃		

a. 対象魚種の分布域

グループ E（4 魚種）の生息分布、産卵場分布より、既存の魚礁整備実績や知見が多いスケトウダラとマガレイの分布域が重複した北海道北部海域を整備適地の一例として選定した（図 e-(2)-83 黒枠参照）。



出典）令和元年度　我が国周辺水域の漁業資源評価

図 e-(2)-82 グループ E（4 魚種）の分布図

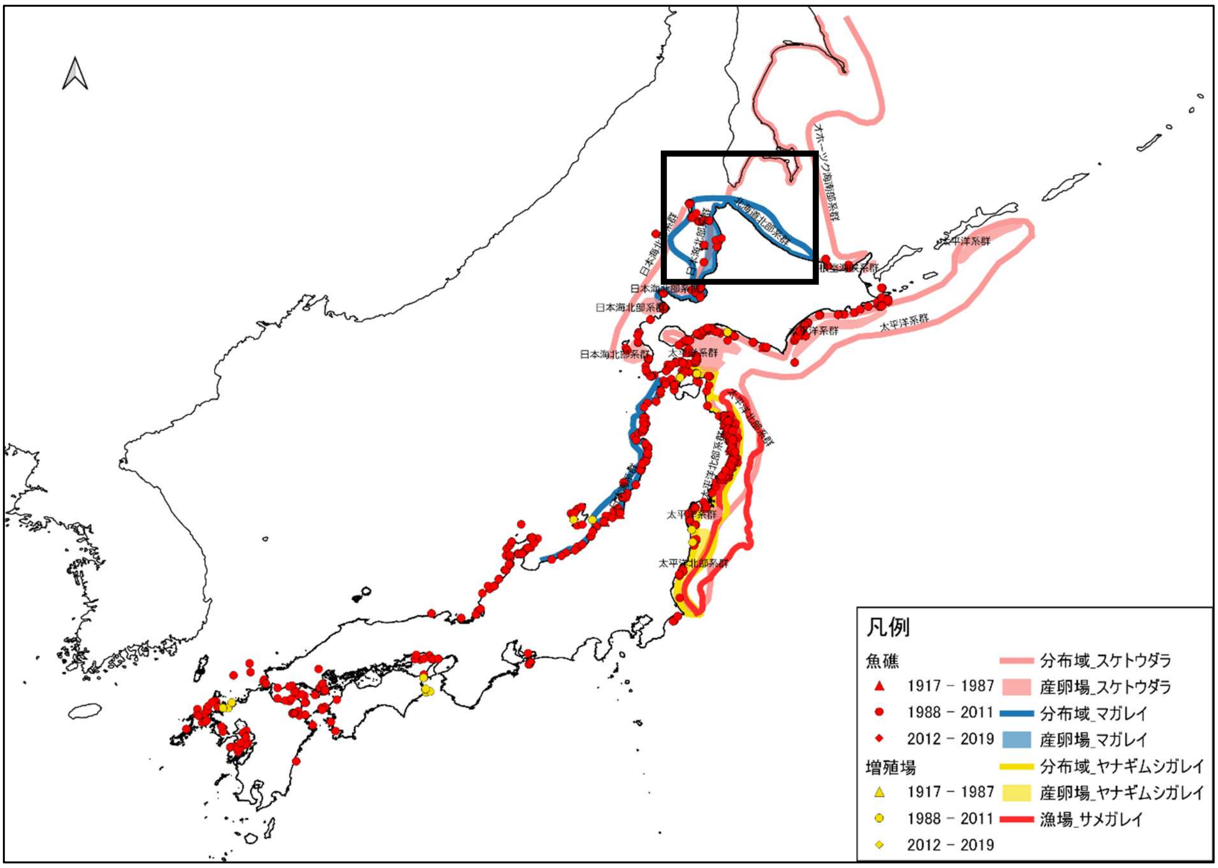


図 e-(2)-83 グループ E の分布図

b.地形等条件

マウンド礁の整備条件として、安定した速い流速と基礎生産力向上のための栄養塩類が重要である。北海道北部海域では、スケトウダラを対象としたマウンド礁の整備実績はないが、スケトウダラの仔稚魚の回遊経路と推定されている宗谷海峡周辺が整備適地と考えられる。

また、この海域は同じグループＥのマガレイの分布域と重複する海域であり、複数種の増殖効果が期待できる海域と考えられることから、本検討では宗谷海峡周辺海域を適地対象地域の候補とした。

海洋状況表示システム「海しる」の海流統計（図 e-(2)-85 参照）によると、宗谷海峡周辺の流況は、水深 0～100m においては、全年統計で流速 0.9knot 以上の比較的速い流速の箇所があり、マウンド礁設置に適していると考えられる。

また、JAXA ひまわりモニタ「分野横断型プロダクト提供システム」のクロロフィルａ濃度分布（図 e-(2)-86 参照）によると、夏季に宗谷海峡より東側で高いクロロフィルａ濃度がみられ、栄養塩類の供給が良好な海域と考えられる。

従って、宗谷海峡付近は、対馬暖流による比較的安定した一方向の流れ（東流）と速い流速（約 1knot 以上）があり、マウンド礁の設置により栄養塩の供給が期待できる海域と考えられる。

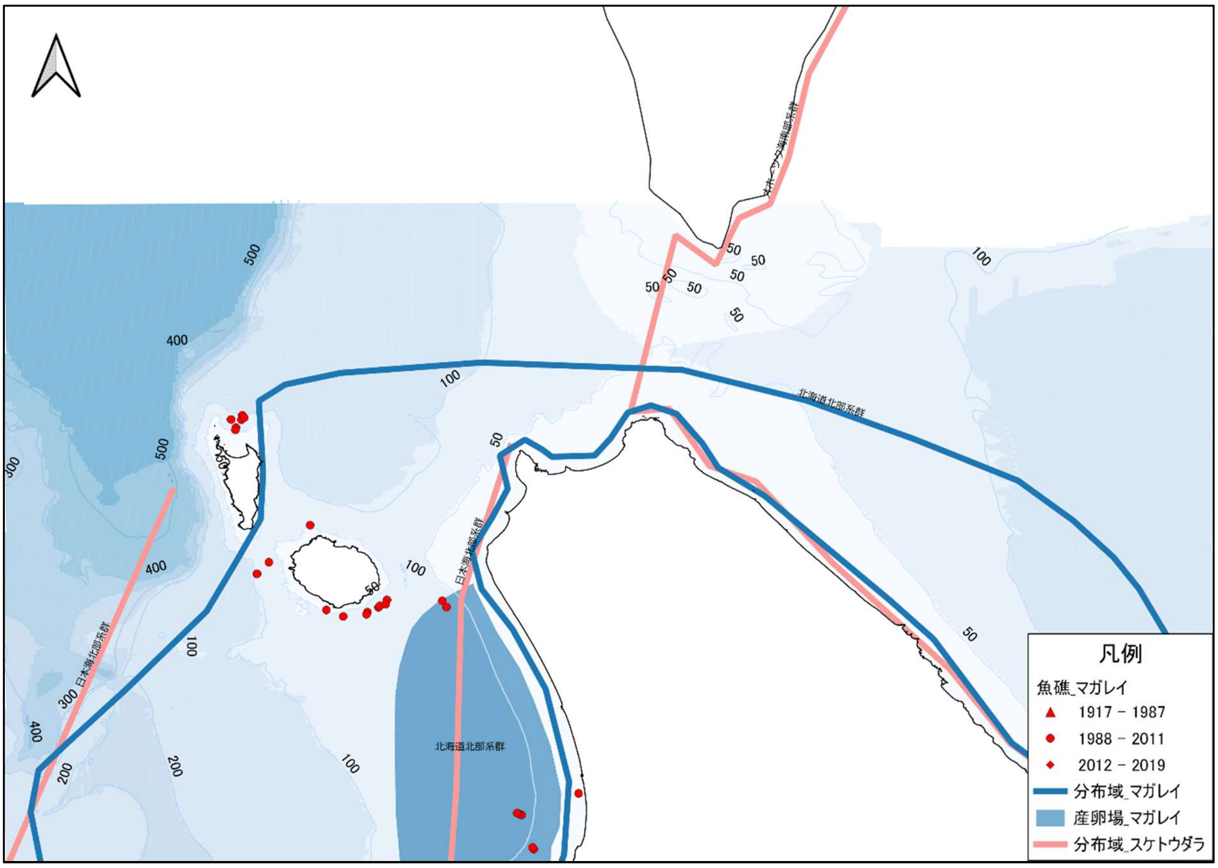
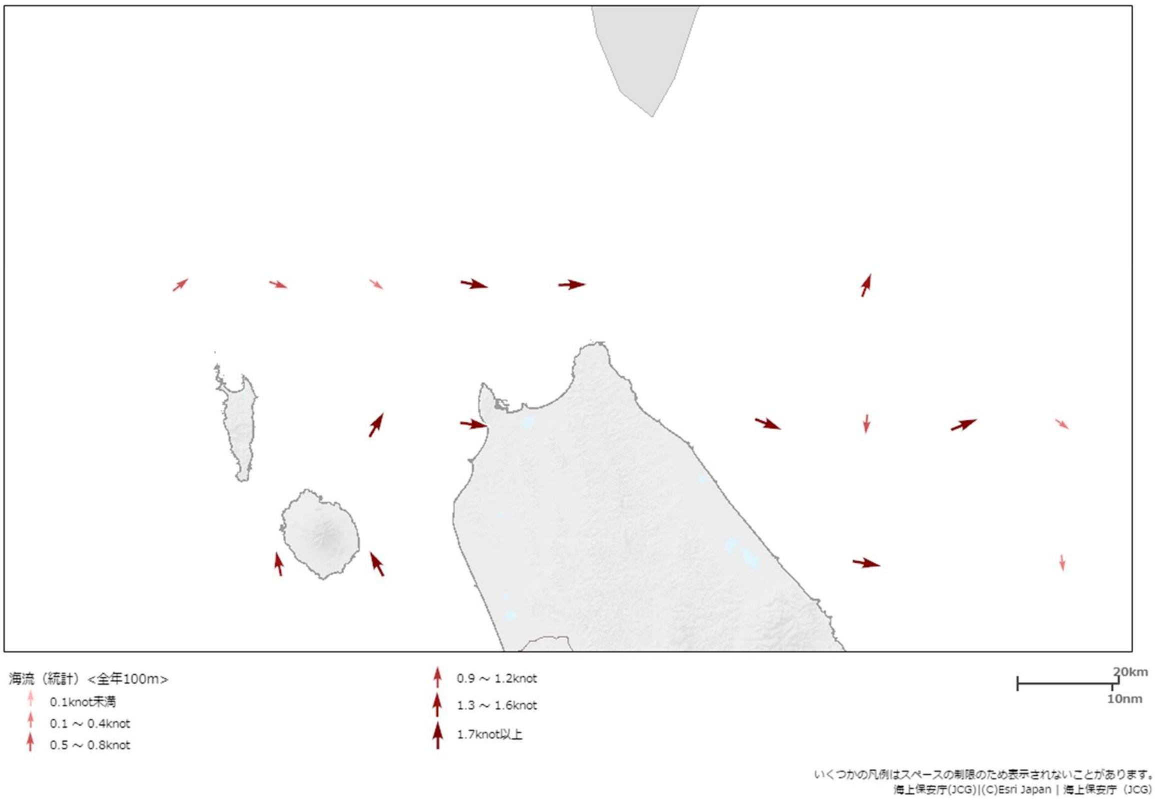
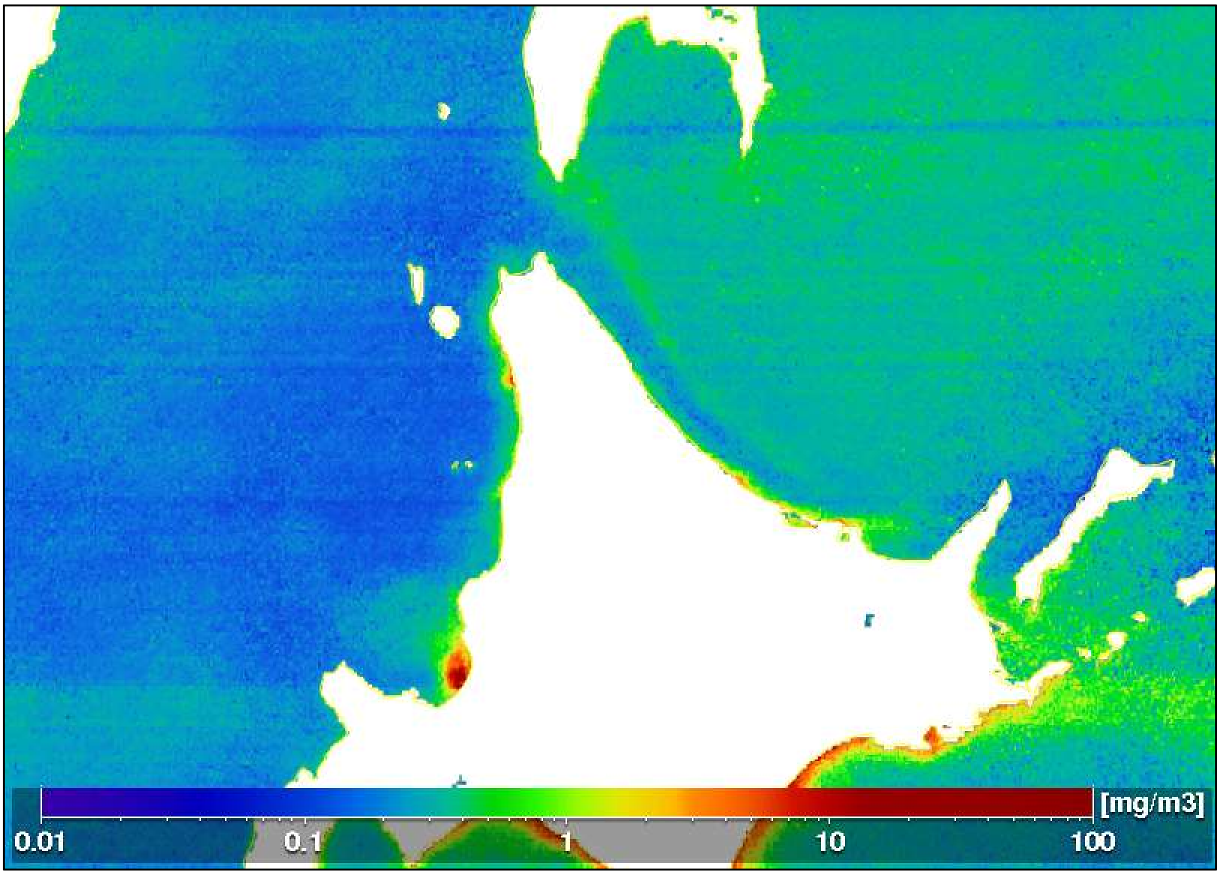


図 e-(2)-84 宗谷海峡周辺海域の水深図



出典）海洋状況表示システム HP「海しる」

図 e-(2)-85 北海道日本海海域の流況図（上：水深 0m、下：水深 100m）



出典）JAXA ひまわりモニタ HP「分野横断型プロダクト提供システム」

図 e-(2)-86 宗谷海峡周辺海域のクロロフィル a 濃度分布図（2016 年 8 月）

c.既存の漁場整備実績

宗谷海峡周辺海域には、スケトウダラを対象とした漁場整備の実績はないが、同グループのマガレイを対象とした漁場整備の実績があり、FP魚礁を群体として北海道日本海海域に集中して設置している。本海域では、グループEを対象としたマウンド礁の整備実績はないが、宗谷海峡付近はスケトウダラの仔稚魚の生息水深である水深0～60mが存在することから、マウンド礁による増殖効果が期待できる海域と考えられる。

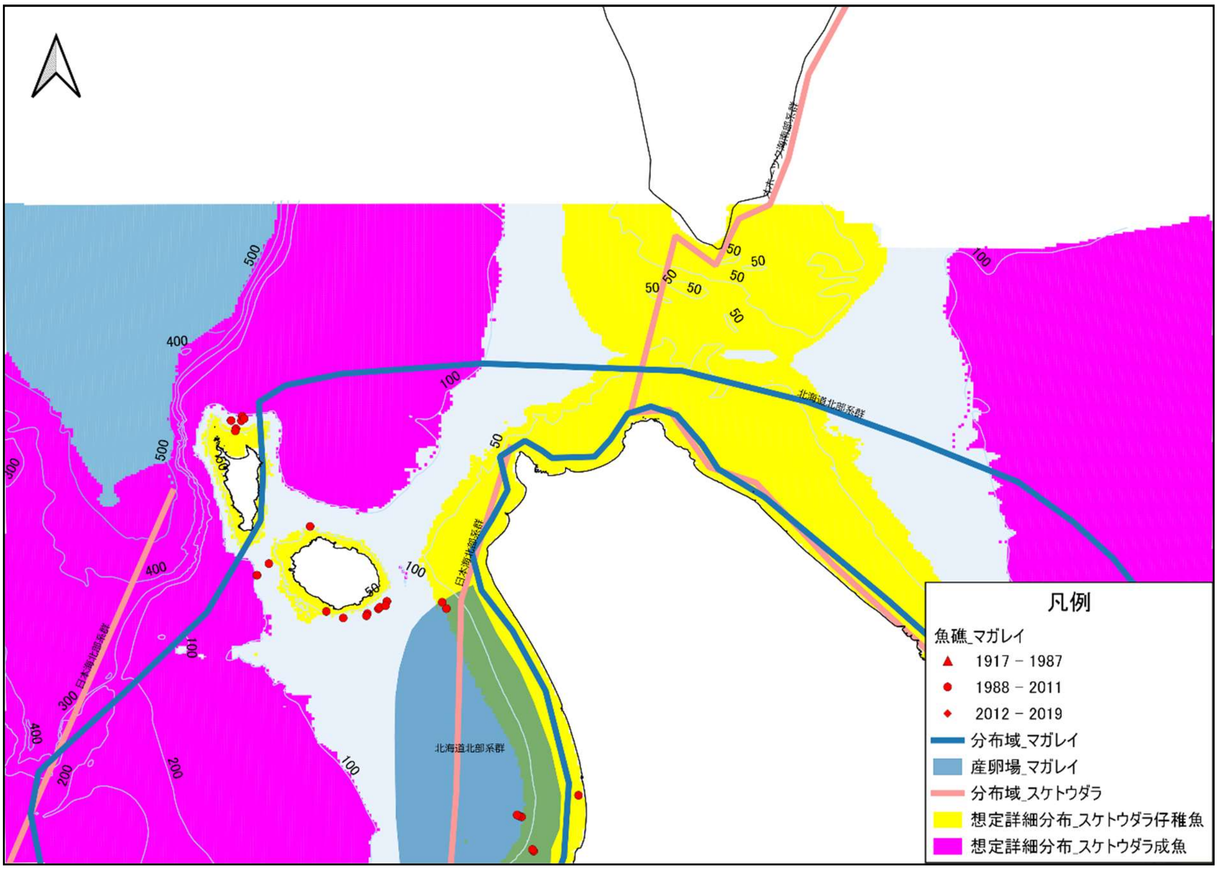


図 e-(2)-87 マガレイの魚礁整備位置

d. 適地選定

以上の結果より、スケトウダラに対して図 e-(2)-88 に示す海域を漁場整備（主にマウンド礁）の適地として選定した。この海域は、グループ E の魚種であるマガレイの分布域と重複しているため、2 魚種に対して効果が期待できる海域と考えられる。

なお、詳細な整備箇所の選定については、この海域での各成長段階の詳細分布や魚礁性等を現地調査により把握し、漁業との調整を図った上で整備適地を絞り込む必要がある。マウンド礁の整備条件を表 e-(2)-56 に、整備適地の絞り込みイメージを図 e-(2)-89 に示す。

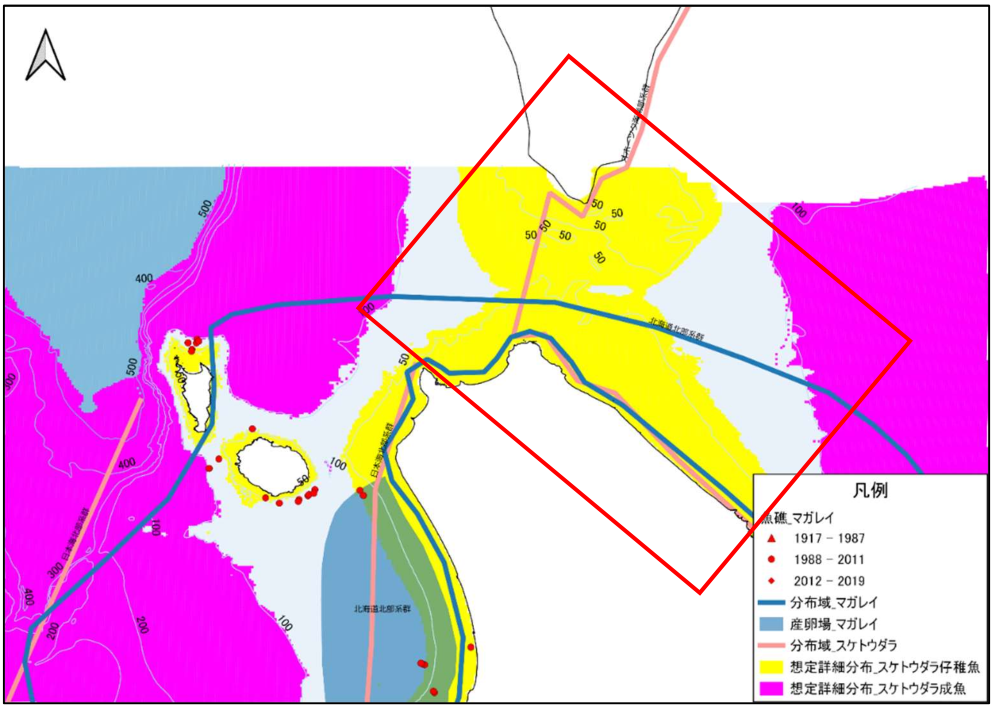


図 e-(2)-88 スケトウダラの漁場整備適地海域（赤枠内）

表 e-(2)-56 マウンド礁の整備条件

地形	・堆、海脚、海嶺などの地形変化に富み、流動環境が多様な場所に隣接し、設置位置として起伏のない平坦な海底面の海域 ・波、流れにより洗掘、埋没、転倒、移動が生じない地盤
水深	・対象海域の成層深度、有光層、栄養塩鉛直分布を考慮して、湧昇流発生機能が効果的に発揮できる水深
流況	・湧昇効果が期待できる程度の流れがある海域 ・密度躍層が比較的弱い海域
水質	・底層の栄養塩密度が高く、マウンド礁の設置効果が期待できる海域
安全性	・マウンド型構造物については、自重、浮力、波及び流れなどの作用に対して、マウンド材料が所用質量を満足している必要がある

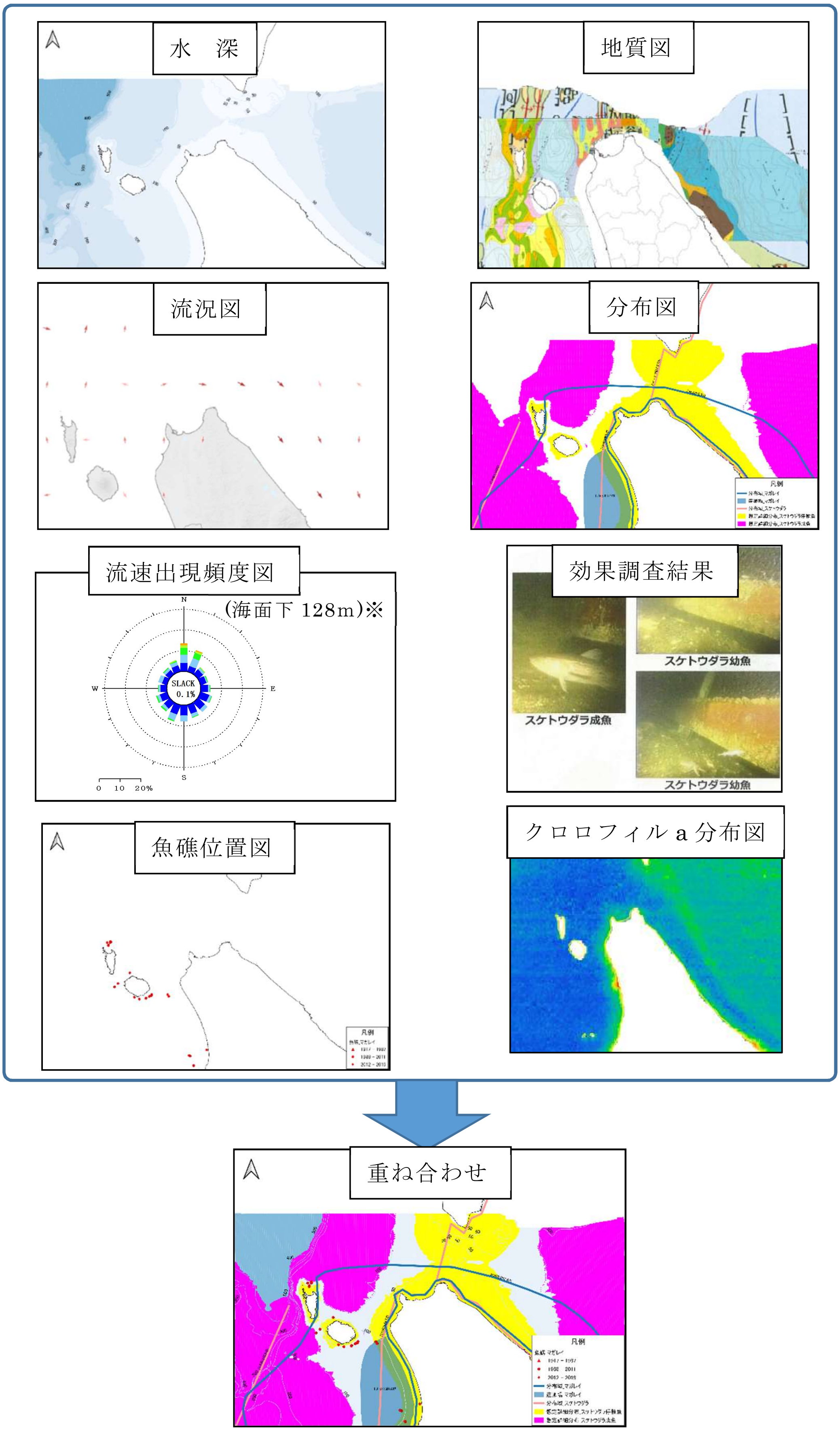


図 e-(2)-89 整備適地の絞り込みイメージ

※五島西方沖のマウンド礁を参考例とした。選定時には実際に調査する必要がある。

出典）平成 30 年度マウンド礁整備流況・水質調査業務報告書

1)-2-3-5 適地選定の一例（グループ F）

トラフグ及びグループＦ（トラフグ、イカナゴ）の適地選定例を以下に示す。

トラフグの成長段階別の対策を表 e-(2)-57 に、環境条件を表 e-(2)-58 に示す。なお､トラフグと分布域やシナリオが類似しているグループ F(トラフグ､イカナゴ)についても表 e-(2)-57 に示した。

トラフグに対しては、従来型沈設魚礁の漁場整備の実績が有るが、魚礁性が不明であり、分布域が浅海域であることから、卵や産卵親魚を主なターゲットにした捨石・覆砂による整備が有効と考えられる。本検討では、捨石・覆砂による整備を前提として適地選定を行った。

捨石･覆砂の整備を前提としてトラフグの生息水深と水温を考慮すると、水深 30m 程度までの沿岸域で、粒経が 2mm 以上の砂礫底質で比較的速い流れがある海域を選定すれば良いと考えられる。

表 e-(2)-57 グループ F における成長段階別の対策

成長段階	考え方（案）		対策 （魚礁）		整備実績 の有無	
対象魚種	イカナゴ	トラフグ	イカナゴ	トラフグ	イカナゴ	トラフグ
卵	産卵場の 保全・拡張		捨石・覆砂		無	無
仔稚魚	餌環境の改善 基礎生産力の 底上げ	生息場の創出	―	埋立		
未成魚						
成魚	生息場の拡張		捨石・覆砂			
産卵親魚	―		―	覆砂		有

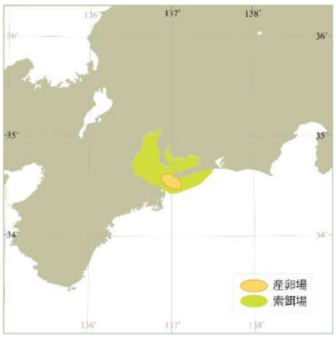
表 e-(2)-58 トラフグに対する環境条件の絞り込み

成長段階	水深	水温	流況	底質
卵	10～30m	好適値：15～19℃ 限界値：13～23℃	流速 2～4knot	粒径 2mm 以上の 礫交じりの粗砂
仔稚魚	―	好適値：16～23℃ 限界値：13～25℃	―	砂泥・小礫
未成魚	約 10m 100～135m 以浅 の大陸棚	好適値：16～23℃ 限界値：5～27℃		
成魚				
産卵親魚			流速 2～4knot	粒径 2mm 以上の 礫交じりの粗砂

a.対象魚種の分布域

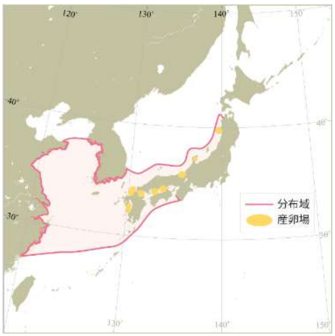
グループＦ（2 魚種）の生息分布及び産卵場分布が重複し、地域的な移動回遊と分布情報がある伊勢・三河湾付近を整備適地の一例として選定した（図 e-(2)-91 黒枠参照)。

イカナゴ（伊勢・三河湾系群）

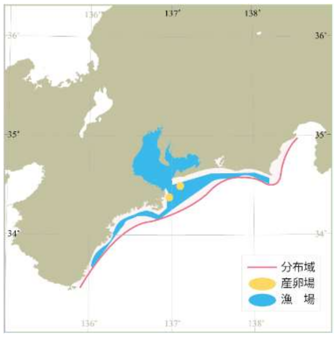


イカナゴ（瀬戸内海東部系群）

トラフグ（日本海・東シナ海・瀬戸内海系群）



トラフグ（伊勢・三河湾系群）



出典）令和元年度　我が国周辺水域の漁業資源評価

図 e-(2)-90 グループＦ（2 魚種）の分布図

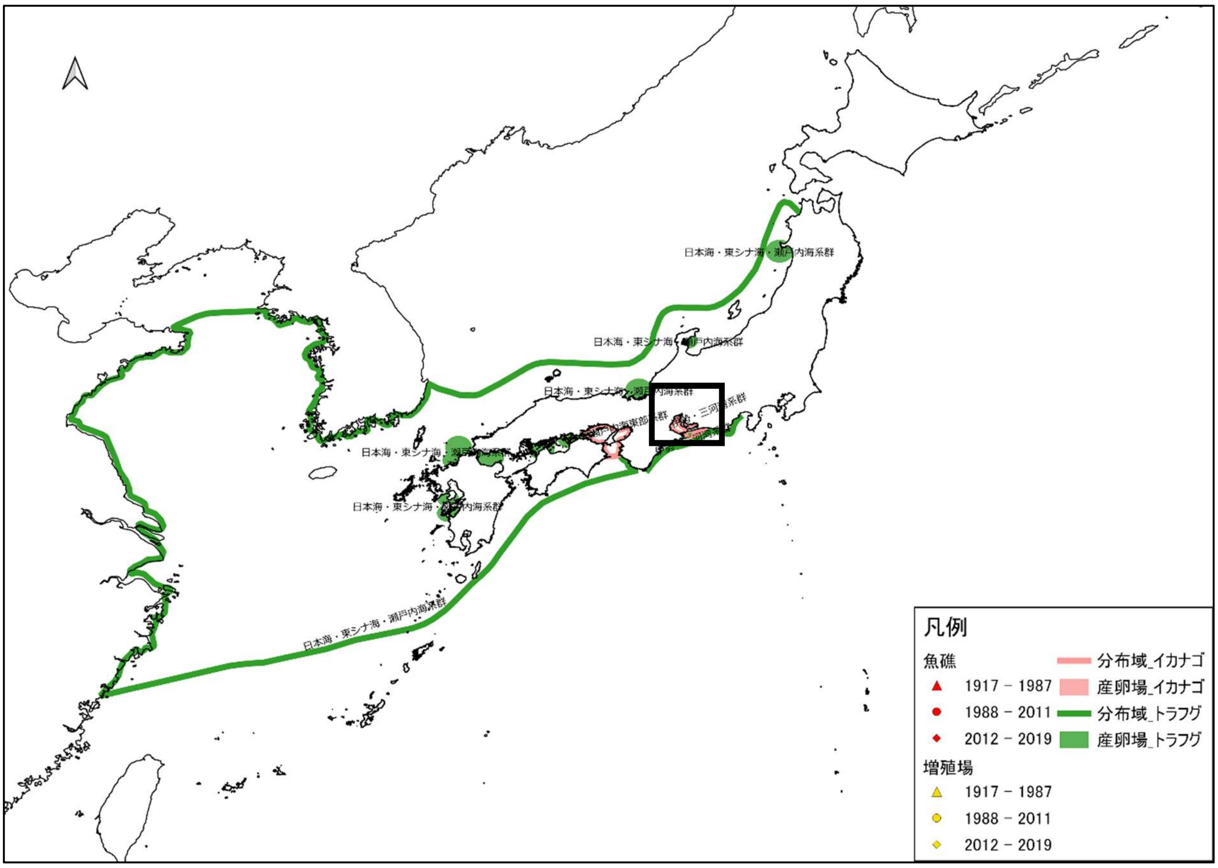


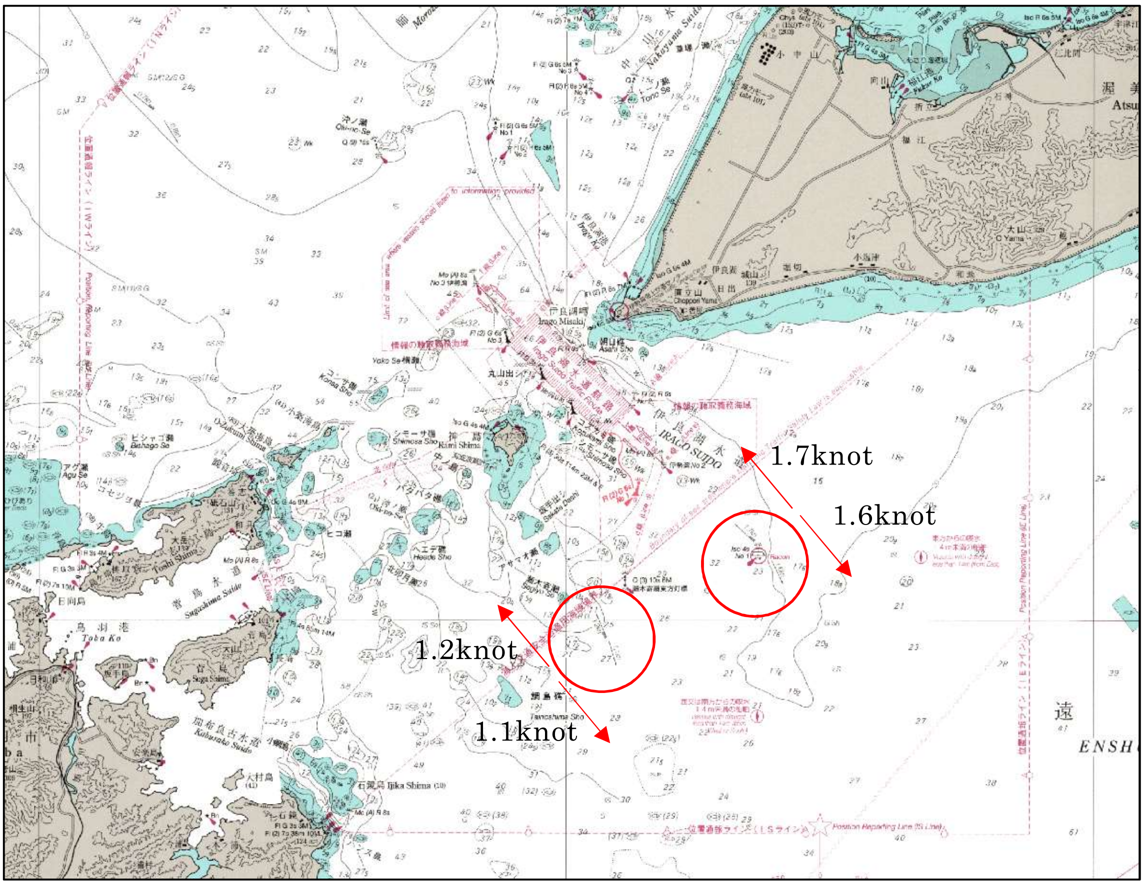
図 e-(2)-91 グループ F の分布図

b.地形等条件

トラフグの産卵場の条件として、速い流速（2～4knot）と底質（粒径 1～4mm）が重要である。

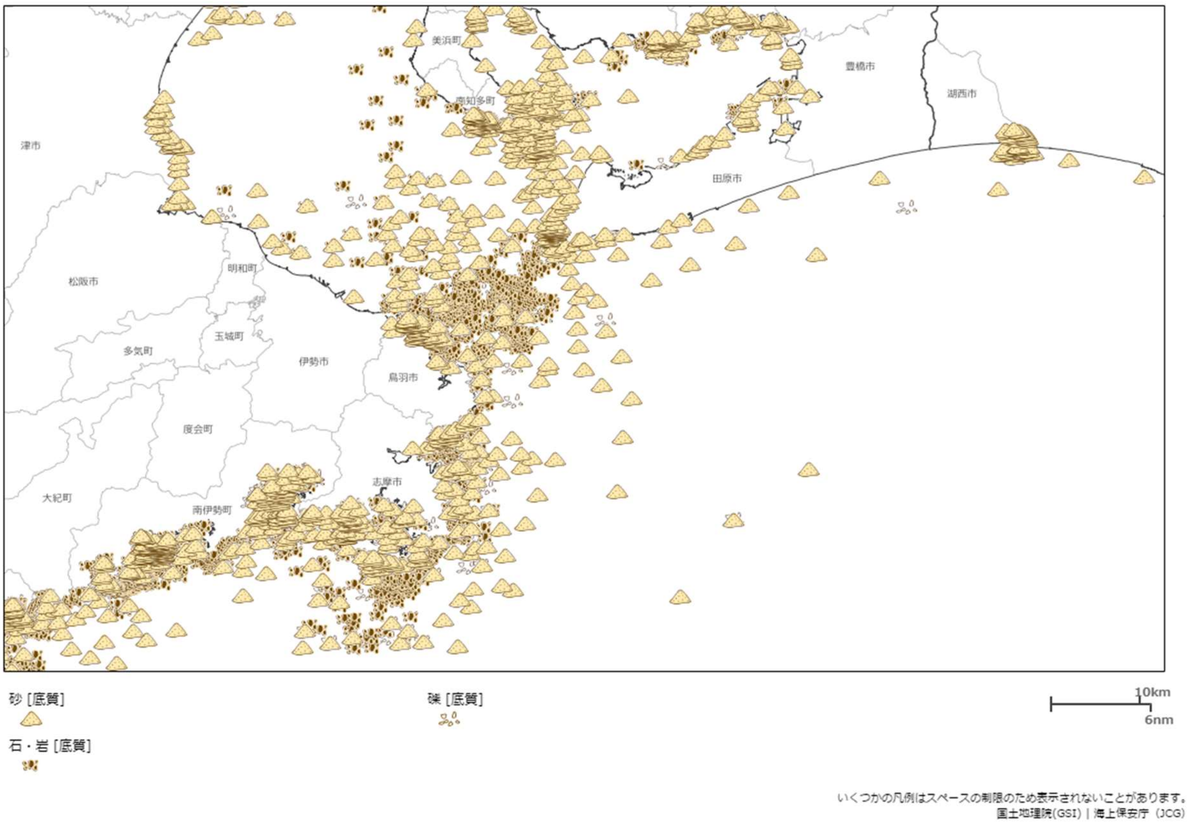
海図 W1051 伊勢湾（図 e-(2)-92）によると、神島東側の航路付近で上げ潮最強流（大潮期）が 1.7knot、下げ潮最強流（大潮期）が 1.6knot、神島西側で上げ潮最強流（大潮期）が 1.2knot、下げ潮最強流（大潮期）が 1.1knot であり、トラフグ及びイカナゴの産卵場が周辺に存在することから、伊勢湾湾口部は、これら 2 魚種の産卵場の条件を満足する海域と考えられる。

また、海洋状況表示システム「海しる」の底質分布（図 e-(2)-93 参照）によると、伊勢湾湾口部の底質は、砂や礫が広く分布しており、捨石・覆砂による産卵場の拡張に適していると考えられる。



出典）海図 W1051 伊勢湾を事務局で編集

図 e-(2)-92 伊勢湾湾口部の海図



出典）海洋状況表示システム HP「海しる」

図 e-(2)-93 伊勢湾湾口部の底質

c.既存の漁場整備実績

伊勢湾湾口部周辺には、トラフグを対象とした漁場整備の実績がある。従って、これら魚礁の位置と既存の産卵場位置を考慮して、その周辺に捨石・覆砂を行い、産卵場を拡大させることで増殖効果が期待できる。

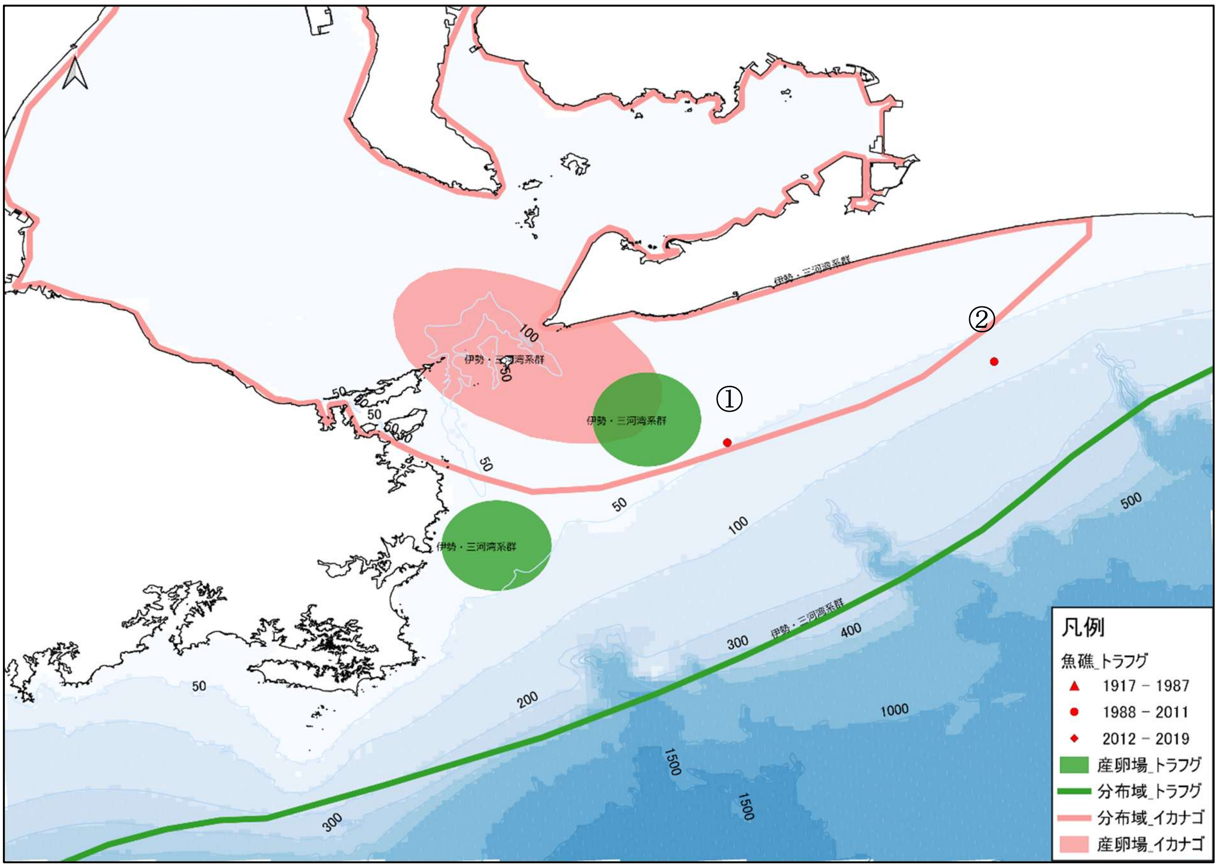


図 e-(2)-94 トラフグの魚礁整備位置

表 e-(2)-59 伊勢湾湾口部周辺の魚礁一覧

番号	魚礁名	設置数
①	5m 角型	6 基
	DR カプセル 3000 型	72 基
②	鋼製魚礁スリースターリーフ I-20AN3 型 ①	4 基

d.適地選定

本海域では、トラフグの詳細な分布回遊と産卵場が分かっているため、産卵場の整備適地を選定しやすいと考えられる。

以上の結果より、トラフグに対して図 e-(2)-95 に示す海域を漁場整備（主に捨石・覆砂）の適地として選定した。この海域は、トラフグ以外のグループ F の魚種（イカナゴ）の分布域及び産卵場と重複しているため、複数種に対して効果が期待できる海域である。ただし、グループ F は浅海域の魚種であるため、大水深域への漁場整備は難しい。

なお、詳細な整備箇所の選定については、この海域での魚礁効果や魚礁性等を現地調査により把握し、漁業との調整を図った上で整備適地を絞り込む必要がある。整備適地の絞り込みイメージを図 e-(2)-96 に示す。

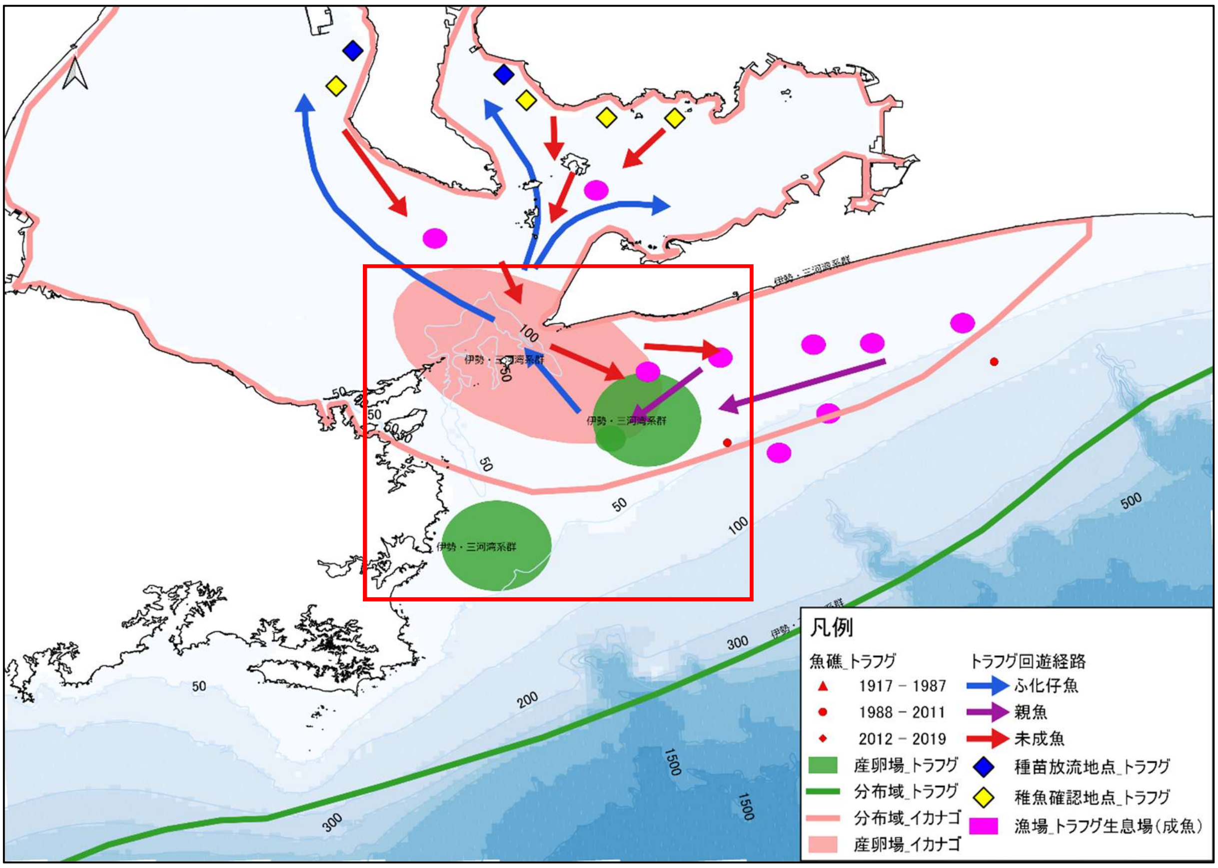


図 e-(2)-95 トラフグの漁場整備適地海域（赤枠内）

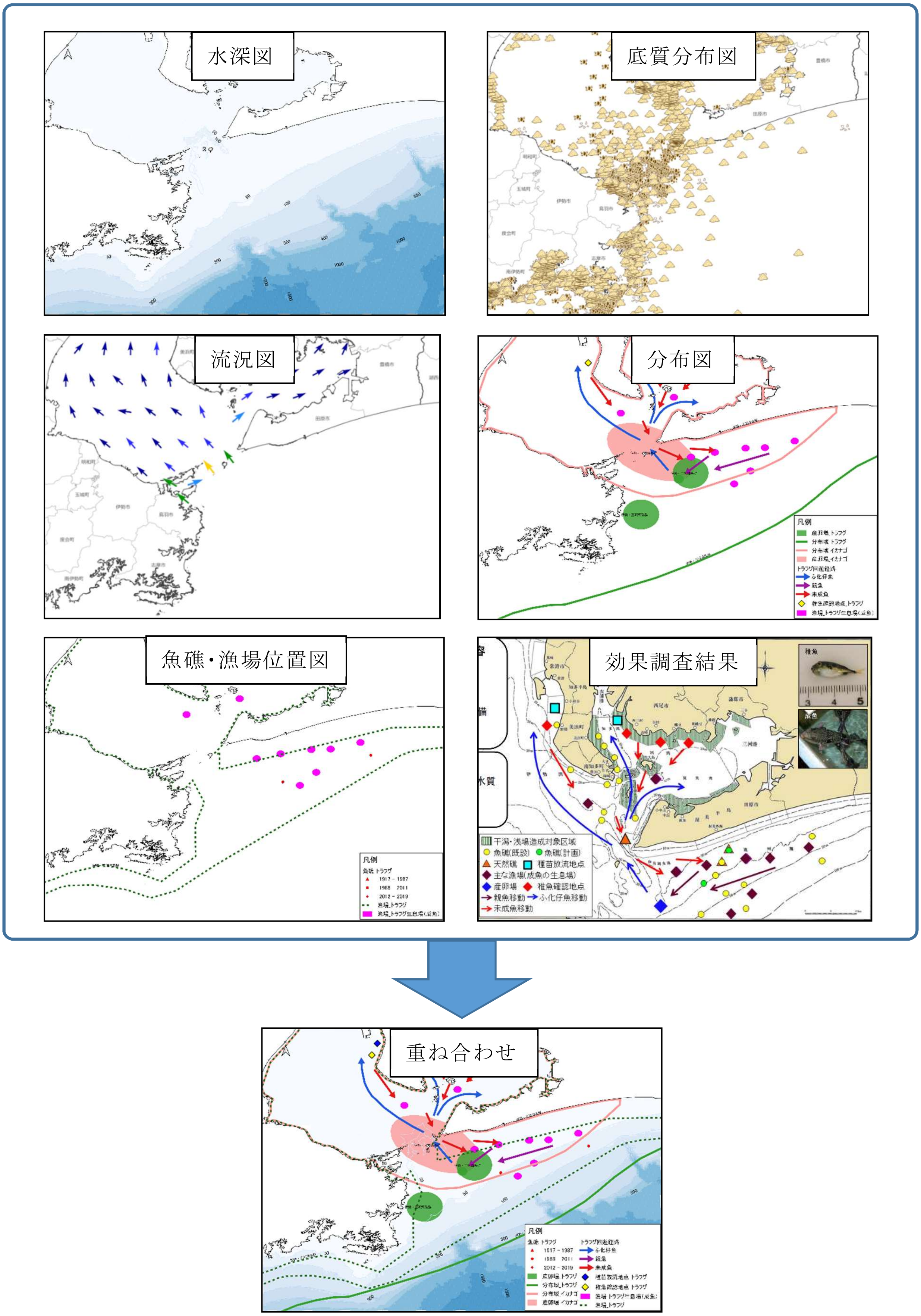


図 e-(2)-96 整備適地の絞り込みイメージ

1)-2-3-6 適地選定の一例（グループ G）

ヤリイカの適地選定例を以下に示す。

ヤリイカの成長段階別の対策を表 e-(2)-60 に、環境条件を表 e-(2)-61 に示す。

ヤリイカに対しては、産卵礁として増殖効果が確認されている従来型沈設魚礁の漁場整備の実績が有るため、卵及び産卵成体に増殖効果が期待できる従来型沈設魚礁の整備が有効と考えられる。本検討では、従来型沈設魚礁の整備を前提として適地選定を行った。

従来型沈設魚礁の整備を前提としてヤリイカの産卵水深と水温を考慮すると、水深 40m 以浅の傾斜と流れが緩やかな海域を選定すれば良いと考えられる。

表 e-(2)-60 ヤリイカの成長段階別の対策

成長段階	考え方（案）	対策（魚礁）	整備実績の有無
対象魚種	ヤリイカ		
卵	産卵場の 保全・拡張	従来型 沈設魚礁	有
稚イカ	生息場の創出	－	無
未成体			
成体			
産卵 成体	産卵場の 保全・拡張	従来型 沈設魚礁	有

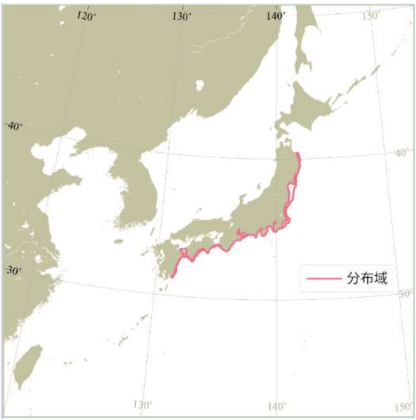
表 e-(2)-61 ヤリイカに対する環境条件の絞り込み

成長段階	水深	水温	流況	底質
卵	40m 以浅	好適値：10～12℃ 限界値：7～14℃	潮通しが良い海域	岩礁域・陸棚上の瀬
稚イカ	5～60m	好適値：13～17℃ 限界値：10～20℃	－	－
未成体	60～200m	好適値：10～15℃ 限界値：7～18℃		
成体		好適値：9～15℃ 限界値：7～23℃		
産卵成体	0～100m		潮通しが良い海域	岩礁域・陸棚上の瀬

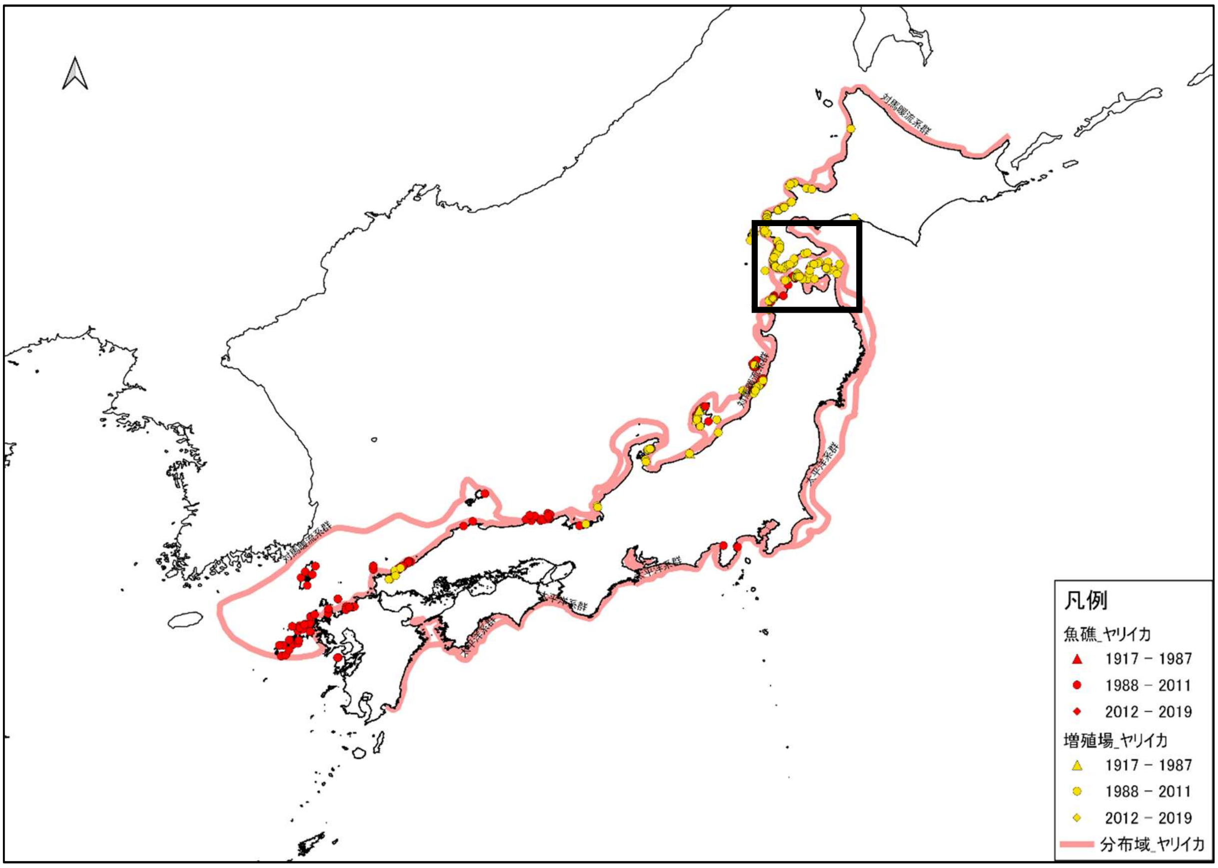
a.対象魚種の分布域

ヤリイカの生息分布をみると、全国的な産卵場の詳細分布は不明であるが、津軽海峡周辺では、増殖礁及び魚礁の整備実績が豊富であり、冬産卵グループと春産卵グループに分かれ､両グループの産卵回遊経路が重複している海域がある(図 e-(2)-98 参照）ことから、本検討では、青森県北部海域を整備適地の一例として選定した（図 e-(2)-97 黒枠参照)。

ヤリイカ（太平洋系群）



ヤリイカ（対馬暖流系群）



出典）令和元年度　我が国周辺水域の漁業資源評価

図 e-(2)-97 グループ E の分布図

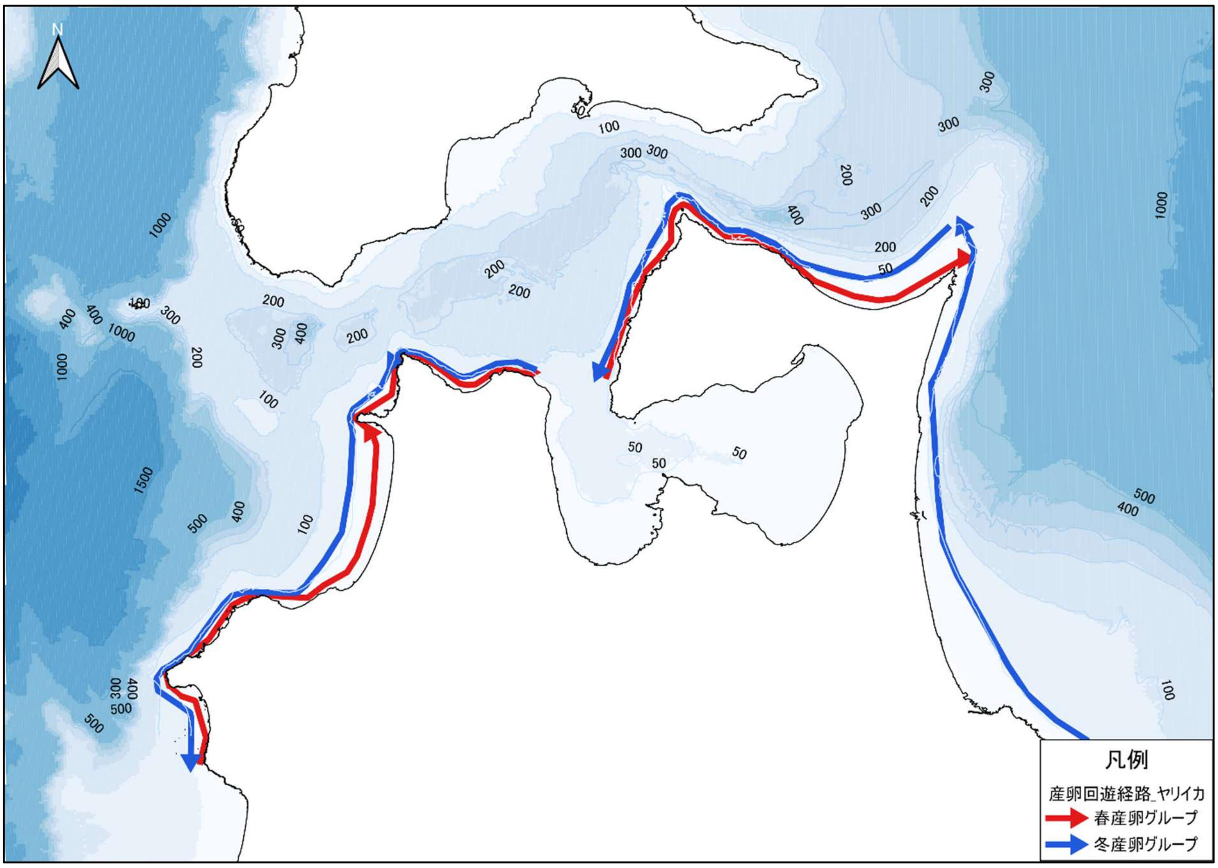


図 e-(2)-98 ヤリイカの産卵回遊経路模式図

b.地形等条件

従来型沈設魚礁の整備条件として、造成に適した海底地形（平坦で傾斜が緩やかな位置）が重要であり、既存の漁場整備の実績がある海域が整備適地と考えられる。

海洋状況表示システム「海しる」の海流統計（図 e-(2)-99 参照）によると、青森県北部海域の流況は、水深 0～50m においては、全年統計で概ね流速 0.4knot までの緩やかな流況であり、魚礁設置に適していると考えられる。

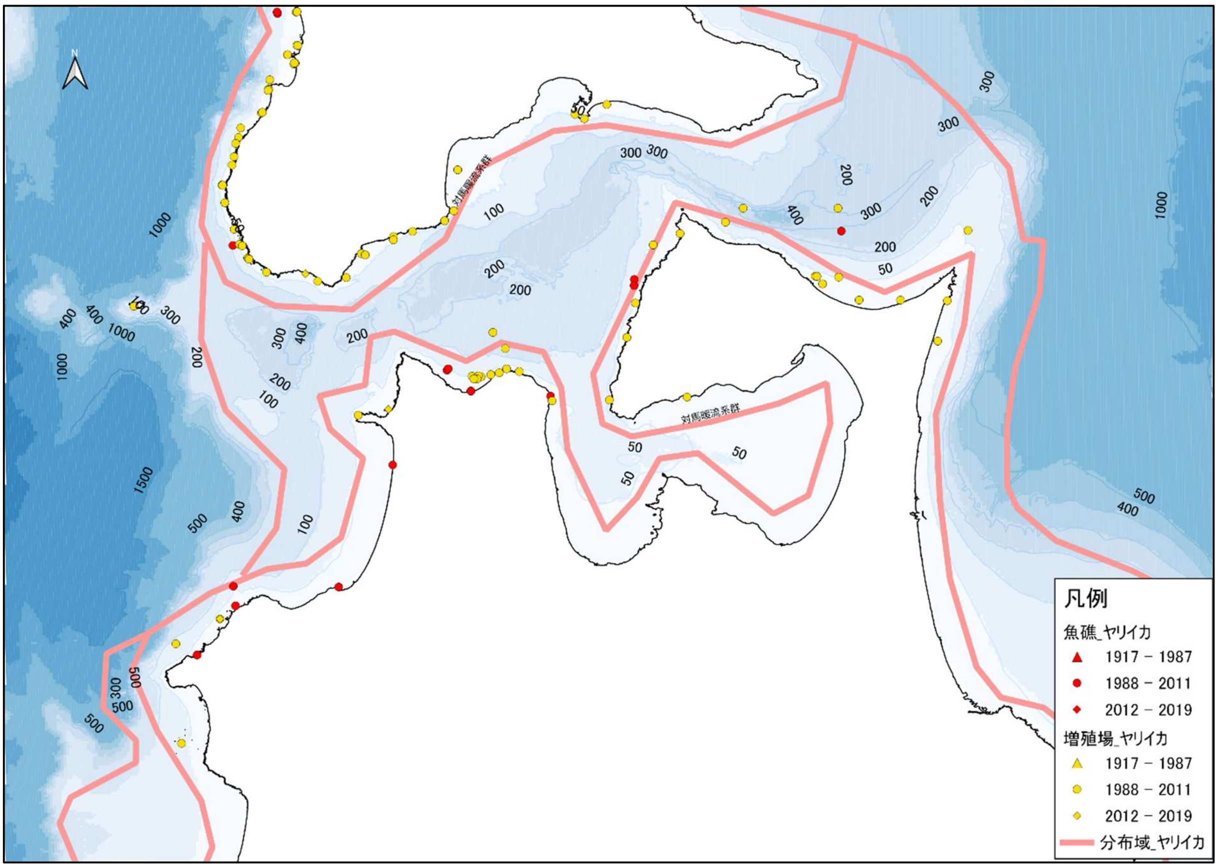
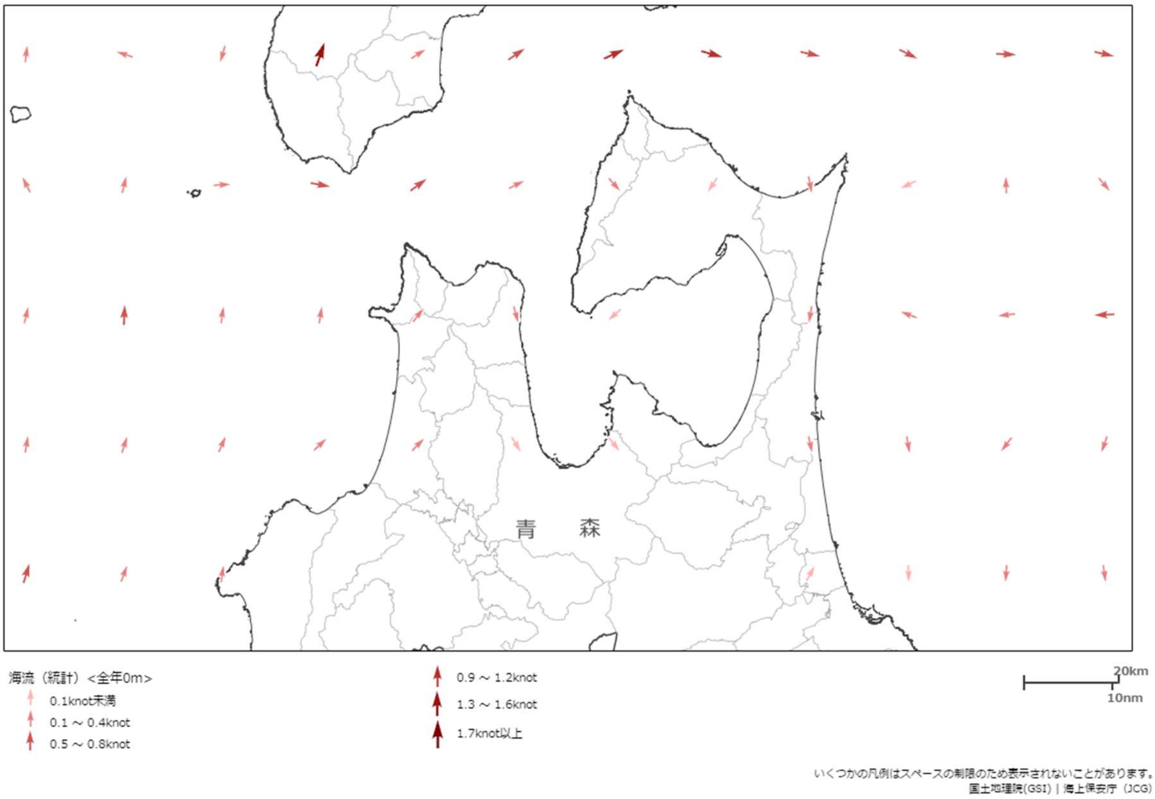
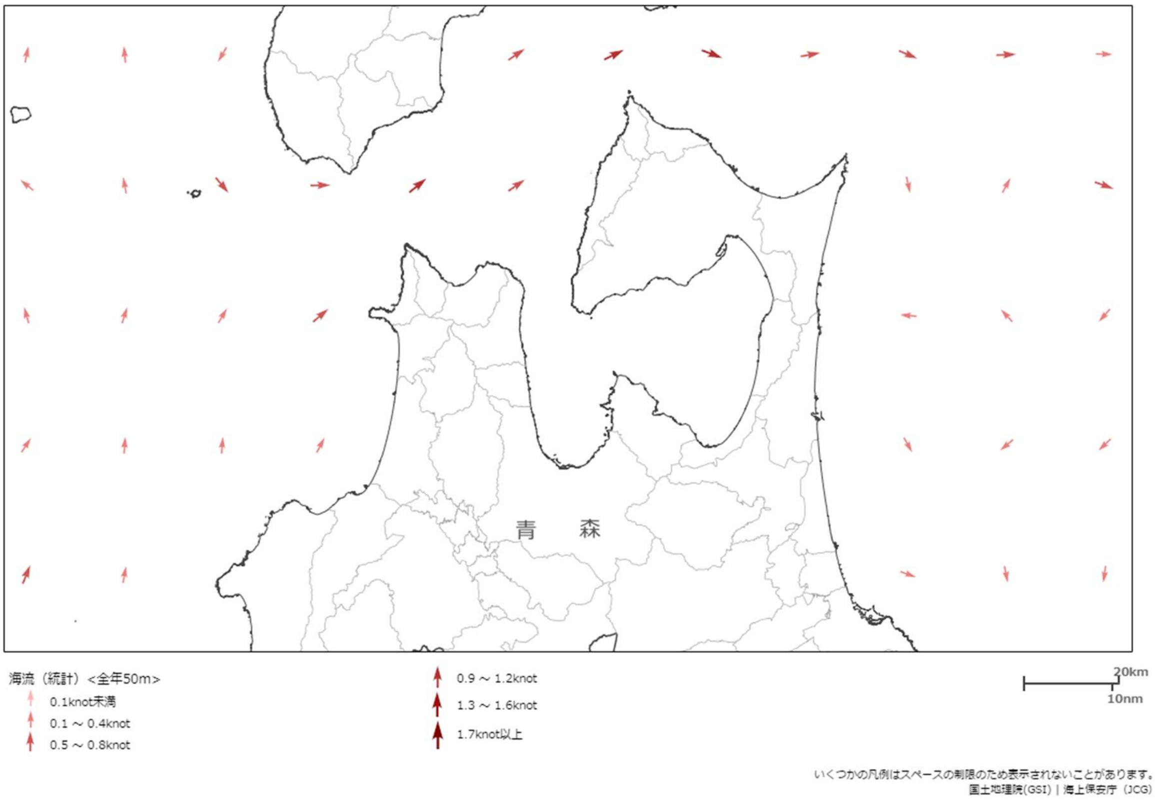


図 e-(2)-99 青森県北部海域の水深図





出典）海洋状況表示システム HP「海しる」

図 e-(2)-100 北海道日本海海域の流況図（上：水深 0m、下：水深 50m）

c.既存の漁場整備実績

青森県北部海域には、ヤリイカを対象とした漁場整備の実績があり、1990～2016年にかけて水深0～105mの範囲にFP魚礁やテトラリーフ等、様々な魚礁を計65箇所（増殖場47箇所、魚礁18箇所）に設置している。

また、ヤリイカの分布水深である水深0～200m（産卵水深：水深0～100m）が付近に存在することから、既存の魚礁周辺に整備を行うことでさらなる増殖効果が期待できる海域と考えられる。

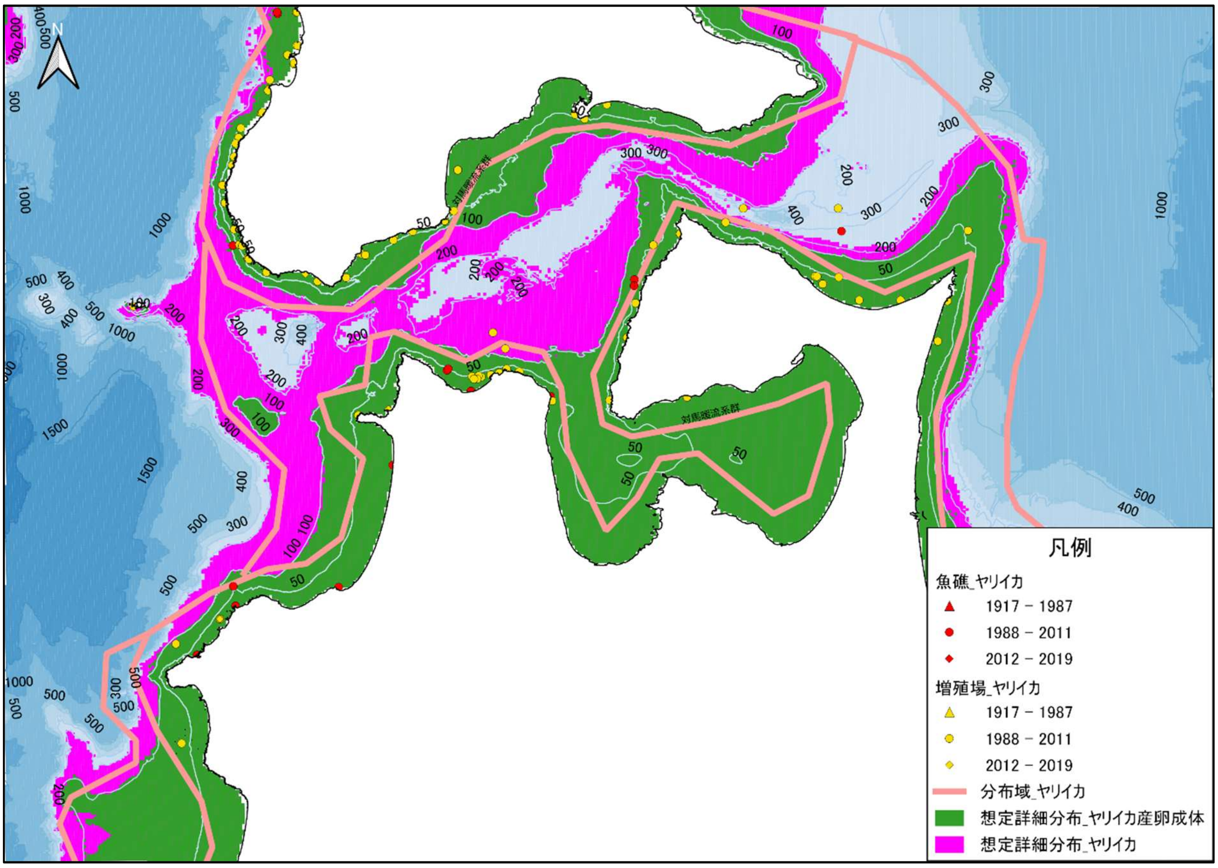


図 e-(2)-101 ヤリイカの魚礁整備位置

表 e-(2)-62 青森県北部海域の従来型沈設魚礁

魚礁区分	実施年度	設置水深	事業数
魚礁	1990～2000年	25～105m	18箇所
増殖場	1997～2016年	0～90m	47箇所

d.適地選定

以上の結果より、ヤリイカに対して図 e-(2)-102 に示す海域を漁場整備（主に従来型沈設魚礁）の適地として選定した。この海域は、広範囲で傾斜が緩やかな海底地形であり、冬産卵グループと春産卵グループが重複して産卵回遊する海域であることから、漁場の拡張及び増殖効果が期待できる海域と考えられる。

なお、詳細な整備箇所の選定については、この海域での産卵場の詳細分布を現地調査により把握し、漁業との調整を図った上で整備適地を絞り込む必要がある。従来型沈設魚礁の整備条件を表 e-(2)-63 に､整備適地の絞り込みイメージを図 e-(2)-103 に示す。

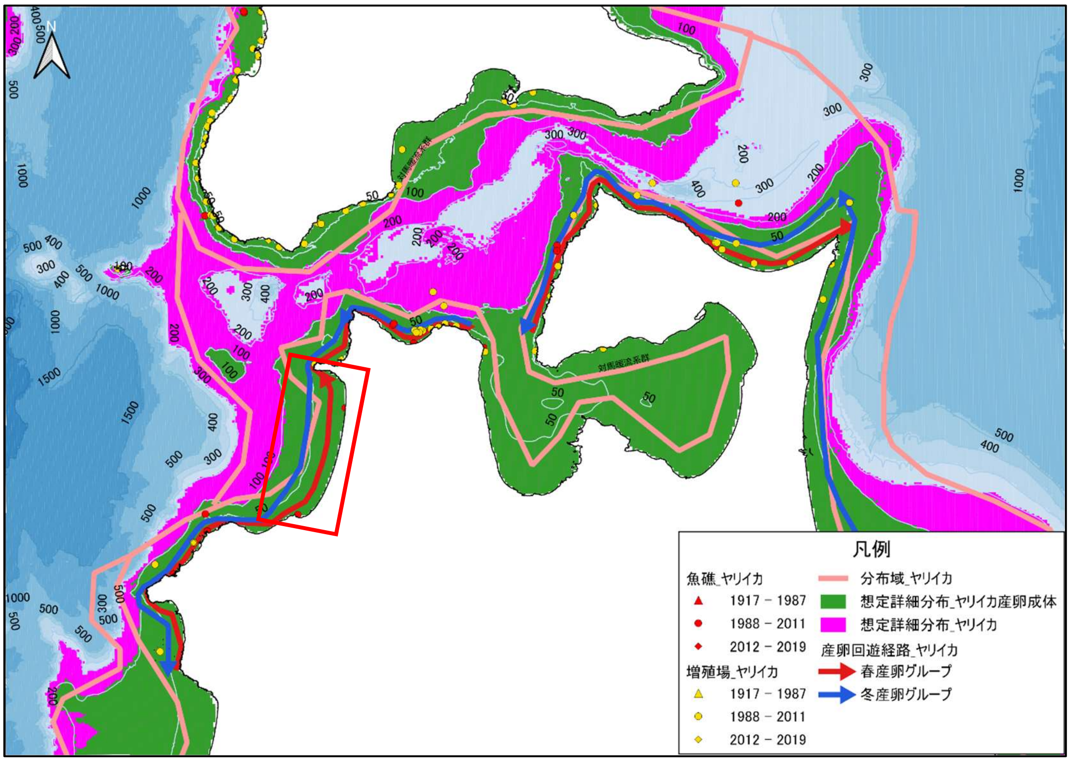


図 e-(2)-102 ヤリイカの漁場整備適地海域（赤枠内）

表 e-(2)-63 従来型沈設魚礁の整備条件

地形	・平坦で傾斜の緩やかな位置 ・沈下・埋没・洗掘等が生じない地盤
水深	・保護対象とする魚種の成長段階の生息水深
安全性	・沈下を防ぐために、造成位置の地盤支持力が礁重量を上回ること ・埋没・洗掘を防ぐために、海底地質調査や流況調査等の結果に基づいて可能性が低いことの確認が必要 ・滑動や転倒を防ぐために、波や流れ、海底地形等の現地観測結果を十分に参考にして造成位置を決定することが必要 ・保護育成礁の位置を容易に特定できるように魚群探知機等で視認できる諸元を有すること

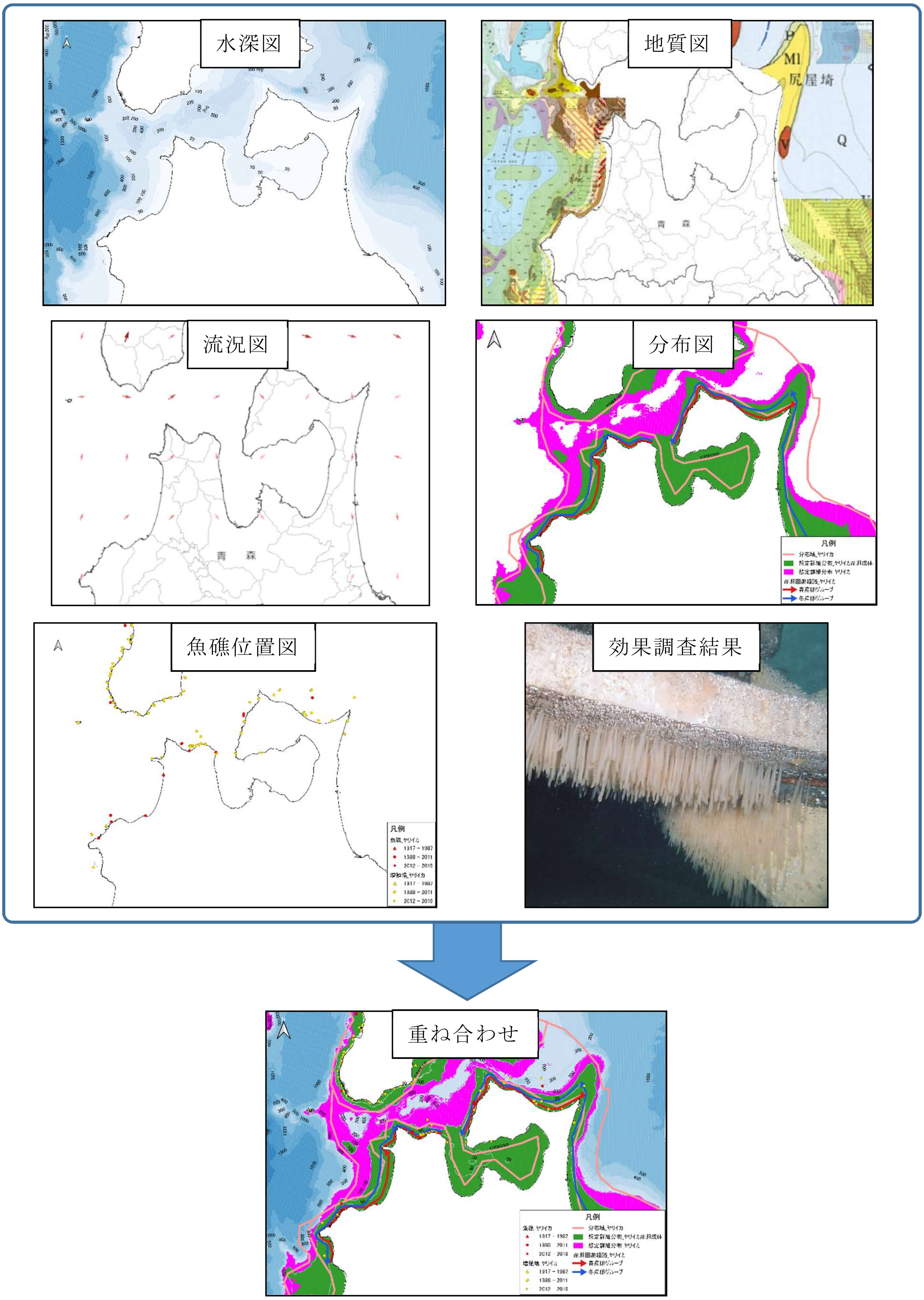


図 e-(2)-103 整備適地の絞り込みイメージ

1)-2-3-7 適地選定の一例（グループ H）

スルメイカ及びグループ H（スルメイカ、クロマグロ、カツオ）の適地選定例を以下に示す。

スルメイカの成長段階別の対策を表 e-(2)-64 に、環境条件を表 e-(2)-65 に示す。なお、スルメイカとの生態系の繋がりを考慮した増殖シナリオのグループ H（スルメイカ、クロマグロ、カツオ）についても表 e-(2)-64 に示した。

スルメイカに対しては、マウンド礁の漁場整備の実績は無いが、稚イカ～成体に効果が期待できるマウンド礁の整備が有効と考えられる。また、マウンド礁による餌料培養効果で蝟集した小魚やスルメイカを、その捕食者であるクロマグロやカツオが捕食することにより、グループ H のその他 2 魚種の増肉・増殖効果も期待できることから、本検討ではマウンド礁の整備を前提として適地選定を行った。

マウンド礁の整備を前提としてスルメイカの生息水深と水温を考慮すると、水深 200m 程度までの沿岸域で、湧昇流を発生させるための速い流れと底層に豊富な栄養塩がある海域を選定すれば良いと考えられる。

表 e-(2)-64 グループ H における成長段階別の対策

<table>
<tr><td colspan="2">成長段階</td><td colspan="2">考え方（案）</td><td colspan="2">対策
（魚礁）</td><td colspan="2">整備実績の有無</td></tr>
<tr><td colspan="2">対象魚種</td><td>スルメイカ</td><td>クロマグロ
カツオ</td><td>スルメイカ</td><td>クロマグロ
カツオ</td><td>スルメイカ</td><td>クロマグロ
カツオ</td></tr>
<tr><td colspan="2">卵</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td><td>—</td><td rowspan="2">—</td></tr>
<tr><td>稚イカ</td><td>仔稚魚</td><td rowspan="3">餌環境の
改善
基礎生産力
の底上げ</td><td>餌環境の
改善
基礎生産力
の底上げ</td><td rowspan="3">マウンド礁</td><td>—</td><td rowspan="3">無</td></tr>
<tr><td>未成体</td><td>未成
魚</td><td rowspan="2">餌環境の
改善</td><td rowspan="2">マウンド礁
浮魚礁</td><td rowspan="2">有</td></tr>
<tr><td colspan="2">成体/成魚</td></tr>
<tr><td colspan="2">産卵成体</td><td>—</td><td>産卵親魚
の保護</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr>
</table>

表 e-(2)-65 スルメイカに対する環境条件の絞り込み

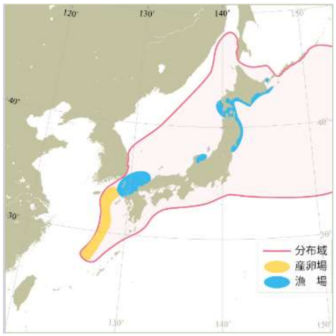
<table>
<tr><td>成長段階</td><td>水深</td><td>水温</td><td>流況</td><td>底質</td></tr>
<tr><td>卵</td><td>10～200m</td><td>好適値：15～20℃
限界値：15～27℃</td><td rowspan="5">—</td><td rowspan="5">—</td></tr>
<tr><td>稚イカ</td><td>0～50m</td><td>好適値：15～20℃
限界値：12～26℃</td></tr>
<tr><td>未成体</td><td rowspan="2">10～100m</td><td>好適値：8～15℃
限界値：5～28℃</td></tr>
<tr><td>成体</td><td rowspan="2">好適値：14～18℃
限界値：10～23℃</td></tr>
<tr><td>産卵成体</td><td>0～100m</td></tr>
</table>

a. 対象魚種の分布域

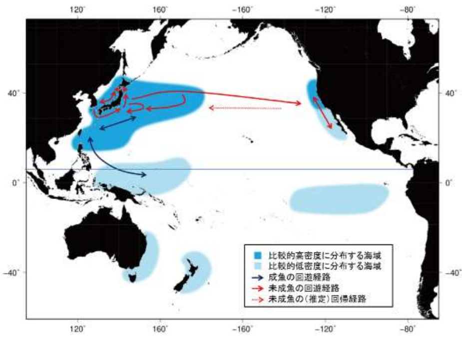
グループＨ（3 魚種）の生息分布、産卵場分布より、生態系を考慮して最大の効果が得られると考えられる、全魚種の分布域が重複した対馬海峡周辺を整備適地の一例として選定した（図 e-(2)-105 黒枠参照）。

スルメイカ（秋季発生系群）

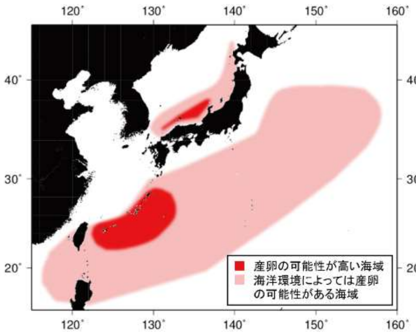
スルメイカ（冬季発生系群）



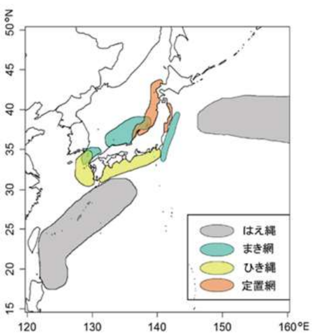
クロマグロ（太平洋系群



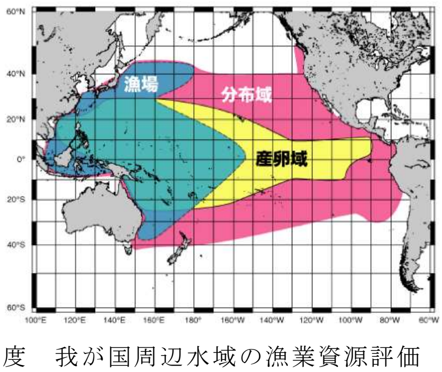
産卵場概念図



日本周辺の主な漁場）



カツオ（太平洋中西部系群）



出典）平成 30 年度及び令和元年度　我が国周辺水域の漁業資源評価

図 e-(2)-104 グループＨ（3 魚種）の分布図

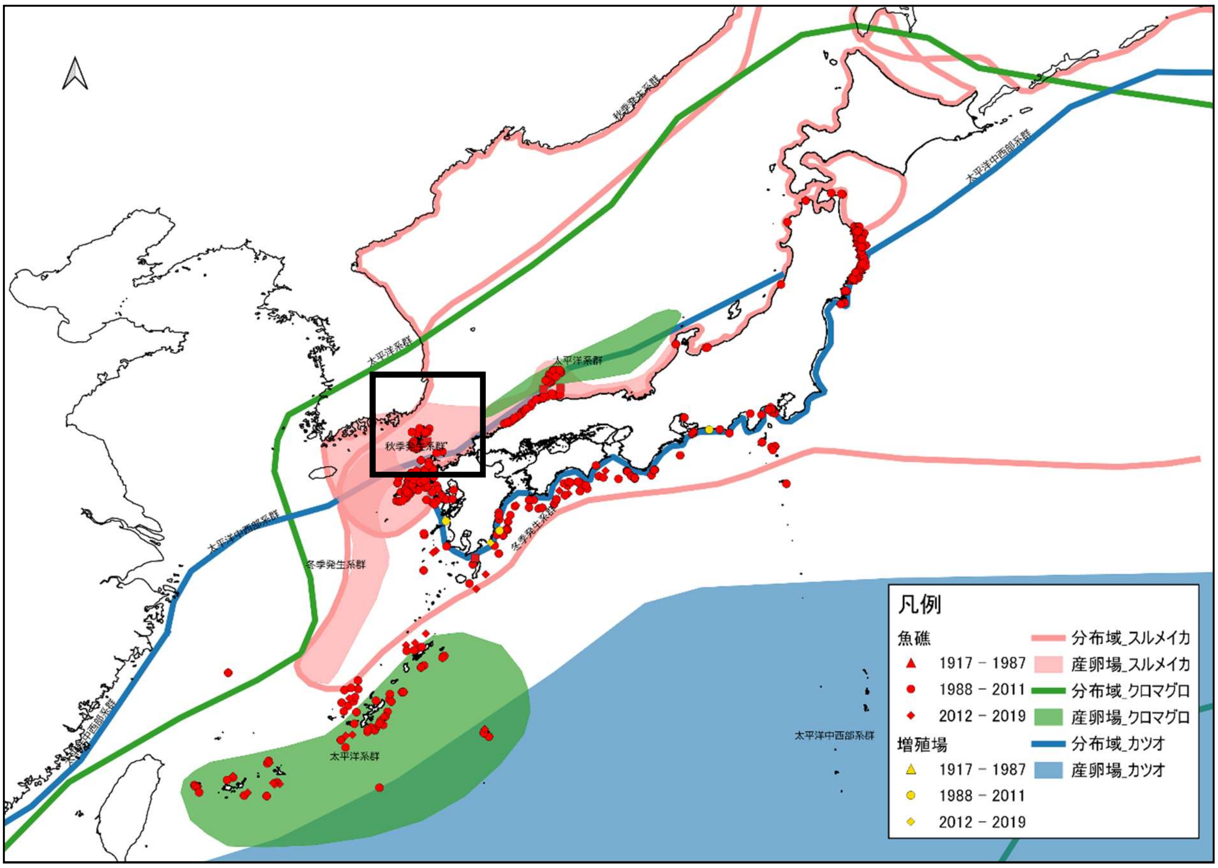


図 e-(2)-105 グループ H の分布図

b.地形等条件

マウンド礁の整備条件として、安定した速い流速と基礎生産力向上のための栄養塩類が重要である。

海洋状況表示システム「海しる」の海流統計（図 e-(2)-107 参照）によると、対馬海峡周辺の流況は、水深 50～100m においては、全年統計で流速 1.3knot 以上の比較的速い流速の箇所があり、マウンド礁設置に適していると考えられる。

また、JAXA ひまわりモニタ「分野横断型プロダクト提供システム」のクロロフィル a 濃度分布（図 e-(2)-108 参照）によると、春季に対馬海峡付近で高いクロロフィル a 濃度がみられ、栄養塩類の供給が良好な海域と考えられる。

従って、対馬海峡付近は、対馬暖流による安定した速い流速（1knot 以上）があり、マウンド礁の整備により局所的湧昇を強化することによって、底層からの栄養塩の供給を促進しその効果の拡充が期待できる。

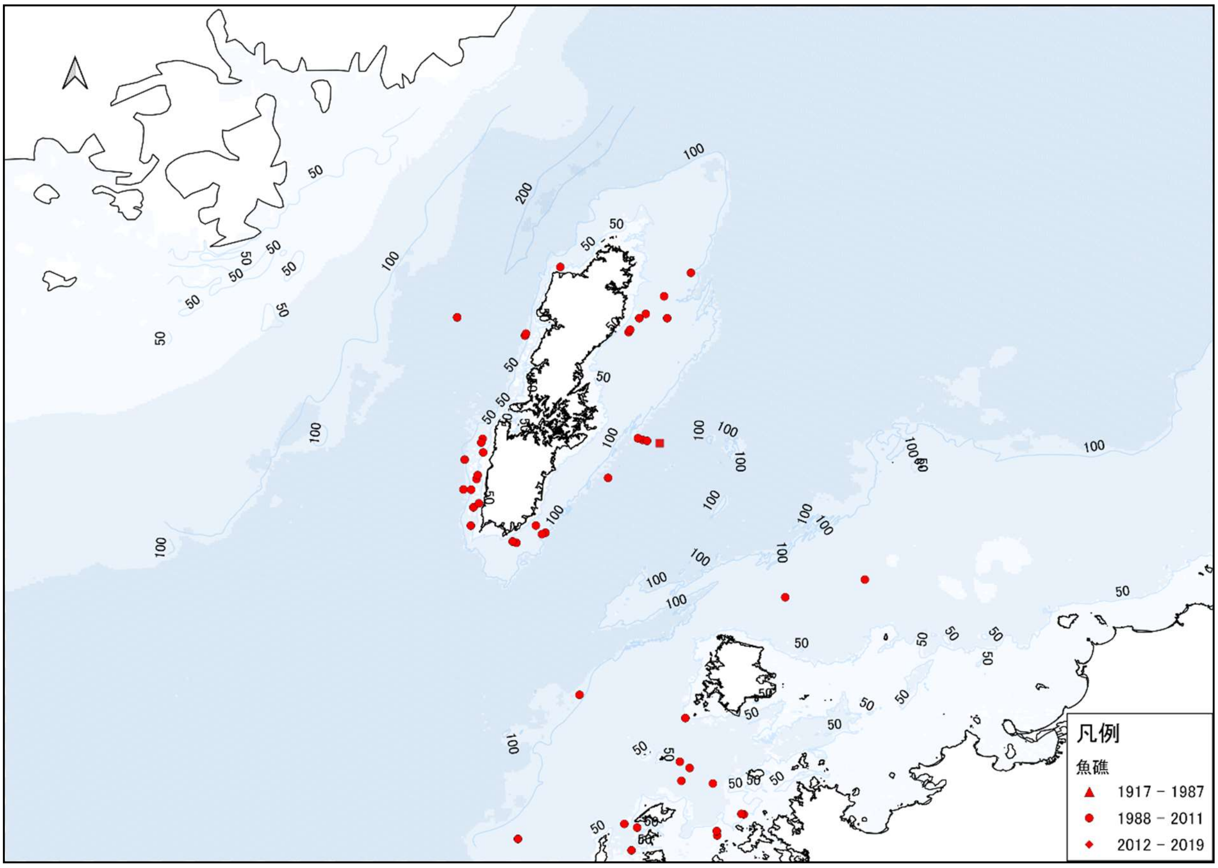
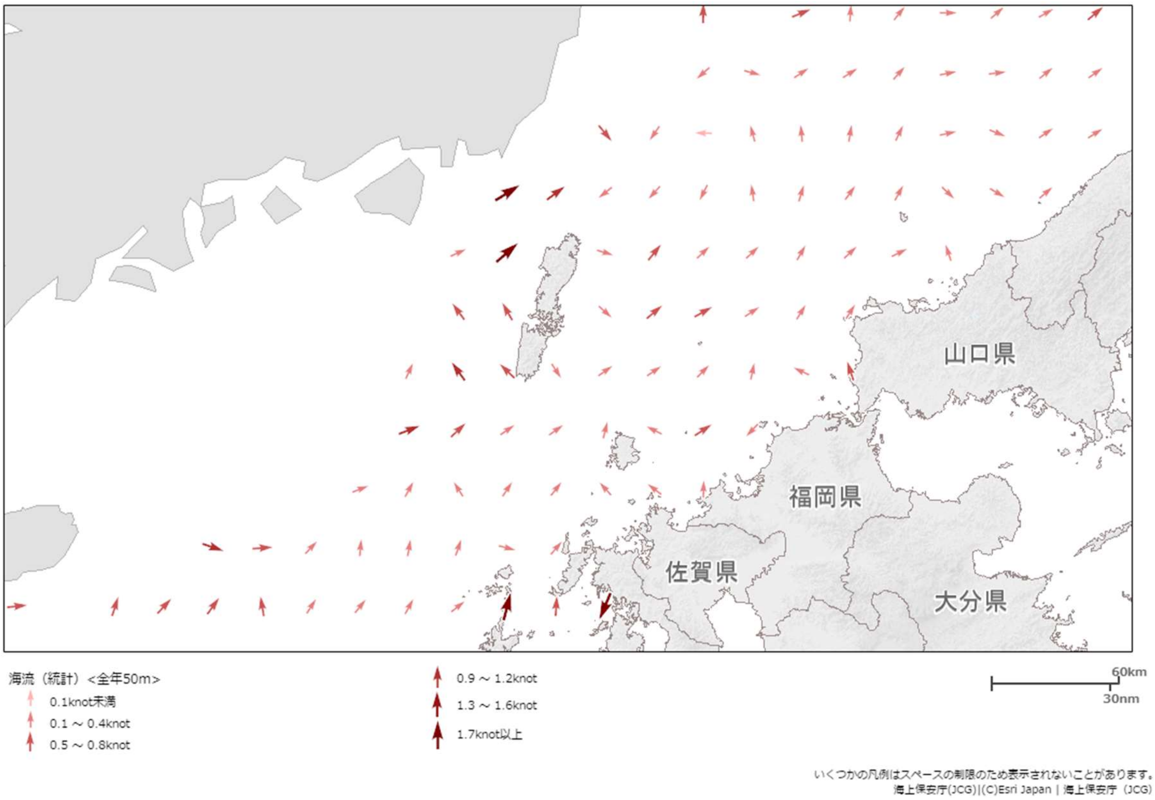
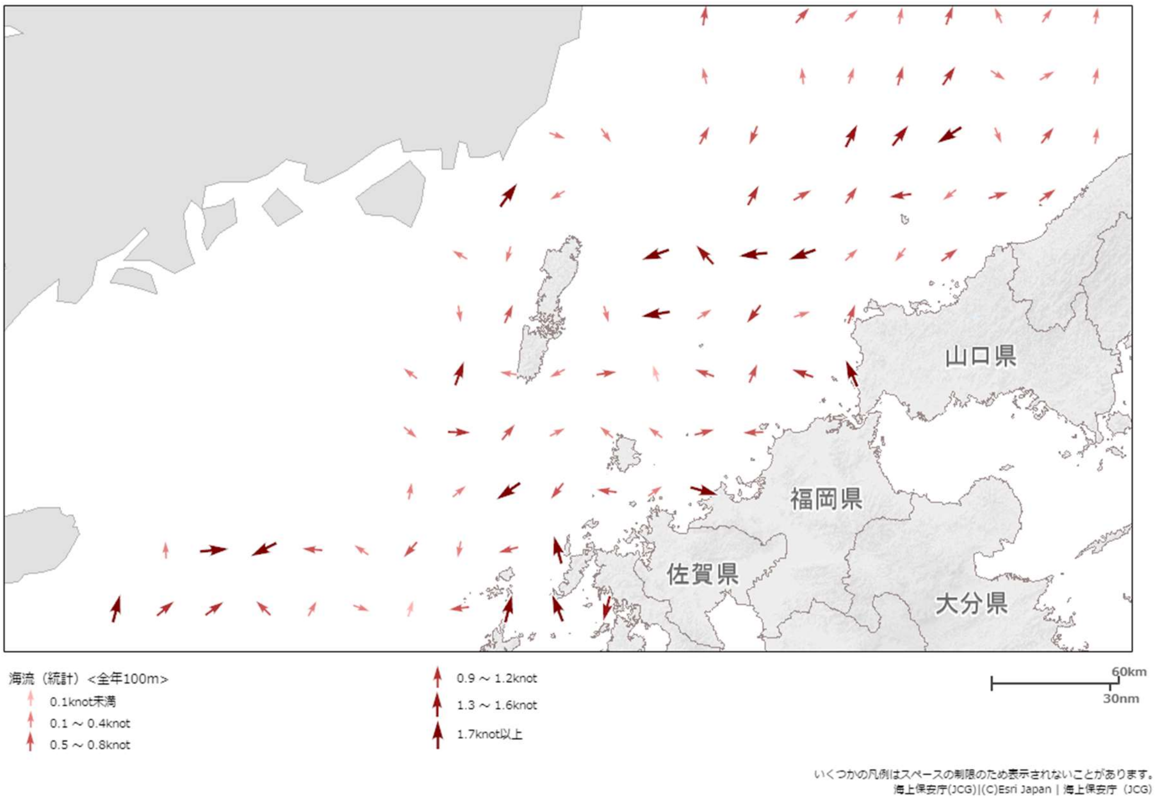


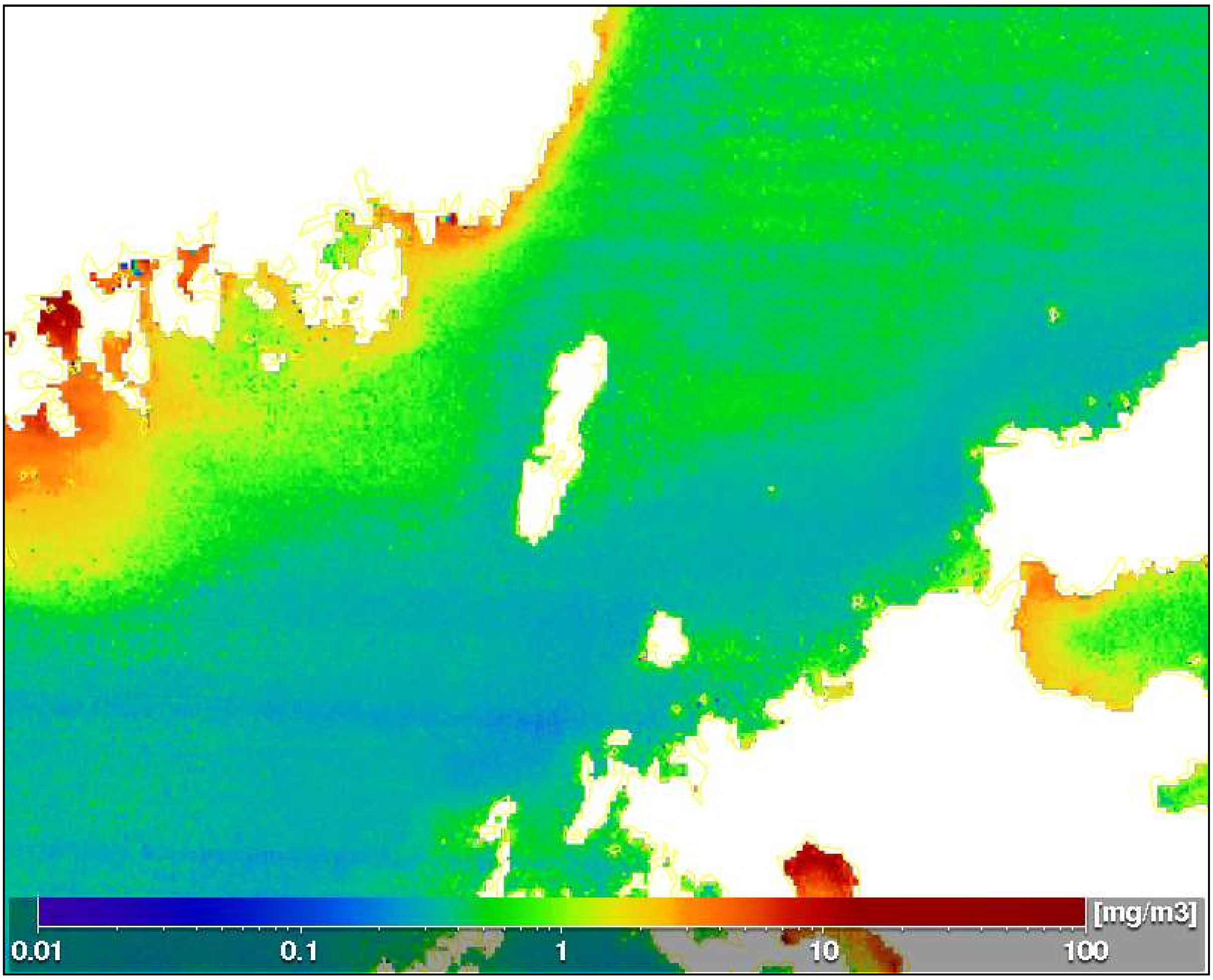
図 e-(2)-106 対馬海峡周辺の水深図





出典）海洋状況表示システム HP「海しる」

図 e-(2)-107 対馬海峡周辺の流況図（上：水深 50m、下：水深 100m）

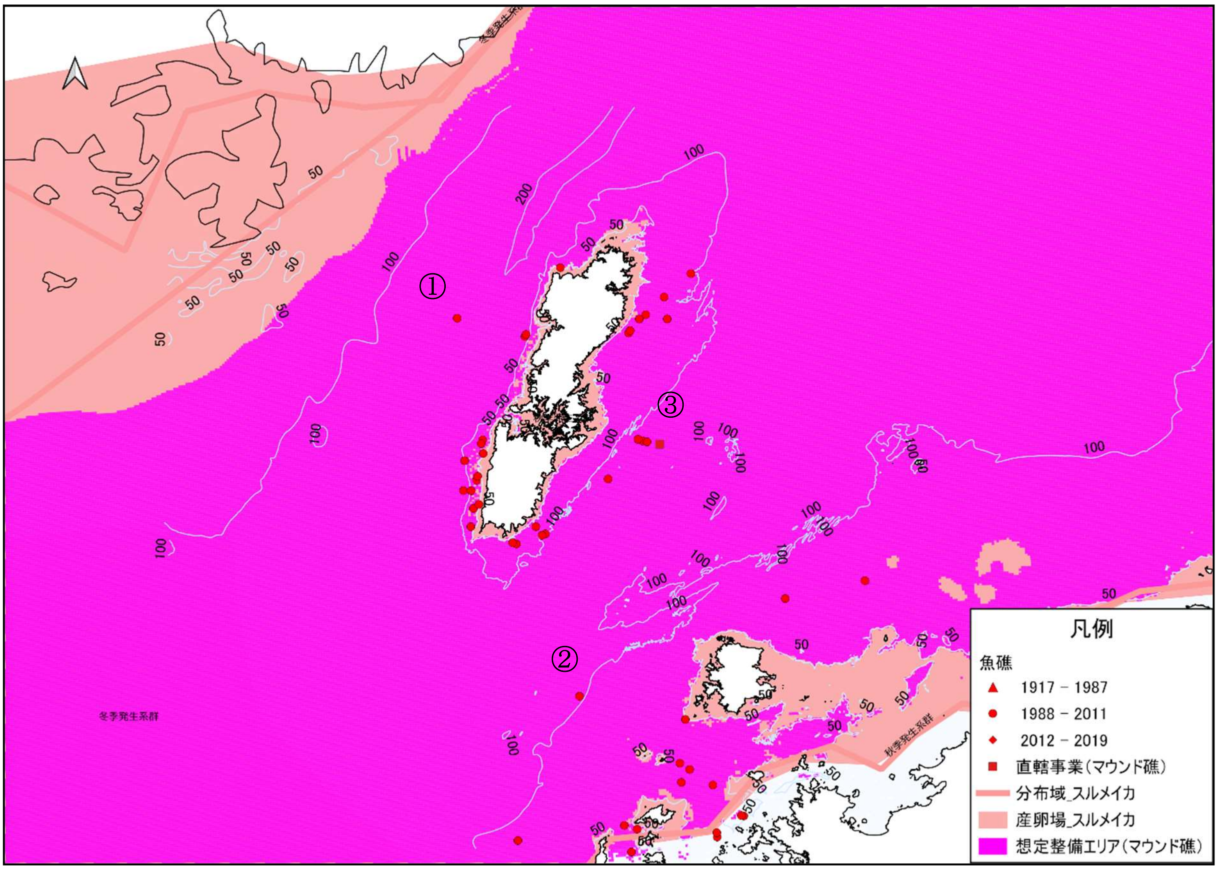


出典）JAXA ひまわりモニタ HP「分野横断型プロダクト提供システム」

図 e-(2)-108 対馬海峡周辺海域のクロロフィル a 濃度分布図（2017 年 5 月）

c.既存の漁場整備実績

対馬海峡周辺海域には、スルメイカを対象とした漁場整備の実績があり、グループＨのその他２魚種（クロマグロ、カツオ）を対象とした中層型浮魚礁の整備実績もある。また、グループＡのマアジ、マイワシ、マサバを対象とした直轄事業のマウンド礁も対馬の東方沖に整備中であり、大水深域（水深50m以深）に絞ってこれら既存の浮魚礁やマウンド礁周辺に漁場整備を行うことで、スルメイカを捕食するクロマグロ、カツオを含むグループＨの増殖効果が期待できる海域と考えられる。



※　クロマグロとカツオはこのエリアの全域に分布

図 e-(2)-109 グループＨの魚礁整備位置

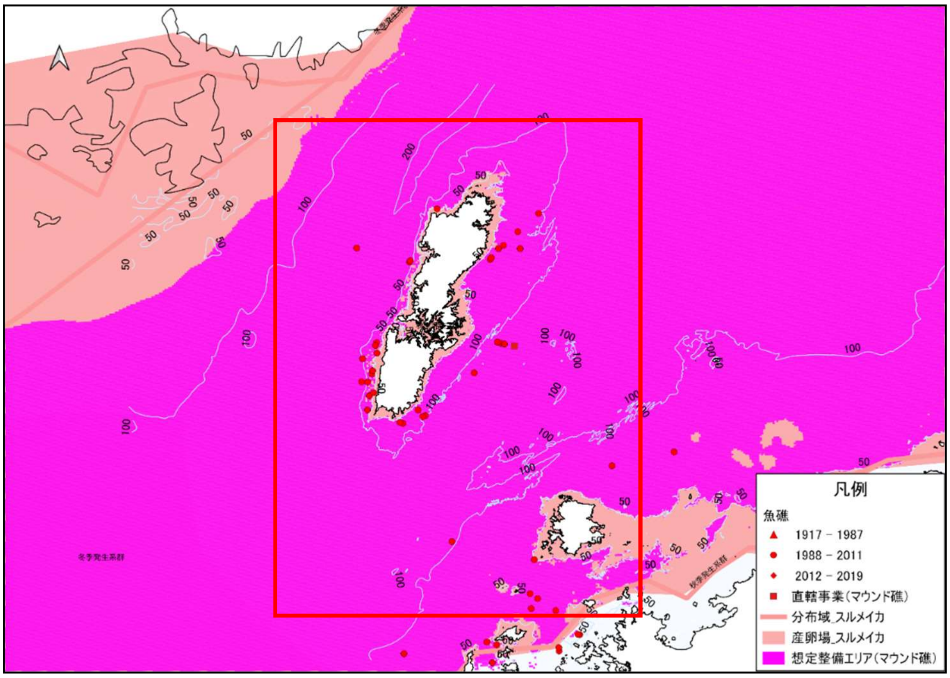
表 e-(2)-66 対馬海峡周辺の浮魚礁及びマウンド礁

番号	魚礁区分	実施年度	設置水深	設置数
①	浮魚礁	2007年	155m	6基
②	浮魚礁	2008年	不明	6基
③	マウンド礁	整備中	108m	1基

d.適地選定

以上の結果より、グループＨに対して図 e-(2)-110 に示す海域を漁場整備（主にマウンド礁）の適地として選定した。この海域は、海峡部で比較的安定した速い流況であり、スルメイカの産卵場とクロマグロ及びカツオの分布域と重複する海域であることから、グループＨ全体の増殖効果が期待できる海域と考えられる。

なお、詳細な整備箇所の選定については、この海域での各成長段階の詳細分布、回遊経路、栄養塩の分布等を現地調査により把握し、漁業との調整を図った上で整備適地を絞り込む必要がある。マウンド礁の整備条件を表 e-(2)-67 に、整備適地の絞り込みイメージを図 e-(2)-111 に示す。



※　クロマグロとカツオはこのエリアの全域に分布

図 e-(2)-110 グループＨの漁場整備適地海域（赤枠内）

表 e-(2)-67 マウンド礁の整備条件

地形	・堆、海脚、海嶺などの地形変化に富み、流動環境が多様な場所に隣接し、設置位置として起伏のない平坦な海底面の海域 ・波、流れにより洗掘、埋没、転倒、移動が生じない地盤
水深	・対象海域の成層深度、有光層、栄養塩鉛直分布を考慮して、湧昇流発生機能が効果的に発揮できる水深
流況	・湧昇効果が期待できる程度の流れがある海域 ・密度躍層が比較的弱い海域
水質	・底層の栄養塩密度が高く、マウンド礁の設置効果がある海域
安全性	・マウンド型構造物については、自重、浮力、波及び流れなどの作用に対して、マウンド材料が所用質量を満足している必要がある

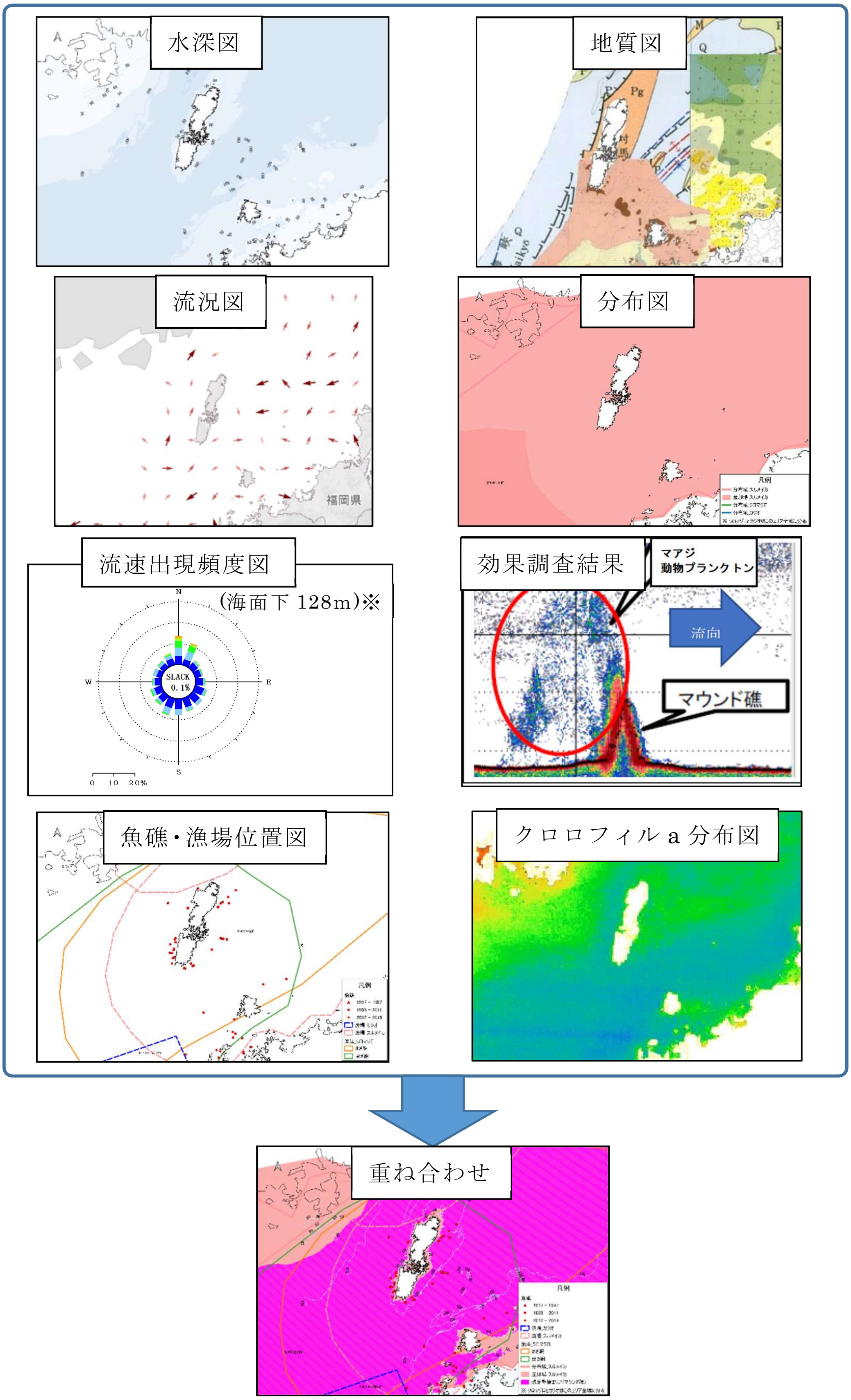


図 e-(2)-111 整備適地の絞り込みイメージ

※五島西方沖のマウンド礁を参考例とした。選定時には実際に調査する必要がある。

出典）平成 30 年度マウンド礁整備流況・水質調査業務報告書

2) 高知県沖における浮魚礁の増殖・増肉効果の検討

2)-1　既存資料の収集整理結果

土佐黒潮牧場の浮魚礁設置海域における漁獲成績報告書を高知県より提供を受け、各ブイにおける漁獲情報を整理した。各ブイ位置図を図 e-(2)-112 に示す。

全 12 基のうち、漁獲金額が多かった上位 3 位は、金額の下降順に、13 号ブイ、18 号ブイ、11 号ブイであった。これらはいずれも、土佐黒潮牧場域内においてより黒潮の上流側に位置する浮魚礁であった。

平成 17 年以降でみると、金額が多い上位 3 位は、13 号ブイが第 1 位、18 号ブイが第 2 位、21 号ブイが第 3 位であった。21 号ブイは平成 22 年に設置された最新のブイであり、やはり黒潮の上流側に位置している。

表 e-(2)-68(1) 土佐黒潮牧場の漁獲金額の推移（表 d-(2)-4 再掲）

(単位：百万円)

年＼ブイ	高知沖 1号	足摺岬沖 9(2)号※	高知沖 12(3)号※	室戸岬沖 10(4)号※	① 足摺岬沖 13(5)号※	足摺岬沖 6号	室戸岬沖 16(7)号※	興津沖 8号	③ 沖ノ島沖 11号	安芸沖 14号	芸東沖 15号	中芸沖 17号	② 足摺岬沖 18号	窪川沖 20号	大月沖 21号	甲浦沖 19号	合計	稼動基数	1基平均漁獲高
S.59 (1984)	S59.12設置																		
S.60 (1985)	0																		
S.61 (1986)	21	S62.3設置	S63.3設置																
S.62 (1987)	S61.12回収 S63.3再設	57	H9.3更新 H19.4更新	H1.3設置													57	1	57
S.63 (1988)	0	8	0	H8.3更新 H25.3更新	H2.2設置												8	2	4
H.1 (1989)	0	0	18	60	H9.3更新												78	3	26
H.2 (1990)	0	0	130	41	7	H4.2設置											178	4	44
H.3 (1991)	0	0	3	60	140	H18.1更新											203	4	51
H.4 (1992)	0	101	0	129	331	148	H5.3設置										709	5	142
H.5 (1993)	0	17	0	50	75	4	0										146	6	24
H.6 (1994)	0	H7.2更新 H17.2更新	0	25	178	27	38	H7.2設置 H18.1更新									268	5	54
H.7 (1995)	1	24	1	3	83	11	2	2	H8.2設置								126	7	18
H.8 (1996)	0	7	10	13	171	6	1	44	1	H10.3設置							253	8	32
H.9 (1997)	0	0	0	8	185	8	7	0	8	H20.7更新	H10.12設置						217	8	27
H.10 (1998)	H10.3回収	81	0	20	221	36	69	0	45	6	H24.5更新						479	9	53
H.11 (1999)		15	39	21	298	50	H10.12回収 H11.12設置	9	11	79	34.58	H11.12設置	H13.3設置				556	9	62
H.12 (2000)		2	54	0	103	44	19.24	2	66	14	H12.3回収 H13.4復旧	25	H23.11更新				330	10	33
H.13 (2001)		4	74	H13.6離脱 H15.3復旧	181	13	3	33	117	7	6	12	62				512	11	47
H.14 (2002)		44	20	H17.8回収 H17.10復旧	254	31	20	78	41	6	14	8	88				605	11	55
H.15 (2003)		33	1	8.1	H15.1離脱 H16.4復旧	3	27	1	24	6	13	26	82				223	11	20
H.16 (2004)		43	29	61	240	128	95	15	137	25	40	200	291				1,305	12	109
H.17 (2005)		1	2	6	150	0	41	0	H16.10離脱	3	94	2	20				319	11	29
H.18 (2006)		2	0	25	268	2	12	0	H19.2復旧	7	16	H17.9離脱	191				523	10	52
H.19 (2007)		3	7	7	365	29	5	6	112	3	90	H20.8復旧	43				670	11	61
H.20 (2008)		22	8	12	260	18	H20.3離脱	5	37	5	11	1	95				474	11	43
H.21 (2009)		0	1	3	175	1	H22.3復旧	1	27	21	9	69	35				342	11	31
H.22 (2010)		5	44	19	375	2	0	0	7	9	42	0	59	H22.10設置	H22.11設置	H23.3設置	562	12	47
H.23 (2011)		2	63	4	380	12	10	0	57	7	47	0	47	0	5	1	635	15	42
H.24 (2012)		1	3	0	277	5	3	0	46	7	2	1	46	7	18	20	436	15	29
H.25 (2013)		0	4	0	338	5	0	0	8	3	54	0	10	1	49	58	530	15	35
H.26 (2014)		20	59	4	208	32	24	7	7	2	6	11	25	24	80	62	571	15	38
H.27 (2015)		H27.3 陸寄せ 0	8	0	409	13	23	0	8	2	46	14	13	1	139	3	679	15	45
H.28 (2016)		5	30	0	134	H28.3 更新 1	0	H29.2 沖出し 0	21	6	62	27	79	0	119	11	495	15	33
H.29 (2017)		39	H29.3 更新 26	5	227	14	71	21	H29.12 位置変更 12	17	8	44	84	9	212	7	796	15	53
H.30 (2018)		1	19	25	234	27	8	0	10	H31.3 更新 3	67	1	2	15	32	13	457	15	30
累計	22	537	653	608	6,267	672	480	225	803	238	662	441	1,272	57	654	175	13,743	312	44
年平均	2	19	22	23	232	26	22	10	40	12	37	28	75	8	93	25			

※括弧内は旧黒牧番号

出典)：平成 30 年度高知県水産試験場事業報告書. 高知県 HP.

表 e-(2)-68(2) 土佐黒潮牧場の漁獲金額の推移（平成 17 年以降）

（単位：百万円）

ブイ / 年	足摺岬沖 9(2)号	高知沖 12(3)号	室戸岬沖 10(4)号	① 足摺岬沖 13(5)号	足摺岬沖 6号	室戸岬沖 16(7)号	興津沖 8号	沖ノ島沖 11号	安芸沖 14号	芸東沖 15号	中芸沖 17号	② 足摺岬沖 18号	窪川沖 20号	③ 大月沖 21号	甲浦沖 19号	合計	稼動基数	1基平均漁獲高
H17 (2005)	1	2	6	150	0	41	0		3	94	2	20				319	11	29
H18 (2006)	2	0	25	268	2	12	0		7	16		191				523	10	52
H19 (2007)	3	7	7	365	29	5	6	112	3	90		43				670	11	61
H20 (2008)	22	8	12	260	18		5	37	5	11	1	95				474	11	43
H21 (2009)	0	1	3	175	1		1	27	21	9	69	35				342	11	31
H22 (2010)	5	44	19	375	2	0	0	7	9	42	0	59				562	12	47
H23 (2011)	2	63	4	380	12	10	0	57	7	47	0	47	0	5	1	635	15	42
H24 (2012)	1	3	0	277	5	3	0	46	7	2	1	46	7	18	20	436	15	29
H25 (2013)	0	4	0	338	5	0	0	8	3	54	0	10	1	49	58	530	15	35
H26 (2014)	20	59	4	208	32	24	7	7	2	6	11	25	24	80	62	571	15	38
H27 (2015)	0	8	0	409	13	23	0	8	2	46	14	13	1	139	3	679	15	45
H28 (2016)	5	30	0	134	1	0	0	21	6	62	27	79	0	119	11	495	15	33
H29 (2017)	39	26	5	227	14	71	21	12	17	8	44	84	9	212	7	796	15	53
H30 (2018)	1	19	25	234	27	8	0	10	3	67	1	2	15	32	13	457	15	30
累計	101	274	110	3,800	161	197	40	352	95	554	170	749	57	654	175	7,489	186	570
年平均	7	20	8	271	12	16	3	29	7	40	14	54	7	82	22			

出典）：平成 30 年度高知県水産試験場事業報告書．高知県 HP. を編集

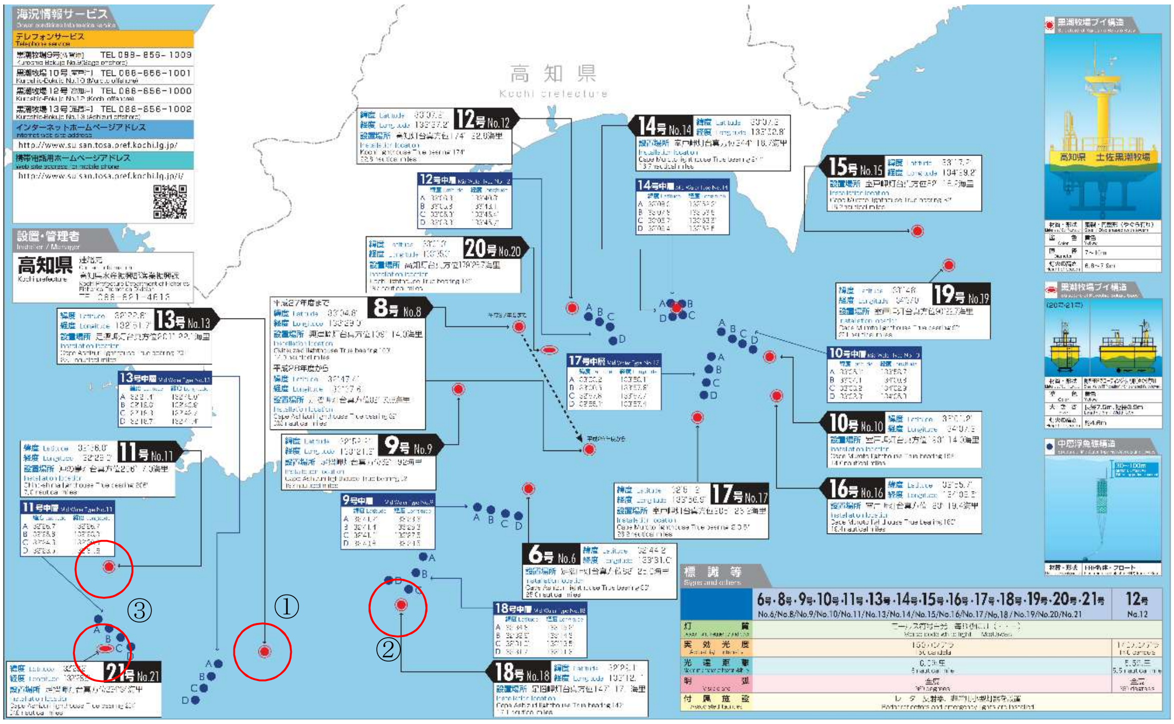


図 e-(2)-112 土佐黒潮牧場の位置図

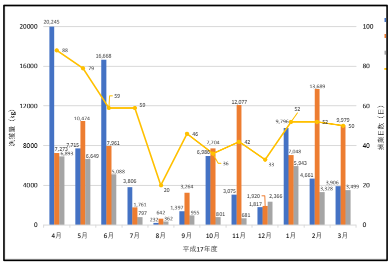
さらに、平成 17 年度～平成 30 年度の漁獲成績報告書をもとに、この上位 3 位の浮魚礁における漁獲物をカツオ、マグロ類及びその他魚種の 3 群に分けて漁獲状況を示すと図 e-(2)-113～図 e-(2)-116 のようになる。その概要を要約すると、以下のようになる。

【13 号ブイ】
- 全体的に春季（4～6 月）と秋季（9～11 月）に漁獲が多い傾向
- カツオ及びマグロ類の漁獲が主体

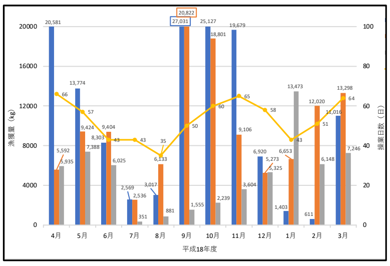
【18 号ブイ】
- 年度により漁獲量に差がある
- 漁獲量が多い年は、春季（4～6 月）と秋季（9～11 月）に漁獲が多い傾向
- その他魚種が多かった平成 17～18 年度を例外として、カツオ及びマグロ類の漁獲が主体

【11 号ブイ】
- 年度により漁獲量に差がある
- 漁獲量が多い年は、春季（4～6 月）と秋季（9～11 月）に漁獲が多い傾向
- その他魚種が多かった平成 25 年度を例外として、カツオ、マグロ類の漁獲が主体

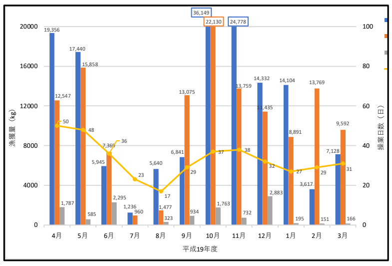
【21 号ブイ】
- 全体的に春季（4～6 月）と秋季（9～11 月）に漁獲が多い傾向
- 一貫してカツオ及びマグロ類の漁獲が主体



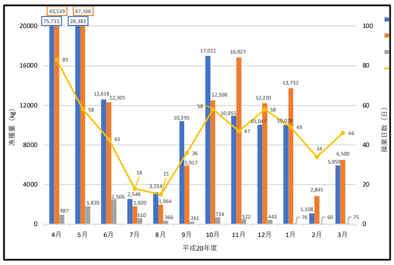
平成 17 年度



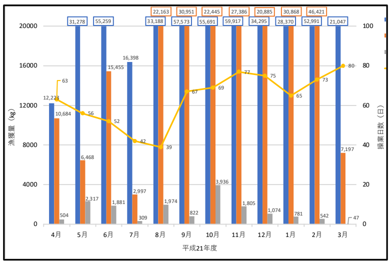
平成 18 年度



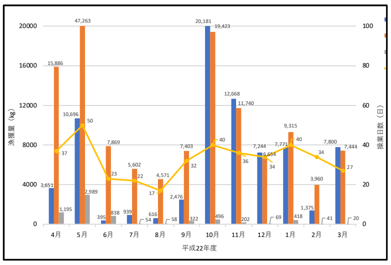
平成 19 年度



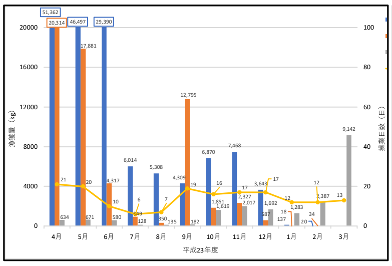
平成 20 年度



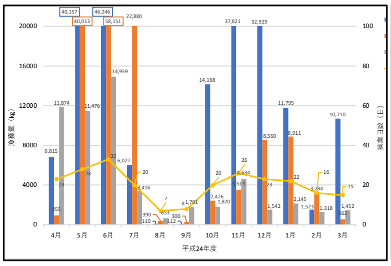
平成 21 年度



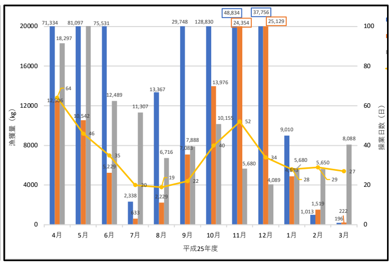
平成 22 年度



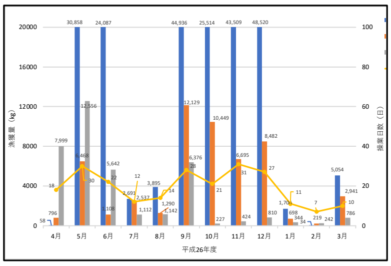
平成 23 年度



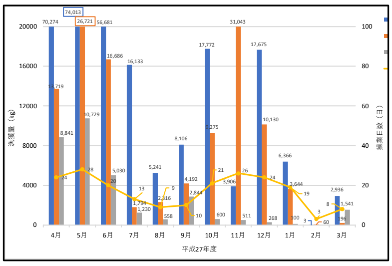
平成 24 年度



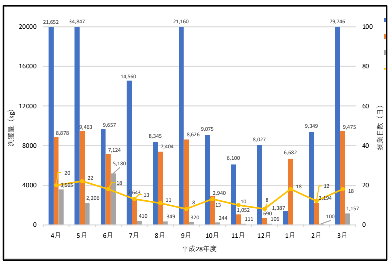
平成 25 年度



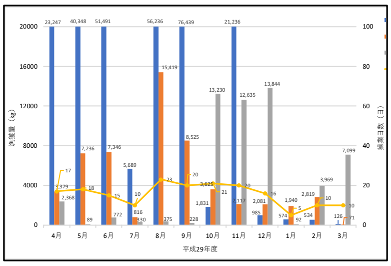
平成 26 年度



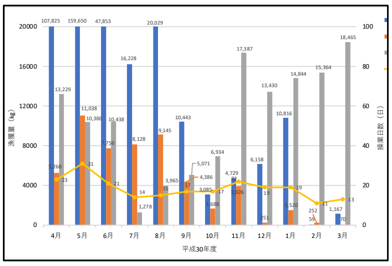
平成 27 年度



平成 28 年度



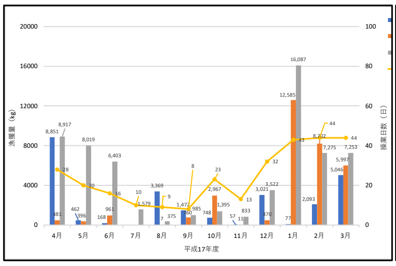
平成 29 年度



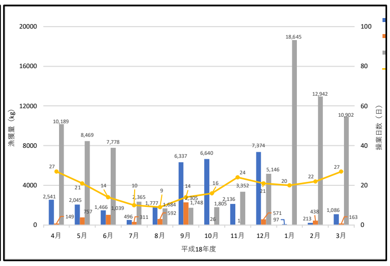
平成 30 年度

13号 - カツオ
13号 - マグロ類
13号 - その他
13号 - 操業日数/月

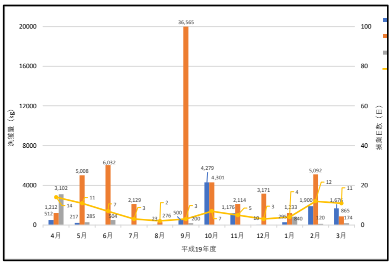
図 e-(2)-113 13 号ブイの月別漁獲量



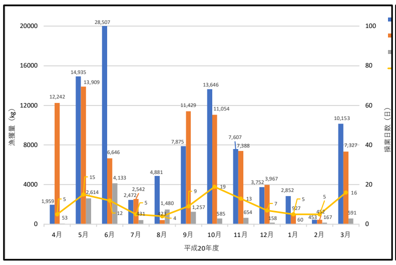
平成 17 年度



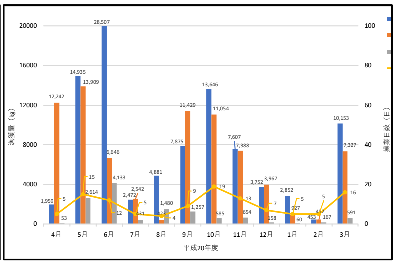
平成 18 年度



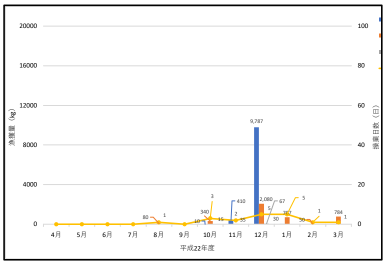
平成 19 年度



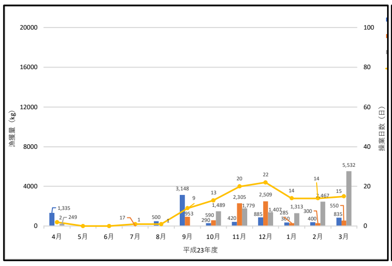
平成 20 年度



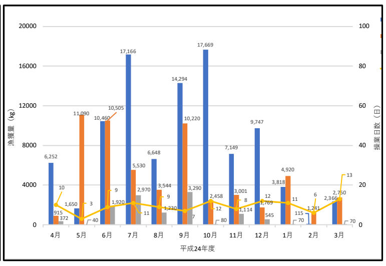
平成 21 年度



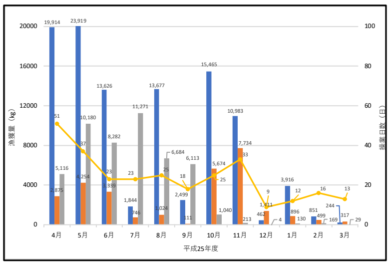
平成 22 年度



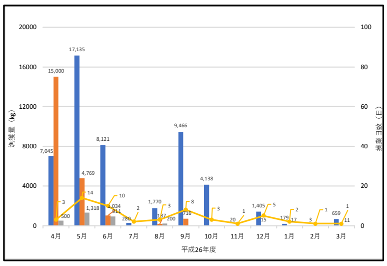
平成 23 年度



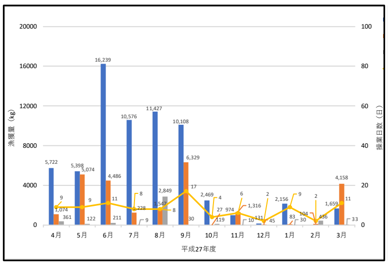
平成 24 年度



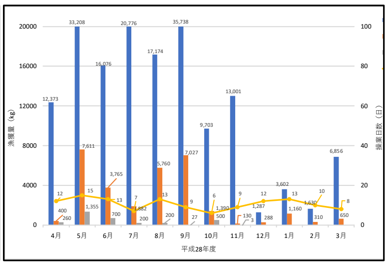
平成 25 年度



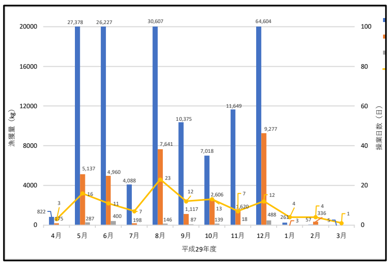
平成 26 年度



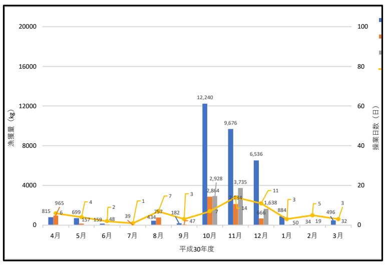
平成 27 年度



平成 28 年度



平成 29 年度



平成 30 年度

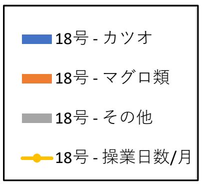


図 e-(2)-114　18 号ブイの月別漁獲量

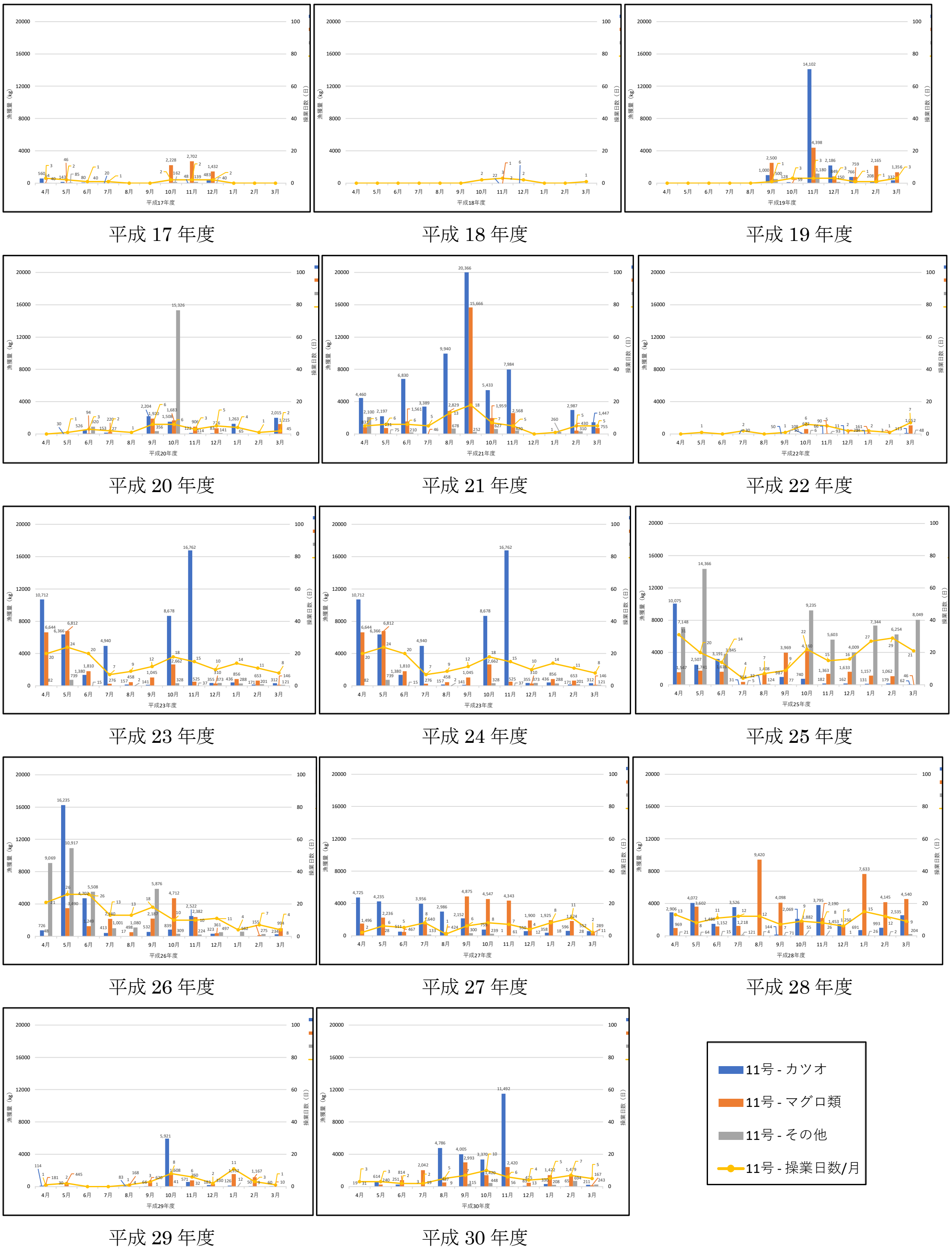
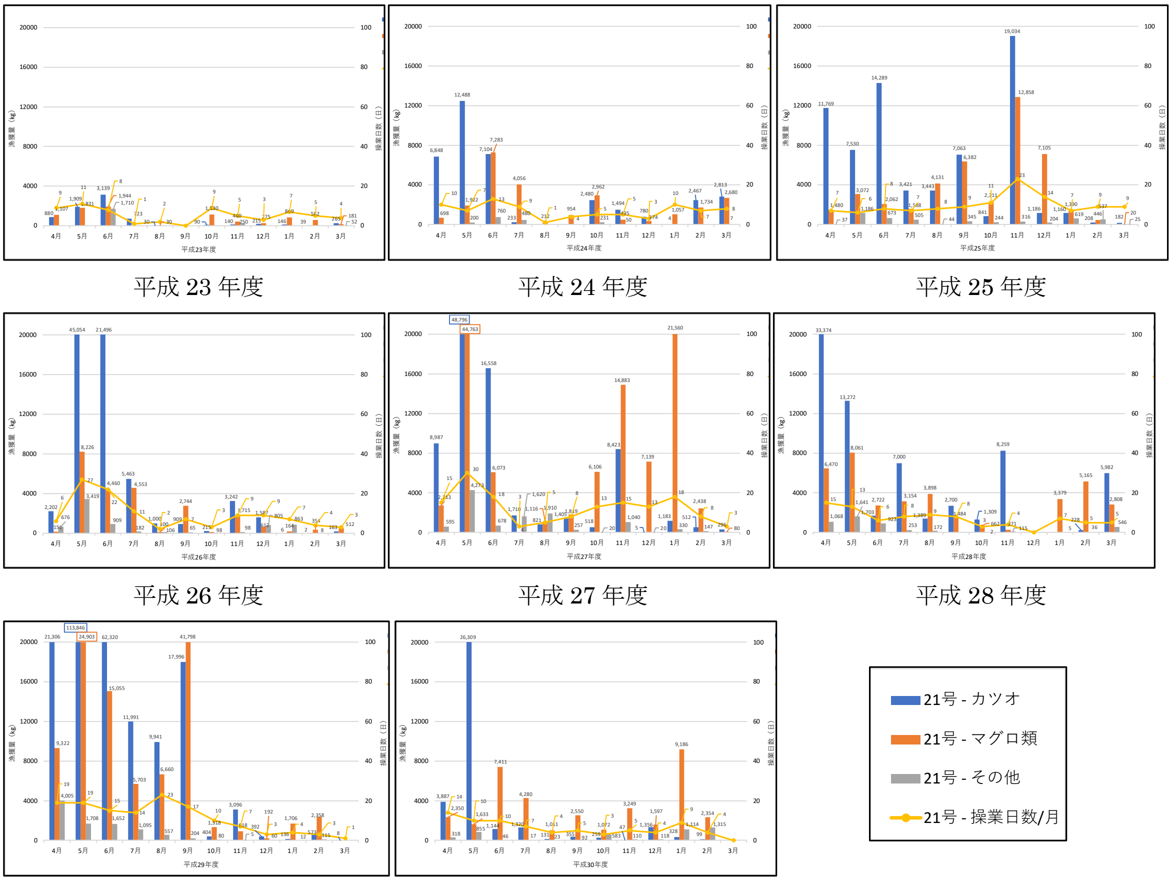


図 e-(2)-115 11 号ブイの月別漁獲量



平成 23 年度　平成 24 年度　平成 25 年度
平成 26 年度　平成 27 年度　平成 28 年度
平成 29 年度　平成 30 年度

図 e-(2)-116 21 号ブイの月別漁獲量

2)-2　現地調査結果

2)-2-1　水質鉛直観測

水質調査結果を、当日の黒潮流軸の状況と併せて、図 e-(2)-117 に示す。

水柱鉛直構造は、春季には、検証地点である 13 号ブイと対照区 1 との間で、次のような差異がみられた。すなわち、水温は、黒潮本流域内の 13 号ブイでは、水深 15m あたりに弱い躍層が、また、水深 90m に発達した躍層が形成されていたのに対して、黒潮本流域外の対照区では水深 50m あたりから 150m 以深までなだらかに低下していた。一方、塩分の鉛直分布には地点間に差はなく、ともに顕著な成層構造はみられなかったが、13 号ブイでは 100m 以深で、対照区では 30m 以深で、わずかに高塩分となっていた。

クロロフィル蛍光強度は、13 号ブイ及び対照区ともに、表層と亜表層の二箇所に極大層を形成していた。13 号ブイでは約 20m から 90m まで幅広い極大層がみられ、対照区では約 30－50m と 100m あたりに分かれた亜表層極大層がみられた。水深 15m までの表層及び表面から水深 150m までの積算量では両地点に差はないが、光合成層の大部分を占めると思われる 100m 以浅層では 13 号ブイでより高かった。

秋季には対照区を二つ設け、合計 3 地点で調査を行った。水温の鉛直分布はいずれの地点でも単純で、表層混合層から水深 120m までなだらかに下降していた。表層水温は、黒潮本流域外の対照区 1 に比べて、黒潮本流域内の 13 号ブイ及び対照区 2 で明らかに高かかったが、表層と下層の水温差は対照区 1 でより大きかった。塩分は、全地点全層でほぼ一定であった。

クロロフィル蛍光強度は、いずれの地点でも水深約 50～80m付近に亜表層極大を形成しており、その値は対照区 2＜13 号ブイ＜対照区 1 の順に大きかった。このように、春季には表層にピークがあり、秋季には中層の極大層が明瞭になるというクロロフィル蛍光強度の季節変化は、黒潮及び周辺の亜熱帯海域では一般的にみられる傾向である。

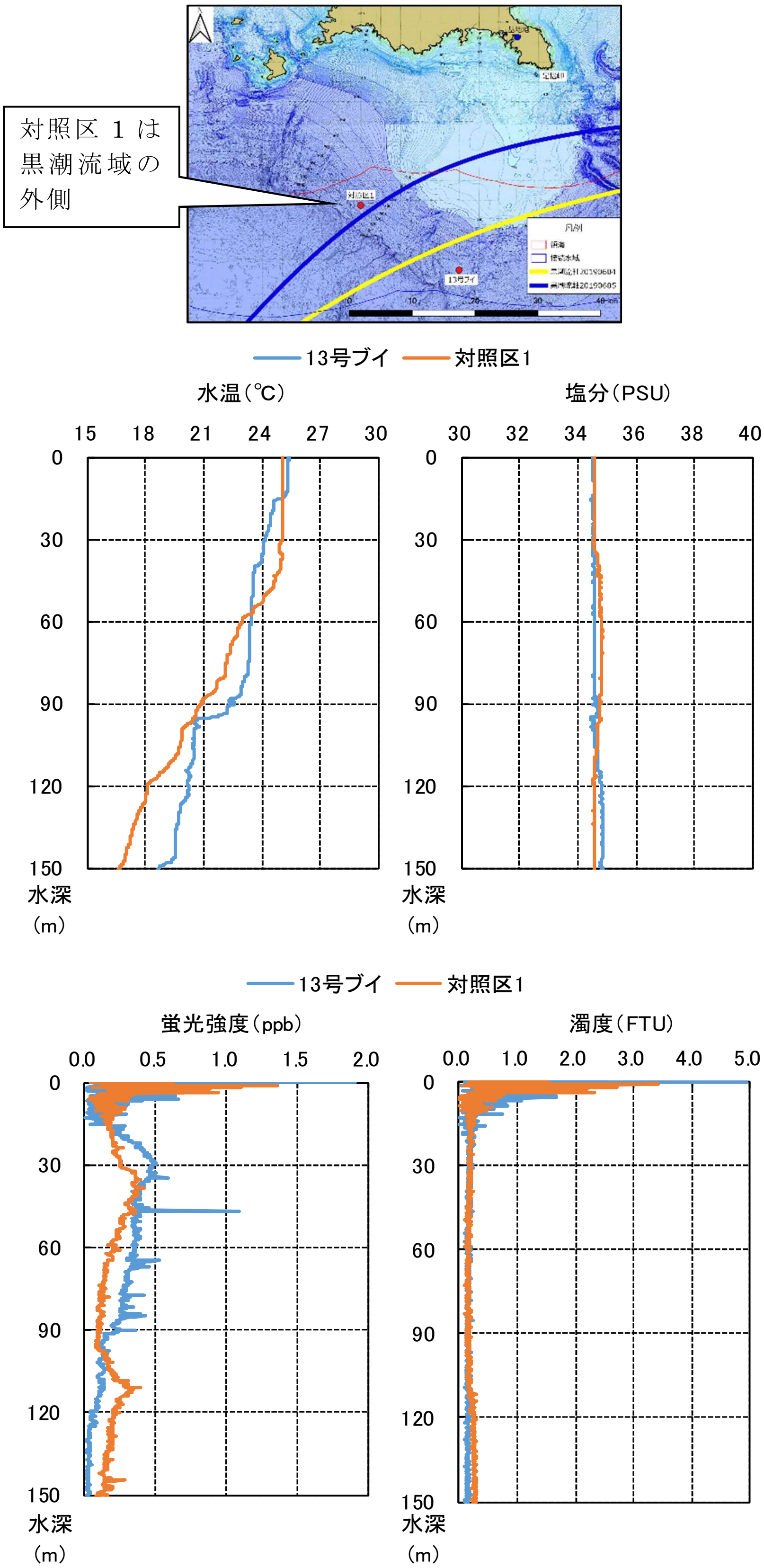


図 e-(2)-117(1) 水質鉛直観測結果（春季）

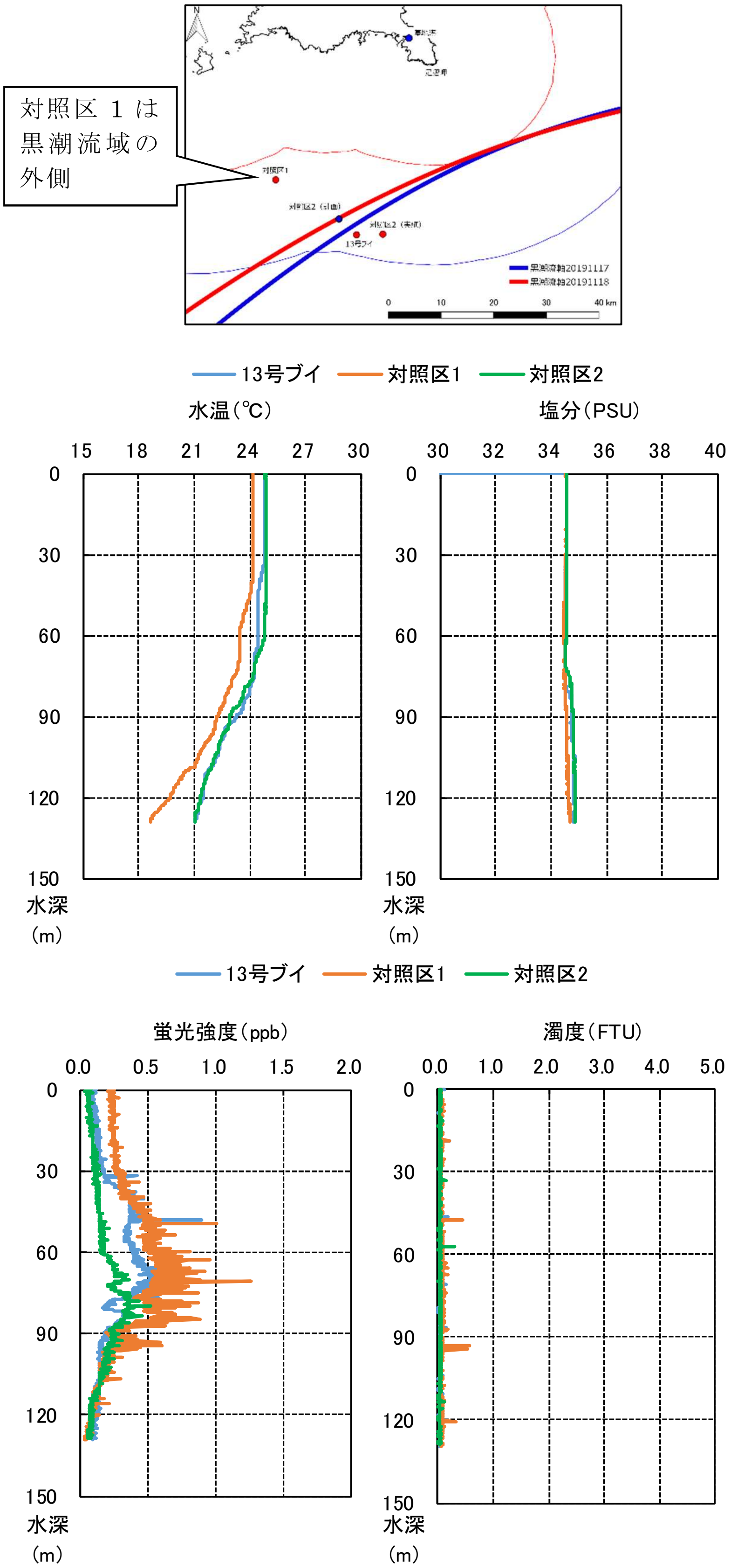


図 e-(2)-117(2) 水質鉛直観測結果（秋季）

2)-2-2 環境 DNA 調査

環境 DNA のメタバーコディング分析で明らかになった魚類の出現種一覧を表 e-(2)-69 に、それを科別にまとめた出現種数を図 e-(2)-118 にそれぞれ示す。また、リアルタイム PCR によるカツオの定量的な分析結果を表 e-(2)-70 及び図 e-(2)-119 に示す。

メタバーコディング分析の結果、魚類出現種数は対照区 1 及び対照区 2 に比べて 13 号ブイで多く、春季よりも秋季に出現数の多さはより明瞭となっている。

リアルタイム PCR による定量分析の結果は、春季及び秋季とも、カツオの DNA 相対量は、対照区 1 及び対照区 2 に比べて 13 号ブイで顕著に多いことから、浮魚礁周辺により多くのカツオがいたことを示している。このとき、対照区 2 における値は 13 号ブイにおけるよりも小さかったことは、黒潮本流域内にあっても、浮魚礁があればカツオが多くなり、浮魚礁がなければカツオは少ないことを示している。

表 e-(2)-69(1) 環境 DNA 出現種一覧（春季）

【13 号ブイ】

調査期日：令和元年6月5日

番号	目	科	属	学名	和名
1	スズキ	クロタチカマス	フウライカマス	*Nealotus tripes*	フウライカマス
2		タイ	マダイ	*Pagrus major*	マダイ
3		サバ	カツオ	*Katsuwonus pelamis*	カツオ

【対照区 1】

調査期日：令和元年6月5日

番号	目	科	属	学名	和名
1	スズキ	サバ	カツオ	*Katsuwonus pelamis*	カツオ

表 e-(2)-69(2) 環境 DNA 出現種一覧（秋季）

【13 号ブイ】

調査期日：令和元年11月17日

番号	目	科	属	学名	和名
1	ニシン	カタクチイワシ	カタクチイワシ	*Engraulis japonica*	カタクチイワシ
2	ハダカイワシ	ハダカイワシ	ハダカイワシ	*Diaphus perspicillatus*	シロハナハダカ
3	ボラ	ボラ	ボラ	*Mugil cephalus*	ボラ
4	スズキ	スズキ	スズキ	*Lateolabrax japonicus*	スズキ
5		アジ	ブリ	*Seriola dumerili*	カンパチ
6		ハチビキ	ハチビキ	*Erythrocles schlegelii*	ハチビキ
7		サバ	サバ	*Scomber* sp.	サバ属
8			ソウダガツオ	*Auxis rochei rochei*	マルソウダ
9			マグロ	*Thunnus* sp.	マグロ属
10			カツオ	*Katsuwonus pelamis*	カツオ
11			スマ	*Euthynnus alletteratus*	スマ

【対照区 1】

調査期日：令和元年11月17日

番号	目	科	属	学名	和名
1	ボラ	ボラ	ボラ	*Mugil cephalus*	ボラ
2	スズキ	サバ	カツオ	*Katsuwonus pelamis*	カツオ

【対照区 2】

調査期日：令和元年11月17日

番号	目	科	属	学名	和名
1	ボラ	ボラ	ボラ	*Mugil cephalus*	ボラ
2	スズキ	サバ	カツオ	*Katsuwonus pelamis*	カツオ

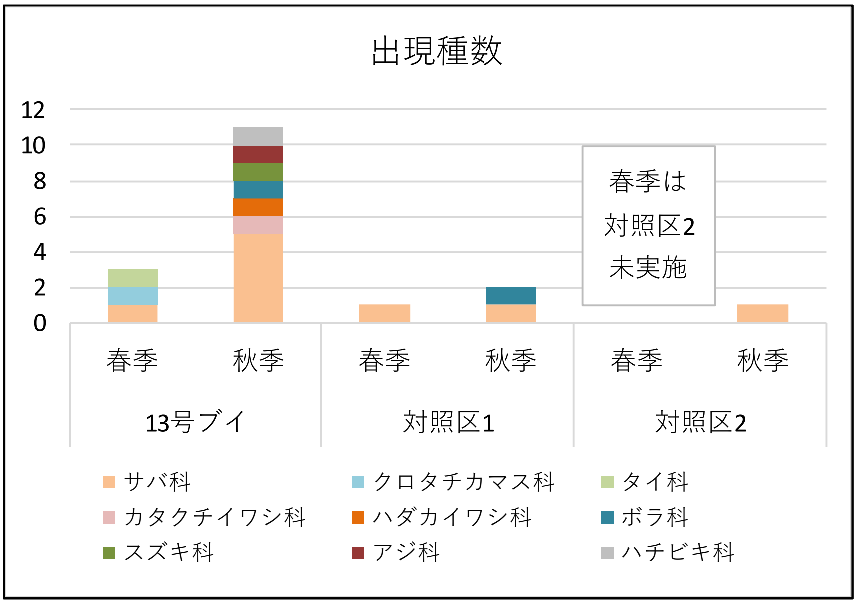


図 e-(2)-118 メタバーコーディング分析による出現種数

表 e-(2)-70 カツオのリアルタイム PCR 分析結果

調査月	地点名	コピー数(copies/l)
春季	13号ブイ	521.832
	対照区1	3.140
秋季	13号ブイ	105.831
	対照区1	-
	対照区2	15.947

※ - :未検出を示す
※ コピー数:DNAの相対量

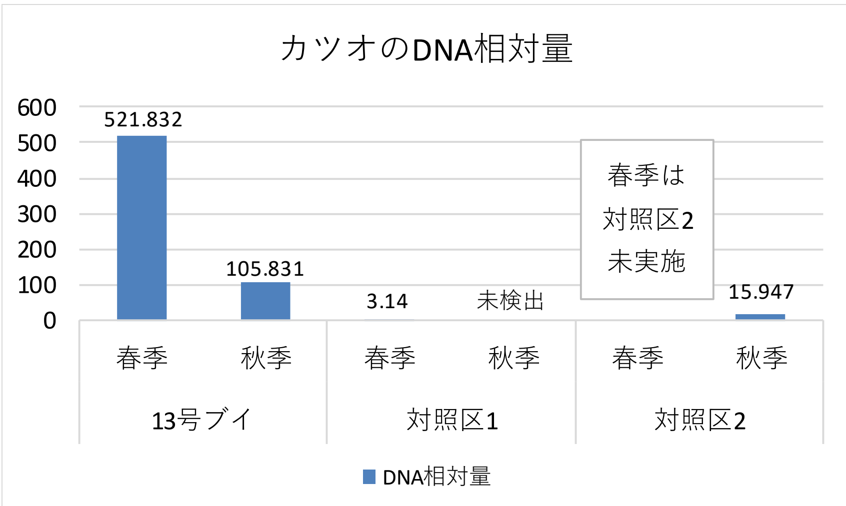


図 e-(2)-119 カツオのリアルタイム PCR 分析結果

2)-2-3　植物プランクトン調査

植物プランクトン調査結果を、表 e-(2)-71、表 e-(2)-72、図 e-(2)-120 に示す。

調査地点間及び異なる採水層間での植物プランクトンの種類数の変動幅は、春季には 14～22 種類、秋季には 7～24 種類であった。13 号ブイでわずかに種類数が多い傾向がみられたものの、季節及び水深による差異は大きくはなかった。。

植物プランクトンの細胞数の変動幅は、春季には 825～2,550 細胞/L、秋季には 700～2,050 細胞/L であり、種類数と同様に季節及び水深による差異は大きくはないものの、13 号ブイでわずかに多い傾向がみられた。

一方、植物プランクトン群集の分類群組成には明瞭な傾向があり、渦鞭毛藻類の比率は春季に高く、珪藻類の比率は春季よりも秋季に高く、表層よりも中層で高いことが明らかになった。渦鞭毛藻類と珪藻類は海洋の食物連鎖で重要な役割を有しているが、それぞれが浮魚類の餌料として機能する仕方は異なっているといわれているため、その観点からの解析にこの結果が役立つことが期待される。

表 e-(2)-71(1) 植物プランクトン分析結果一覧（春季）

調査期日： 令和元年6月5日
調査方法： バンドーン型採水器による採水
単　　位： 細胞/L

番号	門	綱	学名	13号ブイ		対照区1		合　計		
				表層	中層	表層	中層	表層	中層	全層
1	ｸﾘﾌﾟﾄ植物	ｸﾘﾌﾟﾄ藻	CRYPTOPHYCEAE	75	100	25		100	100	200
2	渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	*Prorocentrum minimum*		25				25	25
3			*Amphidinium* sp.	75				75		75
4			*Karenia* sp.		50				50	50
5			*Gymnodinium* spp.	75	150	125		200	150	350
6			*Gyrodinium* sp.	75	200	100	25	175	225	400
7			Gymnodiniales	200	125	50	100	250	225	475
8			*Ceratium furca*	25				25		25
9			*Ceratium kofoidii*		50				50	50
10			*Ceratium teres*	50				50		50
11			*Ceratium tripos*			25		25		25
12			*Gonyaulax* sp.	25				25		25
13			*Scrippsiella* sp.	300	150	75	25	375	175	550
14			*Heterocapsa* sp.		25				25	25
15			*Protoperidinium pellucidum*	25			25	25	25	50
16			*Protoperidinium* spp.	75	100		25	75	125	200
17			Peridiniales	100	100	25	50	125	150	275
18	不等毛植物	黄金色藻	*Dictyocha fibula*	25		25	25	50	25	75
19		珪藻	*Thalassiosira tenera*		25				25	25
20			*Thalassiosira* spp.		75	50	50	50	125	175
21			Thalassiosiraceae	350	575	125	75	475	650	1, 125
22			*Leptocylindrus danicus*		250		50		300	300
23			*Coscinodiscus* sp.			25		25		25
24			*Dactyliosolen phuketensis*		100				100	100
25			*Proboscia alata*			25		25		25
26			*Proboscia indica*	25				25		25
27			*Rhizosolenia setigera*		25				25	25
28			*Thalassionema nitzschioides*				50		50	50
29			*Thalassionema* sp.				150		150	150
30			*Thalassiothrix* sp.				25		25	25
31			*Amphiprora* sp.	25				25		25
32			*Navicula* sp.	50	50		25	50	75	125
33			*Cylindrotheca closterium*				25		25	25
34			*Nitzschia* spp.	125	200	125	325	250	525	775
35	ﾊﾌﾟﾄ植物	ﾊﾌﾟﾄ藻	HAPTOPHYCEAE	175	75	25	25	200	100	300
36	ﾐﾄﾞﾘﾑｼ植物	ﾐﾄﾞﾘﾑｼ	EUGLENOPHYCEAE	50	25			50	25	75
37	不明		UNIDENTIFIED FLAGELLATA	50	75			50	75	125
			種類数	21	22	14	17	25	28	37
			合　計	1, 975	2, 550	825	1, 075	2, 800	3, 625	6, 425

表 e-(2)-71(2) 植物プランクトン分析結果一覧（秋季）

調査期日： 令和元年11月17日
調査方法： バンドーン型採水器による採水
単　　位： 細胞/L

番号	門	綱	学名	13号ブイ		対照区1		対照区2		合　計		
				表層	中層	表層	中層	表層	中層	表層	中層	全層
1	ｸﾘﾌﾟﾄ植物	ｸﾘﾌﾟﾄ藻	CRYPTOPHYCEAE	275	75		75	225	50	500	200	700
2	渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	*Prorocentrum* sp.	75	25			25		100	25	125
3			*Dinophysis rotundata*					25		25		25
4			Gymnodiniales	150	75	125	100	25		300	175	475
5			*Oxytoxum scolopax*		25						25	25
6			*Heterocapsa* sp.	50				50		100		100
7			*Protoperidinium bipes*			25				25		25
8			Peridiniales	25	25	75		50	25	150	50	200
9	不等毛植物	黄金色藻	*Dictyocha fibula*	25	25		25			25	50	75
10		珪藻	*Cyclotella* sp.		75		375				450	450
11			*Stephanodiscus* sp.		175						175	175
12			*Thalassiosira* spp.		125			25	75	25	200	225
13			Thalassiosiraceae	325	100			400	200	725	300	1,025
14			*Corethron* sp.		125						125	125
15			*Leptocylindrus danicus*		50				150		200	200
16			*Coscinodiscus* sp.						50		50	50
17			*Asterolampra marylandica*	25				25		50		50
18			*Dactyliosolen phuketensis*			25				25		25
19			*Guinardia cylindrus*					25		25		25
20			*Guinardia striata*			100				100		100
21			*Proboscia alata*		50	25				25	50	75
22			*Rhizosolenia imbricata*			100				100		100
23			*Rhizosolenia setigera*		25						25	25
24			*Hemiaulus sinensis*		25			75		75	25	100
25			*Bacteriastrum* sp.		100	125				125	100	225
26			*Chaetoceros atlanticus*			100				100		100
27			*Chaetoceros lorenzianus*			50				50		50
28			*Chaetoceros* sp.	75	150	150	325			225	475	700
29			*Ditylum sol*	25						25		25
30			*Asteroplanus* sp.		100						100	100
31			*Neodelphineis pelagica*	100		150				250		250
32			*Thalassiothrix* sp.		75	150			25	150	100	250
33			*Navicula* sp.	75	50			100		175	50	225
34			*Pleurosigma* sp.		25				25		50	50
35			*Cylindrotheca closterium*					25	25	25	25	50
36			*Nitzschia longissima*		25						25	25
37			*Nitzschia* spp.	200	500	300	150	175	50	675	700	1,375
37	ﾊﾌﾟﾄ植物	ﾊﾌﾟﾄ藻	HAPTOPHYCEAE	50	25		25	25	25	75	75	150
			種類数	14	24	14	7	15	11	28	26	38
			合　計	1,475	2,050	1,500	1,075	1,275	700	4,250	3,825	8,075

表 e-(2)-72(1) 植物プランクトン分析結果概要（春季）

調査日　：令和元年6月5日
調査方法：バンドーン型採水器による採水

項目	分　類	13号ブイ		対照区1	
		表層	中層	表層	中層
種類数	クリプト藻綱	1 (4.8)	1 (4.5)	1 (7.1)	0 (0.0)
	渦鞭毛藻綱	11 (52.4)	10 (45.5)	6 (42.9)	6 (35.3)
	珪藻綱	5 (23.8)	8 (36.4)	5 (35.7)	9 (52.9)
	その他	4 (19.0)	3 (13.6)	2 (14.3)	2 (11.8)
	総種類数	21	22	14	17
細胞数 (細胞/L)	クリプト藻綱	75 (3.8)	100 (3.9)	25 (3.0)	0 (0.0)
	渦鞭毛藻綱	1,025 (51.9)	975 (38.2)	400 (48.5)	250 (23.3)
	珪藻綱	575 (29.1)	1,300 (51.0)	350 (42.4)	775 (72.1)
	その他	300 (15.2)	175 (6.9)	50 (6.1)	50 (4.7)
	総細胞数	1,975	2,550	825	1,075
主な 出現種 細胞/L (%)	クリプト藻綱	Thalassiosiraceae 350 (17.7)	Thalassiosiraceae 575 (22.5)	Thalassiosiraceae 125 (15.2)	*Nitzschia* spp. 325 (30.2)
	渦鞭毛藻綱	*Scrippsiella* sp. 300 (15.2)	*Leptocylindrus danicus* 250 (9.8)	*Nitzschia* spp. 125 (15.2)	*Thalassionema* sp. 150 (14.0)
	珪藻綱	Gymnodiniales 200 (10.1)	*Nitzschia* spp. 200 (7.8)	*Gymnodinium* spp. 125 (15.2)	Gymnodiniales 100 (9.3)
	その他		*Gyrodinium* sp. 200 (7.8)		

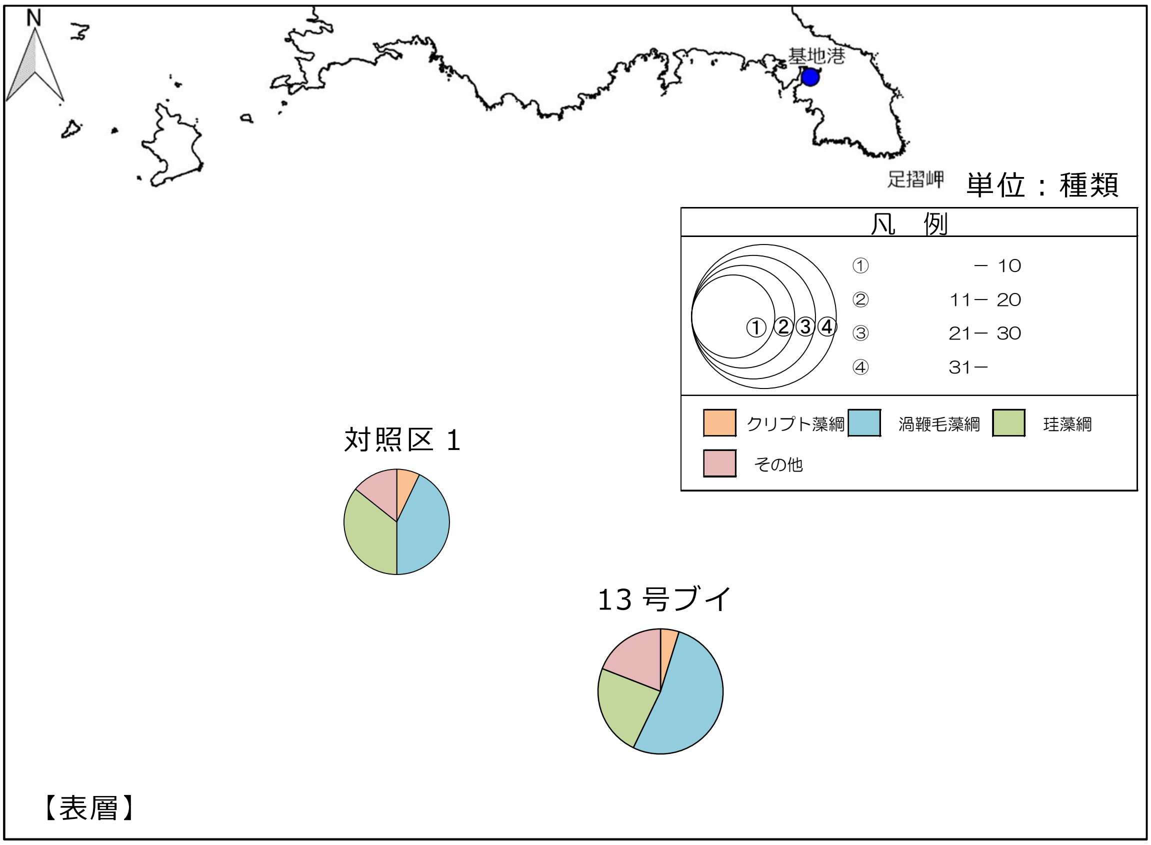
注：1. （　）内の数値は、総細胞数に対する組成比率（%）を示す。
　2. 細胞数の組成比率は、四捨五入の関係で合計値が100%にならない場合がある。
　3. 主な出現種は各調査点の出現量の上位3種（ただし、種別組成比が10%以上）を示す。

表 e-(2)-72(2) 植物プランクトン分析結果概要（秋季）

調査日　：令和元年11月17日
調査方法：バンドーン型採水器による採水

項目	分　類	13号ブイ		対照区1		対照区2	
		表層	中層	表層	中層	表層	中層
種類数	クリプト藻綱	1 (7.1)	1 (4.2)	0 (7.1)	1 (14.3)	1 (7.1)	1 (9.1)
	渦鞭毛藻綱	4 (28.6)	4 (16.7)	3 (42.9)	1 (14.3)	5 (42.9)	1 (9.1)
	珪藻綱	7 (50.0)	17 (70.8)	11 (35.7)	3 (42.9)	8 (35.7)	8 (72.7)
	その他	2 (14.3)	2 (8.3)	0 (14.3)	2 (28.6)	1 (14.3)	1 (9.1)
	総種類数	14	24	14	7	15	11
細胞数 (細胞/L)	クリプト藻綱	275 (18.6)	75 (3.7)	0 (0.0)	75 (7.0)	225 (17.6)	50 (7.1)
	渦鞭毛藻綱	300 (20.3)	150 (7.3)	225 (15.0)	100 (9.3)	175 (13.7)	25 (3.6)
	珪藻綱	825 (55.9)	1,775 (86.6)	1,275 (85.0)	850 (79.1)	850 (66.7)	600 (85.7)
	その他	75 (5.1)	50 (2.4)	0 (0.0)	50 (4.7)	25 (2.0)	25 (3.6)
	総細胞数	1,475	2,050	1,500	1,075	1,275	700
主な 出現種 細胞/L (%)	クリプト藻綱	Thalassiosiraceae 325 (22.0)	*Nitzschia* spp. 500 (24.4)	*Nitzschia* spp. 300 (20.0)	*Cyclotella* sp. 375 (34.9)	Thalassiosiraceae 400 (31.4)	Thalassiosiraceae 200 (28.6)
	渦鞭毛藻綱	CRYPTOPHYCEAE 275 (18.6)	*Stephanodiscus* sp. 175 (8.5)	*Chaetoceros* sp. 150 (10.0)	*Chaetoceros* sp. 325 (30.2)	CRYPTOPHYCEAE 225 (17.6)	*Leptocylindrus danicus* 150 (21.4)
	珪藻綱	*Nitzschia* spp. 200 (13.6)	*Chaetoceros* sp. 150 (7.3)	*Neodelphineis pelagica* 150 (10.0)	*Nitzschia* spp. 150 (14.0)	*Nitzschia* spp. 175 (13.7)	*Thalassiosira* spp. 75 (10.7)
	その他			*Thalassiothrix* sp. 150 (10.0)			

注：1. （　）内の数値は、総細胞数に対する組成比率（%）を示す。
　2. 細胞数の組成比率は、四捨五入の関係で合計値が100%にならない場合がある。
　3. 主な出現種は各調査点の出現量の上位3種（ただし、種別組成比が10%以上）を示す。



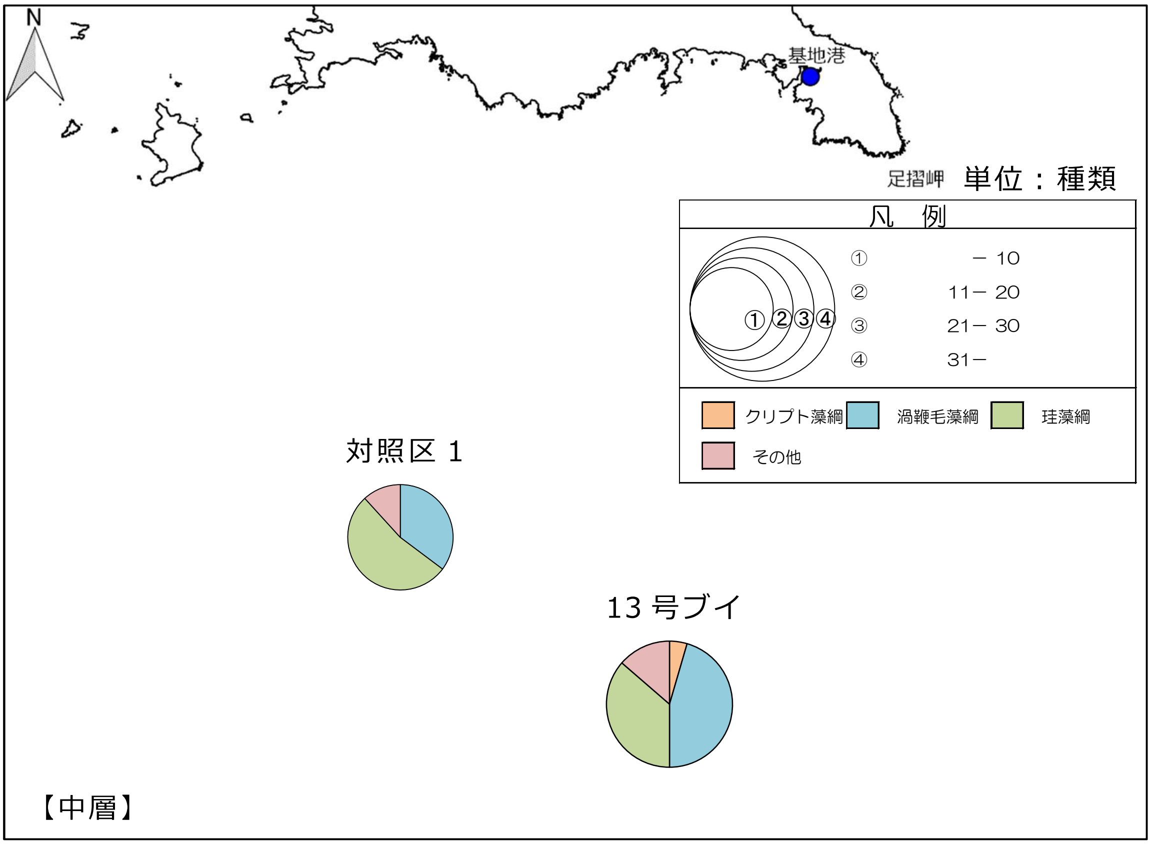
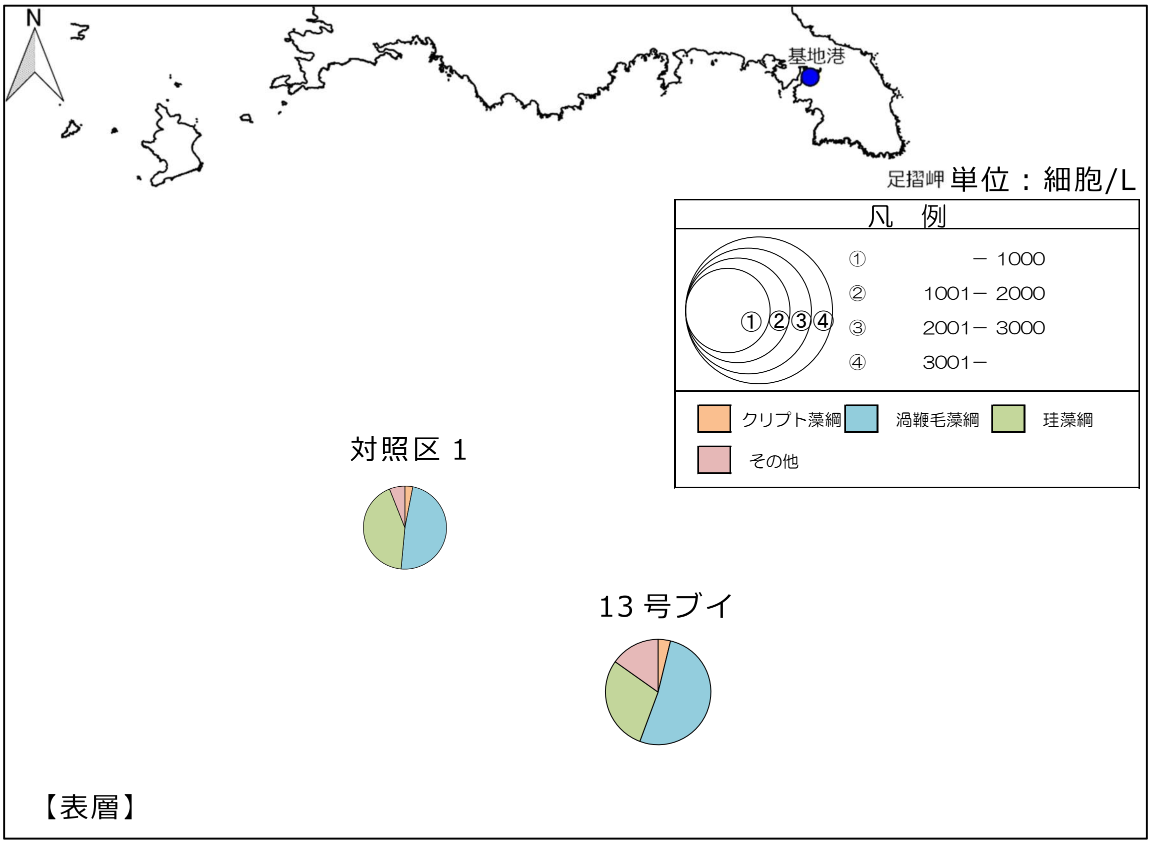


図 e-(2)-120(1) 植物プランクトン調査結果（春季：種類数）



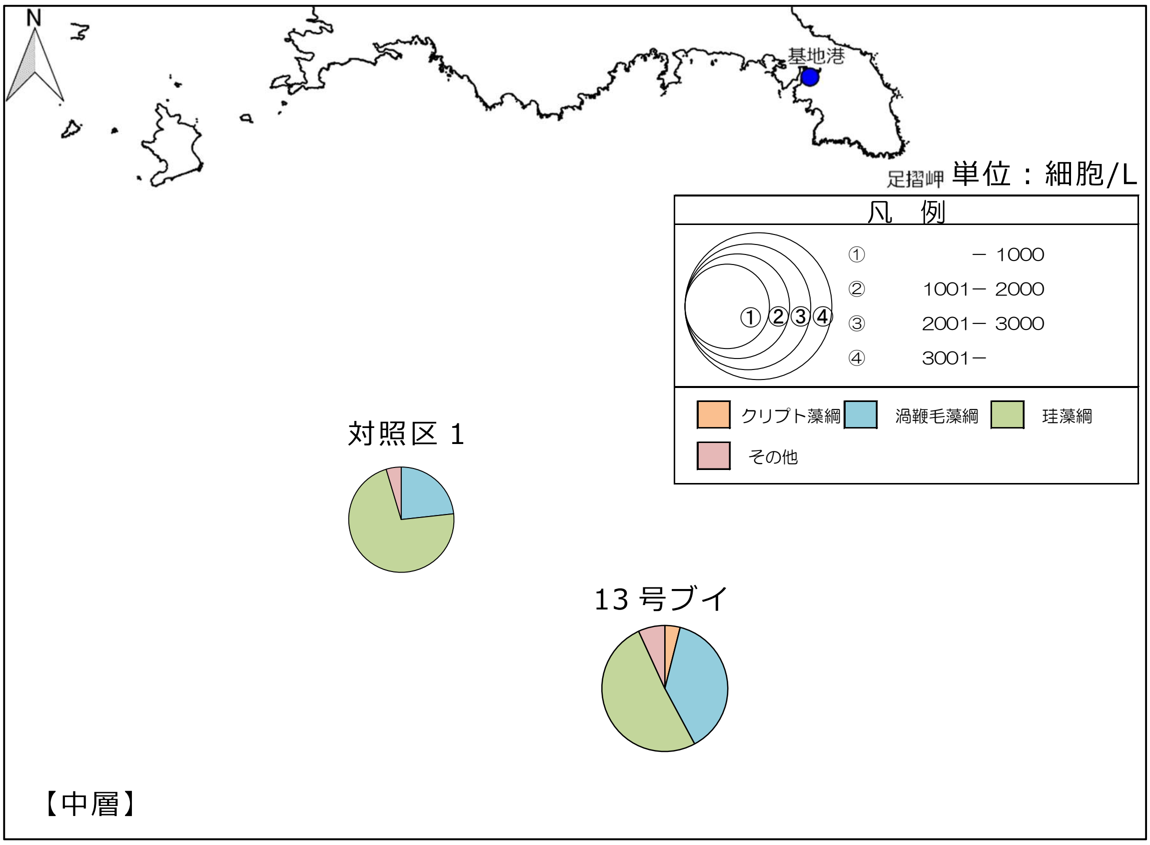
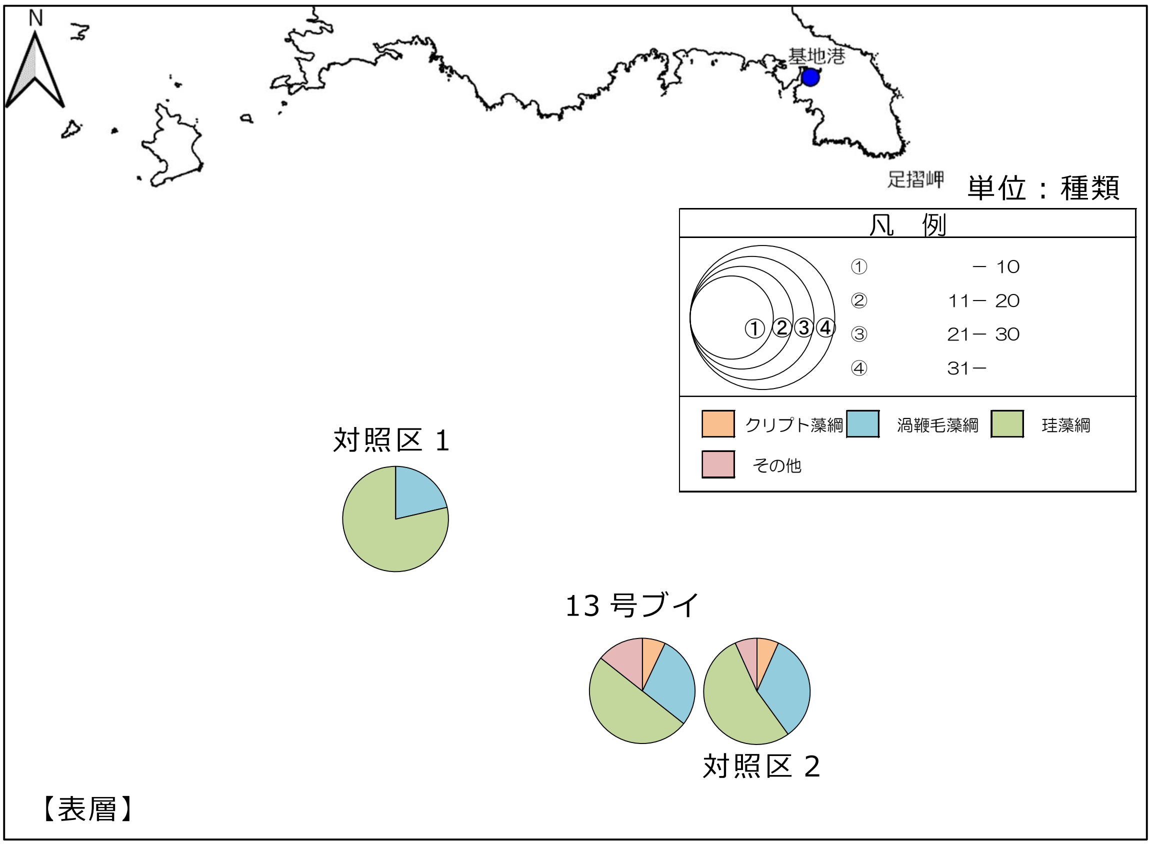


図 e-(2)-120(2) 植物プランクトン調査結果（春季：細胞数）



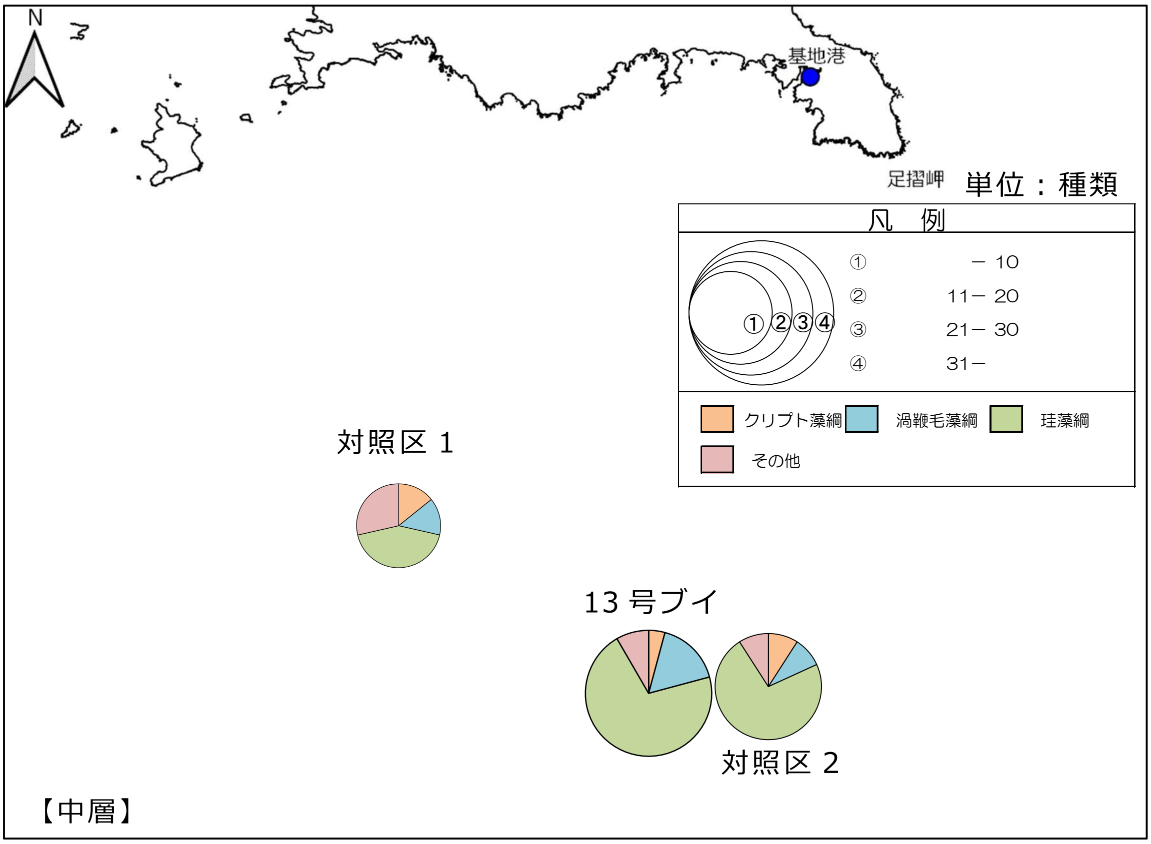
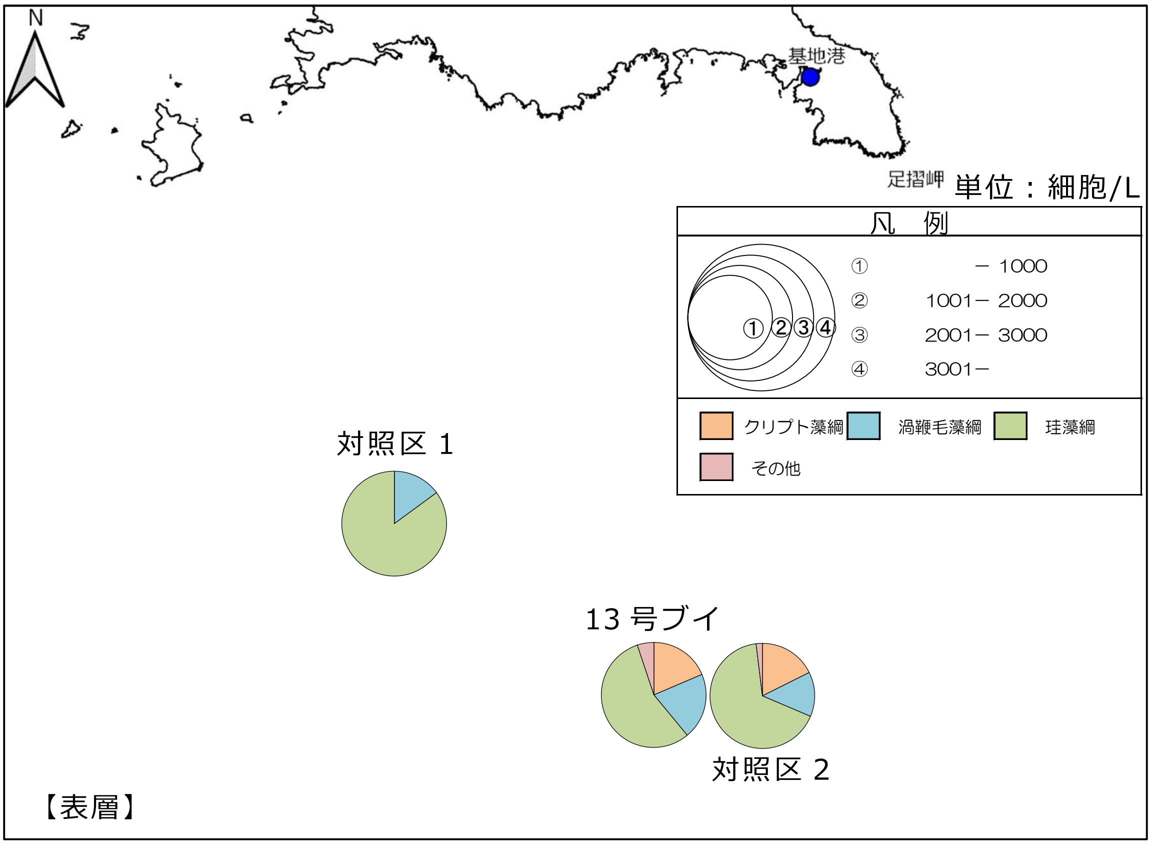


図 e-(2)-120(3) 植物プランクトン調査結果（秋季：種類数）



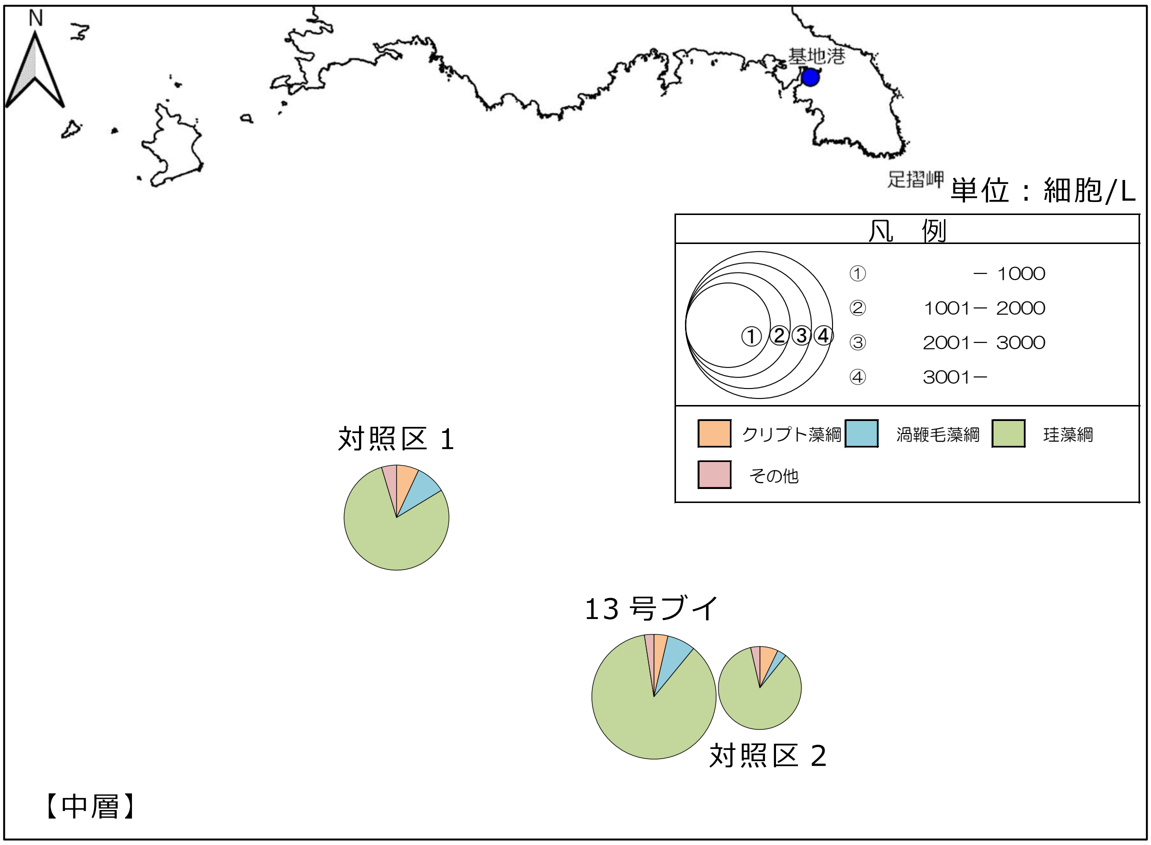


図 e-(2)-120(4) 植物プランクトン調査結果（秋季：細胞数）

2)-2-4　動物プランクトン調査

動物プランクトン調査結果を、表 e-(2)-73、表 e-(2)-74、図 e-(2)-121 に示す。

動物プランクトンの種類数の変動幅は、春季には 22～31 種類、秋季には 27～35 種類であり、季節、地点及び水深による大きな差異はみられず、節足動物門が多い傾向がみられた。

動物プランクトンの個体数の変動幅は、春季には 1,329～5,625 個体/㎥、秋季には 840～5,205 個体/㎥であり、植物プランクトンよりも変動幅は広いものの、季節及び地点による大きな差異はみられず、中層よりも表層で個体数が多い傾向がみらた。いずれの季節、地点及び層でも、節足動物門が卓越していた。13 号ブイだけに限ると、秋季よりも春季に、また、中層よりも表層で個体数が多い傾向がみられた。

表 e-(2)-73(1) 動物プランクトン分析結果一覧（春季）

調査期日： 令和元年6月5日
調査方法： 北原式ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝﾈｯﾄによる鉛直曳き
単　　位： 個体/m^3

番号	門	綱	学名	13号ブイ		対照区1		合　計		
				表層	中層	表層	中層	表層	中層	全層
1	原生動物	ｱｶﾝﾀﾘｱ	Acantharea	100	11	33		133	11	144
2		ﾎﾟﾘｼｽﾁﾅ	Globigerinidae	250	11	233	77	483	88	571
3		ﾌｪｵﾀﾞﾘｱ	Foraminiferida			33	38	33	38	71
4		根足虫	*Sticholonche zanclea*	25				25		25
5	刺胞動物	有軸仮足虫	Siphonophora		11		38		49	49
6		ﾋﾄﾞﾛ虫	Hydrozoa		11				11	11
7	軟体動物	腹足	Gastropoda (Larva)*	100	11	400	38	500	49	549
8	環形動物	多毛	Polychaeta (Larva)*		22				22	22
9	節足動物	甲殻（貝形下綱）	Ostracoda				38		38	38
10		甲殻（ｶｲｱｼ下綱）	*Acartia negligens*				77		77	77
11			*Acartia* sp.(Copepodite)	75				75		75
12			*Nannocalanus minor*		11				11	11
13			Calanidae (Copepodite)	75		67	154	142	154	296
14			*Calocalanus pavoninus*				77		77	77
15			*Calocalanus* sp.		22				22	22
16			*Calocalanus* spp.(Copepodite)	150	44	33	38	183	82	265
17			*Paracandacia truncata*		11				11	11
18			*Centropages* sp.(Copepodite)	25				25		25
19			*Clausocalanus minor*		11				11	11
20			*Clausocalanus pergens*				38		38	38
21			*Clausocalanus* sp.		11				11	11
22			Clausocalanidae (Copepodite)	700	89	467	538	1,167	627	1,794
23			Euchaetidae (Copepodite)		22		38		60	60
24			*Paracalanus aculeatus*				38		38	38
25			*Paracalanus denudatus*		11				11	11
26			*Paracalanus parvus*	25			38	25	38	63
27			Paracalanidae (Copepodite)	125	156	200	192	325	348	673
28			*Oithona nana*	300	33	167		467	33	500
29			*Oithona plumifera*			33	38	33	38	71
30			*Oithona rigida*	25				25		25
31			*Oithona tenuis*		11				11	11
32			*Oithona* sp.		11				11	11
33			*Paroithona pulla*		22		38		60	60
34			Oithonidae (Copepodite)	375	167	367	808	742	975	1,717
35			*Microsetella norvegica*	50	22	67	38	117	60	177
36			*Farranula* sp.	25				25		25
37			Corycaeidae (Copepodite)	150	11	233	38	383	49	432
38			*Oncaea media*	75	11	33		108	11	119
39			*Oncaea zernovi*				77		77	77
40			*Oncaea* sp.	100	22	133		233	22	255
41			*Oncaea* spp.(Copepodite)	900	22	500	154	1,400	176	1,576
42			*Copilia* sp.(Copepodite)	25				25		25
43			Copepoda (Nauplius)	1,525	433	1,133	577	2,658	1,010	3,668
44		甲殻（軟甲亜綱）	Decapoda (Mysis)*				38		38	38
45	毛顎動物	現生矢虫	*Sagitta regularis*	25				25		25
46			*Sagitta* sp.	25		33		58		58
47	棘皮動物	ｸﾓﾋﾄﾃﾞ	Ophiuroidea (Ophiopluteus)*			33	38	33	38	71
48	半索動物	腸鰓	Enteropneusta (Tornaria)*				38		38	38
49	脊索動物	尾虫	*Oikopleura fusiformis*	50	11		38	50	49	99
50			*Oikopleura longicauda*	100	33	100	38	200	71	271
51			*Oikopleura rufescens*		22				22	22
52			*Oikopleura* sp.	175	33	167	38	342	71	413
53			*Fritillaria borealis* f. *sargassi*	25				25		25
54			*Fritillaria pellucida*	25				25		25
55			*Fritillaria* sp.			33		33		33
			種類数	29	31	22	29	33	44	55
			合　計	5,625	1,329	4,498	3,453	10,123	4,782	14,905
			沈殿量（mL/m^3）	0.46	0.18	0.63	0.70	1.09	0.88	1.97

表 e-(2)-73(2) 動物プランクトン分析結果一覧（秋季）

調査期日： 令和元年11月17日
調査方法： 北原式ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝﾈｯﾄによる鉛直曳き
単　　位： 個体/m^3

番号	門	綱	学名	13号ブイ		対照区1		対照区2		合　計		
				表層	中層	表層	中層	表層	中層	表層	中層	全層
1	原生動物	ｱｶﾝﾀﾘｱ	Acantharea	47		60	20	25		132	20	152
2		ﾌｪｵﾀﾞﾘｱ	Phaeodarea		5	15		10	7	25	12	37
3		根足虫	Globigerinidae	175	40	330	120	75	93	580	253	833
4			Foraminiferida	23		150	60	25	13	198	73	271
5	刺胞動物	ﾋﾄﾞﾛ虫	Siphonophora		15		20				35	35
6			Hydrozoa		10		40	5	27	5	77	82
7	軟体動物	腹足	Gastropoda (Larva)*	35		240	40	40		315	40	355
8	環形動物	多毛	Polychaeta (Larva)*		10			5		5	10	15
9	節足動物	甲殻（貝形下綱）	Ostracoda				10				10	10
10		甲殻（ｶｲｱｼ下綱）	*Acartia negligens*						13		13	13
11			*Acartia* spp.(Copepodite)	23		30	10	5		58	10	68
12			*Canthocalanus pauper*			30			27	30	27	57
13			Calanidae (Copepodite)	58	15	120	20	15		193	35	228
14			*Calocalanus pavo*		5		20				25	25
15			*Calocalanus plumulosus*						27		27	27
16			*Calocalanus* spp.(Copepodite)	12	25		60	5	53	17	138	155
17			Candaciidae (Copepodite)						7		7	7
18			*Clausocalanus furcatus*	58	10	210	60	25	93	293	163	456
19			*Clausocalanus* sp.	12						12		12
20			Clausocalanidae (Copepodite)	82	25	390	200	75	173	547	398	945
21			*Eucalanus* spp.(Copepodite)				40				40	40
22			*Paracalanus aculeatus*				20				20	20
23			*Paracalanus crassirostris*		15		40				55	55
24			*Paracalanus denudatus*		10	30	20		27	30	57	87
25			*Paracalanus parvus*	12		90		35		137		137
26			Paracalanidae (Copepodite)	245	105	450	280	190	293	885	678	1,563
27			*Temora* spp.(Copepodite)		10		20				30	30
28			*Oithona decipiens*				20				20	20
29			*Oithona nana*	70		90		15	67	175	67	242
30			*Oithona plumifera*		5	60			40	60	45	105
31			*Oithona similis*						13		13	13
32			*Oithona simplex*	35		60	20	10		105	20	125
33			*Oithona* sp.		5						5	5
34			*Paroithona pulla*	23		90	20	15	27	128	47	175
35			Oithonidae (Copepodite)	525	205	870	380	540	360	1,935	945	2,880
36			*Microsetella norvegica*	58		120	40		53	178	93	271
37			*Euterpina acutifrons*		5		40				45	45
38			*Euterpina* sp.(Copepodite)					5		5		5
39			*Corycaeus andrewsi*						13		13	13
40			*Corycaeus* sp.		10						10	10
41			*Farranula concinna*					5		5		5
42			*Farranula* sp.		10						10	10
43			Corycaeidae (Copepodite)	35	25	90	100	40	13	165	138	303
44			*Oncaea clevei*	12				10		22		22
45			*Oncaea media*	35		30	20	5		70	20	90
46			*Oncaea scottodicarloi*		15		20				35	35
47			*Oncaea venusta*	23	5	60	20	25	13	108	38	146
48			*Oncaea* sp.	93	15	60	60	70	93	223	168	391
49			*Oncaea* spp.(Copepodite)	163	25	210	100	85	173	458	298	756
50			Copepoda (Nauplius)	478	165	930	740	370	667	1,778	1,572	3,350
51		甲殻（軟甲亜綱）	Euphausiacea (Calyptopis)			30				30		30
52			Decapoda (Mysis)*					5		5		5
53	毛顎動物	現生矢虫	*Sagitta regularis*					5		5		5
54			*Sagitta* sp.	12	5		20	15		27	25	52
55	棘皮動物	ﾋﾄﾃﾞ	Asteroidea (Bipinnaria)						13		13	13
56		ｸﾓﾋﾄﾃﾞ	Ophiuroidea (Ophiopluteus)		5						5	5
57	脊索動物	ﾀﾘｱ	Doliolidae			30				30		30
58		尾虫	*Oikopleura fusiformis*				40				40	40
59			*Oikopleura longicauda*	82	10	180		65	27	327	37	364
60			*Oikopleura* sp.	35	15	120	100	25	267	180	382	562
61			*Fritillaria formica*						27		27	27
62			*Fritillaria haplostoma*		5						5	5
63			*Fritillaria* sp.		10	30			53	30	63	93
			種類数	27	32	30	35	32	30	40	54	63
			合　計	2,461	840	5,205	2,840	1,845	2,772	9,511	6,452	15,963
			沈殿量（mL/m^3）	1.09	0.45	0.65	1.25	0.37	1.61	1.46	2.06	3.52

表 e-(2)-74(1) 動物プランクトン分析結果概要（春季）

調査日　：令和元年6月5日
調査方法：北原式ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝﾈｯﾄによる鉛直曳き

項目	分　類	13号ブイ 表層	13号ブイ 中層	対照区1 表層	対照区1 中層
種類数	原生動物門	3 (10.3)	2 (6.5)	3 (13.6)	2 (6.9)
	節足動物門	18 (62.1)	21 (67.7)	13 (59.1)	20 (69.0)
	脊索動物門	5 (17.2)	4 (12.9)	3 (13.6)	3 (10.3)
	その他	3 (10.3)	4 (12.9)	3 (13.6)	4 (13.8)
	総種類数	29	31	22	29
個体数 (個体/m^3)	原生動物門	375 (6.7)	22 (1.7)	299 (6.6)	115 (3.3)
	節足動物門	4,725 (84.0)	1,153 (86.8)	3,433 (76.3)	3,072 (89.0)
	脊索動物門	375 (6.7)	99 (7.4)	300 (6.7)	114 (3.3)
	その他	150 (2.7)	55 (4.1)	466 (10.4)	152 (4.4)
	総個体数	5,625	1,329	4,498	3,453
主な出現種 個体/m^3 (%)	原生動物門	Copepoda (Nauplius) 1,525 (27.1)	Copepoda (Nauplius) 433 (32.6)	Copepoda (Nauplius) 1,133 (25.2)	Oithonidae (Copepodite) 808 (23.4)
	節足動物門	*Oncaea* spp. (Copepodite) 900 (16.0)	Oithonidae (Copepodite) 167 (12.6)	*Oncaea* spp. (Copepodite) 500 (11.1)	Copepoda (Nauplius) 577 (16.7)
	脊索動物門	Clausocalanidae (Copepodite) 700 (12.4)	Paracalanidae (Copepodite) 156 (11.7)	Clausocalanidae (Copepodite) 467 (10.4)	Clausocalanidae (Copepodite) 538 (15.6)
	その他				

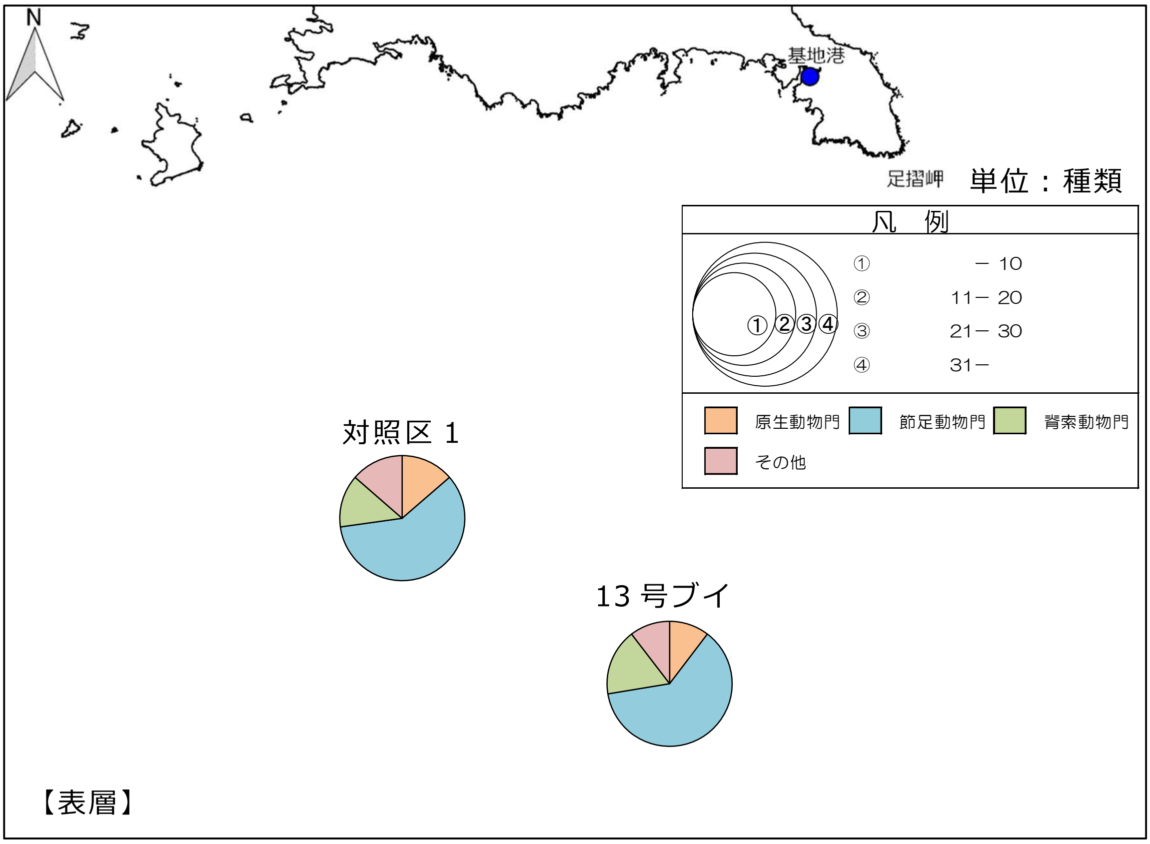
注：1.（　）内の数値は、総個体数に対する組成比率（%）を示す。
2. 個体数の組成比率は、四捨五入の関係で合計値が100%にならない場合がある。
3. 主な出現種は各調査点の出現量の上位3種（ただし、種別組成比が10%以上）を示す。

表 e-(2)-74(2) 動物プランクトン分析結果概要（秋季）

調査日　：令和元年11月17日
調査方法：北原式ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝﾈｯﾄによる鉛直曳き

項目	分　類	13号ブイ 表層	13号ブイ 中層	対照区1 表層	対照区1 中層	対照区2 表層	対照区2 中層
種類数	原生動物門	3 (11.1)	2 (6.3)	4 (13.3)	3 (8.6)	4 (12.5)	3 (10.0)
	節足動物門	20 (74.1)	21 (65.6)	21 (70.0)	26 (74.3)	21 (65.6)	21 (70.0)
	脊索動物門	2 (7.4)	4 (12.5)	4 (13.3)	2 (5.7)	2 (6.3)	4 (13.3)
	その他	2 (7.4)	5 (15.6)	1 (3.3)	4 (11.4)	5 (15.6)	2 (6.7)
	総種類数	27	32	30	35	32	30
個体数 (個体/m^3)	原生動物門	245 (10.0)	45 (5.4)	555 (10.7)	200 (7.0)	135 (7.3)	113 (4.1)
	節足動物門	2,052 (83.4)	710 (84.5)	4,050 (77.8)	2,380 (83.8)	1,550 (84.0)	2,245 (81.0)
	脊索動物門	117 (4.8)	40 (4.8)	360 (6.9)	140 (4.9)	90 (4.9)	374 (13.5)
	その他	47 (1.9)	45 (5.4)	240 (4.6)	120 (4.2)	70 (3.8)	40 (1.4)
	総個体数	2,461	840	5,205	2,840	1,845	2,772
主な出現種 個体/m^3 (%)	原生動物門	Oithonidae (Copepodite) 525 (21.3)	Oithonidae (Copepodite) 205 (24.4)	Copepoda (Nauplius) 930 (17.9)	Copepoda (Nauplius) 740 (26.1)	Oithonidae (Copepodite) 540 (29.3)	Copepoda (Nauplius) 667 (24.1)
	節足動物門	Copepoda (Nauplius) 478 (19.4)	Copepoda (Nauplius) 165 (19.6)	Oithonidae (Copepodite) 870 (16.7)	Oithonidae (Copepodite) 380 (13.4)	Copepoda (Nauplius) 370 (20.1)	Oithonidae (Copepodite) 360 (13.0)
	脊索動物門	Paracalanidae (Copepodite) 245 (10.0)	Paracalanidae (Copepodite) 105 (12.5)	Paracalanidae (Copepodite) 450 (8.6)	Paracalanidae (Copepodite) 280 (9.9)	Paracalanidae (Copepodite) 190 (10.3)	Paracalanidae (Copepodite) 293 (10.6)
	その他						

注：1.（　）内の数値は、総個体数に対する組成比率（%）を示す。
2. 個体数の組成比率は、四捨五入の関係で合計値が100%にならない場合がある。
3. 主な出現種は各調査点の出現量の上位3種（ただし、種別組成比が10%以上）を示す。



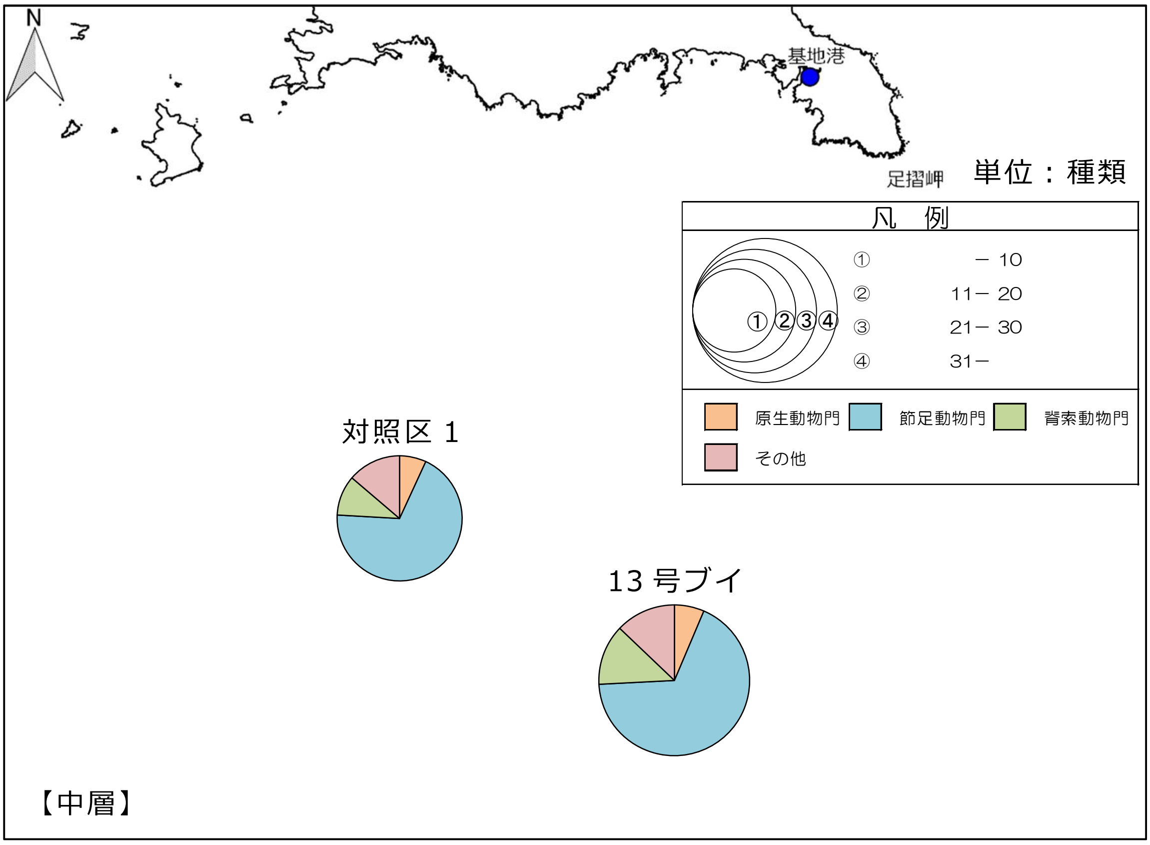
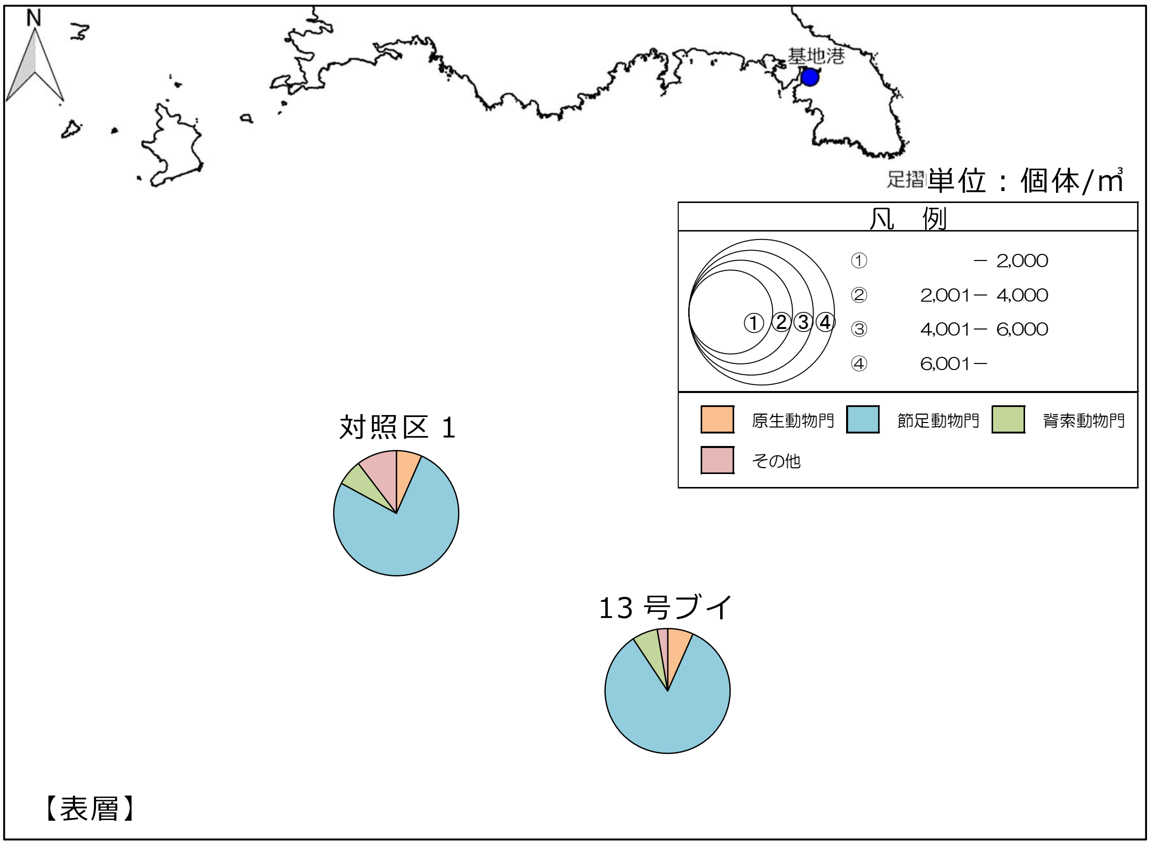


図 e-(2)-121(1)　動物プランクトン調査結果（春季：種類数）



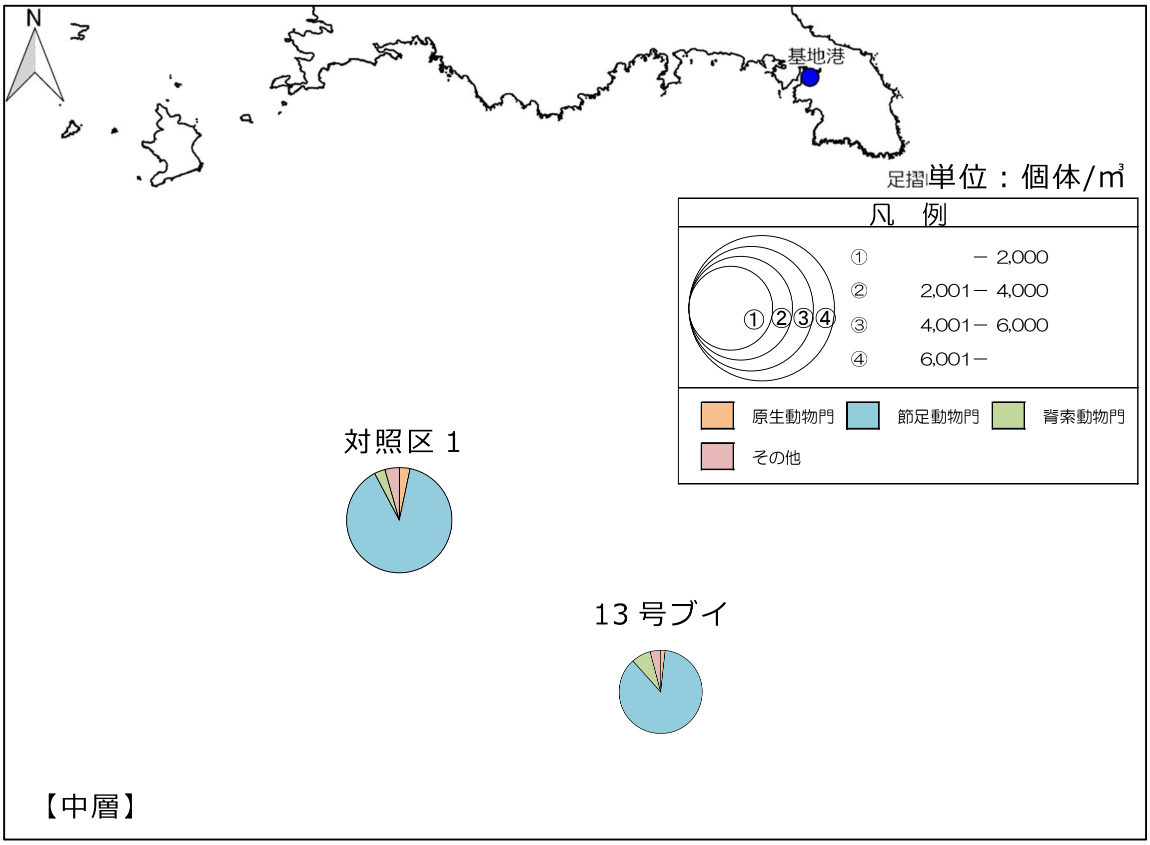
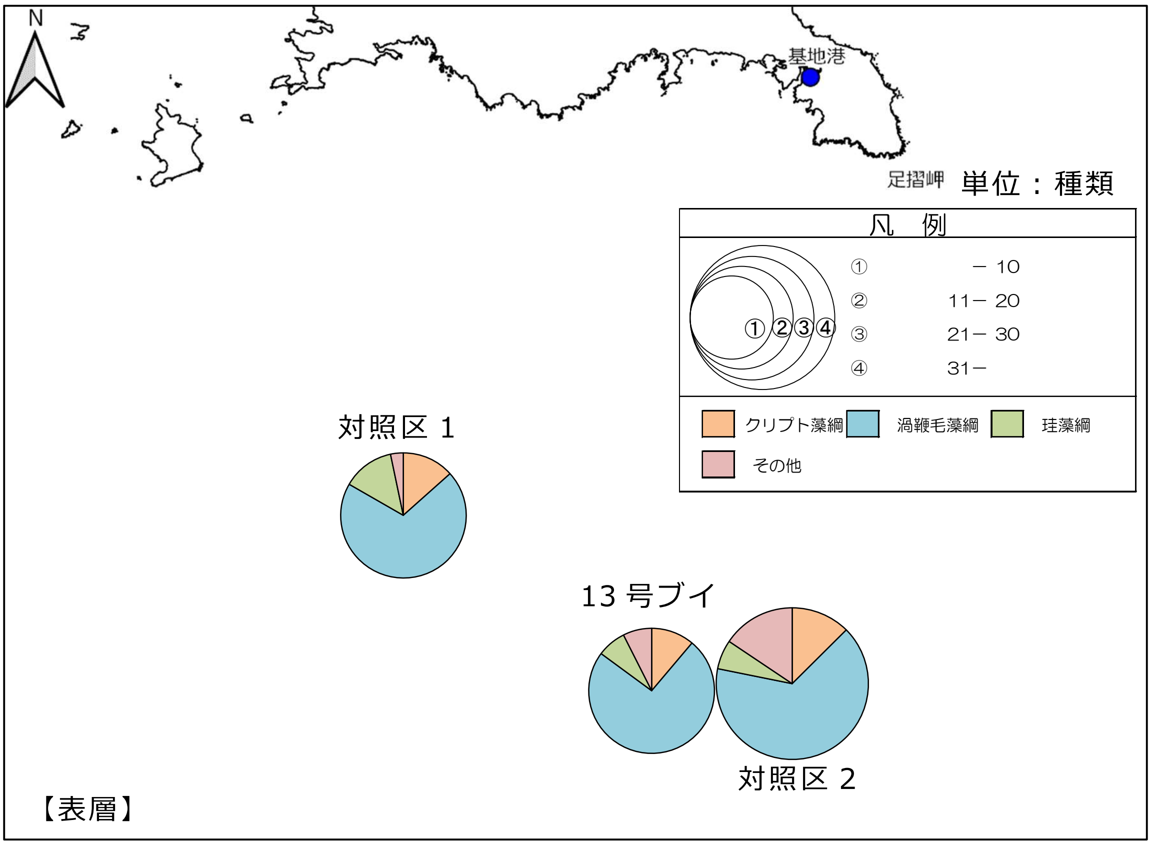


図 e-(2)-121(2) 動物プランクトン調査結果（春季：個体数）



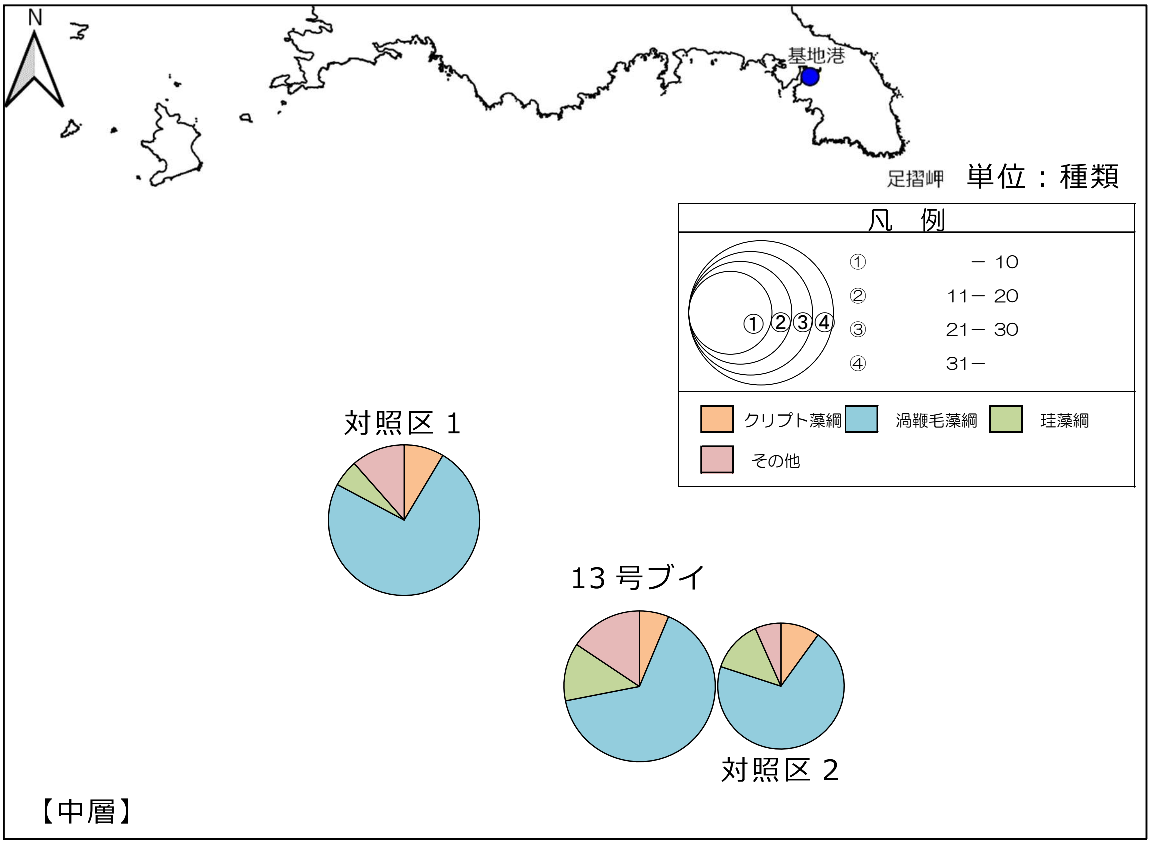
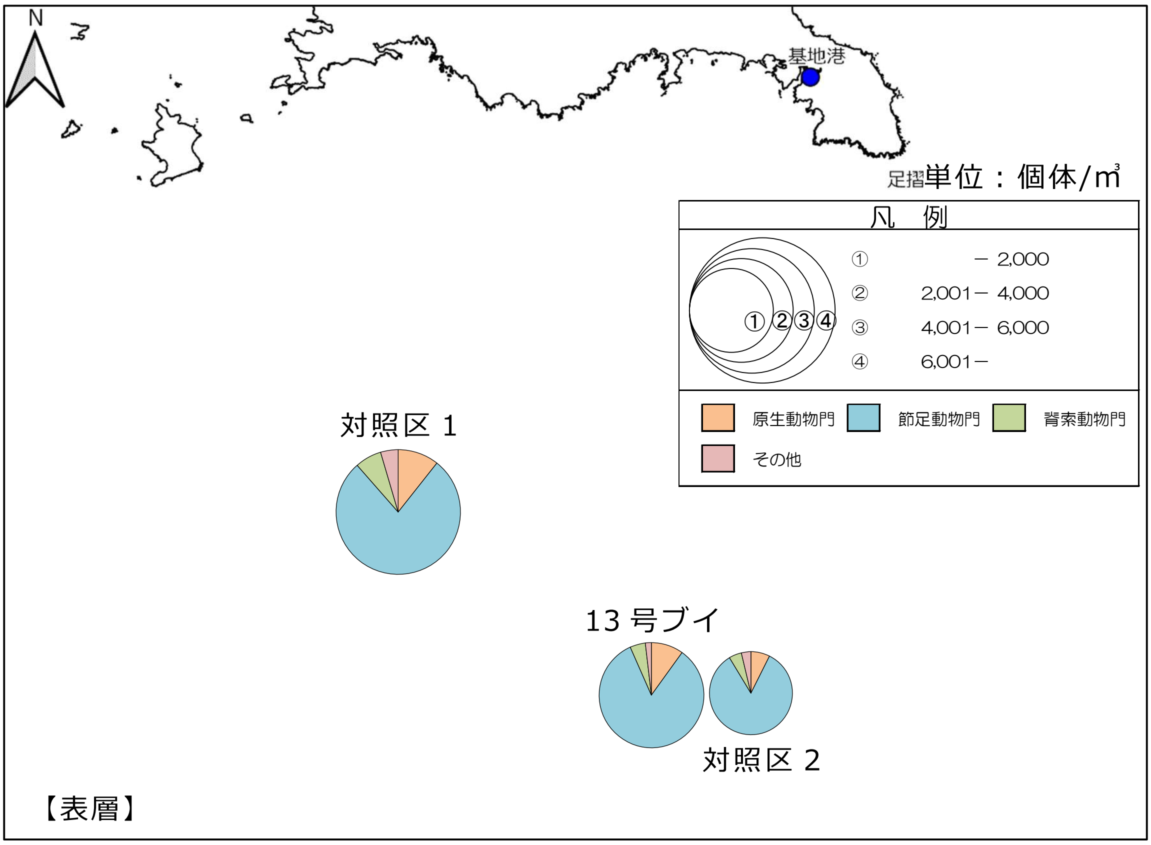


図 e-(2)-121(3) 動物プランクトン調査結果（秋季：種類数）



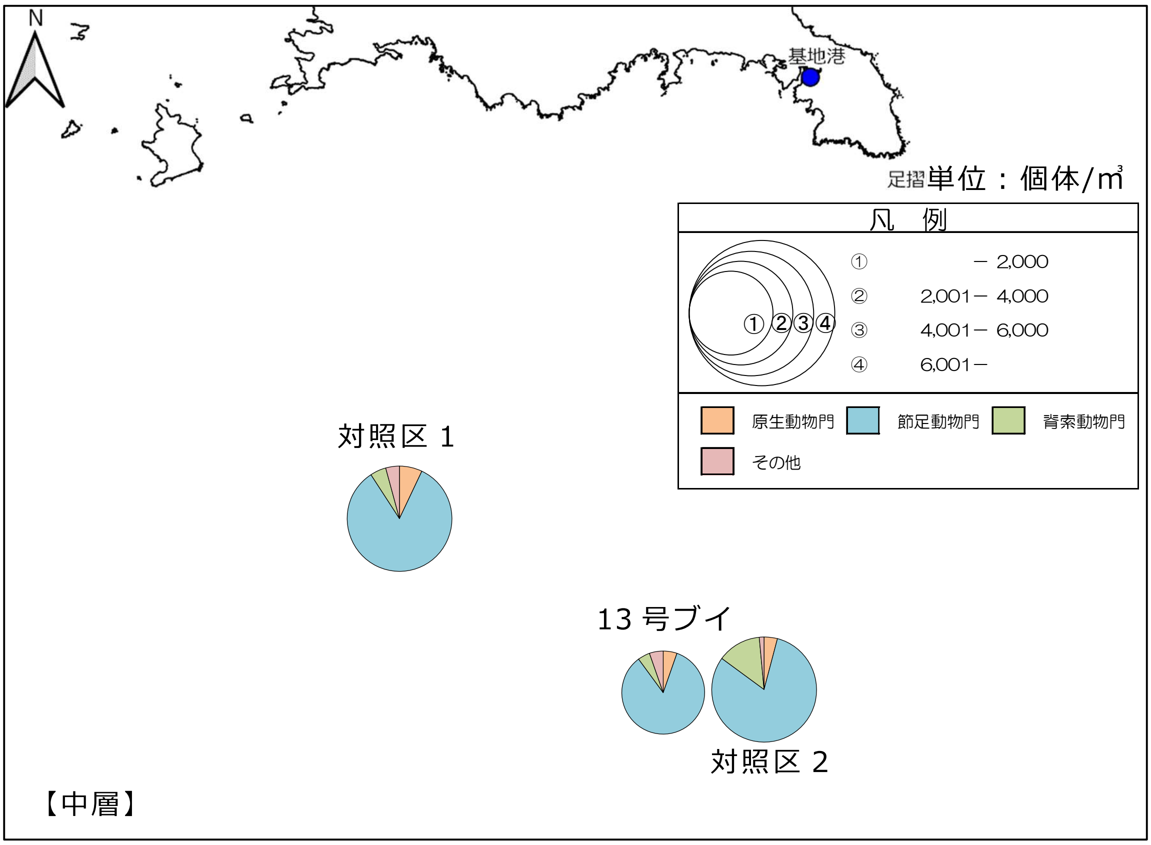


図 e-(2)-121(4) 動物プランクトン調査結果（秋季：個体数）

2)-2-5 魚卵・稚仔魚調査（高知県による採取）

魚卵・稚仔魚調査結果を、表 e-(2)-76、図 e-(2)-122 に示す。

春季には、個体数及び種類数ともに、稚仔魚よりも魚卵で多く、かつ、13 号ブイでより多かった。秋季には反対の傾向となり、個体数及び種類数とも稚仔魚で多く、かつ、13 号ブイでは少なかった。

一方、魚卵では単脂球形卵と無脂球形卵が表層で多く、魚種不明卵も多く見られた。また、稚仔魚の分類群組成が魚卵の組成よりも多様である傾向は春季と秋季で共通にみられたが、13 号ブイと対照区 1 及び対照区 2 との大きな差異はみられなかった。

なお、表 e-(2)-75 及び図 e-(2)-122 のデータの単位は個体/全量であり、口径 130cm のマルチネットを 5 分間水平曳きして得られたサンプル全量で計数された個体数のことであり、単位水量あたりには換算されていない。しかし、船速約 4 ノットで 5 分間という曳網法は全てに共通しているので、相互比較は可能であるとみなした。

表 e-(2)-76(1) 魚卵・稚仔魚分析結果一覧（春季）

【魚卵】

調査期日： 令和元年6月5日
調査方法： マルチネットによる水平曳き
単　　位： 個体/全量

番号	門	綱	種　名　等	13号ブイ	対照区	合　計
1	脊椎動物	硬骨魚	エソ科	1		1
2			ダツ目 1	2		2
3			ダツ目 2		1	1
4			無脂球形卵 1	2	21	23
5			無脂球形卵 2	2		2
6			無脂球形卵 3	2		2
7			無脂球形卵 4	1		1
8			単脂球形卵 1	1		1
9			単脂球形卵 2	151	189	340
10			単脂球形卵 3	3	23	26
11			単脂球形卵 4	28		28
12			単脂球形卵 5	18	137	155
13			単脂球形卵 6	6	16	22
14			単脂球形卵 7	1		1
			種類数	13	6	14
			合　計	218	387	605

【稚仔魚】

調査期日： 令和元年6月5日
調査方法： マルチネットによる水平曳き
単　　位： 個体/全量

番号	門	綱	種　名　等	13号ブイ	対照区	合　計
1	脊椎動物	硬骨魚	エソ科	3		3
2			トビウオ科	3		3
3			サヨリトビウオ属	3	2	5
4			シイラ属	2	2	4
5			ユゴイ属		1	1
6			ヒメジ科	24	2	26
7			ソウダガツオ属	1		1
8			ハゼ科	2		2
9			ネズッポ科		1	1
10			不明稚仔魚	2		2
			種類数	8	5	10
			合　計	40	8	48

表 e-(2)-76(2) 魚卵・稚仔魚分析結果一覧（秋季）

【魚卵】

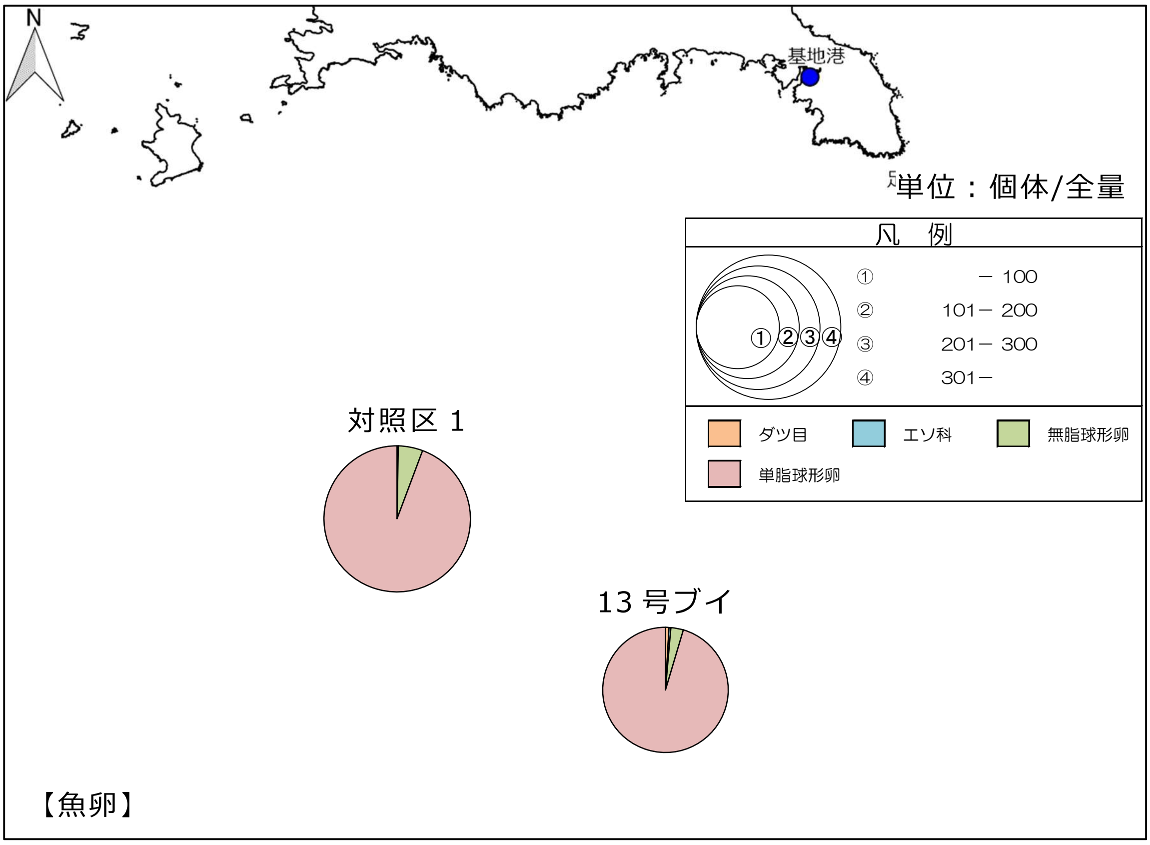
調査期日： 令和元年10月7日
調査方法： マルチネットによる水平曳き
単　　位： 個体/全量

番号	門	綱	種　名　等	13号ブイ	対照区1	対照区2	合　計
1	脊椎動物	硬骨魚	エソ科		1	5	6
2			無脂球形卵 1	2	6		8
3			無脂球形卵 2		1		1
4			無脂球形卵 3		3		3
5			単脂球形卵 1	22	8	18	48
6			単脂球形卵 2			1	1
7			単脂球形卵 3	1			1
8			単脂球形卵 4		1		1
9			単脂球形卵 5		1		1
10			単脂球形卵 6		1		1
			種類数	3	8	3	10
			合　計	25	22	24	71

【稚仔魚】

調査期日： 令和元年10月7日
調査方法： マルチネットによる水平曳き
単　　位： 個体/全量

番号	門	綱	種　名　等	13号ブイ	対照区1	対照区2	合　計
1	軟体動物	頭足	鞘形亜綱	10	10		20
2	脊椎動物	硬骨魚	カタクチイワシ	1			1
3			ネズミギス	36	39	102	177
4			ハダカイワシ科		1		1
5			トビウオ科		3	1	4
6			ダツ目		5	1	6
7			サイウオ科	1			1
8			イットウダイ科		2		2
9			ツムブリ		2		2
10			アジ科	4			4
11			アカタチ科		1		1
12			ベラ科		1		1
13			フエダイ科	1	1		2
14			ヒメジ科	26	78	9	113
15			ハタンポ科			1	1
16			スズメダイ科		9	1	10
17			コトヒキ	1	2	1	4
18			ハゼ科	2	4		6
19			ニジギンポ	1	5	1	7
20			イソギンポ科		2		2
21			カサゴ目			1	1
22			不明稚仔魚	1	10	14	25
			種類数	11	17	10	22
			合　計	84	175	132	391



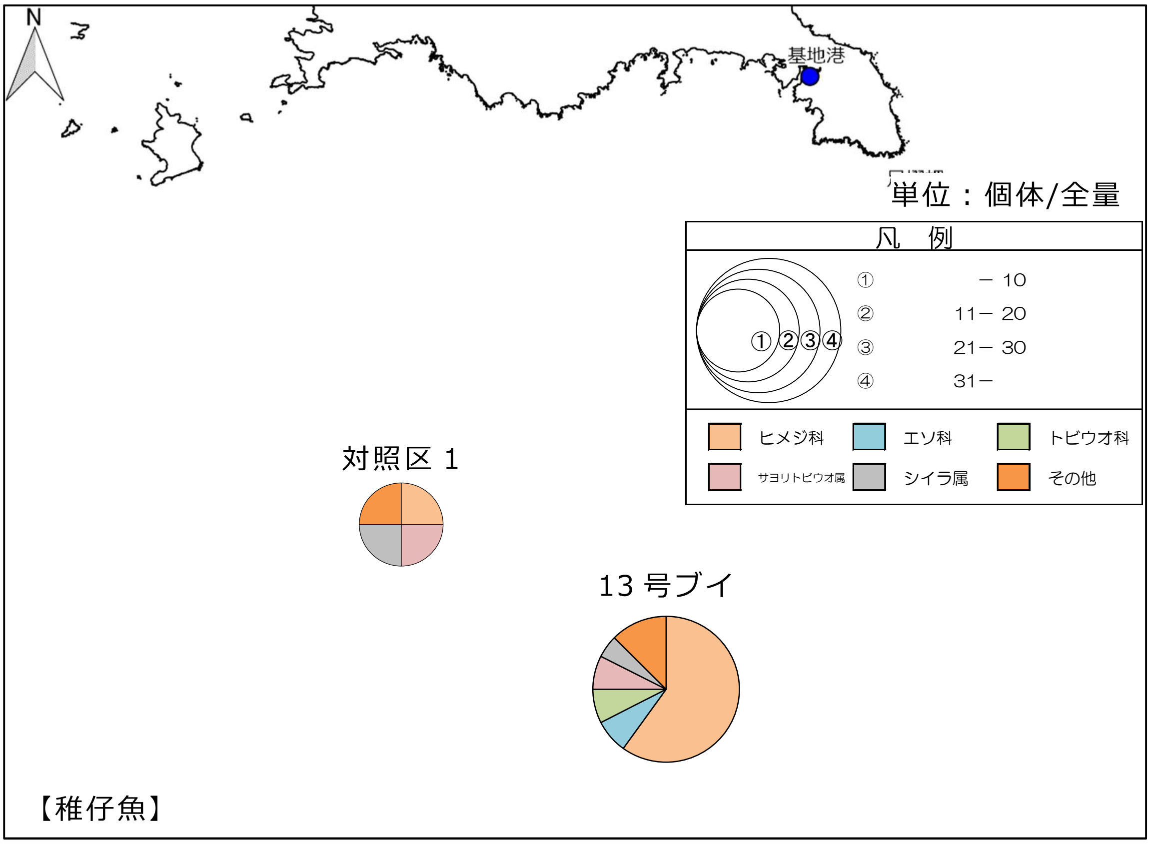
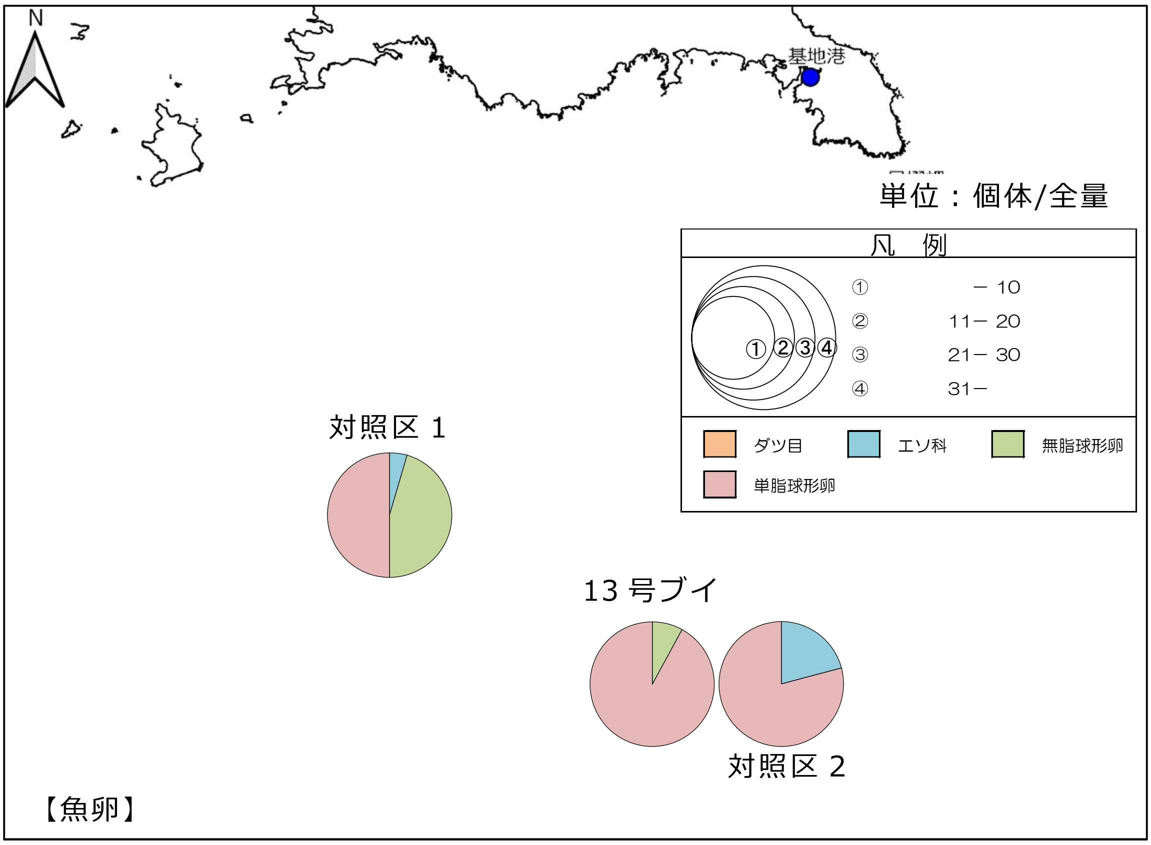


図 e-(2)-122(1)　魚卵・稚仔魚調査結果（春季）



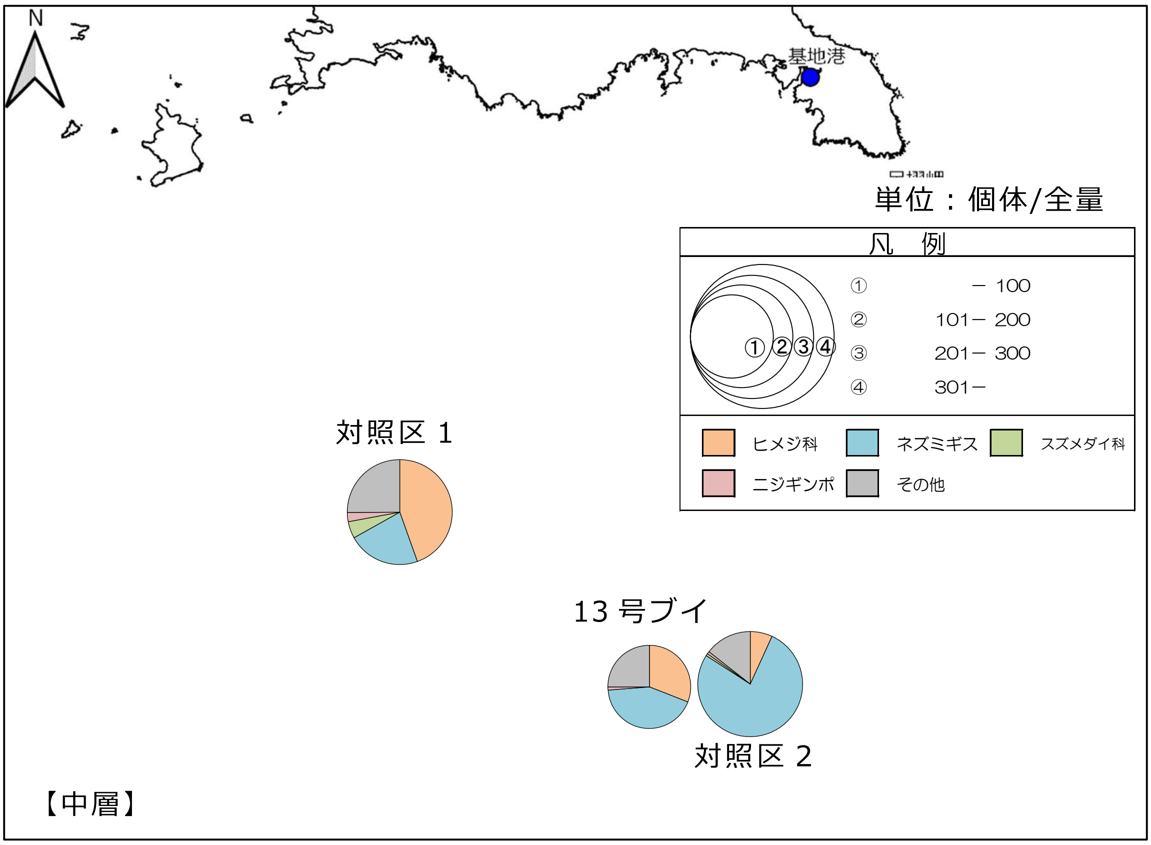


図 e-(2)-122(2) 魚卵・稚仔魚調査結果（秋季）

2)-2-6 漁獲調査

漁獲物一覧を表 e-(2)-77 に、カツオの胃内容物分析結果を表 e-(2)-78 に示す。また、カツオの胃充満度及び生殖腺重量指数（GSI）を、表 e-(2)-77、図 e-(2)-123、図 e-(2)-124 に、餌料生物の重要度指数（IRI）を図 e-(2)-125 に示す。

なお、秋季調査では、現地漁業者への聞き取りにより、カツオの個体サイズが小さく、戻り鰹がほとんどいないことを確認している。

採取したカツオの体長、体重、GSI 及び胃充満度（空胃個体を除く）は、それぞれ、春季には 42.5～61.0cm、1,799～7,175g、0.37～3.19 及び 0.96～34.20‰であり、秋季には 34.1～56.7cm、984～4,680g、0.01～76 及び 0.24～10.37‰であった。すなわち、春季には秋季よりも大型な個体が多く、GSI も高かった。これは、現地漁業者への聞き取り結果と一致し、この海域には戻り鰹がほとんどいなかったことを示している。

なお、13 号ブイと対照区 1 との比較で最も顕著な差がみられたのは、春季における体重と GSI であり、春季には大型で成熟が進んだ個体が 13 号ブイに分布していた。また、IRI の結果より、餌料生物として最も重要なのは稚魚類であり、次いで節足動物プランクトンとツツイカが重要であると示唆された。

表 e-(2)-77(1) 漁獲物一覧（春季）

調査地点	魚種	全長（cm）	体長（cm）	体重（g）	消化管重量（g）	胃内容物重量（g）	生殖腺重量（g）	胃充満度（‰）	生殖腺重量指数(GSI)	漁獲日
13号ブイ	カツオ	53.8	45.5	2230	74.2	4.89	15.4	2.19	0.69	6月5日
	カツオ	50.1	42.5	2335	63.2	4.04	7.9	1.73	0.34	6月6日
	カツオ	70.6	61.0	7175	134.1	11.01	140.1	1.53	1.95	6月6日
	カツオ	69.0	58.9	5105	120.0	4.90	163.0	0.96	3.19	6月6日
	カツオ※	51.5	44.2	1937	99.6	空胃	10.2	空胃	0.53	6月20日
	キハダマグロ	58.5	47.3	2395	－	－	－	－	－	6月5日
	キハダマグロ	55.4	44.5	2315	－	－	－	－	－	6月5日
	キハダマグロ	56.7	45.3	2300	－	－	－	－	－	6月5日
	キハダマグロ	58.6	48.0	2365	－	－	－	－	－	6月5日
	キハダマグロ	59.0	47.4	2290	－	－	－	－	－	6月5日
	キハダマグロ	51.6	42.5	1840	－	－	－	－	－	6月5日
	キハダマグロ	59.9	48.1	2750	－	－	－	－	－	6月5日
	シイラ	112.7	88.0	6500	－	－	－	－	－	6月5日
	シイラ	116.4	90.3	6600	－	－	－	－	－	6月6日
対照区1	カツオ※	51.0	43.1	1835	75.3	空胃	13.2	空胃	0.72	6月19日
	カツオ※	51.7	44.3	1931	175.7	77.05	8.1	34.20	0.42	6月19日
	カツオ※	51.1	43.7	1799	86.1	7.69	17.3	2.44	0.96	6月19日
	カツオ※	53.6	45.4	2019	115.4	12.31	14.2	2.76	0.70	6月19日
	カツオ※	51.9	44.4	1917	99.8	9.17	7.0	3.30	0.37	6月19日
	シイラ	89.1	70.2	3800	－	－	－	－	－	6月17日
	ヒラソウダ	43.2	39.8	1225	－	－	－	－	－	6月17日
	ヒラソウダ	43.0	41.2	1120	－	－	－	－	－	6月17日
	ヒラソウダ	35.5	33.0	600	－	－	－	－	－	6月17日
	ソウダガツオ	33.2	31.1	480	－	－	－	－	－	6月17日
	ソウダガツオ	32.4	31.0	460	－	－	－	－	－	6月17日
	ソウダガツオ	35.9	34.3	700	－	－	－	－	－	6月17日
	キハダマグロ	58.8	51.1	2860	－	－	－	－	－	6月17日
	キハダマグロ	50.2	44.2	1750	－	－	－	－	－	6月17日
	キハダマグロ	49.3	43.0	1720	－	－	－	－	－	6月17日
	キハダマグロ	49.7	43.7	1770	－	－	－	－	－	6月17日

※：漁業者による漁獲物

注：対照区のカツオ胃充満度は、カタクチイワシを除く

表 e-(2)-77(2) 漁獲物一覧（秋季）

調査地点	魚種	全長（cm）	体長（cm）	体重（g）	消化管重量（g）	胃内容物重量（g）	生殖腺重量（g）	胃充満度（‰）	生殖腺重量指数(GSI)	漁獲日
13号ブイ	カツオ	44.5	36.0	1139	56.8	0.41	0.3	0.36	0.03	11月16日
	カツオ	41.9	34.3	984	56.0	0.40	0.6	0.41	0.06	11月16日
	カツオ	47.9	39.6	1405	100.6	11.55	0.4	8.22	0.03	11月16日
	カツオ	59.3	49.7	2785	137.7	0.66	8.0	0.24	0.29	11月16日
	カツオ	48.3	40.5	1689	78.1	0.57	0.5	0.34	0.03	11月16日
	カツオ	42.9	36.0	1057	53.0	0.45	0.3	0.43	0.02	11月16日
	カツオ	43.1	36.4	1091	58.8	0.61	1.6	0.56	0.15	11月16日
	キハダマグロ	44.0	34.3	1105	52.2	3.91	0.2	3.54	0.01	11月16日
対照区1	カツオ	42.1	35.0	991	74.5	10.21	0.2	10.30	0.02	11月15日
	カツオ	41.7	34.1	990	68.2	10.26	0.4	10.37	0.04	11月15日
	カツオ	69.1	56.7	4680	251.7	12.23	35.8	2.61	0.76	11月15日
	カツオ※	45.4	37.8	1361	60.7	1.76	1.9	1.30	0.14	11月15日
	カツオ※	43.4	36.5	1162	63.0	1.82	0.7	1.57	0.06	11月15日

※：漁業者による漁獲物

表 e-(2)-78(1) カツオの胃内容物分析結果一覧（春季）

調査期日：令和　元年　6月　5、6、19日
単位：個体数および湿重量(g)／尾

番号	門	綱	目	科	種 名 等	和 名 等	13号ブイ① 個体数	13号ブイ① 湿重量	13号ブイ② 個体数	13号ブイ② 湿重量	13号ブイ③ 個体数	13号ブイ③ 湿重量	13号ブイ④ 個体数	13号ブイ④ 湿重量	13号ブイ⑤※ 個体数	13号ブイ⑤※ 湿重量
1	軟体動物	頭足	―	―	CEPHALOPODA	頭足綱					+	0.057			空胃	
2	節足動物	甲殻	十脚	―	Brachyura	短尾下目	2	0.010								
3				―	Megalopa of Brachyura	短尾下目 メガロパ幼生	2	0.044								
4			口脚	―	Stomatopoda	口脚目					1	0.062				
5				―	Alima larva of Stomatopoda	口脚目 アリマ型幼生			1	0.020						
6		―	―	―	ARTHROPODA	節足動物門	+	2.218	+	0.103	+	1.114	+	0.233		
10	脊椎動物	硬骨魚	―	―	OSTEICHTHYES	硬骨魚綱	2	0.479	3	2.980	+	0.459	1	0.185		
11	―	―	―	―	―	不明消化物	+	2.139	+	0.938	+	9.317	+	4.486		
						種 類 数	5		4		5		3			
						合 計	6	4.889	4	4.041	1	11.009	1	4.904		

注1：個体数の「＋」は消化により計数困難な種を示す。
注2：※は漁業者による漁獲物を示す。

調査期日：令和　元年　6月　17、18日
単位：個体数および湿重量(g)／尾

番号	門	綱	目	科	種 名 等	和 名 等	対照区①※ 個体数	対照区①※ 湿重量	対照区②※ 個体数	対照区②※ 湿重量	対照区③※ 個体数	対照区③※ 湿重量	対照区④※ 個体数	対照区④※ 湿重量	対照区⑤※ 個体数	対照区⑤※ 湿重量
1	脊椎動物	硬骨魚	ニシン	ニシン	*Sardinops melanostictus*	マイワシ	空胃		22	61.290						
2				カタクチイワシ	*Engraulis japonica*	カタクチイワシ			7	11.005	3	3.296	4	6.726	2	2.849
3			―	―	OSTEICHTHYES	硬骨魚綱			+	1.910	+	2.913	+	2.424	+	1.566
4	―	―	―	―	―	不明消化物			+	2.845	+	1.481	+	3.157	+	4.752
						種 類 数			4		3		3		3	
						合 計			29	77.050	3	7.690	4	12.307	2	9.167

注1：個体数の「＋」は消化により計数困難な種を示す。
注2：※は漁業者による漁獲物を示す。

表 e-(2)-78(2) カツオの胃内容物分析結果一覧（秋季）

調査期日：令和　元年　11月　16日
単位：個体数および湿重量(g)／尾

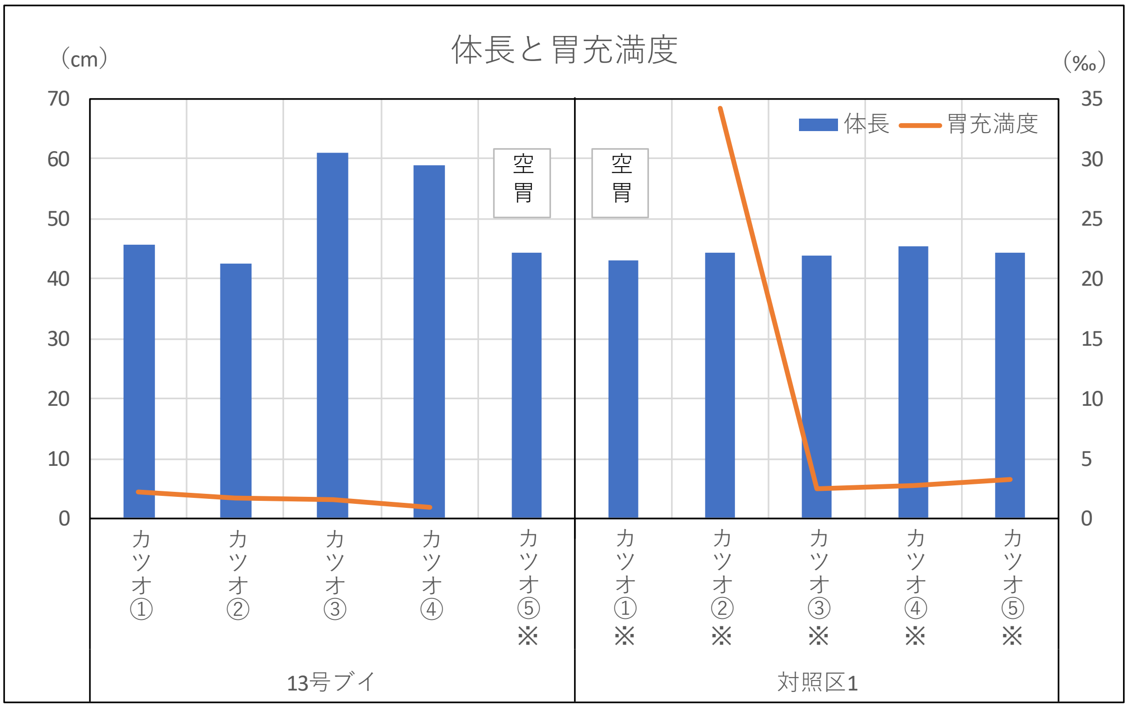
番号	門	綱	目	科	種 名 等	和 名 等	13号ブイ カツオ① 個体数	カツオ① 湿重量	カツオ② 個体数	カツオ② 湿重量	カツオ③ 個体数	カツオ③ 湿重量	カツオ④ 個体数	カツオ④ 湿重量	カツオ⑤ 個体数	カツオ⑤ 湿重量	カツオ⑥ 個体数	カツオ⑥ 湿重量	カツオ⑦ 個体数	カツオ⑦ 湿重量	キハダマグロ① 個体数	キハダマグロ① 湿重量
1	軟体動物	頭足	ツツイカ	―	Teuthoidea	ツツイカ目					2	10.125										
2	節足動物	―	―	―	ARTHROPODA	節足動物門	+	0.095													+	0.237
3	脊椎動物	硬骨魚	―	―	OSTEICHTHYES	硬骨魚綱									+	0.192					3	1.567
4	―	―	―	―	―	不明消化物	+	0.317	+	0.401	+	1.428	+	0.657	+	0.376	+	0.454	+	0.613	+	2.106
						種 類 数	2		1		2		1		2		1		1		3	
						合 計	+	0.412	+	0.401	2	11.553	+	0.657	+	0.568	+	0.454	+	0.613	3	3.910

注1：個体数の「＋」は消化により計数困難な種を示す。

調査期日：令和　元年　11月　15日
単位：個体数および湿重量(g)／尾

番号	門	綱	目	科	種 名 等	和 名 等	対照区1 カツオ① 個体数	カツオ① 湿重量	カツオ② 個体数	カツオ② 湿重量	カツオ③ 個体数	カツオ③ 湿重量	カツオ④※ 個体数	カツオ④※ 湿重量	カツオ⑤※ 個体数	カツオ⑤※ 湿重量
1	軟体動物	頭足	ツツイカ	―	Teuthoidea	ツツイカ目	1	4.940	1	2.194	3	6.143				
2	節足動物	甲殻	等脚	―	Isopoda	等脚目							1	0.007		
3			オキアミ		Euphausiacea	オキアミ目							11	0.477	14	0.904
4	脊椎動物	硬骨魚	フグ	―	Tetraodontiformes	フグ目					1	0.839				
5			―	―	OSTEICHTHYES	硬骨魚綱	1	4.247	3	4.240	1	2.082	+	0.020	+	0.004
6	―	―	―	―	―	不明消化物	+	1.026	+	3.830	+	3.164	+	1.260	+	0.916
						種 類 数	3		3		4		4		3	
						合 計	2	10.213	4	10.264	5	12.228	12	1.764	14	1.824

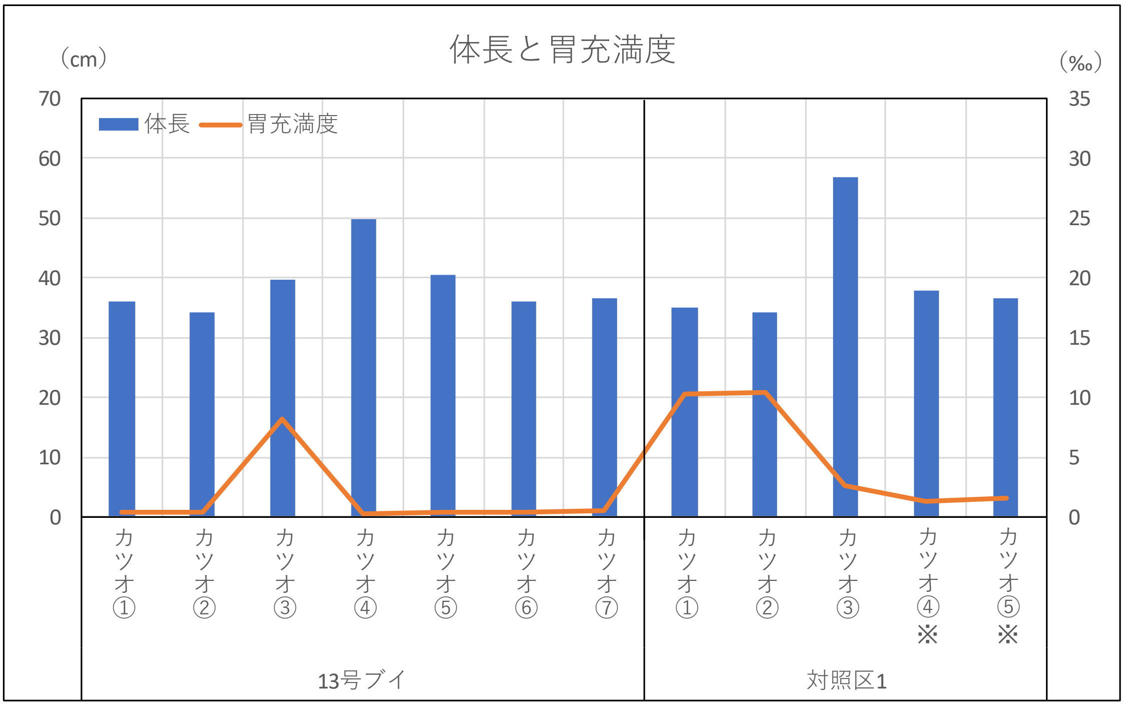
注1：個体数の「＋」は消化により計数困難な種を示す。
注2：※は漁業者による漁獲物を示す。



※：漁業者による漁獲物

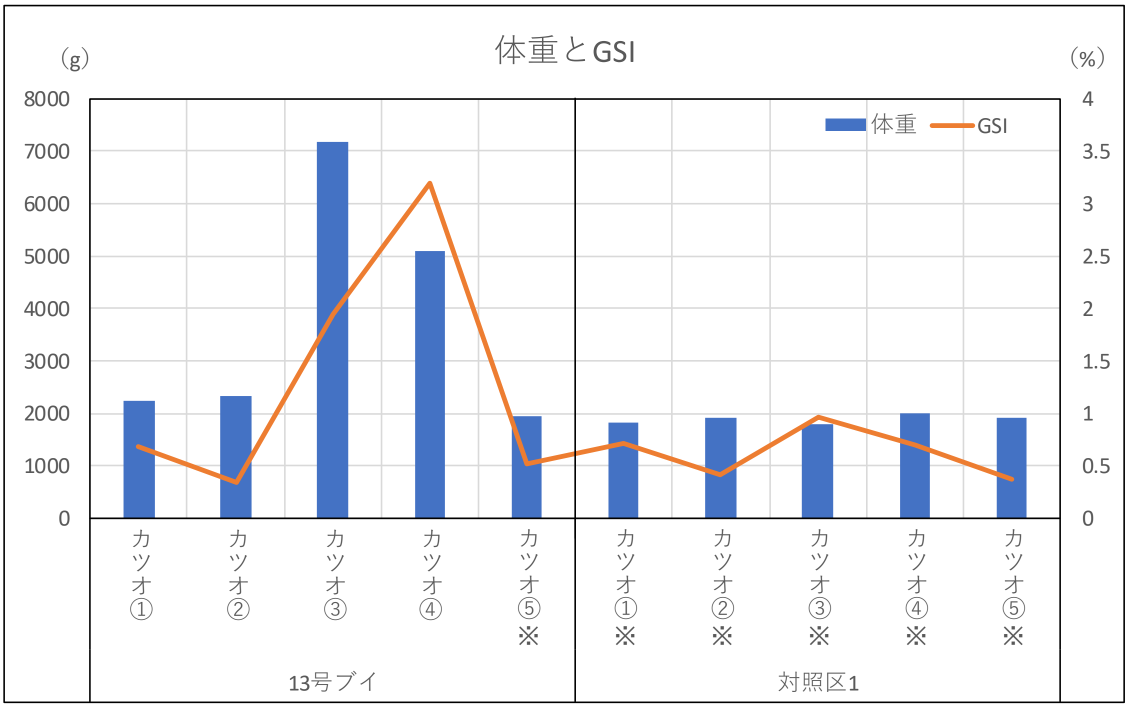
※：対照区1のカツオ胃充満度は、カタクチイワシを除く

図 e-(2)-123(1) カツオの体長と胃充満度（春季）



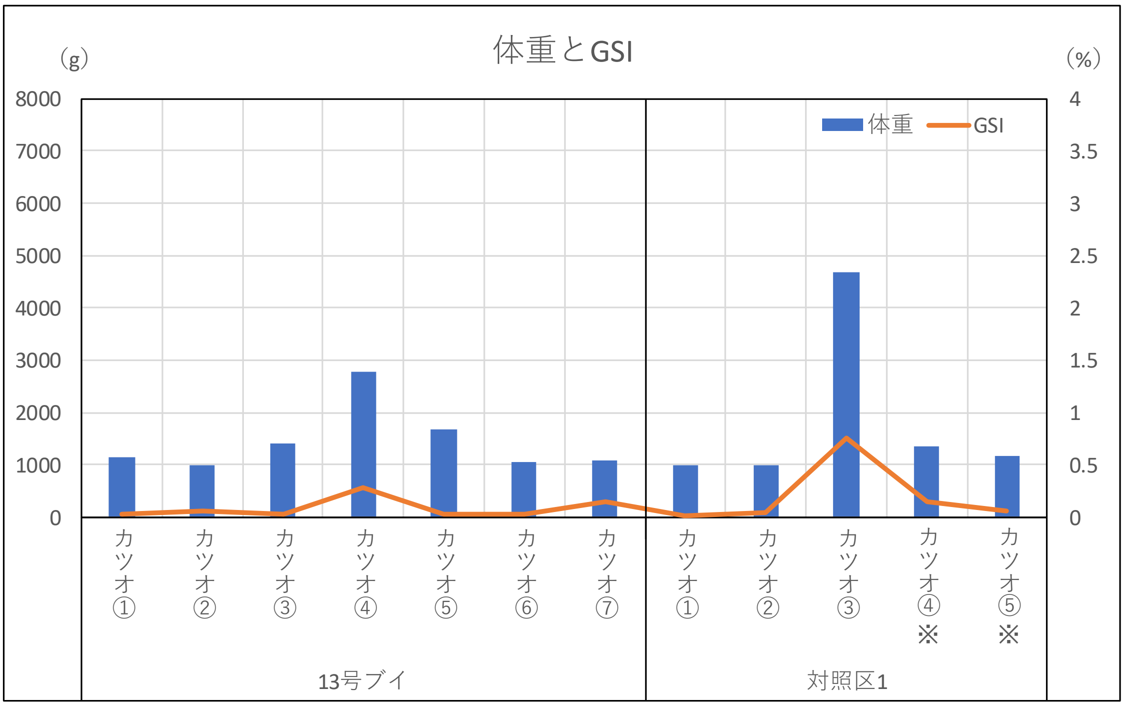
※：漁業者による漁獲物

図 e-(2)-123(2) カツオの体長と胃充満度（秋季）



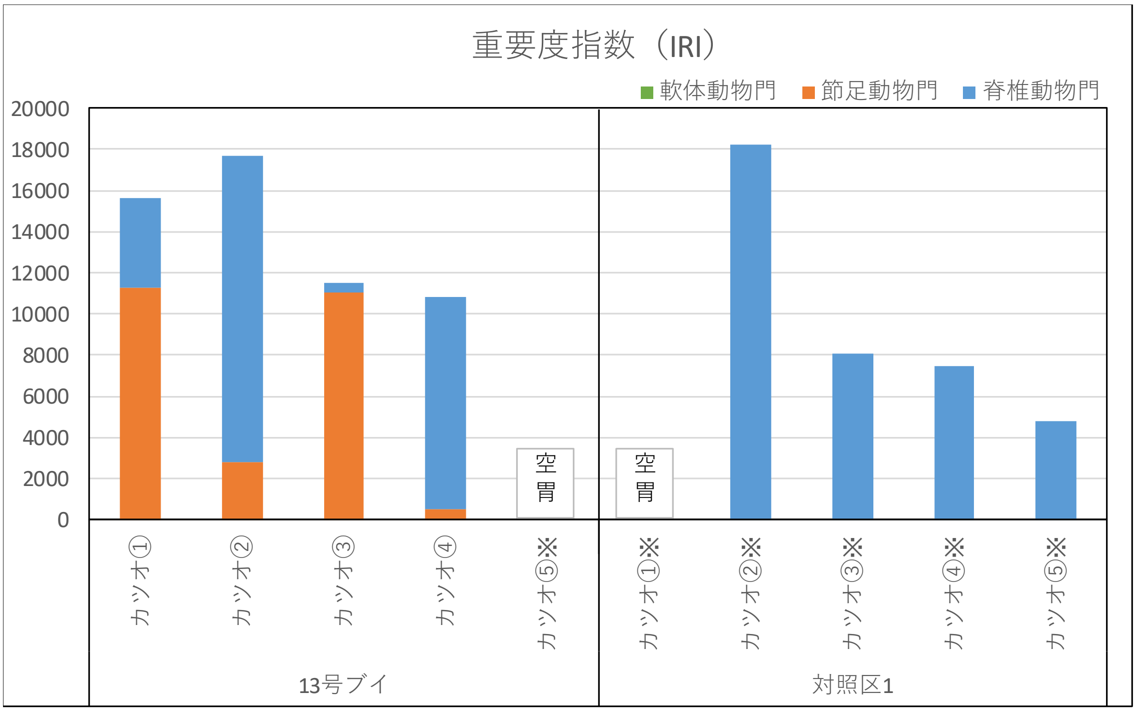
※：漁業者による漁獲物

図 e-(2)-124(1) カツオの体重と GSI（春季）



※：漁業者による漁獲物

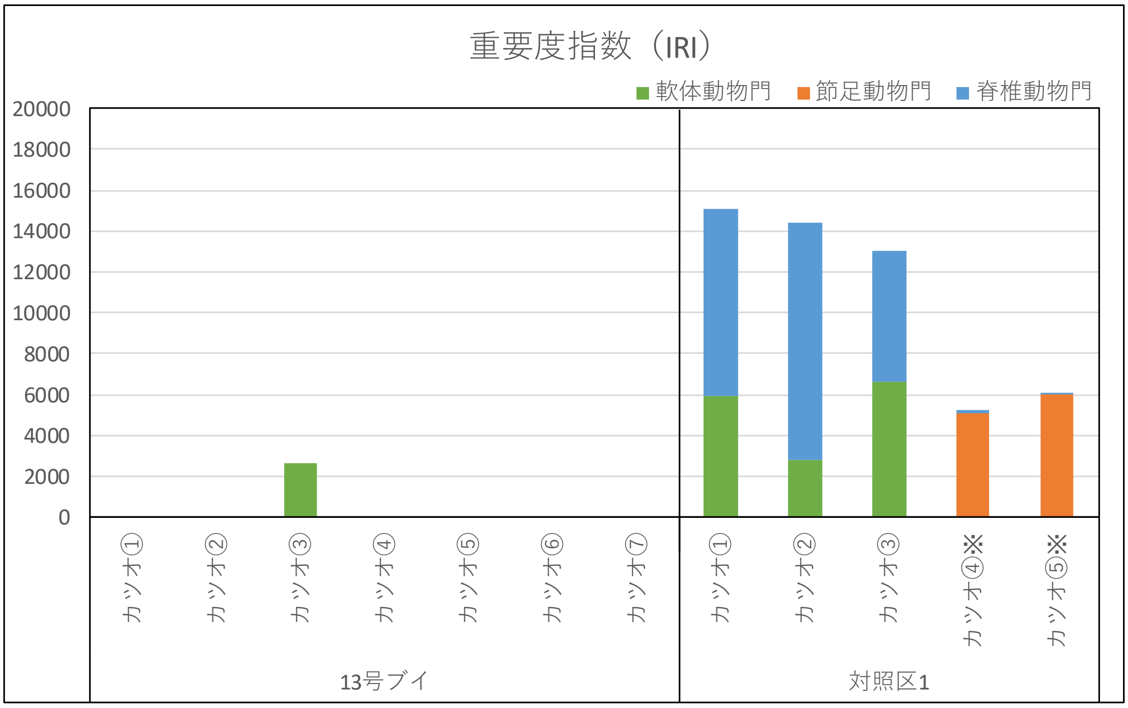
図 e-(2)-124(2) カツオの体重と GSI（秋季）



※：漁業者による漁獲物

※：対照区1の重要度指数は、カタクチイワシを除く

図 e-(2)-125(1) カツオの IRI（春季）



※：漁業者による漁獲物

図 e-(2)-125(2) カツオの IRI（秋季）

2)-2-7　計量魚探による観察調査

計量魚探は、図 e-(2)-126 に示す測線を各地点で設定し、調査地点周辺海域の魚類及びプランクトン類の水平分布を観測した。解析は、図 e-(2)-127 に示すフローに従い、得られた音響データからノイズを除去した後、音響反射レベルの閾値によって魚類とプランクトン類の判別を行った。また、漁獲調査及びプランクトン類の調査結果から得られた平均個体サイズより、魚類及びプランクトン類の個体数密度を算出した。

魚群については、春季・秋季ともに 13 号ブイ周辺では確認されたが、対照区 1 では魚群は確認できなかった。13 号ブイ周辺の魚群エコーグラムを図 e-(2)-128 に示す。春季・秋季ともに 13 号ブイの南西側（黒潮の上流側）で魚群が確認され、春季については水中カメラによりムロアジやカツオの魚群が確認された（図 e-(2)-129 参照)。

魚類及びプランクトン類の個体数密度を、算出できた測線について図 e-(2)-130～図 e-(2)-132 に示す。また、稚仔魚及び動物プランクトンの個体数密度の水平分布を図 e-(2)-133、図 e-(2)-134 に示す。

動物プランクトンの個体数密度は、秋季よりも春季に多い傾向がみられたが、中心点からの距離及び地点による明瞭な傾向はみられなかった。稚仔魚の個体数密度は、春季よりも秋季に多い傾向がみられ、対照区 1 では中心からの距離による明瞭な傾向はみられなかったが、13 号ブイでは一部の測線でブイに近いほど個体数密度が高い傾向がみられた。魚群が確認できた 13 号ブイ周辺の魚類の個体数密度は、春季と秋季で明瞭な差異はみられなかったが、明らかに 13 号ブイに近いほど個体数密度が高い傾向がみられた。

【春季】13 号ブイ（O-2、O-4、I-1、I-3、I-5、I-7）、対照区 1 は未実施
【秋季】13 号ブイ（O-1～O-4、I-1～I-8）、対照区 1（O-2、O-4、I-1、I-5）

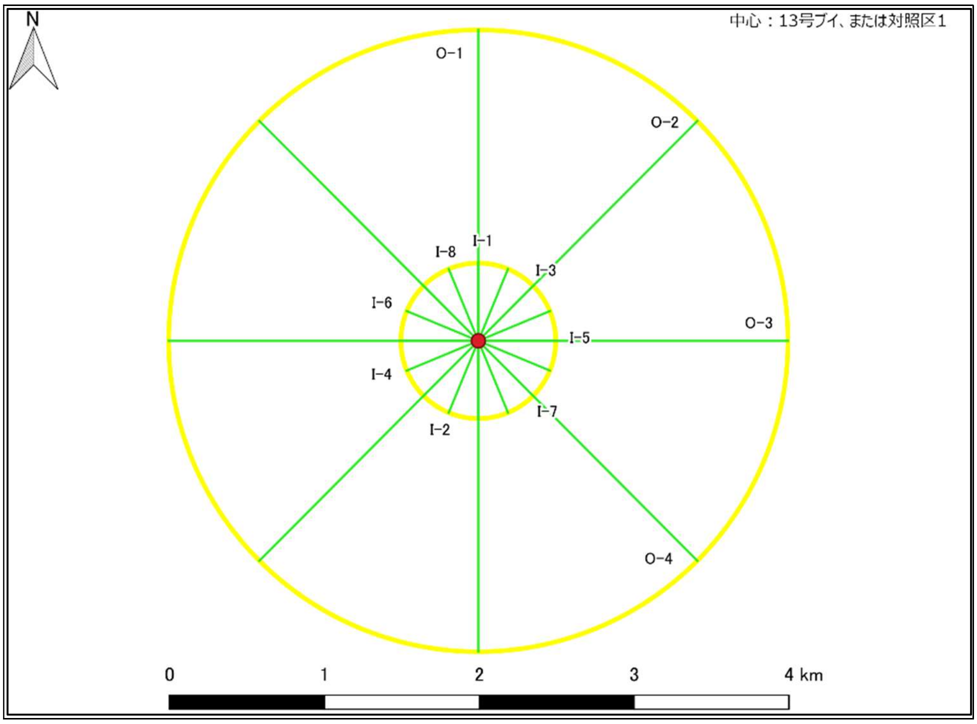


図 e-(2)-126　調査測線の設定

図 e-(2)-127　解析フロー

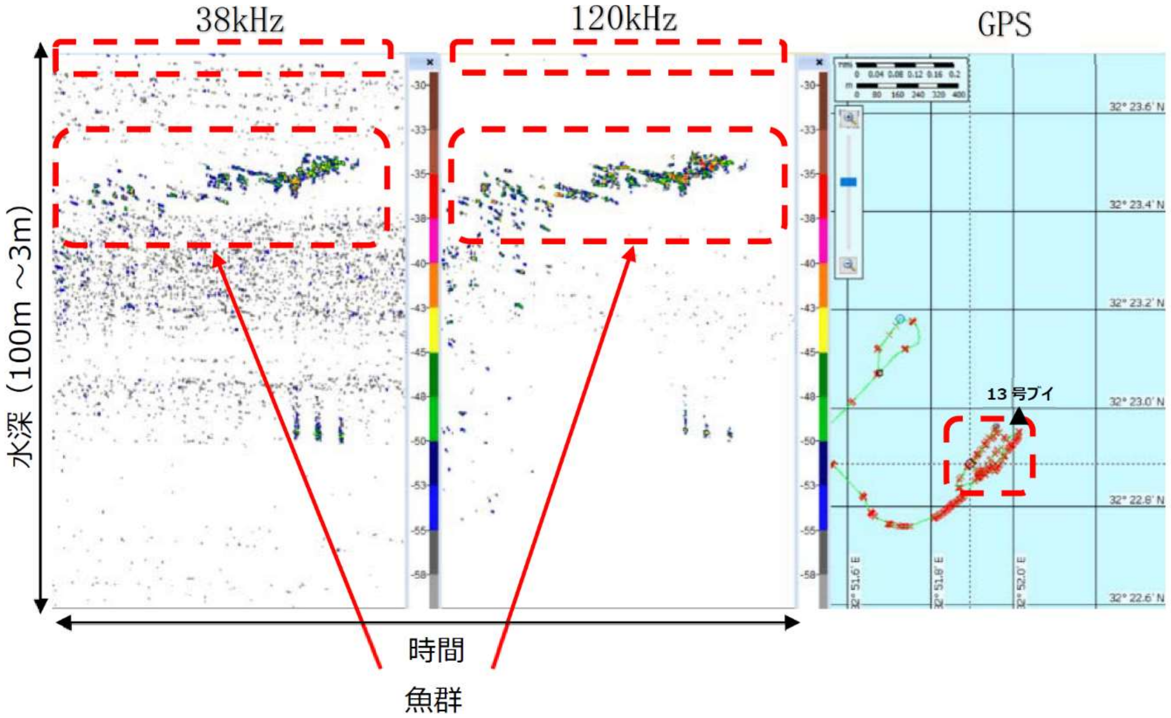
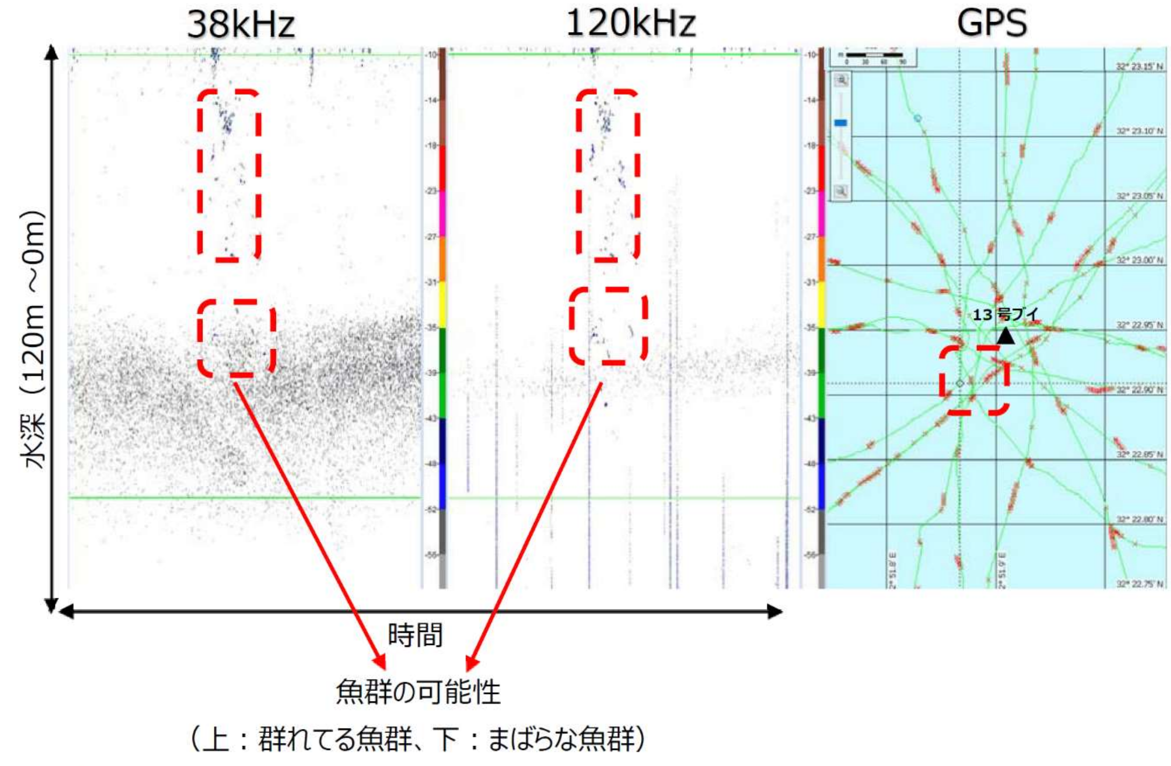


図 e-(2)-128(1) 13 号ブイ周辺の魚群エコーグラム（春季）



※緑横線：解析範囲（上 7m、下 100m）

図 e-(2)-128(2) 13 号ブイ周辺の魚群エコーグラム（秋季）

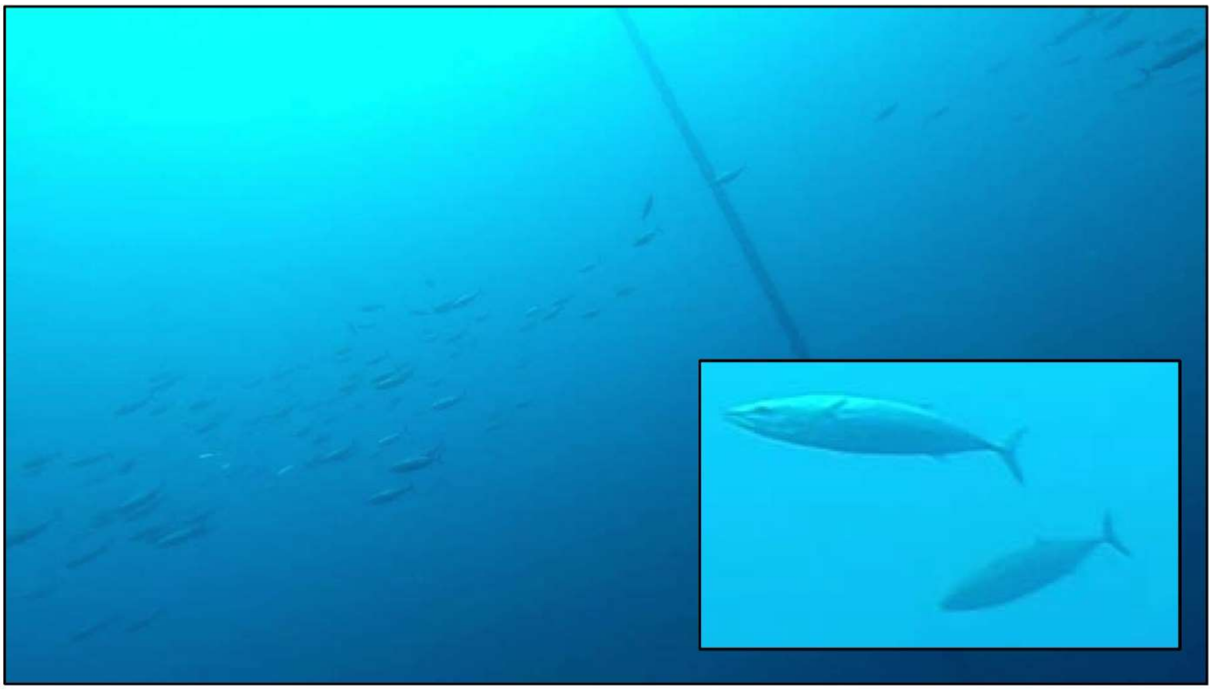
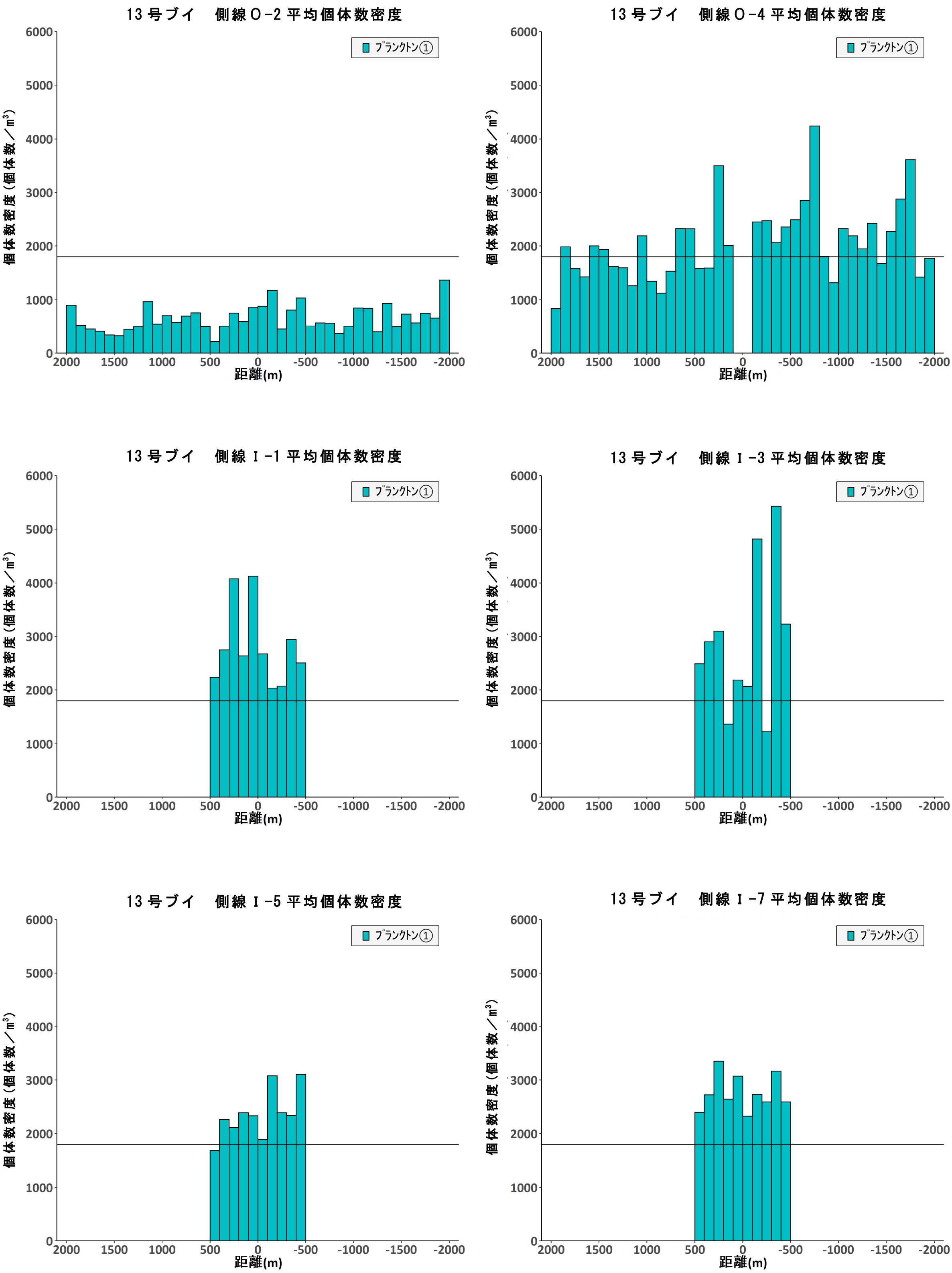
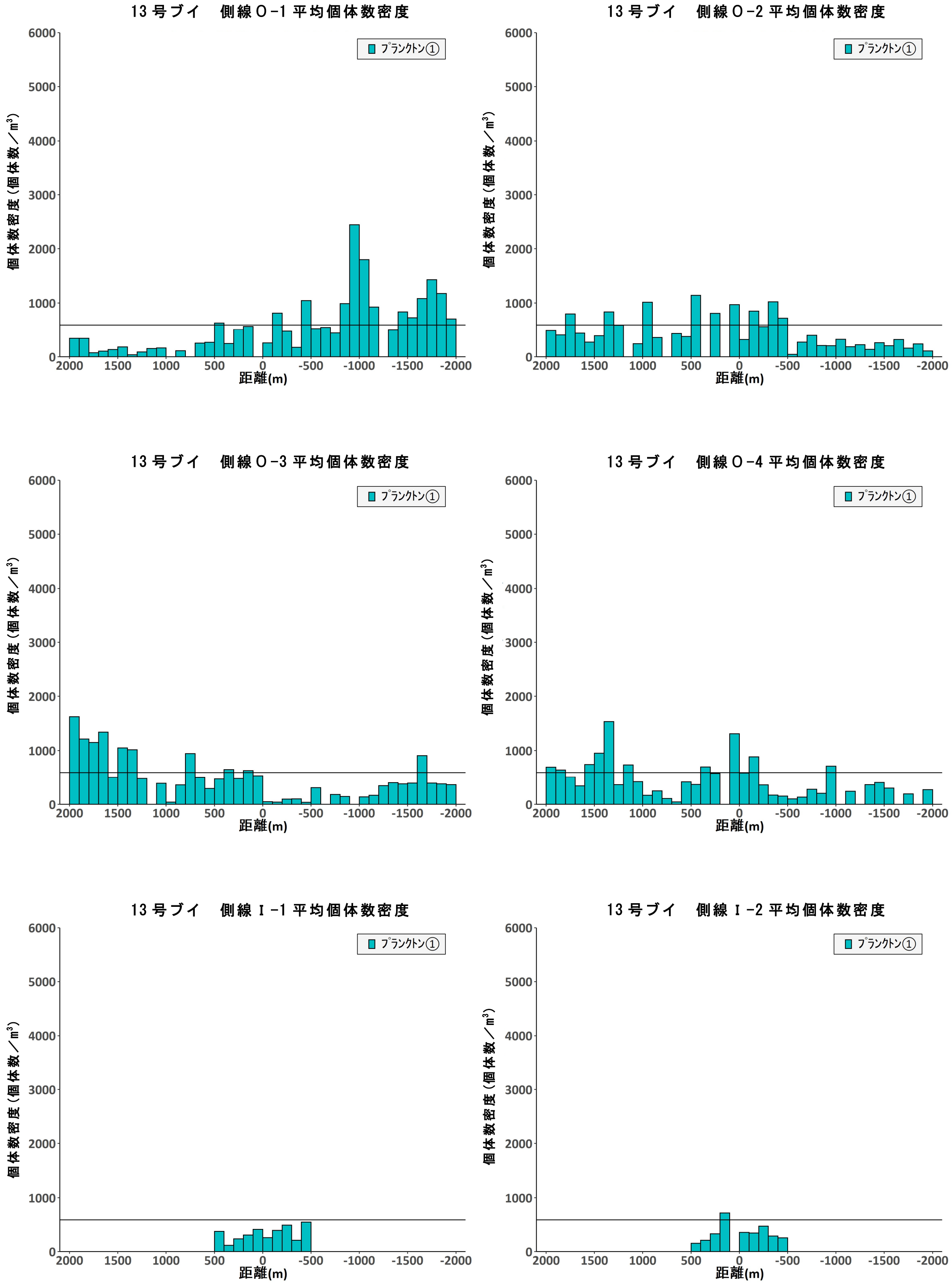


図 e-(2)-129　確認できた魚群（上：ムロアジ、下：カツオ）



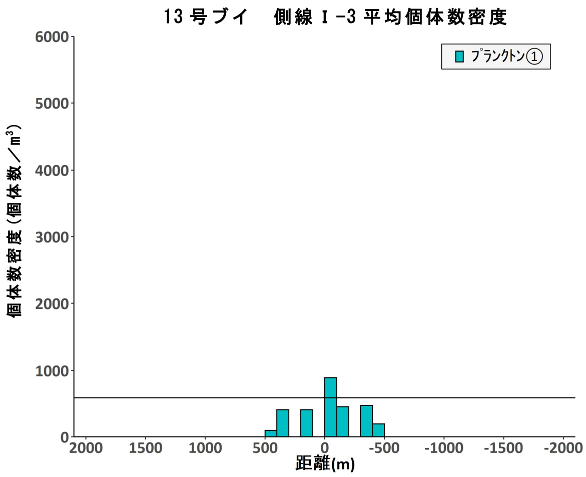
※　中心位置を 0 として、北・東方向が＋、南・西方向が－

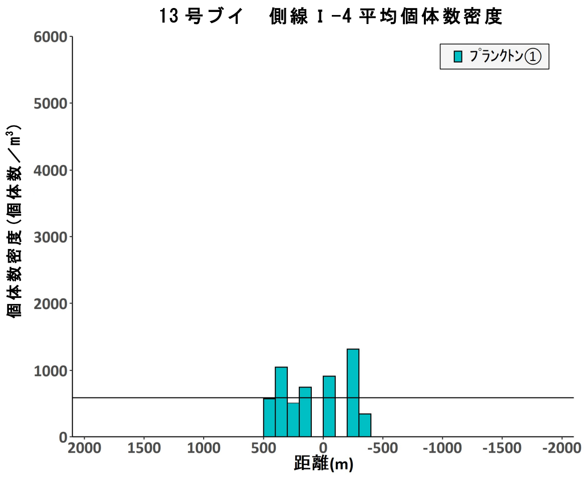
図 e-(2)-130(1) 動物プランクトンの個体数密度（春季：13 号ブイ）

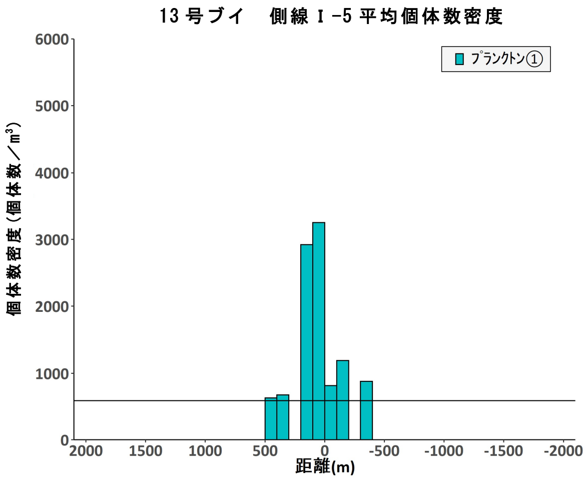


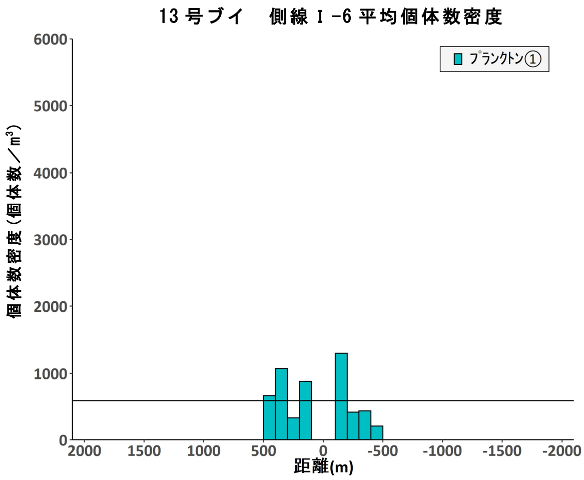
※　中心位置を 0 として、北・東方向が＋、南・西方向が－

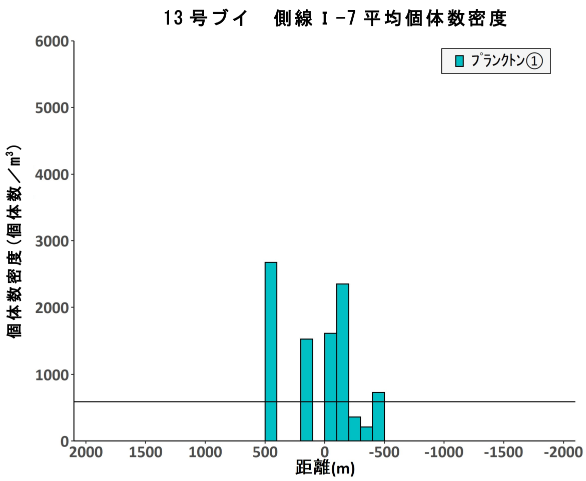
図 e-(2)-130(2) 動物プランクトンの個体数密度（秋季：13 号ブイ）

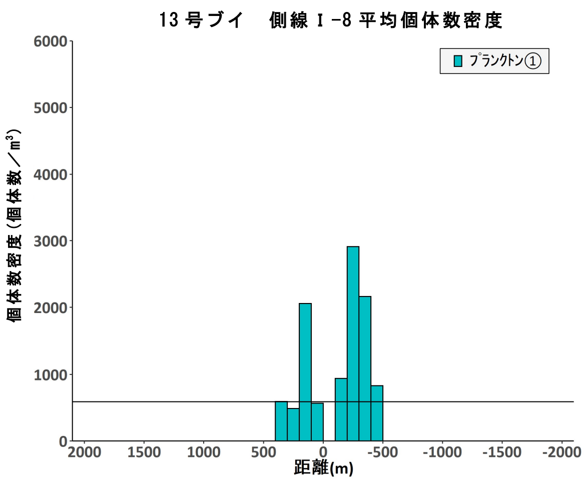






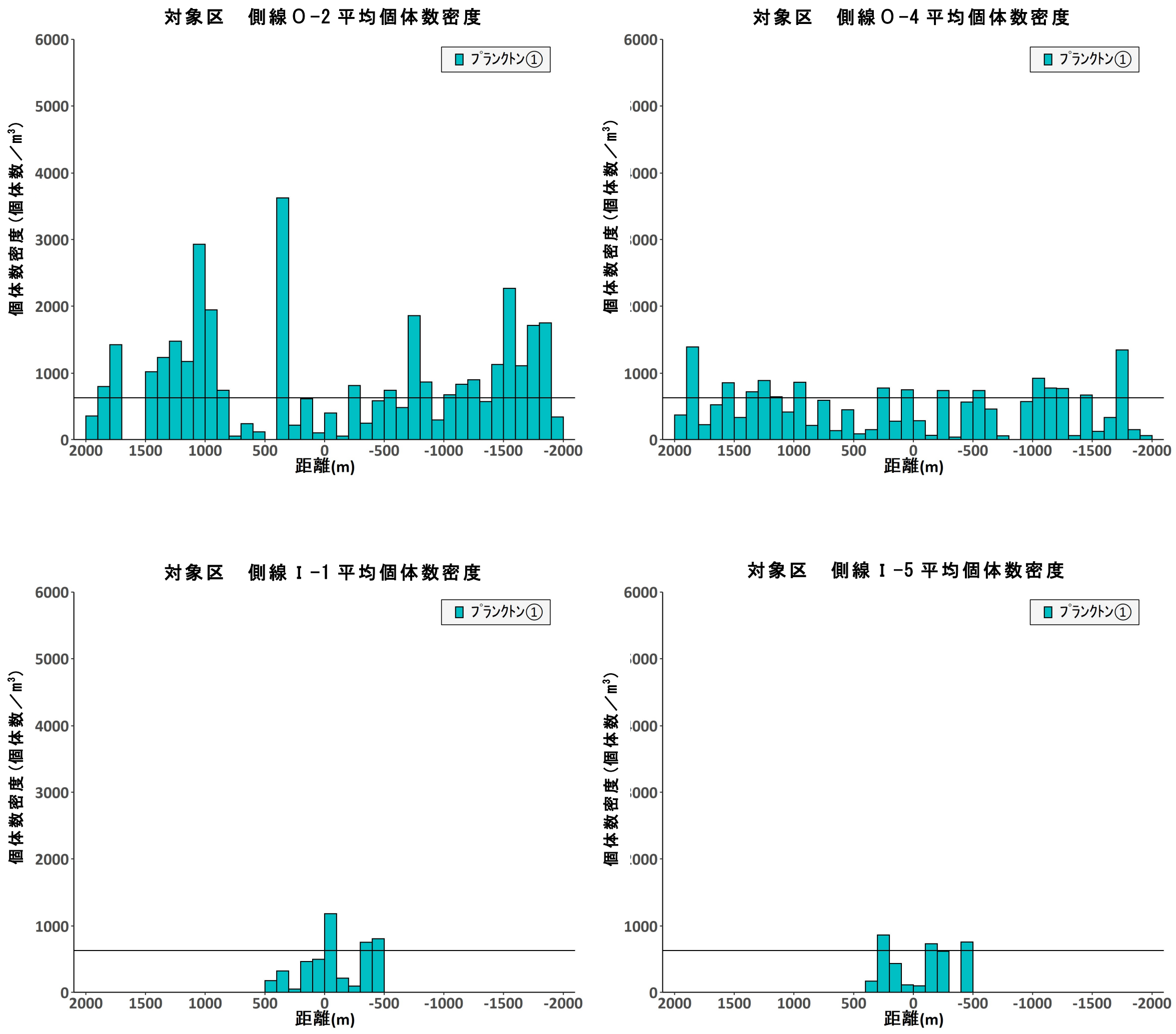






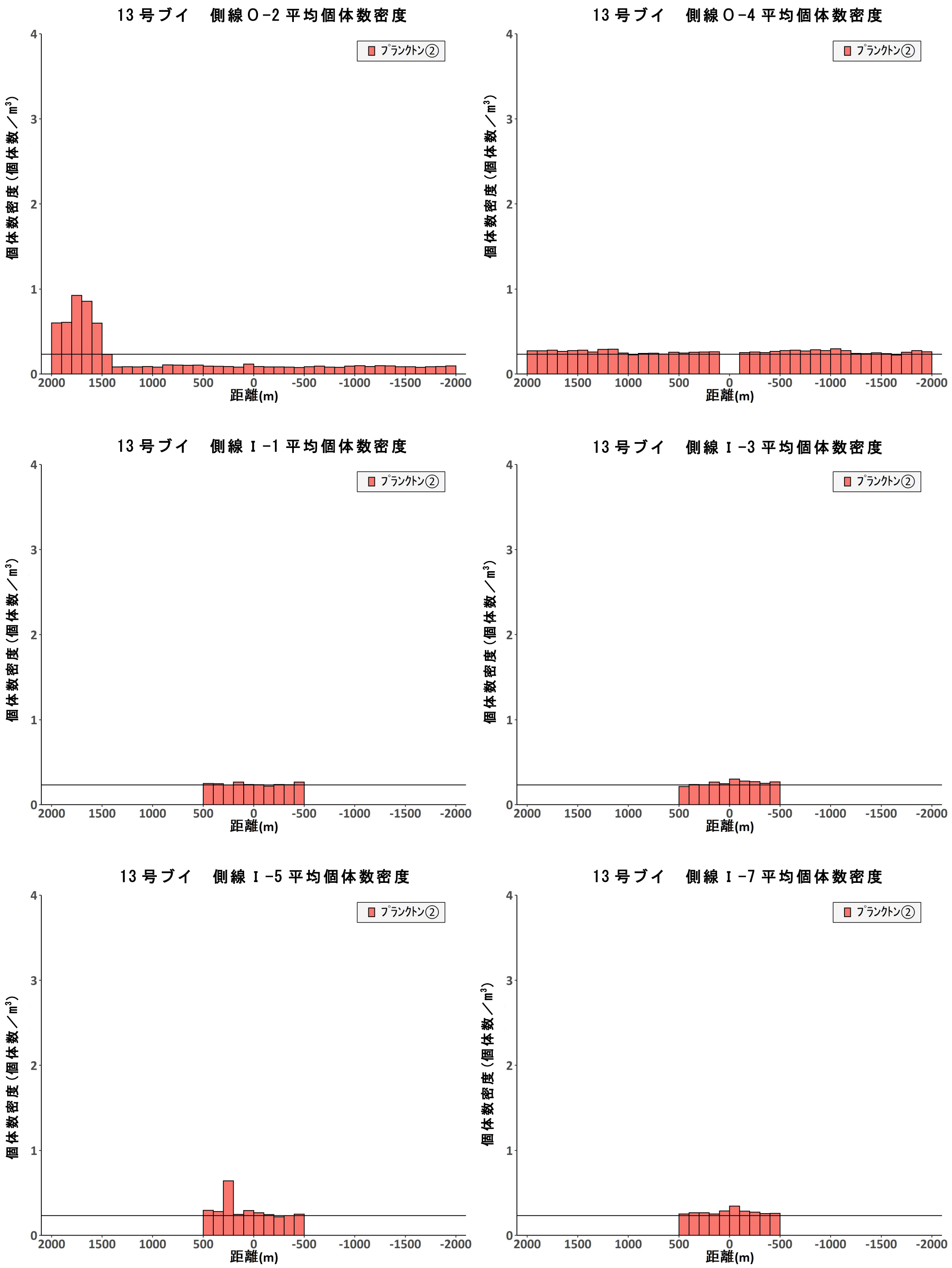
※　中心位置を0として、北・東方向が＋、南・西方向が－

図 e-(2)-130(3)　動物プランクトンの個体数密度（秋季：13号ブイ）



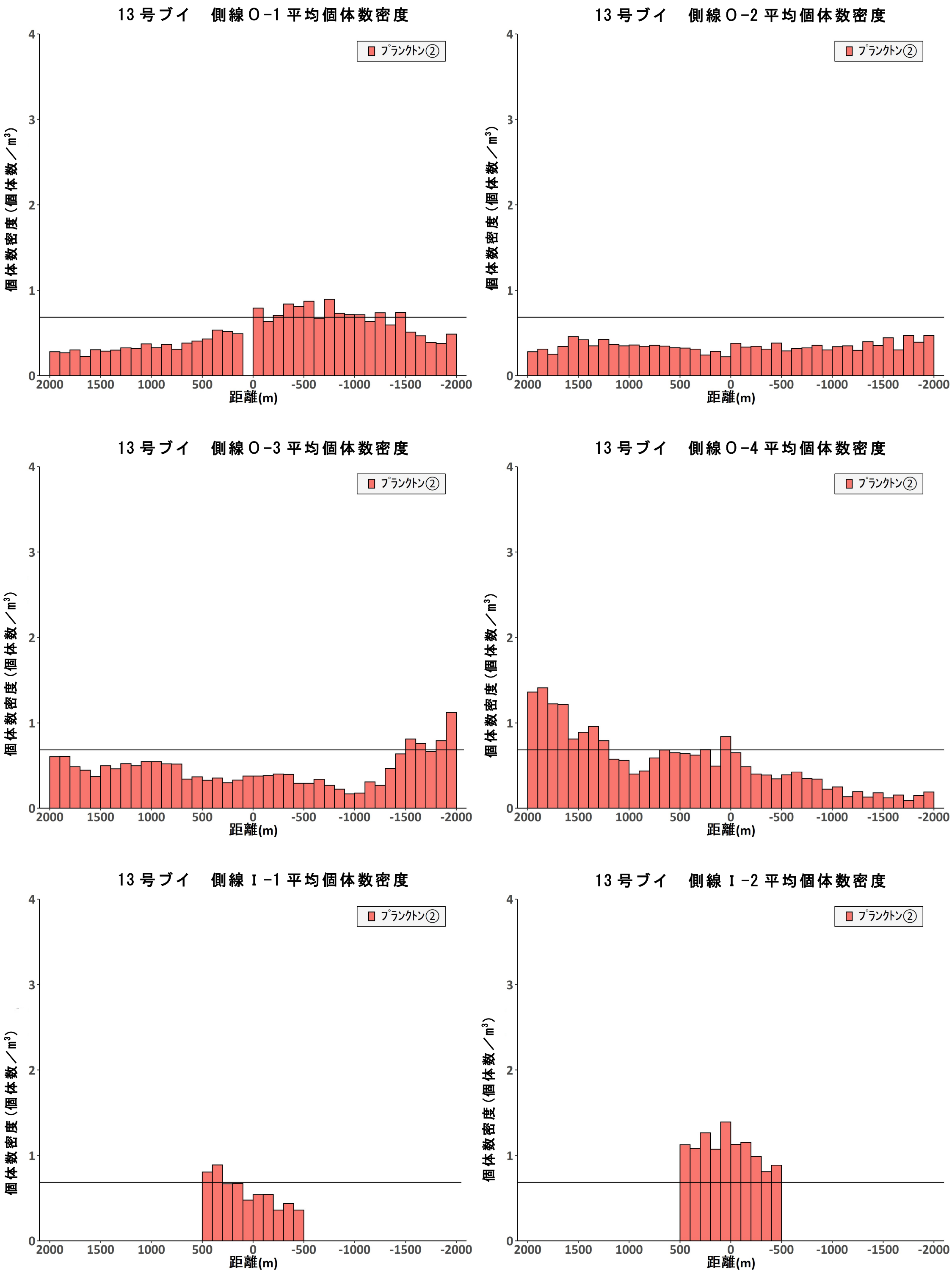
※　中心位置を 0 として、北・東方向が＋、南・西方向がー

図 e-(2)-130(4) 動物プランクトンの個体数密度（秋季：対照区 1）



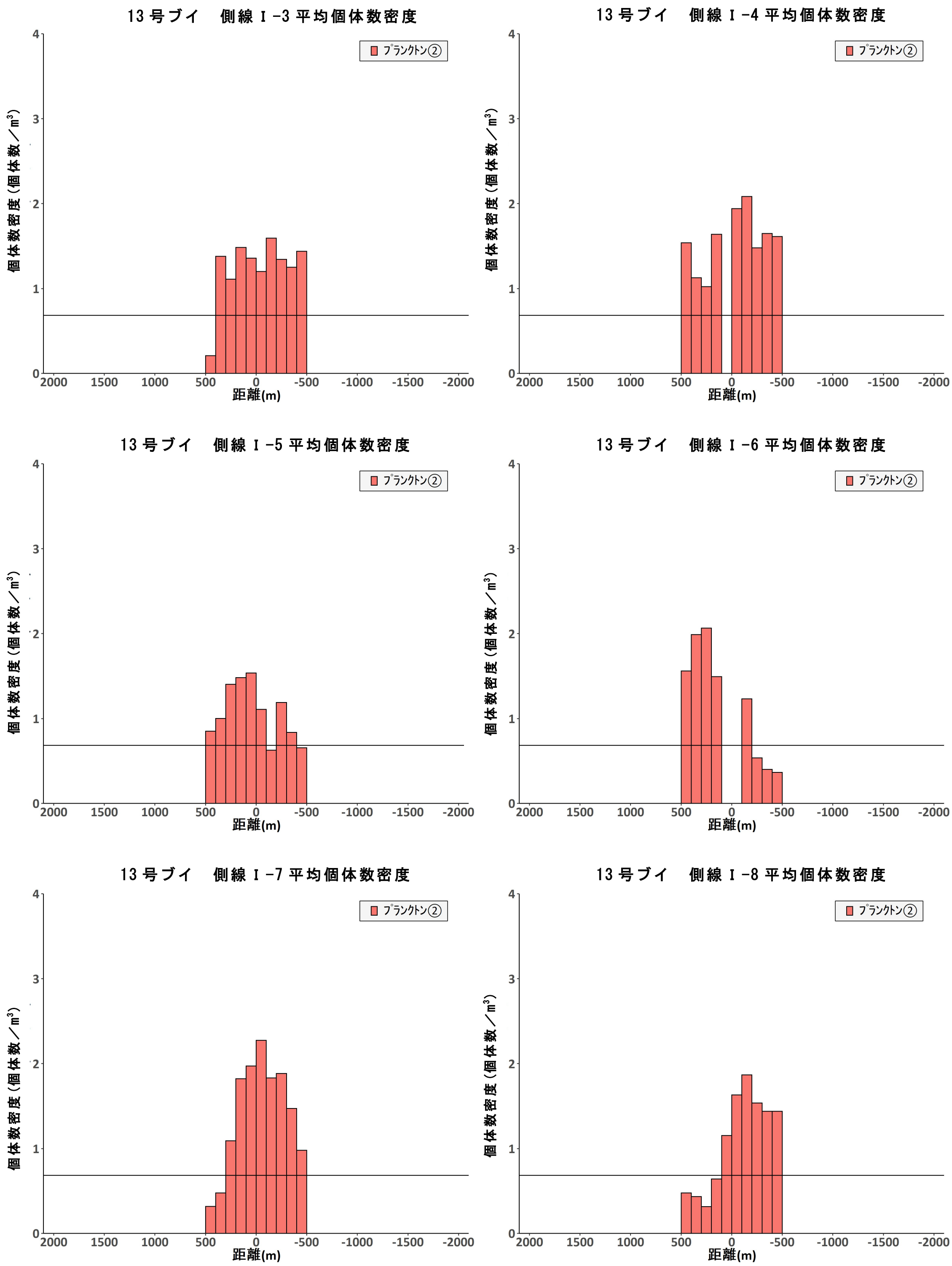
※　中心位置を0として、北・東方向が＋、南・西方向が－

図 e-(2)-131(1) 稚仔魚の個体数密度（春季：13号ブイ）



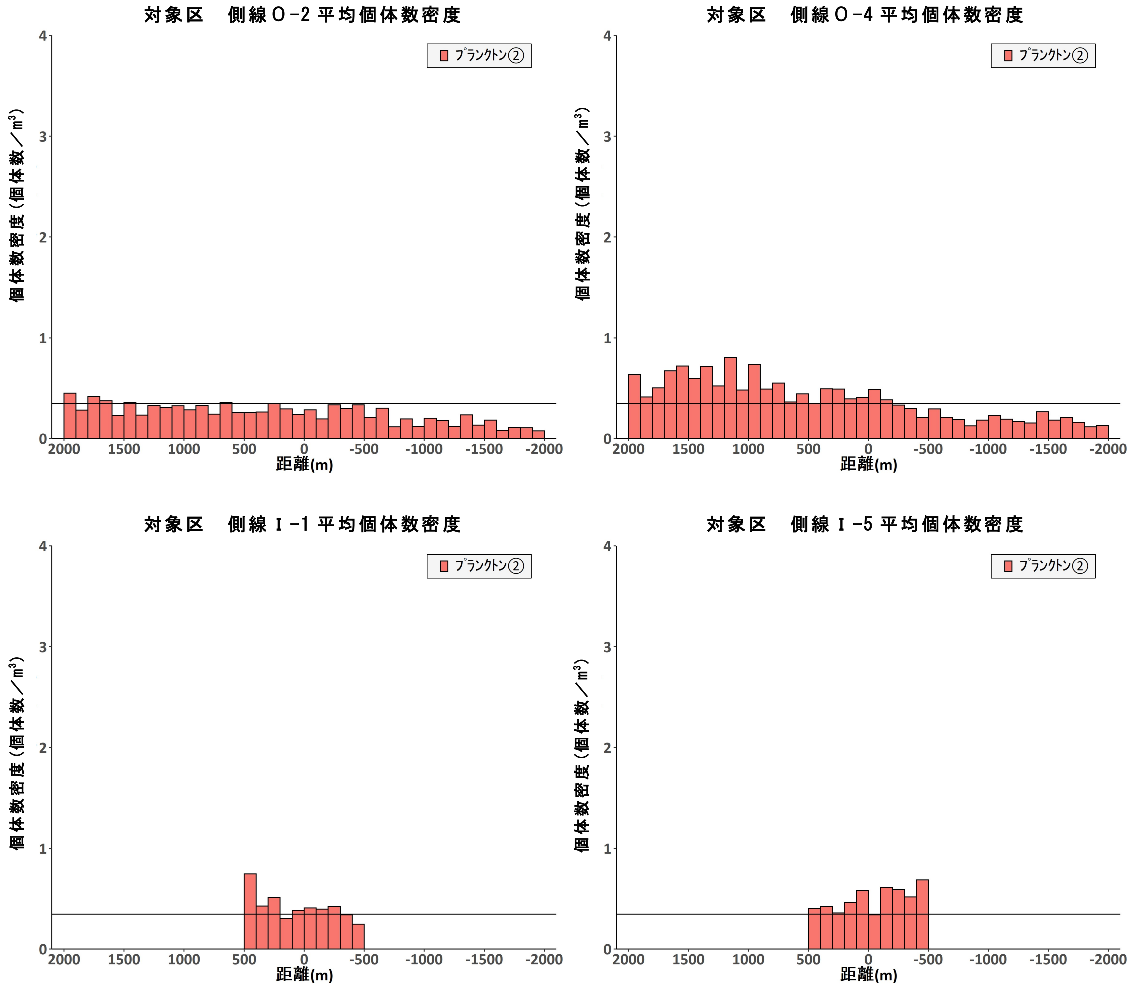
※　中心位置を 0 として、北・東方向が＋、南・西方向が－

図 e-(2)-131(2) 稚仔魚の個体数密度（秋季：13 号ブイ）



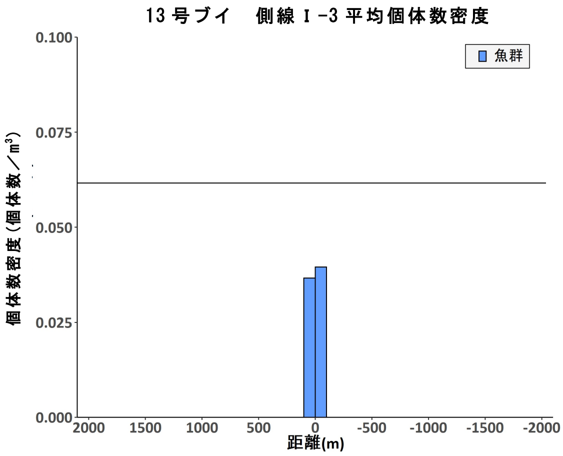
※　中心位置を 0 として、北・東方向が＋、南・西方向が－

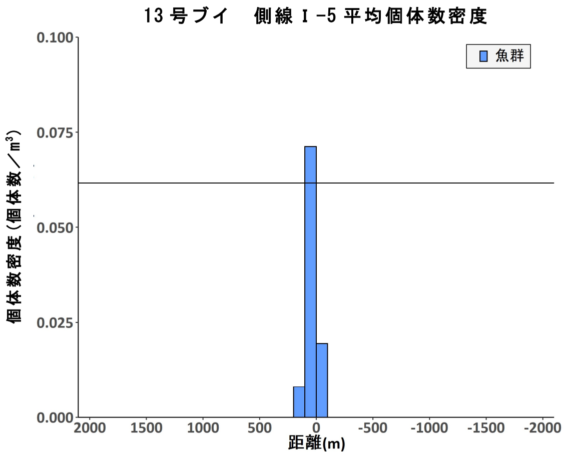
図 e-(2)-131(3)　稚仔魚の個体数密度（秋季：13 号ブイ）

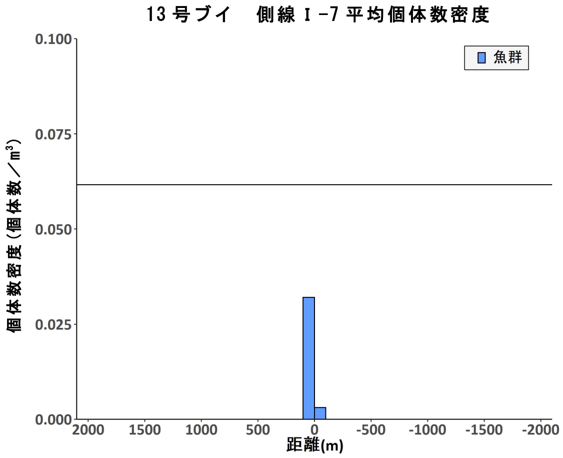


※　中心位置を 0 として、北・東方向が＋、南・西方向が－

図 e-(2)-131(4) 稚仔魚の個体数密度（秋季：対照区 1）

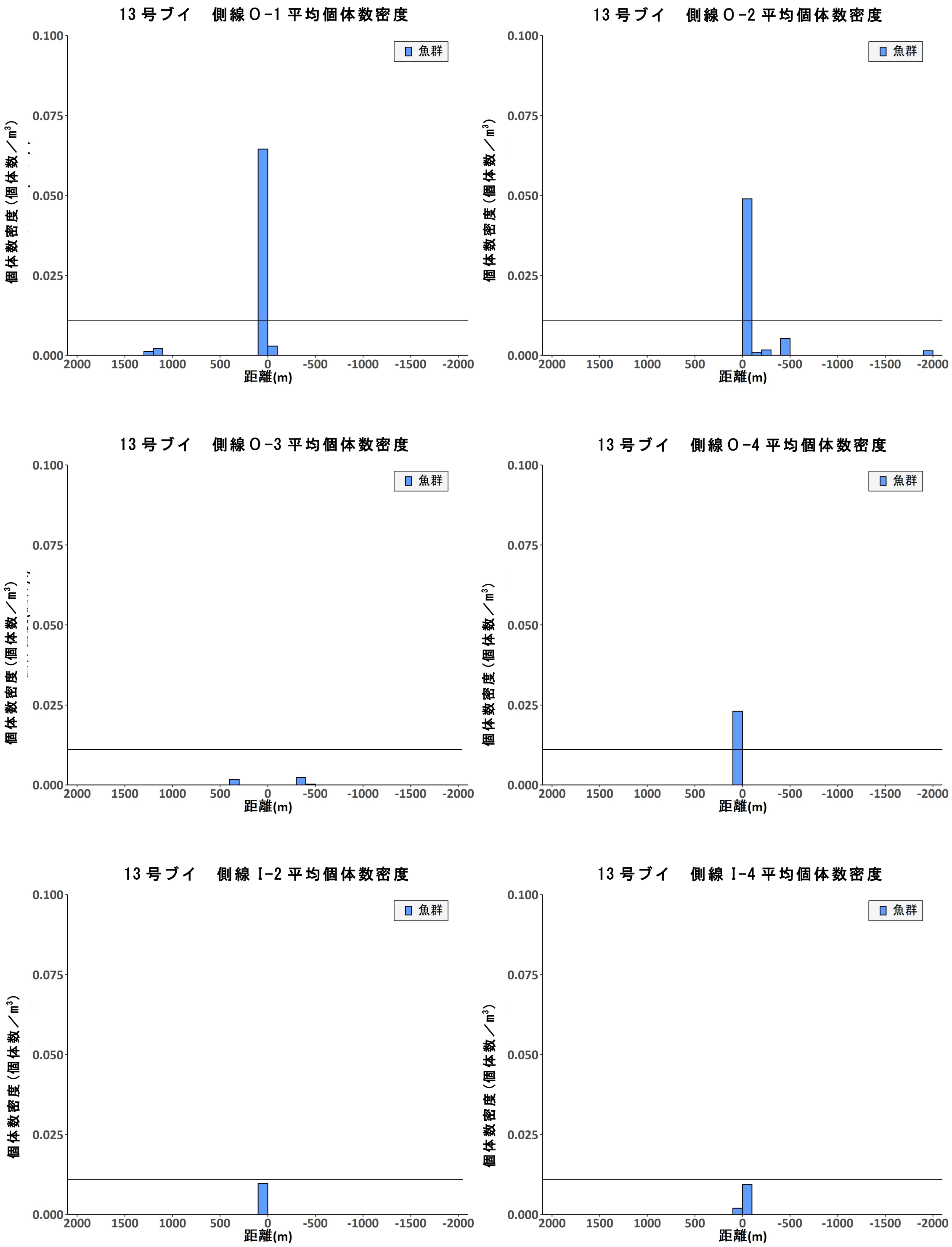






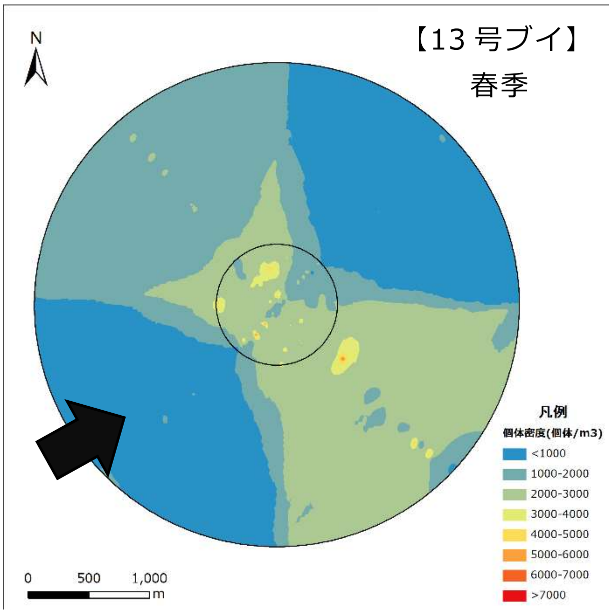
※　中心位置を 0 として、北・東方向が＋、南・西方向が－

図 e-(2)-132(1) 魚類の個体数密度（春季：13 号ブイ）



※　中心位置を 0 として、北・東方向が＋、南・西方向が－

図 e-(2)-132(2) 魚類の個体数密度（秋季：13号ブイ）



は、当日の流向を示す

※ 流向は、上層（水深 10m）、
中層（水深 30m）、下層（水深 100m）
の全層の日平均値

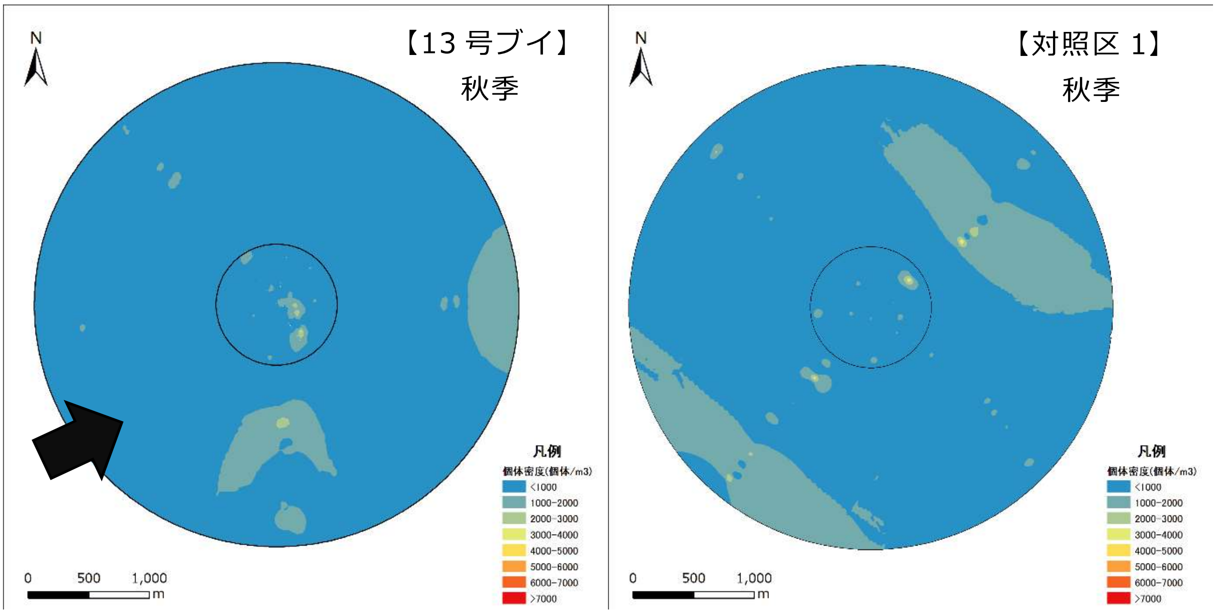
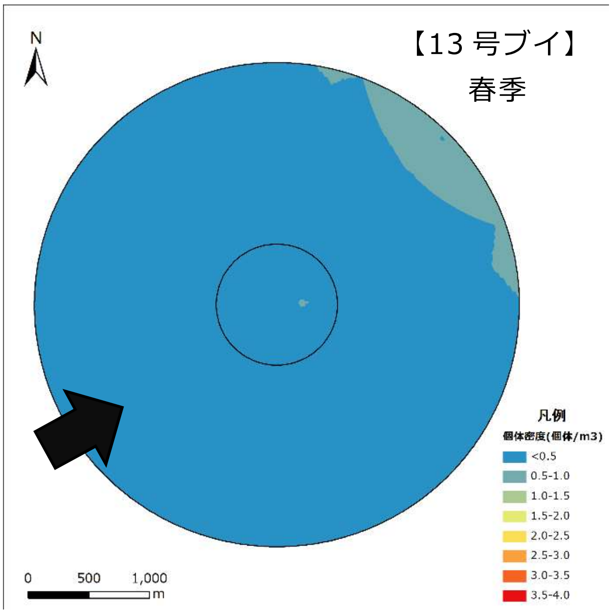
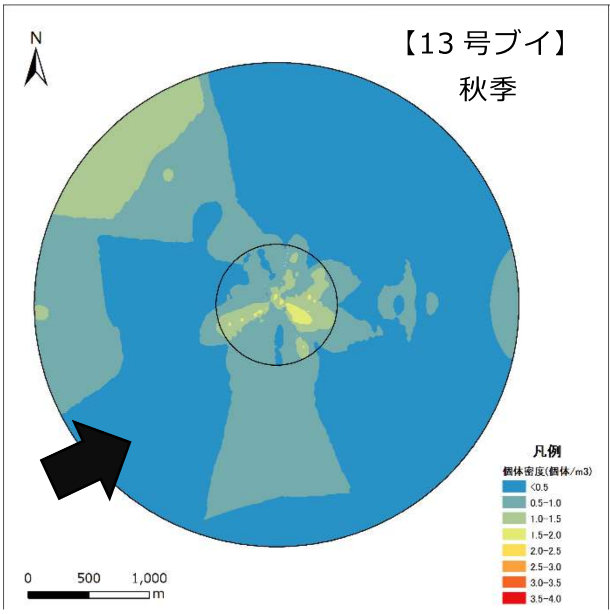


図 e-(2)-133 動物プランクトンの個体数密度の水平分布



は、当日の流向を示す

※ 流向は、上層（水深 10m）、
中層（水深 30m）、下層（水深 100m）
の全層の日平均値



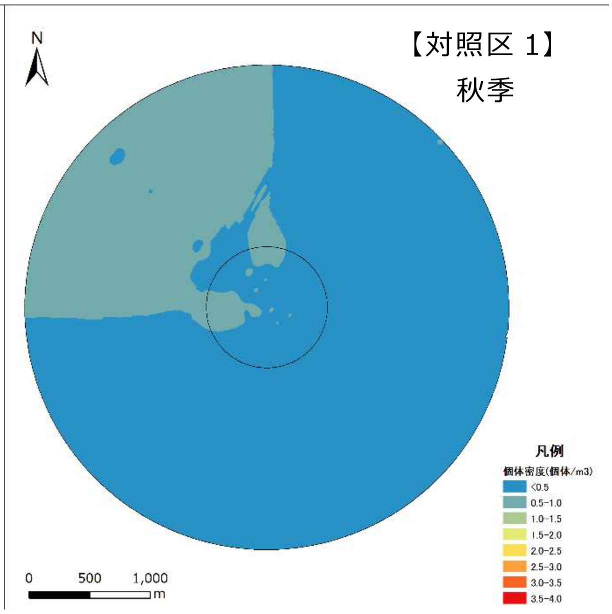


図 e-(2)-134　稚仔魚の個体数密度の水平分布

2)-3　まとめ

本年度までの調査結果をとりまとめた結果、高知県沖の土佐黒潮牧場に設置されている 12 基の浮魚礁のうち、過去の漁獲量の成績が最も高かったのは 13 号ブイであった。そこで、浮魚礁の効果判定の検証地点としてこの 13 号ブイ係留地点を選定するとともに、浮魚礁が設置されていない海域に対照区を設けて各種調査を実施し、その結果を比較して効果を評価した。

その結果、環境 DNA 調査では、検証地点とした 13 号ブイにおいて出現種数やカツオの相対的な出現量が高く、また、計量魚探調査では 13 号ブイ周辺でのみ魚群が確認されたことから、13 号ブイの蝟集機能が高いと評価された。

浮魚礁に蝟集した魚類の増殖及び増肉に対する効果の指標として、間接的及び直接的な餌料である植物及び動物プランクトンの現存量の調査を行った。その結果、春季には 13 号ブイ周辺の表層及び秋季にはその中層で動食物プランクトンが多いことが示された。一方、魚卵・稚仔魚は、ネット採集の結果では必ずしも 13 号ブイ近辺で多いという傾向はみられなかったが、その周囲に調査範囲を拡げて実施した計量魚探調査では、特に秋季には 13 号ブイ近辺で稚仔魚が多いことが明らかになった。このことは、餌料生物の生産量が 13 号ブイ近辺で大きかったことを示唆する。ただし、カツオの胃内容物や GSI の調査結果では春季と秋季で異なる傾向が導きだされ、カツオの生育段階や餌生物群集特性の季節的な差異によって、摂餌や生殖巣発達などカツオの生理生態は一定ではないことが明らかになった。

(3) 検討会の設置

発注者を含む検討委員による検討会を開催し、本業務の課題や問題点について解決策を提示し、検討委員会での議論を行った。その結果を本年度の成果として、取りまとめた。

第 1 回検討委員会は令和元年 7 月 24 日に、第 2 回検討委員会は令和 2 年 1 月 29 日に開催した。

【第 1 回検討委員会】　令和元年 7 月 24 日　開催

図 e-(2)-135　第 1 回検討委員会開催模様

【第 2 回検討委員会】　令和 2 年 1 月 29 日　開催

図 e-(2)-136　第 2 回検討委員会開催模様

f. 今後の課題

（1）整備効果の定量的な評価手法の開発

1）日本海西部海域における保護育成礁整備効果に係るモデル開発

本研究において、魚礁ごとの環境の違いを考慮した標準化 CPUE の定量推定が可能となったことは重要であろう（評価手法マニュアルを別冊として添付する）。将来の課題として、標本船で取得するような高解像度漁業情報を使用した標準化 CPUE との比較検討や、新たな魚礁が設置された場合の効果予測などを経過年や効果範囲と併せて、継続的にデータを取得し、推定していく必要性がある。

2）長崎県海域における魚礁整備効果に係る統計モデルの開発

本研究において CPUE の標準化手法を応用することで、実際の漁業データから、魚種別に資源密度におよぼす魚礁の効果範囲の定量評価が可能となったことは重要であろう（評価手法マニュアルを別冊として添付する）。将来の課題として、魚礁単体ごとに利用状況を考慮したうえで効果評価を行い、各魚礁の効果の相違が魚礁の規模や形状および設置環境とどのように関連するのかを明らかにする必要がある。

（2）大水深域における今後の漁場整備の方向性の検討

1）TAC・TAE 対象種等（20 種・39 系群）における整備手法を含む増殖シナリオ及び想定される整備箇所の検討

本年度までで TAC・TAE 対象種等（20 種・39 系群）の資源増殖シナリオを作成し、漁場整備の方向性として適地エリアの選定及び魚礁配置計画を成果としたが、ピンポイントでの適地選定には至っていない。ピンポイントでの整備箇所選定のためには、漁業等社会的条件の調整や、不足情報を補間するための調査が必要である。

2）高知県沖における浮魚礁の増殖・増肉効果の検討

本年度までの調査により、浮魚礁による増殖・増肉効果を部分的に示唆する結果が得られたものの、明確な結果は得られなかったことから、引き続きデータの集積に努めて、増殖・増肉効果について検証が必要である。

g. 引用文献

馬場 真哉, 松石 隆 (2015) ランダムフォレストを用いたサンマ来遊量の予測. 日本水産学会誌, **81** (1) : 2–9.

Bartón, K. (2018) MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1. 42. 1.

Breiman, L., A. Cutler, A. Liaw and M. Wiener (2018) Breiman and Cutler's Random Forests for Classification and Regression. R package version 4. 6–14.

一般財団法人　漁港漁場漁村総合研究所 (2010–2012) 平成 22 年度～平成 24 年度日本海西部地区漁場整備環境生物等調査業務報告書.

漁港漁場漁村技術研究所 (2004) 「人工魚礁」, 漁港漁場漁村技術研究所, 62pp.

Jones, Z. M. (2020) Exploratory Data Analysis using Random Forests. R package version 1. 1. 1

柿元 晧 (1968) 人工魚礁における漁獲魚の体長組成. 水産増殖, 16, 127–130.

Lo, N. C., L. D. Jacobson and J. L. Squire (1992) Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **49**, 2515–2526.

間辺本文，菅原吉浩，本田耕一，澤田竜美，浅見能章，塚本邦芳，伊藤靖，三浦浩 (2014) ズワイガニ・アカガレイ保護育成礁 (日本海西部地区) の効果. 土木学会論文集 B3 (海洋開発), **70**, I_1056–I_1061.

平成 26 年度～平成 27 年度大型魚礁整備工事（効果調査業務委託）報告書. 長崎県・（一社）水産土木技術センター長崎支所，長崎．2014–2015.

R Development Core Team (2019) R. A language and environment for statistical computing. In R Foundation for Statistical Computing. Vienna.

水産庁漁港漁業整備部, 一般財団法人 漁港漁場漁村総合研究所 (2013–2017) 平成 25 年度～平成 29 年度日本海西部地区漁場整備環境生物等調査業務報告書.

山内繁樹, 横山善勝, 川森 晃, 桜井 泉 (2010) 魚礁機能の定量化と魚礁性. 水産工学, **47**: 85–94.

Wood., S (2018) Mixed GAM Computation Vehicle with Automatic Smoothness Estimation. R package version 1. 8–23.

Wood., S (2019) Mixed GAM Computation Vehicle with Automatic Smoothness Estimation. R package version 1. 8–31