

第 4 回 伊勢湾漁業影響調査委員会

資料 4

平成 27 年度 伊勢湾シミュレーターの検討内容について

目次

1. 伊勢湾シミュレーターによる流れ・水質等の再現に関する今後の検討内容 ..... 1

2. 二枚貝類の浮遊幼生に与える影響予測手法について ..... 1

3. マコガレイ逆解析シミュレーションの検討方針について ..... 7

4. 今後の検討スケジュール ..... 9

5. 参考資料 ..... 10

平成 27 年 6 月

いであ(株)・全国水産技術者協会 設計共同体



1. 伊勢湾シミュレーターによる流れ・水質等の再現に関する今後の検討内容

流れ、水質等の変化を予測する「伊勢湾シミュレーター」について、現地調査結果と計算結果の比較・検証を通じて明らかとなっているモデルの再現性上の検討課題を表 1 に示す。伊勢湾シミュレーターの再現性の検討にあたっては、とくにこれら4点に着眼して作業を進める予定である。

本委員会では、二枚貝類の浮遊幼生漂流シミュレーションおよびマコガレイの逆解析シミュレーションの検討方針を主題としており、次回以降、伊勢湾シミュレーターによる流れ・水質等の再現状況や得られた予測結果を提示する予定である。

表 1 伊勢湾シミュレーターの再現に関する検討内容

| とくに再現すべき現象                  | 現段階での再現状況                                              |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------|
| ・塩分フロント等の水質の水平分布            | 湾奥部での塩分を過小に計算するなど、再現性は十分ではない。                          |
| ・候補地周辺の貧酸素化の発生状況            | 貧酸素化が再現できない時期が存在するなど、再現性は十分ではない。                       |
| ・ノリ養殖場での栄養塩濃度               | 伊勢湾内の再現状況は良好である。今後はノリ漁場内の栄養塩濃度の観測値を収集し、比較・検証を行う。       |
| ・候補地周辺の生産量<br>(動・植物プランクトン量) | 候補地周辺で動物プランクトン現存量が高い時期が存在するなど、候補地周辺の特徴的な環境の再現性は十分ではない。 |

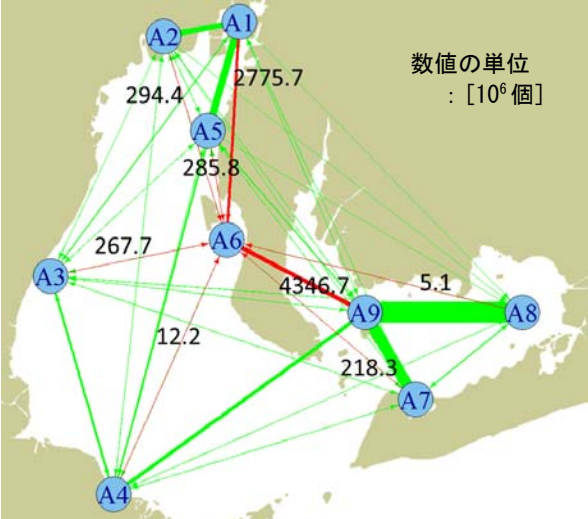
2. 二枚貝類の浮遊幼生に与える影響予測手法について

アサリを対象とした検討では、図 1 に示すように浮遊幼生のネットワークを把握するスキームが構築されており、他の二枚貝類（タイラギ、バカガイ、トリガイ、ハマグリ）に対しても同じスキームを適用する方針で検討を進める。本資料では、まずアサリを対象にした浮遊幼生シミュレーションの手法について、第 3 回委員会において指摘された課題について検討した。つぎにアサリ以外の二枚貝類に対して、アサリと同じスキームを適用するにあたっての必要な情報を収集・整理するなど予測手法を検討した。

2.1 アサリ浮遊幼生の漂流シミュレーションの課題に対する検討

二枚貝類の浮遊幼生シミュレーションを実施するには、表 2 に示す条件の収集が必要である。これらの条件について、第 3 回委員会等でいくつかの課題を指摘されている。

～A6（候補地南側）への着底量の模式図～



※線の太さは着底量の大小を表現しており、A6 へのパスを赤線で示し、それ以外のパスを緑線で示した。なお産卵場所と着底場所が同一の場合のパスは描画しておらず、他の領域へパスのみを可視化した。

図 1 予測されたアサリ浮遊幼生の着底量に関するネットワーク

表 2 二枚貝類浮遊幼生シミュレーションに必要な設定条件

| 必要な条件             | アサリの場合に設定した条件                                                                                                                                                                                                      |                                           |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| サイズの初期値           | 100 $\mu$ m                                                                                                                                                                                                        |                                           |
| サイズの成長            | $\text{殻長}(\mu m) = \sum_{i=1} \frac{0.4 \times \text{Temp}_i}{24} + 100$                                                                                                                                          |                                           |
| 浮遊幼生の鉛直移動に関するモデル式 | 鉛直移動に関する知見は収集したが、現状では浮遊幼生は流れに完全に受動的に動く設定において一定の再現性が得られている                                                                                                                                                          |                                           |
| 着底条件              | 着底可能時期 200 $\mu$ m～250 $\mu$ m(殻長)<br>着底条件 水深 6m 以浅<br>着底確率 水深 6m 以浅の海域において一潮(6 時間)で 90%の粒子が着底                                                                                                                     |                                           |
| 斃死                | 貧酸素水による泳動の停止・斃死を表現した。                                                                                                                                                                                              |                                           |
| 産卵時期              | 大潮満潮時に一斉産卵する設定とした。<br>(3 月～11 月まで 18 回の一斉産卵を仮定した計算を実施)                                                                                                                                                             |                                           |
| 産卵場所・産卵量          | $\begin{aligned} \text{(季節変化を考慮した産卵量)} &= \text{(成貝量の分布)} \times \text{(1個体あたりの産卵量)} \\ &\times \text{(成貝量の季節変化[0-1])} \times \text{観測値を基に設定} \\ &\times \text{(産卵強度[0-1])} \times \text{水温の依存性を考慮} \end{aligned}$ |                                           |
|                   | 成貝量の分布                                                                                                                                                                                                             | 成貝数の分布(生息域)は、水深6m以浅を対象に、本調査結果と漁獲量を基に設定した。 |
|                   | 1 個体あたりの産卵量                                                                                                                                                                                                        | 成貝1個体につき年間約 50 万個の産卵と仮定し設定した。             |
|                   | 成貝量の季節変化                                                                                                                                                                                                           | 候補地周辺の本調査結果を基に、全域に同じ季節変動を設定した。            |
| 産卵強度              |                                                                                                                                                                                                                    |                                           |
|                   |                                                                                                                                                                                                                    |                                           |
| その他               | 餌不足、被食の影響などは考慮していない。                                                                                                                                                                                               |                                           |

本資料では、下記に示すように上記の「課題①:産卵時期の精査結果」について整理した。

|     |                                           |
|-----|-------------------------------------------|
| 課題① | 本資料の中で手法の構築、検討                            |
| 課題② | 流動場の再現性向上を受けて、次回検討会にて再検討(参考資料に検討成果の一部を示す) |
| 課題③ | 成貝量に関する情報を収集・整理し、次回検討会にて検討                |

2.1.1 課題①:産卵時期の精査

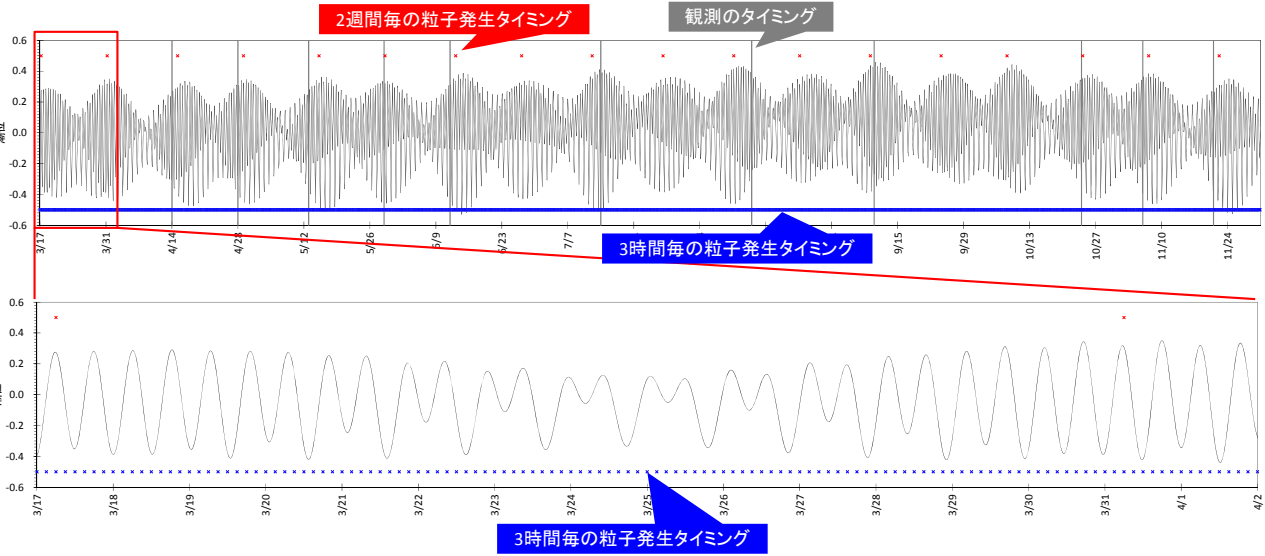
(1) 設定条件の比較

アサリの産卵時期の設定条件として、従来は表 3 に示すように大潮満潮ごと（2 週間毎）に一斉に産卵すると仮定しており、3 月中旬から 11 月の全計算期間の中で 18 回産卵を行う設定としていた。

しかしこの仮定に根拠はなく、大潮満潮時にだけ産卵を行うことは、浮遊幼生の拡散範囲を実際よりも限定的なものにしてしまう可能性が考えられたため、3 時間（1 日 8 回産卵）毎に産卵を行う手法を検討した。図 2 に示すように、3 月～11 月の通年計算では、合計 2016 回の産卵後の追跡計算を実施し、計算結果は、この 2016 回分全ての結果を重ね合わせたものとして表示される。

表 3 従来検討した 2 週間毎に産卵を仮定したケースでの産卵時期

|                |                |                 |
|----------------|----------------|-----------------|
| ① 3 月 17 日 6 時 | ⑦ 6 月 13 日 5 時 | ⑬ 9 月 9 日 5 時   |
| ② 3 月 31 日 6 時 | ⑧ 6 月 27 日 5 時 | ⑭ 9 月 24 日 5 時  |
| ③ 4 月 15 日 5 時 | ⑨ 7 月 12 日 4 時 | ⑮ 10 月 8 日 5 時  |
| ④ 4 月 29 日 5 時 | ⑩ 7 月 27 日 5 時 | ⑯ 10 月 24 日 6 時 |
| ⑤ 5 月 15 日 5 時 | ⑪ 8 月 11 日 5 時 | ⑰ 11 月 7 日 6 時  |
| ⑥ 5 月 29 日 5 時 | ⑫ 8 月 25 日 5 時 | ⑱ 11 月 22 日 5 時 |



×: 2 週間毎に産卵を開始するケースでの漂流・追跡開始のタイミング (全 18 回)  
×: 3 時間毎に産卵を開始するケースでの漂流・追跡開始のタイミング (全 2016 回)  
黒線: 潮位、灰色線: 浮遊幼生の観測のタイミング

図 2 変更した産卵時期(過年度検討と本年度検討の比較)

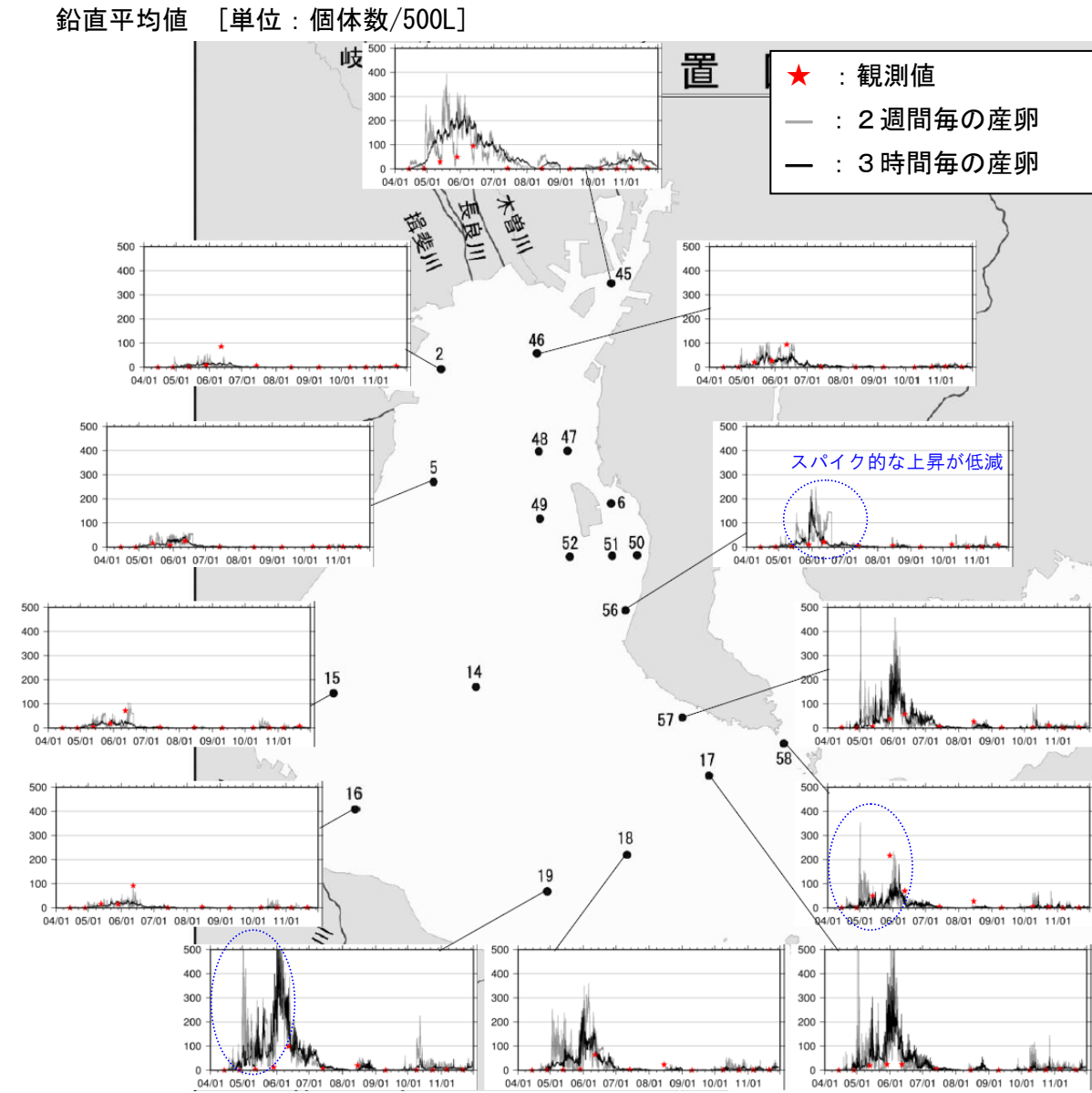
[アサリの漂流シミュレーションの留意点]

※観測値が存在する期間と対応して計算期間が設定され、計算は 12 月 1 日まで実施しているが、12 月～3 月までは水温が低いいため産卵は少ないと考えられることから、実質 1 年間の通年計算と見なせる。

※アサリの浮遊幼生の浮遊期間は約 2 週間～1 ヶ月とされており、計算結果も同様の状況であった。本手法は、産卵強度がゼロにならない限り、3 月～11 月は常に浮遊幼生が海域中のどこかには存在している計算となる。

(2) アサリの浮遊幼生の浮遊量の再現状況の比較

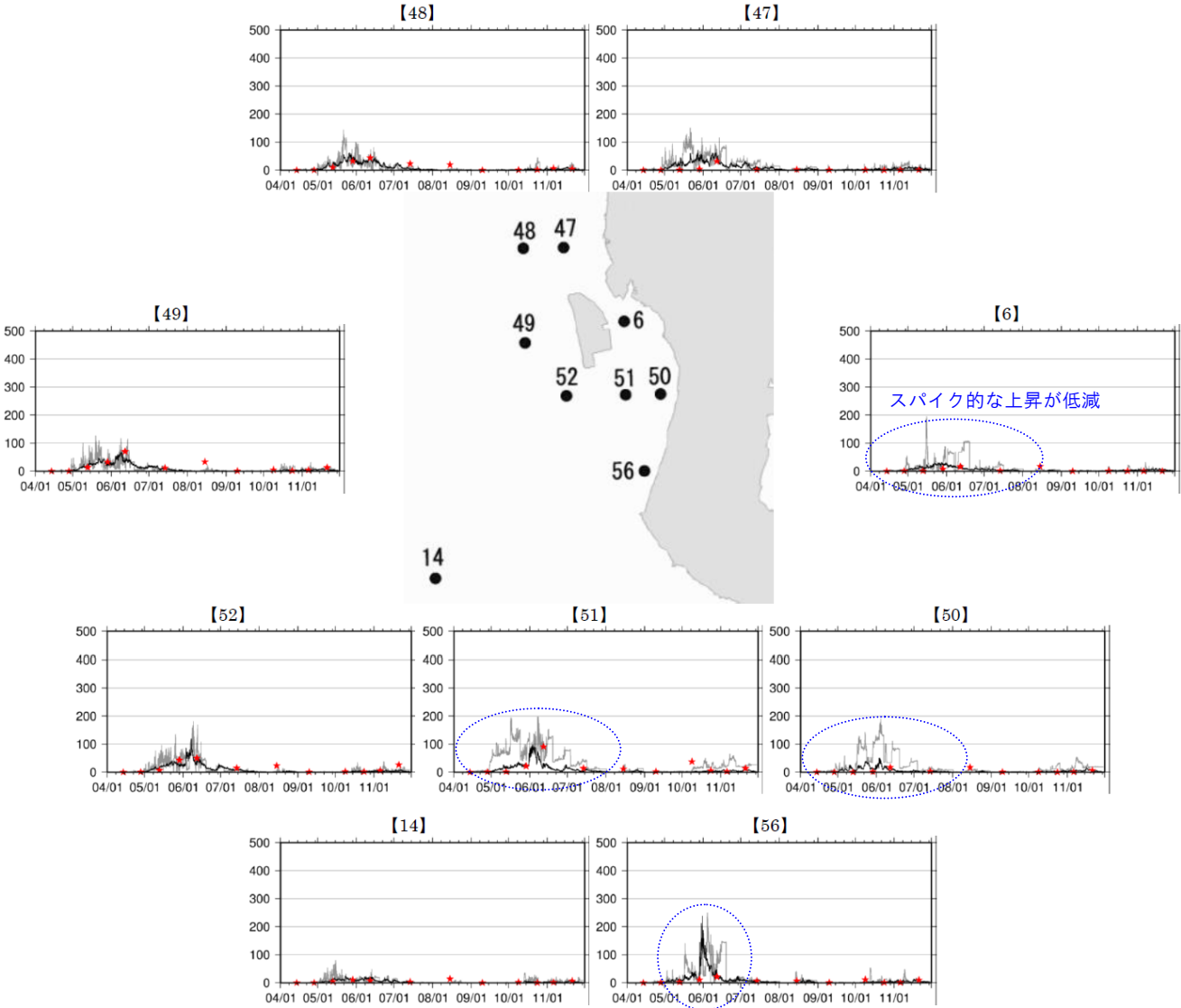
3 時間毎に産卵を行うと仮定した計算と、2 週間毎に産卵すると仮定した従来の計算との結果の比較を行った。アサリの浮遊幼生の浮遊量の時系列変化を比較したものを図 3 に示す。3 時間毎の産卵を仮定することで、スパイク的な個体数密度上昇が低減し、特に候補地周辺の再現性は向上するような計算結果が得られた。手法としては、今後は 3 時間毎の産卵を仮定する手法で検討を進めることとする。



◇ 赤色★マーク: 観測値、灰色線: 2 週間ごとに産卵したケース、黒線: 3 時間毎に産卵したケース  
◇ 観測値は、地点毎に 5 つの水深帯で測定されているが、ここでは算術平均値を整理している (鉛直平均値)  
計算値は、各観測地点周辺の 2400×2400m 四方の範囲の最大 25m までの結果を出力しており、観測最大層までの範囲に含まれる結果を単位換算して個体数/500L の値で整理している。

図 3(1) 産卵時期の設定方法の違いによる浮遊幼生の計算結果の比較(伊勢湾)

鉛直平均値 [単位：個体数/500L]

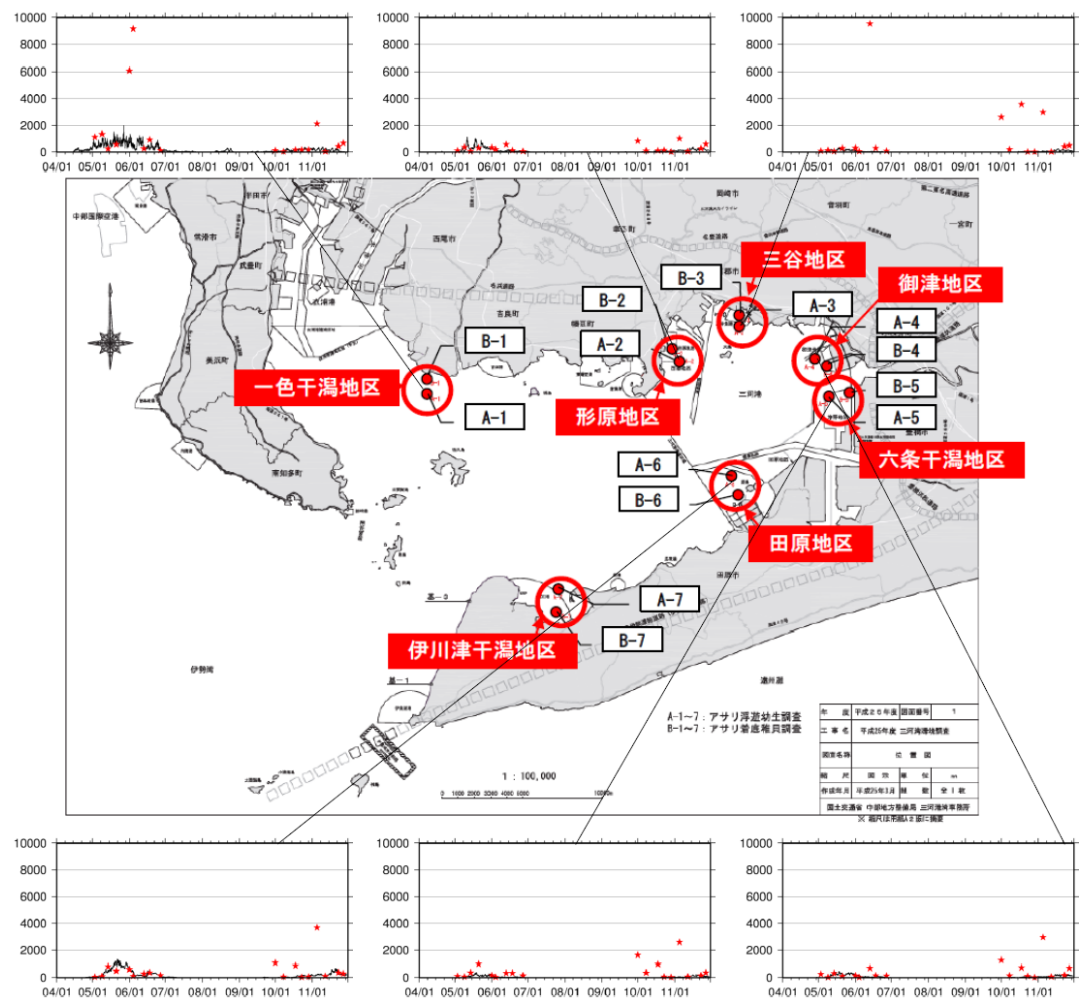


◇ 赤色★マーク:観測値、灰色線:2週間ごとに産卵したケース、黒線:3時間毎に産卵したケース  
◇ 観測値は、地点毎に5つの水深帯で測定されているが、ここでは算術平均値を整理している(鉛直平均値)  
計算値は、各観測地点周辺の2400×2400m四方の範囲の最大25mまでの結果を出力しており、  
観測最大層までの範囲に含まれる結果を単位換算して個体数/500Lの値で整理している。

図 3(2) 産卵時期の設定方法の違いによる浮遊幼生の計算結果の比較 (候補地周辺の観測地点)

★ : 観測値  
— : 2週間毎の産卵  
— : 3時間毎の産卵

鉛直平均値 [単位：個体数/m<sup>3</sup>] ※海面下0.5m, 3.0mの平均値



データの出典:平成26年度三河湾環境調査報告書(国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所)

図 3(3) 産卵時期の設定方法の違いによる浮遊幼生の計算結果の比較(三河湾)

3時間毎の産卵を仮定することで、スパイク的な個体数密度上昇が低減し、特に候補地周辺の再現性は向上するような計算結果が得られた。

⇒以降の検討では、3時間毎の産卵を仮定する手法で検討を進める。

2.2 アサリ以外の二枚貝類の浮遊幼生シミュレーションの検討方針

アサリ以外の二枚貝類(タイラギ、バカガイ、トリガイ、ハマグリ)に対しても、前述した浮遊幼生の漂流シミュレーションの適用を検討した。

2.2.1 計算条件の設定について

計算に必要な情報を以下の通り整理した。図 4 に示す通り、大きく分けて 3 つの情報が必要である。

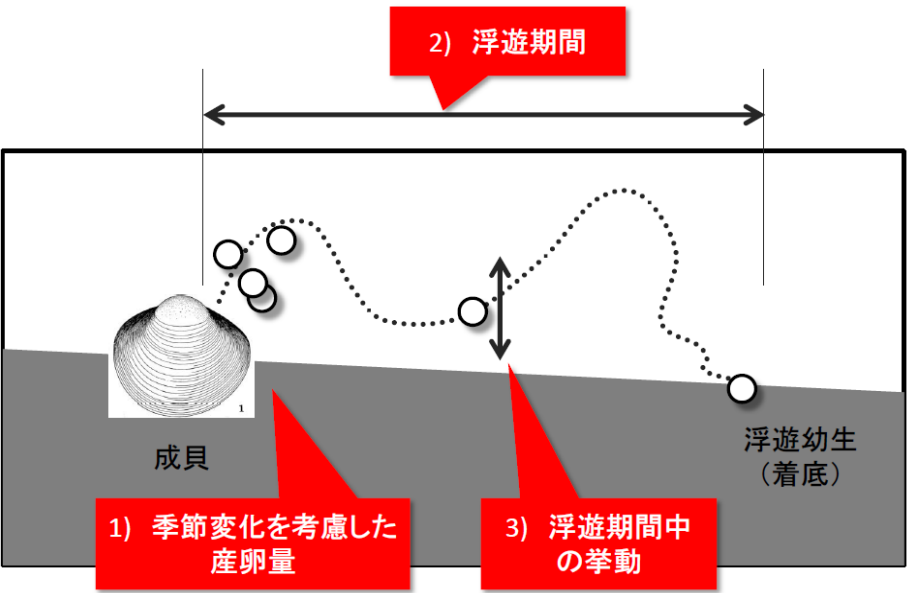


図 4 浮遊幼生の漂流計算に必要な情報

1) 季節変化を考慮した産卵量の設定

表 2 に示したアサリの産卵量の設定方法に準じて、他の二枚貝類の産卵量も、(1)成貝量の分布(生息域)、(2) 1 個体あたりの産卵量、(3)成貝量の季節変化、(4)産卵強度の 4 つの情報を整理する必要がある。

$$\begin{aligned} \text{(季節変化を考慮した産卵量)} &= \text{(成貝量の分布)} \times \text{(1個体あたりの産卵量)} \\ &\times \text{(成貝量の季節変化[0-1])} \\ &\times \text{(産卵強度[0-1])} \end{aligned}$$

(1) 成貝量の分布(生息域)

成貝量の生息域については、「本調査における母貝量の観測値」、「漁獲データ」、「標本船データ」などの他、「生息している水深帯」などの二枚貝類の生息環境に関する既往の知見を表 4 に整理した。これらの情報を基に、二枚貝類の成貝量の空間分布の設定条件を図 5 の通り整理した。

タイラギについては、本調査結果、漁獲データなどから十分な情報を得難いため、ここでは、浮遊幼生の観測結果から逆解析シミュレーションを実施し、母貝の生息域を特定することも視野に入れて検討を進める。

表 4 成貝量の空間分布に関わるデータ

|                     | タイラギ    | バカガイ            | トリガイ      | ハマグリ                   |
|---------------------|---------|-----------------|-----------|------------------------|
|                     |         |                 |           |                        |
| 本調査結果 <sup>1)</sup> |         |                 |           |                        |
| 標本船データ              |         |                 |           |                        |
| 水深帯                 | 水深約 10m | 大潮時干潮線から水深 0～5m | 水深約 5～30m | 水深約 2～4m<br>※6m 以深は少ない |

1)本調査結果は全期間平均の値を相対的な大小関係を可視化した。  
2)三河湾の母貝量のデータについては、漁獲データなどから設定する必要がある。ただし、「農林水産省海面漁業水産統計調査」では、計算対象の二枚貝類のうち、アサリ以外のものは「その他」に分類されているため、このデータのみでは設定が困難である。  
([http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen\\_gyosei/index.html#r](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html#r))

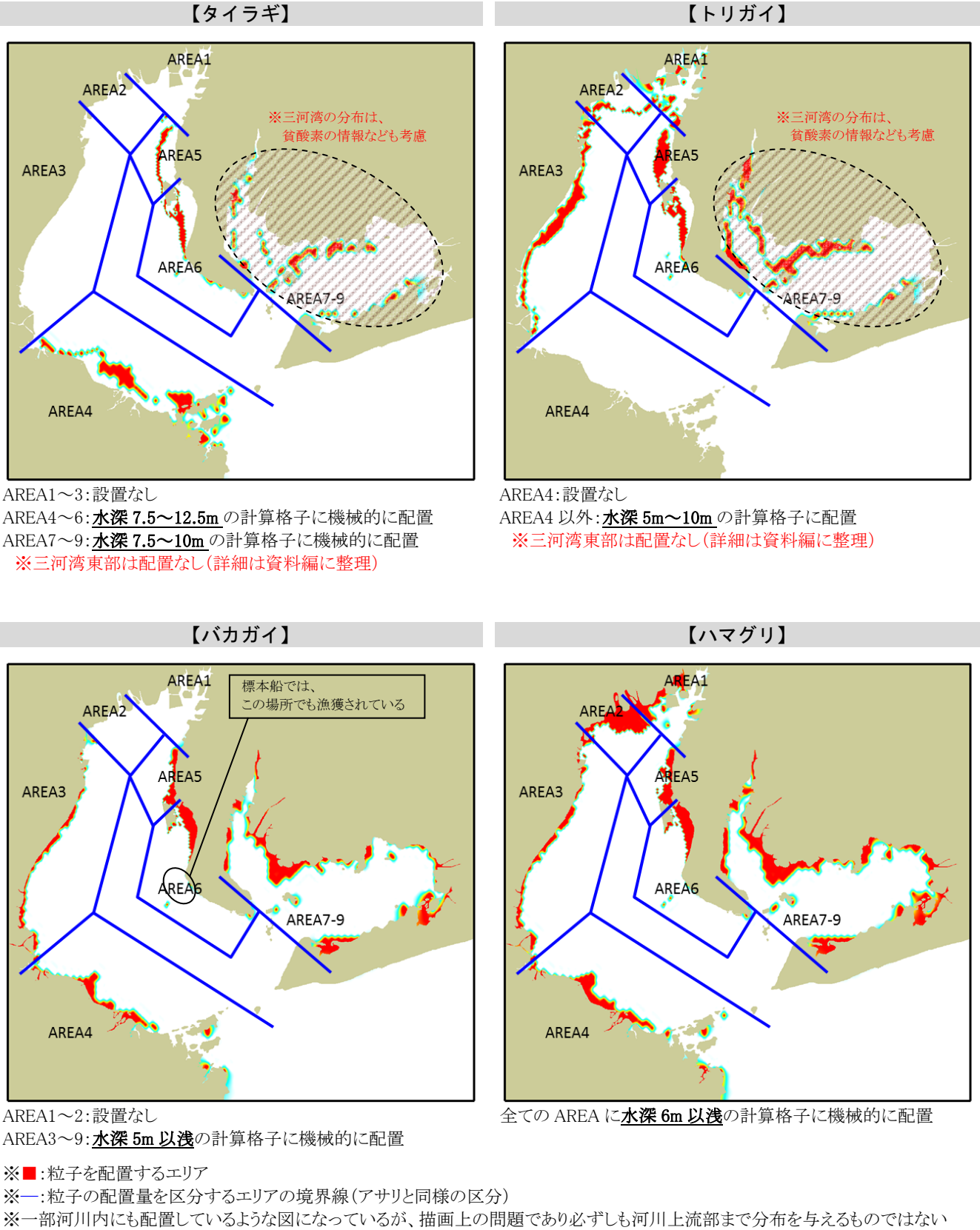


図 5 成貝量の分布(生息域)の設定条件

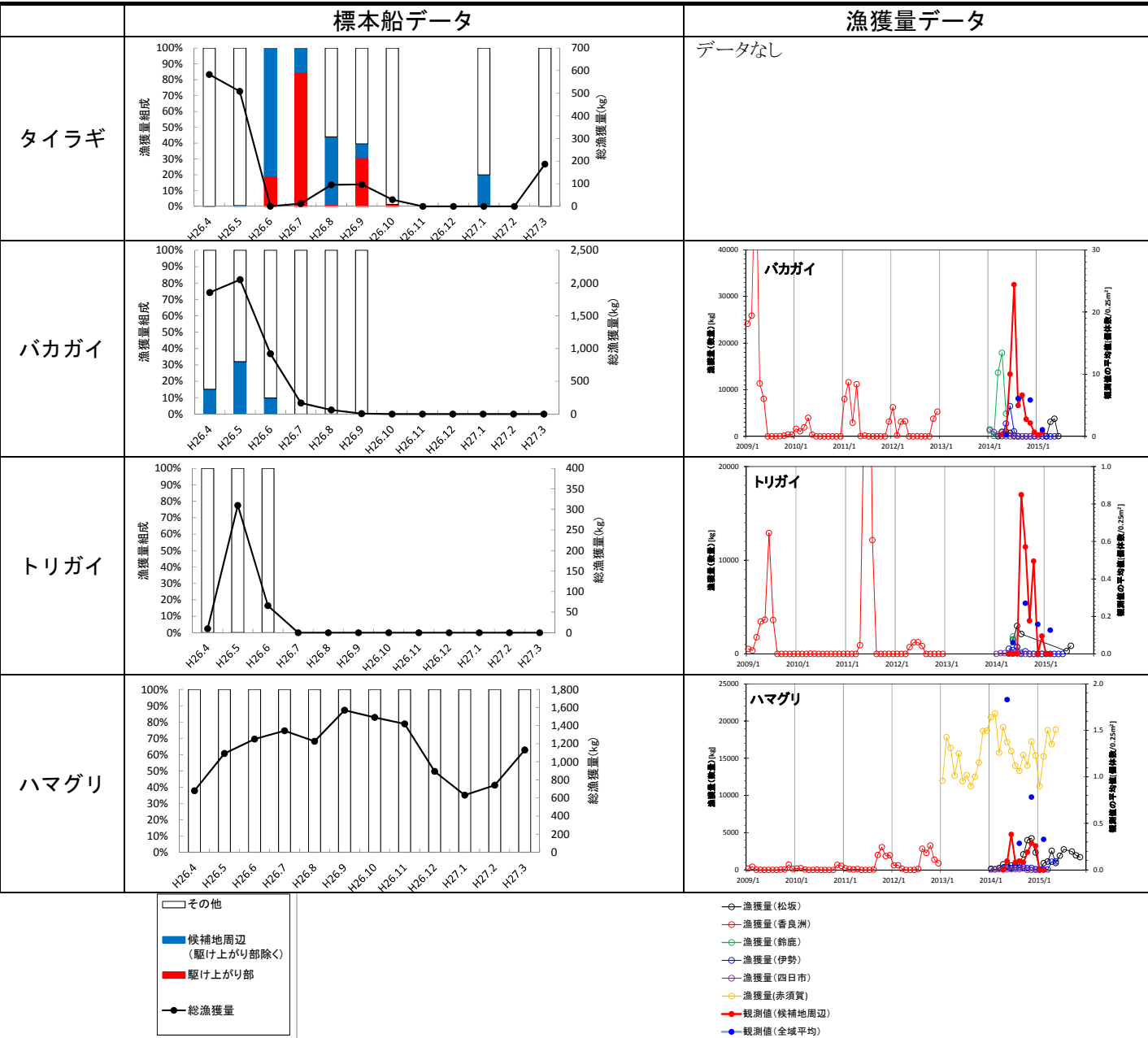
(2) 成貝 1 個体あたりの産卵量

計算された浮遊幼生量の定量的な比較・評価を行うため、成貝 1 個体あたりの産卵量(アサリの場合は 1 個体につき 1 年間に約 50 万個産卵する計算において計算値が観測値に比べて過大)を定めて検討を行う。

(3) 成貝量の季節変化

成貝量の季節変化は、時間解像度の高いデータが得られている標本船の総漁獲量データ等を精査して設定する(表 5)。三河湾などの他の場所でも同様の成貝量の季節変動をしていることを仮定して検討を開始する。

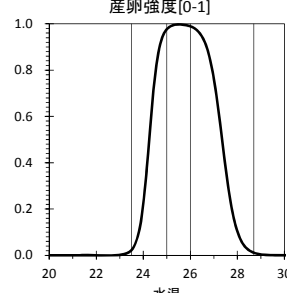
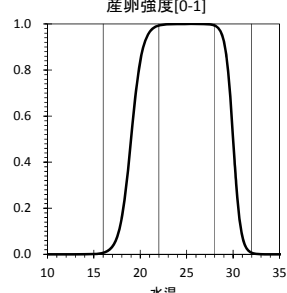
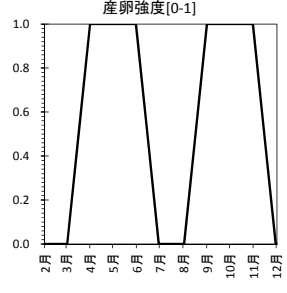
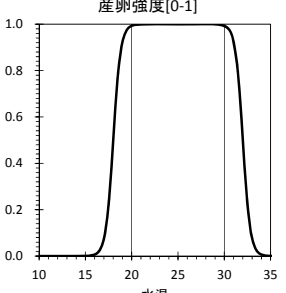
表 5 成貝量の季節変化に関する情報の整理



(4) 産卵強度

産卵時期(産卵強度 0～1)の設定条件を整理し表 6 に示す。

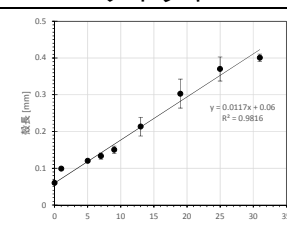
表 6 産卵強度の設定条件

|                          | タイラギ                                                                              | バカガイ                                                                                                                                                                                                                             | トリガイ                                                                                                | ハマグリ                                                                                               |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 既往知見<br>(産卵時期)<br>(関連情報) | ➢ 浮遊期は、23.5～28.7℃(最適は、25～26℃)                                                     | ➢ 受精卵の発生適温は 22～28℃、16℃以下、32℃以上では発育なし<br>➢ 産卵期は 7～9 月(水温 20℃前後)( <a href="#">苫小牧事例</a> )<br>➢ 産卵期は 7～8 月( <a href="#">日本海側 桧山地方</a> )<br>➢ 産卵期は 5～6 月( <a href="#">浦安</a> )<br>➢ 5 月下旬～6 月上旬,10 月中旬～10 月下旬( <a href="#">豊前海</a> ) | ➢ 産卵は 2 月～6 月、8 月～11 月の 2 期(最盛期は 4 月～5 月、9 月～10 月)<br>➢ 水温が 20℃未満になると、浮遊幼生の平均出現数は減少(産卵のピークは 20℃付近か) | ➢ 産卵は、6 月～10 月(最盛期は 7 月)( <a href="#">羽田・千葉・宮城県沿岸</a> )<br>➢ 最盛期には水温 20～30℃<br>➢ 年 1 回の産卵          |
| 設定する産卵強度                 |  |                                                                                                                                                 |                   | <br>※6 月～10 月のみ |
| その他                      |                                                                                   | ➢ 受精卵の適正塩分は、24.8～32.6 であり、19.6 以下、36.7 以上では発育不可                                                                                                                                                                                  |                                                                                                     | ➢ 本調査結果では、8 月に明確なピークがみられており、観測値から補正をかけるなど必要                                                        |

2) 浮遊期間

浮遊期間と着底条件の考え方は、表 7 に示す通りである。

表 7 浮遊期間・着底条件の設定条件

|         | タイラギ                                                                                                                                                                            | バカガイ                                                                                                                                                                                              | トリガイ                                         | ハマグリ                                                                                                                                                                                        |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 既往知見    | <br>➢ 浮遊幼生の殻長は、150～585 μ m<br>➢ 約 30 日で成熟幼生に達する<br>➢ 着底稚貝に変態するのは 47 日目(※着底後は 1 日で拡張が 2 倍になる) | ➢ 受精後、水温 23～24℃では 20 時間で D 状幼生<br>➢ D 状幼生は、水温 21.5～23.0℃で、受精後 15 日で平均殻長 230 μ m となり、底生生活へ移行<br>➢ 浮遊幼生の成長は、21～30℃で良好、15℃以下、35℃以上では大部分が死亡<br>➢ 浮遊幼生期は 15～20 日、約 1 ヶ月とする文献もある<br>➢ 着底時には、殻長約 260 μ m | ➢ 浮遊期間は約 17 日<br>➢ 殻長約 260 μ m(約 1 ヶ月後)で着底可能 | ➢ 浮遊期間は 10 日～3 週間<br>➢ 孵化後 5 日目で殻長 150 μ m<br>➢ 孵化後 7 日目で殻長 170～180 μ m<br><br>➢ 1 週間程度の浮遊期を経た後、砂浜浅海域に広く着底して初期稚貝となる(殻長 2mm 以下まで成長して越冬し、翌春 5 月から 2～5mm となって汀線に出現)<br>➢ 暖海性であり、海水温が暖海期に漁獲量が増大 |
| 計算上の取扱い | 殻長で判定                                                                                                                                                                           | 浮遊日数で判定                                                                                                                                                                                           | 浮遊日数で判定                                      | 浮遊日数で判定                                                                                                                                                                                     |

3) 浮遊期間中の挙動

浮遊中の挙動は表 8 に示す通りである。既存知見が十分ではないため、アサリと同様に、まず流れに完全に受動的なケースから検討を開始する。

表 8 浮遊幼生の浮遊中の鉛直の設定条件

|          | タイラギ                 | バカガイ | トリガイ | ハマグリ |
|----------|----------------------|------|------|------|
| 浮遊中の鉛直移動 | 大きくなると深い場所へ移行する傾向にある | 知見なし | 知見なし | 知見なし |

2.2.2 検討手順について

検討手順は、図 6 に示す通りである。浮遊中の鉛直移動の条件など、十分知見が得られない項目は、浮遊幼生の再現性を勘案しながら繰り返し精査していく。

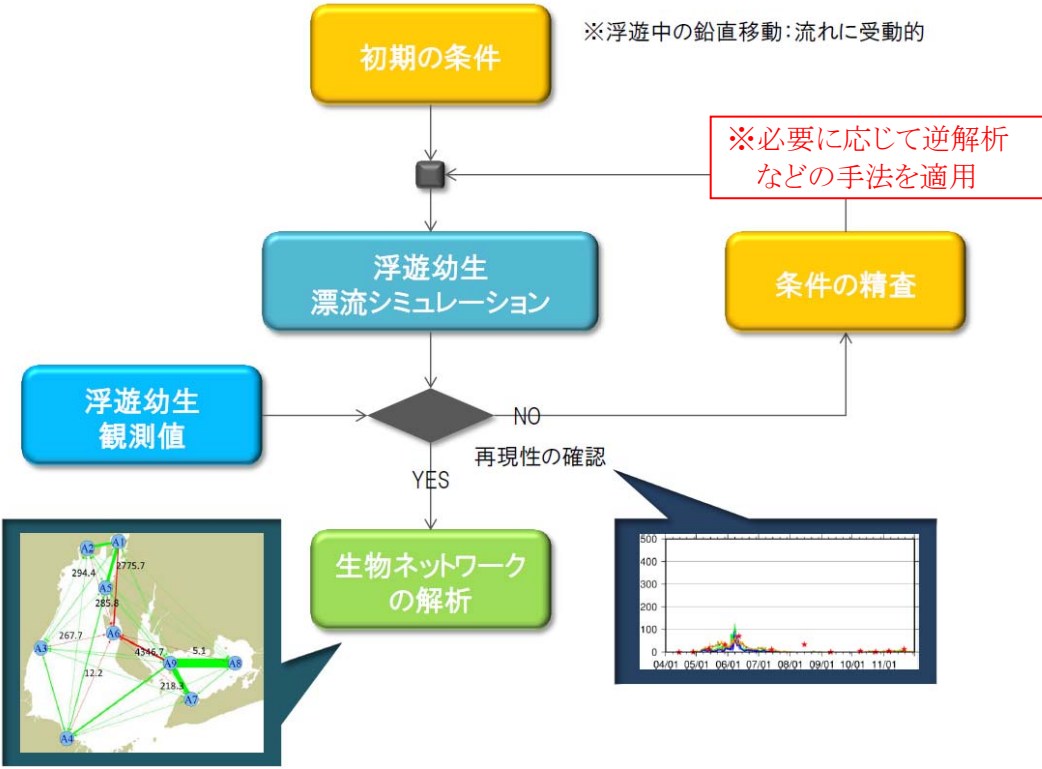


図 6 検討手順

3. マコガレイ逆解析シミュレーションの検討方針について

3.1 検討の目的

本検討は仔魚の逆解析シミュレーションを通じて、産卵場所を推定することが目的である。本調査においてサイズ別の仔魚の空間分布(水深 1m・5m の 2 層、結果の一部を図 7 に整理)が得られているので、この結果を基に産卵場を推定する。本調査結果や漁業者からの聞き取りによると、候補地周辺、宮川・五十鈴川河口域が産卵場である可能性が高いと推測されている。

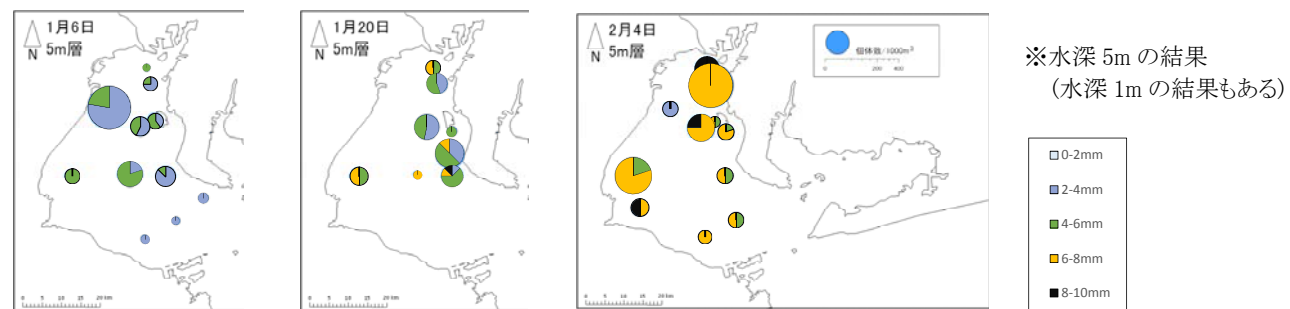


図 7 マコガレイ仔魚調査結果の例 (脊長別個体数密度)

3.2 マコガレイの生活環について

逆解析シミュレーションに関わるマコガレイの生活環を図 8 に整理した。図は南(1981)<sup>1</sup>などを参照して作成している。シミュレーションに関連する知見・観測結果を表 9 に整理した。

現地調査において、浮遊中のサイズ組成のデータが得られているため、「浮遊している期間」と「浮遊中の挙動」に関する情報が得られれば、逆解析による産卵場の推定が可能となる。

福山大学 南教授へのヒアリング(2015 年 6 月 10 日)結果を基に作成

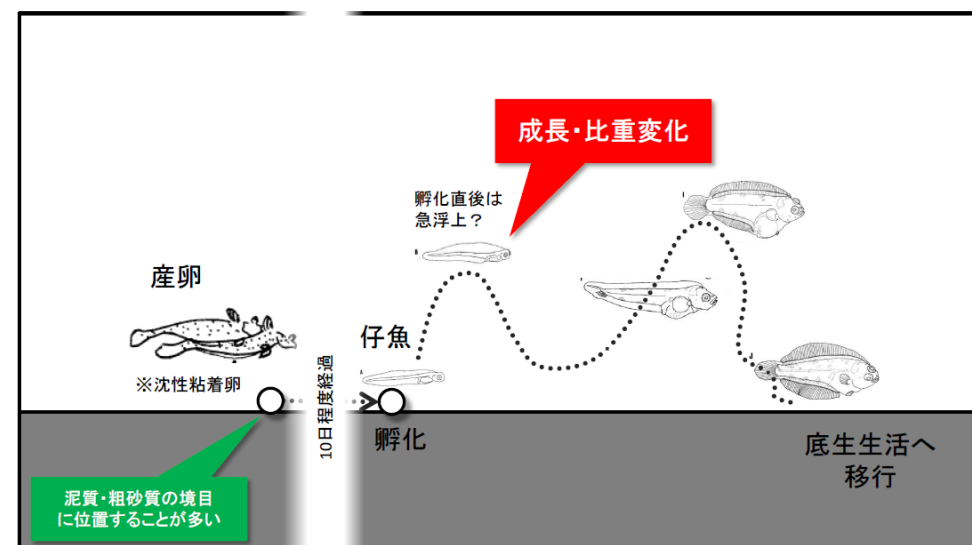
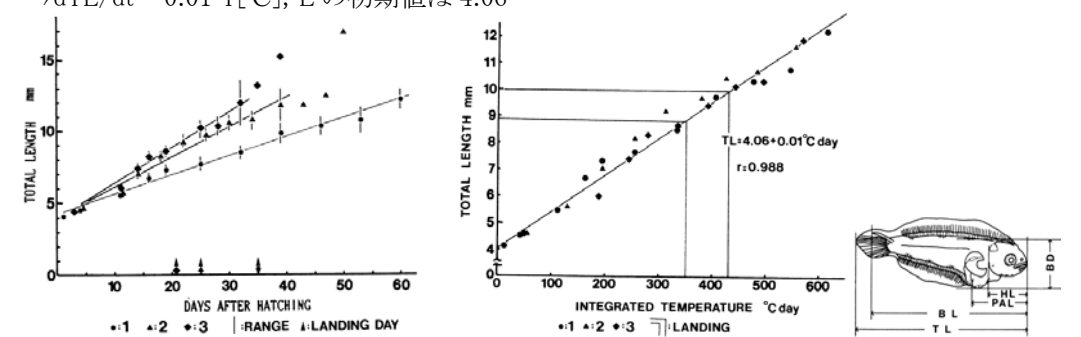
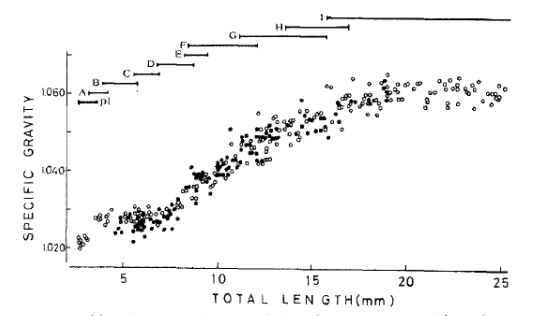
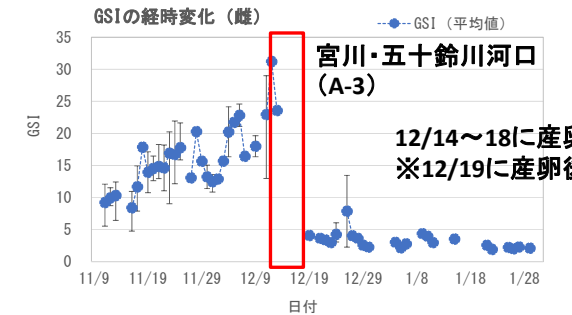


図 8 マコガレイの生活環

【マコガレイの特徴】

- 卵は泥質・粗砂質の境目の粗砂質側で見られる
- 卵の孵化は産卵後 10 日後～30 日後程度の期間
- 仔魚の遊泳能力が大きい
- 孵化直後のサイズは均一とみなしてよい
- 水温に依存して成長
- 成長とともに比重変化
- 比重変化に応じて浮力変化(初期は浮き上がる方向、成長につれて沈み込む方向)

表 9 マコガレイの生活環に関わる知見・観測結果

| 条件               | 特徴                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| サイズの初期値          | ・3mm 程度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| サイズの成長           | ・仔魚:約半月後に全長 6.3mm の後期仔魚に移行<br>全長 7.6mm から変態を開始し、約 10mm で変態を完了(1 ヶ月以内)<br>(1-2 月に伊勢湾内全域で出現)<br><br>・稚魚:2-3 月頃水深 10m 付近の砂泥質に着底 (以降底生生活)<br><br>・飼育実験の場合では、水温に依存した成長 <sup>2</sup> がみられている<br>⇒ $dTL/dt = 0.01 T[^\circ C]$ , L の初期値は 4.06<br> |
| 仔魚期の鉛直移動に関するモデル式 | ・成長に伴う比重の増加に応じて、仔魚の鉛直分布が変動すると考えられる。(※仔魚前期の能動的遊泳は無視できると仮定する)<br><br>・孵化直後は浮上し易いが、成長が進むにつれて沈降し易い状態となる <sup>3</sup><br>                                                                                                                     |
| 産卵時期             | ・12 月下旬 (観測結果よりほぼ同時期に産卵と推定されている)<br><br>宮川・五十鈴川河口 (A-3)<br>12/14～18に産卵<br>※12/19に産卵後の個体を確認                                                                                                                                               |

<sup>1</sup> 南卓志:マコガレイの初期生活史, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 47(11), 1411-1419, (1981)

<sup>2</sup> 睦谷一馬:人工飼育におけるマコガレイ仔稚魚の成長と変態について, 水産増殖 36(1), 27-32, (1988)

<sup>3</sup> 北島力, 山根康幸, 松井誠一:ヒラメ仔稚魚の発育に伴う比重の変化, Nippon Suisan Gakkaishi, 60(5), 617-623, (1994)

### (1) 逆解析シミュレーションの手法

2015年1月6日の  
スナップショット

観測される

体長・比重変化

孵化直後は  
急浮上？

逆追跡

産卵

※沈性粘着卵

10日程度経過

孵化

底生生活へ  
移行

産卵場が推定される

| 必要な情報    | 推定手法                                              |
|----------|---------------------------------------------------|
| 浮遊している期間 | 水温に依存して体長をさかのぼっていき、<br>孵化直後の体長になるとその粒子の追跡計算を終了する。 |
| 浮遊中の挙動   | 能動的な遊泳は無視する。<br>鉛直移動は、比重に応じた水深帯の変化を考慮する、          |

- 海域にサイズ・個体数密度に応じた追跡粒子を配置
- 移流によって輸送される位置情報を時間方向にさかのぼって追跡(逆解析シミュレーション)
  - ※水温に応じて体長も小さくしていく
  - ※体長の変化に応じて比重も変化
  - ※比重の変化に応じて分布する水深帯も変化
- 孵化直後のサイズになった粒子について、計算を終了し、最終的な粒子の位置と孵化直後の日付時刻を出力

## (2) 手法の留意点

:

逆解析シミュレーションの予測精度を把握するため、まず任意の場所に粒子を配置し、その後の粒子の漂流状況を順解析シミュレーションにより予測した。つぎに順解析により得られた粒子の漂流場所を逆解析シミュレーションに入力し、漂流した期間を溯り、初期配置場所を推定できるかという検証予測を実施した。検証結果を図 11 に結果を示すが、溯る期間が長くなると、初期配置場所と異なる場所に到達する粒子が増加することがわかる。

粒子の移動は移流と拡散によって生じるが、このうち拡散については逆解析シミュレーションでは溯って再現することができないため、このような結果となる。

図 11 からは漂流から 7 日後までは粒子の分布の中心が初期配置場所にあり、逆解析手法が適用できるものと考えられる。そのため、図 7 に示した本調査結果のうち、1 月 6 日の調査結果を用いた逆解析シミュレーションは、一定の予測精度が保たれるものと推測される。(12 月 31 日頃に孵化したと推定：資料 2)

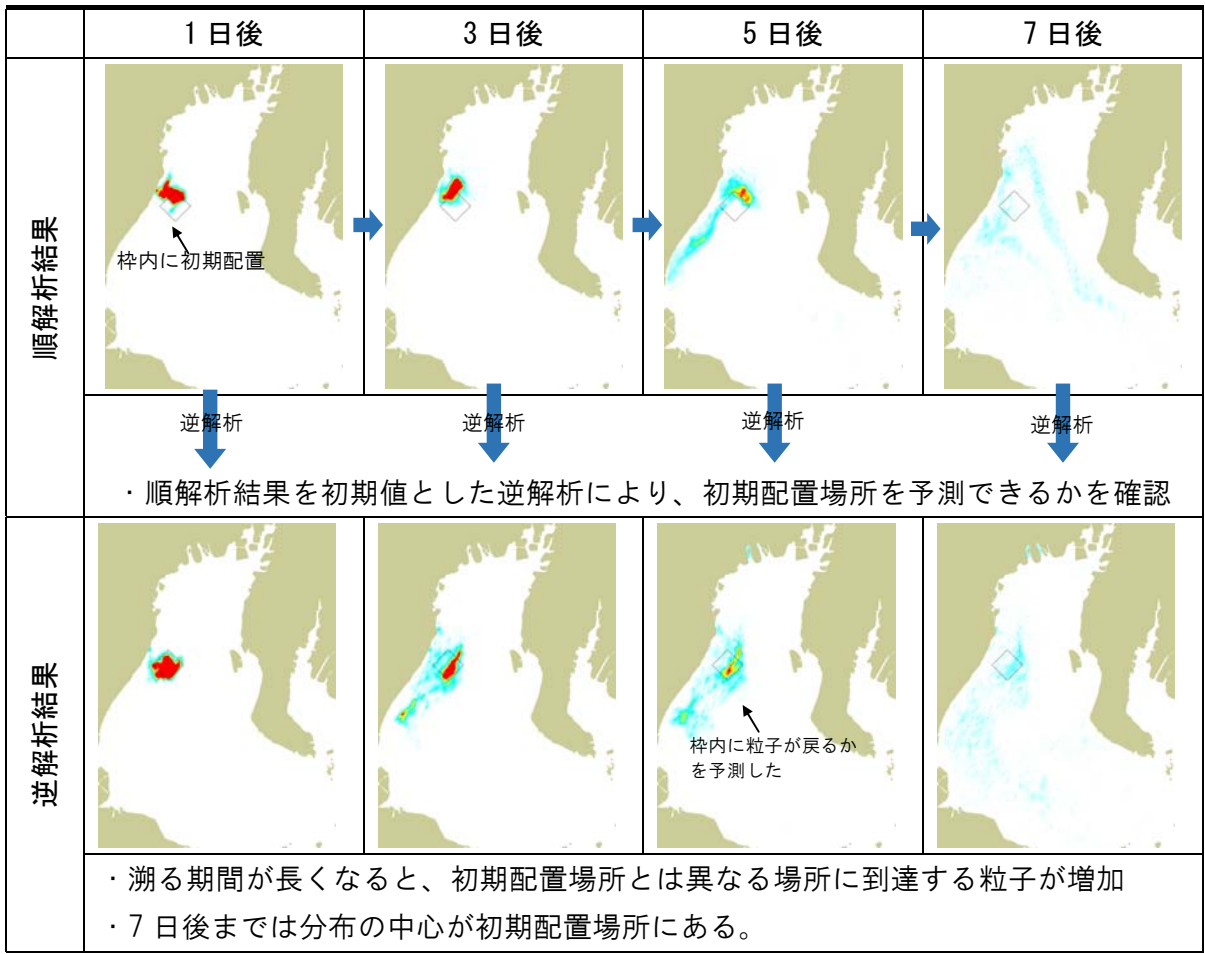


図 11 逆解析シミュレーションの予測精度の確認

○逆解析シミュレーションの留意点

溯る期間が 7 日以内であれば産卵場を大よそ推測できる。

(3) 産卵場の推定に向けた検討手順

産卵場の推定にあたっては、前述の逆解析シミュレーションの留意点も踏まえ、図 12 に示すような手順で実施する。逆解析シミュレーションで得られた産卵場を、その場の環境特性(底質分布や水深等)から絞りこんだうえで、産卵場所の妥当性を確認するために順解析シミュレーションにより検証を実施する手順にて検討を行う予定である。

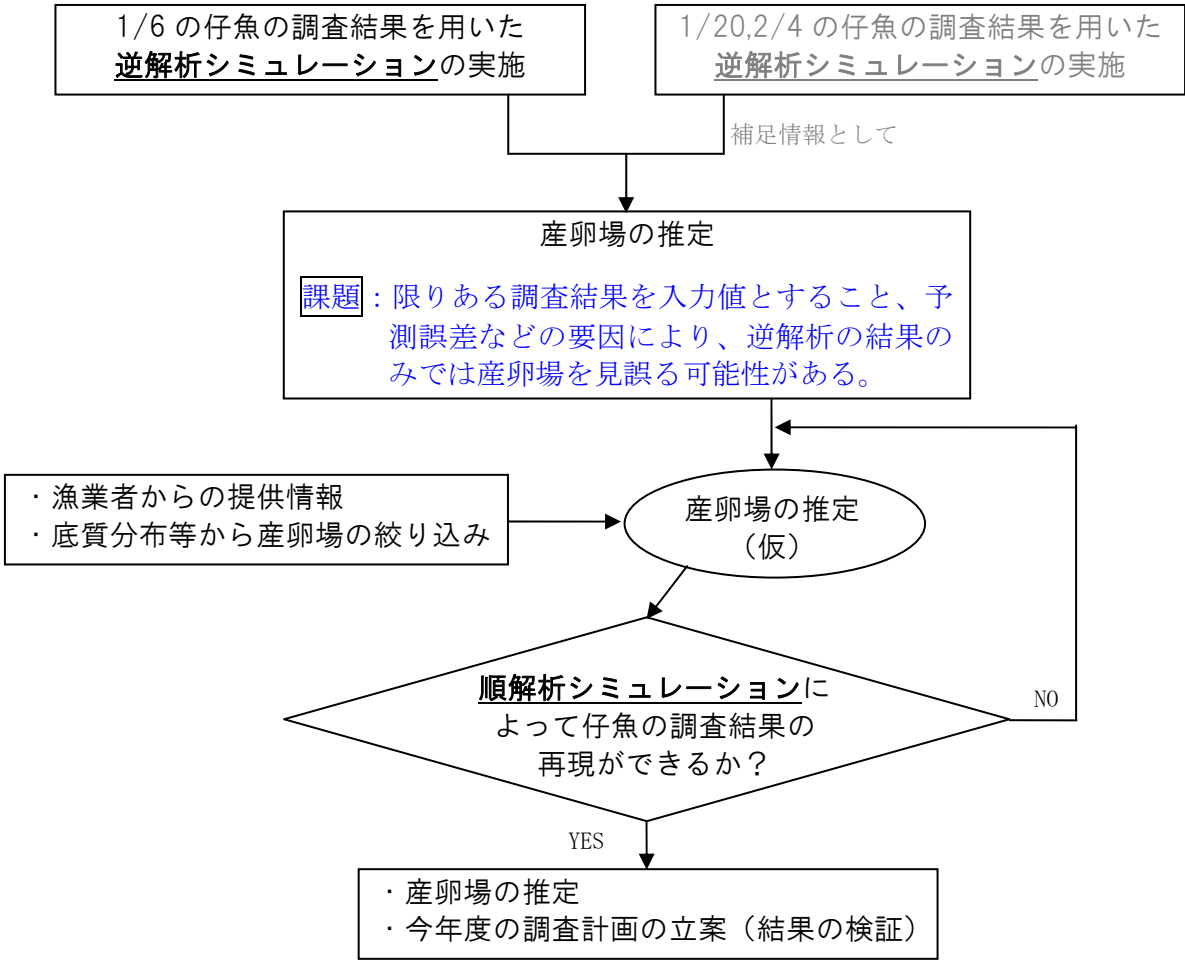


図 12 産卵場推定の検討手順

4. 今後の検討スケジュール

表 10 伊勢湾シミュレーターに関する今後の検討スケジュール

|          |                                                                                          |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 第 5 回委員会 | ・伊勢湾シミュレーターの再現性の検証(流れ、水質)<br>・二枚貝類の浮遊幼生シミュレーションの再現性の検証<br>・マコガレイの逆解析シミュレーション結果(産卵場の推定結果) |
| 第 6 回委員会 | ・予測シミュレーション結果の検証                                                                         |

## 5. 参考資料

### 5.1 二枚貝類の漂流シミュレーションに関して参考とした文献

タイラギ、バカガイ、トリガイ、ハマグリの二枚貝類を対象に、収集・整理している文献を表 11 に整理した。ただし、バカガイについては、関連情報としてウバガイ、ホッキガイの情報を併せて収集している。

表 11 収集・整理した文献の一覧

|       |                                                                                                                                                                                     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| タ(1)  | 有明海等環境情報・研究ネットワーク HP より:タイラギ( <a href="http://ay.fish-jfrca.jp/ariake/gn/kn_seibutsu/nantai/pdf/dai02.pdf">http://ay.fish-jfrca.jp/ariake/gn/kn_seibutsu/nantai/pdf/dai02.pdf</a> ) |
| タ(2)  | 川原逸朗・山口忠則・大隅斉・伊東史郎:タイラギ浮遊幼生の飼育と着底・変態, 佐有水研報, 22, 41-46, (2004)                                                                                                                      |
| タ(3)  | 鈴木健吾ら:2003 年から 2005 年までの有明海におけるたいらぎ類の浮遊幼生および稚貝の分布, 水産海洋研究, 73(3), 161-171, (2009)                                                                                                   |
| タ(4)  | 川原逸郎・伊藤史郎:2000, 2001 年夏季に有明海北部漁場で発生したタイラギの斃死ーⅠ-発生状況-, 佐有水研報, 21, 7-13, (2003)                                                                                                       |
| タ(5)  | 群司掛博昭ら:低酸素海水に反復暴露したリシケタイラギ ( <i>Atrina lischkeana</i> ) の浮上行動とへい死, 九大農学芸誌, 64(1), 19-22, (2009)                                                                                     |
| タ(6)  | 粕谷智之・川井仁・山口仁士・高橋鉄哉・中田英昭:大村湾における底生水産生物浮遊幼生に関する研究, 長崎県環境保健研究センター所報, 53, 53-61, (2007)                                                                                                 |
| タ(7)  | 山元憲一・半田岳志・茅野直登:タイラギの低酸素に伴う酸素摂取の変化, 水産増殖, 56(1), 45-49, (2008)                                                                                                                       |
| タ(8)  | 山元憲一・半田岳志・茅野直登:タイラギの低酸素に伴う換水運動の変化, 水産増殖, 56(4), 487-491, (2008)                                                                                                                     |
| タ(9)  | 杉野浩二郎・吉田幹英・山本千裕:タイラギの生息に適した底質条件の検討-タイラギの生息状況とその底質条件-, 福岡水海技セ研報, 20, 53-60, (2010)                                                                                                   |
| タ(10) | 圀本達也・前野幸男・松井繁明・吉岡直樹・渡辺康憲:タイラギの性成熟と各種組織におけるグリコーゲン量との関係, 水産増殖, 53(4), 397-404, (2005)                                                                                                 |
| タ(11) | 山元憲一・半田岳志:タイラギの換水に及ぼす低塩分の影響, 水産増殖, 59(4), 535-540, (2011)                                                                                                                           |
| タ(12) | 川原逸郎・大隅斉・山口忠則・伊藤史郎:タイラギ浮遊幼生飼育における初期減耗の防止, 佐有水研報, 23, 33-35, (2007)                                                                                                                  |
| タ(13) | 田中二良・大島泰雄:東京湾走水地先を中心としたタイラギの生産について, 水産増殖, 6(2), 1-12, (1958)                                                                                                                        |
| タ(14) | 濱本俊策・高木俊祐:備讃瀬戸海域に生息するタイラギおよびミルクガイの形態的特徴, 香水試研報, 1, 25-36, (1985)                                                                                                                    |
| タ(15) | 杉野浩二郎・松本昌大・山本千裕:有明海福岡県地先におけるタイラギ斃死要因に関する研究Ⅲ-浮泥防除型覆砂によるタイラギ増殖試験-, 福岡水海技セ研報, 21, 25-33, (2011)                                                                                        |
| タ(16) | 秋元恒基・相島昇・林宗徳・渡辺裕介:有明海におけるタイラギ生息分布と環境との関係, 福岡水海技セ研報, 2, 79-83, (1994)                                                                                                                |
| タ(17) | 松井繁明:有明海北東部漁場におけるタイラギの資源変動, 福岡水海技セ研報, 12, 29-35, (2002)                                                                                                                             |
| タ(18) | 荒巻裕・大隅斉:有明海佐賀県海域で 2010 年夏季に発生したタイラギ 1 歳貝の大量斃死について, 佐有水研報, 25, 1-7, (2011)                                                                                                           |
| タ(19) | 逸見泰久・三好美由紀・川内識史:有明海北東部漁場におけるタイラギの大量死, 日本ベントス学会誌, 67, 64-72, (2013)                                                                                                                  |
| タ(20) | 川原逸郎・伊藤史郎・筑紫康博・相島昇・北村等:有明海北東部漁場で発生したタイラギの斃死ーⅡ, 佐有水研報, 22, 17-23, (2004)                                                                                                             |
| タ(21) | 杉野浩二郎・吉田幹英・伊藤輝昭・松井繁明:有明海福岡県地先におけるタイラギ斃死要因に関する研究Ⅱ, 福岡水海技セ研報, 19, 83-90, (2009)                                                                                                       |
| タ(22) | 圀本達也・吉田幹英・前野幸男:夏季の有明海干潟域でみられた浮上タイラギの組織学的所見および栄養状態:水産増殖, 56(4), 587-594, (2008)                                                                                                      |
| タ(23) | 川原逸郎・山口忠則・大隅斉・伊東史郎:タイラギ浮遊幼生の飼育と着底・変態, 佐有水研報, 22, 41-46, (2004)                                                                                                                      |
| タ(24) | 秋元恒基・林宗徳・相島昇・佐野二郎・二島賢二・渡辺裕介:造州漁場におけるタイラギの着底と成長, 福岡水海技セ研報, 4, 45-52, (1995)                                                                                                          |
| タ(25) | 松田正彦・藤井明彦:タイラギ, アカガイに対する産卵誘発方法としての止水と紫外線照射海水の効果, Bulletin of Nagasaki Prefectural Institute of Fisheries, 26, 9-15, (2000)                                                          |
| タ(26) | 山元憲一・半田岳志・西岡晃:リシケタイラギの鰓換水量の直接測定法, 水産増殖, 53(3), 291-296, (2005)                                                                                                                      |

|      |                                                                                                              |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ト(1) | 井上泰:トリガイの生態学的研究―Ⅲ付晶体重量の季節的变化, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 21(1), 30-31, (1995) |
| ト(2) | 井上泰:トリガイの生態学的研究―Ⅱ産卵期について, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 21(1), 27-29, (1995)     |
| ト(3) | 井上泰:トリガイの生態学的研究―Ⅰ成長について, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 21(1), 24-26, (1995)      |
| ト(4) | 田永軍・清水誠:トリガイの貝殻における成長線パターンと年齢査定, Nippon Suisan Gakkaishi, 63(4), 585-593, (1997)                             |
| ト(5) | 田永軍・清水誠:東京湾におけるトリガイの成長, 成熟と産卵期, Nippon Suisan Gakkaishi, 63(3), 361-369, (1997)                              |
| ト(6) | 岡本俊治・黒田伸郎:秋季の三河湾におけるトリガイ浮遊幼生の出現について, _____                                                                   |
| ト(7) | 船越茂雄・瀬川直治・矢澤孝・都筑基:三河湾産トリガイの成長について, 愛知水試研報, 4, 73-75, (1997)                                                  |
| ト(8) | 木村博・檜山節久:山口県大島郡北部海域におけるトリガイの生態と資源管理に関する研究Ⅱトリガイ資源の消長, Bull. Yamaguchi Pref. Fish. Res. Ctr., 1, 5-10,         |

|       |                                                                                                                                   |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ト(9)  | (2002) <p>松野進・木村博:山口県大島郡北部海域におけるトリガイの生態と資源管理に関する研究Ⅴトリガイの高水温耐性および低酸素耐性, Bull. Yamaguchi Pref. Fish. Res. Ctr., 1, 5-10, (2002)</p> |
| ト(10) | 大畑聡・石井光廣・梶山誠:東京湾におけるトリガイ稚貝の着底時期と消長, Nippon Suisan Gakkaishi, 79(6), 977-986, (2013)                                               |
| ト(11) | 田永軍・清水誠:東京湾柴地先におけるトリガイの資源量推定と評価, Nippon Suisan Gakkaishi, 63(4), 542-548, (1997)                                                  |
| ト(12) | 田永軍・清水誠:東京湾におけるトリガイの漁獲量変動と個体群構造, Nippon Suisan Gakkaishi, 63(3), 353-360, (1997)                                                  |
| ト(13) | 田中彌太郎:トリガイの幼生および初期稚貝の同定について, 水産増殖, 26(2), ー, (1978)                                                                               |
| ト(14) | 藤原正夢・上野陽一郎・岩尾敦志:トリガイ浮遊幼生の斃死因と考えられる Vibrio 属細菌について, 魚病研究, 28(2), 83-89, (1993)                                                     |

|      |                                                                                                                        |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ハ(1) | 安永義暢, 日向野純也:砂泥性着底基質の解明-Ⅰ-チョウセンハマグリ稚貝の底質適正に関する一考察-, 水工研技報, 水産土木 6, 15-29, (1985)                                        |
| ハ(2) | 日向野純也, 安永義暢:砂泥性着底基質の解明-Ⅱ-チョウセンハマグリ, コタマガイ稚貝の潜砂行動に関する基礎的研究-, 水工研技報, 水産土木 7, 41-52, (1986)                               |
| ハ(3) | 芝野邦彦:チョウセンハマグリ <span></span> の生態について, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 21(4), 218-225, (1955) |
| ハ(4) | 根本考他:鹿島灘砂浜域の地形と底質粒径の経年変化およびそれらがチョウセンハマグリ稚貝の分布に及ぼす影響について, 水産工学, 46(1), 51-64, (2009)                                    |
| ハ(5) | 宇多高明他:漂砂移動とチョウセンハマグリ <span></span> の生息域の関係, 海洋開発論文集, 10, 123-128, (1994)                                               |
| ハ(6) | 田中彌太郎:ハマグリ幼生の沈着におよぼす水温の影響, Bull. Natl. Res. Aquaculuture, 9, 45-49, (1986)                                             |
| ハ(7) | 瀧庸:ハマグリ産卵期の研究 1. 昭和 22 年東京湾におけるハマグリ <span></span> の産卵期, 日本水案学会誌, 15(9), 479-486, (昭和 24 年)                             |
| ハ(8) | 井上明:ハマグリ <span></span> の鰓の纖毛運動と温度との関係, 日本水産学会誌, 6(3), 24, (1937)                                                       |
| ハ(9) | 中村泰男・小泉孝義・市村康・木幡邦男:東京湾の人工干潟におけるハマグリ <span></span> の生残と成長:ケージ実験による多種との比較, 水環境学会誌, 32(10), 549-555, (2009)               |

|      |                                                                                                                                             |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 他(1) | 磯野良助・中村義治:二枚貝 <span></span> による海水濾過量の推定とそれにおよぼす温度影響の種間比較, 水環境学会誌, 23(11), 683-689, (2000)                                                   |
| 他(2) | 櫻井泉・瀬戸雅文・中尾繁:ウバガイ, バカガイおよびアサリ <span></span> の潜砂行動に及ぼす水温, 塩分および底質粒径の影響, Nippon Suisan Gakkaishi, 62(6), 878-885, (1996)                      |
| 他(3) | 相良順一郎:アサリ, ハマグリ <span></span> の生息密度と成長との関係, 並びに相互間の影響について, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 18(6), 249-262, (1955) |
| 他(4) | 有山啓之・矢持進・佐野雅基:大阪湾奥部における大型底生動物の動態についてⅡ主要種の個体数・分布・体長組成の季節変化, 沿岸海洋研究, 35(1), 83-91, (1997)                                                     |
| 他(5) | 山元憲一・田中実・田中直樹・神菌真人・秋本恒基:マガキ, クマサルボー, タイラギ <span></span> の鰓のほふく速度に及ぼす低酸素と水温の影響, 水産増殖, 41(4), 435-438, (1993)                                 |

### 5.2 マコガレイの逆解析シミュレーションに関して参考とした文献

マコガレイを対象に、収集・整理している文献を表 12 に整理した。

表 12 収集・整理した文献の一覧

|       |                                                                                                                                               |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| マ(1)  | 狩谷貞二・白旗総一郎:マコガレイ卵巣卵の成熟過程について, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 21(7), 476-482, (1955)                                |
| マ(2)  | 高橋豊美・富永武治・前田辰昭・上野元一:マガレイおよびマコガレイ <span></span> の摂餌日周期について, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 48(9), 1257-1264, (1982) |
| マ(3)  | 高橋豊美・富永武治・前田辰昭:マガレイおよびマコガレイ <span></span> の摂餌と生存に及ぼす水温の影響, Nippon Suisan Gakkaishi, 53(11), 1905-1911, (1987)                                 |
| マ(4)  | 反田實・長井隆一:播磨灘 <span></span> 北部海域におけるマコガレイ <span></span> の産卵場, 水産海洋研究, 71(1), 29-37, (2007)                                                     |
| マ(5)  | 反田實・中村行延・岡本繁好:播磨灘・大阪湾 <span></span> 産マコガレイ <span></span> の成熟と産卵期およびそれら繁殖特性の調査年代間における比較, 水産海洋研究, 72(4), 273-281, (2008)                        |
| マ(6)  | 反田實・五利江重昭・中村行延・岡本繁好:播磨灘・大阪湾 <span></span> 産マコガレイ <span></span> の年齢と成長, Nippon Suisan Gakkaishi, 74(1), 1-7, (2008)                            |
| マ(7)  | 伊藤靖ら:播磨灘 <span></span> 海域におけるマコガレイ <span></span> の生息場ネットワークをふまえた漁場整備, _____                                                                   |
| マ(8)  | 睦谷一馬:低水温におけるマコガレイ仔魚 <span></span> の成長と行動について, 水産増殖, 37(3), 187-190, (1989)                                                                    |
| マ(9)  | 角田出:低酸素暴露がマコガレイ <span></span> の整理指標に及ぼす影響および当該指標による海域の貧酸素化把握-貧酸素マーカーとしてのエリスロポイエチン-, Bull. Soc. Sea Water Sci. Jpn., 56, 432-439, (2002)       |
| マ(10) | 正木康昭ら:周防灘 <span></span> 産マコガレイ <span></span> の成熟と産卵期, Nippon Suisan Gakkaishi, 53(7), 1181-1190, (1987)                                       |
| マ(11) | 睦谷一馬:人工飼育におけるマコガレイ仔稚魚 <span></span> の成長と変態について, 水産増殖, 36(1), 27-32, (1988)                                                                    |
| マ(12) | 反田實・中村行延・岡本繁好:紀伊水道 <span></span> 北部海域産マコガレイ <span></span> の年令と成長, 水産増殖, 40(3), 317-321, (1992)                                                |
| マ(13) | 中神正康ら:函館湾 <span></span> におけるマコガレイ仔稚魚 <span></span> の時空間分布, 水産海洋研究, 65(3), 85-93, (2001)                                                       |
| マ(14) | 高橋豊美・前田辰昭・土屋康弘・中谷敏邦:陸奥湾 <span></span> におけるマガレイおよびマコガレイ <span></span> の分布と食性, Nippon Suisan Gakkaishi, 53(2), 177-187, (1987)                  |
| マ(15) | 高橋清孝ら:石巻湾 <span></span> および万石浦 <span></span> におけるマコガレイ浮遊期仔魚 <span></span> の分布と移動, 水産増殖, 34(1), 1-8, (1986)                                    |