【資料 3】

伊勢湾シミュレーターの現況再現について

目次

1.	伊勢湾シミュレーターを用いた伊勢湾環境の再現手法	1
2.	再現にあたって残されていた課題	2
3.	課題A:候補地周辺の貧酸素化の再現性向上	4
	課題B:魚類の動物プランクトン摂餌量の検証	
5.	課題C:タイラギの浮遊幼生の浮遊量の再現性向上	12
6	予測・評価に用いる伊勢湾シミュレーターの再現性の主とめ	14

平成 28 年 8 月

1. 伊勢湾シミュレーターを用いた伊勢湾環境の再現手法

土砂処分場の設置に伴い変化する可能性のある「流れ」、「水質」、「植物プランクトンから動物プランクトン・魚類に繋がる食物連鎖」、「二枚貝類の浮遊幼生の浮遊状況」等の予測には海洋環境の予測モデルである「伊勢湾シミュレーター」を用いる。

これまでの委員会を通じて、候補地周辺での流れ、水温・塩分、栄養塩、貧酸素水塊、動物プランクトンの現存量と魚類への転送量、二枚貝類浮遊幼生の浮遊量といった水産生物の資源量の変化に深く関わる項目について予測手法を検討し、伊勢湾シミュレーターの予測結果の妥当性の検証を行ってきた。

1.1 伊勢湾シミュレーターの予測結果の妥当性の検証方法

伊勢湾シミュレーターにより計算される予測結果の妥当性の検証として、伊勢湾シミュレーターを用いて2014年・2015年の伊勢湾の環境を計算し、この計算値と実際の観測値を比較することにより、モデルの再現性を確認した。

1.2 計算条件の設定(概要)

予測に用いた計算格子と候補地周辺の地形条件を図 1 に示す。また計算条件の一覧を表 1 に示す。

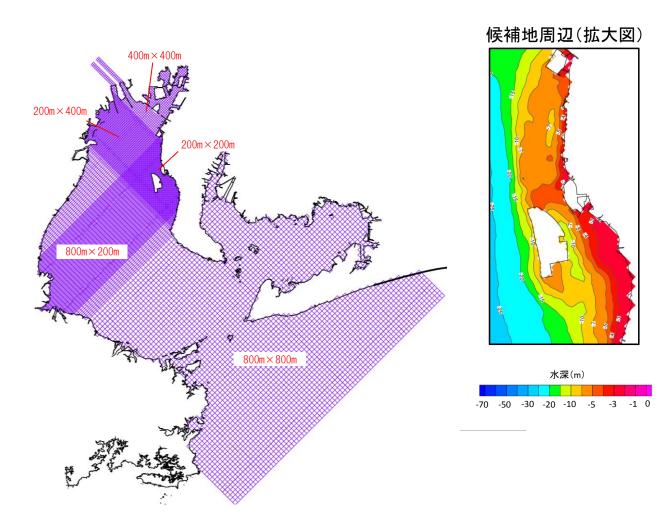


図 1 予測に用いた計算格子と候補地周辺の地形表現

表 1 伊勢湾シミュレーターの計算条件の一覧

	-	- · ·			
		頁目	設定方法		
計算時期			2014年2月~2015年12月(2014年2~3月は助走期間)		
地形(水深)			・伊勢湾全域 : M7000 (遠州灘 ver2.0 、日本水路協会)		
			なお、上記データに加え、下記のデータにより補足した。		
			·名古屋港周辺:海上保安庁発行海図(平成23年6月発行、日本水路協会)		
			・空港島周辺 :中部地方整備局港湾空港部調べ		
計算	格子		水平方向:最大 800m、最小 200m の可変格子(VM モデル)		
			鉛直方向:全 35 層		
	淡水等流入	流量	一級河川については 10 河川を取り扱い、水文水質データベースで公開されている観測値を用いた。中小河川については環境省による「平成 25 年度および平成 27 年度の 水質総量削減に係る発生負荷量等算定調査業務報告書」に基づき、47 河川を取り扱い、流域面積に降水量・流出係数(0.5)を乗じて算定した。知多半島沿岸に位置する3つの浄化センター(東海市浄化センター、知多南部浄化センター、常滑浄化センター)からの放流水量を与えた。また伊勢湾・三河湾に位置する事業所における海水の取水・排水は、実データに基づき設定した。(中部地方整備局港湾空港部調べ)		
		水温	一級河川については、水文水質データベースで公開されている観測値を用いた。データが無い河川では他の河川の平均値を用いた。中小河川については最寄りの一級河川と同一とした。また伊勢湾・三河湾に位置する事業所については、実データに基づき設定した。(中部地方整備局 港湾空港部調べ)		
		塩分	塩分はゼロとした。		
**	開境界 潮位 (湾口) 水温・塩分		長周期成分を含む主要 14 分潮(Sa、Ssa、Mm、MSf、Mf、Q1、O1、P1、S1、K1、N2、M2、S2、K2)の潮汐を与えた。		
流動			沿岸定線調査(A10)および湾ロブイの観測データより設定した。		
流動予測	気象 気圧・日射量・ 降水量		アメダス名古屋地方気象台での観測値を全計算格子一様に設定した。		
		気温	アメダスセントレア、伊勢湾モニタリングブイ(3カ所)、三河湾モニタリングブイ(3カ所)の計7カ所での観測値を用いて空間分布を作成し設定した。モニタリングブイデータが欠測している期間は周辺のアメダスデータより補間した。		
		風向·風速	気象庁のメソ数値予報モデル GPV(5km メッシュデータ)の 3 時間毎のデータを用いて風 向・風速の空間分布を作成し設定した。		
	初期値	水温·塩分	水温 20℃、塩分 32psu を全域一様に与え、2011 年 11 月~2014 年 2 月時点まで計算を 行い、その最終出力結果を用いた。		
	流動パラメ	タイムステップ	60(s)		
	ーター	水平渦動粘性 /拡散係数	Smagorinsky(1963)の方法により設定した。		
		鉛直渦動粘性 /拡散係数	中村ほか(1989)および Henderson(1982)の方法により設定した。		
	淡水流入	負荷量	一級河川については L-Q 式から COD、T-N、T-P の負荷量を求め、COD、T-N、T-P から各態の有機物・栄養塩へ配分した。中小河川については「平成 25 年度および平成 27 年度 水質総量削減に係る発生負荷量等算定調査業務報告書」で算定された年間負荷量(COD、T-N、T-P)を用いた。また知多半島沿岸に位置する3つの浄化センター(東海市浄化センター、知多南部浄化センター、常滑浄化センター)からの負荷量については月別値を与えた。微生物(細菌・植物プランクトン)は0とした。		
ماني	湾口境界	湾口水質濃度	調査地点 55 での調査結果を用いた。		
水質予測	浮遊系での生物構成		植物プランクトン:4種(珪藻類、大型珪藻、ANF、シアノバクテリア) 動物プランクトン:1種		
<i>(</i> 73)	初期値		原生動物:2種(繊毛虫、HNF) 2011年11月の公共用水域水質調査結果N-8地点および浅海定線調査11地点における観測値を用いて2011年11月時点の初期値を作成し、あらかじめ2011年11月~2014年2月時点まで計算を行い、その最終出力結果を用いた		
	懸濁物食者量		年2月時点まで計算を行い、その最終出力結果を用いた。 懸濁物食者の現存量は貝類調査結果および農林水産省海面漁業統計調査を基に設定 した。		

2. 再現にあたって残されていた課題

伊勢湾シミュレーターの再現性の検証に関するこれまでの成果と課題を表 2 に示す。とくに課題であった③候補 地周辺での貧酸素化、⑥魚類の動物プランクトン摂餌量、⑦二枚貝類の浮遊幼生の浮遊量の 3 点についての検 討成果を以降に示す。

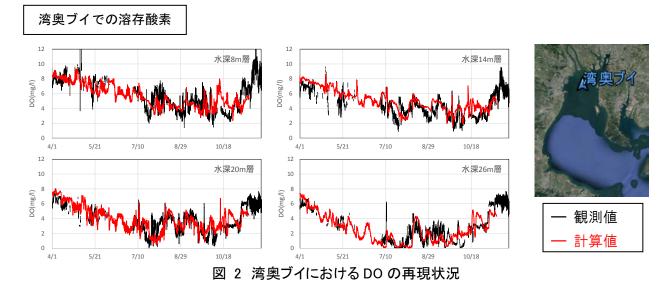
表 2 伊勢湾シミュレーターの再現性の検証に関するこれまでの成果と課題

予測項目		これまでの成果と課題
 流れ 	成果・伊勢湾内の流れを再現できた。	
② 水温・塩分 成果 ・ 伊勢湾内		・ 伊勢湾内の水温・塩分を再現できた。
	成果	・ 伊勢湾内の貧酸素水塊の発生・移動・消滅の状況を再現できた。
③ 貧酸素化	課題	・ 候補地周辺(鬼先地先)の水深5m程度の浅い海域で発生する貧酸素
	A	水塊が再現できない時期があった。
④ 栄養塩濃度	成果	伊勢湾内、知多半島沿岸の栄養塩濃度を再現できた。
⑤ 植物プランクトン	成果	・ 伊勢湾内のクロロフィル a を再現できた。
 ⑥ 魚類の動物プラン	成果	動物プランクトンの現存量を再現できた。
クトン摂餌量	課題	・ 魚類による動物プランクトン摂餌量の検証が不十分であった。
ノドン放料里	В	
	成果	・ アサリ、ハマグリ、バカガイの浮遊幼生の浮遊量の分布傾向と季節変
⑦ 二枚貝類浮遊幼生		化を再現できた。
の浮遊量	課題	・ タイラギの浮遊幼生の浮遊量の分布傾向とその季節変化が十分に再
	C	現出来ていなかった。

2.1 課題 A: 候補地周辺の貧酸素化の再現に関する課題について

これまで伊勢湾全域における貧酸素水塊の発生状況やその挙動の再現性については良好であったが、**候補地 周辺における局地的な貧酸素水塊の発生を再現できない**といった課題があった。

例えば、図 2 は伊勢湾湾奥のモニタリングブイでの溶存酸素(以降、DO とする)の再現状況を示しているが、湾 奥部における貧酸素化の状況を良く再現していることがわかる。これに対し候補地北側の地点 N4 での底層 DO の 再現状況を図 3 に示すが、候補地周辺の特徴である小潮期前後に発生する貧酸素化を再現できない時期が存 在した。この例では、とくに 2015 年 8 月後半における貧酸素化の再現性が十分ではなかった。



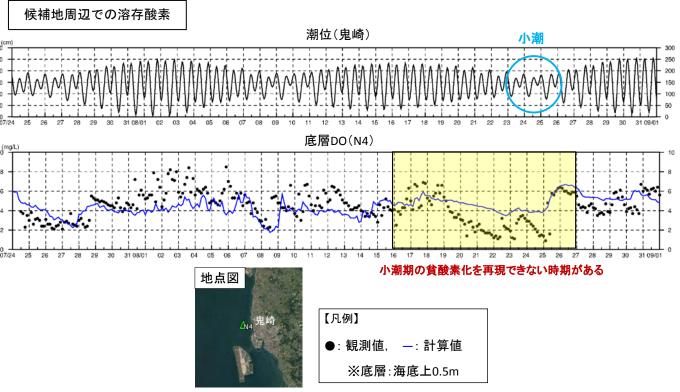


図 3 2015 年夏季の N4 でのDOの再現状況

2.2 課題 B: 魚類の動物プランクトン摂餌量の再現に関する課題について

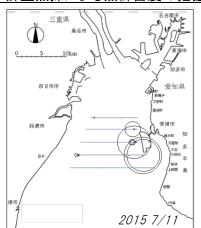
魚類(浮魚類)の動物プランクトン摂餌量の再現は、浮魚の資源量ならびに内湾の生産構造の変化の評価にあたって非常に重要となる。動物プランクトン食の浮魚類の代表種であるカタクチイワシの摂餌量が、2015年に観測されている(表 3)。この観測結果は①計量魚探によってカタクチイワシの個体密度を計測し、別途、②代謝モデルを用いて1尾あたりの摂餌量を推定し、両者を乗じることで候補地西側での単位面積あたりの日摂餌量を求めたものである。2015年7月~9月のカタクチイワシの動物プランクトン摂餌量は 148mgC/m^2 /日と推測された。これまでの伊勢湾シミュレーターの検証では、動物プランクトン摂餌量に関する検証が十分ではなかった。

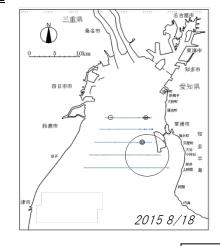
	表すカダクティワン	の動物ノブノグトン摂料軍	
	1	2	①×②
	単位面積あたり個体数	1 尾あたりの日摂餌量	単位面積あたりの日摂餌
調査日	(尾/m²)	(mgC/尾/日)	量(mgC/m²/日)
2015年7月11日	3.3	35	116
2015年8月18日	1.5	41	62
2015年9月13日	6.5	41	267
3か月平均	3.8	39	148

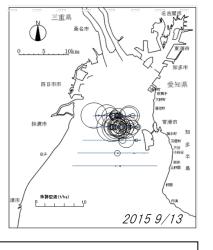
表 3 カタクチイワシの動物プランクトン摂餌量

■ 表 3 の観測結果の整理に用いたデータ等

① :計量魚探による魚群密度の把握







·:調査測線

② :1 尾あたりの摂餌量の算定に用いた代謝モデル

 $\frac{dDW}{dt} = A - R - G$ 成長速度 同化量 呼吸量 生殖腺量

2.3 課題 C:タイラギ浮遊幼生の浮遊量の再現に関する課題について

タイラギの浮遊幼生の浮遊量の再現状況を図 4 に示すが、**観測値に見られる浮遊量のピークの現れ方や** 空間分布を計算値は十分には再現できていなかった。

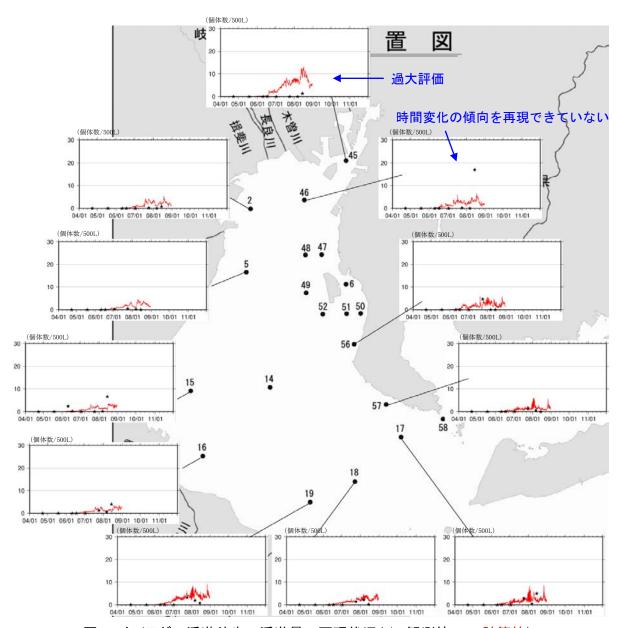


図 4 タイラギの浮遊幼生の浮遊量の再現状況(★:観測値、-:計算値)

3. 課題A: 候補地周辺の貧酸素化の再現性向上

3.1 再現性向上に向けたモデルの改良

候補地周辺における貧酸素化の再現性向上に向け、ここでは主に流動場、密度場(水温・塩分)の再現性向上を検討した。その結果、昨年度の伊勢湾シミュレーターに対して以下のような変更を加えた計算ケースについて、 貧酸素化の再現性が向上した。各計算条件変更の詳細を以下に記載する。

- ▶ 開境界条件の変更:湾口ブイの観測値を参考にし、水温・塩分の開境界条件を変更
- ▶ 地形条件の変更: 候補地周辺の局所的な窪地、浅場が表現されるよう地形(水深)条件を修正
- ▶ 鉛直層分割の変更: 候補地周辺のかけ上がり部(水深:5~10m)をより細かく分割(全32層→全35層)

3.1.1 開境界条件の変更

従来の開境界条件は、沿岸定線調査地点 A10 における水温・塩分の月1回の観測データを用いて、これを時間方向に線形補間することにより作成していた。しかし、沿岸定線調査は月1回程度と粗いデータであることに加え、図5に示すように欠測の多い年(特に2015年は欠測が多い)もある。この問題を改善するため、図6~図7に示すように A10 の観測データを湾ロブイ(伊勢湾モニタリングブイ)での水温・塩分(日平均値)データの変動パターンに一致するように補間することで、より短周期の水温・塩分変動を加味した境界条件へ変更した。この変更による再現性の改善効果を図8に示す。従来の境界条件は、とくに2015年の夏季(A10の欠測が多い時期)において湾口~湾央にかけての下層水温が過大評価される傾向であったが、変更した境界条件ではこの傾向が軽減され、下層水温の再現性が向上していることがわかる。

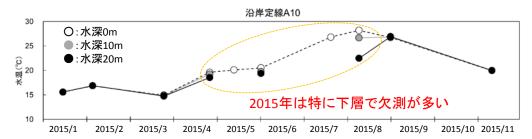




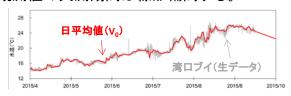
図 5 2015 年度における沿岸定線 A10 の水温データ



図 6 湾ロブイのデータを用いたA10データの補間方法の概要

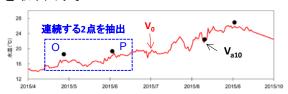
手順(1)

湾ロブイの日平均データV₀を作成する。この際、 観測値の欠測期間は線形補間する。



手順②

A10の観測値(月1回程度)**V**_{a10}の連続する2点O, Pを取り出す。



手順③



手順④



手順⑤

推定したV。を鉛直層別に比較し、

- ・上層水温く下層水温となる期間については、上層水温=下層水温とする。
- ・上層塩分>下層塩分となる期間については、上層塩分=下層塩分とする。

→ 以上の処理結果を開境界水温・塩分値とする

※上記の処理は20m以浅のデータについてのみ実施

図 7 湾ロブイのデータを用いた補間方法の詳細

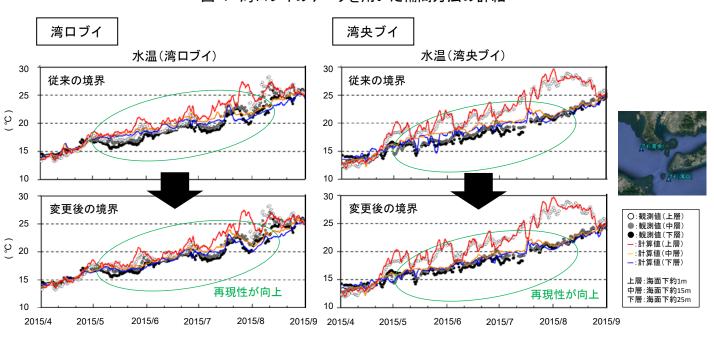


図 8 開境界条件の変更による再現性の改善効果

3.1.2 地形(水深)条件の変更

従来の地形は、とくに候補地北側における窪地・浅場といった局所的な地形変化が平滑化されていた。これは測量データから各格子点上の水深を推定する際の内挿補間処理に起因するものであった。過年度の観測では、候補地北側の窪地内で夏季に貧酸素水塊が形成され、これが湧昇して候補地周辺の底層 DO が低下する現象が確認されており(後述)、このような現象を再現するには候補地北側の地形表現を改善する必要がある。これを踏まえ、平成 27 年度の測量データを参考に候補地北側における水深を図 9 に示すとおり変更した。

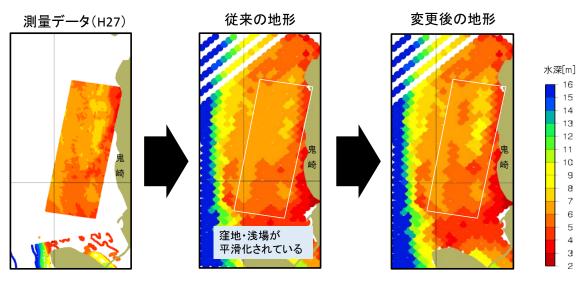


図 9 地形(水深)条件の変更

3.1.3 鉛直層分割の変更

候補地周辺のかけ上がり部や候補地北側の窪地の地形の表現性を向上させ、貧酸素水の発生やその後の 貧酸素水の湧昇現象などの再現を図る目的で、図 10 に示すように水深 5~11m の範囲における鉛直層分割を、 2m 刻みから 1m 刻みに変更した。

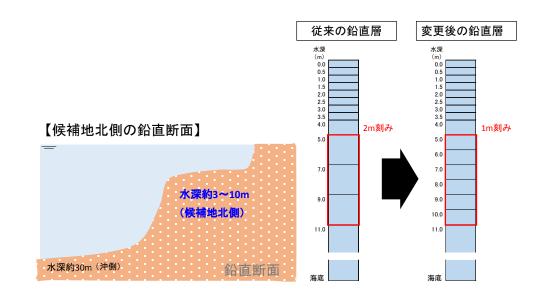


図 10 鉛直層分割変更の概要

地形(水深)条件および鉛直層分割の変更による再現性の改善効果を図 11に示す。観測値では候補地北側の窪地内(N7)において周囲より高密度の水塊が形成されるが、従来の計算ではその特徴が再現されず、観測値との乖離がみられていた。一方で地形(水深)条件と鉛直層分割を変更した計算では、窪地内(N7)における高密度水塊の形成がみられ、候補地周辺の密度場の再現性が向上したことがわかる。

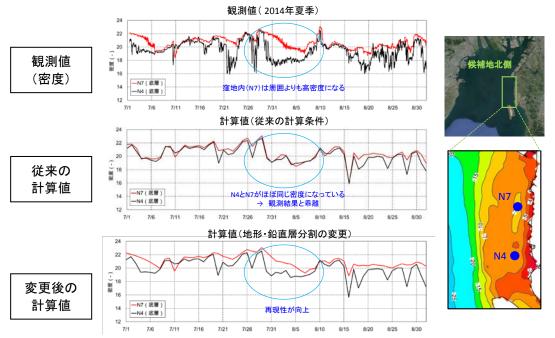


図 11 地形(水深)条件および鉛直層分割の変更による再現性の改善効果(底層の密度場)

3.2 底層 DO に対する再現性の改善効果

従来の計算条件から、開境界条件および地形・鉛直層分割を変更した場合に、候補地北側の底層 DO の再現性がどのように変化したかを図 12に例示する。2015年8月後半の時期に発生する貧酸素化は従来の計算では再現が困難であったが、計算条件の変更により再現性が向上することを確認した。

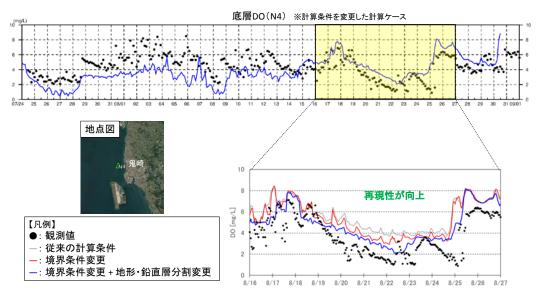


図 12 境界条件・地形・鉛直層分割の変更による再現性の改善効果(底層 DO)

3.3 計算条件の変更後の貧酸素化の再現状況

3.3.1 伊勢湾で発生する貧酸素化の再現状況

伊勢湾全域における貧酸素化の再現状況を図 13~図 14 に示す。図 13より、伊勢湾全域でのDOの鉛直プロファイルの再現性は良好と考えられる。また図 14より、湾奥部では時期によって DO の観測値と計算値が異なる場合もあるが、貧酸素が発生する時期や貧酸素水塊の厚みといった特徴については良く再現されていることがわかる。

2015年8月のDO鉛直プロファイル

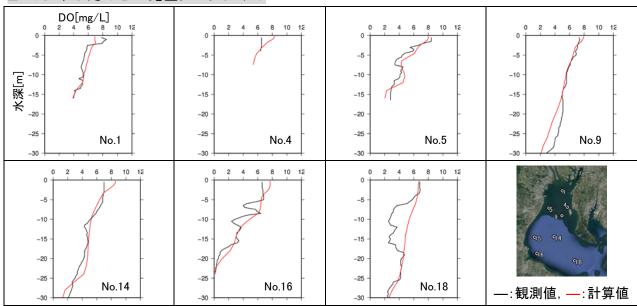


図 13 DO の鉛直プロファイルに関する比較・検証(水質調査 I との比較)

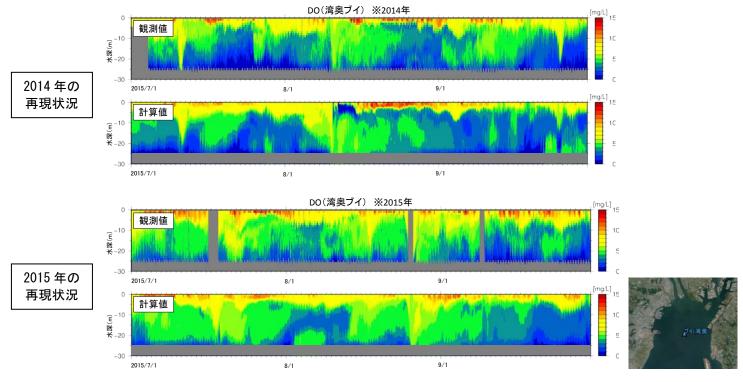


図 14 湾奥モニタリングブイでの連続観測結果との比較

3.3.2 候補地周辺で発生する貧酸素化の再現状況

候補地周辺における底層 DO の再現状況を図 15 に示す。時期によっては DO の観測値と計算値が異なる場合もあるが、変動のパターンは良く一致している。例えば 2015 年夏季の再現状況をみると、候補地周辺では小潮期の流速低下に伴って DO が低下する傾向があるが、この特徴が計算でも良く再現されていることがわかる。

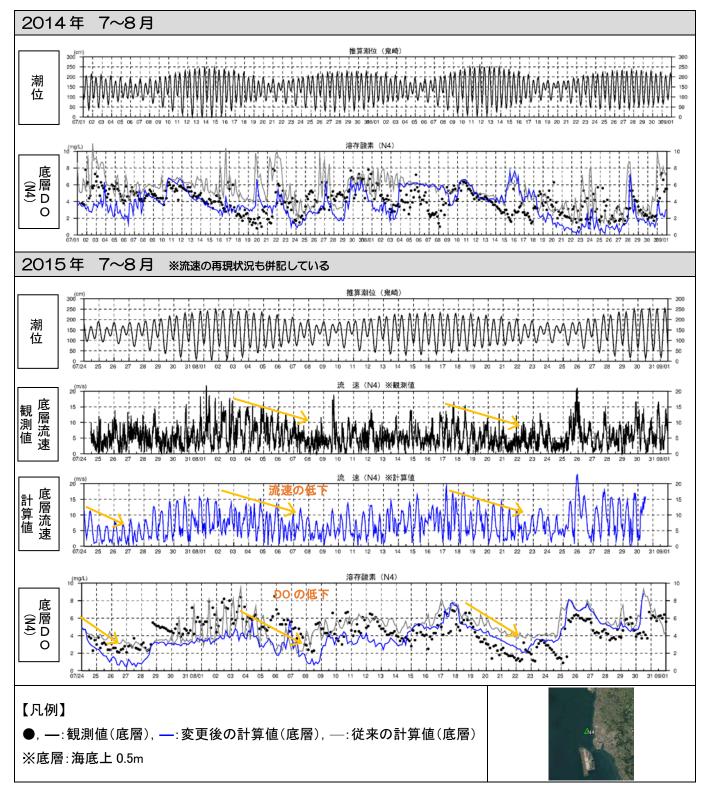


図 15 候補地周辺での底層 DO の連続観測結果との比較(水質調査IVとの比較)

3.3.3 候補地周辺における貧酸素化のメカニズム

以上の検討結果を踏まえ、候補地周辺で発生する夏季の貧酸素化のメカニズムについて、2014 年の夏季を例に解析した。候補地北側の地点 N4 における底層 DO の観測値の経時変化を図 16 に示す。N4 における底層 DO の変動の特徴として、小潮期を中心に DO の低下が起こりやすい傾向がある(例えば期間 A、B)。一方で、期間 C のように中潮から大潮期にかけて貧酸素化する事例も確認された。なお、図中には湾奥ブイにおける水深 5m、10m 層での DO の時系列を併記しているが、とくに期間 A、B は湾奥ブイの DO よりも候補地周辺の DO が低下しており、候補地周辺でのみ局地的に貧酸素化が発生している可能性がある。

期間 A~C における貧酸素化のメカニズムを推定するため、湾奥ブイとN4 における密度とDO の関係を図 17 に示すとおり整理した。期間 C をみると、湾奥ブイの散布図とN4 の散布図が類似しており、両地点での密度場・DO の変化が連動していることを示している。このことから、期間 C においては湾奥部(沖合)で発生した貧酸素水が浅い水深帯まで湧昇し、候補地北側の貧酸素化を引き起こしたものと考えられる。一方で期間 A~B は、湾奥ブイとN4 の散布図が類似せず、N4 のみで DO が低下する傾向がある。これは、候補地周辺でのみ局地的に貧酸素化が進行するメカニズムが働いているためと考えられる。

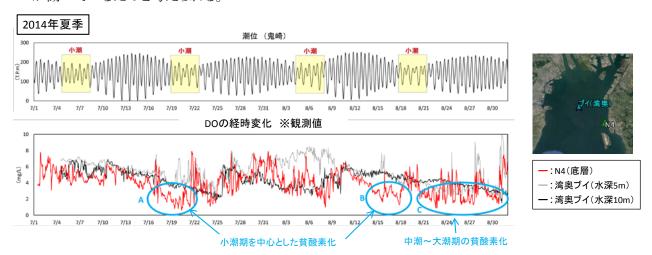


図 16 候補地北側の地点 N4 における底層 DO の経時変化

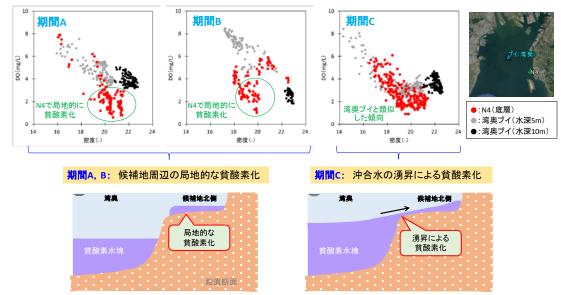


図 17 各期間における密度と DO の関係

1) 候補地周辺における局地的な貧酸素化について

候補地周辺で局地的に貧酸素化が進行するメカニズムとして、これまでの検討から図 18 に示す 2 つのパターンが考えられている。パターン①は、小潮期に候補地周辺で流れが滞留し、海水交換が悪くなることで貧酸素化が進行するパターンである。パターン②は、候補地北側の窪地で発生した貧酸素水塊が湧昇して周囲の水と混合することにより、周辺海域の DO が低下するパターンである(図 19)。

期間 A、B の貧酸素化は小潮期を中心に起こっていたことから、パターン①による貧酸素化が主たる要因と推定されるが、パターン②の影響の程度についても別途検討した。

候補地周辺で局地的に貧酸素化が起こるメカニズムパターン① 滞留による貧酸素化 パターン② 窪地からの湧昇 流れが滞留 湧昇

期間A、Bはこれに該当する?

図 18 考えられる貧酸素化のメカニズム

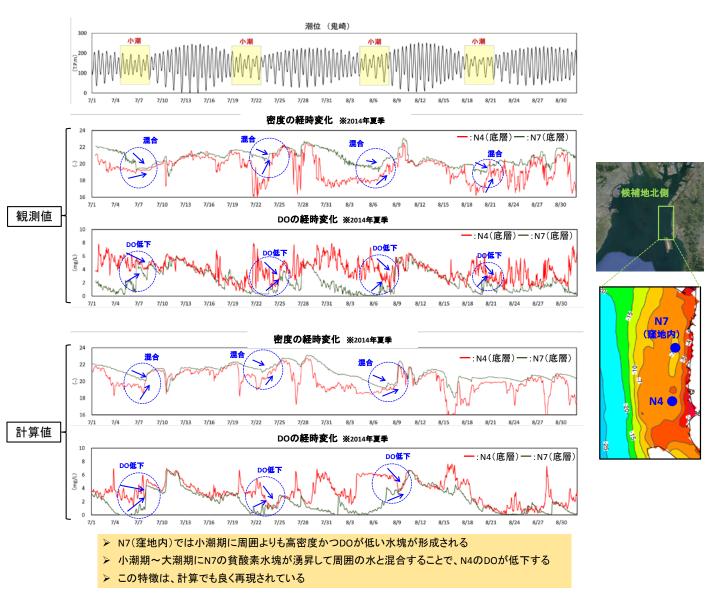


図 19 パターン②(窪地からの湧昇)による DO の低下とその再現状況

2) パターン②(窪地からの湧昇)の貧酸素化への影響について

パターン②による貧酸素化への影響を把握するため、伊勢湾シミュレーターを用いて現況から候補地北側の 窪地を無くした計算(**窪地なし**)を実施し、現況計算結果(**窪地あり**)との比較を行った。窪地あり、窪地なしの各 計算ケースにおける水深図を図 20 に、計算結果の比較を図 21 に示す。図 21 から、候補地周辺での貧酸素 化のタイミングや DO の時間変化といった特徴は、窪地の有無によりあまり変化しない。しかし、窪地なし、窪地あ りの計算値の差値をみると、**窪地の存在により候補地周辺の DO は最大 0.5mg/L 程度低下する場合がある(例** えば期間 A)。すなわち候補地周辺での局地的な貧酸素化は、パターン①(小潮期の滞留)に加え、パターン② (**窪地からの湧昇)も貧酸素化を助長する一因になっているもの**と考えられる。

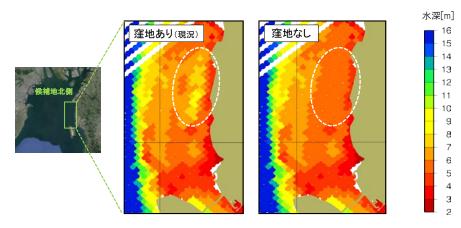


図 20 窪地あり(現況)、窪地なしにおける水深図の比較

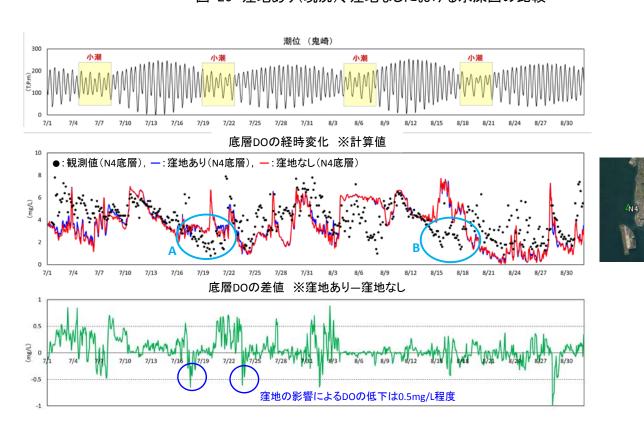


図 21 窪地あり(現況)、窪地なしにおける計算結果の比較

課題A:候補地周辺の貧酸素化の再現状況のまとめ

- ▶ モデルの改良により、候補地周辺の貧酸素化の再現性が向上した。
- ▶ 候補地周辺での貧酸素化のメカニズムについて検討した結果
 - ◆ 沖合の貧酸素水が浅い水深帯に湧昇することで候補地周辺が貧酸素化する場合
 - ◆ 候補地周辺において局地的に貧酸素化が起こる場合
 - の2種類が確認された。
- ➤ このうち、候補地周辺の局地的な貧酸素化は小潮期を中心に発生していることから、小潮期に流れが滞留し、 海水交換が悪くなることで貧酸素化が進行したものと考えられた。
- ▶ 上記に加え、候補地北側の窪地内で発生した貧酸素水の湧昇により、候補地周辺 DO の低下が助長される場合が確認された。
- ▶ 小潮期を中心とした貧酸素化は計算でも再現されており、候補地周辺における貧酸素化の主要なメカニズムについては現状の伊勢湾シミュレーターで十分再現可能と考えられた。

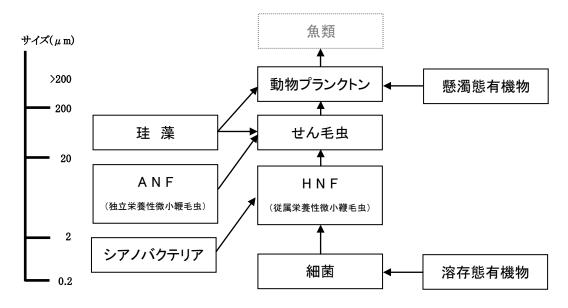
4. 課題B: 魚類の動物プランクトン摂餌量の検証

4.1 魚類の動物プランクトン摂餌量の再現手法

4.1.1 伊勢湾シミュレーターで再現する食物連鎖

伊勢湾シミュレーターでは図 23 に示す生物のサイズを踏まえた食物連鎖を再現している。植物プランクトンとして珪藻・大型珪藻(ユーカンピア)・ANF(独立栄養性微小鞭毛虫)・シアノバクテリアの 4 種(図 23 では大型珪藻は省略している)、動物プランクトンは 1 種、原生動物はせん毛虫・HNF(従属栄養性微小鞭毛虫)の 2 種、細菌としては好気性細菌の 1 種の現存量を計算している。再現にあたっては図 23 の矢印(→)で示す捕食一被食の関係を計算している。

なおモデルでは魚類については現存量自体を計算しておらず、魚類によって動物プランクトンが摂餌される量 (動物プランクトンの被食量)のみを計算している。



※伊勢湾シミュレーターは魚類の現存量自体は解析していないが、動物プランクトンの摂餌量は計算することが可能である。

図 22 浮遊生態系の生産構造の再現手法

4.1.2 モデル式と計算パラメーター(概要)

伊勢湾シミュレーターでの浮遊生態系の食物連鎖の再現手法は各生物の成長・呼吸・死亡(枯死)・被食などの現存量の増減に係るそれぞれの現象に対しモデル式を設定し、各生物の現存量の経時変化を計算するものである。再現性の検証にあたっては、植物プランクトンの成長速度や動物プランクトンの捕食速度などの計算パラメーターの調整がもっとも重要になる。本検討では既往の知見を参照しながら、観測値と計算値が整合するようにこれらの計算パラメーターの調整を行った。図 24 には設定した計算パラメーターの一部を示す。

a) 植物プランクトンの成長速度

b)動物プランクトン・原生動物・細菌 の捕食・摂取速度

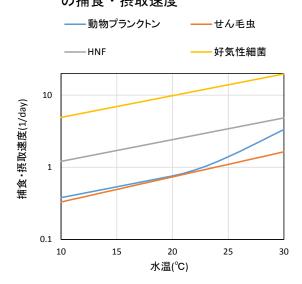


図 23 浮遊生態系を構成する生物の成長・捕食・摂取速度の設定値

4.1.3 魚類の動物プランクトン摂餌量の再現手法

魚類が動物プランクトンを摂餌する速度(=動物プランクトンの被食速度)は、下式に示すように摂餌速度が動物プランクトンの現存量の2乗に比例すると仮定した(参照:図 25 a))。ここでαは定数であるが、本検討では動物プランクトンの現存量および表3に示したカタクチイワシの摂餌量を再現できる値として、60.5を採用した。

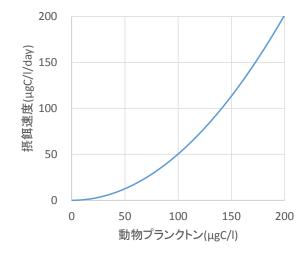
摂餌速度
$$(molC/m^3/day) = \alpha \times ZOO(molC/m^3)^2$$

 $\alpha = 60.5$

4.1.4 貧酸素水による動物プランクトンの死亡速度

動物プランクトンの貧酸素水による死亡速度は既往の知見や観測結果との整合性を鑑み、下式で再現した。 (図 25 b)) 貧酸素化による死亡速度 $(1/day) = 1.0 \times \max[0.0, (-0.4 \times DO(mg/l)]$

a) 魚類の動物プランクトンの摂餌速度



b) 動物プランクトンの貧酸素水による死亡速度

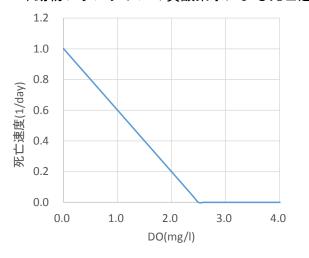


図 24 魚類の動物プランクトンの摂餌速度と動物プランクトンの貧酸素水による死亡速度

4.2 生物の現存量の再現状況

4.2.1 植物プランクトンと一次生産量の再現状況

クロロフィル a の鉛直分布の観測値と計算値との比較を図 26 に、湾奥ブイでの連続観測結果との比較を図 27 に示す。

- ・ 計算値は、クロロフィル a の経時変化・分布傾向を再現できている。
- ・ 湾奥ブイで観測された表層 DO の変動も再現しており、光合成に伴う酸素生成過程、つまり一次生産量の変化傾向も再現していると考えられる。

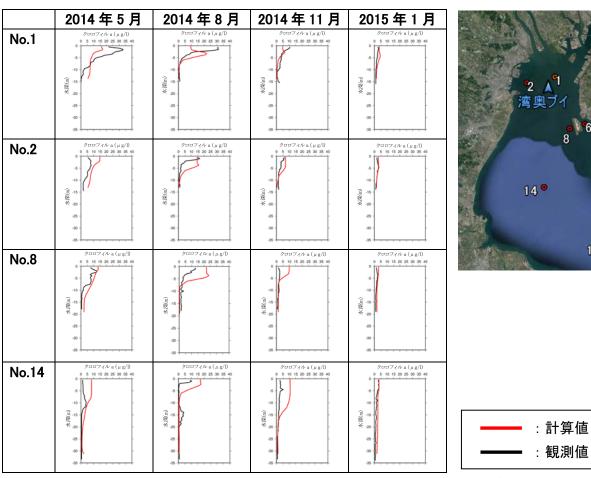


図 25 クロロフィル a の鉛直分布の観測値と計算値の比較



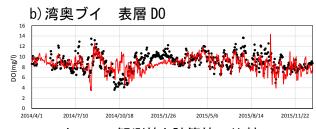
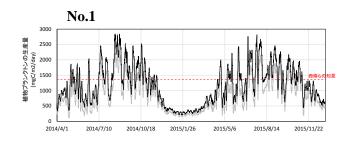


図 26 湾奥ブイでの連続的な表層クロロフィル a と DO の観測値と計算値の比較

------ :計算値 ●:観測値

植物プランクトンの総生産量と純生産量の計算値を図 28 に示す。既往の研究にて、西條ら(1978)¹が 1972~73 年にわたり伊勢湾・三河湾全域の一次生産量(総生産量)をクロロフィル a と光条件から求めた結果、伊勢湾では平均は $1.36 {\rm gC/m^2/day}$ 、三河湾は $0.78 \sim 1.78 {\rm gC/m^2/day}$ という結果を得ている。また運輸省第五港湾建設局(1997)は、伊勢湾・三河湾において、1976年から1977年にかけて明暗瓶を用いた溶存酸素法によって一次生産量(総生産量)を測定し、伊勢湾北部で $0.4 \sim 3.5 {\rm gC/m^2/day}$ 、南部で $0.5 \sim 2.0 {\rm gC/m^2/day}$ 、三河湾で $0.7 \sim 2.1 {\rm gC/m^2/day}$ 程度の値を得ている。

・ 計算値は $0.3\sim3.0$ gC/m²/day の範囲で季節変化を示し、純生産量は平均的にみると夏季に 1gC/m²/day 程度であり、既往の研究と一致する。



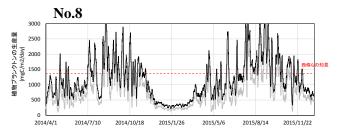


図 27 植物プランクトン(珪藻・ANF・シアノバクテリア)の総生産量と純生産量の計算値

━━━━ :総生産量 ━━━━ :純生産量

4.2.2 動物プランクトンの現存量の再現状況

動物プランクトンの現存量の観測値と計算値の比較を図 29 に示す。

計算値は動物プランクトンの経時変化・分布傾向を再現している。

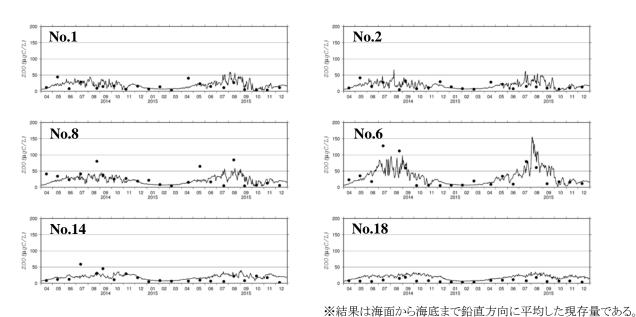


図 28 動物プランクトンの現存量の観測値と計算値の比較

[□] 西條八束・八木明彦・三田村緒佐武(1978):伊勢湾・三河湾の水質と基礎生産、沿岸海洋研究ノート、第16巻、第1号

4.3 観測されたカタクチイワシの動物プランクトン摂餌量の再現状況

表 3 は 2015 年 7 月、8 月、9 月にそれぞれ 1 回観測されたカタクチイワシの動物プランクトン摂餌量の結果である。計 3 回の観測結果を平均した動物プランクトン日摂餌量は $148 \text{mgC/m}^2/\text{day}$ であった。この観測は図 30(左)に示す測線(一)で実施された計量魚探に基づくものである。この観測値と計算された魚類の動物プランクトン摂餌量(図 30 左図の赤枠内(\square)で平均した結果)を比較し、図 30 (右)に示す。

- ・ 魚類の動物プランクトン摂餌量の観測値を計算値は再現している。
- ・ 計算値は観測値に比較して過大であるが、動物プランクトンを摂餌する魚類はカタクチイワシ以外にも 存在することから計算値は妥当であると判断した。

	1	2	①×②
	単位面積あたり個体数	1 尾あたりの日摂餌量	単位面積あたりの日摂餌
調査日	(尾/m²)	(mgC/尾/日)	量(mgC/m²/日)
2015年7月	3.3	35	116
2015年8月	1.5	41	62
2015年9月	6.5	41	267
3か月平均	3.8	39	148

表 3(再掲) 観測されたカタクチイワシの動物プランクトンの日摂餌量

- □ 計量魚探で計測された伊勢湾奥での尾数
- ② 代謝モデル(既往の知見)で推定された1尾あたりの摂餌量

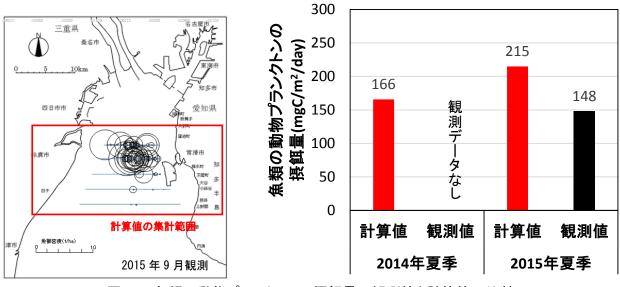


図 29 魚類の動物プランクトンの摂餌量の観測値と計算値の比較

4.4 再現された生産構造

図 30(左)の赤枠内(□)において計算された 2015 年夏季の食物連鎖を図 31 に示す。また伊勢湾内の代表地点での植物プランクトン(珪藻・ANF・シアノバクテリア)の純生産量、動物プランクトンの総捕食量(珪藻・せん毛虫・ 懸濁態有機物の捕食の合計値)、動物プランクトンの被食量の経時変化を図 32 に示す。

・ 植物プランクトンの生産量の大部分が動物プランクトンやせん毛虫に捕食され、魚類まで転送されている構造が再現されている。

魚類の総成長効率を 1/10 と仮定すると、魚類の純生産量は 21.5mgC/m²/day となり、上(1999)²
 が調査した瀬戸内海の魚類の生産量: 0~16 mgC/m²/day と概ね一致する。

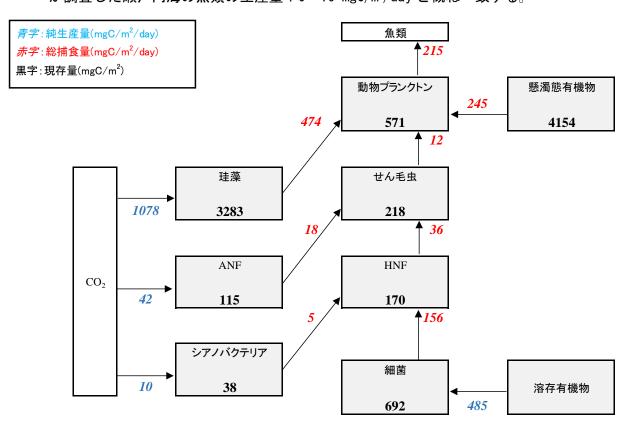


図 30 2015 年夏季(7~9 月の 3 か月間平均)において食物連鎖の再現結果

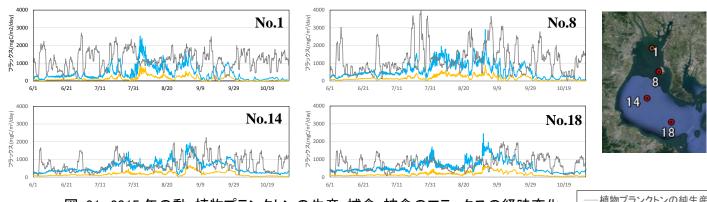


図 31 2015年の動・植物プランクトンの生産・捕食・被食のフラックスの経時変化

植物プランクトンの純生産動物プランクトンの補食量動物プランクトンの被食量

課題 B: 魚類の動物プランクトン摂餌量の再現状況のまとめ

▶ 計算パラメーターの調整およびモデルの改良により、観測されたカタクチイワシの摂餌量を再現することが出来た。伊勢湾シミュレーターは植物プランクトンから動物プランクトン・魚類に繋がる食物連鎖の予測・評価に十分に利用できるものと考えられる。

²上真一(1999):瀬戸内海の低次生産過程-プランクトンから漁業生産へ-、日本海水学会誌、vol.53、No.4、p.241-247

5. 課題C:タイラギの浮遊幼生の浮遊量の再現性向上

5.1 タイラギの浮遊幼生の浮遊量の再現手法と再現にあたっての課題

シミュレーターでの浮遊幼生の浮遊量の再現にあたっては、図 33 中の赤色吹き出しで示した 4 つの項目の計算条件を設定する必要がある。

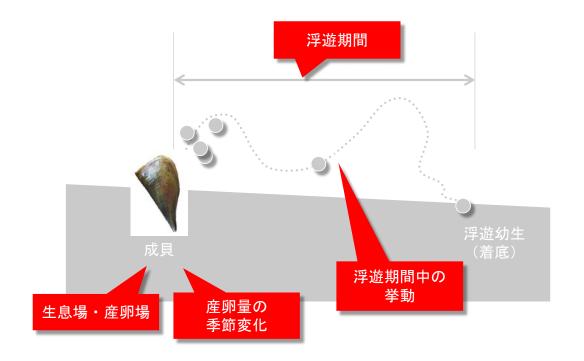


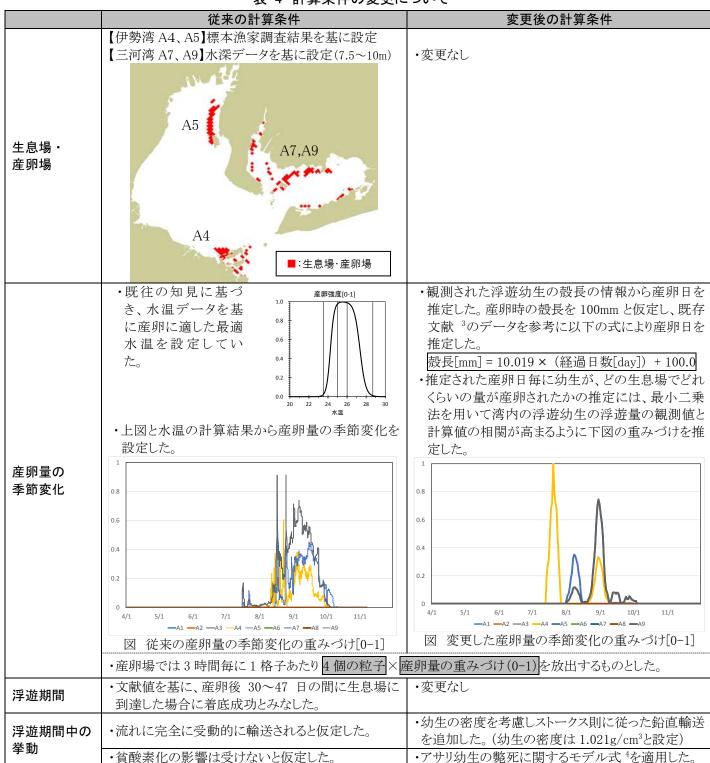
図 32 浮遊幼生の再現計算に必要な条件設定について

タイラギ浮遊幼生の浮遊量の再現上の課題は、観測値に見られた浮遊量のピークの現れ方や空間分布が十分に再現できてない事であった。再現できていない要因としては、そもそもタイラギ浮遊幼生の浮遊量がアサリなどに比べて少ないこと、また**既往の知見で言われている産卵に適した水温帯ではない時期に産卵しており、さらにそれは伊勢湾内の生息場ごとにも異なっていることが考えられた。**

5.2 計算条件の変更

これまで水温の情報を基に産卵日を決定していたが、殻長の情報を基に産卵日を決定する手法に変更した(表4)。変更により産卵量の季節変化は、より短期間にかつ場所別の差異が明確となった。

表 4 計算条件の変更について



³大橋智志・藤井明彦・鬼木浩・大迫一史・前野幸男・吉越一馬(2008):タイラギ浮遊幼生および着底稚貝の飼育(予報),水産増殖,56(2),181 – 191 ⁴蒲原聡・山田智・曽根亮太・堀口敏宏・鈴木輝明(2013):貧酸素水塊がアサリ浮遊幼生の遊泳停止と沈降後のへい死に及ぼす影響.水産海洋研究,77(4),282-289.

5.3 浮遊幼生の再現状況

浮遊幼生の浮遊量の再現状況として、浮遊幼生の浮遊量の経時変化に関する観測値と計算値の比較を図 34 に、浮遊量の観測値と計算値の相関図を図 35 に示す。

湾奥部の8月中旬のピークの現れ方(例えば St.46、St.48、St.49)や、湾央部での9月以降の幼生の増加(例えば St.17)について、的確にとらえることができるようになった。

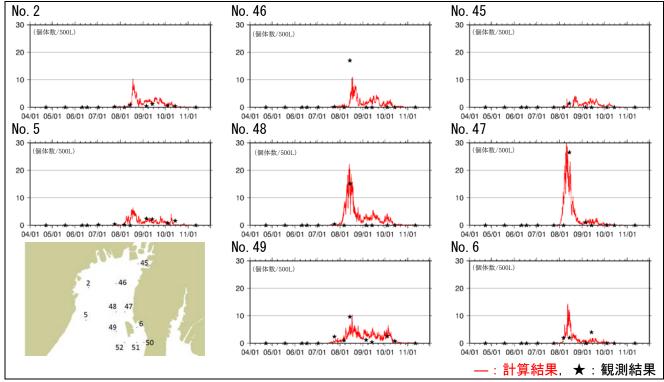
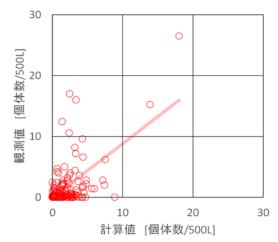


図 33(1) 浮遊幼生浮遊量の再現性 (タイラギ、単位:個体数/500L)



※比較に当たっては計算値を7日間の移動平均処理を行った。

図 34 タイラギの浮遊幼生の浮遊量の観測値と計算値の相関性

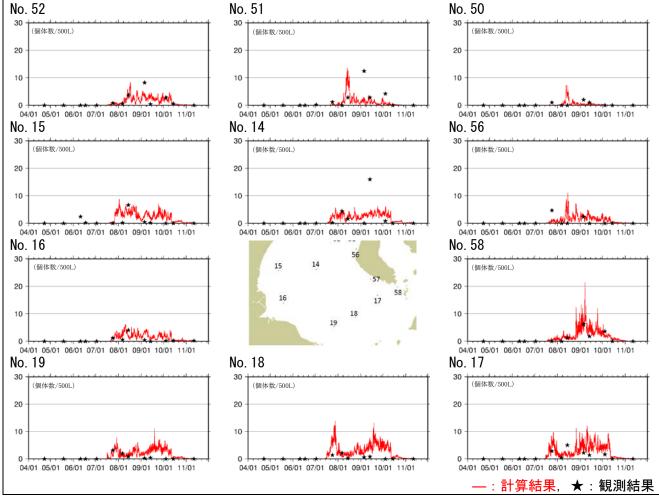


図 34(2) 浮遊幼生浮遊量の再現性 (タイラギ、単位:個体数/500L)

課題C:タイラギ浮遊幼生の浮遊量の再現性向上

- ▶ タイラギの浮遊幼生の時空間的な出現状況を再現できていることが確認できた。
- ▶ シミュレーターは湾内のタイラギの浮遊幼生の挙動の予測・評価に十分に利用できるもの考えられる。

5.4 タイラギの浮遊幼生の湾内のネットワークについて

計算で得られたタイラギ浮遊幼生のネットワークを図 36 に示す。生息場は大きく分けて 3 か所あるが、生息場間で浮遊幼生の交流があるものと推定された。候補地北側の生息場(表 4 における A5)では、他の 2 か所の生息場からの浮遊幼生の供給が大きく、次いで自身の生息場からの供給が大きい。ただし、他の海域へ浮遊幼生を供給するという役割は相対的に大きくない特徴があった。

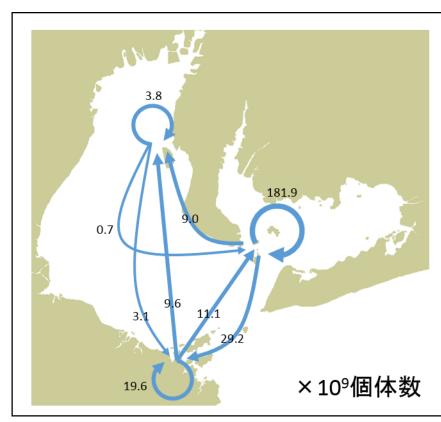


図 35 タイラギ浮遊幼生の湾内のネットワークの計算値(年間値)

6. 予測・評価に用いる伊勢湾シミュレーターの再現性のまとめ

これまで実施した再現状況の検証作業を踏まえ、漁業影響評価にあたり伊勢湾シミュレーターによって定量的な予測・評価が可能な項目 $(① \sim ⑦)$ を表 5に示す。

表 5 伊勢湾シミュレーターで予測・評価が可能な項目

表 5 伊勢湾ンミュレーターで予測・評価かり能な項目 			
予測項目	伊勢湾シミュレーターで再現する現象		
 流れ 	・潮汐、風(吹送流)や海水の密度差(密度流)によって生じる伊勢		
i) »itat	湾内の日々の流れ		
② 水温・塩分	・流れ、気象状況、外洋水質に応じた、伊勢湾内の日々の水温・塩分		
② 小温•塩刀	の状況		
	・流れに加え、動・植物プランクトン、原生動物、細菌などの生物活		
3 DO	動や硫化物の酸化・還元などの化学反応に応じた、伊勢湾内の日々		
	のDOの状況		
	・流れ、気象状況や水質、捕食者(動物プランクトン、原生動物)に		
④ 植物プランクトン	応じた、伊勢湾内の日々の植物プランクトン量(クロロフィル a)		
	の状況		
	・流れ、水質、植物プランクトン、捕食者(魚類)に応じた、伊勢湾		
	内の日々の動物プランクトン量(クロロフィル a)の状況		
⑤ 動物プランクトン	※伊勢湾シミュレーターでは、動物プランクトンの種組成の変化の予		
	測できない		
② 光美炸油车	・流れに加え、生化学反応に応じた、伊勢湾内の日々の栄養塩濃度の		
)栄養塩濃度	状況		
	・流れに加え、海水の水温・塩分やDOに応じた、伊勢湾内の二枚貝		
	浮遊幼生の浮遊、着底の状況		
⑦ 二枚貝類浮遊幼生の浮遊量	※浮遊中の幼生の貧酸素化による斃死以外の減耗については考慮し		
	ていない。		