資料 2

伊勢湾シミュレーターを用いた流れや水質の変化に伴う

影響の予測評価について

目次

1.	伊勢湾シミュレーターを用いた流れや水質の変化に伴う影響の予測評価について
2.	伊勢湾シミュレーターの予測条件
	2.1 計算条件の設定(概要)
3.	伊勢湾シミュレーターによる計算結果の再現性
	3.1 流況の再現性
	3.2 水温・塩分の再現性
	3.3 動・植物プランクトンの再現性
	3.4 栄養塩の再現性
	3.5 貧酸素水塊の再現性
	3.6 アサリの浮游幼生の浮游量の再現性

平成 29 年 2 月

•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•••	•		1
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•••	•		1
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•		1
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•		2
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•		2
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•		3
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	4	4
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	ļ	5
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•••	•	(9
•		•			•			•	•	•	•	•	•	•	•								•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•]		1

1. 流れや水質の変化に伴う影響の予測評価について

図 1.1 に示すように、埋立てに伴う流れや水質の変化に伴う影響の予測には伊勢湾シミュレーターによる予測結果 を用いる。伊勢湾シミュレーターでは主として伊勢湾内の「流れの変化」、「水温・塩分の変化」、「動植物プランクトン の変化」、「栄養塩の変化」、「溶存酸素(DO)の変化」、「浮遊幼生の漂流状況・着底量の変化」を予測の対象とする。 これらの予測結果を用いて、重要漁業生物の資源量に与える影響の評価を行う。

本資料では伊勢湾シミュレーターを用いた伊勢湾内の流れ、水質等の再現手法ならびに再現状況を示す。



図 2.1 予測に用いた計算格子と候補地周辺の地形表現(現況の地形)

2. 伊勢湾シミュレーターの予測条件

埋立て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」、「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、溶存酸素、動物プランクトンの現存量と 魚類への転送量、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、計算結果の再現性の検証を行ってきた。

2.1 計算条件の設定(概要)

予測に用いる計算格子と候補地周辺の地形を図 2.1 に示す。また計算条件の一覧を表 2.1 に示す。



図 1.1 漁業影響評価における伊勢湾シミュレーターの用途

3. 伊勢湾シミュレーターによる計算結果の再現性

伊勢湾シミュレーターを用いて現況の伊勢湾の流れ・水質を再現した計算結果と観測結果を比較することで、伊勢 湾シミュレーターの再現状況(予測精度)を確認した。

3.1 流況の再現性

2014年の5月~11月における平均流況の再現結果を図 3.1に示す。上下層および季節による流速の違いな どが計算でも良く再現されている。



表 2.1 伊勢湾シミュレーターの計算条件の一覧

	I	頁目	設定方法								
計算	時期		2014年2月~2017年3月の3か年(2014年2~3月は助走期間) ※本資料では中間とりまとめとして、2014年、2015年の再現性を紹介								
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:海上保安庁発行海辺(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 (湾口)	潮位	長周期成分を含む主要 14 分潮(Sa、Ssa、Mm、MSf、Mf、Q ₁ 、O ₁ 、P ₁ 、S ₁ 、K ₁ 、N ₂ 、M ₂ 、S ₂ 、 K ₂)の潮汐を与えた。								
流動		水温・塩分	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。								
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	Smagorinsky(1963)の方法により設定した。								
		/拡散係数									
		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。								
74	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。								
小質 予 測	浮遊系での生	E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 原生動物・9種(繊毛中 HNE)								
	初期値		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	<u> </u>	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。								

2014 年 8 月における M₂分潮とS₂分潮の潮流楕円の再現結果を図 3.2 に示す。潮流の向き・大きさ、上下層の 流速の違いなどが計算でも良く再現されており、潮流の再現性は良好である。

3.2 水温・塩分の再現性

伊勢湾内で連続観測が行われている湾奥および湾央のモニタリングブイにおける水温・塩分の季節変化の再現 結果を図 3.3 に示す。伊勢湾全域において、水温・塩分の再現性は良好である。

上層 下層 中層 M2分潮 M2分潮 M2分潮 20cm/s 20cm/s 20cm/s M₂分潮 Q -m -m tre 上層 中層 下層 S2分潮 S2分潮 S2分潮 20cm/s 20cm/s 20cm/s S₂分潮 Q () m 上層:海面下 2m, 中層:海面下 5m(No.1-2,5,15), 海面下 10m(No.54) 下層:海面下 10m(No.1-2,5,15), 海底上 1m(No6,10,53), 海面下 17.5m(No.54) 図 3.2 2014 年 8 月(1 か月)の潮流楕円の再現性

湾奥ブイ ※水温・塩分の再現性 水温(湾奥) 04/01 12/01 2014 2015 塩分 (湾奥) 04/01 05/01 06/01 07/01 08/01 12/01 01/01 02/01 03/01 11/0 2014 2015 湾央ブイ ※水温・塩分の再現性 水温(湾央) 20 15 07/0 塩分(湾央)

図 3.3 水温・塩分の再現性(伊勢湾モニタリングブイとの比較)

【潮流楕円(主要4分潮)】





3.3 動・植物プランクトンの再現性

クロロフィル a の鉛直分布の再現結果を図 3.4 に示す。クロロフィル a の経時変化・分布傾向の再現性は 良好である。

つぎに植物プランクトンの総生産量と純生産量の計算値を図 3.5 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 1.36gC/m²/day、三河湾は 0.78~1.78gC/m²/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、1976~1977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 0.4~3.5gC/m²/day、南部で 0.5~2.0gC/m²/day、三河湾で 0.7 ~2.1gC/m²/day 程度の値を得ている。計算結果は 0.3~3.0gC/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整合した結果である。





動物プランクトンの現存量の再現結果を図 3.6 に示す。動物プランクトンの経時変化・分布傾向の再現性 は良好である。



■ :計算値 ●:観測値	
--------------	--

¹ 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

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と計算された魚類の 動物プランクトン摂餌量(図 3.7 左図の赤枠内(□)で平均した結果)を比較し、図 3.7(右)に示す。計算結果は観 測結果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 結果による魚類の動物プランクトンの摂餌量は妥当であると考えられる。

3.4 栄養塩の再現性

DIN

溶存態無機窒素(DIN)と溶存態無機リン(DIP)の再現結果を図 3.8 に示す。計算結果は季節変化や上下層での 濃度の違いなどよく再現しており、栄養塩濃度の再現性は良好である。



図 3.7 魚類の動物プランクトンの摂餌量の再現性







5

3.4.1 冬季の栄養塩を再現するために行った伊勢湾シミュレーターの改良

1) 冬季の植物プランクトンの発生メカニズムの検討

図 3.9 には候補地に近い地点 9 における 2014 年度の月別のクロロフィル a の鉛直分布を示すが、クロロフィ ル a の極大値は冬季(2 月)に確認された。このとき、発生した植物プランクトンはスケレトネマであったが、栄養塩 は植物プランクトンに利用され枯渇した。

このように冬季の栄養塩濃度の評価にあたって、大きな変化を及ぼす冬季の植物プランクトンの発生を予測す る必要がある。



冬季に発生する植物プランクトンの発生予測にあたり、その発生メカニズムを観測結果より推定した。図 3.10 は 2014 年度と 2015 年度の冬季における全観測地点での水温とクロロフィル a および水温とせん毛虫の現存量の関 係を示したものである。水温の低下、とくに水温が 10℃を下回った時点から、クロロフィル a と水温に負の相関がみ られ、水温が低い地点ほどクロロフィル a が高い傾向にあった。せん毛虫についても同様の傾向が確認された。 このことから推測すると、図 3.11 に示すように水温が 10℃以下に低下すると植物プランクトンやせん毛虫の捕食 者である動物プランクトン・魚類等の捕食活動が急速に低下し、結果として被食者の現存量が増加したものと考えら れる。



図 3.10 2014 年度と 2015 年度における冬季の水温と微生物の関係性(水深 0~5m の平均値)



図 3.11 冬季の植物プランクトンの発生メカニズムの仮説

2) 冬季の植物プランクトンを再現するための伊勢湾シミュレーターの改良

図 3.12の仮説を踏まえて、冬季の植物プランクトンの発生を再現するために、下記の2点の仮説を設け、伊 勢湾シミュレーターの改良を行った。

I については図 3.12(1)に示すように水温 10℃以下になると動物プランクトンの捕食速度が低下するよう式 (1)を適用した。・同様の考え方で呼吸速度も10℃以下で低下するよう設定した。

捕食速度 =
$$\alpha \times epx(\beta \cdot T) \times \min\left(1.0, \frac{1.0}{0.7 \times (T-10)}\right)$$
式(1)

ここで α は 0℃での捕食速度、β は温度係数、T は水温である。II は動・植物プランクトンの死亡速度には高 次生物による被食死亡も含まれていると考え、この被食死亡も 10℃以下で急速に低下すると仮定したものであ り、図 3.12(2)に示すように式(1)と同じく水温 10℃以下で減衰するよう設定した。



図 3.12(1) 低水温時の動物プランクトンの活性低下を表現したモデル式(---:変更式)



3) 改良したシミュレーターによる冬季の栄養塩濃度とクロロフィル a の再現性 改良した伊勢湾シミュレーターによって再現された 2014 年冬季のクロロフィル a と観測結果の比較を図 3.13 に示す。改良によって植物プランクトンが冬季に発生する状況が再現できるようになったことがわかる。 つぎに図 3.14には同時期の溶存態無機窒素および溶存態無機リンについて計算値と観測値の比較を示す が、2月の植物プランクトンの発生に伴って栄養塩が枯渇した状況がよく再現されている。



図 3.13 表層クロロフィル a の再現性





4) 知多半島沿岸の再現性

知多ノリ研究会より提供を受けた。

図 3.14 表層の栄養塩濃度の再現性(上段:DIN、下段:DIP)

図 3.15 には候補地周辺の溶存態無機窒素、溶存態無機リンの経時変化に ついて、観測値と計算値を比較したものであるが、2015年2月に栄養塩が枯渇 した状況も含め計算結果は観測結果をよく再現している。なお本観測値は

※観測データの出典:知多/リ研究会

3.5 貧酸素水塊の再現性

モニタリングブイにおける溶存酸素(DO)の再現状況を図 3.16 に示す。湾央ブイ、湾奥ブイとも、夏季における 貧酸素水塊の発生時期やその厚み等の特徴を良く再現していることがわかる。

また漁業生物への影響を評価する上では、底層貧酸素水塊の分布の再現性も重要となるため、図 3.17 に底層 における貧酸素水塊の平面分布の再現状況を整理した。2014 年、2015 年とも、貧酸素水塊の拡大や消滅などの 季節的な変化の特徴は概ね再現できている。

しかしながら2014年8月24日および9月9日については、計算結果は底層が過剰に貧酸素化する結果となっ ていた。一部に底層における貧酸素水塊の分布の再現性が十分でない時期があることがわかる。

図 3.17 底層における貧酸素水塊の再現性

3.5.1 底層における貧酸素水塊の平面分布が再現できない時期に関する考察

貧酸素水塊の分布の再現性が十分でない時期(2014 年夏季)に着目し、その原因を考察した。図 3.18 は、 2014年8月24日の底層密度および底層DOの平面分布の観測値である。図 3.18から、観測では伊勢湾湾口か ら空港島にかけて周辺よりも高密度かつ高い DO 濃度の水塊がみられており、これは外洋水が湾口部から湾内の 底層に侵入した可能性を示唆している。

また、図 3.19は2014年7~9月の密度の再現状況(湾奥ブイ)を示している。観測値では、8月下旬~9月にか けて下層密度が上昇し、外洋水の底層への侵入を示唆しているが、計算結果はこの現象を再現できていないこと がわかる。外洋水の侵入は湾内の貧酸素水塊の分布に大きく影響するため、外洋水の底層侵入の再現性が十分 でない場合には、底層 DO の分布の再現性も低下するものと考えられる。

外洋水の底層侵入の再現には開境界における外洋水の密度の時間変化を適切に設定する必要がある。しかし 図 3.20 に示すように、開境界付近では利用できる観測データが月1回程度と少ないため、外洋水の侵入につ いては現状の観測結果(境界条件)では、これ以上の再現性の向上(底層 D0 の分布のさらなる再現性向上) は困難と考えられる。

図 3.18 2014 年 8 月 24 日の底層密度および底層 DO の平面分布

図 3.20 (参考)開境界での水温・塩分の設定に使用した沿岸定線 A10 の水温データ

3.6 アサリの浮遊幼生の浮遊量の再現性

アサリを対象にした浮遊幼生の漂流状況の再現にあたり設定した計算条件を表 3.1 に示す。アサリの浮遊幼 生の浮遊量の計算結果と観測結果の比較を図 3.21 に示すが、計算結果は観測で得られた浮遊幼生の浮遊 量の季節変化や地点による違いをよく再現している。

²楠田哲也編著(2012):蘇る有明海―再生への道程,恒星社厚生閣, p.161

図 3.21 アサリの浮遊幼生の浮遊量の再現性(★:観測結果、--:計算結果)

³鳥羽光晴(1992):アサリ幼生の成長速度と水温の関係、千葉水試技報、50、17-20

⁴平成19 年度 特殊案件等環境影響審査調査(三河港陣野西地区埋立事業に係る環境影響基礎調査)報告書、平成20 年3 月、いであ株式会社

⁵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.

再現された伊勢湾におけるアサリ浮遊幼生の漂流ネットワークを図 3.22 に示す。伊勢湾内に着底するアサリ幼 生は愛知県沿岸、三重県沿岸漁場で湾を横断するやりとりが大きく、さらに三河湾から供給される量も大きいことが わかる。とくに知多半島南部漁場(表 3.1 中の A6)、三重県の津・松坂地先(表 3.1 中の A4)は三河湾からの供給 量が多い。

図 3.22 再現されたアサリの浮遊幼生の漂流ネットワーク