

第2回 伊勢湾漁業影響調査委員会

資料 3

伊勢湾シミュレーターの再現状況

目次

1. 検討の目的.....	1
2. 伊勢湾(広域)での流況・水質等の再現性の検証	1
2.1 計算条件について.....	1
2.2 検証項目の一覧.....	1
2.3 検証結果(計算結果と調査結果の比較)	2
2.4 伊勢湾(広域)での再現性の検証結果と今後の課題.....	12
3. 第1回委員会において指摘された課題の再現性の検証	13
3.1 候補地周辺浅海域で発生する貧酸素水塊について.....	13
3.2 アサリ浮遊幼生の挙動(浮遊量・着底量)の再現性.....	16

平成 26 年 11 月 13 日

いであ・全国水産技術者協会 設計共同体

1. 検討の目的

平成 26 年 4 月より開始された伊勢湾での調査結果を活用し、**伊勢湾シミュレーターの再現性（予測精度）を検証することを目的とする。**また図 1 に示す2点の**第 1 回委員会**で指摘された事項について、**観測結果を基に発生メカニズムの把握・モデルによる再現性の検証**を行う。

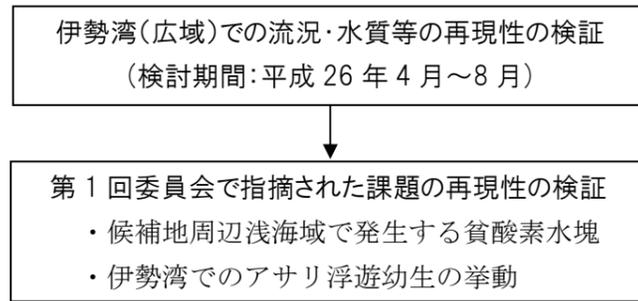


図 1 検討内容

2. 伊勢湾(広域)での流況・水質等の再現性の検証

2.1 計算条件について

検証に用いた計算格子を図 2 に示す。伊勢湾(広域)での再現性の検証にあたっては、**計算パラメーター・計算条件の最適化のための試行計算にかかる作業時間を勘案して**水平方向に 800m の正方格子を用いた。計算期間は**平成 26 年 2 月から平成 26 年 8 月**とし、計算初めの約 2 カ月は助走期間とした。計算条件の詳細は資料編に示した。

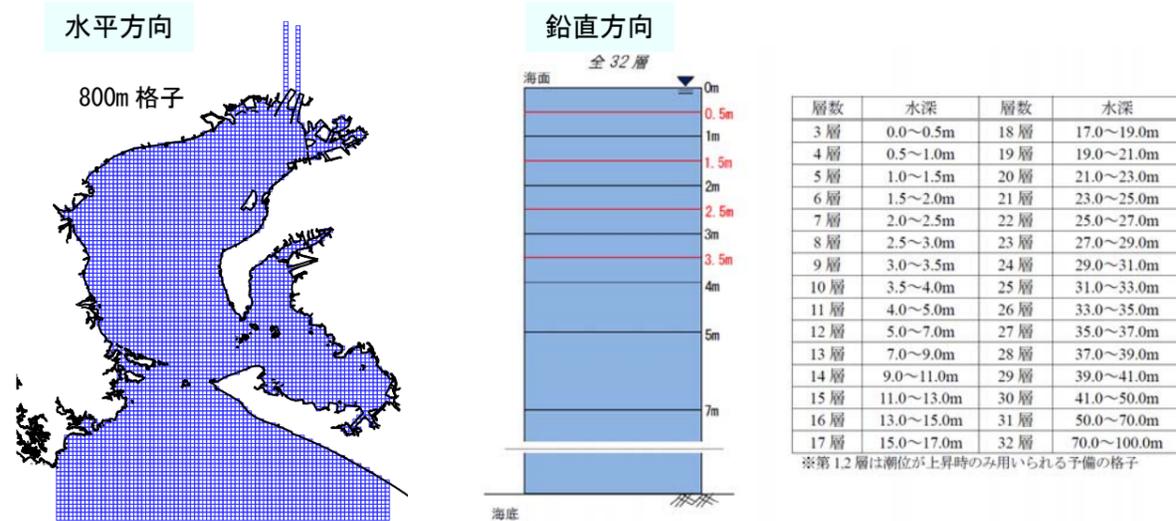


図 2 検討に用いる計算格子(左:水平方向、右:鉛直方向)

2.2 検証項目の一覧

伊勢湾(広域)での流況・水質等の再現性の検証にあたり、観測結果と計算結果の比較項目の一覧を表 1 に示す。

表 1 比較・検証項目の一覧

調査区分	調査項目	略称	単位	検証項目	2014																		
					April 15	1→13	14	15	16	17→31	June 13	1→12	13	14→31	1→17	18	19	20→23	24	25→31			
流況調査 (5.8,11,2月各30昼夜)	流向	—	°	●																			
	流速	—	cm/s	●																			
	水温	—	°C	●																			
水質調査 I (毎月1回)	塩分	—	—	●																			
	水温	T	°C	●																			
	塩分	S	—	●																			
	溶存酸素	DO	mg/l	●																			
	濁度	—	度	—																			
	透明度	—	—	—																			
	水色	—	—	—																			
	クロロフィルa	Chl-a	μg/l	●																			
	水素イオン濃度	pH	—	—																			
	光子量(相対光子量)	—	%	—																			
水質調査 II (毎月1回)	全有機炭素	TOC	—	●																			
	溶存有機炭素	DOC	—	●																			
	懸濁有機炭素	POC	—	—																			
	化学的酸素要求量	COD	—	—																			
	全窒素	T-N	—	●																			
	懸濁有機窒素	PON	—	—																			
	溶存有機窒素	DON	—	●																			
	亜硝酸態窒素	NO ₂ -N	—	●																			
	硝酸態窒素	NO ₃ -N	—	●																			
	アンモニア態窒素	NH ₄ -N	—	●																			
	全リン	T-P	—	●																			
	リン酸態リン	PO ₄ -P	—	●																			
	懸濁有機リン	POP	—	●																			
溶存有機リン	DOP	—	●																				
水素イオン濃度	pH	—	—																				
ケイ酸態ケイ素	SiO ₂ -Si	—	—																				
水質調査 III (5.8,11,2月各1回)	クロロフィルa	Chl-a	μg/l	●																			
	フィオフィチン	—	—	—																			
	全菌数	—	細胞/ml	●																			
	浮遊物質	SS	mg/l	—																			
水質調査 IV (7~9月 90日間連続)	強熱減量	VSS	mg/l	—																			
	水温	T	°C	—																			
沈降・堆積量調査 (5.8,11,2月各1昼夜)	塩分	S	—	—																			
	溶存酸素	DO	mg/l	—																			
	浮遊物質	SS	g/(day·m ²)	—																			
生物調査①	懸濁有機炭素	POC	mg/(day·m ²)	●																			
	懸濁有機窒素	PON	mg/(day·m ²)	●																			
生物調査②	懸濁有機リン	POP	—	●																			
	動物プランクトン(毎月1回)	ZOO	mg·C/l	●																			
	微細植物プランクトン(年4回)	PHY	—	●																			

●: 計算結果と比較・検証を行った調査項目 ■: 調査日

2.3 検証結果(計算結果と調査結果の比較)

2.3.1 潮流楕円の比較

5月に行われた流況調査により得られた潮流楕円(主要4分潮)について計算結果と比較し、図3に示す。

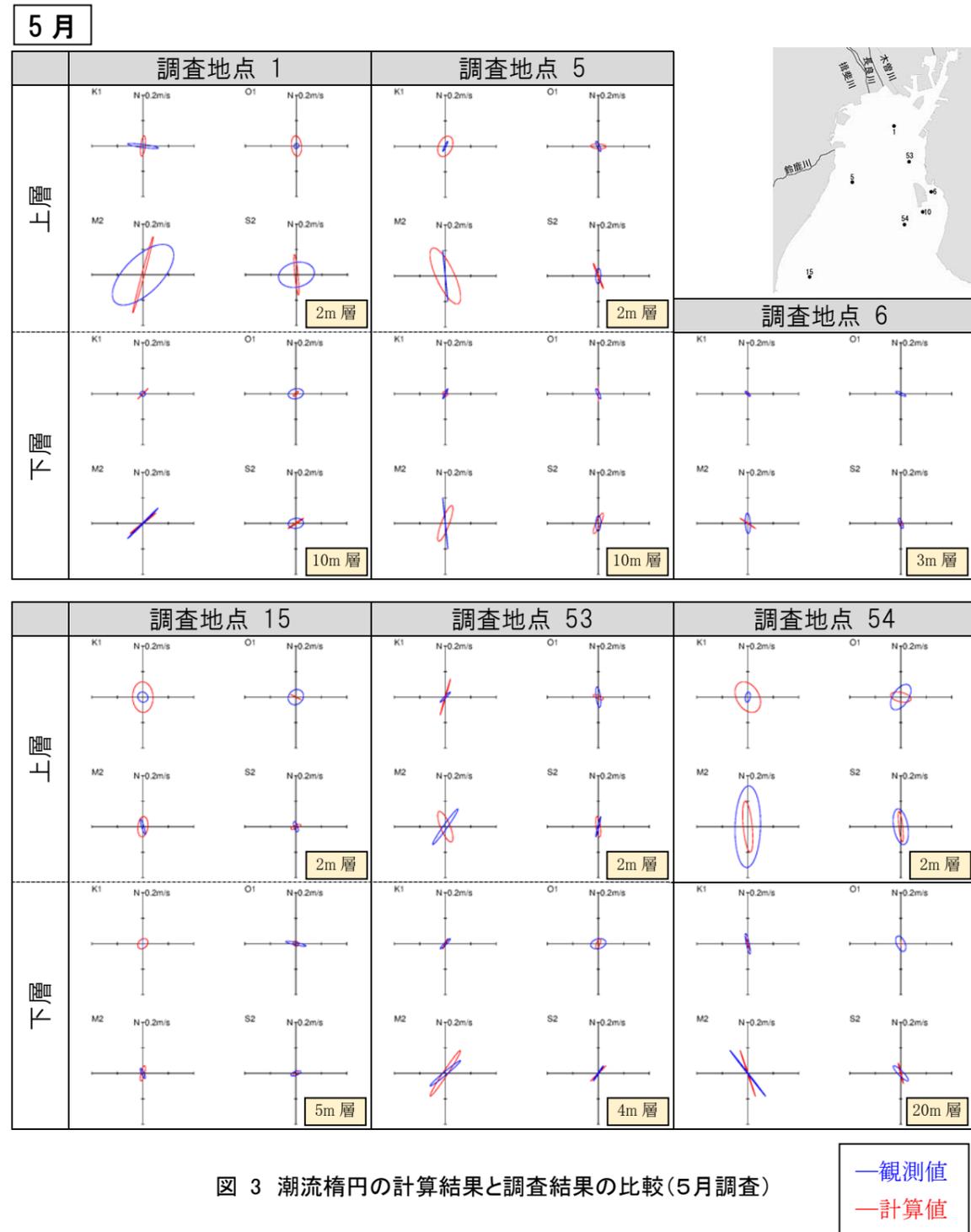


図3 潮流楕円の計算結果と調査結果の比較(5月調査)

潮流楕円：潮流の向き、大きさは概ね一致している。

2.3.2 平均流の比較

5月と8月に行われた流況調査により得られた平均流(恒流:ベクトル平均)について計算結果と比較し、図4に示す。

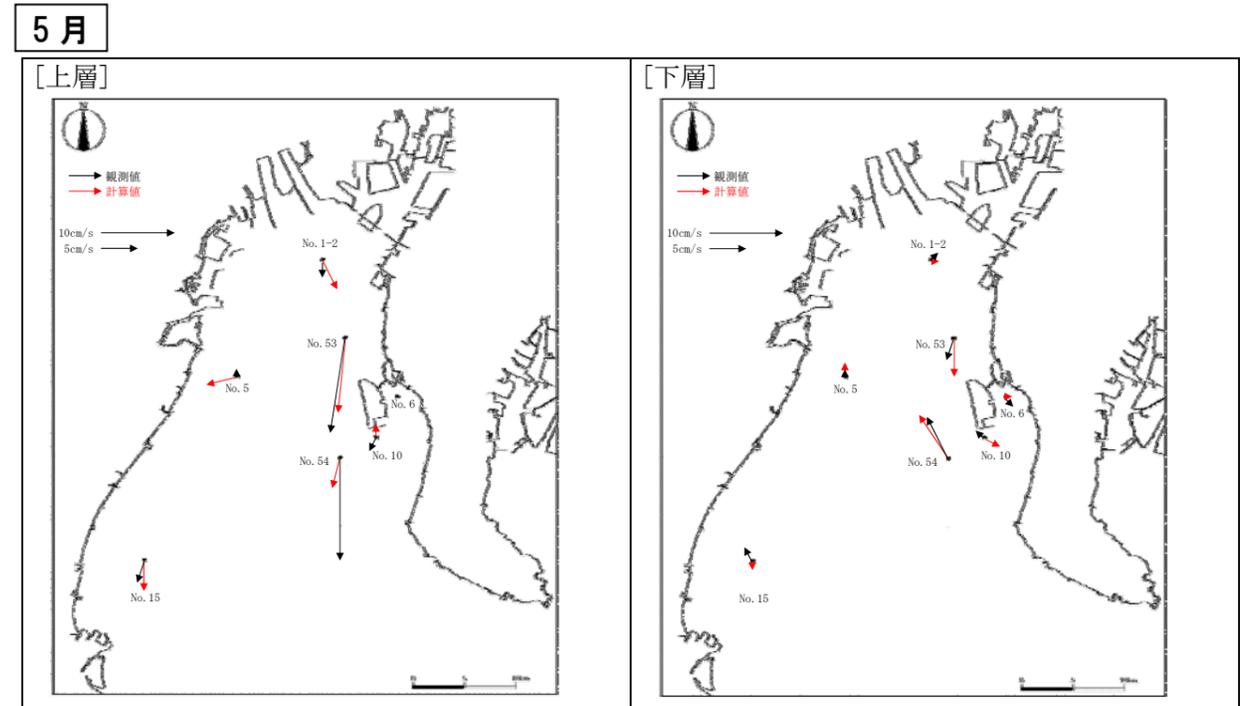
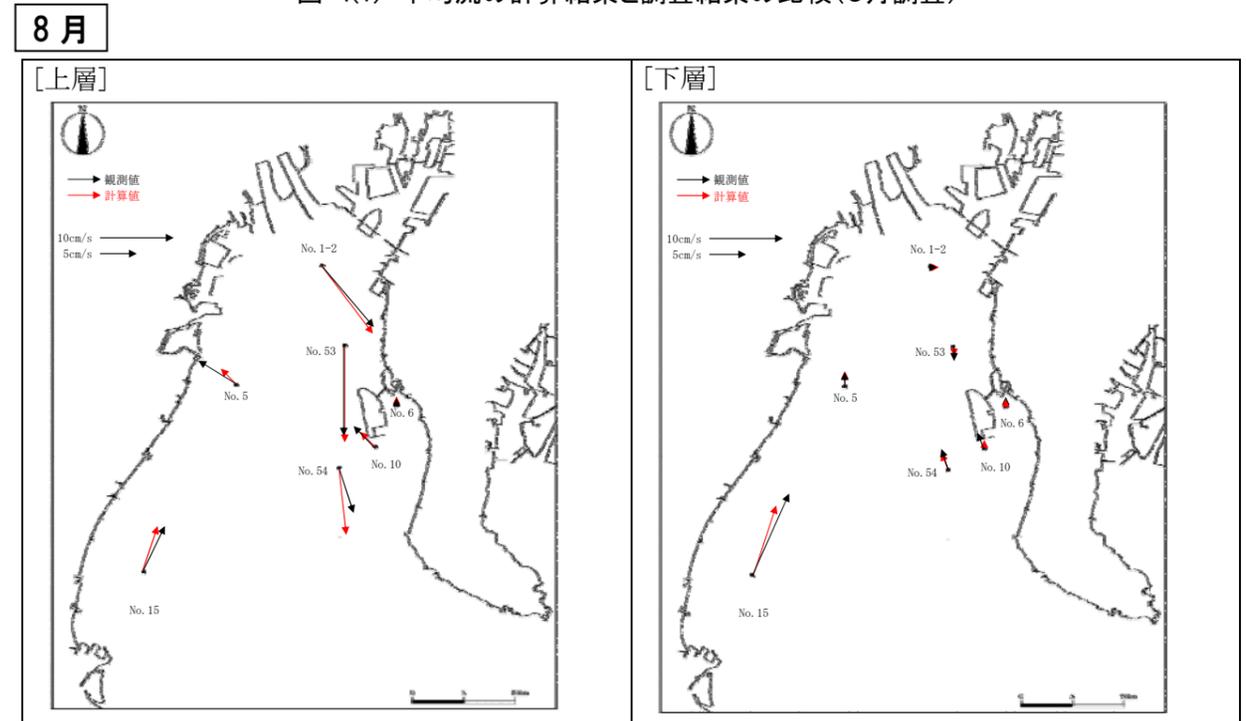


図4(1) 平均流の計算結果と調査結果の比較(5月調査)



上層は全地点ともに海面下2m、下層はNo.54では海面下17.5m、No.6・10では海底上1m、残りの地点は海面下10mである。

図4(2) 平均流の計算結果と調査結果の比較(8月調査)

平均流：伊勢湾(広域)で概ね一致している。空港島周辺は今後計算格子を細分化し再現性の向上を図る。

1) 水温・塩分の連続観測結果との比較

流況調査で観測された8月の水温・塩分の経時変化について計算結果と比較し図5に示す。

8月

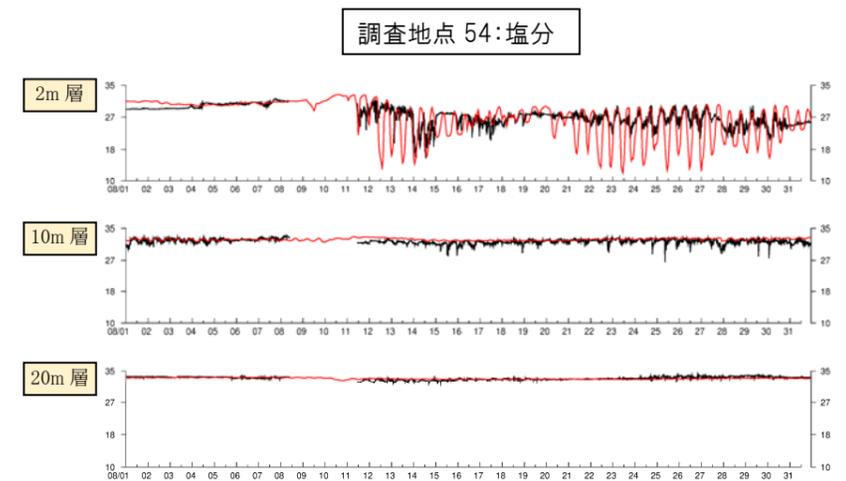
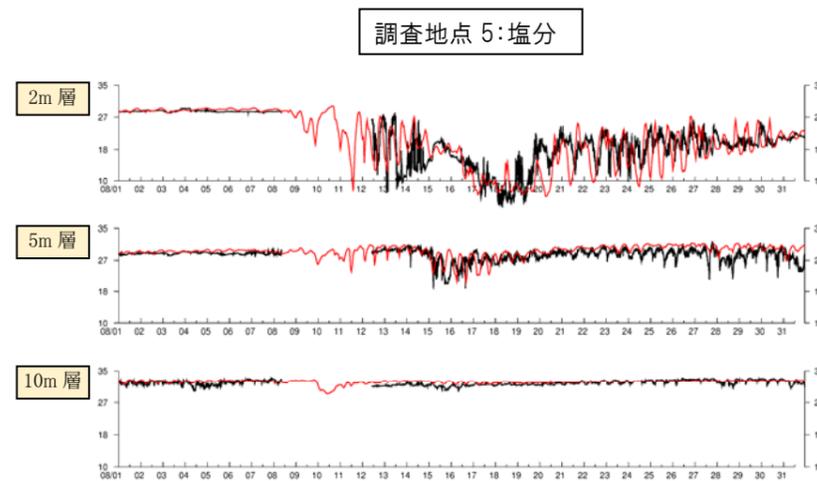
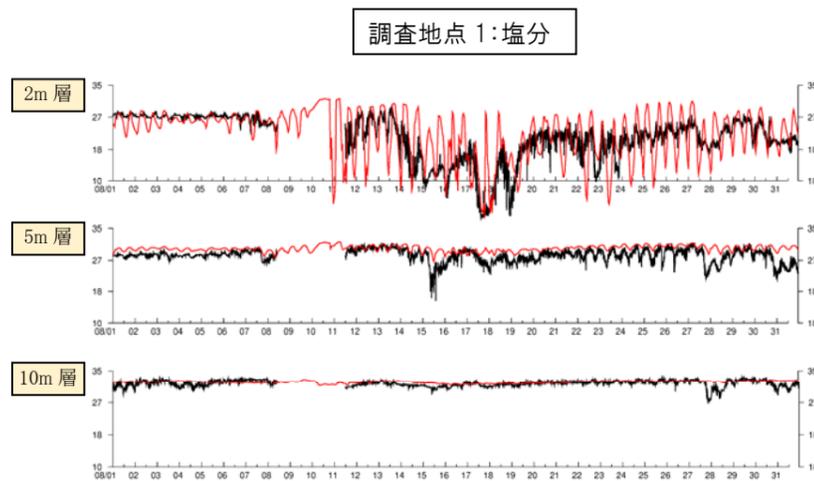
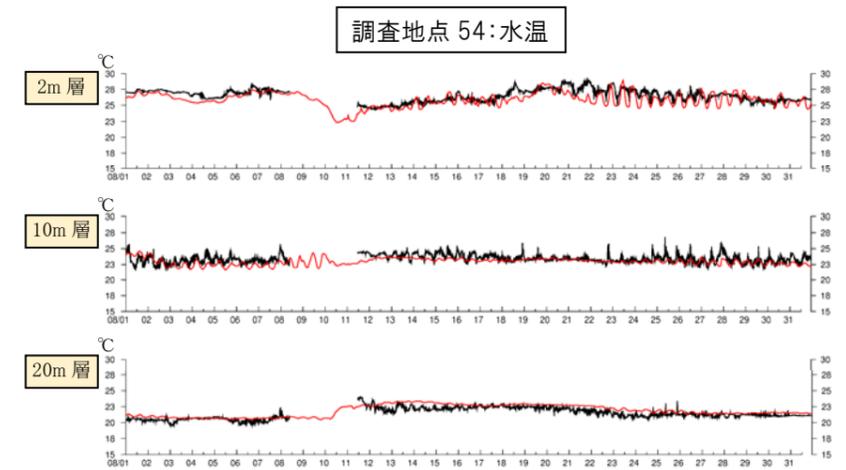
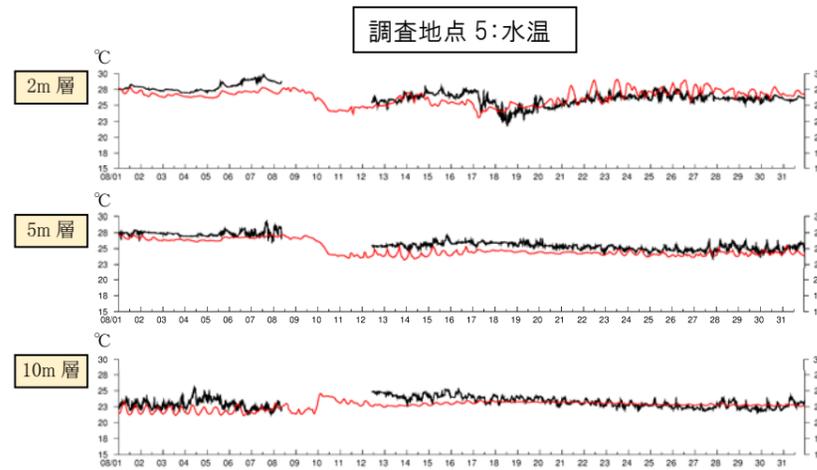
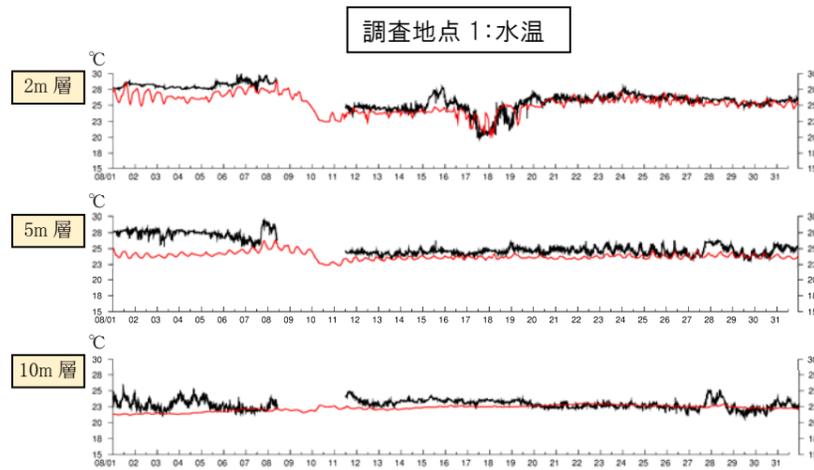
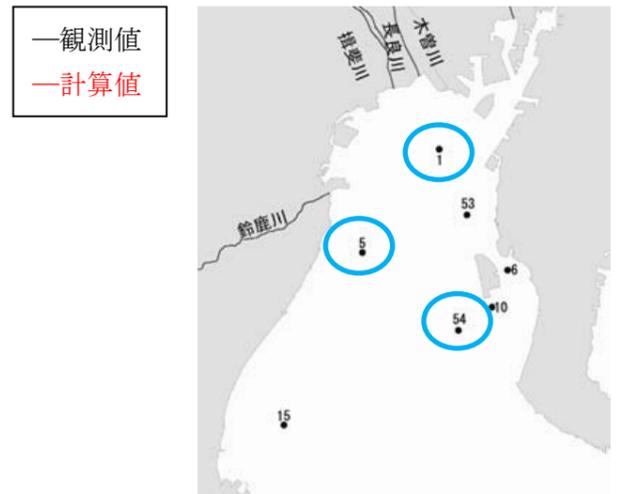


図 5(1) 水温・塩分の計算結果と調査結果の比較(8月調査)
(調査地点:1)

図 5(2) 水温・塩分の計算結果と調査結果の比較(8月調査)
(調査地点:5)

図 5(3) 水温・塩分の計算結果と調査結果の比較(8月調査)
(調査地点:54)

水温・塩分：湾奥部では塩分を過少に計算する傾向にあるが、再現性は良好である。

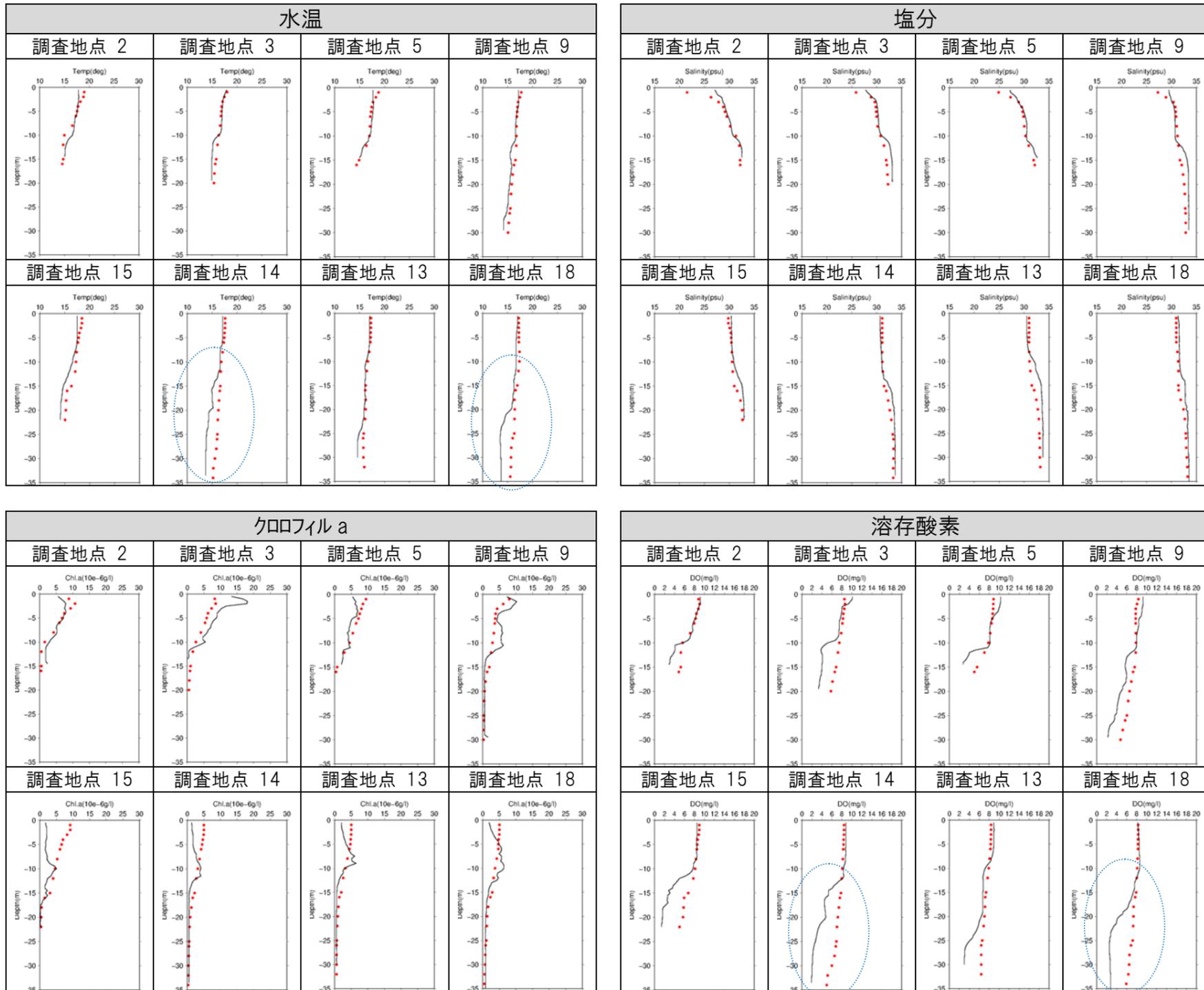


2.3.3 水質調査 I との比較

1) 5月14日調査結果との比較

水質調査 I で得られた水温・塩分・クロロフィル a・溶存酸素の鉛直分布について計算結果との比較を図 6(1)に示す。本ページは5月14日の調査結果との比較である。

5月14日



— : 観測値
● : 計算値

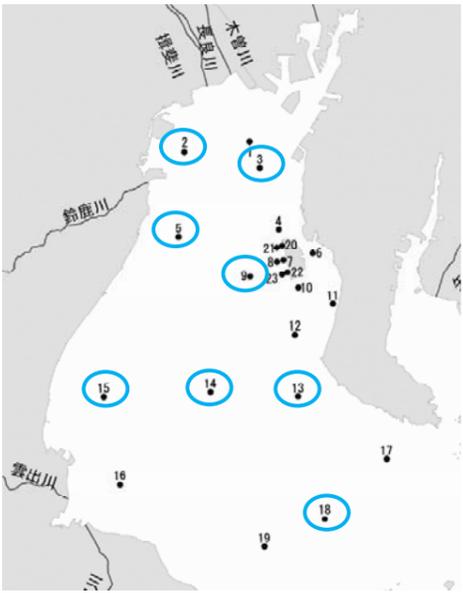
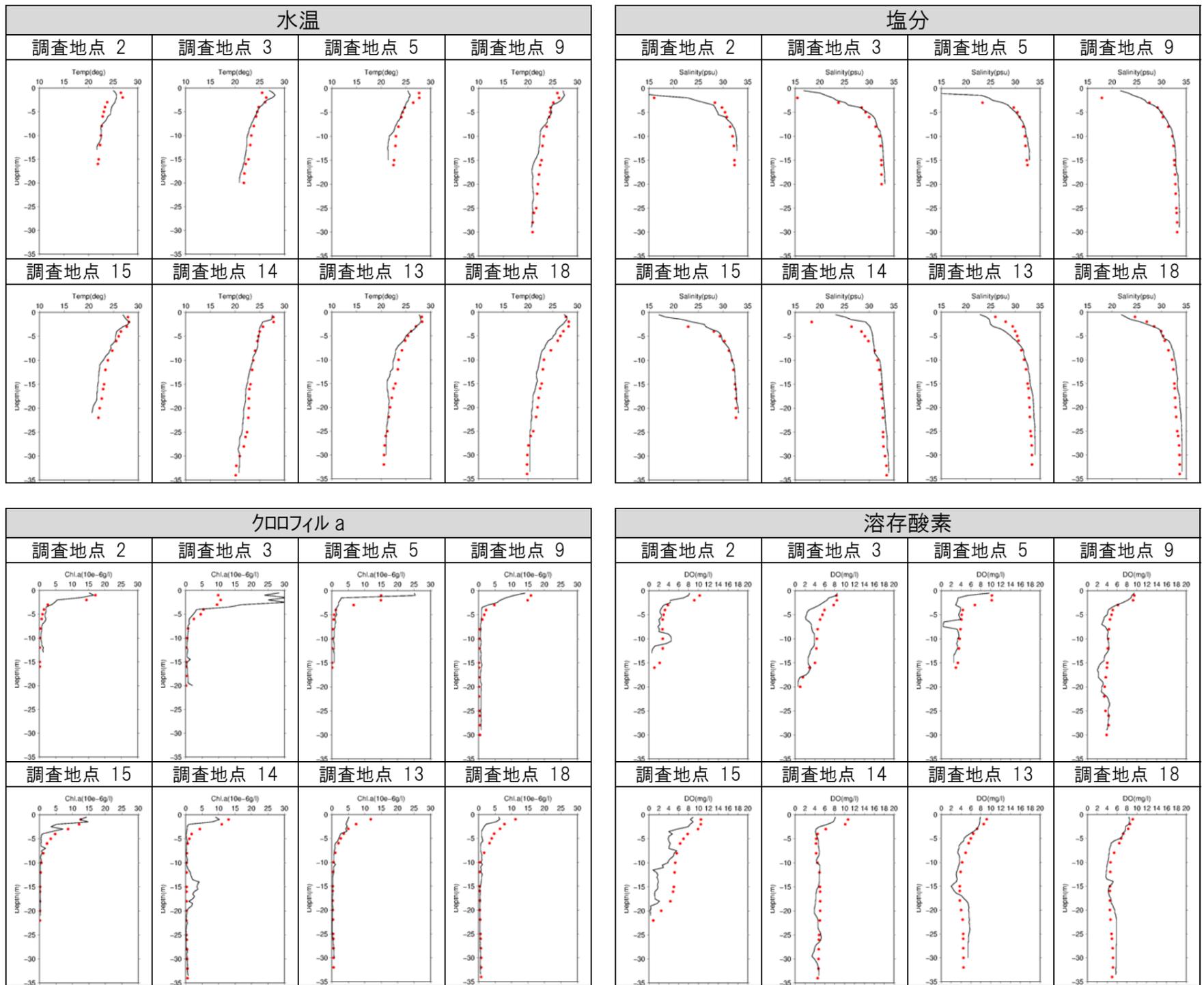
鉛直方向の水質の再現性：
調査地点 14、18 など湾中央底層に存在する春季の冷水塊・貧酸素水塊の再現性に課題がある。

図 6(1) 水質調査 I との計算結果の比較(5月14日)

1) 8月24日調査結果との比較

水質調査 I で得られた水温・塩分・クロフィル a・溶存酸素の鉛直分布について計算結果との比較を図 6(2)に示す。本ページは 8 月 24 日の調査結果との比較である。

8月24日



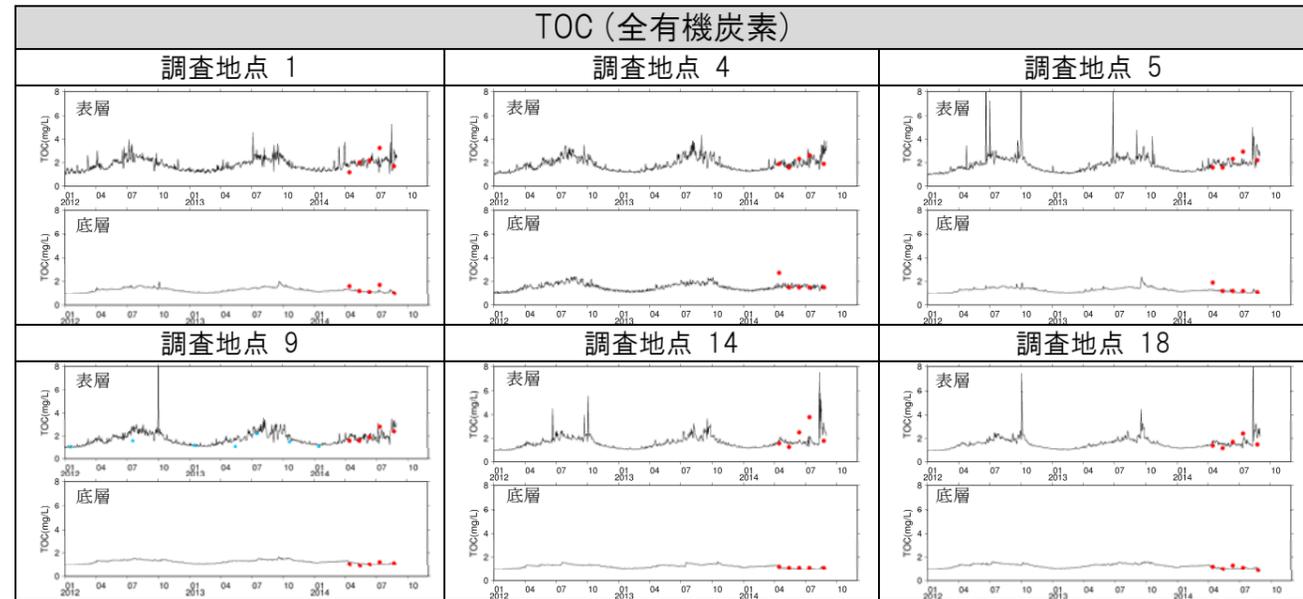
— : 観測値
● : 計算値

鉛直方向の水質の再現性：
夏季の再現性は良好である。

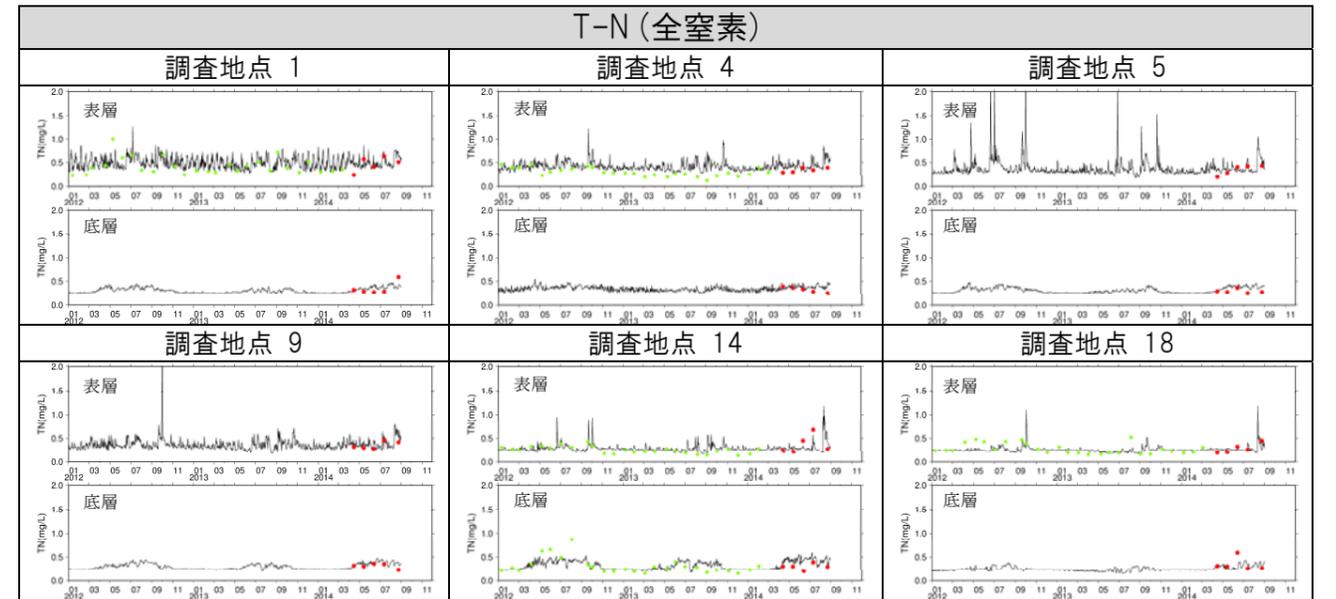
図 6(2) 水質調査 I との計算結果の比較(8月24日)

2.3.4 水質調査Ⅱとの比較

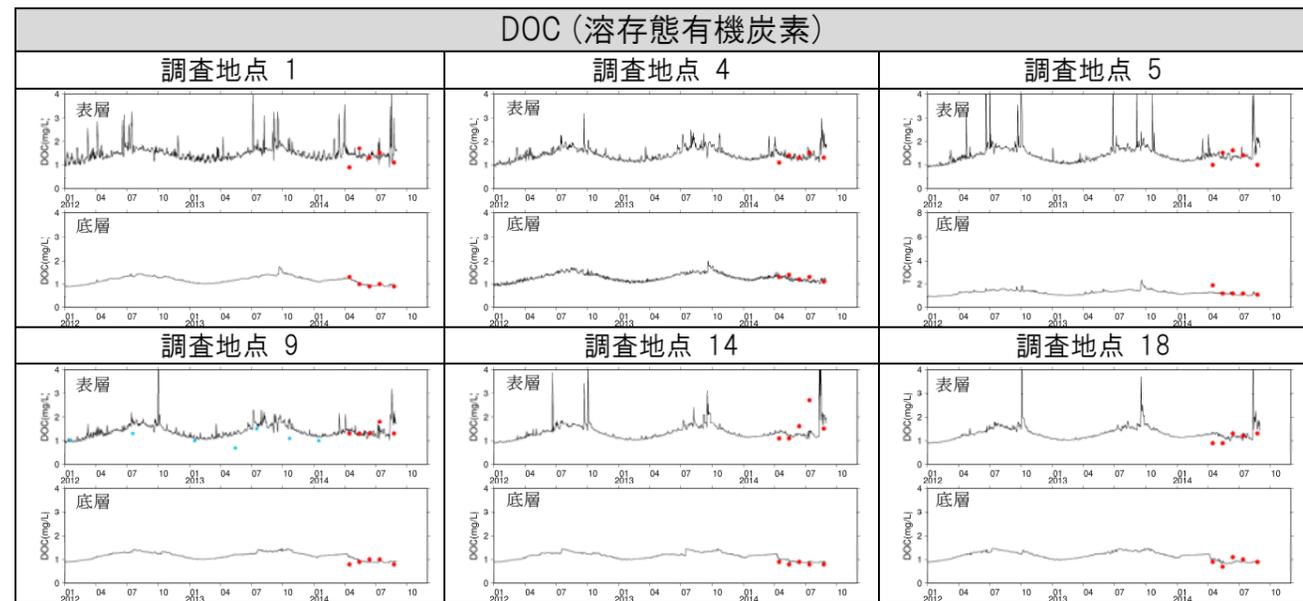
水質調査Ⅱで観測された炭素・窒素・リンについて計算結果と比較し、図7に示す。水質調査Ⅱは月1回の調査であり検証値としてのサンプル数に限りがあるため、水質の変動幅や季節変化の再現性も確認することを目的に平成24年・25年の計算結果ならびに最寄りの観測地点での他機関による観測結果との比較を整理した。



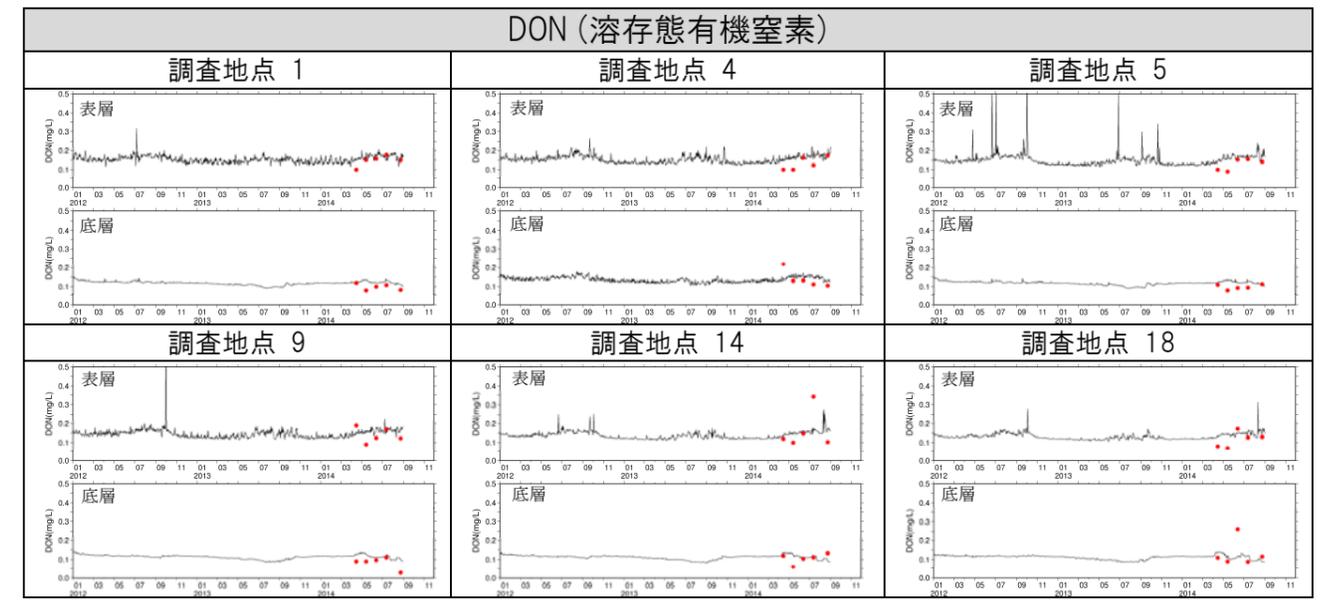
—: 計算結果、●: 本調査結果、■: 最寄りの広域総合水質調査



—: 計算結果、●: 本調査結果、◆: 最寄りの公共用水域水質調査結果



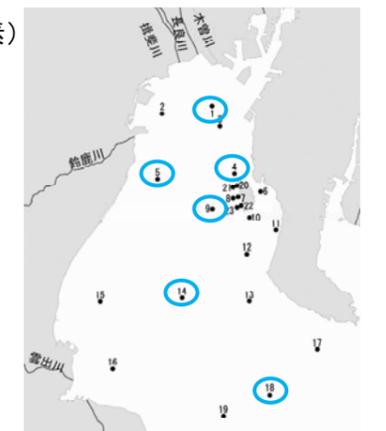
—: 計算結果、●: 本調査結果、■: 最寄りの広域総合水質調査

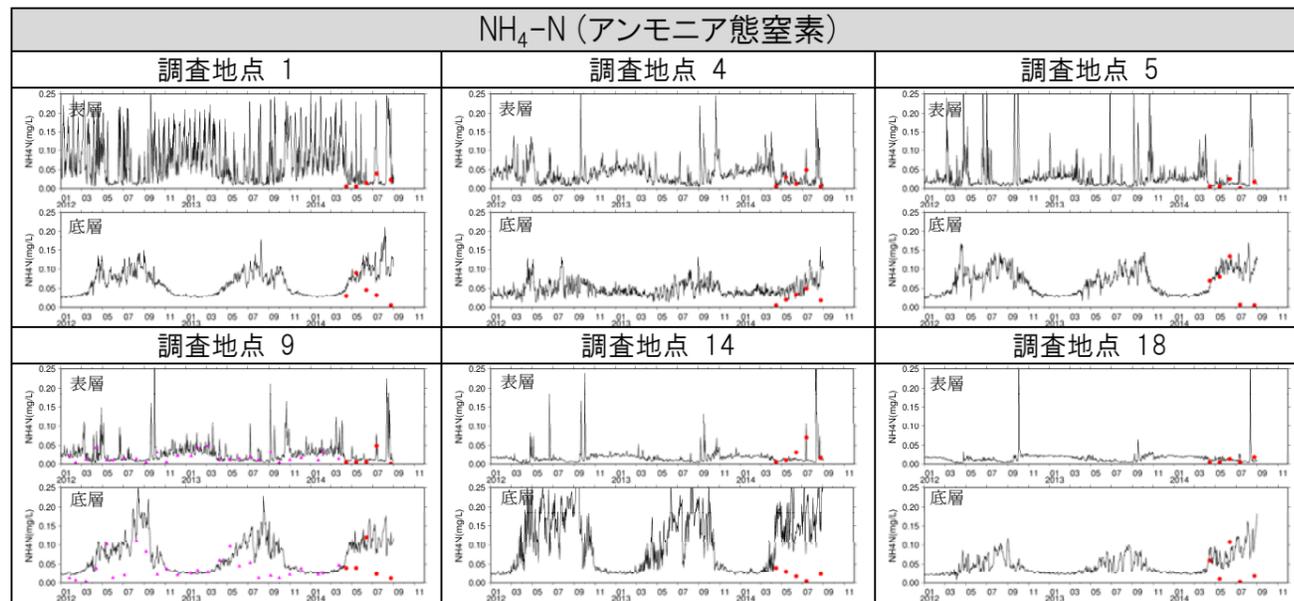


—: 計算結果、●: 本調査結果

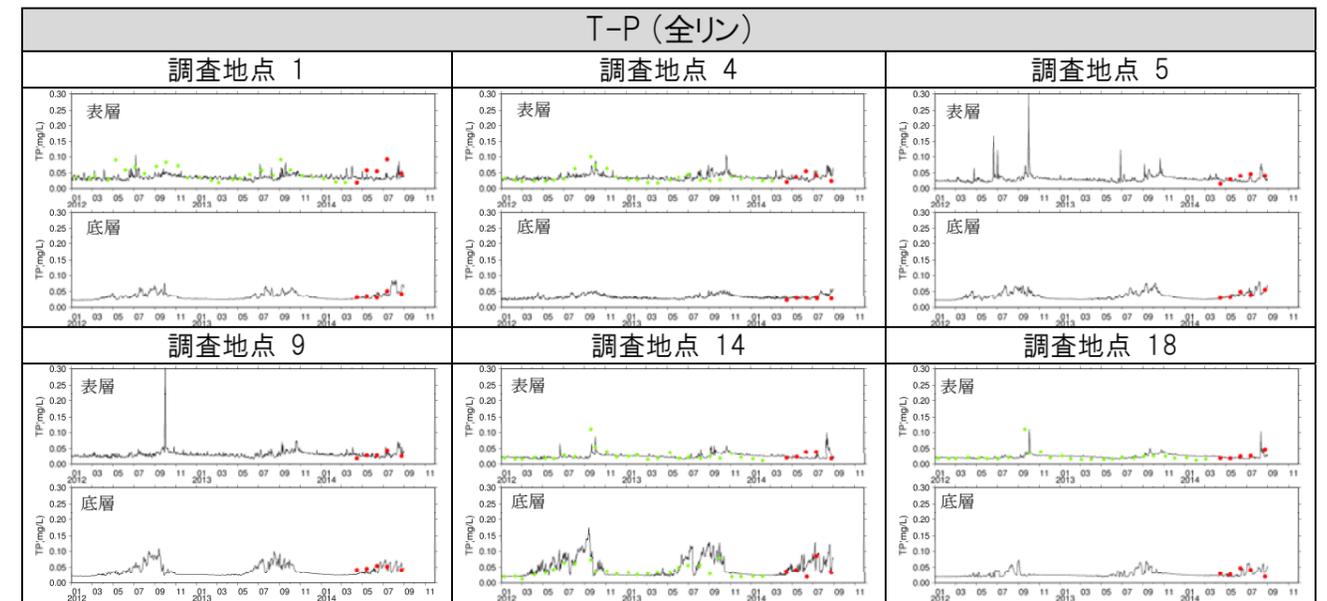
図 7(1) 水質調査Ⅱとの計算結果の比較(炭素)

図 7(2) 水質調査Ⅱとの計算結果の比較(窒素)

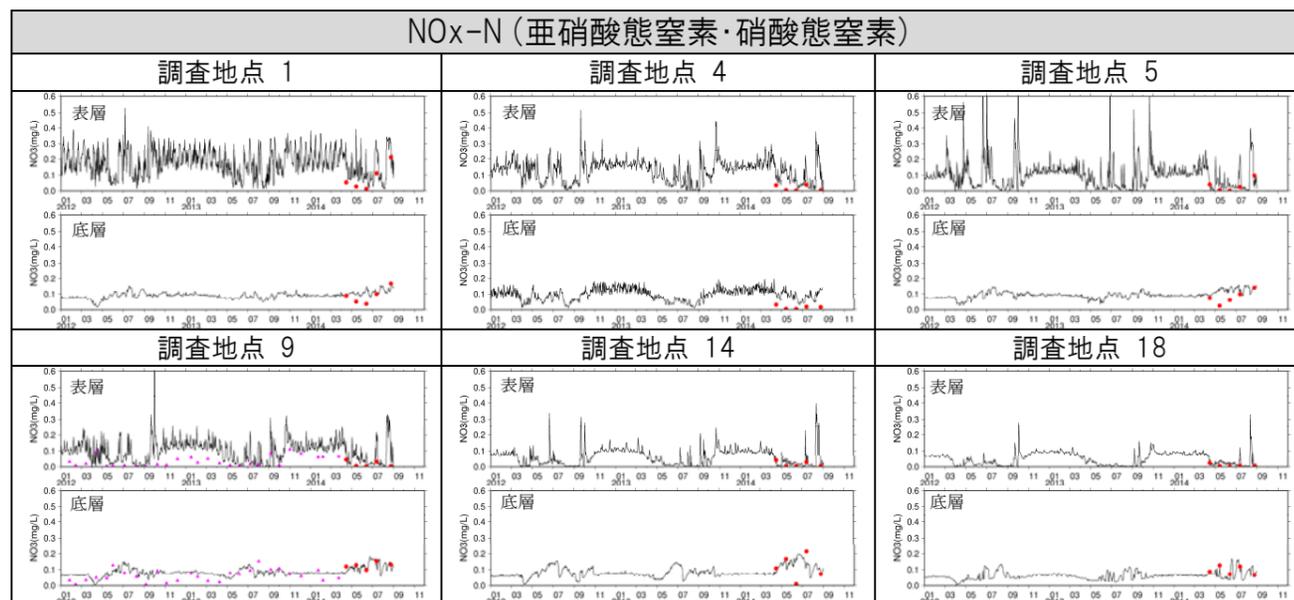




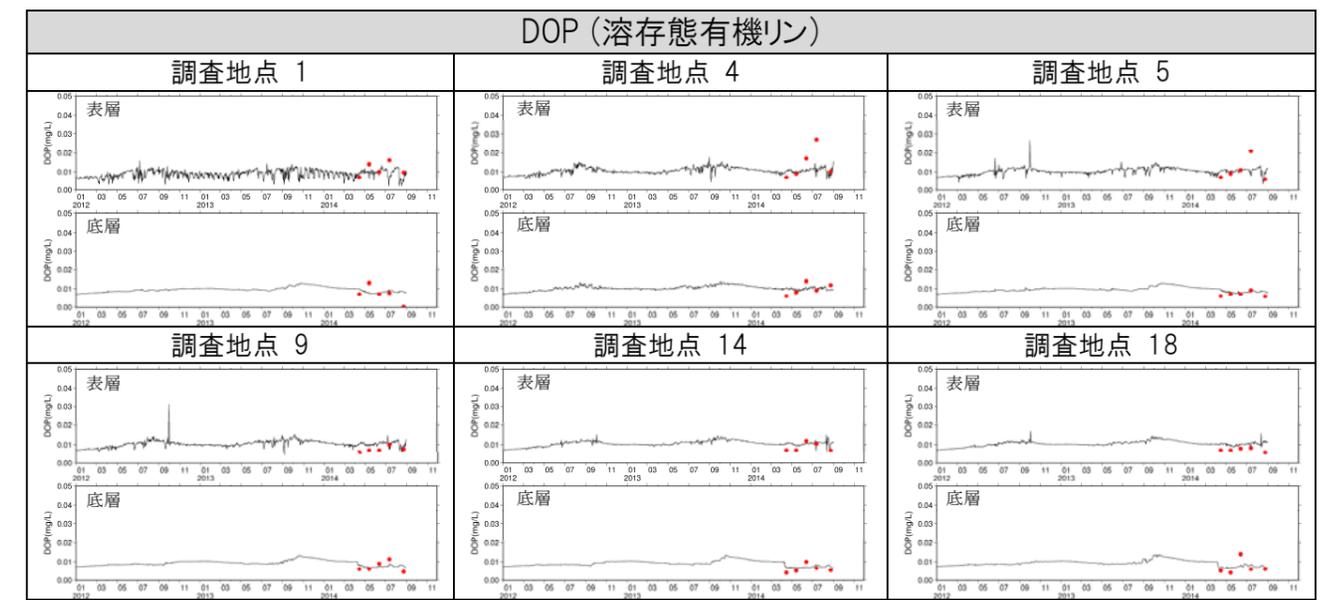
—: 計算結果、●: 本調査結果、▲: 最寄りの浅海定点調査



—: 計算結果、●: 本調査結果、◆: 最寄りの公共用水域水質調査結果



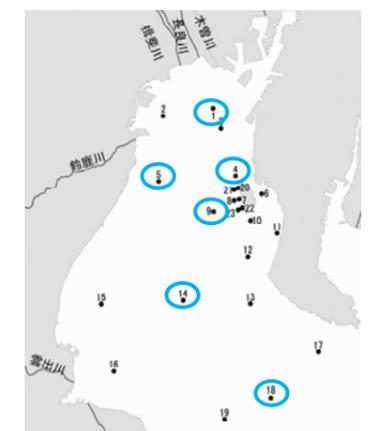
—: 計算結果、●: 本調査結果、▲: 最寄りの公共用水域水質調査結果



—: 計算結果、●: 本調査結果

図 7(3) 水質調査Ⅱとの計算結果の比較(窒素)

図 7(4) 水質調査Ⅱとの計算結果の比較(リン)



2.3.5 他機関の観測結果との比較

表層クロロフィル a と溶存酸素について、公共用水域水質調査および浅海定線調査結果と計算結果の比較を図 8 に示す。

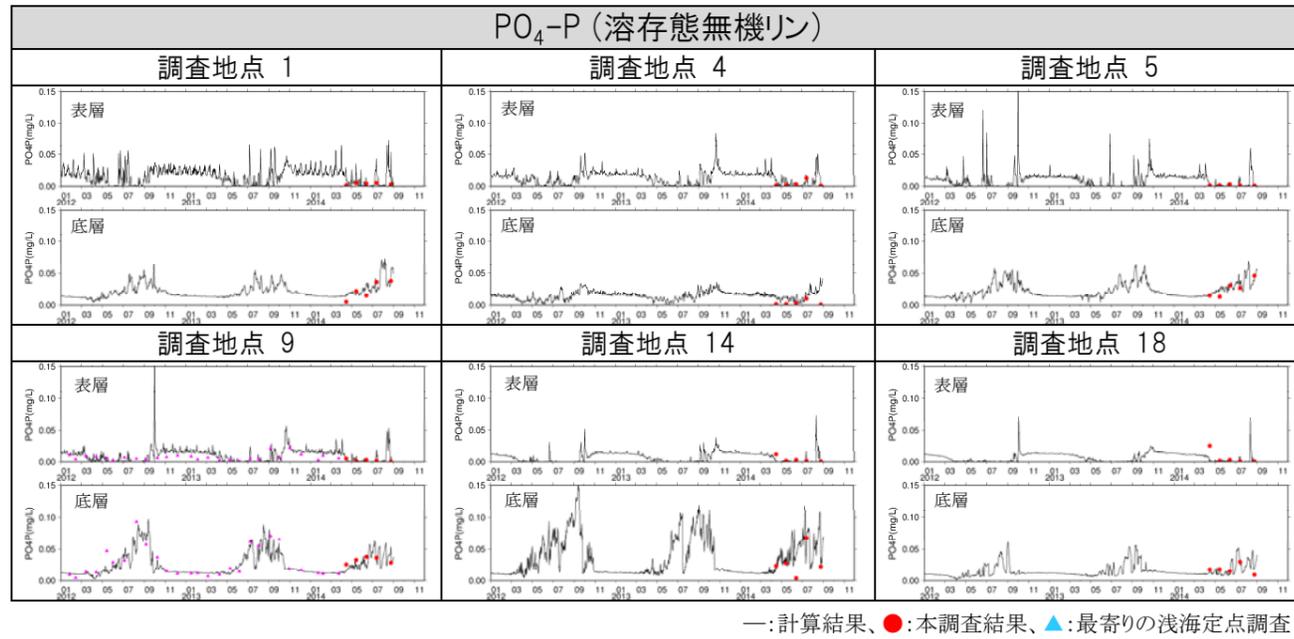
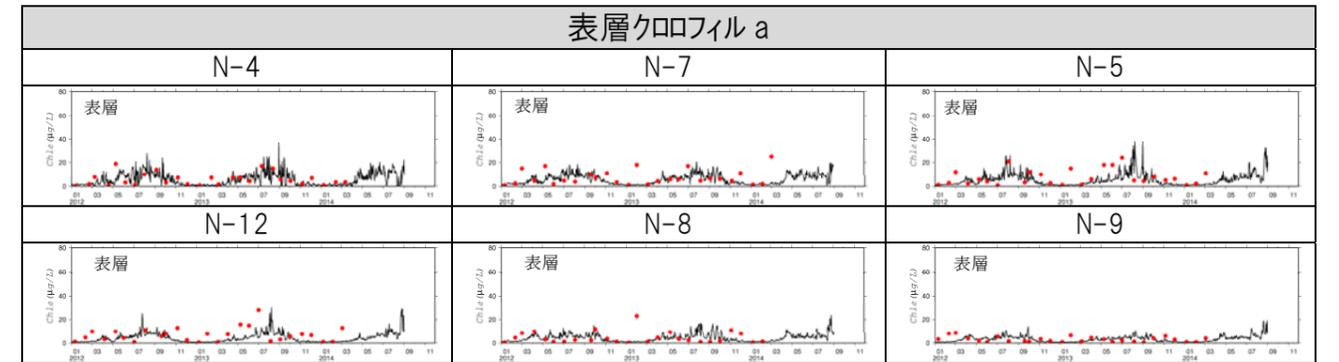
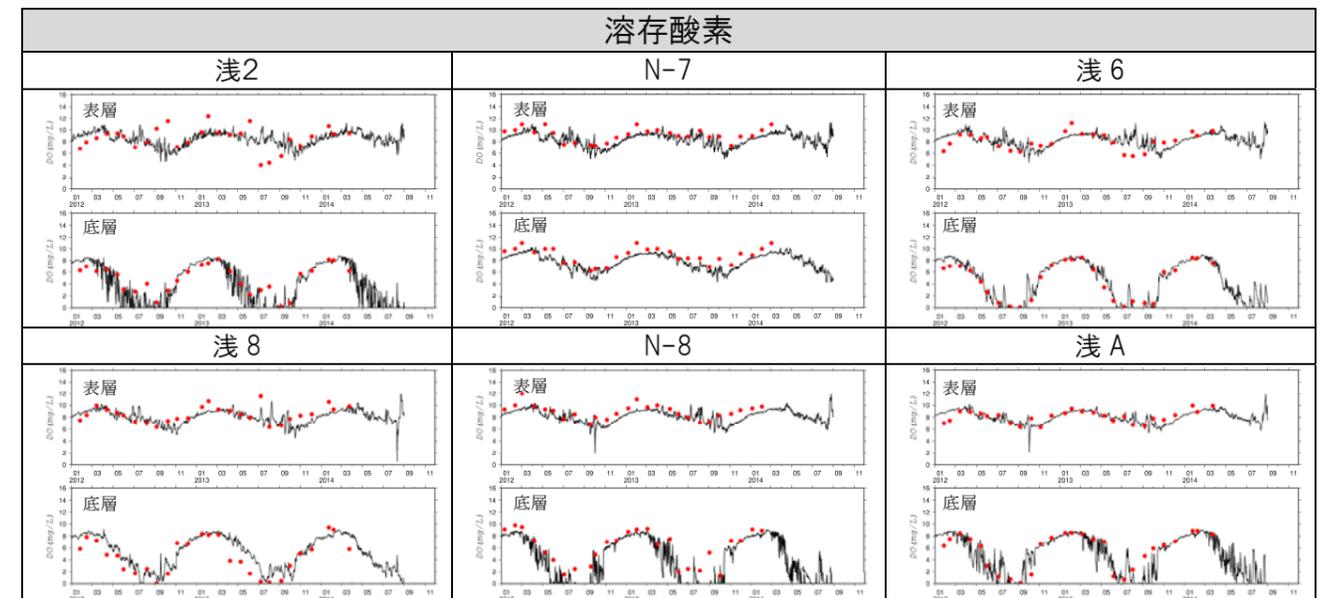


図 7(5) 水質調査Ⅱとの計算結果の比較(リン)

炭素・窒素・リンの再現性：
 底層のアンモニア態窒素が過大となっている点は課題であるが、伊勢湾（広域）の水質の再現は概ね良好である。

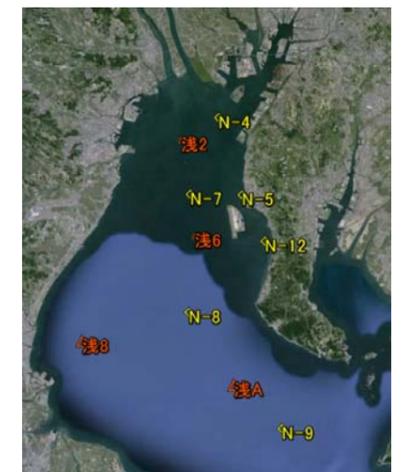


—:計算結果、●:公共用水域水質調査
 図 8(1) 公共用水域水質調査結果との表層クロロフィル a の比較



—:計算結果、●:公共用水域水質調査および浅海定線調査結果
 図 8(2) 公共用水域水質調査結果および浅海定線調査結果との溶存酸素濃度の比較

クロロフィル a・溶存酸素：
 クロロフィル a・溶存酸素の季節的な変化傾向や変動幅について概ね再現できている。



伊勢湾シミュレーターでは図 9 に示す微生物の食物連鎖を再現している。これら微生物の現存量について次章以降、調査結果と観測結果の比較を行った。

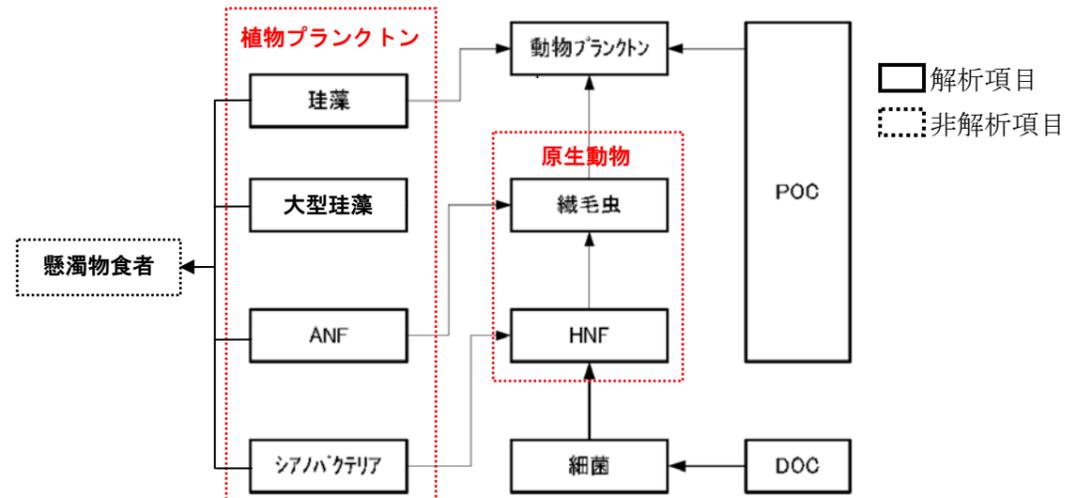


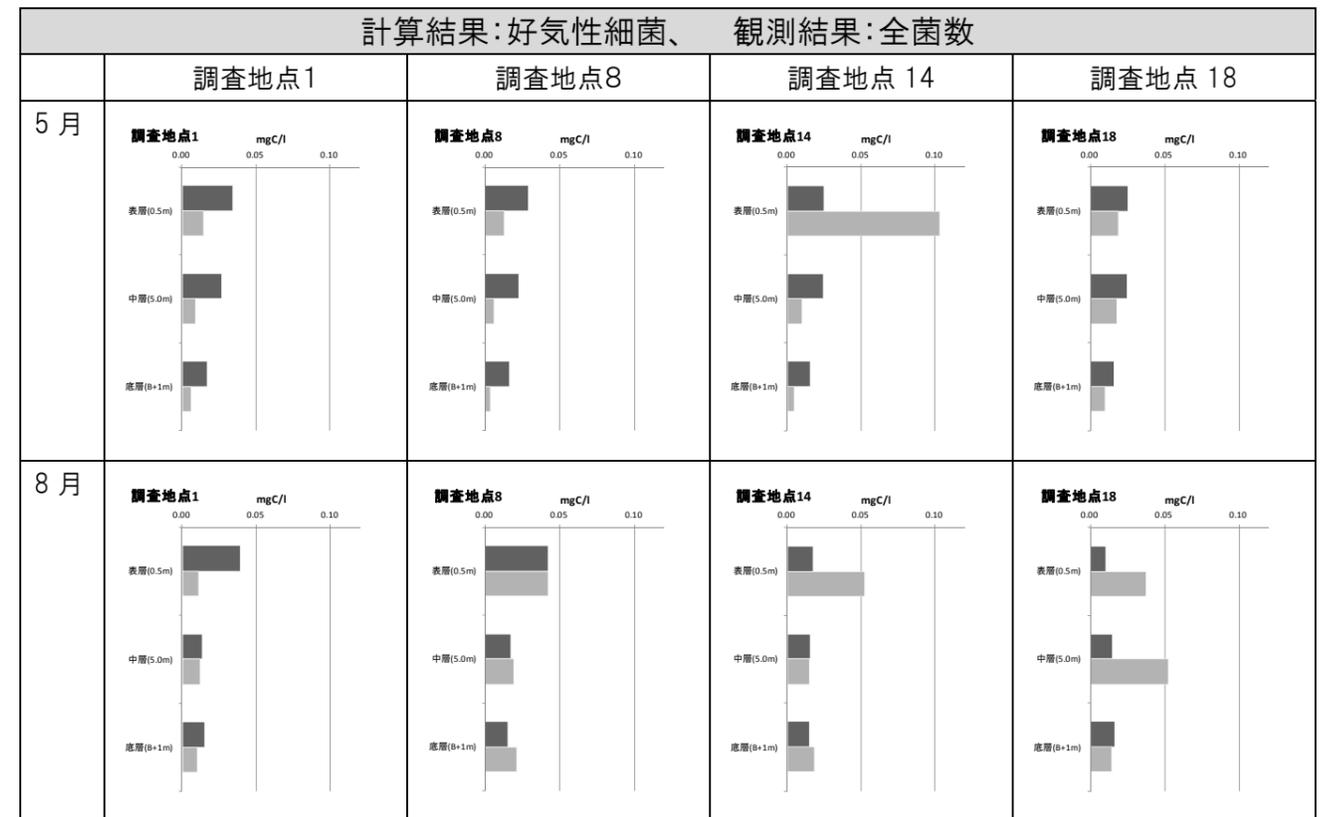
図 9 植物プランクトン・動物プランクトン・原生動物・好気性細菌の捕食関係

2.3.6 水質調査Ⅲとの比較

水質調査Ⅲで得られた全菌数と計算結果を比較し、図 10 に示す。ここで比較している計算結果は好気性細菌であり、水中の全菌数の大部分が好気性細菌であると仮定し、比較・検証している。



好気性細菌の再現性：
観測結果と計算結果のオーダーは概ね一致している。



※全菌数の炭素量の換算には 21fgC/cell を用いた。【出典：海洋におけるコロイド粒子生成に関する微生物学的研究：特にウイルスと細菌の役割について、柴田晃、東京大学博士論文】

図 10 水質調査Ⅲにおける全菌数と好気性細菌の計算結果の比較

■ 計算結果
■ 観測結果

2.3.7 生物調査①との比較

1) 動物プランクトンの比較

動物プランクトンの調査結果については表 2 に示す換算係数を用いて、個体数を炭素量に変換し、計算結果との比較を行った。比較結果を図 11 に示す。

表 2 動物プランクトンの個体数から炭素量への換算係数

種類	μ gC/個体数
<i>Stenosemella sp.</i>	0.024
<i>Podon polyphemoides</i>	0.240
<i>Acartia omorii</i>	1.200
<i>Acartia sp.</i>	0.350
<i>Nauplius (copepodite)a</i>	0.011
<i>Microsetella norvegica</i>	0.604
<i>Acartia spp. (copepodite)</i>	0.349
<i>Bivalvia (umbo larva)</i>	0.574
<i>Evadne tergestina</i>	0.240
<i>Evadne nordmanni</i>	0.240
<i>Gastropoda (larva)</i>	1.547
<i>Paracalanus spp.</i>	0.459
<i>Paracalanus parvus</i>	0.459
<i>Penilia avirostris</i>	0.240
<i>Polychaeta (nectochaeta larva)</i>	0.568
<i>Oithona spp. (copepodite)</i>	0.086
<i>Oithona similis</i>	0.086
<i>Oithona davisae</i>	0.223
その他	0.130

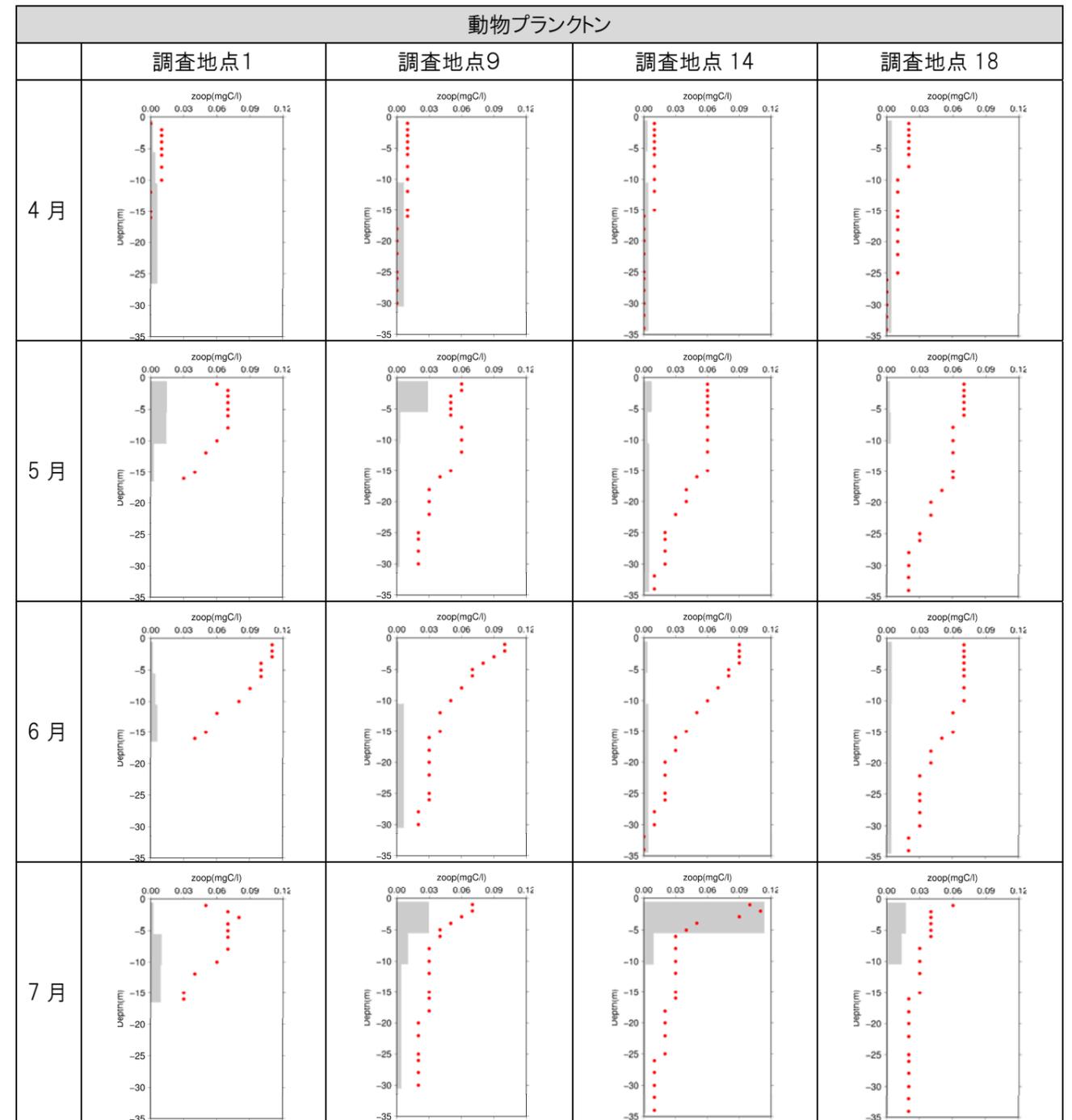
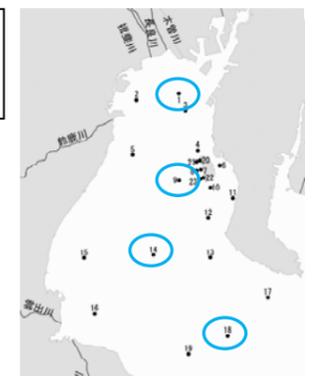


図 11 動物プランクトンに関する計算結果と観測結果の比較

動物プランクトンの再現性：

動物プランクトンの計算結果は課題となっている。魚類による動物プランクトンの摂餌がモデルに考慮されていない点が要因だと推測される。今後、魚類による摂餌をモデルに考慮する予定である。

■ 観測値
● 計算値



2) 微細植物プランクトンの比較

微細植物プランクトンであるANFとシアノバクテリアの調査結果について、観測結果との比較を図 12 に示す。

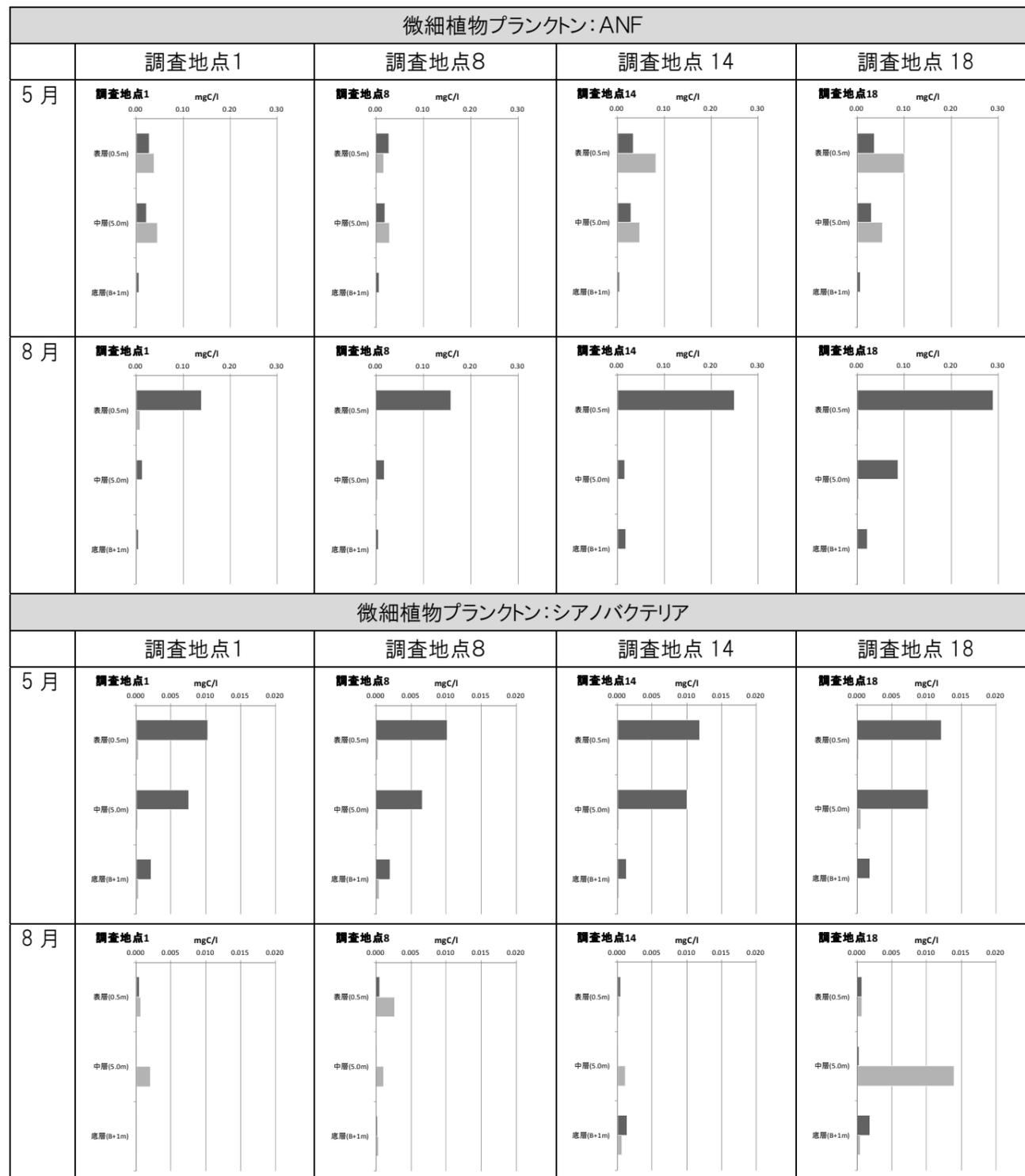


図 12 微細植物プランクトンに関する計算結果と観測結果の比較

■ 計算結果
■ 観測結果

3) 原生動物の比較

小型原生動物であるHNFの調査結果と観測結果を比較し、図 13 に示す。

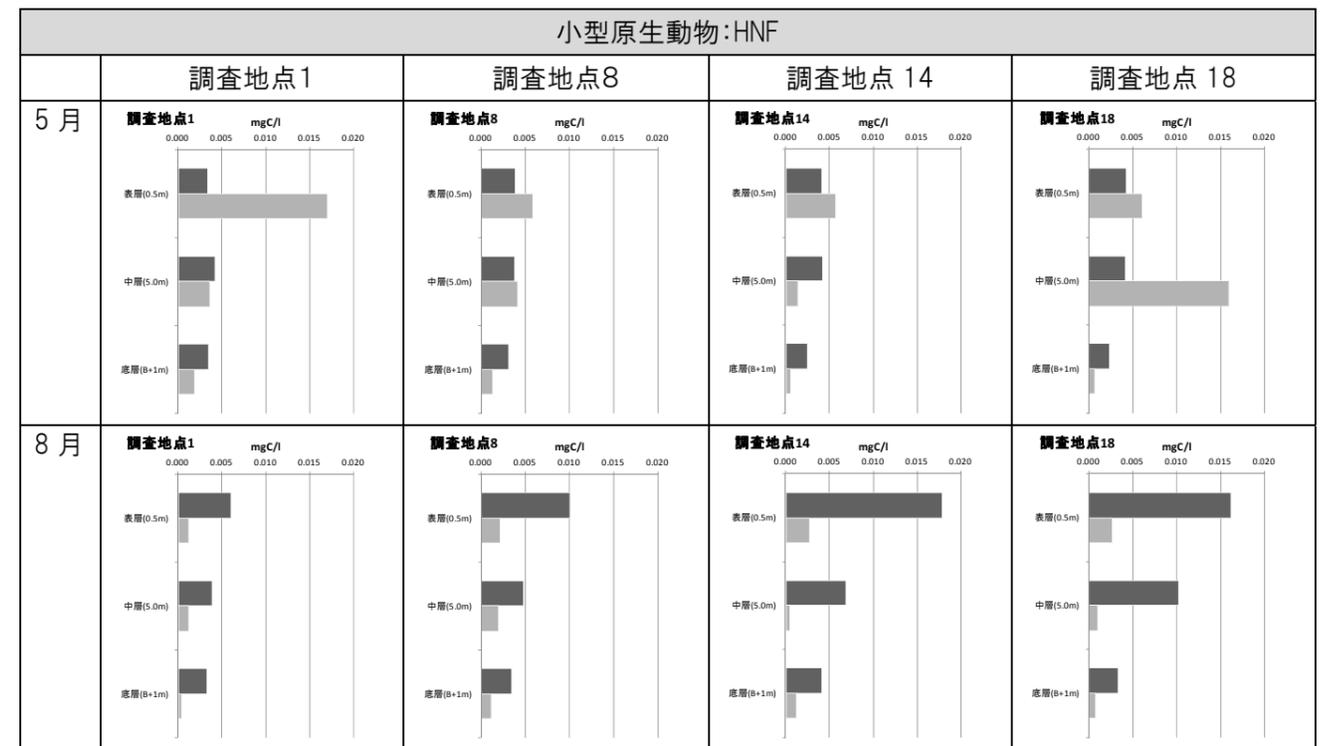


図 13 原生動物に関する計算結果と観測結果の比較

■ 計算結果
■ 観測結果

微細植物プランクトン・原生動物の再現性：

計算結果と観測結果のオーダーは一致しているものの、季節変化の傾向が整合していない点がある。今後、せん毛虫に関する比較・検証および秋季・冬季の観測結果も踏まえて、計算パラメーターの最適化を行う。

2.3.1 沈降・堆積量調査との比較

沈降・堆積量調査で得られた底泥への有機炭素・窒素・リンの堆積量と計算結果について、図 14 に示す。

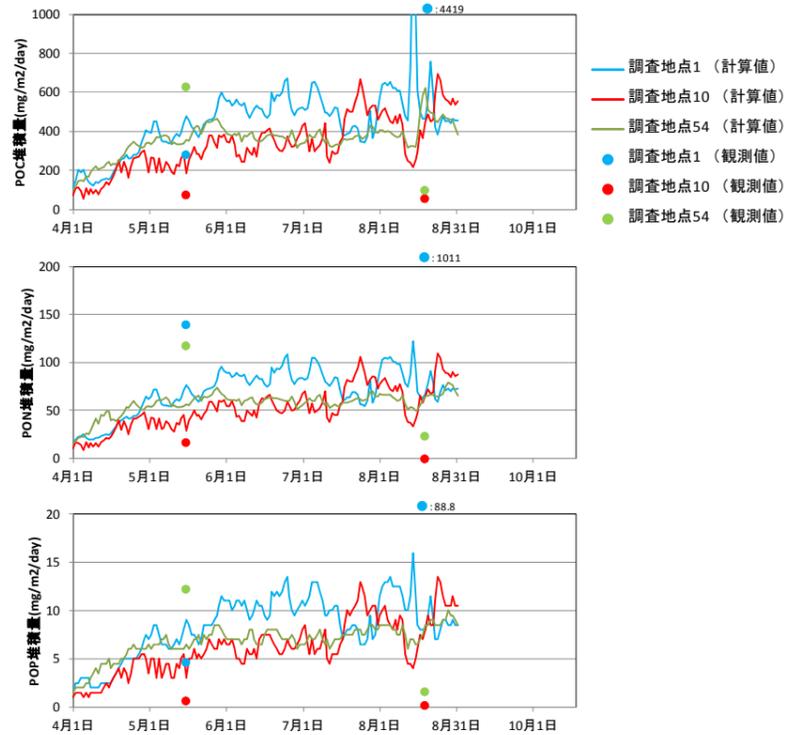


図 14 底層における沈降堆積調査に関する計算結果との比較

2.4 伊勢湾(広域)での再現性の検証結果と今後の課題

- 伊勢湾広域での流れ、水温、塩分等の物理場の再現性は概ね良好である。
- 春季に伊勢湾中央(調査地点18等)の底層に形成される冷水塊の再現ができていない。
 一般に、外洋系水の湾内への流入は、その密度と等密度の層に進入する。笠井ら(2000)¹により、伊良湖水道における海水と等密度の海水が存在する水深に流入し、年によって進入する水深帯が中層(水深10~25m層、図15)か底層か異なることが示されている。

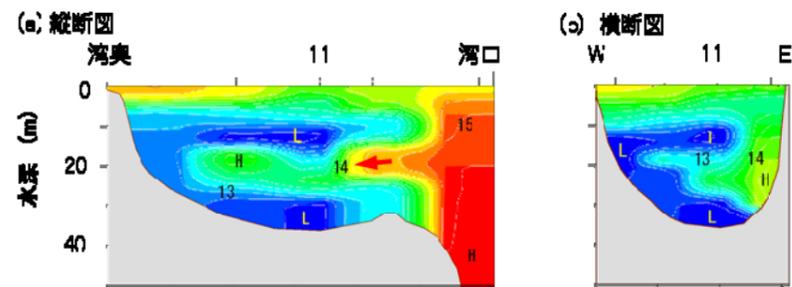


図 15 伊勢湾中層に進入する外海水(藤原、私信)

実際に、2014年3~5月の観測値をプロット(図16)すると、外洋系水との等密度面は、3月は湾内底層であるのに対し、4月および5月は中層であり、外洋系水の中層進入が推測される。これら知見も踏まえ、モデルが冷水塊を再現できない要因を検討する予定である。

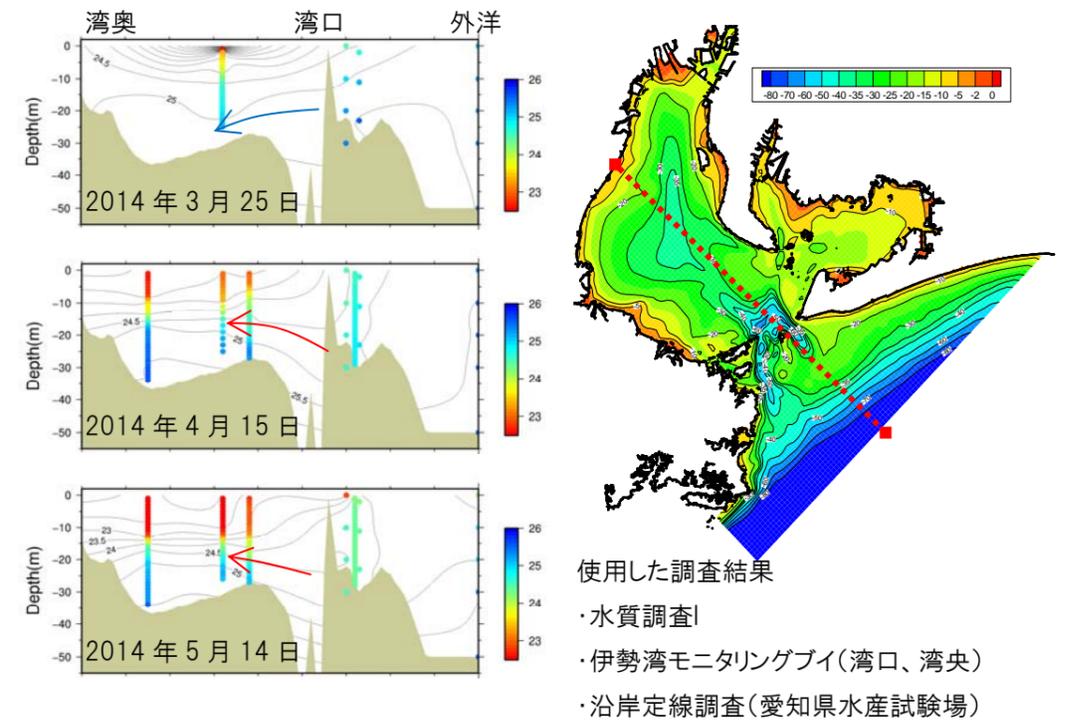


図 16 2014年春季の密度断面図(観測値)

- 伊勢湾広域での水質についても再現性は概ね良好である。
- 動物プランクトン、微細植物プランクトンについては一部再現性に課題が見られたため、秋季・冬季の観測結果も踏まえ、モデル式の変更および計算パラメータの最適化を行う。

¹ 笠井亮秀、川西里佳、藤原建紀(2000):伊勢湾の流動構造と貧酸素水塊、水産海洋研究、64(4)、235-243

3. 第1回委員会において指摘された課題の再現性の検証

3.1 候補地周辺浅海域で発生する貧酸素水塊について

3.1.1 検討の経緯

- ・ 図 17 に示すように、過去の観測により候補地北部の浅海域において貧酸素水塊が発生する状況が捉えられている。
- ・ この貧酸素水塊の発生メカニズムとしては、伊勢湾底層水の湧昇や海水の交換性の悪化等が指摘されているが、未だ正確には把握されていない。
- ・ 候補地周辺での貧酸素水塊の発生メカニズムを把握し、貧酸素水塊の変動の有無を予測・評価することを目的に、本調査では候補地周辺で溶存酸素の連続観測(水質調査IV)を実施した。

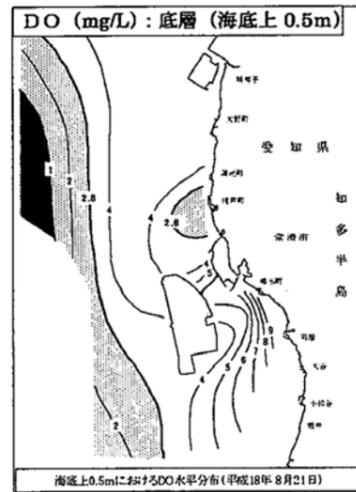


図 17 観測結果の一例

3.1.2 水質調査IVで得られた貧酸素水塊の挙動

1) 観測概要

水質調査IVでは図 18 に示すN4～N7の計4地点において溶存酸素・水温・塩分の連続観測を実施した。いずれの地点においても底上 0.5m において観測を行った。N6 では底上 0.5m に加え、海面下 5.0m においても観測を行った。観測期間は平成 26 年 7 月～9 月の約 90 日間である。



図 18 溶存酸素の連続観測地点

2) 観測結果

(1) 候補地周辺浅海域より沖合地点(N5,N6)の貧酸素化

図 17 に示した候補地周辺浅海域での貧酸素水塊の発生メカニズムの把握にあたり、まずその沖合地点(N5、N6)での貧酸素化の発生状況を整理し、図 19 に示す。ここではN6とN5の水深約10mで観測された溶存酸素の経時変化に、伊勢湾奥モニタリングブイ(以降、湾奥ブイ)での水深10m、20m、25mで観測された溶存酸素を併記した。

- ・ N5 および N6 底層での貧酸素化は、湾奥ブイにおける底層水の貧酸素化と発生時期、溶存酸素濃度が類似しており、伊勢湾全体での貧酸素水塊の発生・移動・消滅に対応しているものと推測される。
- ・ N5、N6 の水深 10m で貧酸素水塊が発生する時期において、湾奥ブイ 10m 地点では貧酸素化は生じておらず、むしろそれよりも底層の湾奥ブイ 20m 以深での溶存酸素濃度が N5、N6 と類似していた。
- ・ 図 20 は溶存酸素濃度と海水密度の関係性およびT-Sダイアグラムを N5、N6 と湾奥ブイで比較したものである。この図から、高密度水塊が貧酸素化しており、候補地周辺浅海域の沖合では伊勢湾奥底層に存在するこの高密度水塊が運ばれ滞留する時期に貧酸素化が生じるものと推測される。

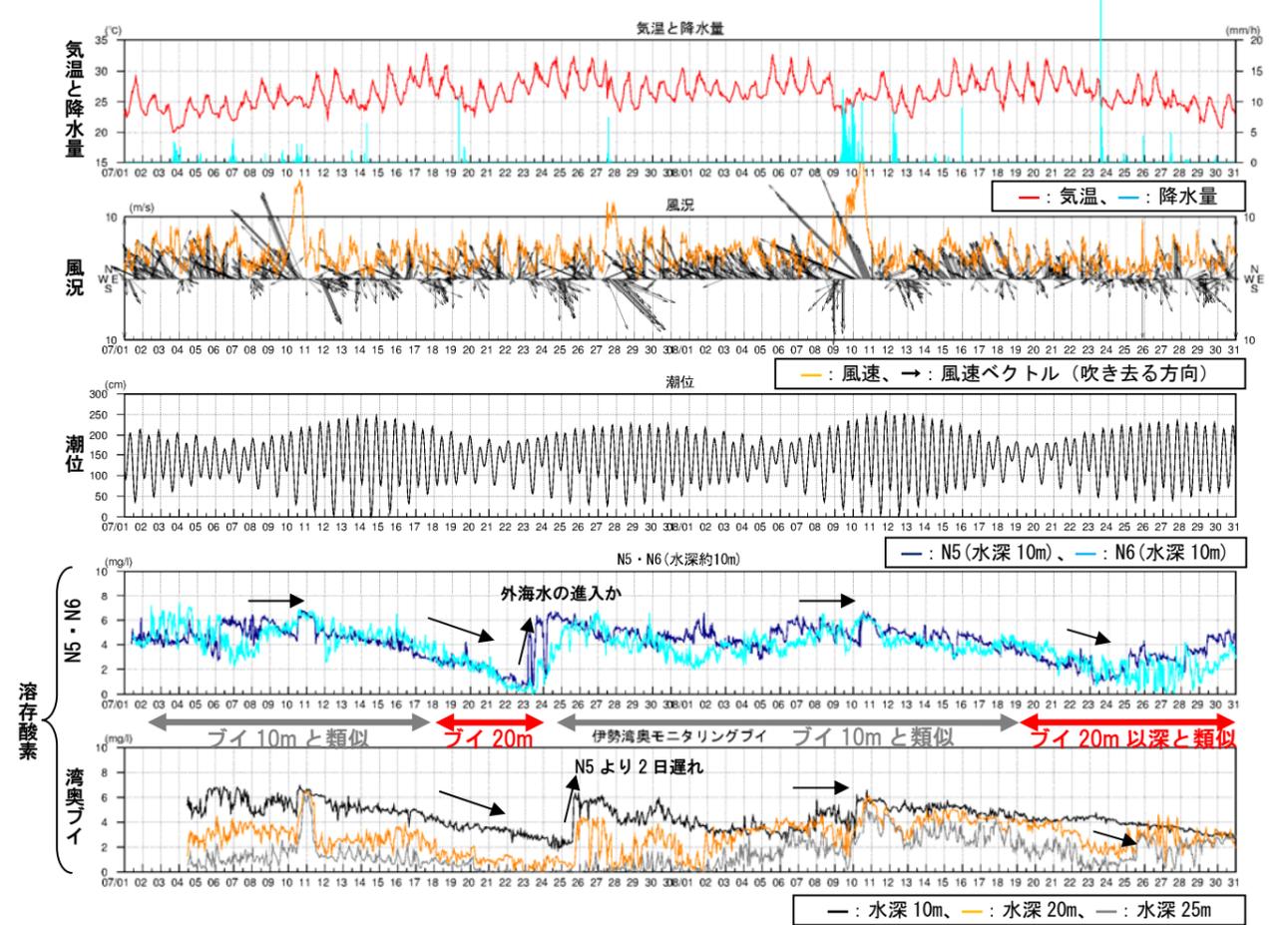


図 19 知多半島沿岸浅海域から沖合底層(N5、N6)での貧酸素水塊の発生状況

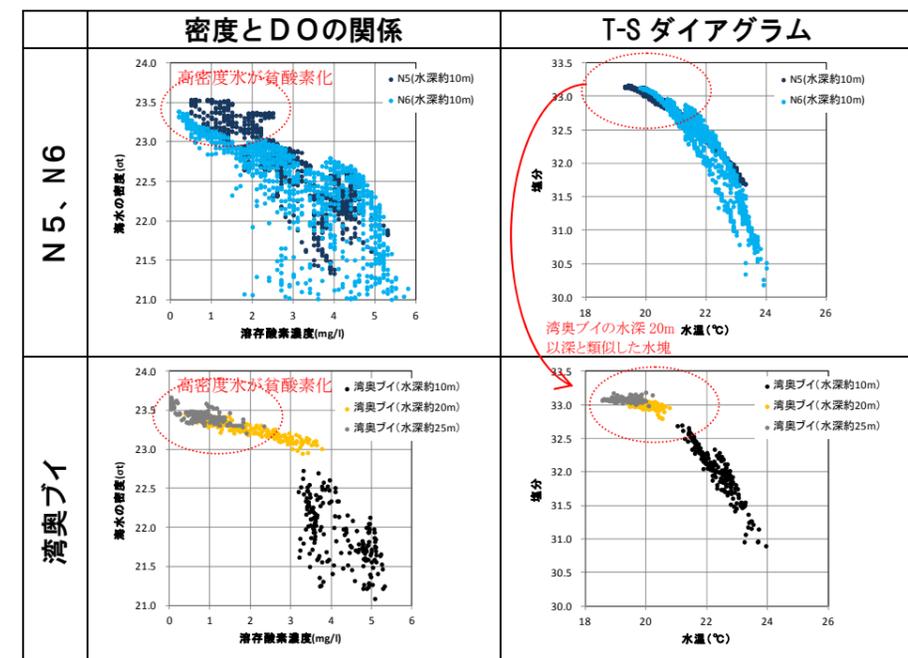


図 20 海水密度と溶存酸素の関係とT-Sダイアグラム(7月14日～22日)

(2) 候補地周辺の浅海域(N4、N7)での貧酸素化

候補地周辺の浅海域の N4 と N7 における溶存酸素の観測結果を図 21 に示す。

- N7 は周辺よりも 2m 程度深くなっている窪地状の地形であるため、溶存酸素が一定の速度で低下し、その後無酸素状態が継続し、強風等の擾乱で急激に溶存酸素濃度が急増する状況が数回観測された。N7 は窪地状の地形により貧酸素水塊の発生が周辺より顕著な場所と言える。
- 鬼崎地先の水深 4m 程度の N4 においても貧酸素水塊が発生している状況が観測された。沖合の N6 よりも溶存酸素濃度が低い時期もあり、図 17 に示した候補地北部での局所的に発生する貧酸素化が連続データとして捉えられた。

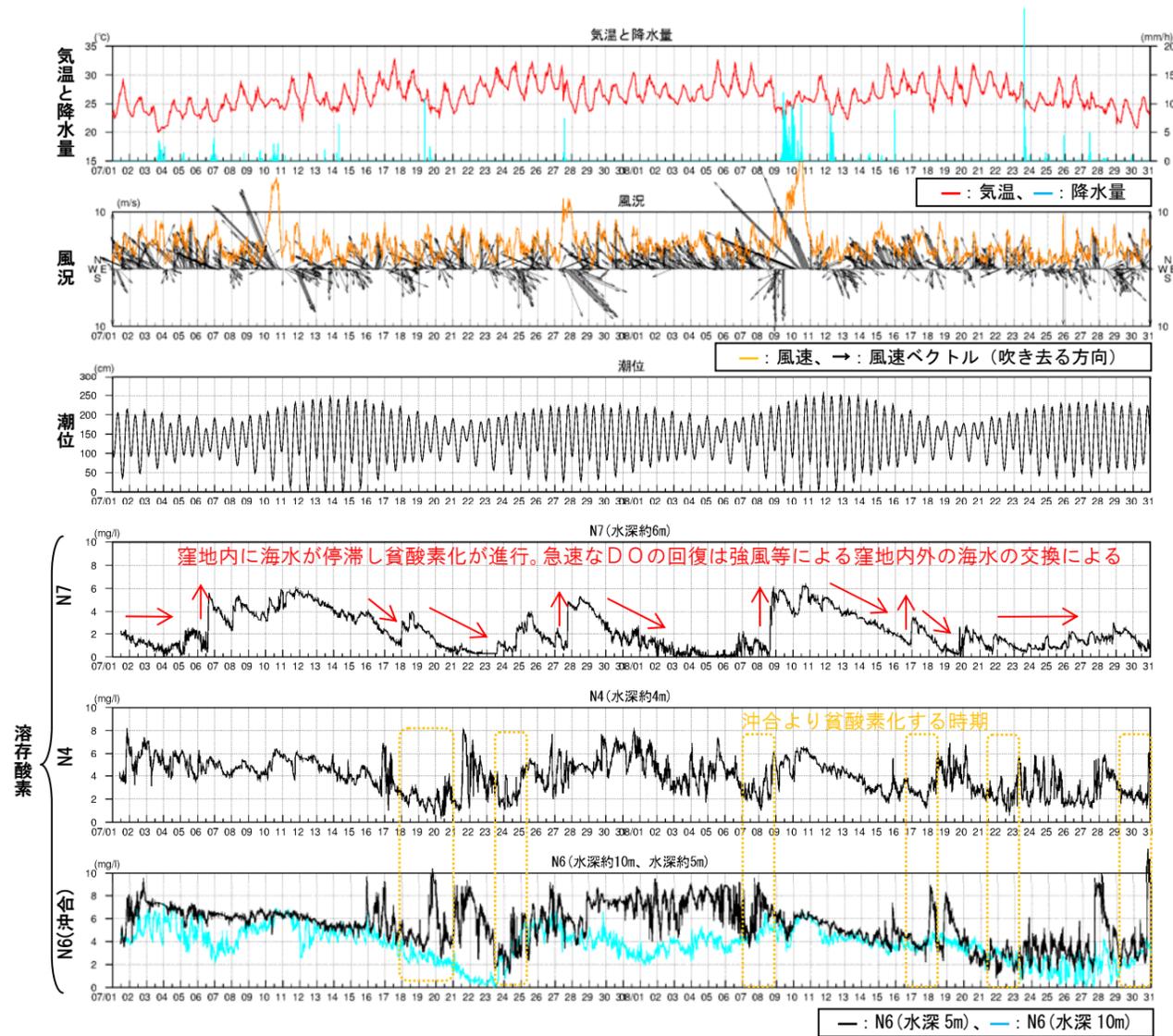


図 21 知多半島沿岸の浅海域(N4、N7)での溶存酸素濃度の変化

図 22 には N4 と沖合(N6 の底層)における溶存酸素濃度の差値と海水密度の経時変化を示す。

- N4 において溶存酸素濃度が 2mg/l 以下となり、かつ沖合 N6 底層よりも溶存酸素濃度が低い時期は 7 月～8 月間に 6 回程度(述べ 10 日間程度)確認された。
- この N4 での溶存酸素の低下時期と、海水の密度が上昇する時期は一致しており(参照: 図 23)、また沖合の同水深帯である N6 中層でも同時に密度が増加していることがわかる。ただし N6 中層では N4 ほど貧酸素化が生じないことが多かった。

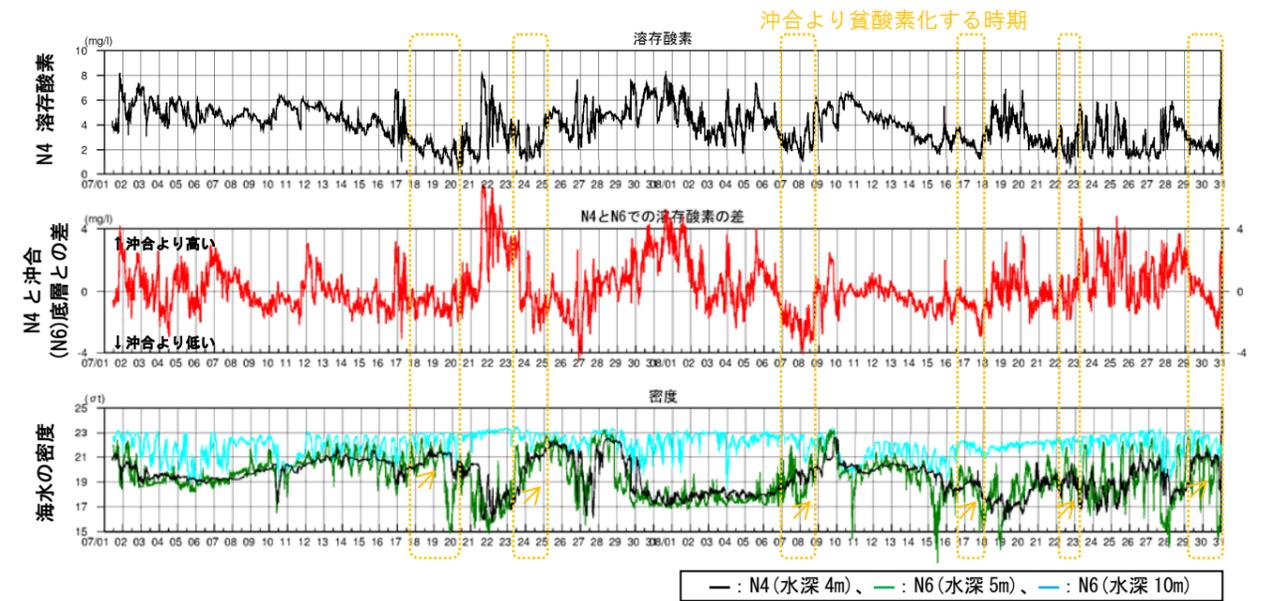


図 22 N4 と沖合(N6)での溶存酸素と海水密度の関係

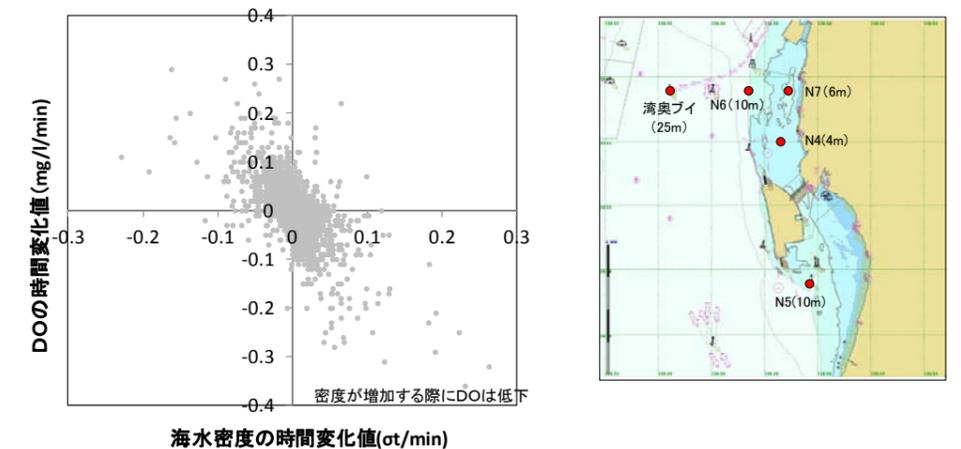
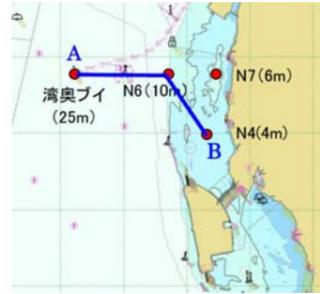


図 23 N4 における溶存酸素の変化と密度の変化の関係

右図に示す伊勢湾奥のラインA-B間の水深約 5m 層での海水密度と溶存酸素濃度を図 24 に示す。



- 水深約 5m 層で海水の密度が増加する時期には、湾奥ブイ、N6、N4 で大きな違いは見られないが、**溶存酸素濃度は N4 で他の地点に比べて低下する傾向にある。**
- 密度の増加時には底層から溶存酸素濃度が低い水塊が水深 5m 層にまで運ばれることにより、全地点ともに溶存酸素濃度が低下すると考えられる。
- さらに N4 では水深が 4m と浅いため、成層界面から底泥までの距離が短く（成層下～底泥までの層厚が薄い）が、**底生系による酸素消費による濃度低下の影響を受けやすいためであると推測される。**

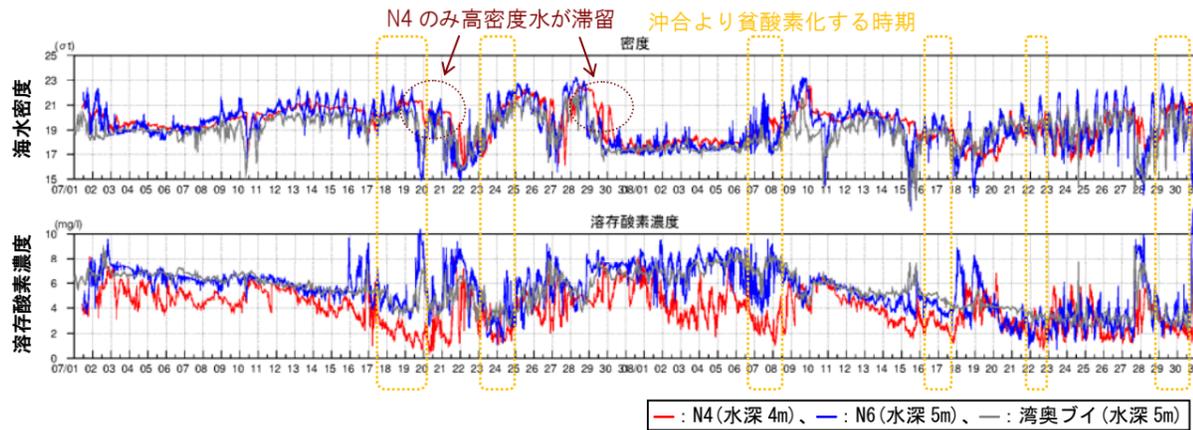


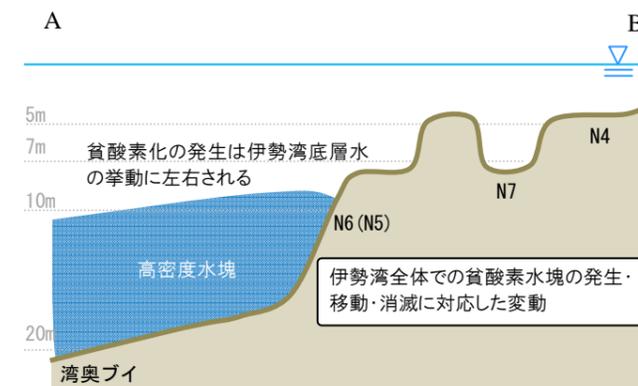
図 24 伊勢湾奥東西ライン(A-B間)水深約 5m 層での密度とDOの変化

上述した要因以外にも下記の2点の影響によっても、N4 は貧酸素水塊が発生しているものと推測される。

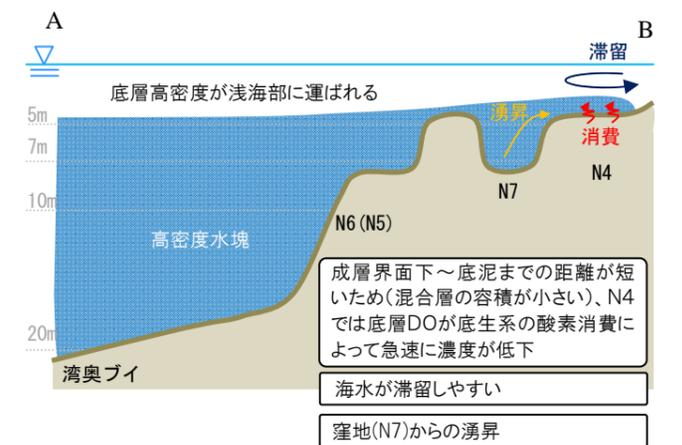
- 図 24 の密度の経時変化において高密度化が生じた後、密度が低下する際、他地点に比べて N4 のみ密度の低下が遅れていることがわかる。**N4 では他の地点に比べて海水が滞留しやすいことが示唆される。**
- 窪地化した N7 からの底層水の湧昇の影響により、N4 において貧酸素化する可能性も考えられる。**

これまでの観測データの整理・解析結果より把握された知多半島沿岸浅海域での貧酸素化の挙動について、図 25 にまとめる。今回の整理・解析から**候補地周辺の浅海域では高密度水の挙動の変化（物理的な現象）が貧酸素化の発生に大きな影響を及ぼしていることが明らかとなった。**

知多半島沿岸浅海域の沖合（N5 および N6）での貧酸素化のメカニズム



知多半島沿岸浅海域の空港島北部海域（N4）での貧酸素化のメカニズム



知多半島沿岸浅海域の空港島北部海域（N7）での貧酸素化のメカニズム

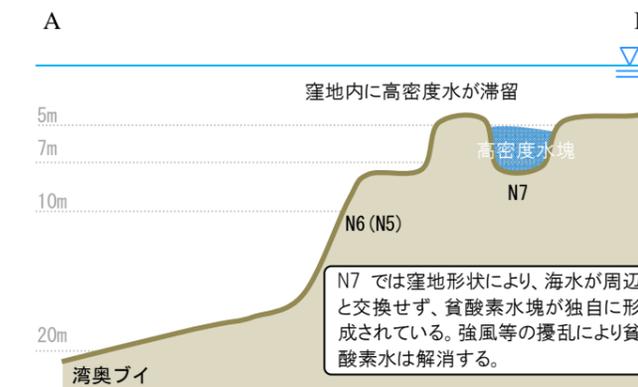


図 25 知多半島沿岸浅海域周辺での貧酸素化の発生メカニズム

3.1.3 伊勢湾シミュレーターでの再現性

これらの観測データの整理・解析結果を踏まえ、伊勢湾シミュレーターでの知多半島沿岸浅海域で発生する貧酸素水塊の挙動について再現性の検証を行う予定である。

3.2 アサリ浮遊幼生の挙動(浮遊量・着底量)の再現性

3.2.1 予測モデルの概要

1) 予測モデルの概念

アサリに見立てた粒子の漂流シミュレーションを基本とし、粒子は成長、貧酸素水により影響を受けるものとし、干潟・浅場への着底量を推定する手法を採用する。

2) 浮遊幼生の成長の表現方法

アサリの浮遊幼生は、ふ化時の殻長は約 $100 \mu\text{m}$ であり²、その後の成長は水温を関数として予測される³。殻長の成長式は、鳥羽(1992)の殻長の成長式を改変した下式⁴を用いた。

$$\text{殻長}(\mu\text{m}) = \sum_{i=1} \frac{0.4 \times \text{Temp}_i}{24} + 100 \quad (1)$$

ここで Temp_i は毎時の水温である。

3) 浮遊中の鉛直移動の表現方法

アサリの浮遊幼生は能動的な移動能力を有しており⁵、浮遊幼生が鉛直方向の移動が湾内での幼生の輸送過程を大きく左右する可能性が指摘されている。本検討では現地観測で得られた浮遊幼生の鉛直分布について、計算結果と比較し、最適な鉛直移動の表現方法を検討するものとした。

4) 干潟・浅場への着底の表現方法

浮遊幼生は着底と再浮上を繰り返し、好適な底質を探索して着底することが知られている⁶。そこで、本検討では、着底条件を表 3 のように設定した。まず殻長が $200 \mu\text{m}$ を超えた浮遊幼生は、水深が 6m 以浅に存在する場合に着底するものとした。すなわち、殻長が $200 \mu\text{m}$ を超えた粒子でも水深が 6m 以深に存在する場合は、未だ着底せず水深が 6m 以浅の海域に移動するまで浮遊するものとした。ただし殻長が $250 \mu\text{m}$ を超えた場合には、干潟・浅場には着底できず、生産に寄与しない浮遊幼生(無効分散)であるとみなした。また着底時には一回の上げ潮で沖側から輸送されてきた浮遊幼生の 90% が着底するものと仮定し、着底確率の概念を取り入れた。

表 3 設定した着底条件

項目	内容
着底可能時期	$200 \mu\text{m} \sim 250 \mu\text{m}$
着底条件	水深 6m 以浅
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

² 鳥羽光晴、山川紘、庄司紀彦、小林豊(2013):東京湾盤洲沿岸での夏季 1 潮汐間におけるアサリ幼生の鉛直分布の特徴、日本水産学会、79(3)、355-371

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 石田基雄、小笠原桃子、村上知里、桃井幹夫、市川哲也、鈴木輝明(2005):アサリ浮遊幼生の成長に伴う塩分選択行動特性の変化と鉛直移動様式再現モデル、水産海洋研究 69(2)、73-82

⁶ 関口秀夫(2009):3 章 幼生加入過程:アサリ資源研究の新しい視点、アサリと流域圏環境-伊勢湾・三河湾での事例を中心として、生田和正、日向野純也、桑原久実、辻本哲郎編、恒星社厚生閣、36-60

3.2.2 再現性の検証フロー

浮遊幼生の再現性の検証フローを図 26 に示す。

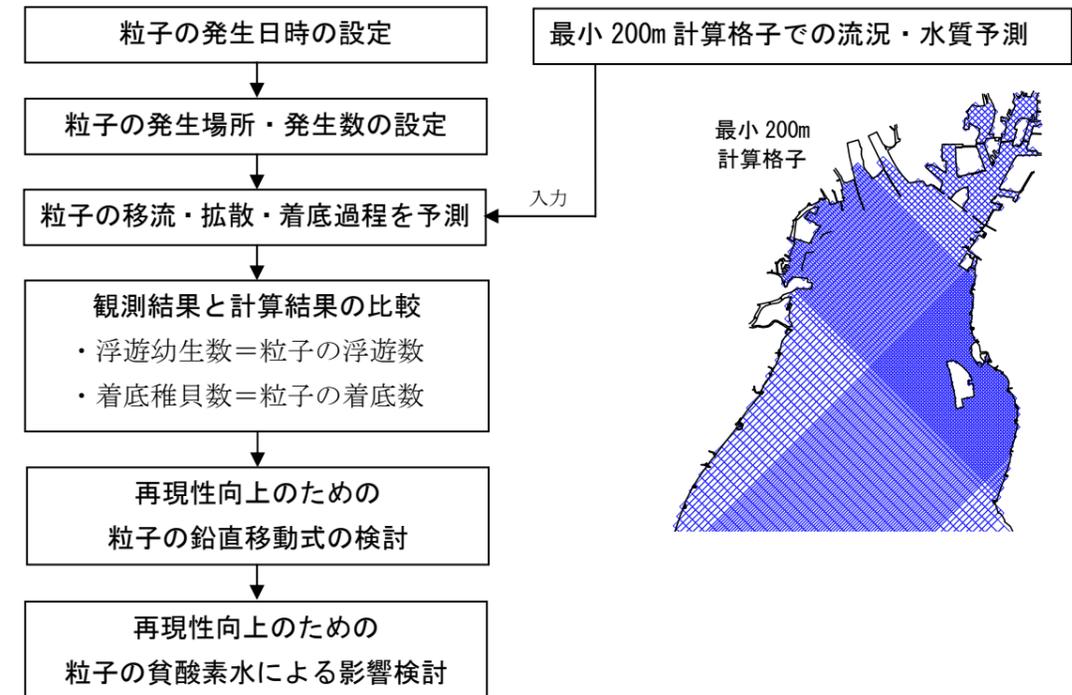


図 26 浮遊幼生の挙動の再現性の検証フロー

3.2.3 計算条件の設定

1) 粒子の発生日時の設定

大潮満潮期に一齐に産卵すると仮定し、平成26年3月～8月の図27に示すタイミング(全11回)に粒子を発生させ(投入)、その後の粒子の移流・拡散・着底過程を計算した。なお図中の灰色の線は浮遊幼生の観測タイミングを示している。

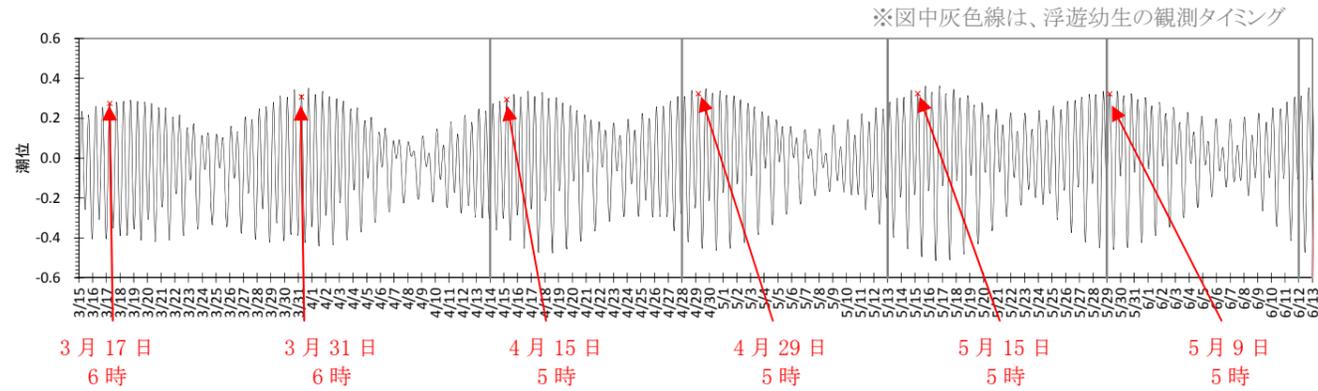
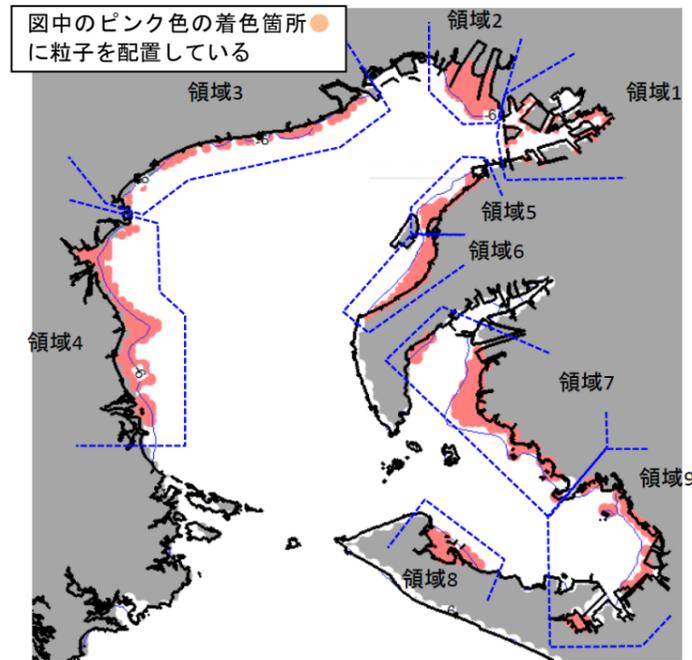


図27 粒子の発生日時と潮位の関係(3～5月の期間を例示)

2) 粒子の発生場所の設定

水深4m(D.L.)以浅の場所を粒子の発生箇所として設定した。さらに発生場所を9領域に分類した(図28)。この領域ごとの粒子の発生数を設定するものとした。



領域	面積(ha)
1	878
2	2490
3	841
4	3384
5	1100
6	1732
7	3152
8	858
9	1124

図28 粒子の初期配置箇所

3) 粒子の発生数の設定

領域ごとに設定する発生数の推定方法は、漁獲量(平成22～24年)に基づく設定方法(CASE1)と、本調査結果に基づく設定方法(CASE2)の2ケースを採用した(図30)。

- ・ 漁獲量に基づく設定方法(CASE1)については、各領域での漁獲量1tあたり100個の粒子を発生させるものとした。
- ・ 本調査結果に基づく設定方法(CASE2)については、図29に示す観測で得られた測線毎の平均個体数により、CASE1で算定した総発生粒子数を各領域での重みづけし配分した。ただし三河湾については観測を実施していないため、CASE1での設定方法と同様とした。

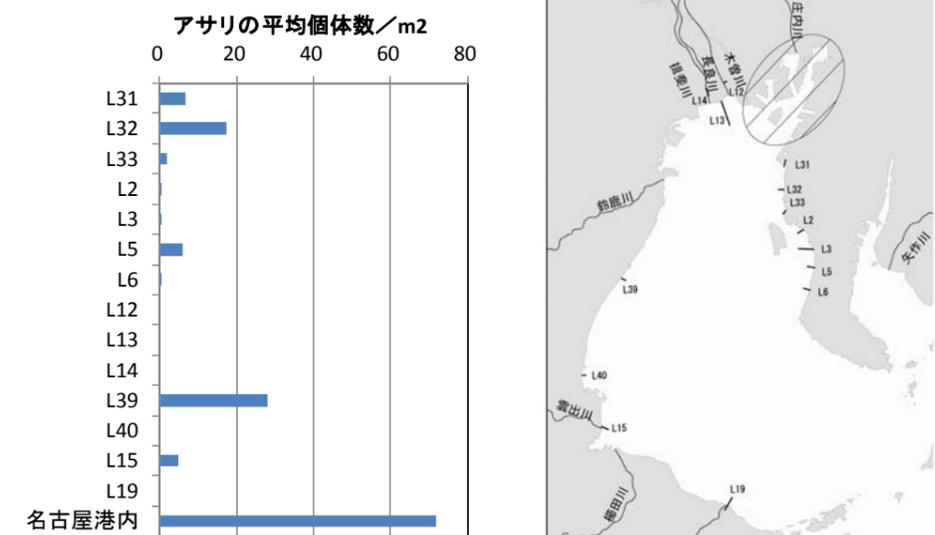
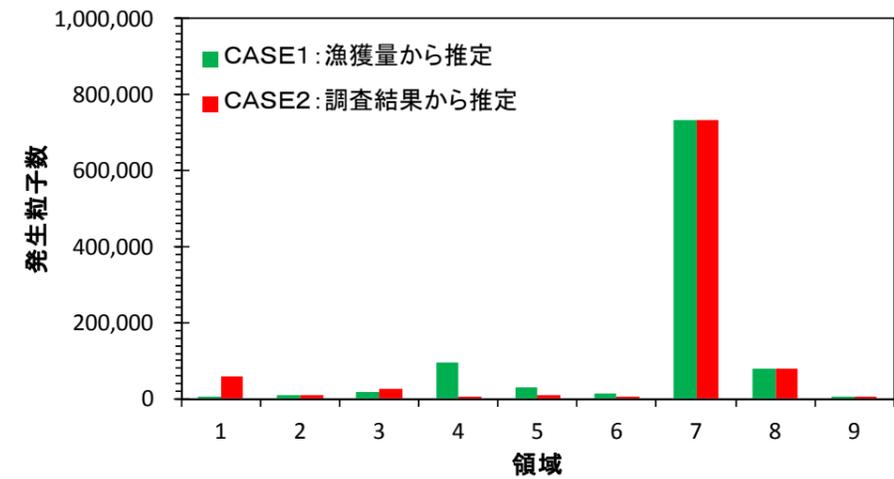


図29 測線ごとのアサリの平均個体数の調査結果



※ 領域1の漁獲量データはないため、CASE1は既往調査で推定した値を用いた。

図30 領域別の粒子の発生数

4) 発生時期ごとの発生数の重みづけ

伊勢湾内の浮遊幼生量は、5月中旬から8月中旬にかけて湾全体で浮遊幼生量が増大するような傾向がみられ、ある特定に期間にアサリは幼生を産卵しているものと推測された。そこで、図 31 に示すように発生時期(計算開始時期)ごとに湾内の総浮遊量に基づき、0~1 の重みづけ係数を設定し、図 30 に示した粒子の発生数に乗じた粒子数を配置するものとした。

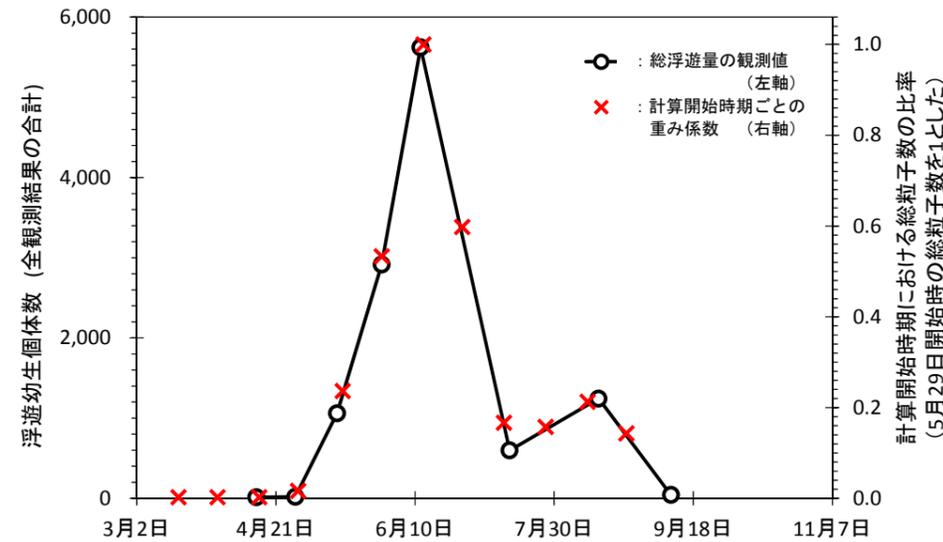


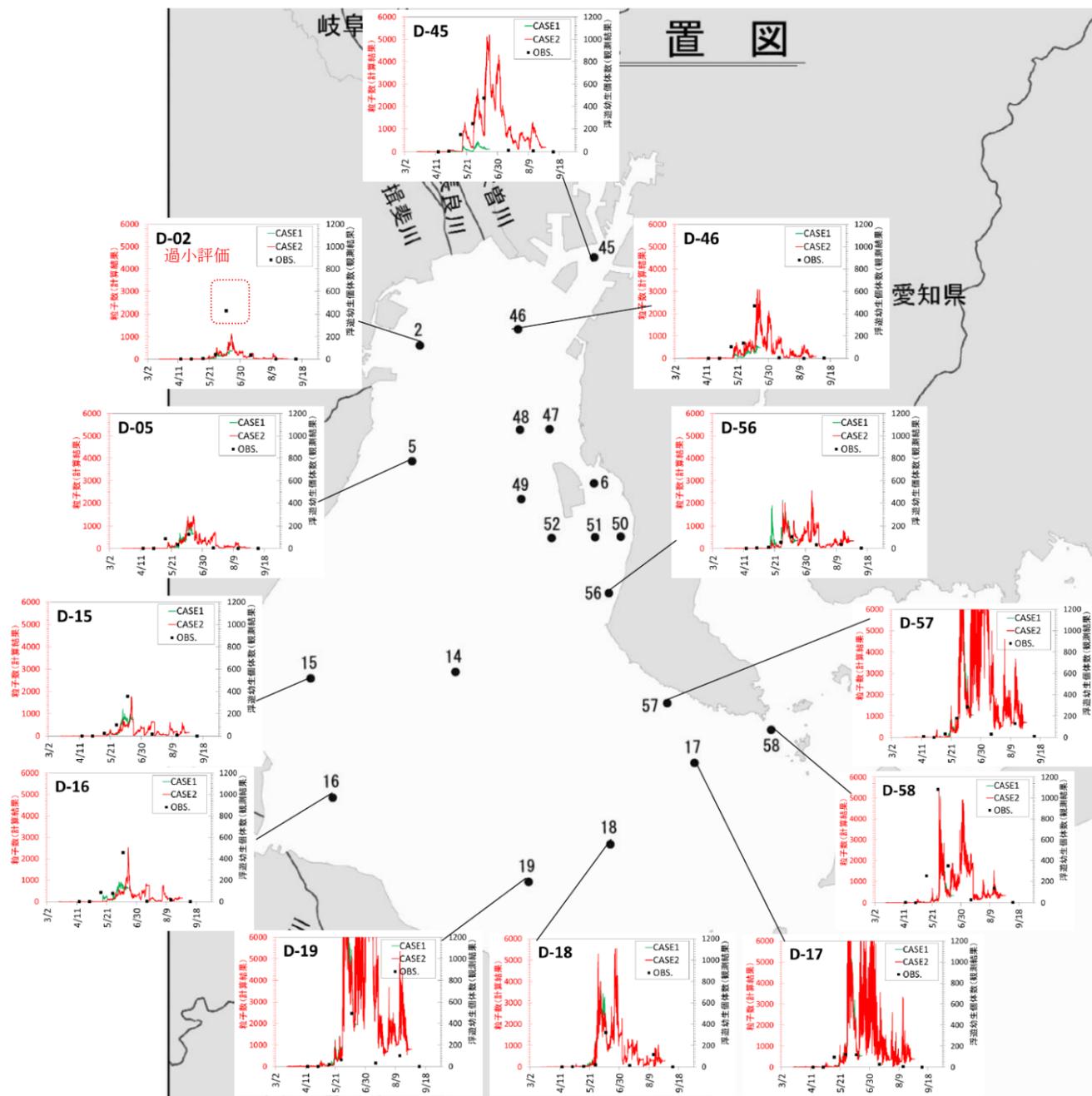
図 31 浮遊幼生の湾内の総浮遊量の経時変化と計算に用いた粒子の発生数の重み係数

3.2.4 浮遊幼生の挙動の再現性の検証

1) 浮遊幼生の浮遊量との観測結果と粒子数の計算結果の比較

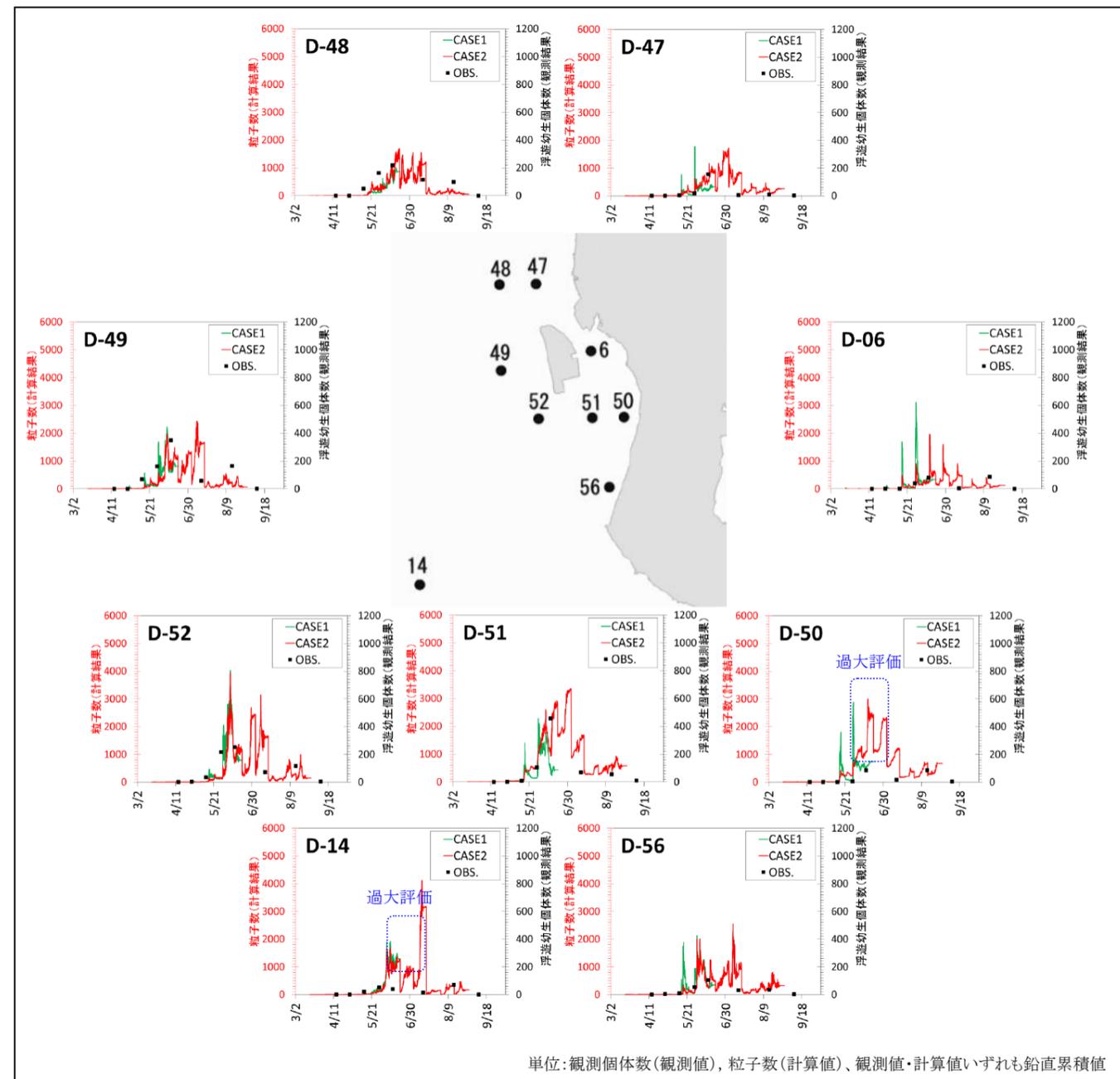
検討にあたり、まず**粒子は流れに完全に受動的に移動すると仮定した計算**を実施した。発生粒子数の設定方法の異なる CASE1 および CASE2 の浮遊粒子量と観測結果で得られた浮遊幼生量との比較を図 32 に示す。

- ・ 計算結果 CASE1 および CASE2 はともに、**湾全体の浮遊幼生量の季節変化と分布状況を概ね再現できている。**
- ・ 名古屋港内により多くの粒子を配置した CASE2 の方が湾奥(D-45)での浮遊幼生量をよく再現している。
- ・ 湾奥(D-02、D-46)と湾央三重県側(D-15、D16)の浮遊幼生量の計算結果は CASE1、CASE2 ともに若干過小評価となっている。
- ・ 図 33 に示すように、**粒子が三河湾から伊勢湾に供給される時期は南東風が卓越する時期と一致している。**



単位: 観測個体数(観測値), 粒子数(計算値)、観測値・計算値いずれも鉛直累積値

図 32(1) 浮遊粒子の量と浮遊幼生量の観測結果との比較



単位: 観測個体数(観測値), 粒子数(計算値)、観測値・計算値いずれも鉛直累積値

図 32(2) 浮遊粒子の量と浮遊幼生量の観測結果との比較

アサリ浮遊幼生の浮遊量の再現性: 粒子は流れに完全に受動的に移動すると仮定した計算において概ね
妥当な再現性が得られた。

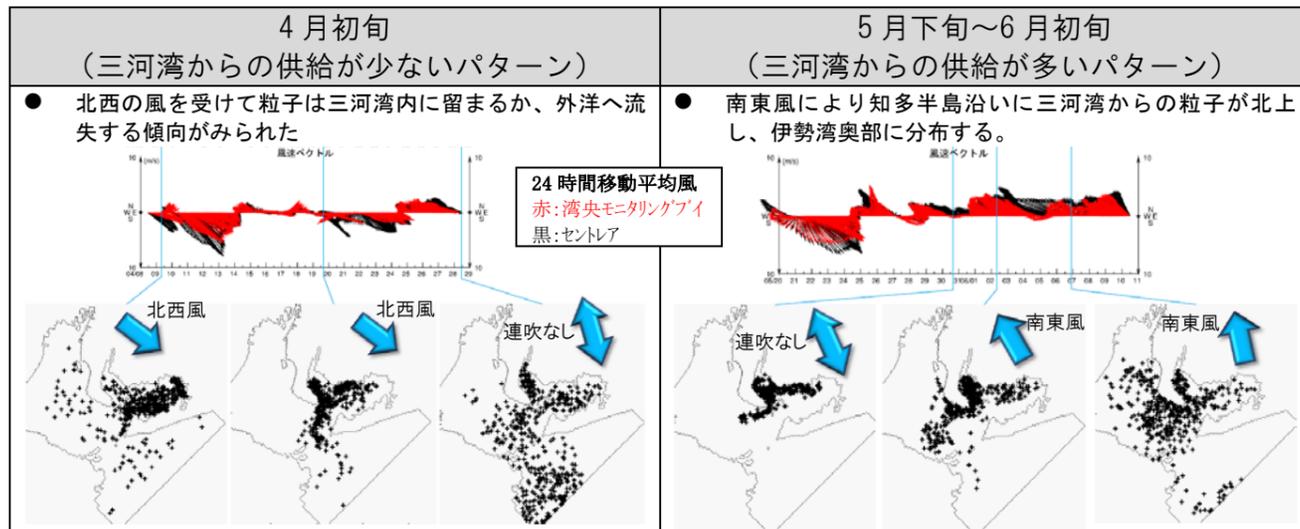


図 33 三河湾に配置した浮遊幼生の計算の状況
(領域 7 に初期配置した粒子の動きの風との対応)

2) 着底稚貝の観測結果と粒子の着底数の計算結果の比較

候補地周辺浅海域での全調査測線におけるCASE1およびCASE2での着底粒子量と、観測結果である着底稚貝量との比較を図 34 に示す。ただし、計算結果は、大潮満潮毎に計算開始される粒子のうち候補地周辺浅海域(調査測線別)に着底したものを時間的に累積した結果である。

- 観測値に見られた5月から6月にかけて着底稚貝量が増加する季節的な変動傾向を概ね再現できている。

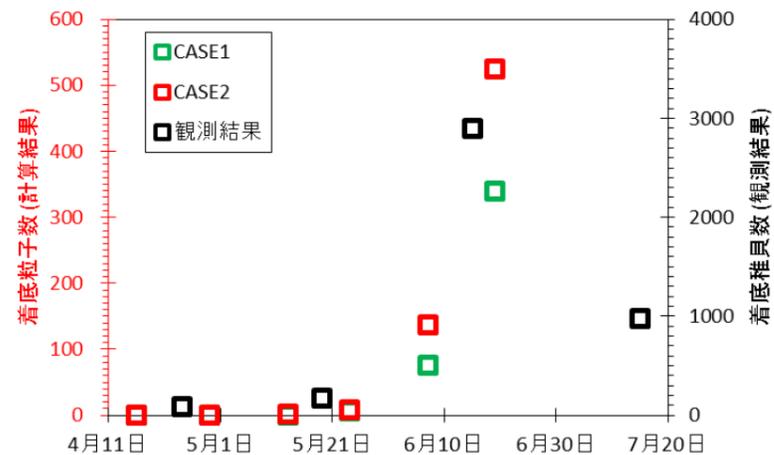


図 34 知多半島沿岸の調査測線における着底稚貝数の累積値(観測結果)と粒子の着底数(計算結果)の比較

つぎに、調査測線毎の計算結果と観測結果の比較として、5月中旬と6月下旬の結果を図 35 に示す。

- 5月中旬の地点別の着底量の計算結果は、候補地北部のL32、L33で過小評価となっている。
- 図 32 に示したように浮遊量は概ね一致しているにもかかわらず、L32、L33では着底量が一致していないことから、L32、L33は局所的に浮遊幼生の底層に集積・着底しやすいといった流れの収束域になっている可能性が考えられる。

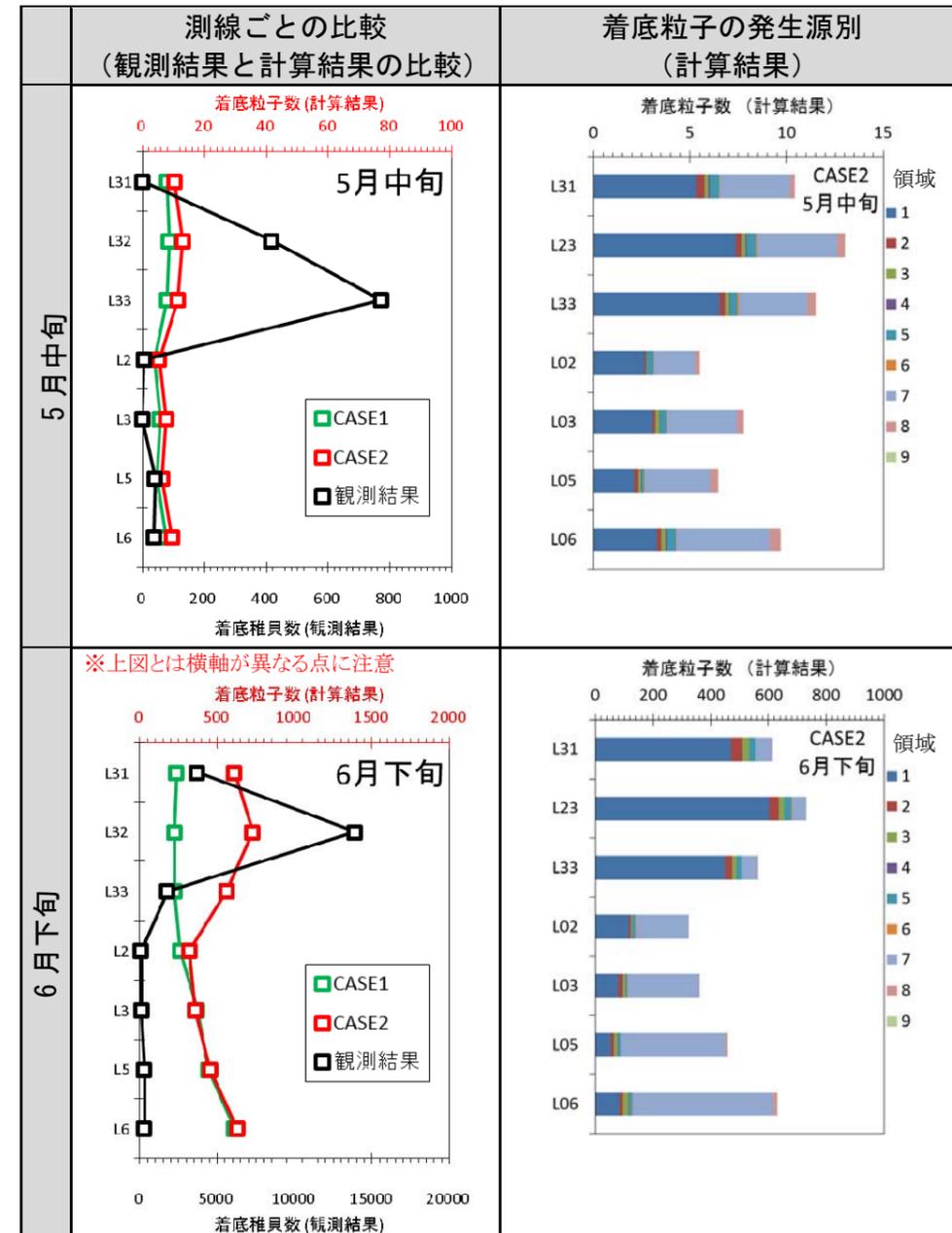


図 35 知多半島沿岸の調査測線ごとの着底稚貝数(観測結果)と粒子の着底数(計算値)の比較

着底稚貝数の再現性：着底数が5月~6月にかけて増加する傾向は概ね一致しているが、空港島北部の浅海域(L32・L33)で着底数が多い傾向は再現できていない。

3) 再現性向上のための粒子の鉛直移動式の検討

浮遊幼生は遊泳能力があるため、状況に応じて鉛直移動することが考えられる。最適な鉛直移動に関するモデル式を選定するため、表 4 に示す複数案の鉛直移動式について再現性の違いを確認した。

表 4 浮遊幼生の鉛直移動に関するモデル式の概要

鉛直移動式		参考文献等
ベースケース	流れに完全に受動的	
CASE1	分布中心を水深3mとする手法	鈴木ら(2002) ⁷
CASE2	幼生の成長段階に応じた塩分選択性を考慮した手法	石田ら(2005) ⁸
CASE3	小型幼生は表層・中層を中心に分布し、大型の幼生は中・底層に分布する傾向があり、殻長が大きくなるにつれて、分布中心が下層へ移動するように設定する手法	鳥羽ら(2013) ⁹ を参考に設定
CASE4	幼生の成長段階に応じた浮遊層(2~6m層)を設定する。ただしアサリ浮遊幼生が存在する水深の塩分が、幼生の好みの塩分にある場合は鉛直移動を行わないものとした。好みの塩分については、石田ら(2005)の実験結果を参考に20~28とした。	
	成長段階	浮遊層(z_p)
	トロコフォア幼生~D 状期	0~4m
	D 状期~アンボ期	2~6m
アンボ期~フルグロウン	2~6m	

鉛直移動に関するモデル式をベースケースから変更した際の浮遊幼生の浮遊量と着底稚貝量の変化を図 36 に示す。

- CASE1 と CASE3 はベースケースに比べて再現性が低下する傾向にあった。特に候補地南部での着底稚貝数が過大となった。
- CASE4 は概ねベースケースと類似した再現性となった。

ベースケース、すなわち粒子は流れに完全に受動的な移動するものとした計算において、概ね浮遊幼生の挙動は再現できるものと推測される。

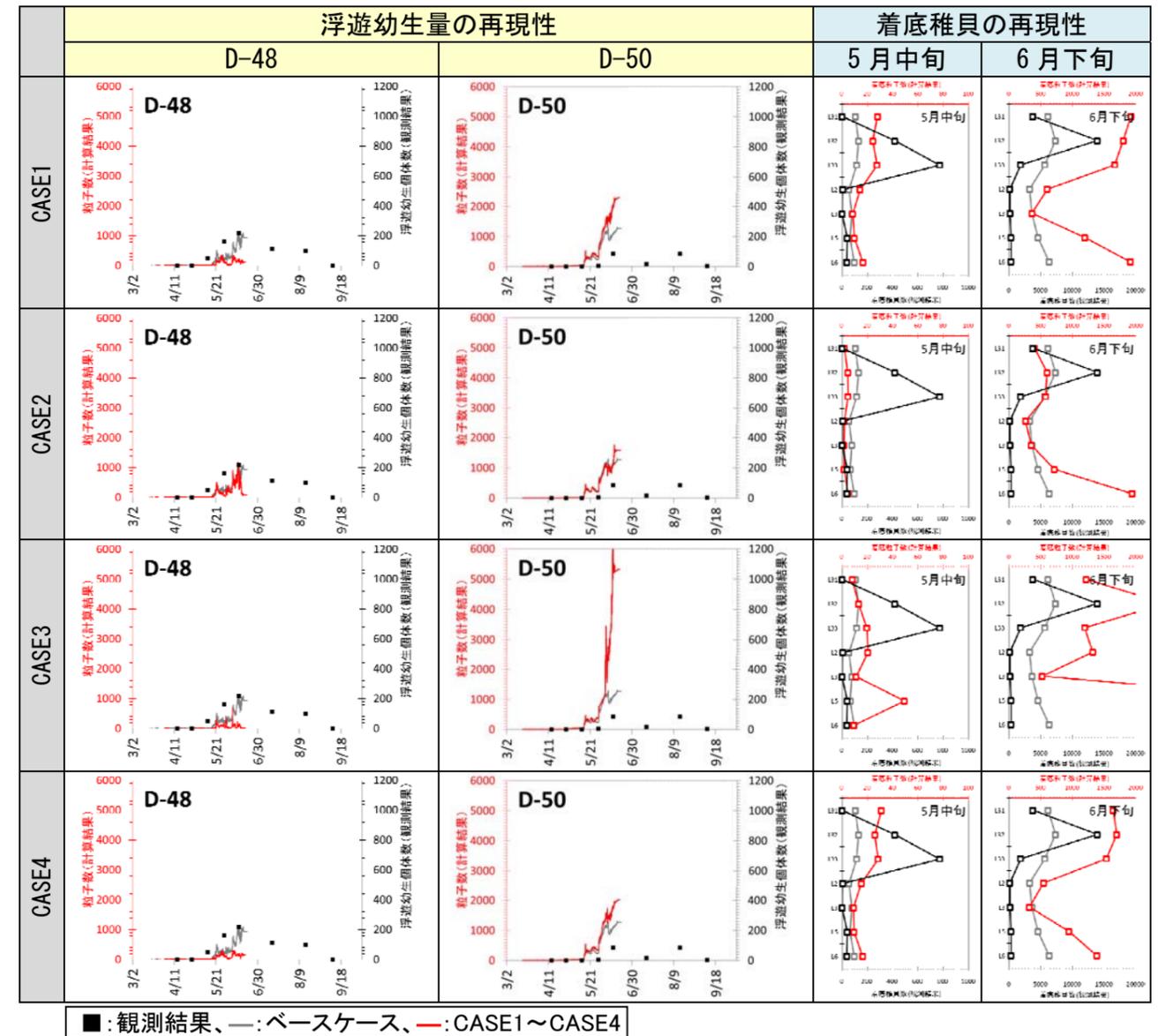


図 36 浮遊幼生の鉛直移動方式別の計算結果の再現性



⁷鈴木輝明、市川哲也、桃井幹夫(2002):リセプターモードモデルを利用した干潟域に加入する二枚貝浮遊幼生の供給源予測に関する試み —三河湾における事例研究一、水産海洋研究 66(2)、88-101

⁸石田基雄、小笠原桃子、村上知里、桃井幹夫、市川哲也、鈴木輝明(2005):アサリ浮遊幼生の成長に伴う塩分選択行動特性の変化と鉛直移動様式再現モデル、水産海洋研究 69(2)、73-82

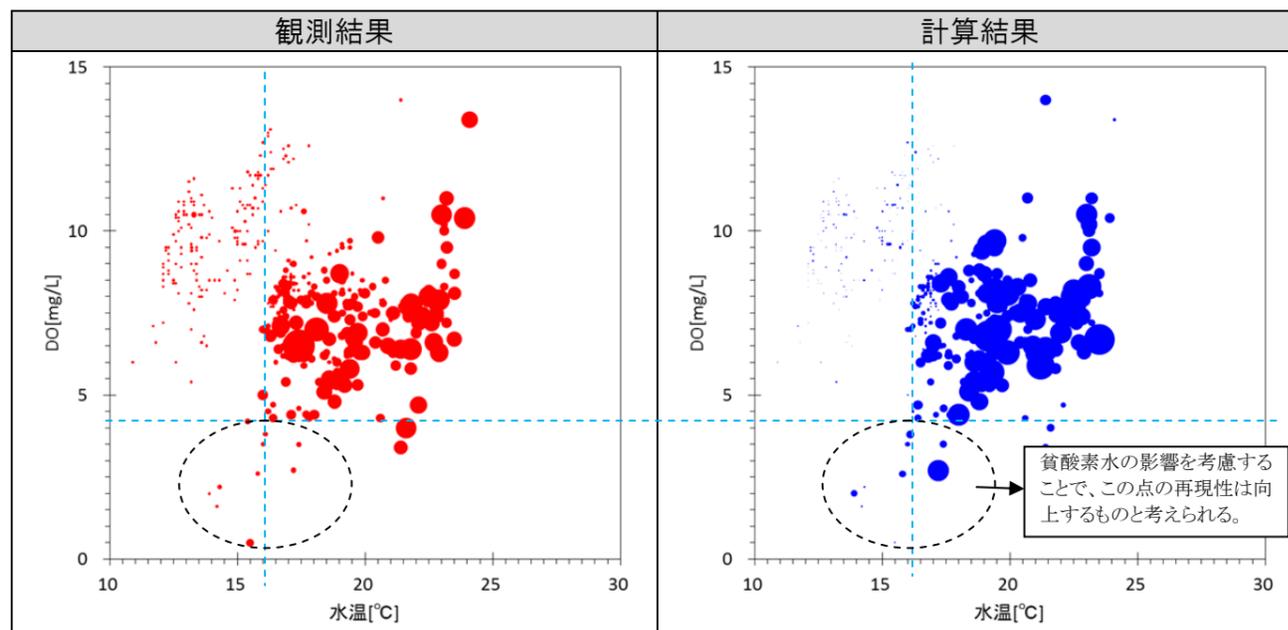
⁹鳥羽光晴、山川紘、庄司紀彦、小林豊(2013):東京湾盤洲沿岸での夏季1 潮汐間におけるアサリ幼生の鉛直分布の特徴、日本水産学会、79(3)、355-371

3.2.5 アサリの浮遊幼生の挙動の再現に関する今後の検討内容

1) 再現性向上のための粒子の貧酸素水による影響の検討

浮遊幼生は、貧酸素水に暴露されると忌避行動をとるか、殻を閉じて海底に沈降し斃死するものと考えられる。貧酸素水塊の効果を考慮していない現状の計算結果と実際の観測結果について、浮遊幼生が浮遊している地点・層の水温を横軸に溶存酸素を縦軸にとり、●の大きさを浮遊幼生の浮遊量を表したものを図 37 に示す。なお横軸・縦軸に用いた水温和溶存酸素はいずれも観測結果を用い、●の大きさのみ計算結果と観測結果で個々に図示している。

- ・ 溶存酸素濃度が約 3mg/l を下回ると、観測結果では浮遊幼生はほとんど確認されていないが、計算結果では貧酸素化した地点・層でも比較的多い浮遊量が計算されている。
- ・ この点については、**既往の知見を参考に浮遊幼生の貧酸素水による影響をモデルに考慮し、再現性を向上させる予定**である。



※浮遊幼生が浮遊している地点・層の水温和溶存酸素を縦軸にとり、●の大きさを浮遊幼生の浮遊量を表している。

図 37 水温・溶存酸素濃度に対する浮遊幼生の分布量の比較

2) 秋産卵群の浮遊幼生・着底稚貝に関する再現性の検証

本検討で、春産卵群の浮遊幼生・着底稚貝の挙動については概ね再現できることが明らかとなったが、秋産卵群についても同様の手法で再現が可能であるか検討を行うものとする。

今後、浮遊幼生の貧酸素水塊による影響をモデルに考慮し、さらに秋産卵群の浮遊幼生の挙動についても再現性を確認することで、モデルの完成を目指す。