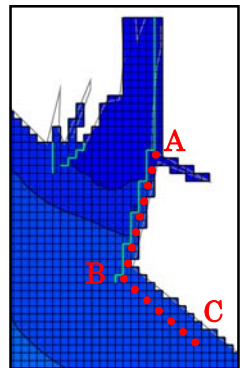


図 3.26(1)大潮期の水質の縦断分布 (T-N)

注) 出力データは鉛直方向ごとに線形補間し、第1層の中央位置以浅は第1層の計算結果を図化している(補間の外挿なし)



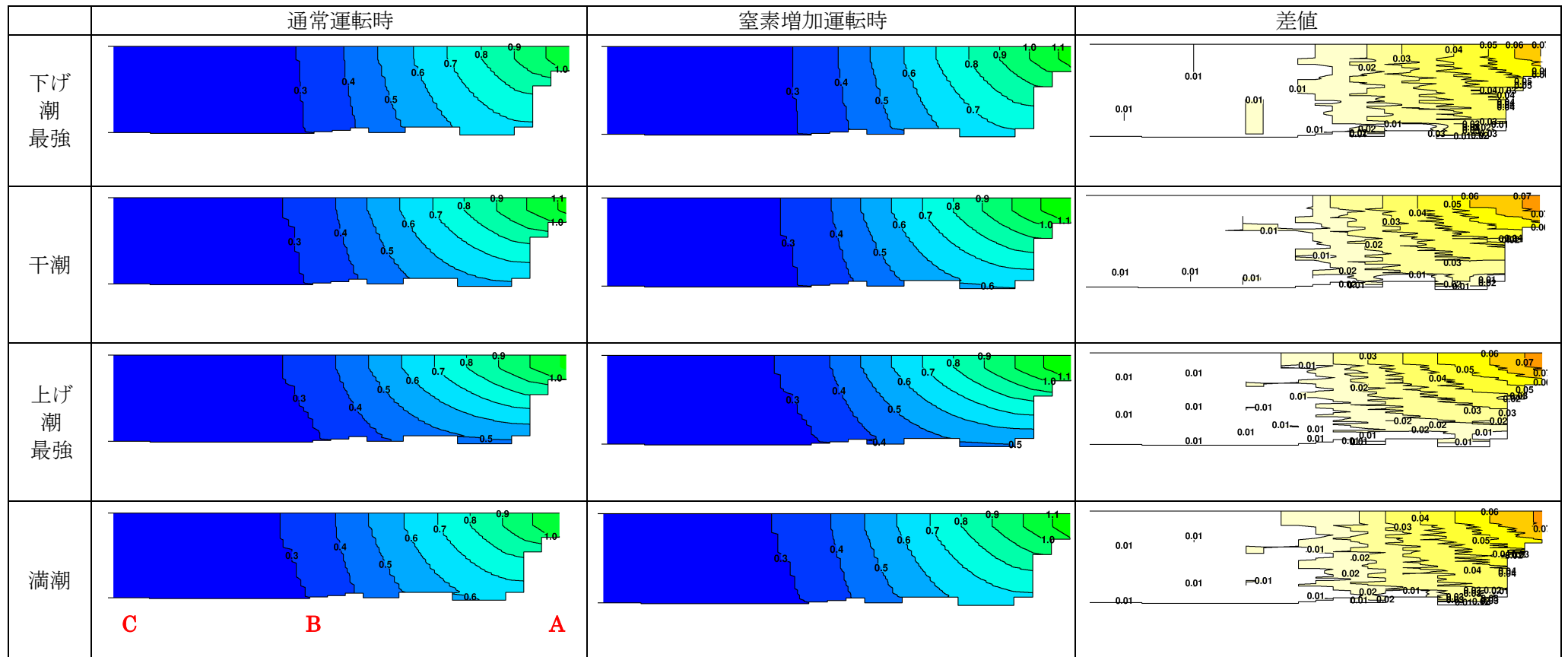
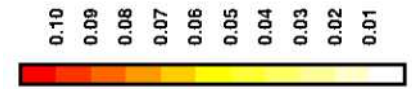
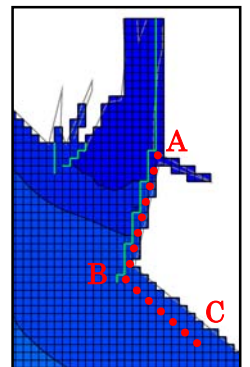


図 3.26(2) 小潮期の水質の縦断分布 (T-N)



注) 出力データは鉛直方向ごとに線形補間し、第1層の中央位置以浅は第1層の計算結果を図化している(補間の外挿なし)



表層水の張り出しの様子

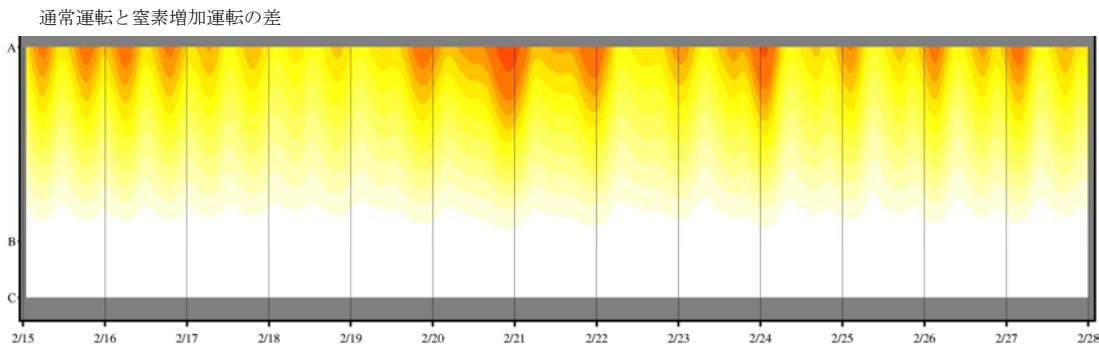
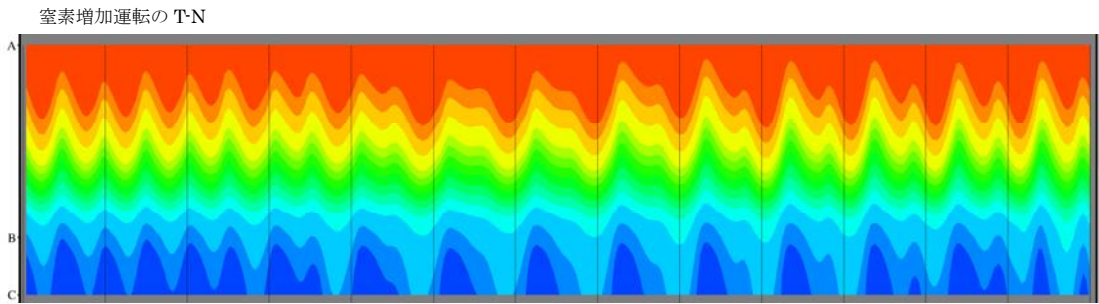
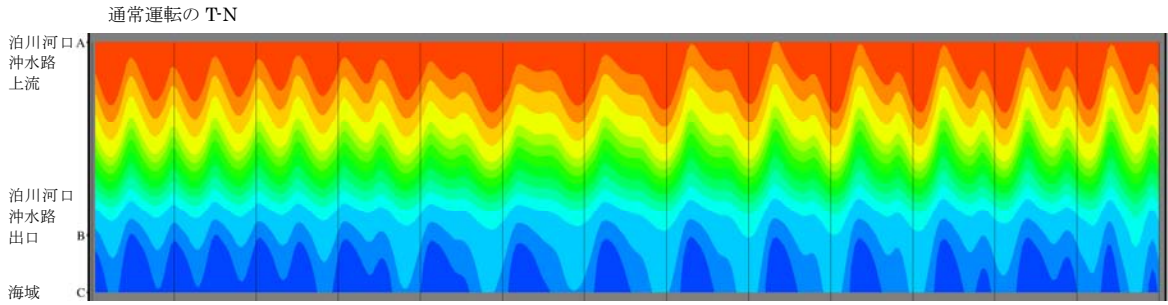
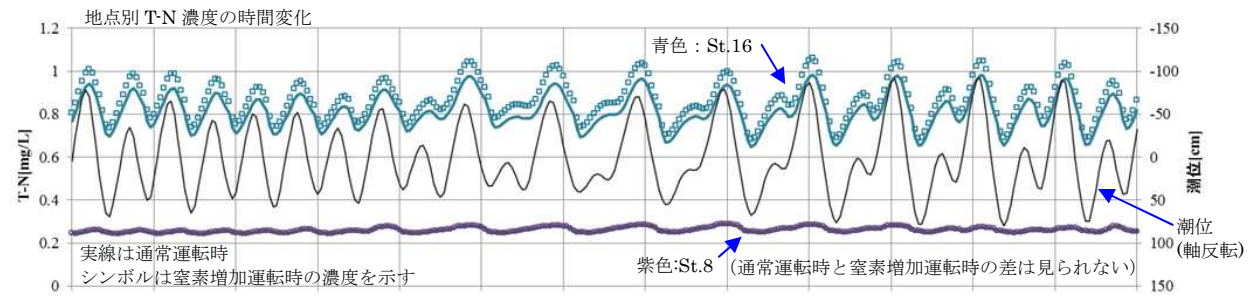
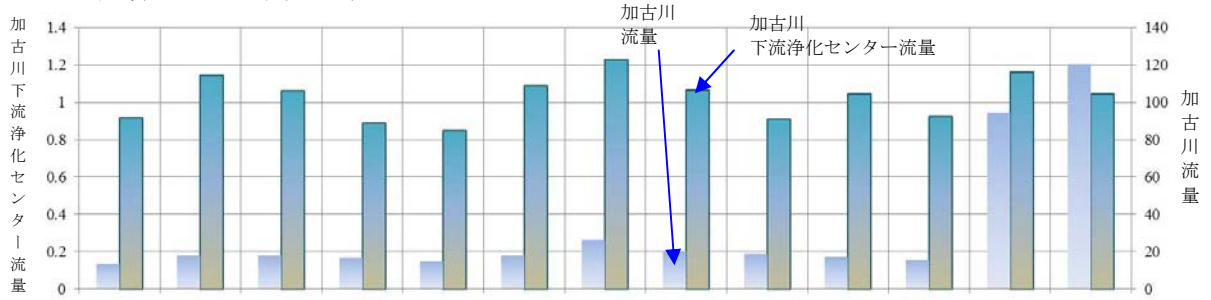


図 3.27 泊川河口沖水路表層水の張り出しの様子

(3) 現地実証試験との比較

現地調査結果から得られた窒素増加運転時と通常運転時の全窒素濃度の変化を図 3. 1 に示す。また、モデルの計算結果から得られた窒素増加運転時と通常運転時の全窒素濃度の変化を図 3. 2 に示す。

モデルの計算結果から得られた全窒素濃度の変化は、現地調査結果に比べると過小になっているが、地点 A で濃度差が大きく地点 G、I などの沿岸域で濃度差がほとんど見られなくなる傾向はおおむね捉えている。ただし、観測結果では地点 B で濃度差がほとんど見られないにもかかわらず、計算結果では地点 B でも濃度増加が生じている。

計算結果は水深 0～3m の平均値であるため、窒素増加運転による濃度の差を十分には表現できなかった事が考えられる。

また、計算結果の地点 B で見られた窒素濃度の増加は、地点 B 周辺水路の水深が計算上で実際よりも幅が大きく、水深も深く設定されている可能性があり、これにより加古川下流浄化センターからの流入水が地点 B の水路内に実際よりも多く混ざりこんでしまっている可能性がある。さらに、この地点 B の水路内への水塊の混ざりこみが、泊川河口沖水路での窒素増加運転の効果の過小評価の一因となっている可能性も考えられる。

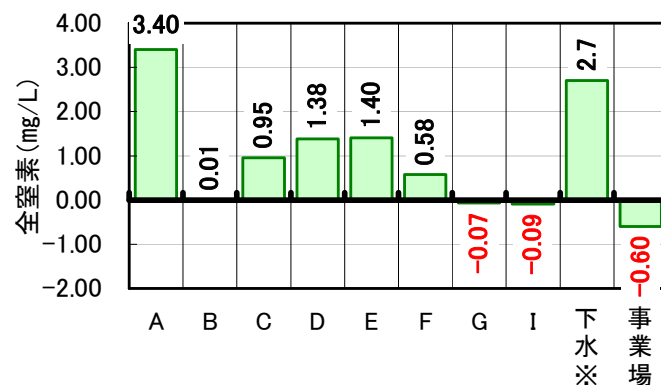


図 3. 1 現地調査で得られた窒素増加運転時と通常運転時の全窒素濃度の差 (表層)

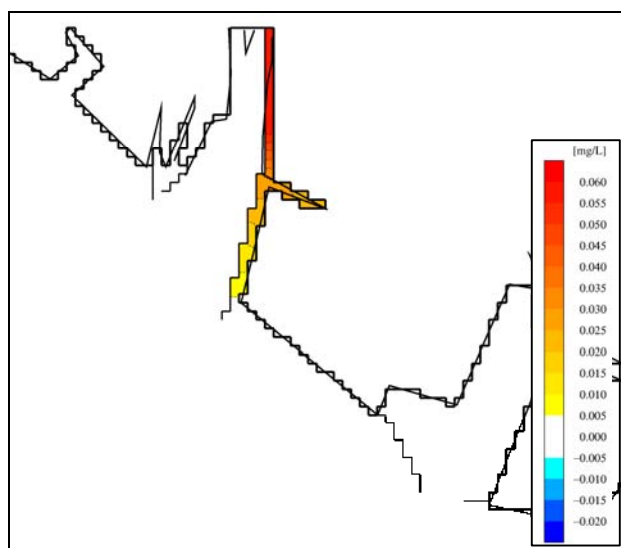
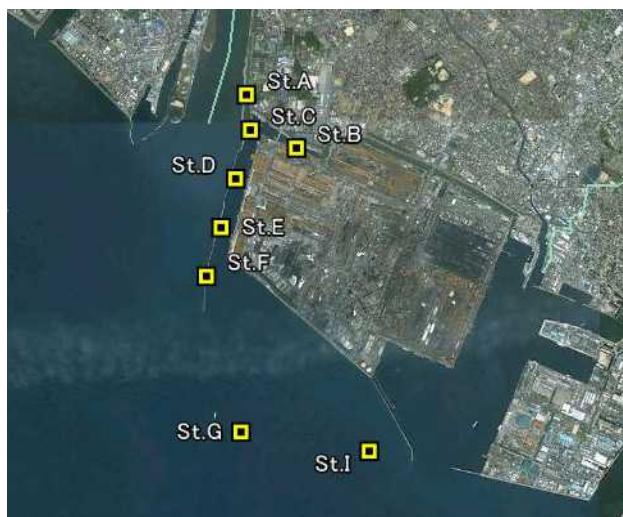


図 3. 2(1) モデル計算結果から得られた通常運転時と窒素増加運転時の全窒素濃度の差（表層）

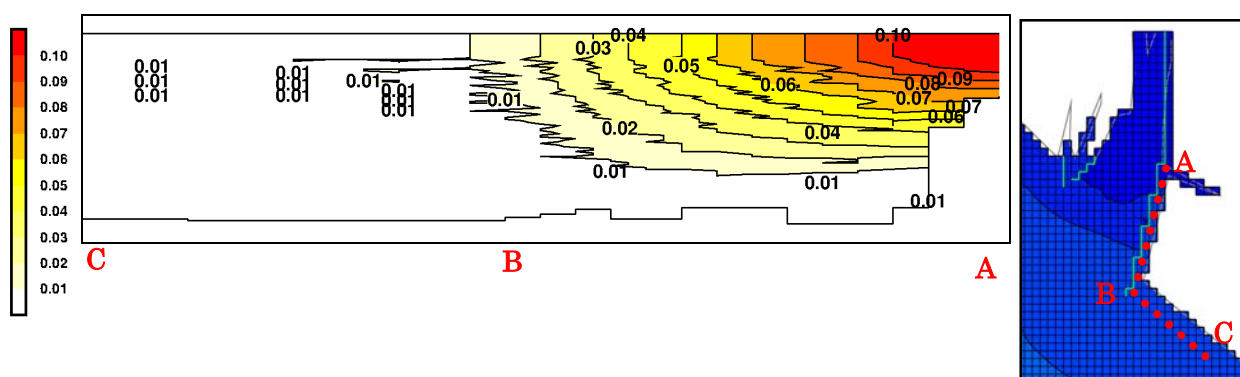


図 3. 2(2) モデル計算結果から得られた通常運転時と窒素増加運転時の全窒素濃度の差（表層）

3-3 河川等を利用した港湾内と沿岸～沖合域の海水交換促進の効果検討

(1) 検討条件

図 3. 3 に示す地点①、②の水を交換することにより、海域の栄養塩濃度の上昇分と高濃度水の拡がり程度、港湾内の環境改善（栄養塩類濃度の減少）を把握する。計算ケースを表 3.5 に示す。

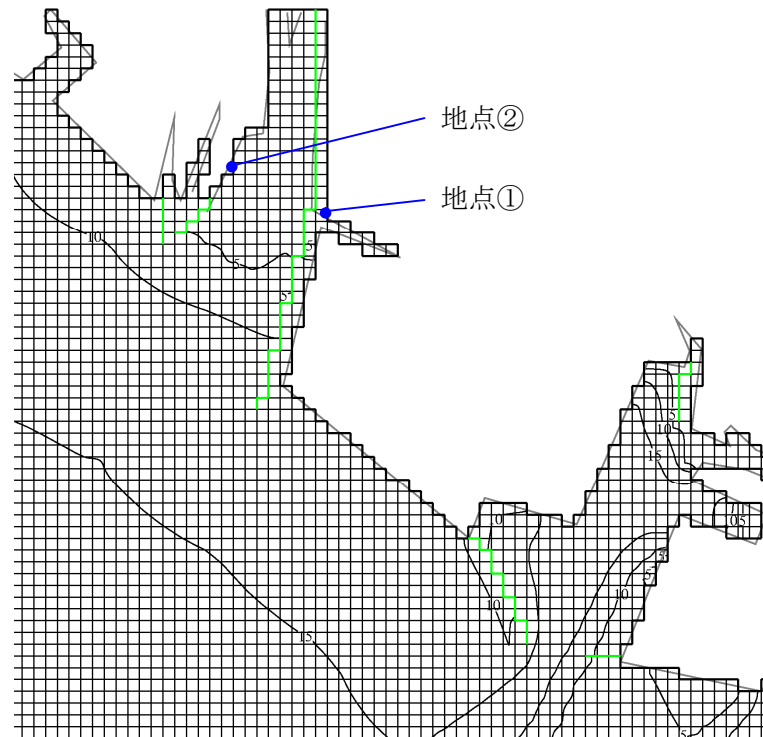


図 3. 3 地点図

表 3.5 計算ケース

ケース	導水位置	導水量
導水 A	地点②⇒地点①	10m ³ /min
導水 B	地点①⇒地点②	10m ³ /min
導水 C	地点②⇒地点①	100m ³ /min
導水 D	地点②⇒地点①	500m ³ /min

(2) 検討結果 1（導水 A・B ケース）

泊川河口沖水路に沿った流速と塩分、栄養塩濃度(例として全窒素)の鉛直分布図と栄養塩濃度を導水 A ケースについて図 3. 4、導水 B ケースについて図 3. 5 に整理した。

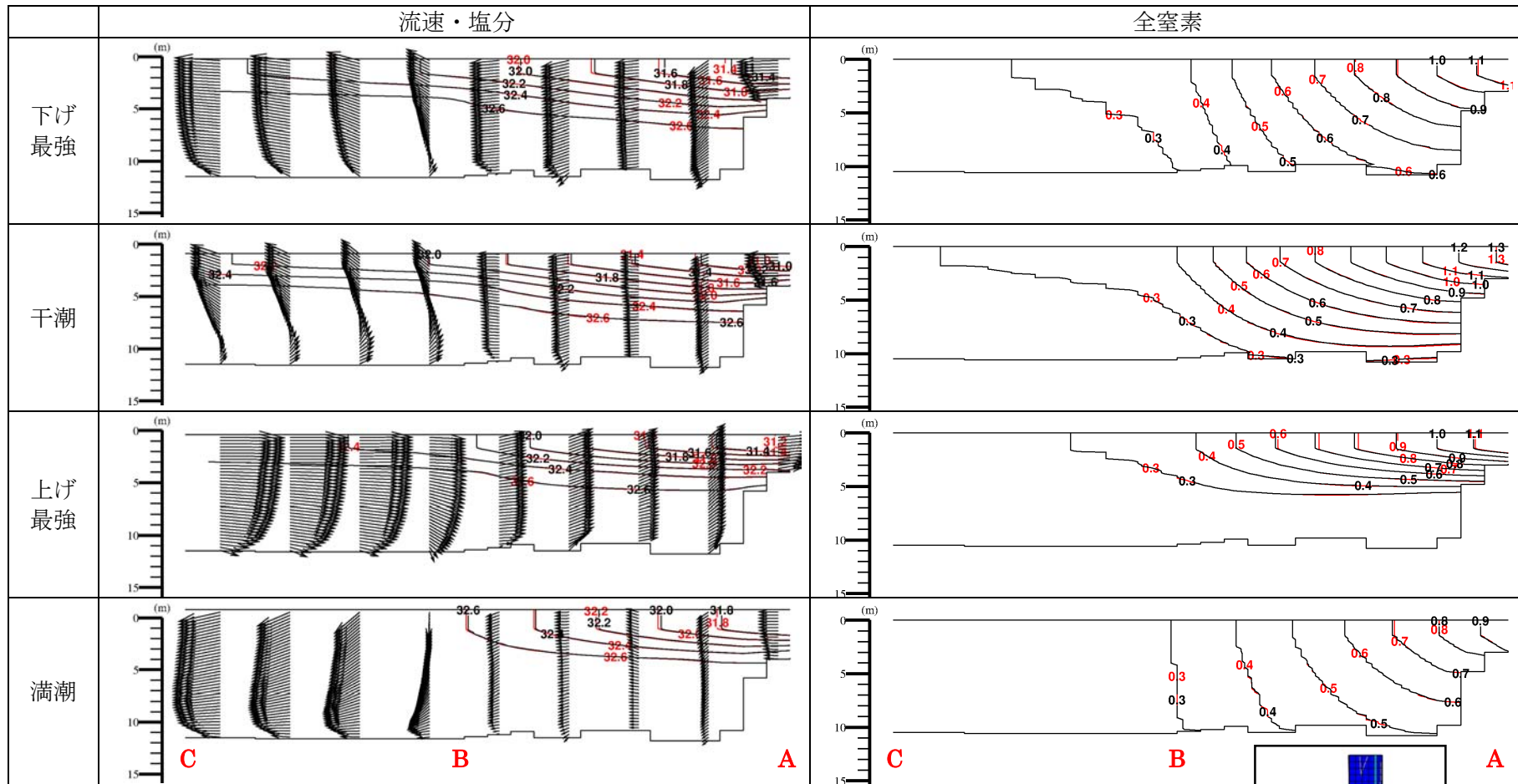
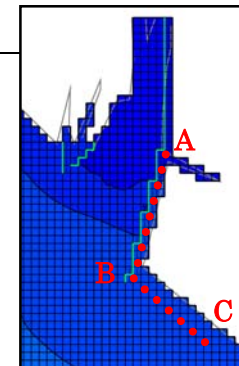
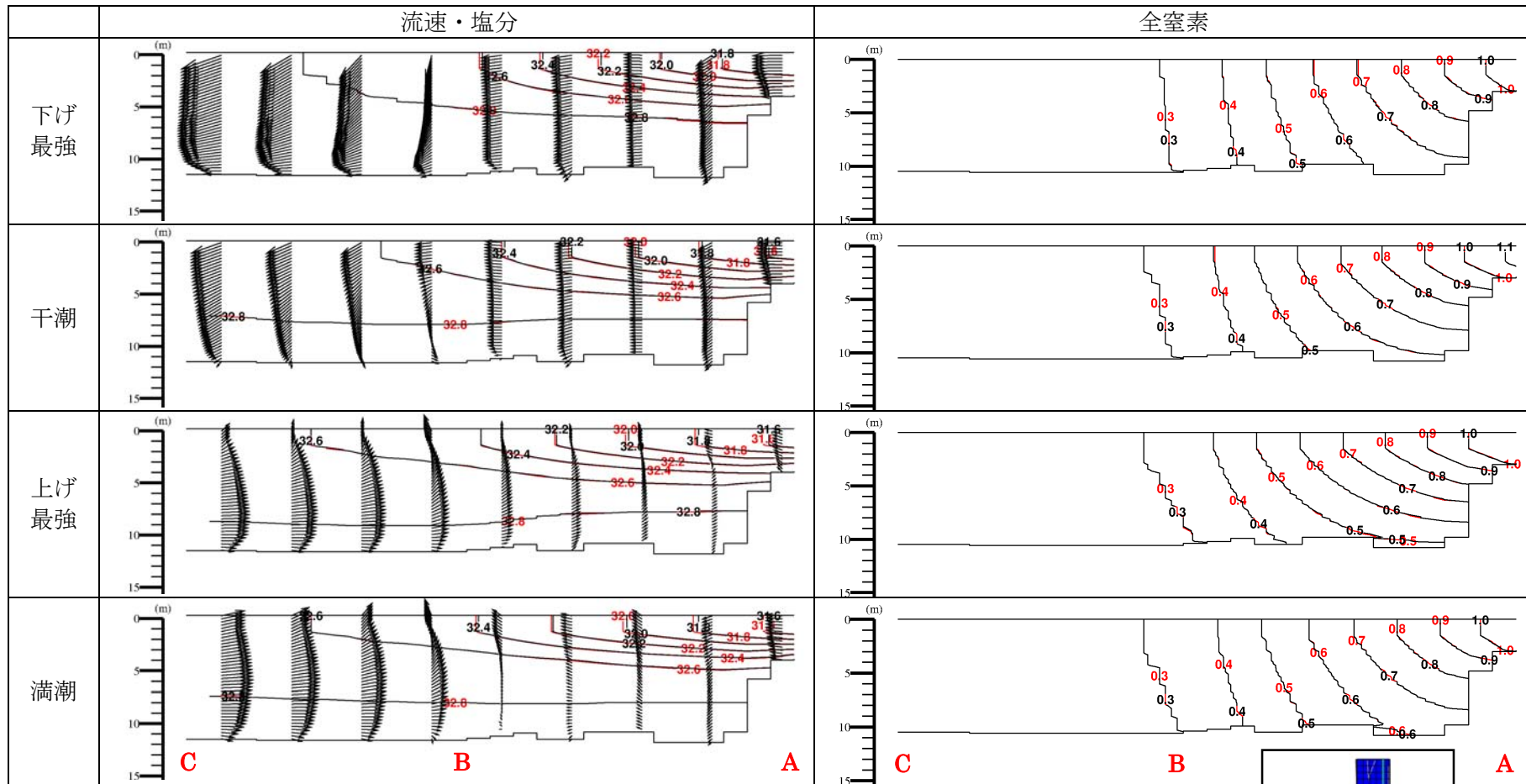


図 3. 4(1) 流速と塩分濃度の鉛直分布(導水 A ケース・大潮期)

(黒線・黒矢印：現況再現ケース 赤線・赤矢印：導水ケース)

- * 出力データは鉛直方向ごとに線形補間し、第 1 層の中央位置以浅は第 1 層の計算結果を図化している(補間の外挿なし)
- * 水平流速は南北方向の流速成分を図化している

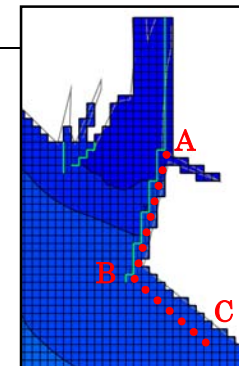




(黒線・黒矢印：現況再現ケース 赤線・赤矢印：導水ケース)

図3. 4(2) 流速と塩分濃度の鉛直分布(導水 A ケース・小潮期)

- * 出力データは鉛直方向ごとに線形補間し、第1層の中央位置以浅は第1層の計算結果を図化している(補間の外挿なし)
- * 水平流速は南北方向の流速成分を図化している



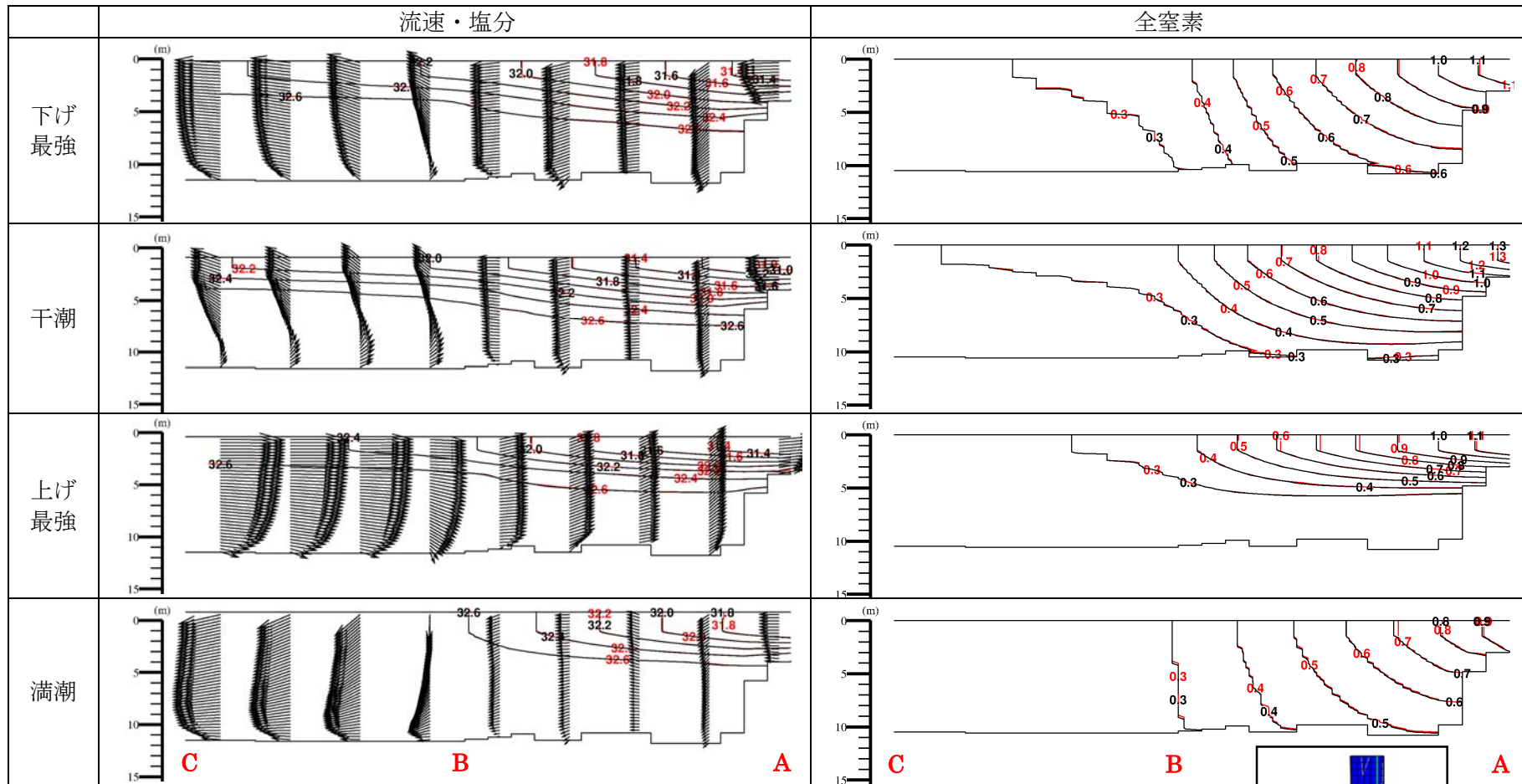
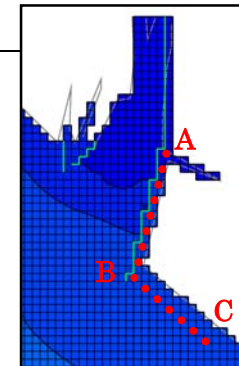
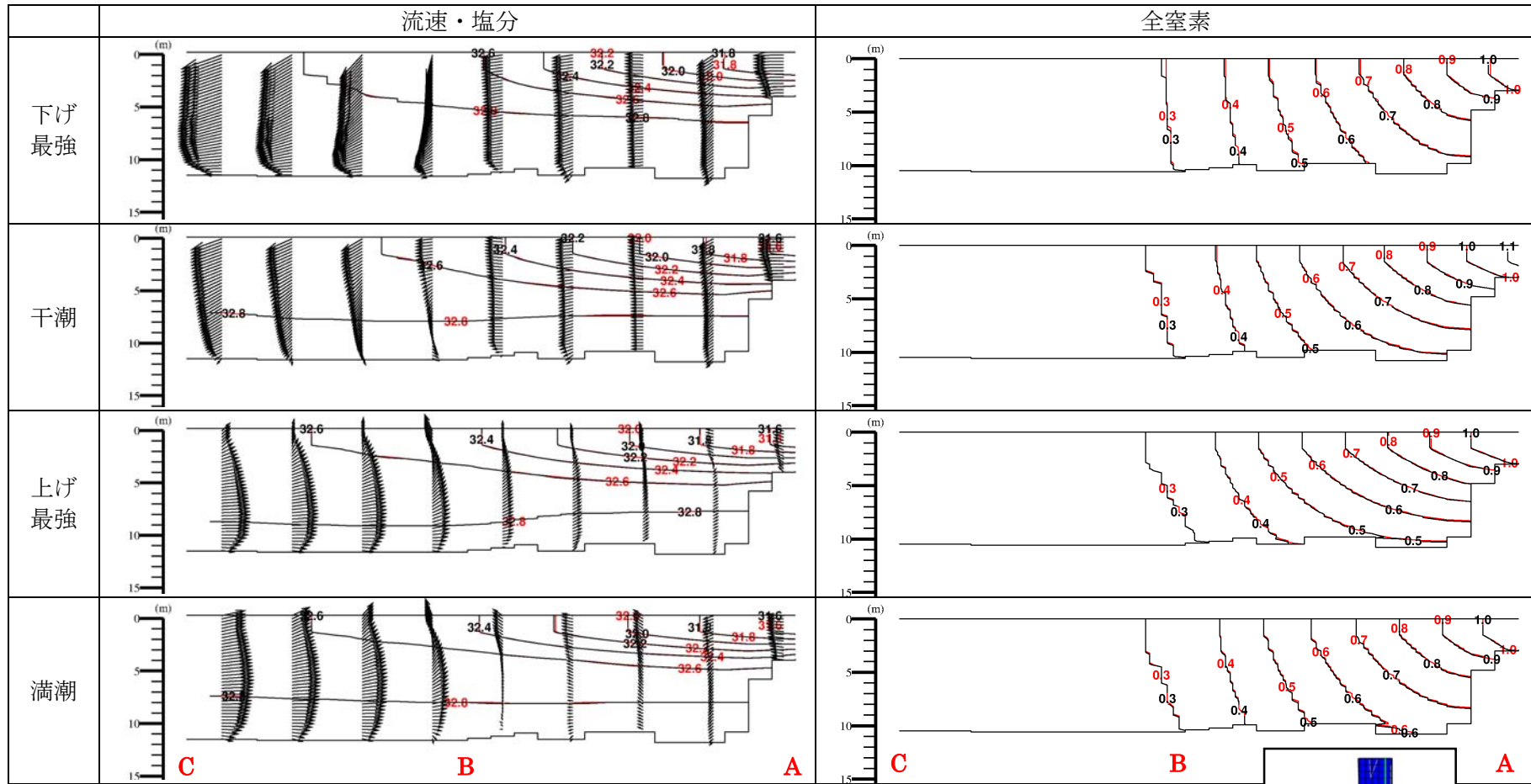


図 3. 5(1) 流速と塩分濃度の鉛直分布(導水 B ケース・大潮期)

(黒線・黒矢印：現況再現ケース 赤線・赤矢印：導水ケース)

- * 出力データは鉛直方向ごとに線形補間し、第 1 層の中央位置以浅は第 1 層の計算結果を図化している(補間の外挿なし)
- * 水平流速は南北方向の流速成分を図化している

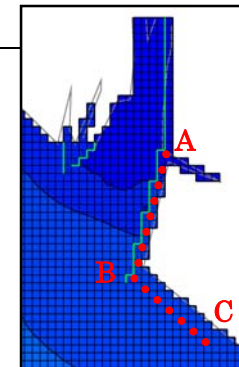




(黒線・黒矢印：現況再現ケース 赤線・赤矢印：導水ケース)

図 3. 5(2) 流速と塩分濃度の鉛直分布(導水 B ケース・小潮期)

- * 出力データは鉛直方向ごとに線形補間し、第 1 層の中央位置以浅は第 1 層の計算結果を図化している(補間の外挿なし)
- * 水平流速は南北方向の流速成分を図化している



(3) 検討結果 2 (導水 A・C・D ケース)

導水 A・C・D ケースについて、泊川河口沖水路に沿った流速と塩分の鉛直分布図と栄養塩濃度を図 3. 6 に示す。

導水量が増加すると、小潮期上げ最強時に表層において外界へ向けた流れが促進される傾向がみられた。

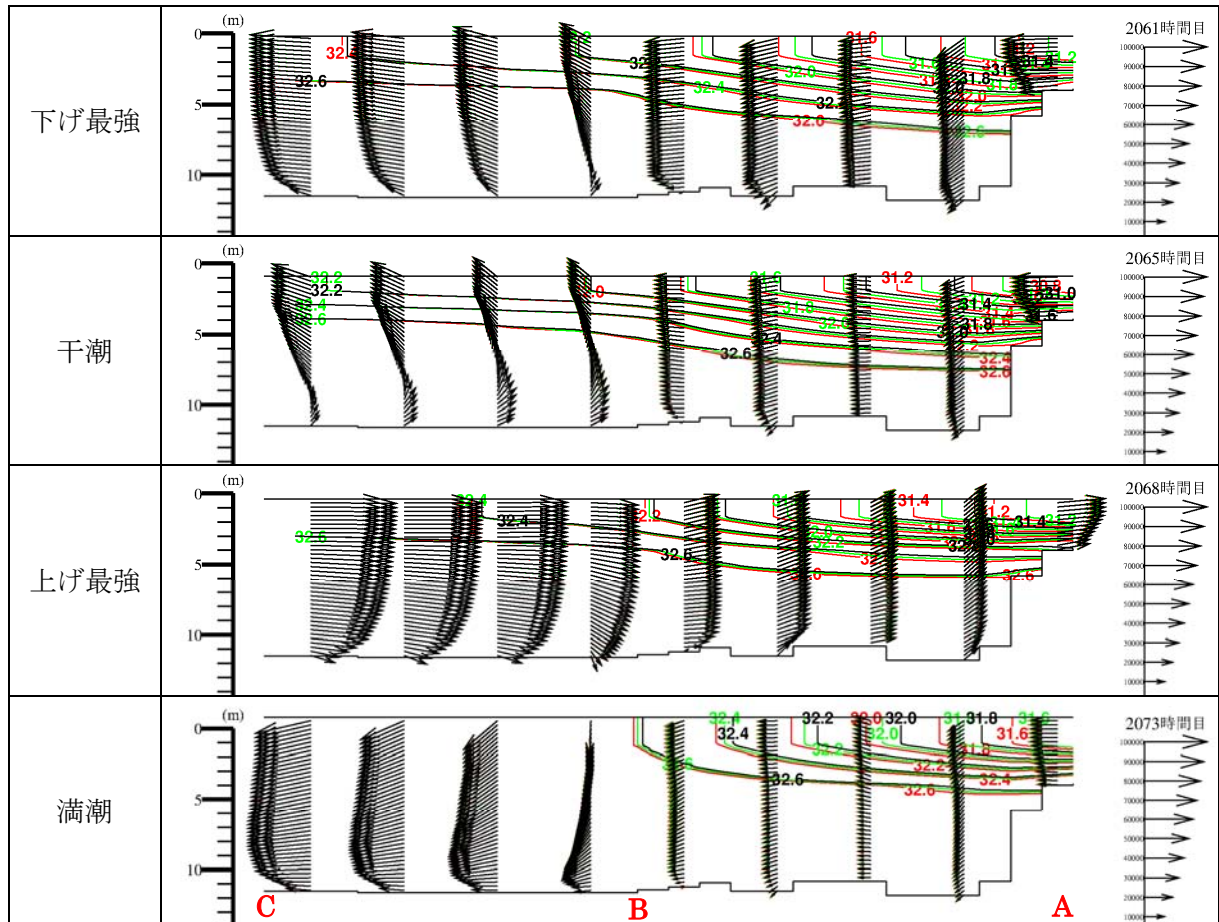
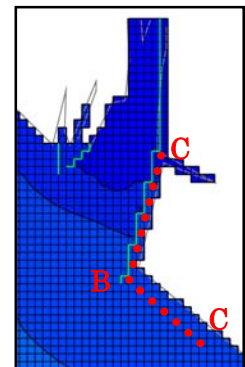


図 3. 6(1) 流速と塩分の鉛直分布(大潮時)

- * 出力データは鉛直方向ごとに線形補間し、第 1 層の中央位置以浅は第 1 層の計算結果を図化している(補間の外挿なし)
- * 水平流速は南北方向の流速成分を図化している

矢印は流速、コンター線は塩分を示す

- ← : 加古川の水を泊川へ 10ton/min 導水
- ← : 加古川の水を泊川へ 100ton/min 導水
- ← : 加古川の水を泊川へ 500ton/min 導水



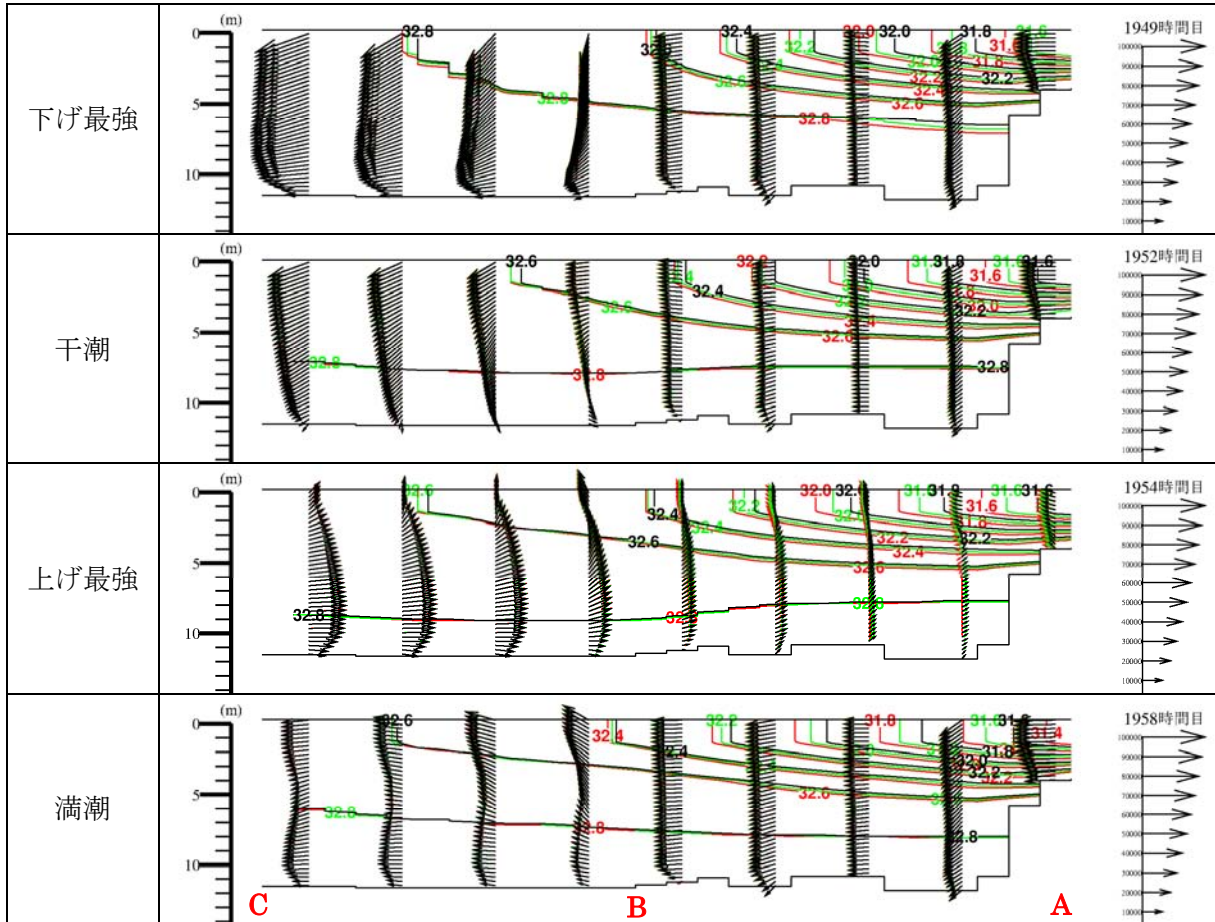
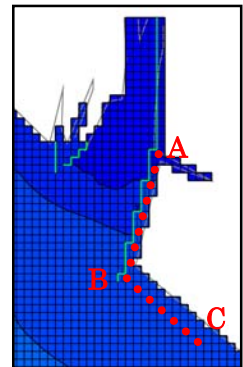


図 3. 6(2) 流速と塩分の鉛直分布(小潮時)

- * 出力データは鉛直方向ごとに線形補間し、第1層の中央位置以浅は第1層の計算結果を図化している(補間の外挿なし)
- * 水平流速は南北方向の流速成分を図化している

矢印は流速、コンター線は塩分を示す

- ← : 加古川の水を泊川へ 10ton/min 導水
- ← : 加古川の水を泊川へ 100ton/min 導水
- ← : 加古川の水を泊川へ 500ton/min 導水



4. 三津湾地域

4-1 物質収支モデルの構築方針

三津湾地域における物質循環の着目点、モデルを用いた解析の方向性は、現在地域検討委員会によって議論が進められている所であるが、これまでのモデルに対する要望と検討経緯を踏まえ、三河湾地域と同様な、水質－底質結合生態系モデルを用いて物質循環状況の把握や課題に対する施策の効果等を検討することとして、モデルの構築を行った。

4-2 流動モデル

4-2-1 計算条件

地域からのモデルに対する要望等を踏まえ、三津湾地域における流動モデルについて以下の設定で計算を行った。

表 4.1 三津湾地域で構築する流動モデルの設定

項目	設定内容
計算期間	2011 年秋～2012 年夏の 1 年間（現地調査時期に基づいて設定）
層分割	13 層（0-3、3-5、5-7、7-9、9-11、11-13、13-15、15-17、17-19、19-22、22-25、25-30、30m 以深）

再現対象時期および計算期間は、現地調査時期に基づいて 2011 年秋～2012 年夏の 1 年間とする。気象データについては速やかなデータが入手可能であるが、淡水流入量、負荷量、境界値などは入手が難しい。

そこで、本年に構築するベースモデルは、計算期間を 2011 年 1/1～12/31 の 1 年間とし、気象データを除いては入手可能な直近 5 カ年分のデータを用いて平均化した値を設定することとした。

1) 地形条件・格子分割

図 4.1 に物質収支モデルの計算範囲と格子設定を示す。流動モデルの計算範囲は燧灘から防予諸島の南までの海域とした。これは、三津湾周辺の複雑な地形と局所的に大きな流速を鑑み、モデル境界の与える影響や計算の安定性を考え、三津湾から十分離れた海域に境界を設定したことによる。格子間隔は三津湾周辺を 300m、その他全域を 900m とした。水質－底質結合生態系モデルは、300m 格子領域のみを計算するものとした。

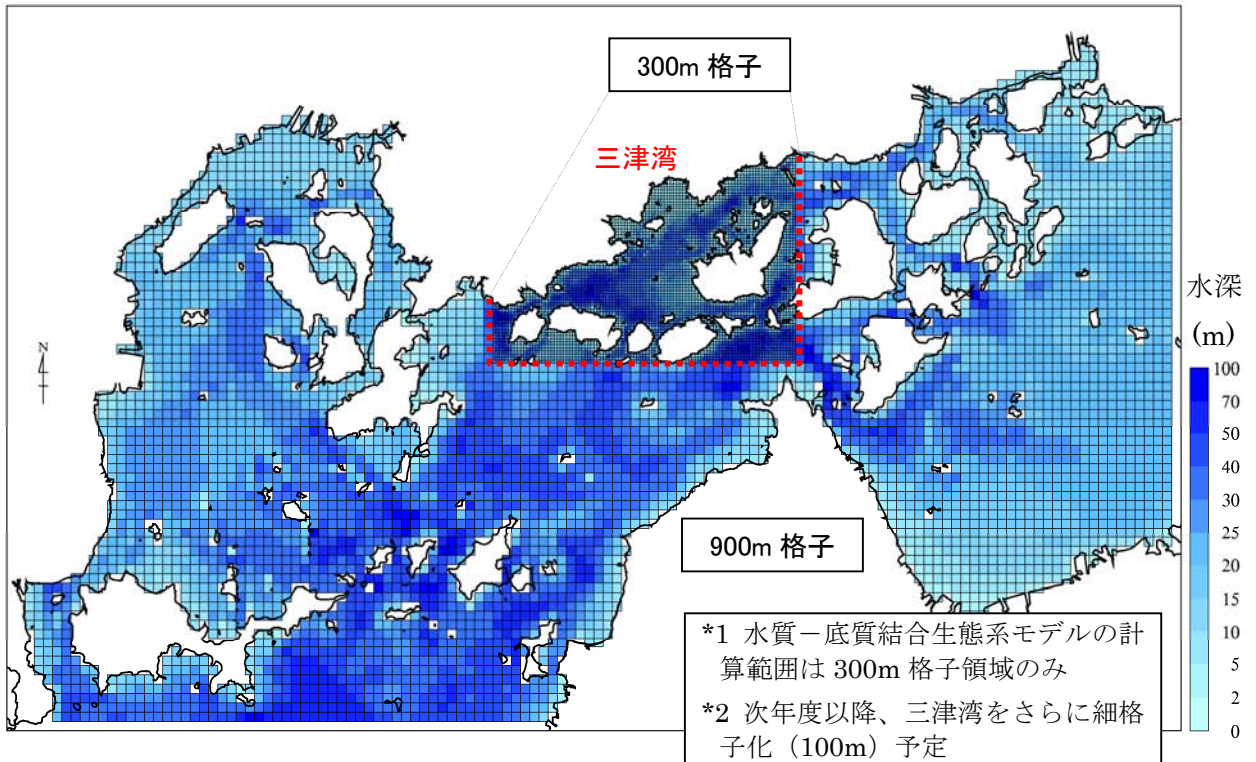


図 4.1 三津湾地域における物質収支モデルの計算範囲と格子設定

2) 淡水流入条件

河川からの淡水流入として、一級河川である小瀬川、芦田川、太田川からの淡水流入量を設定した。図 4.2 に淡水流入量を示す。流入量は、2003 年から 2007 年の平均とした。

また、三津湾周辺の事業場については、淡水が常に年平均排出量で排出されるものとした。

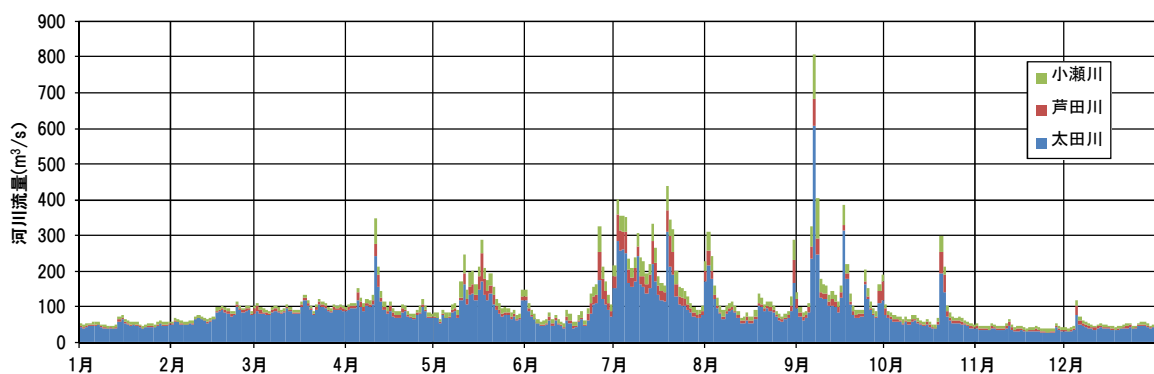


図 4.2 淡水流入条件

3) 気象条件

気象条件は、2011年の気象庁アメダスデータを用い、気温、相対湿度は呉、日射量、全天日射量は広島の特異値を全域に設定した(図4.3)。また、風向風速は計算領域内沿岸部にあり、風向風速を観測している13地点(図4.4の赤線、赤枠も地点)の特異値から水平分布を推定し、設定した。

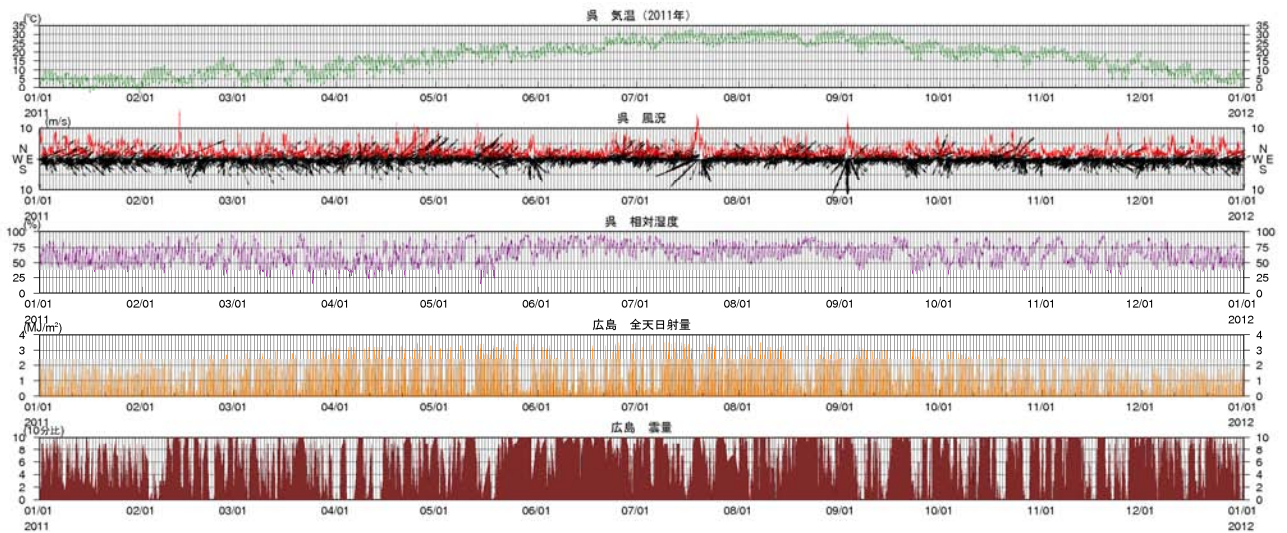


図 4.3 気象条件 (2011年、気温、風況、相対湿度は呉、全天日射量、雲量は広島)



図 4.4 風向風速データ使用地点 (赤線・赤枠、気象庁HPを基に作成)

4) 水温・塩分境界条件

モデルの開境界における水温・塩分の条件は、広島県（2010年）及び山口県（2011年）が実施した浅海定線調査を利用し、鉛直方向及び時間方向に補間して設定した。設定値を図 4.5 に示す。

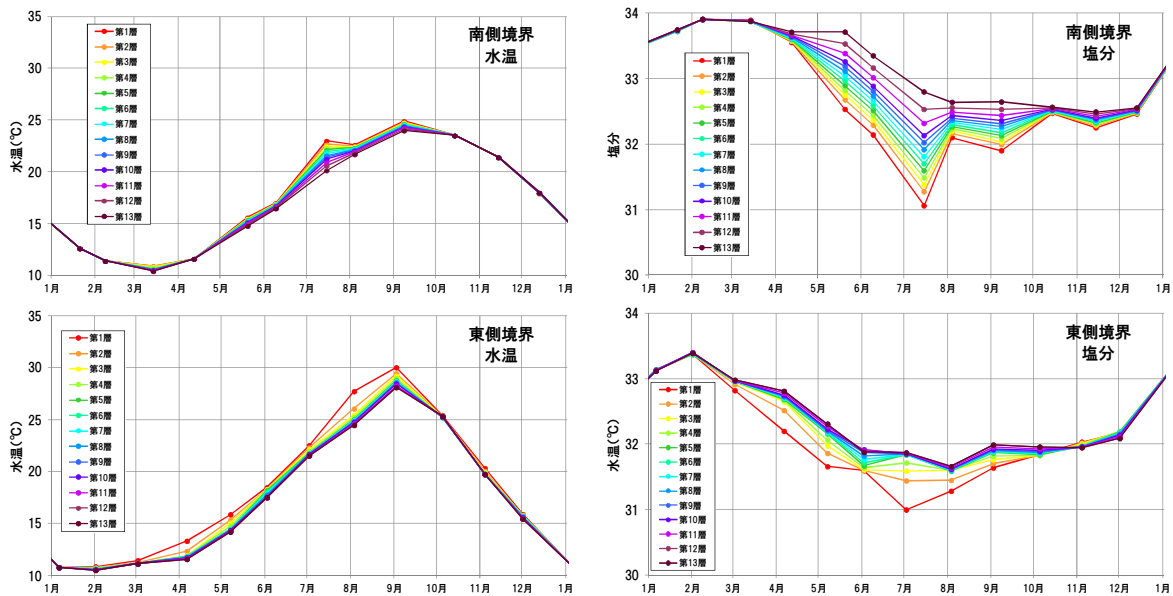


図 4.5 境界格子における水温・塩分の設定値

5) 境界水位条件

モデルの開境界における水位の条件には、境界端に近い各検潮所（気象庁）の調和定数から、主要4分潮の振幅と遅角を与え、各時刻の境界水位を計算した。

表 4.2 境界における調和定数

境界位置	伊予灘(南端)				燧灘(東端)			
	東端		西端		北端		南端	
地点名	松山		室津		鞆		多喜浜	
項目	振幅	遅角	振幅	遅角	振幅	遅角	振幅	遅角
	(cm)	(°)	(cm)	(°)	(cm)	(°)	(cm)	(°)
K1	31.0	209.5	26.0	207.9	32.1	240.1	33.5	230.1
O1	22.7	187.0	19.0	190.8	22.1	213.9	26.0	205.3
M2	99.3	267.9	81.0	252.6	113.1	326.2	109.4	324.2
S2	40.8	297.5	38.0	276.2	39.9	3.6	42.8	358.3
水位(cm)	20.0		0.0		40.0		30.0	

4-2-2 計算結果

上記の計算条件を設定した流動モデルの計算結果について、既往の調査結果と比較することにより、計算の再現性を評価した。

1) 流れ

(1) 潮流楕円

潮流の再現性は、独立行政法人産業技術総合研究所が2000年6～7月にかけて行った三津湾周辺の流況調査結果を用いて、潮流楕円を比較することにより検証した。図4.6に、比較に用いた調査地点を示す。

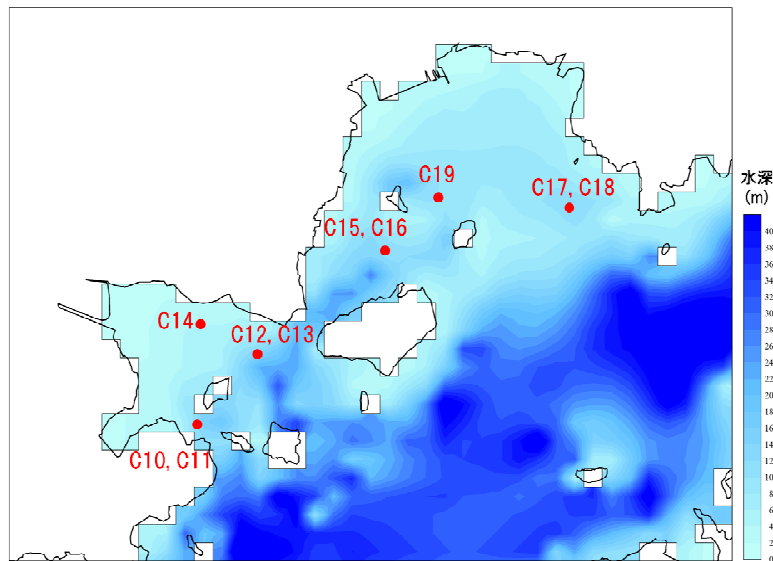
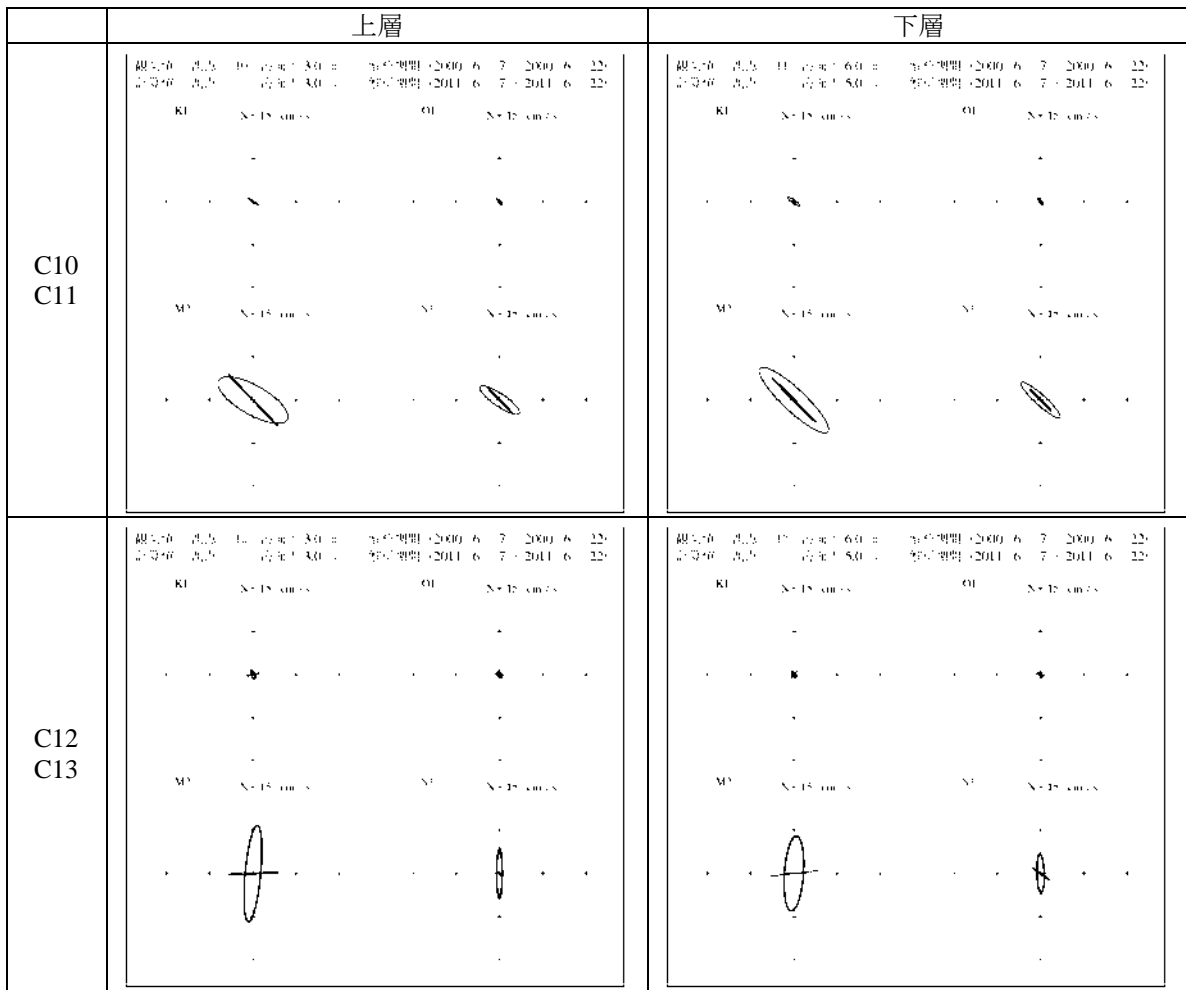


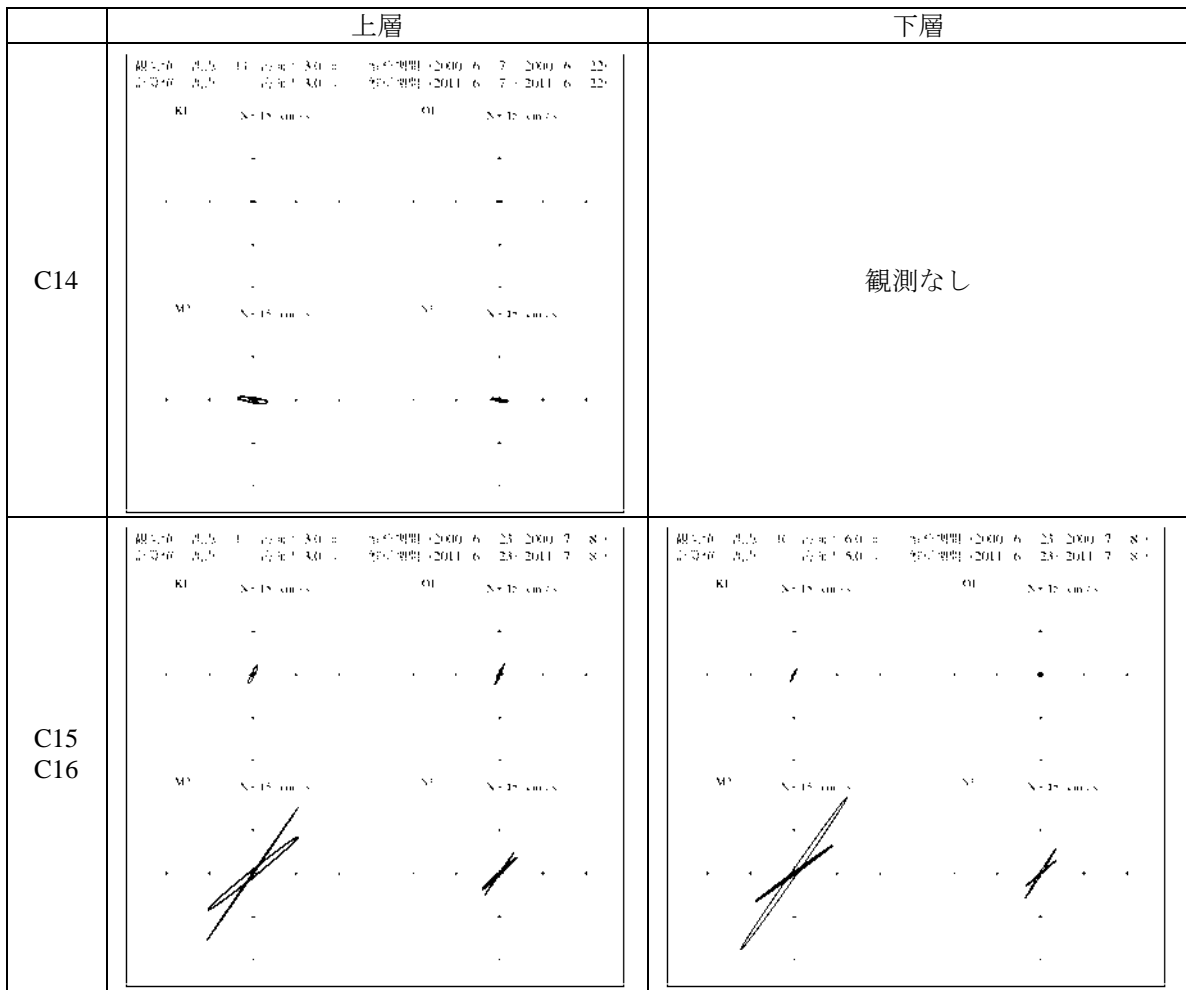
図 4.6 潮流楕円の比較に用いた調査地点 ((独)産業技術総合研究所)

図4.7に主要4分潮の潮流楕円の比較結果を示す。どの地点でも、M2分潮が卓越し、次いでS2分潮が強い特徴は再現されていた。各分潮の振幅は、計算値(太線)が観測値(細線)より小さい傾向があった。楕円の長軸の向きはC12・C13、C18・C19は大きく異なっているものの、他の地点は概ね合致していた。



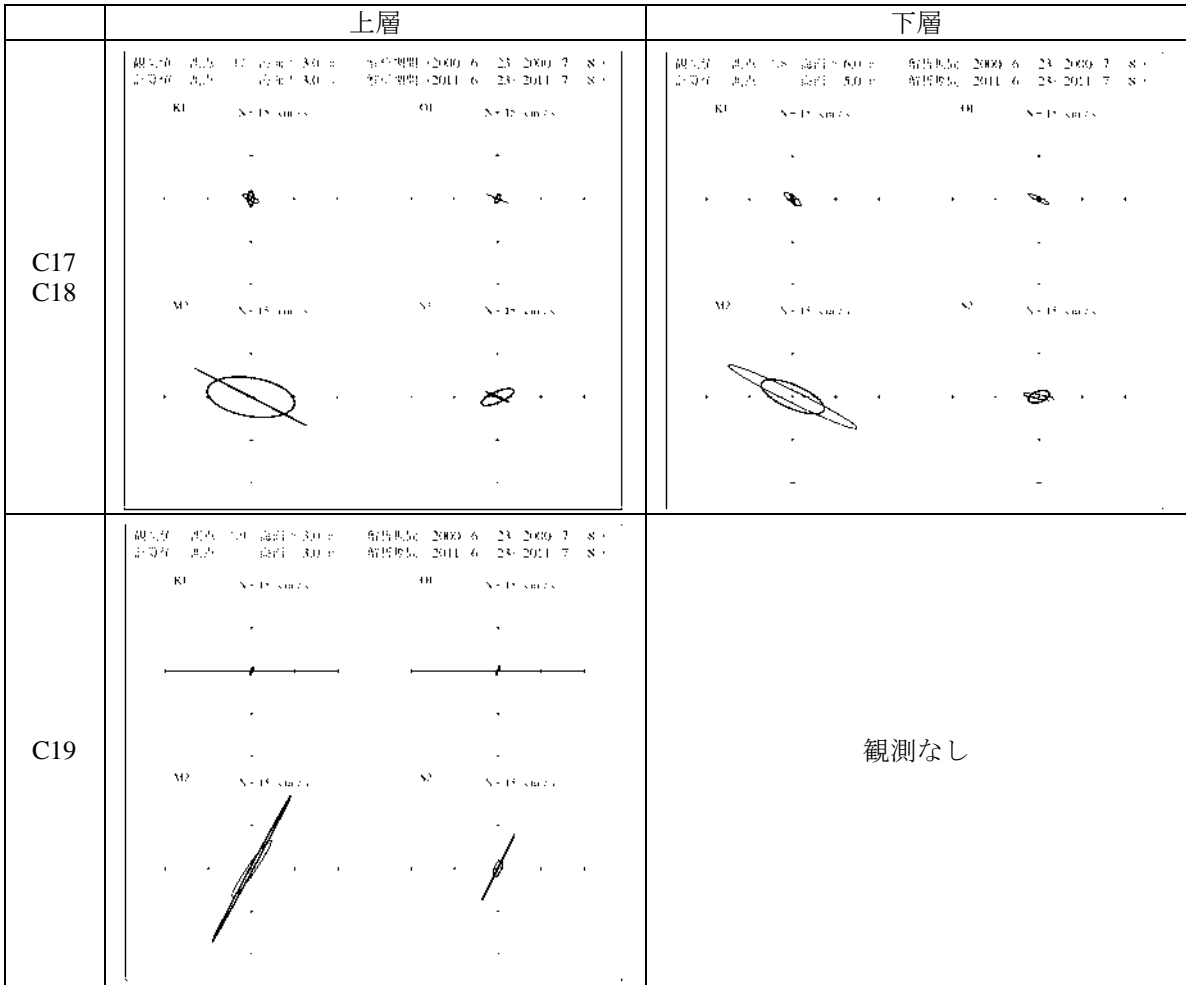
[凡例] 細線：観測値、太線：計算値

図 4.7(1) 潮流楕円の比較図 (6~7月)



[凡例] 細線：観測値、太線：計算値

図 4.7(2) 潮流楕円の比較図 (6~7 月)



[凡例] 細線：観測値、太線：計算値

図 4.7(3) 潮流楕円の比較図 (6~7月)

(2) 平均流

図 4.8、図 4.9 に、それぞれ1月、7月における平均流の計算結果を示す。

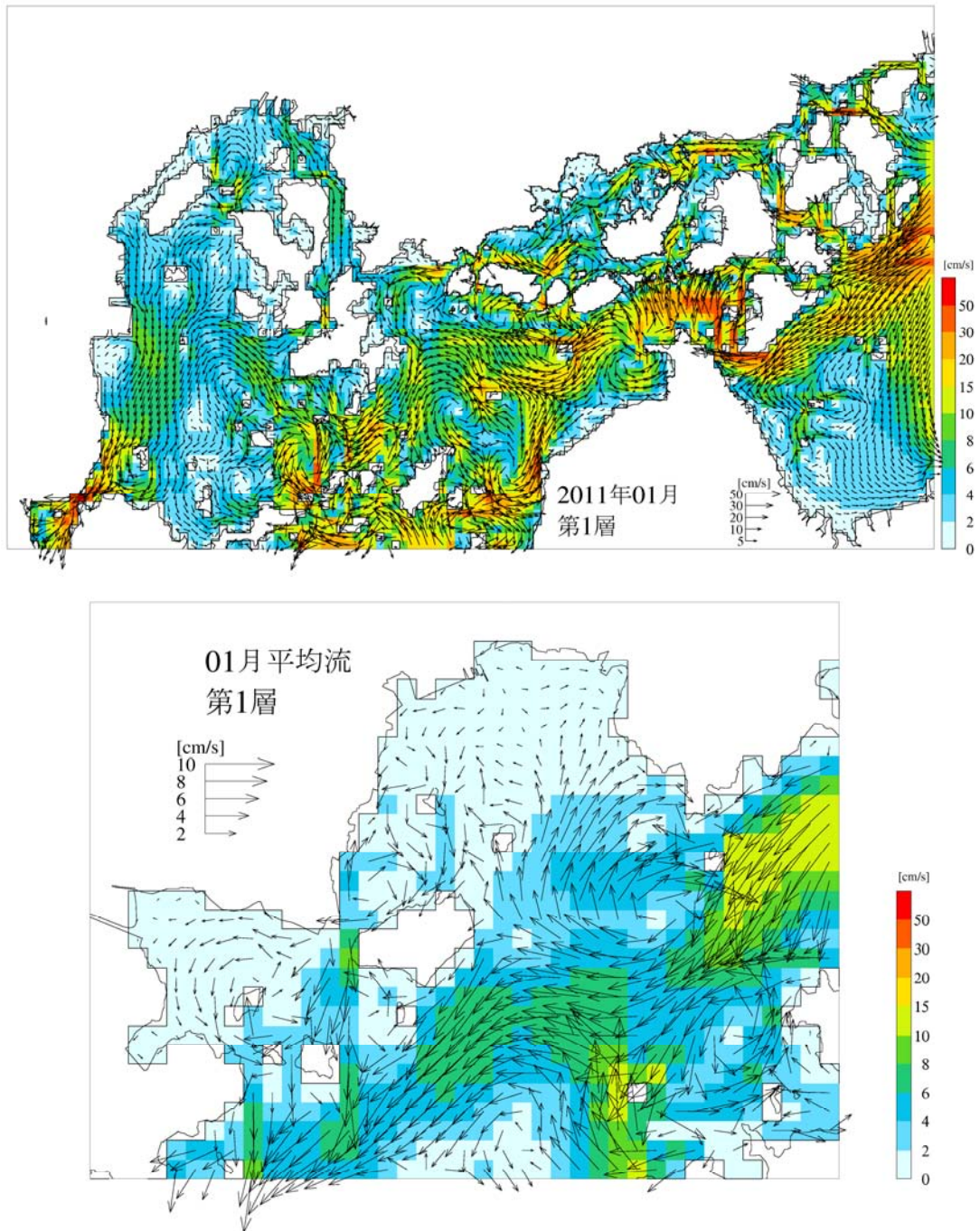


図 4.8 1月における平均流速、平均流ベクトル（第1層、上:全域・下:三津湾周辺）

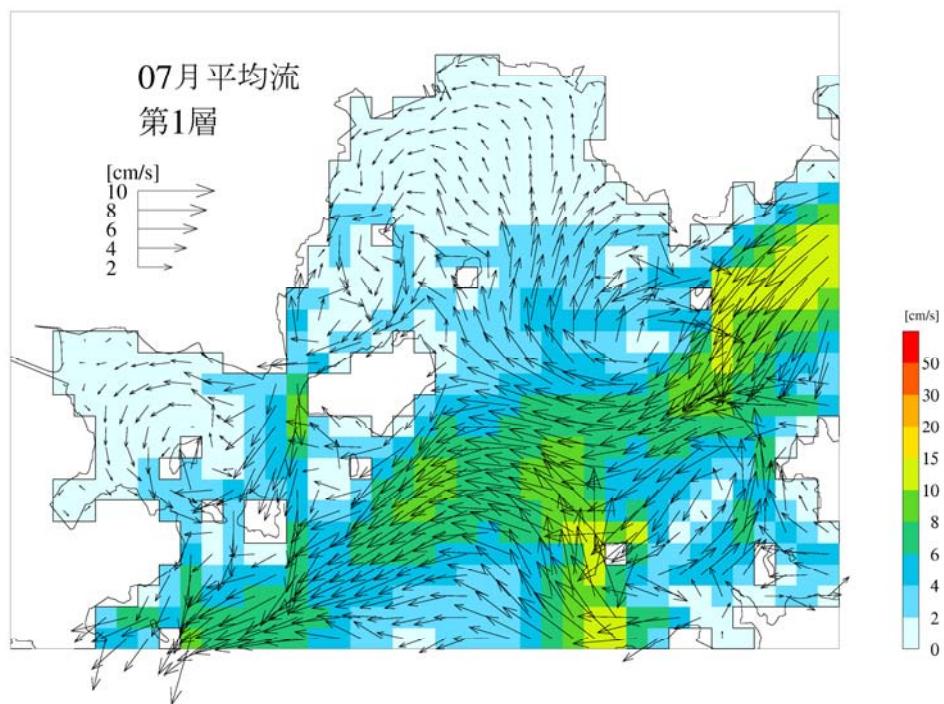
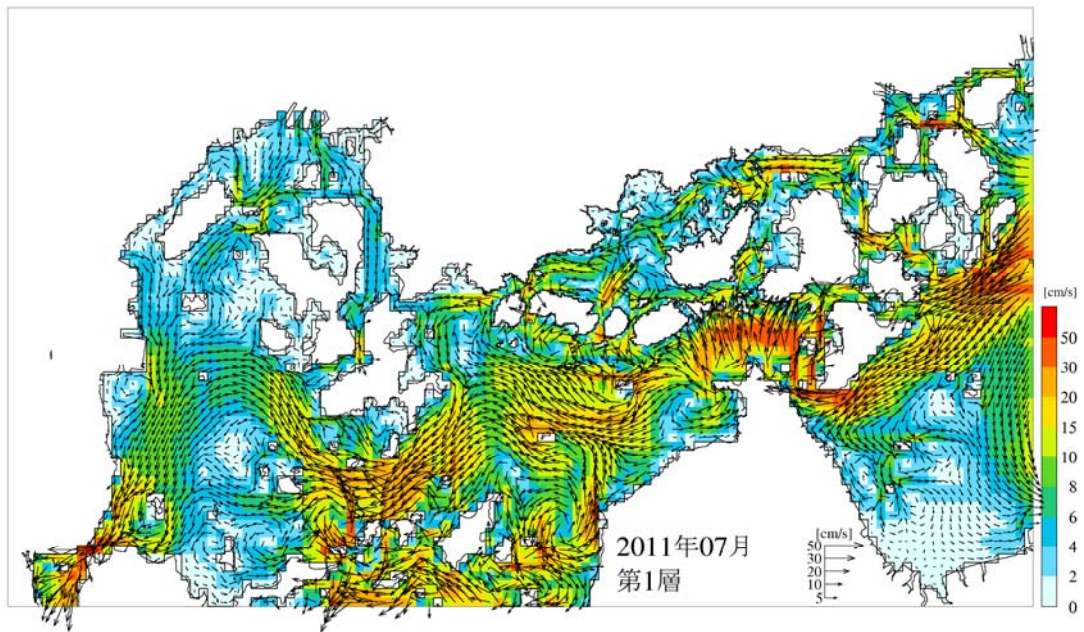


図 4.9 7月における平均流速、平均流ベクトル（第1層、上:全域・下:三津湾周辺）

図 4.10 に 2000 年 6～7 月に三津湾周辺で観測された平均流の分布を、図 4.11 に瀬戸内海の平均流分布図を示す。図 4.8、図 4.9 の計算結果と比較すると、三津湾内においては観測結果の再現精度は地点によって大きく異なっていた。これは主に地形条件によるものと考えられるため、次年度以降細格子化とともに地形条件を見直す必要がある。一方、三津湾沖の西流、安芸灘東部（斎灘）の西流、安芸灘の反時計回りの還流など、瀬戸内海の平均流の特徴は概ね再現されていた。

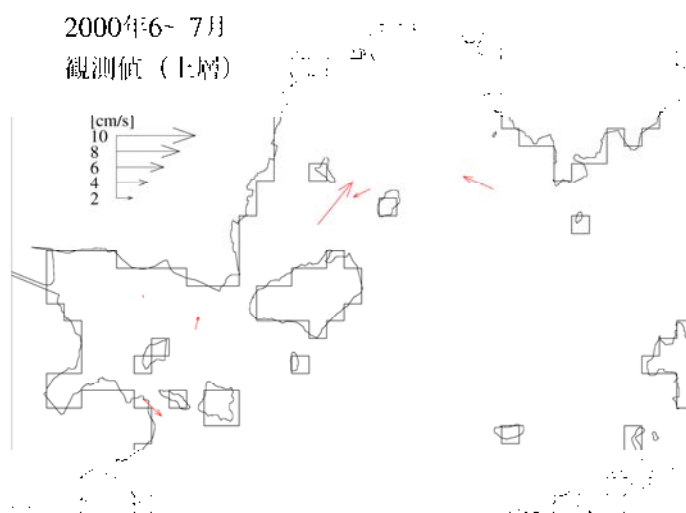


図 4.10 2000 年 6～7 月に観測された平均流の分布（水深 3m、(独)産業技術総合研究所観測）

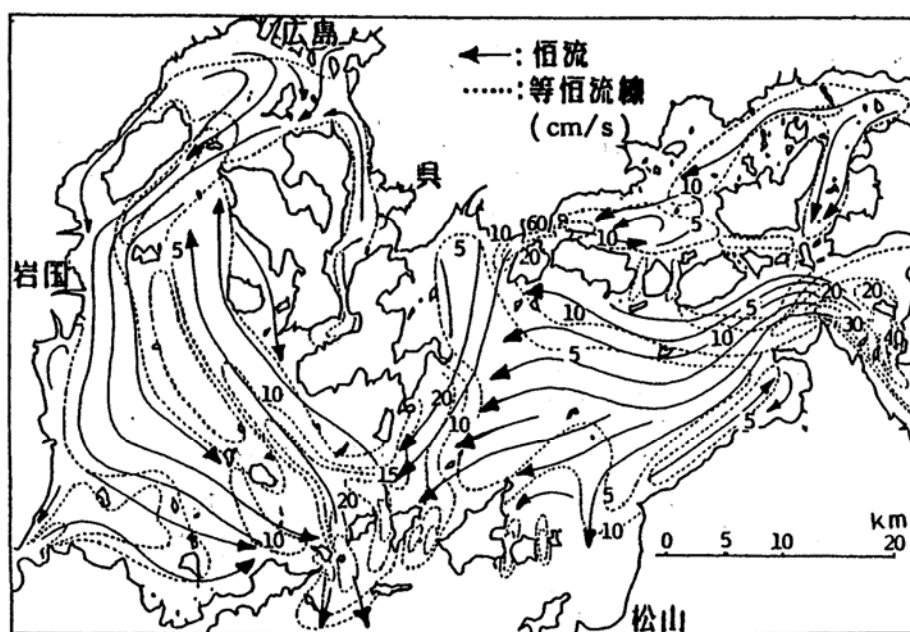


図 4.11 瀬戸内海西部の平均流分布図（出典：日本全国沿岸海洋誌）

(3) 水温

比較に用いる水温の実測値には、2006 年度から 2010 年度に広島県が実施した公共用水域水質調査から、図 4.12 に示す三津湾周辺の調査結果を用いた。いずれも上層（水深 0m）は第 1 層の計算結果と比較した。下層は、安芸津安浦地先 4、安芸津安浦地先 6（水深 10m）は第 5 層、安芸津安浦地先 3（水深 7～8m）は第 4 層と比較を行った。

比較結果を図 4.13 に示す。観測値の季節的な変化は捉えているが、計算値は観測値に比べて夏季が高く、冬季が低い傾向があった。

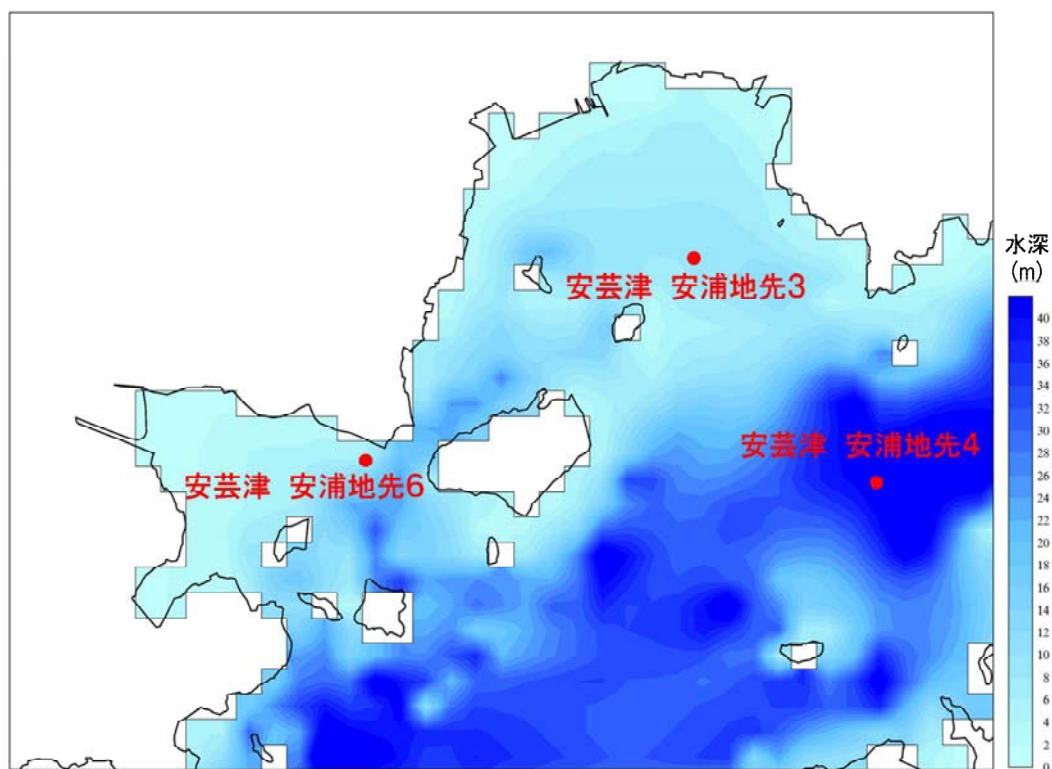


図 4.12 水温の比較に用いた調査地点（広島県公共用水域水質調査）

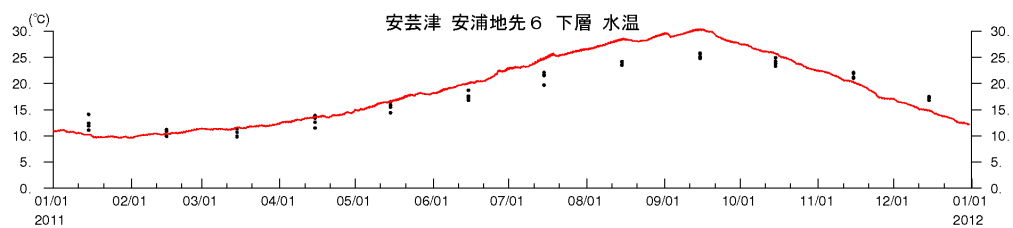
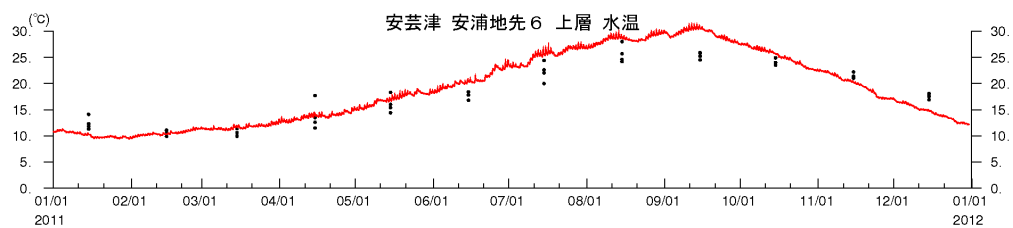
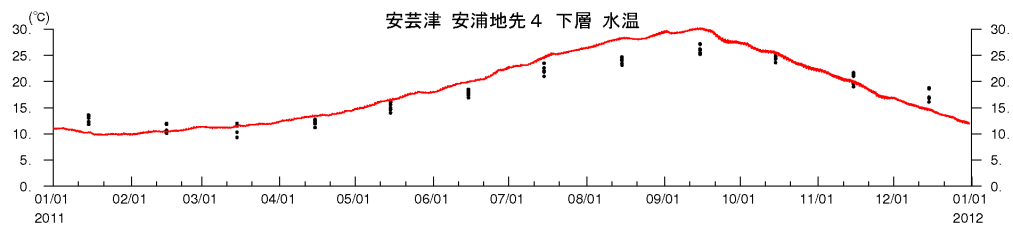
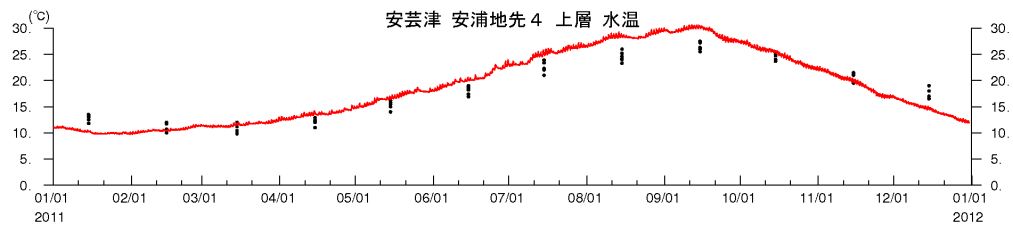
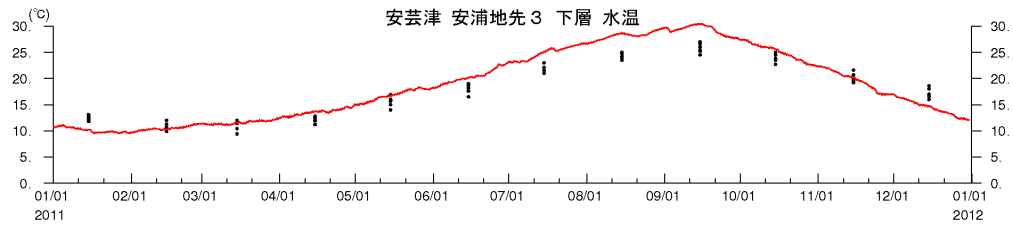
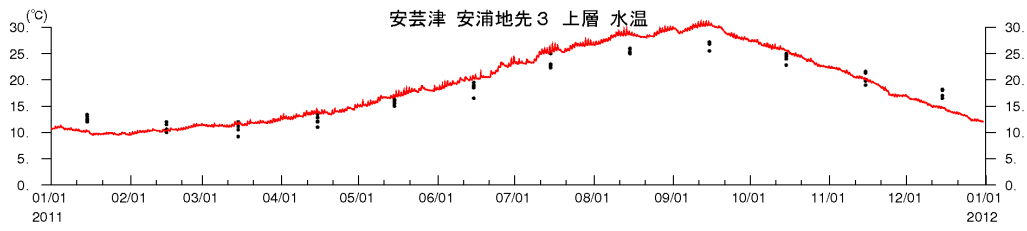


図 4.13 水温の比較 (赤線：計算値、黒点：観測値)

4-3 水質－底質結合生態系モデル

4-3-1 計算条件

地域からのモデルに対する要望とこれまでの検討経緯を踏まえ、三津湾地域における生態系モデルについて、以下の設定で計算を行った。なお、今年度のベースモデルの構築にあつては、三津湾地域におけるパラメータ等の知見が揃っていないため、水質や底質に関するパラメータは三河湾地域において構築したモデルの設定を用いているとともに、生態系モデルで生物は考慮していない。今後、地域検討委員会で実施される現地調査等の結果も踏まえて構成要素を検討し、モデル化を行う予定である。

1) 計算項目

表 4.3 三津湾地域で構築する生態系モデルの計算項目

計算項目	
水質	植物プランクトン、動物プランクトン、有機物（デトリタス）、栄養塩類、溶存酸素、酸素消費物質（ODU）
底質	有機物、栄養塩類、マンガン、鉄、硫黄、メタン、溶存酸素
生物	付着藻類、懸濁物食者、堆積物食者、海草類、海藻類の現存量

表 4.4 三津湾地域で構築する生態系モデルで考慮する生物種の案

構成要素	生態系モデルで考慮する生物種（案）
植物プランクトン	大型、小型珪藻
動物プランクトン	カイアシ類
海草類（SGS）	アマモ
海藻類（SWD）	ガラモ
付着藻類(DIA)	付着藻類
懸濁物食者(BSF)	カキ、アサリ
堆積物食者(BDF)	メイオベントス、マクロベントス

2) 初期条件、境界条件

モデルの初期条件、境界条件としては、公共用水域水質調査地点のうち、平均流の流動場に関して三津湾の上流であり、生態系モデル計算領域の境界付近に位置する燧灘海域の調査結果を用いた。

具体的には、まず、燧灘海域で実施された 2006 年度～2010 年度の調査結果から各月の平均値を計算した。次にその値を基に、鉛直方向には上層の結果を第 1 層、下層（水深 10m）の結果を第 5 層とし、第 2～4 層は内挿によって値を求め、第 6 層以降は第 5 層の値を一様に与えた。水平には全境界点で一様とした。また、時間方向には各月の平均値を月の中日に与

え、それらの間は内挿によって求めた。

計算は1カ月の助走計算を行い、初期条件としては上記の方法によって求めた12月1日の値を与えた。

4-3-2 計算結果

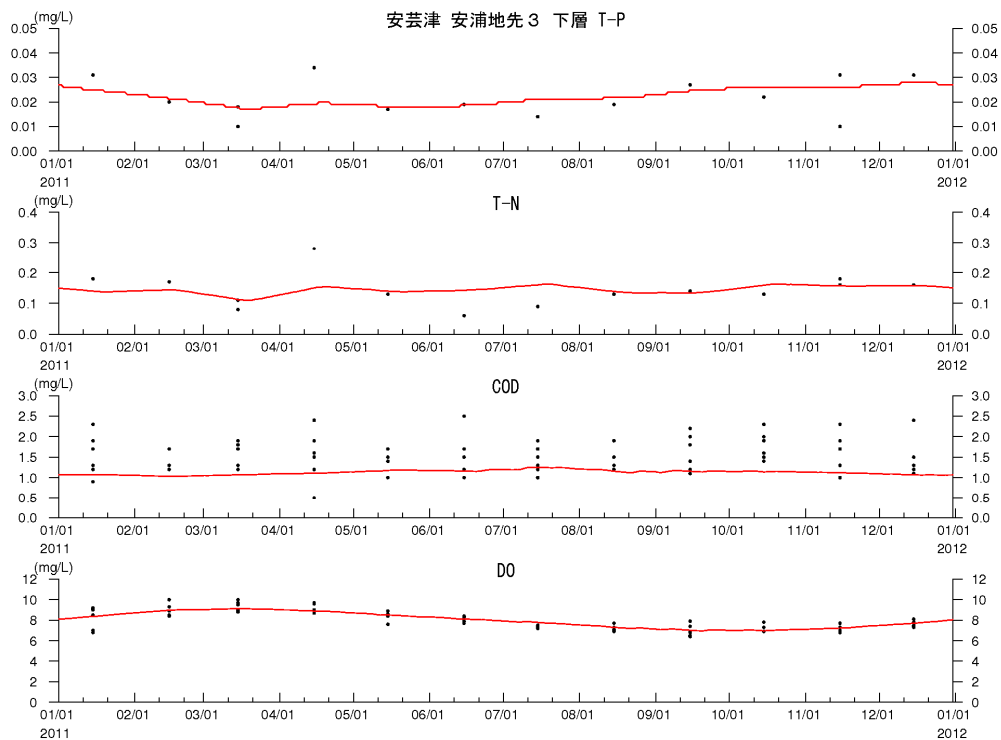
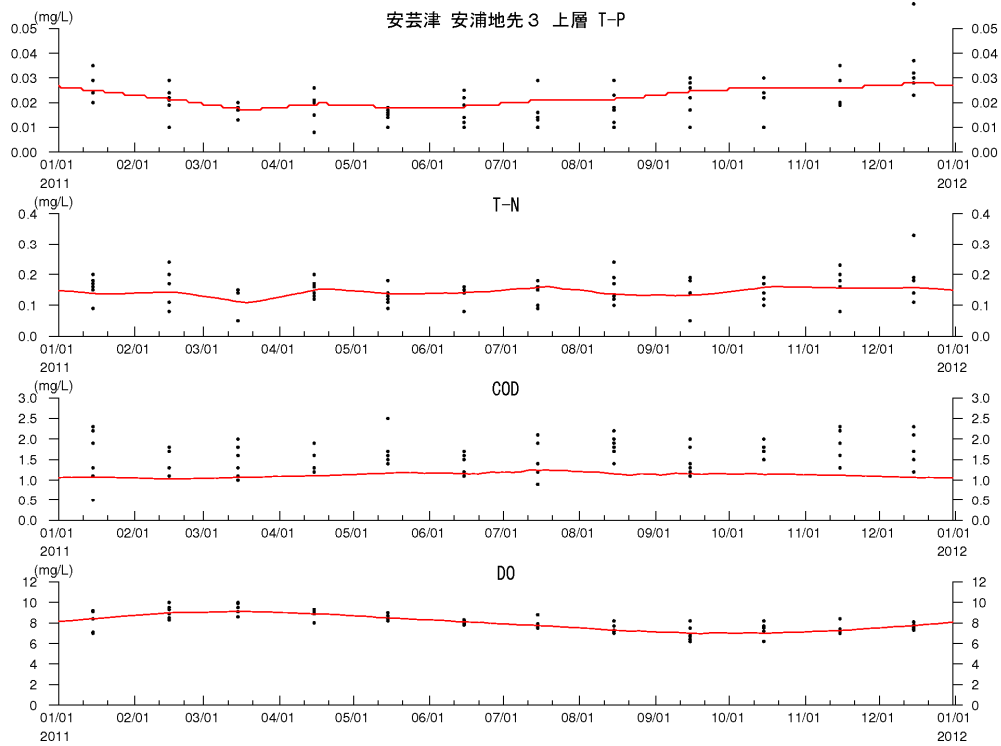
1) 調査結果との比較

生態系モデルの計算結果について、水質の計算値と実測値の時系列変化を比較した。比較する実測値として、広島県が実施した公共用水域水質調査から、図 4.12 に示した三津湾周辺の調査地点における2006年度～2010年度の値を用いた。

CODは、観測値に比べ計算値が低い傾向がみられる。T-P、T-Nは、安芸津安浦地先4、安芸津安浦地先6では観測値より計算値が高い月が一部あるものの、季節変動は再現されていた。また、安芸津安浦地先3は濃度レベル、季節変動ともに観測値の特徴を概ね再現していた。

DOの時系列変化は、どの地点においても観測値とよく合っていた。また、計算値はどの地点でも鉛直変化が小さく、この特徴は観測値でも同様であった。

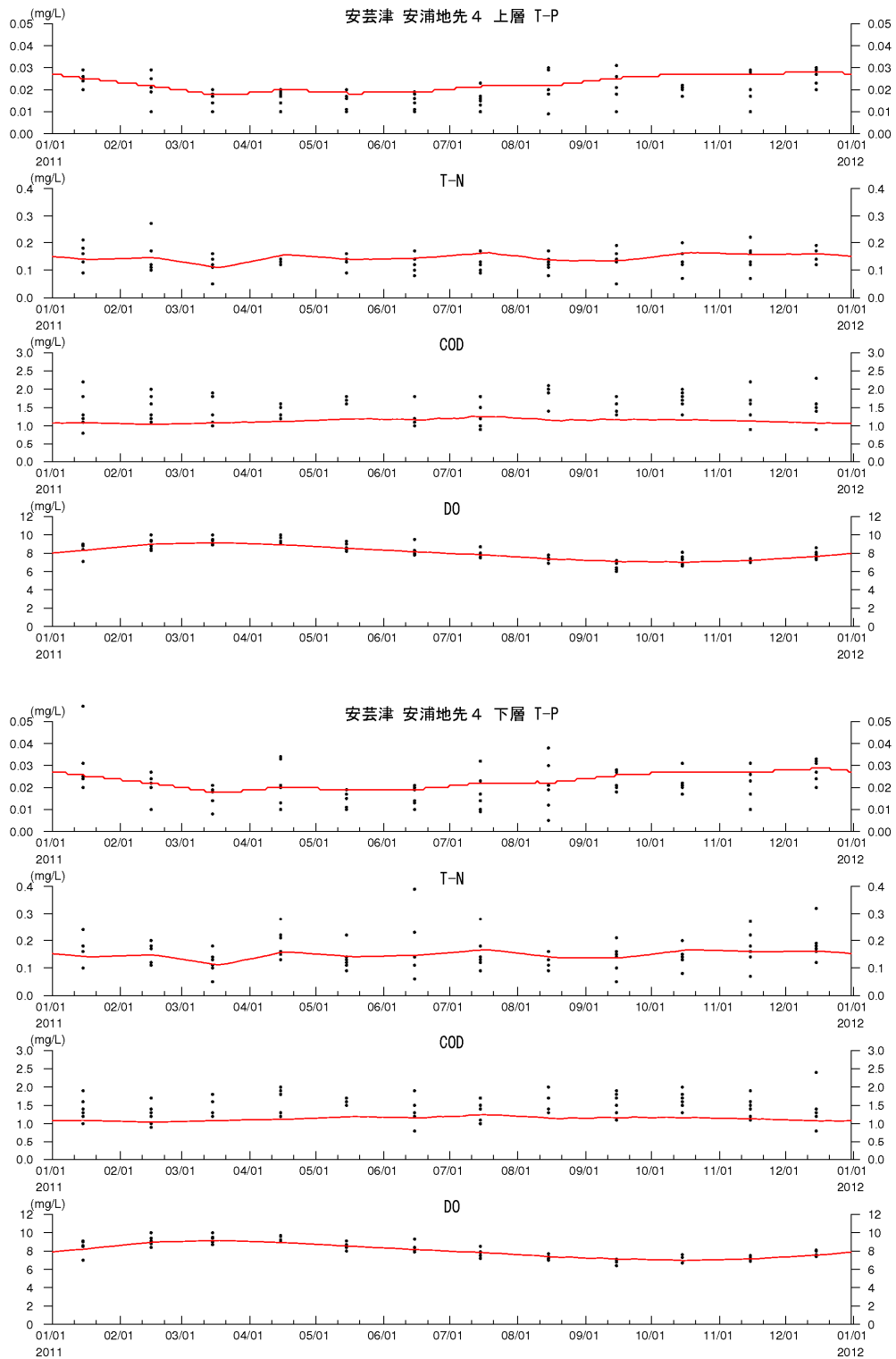
なお、三津湾地域検討委員会での報告によると、三津湾内の近年の水質は、COD、T-Nは概ね横ばいで推移しており、T-Pは微増傾向にある。



図中の横軸の単位は月である。
赤線：計算値、黒点：観測値。

図 4.14(1) 水質の計算値と実測値の比較

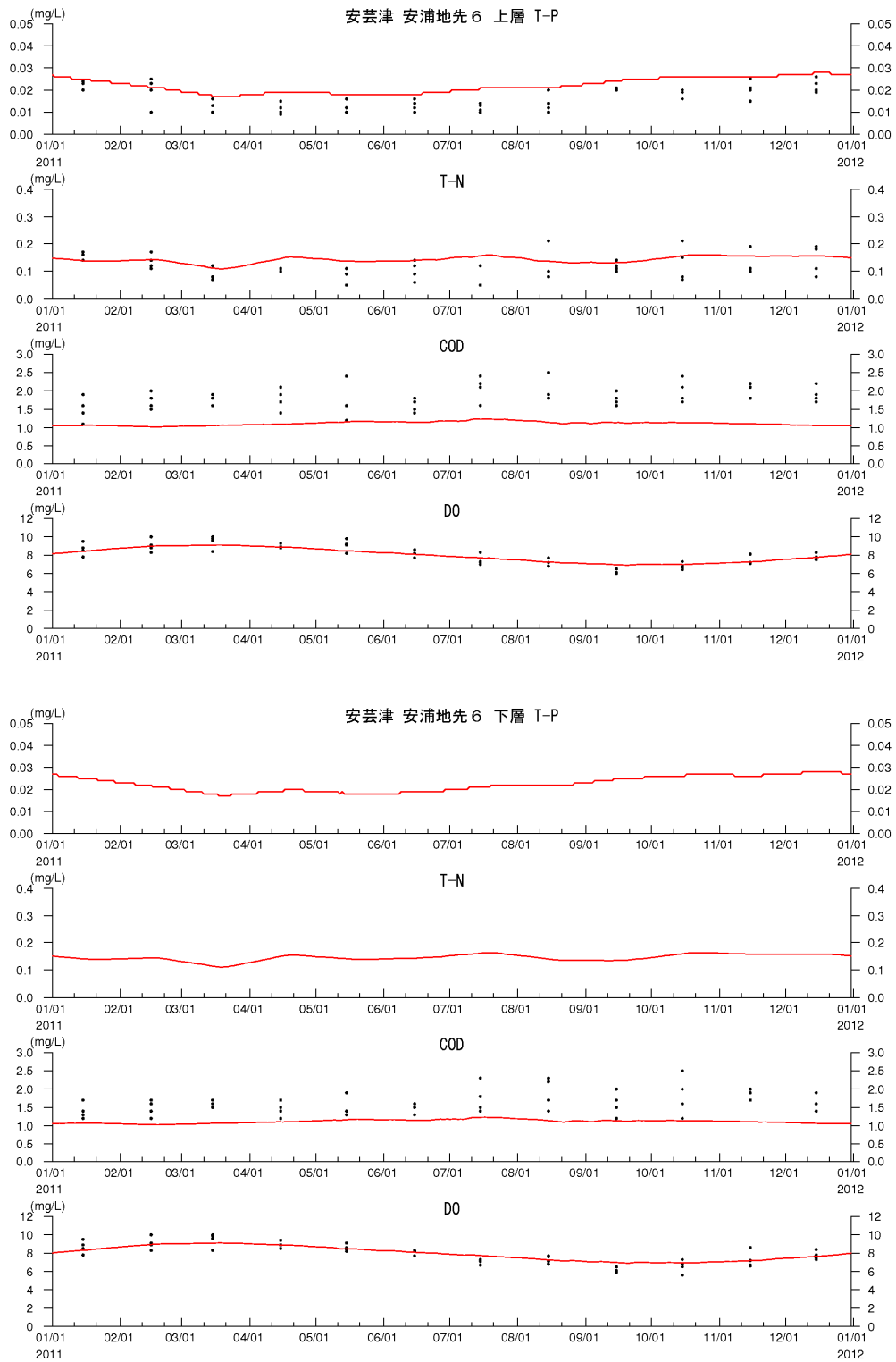
(安芸津安浦地先地点3、上層：水深0m、下層：水深7~8m)



図中の横軸の単位は月である。
赤線：計算値、黒点：観測値。

図 4.14(2) 水質の計算値と実測値の比較

(安芸津安浦地先地点4、上層：水深0m、下層：水深10m)



図中の横軸の単位は月である。
 赤線：計算値、黒点：観測値。
 下層の T-P、T-N は観測なし。

図 4.14(3) 水質の計算値と実測値の比較

(安芸津安浦地先地点 6、上層：水深 0m、下層：水深 10m)

5. まとめと今後の課題

三河湾地域においては、大規模な施策を行った場合の効果の検討や過去の状況の再現と現状との比較などを行った。引き続き、地域検討委員会の要望を踏まえて、冬季に負荷量を増加させるケースや実証試験から設定する新たな対策案の効果検討ケースを検討するとともに、各ケースの組み合わせ等について検討を行う予定である。また、今後、計算結果における湾内の物質循環の解析を行う予定である。

播磨灘北東部地域においては、実証試験の結果と物質収支モデルの結果の比較を行い、実施された実証試験の効果の現れる範囲等は概ね表現することができたが、水質等の絶対値や効果の程度には課題が残っており、引き続き、成層構造や鉛直循環流の精度向上を図る予定である。精度向上を進めた上で、今後、計算結果における湾内の物質循環の解析を行う予定である。

三津湾地域においては、ベースとなる物質循環モデルが概ね構築できたことから、引き続き、三津湾を細格子化して地形表現を改善するほか、計算条件を更新して精度向上を図る予定である。また、生態系モデルの構成要素を検討し、地域に応じた内容に改良する予定である。

6. 物質収支モデルの構築とその利活用

三河湾地域および播磨灘北東部地域において昨年度構築したベースとなるモデルの精度向上を行い、物質収支モデルによりそれぞれの地域検討委員会から要望のあった実証試験等についての効果の検討を行った。

播磨灘北東部地域においては、実証試験の結果と物質収支モデルの結果の比較を行い、水質等の絶対値や効果の程度には課題が残るものの、実施された施策の効果の現れる範囲等は概ね表現することができた。実証試験等の効果を現地調査で測定する場合は、地点や水深などが限られる上、連続的なデータを取得することは容易ではない。それに対して、物質収支モデルのようなシミュレーションモデルを用いて施策の効果等を検討する場合は、モデルの不確実性や制限があるものの、時空間的に任意の結果を得ることができる利点がある。

三河湾地域においては、大規模な施策を行った場合の効果の検討や過去の状況の再現と現状との比較などを行った。物質収支モデルのようなシミュレーションモデルは、このような実証試験が困難な施策や実施にあたって費用や合意形成の点で解決すべき課題の大きな施策の検討や評価を行うことが可能である。

また、物質収支モデルは海域に関わる主要な物質の循環過程と構成要素を踏まえて構築するものであり、モデルを構築して計算を実施することにより対象とする海域における主要な物質循環状況を定量的に明らかにすることができる。これらの結果は海域の物質循環の理解や不健全な状況のメカニズムの理解に有益な情報となるものである。

以上のように、物質収支モデルは循環過程の把握や目標像や施策の検討を行う上で有用なツールとなるものであり、海域の物質循環健全化を考える際には、物質収支モデルの構築とその利活用を行う事が望ましいと考えられる。